

# GMT 中文手册

v6.4

GMT 中文社区

2022 年 6 月 24 日

# 目 录

<b>第 1 章 简介</b>	<b>16</b>	2.7.5 测试是否安装成功 . . . . .	36
1.1 简介 . . . . .	16	2.7.6 升级/卸载 GMT . . . . .	36
1.1.1 GMT 是什么 . . . . .	16	2.8 Windows 下编译 GMT 源码 . . . . .	36
1.1.2 GMT 的历史 . . . . .	16	2.8.1 安装编译工具 . . . . .	36
1.1.3 GMT 开发者 . . . . .	16	2.8.2 安装 vcpkg 及依赖软件 . . . . .	37
1.1.4 GMT 的特点 . . . . .	17	2.8.3 下载源码及数据 . . . . .	37
1.1.5 其他制图软件 . . . . .	18	2.8.4 安装 GMT . . . . .	38
1.2 版本 . . . . .	18	2.8.5 修改环境变量 . . . . .	40
1.2.1 版本号 . . . . .	18	2.8.6 测试是否安装成功 . . . . .	40
1.2.2 GMT 主流版本 . . . . .	19	2.8.7 升级/卸载 GMT . . . . .	40
1.3 引用 . . . . .	20		
1.4 学习资源 . . . . .	21		
<b>第 2 章 安装</b>	<b>22</b>	<b>第 3 章 版本迁移</b>	<b>41</b>
2.1 Windows 下安装 GMT . . . . .	22	3.1 GMT4 → GMT5 . . . . .	41
2.1.1 安装 GMT . . . . .	22	3.2 GMT5 → GMT6 . . . . .	42
2.1.2 安装可选软件 . . . . .	23	3.3 经典模式 → 现代模式 . . . . .	43
2.2 macOS 下安装 GMT . . . . .	25	3.3.1 经典模式的问题 . . . . .	43
2.2.1 使用 Homebrew 安装 . . . . .	25	3.3.2 现代模式的优点 . . . . .	43
2.2.2 使用 GMT 安装包 . . . . .	26	3.3.3 从经典到现代 . . . . .	44
2.2.3 使用 Macports 安装 . . . . .	27		
2.3 Fedora 下安装 GMT . . . . .	27	<b>第 4 章 入门教程</b>	<b>45</b>
2.3.1 安装 GMT . . . . .	28	4.1 GMT 初探 . . . . .	45
2.3.2 升级 GMT . . . . .	28	4.1.1 GMT 初探: Linux 篇 . . . . .	45
2.3.3 卸载 GMT . . . . .	28	4.1.2 GMT 初探: macOS 篇 . . . . .	47
2.4 CentOS 下安装 GMT . . . . .	28	4.1.3 GMT 初探: Windows 篇 . . . . .	50
2.4.1 安装 GMT . . . . .	29	4.2 命令初探 . . . . .	52
2.4.2 升级 GMT . . . . .	29	4.2.1 GMT 绘图脚本模板 . . . . .	52
2.4.3 卸载 GMT . . . . .	29	4.2.2 绘制第一张图 . . . . .	53
2.5 Ubuntu/Debian 下安装 GMT . . . . .	30	4.2.3 GMT 命令格式 . . . . .	54
2.6 通过 conda 安装 GMT . . . . .	31	4.3 脚本编程 . . . . .	54
2.6.1 安装 GMT . . . . .	31	4.3.1 Bash 编程基础知识 . . . . .	54
2.6.2 升级 GMT . . . . .	31	4.3.2 Batch 编程基础知识 . . . . .	56
2.6.3 卸载 GMT . . . . .	32	4.4 绘制底图 . . . . .	57
2.7 Linux/macOS 下编译 GMT 源码 . . . . .	32	4.4.1 全球地图 . . . . .	58
2.7.1 安装依赖软件 . . . . .	32	4.4.2 区域地图 . . . . .	59
2.7.2 下载源码及数据 . . . . .	33	4.4.3 线性坐标轴 . . . . .	62
2.7.3 安装 GMT . . . . .	33	4.4.4 三维线性坐标轴 . . . . .	63
2.7.4 修改环境变量 . . . . .	36	4.5 绘制海岸线 . . . . .	64

4.5.4 绘制国界/州界 . . . . .	68	5.1.2 增加修饰 . . . . .	104
4.5.5 添加比例尺 . . . . .	69	5.1.3 水平直方图 . . . . .	105
4.6 绘制线段和多边形 . . . . .	70	5.1.4 百分比直方图 . . . . .	105
4.6.1 绘制一条线段 . . . . .	70	5.2 设置配置参数 . . . . .	106
4.6.2 绘制一个多边形 . . . . .	72	5.2.1 确定配置参数的名称 . . . . .	107
4.6.3 绘制多条线段 . . . . .	74	5.2.2 配置参数的设置方法 . . . . .	108
4.6.4 绘制多个多边形 . . . . .	75	5.3 GMT 单行模式 . . . . .	109
4.6.5 大圆弧路径 . . . . .	76	5.4 GMT 图中图模式 . . . . .	109
4.7 绘制符号 . . . . .	77	5.4.1 用矩形框标记研究区域 . . . . .	109
4.7.1 符号一览 . . . . .	77	5.4.2 用颜色标记研究区域 . . . . .	110
4.7.2 绘制简单符号 . . . . .	77	5.5 GMT 子图模式 . . . . .	111
4.7.3 大小变化的符号 . . . . .	78	5.5.1 子图布局 . . . . .	111
4.7.4 颜色变化的符号 . . . . .	79	5.5.2 第一张子图 . . . . .	112
4.7.5 绘制不同的符号 . . . . .	80	5.5.3 共用 X/Y 轴 . . . . .	113
4.7.6 大小、颜色和符号类型都变化 的符号 . . . . .	81	5.5.4 复杂布局 . . . . .	114
4.8 添加文字 . . . . .	82	5.6 GMT 多图模式 . . . . .	114
4.8.1 最简单的示例 . . . . .	82		
4.8.2 文字属性 . . . . .	83		
4.8.3 文本框 . . . . .	84		
4.8.4 对齐方式 . . . . .	84		
4.8.5 文本偏移量 . . . . .	85		
4.8.6 变化的文字属性 . . . . .	85		
4.9 添加图例 . . . . .	86		
4.9.1 自动图例 . . . . .	86		
4.9.2 设置图例属性 . . . . .	87		
4.9.3 手动设置图例 . . . . .	88		
4.10 绘制地形起伏 . . . . .	89		
4.10.1 全球地形起伏数据 . . . . .	89		
4.10.2 绘制全球地形起伏图 . . . . .	90		
4.10.3 绘图区域地形起伏图 . . . . .	90		
4.10.4 增加光照效果 . . . . .	91		
4.10.5 添加色标 . . . . .	92		
4.10.6 制作 CPT 文件 . . . . .	95		
4.11 理解图层 . . . . .	95		
4.11.1 图件分析与拆解 . . . . .	96		
4.11.2 绘制底图 . . . . .	96		
4.11.3 绘制震中和台站位置 . . . . .	97		
4.11.4 绘制射线路径 . . . . .	98		
4.11.5 添加台站名 . . . . .	99		
4.11.6 图层的先后顺序 . . . . .	101		
<b>第 5 章 进阶教程</b>	<b>103</b>		
5.1 绘制直方图 . . . . .	103		
5.1.1 垂直直方图 . . . . .	103		
		<b>第 6 章 社区绘图实例</b>	<b>116</b>
		6.1 底图 . . . . .	116
		6.2 线段与矢量 . . . . .	117
		6.3 网格图 . . . . .	119
		6.4 三维绘图 . . . . .	120
		6.5 地理空间数据集 . . . . .	121
		6.6 图例 . . . . .	128
		<b>第 7 章 外部绘图实例</b>	<b>130</b>
		<b>第 8 章 基础知识</b>	<b>131</b>
		8.1 画布 . . . . .	131
		8.1.1 图片格式 . . . . .	131
		8.1.2 画布白边 . . . . .	132
		8.1.3 画布大小 . . . . .	132
		8.1.4 画布颜色 . . . . .	132
		8.1.5 绘图原点 . . . . .	132
		8.2 单位 . . . . .	133
		8.2.1 长度单位 . . . . .	133
		8.2.2 距离单位 . . . . .	134
		8.2.3 小练习 . . . . .	134
		8.3 颜色 . . . . .	135
		8.3.1 颜色名 . . . . .	135
		8.3.2 RGB . . . . .	136
		8.3.3 HSV . . . . .	136
		8.3.4 CMYK . . . . .	136
		8.3.5 灰色 . . . . .	136
		8.3.6 透明色 . . . . .	137
		8.3.7 颜色小结 . . . . .	137

8.3.8 小练习 . . . . .	137	8.14 数据类型 . . . . .	160
8.4 画笔 . . . . .	137	8.14.1 地理坐标 . . . . .	160
8.4.1 画笔线宽 . . . . .	137	8.14.2 绝对时间坐标 . . . . .	160
8.4.2 画笔颜色 . . . . .	138	8.14.3 相对时间坐标 . . . . .	161
8.4.3 画笔线型 . . . . .	138	8.14.4 一般浮点数 . . . . .	161
8.4.4 小练习 . . . . .	139	8.15 输入文件的搜索目录 . . . . .	162
8.5 填充 . . . . .	139	8.15.1 搜索目录顺序 . . . . .	162
8.5.1 填充颜色 . . . . .	140	8.15.2 其他目录 . . . . .	162
8.5.2 填充图案 . . . . .	140		
8.5.3 小练习 . . . . .	140		
8.5.4 附录: GMT 预定义填充图案 .	141		
8.6 文字 . . . . .	142	<b>第 9 章 表数据</b>	163
8.6.1 文字大小 . . . . .	142	9.1 ASCII 表 . . . . .	163
8.6.2 字体 . . . . .	142	9.1.1 ASCII 表简介 . . . . .	163
8.6.3 填充色 . . . . .	143	9.1.2 文件头记录 . . . . .	163
8.6.4 描边 . . . . .	143	9.1.3 多段数据与数据段头记录 .	164
8.6.5 小练习 . . . . .	144	9.1.4 数据段头记录中的额外属性 .	165
8.7 特殊字符 . . . . .	144	9.2 二进制表 . . . . .	165
8.7.1 八进制码指定特殊字符 . . .	144	9.3 netCDF 表 . . . . .	165
8.7.2 使用 12 号或 34 号字体输入		9.4 Shapefile 格式 . . . . .	166
特殊字符 . . . . .	146	9.5 OGR/GMT 矢量数据格式 . . . .	166
8.7.3 特殊字符小结 . . . . .	147	9.5.1 简介 . . . . .	166
8.7.4 小练习 . . . . .	147	9.5.2 OGR/GMT 格式 . . . . .	166
8.8 转义序列 . . . . .	148	9.5.3 OGR/GMT 元数据 . . . . .	167
8.8.1 转义字符 . . . . .	148	9.5.4 OGR/GMT 数据 . . . . .	168
8.8.2 小练习 . . . . .	149	9.5.5 示例 . . . . .	169
8.8.3 注意事项 . . . . .	149		
8.9 LaTeX 表达式 . . . . .	149	<b>第 10 章 网格文件</b>	171
8.9.1 语法 . . . . .	149	10.1 网格文件格式 . . . . .	171
8.9.2 GMT 字体和 LaTeX . . . . .	150	10.1.1 netCDF 格式 . . . . .	172
8.9.3 技术细节 . . . . .	151	10.1.2 GMT 自定义二进制文件 . .	173
8.10 矢量/箭头 . . . . .	151	10.1.3 其它网格文件格式 . . . . .	174
8.10.1 矢量头位置及形状 . . . . .	152	10.2 网格配准 . . . . .	174
8.10.2 矢量头线条颜色和填充色 . .	152	10.2.1 网格配准方式 . . . . .	174
8.10.3 其它属性 . . . . .	152	10.2.2 配准方式转换 . . . . .	175
8.10.4 矢量类型及输入数据格式 . .	153	10.3 边界条件 . . . . .	175
8.11 线条属性 . . . . .	154	10.3.1 默认边界条件 . . . . .	175
8.11.1 端点偏移量 . . . . .	154	10.3.2 周期边界条件 . . . . .	176
8.11.2 线条平滑 . . . . .	154	10.3.3 地理边界条件 . . . . .	176
8.11.3 端点箭头 . . . . .	155	10.4 读 netCDF 文件 . . . . .	176
8.11.4 其它属性 . . . . .	155	10.4.1 读二维单变量 netCDF 文件 .	176
8.12 锚点 . . . . .	155	10.4.2 读取二维多变量 netCDF 文件	177
8.13 修饰物 . . . . .	157	10.4.3 读取三维单/多变量 netCDF	
8.13.1 定位 . . . . .	157	文件 . . . . .	177
8.13.2 背景面板 . . . . .	159	10.4.4 读取四维单/多变量 netCDF	
		文件 . . . . .	178
		10.4.5 读取一维单/多变量 netCDF	
		文件 . . . . .	178

10.4.6 修改坐标单位 . . . . .	179	12.15 -i 和 -o 选项 . . . . .	217
10.5 写 netCDF 文件 . . . . .	179	12.16 -j 选项 . . . . .	218
10.5.1 文件名格式 . . . . .	179	12.16.1 平面距离 . . . . .	218
10.5.2 分块与压缩 . . . . .	180	12.16.2 大圆路径距离 . . . . .	218
10.6 查看 netCDF 文件 . . . . .	180	12.16.3 测地线距离 . . . . .	218
<b>第 11 章 颜色表 CPT</b>	<b>181</b>	12.17 -l 选项 . . . . .	219
11.1 CPT 类型 . . . . .	181	12.18 -n 选项 . . . . .	220
11.1.1 分类 CPT . . . . .	181	12.19 -p 选项 . . . . .	220
11.1.2 常规 CPT . . . . .	182	12.20 -q 选项 . . . . .	222
11.2 内置 CPT . . . . .	184	12.21 -r 选项 . . . . .	223
11.3 制作 CPT . . . . .	186	12.22 -s 选项 . . . . .	224
11.3.1 周期性 CPT 文件 . . . . .	187	12.23 -t 选项 . . . . .	225
11.3.2 动态 CPT . . . . .	188	12.24 -w 选项 . . . . .	225
11.4 使用 CPT . . . . .	188	12.25 -x 选项 . . . . .	230
11.5 当前 CPT . . . . .	189	12.26 -: 选项 . . . . .	231
<b>第 12 章 标准选项</b>	<b>190</b>	<b>第 13 章 地图投影</b>	<b>232</b>
12.1 -R 选项 . . . . .	191	13.1 -JX: Linear, logarithmic, power, and time . . . . .	233
12.1.1 五种方式 . . . . .	191	13.1.1 笛卡尔线性坐标 . . . . .	234
12.1.2 六种坐标 . . . . .	192	13.1.2 笛卡尔对数投影 . . . . .	236
12.2 -J 选项 . . . . .	193	13.1.3 笛卡尔指数投影 . . . . .	236
12.2.1 GMT 投影代码 . . . . .	193	13.2 -JP: Polar/Cylindrical . . . . .	237
12.2.2 Proj4 投影代码 . . . . .	195	13.3 -JA: Lambert azimuthal equal area . . . . .	238
12.2.3 GMT+PROJ4 . . . . .	196	13.3.1 矩形地图 . . . . .	238
12.3 -B 选项 . . . . .	197	13.3.2 半球地图 . . . . .	239
12.3.1 边框设置 . . . . .	197	13.3.3 震源辐射花样 . . . . .	239
12.3.2 轴设置 . . . . .	199	13.4 -JB: Albers conic equal area . . . . .	240
12.3.3 地理底图 . . . . .	201	13.5 -JC: Cassini cylindrical . . . . .	241
12.3.4 笛卡尔线性轴 . . . . .	202	13.6 -JCyl_stere: Cylindrical stereographic . . . . .	242
12.3.5 笛卡尔 $\log_{10}$ 轴 . . . . .	202	13.7 -JD: Equidistant conic . . . . .	243
12.3.6 笛卡尔指数轴 . . . . .	203	13.8 -JE: Azimuthal equidistant . . . . .	244
12.3.7 时间轴 . . . . .	204	13.9 -JF: Azimuthal gnomonic . . . . .	245
12.3.8 弧度轴 $\pi$ 的标注 . . . . .	206	13.10 -JG: Azimuthal orthographic/General perspective . . . . .	246
12.3.9 自定义轴 . . . . .	206	13.11 -JH: Hammer equal area . . . . .	248
12.4 -U 选项 . . . . .	208	13.12 -JI: Sinusoidal equal area . . . . .	249
12.5 -V 选项 . . . . .	209	13.13 -JJ: Miller cylindrical . . . . .	251
12.6 -X 和 -Y 选项 . . . . .	209	13.14 -JK: Eckert equal area . . . . .	251
12.7 -a 选项 . . . . .	211	13.15 -JL: Lambert conic conformal . . . . .	253
12.8 -b 选项 . . . . .	211	13.16 -JM: Mercator cylindrical . . . . .	254
12.9 -c 选项 . . . . .	212	13.17 -JN: Robinson . . . . .	255
12.10 -d 选项 . . . . .	213	13.18 -JO: Oblique Mercator . . . . .	255
12.11 -e 选项 . . . . .	213	13.19 -JPoly: (American) polyconic . . . . .	257
12.12 -f 选项 . . . . .	215	13.20 -JQ: Equidistant cylindrical . . . . .	258
12.13 -g 选项 . . . . .	215		
12.14 -h 选项 . . . . .	216		

13.21 -JR: Winkel Tripel . . . . .	259	14.11.3 其它参数 . . . . .	290
13.22 -JS: General stereographic . . . . .	260	<b>第 15 章 地学数据集</b>	<b>292</b>
13.22.1 极区立体地图 . . . . .	260	15.1 使用方法 . . . . .	292
13.22.2 矩形立体地图 . . . . .	261	15.1.1 GMT 内置数据 . . . . .	292
13.22.3 一般立体地图 . . . . .	261	15.1.2 GMT 远程数据 . . . . .	292
13.23 -JT: Transverse Mercator . . . . .	262	15.1.3 自定义数据 . . . . .	295
13.24 -JU: Universal Transverse Mercator (UTM) . . . . .	264	15.2 GMT 内置数据 . . . . .	295
13.25 -JV: Van der Grinten . . . . .	265	15.2.1 GSHHG: 全球高分辨率海岸 线数据 . . . . .	295
13.26 -JW: Mollweide . . . . .	266	15.2.2 DCW: 世界数字图表 . . . . .	300
13.27 -JY: Cylindrical equal area . . . . .	267	15.3 GMT 远程数据 . . . . .	305
<b>第 14 章 配置参数</b>	<b>269</b>	15.3.1 earth_relief: 全球地形起伏数据	306
14.1 配置参数简介 . . . . .	270	15.3.2 earth_age: 地球洋壳年龄数据	308
14.1.1 查看配置参数的值 . . . . .	270	15.3.3 earth_day 和 earth_night: 地 球昼夜卫星影像 . . . . .	309
14.1.2 修改配置参数的值 . . . . .	270	15.3.4 earth_mask: 地球掩膜数据 . .	311
14.2 FONT 参数 . . . . .	271	15.3.5 earth_geoid: EGM2008 全球 大地水准面模型 . . . . .	313
14.3 MAP 参数 . . . . .	272	15.3.6 earth_faa: IGPP 全球自由空 气异常数据 . . . . .	314
14.3.1 边框相关参数 . . . . .	272	15.3.7 earth_mag 和 earth_mag4km: EMAG2 全球磁异常模型 . . . . .	315
14.3.2 标注相关参数 . . . . .	273	15.4 自定义数据 . . . . .	316
14.3.3 标签相关参数 . . . . .	274	15.4.1 GADM: 全球行政区划数据库 .	317
14.3.4 刻度相关参数 . . . . .	274	15.4.2 PB2002: 全球板块边界数据 .	320
14.3.5 网格线相关参数 . . . . .	274	15.4.3 中国地理空间数据集 . . . . .	322
14.3.6 标题相关参数 . . . . .	275	15.5 其他地学数据 . . . . .	336
14.3.7 其它参数 . . . . .	275		
14.4 COLOR 参数 . . . . .	276	<b>第 16 章 中文支持</b>	<b>337</b>
14.4.1 CPT 相关参数 . . . . .	276	16.1 Linux 下的 GMT 中文支持 . . . . .	337
14.4.2 光照相关参数 . . . . .	277	16.1.1 ghostscript 的中文支持 . . . . .	337
14.5 DIR 参数 . . . . .	277	16.1.2 GMT 的中文支持 . . . . .	338
14.6 FORMAT 参数 . . . . .	278	16.1.3 GMT 中文测试 . . . . .	338
14.6.1 日期的输入/输出/绘图格式 .	278	16.2 macOS 下的 GMT 中文支持 . . . . .	339
14.6.2 时间的输入/输出/绘图格式 .	279	16.2.1 ghostscript 的中文支持 . . . . .	339
14.6.3 地理坐标的输出/绘图格式 .	279	16.2.2 GMT 的中文支持 . . . . .	340
14.6.4 浮点数的输出/绘图格式 .	280	16.2.3 GMT 中文测试 . . . . .	341
14.6.5 其它数据的绘图格式 . . . . .	280	16.3 Windows 下的 GMT 中文支持 . . . . .	342
14.7 IO 参数 . . . . .	281	16.3.1 ghostscript 的中文支持 . . . . .	342
14.7.1 表数据相关参数 . . . . .	281	16.3.2 GMT 的中文支持 . . . . .	342
14.7.2 网格文件相关参数 . . . . .	282	16.3.3 GMT 中文测试 . . . . .	343
14.7.3 其它 IO 参数 . . . . .	282	16.4 GMT 中文效果演示 . . . . .	345
14.8 PROJ 参数 . . . . .	283	16.4.1 中文文字 . . . . .	345
14.9 PS 参数 . . . . .	284	16.4.2 中文月份 . . . . .	346
14.10 TIME 参数 . . . . .	287	16.4.3 中文星期 . . . . .	347
14.11 其他参数 . . . . .	289		
14.11.1 数据下载相关参数 . . . . .	289		
14.11.2 算法选择相关参数 . . . . .	289		

16.5 自定义字体原理 . . . . .	347	18.28 gmtvector . . . . .	444
16.5.1 基本原理 . . . . .	348	18.29 gmtwhich . . . . .	448
16.5.2 ghostscript 中文配置 . . . . .	348	18.30 grd2cpt . . . . .	449
16.5.3 GMT 中文支持 . . . . .	350	18.31 grd2xyz . . . . .	452
16.5.4 GMT 中文测试 . . . . .	350	18.32 grdblend . . . . .	454
16.5.5 对其他发行版的若干说明 . . . . .	351	18.33 grdclip . . . . .	457
16.5.6 参考资料 . . . . .	352	18.34 grdcontour . . . . .	458
<b>第 17 章 API</b>	<b>353</b>	18.35 grdconvert . . . . .	461
17.1 GMT C API . . . . .	353	18.36 grdcut . . . . .	463
17.2 GMT/Matlab Toolbox . . . . .	353	18.37 grdedit . . . . .	465
17.2.1 安装 . . . . .	353	18.38 grdfill . . . . .	468
17.2.2 使用方法 . . . . .	355	18.39 grdimage . . . . .	470
17.2.3 常见问题 . . . . .	356	18.40 grdinfo . . . . .	472
17.2.4 引用 . . . . .	356	18.41 grdlandmask . . . . .	476
17.3 GMT.jl . . . . .	356	18.42 grdmask . . . . .	479
17.4 PyGMT . . . . .	356	18.43 grdmath . . . . .	480
<b>第 18 章 模块手册</b>	<b>357</b>	18.44 grdpaste . . . . .	493
18.1 basemap . . . . .	362	18.45 grdproject . . . . .	494
18.2 begin . . . . .	367	18.46 grdsample . . . . .	495
18.3 clear . . . . .	370	18.47 grdtrack . . . . .	497
18.4 clip . . . . .	372	18.48 grdtrend . . . . .	498
18.5 coast . . . . .	375	18.49 grdvector . . . . .	499
18.6 colorbar . . . . .	382	18.50 grdview . . . . .	500
18.7 contour . . . . .	385	18.51 grdvolume . . . . .	502
18.8 coupe . . . . .	387	18.52 gshhg . . . . .	504
18.9 docs . . . . .	393	18.53 histogram . . . . .	508
18.10 end . . . . .	395	18.54 image . . . . .	511
18.11 figure . . . . .	396	18.55 img2google . . . . .	513
18.12 filter1d . . . . .	398	18.56 img2grd . . . . .	515
18.13 fitcircle . . . . .	401	18.57 inset . . . . .	519
18.14 gmt . . . . .	403	18.58 kml2gmt . . . . .	522
18.15 gmt-config . . . . .	404	18.59 legend . . . . .	524
18.16 gmtbinstats . . . . .	405	18.60 makecpt . . . . .	530
18.17 gmtconnect . . . . .	408	18.61 mapproject . . . . .	531
18.18 gmtdefaults . . . . .	410	18.62 mask . . . . .	536
18.19 gmtget . . . . .	411	18.63 meca . . . . .	539
18.20 gmtinfo . . . . .	413	18.64 nearneighbor . . . . .	545
18.21 gmtlogo . . . . .	415	18.65 plot . . . . .	548
18.22 gmtmath . . . . .	417	18.66 polar . . . . .	567
18.23 gmtselect . . . . .	430	18.67 project . . . . .	571
18.24 gmtset . . . . .	433	18.68 psconvert . . . . .	574
18.25 gmt simplify . . . . .	435	18.69 rose . . . . .	578
18.26 gmt spatial . . . . .	437	18.70 sac . . . . .	579
18.27 gmt split . . . . .	442	18.71 sample1d . . . . .	583
		18.72 solar . . . . .	585

18.73 spectrum1d . . . . .	588	18.111 mgd77magref . . . . .	725
18.74 sph2grd . . . . .	590	18.112 mgd77path . . . . .	728
18.75 sphdistance . . . . .	592	18.113 mgd77sniffer . . . . .	730
18.76 sphinterpolate . . . . .	595	18.114 mgd77track . . . . .	736
18.77 sphtriangulate . . . . .	598		
18.78 subplot . . . . .	601		
18.79 surface . . . . .	609		
18.80 ternary . . . . .	610		
18.81 text . . . . .	614		
18.82 triangulate . . . . .	618		
18.83 velo . . . . .	622		
18.84 wiggle . . . . .	626		
18.85 xyz2grd . . . . .	631		
18.86 x2sys_init . . . . .	634		
18.87 x2sys_binlist . . . . .	641		
18.88 x2sys_cross . . . . .	642		
18.89 x2sys_datalist . . . . .	645		
18.90 x2sys_get . . . . .	648		
18.91 x2sys_list . . . . .	650		
18.92 x2sys_merge . . . . .	652		
18.93 x2sys_put . . . . .	653		
18.94 x2sys_report . . . . .	655		
18.95 x2sys_solve . . . . .	657		
18.96 gmtflexure . . . . .	659		
18.97 gmtgravmag3d . . . . .	662		
18.98 gravfft . . . . .	665		
18.99 grdflexure . . . . .	670		
18.100 grdgravmag3d . . . . .	677		
18.101 grdradpol . . . . .	680		
18.102 grdseamount . . . . .	682		
18.103 gravprisms . . . . .	690		
18.104 talwani2d . . . . .	694		
18.105 talwani3d . . . . .	699		
18.106 mgd77manage . . . . .	702		
18.107 mgd77convert . . . . .	708		
18.108 mgd77header . . . . .	711		
18.109 mgd77info . . . . .	714		
18.110 mgd77list . . . . .	716		
		<b>第 19 章 相关工具</b>	<b>740</b>
		19.1 GDAL . . . . .	740
		19.1.1 简介 . . . . .	740
		19.1.2 安装 . . . . .	740
		19.1.3 ogr2ogr . . . . .	740
		19.1.4 gdal_translate . . . . .	741
		<b>第 20 章 等值线标注和“线条标注”</b>	<b>742</b>
		20.1 标注的位置 . . . . .	742
		20.2 标注的属性 . . . . .	743
		20.3 等值线标注位置实例 . . . . .	745
		20.3.1 等距离放置标注 . . . . .	745
		20.3.2 给定标注个数 . . . . .	745
		20.3.3 给定标注位置 . . . . .	746
		20.3.4 线段与等值线交点处放置标注 . . . . .	746
		20.3.5 广义的线段与等值线相交算法 . . . . .	747
		20.4 标注属性实例 . . . . .	747
		20.4.1 按照沿大圆弧距离放置标注- 不透明文本框 . . . . .	747
		20.4.2 按照沿大圆弧距离放置标注- 反色圆角矩阵 . . . . .	748
		20.4.3 使用不同数据集定义标注的 内容和位置 . . . . .	748
		20.5 综合实例 . . . . .	749
		<b>第 21 章 贡献指南</b>	<b>750</b>
		21.1 维护与更新 . . . . .	750
		21.2 分支模型 . . . . .	750
		21.3 构建文档 . . . . .	750
		21.4 文档风格 . . . . .	751
		21.4.1 文件命名 . . . . .	751
		21.4.2 文件风格 . . . . .	751
		21.4.3 示例风格 . . . . .	752
		21.5 新增绘图实例 . . . . .	752

# 图目录

1	GMT 部分核心开发者及指导委员会部分成员	17
1	使用 GMT 绘制的第一张图	53
2	全球地图 (无边框版)	58
3	全球地图 (有边框版)	59
4	使用国家代码指定绘图区域	60
5	使用经纬度范围指定绘图区域	61
6	为区域地图添加标题	62
7	线性坐标轴	63
8	三维线性坐标轴	64
9	美国海岸线	65
10	绘制海岸线	66
11	绘制海岸线和湖岸线	66
12	设置要绘制的对象的最小面积	67
13	填充颜色	68
14	绘制国界与州界	69
15	添加比例尺	70
16	全球地形起伏图	90
17	台湾区域地形图	91
18	带光照效果的台湾区域地形图	92
1	垂直直方图	104
2	添加选项的垂直直方图	104
3	水平直方图	105
4	添加选项的垂直直方图	106
5	标题字体的全局设置	108
6	标题字体的临时设置	108
1	GMT 绘图原点 (红色圆圈) 相对于画布的位置	133
2	GMT 内置位图图案	141
3	ISOLation1+ 和 Standard+ 编码下的八进制码	145
4	Symbol 和 Pifont 字体八进制码	146
5	在轴标签、标题以及 <i>text</i> 模块中使用 LaTeX 表达式	150
6	三种矢量: (左) 笛卡尔矢量; (中) 地理矢量; (右) 弧形矢量	153
7	线段起点偏移示意图	154
8	线条自动样条插值示意图	155
9	线条端点箭头示意图	155
10	GMT 修饰物背景面板	160
1	GMT 网格配准方式	174

1	abyss . . . . .	185
2	acton . . . . .	185
3	bamako . . . . .	185
4	bathy . . . . .	185
5	batlow . . . . .	185
6	berlin . . . . .	185
7	bilbao . . . . .	185
8	broc . . . . .	185
9	brocO . . . . .	185
10	buda . . . . .	185
11	categorical . . . . .	185
12	cool . . . . .	185
13	copper . . . . .	185
14	cork . . . . .	185
15	corkO . . . . .	185
16	cubhelix . . . . .	185
17	cyclic . . . . .	185
18	davos . . . . .	185
19	dem1 . . . . .	185
20	dem2 . . . . .	185
21	dem3 . . . . .	185
22	dem4 . . . . .	185
23	devon . . . . .	185
24	drywet . . . . .	185
25	earth . . . . .	185
26	elevation . . . . .	185
27	etopol . . . . .	185
28	gebco . . . . .	185
29	geo . . . . .	185
30	globe . . . . .	185
31	gray . . . . .	185
32	grayC . . . . .	185
33	hawaii . . . . .	185
34	haxby . . . . .	185
35	hot . . . . .	185
36	ibcs0 . . . . .	185
37	imola . . . . .	185
38	inferno . . . . .	185
39	jet . . . . .	185
40	lajolla . . . . .	185
41	lapaz . . . . .	185
42	lisbon . . . . .	185
43	mag . . . . .	185
44	magma . . . . .	185
45	nighttime . . . . .	185

46	no_green . . . . .	185
47	nuuk . . . . .	185
48	ocean . . . . .	185
49	oleron . . . . .	185
50	oslo . . . . .	185
51	paired . . . . .	185
52	panoply . . . . .	185
53	plasma . . . . .	185
54	polar . . . . .	185
55	rainbow . . . . .	185
56	red2green . . . . .	185
57	relief . . . . .	185
58	roma . . . . .	185
59	romaO . . . . .	185
60	seafloor . . . . .	185
61	sealand . . . . .	185
62	seis . . . . .	185
63	split . . . . .	185
64	srtm . . . . .	185
65	terra . . . . .	185
66	tofino . . . . .	185
67	tokyo . . . . .	185
68	topo . . . . .	185
69	turbo . . . . .	185
70	turku . . . . .	185
71	vik . . . . .	185
72	vikO . . . . .	185
73	viridis . . . . .	185
74	world . . . . .	185
75	wysiwyg . . . . .	185
1	-R 选项指定数据范围。 . . . . .	192
2	GMT 坐标轴中的标注、刻度和网格线 . . . . .	200
3	地理底图示例 1 . . . . .	201
4	地理底图示例 2 . . . . .	201
5	笛卡尔线性轴 . . . . .	202
6	笛卡尔线性轴的倾斜标注 . . . . .	202
7	对数坐标轴 . . . . .	203
8	指数投影坐标轴 . . . . .	203
9	时间轴示例 1 . . . . .	204
10	时间轴示例 2 . . . . .	205
11	时间示例 3 . . . . .	205
12	时间轴示例 4 . . . . .	205
13	时间轴示例 5 . . . . .	206
14	时间轴示例 6 . . . . .	206

15	时间轴示例 7 . . . . .	206
16	自定义坐标轴 . . . . .	207
17	-U 选项加时间戳 . . . . .	208
18	-X 和 -Y 移动绘图原点 . . . . .	210
19	密西西比河日流量时间序列图 . . . . .	226
20	归一化年份下的密西西比河日流量时间序列图 . . . . .	227
21	10 年间的密西西比河月流量 (以 9 月为起点) . . . . .	227
22	a) 归一化后一年内的密西西比河日流量, b) 10 年的密西西比河月流量, 以 9 月为起点 . . . . .	228
23	归一化年份下的密西西比河日流量 . . . . .	229
24	(a) Verrazano-Narrows 大桥原始车流量时间序列; (b) 周流量时间序列; (c) 周流量直方图; (d) 小时流量直方图 . . . . .	230
1	笛卡尔坐标的线性变换 . . . . .	234
2	地理坐标的线性变换 . . . . .	235
3	日期时间坐标的线性变换 . . . . .	236
4	对数投影 . . . . .	236
5	指数变换 . . . . .	237
6	极坐标用法示例 . . . . .	238
7	使用 Lambert 方位等面积投影绘制矩形地图 . . . . .	239
8	使用 Lambert 方位等面积投影绘制半球地图 . . . . .	239
9	震源球投影: 等面积的 Schmidt 网和等角度的 Wulff 网 . . . . .	240
10	Albers 圆锥等面积投影 . . . . .	241
11	Cassini 投影绘制 Sardinia 岛 . . . . .	242
12	使用 Gall 立体投影绘制世界地图 . . . . .	243
13	等距圆锥地图投影 . . . . .	244
14	使用等距方位投影绘制全球图 . . . . .	245
15	球心方位投影 . . . . .	246
16	使用正射投影绘制半球 . . . . .	247
17	透视投影 . . . . .	248
18	使用 Hammer 投影绘制全球地图 . . . . .	249
19	使用正弦曲线投影绘制世界地图 . . . . .	250
20	使用间断正弦曲线投影绘制世界地图 . . . . .	250
21	使用 Miller 圆柱投影绘制世界地图 . . . . .	251
22	Eckert IV 投影绘制全球图 . . . . .	252
23	Eckert VI 投影绘制全球图 . . . . .	252
24	Lambert 保角圆锥投影 . . . . .	253
25	Mercator 投影 . . . . .	254
26	使用 Robinson 投影绘制全球地图 . . . . .	255
27	使用 -Joc 倾斜 Mercator 投影 . . . . .	256
28	使用 -JOa 倾斜 Mercator 投影 . . . . .	256
29	使用 -Joc 倾斜 Mercator 投影 . . . . .	257
30	多圆锥投影 . . . . .	258
31	使用 Plate Carrée 投影绘制全球地图 . . . . .	259
32	使用 Winkel Tripel 投影绘制全球地图 . . . . .	260
33	极区立体保角投影 . . . . .	261

34	矩形边界下的极区立体保角投影 . . . . .	261
35	一般立体投影 . . . . .	262
36	矩形横向 Mercator 地图 . . . . .	263
37	全球横向 Mercator 地图 . . . . .	264
38	使用 Van der Grinten 投影绘制全球图 . . . . .	266
39	使用 Mollweide 投影绘制全球地图 . . . . .	267
40	使用 Behrman 圆柱等面积投影绘制地图 . . . . .	268
1	配置参数示例 1 . . . . .	269
2	配置参数示例 2 . . . . .	269
3	配置参数示例 3 . . . . .	270
4	<b>PS_LINE_CAP</b> 控制线段端点绘图效果 . . . . .	285
5	<b>PS_LINE_JOIN</b> 控制线段拐点绘制效果 . . . . .	285
1	GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据 . . . . .	295
2	DCW: 世界数字图表 . . . . .	300
3	地球昼夜卫星影像 . . . . .	309
4	地球掩膜数据 . . . . .	311
5	PB2002 全球板块边界 . . . . .	321
1	Matlab PATH 设置 . . . . .	354
1	方向玫瑰图 . . . . .	366
2	磁场玫瑰图 . . . . .	367
3	fitcircle 示例 . . . . .	403
4	legend 示意图 1 . . . . .	529
5	算法示意图。R 为搜索半径, 其限制了考虑的点和扇区的数量, 只有每个扇区中最近的点(红色点)参与估计 . . . . .	546
6	plot -A 选项示意图 . . . . .	549
7	-L 和 -G 选项不同搭配方式的效果 . . . . .	552
8	围绕线条的包络 . . . . .	553
9	到指定位置的包络 . . . . .	554
10	plot -S 选项示意图 . . . . .	555
11	plot -Sf 示意图 . . . . .	558
12	plot -Sm 示意图 . . . . .	560
13	plot -Sw 示意图 . . . . .	563
14	plot -F 选项示意图 . . . . .	566
15	polar 示例 . . . . .	571
16	project 示意图 . . . . .	572
17	曙暮光区的多种定义(图片来自于 <a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Twilight">https://en.wikipedia.org/wiki/Twilight</a> ) . . . . .	586
18	段落模式示意图 . . . . .	617
19	velo 示意图 1 . . . . .	625
20	velo 示意图 2 . . . . .	626
1	通过指定 -Gd 选项的参数, 确定了标注的位置(等值线上相距 1.5 英寸的点) . . . . .	745
2	通过指定 -Gn 选项的参数, 确定了标注的位置(每条长度超过 1 英寸的等值线的中心位置) . . . . .	745
3	通过指定 -Gf 选项的参数, 确定了标注的位置(等值线上与给定点距离最小的点) . . . . .	746

4	通过指定 -GL 选项的参数确定了标注的位置 (大圆弧与等值线的交点) . . . . .	746
5	通过指定 -GX 选项的参数 (多段数据文件 <i>cross.txt</i> ), 确定了标注的位置 . . . . .	747
6	通过指定 -Sq 选项的参数控制标注属性. . . . .	747
7	另一个标注属性实例 . . . . .	748
8	标注的位置和内容来自不同的数据集 . . . . .	748
9	Canary Islands 到大西洋沿岸的海啸走时图, 特别是纽约。当发生灾难性滑坡时, 纽约将在 8 小时后遭遇大海啸。. . . . .	749

# 表目录

1 地球科学常用绘图软件比较 (✓ 和 X 表示是否支持某一功能) . . . . .	18
1 GMT 预定义画笔宽度名 . . . . .	138
2 Word 字号与 GMT 中字号 (p) 对应关系 . . . . .	142
3 GMT 转义字符 . . . . .	148
4 欧洲特殊字母 . . . . .	148
1 GMT 支持的网格文件格式 . . . . .	171
2 GMT 中 netCDF 格式的属性 . . . . .	172
1 GMT 标准选项列表 . . . . .	190
2 GMT 投影代码 . . . . .	194
3 Proj4 投影代码 . . . . .	195
4 GMT 时间单位 . . . . .	204
5 标准时间循环代码 . . . . .	225
1 GMT 投影代码 . . . . .	232
1 GMT 预定义纸张大小 . . . . .	286



欢迎来到 Generic Mapping Tools (GMT) 的世界。GMT 是地球科学使用最广泛的制图软件之一。

本文档是由 [GMT 中文社区](#) 维护整理的 GMT 中文手册。手册详尽地介绍了 GMT 的用法并提供了大量的实用示例。其既可以作为初学者的入门读物，也可以作为日常使用的参考书。

## 手册学习指南

本手册主要包含如下三个部分：

1. **GMT 入门**: 介绍 GMT 的历史、版本以及安装方法等，并为初学者提供了 GMT 入门和进阶教程。初学者应完整阅读“GMT 入门”，也可观看配套的《[GMT6 初学者视频教程](#)》，并通过练习掌握 GMT 的基本用法。
2. **GMT 实例**: 包含丰富的 GMT 实用脚本，可以作为日常科研绘图参考。
3. **GMT 进阶**: 详细介绍 GMT 中的全部细节和用法，可以作为参考书查阅。

## 快速链接

- [标准选项](#)
- [地图投影](#)
- [配置参数](#)
- [模块列表](#)
- [颜色名列表](#)
- [内置 CPT](#)
- [内置字体列表](#)
- [特殊字符一览](#)
- [地学数据](#)
- [学习资源](#)
- [GMT 官方文档](#)
- [引用 GMT](#)

# 第 1 章 简介

这一章主要介绍 GMT 的历史、版本、引用以及网络上的免费学习资源等。

## 1.1 简介

### 1.1.1 GMT 是什么

GMT, 全称 Generic Mapping Tools, 中文一般译为“通用制图工具”。GMT 是地球科学使用最广泛的制图软件之一, 具有强大的绘图功能和数据处理功能。

绘图方面, GMT 支持绘制多种类型的底图, 包含 30 多种地图投影、笛卡尔坐标轴(线性坐标轴、对数轴、指数轴)、极坐标轴; 支持绘制统计直方图、等值线图、2D 网格图以及 3D 视角图等; 也支持绘制线段、海岸线、国界、多种符号、图例、色标、文字等。

数据处理方面, GMT 具有数据筛选、重采样、时间序列滤波、二维网格滤波、三维网格插值、多项式拟合、线性回归分析等功能。

### 1.1.2 GMT 的历史

- 1988 年, Paul Wessel 和 Walter H.F. Smith 开发了 GMT 的最原始版本 GMT 1.0
- 1991 年 8 月 10 日, GMT2 发布
- 1998 年 11 月 8 日, GMT3 发布
- 2005 年 10 月 1 日, GMT4 发布(GMT4 系列的最后一个版本 GMT 4.5.18 发布于 2018 年 7 月 1 日)
- 2013 年 11 月 5 日, GMT5 发布(GMT5 系列的最后一个版本 GMT 5.4.5 发布于 2019 年 1 月 4 日)
- 2019 年 11 月 1 日, GMT6 发布(目前最新版本 GMT 6.4.0 发布于 2022 年 06 月 18 日)

想了解更多关于 GMT 的历史故事, 可以观看/收听下面的视频/音频:

- Don't Panic Geocast 对 Paul Wessel 和 Leonardo Uieda 的采访: <http://www.dontpanicgeocast.com/?p=638>
- Don't Panic Geocast 对 Walter Smith 的采访: <https://www.dontpanicgeocast.com/?p=742>
- Paul Wessel 在 GMT 20 周年的演讲: <https://av.tib.eu/media/19869> 或 [https://youtu.be/2D\\_UlEZpxbU](https://youtu.be/2D_UlEZpxbU)

### 1.1.3 GMT 开发者

GMT 的核心开发者有 8 位: Paul Wessel、Walter H. F. Smith、Remko Scharroo、Joaquim F. Luis、Leonardo Uieda、Florian Wobbe、Dongdong Tian 和 Meghan Jones。

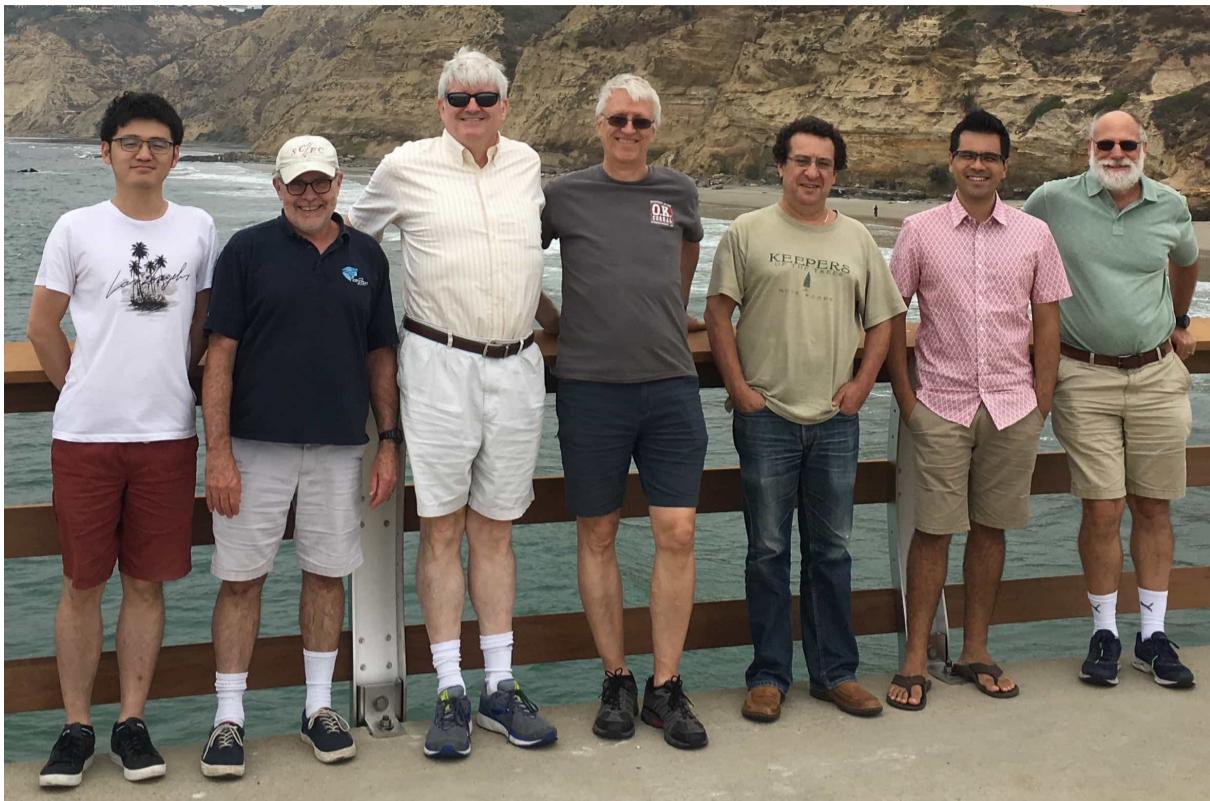


图 1: GMT 部分核心开发者及指导委员会部分成员

从左至右依次为 Dongdong Tian、David Sandwell（指导委员会主席）、Walter H.F. Smith、Paul Wessel、Joaquim Luis、Leonardo Uieda 和 Dave Caress（指导委员会成员）。照片拍摄于 2019 年 7 月 29 日至 8 月 2 日在加州 La Jolla 举办的 GMT 开发者峰会。

#### 1.1.4 GMT 的特点

为什么选择 GMT 软件来绘图呢？因为 GMT 有如下特点：

1. 专注于地学制图

GMT 是一个专业的地学制图软件。在绘制地图方面，GMT 不仅可以更高效地绘制地图，而且可以更简单地实现地学制图过程所需的数据处理等操作。

2. 开源免费

GMT 是免费的开源软件，其源码遵循 [GNU LGPL](#) 协议。任何人均可免费获得软件的源码，并可以自由复制、分发以及修改。

3. 跨平台

GMT 源码由高度可移植的 C 语言写成，其完全兼容于 POSIX 标准，可以运行在 Linux、macOS 等类 UNIX 系统及 Windows 上。GMT 不仅公开了软件源代码，还提供了 Windows 和 macOS 下的二进制安装包，各大 Linux 发行版中也提供了预编译的二进制包。

4. 模块化

GMT 遵循 UNIX 的模块化设计思想，将不同的绘图功能和数据处理功能划分到不同的模块中。这样的模块化设计有很多优点：

- 只需要少量的模块
- 各个模块之间相互独立且代码量少，易于更新和维护
- 可以在脚本中调用一系列模块以绘制复杂图件

## 5. 支持多种格式的高精度矢量图和位图

GMT 支持多种高精度的矢量图片格式 (如 PDF、PS 和 EPS) 和位图图片格式 (如 BMP、JPG、PNG、PPM 和 TIFF )。矢量图片格式具有任意放大缩小而不失真的特性, 可直接投稿到学术期刊; 位图图片格式可用于日常的文档及演示。

## 6. 软件开发过程透明且活跃

GMT 的开发 (修改、讨论与决议) 都在 [GitHub](#) 上公开进行。所有用户均可向 GMT 提交 bug 报告、申请增加新功能、参与讨论等, 并可以通过多种不同方式 (改进文档、修改源码等) 向 GMT 做贡献。

### 1.1.5 其他制图软件

除了 GMT 之外, 还可以使用很多其他软件制图, 以下仅列出一些地球科学领域常用的制图软件。

表 1: 地球科学常用绘图软件比较 (✓ 和 X 表示是否支持某一功能)

软件名称	二维图	三维图	地图
<a href="#">GMT</a>	✓	✓ <sup>1</sup>	✓
<a href="#">Matplotlib</a>	✓	✓	✓ <sup>2</sup>
Microsoft Excel	✓	✓	✓
<a href="#">Origin</a>	✓	✓	X
Matlab	✓	✓	✓ <sup>3</sup>
<a href="#">ggplot2</a>	✓	X	✓ <sup>4</sup>
<a href="#">gnuplot</a>	✓	✓	X

## 1.2 版本

### 1.2.1 版本号

GMT 版本号遵循“语义化版本号规范”, 其版本号格式为:

*major.minor.patch*

其中, *major* 为主版本号, *minor* 为次版本号, *patch* 为补丁版本号, 如 6.2.0。

根据“语义化版本号规范”的要求:

- 有大更新时 (如重写底层代码), 会增加主版本号 *major*。*major* 不同的两个版本的语法、功能以及 API 接口可能有差异
- 有较大更新时 (如新增模块或者新增功能), 会增加次版本号 *minor*
- 若只是修复代码 BUG 或改进文档, 则增加补丁版本号 *patch*

因而, GMT 6.x.x 与 5.x.x 在底层存在很大差异, 两个版本的语法不一定完全兼容; GMT 6.2.x 相对于 6.1.x 增加了更多的功能; GMT 6.1.1 相对于 6.1.0 则主要是修复了一些 BUG。

<sup>1</sup> GMT 对三维图的支持很有限

<sup>2</sup> 需要额外安装 [Cartopy](#)

<sup>3</sup> 需要额外安装 [M\\_Map](#)

<sup>4</sup> 需要额外安装 [ggmap](#)

---

**备注:** GMT 开发版的版本号略有不同, 其格式为:

*major.minor.patch\_hash\_yyyy.mm.dd*

其中, *hash* 和 *yyyy.mm.dd* 是开发版中最新提交的 hash 值和日期。例如, 6.1.0\_267ce55\_2020.01.21 表示更新于 2020 年 1 月 21 日、hash 值为 267ce55 的 6.1.0 开发版。

---

### 1.2.2 GMT 主流版本

GMT 目前主流版本有 GMT6、GMT5 和 GMT4 三个主版本。这几个版本有什么区别呢? 用户该如何选择呢?

GMT6 基本兼容 GMT4 和 GMT5 语法, 且 GMT6 新增的现代模式语法更加简洁易用。因而, 建议所有 GMT 新用户学习并使用 GMT6 的现代模式。GMT 老用户可以在 GMT6 下运行老脚本, 但建议学习并使用 GMT6 现代模式写新脚本。

---

**备注:** 本文档中所有示例均使用 GMT6 的现代模式语法。

---

#### GMT6

GMT6 是 GMT 目前的最新版本, 也是开发者在持续维护和更新的版本。GMT6 特点在于:

- 基本兼容 GMT4 和 GMT5 语法, 因而老脚本无需修改或仅需少量修改即可在 GMT6 下使用, 详情见[版本迁移](#)一节
- 新增现代模式语法, 其极大简化了绘图脚本, 同时避免了 GMT 使用中的常见错误, 详情见[经典模式 → 现代模式](#)一节
- 新增模块
  - `docs` 模块用于直接打开模块的网页文档
  - `subplot` 模块用于绘制子图
  - `inset` 模块用于绘制图中图
  - `movie` 模块用于制作动画
- 相比于 GMT5 和 GMT4, GMT6 提供了更多新功能, 并修复了很多 BUG

#### GMT5

GMT5 的最终版本为 5.4.5, 发布于 2019 年 1 月 4 日。GMT5 将不会再更新, 所有 BUG 将不会得到修复。

GMT5 相对于 GMT4 有诸多改进, 其命令语法更统一, 选项设计更合理, 还增加了很多新功能。其中, 常用的功能包括:

- **-Bafg** 选项自动确定坐标轴的标注、刻度和网格间隔
- **-X** 和 **-Y** 选项支持多种指定坐标原点的方式, 画多子图的组合图时更加简单
- **-p** 选项可以绘制任意 3D 视角图
- 支持透明色和透明图层

#### GMT4

GMT4 的最终版本为 4.5.18, 发布于 2018 年 7 月。GMT4 将不会再更新, 所有 BUG 将不会得到修复。

## 1.3 引用

若你发表的文章中包含了利用 GMT 制作的图件或利用 GMT 数据处理功能得到的结果，可以考虑在文中引用 GMT 的如下文章来回报 GMT 开发者。

### GMT6 用户:

Wessel, P., Luis, J. F., Uieda, L., Scharroo, R., Wobbe, F., Smith, W. H. F., & Tian, D. (2019). The Generic Mapping Tools version 6. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 20, 5556–5564. <https://doi.org/10.1029/2019GC008515>

### GMT5 用户:

Wessel, P., Smith, W. H. F., Scharroo, R., Luis, J., & Wobbe, F. (2013). Generic Mapping Tools: Improved version released. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 94(45), 409–410. <https://doi.org/10.1002/2013EO450001>

### GMT4/GMT3 用户:

Wessel, P., & Smith, W. H. F. (1998). New, improved version of Generic Mapping Tools released. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 79(47), 579. <https://doi.org/10.1029/98EO00426>

### GMT3.0 用户:

Wessel, P., & Smith, W. H. F. (1995). New version of the Generic Mapping Tools released. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 76(33), 329. <https://doi.org/10.1029/95EO00198>

### GMT2 用户:

Wessel, P., & Smith, W. H. F. (1991). Free software helps map and display data. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 72(41), 445–446. <https://doi.org/10.1029/90EO00319>

### GMT/MATLAB 工具箱用户:

Wessel, P., & Luis J. (2017). The GMT/MATLAB Toolbox. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 18, 811–823. <https://doi.org/10.1002/2016GC006723>

GMT 的某些模块基于 GMT 团队单独发展并发表的算法。算法相关文章包括：

#### dimfilter 模块

Kim, S.-S., & Wessel, P. (2008). Directional median filtering for regional-residual separation of bathymetry. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 9, Q03005. <https://doi.org/10.1029/2007GC001850>

#### grdredpol 模块

Luis, J. F. & Miranda, J. M. (2008). Reevaluation of magnetic chronos in the North Atlantic between 35°N and 47°N: Implications for the formation of the Azores Triple Junction and associated plateau. *Journal of Geophysical Research*, 113, B10105. <https://doi.org/10.1029/2007JB005573>

#### surface 模块

Smith, W. H. F., & Wessel, P. (1990). Gridding with continuous curvature splines in tension. *Geophysics*, 55(3), 293–305. <https://doi.org/10.1190/1.1442837>

#### x2sys 相关模块

Wessel, P. (2010). Tools for analyzing intersecting tracks: The x2sys package. *Computers & Geosciences*, 36, 348–354. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2009.05.009>

#### greenspline 模块

Wessel, P. (2009). A general-purpose Green's function-based interpolator. *Computers & Geosciences*, 35, 1247–1254. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2008.08.012>

Wessel, P. & Becker, J. M. (2008). Interpolation using a generalized Green's function for a spherical surface spline in tension. *Geophysical Journal International*, 174, 21–28. <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2008.03829.x>

## 1.4 学习资源

本节列出网络上可免费获取的 GMT 学习资源。各个学习资源的质量以及维护程度不同，建议用户以英文官方文档以及本中文手册为主，其余学习资源仅供参考。

### 入门教程

1. [GMT6 初学者视频教程 \(刘珠妹、陈箫翰\)](#)
2. [GMT 中文手册: 入门教程、进阶教程](#)
3. [GMT 官方入门教程](#)
4. [GMT 教學手冊 \(鄭懷\)](#)

### 参考手册

1. [GMT 中文手册](#)
2. [GMT 官方参考手册](#)
3. [GMT 官方参考手册](#)

### 论坛/讨论组

1. 地学 GMT 中文社区 QQ 群: 1 群 (218905582)、2 群 (791856541) 【请勿重复加群! 入群前请先阅读“入群须知”】
2. [GMT 官方论坛](#)

# 第 2 章 安装

这一章介绍 GMT 的安装方法。可以直接安装 GMT 二进制包，也可以自行编译源码安装 GMT。下面会分别介绍这两种安装方式，用户根据需求任选其一即可。对于大多数用户而言，建议安装二进制包。

不同操作系统下安装 GMT 二进制包：

## 2.1 Windows 下安装 GMT

贡献者

田冬冬, 陈箫翰

最近更新日期

2022-06-21

GMT 为 Windows 用户提供了 32 位和 64 位安装包，可以直接下载安装使用。

### 警告:

- 安装前请检查你的 Windows 登录用户名：(1) 是否包含空格；(2) 是否为 **Administrator**。以上两种情况都可能导致 GMT 运行出错。如果用户名不符合要求，请新建一个用户。然后使用新用户登录 Windows，再安装 GMT。
- 360 等安全软件会在 GMT 安装过程中拦截 **PATH** 环境变量的修改。请务必关闭安全软件之后再安装。
- 建议将 GMT 安装在 C 盘默认目录。安装在其他分区可能会导致下载高精度地形数据时出错。
- GMT 提供的安装包不支持 Windows XP。

### 2.1.1 安装 GMT

#### 1. 下载 GMT 安装包

- 64 位安装包：[gmt-6.4.0-win64.exe](#)
- 32 位安装包：[gmt-6.4.0-win32.exe](#)

GMT 安装包中不仅包含了 GMT，还包含了运行 GMT 所需的如下软件：

- **GDAL**: 用于多种地学数据格式的转换
- **FFmpeg**: 用于生成 mp4 或 webm 格式的动画
- **Ghostscript**: 用于生成 PDF、JPG 等图片格式

#### 2. 安装 GMT

双击安装包即可安装。在“Choose components”页面应勾选全部选项。

**备注:** 安装过程中可能会出现如下警告:

```
Warning! Failed to add GMT to PATH. Please add the GMT bin path to PATH manually.
```

出现此警告的原因是系统的环境变量 **PATH** 太长, GMT 安装包无法直接修改。解决办法是, 先忽略这一警告, 待安装完成后按照如下步骤手动修改系统环境变量 **PATH**。

1. 点击“计算机”→“属性”→“高级系统设置”→“环境变量”打开“环境变量”编辑工具
2. 在“系统变量”部分中, 选中“Path”并点击“编辑”
3. 在“变量值”的最后加上 GMT 安装目录下的 `bin` 目录的路径, 如 `C:\programs\gmt6\bin`。需要注意 **PATH** 变量值中多个路径之间用英文分号分隔

### 3. 测试安装

安装完成后, 点击“开始”→“所有程序”→“附件”→“命令提示符”以启动 CMD。在 CMD 窗口中敲入 `gmt --version`, 若出现 GMT 版本号则表示 GMT 安装成功。

### 4. 升级 GMT

GMT 目前不具备自动更新功能。如果想要升级新版本, 通常需要先卸载旧版本。卸载完成后, 再下载并安装新版安装包以完成升级。

### 5. 卸载 GMT

若想要卸载 GMT, 可以进入 GMT 安装目录, 找到并双击执行 `Uninstall.exe` 即可完成卸载。偶尔会遇到卸载不干净的情况, 可以等卸载程序执行完成后再手动删除 GMT 安装目录即可。

## 2.1.2 安装可选软件

为了更好地使用 GMT, 用户可以根据自己的实际需求选择安装如下软件。

### Visual Studio Code

Visual Studio Code (VS Code) 是微软推出的一款免费、轻量且功能强大的编辑器。VS Code 不仅支持一键执行、语法高亮、分屏显示, 还可实现 Batch/Bash 脚本的丝滑切换运行、实时预览 PDF、JPG 以及 GIF 等格式的图片、脚本报错信息显示。因此, 非常适合全平台下执行 GMT 脚本。

安装和配置教程: <https://gmt-china.org/blog/vscode-usage/>

**警告:** 使用 VS Code 内置终端运行 Batch 绘图脚本时, 请一定要选择 **CMD 终端**, 绝对不要使用 **PowerShell**。PowerShell 运行 Batch 绘图脚本会出现无法使用 GMT 远程数据等错误。CMD 终端的切换方法在上面的安装备置教程中已有详细说明。

## 脚本工具

### Git for Windows

Windows 用户可以编写 Bash 脚本来执行 GMT 命令。推荐 Bash 用户安装 Git for Windows。其为 Windows 用户提供了 Bash 以及 Linux 的常用命令，方便用户在 Windows 下运行 Bash 脚本。

下载地址: <https://git-scm.com/download/win>

### UnixTools

Windows 用户也可以编写 Batch 脚本来执行 GMT 命令。但是，GMT 中文手册的实例中使用到的 `gawk` 等 Linux 下的命令既不是 Windows 下的命令，也不是 GMT 的一部分。因此，若想在 Batch 脚本使用 Linux 的常用命令，推荐安装和使用 GMT 中文社区整理的 Unix 小工具合集包 UnixTools。Windows 下的 Bash 用户不需要安装 UnixTools。

下载 `UnixTools.zip`，然后将解压得到的 `exe` 文件移动到 GMT 安装目录下的 `bin` 目录即可。UnixTools 包含了如下程序：

- `cat`: 显示文件内容
- `cut`: 从指定文本中截取文本并输出至标准输出
- `gawk`: 处理文本信息的编程语言工具
- `grep`: 从指定文本或标准输入中识别并截取出特定字段等
- `head`: 输出一个或多个指定文本的前 n 行
- `join`: 将两个文件中文本一致的行连接并输出
- `md5sum`: 检验文本的 MD5 摘要
- `paste`: 并排输出两个文件的内容
- `printf`: 按 C 语言格式输出文本
- `sed`: 文本处理工具
- `sort`: 对文本文档进行排序
- `split`: 以行为单位切割文件
- `tail`: 显示文件尾端的 n 行数据
- `uniq`: 从文本中去除或禁止重复行
- `wc`: 输出指定文件的行数、字数和文本数据大小

可以参考《[Linux 常用命令](#)》简易教程学习这些命令的基本用法。

---

**备注:** 以上 Unix 工具均提取自 [MS4W](#)。如果你发现某些工具存在问题，或者觉得有其他需要的 Unix 工具没有被包含进来，请向我们反馈，我们会酌情考虑。

---

### GraphicsMagick

GMT 的 `movie` 模块在制作 GIF 格式的动画时需要使用 [GraphicsMagick](#)。如需制作 GIF 动画，可以安装这个软件，并将其 `bin` 目录加入到系统环境变量 `PATH` 中，以保证 GMT 可以找到其提供的 `gm` 命令。

## 2.2 macOS 下安装 GMT

贡献者

田冬冬

macOS 下可以直接使用 GMT 提供的安装包, 也可以使用 Homebrew 或 Macports 软件管理工具进行安装。推荐使用 Homebrew。

### 2.2.1 使用 Homebrew 安装

Homebrew 是 macOS 下的第三方软件包管理工具。未安装 Homebrew 的用户, 可以参考《macOS 配置指南》了解如何安装与使用。

#### 1. 安装 GMT

更新 Homebrew 以及软件包描述文件, 并更新所有已安装的软件包:

```
$ brew update && brew upgrade
```

安装最新的 GMT 稳定版本:

```
$ brew install gmt
```

也可以安装 GMT 开发版本(即 GMT 源码的 master 分支):

```
$ brew install gmt --HEAD
```

#### 2. 安装 GMT 依赖的其它软件

生成 PDF、JPG 等图片格式需要 [Ghostscript \(必须\)](#):

```
$ brew install ghostscript
```

制作 GIF 格式的动画需要 [GraphicsMagick \(可选\)](#):

```
$ brew install graphicsmagick
```

制作 MP4、WebM 格式的动画需要 [FFmpeg \(可选\)](#):

```
$ brew install ffmpeg
```

#### 3. 测试安装

重新打开一个终端, 键入如下命令, 若正确显示 GMT 版本号, 则表示安装成功:

```
$ gmt --version
6.4.0
```

#### 4. 升级 GMT

GMT 新版本发布后, 执行如下命令升级 GMT:

```
$ brew upgrade gmt
```

## 5. 卸载 GMT

可以执行如下命令卸载 GMT:

```
$ brew uninstall gmt
```

### 2.2.2 使用 GMT 安装包

GMT 为 macOS 用户提供了 dmg 安装包, 其不仅包含了 GMT, 还包含了运行 GMT 所需的 Ghostscript、GDAL、GraphicsMagick 和 FFmpeg, 可以直接双击安装使用。

---

**备注:** GMT 的 dmg 安装包只支持 macOS >= 10.15。

---

#### 1. 下载

- Intel: [gmt-6.4.0-darwin-x86\\_64.dmg](#)
- ARM: [gmt-6.4.0-darwin-arm64.dmg](#)

2. 双击 dmg 包, 在弹出的 Finder 窗口中, 将 GMT-6.4.0.app 拖动到 Applications 目录
3. 在 Finder 的左侧边栏中点击 Applications, 找到 GMT 图标并右键点击, 按下 option 键的同时鼠标点击“Open”选项。此时 macOS 系统会弹出警告窗口:“无法打开 GMT。因为 Apple 无法检测其是否为恶意软件”。在弹出的警告窗口中点击“Open”以忽略这一警告, 并直接打开 GMT。
4. GMT 会启动一个终端并显示欢迎信息。根据欢迎信息中的提示将如下语句添加到 `~/.zshrc` 中以修改环境变量:

```
export GMTHOME=/Applications/GMT-6.4.0.app/Contents/Resources
export PATH=$GMTHOME/bin:$PATH
export PROJ_LIB=$GMTHOME/share/proj
export GS_LIB=$GMTHOME/share/ghostscript/Resource/Init
export MAGICK_CONFIGURE_PATH=$GMTHOME/lib/GraphicsMagick/config
```

---

**备注:** 以上 `export` 语句仅供参考, 请务必根据你看到的 GMT 欢迎信息中的提示修改环境变量。

---

5. 打开一个终端, 输入如下命令, 检测安装是否成功:

```
$ gmt --version
6.4.0
```

6. 卸载 GMT

若想要卸载 GMT, 可直接到 /Applications 目录下找到 GMT, 直接删除即可。

7. 升级 GMT

GMT 包不支持自动升级, 因而要先删除旧 GMT 包, 再下载新版安装包并按照上面的步骤重新安装, 即实现升级 GMT。

### 2.2.3 使用 Macports 安装

Macports 是 macOS 下的第三方软件包管理工具。

1. 安装 GMT:

```
$ sudo port install gdal +hdf5 +netcdf +openjpeg
$ sudo port install gmt6
```

2. GMT 会安装在 /opt/local/lib/gmt6/ 目录下, 需要将其 bin 目录添加至环境变量 PATH 中:

```
$ echo 'export PATH=/opt/local/lib/gmt6/bin:$PATH' >> ~/.zshrc
```

3. 安装 GMT 依赖的其他软件

制作 GIF 格式的动画需要 [GraphicsMagick \(可选\)](#):

```
$ sudo port install graphicsmagick
```

制作 MP4、WebM 格式的动画需要 [FFmpeg \(可选\)](#):

```
$ sudo port install ffmpeg
```

4. 重新打开一个终端, 检测安装是否成功:

```
$ gmt --version
6.4.0
```

5. 升级 GMT。当有新版本发布时, 可以执行如下命令升级 GMT:

```
$ sudo port selfupdate
$ sudo port upgrade gmt6
```

6. 如果需要卸载 GMT, 可以执行如下命令:

```
$ sudo port uninstall gmt6
```

## 2.3 Fedora 下安装 GMT

贡献者

[田冬冬](#)

Fedora 34、Fedora 35、Fedora 36 和 Fedora rawhide 用户, 可以启用 [GMT 官方 RPM 仓库](#) 以安装 GMT 最新版本。

**备注:** Fedora 官方源提供了 GMT 二进制包, 但通常其版本比较老, 不建议安装使用。如果已经安装了 Fedora 官方源提供的 GMT 软件包, 则必须先使用以下命令卸载, 然后再使用 GMT 官方仓库提供的 GMT 安装包:

```
$ sudo dnf remove GMT dcw-gmt gshhg-gmt-nc4 gshhg-gmt-nc4-full gshhg-gmt-nc4-high
```

### 2.3.1 安装 GMT

- 启用 GMT 官方 RPM 仓库:

```
$ sudo dnf copr enable genericmappingtools/gmt
```

- 安装最新版 GMT:

```
$ sudo dnf install gmt
```

- 安装 GMT 相关工具以增强 GMT 功能

地理空间数据格式转换工具 [GDAL](#) (**必须**, 未安装则无法使用高精度地形数据):

```
$ sudo dnf install gdal
```

制作 GIF 格式的动画需要 [GraphicsMagick](#) (**可选**):

```
$ sudo dnf install GraphicsMagick
```

制作 MP4、WebM 格式的动画需要 [FFmpeg](#) (**可选**):

```
$ sudo dnf install https://download1.rpmfusion.org/free/fedora/rpmfusion-free-release-`rpm -E %fedora`.noarch.rpm
$ sudo dnf install ffmpeg
```

### 2.3.2 升级 GMT

GMT 新版本发布后, 执行如下命令升级 GMT:

```
$ sudo dnf update gmt
```

### 2.3.3 卸载 GMT

可以执行如下命令卸载 GMT:

```
$ sudo dnf remove gmt dcw-gmt gshhg-gmt
```

## 2.4 CentOS 下安装 GMT

贡献者

[田冬冬](#)

---

CentOS 7、CentOS 8 以及 CentOS Stream 用户, 可以启用 [GMT 官方 RPM 仓库](#) 以安装 GMT 最新版本。

---

**备注:** CentOS 的 EPEL 源提供了 GMT 二进制包, 但通常其版本比较老, 不建议安装使用。如果已经安装了 EPEL 源提供的 GMT 软件包, 则必须先使用以下命令卸载, 然后再使用 GMT 官方仓库提供的 GMT 安装包:

```
$ sudo yum remove gmt dcw-gmt gshhg-gmt-nc4 gshhg-gmt-nc4-full gshhg-gmt-nc4-high
```

## 2.4.1 安装 GMT

1. 安装并启用 EPEL 源:

```
$ sudo yum install epel-release
```

2. CentOS 8 和 CentOS Stream 用户需要启用 powertools 源:

```
$ sudo yum config-manager --set-enabled powertools
```

3. 启用 GMT 官方 RPM 仓库:

```
$ sudo yum install yum-plugin-copr
$ sudo yum copr enable genericmappingtools/gmt
```

4. 安装最新版 GMT:

```
$ sudo yum install gmt
```

5. 安装 GMT 相关工具以增强 GMT 功能

地理空间数据格式转换工具 [GDAL](#) (必须, 未安装则无法使用高精度地形数据) :

```
$ sudo yum install gdal
```

制作 GIF 格式的动画需要 [GraphicsMagick](#) (可选) :

```
$ sudo yum install GraphicsMagick
```

制作 MP4、WebM 格式的动画需要 [FFmpeg](#) (可选) :

```
$ sudo yum localinstall --nogpgcheck https://download1.rpmfusion.org/free/el/rpmfusion-free-release-`rpm -E %rhel`.noarch.rpm
$ sudo yum install ffmpeg
```

## 2.4.2 升级 GMT

GMT 新版本发布后, 执行如下命令升级 GMT:

```
$ sudo yum update gmt
```

## 2.4.3 卸载 GMT

可以执行如下命令卸载 GMT:

```
$ sudo yum remove gmt dcw-gmt gshhg-gmt
```

## 2.5 Ubuntu/Debian 下安装 GMT

贡献者

田冬冬

**备注:** 由于 Ubuntu 和 Debian 自身的软件更新规则, 官方软件源提供的通常都是老版本 GMT, 比如 GMT 5.4.5 或者 GMT 6.0.0, 而不是 GMT 的最新版本。

针对这种情况, 有如下几种选择:

1. 使用老版本 GMT
2. 通过 [conda 安装 GMT](#) 【推荐】
3. [Linux/macOS 下编译 GMT 源码](#) 【推荐】

通过如下命令, 可以安装 Ubuntu/Debian 官方源提供的 GMT 二进制包。

1. 更新软件包列表:

```
$ sudo apt update
```

2. 安装 GMT:

```
$ sudo apt install gmt gmt-dcw gmt-gshhg
```

3. 安装 GMT 相关工具

生成 PDF、JPG 等图片格式需要 [Ghostscript \(必须\)](#):

```
$ sudo apt install ghostscript
```

地理空间数据格式转换工具 [GDAL \(必须, 未安装则无法使用高精度地形数据\)](#):

```
$ sudo apt install gdal-bin
```

制作 GIF 格式的动画需要 [GraphicsMagick \(可选\)](#):

```
$ sudo apt install graphicsmagick
```

制作 MP4、WebM 格式的动画需要 [FFmpeg \(可选\)](#):

```
$ sudo apt install ffmpeg
```

跨平台软件包管理器 [conda](#) 为 Linux、macOS 和 Windows 提供了 GMT 二进制包:

## 2.6 通过 conda 安装 GMT

贡献者

田冬冬

conda 是由 [Anaconda](#) 提供的一个跨平台软件包管理器。conda 的 [conda-forge](#) 频道提供了 GMT 安装包。使用 conda 安装 GMT 的优点有：跨平台、安装简单、版本切换方便等。

Anaconda 用户可以直接通过以下命令安装、升级以及卸载 GMT。未安装 Anaconda 的用户可以参考《[Anaconda 简易教程](#)》安装 Anaconda。

Anaconda 的 base 环境下默认安装了数百个软件包，其中部分软件包与 GMT 存在冲突，导致 base 环境下 GMT 会出现运行报错的问题。Anaconda 用户必须新建并激活一个新环境安装使用 GMT。

我们推荐用户使用只提供了必须依赖包的 miniconda，以节省硬盘空间并且避免 base 环境下的 GMT 运行问题。

### 2.6.1 安装 GMT

#### 1. 安装 GMT

安装最新的 GMT 稳定版本：

```
$ conda install gmt -c conda-forge
```

也可以安装 GMT 开发版本（该开发版本会每隔几周更新一次）：

```
$ conda install gmt -c conda-forge/label/dev
```

#### 2. 测试安装

```
$ gmt --version  
6.4.0
```

### 2.6.2 升级 GMT

GMT 新版本发布后，执行如下命令升级 GMT：

```
$ conda update gmt
```

### 2.6.3 卸载 GMT

执行如下命令可以卸载 GMT:

```
$ conda remove gmt
```

当你的 Linux 发行版没有提供 GMT 最新版本的二进制包, 或者你想要使用 GMT 开发版源码, 你可以选择编译 GMT 源码:

## 2.7 Linux/macOS 下编译 GMT 源码

贡献者

[田冬冬](#)

这一节介绍如何在 Linux 或 macOS 下编译 GMT 源代码。

### 2.7.1 安装依赖软件

GMT 的编译及运行依赖于其他软件。

必须的依赖软件包括:

- [CMake](#) ( $>=2.8.12$ )
- [netCDF](#) ( $>=4.0$  且支持 netCDF-4/HDF5)
- [curl](#)

可选的依赖软件包括:

- [Ghostscript](#): 生成 PDF、JPG 等格式的图片
- [GDAL](#): 读写多种格式的地理空间数据 (未安装则无法使用高精度地形数据)
- [GEOS](#): 地理信息系统的几何算法库
- [PCRE](#): 正则表达式支持
- [FFTW](#): 快速傅里叶变换库 ( $>=3.3$ , macOS 下不需要)
- [GLib](#): GTHREAD 多线程支持 ( $>=2.32$ )
- [LAPACK](#): 快速矩阵反演库 (macOS 下不需要)
- [BLAS](#): 快速矩阵运算库 (macOS 下不需要)
- [GraphicsMagick](#): 生成 GIF 格式的动画
- [FFmpeg](#): 生成 MP4 格式的动画

Fedora:

```
# 安装必须软件包
$ sudo dnf install gcc cmake make glibc netcdf-devel libcurl-devel
$ sudo dnf install ghostscript gdal gdal-devel geos-devel lapack-devel openblas-devel glib2-devel pcre-devel fftw-devel
# 安装可选软件包
$ sudo dnf install https://download1.rpmfusion.org/free/fedora/rpmfusion-free-release-`rpm -E %fedora`.noarch.rpm
$ sudo dnf install GraphicsMagick ffmpeg
```

CentOS:

```
# 安装并启用 EPEL 源
$ sudo yum install epel-release
# 安装必须软件包
```

(下页继续)

(续上页)

```
$ sudo yum install gcc cmake make glibc netcdf-devel libcurl-devel
$ sudo yum install ghostscript gdal gdal-devel geos-devel lapack-devel openblas-devel glib2-devel pcre-devel fftw-devel
# 安装可选软件包
$ sudo yum localinstall --nogpgcheck https://download1.rpmfusion.org/free/el/rpmfusion-free-release-`rpm -E %rhel`.noarch.rpm
$ sudo yum install GraphicsMagick ffmpeg
```

Ubuntu/Debian:

```
# 更新软件包列表
$ sudo apt update
# 安装必须软件包
$ sudo apt install build-essential cmake libcurl4-gnutls-dev libnetcdf-dev
$ sudo apt install ghostscript gdal-bin libgdal-dev libgeos-dev libglib2.0-dev libpcre3-dev libfftw3-dev liblapack-dev
# 安装可选软件包
$ sudo apt install graphicsmagick ffmpeg
```

macOS 用户可以使用 [Homebrew](#) 安装依赖 (未安装 Homebrew 的用户, 可以参考《[macOS 配置指南](#)》了解如何安装与使用):

```
# 安装必须软件包
$ brew install cmake curl netcdf
$ brew install ghostscript gdal geos pcre2 glib fftw
# 安装可选软件包
$ brew install graphicsmagick ffmpeg
```

## 2.7.2 下载源码及数据

编译 GMT 需要下载如下三个文件:

1. GMT 6.4.0 源码: [gmt-6.4.0-src.tar.xz](#)
2. 全球海岸线数据 GSHHG: [gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz](#)
3. 全球数字图表 DCW: [dcw-gmt-2.1.1.tar.gz](#)

**备注:** 如果想编译 GMT 开发版, 可以使用如下命令获取 GMT 最新开发版源码:

```
$ git clone --depth 50 https://github.com/GenericMappingTools/gmt
```

其余操作与编译 GMT 正式版没有区别。

## 2.7.3 安装 GMT

将下载的三个压缩文件放在同一个目录里, 按照如下步骤进行安装:

```
# 解压三个压缩文件
$ tar -xvf gmt-6.4.0-src.tar.xz
$ tar -xvf gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz
$ tar -xvf dcw-gmt-2.1.1.tar.gz

# 将 gshhg 和 dcw 数据复制到 gmt 的 share 目录下
$ mv gshhg-gmt-2.3.7 gmt-6.4.0/share/gshhg-gmt
$ mv dcw-gmt-2.1.1 gmt-6.4.0/share/dcw-gmt

# 切换到 gmt 源码目录下
```

(下页继续)

(续上页)

```
$ cd gmt-6.4.0

# 用文本编辑器新建并打开 CMake 用户配置文件
# Linux 用户
$ gedit cmake/ConfigUser.cmake
# macOS 用户
$ touch cmake/ConfigUser.cmake
$ open -aTextEdit cmake/ConfigUser.cmake
```

向 `cmake/ConfigUser.cmake` 文件中加入如下语句:

```
set (CMAKE_INSTALL_PREFIX "/opt/GMT-6.4.0")
set (GMT_USE_THREADS TRUE)
```

- `CMAKE_INSTALL_PREFIX` 用于设置 GMT 的安装路径, 上面的语句会将 GMT 安装在 `/opt/GMT-6.4.0` 目录下, 用户可以自行修改为其他路径。没有 root 权限的一般用户, 可以将安装路径设置为 `/home/xxx/opt/GMT-6.4.0` 等有可读写权限的路径
- `GMT_USE_THREADS` 设置为 `TRUE` 会为 GMT 的某些模块增加多线程并行功能以加速计算, 也可以不设置

**小技巧:** 此处为了便于一般用户理解, 只向 `cmake/ConfigUser.cmake` 中写入了必要的语句。用户可以将 GMT 提供的配置模板 `cmake/ConfigUserTemplate.cmake` 复制为 `cmake/ConfigUser.cmake` 并根据配置文件中的大量注释说明信息自行修改配置文件。也可以进一步将高级配置模板 `cmake/ConfigUserAdvancedTemplate.cmake` 复制为 `cmake/ConfigUserAdvanced.cmake` 并根据注释说明信息修改高级配置。

继续执行如下命令以检查 GMT 的依赖是否满足:

**备注:** 以下的 `mkdir build` 命令新建的 `build` 文件夹位于 GMT 源码压缩包解压出来的 `gmt-6.4.0` 目录下。不是 `gmt-6.4.0/cmake` 目录下, 更不是 `/opt/GMT-6.4.0`。

```
$ mkdir build
$ cd build/
$ cmake ..
```

`cmake ..` 会检查系统软件是否满足 GMT 的依赖关系, 过程中会输出大量信息, 并在最后汇总输出检查结果。我们只需要关注检查结果是否正确即可。正常情况下结果如下, 若存在一些差异也没有问题。只要过程中不出现报错, 即可。如果出现报错, 则需要检查之前的步骤是否有误, 检查完成后删除原 `build` 目录再新建 `build`, 继续执行 `cmake ..`, 直到出现类似的检查结果:

```
*
*  GMT Version:          : 6.4.0
*
*  Options:
*  Found GSHHG database   : /home/user/GMT/gmt-6.4.0/share/gshhg (2.3.7)
*  Found DCW-GMT database  : /home/user/GMT/gmt-6.4.0/share/dcwgmt (2.1.1)
*  Found GMT data server    : oceania
*  NetCDF library           : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libnetcdf.so
*  NetCDF include dir       : /usr/include
*  Curl library              : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libcurl.so
```

(下页继续)

(续上页)

```

* Curl include dir          : /usr/include/x86_64-linux-gnu
* GDAL library              : /usr/lib/libgdal.so
* GDAL include dir          : /usr/include/gdal
* GEOS library              : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libgeos_c.so
* GEOS include dir          : /usr/include
* FFTW library              : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libfftw3f.so
* FFTW threads library      : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libfftw3f_threads.so
* FFTW include dir          : /usr/include
* Accelerate Framework     :
* Regex support              : PCRE (/usr/lib/x86_64-linux-gnu/libpcre.so)
* ZLIB library              : /usr/lib/x86_64-linux-gnu/libz.so
* ZLIB include dir          : /usr/include
* LAPACK library             : yes
* BLAS library               : yes
* License restriction        : no
* Triangulation method      : Shewchuk
* OpenMP support             : disabled (GMT_ENABLE_OPENMP not set)
* GLIB GTHREAD support       : enabled (2.64.6)
* Build generator            : Unix Makefiles
* Build GMT core             : always [libgmt.so]
* Build PSL library          : always [libpostscriptlight.so]
* Build GMT supplements      : yes [supplements.so]
* Build GMT for developers   : yes
* Build proto supplements    : none
* Build module links         : no
* Found Ghostscript (gs)     : yes (9.50)
* Found GraphicsMagick (gm)  : yes (1.3.35)
* Found ffmpeg                : yes (4.2.4)
* Found open                  : no
* Found ogr2ogr               : yes (3.0.4)
* Found gdal_translate         : yes (3.0.4)
*
* Locations:
* Installing GMT in          : /opt/GMT-6.4.0
* GMT_DATADIR                 : /opt/GMT-6.4.0/share
* GMT_DOCDIR                  : /opt/GMT-6.4.0/share/doc
* GMT_MANDIR                   : /opt/GMT-6.4.0/share/man
-- Configuring done
-- Generating done

```

**警告:** Anaconda 用户请注意! 由于 Anaconda 中也安装了 FFTW、GDAL、netCDF 等库文件, GMT 在配置过程中可能会找到 Anaconda 提供的库文件, 进而导致配置、编译或执行过程中出错。

解决办法是, 在 Shell 配置文件 (~/.bashrc 或 ~/.zshrc) 中将 Anaconda 相关的环境变量注释掉, 以保证 GMT 在配置和编译过程中找到的不是 Anaconda 提供的库文件。待 GMT 安装完成后, 再将 Anaconda 相关环境变量改回即可。

检查完毕后, 开始编译和安装:

```
$ make -j
$ sudo make -j install
```

**备注:** -j 选项可以实现并行编译以减少编译时间。但据用户报告, 某些 Ubuntu 发行版下使用 -j 选项会导致编译过程卡死。Ubuntu 用户建议在上面的两条命令中去掉 -j 选项。

## 2.7.4 修改环境变量

打开终端，使用如下命令用文件编辑器打开 Shell 配置文件：

```
# Linux 用户
$ gedit ~/.bashrc

# macOS 用户
$ open ~/.zshrc
```

然后向文件末尾加入如下语句以修改环境变量。修改完成后保存文件并退出，然后重启终端使其生效：

```
export GMT6HOME=/opt/GMT-6.4.0
export PATH=${GMT6HOME}/bin:$PATH
export LD_LIBRARY_PATH=${LD_LIBRARY_PATH}: ${GMT6HOME}/lib64
```

说明：

- 第一个命令添加了环境变量 **GMT6HOME**
- 第二个命令修改 GMT6 的 bin 目录加入到 **PATH** 中，使得在终端或脚本中可以找到 GMT 命令
- 第三个命令将 GMT6 的 lib 目录加入到动态链接库路径中。通常，32 位系统的路径为 lib，64 位系统的路径为 lib64

## 2.7.5 测试是否安装成功

重新打开一个终端，键入如下命令，若正确显示 GMT 版本号，则表示安装成功：

```
$ gmt --version
6.4.0
```

## 2.7.6 升级/卸载 GMT

按照上面的配置，GMT 会被安装到 /opt/GMT-6.4.0 目录下。若想要卸载 GMT，可以直接删除整个 /opt/GMT-6.4.0 即可。

GMT 不支持自动更新，因而若想要升级 GMT，通常建议先卸载 GMT，然后再下载新版源码并按照上面的步骤重新编译安装。

当然，高级用户也可以同时安装多个版本的 GMT，但需要注意环境变量 **PATH** 的设置。

## 2.8 Windows 下编译 GMT 源码

这一节介绍如何在 Windows 系统（Windows 10、Windows 8.1 或 Windows 7）下编译 GMT 源码。

### 2.8.1 安装编译工具

在 Windows 下编译 GMT 源码，需要先自行下载并安装如下软件：

- [Visual Studio](#)（安装时需要勾选 Desktop development with C++ 相关工具）
- [Git](#)
- [CMake](#)
- [Ghostscript](#): 生成 PDF、JPG 等格式的图片 [必须]
- [GraphicsMagick](#): 生成 GIF 格式的动画 [可选]
- [FFmpeg](#): 生成 MP4 格式的动画 [可选]

## 2.8.2 安装 vcpkg 及依赖软件

GMT 的编译及运行依赖于其他库文件, 包括:

- [netCDF](#) (>=4.0 且支持 netCDF-4/HDF5) [必须]
- [curl](#): 下载网络数据 [必须]
- [GDAL](#): 读写多种格式的地理空间数据 [推荐]
- [PCRE](#): 正则表达式支持 [可选]
- [FFTW](#): 快速傅里叶变换库 (>=3.3) [可选]
- LAPACK: 快速矩阵反演库 (macOS 下不需要) [可选]
- BLAS: 快速矩阵运算库 (macOS 下不需要) [可选]

Windows 下可以通过 C++ 库管理器 [vcpkg](#) 安装这些依赖软件。

首先, 需要安装 vcpkg。打开 CMD 窗口, 执行如下命令即可将 vcpkg 安装到 C:vcpkg 目录下:

```
$ cd C:\  
$ git clone https://github.com/microsoft/vcpkg  
$ cd C:\vcpkg  
$ .\bootstrap-vcpkg.bat
```

---

**备注:** 以下假定使用的是 64 位 Windows 系统。对于 32 位 Windows 系统, 需要将 x64-windows 改成 x86-windows。

---

先打开一个 CMD 窗口, 执行如下命令:

```
$ vcpkg install netcdf-c gdal pcre fftw3[core,threads] clapack openblas --triplet x64-windows  
$ vcpkg integrate install
```

---

**备注:** 由于 vcpkg 会从源码编译 GMT 所需的全部依赖库, 因而这一步会耗时约 1 小时。

---

安装完成后, 还需要将 GDAL 的 bin 目录 C:\vcpkg\installed\x64-windows\tools\gdal 添加到环境变量 PATH 以保证 GMT 可以调用 GDAL 提供的命令。

## 2.8.3 下载源码及数据

编译 GMT 需要下载如下三个文件:

1. GMT 6.4.0 源码: [gmt-6.4.0-src.tar.gz](#)
2. 全球海岸线数据 GSHHG: [gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz](#)
3. 全球数字图表 DCW: [dcw-gmt-2.1.1.tar.gz](#)

---

**备注:** 如果想编译 GMT 开发版, 可以使用如下命令获取 GMT 最新开发版源码:

```
$ git clone --depth 50 https://github.com/GenericMappingTools/gmt
```

其余操作与编译 GMT 正式版没有区别。

## 2.8.4 安装 GMT

将下载的三个压缩文件放在同一个目录里。打开 Git Bash，并按照如下步骤进行安装：

```
# 解压三个压缩文件
$ tar -xvf gmt-6.4.0-src.tar.gz
$ tar -xvf gshhg-gmt-2.3.7.tar.gz
$ tar -xvf dcw-gmt-2.1.1.tar.gz

# 将 gshhg 和 dcw 数据复制到 gmt 的 share 目录下
$ mv gshhg-gmt-2.3.7 gmt-6.4.0/share/gshhg-gmt
$ mv dcw-gmt-2.1.1 gmt-6.4.0/share/dcw-gmt

# 切换到 gmt 源码目录下
$ cd gmt-6.4.0
```

打开 `cmake` 目录，在其中创建文件 `cmake/ConfigUser.cmake`，并向文件中加入如下语句：

```
set (CMAKE_INSTALL_PREFIX "C:/programs/gmt6")
```

- `CMAKE_INSTALL_PREFIX` 用于设置 GMT 的安装路径，上面的语句会将 GMT 安装在 `C:/programs/gmt6` 目录下。用户也可以自行修改为其他路径，但路径中不可以有空格

**小技巧：** 此处为了便于一般用户理解，只向 `cmake/ConfigUser.cmake` 中写入了必要的语句。用户可以将 GMT 提供的配置模板 `cmake/ConfigUserTemplate.cmake` 复制为 `cmake/ConfigUser.cmake` 并根据配置文件中的大量注释说明信息自行修改配置文件。也可以进一步将高级配置模板 `cmake/ConfigUserAdvancedTemplate.cmake` 复制为 `cmake/ConfigUserAdvanced.cmake` 并根据注释说明信息修改高级配置。

继续执行如下命令以检查 GMT 的依赖是否满足：

**备注：** 以下的 `mkdir build` 命令新建的 `build` 文件夹位于 GMT 源码压缩包解压出来的 `gmt-6.4.0` 目录下。不是 `gmt-6.4.0/cmake` 目录下，更不是 `/opt/GMT-6.4.0`。

```
$ mkdir build
$ cd build/
# 64 位系统
$ cmake .. -DCMAKE_TOOLCHAIN_FILE=C:\vcpkg\scripts\buildsystems\vcpkg.cmake -DCMAKE_GENERATOR_PLATFORM=x64
# 32 位系统
$ cmake .. -DCMAKE_TOOLCHAIN_FILE=C:\vcpkg\scripts\buildsystems\vcpkg.cmake -DCMAKE_GENERATOR_PLATFORM=x86
```

`cmake ..` 会检查系统软件是否满足 GMT 的依赖关系，过程中会输出大量信息，并在最后汇总输出检查结果。我们只需要关注检查结果是否正确即可。正常情况下结果如下，若存在一些差异也没有问题。只要过程中不出现报错，即可。如果出现报错，则需要检查之前的步骤是否有误，检查完成后删除原 `build` 目录再新建 `build`，继续执行 `cmake ..`，直到出现类似的检查结果：

```
*
```

(下页继续)

(续上页)

```

*
* Options:
* Found GSHHG database      : D:/a/gmt/gmt/coastline/gshhg (2.3.7)
* Found DCW-GMT database    : D:/a/gmt/gmt/coastline/dcw (2.1.1)
* Found GMT data server     : oceania
* NetCDF library            : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/netcdf.lib
* NetCDF include dir        : C:/vcpkg/installed/x64-windows/include
* Curl library              : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/libcurl.lib
* Curl include dir          :
* GDAL library              :
* GDAL include dir          : C:/vcpkg/installed/x64-windows/include
* GEOS library              : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/geos_c.lib
* GEOS include dir          : C:/vcpkg/installed/x64-windows/include
* FFTW library              : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/fftw3f.lib
* FFTW threads library      : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/fftw3f.lib
* FFTW include dir          : C:/vcpkg/installed/x64-windows/include
* Accelerate Framework     :
* Regex support             : PCRE (C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/pcre.lib)
* ZLIB library              : C:/vcpkg/installed/x64-windows/lib/zlib.lib
* ZLIB include dir          : C:/vcpkg/installed/x64-windows/include
* LAPACK library            : yes
* BLAS library              : yes
* License restriction        : no
* Triangulation method      : Shewchuk
* OpenMP support            : enabled
* GLIB GTHREAD support      : disabled
* Build generator           : Ninja
* Build GMT core            : always [gmt.dll]
* Build PSL library          : always [postscriptlight.dll]
* Build GMT supplements     : yes [supplements.dll]
* Build GMT for developers   : yes
* Build proto supplements    : none
* Build module links         : no
* Found Ghostscript (gs)     : yes
* Found GraphicsMagick (gm)  : yes
* Found ffmpeg                : yes
* Found open                  : yes
* Found ogr2ogr               : yes (3.2.2)
* Found gdal_translate        : yes (3.2.2)
-- Configuring done
*
* Locations:
* Installing GMT in          : C:/programs/gmt6
* GMT_DATADIR                 : C:/programs/gmt6/share
* GMT_DOCDIR                   : C:/programs/gmt6/share/doc
* GMT_MANDIR                   : C:/programs/gmt6/share/man
-- Generating done

```

检查完毕后，开始编译和安装：

```
$ cmake --build . --config Release
$ cmake --build . --target install --config Release
```

### 2.8.5 修改环境变量

安装完成后, 需要将 GMT 的 bin 目录 C:/programs/gmt6/bin 添加到环境变量 PATH 中。

### 2.8.6 测试是否安装成功

启动 CMD, 键入如下命令, 若正确显示 GMT 版本号, 则表示安装成功:

```
$ gmt --version  
6.4.0
```

### 2.8.7 升级/卸载 GMT

按照上面的配置, GMT 会被安装到 C:/programs/gmt6/ 目录下。若想要卸载 GMT, 可以直接删除整个 C:/programs/gmt6 即可。

GMT 不支持自动更新, 因而若想要升级 GMT, 通常建议先卸载 GMT, 然后再下载新版源码并按照上面的步骤重新编译安装。

# 第 3 章 版本迁移

---

**备注:** 这一章仅限于 GMT 老用户以及需要将使用老语法编写的脚本转换为新语法的用户阅读。纯粹的 GMT 新用户请跳过这一章以节省时间并避免可能出现的混淆。

---

GMT 在大版本升级时（如 GMT5 升级为 GMT6），语法及用法上会发生一些变化。但由于 GMT 会尽可能兼容旧版本的语法，用户往往只需要对旧版本 GMT 语法编写的脚本做少量修改，即可在新版本 GMT 中运行。

这一章将介绍如何实现：

- 将 GMT4 脚本迁移到 GMT5: [GMT4 → GMT5](#)
- 将 GMT5 脚本迁移到 GMT6: [GMT5 → GMT6](#)
- 将经典模式语法迁移到 GMT6 现代模式语法: [经典模式 → 现代模式](#)

## 3.1 GMT4 → GMT5

贡献者

[田冬冬](#)

---

GMT5 相对于 GMT4 有很多功能上的更新以及语法上的改进。最大的变化在于，GMT5 中所有 GMT 命令必须以 `gmt` 开头。

GMT4 中使用 `psbasemap` 命令绘制底图、使用 `pscoast` 绘制海岸线。`psbasemap` 和 `pscoast` 都是 GMT4 提供的命令，每个命令均对应一个可执行文件。GMT4 总共提供了上百个命令，这带来一个命名空间污染（namespace pollution）的问题。即不同的软件提供了相同名字的命令，导致不同命令之间出现冲突，使得用户难以确认自己执行的 `pscoast` 命令是由 GMT 提供的还是其它软件包提供的。

为了解决这个问题，GMT5 对源码做了大量改写。GMT5 中只提供 `gmt` 这一个命令/可执行文件。GMT4 中的所有命令在 GMT5 中都变成了 `gmt` 命令的模块。所有模块都以 `gmt module options` 的形式进行调用。例如，GMT4 中的命令 `psbasemap` 在 GMT5 中应写为 `gmt psbasemap`。

因而，将 GMT4 脚本迁移到 GMT5 下，只需要遵循如下步骤：

1. 将所有 GMT4 命令前加上 `gmt`。例如，`psbasemap` 改成 `gmt psbasemap`
2. 保存并执行脚本。若出现报错，则找到最早的报错信息并查询当前 GMT 版本对应的文档，检查是否语法存在变化，并进一步更正

GMT 提供了脚本 `gmt5syntax`，可以自动在 GMT4 命令前加上 `gmt`，该脚本位于 GMT 的 `share/tools` 目录下。该脚本的使用方法也很简单：

```
gmt5syntax old_script.sh > new_script.sh
```

如果不愿意修改原脚本，GMT 还为旧命令提供了软链接，使得依然可以直接使用 `psbasemap` 等命令，但极

其不推荐这一方法。为旧命令生成软链接有多种方法，用户可任选其一即可：

1. 如果你是自行编译 GMT 源码并安装，则可以在 `cmake/ConfigUser.cmake` 中加上 `set(GMT_INSTALL_MODULE_LINKS TRUE)` 再进行编译安装
2. GMT 提供了一个脚本，可以用于检查软连接是否存在，同时也可以创建或删除软连接。对于已经安装 GMT 的用户，可以执行以下命令以检查软连接是否已经存在：

```
$(gmt --show-sharedir)/tools/gmt_links.sh
```

执行如下命令为所有旧 GMT 命令创建软连接（可能需要 root 权限）：

```
$(gmt --show-sharedir)/tools/gmt_links.sh create
```

也可以执行如下命令删除已有的软连接：

```
$(gmt --show-sharedir)/tools/gmt_links.sh delete
```

3. 对于 Bash 用户，可以直接在 Bash 脚本、终端或者 Bash 配置文件中加入如下语句：

```
source $(gmt --show-sharedir)/tools/gmt_functions.sh
```

该脚本会为所有旧命令构建一个等效的 bash 函数。

4. 对于 csh 用户，可以直接在 csh 脚本、终端或者 csh 配置文件中加入如下语句：

```
source `gmt --show-sharedir`/tools/gmt_aliases.csh
```

该脚本会为所有旧命令构建一个等效的 csh 别名。

## 3.2 GMT5 → GMT6

贡献者

[田冬冬](#)

GMT6 相对于 GMT5 的最大改动在于提供了一种全新的命令执行模式，称之为现代模式，GMT5 中使用的命令执行模式则称之为经典模式。关于经典模式与现代模式的区别，以及如何将经典模式的脚本修改为现代模式的脚本，在下一节会详细介绍。

需要强调的是，GMT6 既支持传统的经典模式，也支持全新的现代模式。因而 GMT6 完全兼容 GMT5，GMT5 的经典模式脚本不做任何修改即可直接在 GMT6 中执行。

GMT6 相对于 GMT5，个别模块的语法会有更新。GMT 开发者尽可能让 GMT6 的新语法完全兼容 GMT5 的新语法，但实际编码时并非所有情况都能考虑到，因而会造成新语法不完全兼容老语法的问题。这些问题将被视为 GMT6 的 BUG。用户可以直接向 GMT 开发者报告这类兼容性 BUG。

因而，GMT5 脚本迁移到 GMT6 的基本步骤是：

1. 安装 GMT6
2. 直接在 GMT6 下运行老脚本
3. 通常都可以正常运行。若出现报错，则需要根据报错信息以及 GMT6 的文档对某些选项做修正

4. 向 GMT 开发者报告兼容性 BUG

### 3.3 经典模式 → 现代模式

贡献者

田冬冬

GMT6 引入了一种全新的绘图命令执行模式，称之为现代模式。GMT5 及之前版本的命令风格称之为经典模式。GMT6 既支持传统的经典模式，也支持全新的现代模式。因而 GMT5 的经典模式脚本不做任何修改即可直接在 GMT6 中执行。

#### 3.3.1 经典模式的问题

下面给出了一个经典模式下常见的绘图脚本：

```
gmt makecpt -Chot -T-1000/1000 > mydata.cpt
gmt grdimage globe.nc -JQ15c -Rg -Cmydata.cpt -I -P -K > map.ps
gmt pscoast -J -R -Baf -Gred -K -O >> map.ps
gmt psxy cities.txt -J -R -Sc0.2c -Gblue -K -O >> map.ps
gmt ptext labels.txt -J -R -F+f12p -O >> map.ps
gmt psconvert -A -P -Tf map.ps
rm gmt.conf gmt.history mydata.cpt
```

上面的示例脚本以及实际使用中会发现 GMT 经典模式存在一些明显的缺点或问题：

1. 默认纸张大小为 A4 纸。如果不够大，则需要自行设定纸张大小
2. 需要使用 **-P** 选项决定画布的摆放方式（横着放或竖着放）
3. 需要使用 **-K** 和 **-O** 选项，极易出错
4. 每个绘图命令都需要使用重定向符号 **>** 或 **»**
5. 每个绘图命令中都需要给定 PS 文件的名字
6. 每个绘图命令都需要重复使用 **-J** 和 **-R** 选项
7. 绘图结束时需要使用 **psconvert** 将生成的 PS 文件转换为 PDF、JPG 等格式
8. 绘图结束时要删除 **gmt.conf** 和 **gmt.history** 文件以免影响接下来的绘图结果

#### 3.3.2 现代模式的优点

上面的经典模式示例可以改成为更简单的现代模式：

```
gmt begin map
gmt makecpt -Chot -T-1000/1000
gmt grdimage globe.nc -JQ15c -Rg -C -I
gmt coast -Baf -Gred
gmt plot cities.txt -Sc0.2c -Gblue
gmt text labels.txt -F+f12p
gmt end show
```

很显然，现代模式下的 GMT 绘图脚本更加简洁。与经典模式相比，现代模式具有如下优点：

1. 默认纸张无穷大，不需要再担心绘图超过纸张范围

2. 不再需要使用 **-P** 选项确定画布的摆放方式 (因为纸张无穷大)
3. 不再需要考虑如何使用 **-K** 和 **-O** 选项
4. 不再需要使用重定向符号 **>** 或 **»**, 也无需为每个绘图命令都指定 PS 文件名
5. 不再需要为每个绘图命令都使用 **-R** 和 **-J** 选项
6. 绘图结束时会自动生成 PDF 等格式的图片, 无需调用 **psconvert** 做转换
7. 生成的图片会自动进行裁剪去除白边
8. 整个绘图过程在独立的临时文件下, 多个脚本可以同时执行而不互相干扰, 用户完全不需要意识到 PS 文件的存在, 不需要再手动清理 **gmt.conf** 和 **gmt.history** 等临时文件

除了上面列出的优点外, GMT 现代模式还提供了更多的模块/功能以简化代码, 包括:

- **subplot** 模块: 极大简化了多子图的绘制
- **inset** 模块: 极大简化了图中图的绘制
- **movie** 模块: 极大简化了动画的制作
- **-l 选项**: 极大简化了图例的设置与绘制
- 提供了当前 **CPT** 的功能, 多数情况下无须将 CPT 写到文件中

这些更方便的功能会在后面的文档中更详细地介绍。

### 3.3.3 从经典到现代

将经典模式的脚本改成现代模式的脚本, 基本可以遵循如下几点:

1. 绘图脚本以 **gmt begin figure** 开头, 以 **gmt end show** 结束
2. 去掉 **-K**、**-O**、**-P**, 重定向符号以及 PS 文件名
3. 去掉多余的 **-J**、**-R** 选项
4. 某些模块在现代模式下有新的名称。经典模式下以 **ps** 开头的模块省略 **ps**, 比如 **pscoast** → **coast**、**psbasemap** → **basemap**。有三个模块属于例外, **psxy** → **plot**, **psxyz** → **plot3d**, **psscale** → **colorbar**
5. 在需要绘制多子图、图中图时, 考虑使用 **inset** 和 **subplot** 改写
6. 现代模式下 **makecpt** 和 **grd2cpt** 默认将生成的 CPT 作为当前 CPT, 而不输出到文件中。这一特性在后面会具体介绍。如果需要生成 CPT 到文件中, 需要额外使用 **-H** 选项。

# 第 4 章 入门教程

《入门教程》通过一系列简单的示例介绍如何使用 GMT 实现最基本的绘图功能，如绘制底图、海岸线、线段、符号、文字等。初学者应仔细阅读《入门教程》，并掌握 GMT 的基本用法。

## 4.1 GMT 初探

这一节将介绍如何开始使用 GMT。本节分为三个小节，分别针对 Linux、macOS 和 Windows 系统。用户应根据自己当前的操作系统阅读相应的小节。

### 4.1.1 GMT 初探：Linux 篇

#### 启动终端

GMT 是一个纯命令行软件，没有任何的图形界面。所有的绘图操作都需要通过在终端和脚本中执行命令来完成。终端是 Linux 系统的标配，通常你可以在系统的“应用程序”中找到并启动它。

#### 运行 GMT

启动终端后，敲入 gmt 以执行 GMT 命令。你将看到 GMT 的欢迎界面信息，类似于：

```
GMT - The Generic Mapping Tools, Version 6.4.0 [64-bit] [8 cores]
(c) 1991-2021 The GMT Team (https://www.generic-mapping-tools.org/team.html).

Supported in part by the US National Science Foundation (http://www.nsf.gov/)
and volunteers from around the world.

GMT is distributed under the GNU LGPL License (http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html).
Dependencies: netCDF, GDAL, PCRE, FFTW, LAPACK, ZLIB, Ghostscript, GraphicsMagick, FFmpeg.

usage: gmt [options]
       gmt <module name> [<module-options>]

options:
--help          List descriptions of available GMT modules.
--new-script[=L] Write GMT modern mode script template to stdout.
                  Optionally specify bash|csh|batch [Default is current shell].
--new-glue=name Write C code for external supplements to glue them to GMT.
--show-bindir   Show directory with GMT executables.
--show-citation Show the most recent citation for GMT.
--show-classic  Show all classic module names.
--show-classic-core Show all classic module names (core only).
--show-cores    Show number of available cores.
--show-datadir  Show directory/ies with user data.
--show-dataserver Show URL of the remote GMT data server.
--show-doi      Show the DOI for the current release.
--show-library  Show path of the shared GMT library.
--show-modules  Show all modern module names.
--show-modules-core Show all modern module names (core only).
--show-plugindir Show directory for plug-ins.
--show-sharedir  Show directory for shared GMT resources.
--show-userdir   Show full path of user's ~/.gmt dir
--version       Print GMT version number.

if <module-options> is '=' we call exit (0) if module exist and non-zero otherwise.
```

## 生成脚本模板

继续在终端中敲入:

```
gmt --new-script > myplot.sh
```

该命令会在当前目录生成一个 GMT 模板脚本，并保存到 Bash 脚本文件 `myplot.sh` 中。

---

**备注:** 本手册中所有示例均使用 Bash 脚本，要求读者对 Bash 脚本及 Unix 命令行有最基本的了解。不了解的用户请阅读网络上 Bash 相关教程，或本手册中[脚本编程](#)一节。

---

## 查看并编辑脚本文件

Bash 脚本文件是一个纯文本文件，可以直接用文本编辑器打开。比如，可以使用大多数 Linux 都自带了的文本编辑器 `gedit` 打开该脚本文件：

```
gedit myplot.sh
```

打开脚本文件后会看到如下内容：

```
#!/usr/bin/env -S bash -e
# GMT modern mode bash template
# Date: 2019-09-10T00:44:39
# User: seisman
# Purpose: Purpose of this script
export GMT_SESSION_NAME=$$ # Set a unique session name
gmt begin figurename
    # Place modern session commands here
gmt end show
```

其中，以 `#` 开头的行尾注释行，`export GMT_SESSION_NAME=$$` 这一行属于高级用法，可以忽略。因而核心内容只有两行，即 `gmt begin` 和 `gmt end` 这两行。

编辑脚本，在 `gmt begin` 和 `gmt end` 中间添加 GMT 命令，将脚本修改如下：

```
#!/usr/bin/env -S bash -e
# GMT modern mode bash template
# Date: 2019-09-10T00:44:39
# User: seisman
# Purpose: Purpose of this script
export GMT_SESSION_NAME=$$ # Set a unique session name
gmt begin figurename
    gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
gmt end show
```

编辑完成后记得保存文件。

## 执行脚本以绘图

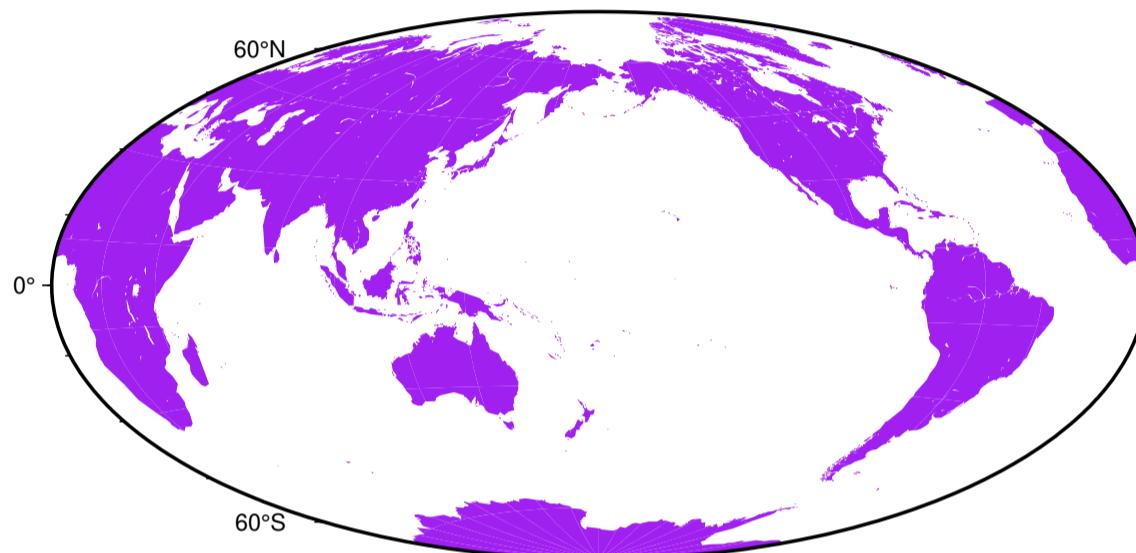
回到终端, 运行 Bash 脚本:

```
bash myplot.sh
```

待脚本执行完成后, 会自动用阅读器 (通常是 evince) 打开生成的 PDF 格式的图片文件。你将看到如下图所示的图片。

[Source Code](#)

## My First Plot



这基本上就是运行 GMT 脚本的基本流程, 即:

- 生成脚本模板
- 编辑脚本, 添加 GMT 绘图命令
- 运行脚本并查看绘图效果

### 4.1.2 GMT 初探: macOS 篇

#### 启动终端

GMT 是一个纯命令行软件, 没有任何的图形界面。所有的绘图操作都需要通过在终端和脚本中执行命令来完成。

macOS 下可以使用 Command + 空格键启动 Spotlight, 在弹出的搜索框中输入 “terminal” 再按回车即可打开终端。

#### 运行 GMT

启动终端后, 敲入 gmt 以执行 GMT 命令。你将看到 GMT 的欢迎界面信息, 类似于:

```
GMT - The Generic Mapping Tools, Version 6.4.0 [64-bit] [8 cores]
(c) 1991-2021 The GMT Team (https://www.generic-mapping-tools.org/team.html).

Supported in part by the US National Science Foundation (http://www.nsf.gov/)
and volunteers from around the world.

GMT is distributed under the GNU LGPL License (http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html).
```

(下页继续)

(续上页)

```

Dependencies: netCDF, GDAL, PCRE, FFTW, LAPACK, ZLIB, Ghostscript, GraphicsMagick, FFmpeg.

usage: gmt [options]
        gmt <module name> [<module-options>]

options:
--help           List descriptions of available GMT modules.
--new-script[=L] Write GMT modern mode script template to stdout.
                  Optionally specify bash|csh|batch [Default is current shell].
--new-glue=name Write C code for external supplements to glue them to GMT.
--show-bindir   Show directory with GMT executables.
--show-citation Show the most recent citation for GMT.
--show-classic  Show all classic module names.
--show-classic-core Show all classic module names (core only).
--show-cores    Show number of available cores.
--show-datadir  Show directory/ies with user data.
--show-dataserver Show URL of the remote GMT data server.
--show-doi      Show the DOI for the current release.
--show-library  Show path of the shared GMT library.
--show-modules  Show all modern module names.
--show-modules-core Show all modern module names (core only).
--show-plugindir Show directory for plug-ins.
--show-sharedir  Show directory for shared GMT resources.
--show-userdir   Show full path of user's ~/.gmt dir
--version       Print GMT version number.

if <module-options> is '=' we call exit (0) if module exist and non-zero otherwise.

```

## 生成脚本模板

继续在终端中敲入:

```
gmt --new-script > myplot.sh
```

该命令会在当前目录生成一个 GMT 模板脚本，并保存到 Bash 脚本文件 `myplot.sh` 中。

---

**备注:** 本手册中所有示例均使用 Bash 脚本，要求读者对 Bash 脚本及 Unix 命令行有最基本的了解。不了解的用户请阅读网络上 Bash 相关教程，或本手册中[脚本编程](#)一节。

---

## 查看并编辑脚本文件

Bash 脚本文件是一个纯文本文件，可以直接用文本编辑器打开。比如，可以使用 macOS 自带的文本编辑器打开该脚本文件：

```
open myplot.sh
```

打开脚本文件后会看到如下内容：

```

#!/usr/bin/env -S bash -e
# GMT modern mode bash template
# Date: 2019-09-10T00:44:39
# User: seisman
# Purpose: Purpose of this script
export GMT_SESSION_NAME=$$ # Set a unique session name
gmt begin figurename
# Place modern session commands here
gmt end show

```

其中, 以 # 开头的行尾注释行, `export GMT_SESSION_NAME=$$` 这一行属于高级用法, 可以忽略。核心内容只有两行, 即 `gmt begin` 和 `gmt end` 这两行。

编辑脚本, 在 `gmt begin` 和 `gmt end` 中间添加 GMT 命令, 将脚本修改如下:

```
#!/usr/bin/env -S bash -e
# GMT modern mode bash template
# Date: 2019-09-10T00:44:39
# User: seisman
# Purpose: Purpose of this script
export GMT_SESSION_NAME=$$ # Set a unique session name
gmt begin figurename
    gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
gmt end show
```

编辑完成后记得保存文件。

## 执行脚本以绘图

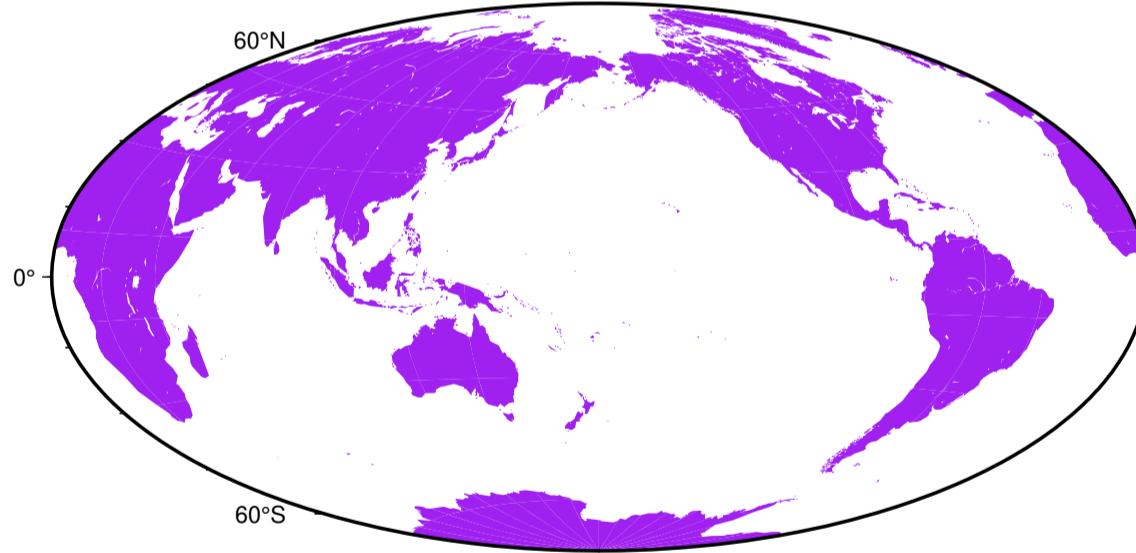
回到终端, 运行 Bash 脚本:

```
bash myplot.sh
```

待脚本执行完成后, 会自动用 macOS 自带的 PDF 阅读器 (即 Preview) 打开生成的 PDF 格式的图片文件。你将看到如下图所示的图片:

[Source Code](#)

**My First Plot**



这基本上就是运行 GMT 脚本的基本流程, 即:

- 生成脚本模板
- 编辑脚本, 添加 GMT 绘图命令
- 运行脚本并查看绘图效果

### 4.1.3 GMT 初探: Windows 篇

#### 启动 CMD 命令行

GMT 是一个纯命令行软件, 没有任何的图形界面。所有的绘图操作都需要通过在终端和脚本中执行命令来完成。Windows 下的默认终端是“命令提示符”, 也就是 CMD 命令行。

点击“开始”→“附件”→“命令提示符”即可启动 CMD, 也可以直接在开始按钮中的搜索框中搜索“CMD”并启动。

#### 运行 GMT

启动 CMD 后, 敲入 `gmt` 以执行 GMT 命令。你将看到 GMT 的欢迎界面信息, 类似于:

```
GMT - The Generic Mapping Tools, Version 6.4.0 [64-bit] [8 cores]
(c) 1991-2021 The GMT Team (https://www.generic-mapping-tools.org/team.html).

Supported in part by the US National Science Foundation (http://www.nsf.gov/)
and volunteers from around the world.

GMT is distributed under the GNU LGPL License (http://www.gnu.org/licenses/lgpl.html).
Dependencies: netCDF, GDAL, PCRE, FFTW, LAPACK, ZLIB, Ghostscript, GraphicsMagick, FFmpeg.

usage: gmt [options]
       gmt <module name> [<module-options>]

options:
--help           List descriptions of available GMT modules.
--new-script[=L] Write GMT modern mode script template to stdout.
                  Optionally specify bash|csh|batch [Default is current shell].
--new-glue=name Write C code for external supplements to glue them to GMT.
--show-bindir   Show directory with GMT executables.
--show-citation Show the most recent citation for GMT.
--show-classic  Show all classic module names.
--show-classic-core Show all classic module names (core only).
--show-cores    Show number of available cores.
--show-datadir  Show directory/ies with user data.
--show-dataserver Show URL of the remote GMT data server.
--show-doi      Show the DOI for the current release.
--show-library  Show path of the shared GMT library.
--show-modules  Show all modern module names.
--show-modules-core Show all modern module names (core only).
--show-plugindir Show directory for plug-ins.
--show-sharedir  Show directory for shared GMT resources.
--show-userdir   Show full path of user's ~/.gmt dir
--version        Print GMT version number.

if <module-options> is '=' we call exit (0) if module exist and non-zero otherwise.
```

#### 生成脚本模板

继续在终端中敲入:

```
gmt --new-script > myplot.bat
```

该命令会在当前目录生成一个 GMT 模板脚本, 并保存到 Batch 脚本文件 `myplot.bat` 中。

---

**备注:** Batch 是 Windows 自带的脚本语言, 但本教程中所有示例均使用 Unix 下常用的 Bash 脚本。因而 Windows 用户有两种选择:

1. 安装 [Git for Windows](#) 并使用其提供的 Bash, 本手册中的所有命令都将可以直接使用。要求读者对 Bash 脚本及 Unix 命令行有最基本的了解。不了解的用户请阅读网络上 Bash 相关教程, 或本手册中[脚本编程](#)一节。
2. 继续使用 Windows 的 Batch 脚本。要求读者对 Batch 脚本和 Bash 脚本均有所了解, 并知道二者用法的差异, 以便于将手册中的 Bash 脚本转换为 Batch 脚本。不了解的用户请阅读网络上 Bash 和 Batch 相关教程, 或本手册中[脚本编程](#)一节。

## 查看并编辑脚本文件

Batch 脚本文件是一个纯文本文件, 可以直接用文本编辑器打开。例如, Windows 下自带的记事本即可打开该脚本文件。

打开脚本文件后会看到如下内容:

```
REM GMT modern mode batch template
REM Date: 2019-09-02T23:34:25
REM User: seisman
REM Purpose: Purpose of this script
REM Set a unique session name:
@echo off
set GMT_SESSION_NAME=7492
gmt begin figurename
    REM Place modern session commands here
gmt end show
```

其中, 以 **REM** 开头的行尾注释行, **set GMT\_SESSION\_NAME=7492** 这一行属于高级用法, 可以忽略。核心内容只有两行, 即 **gmt begin** 和 **gmt end** 这两行。

编辑脚本, 在 **gmt begin** 和 **gmt end** 中间添加 GMT 命令, 将脚本修改如下:

```
REM GMT modern mode batch template
REM Date: 2019-09-02T23:34:25
REM User: seisman
REM Purpose: Purpose of this script
REM Set a unique session name:
@echo off
set GMT_SESSION_NAME=7492
gmt begin figurename
    gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
gmt end show
```

编辑完成后记得保存文件。

## 执行脚本以绘图

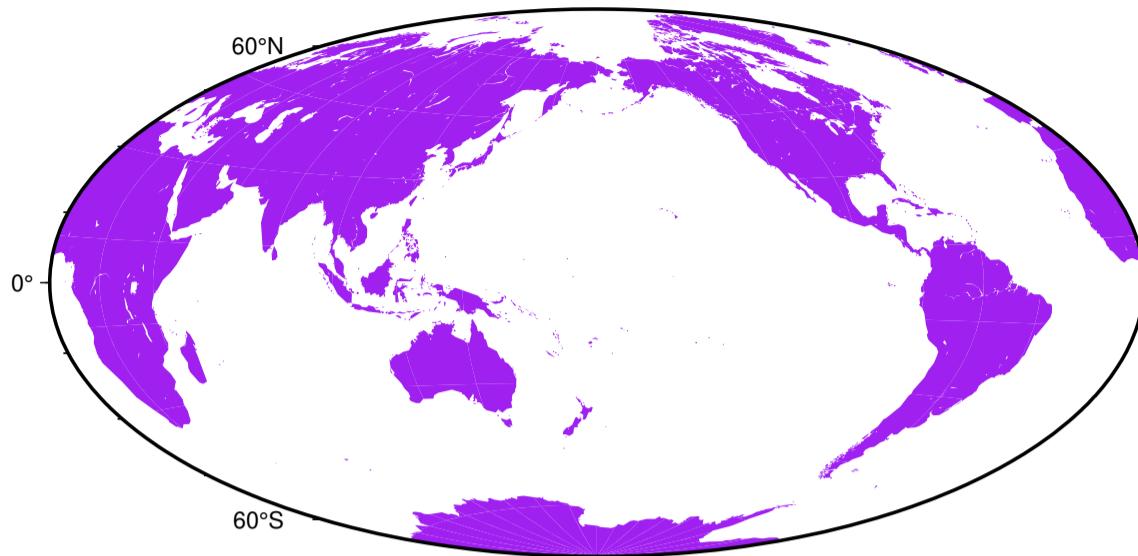
回到 CMD, 直接输入 Batch 脚本名以运行该脚本:

```
myplot.bat
```

待脚本执行完成后, 会自动用 PDF 阅读器打开生成的 PDF 格式的图片文件。你将看到如下图所示的图片。

[Source Code](#)

## My First Plot



这基本上就是运行 GMT 脚本的基本流程，即：

- 生成脚本模板
- 编辑脚本，添加 GMT 绘图命令
- 运行脚本并查看绘图效果

## 4.2 命令初探

上一节我们使用 GMT 绘制了第一张图，但是没有对其中的细节做任何介绍。这一节我们将简单介绍一下 GMT 的命令。

### 4.2.1 GMT 绘图脚本模板

GMT 在绘图时，总是以 `begin` 开始，并以 `end` 结束。所有的绘图命令都放在 `begin` 与 `end` 之间，而非绘图命令可以放在任何地方。

**备注：** GMT 老用户可能会对此比较陌生。

GMT 自 6.0.0 版本开始，引入了一种全新的绘图命令执行模式，称之为现代模式。GMT5 及之前的命令风格称之为经典模式。GMT6 既支持经典模式也支持现代模式。现代模式与经典模式可以完成相同的绘图功能，但现代模式大大简化了绘图代码，并极大避免了用户最容易出错的地方，因而推荐用户使用现代模式而非经典模式。

本手册将只使用现代模式，而不介绍经典模式。GMT 新用户只需要按照本手册直接学习现代模式即可；对于 GMT 老用户，建议阅读[经典模式 → 现代模式](#) 或者观看视频教程 [GMT6 新特性](#)，并开始使用现代模式进行绘图。

在前一节中我们使用 `gmt --new-script` 命令生成一个绘图模板。忽略掉绘图模板中的注释语句，一个最最基本的 GMT 绘图脚本的模板是：

```
gmt begin
#
# 其它命令，包括 GMT 绘图命令、数据处理命令以及其它 UNIX 命令
```

(下页继续)

(续上页)

```
#  
gmt end show
```

你可以直接执行这个脚本，但是因为这里什么命令也没用，所以这个脚本不会生成任何图片。

绘图时我们通常需要指定图片文件名和图片格式，因而更实用的绘图脚本模板为：

```
gmt begin FigureName pdf  
#  
# 其它命令，包括 GMT 绘图命令、数据处理命令以及其它 UNIX 命令  
#  
gmt end show
```

- *FigureName* 指定了要生成的图片文件名，你可以指定任意文件名，但最好避免在文件名中使用特殊符号和空格。若不给定文件名，则默认文件名为 `gmtsession`
- 紧跟在图片文件名后的 `pdf` 指定了要生成的图片格式（若不指定格式，则默认图片格式为 PDF）。GMT 支持多种图片格式，`pdf`、`ps`、`eps`、`jpg`、`png`、`bmp` 等等。若想要一次性生成多种格式的图片，则可以使用逗号将多种格式连接起来，如 `pdf,png` 会同时生成 PDF 和 PNG 格式的图片
- `gmt end` 后面加上 `show`，则 GMT 会在绘图完成后，使用系统自带的阅读器软件自动打开生成的图片文件，供用户预览绘图效果

#### 4.2.2 绘制第一张图

在 GMT 绘图脚本模板的基础上，向 `begin` 和 `end` 语句中间加入正确的 GMT 绘图命令，即可实现用 GMT 绘图。

下面的脚本使用 `coast` 绘制了一张全球地图。执行该脚本，会生成文件名为 `GlobalMap`、格式为 PNG 和 PDF 的图片文件，并且 GMT 会在绘图结束后自动打开生成的图片文件。

```
gmt begin GlobalMap  
gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"  
gmt end show
```

**My First Plot**

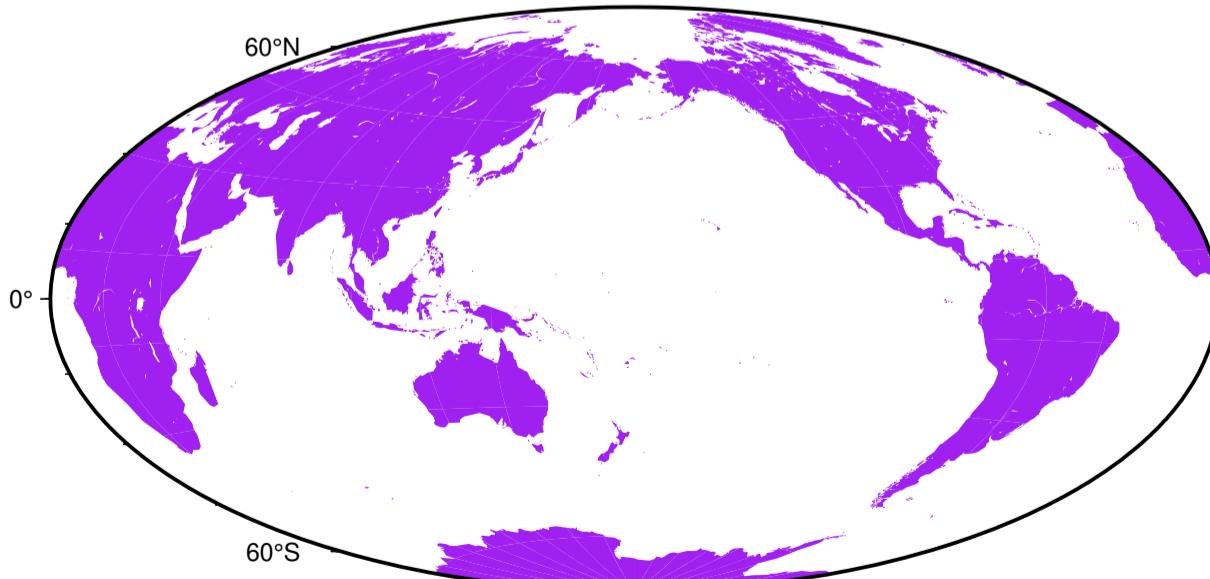


图 1：使用 GMT 绘制的第一张图

---

**小技巧:** 不理解 gmt coast 这一行命令的含义? 没关系, 稍后会详细介绍。

---

**小技巧:** 想了解 gmt coast 的具体用法? 打开终端, 敲入 gmt docs coast, GMT 会自动帮你打开 coast 模块的说明文档。

---

### 4.2.3 GMT 命令格式

一个 GMT 命令通常由 gmt + 模块名 + 选项 + 参数构成。比如上面的例子中:

```
gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
```

- 所有的 GMT 命令都需要以 gmt 开头
- coast 是模块名, 这个模块可以用于绘制海岸线
- R、-J、-G、-B 等以 - 开头的是模块的选项
- Baf 中 af 是 -B 选项的参数
- B+t “My First Plot” 中 +t 为 -B 的子选项, “My First Plot” 则是子选项 +t 的参数

关于 GMT 命令的几点说明:

- 若模块名以 gmt 开头, 则模块名中的 gmt 可省略。比如 gmt gmtset xxx xxx 可简写为 gmt set xxx xxx
- 模块名、选项等均区分大小写
- 选项以 - 开头, 后接单个字符表示某个选项, 字符后接选项的参数以及子选项
- 子选项以 + 开头, 后接单个字符以及子选项的参数
- 不以 - 开头的参数, 通常都会被当做文件, GMT 会尝试去读取
- 各选项间以空格分隔, 选项内部不能有空格。选项内部的字符串中若存在空格, 在 Bash 下可以使用单引号或双引号括起来, 而在 Windows 的 Batch 下则只能使用双引号。

## 4.3 脚本编程

本手册中的所有示例及代码都使用 Bash 脚本实现, 要求读者对 Bash 脚本语言有最基本的了解。Windows 用户若使用 Batch 脚本, 则需要同时了解 Bash 和 Batch 的语法, 并了解如何将本手册中的 Bash 脚本正确转换为 Batch 脚本。

这一节介绍本手册中或 GMT 使用过程中最常用的 Bash 和 Batch 语法, 而不涉及不常用或更复杂的语法。

### 4.3.1 Bash 编程基础知识

#### Bash 基础

用文本编辑器创建一个后缀名为 .sh 的文件, 向其中写入 Bash 命令并保存, 即得到一个 Bash 脚本。

打开终端, 在终端中输入 bash script.sh, 即可执行 Bash 脚本 script.sh。也可以执行命令 chmod +x script.sh 给脚本可执行权限, 然后即可在终端输入 ./script.sh 运行“可执行”的脚本。

下面的 Bash 脚本展示并解释了 Bash 中常用的语法:

```

#!/usr/bin/env bash
# 脚本的第一行叫 shebang, 用来告知系统如何执行该脚本:
# 参见: http://en.wikipedia.org/wiki/Shebang\_\(Unix\)
# 以 # 开头的行是注释行, 在脚本执行时会被忽略

# echo 命令用于显示后面的字符
echo Hello world!

# 声明一个变量
# 注意: = 两边不能有空格! projection="X10c/10c"
region="0/10/0/10"

# 在变量名前加上 $ 符号即可引用该变量的值
echo $projection $region

# 执行 GMT 命令
gmt begin map
gmt basemap -J$projection -R$region -Baf

# 输入数据
# 有些命令需要读入数据。Bash 中有多种方法可以将数据传递给一个命令:
# 1. 将数据保存到文件中, 并在命令中指定数据文件名
#   下面的命令会读取文件 input.dat 中的数据
gmt plot input.dat -W1p

# 2. 通过管道符号 | 将前一个命令的输出作为后一个命令的输入
#   下面的命令中, echo 命令输出了 5 5, 该输出通过管道被传递给了 GMT 命令作为输入
echo 5 5 | gmt plot -Sc0.5c

# 3. 使用 heredoc 将两个 EOF 之间的数据传给命令
#   下面的命令中, << EOF 表示将接下来到 EOF 为止的内容传递给命令
gmt plot -Sc0.5c << EOF
1 2
3 4
5 6
EOF

# 输出数据
# 很多命令都会输出一些数据或信息。默认情况下, 输出会在终端显示。为了将数据保存到文件中, 需要使用重定向符号。
# 常用的重定向符号主要有两个: > 和 >>
# > 表示将数据输出到文件中。若文件不存在, 则创建该文件; 若文件已存在, 则覆盖该文件的原内容;
# >> 表示将数据追加到文件中。若文件不存在, 则创建该文件; 若文件已存在, 则将数据追加到原内容的后面;
echo 1 3 Point1 > tmp.txt
echo 2 5 Point2 >> tmp.txt
echo 4 2 Point3 >> tmp.txt
# 此时文件中有三行内容

# 倒引号
# 倒引号的作用是将一个命令的输出保存到一个变量中, 供后面的命令使用
# 下面将 gmt info 的输出保存到变量 new_region 中, 并在接下来的命令中使用了该变量的值
new_region=`gmt info input.dat -I1/1` 
gmt plot input.dat -J$projection $new_region

# 长命令续行符
# 当一个命令较长时, 可以将命令拆分为多行, 每行末尾用续行符 \ 表示下一行命令
# 需要接在当前命令的后面
gmt coast -A1000 -Dc -ECN -W1/1p \
    -Glightblue -Slightred

gmt end show

# rm 命令删除文件
rm tmp.txt

```

## Linux 常用命令

Bash 脚本本身功能有限, 因而经常需要与 Linux 下的命令结合在一起使用。

- 《地震“学”科研入门教程: Linux 常用命令》

### 4.3.2 Batch 编程基础知识

#### Batch 基础

新建一个文本文件, 将后缀改为 .bat, 向文件中写入 Batch 命令并保存, 即得到一个 Batch 脚本。

双击该 Batch 脚本即可直接运行, 也可以打开 CMD 窗口, 再输入 Batch 脚本名以运行脚本。

下面的 Batch 脚本展示并解释了 Batch 脚本中常用的语法:

```

REM 以 REM 开头的行是注释行, 在脚本执行时会被忽略

REM echo 命令用于显示后面的字符
echo Hello world!

REM 使用 set 命令声明一个变量
set projection="X10c/10c"
set region="0/10/0/10"

REM 在变量名前后加上 % 即可引用该变量的值
echo %projection% %region%

REM 执行 GMT 命令
gmt begin map
gmt basemap -J%projection% -R%region% -Baf

REM 输入数据
REM 有些命令需要读入数据。Bash 中有多种方法可以将数据传递给一个命令:
REM 1. 将数据保存到文件中, 并在命令中指定数据文件名
REM 下面的命令会读取文件 input.dat 中的数据
gmt plot input.dat -W1p

REM 2. 通过管道符号 | 将前一个命令的输出作为后一个命令的输入
REM 下面的命令中, echo 命令输出了 5 5, 该输出通过管道被传递给了 GMT 命令作为输入
echo 5 5 | gmt plot -Sc0.5c

REM 输出数据
REM 很多命令都会输出一些数据或信息。默认情况下, 输出会在终端显示。为了将数据保存到文件中, 需要使用重定向符号。
REM 常用的重定向符号主要有两个: > 和 >>
REM > 表示将数据输出到文件中。若文件不存在, 则创建该文件; 若文件已存在, 则覆盖该文件的原内容;
REM >> 表示将数据追加到文件中。若文件不存在, 则创建该文件; 若文件已存在, 则将数据追加到原内容的后面;
echo 1 3 Point1 > tmp.txt
echo 2 5 Point2 >> tmp.txt
echo 4 2 Point3 >> tmp.txt
REM 此时文件中有三行内容

REM 将命令的输出保存到变量中
REM Batch 中可以将命令的输出写到文件中, 然后用 set /p var=<file 的方式将文件中的内容作为变量的值
gmt info input.dat -I1/1 > tmp.dat
set /p new_region=<tmp.dat
gmt plot input.dat -J%projection% %new_region%

REM 长命令续行符
REM 当一个命令较长时, 可以将命令拆分为多行, 每行末尾用续行符 ^ 表示下一行命令
REM 需要在当前命令的后面
gmt coast -A1000 -Dc -ECN -W1/1p ^
    -Glightblue -Slightred

```

(下页继续)

(续上页)

```
gmt end show

REM del 命令用于删除文件
del tmp.txt

REM pause 命令用于暂停命令的执行
REM 双击执行 Batch 脚本，脚本会在结束后自动退出。
REM 为了查看脚本执行过程中是否报错，通常在 Batch 文件最后一行加上 pause
pause
```

## 将 Bash 脚本转换为 Batch 脚本

Bash 语法和 Batch 语法不同。本手册中所有脚本均使用 Bash 实现，Batch 用户需要根据需求自行将 Bash 脚本转换为 Batch 脚本。转换主要注意如下几点：

- 注释符号：# 改成 REM
- 定义变量的方式：var=value 改成 set var=value
- 引用变量的方式：\$region 改成 %region%
- 删除文件的命令：rm 改成 del
- Bash 中可以使用倒引号 var=`cmd1` 将命令 cmd1 的输出作为变量 var 的值。Batch 不支持这一语法，需要使用下面的命令实现类似功能：

```
cmd1 > tmp.dat
set /p var=<tmp.dat
```

- Bash 中可以使用 EOF 将多行数据传递给一个命令。例如：

```
gmt plot << EOF
1 2
3 4
5 6
EOF
```

Batch 不支持这一语法，只能多次使用 echo 命令将数据输出到同一文件中，再将文件传递给命令使用：

```
echo 1 2 > tmp.dat
echo 3 4 >> tmp.dat
echo 5 6 >> tmp.dat
gmt plot tmp.dat
```

## 4.4 绘制底图

GMT 可以绘制多种不同类型的底图，包括全球地图、区域地图，以及线性坐标轴、对数轴、指数轴、极坐标轴，甚至 3D 坐标轴。

这一节我们将通过使用 [coast](#) 和 [basemap](#) 模块绘制不同类型的底图，并了解 GMT 中 -J、-R 和 -B 选项的基本用法。

#### 4.4.1 全球地图

要绘制地图，就需要将地球的三维球面投影到一个二维面上，投影的过程需要指定投影方式。GMT 中使用 **-J** 选项指定地图投影参数以及地图的尺寸。同时，我们还需要使用 **-R** 选项指定要绘制的区域范围（即经纬度范围）。

下面用最简单的命令绘制了一张全球地图。

```
gmt begin GlobalMap
  gmt coast -JH180/12c -R0/360/-90/90 -W0.5p -A10000
gmt end show
```

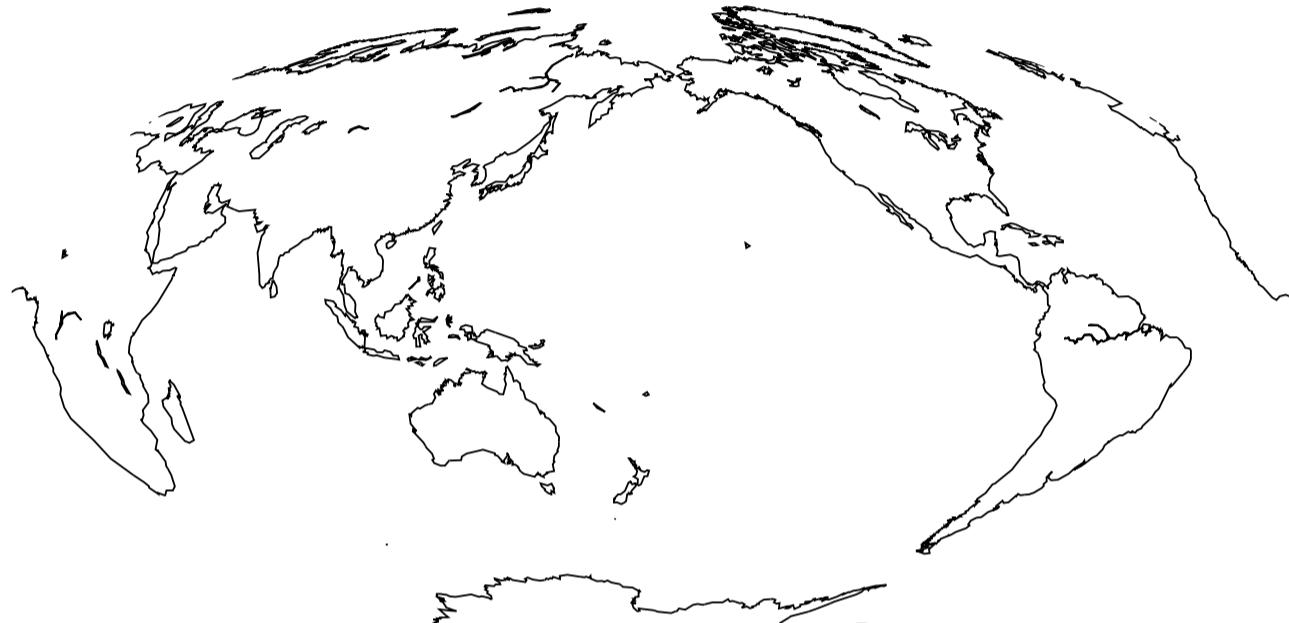


图 2: 全球地图 (无边框版)

先忽略后面的 **-W0.5p -A10000** (后面章节会介绍到)，这里只关注 **-J** 和 **-R** 选项。此示例中：

- JH180/12c** 指定地图投影参数，**H** 表示使用 Hammer 投影，地图中心位于经度 180° 处，地图宽度为 12 厘米 (**12c**, **c** 表示单位厘米)；
- R0/360/-90/90** 指定要绘制的区域范围，即经度 0° 到 360°，纬度 -90° 到 90°，四个数字之间用斜杠 / 分隔。

上面使用了非常简单的 GMT 命令即绘制出了一张全球地图的底图，但其跟我们常见的全球地图比还缺了个底图边框。GMT 中可以使用 **-B** 选项为地理底图加上边框并绘制经纬线。

```
gmt begin GlobalMap
  gmt coast -JH180/12c -Rg -Bg -W0.5p -A10000
gmt end show
```

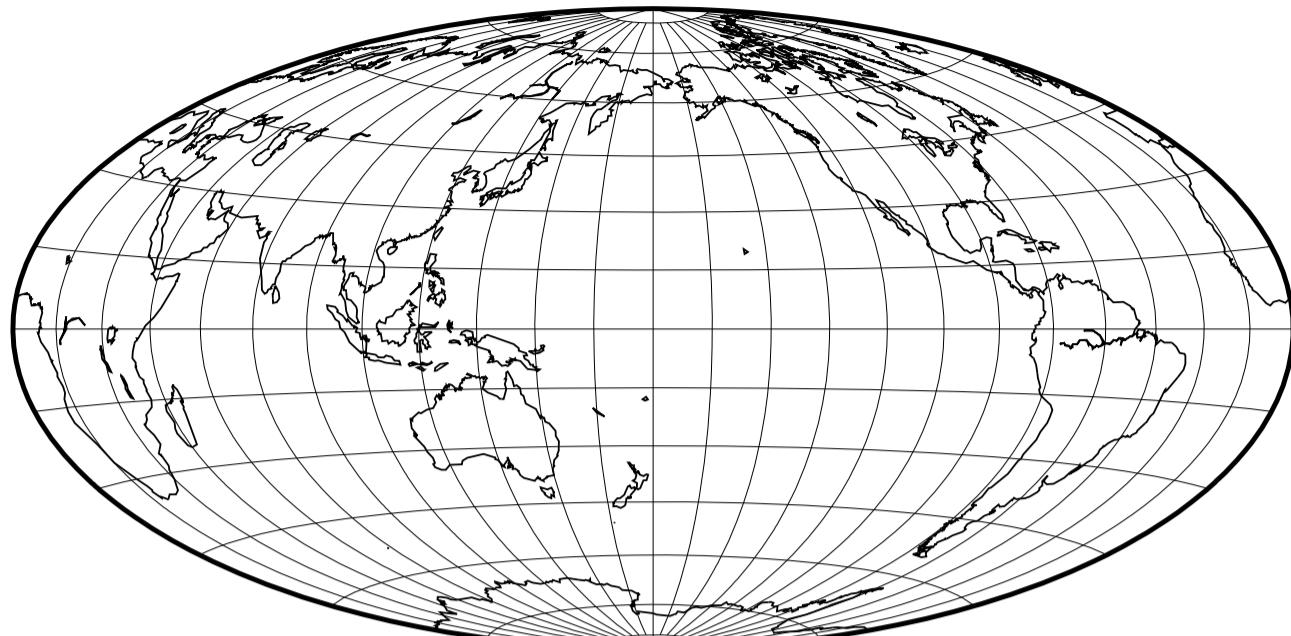


图 3: 全球地图 (有边框版)

跟上一个脚本相比, 此处我们做了两点修改:

1. 使用 **-Rg** 代替了 **-R0/360/-90/90**。这二者是完全等效的。由于绘制全球地图是很常见的需求, 因而 GMT 为其设计了一个更简单的写法。**-Rg** 中 **g** 代表 **global**。
2. 增加了 **-Bg** 选项。**-B** 用于给底图加上边框, 其中的 **g** 则用于向底图中加入网格线 (**g** 代表 **grid**)。

**小技巧:** GMT 支持 30 多种不同的地图投影方式, 详情见[地图投影](#)一章。将上面的示例脚本中 **-JH180/12c** 修改为下面列出的一些值以了解不同投影方式之间的差异:

- **-JA280/30/12c**
- **-JI180/12c**
- **-JK180/12c**
- **-JN180/12c**
- **-JR180/12c**

#### 4.4.2 区域地图

绘制区域地图与绘制全球地图没有本质区别, 我们依然需要使用 **-J** 指定投影方式, 使用 **-R** 指定绘图区域范围, 使用 **-B** 指定底图边框。

下面的 GMT 命令绘制了一张新西兰地图。

```
gmt begin NewZealandMap
  gmt coast -JM12c -RNZ -Ba -W0.5p -A10000
gmt end show
```

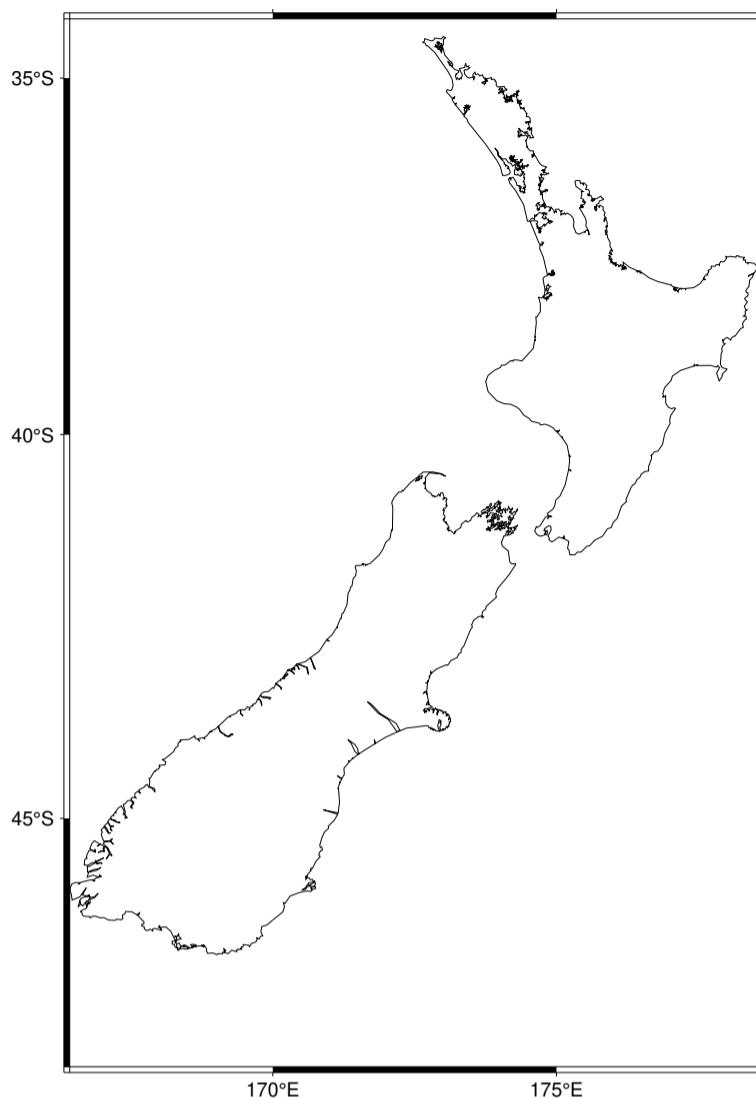


图 4: 使用国家代码指定绘图区域

这里我们使用了:

- **-JM12c** 指定了使用墨卡托投影 (绘制区域地图最常用的投影方式), 地图宽度为 12 厘米;
- **-RNZ** 指定了绘图区域范围, 此处 **NZ** 是新西兰的国家代码, GMT 会自动根据国家代码提取该国家的区域范围并用于绘图;
- **-Ba** 用于给底图添加边框。对于某些地图投影, GMT 默认使用图中所示的黑白相间的底图边框。**a** 用于添加标注 (annotation, 即图中的经纬度数字)。

如果对于根据国家代码自动确定的区域范围不太满意, 我们也可以使用 **-R** 选项最原始的方式来指定区域范围。即依次给定绘图区域的最小经度、最大经度、最小纬度和最大纬度。记起来也很容易, 可以记为  $xmin/xmax/ymin/ymax$ , 或者直接记“西东南北”。

通过上面的图, 我们大概知道了新西兰的经纬度范围。我们可以直接使用 **-R165/180/-48/-32** 指定绘图区域。

```
gmt begin NewZealandMap
gmt coast -JM12c -R165/180/-48/-32 -Bafg -W0.5p -A10000
gmt end show
```

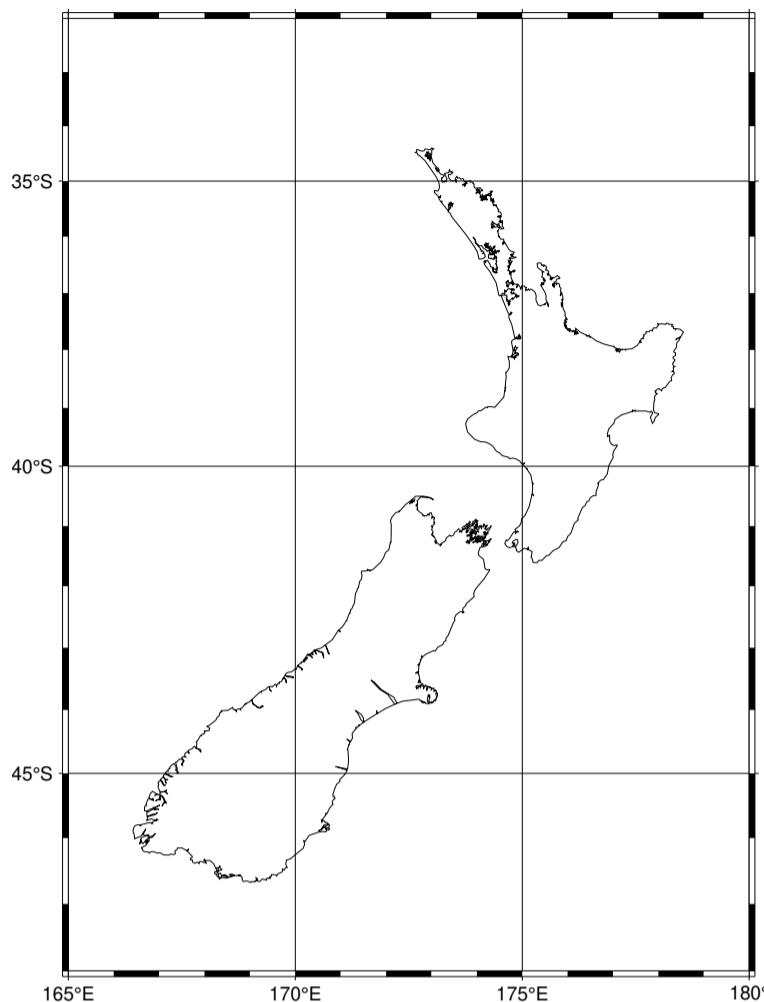


图 5：使用经纬度范围指定绘图区域

上面的例子中我们还调整了 **-B** 选项, **-Bafg** 表示绘制底图边框的标注 (annotation)、刻度线 (frame, 即图中黑白线段的间隔) 和网格线 (grid)。标注、刻度线以及网格线的间隔由 GMT 算法自动决定。

对 GMT 自动算法确定的间隔不满意? 你还可以任意指定自己想要的间隔。下面例子中, 我们对底图进行了进一步的自定义, 为 X 轴和 Y 轴分别指定了间隔, 并给底图添加了标题:

- **-Bxa4g2** 表示设置 X 轴 (x) 的标注间隔为 4 度、网格线间隔为 2 度 (**a4g2**)
- **-Bya3g3** 表示设置 X 轴 (y) 的标注间隔为 3 度、网格间隔为 3 度 (**a3g3**)
- **-BWSen** 中 WSEN 分别是西南东北四个方向的英文单词首字母, 用于控制四条边的属性。大写的 **WS** 表示给西边和南边添加标注, 而小写的 **en** 则表示对于东边和北边只绘制边框但不显示标注
- **-BWSen+t" New Zealand"** 中 **+t** 用于给整张图添加标题 (title)。由于标题 **New Zealand** 中含有空格, 我们需要使用引号将其括起来

```
gmt begin NewZealandMap
gmt coast -JM12c -R165/180/-48/-32 -Bxa4g2 -Bya3g3 -BWSen+t"New Zealand" -W0.5p -A10000
gmt end show
```

## New Zealand

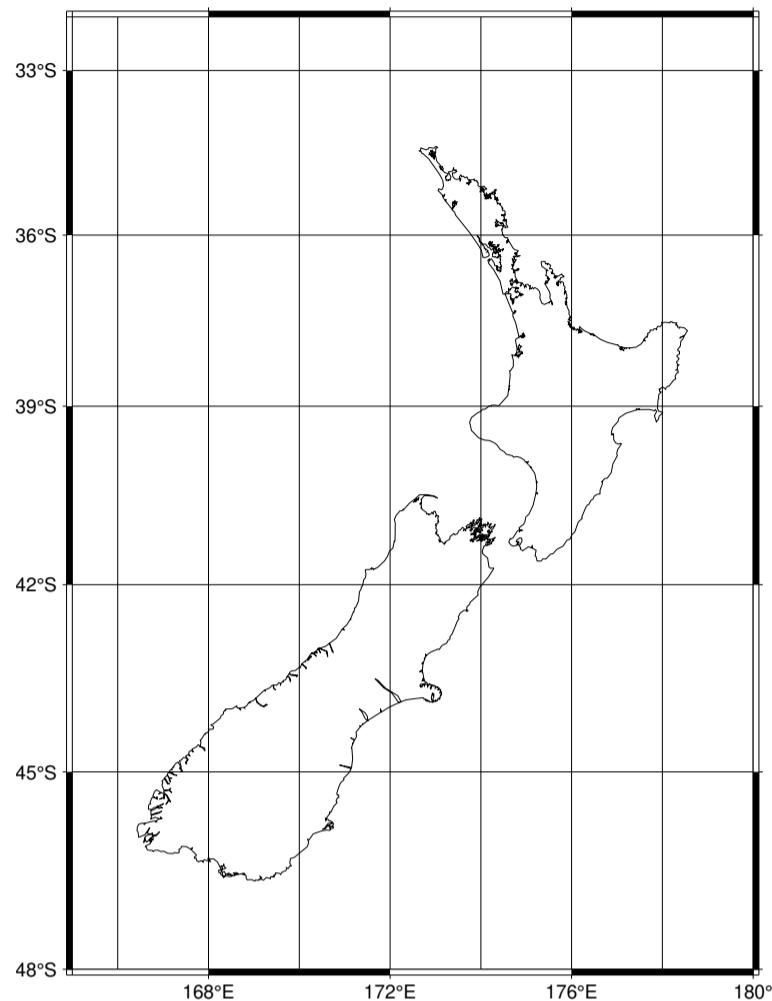


图 6: 为区域地图添加标题

### 4.4.3 线性坐标轴

GMT 最擅长绘制地图, 同时也适合绘制最简单的线性坐标轴。同样的, 要想绘制线性坐标轴, 我们依然需要使用 **-R** 指定坐标轴范围, 使用 **-B** 绘制边框并指定边框和坐标轴属性, 同时, 我们还需要使用 **-JX** 指定线性坐标轴的宽度和高度。

下面的示例中, 我们使用了:

- **-JX8c/5c** 表明线性坐标轴的宽度为 8 厘米, 高度为 5 厘米
- **-R10/70/-4/8** 表明 X 轴范围为 10 到 70, Y 轴范围为 -4 到 8
- **-Bxa10f5g10+l"X Label"** 设置了 X 轴的属性, **a10f5g10** 分别设置了标注(annotation)间隔为 10, 刻度(frame)间隔为 5, 网格线(grid)间隔为 10; **+l"X Label"** 则为 X 轴添加了标签; 对于 Y 轴同理;

```
gmt begin linearXY
gmt basemap -R10/70/-4/8 -JX8c/5c -Bxa10f5g10+l"X Label" -Bya4f2g2+1"Y Label" -BWSen+t"Linear X-Y Plot"
gmt end show
```

## Linear X-Y Plot

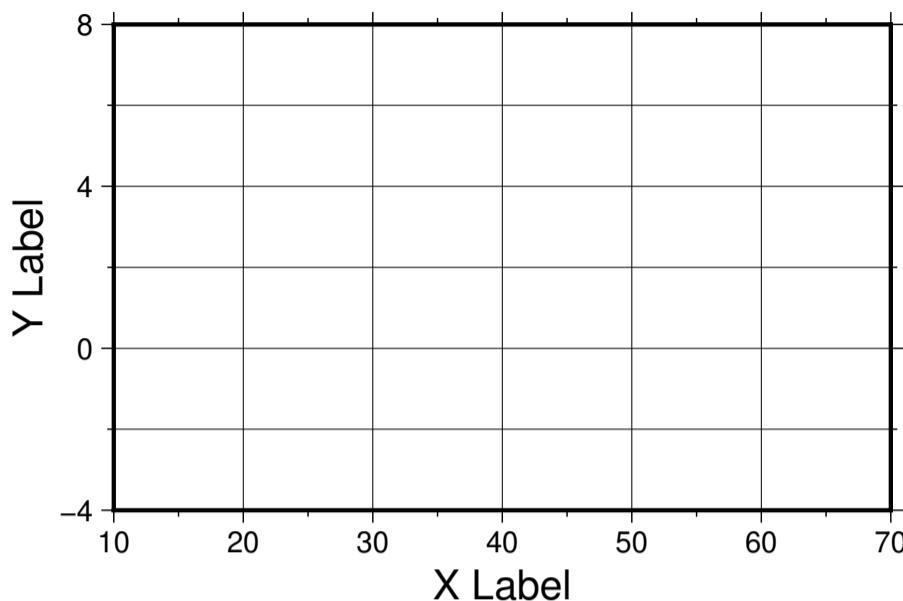


图 7: 线性坐标轴

GMT 同样也可以绘制对数轴、指数轴以及极坐标轴，在这一节中不再介绍。

### 4.4.4 三维线性坐标轴

三维坐标轴相对于二维坐标轴多了一个 Z 轴。与二维线性坐标轴类似，我们需要针对 Z 轴指定 Z 轴的范围、Z 轴的高度以及三维视角。

下面的命令绘制了一个三维线性坐标轴，相比于传统的二维线性坐标轴，其不同之处在于：

- **-R** 选项中有 6 个数字，后面两个数字表示 Z 轴最小值和最大值
- **-JZ5c** 指定了 Z 轴的高度为 5 厘米
- **-Bzaf** 指定了 Z 轴的标注和刻度属性
- **-BSEwnZ+b** 中 **Z+b** 表示绘制一条 Z 轴，并绘制出整个长方体的所有边
- **-p130/30** 指定了看这个长方形的视角。130 和 30 分别为三维视角的方位角和高度角。这个解释起来稍复杂，读者可以自己试试修改这两个参数并查看效果。方位角的取值范围为 0 到 360 度，高度角的取值范围为 0 到 90 度。

```
gmt begin 3DMap
gmt basemap -R10/70/-4/8/-10/10 -JX8c/5c -JZ5c -Bxa10+1X -Bya4+1Y -Bzaf+lDepth -BSEwnZ+b+t"3D Plot" -p130/30
gmt end show
```

## 3D Plot

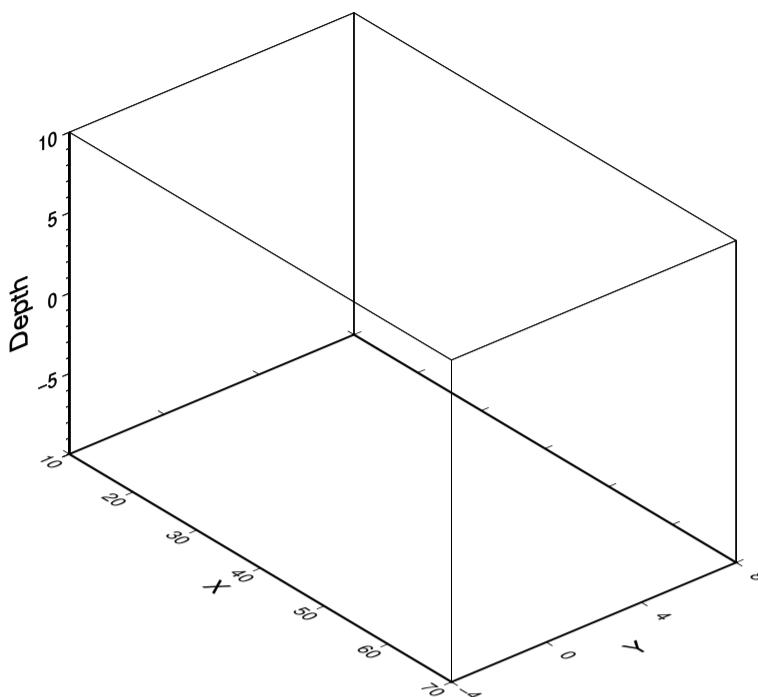


图 8: 三维线性坐标轴

## 4.5 绘制海岸线

GMT 中使用 `coast` 模块绘制海岸线。`coast` 模块，顾名思义是海岸线、湖岸线的意思。该模块不仅可以绘制这些岸线，还可以绘制比例尺和行政边界等。

这一节我们将通过绘制一张美国地图来介绍 `coast` 模块的基本用法。

### 4.5.1 绘制海岸线和湖岸线

下面的脚本用最简单的命令绘制了一张美国地图。其中 `-R` 选项设置了绘图区域, `-JM15c` 设置投影方式和图片尺寸, `-Baf` 设置底图边框属性, 这些在前一节都已经做了介绍。

`coast` 模块的选项 `-W0.5p,black` 表示绘制岸线，并设置岸线为 0.5p 宽的黑色线条。

```
gmt begin coastline
  gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -W0.5p,black
gmt end show
```

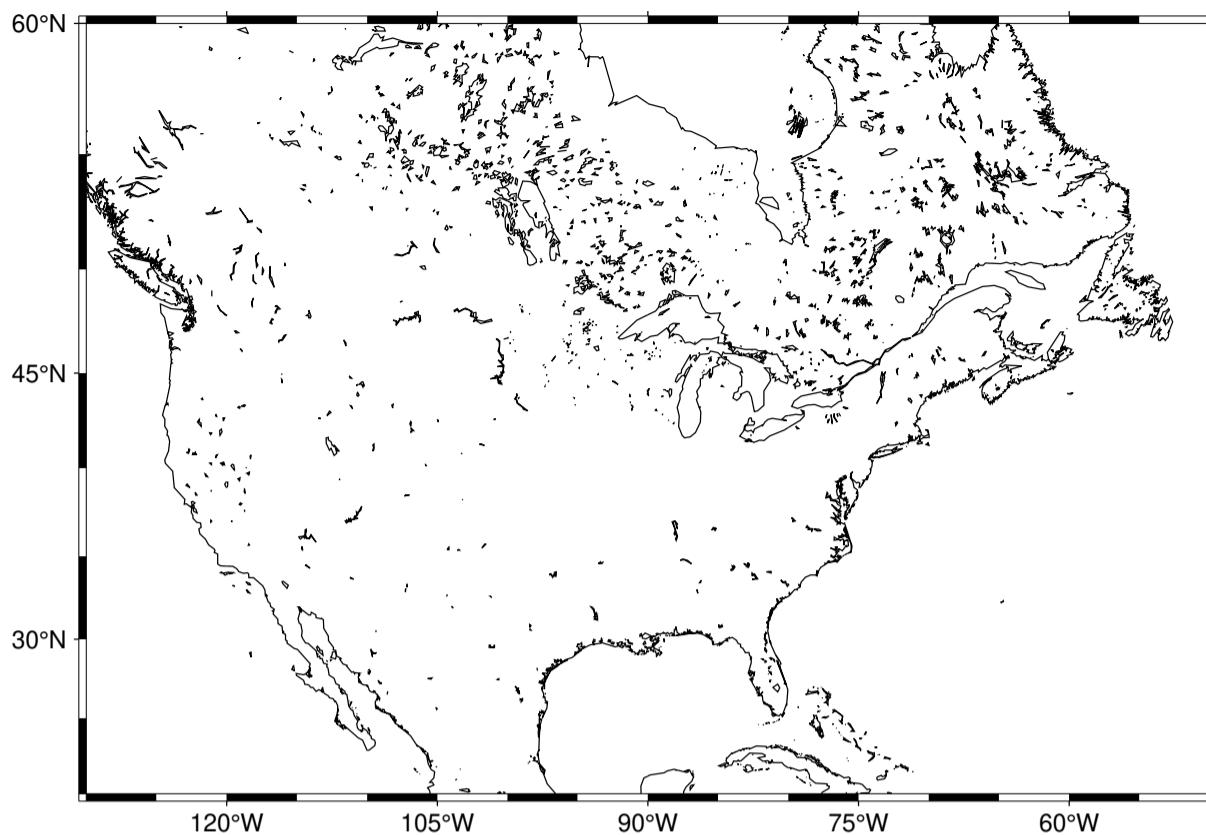


图 9: 美国海岸线

上图看上去有些复杂。这是因为默认情况下 **-W** 选项会绘制所有水体与陆地的界限，包括海岸线、湖岸线、湖中岛的边界等。根据水体或陆地的不同，**coast** 模块将岸线分为从 1 到 4 的四个级别，依次指海岸线、湖岸线、湖中岛，以及湖中岛内的湖边界。

因而，我们可以在使用 **-W** 选项时指定要绘制哪一个等级的岸线。下面的脚本中，我们使用 **-W1/0.5p,black** 表示用 0.5p 宽的黑色线条绘制 1 级海岸线。

```
gmt begin coastline
gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -W1/0.5p,black
gmt end show
```

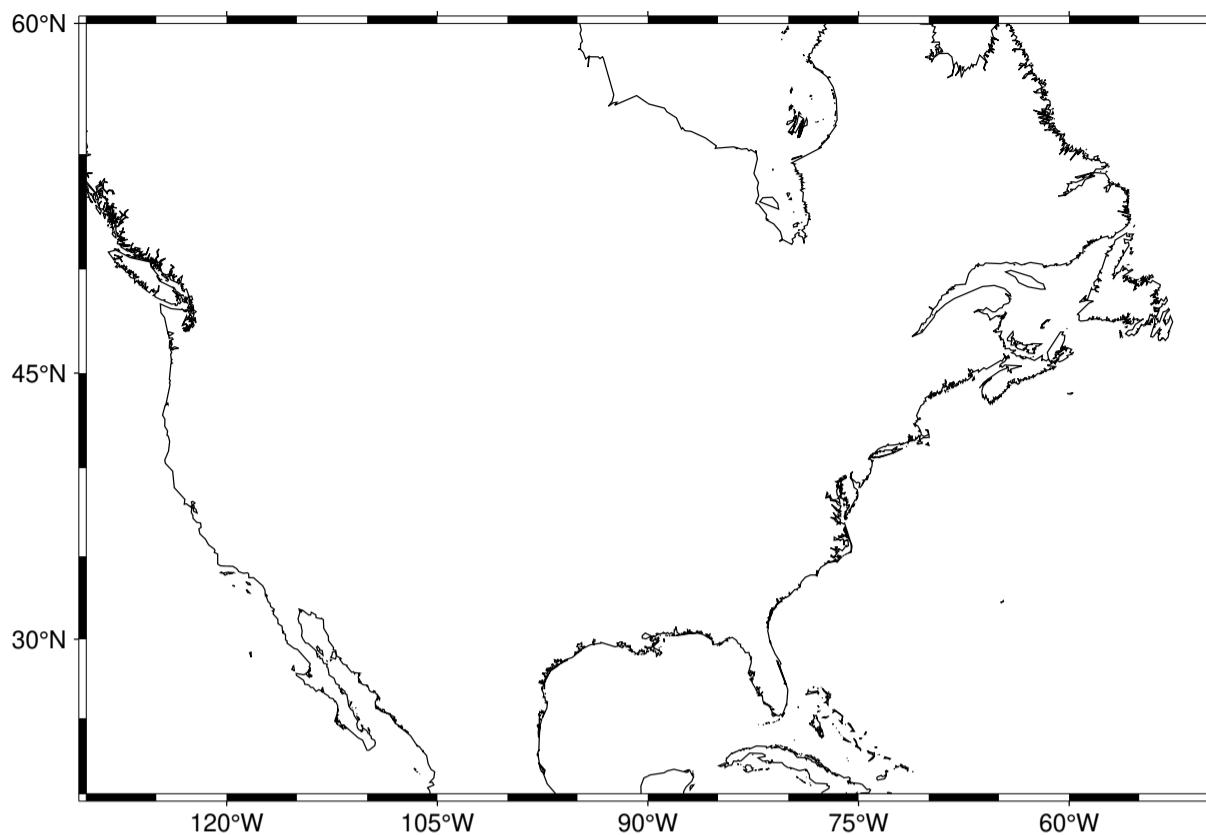


图 10: 绘制海岸线

可以在一个命令中多次使用 **-W** 选项，分别用不同的线条绘制不同等级的岸线。这里我们使用 **-W1/0.5p,black** 绘制 0.5p 黑色的海岸线，同时使用 **-W2/1p,lightred** 绘制 1p 宽的浅红色湖岸线。

```
gmt begin coastline
gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -W1/0.5p,black -W2/1p,lightred
gmt end show
```

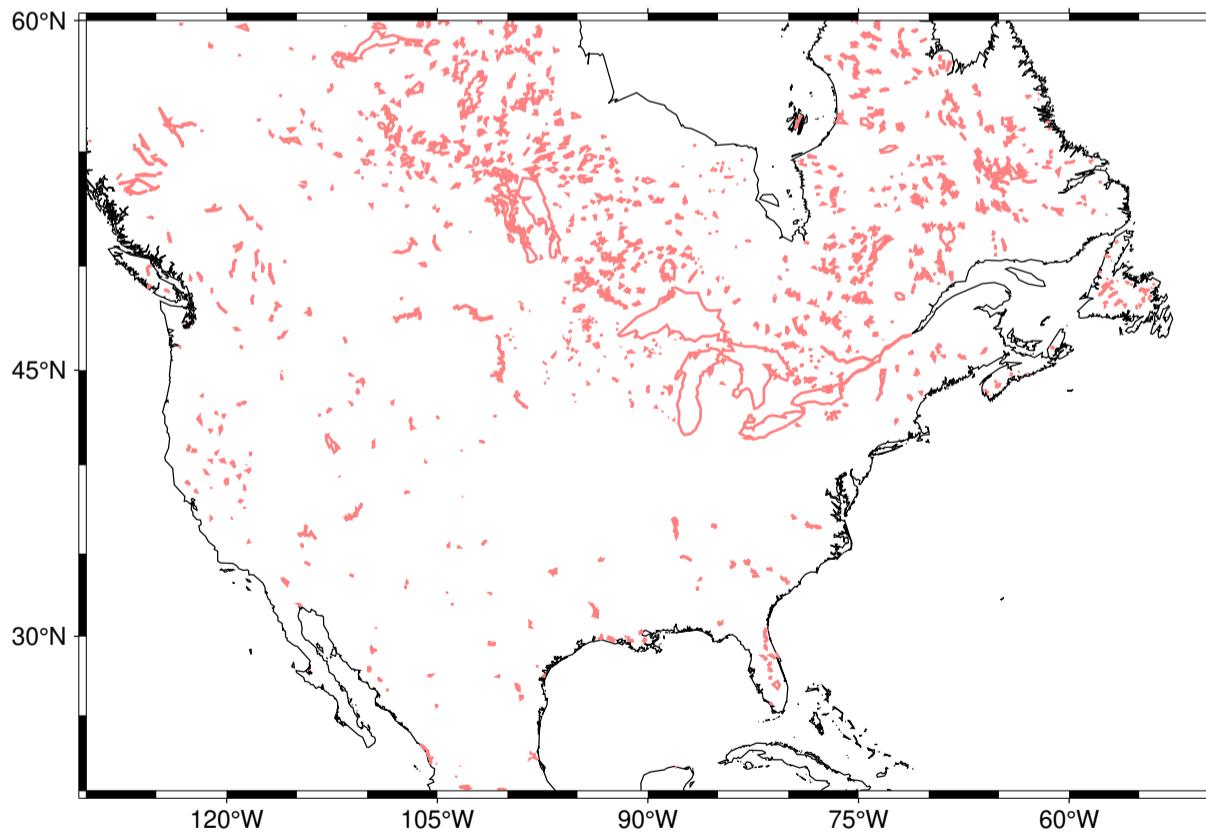


图 11: 绘制海岸线和湖岸线

#### 4.5.2 设置要绘制的对象的最小面积

上图看上去依然有些乱。主要是因为美国有大大小小的很多岛屿和湖泊，GMT 默认会把这些岛屿和湖泊都画出来。如果能够只绘制比较大的岛屿或湖泊就好了，我们可以通过 **-A** 选项设置要绘制的对象的最小面积（单位为平方千米）。

```
gmt begin coastline
gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -W1/0.5p,black -W2/1p,lightred -A5000
gmt end show
```

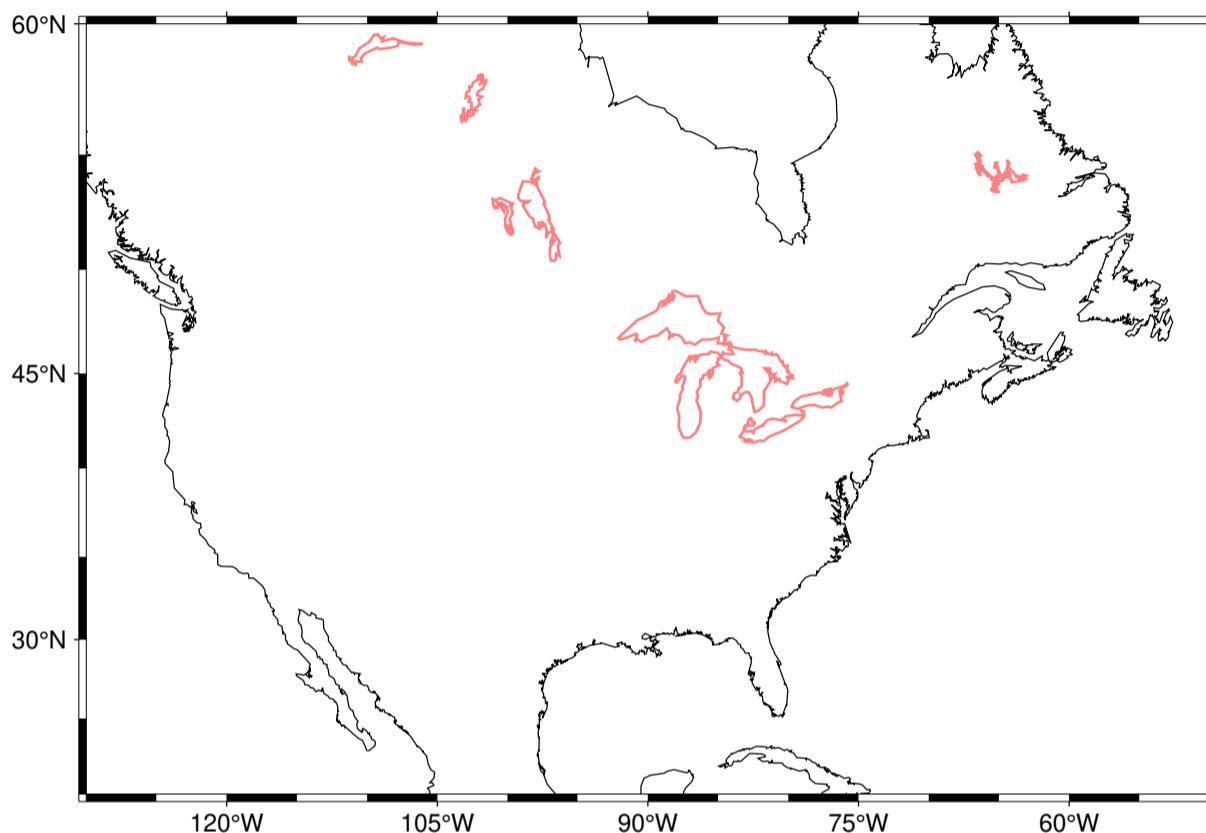


图 12: 设置要绘制的对象的最小面积

这里我们使用 **-A5000** 表示只绘制面积大于 5000 平方千米的湖泊或岛屿。这样子得到的图看上去更加干净简洁。

#### 4.5.3 填充陆地与水体

上面介绍了如何使用 **-W** 绘制海岸线和湖岸线。我们还可以不绘制岸线，而是为陆地和水体设置不同的填充色。

```
gmt begin coastline
gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -A5000 -Gred -Slightblue -Clightred
gmt end show
```

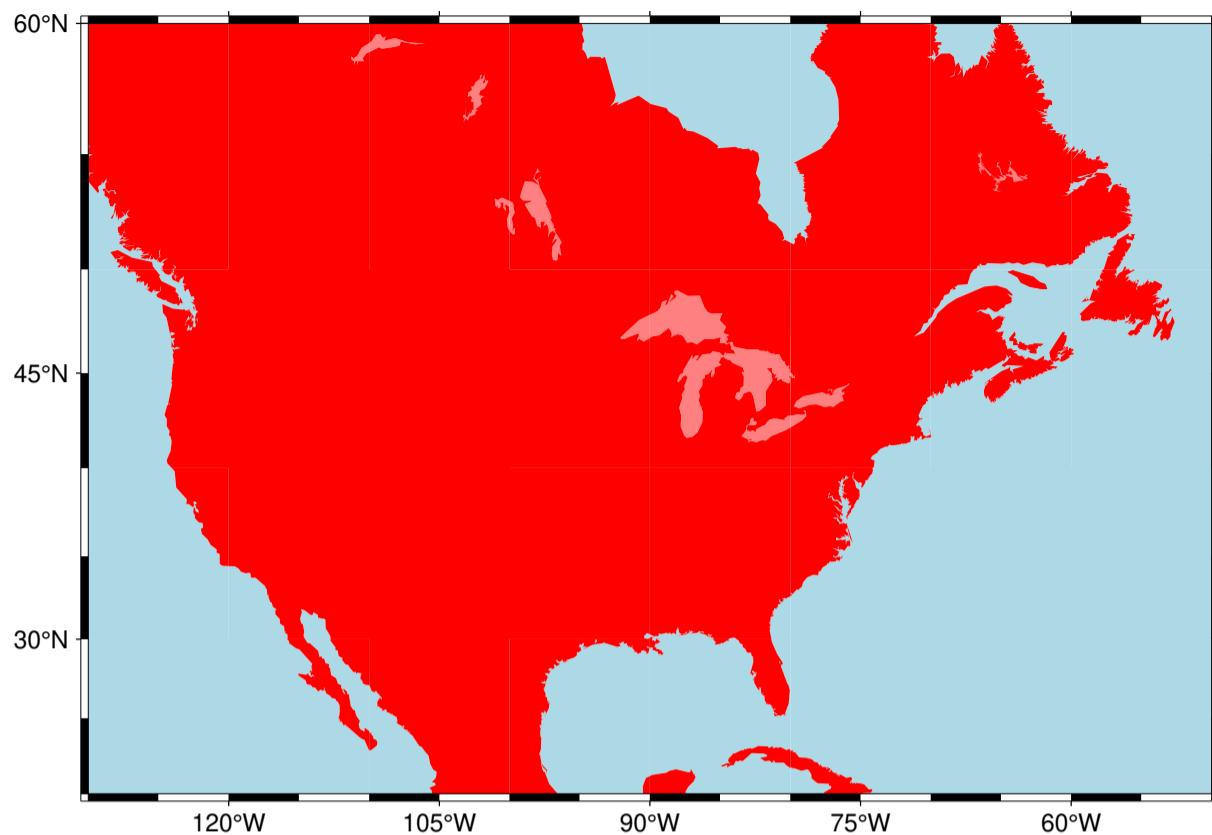


图 13: 填充颜色

其中, **-G** 设置了陆地区域的填充色, **-S** 设置水体的颜色, **-C** 则设置湖泊的颜色(若不指定 **-C**, 则湖泊颜色由 **-S** 控制)。

当然, 你也可以同时使用 **-W** 选项和 **-G** 选项, 即绘制岸线并填充颜色。

#### 4.5.4 绘制国界/州界

使用 **-N** 选项可以绘制国界、州界/省界等行政边界。**-N1** 表示绘制国界线, **-N2** 表示绘制州界/省界线。该选项绘制的行政边界来自 [GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据](#), 目前只有美洲各国以及澳大利亚有州界/省界线。

```
gmt begin coastline
gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -A5000 -Gred -Slightblue -Clightred -N1/1p -N2/0.25p
gmt end show
```

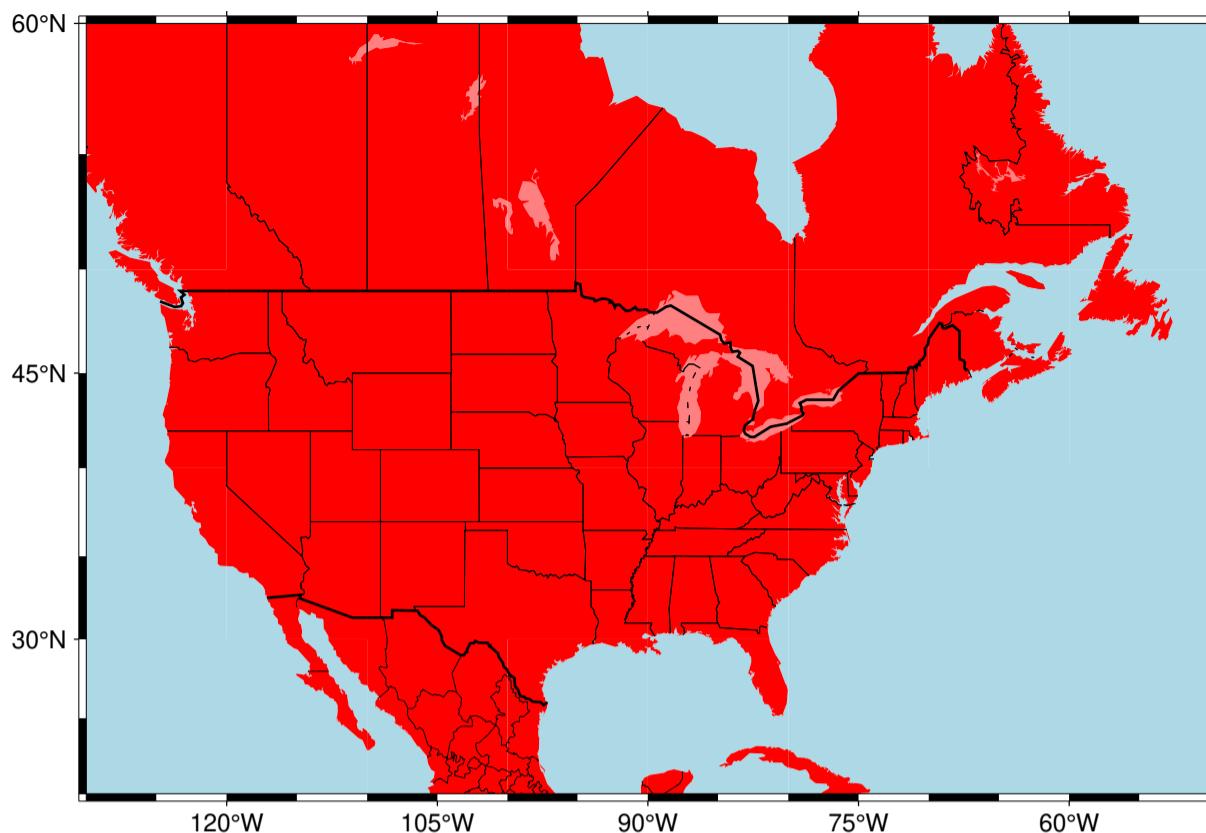


图 14: 绘制国界与州界

**备注:** 除了 -N 选项之外, 还有其他方法使用 GMT 绘制洲界、国界、州界/省界等行政区划边界:

- **-E** 选项可以用于绘制洲界、国界以及省界/州界。详细用法请参考[DCW: 世界数字图表](#) 小节。
- 使用[GADM: 全球行政区划数据库](#) 绘制全球所有国家和地区的国界、省界、市界、区界等多个级别的行政区划边界
- 使用[CN-border: 中国国界省界数据](#) 绘制中国国界和省界等行政区划边界

#### 4.5.5 添加比例尺

最后, 我们还需要为地图添加比例尺。为了绘制比例尺, 我们需要提供如下参数:

- 要绘制哪个纬度的比例尺
- 比例尺在图中的位置
- 比例尺的长度

在下面的例子中, 我们使用了 **-Lg-60/25+c25+w1000k+f+u** 增加比例尺, 其中:

- **+w1000k** 表示比例尺长度为 1000 千米
- **+c25** 表示绘制纬度为北纬 25° 处的比例尺
- **g-60/25** 则表示将比例尺画在北纬 25° 西经 60° 处
- **+f** 表示比例尺的风格为图中所示黑白相间的铁轨形式
- **+u** 表示显示比例尺对应的单位

```
gmt begin coastline
gmt coast -R-130/-50/20/60 -JM15c -Baf -A5000 -Gred -Slightblue -Clightred -Lg-60/25+c25+w1000k+f+u
gmt end show
```

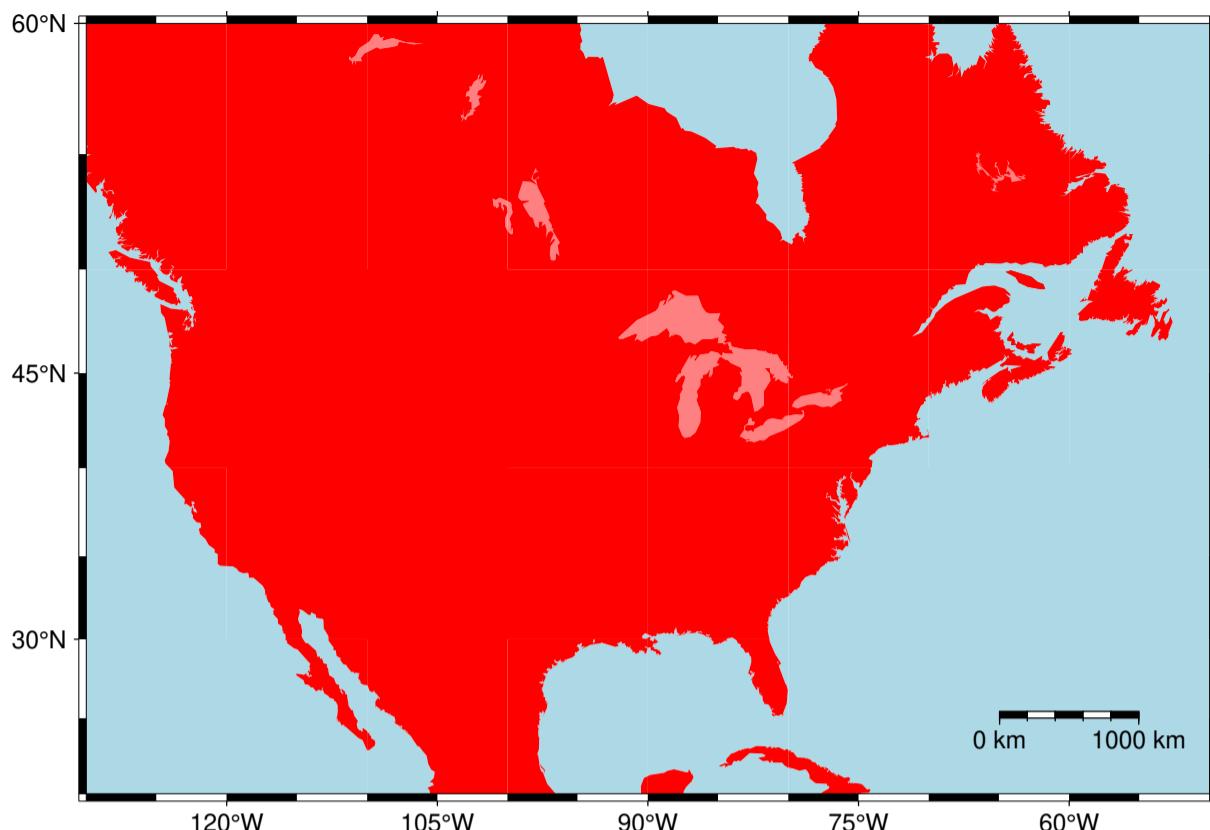


图 15: 添加比例尺

## 4.6 绘制线段和多边形

绘制线条和多边形是日常绘图最常见的需求之一，也是所有绘图软件必备的功能。这一节我们将学习如何使用 GMT 的 `plot` 模块绘制线段和多边形。

### 4.6.1 绘制一条线段

要绘制一条线段，就必须提供线段上数据点的信息，即数据的 X 坐标和 Y 坐标。`plot` 会自动将输入数据中相邻的两点连接起来。

以下面的数据为例，这个数据中包含了三个坐标点 (2,2)、(8,2) 和 (5,7)：

```
2 2
8 2
5 7
```

下面的例子中，我们首先使用 UNIX 下的 `cat` 命令将数据写入到文件 `points.dat` 中，然后使用 `basemap` 模块绘制了一张底图，并使用 `plot` 模块绘制输入文件 `points.dat` 中的数据。

**警告：**下面的几行代码的作用是将两个 EOF 之间的三行数据保存到文件 `points.dat` 中：

```
cat > points.dat << EOF
2 2
8 2
5 7
EOF
```

**需要注意：**Windows Batch 不支持 EOF 语法！因而 Batch 用户需要使用：

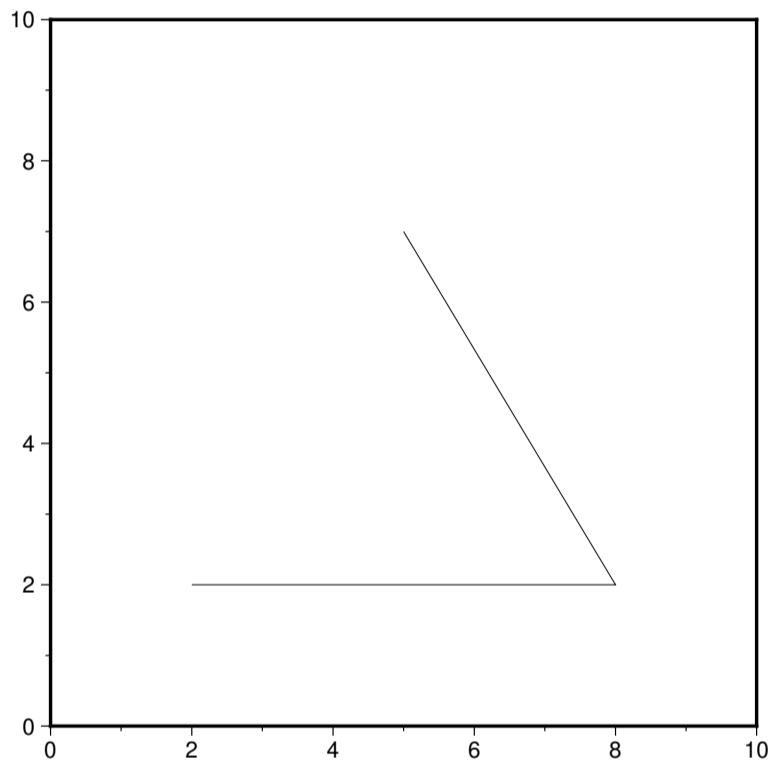
```
echo 2 2 > points.dat
echo 8 2 >> points.dat
echo 5 7 >> points.dat
```

将数据写到文件 `points.dat`。其它示例也有相同的问题，Batch 用户自行修改，不再专门解释。

图中，`plot` 模块在绘图时自动将三个点连接起来，绘制出了一条线段。

```
cat > points.dat << EOF
2 2
8 2
5 7
EOF

gmt begin SimpleLine
gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
gmt plot points.dat
gmt end show
```

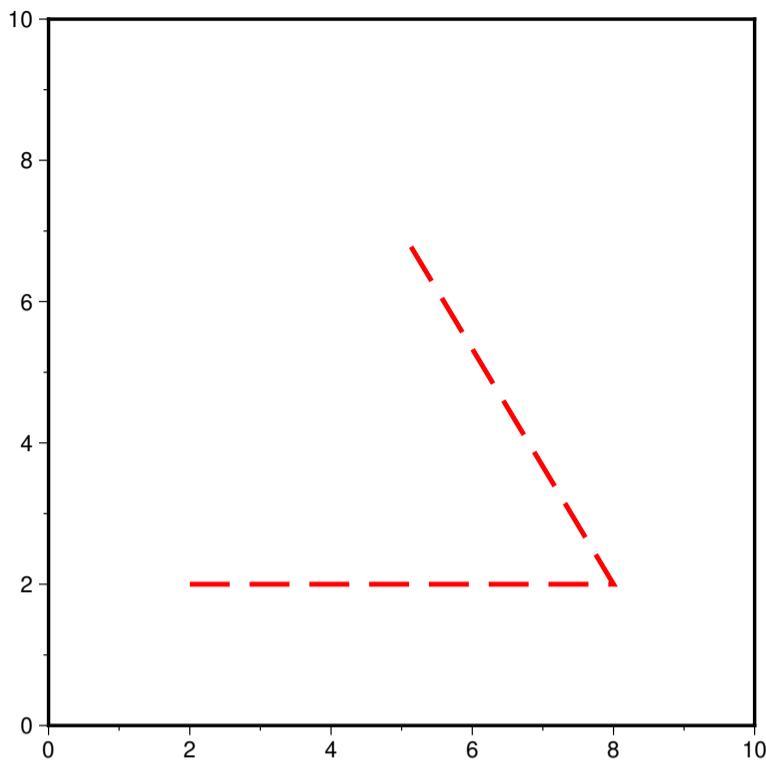


想要修改线段的粗细或颜色？很简单，可以使用 `plot` 模块的 `-W` 选项设置画笔属性。画笔属性包括三个部分：线宽、颜色以及线型，三者之间用逗号隔开。

下面的脚本中，我们给 `plot` 模块添加了 `-W2p,red,-` 选项，即设置了画笔属性为 `2p` 宽的红色虚线。`p` 是 GMT 中的一个长度单位。

```
cat > points.dat << EOF
2 2
8 2
5 7
EOF

gmt begin SimpleLine
gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
gmt plot points.dat -W2p,red,-
gmt end show
```



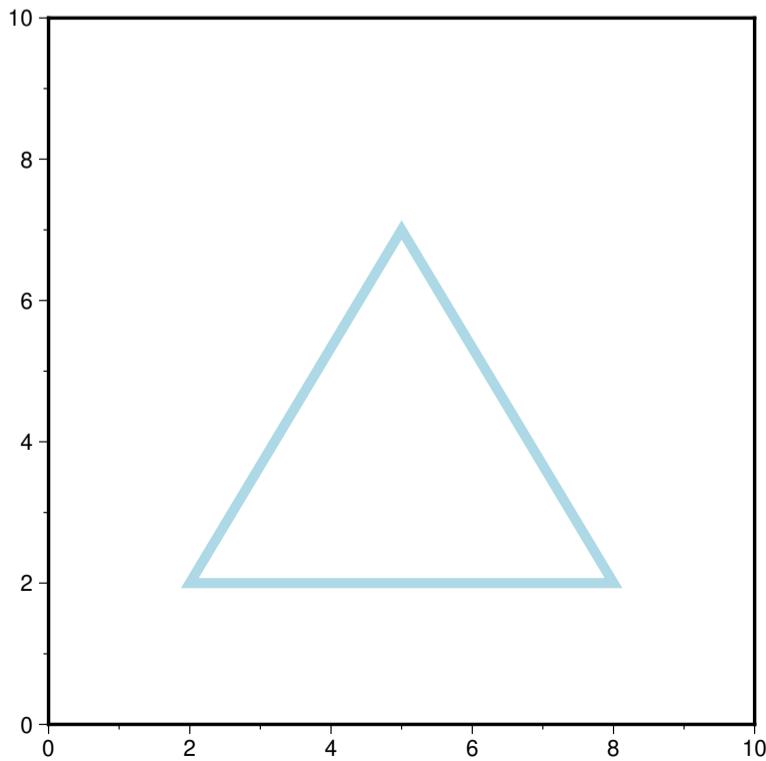
你可以尝试修改线宽、颜色和线型，并查看绘图效果。几种常见的线型包括 -、.、.- 和 -.。

## 4.6.2 绘制一个多边形

`plot` 在绘制线段时默认是不将线段首尾连接起来的，可以使用 `-L` 选项将线段的首尾连接起来，构成了一个闭合多边形。

```
cat > points.dat << EOF
2 2
8 2
5 7
EOF

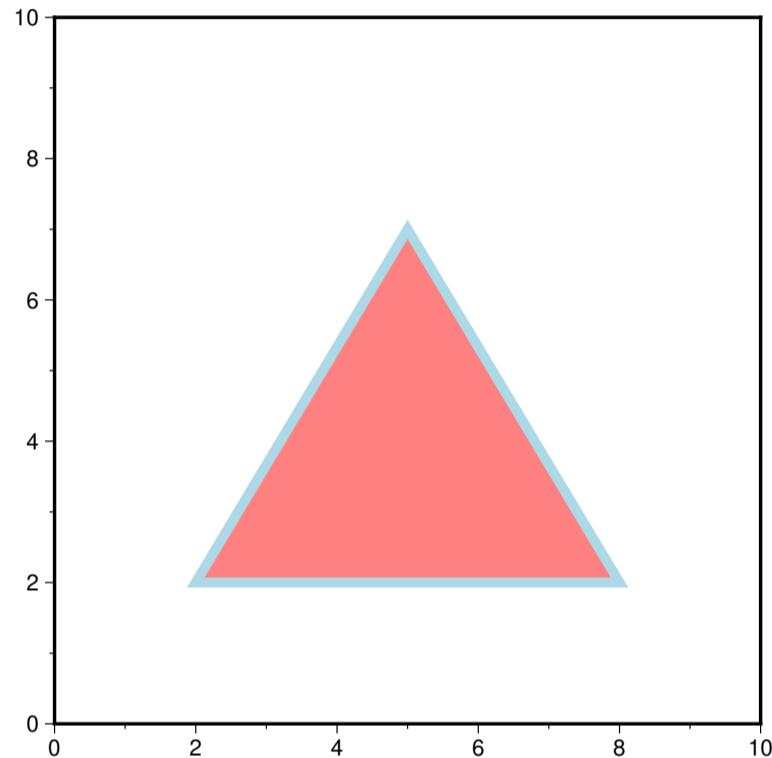
gmt begin polygon
gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
gmt plot points.dat -W4p,lightblue -L
gmt end show
```



我们还可以使用 **-G** 选项为闭合多边形填充颜色。

```
cat > points.dat << EOF
2 2
8 2
5 7
EOF

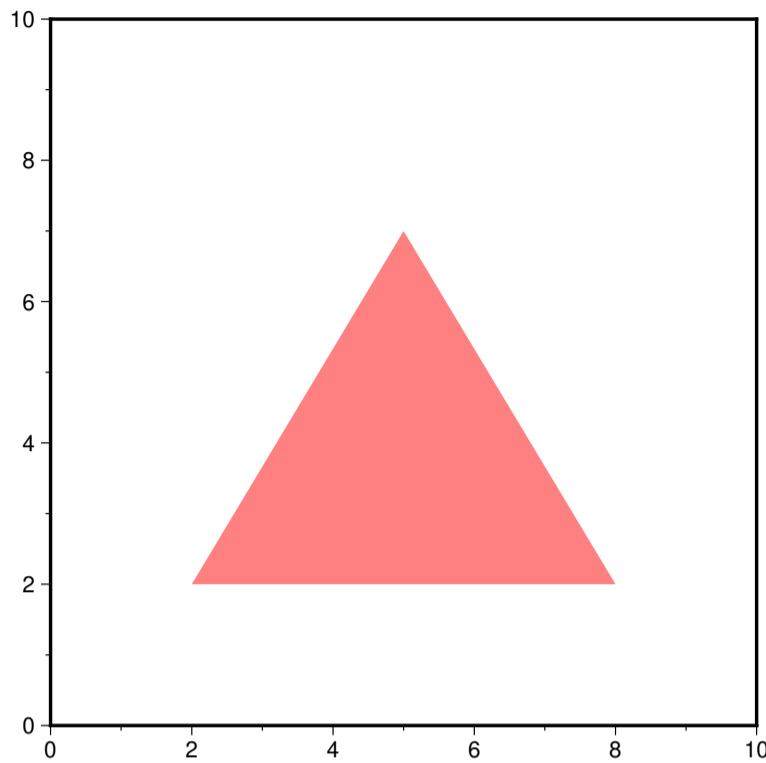
gmt begin polygon
gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
gmt plot points.dat -W4p,lightblue -Glightred -L
gmt end show
```



这样我们就得到了一个内部为浅红色、轮廓为浅蓝色的多边形了。如果只想要填充颜色而不绘制轮廓，只需要使用 **-G** 而不使用 **-W** 即可。

```
cat > points.dat << EOF
2 2
8 2
5 7
EOF

gmt begin polygon
gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
gmt plot points.dat -Glightred -L
gmt end show
```



### 4.6.3 绘制多条线段

学会了如何绘制一条线段，下面介绍如何一次性绘制很多条线段。可以将所有线段的数据点都保存到一个输入文件中，例如：

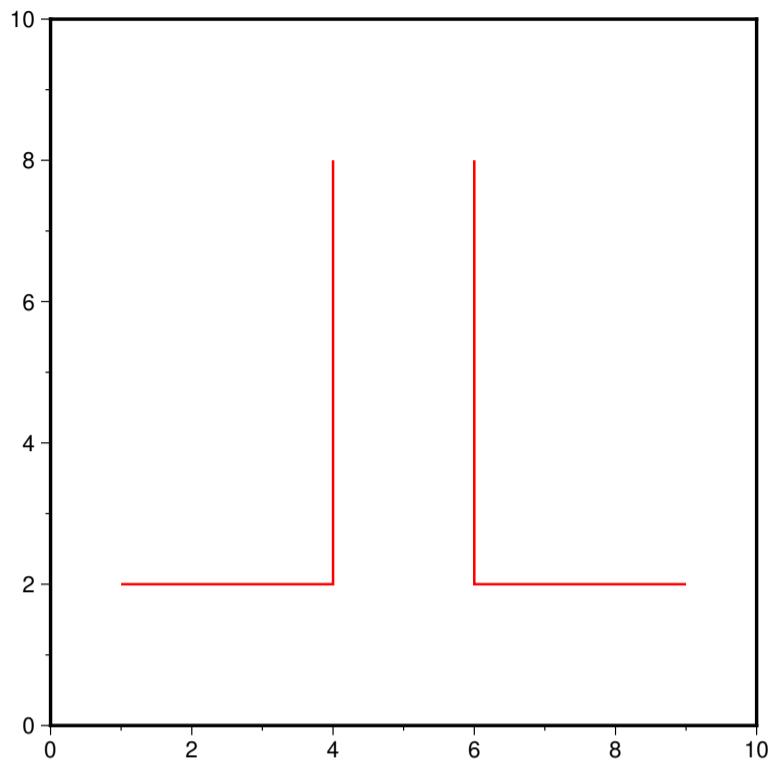
```
>
1  2
4  2
4  8
>
9  2
6  2
6  8
```

每个线段都包含了若干个数据点，在第一个数据点之前有一个 `>` 用于标记新的一段数据的开始。这种数据称之为**多段数据**。

与绘制一条线段的命令完全相同，由于输入数据中有两段数据，`plot` 模块为我们绘制出了两条线段。同样的，两条线段均为线宽为 `1p` 的红色实线。

```
cat > lines.dat << EOF
>
1  2
4  2
4  8
>
9  2
6  2
6  8
EOF

gmt begin MultiLines
  gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
  gmt plot lines.dat -W1p,red
gmt end show
```

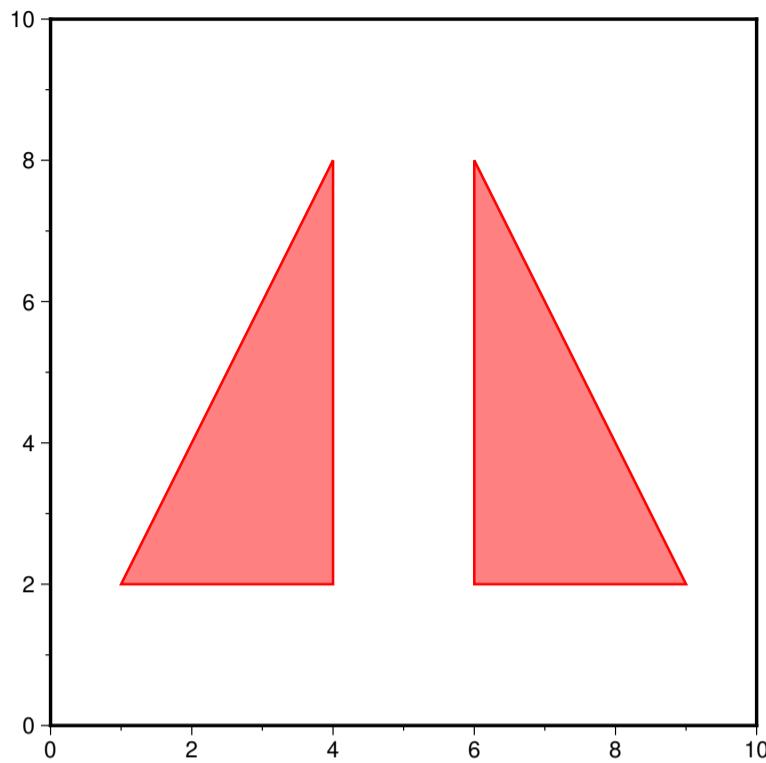


#### 4.6.4 绘制多个多边形

使用相同的输入数据, 通过加上 **-L** 可以构成闭合多边形, 加上 **-G** 为多边形设置填充色。

```
cat > lines.dat << EOF
>
1 2
4 2
4 8
>
9 2
6 2
6 8
EOF

gmt begin MultiPolygons
gmt basemap -JX10c -R0/10/0/10 -Baf
gmt plot lines.dat -W1p,red -L -Glightred
gmt end show
```



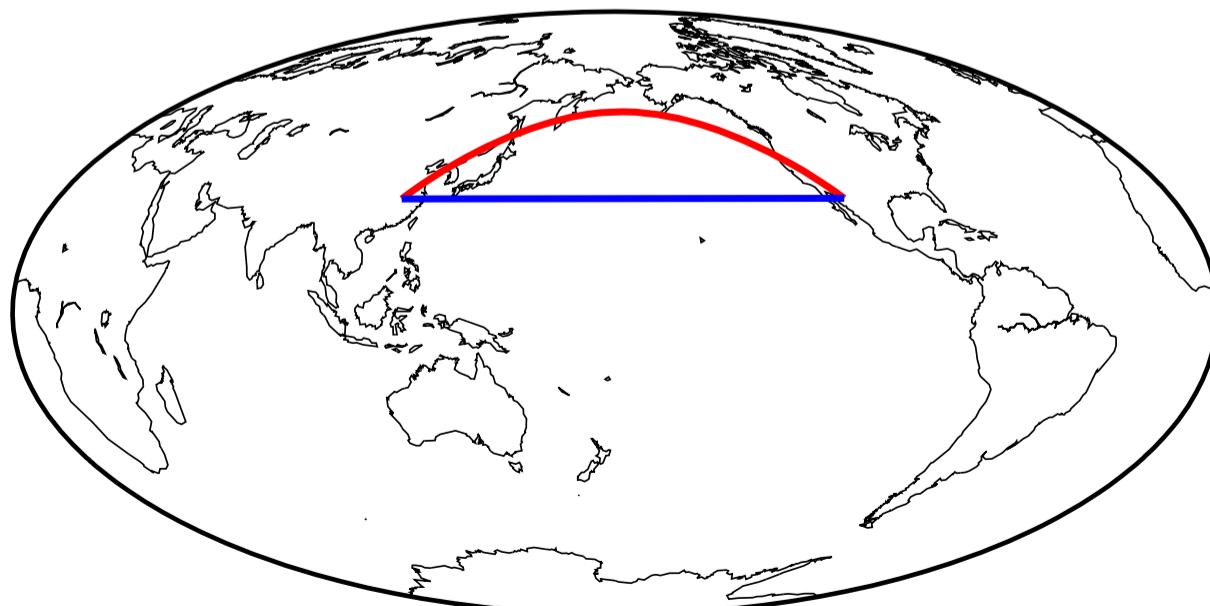
#### 4.6.5 大圆弧路径

在笛卡尔坐标系下，绘制线段时，任意两点之间会以直线方式连接；而在地理投影下，任意两点之间则使用大圆弧路径方法会连接。如果想要在地理投影下也是要直线连接两点，则需要使用 **-A** 选项。

下面的命令中，我们首先使用 **coast** 绘制了一张全球地图，接着使用 **plot** 模块绘制了地球上两点之间的连线（红色，以大圆弧路径方式连接），然后，我们加上了 **-A** 选项再次绘制了这两点之间的连线（蓝色，以直线方式连接）。从中可以看到 **-A** 选项的效果。

```
cat > twopoints.dat << EOF
115      30
250      30
EOF

gmt begin map
gmt coast -JH180/12c -Rg -B0 -W0.5p -A10000
gmt plot twopoints.dat -W2p,red
gmt plot twopoints.dat -W2p,blue -A
gmt end show
```



## 4.7 绘制符号

绘制各种类型的符号也是常见的绘图需求之一。GMT 支持绘制十几种常见的符号类型，还支持自定义复杂的符号类型，足以满足日常的科研绘图需求。这一节将介绍如何使用 `plot` 模块绘制多样的符号。

### 4.7.1 符号一览

`plot` 模块绘制符号需要使用 `-S` 选项。`-S` 选项后面紧跟着符号类型代码，以及符号大小。GMT 中常见的十几种简单符号及其对应的符号类型代码如下图所示。比如 `c` 代表圆 (`circle`)，`t` 代表三角形 (`triangle`)。

Source Code

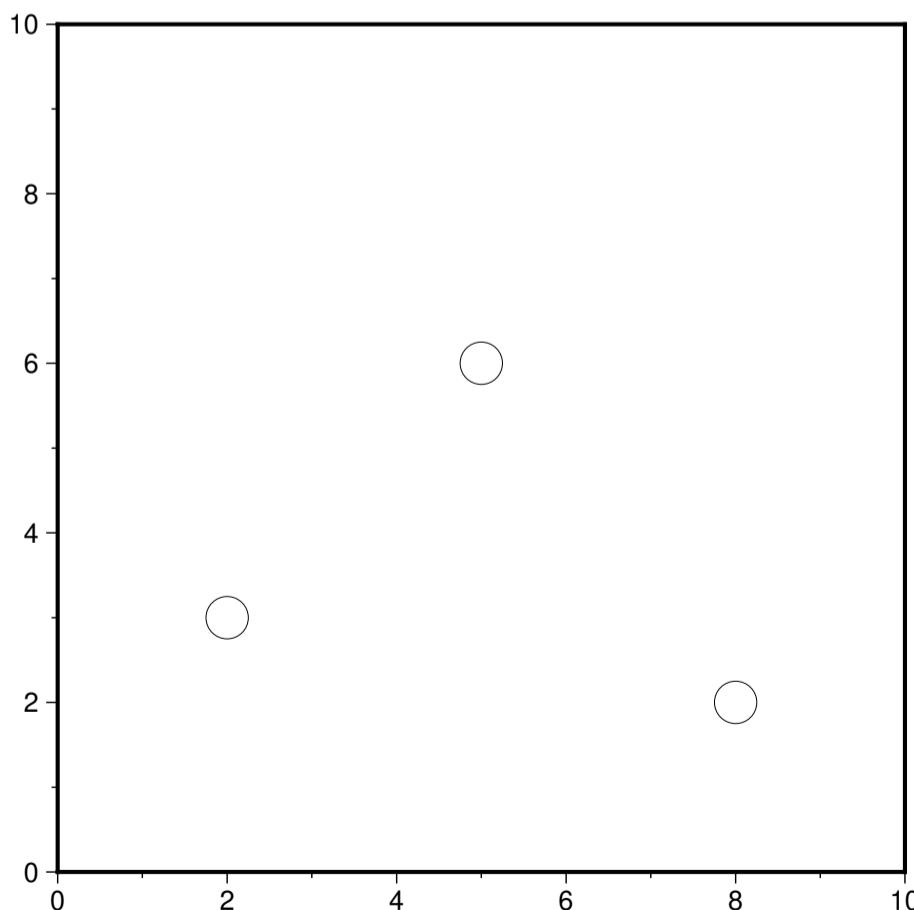
-	+	☆	○	◇	○	○	○	▽	○	□	□	△	×	
-S-	-S+	-Sa	-Sc	-Sd	-Se	-Sg	-Sh	-Si	-Sn	-Sr	-Ss	-St	-Sx	-Sy

### 4.7.2 绘制简单符号

以绘制圆圈为例，通过查询文档或者看上图可知，圆圈对应的符号类型代码为 `c`。`-Sc0.5c` 则表示绘制直径为 0.5 厘米的圆圈。为了绘制圆圈，我们需要给定圆圈的位置，因而输入数据中需要提供圆圈的 X 和 Y 坐标。

下面的示例中在 (2,3)、(5,6)、(8,2) 三个点绘制了三个直径为 0.5 厘米的圆圈。

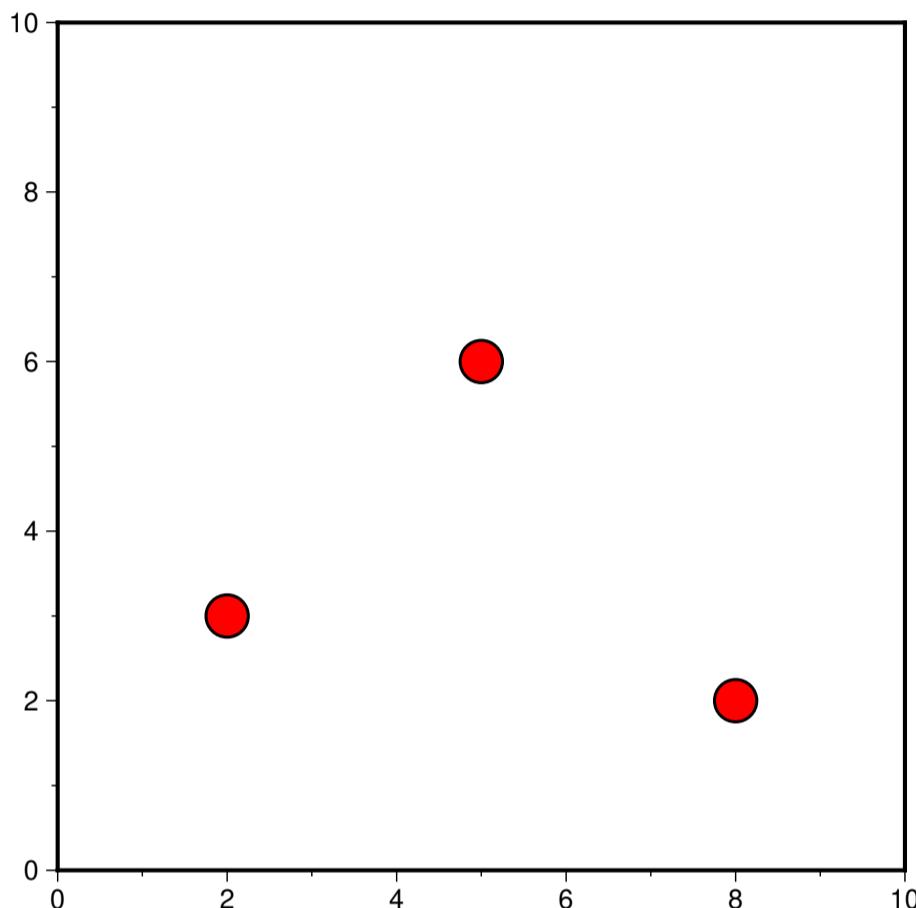
```
gmt begin symbols
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf -Sc0.5c << EOF
2 3
5 6
8 2
EOF
gmt end show
```



与绘制线段和多边形类似，我们可以使用 `-W` 选项控制符号轮廓的画笔属性，使用 `-G` 选项为符号设置填充

色。下面的命令就绘制了三个黑边红色圆圈。

```
gmt begin symbols
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf -Sc0.5c -W1p,black -Gred << EOF
2 3
5 6
8 2
EOF
gmt end show
```



若想要绘制其它符号，则只需要使用对应的符号类型代码即可。例如，将 **-Sc0.5c** 改成 **-St0.5c** 则会绘制三角形。

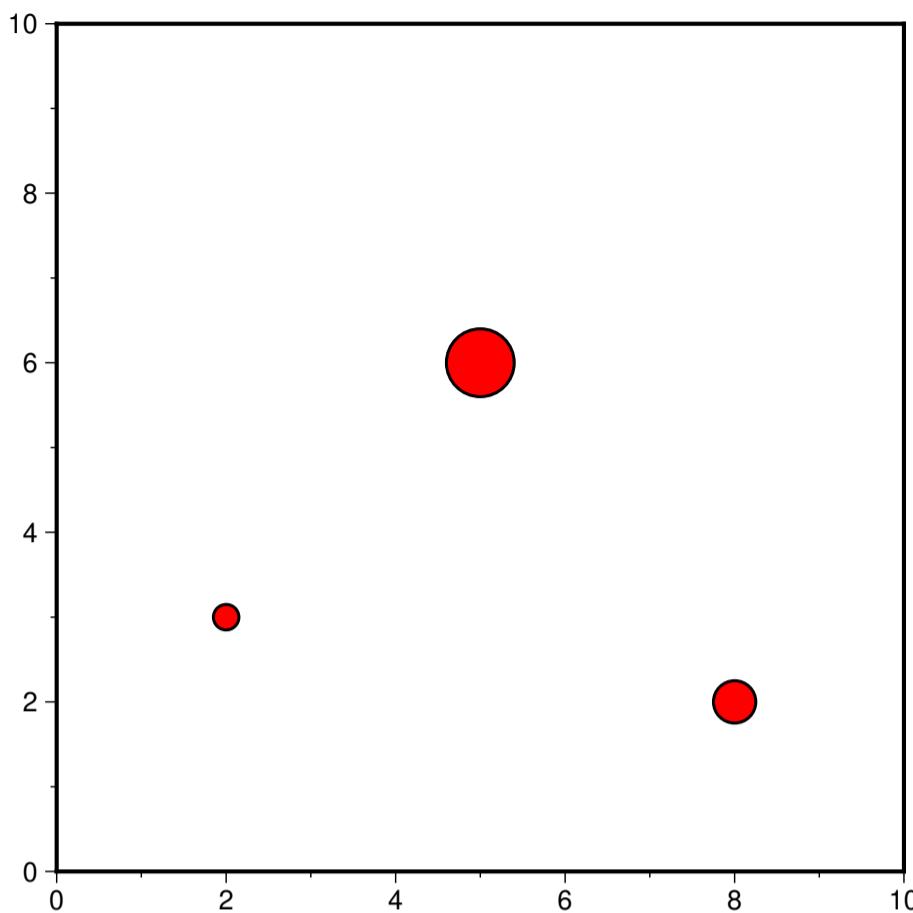
当然，某些符号类型可能需要额外的输入数据。比如 **-Sr** 表示绘制长方形，此时输入数据中除了需要长方形的 X 和 Y 坐标之外，还需要长方形的宽和高，因而输入数据需要四列。对于这些输入数据稍复杂的符号，可以阅读文档以了解其输入数据的格式。

#### 4.7.3 大小变化的符号

若想要绘制大小变化的符号，则需要在输入数据中额外加上一列以控制每个符号的大小，同时，在 **-S** 选项中则不再需要指定符号大小。

下面的示例中，**-Sc** 中没有指定圆圈大小，此时输入数据的第三列控制圆圈大小。由此，我们即得到了大小变化的符号。

```
gmt begin symbols
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf -Sc -W1p,black -Gred << EOF
2 3 0.3
5 6 0.8
8 2 0.5
EOF
gmt end show
```



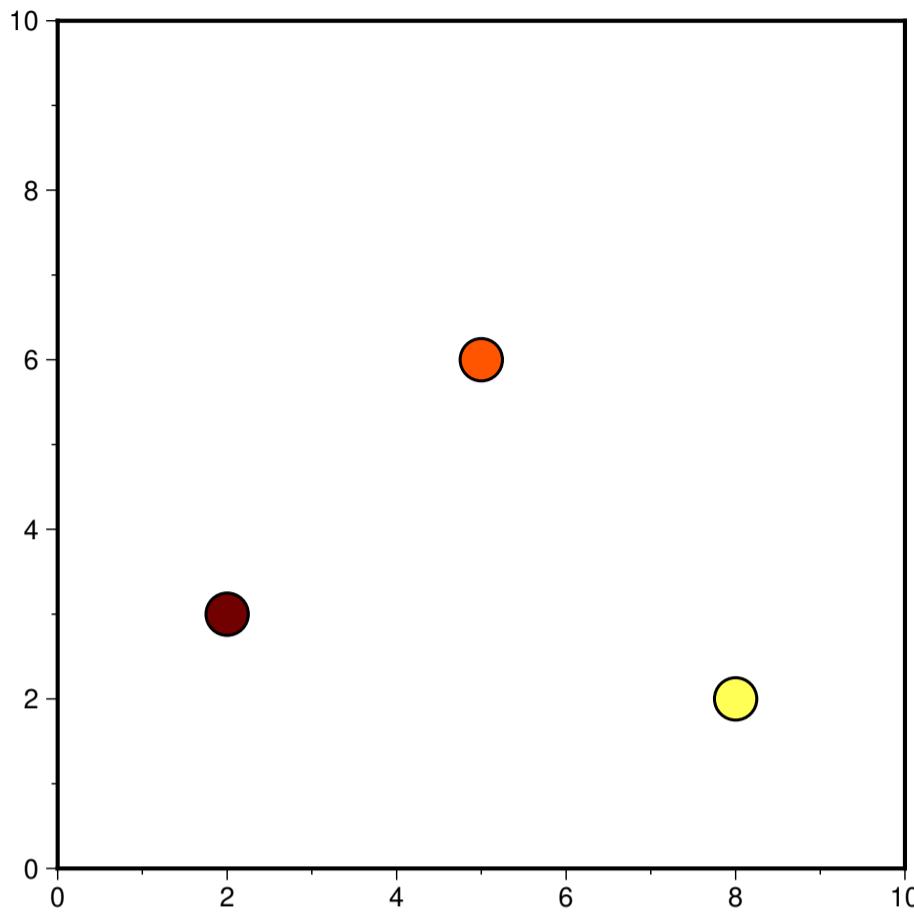
#### 4.7.4 颜色变化的符号

前面提到，使用 **-G** 选项可以为符号填充颜色，但其只能同时为所有符号指定单一的颜色。如果想要让符号的颜色根据某个数值的不同而使用不同的颜色，则需要使用 **-C** 选项。**-C** 选项表示符号的填充色由某个数值以及 CPT 颜色表所控制。CPT 颜色表给出了数值与颜色之间的对应关系。因而对于任意一个符号，我们都可以给其一个数值，GMT 会根据该数值从 CPT 颜色表中找到对应的颜色作为该符号的填充色。因而，在输入数据中，我们需要在 X 和 Y 坐标的基础上额外加一列 Z 值，用于控制符号的填充色。

下面的示例中，我们首先使用 **makecpt** 模块，以 GMT 内置 CPT 颜色表 **hot** 为基础，生成了一个新的 CPT 颜色表。关于 CPT 颜色表的具体细节在后面会介绍到。此处，读者只需要知道，我们制作了一个 CPT 文件供后面的命令使用。该 CPT 颜色表为 0 到 3 之内的每个数值都对应了一个颜色。

同时，对于输入数据，我们额外增加一列（通常称这一列为 Z 值），该列的值决定了符号的填充色。

```
gmt begin symbols
gmt makecpt -Chot -T0/3/1
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf -Sc0.5c -W1p,black -C << EOF
2 3 0
5 6 1
8 2 2
EOF
gmt end show
```

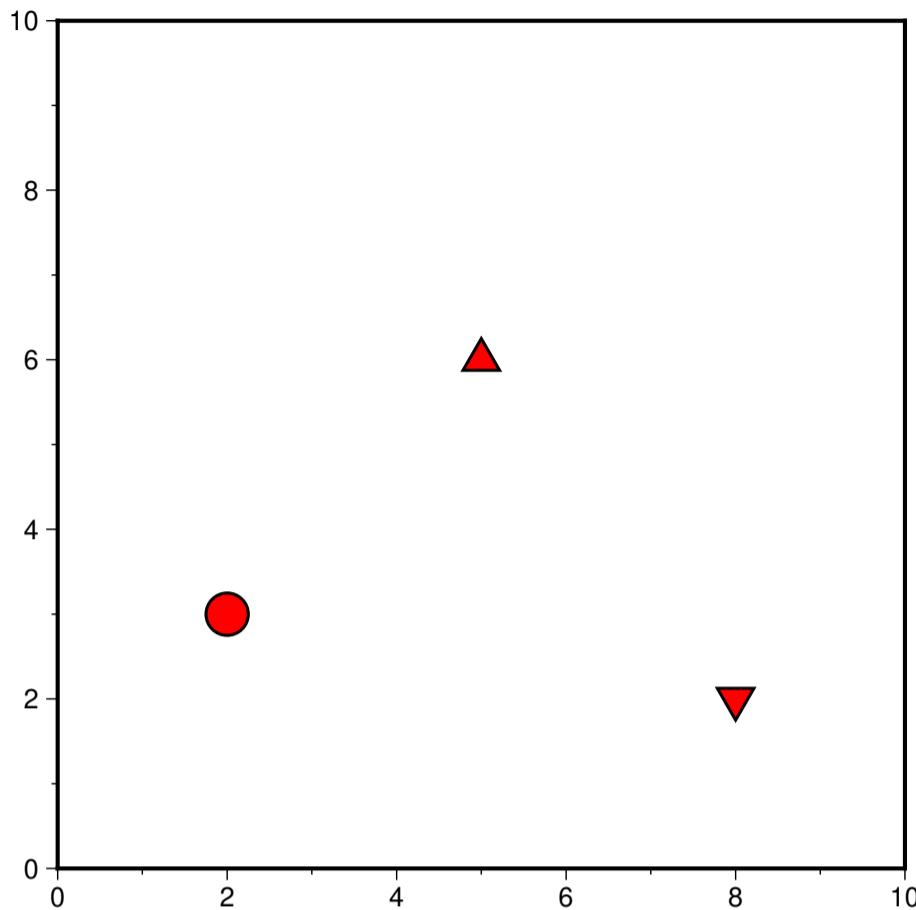


#### 4.7.5 绘制不同的符号

前面说到, -S 选项中指定不同的符号类型代码则代表绘制不同的符号, 但每次只能指定一种符号类型代码。如果想要不同的数据使用不同的符号绘制, 则可以只指定符号大小而不指定符号类型代码, 并在输入数据的最后一列指定符号类型代码。

下面的示例中, 我们使用 -S0.5c 指定了符号的大小, 但是没有指定符号类型。输入数据的最后一列中 c、t 和 i 则分别为三个数据指定了各自的符号类型。

```
gmt begin symbols
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf
gmt plot -S0.5c -W1p,black -Gred << EOF
2 3 c
5 6 t
8 2 i
EOF
gmt end show
```



#### 4.7.6 大小、颜色和符号类型都变化的符号

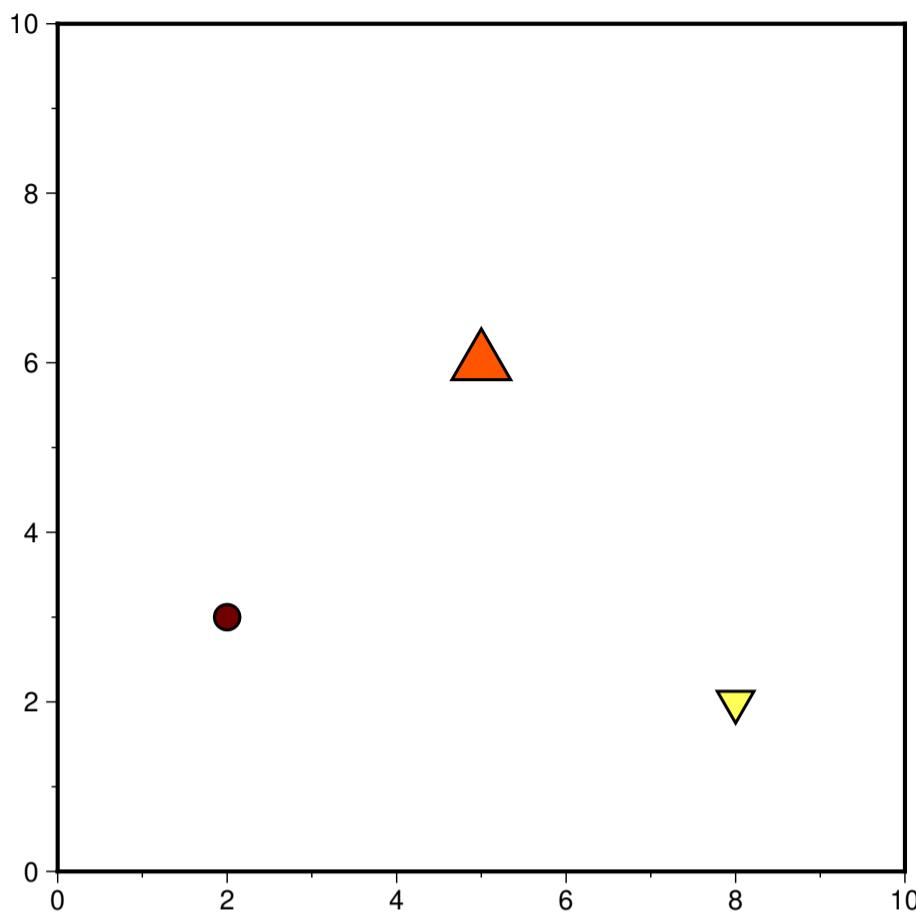
前面介绍了如何绘制大小变化或颜色变化或符号类型变化的符号。那么如何实现颜色、大小以及符号三者都变化的符号呢？可以使用 **-S** 但不指定符号类型以及符号大小，同时使用 **-C** 选项。

关键问题在于，此时的数据数据格式是怎样的。根据 GMT 的规定，此时输入数据的格式为：

X	Y	Z	size	symbol
---	---	---	------	--------

即第三列控制符号填充色，第四列为符号大小，最后一列为符号类型代码。

```
gmt begin symbols
gmt makecpt -Chot -T0/3/1
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -Baf -S -W1p,black -C << EOF
2 3 0 0.3 c
5 6 1 0.8 t
8 2 2 0.5 i
EOF
gmt end show
```



## 4.8 添加文字

GMT 的 `text` 模块可以用于添加文字。

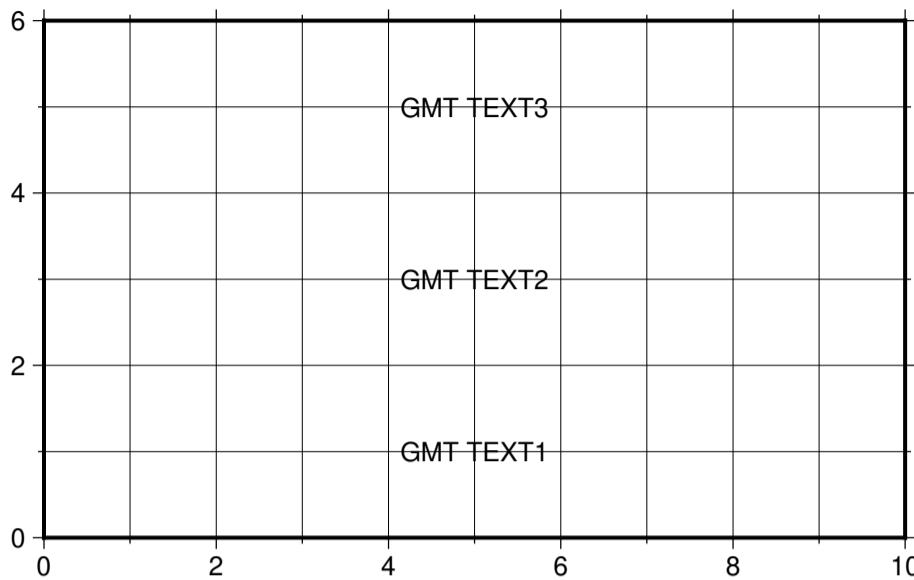
### 4.8.1 最简单的示例

若需要添加文字，则输入数据中必须给出文字的 X 和 Y 坐标以及具体的文字。因而，输入数据有三列：

X	Y	text
---	---	------

下面的示例首先用 `basemap` 模块绘制了一张底图，然后使用 `text` 模块在底图的不同位置添加了文字。

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text << EOF
5 1 GMT TEXT1
5 3 GMT TEXT2
5 5 GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```



#### 4.8.2 文字属性

当然，我们可以为文字设置更丰富的属性，比如文字大小、字体、文字颜色以及文字旋转角度等。这可以通过 **-F** 选项来实现。

**-F+ffont** 可以设置文字的属性，包括文字大小、字体和颜色，三者之间用逗号分隔。**-F+a** 则可以设置文字的旋转角度。

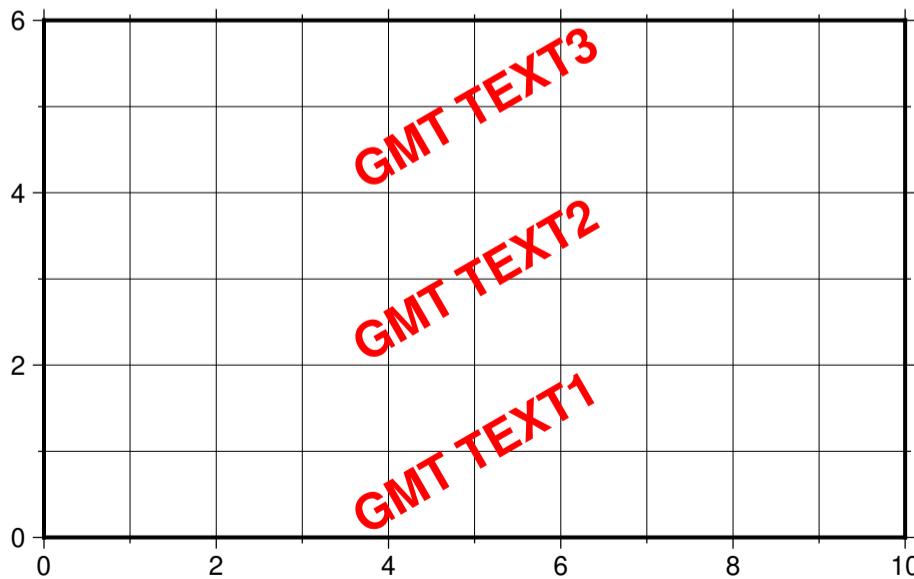
---

**备注：** GMT 默认支持 35 种字体，可以使用 `gmt text -L` 查看 GMT 支持的字体名及其对应的字体编号。

---

下面的示例中，**-F+f16p,1,red+a30** 即表示文字大小为 16p，字体为 1 号字体，颜色为红色，文字旋转角度为 30 度。

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text -F+f16p,1,red+a30 << EOF
5 1 GMT TEXT1
5 3 GMT TEXT2
5 5 GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```

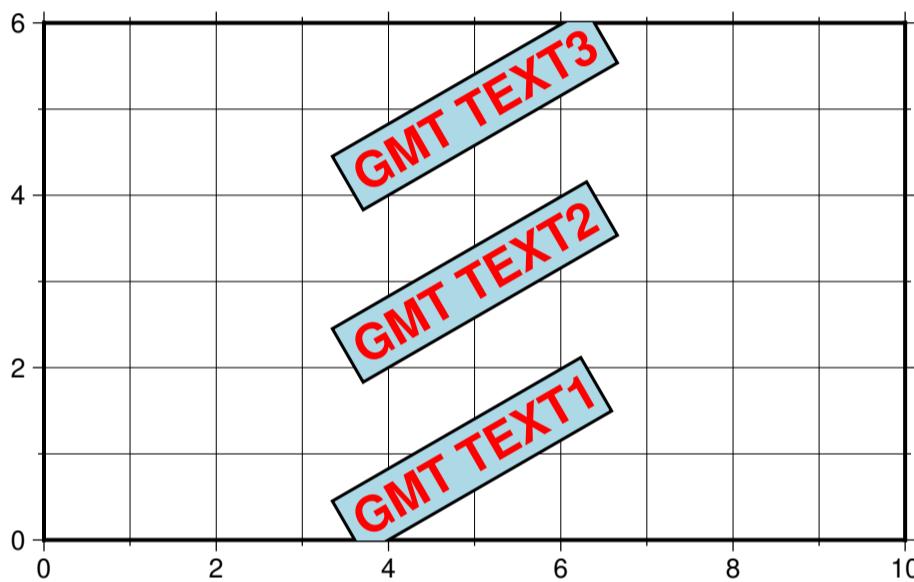


### 4.8.3 文本框

对于每个文本字符串，我们还可以为其加上文本框。

- **-W** 选项控制文本框的画笔属性
- **-G** 选项控制文本框的填充色
- **-C** 选项控制文字与文本框之间的空白

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text -F+f16p,1,red+a30 -W1p -Glightblue -C25%/25% << EOF
5 1 GMT TEXT1
5 3 GMT TEXT2
5 5 GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```



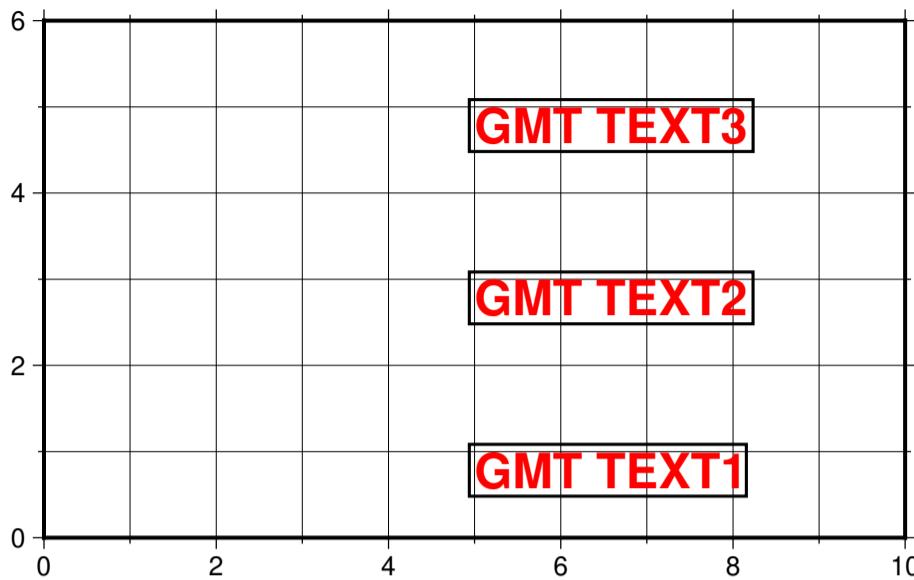
### 4.8.4 对齐方式

对于任意一个文本，我们还可以设置其对齐方式与偏移量。GMT 中文本的默认对齐方式为居中对齐，即将整个文本的中心放在指定的 X 和 Y 坐标处。当然，用户也可以自行指定文本的对齐方式。

文本的对齐方式由水平对齐方式和垂直对齐方式共同决定。水平对齐方式有三种：左对齐（Left）、居中对齐（Center）和右对齐（Right）。垂直对齐方式有三种：顶部对齐（Top）、居中对齐（Middle）和底部对齐（Bottom）。三种水平对齐方式和三种垂直对齐方式，构成了文本的 9 种对齐方式。

**-F+j** 用于指定文本对齐方式。下面的示例中，**-F+jTL** 表示文本对齐方式为 **TL** (Top + Left)，即表示以左上角方式对齐。从下图中可以看到，三个文本框的左上角被放在了 (5,1)、(5,3) 和 (5,5) 处。

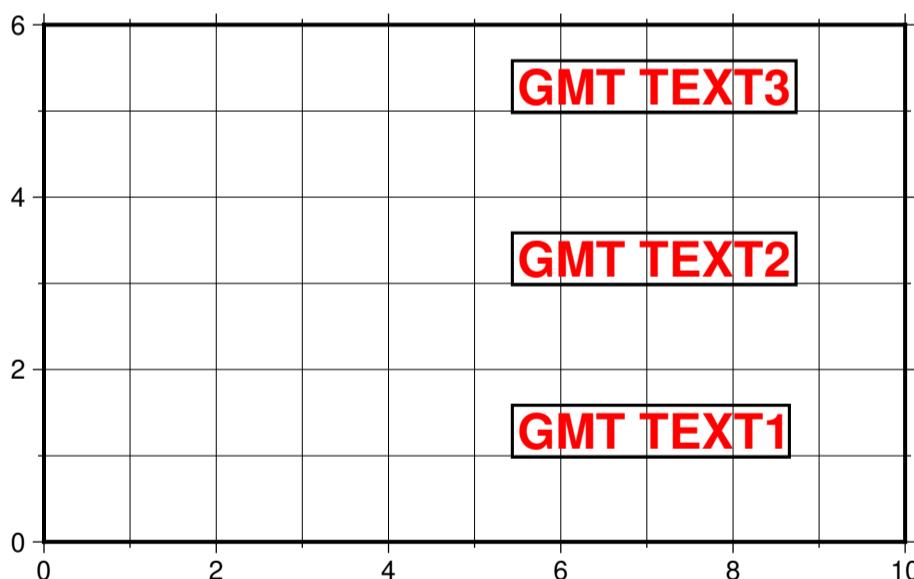
```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text -F+f16p,1,red+jTL -W1p << EOF
5 1 GMT TEXT1
5 3 GMT TEXT2
5 5 GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```



#### 4.8.5 文本偏移量

使用 **-D** 选项还可以对文本设置额外的偏移量。下面的示例中，**-D0.5c/0.5c** 分别设置了文本在 X 方向和 Y 方向的偏移量。

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text -F+f16p,1,red+jTL -D0.5c/0.5c -W1p << EOF
5 1 GMT TEXT1
5 3 GMT TEXT2
5 5 GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```



#### 4.8.6 变化的文字属性

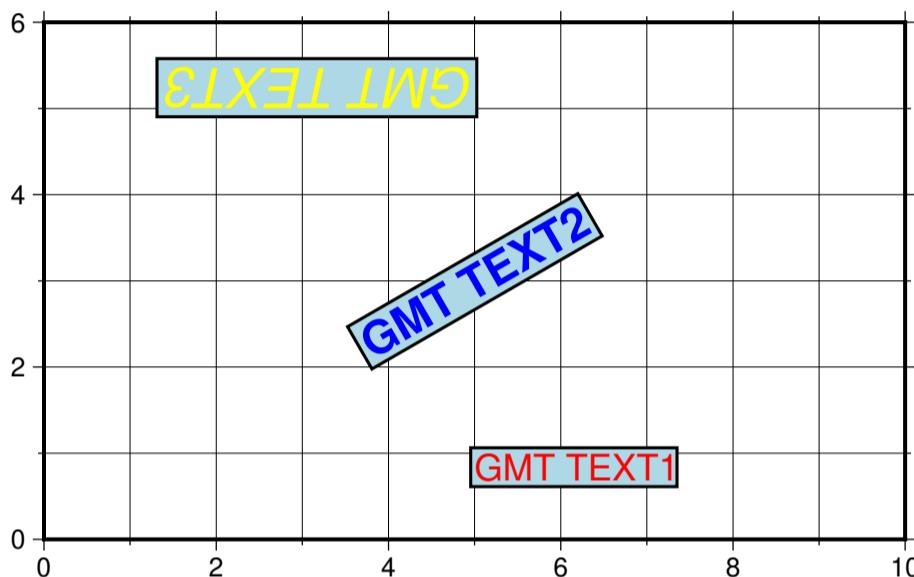
如果想要不同的文字有不同的文本属性，可以多次调用 **text** 模块，每次设置不同的文本属性。当然，还有更加灵活的办法，可以在一个命令中实现变化的文字属性。

下面的例子中，使用了 **-F+f+a+j** 选项。上面已经介绍到，**+f** 设置文本属性，**+a** 设置文本旋转角度，**+j** 设置文本对齐方式。但我们并没有指定具体的属性值，因而需要在输入数据中增加额外的数据列。输入数据的格式由 **+f**、**+a** 和 **+j** 的顺序决定，因而此时输入数据的格式为：

X	Y	font	angle	justification	text
---	---	------	-------	---------------	------

下面的示例中，第三列为字体属性，第四列为文本旋转角度，第五列为文本对齐方式。

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/6 -JX10c/6c -Bafg1 -BWSen
gmt text -F+f+a+j -W1p -Glightblue << EOF
5 1 12p,0,red      0   TL GMT TEXT1
5 3 15p,1,blue     30  MC GMT TEXT2
5 5 18p,2,yellow   180 TL GMT TEXT3
EOF
gmt end show
```



## 4.9 添加图例

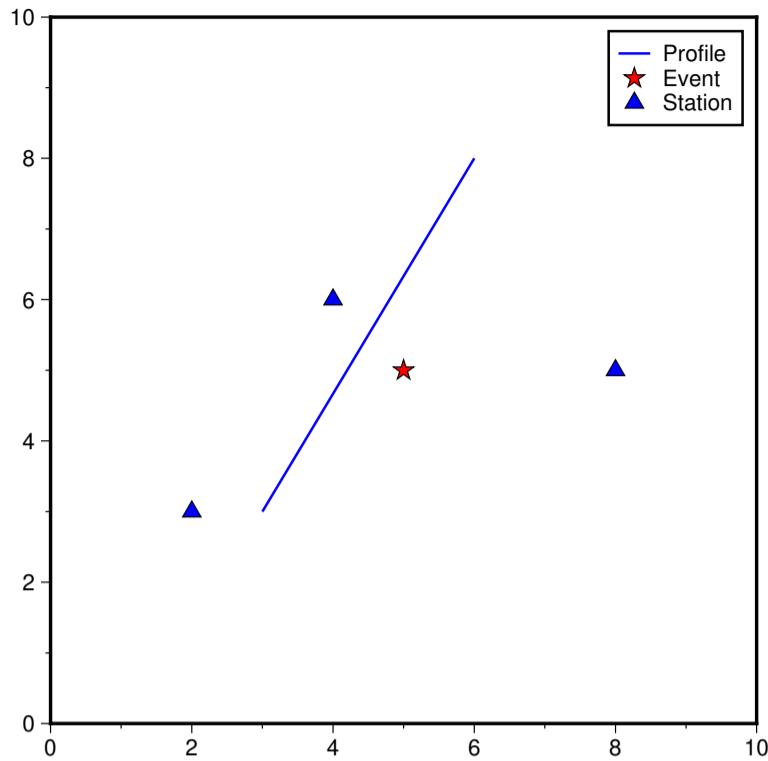
绘制了线条与符号后，通常还需要添加图例，以解释不同数据的含义。GMT 中使用 `legend` 模块添加图例。

### 4.9.1 自动图例

在使用 `plot` 模块绘制线条或符号时，可以额外加上 `-llabel` 选项以指定当前线段或符号的图例标签。

下面的示例中，我们利用前面学到的知识绘制了线段和两种符号，同时使用了 `-l` 选项为线段和符号均添加了标签。在绘图结束时，GMT 会自动根据命令中提供的信息在右上角绘制了图例。

```
gmt begin auto-legend
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt plot -W1p,blue -l"Profile" << EOF
3 3
6 8
EOF
gmt plot -Gred -Sa0.3c -W0.5p -l"Event" << EOF
5 5
EOF
gmt plot -Gblue -St0.3c -W0.5p -l"Station" << EOF
2 3
4 6
8 5
EOF
gmt end show
```

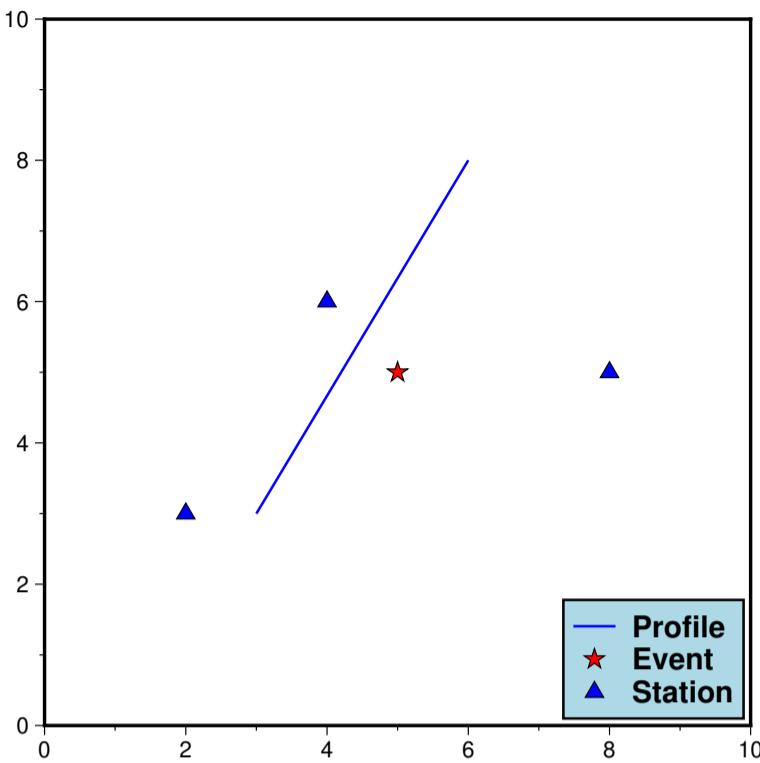


还可以为 `-l` 选项加上其它子选项以控制图例的位置、大小以及其它显示效果，在本教程中不再赘述。

#### 4.9.2 设置图例属性

GMT 使用 `legend` 模块添加图例。上面的示例中我们并没有调用 `legend` 模块，而是 GMT 在绘图结束时自动调用了 `legend` 添加图例。我们也可以显式调用 `legend` 模块，并设置图例的更多属性。

```
gmt begin auto-legend
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt plot -W1p,blue -l"Profile" << EOF
3 3
6 8
EOF
gmt plot -Gred -Sa0.3c -W0.5p -l"Event" << EOF
5 5
EOF
gmt plot -Gblue -St0.3c -W0.5p -l"Station" << EOF
2 3
4 6
8 5
EOF
# 设置图例宽的属性，并修改图例里文字的字体
gmt legend -DjBR+o0.1c/0.1c -F+p1p+glightblue --FONT_ANNOT_PRIMARY=12p,1,black
gmt end show
```



这个示例中, 我们显式调用了 `legend` 选项, 并设置了 `-D` 和 `-F` 选项。

- `jBR` 表示将图例放在底图的右下角 (BottomRight)
- `+o0.1c/0.1c` 表示将图例在右下角的基础上再加上额外的偏移量
- `-F+p1p+glightblue` 则设置了图例框的轮廓和填充色

### 4.9.3 手动设置图例

如果对于自动生成的图例不满意, 还可以使用 `legend` 模块绘制更复杂的图例, 其输入文件有自己的一套规则, 详情见 `legend` 模块的说明文档。这节只介绍最简单也最常用的图例, 即符号和线条的图例。针对绘制符号和线条, `legend` 的输入格式为:

`S dx1 symbol size fill pen dx2 text`

- `S` 表明这一行用于绘制符号或线段。
- `dx1` 是符号或线段与图例左边框的距离
- `symbol` 是要绘制的符号类型代码; 若想要绘制线段, 则设置 `symbol` 为 `-`
- `size` 符号尺寸或线段长度
- `fill` 符号填充色; 若不需要填充色, 则可设置为 `-`
- `pen` 符号轮廓的画笔颜色; 若不需要绘制符号轮廓, 则可设置为 `-`
- `text` 符号对应的文字说明
- `dx2` 文字与左边框之间的距离

下面的示例中, 我们绘制了四种符号, 以及线段、矢量线和断层线。

```
gmt begin map
gmt basemap -R0/10/0/8 -JX10c/8c -Baf -BWSen
cat > legend.txt << EOF
# symbols
S 0.25c c 0.3c -      0.25p,blue 0.8c circle
S 0.25c t 0.3c cyan   0.25p      0.8c triangle
S 0.25c i 0.3c blue   0.25p,red 0.8c triangle2
S 0.25c e 0.3c yellow 0.25p      0.8c ellipse
# lines
S 0.25c - 0.5c - 0.25p 0.8c line
EOF
```

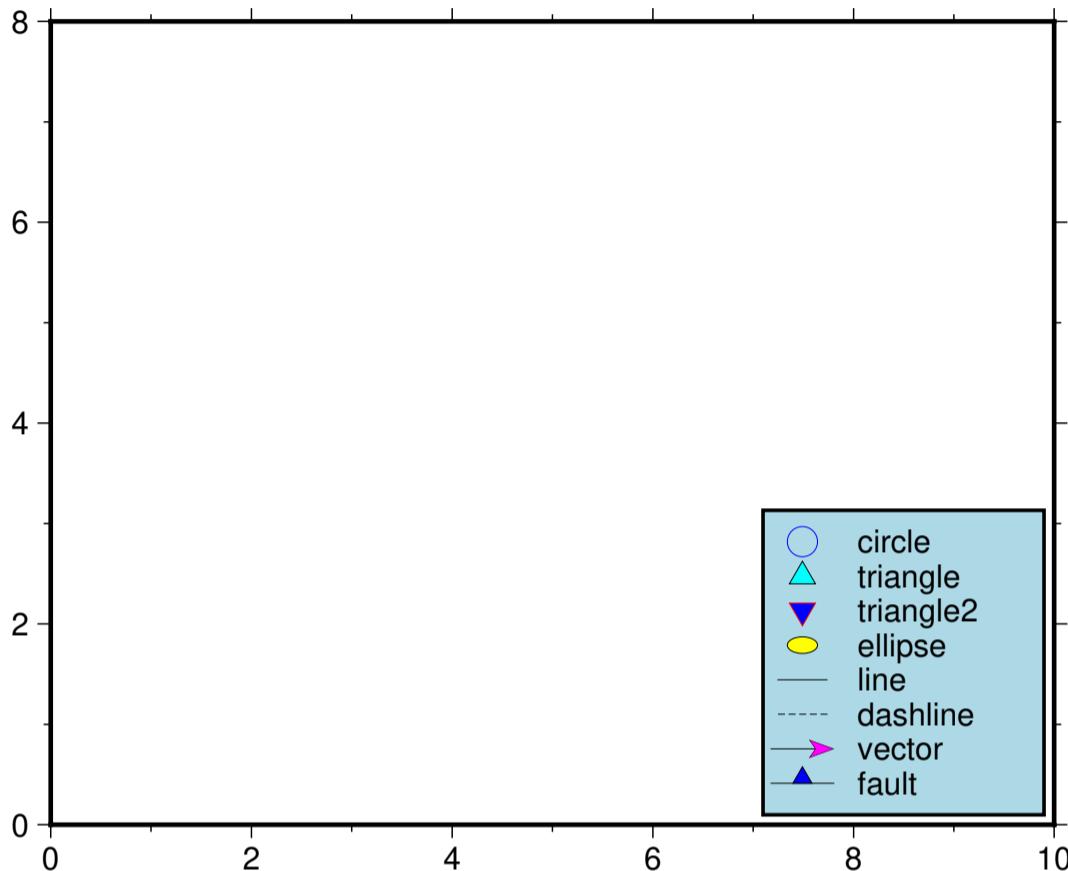
(下页继续)

(续上页)

```

S 0.25c - 0.5c - 0.25p,- 0.8c dashline
S 0.25c v0.1i+a40+e 0.25i magenta 0.25p 0.8c vector
S 0.25c f0.1i+l+t 0.25i blue 0.25p 0.8c fault
EOF
gmt legend legend.txt -DjBR+w2.8c+o0.1c/0.1c -F+p1p+glightblue
gmt end show

```



## 4.10 绘制地形起伏

绘制地图时另一个常见的需求是绘制全球或者区域的地形起伏作为底图。

GMT 中 `grdimage` 模块可以绘制二维网格，其原理是建立 Z 值与颜色之间的映射关系，每个坐标点不同的 Z 值用不同的颜色表征。地形起伏，即不同经纬度处的高程或海深数据，也是一种二维数据，因而我们可以使用 `grdimage` 模块绘制地形起伏。

### 4.10.1 全球地形起伏数据

要绘制全球或区域地形起伏图，首先需要拥有地形起伏数据，即不同经纬度处的高程或海深数据。GMT 收集整理并提供了一套全球地形起伏数据，供用户直接使用。这套地形起伏数据分为包含了从 60 分到 1 秒的多种不同精度的全球地形起伏数据，以满足不同的绘图区域大小的需求。

GMT 用户可以通过给定文件名 `@earth_relief_xxx` 的方式来指定要使用某个精度的地形。`xxx` 用于指定数据精度，例如 **15m**、**01m** 和 **15s** 分别表示数据分辨率为 15 分、1 分和 15 秒。1 秒约为 30 米，1 分约为 2 千米。

**备注：** 不同尺度的图件可以使用不同分辨率的地形起伏数据，满足所需清晰度的同时，又尽量保证绘图不会太慢、图片不过太大。这里根据经验，做以下推荐（用户需要根据自身实际情况调整）：

- 绘制全球尺度地形起伏时，推荐先尝试 **30m** 分辨率
- 绘制整个中国或者美国的地形起伏时，推荐先尝试 **05m** 分辨率

- 绘制 3 度 x 3 度~10 度 x 10 度大小的区域地形起伏, 推荐先尝试 **30s** 分辨率
- 绘制更小区域的地形起伏, 推荐先尝试 **03s**

文件名前的 @ 表示该数据是由 GMT 官方提供并维护的数据, 当第一次使用该文件时, GMT 会自动从服务器下载该数据并保存到本地的 GMT 数据目录中, 当以后再使用该文件时, 则直接读取本地文件, 而无需重新下载该数据。

关于全球地形起伏数据的详细介绍见[earth\\_relief: 全球地形起伏数据](#)。

#### 4.10.2 绘制全球地形起伏图

下面我们将使用 `grdimage` 模块绘制 30 分精度的全球地形起伏数据 (@`earth_relief_30m`)。不同的高程用不同的颜色表示, 从中我们很容易看出不同地区的地形变化。

```
gmt begin global_relief
gmt grdimage @earth_relief_30m -JH180/10c
gmt end show
```

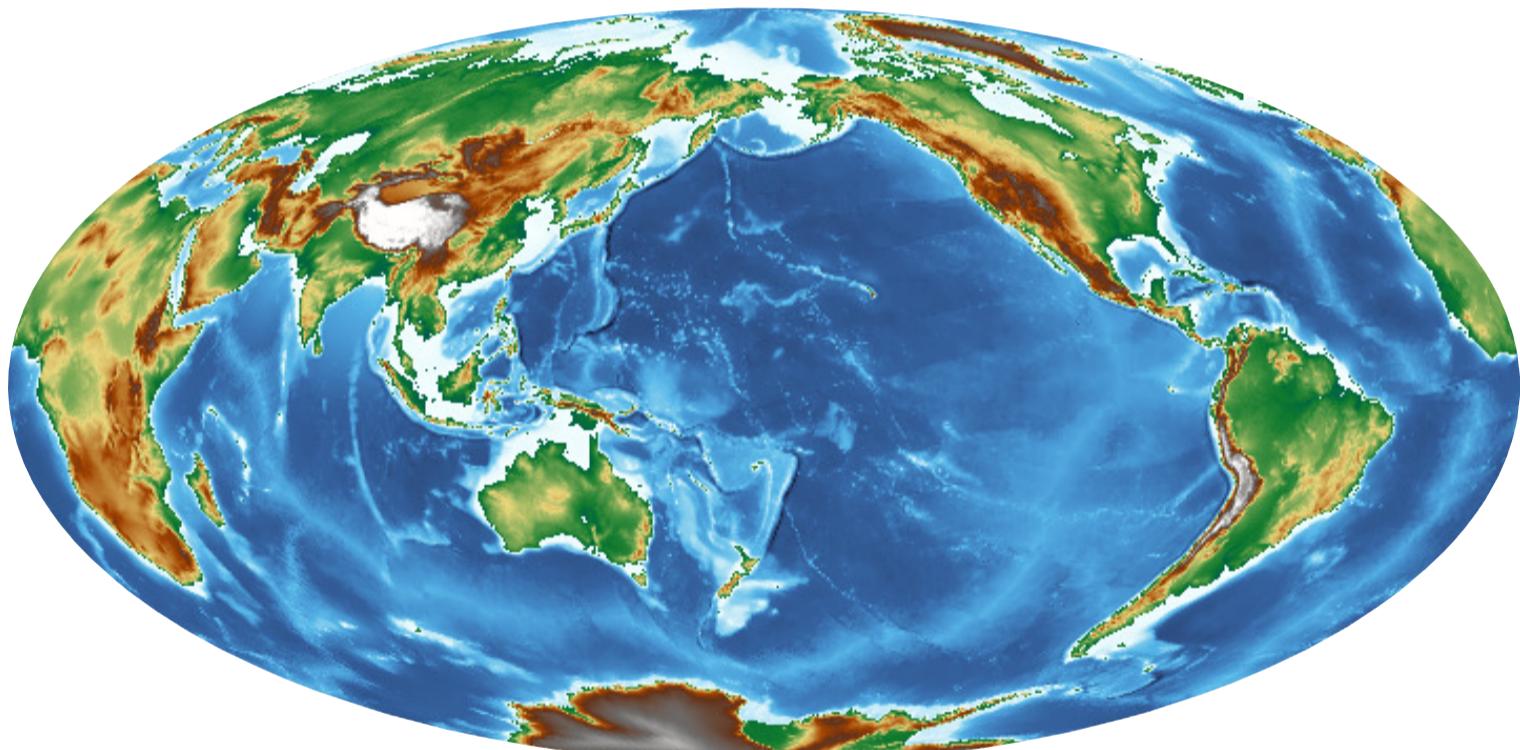


图 16: 全球地形起伏图

#### 4.10.3 绘图区域地形起伏图

想要绘制区域地形起伏? 只需要在 `grdimage` 模块中使用 `-R` 选项指定区域经纬度范围即可。这里我们设置了绘图区域为 118°E 至 125°E、20°N 至 26°N。由于绘图区域比较小, 所以我们选用了更高精度的 1 分的地形起伏数据。

```
gmt begin taiwan_relief
gmt grdimage @earth_relief_01m -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen
gmt end show
```

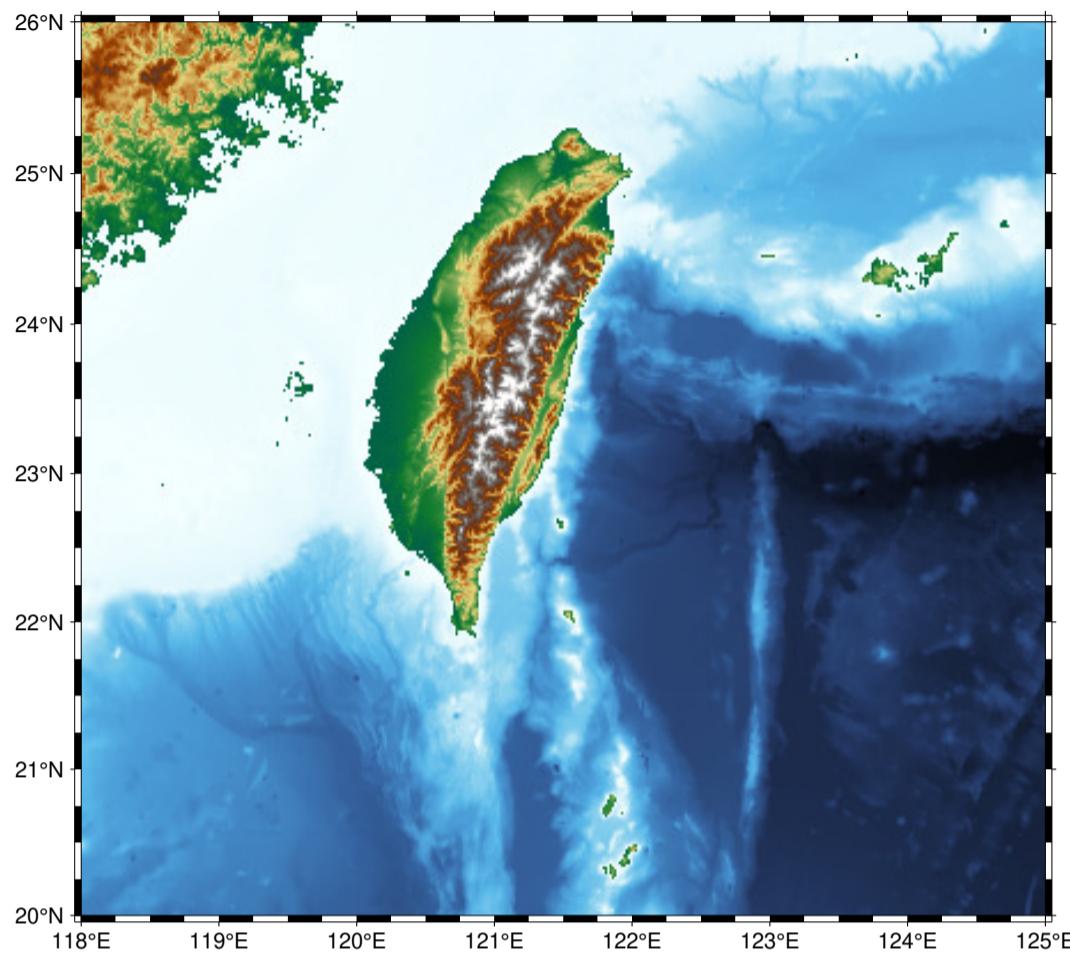


图 17: 台湾区域地形图

#### 4.10.4 增加光照效果

为了让地形起伏图更加立体，我们可以为图幅加上光照效果。我们可以指定光照的方向、强度等参数，也可以直接使用 **-I+d** 以使用默认的光照效果。

下面的示例中，我们加上了 **-I+d** 以增加光照效果。跟上图比一比，是否图片更加立体也更加美观了呢？

```
gmt begin taiwan_relief
gmt grdimage @earth_relief_01m -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen -I+d
gmt end show
```

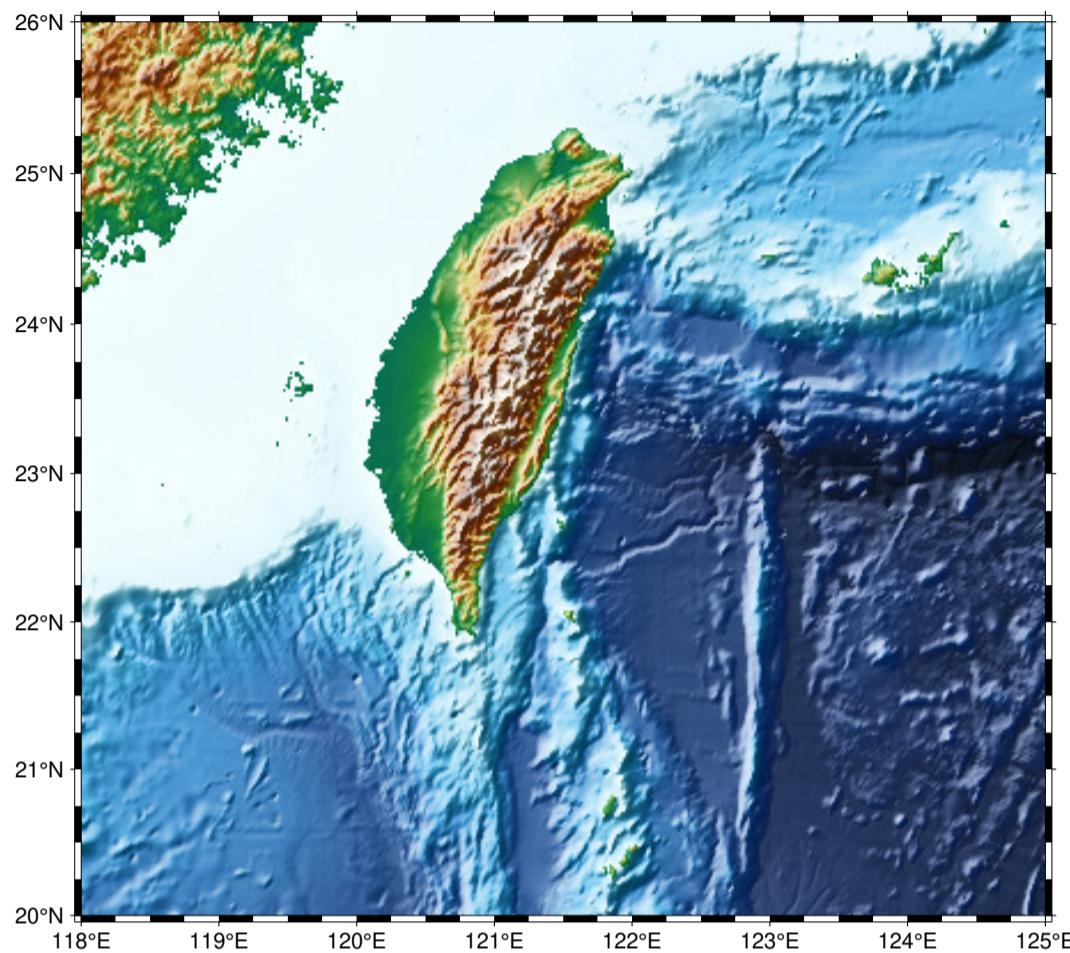


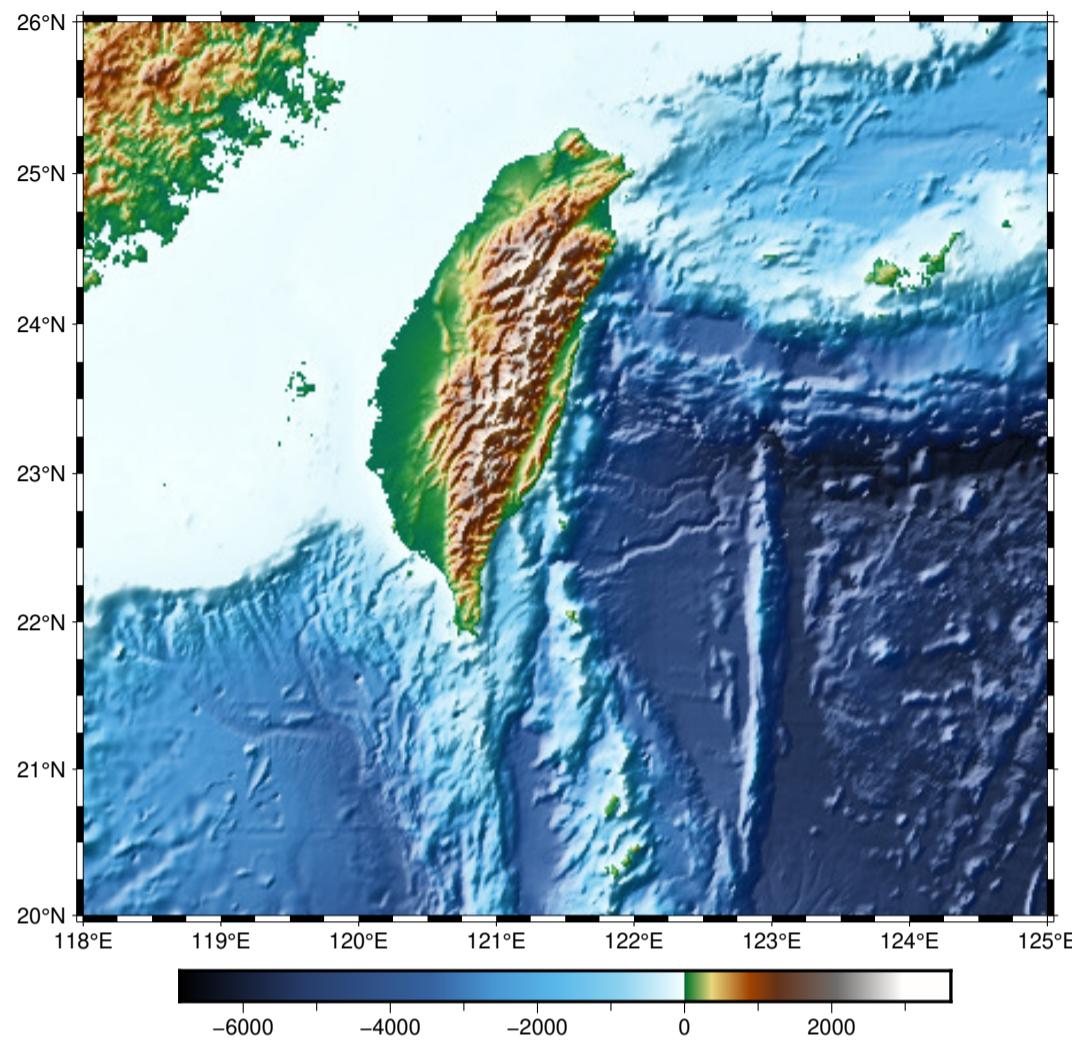
图 18: 带光照效果的台湾区域地形图

增加光照效果本质上是计算了每个点沿着某个方位角的方向梯度，然后根据每个点的方向梯度的正负以及振幅调节该点颜色的亮度值。对于向阳处，其方向梯度为正值，则增加该点颜色的亮度；对于背阴处，其方向梯度为负值，则降低该点颜色的亮度。由此达到增加光照效果、增强立体感的目的。

#### 4.10.5 添加色标

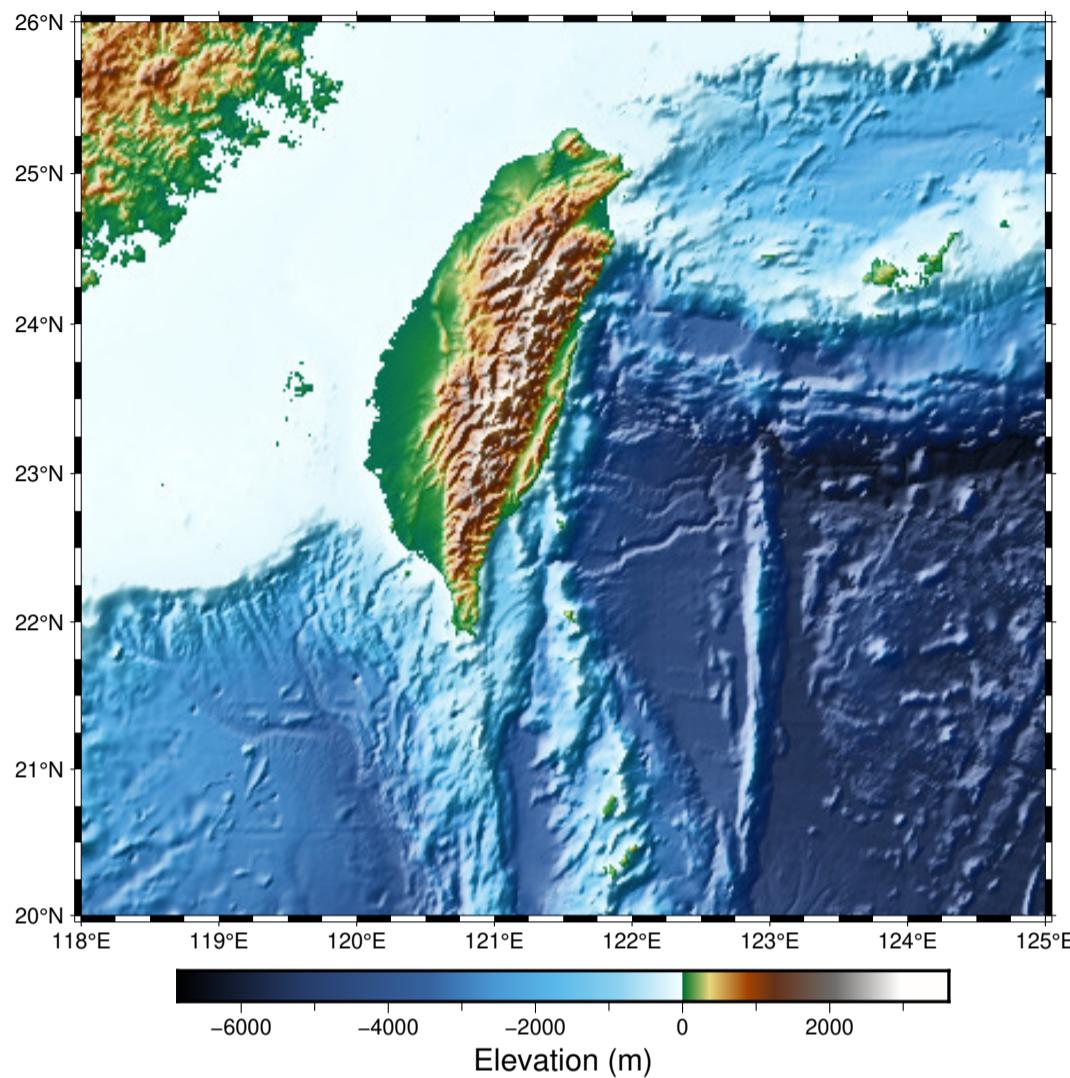
前面提到，`grdimage` 绘制地形起伏数据本质上就是将高程的数值与颜色之间对应起来。二者之间的对应关系由色标文件（即 CPT 文件）决定。那么，上图使用的是怎么样的 CPT 呢？高程数值与颜色之间的对应关系又是怎样的呢？不同的颜色代表的具体数值又是多少呢？这就需要用 `colorbar` 向图中添加色标。

```
gmt begin taiwan_relief
gmt grdimage @earth_relief_01m -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen -I+d
gmt colorbar
gmt end show
```



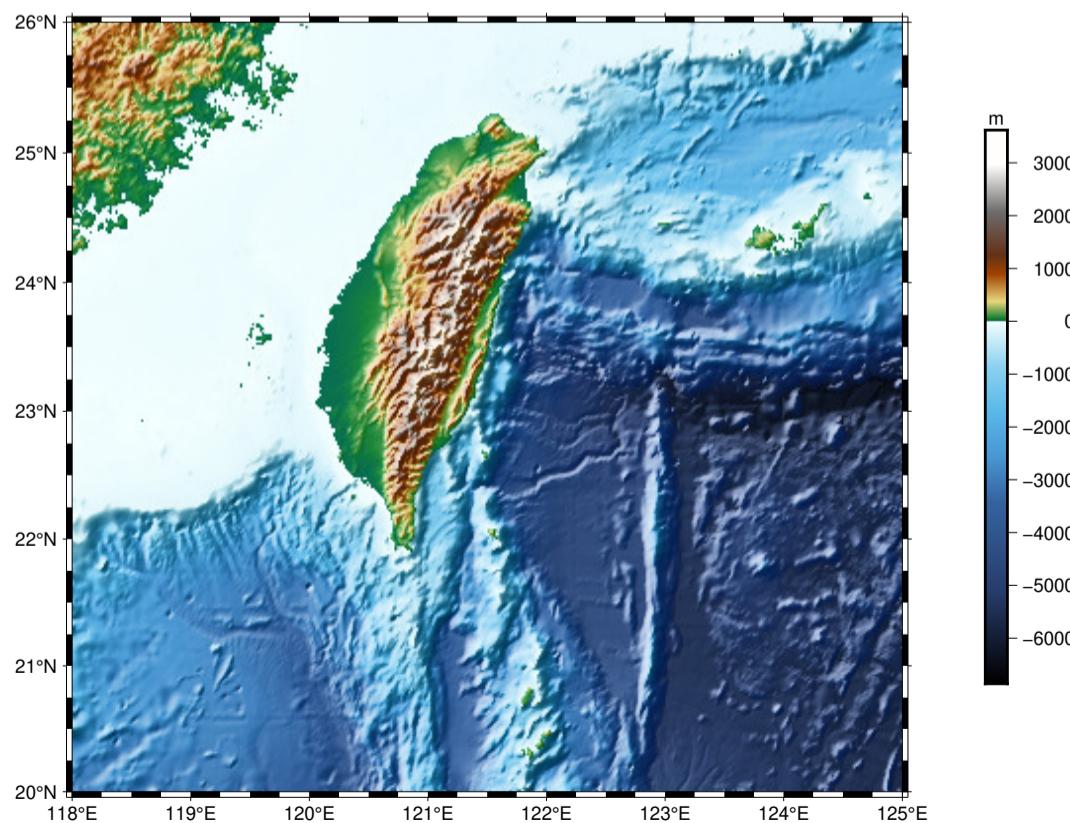
我们可以进一步使用 **-B** 选项设置色标的标注间隔，并为色标添加一个标签。

```
gmt begin taiwan_relief
gmt grdimage @earth_relief_01m -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen -I+d
gmt colorbar -Bxaf+l"Elevation (m)"
gmt end show
```



当然,我们还可以更进一步调整色标的位置、长度等属性。下面的脚本中,我们使用了 **-D** 选项将色标放在了地形起伏图的右侧中间 (**JMR**) 向右偏移 1.5 厘米, 色标长度为 10 厘米, 并将标签放在了色标左侧 (**+ml**)。

```
gmt begin taiwan_relief
gmt grdimage @earth_relief_01m -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen -I+d
gmt colorbar -DJMR+w10c+o1.5c/0c+ml -Bxa1000f -By+l"m"
gmt end show
```

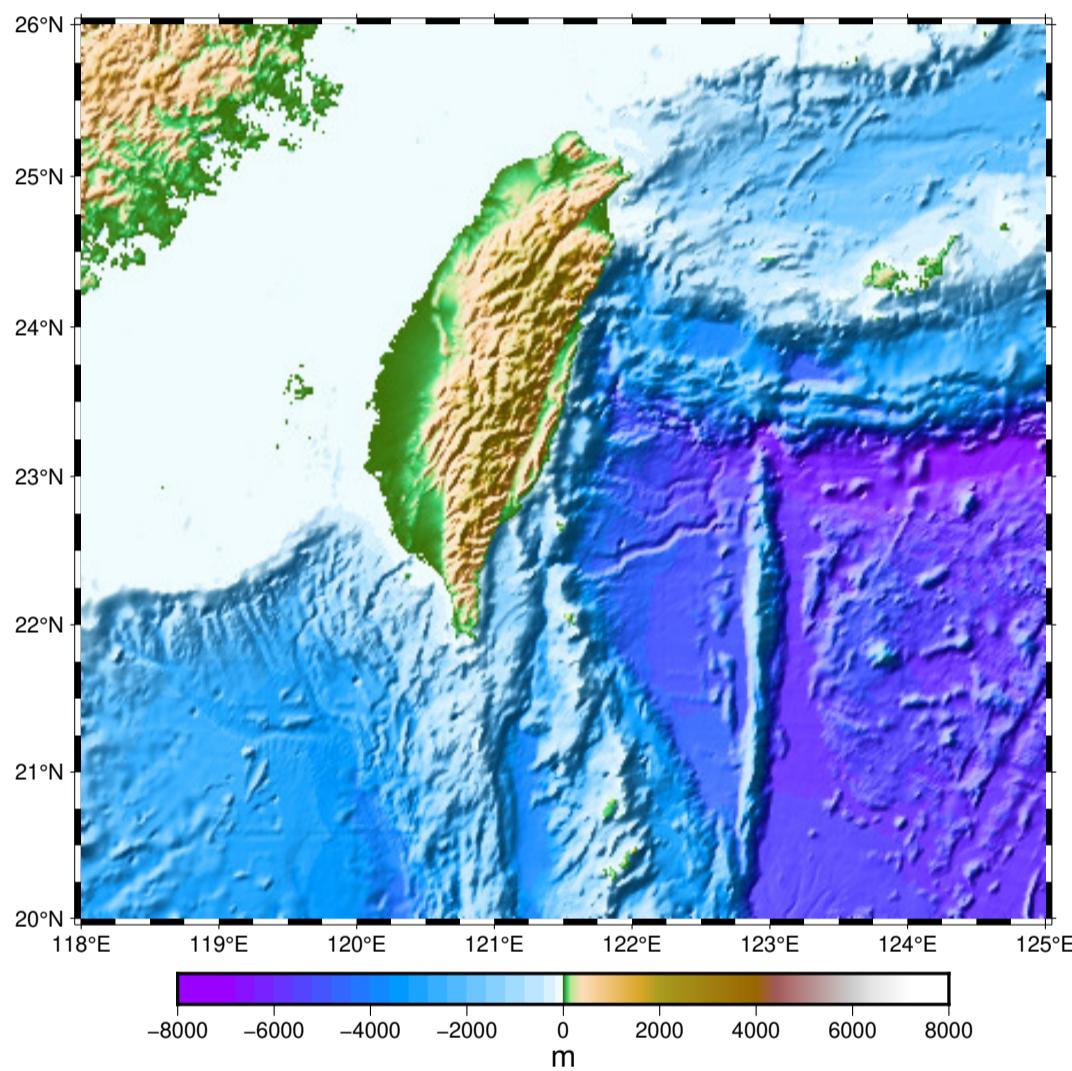


## 4.10.6 制作 CPT 文件

上面的示例中使用的是 GMT 的默认 CPT 文件。用户也可以使用 [makecpt](#) 或 [grd2cpt](#) 制作 CPT 文件。

下面的示例中，我们使用 [makecpt](#) 模块在 GMT 内置 CPT `globe` 的基础上生成了一个 -8000 到 8000 范围内的新 CPT 文件。生成的 CPT 文件将作为当前 CPT 文件，供接下来的 `grdimage` 和 `colorbar` 命令使用。

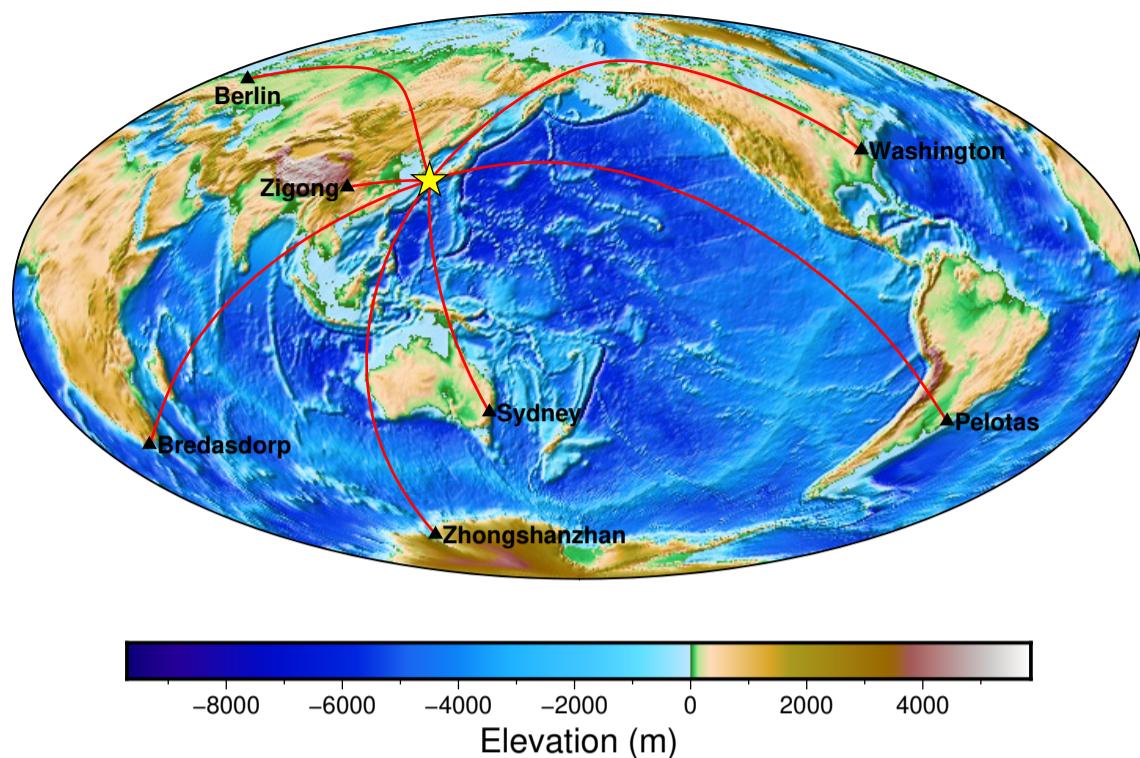
```
gmt begin taiwan_relief
gmt basemap -JM15c -R118/125/20/26 -Baf -BWSen
gmt makecpt -Cglobe -T-8000/8000
gmt grdimage @earth_relief_01m -I+d
gmt colorbar -Bxa2000 -B+l "m"
gmt end show
```



## 4.11 理解图层

在前面几节中，我们已经学会了如何使用 GMT 绘制底图、海岸线、线段、符号、文字、地形起伏等等。这一节我们将把前面学到的内容综合起来，试着去绘制下面这张地震学经常见到的大圆弧路径图。在这一过程中，我们将试着去理解 GMT 中图层的概念。

[Source Code](#)



#### 4.11.1 图件分析与拆解

上面这张图看上去有些复杂，实际上是由很多部分构成的。将整张图拆解一下可知，上图由如下几个部分构成：

1. 地形起伏作为底图
2. 震中位置（五角星）
3. 台站位置（三角形）
4. 射线路径（图中大圆弧）
5. 台站名（文字）

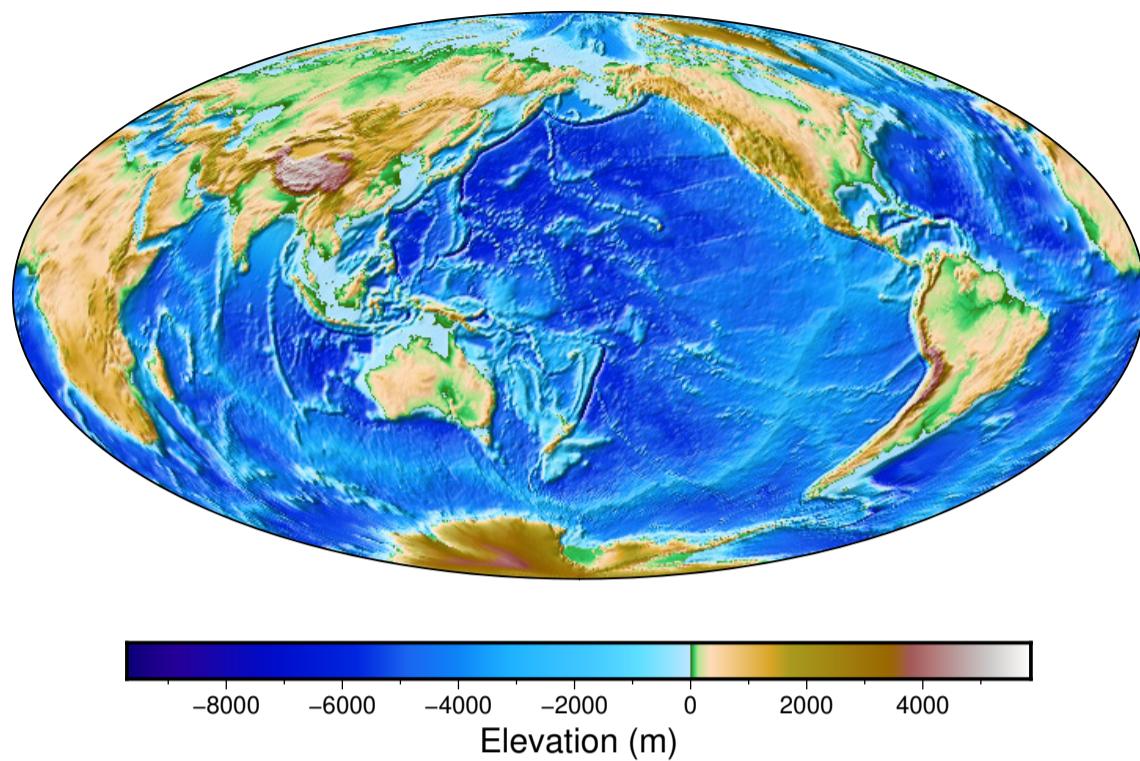
这几个部分，在教程的前几节都已经做过介绍，因而只需要将前几节的内容综合起来即可。

#### 4.11.2 绘制底图

我们首先使用 `grdimage` 模块绘制底图，并使用 `colorbar` 模块添加色标：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin layers

# Plot basemap and Earth relief
gmt basemap -JH180/15c -Rg -B0
gmt grdimage @earth_relief_30m -Cetopo1 -I+d
gmt colorbar -Bxa2000f+l"Elevation (m)"
gmt end show
```



### 4.11.3 绘制震中和台站位置

接下来，使用 `plot` 模块绘制五角星和三角形。

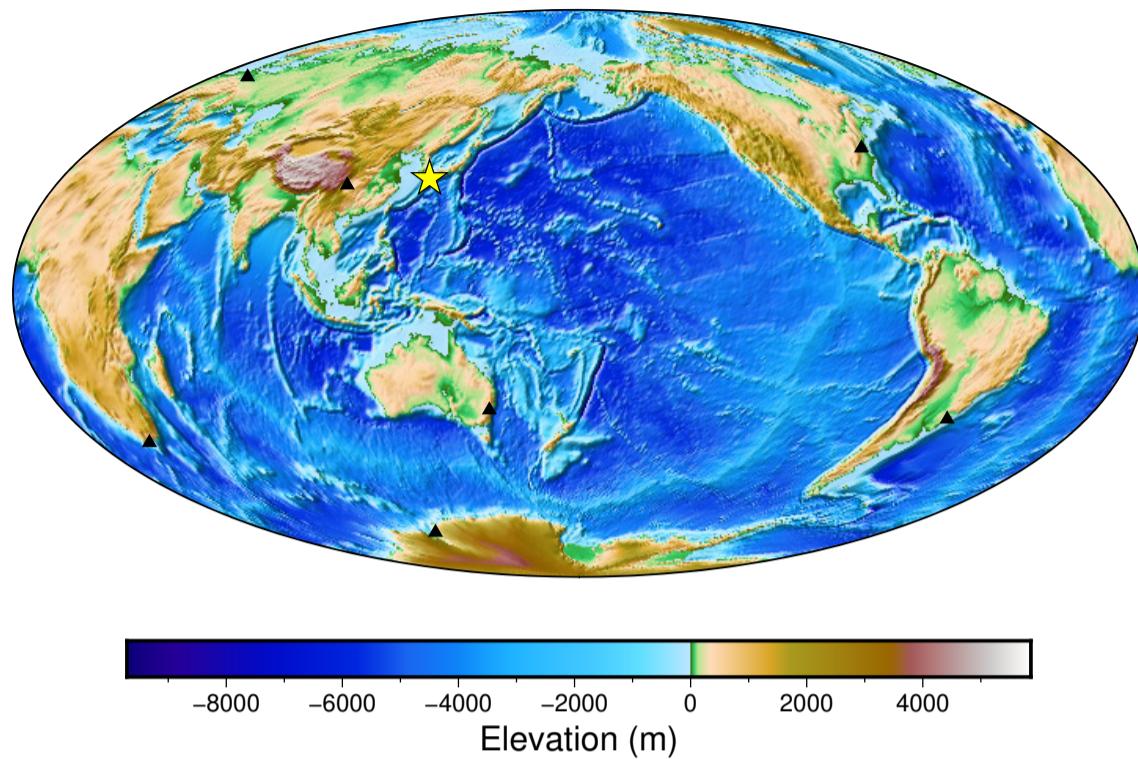
```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin layers

# Plot basemap and Earth relief
gmt basemap -JH180/15c -Rg -B0
gmt grdimage @earth_relief_30m -Cetopo1 -I+d
gmt colorbar -Bxa2000f+l"Elevation (m)"

# Plot epicenter
gmt plot -Sa0.5c -W0.5p,black,solid -Gyellow << EOF
130.72 32.78
EOF

# Plot station locations
gmt plot -St0.2c -W0.5p,black,solid -Gblack << EOF
104.39 29.90
13.14 52.50
19.99 -34.52
-77.15 38.89
-52.47 -31.62
150.36 -33.79
76.22 -69.22
EOF

gmt end show
```



#### 4.11.4 绘制射线路径

再使用 `plot` 模块绘制线段。默认情况下, `plot` 会自动用大圆路径连接地球上的两个位置, 因而我们只需要用 `>` 分隔多个线段, 每个线段给定两个坐标点 (即地震位置和台站位置) 即可。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin layers

# Plot basemap and Earth relief
gmt basemap -JH180/15c -Rg -BO
gmt grdimage @earth_relief_30m -Cetopo1 -I+d
gmt colorbar -Bxa2000f+l"Elevation (m)"

# Plot epicenter
gmt plot -Sa0.5c -W0.5p,black,solid -Gyellow << EOF
130.72 32.78
EOF

# Plot station locations
gmt plot -St0.2c -W0.5p,black,solid -Gblack << EOF
104.39 29.90
13.14 52.50
19.99 -34.52
-77.15 38.89
-52.47 -31.62
150.36 -33.79
76.22 -69.22
EOF

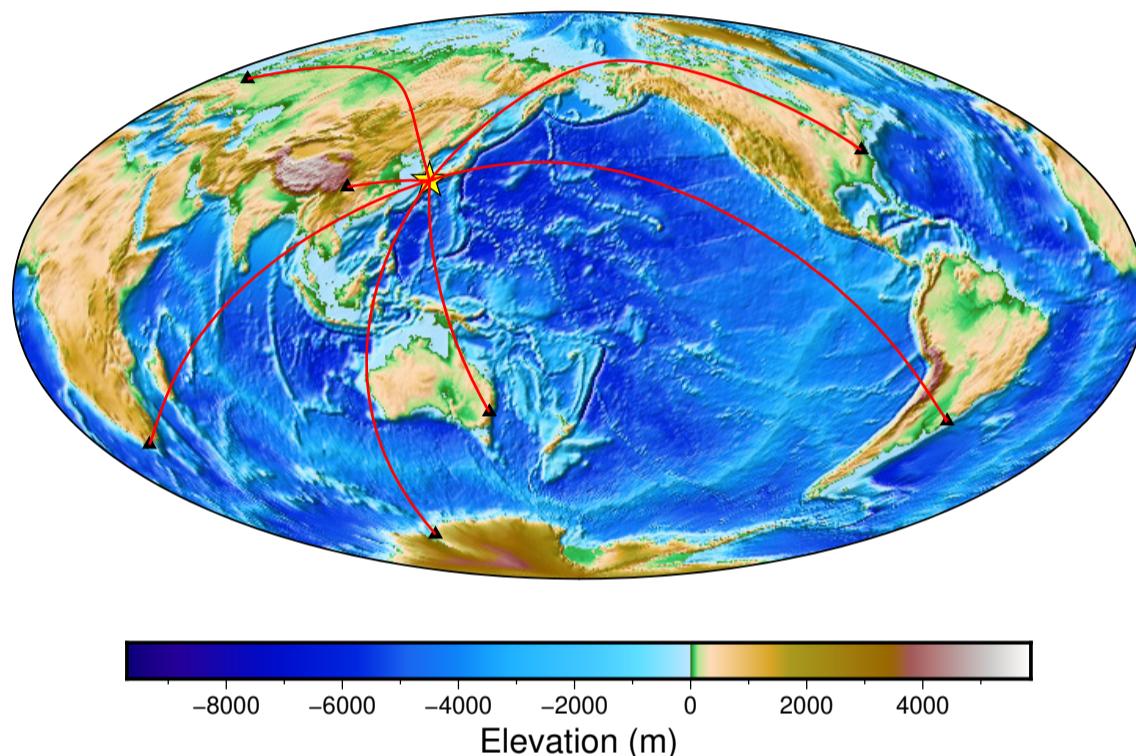
# Plot great-circle path
gmt plot -W1p,red << EOF
>
130.72 32.78
104.39 29.90
>
130.72 32.78
13.14 52.50
>
130.72 32.78
19.99 -34.52
>
```

(下页继续)

(续上页)

```
130.72 32.78
-77.15 38.89
>
130.72 32.78
-52.47 -31.62
>
130.72 32.78
150.36 -33.79
>
130.72 32.78
76.22 -69.22
EOF

gmt end show
```



#### 4.11.5 添加台站名

最后还需要往图画里添加台站所在地区的名字。添加文字使用 `text` 模块。这里我们使用了 `-F+f9p,1,black+j` 选项，因而输入数据是 4 列：

X	Y	对齐方式	TEXT
---	---	------	------

`-Dj0.1c/0.1c` 则是将文本在对齐方式的基础上做进一步的偏移以避免文字覆盖线段或符号。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin layers

# Plot basemap and Earth relief
gmt basemap -JH180/15c -Rg -B0
gmt grdimage @earth_relief_30m -Cetopo1 -I+d
gmt colorbar -Bxa2000f+l"Elevation (m)"

# Plot epicenter
gmt plot -Sa0.5c -W0.5p,black,solid -Gyellow << EOF
130.72 32.78
EOF

# Plot station locations
```

(下页继续)

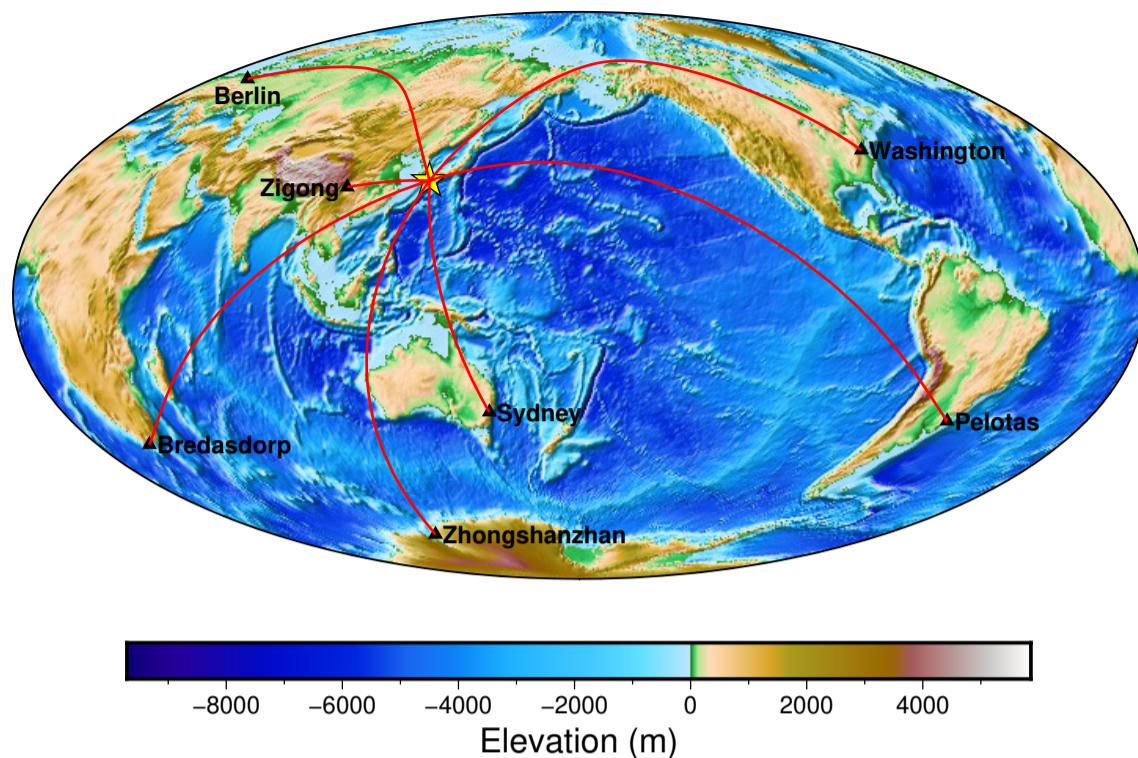
(续上页)

```
gmt plot -St0.2c -W0.5p,black,solid -Gblack << EOF
104.39 29.90
13.14 52.50
19.99 -34.52
-77.15 38.89
-52.47 -31.62
150.36 -33.79
76.22 -69.22
EOF

# Plot great-circle path
gmt plot -W1p,red << EOF
>
130.72 32.78
104.39 29.90
>
130.72 32.78
13.14 52.50
>
130.72 32.78
19.99 -34.52
>
130.72 32.78
-77.15 38.89
>
130.72 32.78
-52.47 -31.62
>
130.72 32.78
150.36 -33.79
>
130.72 32.78
76.22 -69.22
EOF

# Add text
gmt text -F+f9p,1,black+j -Dj0.1c/0.1c << EOF
-77.15 38.89 ML Washington
76.22 -69.22 ML Zhongshanhan
104.39 29.90 MR Zigong
13.14 52.50 TC Berlin
19.99 -34.52 ML Bredasdorp
150.36 -33.79 ML Sydney
-52.47 -31.62 ML Pelotas
EOF

gmt end show
```



#### 4.11.6 图层的先后顺序

上面的绘图脚本已经基本绘制出我们最初想要的图件了。细细看会发现，还有一些不完美的地方：比如黄色五角星和三角形被线段盖住了。

这是因为，GMT 的每一个绘图命令都会产生一个图层，后绘制的图层会覆盖在先绘制的图层的上面，即后来者居上。解决办法也很简单，先绘制线段，再绘制三角形和五角星即可。

对脚本中命令的先后顺序进行微调，如下所示：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin layers

# Plot basemap and Earth relief
gmt basemap -JH180/15c -Rg -B0
gmt grdimage @earth_relief_30m -Cetopo1 -I+d
gmt colorbar -Bxa2000f+l"Elevation (m)"

# Plot great-circle path
gmt plot -Wip,red << EOF
>
130.72 32.78
104.39 29.90
>
130.72 32.78
13.14 52.50
>
130.72 32.78
19.99 -34.52
>
130.72 32.78
-77.15 38.89
>
130.72 32.78
-52.47 -31.62
>
130.72 32.78
150.36 -33.79
>
130.72 32.78
```

(下页继续)

(续上页)

```

76.22 -69.22
EOF

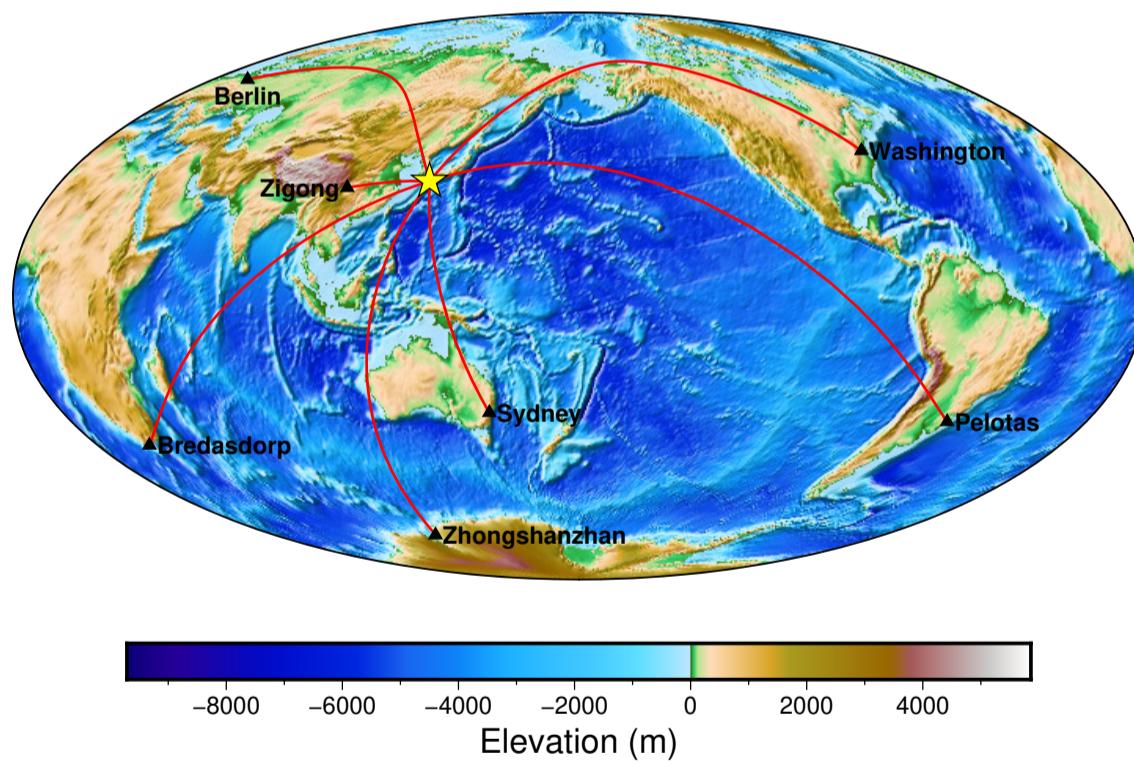
# Plot epicenter
gmt plot -Sa0.5c -W0.5p,black,solid -Gyellow << EOF
130.72 32.78
EOF

# Plot station locations
gmt plot -St0.2c -W0.5p,black,solid -Gblack << EOF
104.39 29.90
13.14 52.50
19.99 -34.52
-77.15 38.89
-52.47 -31.62
150.36 -33.79
76.22 -69.22
EOF

# Add text
gmt text -F+f9p,1,black+j -Dj0.1c/0.1c << EOF
-77.15 38.89 ML Washington
76.22 -69.22 ML Zhongshanzhan
104.39 29.90 MR Zigong
13.14 52.50 TC Berlin
19.99 -34.52 ML Bredasdorp
150.36 -33.79 ML Sydney
-52.47 -31.62 ML Pelotas
EOF

gmt end show

```



这样我们就通过组合一系列简单的 GMT 命令，得到了一个复杂的 GMT 图件。

# 第 5 章 进阶教程

《进阶教程》展示如何使用 GMT 实现更复杂的绘图功能。

## 5.1 绘制直方图

GMT 中 [histogram](#) 模块用于统计并绘制直方图。直方图可以直观地展现样本的分布情况。一个直方的宽度表示它的数据范围，长度表示位于该范围内的样本的数量或者比例。

这一节中，我们通过绘制地震震源深度直方图来介绍直方图的绘制。以下示例使用的数据为 `eq.dat`，数据包含了三列，分别是地震的经度、纬度和深度。

直方图根据直方的方向可以分为垂直直方图和水平直方图，也可以根据直方的长度的意义不同分为计数直方图和百分比直方图。

### 5.1.1 垂直直方图

GMT 中默认绘制垂直直方图。绘制直方图只需要一列数据，而上面的示例数据有三列。我们需要使用 `-i2` 选项将输入数据的第三列（GMT 中列号从 0 开始）传递给 `histogram`。

直接使用下面的命令：

```
gmt histogram eq.dat -i2 -png map
```

会得到如下报错信息：

```
histogram [ERROR]: Required argument for bin width not set
histogram [ERROR]: Option -T: Must specify bin width
histogram [ERROR]: Must specify either fill (-G) or lookup colors (-C), outline pen attributes (-W), or both.
```

报错信息告诉我们，`histogram` 需要使用 `-T` 选项指定直方的宽度。同时还需要使用 `-G` 指定直方的填充色，或使用 `-W` 指定直方边框的画笔属性。根据错误信息，我们向上面的命令增加了几个额外的选项：

- `-T5` 设置了统计时每一个直方的宽度是 5。该选项还可以更灵活地设置直方的最大最小值等属性，详见 [histogram](#) 模块文档
- `-W1p` 设置直方的边框宽度为 1p
- `-Baf` 则为整张图加了一个自动的边框

```
gmt histogram eq.dat -Baf -T5 -W1p -i2 -png hist1
```

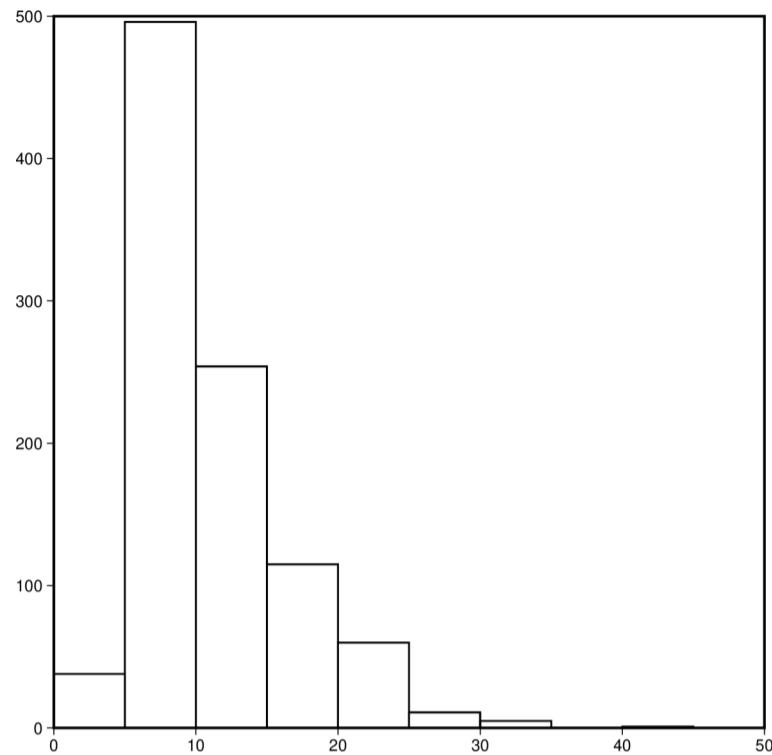


图 1：垂直直方图

由此，我们得到了一张非常简单的直方图。从直方图中我们对数据也有了基本的认识。直方图中横轴表示数据中地震深度范围集中在 0-40 千米。

### 5.1.2 增加修饰

为了让图形更加的美观，我们可以添加一些选项：

```
gmt histogram eq.dat -JX15c/9c -R0/40/0/600 -Bxaf+l"Depth" -Byaf+l"Counts" -BWSen -D -W1p -Gred -T5 -i2 -png hist2
```

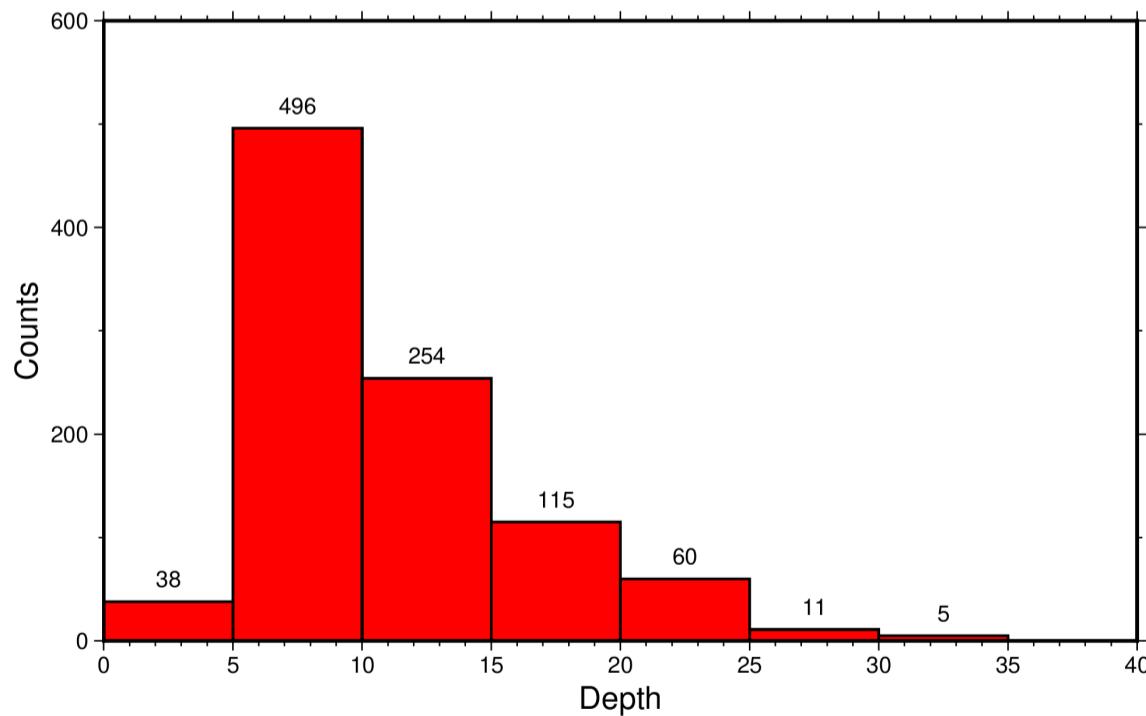


图 2：添加选项的垂直直方图

- **-JX15c/9c** 指定了整张直方图的宽度和高度。若不指定，GMT 会自动指定一个合适的值
- **-R0/40/0/600** 设置了直方图的数据范围。若不指定，**histogram** 会自动确定最适合的数据范围。这里我们根据前图的统计结果指定了新的 **-R** 范围

- **-B** 选项用于指定底图边框和坐标轴属性
- **-Gred** 表示为直方填充红色
- **-D** 会在每个直方的上方标注该直方中的数量。该选项还可以接更多的子选项以控制标注的位置、字体和角度等

### 5.1.3 水平直方图

如果想要绘制水平直方图，只需要增加 **-A** 选项。需要注意的是，尽管水平直方图中横轴是地震数量，纵轴是地震深度，**-R** 选项中依然是深度在前、统计值在后，即与垂直直方图时保持一致。

```
gmt histogram eq.dat -JX15c/9c -R0/40/0/600 -Bxaf+l"Depth" -Byaf+l"Counts" -BWSen -A -D -W1p -Gred -T5 -i2 -png hist3
```

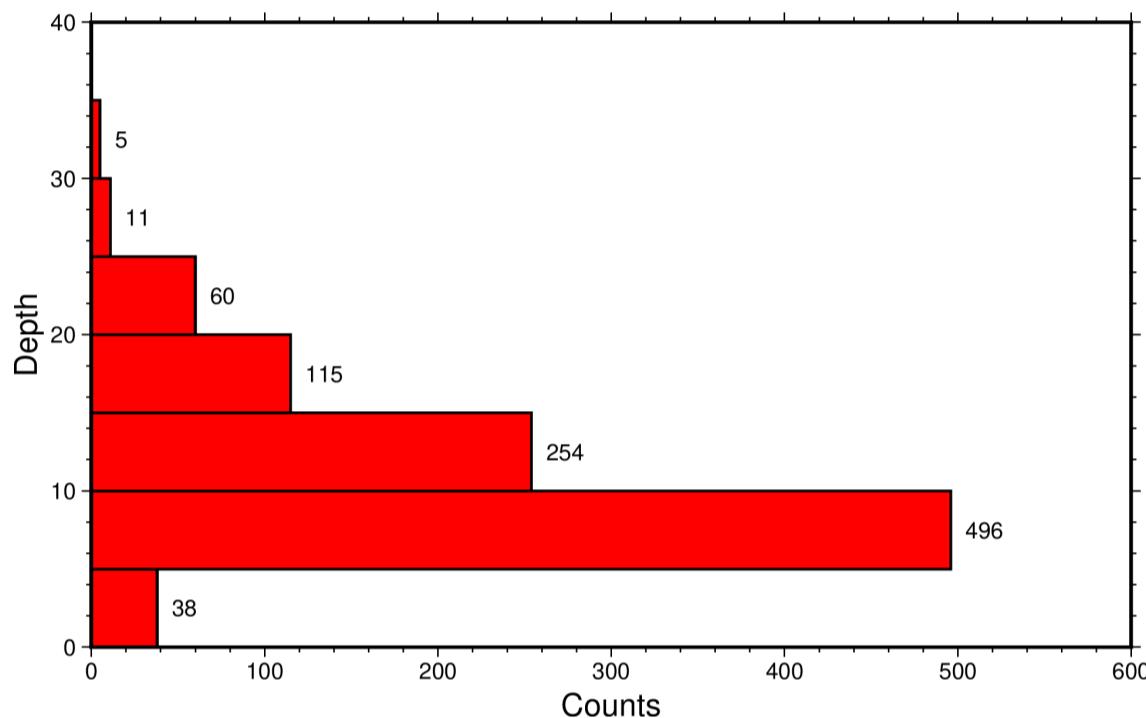


图 3: 水平直方图

### 5.1.4 百分比直方图

histogram 的 **-Z** 选项可以进一步控制统计图的类型。默认纵轴为统计数目。**-Z1** 表示绘制百分比直方图。

```
gmt histogram eq.dat -JX15c/9c -Bxaf+l"Depth" -Byaf+l"Counts"+u "%" -BWSen -Z1 -W1p -Gred -T5 -i2 -png hist4
```

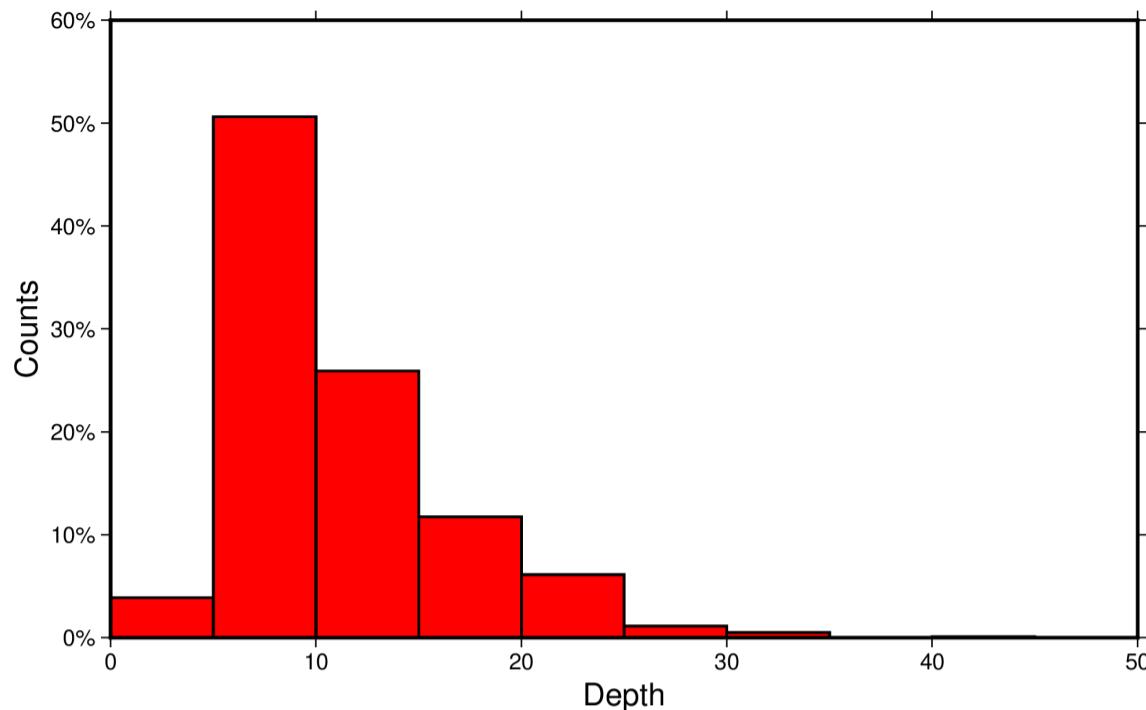


图 4: 添加选项的垂直直方图

这个命令中, 由于纵轴的含义变了, 之前的 **-R** 选项就不再合适了, 因而我们去除了 **-R** 选项让 GMT 自动确定最佳数据范围。

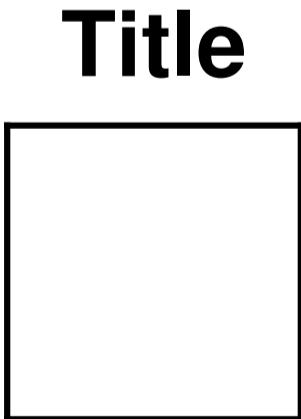
## 5.2 设置配置参数

贡献者

[王亮, 田冬冬](#)

本节介绍 GMT 的配置参数及其设置方法。GMT 提供了 150 多个配置参数, 用于控制图形的外观和数据的处理方式。这些配置参数一般都有默认值。有时, 这些默认值并不合适。例如, 下面这幅图的标题相对于底图大了一些, 显得不协调。遇到类似的情况, 可以自行设置相关配置参数, 以细致地调节图形的外观或数据的处理方式。

```
gmt begin conf0
  gmt basemap -JX2c -R0/1/0/1 -Bwse+n+T'Title'
gmt end show
```



要设置配置参数, 就需要依次解决两个问题: 第一个问题是确定需要修改的配置参数的名称, 第二个问题是如何修改。所以, 本节先介绍如何确定配置参数的名称, 再介绍配置参数的设置方法。

### 5.2.1 确定配置参数的名称

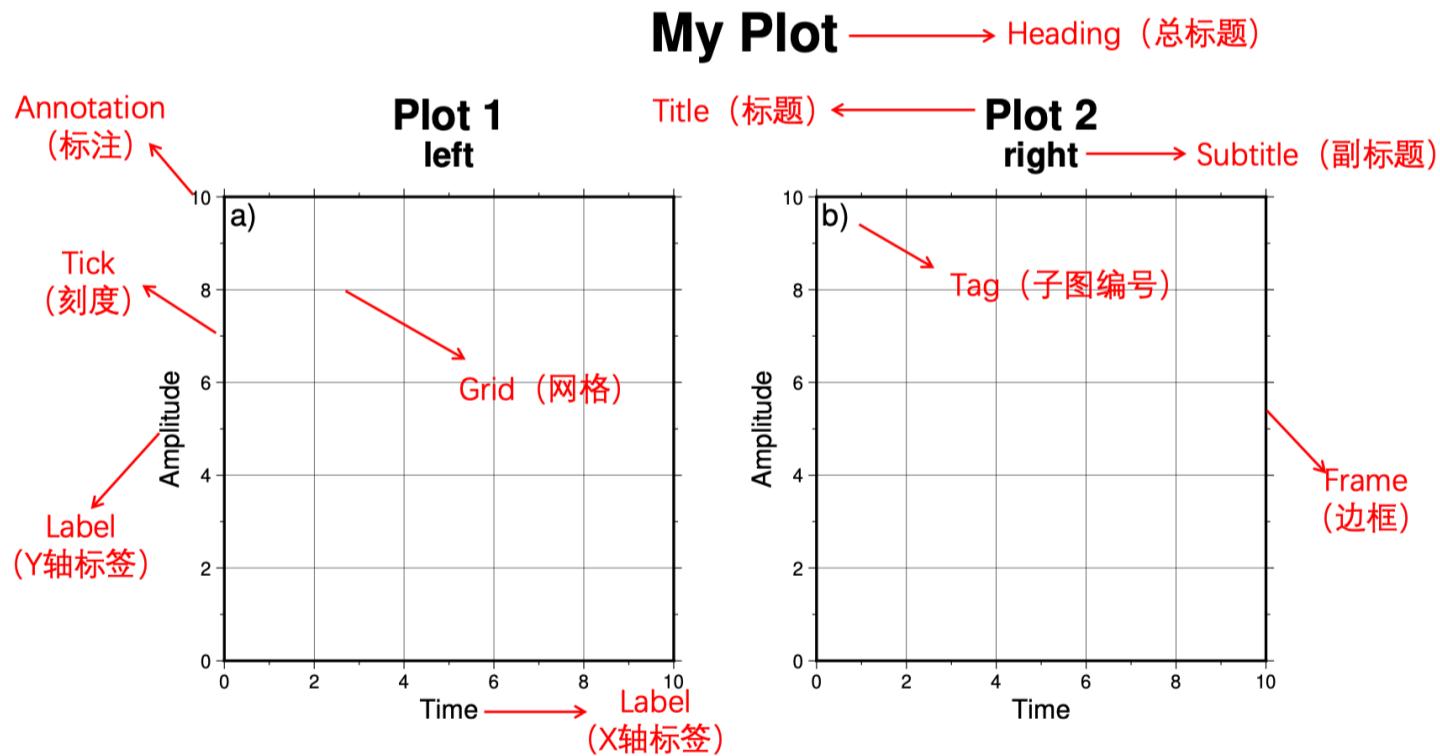
使用 `gmtdefaults` 模块可以列出所有配置参数及其默认值。配置参数的名称是由它控制的元素的属性决定的，所以根据元素或属性的名称，即可找到对应的配置参数。上面的例子中的问题是标题的字体太大，因此需要修改的配置参数的元素是标题 (TITLE)，而属性是字体 (FONT)。执行 `gmt defaults` 命令并用 `grep` 命令进行筛选，可以找到所有与标题 (TITLE) 有关的参数：

```
$ gmt defaults | grep TITLE
FONT_TITLE          = 24p,Helvetica,black
MAP_TITLE_OFFSET    = 14p
```

下面的命令可以找到和字体 (FONT) 有关的参数：

```
$ gmt defaults | grep FONT
# FONT Parameters
FONT_ANNOT_PRIMARY   = 12p,Helvetica,black
FONT_ANNOT_SECONDARY  = 14p,Helvetica,black
FONT_HEADING          = 32p,Helvetica,black
FONT_LABEL            = 16p,Helvetica,black
FONT_LOGO             = 8p,Helvetica,black
FONT_TAG              = 20p,Helvetica,black
FONT_TITLE            = 24p,Helvetica,black
```

下图展示了 GMT 绘图时底图中各个元素的英文名称以及本手册中对应的中文名称。建议读者记住底图各个元素的中英文名称以方便查找和修改。



## 5.2.2 配置参数的设置方法

配置参数的设置有两种方法：一种为全局设置，对设置以后的所有命令都有效。另一种为临时设置，只对该条命令有效。下面以配置参数 `FONT_TITLE` 为例，介绍全局和临时设置标题 (TITLE) 的字体 (FONT) 的方法。

全局设置需要使用 `gmtset` 模块。用 `gmtset` 模块做的设置对之后的所有命令都有效。在下面的例子中，使用 `gmtset` 模块全局设置了标题的字体为 `12p,Times-Bold,red`，所以两个标题的字体都发生了相应的改变。

```
gmt begin conf1
gmt set FONT_TITLE 12p,Times-Bold,red # 全局设置标题的字体
gmt basemap -JX5c -R0/1/0/1 -Bwsen+t'Title One'
gmt basemap -JX5c -R0/1/0/1 -Bwsen+t'Title Two' -X6c
gmt end show
```

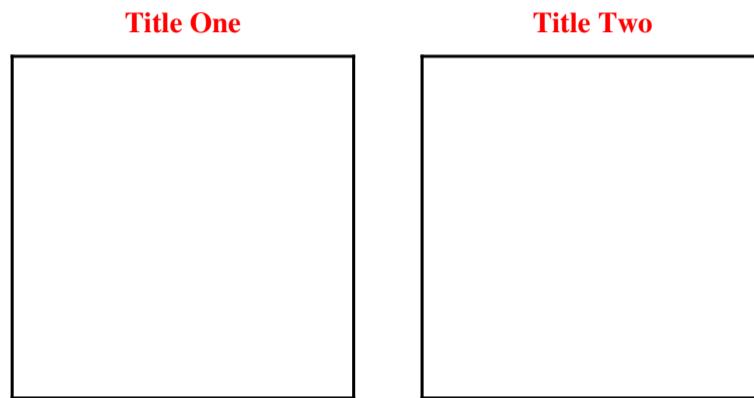


图 5：标题字体的全局设置

临时设置则是通过为命令添加选项 `--KEY=value` 的形式实现的，其中 `KEY` 是配置参数的名称，`value` 是配置参数的值。在下面的例子中，在绘制左边的底图时使用了选项 `--FONT_TITLE=12p,Times-Bold,red`，所以该底图的标题的字体是红色的。由于临时设置仅对当前命令有效，其不会影响到接下来的其它命令。因而右边的底图的标题属性依然是 `FONT_TITLE` 的默认值。

```
gmt begin conf2
gmt basemap -JX5c -R0/1/0/1 -Bwsen+t'Title One' --FONT_TITLE=12p,Times-Bold,red
gmt basemap -JX5c -R0/1/0/1 -Bwsen+t'Title Two' -X6c
gmt end show
```

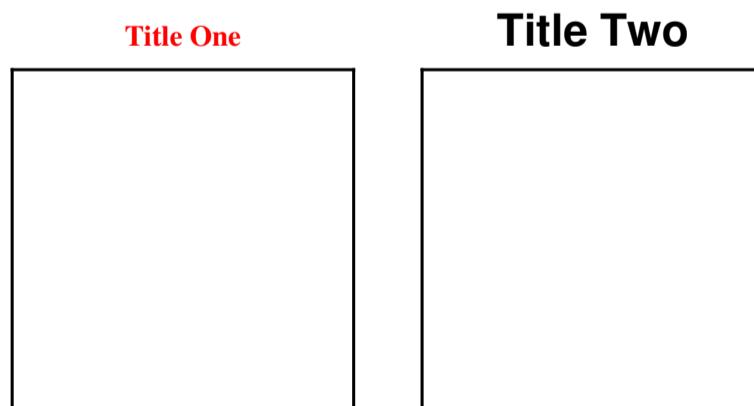


图 6：标题字体的临时设置

## 5.3 GMT 单行模式

在之前的教程中,有很多示例都只需要一个 GMT 命令即可完成绘图。比如:

```
gmt begin GlobalMap
  gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot"
gmt end show
```

在这种简单的情况下,每次都需要写 `gmt begin` 和 `gmt end` 未免有些麻烦。

针对这种简单情况,GMT 提供了“单行模式”。即当绘图只需要一个 GMT 命令时,可省略 `gmt begin` 和 `gmt end`,只需要在绘图命令后加上 `-format figname` 即可。

例如,上面的三行命令可以用单行模式写成一行命令:

```
gmt coast -Rg -JH15c -Gpurple -Baf -B+t"My First Plot" -pdf,png GlobalMap
```

命令一下子就简单了很多,也可以直接将命令复制粘贴到终端执行。

显然,单行模式只适用于单个命令成图的情况,而大部分实际绘图都需要多个命令才能实现。

**备注:** GMT 官方文档以及本手册中,很多示例都只需使用单个 GMT 命令来展示某个模块的用法或某个选项的绘图效果。

出于简化代码的考虑,本手册中的很多演示示例都采用了 GMT 单行模式。读者应理解其中的差异,并了解如何修改单行模式的命令并应用到自己的实际绘图脚本中。

## 5.4 GMT 图中图模式

在绘制区域地图时,为了更清晰地显示研究区域的地理位置,通常会额外绘制一个更大区域范围的地图,并在大区域地图中标记出研究区域的位置。这种图称之为 inset map。中文没有统一的翻译,大家一般称之为图中图、小图或者插页图。

GMT 中 `inset` 模块用于管理图中图模式。图中图模式以 `inset begin` 开始,并以 `inset end` 结束。

使用 `inset begin` 进入图中图模式,其作用是在纸张上规划出一个矩形区域,并将绘图原点移动到该矩形区域的左下角。接下来的所有绘图命令均只在该区域内进行操作。当使用 `inset end` 结束图中图模式时,绘图原点会自动恢复到图中图模式之前的位置,且所有设置参数都将回到之前的状态。

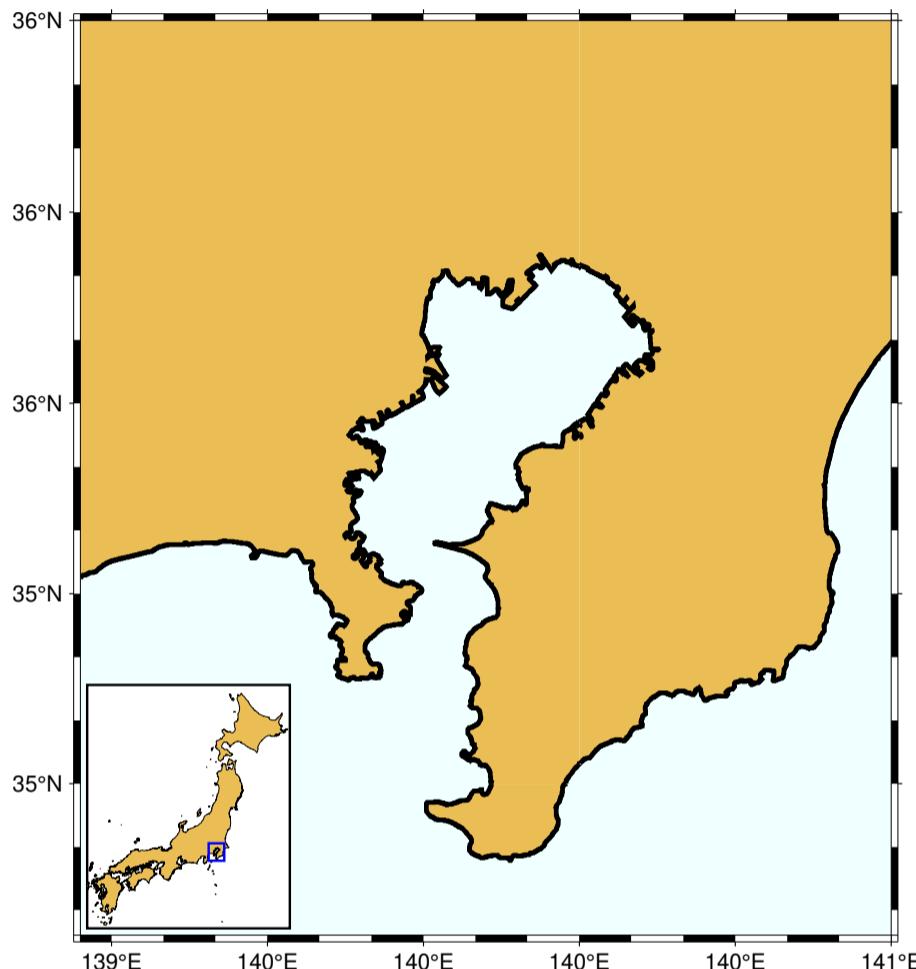
### 5.4.1 用矩形框标记研究区域

下面的示例中研究区域为日本东京周围的一个小区域。为了展示其地理位置,我们在大图的左下角的小图中绘制了日本全图,同时在小图中用矩形框出了大图中的研究区域范围。

`inset begin` 定义了小图的位置位于大图左下角 (`-DjBL`) , 小图区域的宽度为 3 厘米, 高度为 3.6 厘米 (`+w3c/3.6c`) , 并且相对大图左下角偏移 0.1 厘米 (`+o0.1c`) 。同时还设置了小图区域的背景色为白色 (`+gwhite`) , 并绘制了小图区域的边框 (`+p1p`)。

在小图区域内,我们使用 `coast` 模块绘制了日本全图,小图投影参数为 `-JM?`, 其中 `?` 表示根据 `inset begin` 中 `-D` 选项指定的宽度自动决定小图宽度。同时我们使用 `plot` 模块的 `-Sr+s` 选项在小图中绘制了一个对应于大图区域的矩形框,该命令需要输入矩形区域的两个对角顶点的经纬度。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin inset-map
gmt coast -R139.2/140.5/34.8/36 -JM12c -Baf -BWSne -W2p -A1000 -Glightbrown -Sazure1 --FORMAT_GEO_MAP=dddF
gmt inset begin -DjBL+w3c/3.6c+o0.1c -F+gwhite+p1p
gmt coast -R129/146/30/46 -JM? -EJP+glightbrown+p0.2p -A10000
# Plot a rectangle region using -Sr+s
echo 139.2 34.8 140.5 36 | gmt plot -Sr+s -W1p,blue
gmt inset end
gmt end show
```

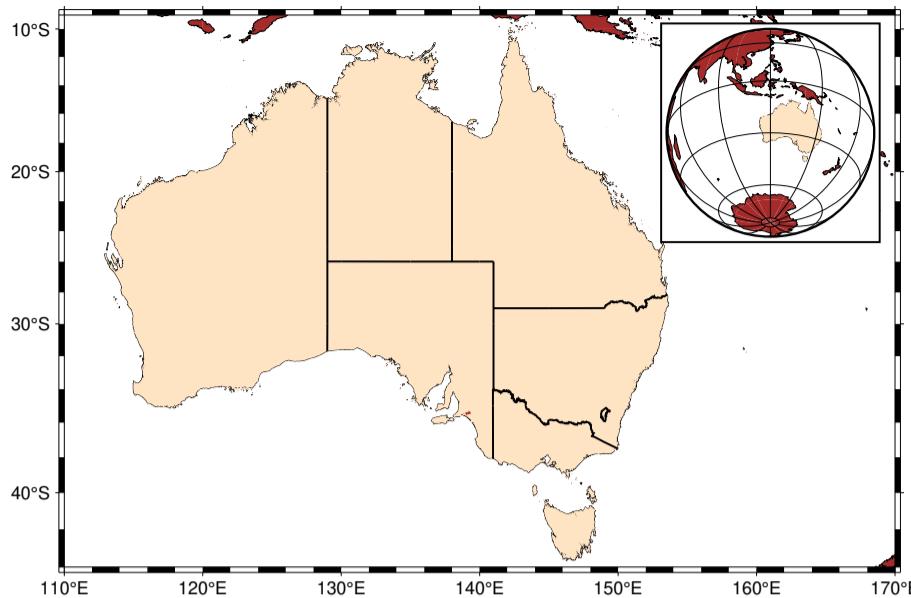


## 5.4.2 用颜色标记研究区域

下面的示例中研究区域为澳大利亚。为了展示其地理位置，我们在大图的右上角区域绘制了全球地图，并用特殊的颜色将澳大利亚区域标记出来。

**inset begin** 定义了小图的位置位于大图右上角 (**-DjTR**)，小图区域宽度为 1.5 英寸 (**+w1.5i**)。同样的，在小图内部我们在需要指定地图宽度的地方使用了 **?** 让 GMT 自动帮我们决定小图的宽度。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin inset-example
gmt coast -R110E/170E/44S/9S -JM6i -B -BWSne -Wfaint -N2/1p -Gbrown -EAU+gbisque
gmt inset begin -DjTR+w1.5i+o0.15i/0.1i -F+gwhite+p1p+c0.1c
gmt coast -JG120/30S/? -Rg -Bg -Wfaint -Gbrown -EAU+gbisque -A5000
gmt inset end
gmt end show
```



## 5.5 GMT 子图模式

有些时候，尤其是发表文章时，需要将多张独立的图放在一张图中，并编号 abcd，一般称这些独立的图为子图。

GMT 中有两种方式可以绘制多子图：

- 常规方式：在绘图时使用 [-X 和 -Y 选项](#) 手动移动每个子图的原点
- 现代方式：使用 [subplot](#) 模块提供的子图模式来布局和管理多子图

现代方式更加简洁易用，建议使用现代方式。仅当图片非常复杂或不规则时，才推荐使用常规方式。

### 5.5.1 子图布局

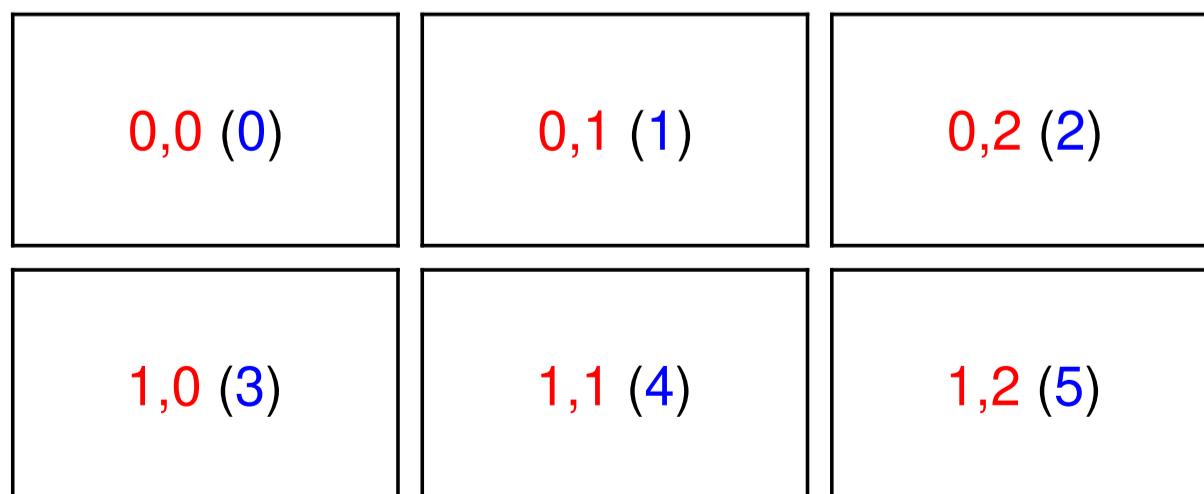
[subplot](#) 模块提供的子图模式可以非常方便地绘制多子图。

**subplot begin** 用于设计子图的布局、尺寸以及其它属性。其将整张画布划分为 N 行 M 列的规则网格区域，每个网格区域内都可以包含一张独立的子图。例如：

```
gmt subplot begin 2x3 -Fs5c/3c
```

定义了一个 2 行 3 列的子图布局，注意中间为小写英文字母 x，不是星号或其他符号。**-Fs5c/3c** 则指定了每个子图区域的宽度为 5 厘米，高度为 3 厘米。相邻子图之间的间隔则可以用 **-M** 选项控制。最终得到的子图布局如下图所示：

Source Code



**subplot set** 用于激活指定的子图, 接下来的所有绘图命令都将在该子图内进行绘制。为了指定某个子图, 则需要知道每个子图的编号。GMT 中可以通过 **行号, 列号**或者 **索引号** (即第几个子图) 的方式来指定子图。

**备注:** 行号、列号和索引号, 均从 0 开始起算。因而对于一个 N 行 M 列的子图布局而言, 行号为 0 到 N-1, 列号为 0 到 M-1, 索引号为 0 到 N\*M-1。

上图中同样给出了每个子图的编号, 图中红色数字为子图的行列号, 而括号中的蓝色数字则是子图的索引号。因而, 你可以使用如下命令中的任意一个来激活第三个子图, 接下来的所有绘图命令均只在第三个子图内进行:

```
gmt subplot set 1,0
gmt subplot set 3
```

最后记得使用 **subplot end** 退出子图模式:

```
gmt subplot end
```

### 5.5.2 第一张子图

下面就利用上面学到的知识绘制一张 2 行 2 列的子图。

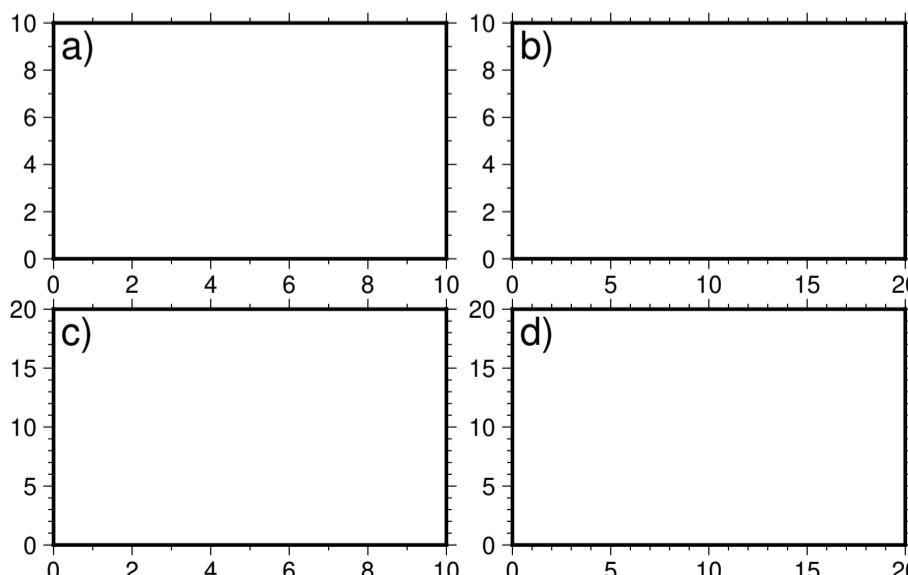
```
gmt begin map
gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/3c -A -M0.2c/0.1c -T"My Subplot Heading"
gmt subplot set 0
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX? -Baf -BWSen

gmt subplot set 1
gmt basemap -R0/20/0/10 -JX? -Baf -BWSen

gmt subplot set 2
gmt basemap -R0/10/0/20 -JX? -Baf -BWSen

gmt subplot set 3
gmt basemap -R0/20/0/20 -JX? -Baf -BWSen
gmt subplot end
gmt end show
```

## My Subplot Heading



在这个例子中, 我们用 `subplot begin` 定义了一个 2 行 2 列 (`2x2`) 的子图布局, 每个子图区域宽 5 厘米高 3 厘米 (`-Fs5c/3c`)。除此之外, 我们还使用了一些可选选项对图的细节进行微调:

- `-A`: 对每个子图进行自动编号 `abcd`
- `-M0.2c/0.1c`: 调整相邻子图之间的空白距离, X 方向间隔为 0.2 厘米, Y 方向间隔为 0.1 厘米
- `-T" My Subplot Heading"`: 为整张图加上一个总标题
- 调整子图编号的大小(`FONT_TAG`)、总标题文字大小(`FONT_HEADING`)以及总标题相对于底图的偏移量 (`MAP_HEADING_OFFSET`)

在子图模式内, 我们使用 `subplot set 0` 的方式依次激活每个子图。在每个子图内绘图时, 我们使用了线性投影方式 `-JX?`。通常我们需要指定图片的宽度或高度, 这里我们使用了? 让 GMT 根据子图区域的大小自动帮我们选择最合适的子图宽度。

**小技巧:** 本示例中使用了如下命令来依次激活四个子图:

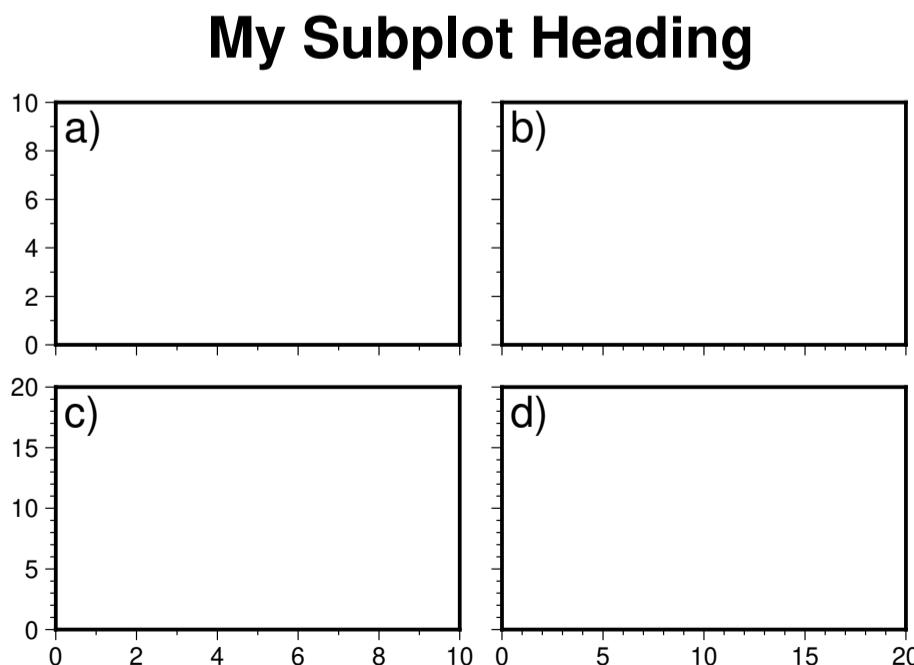
```
gmt subplot set 0
gmt subplot set 1
gmt subplot set 2
gmt subplot set 3
```

实际上, 我们可以直接使用 `subplot set` 而不指定子图编号, GMT 会自动为我们激活“下一个”子图。

### 5.5.3 共用 X/Y 轴

上面示例中的四张子图, 每行的两张子图有相同的 Y 轴范围, 每列的两张子图有相同的 X 轴范围。此时可以使用 `-S` 选项设置各子图之间共用 X 或 Y 轴。

```
gmt begin map
gmt set FONT_TAG 15p FONT_HEADING 20p MAP_HEADING_OFFSET 10p
gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/3c -A -M0.2c/0.2c -T"My Subplot Heading" -SR1 -SCb -BWSrt
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX? -c
gmt basemap -R0/20/0/10 -JX? -c
gmt basemap -R0/10/0/20 -JX? -c
gmt basemap -R0/20/0/20 -JX? -c
gmt subplot end
gmt end show
```



**-SRI** 表示一行内 (Row) 的子图共用 Y 轴, 且只在左边 (l) 轴显示标注, **-SCb** 表示一列内 (Column) 的子图共用 X 轴, 且只在底部 (b) 轴显示标注。

当然你也可以不使用 **-S** 选项, 而是在每个子图中使用不同的 **-B** 选项分别为每个子图设置不同的轴属性。

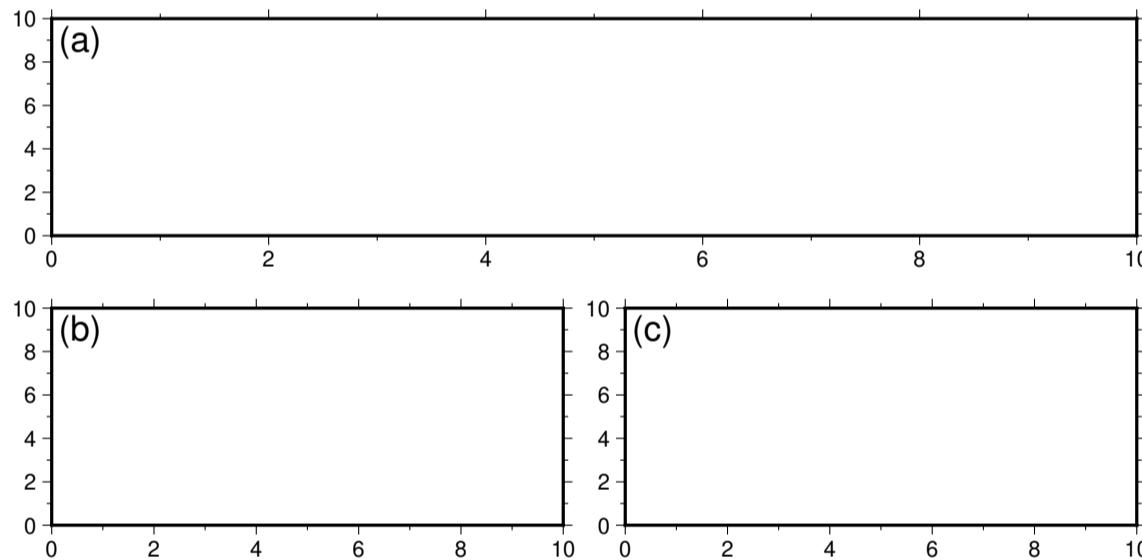
#### 5.5.4 复杂布局

**subplot** 目前尚不支持嵌套。如果想要使用更复杂的子图布局, 可以多次调用 **subplot** 并进行人工的调整。

下面的示例中线绘制了一个一行两列的子图布局, 然后在其上方绘制了一个等宽的一行一列的子图布局。

```
gmt begin complex-subplot
gmt subplot begin 1x2 -Ff15c/3c -A -BWSen
gmt subplot set 0 -A'(b)'
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX?
gmt subplot set 1 -A'(c)'
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX?
gmt subplot end

gmt subplot begin 1x1 -Ff15c/3c -A -Yh+1c
gmt subplot set 0 -A'(a)'
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX? -BWSen -Bxa2f1 -Bya2f1
gmt subplot end
gmt end show
```




---

**备注:** 小括号 () 在 Bash 中有特殊含义, 所以子图标签 (a) 两边加了单引号, 避免 Bash 对小括号进行解释。编写 Batch 脚本的 Windows 用户不可以使用单引号, 但是可以使用双引号, 或者不使用引号。

---

### 5.6 GMT 多图模式

如果你想要在一个脚本中同时绘制多张图, 并且想要在多张图之间来回切换, 则需要使用 [figure](#) 模块。

[figure](#) 的用法与 [begin](#) 相同, 唯一的区别在于, 你可以在 **gmt begin** 和 **gmt end** 中多次使用 **gmt figure** 来创建新图, 或激活已有的图。

下面的示例中, 我们使用 **figure** 模块在一个脚本中指定了两张图, 并不断在两张图之间来回切换:

```
gmt begin
# Create Fig1 and plot a base map in Fig1
```

(下页继续)

(续上页)

```
gmt figure Fig1 png
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf

# Create Fig2 and plot a base map in Fig2
gmt figure Fig2 png
gmt basemap -R0/5/0/5 -JX10c -Baf

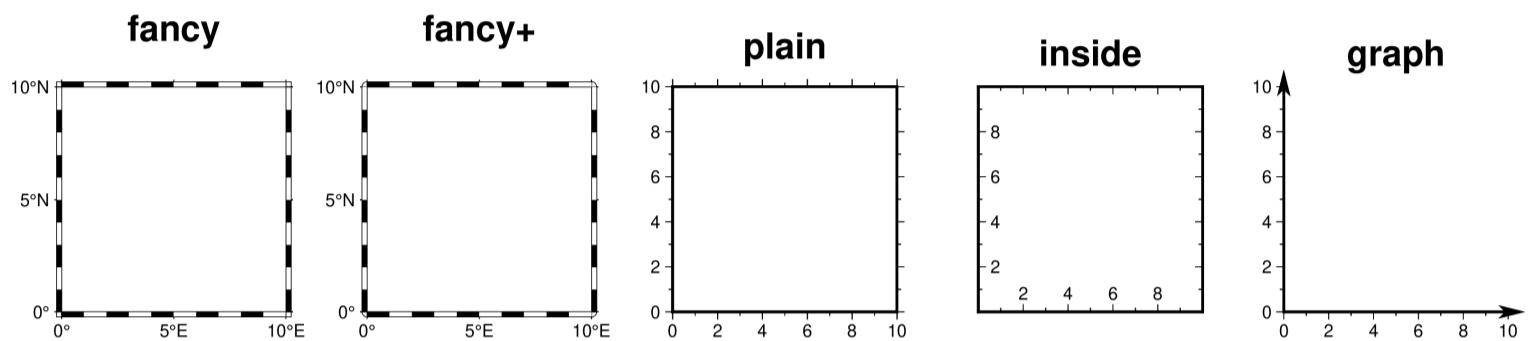
# Switch back to Fig1 and plot a circle
gmt figure Fig1
echo 5 5 | gmt plot -Sc1c -W2p

# Switch back to Fig2 and plot a triangle
gmt figure Fig2
echo 1 2 | gmt plot -St1c -W1p
gmt end show
```

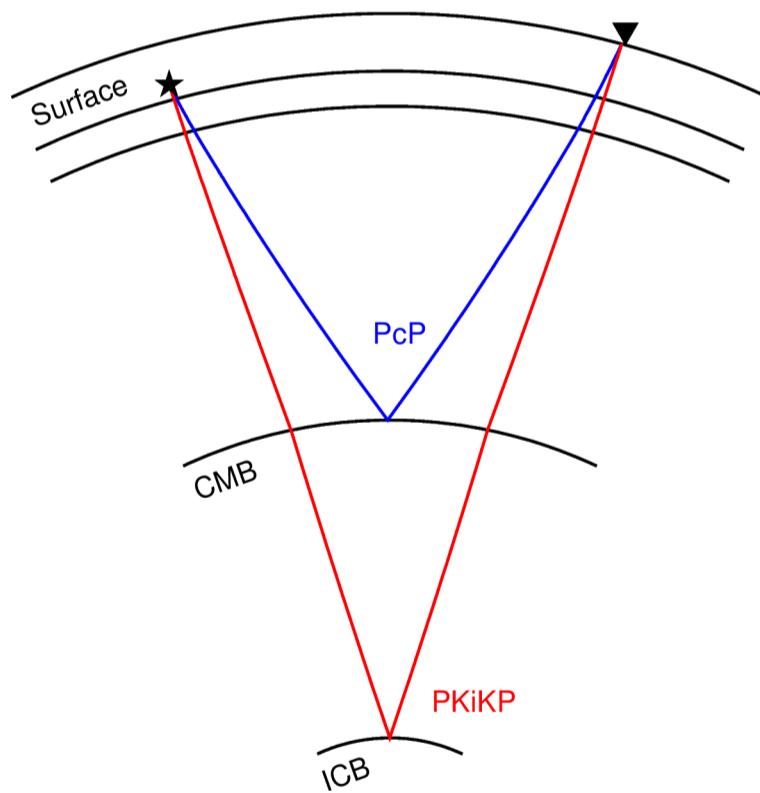
最终会生成两张图，第一张图中在底图中绘制了圆圈，第二张图中则在底图中绘制了三角形。

# 第 6 章 社区绘图实例

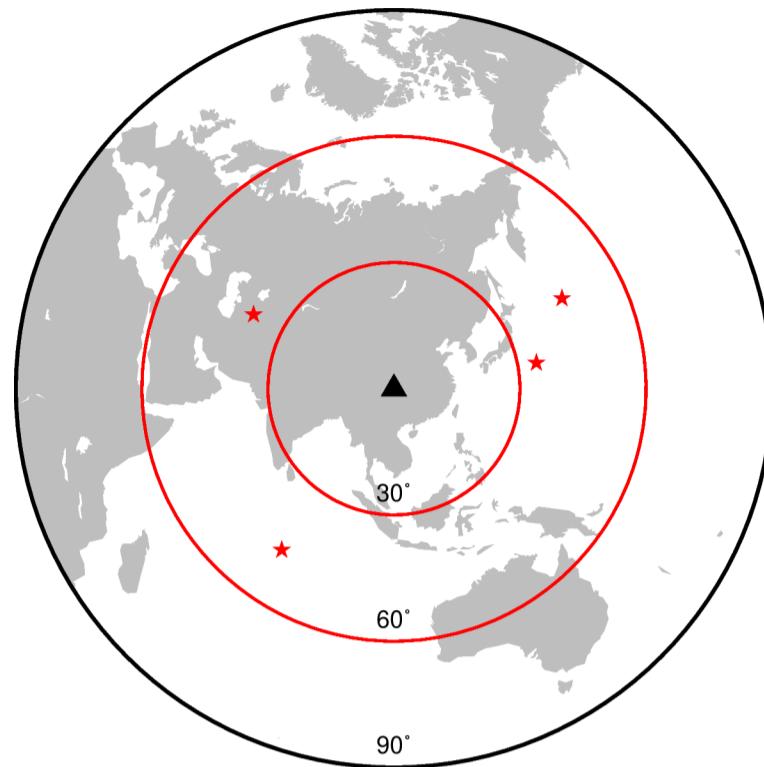
## 6.1 底图



MAP\_FRAME\_TYPE 控制底图边框类型



绘制地球内部主要界面

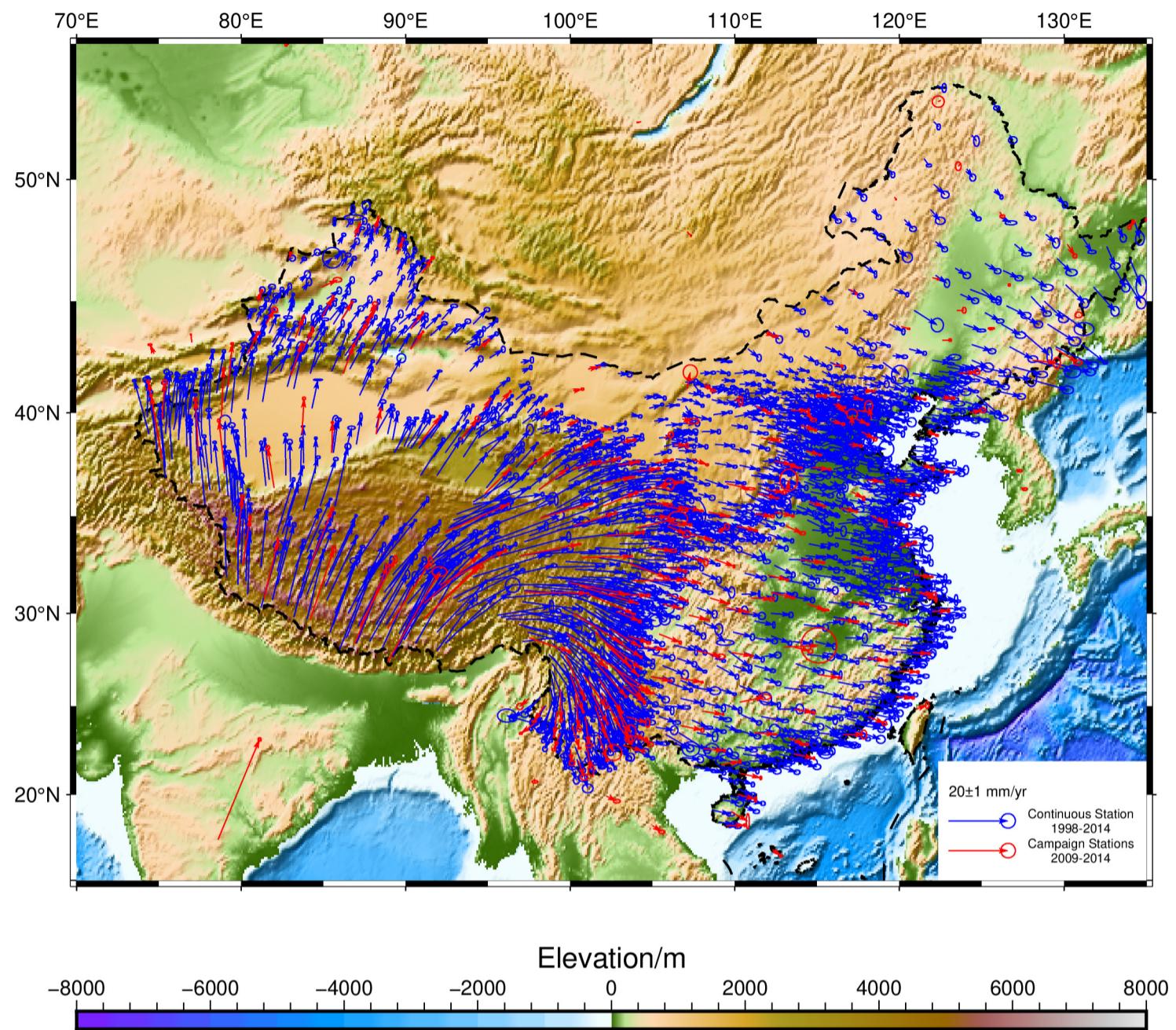


地震台站为中心的地震分布图

## 6.2 线段与矢量

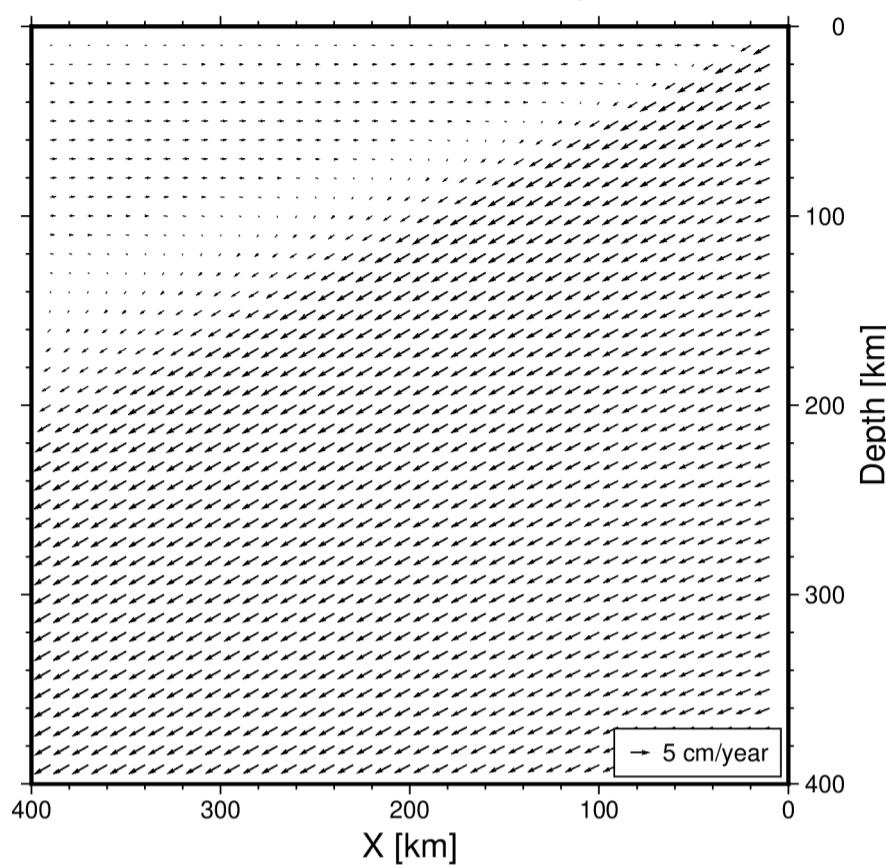
	4p, red, 9_4_2_4:2p
	faint, 0/0/255, ...
	0.1c, 120-1-1
	fat, .
	thin, red, -
	green
	0.5p

不同画笔属性



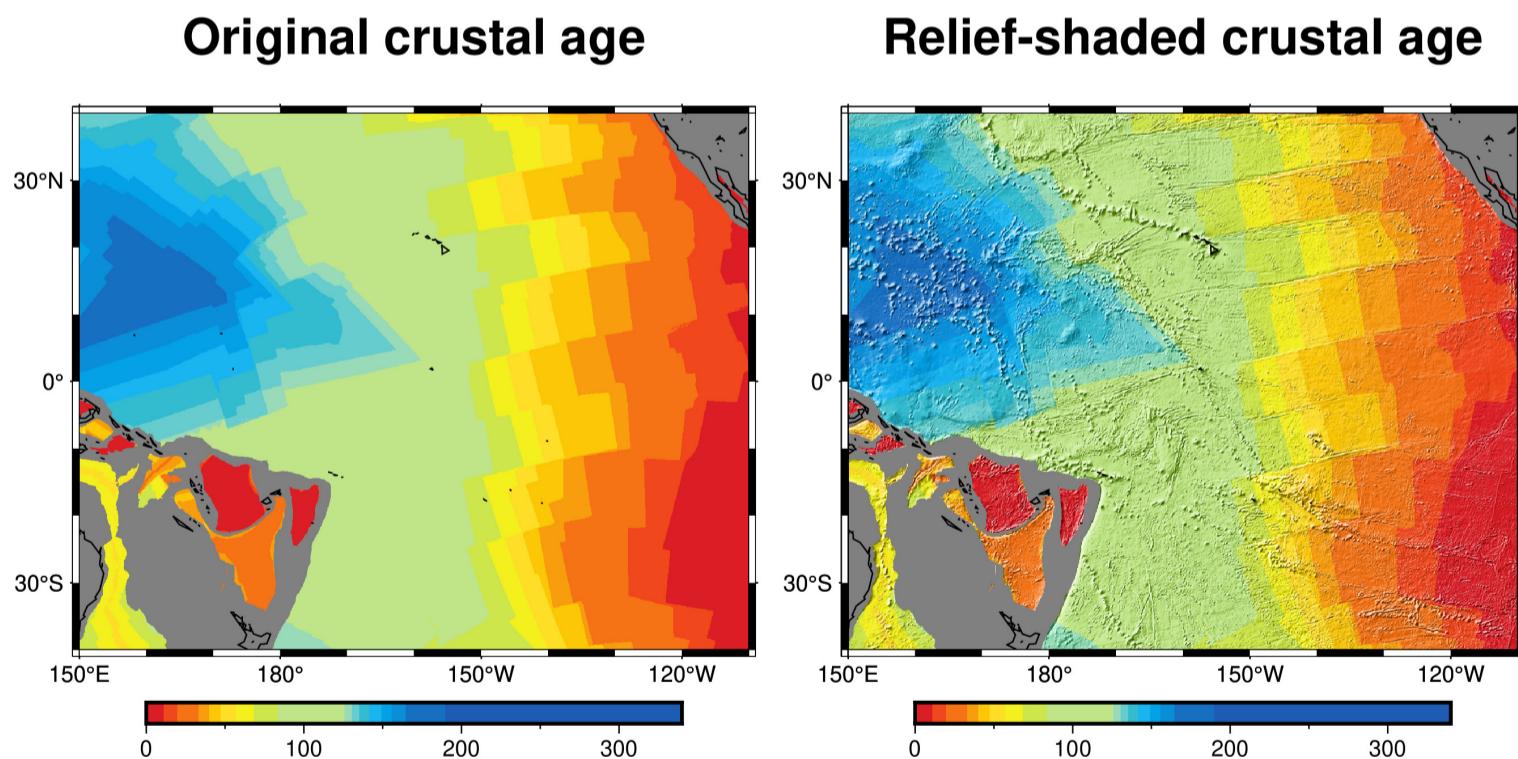
绘制 GPS 速度场

## Mantle Velocity



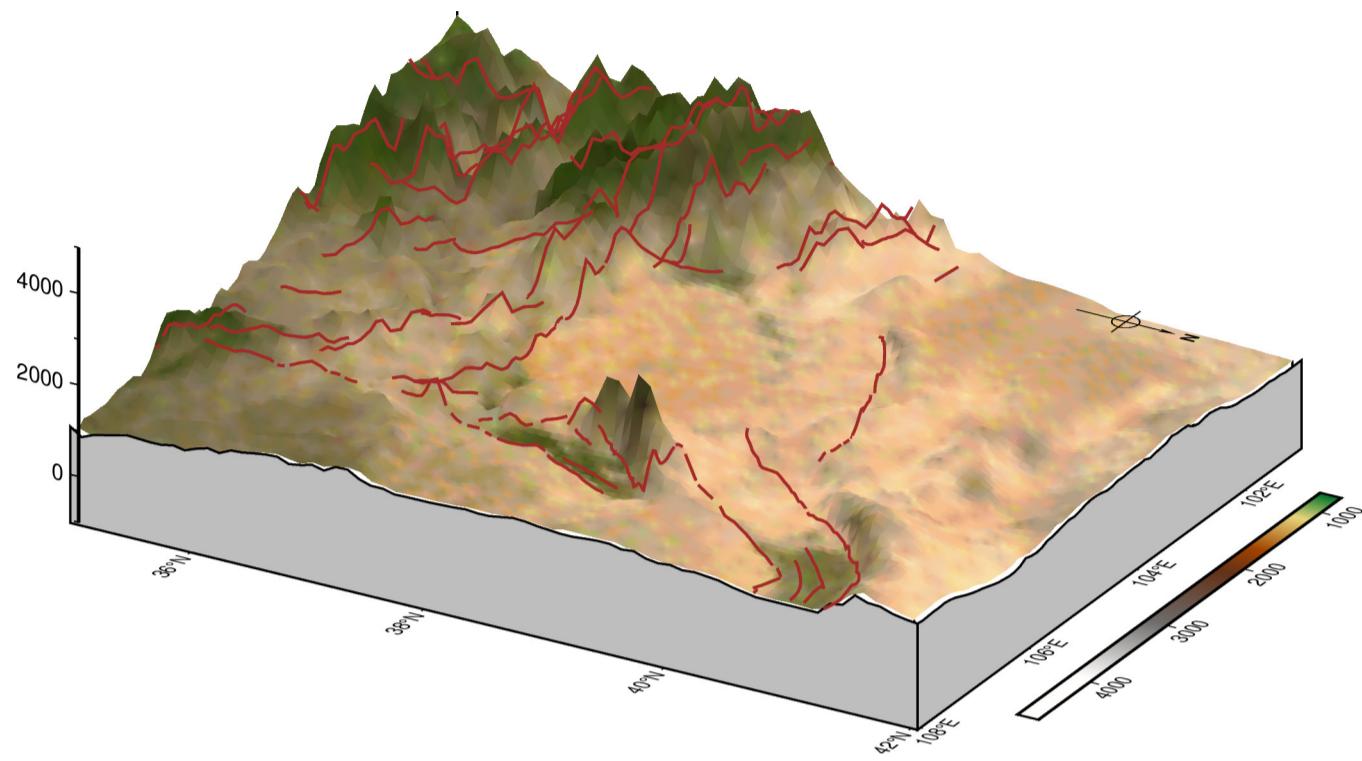
绘制矢量场

### 6.3 网格图

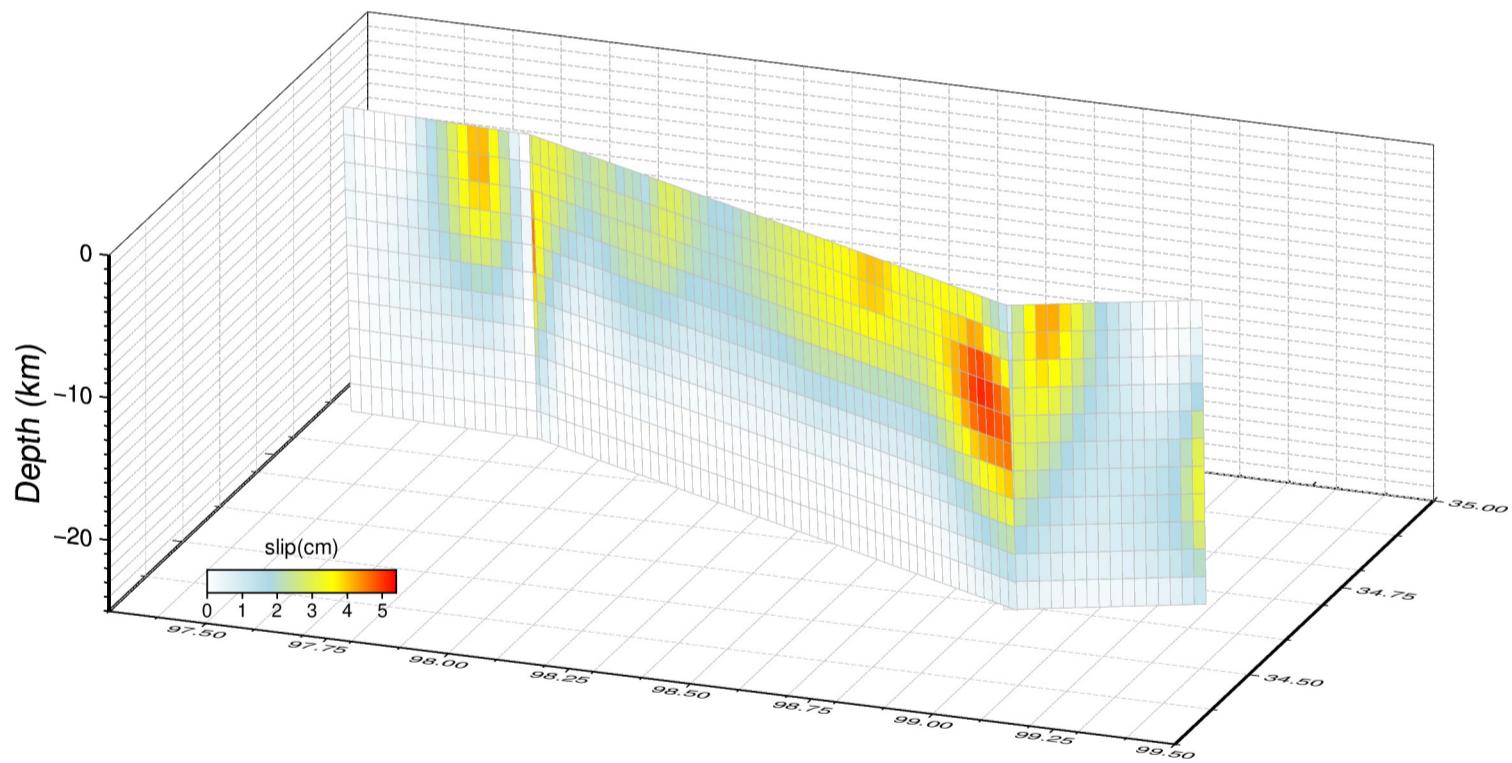


使用地形起伏数据对其他非地形起伏数据进行明暗调制

## 6.4 三维绘图

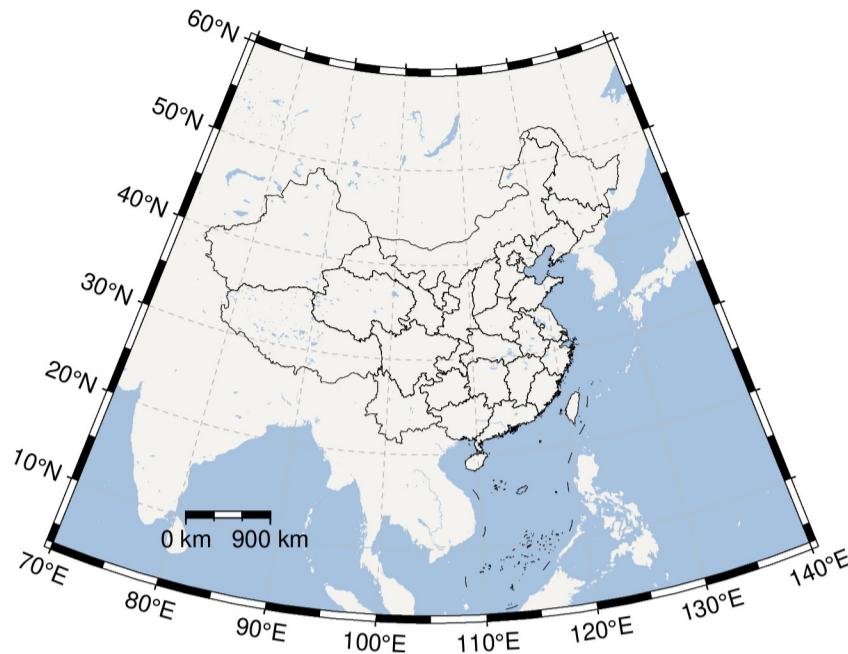


绘制三维地形图

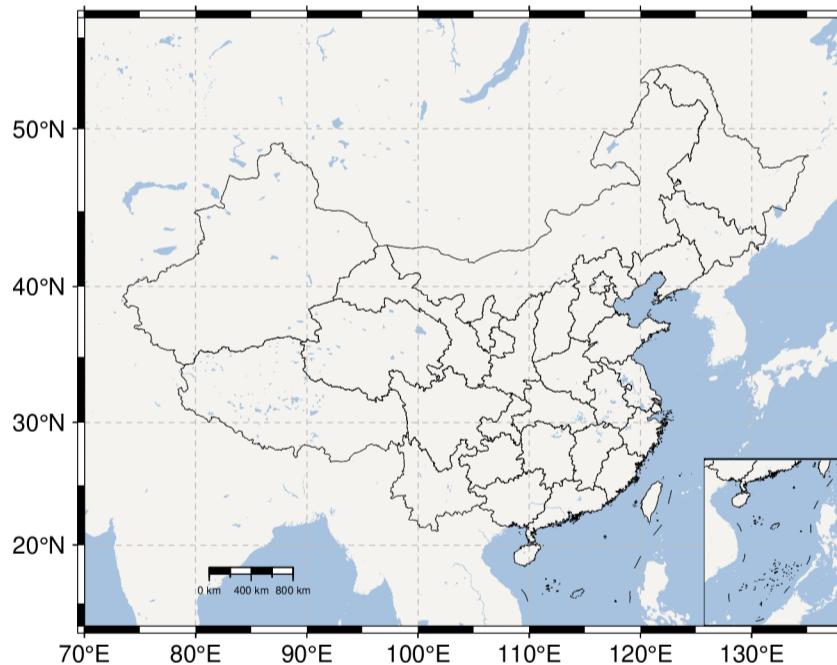


绘制三维有限断层模型

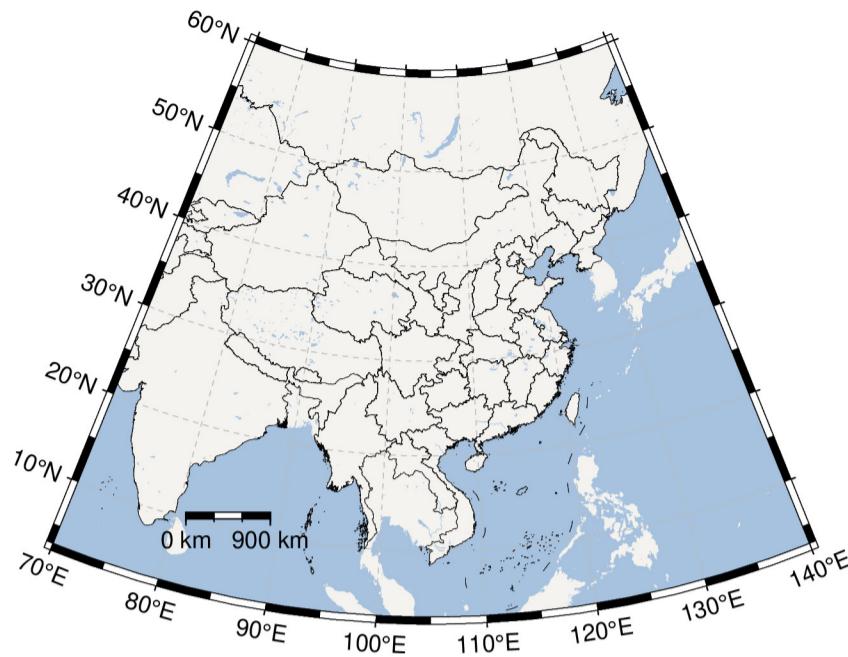
## 6.5 地理空间数据集



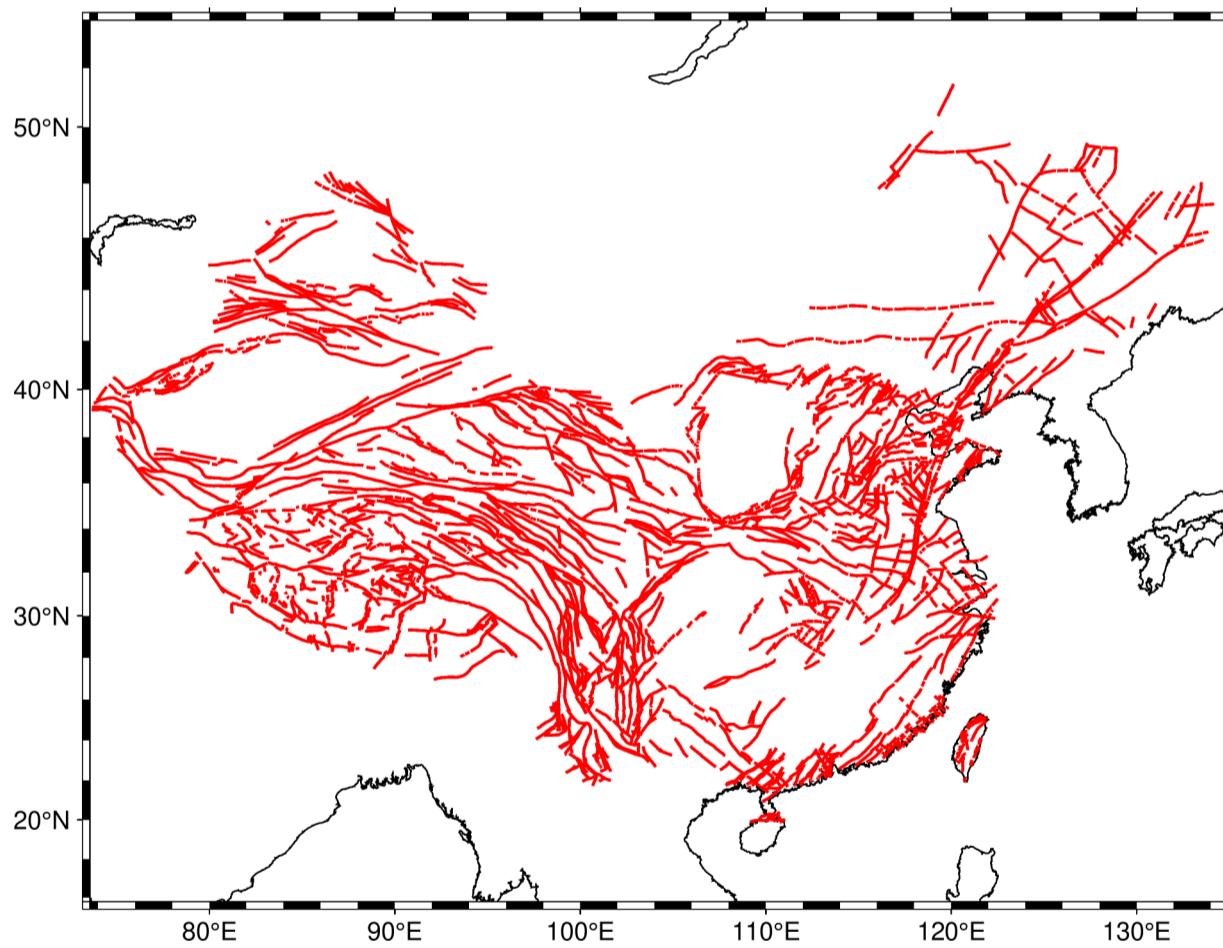
CN-border: 中国国界省界数据



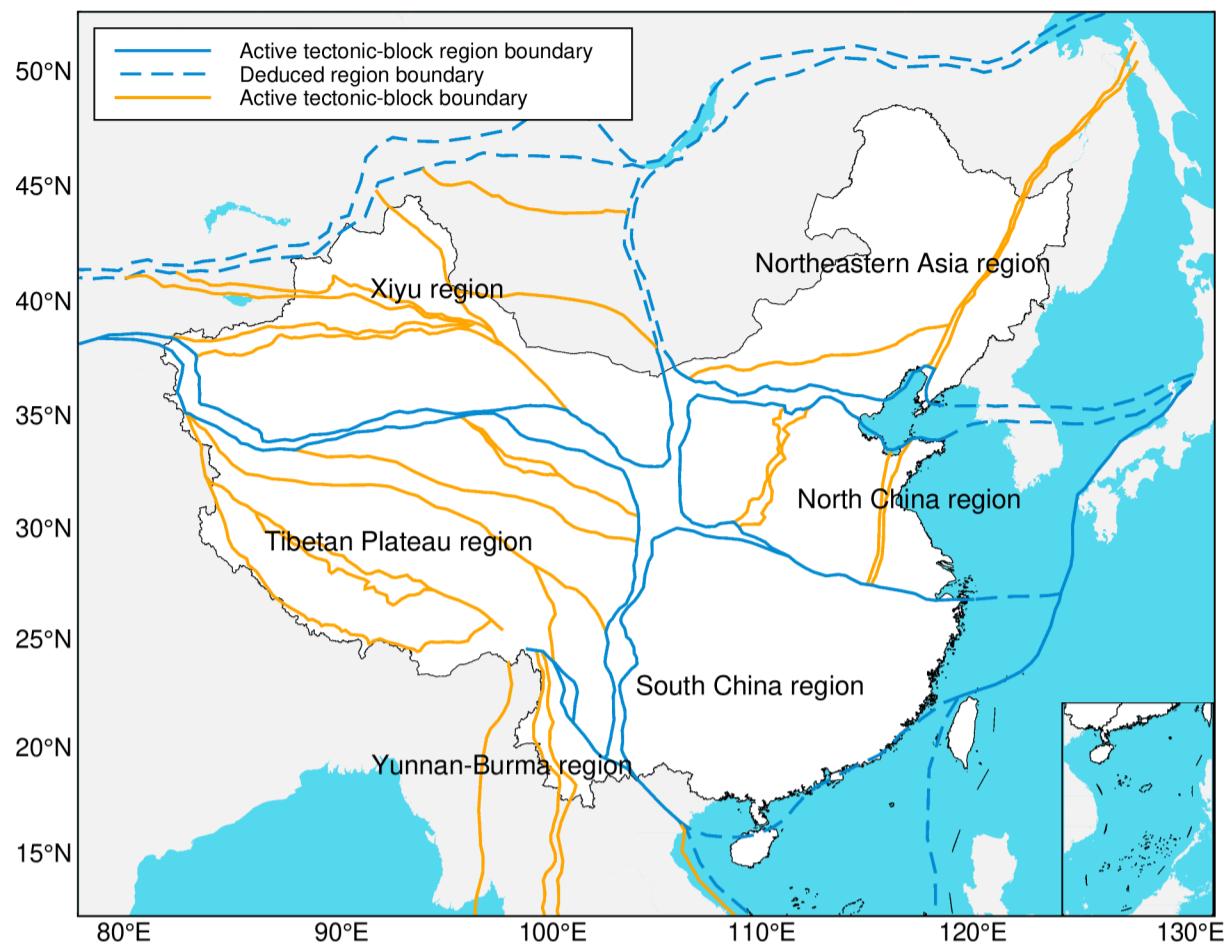
CN-border: 中国国界省界数据



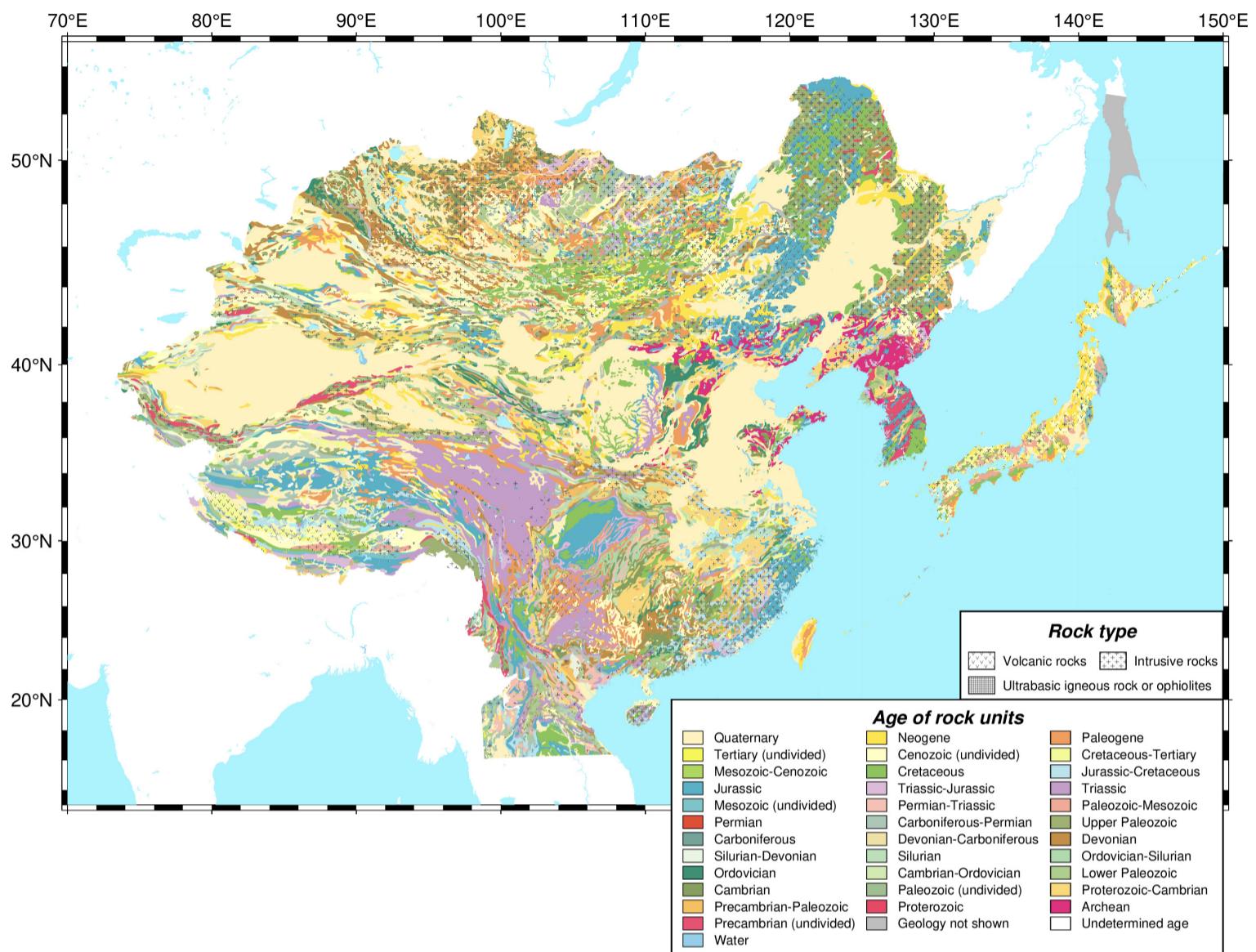
绘制中国及邻国国界



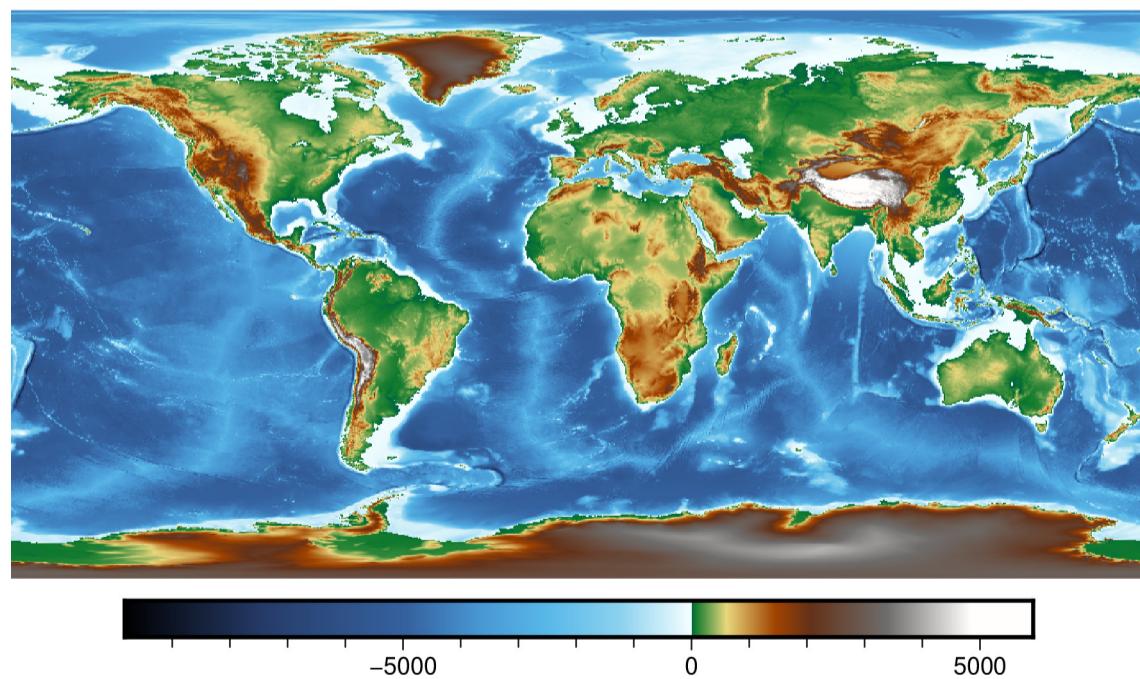
CN-faults: 中国断层数据



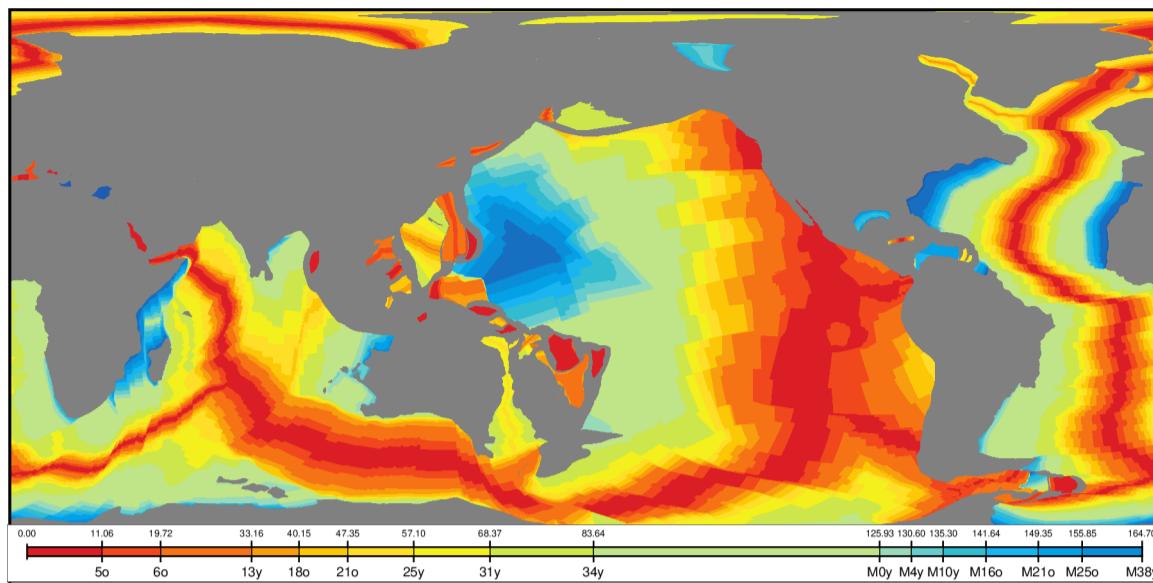
CN-block: 中国大陆及周边活动地块数据



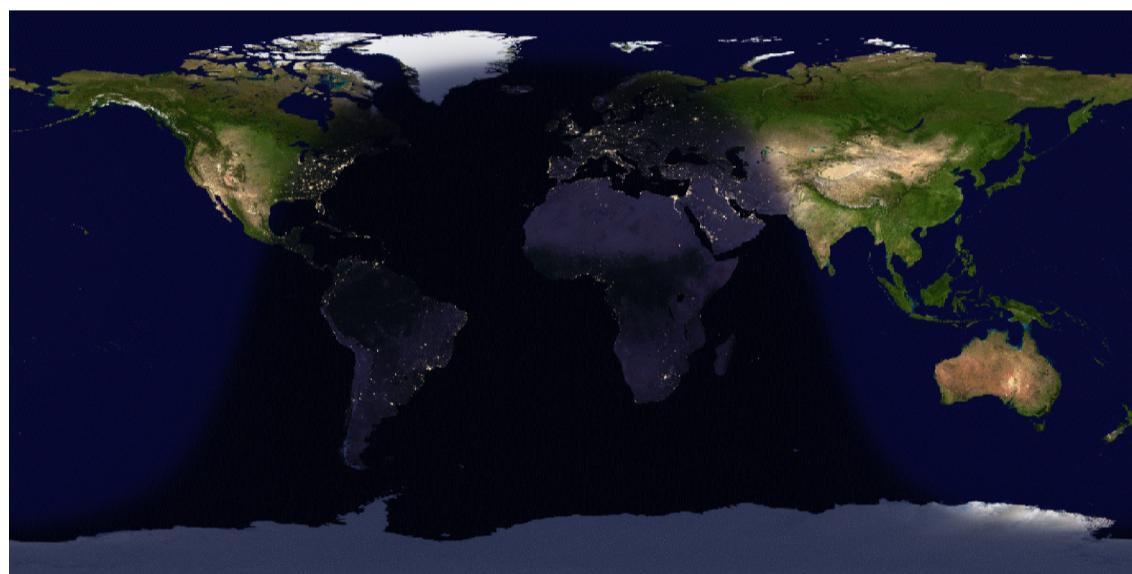
geo3al: 中国及邻区地质图数据



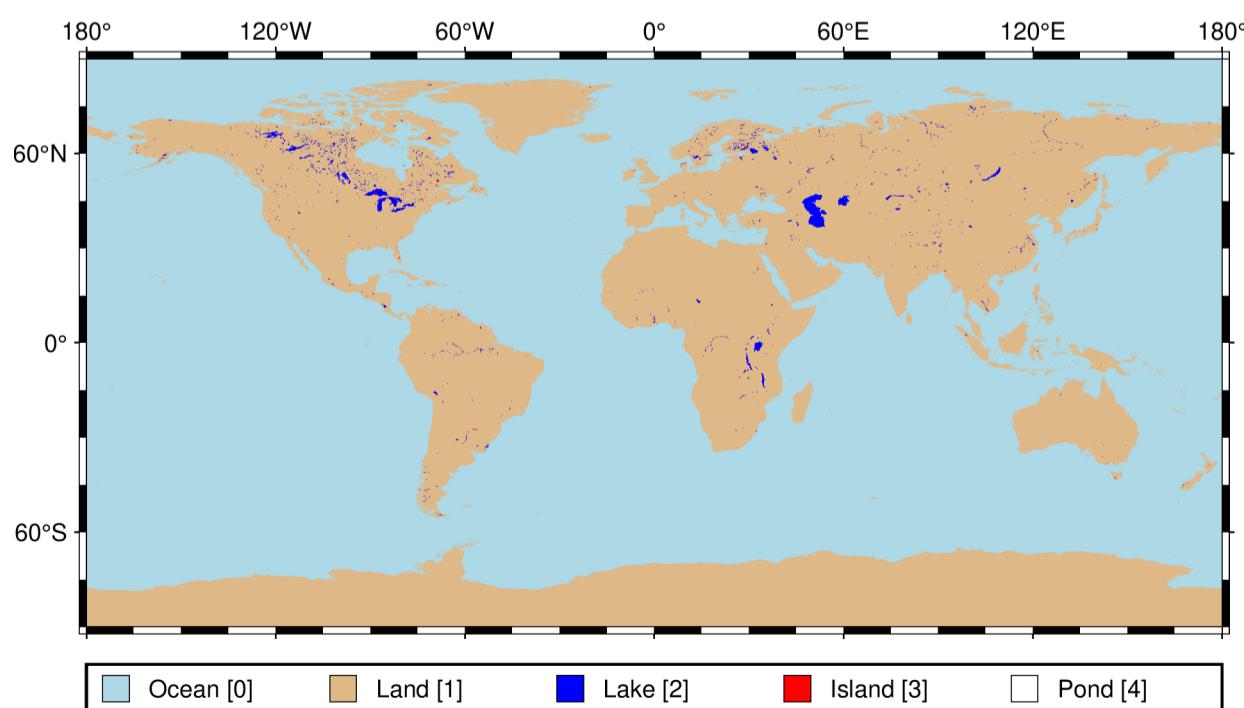
earth\_relief: 全球地形起伏数据



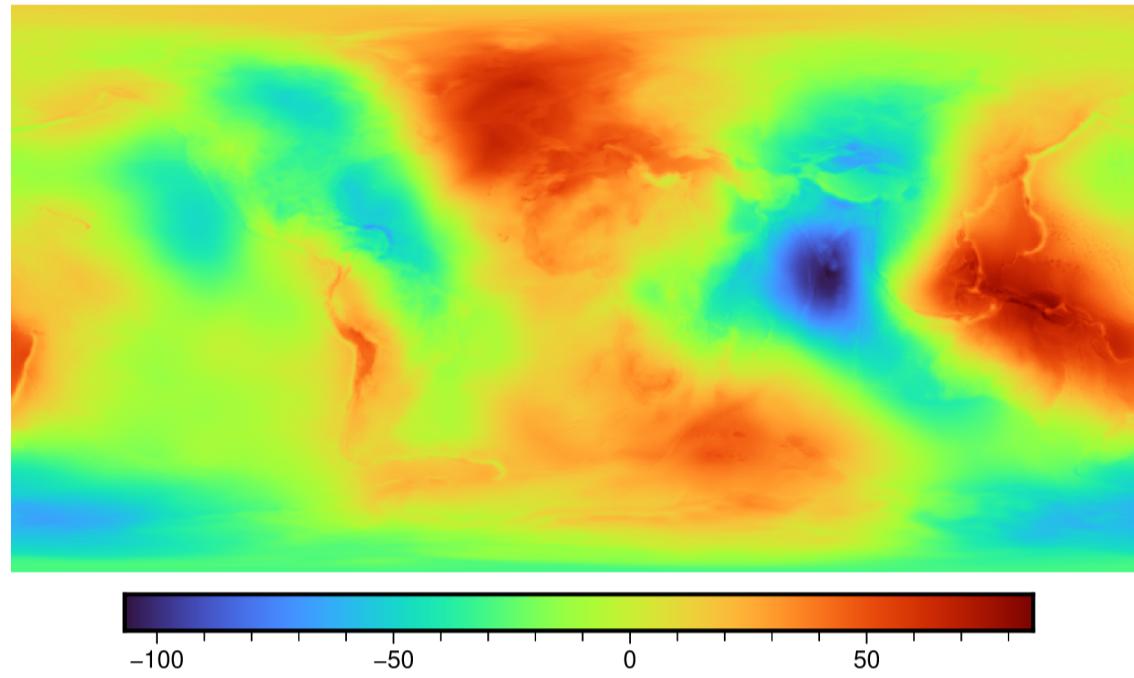
earth\_age: 地球洋壳年龄数据



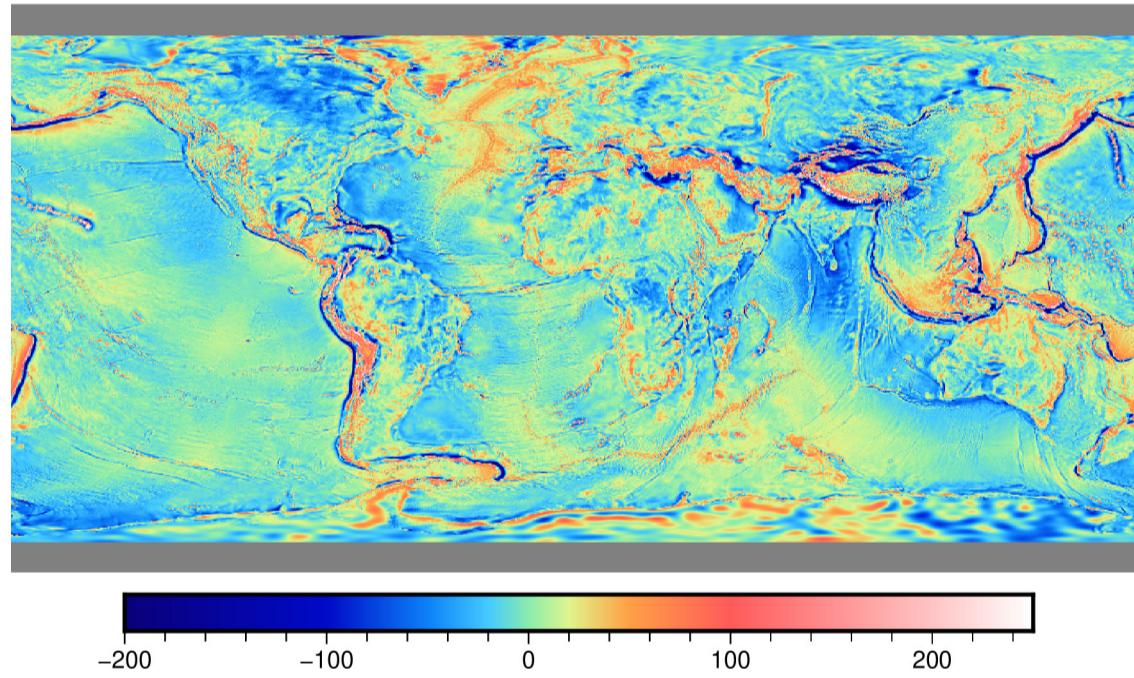
earth\_day 和 earth\_night: 地球昼夜卫星影像



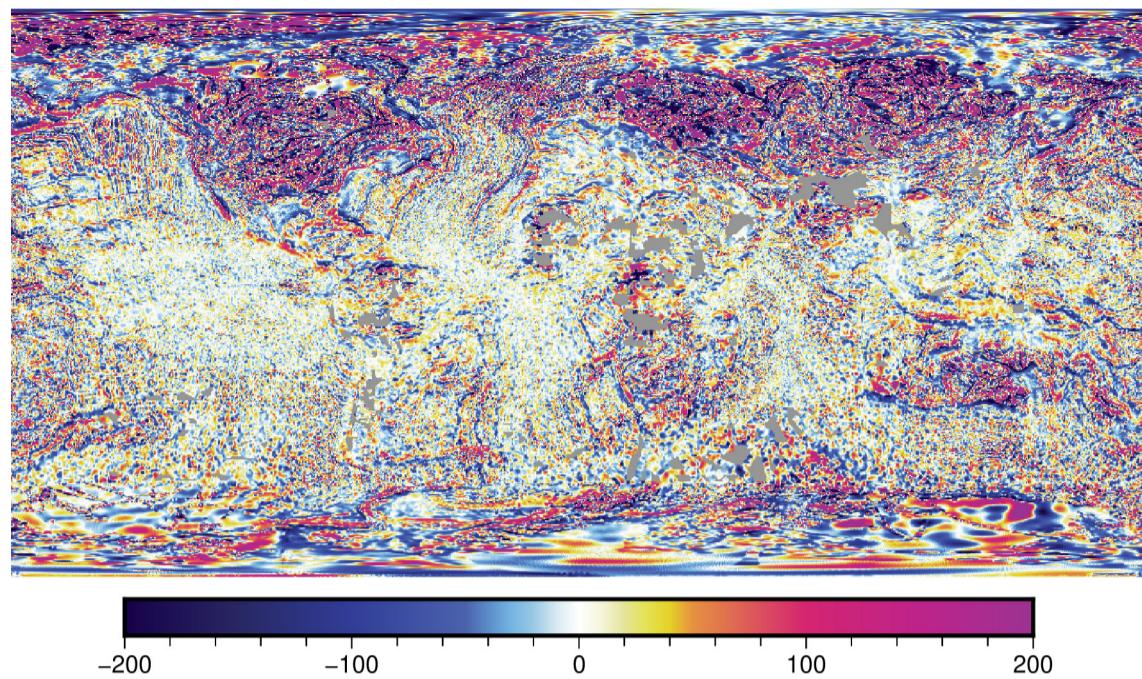
earth\_mask: 地球掩膜数据



earth\_geoid: EGM2008 全球大地水准面模型

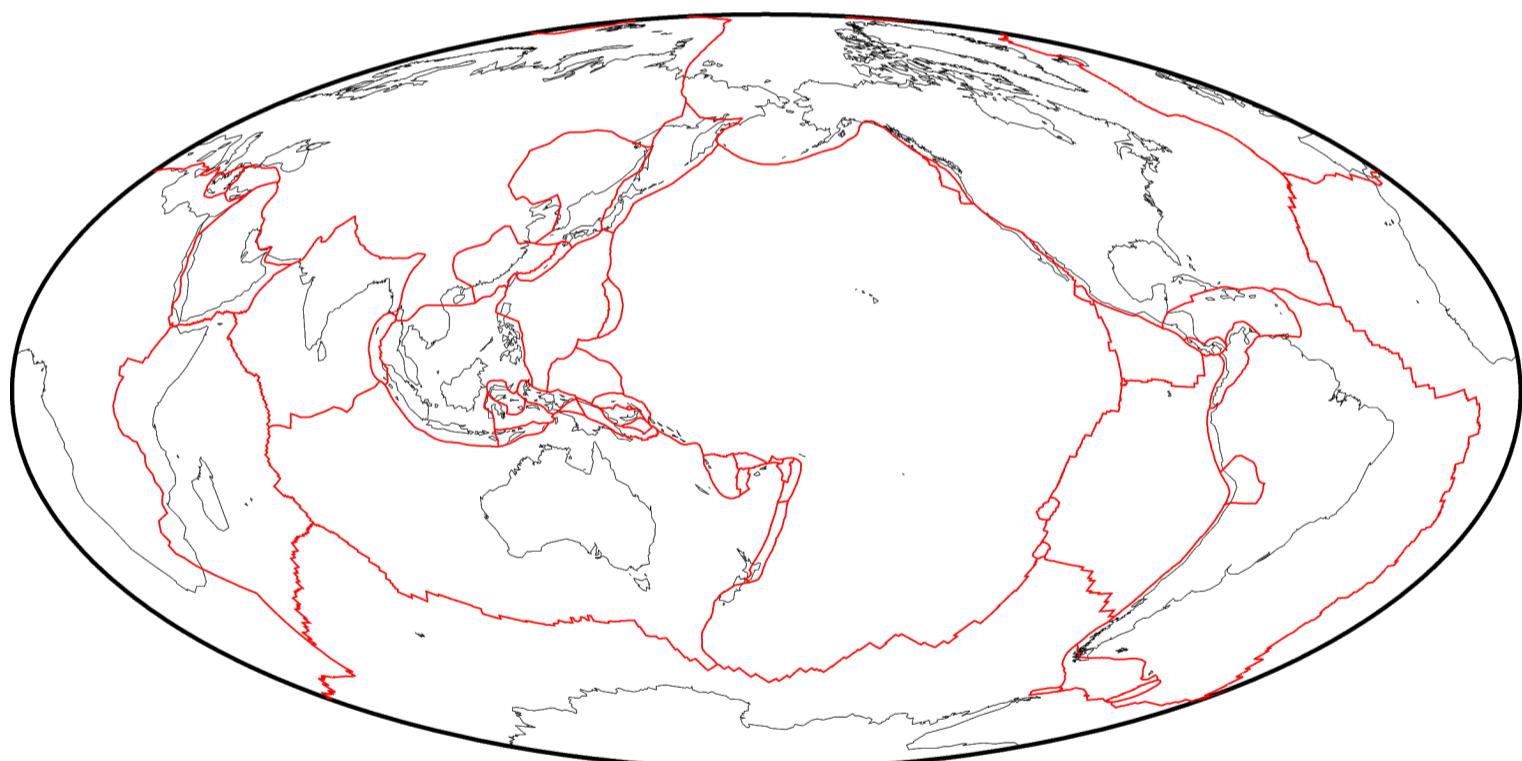


earth\_faa: IGPP 全球自由空气异常数据



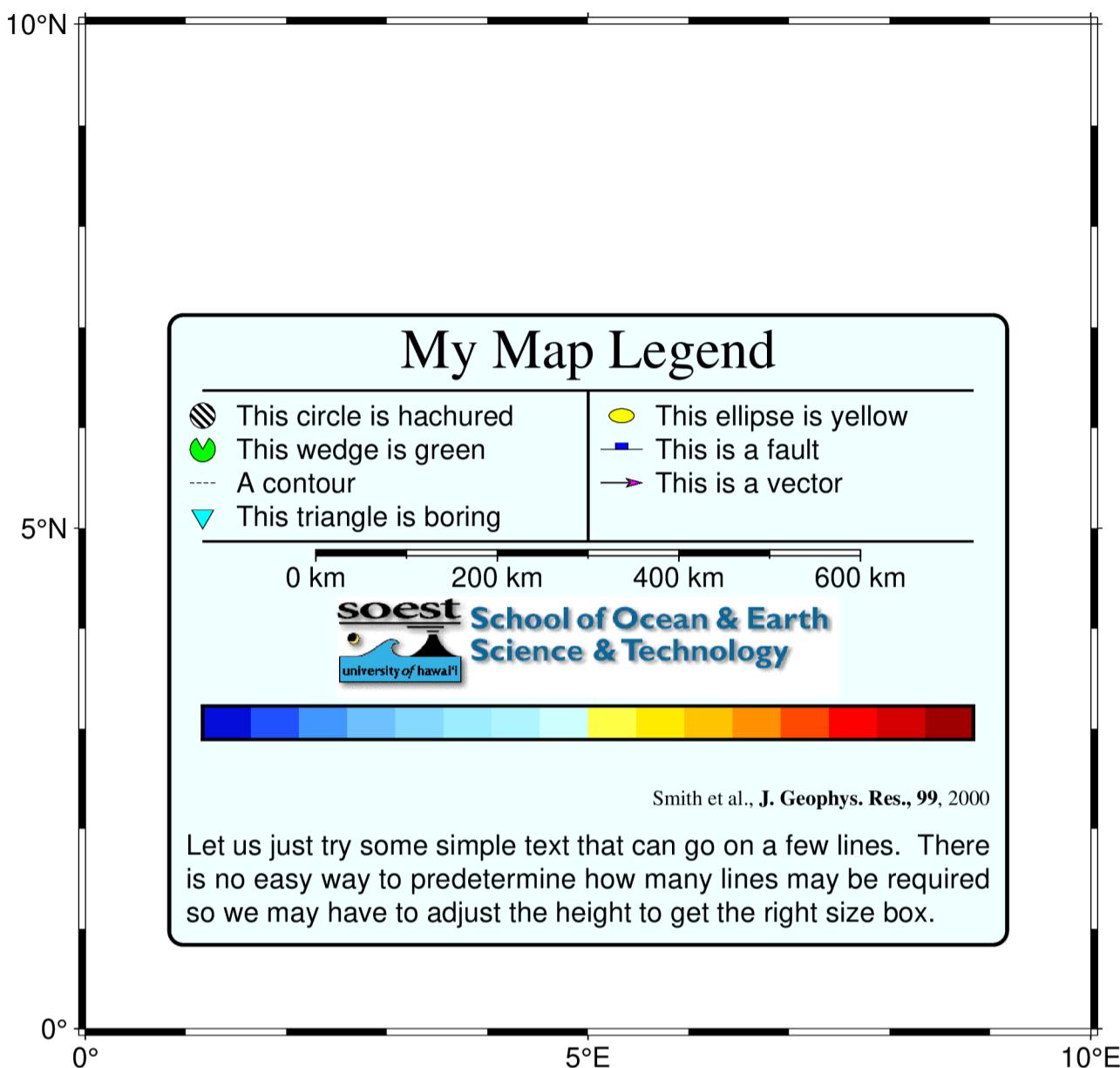
earth\_mag 和 earth\_mag4km: EMAG2 全球磁异常模型

## PB2002

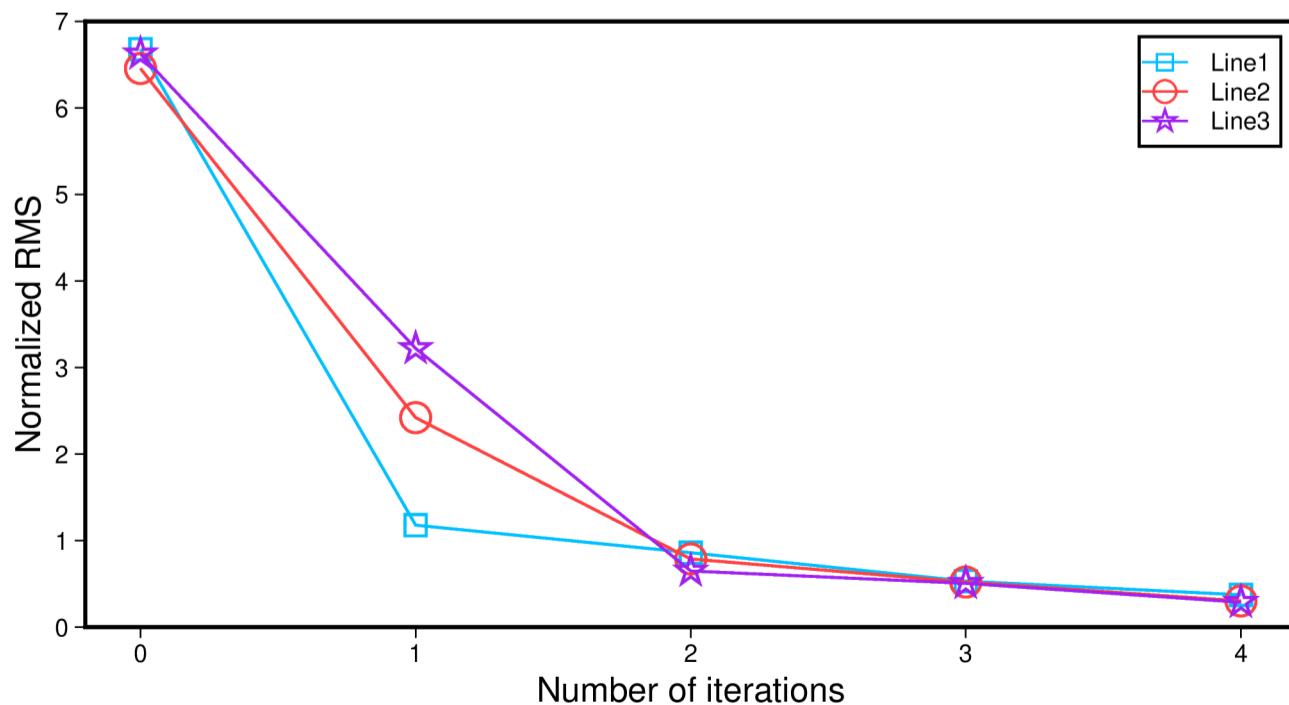


PB2002: 全球板块边界数据

## 6.6 图例



GMT 绘制图例



## 绘制点线图及其图例

## 第 7 章 外部绘图实例

- :gmt-docs:‘GMT 官方示例 <gallery.html>’\_\_
- GMT 官方动画示例
- GMT YouTube Channel
- PyGMT Gallery
- GMT and PyGMT plotting examples
- NZ Antarctic Science Conference 2021 poster

# 第 8 章 基础知识

这一章介绍使用 GMT 所需要了解的通用基础知识。用户应通读本章所有内容，了解和掌握这些 GMT 基础。

## 8.1 画布

贡献者

田冬冬

要画一张图，首先需要准备一个画布。GMT 默认的画布是一个 PDF 文件。

### 8.1.1 图片格式

GMT 支持多种矢量图片格式和位图图片格式：

- 矢量图片格式包括 PDF [[推荐](#)]、PS 和 EPS 格式
- 位图图片格式包括 PNG [[推荐](#)]、JPG [[推荐](#)]、BMP、PPM 和 TIFF 格式

在使用 GMT 绘图时，默认会生成 PDF 格式的图片，且会自动去除图片四周的白边。例如，下面的示例使用 `basemap` 模块绘制了底图，执行该脚本会生成名为 `figname.pdf` 的图片文件：

```
gmt begin figname
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

可以显式指定生成其他格式的图片。例如，下面的示例会生成 PNG 格式的图片：

```
gmt begin figname png
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

也可以同时指定生成多种图片格式，多种图片格式之间用逗号分隔开。例如，下面的示例指定同时生成 PDF 和 PNG 格式的图片：

```
gmt begin figname
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

**小技巧：**如无特殊需求，不建议使用 PS 图片格式。PS 图片格式具有如下缺点（在后面会提到）：

1. 不支持透明色
2. 默认画布大小为 A4，而其它格式默认画布大小均为 11.6 米 x11.6 米（允许的最大尺寸）
3. PS 图片格式不支持裁剪白边，而其它图片格式均支持自动裁剪白边
4. PS 阅读器只有一两款，不如 PDF 或其它图片格式选择性多

## 8.1.2 画布白边

默认情况下, GMT 会对生成的图片进行裁剪以去除四周的白边。如果想要在图片周围保留部分白边, 可以在指定图片格式后额外使用 `A+mmargins` 参数, 其中 `margins` 可以取:

- 一个数, 表示图片四周有相同的白边区域, 如 `-A+m0.5c`
- 两个数字, 表示图片 X 方向和 Y 方向有不同的白边边距, 如 `-A+m0.5c/1c`
- 四个数字, 表示图片的左右下上四个方向有不同的白边边距, 如 `-A+m0.5c/0.25c/1.0c/1.5c`

下面的示例在图片四周分别加上了 0.5 厘米的白边区域:

```
gmt begin figname pdf A+m0.5c
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

## 8.1.3 画布大小

GMT 中默认使用宽 11.6 米、高 11.6 米的画布, 在最终生成图片文件时会自动将未使用的白色区域裁减掉, 因而用户无需关心画布大小。若需要生成特定尺寸的图片, 而不裁剪周边的白色区域, 可以修改 GMT 参数 `PS_MEDIA` 来指定纸张尺寸:

```
gmt begin figname
gmt set PS_MEDIA A4
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

PS 图片格式是一个例外。若选择 PS 作为图片格式, 则默认画布大小为 A4 纸大小。当用户需要更大的画布时, 则必须修改 GMT 参数 `PS_MEDIA` 来修改画布尺寸。

## 8.1.4 画布颜色

默认的画布颜色为白色, 可以通过修改 GMT 参数 `PS_PAGE_COLOR` 来修改画布颜色:

```
gmt begin figname
gmt set PS_PAGE_COLOR lightred
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

## 8.1.5 绘图原点

GMT 在绘图时, 默认的绘图原点(即底图边框左下角)位于画布(11.6 米宽、11.6 米高)的左下角(12.7 cm, 12.7 cm)处(下图中红色圆圈)。因而绘图时, 如果需要移动绘图原点, 只能向右和向上移动, 而不能向左或向下移动。向左或向下移动绘图原点超过 12.7 厘米, 均可能使得部分图件超过画布左边界或下边界, 导致图件被部分截断。

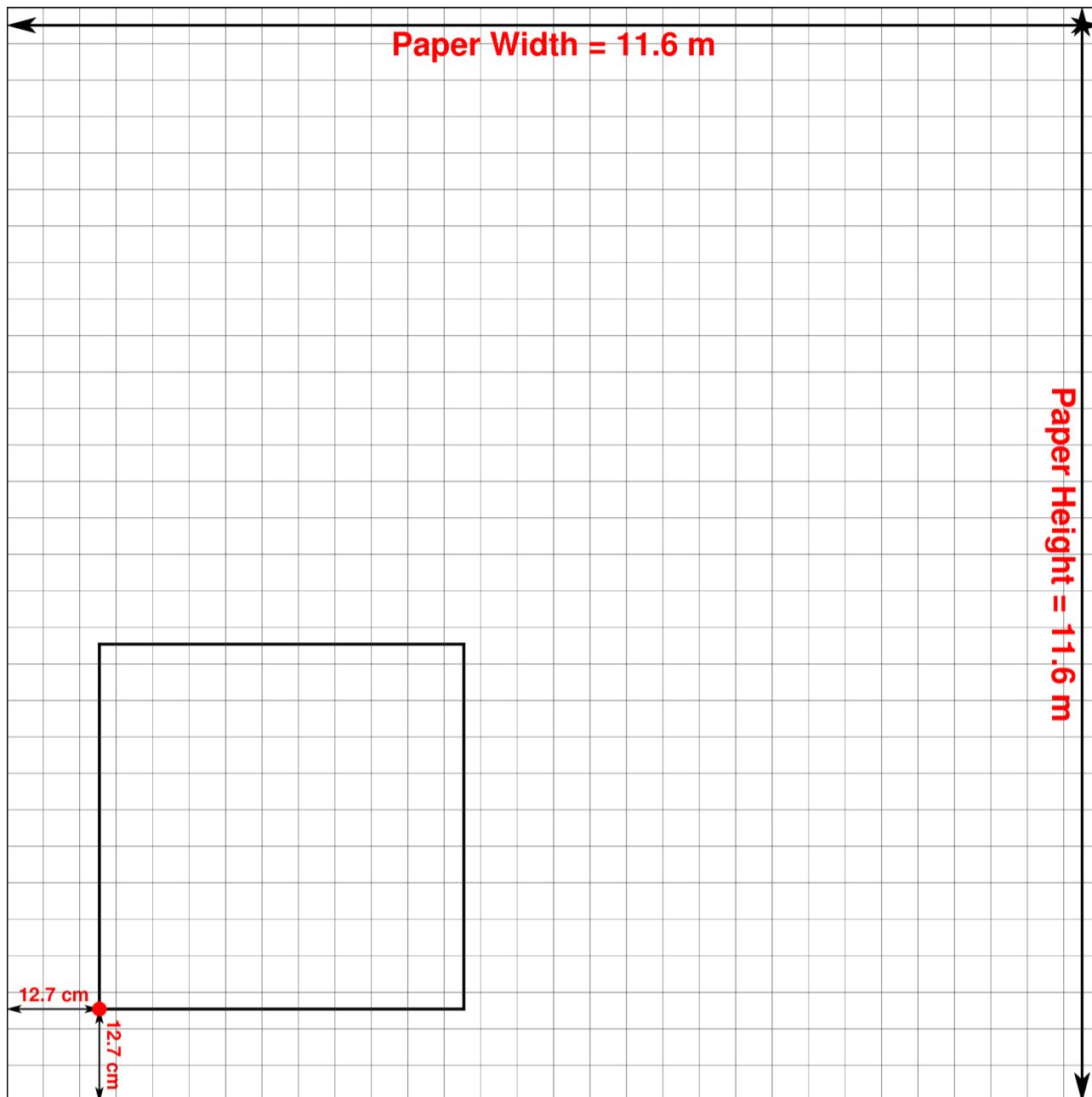


图 1: GMT 绘图原点 (红色圆圈) 相对于画布的位置

## 8.2 单位

GMT 中的单位有两类: 长度单位和距离单位。

---

**备注:** 本手册中, 长度单位专用于度量纸张上的距离, 而距离单位则用于度量真实地球上的距离。

---

### 8.2.1 长度单位

GMT 中的长度量 (如宽度、偏移量、符号大小等) 可以使用厘米 (cm)、英寸 (inch) 或点 (point) 为单位, 它们之间的关系为  $1\text{inch} = 2.54\text{cm} = 72\text{point}$ 。

厘米、英寸和点, 在 GMT 中分别用 **c**、**i** 和 **p** 表示。例如 **5c** 表示 5 厘米, **3i** 表示 3 英寸, **2p** 表示 2 点。

GMT 有两种方式可以指定长度量的单位, 即显式指定单位和隐式指定单位。

#### 显式指定单位

在长度量后直接加上单位以显式地指定当前长度量的单位。比如 **-X4c** 意味着传给 **-X** 选项的长度量是

4 厘米  
隐式指定单位

若长度量后没有给定长度单位，则 GMT 会根据参数 `PROJ_LENGTH_UNIT` 所指定的默认长度单位对该长度量进行解释。比如 `-X4` 中的长度量 4 会根据 `PROJ_LENGTH_UNIT` 取值的不同而被解释为 4 厘米、4 英寸或 4 点。

**小技巧：** 使用长度单位时，建议遵循如下几条：

- 始终显式指定长度量的单位，不依赖于 `PROJ_LENGTH_UNIT` 的值，以免导致同一脚本在不同机器上由于 GMT 参数配置的差异而导致结果不同
- 长度单位 `p` 用于指定较小的长度量，比如线宽、文字大小等
- 长度单位 `c` 和 `i` 用于指定较大的长度量，比如底图宽度、圆圈大小等
- 尽量使用 SI 单位制 (`c`) 而不用 US 单位制 (`i`)，因为国人对于 1 厘米要比 1 英寸更有概念

## 8.2.2 距离单位

对于真实地球上的距离量而言，常用单位包括：

- `d`: 度 (degree of arc)
- `m`: 分 (minute of arc)
- `s`: 秒 (second of arc)
- `k`: 千米 (kilometer)
- `e`: 米 (meter) **默认单位**

还有几个不常用的单位：

- `f`: 英尺 (foot)
- `M`: Statute mile
- `n`: Nautical mile
- `u`: US Survey foot

对于一个距离量而言，若不指定单位，则默认其单位为 `e` (即“米”)。当然还是建议为每个距离量显式指定其单位，使得命令更加清晰。比如在地球上以某点为中心画一个特定半径的圆，半径取 30 等效于 `30e` 表示 30 米，半径取 `30k` 则表示 30 千米。

## 8.2.3 小练习

1. 执行命令 `gmt get PROJ_LENGTH_UNIT` 查看 GMT 的默认长度单位。
2. 如下命令在一个长宽均为 10 厘米 (由 `-JX10c/10c` 控制) 的矩形底图中心，绘制了一个直径为 3 厘米 (由 `-Sc3c` 控制) 的圆：

```
echo 5 5 | gmt plot -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Baf -Sc3c -W1p -pdf units
```

将 `-Sc3c` 改成 `-Sc3i` 或 `-Sc3` 并绘图，比较圆圈的大小差异以理解单位的作用。

## 8.3 颜色

既然是绘图, 丰富的颜色是必须的。GMT 中可以通过五种不同的方式来指定颜色, 即:

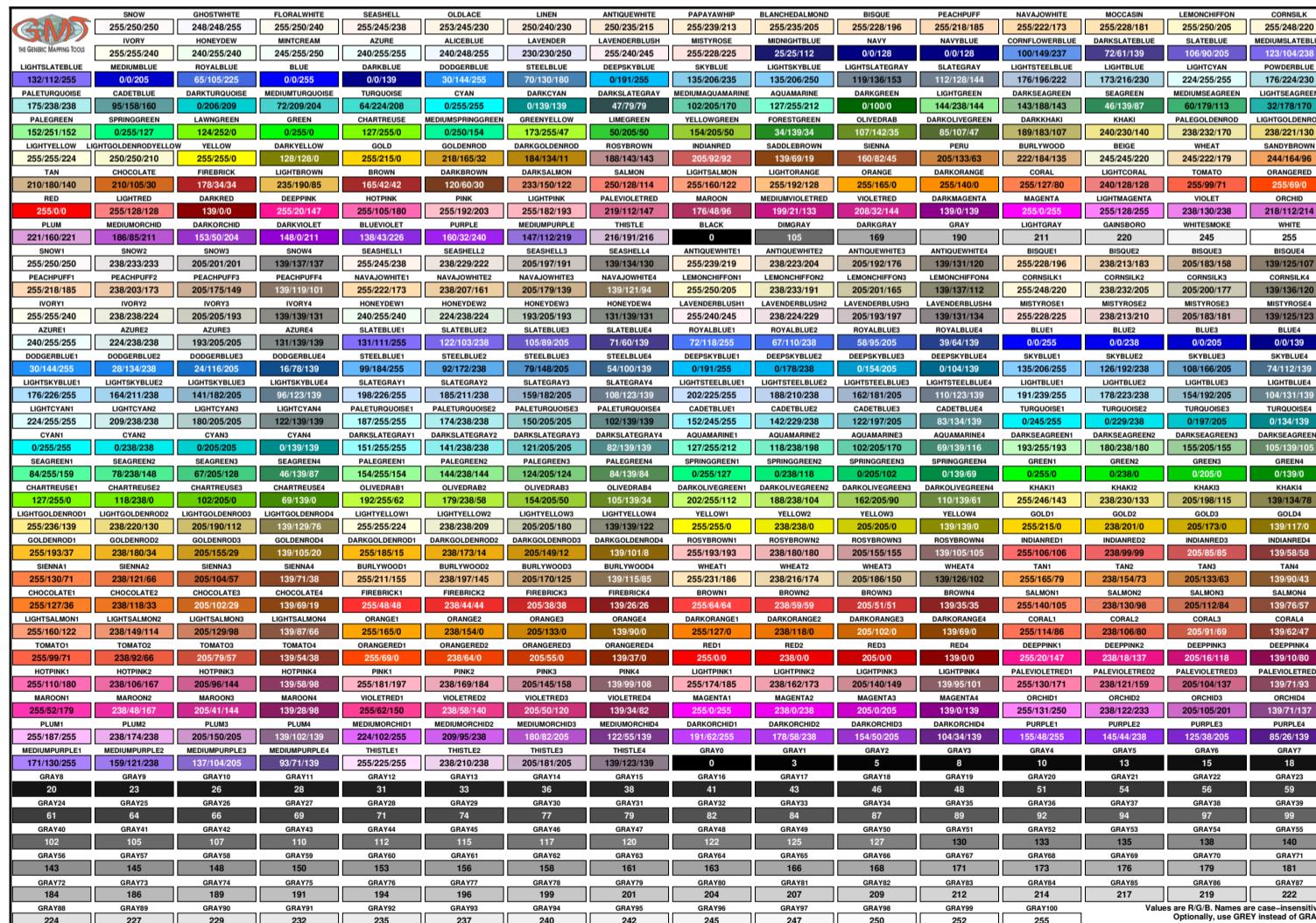
1. 颜色名
2. RGB 值
3. HSV 值
4. CMYK 值
5. 灰度值

### 8.3.1 颜色名

通过颜色名指定颜色是最直观的方式了。常见的颜色如 white、black、red、orange、yellow、green、cyan、blue、magenta、gray (或 grey) 和 brown 等。除 white 和 black 之外, 其余的几种常见颜色名还可以加上前缀 light 或 dark, 以表示浅色和深色。比如 lightblue、blue、darkblue 分别表示浅蓝、蓝色和深蓝。

所有的颜色名都是不区分大小写的, 所以 lightblue、LIGHTBLUE 或者 LightBlue 都是合法的颜色名。

GMT 支持通过颜色名指定 663 种颜色。下图中列出了 GMT 支持的所有颜色名及其对应的 RGB 值。



The table displays a comprehensive list of 663 color names and their corresponding RGB values. The colors are arranged in a grid, with each row representing a color name and each column representing its RGB components (Red, Green, Blue). The colors range from light to dark shades of various hues, including primary colors (red, green, blue), secondary colors (orange, yellow, cyan), tertiary colors (purple, magenta, brown), and neutral colors (white, black, gray).

	SNOW	GHOSTWHITE	FLORALWHITE	SEASHELL	OLDLACE	LINEN	ANTIQUEWHITE	PAPAYAWHIP	BLANCHEDALMOND	BISQUE	PEACHPUFF	NAVAJOWHITE	MOCASSIN	LEMONCHIFFON	CORN SILK
255/250/250	248/248/255	255/250/240	255/245/238	253/245/230	250/240/230	250/235/215	255/239/213	255/235/205	255/228/196	255/218/185	255/222/173	255/228/181	255/220/205	255/248/220	
IVORY	HONEYDEW	MINTCREAM	AZURE	ALICECLUB	LAVERNEBLUSH	MISTYROSE	MIDNIGHTBLUE	NAVY	NAVALBLUE	CORNFLOWERSBLUE	DARKSLATEBLUE	SLATEBLUE	MEDIUMSLATEBLUE		
255/255/240	240/255/240	240/255/250	240/248/255	230/230/250	255/240/245	255/228/225	255/215/112	0/0/128	0/0/128	100/149/237	176/113/139	106/205/205	123/104/238		
LIGHTSLATEBLUE	MEDIUMSLATEBLUE	ROYALBLUE	BLUE	DARKBLUE	DOODGERBLUE	STEELBLUE	DEEPSKYBLUE	SKYBLUE	LIGHTSLATEGRAY	SLATEGRAY	LIGHTSTEELBLUE	LIGHTCYAN	POWDERBLUE		
132/12/255	0/0/205	65/105/225	0/0/255	0/0/139	30/144/255	70/130/180	0/191/255	135/206/235	135/206/250	119/136/153	112/128/144	176/196/222	224/255/255	176/224/230	
PALETURQUOISE	CADETBLUE	DARKTURQUOISE	MEDIUMTURQUOISE	TURQUOISE	CYAN	DARKCYAN	DARKSLATEGRAY	MEDIUMMAUAMARINE	AQUAMARINE	DARKGREEN	LIGHTGREEN	DARKSEAGREEN	SEAGREEN	MEDIUMSEAGREEN	
175/238/238	95/158/160	0/206/203	72/209/204	64/224/208	0/255/255	0/139/139	47/77/97	102/205/170	127/205/212	0/100/0	144/238/144	143/188/143	46/139/87	60/179/113	32/178/170
PALEGREEN	SPRINGGREEN	LAWNGREEN	GREEN	CHARTREUSE	MEDIUMSPRINGGREEN	GREENYELLOW	LIMEGREEN	YELLOWGREEN	FORESTGREEN	OLIVEDRAB	DARKOLIVEGREEN	DARKKHAKI	PALEGOLDENROD	LIGHTGOLDENROD	
152/251/152	0/255/127	124/252/0	0/255/0	127/255/250	0/250/154	173/255/47	154/205/50	34/39/34	107/124/35	85/107/47	189/135/107	240/230/140	238/232/170	238/221/130	
LIGHTYELLOW	LIGHTGOLDENEREYELLOW	YELLOW	DARKYELLOW	GOLD	GOLDENROD	DARKGOLDENROD	ROSYBROWN	INDIANRED	SADDLEBROWN	SIENNA	PERU	BURLYWOOD	BEIGE	WHEAT	SANDYBROWN
255/255/224	250/250/210	255/255/0	128/128/0	255/215/0	218/165/32	218/143/11	188/143/143	205/92/92	139/69/19	160/82/45	223/133/63	222/184/135	245/245/220	245/222/179	244/164/96
TAN	CHOCOLATE	FIREBRICK	LIGHTBROWN	BROWN	DARKBROWN	DARKSALMON	SALMON	LIGHTSALMON	LIGHTORANGE	ORANGE	DARKORANGE	CORAL	LIGHTCORAL	TOMATO	ORANGERED
210/180/140	210/105/30	179/34/34	235/190/87	165/42/42	120/60/30	233/128/114	250/128/114	255/160/122	255/192/128	125/165/0	255/140/0	255/128/0	255/99/71	255/69/0	
RED	LIGHTRED	DARKRED	DEEPINK	HOTPINK	PINK	LIGHTPIN	PALEVIOLETRED	MAROON	MEDIUMVIOLETRED	VIOLETRED	DARKMAGENTA	MAGENTA	LIGHTMAGENTA	VIOLET	ORCHID
255/0/0	255/28/128	139/0/0	255/20/147	255/0/180	255/192/203	219/12/147	176/48/96	199/12/133	208/32/144	139/0/139	255/0/255	238/130/238	218/112/214		
PLUM	MEDIUMMORCHID	DARKORCHID	DARKVOLET	BLUEVIOLET	PURPLE	MEDIUMPURPLE	THISTLE	BLACK	DIMGRAY	DARKGRAY	GRAY	LIGHTGRAY	GAINSBORO	WHITE/SMOKE	WHITE
221/160/221	166/8/211	153/20/204	148/0/211	138/43/226	160/22/240	147/112/240	216/191/216	0	105	169	199	211	220	245	255
Snow1	Snow2	Show1	Show2	Seashell1	Seashell2	Seashell3	Seashell4	AntiqueWhite1	AntiqueWhite2	AntiqueWhite3	AntiqueWhite4	Bisque1	Bisque2	Bisque3	Bisque4
255/250/250	238/233/233	205/201/201	139/137/137	255/245/238	238/229/222	205/197/191	139/134/130	255/239/219	238/232/204	205/192/176	139/131/120	255/228/196	238/213/183	205/183/158	139/151/07
PEACHPUFF1	PEACHPUFF2	PEACHPUFF3	PEACHPUFF4	NAVAJOWHITE1	NAVAJOWHITE2	NAVAJOWHITE3	NAVAJOWHITE4	LEMONGRAPH1	LEMONGRAPH2	LEMONGRAPH3	LEMONGRAPH4	CORNFLK1	CORNFLK2	CORNFLK3	CORNFLK4
255/218/185	238/203/173	205/175/149	139/19/101	255/222/173	238/207/161	205/179/139	139/121/94	255/250/205	238/233/191	205/201/165	139/137/112	255/248/220	238/232/205	205/200/177	139/16/120
IVORY1	IVORY2	IVORY3	IVORY4	HONEYDEW1	HONEYDEW2	HONEYDEW3	HONEYDEW4	LAVENDERBLUSH1	LAVENDERBLUSH2	LAVENDERBLUSH3	LAVENDERBLUSH4	MISTYROSE1	MISTYROSE2	MISTYROSE3	MISTYROSE4
255/255/240	238/238/224	205/205/193	139/139/131	240/255/240	224/238/224	193/205/193	131/139/131	255/240/245	236/224/229	205/193/197	139/131/134	255/226/225	238/213/210	205/193/181	139/15/123
AZURE1	AZURE2	AZURE3	AZURE4	SLATEBLUE1	SLATEBLUE2	SLATEBLUE3	SLATEBLUE4	ROYALBLUE1	ROYALBLUE2	ROYALBLUE3	ROYALBLUE4	ROYALBLUE5	ROYALBLUE6	ROYALBLUE7	ROYALBLUE8
240/255/255	224/238/238	193/205/205	131/139/139	122/103/236	105/89/205	71/60/139	72/18/238	67/10/238	58/95/205	39/64/139	0/0/255	0/0/238	0/0/205	0/0/139	
DOODGERBLUE1	DOODGERBLUE2	DOODGERBLUE3	DOODGERBLUE4	STEELBLUE1	STEELBLUE2	STEELBLUE3	STEELBLUE4	DEEPSKYBLUE1	DEEPSKYBLUE2	DEEPSKYBLUE3	DEEPSKYBLUE4	SKYBLUE1	SKYBLUE2	SKYBLUE3	SKYBLUE4
30/144/255	28/134/238	24/116/205	16/78/139	99/184/255	92/172/238	79/140/228	54/100/139	0/191/255	0/178/238	0/154/205	0/104/139	135/206/250	126/192/230	108/166/205	74/112/139
LIGHTSKYBLUE1	LIGHTSKYBLUE2	LIGHTSKYBLUE3	LIGHTSKYBLUE4	SLATEGRAY1	SLATEGRAY2	SLATEGRAY3	SLATEGRAY4	LIGHTSTEELBLUE1	LIGHTSTEELBLUE2	LIGHTSTEELBLUE3	LIGHTSTEELBLUE4	LIGHTBLU1	LIGHTBLU2	LIGHTBLU3	LIGHTBLU4
176/226/255	164/211/238	141/182/205	96/123/139	198/226/255	185/211/238	159/182/205	108/123/139	202/225/255	188/210/238	162/181/205	110/123/139	191/239/255	178/223/238	154/192/205	104/131/139
LIGHTCYAN1	LIGHTCYAN2	LIGHTCYAN3	LIGHTCYAN4	PALETURQUOISE1	PALETURQUOISE2	PALETURQUOISE3	PALETURQUOISE4	CADETBLUE1	CADETBLUE2	CADETBLUE3	CADETBLUE4	TURQUOISE1	TURQUOISE2	TURQUOISE3	TURQUOISE4
224/255/255	209/238/238	180/205/205	122/139/139	187/255/255	174/238/238	150/205/205	102/139/139	125/245/255	142/229/238	122/197/205	83/134/139	245/255/255	229/238/238	0/197/205	0/134/139
CYAN1	CYAN2	CYAN3	CYAN4	DARKSLATEGRAY1	DARKSLATEGRAY2	DARKSLATEGRAY3	DARKSLATEGRAY4	AQUAMARINE1	AQUAMARINE2	AQUAMARINE3	AQUAMARINE4	DARKSEAGREEN1	DARKSEAGREEN2	DARKSEAGREEN3	DARKSEAGREEN4
0/255/255	0/238/238	0/205/205	0/139/139	151/255/255	141/238/238	120/205/205	82/139/139	102/205/170	102/205/170	69/139/116	193/255/193	180/238/180	155/205/155	105/139/105	
SEAGREEN1	SEAGREEN2	SEAGREEN3	SEAGREEN4	PALEGREEN1	PALEGREEN2	PALEGREEN3	PALEGREEN4	SPRINGGREEN1	SPRINGGREEN2	SPRINGGREEN3	SPRINGGREEN4	GREEN1	GREEN2	GREEN3	GREEN4
84/255/159	78/238/148	67/205/128	46/139/87	154/255/154	144/238/144	120/205/124	84/139/84	0/255/127	0/238/118	0/205/102	0/139/69	0/255/255	0/238/238	0/205/0	0/139/0
CHARTRUESE1	CHARTRUESE2	CHARTRUESE3	CHARTRUESE4	OLIVEDRAB1	OLIVEDRAB2	OLIVEDRAB3	OLIVEDRAB4	DARKOLIVEGREEN1	DARKOLIVEGREEN2	DARKOLIVEGREEN3	DARKOLIVEGREEN4	KHAKI1	KHAKI2	KHAKI3	KHAKI4
127/255/0	116/236/0	102/205/0	69/139/0	192/255/62	179/235/58	150/205/50	105/139/34	202/255/112	188/238/104	162/205/90	110/139/61	255/246/143	238/230/133	205/198/115	139/147/78
LIGHTGOLDENROD1	LIGHTGOLDENROD2	LIGHTGOLDENROD3	LIGHTGOLDENROD4	LIGHTYELLOW1	LIGHTYELLOW2	LIGHTYELLOW3	LIGHTYELLOW4	YELLOW1	YELLOW2	YELLOW3	YELLOW4	GOLD1	GOLD2	GOLD3	GOLD4
255/236/139	238/200/130	205/190/112	139/129/76	255/255/224	238/238/209	205/205/180	139/122/76	255/250/50	238/230/180	205/205/0	139/120/70	255/210/105	238/201/0	205/173/0	139/117/0
GOLDENROD1	GOLDENROD2	GOLDENROD3	GOLDENROD4	DARKGOLDENROD1	DARKGOLDENROD2	DARKGOLDENROD3	DARKGOLDENROD4	ROSYBROWN1	ROSYBROWN2	ROSYBROWN3	ROSYBROWN4	INDIANRED1	INDIANRED2	INDIANRED3	INDIANRED4
255/193/37	238/180/34	205/185/29	139/105/20	255/185/15	238/173/14	205/149/12	139/101/8	255/193/193	238/180/180	205/155/105	139/105/105	238/199/99	205/85/85	139/5/58	
SIENNA1	SIENNA2	SIENNA3	SIENNA4	BURLYWOOD1	BURLYWOOD2	BURLYWOOD3	BURLYWOOD4	WHEAT1	WHEAT2	WHEAT3	WHEAT4	TAN1	TAN2	TAN3	TAN4
255/130/71	238/121/66	205/104/57	139/71/38	255/211/155	238/197/145	205/170/125	139/115/85	255/231/166	238/216/174	205/186/150	139/126/102	255/165/79	238/154/73	205/133/63	139/0/43
CHOCOLATE1	CHOCOLATE2	CHOCOLATE3	CHOCOLATE4	FIREBRICK1	FIREBRICK2	FIREBRICK3	FIREBRICK4	BROWN1	BROWN2	BROWN3	BROWN4	SALMON1	SALMON2	SALMON3	SALMON4
255/27/36	238/18/33	205/10/29	139/69/19	255/48/48											

### 8.3.2 RGB

即三原色光模型, 或又称 RGB 颜色模型, 是一种加色模型, 将红 (Red)、绿 (Green)、蓝 (Blue) 三原色的色光以不同的比例相加, 以产生多种多样的色光。

GMT 中可以通过  $r/g/b$  的格式来指定 RGB 颜色, 其中  $r, g, b$  的取值范围都是 0 到 255, 三者用斜线 / 分开。

RGB 颜色示例:

- 0/0/0: 黑色;
- 255/255/255: 白色;
- 255/0/0: 红色;
- 0/255/0: 绿色;
- 0/0/255: 蓝色;

RGB 颜色除了可以用上面的表示法之外, 还可以用 HTML 中常用的表示法  $\#RRGGBB$ , 即分别用两位的十六进制数字表示每个颜色通道, 0 对应的 16 进制是 00, 255 对应的 16 进制是 FF。例如 #000000 即黑色, #FF0000 即红色。十六进制数用大小写表示均可。

### 8.3.3 HSV

通过  $h-s-v$  格式指定颜色, 其中 HSV 分别代表色相 (Hue)、饱和度 (Saturation) 和明度 (Value), 三者之间用连字号 - 分开。

- 色相 (H) 是色彩的基本属性, 就是平常所说的颜色名称 (如红色、黄色等), 取值范围为 0 到 360。
- 饱和度 (S) 是指色彩的纯度, 越高色彩越纯, 低则逐渐变灰, 取值范围为 0 到 1。
- 明度 (V) 是色彩的亮度, 取值范围为 0 (dark) 到 1 (light)。

例如 200-0.1-0.1。

### 8.3.4 CMYK

印刷四分色模式, 是彩色印刷时采用的一种套色模式, 利用色料的三原色混色原理, 加上黑色油墨, 共计四种颜色混合叠加, 形成所谓“全彩印刷”。四种标准颜色是:

- Cyan: 青色, 又称为天蓝色或是湛蓝
- Magenta: 品红色, 又称为洋红色
- Yellow: 黄色
- blacK: 定位套版色 (黑色)

GMT 中可以通过  $c/m/y/k$  的方式指定 CMYK 格式的颜色。 $c, m, y, k$  的取值范围均为 0 到 100, 用斜线 / 分开, 例如 20/30/40/40。

### 8.3.5 灰色

灰色是常见的一种颜色, 而灰色又可以根据灰的不同程度细分为不同的灰色。指定灰色的办法很简单, 用一个数值表示灰度即可, 其取值范围为 0 到 255。例如 0 表示黑色, 255 表示白色, 128 表示灰色。

除了用灰度表示之外, 灰色还可以用前面提到的几种形式表示:

1. 用 RGB 表示灰度

灰色本质上就是  $R=G=B$  的一种颜色。因而 128/128/128 代表灰度为 128, 200/200/200 代表灰度是 200。

## 2. 用 GMT 颜色名表示灰度

GMT 自定义了多个颜色名来表示不同程度的灰色。除了前面说过的 `gray`、`lightgray` 和 `darkgray` 之外, 还有 `gray0`、`gray1` 一直到 `gray100`。其中 `gray0` 即黑色, `gray100` 即白色。

### 8.3.6 透明色

每一种颜色, 都可以额外指定其透明度。

GMT 中可以通过在颜色后加上 @ 再加上透明度来得到不同程度的透明色。透明度的取值范围是 0 到 100, 0 表示不透明, 100 表示全透明。

例如: `red@25, 30/25/128@60`。

**备注:** PS 格式不支持透明色。

### 8.3.7 颜色小结

GMT 中可以用五种方法指定颜色, 分别是:

- 颜色名: `red`
- RGB 值: `30/25/128` 或 `#00FA84`
- HSV 值: `200-0.1-0.1`
- CMYK 值: `0.2/0.3/0.4/0.5`
- 灰度: `30`

### 8.3.8 小练习

下面的命令在底图中心绘制了一个红色圆圈, 试着将 `-Gred` 中的 `red` 改为其它颜色以理解这一节的内容:

```
echo 5 5 | gmt plot -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Baf -Sc3c -Gred -pdf colors
```

## 8.4 画笔

有画笔才能画线条、三角形、圆形等各种复杂的形状。

GMT 中的画笔有三个属性: 笔宽、颜色和线型, 三者用逗号分隔, 即 `width,color,style`。

在 GMT 模块的语法介绍中, 一般用 `pen` 表示画笔属性, 读者在见到 `pen` 时应自行脑补成 `width,color,style`。

在指定画笔属性时, 可以指定三个属性中的任意一个或多个属性, 但要保证属性的相对顺序。

### 8.4.1 画笔线宽

GMT 中可以通过两种方式指定画笔宽度:

#### 1. 宽度值 + 单位, 即 `widthc|i|p`

在不指定线宽单位时, GMT 使用的默认线宽单位为 `p`。除了 `p` 之外, 还可以使用 `c` 或 `i` 指定线宽单位为厘米或英寸。

推荐只使用 `p` 作为线宽单位, 毕竟多数情况下线条的宽度都比较小, 用“小”单位 `p` 作为单位更方便些。且建议总是显式指定线宽单位, 以使得命令的参数更加易读, 比如 `1p, 0.25p`。

## 2. 预定义画笔宽度名

对于一些常用的画笔宽度, GMT 将其定义为特定的名字, 以方便用户使用。下表中列出了 GMT 预定义画笔宽度名及其对应的线宽。

表 1: GMT 预定义画笔宽度名

线宽名	线宽	线宽名	线宽
<b>faint</b>	0	<b>thicker</b>	1.5p
<b>default</b>	0.25p	<b>thickest</b>	2p
<b>thinnest</b>	0.25p	<b>fat</b>	3p
<b>thinner</b>	0.50p	<b>fatter</b>	6p
<b>thin</b>	0.75p	<b>fattest</b>	10p
<b>thick</b>	1.0p	<b>obese</b>	18p

---

**备注:** 指定线宽为 **0p** 或者 **faint** 并不表示不绘制线段, 而是制定了画笔的宽度为最细宽度。画笔的实际最细宽度由具体的设备来决定。通常情况下, 线宽为 **0p** 的线条在图片缩放时线条宽度总是保持最小值。

---

### 8.4.2 画笔颜色

在[颜色](#) 中已经介绍了如何指定颜色, 所有的颜色均可用于指定画笔的颜色。

### 8.4.3 画笔线型

画笔线型属性 *style* 控制了线条的外观, 可以用四种方式表示:

#### 1. 简单符号

- . 表示点线
- - 表示虚线

#### 2. 组合符号

通过对简单符号的任意组合可以获得更多的线型, 比如 .- 表示点划线, ...- 表示两个点号与一个连字号交替出现。

#### 3. 预定义线型名

GMT 预定义了几种线型名, 包括:

- **solid**: 即实线
- **dashed**: 即虚线, 等效于 -
- **dotted**: 即点线, 等效于 .
- **dashdot**: 划点线, 等效于 -.
- **dotdash**: 点划线, 等效于 .-

---

**备注:** . 和 - 的绝对长度由画笔宽度来决定。. 的长度等于画笔宽度; - 的长度为 8 倍画笔宽度; 点线或虚线中段间空白的长度为 4 倍画笔宽度。

---

#### 4. 复杂线型

通过 `string[:offset]` 的形式可以自定义任意复杂的线型。

`string` 是一系列由下划线 `_` 分隔的数字组成。这一系列数字中, 第奇数个数字表示实线的长度, 第偶数个数字表示空白的长度。通过实线和空白的长度的不同组合, 即可构成多种复杂的线型。`offset` 表示线段开始处整个线型的初始相位移动(默认值为 0)。

例如, `4_8_5_8:2p` 表示线型首先是长度为 `4p` 的实线, 然后是长度为 `8p` 的空白, 紧接着长度为 `5p` 的实线和长度为 `8p` 的空白, 然后按照该模式不断重复。此处的 `offset` 值为 `2p`, 因而线段的最开始处, 第一条实线的长度 `4p` 经过相移后长度为 `2p`。

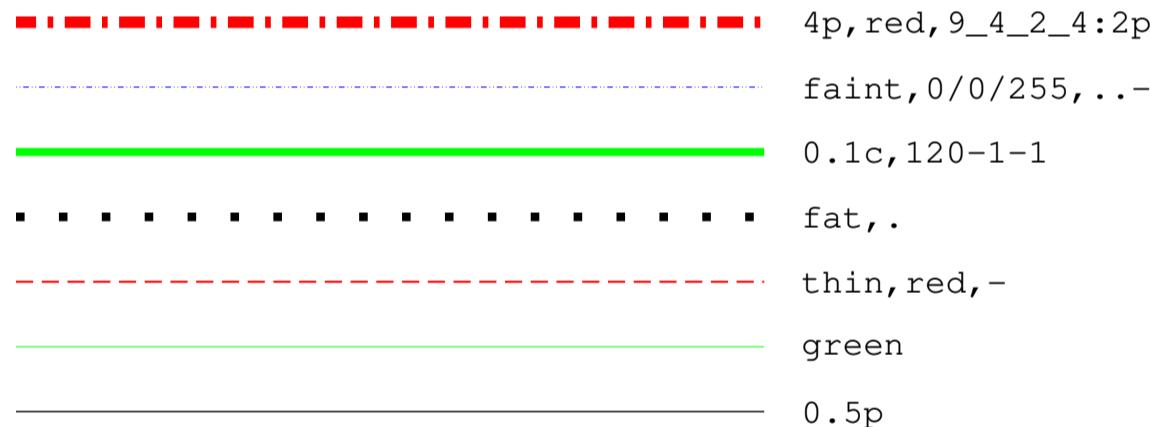
线型中的这些数值, 默认单位是 `p`, 也可以使用 `c` 或 `i`。

#### 8.4.4 小练习

下面的命令用 `plot` 模块绘制了一条线段。读者可以将命令中 `-Wpen` 中的 `pen` 修改为不同的值来理解如何指定不同的画笔属性:

```
gmt plot -R0/10/0/5 -JX10c/5c -Wpen -pdf pens << EOF
0 2
10 2
EOF
```

#### Source Code



发挥你的想象力, 想想如何绘制如下图所示的黑白相间的铁轨线? 点击“Source Code”可以查看下图对应的绘图脚本。

#### Source Code



## 8.5 填充

用画笔绘制了圆形或多边形之后, 还可以为其填充颜色。在 GMT 模块的语法介绍中, 一般用 `fill` 表示需要指定填充属性, 读者在见到 `fill` 时应自动联想到本节介绍的内容。

填充 `fill` 有两种方式/形式: 填充颜色和填充图案。

最常见的情况是使用 `plot` 模块绘制一个多边形区域或一个符号, 然后使用 `-Gfill` 选项为其填充颜色。为了方便描述, 这一节以 `-Gfill` 为例。

### 8.5.1 填充颜色

给多边形或符号填充颜色很简单，直接用 **-Gcolor** 即可。颜色在[颜色](#)一节已经介绍过了。比如 **-Gred** 表示填充色为红色，**-G230/200/0** 表示填充色为 **230/200/0**。

### 8.5.2 填充图案

除了可以填充颜色之外，还可以使用填充图案（pattern）。比如地质图里经常会给不同区域填充不同的图案以区分不同的地质结构。其语法为：**-GP|p pattern [+bcolor][+fcolor][+rdpi]**

*pattern* 有两种取法：

- 取 1 到 90 内的整数，表示使用 GMT 提供的[GMT 预定义填充图案](#)
- 取文件名，表示使用一个 1、8 或 24 位 Sun 光栅文件作为位图图案

**+rdpi** 设置了用于填充的位图图案的分辨率。*dpi* 越大，则填充区域内位图重复的次数越多。*dpi* 的默认值为 1200。

若使用 **-GP** 而不是 **-Gp**，则图案会发生位反转，即白色区域变成黑色，黑色区域变成白色（仅对 1 位位图或 GMT 预定义位图图案有效）。

对于 GMT 预定义的图案以及用户自定义的 1 位位图来说，可以用 **+bcolor** 和 **+fcolor** 分别设置图案的前景色和背景色，以分别替换默认的黑色和白色像素点。若只给 **+b** 和 **+f** 而不指定颜色，则视为前景色或背景色为透明。

#### 备注：

1. 使用的光栅图片必须小于 146x146 像素；若要使用更大的图像，需要使用[image](#) 模块
2. 默认只能使用 Sun 光栅文件。若 GMT 在编译时链接了 GDAL，则也可以使用其它格式的图片作为填充图案
3. 图案填充是通过使用多边形做路径裁剪实现的。复杂的裁剪路径会需要更多的内存，因而可能导致某些 PS 解释器由于内存不足而退出。在这种情况下，建议使用灰度填充区域

### 8.5.3 小练习

下面使用[plot](#) 模块在底图中心绘制了一个直径为 4 厘米的圆，并填充颜色：

```
echo 5 5 | gmt plot -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Baf -Sc4c -Gfill -pdf test
```

请尝试将命令中的 **-Gfill** 中的 *fill* 修改为以下不同的值并查看效果以理解这一节的内容：

- **-G128**
- **-G127/255/0**
- **-G#00ff00**
- **-G25-0.86-0.82**
- **-GDarkOliveGreen1**
- **-Gp7+r300**
- **-Gp12+r300**
- **-Gp7+r1000**

- -GP7+r1000
- -Gp7+bred+r300
- -Gp7+bred+f-+r300

#### 8.5.4 附录: GMT 预定义填充图案

下图列出了 GMT 中预定义的 90 种位图图案 (右键查看大图并放大才能看到差异), 所有图案都是使用默认的黑白色在  $dpi=300$  的环境下生成的。每张小图中左半部分使用 -Gp 绘制, 右半部分使用 -GP 绘制。

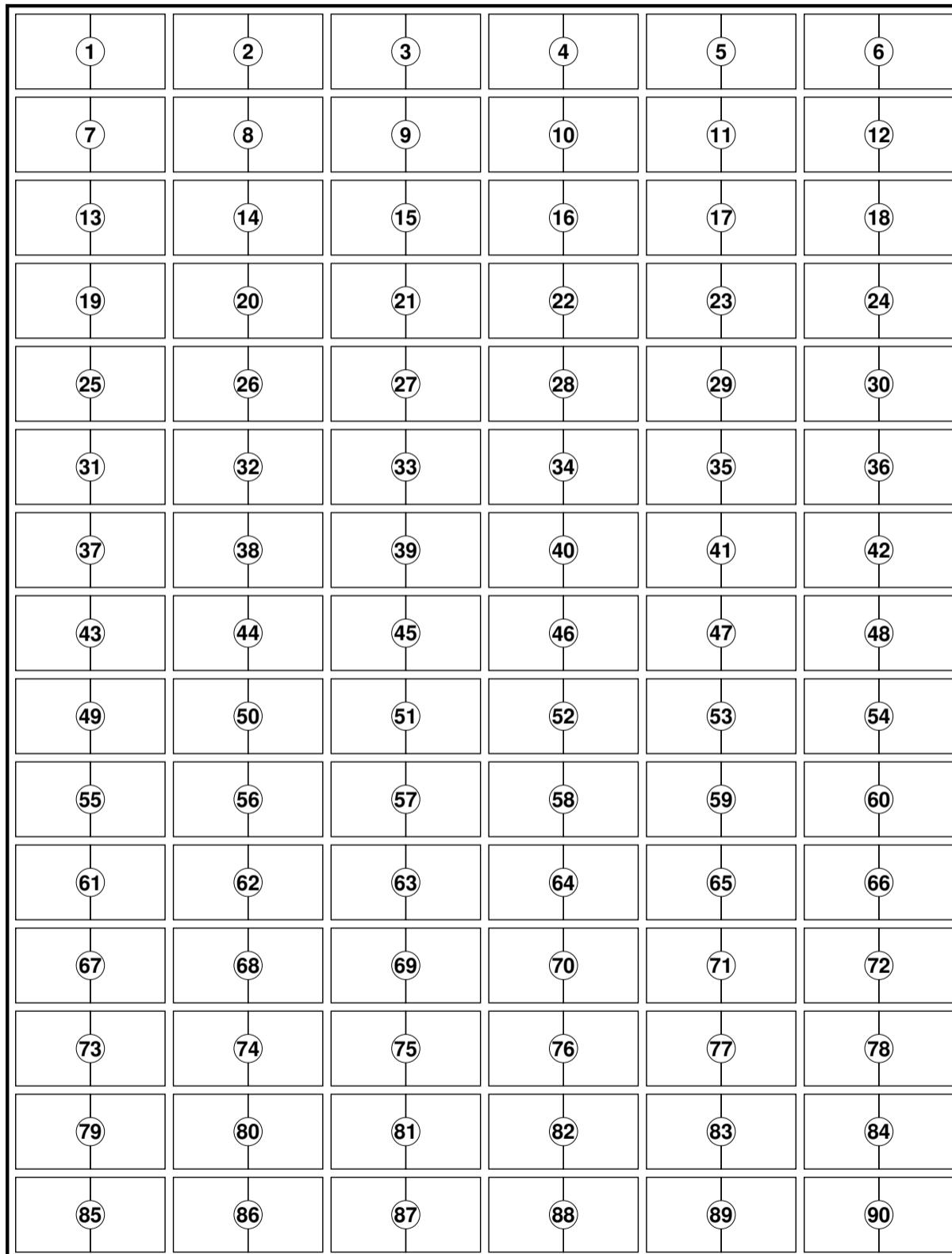


图 2: GMT 内置位图图案

下载: PDF 格式 | PNG 格式

## 8.6 文字

文字，也称文本或字符串。主要由三个属性控制：文字大小、字体、颜色。三个属性之间用逗号分隔，即：`size,fonttype,fill`。

在模块的语法介绍中，通常使用 `font` 表示需要用户指定文字属性，用户应自行将其脑补为 `size,fonttype,fill`。

三者均是可选的，但先后顺序不可乱。若其中任意一个属性被省略，则使用该属性的默认值。

### 8.6.1 文字大小

文字大小，即常说的字号，可以用数字加单位表示。在不指定单位的情况下默认单位为 `p`，也可加上 `c`、`p` 或者 `i` 显式指定单位，比如 `15p`。

有些中文期刊可以会有类似“图片标题是四号字”这样的要求，这就需要知道 GMT 中的字体大小与 Microsoft Word 中字号大小的对应关系。如下表所示：

表 2: Word 字号与 GMT 中字号 (p) 对应关系

字号	<code>p</code>	字号	<code>p</code>
初号	42	小初	36
一号	26	小一	24
二号	22	小二	18
三号	16	小三	15
四号	14	小四	12
五号	10.5	小五	9
六号	7.5	小六	6.5
七号	5.5	八号	5

### 8.6.2 字体

GMT 默认支持 35 种标准字体。下图给出了 GMT 支持的 35 种字体的名字及对应的编号：

[Source Code](#)

#	Font Name	#	Font Name
0	Helvetica	17	<b>Bookman-Demi</b>
1	<b>Helvetica-Bold</b>	18	<b>Bookman-DemiItalic</b>
2	<i>Helvetica-Oblique</i>	19	Bookman-Light
3	<b>Helvetica-BoldOblique</b>	20	<i>Bookman-LightItalic</i>
4	Times-Roman	21	Helvetica-Narrow
5	<b>Times-Bold</b>	22	<b>Helvetica-Narrow-Bold</b>
6	<i>Times-Italic</i>	23	<i>Helvetica-Narrow-Oblique</i>
7	<b>Times-BoldItalic</b>	24	<b>Helvetica-Narrow-BoldOblique</b>
8	Courier	25	NewCenturySchlbk-Roman
9	<b>Courier-Bold</b>	26	<i>NewCenturySchlbk-Italic</i>
10	<i>Courier-Oblique</i>	27	<b>NewCenturySchlbk-Bold</b>
11	<b>Courier-BoldOblique</b>	28	<b>NewCenturySchlbk-BoldItalic</b>
12	Σψμβολ (Symbol)	29	Palatino-Roman
13	AvantGarde-Book	30	<i>Palatino-Italic</i>
14	<i>AvantGarde-BookOblique</i>	31	<b>Palatino-Bold</b>
15	<b>AvantGarde-Demi</b>	32	<i>Palatino-BoldItalic</i>
16	<b>AvantGarde-DemiOblique</b>	33	ZapfChancery-MediumItalic
		34	※♦□✿◆✿◆※○✿▼▲ (ZapfDingbats)

GMT 中可以用字体名（区分大小写）或对应的字体编号来指定字体（比如 **Helvetica-Bold** 或者 1）。上图中给出了每种字体的字体编号以及字体名称。每个字体名称使用的是自己相对应的字体，所以可以从图中直观地看出不同字体的区别。

---

**小技巧：** 使用 `gmt text -L` 可以在命令行查看 GMT 所支持的字体及其编号。

---

图中大多数字体都很直观，比较特别的字体有两个，Symbol (12号) 和 ZapfDingbats (34号)，前者常用于输出希腊字母，后者则用于输出特殊图案，详情见[特殊字符](#)。

### 8.6.3 填充色

可以为文字指定填充色或填充图案，也就是常说的文字颜色。

在[颜色](#) 和[填充](#) 一节中我们已经介绍了如何设置填充色和填充图案，其中介绍的内容均可用于设置文本颜色。

### 8.6.4 描边

在给文字指定填充色的同时，还可以在填充色 `fill` 后加上 `=pen` 以指定文本轮廓（即描边）的画笔属性。画笔属性 `pen` 的用法见[画笔](#) 一节。比如 `red=2p,blue` 表示将文字填充为红色，并使用宽度为 `2p` 的蓝色线条给文字描边。若填充色 `fill` 为 `-`，则不对文字做填充，即实现空心文字的效果。

使用 `=pen` 语法绘制文本轮廓时，轮廓线条有一半宽度位于文字外部，另一半宽度会遮住字体。为了避免这一现象，可以使用 `=~pen` 语法，此时在绘制文字轮廓时只绘制文字外部的半个线宽的线条。

## 8.6.5 小练习

`text` 模块可以用于添加文字。下面的命令在图上写了文字 TEXT:

```
echo 2.5 0.5 TEXT | gmt text -R0/5/0/1 -JX15c/2c -F+ffont -pdf text
```

将 `-F+ffont` 中的 *font* 修改为不同的值并查看绘图效果以理解这一节的内容。

下图给出了 *font* 取不同值的效果:

Source Code

TEXT	30p, 5, --1p, black, solid
TEXT	30p, 5, blue=1p, black, solid
TEXT	30p, Courier-Bold, blue
TEXT	30p, 8, red
TEXT	30p, 8
TEXT	30p

## 8.7 特殊字符

除了键盘上可以直接输入的一般字符之外，GMT 还可以打印一些常用的特殊字符，如大小写的希腊字母、加减号、大于等于号等。

这些特殊字符无法通过键盘直接输入，GMT 中可以通过输入八进制码的方式指定特殊字符。

### 8.7.1 八进制码指定特殊字符

GMT 中可以用一个三位的八进制码指定一个特殊字符。八进制码与特殊字符之间的对应关系，可以通过查询下表得到：

ISOLatin1+

Standard+

octal	0	1	2	3	4	5	6	7		octal	0	1	2	3	4	5	6	7
\03x		•	…	™	—	–	fi	ž		\03x		¾	³	™	²	ý	ÿ	ž
\04x		!	"	#	\$	%	&	'		\04x		!	"	#	\$	%	&	'
\05x	(	)	*	+	,	–	·	/		\05x	(	)	*	+	,	-	·	/
\06x	0	1	2	3	4	5	6	7		\06x	0	1	2	3	4	5	6	7
\07x	8	9	:	;	<	=	>	?		\07x	8	9	:	;	<	=	>	?
\10x	@	A	B	C	D	E	F	G		\10x	@	A	B	C	D	E	F	G
\11x	H	I	J	K	L	M	N	O		\11x	H	I	J	K	L	M	N	O
\12x	P	Q	R	S	T	U	V	W		\12x	P	Q	R	S	T	U	V	W
\13x	X	Y	Z	[	\`	]	^	–		\13x	X	Y	Z	[	\`	]	^	–
\14x	‘	a	b	c	d	e	f	g		\14x	‘	a	b	c	d	e	f	g
\15x	h	i	j	k	l	m	n	o		\15x	h	i	j	k	l	m	n	o
\16x	p	q	r	s	t	u	v	w		\16x	p	q	r	s	t	u	v	w
\17x	x	y	z	{		}	~	š		\17x	x	y	z	{		}	~	f
\20x	Œ	†	‡	Ł	/	„	Š	›		\20x	Ã	Ç	Ð	Ł	Ñ	Õ	Š	Þ
\21x	œ	Ÿ	Ž	ł	%o	”	“	”		\21x	Ý	Ÿ	Ž	ã	¡	ç	©	º
\22x	ı	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؘ		\22x	÷	ð	ؔ	ؓ	ؖ	ؗ	ؙ	ؚ
\23x	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ	ؙ		\23x	½	¼	ؑ	ؓ	ؖ	ؗ	ؙ	ؚ
\24x		ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؙ		\24x	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؙ	ؚ
\25x	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ	ؙ		\25x	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ	ؙ
\26x	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ	ؙ		\26x	Á	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ
\27x	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ	ؙ		\27x	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ	ؙ
\30x	À	Á	Â	Ã	Ä	Å	Æ	Ç		\30x	À	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ
\31x	È	É	Ê	Ë	Ì	Í	Î	Ï		\31x	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ	ؙ
\32x	Ð	Ñ	Ò	Ó	Ô	Õ	Ö	×		\32x	—	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ
\33x	Ø	Ù	Ú	Û	Ü	Ý	Þ	ß		\33x	Ô	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ
\34x	à	á	â	ã	ä	å	æ	ç		\34x	â	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ
\35x	è	é	ê	ë	ì	í	î	ï		\35x	è	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ
\36x	ð	ñ	ò	ó	ô	õ	ö	÷		\36x	ó	æ	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ
\37x	ø	ù	ú	û	ü	ý	þ	ÿ		\37x	ü	ؑ	ؒ	ؓ	ؔ	ؕ	ؖ	ؗ

图 3: ISOLation1+ 和 Standard+ 编码下的八进制码

下载: 八进制码表 PDF 版 | 八进制码表 PNG 版

左右两张表分别是什么？该用哪一张？GMT 支持多种字符编码，其中最常用的编码是 Standard+ 和 ISOLation1+。通常，GMT 的默认字符编码是 ISOLation1+，所以只需要看左表即可；如果当前字符编码是 Standard+，则需要查询右表。可以通过 gmt get PS\_CHAR\_ENCODING 命令查到你所安装的 GMT 的默认字符编码方式。

这张表如何查询呢？假如你的 GMT 的默认字符编码方式为 ISOLation1+ 编码。假如想要输入加减号 ±，查左表可知，加减号位于第 26x 行、第 1 列，因而其八进制码为 \261。而如果你的 GMT 默认字符编码为 Standard+ 编码，则 ± 对应的八进制码则是 \234。因而，当你需要输入某个特殊字符时，只需要输入其对应的八进制码即可。

### 8.7.2 使用 12 号或 34 号字体输入特殊字符

如果文本使用了 12 号字体 (Symbol) 或 34 号字体 (ZapfDingbats)，则此时八进制码具有不同的含义。需要查询下表：

Symbol									ZapfDingbats								
octal	0	1	2	3	4	5	6	7	octal	0	1	2	3	4	5	6	7
\04x	!	∀	#	Ξ	%	&	Ξ		\04x	✂	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖
\05x	(	)	*	+	,	-	.	/	\05x	✈	✉	☛	☛	✉	☛	✉	✉
\06x	0	1	2	3	4	5	6	7	\06x	✎	♾	❖	✓	✓	✗	✗	✗
\07x	8	9	:	;	<	=	>	?	\07x	✗	✚	✚	✚	✚	✚	✚	✚
\10x	≡	A	B	X	Δ	E	Φ	Γ	\10x	✚	✡	✚	✚	✚	✚	✚	✚
\11x	H	I	ø	K	Λ	M	N	O	\11x	★	☆	●	☆	☆	★	☆	☆
\12x	Π	Θ	P	Σ	T	Y	ς	Ω	\12x	★	*	*	*	*	*	*	*
\13x	Ξ	Ψ	Z	[	⋮	]	⊥	-	\13x	*	*	✳	*	*	*	*	✳
\14x	-	α	β	χ	δ	ε	ϕ	γ	\14x	✿	✿	✿	*	*	*	*	*
\15x	η	ι	φ	κ	λ	μ	ν	ο	\15x	*	*	*	*	●	○	■	□
\16x	π	θ	ρ	σ	τ	υ	ω	ω	\16x	□	□	□	▲	▼	◆	❖	▷
\17x	ξ	ψ	ζ	{		}	~		\17x			■	‘	’	“	”	
\24x	€	Ɣ	'	≤	/	∞	f	♣	\24x	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚	⌚
\25x	♦	♥	♠	↔	←	↑	→	↓	\25x	♣	♦	♥	♠	①	②	③	④
\26x	°	±	"	≥	×	∞	∂	•	\26x	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	①	②
\27x	÷	≠	≡	≈	...		—	↳	\27x	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
\30x	ℵ	ℳ	ℛ	℘	⊗	⊕	∅	∩	\30x	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧
\31x	∪	▷	⊉	⊄	⊂	⊑	∈	∉	\31x	⑨	⑩	①	②	③	④	⑤	⑥
\32x	∠	▽	®	©	™	∏	√	·	\32x	⑦	⑧	⑨	⑩	→	→	↔	↑
\33x	¬	^	∨	↔	↔	↑↑	⇒	↓↓	\33x	↖	→	↗	→	→	→	→	→
\34x	◊	⟨	®	©	™	Σ	(	)	\34x	➡	➡	➢	➢	▶	▶	▶	▶
\35x	〔	〕		〔	〕	{	〔	〕	\35x	➡	➡	➡	➡	➡	➡	➡	➡
\36x	〕	〕		〕	〕	)	)	)	\36x	➡	➡	➡	➡	➡	➡	➡	➡
\37x	〕	〕		〕	〕	)	)	)	\37x	➡	➡	➡	➡	➡	➡	➡	➡

图 4: Symbol 和 Pifont 字体八进制码

当文本字体为 12 号字体 (Symbol 字符集) 时，应查询左表，例如字符 ‘ 对应的八进制码为 \154。当文本字体为 34 号字体 (Pifont ZapfDingbats) 时，应查询右表。

下载：[特殊字体八进制码 PDF 版](#) | [特殊字体八进制码 PNG 版](#)

### 8.7.3 特殊字符小结

GMT 中特殊字符可以通过八进制码的方式输入。想要输入特殊字符，首先需要找到该字符对应的八进制码。从上面四张表中找到自己需要的特殊符号的八进制码及其位于哪张表内。总共分四种情况：

1. 字符在 **ISOLatin1+** 表内：可以直接使用该字符对应的八进制码
2. 字符在 **Standard+** 表内：该表内的字符是与 **ISOLatin1+** 中的字符完全重合的，建议在 **ISOLatin1+** 表中找到自己需要的字符，然后使用其对应的八进制码
3. 字符在 **Symbol** 表内：将文本字体设置为 12 号字体，并使用该字符对应的八进制码
4. 字符在 **ZapfDingbats** 表内：将文本字体设置为 34 号字体，并使用该字符对应的八进制码

### 8.7.4 小练习

使用 **ISOLatin1+** 表中的八进制码输入字符  $\pm$  234：

```
echo 5 2 \261 234 | gmt text -Jx1c -R0/10/0/4 -Baf -pdf test
```

试验之后会发现，图上显示的是 261 234 而不是  $\pm$  234。产生这一现象的原因是因为反斜杠在很多脚本语言里有特殊的含义，此处反斜杠首先被 bash 所解释，真正传给 GMT 的是 5 2 261 234。针对这种情况，有四种解决办法：

```
# 1. 使用两个反斜杠来代替一个反斜杠
echo 5 2 \\261 234 | gmt text -Jx1c -R0/10/0/4 -Baf -pdf test

# 2. 使用单引号将字符串括起来
echo 5 2 '\261 234' | gmt text -Jx1c -R0/10/0/4 -Baf -pdf test

#. 3. 使用EOF输入字符串
gmt text -Jx1c -R0/10/0/4 -Baf -pdf test << EOF
5 2 \261 234
EOF

#. 4. 从文本文件中读取字符串
gmt text input.txt -JX10c/10c -R0/10/0/10 -F+f15p,12 -pdf test
```

输入希腊字母，此时需要指定文本使用 12 号字体（即 **-F+f15p,12** 选项）：

```
echo 5 5 '\141' | gmt text -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Baf -F+f15p,12 -pdf test
```

如果需要在一堆正常字符中插入一个 **Symbol** 表中的特殊字符，可以使用转义字符（下一节会详细介绍）@~ 或 @%12% 临时将字体 **Symbol** 字体。例如：

```
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c/10c -BWSne -Bx2+1"T@~\161@~t" -pdf test
```

## 8.8 转义序列

前面介绍了如何设置文字的文字大小、字体和颜色以及如何输入特殊字符。在此基础上，GMT 提供了转义字符，以实现上标、下标等功能，并可以在一个字符串内随意切换字体、字号和颜色，给文本加入了更丰富的效果。

### 8.8.1 转义字符

GMT 用 @ 符号实现转义的功能。将 @ 符号与某些字符结合起来，即构成了一系列可以实现特殊效果的转义字符。

GMT 可以识别的转义字符在下表列出：

表 3: GMT 转义字符

转义字符	说明
@+	打开/关闭上标
@-	打开/关闭下标
@_	打开/关闭下划线
@#	打开/关闭小型大写字母 (small caps)
@%fontno%	切换至另一字体；@%% 重置回前一字体
@:size:	切换至另一文本尺寸；@:: 重置回前一尺寸
@;color;	切换至另一文本颜色；@;; 重置回前一颜色
@~	打开/关闭 Symbol (12 号) 字体
@!	用接下来的两个字符创建组合字符
@.	输出 。 符号
@@	输出 @ 符号自身

除此之外，GMT 还为一些常用的欧洲字母专门定义了转义字符。如下表：

表 4: 欧洲特殊字母

代码	效果	代码	效果
@E	Æ	@e	æ
@O	Ø	@o	ø
@A	Å	@a	å
@C	Ҫ	@c	ҫ
@N	Ñ	@n	ñ
@U	Ü	@u	ü
@s	ß	@i	í

## 8.8.2 小练习

下面给出了一些使用转义字符的示例, 左边 Input 是命令中的输入, 右边 Output 是图上显示的效果:

Source Code

Input	Output
abc@~def@~ghi	abcðefghi
2@~p@~r@+2@+h@-0@-	$2\pi r^2 h_0$
S@#mall@# C@#aps@#	SMALL CAPS
This is @_underline@_	This is <u>underline</u>
@%1%Use@%% @%23%different@%% @%8%fonts@%%	Use different fonts
@:10:Use@:: @:20:different@:: @:15:size@::	Use <b>different size</b>
@;red;Colorful@;; @;blue;text@;;	Colorful text
@!CV @@	▼ @
Stresses are @~s@~@+*@+@-xx@- MPa	Stresses are $\sigma_{xx}$ MPa

读者可以将下面命令中的 *TEXT* 和 *Label* 修改为不同的值, 以体验转义字符的效果:

```
echo 5 2 TEXT | gmt text -R0/10/0/3 -Jx1c -Bxaf+l"Label" -BWSen -F+f20p -pdf test
```

## 8.8.3 注意事项

1. 上标/下标不支持嵌套, 即只支持一层上标/下标
2. *text* 命令中有选项可以在文本周围加上文本框, 该选项对转义序列无效
3. 转义序列需要成对存在, 与括号类似, 开启转义之后必须关闭转义
4. 在 Windows 下, 由于 bat 脚本中 % 表示变量, 因此当你需要在 GMT 中使用百分号时, 应使用 %% 来表示一个百分号, 即 bat 脚本中的 %% 相当于字符 %; 切换字体时 @%%15%% 相当于正常情况下的 @%15%。

## 8.9 LaTeX 表达式

贡献者

周茂

绘图过程中, 用户可能会需要特殊字符标注或者显示公式。GMT 已经可以实现打印简单的特殊字符和转义序列, 但如果想实现更加复杂的特殊字符和公式, 则需要借助功能强大的 LaTeX。

### 8.9.1 语法

GMT 自 6.2 开始支持在文本字符串中嵌入 LaTeX 表达式, 这些文本字符串包括使用 *-B 选项* 在标题、子标题或标签中指定的字符串, 也包括通过 *text* 模块添加的单行文本。GMT 中 LaTeX 表达式可以用两种不同的写法表示:

1. 使用 @[ ... @[, 如 Plotting @[\Delta \sigma\_{xx}]^2@[
2. 使用 <math> ... </math>, 如 Plotting <math>\Delta \sigma\_{xx}^2</math>

**备注:**

1. 若要在 GMT 6.2 以前的版本使用 LaTeX, 请参考 <https://blog.seisman.info/gmt-latex/>
2. LaTeX 数学符号可参考: 《一份(不太)简短的 LaTeX2 介绍》中的符号表章节

下面展示了一个在 GMT 中使用 LaTeX 表达式的样子

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_latex
gmt basemap -R-200/200/0/50 -JX15c/4c \
-BSwenzt"Use <math>\Delta g = 2\pi\rho Gh</math>" \
-Bxaf+l"@\nabla^4 \psi - \Delta \sigma_{xx}^2@[ (MPa)"
gmt text -F+f15p << EOF
0 15 Newton's integral: <math>V = \int_v \frac{dm}{l}</math>
0 30 Euler's formula: <math>e^{ix} = \cos x + i \sin x@[
EOF
gmt end show
```

$$\text{Use } \Delta g = 2\pi\rho Gh$$

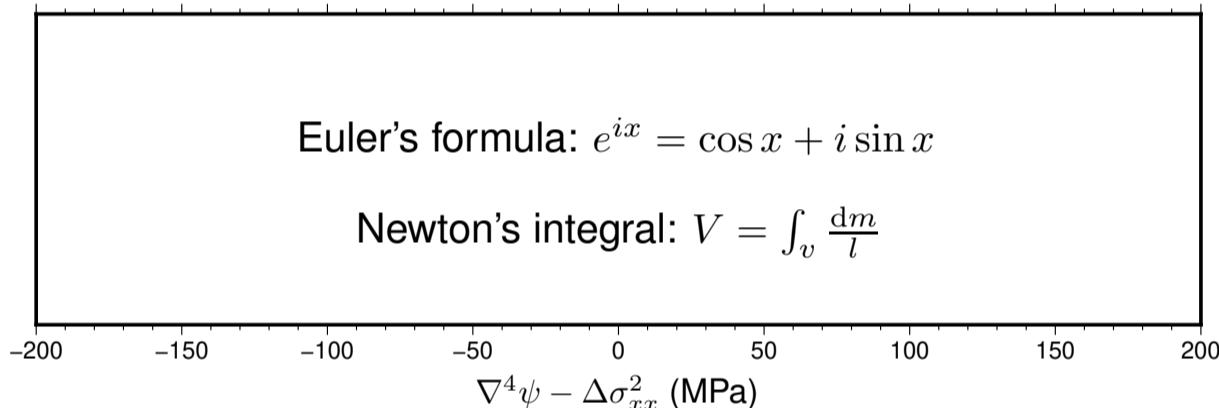


图 5: 在轴标签、标题以及 `text` 模块中使用 LaTeX 表达式

### 8.9.2 GMT 字体和 LaTeX

LaTeX 是一个庞大且复杂的排版系统, 有许多可选包, 用户安装的 LaTeX 需包括所有 GMT 必须的包。通过包管理器安装 LaTeX 的方法请见 [GMT Wiki](#)。其中, GMT 必须的包和字体包括:

- 必需包: fontenc 和 inputenc
- 必需字体: helvet、mathptmx、courier、symbol、avantgar、bookman、newcent、mathpazo、zapfchan 和 zapfding

上述必需包已经默认包含在所有的 LaTeX 发行版中, 必需字体则可以在终端中执行如下命令安装:

```
tlmgr install collection-fontsrecommended
```

上述字体列表中的字体均可以匹配 GMT 中的字体。因此, 如果用户通过 `FONT_TITLE` 修改了标题默认的字体, GMT 将在后台生成的 LaTeX 脚本中把该字体设置为默认字体。这种设置可以确保标题最终渲染的字体和用户设置的字体一致。

### 8.9.3 技术细节

GMT 中显示 LaTeX 表达式的原理：如果在文本字符串中发现特殊标识（即  $\text{\@}[\text{对或 } \langle\text{math}\rangle \text{ } \langle/\text{math}\rangle \text{ 对) }$ ，GMT 将使用 `latex` 和 `dvips` 命令（需提前安装 LaTeX 环境）把整行转换为 EPS 文件。然后，将该 EPS 文件放置在对应的位置。

这里通过一个实例来帮助用户排查 LaTeX 安装中可能存在的问题。假设用户使用 `basemap` 制作的图的标题为 `-B+t "Use \Delta g = 2\pi\rho Gh"`。GMT 会为该 LaTeX 表达式创建一个临时目录，其中包含一个名为 `gmt_eq.tex` 的文件：

```
\documentclass{article}
\usepackage[T1]{fontenc} \usepackage[utf8]{inputenc}
\usepackage{helvet}
\begin{document}
\thispagestyle{empty}
\fontfamily{phv}\selectfont
Use $\Delta g = 2\pi\rho Gh$
\end{document}
```

由于 `FONT_TITLE` 设置为 Helvetica，LaTeX 文件将默认字体修改为 Helvetica (`helvet` 包，代码为 `phv`)，该 `tex` 文件会被转换为 DVI 文件：

```
latex -interaction=nonstopmode gmt_eq.tex > /dev/null
```

接着，进一步将结果转换为 EPS 文件：

```
dvips -q -E gmt_eq.dvi -o equation.eps
```

这两个命令通过 `gmt_eq.sh` 脚本（在 windows 下为 `gmt_eq.bat`）执行。如果命令成功执行，GMT 将读取 EPS 文件 `equation.eps` 并放置在标题的位置。如果脚本由于某些原因执行失败，GMT 将报错并指导用户在临时目录中进行进一步排查。此时，用户可以运行 `latex` 命令来查看报错信息（但要去除重定向 `> /dev/null`）。通常情况下，报错信息会显示问题出现的原因，即缺少某种字体或其他信息。如果用户不能独立解决报错，请在 [GMT 官方 GitHub](#) 上提 issue 并提供 LaTeX 脚本和报错信息。

## 8.10 矢量/箭头

矢量是一个有大小和方向的量，通常用箭头 表征矢量。一个矢量由两个独立的部分组成：矢量线和矢量头。矢量线与一般的线没有区别，通常由画笔属性（[画笔](#)）控制。这一节则主要介绍矢量头的属性及控制方式。

GMT 中能够绘制矢量的模块有 `plot`、`plot3d`、`grdvector`、`velo` 等。其中最常见的绘制矢量的模块是 `plot`。

下面的命令使用 `plot` 的 `-Sv` 选项绘制了一个最简单的矢量。

```
echo 1 1 0 3 | gmt plot -R0/5/0/2 -JX5c/2c -Sv0.5c+e -W1.5p -Gred -png vector
```



接下来将介绍如何通过在 `-Sv0.5c` 后增加更多的子选项来进一步修改矢量头的属性。

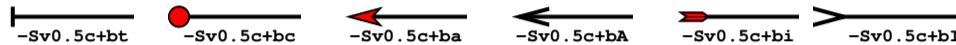
### 8.10.1 矢量头位置及形状

在绘制矢量时，默认只绘制矢量线而不绘制矢量头。下面的几个子选项用于指定矢量头的位置以及形状：

- `+b[t|c|a|A|i|I][l|r]`: 在矢量线的起点加上矢量头
- `+e[t|c|a|A|i|I][l|r]`: 在矢量线的终点加上矢量头
- `+m[f|r][t|c|a][l|r]`: 在矢量线的中间加上矢量头

`t|c|a|A|i|I` 用于控制矢量头的形状。取不同值所对应的矢量头形状如下图所示：

Source Code



- `l|r` 表示只绘制矢量头的左半边或右半边（默认两边都绘制）。其中左定义为从矢量起点看向终点时的左侧
- `f|r` 在 `+m` 中用于指定矢量头的方向沿着正方向或逆方向（默认为正方向，即从起点指向终点）

---

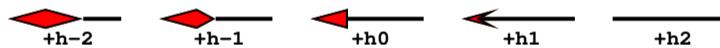
备注：`+m` 不能与 `+b` 或 `+e` 一起使用

---

- `+l` 只绘制左半个矢量头
- `+r` 只绘制右半个矢量头
- `+aangle` 用于控制矢量箭头的顶端的夹角，默认值为 30 度。若矢量头形状为 `t` 或 `c` 则表示端点线或端点圆圈的大小
- `+hshape` 进一步控制矢量头 `a` 的形状，其中 `shape` 可以取-2 到 2 之间的值。设置该子选项的值等效于修改参数 `MAP_VECTOR_SHAPE`（默认值为 0）

下面展示了 `+h` 后取不同值的矢量箭头的形状：

Source Code



### 8.10.2 矢量头线条颜色和填充色

默认情况下，`-W` 选项同时控制矢量线和矢量头的画笔属性，`-G` 选项则控制矢量头的填充色。下面两个子选项可以单独控制矢量头的画笔属性和填充色。

- `+p[pen]` 设置矢量头的画笔属性。若不指定 `pen` 则表示不绘制矢量头的轮廓
- `+g[fill]` 设置矢量头的填充色。若不指定 `fill` 则表示不填充

### 8.10.3 其它属性

还可以使用如下子选项进一步控制矢量头的属性：

- `+n[norm]` 默认情况下，矢量头的大小不随着矢量线的长度变化而变化，这可能会出现矢量线很短而矢量头过大，或者矢量线很长而矢量头过小的情况。该子选项使得矢量长度小于 `norm` 时，矢量头的属性（画笔宽度，箭头大小）会根据矢量长度按照 `length/norm` 缩放。对于笛卡尔矢量，`norm` 使用绘图单位；对于地理矢量，`norm` 可以使用距离单位。

- $+t[b|e]trim$  用于增加或缩短矢量线首端或尾端的长度。其中 **b** 表示首端, **e** 表示尾端。*trim* 为正值表示缩短矢量线, 为负值表示增长矢量线。也可以直接使用  $+ttrim1/trim2$  分别为首端和尾端指定增长/缩短量。

#### 8.10.4 矢量类型及输入数据格式

GMT 提供了三类矢量:

- 笛卡尔矢量: 矢量起点到终点的矢量线以直线方式连接
- 地理矢量: 矢量起点到终点之间的矢量线以大圆弧路径连接
- 弧形矢量: 矢量线是以某一点为中心的一段圆弧

*plot* 模块中:

- **-Sv** 或 **-SV** 用于绘制笛卡尔矢量
- **-S=** 用于绘制地理矢量
- **-Sm** 用于绘制弧形矢量

下面的例子分别绘制了三种矢量:

```
gmt begin arrows
# 笛卡尔矢量
echo 0.5 1.5 4.5 1.5 | gmt plot -R0/5/0/5 -JX1.75i -Sv0.2i+s+b+e -W1.5p -Gred
# 地理矢量
echo 10 -35 90 8000 | gmt plot -R0/90/-41.17/41.17 -JM1.75i -S=0.2i+b+e -W1.5p -Gred -X2i
# 弧形矢量
echo 0.5 0.5 0.9i 0 90 | gmt plot -R0/5/0/5 -JX1.75i -Sm0.2i+b+e -W1.5p -Gred -X2i
gmt end show
```

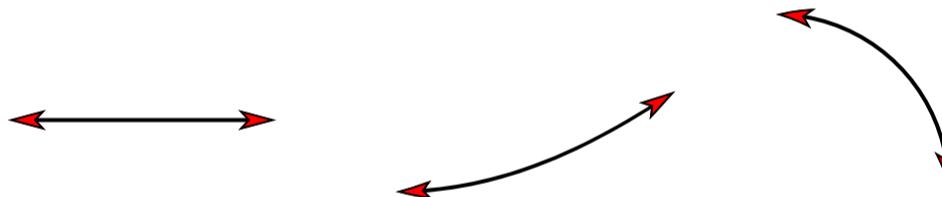


图 6: 三种矢量: (左) 笛卡尔矢量; (中) 地理矢量; (右) 弧形矢量

#### 笛卡尔矢量和地理矢量

对于笛卡尔矢量和地理矢量, 输入数据的格式为:

X	Y	angle	length
---	---	-------	--------

其中 X 和 Y 是矢量起点坐标, *angle* 为矢量方向 (相对于水平方向逆时针旋转的角度或相对于北向顺时针的方位角), *length* 为矢量线长度 (长度单位为 **c|i|p** 或 km)。

使用如下子选项则可以指定其它输入数据格式:

- **+s** 表示将输入数据中的 *angle* 和 *length* 解释为矢量的终点坐标
- **+j[b|c|e]** 表示将输入数据中的 X 和 Y 坐标解释为矢量的起点坐标、中点坐标或终点坐标

对于地理矢量, 还可以使用如下选项:

- **+q** 表明输入数据中的 *angle* 和 *length* 表示相对于某个指定极点的大圆路径的起始和结束的角度。该极点默认为北极, 可以使用 **+o** 修改该点的位置
- **+oplone/plat** 用于指定 **+q** 中大圆路径中的倾斜极点

对于笛卡尔矢量而言, 还可以使用:

- `+zscale` 表示输入数据中的 `angle` 和 `length` 被解释为矢量的 X 分量 `dx` 和 Y 分量 `dy`, 然后计算出对应的极坐标下的方向和长度, 并将矢量长度乘以 `scale`

## 圆弧矢量

对于圆弧矢量, 输入数据中需要给定圆弧对应的圆心坐标、半径, 以及圆弧起始和结束的角度, 即:

```
x  y  radius  angle0  angle1
```

## 8.11 线条属性

对于线条而言, 其基本的画笔属性由三个: 线宽、颜色和线型, 在[画笔](#) 中已经做过介绍。除此之外, 某些模块还可以为线条设置额外的属性, 这些额外的属性可以通过在画笔属性后加上子选项来实现。

线条的额外属性包括: 端点偏移量、线条平滑和端点箭头。

### 8.11.1 端点偏移量

在给定若干个数据点绘制线条时, 一般都是从起点(第一个点)一直画到终点(最后一个点)。可以使用 `+o` 子选项为线段两端指定偏移量, 使得绘制线段时的起点和终点与输入数据中指定的起点和终点间存在一定的偏移量。该子选项的语法是: `+ooffset[u]`

- 若只给了一个 `offset`, 则表示起点和终点共用同一个偏移量
- 也可以用 `offset/offset` 分别为起点和终点指定不同的偏移量
- 对于每个偏移量, 都可以使用长度单位 `c|i|p` 或距离单位

下面的示例展示了 `+o` 子选项的用法和使用效果。图中, 细线和粗线使用了相同的输入数据, 其中细线没有使用 `+o`, 此时线段的起点和终点与数据指定的点重合; 粗线在绘制线条时使用了 `-W2p+o1c/500k` 选项, 即在起点处偏移 1 厘米, 在终点处偏移 500 千米。

[Source Code](#)

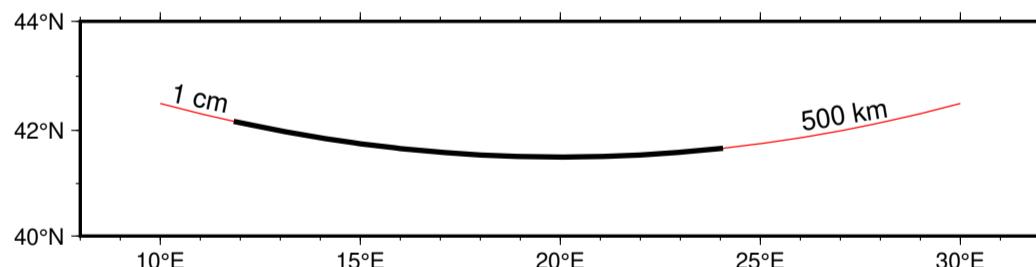


图 7: 线段起点偏移示意图

### 8.11.2 线条平滑

通常情况下, 在绘制线条时, 两点之间是用直线连接的(地图上两点之间默认用大圆弧连接)。使用 `+s` 子选项会使用 Bezier splines 在两点之间做样条插值以得到更光滑的曲线。需要注意的是: 该样条平滑是对投影后的 2D 坐标进行处理的, 并不针对原始坐标(即其不是一个球面样条插值)。

下图中, 左图使用了 `-W2p` 选项, 右边使用了 `-W2p+s`。

[Source Code](#)

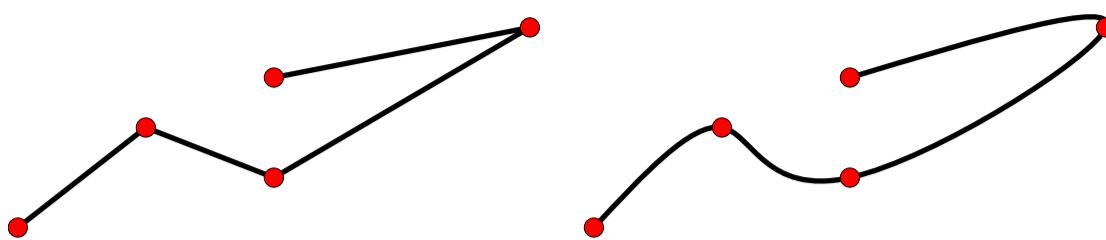


图 8: 线条自动样条插值示意图

### 8.11.3 端点箭头

默认情况下，在绘制线段时，线段的两个端点并没有什么特别的。使用 `+v` 子选项，可以在线段的一端或两端绘制端点箭头。该子选项的语法为：`+v[b|e] vspecs`

- 默认会在线段两端都加上箭头，`b|e` 表示只绘制开头或结尾的箭头
- `vspec` 用于指定端点箭头的属性，详见[矢量/箭头](#)

下图中细线是通常绘制的线段，粗线使用的选项是 `-W2p+o1c/500k+vb0.2i+gred+pfaint+bc+ve0.3i+gblue`

Source Code

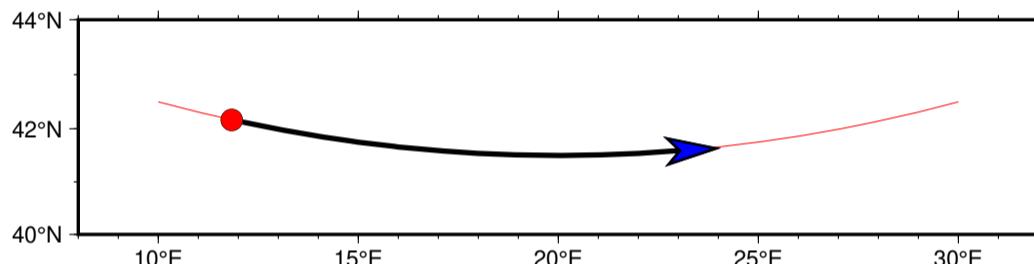


图 9: 线条端点箭头示意图

### 8.11.4 其它属性

除了上面提到的属性之外，GMT 中还有一些参数可以影响线段的外观。这些参数包括：

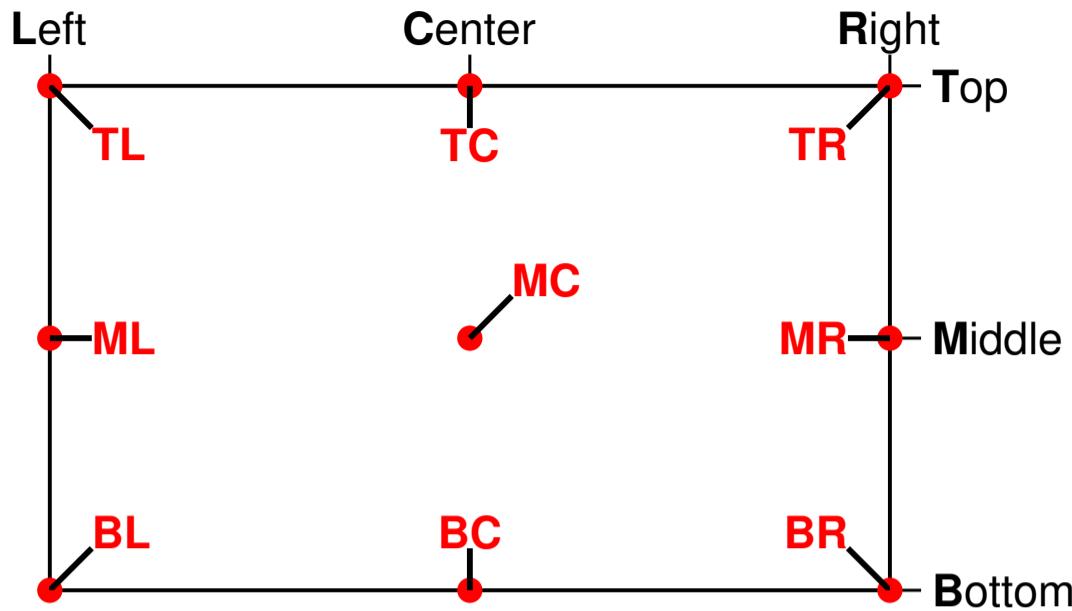
- `PS_LINE_CAP`: 控制线段顶端的绘制方式
- `PS_LINE_JOIN`: 控制线段拐点/交点的绘制方式
- `PS_MITER_LIMIT`: 控制线段拐点在 `miter` 模式下的阈值

## 8.12 锚点

锚 是船舶停泊时固定船只使之不能漂走的工具。GMT 中的锚点也具有类似的作用，用于将某个元素固定在图中的某个位置。这一节将介绍 GMT 中锚点的概念，具体的使用场景及使用方法将在下一节介绍。

对于任意一个矩形元素，GMT 为其定义了 9 个锚点。每个锚点的位置用一个水平位置代码和一个垂直位置代码组合定义得到。水平位置代码可以取 **L|C|R**，分别表示左 (Left) 中 (Center) 右 (Right)；垂直位置代码可以取 **T|M|B**，分别表示上 (Top) 中 (Middle) 下 (Bottom)。3 个水平位置代码与 3 个垂直位置代码自由组合，得到 9 个锚点，每个锚点均对应矩形元素的某个特定位置，如下图中红点和红字所示。例如，锚点 **BL** 位于矩形元素的左下角，而锚点 **MC** 则位于矩形元素的中心。

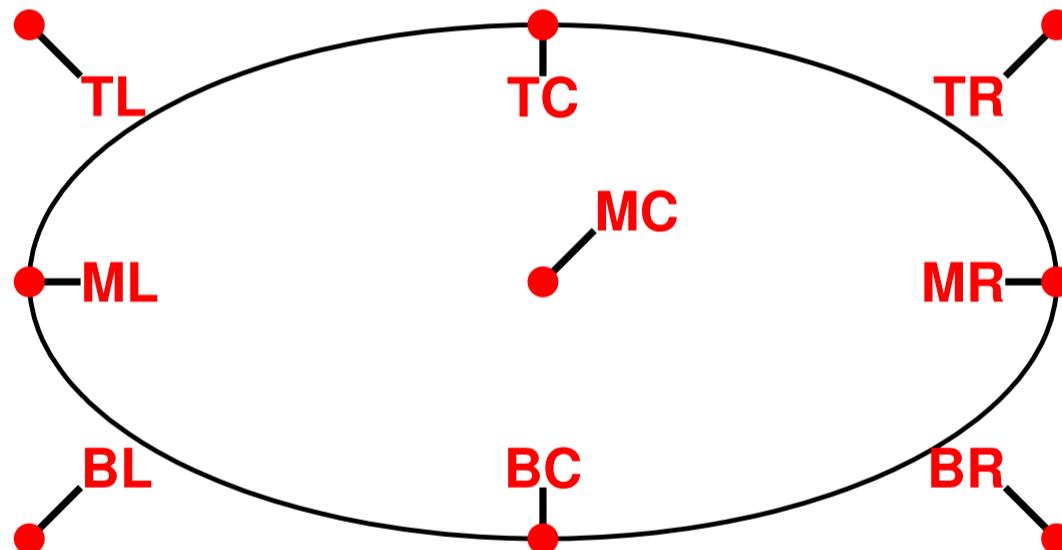
Source Code



此处的矩形元素并不一定是一个真正的矩形, GMT 中很多绘图元素都可以抽象为一个矩形元素。例如常规的矩形底图、非矩形的地理底图、比例尺、色标、指南针、文本字符串等, 都可以抽象为一个矩形元素。

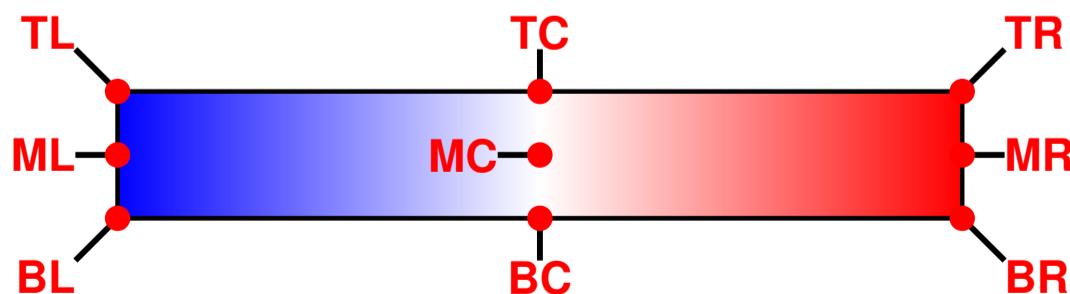
例如, 对于一个非矩形的地理底图来说, 其 9 个锚点的位置如下图所示:

Source Code



指南针、比例尺、图例、色标、文本字符串等也可以抽象为一个矩形, 也有自己的锚点。下图展示了色标的 9 个锚点的位置:

Source Code



## 8.13 修饰物

GMT 除了可以绘制线段、符号、矢量外，还可以绘制如下修饰物：

1. 地图比例尺
2. 色标
3. 图例
4. 方向玫瑰
5. 磁场玫瑰
6. 叠加图片
7. GMT logo
8. 小图 (map inset)
9. 垂直比例尺

这些修饰物可以用不同的模块绘制，且有各自的语法。所有这些修饰物都可以抽象为一个矩形元素。这一节介绍一种通用的机制，以指定这些修饰物在图上的位置以及修饰物的背景面板。

### 8.13.1 定位

绘制修饰物的模块大多有一个选项用于指定修饰物在底图上的位置，其基本语法为：

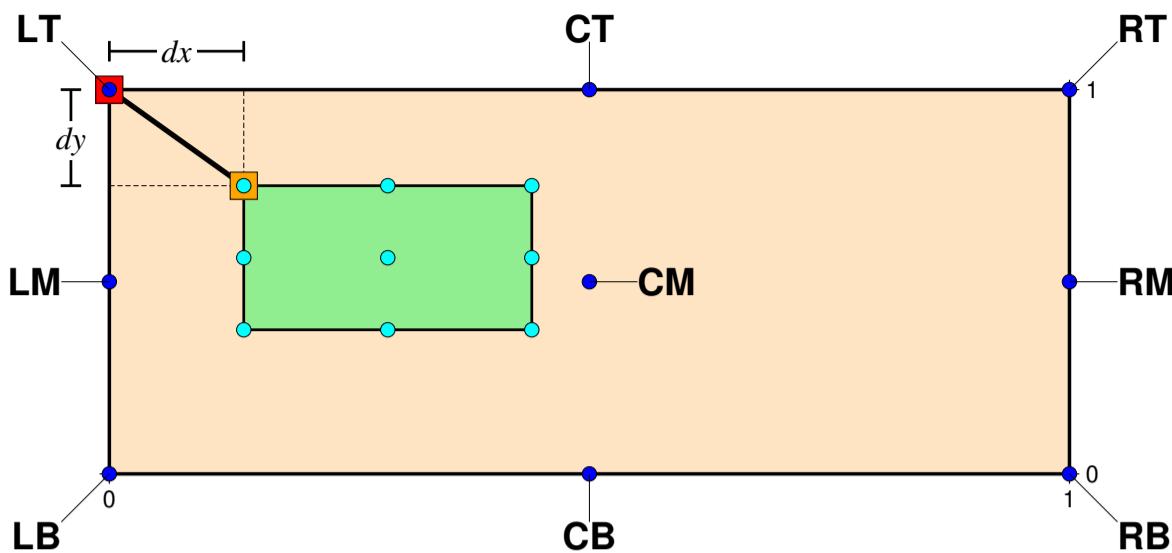
`[g|j|J|n|x]refpoint[+justify][+o dx[/dy]]`

为了精确地将修饰物放在底图上的任意一点，GMT 需要做四件事：

1. 通过 `[g|j|J|n|x]refpoint` 语法指定底图上的一个参考点
2. 通过 `+justify` 指定修饰物上的一个锚点
3. 通过 `+o dx[/dy]` 对修饰物的锚点做偏移
4. 将修饰物的偏移后的锚点与底图上的参考点重合以实现修饰物的放置

下图展示了 GMT 如何实现修饰物的精确放置。其中大矩形代表底图，小矩形代表修饰物。本示例中首先指定了底图左上角为参考点，并指定了修饰物的左上角为锚点，通过 `+o dx[/dy]` 对修饰物锚点进行微调。

[Source Code](#)



底图参考点

GMT 提供了 5 种方法用于指定底图的参考点，使得用户可以灵活地指定底图内/外的任意一点作为参考点。五种方法分别以 `g|j|J|n|x` 开头。若未指定使用何种方式，则默认使用 `x` 方式指定参考点。

## 通过坐标指定参考点

数据坐标

用 `glon/lat` 指定参考点的数据坐标。例如 `g135/20` 表示参考点的坐标为  $135/20$

绘图坐标

用  $xX/Y$  指定参考点的绘图坐标，即给出参考点相对于绘图原点的偏移距，例如  $x4c/2c$  表示参考点位于底图原点的右侧 4 厘米，上方 2 厘米处

归一化坐标

用 **nX/Y** 指定参考点的归一化坐标。归一化坐标是指，底图所对应的矩形的 X 轴范围为 0 到 1, Y 轴同理。使用负值或者大于 1 的值则可以指定底图外的一点为参考点。比如 **n0.2/0.1**

## 通过锚点指定参考点

可以用 `janchor` 或 `Janchor` 的方式指定底图的某个锚点作为底图参考点。其中锚点 `anchor` 有 9 个可能的取值，在[锚点](#)一节中已经详细介绍过。例如 `jTL` 指定了底图左上角为参考点。

使用 `janchor` 或 `Janchor` 方式指定底图参考点的同时，也设置了修饰物上默认使用的锚点位置。使用 `janchor` 方式修饰物的默认锚点与参考点锚点相同。例如 `jTL` 指定底图左上角为参考点，同时也指定了修饰物左上角为其锚点，即底图左上角与修饰物左上角重合，则修饰物位于底图左上角的内部。当需要将修饰物放在底图内部某个角落、某条边的中心或图的中心时，建议使用 `j`。

使用 **Janchor** 方式，修饰物的默认锚点是与底图参考点锚点呈镜像相反。例如 **JTL** 指定底图的左上角作为参考点，同时指定了修饰物的默认锚点是 **BR** 即右下角（镜像对称）。因而底图的左上角与修饰物的右下角重合，则修饰物位于底图左上角的外部。当需要将修饰物放在底图的外部时，建议使用 **J**。

## 修饰物锚点

在指定底图参考点后, 可以进一步用 `+janchor` 指定修饰物上的锚点。

若未使用 `+janchor` 指定锚点, 则修饰物的锚点按如下规则取默认值:

1. 若使用 `janchor` 方式指定底图参考点, 则修饰物锚点与底图锚点相同
2. 若使用 `Janchor` 方式指定底图参考点, 则修饰物锚点使用与底图参考点镜像相反的锚点
3. 若使用其它三种方式指定参考点, 对于玫瑰图和比例尺而言, 锚点默认为 `MC`, 其他修饰物锚点默认为 `BL`

## 修饰物锚点偏移量

指定底图参考点和修饰物锚点后, 即可将二者重合起来, 实现修饰物在底图上的定位。在此基础上, 可以额外使用 `+o $dx/dy$`  指定修饰物锚点的偏移量。尤其是在使用 `j` 和 `J` 指定底图参考点时, 由于底图只能指定某个锚点作为参考点, 因而就需要为修饰物锚点指定额外的偏移量以增加定位的灵活性。偏移量为正值表示沿着与指定锚点所使用的对齐代码同一方向作偏移。

比如使用 `jTL` 指定底图左上角为参考点, 同时修饰物的左上角锚点也被选中, 此时使用 `+o2c/1c` 表示将修饰物的左上角锚点向左移动 2 cm、向上移动 1 cm, 最后将底图参考点与偏移后的锚点对齐。

### 8.13.2 背景面板

对于任意一个修饰物, GMT 都可以为其绘制一个背景面板。背景面板的位置和大小由修饰物直接决定。除此之外, 背景面板还有一些其他属性。背景面板的属性由 `-F` 选项的子选项决定:

`-F[+cclearance][+gfill][+i[[gap/]pen]][+p[pen]][+r[radius]][+s[dx/dy/][fill]]`

- `+gfill` 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- `+p $pen$`  绘制面板边框。 $pen$  为边框的画笔属性, 若不指定  $pen$ , 则默认使用 `MAP_DEFAULT_PEN`
- `+r $radius$`  绘制圆角边框,  $radius$  为圆角的半径
- `+i[[gap/]pen]` 在边框内部绘制一个内边框,  $gap$  为内外边框空白距离 [默认为  $2p$ ],  $pen$  为内边框的画笔属性 [默认使用 `MAP_DEFAULT_PEN`]
- `+cclearance` 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。 $clearance$  的具体设置包括下面 3 种情况:
  - $gap$  为四个方向增加相同的空白距离
  - $xgap/ygap$  分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - $lgap/rgap/bgap/tgap$  分别为四个方向指定不同的空白距离
- `+s[[dx/dy/][shade]]` 设置面板背景阴影。 $dx/dy$  为阴影区相对于面板的偏移量,  $shade$  为阴影区颜色 [默认为 `4p/-4p/gray50`]

Source Code

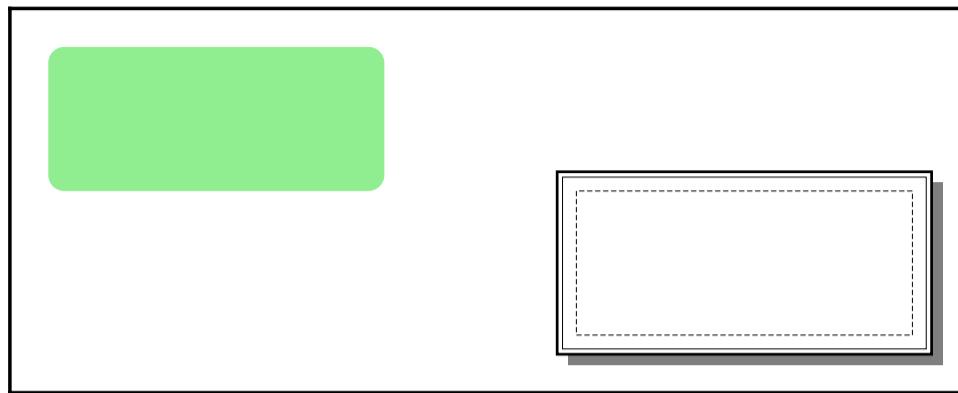


图 10: GMT 修饰物背景面板

左图使用了 `-F+glightgreen+r`, 右图使用了 `-F+p1p+i+s+gwhite+c0.1i` (不包含最内侧虚线框)

## 8.14 数据类型

GMT 可以绘制地图的经纬度轴、绝对时间轴、相对时间轴以及笛卡尔坐标轴, 具体请参考[-B 选项](#)。不同的坐标轴需要的数据类型也不同。GMT 所支持的数据类型主要分为四大类: 地理坐标、绝对时间坐标、相对时间坐标、一般浮点数。

### 8.14.1 地理坐标

地理坐标 (即经纬度) 有两种表示方式:

1. 浮点型的度数, 如 **-123.45** 代表 -123.45 度
2. 度分秒:

`[±]ddd[:mm[:ss[.xxx]]][W|E|S|N]`

- *ddd*、*mm*、*ss*、*xxx* 分别表示度、分、秒以及秒的小数部分
- **W**、**E**、**S**、**N** 分别代表西经、东经、南纬、北纬

例如, **123:27W** 代表西经 123 度 27 分, **123:27:15.120W** 表示西经 123 度 27 分 15.12 秒。

### 8.14.2 绝对时间坐标

绝对时间由日期 (*date*) 和时间 (*clock*) 两部分构成, 格式为:

*dateT**clock*

其中, **T** 是关键字, 用于分隔日期和时间。

日期可以是如下格式的一种:

1. 年-月-日: *yyyy[-mm[-dd]]*, 如 **2013**、**2015-10**、**2015-01-02**
2. 年—一年中的第几日: *yyyy[-jjj]*, 如 **2015-040**
3. 年—一年中的第几周—该周内第几天: *yyyy[-Www[-d]]*, 如 **2014-W01-3**、**2014-W01**

时间是 24 小时制, 其格式为 *hh[:mm[:ss[.xxx]]]*, 如 **10:10:35.120**。

举几个绝对时间的例子:

- 2014-02-10T10:00:00.000
- 2014-040T23:23:54.330
- 2015-01-02 表示 2015 年 1 月 2 日 00:00:00
- T10:20:44.234 表示今天早晨 10 点多

**备注:**

1. GMT 的时间数据的默认输入/输出格式为 *yyyy-mm-ddThh:mm:ss.xxx*。若想要输入其它格式的时间数据, 需要修改配置参数 *FORMAT\_DATE\_IN* 和 *FORMAT\_CLOCK\_IN*; 若想要输出其它格式的时间数据, 需要修改配置参数 *FORMAT\_DATE\_OUT* 和 *FORMAT\_CLOCK\_OUT*
2. 若未指定 *date*, 则默认 *date* 是今日
3. 若未指定 *clock*, 则默认是 00:00:00
4. 若指定了 *clock*, 则必须要加 T, 如 T10:20:34 表示今天早晨 10 点多
5. GMT 在程序内部会将所有绝对时间转换成相对于特定时刻的秒数

### 8.14.3 相对时间坐标

相对时间坐标表示某个时刻相对于参考时刻的秒数、小时数、天数或年数。因而使用相对时间时需要指定两个参数, 即参考时刻与相对时间所使用的单位。

默认参考时刻为 1970 年 1 月 1 日午夜, 默认相对时间单位为秒。但可以分别用配置参数 *TIME\_EPOCH* 和 *TIME\_UNIT* 来指定参考时刻和相对时间的单位, 也可以用配置参数 *TIME\_SYSTEM* 同时指定这两个参数。

指定了参考时刻之后, 相对时间跟一般浮点数就没什么区别了。那么, 如何区分一般浮点数与相对时间呢? 有以下两种方式:

1. 在数据后加上小写的 t, 如 30t 表示相对于 *TIME\_EPOCH* 间隔了 30 个 *TIME\_UNIT* 时刻
2. 在命令行中使用 -ft 选项 (不需要在数据后加 t), 表明当前数据是相对时间坐标

### 8.14.4 一般浮点数

绘制常规的笛卡尔坐标轴时 (即输入数据不是地理坐标、绝对时间或相对时间), 输入数据可以直接用浮点数来表示。此时, 不需要在意数据的物理含义及单位。例如, 在 GMT 看来, 5 牛顿的力或 5 千克的质量都只是浮点数 5。

浮点数坐标可以用两种方式表示:

1. 一般表示: [±]xxx.xxx, 如 123.45
2. 指数表示: [±]xxx.xx[E|e|D|d[±]xx], 如 1.23E10

## 8.15 输入文件的搜索目录

### 8.15.1 搜索目录顺序

GMT 命令行经常需要读入文件。如果指定了文件的完整路径, GMT 会直接读入。否则, GMT 会依次到以下目录中去寻找文件, 直到找到文件为止:

1. 当前目录: ./
2. GMT 用户目录: 环境变量 `$GMT_USERDIR` 所定义的目录
3. GMT 数据目录: 配置参数 `DIR_DATA` 或环境变量 `$GMT_DATADIR` 所定义的目录
4. GMT 缓存目录: 配置参数 `DIR_CACHE` 或环境变量 `$GMT_CACHEDIR` 所定义的目录

这些配置参数或环境变量的具体用途如下:

- 环境变量 `$GMT_USERDIR`: 指定用户自定义配置文件的存放目录。例如, 用户自定义的 `gmt.conf` 文件、自定义符号、CPT 文件、网格文件后缀文件等。若该环境变量未定义, 则用户目录默认为 `~/.gmt` 目录 (Linux 和 macOS) 或 `C:\Users\用户名\.gmt` 目录 (Windows)。
- 配置参数 `DIR_DATA` 或环境变量 `$GMT_DATADIR`: 指定一个或多个存放常用数据文件的数据目录。若该配置参数和环境变量均未定义, 则数据目录默认为空; 多个目录之间用逗号分隔; 以斜杠 / 结尾的目录都会被递归搜索 (Windows 不支持此功能)。配置参数的值优先于且会覆盖环境变量的值, 也就是说若同时设置了 `DIR_DATA` 和 `$GMT_DATADIR`, 则 GMT 只会在 `DIR_DATA` 指定的目录中寻找。
- 配置参数 `DIR_CACHE` 或环境变量 `$GMT_CACHEDIR`: 指定存放从 GMT 服务器上下载的临时数据 (以 @ 开头, 如 `@hotspots.txt`) 的缓存目录。若该配置参数和环境变量均未定义, 则默认缓存目录为 `~/.gmt/cache`。可以使用 `gmt clear cache` 命令清空缓存目录。配置参数的值优先于且会覆盖环境变量的值, 也就是说若同时设置了 `DIR_CACHE` 和 `$GMT_CACHEDIR`, 则 GMT 只会使用 `DIR_CACHE` 指定的目录。

### 8.15.2 其他目录

还有一些目录相关的 GMT 配置参数或环境变量:

- 配置参数 `DIR_DCW`: 指定 `DCW` 数据 所在目录。该数据的默认目录为 `$GMT_SHAREDIR/dcw` 目录。
- 配置参数 `DIR_GSHHG`: 指定 `GSHHG` 数据 所在目录。该数据的默认目录为 `$GMT_SHAREDIR/coast` 目录。
- 环境变量 `$GMT_SHAREDIR`: 指定 GMT 的 `share` 目录。若未设置, GMT 自动猜测其所在位置 (如 GMT 安装目录下的 `share` 目录)。此环境变量通常不需设置, 且推荐仅在特殊需求时设置。

# 第 9 章 表数据

表数据 (table data) 用于表征点、线以及多边形等，也称列数据或多列数据。GMT 支持多种格式的表数据：

## 9.1 ASCII 表

### 9.1.1 ASCII 表简介

ASCII 表是最常见的数据形式，可以用编辑器直接编辑。ASCII 表常用于表示点、线或多边形。表数据中有 N 行 M 列，每行称为一个记录，每列称为一个字段。一个记录内的字段之间用空格、制表符、逗号或分号分隔。每个字段可以是整数（如 12）、浮点数（如 20.34）、地理坐标（如 12:23:44.5W）、绝对时间（如 2010-10-20T10:30:53.250）、相对时间（如 30t）。此外，GMT 还可以处理大多数 CVS (Comma-Separated Values) 文件，包括被双引号扩起来的数字。以如下文件为例，

```
# This is a comment line
# lon      lat    evdp
# This is another comment line
133.949  34.219  20
133.528  34.676  15
130.233  33.410  43
135.133  35.313  35
131.377  34.398  22
132.792  34.457  34
133.620  34.936  6
131.101  32.811  23
129.435  33.212  55
133.144  33.647  67
```

记录中以 # 开头的行，即第一列是 # 的记录，会被当做注释行直接忽略，不算在 N 个记录之内。所以这个 ASCII 表可以认为有 10 行 3 列，三列数据分别代表经度、纬度和深度。

不同的模块和选项的组合通常会对数据的列数有不同的要求，每列数据的含义也会不同。因而需要根据具体情况去准备数据。准备数据的过程中可能会用到 GMT 的 [-i 和 -o 选项](#) 以及 gawk 等工具。

在输出 ASCII 表时，字段之间默认用 TAB 键分隔，可以通过修改 [IO\\_COL\\_SEPARATOR](#) 来设置字段的分隔符，

### 9.1.2 文件头记录

在第一个记录前，可以有一个或多个与数据无关的记录，称为文件头记录 (file header records)。以 # 开头的注释行也算作是文件头记录的一部分，只是其会被自动忽略。其它不以 # 开头但与数据无关的行，也是文件头记录。当存在这些非注释行的文件头记录时，则需要使用 [-h 选项](#) 选项或设置参数 [IO\\_N\\_HEADER\\_RECS](#) 跳过这些文件头记录。

下面的 ASCII 表中有四个文件头记录 (3 个注释行和 1 个非注释行)，需要使用 [-h4 选项](#) 跳过该文件头段记录：

```
# This is a comment line
# lon      lat    evdp
# This is another comment line
```

(下页继续)

(续上页)

```
2015-01-05 10:20:30.456 15 45 60 6.0
133.949 34.219 20
133.528 34.676 15
130.233 33.410 43
135.133 35.313 35
131.377 34.398 22
132.792 34.457 34
133.620 34.936 6
131.101 32.811 23
129.435 33.212 55
133.144 33.647 67
```

### 9.1.3 多段数据与数据段头记录

以绘制断层为例，在绘制断层的时候，可以将每条断层线的经纬度信息分别放在单独的文件中。但当断层数量很多时，这样做会导致目录下有太多数据文件而混乱不堪。为了解决类似的问题，GMT 引入了多段数据的概念。

多段数据，顾名思义，就是一个文件中包含了多个数据段。为了区分每个数据段，需要在每段数据的开头加上一个额外的数据段头记录 (segment header records) 来标记一段新数据的开始。

数据段头记录总是以某个特定的字符作为开头，GMT 默认的段头记录的标识符为 `>`，即所有以 `>` 开头的行都会被认为是一个段头记录，其标志着新一段数据的开始。

下面是一个包含两个数据段的多段数据，每段数据分别构成一个多边形：

```
>
10 20
15 30
5 25
>
20 20
35 30
40 40
35 40
```

可以使用如下命令绘制上面的多段文件：

```
gmt plot input.dat -JX10c -R0/50/0/50 -Baf -W1p -Gred -pdf lines
```

用户可以通过设置 `IO_SEGMENT_MARKER` 将段头记录的标识符修改为任意字符，例如 `@`、`%` 等。`IO_SEGMENT_MARKER` 可以取两个特殊的值：

- 取 `B` 表示用空行作为数据段的分隔符
- 取 `N` 表示用一个所有列都是 `Nan` 的记录作为数据段分隔符

同样，可以将 `IO_SEGMENT_MARKER` 设置为两个以逗号分隔的字符，则为输入和输出指定了不同的段分隔符。

### 9.1.4 数据段头记录中的额外属性

数据段头记录不仅用于标记数据段的开始，还可以额外指定该段数据的其它属性。比如在绘制线段时，可以在段头记录中加上如下一系列选项，以分别控制每段线段的属性：

- **-W** 指定当前数据段的画笔颜色
- **-G** 指定当前数据段的填充色
- **-Z** 设置当前数据段对应的 Z 值，并从 CPT 文件中获取 Z 值对应的颜色作为其颜色
- **-L** 设置当前数据段的标签信息
- **-T** 设置当前数据段的一般描述信息
- **-Ph** 表明当前数据段构成的闭合多边形位于另一个闭合多边形的内部
- ...

下面的多段数据，分别设置两段数据拥有不同的画笔颜色和填充色：

```
> -W2p,red -Glightred
10 20
15 30
12 25
> -W2p,blue -Glightblue
22 20
30 30
40 50
35 44
```

可以使用如下命令绘制上面的多段数据：

```
gmt plot input.dat -JX10c -R0/50/0/50 -Baf -W1p -Gred -pdf lines
```

查看绘图结果可以发现，数据段头记录中的选项参数会覆盖命令行中相应选项的值。

## 9.2 二进制表

简单地说，ASCII 表与二进制表的区别在于前者使用 `fprintf` 输出而后者使用 `fwrite` 输出。二进制表的文件大小通常比对应的 ASCII 表小很多，且读写速度更快。对于有大量输入输出需求的任意而言，可以将表数据以二进制表的形式保存，以提高数据文件的读写效率。

在写表数据时，可以使用[-b 选项](#) 告诉 GMT 要将数据以二进制格式写出，并指定二进制文件的具体数据格式。同理，在读取二进制表数据时，GMT 是无法猜测数据的具体格式的。因而需要使用[-b 选项](#) 告诉 GMT 要读入的数据中有多少个字段，每个字段的数据类型等。

二进制表中也可以有文件头记录，用[-h 选项](#) 可以指定要跳过的字节数。二进制表中通常用一个值为 NaN 的记录作为数据段头记录来标记每段数据的开始。

## 9.3 netCDF 表

表数据也可以用 netCDF 格式保存。该格式的好处在于通用性。比如 GMT 自带的海岸线数据就是 netCDF 的表数据。

netCDF 表数据中包含了一个或多个一维数组，每个一维数组都有对应的变量名（比如 `lon`、`lat`、`vel` 等等），由于 netCDF 格式的数据中包含了很多元数据（metadata），所以读取就变得很容易。

默认情况下，GMT 在读入 netCDF 表时会从第一个一维数组开始读，并将其作为输入的第一列，然后再读入第二个一维数组，将其作为输入的第二列，依次循环下去，直到读完自己所需要的字段数。

若需要手动指定要从 netCDF 表中读入哪些变量，可以在 netCDF 表文件名后加上后缀 `?var1/var2/…` 或使用选项 `-bicvar1/var2/…` 以指定要读入的变量，其中 `var1` 等是要从 netCDF 表中读入的变量名。比如 `file.nc?lon/lat` 表示要从文件中读入 `lon` 和 `lat` 两个一维数组作为输入数据。

目前，GMT 只支持读取 netCDF 表数据，不支持写 netCDF 表数据。

## 9.4 Shapefile 格式

[Shapefile](#) 格式是由 ESRI 开发的一种空间数据开放格式，其可以描述点、线与多边形等。

需要注意的是，一个 Shapefile 文件通常至少包含三个文件，分别是 `.shp`、`.shx` 和 `.dbf` 文件，此外还可能包含其它可选的文件。

GMT 可以直接读取 Shapefile 文件格式（严格说，是先利用 `ogr2ogr` 命令将 Shapefile 文件转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式再读入）。默认情况下，只读入地理坐标数据。若想要读入其它非空间字段，则需要使用 [-a 选项](#)。

## 9.5 OGR/GMT 矢量数据格式

### 9.5.1 简介

地理空间数据有多种格式，按照类型划分，可以大致分为光栅型（raster）和矢量型（vector）。

- 光栅型数据格式不完整列表：<https://gdal.org/drivers/raster/index.html>
- 矢量型数据格式不完整列表：<https://gdal.org/drivers/vector/index.html>

简单的说，在 GMT 中，netCDF 格式的网格文件属于光栅型地理空间数据，而一般的表数据则属于矢量型地理空间数据。

[GDAL](#) 是一个可以实现多种光栅型或矢量型地理空间数据格式间互相转换的库/工具，其全称为 Geospatial Data Abstraction Library。历史上，GDAL 仅用于处理光栅型数据格式，而 OGR 则仅用于处理矢量型数据格式。从 GDAL 2.0 开始，二者相互集成在一起，即 GDAL 已经具备了处理光栅型和矢量型地理空间数据格式的能力。本文中，提到 OGR 时，仅表示地理空间矢量数据格式。

一个矢量数据中，不仅仅有地理空间数据（地理坐标数据，点、线、多边形等），也可以有非地理空间数据（城市名等）。老版本的 GMT 只能处理地理空间数据，而不能利用非地理空间数据。GMT5 定义了一种兼容 OGR 的 GMT 矢量数据格式，通常称为 OGR/GMT 格式。这种格式中包含了地理空间和非地理空间数据，所有的非地理空间数据都以注释的形式写到文件中，因而 GMT4 也可以正常读取 OGR/GMT 格式的数据。OGR/GMT 格式中包含了非空间数据，使得 GMT 的输出可以很容易地被其他 GIS 或绘图软件所使用。

### 9.5.2 OGR/GMT 格式

OGR/GMT 格式的一些重要性质列举如下：

- 所有非空间数据都以注释行的形式写到文件中，这些注释行在 GMT4 中会被直接忽略
- 非空间数据的各个字段之间用空格分隔，每个字段均以字符 `@` 作为前缀，紧接着一个用于表征该字段内容的字符。每个字段内部的多个字符串之间用字符 `|` 分隔
- 字符 `\` 作为转义字符，比如字符串内 `\n` 表示换行
- 文件中，非空间数据均保存在空间数据之前。因而 GMT 在处理地理空间数据之前，已经解析了非地理空间信息，这些非地理空间信息可能会影响到地理空间数据的处理
- 数据文件的第一个注释行必须指定 OGR/GMT 格式的版本号，即 `@VGMT1.0`

- 为了兼容其他 GIS 格式（比如 shapefiles），OGR/GMT 格式中显式包含了一个字段，用于指定接下来的地理空间数据是点、线还是多边形
- 每个文件有一个头段注释，其中指定了当前文件所包含的地理特征，以及每个特征所对应的非地理属性（比如区域范围，投影方式等）
- 同一个 OGR/GMT 格式的文件中，所有数据段必须具有相同类型的特征（都是点或线或多边形）

### 9.5.3 OGR/GMT 元数据

在 OGR/GMT 格式的文件头部，需要包含一系列元数据信息。元数据用于描述整个文件的共同信息，比如版本号、几何类型、区域范围、投影方式、非空间数据的格式等信息。

#### 格式版本号 @V

OGR/GMT 格式的版本号用 **@V** 来指定。因而 OGR/GMT 格式的文件的第一行的内容必须是：

```
# @VGMT1.0
```

其中 **GMT1.0** 是 OGR/GMT 格式的版本号。

#### 几何类型 @G

**@G** 用于指定当前数据文件的几何类型，其后接的参数可以是：

- POINT**: 包含多个数据点（每个点都可以有自己的头段记录）
- MULTIPOINT**: 多点数据（所有的点共用同一个头段记录）
- LINESTRING**: 包含多个独立的线段（即 GMT 中的多段数据，每条线段可以有自己的头段记录）
- MULTILINESTRING**: 多线数据（文件中的所有线段是一个特性，共用同一个头段记录）
- POLYGON**: 包含多个闭合多边形（每个多边形可以有自己的头段记录）
- MULTIPOLYGON**: 多个多边形数据（所有多边形共用同一个头段记录）

例如：

```
# @VGMT1.0 @GPOLYGON
```

#### 区域范围 @R

**@R** 用于指定区域范围，其格式与 **-R** 选项一致。例如：

```
# @R150/190/-45/-54
```

#### 投影信息 @J

投影信息用四个可选的字符串表示，每个字符串以 **@J** 开头。

- @Je**: 投影的 EPSG 代码
- @Jg**: GMT 中所使用的投影参数
- @Jp**: 投影参数的 Proj.4 表示
- @Jw**: 投影参数的 OGR WKT (well known text) 表示

示例：

```
# @Je4326 @JgX @Jp"+proj=longlat +ellps=WGS84+datum=WGS84 +no_defs"
# @Jw"GEOGCS["WGS84",DATUM["WGS_1984",SPHEROID["WGS84",6378137,
298.257223563,AUTHORITY["EPSG",7030]],TOWGS84[0,0,0,0,0,0,0],
```

(下页继续)

(续上页)

```
AUTHORITY["EPSG","6326"],PRIMEM["Greenwich",0,
AUTHORITY["EPSG","8901"],UNIT["degree",0.01745329251994328,
AUTHORITY["EPSG","9122"],AUTHORITY["EPSG","4326"]"]"
```

## 声明非空间字段 @N

@N 后接一个用于描述非空间字段名称的字符串，各个字段名称之间用 | 分隔。若字段名称中有空格，则必须用引号括起来。@N 必须有一个与之对应的 @T。其中 @T 用于指定每个字段名称的数据类型。可取的数据类型包括 `string`、`integer`、`double`、`datetime` 和 `logical`。

示例：

```
# @VGMT1.0 @GPOLYGON @Nname/depth/id @Tstring/double/integer
```

表明数据文件中包含了多个多边形，每个多边形都可以有独立的头段记录以指定非空间信息，非空间信息有三个，分别是 name、depth 和 id，三个字段分别是字符串、浮点型和整型。

## 9.5.4 OGR/GMT 数据

元数据之后即是真正的数据，包括非空间数据和空间数据。

### 非空间数据

非空间数据用 @D 表示，紧跟着一系列以 | 分隔的字符串，每个字段的含义以及格式由 @N 和 @T 决定。

非空间数据所在的注释行应放在每段数据的坐标数据前。对于几何类型为 **LINE**、**POLYGON**、**MULTILINE** 或 **MULTIPOLYGON** 的数据而言，每段数据之间用特定的字符分隔，默认分隔符是 >。非空间数据紧跟在 > 行之后。对于几何类型为 **POINT** 或 **MULTIPOINT** 的数据而言，则不需要分隔符。

@N 和 @D 中的字符串中若包含空格，则必须用双引号括起来。若字符串中本身包含双引号或 |，则需要使用转义字符进行转义。若两个 | 之间为空，则表示对应的字段为空值。

一个点数据的头段示例：

```
# @VGMT1.0 @GPOINT @Nname/depth/id @Tstring/double/integer
# @D"Point 1"/-34.5/1
```

一个多边形数据的头段示例：

```
# @VGMT1.0 @GPOLYGON @Nname/depth/id @Tstring/double/integer
>
# @D"Area 1"/-34.5/1
```

### 多边形拓扑

旧版本的 GMT 只支持常规的多边形，不支持一个多边形内有个洞的情况。

GMT 通过在多边形数据前加上 @P 和 @H 来指定当前的数据段是外环还是内环，即是真正的多边形，还是多边形内的洞。@H 必须紧跟在对应的 @P 之后。

@H 所指定的洞不应该有任何 @D 值，因为非空间数据适用于整个特性，而 @H 所指定的多边形只是多边形的一部分，并不是一个新的多边形。

### 9.5.5 示例

点数据示例:

```
# @VGMT1.0 @GPOINT @Nname/depth/id
# @Tstring/double/integer
# @R178.43/178.5/-57.98/-34.5
# @Je4326
# @Jp "+proj=latlong +ellps=WGS84 +datum=WGS84+no_defs"
# FEATURE_DATA
# @D"point 1"/-34.5/1
178.5 -45.7
# @D"Point 2"/-57.98/2
178.43 -46.8
...
...
```

线数据示例:

```
# @VGMT1.0 @GLINESTRING @Nname/depth/id
# @Tstring/double/integer
# @R178.1/178.6/-48.7/-45.6
# @Jp "+proj=latlong +ellps=WGS84 +datum=WGS84+no_defs"
# FEATURE_DATA
> -W0.25p
# @D"Line 1"/-50/1
178.5 -45.7
178.6 -48.2
178.4 -48.7
178.1 -45.6
> -W0.25p
# @D"Line 2"/-57.98/$
178.43 -46.8
...
...
```

多边形数据示例:

```
# @VGMT1.0 @GPOLYGON @N"Polygon name"/substrate/id @Tstring/string/integer
# @R178.1/178.6/-48.7/-45.6
# @Jj@Jp "+proj=latlong +ellps=WGS84 +datum=WGS84+no_defs"
# FEATURE_DATA
> -Gblue -W0.25p
# @P
# @D"Area 1"/finesand/1
178.1 -45.6
178.1 -48.2
178.5 -48.2
178.5 -45.6
178.1 -45.6
>
# @H
# First hole in the preceding perimeter, so is technically still
# part of the same geometry, despite the preceding > character.
# No attribute data is provided, as this is inherited.
178.2 -45.4
178.2 -46.5
178.4 -46.5
178.4 -45.4
178.2 -45.4
>
# @P
...
...
```

ASCII 表格式最常用, 因为其较直观, 且可直接编辑。二进制表和 netCDF 表相对不直观, 但文件大小更小。

---

备注: GDAL 提供的 [\*ogr2ogr\*](#) 命令可以将其它格式的表数据转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式。

---

# 第 10 章 网格文件

GMT 可以读取、处理并绘制 2D 网格数据。通常，2D 网格文件的 X 方向代表经度、Y 方向代表纬度，Z 值可以表示高程、重力值、温度、速度等。

本章首先会介绍网格文件的格式与基础知识：

## 10.1 网格文件格式

GMT 支持的网格数据格式主要分为四大类，这四大类也可细分为更多的数据格式：

1. netCDF4 标准网格文件格式
2. netCDF3 “旧” 网格文件格式
3. GMT 自定义二进制文件
4. 其它网格文件格式

netCDF4 标准网格文件格式是最常见的，也最推荐使用的网格数据格式。它也是 GMT 默认的网格数据格式，一般以 .nc 或 .grd 作为文件后缀。本章也将只对 netCDF 格式做重点介绍。

GMT 所支持的所有网格文件格式在下表列出，每种网格文件格式均对应一个两字符 ID。

表 1: GMT 支持的网格文件格式

ID	说明
	<i>GMT netCDF4</i> 标准格式
<b>nb</b>	GMT netCDF format (8-bit integer, COARDS, CF-1.5)
<b>ns</b>	GMT netCDF format (16-bit integer, COARDS, CF-1.5)
<b>ni</b>	GMT netCDF format (32-bit integer, COARDS, CF-1.5)
<b>nf</b>	GMT netCDF format (32-bit float, COARDS, CF-1.5)
<b>nd</b>	GMT netCDF format (64-bit float, COARDS, CF-1.5)
	<i>GMT netCDF3 “旧” 格式</i>
<b>cb</b>	GMT netCDF format (8-bit integer, depreciated)
<b>cs</b>	GMT netCDF format (16-bit integer, depreciated)
<b>ci</b>	GMT netCDF format (32-bit integer, depreciated)
<b>cf</b>	GMT netCDF format (32-bit float, depreciated)
<b>cd</b>	GMT netCDF format (64-bit float, depreciated)
	<i>GMT 自定义二进制格式</i>
<b>bm</b>	GMT native, C-binary format (bit-mask)
<b>bb</b>	GMT native, C-binary format (8-bit integer)
<b>bs</b>	GMT native, C-binary format (16-bit integer)
<b>bi</b>	GMT native, C-binary format (32-bit integer)
<b>bf</b>	GMT native, C-binary format (32-bit float)
<b>bd</b>	GMT native, C-binary format (64-bit float)
	<i>其他网格文件格式</i>
<b>rb</b>	SUN raster file format (8-bit standard)
<b>rf</b>	GEODAS grid format GRD98 (NGDC)
<b>sf</b>	Golden Software Surfer format 6 (32-bit float)
<b>sd</b>	Golden Software Surfer format 7 (64-bit float)
<b>af</b>	Atlantic Geoscience Center AGC (32-bit float)
<b>ei</b>	ESRI Arc/Info ASCII Grid Interchange format (ASCII integer)
<b>ef</b>	ESRI Arc/Info ASCII Grid Interchange format (ASCII float)
<b>gd</b>	Import/export via GDAL

除了上面列出的网格文件格式之外，有 C 编程经验的高级用户还可以自己自定义网格文件格式，并将读写该格式的子程序链接到 GMT 函数库中，使得 GMT 可以支持自定义网格文件格式的读取。详情见 GMT 源码中的 `gmt_customio.c`。

### 10.1.1 netCDF 格式

GMT 保存 2D 网格时默认使用与 COARDS 兼容的 netCDF 格式。COARDS，全称为 Cooperative Ocean/Atmosphere Research Data Service，是一个海洋和大气科学相关机构分发网格数据时所采用的一个共同标准。GMT 的网格数据兼容 COARDS 标准，因而 GMT 可以读取这些机构分发的网格数据，同时，GMT 生成的网格数据也可以被其它软件所读取。

netCDF 格式中除了包含数据外，还包含了很多其它属性。

表 2: GMT 中 netCDF 格式的属性

属性	说明
	全局属性
Conventions	COARDS, CF-1.5 (可选)
title	标题 (可选)
source	文件是如何创建的 (可选)
node_offset	网格配准方式, 0 表示网格线配置 (默认值), 1 表示像素配准
	<i>X</i> 和 <i>Y</i> 变量属性
long_name	坐标名称 (如 “Longitude” 和 “Latitude” )
units	坐标单位 (如, “degrees_east” 和 “degrees_north” )
actual range (or valid range)	<i>x</i> 和 <i>y</i> 的最小最大值
	<i>Z</i> 变量属性
long_name	<i>Z</i> 变量名称 (默认为 “z” )
units	<i>Z</i> 变量单位
scale_factor	<i>z</i> 值要乘以的因子 (默认值: 1)
add_offset	<i>z</i> 值乘以因子后的额外偏移量 (默认值: 0)
actual_range	<i>Z</i> 值的最小最大值
_FillValue (or missing_value)	数据缺失或无效数据对应的值。若未指定, 则根据数据类型自动设置该值

### 10.1.2 GMT 自定义二进制文件

GMT 在老版本中并没有使用 netCDF 作为其网格文件标准格式, 而是自定义了一种网格文件格式。该格式已不推荐使用。该格式的文件包含了一个 892 个字节的头段, 以及数据。下标列出了头段中所保存的所有信息。

参数	描述
<b>int n_columns</b>	Number of nodes in the <i>x</i> -dimension
<b>int n_rows</b>	Number of nodes in the <i>y</i> -dimension
<b>int registration</b>	0 for grid line registration, 1 for pixel registration
<b>double x_min</b>	Minimum <i>x</i> -value of region
<b>double x_max</b>	Maximum <i>x</i> -value of region
<b>double y_min</b>	Minimum <i>y</i> -value of region
<b>double y_max</b>	Maximum <i>y</i> -value of region
<b>double z_min</b>	Minimum <i>z</i> -value in data set
<b>double z_max</b>	Maximum <i>z</i> -value in data set
<b>double x_inc</b>	Node spacing in <i>x</i> -dimension
<b>double y_inc</b>	Node spacing in <i>y</i> -dimension
<b>double z_scale_factor</b>	Factor to multiply <i>z</i> -values after read
<b>double z_add_offset</b>	Offset to add to scaled <i>z</i> -values
<b>char x_units[80]</b>	Units of the <i>x</i> -dimension
<b>char y_units[80]</b>	Units of the <i>y</i> -dimension
<b>char z_units[80]</b>	Units of the <i>z</i> -dimension
<b>char title[80]</b>	Descriptive title of the data set
<b>char command[320]</b>	Command line that produced the grid file
<b>char remark[160]</b>	Any additional comments
<b>TYPE z[n_columns*n_rows]</b>	1-D array with <i>z</i> -values in scanline format

### 10.1.3 其它网格文件格式

除了 netCDF 和 GMT 自定义格式外, GMT 还支持其它几种网格文件格式。更重要的是, GMT 支持通过 GDAL 读取数据, 因而几乎可以读取任意格式的网格文件。

GDAL 所支持的光栅格式列表见: <https://gdal.org/drivers/raster/index.html>

## 10.2 网格配准

GMT 中的 2D 网格文件, 在确定了网格范围和网格间隔后, 网格线会出现在  $x = x_{min}, x_{min} + x_{inc}, x_{min} + 2 \cdot x_{inc}, \dots, x_{max}$  和  $y = y_{min}, y_{min} + y_{inc}, y_{min} + 2 \cdot y_{inc}, \dots, y_{max}$  处。而节点的位置有两种选择, 即网格线配准 (gridline registration) 和像素配准 (pixel registration)。GMT 默认使用的是网格线配准方式。

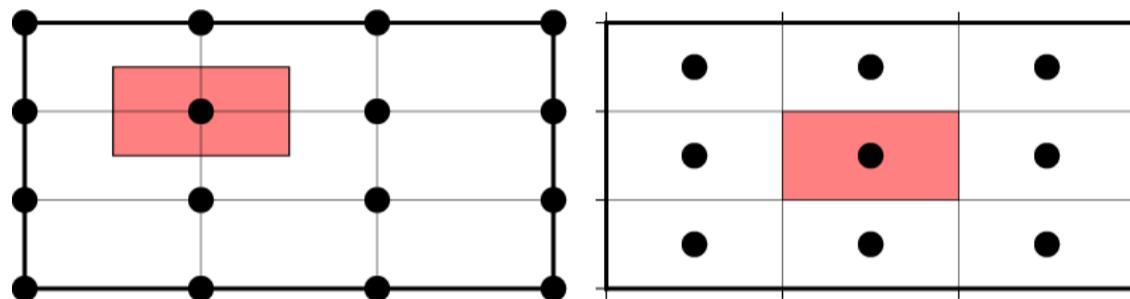


图 1: GMT 网格配准方式  
(左) 网格线配准; (右) 像素配准。

**备注:** 大多数原始观测数据都采样网格线配准方式, 而有时经过处理的数据会以像素配准方式发布。尽管两种配准方式可以互相转换, 但转换过程中会降低 Nyquist 采样率, 压制一些高频信息。因而如果你可以控制, 应尽量避免配准转换。

### 10.2.1 网格配准方式

#### 网格线配准

在网格线配准方式下, 节点 (图中黑色圆圈) 中心位于网格线的交叉点处, 节点的值代表了长宽为  $x_{inc} \cdot y_{inc}$  的单元 (图中红色区域) 内的平均值。这种情况下, 节点数目与网格范围和间隔的关系为:

$$\begin{aligned} nx &= (x_{max} - x_{min})/x_{inc} + 1 \\ ny &= (y_{max} - y_{min})/y_{inc} + 1 \end{aligned}$$

左图中  $nx=ny=4$ 。

#### 像素配准

在像素配准方式下, 节点 (图中黑色圆圈) 位于网格单元的中心, 即网格点之间的区域, 节点的值代表了每个单元 (图中红色区域) 内的平均值。在这种情况下, 节点数目与网格范围和间隔的关系为:

$$\begin{aligned} nx &= (x_{max} - x_{min})/x_{inc} \\ ny &= (y_{max} - y_{min})/y_{inc} \end{aligned}$$

因而, 对于相同的网格区域和网格间隔而言, 像素配准比网格线配准要少一列和一行数据。右图中  $nx=ny=3$ 。

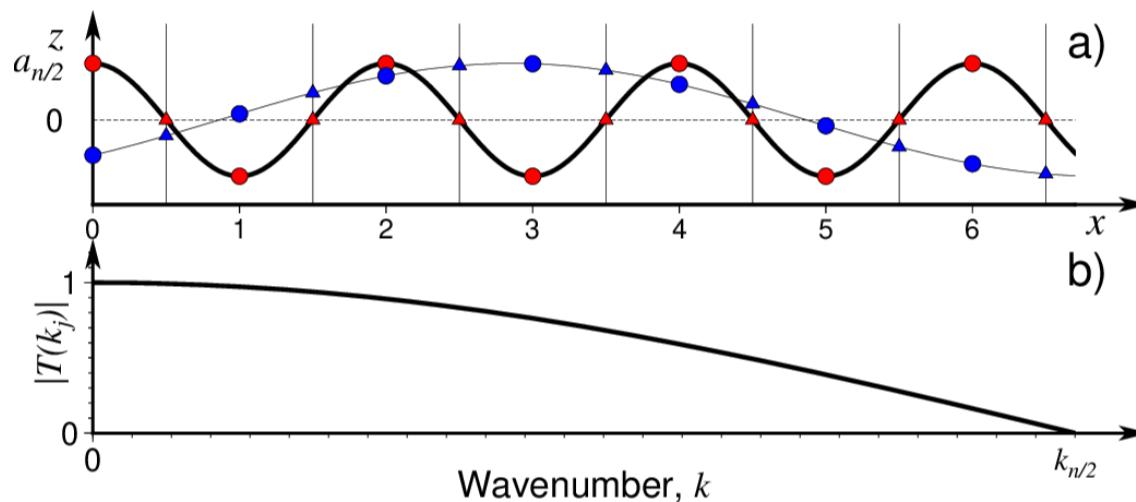
## 10.2.2 配准方式转换

GMT 提供了多种方式实现像素配准与网格配准的互相转换。

一种是使用 `grdedit -T` 选项将网格区域调整半个网格间隔并修改配准方式，该方法不改变原有数据点，但改变了网格区域。

另一种方式是使用 `grdsample -T` 对原始数据做重采样。这种方法保留了网格的区域范围，但在重采样时会丢失数据中的高频信息。

下图展示了为何在重采样过程中会丢失高频信息。图 a 中展示了一个沿着 X 轴的剖面。粗黑线为 Nyquist 频率下的 X 分量，在每个离散网格点处的值用红色圆圈表示。为了对配准方式进行转换，需要在相隔的网格节点中间（即红色三角形）进行重采样。显然，红色三角形的值始终为 0，因而 Nyquist 频率所对应的高频信息在重采样的过程中丢失了。而对于低频信息而言（图中细线），蓝色圆圈为原始数据，蓝色三角为重采样时的采样点，因而低频信息得到了有效保留。图 b 给出了将像素配准转换为网格配准时重采样的转换函数，其显示了在重采样过程中，低频部分会保留，而高频部分振幅会被衰减。



## 10.3 边界条件

GMT 中的某些模块在对网格文件做某些操作（比如插值或计算偏导）时，在网格边界处需要指定网格的边界条件。边界条件的选取会影响到区域边界处的计算结果。GMT 中可以通过 `-n` 选项 选项指定网格的边界条件。

GMT 中网格文件的边界条件有三类：

### 10.3.1 默认边界条件

默认的边界条件是：

$$\nabla^2 f = \frac{\partial}{\partial n} \nabla^2 f = 0$$

其中  $f(x, y)$  是网格文件内的值， $\partial/\partial n$  是垂直于这个方向的偏导。

$$\nabla^2 = \left( \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} \right)$$

是二维 Laplace 操作符。

### 10.3.2 周期边界条件

X 方向的周期边界条件表明数据是以周期  $x_{max} - x_{min}$  重复的, 数据每  $N = (x_{max} - x_{min})/x_{inc}$  个点重复一次。Y 方向同理。

- 对于网格线配准的网格文件, 共  $N+1$  列数据。第一列数据位于  $x = x_{min}$  处, 最后一列 ( $N+1$  列) 数据位于  $x = x_{max}$  处, 周期边界条件意味着数据的第一列和最后一列是完全相同的
- 对于像素配准的网格文件, 有  $N$  列数据, 第一列位于  $x_{min} + x_{inc}/2$ , 最后一列 (第  $N$  列) 位于  $x_{max} - x_{inc}/2$ , 第一列和最后一列的数据是不同的。

### 10.3.3 地理边界条件

地理边界条件表明:

1. 若  $(x_{max} - x_{min}) \geq 360$  且  $180$  是  $x_{inc}$  的整数倍, 则在 X 方向使用周期为  $360$  的周期边界条件, 否则使用默认边界条件
2. 若条件 1 为真, 且  $y_{max} = 90$  则 Y 方向上使用“北极边界条件”, 否则使用默认边界条件
3. 若条件 1 为真, 且  $y_{min} = -90$  则 Y 方向上使用“南极边界条件”, 否则使用默认边界条件

然后介绍如何利用 GMT 或其他软件读写和查看 netCDF 网格文件:

## 10.4 读 netCDF 文件

netCDF 格式的设计相当灵活, 单个 netCDF 文件中可以包含多个多维变量。而 GMT 只能直接处理包含单个二维变量的 netCDF 文件。因而, 对于单变量二维 netCDF 文件, 直接给出文件名即可; 而对于复杂的多变量多维 netCDF 文件, 则需要用户在指定文件名时给出额外的信息。

### 10.4.1 读二维单变量 netCDF 文件

日常见到的大多数 netCDF 文件都是二维单变量 netCDF 文件。此时, 用户只需要直接给出网格文件的文件名即可, GMT 可以自动检测其格式并读入。

更进一步, 也可以在文件名后直接指明数据格式, 并控制读入数据的缩放和偏移。具体来说, 可以按照如下格式指定网格文件文件名:

*name*[=ID][+sscale][+ooffset][+ninvalid]

其中

- *name* 是网格文件名, 必须指定, 其它均是可选项
- *ID* 显式告诉 GMT 当前文件的格式 ID
- *scale* 将数据乘以比例因子 *scale*, 默认值为 1
- *offset* 将数据加上一个常数 *offset*, 默认值为 0
- *invalid* 表明将文件中值为 *invalid* 认为是 NaN

*scale* 和 *offset* 都可以取为 **a**, 表明由程序自动决定比例因子和偏移量的值。在读入网格文件时, 会先乘以比例因子再加上偏移量。

举几个例子:

1. 读入 Golden 软件公司的 surfer 软件生成的网格文件, GMT 可以自动识别, 故而直接用 `file.grd`

2. 读一个二进制短整型网格文件, 先将所有值为 32767 的值设置为 NaN, 再将数据乘以 10 并加上 32000, 可以用 `myfile.i2=bs+s10+o32000+n32767`
3. 将一个二进制短整数网格文件减去 32000 再除以 10, 然后写到标准输出, 可以用 `=bs+s0.1+o-3200`
4. 读一个 8 字节标准 Sun 光栅文件 (其原始范围为 0 到 255), 并将其归一化到正负 1 范围内, 可以用 `rasterfile+s7.84313725e-3+o-1`, 即先乘以因子使得数据范围从 0 到 255 变成 0 到 2, 再减去 1, 则数据范围变成 -1 到 1

#### 10.4.2 读取二维多变量 netCDF 文件

对于包含多个二维变量的 netCDF 网格文件, GMT 默认会读取第一个二维变量作为 Z 值, 并忽略其余的二维变量。用户可以通过在网格文件名后加上后缀 `?varname` 的方式指定要读取某个特定的二维变量, 即:

`filename?varname`

其中 `varname` 是 netCDF 文件中包含的变量名, 其可以通过 netCDF 提供的命令 `ncdump -c file.nc` 得到。

比如想要从文件中获取名为 `slp` 的二维变量的信息, 可以用:

```
gmt grdinfo "file.nc?slp"
```

**备注:** Linux 下问号会被解析为通配符, 因而在命令行或 Bash 中使用时需要将问号转义, 或者将整个文件名放在单引号或双引号内。

#### 10.4.3 读取三维单/多变量 netCDF 文件

最常见的三维单/多变量 netCDF 文件是地震成像得到的三维地球参考模型。三个维度分别是经度、纬度和深度, 变量通常是 P 波速度、S 波速度等。

在遇到三维单/多变量 netCDF 文件时, GMT 默认只读取第一个变量的第一层数据 (通常是深度值最小的那一层)。此时, 可以将其当做一个变量数组, 并通过如下两种方式指定读取特定层的数据。

1. 变量名后加上 `[index]` 以指定某一层的索引值。第一层的索引值为 0, 第二层的索引值为 1, 依次类推。
2. 变量名后加上 `(level)` 以指定获取深度为 `level` 处值。若网格文件中在 `level` 指定的深度处并不存在数据, 则 GMT 会找到离 `level` 最近的有数据的那一深度的值, 而不会去做插值。

假设有一个地球模型文件, `ncdump -c file.nc` 的结果为 (下面只列出与深度有关的部分):

```
# 前面省略部分内容
dimensions:
  depth = 32 ;
variables:
  float depth(depth) ;
  depth:long_name = "depth below earth surface" ;
  depth:units = "km" ;
  depth:positive = "down" ;
data:
  depth = 50, 100, 200, 300, 400, 400, 500, 600, 600, 700, 800, 800, 900, 1000,
  1100, 1200, 1300, 1400, 1500, 1600, 1700, 1800, 1900, 2000, 2100, 2200,
  2300, 2400, 2500, 2600, 2700, 2800, 2850 ;
```

从中可以看到, 该模型在深度方向上有 32 层, 分别对应 50 千米、100 千米, 一直到 2850 千米。则可以使用如

下命令:

```
# 读取第二层（即深度100km）处的P波速度
gmt grdinfo "file.nc?vp[1]"

# 读取深度200千米处的P波速度
gmt grdinfo "file.nc?vp(200)"
```

---

**备注:** Linux 下问号、中括号和小括号有特殊含义，因而在命令行或 Bash 中使用时需要进行转义，或者将整个文件名放在单引号或双引号内

---

#### 10.4.4 读取四维单/多变量 netCDF 文件

对于四维单/多变量 netCDF 文件，处理方法类似。假设有一个四维单变量 netCDF 文件，四个维度分别是纬度、经度、深度、时间，变量为压强。利用 ncdump 可以查看四个维度的取值范围：

```
lat(lat): 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
lon(lon): 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9
depth(depth): 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90
time(time): 0, 12, 24, 36, 48
pressure(time,depth,lat,lon): 共10x10x10x5=5000个值
```

此时可以将变量 *pressure* 当成一个二维数组。

为了得到 depth=10, time=24 处的变量值，可以用：

```
gmt grdinfo "file.nc?pressure[2,1]"
```

或者：

```
gmt grdinfo "file.nc?pressure(24,10)"
```

在本例中，时间维度在前，深度维度在后。

#### 10.4.5 读取一维单/多变量 netCDF 文件

一维单/多变量 netCDF 文件，即前面所说的以 netCDF 格式保存的表数据。即表数据中的每一列分别保存为 netCDF 文件中的一个变量。GMT 自带的 GSHHG 数据和 DCW 数据就是一维多变量 netCDF 文件。

同样的，可以使用 ncdump -c file.nc 来查看 netCDF 文件所包含的变量名。然后即可通过在文件名后加上一系列用斜杠分隔的变量名来使用这些一维变量。例如：

```
# 将文件中的lon变量和lat变量作为输入数据的第1和2列
gmt plot "file.nc?lon/lat" ...
gmt plot "file.nc?lon/lat" ...

# 将文件中的变量time、lat和lon分别作为输入数据的三列
gmt convert "file.nc?time/lat/lon" ...
```

如果要使用的变量是一个二维变量，并且其优先维度与其他被选变量相同，则该变量整体会被输出。例如，一个 netCDF 文件中包含 6 个时间步，其记录了 4 个点的温度。则变量 temp 是一个 6x4 的数组，因而使用如下命令会输出如下信息：

```
$ gmt convert "file.nc?time/temp
2012-06-25T00:00:00 20.1 20.2 20.1 20.3
2012-06-25T12:00:00 24.2 23.2 24.5 23.5
2012-06-26T00:00:00 16.1 16.2 16.1 16.3
2012-06-26T12:00:00 22.1 23.0 23.9 23.5
2012-06-27T00:00:00 17.5 16.9 17.2 16.8
2012-06-27T12:00:00 27.2 27.2 27.5 27.5
```

如果只需要某个点的温度，例如第二列数据，则可以使用：

```
$ gmt convert "file.nc?time/temp[1]
```

### 10.4.6 修改坐标单位

某些 GMT 模块要求网格中的两个维度的单位必须是米，若输入数据中的维度的单位不是米，则需要对网格坐标做一些变换。例如，**grdfit** 模块在计算 2D 网格的傅里叶变换时要求网格是以米为单位。

1. 如果使用的是地理网格数据（即两个维度是经度和纬度），可以加上 **-fg** 选项，则网格坐标会根据展平地球近似，自动转换成以米为单位。
2. 若使用的是笛卡尔坐标下的网格，但维度的单位不是米（比如是千米），则可以在网格文件名后加上 **+uunit** 选项来指定当前网格的维度单位，程序会在内部自动转换成以米为单位。比如，要读入一个维度单位为千米的网格文件，可以通过 **filename+uk** 将其转换成以米为单位。在输出网格时，会自动使用输入数据的原始单位，除非输出网格文件名中有额外的 **+u** 选项。也可以使用 **+Uunit** 实现逆变换，将以米为单位的网格坐标变成以 *unit* 为单位。

## 10.5 写 netCDF 文件

### 10.5.1 文件名格式

GMT 生成网格数据时默认使用 **nf** 格式（默认网格文件格式由 GMT 参数 **IO\_GRIDFILE\_FORMAT** 控制）。可以通过在网格文件名后加上额外的信息以指定网格文件的格式。网格文件的文件名格式为：

*name*[=*ID*][+*sscale*][+*ooffset*][+*ninvalid*]

- *name* 是网格文件名
- *ID* 是写网格文件时要使用的网格文件格式
- *offset* 将数据加上一个常数 *offset*, 默认值为 0
- *scale* 将数据乘以比例因子 *scale*, 默认值为 1
- *invalid* 表明将文件中值为 *invalid* 认为是 NaN

*scale* 和 *offset* 都可以取为 **a**, 表明由程序自动决定比例因子和偏移量的值。在写网格文件时，会先加上偏移量，再乘以比例因子。

### 10.5.2 分块与压缩

出于性能的考虑, GMT 在输出超过 16384 个网格单元的网格文件时, 会启用分块功能。所谓分块, 即数据不是按照一行一行序列存储的, 而是将整个网格分成若干个区块, 然后依次存储每个区块的数据。

在读取数据时, 若只需要读取数据的一部分, netCDF 只需要读取相应的区块即可, 无需读取整个数据。

由于数据的压缩和解压比磁盘 IO 要快, 因而可以对 netCDF 数据进行压缩, 使得磁盘占用更少, IO 负载更少。netCDF 的压缩可以分为若干等级, 压缩级别越高, 文件越小, 读写数据越快, 但压缩/解压越耗时。通常, 压缩级别取 1 到 3 效果比较好。

GMT 参数 *IO\_NC4\_CHUNK\_SIZE* 可以控制分块的大小, *IO\_NC4\_DEFLATION\_LEVEL* 可以控制压缩等级。

## 10.6 查看 netCDF 文件

某些软件可以直接用于查看 netCDF 文件的内容:

- ncview
- Panoply
- ncBrowse

更多相关工具, 见 [netCDF 网站上的列表](#)。

---

**备注:** 尽管大多数程序都可以读取 netCDF 文件, 但某些不支持 netCDF4 格式。

---

# 第 11 章 颜色表 CPT

CPT 全称 Color Palette Table，也称为颜色表、调色板或色标文件。CPT 定义了数值与颜色之间的映射关系，每一个数值都可以从 CPT 中查找到该数值对应的颜色。因而，CPT 常用于绘制随着数值变化颜色的符号、线条、多边形以及 2D 网格数据等。

本章较全面地介绍有关 CPT 的大部分基础知识，主要包括以下内容：

## 11.1 CPT 类型

CPT 文件可以分成两类，一种适用于分类数据，一种适用于常规数据。下面会逐一介绍两种类型的 CPT 文件的格式，以及其如何实现数值与颜色之间的映射。

### 11.1.1 分类 CPT

分类 CPT 文件适用于分类数据。所谓分类数据，是指数据只能取有限个离散的值。比如将陆地分为不同的类型：沙漠、森林、冰川等等。定义 1 代表沙漠，2 代表森林，3 代表冰川。显然值取 1.5 是没有意义的。

分类 CPT 中，对于每个分类要指定唯一的 key，对应的颜色以及一个可选的标签。分类 CPT 文件的格式为（中括号表示该项是可选项）：

```
key1      fill1    [;label1]
key2      fill2    [;label2]
...
keyn      filln    [;labeln]
B         fill_background
F         fill_foreground
N         fill_nan
```

其中：

- *key* 是分类数据的可能取值。如果 *key* 取数值，则必须单调递增但可不连续
- *fill* 是相应数据的填充色。可以是颜色，也可以是图案，见[填充](#)一节
- *label* 则是数据的标签（可选），*label* 前需要一个分号。通常设置为类型名，其主要有两个用途：让用户知道每一个可能取值代表的具体类型；在使用[colorbar](#) 绘制色标时可以将标签显示到色标旁边。

*key* 还可以取以下特殊值：

- **B**: 定义小于 *key1* 的值的填充色，即背景色，默认值由 [COLOR\\_BACKGROUND](#) 控制
- **F**: 定义大于 *keyn* 的值的填充色，即前景色，默认值由 [COLOR\\_FOREGROUND](#) 控制
- **N**: 定义值为 NaN 时使用的填充色，默认值由 [COLOR\\_NAN](#) 控制

下面是一个分类 CPT 文件的示例，从中可以看出分类 CPT 文件是如何完成数据与颜色之间的映射。

```
gmt begin categorical-cpt

# 写一个分类CPT到文件 types.cpt
cat > types.cpt << EOF
0    yellow   ;desert
```

(下页继续)

(续上页)

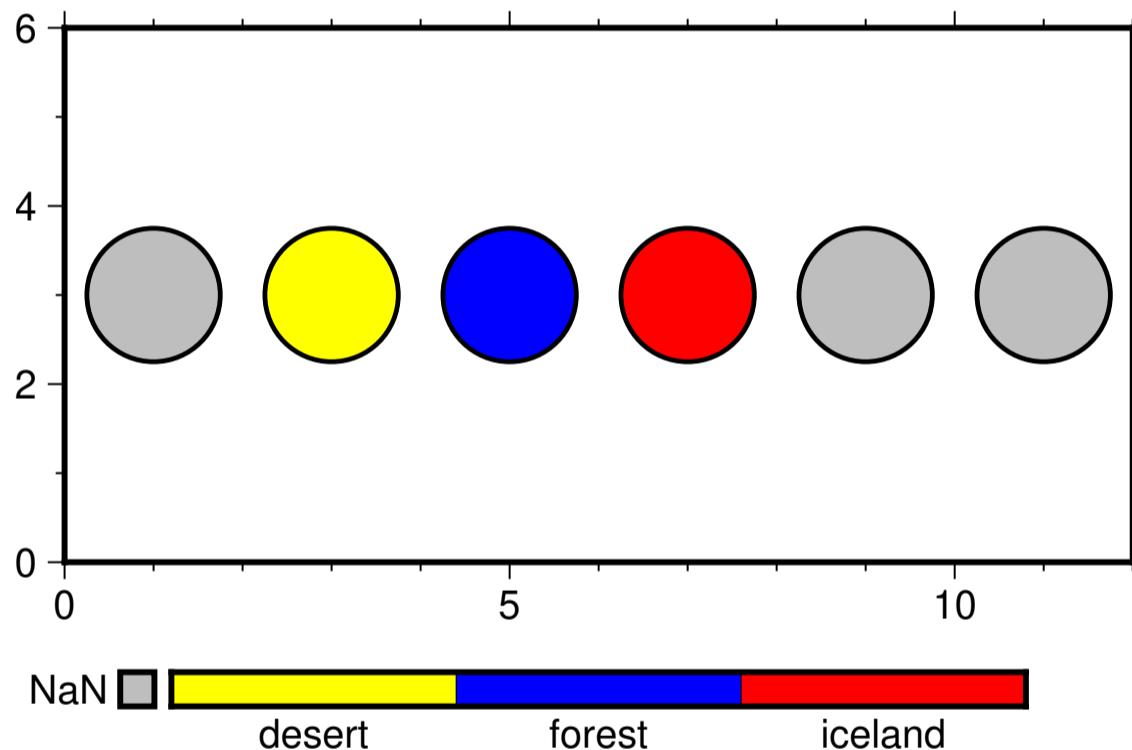
```

1 blue      ;forest
2 red       ;iceland
B white
F black
N gray
EOF

# 绘制圆，其中第三列Z值以及CPT中颜色的对应关系决定了圆的颜色
gmt plot -R0/12/0/6 -JX8c/4c -Baf -BWSen -Sc1c -W1p -Ctypes.cpt << EOF
1 3 -1
3 3 0
5 3 1
7 3 2
9 3 3.1
11 3 NaN
EOF

# 绘制色标
gmt colorbar -Ctypes.cpt -DJBC+e+n
gmt end show

```



### 11.1.2 常规 CPT

常规 CPT 文件适用于连续变化的数据。对于连续变化的数据，无法为每个可能的数据值都指定颜色，通常的做法是为某些特定值指定颜色，其它值的颜色则通过插值得到。

常规 CPT 文件的格式为（中括号表示该项为可选项）：

```

z0    color_min_1  z1    color_max_1    [L|U|B]    [;label1]
z1    color_min_2  z2    color_max_2    [L|U|B]    [;label2]
...
zn-1  color_min_n  zn    color_max_n    [L|U|B]    [;labeln]
B    fill_background
F    fill_foreground
N    fill_nan

```

常规 CPT 文件中的每一行均定义了一个 Z 值范围所对应的颜色范围。以第一行为例，其定义了数据值为  $z_0$  时的颜色为  $\text{color\_min\_1}$ ，数据值为  $z_1$  时的颜色为  $\text{color\_max\_1}$ ，而数据值位于  $z_0$  到  $z_1$  之间时颜色则通过

对 `color_min_1` 和 `color_max_1` 线性或非线性插值得到。由此即定义了任意数值与颜色之间的映射关系。

在每一行后面, 还可以加上两个可选项:

- `label` 是 Z 值范围所对应的标签, 在标签前需要加一个分号 ;。使用 `colorbar` 模块绘制色标时加上 `-L` 选项则会将 `label` 作为色标的标注
- `L|U|B` 也是可选项, 用于控制绘制色标时标注的放置位置。`L`、`U`、`B` 分别表示标注每个 Z 值范围的下限、上限或者同时标注 Z 值上下限。当然, 也可以使用标准选项 `-B` 控制色标的标注和刻度

Z 值还可以取以下特殊值:

- `B`: 定义小于 `z0` 的值的填充色, 即背景色, 默认值由 `COLOR_BACKGROUND` 控制
- `F`: 定义大于 `zn` 的值的填充色, 即前景色, 默认值由 `COLOR_FOREGROUND` 控制
- `N`: 定义值为 `NaN` 时使用的填充色, 默认值由 `COLOR_NAN` 控制

GMT 对于常规 CPT 文件的格式由如下要求:

1. Z 值必须单调递增
2. Z 值不能存在间断, 即每行的最大 Z 值必须与下一行的最小 Z 值相同
3. `B`、`F`、`N` 语句要放在 CPT 文件的开头或结尾
4. 可以指定颜色也可以指定填充图案, 若 `color_min_1` 指定了填充图案, 则 `color_max_1` 必须设置为 -

常规 CPT 文件的格式是很灵活的, 其又可以进一步细分为连续型 CPT 和间断性 CPT:

### 连续型 CPT

当每一行的最大 Z 值与下一行的最小 Z 值对应同一个颜色。例如, 下面的示例 CPT 文件中在 Z 取 1 处颜色是连续的:

```
0    black      1    red
1    red        2    yellow
```

### 间断型 CPT

即某一行的最大 Z 值与下一行的最小 Z 值对应不同的颜色。例如, 下面的示例 CPT 文件中, 第一行表明 Z 取 1 时为红色, 第二行表明 Z 取 1 时为蓝色, 即在 Z 取 1 处颜色存在间断:

```
0      black  1      red
1      blue   2      yellow
```

进一步, 当某一行内最小 Z 值和最大 Z 值对应相同的颜色时则构成了单色间断型 CPT。例如, 下面的示例 CPT 文件中, 第一行指定了 Z 取 0 和 0.5 均定义为黑色, 意味着 Z 取 0 到 1 之间的任意数值均为黑色。第二行则指定了 Z 取 1 到 2 之间的任意数值均为红色:

```
0      black  1      black
1      red    2      red
```

下图展示了上面提到的三种常见的常规 CPT:

```
gmt begin regular-cpt

# 连续型 CPT
cat > continuous.cpt << EOF
0    black      1    red
1    red        2    yellow
EOF
```

(下页继续)

(续上页)

```

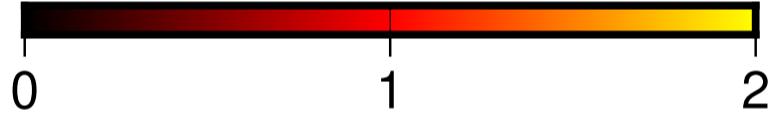
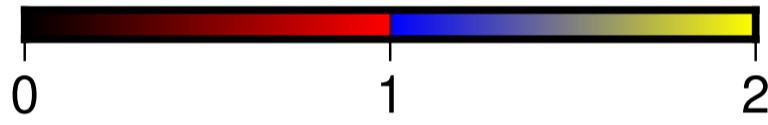
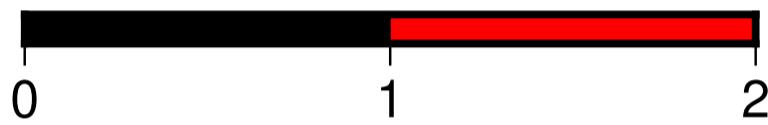
EOF
gmt colorbar -Ccontinuous.cpt -Dx0c/0c+w5c+h

# 间断型 CPT
cat > discontinuous.cpt << EOF
0      black    1      red
1      blue     2      yellow
EOF
gmt colorbar -Cdiscontinuous.cpt -Dx0c/0c+w5c+h -Y1.5c

# 单色间断型 CPT
cat > discontinuous-2.cpt << EOF
0      black    1      black
1      red     2      red
EOF
gmt colorbar -Cdiscontinuous-2.cpt -Dx0c/0c+w5c+h -Y1.5c

gmt end show

```



## 11.2 内置 CPT

GMT 内置了一个分类型 CPT 和几十个常规型 CPT 文件。这一节仅展示 GMT 内置 CPT 的配色, 具体如何使用这些内置 CPT 文件会在后面做进一步介绍。

下面列出了 GMT 内置的部分 CPT 文件的具体配色以及 CPT 文件名(位于图下方)。用户可以参阅[官方手册](#)了解更多内置 CPT 配色文件。每张图中有两个色标, 上面的色标是原始的 CPT 文件, 可以使用如下命令绘制得到(将选项 -Ccpt 中的 cpt 替换为相应的 CPT 即可) :

```
gmt colorbar -Dx0c/0c+w10c/1c+h -B0 -Ccpt -pdf CPT
```

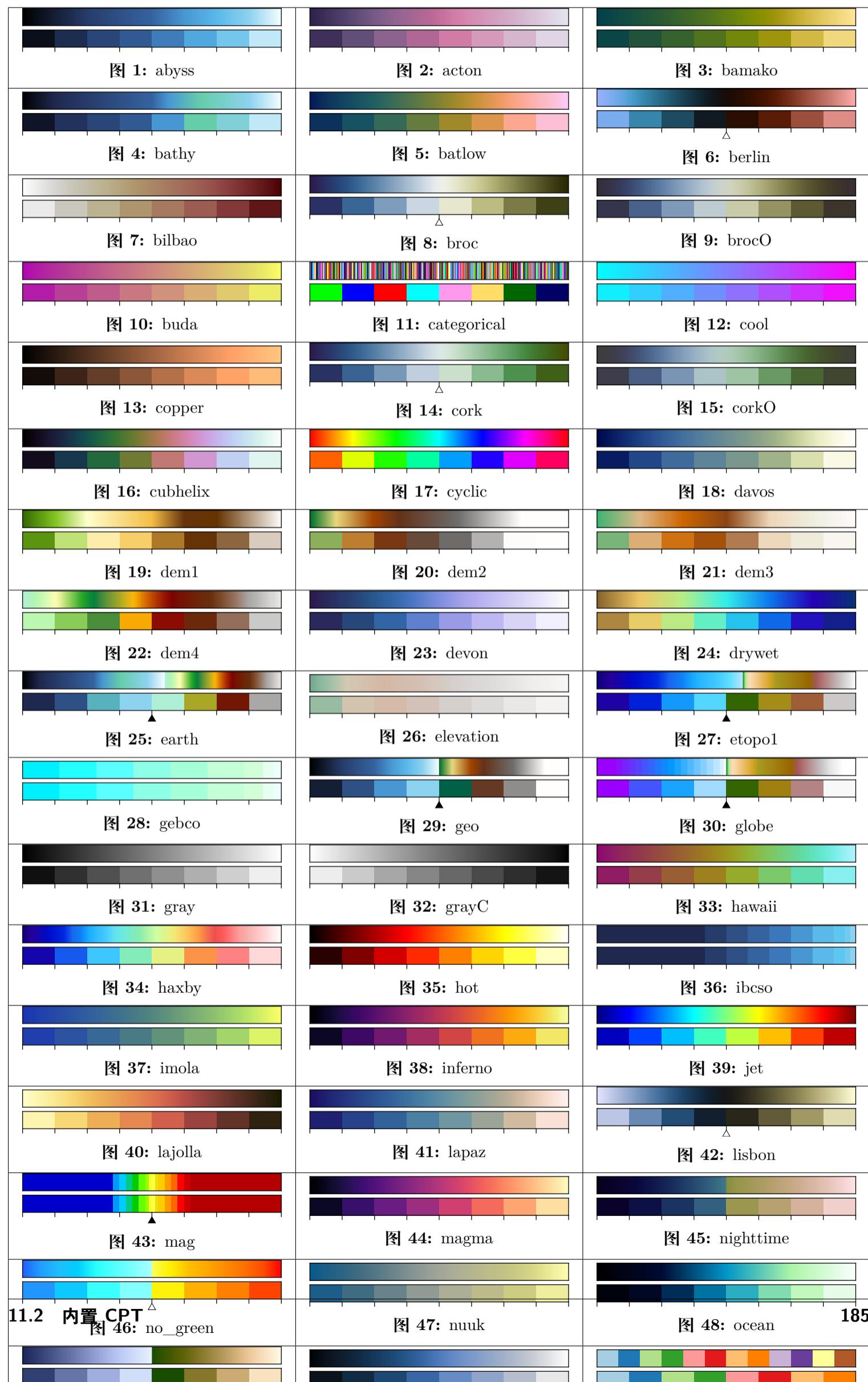
下面的色标是利用[makecpt](#)对原始 CPT 文件做离散处理得到的单色型 CPT 文件, 可以用如下命令绘制得到(将选项 -Ccpt 中的 cpt 替换为相应的 CPT 即可)

```

gmt begin CPT
gmt makecpt -Ccpt -T-1/1/0.25
gmt colorbar -Dx0c/0c+w10c/1c+h -B0
gmt end show

```

图中黑色三角和白色三角分别表示该 CPT 拥有一个 HARD HINGE 或 SOFT HINGE。关于 HARD 和 SOFT HINGE 的定义会在下一节详细介绍。



GMT 内置 CPT 文件中, 某些是针对特定的需求设计的, 因而常用于特定的图件中:

1. 海深: abyss、bathy、gebco、ibcso
2. 陆地高程: elevation
3. 全球地形起伏: dem1、dem2、dem3、dem4、earth、etopo1、geo、globe、oleron relief、terra、topo、world
4. 地震成像: seis、polar
5. 分类型数据: categorical

### 11.3 制作 CPT

GMT 模块 `makecpt` 和 `grd2cpt` 可以内置 CPT 文件为基础, 针对用户自己的数据制作专门的 CPT 文件; 也可以将用户自定义 CPT 重新调整为一个新的范围、颜色倒转甚至屏蔽部分颜色的新色标文件。比如某个内置 CPT 文件定义了从 0 到 1 颜色从蓝色变成红色, 用 `makecpt` 可以制作一个从 1000 到 3000 颜色从蓝色变成红色的 CPT 文件。不同的是, `makecpt` 常用于已知极值范围的表数据, 而 `grd2cpt` 常用于将 cpt 适用于一个或多个格网数据。此外, 两者均可通过以下方式翻转颜色:

1. 利用 `-Iz` 选项倒转 CPT 的 z 值指向 (不包括前景色、背景色)。用于数据的正负颜色表示和惯例不符的情况 (比如用正值表示海平面以下的深度, 而不是惯常的负高程)。
2. 利用 `-Ic` 选项翻转颜色的顺序, 包括前景色和背景色 (与 `colorbar` 的宽度设为负值效果一致)。
3. `-Icz` 表示以上两种效果的叠加, 即颜色顺序不变, 只调转了前景色和背景色
4. 利用 `-G` 选项提取主 CPT 的一部分颜色
5. 最后, 将初始的内置 CPT 或修改后的 CPT 拉伸为自定义数据范围

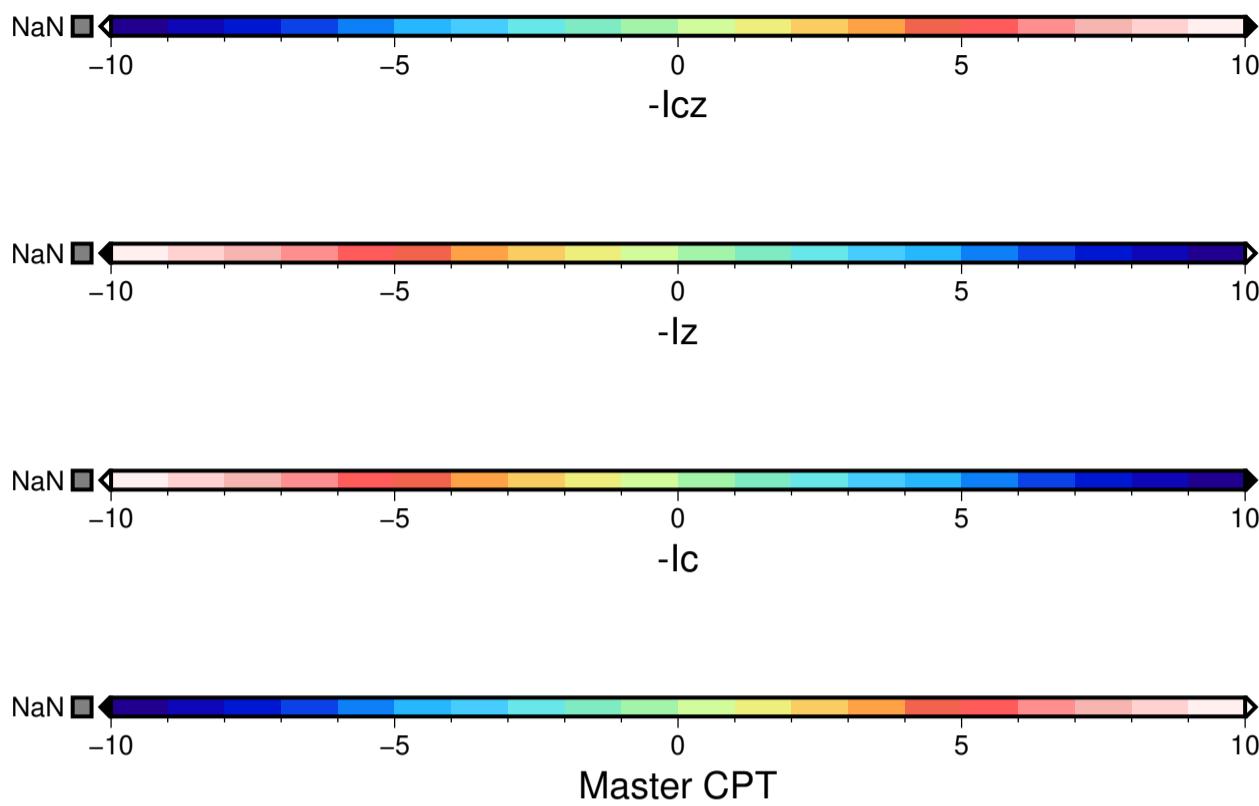
```
#!/usr/bin/env bash
SIZE=w15c/0.25c

gmt begin cpt_4
gmt makecpt -Chaxby -T-10/10/1 -H > Icpt.cpt
gmt makecpt -Chaxby -T-10/10/1 -H -Iz > Icpt_z.cpt
gmt makecpt -Chaxby -T-10/10/1 -H -Ic > Icpt_c.cpt
gmt makecpt -Chaxby -T-10/10/1 -H -Icz > Icpt_cz.cpt

gmt plot -R1/10/1/10 -JX20c -T

gmt colorbar -CIcpt.cpt -Dn0.5/0.25+jCM+$SIZE+h+e+n -B+l"Master CPT"
gmt colorbar -CIcpt_c.cpt -Dn0.5/0.4+jCM+$SIZE+h+e+n -B+l"-Ic"
gmt colorbar -CIcpt_z.cpt -Dn0.5/0.55+jCM+$SIZE+h+e+n -B+l"-Iz"
gmt colorbar -CIcpt_cz.cpt -Dn0.5/0.7+jCM+$SIZE+h+e+n -B+l"-Icz"

rm Icpt*.cpt
gmt end show
```



注: 这些 CPT 的调整选项顺序也是有优先级的。比如 `-lz` 使用后, 所有其他的更改都是基于 z 值反向的前提进行的。

CPT 文件可以在 `grdimage`、`plot`、`plot3d` 等命令中使用。通常, 你可以使用 `makecpt` 或 `grd2cpt` 对已有的 CPT (比如 GMT 内置的 CPT) 文件进行重采样, 并适应你目前所使用的数据范围。当然, 也可以自己手写 CPT 文件, 或使用 `awk`、`perl` 之类的文本处理工具自动生成 CPT 文件。由于 GMT 中可以用多种方式来指定颜色, 因而 GMT 自带的或用户自己的 CPT 文件中通常含有如下注释语句:

```
# COLOR_MODEL = model
```

其中 `model` 可以取 `RGB`、`hsv`、`cmyk`, 其指定了 CPT 文件中的颜色要如何进行解释。

### 11.3.1 周期性 CPT 文件

有一类特殊的 CPT 文件称之为周期性 CPT 文件。对于这类 CPT 文件而言, GMT 在根据 Z 值查找对应的颜色时, 会首先从 Z 值中减去 CPT 文件中 Z 值范围的整数倍, 使得 Z 值永远落在 CPT 文件所指定的范围内。这意味着此类 CPT 文件没有前景色和背景色。

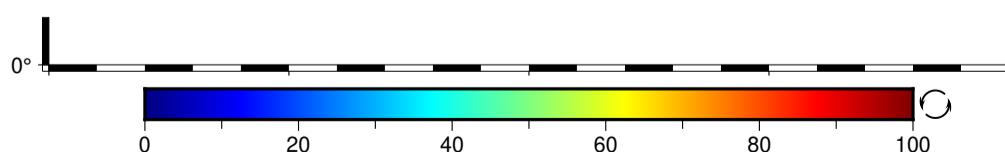
比如, 现有一个周期性 CPT 文件, 其定义了 Z 值范围在  $-\pi$  到  $\pi$  之间的颜色表。若 Z 值等于  $3/2\pi$ , 则会取  $-\pi/2$  处的值作为其颜色。

在使用 `makecpt` 或 `grd2cpt` 生成 CPT 文件时加上 `-Ww` 选项即可生成周期性 CPT 文件。该选项本质上是在 CPT 文件中加上一个特殊的注释行:

```
# CYCLIC
```

GMT 在 CPT 中看到这一注释行时就会将该 CPT 当作时周期性 CPT 文件。

Source Code



### 11.3.2 动态 CPT

GMT 内置的 CPT 文件都是动态的。

所有动态 CPT 文件都按照两种方式中的一种进行了归一化：

- 如果为存在分界 (hinge) 的区域填色 (如地形颜色在高程为 0 的海岸线处发生非连续的分界) 那么 CPT 的 z 值在一侧为 -1 到 0; 另一侧为 0 到 1; 分界线上为 0。CPT 文件中对分界线的值注释如下：

```
# HINGE = <hinge-value>
```

按照这种方式归一化的内置 CPT 包括 earth etopo1 geo globe polar red2green relief sealand split terra topo world

- 如果不存在颜色的分界，则 CPT 的 z 值归一化为 0 到 1 之间。实际使用中，CPT 的 z 值会拉伸到用户指定的范围，包括两种拉伸模式：

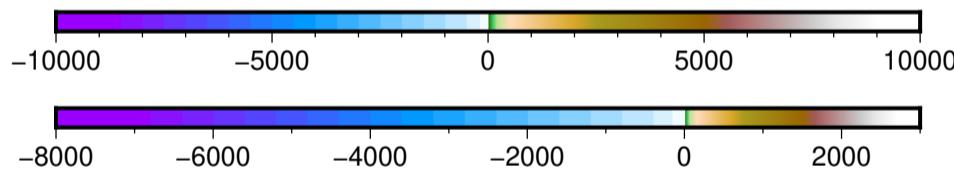
- 默认指定一个数值范围，实际应用中（如地形渲染）再拉伸到真实值。见 CPT 文件中的 RANGE 注释：

```
# RANGE = <zmin/zmax>
```

- 若未给定范围，则扩展到数据的极限值

下图展示了动态的内置 CPT 如何拉伸适用于用户自定义数据，绘制命令如下：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin cpt_3
gmt makecpt -Cglobe -T-8000/3000
gmt colorbar -C -Baf -Dx0/0+w4.5i/0.1i+h
gmt colorbar -Cglobe -Baf -Dx0/0+w4.5i/0.1i+h -Y0.5i
gmt end show
```



原始的内置 CPT (globe, 上图) 的初始范围为 -10000 至 10000，颜色不连续处的分界值 (hinge) 为 0，小于 0 的部分为海蓝色系，大于 0 的部分为大地色系。但实际上，我们要绘制的区域高程值是非对称的，从 -8000 米到 3000 米（下图）。由于 hinge 值的存在，负高程依旧由海蓝色拉伸填充，正高程则由大地色压缩填充。

注：若要实现 hinge 分界效果，`makecpt` 命令中的 `-T` 选项不可设置 `inc`。

## 11.4 使用 CPT

命令行指定 CPT 文件名后，GMT 会依次在当前目录、`~/.gmt` 和 `$GMTHOME/share/cpt/` 目录下寻找 CPT 文件，如果找不到还会加上后缀 `.cpt` 寻找。

在文件名后加上后缀 `+u|Uunit` 还可以对 CPT 文件中的 Z 值进行缩放。

- `filename.cpt+u|Uunit` 可以将 Z 值从 `unit` 变换为以米为单位
- `filename.cpt+Uunit` 可以将 Z 值从以米为单位转换成 `unit`

## 11.5 当前 CPT

在现代模式下，几乎不需要显式命名 CPT。当某个模块创建 CPT 时，例如 `grd2cpt`, `makecpt`, 或者没有颜色表可用时的 `grdimage`, GMT 会将 CPT 写入会话目录中的隐藏文件中。

当模块需要 CPT 时，例如，当 `grdimage` 未提供-C, 或提供-C 但没指定名称) 时，GMT 会读取此隐藏的 CPT。该文件称为当前 CPT。

实际上，当前的 CPT 有几个级别，可能全部不同，有些可能不存在。如果在绘制图中图时创建 CPT，则只能在绘制该图中图期间访问该 CPT。因此，它只能将图中图作为其使用范围。

如果在某个特定子图中时创建 CPT，则该 CPT 同样只能由该子图访问。如果在子图开始之后但在绘图开始之前创建 CPT，则该 CPT 可用于所有子图（但可以被上述子图特定的 CPT 局部覆盖）。

每次调用图形，都应该创建特定于图形的 CPT。如果不存在，则使用会话 CPT。gmt 遵循的规则是，始终使 CPT 具有最受限制的范围，该范围处于绘图层次结构中。

如果在本绘图层次结构中找不到，GMT 会将层次结构扩展到范围更广的结构中去寻找 CPT。如果最终没有找到 CPT（并且绘图模型不同于 `grdimage`, 无法单独创建 CPT 时），会提示出错。

在现代模式下，有些情况下必须使用-H 选项以显式创建命名 CPT。一种情况是，在制作动图时，因为需要创建一次 CPT 并多次访问它。由于每个电影帧都是一个单独的会话，因此不能跨会话共享当前 cpt。

除了以上各小节介绍的 CPT 资源，还可以访问以下链接获取更多 CPT 资源：

1. <http://soliton.vm.bytemark.co.uk/pub/cpt-city/>
2. <http://www.fabiocrameri.ch/colourmaps.php>

# 第 12 章 标准选项

GMT 有 100 多个模块，每个模块的具体功能由模块的众多选项决定。模块的选项都是以 - 加一个字符的形式构成。这些字符是经过精心挑选的，用户很容易根据字符记住该选项的作用。

GMT 的众多模块有不同的选项，也有标准选项。标准选项在所有模块中具有完全相同的意义，故而本章将单独介绍这些通用的标准选项的用法。在[模块手册](#)中，将不再详细介绍标准选项，而主要介绍每个模块特有的选项。

表 1: GMT 标准选项列表

选项	说明
<code>-B</code>	定义底图边框和轴的刻度、标注、标签等属性
<code>-J</code>	选择地图投影方式或坐标变换
<code>-R</code>	指定区域范围
<code>-U</code>	在图上绘制时间戳
<code>-V</code>	详细报告模式
<code>-X</code>	移动 X 方向上的绘图原点
<code>-Y</code>	移动 Y 方向上的绘图原点
<code>-a</code>	将非空间数据与某些列联系在一起
<code>-b</code>	控制二进制的输入或输出
<code>-c</code>	选择特定的子图
<code>-d</code>	将输入或输出中的 <code>nodata</code> 替换成 NaN
<code>-e</code>	仅处理与指定 pattern 匹配的数据
<code>-f</code>	设置 ASCII 输入或输出的格式
<code>-g</code>	根据数据间断对数据进行分段
<code>-h</code>	跳过数据的文件头段记录
<code>-i</code>	选择输入列
<code>-j</code>	确定球面距离的计算方式
<code>-l</code>	为当前绘制的符号或线条添加图例记录
<code>-n</code>	设置网格插值方式
<code>-o</code>	选择输出列
<code>-p</code>	控制 3D 视角图
<code>-q</code>	对输入/输出数据做行选择或数据范围选择
<code>-r</code>	设置网格配准方式
<code>-s</code>	控制 NaN 记录的处理方式
<code>-t</code>	设置图层透明度
<code>-w</code>	将输入坐标转换为循环坐标
<code>-x</code>	设置并行的核数（仅限于支持并行的模块）
<code>-:</code>	输入数据是 $y/x$ 而不是 $x/y$

## 12.1 -R 选项

**-R** 选项用于指定要绘制的数据范围或地图区域。该选项的参数可以用五种方式指定，同时支持六种不同类型的数据坐标。

### 12.1.1 五种方式

可以用五种方式指定数据范围。

1. **-Rxmin/xmax/ymin/ymax**

通过给定 X 方向和 Y 方向的最大最小值来指定数据范围，是最常见的指定数据范围的方式。常用于指定笛卡尔数据的范围以及经线和纬线是直线的投影方式下的地理区域。例如 **-R0/360/-90/90** 表示 X 方向范围是 0 到 360, Y 方向范围是-90 到 90。

2. **-Rxlleft/ylleft/xuright/yuright+r**

通过给定矩形区域的左下角坐标 (*xlleft*, *ylleft*) 和右上角坐标 (*xuright*, *yuright*) 来指定数据范围。例如 **-R-90/20/-65/30+r**。这种形式通常用于倾斜的地图投影中，此时不适合将经线和纬线作为地图边界。使用这种形式可以保证底图为矩形，尽管经线和纬线可能不是直线。

3. **-Rgridfile**

该方式会直接从 2D 网格文件 *gridfile* 中提取数据范围信息。对于某些模块，该方式不仅会从网格中读取范围信息，还会读入网格间隔和网格配准信息（见[-r 选项](#)）。

4. **-Rcode1,code2,⋯[+e|r|R[incs]]**

通过直接指定区域代码 *code1*、*code2* 等间接指定研究区域范围。区域代码可以表示某个大洲、某个国家、某个州或省，详情见[DCW: 世界数字图表](#) 一节。

**+e|r|Rincs** 用于对通过区域代码得到的研究区域范围进一步扩张或缩减。其中 **+r** 表示调整区域范围使得范围是 *incs* 的整数倍，**+e** 与 **+r** 类似，但其保证了至少向外扩展 0.25 倍的 *incs*，**+R** 表示 *incs* 被解释为区域范围向外扩展的增量。其中 *incs* 有三种形式：

1. *inc*: 四个边具有相同的增量
2. *xinc/yinc*: X 和 Y 方向具有不同的增量
3. *winc/einc/sinc/ninc*: 上下左右四个边具有不同的增量

例如 **-RFR+r1** 表示取法国国界对应的区域范围并将其调整到最近的整数度数。

5. **-Ranchorx0/y0/nx/ny**

该方法仅可用于创建新的网格文件。通过指定网格文件中某个特定点（由 *anchor* 决定，见[锚点](#) 一节）的坐标（由 *x0/y0* 决定），X 和 Y 方向的网格点数（由 *nx/ny* 决定），以及 X 和 Y 方向的网格间隔（通常由 **-Ixinc/yinc** 选项决定），即可指定网格文件的区域范围。

[Source Code](#)

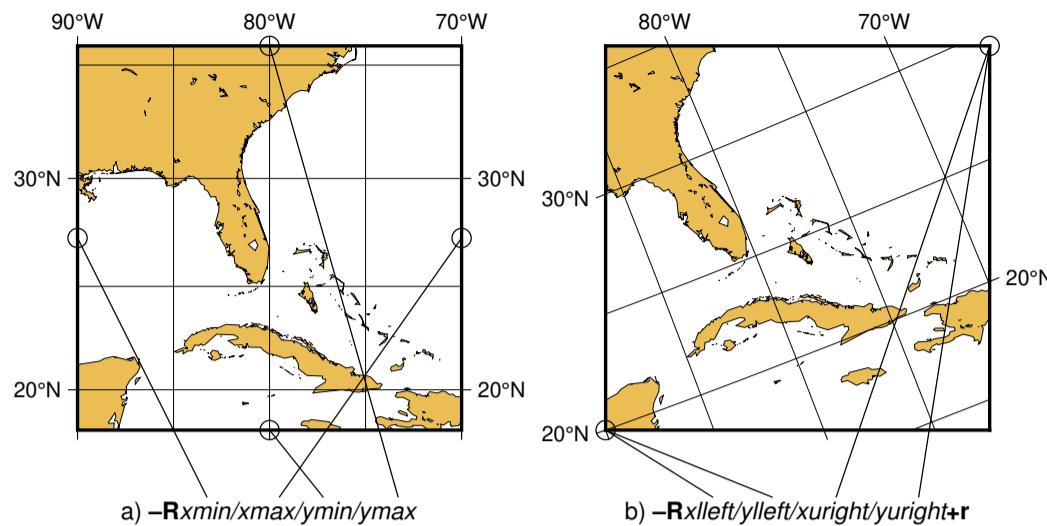


图 1: -R 选项指定数据范围。

(左) 指定每个维度的极值; (右) 指定左下角和右上角的坐标。

### 12.1.2 六种坐标

GMT 支持绘制多种类型的坐标轴,如地理坐标轴(即经纬度轴)、时间轴(绝对时间轴和相对时间轴)以及笛卡尔轴等,具体请参考[-B 选项](#)。不同的坐标轴需要的数据类型也不同,主要分为以下四大类:

1. 地理坐标
2. 绝对时间坐标
3. 相对时间坐标
4. 一般浮点坐标

以上四种数据类型都可以用在-R 选项中,用来指定数据范围。[数据类型](#)中已经详细介绍过这四种数据类型,本节不再赘述,但会简要介绍-R 选项中指定地理坐标数据范围的一些特殊方式。

除了以上四种方式,-R 选项还支持使用以下两种方式来指定数据范围:

1. 投影后坐标
2. 弧度坐标

#### 地理坐标

对于常用的地图范围,GMT 提供了两个简化写法:

- -Rg 等效于 `-R0/360/-90/90`
- -Rd 等效于 `-R-180/180/-90/90`

GMT 对于地理投影和线性投影的默认设置有很大区别。有些时候数据是地理坐标,但是因为某些原因不能选择地理投影,只能选择线性投影(-JX 或 -Jx),此时可以通过如下几种方式表明当前数据是地理坐标下的数据,而不是简单的笛卡尔坐标:

1. 使用 -Rg 而不是 `0/360/-90/90`
2. 使用 -Rd 而不是 `-180/180/-90/90`
3. 使用 `-Rgxmin/xmax/ymin/ymax` 表明是某个有限范围的地理区域

4. 在范围后加后缀 **W|E|S|N** 或更通用的 **D|G**, 如 **-R0/360G/-90/90N**
5. 使用 **-fg** 选项表明输入数据是地理坐标, 见[-f 选项](#)

**备注:** 推荐使用 **-fg** 这种方式来指定输入数据的类型。

## 投影后坐标

地理坐标可以通过选择投影方式投影成笛卡尔坐标, 通过在区域范围后加上 **+uunit** 来表明这是一个经过投影的地理坐标。

例如 **-R-200/200/-300/300+uk** 表示位于投影中心 **(0,0)** 处的一个 **400km x 600km** 的矩形区域。这些坐标在 GMT 内部会被转换成区域左下角和右上角的地理坐标。当你想要用投影单位指定区域时用这种方式会比较方便 (例如 UTM meters)。

## 弧度坐标

对于以弧度为单位的数据而言, 通常会需要指定数据范围是  $\pi$  的倍数或分数, 此时可以使用 **[+/-][s]pi[f]** 形式, 其中 **s** 和 **f** 可以是任意整数或浮点数, **s** 表示 **scale** 即倍数, **f** 表示 **fraction** 即分数。

例如 **-2pi/2pi3/0/1** 表示 X 轴的数据范围是  $-2\pi$  到  $2/3\pi$ , 即相当于 -360 度到 120 度。

当使用这种形式时, 程序只在  $\pi$  相关的值处进行标注, 即  $n$  倍的  $\pi$ ,  $1.5\pi$  以及  $3/4, 2/3, 1/2, 1/3, 1/4$  倍的  $\pi$ 。

## 12.2 -J 选项

**-J** 选项用于指定坐标变换方式或地图投影方式, 即将数据投影到画布上所采用的函数。

**-J** 选项后接投影代码以及投影参数。GMT 目前支持三种不同的方式指定投影代码和投影方式:

- GMT 投影代码
- Proj4 投影代码
- GMT+PROJ4 投影代码

### 12.2.1 GMT 投影代码

**-J** 选项有两种写法:

**-J $\delta$ [parameters/]scale**

**-J $\Delta$ [parameters/]width**

其中,  $\delta$  和  $\Delta$  用于指定投影代码, 前者为小写字母, 后者为大写字母。**parameters** 是零个或多个由斜杠分隔的投影参数, 参数数目由投影方式决定。

投影代码使用小写字母时, **-J** 的最后一个参数 **scale** 表示底图比例尺, 即图上距离与真实地球距离之间的换算关系。**scale** 可以有两种格式:

- 单个数字加单位, 例如 **2c**, 表示真实地球距离的 1 度投影到画布上为 2 厘米
- **1:xxxx** 格式, 例如 **1:10000000** 表示画布上的 1 厘米对应真实地球距离的 10000000 厘米

投影代码为大写字母时, **-J** 的最后一个参数 **width** 表示底图宽度。还可以加上子选项还进一步控制 **width** 的含义:

- **+dw** 表示 *width* 为底图的宽度 [默认值]
- **+dh** 表示 *width* 为底图的高度
- **+du** 表示 *width* 为底图维度中最大的那个维度的长度
- **+dl** 表示 *width* 为底图维度中最小的那个维度的长度

**备注:** 几乎所有地图投影方式, 都只能指定底图宽度或高度中的任一个, 而不能同时指定二者, 因为地图高度会由地图宽度和投影方式自动决定。

画图时通常建议使用大写投影代码以直接指定图片宽度, 除非需要明确指定比例尺。

例如:

- **-Jm1c** 表示使用墨卡托投影, 地图上的 1 度距离投影到画布上为 1 厘米
- **-Jm1:10000000** 表示使用墨卡托投影, 画布上的 1 cm 代表实际距离中的 10000000 cm, 即 100 km
- **-JM15c** 也表示使用墨卡托投影, 整个地图的宽度是 15 厘米, 地图的高度由 **-R** 和 **-J** 自动确定
- **-JM15ch** 表示整个地图的高度是 15 厘米
- **-JX10c/5c** 使用线性投影, 地图的宽度是 10 厘米, 高度为 5 厘米

下表列出了 GMT 所支持的全部投影方式, 详细介绍见[地图投影](#)。

表 2: GMT 投影代码

-J 代码	说明
<b>-JA</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> [/horizon]/width	<i>Lambert azimuthal equal area</i>
<b>-JB</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /lat <sub>1</sub> /lat <sub>2</sub> /width	<i>Albers conic equal area</i>
<b>-JC</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /width	<i>Cassini cylindrical</i>
<b>-JCyl_stere</b> [lon <sub>0</sub> /[lat <sub>0</sub> /]]width	<i>Cylindrical stereographic</i>
<b>-JD</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /lat <sub>1</sub> /lat <sub>2</sub> /width	<i>Equidistant conic</i>
<b>-JE</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> [/horizon]/width	<i>Azimuthal equidistant</i>
<b>-JF</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> [/horizon]/width	<i>Azimuthal gnomonic</i>
<b>-JG</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> [/horizon]/width	<i>Azimuthal orthographic</i>
<b>-JG</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /alt/azim/tilt/twist/W/H/width	<i>General perspective</i>
<b>-JH</b> [lon <sub>0</sub> /]width	<i>Hammer equal area</i>
<b>-JI</b> [lon <sub>0</sub> /]width	<i>Sinusoidal equal area</i>
<b>-JJ</b> [lon <sub>0</sub> /]width	<i>Miller cylindrical</i>
<b>-JKf</b> [lon <sub>0</sub> /]width	<i>Eckert IV equal area</i>
<b>-JKs</b> [lon <sub>0</sub> /]width	<i>Eckert VI equal area</i>
<b>-JL</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /lat <sub>1</sub> /lat <sub>2</sub> /width	<i>Lambert conic conformal</i>
<b>-JM</b> [lon <sub>0</sub> /[lat <sub>0</sub> /]]width	<i>Mercator cylindrical</i>
<b>-JN</b> [lon <sub>0</sub> /]width	<i>Robinson</i>
<b>-JO</b> alon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /azim/width[+v]	<i>Oblique Mercator, 1: origin and azim</i>
<b>-JO</b> blon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /lon <sub>1</sub> /lat <sub>1</sub> /width[+v]	<i>Oblique Mercator, 2: two points</i>
<b>-JO</b> clon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /lon <sub>p</sub> /lat <sub>p</sub> /width[+v]	<i>Oblique Mercator, 3: origin and pole</i>
<b>-JP</b> width[+a][+f[e p radius]][+kkind][+roffset][+torigin][+z[p radius]]	<i>Polar/Cylindrical</i>
<b>-JPoly</b> [lon <sub>0</sub> /[lat <sub>0</sub> /]]width	<i>(American) polyconic</i>

下页继续

表 2 – 续上页

-J 代码	说明
<b>-JQ</b> [lon <sub>0</sub> /[lat <sub>0</sub> /]]width	<i>Equidistant cylindrical</i>
<b>-JR</b> [lon <sub>0</sub> /]width	<i>Winkel Tripel</i>
<b>-JS</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /[horizon]/width	<i>General stereographic</i>
<b>-JT</b> [lon <sub>0</sub> /[lat <sub>0</sub> /]]width	<i>Transverse Mercator</i>
<b>-JU</b> zone/width	<i>Universal Transverse Mercator (UTM)</i>
<b>-JV</b> [lon <sub>0</sub> /]width	<i>Van der Grinten</i>
<b>-JW</b> [lon <sub>0</sub> /]width	<i>Mollweide</i>
<b>-JX</b> width[l pexp T t][/height[l pexp T t]][d]	<i>Linear, logarithmic, power, and time</i>
<b>-JY</b> lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /width	<i>Cylindrical equal area</i>

### 12.2.2 Proj4 投影代码

GMT 用单个字母指定投影方式, 但英文字母只有 26 个, 而投影方式却不止 26 个, 因而, 从 GMT 4.3.0 开始, GMT 开始支持 Proj4 包的投影代码。Proj4 包不是使用单个字符指定投影方式, 而是通过一个单词指定。比如墨卡托投影既可以用 **-Jm** 指定也可以用 **-Jmerc** 指定。

其语法为:

**-J**abbrev/[parameters/]scale

**-JA**bbrev/[parameters/]width

类似的, 若投影代码的首字母为大写, 则最后一个参数表示底图宽度; 若投影代码为小写, 则最后一个参数表述底图比例尺。

表 3: Proj4 投影代码

代码	说明
<b>-Jaea</b> /lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /lat <sub>1</sub> /lat <sub>2</sub> /scale	Albers conic equal area
<b>-Jaeqd</b> /lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /[horizon]/scale	Azimuthal equidistant
<b>-Jcass</b> /lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /scale	Cassini cylindrical
<b>-Jcea</b> /lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /scale	Cylindrical equal area
<b>-Jcyl_stere</b> /[lon <sub>0</sub> /[lat <sub>0</sub> /]]scale	Cylindrical stereographic
<b>-Jeqc</b> /[lon <sub>0</sub> /[lat <sub>0</sub> /]]scale	Equidistant cylindrical
<b>-Jeqdc</b> /lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /lat <sub>1</sub> /lat <sub>2</sub> /scale	Equidistant conic
<b>-Jgnom</b> /lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /[horizon]/scale	Azimuthal gnomonic
<b>-Jhammer</b> /lon <sub>0</sub> /scale	Hammer equal area
<b>-Jeck4</b> /lon <sub>0</sub> /scale	Eckert IV equal area
<b>-Jeck6</b> /lon <sub>0</sub> /scale	Eckert VI equal area
<b>-Jlaea</b> /lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /[horizon]/scale	Lambert azimuthal equal area
<b>-Jlcc</b> /lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> /lat <sub>1</sub> /lat <sub>2</sub> /scale	Lambert conic conformal
<b>-Jmerc</b> /[lon <sub>0</sub> /[lat <sub>0</sub> /]]scale	Mercator cylindrical
<b>-Jmill</b> /lon <sub>0</sub> /scale	Miller cylindrical
<b>-Jmoll</b> /[lon <sub>0</sub> /]scale	Mollweide
<b>-Jnsper</b> /lon <sub>0</sub> /lat <sub>0</sub> alt/azim/tilt/twist/W/H/scale	General perspective

下页继续

表 3 – 续上页

代码	说明
<b>-Jomerc</b> / $\text{lon}_0/\text{lat}_0\text{azim}/\text{scale}$	Oblique Mercator, 1: origin and azimuth
<b>-Jomerc</b> / $\text{lon}_0/\text{lat}_0/\text{lon}_1/\text{lat}_1/\text{scale}$	Oblique Mercator, 2: two points
<b>-Jomercp</b> / $:\text{lon}_0/\text{lat}_0/\text{lon}_p/\text{lat}_p/\text{scale}$	Oblique Mercator, 3: origin and pole
<b>-Ortho</b> / $\text{lon}_0/\text{lat}_0[/\text{horizon}]/\text{scale}$	Azimuthal orthographic
<b>-Polar</b> [/ $\mathbf{a}$ ] $\text{scale}[/\text{origin}]$	Polar [azimuthal] $(\theta, r)$ (or cylindrical)
<b>-Poly</b> / $[\text{lon}_0[/\text{lat}_0/]]\text{scale}$	(American) polyconic
<b>-Jrobin</b> / $[\text{lon}_0/]\text{scale}$	Robinson
<b>-Jsinu</b> / $\text{lat}_0/\text{scale}$	Sinusoidal equal area
<b>-Jstere</b> / $\text{lon}_0/\text{lat}_0[/\text{horizon}]/\text{scale}$	General stereographic
<b>-Jtmerc</b> / $[\text{lon}_0[/\text{lat}_0/]]\text{scale}$	Transverse Mercator
<b>-Jutm</b> / $\text{zone}/\text{scale}$	Universal Transverse Mercator (UTM)
<b>-Jvandg</b> / $[\text{lon}_0/]\text{scale}$	Van der Grinten
<b>-Jwintri</b> / $[\text{lon}_0/]\text{scale}$	Winkel Tripel
<b>-Jxy</b> $x\text{scale}[l \mathbf{p}\text{exp} T t] [/y\text{scale}[l \mathbf{p}\text{exp} T t]][d]$	Linear, $\log_{10}$ , $x^a - y^b$ , and time

### 12.2.3 GMT+PROJ4

从 GMT6 开始, GMT 支持使用 PROJ.4 库来实现坐标和基准面的转换。这一特性是通过 GDAL 实现的, 因而需要 GMT 在安装时链接到 GDAL 库。详细的 PROJ.4 语法见 <https://proj.org/apps/index.html>。

在 PROJ.4 中, 投影一般有很多参数, 多个参数之间用空格分隔。在 GMT 中, 可以将所有参数用双引号括起来:

```
-J"+proj=merc +ellps=WGS84 +units=m"
```

或直接将所有参数连在一起:

```
-J+proj=merc+ellps=WGS84+units=m
```

也可以直接使用 [EPSG codes](#), 但需要设置环境变量 **GDAL\_DATA** 指向 GDAL 的 data 子目录。例如 **-JEPSC:4326** 表示使用 WGS-84 系统。

对于 [mapproject](#) 和 [grdproject](#) 模块, 可以直接使用 **+to** 关键字直接指定要将 A 参考系统转换为 B 参考系统, 而不需要中间步骤。例如:

```
-JEPSC:4326+to+proj=aeqd+ellps=WGS84+units=m
```

对于使用 [mapproject](#) 和 [grdproject](#) 进行点和网格文件的转换, GMT 可以使用所有的 [PROJ.4 投影](#)。但对于绘图而言, 其用处却很有限。一方面, 只有一部分 PROJ.4 的投影方式可以被映射到 GMT 的投影语法中。另一方面, 由于 PROJ.4 不是一个绘图库, 其不支持设置地图比例尺或地图大小。因而, GMT 为 PROJ.4 语法引入了两个扩展: **+width=size** 和 **+scale=1:xxxx** 使得其与经典的 GMT 中的工作方式相似。也可以在投影参数的最后加上字符串 **/1:xxx** 来指定比例尺。

## 12.3 -B 选项

-B 选项用于设置底图边框和轴的属性。

- [边框设置](#) 包括: 绘制哪条边、画布填充以及图标题
- [轴设置](#) 包括: 标注、刻度、网格线间隔、轴标签以及标注单位

-B 选项有两套语法, 分别用于设置底图边框以及每条边(轴)的属性, 因而在一个命令中可能需要多次使用 -B 选项。

1. 若命令中没有出现 -B 选项, 则不绘制底图边框。
2. 若命令中仅出现 -B, 后面没有任何子选项或字符, 则默认绘制上下左右四个轴, 只在左轴和下轴绘制刻度并标注; 其效果等效于 -BWSrt, 具体参数含义见下文。

### 12.3.1 边框设置

-B 选项在设置边框属性时的语法为:

**-B[axes][+b][+gfill][+i[val]][+n][+olon/lat][+ssubtitle][+ttitle][+w[pen]][+xfill][+yfill][+zfill]**

其中:

- axes 控制显示底图的哪几条边, 具体用法在下面进一步介绍
- +ttitle 指定当前底图的标题。该标题位于底图上方的中间位置。标题的文本属性由 [FONT\\_TITLE](#) 控制, 标题与上边框之间的距离由 [MAP\\_TITLE\\_OFFSET](#) 控制
- +ssubtitle (需要 +ttitle 子选项) 指定底图副标题, 位于标题下方。副标题的文本属性由 [FONT\\_SUBTITLE](#) 控制
- +gfill 为底图内部填充颜色, 见 [填充](#); 在 3-D 图中可用于填充两个背景墙
- +n 表示不绘制边框
- +i[val] 对于某些投影方式, 某条轴可能不会被绘制或标注 (比如 360 度的方位投影地图没有纬度轴, 全球 Hammer 投影没有经度轴), 使用该子选项可以强制标注一个 val 经线或纬线。[ val 默认值为 0 ]
- +olon/lat 指定网格线的参考点。默认情况下, 网格线是以北极点作为参考的, 如果你想要以另一个点作为参考绘制倾斜的网格线, 则可以使用 +o 子选项

以下子选项仅用于绘制 3-D 图:

- +b 使用该子选项则会绘制 3-D 底图的 12 条边
- +w[pen] 绘制 x-z 和 y-z 平面轮廓, pen 可以指定轮廓画笔属性 [默认使用 [MAP\\_GRID\\_PEN\\_PRIMARY](#)]
- +x[fill] 填充 y-z 平面
- +y[fill] 填充 x-z 平面
- +z[fill] 填充 z-y 平面

通常情况下, 绘图时只需要使用 axes 和 +ttitle 选项。

**备注:**

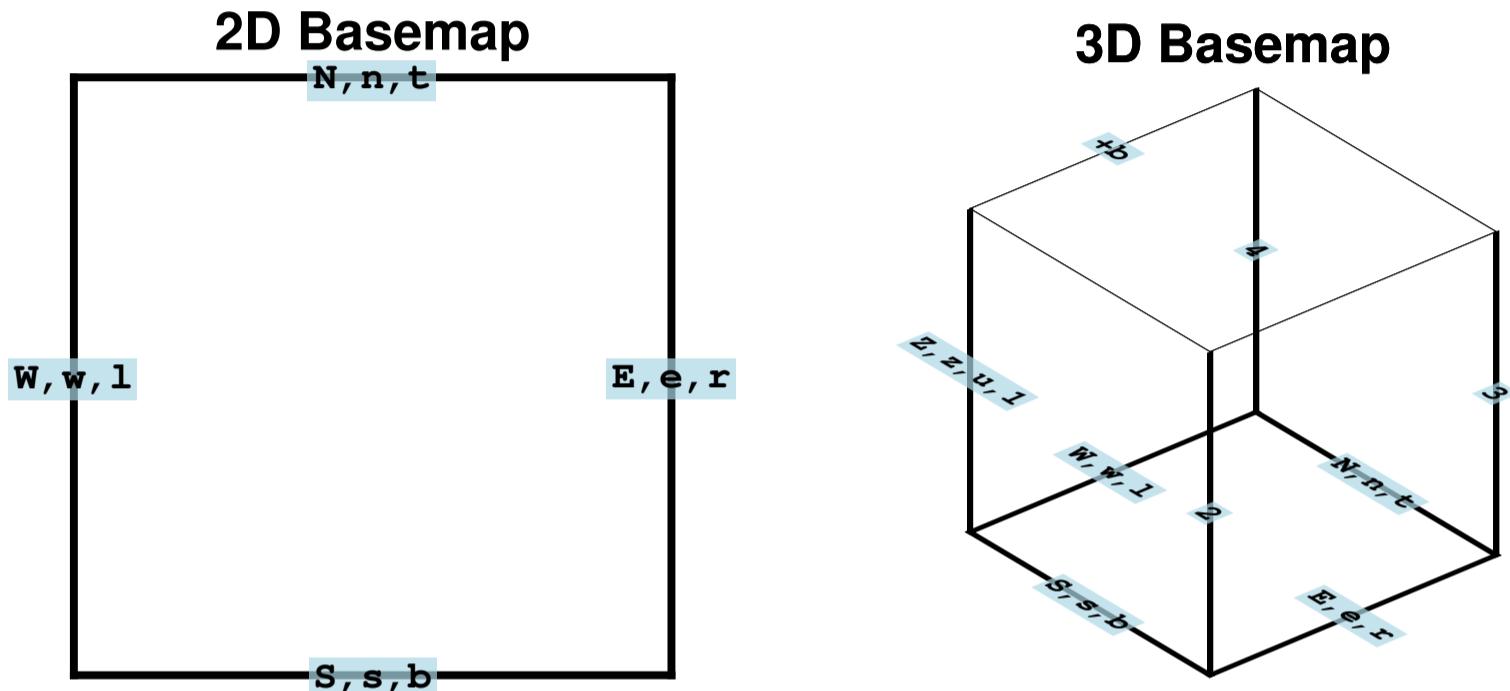
- +ttitle 以及 +ssubtitle 设置的(副)标题可以是任意字符串, 如果是字符串中有空格, 则必须用引号将字符串括起来
- 使用 @^ 或者 <break> 标记可以将(副)标题分为多行
- (副)标题中可以使用 LaTeX 表达式, 详见 [LaTeX 表达式](#)

***axes***

*axes* 用于控制要绘制哪些边以及这些边是否有刻度或标注。*axes* 的格式为:

```
WSENZ[1234]wsenz[1234]lrbtu
```

Source Code



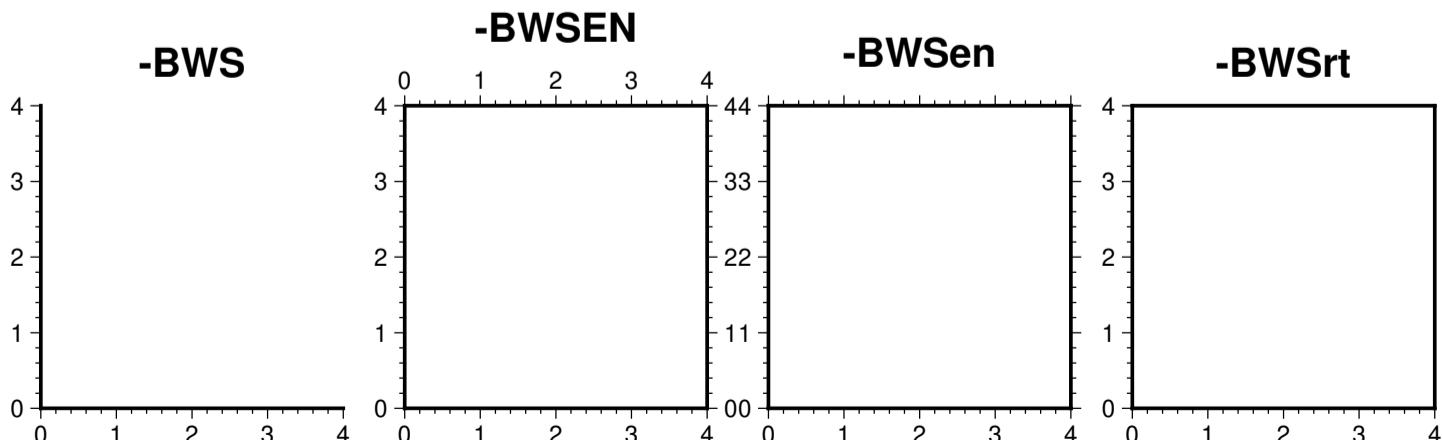
二维底图(上图中的左图)有四条边, 分别用东西南北(WSEN 或 wsen)或左右上下(lrtb)的单词首字母表示。每条边都有四种状态:

1. 不出现某个字母 => 不绘制该字母所对应的边
2. 出现大写字母 WSEN => 绘制某条边, 该边有刻度、有标注
3. 出现小写字母 wsen => 绘制某条边, 该边有刻度、无标注
4. 出现小写字母 lrtb => 绘制某条边, 该边无刻度、无标注

下图给出了不同的 -B 选项绘制出来的效果图。读者可以修改如下命令中的 -B 选项来尝试不同搭配的效果:

```
gmt basemap -R0/4/0/4 -JX10c -BWS -pdf axes
```

Source Code



3-D 底图有 12 条边 (上图中的右图)。对于 3-D 底图而言, **Zzu** 用于控制 Z 轴的绘制

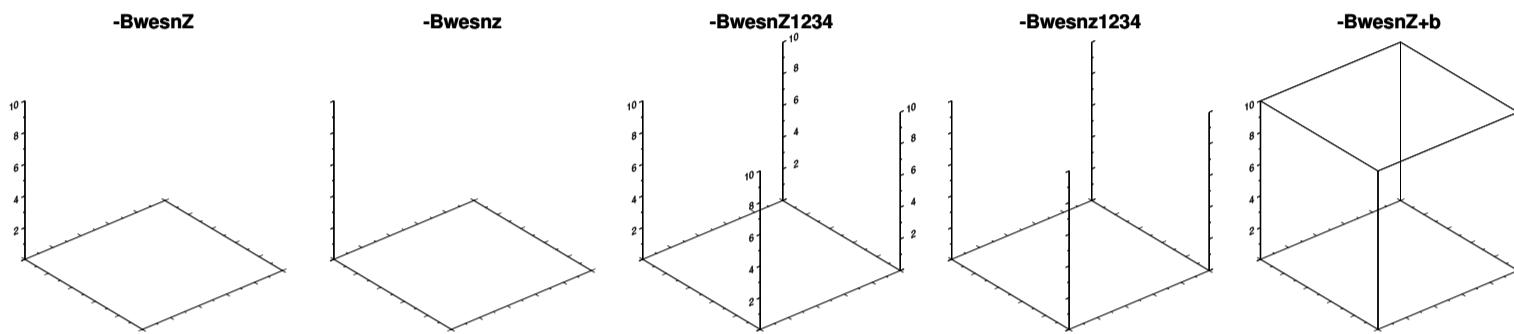
- **Z** 表示有刻度和标注
- **z** 表示有刻度无标注
- **u** 表示无刻度无标注

默认只绘制一条 Z 轴, 可以额外加上 **1234** 的任意组合来表示要绘制哪些 Z 轴。其中 **1** 始终表示位于左下角的 Z 轴, 其他 Z 轴按逆时针顺序编号。加上 **+b** 子选项则绘制全部 12 条边。

下图展示了 3-D 绘图中 **-B** 选项的不同用法。读者可以修改如下命令中的 **-B** 选项来实现不同搭配的效果:

```
gmt basemap -R0/10/0/10/0/10 -JX5c -JZ5c -Bxaf -Byaf -Bzaf -BwesnZ+t"-BwesnZ" -p130/30 -pdf map
```

#### Source Code



### 12.3.2 轴设置

X 轴、Y 轴、Z 轴, 每条轴都有很多属性, 包括刻度间隔、网格线间隔、轴标签以及标注的间隔、前缀和单位。轴属性可以用如下语法控制:

**-B[p|s][x|y|z]intervals[+aangle|n|p][+e[l|u]][+f][+l|Llabel][+s|Sseclabel][+pprefix][+uunit]**

以上语法也可以被拆分为两部分:

**-B[p|s][x|y|z]intervals** 和 **-B[p|s][x|y|z][+aangle|n|p][+e[l|u]][+f][+l|Llabel][+s|Sseclabel][+pprefix][+uunit]**

其中,

- **p|s** 表示一级属性 (primary) 和二级属性 (secondary), 具体用法下面会进一步介绍
- **x|y|z** 表示设置哪一条轴的属性, 具体用法下面会进一步介绍
- **interval** 设置刻度、网格线、标注的间隔, 具体用法下面会进一步介绍
- **+aangle|n|p** (仅用于笛卡尔轴) 用于设置标注的倾斜角度, 其中 **angle** 是相对于水平方向的旋转角度, 取值范围为 -90 到 90 度。**+an** 等效于 **+a90** 即垂直标注 [ y 轴默认标注方式], **+ap** 等效于 **+a0** 即平行标注 [ x 轴默认标注方式]。默认设置可以使用 [MAP\\_ANNOT\\_ORTHO](#) 修改
- **+llabel** (仅用于笛卡尔轴) 用于给指定的轴加标签。默认情况下, X 轴标签文字方向平行于 X 轴, Y 轴标签文字方向平行于 Y 轴。对于 Y 轴, 可以使用 **+Llabel** 使得 Y 轴标签文字方向平行于 X 轴
- **+slabel** (仅用于笛卡尔轴) 与 **+llabel** 类似, 也用于给指定的轴添加标签。当同时使用 **+llabel** 和 **+ssecabel** 时, 前者用于指定左轴或下轴的标签, 而后者用于指定右轴和上轴的标签。同样, **+S** 使得 Y 轴标签文字平行于 X 轴
- **+pprefix** (仅用于笛卡尔轴) 在选中的轴的标注加前缀
- **+uunit** (仅用于笛卡尔轴) 给选中的轴的标注加单位。对于地理图而言, 标注的单位为度, 该符号是自动添加的, 由 [FORMAT\\_GEO\\_MAP](#) 控制
- **+f** (仅用于地理坐标轴) 在轴标注后增加 W|S|E|N 标志

- `+e[l|u]` 不显示轴末端的标注 (该选项可避免在轴相交的地方不同轴的标注重合)。`l` 和 `u` 分别表示较小的标注和较大的标注。

#### 备注:

- 如果 `label`、`prefix` 或 `unit` 中包括空格或特殊字符, 则必须用引号将字符串括起来。特殊字符的使用见[特殊字符](#)章节
- 轴标签 `label` 可以使用 LaTeX 表达式, 详见[LaTeX 表达式](#)
- 对于非地理投影 (如线性投影), 指定负的比例尺或底图长度, 可以改变坐标轴正方向的指向

`x|y|z`

`x|y|z` 用于指明要设置哪条边的属性, 默认值为 `xy`, 即同时设置 X 轴和 Y 轴的属性。可以指定单个轴 (比如只有 `x`), 也可以同时指定多个轴 (比如 `xy` 和 `xyz`)。如果想要不同轴有不同的设置, 则需要多次使用 `-B` 选项, 每个指定不同的轴。例如:

```
-Bxaf -Byaf  
-Bxyzaf
```

#### interval

每个轴都有三个属性, 分别是标注 (annotation)、刻度 (frame) 和网格线 (grid)。下图展示了这三个名词在绘图时的具体含义。

[Source Code](#)

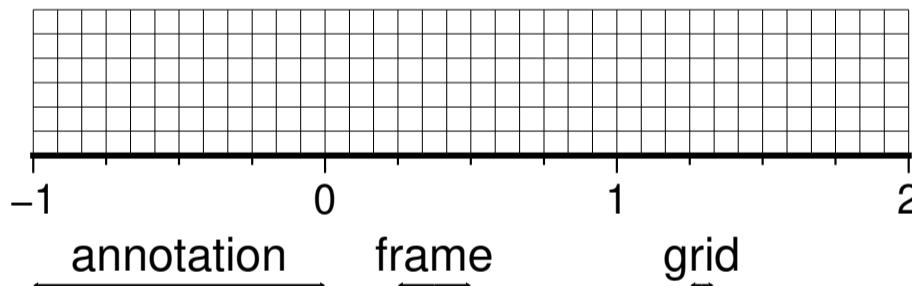


图 2: GMT 坐标轴中的标注、刻度和网格线

`interval` 用于设置这三个属性的间隔, 它是一个或多个 `[a|f|g]stride[phase][unit]` 的组合。

- `a` 表示标注、`f` 表示刻度、`g` 表示网格线
- `stride` 用于设置间隔的具体值, `stride` 为 0, 表示不绘制
- `phase` 可以用于控制标注的偏移量, 需要在前面使用正号或者负号来表示偏移方向
- `unit` 是间隔的单位, 通常只在绘制时间轴时才使用, 具体见[时间轴](#)

使用 `cintfile` 可以用来实现用户自定义的标注和间隔, 详见[自定义轴](#)

`-B` 选项还有一个可以自动计算间隔的功能, `-Bafg` 会根据当前的区域大小等信息自动计算合适的间隔, `-Bxafg -Byafg` 则会对 X 轴和 Y 轴分别计算合适的间隔。

用户可以将命令:

```
gmt basemap -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Ba2f1g1 -pdf test
```

中的 **-B** 选项替换成如下不同的值并查看绘图效果以理解各个参数的含义：

- **-Ba2f1g1**
- **-Bxa2 -Bya1**
- **-Bxafg -Byafg**
- **-Ba2+1f1g1**

**p|s**

对于每个轴来说，都有两个等级的属性可以设置，分别称为 **p** (Primary, 一级属性) 和 **s** (Secondary, 二级属性)。

对于地理坐标而言，通常只需要使用默认的 Primary 属性即可，而 Secondary 则主要用于坐标轴为时间轴的情况下，此时 **p** 和 **s** 分别用于指定不同尺度的时间间隔。在 GMT 默认的情况下，**p** 属性的标注比较靠近坐标轴，而 **s** 属性的标注离坐标轴稍远。因此，为了更好的显示，相比于 **s** 属性，通常情况下，**p** 属性的标注、刻度线以及网格线间隔都较短，间隔也较小。**p** 和 **s** 的具体用法与区别，可以参考后面给出的例子。

### 12.3.3 地理底图

地理底图与一般的坐标轴不同，其底图类型支持使用 [MAP\\_FRAME\\_TYPE](#) 设置为 fancy 形式。使用 [FORMAT\\_GEO\\_MAP](#) 以及 [MAP\\_DEGREE\\_SYMBOL](#) 参数可以修改标注的形式。

Source Code

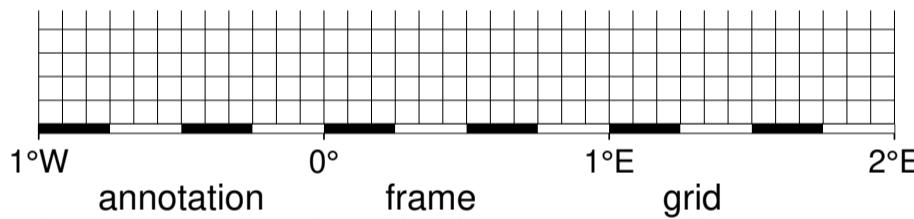


图 3：地理底图示例 1

图中轴和边框属性设置为 **-Ba1f15mg5m -BS**

下图同时使用了 **p** 和 **s** 两级属性。这里 **p** 属性用于显示度，**s** 属性用于显示分。

Source Code

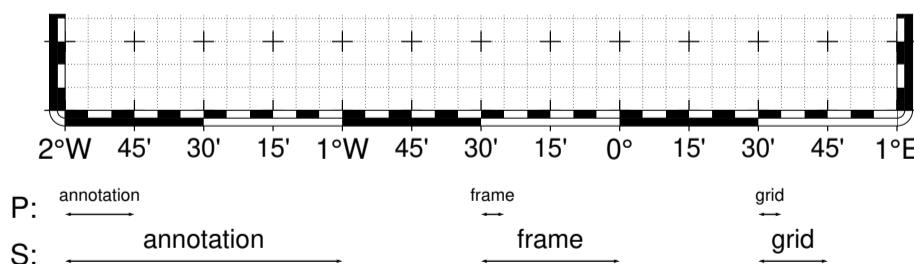


图 4：地理底图示例 2

图中轴和边框属性设置为 **-Bpa15mf5mg5m -BwSe -Bs1f30mg15m**

### 12.3.4 笛卡尔线性轴

对于非地理坐标轴, `MAP_FRAME_TYPE` 隐式地设置为 `plain`。除此之外, 笛卡尔轴和地理坐标轴非常类似。对于一般的线性轴而言, 标注的格式由 `FORMAT_FLOAT_OUT` 决定, 其默认值为 `%g`, 即根据数据的大小决定用一般表示还是指数表示, 小数位的数目会根据 `stride` 自动决定。若设置 `FORMAT_FLOAT_OUT` 为其他值, 则会严格使用其定义的格式, 比如 `%.2f` 表示显示两位小数。对于笛卡尔线性轴, 使用 `+uunit` 子选项可以为每个标注添加单位。

Source Code

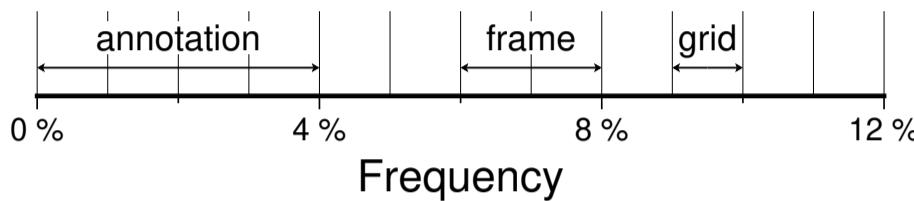


图 5: 笛卡尔线性轴

上图对应的选项设置为 `-R0/12/0/0.95 -JX3i/0.3i -Ba4f2g1+lFrequency+u" %" -BS`

某些情况下, 标注的长度太长导致水平放置时会形成重叠或标注太少, 此时, 可以使用 `+aangle` 子选项将标注适当倾斜 (如下图所示)。

```
gmt basemap -R2000/2020/35/45 -JX12c -Bxa2f+a-30 -BS -png GMT_-B_slanted
```

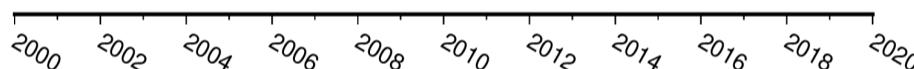


图 6: 笛卡尔线性轴的倾斜标注

### 12.3.5 笛卡尔 $\log_{10}$ 轴

由于对数坐标的特殊性, `stride` 参数具有特殊的含义。下面说明 `stride` 在对数坐标下的特殊性:

- `stride` 必须是 1、2、3 或负整数 `-n`。数字用来设置要素 (标注/刻度/网格线) 出现的位置。
  - 1: 表示要素出现在所有 10 的整次幂的位置
  - 2: 表示要素出现在所有 10 的整次幂的 1、2、5 倍的位置
  - 3: 表示要素出现在所有 10 的整次幂的 1、2、3、4、…、9 倍的位置
  - `-n`: 表示要素出现在 10 的 `n` 次幂的位置
- 在 `stride` 后加 `l`, 则标注会以  $\log_{10}$  的值显示, 比如 100 会显示成 2
- 在 `stride` 后加 `p`, 则标注会以 10 的 `n` 次方的形式显示, 比如  $10^{-5}$

Source Code

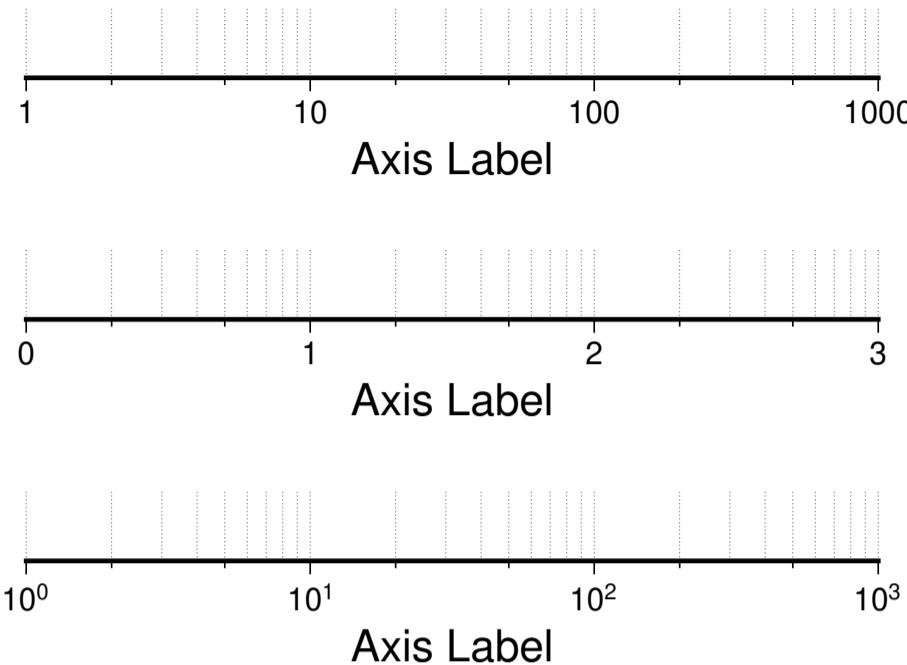


图 7: 对数坐标轴

上图分别为 `-R1/1000/0/1 -JX3il/0.25i -Ba1f2g3`、`-R1/1000/0/1 -JX3il/0.25i -Ba1f2g31` 和 `-R1/1000/0/1 -JX3il/0.25i -Ba1f2g3p` 三种情况下的结果，请用户仔细分辨其中的差别。

### 12.3.6 笛卡尔指数轴

正常情况下，*stride* 用于生成等间隔的标注或刻度，但是由于指数函数的特性，这样的标注会在坐标轴的某一端挤在一起。为了避免这个问题，可以在 *stride* 后加 `p`，则标注会按照转换后的值等间隔出现，而标注本身依然使用未转换的值。比如，若 *stride* = 1, *power* = 0.5 (即 `sqrt`)，则在 1, 4, 9, … 处会出现标注。

Source Code

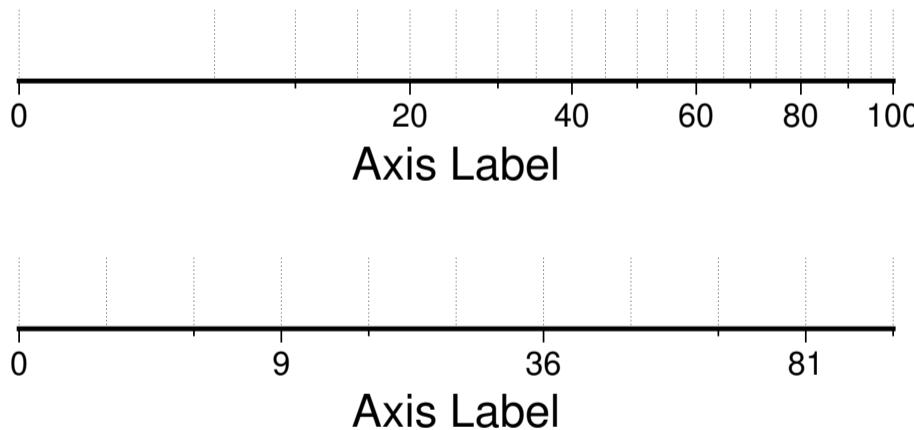


图 8: 指数投影坐标轴

图中分别使用 `-R0/100/0/0.9 -JX3ip0.5/0.25i -Ba20f10g5` 和 `-R0/100/0/0.9 -JX3ip0.5/0.25i -Ba3f2g1p` 设置轴属性

### 12.3.7 时间轴

时间轴与其他轴不同的地方在于，时间轴可以有多种不同的标注方式。下面会用一系列示例来演示时间轴的灵活性。在下面的例子中，尽管只绘制了 X 轴（绘图时使用了 `-BS`），实际上时间轴标注的各种用法可以用于全部轴。

在绘制时间轴时，需要指定时间间隔，时间间隔的单位可以取如下值：

表 4: GMT 时间单位

Flag	Unit	Description
<b>Y</b>	year	Plot using all 4 digits
<b>y</b>	year	Plot using last 2 digits
<b>O</b>	month	Format annotation using <a href="#">FORMAT_DATE_MAP</a>
<b>o</b>	month	Plot as 2-digit integer (1--12)
<b>U</b>	ISO week	Format annotation using <a href="#">FORMAT_DATE_MAP</a>
<b>u</b>	ISO week	Plot as 2-digit integer (1--53)
<b>r</b>	Gregorian week	7-day stride from start of week (see <a href="#">TIME_WEEK_START</a> )
<b>K</b>	ISO weekday	Plot name of weekday in selected language
<b>k</b>	weekday	Plot number of day in the week (1--7) (see <a href="#">TIME_WEEK_START</a> )
<b>D</b>	date	Format annotation using <a href="#">FORMAT_DATE_MAP</a>
<b>d</b>	day	Plot day of month (1--31) or day of year (1--366) (see <a href="#">FORMAT_DATE_MAP</a> )
<b>R</b>	day	Same as <b>d</b> ; annotations aligned with week (see <a href="#">TIME_WEEK_START</a> )
<b>H</b>	hour	Format annotation using <a href="#">FORMAT_CLOCK_MAP</a>
<b>h</b>	hour	Plot as 2-digit integer (0--24)
<b>M</b>	minute	Format annotation using <a href="#">FORMAT_CLOCK_MAP</a>
<b>m</b>	minute	Plot as 2-digit integer (0--60)
<b>S</b>	seconds	Format annotation using <a href="#">FORMAT_CLOCK_MAP</a>
<b>s</b>	seconds	Plot as 2-digit integer (0--60)

备注:

- 时间轴的标注（月、周以及天的名字）可能会同时受[GMT\\_LANGUAGE](#), [FORMAT\\_TIME\\_PRIMARY\\_MAP](#) 以及[FORMAT\\_TIME\\_SECONDARY\\_MAP](#) 参数的影响。

第一个例子展示了 2000 年春天的两个月，将这两个月的每周的第一天的日期标注出来：

```
gmt begin GMT_-B_time1
gmt set FORMAT_DATE_MAP=-o FONT_ANNOT_PRIMARY +9p
gmt basemap -R2000-4-1T/2000-5-25T/0/1 -JX5i/0.2i -Bpxa7Rf1d -Bsxa1O -BS
gmt end show
```

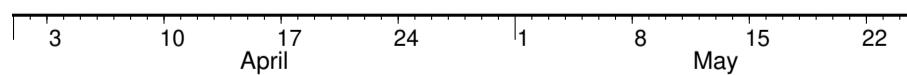


图 9: 时间轴示例 1

需要注意，`-Bsxa1O` 指定了次级标注的间隔为一个月，由于此处使用的是大写的 **O**，因而具体的显示方式

由 `FORMAT_DATE_MAP` 决定。根据 `FORMAT_DATE_MAP` 的说明可知, 其值为 `-o`, 表明以月份名格式显示。破折号表示要去掉日期前面的前置零(即 02 变成 2)。

下面的例子用两种不同的方式标注了 1969 年的两天。图中下面的例子使用周来标注, 上面的例子使用日期来标注。

```
gmt begin GMT_-B_time2
gmt set FORMAT_DATE_MAP "o dd" FORMAT_CLOCK_MAP hh:mm FONT_ANNOT_PRIMARY +9p
gmt basemap -R1969-7-21T/1969-7-23T/0/1 -JX5i/0.2i -Bpxa6Hf1h -Bsxa1K -BS
gmt basemap -Bpxa6Hf1h -Bsxa1D -BS -Y0.65i
gmt end show
```

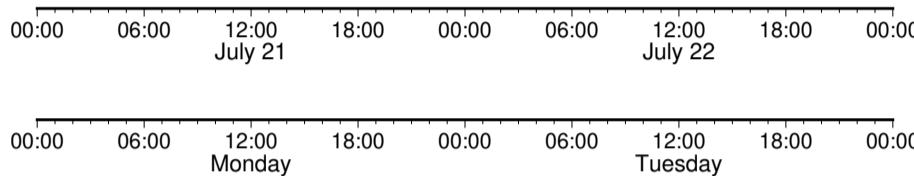


图 10: 时间轴示例 2

第三个例子展示了两年的时间, 并标注了每年以及每三个月。年标注位于一年间隔的中间, 月标注位于对应用的中间而不是三个月间隔的中间。

```
gmt begin GMT_-B_time3
gmt set FORMAT_DATE_MAP o FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP Character FONT_ANNOT_PRIMARY +9p
gmt basemap -R1997T/1999T/0/1 -JX5i/0.2i -Bpxa30f1o -Bsxa1Y -BS
gmt end show
```

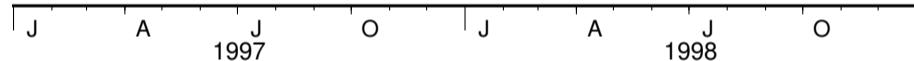


图 11: 时间示例 3

第四个例子展示了一天中的几个小时, 通过在 `-R` 选项中指定 `t` 来使用相对时间坐标。这里使用了 `p` 属性和 `s` 属性, 12 小时制, 时间从右向左增加:

```
gmt begin GMT_-B_time4
gmt set FORMAT_CLOCK_MAP=-hhmm FONT_ANNOT_PRIMARY +9p TIME_UNIT d
gmt basemap -R0.2t/0.35t/0/1 -JX-5i/0.2i -Bpxa15mf5m -Bsxa1H -BS
gmt end show
```

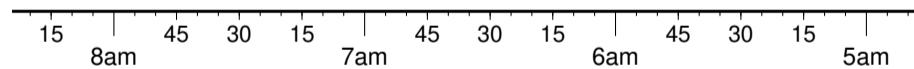


图 12: 时间轴示例 4

第五个例子用两种方式展示了几周的时间:

```
gmt begin GMT_-B_time5
gmt set FORMAT_DATE_MAP u FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP Character \
    FORMAT_TIME_SECONDARY_MAP full FONT_ANNOT_PRIMARY +9p
gmt basemap -R1969-7-21T/1969-8-9T/0/1 -JX5i/0.2i -Bpxa1K -Bsxa1U -BS
gmt set FORMAT_DATE_MAP o TIME_WEEK_START Sunday FORMAT_TIME_SECONDARY_MAP Chararacter
gmt basemap -Bpxa3Kf1k -Bsxa1r -BS -Y0.65i
gmt end show
```

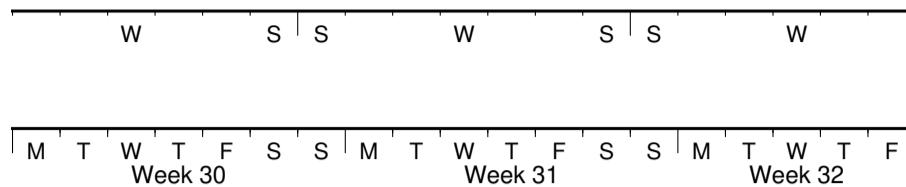


图 13: 时间轴示例 5

第六个例子展示了 1996 年的前 5 个月，每个月用月份的简写以及两位年份标注：

```
gmt begin GMT_-B_time6
gmt set FORMAT_DATE_MAP "%y %y" FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP Abbreviated
gmt basemap -R1996T/1996-6T/0/1 -JX5i/0.2i -Bxa10f1d -BS
gmt end show
```



图 14: 时间轴示例 6

第七个例子展示了 2000 年末，2001 年初的部分时段，天用年积日（一年中第几天）的形式标注：

```
gmt begin GMT_-B_time7
gmt set FORMAT_DATE_MAP %j TIME_INTERVAL_FRACTION 0.05 FONT_ANNOT_PRIMARY +9p
gmt basemap -R2000-12-15T/2001-1-15T/0/1 -JX5i/0.2i -Bpxa5Df1d -Bsxa1Y -BS
gmt end show
```

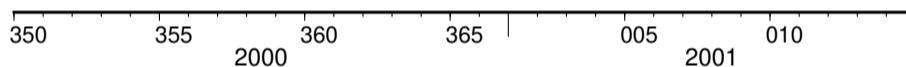
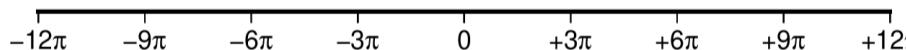


图 15: 时间轴示例 7

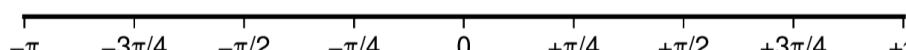
### 12.3.8 弧度轴 $\pi$ 的标注

如果坐标轴以弧度为单位，用户可以直接指定  $\pi$  的整数倍或分数倍作为标注间隔，其格式为  $[s]\mathbf{pi}[f]$ ，其中 s 表示标注间隔是  $\pi$  的 s 倍，而 f 表示标注间隔为  $\pi$  的 f 分之一。

```
gmt basemap -JX10c/5c -R-12pi/12pi/-1/1 -Bxa3pi -BS -png test1
```



```
gmt basemap -JX10c/5c -R-pi/pi/-1/1 -Bxapi4 -BS -png test2
```



### 12.3.9 自定义轴

GMT 允许用户定义标注来实现不规则间隔的标注，用法是 **-Bc** 后接标注文件名。

标注文件中以“#”开头的行为注释行，其余为记录行，记录行的格式为：

```
coord  type  [label]
```

- *coord* 是需要标注、刻度或网格线的位置
- *type* 是如下几个字符的组合
  - **a** 或 **i** 前者为 annotation, 后者表示 interval annotation, 在一个标注文件中, **a** 和 **i** 只能出现其中的任意一个
  - **f** 表示刻度, 即 frame tick
  - **g** 表示网格线, 即 gridline
- *label* 默认的标注为 *coord* 的值, 若指定 *label*, 则使用 *label* 的值

**备注:** *coord* 必须按递增顺序排列

下面的例子中展示了自定义标注的用法, **xannots.txt** 和 **yannots.txt** 分别是 X 轴和 Y 轴的标注文件:

```
cat << EOF >| xannots.txt
416.0      ig      Devonian
443.7      ig      Silurian
488.3      ig      Ordovician
542 ig      Cambrian
EOF
cat << EOF >| yannots.txt
0  a
1  a
2  f
2.71828    ag      e
3  f
3.1415926  ag      @~p@~
4  f
5  f
6  f
6.2831852  ag      2@~p@~
EOF

gmt begin GMT_-B_custom
gmt basemap -R416/542/0/6.2831852 -JX-12c/6c -Bpx25f5g25+u" Ma" \
  -Bpycyanannots.txt -Bsxcxannots.txt -BWS+glightblue \
  --MAP_ANNOT_OFFSET_SECONDARY=10p --MAP_GRID_PEN_SECONDARY=2p
gmt end show
```

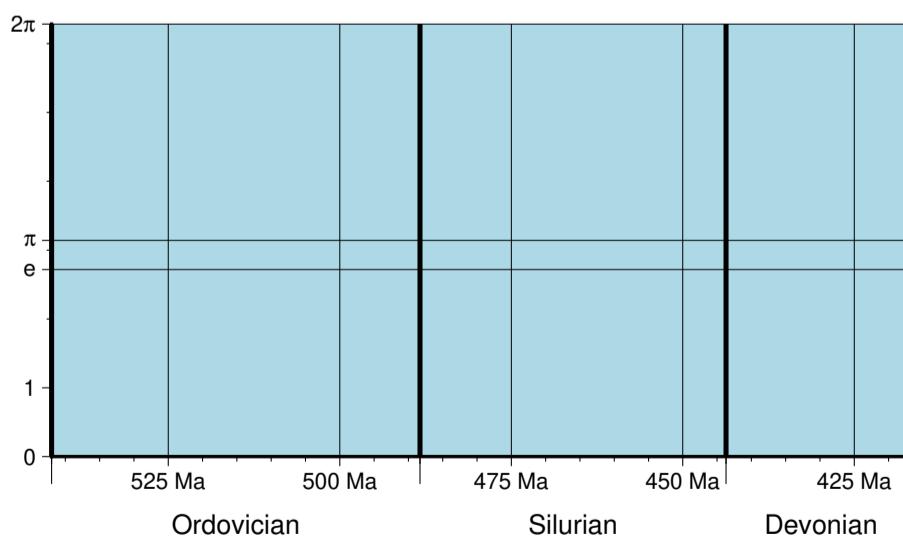


图 16: 自定义坐标轴

## 12.4 -U 选项

-U 选项用于在图上绘制一个带有 GMT 标识的时间戳。其语法为:

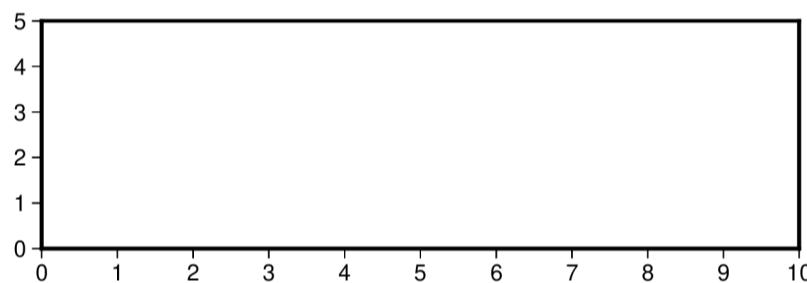
**-U[*label*][+c][+j*just*][+o*dx/dy*]**

- -U 不加任何参数时会在当前图的左下角添加一个带 GMT 标识的时间戳
- -U*label* 会在时间戳后打印字符串 *label*, 比如 -U"This is string"
- -U+c 会在时间戳后打印当前命令
- -U+j*just*+o*dx/dy* 用于控制将时间戳的哪个锚点 与当前底图的左下角对齐, 以及其偏移量。例如, -U+jBL+o0/0 表示将时间戳的左下角与底图左下角对齐

GMT 参数中有一些可以控制时间戳:

- *MAP\_LOGO* 控制是否绘制时间戳, 默认值为 FALSE
- *MAP\_LOGO\_POS* 用于控制时间戳的位置
- *FORMAT\_TIME\_STAMP* 用于控制时间戳的显示格式
- *FONT\_LOGO* 时间戳中文本字体

```
gmt basemap -R0/10/0/5 -JX10c/3c -Bx1 -By1 -U"This is a GMT logo" -png GMT_-U
```



GMT 2022 Jun 24 03:15:24 This is a GMT logo

图 17: -U 选项加时间戳

---

**重要:** 每个带有 -U 选项的绘图命令都会绘制一遍时间戳, 因而一张图中只需要在一个绘图命令中使用 -U 即可。

---



---

**备注:** 修改 UNIX 环境变量 **TZ** 可以控制时间戳中时间所使用的时区, 默认为当地时区。例如, 使用 `export TZ=Asia/Shanghai` 可以将时区设置为东八区。

---

## 12.5 -V 选项

**-V** 选项控制命令的 verbose 等级, 以输出不同等级的命令执行信息, 比如正在读取的文件名、读入的数据行数等。输出这些信息可以帮助用户判断命令是否执行正确。

verbose 共有 7 个等级, 等级越高输出的信息越多, 高等级会在低等级的基础上输出更多的信息。7 个等级从低到高分别为:

- **-Vq**: quiet 模式, 不输出任何错误和警告信息
- **-Ve**: error 模式, 仅输出错误信息
- **-Vw**: warning 模式, 输出警告信息。GMT 默认使用该模式
- **-Vt**: timing 模式, 对于某些计算量极大的算法会输出其运行耗时
- **-Vi**: information 模式, 输出 GMT 运行信息, 与只使用 **-V** 等效
- **-Vc**: compatibility 模式, 输出 GMT 兼容性相关的警告信息。仅当 *GMT\_COMPATIBILITY* 值为 4 (即兼容模式) 时才有效
- **-Vd**: debug 模式, 会输出大量调试信息

**-V** 选项仅对当前命令有效, 若希望所有命令都具有某个 verbose 级别, 可以通过修改 GMT 参数 *GMT\_VERBOSE* 的值来实现。

## 12.6 -X 和 -Y 选项

**-X** 和 **-Y** 选项用于控制绘图原点在 X 和 Y 方向的偏移量。

当需要在一张图上绘制多个子图时, 通常可以使用 GMT 提供的 [子图模式](#)。若子图的布局不规则, 或对于子图原点有更复杂的需求, 则需要使用 **-X** 和 **-Y** 选项移动子图的底图原点的位置。

**-X** 和 **-Y** 的用法类似。下面仅以 **-X** 选项为例介绍其用法。其语法为:

**-X[a|c|f|r][xshift[u]]**

其中 *xshift* 是新原点相对于当前原点的 X 方向偏移量, *u* 为偏移量的单位。

在偏移量之前加上不同的字符表示不同的含义:

- **-X2i** 或 **-Xr2i**: 在原底图原点的基础上沿 X 方向偏移 2 英寸得到新底图原点
- **-Xa5c**: 在原底图原点的基础上沿 X 方向偏移 5 厘米得到临时底图坐标, 当前命令执行完成后, 底图原点复原到原底图原点
- **-Xc**: 将底图中心放在整张纸的中心
- **-Xc3c**: 将底图中心放在纸张中心, 在此基础上沿 X 方向偏移 3 厘米
- **-Xf4c**: 在纸张左下角的基础上沿着 X 方向偏移 4 厘米得到新底图原点
- **-X** 不接任何额外参数, 则继承前一个 GMT 命令使用该选项时的参数值

**-X** 和 **-Y** 选项的用法介绍起来有些难度, 多试试就好。下面举个简单的例子:

```
gmt begin test pdf
gmt basemap -JX5c/2c -R0/5/0/2 -B1
gmt basemap -B1 -X7c
gmt basemap -B1 -X-7c -Y4c
gmt basemap -B1 -X7c
gmt end show
```

上图用四个 *basemap* 命令绘制了四张底图, 绘图效果如下:

## Source Code

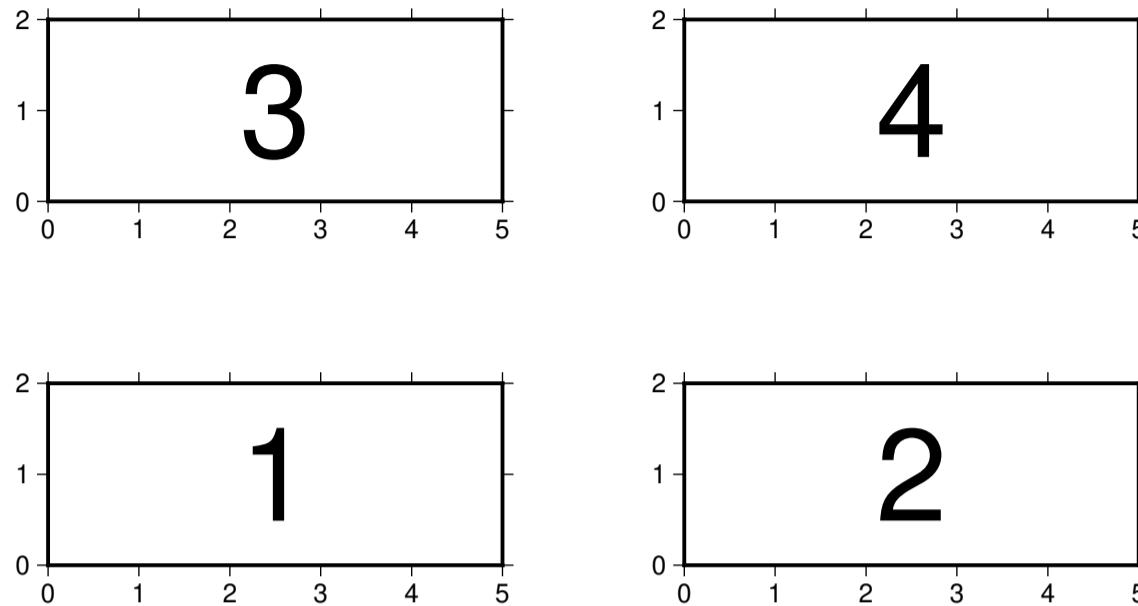


图 18: -X 和 -Y 移动绘图原点

解释:

1. 第一个命令的绘图原点位于纸张左下角, 绘制底图 1
2. 第二个将绘图原点右移了 7 cm, 绘制底图 2
3. 为了绘制底图 3, 第三个命令将底图左移了 7 cm, 并上移 4 cm
4. 第四个命令在底图 3 的基础上右移 7 cm, 绘制底图 4

实际绘图时会发现一些不方便的地方。比如 -X 和 -Y 的偏移量与前一张底图的大小息息相关。若修改了前一张底图的大小, 则下一张底图的偏移量也需要相应修改。为解决这一问题, GMT6 引入了一种新的语法:

```
-X[+|-]w[[+|-|/]xshift[u]
-Y[+|-]h[[+|-|/]yshift[u]
```

其中 **w** 和 **h** 分别表示前一底图的宽度和高度。

看上去语法很复杂, 举几个例子:

- **-Yh+2c**: 沿着 Y 轴上移, 上移距离为前一底图高度 +2 厘米
- **-Xw-2c**: 沿着 X 轴右移, 右移距离为前一底图宽度-2 厘米
- **-Xw/2**: 沿着 X 轴右移, 右移距离为前一底图宽度/2
- **-Y-h-2c**: 沿着 Y 轴下移, 下移距离前一底图高度 +2 厘米
- **-X-w+2c**: 沿着 X 轴左移, 左移距离前一底图宽度-2 厘米

因而, 上面的示例可以改写为更灵活的版本:

```
gmt begin test pdf
gmt basemap -JX5c/2c -R0/5/0/2 -B1
gmt basemap -B1 -Xw+2c
gmt basemap -B1 -X-w-2c -Yh+2c
gmt basemap -B1 -Xw+2c
gmt end show
```

## 12.7 -a 选项

GDAL 中的 [ogr2ogr](#) 命令可以将 GMT 不支持地理空间数据格式转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式。转换过程中保留了地理空间数据的非空间元数据。关于该格式的介绍, 见[OGR/GMT 矢量数据格式](#)。

**-a** 选项用于建立非空间元数据与 GMT 输入/输出数据之间的联系。该选项的语法为:

**-a** *col=name[···]*

**-a** 选项后接一个或多个用逗号分隔的 *col=name*, 其作用在于将 OGR/GMT 格式的数据文件中非空间元数据 *name* 字段作为输入/输出数据的第 *col* 列。若不指定 *col*, 则默认列数为 2, 并依次增加。

例如 **-a2=depth** 会从数据文件中读取 X 和 Y 列信息, 并从非空间数据的 *depth* 字段中读取值作为输入的第三列。

也可以通过将 *col* 设置成如下值将非空间数据与其它属性联系起来:

- **D**: 距离
- **G**: 填充色
- **I**: ID
- **L**: 标签
- **T**: 文字
- **W**: 画笔属性
- **Z**: Z 值, 例如用于根据 CPT 确定颜色

该机制与在多段数据的段头记录中加上参数是等效的。

若不给定 *col=*, 则默认列数从第二列开始。若只使用 **-a** 而不加任何参数, 则所有非空间记录都会被读入。

GMT 也可以输出 OGR/GMT 格式的数据文件, 此时可以使用 *col=name[:type]* 来指定将输出数据的第 *col* 列以 *type* 数据类型保存到非空间字段 *name* 中。

*type* 可以是 DOUBLE, FLOAT, INTEGER, CHAR, STRING, DATETIME 或 LOGICAL [默认为 DOUBLE]。

与输入类似, *col* 也可以取 **D|G|L|T|W|Z** 中的一个, 表示将头段记录中的对应信息(例如 **-Wpen**)保存起来。对于输出而言, 还需要加上 **+ggeometry** 来指定数据的几何类型, *geometry* 可以取为 POINT, LINE 或 POLY。若加上 **+G**, 则程序会自动将跨越国际日期变更线的线段或多边形分成多段 \*。

## 12.8 -b 选项

**-b** 选项用于控制二进制文件的输入/输出格式。

在[表数据](#)一章中已经介绍过, 表数据可以是 ASCII 格式、二进制格式或 netCDF 格式。ASCII 格式很直观, 可以直接看到有多少列数据。而二进制格式的数据, GMT 在读入数据时无法数据有多少列, 也无法知道每一列的格式。因而需要使用 **-b** 选项告诉 GMT 输入或输出数据的具体格式。

**-b** 的语法是:

**-b[i|o][ncols][type][w][+l|b]**

**-bi** 表示对输入有效, **-bo** 表示对输出有效。后面紧跟着指定有 *ncols* 列个 *type* 类型的数据, 多个 *ncolstype* 之间可以用逗号分隔。**w** 表示对这些列数据强制做字节序转换。**+l** 或 **+b** 表示整个数据按照 little-endian 或 big-endian 字节序读入。

GMT 支持的数据类型 *type* 可以取:

- **c**: 即 `int8_t`, 字符型
- **u**: 即 `uint8_t`, 无符号字符型
- **h**: 即 `int16_t`, 两字节有符号整型
- **H**: 即 `uint16_t`, 两字节无符号整型
- **i**: 即 `int32_t`, 四字节有符号整型
- **I**: 即 `uint32_t`, 四字节无符号整型
- **l**: 即 `int64_t`, 八字节有符号整型
- **L**: 即 `uint64_t`, 八字节无符号整型
- **f**: 四字节单精度浮点型
- **d**: 八字节双精度浮点型
- **x**: 不代表某种数据类型, 表示跳过 *ncols* 个字节

若未指定 *ncols*, 则假定 *ncols* 为程序所期望的数据列数, 所有列均为 *type* 所指定的数据类型。

还可以使用[-h 选项](#) 跳过二进制文件开头的若干个字节。

举几个例子:

1. **-bi2f,1i** 表示要读入的二进制数据中有 3 列, 前两列是单精度浮点型, 最后一列为四字节有符号整型

## 12.9 -c 选项

在[子图模式](#) 下, **-c** 选项用于控制绘图命令在哪一个子图中进行绘制。所有绘图模块均可以使用该选项, 该选项使得当前及之后的一系列绘图命令均在指定的子图中绘制, 直到某个绘图命令再次使用该选项为止。

**-c** 选项的语法为:

**-c**[*row, col | index*]

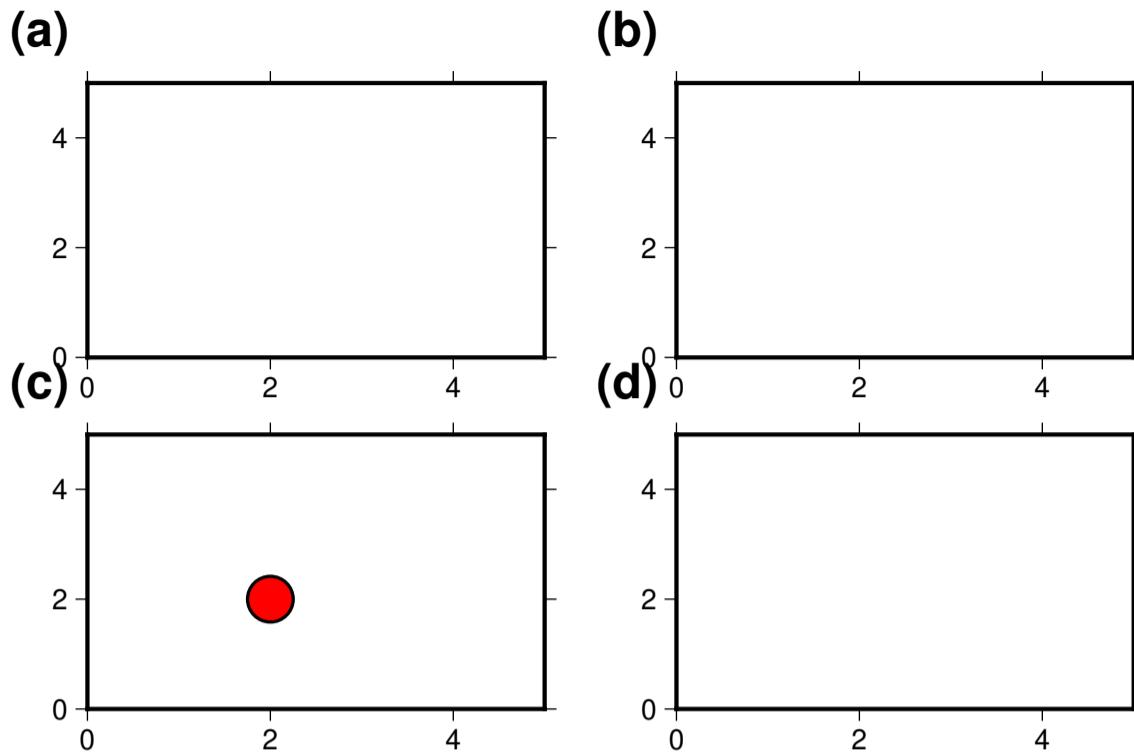
其主要有三种用法:

- 使用 **-c** 则 GMT 会自动激活“下一个”子图面板
- **-c*row/col*** 表示当前及接下来的绘图命令在第 *row* 行、第 *col* 列子图中绘制
- **-c*index*** 当前及接下来的绘图命令在第 *index* 个子图内进行

需要注意, *row*、*col*、*index* 均从 0 开始起算。

以下示例展示了该选项的基本用法, 其等效于在绘图命令前使用 `gmt subplot set` 命令。

```
gmt begin subplot
gmt set FONT_TAG 15p,1
gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/3c -A'(a)'+JTL+o0.2c/0.4c -M0.5c/0.2c -R0/5/0/5
    # 在第一个子图内绘图
    gmt basemap -Ba -BWSen -c
    # 移动到第二个子图
    gmt basemap -Ba -BWSen -c
    # 移动到第三个子图
    gmt basemap -Ba -BWSen -c
    # 下面的命令未使用 -c 选项, 但依然在第三个(2行1列)子图中绘制
    echo 2 2 | gmt plot -Sc0.5c -Gred -W1p
    # 移动到第四个子图
    gmt basemap -Ba -BWSen -c
gmt subplot end
gmt end show
```



关于子图模式的更多细节, 见[子图模式](#)一节。

## 12.10 -d 选项

**-d** 选项用于将某些特定值当作 NaN。

GMT 中用 NaN 表示数据缺失。某些情况下, 用户可能会用类似-99999 这样的数据表示数据缺失, 而 GMT 并不知道-99999 是特殊值。因而需要在将数据传递给 GMT 时告诉 GMT 某个特定值表示数据缺失。

**-d** 选项的语法是:

**-d[i|o]nodata**

- **-dnodata** 将输入数据中的 *nodata* 替换成 NaN; 同时, 将输出数据中的 NaN 替换成 *nodata*
- **-dinodata** 对于输入数据, 将数据中的 *nodata* 替换成 NaN
- **-donodata** 对于输出数据, 将数据中的 NaN 在输出时替换成 *nodata*

## 12.11 -e 选项

GMT 命令在读入数据时默认会处理读入的所有数据记录。**-e** 选项的作用是筛选或排除匹配某个字符串或者正则表达式的数据记录。

**-e** 选项的用法有两种:

- 匹配某个字符串: **-e[~] “pattern”**
- 匹配某个正则表达式: **-e[~]/regexp/[i]**

在匹配字符串或正则表达式前加上 ~ 表示**反向操作**, 即排除匹配字符串或正则表达式的数据记录。如果数据记录中本身就包括字符 ~, 则需要使用 ~ 对其进行转义。对于匹配正则表达式而言, 还可以加上 i 表示忽略大小写。

如果需要指定多个可能的匹配字符串或表达式, 则可以加上 **+f file**。其中 *file* 中每行列出一个匹配字符串或表达式。如果某个匹配字符串以 +f 开头, 则会被 GMT 当作是 **-e** 的子选项, 因而需要使用 **+f** 以实现转义。

以一个常见的应用场景举例。假如文件 *input.dat* 中有一堆数据点, 每个数据都对应某个分类, 文件内容如下:

```
1 1 type1
2 2 type1
3 3 type1
4 4 type2
5 5 type2
6 6 type2
7 7 type3
8 8 type10
9 9 type10
10 10 null
```

可以使用 **-e** 选项筛选出自己需要的数据记录。

筛选出所有匹配 *type* 的记录:

```
$ gmt select input.dat -e"type"
1 1 type1
2 2 type1
3 3 type1
4 4 type2
5 5 type2
6 6 type2
7 7 type3
8 8 type10
9 9 type10
```

排除所有匹配 *null* 的记录:

```
$ gmt select input.dat -e~"null"
1 1 type1
2 2 type1
3 3 type1
4 4 type2
5 5 type2
6 6 type2
7 7 type3
8 8 type10
9 9 type10
```

筛选所有匹配 *type2* 的记录:

```
$ gmt select input.dat -e"type2"
4 4 type2
5 5 type2
6 6 type2
```

筛选所有匹配 *type1* 的记录:

```
# 错误写法, 因为 type1 也包含在字符串 type10 中
$ gmt select input.dat -e"type1"
1 1 type1
2 2 type1
3 3 type1
8 8 type10
9 9 type10

# 正确写法
# 此处使用了正则表达式, 符号 $ 表示行末匹配
$ gmt select input.dat -e/type1$/
1 1 type1
2 2 type1
```

(下页继续)

(续上页)

3 3 type1

正则表达式的具体用法不在本手册的范围之内，用户请自行搜索“正则表示式”。

## 12.12 -f 选项

**-f** 选项用于显式指定当前输入或输出数据中每一列的数据类型。其基本语法为：

**-f[i|o]colinfo**

默认情况下，该选项对输入输出同时有效，**-fi** 表明该选项仅对输入数据有效，**-fo** 表明该选项仅对输出数据有效。

*colinfo* 是一系列用逗号分隔的字符串。每个字符串包含两个部分：列号和数据类型，其指定了输入/输出数据中每一列的含义。

列号是一个从零开始起算的整数（比如第 6 列的列号为 5）；当多个连续的列有相同的数据类型时，也可以指定一个列号的范围。列号范围的格式为 *start[:inc]:stop*，若未给定 *inc* 则默认为 1。比如 **0:2:5** 表示第 1、3、5 列数据；**1:5** 表示第 2 至 6 列数据。

数据类型可以取：

- **x** 表示这一列是经度
- **y** 表示这一列是纬度
- **f** 表示这一列是一般的浮点数
- **T** 表示这一列是绝对时间
- **t** 表示这一列是相对时间（相对时间由 **TIME\_UNIT** 和 **TIME\_EPOCH** 控制）
- **p[unit]** 表示这一列是投影后坐标 [默认单位为 m]，在读入数据时投影后坐标值会自动转换为经纬度值

对于两种常见的数据类型，GMT 提供了缩写形式：

- **-f[i|o]g** 等效于 **-f[i|o]0x,1y**，表明输入/输出是地理坐标
- **-f[i|o]c** 等效于 **-f[i|o]0:1f**，表明输入/输出是笛卡尔坐标

例如，**-fi0y,1x,3:4T** 表明输入数据中第一列是纬度，第二列是经度，第 4、5 列是绝对时间，其他列数据则假定是默认的浮点数类型。

## 12.13 -g 选项

在处理多段数据时，GMT 提供了三种机制来决定文件中数据的分段情况：

1. 使用数据段头记录来标记一段数据的开始，详见 [ASCII 表](#)
2. 若输入数据中，某个记录的某个关键列的值为 NaN，则也可以用于将该记录作为数据段的开始标识
  - 当 **IO\_NAN\_RECORDS** 为 **skip** 时，这些包含 NaN 值的记录会被自动跳过
  - 当 **IO\_NAN\_RECORDS** 为 **pass** 时，这些包含 NaN 值的记录会被当做数据段的开始标识
3. 也可以使用 **-g** 选项，通过判断两个相邻的数据点是否符合某个准则来决定数据分段

**-g** 选项的完整语法为：

**-g[a|x|y|d|X|Y|D|[col]zgap[u][+n|p]**

- **-gx** 表示两点的 X 坐标跳变超过 *gap* 则分段
- **-gy** 表示两点的 Y 坐标跳变超过 *gap* 则分段
- **-gd** 表示两点的距离超过 *gap* 则分段
- **-gX**、**-gY**、**-gD** 类似, 表示数据投影到纸上后 X 坐标、Y 坐标和纸上距离的跳变

若想要检查特定列是否满足分段准则, 可以用 *colz* 指定具体的列, *col* 的默认值为 2, 即第三列。

*u* 用于指定 *gap* 的单位:

- 对于 **-gx|y|d**, *u* 可以取距离单位 [默认为 m]
- 对于 **-gX|Y|D**, *u* 可以取长度单位 [默认为 *PROJ\_LENGTH\_UNIT*]
- 对于 **-gx|y|z**, 若输入是时间数据, 则单位由 *TIME\_UNIT* 控制

一般而言, 当两点间的 X 坐标、Y 坐标或距离的绝对值超过 *gap* 即分段。可以进一步控制两点的差的计算方式。*gap+n* 表示用前一数据减去当前数据作为 *gap*; *gap+p* 表示用当前数据减去前一数据作为 *gap*。

该选项可重复多次, 以指定多个分段准则。默认情况下, 若符合任意一个准则则分段, 可以使用 **-ga** 选项, 表明仅当所有准则都满足时才分段。

## 12.14 -h 选项

**-h** 选项用于在读/写数据时跳过文件开头的若干个记录。其语法为:

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle]**

- *n* 表示要跳过的记录数 [若不指定, 则默认值为 *IO\_N\_HEADER\_RECS*]
- **i** 和 **o** 分别表示仅对读数据或写数据时有效

对于输出数据, 默认会将输入文件中的头段信息原样输出。使用如下子选项可以修改这一行为:

- **+c** 将列名写到输出的头段记录中
- **+d** 删除之前的头段信息
- **+msegheader** 在输出的头段记录的后面加上一个新的段记录 *segheader*
- **+rremark** 加一个 *remark* 注释语句到输出文件的开头
- **+ttitle** 加一个 *title* 语句到输出文件的开头

几点注意事项:

1. 输入文件中的空行以及以“#”开头的行都会被自动当做头段记录, 因而会被自动跳过。但当使用 **-h** 选项时, 这些行也会被算在 *n* 行之内。
2. 对于二进制输入文件, *n* 表示输入数据中要跳过的字节数, 或输出数据中用空白字符补充的字节数。

几种常见的用法:

- **-h**: 使用 GMT 参数 *IO\_N\_HEADER\_RECS* 的值作为头段记录数 (默认值为 0)
- **-h3**: 表示跳过 3 个头段记录

## 12.15 -i 和 -o 选项

**-i** 和 **-o** 选项分别用于对输入和输出的数据进行列选择以及简单的代数运算。

经常遇到的情况是, 已有的数据有很多列, 而某个命令只需要其中的某几列; 或者某个命令的默认输出有很多列, 却只想要输出其中的某几列。

**-i** 选项可以从输入数据中选择任意列, 并对其进行四则运算以及取对数操作。其语法为:

```
-icols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]]
```

**-o** 选项用于输出指定的列。其基本语法为:

```
-ocols[⋯][,t[word]]
```

**-i** 和 **-o** 选项后接以逗号分隔的列号 (列号从 0 开始) 或列号范围, 以指定输入/输出数据中需要保留的列及其顺序。列号范围的格式为 *start[:inc]:stop*, 若省略 *inc* 则默认其值为 1; 若 *stop* 省略则一直读到最后一列。每一列均可重复多次出现。

若输入数据中既包含数值列也包含文本列, 在不使用 **-i** 选项时, 默认会读入所有列; 而使用 **-i** 选项时, 默认会丢弃所有尾部文本列。可以加上 **t** 以保留文本列, 进一步可以指定 *word* 以指定保留文本列的第几列。

- **-in** 表示只读入数值列, 而忽略所有尾部文本列
- **-on** 表示只输出数值列, 而忽略所有尾部文本列
- **-ot** 表示只输出文本列, 而忽略所有数值列

对于 **-i** 选项而言, 每个列号后还可以加上子选项以对每列数据进行简单的代数运算:

- **+l** 表示对当前列取  $\log_{10}$
- **+sscale** 表示将当前列乘以比例因子 *scale*
- **+ooffset** 表示将当前列的值加上 *offset*

举几个例子:

- **-i3,6,2** 表示读入数据中的第 4、7、3 列
- **-o3,1,3** 表示输出数据中的第 4、2、4 列, 即第四列会被输出两次
- **-i1:3,5** 表示读入数据中的 2-4 列和第 6 列
- **-i2+s2+o10,6,3** 表示读入数据的第 3、7、4 列, 并对第 3 列数据乘以 2 再加上 10

下面再举几个具体的实例:

取输入的 1-3 列:

```
$ echo 0 1 2 3 4 TEXT0 TEXT1 TEXT2 | gmt convert -i1:3
1 2 3
```

取输入的第 2 列并乘以 10 加上 5, 并取第三列之后的所有列:

```
$ echo 0 1 2 3 4 TEXT0 TEXT1 TEXT2 | gmt convert -i1+s10+o5,2:
15 2 3 4
```

在上例基础上, 取输入的所有文本列:

```
$ echo 0 1 2 3 4 TEXT0 TEXT1 TEXT2 | gmt convert -i1+s10+o5,2:,t
15 2 3 4 TEXT0 TEXT1 TEXT2
```

在上例基础上, 只取文本列的第 2 列:

```
$ echo 0 1 2 3 4 TEXT0 TEXT1 TEXT2 | gmt convert -i1+s10+o5,2:,t1
15 2      3      4      TEXT1
```

## 12.16 -j 选项

-j 选项用于控制球面上两点间距离的计算方式。其语法为:

**-je|f|g**

在计算地球或其它星体上任意两点间的距离时, GMT 提供了三种不同的计算方式: 平面距离、大圆路径距离和测地线距离。用户可以根据自己的需求选择适合的距离计算方式。

- **-jg** 将地球当做球体, 用大圆路径公式计算球面距离 [GMT 默认使用此方式]
- **-jf** 使用展平地球公式计算球面距离。此种方式计算速度快但精度低
- **-je** 使用测地线公式计算球面距离, 计算距离时考虑了地球椭率。此种方式计算速度慢但精度最高。

### 12.16.1 平面距离

地球上任意两点 A 和 B 的平面距离计算公式:

$$d_f = R \sqrt{(\theta_A - \theta_B)^2 + (\cos \left[ \frac{\theta_A + \theta_B}{2} \right] \Delta\lambda)^2}$$

其中 R 是地球平均半径 (由参数 [PROJ\\_ELLIPSOID](#) 和 [PROJ\\_MEAN\\_RADIUS](#) 控制),  $\theta$  是纬度,  $\Delta\lambda = \lambda_A - \lambda_B$  是经度差。式中地理坐标的单位均是弧度, 且需要考虑到跨越经度的周期性问题。

该方法的特点是计算速度快但精度不高, 适用于纬度相差不大且对计算效率要求不高的情况。

### 12.16.2 大圆路径距离

该方法将地球近似为一个半径为 R 的球, 地球上任意两点 A 和 B 的大圆路径距离可以用 [Haversine](#) 公式计算:

$$d_g = 2R \sin^{-1} \sqrt{\sin^2 \frac{\theta_A - \theta_B}{2} + \cos \theta_A \cos \theta_B \sin^2 \frac{\lambda_A - \lambda_B}{2}}$$

该方法是 GMT 默认使用的距离计算方法, 适用于大多数情况。

如下 GMT 参数可以控制大圆路径距离的计算细节, 分别是:

- [PROJ\\_ELLIPSOID](#) 设置地球椭圆
- [PROJ\\_MEAN\\_RADIUS](#) 设置地球平均半径的计算方式
- [PROJ\\_AUX\\_LATITUDE](#) 指定将大地纬度转换为多个适合球状近似的辅助纬度中的其中一个 (仅当 [PROJ\\_ELLIPSOID](#) 不为 `sphere` 时有效)

### 12.16.3 测地线距离

地球上两点间的精确距离可以用 Vincenty (1975) 的完全椭球公式计算。该方法计算得到的距离精度最高精确到 0.5 毫米, 同时也是计算速度最慢的方式。

如下参数可以控制大圆路径的计算细节:

- [PROJ\\_ELLIPSOID](#) 设置地球椭圆
- [PROJ\\_MEAN\\_RADIUS](#) 设置地球平均半径的计算方式

- *PROJ\_AUX\_LATITUDE* 指定将大地纬度转换为多个适合球状近似的辅助纬度中的其中一个（仅当 *PROJ\_ELLIPSOID* 不为 *sphere* 时有效）
- *PROJ\_GEODESIC*: 设置完全椭球公式。默认为 Vincenty, 还可以设置为 **Rudoe** (GMT4 所使用的计算公式) 或 **Andoyer** (近似公式, 精确到 10 米量级)。

## 12.17 -l 选项

*legend* 模块会读入一个图例文件，并根据图例文件中的内容绘制图例。图例文件的格式相对复杂，可以实现复杂的图例效果。

-l 选项的作用是为当前绘制的符号或线条自动增加一个图例记录到图例文件中。在绘图结束时 GMT 会自动调用 *legend* 会生成图例，用户也可以显式调用 *legend* 以进一步控制图例的更多属性。

-l 选项的基本语法是：

```
-l[label][+Dpen][+Ggap][+Hheader][+L[code/]txt][+Ncols][+Ssize[/height]][+V[pen]][+ffont][+gfill][+jjust][+ooff][
```

最简单的就是直接使用 -l 选项, 不加任何东西, 但是通常会为当前图例记录添加一个 *label*。

还可以增加更多子选项, 下面的每个子选项均对应图例文件中的一个记录:

- +D*pen* : 在图例记录前绘制一条画笔属性为 *pen* 的水平线
- +G*gap* : 增加垂直空白 [0]
- +H*header* : 添加图例标题 [默认无标题]
- +L*code/txt*: 添加一个字符串, *code* 可以取 **L**、**C**、**R** 分别表示左对齐、居中对齐、右对齐 [默认为居中对齐]
- +N*ncols* 设置接下来图例的列数 [默认为 1 列]
- +S*size* 强制修改当前图例符号的符号大小或线段的长度 [默认与当前绘制的符号大小相同]
- +V*pen* 绘制一条从前一水平线到当前水平线的垂直线

除此之外, 还可以使用其它子选项:

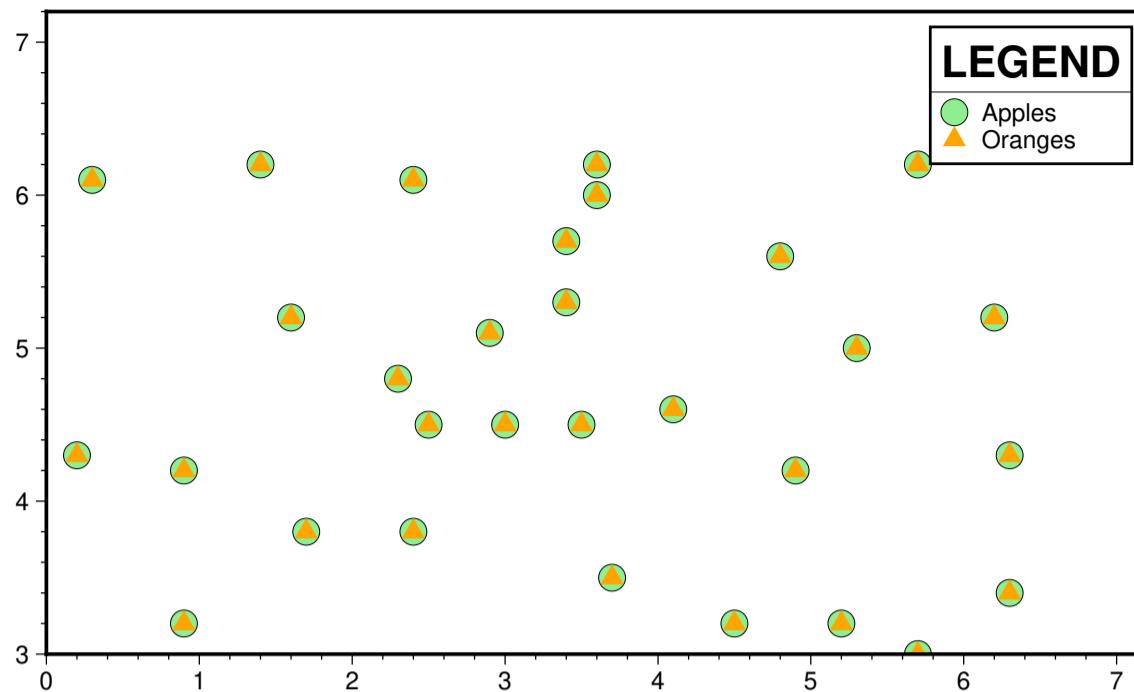
- +ffont : 设置图例标题所使用的字体 [默认为 *FONT\_TITLE*]
- +gfill : 设置图例框的填充色
- +j*just* : 设置图例在底图中的位置 [默认为 TR, 即右上角]
- +o*off* : 设置图例相对于锚点的额外偏移量
- +p*pen* : 图例边框的画笔属性
- +sscale : 对图例中的所有符号和长度乘以一个比例因子以实现缩放
- +w*width* 设置图例宽度 [默认为自动宽度]

需要注意:

- +H, +g, +j, +o, +p, +w 和 +s 仅当第一次使用 -l 选项时有效
- +N 用于设置图例列数。若在第一次使用 -l 选项加上 +N 子选项, 会自动、调整图例的宽度, 否则, +N 子选项只能将当前图例进一步拆分为多列而无法再调整图例宽度。

示例:

```
gmt begin fruit
gmt plot -R0/7.2/3/7.2 -Jx2c @Table_5_11.txt -Sc0.35c -Glightgreen -Wfaint -lApples+H"LEGEND"+D+jTR+f16p
gmt plot @Table_5_11.txt -St0.35c -Gorange -B -BWStr -lOranges
gmt end show
```



## 12.18 -n 选项

-n 选项用于控制网格数据重采样过程中的插值算法。其语法为：

`-n[b|c|l|n][+a][+bBC][+c][+tthreshold]`

网格插值的四种算法：

- b 表示 [B-spline 平滑算法](#)
- c 表示 [bicubic 插值算法](#)（默认插值方式）
- l 表示 [bilinear 插值算法](#)
- n 表示最近节点的值

其它子选项：

- +a：关闭抗混濛（仅在算法支持的前提下有效），默认打开抗混濛选项
- +bBC 设置网格的[边界条件](#)。BC 可以取 g、p、n，分别代表地理边界条件、周期边界条件和自然边界条件。对于后两种边界条件，可以进一步加上 x 或 y 表示边界条件仅对一个方向有效。比如 `-nb+bnxpy` 表明 X 方向使用自然边界条件，Y 方向使用周期边界条件
- +c：假设原网格的 Z 值范围为 zmin 到 zmax，插值后的 Z 值范围可能会超过这一范围，使用 +c 则将超过 zmin 和 zmax 的部分裁剪掉，以保证插值后的网格数据的范围不超过输入网格数据的范围
- +tthreshold 用于控制值为 NaN 的网格点在插值时的影响范围 [默认值为 0.5]。threshold 设置为 1.0 时，表示插值中的所有节点（4 或 16 个）都要为非 NaN；0.5 表示距非 NaN 值的大约一半处进行插值；0.1 表示距非 NaN 值的大约 90% 处进行插值；依此类推。

## 12.19 -p 选项

-p 选项用于控制 2D 底图或 3D 底图的透视视角。

对于一个 2D 底图（比如二维平面内的矩形）或者一个 3D 底图（比如三维空间内的立方体），从不同的方向看时会看到不同的形态。该选项用于控制从怎样的透视视角去看一张图。其语法为：

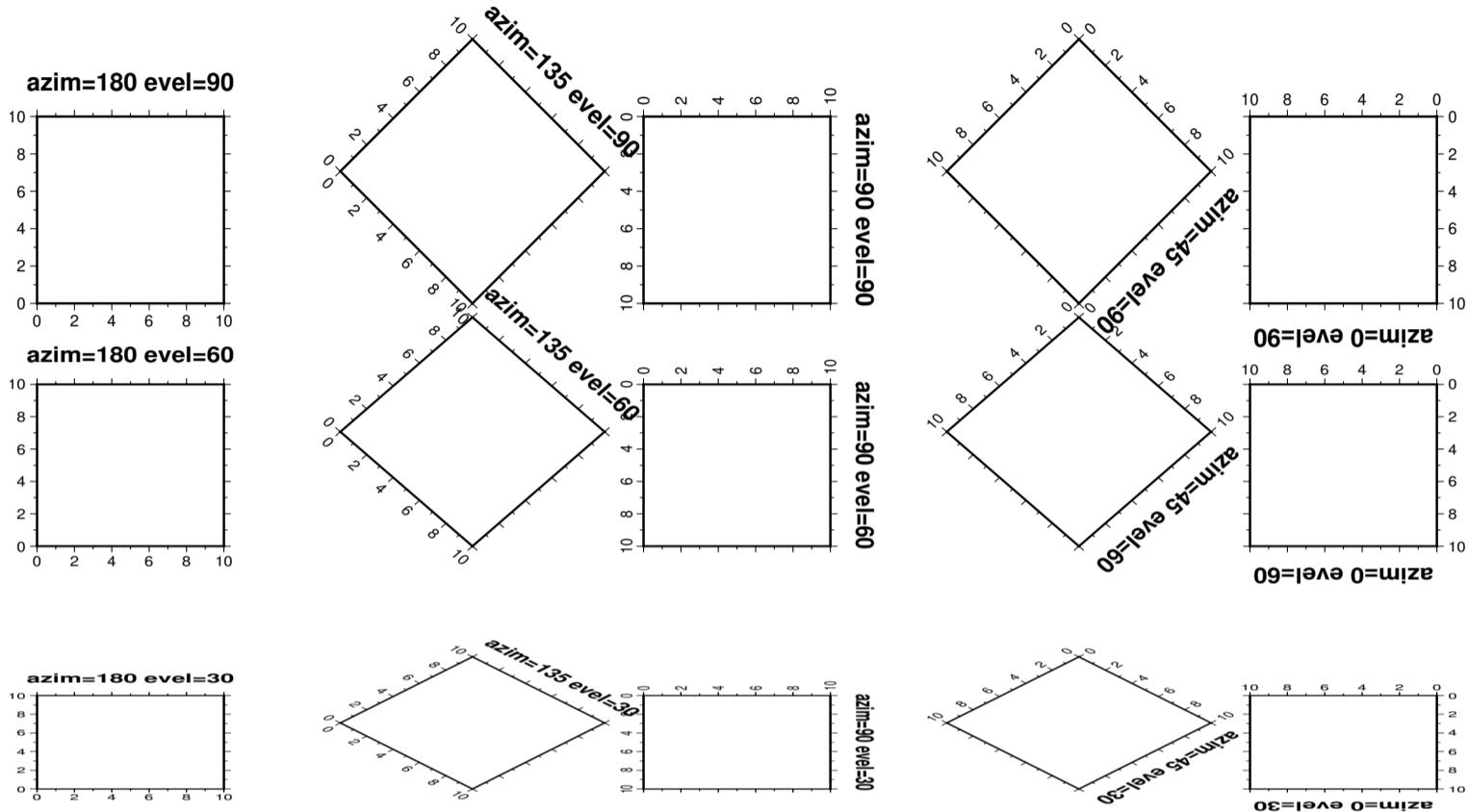
`-p[x|y|z]azim[/elev/zlevel][+wlon0/lat0/z0][+vx0/y0]`

azim 指定视角的方位角，即相对于北方向顺时针旋转的角度，默认值为 180。

*elev* 指定视角的海拔, 即视角相对于纸张平面向上旋转的角度, 其取值范围为 0 到 90 (不含 0), 其中 0 表示视角与纸张平面平行, 90 表示视角垂直于纸张平面, 默认值为 90。

下图给出了 2D 底图下透视视角取不同值时所看到的底图。

Source Code



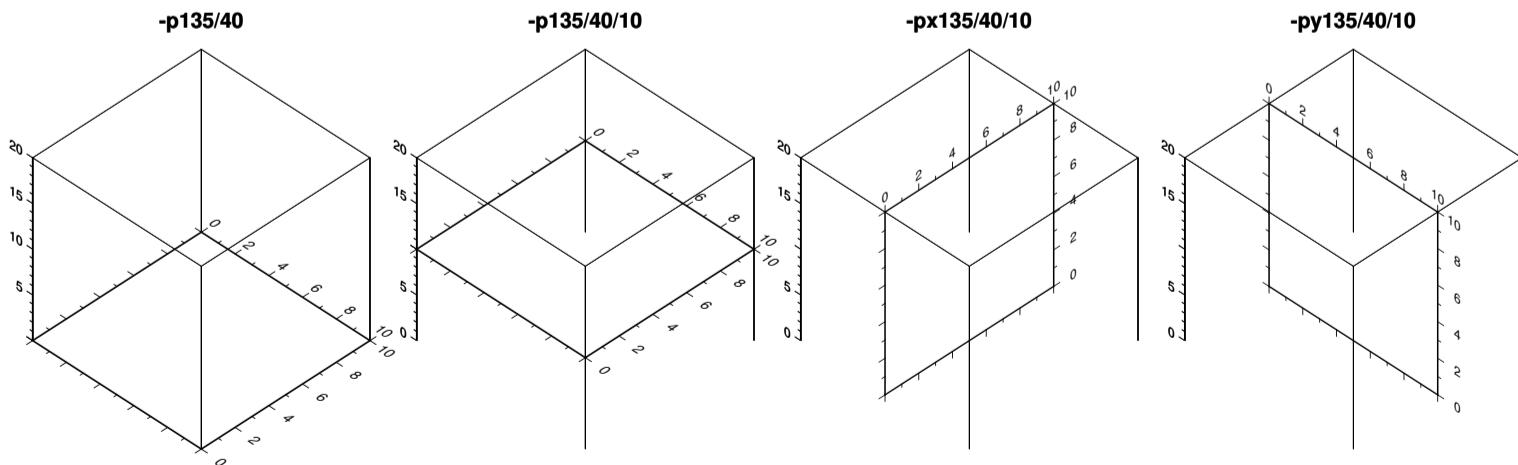
对于 3D 底图而言 (使用了 **-JZ** 选项), 默认会在 Z 轴底部绘制 XY 平面的边框。

- 设置 *zlevel* 则可以指定在  $Z=zlevel$  平面内绘制边框
- **-px|y|z** 则分别用于指定绘制 YZ 平面、XZ 平面或 XY 平面。默认为 **-pz** 即绘制 XY 平面

下图给出了 3D 底图上使用不同的 **-p** 选项绘制出来的效果图。绘制底图使用的命令为:

```
gmt basemap -R0/10/0/10/0/20 -JX3c -JZ3c -Baf -Bzaf -BwsENZ1+b -p135/40 -pdf 3D-map
```

Source Code



**警告:** `-px` 和 `-py` 存在已知 BUG, 会导致 YZ 平面或 XZ 平面无法放置到正确的位置处, 目前这一 BUG 尚未解决。

在绘制动画时, 如果不同帧使用的 `-p` 透视参数不同, 则由于投影的问题可能会导致底图在纸上的位置出现不规则运动。可以有三种方式解决:

1. 加上 `+` 使得数据范围的中心点固定在纸张的中心
2. 加上 `+wlon0/lat0/z` 将地图上的某个点固定在纸张的中心
3. 加上 `+vx0/y0` 使得数据范围的中心点或地图上的某个点, 在投影后的位臵始终固定在纸张上的 `x0/y0` 处

除此之外, 若 `-p` 选项后不接任何参数, 则其会继承前一 GMT 绘图命令的 `-p` 参数。

## 12.20 -q 选项

`-q` 选项用于对输入或输出的行进行筛选, 该选项在一定程度上可以代替 `gawk` 的某些功能。其基本语法为:

`-q[i|o][~]rows[+ccol][+a|f|s]`

`i` 和 `o` 分别表示只作用于输入或输出。

`rows` 用于指定要读入的行号或行号范围, 多个行号或行号范围间用逗号分隔。行号范围的格式为 `start[:inc]:stop`, 若未指定 `inc` 则默认为 1。

默认情况下(即 `+a`), 行号是在整个数据集(多个文件算作一个数据集)中不断递增的; 使用 `+f` 表示对每个文件分别计算行号; 使用 `+s` 表示对每个数据段分别计算行号。需要注意的是, 文件头段记录或数据段记录不算在行号内, 只有数据记录才计算行号。

也可以加上 `+ccol` 以限制第 `col` 列的范围。此时, `rows` 的格式为 `start/stop`, 即这一列的最小范围和最大范围。若省略 `stop` (但不省略 `/`), 则表示从 `start` 起一直读或写到最后一行。

在 `-q` 选项开始处加上 `~` 可实现**反向操作**, 即只输入或输出不符合 `rows` 限制的范围的数据。

举几个例子, 假如输入数据是一个包含两段的数据:

```
>
0 0 0
1 1 1
2 2 2
3 3 3
4 4 4
>
5 5 5
6 6 6
7 7 7
8 8 8
9 9 9
```

只读入数据的第 1 和第 4 行:

```
$ gmt convert input.dat -q0,3
0 0 0
3 3 3
```

读入数据的第 2-4 行以及第 8 行之后的行:

```
$ gmt convert input.dat -q1:3,7
>
1 1      1
2 2      2
3 3      3
>
7 7      7
```

对于多段数据, 每段单独计算行号, 读入每段数据的第 2 至 4 行:

```
$ gmt convert input.dat -q1:3+s
>
1 1      1
2 2      2
3 3      3
>
6 6      6
7 7      7
8 8      8
```

检查第 3 列数据, 只保留其值在 4 到 8 之间的记录:

```
$ gmt convert input.dat -q4:8+c2
>
4 4      4
>
5 5      5
6 6      6
7 7      7
8 8      8
```

## 12.21 -r 选项

GMT 中的网格文件有网格线配准和像素配准两种配准方式, 详情见[网格配准](#)一节。

默认情况下, GMT 认为输入/输出的网格文件都采用网格线配准方式。使用 **-r** 选项则可以显式指定输入/输出的网格文件的配准方式。其语法为:

**-r[g|p]**

其中,

- **-rg** 表示网格线配准
- **-r** 或 **-rp** 表示像素配准

对于相同的网格区域 (**-R**) 和网格间隔 (**-I**) 而言, 像素配准会比网格线配准少一列和一行数据。

## 12.22 -s 选项

-s 选项用于控制是否输出含有 NaN 的记录。

默认情况下, GMT 命令会输出所有记录, 包括那些某列值为 NaN 的记录。使用 -s 选项可以控制是否输出含有 NaN 的记录。其语法为:

`-s[cols][+a][+r]`

- 只使用 -s, 则不输出 Z 值(即第三列)为 NaN 的记录
- cols 用于指定要检查的列, 即只有指定的所有列都为 NaN 时, 才输出或不输出该记录。cols 是一系列用逗号分隔的列号或者列号范围。列号范围的格式为 *start[:inc]:stop*。若省略 inc 则默认其值为 1。比如 **2,5,7** 表示检查第 3、6、8 列(列号从 0 开始); **0,2:3** 表示检查第 1、3、4 列。
- +a 表示任意一列有 NaN 则不输出
- +r 表示反操作, 即只输出某列有 NaN 的记录

举几个例子。输入数据 *input.dat* 的内容为:

```
1 1 1 0
2 2 NaN 0
3 3 3 NaN
4 4 NaN NaN
```

不使用 -s 选项则会输出所有记录:

```
$ gmt convert input.dat
1 1 1 0
2 2 NaN 0
3 3 3 NaN
4 4 NaN NaN
```

使用 -s 选项则会压制第三列为 NaN 的记录的输出:

```
$ gmt convert input.dat -s
1 1 1 0
3 3 3 NaN
```

使用 -s+a 选项则只有任意一列有 NaN 则不输出该记录:

```
$ gmt convert input.dat -s+a
1 1 1 0
3 3 3 NaN
```

使用 -s3 选项则检查第四列(列号从 0 开始)是否为 NaN:

```
$ gmt convert input.dat -s3
1 1 1 0
2 2 NaN 0
```

使用 -s2,3 则压制第 3 和 4 列均为 NaN 的记录的输出:

```
$ gmt convert input.dat -s2,3
1 1 1 0
2 2 NaN 0
3 3 3 NaN
```

使用 -s2,3+a 压制第 3 列或第四列为 NaN 的记录:

```
$ gmt convert input.dat -s2,3+a
1 1 1 0
```

使用 **-s2,3+a+r** 反向操作输出第三列或第三列为 NaN 的记录:

```
$ gmt convert input.dat -s2,3+a+r
2 2      NaN 0
3 3      3      NaN
4 4      NaN  NaN
```

## 12.23 -t 选项

**-t** 选项用于设置当前图层的透明度。其语法为:

**-t** *transp*

其中 *transp* 表示透明度，可以取 0 到 100 内的数字。默认值为 0，即不透明，50 表示半透明，100 则表示完全透明。

GMT 支持的多种图片格式中，PS 和 EPS 格式均不支持透明效果。若想要看到透明效果，需要指定生成 PDF、PNG 或 JPG 格式。

需要注意，该选项设置的是整个图层的透明度。若想要设置单个特征（符号、文字等）的透明度，则需要在指定颜色时设置透明度，详情见[颜色](#)。

对于 [plot](#)、[plot3d](#) 和 [text](#) 模块，若指定了 **-t** 选项但未指定透明度，则可以在输入数据的数值列的最后一列指定可变的透明度。

## 12.24 -w 选项

贡献者

[周茂](#), [姚家园](#), [田冬冬](#)

**-w** 选项用于将输入坐标转换为循环坐标，其语法为:

**-wy|a|w|d|h|m|s|cperiod[/phase][+ccol]**

**-w** 选项默认将输入的 x 坐标转换为循环坐标。可以使用 **+ccol** 子选项选择其他输入列进行转换，*col* 的默认值为 0（第一列），即 x 坐标。可以使用 [spectrum1d](#) 或者 [grdfit](#) 等模块提供的标准谱分析工具来分析时间序列数据的周期，但也经常会在时域中分析各种周期性。为了进行此类时域分析，我们需要将时间序列的时间坐标转换为循环的时间坐标，以便进行多周期堆叠、网格化以及直方图展示等操作。将输入的 x、y 或者 z 坐标转换为循环坐标的公式为：

$$t' = (t - \tau) \bmod T,$$

式中，*t* 为输入坐标，*τ* 为相移（通常为 0），*T* 为生成循环坐标 *t'* 的周期，*bmod* 为取模运算。

GMT 提供了很多规定单位的标准时间循环以及用于其他笛卡尔坐标的自定义循环。下表给出了每种循环的单位、周期以及相移。用户在使用时，只需指定相应的代码 **y**、**a**、**w**、**d**、**h**、**m**、**s**、**cperiod[/phase]**:

表 5: 标准时间循环代码

代码	含义 (单位)	周期	相位	范围
y	年循环(归一化)	1 年	0	0–1
a	年循环(月)	1 年	0	0–12
w	周循环(天)	1 周	0	0–7
d	天循环(小时)	1 天	0	0–24
h	小时循环(分钟)	1 小时	0	0–60
m	分钟循环(秒)	1 分	0	0–60
s	秒循环(秒)	1 秒	0	0–1
c	自定义循环(归一化)	T	$\tau$	0–1

使用自定义循环 **c** 时, 必须指定其周期 (*period*), 也可以指定相位 (*phase*) [默认为 0], 周期和相位的单位与原始数据相同, **-w** 选项不能包含单位。

#### 备注:

- 使用年循环 (**a** 代码) 或周循环 (**w** 代码) 时, 横轴为时间轴。因此, 可以使用与月份和工作日相关的配置参数, 如 **GMT\_LANGUAGE**、**FORMAT\_TIME\_PRIMARY\_MAP** 以及 **TIME\_WEEK\_START**
- 周循环 (**w** 代码) 中范围为 0–1 的坐标代表一周的第一天(即星期一), 但可以通过 **TIME\_WEEK\_START** 进行修改
- 使用 **-w** 选项时, 除非已经单独设置, 否则 GMT 会自动设置 **-f** 选项来表明使用的是绝对时间

下面将通过密西西比河在 1930–1940 年期间的日流量来演示 **-w** 选项的使用方法。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_1
gmt plot @mississippi.txt -JX15cT/7c -W0.25p,red -Bxaf -Byaf+l"100+30+ m@+30+/s" \
-BWSrt+t"Mississippi river daily discharge" -i0,1+s1e-3
gmt end show
```

**Mississippi river daily discharge**

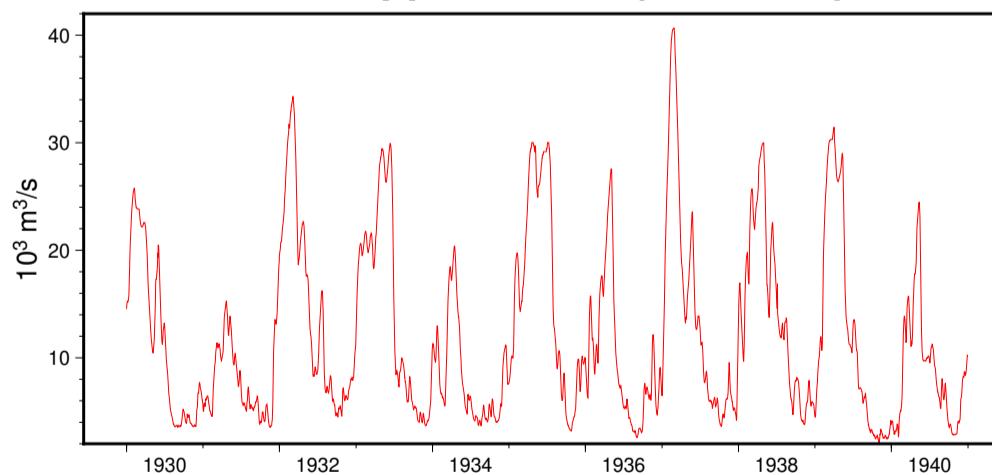


图 19: 密西西比河日流量时间序列图

上图绘制了密西西比河日流量的时间序列, 可以看出有明显的周年特征。因此, 可以使用归一化年坐标 (**-wy**) 将所有年份的日流量绘制在单个归一化年份中 (范围为 0–1)。下图中, 常规年和闰年都按自身长度进行了归一化:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_2
gmt plot @mississippi.txt -R0/1/0/50 -JX15c/7c -W0.25p,red -Bxaf -Byaf+l"10@+3@+ m@+3@+/s" \
-BWSrt+t"Mississippi river annual discharge" -i0,1+s1e-3 -wy
gmt end show
```

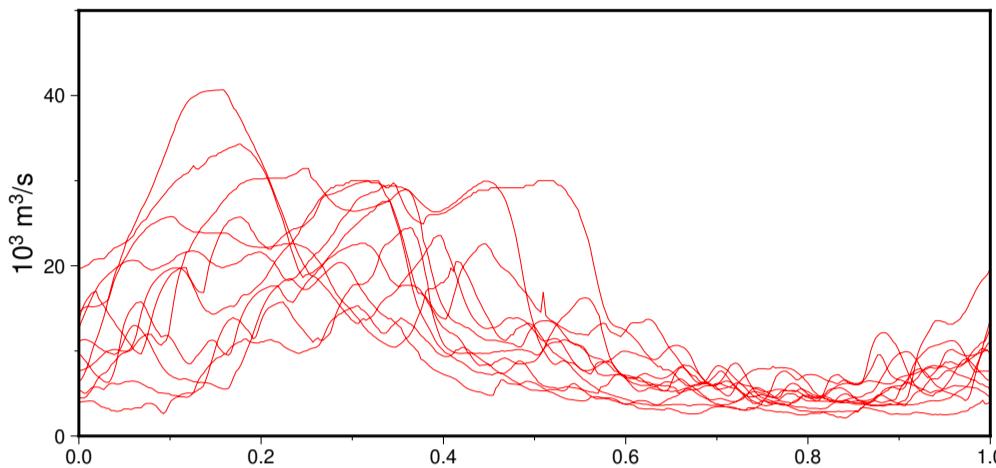
**Mississippi river annual discharge**

图 20: 归一化年份下的密西西比河日流量时间序列图

如果想看不同月份的流量变化，则需要将同一月份的数据归入同一区间（每个区间的长度不同，即 28-31 天）。这种情况可以使用 **-wa** 选项，它会归一化每月的数据，并加上整数的月份编号。以三月份为例：该选项会将所有年份的三月份数据的 x 坐标（以三月的起点起算）按三月份的时间长度归一化，然后再加 2（三月份的编号），最终所有年份的三月份数据的 x 坐标的范围便为 2.00000-2.99999…。这样一来，我们便能很容易地绘制月流量直方图：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_3
gmt histogram @mississippi.txt -R-3/9/0/8 -JX15c/7c -T1 -Gred -W1p -Bxaf -Byaf+l"10@+6@+ m@+3@+/s" \
-BWSrt+t"Average monthly discharge" -Z0+w -i0,1+s1e-6 -wa
gmt end show
```

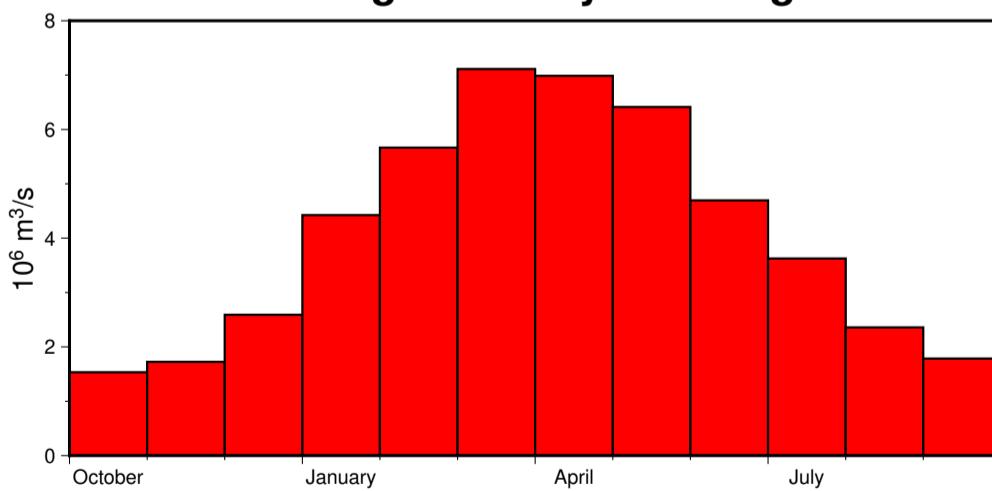
**Average monthly discharge**

图 21: 10 年间的密西西比河月流量 (以 9 月为起点)

将 [histogram](#) 模块的 **-T1** 参数改为 **-T3**，则可以绘制类似的季度流量直方图。

通过设置 **+ccol** 子选项，**-w** 选项同样可以应用于  $y$  坐标或者任意坐标。下例读入数据时，将时间设为  $y$  坐标。两个子图与上面的两个例子类似，但横纵坐标相反。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_4
gmt subplot begin 1x2 -Fs8c/10c -BWSrt -T"Mississippi river annual discharge" -A+jTR
gmt plot @mississippi.txt -i1+s1e-3,0 -R0/50/0/1 -W0.25p,blue -Byaf+l"Normalized year" \
-Bxaf+l"10@+3@+/s" -wy+c1 -c
gmt histogram @mississippi.txt -R-3/9/0/8 -T1 -Gblue -W1p -Bxaf -Byaf+l"10@+6@+ m@+3@+/s" -Z0+w \
-i0,1+s1e-6 -A -wa -c --FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP=a
gmt subplot end
gmt end show
```

## Mississippi river annual discharge

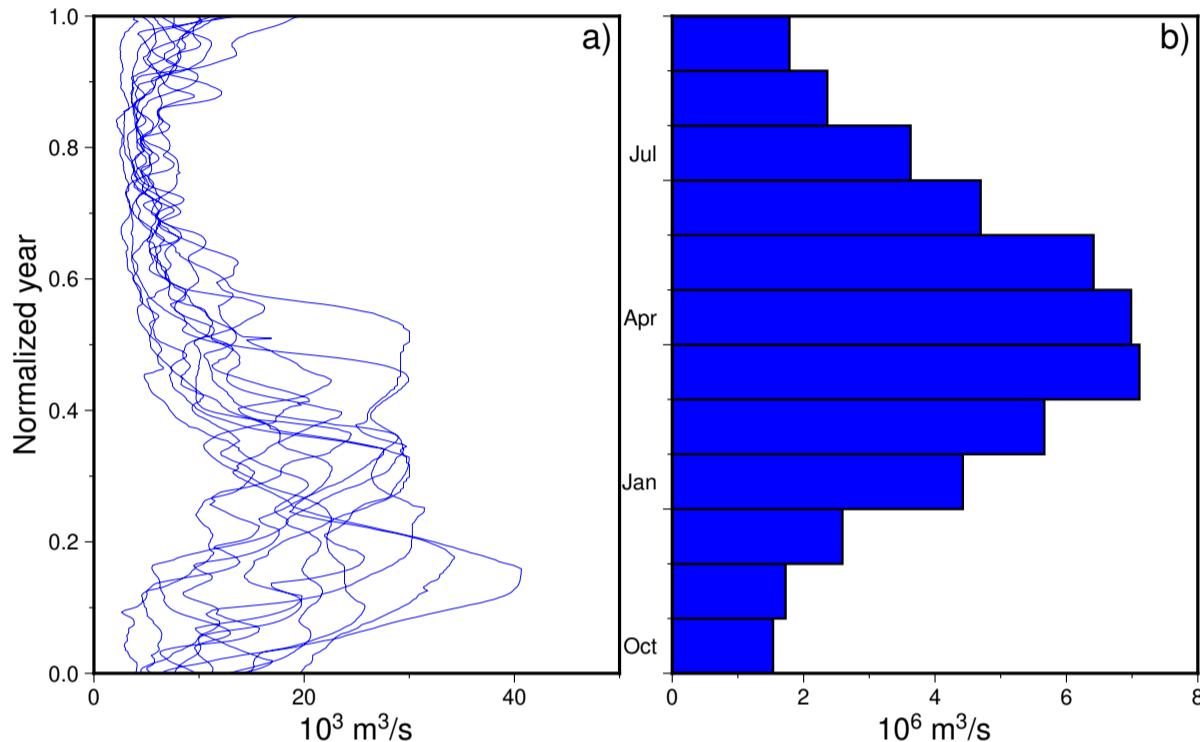


图 22: a) 归一化后一年内的密西西比河日流量, b) 10 年的密西西比河月流量, 以 9 月为起点

**-w** 选项为 GMT 全局选项, 因而可以在所有可以读取表数据的模块中使用该选项。例如, 下例使用 [xyz2grd](#) 模块将密西西比河日流量数据转换成网格文件, 然后使用 [grdimage](#) 模块绘图 (使用默认 CPT, 即 turbo)。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_5
gmt xyz2grd @mississippi.txt -i0,1+s1e-3,1+s1e-3 -wy -R0/1/0/50 -I50+n -r -Gtmp.grd
gmt grdimage tmp.grd -JX15c/8c -BWSen -Bxaf+l"Normalized year" -Byaf+l"Discharge (10@+3@+ m@+3@+/s)"
gmt colorbar -DJRM -Baf
gmt end show
```

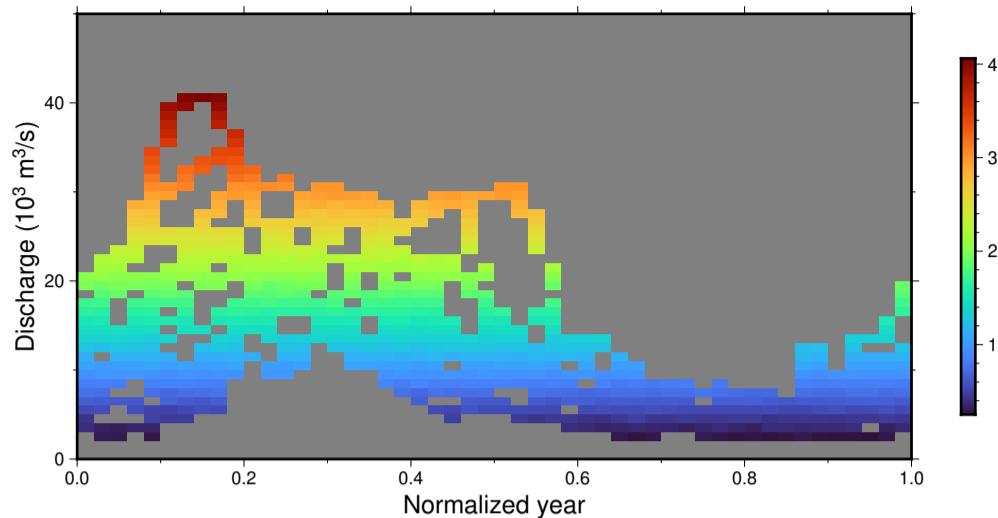


图 23: 归一化年份下的密西西比河日流量

最后一个示例将展示周循环和日循环的使用。使用的数据是 Verrazano-Narrows 大桥的 3 年的车流量数据（单位是辆/小时）。下例的四张子图分别表示原始车流量时间序列、周流量时间序列、周流量直方图以及小时流量直方图：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_cycle_6
gmt set TIME_WEEK_START Monday
gmt subplot begin 2x2 -Fs15c/8c -M14p/6p -A \
-T"Verrazano-Narrows Bridge @%34%\337@% Brooklyn Traffic [2018-2020]" -BWSrt
# Raw time-series
gmt plot @NY_traffic.txt -Wfaint,red -By+l"Vehicles/hour" -gx21600 -c
# Weekly wrapped time-series
gmt plot @NY_traffic.txt -R0/7/0/17000 -Wfaint,red -ww -gx0.25 -c
# Weekly histogram normalized for number of hours for a weekday in the 3-year data
n_week_hours=$(gmt convert @NY_traffic.txt -ww | gmt select -Z0/0.999+c0 | gmt info -Fi -o2)
gmt histogram @NY_traffic.txt -R0/7/2000/4000 -Wthick -Gred -T1 -Z0+w -By+l"Vehicles/hour" \
-i0,1+d${n_week_hours} -ww -c
# Daily histogram normalized for number of days in the 3-year data
n_mondays=$(gmt convert @NY_traffic.txt -wd | gmt select -Z-0.5/0.5+c0 | gmt info -Fi -o2)
gmt histogram @NY_traffic.txt -R0/24/0/8000 -Wthick -Gred -T1 -Z0+w -i0,1+d${n_mondays} -wd -c
gmt subplot end
gmt end show
```

## Verrazzano-Narrows Bridge → Brooklyn Traffic [2018-2020]

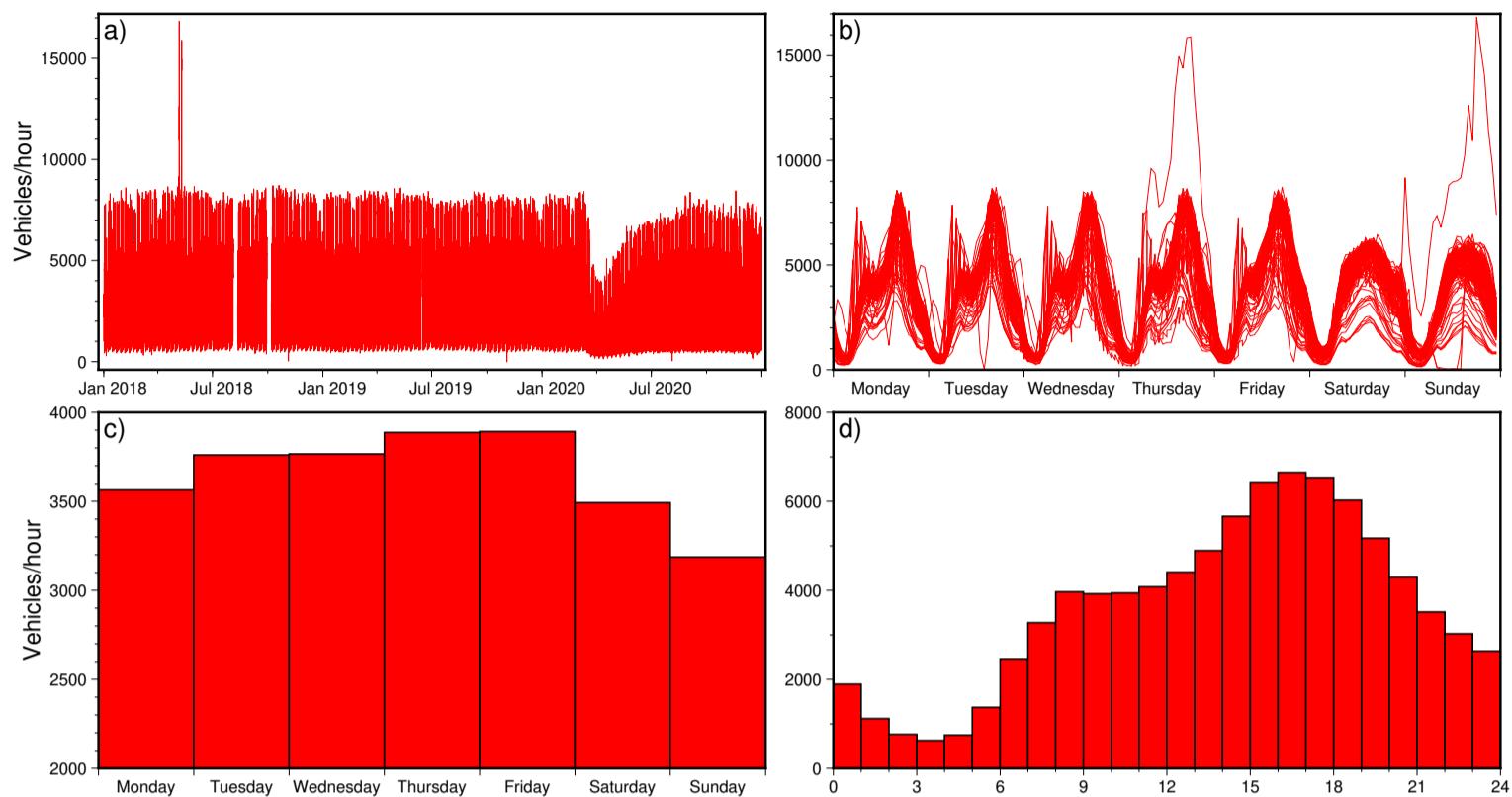


图 24: (a) Verrazzano-Narrows 大桥原始车流量时间序列; (b) 周流量时间序列; (c) 周流量直方图; (d) 小时流量直方图

上图中, (a) 图绘制了三年期间的车流量时间序列。图中一些需要注意的点有: Covid-19 导致了 2020 年 3 月中旬车流量的急剧下降; 某些时间段存在数据缺失; 2018 年 5 月可能出現了一个尖峰。使用 `-g` 选项以避免绘制数据缺失超过 6 小时的时窗。

(b) 图绘制了周车流量时间序列 (`-ww`)。可以看出, 工作日存在明显的早晚高峰, 周末与工作的特征则有所不同。图 (a) 中的尖峰来自某个异常的周四和周日, 这两天的数据可能有问题。同样, 使用 `-g` 选项以避免绘制数据缺失超过 6 小时的时窗。

(c) 图绘制了车周流量直方图。可以看出, 车流量在周中缓慢增加, 在周末下降。绘图脚本计算了数据中属于第一个工作日 (`-Z0/0.999+c0`) 的所有小时数, 用于归一化车流量数据 (`+d${n_week_hours}`), 使最终单位为辆/小时。

(d) 图绘制了小时车流量直方图 (`-wd`)。绘图脚本计算了数据中属于第一个小时 (`-Z-0.5/0.5+c0`) 的数目 (即天数), 用于归一化车流量数据 (`+d${n_mondays}`), 使最终单位为辆/小时。

## 12.25 -x 选项

在编译 GMT 时若打开了 OpenMP 选项, 则 GMT 中某些模块在运行时可以通过 OpenMP 加快计算速度。默认情况下, 这些模块会尝试使用所有可用的核。

`-x` 选项用于限制所使用的核数, 其语法为:

`-x[[-]n]`

例如:

- `-x8` 表示仅使用 8 个核, 若计算机的最大核数小于 8, 则使用计算机的全部核
- `-x-4` 表示使用 all-4 个核, 也就是说给其它程序留下四个核。若 all-4<1, 则使用 1 个核

---

**小技巧:** UNIX 用户使用命令 `gmt-config --has-openmp` 检测当前 GMT 是否支持 OpenMP。

---

## 12.26 -: 选项

`-:` 选项用于交换输入或输出数据的前两列。其语法为：

`-:[i|o]`

GMT 在读入数据时，会默认第一列是 X 值，第二列是 Y 值。对于地理数据而言，即第一列是经度、第二列是纬度。若要读入的数据中第一列是纬度、第二列是经度，则需要先交换第一列和第二列再读入，可以使用 `-:` 选项实现前两列数据的交换。

默认情况下，该选项同时对输入和输出生效：

- `-:i` 表明该选项仅交换输入数据的前两列
- `-:o` 表明该选项仅交换输出数据的前两列

需要注意，该选项仅用于交换输入/输出的前两列数据，`-R` 选项指定绘图区域时始终是经度在前，网格文件中经度始终是第一维度。

# 第 13 章 地图投影

GMT 读取数据的实际坐标，并将其转换或者投影到图片的对应位置。当前，GMT 支持 30 多种坐标变换或投影方式。这些投影方式可以分为三类，每一类又可以细分为几个小类：

1. 笛卡尔投影：细分为三类（位于下图的 OTHER 分类）

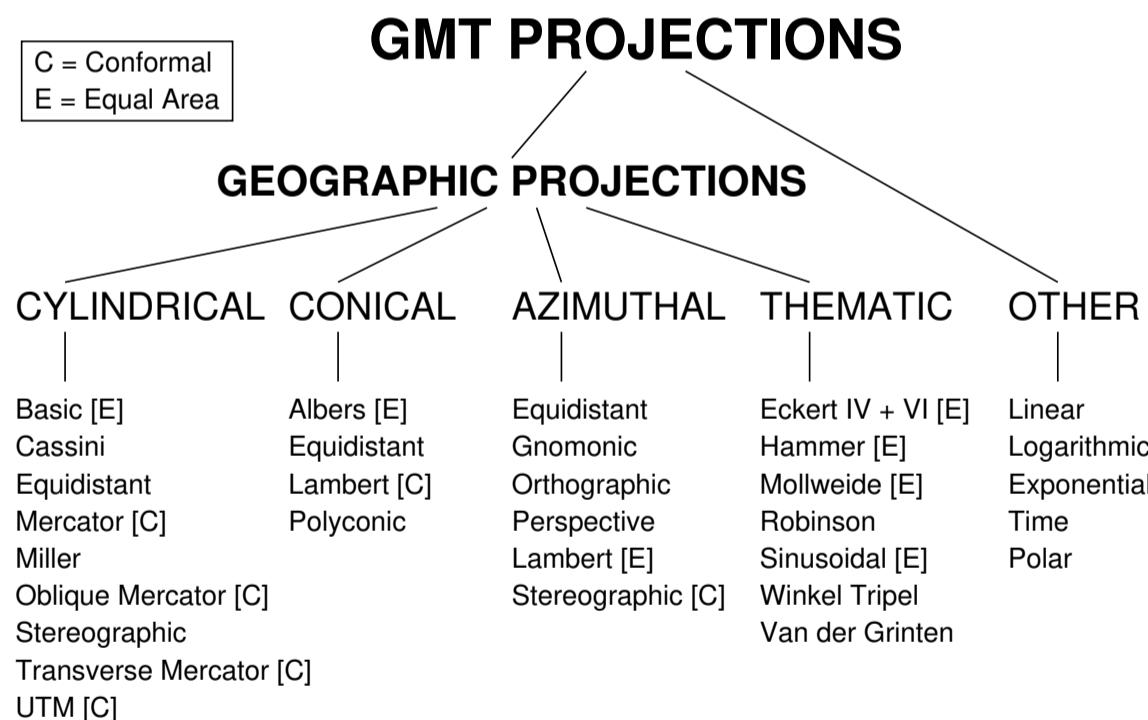
- 笛卡尔线性投影
- 笛卡尔对数投影
- 笛卡尔指数投影

2. 极坐标投影（位于下图的 OTHER 分类）

3. 地图投影：细分为四类

- 圆柱地图投影 (cylindrical projection)
- 圆锥地图投影 (conic projection)
- 方位地图投影 (azimuthal projection)
- 其它地图投影 (miscellaneous projection, 即下图的 THEMATIC 分类)

Source Code



-J 选项 这一节简要介绍了 GMT 中指定投影方式的三种不同格式。下表列出了 GMT 所支持的全部投影方式。

表 1: GMT 投影代码

-J 代码	说明
<b>-J</b> $\text{Alon}_0/\text{lat}_0[/\text{horizon}]/\text{width}$	<i>Lambert azimuthal equal area</i>
<b>-JB</b> $\text{lon}_0/\text{lat}_0/\text{lat}_1/\text{lat}_2/\text{width}$	<i>Albers conic equal area</i>

下页继续

表 1 – 续上页

-J 代码	说明
<b>-JClon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>/width</b>	<i>Cassini cylindrical</i>
<b>-JCyl_stere[lon<sub>0</sub>/[lat<sub>0</sub>/]]width</b>	<i>Cylindrical stereographic</i>
<b>-JDlon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>/lat<sub>1</sub>/lat<sub>2</sub>/width</b>	<i>Equidistant conic</i>
<b>-JElon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>[/horizon]/width</b>	<i>Azimuthal equidistant</i>
<b>-JFlon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>[/horizon]/width</b>	<i>Azimuthal gnomonic</i>
<b>-JGlon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>[/horizon]/width</b>	<i>Azimuthal orthographic</i>
<b>-JGlon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>/alt/azim/tilt/twist/W/H/width</b>	<i>General perspective</i>
<b>-JH[lon<sub>0</sub>/]width</b>	<i>Hammer equal area</i>
<b>-JI[lon<sub>0</sub>/]width</b>	<i>Sinusoidal equal area</i>
<b>-JJ[lon<sub>0</sub>/]width</b>	<i>Miller cylindrical</i>
<b>-JKf[lon<sub>0</sub>/]width</b>	<i>Eckert IV equal area</i>
<b>-JKs[lon<sub>0</sub>/]width</b>	<i>Eckert VI equal area</i>
<b>-JLlon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>/lat<sub>1</sub>/lat<sub>2</sub>/width</b>	<i>Lambert conic conformal</i>
<b>-JM[lon<sub>0</sub>/[lat<sub>0</sub>/]]width</b>	<i>Mercator cylindrical</i>
<b>-JN[lon<sub>0</sub>/]width</b>	<i>Robinson</i>
<b>-JOlon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>/azim/width[+v]</b>	<i>Oblique Mercator, 1: origin and azim</i>
<b>-JOblon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>/lon<sub>1</sub>/lat<sub>1</sub>/width[+v]</b>	<i>Oblique Mercator, 2: two points</i>
<b>-JOclon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>/lon<sub>p</sub>/lat<sub>p</sub>/width[+v]</b>	<i>Oblique Mercator, 3: origin and pole</i>
<b>-JPwidth[+a][+f[e p radius]][+kkind][+roffset][+torigin][+z[p radius]]</b>	<i>Polar/Cylindrical</i>
<b>-JPoly[lon<sub>0</sub>/[lat<sub>0</sub>/]]width</b>	<i>(American) polyconic</i>
<b>-JQ[lon<sub>0</sub>/[lat<sub>0</sub>/]]width</b>	<i>Equidistant cylindrical</i>
<b>-JR[lon<sub>0</sub>/]width</b>	<i>Winkel Tripel</i>
<b>-JSlon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>[/horizon]/width</b>	<i>General stereographic</i>
<b>-JT[lon<sub>0</sub>/[lat<sub>0</sub>/]]width</b>	<i>Transverse Mercator</i>
<b>-JUzone/width</b>	<i>Universal Transverse Mercator (UTM)</i>
<b>-JV[lon<sub>0</sub>/]width</b>	<i>Van der Grinten</i>
<b>-JW[lon<sub>0</sub>/]width</b>	<i>Mollweide</i>
<b>-JXwidth[l pexp T t][/height[l pexp T t]][d]</b>	<i>Linear, logarithmic, power, and time</i>
<b>-JYlon<sub>0</sub>/lat<sub>0</sub>/width</b>	<i>Cylindrical equal area</i>

### 13.1 -JX: Linear, logarithmic, power, and time

GMT 中笛卡尔坐标变换分为三类：

- Linear (线性坐标)
- Logarithmic ( $\log_{10}$  坐标)
- Power (指数坐标)

在开始之前, 先用 `gmtmath` 生成两个数据以供接下来示例使用:

```
gmt math -T0/100/1 T SQRT = sqrt.txt
gmt math -T0/100/10 T SQRT = sqrt10.txt
```

### 13.1.1 笛卡尔线性坐标

笛卡尔线性坐标可以通过四种方式指定：

- **-Jxscale** X 轴和 Y 轴拥有相同的比例尺 *scale*
- **-JXwidth** X 轴和 Y 轴拥有相同的长度 *width*
- **-Jxyscale/yscale** 分别为 X 轴和 Y 轴指定不同的比例尺
- **-JXwidth/height** 分别为 X 轴和 Y 轴指定不同的长度

笛卡尔线性坐标的使用场景可以分为三类：

1. 常规的浮点数坐标
2. 地理坐标
3. 日期时间坐标

#### 常规浮点数坐标

对于常规的浮点型数据而言，选择笛卡尔线性坐标意味着对输入坐标做简单的线性变换  $u' = au + b$ ，即将输入坐标  $u$  投影到纸张坐标  $u'$ 。

下面的命令将函数  $y = \sqrt{x}$  用笛卡尔线性变换画在图上。

```
gmt begin GMT_linear
gmt plot -R0/100/0/10 -JX3i/1.5i -Bag -BWSne+gsnow -Wthick,blue,- sqrt.txt
gmt plot -St0.1i -N -Gred -Wfaint sqrt10.txt
gmt end show
```

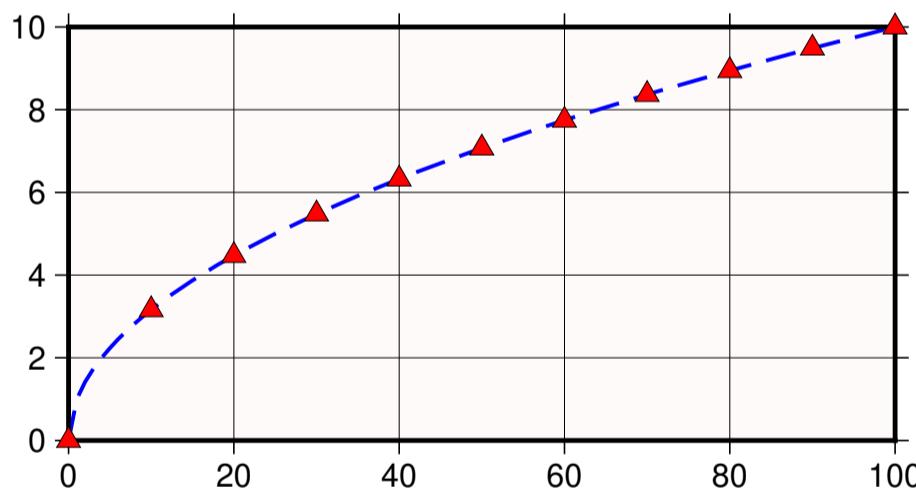


图 1：笛卡尔坐标的线性变换

说明：

- 正常情况下，X 轴向右递增，Y 轴向上递增。有些时候可能需要 X 轴向左递增或者 Y 轴向下递增（比如 Y 轴是深度时），只要将轴的比例尺或者轴长度设置为负值即可。
- 若指定 X 轴的长度，并设置 Y 轴的长度为 0，则会根据 X 轴的长度和范围计算出 X 轴的比例尺，并对 Y 轴使用相同的比例尺，进而计算出 Y 轴的长度，即 **-JX10c/0c**, **-JX0c/10c** 同理。

## 地理坐标

理论上地理坐标应该用地理投影画,而不应该用线性投影,但是有时候可能的确需要使用线性投影。用线性投影绘制地理坐标时会碰到一个问题,即经度有一个 360 度的周期性。因而在使用线性投影时需要通知 GMT 数据实际上是地理坐标。有三种办法:

1. 在 **-R** 后、数据范围前加上 **g** 或 **d**, 比如 **-Rg-55/305/-90/90**
2. 在 **-Jx** 或 **-JX** 选项的最后加上 **g** 或 **d**, 比如 **-JX10c/6cd**
3. 使用 **-fg** 选项

下面的例子用线性投影绘制了一个中心位于 125°E 的世界地图。

```
gmt begin GMT_linear_d
gmt set MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0.1i MAP_FRAME_TYPE FANCY FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ssF
gmt coast -Rg-55/305/-90/90 -Jx0.014i -Bagf -BWSen -Dc -A1000 -Glightbrown -Wthinnest -Slightblue
gmt end show
```

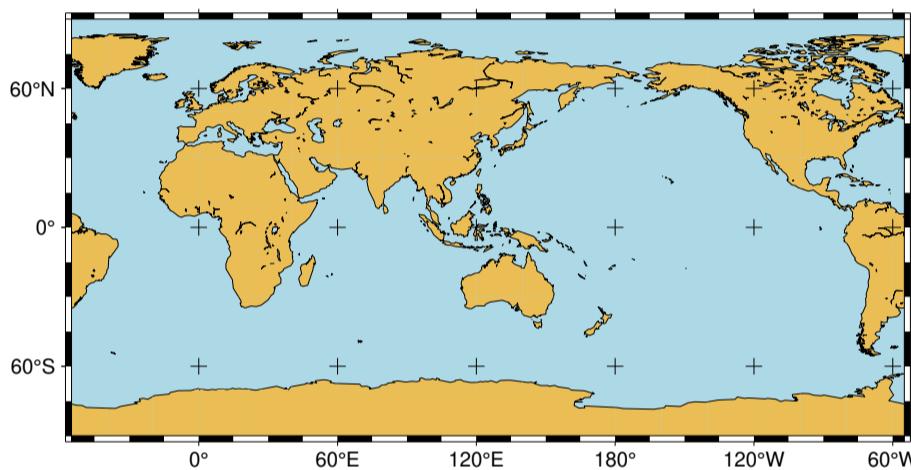


图 2: 地理坐标的线性变换

## 日期时间坐标

Time (时间日期坐标) 也可以用线性投影绘制,此时需要告诉 GMT 输入坐标是绝对时间还是相对时间。

可以通过在 **-Jx** 或 **-JX** 的最后加上 **T** 或 **t**,不过实际上 **-R** 选项中已经指定了时间范围,所以没有必要在 **-J** 和 **-R** 选项中都指定。当 **-R** 和 **-J** 选项给出的坐标类型相冲突时,GMT 会给出警告,并以 **-JX** 选项为准。

```
gmt begin GMT_linear_cal
gmt set FORMAT_DATE_MAP o TIME_WEEK_START Sunday FORMAT_CLOCK_MAP=-hhmm FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP full
gmt basemap -R2001-9-24T/2001-9-29T/T07:0/T15:0 -JX4i/-2i -Bxa1Kf1kg1d -Bya1Hg1h -BWsNe+glichtyellow
gmt end show
```

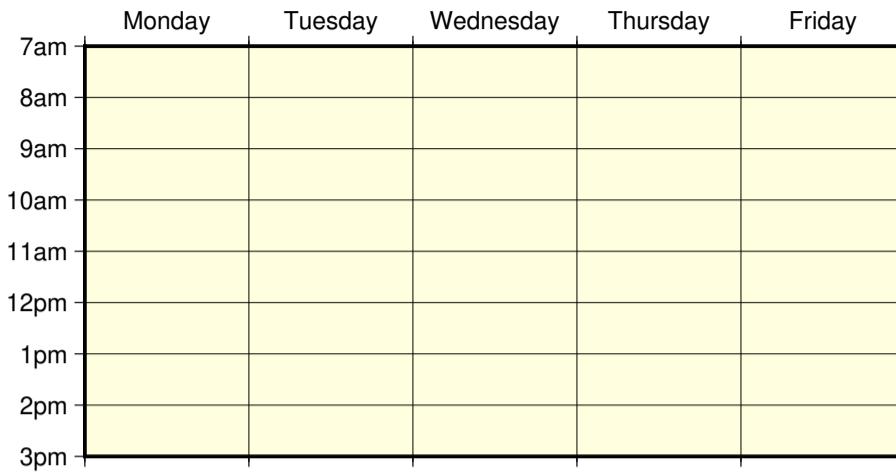


图 3: 日期时间坐标的线性变换

### 13.1.2 笛卡尔对数投影

对数变换  $\log_{10}$  的数学表示是  $u' = a \log_{10}(u) + b$ ，可以通过在比例尺或轴长度后加上 l 指定。

下面的命令绘制了一个 X 轴为对数轴 Y 轴为线性轴的图。

```
gmt begin GMT_log
gmt plot -R1/100/0/10 -Jx1.5il/0.15i -Bx2g3 -Bya2f1g2 -BWSne+gbisque -Wthick,blue,- -h sqrt.txt
gmt plot -Ss0.1i -N -Gred -W -h sqrt10.txt
gmt end show
```

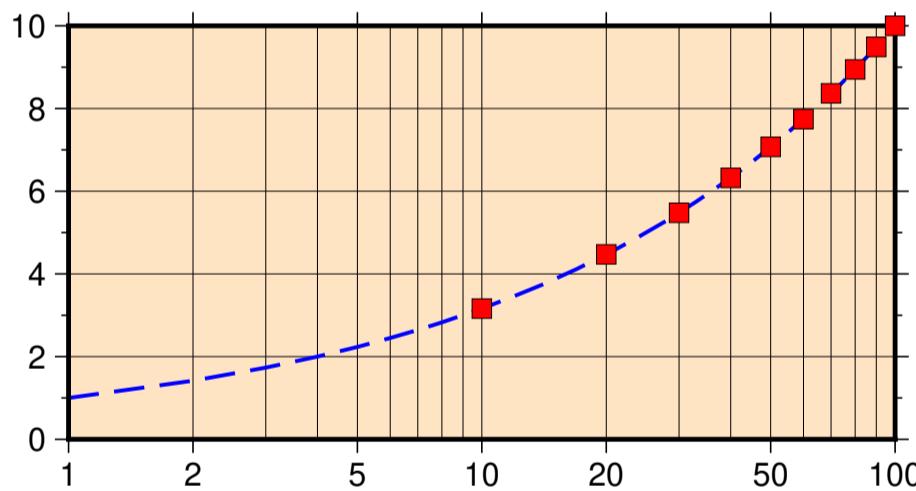


图 4: 对数投影

注意：若想要 X 轴和 Y 轴都使用对数投影，且 X 轴和 Y 轴比例尺不同，则必须在指定每个轴的比例尺时分别加上 l，例如 -JX10cl/6cl。

### 13.1.3 笛卡尔指数投影

指数投影的函数表示是  $u' = au^b + c$ ，使得用户可以绘制类似  $x^p - y^q$  这样的函数关系。如果选  $p=0.5$ 、 $q=1$  则相对于绘制  $x$  与  $\sqrt{x}$  的函数曲线。

要使用指数投影，需要在比例尺或轴长度后加上 pexp，其中 exp 是要使用的指数。

```
gmt begin GMT_pow
gmt plot -R0/100/0/10 -Jx0.3ip0.5/0.15i -Bxa1p -Bya2f1 -BWSne+givory -Wthick sqrt.txt
gmt plot -Sc0.075i -Ggreen -W sqrt10.txt
gmt end show
```

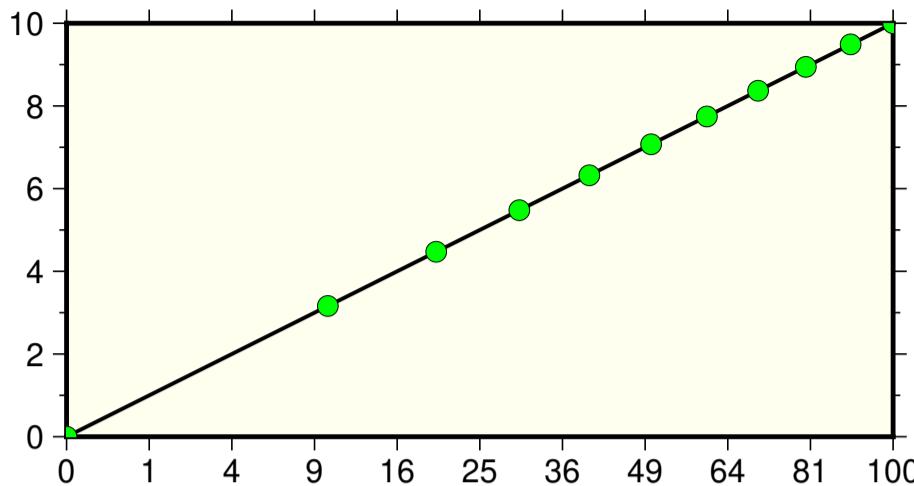


图 5: 指数变换

## 13.2 -JP: Polar/Cylindrical

Polar (极坐标投影) 用于绘制极坐标数据 (即角度  $\theta$  和半径  $r$ )。

指定极坐标投影的语法为:

**-Jpscale[+a][+f[e|p|radius]][+roffset][+torigin][+z[p|radius]]]**

**-JPwidth[+a][+f[e|p|radius]][+roffset][+torigin][+z[p|radius]]]**

- **-Jpscale** 表示指定比例尺, **-JPwidth** 表示指定整张图的宽度
- 默认情况下, 角度  $\theta$  是指相当于东方向逆时针旋转的角度 (标准定义); 加上 **+a** 则表明输入数据是相对于北方向顺时针旋转的角度 (地理学中的方位角)
- **+roffset** 表示  $r$  轴的偏移量, 即不将  $r=0$  放在圆心处
- **+torigin** 设置东方向对应的角度, 相当于对整个坐标轴做顺时针旋转; 若使用了 **+a** 选项, 则设置北方向对应的角度, 相当于将整个坐标轴逆时针旋转。
- **+f** 表示将径向方向反转
  - 加上 **e** 表示  $r$  轴为高程角, 此时  $r$  轴范围应在 0 到 90 之间
  - 加上 **p** 表示在  $r$  轴反转时设置当前地球半径 (由 **PROJ\_ELLIPSOID** 决定) 为  $r$  轴的最大值
  - 加上 **radius** 设置  $r$  轴的最大值
- **+z** 表示将  $r$  轴标记为深度而不是半径, 即  $r = radius - z$ 
  - 加上 **p** 表示将 **radius** 设置为当前地球半径
  - 加上 **radius** 表示设置 **radius** 的值

下面给出了一些极坐标的示例以展示极坐标的用法:

```
gmt begin Jp
gmt set FORMAT_GEO_MAP +D FONT_TITLE 14p,1,red
gmt basemap -JP5c -R0/360/0/1 -Bxa45f -B+t"-JP5c -R0/360/0/1" -Y10c
gmt basemap -JP5c+a -R0/360/0/1 -Bxa45f -B+t"-JP5c+a -R0/360/0/1" -X8c
gmt basemap -JP5c+a -R0/90/0/1 -Bxa45f -Bya0.2 -BWNse+t"-JP5c+a -R0/90/0/1" -X8c
gmt basemap -JP5c+a+t45 -R0/90/0/1 -Bxa45f -Bya0.2 -BWNse+t"-JP5c+a+t45 -R0/90/0/1" -X-16c -Y-6.5c
gmt basemap -JP5c+a+t45 -R0/90/3480/6371 -Bxa45f -Bya -BWNse+t"-JP5c+a+t45 -R0/90/3480/6371" -X8c -Y1c
gmt basemap -JP5c+a+t45+z -R0/90/3480/6371 -Bxa45f -Bya -BWNse+t"-JP5c+a+t45\053z -R0/90/3480/6371" -X8c
gmt end show
```

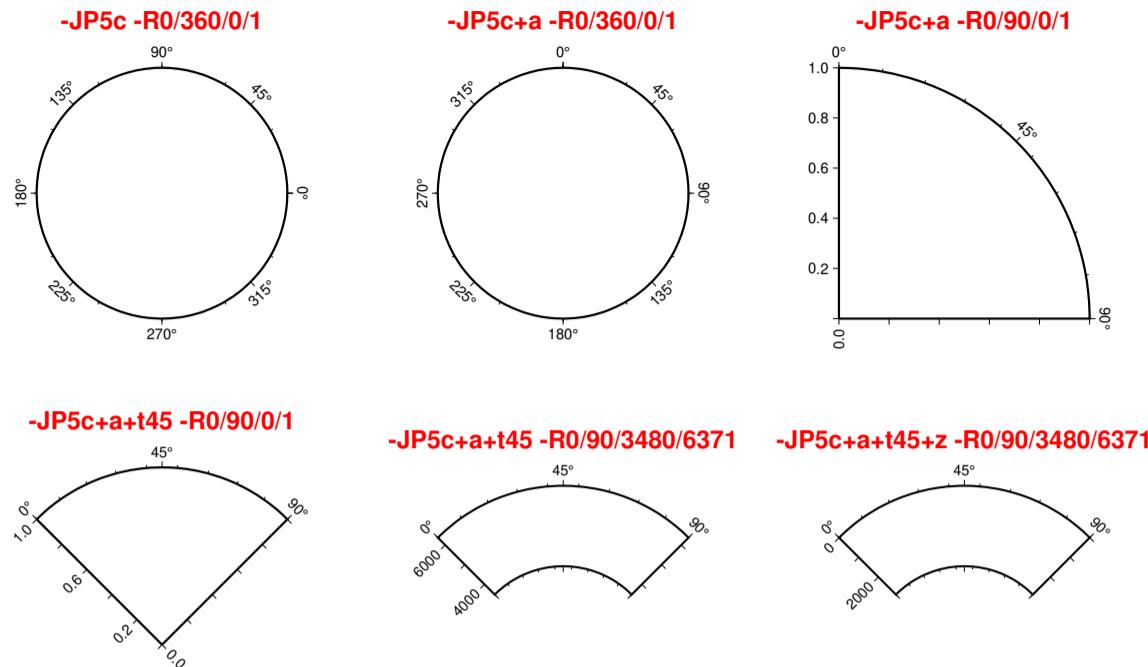


图 6: 极坐标用法示例

### 13.3 -JA: Lambert azimuthal equal area

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert\\_azimuthal\\_equal-area\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert_azimuthal_equal-area_projection)

Lambert azimuthal equal area (Lambert 方位等面积投影) 由 Johann Heinrich Lambert 于 1772 年发展得到。通常用于绘制大区域地图 (例如整个大洲或半球)，该投影是方位等面积投影。在投影的中心畸变为 0，离投影中心越远畸变越大。该投影的参数为：

**-JA***lon/lat/[distance/]width* 或 **-JA***lon/lat/[distance/]scale*

- *lon/lat* 投影中心坐标
- *distance* 投影中心到边界的角度，默认值为 90，即距离投影中心各 90°，即整个半球
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，可以取 1:*xxxx* 格式 (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)，也可以是 *radius/latitude* (表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*)

#### 13.3.1 矩形地图

此投影下，经线和纬线通常不是直线，因而不适合直接用经纬线指定地图边界。本例中通过指定区域的左下角 (0°E/40°S) 和右上角 (60°E/10°S) 的坐标来指定区域范围。**-R** 中 **+r** 用于告诉 GMT 此处指定的是左下角和右上角的坐标。

```
gmt begin GMT_lambert_az_rect
gmt set FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ssF MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0
gmt coast -R0/-40/60/-10+r -JA30/-30/12c -Bag -Dl -A500 -Gp10+r300 -Wthinnest
gmt end show
```

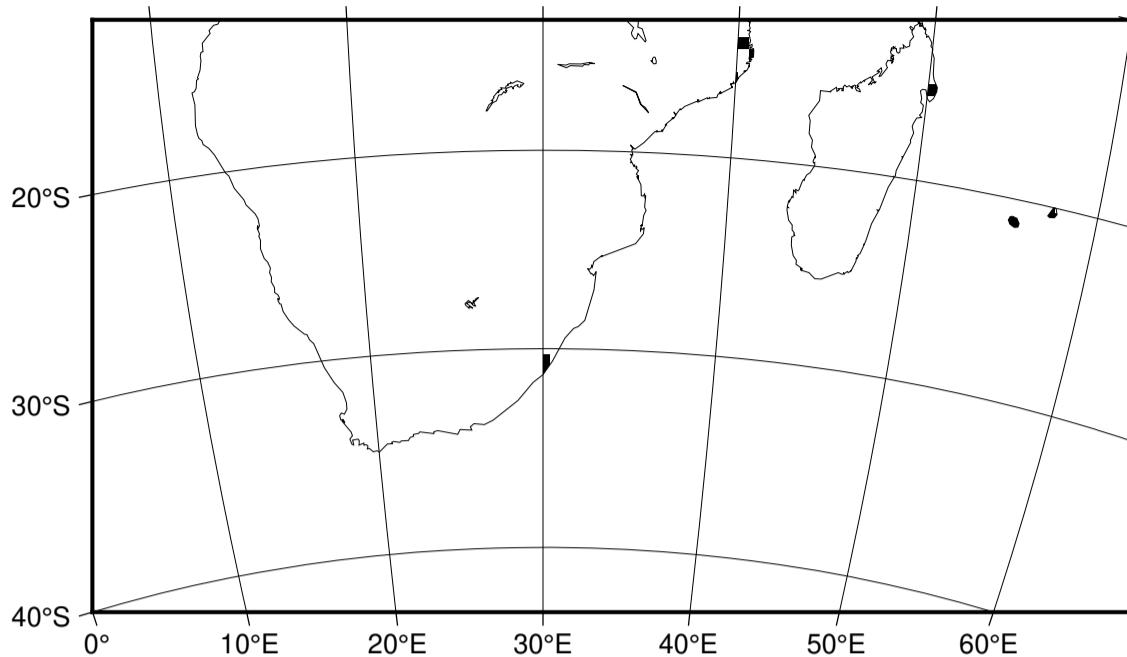


图 7: 使用 Lambert 方位等面积投影绘制矩形地图

### 13.3.2 半球地图

要绘制半球地图，需要指定区域范围为整个地球，此时可以使用 **-Rg** 或 **-Rd**。下图绘制了以南美洲为中心的半球图。

```
gmt coast -Rg -JA280/30/12c -Bg -Dc -A1000 -Gnavy -png GMT_lambert_az_hemi
```



图 8: 使用 Lambert 方位等面积投影绘制半球地图

### 13.3.3 震源辐射花样

地震学在绘制震源机制解时，就是将三维的辐射花样信息投影到一个水平面内。投影的方式有两种：Schmidt 网和 Wulff 网。其中 Schmidt 网使用的就是 Lambert 方位等面积投影（中心经纬度为 0/0），Wulff 网使用的则是等角度的立体投影（**-JS**）。两种震源球投影方式如下图所示：

[Source Code](#)

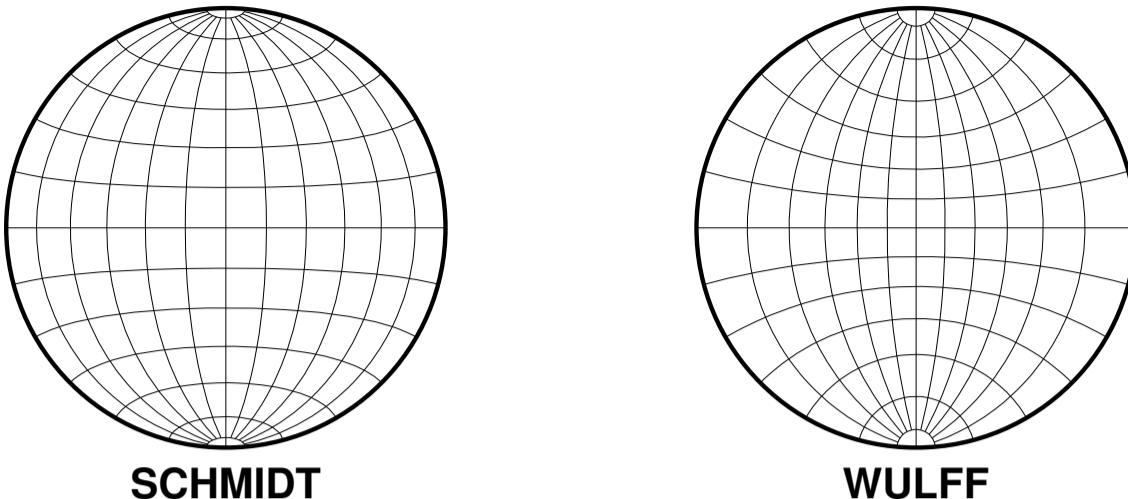


图 9: 震源球投影: 等面积的 Schmidt 网和等角度的 Wulff 网

### 13.4 -JB: Albers conic equal area

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Albers\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Albers_projection)

Albers conic equal area (Albers 圆锥等面积投影)由 Heinrich C. Albers 于 1805 年提出, 主要用于绘制东西方向范围很大的地图, 尤其是美国地图。

此投影是圆锥、等面积投影。纬线是不等间隔分布的同心圆, 在地球南北极处分布较密。经线则是等间隔分隔, 并垂直切割纬线。

在两条标准纬线处, 比例尺和形状的畸变最小; 在两者之间, 沿着纬线的比例尺偏小; 在两者外部, 沿着经线的比例尺则偏大。沿着经线, 则完全相反。

该投影方式的参数为:

**-JB***lon/lat/lat1/lat2/width* 或 **-Jb***lon/lat/lat1/lat2/scale*

- *lon* 和 *lat* 是投影中心的位置
- *lat1* 和 *lat2* 是两条标准纬线
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

下图绘制了台湾附近的区域, 投影中心位于 125°E/20°N, 25 度和 45 度纬线是两条标准纬线。

```
gmt begin GMT_albers
gmt set MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0
gmt coast -R110/140/20/35 -JB125/20/25/45/12c -Bag -Dl -Ggreen -Wthinnest -A250
gmt end show
```

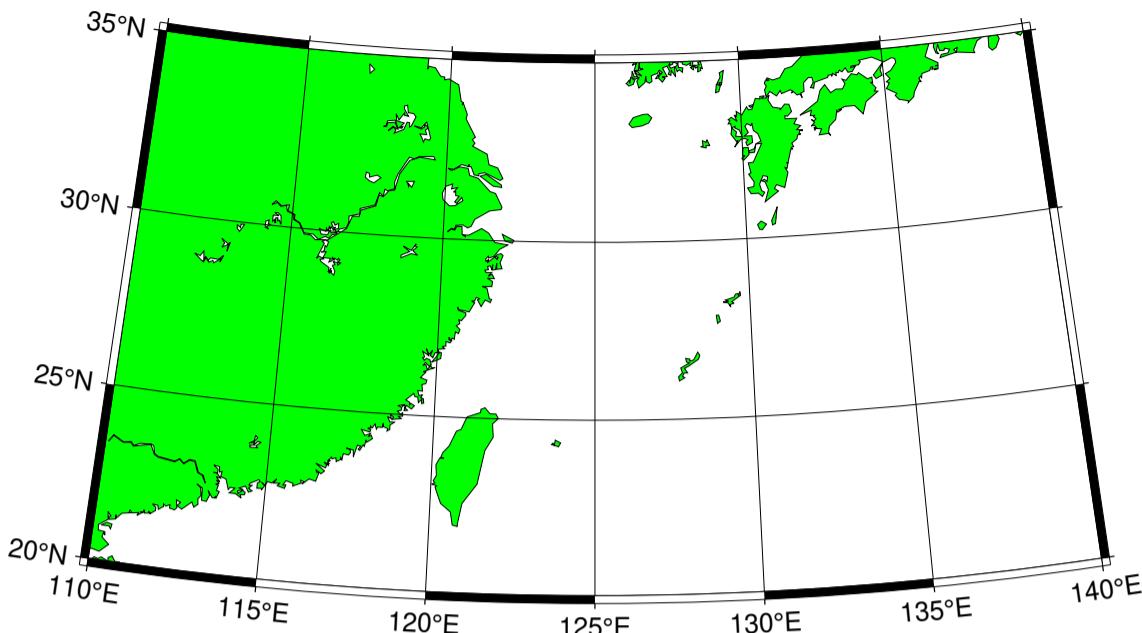


图 10: Albers 圆锥等面积投影

### 13.5 -JC: Cassini cylindrical

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cassini\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Cassini_projection)

Cassini cylindrical (Cassini 圆柱投影) 由 César-François Cassini de Thury 于 1745 年在调查法国时提出。其偶尔也被称为 Cassini-Soldner 投影，因为后者提供了更加精确的数学分析得到了椭球下的公式。

此投影既不保角也不等面积，而是介于二者之间的一种投影方式。沿着中心经线的畸变最小，适合绘制南北方向区域范围较大的地图。其中，中心经线、距离中心经线 90 度的两条经线以及赤道是直线，其余经线和纬线都是复杂的曲线。

该投影方式的参数为：

**-JC***lon/lat/width* 或 **-Jc***lon/lat/scale*

- *lon/lat* 为中心的经纬度
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，即每度在图上的长度或 1:*xxxx*（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米）

```
gmt coast -R7:30/38:30/10:30/41:30+r -JC8.75/40/6c -Bafg -LjBR+c40+w100+f+o0.4c/0.5c -Dh \
-Gspringgreen -Sazure -Wthinnest -Ia/thinner --FONT_LABEL=10p -png GMT_cassini
```

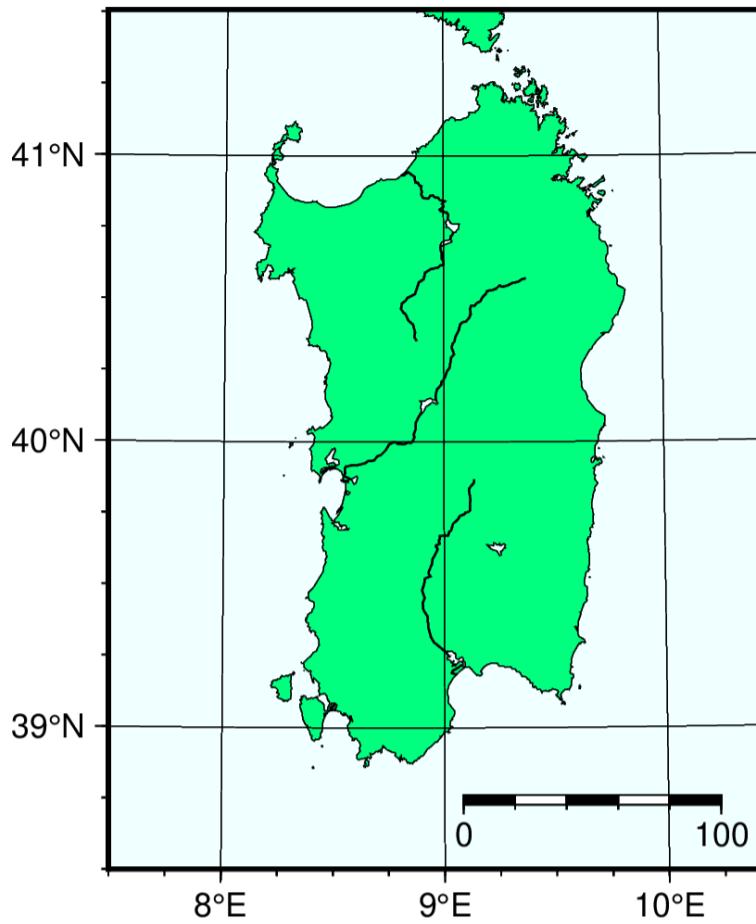


图 11: Cassini 投影绘制 Sardinia 岛

## 13.6 -JCyl\_stere: Cylindrical stereographic

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gall\\_stereographic\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Gall_stereographic_projection)

Cylindrical stereographic (圆柱立体投影) 不像其它的圆柱投影那样令人关注, 但由于其相对简单且能够克服其它圆柱投影的缺点 (比如高纬度的畸变), 故而仍然被使用。立体投影是透视投影, 将整个球沿着赤道上的对跖点投影到一个圆柱上。该圆柱于两条距赤道等间距的标准纬线处穿过球体。

该投影的参数为:

**-JCyl\_stere/[lon[/lat]]/width 或 -Jcyl\_stere/[lon[/lat]]/scale**

- *lon* 中心经线 [默认为绘图区域的中心经线]
- *lat* 标准纬线 [默认是赤道。若使用, 则必须指定中心经线]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

一些比较流行的标准纬线的选择如下:

Miller' s modified Gall	66.159467°
Kamenetskiy' s First	55°
Gall' s stereographic	45°
Bolshoi Sovietskii Atlas Mira or Kamenetskiy' s Second	30°
Braun' s cylindrical	0°

```
gmt begin GMT_gall_stereo
gmt set FORMAT_GEO_MAP dddA
gmt coast -R-180/180/-60/80 -JCyl_stere/0/45/12c -Bxa60f30g30 -Bya30g30 -A5000 -Wblack -Gseashell14 -Santiquewhite1
gmt end show
```

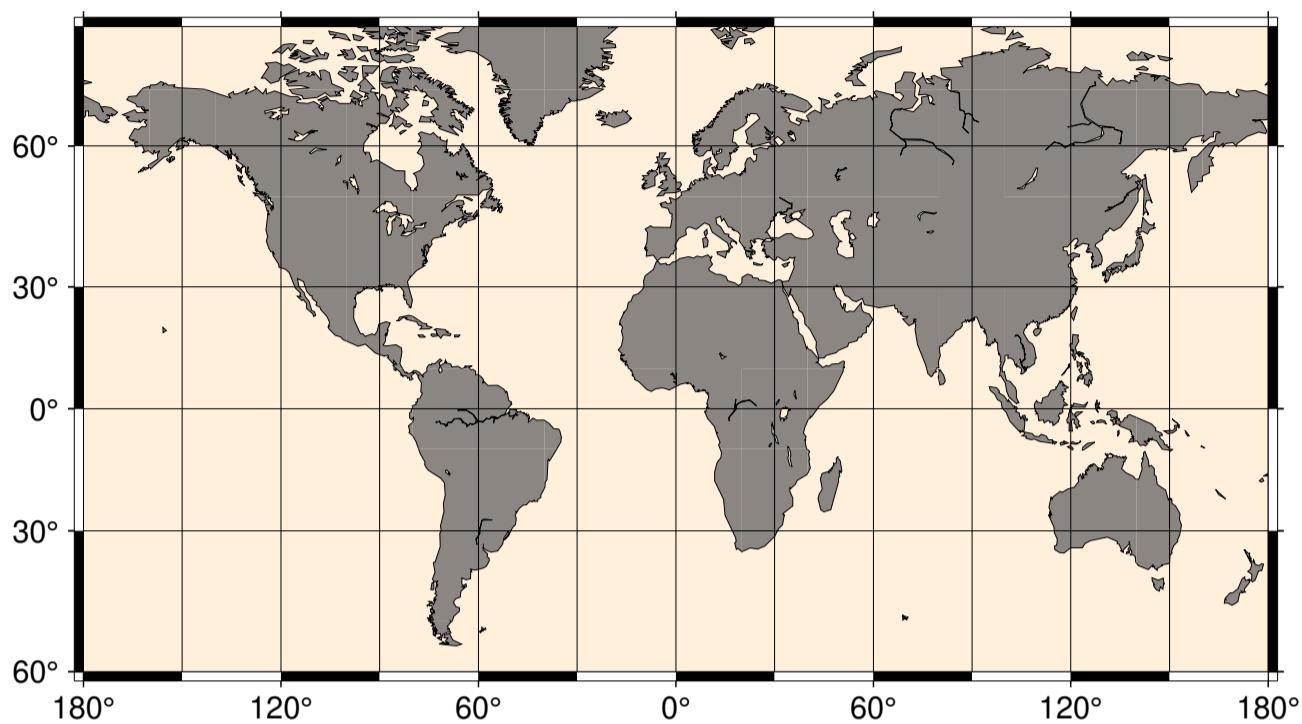


图 12: 使用 Gall 立体投影绘制世界地图

### 13.7 -JD: Equidistant conic

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Equidistant\\_conic\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Equidistant_conic_projection)

Equidistant conic (等距圆锥投影) 由希腊哲学家 Claudius Ptolemy 于公元 150 年提出。其既不是保角也不是等面积, 而是两种的折衷。在所有经线以及标准纬线上比例尺没有畸变。

该投影的参数为:

**-JDlon0/lat0/lat1/lat2/width** 或 **-JDlon0/lat0/lat1/lat2/scale**

- *lon/lat* 投影中心位置
- *lat1/lat2* 两条标准纬线
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

等距圆锥投影常用于绘制小国家的地图集。

```
gmt begin GMT_equidistant_conic
gmt set FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ssF MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0.15c
gmt coast -R-88/-70/18/24 -JD-79/21/19/23/12c -Bag -Di -N1/thick,red -Glightgreen -Wthinnest
gmt end show
```

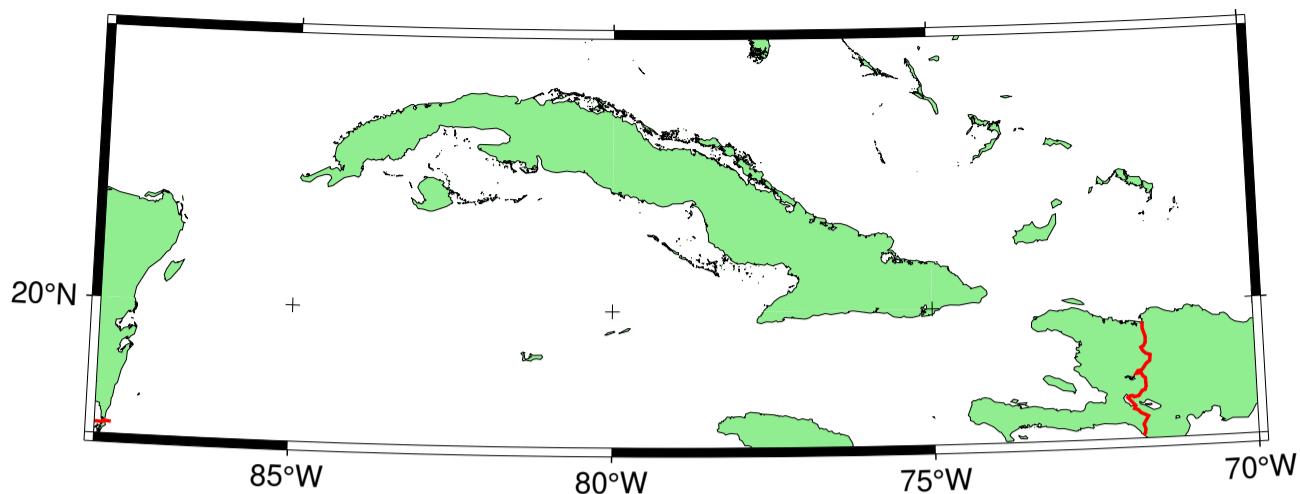


图 13: 等距圆锥地图投影

### 13.8 -JE: Azimuthal equidistant

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Azimuthal\\_equidistant\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Azimuthal_equidistant_projection)

Azimuthal equidistant (方位等距投影) 最显著的特征是在图上测量的从中心到任意一点的距离是真实的。因而, 地图上以投影中心为圆心的圆在真实地球上与投影中心是等距离的。同时, 从中心出发的任意方向也是真实的。该投影常用于展示多个地理位置与指定点的距离图。

该投影的参数为:

**-JE***lon0/lat0[/distance]/width* 或 **-Jel***lon0/lat0[/distance]/scale*

- *lon/lat* 投影中心的经纬度
- *distance* 是边界距离投影中心的度数, 默认值为 180, 即绘制全球图
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 可以取 1:*xxxx* 格式 (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米), 也可以是 *radius/latitude* (表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*)

下图中, 投影中心为 100°W/40°N, 离投影中心 180 度的点在图中的最外边界处。

```
gmt coast -Rg -JE-100/40/12c -Bg -Dc -A10000 -Glightgray -Wthinnest -png GMT_az_equidistant
```

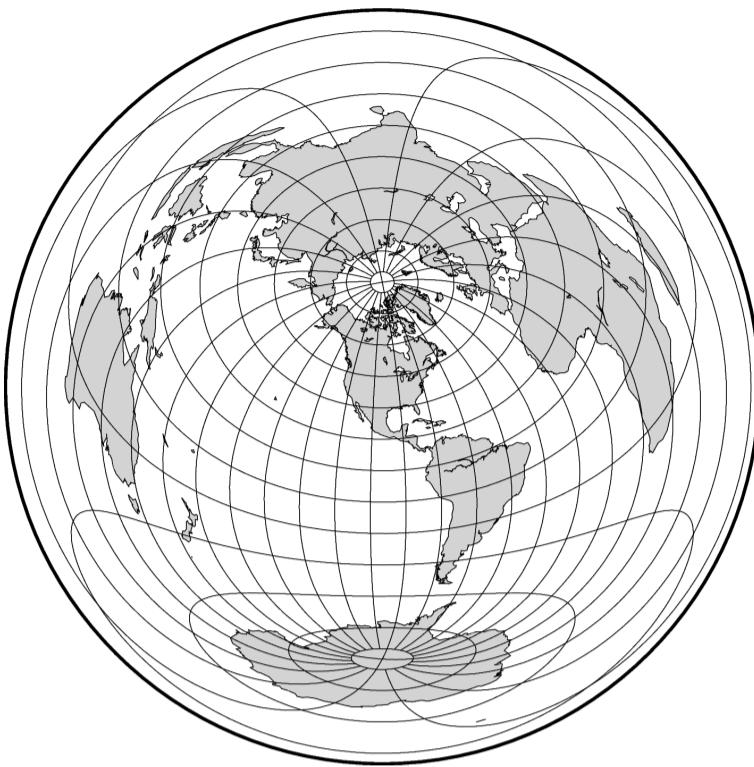


图 14: 使用等距方位投影绘制全球图

### 13.9 -JF: Azimuthal gnomonic

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Gnomonic\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Gnomonic_projection)

Azimuthal gnomonic (球心方位投影) 是一个从中心投影到与表面相切的一个平面的透视投影。此投影既不等面积也不保角，且在半球的边界处有很大畸变。事实上，对于指定的中心而言，只能绘制不超过半球的区域。但从投影中心出发的方向是真实的。大圆弧会被投影成直线。

该投影的参数为：

**-JF***lon/lat[/distance]/width* 或 **-Jf***lon/lat[/distance]/scale*

- *lon/lat* 投影中心的经纬度
- *distance* 地图边界到投影中心的角度，默认值为 60 度
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，可以取 1:*xxxx* 格式（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米），也可以是 *radius/latitude*（表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*）

```
gmt coast -Rg -JF-120/35/60/12c -B30g15 -Dc -A10000 -Gtan -Scyan -Wthinnest -png GMT_gnomonic
```

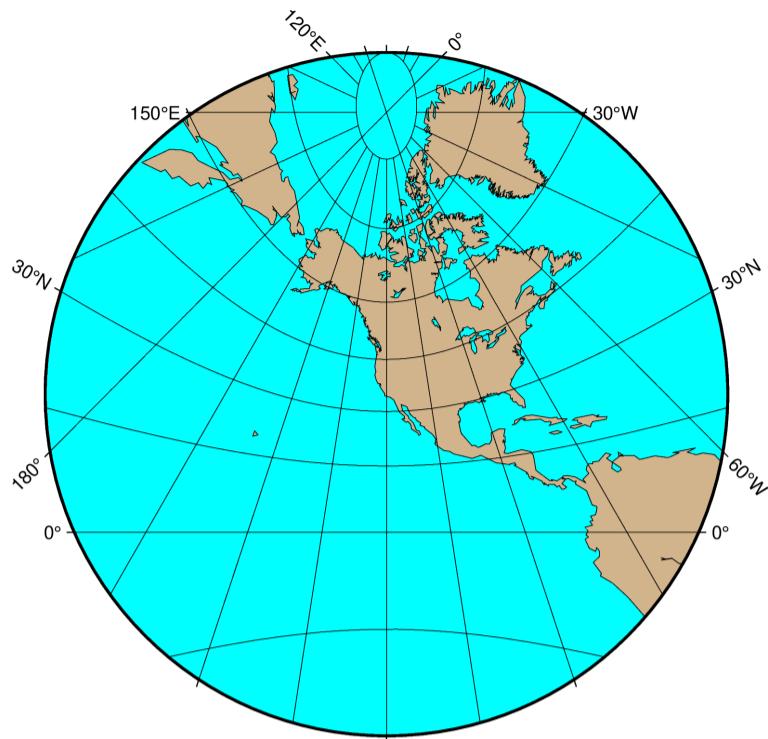


图 15: 球心方位投影

### 13.10 -JG: Azimuthal orthographic/General perspective

Azimuthal orthographic(正射方位投影)是一种从无穷远距离处的透视投影,因而常用于绘制从外太空看地球。与 Lambert 等面积投影以及立体投影类似,一次只能看到一个半球。该投影既不是等面积也不是保角,在半球边界处有较大畸变。从投影中心出发的任意方向是真实的。

该投影的参数为:

**-JG***lon/lat[/distance]/width* 或 **-Jg***lon/lat[/distance]/scale*

- *lon/lat* 是投影中心位置
- *distance* 是边界离投影中心的度数 [ $\leq 90$ , 默认值为 90]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 可以取 1:*xxxx* 格式 (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米), 也可以是 *radius/latitude* (表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*)

```
gmt coast -Rg -JG-75/41/12c -Bg -Dc -A5000 -Gpink -Sthistle -png GMT_orthographic
```

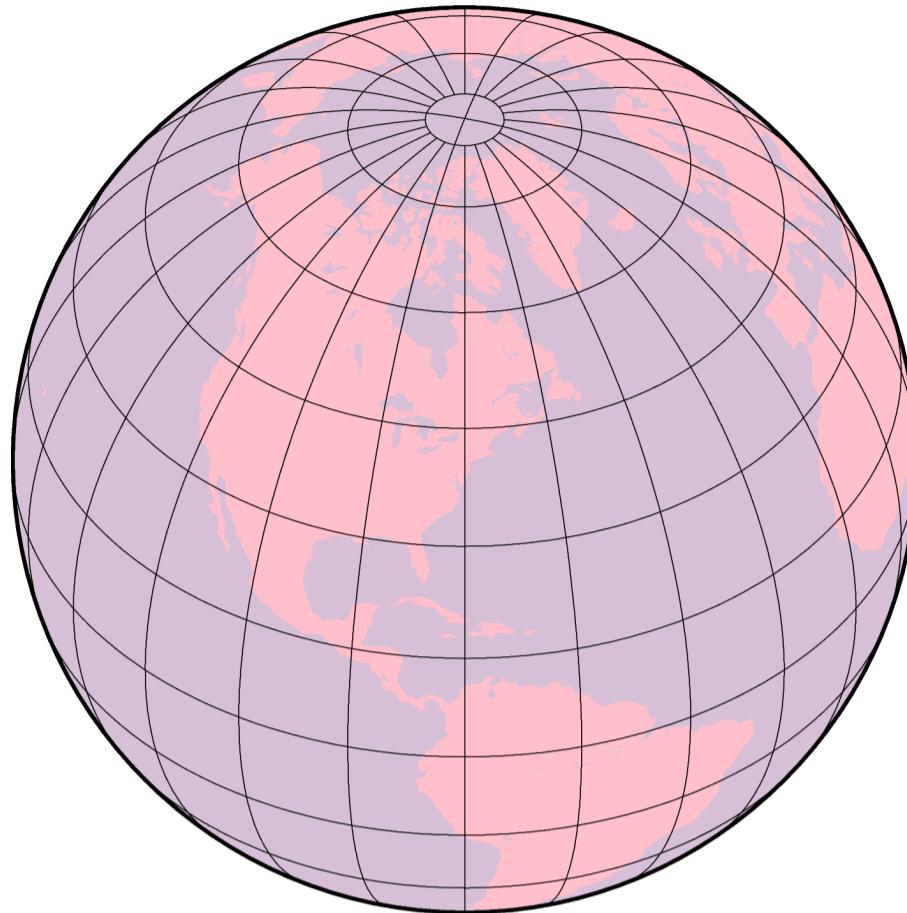


图 16: 使用正射投影绘制半球

**-Jg** 加上更多的参数时还可以用于绘制 General perspective (透视投影), 以在二维平面内模拟从太空看三维的地球。该投影与正射投影类似, 都是从空间进行透视投影。不同之处在于, 正射投影的透视点在无穷远处, 而透视投影可以指定透视点的位置, 因此整体效果类似于从飞行器拍摄地球。

该投影的参数为:

**-JG** *lon/lat/altitude/azimuth/tilt/twist/Width/Height/width* 或 **-Jg** *lon/lat/altitude/azimuth/tilt/twist/Width/Height/scale*

- *lon/lat* 投影中心的经纬度
- *altitude* 是观察者所处的海拔, 单位为 km, 默认值为 230 km。若该值小于 10, 则假定是观察者相对于地心的距离, 若距离后加了 **r**, 则表示观察者与地心的距离 (单位为 km)。
- *azimuth* 观察者的方位角 (相对于北向顺时针旋转的角度)。默认值为 90 度, 即从东向观测
- *tilt* 倾角 (单位为度)。即相对于天顶的角度, 默认值为 60 度。若值为 0 则表示在天顶直接向下看, 值为 60 则表示在天顶处沿着水平方向 30 度角的方向观察
- *twist* 扭转角度, 即投影图像视轴的顺时针旋转。 $180^\circ$  的扭转 (如下图) 模仿了飞行器倒挂飞行的情形。
- *Width/Height* 是视角的角度, 单位为度, 默认值为 60。该值取决于你是否是使用裸眼观看 (裸眼的角度一般是 60 度宽), 或使用其它设备 (如望远镜)
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 可以取 1:*xxxx* 格式 (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米), 也可以是 *radius/latitude* (表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*)

---

**备注:** 由于透视投影类似从空间的飞行器中观察地球, *azimuth*, *tilt* 以及 *twist* 可以从飞行器姿态的角度理解, 分别对应航偏角、俯仰角以及翻滚角。*twist* 为  $180^\circ$  时, 可以看作“头朝下”观察地球。

---

```
gmt coast -Rg -JG4/52/230/90/60/180/60/60/12c -Bx2g2 -By1g1 -Ia -Di -Glightbrown \
-Wthinnest -Slightblue --MAP_ANNOT_MIN_SPACING=0.6c -png GMT_perspective
```

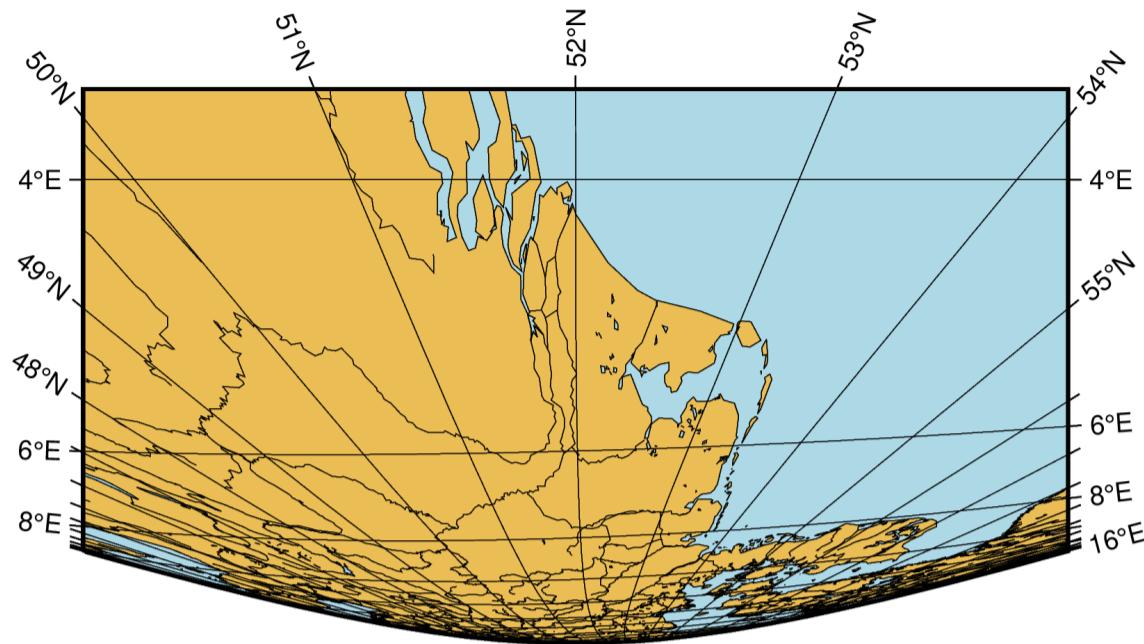


图 17: 透視投影

### 13.11 -JH: Hammer equal area

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Hammer\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Hammer_projection)

Hammer equal area (等面积 Hammer 投影) 由德国数学家 Ernst von Hammer 于 1892 年提出, 也被称为 Hammer-Aitoff 投影 (Aitoff 投影与之看起来相似, 但不等面积)。投影后的边界是一个椭圆, 赤道和中心经线是直线, 其余纬线和经线都是复杂曲线。

该投影的参数为:

**-JH[lon/]width 或 -Jh[lon/]scale**

- *lon* 是中心经线 [默认位于地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -Rg -JH12c -Bg -Dc -A10000 -Gblack -Scornsilk -png GMT_hammer
```

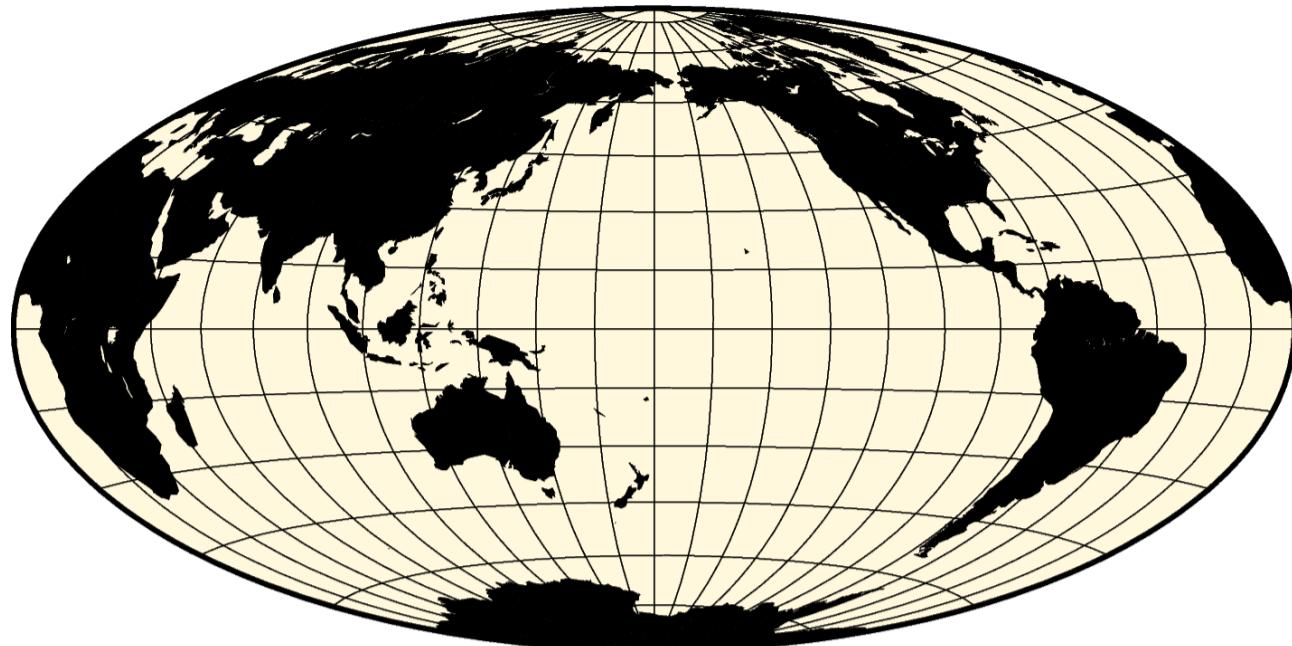


图 18: 使用 Hammer 投影绘制全球地图

### 13.12 -JI: Sinusoidal equal area

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Sinusoidal\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Sinusoidal_projection)

Sinusoidal equal area (正弦曲线投影) 是等面积投影, 是已知的最古老的投影之一, 也被称为等面积 Mercator 投影。其中心经线是直线, 其余经线是正弦曲线, 纬线是等间距的直线。在所有纬线和中心经线处比例尺是真实的。

该投影的参数为:

**-JI[lon/]width 或 -Ji[lon/]scale**

- *lon* 是中心经线 [默认值为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -Rd -JI12c -Bg -Dc -A10000 -Gcoral4 -Sazure3 -png GMT_sinusoidal
```

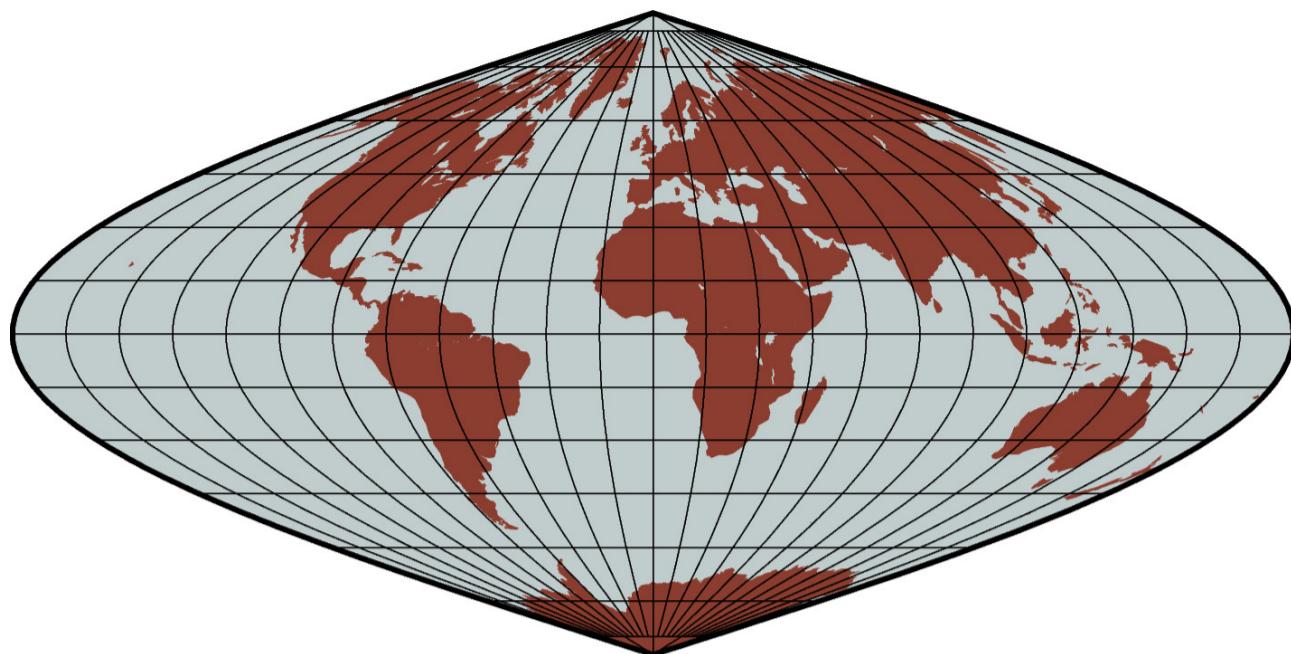


图 19：使用正弦曲线投影绘制世界地图

为了减少形状的畸变, 1927 年引入了间断正弦曲线投影, 即用三个对称的段来覆盖全球。传统上, 间断出现在  $160^{\circ}\text{W}$ 、 $20^{\circ}\text{W}$  和  $60^{\circ}\text{E}$  处。为了生成间断地图, 必须调用 `coast` 三次以分别绘制每段地图并叠加起来。间断正弦曲线投影一般仅用于显示全球不连续数据分布。

为了生成一个宽度为 14.4 cm 英寸的比例尺为  $14.4/360 = 0.04$ , 并将每段图沿水平方向偏移其对应的宽度 ( $140 \times 0.04$  和  $80 \times 0.04$ )。

```
gmt begin GMT_sinus_int
gmt coast -R200/340/-90/90 -Ji0.04c -Bg -A10000 -Dc -Gdarkred -Sazure
gmt coast -R-20/60/-90/90 -Bg -Dc -A10000 -Gdarkgreen -Sazure -X5.6c
gmt coast -R60/200/-90/90 -Bg -Dc -A10000 -Gdarkblue -X3.2c
gmt end show
```

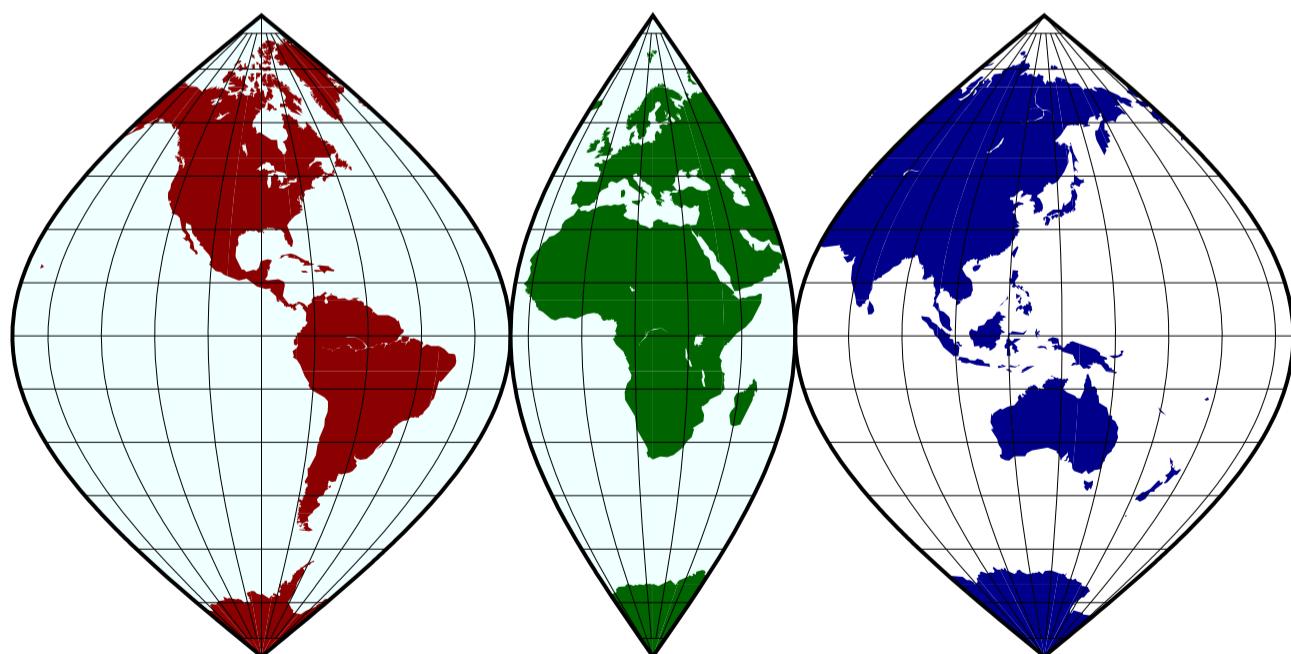


图 20：使用间断正弦曲线投影绘制世界地图

### 13.13 -JJ: Miller cylindrical

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Miller\\_cylindrical\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Miller_cylindrical_projection)

Miller cylindrical (Miller 圆柱投影) 由 Osborn Maitland Miller 于 1942 年提出, 该投影既不是保角也不是等面积。所有的经线和纬线都是直线。该投影是 Mercator 与其他圆柱投影之间的折衷。在此投影中, 纬线之间的间距使用了 Mercator 公式并乘以 0.8 倍的真实纬度, 因而避免了极点的奇点, 然后再将结果除以 0.8。

该投影的参数为:

**-JJlon/width** 或 **-Jjlon/scale**

- *lon* 为中心经度 [默认为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -R-90/270/-80/90 -Jj1:400000000 -Bx45g45 -By30g30 -Dc -A10000 -Gkhaki -Wthinnest -Sazure -png GMT_miller
```

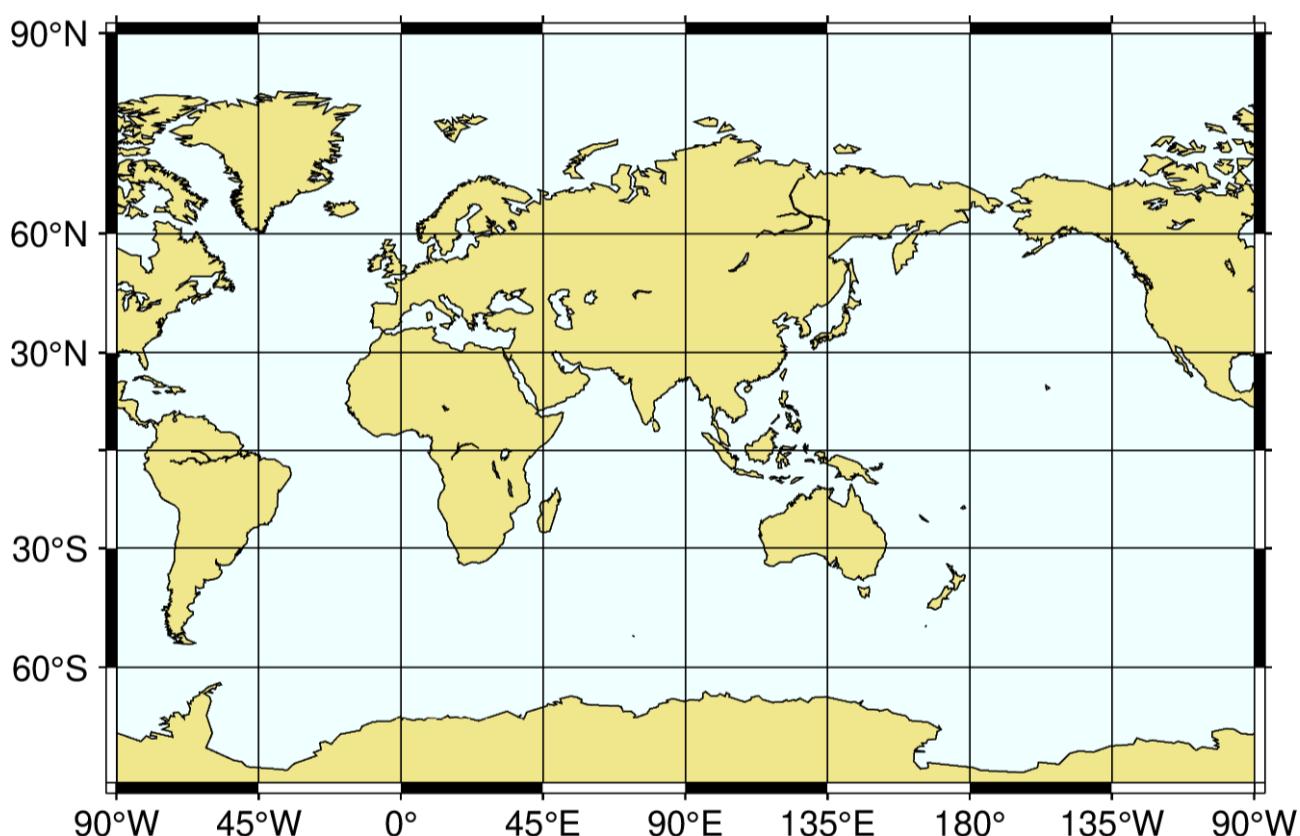


图 21: 使用 Miller 圆柱投影绘制世界地图

### 13.14 -JK: Eckert equal area

维基链接:

- [https://en.wikipedia.org/wiki/Eckert\\_IV\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Eckert_IV_projection)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Eckert\\_VI\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Eckert_VI_projection)

Eckert IV/VI equal area (Eckert IV/VI 等面积投影) 由 Max Eckert-Greifendorff 于 1906 年提出, 是伪圆柱等面积投影。中心经线以及所有的纬线都是直线, 其余经线是等间隔分布的椭圆弧 (IV) 或正弦曲线 (VI)。比例尺在纬线 40°30' (IV) 和 49°16' (VI) 是真实的。**-JKf** (*f* 代表 four) 表示使用 Eckert IV 投影, **-JKs** (*s* 代表 six) 表示使用 Eckert VI 投影。若不指定 *f* 或 *s*, 则默认使用 Eckert VI 投影。

该选项的参数为:

**-JK[f|s][lon/]width** 或 **-Jk[f|s][lon/]scale**

- *lon* 为中心经度 [默认为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

Eckert IV 示例:

```
gmt coast -Rg -JKf12c -Bg -Dc -A10000 -Wthinnest -Givory -Sbisque3 -png GMT_eckert4
```

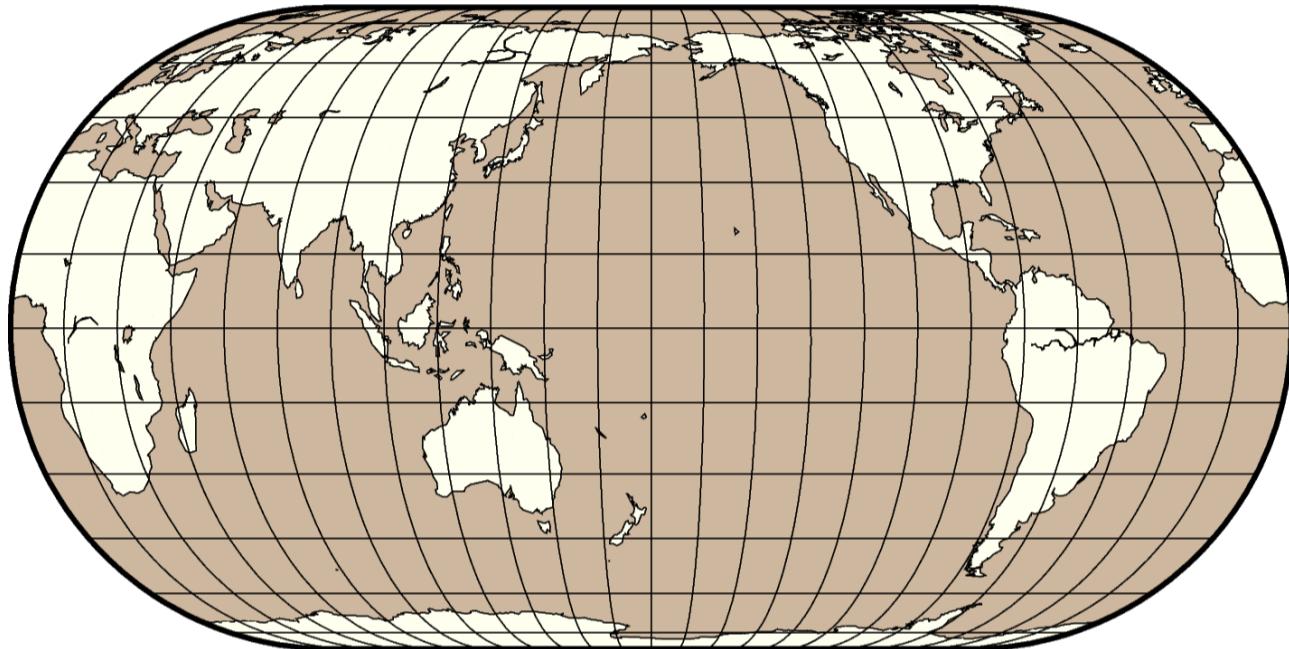


图 22: Eckert IV 投影绘制全球图

Eckert VI 示例:

```
gmt coast -Rg -JKs12c -Bg -Dc -A10000 -Wthinnest -Givory -Sbisque3 -png GMT_eckert4
```

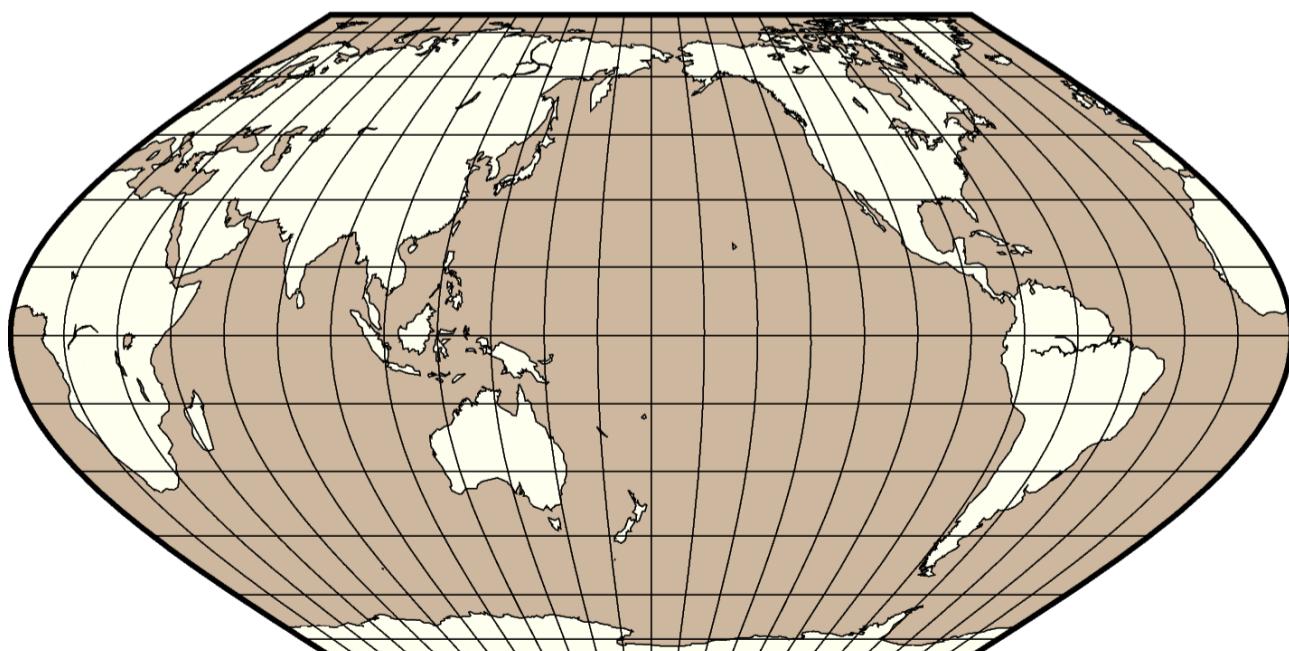


图 23: Eckert VI 投影绘制全球图

## 13.15 -JL: Lambert conic conformal

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert\\_conformal\\_conic\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Lambert_conformal_conic_projection)

Lambert conic conformal (Lambert 圆锥保角投影) 由 Johann Heinrich Lambert 于 1772 年提出, 主要用于绘制东西方向范围很大的地图。与 Albers 投影不同的是, Lambert 投影不是等面积的。纬线是共圆心的圆弧, 经线是这些圆的等间隔分布的半径。与 Albers 投影类似, 只有两条标准纬线是无畸变的。投影中心的选取并不影响投影, 但其指定了哪一条经线垂直于地图。

该投影的参数为:

**-JLlon0/lat0/lat1/lat2/width** 或 **-Jllon0/lat0/lat1/lat2/scale**

- *lon0* 和 *lat0* 是投影中心的位置
- *lat1* 和 *lat2* 是两条标准纬线
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

Lambert 保角投影常用于绘制美国地图, 两个固定的标准纬线是 33°N 和 45°N。

```
gmt begin GMT_lambert_conic
gmt set MAP_FRAME_TYPE fancy FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ssF MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0.15c
gmt coast -R-130/-70/24/52 -JL-100/35/33/45/12c -Bag -Dl -N1/thick,red -N2/thin -A500 -Gtan -Wthinnest,white -Sblue
gmt end show
```

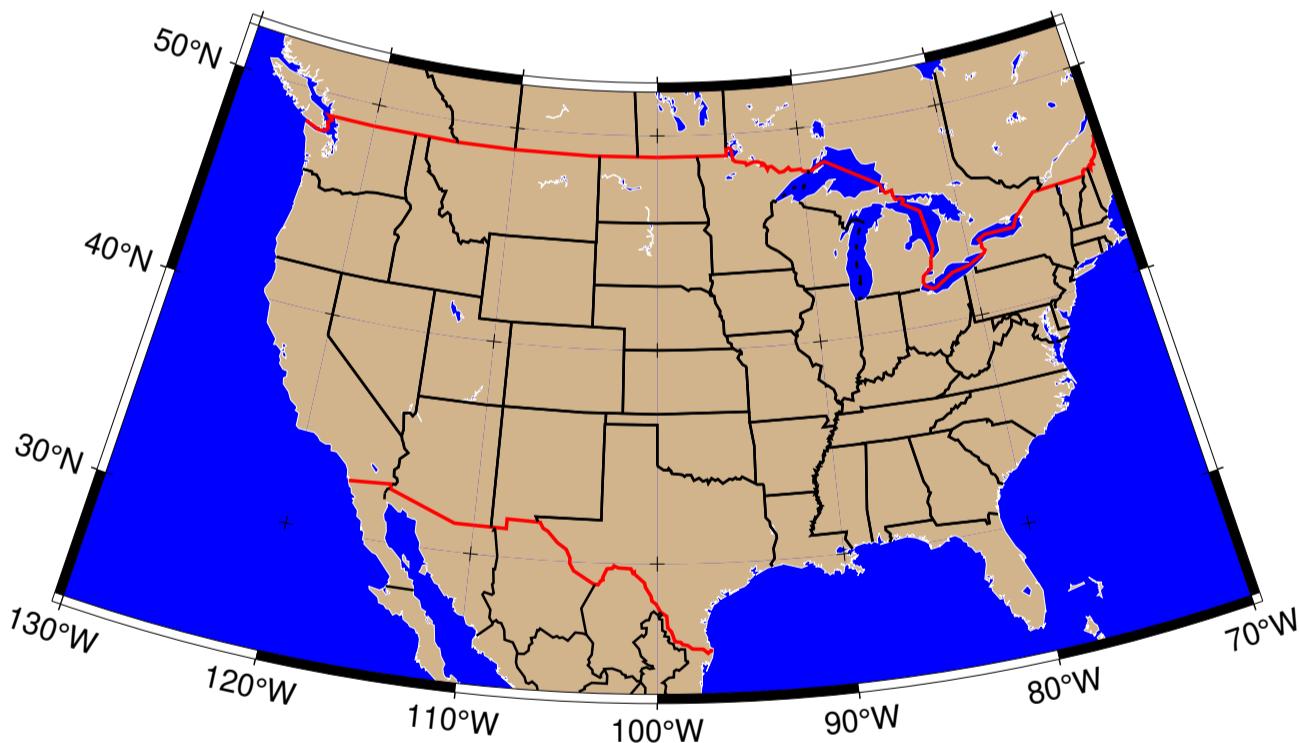


图 24: Lambert 保角圆锥投影

## 13.16 -JM: Mercator cylindrical

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mercator\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Mercator_projection)

Mercator 投影是各种地图投影中最著名的一个，其由 Gerardus Mercator 于 1569 年提出。此投影是圆柱保角投影，沿着赤道无畸变，但两极畸变严重。此投影的主要特点是等方位角的线是一条直线，这样一条线称为 rhumb 线或 loxodrome。

在常规 Mercator 投影中，圆柱与赤道相切。若圆柱沿着其他方向与地球相切，则称为横向 Mercator 投影或倾斜 Mercator 投影。

常规的 Mercator 投影需要的参数如下：

**-JM**[*lon[/lat]/*]*width* 或 **-Jm**[*lon[/lat]/*]*scale*

- *lon* 中心经线，默认为地图区域的中心
- *lat* 标准纬线，默认值为赤道。若要指定标准纬线，则必须同时指定中心经线
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，即每度在图上的长度或 1:*xxxx*（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米）

```
gmt begin GMT_mercator
gmt set MAP_FRAME_TYPE fancy+
gmt coast -R0/360/-70/70 -Jm0.03c -Bxa60f15 -Bya30f15 -Dc -A5000 -Gred
gmt end show
```

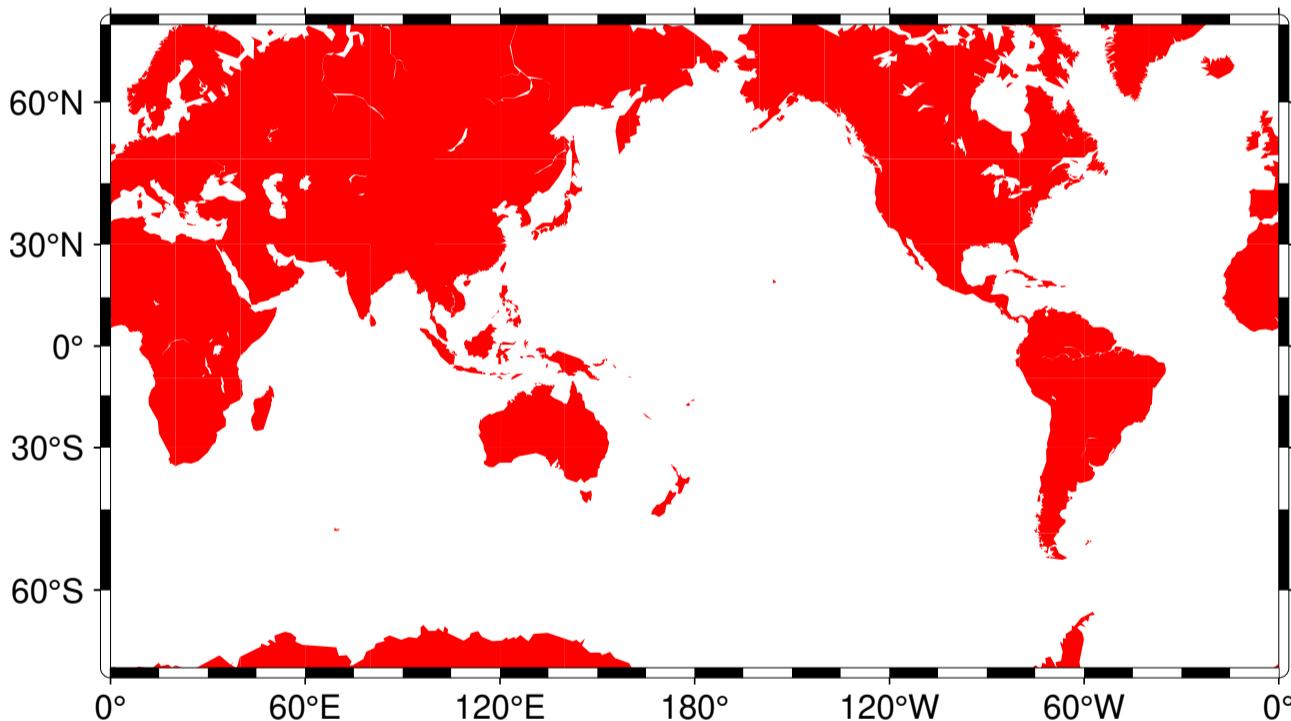


图 25: Mercator 投影

### 13.17 -JN: Robinson

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Robinson\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Robinson_projection)

Robinson 投影由 Arthur H. Robinson 于 1963 年提出, 是一个修改后的圆柱投影, 既不是保角也不是等面积。中心经线以及所有纬线都是直线, 其余经线都是曲线。其使用查找表的方式而不是解析表达式来使得全球看上去比较正常。比例尺在经线  $38^{\circ}$  是真实的。

该投影的参数为:

**-JN**[*lon/width* 或 **-Jn**[*lon/scale*]

- *lon* 是中心经线 [默认值为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -Rd -JN12c -Bg -Dc -A10000 -Ggoldenrod -Ssnow2 -png GMT_robinson
```

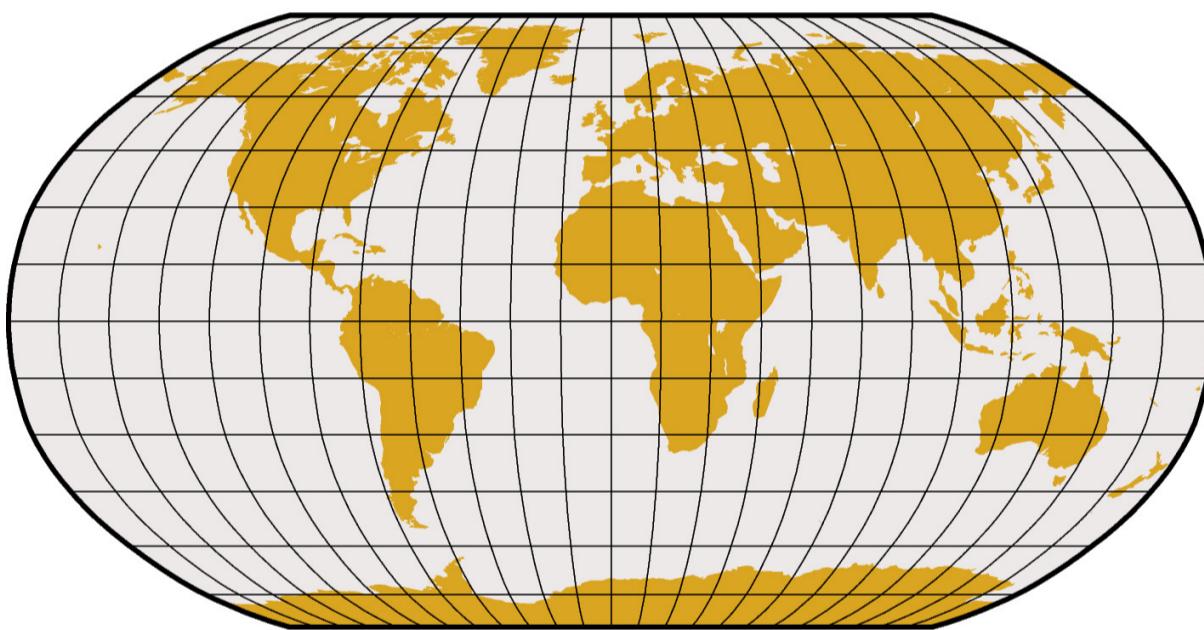


图 26: 使用 Robinson 投影绘制全球地图

### 13.18 -JO: Oblique Mercator

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Space-oblique\\_Mercator\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Space-oblique_Mercator_projection)

Oblique Mercator (倾斜 Mercator 投影) 常用于绘制沿着倾斜方向横向范围较大的地图, 其经线和纬线都是复杂曲线。

其有多种定义方式:

- **-JO[a|A]***lon/lat/azi/width*
- **-Jo[a|A]***lon/lat/azi/scale*
- **-JO[b|B]***lon/lat/lon2,lat2/width*
- **-Jo[b|B]***lon/lat/lon2,lat2/scale*
- **-JO[c|C]***lon/lat/lonp,latp/width*
- **-Jo[c|C]***lon/lat/lonp,latp/scale*
- *lon/lat* 投影中心的经纬度
- *azi* 倾斜赤道的方位角

- $lon2/lat2$  倾斜赤道上另一个点的经纬度
- $lonp/latp$  投影极点的经纬度

在三种定义中, 大写的 **A|B|C** 表示允许投影极点位于南半球。

```
gmt coast -R270/20/305/25+r -J0c280/25.5/22/69/12c -Bag -Di -A250 -Gburlywood -Wthinnest \
-TdjTR+w1c+f2+l+o0.4c -Sazure --FONT_TITLE=8p --MAP_TITLE_OFFSET=4p -png GMT_obl_merc
```

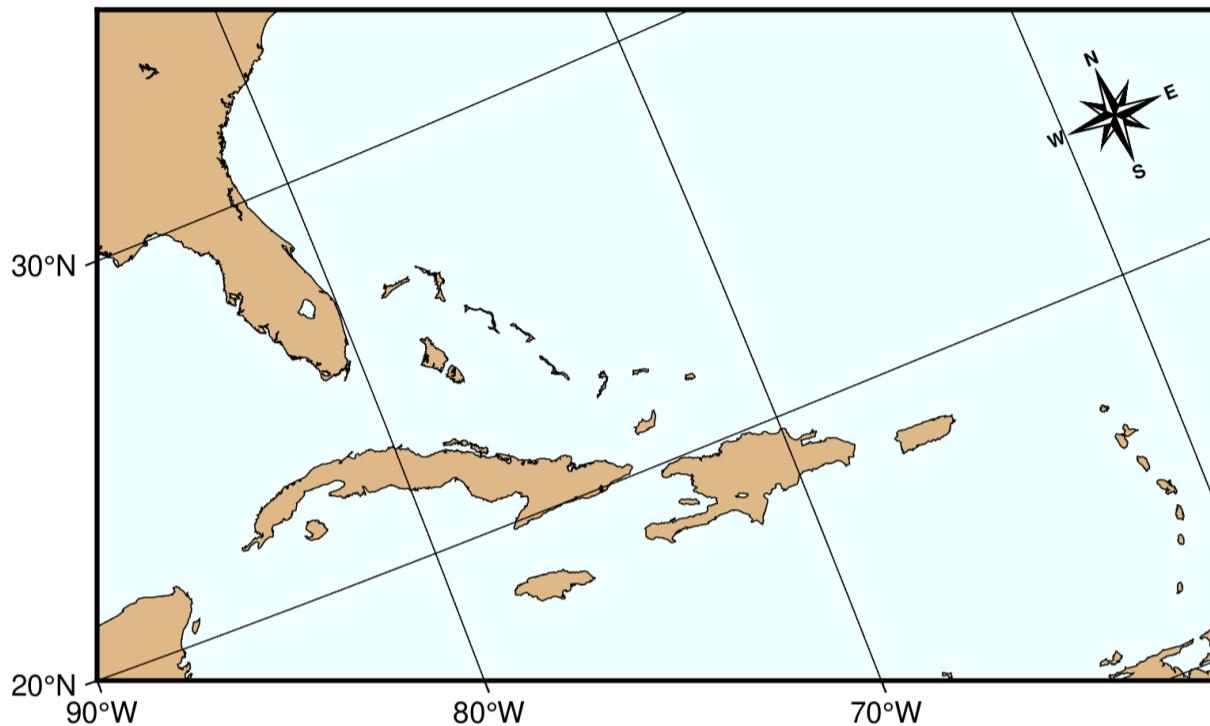


图 27: 使用 **-Joc** 倾斜 Mercator 投影

在使用倾斜投影时, 直接指定整个区域相对地图中心的相对投影坐标更为方便, 下面的示例中使用了 **-R-1000/1000/-500/500+uk** 来指定相对投影坐标。这里 **k** 表示 km。GMT 将自动确定对角顶点的地理坐标。

[Source Code](#)

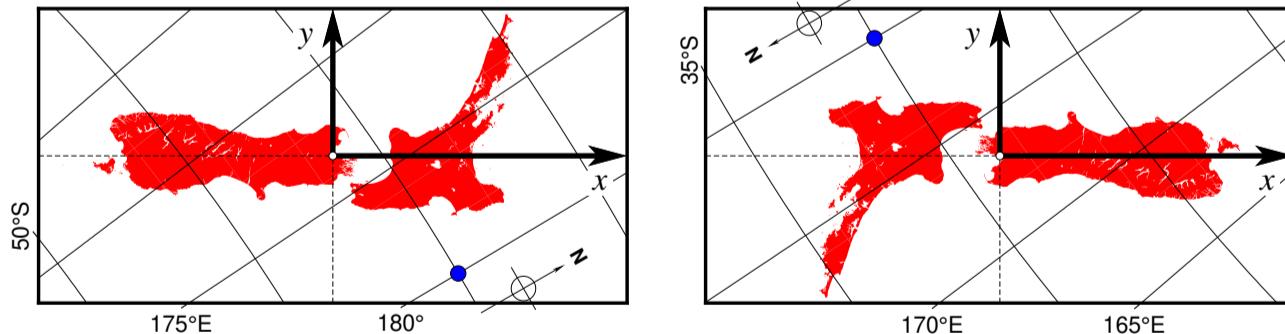


图 28: 使用 **-JOa** 倾斜 Mercator 投影

上图中, 左图使用了 **-JOa173:17:02E/41:16:15S/35/3i**。图的尺寸为 2000 km X 1000 km。图中黑色轴表示投影后的笛卡尔坐标系。图中蓝点的地理坐标为 40S,180E, 投影后坐标为 (426.2, -399.7)。右图使用了 **-JOA173:17:02E/41:16:15S/215/3i**。与左图相比, 其它参数相同, 但方位角为 215°, 生成了一个投影极点位于南半球的地图 (因而这里使用 **-JOA** 来覆盖这一限制)。投影后的坐标系依然像左图那样, 但整个地球旋转了 180°。蓝色点投影后的坐标为 (-426.2, 399.7)。

倾斜 Mercator 投影默认使得倾斜的赤道成为新的 X 轴。若想要使倾斜赤道变为垂直方向, 即成为新的 Y 轴,

可以在投影参数后加上 `+v` 选项。需要注意的是，如果在指定绘图区域 `-R` 时没有使用子选项 `+r`，则 `-R` 后的参数会被认为是相对于投影中心的倾斜角度，而非经纬度范围。

```
gmt begin GMT_obl_baja
gmt set MAP_ANNOT_OBLIQUE lon_horizontal,lat_horizontal,tick_extend
gmt coast -R122W/35N/107W/22N+r -J0a120W/25N/-30/6c+v -Gsienna -Ba5g5 -B+f \
-N1/1p -EUS+gburlywood -Smintcream -TdjBL+w0.5i+1
gmt end show
```



图 29: 使用 `-Joc` 倾斜 Mercator 投影

### 13.19 -JPoly: (American) polyconic

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Polyconic\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Polyconic_projection)

(American) polyconic (多圆锥投影) 既不是等面积也不是保角投影，沿着中心经线处畸变为 0。所有纬线的比例尺都是真实的，但其余经线则存在畸变。

```
gmt coast -R-180/-20/0/90 -JPoly/10c -Bx30g10 -By10g10 -Dc -A1000 -Glightgray -Wthinnest -png GMT_polyconic
```

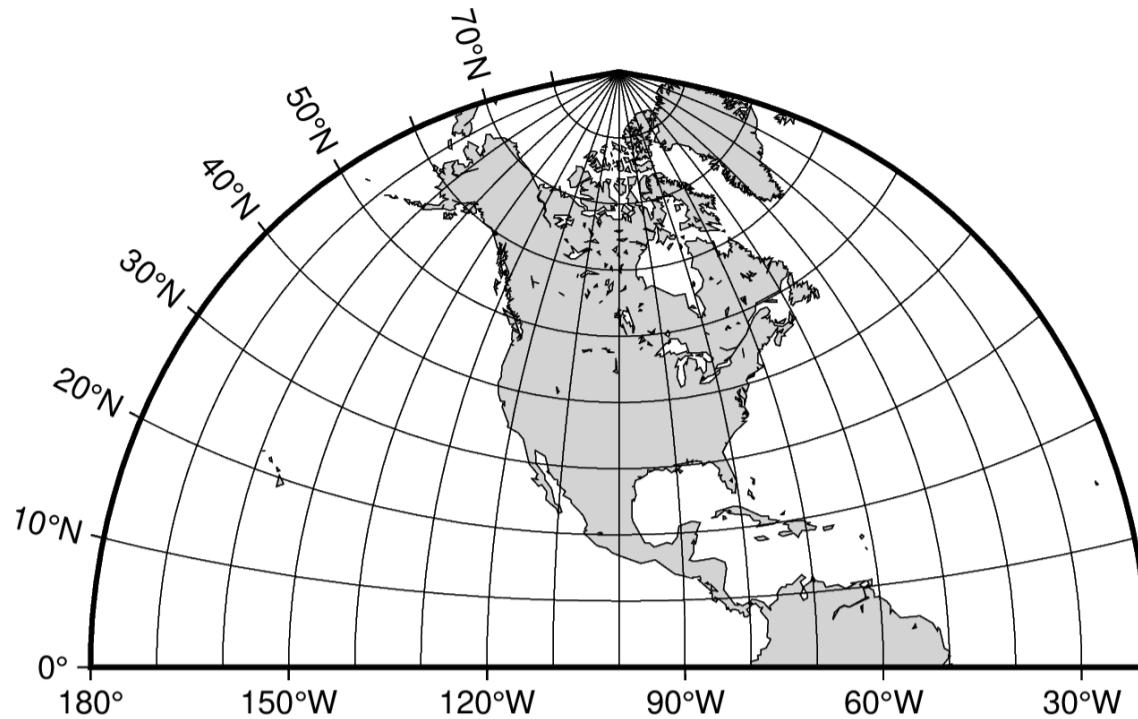


图 30: 多圆锥投影

## 13.20 -JQ: Equidistant cylindrical

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Equirectangular\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Equirectangular_projection)

Equidistant cylindrical (圆柱等距投影) 是一个经度和纬度的线性缩放。最常用的形式是 Plate Carrée 投影，其中对经线和纬线的缩放比例是相同的。所有的经纬线都是直线。

该投影的参数为：

**-JQ**[*lon/[lat]/width* 或 **-Jq**[*lon/[lat]/scale*

- *lon* 是中心经线，默认为地图区域的中心
- *lat* 是标准纬线，默认为赤道，若指定了标准纬线，则必须指定中心经线
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，即每度在图上的长度或 1:*xxxx*（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米）

```
gmt coast -Rg -JQ12c -B60f30g30 -Dc -A5000 -Gtan4 -Slightcyan -png GMT_equi_cyl
```

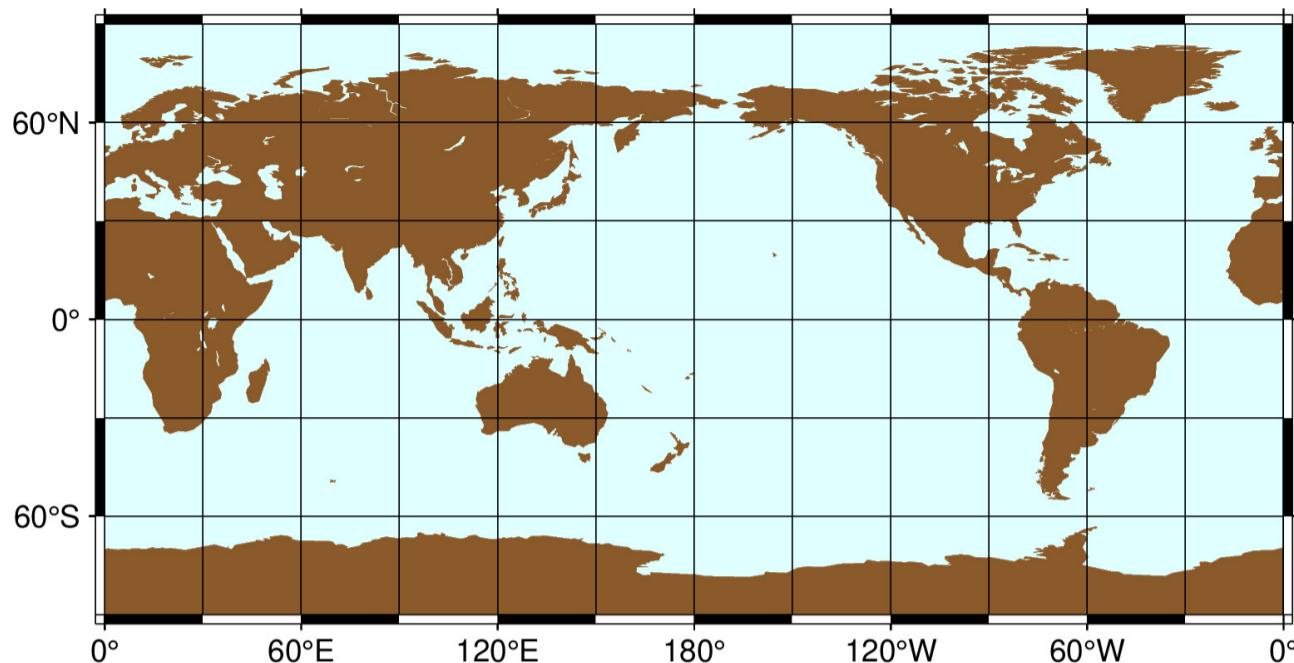


图 31: 使用 Plate Carrée 投影绘制全球地图

选择不同的标准纬线，则可以获取经度和纬度的不同缩放比例。流行的几个标准纬线如下：

Graffarend and Niermann, minimum linear distortion	61.7°
Ronald Miller Equirectangular	50.5°
Ronald Miller, minimum continental distortion	43.5°
Graffarend and Niermann	42°
Ronald Miller, minimum overall distortion	37.5°
Plate Carrée, Simple Cylindrical, Plain/Plane	0°

## 13.21 -JR: Winkel Tripel

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Winkel\\_tripel\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Winkel_tripel_projection)

1921 年 Oswald Winkel 设计了 Winkel Tripel 投影，以在三个元素（面积、角度、距离）之间折衷，在绘制全球地图时，这三个元素的畸变最小。此投影不是保角也不是等面积投影。中心经线和赤道是直线，其他经线和纬线是曲线。该投影取等距圆柱投影和 Aitoff 投影的坐标的平均值。极点处投影为 0.4 倍赤道长度的直线。

该投影的参数为：

**-JR[lon/]width 或 -Jr[lon/]scale**

- *lon* 是中心经线 [默认值为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，即每度在图上的长度或 1:*xxxx*（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米）

```
gmt coast -Rd -JR12c -Bg -Dc -A10000 -Gburlywood4 -Swheat1 -png GMT_winkel
```

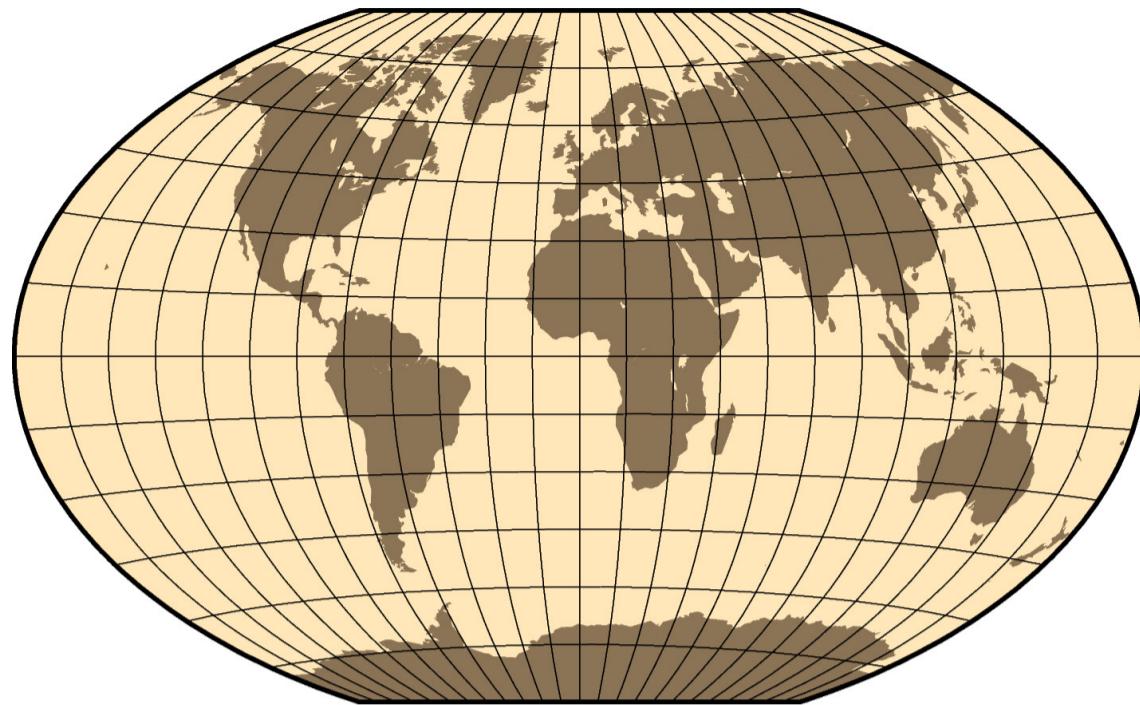


图 32: 使用 Winkel Tripel 投影绘制全球地图

## 13.22 -JS: General stereographic

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Stereographic\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Stereographic_projection)

General stereographic (立体等角投影) 是保角方位投影，主要用于绘制南北极区域。在两极，所有经线都是直线，纬线则是圆弧。

该投影的参数：

**-JS***lon/lat[/distance]/width* 或 **-J***s**lon/lat[/distance]/scale*

- *lon/lat* 投影中心的经纬度
- *distance* 地图边界到投影中心的角度，默认值为 90 度
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，可以取 1:*xxxx* 格式（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米），也可以是 *radius/latitude*（表示从投影中心到纬线 *latitude* 在图上的距离为 *radius*）

默认情况下使用的地图比例因子为 0.996。尽管你可以通过 *PROJ\_SCALE\_FACTOR* 修改地图比例因子，然而，当标准纬线被指定后，该比例因子则会被自动计算。

### 13.22.1 极区立体地图

下面的示例中，投影中心为北极，地图边界与经线和纬线完全重合。

```
gmt coast -R-30/30/60/72 -Js0/90/12c/60 -B10g -D1 -A250 -Groyalblue -Sseashell -png GMT_stereographic_polar
```

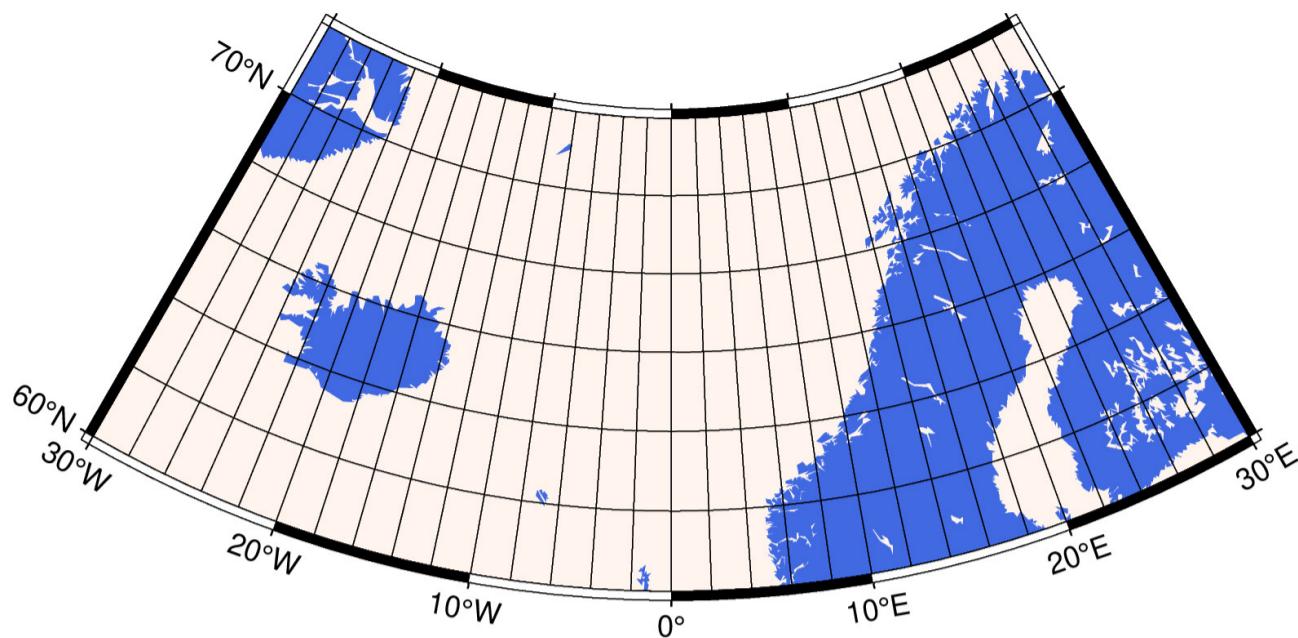


图 33: 极区立体保角投影

### 13.22.2 矩形立体地图

与 Lambert 方位等面积投影类似，也可以通过指定地图区域左下角和右上角的坐标来绘制一个矩形区域。

```
gmt begin GMT_stereographic_rect
gmt set MAP_ANNOT_OBLIQUE lon_horizontal,lat_horizontal,tick_extend,tick_normal
gmt coast -R-25/59/70/72+r -JS10/90/11c -B20g -Dl -A250 -Gdarkbrown -Wthinnest -Slightgray
gmt end show
```

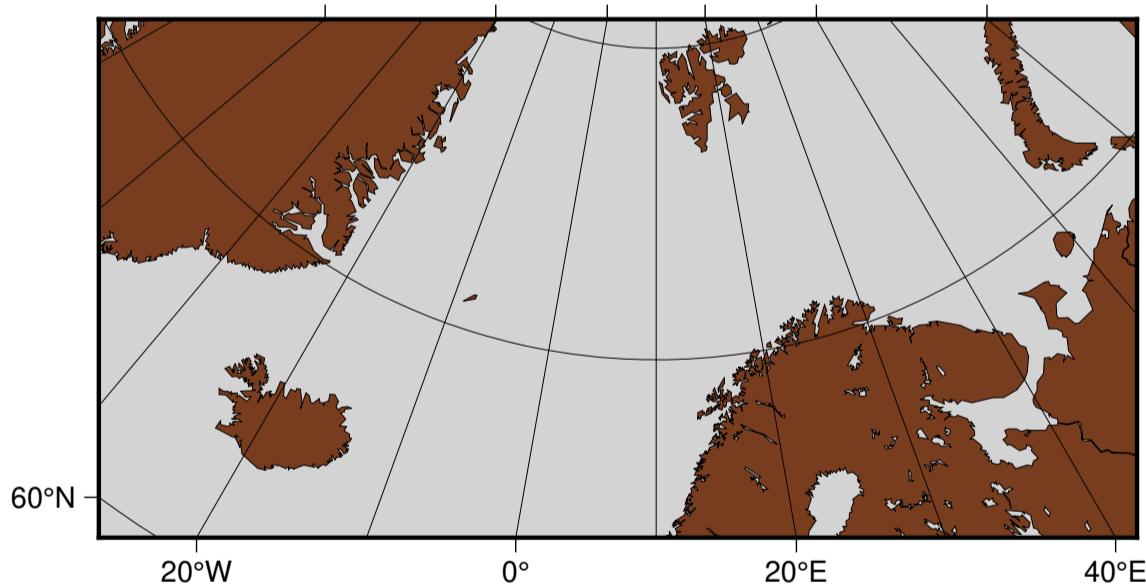


图 34: 矩形边界下的极区立体保角投影

### 13.22.3 一般立体地图

```
gmt begin GMT_stereographic_general
gmt set MAP_ANNOT_OBLIQUE separate
gmt coast -R100/-42/160/-8+r -JS130/-30/12c -Bag -Dl -A500 -Ggreen -Slightblue -Wthinnest
gmt end show
```

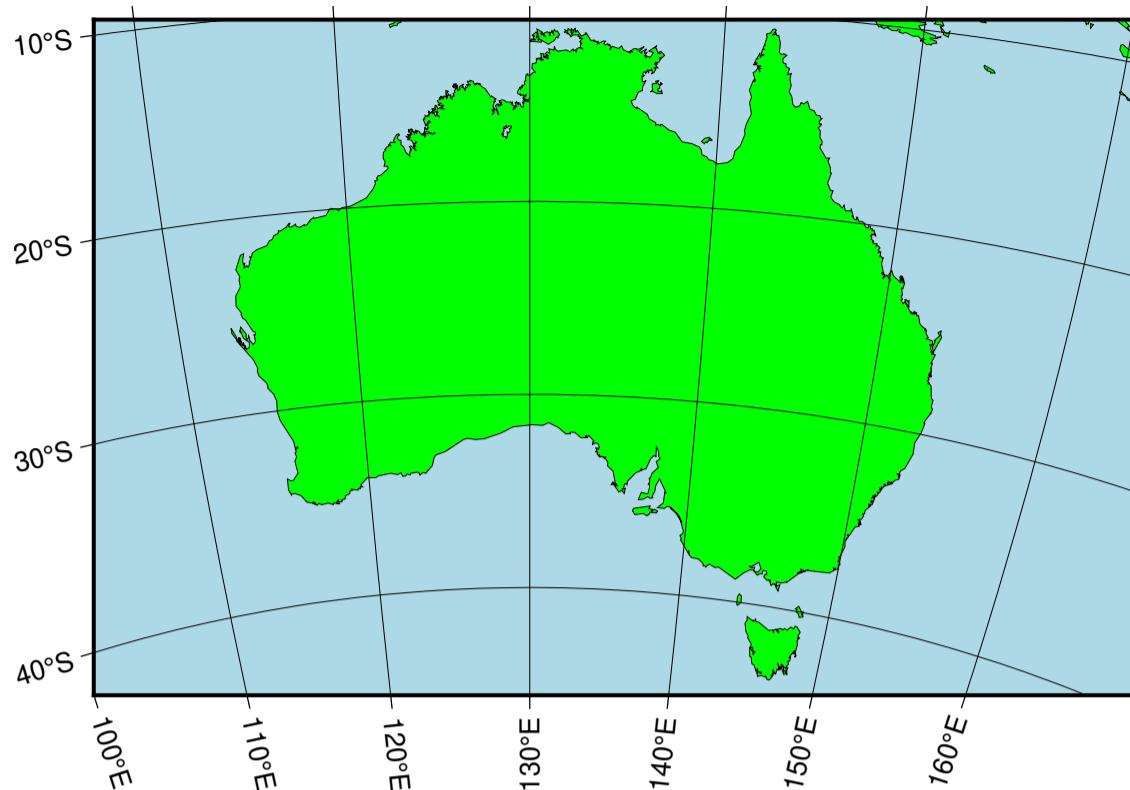


图 35: 一般立体投影

### 13.23 -JT: Transverse Mercator

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Transverse\\_Mercator\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Transverse_Mercator_projection)

Transverse Mercator (横轴 Mercator 投影) 由 Johann Heinrich Lambert 于 1772 年提出。该投影中, 圆柱与某条经线相切。在该经线处无畸变, 离中心经线越远畸变越大, 距离中心经线 90 度处的经线畸变达到无穷。中心经线和赤道都是直线, 其余经线和纬线则是复杂曲线。

该投影的参数:

**-JT***lon[/lat]/width* 或 **-Jt***lon[/lat]/scale*

- *lon* 中心经线
- *lat* 原点的纬度 [默认为赤道]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

地图缩放因子默认值为 1, 可以通过修改参数 *PROJ\_SCALE\_FACTOR* 以自定义。

```
gmt coast -R20/30/50/45+r -Jt35/0.5c -Bag -Dl -A250 -Glightbrown -Wthinnest -Sseashell -png GMT_transverse_merc
```

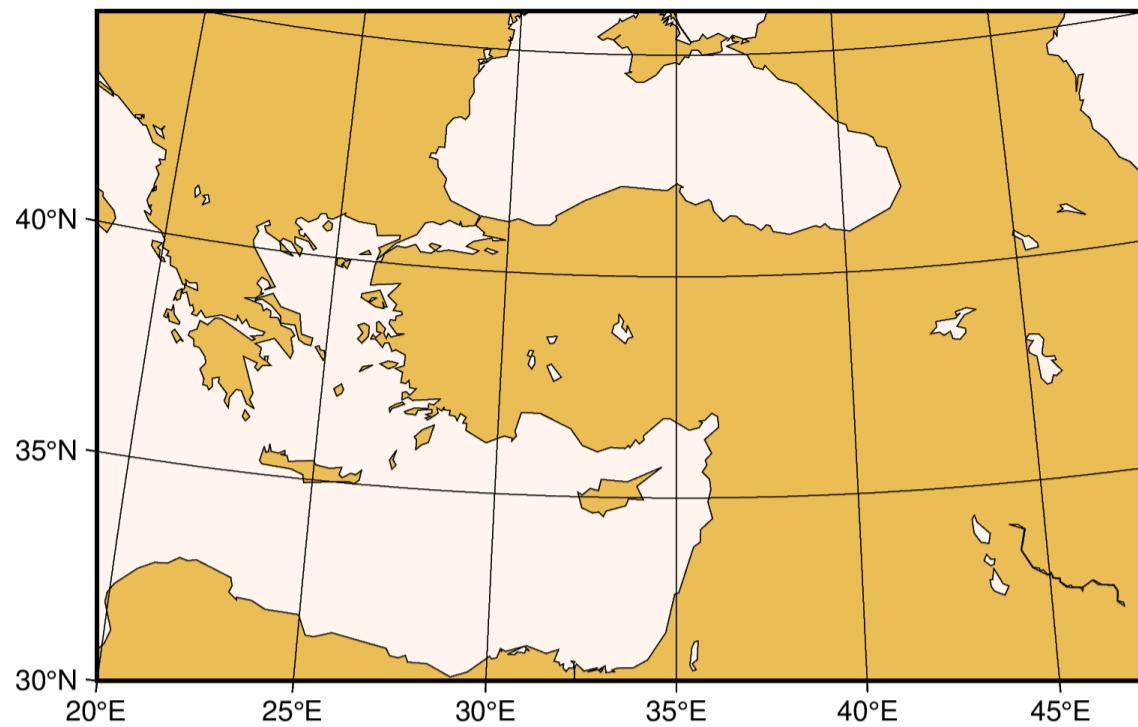


图 36: 矩形横向 Mercator 地图

```
gmt coast -R0/360/-80/80 -JT330/-45/10c -Ba30g -BWSne -Dc -A2000 -Slightblue -G0 -png GMT_TM
```

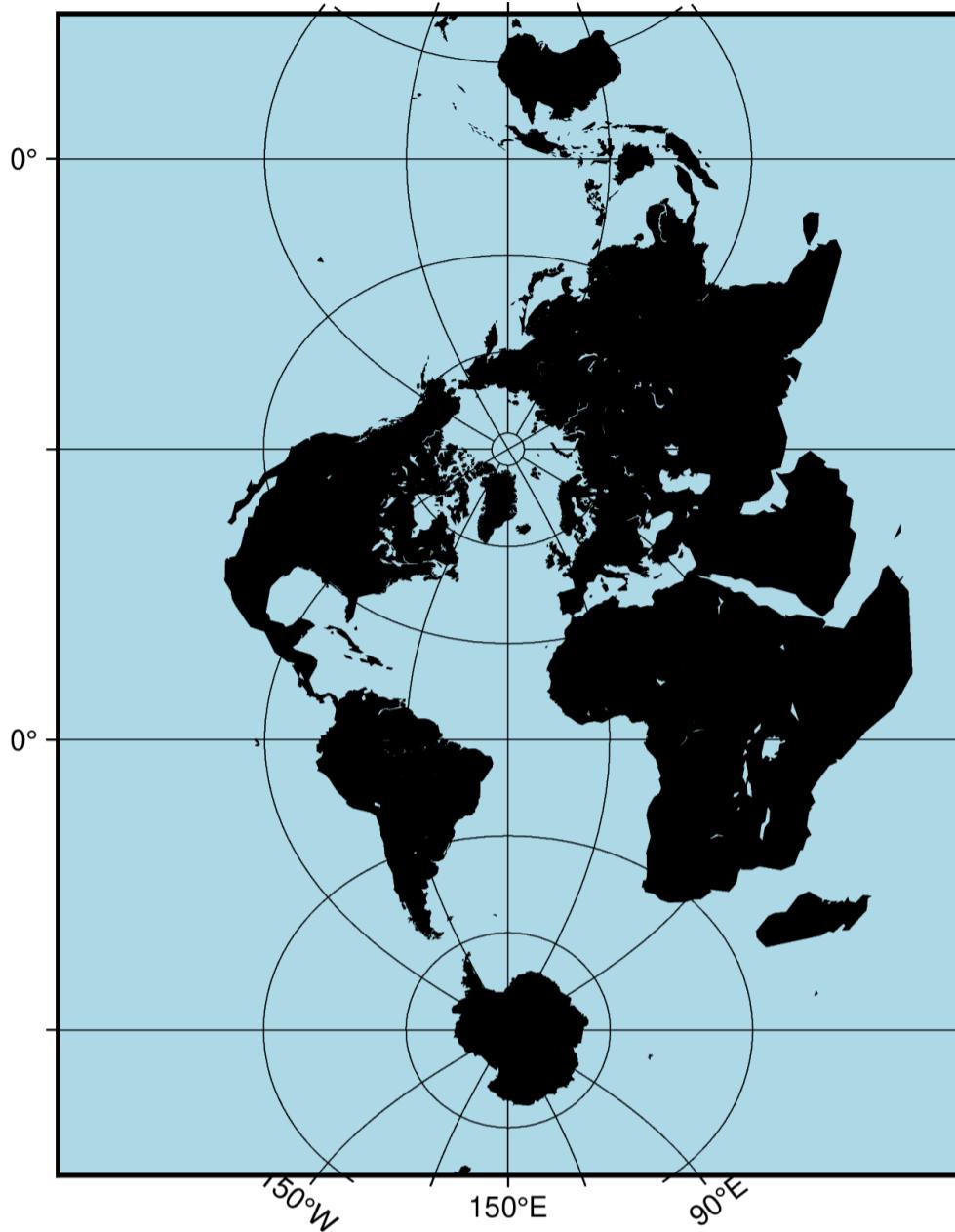


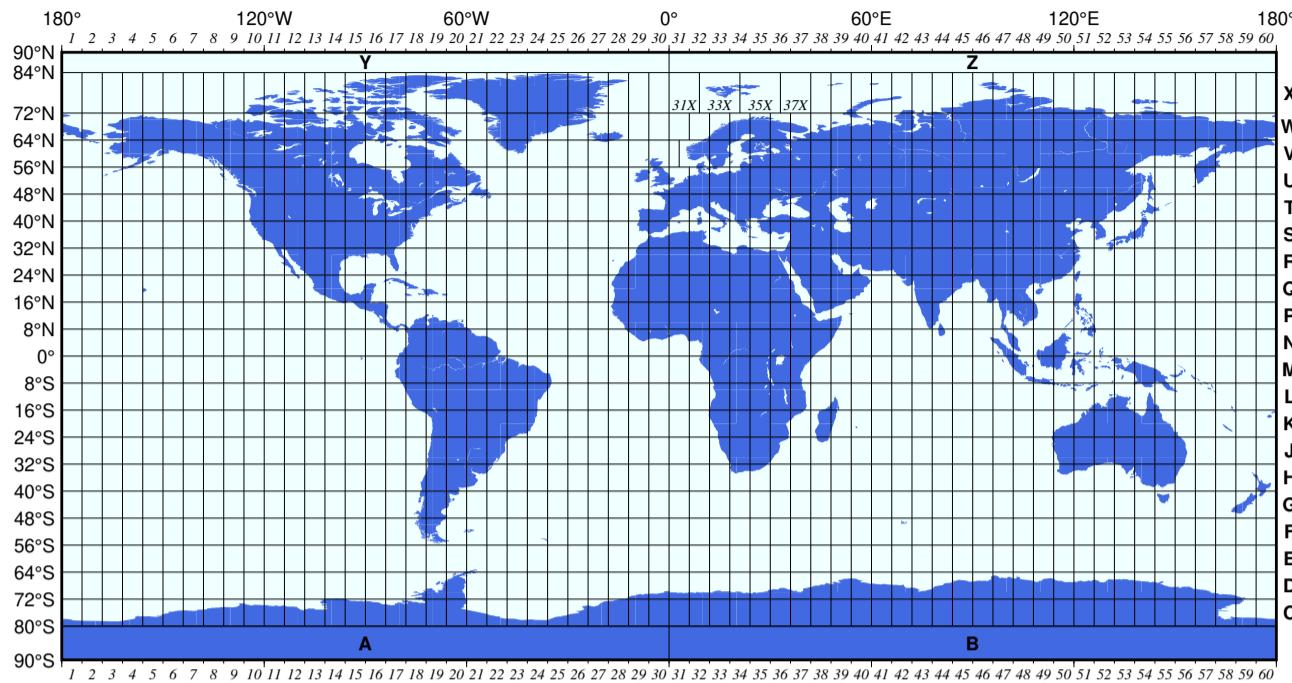
图 37: 全球横向 Mercator 地图

### 13.24 -JU: Universal Transverse Mercator (UTM)

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Transverse\\_Mercator\\_coordinate\\_system](https://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Transverse_Mercator_coordinate_system)

Universal Transverse Mercator (通用横轴 Mercator 投影, UTM) 是横轴 Mercator 投影的一个特殊子集。此处, 全球在南北纬 84 度之间被划分为 60 个区域, 大多数区域的宽度都是 6 度。每一个区域都有各自位移的中心经线。进一步, 每个区域都被划分为纬度带。

[Source Code](#)



该投影的参数为：

**-JUzone/width 或 -Juzone/scale**

- *zone* 可以取 1-60、A、B、Y、Z，负值表示南半球的区域，也可以加上 C-H 以及 J-N 来指定纬度带。
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，即每度在图上的长度或 1:*xxxx*（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米）

为了让任意指定区域的畸变最小化，公式中乘以了比例因子 0.9996，这个值可以通过修改 *PROJ\_SCALE\_FACTOR* 以自定义。这是的 UTM 投影是割线投影而不是切线投影，在赤道处比例尺的畸变只有千分之一。在中心经线附近 10 度范围内的椭球投影表达式都是精确的。对于更大的区域，则在一般球状公式中使用保角纬度作为代替。

## 13.25 -JV: Van der Grinten

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Van\\_der\\_Grinten\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Van_der_Grinten_projection)

Van der Grinten 投影由 Alphons J. van der Grinten 于 1904 年提出，其既不等面积也不保角。中心经线和赤道都是直线，其余经线则是圆弧，仅在赤道处比例尺是真实的，主要用于在一个圆内展示整个世界地图。

该投影的参数为：

**-JVlon/width 或 -Jvlon/scale**

- *lon* 是投影中心经线 [默认为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，即每度在图上的长度或 1:*xxxx*（图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米）

```
gmt coast -Rg -JV10c -Bg -Dc -Glightgray -Scornsilk -A10000 -Wthinnest -png GMT_grinten
```



图 38: 使用 Van der Grinten 投影绘制全球图

## 13.26 -JW: Mollweide

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Mollweide\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Mollweide_projection)

Mollweide 投影是伪圆柱等面积投影, 由 Karl Brandan Mollweide 于 1805 年提出。纬线是不等间隔分布的直线, 经线是等间隔分布的椭圆弧。比例尺仅在南北纬 40 度 44 分纬线上才是真实的。此投影主要用于绘制全球的数据分布图。

该投影的参数为:

**-JW**[*lon/*]*width* 或 **-Jw**[*lon/*]*scale*

- *lon* 是投影中心经线 [默认为地图区域的中心]
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺, 即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

```
gmt coast -Rd -JW12c -Bg -Dc -A10000 -Gtomato1 -Sskyblue -png GMT_mollweide
```

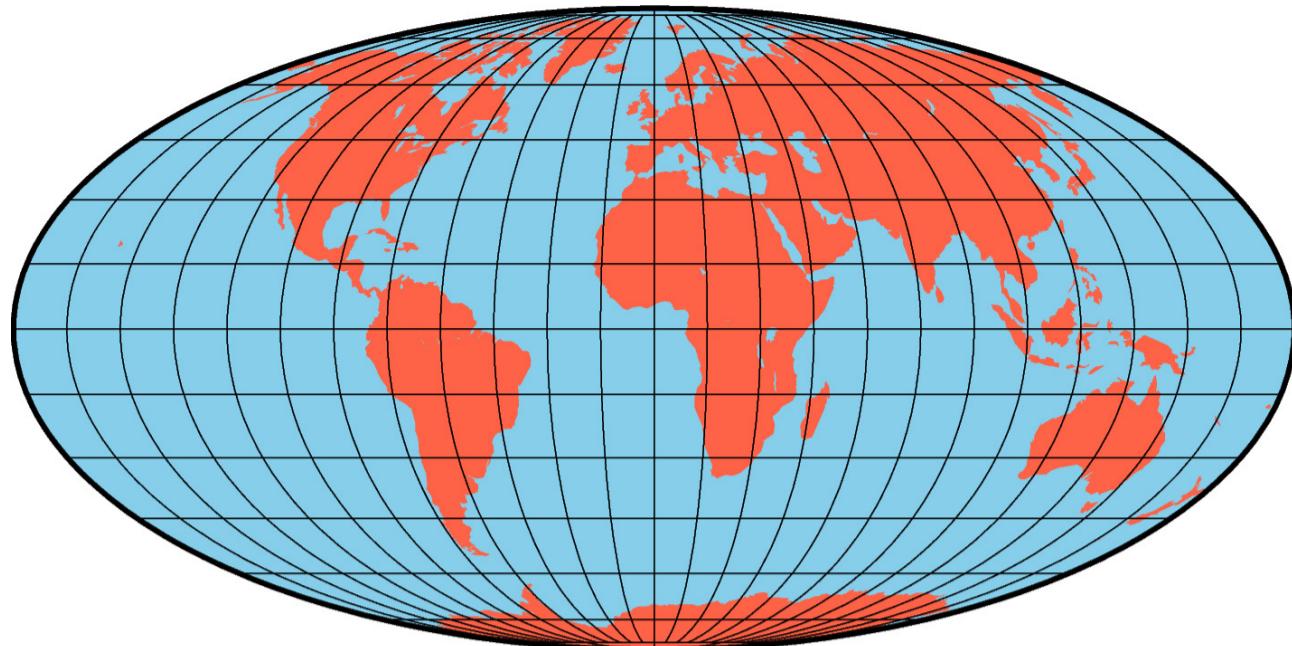


图 39: 使用 Mollweide 投影绘制全球地图

### 13.27 -JY: Cylindrical equal area

维基链接: [https://en.wikipedia.org/wiki/Cylindrical\\_equal-area\\_projection](https://en.wikipedia.org/wiki/Cylindrical_equal-area_projection)

Cylindrical equal area (圆柱等面积投影) 选择不同的标准纬线，则对应不同的圆柱投影。所有的这些圆柱投影都是等面积且不保角的。所有经线和纬线都是直线。在高纬度处畸变很大。

该投影的参数为:

**-JY***lon/lat/width* 或 **-Jy***lon/lat/scale*

- *lon* 是中心经线
- *lat* 是标准纬线。
- *width* 地图宽度
- *scale* 地图比例尺，即每度在图上的长度或 1:*xxxx* (图上 1 厘米对应真实地球 *xxxx* 厘米)

标准纬线可以取任意值，下面列出了一些比较流行的标准纬线的选择：

Balthasar	50°
Gall	45°
Hobo-Dyer	37°30' (= 37.5°)
Trystan Edwards	37°24' (= 37.4°)
Caster	37°04' (= 37.0666°)
Behrman	30°
Lambert	0°

```
gmt coast -R-145/215/-90/90 -JY35/30/12c -B45g45 -Dc -A10000 -Sdodgerblue -Wthinnest -png GMT_general_cyl
```

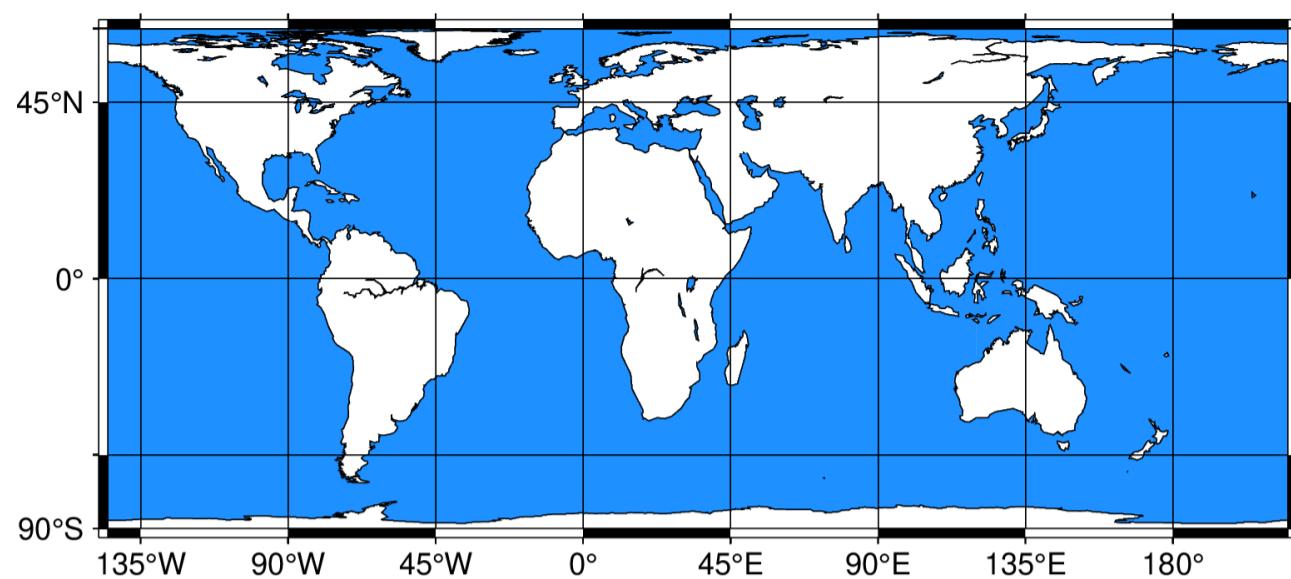


图 40: 使用 Behrman 圆柱等面积投影绘制地图

# 第 14 章 配置参数

除了丰富的模块选项之外，GMT 还提供了 120 多个配置参数，可以用于控制图像的外观（如底图边框的画笔粗细与颜色、文字标注的字体、大小与颜色等）和数据的处理方式（如默认的插值方式、地图投影使用的椭球等）等。例如，下面的图例展示了常用的用于控制绘图效果的配置参数。

Source Code

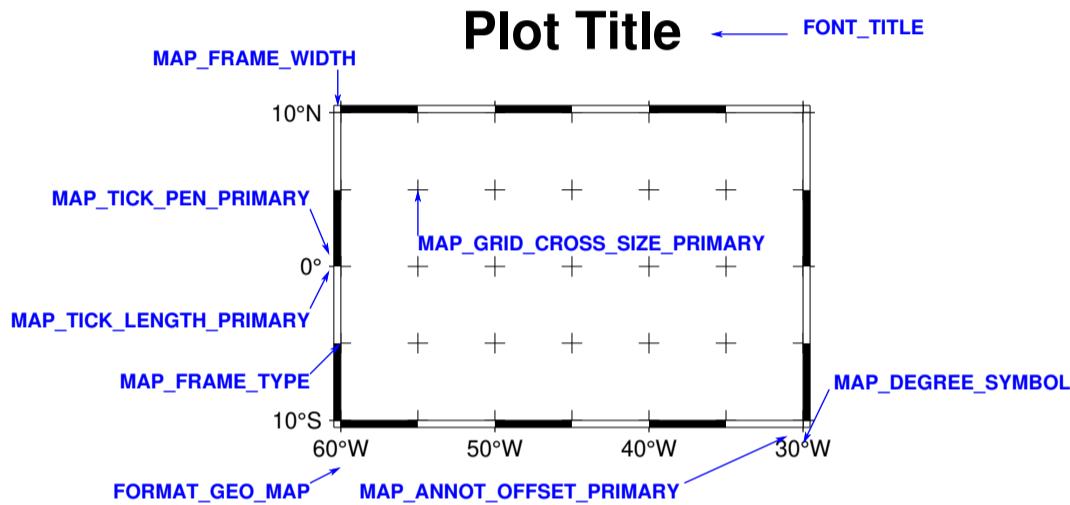


图 1：配置参数示例 1

Source Code

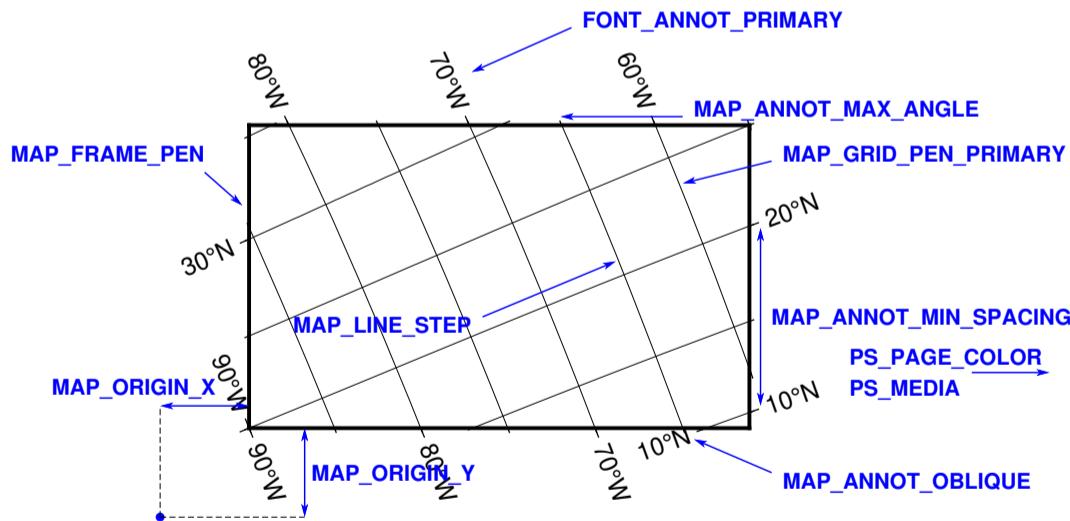


图 2：配置参数示例 2

Source Code

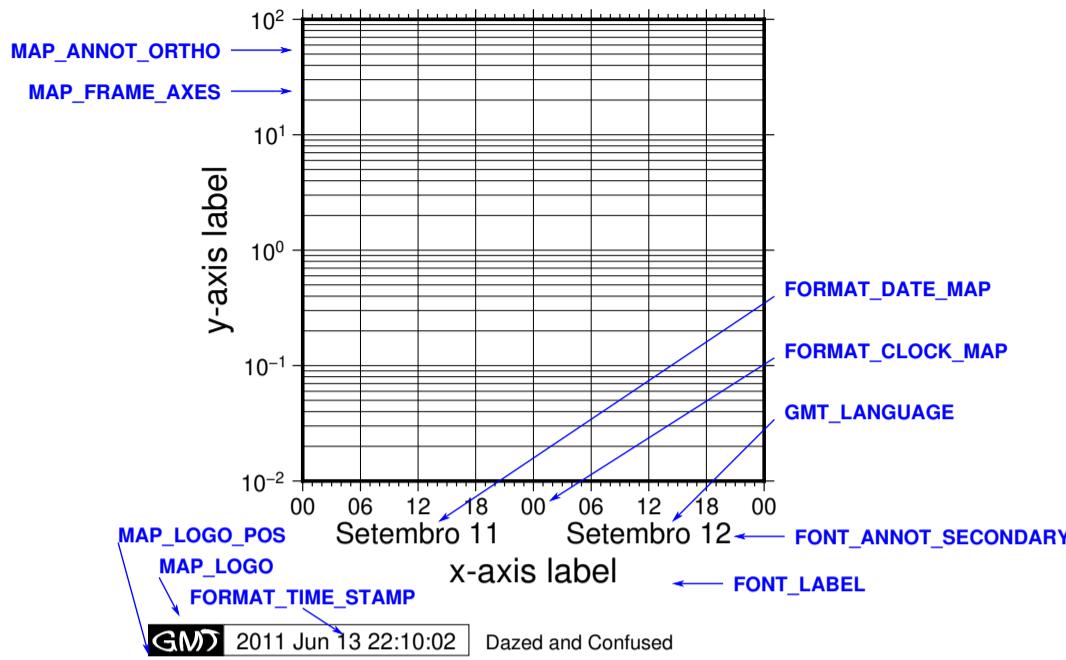


图 3: 配置参数示例 3

本章将详细介绍这些 GMT 配置参数:

## 14.1 配置参数简介

### 14.1.1 查看配置参数的值

每个配置参数都有一个系统默认值。使用:

```
gmt defaults -D
```

即可查看所有 GMT 配置参数及其默认值。

使用:

```
gmt get FORMAT_GEO_MAP
```

可以查看单个配置参数 *FORMAT\_GEO\_MAP* 的当前值。

### 14.1.2 修改配置参数的值

GMT 提供了多种方法来控制或修改配置参数的值。

#### 设置全局参数

用 *gmtset* 模块可以为 GMT 设置全局参数，此类参数会影响到接下来所有 GMT 命令的执行，直到绘图结束或者被 *gmtset* 再次修改为其他值为止。例如:

```
gmt begin map png
# 设置全局参数 FONT_ANNOT_PRIMARY 的值为 12p,Times-Bold,red
gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 12p,Times-Bold,red
gmt basemap ...
gmt end show
```

#### 设置临时参数

在单个命令上加上 **--KEY=value** 可以临时设置配置参数的值。此类参数仅对当前命令有效，而不影响接下来其他命令的执行效果。例如:

```
gmt begin map png
# 使用默认参数绘制底图
gmt basemap ...
# 该底图的 FONT_ANNOT_PRIMARY 为 12p,Times-Bold,red
gmt basemap ... --FONT_ANNOT_PRIMARY=12p,Times-Bold,red
# 使用默认参数绘制底图
gmt basemap ...
gmt end show
```

## 使用配置文件设置全局参数

可以将需要配置的一系列参数值写到 GMT 配置文件 `gmt.conf` 中。当 GMT 在执行时，会在当前目录- $\rightarrow$  `~/.gmt/` 以及家目录下寻找 GMT 配置文件 `gmt.conf`。若找到该配置文件，则会读取该配置文件中参数的值作为全局参数。

此种方式通常用于制作某个特定风格的图件（比如黑底白线）或者某个符合某个期刊特定要求的图件。可以使用：

```
gmt defaults -D > gmt.conf
```

生成一个包含所有参数的配置文件，然后手动修改。

## 14.2 FONT 参数

这一节列出所有字体相关的参数，参数的默认值在中括号内列出。

### FONT

同时设置所有 FONT 类参数 (`FONT_LOGO` 除外) 的字体

### FONT\_ANNOT

同时设置 `FONT_ANNOT_PRIMARY` 和 `FONT_ANNOT_SECONDARY` 的值。

### FONT\_ANNOT\_PRIMARY

一级 (Primary) 标注的字体 [12p,Helvetica,black]

若在该参数的值前加上 +，则其它元素（如标题）的字体大小、偏移量、刻度长度等参数值会相对于 `FONT_ANNOT_PRIMARY` 的成比例缩放。

### FONT\_ANNOT\_SECONDARY

二级 (Secondary) 标注的字体 [14p,Helvetica,black]

### FONT\_HEADING

子图模式下总标题的字体 [32p,Helvetica,black]

### FONT\_LABEL

轴标签的字体 [16p,Helvetica,black]

### FONT\_LOGO

GMT 时间戳中字符串的字体 [8p,Helvetica,black]

该参数中仅字体 ID 有效，字号及颜色均无效。

### FONT\_TITLE

图上方标题的字体 [24p,Helvetica,black]

### FONT\_TAG

子图模式下每个子图编号（如 a)、ii) 等）的字体 [20p,Helvetica,black]

## 14.3 MAP 参数

### 14.3.1 边框相关参数

#### MAP\_FRAME\_TYPE

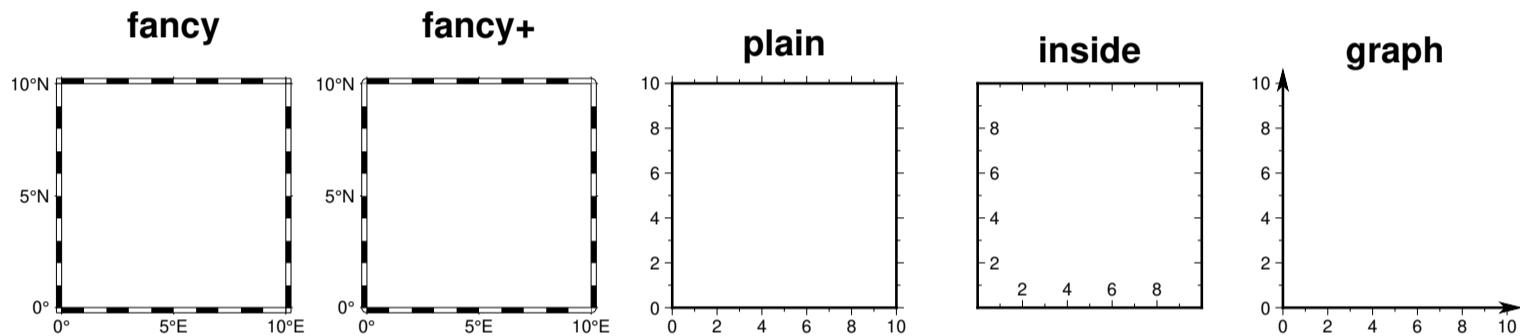
底图边框类型 [fancy]

可选值包括 inside|plain|graph|fancy|fancy+。

- 通常, 地理投影默认使用 fancy 边框类型, 而笛卡尔投影则默认使用 plain 边框类型。但某些地理投影比较特殊, 只能使用 plain 边框类型。
- fancy+ 相对于 fancy 的区别在于, 边框的拐角为圆角

下图给出了不同的底图边框类型的效果:

[Source Code](#)



对于 graph 类型, 默认箭头的顶端超过坐标轴顶点 7.5%。可以通过使用 `graph,length[%]` 的方式指定超过的长度或百分比。坐标轴的宽度由 `MAP_FRAME_WIDTH` 决定, 箭头的长度和宽度则分别是该宽度的 10 倍和 5 倍。箭头的形状还可以由 `MAP_VECTOR_SHAPE` 控制。

#### MAP\_FRAME\_PEN

底图类型为 plain 时边框的画笔属性 [thicker,black]

#### MAP\_FRAME\_WIDTH

设置底图类型为 fancy 时的边框宽度 [5p]

注意: 对于 fancy 底图类型, `MAP_FRAME_PEN` 自动设置为 `MAP_FRAME_WIDTH` 的 0.1 倍。

#### MAP\_FRAME\_AXES

使用 -B 选项时默认要绘制/标注的轴 [WSENZ]

默认值 WSENZ 表示 2D 底图下绘制并标注四条边, 3D 底图下则绘制四条边和一条 Z 轴。加上 + 则 3D 底图下会绘制完整的长方体边框。

---

**备注:** 不建议设置该参数。建议使用 -B 选项控制实际绘制的边, 详情见 [-B 选项](#)。

---

### 14.3.2 标注相关参数

#### MAP\_ANNOT\_OFFSET

同时设置 [MAP\\_ANNOT\\_OFFSET\\_PRIMARY](#) 和 [MAP\\_ANNOT\\_OFFSET\\_SECONDARY](#) 的值

#### MAP\_ANNOT\_OFFSET\_PRIMARY

一级标注的开始位置与刻度尾端间的距离 [5p]

#### MAP\_ANNOT\_OFFSET\_SECONDARY

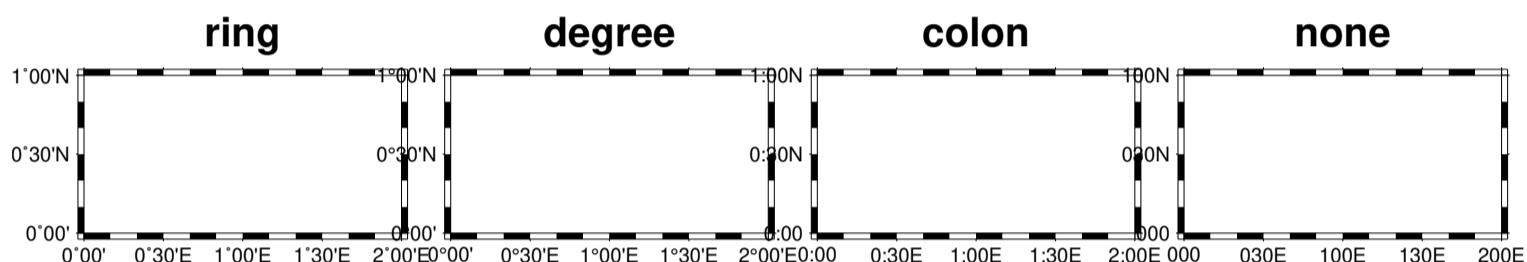
二级标注的顶部与一级标注的底部之间的距离 [5p]

#### MAP\_DEGREE\_SYMBOL

在地图上绘制“度”时所使用的符号 [degree]

可以取 ring|degree|colon|none。下图给出了取不同值时的绘图效果：

Source Code



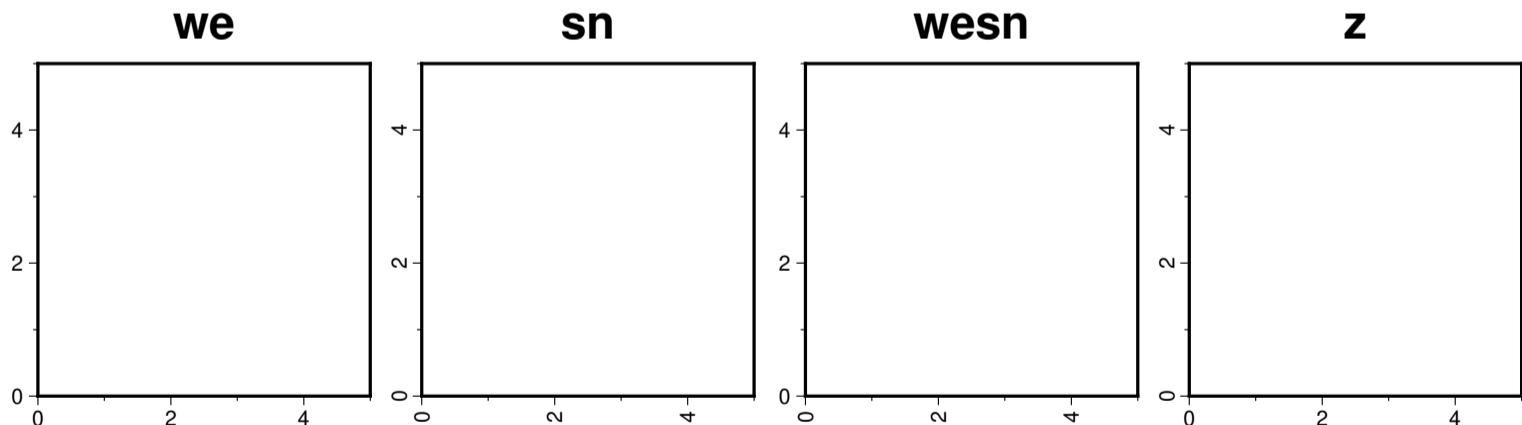
#### MAP\_ANNOT\_ORTHO

控制笛卡尔投影下哪些轴的标注垂直于轴 [we]

该参数可以将 wesnz 做任意组合, 以设置每个轴的标注是否垂直于轴。该参数的效果可以被 -B 选项的 +a 子选项所覆盖。

下图给出了取不同值时的绘图效果：

Source Code



**备注：**此参数仅对笛卡尔投影有效。对于地理投影，可使用 [MAP\\_ANNOT\\_OBLIQUE](#)。

#### MAP\_ANNOT\_OBLIQUE

控制倾斜地理投影下标注和刻度的显示 [anywhere]

该参数可以取如下几个关键词的任何组合, 关键词之间以逗号分隔:

- **separate** 表示经度仅标注在上边界和下边界, 纬度仅标注在左边界和右边界
- **anywhere** 表示在任何一个假想的网格线穿过地图边界时均标注

- `lon_horizontal` 表示将经度标注水平绘制
- `lat_horizontal` 表示将纬度标注水平绘制
- `tick_extend` 倾斜的刻度线会扩展使得其长度等于指定刻度线长度
- `tick_normal` 忽略网格线与边框的夹角, 刻度线总是垂直于底图边框
- `lat_parallel` 纬度标注平行于底图边框

**MAP\_ANNOT\_MIN\_ANGLE**

对于某些倾斜投影方式而言, 如果标注的基线与地图边界间的夹角小于该值, 则不绘制标注。合理的取值范围为 0 到 90 [20]

**MAP\_ANNOT\_MIN\_SPACING**

在某些倾斜投影中, 相邻两个标注之间的最小距离, 若标注的距离小于该值, 则不绘制 [0p]

### 14.3.3 标签相关参数

**MAP\_LABEL\_OFFSET**

轴标注底部与轴标签顶部间的距离 [8p]

### 14.3.4 刻度相关参数

**MAP\_TICK\_PEN**

同时设置 `MAP_TICK_PEN_PRIMARY` 和 `MAP_TICK_PEN_SECONDARY` 的值

**MAP\_TICK\_PEN\_PRIMARY**

一级刻度的画笔属性 [thinner,black]

**MAP\_TICK\_PEN\_SECONDARY**

二级刻度的画笔属性 [thinner,black]

**MAP\_TICK\_LENGTH**

同时设置 `MAP_TICK_LENGTH_PRIMARY` 和 `MAP_TICK_LENGTH_SECONDARY` 的值

**MAP\_TICK\_LENGTH\_PRIMARY**

一级刻度的主刻度和次刻度的长度 [5p/2.5p]

若只给定一个长度值, 则次刻度的长度假定为主刻度的一半

**MAP\_TICK\_LENGTH\_SECONDARY**

二级刻度的主刻度和次刻度的长度 [15p/3.75p]

若只给定一个长度值, 则次刻度的长度假定为主刻度的 25%

### 14.3.5 网格线相关参数

**MAP\_GRID\_PEN**

同时设置 `MAP_GRID_PEN_PRIMARY` 和 `MAP_GRID_PEN_SECONDARY` 的值

**MAP\_GRID\_PEN\_PRIMARY**

一级网格线的线条属性 [0.25p,black]

**MAP\_GRID\_PEN\_SECONDARY**

二级网格线的线条属性 [thinner,black]

**MAP\_GRID\_CROSS\_SIZE**

同时设置 `MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY` 和 `MAP_GRID_CROSS_SIZE_SECONDARY` 的值

**MAP\_GRID\_CROSS\_SIZE\_PRIMARY**

一级网格十字线的大小 [0p]

- 0 表示绘制连续的网格线
- 非零值表示绘制对称的网格十字线
- 负值表示非对称网格十字线, 即只绘制远离赤道和本初子午线的刻度

**MAP\_GRID\_CROSS\_SIZE\_SECONDARY**

二级网格十字线的大小 [0p]

- 0 表示绘制连续的网格线
- 非零值表示绘制对称的网格十字线
- 负值表示非对称网格十字线, 即只绘制远离赤道和本初子午线的刻度

**MAP\_POLAR\_CAP**

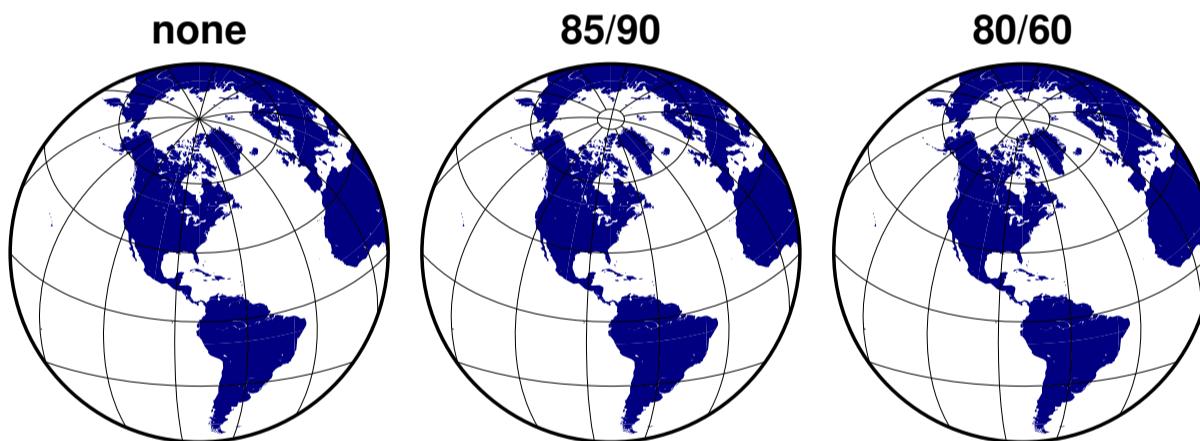
控制某些投影下两极附近网格线的显示 [85/90]

在某些投影下, 由于极点是单个点, 常规的网格线绘制方法会导致极点处网格线非常密且不美观。该选项则用于解决这一问题。

若取值为 `none`, 则表示不对极点附近的网格线做特殊处理。否则可以指定 `pc_lat/pc_dlon`, 表示在 `-pc_lat` 到 `+pc_lat` 纬度范围内正常绘制网格线; 在大于 `+pc_lat` 和小于 `-pc_lat` 纬度区域内, 则按照 `pc_dlon` 指定的经线间隔绘制网格线。GMT 会在  $\pm pc\_lat$  纬度处绘制一个圈圈以分隔这两个纬度区间。

下图展示了该参数取不同值时的绘图效果:

[Source Code](#)



### 14.3.6 标题相关参数

**MAP\_TITLE\_OFFSET**

图标题的底部与轴标注 (或轴标签) 的顶部之间的距离 [14p]

**MAP\_HEADING\_OFFSET**

子图标题的顶部与总标题的底部之间的距离 [18p]

### 14.3.7 其它参数

**MAP\_DEFAULT\_PEN**

设置所有与 `-W` 选项相关的画笔属性的默认值 [0.25p,black]

在参数值的前面加上 + 可以覆盖其他 `MAP_*_PEN` 相关参数中的颜色。

**MAP\_ORIGIN\_X**

新绘图在纸张上的原点的 X 坐标 (仅适用于 GMT 经典模式) [72p]

**MAP\_ORIGIN\_Y**

新绘图在纸张上的原点的 Y 坐标 (仅适用于 GMT 经典模式) [72p]

**MAP\_LOGO**

是否在左下角绘制 GMT 时间戳 [false]

可以取 true|false, 等效于在命令行中使用 [-U 选项](#)。

**备注:** 该参数存在已知 BUG, 见 <https://github.com/GenericMappingTools/gmt/issues/3902>

**MAP\_LOGO\_POS**

GMT 时间戳相对于当前绘图原点的对齐方式与位置 [BL/-54p/-54p]

**MAP\_SCALE\_HEIGHT**

地图比例尺的高度 [5p]

**MAP\_LINE\_STEP**

绘制线段时所使用的最大步长 [0.75p]

地理投影下, 两点之间会用大圆路径连接, 因而 GMT 需要先计算大圆路径上的其他中间点的坐标, 并将这些点用直线连起来。若该步长太大, 会导致大圆路径看上去很不光滑; 若太小, 则会导致数据点太密, 图片太大。

**MAP\_VECTOR\_SHAPE**

矢量箭头的形状 [0]

可以取 -2 到 2 之间的任意实数。下面展示了取 -2、-1、0、1 和 2 时的矢量箭头的形状:

[Source Code](#)



## 14.4 COLOR 参数

这一节列出所有与颜色相关的配置参数, 参数的默认值在中括号内列出。

### 14.4.1 CPT 相关参数

**COLOR\_BACKGROUND**

数据 Z 值小于 CPT 文件中最小值时使用的背景色 [black]

**COLOR\_FOREGROUND**

数据 Z 值大于 CPT 文件中最大值时使用的前景色 [white]

**COLOR\_NAN**

数值 Z 值为 NaN 时使用的颜色 [127.5]

**COLOR\_MODEL**

对 CPT 文件中的颜色做插值生成新 CPT 时所使用的色彩模型 [none]

可以取如下值:

- **none**: 使用 CPT 文件中指定的 COLOR\_MODEL
- **rgb**: 在 RGB 色彩空间中插值
- **hsv**: 在 HSV 色彩空间中插值
- **cmyk**: 假定颜色是 CMYK 色彩空间, 但在 RGB 空间内插值

### 14.4.2 光照相关参数

某些绘图模块（如 `grdimage`、`colorbar`）可以利用强度文件模拟光照效果。光照效果的实现，本质上是先将任意颜色转换成 HSV 模型，然后根据强度的正负，增大/减小 HSV 模型中的 S（饱和度）和 V（明度），以达到模拟光照的效果。下面的四个参数控制了模拟光照过程中 S 和 V 变化的极限值，以避免模拟的光照过亮或过暗。

#### `COLOR_HSV_MIN_S`

负强度最小值对应的 S 值，取值范围 0 到 1 [1.0]

#### `COLOR_HSV_MAX_S`

正强度最大值对应的 S 值，取值范围 0 到 1 [0.1]

#### `COLOR_HSV_MIN_V`

负强度最小值对应的 V 值，取值范围 0 到 1 [0.3]

#### `COLOR_HSV_MAX_V`

正强度最大值对应的 V 值，取值范围 0 到 1 [1.0]

## 14.5 DIR 参数

可以使用 `gmtset` 设定一些专用的目录位置，如数据文件和程序设置的目录。这时，我们只需指定文件名，GMT 会自动去这些目录中找同名文件。下面列出所有与目录相关的配置参数：

#### `DIR_CACHE`

指定从 GMT 服务器下载的临时文件（以 @ 开头，如 `@hotspots.txt`）的缓存目录。

也可用环境变量 `$GMT_CACHEDIR` 指定。若同时设置了 `DIR_CACHE` 和 `$GMT_CACHEDIR`，则 GMT 只会使用 `DIR_CACHE` 指定的目录。若该配置参数和环境变量均未定义，则默认缓存目录为 `~/.gmt/cache`。

可以使用 `gmt clear cache` 命令清空缓存目录。

#### `DIR_DATA`

指定一个或多个存放常用数据文件的数据目录。

也可用环境变量 `$GMT_DATADIR` 指定。若同时设置了 `DIR_DATA` 和 `$GMT_DATADIR`，则 GMT 只会使用 `DIR_DATA` 指定的目录。若该配置参数和环境变量均未定义，则数据目录默认为空。

多个目录之间用逗号分隔；以斜杠 / 结尾的目录都会被递归搜索（Windows 不支持此功能）。

#### `DIR_DCW`

`DCW` 数据 所在目录。该数据的默认目录为 `$GMT_SHAREDIR/dcw` 目录。

#### `DIR_GSHHG`

`GSHHG` 数据 所在目录。该数据的默认目录为 `$GMT_SHAREDIR/coast` 目录。

可以参考[输入文件的搜索目录](#)了解搜索目录的顺序以及相关环境变量的定义。

## 14.6 FORMAT 参数

下面列出所有与格式相关的参数，通常包括输入格式、输出格式和绘图格式三类，参数的默认值在中括号内列出。

### 14.6.1 日期的输入/输出/绘图格式

#### FORMAT\_DATE\_IN

输入数据中日期字符串的格式模板 [yyyy-mm-dd]

日期字符串可以用公历表示，也可以用 ISO 周历表示。

对于公历而言，可以将如下模板做合理组合：

- **yyyy**: 四位年份
- **yy**: 两位年份（见 [TIME\\_Y2K\\_OFFSET\\_YEAR](#)）
- **mm**: 两位月份
- **o**: 月份的名称简写
- **dd**: 两位日期
- **jjj**: 一年中的第几天

比如 `ddmmYYYY`、`yy-mm-dd`、`dd-o-yyyy`、`yyyy/dd/mm`、`yyyy-jjj` 等。

对于 ISO 周历而言，其模板格式为 `yyyy[-]W[-]ww[-]d`，表示某年的第 `ww` 周的第 `d` 天。比如 `yyyy-Wwwd` 或 `yyyy-Www` 等。

#### FORMAT\_DATE\_OUT

输出日期字符串时所使用的格式 [yyyy-mm-dd]

参考 [FORMAT\\_DATE\\_IN](#) 的相关说明。除此之外：

- 若模板开头有一个 `-`，则所有的整数年月日在输出时会省略前置零。比如若使用模板 `-yyyy-mm-dd` 则输出类似于 `2012-1-3` 而不是 `2012-01-03`
- 若模板为 `-`，则输出时省略日期，日期和时间中的 `T` 也会被省略

#### FORMAT\_DATE\_MAP

绘制日期字符串时所使用的格式 [yyyy-mm-dd]

参考 [FORMAT\\_DATE\\_IN](#) 和 [FORMAT\\_DATE\\_OUT](#) 的相关说明。除此之外，

- 绘制月份名时的 `mm` 可以用 `o` 替代，即图上显示 `Jan` 而不是 `01`
- 用 `u` 代替 `W[-]ww`，即图上显示 `Week 10` 而不是 `W10`

所有的日期文本字符串都由 [GMT\\_LANGUAGE](#)、

[FORMAT\\_TIME\\_PRIMARY\\_MAP](#)

和 [FORMAT\\_TIME\\_SECONDARY\\_MAP](#) 控制。

## 14.6.2 时间的输入/输出/绘图格式

### FORMAT\_CLOCK\_OUT

输出时间字符串时所使用的格式 [hh:mm:ss]

- hh、mm、ss 分别表示时、分、秒
- 若想要以浮点数输出最小单位（比如秒），可以加上 .xxx，比如 hh:mm:ss.xxx 或者 hh:mm.xxx；否则只输出最小单位的整数部分。即输出为 01:02:03 而不是 01:02:03.456。
- 默认使用 24 小时制。若要使用 12 小时制，可以在字符串的最后加上 am、AM、a.m.、A.M.。比如 hha.m. 等等。
- 若时间格式模板以 - 开头，则输出时间字符串时不会输出前置 0
- 若时间格式模板为 -，则在输出日期时间时不输出时间字符串

### FORMAT\_CLOCK\_IN

输入数据中时间数据的格式 [hh:mm:ss]

见 [FORMAT\\_CLOCK\\_OUT](#) 的说明。

### FORMAT\_CLOCK\_MAP

图上绘制时间字符串时所使用的格式 [hh:mm:ss]

见 [FORMAT\\_CLOCK\\_OUT](#) 的说明。

## 14.6.3 地理坐标的输出/绘图格式

### FORMAT\_GEO\_OUT

控制地理坐标数据的输出格式 [D]

格式的通用形式有两类：

- [±]D：表示将地理数据以浮点数的形式输出，浮点数的格式由 [FORMAT\\_FLOAT\\_OUT](#) 决定
  - D：经度输出范围为 -180 到 180
  - +D：经度输出范围为 0 到 360
  - -D：经度输出范围为 -360 到 0
- [±]ddd[:mm[:ss]][.xxx][F|G]
  - ddd：固定格式的整型度
  - :: 分隔符
  - mm：固定格式的整型分
  - ss：固定格式的整型秒
  - .xxx：前一个量的小数部分
  - F：用 WSEN 后缀来表示正负号
  - G：与 F 相同，但后缀前有一空格
  - ±：默认经度范围为-180 到 180，若加正号则范围为 0 到 360，加负号则范围为-360 到 0

示例及效果：

- ddd:mmF => 35:45W
- ddd:mmG => 35:45 W
- ddd:mm:ss => 40:34:24
- ddd.xxx => 36.250

**FORMAT\_GEO\_MAP**

绘图时地理坐标的显示格式 [ddd.mm.ss]

格式的具体定义参考[FORMAT\\_GEO\\_OUT](#), 但具体格式会进一步由 **-B** 选项控制。除此之外, 还可以在格式后面加上 **A** 表示绘制坐标的绝对值。

**14.6.4 浮点数的输出/绘图格式****FORMAT\_FLOAT\_OUT**

双精度浮点数在输出时所使用的格式 [%.**12lg**]

具体的格式遵循 C 语言 `printf` 函数的格式定义, 比如 %.**3lf**。

若需要为不同列指定不同的输出格式, 可以使用多个逗号分隔的 *cols:format* 形式。其中, *cols* 可以是列号 (比如 5 代表数据的第六列), 也可以是列范围 (比如 3-7 表示第 4 到 8 列), 不指定 *cols* 的格式将用于其他余下的列。比如 `0:.3lf,1-3:.12lg,%lf`。

也可以列出 N 个用空格分隔的格式, 这些格式分别应用到数据的前 N 列中, 比如 %.**3lf %.2lf %lf**。

**备注:**

1. 由于 GMT 内部将所有数字以浮点型保存, 因而若使用整型格式 %d 显示则会出错
2. 若设置为 %'lg, 则 10000 会显示成 10,000。由于单引号的特殊意义, 因而可能需要转义, 即写成 %\''lg
3. 百分号 % 在 Windows 的 Batch 下有特殊含义, 在使用时需要使用两个百分号代替一个百分号, 例如 %%.**3lf**

**FORMAT\_FLOAT\_MAP**

以双精度浮点数形式绘制地图边框标注或等值线标注时所使用的格式 [%.**12lg**]

见[FORMAT\\_FLOAT\\_OUT](#) 中的相关说明。

**14.6.5 其它数据的绘图格式****FORMAT\_TIME\_MAP**

同时设置[FORMAT\\_TIME\\_PRIMARY\\_MAP](#) 和[FORMAT\\_TIME\\_SECONDARY\\_MAP](#) 的值

**FORMAT\_TIME\_PRIMARY\_MAP**

一级标注中月份、周名的格式 [full]

可以取如下值:

- **full**: 显示全称, 比如 January
- **abbreviate**: 显示简称, 比如 Jan
- **character**: 显示单个字符, 比如 J

还可以使用 Full、Abbreviate、Character 表示所有名字均大写。

全称、简称以及单字符的定义见 GMT 安装目录下 share/localization 目录中的语言定义文件。

**FORMAT\_TIME\_SECONDARY\_MAP**

二级标注中月份、周名的格式 [full]

见 [FORMAT\\_TIME\\_PRIMARY\\_MAP](#) 中的相关说明。

#### FORMAT\_TIME\_STAMP

GMT 时间戳中时间信息的显示格式 [%Y %b %d %H:%M:%S]

该选项的值用 C 函数 [strftime](#) 解析, 故而理论上可以包含任意文本。

## 14.7 IO 参数

### 14.7.1 表数据相关参数

#### IO\_HEADER

指定输入/输出的表文件中是否有文件头记录 [false]

可以取 true|false。若值为 true, 则等效于使用 [-h 选项](#)

#### IO\_HEADER\_MARKER

输入 ASCII 表文件中文件头记录的标识符 [#%!;”’]

即所有以这些字符开头的行都将被当做文件的头记录。若希望输入和输出数据中使用不同的文件头标识符, 则可以使用逗号分隔输入和输出数据的文件头标识符, 比如若想要输出时使用冒号作为文件头记录则可以设置为 #%!;”’,:。

**备注:** 最多支持 7 个字符。

#### IO\_N\_HEADER\_RECS

在使用 [-h 选项](#) 时, 要跳过的文件头记录的数目 [0]

见 [-h 选项](#) 和 [ASCII 表](#)。

#### IO\_FIRST\_HEADER

当整个数据文件中只有一个数据段时, 是否要写这个数据段的文件头记录。默认情况下, 只有当这个单独段的头段记录中有额外的内容时才会写该头记录。可选的值包括 always、never 和 maybe [maybe]

#### IO\_COL\_SEPARATOR

GMT 输出 ASCII 表数据时列与列之间的分隔符 [tab]

可以取 tab、space、comma 和 none

#### IO\_SEGMENT\_MARKER

多段数据中每段数据开始的标识符 [>]

见 [ASCII 表](#) 中的相关介绍。若希望输入和输出数据中使用不同的数据段标识符, 则可以使用逗号分隔输入和输出数据的段标识符, 比如 >,:。

有两个特殊的标识符:

- **B** 表示将空行作为数据段开始的标识符
- **N** 表示将一个 NaN 记录作为数据段开始的标识符

若想要将字符 **B** 或 **N** 作为段数据标识符, 而不是使用上面提到的特殊含义, 则必须使用 **B** 或 **N**。

#### IO\_SEGMENT\_BINARY

二进制数据中, 某个记录的所有值都是 NaN 时该如何解释 [2]

默认情况下, 当二进制数据中某个记录的值为 NaN 的列数超过了 **IO\_SEGMENT\_BINARY** 的值

时，则将该记录解释为二进制数据中的数据段头记录。将该参数赋值为 0 或 off 可以关闭这一特性。

### 14.7.2 网格文件相关参数

#### IO\_NC4\_CHUNK\_SIZE

控制写 netCDF 文件时 Y 方向和 X 方向的分块大小 [auto]

分块过大或小于 128 通常会导致读写低性能，应尽量避免。Y 方向和 X 方向的分块大小用逗号分隔。若取 auto，则 GMT 会自动在 128 到 256 之间选取合适的值。

#### IO\_NC4\_DEFLATION\_LEVEL

输出 netCDF4 格式的数据时所使用的压缩等级 [3]

可以取 0 到 9 的整数，0 表示不压缩，9 表示最大压缩。低压缩率可以提高性能并减少文件尺寸，而高压缩率虽然可以进一步减小文件尺寸，但却需要更多的处理时间。

#### IO\_GRIDFILE\_SHORTHAND

是否支持自动识别网格文件后缀的功能 [false]

GMT 中也可以将网格文件的后缀与网格文件格式关联起来这样 GMT 就可以直接根据文件后缀确定网格文件的格式了。

该特性通过名为 gmt.io 的文件来实现。GMT 会依次在当前目录、家目录或 ~/.gmt 目录下寻找 gmt.io。

gmt.io 的示例格式如下：

```
# GMT i/o shorthand file

# It can have any number of comment lines like this one anywhere
# suffix format_id scale offset NaN Comments

grd    nf    -    -    -    Default format
b      bf    -    -    -    Native binary floats
i2    bs    -    -    32767  2-byte integers with NaN value
ras   rb    -    -    -    Sun raster files
byte  bb    -    -    255   Native binary 1-byte grids
bit   bm    -    -    -    Native binary 0 or 1 grids
mask  bm    -    -    0     Native binary 1 or NaN masks
faa   bs    0.1  -    32767  Native binary gravity in 0.1 mGal
ns    ns    a    a    -    16-bit integer netCDF grid with auto-scale and auto-offset
```

要使用这一特性，需要将参数 `IO_GRIDFILE_SHORTHAND` 设置为 `true`。此时，文件名 file.i2 等效于 file.i2=bs//32767，wet.mask 等效于 wet.mask=bm+n0。

#### IO\_GRIDFILE\_FORMAT

GMT 默认使用的网格文件格式 [nf]

该参数的取值格式为 `ff[+sscale][+ooffset][+ninvalid]`。见[网格文件格式](#)一节。

### 14.7.3 其它 IO 参数

#### IO\_LONLAT\_TOGGLE

数据的前两列是纬度、经度而不是经度、纬度 [false]

该参数的作用与[-: 选项](#)功能相同。其可以取如下值：

- `false` 默认值，输入/输出数据均为 (x, y)
- `true` 输入/输出数据均为 (y, x)
- `IN` 仅输入数据为 (y, x)
- `OUT` 仅输出数据为 (y, x)

## IO\_NAN\_RECORDS

控制当读入的记录中的 X、Y 或 Z 包含 NaN 记录时的处理方式 [pass]

可以取如下值：

- **skip**: 直接跳过 NaN 记录，并报告 NaN 记录的数目
- **pass**: 将所有记录传递给程序

## 14.8 PROJ 参数

本节列出投影相关参数，参数的默认值在中括号内列出。

### PROJ\_LENGTH\_UNIT

长度量的默认单位 [c]

当长度量未显式给定单位时所使用的默认单位，可以取 **c|i|p**。见[单位](#)。

### PROJ\_ELLIPSOID

地图投影中使用的地球椭球 [WGS-84]

GMT 支持几十种地球椭球（此处不列举，详见官方文档）。除此之外，GMT 还支持自定义椭球，用户只需按照固定的格式对椭球命名，GMT 会从椭球名字中提取半长轴以及扁率。可用的格式如下：

- **a**: 球半径为 a, 单位为 m, 扁率为零。比如 6378137
- **a,inv\_f** : inv\_f 为扁率的倒数，比如 6378137,298.257223563
- **a,b=b** : b 为半短轴长度，单位为 m，比如 6378137,b=6356752.3142
- **a,f=f** : f 为扁率，比如 6378137,f=0.0033528

需要注意，对于某些全球投影，GMT 会对选中的地球椭球做球状近似，将扁率设为零，并使用其平均半径。当 GMT 做此类近似时，会给出警告信息。

### PROJ\_AUX\_LATITUDE

以大圆弧方式计算球面距离时球体近似的辅助纬线 [authalic]

在使用大圆弧距离计算方式时，需要将真实地球近似为一个半径为 [PROJ\\_MEAN\\_RADIUS](#) 的球体，在做球体近似时需要选择合适的辅助纬线。可选值包括

- **authalic**
- **geocentric**
- **conformal**
- **meridional**
- **parametric**
- **none**

当设置为除 **none** 外的其他值时，GMT 会在计算距离前，将大圆弧距离计算时使用的两点中任意一点的纬度转换成辅助纬度。

### PROJ\_MEAN\_RADIUS

地球/行星的平均半径 [authalic]

在计算两点间的大圆弧距离或区域的表面积时才会被使用。可选值包括

- **mean (R\_1)**
- **authalic (R\_2)**
- **volumetric (R\_3)**

- meridional
- quadratic

**PROJ\_SCALE\_FACTOR**

修改某些投影的地图缩放因子以减小面积失真

- Polar Stereographic: 默认值为 0.9996
- UTM: 默认值为 0.9996
- Transverse Mercator: 默认值为 1

**PROJ\_GEODESIC**

指定大地测量距离中所使用的算法 [Vincenty]

可以取：

- Vincenty 默认值, 精确到 0.5mm
- Rudeo GMT4 所使用的计算方式
- Andoyer 精度为 10 米量级, 比 Vincenty 快 5 倍

## 14.9 PS 参数

本节列出所有与 PS 相关的参数, 参数的默认值在中括号内列出。

**PS\_CHAR\_ENCODING**

设置文本字符集编码方式 [ISOLatin1+]

GMT 使用的字符集编码方式。可选值包括：

- Standard
- Standard+
- ISOLatin1
- ISOLatin1+
- ISO-8859-x (x 取值为 1-10 或 13-15)

若安装 GMT 时使用 SI 单位制, 则默认值为 ISOLatin1+ 编码; 否则使用 Standard+ 编码。

**备注:** 字符集信息是写在 PS 文件头中的, 因而若需要临时修改字符集, 则需要使用 --PS\_CHAR\_ENCODING==encoding 临时修改字符集, 而不能使用 gmt set 修改。

**PS\_COLOR\_MODEL**

生成 PS 代码时颜色所使用的色彩模型 [rgb]

可以取 RGB、HSV、CMYK 或 GRAY。若设置为 HSV, 其不会影响绘图过程中使用 RGB 指定的颜色; 若设置为 GRAY, 则所有的颜色都将使用 YIQ 方法转换成灰度。

**PS\_COMMENTS**

生成的 PS 代码中是否包含注释信息 [false]

若为 true, 则生成的 PS 文件中会包含注释, 用于解释文件中操作的逻辑, 当你需要手动编辑 PS 文件时比较有用。默认情况下, 其值为 false, 即 PS 文件中不会包含注释, 此时生成的 PS 文件更小。

**PS\_CONVERT**

现在模式下在执行 gmt end 命令时 GMT 会自动调用 [psconvert](#) 生成用户指定格式的图片。该选项用于控制调用 psconvert 时的默认参数, 多个参数之间以逗号分隔 [A]

## PS\_IMAGE\_COMPRESS

设置 PS 中的图像压缩算法 [deflate,5]

可以取值为：

- **rle**: Run-Length Encoding scheme
- **lzw**: Lempel-Ziv-Welch compression
- **deflate[,level]**: DEFLATE 压缩, *level* 可以取 1 到 9
- **none**: 不压缩, 相当于 **deflate,5**

## PS\_LINE\_CAP

控制线段的端点的绘制方式 [butt]

可以取如下值：

- **butt**: 不对端点做特殊处理, 即端点是矩形 (默认值)
- **round**: 端点处为直径与线宽相等的半圆弧
- **square**: 端点处为边长与线宽相等的半个正方形

下图展示了该参数取不同值时线段端点的区别。需要注意, 图中三条线段的长度是相同的, 但因参数设置不同而导致线段看上去长度不同。

Source Code



图 4: PS\_LINE\_CAP 控制线段端点绘图效果

## PS\_LINE\_JOIN

控制线段拐点的绘制方式 [miter]

可以取 **miter**、**round**、**bevel**。

下图展示了 **PS\_LINE\_JOIN** 取不同值时线段拐点的绘图效果。当线宽较小时, 几乎看不出来区别, 这里为了显示的效果, 将线宽设置为 20p。

Source Code

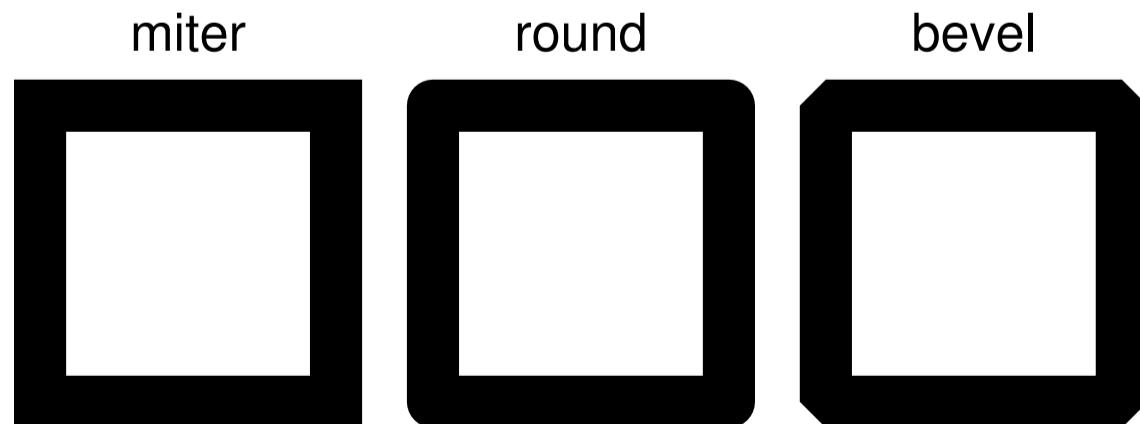


图 5: PS\_LINE\_JOIN 控制线段拐点绘制效果

## PS\_MITER\_LIMIT

设置 **PS\_LINE\_JOIN** 取 **miter** 时拐点的角度阈值 [35]

当两个相交的线段之间的夹角小于该阈值时，则该拐角会被 bevelled 而不是被 mitered。该参数的取值范围为 0 到 180。若设置为 0，则使用 PS 的默认值（11 度），若设置为 180，则所有拐角都会被 beveled。

### PS\_MEDIA

设置当前纸张的尺寸 [a4]

下表列出了 GMT 预定义的若干种纸张尺寸及其对应的宽度和高度（单位为 points）。

表 1: GMT 预定义纸张大小

Media	width	height	Media	width	height
A0	2380	3368	archA	648	864
A1	1684	2380	archB	864	1296
A2	1190	1684	archC	1296	1728
A3	842	1190	archD	1728	2592
A4	595	842	archE	2592	3456
A5	421	595	flsa	612	936
A6	297	421	halfletter	396	612
A7	210	297	statement	396	612
A8	148	210	note	540	720
A9	105	148	letter	612	792
A10	74	105	legal	612	1008
B0	2836	4008	11x17	792	1224
B1	2004	2836	tabloid	792	1224
B2	1418	2004	ledger	1224	792
B3	1002	1418			
B4	709	1002			
B5	501	709			

用户还可以用  $W \times H$  的格式完全自定义纸张尺寸，其中  $W$  和  $H$  分别为纸张的宽度和高度。比如 12cx12c 表示纸张为宽度和高度都为 12 厘米。

若某些尺寸经常使用，用户还可以自定义纸张格式，只需要新建或编辑 `~/.gmt/gmt_custom_media.conf` 即可，文件格式也很简单：

```
# 纸张格式名 宽度 高度
paper1      2000 3000
paper2      3000 0
```

纸张高度为 0，表示纸张可以向上无限延展。

### PS\_PAGE\_COLOR

设置纸张的背景色 [white]

### PS\_PAGE\_ORIENTATION

设置纸张方向 [landscape]

---

备注：仅 GMT 经典模式下有效，现代模式下纸张始终是 portrait 模式。

---

可以取 portrait 或 landscape。

**PS\_SCALE\_X**

绘图时 X 方向的全局比例 [1.0]

用于实现图像的整体缩放。

**PS\_SCALE\_Y**

绘图时 Y 方向的全局比例 [1.0]

用于实现图像的整体缩放。

**PS\_TRANSPARENCY**

设置生成 PS 文件所使用的透明模式 [Normal]

可取值包括 Color、ColorBurn、ColorDodge、Darken、Difference、Exclusion、HardLight、Hue、Lighten、Luminosity、Multiply、Normal、Overlay、Saturation、SoftLight、Screen

## 14.10 TIME 参数

本节列出所有时间相关参数, 参数的默认值在中括号内列出。

**TIME\_EPOCH**

指定所有相对时间的参考时刻 [1970-01-01T00:00:00]

其格式为 yyyy-mm-ddT[hh:mm:ss] 或 yyyy-Www-ddTT[hh:mm:ss]

**TIME\_UNIT**

指定相对时间数据相对于参考时刻的单位 [s]

可以取:

- **y** : 年; 假定一年 365.2425 天;
- **o** : 月; 假定所有月是等长的;
- **d** : 天;
- **h** : 时;
- **m** : 分钟;
- **s** : 秒;

**TIME\_SYSTEM**

*TIME\_EPOCH* 和 *TIME\_UNIT* 的合并版

即指定 *TIME\_SYSTEM* 相当于同时指定了 *TIME\_EPOCH* 和 *TIME\_UNIT*。可取如下值:

- **JD**: 等效于-4713-11-25T12:00:00 d
- **MJD**: 等效于 1858-11-17T00:00:00 d
- **J2000**: 等效于 2000-01-01T12:00:00 d
- **S1985**: 等效于 1985-01-01T00:00:00 s
- **UNIX**: 等效于 1970-01-01T00:00:00 s
- **RD0001**: 等效于 0001-01-01T00:00:00 s
- **RATA**: 等效于 0000-12-31T00:00:00 d

该参数并不存在于 `gmt.conf` 中, 当指定该参数时, 其会被自动转换为 *TIME\_EPOCH* 和 *TIME\_UNIT* 对应的值。

**TIME\_WEEK\_START**

指定周几是一周的第一天, 可取值为 Monday 或 Sunday [Monday]

**TIME\_Y2K\_OFFSET\_YEAR**

当用两位数字表示四位数字的年份时, **TIME\_Y2K\_OFFSET\_YEAR** 给定了 100 年序列的第一年 [1950]

比如, 若 **TIME\_Y2K\_OFFSET\_YEAR**=1729, 则数字 29 到 99 分别表示 1729 到 1799, 而数字 00 到 28 则表示 1800 到 1828。默认值为 1950, 即 00 到 99 表示的年份范围为 1950 到 2049。

**TIME\_REPORT**

控制 GMT 运行进度报告中是否显示时间戳 [none]

可以取三个值:

- **none** 不显示时间戳
- **clock** 显示绝对时间
- **elapsed** 显示自会话开始所经历的时间

**TIME\_IS\_INTERVAL**

控制输入的日期时间数据截断和微调 [off]

其可以取如下三类值:

- **off**: 即不对输入数据做任何截断和调整
- **+nunit**:  $n$  为某个整数,  $unit$  为某个时间单位。其表示将输入的日期时间数据截断为  $nunit$  的整数倍, 并将其放在紧接着的时间间隔的中间
- **-nunit**: 同样, 但将该输入数据放在前一个时间间隔的中间

时间间隔单位  $unit$  可以取如下值:

- **y** 年
- **o** 月
- **u** 周
- **h** 小时
- **m** 分钟
- **s** 秒

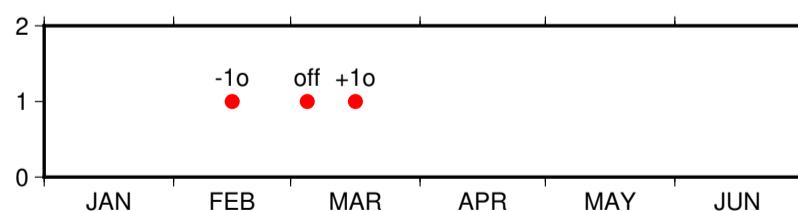
下面的示例在时间坐标系下绘制了三个红点, 每个红点的输入数据都是:

1997-03-05 1

图中展示了 **TIME\_IS\_INTERVAL** 取不同值时的效果:

- **off**: 1997-03-05 解释为 1997-03-05T00:00:00.0
- **+1o**: 1997-03-05 解释为 1997-03-15T12:00:00.0
- **-1o**: 1997-03-05 解释为 1997-02-15T12:00:00.0

Source Code

**TIME\_INTERVAL\_FRACTION**

确定时间轴开头和结尾的部分时间间隔是否需要标注 [0.5]

对于时间轴而言, 若开头/结尾部分的时间间隔大于指定的时间间隔的某个比例, 则绘制开头/结尾部分

的标注并将标注置于时间间隔的中间。

## 14.11 其他参数

本节介绍 GMT 中的其他参数, 参数的默认值在中括号内列出。

### 14.11.1 数据下载相关参数

#### GMT\_AUTO\_DOWNLOAD

是否允许自动从 GMT 服务器 (由 *GMT\_DATA\_SERVER* 控制) 下载数据文件到用户目录 `~/.gmt` 下。  
可以取 **on** 或者 **off** [**on**]

#### GMT\_DATA\_SERVER

GMT 数据服务器地址, 默认使用 SOEST 官方镜像 [<https://oceania.generic-mapping-tools.org/>]

GMT 数据服务器目前在全球范围内有多个镜像。详细的镜像列表见 <https://www.generic-mapping-tools.org/mirrors> 页面。

对于国内用户, 建议直接使用中科大 LUG 提供的国内镜像。修改方式为:

```
gmt set GMT_DATA_SERVER http://china.generic-mapping-tools.org
```

然后将生成的 `gmt.conf` 文件复制到 GMT 用户目录 `~/.gmt` (Linux/macOS) 或 `C:\Users\XXX\.gmt` (Windows) 下。

#### GMT\_DATA\_SERVER\_LIMIT

从 GMT 服务器上下载的单个文件的大小上限, 默认无限制。可以给定文件大小上限的字节数, 也可以加上 **k**、**m** 或 **g** 表示 KB、MB 或 GB。

#### GMT\_DATA\_UPDATE\_INTERVAL

指定远程数据目录文件的更新频率, 默认为 1 天 [**1d**]。时间单位可以取 **d** (天)、**w** (周) 或 **o** (月)。

### 14.11.2 算法选择相关参数

#### GMT\_TRIANGULATE

设置 *triangulate* 模块中算法代码的来源 [Watson]

*triangulate* 模块的核心源码有两个版本, Watson 的版本遵循 GPL, Shewchuk 的版本不遵循 GPL。该选项用于控制要使用哪个版本, Shewchuk 版本拥有更多功能。

#### GMT\_FFT

要使用的 FFT 算法 [**auto**]

可以取:

- **auto**: 自动选择合适的算法
- **fftw[,planner\_flag]**: FFTW 算法, 其中 *planner\_flag* 可以取 **measure|patient|exhaustive**
- **accelerate** : macOS 下使用系统自带的 Accelerate Framework (该算法要求采样点数必须为 2 的 n 次方)
- **kiss**: kiss FFT
- **brenner**: Brenner Legacy FFT

#### GMT\_INTERPOLANT

程序中一维插值所使用的算法 [**akima**]

- **linear**: 线性插值

- **akima**: akima's spline
- **cubic**: natural cubic spline
- **none**: 不插值

**GMT\_EXTRAPOLATE\_VAL**

外插时超过数据区时如何处理 [NaN]

可选值包括:

- **NaN**: 区域范围外的值一律为 NaN
- **extrap**: 使用外插算法计算的区域外的值
- **extrapval, val**: 设置区域外的值为 *val*

**14.11.3 其它参数****GMT\_EXPORT\_TYPE**

控制表数据的数据类型, 仅被外部接口使用 [**double**]

可以取 **double**、**single**、**[u]long**、**[u]int**、**[u]short**、**[u]char**。

**GMT\_CUSTOM\_LIBS**

要链接的自定义 GMT 库文件, 默认值为空

GMT 支持自定义模块。用户可以写一个 GMT 模块, 并将其编译成动态函数库。通过设置该参数告知 GMT 该函数库的位置, 即可通过 **gmt xxx** 的语法调用自定义模块, 以实现扩充 GMT 功能的目的。

该参数用于指定自定义动态库函数的路径, 多个路径之间用逗号分隔。路径可以是共享库文件的绝对路径, 也可以是其所在的目录。若路径是一个目录名, 该目录必须需斜杠或反斜杠结尾, 表明使用该目录下的全部共享库文件。在 Windows 下, 若目录名是 /, 则表示在 GMT 的 bin 目录下的 **gmt\_plugins** 子目录下寻找库文件。

**GMT\_LANGUAGE**

设置 GMT 绘图时使用的语言 [**us**]

不同的语言中, 月份、星期几、东西南北的表达方法是不同的。该参数用于设置 GMT 绘图时所使用的语言。GMT 支持多种语言, 各语言的定义文件位于 GMT 安装目录中 **share/localization** 目录下的文件。

此处仅列举几个常见语言如下:

- **cn1** 简体中文
- **cn2** 繁体中文
- **uk** 英式英语
- **us** 美式英语
- **jp** 日语
- **kr** 韩语
- ...

实际使用时, 除了需要修改该参数外, 可能还需要修改相应的字符编码和字体。

若设置语言为 **cn1** 即简体中文并正确设置中文字体, 则 GMT 在绘制时可以显式“一月”、“星期一”、“周一”等中文。相关示例见 [GMT 中文效果演示](#)。

**GMT\_COMPATIBILITY**

是否开启兼容模式 [4]

- 若值为 4, 表示兼容 GMT4 语法并给出警告
- 若值为 5, 则表示不兼容 GMT4 语法, 严格遵守 GMT5 语法, 遇到 GMT4 语法时直接报错
- 若值为 6, 表示不兼容 GMT5 语法

**GMT\_VERBOSE**

控制 GMT 命令的 verbose 级别 [warning]

可选值包括

- quiet
- error
- warning
- timings
- information
- compatibility
- debug

也可以直接使用每个级别的第一个字母。每个级别的具体含义见[-V 选项](#)一节。

**GMT\_HISTORY**

GMT 历史文件 `gmt.history` 的处理方式 [true]

- true 可以读写
- readonly 只能读不能写
- false 不显示历史文件

**GMT\_GRAPHICS\_FORMAT**

现代模式下默认的图片文件格式 [pdf]

**GMT\_MAX\_CORE**

多进程并行程序所最多能使用的核数 [0]

默认值 0 表示尽可能使用所有核

# 第 15 章 地学数据集

使用 GMT 绘图时，经常用到一些特定的地学数据，如国界线、地形起伏数据等。这些数据一般不需要任何改动即可用在多种图件中。根据使用方法的不同，分为三类：

1. GMT 内置数据：GMT 官方整理的内置于 GMT 软件包中的数据
2. GMT 远程数据：GMT 官方整理的保存在远程 GMT 数据服务器中的数据
3. 自定义数据：用户自行准备的数据

## 15.1 使用方法

### 15.1.1 GMT 内置数据

GMT 内置数据在安装 GMT 时就已经安装，可以直接使用。

### 15.1.2 GMT 远程数据

#### 工作原理及技术细节

经过一些数据处理，GMT 官方把一些公开数据处理成不同分辨率、不同配准方式的数据，并保存在 GMT 专门的数据服务器上。当用户第一次使用某个分辨率的某个数据时，GMT 会自动从服务器上下载该数据文件，并保存到 GMT 用户目录下的特定子目录下（默认为 `~/.gmt/server` 目录的子目录），然后再读取该文件。当用户再次使用该数据时，GMT 会自动从本地 GMT 用户目录下读取该数据文件，而无需再次从服务器下载。

#### 数据分辨率

通常，公开数据提供者只提供一个原始分辨率版本。但有些时候用户不需要原始分辨率。GMT 对原始数据做笛卡尔高斯滤波以进行减采样，提供了多种不同分辨率以及不同配准方式的版本，以满足不同的用户需求。

#### 数据分块

通常，一个分辨率、一个配准方式的数据以单个文件的形式保存在 GMT 服务器中。但，对于高分辨率的数据，这会导致单个文件的大小变得很大，使得网络下载变得困难。为了解决这一问题，对于高分辨率的数据，GMT 官方将其分割成若干个小区块，每个区块以单独的文件保存在服务器上，通常每个区块对应的文件大小约 5 MB 或更小。当用户需要某个区域的高分辨率数据时，可以通过 `-R` 选项指定区域，GMT 会自动下载该区域的所有区块的数据，然后自动合并成单个网格数据供用户使用。这样可以极大减小数据下载量。例如，想要用 3 秒的数据绘制 2 度 x 2 度的区域，GMT 只需要下载该区域几 MB 的网格数据，而无需下载整个 7 GB 的 3 秒数据，极大的节省了下载时间。

## 数据压缩

GMT 以无损且高压缩率的 netCDF-4 短整型格式保存单个网格数据，使得 GMT 提供的数据比原始数据占据更小的硬盘空间，而不丢失任何分辨率信息。对于分区块的高分辨率数据，GMT 将数据以 JPEG2000 格式保存在 GMT 服务器中。该格式具有超高的压缩率，因而可以极大减小数据下载量。当将这些 JPEG2000 格式的数据下载到本地后，GMT 会自动将其转换为短整型 netCDF4 格式。转换过程中使用了 GDAL 的功能，因而要求 GMT 支持 GDAL。

## 数据更新

当原始数据发布了新版本，或 GMT 提供的数据被发现存在问题时，GMT 会对数据服务器上的数据进行不定时的更新。GMT 只提供数据的最新版本。如果你需要老版本的数据，需要自行到数据提供者的官方网站下载数据并自行处理。

GMT 检查数据更新的机制是：

1. 第一次使用任一远程数据时，GMT 会从数据服务器下载一个几十 KB 的文本文件 `gmt_data_server.txt` 并保存到用户的 `~/.gmt/server` 目录下
2. 当再次使用任一远程数据时，GMT 会检查本地文件 `gmt_data_server.txt` 的日期，若其日期比当前时间差一天（该时间阈值用户可自行控制）以上，则再次从 GMT 服务器下载文件 `gmt_data_server.txt` 并替换本地的老文件
3. 读取 `gmt_data_server.txt` 文件的内容，根据其内容确定 GMT 数据服务器上的远程数据是否有更新。若本地的数据文件比 GMT 数据服务器上的数据老，则 GMT 会自动将本地已下载的数据文件删除，并重新从 GMT 服务器下载。由此使用远程数据的更新。

## 使用方式

GMT 为每种远程数据都提供了不同的分辨率和配准方式的数据，具体信息在各个数据的小节会详细介绍。所有 GMT 远程数据都可以通过指定特殊文件名的方式来使用：`@remote_name_rru_reg`

- `@` 符号用于告诉 GMT 这是一个远程数据
- `remote_data` 是远程数据的具体名字
- `rr` 是一个两位整数，用于指定要使用的数据分辨率，单位由 `u` 指定。单位 `u` 可以取为 `d`、`m` 或 `s` 分别表示度、分和秒
- `reg` 指定了数据的网格配准方式，可以取 `g` 或 `p`，分别表示网格线配准或像素配准。该项是可选的，若不指定 `reg`，则默认返回网格线配准的网格数据（除非不存在网格线配准的数据）。

除此之外，某些远程数据还有一个默认的 CPT 文件，若用户不指定 CPT 文件，则在绘制数据时会使用该默认 CPT 文件。

**备注：** 关于每个数据的具体名称、分辨率、默认配准方式，在各个数据的小节中会详细列出。

例如，若需要使用 30 分的网格线配准的地形数据，则可以直接指定文件名：

```
gmt grdimage @earth_relief_30m_g -pdf map
```

对于分区块的高分辨率数据，如果想要将某个区域的数据以单个文件的形式保存，并供其它软件或命令使用，可以使用 `grdcut` 命令实现。例如：

```
gmt grdcut @earth_relief_02m_g -Gearth_at_2m.grd
```

## 参数设置

你可以通过多个参数和命令进一步控制远程数据的获取过程以及数据在本地所占据的硬盘空间：

1. 通过参数 `GMT_DATA_SERVER` 设置使用离你最近的 GMT 数据服务器以加快下载速度
2. 通过参数 `GMT_DATA_SERVER_LIMIT` 设置允许下载的远程数据的文件大小，默认无限制
3. 使用参数 `GMT_AUTO_DOWNLOAD` 彻底关闭数据自动下载功能。若关闭，你将无法再下载或更新远程数据，但已下载到本地的数据依然可以使用。
4. 通过参数 `GMT_DATA_UPDATE_INTERVAL` 控制检查远程数据是否更新的频率 [默认为每天检查一次]
5. 通过 `clear` 命令清理整个 `server` 目录下的远程数据或部分数据

---

**备注：** GMT 数据服务器目前在全球范围内有多个镜像。详细的镜像列表见 <https://www.generic-mapping-tools.org/mirrors> 页面。

对于国内用户，建议直接使用中科大 LUG 提供的国内镜像。修改方式为：

```
gmt set GMT_DATA_SERVER http://china.generic-mapping-tools.org
```

然后将生成的 `gmt.conf` 文件复制到 GMT 用户目录 `~/.gmt` (Linux/macOS) 或 `C:\Users\XXX\.gmt` (Windows) 下。

## 离线使用

如果你即将有一段无网络或低网速的时间，或者你不希望在第一次需要某个数据等待数据的下载，你可以使用 `gmtget` 模块将数据提前下载到本地。

你可以下载所有远程数据：

```
gmt get -Ddata
```

也可以只下载地球相关数据：

```
gmt get -Ddata=earth
```

或者只下载某一类或某几类数据：

```
gmt get -Ddata=earth_relief,earth_mask
```

高分辨率数据的数据量大，你也可以只下载低分辨率的数据。比如只需要低于 1 分分辨率的地形数据：

```
gmt get -Ddata=earth_relief -I1m
```

更多功能，见 `gmtget` 模块文档。

### 15.1.3 自定义数据

使用自定义数据（即建立 GMT 数据库）的方法很简单，只要将数据集中放在某个特定目录下，然后修改环境变量 `GMT_DATADIR` 使得其包含该目录即可。在使用数据库里的数据时，就可以直接指定数据文件名，GMT 会自动到 `GMT_DATADIR` 所指定的目录中寻找该数据，而无需指定数据文件的完整路径。

Linux 和 macOS 用户可以把数据库放在 `~/GMTDB` 目录下，然后在 `~/.bashrc` 中添加如下语句：

```
export GMT_DATADIR=~/GMTDB
```

Windows 用户可以把数据放在 `D:\GMTDB`（路径最好不要有空格）目录下，然后打开“我的电脑”->“属性”->“高级”->“环境变量”，添加环境变量，变量名为 `GMT_DATADIR`，值为 `D:\GMTDB`，最后可能需要重启电脑使得环境变量生效。

如果喜欢将不同的数据分类放在不同的目录下，则可以向 `GMT_DATADIR` 添加多个目录。多个目录之间用逗号，分隔。例如：

```
export GMT_DATADIR=~/GMTDB/data1,~/GMTDB/data2
```

Linux 和 macOS 用户，可以进一步简化为：

```
export GMT_DATADIR=~/GMTDB/
```

`GMT_DATADIR` 中的目录若以 / 结尾，GMT 则会在 `~/GMTDB` 及其子目录下递归地寻找文件。注意，Windows 不支持这一功能。

## 15.2 GMT 内置数据

GMT 内置数据是指在安装 GMT 时就已经安装了的数据，因而可以直接使用。目前，GMT 提供了如下内置数据：

### 15.2.1 GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据

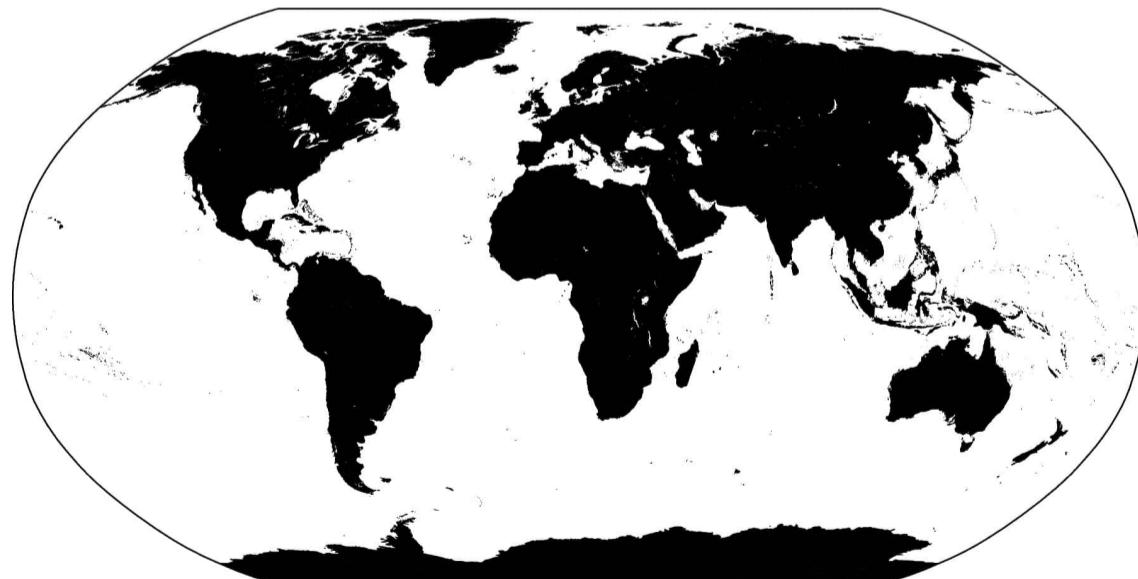


图 1: GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据

GSHHG 数据主页: <http://www.soest.hawaii.edu/wessel/gshhg/>

GSHHG, 全称为 A Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database。GMT 提供的 GSHHG 数据中包含了海岸线、河流和国界等数据。

**警告:** GSHHG 提供的中国国界数据不符合中国的领土主张, 在正式刊物中发表使用此类国界数据的图件时都可能存在问题。

GMT 的 `coast` 模块可以直接绘制 GSHHG 中的数据, 也可以使用 `coast` 的 `-M` 选项将数据导出为纯文本文件供其它程序使用。这一节将利用 `coast` 模块介绍 GSHHG 数据。关于 `coast` 模块的详细用法, 见 `coast` 模块的说明文档。

### 数据分辨率

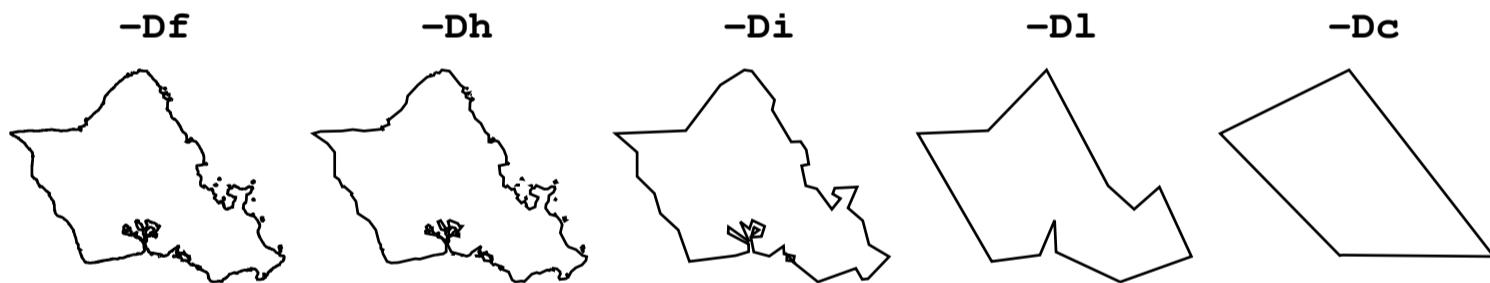
GSHHG 提供了五种不同分辨率的数据, 以满足不同的需求。五种分辨率从高到低分别为:

`full > high > intermediate > low > crude`

`coast` 模块的 `-D` 选项加上每种分辨率的单词首字母即可指定使用何种分辨率的数据。在绘制全球地图时, 可以用 `-Dc` 指定使用最低分辨率的数据, 以避免绘制了大量细节而导致绘图速度慢且文件太大; 在绘制几度范围的小区域地图时, 则可以使用 `-Df` 指定使用最高分辨率的数据。GMT 现代模式下, 默认使用 `-Da` 选项, `a` 表示 `auto`, 即 GMT 会根据当前绘图区域的大小自动选择合适的数据分辨率。

下面的示例绘制了一个小区域的海岸线边界, 可以看到 `-D` 取不同分辨率时边界精细程度的差异:

Source Code



### 数据内容

GSHHG 数据中包含了海岸线数据、河流数据和国界数据。

### 海岸线

海岸线数据可以进一步细分为 4 个不同的等级:

- 1: 陆地和海洋的分界线, 即真正意义上的海岸线
- 2: 陆地与湖泊的分界线
- 3: 湖泊中的岛屿与湖泊的分界线
- 4: 湖泊中的岛屿里的池塘与岛屿的分界线

`coast` 模块中有如下几个与海岸线相关的选项:

- `-W[level/]pen` 绘制不同等级的海岸线
- `-Gfill` 设置陆地、岛屿等陆区的填充色
- `-Sfill` 设置海洋、湖泊等水区的填充色

- **-Cfill+l** 设置湖泊的填充色
- **-Cfill+r** 设置河流湖的填充色

## 河流

河流进一步可以细分为 10 个等级：

- 0: Double-lined rivers (river-lakes).
- 1: Permanent major rivers.
- 2: Additional major rivers.
- 3: Additional rivers.
- 4: Minor rivers.
- 5: Intermittent rivers - major.
- 6: Intermittent rivers - additional.
- 7: Intermittent rivers - minor.
- 8: Major canals.
- 9: Minor canals.
- 10: Irrigation canals.

*coast* 模块的 **-I** 选项可以用于绘制不同等级的河流, 其基本语法为 **-Ilevel/pen**。其中 *level* 除了可以取 1 至 10 之外, 还可以取:

- **a**: 所有河流和运河, 即包含 0-10 等级的所有河流
- **A**: 除了河流湖之外的所有河流和运河, 即包含 1-10 等级的河流
- **r**: 所有永久河流, 即 0-4 等级
- **R**: 除了河流湖之外的永久河流, 即 1-4 等级
- **i**: 所有间歇性河流, 即 5-7 等级
- **c**: 所有运河, 即 8-10 等级

该选项可以重复多次使用, 为不同等级的河流设置不同的画笔属性。

## 国界线

国界线进一步细分为三个等级

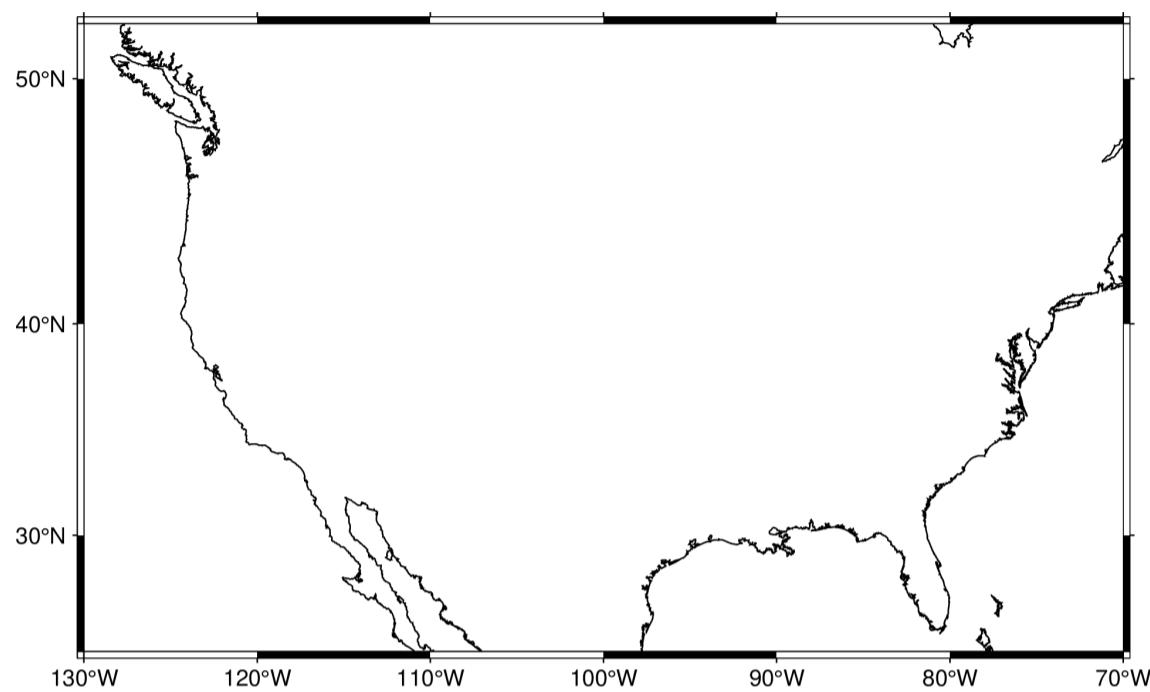
- 1: 国界
- 2: 美洲各国以及澳大利亚的州界/省界
- 3: 海洋边界

*coast* 模块的 **-N** 选项可以用于绘制不同等级的国界线, 其基本语法为 **-Nlevel/pen**。其中 *level* 可以取 1 至 3, 也可以取 **a** (表示所有边界)。该选项可以重复多次使用, 为不同等级的国界设置不同的画笔属性。

## 使用示例

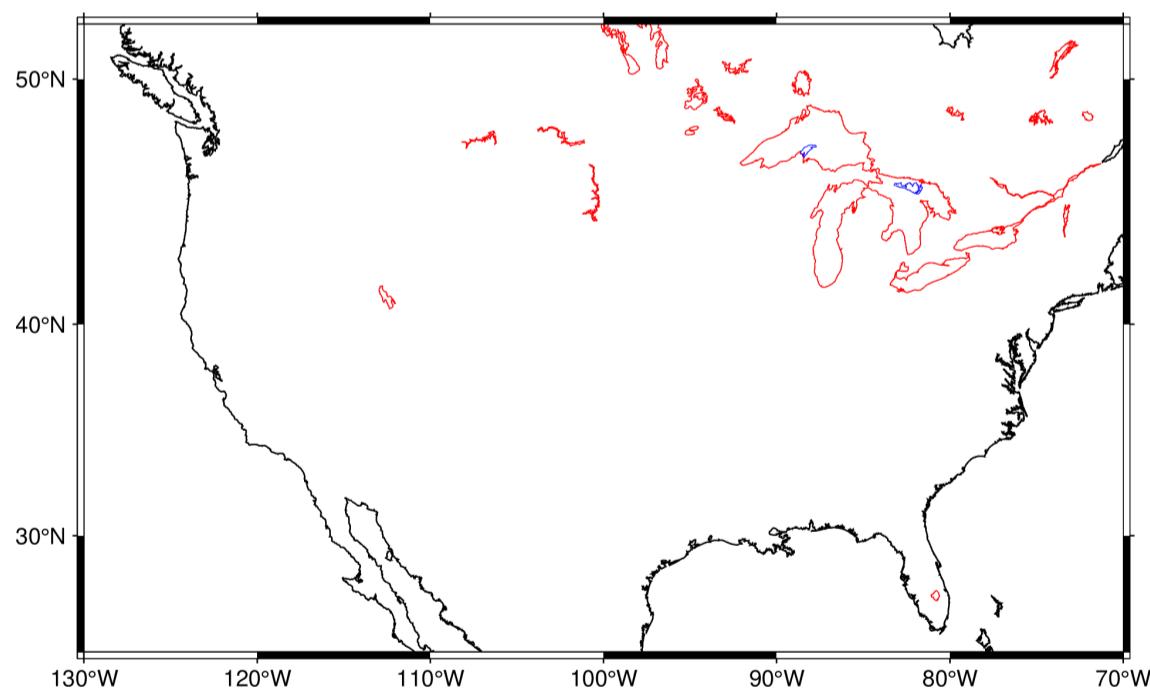
绘制 1 级海岸线：

```
gmt coast -R-130/-70/24/52 -JM15c -Ba -A1000 -W1/0.5p -png map
```



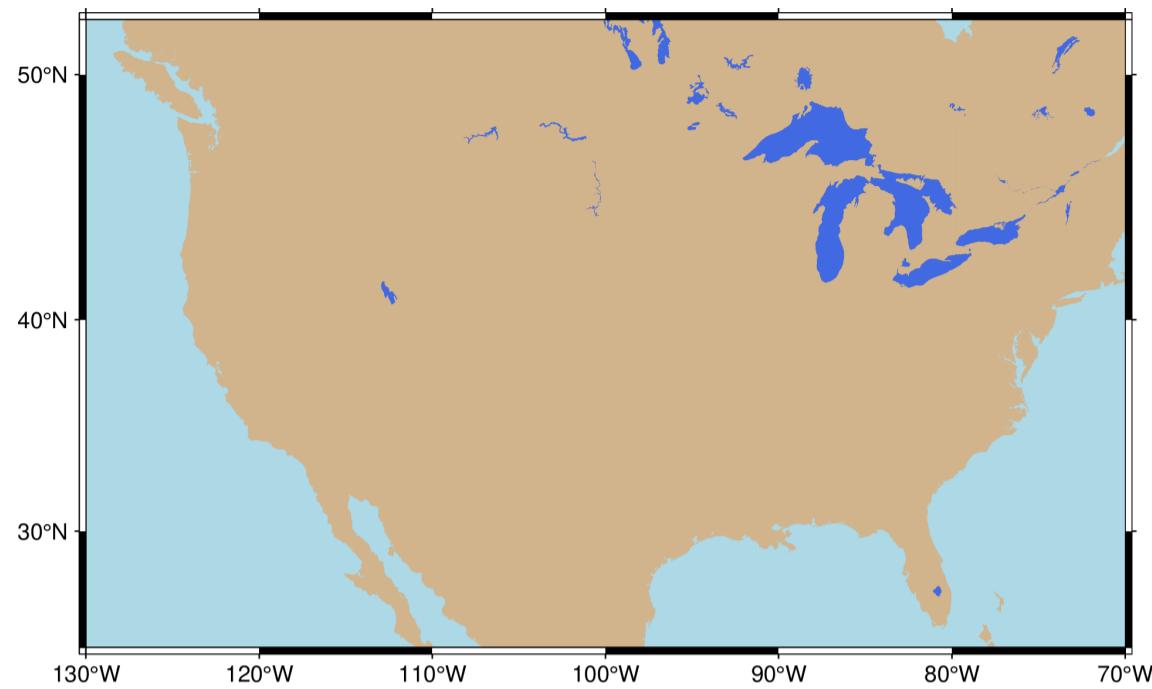
同时绘制 1-3 级海岸线，黑色的为 1 级海岸线，红色的为 2 级湖泊线（图中的大面积红色区域为五大湖），蓝色的为 3 级岛屿线（即五大湖内部的岛屿）：

```
gmt coast -R-130/-70/24/52 -JM15c -Ba -A1000 -W1/0.5p -W2/0.3p,red -W3/0.2p,blue -png map
```



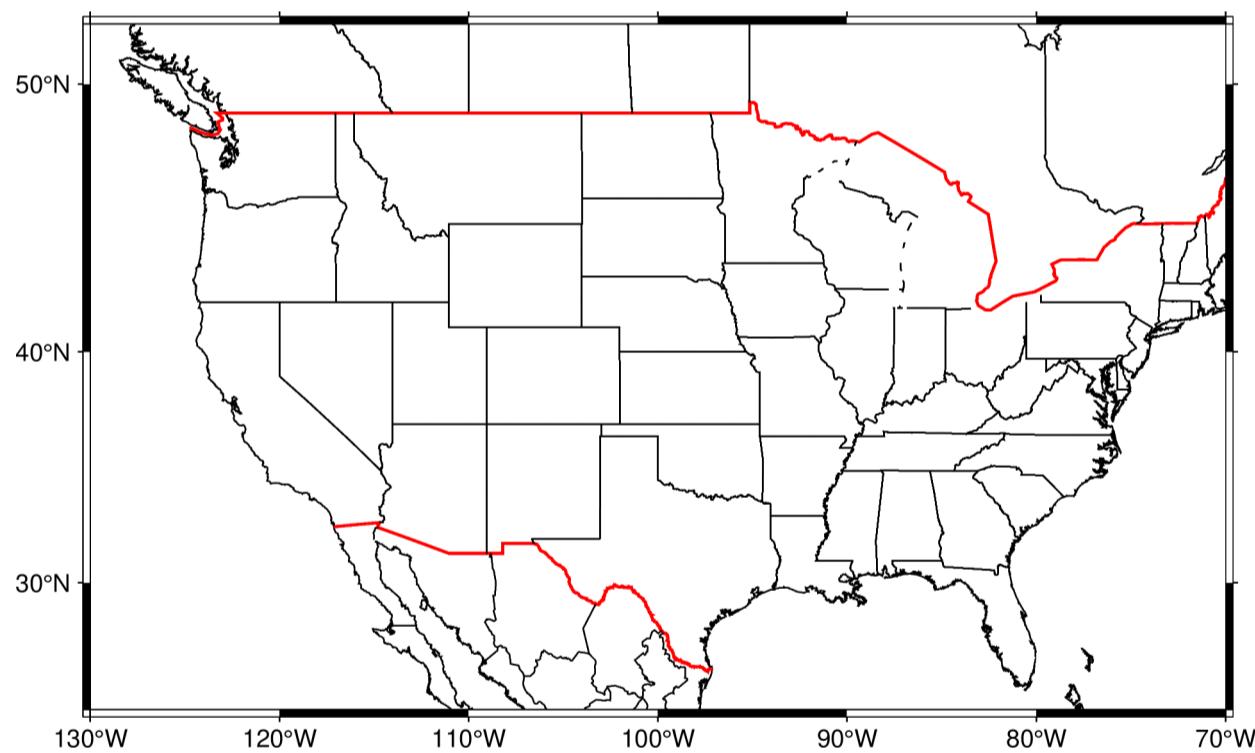
绘制 1-3 级海岸线，并为陆地、海洋、湖泊填充不同的颜色：

```
gmt coast -R-130/-70/24/52 -JM15c -Ba -A1000 -Gtan -Slightblue -Croyalblue+l -png map
```



绘制海岸线、国界和美国州界：

```
gmt coast -R-130/-70/24/52 -JM15c -Ba -Dh -A1000 -W1/0.5p -N1/thick,red -N2/thinner -png map
```



### 15.2.2 DCW: 世界数字图表

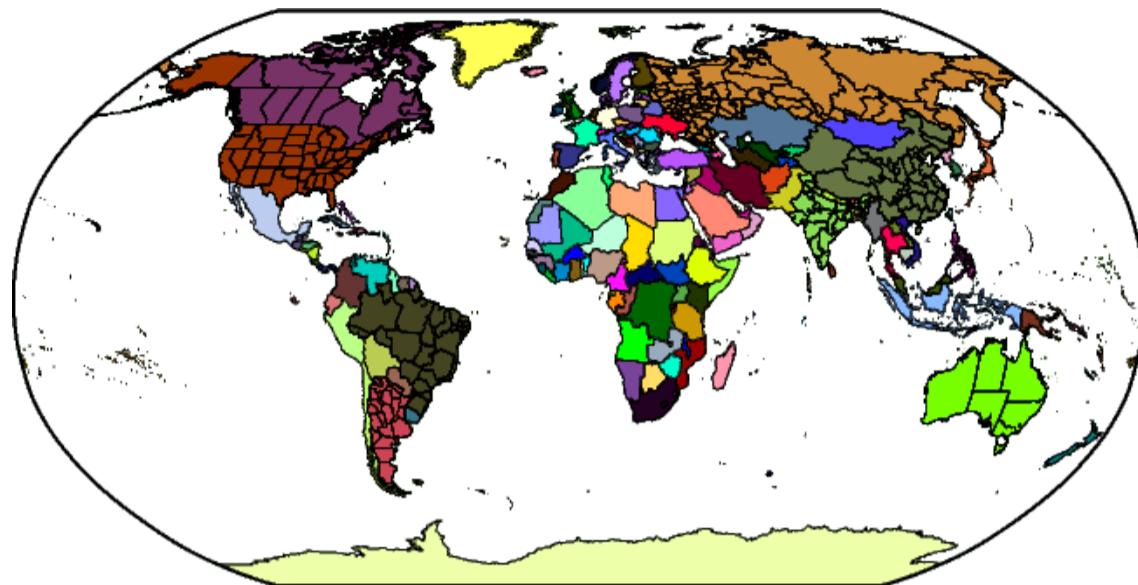


图 2: DCW: 世界数字图表

DCW 数据主页: <http://www.soest.hawaii.edu/wessel/dcw/>

DCW, 全称为 Digital Chart of the World, 即世界数字图表。GMT 提供的 DCW 数据是在原始 DCW 数据的基础上修改得到的, 其中包含了如下行政边界数据:

1. 七大洲的洲界
2. 全球 250 个国家或地区的边界
3. 8 个大国的省界/州界

**警告:** DCW 数据提供的中国国界数据不符合中国的领土主张, 在正式刊物中发表使用此类国界数据的图件时都可能存在问题。

GMT 的 `coast` 模块可以直接绘制 DCW 数据中提供的行政边界数据, 也可以使用 `coast` 的 `-M` 选项将边界数据导出为纯文本文件供其它程序使用。除此之外, DCW 数据中的信息也可以直接用在 `-R` 选项中以通过区域代码的方式指定绘图范围。

GMT 提供的 DCW 数据默认位于 GMT 安装目录下的 `share/dcw` 下, 其中主要包含了三个文件:

- `dcw-gmt.nc`: netCDF 格式的 DCW 数据
- `dcw-countries.txt`: 辅助文件, 内含国家代码
- `dcw-states.txt`: 辅助文件, 内含省界代码

## 区域代码

为了绘制某个特定行政区域的边界，首先需要知道这些行政区域的代码。

## 洲代码

七大洲都有各自的代码，其代码分别为：

- AF: 非洲 (Africa)
- AN: 南极洲 (Antarctica)
- AS: 亚洲 (Asia)
- EU: 欧洲 (Europe)
- OC: 大洋洲 (Oceania)
- NA: 北美洲 (North America)
- SA: 南美洲 (South America)

## 国家代码

每个国家都有一个国家代码，国家代码可以从如下三个途径查找：

1. 在维基百科页面 [ISO Country Codes](#) 中查找
2. 使用命令 `gmt coast -E+1` 查看国家代码列表
3. 从 DCW 辅助文件 `dcw-countries.txt` 中查找，其文件格式为：

洲代码 国家代码 国家名

该文件共计约 250 个国家。文件内容大致如下：

```
AS BH Bahrain
AS BN Brunei
AS BT Bhutan
AS CN China
AS CX Christmas Island
AS GE Georgia
AS HK Hong Kong
AS HM Heard Island and McDonald Islands
AS ID Indonesia
AS IL Israel
AS IN India
```

其中可以看到，中国的国家代码为 CN。

## 省/州代码

目前有如下八个国家的省界/州界数据：

- AR: 阿根廷
- AU: 澳大利亚
- BR: 巴西
- CA: 加拿大
- US: 美国
- CN: 中国
- IN: 印度
- RU: 俄罗斯

省代码可以从 DCW 辅助文件 `dcw-states.txt` 中查找到，其文件格式为：

国家代码	省代码	省名
------	-----	----

使用 `gmt coast -E+L` 命令可以列出 DCW 数据中的所有省代码。如果想进一步筛选出某个国家（以中国 CN 为例）的省代码，则可以使用 `gmt coast -E+L | grep CN` 命令。

以中国的数据为例，其包括全部 34 个省级行政区：23 个省（包括台湾省），5 个自治区、4 个直辖市以及 2 个特别行政区（香港、澳门）。每个省用两个字符表示（如 AH 表示安徽）：

CN.AH	Anhui
CN.BJ	Beijing
CN.CQ	Chongqing
CN.FJ	Fujian
CN.GD	Guangdong
CN.GS	Gansu
CN.GX	Guangxi
CN.GZ	Guizhou
CN.HA	Henan
CN.HB	Hubei
CN.HE	Hebei
CN.HI	Hainan
CN.HK	Xianggang (Hong Kong)
CN.HL	Heilongjiang
CN.HN	Hunan
CN.JL	Jilin
CN.JS	Jiangsu
CN.JX	Jiangxi
CN.LN	Liaoning
CN.MO	Aomen (Macao)
CN.NM	Nei Mongol
CN.NX	Ningxia
CN.QH	Qinghai
CN.SC	Sichuan
CN.SD	Shandong
CN.SH	Shanghai
CN.SN	Shaanxi
CN.SX	Shanxi
CN.TJ	Tianjin
CN.TW	Taiwan
CN.XJ	Xinjiang
CN.XZ	Xizang
CN.YN	Yunnan
CN.ZJ	Zhejiang

## 使用说明

GMT 中至少有两处会使用 DCW 数据：

1. [-R 选项](#) 中可以直接使用区域代码以间接指定绘图范围
2. [coast 模块](#) **-E***code1,code2,…* 选项调用 DCW 数据绘制或导出国界/省界

洲代码、国家代码和省代码都由两个字符构成，为了避免可能的冲突，GMT 通过如下方式区分：

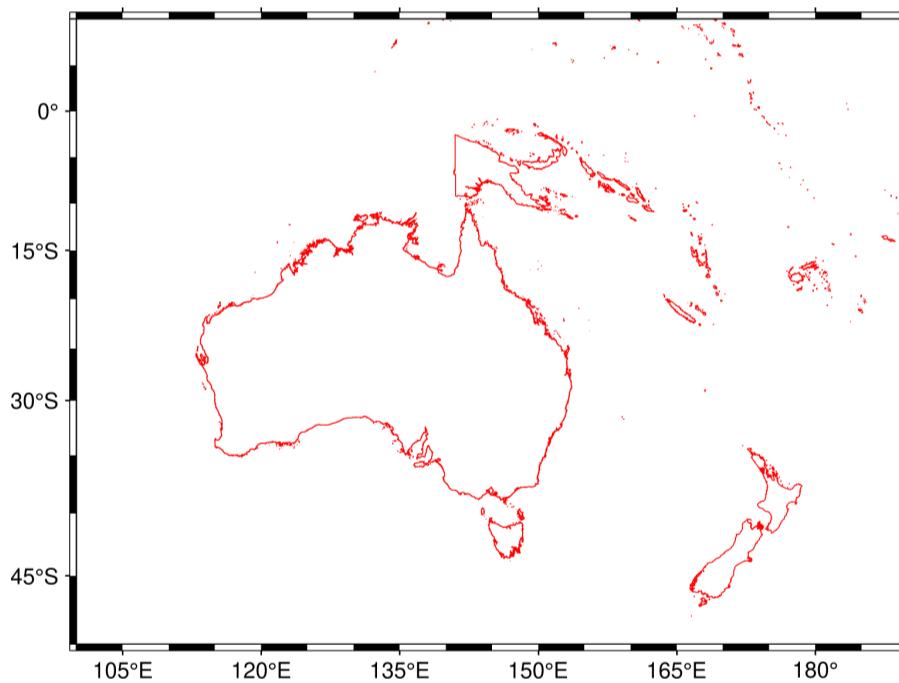
- 在洲代码前加上 = 号表示某个大洲，比如 =AS 表示亚洲
- 国家代码不需要做任何处理格式，比如 GB 表示英国
- 省代码的格式为 *country.state*，即必须在省代码前加上国家代码才可以，比如 US.TX 表示美国 Texas 州

## 使用示例

### 绘制洲界

绘制主要大洋洲国家的边界：

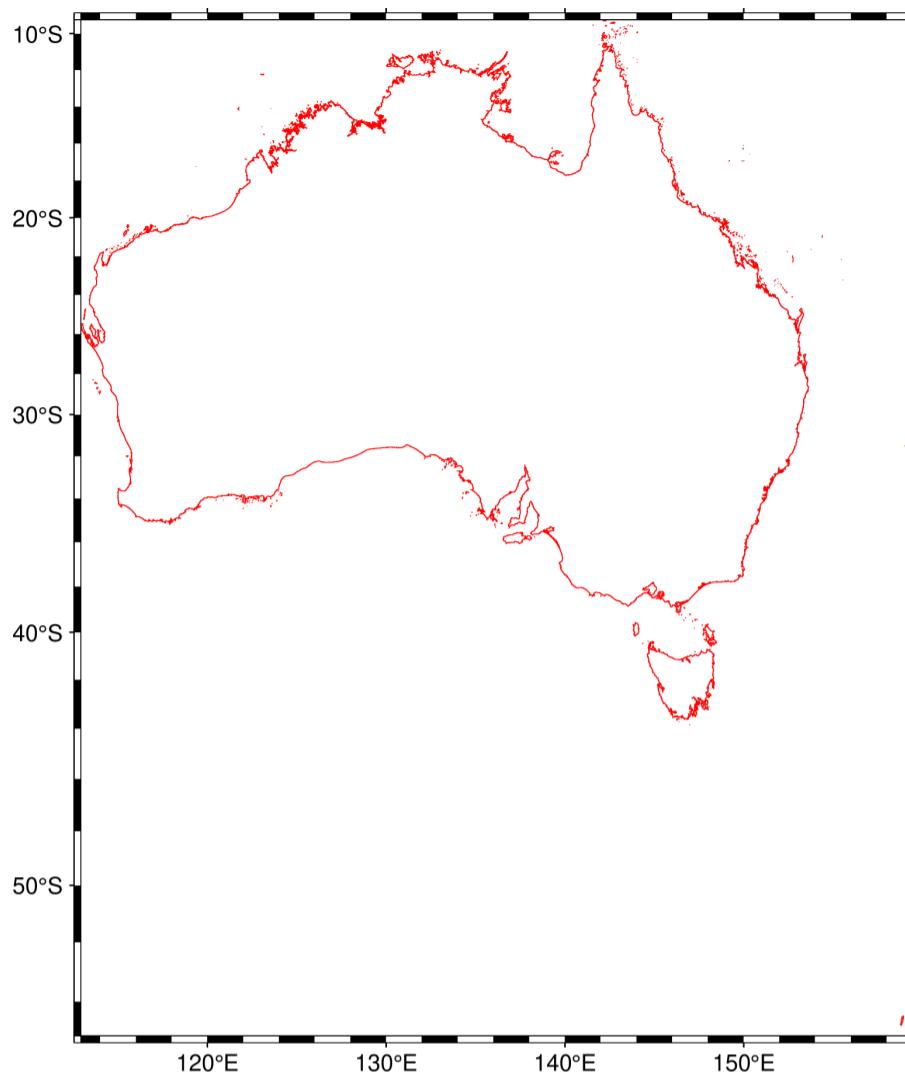
```
gmt coast -R100/190/-50/10 -JM12c -Baf -E=0C+p0.25p,red -png dataset_dcw_01
```



### 绘制国界

绘制澳大利亚边界：

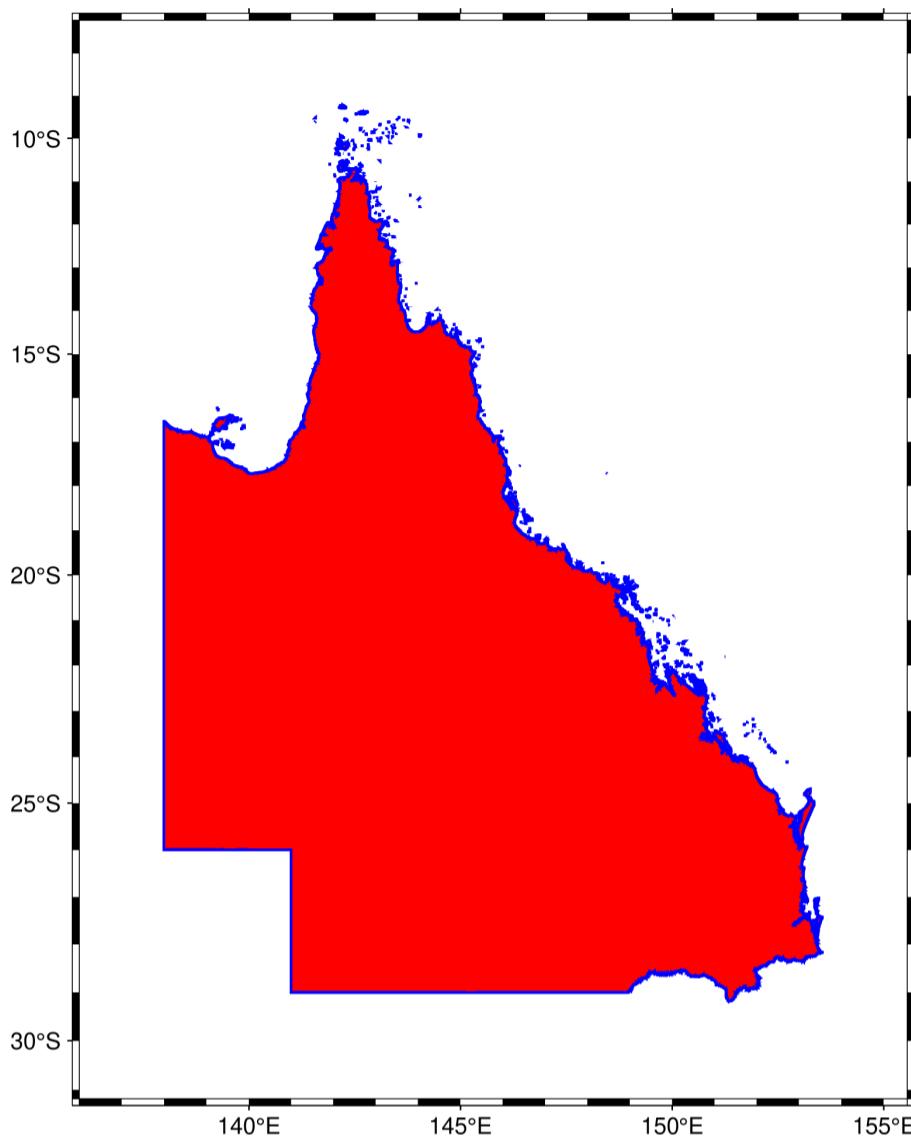
```
gmt coast -JM12c -Baf -EAU+p0.25p,red -png dataset_dcw_02
```



## 绘制省/洲界

绘制澳大利亚昆士兰州 (Queensland), 并设置边界颜色和填充颜色。其中 **-R** 选项后跟区域代码 **AU.QLD** 可间接指定该区域范围, **+R2** 表示在原有范围外扩大 2 度:

```
gmt coast -RAU.QLD+R2 -JM12c -Baf -EAU.QLD+p1p,blue+gred -png dataset_dcw_03
```



## 导出省/洲界数据

导出昆士兰州的边界数据:

```
gmt coast -EAU.QLD -M > Queensland.dat
```

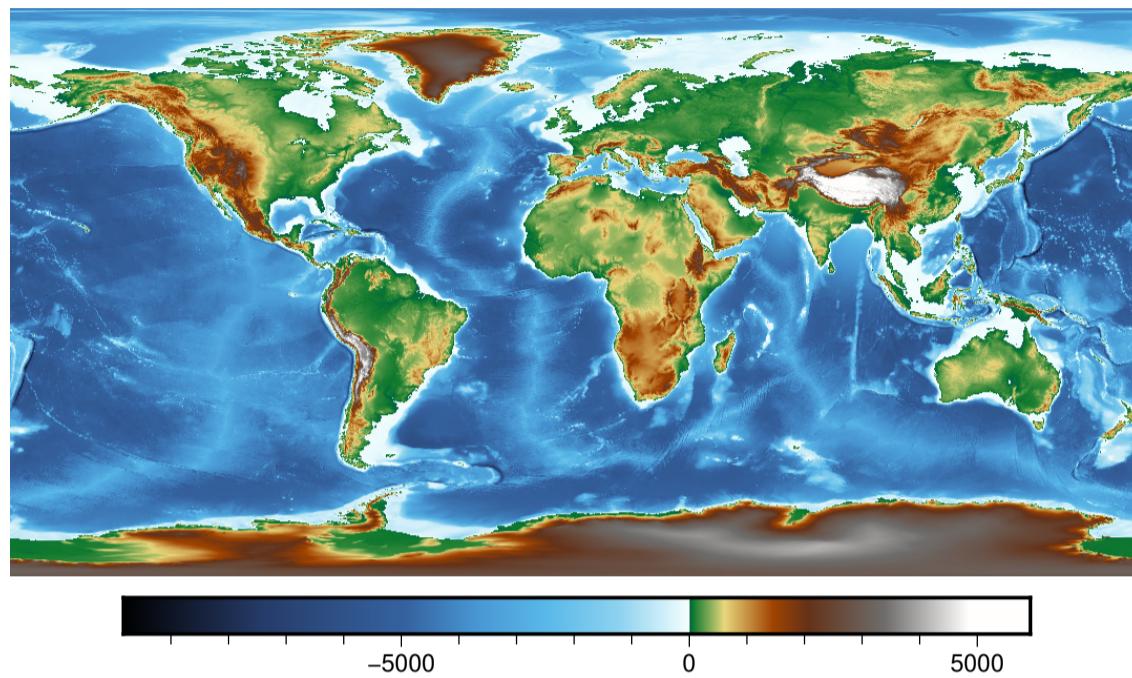
这里只需要使用 **-M** 选项即可。

## 15.3 GMT 远程数据

GMT 远程数据是指保存在 GMT 数据服务器的数据。使用某个远程数据时，GMT 会自动下载到本地。目前，GMT 提供了如下远程数据：

### 15.3.1 earth\_relief: 全球地形起伏数据

[Source Code](#)



#### 数据简介

**earth\_relief** 数据是 GMT 提供的全球地形起伏数据，其包含了全球陆地和洋底的高程数据。原始数据来源于公开数据，GMT 经过了一些预处理，提供了不同分辨率和不同配准方式的网格数据，以满足用户的不同需求。**earth\_relief** 数据默认使用 GMT 内置 CPT 文件 *geo*。

下表列出了 GMT 提供的 **earth\_relief** 数据的代码、配准方式、分辨率以及文件大小。

代码	配准方式	分辨率	大小
01d	g,p	1 度	100 KB
30m	g,p	30 分	400 KB
20m	g,p	20 分	800 KB
15m	g,p	15 分	1.4 MB
10m	g,p	10 分	2.9 MB
06m	g,p	6 分	7.5 MB
05m	g,p	5 分	11 MB
04m	g,p	4 分	16 MB
03m	g,p	3 分	28 MB
02m	g,p	2 分	58 MB
01m	g,p	1 分 (约 2 千米)	214 MB
30s	g,p	30 秒 (约 1 千米)	778 MB
15s	p	15 秒 (约 500 米)	2.6 GB
03s	g	3 秒 (约 90 米)	6.8 GB
01s	g	1 秒 (约 30 米)	41 GB

- 代码中 **d**、**m** 和 **s** 表示度、分和秒
- 配准方式中 **g** 和 **p** 分别表示网格线配准和像素配准

**警告:** 如果没有正确安装 GDAL 的话, 使用高精度的数据会报错。低精度的数据是直接以 netCDF 格式保存, 而高精度的地形数据是以 jp2 格式保存, 下载下来之后需要通过 GDAL 转换成 netCDF 格式。如果系统里安装的 GDAL 不支持 jp2 格式, 就会导致 jp2 数据可以下载, 但是转换 netCDF 格式的时候出错。出现这种报错的情况, 请卸载 GDAL, 再按照本手册给出的步骤正确安装符合要求的 GDAL。

## 使用方法

当需要使用地形数据时, 可以直接通过 `@earth_relief_rru[_reg]` 的形式调用这些地形起伏数据, 其中 `rru` 是网格文件的分辨率代码 (上表第一列), `reg` 是要使用的配准方式代码 (上表第二列)。配准方式代码是可选的, 若不指定, 则默认返回像素配准的网格数据 (若不存在, 则返回网格线配准的数据)。如果命令中使用了 `-R` 选项, 则只会读取该区域内的地形起伏数据。例如:

查看 1 度分辨率 (像素配准) 的地形数据的信息:

```
gmt grdinfo @earth_relief_01d
```

查看 30 分分辨率、网格线配准的地形数据的信息:

```
gmt grdinfo @earth_relief_30m_g
```

使用 15 分地形起伏数据绘制全球地形图:

```
gmt grdimage -JH15c @earth_relief_15m -pdf map
```

使用 2 分地形起伏数据绘制一个区域的地形图:

```
gmt grdimage -JH15c -R90/120/20/60 @earth_relief_02m -pdf map
```

## 技术细节

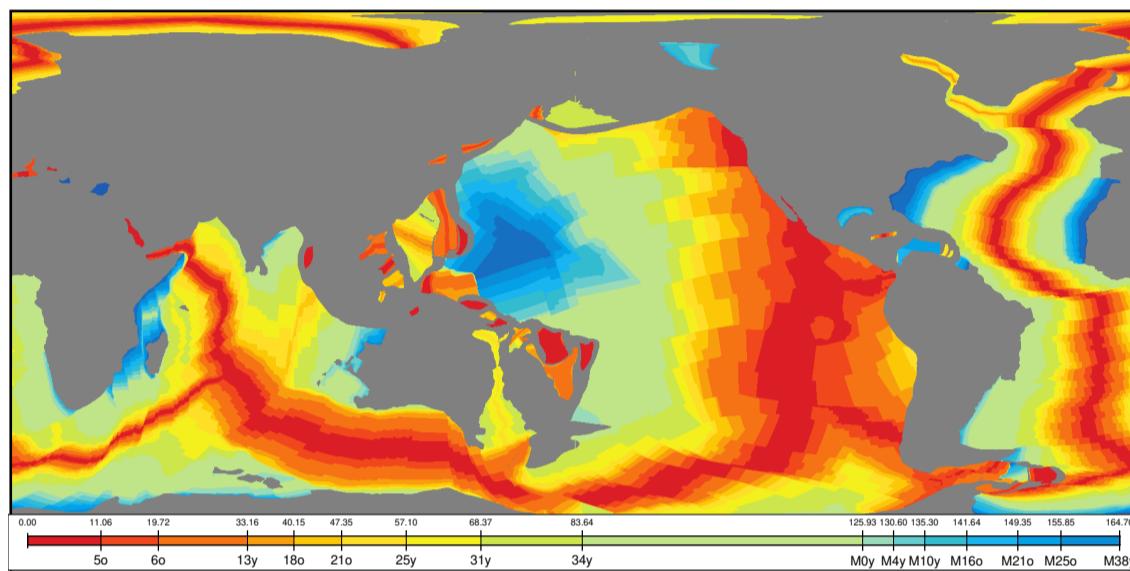
- 数据会自动下载并保存到 `~/.gmt/server/earth/earth_relief` 目录下
- 15 秒的数据来源于 SRTM15+ [<https://doi.org/10.1029/2019EA000658>]
- 30 秒及更低分辨率的全球地形数据均是 SRTM15+ 的衍生产品。GMT 利用笛卡尔高斯滤波对其进行重采样以防止混叠现象, 并保留了原始 15 秒数据的纬度依赖的分辨率信息。可以使用 `grdinfo` 查看生成网格文件所使用的滤波命令。
- 3 秒和 1 秒的数据来自于 NASA 提供的 SRTM 数据。数据被划分为 1 度 x 1 度的区块。在使用时, GMT 会根据 `-R` 选项指定的区域范围只下载区域内的地形数据。
- 原始的 SRTM3 和 SRTM1 数据只在北纬 60 度到南纬 60 度的陆地上有数据。当使用 `@earth_relief_01s` 或 `@earth_relief_03s` 时, GMT 会自动对 `@earth_relief_15s` 数据进行增采样以填充缺失的海洋部分。
- 如果想使用最原始的只包含陆地的 SRTM 地形数据, 则可以使用 `@srtm_relief_03s` 或 `srtm_relief_01s`。
- 大部分分辨率的数据都提供了网格线配准和像素配准两种方式的文件。

## 数据来源及引用

1. SRTM15+: <https://doi.org/10.1029/2019EA000658>
2. SRTMGL3 数据: <https://lpdaac.usgs.gov/products/srtmgl3v003/>
3. SRTMGL1 数据: <https://lpdaac.usgs.gov/products/srtmgl1v003/>

### 15.3.2 earth\_age: 地球洋壳年龄数据

Source Code



## 数据简介

`earth_age` 数据是 GMT 提供的地球洋壳年龄数据。原始数据来源于公开数据, GMT 经过了一些预处理, 提供了不同分辨率和不同配准方式的网格数据, 以满足用户的不同需求。绘制 `earth_age` 数据时默认使用 GMT 缓存文件 `@age_chrons_GTS2012_2020.cpt` 作为 CPT 文件。

下表列出了 GMT 提供的 `earth_age` 数据的代码、配准方式、分辨率以及文件大小。

代码	配准方式	分辨率	大小
01d	g,p	1 度	125 KB
30m	g,p	30 分	402 KB
20m	g,p	20 分	827 KB
15m	g,p	15 分	1.4 MB
10m	g,p	10 分	2.9 MB
06m	g,p	6 分	7.3 MB
05m	g,p	5 分	10 MB
04m	g,p	4 分	15 MB
03m	g,p	3 分	26 MB
02m	g,p	2 分	56 MB
01m	g,p	1 分	188 MB

- 代码中 `d`、`m` 和 `s` 表示度、分和秒
- 配准方式中 `g` 和 `p` 分别表示网格线配准和像素配准

## 使用方法

当需要使用地球洋壳年龄时, 可以直接通过 `@earth_age_rru[_reg]` 的形式调用这些地球洋壳年龄数据, 其中 `rru` 是网格文件的分辨率代码 (上表第一列), `reg` 是要使用的配准方式代码 (上表第二列)。配准方式代码是可选的, 若不指定, 则默认返回像素配准的网格数据。如果命令中使用了 `-R` 选项, 则只会读取该区域内的地球洋壳年龄数据。

```
# 查看 1 度分辨率 (像素配准) 的地球洋壳年龄的信息
$ gmt grdinfo @earth_age_01d

# 查看 30 分分辨率、网格线配准的地球洋壳年龄的信息
$ gmt grdinfo @earth_age_30m_g

# 使用 15 分地球洋壳年龄数据
$ gmt grdimage -JH15c @earth_age_15m -pdf map
```

## 技术细节

- 数据会自动下载并保存到 `~/.gmt/server/earth/earth_age` 目录下
- 洋壳年龄数据的单位为 Myr (百万年), 相对于 2012 地质年代表
- GMT 提供的洋壳年龄数据的最小单位是 0.01 Myr, 低于原始模型中的不确定度
- GMT 对数据进行了缩放和偏移, 以使得数据可以以短整型的形式保存到 netCDF 格式, 极大的减小了数据所占的空间

## 数据来源及引用

- Seton et al., 2020, <https://doi.org/10.1029/2020GC009214>

### 15.3.3 earth\_day 和 earth\_night: 地球昼夜卫星影像

Source Code

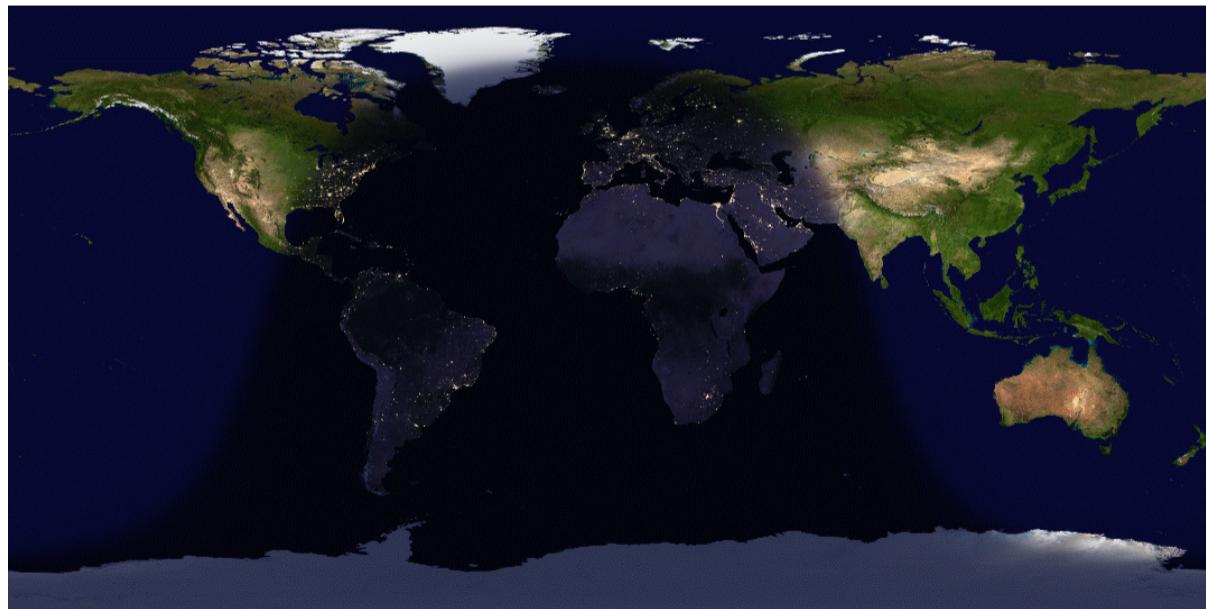


图 3: 地球昼夜卫星影像

## 数据简介

GMT 提供了地球的卫星影像数据。该数据来自于美国航空航天局，分为白昼 (Blue Marble) 和黑夜 (Black Marble) 两类。该影像数据也分不同的精度，从 30 秒到 1 度不等。

下表列出了 GMT 提供的昼夜卫星影像的代码、配准方式、分辨率以及文件大小。

代码	配准方式	分辨率	大小
01d	p	1 度	128 KB
30m	p	30 分	435 KB
20m	p	20 分	918 KB
15m	p	15 分	1.6 MB
10m	p	10 分	3.4 MB
06m	p	6 分	8.8 MB
05m	p	5 分	13 MB
04m	p	4 分	19 MB
03m	p	3 分	33 MB
02m	p	2 分	71 MB
01m	p	1 分	258 MB
30s	p	30 秒	935 MB

- 白昼影像数据的名称为 `earth_day`
- 黑夜影像数据的名称为 `earth_night`
- 代码中 `d`、`m` 和 `s` 表示度、分和秒
- 配准方式 `p` 分别表示像素配准 (目前该数据只提供像素配准的数据)
- 目前高精度影像数据以单个文件形式保存，并没有划分为小区块保存

## 使用方法

地球昼夜影像数据通过 `@earth_day_rru` 或者 `@earth_night_rru` 的形式调用，其中 `rru` 表示影像文件的分辨率。如果命令中使用了 `-R` 选项，则只会绘制该区域内的数据。例如：

使用 15 分的白昼影像数据绘制全球影像图：

```
gmt grdimage -JH15c @earth_day_15m -pdf map
```

使用 2 分的黑夜影像数据绘制一个区域的影像图：

```
gmt grdimage -JH15c -R90/120/20/60 @earth_night_02m -pdf map
```

## 技术细节

- 数据会自动下载并保存到 `~/.gmt/server/earth/earth_day` 和 `~/.gmt/server/earth/earth_night` 目录下
- 30 秒分辨率的版本是 NASA 官方提供的版本
- 其它分辨率的版本是经过 GMT 官方笛卡尔高斯滤波降采样得到

## 数据来源及引用

1. 白昼影像: [<https://visibleearth.nasa.gov/images/57752/blue-marble-land-surface-shallow-water-and-shaded-topographic-relief>].
2. 黑夜影像: [<https://earthobservatory.nasa.gov/features/NightLights/page3.php>].

### 15.3.4 earth\_mask: 地球掩膜数据

Source Code

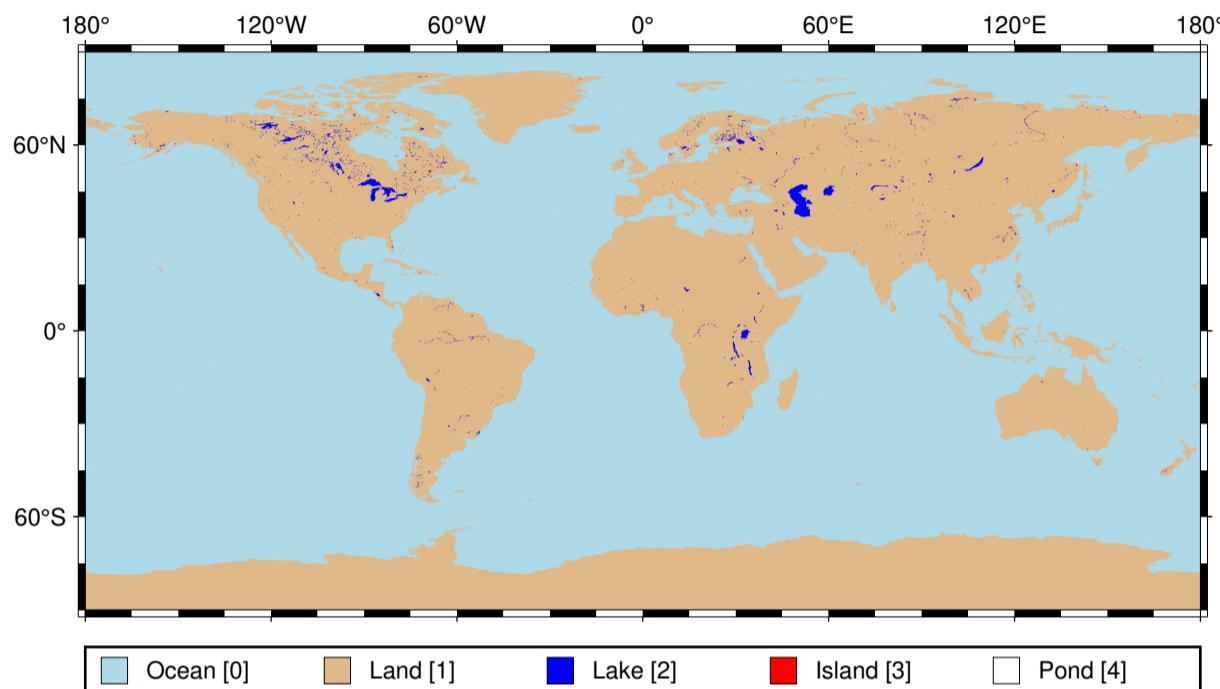


图 4: 地球掩膜数据

## 数据介绍

地球掩膜数据指明了地表的水陆地理特征。该网格数据的 Z 值只有 5 个值。这 5 个值从 0 到 4 依次指代海洋 (ocean)、陆地 (land)、湖泊 (lake)、湖中岛 (island-in-lake) 和岛中湖 (pond-in-island-in-lake)。

该数据的主要作用是对网格数据进行掩膜操作，以孤立出仅位于陆地或海洋的数据。该掩膜数据可以用 `grd-landmask` 模块生成，但对于高分辨率、全精度 GSHHG 数据而言，这一过程通常非常耗时。因而 GMT 官方提供了计算好的掩膜数据供用户使用。该数据也分不同的分辨率，从 15 秒到 1 度不等。

下表列出了 GMT 提供的地球掩膜数据 `earth_mask` 的代码、配准方式、分辨率以及文件大小。

代码	配准方式	分辨率	大小
01d	g,p	1 度	20 KB
30m	g,p	30 分	24 KB
20m	g,p	20 分	30 KB
15m	g,p	15 分	35 KB
10m	g,p	10 分	57 KB
06m	g,p	6 分	106 KB
05m	g,p	5 分	117 KB
04m	g,p	4 分	149 KB
03m	g,p	3 分	209 KB
02m	g,p	2 分	393 KB
01m	g,p	1 分	998 KB
30s	g,p	30 秒	2.6 MB
15s	g,p	15 秒	7.5 MB

- 代码中 **d**、**m** 和 **s** 表示度、分和秒
- 配准方式中 **g** 和 **p** 分别表示网格线配准和像素配准

## 使用方法

当需要使用地球掩膜数据时, 可以通过 `@earth_mask_rru[reg]` 的形式调用。其中 `rru` 是网格文件的分辨率代码 (上表第一列), `reg` 是要使用的配准方式代码 (上表第二列)。配准方式代码是可选的, 若不指定, 则默认返回像素配准的网格数据。如果命令中使用了 **-R** 选项, 则只会读取该区域内的掩膜数据。

查看 30 分的地球掩膜数据的信息:

```
gmt grdinfo @earth_mask_30m
```

如果用户希望仅仅获得海洋或者水陆的掩膜, 需要使用 `grdmath` 模块对掩膜数据进行调整。下面给出一些例子。

利用 `grdmath` 将掩膜数据 `earth_mask_01m_g` 中大于 (GT) 0 的为 1, 其余为 0。这就意味着海洋部分改为 0, 其余均为 1:

```
gmt grdmath @earth_mask_01m_g 0 GT = ocean_land.grd
```

生成一个像素配准的掩膜数据, 其陆地上为 `Nan`, 海洋中为 1, 可以用:

```
gmt grdmath @earth_mask_01m_p 0 LE 0 NAN = land_NaN.grd
```

生成一个像素配准的掩膜数据, 其湖泊中值为 1, 其余地方均为 `Nan`:

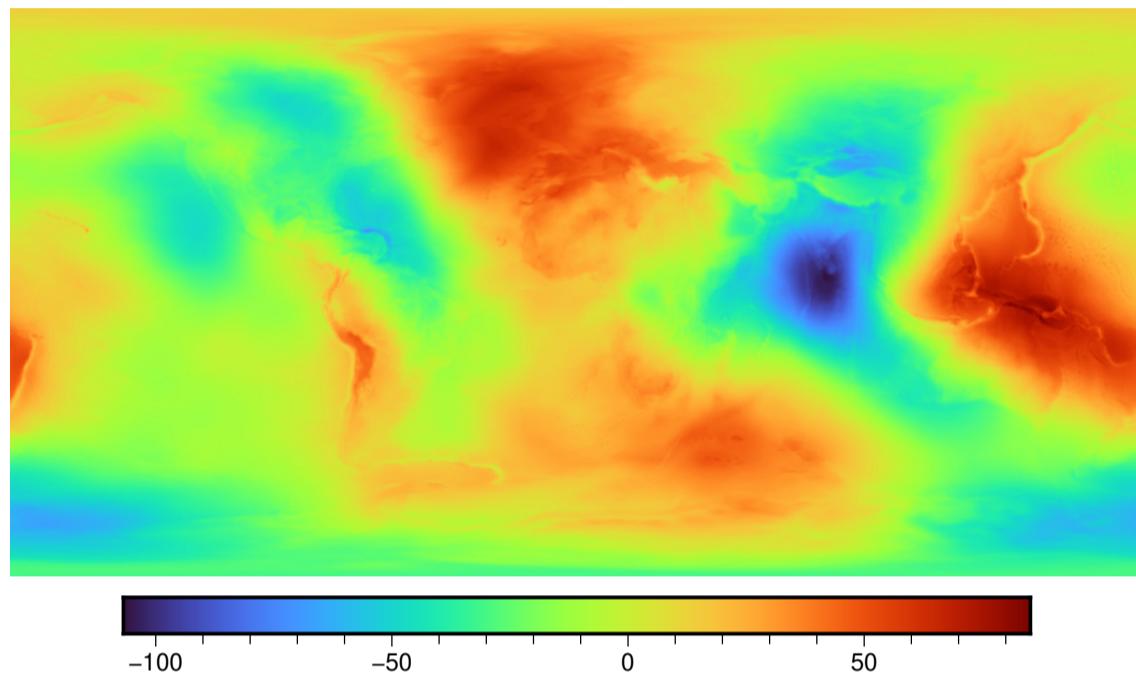
```
gmt grdmath @earth_mask_01m 2 EQ 0 NAN = lakes_and_NaN.grd
```

## 技术细节

- 数据会自动下载并保存到 `~/.gmt/server/earth/earth_mask` 目录下

### 15.3.5 earth\_geoid: EGM2008 全球大地水准面模型

[Source Code](#)



## 数据简介

`earth_geoid` 是 GMT 所提供的 EGM2008 [Pavlis et al., 2012] 大地水准面模型。数据单位为米。

下表列出了 `earth_geoid` 数据的代码、配准方式、分辨率以及文件大小。

代码	配准方式	分辨率	大小
01d	g,p	1 度	99 KB
30m	g,p	30 分	324 KB
20m	g,p	20 分	664 KB
15m	g,p	15 分	1.1 MB
10m	g,p	10 分	2.9 MB
06m	g,p	6 分	5.9 MB
05m	g,p	5 分	8.1 MB
04m	g,p	4 分	11 MB
03m	g,p	3 分	20 MB
02m	g,p	2 分	34 MB
01m	p	1 分	100 MB

- 代码中 `d` 和 `m` 分别表示度、分
- 配准方式中 `g` 和 `p` 分别表示网格线配准和像素配准

## 使用方法

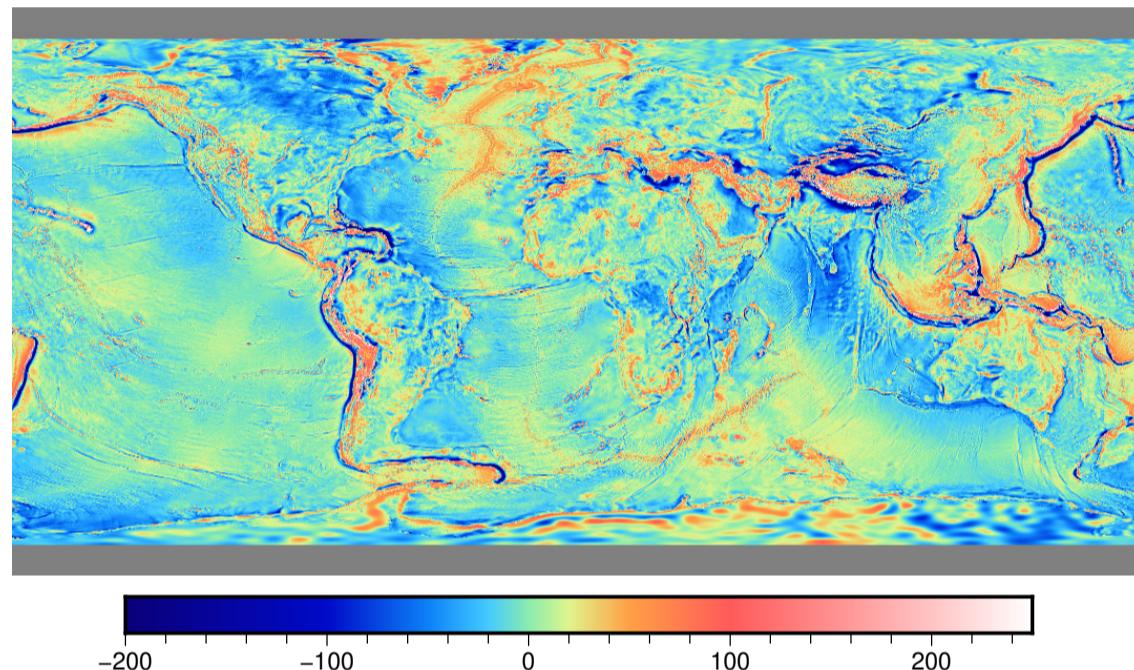
当需要使用大地水准面数据时, 可以直接通过 `@earth_geoid_rru[_reg]` 的形式调用这些大地水准面数据, 其中 `rru` 是网格文件的分辨率代码 (上表第一列), `reg` 是要使用的配准方式代码 (上表第二列)。配准方式代码是可选的, 若不指定, 则默认返回像素配准的网格数据 (若不存在, 则返回网格线配准的数据)。如果未指定 CPT 文件, 则默认调用 `turbo` 进行绘图。

## 数据来源及引用

1. Pavlis, N.K., Holmes, S.A., Kenyon, S.C. and Factor, J.K., 2012: [<https://doi.org/10.1029/2011JB008916>].

### 15.3.6 earth\_faa: IGPP 全球自由空气异常数据

Source Code



## 数据简介

`earth_faa` 是 GMT 提供的全球自由空气异常数据。其中海洋区域的数据来自于 David Sandwell 等, 陆地区域的数据来自于 EGM2008 模型 [Pavlis et al., 2012]。±80° 以外的极地区域没有数据覆盖, 以 NaN 填充。数据单位为 mGal。

下表列出了 `earth_faa` 数据的代码、配准方式、分辨率以及文件大小。

代码	配准方式	分辨率	大小
01d	g,p	1 度	106 KB
30m	g,p	30 分	368 KB
20m	g,p	20 分	785 KB
15m	g,p	15 分	1.3 MB
10m	g,p	10 分	2.9 MB
06m	g,p	6 分	7.5 MB
05m	g,p	5 分	11 MB
04m	g,p	4 分	16 MB
03m	g,p	3 分	28 MB
02m	g,p	2 分	60 MB
01m	p	1 分	220 MB

- 代码中 **d** 和 **m** 分别表示度、分
- 配准方式中 **g** 和 **p** 分别表示网格线配准和像素配准

## 使用方法

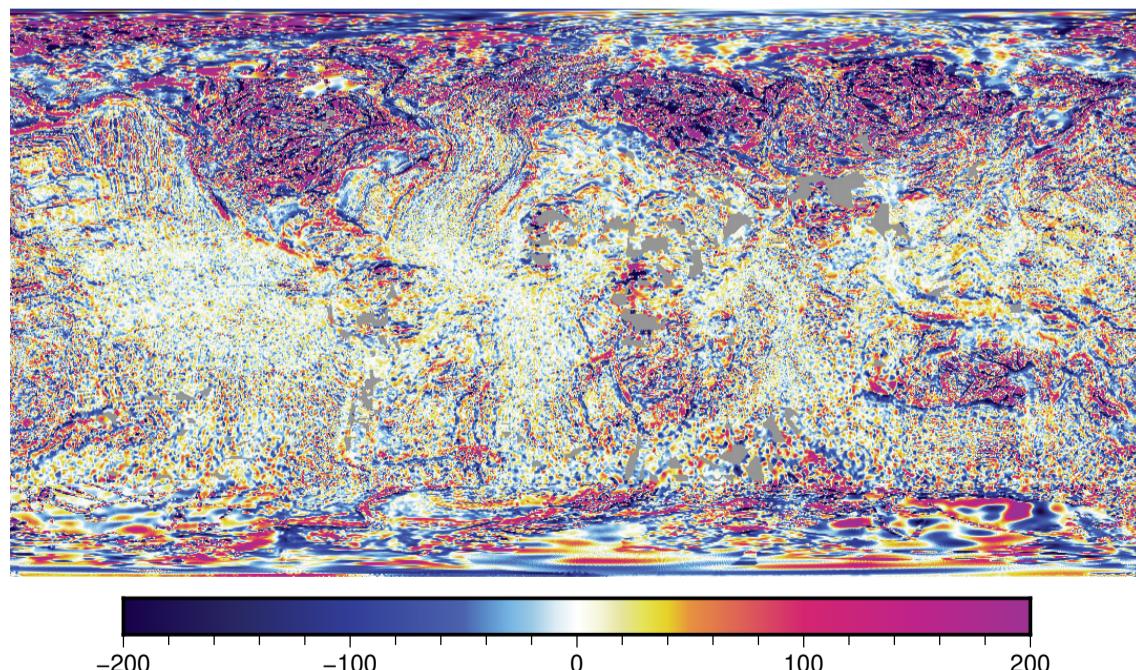
当需要使用全球自由空气异常数据时，可以直接通过 `@earth_faa_rru[_reg]` 的形式调用这些全球自由空气异常数据，其中 `rru` 是网格文件的分辨率代码（上表第一列），`reg` 是要使用的配准方式代码（上表第二列）。配准方式代码是可选的，若不指定，则默认返回像素配准的网格数据（若不存在，则返回网格线配准的数据）。如果不指定 CPT，则会默认调用 `@earth_faa.cpt` 进行绘图。

## 数据来源及引用

1. Sandwell, D.T., Harper, H., Tozer, B. and Smith, W.H., 2019: [<https://doi.org/10.1016/j.asr.2019.09.011>].
2. Pavlis, N.K., Holmes, S.A., Kenyon, S.C. and Factor, J.K., 2012: [<https://doi.org/10.1029/2011JB008916>].

### 15.3.7 earth\_mag 和 earth\_mag4km: EMAG2 全球磁异常模型

Source Code



## 数据简介

`earth_mag` 和 `earth_mag4km` 是 GMT 提供的 EMAG2 全球磁异常模型, 数据来自于最新的第三版 [Meyer et al., 2017]。数据单位为 nT。

其中 `earth_mag` 是海洋区域海平面上的观测数据, 在陆地上无数据。而 `earth_mag4km` 是相对于大地水准面以上 4km 的观测数据, 数据覆盖包括陆地和海洋。

下表列出了 `earth_mag4km` 数据的代码、配准方式、分辨率以及文件大小。而 `earth_mag` 大小约为其 60%。

代码	配准方式	分辨率	大小
01d	g,p	1 度	94 KB
30m	g,p	30 分	329 KB
20m	g,p	20 分	695 KB
15m	g,p	15 分	1.2 MB
10m	g,p	10 分	2.5 MB
06m	g,p	6 分	5.7 MB
05m	g,p	5 分	9.3 MB
04m	g,p	4 分	14 MB
03m	g,p	3 分	24 MB
02m	p	2 分	52 MB

- 代码中 **d** 和 **m** 分别表示度、分
- 配准方式中 **g** 和 **p** 分别表示网格线配准和像素配准

## 使用方法

当需要使用全球磁异常模型数据时, 可以直接通过 `@earth_mag_rru[_reg]` 或 `@earth_mag4km_rru[_reg]` 的形式调用这些全球磁异常模型数据, 其中 `rru` 是网格文件的分辨率代码(上表第一列), `reg` 是要使用的配准方式代码(上表第二列)。配准方式代码是可选的, 若不指定, 则默认返回像素配准的网格数据(若不存在, 则返回网格线配准的数据)。如果不指定 CPT, 则会默认调用 `@earth_mag.cpt` 进行绘图。

## 数据来源及引用

1. Meyer, B., Saltus, R. and Chulliat, A., 2017: [<https://doi.org/10.7289/V5H70CVX>].

## 15.4 自定义数据

除了 GMT 官方提供的内置数据和远程数据外, 用户还可以自行准备数据, 建立 GMT 数据库, 供 GMT 使用。GMT 中文社区整理了一些自定义数据, 供用户选用:

### 15.4.1 GADM: 全球行政区划数据库

GADM 主页: <https://gadm.org/>

GADM, 全称 Database of Global Administrative Areas, 是一个高精度的全球行政区划数据库。其包含了全球所有国家和地区的国界、省界、市界、区界等多个级别的行政区划边界数据。

**警告:** GADM 提供的中国国界数据不符合中国的领土主张, 省界、市界、区界等数据也不一定是最新的版本。在正式刊物中发表使用此类数据的图件时需格外谨慎。

#### 数据下载

GADM 提供了两种下载方式:

1. 下载全球所有国家和地区的所有数据 [https://gadm.org/download\\_world.html](https://gadm.org/download_world.html)
2. 按国家下载 [https://gadm.org/download\\_country\\_v3.html](https://gadm.org/download_country_v3.html)

由于全球数据量巨大, 建议根据需要按照国家下载数据。

需要说明的是, GADM 中对 country 的定义为 “any entity with [an ISO country code](#)”。因而如果想要下载完整的中国数据, 实际上需要下载 China、Hong Kong、Macao 和 Taiwan 四个数据。

由于 GADM 提供的中国国界数据不符合我国领土主张, 本文以美国数据为例介绍数据下载及使用。

#### 数据格式及转换

对于每个数据, GADM 提供了 5 种不同的格式:

- Geopackage: 可以被 GDAL/OGR、ArcGIS、QGIS 等软件读取
- Shapefile: 可直接用于 ArcGIS 等软件
- KMZ: 可直接在 Google Earth 中打开
- R (sp): 可直接用于 R 语言绘图
- R (sf): 可直接用于 R 语言绘图

如果在安装 GMT 时, GMT 已经正确链接了 GDAL 库, 则 Shapefile 格式的数据可以直接用于绘图。实际绘图时, 可能只想要一小部分数据(比如某个省/州的界线), 这种情况下, 则需要将数据转换成纯文本文件, 以方便从数据中提取出需要的部分。

GDAL 的 [ogr2ogr](#) 命令可以实现多种地理数据格式之间的互相转换。

下面的示例使用了 GADM v3.6, 在 GDAL 2.4.2 和 3.1.2 下测试通过, 其它版本的 GDAL 也许用法略有不同。

## Geopackage 转 GMT

以 United States 数据为例, 解压得到文件 gadm36\_USA.gpkg。使用如下命令查看文件的信息:

```
$ ogrinfo gadm36_USA.gpkg
INFO: Open of `gadm36_USA.gpkg'
      using driver `GPKG' successful.
1: gadm36_USA_2 (Multi Polygon)
2: gadm36_USA_1 (Multi Polygon)
3: gadm36_USA_0 (Multi Polygon)
```

可以看到 Geopackage 文件中包含了三个文件, 分别是 3 个不同等级的边界。使用如下命令(注意其中的一对单引号不可省略)将其转换为 GMT 可识别的格式:

```
ogr2ogr -f OGR_GMT '' gadm36_USA.gpkg gadm36_USA_0
ogr2ogr -f OGR_GMT '' gadm36_USA.gpkg gadm36_USA_1
ogr2ogr -f OGR_GMT '' gadm36_USA.gpkg gadm36_USA_2
```

最终得到以 .gmt 结尾的数据 3 个。

## Shapefile 转 GMT

以 United States 数据为例, 将下载的 ZIP 压缩包解压会得到 gadm36\_USA\_[012].shp 3 组 Shapefile 数据文件。

使用如下命令即可将 Shapefile 转换为 GMT 可识别的格式:

```
ogr2ogr -f OGR_GMT gadm36_USA_0.gmt gadm36_USA_0.shp
ogr2ogr -f OGR_GMT gadm36_USA_1.gmt gadm36_USA_1.shp
ogr2ogr -f OGR_GMT gadm36_USA_2.gmt gadm36_USA_2.shp
```

最终得到以 .gmt 结尾的数据 3 个。

## 数据分级

提取得到的数据文件的文件名类似 gadm36\_USA\_0.gmt, 其中 USA 为国家/地区代码, 0 表示行政等级。

以美国数据为例, 其数据包含了三个等级:

- 0 级: 即国界
- 1 级: 即州界
- 2 级: 即县界

## 使用示例

### 美国本土地图

绘制美国本土地图需要前面提取出的 0 级数据。

```
gmt plot -JM15c -R-132/-64/23/51 gadm36_USA_0.gmt -png, pdf gadm_level0
```

绘图效果如下:

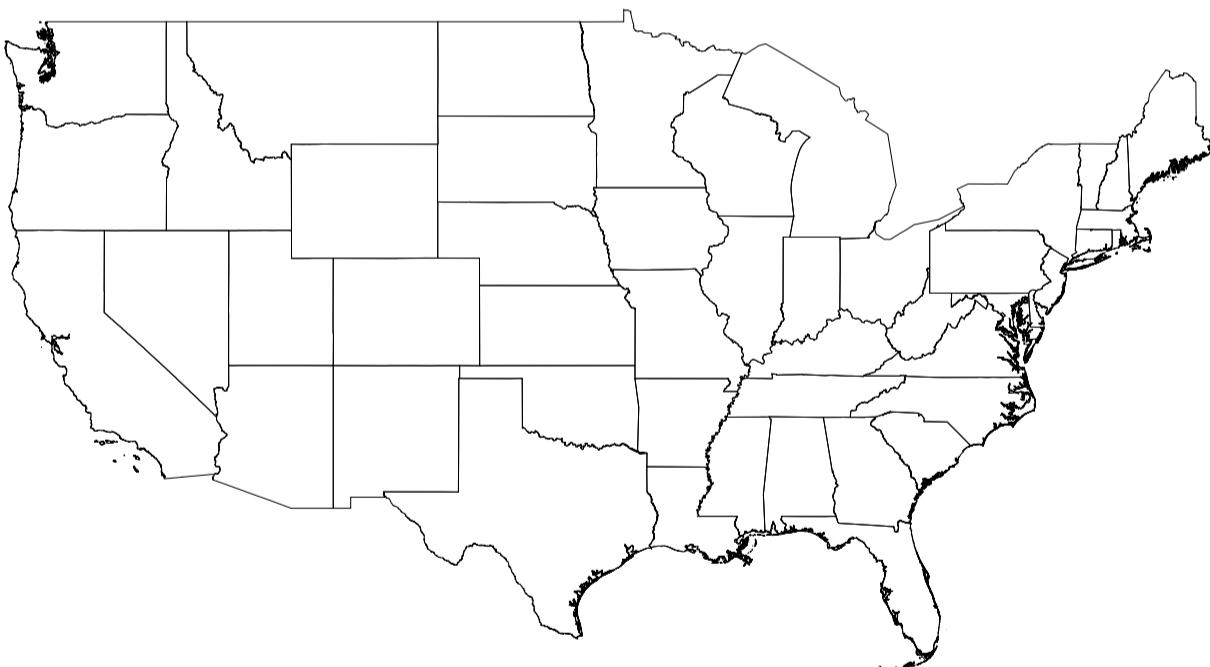


### 美国 1 级行政区划/州界

代码与上面的代码几乎一样，此处使用了美国本土的 1 级数据。

```
gmt plot -JM15c -R-132/-64/23/51 gadm36_USA_1.gmt -png, pdf gadm_level1
```

绘图效果如下：



此处绘制了美国本土 48 个州的州界数据。如果只想要绘制某个州，可以用文本编辑器打开 USA 的 1 级数据文件，在注释行中有清晰地标记出每段数据是哪个州的边界，因而可以很方便地提取出来。

也可以利用如下命令将某个州界从 Shapefile 中提取出来：

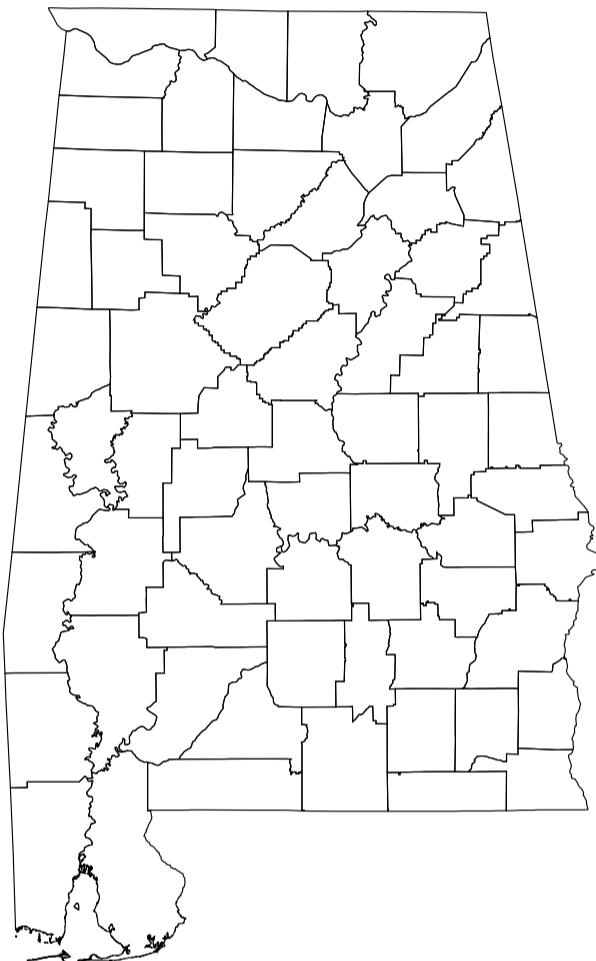
```
ogr2ogr -f OGR_GMT Alabama.gmt gadm36_USA_1.shp -where "NAME_1 = 'ALABAMA'"
```

## 美国 2 级行政区划/县界

2 级数据中包含了美国所有的县级边界。此处以 Alabama 州为例, 用上述方法在 USA 的 2 级数据文件中提取该州的州界和县界 Alabama.gmt, 绘图效果如下:

```
gmt plot -JM10c -R-90/-82/29/37 Alabama.gmt -png, pdf gadm_level2
```

绘图效果如下:



## 许可协议

GADM 的[许可协议](#) 表明该数据可以免费用于学术和非商业用途, 可以利用该数据绘制学术出版物的地图, 但禁止重新分发或商业用途。

### 15.4.2 PB2002: 全球板块边界数据

PB2002 是常用的一个全球板块边界数据, 其包含了 14 个大板块和 38 个小板块, 共计 52 个板块的边界数据。

- 官方网站: [http://peterbird.name/publications/2003\\_PB2002/2003\\_PB2002.htm](http://peterbird.name/publications/2003_PB2002/2003_PB2002.htm)
- 原始数据下载地址: <http://peterbird.name/oldFTP/PB2002/>
- 数据格式说明: [http://peterbird.name/oldFTP/PB2002/2001GC000252\\_readme.txt](http://peterbird.name/oldFTP/PB2002/2001GC000252_readme.txt)

## 数据下载

原始数据的格式无法直接用于 GMT 绘图。这里我们从官方网站下载了 `PB2002_plates.dig.txt` 和 `PB2002_boundaries.dig.txt` 数据，并将其段头记录做了修改以供 GMT 用户使用。

可供 GMT 直接使用的数据下载地址: [PB2002\\_plates.dig.txt](#) | [PB2002\\_boundaries.dig.txt](#)

两个数据是等效的，区别在于：

- `PB2002_plates.dig.txt`: 数据分为 52 段，每段数据对应一个板块边界闭合多边形，每段数据的段头记录为该段数据的板块名称缩写。
- `PB2002_boundaries.dig.txt`: 数据分为 229 段，其将相邻板块的共同边界分为不同的段列出来。段头记录中包含了两个板块的名称缩写，以及板块数据来源的参考文献。

## 使用示例

在绘图方面，两个数据没有区别。

```
gmt begin PB2002
gmt coast -JH20c -Rg -B0 -B+t"PB2002" -W1/0.1p,black -A1000
gmt plot PB2002_boundaries.dig.txt -W0.5p,red
gmt end show
```

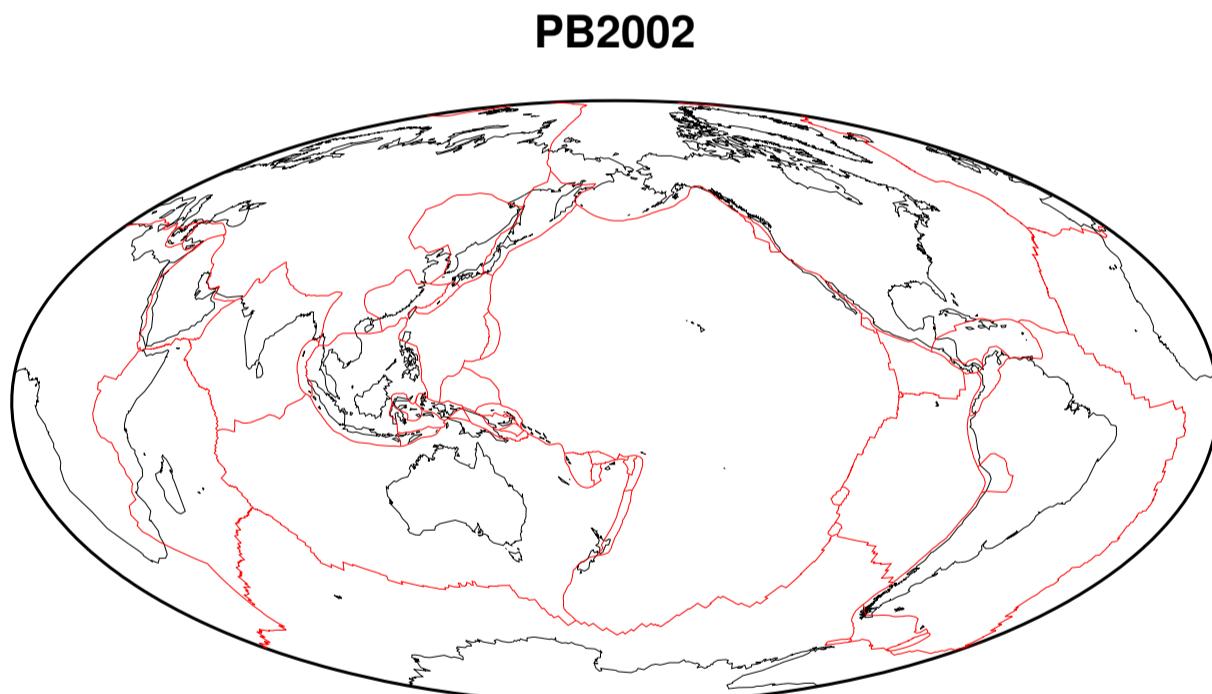


图 5: PB2002 全球板块边界

## 引用信息

Bird, P. (2003) An updated digital model of plate boundaries, *Geochemistry Geophysics Geosystems*, 4(3), 1027, doi:10.1029/2001GC000252.

### 15.4.3 中国地理空间数据集

“中国地理空间数据集”包含了一系列中国区域的地理空间数据，可以直接用于 GMT 绘图。数据由 GMT 用户提供，并由 GMT 中文社区收集和维护。

#### 数据列表

##### CN-border: 中国国界省界数据

贡献者

[刘珠妹, 田冬冬, 陈箫翰](#)

GMT 自带的国界线数据不符合中国领土主张。例如，阿克赛钦地区、藏南地区边界均存在明显差异，其他地方也存在微小差异。在正式出版的中外期刊上发表带有中国国界的地图时需要格外注意。2017 年国家测绘地理信息局发布的《“问题地图”清查工作指南》中列出了绘图中应避免的若干错误。下面列出了绘制中国全图时的常见注意事项：

- 阿克赛钦地区正确表示
- 藏南地区正确表示
- 钓鱼岛、赤尾屿位置正确
- 南海诸岛各岛点位置正确
- 台湾省底色设置与大陆一致

为了避免绘制错误国界带来的一系列问题，最简单的方法就是只绘制海岸线不绘制国界。若必须绘制国界，用户需要自己准备符合要求的国界数据。CN-border 是 GMT 中文社区为用户提供的一套基本准确的数字化的国界、省界数据。即便正确绘制了国界、省界，所绘地图如果要在境内公开展示，依然需要审图。个人没有提交审图申请的资格，需要付费，委托给有资质的企事业单位代为提交审图申请。

#### 免责声明

本数据仅供科研用途使用。GMT 中文社区不保证数据完全准确或可通过地图审核。欢迎用户共享更准确的国界数据。

#### 数据文件

CN-border 数据提供了三个数据文件：

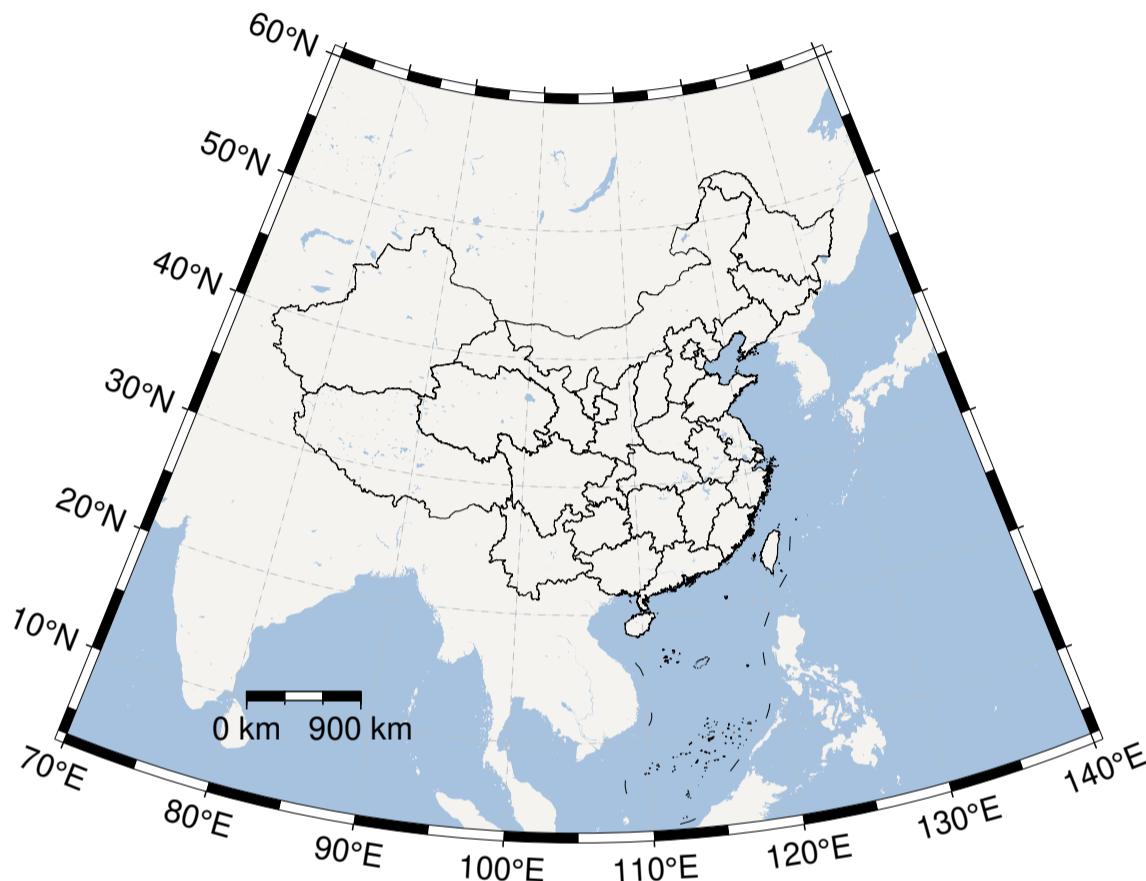
- CN-border-La.gmt: 中国国界、省界、十段线以及南海诸岛数据
- CN-border-L1.gmt: 中国国界、十段线以及南海诸岛数据，不含省界数据
- ten-dash-line.gmt: 仅十段线数据

具体的下载地址和使用方式请见：[中国地理空间数据集](#)。

## 示例图

使用等距圆锥投影 (-JD) 绘制中国国界省界数据:

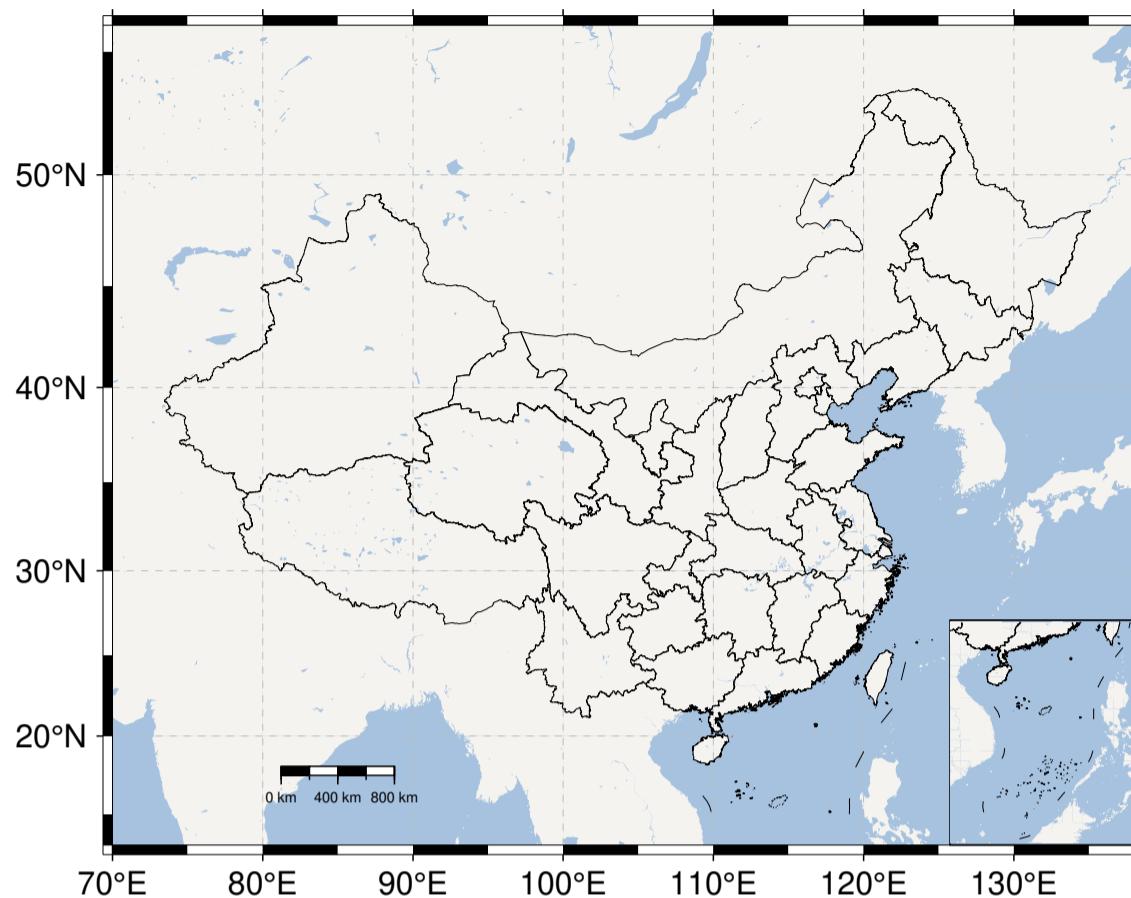
```
gmt begin CN-border-JD
gmt set MAP_GRID_PEN_PRIMARY 0.25p,gray,2_2
gmt coast -JD105/35/36/42/10c -R70/140/3/60 -G244/243/239 -S167/194/223 -Ba10f5g10 -Lg85/11+c11+w900k+f+u
gmt plot CN-border-La.gmt -W0.1p
gmt end show
```



使用墨卡托投影 (-JM) 绘制中国国界省界数据:

```
gmt begin CN-border-JM
gmt set MAP_GRID_PEN_PRIMARY 0.25p,gray,2_2
# 绘制中国地图
gmt coast -JM105/35/10c -R70/138/13/56 -Ba10f5g10 -G244/243/239 -S167/194/223
gmt basemap -Lg85/17.5+c17.5+w800k+f+u --FONT_ANNOT_PRIMARY=4p
gmt plot CN-border-La.gmt -W0.1p

# 绘制南海区域
gmt inset begin -DjRB+w1.8c/2.2c -F+p0.5p
gmt coast -JM? -R105/123/3/24 -G244/243/239 -S167/194/223 -Df
gmt plot CN-border-La.gmt -W0.1p
gmt inset end
gmt end show
```



### 绘制中国及邻国国界

中国国界数据 CN-border-La.gmt 和 CN-border-L1.gmt 只提供了中国的国界和省界信息。若需要同时绘制中国以及邻国国界，则由于 CN-border 数据与 GMT 内置的 DCW 数据的国界不一致而出现问题。

为了同时绘制中国以及邻国国界，需要先使用 CN-border 数据将中国区域裁剪出来，在使用 GMT 内置 DCW 数据时只绘制中国区域以外的部分。具体示例脚本如下：

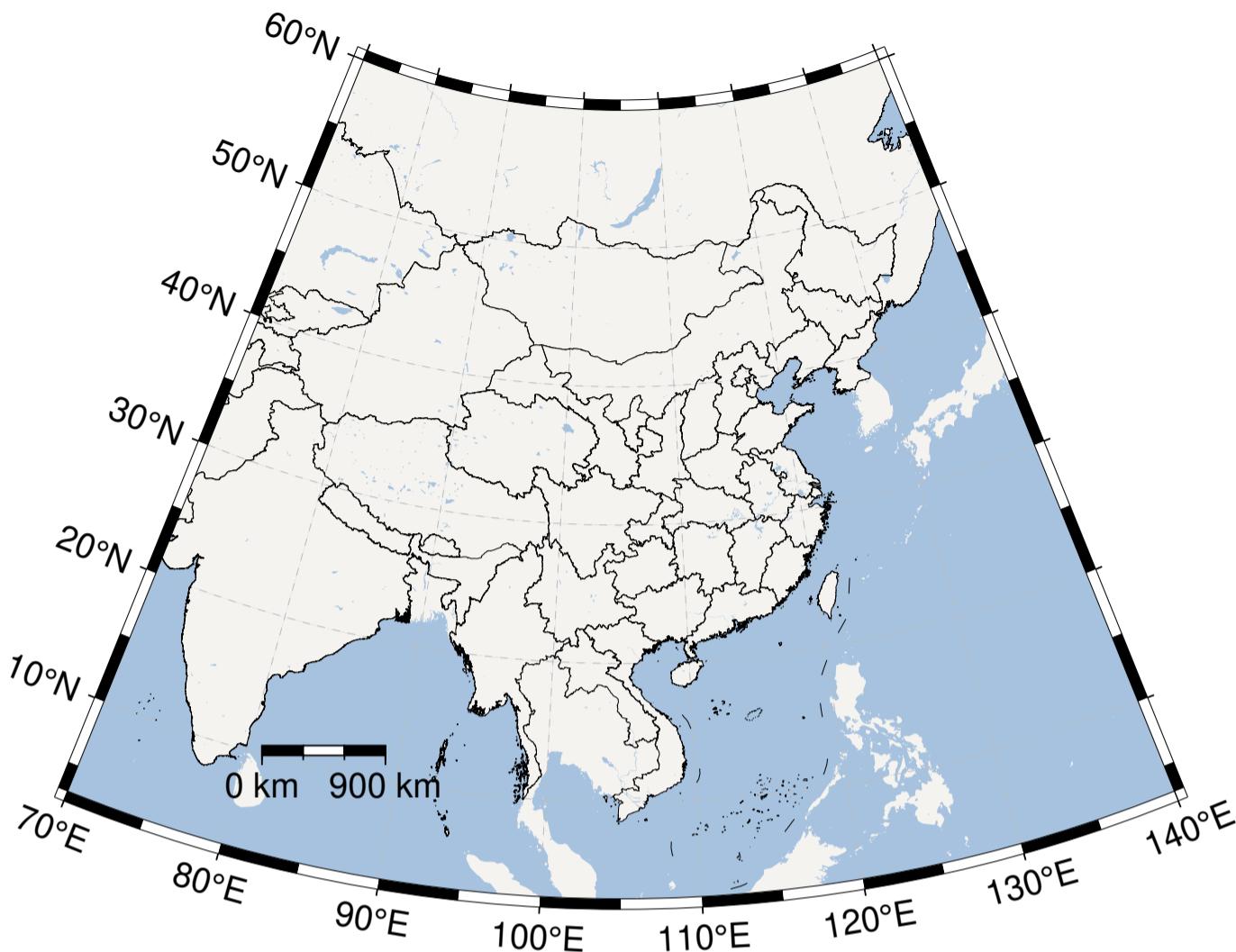
```

gmt begin CN-border-neighbouring-countries
gmt set MAP_GRID_PEN_PRIMARY 0.25p,gray,2_2
gmt coast -JD105/35/36/42/10c -R70/140/3/60 -G244/243/239 -S167/194/223 -Ba10f5g10 -Lg85/11+c11+w900k+f+u

# 使用 clip 命令和 CN-border-L1.gmt 数据将中国区域裁剪出来
gmt clip CN-border-L1.gmt -N
    # 绘制中国邻国国界, AF 至 VN 是中国的 14 个邻国的国界代码
    gmt coast -EAF,BT,IN,KZ,KG,LA,MN,MM,np,KP,PK,RU,TJ,VN+p0.1p
gmt clip -C

# 绘制中国国界
gmt plot CN-border-La.gmt -W0.1p
gmt end show

```



## 数据来源与处理

CN-border 原始数据来自于 [1:100 万全国基础地理数据库 \(2015 版\)](#), 并由[刘珠妹](#)处理得到 GMT 可使用的数据。具体数据处理方式待补充。

## 数据引用

CN-border 原始数据来自于[全国地理信息资源目录服务系统](#), 其[版权声明](#)中要求:

转载或引用本网站所有之内容须注明“转自(或引自)全国地理信息资源目录服务系统”字样, 并标明本网网址 [www.webmap.cn](http://www.webmap.cn)。

## CN-faults: 中国断层数据

### 贡献者

[刘珠妹, 田冬冬, 陈箫翰](#)

CN-faults 数据来自于邓起东院士编制的《中国活动构造图 (1:400 万)》, 由[国家地震科学数据中心](#)提供原始数据。数据包含了中国区域内主要断层的地理位置以及断层属性, 如断层名称、长度、走向、倾向、倾角、断层性质、最晚活动年代等。

## 数据文件

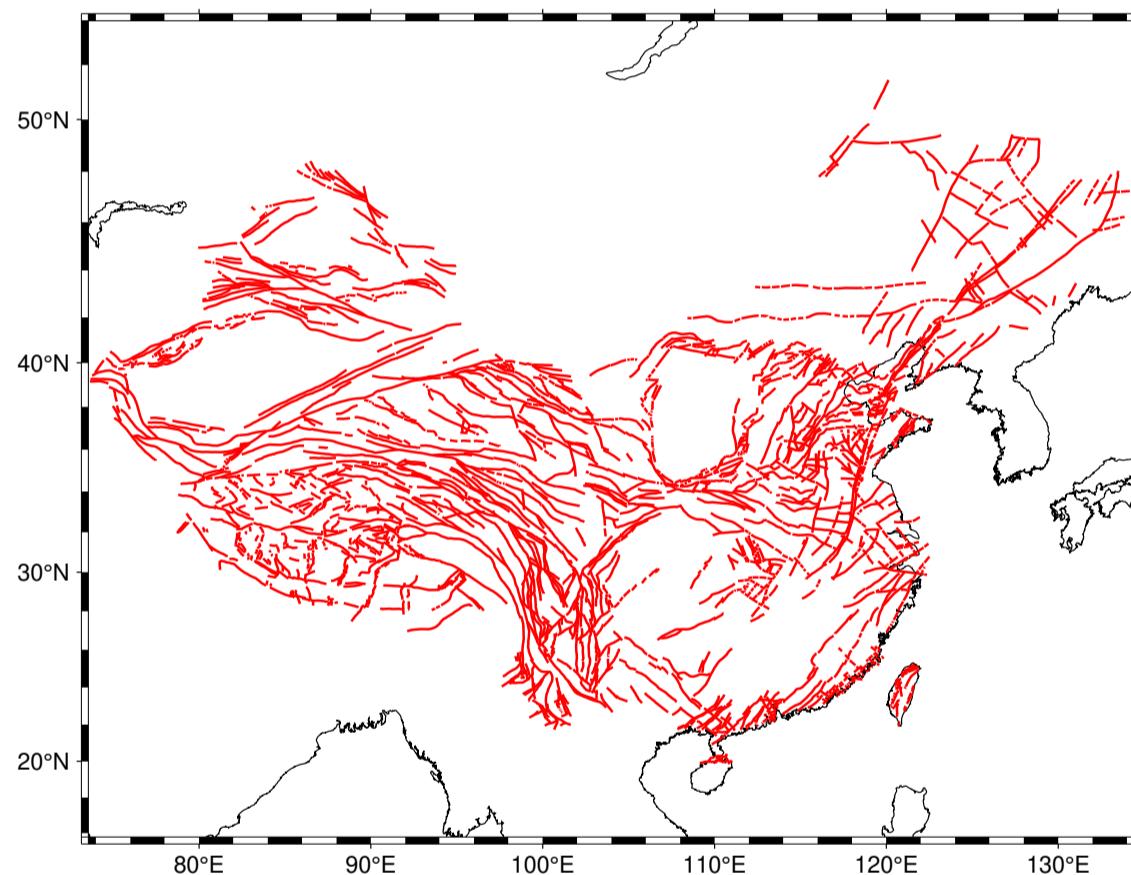
CN-faults 提供了一个数据文件 `CN-faults.gmt`: 中国区域主要断层

具体的下载地址和使用方式请见: [中国地理空间数据集](#)。

## 示例图

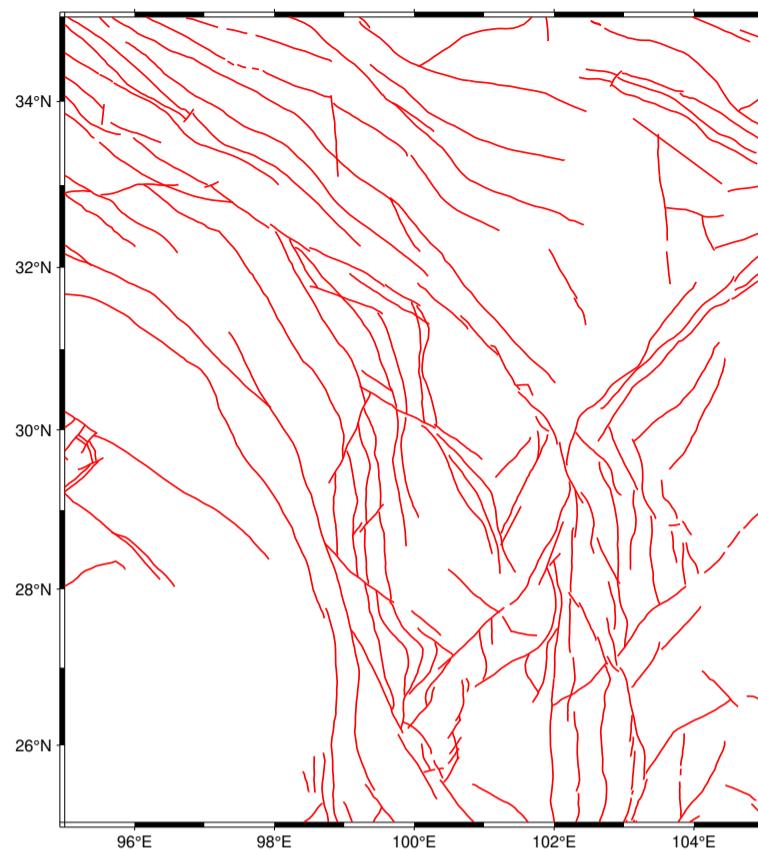
### 绘制全国断层

```
gmt begin CN-faults
gmt coast -JM15c -RCN -Baf -W0.5p,black -A10000
gmt plot CN-faults.gmt -W1p,red
gmt end show
```



### 绘制区域断层

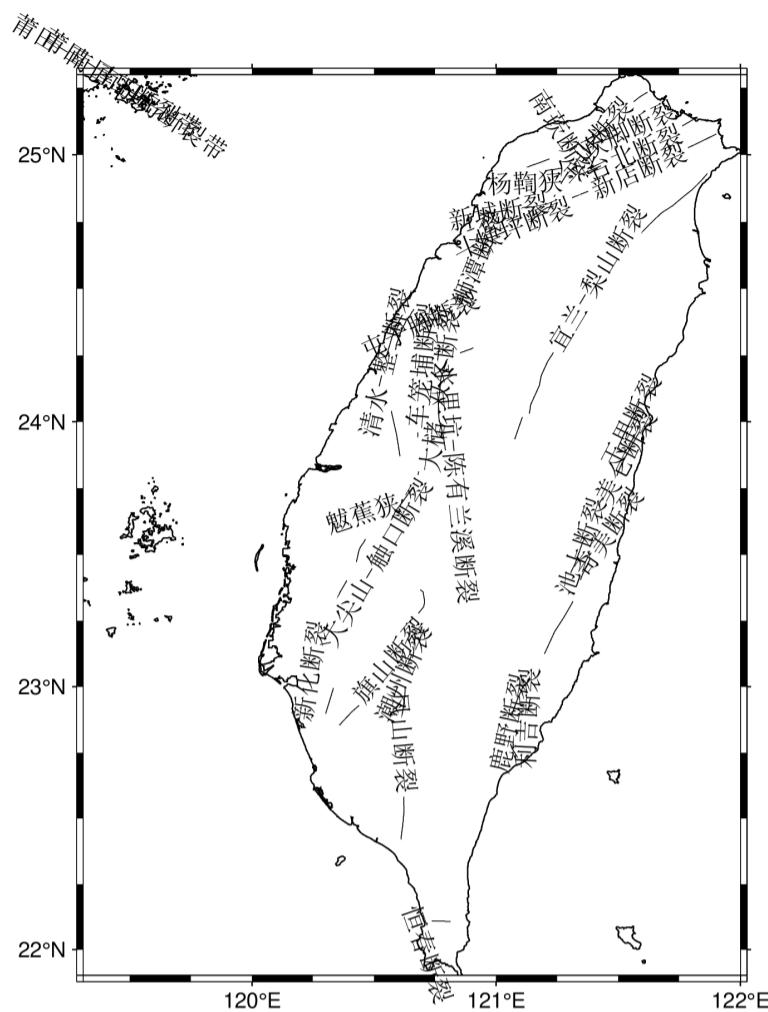
```
gmt begin CN-regional-faults
gmt basemap -JM15c -R95/105/25/35 -Baf
gmt plot CN-faults.gmt -W1p,red
gmt end show
```



## 标注断层名

可以使用 `plot` 模块的 `-Sq` 选项标注断层名。

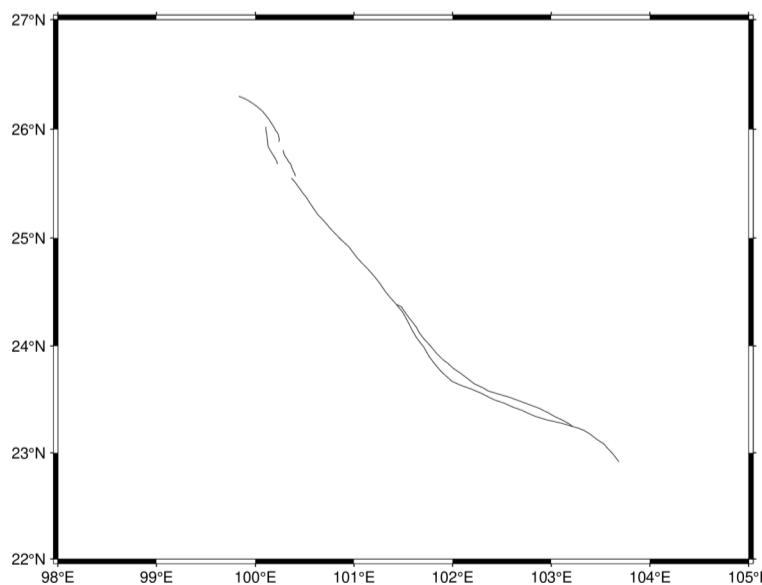
```
gmt begin CN-faults-labeling
# GMT处理中文存在一些已知BUG
# 需要设置 PS_CHAR_ENCODING 为 Standard+ 以绕过这一BUG
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
gmt coast -JM10c -RTW -Baf -W0.5p,black
# -aL="断层名称": set the "L" value (i.e., label) in segment headers using "断层名称"
# :+Lh: take the label text from the "L" value in the segment header
gmt convert CN-faults.gmt -aL="断层名称" | gmt plot -Sqn1:+Lh+f11p,39
gmt end show
```



### 根据属性信息提取数据

可以使用 **convert** 模块的 **-S** 选项提取指定属性的数据。例如，下例中提取出“断层名称”为“红河断裂”的断层数据。

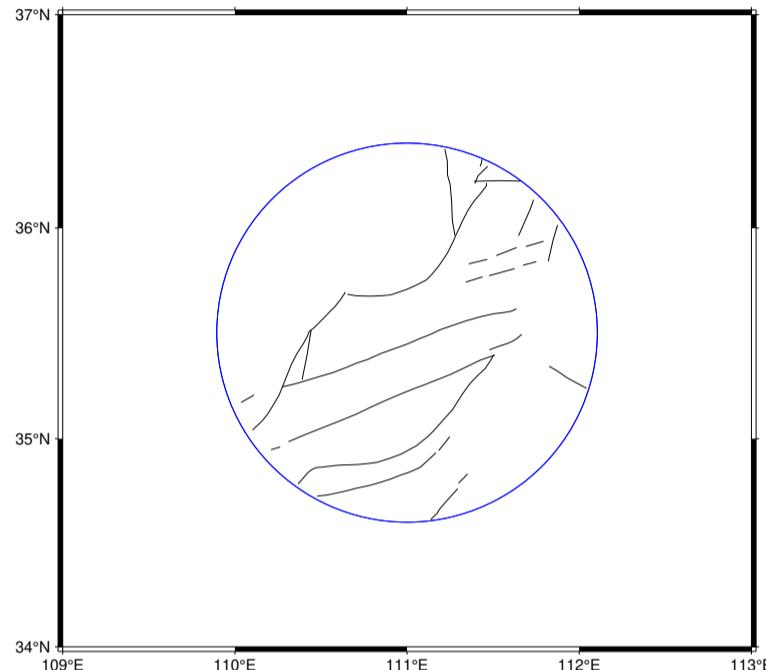
```
gmt begin CN-single-fault png
gmt basemap -R98/105/22/27 -JM15c -Ba
# -S: output record contains specified field attribute
gmt convert CN-faults.gmt -S"断层名称=红河断裂" | gmt plot
gmt end show
```



## 根据空间范围提取数据

`gmtselect` 模块, 可实现矩形范围、缓冲区范围和多边形范围内空间数据的提取。此处仅以缓冲区范围为例。

```
gmt begin CN-buffer-fault
gmt basemap -R109/113/34/37 -JM15c -Ba
# draw a circle with a radius of 100 km
echo 111 35.5 200k | gmt plot -SE- -Wblue -fg
# extract faults within the circle
gmt select CN-faults.gmt -C111/35.5+d100k -fg | gmt plot
gmt end show
```



## 数据来源与处理

1. 下载 `Active_fault.zip` 压缩包: [中国大陆地区 1:400 万活动断层数据库](#)
2. 格式转换

使用 GDAL 的 `ogr2ogr` 命令将 Shapefile 格式转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式:

```
ogr2ogr -f GMT CN-faults.gmt 中国断层_邓起东Line_Project.shp
```

若不关注属性信息, 也可以直接使用 GMT 读取 Shapefile 格式的源数据进行绘图。

社区提供的 `CN-faults.gmt` 文件还参考了《最新 1/400 万中国活动构造空间数据库的建立》, 对部分属性字段名称的缺失和错误进行了修正。

## 数据引用

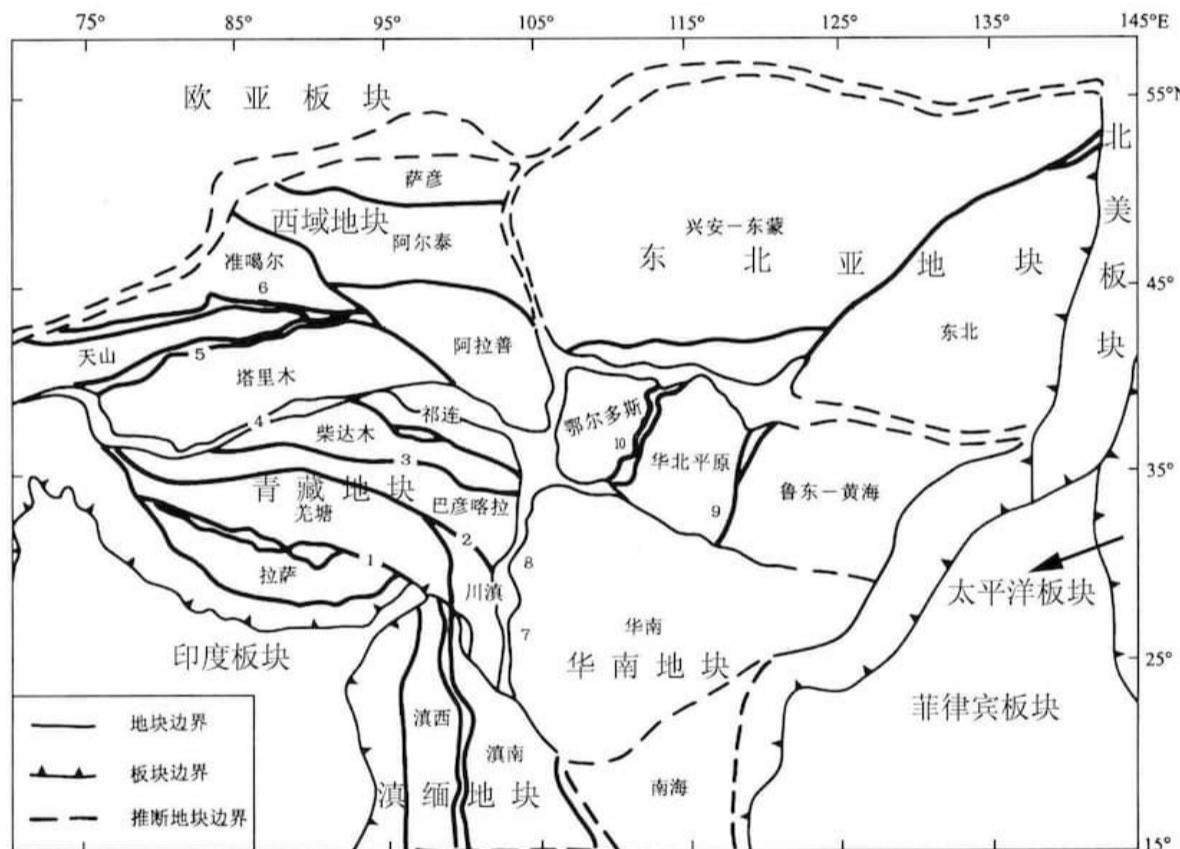
- 邓起东. 2007. 中国活动构造图 (1:400 万). 地震出版社.
- 屈春燕. 2008. 最新 1/400 万中国活动构造空间数据库的建立. 地震地质, 30(1):298-304. <http://dx.chinadoi.cn/10.3969/j.issn.0253-4967.2008.01.022>
- Deng, Q. D., Zhang, P. Z., Ran, Y. K., Yang, X. P., Min, W., Chen, L. C., 2003. Active tectonics and earthquake activities in China. Earth Science Frontiers, 10(S1): 66-73. [https://en.cnki.com.cn/Article\\_en/CJFDTotal-DXQY2003S1011.htm](https://en.cnki.com.cn/Article_en/CJFDTotal-DXQY2003S1011.htm).

### CN-block: 中国大陆及周边活动地块数据

贡献者

王杰, 刘珠妹, 邓山泉, 陈箫翰

CN-block 数据提供了中国大陆及周边活动地块数据, 是 GMT 中文社区由中国大陆及周边地区活动地块划分图 (王辉等 (2003) 中的图 1, 即下图) 矢量化而成, 并做了一定的格式转换。



中国大陆及周边地区活动地块划分图(据张培震等,2003)

Active crustal-block on the Chinese mainland

- 黎嘉断裂带; 2. 玉树-鲜水河断裂带; 3. 东昆仑断裂带; 4. 阿尔金断裂带; 5. 南天山断裂带;
- 北天山断裂带; 7. 安宁-则木河断裂带; 8. 龙门山断裂带; 9. 郯庐断裂带; 10. 山西断裂带.

## 数据文件

CN-block 数据提供了三个数据文件:

- CN-block-L1.gmt: 一级地块边界数据
- CN-block-L1-deduced.gmt: 一级地块推断边界数据
- CN-block-L2.gmt: 二级地块边界数据

具体的下载地址和使用方式请见: [中国地理空间数据集](#)。

## 示例图

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin BLOCK
gmt gmtset MAP_ANNOT_OBLIQUE 6
gmt gmtset MAP_TICK_LENGTH_PRIMARY 0
gmt gmtset MAP_FRAME_TYPE plain

# 底图和海岸线
gmt basemap -R78/12/149/53+r -JB105/10/25/47/15 -Bx10 -By5 -BneWS
gmt coast -Ggray95 -S83/216/238 -A5000 -Dh

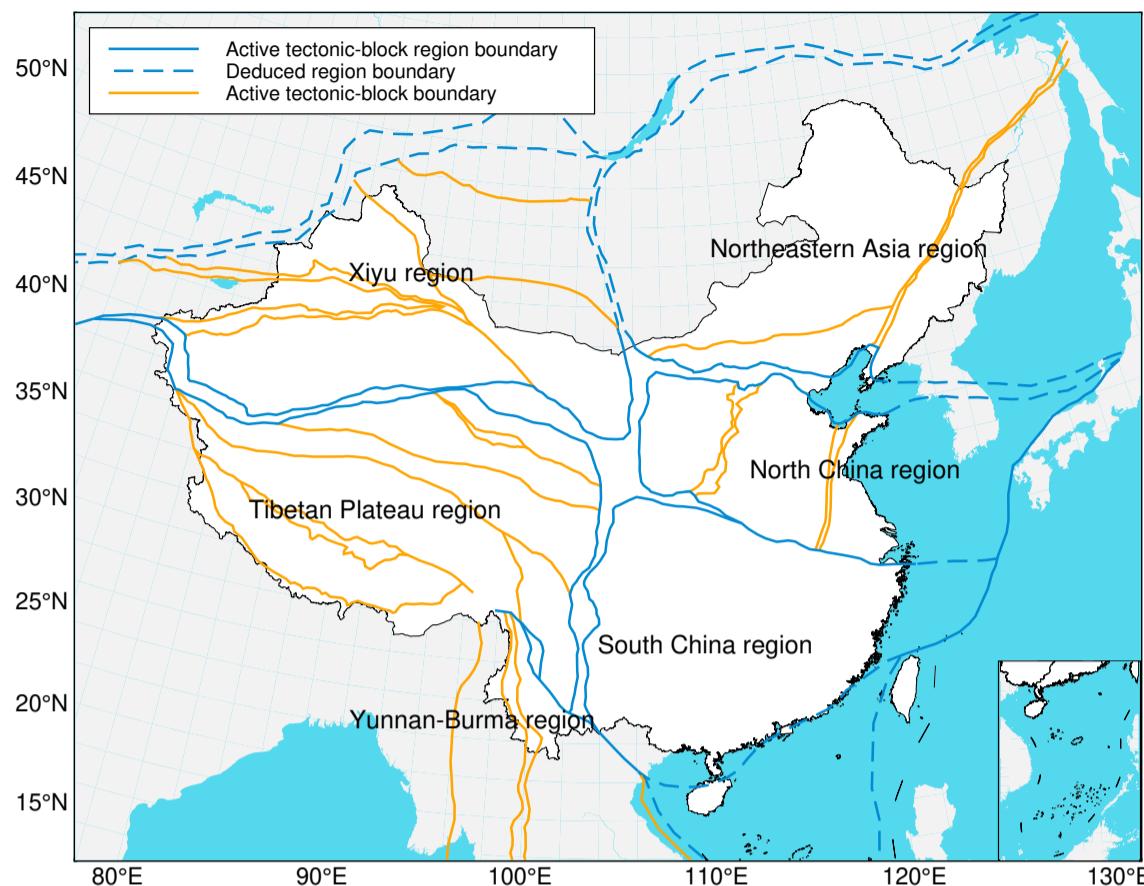
# 中国国界
gmt plot CN-border-L1.gmt -W0.2p -Gwhite

# 绘制推断地块边界
gmt plot CN-block-L1-deduced.gmt -W1.0p,2/138/210,-
# 绘制二级地块边界
gmt plot CN-block-L2.gmt -W1.0p,orange
# 绘制一级地块边界
gmt plot CN-block-L1.gmt -W1.0p,2/138/210

# 活动地块标注
gmt text -F+f10p << EOF
90 45 Xiyu region
122 46 Northeastern Asia region
120 35 North China region
110 27 South China region
90 33 Tibetan Plateau region
97 23 Yunnan-Burma region
EOF

# 边界图例
gmt legend -DjTL+w2.8i+jTL+o0.2c/0.2c -F+gwhite+p0.5p --FONT_ANNOT_PRIMARY=8p << EOF
S 0.3i - 0.50i 2/138/210 1.0p,2/138/210 0.7i Active tectonic-block region boundary
S 0.3i - 0.44i - 1.0p,2/138/210,- 0.7i Deduced region boundary
S 0.3i - 0.50i orange 1.0p,orange 0.7i Active tectonic-block boundary
EOF

# 南海诸岛
gmt inset begin -DjBR+w2c/2.8c -F+p0.5p
    gmt coast -JM? -R106/121/3/24 -Ggray95 -S83/216/238 -Df
    gmt plot CN-border-La.gmt -W0.2p -Gwhite
gmt inset end
gmt end show
```



## 数据来源与处理

该数据由用户王杰利用王辉等 (2003) 中的图 1 矢量化得到。

## 数据引用

- 张培震, 邓起东, 张国民, 等. 中国大陆的强震活动与活动地块. 中国科学 D 辑, 2003, 33(z1):12-20.
- 张国民, 马宏生, 王辉, 等. 中国大陆活动地块边界带与强震活动. 地球物理学报, 2005, (03):602-610.
- 王辉, 张国民, 吴云, 等. 中国大陆活动地块变形与地震活动的关系. 中国地震, 2003, (03):243-254.

## geo3al: 中国及邻区地质图数据

### 贡献者

徐弥坚, 陈箫翰, 刘珠妹, 田冬冬, 姚家园

geo3al 数据是由 U.S. Geological Survey (USGS) 提供的中国及邻区地质图数据, 是“[世界地质地图](#)”的一部分, 数据分辨率为 1:5,000,000。

## 数据文件

中文社区提供了可供 GMT 直接使用的数据文件：

- geo3al.gmt：中国及邻区地质图数据

数据的具体下载地址和使用方式请见：[中国地理空间数据集](#)。

数据中包含了如下非空间元信息（可以参考 `geo3al.shp.xml` 以获取元信息的更多细节）：

- AREA: 地层多边形区域的面积（单位  $m^2$ ）
- PERIMETER: 地层多边形区域的周长（单位 m）
- TYPE: 岩性
- GLG: 原始地图上显示地表露头的地质年代
- GEN\_GLG: 编者从 GLG 中计算得到的地质年代，在单元年龄跨越一个以上地质年龄的情况下用“代”表示

## 示例图

下面的示例图使用 `geo3al.gmt` 数据绘制了中国大陆及邻区地质图：

- 地质年代从数据的 GEN\_GLG 属性中提取，用不同的颜色表示
- 岩性从数据的 TYPE 属性中提取，用不同的填充图案表示

示例代码中使用的地质年代 CPT 色标文件 `geoage.cpt` 修改自 [GTS2012\\_epochs](#)。

```
#!/usr/bin/env bash
#
# Geological map of China and adjacent regions
#
data=geo3al.gmt
cpt=geoage.cpt

gmt begin geo3al
    # Paint the land using white color
    gmt coast -R70/150/13/55 -JM22c -Gwhite -Baf -BWsNe

    # Plot the geological map, colored by geologic ages
    # -aZ="GEN_GLG": use the "GEN_GLG" metadata as the Z value
    # -G+z -C$cpt: the fill color is determined by the Z value and the CPT file
    gmt plot $data -C$cpt -aZ="GEN_GLG" -G+z

    # Plot rock types using different patterns (28, 29 and 44)
    # -aI="TYPE": using the "TYPE" metadata as ID
    # -S"-Iv": only keep data segments that matches "-Iv" (v means "Volcanic rocks")
    # -S"-Ii": only keep data segments that matches "-Ii" (i means "Intrusive rocks")
    # -S"-Iw": only keep data segments that matches "-Iw" (w means "Ultrabasic igneous rock or ophiolites")
    # -Gp28+r500+f100+b-: fill with pattern 28, dpi=500, foreground color=100 (gray), background color=- (transparent)
    gmt convert $data -aI="TYPE" -S"-Iv" | gmt plot -Gp28+r500+f100+b-
    gmt convert $data -aI="TYPE" -S"-Ii" | gmt plot -Gp29+r500+f100+b-
    gmt convert $data -aI="TYPE" -S"-Iw" | gmt plot -Gp44+r500+f100+b-

    # Paint the ocean and lake using color "cadetblue1"
    gmt coast -SCADETBLUE1

    # Plot geologic age legend
    gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 7p # font for legend labels
    cat > age_legend.txt << EOF
H 10 3 Age of rock units
EOF
```

(下页继续)

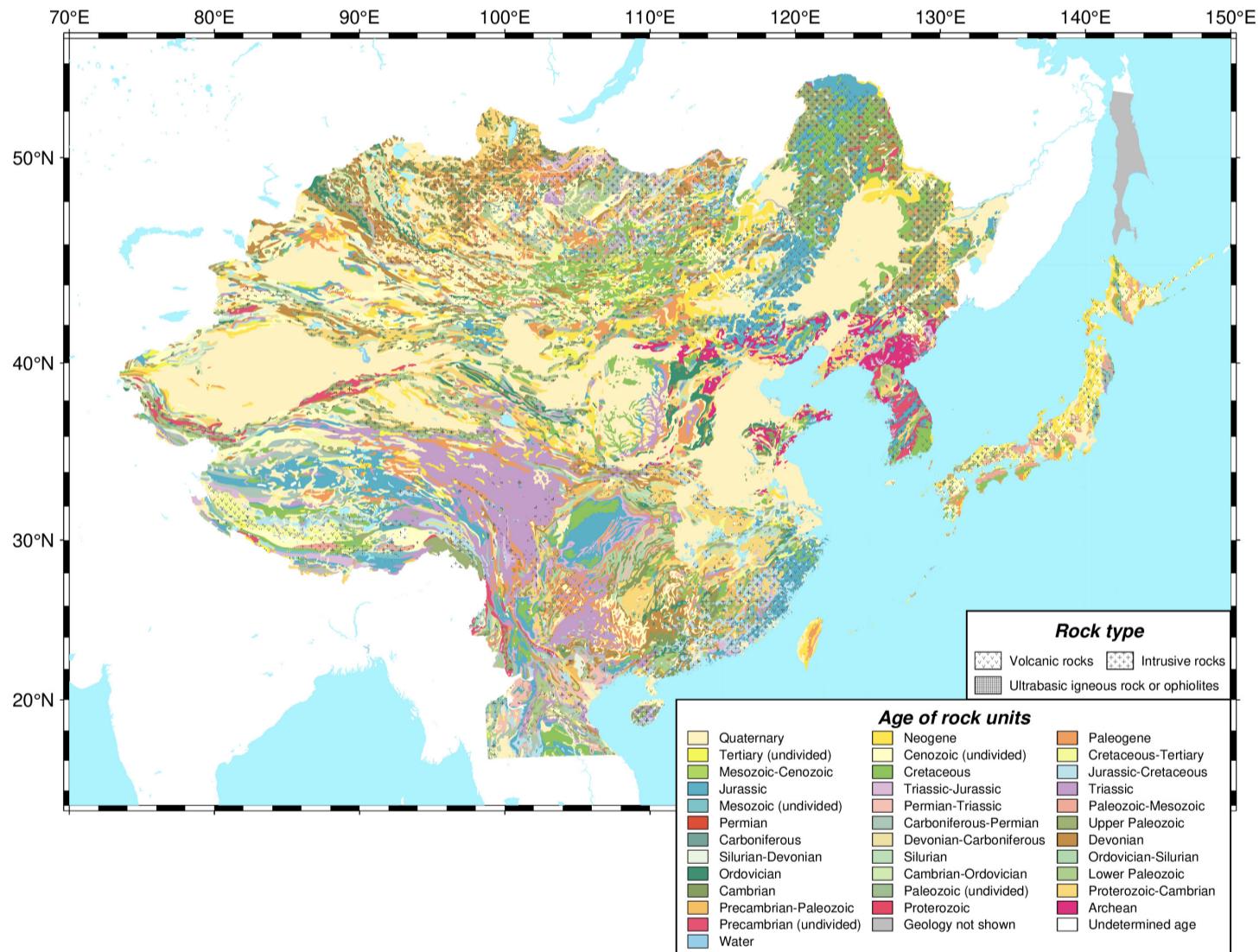
(续上页)

```

N 3
EOF
# Output non-empty lines that don't start with "B", "F", "N" or "#"
gawk '!/^($|B|F|N|#/)' $cpt | while read label color period
do
    echo "S 0.3c r 0.38c $color 0.3p 0.7c $period" >> age_legend.txt
done
gmt legend age_legend.txt -DJBR+w10.5c+jTR+o0c/-2c+l1.3 -F+p0.7p+g255 -C3p/3p
rm age_legend.txt

# Plot rock type legend
gmt legend -DJBR+w5.0c+jBR+o0c/2c+l1.9 -F+p0.7p+g255 -C3p/1p <<EOF
H 10 3 Rock type
N 2
S 0.3c r 0.5c p28+r500+f100+b255 0.3p 0.7c Volcanic rocks
S 0.3c r 0.5c p29+r500+f100+b255 0.3p 0.7c Intrusive rocks
S 0.3c r 0.5c p44+r500+f100+b255 0.3p 0.7c Ultrabasic igneous rock or ophiolites
EOF
gmt end show

```



## 数据来源与处理

以下内容仅供数据维护者参考，一般用户无需关心。

1. 从“[World Geologic Maps](#)”下载“Generalized Geology of the Far East”对应的 Shapefile 压缩文件
2. 使用 [ogr2ogr](#) 将 Shapefile 格式转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式：

```
$ ogr2ogr -t_srs EPSG:4326 -f OGR_GMT geo3al.gmt geo3al.shp
```

- 原始数据使用的是以米为单位的投影坐标，而非以经纬度表示的地理坐标。因而在使用 ogr2ogr 时需要加上 `-t_srs EPSG:4326` 参数进行坐标转换
- 转换时 `.dbf`、`.prj`、`.shx` 等文件必须和 `shp` 文件放在同一目录下

数据转换与处理参考了如下博文：

- Mijian Xu 的博客：[用 GMT 绘制中国大陆及邻区地质年代图](#)
- Po-Chin Tseng 的 [GMT5 教程：地质图](#)

## 扩展阅读

[World Geologic Maps](#) 提供了几乎所有区域的地质图数据。本文只提供了中国及邻区地质图（即 Generalized Geology of the Far East）。需要绘制其他地区地质图的用户可以参考本文的数据处理方式和绘图脚本，但需要注意：

- 部分原始数据使用的是经纬度坐标，因此格式转换时不需要使用 `-t_srs EPSG:4326`
- 每个数据提供的属性可能不同，因而用户应查阅从源文件中解压得到的 `.xml` 文件以了解数据提供的元信息，并相应地修改绘图脚本。

## 数据引用

- Steinshouer, D.W., Qiang, J., McCabe, P.J., and Ryder, R.T, 1999, Maps showing geology, oil and gas fields, and geologic provinces of the Asia Pacific region: U.S. Geological Survey Open-File Report 97-470-F, 16 p., <https://doi.org/10.3133/ofr97470F>.

## 下载数据

- 项目主页：<https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data>
- 下载地址：<https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data/releases>

macOS/Linux 用户请下载数据 `china-geospatial-data-UTF8.zip` (UTF8 编码)，Windows 用户请下载数据 `china-geospatial-data-GB2312.zip` (GB2312 编码)。

## 使用数据

推荐按照[自定义数据](#)一节中介绍的方法构建一个 GMT 数据库目录，并将压缩包内的所有文件解压至这个目录中。然后就可以在 GMT 命令中直接使用该目录下的数据文件，而不用指定绝对路径。请阅读本章其他小节以了解每个数据的具体用法与示例。

## 15.5 其他地学数据

用户还可以在网上找到更多其他地学相关数据。可根据需求自行下载，并使用 GDAL 提供的 [ogr2ogr](#) 或 [gdal\\_translate](#) 命令转换为 GMT 可识别的数据格式。下面列出一些地学数据的链接：

- 美国地质图: <https://mrdata.usgs.gov/geology/state/>
- 全球地质构造图: [https://github.com/dhasterok/global\\_tectonics](https://github.com/dhasterok/global_tectonics)
- 全球布格重力异常: <https://bgi.obs-mip.fr/data-products/grids-and-models/wgm2012-global-model/>
- 中国区域地表热流: <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2019.01.006>

# 第 16 章 中文支持

GMT 中国用户经常会绘制带中文的图片，本章主要介绍 GMT 的中文支持。

不同操作系统下 GMT 中文支持的配置：

## 16.1 Linux 下的 GMT 中文支持

本文介绍如何让 GMT 在 Linux 下支持中文。

**警告：** 据用户反映，按照本文的步骤操作可能会导致 ghostscript 无法正常使用。

若出现该问题，可以执行 `sudo perl cjk-gs-integrate.pl --remove` 命令撤销 `cjk-gs-integrate.pl` 脚本的操作。

若需要 GMT 中文支持，请转向[自定义字体原理](#)一文。

### 16.1.1 ghostscript 的中文支持

Linux 的中文字体较少，这里使用 Windows 下提供的四个基本字体：宋体、仿宋、黑体和楷体。对于 Windows 下的其他中文字体、Linux 的其他中文字体甚至日韩字体来说，方法类似。

可以使用 [cjk-gs-support](#) 项目提供的脚本 `cjk-gs-integrate.pl` 来实现 ghostscript 的中文支持。

1. 从 Windows 下获取四种基本字体的字体文件(文件名 `simsun.ttc` `simfang.ttc` `simhei.ttc` `simkai.ttc`，注意区分大小写)并复制到 `/usr/share/fonts/winfonts/` 目录下
2. 下载脚本 [cjk-gs-integrate.pl](#)
3. `cjk-gs-integrate.pl` 脚本的执行依赖于命令 `kpsewhich`，该命令由 TeXLive 提供。执行 `kpsewhich --version` 检查 `kpsewhich` 这个命令是否存在。若不存在，则需要单独安装。

对于 Ubuntu/Debian 用户，执行：

```
sudo apt install texlive-binaries
```

对于 CentOS/RHEL/Fedora 用户，执行：

```
sudo yum install texlive-kpathsea-bin
```

4. 执行脚本：

```
$ sudo perl cjk-gs-integrate.pl
```

该脚本会自动搜索系统中自带的中文字体，并生成 gs 支持中文所需的配置文件。

### 16.1.2 GMT 的中文支持

在 `~/.gmt` (若无该文件夹, 请自行新建) 下创建字体配置文件:

```
$ touch ~/.gmt/PSL_custom_fonts.txt
$ gedit ~/.gmt/PSL_custom_fonts.txt
```

打开 GMT 字体配置文件, 在文件中加入如下语句:

```
STSong-Light--UniGB-UTF8-H 0.700 1
STFangsong-Light--UniGB-UTF8-H 0.700 1
STHeiti-Regular--UniGB-UTF8-H 0.700 1
STKaiti-Regular--UniGB-UTF8-H 0.700 1
STSong-Light--UniGB-UTF8-V 0.700 1
STFangsong-Light--UniGB-UTF8-V 0.700 1
STHeiti-Regular--UniGB-UTF8-V 0.700 1
STKaiti-Regular--UniGB-UTF8-V 0.700 1
```

这几句话分别添加了宋体、仿宋、黑体和楷体四种字体的横排和竖排两种方式。

用 `gmt text -L` 命令查看 GMT 当前的字体配置:

```
$ gmt text -L
Font # Font Name
-----
0 Helvetica
1 Helvetica-Bold
...
39 STSong-Light--UniGB-UTF8-H
40 STFangsong-Light--UniGB-UTF8-H
41 STHeiti-Regular--UniGB-UTF8-H
42 STKaiti-Regular--UniGB-UTF8-H
43 STSong-Light--UniGB-UTF8-V
44 STFangsong-Light--UniGB-UTF8-V
45 STHeiti-Regular--UniGB-UTF8-V
46 STKaiti-Regular--UniGB-UTF8-V
```

其中 39-46 号字体为新添加的中文字体。以后要用中文字体时, 需要用这些编号来指定字体, 也许你的机器上的编号和这里不同。

### 16.1.3 GMT 中文测试

**备注:** GMT 6.x 目前在处理中文时存在 BUG, 可能会出现某些中文正常显示, 某些不正常显示的情况。使用:

```
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
```

可临时避免这一 BUG。

请自行确认你的中文字体编号。如果编号不是 39 到 46, 请自行修改以下测试脚本。

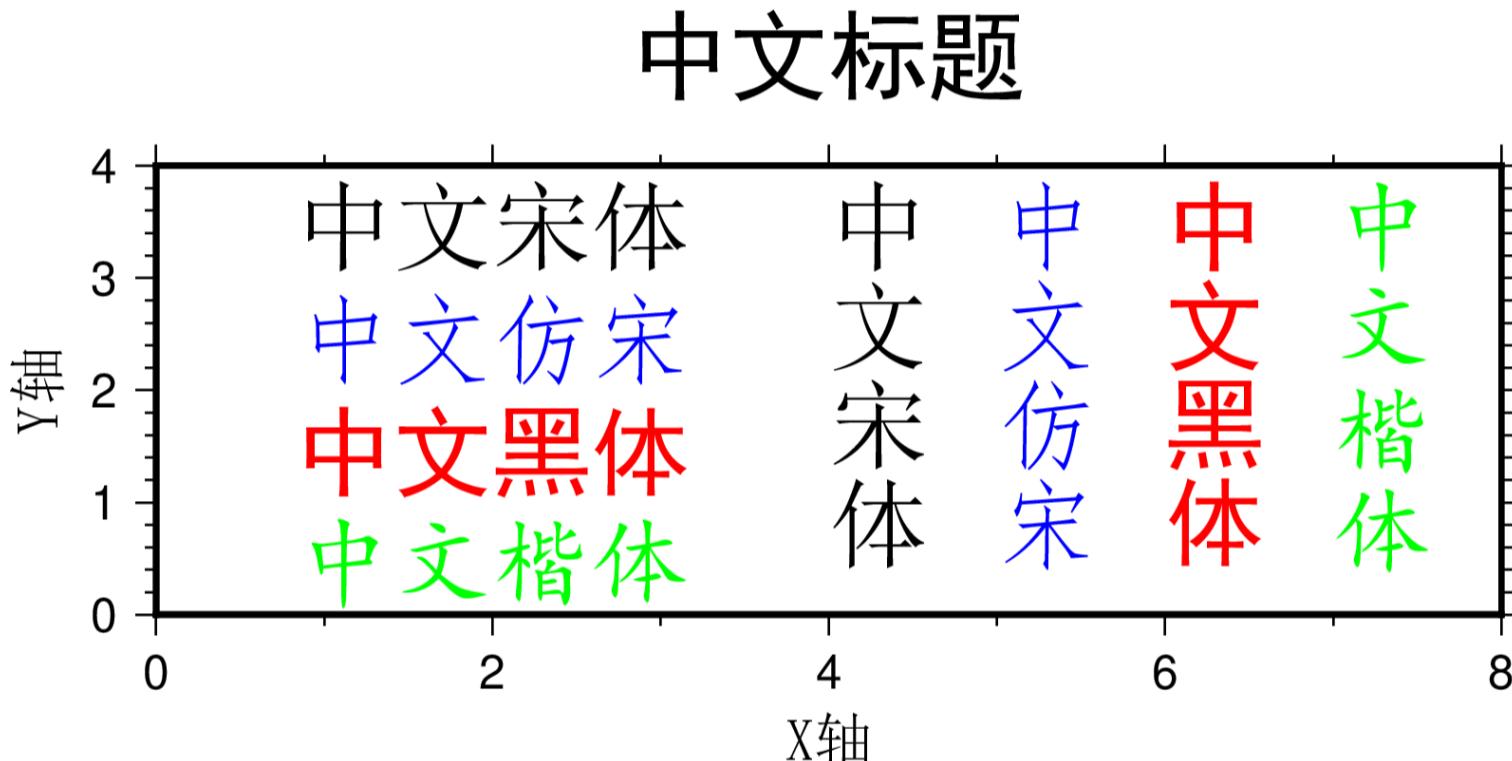
```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_Chinese
# GMT 处理中文存在一些已知BUG
# 需要设置 PS_CHAR_ENCODING 为 Standard+ 以绕过这一BUG
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
gmt set FONT_TITLE 25p,41,black
gmt set FONT_LABEL 15p,39,black
```

(下页继续)

(续上页)

```
gmt text -R0/8/0/4 -JX12c/4c -Bxaf+l"X轴" -Byaf+l"Y轴" -BWSen+t"中文标题" -F+f << EOF
2 3.5 25p,39,black 中文宋体
2 2.5 25p,40,blue 中文仿宋
2 1.5 25p,41,red 中文黑体
2 0.5 25p,42,green 中文楷体
4 3.5 25p,43,black 中文宋体
5 3.5 25p,44,blue 中文仿宋
6 3.5 25p,45,red 中文黑体
7 3.5 25p,46,green 中文楷体
EOF
gmt end show
```

成图效果如下：



## 16.2 macOS 下的 GMT 中文支持

本文介绍如何让 GMT 在 macOS 下支持中文。

### 16.2.1 ghostscript 的中文支持

首先需要使 ghostscript 支持中文，这可以通过 [cjk-gs-support](#) 项目提供的脚本 `cjk-gs-integrate.pl` 实现。

1. 下载脚本 `cjk-gs-integrate.pl` 以及数据库文件 `cjkgs-macos-highsierra.dat` (macOS 10.13 以上均使用该文件)。
2. `cjk-gs-integrate.pl` 脚本的执行依赖于命令 `kpsewhich`，该命令由 TeXLive 提供。执行 `kpsewhich --version` 检查 `kpsewhich` 这个命令是否存在。若不存在，则需要单独安装。使用 homebrew 安装 `basicTeX` 或 `mactex-no-gui`:

```
# 以下二选一即可，第一个更小，第二个更完整
brew cask install basicTeX
brew cask install mactex-no-gui
```

安装完成后关闭当前终端，打开一个新终端使其生效。

3. 将脚本和数据库文件放在同一个目录下, 执行:

```
$ perl cjk-gs-integrate.pl --fontdef-add=cjkgs-macos-highsierra.dat
```

该脚本会自动搜索系统中自带的中文字体, 并生成 gs 支持中文所需的配置文件。请注意脚本执行时的 log 中的输出位置, 类似:

```
cjk-gs-integrate: output is going to /usr/local/share/ghostscript/9.55.0/Resource
```

后续创建 gmt 的字体配置文件会用到。

### 16.2.2 GMT 的中文支持

在 `~/.gmt` (若无该文件夹, 请自行新建) 下创建字体配置文件:

```
$ touch ~/.gmt/PSL_custom_fonts.txt
$ open ~/.gmt/PSL_custom_fonts.txt
```

打开 GMT 字体配置文件, 在文件中加入如下语句并保存:

```
STSong-Light-UniGB=UTF8-H 0.700 1
STFangsong-Light-UniGB=UTF8-H 0.700 1
STHeiti-Regular-UniGB=UTF8-H 0.700 1
STKaiti-Regular-UniGB=UTF8-H 0.700 1
STSong-Light-UniGB=UTF8-V 0.700 1
STFangsong-Light-UniGB=UTF8-V 0.700 1
STHeiti-Regular-UniGB=UTF8-V 0.700 1
STKaiti-Regular-UniGB=UTF8-V 0.700 1
```

这几句话分别添加了宋体、仿宋、黑体和楷体四种字体的横排和竖排两种方式。第一列是上文 ghostscript 中文支持中脚本 `cjk-gs-integrate.pl` 的输出位置下 `/font/` 子文件夹下的文件名。建议检查一下 `font` 目录下新增文件的文件名中是否存在对应这里的文件。

用 `gmt text -L` 命令查看 GMT 当前的字体配置:

```
$ gmt text -L
Font # Font Name
-----
0 Helvetica
1 Helvetica-Bold
...
39 STSong-Light-UniGB=UTF8-H
40 STFangsong-Light-UniGB=UTF8-H
41 STHeiti-Regular-UniGB=UTF8-H
42 STKaiti-Regular-UniGB=UTF8-H
43 STSong-Light-UniGB=UTF8-V
44 STFangsong-Light-UniGB=UTF8-V
45 STHeiti-Regular-UniGB=UTF8-V
46 STKaiti-Regular-UniGB=UTF8-V
```

其中 39-46 号字体为新添加的中文字体。以后要用中文字体时, 需要用这些编号来指定字体, 也许你的机器上的编号和这里不同。

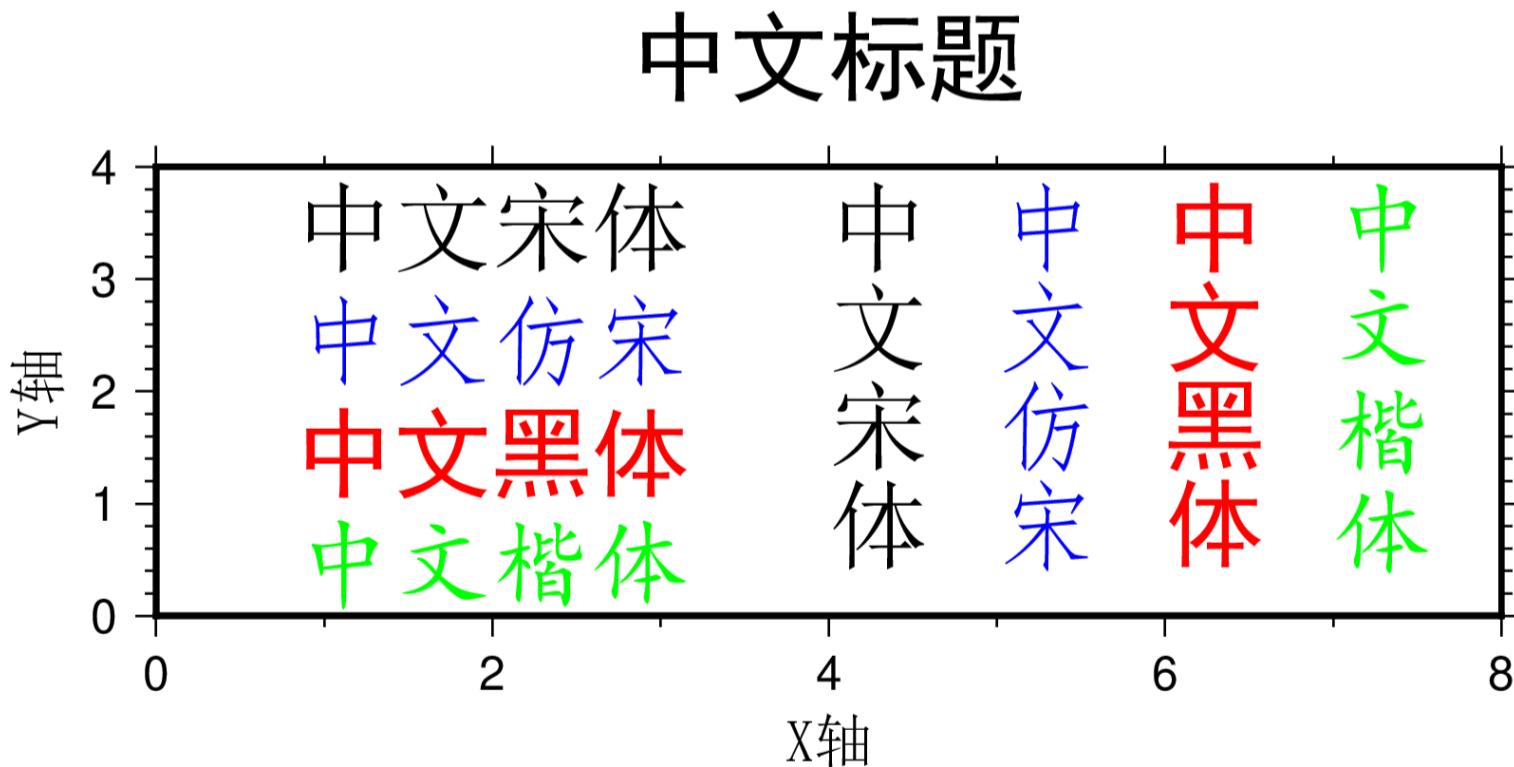
### 16.2.3 GMT 中文测试

**备注:** 请自行确认你的中文字体编号。如果编号不是 39 到 46, 请自行修改以下测试脚本。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_Chinese
# GMT 处理中文存在一些已知BUG
# 需要设置 PS_CHAR_ENCODING 为 Standard+ 以绕过这一BUG
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
gmt set FONT_TITLE 25p,41,black
gmt set FONT_LABEL 15p,39,black

gmt text -R0/8/0/4 -JX12c/4c -Bxaf+l"X轴" -Byaf+l"Y轴" -BWSen+t"中文标题" -F+f << EOF
2 3.5 25p,39,black 中文宋体
2 2.5 25p,40,blue 中文仿宋
2 1.5 25p,41,red 中文黑体
2 0.5 25p,42,green 中文楷体
4 3.5 25p,43,black 中文宋体
5 3.5 25p,44,blue 中文仿宋
6 3.5 25p,45,red 中文黑体
7 3.5 25p,46,green 中文楷体
EOF
gmt end show
```

成图效果如下:



**备注:** 生成的 PNG、JPG 格式的图片中可直接显示中文, 而生成的 PDF 文件用 macOS 自带的 PDF 预览工具打开无法显示中文, 使用 Adobe Reader 打开则可以正常显示中文。

## 16.3 Windows 下的 GMT 中文支持

贡献者

[田冬冬, 陈箫翰](#)

最近更新日期

2022-06-21

### 16.3.1 ghostscript 的中文支持

GMT 需要使用 Ghostscript 生成 PDF、JPG 等格式的图片。如果没有正确配置 Ghostscript 的中文支持, GMT 生成的图片中的中文将会出现乱码。因此必须首先配置 Ghostscript 的中文支持, 但 GMT 安装包中内置的 Ghostscript 不支持中文。

若需要 GMT 支持中文, 则需要在安装 GMT 时不勾选 Ghostscript 组件, 待安装完成后再自行安装 Ghostscript。对于已安装 GMT 的用户, 建议先卸载 GMT, 再按照《[Windows 下安装 GMT](#)》一节的步骤重新安装 GMT, 安装过程中注意不勾选 Ghostscript。

Ghostscript 安装包下载地址:

- [gs9561w64.exe \(64 位\)](#)
- [gs9561w32.exe \(32 位\)](#)

**警告:** 请注意 Ghostscript 的版本! 由于 Ghostscript 自身的 bug, 请勿使用 9.27、9.51 和 9.52 版本的 Ghostscript。

---

**备注:** 安装 Ghostscript 的过程中记得勾选 Generate cidfmap for Windows CJK TrueType fonts 以生成中文字体配置文件。

---

在安装 ghostscript 的过程中, 会有一个生成 cidmap 的选项, 选中该选项则表示会为当前系统自动生成中文所需的 cidmap 文件。默认该选项是被选中的, 一定 **不要将该选项取消**。

为了能够在将 PS 文件转换为其他图片格式时也支持中文, 需要设置环境变量 GS\_FONTPATH。具体步骤如下:

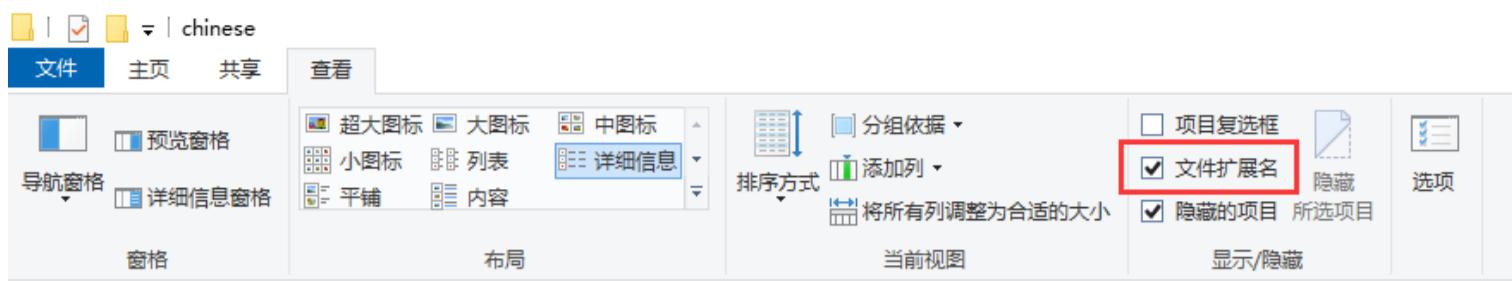
1. 点击“计算机”->“属性”->“高级系统设置”->“环境变量”打开“环境变量”编辑工具
2. 在“系统变量”部分中, 新建变量 GS\_FONTPATH 并设置其值为 C:\Windows\fonts

### 16.3.2 GMT 的中文支持

新建 GMT 自定义字体配置文件 C:\Users\用户名\.gmt\PSL\_custom\_fonts.txt (注意 用户名应该替换为实际的用户名。若不存在 C:\Users\用户名\.gmt 目录则需新建该目录。Windows 的文件管理器无法新建以 . 开头的文件夹, 因而需要打开 CMD, 然后执行命令 mkdir .gmt 以创建该文件夹)。

---

**备注:** Windows 默认隐藏文件的扩展名。新手在新建这个字体配置文件时, 常常将文件名错误写成 PSL\_custom\_fonts.txt.txt, 导致中文字体添加失败。因此强烈建议在资源管理器 -> 查看中开启显示文件扩展名:



向 GMT 自定义字体配置文件 C:\Users\用户名\.gmt\PSL\_custom\_fonts.txt 中加入如下语句:

```
STSong-Light--GB-EUC-H 0.700 1
STFangsong-Light--GB-EUC-H 0.700 1
STHeiti-Regular--GB-EUC-H 0.700 1
STKaiti-Regular--GB-EUC-H 0.700 1
STSong-Light--GB-EUC-V 0.700 1
STFangsong-Light--GB-EUC-V 0.700 1
STHeiti-Regular--GB-EUC-V 0.700 1
STKaiti-Regular--GB-EUC-V 0.700 1
```

用 gmt text -L 查看 GMT 字体:

```
$ gmt text -L
Font # Font Name
-----
0 Helvetica
1 Helvetica-Bold
...
39 STSong-Light--GB-EUC-H
40 STFangsong-Light--GB-EUC-H
41 STHeiti-Regular--GB-EUC-H
42 STKaiti-Regular--GB-EUC-H
43 STSong-Light--GB-EUC-V
44 STFangsong-Light--GB-EUC-V
45 STHeiti-Regular--GB-EUC-V
46 STKaiti-Regular--GB-EUC-V
```

可以看到，新添加的四种中文字体对应的字体编号为 39 到 46。其中 STSong-Light--GB-EUC-H 即为宋体，GB-EUC 是文字编码方式，H 表示文字水平排列，V 表示竖排文字。强烈建议在执行测试脚本前确认自己的中文字体编号。

### 16.3.3 GMT 中文测试

**备注:** 请自行确认你的中文字体编号。如果编号不是 39 到 46，请自行修改以下测试脚本。

**警告:** 目前发现 Git Bash 运行 Bash 脚本时，echo 生成文件使用的是 UTF8 编码，从而可能会导致中文乱码。建议在有中文需求时使用 bat 脚本，或者避免在 Bash 脚本中使用 echo。

使用记事本和 Notepad++ 的用户，应注意含中文的 bat 文件和输入数据文件都应以 ANSI 编码保存，使用其他编码方式则极可能出现乱码。Notepad++ 除了注意要选择“编码 -> 使用 ANSI 编码”以外，还应该选中“设置 -> 首选项 -> 新建 -> 编码 -> ANSI”。

Visual Studio Code 用户，应注意确保含中文的 bat 文件和输入数据文件都采用 GB2312 编码方式。在

Visual Studio Code 右下角状态栏中可以查看并修改当前文件的编码方式。

```
gmt begin map pdf,png
REM GMT 处理中文存在一些已知BUG
REM 需要设置 PS_CHAR_ENCODING 为 Standard+ 以绕过这一BUG
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
gmt set FONT_TITLE 25p,41,black
gmt set FONT_LABEL 15p,39,black

REM GMT 6.3 中连续使用echo命令输出含中文的文件时，必须在开始设置 chcp 936
chcp 936
echo 2 3.5 25p,39,black 中文宋体 > tmp
echo 2 2.5 25p,40,blue 中文仿宋 >> tmp
echo 2 1.5 25p,41,red 中文黑体 >> tmp
echo 2 0.5 25p,42,green 中文楷体 >> tmp
echo 4 3.5 25p,43,black 中文宋体 >> tmp
echo 5 3.5 25p,44,blue 中文仿宋 >> tmp
echo 6 3.5 25p,45,red 中文黑体 >> tmp
echo 7 3.5 25p,46,green 中文楷体 >> tmp

REM GMT 6.3 中每句使用中文的命令之前必须设置 chcp 936
chcp 936
gmt text tmp -R0/8/0/4 -JX12c/4c -Bxaf+l"X轴" -Byaf+l"Y轴" -BWSen+t"中文标题" -F+f
del tmp
gmt end
```

**备注:** GMT 6.x 目前在 Windows 下处理中文时存在 BUG, 可能会出现某些中文正常显示, 某些不正常显示的情况。使用:

```
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
```

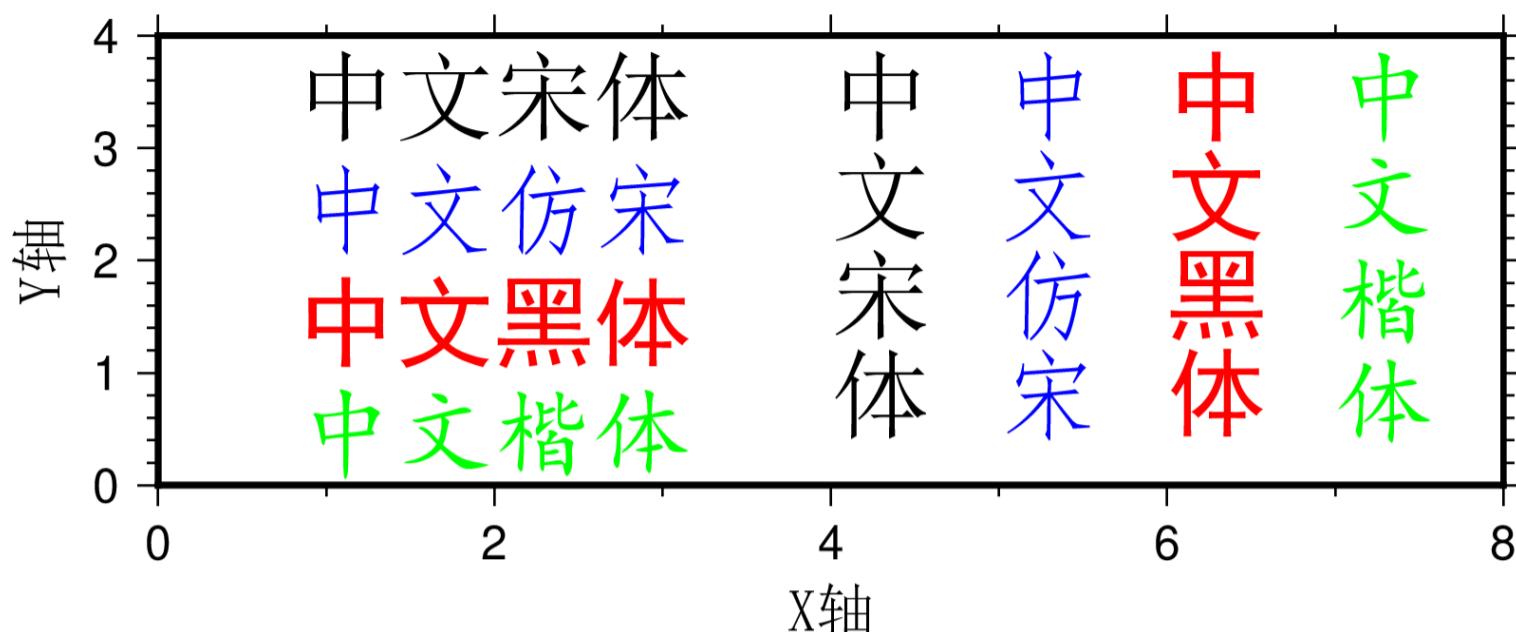
可临时避免这一 BUG。

此外, GMT 6.3 中每句使用中文的命令之前, 以及使用 echo 命令输出含中文的文件之前, 必须设置 chcp 936 , 否则将出现乱码:

```
chcp 936
```

成图效果如下:

# 中文标题



GMT 中文支持实例：

## 16.4 GMT 中文效果演示

### 16.4.1 中文文字

本例中展示了如何在绘图时使用中文标签和中文标题，以及如何打印横排和竖排的中文。

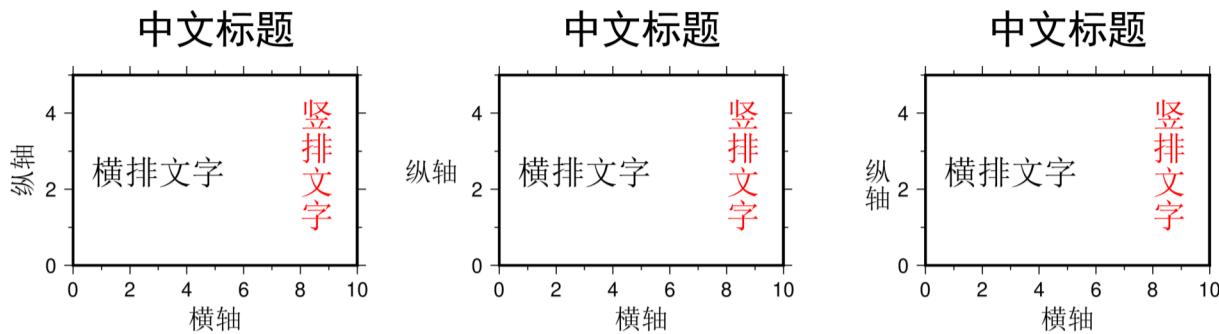
- 左图中 Y 轴标签与纵轴平行
- 中图中 Y 轴标签与 X 轴平行
- 右图中 Y 轴标签单独绘制并使用了竖排中文字体。

```
gmt begin chinese-texts png
# 左图
gmt set FONT_TITLE 24p,41,black FONT_LABEL 16p,39,black
gmt basemap -R0/10/0/5 -JX6c/4c -Bxaf+l"横轴" -Byaf+l"纵轴" -BWSen+t"中文标题"
gmt text -F+f << EOF
3 2.5 20p,39,black 横排文字
8 4.0 20p,43,red   竖排文字
EOF

# 中图
gmt set FONT_TITLE 24p,41,black FONT_LABEL 16p,39,black
gmt basemap -R0/10/0/5 -JX6c/4c -Bxaf+l"横轴" -Byaf+L"纵轴" -BWSen+t"中文标题" -X9c
gmt text -F+f << EOF
3 2.5 20p,39,black 横排文字
8 4.0 20p,43,red   竖排文字
EOF

# 右图
gmt set FONT_TITLE 24p,41,black FONT_LABEL 16p,39,black
gmt basemap -R0/10/0/5 -JX6c/4c -Bxaf+l"横轴" -BWSen+t"中文标题" -X9c
gmt basemap -Byaf+L"纵轴" -BW --FONT_LABEL=16p,43,black --MAP_LABEL_OFFSET=20p
gmt text -F+f << EOF
3 2.5 20p,39,black 横排文字
8 4.0 20p,43,red   竖排文字
EOF

gmt end show
```



## 16.4.2 中文月份

GMT 可以绘制中文的月份。

Linux 和 macOS 用户需要先修改 GMT 中文语言文件的字符编码 (Windows 用户不需要) :

```
# 进入 GMT 语言定义文件所在目录
cd `gmt --show-sharedir`/localization

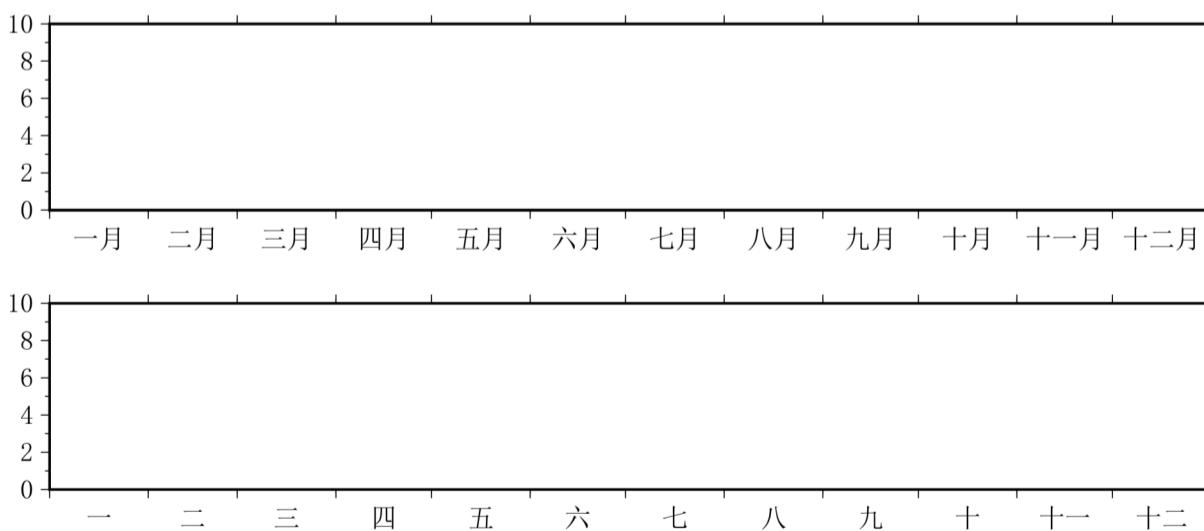
# 备份中文语言文件
cp gmt_cn1.locale gmt_cn1.locale_old
# 将中文编码方式从默认的 GB2312 修改为 UTF8 编码，这样才能正常显示中文月份
iconv -f GBK -t UTF8 gmt_cn1.locale
```

设置 `GMT_LANGUAGE` 为中文 (即 cn1)，并设置标注字体为中文。

```
gmt begin chinese-months png
# 设置GMT语言为中文
gmt set GMT_LANGUAGE cn1
# 设置标注的字体为中文字体
gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 16p,39,black

# FORMAT_DATE_MAP 为 full 表示显示“一月”
gmt set FORMAT_DATE_MAP o FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP full
gmt basemap -R1997T/1998T/0/10 -JX25c/4c -Bpxa10 -Byaf -BWSen

# FORMAT_DATE_MAP 为 abbreviated 表示显示“一”
gmt set FORMAT_DATE_MAP o FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP abbreviated
gmt basemap -R1997T/1998T/0/10 -JX25c/4c -Bpxa10 -Byaf -BWSen -Y-6c
gmt end show
```



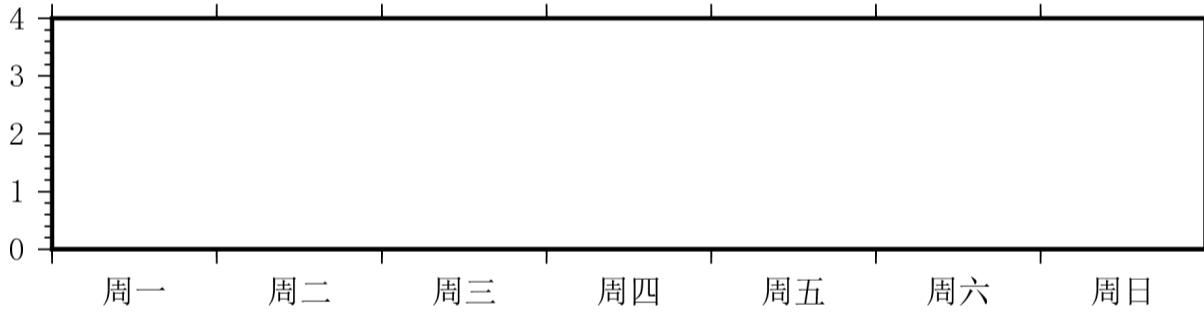
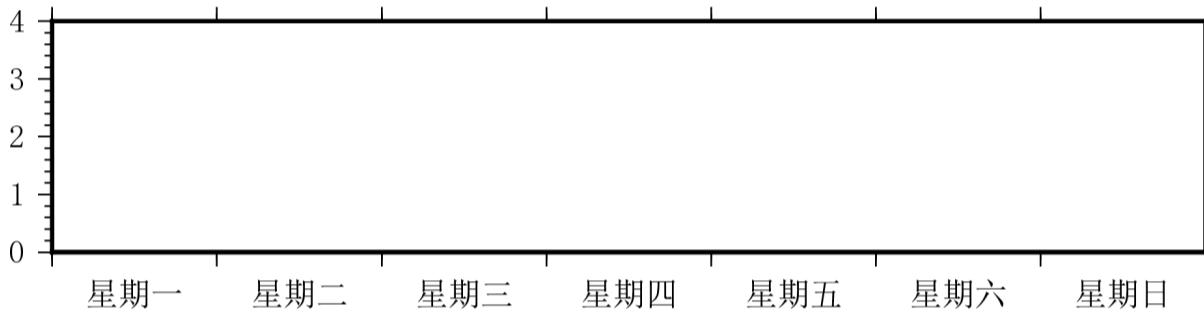
### 16.4.3 中文星期

GMT 支持中文的星期。要想使用中文表示星期几, 需要设置 `GMT_LANGUAGE` 为中文, 即 `cn1`, 并设置标注的字体为中文。

```
gmt begin chinese-weeks png
# 设置GMT语言为中文
gmt set GMT_LANGUAGE cn1
# 设置标注的字体为中文字体
gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 12p,39

# FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP 为 full 表示显示“星期一”
gmt set FORMAT_DATE_MAP u FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP full
gmt basemap -R1969-7-21T/1969-7-28T/0/4 -JX15c/3c -Bpxa1K -Byaf -BWSen

# FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP 为 abbreviated 表示显示“周一”
gmt set FORMAT_DATE_MAP u FORMAT_TIME_PRIMARY_MAP abbreviated
gmt basemap -R1969-7-21T/1969-7-28T/0/4 -JX15c/3c -Bpxa1K -Byaf -BWSen -Y-5c
gmt end show
```



除了 GMT 默认支持的多种字体外, 用户还可以自行配置和使用其他字体(如其他西文字体、中日韩字体):

### 16.5 自定义字体原理

GMT 默认支持 35 种 PS 标准字体。如果想要使用额外的字体(比如其他西文字体或中日韩字体), 则需要用户自行配置。在[安装](#)一章中已经简要介绍了如何利用第三方提供的配置脚本在 Linux、macOS 下修改 ghostscript 配置文件以使得 GMT 支持中文字体。这一节则更详细地介绍修改 ghostscript 配置文件和 GMT 字体配置文件的基本原理。

本文依然以四个基本的中文字体为例。

### 16.5.1 基本原理

GMT 本质上是生成 PS 文件，并利用 ghostscript 将其转换为其他图片格式。因而，为 GMT 自定义字体本质上分为两步：

1. 修改 ghostscript 配置文件
2. 修改 GMT 配置文件

### 16.5.2 ghostscript 中文配置

#### 中文配置文件

不同系统下 ghostscript 的的中文配置文件的位置不同。此处以 CentOS 7 为例。

CentOS 7 下，ghostscript 的中文配置文件的路径为 /usr/share/ghostscript/conf.d/cidfmap.zh\_CN。若该文件不存在，则表明系统中未安装 ghostscript 中文配置文件。

CentOS 7 下 ghostscript 简体中文配置文件可以通过如下命令安装：

```
$ sudo yum install ghostscript-chinese-zh_CN
```

#### 配置文件的内容

CentOS 7 中 ghostscript 中文配置文件的默认内容为：

```
/BousungEG-Light-GB <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/wqy-zenhei/wqy-zenhei.ttc) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/GBZenKai-Medium    <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/wqy-zenhei/wqy-zenhei.ttc) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/MSungGBK-Light     /BousungEG-Light-GB ;
/Adobe-GB1           /BousungEG-Light-GB ;
```

其中的细节不管，其大致意义为：

- 第一行定义了字体名为 /BousungEG-Light-GB，对应的字体文件为 /usr/share/fonts/wqy-zenhei/wqy-zenhei.ttc，也就是文泉驿正黑；
- 第二行定义了字体名为 /GBZenKai-Medium，对应的字体文件也是文泉驿正黑；
- 第三行和第四行分别定义了字体名 /MSungGBK-Light 和 /Adobe-GB1，这两种都对应于 /BousungEG-Light-GB，相当于给字体定义了别名。

关于配置文件的几点说明：

- 字体名是任意的，比如字体名可以取为 /ABC；
- 字体文件似乎只能是 ttc 或 ttf 格式的，当然修改参数也有可能可以使用其他格式的字体；
- 要注意确认字体文件是否存在，比如 CentOS7 下的 wqy-zenhei.ttc 字体实际上位于软件包 wqy-zenhei-fonts 中。若字体不存在，则需要安装相应软件包。

## 添加 Windows 中文字体

Linux 的中文字体较少, 所以这里使用 Windows 下中的中文字体, 这里只考虑 Windows 下的宋体、仿宋、黑体和楷体四个基本字体。对于 Windows 下的其他中文字体、Linux 的其他中文字体甚至日韩字体来说, 方法类似。

将这四个字体文件复制到 `/usr/share/fonts/winfonts/` 目录下, 然后对 ghostscript 的中文配置文件做如下修改:

```
% 原内容保持不变
/BousungEG-Light-GB <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/wqy-zenhei/wqy-zenhei.ttc) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/GBZenKai-Medium   <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/wqy-zenhei/wqy-zenhei.ttc) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/MSungGBK-Light    /BousungEG-Light-GB ;
/Adobe-GB1         /BousungEG-Light-GB ;

% 新增 Windows 字体的支持
/STSong-Light <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/winfonts/simsun.ttc) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/STFangsong-Light <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/winfonts/simfang.ttf) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/STHeiti-Regular <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/winfonts/simhei.ttf) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/STKaiti-Regular <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/winfonts/simkai.ttf) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
```

## 测试 ghostscript 对 Windows 中文字体的支持

下载 PS 测试文件 `GMT_Chinese_Linux.ps`, 并打开终端用 `gs GMT_Chinese_Linux.ps` 命令查看该 PS 文件。若正确显示中文如下图, 则表明 ghostscript 已支持 Windows 中文字体。

Song Typeface 宋体  
 Fangsong Typeface 仿宋体  
 Hei Typeface 黑体  
 Kai Typeface 楷体

---

**备注:** PS 文件本质上是一个纯文本文件, 可以用**编辑器**打开该 PS 文件以查看其内容。

PS 文件中要使用某个中文字体, 需要用 `FontName-CMap` 的格式来调用。其中 `FontName` 即 gs 中文配置文件中给定的字体名。CMap 可以取 `UniGB-UTF8-H` 和 `GB-EUC-H`, Linux 下一般用前者, Windows 下一般用后者, 用于指定汉字或中文字体的编码。

---

### 16.5.3 GMT 中文支持

新建 GMT 自定义字体配置文件 `~/.gmt/PSL_custom_fonts.txt` (若不存在 `~/.gmt` 目录则需新建该目录)。

向 GMT 自定义字体配置文件 `~/.gmt/PSL_custom_fonts.txt` 中加入如下语句:

```
STSong-Light-UniGB=UTF8-H 0.700 1
STFangsong-Light-UniGB=UTF8-H 0.700 1
SHeiti-Regular-UniGB=UTF8-H 0.700 1
STKaiti-Regular-UniGB=UTF8-H 0.700 1
```

第一列为字体名, 第二列为字母 A 的高度, 第三列与编码有关。

用 `gmt text -L` 命令查看 GMT 当前的字体配置:

```
$ gmt text -L
Font # Font Name
-----
0 Helvetica
1 Helvetica-Bold
...
39 STSong-Light-UniGB=UTF8-H
40 STFangsong-Light-UniGB=UTF8-H
41 SHeiti-Regular-UniGB=UTF8-H
42 STKaiti-Regular-UniGB=UTF8-H
```

其中 0-38 为 GMT/gs 默认支持的字体, 39-42 为新添加的中文字体。以后要用中文字体时, 需要用这些编号来指定字体, 也许你的机器上的编号和这里不同。

### 16.5.4 GMT 中文测试

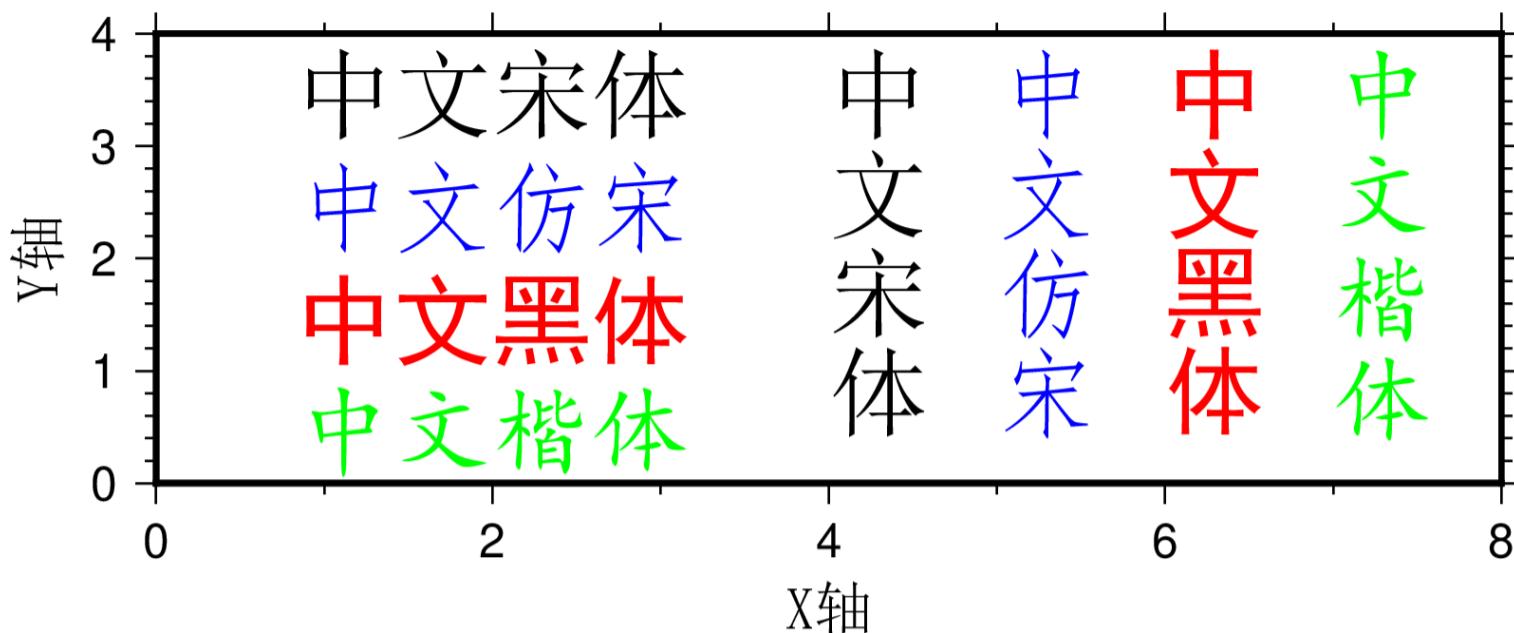
测试脚本:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin GMT_Chinese
# GMT 处理中文存在一些已知BUG
# 需要设置 PS_CHAR_ENCODING 为 Standard+ 以绕过这一BUG
gmt set PS_CHAR_ENCODING Standard+
gmt set FONT_TITLE 30p,39,black
gmt set FONT_LABEL 15p,39,black

gmt text -R0/10/0/4 -JX15c/5c -Bxafg+l"X轴" -Byafg+l"Y轴" \
    -BWSen+t"中文标题" -F+f << EOF
3 2.5 35p,39,black GMT宋体
3 1.0 35p,40,blue GMT仿宋
7 2.5 35p,41,yellow GMT黑体
7 1.0 35p,42,green GMT楷体
EOF
gmt end show
```

成图效果如下:

# 中文标题



## 16.5.5 对其他发行版的若干说明

其他发行版与 CentOS 7 之间或多或少有一些区别, 列举如下。

### CentOS 6

- ghostscript 中文配置文件需要用如下命令安装:

```
sudo yum install cjkuni-fonts-ghostscript
```

在安装配置文件的同时会安装中文字体 uming 和 ukai。

- ghostscript 中文配置文件中给定的字体路径: /usr/share/fonts/cjkuni/uming.ttc 和 /usr/share/fonts/cjkuni/ukai.ttc 是错误的。正确的字体路径是 /usr/share/fonts/cjkui-uming/uming.ttc 和 /usr/share/fonts/cjkuni-ukai/ukai.ttc, 要注意改正。

### Ubuntu 14.04 及之后的版本

- ghostscript 中文配置文件可以用如下命令安装(默认已安装):

```
sudo apt install poppler-data
```

- ghostscript 中文配置文件路径为: /etc/ghostscript/cidfmap.d/90gs-cjk-resource-gb1.conf

- ghostscript 中文配置文件中默认使用的 Linux 字体为 uming 和 ukai, 需要通过如下命令安装:

```
sudo apt install fonts-archic-uming fonts-archic-ukai
```

- gs 中文配置文件的默认内容为:

```
/BousungEG-Light-GB <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/truetype/archic/uming.ttc) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/GBZenKai-Medium <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/truetype/archic/ukai.ttc) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/Song-Medium /GBZenKai-Medium ;
/STSong-Light /BousungEG-Light-GB ;
/STFangsong-Light /BousungEG-Light-GB ;
```

(下页继续)

(续上页)

```
/STHeiti-Regular /BousungEG-Light-GB ;
/STKaiti-Regular /BousungEG-Light-GB ;
/Adobe-GB1      /BousungEG-Light-GB ;
/Adobe-GB1-Bold /GBZenKai-Medium ;
```

需要将该文件改成:

```
% 原配置文件的内容, 与 STSong-Light 等相关的四行必须删除
/BousungEG-Light-GB <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/truetype/aphic/uming.ttc) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/GBZenKai-Medium   <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/truetype/aphic/ukai.ttf) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/Song-Medium /GBZenKai-Medium ;
/Adobe-GB1        /BousungEG-Light-GB ;
/Adobe-GB1-Bold /GBZenKai-Medium ;

% 新增 Windows 字体的支持
/STSong-Light <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/winfonts/simsun.ttc) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/STFangsong-Light <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/winfonts/simfang.ttf) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/STHeiti-Regular <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/winfonts/simhei.ttf) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
/STKaiti-Regular <</FileType /TrueType /Path (/usr/share/fonts/winfonts/simkai.ttf) /SubfontId 0 /CSI [(GB1) 4] >> ;
```

修改完 ghostscript 中文配置文件后, 必须要执行如下命令:

```
$ sudo update-gsfontmap
```

该命令会将 `/etc/ghostscript/cidfmap.d/*.conf` 合并成单独的文件 `/var/lib/ghostscript/fonts/cidfmap`。 `gs` 在需要中文字体时会读取 `/var/lib/ghostscript/fonts/cidfmap` 而不是 `/etc/ghostscript/cidfmap.d/*.conf`。这是 Ubuntu/Debian 和 CentOS 的一个很大不同。

### 16.5.6 参考资料

1. GMT 软件显示汉字的技术原理与实现, 赵桂儒, 《测绘通报》
2. [ghostscript 中文打印经验](#)
3. [GMT 中文支持](#)
4. [维基词条: PostScript](#)
5. [Debian Wiki](#)

# 第 17 章 API

GMT 提供了 API (Application Program Interface, 即应用程序接口), 因而用户可以在 C/Fortran、MATLAB、Julia 以及 Python 程序中直接调用 GMT。

## 17.1 GMT C API

GMT 为 C/Fortran 程序提供了两套 API, 包括 GMT API 和 PostScriptLight 绘图库。C/Fortran 用户可以在自己的程序中直接调用这两套 API, 以实现在程序中调用 GMT 模块或底层绘图库的功能。

这部分内容涉及到底层 API, 通常只有高级用户才会涉及到。本手册不会翻译整理相关内容。有需要的用户请自行阅读官方文档。

- [GMT API](#)
- [PostScriptLight](#)

## 17.2 GMT/Matlab Toolbox

GMT 的 Matlab 接口提供了在 Matlab 中调用 GMT 命令的功能。通过该接口, GMT 的所有模块命令都可以在 Matlab 脚本中嵌入执行。GMT 命令生成的结果 (grid 格网数据、table 表格数据、CPT 颜色表、文本文件、图片等) 都可以作为 Matlab 变量进行运算; Matlab 中的矩阵变量也可以直接作为 GMT 的输入。

### 17.2.1 安装

#### Windows 平台

GMT5.3 以后的用户在 GMT 执行路径 (默认为 C:\programs\gmt5\bin ) 下已经存在 gmt.m 和 gmtmex.mexw64|32 两个文件, 只要确保如下两点即可在 Windows 下使用该接口了。

- GMT 的执行路径已经加入了系统环境变量 path 中, 保证系统可调用 GMT 命令;
- GMT 的执行路径已经加入 Matlab 的搜索路径下, 保证 Matlab 可调用 GMT 命令, 如下图所示。

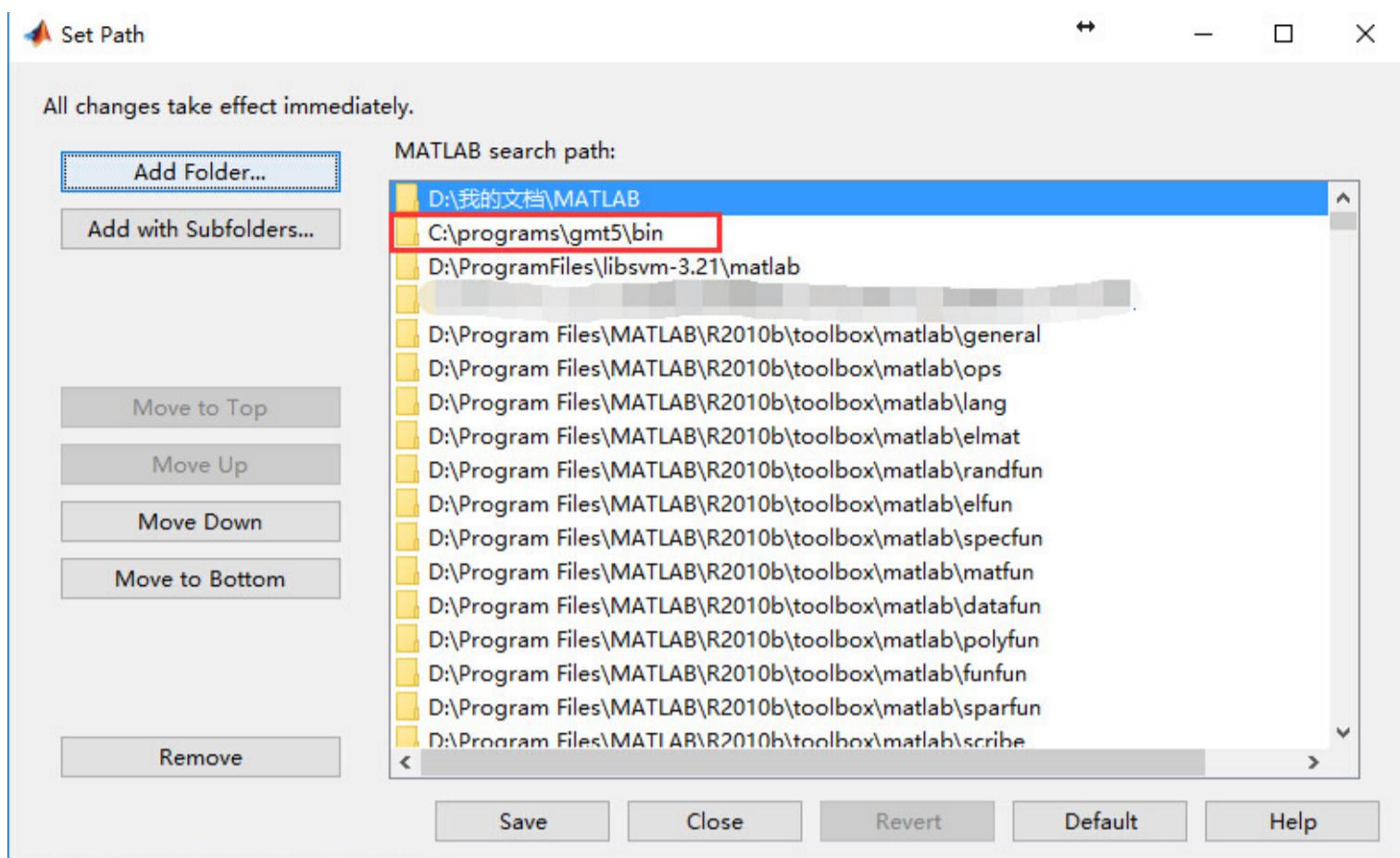


图 1: Matlab PATH 设置

测试安装是否正确：在 Matlab 的命令行窗口直接敲入 gmt，若出现 GMT 的版本及使用方法介绍，则安装成功。

### macOS 平台

在 macOS 上按照如下流程可以成功编译 GMT 的 Matlab 接口。但由于 Matlab 处理动态链接库的方式很特别，因而该接口可能不太稳定。GMT 开发者正试图与 MathWorks 合作以解决这个问题，将来以下编译方法可能会修改：

1. 安装 macOS 平台上最新版本的 GMT；
2. 运行安装目录下 share/tools 下的 gmt\_prepMex.sh 文件。此操作会复制 GMT 的已安装文件到 /opt/gmt 目录下，并且会重新检查所有的共享库；
3. 使用 gmtswitch 切换当前使用的 GMT 版本，确保 /opt/gmt 下的 GMT 为当前激活版本；
4. 获取 gmt-mex 项目文件到本地：

```
git clone https://github.com/GenericMappingTools/gmtmex
```

5. 进入 gmt-mex 目录并编译生成 gmtmex.mexmaci64

```
cd gmt-mex/
autoconf
./configure --enable-matlab
make
```

6. 将 gmt.m 和 gmtmex.mexmaci64 所在目录添加到 MTATLAB 路径中
7. 确保 gmt.conf 文件中包含选项：GMT\_CUSTOM\_LIBS=/opt/gmt/lib/gmt/plugins/supplements.so

经测试, 该项目在 2015a、2015b 的 MATLAB 版本中可使用, 对于更老版本的 MATLAB, 还未进行测试。

## Unix/Linux 平台

正在努力开发中, 还望有志之士加入…

### 17.2.2 使用方法

GMT 接口完全模仿了传统的 matlab 命令, 可以在命令行、m 文件或 IDE 中使用。形式是:

```
返回参数 = gmt('<module> <module-options>', 输入数据)
```

其中 **输入数据**可以为 Matlab 的矩阵、结构体或数组等; **返回参数**可直接在 Matlab 中参与后续的计算。调用 GMT 完毕后, 清空缓存:

```
gmt('destroy')
```

#### 入门级示例

在 matlab 环境中调用 pscoast 绘制地图:

```
gmt('pscoast -Rg -JA280/30/3.5i -Bg -Dc -A1000 -Gnavy -P > GMT_lambert_az_hemi.ps')
```

上例中, 并不存在输入数据, 也就是不存在与 Matlab 变量的交互, 生成的 ps 文件在 Matlab 当前路径下。

#### 进阶级示例

在 Matlab 环境中, 绘制文字:

```
% 创建字符串数组
lines = {'5 6 Some label', '6 7 Another label'};
% 绘制
gmt('pstext -R0/10/0/10 -JX6i -Bafg -F+f18p -P > text.ps ', lines);
gmt('destroy');
```

上例中, 字符串数组 `lines` 可以直接作为 `pstext` 的输入参数。

以上为单个输入参数, 若需要多个输入参数, 如何确定参数的先后顺序?

#### 高手级示例

对一个矩阵数组进行格网化并绘图:

```
% 创建一个100*3矩阵, xyz值均为0~150之间的随机数
t= rand(100,3)*150
% 利用GMT的surface命令对t进行格网化, 输出为结构体G, 数组结构见附录
G = gmt('surface -R0/150/0/150 -I1', t );
% 利用grd2cpt创建颜色表文件, 输出为颜色表结构体cpt
cpt = gmt('grd2cpt -Cjet', G);
% 利用grdimage绘制格网化结果
gmt('grdimage -JX8c -Ba -P -C -G > crap_img.ps', G, cpt);
gmt('destroy');
```

上例中, `grdimage` 命令需要两个输入参数: 颜色表 `cpt` 和格网数据 `G`, 两者先后顺序不可交换。强制性输入参数 (本例中的 `G`) 要在所有可选参数 (本例中的 `cpt`) 之前。若有个多个选项参数, 强制性输入参数写在最前, 然后按顺序给出可选参数。

## 大神级示例

另一个多参数的例子：

```
x = linspace(-pi, pi)'; % 创建x值
seno = sin(x); % 创建y值
xyz = [x seno seno]; % 创建xyz三列数据，其中y=z
cpt = gmt('makecpt -T-1/1/0.1'); % 创建rainbow颜色表
%绘制函数曲线，以z值赋颜色。cpt和xyz先后顺序不可交换。
gmt('psxy -R-3.2/3.2/-1.1/1.1 -JX12c -Sc0.1c -C -P -Ba > seno.ps', xyz, cpt);
gmt('destroy');
```

敲黑板，上例 psxy 一句中，-C 为可选参数，因此引号外 cpt 要在强制性输入数据 xyz 之后。

### 17.2.3 常见问题

- 使用完 GMT 接口后要记得 gmt('destroy') 释放内存，不然有可能出现不可预知错误。
- gmt 括号内直接写 module 名，看似 GMT4 语句，实际只支持 GMT5 的语法。
- 绘制地理投影时，经纬度标注可能会出现 %s 乱码（即使设置为不显示任何度分秒符号），目前已知 Matlab2016 存在该问题，其他版本还未有此类反馈。

### 17.2.4 引用

GMT/MATLAB 工具包用户请引用如下文章：

- Wessel, P., and J. F. Luis The GMT/MATLAB Toolbox, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, **18(2)**, 811-823, 2017. doi:10.1002/2016GC006723

## 17.3 GMT.jl

Julia 是一种为高性能计算设计的高级通用动态编程语言。其与 Matlab、Python 等编程语言都有相似之处。GMT 提供了 Julia 接口，使得 Julia 用户可以直接在 Julia 脚本中调用 GMT 的相关模块以实现绘图功能。

- 源码地址: <https://github.com/GenericMappingTools/GMT.jl>
- 官方文档: <https://www.generic-mapping-tools.org/GMT.jl>

## 17.4 PyGMT

从 GMT 6.0 开始，GMT 提供了 Python 接口，用户可以在 Python 中直接调用 GMT 绘图。

- 项目地址: <https://github.com/GenericMappingTools/pygmt>
- 官方文档: <https://www.pygmt.org>

# 第 18 章 模块手册

## GMT 主程序与脚本

- *gmt*
- *gmt-*
- config*

## GMT 模块 (已翻译整理)

•		• <i>gmtspa-</i>	• <i>grdpro-</i>	• <i>nearneigh-</i>	• <i>xyz2 grd</i>	• <i>grdred-</i>
	<i>basemap</i>	<i>tial</i>	<i>ject</i>	<i>bor</i>	•	<i>pol</i>
•	<i>begin</i>	• <i>gmt-</i>	• <i>grd-</i>	• <i>plot</i>	<i>x2sys_init</i>	• <i>grd-</i>
•	<i>clear</i>	<i>split</i>	<i>sample</i>	• <i>polar</i>	•	<i>seamount</i>
•	<i>clip</i>	• <i>gmtvec-</i>	• <i>grd-</i>	• <i>project</i>	<i>x2sys_binlist</i>	•
•	<i>coast</i>	<i>tor</i>	<i>track</i>	• <i>pscon-</i>	•	<i>gravprisms</i>
•	<i>color-</i>	•	•	<i>vert</i>	<i>x2sys_cross</i>	• <i>tal-</i>
	<i>bar</i>	<i>gmtwhich</i>	<i>grdtrend</i>	• <i>rose</i>	•	<i>wani2d</i>
•	<i>contour</i>	• <i>grd2cpt</i>	• <i>grdvec-</i>	• <i>sac</i>	<i>x2sys_datalist</i>	• <i>tal-</i>
•	<i>coupe</i>	• <i>grd2xyz</i>	<i>tor</i>	• <i>sam-</i>	•	<i>wani3d</i>
•	<i>docs</i>	• <i>grd-</i>	• <i>grdview</i>	<i>ple1d</i>	<i>x2sys_get</i>	•
•	<i>end</i>	<i>blend</i>	• <i>grdvol-</i>	• <i>solar</i>	•	<i>mgd77manage</i>
•	<i>figure</i>	• <i>grdclip</i>	<i>ume</i>	• <i>spec-</i>	<i>x2sys_list</i>	•
•	<i>filter1d</i>	• <i>grdcon-</i>	• <i>gshhg</i>	<i>trum1d</i>	•	<i>mgd77convert</i>
•	<i>fitcircle</i>	<i>tour</i>	• <i>his-</i>	• <i>sph2 grd</i>	<i>x2sys_merge</i>	•
•	<i>gmtbin-</i>	• <i>grdcon-</i>	<i>togram</i>	• <i>sphdis-</i>	•	<i>mgd77header</i>
	<i>stats</i>	<i>vert</i>	• <i>image</i>	<i>tance</i>	<i>x2sys_put</i>	•
•	<i>gmt-</i>	• <i>grdcut</i>	•	• <i>sphin-</i>	•	<i>mgd77info</i>
	<i>connect</i>	• <i>grdedit</i>	<i>img2google</i>	<i>terpo-</i>	<i>x2sys_report</i>	•
•	<i>gmtde-</i>	• <i>grdfill</i>	•	<i>late</i>	•	<i>mgd77list</i>
	<i>faults</i>	• <i>grdim-</i>	<i>img2 grd</i>	• <i>sphtri-</i>	<i>x2sys_solve</i>	•
•	<i>gmtget</i>	<i>age</i>	• <i>inset</i>	<i>angu-</i>	• <i>gmt-</i>	<i>mgd77magref</i>
•	<i>gmtinfo</i>	• <i>grdinfo</i>	•	<i>late</i>	<i>flexure</i>	•
•	<i>gmtlogo</i>	• <i>grd-</i>	<i>kml2gmt</i>	• <i>subplot</i>	• <i>gmt-</i>	<i>mgd77path</i>
•	<i>gmt-</i>	<i>land-</i>	• <i>legend</i>	• <i>surface</i>	<i>grav-</i>	•
	<i>math</i>	<i>mask</i>	•	• <i>ternary</i>	<i>mag3d</i>	<i>mgd77sniffer</i>
•	<i>gmtse-</i>	• <i>grd-</i>	<i>makecpt</i>	• <i>text</i>	• <i>gravfft</i>	•
	<i>lect</i>	<i>mask</i>	• <i>map-</i>	• <i>tri-</i>	• <i>grdflex-</i>	<i>mgd77track</i>
•	<i>gmtset</i>	• <i>grd-</i>	<i>project</i>	<i>angiu-</i>	<i>ure</i>	
•	<i>gmt-</i>	<i>math</i>	• <i>mask</i>	<i>late</i>	• <i>grd-</i>	
	<i>sim-</i>	• <i>grd-</i>	• <i>meca</i>	• <i>velo</i>	<i>grav-</i>	
•	<i>plify</i>	<i>paste</i>	•	• <i>wiggle</i>	<i>mag3d</i>	

GMT 模块 (尚未翻译整理, 欢迎贡献)

• batch	• gmt-	• grdgra-	• earth-	eler	• origi-
• block-	convert	dient	tide	• grdp-	nater
mean	•	• grdhis-	• gps-	mod-	•
• block-	gmtregress	teq	gridder	eler	polespot-
median	•	•	•	•	ter
• block-	gmtswitch	grdinter-	segy2 grd	grdro-	• rotcon-
mode	•	polate	• segy	tater	verter
• dimfil-	grd2kml	• grdmix	• segyz	grdspot-	•
ter	• grdffft	• green-	• back-	ter	rotsmoother
• events	• grdgdal	spline	tracker	•	• trend1d
•	• grdfil-	• movie	• gmtp-	hotspot-	• trend2d
gmt2kml	ter	• plot3d	mod-	ter	

### GMT 模块 (按功能分类) [包含了尚未翻译模块]

- 主程序/脚本
- 现代模式会话管理
- 绘图相关模块
- 1D 数据处理
- 2D 数据处理
- 参数设置
- 信息提取
- 格式转换
- *mgd77* 相关模块
- *x2sys* 相关模块
- *SPOTTER* 相关模块
- *POTENTIAL* 相关模块
- 其他模块
- 其他脚本

模块类别和模块名	功能
<b>主程序/脚本</b>	
<i>gmt</i>	GMT 主程序
<i>gmt-config</i>	返回 GMT 动态函数库的基本信息
<b>现代模式会话管理</b>	
<i>begin</i>	初始化一个新的 GMT 现代模式会话
<i>clear</i>	删除缓存目录、数据目录、会话目录以及当前配置文件
<i>docs</i>	打开指定模块的 HTML 文档
<i>end</i>	结束现代模式会话, 生成并显示图片
<i>figure</i>	设置当前图片的属性
<i>inset</i>	管理和设置图中图模式
<i>subplot</i>	管理和设置子图模式
<b>绘图相关模块</b>	
<i>basemap</i>	绘制底图
<i>coast</i>	在地图上绘制海岸线、河流、国界线
<i>plot</i>	在图上绘制线段、多边形和符号
<i>text</i>	在图上写文本
<i>colorbar</i>	在图上绘制色标
<i>legend</i>	绘制图例
<i>histogram</i>	统计并绘制直方图
<i>rose</i>	绘制极坐标下的直方图 (sector 图、rose 图或 windrose 图)
<i>events</i>	绘制特定时刻的事件符号和标签信息

下页继续

表 1 – 续上页

模块类别和模块名	功能
<i>plot3d</i>	在 3D 图上绘制线段、多边形和符号
<i>image</i>	将 EPS 或光栅图片放在图上
<i>solar</i>	计算或/和绘制晨昏线以及民用、航海用以及天文用曙暮光区域
<i>clip</i>	打开或关闭多边形裁剪路径
<i>sac</i>	在地图上绘制 SAC 格式的地震波形数据
<i>meca</i>	在地图上绘制震源机制解
<i>polar</i>	在震源球上绘制台站极性
<i>velo</i>	在地图上绘制速度矢量、十字线、楔形图
<i>coupe</i>	绘制震源机制解的剖面图
<i>ternary</i>	绘制三角图解
<i>mask</i>	将没有数据覆盖的区域裁剪或覆盖住
<i>contour</i>	使用直接三角化法对数据进行等值线绘制
<i>wiggle</i>	沿着测线绘制 $z = f(x,y)$ 数据
<i>seg_y</i>	在图上绘制 SEGY 文件
<i>seg_yz</i>	在 3D 图上绘制 SEGYZ 文件
<i>gmtlogo</i>	在图上绘制 GMT 图形 logo
<i>grdvector</i>	根据两个网格文件绘制矢量场
<i>grdimage</i>	在图上绘制网格数据
<i>grdcontour</i>	根据网格文件绘制等值线
<i>grdview</i>	利用网格文件绘制 3D 视角图或表面网格图
<i>movie</i>	制作动画
<b>1D 数据处理</b>	
<i>makecpt</i>	生成 CPT 文件
<i>gmtselect</i>	根据多个准则筛选数据
<i>project</i>	将数据点投影到线或大圆路径上, 生成测线, 坐标转换
<i>gmtconvert</i>	表数据格式转换、列提取、列粘贴
<i>trend1d</i>	一维数据的多项式拟合
<i>fitcircle</i>	拟合球面上数据点的平均位置及圆弧
<i>gmtsimplify</i>	使用 Douglas-Peucker 算法对线段做简化
<i>filter1d</i>	对 1D 表数据做时间域滤波
<i>gmtconnect</i>	将端点接近的线段连接起来
<i>sample1d</i>	对 1D 表数据进行重采样
<i>spectrum1d</i>	计算一个时间序列的自功率谱, 或两个时间序列的互功率谱
<i>gmtmath</i>	对表数据进行数学计算操作
<i>mapproject</i>	地图变换的正变换和逆变换
<i>gmtspatial</i>	点、线段和多边形的地理空间操作
<i>gmtvector</i>	2D 和 3D 下笛卡尔矢量操作
<i>gmtregress</i>	1D 数据的线性回归
<b>2D 数据处理</b>	
<i>grdcut</i>	从一个网格文件中裁剪出一个矩形子区域生成新的网格文件
<i>grdpaste</i>	将两个网格沿着其共同边界拼接成一个文件

下页继续

表 1 – 续上页

模块类别和模块名	功能
<i>grdblend</i>	将多个部分重叠的网格文件合并成一个网格文件
<i>grdtrack</i>	获取指定地理位置处的网格值
<i>grdgradient</i>	计算网格的方向梯度
<i>grdclip</i>	对网格文件的 Z 值进行截断
<i>grd2xyz</i>	将网格文件转换成表数据
<i>grdconvert</i>	在不同的网格格式之间互相转换
<i>grdedit</i>	修改网格文件的头段或内容
<i>grdinfo</i>	从网格文件中提取基本信息
<i>grdsample</i>	对网格文件做重采样
<i>grdlandmask</i>	根据海岸线数据创建陆地-海洋的 mask 网格文件
<i>grdvolume</i>	计算网格数据中某个等值线所包围的表面积和体积
<i>grdtrend</i>	拟合网格的趋势面并计算残差
<i>grdproject</i>	对网格数据做地图变换和逆变换
<i>grdmask</i>	根据多边形数据或点数据创建 mask 网格文件
<i>grdmath</i>	对网格文件做数学计算操作
<i>grdfilter</i>	对网格文件做空间域或时间域滤波
<i>grdffft</i>	对网格文件在波数域或频率域做操作
<i>grdfill</i>	对网格文件中的无值区域进行插值
<i>grdhisteq</i>	对网格做直方图均衡
<i>grd2cpt</i>	根据网格文件的值生成 CPT 文件
<i>blockmean</i>	使用 L2 范式对 (x,y,z) 数据做区块平均
<i>blockmedian</i>	使用 L1 范式对 (x,y,z) 数据做区块平均
<i>blockmode</i>	使用模估计对 (x,y,z) 数据做区块平均
<i>gmtbinstats</i>	统计落入网格节点的数据
<i>surface</i>	使用可调节张量连续曲率样条插值法对数据进行网格化
<i>gmtsplit</i>	将表数据拆分为单独的数据段
<i>triangulate</i>	对表数据做三角剖分、Voronoi 图计算和网格化
<i>nearneighbor</i>	使用“Nearest neighbor”算法对数据进行网格化
<i>trend2d</i>	二维数据的多项式拟合
<i>greenspline</i>	使用格林函数样条进行插值
<i>sph2 grd</i>	根据球谐系数计算网格
<i>sphdistance</i>	计算球面上的 Voronoi 距离、节点或自然最邻近网格
<i>sphinterpolate</i>	球面数据的网格化
<i>sphtriangulate</i>	球面数据的 Delaunay 三角网或 Voronoi 图构建
<i>dimfilter</i>	在空间域对网格数做方向性滤波
<b>参数设置</b>	
<i>gmtdefaults</i>	列出所有 GMT 参数的当前值
<i>gmtset</i>	修改单个或多个 GMT 参数的值
<i>gmtget</i>	列出单个或多个 GMT 参数的当前值
<b>信息提取</b>	
<i>grdinfo</i>	从网格文件中提取基本信息

下页继续

表 1 – 续上页

模块类别和模块名	功能
<a href="#">gmtinfo</a>	从表数据中提取信息
<a href="#">gmtwhich</a>	返回指定文件的完整路径
<b>格式转换</b>	
<a href="#">xyz2grd</a>	将 XYZ 数据或 Z 数据转换成网格文件
<a href="#">grd2xyz</a>	将网格文件转换成表数据
<a href="#">kml2gmt</a>	将 Google Earth 的 KML 文件转换为 GMT 表数据
<a href="#">gmt2kml</a>	将 GMT 表数据转换为 Google Earth 的 KML 文件
<a href="#">grdconvert</a>	在不同的网格格式之间互相转换
<a href="#">psconvert</a>	将 GMT 生成的 PS 文件转换为其他图片格式
<b>mgd77 相关模块</b>	
<a href="#">mgd77manage</a>	管理 MGD77+ 文件
<a href="#">mgd77convert</a>	将 MGD77 数据转换为其他格式
<a href="#">mgd77header</a>	从 A77 文件创建 MGD77 头部信息
<a href="#">mgd77info</a>	提取 MGD77 文件信息
<a href="#">mgd77list</a>	提取 MGD77 文件中的数据
<a href="#">mgd77magref</a>	计算 IGRF 或 CM4 磁场模型
<a href="#">mgd77path</a>	返回 MGD77 测线路径
<a href="#">mgd77sniffer</a>	MGD77 测线沿轨质量控制
<a href="#">mgd77track</a>	绘制 MGD77 测线轨迹
<b>x2sys 相关模块</b>	
<a href="#">x2sys_binlist</a>	从轨迹观测文件创建网格索引列表
<a href="#">x2sys_cross</a>	计算轨迹观测数据之间的交叉点
<a href="#">x2sys_datalist</a>	提取轨迹数据文件中的内容
<a href="#">x2sys_get</a>	从轨迹网格索引列表中筛选轨迹列表
<a href="#">x2sys_init</a>	初始化 x2sys 轨迹数据库
<a href="#">x2sys_list</a>	从交叉点计算结果中提取子集
<a href="#">x2sys_merge</a>	合并交叉带你列表
<a href="#">x2sys_put</a>	从轨迹网格索引文件更新轨迹数据库
<a href="#">x2sys_report</a>	统计交叉点信息
<a href="#">x2sys_solve</a>	使用最小二乘平差改正系统误差
<b>SPOTTER 相关模块</b>	
<a href="#">backtracker</a>	Generate forward and backward flowlines and hotspot tracks
<a href="#">gmtpmodeler</a>	Evaluate a plate motion model at given locations
<a href="#">grdpmodeler</a>	Evaluate a plate motion model on a geographic grid
<a href="#">grdrotater</a>	Finite rotation reconstruction of geographic grid
<a href="#">originater</a>	Associate seamounts with nearest hotspot point sources
<a href="#">rotconverter</a>	Manipulate total reconstruction and stage rotations
<a href="#">rotsmooth</a>	Get mean rotations and covariance from set of finite rotations
<a href="#">grdspotter</a>	Create CVA image from a gravity or topography grid
<a href="#">hotspotter</a>	Create CVA image from seamount locations
<b>POTENTIAL 相关模块</b>	

下页继续

表 1 – 续上页

模块类别和模块名	功能
<i>gmtflexure</i>	计算 2-D 载荷产生的力, 弯矩以及形变
<i>grdflexure</i>	计算 3-D 载荷在不同流变基础下产生的形变
<i>gmtgravmag3d</i>	计算 3-D 实体产生的重力/磁异常
<i>grdgravmag3d</i>	计算一个或者两个网格的重力/磁异常
<i>gravfft</i>	网格重力的谱计算, 均衡, 导纳, 以及相干性计算
<i>grdredpol</i>	计算连续化极 (Reduction To the Pole, RTP)
<i>grdseamount</i>	创建合成海山
<i>gravprisms</i>	计算三维垂直棱柱 (可变密度海山) 产生的位异常
<i>talwani2d</i>	计算 2-D 实体产生的位异常
<i>talwani3d</i>	计算 3-D 实体产生的位异常
其他模块	
<i>seg2grd</i>	Converting SEGY data to a GMT grid
<i>gshhg</i>	从 GSHHG 或 WDBII 数据文件中提取数据
<i>img2google</i>	由测深墨卡托 img 网格创建谷歌地球 KML 文件
<i>img2grd</i>	从墨卡托 img 格式文件中提取网格数据
<i>gpsgridd</i>	Interpolate GPS velocity vectors using Green's functions
其他脚本	
<i>gmtswitch</i>	GMT 多版本之间切换

## 18.1 basemap

官方文档

[basemap](#)

简介

绘制底图及边框

该命令用于绘制：

- 绘制底图边框 (标注、刻度、标签等)、网格线和标题
- 绘制比例尺
- 绘制方向玫瑰、磁场玫瑰图

### 语法

```
gmt basemap -Jparameters -Rwest/east/south/north[/zmin/zmax][+r][+uunit] [-A[file]] [-B[p|s]parameters]
[-Fbox] [-JZ|Zparameters] [-Lscalebar] [-U[stamp]] [-Trose] [-Tmag_rose] [-V[level]] [-X[a|c|f|r][xshift]
] [-Y[a|c|f|r][yshift]] [-fflags] [-pflags] [-ttransp] [--PAR=value]
```

## 必选选项

**-B -L -T** 三个选项中必须至少使用一个。

**-J** *projection* (*more ...*)

设置地图投影方式

**-R** *xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more ...*)

指定数据范围

对于三维透视图 ([-p 选项](#)), 可以加上 */zmin/zmax* 指定 Z 轴的范围。

**-B** *parameters* (*more ...*)

设置底图边框和轴属性

**L[g|j|J|n|x]refpoint+c[slon/]slat+wlength[e|f|k|M|n|u][+aalign][+f][+jjustify][+l[label]][+odx[/dy]][+u][+v]**  
在地图上指定位置绘制比例尺

简单介绍各子选项的含义, 详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x]refpoint** 指定地图上的参考点
  - **glon/lat** 指定[数据坐标](#)为参考点
  - **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定[锚点](#)作为参考点
  - **nxn/yn** 指定[归一化坐标系](#) (即 0-1) 为参考点
  - **xx/y** 指定[绘图坐标](#) 为参考点, 追加 cm, inch, 或者 point 用来指定单位
- **+jjustify** 指定比例尺上的锚点 (默认锚点为比例尺的中心)
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置比例尺的额外偏移量
- **+c[slon/]slat** 要绘制哪一个点的比例尺, 对于倾斜投影, *slon* 默认取中央经线
- **+wlength[e|f|k|M|n|u]** 指定比例尺长度及其单位 [默认为 km]
- **+aalign** 修改比例尺标签的对齐方式。标签默认位于比例尺上方中部, 可以取 l|r|t|b 分别代表左右上下
- **+f** 默认是简单的比例尺, 使用该选项则绘制 fancy 比例尺, 即黑白相间的火车轨道比例尺
- **+label** 为比例尺添加标签; 若不指定 *label*, 默认的标签是比例尺所使用的长度单位
- **+u** 比例尺的标注默认只有值没有单位, 该选项会给所有标注加上单位
- **+v** 垂直比例尺 (仅限于笛卡尔坐标系)

以下 GMT 配置参数可以控制比例尺的外观:

- **FONT\_LABEL** 控制比例尺的标签字体
- **FONT\_ANNOT\_PRIMARY** 控制比例尺的标注字体
- **MAP\_SCALE\_HEIGHT** 控制比例尺的高度
- **MAP\_TICK\_PEN\_PRIMARY** 控制比例尺的线及刻度属性

**-Td[g|j|J|n|x]refpoint+wwidth[+f[level]][+jjustify][+lw,e,s,n][+odx[/dy]]**

在指定位置绘制方向玫瑰图

简单介绍各子选项的含义, 详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x]refpoint** 指定地图上的参考点

- **glon/lat** 指定[数据坐标](#)为参考点

- **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定[锚点](#)作为参考点

- **nxn/yn** 指定**归一化坐标系** (即 0-1) 为参考点
- **xx/y** 指定**绘图坐标** 为参考点, 追加 **cm**, **inch**, 或者 **point** 用来指定单位
- **+jjustify** 指定比例尺上的锚点 [MC]
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置方向玫瑰图的额外偏移量
- **+width** 玫瑰图宽度
- **+level** 绘制 fancy 玫瑰图。*level* 取不同值代表不同类型的玫瑰图。*level* 可以取:
  - 1 绘制 E-W 和 N-S 四个方向
  - 2 绘制 8 个方向
  - 3 绘制 16 个方向
- **+lw,e,s,n** 为四个方向分别指定标签。默认标签是四个方向的单字母代码 (英文语言下是 W、E、S、N), 四个方向的标签之间用逗号分隔, 若留空则表示不添加标签。比如 **+lw,e,s,n** 或 **+1",,Down,Up"**。标签的文字属性由 **FONT\_TITLE** 控制, 而文字相对于方向箭头的位置偏移则由 **MAP\_TITLE\_OFFSET** 控制。

**-Tm[g|j|J|n|x]refpoint+width[+dec/]label][+ipen][+jjustify][+lw,e,s,n][+ppen][+tints][+odx/]dy]]**

在指定位置绘制磁场玫瑰图

磁场玫瑰包括两个同心圆环, 其中外环用于展示方向信息, 内环用于显示磁场方向。

简单介绍各子选项的含义, 详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x]refpoint** 指定地图上的参考点
  - **glon/lat** 指定**数据坐标**为参考点
  - **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定**锚点**作为参考点
  - **nxn/yn** 指定**归一化坐标系** (即 0-1) 为参考点
  - **xx/y** 指定**绘图坐标** 为参考点, 追加 **cm**, **inch**, 或者 **point** 用来指定单位
- **+jjustify** 指定比例尺上的锚点 [MC]
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置玫瑰图的额外偏移量
- **+width** 玫瑰图宽度
- **+ppen** 绘制外环并设置其画笔属性
- **+ipen** 绘制内环并设置其画笔属性
- **+dec/dlabel** 设置磁倾角以及罗盘指针上的磁倾角标签。若 *dlabel* 为空, 则使用默认标签 **d = dec**; 若 *dlabel* 为 **-**, 则不绘制标签。当使用 **+d** 子选项时, 会同时绘制地理方向和磁场方向
- **+lw,e,s,n** 为四个方向分别指定标签。默认标签是四个方向的单字母代码 (英文语言下是 W、E、S、N), 四个方向的标签之间用逗号分隔, 若留空则表示不添加标签; 若 *n* 取值为 **\***, 则会在北方向标签处绘制星代表北极星。比如 **+lw,e,s,n** 或 **+1",,Down,Up"** 或 **+1,,,\***。标签的文字属性由 **FONT\_TITLE** 控制
- 内外环都可以设置标注、刻度和网格的间隔。内外环的间隔默认值都是 **30/5/1**。可以使用 **+tints** 选项, 后面接 6 个斜杠分隔的值, 以分别指定两个圆环的 3 种刻度值, 其中前三个值控制内环属性, 后三个值控制外环属性

## 可选选项

**-A[file]**

不绘制图形, 仅输出矩形底图的边框坐标。

该选项会将矩形底图的边框坐标输出到标准输出或文件中。使用该选项时, 必须通过 **-J** 和 **-R** 指定绘图区域, 且不能再使用其他选项。若不指定 *file* 则默认输出到标准输出, 否则输出到文件 *file* 中。

说明:

- 该选项似乎仅适用于矩形底图边框, 非矩形边框会输出一堆 NaN
- 边框的采样间隔由参数 *MAP\_LINE\_STEP* 决定

**-F[l|t][+cclearances][+gfill][+i[[gap/]pen]][+p[pen]][+r[radius]][+s[[dx/dy/][shade]]]**

控制比例尺和方向玫瑰的背景面板属性

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在比例尺或方向玫瑰的周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见 [修饰物](#)

- **+gfill** 指定面板填充 [颜色](#) [默认不填充]
- **+p[pen]** 绘制面板边框。*pen* 为边框的 [画笔属性](#), 若不指定 *pen*, 则默认使用 *MAP\_DEFAULT\_PEN*
- **+r[radius]** 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- **+i[[gap/]pen]** 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用 *MAP\_DEFAULT\_PEN*]
- **+cclearance** 设置 [修饰物](#)与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap/ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap/rgap/bgap/tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s[[dx/dy/][shade]]** 设置面板背景阴影。*dx/dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 *4p/-4p/gray50*]

该选项默认会同时控制比例尺和方向玫瑰的背景边框。加上 **l|t** 则表示只控制 **-L** 或 **-T** 选项绘制的特征。

**-U[label][+c][+jjust][+odx/dy] (*more* ...)**

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V[level] (*more* ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-X[a|c|f|r][xshift[u]]**

**-Y[a|c|f|r][yshift[u]] (*more* ...)**

移动绘图原点

**-f[i|o]colinfo (*more* ...)**

指定输入或输出列的数据类型

**-p[x|y|z]azim[/elev/zlevel][+wlon0/lat0/z0][+vx0/y0] (*more* ...)**

设置 3D 透視视角

**-t[transp]** (*more ...*)

设置图层透明度(百分比)。取值范围为0(不透明)到100(全透明)

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息,包括模块简介和基本语法信息(Windows下只能使用**-**)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息,包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息,包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值,可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

下图展示了绘制方向玫瑰图时 **+f** 取不同值的效果:

```
#!/usr/bin/env bash
# Showing map directional roses
gmt begin basemap_ex3
gmt set FONT_LABEL 10p FONT_TITLE 12p MAP_ANNOT_OBLIQUE 34 MAP_TITLE_OFFSET 5p \
    MAP_FRAME_WIDTH 3p FORMAT_GEO_MAP dddF FONT_ANNOT_PRIMARY 10p
gmt basemap -R-5/-5/5/-5 -Jm0.15i -Ba5f -BwSne+t"-Tdgo/0+w1i+l" -Tdgo/0+w1i+l -X1i
gmt basemap -Ba5f -BwSne+t"-Tdgo/0+w1i+l+f1" -Tdgo/0+w1i+l+f1 -X2i
gmt basemap -R-7/7/-5/5 -Ba5f -BwSnE+t"-Tdgo/0+w1i+l+f3" -Tdgo/0+w1i+l+f3 -X2i
gmt end show
```

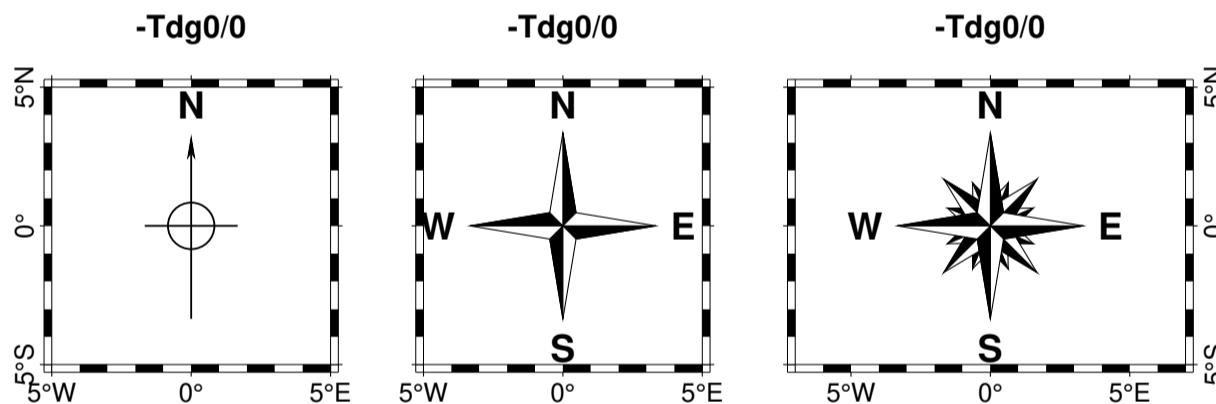


图 1: 方向玫瑰图

下图展示了磁场玫瑰图以及相关配置参数:

```
#!/usr/bin/env bash
# Magnetic rose with a specified declination
gmt begin basemap_ex4
gmt basemap -R-10/-2/12.8812380332/0.661018975345+r -J0c0/0/50/60/7i -Baf -BwSne -X1.25i \
    --MAP_ANNOT_OBLIQUE=34 --FONT_ANNOT_PRIMARY=12p
gmt basemap -Tmg-2/0.5+w2.5i+d-14.5+t45/10/5+i0.25p,blue+p0.25p,red+l+jCM \
    --FONT_ANNOT_PRIMARY=9p,Helvetica,blue --FONT_ANNOT_SECONDARY=12p,Helvetica,red \
    --FONT_LABEL=14p,Times-Italic,darkgreen --FONT_TITLE=24p --MAP_TITLE_OFFSET=7p \
    --MAP_FRAME_WIDTH=10p --COLOR_BACKGROUND=green --MAP_DEFAULT_PEN=2p,darkgreen \
    --COLOR_BACKGROUND=darkgreen --MAP_VECTOR_SHAPE=0.5 --MAP_TICK_PEN_SECONDARY=thinner,red \
    --MAP_TICK_PEN_PRIMARY=thinner,blue
gmt inset begin -DjTR+w2.9i/3.9i+o0.05i -F+p+ggray95
gmt inset end
echo "5.5 3.8 GMT_DEFAULTS" | gmt text -R0/7/0/4 -Jx1i -F+f14p,Helvetica-Bold+jCM
gmt text -F+f12p+jLM << EOF
4.1 3.50 FONT_TITLE
```

(下页继续)

(续上页)

```

4.1 3.25 MAP_TITLE_OFFSET
4.1 3.00 MAP_DEGREE_SYMBOL
4.1 2.75 @;blue;FONT_ANNOT_PRIMARY@;;
4.1 2.50 @;blue;MAP_TICK_PEN_PRIMARY@;;
4.1 2.25 @;blue;MAP_ANNOT_OFFSET_PRIMARY@;;
4.1 2.00 @;blue;MAP_TICK_LENGTH_PRIMARY@;;
4.1 1.75 @;red;FONT_ANNOT_SECONDARY@;;
4.1 1.50 @;red;MAP_TICK_PEN_SECONDARY@;;
4.1 1.25 @;red;MAP_ANNOT_OFFSET_SECONDARY@;;
4.1 1.00 @;red;MAP_TICK_LENGTH_SECONDARY@;;
4.1 0.75 @;darkgreen;FONT_LABEL@;;
4.1 0.50 @;darkgreen;MAP_DEFAULT_PEN@;;
4.1 0.25 @;darkgreen;COLOR_BACKGROUND@;;
EOF
gmt end show

```

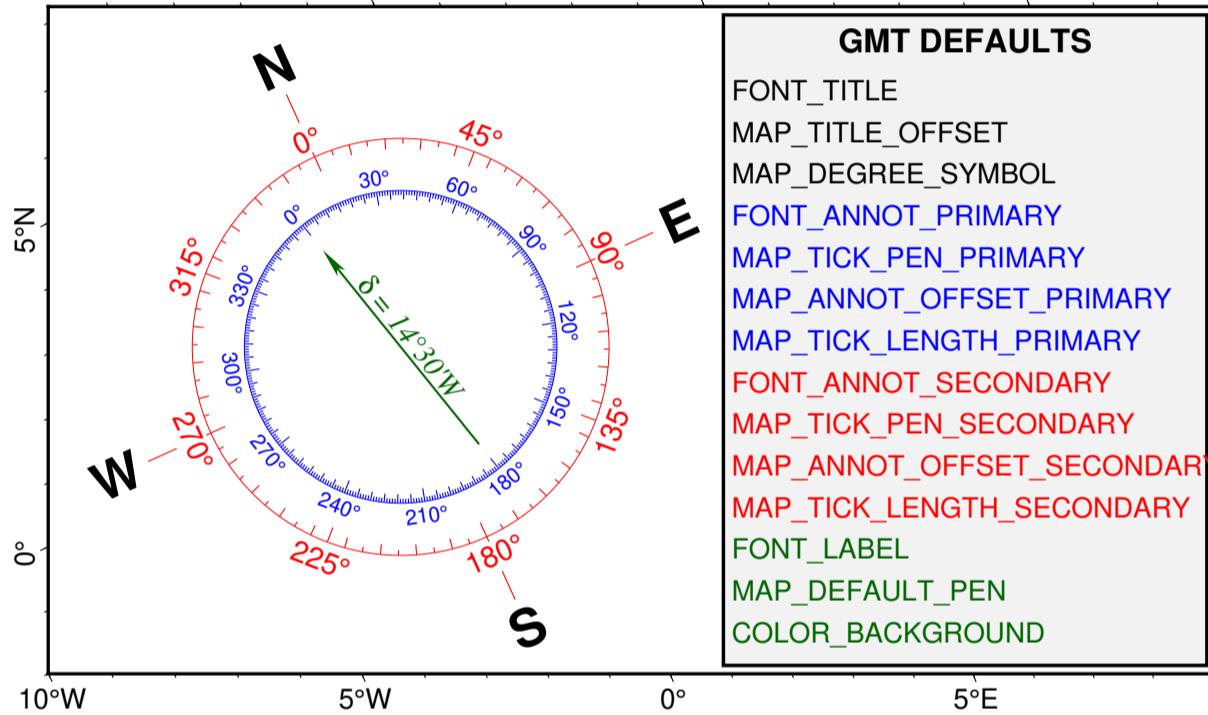


图 2: 磁场玫瑰图

## 18.2 begin

官方文档

[begin](#)

简介

初始化一个新的 GMT 现代模式会话

在 GMT 现代模式下, 一个 GMT 绘图总是以 `gmt begin` 开始, 以 `gmt end` 结束。

`begin` 模块告诉 GMT 要开始一个新的现代模式会话。如果你的脚本只绘制一张图, 那么你可以直接指定要生成的图片的文件名和文件格式。如果你的脚本绘制多张图, 则你需要使用[`figure`](#) 来分别为每张图指定文件名和文件格式。现代会话模式下, 每个会话互相独立, 每个会话负责管理各自的配置参数、命令历史等, 因而可以同时执行多个 GMT 会话而不会互相干扰。

除了可以指定图片文件名和文件格式之外, 还可以通过 `options` 指定生成图片过程中所使用的[`psconvert`](#) 选项。

## 语法

`gmt begin [ prefix ] [ formats ] [ options ] [ -C ] [ -V[level] ]`

### 可选选项

#### *prefix*

图片文件名前缀，默认值为 `gmtsession`。图片文件名后缀由 `formats` 自动决定。

如果一个 GMT 会话只用于进行计算而不绘图，或者需要绘制多张图，则不需要指定该参数。

**备注：** 文件名中应尽量避免出现空格。若存在空格，则文件名必须用单引号括起来。

#### *formats*

图片文件格式。多个格式之间可以用逗号分开。默认图片格式为 `pdf`，由参数 `GMT_GRAPHICS_FORMAT` 控制。

GMT 支持输出如下矢量图片格式：

- `pdf`: Portable Document Format [默认格式]
- `ps`: Plain PostScript
- `eps`: Encapsulated PostScript

GMT 支持输出如下位图图片格式：

- `bmp`: Microsoft Bit Map
- `jpg`: Joint Photographic Experts Group Format
- `png`: Portable Network Graphics (不透明背景)
- `PNG`: Portable Network Graphics (透明背景)
- `ppm`: Portable Pixel Map
- `tif`: Tagged Image Format File

#### *options*

GMT 现代模式本质上是先生成 PS 文件，再通过调用 `psconvert` 自动转换成用户指定的图片格式。此处可以设置要传递给模块 `psconvert` 的选项，多个选项之间用逗号分隔。

默认值为 `A`，表示将 `-A` 选项传给 `psconvert`。

其他可选的选项包括：

- `A[args]`: 裁剪图片
- `Cargs`: 额外传递给 Ghostscript 的选项
- `Ddir`: 指定图片的输出目录
- `Edpi`: 设置图片分辨率
- `Hfactor`: 对图片做平滑以避免混叠
- `Margs`: 为当前图片叠加前景图片或背景图片
- `Qargs`: 设置图像和文本的抗锯齿选项
- `S`: 把 Ghostscript 命令输出到标准错误输出，且不删除所有中间文件

详细解释见 `psconvert` 的说明文档。

**-C**

启动一个“干净”的会话。所有已存在的 gmt.conf 都会被忽略，而不会影响到该会话。

默认情况下，若当前目录或 `~/.gmt` 等目录下存在 gmt.conf 文件，启动的会话会继承 gmt.conf 文件中的设置，使用该选项则忽略所有已存在的设置。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

`-^` 或 `-`

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 `-`）

`-+` 或 `+`

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

`-?` 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

## 示例

开始一个会话，并使用默认值。此时会生成名为 gmtsession.pdf 的图片文件：

```
gmt begin
gmt ...
gmt end show
```

开始一个 GMT 会话，并指定图片名为 *Figure\_2*，图片格式为 PDF 和 PNG 格式：

```
gmt begin Figure_2 pdf,png
gmt ...
gmt end show
```

设置额外的参数以控制生成图片时的额外空白：

```
gmt begin map pdf,png A+m1c
gmt ...
gmt end show
```

## PS 文件注意事项

如果用户想要输出 PS 格式的图片，则应额外留意画布尺寸。对于其他图片格式而言，GMT 默认使用无穷大（10 米 x10 米）的画布。而对于 PS 格式而言，GMT 则默认使用 A4 大小的画布。若用户绘制的图片超过 A4 纸张的大小，则可能会造成显示不完全。针对这种情况，建议用户修改参数 [PS\\_MEDIA](#) 以显式指定纸张大小。例如：

```
gmt begin map ps
gmt set PS_MEDIA A3
gmt ...
gmt end show
```

## UNIX shell 注意事项

现代模式的工作原理是，在使用 `gmt begin` 时利用父进程 ID 创建唯一的会话目录，并将很多信息保存到该会话目录中。脚本中接下来的命令拥有共同的父进程 ID，因而接下来的命令可以向唯一会话目录中写入信息或读取信息，以实现多个命令之间的互相通信。然而，UNIX 下某些 shell 的实现不完全统一，脚本执行过程中父进程 ID 可能出现变化，后面执行的命令无法正确获取前面命令的父进程 ID，因而导致命令之间的信息交流出现错误。最常见的情况是在使用 UNIX 管道时，可能会生成子 shell 进而导致父进程 ID 出现变化。

如果你在 GMT 现代模式脚本中使用了管道，执行过程中出现了类似无法找到目录 `gmt6.#####` 这样的错误，这极有可能是你所使用的 UNIX shell 存在此类问题。解决办法是，在脚本开始的地方设置环境变量 `GMT_SESSION_NAME` 为进程 ID。

在 Bash shell 应该是（其中，`$$` 是特殊变量，用于表示当前进程 ID）：

```
export GMT_SESSION_NAME=$$  
gmt begin  
gmt ...  
gmt end show
```

在 C shell 中应该是：

```
setenv GMT_SESSION_NAME $$  
gmt begin  
gmt ..  
gmt end show
```

在 Batch 脚本中应该是（Batch 中无法直接获取进程 ID，此时可以随便给 `GMT_SESSION_NAME` 一个数字）：

```
set GMT_SESSION_NAME=97401  
gmt begin  
gmt ..  
gmt end show
```

## 相关模块

[clear](#), [docs](#), [end](#), [figure](#), [inset](#), [subplot](#), [gmt](#)

### 18.3 clear

[官方文档](#)

[clear](#)

[简介](#)

删除缓存目录、数据目录或会话目录，以及当前配置文件

## 语法

`gmt clear all | cache | data[=planet] | sessions | settings [ -V[level] ]`

### 可选选项

#### all

删除所有项目，包括缓存目录 (`~/.gmt/cache`)、数据目录 (`~/.gmt/server`)、会话目录 (`~/.gmt/sessions`) 以及当前配置文件

#### cache

删除 GMT 缓存目录 (默认为 `~/.gmt/cache`) 及其内容

#### data[=planet]

删除 GMT 数据目录 (默认为 `~/.gmt/server`) 及其内容。加上 `=planet` 则只删除特定星球的数据。目前 `planet` 只可以取 `earth`。

#### sessions

删除 GMT 会话目录 (默认为 `~/.gmt/sessions`) 及其内容。

**备注:** 正常情况下, GMT 在执行 `gmt end` 时会自动删除当前会话目录。但若 GMT 由于各种原因意外退出导致 `gmt end` 没有执行, 则可能会导致残留会话目录。

因而可以不定期地执行 `gmt clear sessions` 删除残留的会话目录。

#### settings

现代模式下删除当前会话的 GMT 配置参数文件 (即 `gmt.conf`), 使得所有参数回到 GMT 系统默认值。

#### -V[level] *(more ...)*

设置 verbose 等级 [`w`]

#### -^ 或 -

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

#### -+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

#### -? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

## 示例

清空 GMT 缓存目录:

```
gmt clear cache
```

删除现代模式会话下的当前配置参数文件:

```
gmt clear settings
```

删除所有地球相关数据:

```
gmt clear data=earth
```

## 相关模块

[begin](#), [docs](#), [end](#), [figure](#), [inset](#), [subplot](#), [gmt](#)

## 18.4 clip

官方文档

[clip](#)

简介

打开或关闭多边形裁剪路径

该模块会从输入文件中读取 XY 数据, 由此构成一个或多个多边形, 进而构建出一个或多个裁剪路径。接下来的所有绘图命令中, 只有在多边形内部的部分才会被绘制。

为了判断某个点是在裁剪区域内还是在裁剪区域外, clip 使用了“奇偶规则”。从任意一点绘制一条任意方向的射线, 若该射线穿过裁剪路径线段奇数次, 则该点位于裁剪区域内; 若穿过偶数次, 则该点位于裁剪区域外。-N 选项可以颠倒内外的定义。

最后, 记得再次调用 gmt clip -C 以关闭裁剪区域。

### 语法

```
gmt clip [ table ] -Jparameters -C[n] -Rwest/east/south/north[/zmin/zmax][+r][+uunit] [ -A[m|p|x|y] ] [ -B[p|s]parameters ] -Jz|Zparameters ] [ -N ] [ -T ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -W[pen] ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -bi[binary] ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ggaps ] [ -h[headers] ] [ -iflags ] [ -p[flags] ] [ -t[transp] ] [ -:i[o] ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

**-C[n]**

结束当前裁剪路径。

默认会关闭所有已开启的裁剪路径。使用 -Cn 则仅关闭当前所有处于激活状态下的裁剪路径中的其中 n 个。

若在开启裁剪后有使用 -X 或 -Y 移动过坐标原点, 则在关闭裁剪路径时也需要使用 -X 或 -Y 选项。

**-Jprojection** ([more ...](#))

设置地图投影方式

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]** ([more ...](#))

指定数据范围

对于三维透视图 ([-p 选项](#)), 可以加上 /zmin/zmax 指定 Z 轴的范围。

## 可选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-A[m|p|x|y]**

修改两点间的连接方式

地理投影下，两点之间默认沿着大圆弧连接。

- **-A**: 忽略当前的投影方式，直接用直线连接两点
- **-Am**: 先沿着经线画，再沿着纬线画
- **-Ap**: 先沿着纬线画，再沿着经线画

笛卡尔坐标下，两点之间默认用直线连接。

- **-Ax** 先沿着 X 轴画，再沿着 Y 轴画
- **-Ay** 先沿着 Y 轴画，再沿着 X 轴画

**-B***parameters* (*more* ...)

设置底图边框和轴属性

**-N**

反转“区域内”和“区域外”的概念，即只有在多边形外的部分才是裁剪区域，绘图时只有在多边形外的才会被绘制。该选项不能与 **-B** 选项连用。

**-T**

不需要任何输入数据。根据 **-R** 选项将整个地图区域裁剪出来，该选项不能与 **-B** 选项连用。

**-U**[*label*][+c][+j*just*][+o*dx/dy*] (*more* ...)

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

**-W***pen*

绘制裁剪路径的轮廓 [默认不绘制]

**-X**[*a|c|f|r*][*xshift[u]*]

**-Y**[*a|c|f|r*][*yshift[u]*] (*more* ...)

移动绘图原点

**-bi**[*ncols*][*type*][*w*][+l|b] (*more* ...)

设置二进制输入数据的格式

**-dinodata** (*more* ...)

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

**-e**[~] “*pattern*” | **-e**[~]/*regexp/[i]* (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f**[*i|o*]*colinfo* (*more* ...)

指定输入或输出列的数据类型

**-g[a|x|y|d|X|Y|D|[col]zgap[+n|p]** (*more* ...)

确定数据或线段的间断

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle]** (*more* ...)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]]** (*more* ...)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-p[x|y|z]azim[/elev[/zlevel]][+wlon0/lat0[/z0]][+vx0/y0]** (*more* ...)

设置 3D 透視视角

**-t[transp]** (*more* ...)

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-:[i|o]** (*more* ...)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

```
gmt begin example
# 打开裁剪路径
gmt clip -R0/6/0/6 -Jx2.5c -W1p,blue << EOF
0 0
5 1
5 5
EOF
# 其他绘图命令
gmt plot @tut_data.txt -Gred -Sc2c
# 关闭裁剪路径
gmt clip -C -B
gmt end show
```

## 相关模块

[basemap](#), [grdmask](#), [mask](#)

## 18.5 coast

官方文档

[coast](#)

简介

在地图上绘制海岸线、河流、国界线

**coast** 模块利用 GMT 自带的 [GSHHG 数据](#) 和 [DCW 数据](#) 绘制海岸线、河流、政治边界，还可以裁剪陆地区域或水域，也可以将数据导出到文件中。

### 语法

```
gmt coast -Jparameters -Rregion [ -Amin_area[/min_level/max_level][+a[g|i][s|S]][+l|r][+ppercent] ] [ -B[p|s]parameters ] [ -Cfill[+l|r] ] [ -Dresolution[+f] ] [ -Edcw ] [ -Fbox ] [ -G[fill] ] [ -Iriver[/pen] ] [ -Jz|Zparameters ] [ -Lscalebar ] [ -M ] [ -Nborder[/pen] ] [ -Q ] [ -S[fill] ] [ -Trose ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -W[level/]pen ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -bobinary ] [ -pflags ] [ -ttransp ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

**-J***projection* ([more …](#))

设置地图投影方式

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* ([more …](#))

指定数据范围

对于三维透视图 ([-p 选项](#))，可以加上 */zmin/zmax* 指定 Z 轴的范围。

### 可选选项

**-A***min\_area[/min\_level/max\_level][+a[g|i][s|S]][+l|r][+ppercent]*

不绘制面积过小的区域（湖泊或岛屿），或不绘制某个级别的湖泊边界。

在绘制湖泊时，若不管湖泊的面积大小而把所有湖泊的边界都画上去，可能导致图看上去比较乱，该选项用于对湖泊进行筛选。面积小于 *min\_area* 平方千米或者湖泊级别不在 [*min\_level,max\_level*] 范围的边界都不会被绘制。默认值为 **0/0/4**，即绘制所有湖泊边界，即绘制 0 到 4 级所有级别的面积大于 0 的湖泊。

对于 *level=2*，即湖岸线，包括常规的湖以及很宽的河流。加上 *+r* 则只绘制河流，加上 *+l* 则只绘制常规湖。

对于南极洲而言，因为有冰层的存在，所以海岸线有多种处理方式：

- **+ai** 用 ice shell boundary 作为南极洲的海岸线，默认值
- **+ag** 以 ice grounding line 作为海岸线
- **+as** 忽略南纬 60 度以南的海岸线，用户可以使用 [plot](#) 绘制自己的南极洲海岸线
- **+aS** 忽略南纬 60 度以北的海岸线

**+pprecent**: 一个多边形，降低精度后，边数减少，面积变化，当面积变化过大时再绘制这个多边形就不合适了，该子选项用于去除那些面积与最高精度面积之比小于 *percent* 的多边形。

**-B***parameters* ([more …](#))

设置底图边框和轴属性

**-Cfill[+l|+r]**

设置湖泊与河流湖的颜色。

默认情况下, 湖泊与河流湖会被当做 wet 区域, 直接使用 **-S** 指定的填充值。使用 **+l** 或 **+r** 可以为湖泊或河流湖单独指定颜色。

**-Dresolution[+f]**

选择海岸线数据精度。

GMT 自带的 GSHHG 海岸线数据有 5 个不同精度的版本, 从高到低依次为: full、high、intermediate、low 和 crude。GMT 默认使用低精度数据。该选项可以指定要使用的数据精度, 其中 **f|h|i|l|c** 分别代表 5 种不同的数据精度。也可以用 **-Da** 选项, 此时 GMT 会根据当前绘图区域的大小自动选择合适的数据精度 [默认使用 **-Da**]

默认情况下, 若找不到指定精度的海岸线数据, 程序会自动报错退出。该选项中加上 **+f** 则命令在找不到当前指定的精度数据时, 自动寻找更低精度的数据。

**-Ecode1,code2,⋯[+l|L][+gfill][+ppen][+z]**

利用 DCW 数据绘制或导出行政区划边界 (洲界、国界、省界)

GMT 自带了 DCW (Digital Chart of World) 数据, 即全球的行政区划数据。其包含了全球各国国界和省界数据。该数据独立于 GSHHG 数据, 因而 **-A** 和 **-D** 选项对该数据无效。关于 DCW 数据及其用法的详细介绍见[DCW: 世界数字图表](#)。

通过指定一个或多个以逗号分隔的区域代码 *code* 即可指定一个或多个行政区域。*code* 可以取如下几种形式:

- 洲代码前加上 = 则绘制整个洲内所有国家边界。比如 **=AS** 会绘制所有亚洲国家的边界
- 直接使用国界代码, 则绘制国界边界。比如 **US** 绘制美国边界
- 使用 国家代码.\* 州代码 \* 则绘制州(省)边界。比如 **US.TX** 绘制美国 Texas 州的边界

可以使用如下子选项列出可使用的 *code*:

- **+l** 仅列出所有国家及其对应代码, 不绘制边界也不提取数据
- **+L** 列出部分国界的省及其代码
- **+z** 表示将地区代码以 **-Zcode** 的形式写到数据的段头记录中

通过加上子选项, 可以进一步设置指定区域的边界属性或填充属性:

- **+ppen** 表示绘制多边形轮廓 [默认无轮廓]
- **+gfill** 表示设置多边形的填充色 [默认无填充色]

若想要不同的区域有不同的画笔或填充属性, 则需要多次使用 **-E** 选项, 每次指定不同的区域以及不同的画笔或填充属性。

若使用了 **-E** 但不指定 **-J** 和 **-M** 则会以 **-Rw/e/s/n** 的形式输出对应行政区域的区域范围。

**-F[l|t][+cclearances][+gfill][+i[[gap/]pen]][+p[pen]][+r[radius]][+s[[dx/dy/][shade]]]**

控制比例尺和玫瑰图的背景边框

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在比例尺或方向玫瑰的周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见[修饰物](#)

- **+gfill** 指定面板填充[颜色](#) [默认不填充]

- **+p***pen* 绘制面板边框。*pen* 为边框的[画笔属性](#), 若不指定 *pen*, 则默认使用 **MAP\_DEFAULT\_PEN**
- **+r[*radius*]** 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- **+i[[*gap*/]*pen*]** 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用 **MAP\_DEFAULT\_PEN**]
- **+c*clearance*** 设置[修饰物](#)与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap/ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap/rgap/bgap/tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s[[*dx/dy*/][*shade*]]** 设置面板背景阴影。*dx/dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p/-4p/gray50**]

该选项默认会同时控制比例尺和方向玫瑰的背景边框。加上 **t** 则表示只控制 **-L** 或 **-T** 选项绘制的特征。

#### **-G[*fill*]**

设置 dry 区域的填充色或裁剪 dry 区域

**-G***fill* 设置 dry 区域 (一般指陆地) 的填充色。若不指定 *fill* 则会将 dry 区域裁剪出来, 使得接下来的绘图只有 dry 区域内的才会被绘制。

#### **-I***river[/pen]*

绘制河流。

河流 *river* 可以取:

- 0 = Double-lined rivers (river-lakes)
- 1 = Permanent major rivers
- 2 = Additional major rivers
- 3 = Additional rivers
- 4 = Minor rivers
- 5 = Intermittent rivers - major
- 6 = Intermittent rivers - additional
- 7 = Intermittent rivers - minor
- 8 = Major canals
- 9 = Minor canals
- 10 = Irrigation canals
- a = All rivers and canals (0-10)
- A = All rivers and canals except river-lakes (1-10)
- r = All permanent rivers (0-4)
- R = All permanent rivers except river-lakes (1-4)
- i = All intermittent rivers (5-7)
- c = All canals (8-10)

*pen* 的默认值为 **default,black,solid**, 该选项可重复使用多次以分别指定不同等级河流的画笔属性。

#### **L[*g|j|J|n|x*]refpoint+c[*slon/*]slat+wlength[e|f|k|M|n|u][+aalign][+f][+justify][+l[*label*]][+o*dx/dy*][+u][+v]**

在地图上指定位置绘制比例尺

简单介绍各子选项的含义, 详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x]refpoint** 指定地图上的参考点
  - **glon/lat** 指定数据坐标为参考点
  - **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
  - **nxn/yn** 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
  - **xx/y** 指定绘图坐标 为参考点, 追加 **cm**, **inch**, 或者 **point** 用来指定单位
- **+justify** 指定比例尺上的锚点 (默认锚点为比例尺的中心)
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置比例尺的额外偏移量
- **+c[slon/]slat** 要绘制哪一个点的比例尺, 对于倾斜投影, **slon** 默认取中央经线
- **+wlength[e|f|k|M|n|u]** 指定比例尺长度及其单位 [默认为 km]
- **+aalign** 修改比例尺标签的对齐方式。标签默认位于比例尺上方中部, 可以取 **l|r|t|b** 分别代表左右上下
- **+f** 默认是简单的比例尺, 使用该选项则绘制 fancy 比例尺, 即黑白相间的火车轨道比例尺
- **+label** 为比例尺添加标签; 若不指定 **label**, 默认的标签是比例尺所使用的长度单位
- **+u** 比例尺的标注默认只有值没有单位, 该选项会给所有标注加上单位
- **+v** 垂直比例尺 (仅限于笛卡尔坐标系)

以下 GMT 配置参数可以控制比例尺的外观:

- **FONT\_LABEL** 控制比例尺的标签字体
- **FONT\_ANNOT\_PRIMARY** 控制比例尺的标注字体
- **MAP\_SCALE\_HEIGHT** 控制比例尺的高度
- **MAP\_TICK\_PEN\_PRIMARY** 控制比例尺的线及刻度属性

## -M

将边界数据以多段 ASCII 表或二进制表的形式导出到标准输出

使用该选项, 则只导出数据而不绘图。该选项需要与 **-E**, **-I**, **-N** 或 **-W** 选项一起使用。

## -Nborder[/pen]

绘制政治边界。

该选项在某些地方与 **-E** 选项有重叠。边界类型 **border** 可以取:

- 1 : 国界
- 2 : 州界; (目前只有美国、加拿大、澳大利亚以及南美各国的数据)
- 3 : Marine boundaries
- a : 1-3 的全部边界;

**pen** 的默认属性为 **default,black,solid**。该选项可重复多次使用, 以指定不同级别边界的画笔属性。

## -Q

关闭区域裁剪。

使用 **-G** 和 **-S** 可以分别裁剪出 dry 区域和 wet 区域, 接下来的其他绘图命令中只有在裁剪区域内的部分才会被绘制。在绘图结束后, 需要关闭裁剪, 就需要再次调用 **coast**, 并加上 **-Q** 选项。若在开启裁剪后使用了 **-X** 和 **-Y** 选项, 则在关闭时也要记得使用 **-X** 和 **-Y**。

## -S[fill]

设置 wet 区域的填充色或裁剪 wet 区域

**-Sfill** 设置 wet 区域 (一般指海洋或湖泊) 的填充色。若不指定 **fill** 则将 wet 区域裁剪出来, 使得接下来的绘图只有 wet 区域内的才会被绘制。

**-Td[g|j|J|n|x]refpoint+width[+f[level]][+justify][+lw,e,s,n][+odx[/dy]]**

在指定位置绘制方向玫瑰图

简单介绍各子选项的含义, 详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x**refpoint 指定地图上的参考点
  - **glon/lat** 指定[数据坐标](#)为参考点
  - **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定[锚点](#)作为参考点
  - **nxn/yn** 指定[归一化坐标系](#) (即 0-1) 为参考点
  - **xx/y** 指定[绘图坐标](#) 为参考点, 追加 **cm**, **inch**, 或者 **point** 用来指定单位
- **+justify** 指定比例尺上的锚点 [MC]
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置方向玫瑰图的额外偏移量
- **+width** 玫瑰图宽度
- **+flevel** 绘制 fancy 玫瑰图。**level** 取不同值代表不同类型的玫瑰图。**level** 可以取:
  - 1 绘制 E-W 和 N-S 四个方向
  - 2 绘制 8 个方向
  - 3 绘制 16 个方向
- **+lw,e,s,n** 为四个方向分别指定标签。默认标签是四个方向的单字母代码 (英文语言下是 W、E、S、N), 四个方向的标签之间用逗号分隔, 若留空则表示不添加标签。比如 **+lw,e,s,n** 或 **+1",,Down,Up"**。标签的文字属性由[FONT\\_TITLE](#) 控制, 而文字相对于方向箭头的位置偏移则由[MAP\\_TITLE\\_OFFSET](#) 控制。

**-Tm[g|j|J|n|x]refpoint+width[+dec[ / dlabel]][+ipen][+justify][+lw,e,s,n][+ppen][+tints][+odx[/dy]]**

在指定位置绘制磁场玫瑰图

磁场玫瑰包括两个同心圆环, 其中外环用于展示方向信息, 内环用于显示磁场方向。

简单介绍各子选项的含义, 详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x**refpoint 指定地图上的参考点
  - **glon/lat** 指定[数据坐标](#)为参考点
  - **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定[锚点](#)作为参考点
  - **nxn/yn** 指定[归一化坐标系](#) (即 0-1) 为参考点
  - **xx/y** 指定[绘图坐标](#) 为参考点, 追加 **cm**, **inch**, 或者 **point** 用来指定单位
- **+justify** 指定比例尺上的锚点 [MC]
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置玫瑰图的额外偏移量
- **+width** 玫瑰图宽度
- **+ppen** 绘制外环并设置其画笔属性
- **+ipen** 绘制内环并设置其画笔属性
- **+dec/dlabel** 设置磁倾角以及罗盘指针上的磁倾角标签。若 **dlabel** 为空, 则使用默认标签 **d = dec**; 若 **dlabel** 为 **-**, 则不绘制标签。当使用 **+d** 子选项时, 会同时绘制地理方向和磁场方向
- **+lw,e,s,n** 为四个方向分别指定标签。默认标签是四个方向的单字母代码 (英文语言下是 W、E、S、N), 四个方向的标签之间用逗号分隔, 若留空则表示不添加标签; 若 **n** 取值为 **\***, 则会在北方向标签处绘制星代表北极星。比如 **+lw,e,s,n** 或 **+1",,Down,Up"** 或 **+1,,,\***。标签的文字属性由[FONT\\_TITLE](#) 控制
- 内外环都可以设置标注、刻度和网格的间隔。内外环的间隔默认值都是 **30/5/1**。可以使用 **+tints** 选项, 后面接 6 个斜杠分隔的值, 以分别指定两个圆环的 3 种刻度值, 其中前三个值控制内环属性, 后三个值控制外环属性

**-U**[*label*][+c][+j*just*][+o*dx/dy*] (*more* ...)

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

**-W**[*level/pen*

绘制岸线 (shoreline)

shore 指水与陆地交界的“岸”(如: 海岸、湖岸、河岸等), 是一个较为笼统的说法。

GMT 中岸线分成四个等级 (*level* 取 1-4):

1. coastline: 海岸线
2. lakeshore: 湖泊与陆地的岸线
3. island-in-lake shore: 首先要有陆地, 陆地中有个湖, 湖里有个岛。即岛的岸线
4. lake-in-island-in-lake shore: 首先有陆地, 陆地中有个湖, 湖中有个岛, 岛里又有个湖。这里指的是湖的岸线

使用时需要注意:

- 不使用 -W 选项, 则不绘制任何 shore
- 使用 -W, 给定画笔属性 *pen*, 但不给出 *level*, 则绘制四个 level 的 shore
- 在同一个命令中可以多次使用 -W, 以指定不同 *level* 的 shore 的画笔属性
- -W 选项中 *level* 是可选的, 而 *pen* 是必须的! 因而 -W2 会被解释为所有 level 的画笔属性, 而不是 level 2

**-X**[a|c|f|r][xshift[u]]

**-Y**[a|c|f|r][yshift[u]] (*more* ...)

移动绘图原点

**-bo**[*ncols*][*type*][w][+l|b] (*more* ...)

设置二进制输出的数据格式

**-p**[x|y|z]azim[/elev[/zlevel]][+wlon0/lat0[/z0]][+vx0/y0] (*more* ...)

设置 3D 透視视角

**-t**[*transp*] (*more* ...)

设置图层透明度(百分比)。取值范围为 0(不透明)到 100(全透明)

-^ 或 -

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息(Windows 下只能使用 -)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

在入门教程[绘制海岸线](#) 和[GSHHG: 全球高分辨率海岸线数据](#) 均提供了一些 coast 的使用实例。

绘制非洲地图，并绘制河流、国界，以及设置不同的填充色：

```
gmt coast -R-30/30/-40/40 -Jm0.1i -B5 -I1/1p,blue -N1/0.25p,- \
-I2/0.25p,blue -W0.25p,white -Ggreen -Sblue -png africa
```

绘制 Iceland 地图，使用 pattern #28 做填充：

```
gmt coast -RIS+r1 -Jm1c -B -Wthin -Gp28+r100 -pdf iceland
```

将非洲区域裁剪出来，并在其中的陆地部分绘制地形：

```
gmt begin map png
gmt coast -R-30/30/-40/40 -Jm0.1i -B -G
gmt grdimage @earth_relief_05m
gmt coast -Q
gmt end show
```

绘制部分国家的国界线：

```
gmt coast -JM6i -Baf -EGB,IT,FR+gblue+p0.25p,red -EES,PT,GR+gyellow -pdf map
```

提取冰岛的高精度海岸线数据：

```
gmt coast -RIS -Dh -W -M > iceland.txt
```

## FAQ

1. 错误消息：

```
coast: low resolution shoreline data base not installed.
```

出现该错误的原因有如下几种：

1. 未安装 GSHHG 海岸线数据
2. 安装了但路径不正确（建议的做法是把所有 GSHHG 的文件放在 \$GMTHOME/share/coast 目录下）
3. 安装的 netCDF 版本号为 3.x 而不是 4.x
4. 自行编译了 netCDF 4.x, 且编译时使用了 --disbale-netcdf4 选项

## 相关模块

[grdlandmask](#), [basemap](#)

## 18.6 colorbar

官方文档

[colorbar](#)

简介

在地图上绘制灰色或彩色色条

```
gmt colorbar [ -B[p|s]parameters ] [ -Ccpt ] [ -Drefpoint ] [ -Fpanel ] [ -Gzlo/zhi ] [ -I[max_intens|low_i/high_i] ] [ -Jparameters ] [ -JZ|Zparameters ] [ -L[i][gap] ] [ -M ] [ -N[p|dpi] ] [ -Q ] [ -Rregion ] [ -S ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -Wscale ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -Zzfile ] [ -pflags ] [ -ttransp ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

无

### 可选选项

**-B[p|s]parameters**

设置 colorbar 的标注、刻度和网格线间隔。

在不使用 **-B** 选项或不指定标注间隔时，默认会根据 CPT 文件中每一行的内容对 colorbar 进行标注，具体见颜色表 [CPT](#)。**-B** 选项的具体说明见[-B 选项](#)。

默认情况下，对于水平 colorbar 而言，X 轴的标签会放在 colorbar 的下边，Y 轴标签放在 colorbar 的右边；对于垂直 colorbar 而言，X 轴的标签放在 colorbar 的右边，Y 轴标签放在 colorbar 的上边。除非在 **-D** 选项中使用了 **+m** 子选项。

**-C[cpt]**

要绘制的 CPT 文件。

若 CPT 中 Z 值范围单位为米，而实际绘图时想使用其它单位，则可在文件名后加上 **+Uunit**。若 CPT 中 Z 值范围单位不为米，而实际绘图中想使用米为单位，则可在文件名后加上 **+uunit**。

对于现代模式，若未指定 *cpt* 或者未使用 **-C** 选项，则使用当前 CPT。经典模式下，若未指定 **-C** 则从标准输入中读入 CPT。

**-D[g|j|J|n|x]refpoint[+wlength[/width]][+e[b|f][length]][+h|v][+jjustify][+m[a|c|l|u]][+n[txt]][+odx[/dy]]**

指定色标的尺寸和位置。

简单介绍各子选项的含义，详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x]refpoint** 指定地图上的参考点

- **glon/lat** 指定[数据坐标](#)为参考点
- **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定[锚点](#)作为参考点
- **nxn/yn** 指定[归一化坐标系](#)（即 0-1）为参考点
- **xx/y** 指定[绘图坐标](#)为参考点，追加 cm, inch, 或者 point 用来指定单位

- **+justify** 指定色标上的锚点, 默认锚点是 **BL**
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置色标的额外偏移量
- **+wlength[/width]** 指定色标的长度和宽度。若未指定宽度, 则默认为长度的 4%; 若长度为负值则会反转色标。
- **+h** 绘制水平色标
- **+v** 绘制垂直色标
- **+e[b|f][length]** 在 CPT 中为前景色和背景色加一个三角形。**+ef** 表示只加前景色三角形, **+eb** 表示只加背景色三角形 *length* 是三角的高度, 默认为色标宽度的一半。
- **+m[a|c|l|u]** 将标注、标签和单位放在色标的另一边。**a** 代表标注, **l** 代表标签, **u** 代表单位。**c** 表示将标签以单列字符垂直打印。
- **+ntext** 在色标开始处绘制一个矩形, 并用 NaN 的颜色填充

几种常用的放置色标的方式:

- 放在左边: **-DjML+w2c/0.5c+o-1c/0c+m**
- 放在右边: **-DjMR+w2c/0.5c+o-1c/0c**
- 放在上方: **-DjTC+w2c/0.5c+o0c/-1c+m**
- 放在下方: **-DjBC+w2c/0.5c+o0c/-1c+m**
- 放在左上角: **-DjTL+w2c/0.5c+o-1c/0c+m**
- 放在左下角: **-DjBL+w2c/0.5c+o-1c/0c+m**
- 放在右上角: **-DjTR+w2c/0.5c+o-1c/0c**
- 放在右下角: **-DjBR+w2c/0.5c+o-1c/0c**

**-F[+cclearances][+gfill][+i[[gap/]pen]][+p[pen]][+r[radius]][+s[[dx/dy/][shade]]]**

控制色标后的背景边框

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在色标周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见[修饰物](#)

- **+gfill** 指定面板填充[颜色](#) [默认不填充]
- **+ppen** 绘制面板边框。*pen* 为边框的[画笔属性](#), 若不指定 *pen*, 则默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)
- **+r[radius]** 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- **+i[[gap/]pen]** 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)]
- **+cclearance** 设置[修饰物](#)与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap/ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap/rgap/bgap/tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s[[dx/dy/][shade]]** 设置面板背景阴影。*dx/dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p/-4p/gray50**]

**-Gzlow/zhigh**

对 CPT 文件做截断, 即只绘制 *zlow* 到 *zhigh* 之间的部分。若其中某个值等于 NaN, 则不对 CPT 的那一端做处理。

**-I[max\_intens|low\_i/high\_i]**

为色标加上光照效果

- **-Imax\_intens** 设置光照强度为  $[-\text{max\_intens}, +\text{max\_intens}]$ , 默认值为  $[-1,+1]$

- **-I***low\_i/high\_i* 指定非对称的光照强度范围

**-J***projection* (*more ...*)

设置地图投影方式

**-L[i][gap]**

生成等大小的颜色矩形。

默认情况下, 会根据 CPT 文件中 Z 值的范围决定颜色矩形的大小。若使用该选项, 则会忽略 **-B** 选项设置的间隔。若指定了 *gap* 且 CPT 文件是离散的, 则使用每个矩形的 Z 值下边界作为标注且将标注放在矩形的正中间。若使用了 **i** 则标注每个间隔范围。若使用了 **-I** 选项, 则每个矩形有自己的颜色以及自己的光照强度。

**-M**

使用 YIQ 变换将色标变成单调灰度色标

**-N[p|dpi]**

控制色标的图形表示方式

- **-Np** 用颜色矩形来表示 (比如离散的颜色)
- **-N** 用图形表示 (比如连续的颜色), 可以加上 *dpi* 指定绘制色标时的等效 DPI, 默认值为 600

**-Q**

使用对数坐标, 刻度表示为 10 的次幂

CPT 文件中所有的 Z 值都会被转换成  $p = \log 10(z)$ , 其中整数的 p 会以  $10^p$  的格式标注。

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more ...*)

指定数据范围

**-S**

去除不同色块之间的黑色网格线

**-U**[*label*][+c][+j*just*][+o*dx/dy*] (*more ...*)

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V**[*level*] (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-W***scale*

将 CPT 文件中所有的 Z 值乘以比例因子 *scale*

**-X**[**a|c|f|r**][*xshift[u]*]

**-Y**[**a|c|f|r**][*yshift[u]*] (*more ...*)

移动绘图原点

**-Z***zfile*

*zfile* 文件用于指定每个颜色块的宽度。

默认情况下, 颜色块的宽度由颜色的 Z 值范围决定, 比如 Z=0-100 对应的色块宽度是 Z=100-150 的色块宽度的两倍。

**-p[x|y|z]azim[/elev[/zlevel]][+wlon0/lat0[/z0]][+vx0/y0]** (*more* ...)

设置 3D 透視视角

**-t[transp]** (*more* ...)

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

```
gmt begin map
gmt makecpt -T-200/1000/100 -Crainbow
gmt colorbar -C -Dx8c/1c+w12c/0.5c+jTC+h -Bxaf+l"topography" -By+lkm
gmt end show
```

## 相关模块

[makecpt](#) [gmtlogo](#), [grd2cpt](#), [image](#), [legend](#)

## 18.7 contour

官方文档

[contour](#)

简介

使用直接三角化法对数据进行等值线绘制

## 语法

```
gmt contour [ table ] -Jparameters -Rwest/east/south/north[/zmin/zmax][+r][+uunit] [ -A[n]contours][labelinfo] [ -B[p|s]parameters ] [ -Ccontours ] [ -D[template] ] [ -Eindexfile ] [ -G[d|f|n|l|L|x|X]params ] [ -I ] [ -Jz|Zparameters ] [ -Lpen ] [ -N ] [ -Q[cut][+z] ] [ -S[p|t] ] [ -T[h|l][+a][+dgap[length]][+l[labels]] ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -W[type]pen[+c[l|f]] ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -bbinary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -lflags ] [ -qiflags ] [ -ttransp ] [ -:i[o] ] [ --PAR=value ]
```

## 描述

读取一个 ASCII 或二进制格式的输入数据文件 *table* 并绘制出等值线。

## 必选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-J***projection* (*more* ...)

设置地图投影方式

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

对于三维透视图 (-*p* 选项)，可以加上 /*zmin/zmax* 指定 Z 轴的范围。

## 可选选项

**-A**[*n|contours*][*labelinfo*]

**-A***contours* 设置标注间隔，如果在 **-C** 选项中指定标注间隔的话，这里的设置会被覆盖。**-An** 则为不进行标注。也可以用 **-A20,80,100** 类似的用法，对指定的等值线进行标注。如果只想要标注一条等值线，需要在末尾加上逗号，例如 **-A20, ,** 这样 20 就不会被认为是标注间隔。*labelinfo* 代表可以在最后追加下列额外选项：

**+a***angle*

设置标注的旋转角度 *angle*。也可以写成 **+an** 表示标注垂直于等值线。默认设置为 **+ap** 表示标注平行于等值线。**+apu** 和 **+apd** 表示设置方向朝向山顶还是山底。

**+c***dx[/dy]*

设置标签和文本之间的间隙。

**+f***font*

设置字体。默认会使用 **FONT\_ANNOT\_PRIMARY** 设定的字体，但字体大小会变成 9p。

**+g**[*color*]

设置标注文本的背景颜色，不设置本项时标注文本的背景是透明的。

**+o**

将文本框形状设置为圆角矩形。不能和 **+v** 一起使用。

**+p**[*pen*]

设置文本框轮廓的线型，不设置本项时无轮廓。

**+u***unit*

在所有标注后面加上单位 *unit*。

**+v**

将标注文本顺着等值线弯曲。

**+p***refix*

在所有标注前面加上前缀 *prefix*。

**-B***parameters* (*more* ...)

设置底图边框和轴属性

**-C***contours*

指定绘制等值线的形式，具体说明如下：

- (1) 如果 *contours* 是一个以 “.cpt” 结尾的文件名, GMT 会查找对应的 CPT 文件, 把 CPT 文件中的颜色块的边界绘制为等值线, 并进行标注。如果使用了 *-An* 选项则只绘制等值线不标注。
- (2) 如果 *contours* 是一个不以 “.cpt” 结尾的文件名, GMT 会读取其中的内容作为等值线设置。每行为一条等值线的设置, 以如下格式给出: *contour-level [angle] C|c|A|a [pen]*, 中括号表示可选项。**C** 或 **c** 表示绘制等值线但不标注, 而 **A** 或 **a** 表示绘制等值线并进行标注。*angle* 设置标注的旋转角。*pen* 设置等值线的线型。
- (3) 如果 *contours* 是一串用逗号隔开的数字, 例如 *-C20,80,100*, 则绘制对应的等值线。如果只想要绘制一条等值线, 需要在末尾加上逗号, 例如 *-C20,.*。
- (4) 如果没有指定 *contours*, 则默认使用当前 CPT 文件。
- (5) 如果 *contours* 是一个常数, 则以这个常数为间隔绘制等值线。

如果 **-C** 和 **-A** 都没有指定的话, 则自动计算合适的间隔绘制标注等值线。

#### **-W**[*type*]*pen*[+*c|l|f*] ([more …](#))

设置等值线的线型。默认情况下, 有标注的等值线线型 *pen* 为 *0.75p,black*, 无标注的等值线线型 *pen* 为 *0.25p,black*。如果要设置有标注的等值线线型, *type* 应该设置为 **a**, 例如 *-Wa1.75p,red*。无标注的等值线线型, *type* 应该设置为 **c**, 例如 *-Wc1.25p,red*。如果加上 *+cl*, 则使用 **-C** 选项所指定的 CPT 文件为不同的等值线设置颜色; 如果使用 *+cf*, 则为标注设置颜色; 使用 *+c* 则同时为等值线和标注设置颜色。

## 示例

使用数据文件 *Table\_5.11.txt*, 以 25 为间隔绘制等值线, 以 50 为间隔标注:

```
gmt contour Table_5_11.txt -Wthin -C25 -A50 -B
```

只绘制并标注 750 和 800 两条等值线:

```
gmt contour Table_5_11.txt -A750,800 -W0.5p -B
```

使用 CPT 文件 *temp.cpt* 定义的间隔绘制等值线

```
gmt contour temp.xyz -R0/150/0/100 -Jx0.1i -Ctemp.cpt -W0.25p
```

## 18.8 coupe

官方文档

[coupe](#)

简介

绘制震源机制解的剖面图

[meca](#) 在绘制震源球时, 本质上是取了一个水平剖面, 并将三维震源球的下半球投影到该水平剖面上。而 [coupe](#) 则更灵活一些, 可以将三维震源球投影到任意一个剖面上(例如垂直平面)。

- 对于一个水平剖面, 会将下半球投影到平面上(即 [meca](#) 的做法)
- 对于一个垂直剖面, 会将垂直平面后方的半球投影到平面上
- 对于任意一个非水平的平面而言:

- 北方向为平面的最速下降方向
- 东方向为平面的走向方向
- 下方向则根据右手定则确定

## 语法

```
gmt coupe [ files ] -Jparameters -Rregion -Aparameters -S<format><scale>[+ffont][+jjustify][+odx[/dy]]
[ -B[p|s]parameters ] [ -Efill ] [ -Fmode[args] ] [ -Gfill ] [ -L[pen] ] [ -M ] [ -N ] [ -Q ] [ -Tnplane[/pen] ] [
-U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -Wpen ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -Zcpt ] [ -dinodata[+ccol] ] [
-eregexp ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -pflags ] [ -ttransp ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 必须选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-J***projection* (*more* ...)

设置地图投影方式

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

**-A**

以多种方式指定剖面

**-Aa***lon1/lat1/lon2/lat2/dip/p\_width/dmin/dmax[+f]*

- *lon1/lat1* 剖面起点的经纬度
- *lon2/lat2* 剖面终点的经纬度
- *dip* 剖面所在平面的倾角 (0 表示水平剖面, 90 表示垂直剖面)
- *p\_width* 剖面的宽度 (即剖面不是一个平面, 而是一个有厚度的长方体)
- *dmin/dmax* 是沿着最速下降方向 (“北”方向) 的最小、最大距离 (对于垂直平面, 可以理解为限制地震深度范围)
- **+f** 表示根据剖面的参数自动计算边框的范围

**-Ab***lon1/lat1/strike/p\_length/dip/p\_width/dmin/dmax[+f]*

- *lon1/lat1* 剖面起点的经纬度
- *strike* 是剖面的走向
- *p\_length* 是剖面的长度
- 其他参数与 **-Aa** 相同

**-Ac***x1/y1/x2/y2/dip/p\_width/dmin/dmax[+f]*

与 **-Aa** 选项相同, 只是 *x/y* 为笛卡尔坐标而不是地理坐标

**-Ad***x1/y1/strike/p\_length/dip/p\_width/dmin/dmax[+f]*

与 **-Ab** 选项相同, 只是 *x/y* 为笛卡尔坐标而不是地理坐标

**-S**<*format*><*scale*>[+ffont][+jjustify][+o $dx[/dy]$ ]

指定输入数据的格式、震源球大小等属性。

*format* 用于指定输入的震源机制解的格式。

*scale* 指定了 5 级地震 (地震矩为 4.0E23 dynes-cm) 的震源球的直径。默认情况下, 震源球的直径与震级大小成正比, 即实际直径为  $size = M / 5 * scale$ 。若使用 **-M** 选项, 则所有震源球大小相同。

每个震源球都可以有一个可选的标签。标签默认位于震源球的上方。

- **+ffont** 设置震源球标签的文本属性
- **+justify** 标签相对于震源球的位置 [默认为 BC, 即正上方]
- **+o $dx[/dy]$**  标签的额外偏移量

---

**备注:** 请注意, 下面的各个震源机制解格式中, 设置新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 必须另外再加上 **-A** 选项后才可生效。

---

#### **-S***scale*[**+ffont**][**+justify**][**+o $dx[/dy]$** ]

Aki and Richards 约定的震源机制解格式。输入文件的具体格式为:

```
X Y depth strike dip rake mag [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度, 单位为 km
- *strike*、*dip*、*rake* 为断层的三个基本参数, 单位为度
- *mag* 为地震震级
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处, 指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

#### **-Sc***scale*[**+ffont**][**+justify**][**+o $dx[/dy]$** ]

Global CMT 约定的震源机制解格式。输入文件的具体格式为:

```
X Y depth strike1 dip1 rake1 strike2 dip2 rake2 mantissa exponent [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度, 单位为 km
- 两组 *strike*、*dip*、*rake* 为两个断层面的基本参数
- *mantissa* 和 *exponent* 是地震标量矩的尾数和指数部分。例如, 地震标量矩为 9.56e+26 dyne-cm, 则 *mantissa*=9.56, *exponent*=26
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处, 指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

#### **-Sm|d|z***scale*[**+ffont**][**+justify**][**+o $dx[/dy]$** ]

地震矩张量。输入数据格式为:

```
X Y depth mrr mtt mff mrt mrf mtf exp [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度, 单位为 km
- *mrr* 等是地震矩的 6 个分量, 单位是  $10^{exp}$  dyne-cm
- *exp* 地震矩的指数部分。例如 *mrr*=2.5, *exp*=26, 则真实 *mrr* = 2.0e26
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处, 指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。

- *title* 震源球标签 [可选]

地震矩张量可以分解成各向同性部分 (ISO)、双力偶部分 (DC) 和补偿线性向量偶极部分 (CLVD)。

- **m** 表示绘制完整的地震矩张量 (ISO+DC+CLVD)
- **d** 表示仅绘制地震矩的双力偶部分 (DC)
- **z** 表示仅绘制地震矩的各向异性部分 (DC+CLVD)

说明：

- 6 个分量使用的坐标系为 USE 坐标系，与 Global CMT 的坐标系一致
- Global CMT 的矩张量解不包含各向同性部分，因而 **-Sm** 和 **-Sz** 的效果相同。

**-Spsscale[+ffont][+jjustify][+odx[/dy]]**

由两个断层平面的部分数据构成的机制解。输入数据格式为：

```
X Y depth strike1 dip1 strike2 fault mag [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度，单位为 km
- *strike1* 和 *dip1* 平面 1 的断层参数, *strike2* 是平面 2 的断层参数
- *fault* 取-1 或 +1, 表示正断层和逆断层
- *mag* 地震震级
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处，指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

**-Sx|y|tscale[+ffont][+jjustify][+odx[/dy]]**

指定 T、N、P 轴的方位和大小。输入数据格式为：

```
X Y depth Tvalue Tazim Tplunge Nvalue Nazim Nplunge Pvalue Pazim Pplunge exp [newX newY] [title]
```

- *X* 和 *Y* 为震源经度和纬度
- *depth* 为震源深度，单位为 km
- *Tvalue* 等 9 个量定义了 T、N、P 轴的大小和方向
- *exp* 是 *Tvalue* 等的指数部分
- *newX* 和 *newY* 震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在 *X* 和 *Y* 处，指定新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 以使得震源球与震源位置错开。
- *title* 震源球标签 [可选]

地震矩张量可以分解成各向同性部分 (ISO)、双力偶部分 (DC) 和补偿线性向量偶极部分 (CLVD)。

- *x* 绘制完整的地震矩张量 (ISO+DC+CLVD)
- *y* 只绘制地震矩的双力偶部分 (DC)
- *z* 只绘制地震矩的各向异性部分 (DC+CLVD)

## 可选选项

### -B parameters ([more ...](#))

设置底图边框和轴属性

### -Efill

扩张部分的填充色 [默认为白色]

### -F mode[args]

设置多个属性, 可重复使用多次

### -Fs symbol[size][+f font][+j justify][+o dx[/dy]]

不绘制震源球, 仅绘制一个符号。

*symbol* 为符号类型, 可以选择 c|d|i|s|t|x, 符号的具体含义见 [plot](#) 模块的 -S 选项。*size* 为符号大小。

输入数据的格式为:

```
longitude latitude depth [event_label]
```

若未指定 *size*, 则需要从输入数据的第四列读入符号大小, 其余列向后移动。

*event\_label* 默认位于震源球上方。使用 +f 控制其字体, +j 控制其位置, +o 进一步控制其偏移量。

### -Fa[size/]Psymbol[Tsymbol]]

计算并在震源球上 P 轴和 T 轴处绘制符号。*size* 是符号大小; *Psymbol* 和 *Tsymbol* 符号可以取 c|d|h|i|p|s|t|x, 具体含义见 [plot](#) -S 选项 [默认值为 6p/cc]

### -Fe fill

设置 T 轴符号的填充色

### -Fg fill

设置 P 轴符号的填充色

### -Fp pen

设置 P 轴符号的画笔属性

### -Ft pen

设置 T 轴符号的画笔属性

### -Fr fill

在震源球标签后加一个方框 [默认填充色为白色]

### -G color

指定压缩部分的填充色 [默认为黑色]

### -L pen

设置震源球外部轮廓的线条属性

### -M

所有震级使用相同的大小, 具体大小由 -S 选项的 *scale* 参数决定。

### -N

地图区域外的震源球也要绘制, 默认不绘制。

### -Q

默认会生成一些临时文件, 其中包含了剖面和剖面上的震源机制的信息, 供调试时使用。使用该选项, 则不会生成这些临时文件。

**-T**[*nplane*][/*pen*]

绘制断层平面。

*nplanes* 可以取：

- 0\* 绘制两个断层面
- 1 绘制第一个断层面
- 2 绘制第二个断层面

*pen* 为画笔属性。

对于双力偶机制解而言, -T 选项只绘制震源球的圆周和断层平面, 不填充颜色; 对于非双力偶机制解而言, -TO 在震源球的基础上覆盖上透明的断层平面。

**-U**[*label*][+c][+j*just*][+o*dx/dy*] (*more* ...)

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

**-W**[*pen*]

设置断层平面的画笔属性 [默认为 default,black,solid]

**-X**[a|c|f|r][*xshift*[*u*]]**-Y**[a|c|f|r][*yshift*[*u*]] (*more* ...)

移动绘图原点

**-Zcpt**

指定 CPT 文件, 根据数据文件中第三列的值 (即地震深度) 确定震源球的压缩部分的颜色。

**-dinodata** (*more* ...)将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN**-e**[~] “*pattern*” | **-e**[~]/*regexp*/*i*] (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-h**[i|o][*n*][+c][+d][+msegheader][+r*remark*][+t*title*] (*more* ...)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols**[+l][+sscale][+o*offset*][,···][,t[iword]] (*more* ...)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-p**[x|y|z]azim[/elev[/zlevel]][+w*lon0/lat0/z0*][+vx0/y0] (*more* ...)

设置 3D 透視视角

**-t**[*transp*] (*more* ...)

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-:[i|o]** (*more* ...)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

示例 ---

矩张量形式的震源机制解，剖面的起点为 130E 43N，终点为 140E 36N，90 度剖面，即垂直剖面。压缩部分为黑色。建议使用上 **-N**，这样可以防止漏画：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin profile
gmt coupe -JX15c/-6c -Sd0.8 -Aa130/43/140/36/90/100/0/700+f -Gblack -Q -N << EOF
131.55 41.48 579  1.14 -0.10 -1.04 -0.51 -2.21 -0.99 26 X Y
133.74 41.97 604  6.19 -1.14 -5.05 -0.72 -9.03 -4.24 25 X Y
135.52 37.64 432  0.95  0.11 -1.06 -0.20 -2.32  0.90 25 X Y
138.37 42.85 248  -2.49  3.40 -0.91  3.09  0.83 -3.64 25 X Y
EOF
gmt basemap -BWS -Byaf+l"Focal depth (km)" -Bxaf+l"Distance (km)"
gmt end show
```

## 相关模块

[meca](#), [polar](#), [basemap](#), [plot](#)

## 18.9 docs

官方文档

[docs](#)

简介

打开指定模块的 GMT 官方 HTML 文档

**docs** 用系统默认浏览器打开指定模块的 HTML 文档。若本地存在 HTML 文档，则优先使用本地文档；否则则打开 GMT 文档网站。除了可以指定模块外，还支持打开一些常用的文档页面（下面会详细列出）。

## 语法

**gmt docs** [ **-Q** ] [ **-S** ] [ **-V**[*level*] ] *module-name* [*-option*]

## 必须参数

*module-name*

要查看文档的模块名。

除了模块名之外，还支持几个特殊的页面：

- **gmt**: 打开 GMT 命令的说明文档
- **api**: 打开 GMT API 手册
- **colors**: 打开 GMT 颜色列表文档
- **cookbook**: 打开 GMT 参考手册
- **data**: 打开 GMT 数据集页面
- **gallery**: 打开 GMT 图库

- **home**: 打开 GMT 文档手册
- **settings**: 打开 GMT 配置参数文档
- **tutorial**: 打开 GMT 入门教程
- **forum**: 打开 GMT 官方论坛网站
- **website**: 打开 GMT 官方网站

## 可选选项

**-Q**

仅显示文档的网页链接而不打开文档，适用于没有安装图形界面的服务器。若使用该选项，则其必须是 **docs** 的第一个选项。

**-S**

**docs** 默认优先打开本地文档，若本地文档不存在，则打开 GMT 文档网站。该选项强制 **docs** 使用浏览器打开 GMT 文档网站上的网页。

**-option**

指定选项（例如 **-R**），则 **docs** 会打开模块文档并定位到模块文档的该选项处。

注意，该功能对本地文档无效，因而当使用该功能时 GMT 会默认添加 **-S** 选项以打开远程文档。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

**-+ 或 +**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

## 示例

查看 [grdimage](#) 的文档：

```
gmt docs grdimage
```

查看 [grdimage](#) 的文档链接：

```
gmt docs -Q grdimage
```

查看 [grdimage](#) 在 GMT 文档网站上的链接：

```
gmt docs -Q -S grdimage
```

查看 [coast](#) 的 **-B** 选项：

```
gmt docs coast -B
```

查看 GMT 配置参数列表：

```
gmt docs settings
```

查看图库:

```
gmt docs gallery
```

## 相关模块

[begin](#), [clear](#), [end](#), [figure](#), [inset](#), [subplot](#), [gmt](#)

## 18.10 end

官方文档

[end](#)

简介

结束现代模式会话, 生成并显示图片

**end** 模块用于结束由 **begin** 模块创建的 GMT 当前会话, 并在当前目录生成指定格式的图片文件, 还支持使用系统默认图片阅读器自动打开生成的图片。

### 语法

`gmt end [ show ] [ -V[level] ]`

### 可选参数

**show**

用系统默认图片阅读器自动打开所有当前会话生成的图片文件。

**-V[level]** (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

### 示例

用 **begin** 创建一个会话, 绘图, 并用 **end** 结束当前会话:

```
gmt begin
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c -Baf
gmt end show
```

## 禁用自动显示

对于单行模式的命令以及以 `gmt end show` 结尾的脚本, GMT 会自动显示生成的图片。如果想不修改脚本但禁用自动显示图片, 则可以设置为环境变量 `GMT_END_SHOW` 为 `off`。

## 相关模块

`begin`, `clear`, `docs`, `figure`, `inset`, `subplot`, `gmt`

## 18.11 figure

官方文档

[figure](#)

简介

设置当前图片的属性

一个 GMT 现代模式会话下可以绘制一张或多张图件。对于一个会话中绘制多张图件的情况, `figure` 模块可以指定当前图件的文件名和格式。

该模块必须在你开始向当前图件绘图之前执行, 且每次调用 `figure` 模块都会开启一张新的图件。你也可以再次使用 `figure` 模块在多个图件之间来回切换, 但此时不能再指定 `formats` 或 `options` 等选项。一个会话中的每张图都有各自的历史记录和配置参数, 因而不同图之间的 `-R` 和 `-J` 选项等信息不会出现错乱。

## 语法

`gmt figure prefix [ formats ] [ options ] [ -V[level] ]`

## 必须选项

*prefix*

图片文件名前缀, 默认值为 `gmtsession`。图片文件名后缀由 `formats` 自动决定。

---

**备注:** 文件名中应尽量避免出现空格。若存在空格, 则文件名必须用单引号括起来。

---

## 可选选项

*formats*

图片文件格式。多个格式之间可以用逗号分开。默认图片格式为 `pdf`, 由参数 `GMT_GRAPHICS_FORMAT` 控制。

GMT 支持输出如下矢量图片格式:

- `pdf`: Portable Document Format [默认格式]
- `ps`: Plain PostScript
- `eps`: Encapsulated PostScript

GMT 支持输出如下位图图片格式:

- `bmp`: Microsoft Bit Map
- `jpg`: Joint Photographic Experts Group Format

- `png`: Portable Network Graphics (不透明背景)
- `PNG`: Portable Network Graphics (透明背景)
- `ppm`: Portable Pixel Map
- `tif`: Tagged Image Format File

*options*

GMT 现代模式本质上是先生成 PS 文件, 再通过调用 `psconvert` 自动转换成用户指定的图片格式。此处可以设置要传递给模块 `psconvert` 的选项, 多个选项之间用逗号分隔。

默认值为 `A`, 表示将 `-A` 选项传给 `psconvert`。

其他可选的选项包括:

- `A[args]`: 裁剪图片
- `Cargs`: 额外传递给 Ghostscript 的选项
- `Ddir`: 指定图片的输出目录
- `Edpi`: 设置图片分辨率
- `Hfactor`: 对图片做平滑以避免混叠
- `Margs`: 为当前图片叠加前景图片或背景图片
- `Qargs`: 设置图像和文本的抗锯齿选项
- `S`: 把 Ghostscript 命令输出到标准错误输出, 且不删除所有中间文件

详细解释见 `psconvert` 的说明文档。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

`-^` 或 `-`

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 `-`)

`-+` 或 `+`

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

`-?` 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

## PS 文件注意事项

如果用户想要输出 PS 格式的图片, 则应额外留意画布尺寸。对于其他图片格式而言, GMT 默认使用无穷大 (10 米 x 10 米) 的画布。而对于 PS 格式而言, GMT 则默认使用 A4 大小的画布。若用户绘制的图片超过 A4 纸张的大小, 则可能会造成显示不完全。针对这种情况, 建议用户修改参数 `PS_MEDIA` 以显式指定纸张大小。例如:

```
gmt begin
gmt figure map ps
gmt set PS_MEDIA A3
gmt ...
gmt end show
```

## 示例

在当前的现代模式下开启一个新绘图, 图片名为 Regional, 格式为 PDF 和 EPS 格式:

```
gmt begin
gmt figure Regional pdf,eps
gmt ...
gmt end show
```

开启一个新绘图, 名为 GlobalMap, 图片格式为 JPEG, 并对图片进行裁剪, 四边均保留 1 厘米的空白:

```
gmt begin
gmt figure GlobalMap jpg A+m1c
gmt ...
gmt end show
```

在一个会话中绘制两张图, 并在两张图之间来回切换:

```
gmt begin

# 在 Fig1 中绘制
gmt figure Fig1 png
gmt ...

# 在 Fig2 中绘制
gmt figure Fig2 png
gmt ...

# 切换回 Fig1
gmt figure Fig1
gmt ...

# 切换回 Fig2
gmt figure Fig2
gmt ...

gmt end show
```

## 技术细节

如果你在为 GMT 设计外部接口并且你不希望在会话结束时自动转换并生成图片, 你可以指定图片文件名或图片格式为 -。

## 相关模块

[begin](#), [clear](#), [docs](#), [end](#), [inset](#), [subplot](#), [gmt](#)

## 18.12 filter1d

官方文档

[filter1d](#)

简介

对 1D 表数据做时间域滤波

**filter1d** 用于对多列时间序列数据做时间域滤波。用户需要指定哪一列数据代表时间 (即自变量)。若输入的时间序列是等间隔且无间断或 outliers 则滤波速度较快。对于有间断的不等间隔数据, 需要使用 **-L -Q** 或 **-S** 选项。

对于空间序列数据, 提供了一个选项用于计算沿着测线的距离, 并以此作为滤波的自变量。

## 语法

```
gmt filter1d [ table ] [-Ftype<width>[modifier] ] [ -Dincrement ] [ -E ] [ -Llack_width ] [ -Nt_col ] [ -Qq_factor ] [ -Ssymmetry_factor ] [ -T[min/max/]inc[+e|+a|n] ] [ -Tfile|list ] [ -V[level] ] [ -bbinary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ggaps ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -jfflags ] [ -oflags ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

### **-F**typewidth[modifier]

设置滤波器类型

滤波器分为两大类, 卷积滤波器和非卷积滤波器。*type* 用于指定滤波器类型, *width* 指定滤波器宽度 (单位与时间数据相同)。

对于卷积滤波器, *type* 可以取:

- **b** Boxcar: 所有权重相同
- **c** Cosine Arch: 权重为 cosine 曲线
- **g** Gaussian: 权重为高斯函数
- **f** Custom: 不指定 *width* 而是给定一个含单列数据的文件, 以指定权重系数

对于非卷积滤波器, *type* 可以取:

- **m** Median: 返回中位数
- **p** Maximum likelihood probability (a mode estimator): Return modal value. If more than one mode is found we return their average value. Append - or + to the filter width if you rather want to return the smallest or largest of the modal values.
- **l** Lower: 返回所有值中的最小值
- **L** Lower: 返回所有正值中的最小值
- **u** Upper: 返回所有值中的最大值
- **U** Upper: 返回所有负值中的最大值

大写的 **B|C|G|M|P|F** 会使用健壮滤波器。即在滤波时会将 outliers 替换为中位数。outliers 定义为偏离中位数 2.5 倍的 L1 sacle (1.4826 倍的 Median absolute deviation)。

对于 **L|U** 可能会出现没有数据大于或小于 0, 此时滤波器会返回 0.0。

该模块默认对数据进行低通滤波, 加上 **+h** 选项则对数据进行高通滤波。

## 选项

### table

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

### **-D**increment

当输入的时间序列是不等间隔采样时, 需要使用该选项设置输出数据的分辨率 *increment*。所有横坐标 (时间) 都会被 rounded off 到 *increment* 的整数倍。当然, 也可以使用 [sample1d](#) 对时间序列做重采样。

### **-E**

输出时间序列的首尾端数据。默认情况下, 首尾两端都会丢失半滤波器宽度的数据点

**-Llack\_width**

检查数据间断。若输入数据存在超过 *lack\_width* 的间断，则该数据点不输出值。

**-Nt\_col**

指定哪一列数据包含自变量（即时间）。默认值为 0，即第一列。

**-Qq\_factor**

通过检查卷积过程中的平均权重以评估输出值的质量因子。

*q\_factor* 的取值为 0 到 1，若某点的卷积的平均权重小于 *q\_factor* 则不输出该点。

**-Ssymmetry\_factor**

检查数据关于时间窗中心的对称性。

*symmetry\_factor* 的取值范围为 0 到 1。若  $((\text{abs}(\text{n\_left} - \text{n\_right})) / (\text{n\_left} + \text{n\_right})) > \text{factor}$ ，则该点不输出值。

**-T[min/max/]inc[+e|+a|n] |-Tfile|list**

生成时间序列

生成从 *min* 到 *max* 间隔为 *inc* 的等间隔数列。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-d[i|o]nodata (more ...)**

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN，或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

**-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f[i|o]colinfo (more ...)**

指定输入或输出列的数据类型

**-g[a|x|y|d|X|Y|D|[col]zgap[+n|p] (more ...)**

确定数据或线段的间断

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+offset][,][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-je|f|g (more ...)**

设置球面距离的计算方式

**-ocols[,][,t[word]] (more ...)**

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-:[i|o] (*more ...*)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=*value***临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 相关模块

*gmt* , *sample1d*, *gmtsplit*

## 18.13 fitcircle

官方文档

[fitcircle](#)

简介

拟合球面上数据点的平均位置及圆弧

该命令从输入数据的前两列读取经纬度数据, 将其转换为单位球面上的笛卡尔三维矢量, 然后计算输入坐标数据的平均位置以及可以拟合这些坐标点的大圆路径的 pole。

## 必选选项

***table***

输入数据

**-L*norm***

- -L1 解法 1
- -L2 解法 2
- -L 或 -L3 同时输出解法 1 和解法 2 的结果

在计算输入坐标的均值和大圆弧 pole 时有两种计算方法, 分别用 -L1 和 -L2 表示。当数据沿着某个大圆弧且距离接近时, 两组解结果相似。若数据较分散, 则大圆弧的 pole 要比均值不精确得多。此时可以比较两组结果以作为相互的验证。

The **-L1** solution is so called because it approximates the minimization of the sum of absolute values of cosines of angular distances. This solution finds the mean position as the Fisher average of the data, and the pole position as the Fisher average of the cross-products between the mean and the data. Averaging cross-products gives weight to points in proportion to their distance from the mean, analogous to the “leverage” of distant points in linear regression in the plane.

The **-L2** solution is so called because it approximates the minimization of the sum of squares of cosines of angular distances. It creates a 3 by 3 matrix of sums of squares of components of the data vectors. The eigenvectors of this matrix give the mean and pole locations. This method may

be more subject to roundoff errors when there are thousands of data. The pole is given by the eigenvector corresponding to the smallest eigenvalue; it is the least-well represented factor in the data and is not easily estimated by either method.

## 选项

### -Ff|m|n|s|c

控制输出格式。

正常情况下，该命令会将计算结果以较复杂的形式输出。使用 -F 选项，则只返回简单的坐标。-F 后可以加上其他修饰符以指定要返回的坐标：

- **f** Flat Earth mean location
- **m** mean location
- **n** north pole of great circle
- **s** south pole of great circle
- **c** pole of small circle and its colatitude, which requires -S

### -Slat

拟合小圆弧而不是大圆弧

The pole will be constrained to lie on the great circle connecting the pole of the best-fit great circle and the mean location of the data. Optionally append the desired fixed latitude of the small circle [Default will determine the latitude].

## 示例

如下命令，用两种计算方法拟合了数据的大圆弧路径和小圆弧路径，并借助 [project](#) 生成路径坐标。

```
#!/usr/bin/env bash
# test/fitcircle/circles.sh
#
# Tests gmt fitcircle on spherical data points

ps=fitcircle_ex1.ps

# Fit great circle to red points and small circle to green points
# Plot the best-fitting great and small circles as well as the
# location of the mean locations and pole locations for both
# the -L1 and -L2 options (i.e., -L3).

gmt fitcircle gcircle.txt -L3 > g.txt
gmt fitcircle scircle.txt -L3 -S > s.txt
gpole1=`grep "L1 N Hemisphere" g.txt | gawk '{printf "%s/%s\n", $1, $2}'`"
gpole2=`grep "L2 N Hemisphere" g.txt | gawk '{printf "%s/%s\n", $1, $2}'`"
spole1=`grep "L1 Small Circle Pole" s.txt | gawk '{printf "%s/%s\n", $1, $2}'`"
spole2=`grep "L2 Small Circle Pole" s.txt | gawk '{printf "%s/%s\n", $1, $2}'`"
slat1=`grep "L1 Small Circle" s.txt | gawk '{print 90-$NF}'`"
slat2=`grep "L2 Small Circle" s.txt | gawk '{print 90-$NF}'`"
gmt psxy -Rg -JG-30/40/7i -P -Bg -K gcircle.txt -Sc0.04i -Gred -Xc -Yc > $ps
gmt psxy -R -J -O -K scircle.txt -Sc0.04i -Ggreen >> $ps
gmt project -G1 -T$gpole1 -L-180/180 | gmt psxy -R -J -O -K -W3p >> $ps
gmt project -G1 -T$gpole2 -L-180/180 | gmt psxy -R -J -O -K -W1p,- >> $ps
gmt project -G1/$slat1 -T$spole1 -L-180/180 | gmt psxy -R -J -O -K -W3p >> $ps
gmt project -G1/$slat2 -T$spole2 -L-180/180 | gmt psxy -R -J -O -K -W1p,- >> $ps
grep "Great Circle Pole" g.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Gred -W0.25p >> $ps
grep "Small Circle Pole" s.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Ggreen -W0.25p >> $ps
grep "L1 Average" g.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Gyellow -W0.25p >> $ps
```

(下页继续)

(续上页)

```

grep "L2 Average" g.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Gyellow -W0.25p >> $ps
grep "L1 Average" s.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Gyellow -W0.25p >> $ps
grep "L2 Average" s.txt | gmt psxy -R -J -O -K -Sa0.2i -Gyellow -W0.25p >> $ps
gmt psxy -R -J -O -T >> $ps
rm g.txt s.txt gmt.*

```

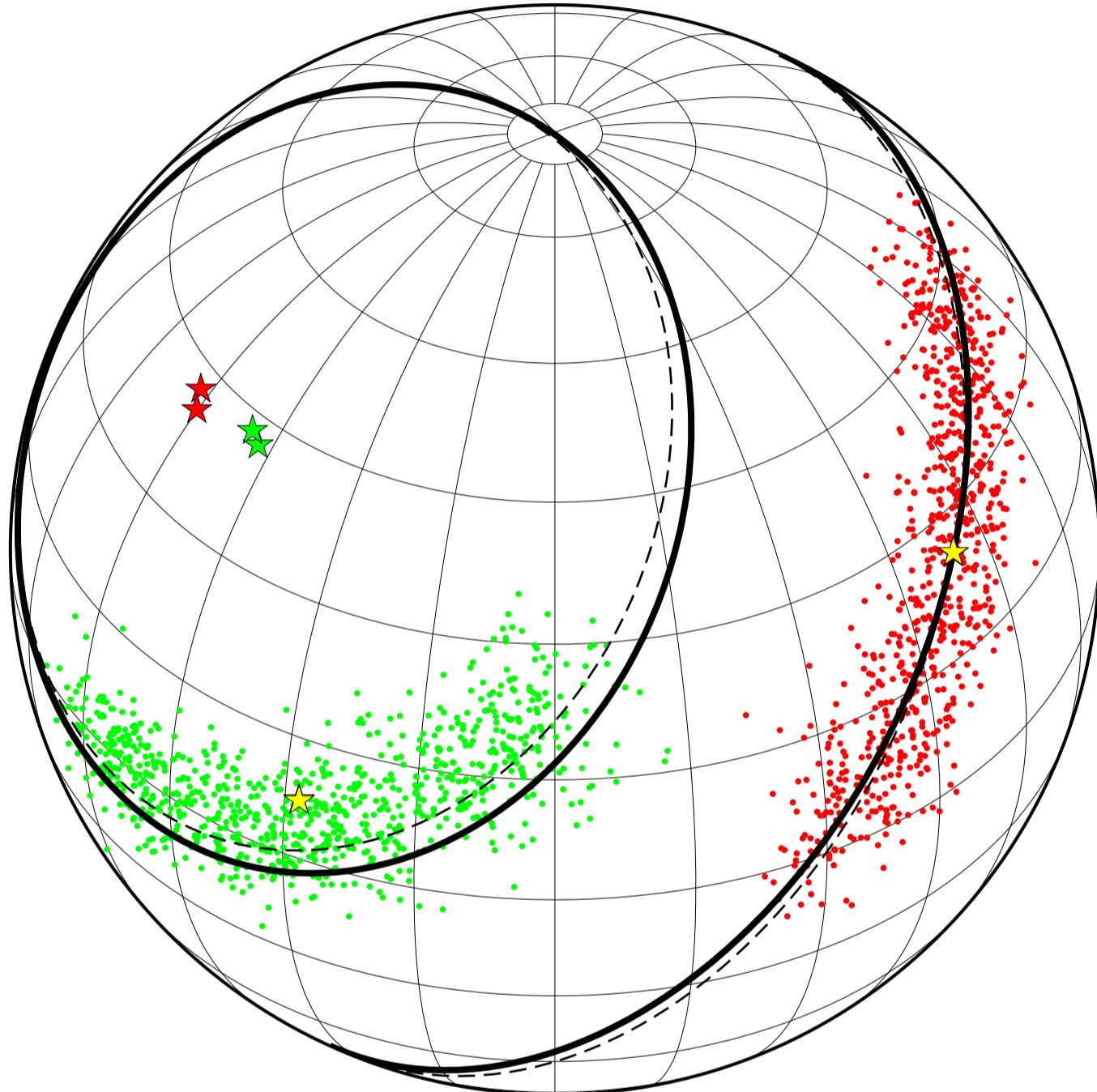


图 3: fitcircle 示例

## 18.14 gmt

官方文档

[gmt](#)

说明

GMT 主程序

GMT 的数据处理和绘图功能均通过使用 **gmt** 调用相应模块来实现, 其基本语法为:

**gmt** *module module-options*

其中 *module* 是 GMT 模块名, *module-options* 是模块所支持的选项。

除了调用模块外, GMT 还有自己的一些选项可以使用:

- **gmt --help**: 列出 GMT 提供的所有模块名及其功能
- **gmt --new-script[=L]**: 生成现代模式模板脚本。默认会根据当前 Shell 环境确定脚本语言, 用户也可以自行指定脚本语言 *L* (可以取 **bash**、**csh** 或 **batch**)
- **gmt --show-bindir**: 显示 GMT 的 bin 目录
- **gmt --show-citation**: 显示 GMT 的参考文献引用信息
- **gmt --show-cores**: 显示当前计算机可以使用的核数
- **gmt --show-datadir**: 显示 GMT 的数据目录, 默认为空
- **gmt --show-dataserver**: 显示 GMT 远程数据服务器的网址
- **gmt --show-doi**: 显示当前版本的 DOI
- **gmt --show-library**: 显示 GMT 共享库文件的路径
- **gmt --show-modules**: 列出 GMT 的所有模块名
- **gmt --show-plugindir**: 显示 GMT 的插件目录
- **gmt --show-sharedir**: 显示 GMT 的 share 目录
- **gmt --version**: 显示 GMT 版本
- **gmt module =**: 检测模块 *module* 是否存在, 若存在则返回 0, 否则返回非零值

## 示例

使用 **gmt --new-script** 会根据用户当前使用的 SHELL 环境生成对应的模板脚本。例如, 在 Bash 环境下可以使用如下命令生成模板脚本:

```
gmt --new-script > plot.sh
```

在 Windows DOS 下默认会生成 batch 脚本。可以直接指定要生成某种脚本语言的模板:

```
gmt --new-script=bash > plot.sh
```

## 18.15 gmt-config

**gmt-config** 是 GMT 的 bin 目录下的一个 bash 脚本, 主要用于返回 GMT 编译安装过程中的相关信息, 以供其他开发者使用。

### 语法

**gmt-config** [ *options* ]

### 可选选项

#### --help

显示此帮助信息并退出

#### --all

显示全部选项的值

#### --bits

库文件是 32 位还是 64 位

#### --cc

编译过程中使用的 C 编译器

**--cflags**

C 预处理器和编译器的 CFLAGS, 例如 -I/opt/GMT/include/gmt

**--datadir**

GMT 数据目录, 默认为空

**--dataserver**

GMT 数据服务器网址

**--dcw**

DCW 数据的位置 (可能为空)

**--dep-libs**

GMT 函数库依赖的其它函数库

**--gshhg**

GSHHG 数据的位置

**--has-fftw**

编译过程中是否链接了 FFTW

**--has-gdal**

编译过程中是否链接了 GDAL

**--has-pcre**

编译过程中是否链接了 PCRE

**--has-lapack**

编译过程中是否链接了 LAPACK

**--has-openmp**

编译过程中是否开启了 OpenMP 支持

**--includedir**

include 目录所在位置

**--libdir**

library 目录所在位置

**--libs**

链接 GMT 函数库所需的信息, 例如 -L/opt/GMT/lib64 -lgmt

**--plugindir**

GMT 插件目录

**--prefix**

GMT 安装目录

**--version**

GMT 版本

## 18.16 gmtbinstats

官方文档

[gmtbinstats](#)

简介

对落入网格节点内的空间数据进行统计

**gmtbinstats** 将表数据放到网格中, 对给定半径的每个节点的数据进行统计, 例如: 面积归一化, 密度估计等操作。网格的节点可以为矩形或六边形。

## 语法

```
gmt gmtbinstats [ table ] -Goutgrid -Iincrement -Ca|d|g|i|l|L|m|n|o|p|q[quant]|r|s|u|U|z -Rregion -Ssearch_radius [ -Empty ] [ -N ] [ -T[h|r] ] [ -V[level] ] [ -W[+s] ] [ -aflags ] [ -bibinary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ggaps ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -nflags ] [ -qiflags ] [ -rreg ] [ -wflags ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

2-4 列的表数据, 当包含第四列时, 其为权重, 必须使用 **-W** 选项来表明数据带权。**-Cn** 将会只接收两列数据。

**-Ca|d|g|i|l|L|m|n|o|p|q[quant]|r|s|u|U|z**

对每个网格节点进行数据统计, 下面将展示各选项含义:

- **a** 均值
- **d** 绝对中位差 (median absolute deviation, MAD)
- **g** 数据范围 (max-min)
- **i** 25-75% 的四分位数范围
- **l** 最小值
- **L** 最小的正值
- **m** 中位数
- **n** 数据个数
- **o** for LMS scale,
- **p** for mode (maximum likelihood)
- **q quant** 分位数,  $0 \leq quant \leq 100$ , 默认值为 50
- **r** RMS
- **s** STD
- **u** 最大值
- **U** 最大的负值
- **z** 求和

**-Goutgrid[=ID][+d divisor][+n invalid] [+o offset|a][+sscale|a] [:driver[dataType][+c options]]**

输出网格名。各子选项含义见 [网格文件](#)

**-Ixinc[+e|n]/yinc[+e|n]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

## 可选参数

**-E***empty*

设置空节点值为 *empty*, 默认为 NaN

**-N**

以节点的面积对节点值进行归一化

**-S***search\_radius*

设置搜索范围, 可追加单位。使用此选项时不能使用 -T 选项

**-T**[**h|r**]

设置网格节点形状:

- **h** 六边形, 仅适用于笛卡尔坐标。将六边形的中心和统计结果写到标准输出或 -G 指定的文件中; -I 设置仅针对 Y 坐标的增量, X 方向增量会自动计算, -R 设定的范围会被调整以适应整数个六边形
- **r** 矩形, 使用 -I 可设置该矩形大小, 将计算结果写到 -G 指定的网格中

**-W**[*+s*]

加权计算统计量, 使用该选项计数将变为权重的和而不是数据的个数。如果权重是由不确定度(一倍中误差 sigma)决定的, 使用 +s 选项可计算权重 weight = 1/sigma

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-a***col=name[,...]* (*more* ...)

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

**-bi**[*ncols*][*type*][**w**][**+l|b**] (*more* ...)

设置二进制输入数据的格式

**-dinodata** (*more* ...)

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

**-e**[*~*] “*pattern*” | **-e**[*~*]/*regexp/[i]* (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f**[**i|o**]*colinfo* (*more* ...)

指定输入或输出列的数据类型

**-g**[**a**]**x|y|d|X|Y|D|[col]***zgap[+n|p]* (*more* ...)

确定数据或线段的间断

**-h**[**i|o**][*n*][**+c|+d|+msegheader|+rremark|+ttitle**] (*more* ...)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-i***cols[+l][+sscale][+ooffset][,...][,t[word]]* (*more* ...)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

- qi[~]rows[+c|col][+a|f|s]** (*more ...*)  
筛选输入的行或数据范围
- r[g|p]** (*more ...*)  
设置网格配置方式 [默认为网格线配准]
- wy|a|w|d|h|m|s|cperiod[/phase][+c|col]** (*more ...*)  
将输入坐标转换为循环坐标
- :[i|o]** (*more ...*)  
交换输入或输出中的第一和第二列

- ^ 或 -**  
显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)
- + 或 +**  
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明
- ? 或无参数**  
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明
- PAR=value**  
临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和[-j 选项](#)。

## 示例

远程文件 `capitals.gmt` 中包含了人口数据, 在 5 度分辨率的网格中, 统计半径 1000 km 内的人口, 使用默认投影和颜色绘制网格

```
gmt begin map
gmt gmtbinstats @capitals.gmt -a2=population -Rg -I5 -Cz -Gpop.nc -S1000k
  gmt grdimage pop.nc -B
gmt end show
```

对文件 `mydata.txt` 中的数据进行六边形网格的分选, 计算每个节点中点的个数

```
gmt gmtbinstats mydata.txt -R0/5/0/3 -I1 -Th -Cn > counts.txt
```

## 相关模块

[blockmean](#), [blockmedian](#), [blockmode](#), [nearneighbor](#), [triangulate](#), [xyz2grd](#)

## 18.17 gmtconnect

官方文档

[gmtconnect](#)

简介

将端点接近的线段连接起来

该命令会读入一个或多个多段数据, 并检查所有线段的两个端点。若某对端点完全相同或者二者的距离在可容忍的范围内, 则将两段线段连接成一条线段。该进程会一直重复, 直到剩余的端点均不在可容忍的范围内。最

终连接得到的线段会被写到终端或特定的输出文件中。

若不清楚该如何确定可容忍范围值, 可以使用 **-L** 选项, 获得所有端点之间的距离的列表, 通过分析该列表来得到合适的值。

## 选项

### **-C**[*closed*]

将所有闭合多边形写到文件 *closed* (默认文件名为 `gmtconnect_closed.txt`) 中并将其他数据段写到标准输出。

使用该选项不会对线段做连接。

### **-D**[*template*]

对于多段数据文件, 将每段数据分别输出到不同的数据文件中。

*template* 是文件名的模板, 该模板中必须包含一个整型参数的格式, 比如 `%d` 或 `%08d`, 也可以在整型参数格式前加上字符参数格式 `%c`, 实际输出时会被 C 或 O 代替, 分别表示 closed 和 open。

默认的模板为 `gmtconnect_segment_%d.txt`。

### **-L**[*linkfile*]

将连接信息写到指定的文件中, 默认文件名为 `gmtconnect_link.txt`。

对于每段数据而言, 会写入原始的数据段 ID; 对于线段的起始点和终点而言, 会报告离得最近的线段的 ID, 以及两个线段端点之间的距离。

### **-Q**[*template*]

Used with **-D** to a list file with the names of the individual output files. Optionally, append a filename template for the individual file names; this template **may** contain a C format specifier that can format an character (C or O for closed or open, respectively). [Default is `gmtconnect_list.txt`].

### **-T**[*cutoff*[*+ssdist*]]

Specifies the separation tolerance in the data coordinate units [0]; append distance unit (see UNITS). If two lines has end-points that are closer than this cutoff they will be joined. Optionally, append `/nn_dist` which adds the requirement that a link will only be made if the second closest connection exceeds the `nn_dist`. The latter distance must be given in the same units as *cutoff*. However, if no arguments are given then we close every polygon regardless of the gap between first and last point.

## 示例

```
gmt connect segment_*.txt -Tf0.1 > new_segments.txt
```

```
gmt connect my_lines.txt -T150e -DMap_segment_%04d.dat
```

## 18.18 gmtdefaults

官方文档

[gmtdefaults](#)

简介

列出所有 GMT 配置参数的当前值或系统默认值

### 语法

`gmt defaults [ -D[u|s] ]`

#### 必选选项

无

#### 可选选项

**-D[u|s]**

打印系统默认参数值

- 不使用 **-D** 选项: 打印 GMT 参数当前值
- **-D**: 列出 GMT 系统默认参数值
- **-Du**: 列出 GMT 的 US 单位制下的默认参数值
- **-Ds**: 列出 GMT 的 SI 单位制下的默认参数值

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

### 示例

在当前目录生成一份 GMT 系统默认配置:

```
gmt defaults -D > gmt.conf
```

搜索与 LABEL 有关的参数的值:

```
gmt defaults -D | grep LABEL
```

## 相关模块

[gmtget](#), [gmtset](#)

## 18.19 gmtget

官方文档

[gmtget](#)

简介

列出单个或多个 GMT 配置参数的当前值、下载数据集

### 语法

```
gmt get [ PARAMETER1 PARAMETER2 PARAMETER3 ...] [ -Dselection ] [ -Gdefaultsfile ] [ -Iinc[m/s] ] [ -L ] [ -N ] [ -Q ] [ -V[level] ]
```

### 必选选项

*PARAMETER*

要查看的 GMT 配置参数名。GMT 中配置参数列表见[配置参数](#)

### 可选选项

-D*selection*

从 GMT 服务器下载一个或多个数据目录

参数 *selection* 可以是 **cache** (在 GMT 示例或测试中使用的文件的整个缓存目录), 也可以是 **data** (服务器上的整个数据目录), 或者 **all** (缓存和数据)。也可以通过添加 =*planet* 或 =*datasetlist* 进一步限定数据。

-G*defaultsfile*

读取指定的 GMT 配置文件

默认情况下, 该模块会依次在如下目录中寻找配置文件 **gmt.conf** 直到找到位置:

- 当前目录
- **home** 目录
- **~/.gmt** 目录
- **~/.gmt/server** 目录
- **~/.gmt/cache** 目录
- 系统默认配置

-I*inc[m|s]*

与 -D 结合使用。下载网格间距大于或等于 *inc* 的网格数据。默认无限制。

-L

输出时一行只输出一个返回值

一次指定多个参数名时, 默认会将所有返回值输出在一行, 各值之间以空格分隔。该选项会一行只输出一个返回值。

**-N**

与 **-D** 结合使用, 使得下载的 **JP2000** 压缩格式文件在本地不会自动转化为 **netCDF** 网格文件。这种操作可以加快下载数据的速度, 等到需要使用数据时再进行格式转换。

**-Q**

与 **-D** (和 **-I**) 结合使用, 提供一个可下载数据集的列表。输出格式为:

```
planet group dataset size nitems remark
```

**-V[*level*] (*more* ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**示例**

列出一个参数的当前值:

```
$ gmt get MAP_FRAME_TYPE
fancy
```

列出多个参数的当前值:

```
$ gmt get MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY MAP_GRID_CROSS_SIZE_SECONDARY
24p,Helvetica,black 16p,Helvetica,black
```

使用 **-L** 选项一行显示一个参数值:

```
$ gmt get FONT_TITLE FONT_LABEL MAP_FRAME_TYPE -L
24p,Helvetica,black
16p,Helvetica,black
fancy
```

下载所有的地球网格数据, 并保持数据文件为 **JP2000** 格式:

```
gmt get -Ddata=earth -N
```

只下载大于或等于 **1X1** 分的地球掩膜数据和白昼影像数据:

```
gmt get -Ddata=earth_mask,earth_day -I1m
```

下载整个缓存目录:

```
gmt get -Dcache
```

## 相关模块

[gmtdefaults](#), [gmtset](#)

## 18.20 gmtinfo

官方文档

[gmtinfo](#)

简介

从表数据中提取极值信息

### 最小示例

提取文件中各列的极值:

```
$ gmt info input.dat
input.dat: N = 6 <1/2> <1/3> <0/3.2>
```

从输出中可以看到, 输入文件中有 6 行 3 列, 三列数据的范围分别是 1 到 2、1 到 3 和 0 到 3.2。

### 可选选项

#### -Aa|t|s

输入数据为多段数据或多文件时的处理方式 (默认为 -Aa ):

1. -Aa : 报告所有文件的总最值
2. -Af : 分别报告各个文件自己的最值
3. -As : 分别报告各段数据自己的最值

#### -C

输出时, 每列的最大最小值分别占一列

在输出每一列的最大最小值时, 默认会用 `<min/max>` 的格式输出, 不易于脚本处理。该选项会将每列的最大最小值分别输出为一列:

```
$ gmt info input.dat -C
1 2 1 3 0 3.2
```

该选项经常与 `-i` 及 `-o` 选项一起使用, 以提取部分列的最值信息。

#### -D[dx[/dy]]

对 `-I` 选项的结果做整体偏移, 使得区域范围的中心与原数据的中心对齐。

比如数据的真实范围是 `0/3` , 使用 `-I2` 选项会得到 `0/4` , 在此基础上使用 `-D` 选项, 则变成 `-0.5/3.5` 。

#### -EL|l|H|h[col]

返回第 `col` 列最值所在的记录行。

1. l|h 表示返回最小、最大值所在的记录行
2. L|H 表示返回绝对值最小、最大值所在的记录行

若有多行均满足要求, 则只返回第一行。若 `col` 未指定, 则默认是最后一列。

**-F[i|d|t]**

返回记录统计数据

- **-Fi** 返回总文件数、总数据段数、总数据记录数、总头段记录数、总记录数
- **-Fd** 返回每个数据段的信息：表号、段号、行数、开始记录号、结束记录号
- **-Ft** 与 **-Fd** 类似，但会对每个输入文件重置段号、开始记录号和结束记录号

**-I[b|e|f|p|s] dx[/dy][/dz...][+e|r|R]**

调整最大/小值使得其是给定的增量的最近倍数，返回的格式为 **-Rw/e/s/n**

```
$ gmt info input.dat -I2/2
-R0/2/0/4
```

如果设置 **<dx>** 的值为 **-**，则表示以 **-Rw/e/s/n** 的格式输出真实的 **-R** 范围：

```
$ gmt info input.dat -I-
-R1/2/1/3
```

当 **-I** 选项和 **-C** 选项一起使用时，输出不再是 **-Rw/e/s/n** 格式：

```
$ gmt info input.dat -C -I2
0 2 0 4 0 3.2
```

上面的例子中，**-I** 选项后只接了一个增量，此时第二列数据也会使用同样的增量（出于向后兼容性考虑）。若只想要为第一列指定增量，第二列不指定，可以使用 **-Ip** 选项：

```
$ gmt info input.dat -C -Ip2
0 2 1 3 0 3.2
```

对于某些算法，比如 FFT 或者 surface 命令，**-R** 选项的不同取值会影响到运算的速度，**-If** 会输出优化后的 **-R** 以得到最快 FFT 结果，**-Is** 会输出优化后的 **-R** 以得到最快的 surface 结果。

**-L**

确定多个表数据 (**-Af**) 或多段数据 (**-As**) 的共同范围。若与 **-I** 选项连用，则最终的结果会向内近似以使得极值位于真实数据范围内。

**-S[x][y]**

为绘制误差棒增加额外的列，与 **-I** 选项一起使用生成数据并直接用于接下来 **plot -E** 绘制误差棒。

- **-Sx** 将数据的第三列 (2) 作为水平误差棒的数据
- **-Sy** 将数据的第四列 (3) 作为垂直误差棒的数据
- **-Sxy** 将数据的第三 (2) 和第四 (3) 列作为水平和垂直误差棒的数据

**-Tdz[w|d|h|m|s][+ccol]**

以 **-Tzmin/zmax/dz** 的形式报告第 **col** 列的最值，**col** 的默认值为 0。该选项不能与 **-I** 选项连用。

## 18.21 gmtlogo

官方文档

[gmtlogo](#)

说明

在图上绘制 GMT 的图形 logo

该模块将 GMT 的图形 logo 绘制在图上。默认情况下, GMT 的图形 logo 默认宽 2 英寸, 高 1 英寸, 将放在当前的绘图原点处。

Source Code



### 语法

```
gmt logo [-D[g|j|J|n|x]refpoint+wwidth[+jjustify][+odx[/dy]]] [-F[+cclearances][+gfill][+i[[gap/]pen]][+p[pen]][+r[radius]]]
[-Jparameters] [-Jz|Zparameters] [-Rwest/east/south/north[zmin/zmax][+r][+uunit]] [-S[l|n|u]]
[-U[stamp]] [-V[level]] [-X[a|c|f|r][xshift]] [-Y[a|c|f|r][yshift]] [-ttransp] [--PAR=value]
```

### 必须选项

无

### 可选选项

**-D[g|j|J|n|x]refpoint+wwidth[+jjustify][+odx[/dy]]**

设置 logo 在图中的位置

简单介绍各子选项的含义, 详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x**refpoint 指定地图上的参考点
  - **glon/lat** 指定[数据坐标](#)为参考点
  - **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定[锚点](#)作为参考点
  - **nxn/yn** 指定[归一化坐标系](#) (即 0-1) 为参考点
  - **xx/y** 指定[绘图坐标](#) 为参考点, 追加 cm, inch, 或者 point 用来指定单位
- **+jjustify** 指定 logo 上的锚点 (默认锚点为 logo 的左下角 (BL))
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置 logo 的额外偏移量
- **+wwidth** 设置 logo 的宽度

**-F[+cclearances][+gfill][+i[[gap/]pen]][+p[pen]][+r[radius]][+s[[dx/dy/][shade]]]**

控制 GMT logo 的背景面板属性

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在 GMT logo 周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见[修饰物](#)

- **+gfill** 指定面板填充[颜色](#) [默认不填充]
- **+p[pen]** 绘制面板边框。**pen** 为边框的[画笔属性](#), 若不指定 **pen**, 则默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)

- **+r[radius]** 绘制圆角边框, *radius* 为圆角的半径
- **+i[[gap/]pen]** 在边框内部绘制一个内边框, *gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*], *pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用 *MAP\_DEFAULT\_PEN*]
- **+cclearance** 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap/ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap/rgap/bgap/tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s[[dx/dy/][shade]]** 设置面板背景阴影。*dx/dy* 为阴影区相对于面板的偏移量, *shade* 为阴影区颜色 [默认为 *4p/-4p/gray50*]

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

对于三维透视图 (-p 选项), 可以加上 /*zmin/zmax* 指定 Z 轴的范围。

**-S[l|n|u]**

控制 GMT logo 中地图下方的文字

- **l** 添加文字 “The Generic Mapping Tools” [默认值]
- **n** 不添加文字
- **u** 添加 GMT 网站链接

**-U**[*label*][+c][+jjust][+o*dx/dy*] (*more* ...)

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-X**[**a|c|f|r**][*xshift[u]*]

**-Y**[**a|c|f|r**][*yshift[u]*] (*more* ...)

移动绘图原点

**-t**[*transp*] (*more* ...)

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

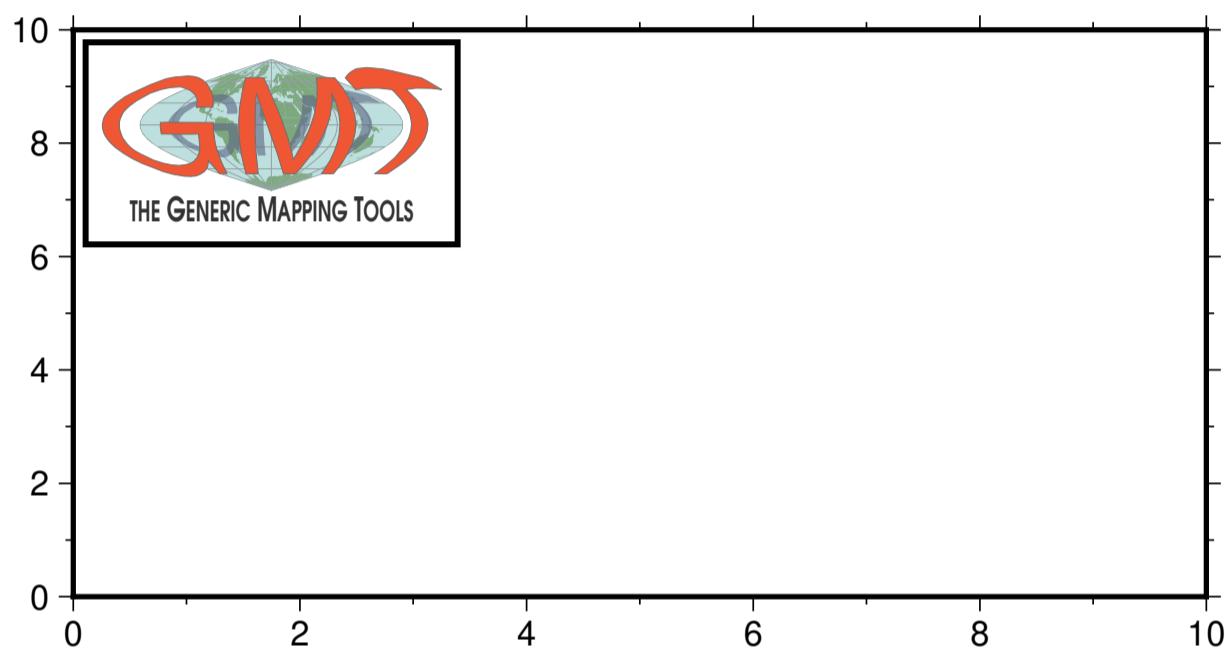
## 示例

单独绘制一个 2 英寸宽的 GMT logo:

```
gmt logo -pdf map
```

将 GMT logo 作为一个图层放在当前底图的右上角:

```
gmt begin logo
gmt basemap -R0/10/0/10 -JX10c/5c -Baf -BWSen
gmt logo -DjTL+w3c+o0.25c -F
gmt end show
```



## 注意

若想要绘制链接到 GMT 官网的二维码, 可以使用 [plot](#) 提供的自定义符号 QR 和 QR\_transparent。

## 相关模块

[legend](#), [image](#), [colorbar](#), [plot](#)

## 18.22 gmtmath

贡献者

[周茂](#)

官方文档

[gmtmath](#)

简介

表数据的逆波兰表示法 (RPN) 计算

**gmtmath** 使用逆波兰表示法 (Reverse Polish Notation) 对一个或多个表数据文件或者常量进行加减乘除等操作。逆波兰表示法是一种后缀表示法, 即将运算符写在操作数之后。该模块可以计算任意复杂的运算。模块默认逐元素进行计算操作。其中某些运算符仅需要一个参数。如果输入中不含表文件, 则可以使用 **-T** 或 **-N** 选项。默认情况下, 除了时间以外的列, 所有的列都参与运算 (见 **-C**)。如果多个运算整体非常复杂或者频繁出现, 可以编写为宏以便后续使用。

## 语法

```
gmt math [ -At_f(t)[+e][+r][+s|w] ] [ -Ccols ] [ -Eeigen ] [ -I ] [ -Nn_col[/t_col] ] [ -Q[c|i|p|n] ] [ -S[f|l] ] [ -T[min/max/inc[+b|i|l|n]|file|list] ] [ -V[level] ] [ -bbinary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ggaps ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -oflags ] [ -qflags ] [ -sflags ] [ -wflags ] [ --PAR=value ] operand [ operand ] OPERATOR [ operand ] OPERATOR ...= [ outfile ]
```

## 必选选项

*operand*

如果 *operand* 是一个文件, GMT 将试着以表文件的形式读取该文件。如果非文件, 将被解析为[其他符号](#)。若为 **STDIN**, 表示将读取标准输入并放入堆栈中。如果有必要, **STDIN** 参数可以多次出现。

= *outfile*

输出表数据文件名, 不指定的情况下写到标准输出

## 可选选项

**-At\_f(t)[+e][+r][+s|w]**

建立并求解线性方程。该选项需要 **-Nn\_col[/t\_col]** 选项, 用来从给定的 *t\_f(t)* 文件中进行初始化解方程所需的增广矩阵, 其中 *t\_f(t)* 文件只包含 *t* 和 *f(t)* 两列。在增广矩阵中, *t* 变量于编号为 *t\_col* 指定的列, *f(t)* 位于编号为 *n\_col - 1* 的列。

- **+e** 使用 **LSQFIT** 或 **SVDFIT** 操作符时, 使用该选项, 可以求解拟合系数。结果包括 4 列: *t*, *f(t)*, *t* 位置的计算值, *t* 位置的残差 [默认只输出系数]
- **+r** 选项只输出 *f(t)*
- **+s** 指定 *t\_f(t)* 的第三列为 1 倍中误差
- **+w** 指定 *t\_f(t)* 的第三列为权重

具体使用方法见倒数第二个示例。

**-Ccols**

选择要运算的列 *cols*。多列以逗号分隔, 类似 1,3-5,7 的表达形式也是允许的; 此外, **-Cx** 等效于 **-C0**, **-Cy** 等效于 **-C1**。使用不带任何参数的 **-C** 选项可用来重置, 即选择除时间列外的所有列 (见 **-N**)。**-Ca** 选择所有的列, 包括时间列, **-Cr** 的作用是反向选择, 即选择除当前已选定的列以外的其他列。

**-Eeigen**

设置 **LSQFIT** 和 **SVDFIT** 运算符的特征值, 默认为  $1e-7$ 。比  $1e-7$  更小的特征值将被重置为 0, 并在求解中不考虑。

**-I**

将输出数据从升序变为降序 [默认为升序]

**-Nn\_col[/t\_col]**

设置列数和时间所在的列, 列从 0 开始计数, 默认输入列最大编号 *n\_col* 为 2, 时间列 *t\_col* 位于第 0 列。

**-Q[c|i|p|n]**

实现不同长度单位之间的快速计算, **-Ca -N1/0 -T0/0/1** 的简写。在进行不同单位的长度计算时, 在计算前都转换为 *inch*, 然后计算, 并将结果转换为 [\*\*PROJ\\_LENGTH\\_UNIT\*\*](#) 设置的单位。使用 **c**, **i**, **p** 可设置对应的输出长度单位。**n** 表示输出结果无量纲。

**-S[f|l]**

仅输出结果的第一行 [默认为所有行]。这在输出统计结果的时候可能会有用 (比如 MODE 运算)。l 和 f 分别表示第一行和最后一行。

**-T[min/max/inc[+b|i|l|n]|file|list]**

不加任何选项和文件, 表明没有输入文件。其他详见[生成一维数组](#)

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-d[i|o]nodata (more ...)**

将输入数据中等于 nodata 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 nodata

**-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f[i|o]colinfo (more ...)**

指定输入或输出列的数据类型

**-g[a|x|y|d|X|Y|D|[col]zgap[+n|p] (more ...)**

确定数据或线段的间断

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-ocols[,][,t[word]] (more ...)**

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-q[i|o][~]rows[+ccol][+a|f|s] (more ...)**

筛选输入或输出的行或数据范围

**-s[cols][+a|+r] (more ...)**

设置 NaN 记录的处理方式

**-wy|a|w|d|h|m|s|cperiod[/phase][+ccol] (more ...)**

将输入坐标转换为循环坐标

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

**生成一维数组**

下面将展示如何使用 *gmtmath* 生成一维数组 (其中大部分操作也可通过 linux 中的 seq 命令方便地实现)

**不使用任何子选项**

以 0.1 为步长, 生成 3.1 到 4.2 等等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.1/4.2/0.1 T =
3.1
3.2
...
4.2
```

**+a 选项**

该选项不对生成的数列进行运算操作, 而是将该数列以列的形式追加到输出表数据, 类似 linux 中的 paste 命令。

**+b 选项**

以 3 和 20 分别为起点和终点, 创建一个 2 的整数幂的列表, 将生成的整数幂以 1 为步长取值 -T3/20/1+b

```
gmt math -o0 -T3/20/1+b T =
4
8
16
```

**+l 选项**

以 7 和 135 分别为起点和终点, 先创建一个 10 的整数幂的列表, 当 *inc* 为 1 时, 输出该列表; 当 *inc* 为 2 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, 5 倍值 (不包括超出原始数据范围的部分); 当 *inc* 为 3 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, ..., 9 倍值 (同样不包括超出原始数据范围的部分)。-T7/135/2+l 将会生成如下数列

```
gmt math -o0 -T7/135/2+l T =
10
20
50
100
```

*inc* 为负整数时, 将实现如下效果

```
gmt math -o0 -T1e-4/1e4/-2+1 T =
0.0001
0.01
1
100
10000
```

**+i 选项**

该选项将以 1 作为默认步长, 第三个数字做为每步长中的数字个数 *length*。假设需要在 1 分钟内每 24 秒生成一帧

```
gmt math -o0 -T0/60/24+i T =
0
0.0416666666667
0.0833333333333
0.125
0.1666666666667
...
60
```

## +n 选项

生成固定长度的数列。以 3.44 和 7.82 为起点和终点, 生成长度为 5 的等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.44/7.82/5+n T =
3.44
4.535
5.63
6.725
7.82
```

## -T 后直接加文件或逗号分隔的数列

-T 后可以直接加文件, 文件中即为要生成的列表; 另外, 可以直接使用逗号分隔, 将列表附加到 -T 选项后, 如下为 Fibonacci 数列前 6 项

```
gmt math -o0 -T0,1,1,2,3,5 T =
0
1
1
2
3
5
```

注: 如果数列只包含一个值, 必须在其后加逗号以表明仍是一个数列

## +u 选项

如果文件或者逗号分隔的数列中有重复数字或未排序, 可以使用 +u 选项去重并排序。

## +t 选项

生成绝对时间序列。在 *inc* 后分别添加 **y**, **o**, **d**, **h**, **m** 和 **s** 表示时间步长的单位为年, 月, 日, 时, 分, 秒。在其后附加 **+t** 选项, 可以进一步强调生成时间序列, 也可以不加

```
gmt math -o0 -T2020-03-01T/2020-03-07T/1d T =
2020-03-01T00:00:00
2020-03-02T00:00:00
2020-03-03T00:00:00
2020-03-04T00:00:00
2020-03-05T00:00:00
2020-03-06T00:00:00
2020-03-07T00:00:00
```

## 生成距离序列

如果输入文件中包含两列以上的数据, 可以使用前两列计算距离, 并生成等距序列。在 *inc* 后分别添加 **d**, **m**, **s**, **e**, **f**, **M**, **n** 和 **u** 表示距离步长的单位为度, 分, 秒, 米, 英尺, 公里, 英里, 海里, 英尺。如果为笛卡尔坐标, 使用 **c** 作为距离步长单位。

## +e 选项

如果只给定 *inc* 而从数据中获取最大值和最小值, 则  $(\max - \min)/inc$  可能不是整数, GMT 会自动对 *inc* 进行一定的调整。如果不调整 *inc*, 则可以使用 +e 选项, GMT 会固定最小值, 适当调整最大值。

## 运算符

**Operator** 为运算符名称; **args** 分别表示输入参数和输出参数个数; **Returns** 中的 A B C … 等字符表示输入参数。所有的三角函数运算符默认输入为弧度, 若运算符最后一个字母为 D 表示使用角度计算。

Operator	args	Returns
<b>ABS</b>	1 1	abs (A)
<b>ACOS</b>	1 1	acos (A)
<b>ACOSD</b>	1 1	acosd (A)
<b>ACOSH</b>	1 1	acosh (A)
<b>ACSC</b>	1 1	acsc (A)
<b>ACSCD</b>	1 1	acscd (A)
<b>ACOT</b>	1 1	acot (A)
<b>ACOTD</b>	1 1	acotd (A)
<b>ADD</b>	2 1	A + B
<b>AND</b>	2 1	B if A == NaN, else A
<b>ASEC</b>	1 1	asec (A)
<b>ASECD</b>	1 1	asecd (A)
<b>ASIN</b>	1 1	asin (A)
<b>ASIND</b>	1 1	asind (A)
<b>ASINH</b>	1 1	asinh (A)
<b>ATAN</b>	1 1	atan (A)
<b>ATAND</b>	1 1	atand (A)
<b>ATAN2</b>	2 1	atan2 (A, B)
<b>ATAN2D</b>	2 1	atan2d (A, B)
<b>ATANH</b>	1 1	atanh (A)
<b>BCDF</b>	3 1	Binomial cumulative distribution function for p = A, n = B, and x = C
<b>BPDF</b>	3 1	Binomial probability density function for p = A, n = B, and x = C
<b>BEI</b>	1 1	Kelvin function bei (A)
<b>BER</b>	1 1	Kelvin function ber (A)
<b>BITAND</b>	2 1	A & B (bitwise AND operator)
<b>BITLEFT</b>	2 1	A « B (bitwise left-shift operator)
<b>BITNOT</b>	1 1	~A (bitwise NOT operator, i.e., return two's complement)
<b>BITOR</b>	2 1	A   B (bitwise OR operator)
<b>BITRIGHT</b>	2 1	A » B (bitwise right-shift operator)
<b>BITTEST</b>	2 1	1 if bit B of A is set, else 0 (bitwise TEST operator)
<b>BITXOR</b>	2 1	A ^ B (bitwise XOR operator)
<b>CEIL</b>	1 1	ceil (A) (smallest integer $\geq A$ )
<b>CHICRIT</b>	2 1	Chi-squared distribution critical value for alpha = A and nu = B
<b>CHICDF</b>	2 1	Chi-squared cumulative distribution function for chi2 = A and nu = B
<b>CHIPDF</b>	2 1	Chi-squared probability density function for chi2 = A and nu = B

下页继续

表 2 – 续上页

<b>COL</b>	1 1	Places column A on the stack
<b>COMB</b>	2 1	Combinations n_C_r, with n = A and r = B
<b>CORRCOEFF</b>	2 1	Correlation coefficient r(A, B)
<b>COS</b>	1 1	$\cos(A)$ (A in radians)
<b>COSD</b>	1 1	$\cos(A)$ (A in degrees)
<b>COSH</b>	1 1	$\cosh(A)$
<b>COT</b>	1 1	$\cot(A)$ (A in radians)
<b>COTD</b>	1 1	$\cot(A)$ (A in degrees)
<b>CSC</b>	1 1	$\csc(A)$ (A in radians)
<b>CSCD</b>	1 1	$\csc(A)$ (A in degrees)
<b>DDT</b>	1 1	$d(A)/dt$ Central 1st derivative
<b>D2DT2</b>	1 1	$d^2(A)/dt^2$ 2nd derivative
<b>D2R</b>	1 1	Converts degrees to radians
<b>DEG2KM</b>	1 1	Converts spherical degrees to kilometers
<b>DENAN</b>	2 1	Replace NaNs in A with values from B
<b>DILOG</b>	1 1	dilog (A)
<b>DIFF</b>	1 1	Forward difference between adjacent elements of A (A[1]-A[0], A[2]-A[1], ..., NaN)
<b>DIV</b>	2 1	A / B
<b>DUP</b>	1 2	Places duplicate of A on the stack
<b>ECDF</b>	2 1	Exponential cumulative distribution function for x = A and lambda = B
<b>ECRIT</b>	2 1	Exponential distribution critical value for alpha = A and lambda = B
<b>EPDF</b>	2 1	Exponential probability density function for x = A and lambda = B
<b>ERF</b>	1 1	Error function erf (A)
<b>ERFC</b>	1 1	Complementary Error function erfc (A)
<b>ERFINV</b>	1 1	Inverse error function of A
<b>EQ</b>	2 1	1 if A == B, else 0
<b>EXCH</b>	2 2	Exchanges A and B on the stack
<b>EXP</b>	1 1	$\exp(A)$
<b>FACT</b>	1 1	A! (A factorial)
<b>FCDF</b>	3 1	F cumulative distribution function for F = A, nu1 = B, and nu2 = C
<b>FCRIT</b>	3 1	F distribution critical value for alpha = A, nu1 = B, and nu2 = C
<b>FLIPUD</b>	1 1	Reverse order of each column
<b>FLOOR</b>	1 1	$\text{floor}(A)$ (greatest integer $\leq A$ )
<b>FMOD</b>	2 1	$A \% B$ (remainder after truncated division)
<b>FPDF</b>	3 1	F probability density function for F = A, nu1 = B, and nu2 = C
<b>GE</b>	2 1	1 if A $\geq B$ , else 0
<b>GT</b>	2 1	1 if A $> B$ , else 0
<b>HSV2LAB</b>	3 3	Convert h,s,v triplets to l,a,b triplets, with h = A (0-360), s = B and v = C (0-1)
<b>HSV2RGB</b>	3 3	Convert h,s,v triplets to r,g,b triplets, with h = A (0-360), s = B and v = C (0-1)
<b>HSV2XYZ</b>	3 3	Convert h,s,v triplets to x,t,z triplets, with h = A (0-360), s = B and v = C (0-1)
<b>HYPOT</b>	2 1	$\text{hypot}(A, B) = \sqrt{A^2 + B^2}$
<b>I0</b>	1 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order 0)

下页继续

表 2 – 续上页

<b>I1</b>	1 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order 1)
<b>IFELSE</b>	3 1	B if A != 0, else C
<b>IN</b>	2 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order B)
<b>INRANGE</b>	3 1	1 if B <= A <= C, else 0
<b>INT</b>	1 1	Numerically integrate A
<b>INV</b>	1 1	1 / A
<b>ISFINITE</b>	1 1	1 if A is finite, else 0
<b>ISNAN</b>	1 1	1 if A == NaN, else 0
<b>J0</b>	1 1	Bessel function of A (1st kind, order 0)
<b>J1</b>	1 1	Bessel function of A (1st kind, order 1)
<b>JN</b>	2 1	Bessel function of A (1st kind, order B)
<b>K0</b>	1 1	Modified Kelvin function of A (2nd kind, order 0)
<b>K1</b>	1 1	Modified Bessel function of A (2nd kind, order 1)
<b>KM2DEG</b>	1 1	Converts kilometers to spherical degrees
<b>KN</b>	2 1	Modified Bessel function of A (2nd kind, order B)
<b>KEI</b>	1 1	Kelvin function kei (A)
<b>KER</b>	1 1	Kelvin function ker (A)
<b>KURT</b>	1 1	Kurtosis of A
<b>LAB2HSV</b>	3 3	Convert l,a,b triplets to h,s,v triplets
<b>LAB2RGB</b>	3 3	Convert l,a,b triplets to r,g,b triplets
<b>LAB2XYZ</b>	3 3	Convert l,a,b triplets to x,y,z triplets
<b>LCDF</b>	1 1	Laplace cumulative distribution function for z = A
<b>LCRIT</b>	1 1	Laplace distribution critical value for alpha = A
<b>LE</b>	2 1	1 if A <= B, else 0
<b>LMSSCL</b>	1 1	LMS (Least Median of Squares) scale estimate (LMS STD) of A
<b>LMSSCLW</b>	2 1	Weighted LMS scale estimate (LMS STD) of A for weights in B
<b>LOG</b>	1 1	log (A) (natural log)
<b>LOG10</b>	1 1	log10 (A) (base 10)
<b>LOG1P</b>	1 1	log (1+A) (accurate for small A)
<b>LOG2</b>	1 1	log2 (A) (base 2)
<b>LOWER</b>	1 1	The lowest (minimum) value of A
<b>LPDF</b>	1 1	Laplace probability density function for z = A
<b>LRAND</b>	2 1	Laplace random noise with mean A and std. deviation B
<b>LSQFIT</b>	1 0	Let current table be [A   b] return least squares solution x = A \ b
<b>LT</b>	2 1	1 if A < B, else 0
<b>MAD</b>	1 1	Median Absolute Deviation (L1 STD) of A
<b>MADW</b>	2 1	Weighted Median Absolute Deviation (L1 STD) of A for weights in B
<b>MAX</b>	2 1	Maximum of A and B
<b>MEAN</b>	1 1	Mean value of A
<b>MEANW</b>	2 1	Weighted mean value of A for weights in B
<b>MEDIAN</b>	1 1	Median value of A
<b>MEDIANW</b>	2 1	Weighted median value of A for weights in B

下页继续

表 2 – 续上页

<b>MIN</b>	2 1	Minimum of A and B
<b>MOD</b>	2 1	A mod B (remainder after floored division)
<b>MODE</b>	1 1	Mode value (Least Median of Squares) of A
<b>MODEW</b>	2 1	Weighted mode value (Least Median of Squares) of A for weights in B
<b>MUL</b>	2 1	A * B
<b>NAN</b>	2 1	NaN if A == B, else A
<b>NEG</b>	1 1	-A
<b>NEQ</b>	2 1	1 if A != B, else 0
<b>NORM</b>	1 1	Normalize (A) so max(A)-min(A) = 1
<b>NOT</b>	1 1	NaN if A == NaN, 1 if A == 0, else 0
<b>NRAND</b>	2 1	Normal, random values with mean A and std. deviation B
<b>OR</b>	2 1	NaN if B == NaN, else A
<b>PCDF</b>	2 1	Poisson cumulative distribution function for x = A and lambda = B
<b>PERM</b>	2 1	Permutations n_P_r, with n = A and r = B
<b>PPDF</b>	2 1	Poisson distribution P(x,lambda), with x = A and lambda = B
<b>PLM</b>	3 1	Associated Legendre polynomial P(A) degree B order C
<b>PLMg</b>	3 1	Normalized associated Legendre polynomial P(A) degree B order C (geophysical convention)
<b>POP</b>	1 0	Delete top element from the stack
<b>POW</b>	2 1	$A^B$
<b>PQUANT</b>	2 1	The B' th quantile (0-100%) of A
<b>PQUANTW</b>	3 1	The C' th weighted quantile (0-100%) of A for weights in B
<b>PSI</b>	1 1	Psi (or Digamma) of A
<b>PV</b>	3 1	Legendre function Pv(A) of degree v = real(B) + imag(C)
<b>QV</b>	3 1	Legendre function Qv(A) of degree v = real(B) + imag(C)
<b>R2</b>	2 1	$R2 = A^2 + B^2$
<b>R2D</b>	1 1	Convert radians to degrees
<b>RAND</b>	2 1	Uniform random values between A and B
<b>RCDF</b>	1 1	Rayleigh cumulative distribution function for z = A
<b>RCRIT</b>	1 1	Rayleigh distribution critical value for alpha = A
<b>RGB2HSV</b>	3 3	Convert r,g,b triplets to h,s,v triplets, with r = A, g = B, and b = C (in 0-255 range)
<b>RGB2LAB</b>	3 3	Convert r,g,b triplets to l,a,b triplets, with r = A, g = B, and b = C (in 0-255 range)
<b>RGB2XYZ</b>	3 3	Convert r,g,b triplets to x,y,z triplets, with r = A, g = B, and b = C (in 0-255 range)
<b>RINT</b>	1 1	rint (A) (round to integral value nearest to A)
<b>RMS</b>	1 1	Root-mean-square of A
<b>RMSW</b>	1 1	Weighted root-mean-square of A for weights in B
<b>RPDF</b>	1 1	Rayleigh probability density function for z = A
<b>ROLL</b>	2 0	Cyclicly shifts the top A stack items by an amount B
<b>ROTT</b>	2 1	Rotate A by the (constant) shift B in the t-direction
<b>SEC</b>	1 1	sec (A) (A in radians)
<b>SECD</b>	1 1	sec (A) (A in degrees)
<b>SIGN</b>	1 1	sign (+1 or -1) of A
<b>SIN</b>	1 1	sin (A) (A in radians)

下页继续

表 2 – 续上页

<b>SINC</b>	1 1	sinc (A) ( $\sin(\pi \cdot A) / (\pi \cdot A)$ )
<b>SIND</b>	1 1	sin (A) (A in degrees)
<b>SINH</b>	1 1	sinh (A)
<b>SKEW</b>	1 1	Skewness of A
<b>SQR</b>	1 1	$A^{\wedge}2$
<b>SQRT</b>	1 1	sqrt (A)
<b>STD</b>	1 1	Standard deviation of A
<b>STDW</b>	2 1	Weighted standard deviation of A for weights in B
<b>STEP</b>	1 1	Heaviside step function H(A)
<b>STEPT</b>	1 1	Heaviside step function H(t-A)
<b>SUB</b>	2 1	A - B
<b>SUM</b>	1 1	Cumulative sum of A
<b>TAN</b>	1 1	tan (A) (A in radians)
<b>TAND</b>	1 1	tan (A) (A in degrees)
<b>TANH</b>	1 1	tanh (A)
<b>TAPER</b>	1 1	Unit weights cosine-tapered to zero within A of end margins
<b>TN</b>	2 1	Chebyshev polynomial $T_n(-1 < A < +1)$ of degree B
<b>TCRIT</b>	2 1	Student's t distribution critical value for alpha = A and nu = B
<b>TPDF</b>	2 1	Student's t probability density function for t = A, and nu = B
<b>TCDF</b>	2 1	Student's t cumulative distribution function for t = A, and nu = B
<b>UPPER</b>	1 1	The highest (maximum) value of A
<b>VAR</b>	1 1	Variance of A
<b>VARW</b>	2 1	Weighted variance of A for weights in B
<b>VPDF</b>	3 1	Von Mises density distribution $V(x, \mu, \kappa)$ , with angles = A, mu = B, and kappa = C
<b>WCDF</b>	3 1	Weibull cumulative distribution function for x = A, scale = B, and shape = C
<b>WCRIT</b>	3 1	Weibull distribution critical value for alpha = A, scale = B, and shape = C
<b>WPDF</b>	3 1	Weibull density distribution $P(x, \text{scale}, \text{shape})$ , with x = A, scale = B, and shape = C
<b>XOR</b>	2 1	B if A == NaN, else A
<b>XYZ2HSV</b>	3 3	Convert x,y,z triplets to h,s,v triplets
<b>XYZ2LAB</b>	3 3	Convert x,y,z triplets to l,a,b triplets
<b>XYZ2RGB</b>	3 3	Convert x,y,z triplets to r,g,b triplets
<b>Y0</b>	1 1	Bessel function of A (2nd kind, order 0)
<b>Y1</b>	1 1	Bessel function of A (2nd kind, order 1)
<b>YN</b>	2 1	Bessel function of A (2nd kind, order B)
<b>ZCDF</b>	1 1	Normal cumulative distribution function for z = A
<b>ZPDF</b>	1 1	Normal probability density function for z = A
<b>ZCRIT</b>	1 1	Normal distribution critical value for alpha = A
<b>ROOTS</b>	2 1	Treats col A as f(t) = 0 and returns its roots

## 其他符号

以下符号具有特殊的含义：

<b>PI</b>	3.1415926…
<b>E</b>	2.7182818…
<b>EULER</b>	0.5772156…
<b>PHI</b>	1.6180339… (golden ratio)
<b>EPS_F</b>	1.192092896e-07 (sgl. prec. eps)
<b>EPS_D</b>	2.2204460492503131e-16 (dbl. prec. eps)
<b>TMIN</b>	Minimum t value
<b>TMAX</b>	Maximum t value
<b>TRANGE</b>	Range of t values
<b>TINC</b>	t increment
<b>N</b>	The number of records
<b>T</b>	Table with t-coordinates
<b>TNORM</b>	Table with normalized t-coordinates
<b>TROW</b>	Table with row numbers 1, 2, …, N-1

上述符号均可以作为变量使用，当其为多个数时，逐元素操作。以[生成一维数组](#) 中第一个实例中的 **T** 符号为例，其含义为将 **-T** 选项生成的序列转换为表，以便后续使用 **=** 输出。

## 运算符注意事项

1. **PLM** 和 **PLMg** 运算符用来计算 L 阶 M 次 x 的缔合勒让德函数；各参数的范围应该满足  $-1 \leq x \leq +1$ ， $0 \leq M \leq L$ 。**PLM** 运算符没有经过标准化，并且乘以 phase  $(-1)^M$ 。**PLMg** 使用大地测量/地球物理常见的标准化。使用 **-M** 参数可以附加输出球谐系数 C 和 S。**PLM** 在较高的阶次就会出现溢出，具体和纬度相关，**PLMg** 则可以保证在 3000 阶以下都不会溢出
2. 不同参数文件名相同时，应给定相对路径或绝对路径以区分不同文件
3. 该模块计算过程保存在堆栈中，栈中保存结果最大为 100，即不能叠加太多的操作以防溢出
4. 所有需要半径的运算符为保证其为正值，均自动取绝对值后计算
5. **DDT** 和 **DDT2** 函数仅适用于等间隔数据
6. 所有导数都基于 central finite differences 和 natural boundary conditions
7. **ROOTS** 必须是栈上最后一个操作，后面只能加 **=**
8. 位运算符 **BITAND**, **BITLEFT**, **BITNOT**, **BITOR**, **BITRIGHT**, **BITTEST** 和 **BITXOR** 会将表数据中的双精度数转换为无符号的 64 位整数，然后按位运算。因此，可储存在双精度数中的最大整数为  $2^{53}$ ，更大的数都会被截断。如果被比较的数中包括 NaN，则最终结果也为 NaN
9. **TAPER** will interpret its argument to be a width in the same units as the time-axis, but if no time is provided (i.e., plain data tables) then the width is taken to be given in number of rows.
10. 颜色转换函数，例如 **RGB2HSV** 等，不仅包括 rgb 到 hsv 等三元数的转换，还包括 lab 到 sRGB 等四元数的转换。这些函数在是否使用 **-Q** 选项下的表现不同。使用 **-Q** 时，输入应该为三元数，并将三个输

出结果放在栈中。由于只有栈顶的元素被打印，必须使用 **POP** 或 **ROLL** 等操作符来获取其他感兴趣的项。如果没有 **-Q**，GMT 将三元素视为整体，转换后，同样以整体的方式返回到堆栈中。

## 11. VPDF 运算符的输入数据单位为角度

### 存储、调用和清空

用户可以将中间计算结果储存到一个变量中，并在后续计算中调用该变量。这在需要对某部分进行多次重复计算时可以提高效率和可读性。保存结果需要使用特殊的运算符 **STO@label**，其中 *label* 是变量的名称。调用该变量时，使用 **[RCL]@label**，**RCL** 是可选的。使用后要清除该变量，可以使用 **CLR@label**，**STO** 和 **CLR** 均不影响计算中的堆栈。

### 宏

用户可以将特定的运算符组合保存为宏文件 *gmtmath.macros*。文件中可以包含任意数量的宏，# 开头的行为注释。宏的格式为

```
name = arg1 arg2 ... arg2[ : comment]
```

其中，*name* 是宏名，当此运算符出现在命令中时，则将其简单替换为参数列表。宏不可以互相调用。下面将给出一个宏的例子：宏 **DEPTH** 将在时间列以 Myr 为单位给出海底构造的年龄，并计算预测的 half-space 海深

```
DEPTH = SQRT 350 MUL 2500 ADD NEG : usage: DEPTH to return half-space seafloor depths
```

由于在宏中可能使用地理或时间常数，因此可使用：后加一个空格的形式作为注释的开端。下面是一个 **GPSWEEK** 宏，用于确定给定的时间处于的 GPS 周数（相对于某个参考时刻）：

```
GPSWEEK = 1980-01-06T00:00:00 SUB 86400 DIV 7 DIV FLOOR : usage: GPS week without rollover
```

### 参与运算列的选择

**-Ccols** 设置后，任何操作，包括从文件中加载数据都会受到影响。因此，当 **-Ccols** 放在数据加载前时，只有设定的列会更新，其他的列会置为 0，若不想其他列置为 0，则需把文件放在 **-Ccols** 前。

### 绝对时间列

如果输入数据有多列并且包含绝对时间列（通过 **-N [0]** 设置 id），则时间输出为相对时间。在标量计算模式（**-Q**）中，同样会将绝对时间转换为相对时间。如果 **-C** 选定的列中包含绝对时间，同样会转换为相对时间。用户可以设置合适的 **-f** 或 **-fo** 选项来避免这种转换。例如：如果需要计算时间差，则相对时间更加合适；如果要计算绝对时间，则需要使用 **-fo** 选项设置输出时间格式为绝对时间。

### 对单位进行缩放

使用 **-Q** 计算时，请注意 GMT 内部将 c、i 或 p 等长度单位转换为 inch 计算，并对结果进行缩放到设置的单位，但这仅在线性运算能得到正确的结果。例如 **gmt math -Qp 1c 0.5i ADD =**，其中  $1c = 28.364p$ ， $0.5i = 36p$ ，且 **ADD** 为线性运算，因此会得到正确的结果  $64.346p$ 。考虑另外一个例子：**gmt math -Qc 1c 1c MUL =**，结果却不是 1，而是 0.393。原因是在非线性运算时，**math** 模块无法跟踪计算栈上单位，因此在内部均假定以英寸为单位，在最后将结果缩放为 cm。这里在 **math** 内部计算的结果是 1 英寸的平方，**math** 将其转换为 0.3937 厘米 \* 英寸作为单位，因此结果是错误的。

## 示例

将两种不同单位的长度相减，并赋值给 *length* 变量

```
length=`gmt math -Q 15c 2i SUB =`
```

计算不同单位的长度之间的比，输出无量纲

```
ratio=`gmt math -Qn 15c 2i DIV =`
```

对 process1 产生的数据进行开方，然后使用管道传递给 process3

```
process1 | gmt math STDIN SQRT = | process3
```

对两个数据文件进行平均，并对结果取 log10

```
gmt math file1.txt file2.txt ADD 0.5 MUL LOG10 = file3.txt
```

对包含海底地形年代（以 m.y. 为单位）和深度（以 m 为单位）的数据文件 samples.txt，使用公式  $\text{depth}(\text{单位为 m}) = 2500 + 350 * \sqrt{\text{age}}$  计算正常深度，并最终获得深度异常

```
gmt math samples.txt T SQRT 350 MUL 2500 ADD SUB =
```

取三个文件对应列（第 1 列，第 4 到 6 列）的平均值

```
gmt math -C1,4-6 sizes.1 sizes.2 ADD sizes.3 ADD 3 DIV = ave.txt
```

从含有一列数据的 ages.txt 文件中计算模值，并赋值给变量

```
mode_age=`gmt math -S -T ages.txt MODE =`
```

计算 t.txt 中坐标的 dilog(x) 函数值

```
gmt math -Tt.txt T DILOG = dilog.txt
```

下面展示一个使用存储变量的例子。将  $(2\pi T/360)$  作为变量储存，对该变量分别乘以 2 和 3，并对上述结果求余弦，然后加和

```
gmt math -T0/360/1 2 PI MUL 360 DIV T MUL STO@kT COS @kT 2 MUL COS ADD @kT 3 MUL COS ADD = harmonics.txt
```

使用 **gmtmath** 实现标量计算（不含输入文件）可以使用 **-Q** 选项，计算  $\text{kei}((1 + 1.75)/2.2) + \cos(60)$  并将结果赋值给 shell 中的变量 z

```
z=`gmt math -Q 1 1.75 ADD 2.2 DIV 60 COSD ADD KEI =`
```

将黄色的 RGB 值转换为 HSV 并保存为 hue

```
set hue=`gmt math -Q 255 255 0 RGB2HSV POP POP =`
```

下面将展示使用 **gmtmath** 求解方程组。假设当前存在一个增广矩阵  $[A \mid b]$ ，A 为系数矩阵，b 为等号右边的常数列，求解的方程组为  $A \cdot x = b$ 。**LSQFIT** 操作符可实现方程的求解，但前提是使用 **-A** 选项正确放置参数。假定表数据文件 ty.txt 包含 t 和 y(t) 两列，拟合模型为  $y(t) = a + b*t + c*H(t-t_0)$ ，其中 H 为给定  $t_0 = 1.55$  的 Heaviside 阶跃函数。这时，需要四列的增广矩阵，第二列为 t，第四列为 y(t)（或者说 b），则计算

命令为

```
gmt math -N4/1 -Aty.txt -CO 1 ADD -C2 1.55 STEPT ADD -Ca LSQFIT = solution.txt
```

上面的例子中使用了 **-C** 选项来激活操作的列，并在 **LSQFIT** 求解前激活了所有列 (**-Ca**)；第二列和第四列 (列编号为 1 和 3) 被设置为 t 和 y(t)。如果用户自己已经准备了增广矩阵文件 **lsqsys.txt**，求解将更加简单

```
gmt math -T lsqsys.txt LSQFIT = solution.txt
```

下面展示 **-C** 选项的位置对于数据加载的影响

```
echo 1 2 3 4 | gmt math STDIN -C3 1 ADD =
1   2   3   5
```

```
echo 1 2 3 4 | gmt math -C3 STDIN 1 ADD =
0   0   0   5
```

## 参考文献

Abramowitz, M., and I. A. Stegun, 1964, *Handbook of Mathematical Functions*, Applied Mathematics Series, vol. 55, Dover, New York.

Holmes, S. A., and W. E. Featherstone, 2002, A unified approach to the Clenshaw summation and the recursive computation of very high degree and order normalized associated Legendre functions. *Journal of Geodesy*, 76, 279-299.

Press, W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery, 1992, *Numerical Recipes*, 2nd edition, Cambridge Univ., New York.

Spanier, J., and K. B. Oldman, 1987, *An Atlas of Functions*, Hemisphere Publishing Corp.

## 相关模块

[grdmath](#)

## 18.23 gmtselect

官方文档

[gmtselect](#)

简介

筛选符合某个特定准则的数据

该命令会从输入文件中读取前两列作为经度和纬度，并判断该点是否符合一定的空间准则，以筛选出符合条件的记录。输入文件中仅前两列会被使用。

七个空间准则包括：

1. 在矩形区域内 (**-R** 和 **-J**)
2. 与点文件中的每个点的距离在一定范围之内
3. 与线文件中的每条线的距离在一定范围之内
4. 在多边形文件所指定的多边形内

5. 在某个地理区域内 (需要海岸线数据)
6. Z 值在某个范围内
7. 该点所在的网格单元内具有有效值 (即非零和非 NaN 的值)

## 七个空间准则

### 准则 1

使用 -R 和 -J 筛选出在该区域内的点:

```
gmt select points.xy -R0/5/0/5
```

### 准则 2

筛选所有与点文件中的每个点的距离在一定范围内的点。

**-C***pointfile|lon/lat+ddist*

该准则会筛选出与文件 *pointfile* 中的每个点的距离在 *dist* 之内的记录。

若 *dist* 等于 0, 则 *pointfile* 中的第三列是每个数据点各自的影响半径, 即筛选出不在任何一个数据点的影响半径内的点。默认情况下 *dist* 是笛卡尔坐标系下的距离, 单位为用户单位。若指定 -fg 选项, 则表明 *dist* 为球面距离。若使用了 -R 和 -J, 则 *dist* 表示投影后的纸面距离, 单位由参数 *PROJ\_LENGTH\_UNIT* 决定。

### 准则 3

筛选所有与线文件中的每条线的距离在一定范围之内的点。

**-L***linefile+ddist[+p]*

*linefile* 中包含了一系列线段, 该准则会筛选出与这些线段的距离不超过 *dist* 的记录。

若 *dist* 等于零, 则可以在 *linefile* 中每段数据的段头记录中使用 -D<dist> 参数, 为每个线段分别指定距离值。

默认情况下 *dist* 是笛卡尔坐标系下的距离, 单位为用户单位。若指定 -fg 选项, 则表明 *dist* 为球面距离。若使用了 -R 和 -J, 则 *dist* 表示投影后的纸面距离, 单位由 *PROJ\_LENGTH\_UNIT* 决定。

使用 +p 则会将数据点垂直投影到线段上, 只有投影位置在线段的两个端点内的记录才会被保留, 即只有线段左右一定距离内的点才会被保留, 超过线段两端点的点不会被保留。

### 准则 4

筛选出在某个多边形内的点。

**-F***polygonfile*

*polygonfile* 中可以包含一个或多个多边形, 该选项筛选出所有在多边形内的记录。

## 准则 5

根据地理特征信息筛选数据。

### **-Nwet/dry**

跳过或保留陆地 (dry) / 海湖 (wet) 区域内的点。

wet 和 dry 可以取 s 或 k , 分别表示 skip 和 keep。默认值为 -Ns/k , 即保留所有位于陆地上的记录，并跳过所有海洋、湖泊中的记录。

### **-Nocean/land/lake/island/pond**

进一步细分地理特征, 五项分别表示海洋、陆地、湖泊、岛屿、池塘 (?)。每一项均可以取 s 或 k , 分别表示 skip 和 keep。默认值为 -Ns/k/s/k/s , 等效于 -Ns/k, 即仅保留所有陆地上的记录。

### **-Dresolution[+f]**

选择海岸线数据的精度, 仅与 -N 选项一起使用有效。见 [coast](#) 中 -D 选项的介绍。

### **-Amin\_area[/min\_level/max\_level][+a[g|i][s|S]][+l|r][+pprecent]**

不绘制面积过小的区域 (湖泊或岛屿), 或不绘制某个级别的湖泊边界。

在绘制湖泊时, 若不管湖泊的面积大小而把所有湖泊的边界都画上去, 可能导致图看上去比较乱, 该选项用于对湖泊进行筛选。面积小于 min\_area 平方千米或者湖泊级别不在 [min\_level,max\_level] 范围的边界都不会被绘制。默认值为 0/0/4, 即绘制所有湖泊边界, 即绘制 0 到 4 级所有级别的面积大于 0 的湖泊。

对于 level=2, 即湖岸线, 包括常规的湖以及很宽的河流。加上 +r 则只绘制河流, 加上 +l 则只绘制常规湖。

对于南极洲而言, 因为有冰层的存在, 所以海岸线有多种处理方式:

- +ai 用 ice shell boundary 作为南极洲的海岸线, 默认值
- +ag 以 ice grounding line 作为海岸线
- +as 忽略南纬 60 度以南的海岸线, 用户可以使用 [plot](#) 绘制自己的南极洲海岸线
- +aS 忽略南纬 60 度以北的海岸线

+pprecent: 一个多边形, 降低精度后, 边数减少, 面积变化, 当面积变化过大时再绘制这个多边形就不合适了, 该子选项用于去除那些面积与最高精度面积之比小于 percent 的多边形。

## 准则 6

筛选 Z 值在某个范围内的点

### **-Zmin[/max][+a][+ccol][+i]**

判断记录的 Z 值是否在 min 到 max 之间或等于 NaN。

若省略 max 则判断 Z 值是否等于 min 。若不限制范围的上限或下限, i 可以使用 - 代替。

若第三列 Z 值代表时间, 想要判断 Z 值是否在某个时间范围内, 需要使用 -f2T 选项。

可以使用 +ccol 指定记录中的某一列作为 Z 值, 默认以第三列 (col=2) 作为 Z 值。若想要对多列做类似的测试, 可以重复使用 -Z 选项, 每次指定不同的列号。注意: 当多次使用 -N 选项时, 不可使用 -Iz 选项。

## 准则 7

根据数据点所在的网格单元内具有有效值（即非零和非 NaN 的值）来筛选数据。

### -G gridmask

使用 **-G gridmask** 指定一个网格文件。对于每个数据点而言，判断其对应的网格单元是否具有有效值（即非零或非 NaN 的值），若该网格单元有有效值，则保留该数据点。

## 其他选项

### -E[f][n]

在判断点是否在一个多边形内时，默认会将恰好在多边形边界线上的点也认为是在多边形内，使用该选项会将多边形上的点认为是在多边形外部。**f** 和 **n** 分别修改 **-F** 和 **-N** 选项的行为。

### -I[cflrsz]

对七个准则取反，即筛选出不符合准则的记录。**c**、**f**、**g**、**l**、**r**、**s**、**z** 分别对应于 **-C**、**-F**、**-G**、**-L**、**-R**、**-S** 和 **-Z**。

## 示例

筛选与 `pts.txt` 中所有点的距离在 300 km 以内，与 `lines.txt` 中线段的距离在 100 km 以外的点：

```
gmt select lonlatfile -fg -Cpts.txt+d300k -Llines.txt+d100k -Il > subset
```

此处需要使用 **-fg** 以告知程序正在处理地理数据。

筛选某个区域内所有不在陆地上的点：

```
gmt select data.txt -R120/121/22/24 -Dh -Nk/s > subset
```

筛选 `quakes.txt` 中所有位于多边形区域内的点：

```
gmt select quakes.txt -Flonlatpath.txt -fg > subset
```

`stations.txt` 中的点投影后与 `origin.txt` 的距离在 5 cm 之内的点：

```
gmt select stations.txt -Corigin.txt+d5 -R20/50/-10/20 -JM20c \
--PROJ_LENGTH_UNIT=cm > subset
```

## 18.24 gmtset

官方文档

[gmtset](#)

简介

修改单个或多个 GMT 配置参数的值

该模块用于修改 GMT 配置参数的值以调整接下来的绘图或者命令的运行。

该模块修改的参数将对接下来的命令一直有效，直到 GMT 参数再次被修改或覆盖。若想要参数修改仅对某个命令有效，可以在该命令中使用 **--PARAMETER=value** 语法。

## 语法

```
gmt set [-C | -D[s|u] | -G defaultsfile ] [-[BJRXxYycop]value ] PARAMETER1 value1 PARAMETER2 value2  
PARAMETER3 value3
```

## 必选选项

*PARAMETER value*

要修改的 GMT 配置参数名 *PARAMETER* 以及想要设置的值 *value*

参数名和值必须成对存在。GMT 配置参数见[配置参数](#)。

## 可选选项

**-C**

将 GMT4 创建的 GMT4 配置文件 `.gmtdefaults4` 转换为 GMT5 及之后版本所使用的 `gmt.conf` 文件，并保留原 GMT4 配置文件。

**-D[s|u]**

在系统默认配置的基础上修改参数值

- **-D**: 使用 GMT 编译过程中指定的默认参数文件 (通常是 SI 单位制配置文件)
- **-Du**: 使用 US 单位制下的默认参数文件
- **-Ds**: 使用 SI 单位制下的默认参数文件

**-G defaultsfile**

指定要读取并修改的配置文件名 *defaultsfile*

**-[BJRXxYycop]value**

强行修改 GMT 命令历史文件 `gmt.history` 中的值。

GMT 在执行一个命令时会在命令历史文件 `gmt.history` 中记录一些选项的参数值，使得接下来的命令可以不用再提供这个选项的参数值。该选项用于在不执行其他绘图命令的前提下强行修改命令历史，但用处不大。

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

修改主标注字体为 Helvetica, 字号为 12p, 设置网格交叉线的尺寸为 0.2 厘米:

```
gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 12p,Helvetica MAP_GRID_CROSS_SIZE_PRIMARY 0.2c
```

## FAQ

- 错误消息:

```
gmtset: Warning: parameter xxxx is deprecated. Use xxx instead.
```

GMT5 对所有的配置参数进行了重命名, 以使得参数名更容易记忆。出现该报错的原因是, 当前命令使用的是 GMT4 的老参数名。解决办法是根据警告信息替换为新的 GMT5 配置参数名。

## 相关模块

*gmtdefaults*, *gmtget*

## 18.25 gmt simplify

官方文档

[gmtsimplify](#)

简介

使用 Douglas-Peucker 算法对线段做简化

**gmtsimplify** 模块读取一个或多个数据文件, 并使用 Douglas-Peucker 算法对复杂多边形进行简化, 用曲线近似表示为一系列点并减少点的数量, 并保证每个点与直线的偏离都在可容忍的范围内。

## 语法

```
gmt simplify [ table ] -Ttolerance [ -V[level] ] [ -bbinary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ggaps ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -oflags ] [ -qflags ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 必须选项

-T*tolerance*

指定最大所能容忍的误差, 即任意数据点与简化后的线段间的距离小于该值。默认单位为用户单位。对于地理数据(例如海岸线)可以指定其它 距离单位。

## 可选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

-V[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

-bi[*ncols*][*type*][**w**][+l|b] (*more* ...)

设置二进制输入数据的格式

**-bo**[*ncols*][*type*][**w**][**+l|b**] (*more* ...)

设置二进制输出的数据格式

**-d[i|o]nodata** (*more* ...)

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

**-e[~] “pattern” | -e[~]/regexp/[i]** (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f[i|o]colinfo** (*more* ...)

指定输入或输出列的数据类型

**-g[a|x|y|d|X|Y|D|[col]zgap[+n|p]** (*more* ...)

确定数据或线段的间断

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle]** (*more* ...)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]]** (*more* ...)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-ocols[,⋯][,t[word]]** (*more* ...)

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-q[i|o][~]rows[+ccol][+a|f|s]** (*more* ...)

筛选输入或输出的行或数据范围

**-:[i|o]** (*more* ...)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和 [-j 选项](#)。

## 示例

将澳大利亚的高精度海岸线数据简化, 容忍误差为 500km:

```
gmt simplify @GSHHS_h_Australia.txt -T500k
```

将笛卡尔线段简化, 可容忍误差为 0.45:

```
gmt simplify xyline.d -T0.45 > new_xyline.d
```

## 注意事项

`gmtsimplify` 对于线段和闭合多边形的处理方式略有区别。显式闭合的线段（即线段的首尾坐标相同）会被认为是闭合多边形，否则视为线段。被当作多边形的线段可以被简化为无面积的 3 点多边形，其不会被输出。

## BUGS

Douglas-Peucker 算法的已知问题是交叉点的处理，即其无法保证简化后的线段不自我交叉，多个线段也可能互相交叉。此外，当前的算法实现只支持平面距离。

## 参考文献

Douglas, D. H., and T. K. Peucker, Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line of its caricature, *Can. Cartogr.*, **10**, 112-122, 1973.

## 相关模块

[gmtconnect](#), [gmtconvert](#), [gmtselect](#)

## 18.26 gmtspatial

贡献者

[周茂](#)

官方文档

[gmtspatial](#)

简介

对点, 线和多边形进行地理空间操作

`gmtspatial` 读取一个或者多个文件，文件中包含线或多边形等特征，对这些特性进行操作，包括：面积计算，多边形相交等。

## 语法

```
gmt spatial [ table ] [ -A[amin_dist][unit] ] [ -C ] [ -D[+amax][+c|Ccmax][+ddmax][+ffile][+p][+sfact] ] [ -E+p|n ] [ -F[i] ] [ -I[e|i] ] [ -L|dist/noise/offset ] [ -Npfile[+a][+pstart][+r][+z] ] [ -Q[unit][+cmin[/max]][+h][+l][+p][+s[a|d]] ] [ -Rregion ] [ -Sbwidth|h|i|u|s|j ] [ -T[clippolygon] ] [ -V[level] ] [ -Wdist[unit][+f|i] ] [ -aflags ] [ -bbinary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ggaps ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -jflags ] [ -oflags ] [ -qflags ] [ -sflags ] [ -:i|o ] ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

## 可选选项

**-A**[*a**min\_dist*][*unit*]

空间最邻近分析：计算每个点的最邻近点，并报告点对之间的距离和 ID（ID 是以输入顺序从 0 开始计数）。-Aa 选项用来筛选距离大于 *min\_dist* 的点对，输出数据可能会进行一定的平均。如果输出的 ID 为负数，则表示原始的点被平均，这里的 ID 的绝对值为取平均过程中第一个点的 ID。

注：输入数据中假定包含 (*lon, lat*) 或者 (*x, y*)，此外还可以包括 *z* 值和权重两列，在进行平均时，会同时计算位置和 *z* 值的加权平均值。

**-C**

和 -R 选项同时使用，以 -R 确定的范围裁剪多边形，输出结果为闭合的多边形 (-T 选项可以使用多边形裁剪多边形)

**-D**[+*aamax*][+c|C*cmax*][+d*dmax*][+f*file*][+p][+sfact]

检查输入线或者多边形之间是否存在重复，若使用 +f 则检查该选项给定的文件中的元素是否与输入文件中的元素存在重复。在确定是否重复的时候，GMT 会自动考虑精确匹配（相同的个数和坐标），近似匹配（两个特征之间最近点之间的平均小于阈值）以及某些特征是否反转。

- +*aamax* 设置多边形之间面积差的阈值，若大于 *amax*，认为不想等，小于 *amax*，则认为近似相等，默认值为 0.01
- +c|C*cmax* 两特征之间的平均距离除以平均长度称为相近比，设置两条线之间的相近比阈值 *cmax*，若两条线的平均相近比大于该值认为两条线为重复，反之；默认值为 0.01。C 选项则使用中值而非平均值
- +d*dmax* 设置点距阈值 *dmax*，大于该值认为为重复点，默认值为 0
- +p 默认情况下会计算一条线和另一条线上所有点之间的距离，如果使用 +p 选项，则只考虑在另一条线（非延长线）有垂直投影的点，这样会减小一定的计算量
- +sfact 设置两条线的长度比值的阈值为 *fact*，默认为 2，若大于值，则两条线分别为子集和超集。

在进行重复检查时，根据特征的种类，GMT 将会自动选取上述选项中的几项进行判断

**-E+p|n**

重置所有多边形顶点的顺序。**+p** 改为顺时针，**+n** 改为逆时针。

**-F**[*l*]

强制输入数据变为多边形，如果输入为多边形，则自动实现闭合。使用 *l* 选项来确保输入的线段不被识别为多边形

**-I**[**e|i**]

确定所有多边形对之间的相交点的位置。**i** 只计算自相交的多边形的相交点的位置，**e** 只计算不同多边形之间的相交点的位置 [默认为都计算]。输出将包括相交点的坐标，相对于整段线长度的位置以及两个多边形的名称。

**-L***dist/noise/offset*

删除经数字化得到的多边形在 -R 边界上的线，通过设置 *dist*（单位为 m，默认值为 0），坐标误差 *noise* [1e-10] 以及最大的偏移量 *offset* [1e-10] 等参数的极限值来判断是否位于边界上。

**-N***pfile*[+**a**][+**pstart**][+**r**][+**z**]

确定点是否在多边形内。如果在多边形的内部，则报告对应的多边形的 ID, *pfile* 为报告的多边形结果。

- +**a** 表示某条线或多边形的所有点均位于多边形内
- +**r** 不输出表数据，只报告对应的多边形
- +**p** 设置初始运行的多边形的 ID 为 *start*，并在运行中对多边形 ID 进行递增，默认 *start* 为 0。除 +**p** 选项外，还可使用 -**Z** 选项或者 -**L** 选项在头段信息中设置多边形的 ID
- +**z** 将 ID 作为一列输出，默认只写到头部信息中

**-Q**[*unit*][+**cmin[/max]**][+**h**][+**l**][+**p**][+**s[a|d]**]

测量多边形的面积或者线的长度。对于多边形，还计算其中心位置；对于线，则计算其一半长度的位置。面积的计算取决于投影参数 *PROJ\_ELLIPSOID*，应该使用最贴合的椭球以获得准确的结果。

- +**h** 将多边形面积写到段信息中 [默认输出到标准输出]
- +**cmin[/max]** 筛选线长度或多边形的面积为 *min* 到 *max* 的目标；如果不指定 *max*，则默认为无穷大
- +**s[a|d]** 对线长度或多边形面积进行排序，**a** 为升序，**d** 为降序，默认为升序
- +**p** 将多边形闭合从而将所有的输入视为多边形
- +**l** 将输入视为线而不是多边形，即使是闭合的多边形也视为线

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more ...*)

指定数据范围

**-Sb***width|h|i|j|s|u*

对多边形进行一定处理。

- -**Sb***width* 计算缓冲多边形，*width* 为缓冲区的宽度
- -**Sh** 对带孔的多边形进行标记并重置其顶点顺序（只是为了方便绘制）
- -**Si** 返回多边形的交集，结果是闭合的
- -**Su** 返回多边形的并，结果也是闭合的
- -**Ss** 使用日期变更线（180 度经线）剖分多边形
- -**Sj** 将使用日期变更线剖分后的多边形合并

注 1：只有 -**Sb**, -**Sh** 和 -**Ss** 已经实现，其他选项还未实现。

注 2：-**Sb** 是纯笛卡尔运算，因此 *width* 的单位和数据单位相同。对地理坐标而言，*width* 必须是以度为单位；或者将坐标投影后进行该操作，再转换为地理坐标。

**-T**[*clippolygon*]

使用给定的多边形 *clippolygon* 裁剪多边形，结果可能不是闭合的多边形。与 -**R** 选项同时使用时，同时参与裁剪。

**-V**[*level*] (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-W***dist[unit][+f|+l]*

对多段线的第一段和最后一段以其原本的方位角进行延长，*dist* 为延长距离，*unit* 为单位（仅限地理坐标）。对于地理坐标，可以使用 *distf[unit]/distl[unit]* 语法分别设置起始段和结尾段延长的距离和单位。+**f** 和 +**l** 分别表示只在起始段或者结尾段延长，默认在两端都延长。

**-a***col=name[,...]* (*more ...*)

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

**-bi**[*ncols*][*type*][**w**][+l|**b**] (*more* ...)

设置二进制输入数据的格式

**-bo**[*ncols*][*type*][**w**][+l|**b**] (*more* ...)

设置二进制输出的数据格式

**-d**[**i**|**o**]*nodata* (*more* ...)

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

**-e**[~] “*pattern*” | **-e**[~]/*regexp*/**i**] (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f**[**i**|**o**]*colinfo* (*more* ...)

指定输入或输出列的数据类型

**-g**[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**|[*col*]**zgap**[+**n**|**p**] (*more* ...)

确定数据或线段的间断

**-h**[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**msegheader**][+**rremark**][+**ttitle**] (*more* ...)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-i***cols*[+**l**][+**sscale**][+**ooffset**][,···][,**t**[*word*]] (*more* ...)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

**-je**|**f**|**g** (*more* ...)

设置球面距离的计算方式

**-o***cols*[,···][,**t**[*word*]] (*more* ...)

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

**-q**[**i**|**o**][~]*rows*[+**ccol**][+**a**|**f**|**s**] (*more* ...)

筛选输入或输出的行或数据范围

**-s**[*cols*][+**a**|+**r**] (*more* ...)

设置 NaN 记录的处理方式

**-:[i|o]** (*more* ...)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和[-j 选项](#)。

## 点位于多边形内/外

为了确定点在多边形内, 外或在边界上, GMT 会平衡数据类型以及多边形形状等因素来确定算法。对于笛卡尔坐标, GMT 使用 non-zero winding 算法, 该算法非常快。对于地理坐标, 如果多边形不包括两极点且多边形的经度范围不超过 360 度, 同样使用该算法。否则, GMT 会采用 full spherical ray-shooting 方法。

## 示例

确定远程澳大利亚国界线构成的多边形的中心点和面积

```
gmt spatial @GSHHS_h_Australia.txt -fg -Qk
```

将 `lines.txt` 文件中的线转换为闭合的多边形

```
gmt spatial lines.txt -F > polygons.txt
```

计算 `polygons.txt` 文件中的所有多边形的面积

```
gmt spatial polygons.txt -Q > areas.txt
```

使用与上例同样的文件, 将面积写到段头信息中, 同时将所有的多边形的顶点顺序转换为逆时针

```
gmt spatial polygons.txt -Q+h -E+p > areas.txt
```

计算 `janmayen_land_full.txt` 文件中所有多边形的面积, 并把面积写到头段信息中, 以面积对这些多边形从大到小排列, 并只保留面积大于 1000 平方米的多边形

```
gmt spatial -Qe+h+p+c1000+sd -V janmayen_land_full.txt > largest_pols.txt
```

计算文件 `A.txt` 和文件 `B.txt` 的相交点

```
gmt spatial A.txt B.txt -Ie > crossovers.txt
```

以多边形文件 `B.txt` 裁剪多边形文件 `A.txt`, 输出结果为线

```
gmt spatial A.txt -TB.txt > line.txt
```

如果某多边形中存在有孔的多边形, 首先对其中的有孔多边形进行标记并重置顶点顺序, 以便后续的绘图或填充

```
gmt spatial file.txt -Sh > organized_file.txt
```

## 注意事项

GDAL/GMT 格式的文件被认为是完整的数据集，因此在使用该模块时，不能同时输入多个该格式的文件。正确的做法是先使用 `gmtconvert` 模块转换为普通的表数据，然后再使用该模块。

## 相关模块

`gmtconvert`, `gmtselect`, `gmtsimplify`,

## 18.27 gmtsplit

官方文档

[gmtsplit](#)

简介

将表数据拆分成单独的段

`gmtsplit` 将表数据拆分以便每段数据都具有近乎恒定的方位角。该模块可认为是数据提取和 `wiggle` 模块之间的一个数据过滤模块，也可以用来将一个大的数据集分割成小段。

## 语法

```
gmt gmtsplit [ table ] [ -Aazimuth/tolerance ] [ -Ccourse_change] [ -Dminimum_distance ] [ -Fxy_filter/z_filter ] [ -Ntemplate ] [ -Qflags ] [ -S ] [ -V[level] ] [ -bbinary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ggaps ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -qflags ] [ -sflags ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

输入表文件，可以为 2 列，3 列或者 5 列，数据值为 (x,y,[z,d,h])。默认情况下认为输入只包含 3 列，若输入数据为 5 列，使用 `-S` 选项确保 d 不是递减的

## 可选选项

**-Aazimuth/tolerance**

计算方位角，只输出和方位角 *azimuth* 相差小于 *tolerance* 的段

**-Ccourse\_change**

当检测到航向发生变化且超过 *course\_change* 时，结束该航段

**-Dminimum\_distance**

输出总长度大于 *minimum\_distance* 的段，默认值为 0

**-Fxy\_filter/z\_filter**

对数据进行滤波，假定数据为 d 列 (x 的增量) 的函数。*xy\_filter* 和 *z\_filter* 分别为 x, y 值和 z 值的滤波的长度，单位和距离单位相同（见 `-S`）。如果长度为 0，即不进行滤波。滤波长度的绝对值的是余弦滤波总的窗口宽度，如果长度为正值，则数据为低通滤波，如果为负值，则为高通滤波。如果 *z\_filter* 不为 0，则在拆分之前对数据滤波，因此边缘效应只会发生在整体数据的开始和结尾处，在每段数据的头尾则不会有。如果 *xy\_filter* 不为 0，数据将先被拆分，然后对每段的 x 和 y 值滤波，即在每段首尾都可能存在边缘效应，但是可以避免低通滤波将测线拐弯处舍入。



**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

使用 NCEI 提供的 JA020015 航次中 -R300/315/12/20 范围内东西方向的测线绘制磁异常的 [wiggle](#) 图，并对测线进行 100 km 的低通滤波和 500 km 的高通滤波

```
gmt mgd77list JA020015 -R300/315/12/20 -Flon,lat,mag,dist,azim |\
gmt split -A90/15 -F100/-500 -D100 -S -V -fg |\
gmt wiggle -R300/315/12/20 -Jm0.6i -Baf -B+tJA020015 -T1 \
-W0.75p -Ggray -Z200 -pdf JA020015_wiggles
```

原始测量数据为 MGD77 格式，因此建议使用 [mgd77list](#) 模块提取 dist 和 azim 而不是使用 gmtsplit 计算。

将一个包含经纬度以及重力观测值的二进制双精度文件，拆分为 survey\_xxxx.txt 形式的一系列文件，拆分原则为间隙大于 100 km

```
gmt split survey.bin -Nsurvey_%03d.txt -V -gd100k -D100 -: -fg -bi3d
```

## 相关模块

[filter1d](#), [mgd77list](#), [wiggle](#)

## 18.28 gmtvector

官方文档

[gmtvector](#)

简介

操作二维和三维笛卡尔坐标向量

**gmtvector** 读取含有 (x, y), (x, y, z), (r, theta) 或 (lon, lat) 等坐标的表文件。给定 **-fg** 时，将坐标假定为地理坐标并只包含两列，将其转换到单位球上的三维笛卡尔坐标；使用 **-Ci** 选项时，则表明输入数据为 (x, y) 或 (x, y, z)；默认情况下，输入文件的坐标为 (r, theta) 形式的极坐标。如果不给定输入文件，则可以通过 **-A** 选项传递单个向量。可对向量进行的操作包括求夹角，叉乘，相加以及旋转等，其中需要第二个向量时可由 **-S** 指定。输出向量将会被转换为 (lon, lat) 或者 (r, theta) 的形式，除非使用 **-Co**，该选项将输出指定为笛卡尔坐标形式。

## 语法

```
gmt vector [ table ] [ -Am[conf]|vector ] [ -C[i|o] ] [ -E ] [ -N ] [ -Svector ] [ -Ta|d|D|pazim|r[arg]|R|s|t[arg]|x ] [ -V[level] ] [ -bbinary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ggaps ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -jflags ] [ -oflags ] [ -qflags ] [ -sflags ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

输入表数据文件名。**-fg** 表明输入坐标为 (lon, lat); **-Ci** 表明输入数据为 (x, y) 或 (x, y, z), 其他情况下, 坐标为 (r, theta) 形式。

## 可选选项

**-Am[conf]|vector**

指定单个向量, 而不从文件中读取。**m** 选项可以对输入文件中的向量平均, 得到一个向量作为主向量(即对所有点的平均), 并可计算该向量的置信椭圆(长轴以及方位角, 地理坐标的轴单位为 km)。可使用百分比的形式添加置信水平 *conf* [95]。这三个参数将在输出的最后三列。

**-C[i|o]**

将输入和输出设置笛卡尔坐标。**i** 和 **o** 分别表示输入和输出。默认情况下, 二维向量为极坐标, 三维向量为地理坐标。

**-E**

将输入的地理坐标从大地坐标转换为地心坐标, 并将输出的地理坐标从地心坐标转换为大地坐标。该选项只有 **-fg** 设置时, 才会生效。

**-N**

在输出前, 将向量进行归一化(仅在 **-Co** 设置时有效)

**-S[vector]**

指定第二个向量, 格式与第一个向量相同。**-T** 选项可以实现两向量之间的运算。

**-Ta|b|d|D|pazim|s|r[arg]|R|s|t[arg]|x**

对向量进行变换

- **a** 平均位置
- **b** 经过两向量(点)的大圆的中点
- **d** 点积
- **D** 两向量之间的角度
- **pazim** 求大圆的极点, 该大圆的极点必须以 *azim* 方位角经过设定的点
- **s** 相加
- **rpar** 向量旋转, *par* 对二维笛卡尔数据表示旋转角度, 对三维向量, 则为 *lon/lat/angle* 中的角度
- **R** 通过输入的文件指定旋转的角度
- **t[args]** *args* 表示 *azimuth/distance[unit]*; 给定距离 *distance* 和方位角 *azimuth* 计算其对应方位角上的点, 同时可以追加单位, 默认距离单位为 m。如果不指定距离和方位角, 则 GMT 默认从文件读取方位角和距离
- **x** 计算两个向量的叉乘

不设置 **-T** 选项, 则不实施转换, 对于 **-Tt**, 不设置 **-je** 时, 使用大圆计算, 设置时则使用大地线/测地线计算(即大地测量学中的大地主题正算)

**-V[level]** (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

**-bi[ncols][type][w][+l|b]** (*more* ...)

设置二进制输入数据的格式

**-bo[ncols][type][w][+l|b]** (*more* ...)

设置二进制输出的数据格式

**-d[i|o]nodata** (*more* ...)将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata***-e[~] “pattern” | -e[~]/regexp/[i]** (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f[i|o]colinfo** (*more* ...)

指定输入或输出列的数据类型

**-g[a|x|y|d|X|Y|D|[col]zgap[+n|p]** (*more* ...)

确定数据或线段的间断

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle]** (*more* ...)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯[,t[word]]]** (*more* ...)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-je|f|g** (*more* ...)

设置球面距离的计算方式

**-ocols[⋯[,t[word]]]** (*more* ...)

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-q[i|o][~]rows[+ccol][+a|f|s]** (*more* ...)

筛选输入或输出的行或数据范围

**-:[i|o]** (*more* ...)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

确定 ship\_15.txt 文件中所有点的平均位置，并计算该点 95% 置信椭圆

```
gmt vector @ship_15.txt -Am -fg
```

计算 points.txt 中的点与 133/34 点的球面夹角

```
gmt vector points.txt -S133/34 -TD -fg > angles.txt
```

将相同的文件以 133/34 为极点旋转 35 度，并输出笛卡尔坐标

```
gmt vector points.txt -Tr133/34/35 -Co -fg > reconstructed.txt
```

使用文件 rot.txt 给出的角度将 65/33 旋转对应的角度

```
gmt vector rots.txt -TR -S64/33 -fg > reconstructed.txt
```

计算两个笛卡尔向量  $0.5/1/2$  和  $1/0/0.4$  之间的叉乘

```
gmt vector -A0.5/1/2 -Tx -S1/0/0.4 -N -C > cross.txt
```

旋转二维向量  $r = 2$ ,  $\theta = 35$ , 旋转角度为 120 度

```
gmt vector -A2/35 -Tr120 > rotated.txt
```

确定连接  $123/35$  和  $-155/-30$  的大圆的中点

```
gmt vector -A123/35 -S-155/-30 -Tb -fg > midpoint.txt
```

确定 points.txt 中点的平均位置，并确定其 99% 的置信椭圆

```
gmt vector points.txt -Am99 -fg > centroid.txt
```

寻找以 105 度方位角通过点  $-30/60$  的大圆对应的极点

```
gmt vector -A-30/60 -Tp105 -fg > pole.txt
```

将地理坐标文件 points.txt 中的所有位置在球面上以东北方向平移 65 km

```
gmt vector points -Tt45/65k -fg > shifted.txt
```

确定距离 (8E,50N) 23 海里 310 度方位角方向上的点，距离使用大地线/测地线长度衡量

```
echo 8 50 | gmt vector -Tt310/23n -je
```

## 旋转

关于板块构造重建中的更高级的三维旋转, 参见 Spotter 相关模块

## 相关模块

*project*, *mapproject*

## 18.29 gmtwhich

官方文档

[gmtwhich](#)

简介

返回指定文件的完整路径

该模块会报告文件的完整路径, 使得用户可以确认自己在使用的究竟是哪个数据文件。

GMT 会依次在如下目录中去寻找命令行中指定的文件: 当前目录 > GMT 用户目录 > GMT 数据目录 > GMT 缓存目录。可以参考[输入文件的搜索目录](#) 了解每个目录的具体指定方式。

## 语法

`gmt which files [ -A ] [ -C ] [ -D ] [ -G[a|c|l|u] ] [ -V[level] ] [ --PAR=value ]`

## 必选选项

*files*

任意一个或多个数据文件名

## 可选选项

**-A**

仅考虑用户有读权限的文件 [默认不考虑权限问题]

**-C**

不报告完整路径, 只打印 **Y** 或 **N** 以表示是否找到文件

**-D**

不报告完整路径, 仅打印包含该文件的目录名

**-G[a|c|l|u]**

自动下载指定的文件。指定下载文件的方式有:

- URL 链接形式指定的文件: 下载到当前目录
- `@filename` 形式指定的文件: 从 GMT 数据服务器上下载到缓存目录
- `@earth_relief_xxy` 形式指定的文件 (即 GMT 提供的地学数据集): 从 GMT 数据服务器上下载到用户目录下的 `server` 子目录

使用该选项时, GMT 会先按照[输入文件的搜索目录](#) 中指定的搜索顺序寻找文件, 若未找到文件, 才会尝试下载该文件:

- **-Gl**: 下载到当前目录 [默认选项]
- **-Ga**: 下载到用户目录的子目录中, 如 `server`、`cache` 子目录

- **-Gu**: 下载到数据目录
- **-Gc**: 下载到缓存目录

**-V[level]** (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

查看某个文件的路径:

```
gmt which myjunk.txt
```

下载并返回 GMT 提供的 10 分精度的全球地形起伏数据:

```
gmt which -Ga @earth_relief_10m
```

从 GMT 数据服务器下载 GMT 示例数据。该数据会被下载到 GMT 缓存目录中 (默认为 `~/.gmt/cache`) :

```
gmt which -Gc @hotspots.txt
```

## 18.30 grd2cpt

官方文档

[grd2cpt](#)

简介

根据 grid 文件生成 CPT

## 语法

```
gmt grd2cpt grid [ -Atransparency[+a] ] [ -Ccpt ] [ -D[i|o] ] [ -E[nlevels][+c][+ffile] ] [ -F[R|r|h|c][+c[label]] ] [ -Gzlo/zhi ] [ -H ] [ -I[c|z] ] [ -Lminlimit/maxlimit ] [ -M ] [ -N ] [ -Q[i|o] ] [ -Rregion ] [ -Sh|l|m|u ] [ -Tstart/stop/inc ] [ -V[level] ] [ -W[w] ] [ -Z ] [ -bobinary ] [ -hheaders ] [ -oflags ] [ --PAR=value ]
```

## 描述

`grd2cpt` 读取一个或多个 grid 文件，并生成对应的 CPT 文件。在经典模式中，CPT 文件的内容会输出到屏幕标准输出中。而在现代模式中，该命令不会生成显式的 CPT 文件，而是隐式地将其自动设置为后面的绘图命令的默认 CPT 文件。因此无法使用经典的 `gmt grd2cpt grid > cpt` 方式生成 CPT 文件。如果需要在现代模式中生成 CPT 文件，则可以使用 **-H** 选项：`gmt grd2cpt grid -H > cpt`。关于经典模式和现代模式的语法区别，建议阅读《[经典模式 → 现代模式](#)》。

grid 文件的 z 值范围以外的数值，将分别使用 3 种颜色来表示，分别是：背景色 (B, background color, 表示低于最小 z 值时所对应的颜色)、前景色 (F, foreground color, 表示高于最大 z 值时所对应的颜色)、以及 NaN 颜色 (N, 表示 z 值被定义为 NaN 时对应的颜色，即 z 值未定义的情况)。默认情况下，这三种颜色会沿用 **-C** 选项所指定的主 CPT 文件的设置，但也可以使用 **-D** 选项进行修改。或者使用 `gmtset` 命令对 `COLOR_BACKGROUND`、`COLOR_FOREGROUND` 与 `COLOR_NAN` 进行自定义修改。

颜色模式 (RGB, HSV, CMYK) 会沿用 **-C** 选项所指定的主 CPT 文件的设置。或者使用 `gmtset` 命令对 `COLOR_MODEL` 进行自定义修改。

## 必选选项

*grid*

grid 文件的文件名。`grd2cpt` 将根据 grid 文件的 z 值范围生成对应的 CPT 文件。

## 可选选项

**-A***transparency*[+**a**]

设置透明度，*transparency* 的取值范围是 0 到 100。加上 **+a** 则该透明度同时应用于前景色、背景色和 NaN 颜色。默认不透明，即 0。

**-C***cpt*

指定主 CPT 文件，默认值是 GMT 自带的 `rainbow`。`grd2cpt` 根据主 CPT 文件的配色方案，将 z 值范围拉伸至 grid 文件的 z 值范围，生成新的 CPT。GMT 自带的 CPT 文件的配色方案列表，请参见《[内置 CPT](#)》。

除了 GMT 自带的 CPT 文件，也可以设为用户自定义的 CPT 文件，也可以是通过 **-C***color1,color2[,color3]* 语法指定一个线性连续变化的颜色列表。

**-D**[**i**]

将背景色和前景色分别设置为输出的 CPT 文件中最低值和最高值对应的颜色。不设置本项时，GMT 默认使用主 CPT 文件规定的背景色与前景色，或是采用配置参数 `COLOR_BACKGROUND`、`COLOR_FOREGROUND` 与 `COLOR_NAN` 的设置。加上 **i** 则设置为主 CPT 文件中最低值和最高值对应的颜色。

**-E***nlevels*

生成的 CPT 文件会被重采样为 *nlevels* 个等间距的切片。

**-F**[**R|r|h|c**][+**c**]

使用默认选项 **-FR**，输出的 CPT 以 r/g/b, 灰度值, 或名称指定颜色；使用 **-Fr**，输出的 CPT 以 r/g/b 方式指定颜色；使用 **-Fh**，输出的 CPT 以 h-s-v 方式指定颜色；使用 **-Fc**，输出的 CPT 以 c/m/y/k 方式指定颜色；附加 **+c** 以分类格式编写离散型调色板。

**-G<sub>zlo/zhi</sub>**

截断主 CPT 文件, 将主 CPT 的最小和最大 z 值分别限制为 *zlo* 与 *zhi*。

**-H**

仅限现代模式: 默认情况下是将 CPT 保存为隐藏的当前 CPT, 加上 -H 命令会显式地将 CPT 写入标准输出。在写制作动画的脚本时, 需要传递显式命名的 CPT 文件, 因此需要使用本功能。建议阅读《[经典模式 → 现代模式](#)》。

**-I[c][z]**

利用 -Iz 选项倒转 CPT 的 z 值指向 (不包括前景色、背景色)。利用 -Ic 选项翻转颜色的顺序, 包括前景色和背景色。详细用法和说明见《[制作 CPT](#)》。

**-R<sub>xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]</sub> (*more* ...)**

指定数据范围

**-Sh|l|m|u**

强制生成 0 对称的 CPT (范围从 -R 到 +R)。-Sl :  $R = |z_{\min}|$ , -Su :  $R = |z_{\max}|$ , -Sm :  $R = \min(|z_{\min}|, |z_{\max}|)$ , -Sh :  $R = \max(|z_{\min}|, |z_{\max}|)$ .

**-T<sub>start/stop/inc</sub>**

定义要生成的 CPT 文件的 Z 值范围 ( *start* to *stop* ) 及 Z 值间隔 (*inc*)。

**-Z**

强制生成连续的 CPT 文件 (默认为离散不连续的 CPT)。

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (*more* ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

**-ocols[,...][,t[word]] (*more* ...)**

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

## 示例

根据 0/60/0/60 范围内的 5 分精度的地形起伏数据, 以 GMT 自带的 geo 为主 CPT 文件, 生成对称的 CPT:

```
gmt grd2cpt @earth_relief_05m -R0/60/0/60 -Cgeo -Su
```

根据用户自己的数据 mydata.nc, 以 GMT 自带的 relief 为主 CPT, 以 20 为间隔生成 0 - 200 范围内的 CPT 文件:

```
gmt grd2cpt mydata.nc -Creleif -T0/200/20
```

## 18.31 grd2xyz

官方文档

[grd2xyz](#)

简介

将网格文件转换成表数据

**grd2xyz** 读取一个或多个二进制 2D 网格文件，并将 XYZ 数据以 ASCII 或二进制格式写到标准输出中。ASCII 输出的格式由参数 *FORMAT\_FLOAT\_OUT* 控制，也可以以单精度或双精度浮点数的形式储存为二进制格式，还可以只输出 Z 值而不包含 XY 坐标数据。

### 语法

```
gmt grd2xyz grid [-C[f|i]] [-Rregion] [-V[level]] [-W[a|weight]] [-Z[flags]] [-bobinary] [-dnodata[+ccol]] [-fflags] [-ho[n]] [-oflags] [-qoflags] [-sflags] [--PAR=value]
```

### 必选选项

*grid*

要转换的 2D 网格文件

### 可选选项

**-C[f|i]**

输出的 XY 坐标值用对应的列、行号替代

默认输出的三列数据是：X 坐标、Y 坐标和 Z 值。使用该选项，则输出的三列数据为：列号、行号和 Z 值。其中，行号和列号从 0 开始算起。使用 **-Cf** 则行号和列号从 1 开始算起。若使用 **-Ci** 会输出两列数据：索引值和 Z 值。索引值相当于是将二维数组用一维数组表示。

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]** (*more ...*)

指定数据范围

使用 **-R** 选项指定只对网格数据的一个子区域进行操作。若该子区域超过网格边界，则只输出二者共同的区域

**-V[level]** (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-W[a|weight]**

输出四列数据 XYZW，其中 W 为 *weight* [*weight* 默认值为 1]

若使用 **-Wa** 则权重为每个节点所占据的面积。

**-Z[flags]**

以 ASCII 或二进制形式输出 Z 值

使用该选项，则输出时只有 Z 值，没有 XY 信息。输出 Z 值的顺序由 *flags* 决定。若是行优先，*flags* 的第一个字符可以取：

- **T** 表示第一行是  $y=y_{\text{max}}$
- **B** 表示第一行是  $y=y_{\text{min}}$

*flags* 的第二个字符可以取：

- **L** 表示每一行的第一个元素是  $x=x_{\min}$
- **R** 表示每一行的第一个元素是  $x=x_{\max}$

若是列优先，则 **L|R** 为第一个字符，**B|T** 为第二个字符。

对于网格线配准的网格文件而言：

- 若网格在 X 方向是周期的，输出数据时不需要包含  $x=x_{\max}$  所在的列，则加上 **x**
- 若网格在 Y 方向是周期的，输出数据时不需要包含  $y=y_{\max}$  所在的行，则加上 **y**

若数据需要做字节交换，则加上 **w**。最后需要指定数据以何种数据类型保存：

- **a** ASCII 表，每行输出一个 Z 值
- **c** `int8_t`, signed 1-byte character
- **u** `uint8_t`, unsigned 1-byte character
- **h** `int16_t`, short 2-byte integer
- **H** `uint16_t`, unsigned short 2-byte integer
- **i** `int32_t`, 4-byte integer
- **I** `uint32_t`, unsigned 4-byte integer
- **l** `int64_t`, long (8-byte) integer
- **L** `uint64_t`, unsigned long (8-byte) integer
- **f** 4-byte floating point single precision
- **d** 8-byte floating point double precision

默认值为 **-ZTLa**。

**-bo**[*ncols*][*type*][**w**][+l|b] (*more ...*)

设置二进制输出的数据格式

该选项只适用于以二进制格式输出 XYZ 数据。若需要只输出 Z 值，可以使用 **-Z** 选项。

**-d**[**i|o**]*nodata* (*more ...*)

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN，或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

**-f**[**i|o**]*colinfo* (*more ...*)

指定输入或输出列的数据类型

**-ocols**[,⋯][,t[*word*]] (*more ...*)

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-qo**[~]*rows*[+c*col*][+a|f|s] (*more ...*)

筛选输出的行或数据范围

**-s**[*cols*][+a|r] (*more ...*)

设置 NaN 记录的处理方式

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 非等间隔 XY 坐标

几乎所有 GMT 模块只能处理 XY 等间隔的网格文件，**grd2xyz** 是个例外。**grd2xyz** 可以输出非等间隔网格文件的原始  $x$   $y$   $z$  值。

## 时间坐标

GMT 可以识别 netCDF 网格文件中的时间坐标。netCDF 变量的 **unit** 属性会被解析以确定网格文件中时间坐标的起算点和单位。这些时间坐标值会被进一步根据 **TIME\_UNIT** 和 **TIME\_EPOCH** 转换为 GMT 内部时间值。输出时，默认以相对时间的形式输出，也可以使用 **-f** 选项指定以绝对时间方式输出。

## 示例

将一个 netCDF 网格文件转换为 XYZ 文件：

```
gmt grd2xyz @AFR.nc > AFR.xyz
```

将一个 netCDF 文件以单精度二进制格式输出其 Z 值：

```
gmt grd2xyz @AFR.nc -ZTLf > AFR.b
```

## 相关模块

[grdedit](#), [grdconvert](#), [xyz2grd](#)

## 18.32 grdbblend

官方文档

[grdbblend](#)

简介

将多个部分重叠的网格文件合并成一个网格文件

**grdbblend** 模块会读取多个网格文件以及一个合并参数文件，并将多个网格文件合并成一个网格文件。

合并过程中会遇到如下几种情况：

- 某个节点只有一个值：使用该值填充该节点
- 某个节点有多个值：对多个值计算其权重均值并赋值给该节点
- 某个节点没有值：该节点的值由 **-N** 选项控制，默认为 NaN

输入网格数据中，若网格节点配准方式或网格间隔与输出数据不同，则会自动调用 [grdsample](#) 对这些网格数据进行重采样。

## 语法

```
gmt grdbblend [ blendfile | grid1 grid2 ... ] -Goutgrid -Iincrement -Rregion [ -Cf|l|o|u[+n|p] ] [ -Nnodata ] [ -Q ] [ -Zscale ] [ -V[level] ] [ -W[z] ] [ -fflags ] [ -nflags ] [ -rreg ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*grid1 grid2*

要合并的网格文件

-G<sub>outgrid</sub>

输出的网格文件名

-Ixinc[+e|n]/yinc[+e|n]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +e 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- +n 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 -R<sub>grdfile</sub> 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 -I 和 -r 覆盖相应的值

-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (*more* ...)

指定数据范围

## 可选选项

*blendfile*

合并参数文件。

文件中包含了要合并的网格文件的文件名列表, 其格式为:

网格文件名 (必须)	-R选项 (可选)	相对权重 (可选)
------------	-----------	-----------

- 在考虑权重的情况下, -R 范围外的部分会给零权重, -R 范围内的部分则会使用指定的相对权重, 在边界处会加上 2D 余弦 taper 权重。
- 若相对权重为负值, 则整个反过来, 即范围内的会给零权重, 范围外的会给权重的绝对值。
- -R 选项可以取值 -, 此时会直接使用该网格文件的数据范围。
- 若未指定权重, 则默认权重为 1
- 也可以不指定 *blendfile* 而只将所有网格文件名列在命令行中, 此时会使用网格数据的真实范围, 且所有网格文件的权重都是 1

-Cf|l|o|u[+n|p]

合并网格文件时, 若多个网格出现重叠, 则忽略权重并按照下面的规则设置重叠区域的值:

- -Cf 将第一个访问该节点的网格数据作为该节点的值

- **-Co** 将最后一个访问该节点的网格数据作为该节点的值
- **-Cl** 将所有网格文件在该节点的值的最小值作为该节点的值
- **-Cu** 将所有网格文件在该节点的值的最大值作为该节点的值

对于 **-Cf** 和 **-Co** 而言, 网格文件的顺序决定了这些节点的值。在这种模式下, 权重和余弦 tapering 会被忽略。

使用 **+n** 或 **+p** 则首先将网格节点值初始化为第一个网格文件的值, 对于接下来的其它网格文件, 仅当其值小于等于 0 或大于等于 0 时才考虑是否更新该节点的值。

#### **-Nnodata**

将无数据的节点的值设置为 *nodata*, 默认值为 NaN

#### **-Q**

创建一个无头段的二进制网格文件 (非 netCDF 格式) 以供其它程序使用

#### **-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

#### **-W[z]**

不合并数据, 仅输出每个节点所使用的权重。

**-Wz** 表示输出 Z 值乘以权重的和。

#### **-Zscale**

在输出前先将数据乘以比例因子 *scale*, 默认值为 1

#### **-f[i|o]colinfo (more ...)**

指定输入或输出列的数据类型

#### **-n[b|c|l|n][+a][+bBC][+c][+tthreshold] (more ...)**

设置网格文件的插值方式

#### **-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

#### **-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

#### **-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

#### **-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

#### **--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

假设要合并几个网格文件，则可以设置合并参数文件 *blend.job* 的内容为：

```
piece_1.nc -R0/30/-90/90 1
piece_2.nc -R25/50/-90/90 1.5
piece_3.nc -R45/80/-90/90 0.9
piece_4.nc -R80/160/-90/90 1
```

执行如下命令即可实现数据合并：

```
gmt grdbundle blend.job -Gblend.nc -R0/160/-90/90 -I1m/1m -V
```

将所有网格文件 MB\_\*.nc 以相同权重合并：

```
gmt grdbundle MB_*.nc -Gblend.nc -R0/360/-90/90 -I1m/1m -V
```

## 相关模块

[grd2xyz](#), [grdconvert](#), [grdedit](#), [grdsample](#)

## 18.33 grdclip

官方文档

[grdclip](#)

简介

对网格文件的 Z 值进行截断

## 语法

```
gmt grdclip ingrid [-Goutgrid] [ -Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] ] [ -Sahigh/above ] [ -Sblow/below ] [ -Silow/high/between ] [ -Srold/new ] [ -V[level] ] [ --PAR=value ]
```

## 必须选项

*ingrid*

输入网格文件名

-G*outgrid*

输出网格文件名

## 可选选项

-R*xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

指定要截取的网格区域。若该选项指定的范围超过了网格文件的边界，则仅提取二者公共的区域。

-S*ahigh/above*

将所有大于 *high* 的值设置为 *above*

-S*blow/below*

将所有小于 *low* 的值设置为 *below*

**-S<sub>l</sub>ow/high/between**

将所有在 *low* 和 *high* 范围内的值设置为 *between*。该选项可多次使用

**-Sr<sub>o</sub>ld/new**

将所有等于 *old* 的值设置为 *new*。该选项可以多次使用

**-V[level] (*more* ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 -）

**-+ 或 +**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

将所有大于 0 的值设置为 NaN，并将小于 0 的值设置为 0:

```
gmt grdclip @AFR.nc -Gnew_AFR.nc -Sa0/NaN -Sb0/0 -V
```

将所有 25 到 30 范围内的值设置为 99, 35 到 39 范围内的值设置为 55, 将 17 换成 11, 将所有小于 10 的值设置为 0:

```
gmt grdclip classes.nc -Gnew_classes.nc -Si25/30/99 -Si35/39/55 -Sr17/11 -Sb10/0 -V
```

## 相关模块

[grdfill](#), [grdlandmask](#), [grdmask](#), [grdmath](#), [grd2xyz](#), [xyz2grd](#)

## 18.34 grdcontour

官方文档

[grdcontour](#)

简介

根据网格文件绘制等值线

## 语法

```
gmt grdcontour grid -Jparameters [ -A[n|contours][labelinfo] ] [ -B[p|s]parameters ] [ -Ccontours|cpt ] [ -Dtemplate ] [ -F[l|r] ] [ -G[d|f|n|l|L|x|X]params ] [ -Llow/high|n|N|P|p ] [ -N[cpt] ] [ -Q[cut][+z] ] [ -Rwest/east/south/north[/zmin/zmax][+r][+uunit] ] [ -Ssmoothfactor ] [ -T[h|l][+a][+dgap/length][+l[labels]] ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -W[type]pen[+c[l|f]] ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -Z[+sfactor][+oshift][+p] ] [ -bobinary ] [ -donodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ho[n] ] [ -lflags ] [ -pflags ] [ -ttransp ] [ --PAR=value ]
```

## 描述

**grdcontour** 读取一个二维 grid 网格文件，并绘制等值线

## 必选选项

*grid*

二维 grid 网格文件

**-J***projection* (*more* ...)

设置地图投影方式

## 可选选项

**-A**[*n*][*contours*][*labelinfo*]

**-A***contours* 设置标注间隔，如果在 **-C** 选项中指定标注间隔的话，这里的设置会被覆盖。**-An** 则为不进行标注。也可以用 **-A20,80,100** 类似的用法，对指定的等值线进行标注。如果只想要标注一条等值线，需要在末尾加上逗号，例如 **-A20, ,**，这样 20 就不会被认为是标注间隔。*labelinfo* 代表可以在最后追加下列额外选项：

**+a***angle*

设置标注的旋转角度 *angle*。也可以写成 **+an** 表示标注垂直于等值线。默认设置为 **+ap** 表示标注平行于等值线。**+apu** 和 **+apd** 表示设置方向朝向山顶还是山底。

**+c***dx[/dy]*

设置标签和文本之间的间隙。

**+f***font*

设置字体。默认会使用 **FONT\_ANNOT\_PRIMARY** 设定的字体，但字体大小会变成 9p。

**+g**[*color*]

设置标注文本的背景颜色，不设置本项时标注文本的背景是透明的。

**+o**

将文本框形状设置为圆角矩形。不能和 **+v** 一起使用。

**+p**[*pen*]

设置文本框轮廓的线型，不设置本项时无轮廓。

**+u***unit*

在所有标注后面加上单位 *unit*。

**+v**

将标注文本顺着等值线弯曲。

**+p***refix*

在所有标注前面加上前缀 *prefix*。

**-B***parameters* (*more* ...)

设置底图边框和轴属性

**-C***contours*

指定绘制等值线的形式，具体说明如下：

- (1) 如果 *contours* 是一个以 “.cpt” 结尾的文件名，GMT 会查找对应的 CPT 文件，把 CPT 文件中的颜色块的边界绘制为等值线，并进行标注。如果使用了 **-An** 选项则只绘制等值线不标注。
- (2) 如果 *contours* 是一个不以 “.cpt” 结尾的文件名，GMT 会读取其中的内容作为等值线设置。每行为

一条等值线的设置, 以如下格式给出: *contour-level [angle] C|c|A|a [pen]*, 中括号表示可选项。C 或 c 表示绘制等值线但不标注, 而 A 或 a 表示绘制等值线并进行标注。*angle* 设置标注的旋转角。*pen* 设置等值线的线型。

- (3) 如果 *contours* 是一串用逗号隔开的数字, 例如 -C20,80,100 , 则绘制对应的等值线。如果只想要绘制一条等值线, 需要在末尾加上逗号, 例如 -C20, 。
- (4) 如果没有指定 *contours* , 则默认使用当前 CPT 文件。
- (5) 如果 *contours* 是一个常数, 则以这个常数为间隔绘制等值线。

如果 -C 和 -A 都没有指定的话, 则自动计算合适的间隔绘制标注等值线。

#### **-L***low/high|n|N|P|p*

不绘制小于 *low* 大于 *high* 的等值线。也可以设置为 -Ln 只绘制负值, 或 -Lp 只绘制正值。使用大写的 -LN 或 -LP 表示包括 0 等值线。

#### **-N**[*cpt*]

指定 *cpt* 文件, 对等值线之间的区域填充颜色。

#### **-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

对于三维透视图 (-p 选项), 可以加上 /*zmin/zmax* 指定 Z 轴的范围。

#### **-W**[*type*]*pen[+c|l|f]* (*more* ...)

设置等值线的线型。默认情况下, 有标注的等值线线型 *pen* 为 0.75p,black , 无标注的等值线线型 *pen* 为 0.25p,black 。如果要设置有标注的等值线线型, *type* 应该设置为 a , 例如 -Wa1.75p,red 。无标注的等值线线型, *type* 应该设置为 c , 例如 -Wc1.25p,red 。如果加上 +cl , 则使用 -C 选项所指定的 CPT 文件为不同的等值线设置颜色; 如果使用 +cf , 则为标注设置颜色; 使用 +c 则同时为等值线和标注设置颜色。

## 示例

使用网格文件 AK\_gulf\_grav.nc , 以 25 为间隔绘制等值线, 以 50 为间隔标注, 标注文字大小 10p:

```
gmt grdcontour AK_gulf_grav.nc -JM16c -C25 -A50+f10p -B
```

只绘制 50 和 150 两条等值线, 只标注 100 等值线:

```
gmt grdcontour AK_gulf_grav.nc -JM16c -C50,150 -A100,+f10p -B
```

以 10 为间隔绘制等值线, 以 50 为间隔标注, 设置图标题为” Gravity Anomalies ”。将有标注的等值线设置为粗红线, 将无标注的等值线设置为蓝色的细短划线:

```
gmt grdcontour AK_gulf_grav.nc -C10 -A50 -B -B+t"Gravity Anomalies" -Ln -Wathick,red -Wcthinnest,blue,-
```

将负值等值线设置为蓝色, 正值等值线设置为红色, 0 等值线设置为黑色:

```
gmt begin alaska_grav4
  grdcontour AK_gulf_grav.nc -C10 -A50 -B -B+t"Gravity Anomalies" -Ln -Wathick,blue -Wcthinnest,blue,-
  grdcontour AK_gulf_grav.nc -C10 -A50 -Lp -Wathick,red -Wcthinnest,red,-
  grdcontour AK_gulf_grav.nc -A0,
gmt end show
```

## 18.35 grdconvert

官方文档

[grdconvert](#)

简介

将网格文件转换为其它网格文件格式

### 语法

```
gmt grdconvert ingrfile -Gutgrfile [ -N ] [ -Rregion ] [ -V[level] ] [ -Z[+sfactor][+ooffset] ] [ -fflags ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

*ingrfile*[=id[+sscale][+ooffset][+ninvalid]]

要读入的网格文件。

若读入的网格文件不是标准的 netCDF 格式文件, 则需要加上 =id 以指定网格文件格式 (见[网格文件格式](#))。此外,

- +sscale 对数据做比例缩放, 即将数据乘以 scale
- +ooffset 对数据做偏移, 即将数据加上 offset
- +ninvalid 数据中哪个值表示无效值

需要注意的是, 在读入网格文件时, 总是先缩放再偏移。

若 id=gd, 则使用 GDAL 库检测数据格式并读入数据。实际上, 当 GMT 遇到其无法识别的文件格式时, 总是自动使用 GDAL 库读入数据, 但可能会遇到问题, 此时可以设置 id=gd 强制使用 GDAL 库读取。

-Gutgrfile[=id[+sscale][+ooffset][+ninvalid]][:driver[/datatype]]

要写入的网格文件。

若要写的网格文件格式不是标准的 netCDF 格式, 则需要加上 =id 以指定网格文件格式 (见[网格文件格式](#))。此外:

- +sscale 对数据做比例缩放, 即将数据乘以 scale
- +ooffset 对数据做偏移, 即将数据加上 offset
- +ninvalid 数据中哪个值表示无效值

需要注意的是, 在写网格文件时, 总是先偏移再缩放。若想要将数据以整型保存以减小文件大小, 子选项 +s 和 +o 经常会用到。此外, 还可以使用 +sa+oa 让 GMT 自动选择合适的比例因子和偏移量以生成整型网格文件。

当 id= gd 时, 网格文件将使用 GDAL 库写入。此时可以进一步指定 driver 和 datatype。driver 由 GDAL 提供 (如 netCDF, GTiff 等), datatype 则可以取 u8|u16|i16|u32|i32|float32, 其中 i 和 u 分别表示有符号和无符号整型。datatype 默认值为 float32。

写网格文件时, 可以考虑设置 [IO\\_NC4\\_DEFLATION\\_LEVEL](#) 以减小生成的文件大小, 并进一步优化读写性能。

## 可选选项

**-N**

在生成 native 二进制文件时, 不将 GMT 网格文件头段写到文件中。

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (more ...)**

指定数据范围

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-Z[+sfactor][+ooffset]**

在写网格文件前, 从数据中减去 *offset* 并将结果乘以 *factor*。

注意: 该选项功能与 +s 和 +o 子选项的功能不同。使用 +s 和 +o 子选项, 数据也会进行缩放和偏移, 修改后的数据会被写入到网格文件中, 但同时缩放因子和偏移量会写入到网格文件的元信息中。因而, 在读取这些新生成的网格时, 会自动根据元信息中的值恢复数据的原始值。而使用该选项则永久修改了网格文件中的数据值。

**-f[i|o]colinfo (more ...)**

指定输入或输出列的数据类型

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 注意事项

GMT 默认只能读取并处理 2D 单变量网格。对于多变量、多维度网格文件, 需要使用额外的语法指定要读取的变量或维度, 详情见[读 netCDF 文件](#)。

## 示例

将网格文件转换成四字节 native 浮点型网格:

```
gmt grdconvert data.nc ras_data.b4=bf -V
```

将网格文件转换成二字节短整型文件, 将其乘以 10 并减去 32000, 并设置无数据节点的值为-9999:

```
gmt grdconvert values.nc shorts.i2=bs/10/-32000/-9999 -V
```

从一个三维网格文件中提取第二层数据:

```
gmt grdconvert climate.nc?temp[1] temp.nc -V
```

## 相关模块

[grdmath](#)

## 18.36 grdcut

官方文档

[grdcut](#)

简介

从一个网格文件中裁剪出一个子区域的网格文件

**grdcut** 模块可以从一个网格文件中根据条件裁剪出一个新的网格文件。子区域的选择有如下几种方式：

- **-R** 选项：直接指定子区域的范围
- **-Z** 选项：通过检查网格点的值间接限定子区域的范围
- **-S** 选项：通过指定与特定点的距离间接限定子区域的范围
- **-J** 和 **-R** 选项：对于倾斜投影，可以使用这两个选项获得覆盖整个倾斜区域的子区域

## 语法

```
gmt grdcut ingrid -Gutgrid -Rregion [ -Jparameters ] [ -N[nodata] ] [ -Slon/lat/radius[+n] ] [ -V[level] ] [ -Z[min/max][+n|N|r] ] [ -fflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*ingrid*

输入网格文件名

**-G***outgrid*

输出网格文件名

## 可选选项

**-J***projection* ([more ...](#))

设置地图投影方式

**-N**[*nodata*]

允许新网格的区域范围超过原网格的区域范围。

一般情况下，若指定的区域范围大于输入网格的区域范围，超出的部分会被自动忽略，实际的输出网格的区域范围会自动适应输入网格的区域范围。使用 **-N** 选项，则超出的区域范围内，网格节点会被赋以指定的值，默认赋值为 NaN，也可以自己指定其值为 *nodata*。

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* ([more ...](#))

指定数据范围

指定要截取的网格子区域的范围。

**-S***lon/lat/radius[+n]*

指定圆心位置 (*lon/lat*) 及其半径 (*radius*, 可指定[距离单位](#))，程序会自动计算出一个包含了圆上及圆内所有网格点的矩形区域。**+n** 表示将所有矩形区域内但不在圆内的节点的值设为 NaN。

**-V[level] (*more* ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-Z[min/max][+n|N|r]**

确定一个新的矩形区域, 使得所有该区域外的节点值都在指定的 Z 值范围 min/max 外。min 和 max 默认值为正负无穷, 可以用 - 表示无穷。

默认情况下, 值为 NaN 的节点会被自动忽略。

- +n 表示将 NaN 节点视作在给定的 Z 值范围之外, 则保证了新生成的子区域内是无 NaN 的
- +r 表示将 NaN 节点视作在给定的 Z 值范围之内, 因而子区域的外部是无 NaN 的
- +N 若新生成的子区域的某条边界上的所有节点都是 NaN, 则去除该条边界上的这一行或列

**-f[i|o]colinfo (*more* ...)**

指定输入或输出列的数据类型

-^ 或 -

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和 [-j 选项](#)。

## 示例

使用 **-R** 选项直接指定子区域的范围:

```
gmt grdcut @earth_relief_02m -Gregion_0_30_-30_30.nc -R0/30/-30/30
```

使用 **-S** 选项生成一个包含了原点 (45,30) 周围 500 km 以内的所有点的矩形区域, 并设置矩形区域内圆外的节点值为 NaN:

```
gmt grdcut @earth_relief_06m -Goutput.nc -S45/30/500k+n
```

对于一个倾斜投影的地图, 由于 **grdcut** 获得的区域是由经线、纬度划分出来的矩形区域, 而倾斜投影地图的边界不是由经纬线构成的, 所以需要使用 **-J** 和 **-R** 选项指定一个更大的矩形区域以包含倾斜投影地图的研究区域:

```
gmt grdcut @earth_relief_02m -R160/20/220/30+r -Joc190/25.5/292/69/1 -Gdata.nc
```

## 相关

- [grdclip](#)
- [grdfill](#)
- [grdinfo](#)
- [grdpaste](#)
- [surface](#)

## 18.37 grdedit

官方文档

[grdedit](#)

简介

修改网格文件的头段或内容

grdedit 模块具有如下功能：

- 从 2D 网格文件中读入头段信息，并使用命令行中的值替换头段信息
- 对全球地理网格文件沿着东西方向旋转
- 可以用  $x y z$  值替换网格文件中特定节点的值

## 语法

```
gmt grdedit grid [-A] [-C] [-D[+xxname][+yynname][+zzname][+sscale][+ooffset][+ninvalid][+tttitle][+rremark]
] [-E[a|h|l|r|t|v]] [-Goutgrid] [-Jparameters] [-L[+n|p]] [-Ntable] [-Rregion] [-S] [-T] [-V[level]] [
-bibinary] [-dinodata[+ccol]] [-eregexp] [-fflags] [-hheaders] [-iflags] [-:[i|o]] [--PAR=value]
```

## 必须选项

*grid*

要修改的 2D 网格文件

## 可选选项

**-A**

如有必要，则对网格间隔做微调使得其与数据的范围相兼容。仅用于处理 GMT 3.1 之前版本生成的网格文件。

**-C**

清除网格文件头段区中生成该网格所使用的命令历史

**-D[+xxname][+yynname][+zzname][+sscale][+ooffset][+ninvalid][+tttitle][+rremark]**

给定网格文件头段中的基本信息：

- **+xxname** X 变量名及其单位，格式为 *varname [unit]*，比如 “distance [km]”
- **+sscale** 读入网格数据后要乘以的因子，默认值为 1
- **+ooffset** 读入数据后并乘以因子后要加的常数，默认值为 0
- **+ninvalid** 指定值 *invalid* 用于表示该节点处无有效值，默认为 NaN
- **+tttitle** 网格文件的标题
- **+rremark** 网格文件的注释信息

其它说明:

- 未指定的项其值保持不变
- 可以给一个空值以重置某一项, 比如使用 `+t` 而不指定标题则设置标题为空
- 若字符串中包含空格则需要用引号括起来
- 若字符串中包含加号 `+`, 需要使用 `+` 对其进行转义。或者可以使用单引号套双引号的方式, 例如 `“title with + inside”`
- 若字符串中使用了 shell 变量, 且变量值中包含加号, 则需要使用 `$(variable) + / \\ + $`
- 对于地理数据 (比如 `-fg`), `xname` 和 `yname` 会自动设置

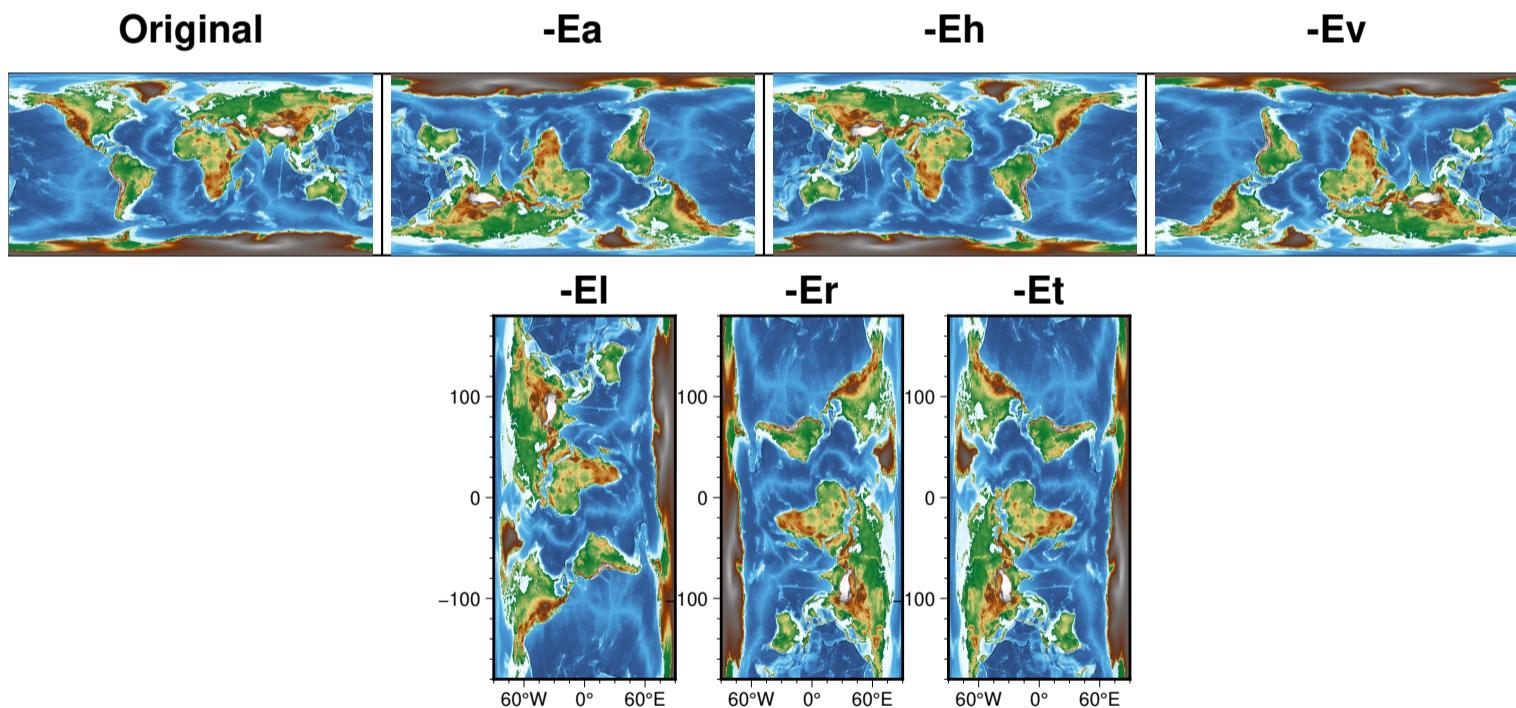
#### **-E[a|h|l|r|t|v]**

对网格做变换。该选项与除 **-G** 外的其它选项不兼容

- **-Ea** 旋转 180 度
- **-Eh** 水平翻转网格 (从左到右)
- **-Ev** 垂直旋转网格 (从上到下)
- **-El** 逆时针将网格旋转 90 度
- **-Er** 顺时针将网格旋转 90 度
- **-Et** 对网格进行转置 (想象成一个二维矩阵), 默认使用该变换

下图展示了不同变换的具体效果:

[Source Code](#)



#### **-Goutgrid**

默认情况下, `grdedit` 模块会直接修改并覆盖原始网格文件。使用该选项则将修改后的网格写到新的文件中。

#### **-Jprojection (*more* ...)**

设置地图投影方式

使用 **-J** 选项则将地理相关信息以 CF-1 兼容的元数据形式 (可被 GDAL 识别) 保存到 netCDF 文件中。

**-L[+n|p]**

调整地理网格文件的经度

默认情况下会调整 *west* 和 *east* 使得 *west* $>=-180$  或 *east* $<=180$ 。**+n** 则强制经度为负值, **+p** 则强制经度为正值。

**-N***table*

从文件 *table* 中读入 XYZ 数据, 并用这些 XYZ 数据替换网格中对应节点的值。

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

修改网格文件的范围。同时, 网格间隔会做相应修改。

**-S**

将网格沿着经度范围整体偏移, 使得其满足 **-R** 定义的新范围。仅用于全球地理网格数据。

例如, 原数据范围是 **0/360/-72/72**, 现将数据整体偏移 180 度使得数据范围是 **-180/180/-72/72**:

```
gmt grdedit world.nc -R-180/180/-72/72 -S
```

**-T**

将一个网格线配准的文件变成像素配准的文件, 或反之。

使用该选项后, 网格线配准的数据的范围将在四个方向上扩大半个网格间隔, 像素点配置的数据的范围将在四个方向上缩小半个网格间隔。

注意: 修改网格配准方式会导致高频信息丢失, 详情见[网格配准](#)。

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-bi**[*ncols*][*type*][**w**][**+l|b**] (*more* ...)

设置二进制输入数据的格式

**-dinodata** (*more* ...)

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

**-e**[ $\sim$ ] “*pattern*” | **-e**[ $\sim$ ]/*regexp*/**[i]** (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f**[**i|o**]*colinfo* (*more* ...)

指定输入或输出列的数据类型

**-h**[**i|o**][*n*][**+c**][**+d**][**+msegheader**][**+rremark**][**+ttitle**] (*more* ...)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-i***cols*[**+l**][**+sscale**][**+ooffset**][ $\cdots$ ][**t**[*word*]] (*more* ...)

设置输入数据列及简单变换 (*0* 表示第一列, *t* 表示文本列)

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

假定数据文件 data.nc 的范围为 300/310/10/30。下面的命令修改了其数据范围并修改了标题:

```
gmt grdedit data.nc -R-60/-50/10/30 -D+t"Gravity Anomalies"
```

数据文件 world.nc 的范围为 0/360/-72/72, 下面的命令对数据做了移动, 使得数据范围为 -180/180/-72/72:

```
gmt grdedit world.nc -R-180/180/-72/72 -S
```

GMT 4.1.3 之前的网格文件不包含足够的信息表明某个网格文件是地理网格。为了添加这一信息, 可以使用:

```
gmt grdedit junk.nc -fg
```

将网格文件 oblique.nc 逆时针旋转 90 度, 并输出到新文件:

```
gmt grdedit oblique.nc -El -Goblique_rot.nc
```

为了确保文件 depths.nc 的经度始终为正值:

```
gmt grdedit depths.nc -L+p
```

## 相关模块

[grd2xyz](#), [grdfill](#), [grdinfo](#) [xyz2grd](#)

## 18.38 grdfill

官方文档

[grdfill](#)

简介

**grdfill** 模块读入一个文件数据, 并向数据中的“洞”填充数据。“洞”通常指值为 NaN 的节点, 但用户也可以使用其它准则指定“洞”。

## 语法

```
gmt grdfill ingrid -Amode[arg] -Goutgrid [ -Rregion ] [ -L[i] ] [ -V[level] ] [ -fflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必须选项

*ingrid*

输入网格文件

**-A***mode[arg]*

填充“洞”所使用的算法

目前支持两种算法：

- **cvalue** 使用某个常数填充“洞”
- **n[*radius*]** 使用最近的非 NaN 值填充“洞”，默认的搜索半径为半径默认取  $r^2 = \sqrt{X^2 + Y^2}$ , 其中 X 和 Y 分别是 X 方向和 Y 方向的网格数目。也可以指定 *radius* 为搜索半径(单位是节点数)。

**-G***outgrid*

输出网格文件

## 可选选项

**-N**[*nodata*]

所有值等于 *nodata* 的节点都被认为是“hole”，默认值为 NaN

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more ...*)

指定数据范围

该选项定义了要处理的子区域范围。

**-L**[*p*]

不填充“洞”，仅列出每个“洞”所处的子区域的范围

**-G** 选项会被忽略。**-Lp** 表示输出每个子区域对应的闭合多边形。

**-V**[*level*] (*more ...*)

设置 verbose 等级 [*w*]

**-f**[*i*|*o*]*colinfo* (*more ...*)

指定输入或输出列的数据类型

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

检测网格文件中所有包含 NaN 的区域，并列出这些矩形区域的边界坐标：

```
gmt grdfill data.grd -L > wesen_listing.txt
```

检测网格文件中所有包含 NaN 的区域，并以多段文件的形式输出这些矩形区域对应的闭合多边形：

```
gmt grdfill data.grd -Lp > NaN_regions.txt
```

将网格文件中所有 NaN 值替换为 999.0：

```
gmt grdfill data.grd -Ac999 -Gno_NaN_data.grd
```

将网格文件中所有 NaN 值用最近的非 NaN 值替代：

```
gmt grdfill data.grd -An -Gno_NaN_NN_data.grd
```

## 相关模块

[grdcut](#), [grdclip](#), [grdedit](#), [grdinfo](#)

## 18.39 grdimage

官方文档

[grdimage](#)

简介

绘制网格数据

## 语法

```
gmt grdimage grd_z | img | grd_r grd_g grd_b -Jparameters [ -Aout_img[=driver] ] [ -B[p|s]parameters ] [ -Ccpt ] [ -D[r] ] [ -Edpi ] [ -Gcolor[+b|+f] ] [ -I[intensfile|intensity|modifiers] ] [ -M ] [ -N ] [ -Q ] [ -Rwest/east/south/north[/zmin/zmax][+r][+uunit] ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -fflags ] [ -nflags ] [ -pflags ] [ -ttransp ] [ --PAR=value ]
```

## 描述

**grdimage** 可以读取一个 **grd** 网格文件，在每个网格节点上绘制小矩形并根据 **z** 值填充颜色，从而生成彩色图层。**grdimage** 也可以读取三个分别包含 red、green、blue 值的网格文件绘图。用户可以使用 **-I** 可选项设置光照效果。

请注意，在使用地图投影绘图时，每个网格节点上绘制的小矩形并不会根据所选的投影方式进行变形。因此当网格间距较大时，绘制出的图像会产生一定的失真与变形。此时可以使用 **-E** 选项设置一个较大的 dpi 值，将图像重采样成较高的分辨率缓解这一问题。当然最根本的解决方式是使用精度更高的数据，生成网格间距更小的 **grd** 网格文件进行绘图。

## 必选选项

**grd\_z | img | grd\_r grd\_g grd\_b**

输入数据文件, 可以是一个只包含 Z 数据的网格文件, 或 GDAL 支持的图片文件, 或三个分别包含 red、green、blue 值的网格文件。

**-J***projection* ([more ...](#))

设置地图投影方式

## 可选选项

**-A***out\_img[=driver]*

将图片以光栅格式保存

默认图片会以 PostScript 代码的形式输出, 使用此选项可以以其他图片格式保存。文件名中使用后缀 .ppm 则会以 Portable Pixel Map 格式保存。

若 GMT 支持 GDAL, 则可以以更多的光栅格式保存。

1. <*out\_img*> 为要保存的文件名
2. <*driver*> 图片格式, 见 GDAL 的文档

**-B***parameters* ([more ...](#))

设置底图边框和轴属性

**-C**[*cpt* | *master*[+izinc] | *color1,color2[,color3,...]*]

绘制网格文件所使用的 CPT。

也可以直接使用 GMT 自带的 CPT 文件名, 此时 GMT 会自动根据网格文件的 Z 值范围将自带的 CPT 采样成 16 级的连续 CPT 文件。也可以通过 -C*color1,color2[,color3,...]* 的语法构建一个线性连续 CPT 文件。

**-D[r]**

表明输入的网格文件是需要通过 GDAL 读取的图片文件, 见官方文档。

**-Edpi**

设置投影后网格的精度, 默认值为 100。

**-G***color[+b|+f]*

该选项仅当生成的图片是黑白图时才可用。

This option will instead use the image as a transparent mask and paint the mask (or its inverse, with -Gb) with the given color combination.

**-I[intensfile|intensity|modifiers]**

增加光照效果

可以通过三种方式设置光照效果:

1. 给定一个 Z 值范围为 (-1,1) 的网格文件, 该文件可以用 `grdgradient` 生成
2. 给定一个常数作为光照强度
3. 不指定光照强度文件, 只使用 -I+d 则会自动调用 `grdgradient` 并使用默认参数 +a-45+nt1+m0 计算输入网格数据的梯度作为光照强度文件。用户也可以使用 -I+a<azimuth>+n<args>+m<ambient>

自定义 grdgradient 的 -A 和 -N 选项进行计算。

#### -M

使用 YIQ 转换强制将其转换为灰度图。

#### -N

对于非矩形地图，在地图边界处不对图片做裁剪。

#### -Q

将值为 NaN 的节点处设置为透明色

#### -U[label][+c][+jjust][+odx/dy] (*more* ...)

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

#### -t[transp] (*more* ...)

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

## 示例

使用默认的光照效果:

```
gmt grdimage stuff.nc -JX6i+ -I+d -pdf map
```

## 18.40 grdinfo

官方文档

[grdinfo](#)

简介

提取网格文件的基本信息

grdinfo 模块读取一个 2D 网格文件并报告网格文件的相关信息。能提取的信息包括:

- X、Y、Z 的最大和最小值
- 最大/最小 Z 值所在的位置
- X、Y 的网格间隔
- X 和 Y 方向节点数目
- 均值、标准差
- 中位数、绝对中位差 (median absolute deviation)
- the mode (Least Median of Squares; LMS), LMS scale of  $z$
- 值为 NaN 的节点数
- 网格配准方式
- 网格类型 (笛卡尔数据或地理数据)

## 语法

```
gmt grdinfo grdfiles [ -C[n|t] ] [ -D[xoff[/yoff]][+i] ] [ -E[x|y][+h|H|l|L] ] [ -F ] [ -I[dx[/dy]]|b|i|r ] [ -L[0|1|2|p|a] ] [ -M ] [ -Rregion ] [ -T[dz][+a[alpha]][+s] ] [ -V[level] ] [ -fflags ] [ -hheaders ] [ -oflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*grdfile*

一个或多个网格文件名

## 可选选项

**-C[n|t]**

将输出信息以 Tab 分隔显示在一行中。输出格式为:

```
name w e s n z0 z1 dx dy nx ny [x0 y0 x1 y1] [med scale] [mean std rms] [n_nan] registration gtype
```

默认只输出前 13 列。方括号中的信息仅当使用 **-M**、**-L1**、**-L2**、**-M** 选项时才会输出。

使用 **-Ct** 则将文件名 *name* 放在最后一列; 使用 **-Cn** 则只输出数值列。

*registration* 为网格的配准方式, 0 表示网格线配准, 1 表示像素配准; *gtype* 表示数据类型, 0 表示笛卡尔数据, 1 表示地理数据。

若与 **-I** 选项一起使用, 则输出格式为:

```
NF w e s n z0 z1
```

其中 *NF* 是总网格数目。

**-D[xoff[/yoff]][+i]**

将网格区域划分为多个子区域, 并报告子区域的范围。

子区域大小为 *dx* 乘 *dy*, 由 **-I** 选项控制。*xoff/yoff* 用于指定多个子区域之间的重叠区域。**+i** 子选项表明若该子区域内无数据则忽略该区域。若使用 **-C** 选项则以 *w e s n* 格式输出每个子区域的区域范围, 使用 **-Ct** 则在最后一列以 **-Rw/e/s/n** 格式输出子区域数据范围。

**-D** 选项示例:

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -D -I180/90
-R-180/0/-90/0
-R0/180/-90/0
-R-180/0/0/90
-R0/180/0/90
```

**-D** 与 **-C** 一起使用:

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -D -I180/90 -C
-180    0      -90     0
  0     180     -90     0
-180    0       0      90
  0     180     0      90
```

**-E[x|y][l|L|u|U]**

报告每一列 (**-Ex**) 或每一行 (**-Ey**) 的极值。

- **+u|U** : 寻找每一列的极大值 [默认行为]
- **+l|L** : 寻找每一列的极小值

其中, 大写的 **+L** 表示寻找正值中最小的一个; 大写的 **+U** 表示寻找负值中最大的一个。

**-F**

以每行输出一个信息的方式的输出信息。该选项不得与 **-C** 一起使用。

**-I[dx[/dy]]|b|i|r]**

报告网格数据的区域范围

使用 **-Idx/dy** 会先获取网格的区域范围，并对该范围做微调使得其是  $dx$  和  $dy$  的整数倍，并以 **-Rw/e/s/n** 的形式输出。

- **-Ir** 以 **-Rw/e/s/n** 输出真实的网格区域范围
- **-Ii** 以 **-Rw/e/s/n** 输出 **img** 补充包生成的网格文件的精确范围
- **-Ib** 输出区域范围对应的四个顶点的坐标
- **-I** 不加任何选项以 **-Ixinc[/yinc]** 形式输出网格间隔

**-I** 选项示例：

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -I
-I30m

$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -Ir
-R-180/180/-90/90

$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -Ib
-180    -90
180    -90
180    90
-180    90
-180    -90
```

**-L[0|1|2|p|a]**

报告 Z 值的其他信息。该选项可多次使用。

- **-L0**: 扫描整个数据并报告 Z 值的范围，而不仅仅只是从网格的头段中读取 Z 值范围
- **-L1**: 输出中位数以及 L1 scale ( $L1 \text{ scale} = 1.4826 * \text{Median Absolute Deviation}$ )
- **-L2**: 输出均值、标准差以及均方根
- **-Lp**: 输出 mode (Least Median of Squares; LMS) 和 LMS scale
- **-La**: 输出以上全部信息

注意，对于像素配准的地理网格数据而言，每个节点代表的区域面积随着纬度的增加而减小，此时 GMT 报告的是网格文件在球面平均下的统计值。

**-M**

寻找并报告 Z 值最小和最大值所对应的坐标，以及值为 NaN 的网格点的数目

**-Rw/e/s/n**

从网格文件中取出一个子区域，并报告该子区域的信息。若指定的区域范围超过了网格边界，则只提取公共区域内的网格信息。

**-T[dz][+a[alpha]][+s]**

以 **-Tzmin/zmax** 或 **-Tzmin/zmax/dz** 的格式输出 Z 值范围

若只使用 **-T** 选项，则以 **-Tzmin/zmax** 格式输出 Z 值范围；若使用  $dz$  则先提取 Z 的最小最大值，并做微调使得最值是  $dz$  的整数倍，并以 **-Tzmin/zmax/dz** 格式输出。

其它子选项：

- **+a***alpha* 对网格文件中的值进行排序，并去除极值两端的部分数据。*alpha* 为要去除的数据的百分比，默认值为 2。即去除数据  $0.5 * \alpha$  和  $100 - 0.5 * \alpha$  的数据，并据此修改 Z 值范围。
- **+s** 根据 Z 值的绝对最大值，输出一个关于 0 对称的范围

示例：

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -T
-T-9458/5888

$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -T100
-T-9500/5900/100

$ gmt grdinfo @earth_relief_30m -T100+s
-T-9500/9500/100
```

**-V[*level*] (*more* ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-f[i|o]colinfo (*more* ...)**

指定输入或输出列的数据类型

**-h[i|o][*n*][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (*more* ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-ocols[,···][,t[word]] (*more* ...)**

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=*value***

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

```
$ gmt grdinfo @earth_relief_30m.grd
earth_relief_30m.grd: Title: Earth Relief at 30 arc minutes
earth_relief_30m.grd: Command: grdfilter SRTM15+V2.nc -Fg55.6 -D1 -I30m -rg -Gearth_relief_30m.grd=ns --IO_NC4_DEFLATION_LEVEL=9 --
→PROJ_ELLIPSOID=Sphere
earth_relief_30m.grd: Remark: Obtained by Gaussian Cartesian filtering (55.6 km fullwidth) from SRTM15+V2.nc [Tozer et al., 2019; ↳
https://doi.org/10.1029/2019EA000658]
earth_relief_30m.grd: Gridline node registration used [Geographic grid]
earth_relief_30m.grd: Grid file format: ns = GMT netCDF format (16-bit integer), CF-1.7
earth_relief_30m.grd: x_min: -180 x_max: 180 x_inc: 0.5 (30 min) name: longitude n_columns: 721
earth_relief_30m.grd: y_min: -90 y_max: 90 y_inc: 0.5 (30 min) name: latitude n_rows: 361
earth_relief_30m.grd: z_min: -9458 z_max: 5888 name: elevation (m)
earth_relief_30m.grd: scale_factor: 1 add_offset: 0
earth_relief_30m.grd: format: netCDF-4 chunk_size: 145,181 shuffle: on deflation_level: 9
```

从输出中可以看到很多信息：

- 网格文件中的标题信息；
- 生成该网格文件的命令；
- 网格文件的配准方式，此处为 Gridline 配准；

- 数据格式为 **ns** 即 16 位整型；
- 数据中 X 维度的最小值 **x\_min**、最大值 **x\_max**、网格间隔 **x\_inc** 以及数据点数 **nx**；
- 数据中 Y 维度的最小值 **y\_min**、最大值 **y\_max**、网格间隔 **y\_inc** 以及数据点数 **ny**；
- 数据中 Z 值的最小值 **z\_min** 和最大值 **z\_max** 以及其他信息；

## 相关模块

[grd2cpt](#), [grd2xyz](#), [grdedit](#)

## 18.41 grdlandmask

官方文档

[grdlandmask](#)

简介

根据海岸线数据创建陆地-海洋的 mask 网格文件

**grdlandmask** 模块读取指定的海岸线数据，用于确定网格内的每个节点是位于陆地还是水域，并给不同类型的节点赋予不同的值，以生成掩膜文件。生成的掩膜文件可进一步用在 [grdmath](#) 中以掩盖掉位于陆地或水域中的数据点。

## 语法

```
gmt grdlandmask -Gmask_grd_file -Iincrement -Rregion [-Amin_area[/min_level/max_level][+a[g|i][s|S]][+l|r][+ppercent]] [-Dresolution[+f]] [-E[bordervalues]] [-Nmaskvalues] [-V[level]] [-rreg] [-x[-n]] [--PAR=value]
```

## 必选选项

**-Gmask\_grd\_file**

生成的掩膜网格文件的文件名

**-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- $xinc$  和  $yinc$  为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- **+n** 表明  $xinc$  和  $yinc$  不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若  $yinc$  设置为 0，则表示其与  $xinc$  相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]** (*more ...*)

指定数据范围

## 可选选项

**-Amin\_area[/min\_level/max\_level][+a[g|i][s|S]][+l|r][+ppercent]**

不绘制面积过小的区域(湖泊或岛屿), 或不绘制某个级别的湖泊边界。

在绘制湖泊时, 若不管湖泊的面积大小而把所有湖泊的边界都画上去, 可能导致图看上去比较乱, 该选项用于对湖泊进行筛选。面积小于 *min\_area* 平方千米或者湖泊级别不在 [*min\_level*,*max\_level*] 范围的边界都不会被绘制。默认值为 0/0/4, 即绘制所有湖泊边界, 即绘制 0 到 4 级所有级别的面积大于 0 的湖泊。

对于 level=2, 即湖岸线, 包括常规的湖以及很宽的河流。加上 +r 则只绘制河流, 加上 +l 则只绘制常规湖。

对于南极洲而言, 因为有冰层的存在, 所以海岸线有多种处理方式:

- +ai 用 ice shell boundary 作为南极洲的海岸线, 默认值
- +ag 以 ice grounding line 作为海岸线
- +as 忽略南纬 60 度以南的海岸线, 用户可以使用 [plot](#) 绘制自己的南极洲海岸线
- +aS 忽略南纬 60 度以北的海岸线

+ppercent: 一个多边形, 降低精度后, 边数减少, 面积变化, 当面积变化过大时再绘制这个多边形就不合适了, 该子选项用于去除那些面积与最高精度面积之比小于 *percent* 的多边形。

**-Dresolution[+f]**

选择海岸线数据精度。

GMT 自带的 GSHHG 海岸线数据有 5 个不同精度的版本, 从高到低依次为: full、high、intermediate、low 和 crude。GMT 默认使用低精度数据。该选项可以指定要使用的数据精度, 其中 f|h|i|l|c 分别代表 5 种不同的数据精度。也可以用 -Da 选项, 此时 GMT 会根据当前绘图区域的大小自动选择合适的数据精度 [默认使用 -Da]

默认情况下, 若找不到指定精度的海岸线数据, 程序会自动报错退出。该选项中加上 +f 则命令在找不到当前指定的精度数据时, 自动寻找更低精度的数据。选项海岸线数据的精度, 见 [coast](#) 中的介绍。

**-E[bordervalue]**

恰好落在海岸线多边形边界上的数据的处理方式。

默认情况下, 恰好位于海岸线多边形边界上的节点当作是在多边形的内部, 使用该选项则会将其认为是在多边形的外部。

此外, 还可以在 -E 选项后加上四个值 *cborder/lborder/iborder/pborder* 或一个值 *bordervalue* (表示四个值具有相同的值), 以启用线段追踪模式。在根据 -N 设置掩膜值之后, 会进一步修改所有线段穿过的网格单元的值。例如, 海岸线穿过的网格单元值将被修改为 *cborder*; 同理, 岛边界、湖内岛、湖内岛中的小湖边界穿过的网格单元值会被依次修改为 *lborder*、*iborder*、*pborder* 的值。

**-Nmaskvalues**

设置网格节点的值。可以是数字, 也可以是 NaN。该选项可以取两种格式:

- -Nwet/dry : 分别为水域和陆地设置不同的值
- -Nocean/land/lake/island/pond : 分别为海洋、陆地、湖泊、岛屿、池塘设置不同的值

默认值为 0/1/0/1/0 (即 0/1), 即将水域内的网格设置为 0, 将陆地内的网格设置为 1。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-x[[-]n] (more ...)**

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 注意事项

**grdlandmask** 生成的掩膜网格文件属于 **分类型**数据, 即所有数据只能取几个固定的值, 比如 **-NO/1** 会将水域内的网格值设置为 0, 将陆地内的网格值设置为 1。在这种情况下, 对这种数据用标准方法 (比如样条) 进行插值通常会得到无意义的结果, 使用时需要小心。

然而, 当你直接绘制该掩膜网格文件时, 网格数据会被重新投影使得在投影后的坐标下变成一个矩形。这个过程中涉及到了网格插值, 默认使用的插值算法是样条插值, 因而可能会在图中产生假象。因而建议在使用 **grdimage** 绘制此类数据时使用 **-nn** 选项即 nearest neighbor 插值算法以避免这一问题。

## earth\_mask 远程数据

用 **grdlandmask** 模块生成高分辨率、全精度的掩膜数据会非常耗时。GMT 官方提供了计算好的掩膜数据供用户直接使用。该数据分不同的分辨率, 从 15 秒到 1 度不等。详情见[earth\\_mask: 地球掩膜数据](#)。

## 示例

将所有陆地上的节点设置为 NaN, 水域上的节点设置为 1:

```
gmt grdlandmask -R-60/-40/-40/-30 -Dh -I5m -N1/NaN -Gland_mask.nc -V
```

生成全球 1x1 度的网格, 并将不同性质的区域设置成不同的值:

```
gmt grdlandmask -R0/360/-90/90 -D1 -I1 -N0/1/2/3/4 -Glevels.nc -V
```

## 相关模块

[grdmath](#), [grdclip](#), [mask](#), [clip](#), [coast](#)

## 18.42 grdmask

官方文档

[grdmask](#)

简介

根据多边形数据或点数据创建 mask 网格文件

### 必选选项

<pathfiles>

一个或多个 ASCII 数据文件, 其中包含了多边形或数据点

-G<mask\_grd\_file>

生成的 mask 网格文件的文件名

-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

### 可选选项

-A[m|p|x|y]

控制两点之间的连接方式, 见[plot](#) 命令中对 **-A** 选项的介绍

-N[z|Z|p|P]<values>

设置位于多边形外部、边界和内部的节点值, 默认值为 0/0/1, 即多边形内部节点值为 1, 其他节点值为 0。

<values> 的形式为 <out>/<edge>/<in>, 可以是任意数值, 也可以是 NaN。

- **-Nz** 将多边形内的节点设置为从多段数据的段头记录中获取的 Z 值, 比如多边形段头记录中的 **-Z<zval>**、**-L<header>** 或 **-aZ=<name>**
- **-NZ** 与 **-Nz** 类似, 只是其会将多边形的边界也当做是多边形的内部
- **-Np** 使用一个从 0 递增的数字作为多边形的 ID, 也可以在其后加上一个数字以指定序列的起始值
- **-NP** 与 **-Np** 类似, 只是其会将多边形的边界当做多边形的内部

需要注意, **-Nz|Z|p|P** 不能与 **-S** 连用。

**-S<search\_radius>[<unit>]**

对所有数据点设置一个搜索半径，设置圆内、圆边界、圆外部的节点值。

若 `<search_radius>` 为 `z`，则取输入数据的第三列作为半径。对于地理苏沪剧而言，可以在 `-Sz` 后加上距离单位。

若未使用 `-S` 选项，则认为输入数据是一个或多个闭合多边形。

## 注意事项

`grdlandmask` 生成的网格文件属于 **分类型** 数据，即所有数据只能取几个固定的值，比如 `-N0/1` 会将水域内的网格值设置为 0，将陆地内的网格值设置为 1。在这种情况下，对这种数据用标准方法（比如样条）进行插值通常会得到无意义的结果，使用时需要小心。

然而，当你使用该网格文件绘制地图时，网格数据会被重新投影使得在投影后的坐标下变成一个矩形。这个过程中涉及到了网格插值，默认使用的插值算法是样条插值，因而可能会在图中产生假象。因而建议在使用 `grdimage` 绘制此类数据时使用 `-nn` 选项即 nearest neighbor 插值算法以避免这一问题。

## 示例

多边形内和边界上的节点值为 0，外部值为 1：

```
gmt grdmask coastline_*.xy -R-60/-40/-40/-30 -I5m -N1/0/0 -Gland_mask.nc=nb -V
```

数据点周围 50 千米范围的节点值为 1，其余为 NaN：

```
gmt grdmask data.xyz -R-60/-40/-40/-30 -I5m -NNaN/1/1 -S50k -Gdata_mask.nc=nb -V
```

将多边形的 ID 作为多边形内部节点的值：

```
gmt grdmask plates.gmt -R-40/40/-40/40 -I2m -Nz -Gplate_IDs.nc=ns -aZ=POL_ID -V
```

将多边形的 ID 作为多边形内部节点的值，但多边形 ID 从 100 开始：

```
gmt grdmask plates.gmt -R-40/40/-40/40 -I2m -Np100 -Gplate_IDs.nc=ns -V
```

## 18.43 grdmath

贡献者

Caesar (自然资源部第一海洋研究所), 周茂

官方文档

[grdmath](#)

简介

网格数据的逆波兰表示法 (RPN) 计算

**grdmath** 使用逆波兰表示法对网格文件或常量进行逐元素运算，最终结果写入到新的网格文件。若不给定网格文件，则必须使用 `-R` 与 `-I` 选项生成网格文件。`= outgrid` 可在计算中多次使用以保存中间结果。复杂的或频繁使用的运算可赋值给变量或使用宏。

## 语法

```
gmt grdmath [ -Amin_area[/min_level/max_level][+a[g|i][s|S]][+l|r][+ppercent] ] [ -Dresolution[+f] ] [ -Iincrement ] [ -M ] [ -N ] [ -Rregion ] [ -S ] [ -V[level] ] [ -aflags ] [ -bbinary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ggaps ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -nflags ] [ -rreg ] [ -x[-]n ] [ --PAR=value ] operand [ operand ] OPERATOR [ operand ] OPERATOR ... = outgrid
```

## 必选选项

*operand*

如果 *operand* 是一个文件, GMT 将试着以网格文件的形式读取该文件。如果非文件, 将被解析为[其他符号](#) 或数字常量。

= *outgrid*

输出网格文件名

## 可选选项

-Amin\_area[/min\_level/max\_level][+a[g|i][s|S]][+l|r][+ppercent]

不绘制面积过小的区域 (湖泊或岛屿), 或不绘制某个级别的湖泊边界。

在绘制湖泊时, 若不管湖泊的面积大小而把所有湖泊的边界都画上去, 可能导致图看上去比较乱, 该选项用于对湖泊进行筛选。面积小于 *min\_area* 平方千米或者湖泊级别不在 [*min\_level*,*max\_level*] 范围的边界都不会被绘制。默认值为 0/0/4, 即绘制所有湖泊边界, 即绘制 0 到 4 级所有级别的面积大于 0 的湖泊。

对于 level=2, 即湖岸线, 包括常规的湖以及很宽的河流。加上 +r 则只绘制河流, 加上 +l 则只绘制常规湖。

对于南极洲而言, 因为有冰层的存在, 所以海岸线有多种处理方式:

- +ai 用 ice shell boundary 作为南极洲的海岸线, 默认值
- +ag 以 ice grounding line 作为海岸线
- +as 忽略南纬 60 度以南的海岸线, 用户可以使用 [plot](#) 绘制自己的南极洲海岸线
- +aS 忽略南纬 60 度以北的海岸线

+ppercent: 一个多边形, 降低精度后, 边数减少, 面积变化, 当面积变化过大时再绘制这个多边形就不合适了, 该子选项用于去除那些面积与最高精度面积之比小于 *percent* 的多边形。

**备注:** 该选项仅适用于 **LDISTG** 运算符

-Dresolution[+f]

设置 **LDISTG** 运算符使用的数据集的分辨率: (f)ull, (h)igh, (i)ntermediate, (l)ow 和 (c)rude。默认的 l 选项将数据集缩减为原本的 20%。如果请求的分辨率不存在, 使用 +f 选项会自动选择一个较低的分辨率。

**备注:** 该选项仅适用于 **LDISTG** 运算符。

**-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- $xinc$  和  $yinc$  为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明  $xinc$  和  $yinc$  不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若  $yinc$  设置为 0, 则表示其与  $xinc$  相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-M**

默认的导数计算单位为  $z\_units/x$ (或  $y$ ) $_units$ 。使用该选项, 可以将  $dx$  和  $dy$  的单位从度变为平地球近似下的米, 因此最终单位变为  $z\_units/meter$

**-N**

操作多个网格时, 关闭严格的范围匹配检查 [默认情况下, 要求每个网格的范围和第一个网格的范围不能超过阈值, 该阈值为第一个网格间隔的  $10^{-4}$ ]

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (more ...)**

指定数据范围

**-S**

将下一个运算应用到所有的网格中, 使最终结果为一个网格。必须在列出所有网格后才能使用该选项。

**注:** 仅能在改选项后使用 reduce 运算符, 包括 ADD, AND, MAD, LMSSCL, MAX, MEAN, MEDIAN, MIN, MODE, MUL, RMS, STD, SUB, VAR 或 XOR

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-acol=name[,...] (more ...)**

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

**-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

**-dinodata (more ...)**

将输入数据中值为  $nodata$  的列替换为 NaN

**-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f[i|o]colinfo (more ...)**

指定输入或输出列的数据类型

**-g[a|x|y|d|X|Y|D|[col]zgap[+n|p] (more ...)**

确定数据或线段的间断

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-ocols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-n[b|c|l|n][+a][+bBC][+c][+tthreshold] (more ...)**

设置网格文件的插值方式

**-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-x[[-]n] (more ...)**

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 运算符

**Operator** 为运算符名称; **args** 分别表示输入参数和输出参数个数; **Returns** 中的 A B C ⋯ 等字符表示输入参数。

Operator	Args	Returns
<b>ABS</b>	1 1	abs (A)
<b>ACOS</b>	1 1	acos (A)
<b>ACOSD</b>	1 1	acosd (A)
<b>ACOSH</b>	1 1	acosh (A)
<b>ACOT</b>	1 1	acot (A)
<b>ACOTD</b>	1 1	acotd (A)
<b>ACSC</b>	1 1	acsc (A)
<b>ACSCD</b>	1 1	acsed (A)
<b>ADD</b>	2 1	A + B
<b>AND</b>	2 1	B if A == NaN, else A
<b>ARC</b>	2 1	Return arc(A,B) on [0 pi]
<b>AREA</b>	0 1	Area of each gridnode cell (in km <sup>2</sup> if geographic)
<b>ASEC</b>	1 1	asec (A)
<b>ASECD</b>	1 1	asecd (A)
<b>ASIN</b>	1 1	asin (A)
<b>ASIND</b>	1 1	asind (A)
<b>ASINH</b>	1 1	asinh (A)

表 3 – 续上页

<b>ATAN</b>	1 1	atan (A)
<b>ATAND</b>	1 1	atand (A)
<b>ATAN2</b>	2 1	atan2 (A, B)
<b>ATAN2D</b>	2 1	atan2d (A, B)
<b>ATANH</b>	1 1	atanh (A)
<b>BCDF</b>	3 1	Binomial cumulative distribution function for p = A, n = B, and x = C
<b>BPDF</b>	3 1	Binomial probability density function for p = A, n = B, and x = C
<b>BEI</b>	1 1	Kelvin function bei (A)
<b>BER</b>	1 1	Kelvin function ber (A)
<b>BITAND</b>	2 1	A & B (bitwise AND operator)
<b>BITLEFT</b>	2 1	A « B (bitwise left-shift operator)
<b>BITNOT</b>	1 1	~A (bitwise NOT operator, i.e., return two's complement)
<b>BITOR</b>	2 1	A   B (bitwise OR operator)
<b>BITRIGHT</b>	2 1	A » B (bitwise right-shift operator)
<b>BITTEST</b>	2 1	1 if bit B of A is set, else 0 (bitwise TEST operator)
<b>BITXOR</b>	2 1	A ^ B (bitwise XOR operator)
<b>BLEND</b>	3 1	Blend A and B using weights in C (0-1 range) as A*C + B*(1-C)
<b>CAZ</b>	2 1	Cartesian azimuth from grid nodes to stack x,y (i.e., A, B)
<b>CBAZ</b>	2 1	Cartesian back-azimuth from grid nodes to stack x,y (i.e., A, B)
<b>CDIST</b>	2 1	Cartesian distance between grid nodes and stack x,y (i.e., A, B)
<b>CDIST2</b>	2 1	As CDIST but only to nodes that are != 0
<b>CEIL</b>	1 1	ceil (A) (smallest integer >= A)
<b>CHICRIT</b>	2 1	Chi-squared critical value for alpha = A and nu = B
<b>CHICDF</b>	2 1	Chi-squared cumulative distribution function for chi2 = A and nu = B
<b>CHIPDF</b>	2 1	Chi-squared probability density function for chi2 = A and nu = B
<b>COMB</b>	2 1	Combinations n_C_r, with n = A and r = B
<b>CORRCOEFF</b>	2 1	Correlation coefficient r(A, B)
<b>COS</b>	1 1	cos (A) (A in radians)
<b>COSD</b>	1 1	cos (A) (A in degrees)
<b>COSH</b>	1 1	cosh (A)
<b>COT</b>	1 1	cot (A) (A in radians)
<b>COTD</b>	1 1	cot (A) (A in degrees)
<b>CSC</b>	1 1	csc (A) (A in radians)
<b>CSCD</b>	1 1	csc (A) (A in degrees)
<b>CUMSUM</b>	2 1	Cumulative sum of each row (B=±1 3) or column (B=±2 4) in A. Sign of B gives direction of sum.
<b>CURV</b>	1 1	Curvature of A (Laplacian)
<b>D2DX2</b>	1 1	$d^2(A)/dx^2$ 2nd derivative
<b>D2DY2</b>	1 1	$d^2(A)/dy^2$ 2nd derivative
<b>D2DXY</b>	1 1	$d^2(A)/dxdy$ 2nd derivative
<b>D2R</b>	1 1	Converts Degrees to Radians
<b>DDX</b>	1 1	$d(A)/dx$ Central 1st derivative
<b>DAYNIGHT</b>	3 1	1 where sun at (A, B) shines and 0 elsewhere, with C transition width

表 3 – 续上页

<b>DDY</b>	1 1	$d(A)/dy$ Central 1st derivative
<b>DEG2KM</b>	1 1	Converts spherical degrees to kilometers
<b>DENAN</b>	2 1	Replace NaNs in A with values from B
<b>DILOG</b>	1 1	$\text{dilog}(A)$
<b>DIV</b>	2 1	$A / B$
<b>DOT</b>	2 1	2-D (Cartesian) or 3-D (geographic) dot products between nodes and stack (A, B) unit vector(s)
<b>DUP</b>	1 2	Places duplicate of A on the stack
<b>ECDF</b>	2 1	Exponential cumulative distribution function for $x = A$ and $\lambda = B$
<b>ECRIT</b>	2 1	Exponential distribution critical value for $\alpha = A$ and $\lambda = B$
<b>EPDF</b>	2 1	Exponential probability density function for $x = A$ and $\lambda = B$
<b>ERF</b>	1 1	Error function $\text{erf}(A)$
<b>ERFC</b>	1 1	Complementary Error function $\text{erfc}(A)$
<b>EQ</b>	2 1	1 if $A == B$ , else 0
<b>ERFINV</b>	1 1	Inverse error function of A
<b>EXCH</b>	2 2	Exchanges A and B on the stack
<b>EXP</b>	1 1	$\exp(A)$
<b>FACT</b>	1 1	$A!$ (A factorial)
<b>EXTREMA</b>	1 1	Local Extrema: +2/-2 is max/min, +1/-1 is saddle with max/min in x, 0 elsewhere
<b>FCDF</b>	3 1	F cumulative distribution function for $F = A$ , $\nu_1 = B$ , and $\nu_2 = C$
<b>FCRIT</b>	3 1	F distribution critical value for $\alpha = A$ , $\nu_1 = B$ , and $\nu_2 = C$
<b>FISHER</b>	3 1	Fisher probability density function at nodes for center lon = A, lat = B, with kappa = C
<b>FLIPLR</b>	1 1	Reverse order of values in each row
<b>FLIPUD</b>	1 1	Reverse order of values in each column
<b>FLOOR</b>	1 1	$\text{floor}(A)$ (greatest integer $\leq A$ )
<b>FMOD</b>	2 1	$A \% B$ (remainder after truncated division)
<b>FPDF</b>	3 1	F probability density function for $F = A$ , $\nu_1 = B$ , and $\nu_2 = C$
<b>GE</b>	2 1	1 if $A \geq B$ , else 0
<b>GT</b>	2 1	1 if $A > B$ , else 0
<b>HSV2RGB</b>	3 3	Convert h,s,v triplets to r,g,b triplets, with $h = A$ (0-360), $s = B$ and $v = C$ (both in 0-1)
<b>HSV2RGB</b>	3 3	Convert h,s,v triplets to r,g,b triplets, with $h = A$ (0-360), $s = B$ and $v = C$ (0-1)
<b>HSV2XYZ</b>	3 3	Convert h,s,v triplets to x,t,z triplets, with $h = A$ (0-360), $s = B$ and $v = C$ (0-1)
<b>HYPOT</b>	2 1	$\text{hypot}(A, B) = \sqrt{A^2 + B^2}$
<b>I0</b>	1 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order 0)
<b>I1</b>	1 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order 1)
<b>IFELSE</b>	3 1	B if $A \neq 0$ , else C
<b>IN</b>	2 1	Modified Bessel function of A (1st kind, order B)
<b>INRANGE</b>	3 1	1 if $B \leq A \leq C$ , else 0
<b>INSIDE</b>	1 1	1 when inside or on polygon(s) in A, else 0
<b>INV</b>	1 1	$1 / A$
<b>ISFINITE</b>	1 1	1 if A is finite, else 0
<b>ISNAN</b>	1 1	1 if $A == \text{NaN}$ , else 0
<b>J0</b>	1 1	Bessel function of A (1st kind, order 0)

表 3 – 续上页

<b>J1</b>	1 1	Bessel function of A (1st kind, order 1)
<b>JN</b>	2 1	Bessel function of A (1st kind, order B)
<b>K0</b>	1 1	Modified Kelvin function of A (2nd kind, order 0)
<b>K1</b>	1 1	Modified Bessel function of A (2nd kind, order 1)
<b>KEI</b>	1 1	Kelvin function kei (A)
<b>KER</b>	1 1	Kelvin function ker (A)
<b>KM2DEG</b>	1 1	Converts kilometers to spherical degrees
<b>KN</b>	2 1	Modified Bessel function of A (2nd kind, order B)
<b>KURT</b>	1 1	Kurtosis of A
<b>LAB2HSV</b>	3 3	Convert l,a,b triplets to h,s,v triplets
<b>LAB2RGB</b>	3 3	Convert l,a,b triplets to r,g,b triplets
<b>LAB2XYZ</b>	3 3	Convert l,a,b triplets to x,y,z triplets
<b>LCDF</b>	1 1	Laplace cumulative distribution function for z = A
<b>LCRIT</b>	1 1	Laplace distribution critical value for alpha = A
<b>LDIST</b>	1 1	Compute minimum distance (in km if -fg) from lines in multi-segment ASCII file A
<b>L DIST2</b>	2 1	As LDIST, from lines in ASCII file B but only to nodes where A != 0
<b>L DISTG</b>	0 1	As LDIST, but operates on the GSHHG dataset (see -A, -D for options).
<b>LE</b>	2 1	1 if A <= B, else 0
<b>LOG</b>	1 1	log (A) (natural log)
<b>LOG10</b>	1 1	log10 (A) (base 10)
<b>LOG1P</b>	1 1	log (1+A) (accurate for small A)
<b>LOG2</b>	1 1	log2 (A) (base 2)
<b>LMSSCL</b>	1 1	LMS (Least Median of Squares) scale estimate (LMS STD) of A
<b>LMSSCLW</b>	2 1	Weighted LMS (Least Median of Squares) scale estimate (LMS STD) of A for weights in B
<b>LOWER</b>	1 1	The lowest (minimum) value of A
<b>LPDF</b>	1 1	Laplace probability density function for z = A
<b>LRAND</b>	2 1	Laplace random noise with mean A and std. deviation B
<b>LT</b>	2 1	1 if A < B, else 0
<b>MAD</b>	1 1	Median Absolute Deviation (L1 STD) of A
<b>MAX</b>	2 1	Maximum of A and B
<b>MEAN</b>	1 1	Mean value of A
<b>MEANW</b>	2 1	Weighted mean value of A for weights in B
<b>MEDIAN</b>	1 1	Median value of A
<b>MEDIANW</b>	2 1	Weighted median value of A for weights in B
<b>MIN</b>	2 1	Minimum of A and B
<b>MOD</b>	2 1	A mod B (remainder after floored division)
<b>MODE</b>	1 1	Mode value (Least Median of Squares) of A
<b>MODEW</b>	2 1	Weighted mode value (Least Median of Squares) of A for weights in B
<b>MUL</b>	2 1	A * B
<b>NAN</b>	2 1	NaN if A == B, else A
<b>NEG</b>	1 1	-A
<b>NEQ</b>	2 1	1 if A != B, else 0

表 3 – 续上页

<b>NORM</b>	1 1	Normalize (A) so max(A)-min(A) = 1
<b>NOT</b>	1 1	NaN if A == NaN, 1 if A == 0, else 0
<b>NRAND</b>	2 1	Normal, random values with mean A and std. deviation B
<b>OR</b>	2 1	NaN if B == NaN, else A
<b>PCDF</b>	2 1	Poisson cumulative distribution function for x = A and lambda = B
<b>PDIST</b>	1 1	Compute minimum distance (in km if -fg) from points in ASCII file A
<b>PDIST2</b>	2 1	As PDIST, from points in ASCII file B but only to nodes where A != 0
<b>PERM</b>	2 1	Permutations n_P_r, with n = A and r = B
<b>PLM</b>	3 1	Associated Legendre polynomial P(A) degree B order C
<b>PLMg</b>	3 1	Normalized associated Legendre polynomial P(A) degree B order C (geophysical convention)
<b>POINT</b>	1 2	Compute mean x and y from ASCII file A and place them on the stack
<b>POP</b>	1 0	Delete top element from the stack
<b>POW</b>	2 1	A ^ B
<b>PPDF</b>	2 1	Poisson distribution P(x,lambda), with x = A and lambda = B
<b>PQUANT</b>	2 1	The B' th Quantile (0-100%) of A
<b>PQUANTW</b>	3 1	The C' th weighted quantile (0-100%) of A for weights in B
<b>PSI</b>	1 1	Psi (or Digamma) of A
<b>PV</b>	3 1	Legendre function Pv(A) of degree v = real(B) + imag(C)
<b>QV</b>	3 1	Legendre function Qv(A) of degree v = real(B) + imag(C)
<b>R2</b>	2 1	R2 = A^2 + B^2
<b>R2D</b>	1 1	Convert Radians to Degrees
<b>RAND</b>	2 1	Uniform random values between A and B
<b>RCDF</b>	1 1	Rayleigh cumulative distribution function for z = A
<b>RCRIT</b>	1 1	Rayleigh distribution critical value for alpha = A
<b>RGB2HSV</b>	3 3	Convert r,g,b triplets to h,s,v triplets, with r = A, g = B, and b = C (all in 0-255 range)
<b>RGB2LAB</b>	3 3	Convert r,g,b triplets to l,a,b triplets, with r = A, g = B, and b = C (in 0-255 range)
<b>RGB2XYZ</b>	3 3	Convert r,g,b triplets to x,y,z triplets, with r = A, g = B, and b = C (in 0-255 range)
<b>RINT</b>	1 1	rint (A) (round to integral value nearest to A)
<b>RMS</b>	1 1	Root-mean-square of A
<b>RMSW</b>	1 1	Root-mean-square of A for weights in B
<b>RPDF</b>	1 1	Rayleigh probability density function for z = A
<b>ROLL</b>	2 0	Cyclicly shifts the top A stack items by an amount B
<b>ROTX</b>	2 1	Rotate A by the (constant) shift B in x-direction
<b>ROTY</b>	2 1	Rotate A by the (constant) shift B in y-direction
<b>SDIST</b>	2 1	Spherical (Great circle geodesic) distance (in km) between nodes and stack (A, B)
<b>SDIST2</b>	2 1	As SDIST but only to nodes that are != 0
<b>SAZ</b>	2 1	Spherical azimuth from grid nodes to stack lon, lat (i.e., A, B)
<b>SBAZ</b>	2 1	Spherical back-azimuth from grid nodes to stack lon, lat (i.e., A, B)
<b>SEC</b>	1 1	sec (A) (A in radians)
<b>SECD</b>	1 1	sec (A) (A in degrees)
<b>SIGN</b>	1 1	sign (+1 or -1) of A
<b>SIN</b>	1 1	sin (A) (A in radians)

表 3 – 续上页

SINC	1 1	sinc (A) ( $\sin(\pi^* A) / (\pi^* A)$ )
SIND	1 1	sin (A) (A in degrees)
SINH	1 1	sinh (A)
SKEW	1 1	Skewness of A
SQR	1 1	$A^{\wedge}2$
SQRT	1 1	sqrt (A)
STD	1 1	Standard deviation of A
STDW	2 1	Weighted standard deviation of A for weights in B
STEP	1 1	Heaviside step function: H(A)
STEPX	1 1	Heaviside step function in x: H(x-A)
STEPY	1 1	Heaviside step function in y: H(y-A)
SUB	2 1	A - B
SUM	1 1	Sum of all values in A
TAN	1 1	tan (A) (A in radians)
TAND	1 1	tan (A) (A in degrees)
TANH	1 1	tanh (A)
TAPER	2 1	Unit weights cosine-tapered to zero within A and B of x and y grid margins
TCDF	2 1	Student's t cumulative distribution function for t = A, and nu = B
TCRIT	2 1	Student's t distribution critical value for alpha = A and nu = B
TN	2 1	Chebyshev polynomial $T_n(-1 < t < +1, n)$ , with t = A, and n = B
TPDF	2 1	Student's t probability density function for t = A, and nu = B
TRIM	3 1	Alpha-trim C to NaN if values fall in tails A and B (in percentage)
UPPER	1 1	The highest (maximum) value of A
VAR	1 1	Variance of A
VARW	2 1	Weighted variance of A for weights in B
VPDF	3 1	Von Mises density distribution P(x,mu,kappa), with x = A, mu = B, and kappa = C
WCDF	3 1	Weibull cumulative distribution function for x = A, scale = B, and shape = C
WCRIT	3 1	Weibull distribution critical value for alpha = A, scale = B, and shape = C
WPDF	3 1	Weibull density distribution P(x,scale,shape), with x = A, scale = B, and shape = C
WRAP	1 1	wrap A in radians onto [-pi,pi]
XOR	2 1	0 if A == NaN and B == NaN, NaN if B == NaN, else A
XYZ2HSV	3 3	Convert x,y,z triplets to h,s,v triplets
XYZ2LAB	3 3	Convert x,y,z triplets to l,a,b triplets
XYZ2RGB	3 3	Convert x,y,z triplets to r,g,b triplets
Y0	1 1	Bessel function of A (2nd kind, order 0)
Y1	1 1	Bessel function of A (2nd kind, order 1)
YLM	2 2	Re and Im orthonormalized spherical harmonics degree A order B
YLMg	2 2	Cos and Sin normalized spherical harmonics degree A order B (geophysical convention)
YN	2 1	Bessel function of A (2nd kind, order B)
ZCDF	1 1	Normal cumulative distribution function for z = A
ZPDF	1 1	Normal probability density function for z = A
ZCRIT	1 1	Normal distribution critical value for alpha = A

## 其他符号

以下符号都具有特殊意义：

<b>PI</b>	3.1415926…
<b>E</b>	2.7182818…
<b>EULER</b>	0.5772156…
<b>PHI</b>	1.6180339… (golden ratio)
<b>EPS_F</b>	1.192092896e-07 (single precision epsilon)
<b>XMIN</b>	Minimum x value
<b>XMAX</b>	Maximum x value
<b>XRANGE</b>	Range of x values
<b>XINC</b>	x increment
<b>NX</b>	The number of x nodes
<b>YMIN</b>	Minimum y value
<b>YMAX</b>	Maximum y value
<b>YRANGE</b>	Range of y values
<b>YINC</b>	y increment
<b>NY</b>	The number of y nodes
<b>X</b>	Grid with x-coordinates
<b>Y</b>	Grid with y-coordinates
<b>XNORM</b>	Grid with normalized [-1 to +1] x-coordinates
<b>YNORM</b>	Grid with normalized [-1 to +1] y-coordinates
<b>XCOL</b>	Grid with column numbers 0, 1, …, NX-1
<b>YROW</b>	Grid with row numbers 0, 1, …, NY-1
<b>NODE</b>	Grid with node numbers 0, 1, …, (NX*NY)-1
<b>NODEP</b>	Grid with node numbers in presence of pad

上述符号均可以作为变量使用，当其为多个数时，逐元素操作。

## 运算符注意事项

- 对于笛卡尔坐标，运算符 **MEAN**, **MEDIAN**, **MODE**, **L MSSCL**, **MAD**, **PQUANT**, **RMS**, **STD** 和 **VAR** 将返回基于给定网格的值。对于地理坐标，GMT 将施行球面加权运算，其中每个节点的值都由该点代表的地理区域加权得到。
- SDIST** 计算堆栈上的点 (lon,lat) 与所有网格点的球面距离，单位为 km。网格范围和点的坐标单位均为度。类似地，**SAZ** 和 **SBAZ** 分别用来球面方位角以及球面反方位角，单位也为度。如果设置了 **-fg** 或隐含该选项，**LDIST** 和 **PDIST** 以 km 为单位计算球面距离，否则返回笛卡尔距离。注：如果 **PROJ\_ELLIPSOID** 为椭球，则计算结果为大地线（测地线）的长度。这可能导致计算比较慢，但可以通过 **PROJ\_GEOIDESIC** 中设置使用其他算法以平衡精度和效率。

**LDISTG** 和 **LDIST** 作用类似，但是 **LDISTG** 使用 GSHHG 数据运算。其中 GSHHG 数据来自 **-D** 和 **-A** 选项。

- POINT** 读取一个 ASCII 文件，计算 x 和 y 的平均值并放在堆栈中。如果输入数据为地理坐标，使用平均 3D 向量来确定平均位置。

4. **PLM** 和 **PLMg** 运算符用来计算 L 阶 M 次的缔合勒让德函数; M 参数的范围应该满足  $0 \leq M \leq L$ , 参数为纬度的正弦值。**PLM** 运算符没有经过标准化, 并且乘以  $\text{phase}(-1)^M$ 。**PLMg** 使用大地测量/地球物理常见的标准化。使用 **-M** 参数可以附加球谐系数 C 和 S。**PLM** 在较高的阶次就会出现溢出, 具体和纬度相关, **PLMg** 则可以保证在 3000 阶以下都不会溢
5. **YLM** 和 **YLGM** 用于计算网格所有位置的 L 阶 M 次标准化后的球谐函数,  $0 \leq M \leq L$ 。结果返回两个网格, 一个为球谐函数的实部网格, 一个为虚部网格。使用 **POP** 可保存其中的任意一个, 也可以使用两个连续的 = *file.nc* 同时保存。

正交归一化的复数谐函数主要用于物理学和地震学, **YLM** 的平方在球面上的积分为 1。在大地测量学中, **YLMG** 积分后的结果为  $4\pi$ 。相位  $(-1)^M$  不包含在 **YLM** 和 **YLMg** 中。

6. 所有导数都基于 central finite differences 和 natural boundary conditions, 并且为笛卡尔坐标下的导数
7. 不同参数文件名相同时, 应给定相对路径或绝对路径以区分不同文件
8. 不允许使用管道
9. 该模块计算过程保存在堆栈中, 栈中保存结果最大为 100, 即不能叠加太多的操作以防溢出
10. 所有需要半径的运算符为保证其为正值, 均自动取了绝对值后计算
11. 当使用 OpenMP 后, 某些运算符将使用该能力。目前包括 **LDIST**, **LDIST2**, **PDIST**, **PDIST2**, **SAZ**, **SBAZ**, **SDIST**, **YLM**, 和 **grd\_YLMg**
12. **DEG2KM** 和 **KM2DEG** 只有当设置 **PROJ\_ELLIPSOID** 为球形时才准确
13. **DOT** 在点积计算之前对二维向量进行归一化, 对于三维向量, 则不需要。
14. 颜色转换函数, 例如 **RGB2HSV** 等, 不仅包括 rgb 到 hsv 等三元数的转换, 还包括 lab 到 sRGB 等四元数的转换
15. **DAYNIGHT** 返回一个网格, 在给定太阳位置为 (A,B) 时, 面向太阳的网格点为 1, 其他为 0, 如果过渡宽度 C 为 0, 则结果为 0 和 1 两种, 如果 C 不为 0, 则使用 atan 函数近似求解, 因此值不为 0 或 1。
16. **VPDF** 运算符的输入数据单位为角
17. **CUMSUM** 运算符通常在行或者列结束时重置累计的值, 使用  $\pm 3$  或  $\pm 4$  可以使累积的值在下一行或者列继续
18. 位运算符 **BITAND**, **BITLEFT**, **BITNOT**, **BITOR**, **BITRIGHT**, **BITTEST** 和 **BITXOR** 会将网格数据中的单精度数转换为无符号的 32 位整数, 然后按位运算。因此, 可储存在双精度数中的最大整数为  $2^{24}$ , 更大的数都会被截断。如果被比较的数中包括 NaN, 则最终结果也为 NaN

## 储存、调用和清除

用户可以将中间计算结果储存到一个变量中, 并在后续计算中调用该变量。这在需要对某部分进行多次重复计算时可以提高效率和可读性。保存结果需要使用特殊的运算符 **STO@label**, 其中 *label* 是变量的名称。调用该变量时, 使用 **[RCL]@label**, **RCL** 是可选的。使用后要清除该变量, 可以使用 **CLR@label**, **STO** 和 **CLR** 均不影响计算中的堆栈。

## GSHHG 信息

GSHHG (The Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database) 最初为 GSHHS, 是一个海岸线数据库, 主要有三个来源: World Vector Shorelines (WVS, 不包括南极洲), CIA World Data Bank II (WDBII), 和 Atlas of the Cryosphere (AC, 只包含南极洲)。除了南极洲, 所有的 1 级多边形 (海陆边界) 都来自更准确的 WVS, 所有的更高级别的多边形 (2-4 级, 湖泊边界、湖中岛边界和湖中岛中湖边界) 来自 WDBII。南极洲的海岸线有两种: 冰盖的边界和陆地的边界, 可以使用 -A 选项选择。为了将 WVS、WDBII 和 AC 数据转换为 GMT 可用的格式, GMT 已经进行了多种处理, 包括: 由线段组建多边形, 去重, 以及校正多边形之间的交叉等。每个多边形的面积已经被计算出来, 因此, 用户可以自己选择不绘制小于最小面积的多边形, 还可以限制绘制的多边形的级别, 见 -A 选项。绘制海岸线时, 还可以使用不同的精细程度, 其中低分辨率的海岸线是由 Douglas-Peucker 算法简化得到的。河流和边界的分类遵循 WDBII。详细细节见 [GSHHG](#)。

## 点位于多边形内/外

为了确定点在多边形内, 外或在边界上, GMT 会平衡数据类型以及多边形形状等因素来确定算法。对于笛卡尔坐标, GMT 使用 non-zero winding 算法, 该算法非常快。对于地理坐标, 如果多边形不包括两极点且多边形的经度范围不超过 360 度, 同样使用该算法。否则, GMT 会采用 full spherical ray-shooting 方法。

## 宏

用户可以将特定的运算符组合保存为宏文件 `gmtmath.macros`。文件中可以包含任意数量的宏, # 开头的行为注释。宏的格式为

```
name = arg1 arg2 ... arg2[ : comment]
```

其中, *name* 是宏名, 当此运算符出现在命令中时, 则将其简单替换为参数列表。宏不可以互相调用。下面给出一个宏例子: INCIRCLE 宏需要三个参数: 半径, x0 和 y0, 并将在圆内的点设置为 1, 外部设置为 0

```
INCIRCLE = CDIST EXCH DIV 1 LE : usage: r x y INCIRCLE to return 1 inside circl
```

由于在宏中可能使用地理或时间常数, 因此可使用: 后加一个空格的形式作为注释的开端。

## 示例

计算网格点到北极的距离

```
gmt grdmath -Rg -I1 0 90 SDIST = dist_to_NP.nc
```

求两个文件的均值以及结果的 log10 函数值

```
gmt grdmath file1.nc file2.nc ADD 0.5 MUL LOG10 = file3.nc
```

给定含有海底地形年代 (单位 m.y.) 和深度 (单位 m) 网格文件 `agrs.nc`, 使用公式  $\text{depth}(\text{单位为 m}) = 2500 + 350 * \sqrt{\text{age}}$  估计正常深度

```
gmt grdmath ages.nc SQRT 350 MUL 2500 ADD = depths.nc
```

从 `s_xx.nc`, `s_yy.nc` 和 `s_xy.nc` 三个文件包含的应力张量中, 根据  $\tan(2\alpha) = 2 * s_{xy} / (s_{xx} - s_{yy})$  求出最大主应力的角度, 单位为度

```
gmt grdmath 2 s_xy.nc MUL s_xx.nc s_yy.nc SUB DIV ATAN 2 DIV = direction.nc
```

计算 1 度分辨率的网格上完全正则化的 8 阶 4 次球谐函数, 实数和虚数的振幅分别为 0.4 和 1.1

```
gmt grdmath -R0/360/-90/90 -I1 8 4 YLM 1.1 MUL EXCH 0.4 MUL ADD = harm.nc
```

提取文件:file:faa.nc 中超过 100 mgal 的局部最大值的位置

```
gmt grdmath faa.nc DUP EXTREMA 2 EQ MUL DUP 100 GT MUL 0 NAN = z.nc
gmt grd2xyz z.nc -s > max.xyz
```

变量的使用: consider this radial wave where we store and recall the normalized radial arguments in radians

```
gmt grdmath -R0/10/0/10 -I0.25 5 5 CDIST 2 MUL PI MUL 5 DIV STO@r COS @r SIN MUL = wave.nc
```

创建一个保存 32 位浮点型 GeoTiff 文件

```
gmt grdmath -Rd -I10 X Y MUL = lixo.tif=gd:GTiff
```

计算地理网格 data.grd 中网格点到 trace.txt 的距离, 单位为 km

```
gmt grdmath -Rdata.grd trace.txt LDIST = dist_from_line.grd
```

**-S** 选项的使用: 计算所有以 model\_\*.grd 为名的网格对应节点的标准差

```
gmt grdmath model_*.grd -S STD = std_of_models.grd
```

创建 0.5 度分辨率的 geotiff 网格文件, 网格值为离海岸线的距离, 单位为 km

```
gmt grdmath -RNO,IS -Dc -I.5 LDISTG = distance.tif=gd:GTIFF
```

## 参考文献

Abramowitz, M., and I. A. Stegun, 1964, *Handbook of Mathematical Functions*, Applied Mathematics Series, vol. 55, Dover, New York.

Holmes, S. A., and W. E. Featherstone, 2002, A unified approach to the Clenshaw summation and the recursive computation of very high degree and order normalized associated Legendre functions. *Journal of Geodesy*, 76, 279-299.

Press, W. H., S. A. Teukolsky, W. T. Vetterling, and B. P. Flannery, 1992, *Numerical Recipes*, 2nd edition, Cambridge Univ., New York.

Spanier, J., and K. B. Oldman, 1987, *An Atlas of Functions*, Hemisphere Publishing Corp.

## 相关模块

[gmtmath](#), [grd2xyz](#), [grdedit](#), [grdinfo](#), [xyz2grd](#)

## 18.44 grdpaste

官方文档

[grdpaste](#)

简介

将两个网格文件沿着其共同边界拼接成一个文件

**grdpaste** 用于将两个网格文件沿着共同的边界拼接为一个网格文件。要合并的两个网格文件必须拥有相同的网格间隔以及一条共同的边。可以使用 [grdinfo](#) 查看两个网格文件是否满足条件。若不满足，则需要使用 [grdcut](#) 或 [grdsample](#) 命令对网格数据做处理再拼接。对于地理网格数据而言，可能需要使用 **-f** 选项以正确处理经度的周期性。

### 语法

**gmt grdpaste** *file\_a.nc* *file\_b.nc* **-G** *outfile.nc* [ **-V**[*level*] ] [ **-f***flags* ] [ **--PAR**=*value* ]

### 必选选项

*file\_a.nc* *file\_b.nc*

要进行拼接的两个网格文件名

**-G** *outfile.nc*

拼接后生成的网格文件名

### 可选选项

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-f**[**i**|**o**]*colinfo* (*more* ...)

指定输入或输出列的数据类型

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

假如 file\_a.nc 的范围为 150E-180E 和 0-30N, file\_b.nc 的范围为 150E-180E 和-30S-0, 则使用如下命令拼接得到的 outfile.nc 的范围为 150E-180E 和 -30S 到 30N:

```
gmt grdpaste file_a.nc file_b.nc -Goutfile.nc
```

## 相关模块

[grdblend](#), [grdclip](#), [grdcut](#), [grdinfo](#), [grdsample](#)

## 18.45 grdproject

官方文档

[grdproject](#)

简介

对网格数据做地图变换和逆变换

该命令可以将地理坐标下的网格数据投影到一个矩形网格中, 也可以将一个矩形坐标系下的网格数据反投影到地理坐标下。

### 必选选项

`<in_grdfile>`

要进行变换的 2D 网格数据

`-G<out_grdfile>`

输出的网格文件名

### 可选选项

`-C[<dx>/<dy>]`

默认投影后的坐标是相对于区域的左下角, 该选项使得投影后的坐标相对于投影的中心。`<dx>/<dy>` 是要加到投影后坐标的偏移量。

`-D<xinc>[<unit>] [+e|n] [/<yinc>[<unit>] [+e|n]]`

指定新网格的网格间隔。

`-E<dpi>`

设置新网格的分辨率, 即每英寸的点数。

`-F[c|i|p|e|f|k|M|n|u]`

强制 1:1 比例, 即输出数据的单位是真实的投影长度, 默认单位为 m。也可以指定为其他单位。

`-I`

逆变换, 将矩形区域变换成地理区域。

`-Mc|i|p`

指定投影后的测量单位, 默认值由参数 `PROJ_LENGTH_UNIT` 决定。

## 示例

将地理网格数据转换成 Mercator 网格, 分辨率为 300dpi:

```
gmt grdproject dbdb5.nc -R20/50/12/25 -Jm0.25i -E300 -r -Gdbdb5_merc.nc
```

将网格数据逆变换为地理网格:

```
gmt grdproject topo_tm.nc -R-80/-70/20/40 -Jt-75/1:500000 -I -D5m -V -Gtopo.nc
```

将 UTM (以米为单位) 下的网格数据逆变换为地理网格:

```
gmt grdproject topo_utm.nc -R203/205/60/65 -Ju5/1:1 -I -Mm -Gtopo.nc -V
```

## 18.46 grdsample

官方文档

[grdsample](#)

简介

对网格文件做重采样

**grdsample** 模块读取一个网格文件, 并对其做插值以生成一个新的网格文件。新旧网格文件可能的区别在于:

- 不同的配准方式 (-r 或 -T)
- 不同的网格间隔或网格节点数 (-I)
- 不同的网格范围 (-R)

网格文件插值方式有多种, 默认使用 bicubic 插值, 可以使用 -n 选项设置其它插值方式。该模块可以安全地将粗网格插值为细网格; 反之, 将细网格插值为粗网格时, 则可能存在混叠效应, 因而需要在插值前使用 [grdfilt](#) 或 [grdfilter](#) 对网格文件做滤波。

若省略 -R 选项, 则输出网格与输入网格的区域范围相同; 若省略 -I 选项, 则输出网格间距与输入网格间距相同。-r 和 -T 均可用于修改网格配准方式。若省略这两个选项, 则输出网格的配准方式与输入网格相同。

## 语法

```
gmt grdsample in_grdfile -Gout_grdfile [ -Iincrement ] [ -Rregion ] [ -T ] [ -V[level] ] [ -fflags ] [ -nflags ] [ -rreg ] [ -x[-]n ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*in\_grdfile*

要重采样的 2D 网格文件

**-G***out\_grdfile*

输出的网格文件名

## 可选选项

**-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- $xinc$  和  $yinc$  为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明  $xinc$  和  $yinc$  不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若  $yinc$  设置为 0, 则表示其与  $xinc$  相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (more ...)**

指定数据范围

若只使用 **-R** 选项, 则等效于使用 [grdcut](#) 或 [grdedit -S](#)。

**-T**

交换网格文件的配准方式。即若输入是网格线配准, 则输出为像素点配准; 若输入是像素点配准, 则输出为网格线配准。注意, 转换配准方式会导致高频信息的丢失, 详情见[网格配准](#)。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-f[i|o]colinfo (more ...)**

指定输入或输出列的数据类型

**-n[b|c|l|n][+a][+bBC][+c][+tthreshold] (more ...)**

设置网格文件的插值方式

**-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-x[[-]n] (more ...)**

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 注意事项

- 网格插值过程中可能会导致插值后的值出现失真或意外值。例如，使用样条插值可能会导致插值后的数据的最大最小值超过原始数据的最大最小值。若这一结果不可接受，可以通过给 **-n** 选项加上 **+c** 以对超过原始数据最值的部分做裁剪。
- 若某个插值点不在输入数据的网格节点上，则插值时若该节点周围的节点值为 NaN，则该节点的值也会被插值为 NaN。默认的 bicubic 插值算法会生成连续的一阶导数但需要周围 4x4 个节点。bilinear 插值算法只需要周围的 2x2 个节点，但其只是零阶连续。若光滑性很重要，则使用 bicubic 算法；若需要尽量避免 NaN 值的传播，则使用 bilinear 算法。
- 除了插值之外，还可以使用 **grd2xyz** 将网格数据转换为表数据，然后将输出交给 **surface** 或 **greenspline** 重新网格化。

## 示例

将 5x5 分的数据采样成 1x1 分：

```
gmt grdsample @earth_relief_05m -R0/20/0/20 -I1m -Gtopo_1m.nc
```

将网格线配准的网格文件修改为像素配准的网格文件：

```
gmt grdsample @earth_relief_05m -T -Gpixel.nc
```

## 参考文献

Marks, K. M., and W. H. F. Smith, 2007, Some remarks on resolving seamounts in satellite gravity, *Geophys. Res. Lett.*, 34 (L03307), <https://doi.org/10.1029/2006GL028857>.

## 相关模块

[grdedit](#), [grdfft](#), [grdfilter](#), [greenspline](#), [surface](#)

## 18.47 grdtrack

官方文档

[grdtrack](#)

简介

沿着指定的 (x,y) 位置采样网格点

该命令会读取一个或多个网格文件以及一个表数据。表数据中前两列分别是经纬度，其余列可忽略。该命令会提取指定位置处网格的值，若有必要，会对网格进行插值。

## 选项

**-G<grdfile>**

要采样的 2D 网格文件，若需要同时采样多个网格文件，可以重复使用 **-G** 选项。

**<xyfile>**

表数据，前两列为 (x,y) 位置信息

**-Z**

仅输出采样后的 Z 值，默认会输出所有列数据。

## 相关

- [project](#)

## 18.48 grdtrend

官方文档

[grdtrend](#)

简介

拟合网格的趋势面并计算残差

该命令会读取一个 2D 网格文件，并用最小二乘方法拟合一个低阶多项式趋势面。多项式趋势面的定义为：

$$m_1 + m_2x + m_3y + m_4xy + m_5x^2 + m_6y^2 + m_7x^3 + m_8x^2y + m_9xy^2 + m_{10}y^3.$$

## 必选选项

<gridfile>

2D 网格文件名

-N<n\_model> [+r]

指定要拟合的模型。

<n\_model> 指定要拟合的模型的参数个数。例如 -N3 表示 bilinear 趋势, -N6 表示 quadratic 趋势面。加上 +r 表示 robust 拟合, 此时, 程序会根据 robust scale estimate 多次迭代, 给数据重新赋予权重, 以得到一个对 outliers 不敏感的解。

## 可选选项

-D<diff.nc>

将残差 (输入减去拟合) 结果写到网格文件中

-T<trend.nc>

将拟合得到的趋势文件写到网格文件 <trend.nc> 中

-W<weight.nc>

若 <weight.nc> 存在, 则读取该文件, 并求解一个有权重的最小二乘问题。默认为常规的最小二乘拟合。

若 -N 选项中指定了 robust 拟合, 则 robust 拟合中所使用的权重会写到文件 <weight.nc> 中。

## 示例

从网格文件中移除线性趋势, 并将残差结果写到网格文件中:

```
gmt grdtrend hawaii_topo.nc -N3 -Dhawaii_residual.nc
```

对网格文件做 bicubic 面的 robust 拟合:

```
gmt grdtrend hawaii_topo.nc -N10r -Thawaii_trend.nc -Whawaii_weight.nc -V
```

## 18.49 grdvector

官方文档

[grdvector](#)

简介

根据两个网格文件绘制矢量场

该命令会读取两个 2D 网格文件并绘制矢量场。两个网格文件分别代表平面内矢量场的 X 分量和 Y 分量，最终矢量场用不同长度和方向的箭头表示。两个网格文件，也可以分别是极坐标下 r 方向和 theta 方向的分量。

### 必选选项

`<compx.nc>`

矢量场的 X 分量网格

`<compy.nc>`

矢量场的 Y 分量网格

### 可选选项

`-A`

输入数据为极坐标表示。即网格文件包含的是 (r, theta) 分量而不是 (x, y) 分量

`-C[<cpt>]`

根据矢量的长度决定矢量的颜色。

有三种方式：

1. 指定用户自己的 CPT 文件
2. 使用 GMT 自带的 CPT 文件 (默认是 rainbow)，该命令会根据网格的 Z 值范围，自动生成一个 16 级的连续 CPT 文件
3. 指定 `-C<color1>,<color2>[,<color3>,...]`，根据这些颜色自动构建一个线性连续 CPT 文件

`-G<fill>`

设置矢量内部的填充色

`-I[x]<dx>[/<dy>]`

每隔 `<dx>` 和 `<dy>` 绘制一个矢量。其中 `<dx>` 和 `<dy>` 必须是原始网格间隔的整数倍，`<dx>` 和 `<dy>` 后加上 m 表示分，加上 s 表示秒。

也可以使用 `-Ix<dx>/<dy>`，此时 `<dx>` 和 `<dy>` 表示倍数。

`-N`

不裁剪地图边界外的矢量。

`-Q<parameters>`

修改矢量的属性。见 [矢量/箭头](#) 一节。

`-S[i|l]<scale>`

设置矢量长度的缩放比例。

对于笛卡尔数据而言，缩放比例即图上单位距离所对应的实际数据的多少，默认值为 1。可以加上 `clip` 以指定测量单位。

`-Sl<scale>` 表示所有矢量拥有固定的长度。

对于地理数据而言，缩放比例表示每千米所对应的数据单位。使用 `-Si<scale>` 则缩放比例表示每数据单位所对应的千米数。

`-T`

该选项意味着笛卡尔数据的方位角会根据 X 和 Y 方向缩放比例的符号而改变。

`-W<pen>`

设置矢量轮廓的画笔属性。

`-Z`

与 `-A` 选项一起使用，表明输入的 theta 分量数据表示方位角而不是方向信息。

## 示例

对矢量长度进行缩放，使得图上 1 英寸代表实际的 10 个数据单位：

```
gmt grdvector r.nc theta.nc -Jx5c -A -Q0.1i+e+jc -S10i -pdf gradient
```

绘制地理数据，缩放比例为每个数据单位对应 200 km，每隔 3 个网格点绘制一个矢量：

```
gmt grdvector comp_x.nc comp_y.nc -Ix3 -JH0/20c -Q0.1i+e+jc -S200 -pdf globe
```

## 18.50 grdview

官方文档

[grdview](#)

简介

利用网格文件绘制 3D 视角图或表面网格图

## 语法

```
gmt grdview reliefgrid -Jparameters [ -B[p|s]parameters ] [ -C[cpt] ] [ -Gdrapegrid | -G grd_r -G grd_g  
-G grd_b ] [ -I[intensgrid|intensity|modifiers] ] [ -Jz|Zparameters ] [ -Nlevel[+gfill] ] [ -Qargs[+m] ] [  
-Rwest/east/south/north[/zmin/zmax][+r][+uunit] ] [ -Ssmooth ] [ -T[+o[pen]][+s] ] [ -U[stamp] ] [ -  
Wc|m|fpen ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -fflags ] [ -nflags ] [ -pflags ] [ -ttransp ] [ --PAR=value  
]
```

## 描述

`grdview` 读取一个二维 grid 网格文件，绘制出三维视角图。可以实现的效果有：根据数据大小对表面进行拉伸，形成起伏效果、在表面绘制等值线、三维表面贴图、应用光照效果等等。

## 必选选项

*reliefgrid*

二维 grid 网格文件文件名。

`-Jprojection` ([more ...](#))

设置地图投影方式

`-Jz|Zparameters`

设置 Z 轴的缩放比例，设置方式与 `-Jx|X` 相同。若忽略此选项将生成平面图。

## 可选选项

### **-B**parameters ([more ...](#))

设置底图边框和轴属性

### **-C**[*cpt* | *master*[+izinc] | *color1,color2[,color3,...]*]

绘制网格文件所使用的 CPT。

也可以直接使用 GMT 自带的 CPT 文件名, 此时 GMT 会自动根据网格文件的 Z 值范围将自带的 CPT 采样成 16 级的连续 CPT 文件。也可以通过 **-C***color1,color2[,color3,...]* 的语法构建一个线性连续 CPT 文件。

### **-I**[*intensfile*|*intensity*|*modifiers*]

增加光照效果

可以通过三种方式设置光照效果:

1. 给定一个 Z 值范围为 (-1,1) 的网格文件, 该文件可以用 **grdgradient** 生成
2. 给定一个常数作为光照强度
3. 不指定光照强度文件, 只使用 **-I+** 则会自动调用 **grdgradient** 并使用参数 **-A-45 -Nt1** 计算输入网格数据的梯度作为光照强度文件。用户可以使用 **+a<azimuth>+n<args>** 以自定义 **grdgradient** 的 **-A** 和 **-N** 选项

### **-N***level*[+g*fill*]

在 *z=level* 位置处绘制一个平面, **+g** 设置平面和数据曲面之间截面的填充色。

### **-G***drapegrid* | **-G***grd\_r* **-G***grd\_g* **-G***grd\_b*

在三维表面上贴图。该贴图可以是一个彩色图片, 也可以是三个单波段文件, 分别代表 R、G、B 的强度值, 每个文件像素值范围是 0-255。

### **-Q***args*[+m]

1. **-Qm** 表示生成网格线图 (mesh, 默认)。也可以用 **-Qm***color* 的形式生成不同底色的网格线。
2. **-Qmx** 或 **-Qmy** 生成仅有 x 或 y 方向线条的瀑布图 (waterfall)。同样可以指定底色。
3. **-Qs** 生成表面图 (surface), 颜色由 **-C** 选项指定。**-Qsm** 则在表面图上叠加格网线。
4. **-Qi** 生成图像 (image), 与 **-G** 选项一同使用绘制三维贴图。后面可加 dpi 参数 (默认 dpi=100)。
5. **-Qc** 与 **-Qi** 类似, 不同的是 **-Qc** 将 Z=NaN 的节点透明化。

**+m** 表示强制转化为灰度图像, 适用于 **-Qs**。

### **-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* ([more ...](#))

指定数据范围

对于三维透视图 ([-p 选项](#)), 可以加上 /*zmin/zmax* 指定 Z 轴的范围。

### **-W**c|m|f*pen*

**-Wc**

在顶部绘制等值线, *pen* 设置等值线的线型。[默认: width = 0.75p, color = black, style = solid]。

**-Wm**

设置 mesh 网格的线型。[默认: width = 0.25p, color = black, style = solid]。只有使用了 **-Qm** 或 **-Qsm** 才会绘制 mesh 网格线。

**-Wf**

如果设置了 **-N** 绘制平面, 该选项设置平面和数据曲面之间截面的轮廓的线型。[默认: width = 0.25p, color = black, style = solid]。

**-p[x|y|z]azim[/elev/zlevel][+wlon0/lat0/z0][+vx0/y0]** (*more* ...)

设置 3D 透視视角

## 示例

将数据文件 hawaii\_grav.nc 绘制为 mesh 网格, 并根据 CPT 文件 hawaii.cpt 绘制等值线。并以西南方向、高度 30 度的视角观察图像。

```
gmt grdview hawaii_grav.nc -Jl18/24/1.5c -Chawaii.cpt -Jz0.05c -Qm -N-100 -p225/30 -Wc
```

将数据文件 image.nc 绘制为起伏表面, 使用 CPT 文件 color.cpt, 并利用 intens.nc 加光照。

```
gmt grdview image.nc -Jx10c -Ccolor.cpt -Qs -p135/30 -Iintens.nc
```

To make the same plot using the rastering option with dpi = 50, use

```
gmt grdview image.nc -Jx10c -Ccolor.cpt -Qi50 -p135/30 -Iintens.nc
```

## 18.51 grdvolume

官方文档

[grdvolume](#)

简介

计算网格数据中某个等值线所包围的表面积和体积

**grdvolume** 模块读取一个 2D 网格文件, 通过指定某条等值线确定一个 Z 值平面, 并计算由该等值线约束的区域网格表面积、网格表面到该平面所包围的体积, 以及最大平均高度 (体积/面积)。也可以指定一系列等值线, 此时该模块会分别计算每个等值线范围内的表面积和体积。

## 语法

```
gmt grdvolume grdfile [ -Ccval or -Clow/high/delta or -Crlow/high or -Crccval ] [ -Lbase ] [ -Rregion ] [ -S[unit] ] [ -T[c|h] ] [ -V[level] ] [ -Zfact[shift] ] [ -fflags ] [ -oflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*grdfile*

输入的 2D 网格文件名

## 可选选项

**-Ccval** or **-Clow/high/delta** or **-Crlow/high** or **-Crval**

指定等值线 (Z 值平面) 以计算由该等值线所包含的表面积、体积以及平均高度 (体积/面积)。若不使用该选项，则返回整个网格文件的表面积、体积和平均高度。

该选项有四种不同的语法：

- **-Ccval** 指定单个等值线并计算等值线内的区域面积、体积和平均高度
- **-Clow/high/delta** 指定多条等距等值线并计算每个等值线所包含的区域面积、体积和平均高度
- **-Crlow/high** 计算两个 Z 值平面之间的体积
- **-Crval** 计算 *cval* 到网格最小值范围内的体积

**-Lbase**

计算体积时加上从  $z=base$  到等值线的体积

**-S[unit]**

对于地理网格，默认会将度转换为平面距离，默认单位为米。使用该选项指定其它长度单位，则输出的表面积单位为  $unit^2$ ，输出的体积单位则是  $z\_unit * unit^2$ 。

**-T[c|h]**

找到最大平均高度所对应的等值线

- **-Th** 找到最大平均高度 (体积/面积) 所对应的等值线
- **-Tc** 找到最大曲率 (高度 vs 等值线值) 所对应的等值线

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]** (*more* ...)

指定数据范围

**-V[level]** (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

**-Zfact[/shift]**

将数据减去 *shift* 再乘以比例因子 *fact*

**-f[i|o]colinfo** (*more* ...)

指定输入或输出列的数据类型

**-ocols[,···][,t[word]]** (*more* ...)

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

计算夏威夷岛中所有陆地部分 (高于 0 等值线) 部分的面积 ( $km^2$ )、体积 ( $km^3$ ) 和平均高度 (km) :

```
gmt grdvolume @earth_relief_05m -R190/210/15/25 -C0 -Sk -Z0.001
```

计算网格表面与等值线  $Z = 250m$  之间的体积:

```
gmt grdvolume peaks.nc -Se -C250
```

在等值线 100 到 300 范围内, 以 10 为间隔, 计算所有等值线所约束的表面积和体积:

```
gmt grdvolume peaks.nc -Sk -C100/300/10 > results.d
```

在等值线 100 到 300 范围内, 以 10 为间隔, 搜索最大平均高度 (即体积与表面积的比) 所对应的等值线值:

```
gmt grdvolume peaks.nc -Sk -C100/300/10 -Th > results.d
```

计算湖内从表面到 300 米深度范围内水的体积:

```
gmt grdvolume lake.nc -Cr-300/0
```

## 参考文献

Wessel, P., 1998, An empirical method for optimal robust regional-residual separation of geophysical data, *Math. Geol.*, **30**(4), 391-408.

## 相关模块

[grdfilter](#), [grdmask](#), [grdmath](#)

## 18.52 gshhg

官方文档

[gshhg](#)

简介

从 GSHHG 或 WDBII 数据文件中提取数据

**gshhg** 读取海岸线文件 (GSHHG) 或者政治边界和河流 (WDBII), 并输出结果。该模块会自动处理不同数据集之间的差异。可以设置是否显示段头部信息, 头部信息的格式为

```
ID npoints hierarchical-level source area f_area west east south north container ancestor
```

- *hierarchical-level* 海岸线多边形的级别, 从 1 (海岸线) 到 4 (湖中岛等)。
- *source* 来源为 W (World Vector Shoreline) 或者 C (CIA World Data Bank II), 如果湖泊是河流中的湖泊, 将使用小写字母。
- *west east south north* 是矩形边界。
- *area* 是多边形区域的面积, 单位为  $km^2$
- *f\_area* 为其父多边形的面积。

- *container* 为包含此多边形 ID 的 ID, 如果没有, 设置为 -1
- *ancestor* 是 full 分辨率数据集中多边形的 ID, 通过该分辨率数据产生当前多边形。如果当前多边形也为 full 分辨率数据, 则没有祖先, 因此设置为 -1

对于线数据, 其头部信息格式为

```
ID npoints hierarchical-level source west east south north
```

更详细的信息见[技术细节](#)

## 语法

```
gmt gshhg binaryfile.b [ -Amin ] [ -G ] [ -Iid ] [ -L ] [ -Nlevel ] [ -Qe|i ] [ -bobinary ] [ -donodata[+ccol] ] [ -oflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*binaryfile.b*

GSHHG 或 WDBII 二进制数据文件, 随 GSHHG 数据补充文件一起分发。可以使用 5 种标准分辨率 (full, high, intermediate, low, crude)。

## 可选选项

**-A***min*

输出面积大于等于 *min* 的特征 [默认输出所有多边形]

**-G**

在数据段前加%, 后加 NaN 以便输出数据可以被 Matlab 或和 Octave 导入

**-I***id*

只输出 ID 为 *id* 的特征信息。使用 **-Ic** 仅输出所有的大陆, 见下面的[特定多边形](#)

**-L**

只输出多边形或者线段的段头部信息 [默认同时输出段信息和数据]

**-N***level*

只输出 *level* 级别的数据特征 [默认输出所有的级别]

**-Qe|i**

控制如何处理河流中的湖泊 (即河流足够大, 中间形成湖泊)。**-Qe** 排除这些湖泊; **-Qi** 为 **-Qe** 的相反操作, 即只包含这种湖泊 [默认输出所有多边形]。

**-bo**[*ncols*][*ttype*][**w**][+l|b] (*more* ...)

设置二进制输出的数据格式

**-donodata** (*more* ...)

将输出数据中值为 NaN 列替换为 *nodata*

**-ocols**[, ···][,t[*word*]] (*more* ...)

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

## 示例

将整个 intermediate 分辨率的 GSHHG 二进制文件转换为 Matlab 可使用的格式

```
gmt gshhg gshhs_i.b -G > gshhs_i.txt
```

在 full 分辨率河流数据集中提取段头部信息

```
gmt gshhg wdb_rivers_f.b -L > riverlisting.txt
```

从 high 分辨率数据中提取湖泊, 但不包含河流形成的湖泊

```
gmt gshhg gshhs_h.b -Qe -N2 > all_lakes.txt
```

## 特定多边形

全球范围内的较大的多边形:

ID	Landmass
0	Eurasia
1	Africa
2	North America
3	South America
4	Antarctica (AC grounding line)
5	Antarctica (AC ice line)
6	Australia
7	Greenland
8	New Guinea
9	Borneo
10	Madagascar
11	Baffin Island
12	Indonesia

## 数据文件

gshhg 读取的文件为原始的二进制多边形文件, 可通过 [NCEI Shoreline Coastline Resources](#) 或 [SOEST GSHHG Site](#) 获得。需要注意的是, 这里的数据和 gmt 中 [gmtselect](#), [grdlandmask](#), 以及 [coast](#) 模块用的 NetCDF 格式的数据是不同的

## 技术细节

希望使用自己程序访问 GSHHG 和 WDBII 数据的用户可以查看 gmt 源码中的 `gshhg.c` 和 `gshhg.h` 并熟悉他们的数据格式。GMT 并没有用来读取这些文件的 MATLAB 代码, 但 Mathworks 和 IDL 都存在此类工具。但是, 这些工具一般都不频繁更新, 因此, 随着数据文件的更新, 这些工具可能已经失效。因此, 在这里给出一些技术细节。

### GSHHG

GSHHG (The Global Self-consistent, Hierarchical, High-resolution Geography Database) 最初为 GSHHS, 是一

个海岸线数据库。其中包含大陆和岛屿(1 级)、湖泊(2 级)、湖中岛(3 级)以及湖中岛中湖(4 级)共 4 个等级的封闭多边形, 使用 -N 选项可以提取对应级别的数据。

一级数据: 大陆的 ID 序号在最前面, 可以通过 -Ic 选项提取, 其中欧亚大陆、非洲、北美、南美、南极和澳大利亚的 ID 分别为 0 到 5, 按面积大小排序。

二级数据有两组: 常规的湖和河流内的湖泊; 后者中湖泊是河流的一部分, 这只有在河流特别宽的时候才出现, 使用 -Q 选项可以操作这些多边形。

所有分辨率数据均没有自相交。并且对所有的多边形计算了面积, 面积计算的方法为: 以多边形的中心使用兰伯特等积投影, 椭球设置为 WGS-84, 然后计算投影后的面积。

GMT 使用 GSHHG 作为背景数据, 然后使用与分辨率有关的网格将多边形分块, 在程序运行中需要这些多边形时, 则将不同块中的数据重新组成封闭的多边形。有关其他更多的 GSHHG 处理方法, 见 Wessel & Smith (1996)。

## WDBII

WDBII 数据集主要包含河流和各类边界, 其中的线段没有任何顺序, 因此, 不能只提取与一条河流或者国家相关的信息。该数据集使用 Douglas-Peucker 算法从 full 分辨率的数据中派生出了其他 4 个较低分辨率的数据, 因此, 随着分辨率的降低, 自相交的可能性变大。WDBII 和 GSHHG 中都含有河流中的湖泊数据, 想要访问这两个数据集的用户可以使用段标题的结构来识别这些特征, 并且这些河流中湖泊也是 WDBII 中唯一的封闭多边形。

河流文件中有很多级别:

- 河流中的湖泊(0)
- 永久主要河流(1), 其他主要河流(2), 更小的主要河流(3),
- 次要河流(4)
- 主要间歇性河流(5), 其他主要间歇性河流(6), 更小的间歇性河流(7)
- 主要运河(10), 次要运河(11), 灌溉类型运河(12)

边界文件分为三个级别:

- 国家边界(1)
- 国内边界(2)
- 国际海洋边界(3)

通过 -N 选项可提取对应类别的数据。

## 参考文献

Douglas, D. H., and T. K. Peucker, 1973, Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature, *Can. Cartogr.*, 10, 112–122.

Gorny, A. J., 1977, *World Data Bank II General User GuideRep. PB 271869*, 10pp, Central Intelligence Agency, Washington, DC.

Soluri, E. A., and V. A. Woodson, 1990, World Vector Shoreline, *Int. Hydrograph. Rev.*, LXVII(1), 27–35.

Wessel, P., and W. H. F. Smith, 1996, A global, self-consistent, hierarchical, high-resolution shoreline database, *J. Geophys. Res.*, 101(B4), 8741–8743.

## 相关模块

[coast](#)

## 18.53 histogram

官方文档

[histogram](#)

简介

统计并绘制直方图

**histogram** 模块会读取数据中的一列, 对其进行统计, 并绘制直方图或累积直方图。

### 语法

```
gmt histogram [ table ] -Jx|Xparameters -T[min/max/]inc[+n] |-Tfile|list [ -A ] [ -B[p|s]parameters ] [ -Ccpt
] [ -D[+b][+ffont][+ooff][+r] ] [ -F ] [ -Gfill ] [ -Jz|Zparameters ] [ -I[o|O] ] [ -Ll|h|b ] [ -N[mode][+ppen]
] [ -Qr ] [ -Rregion ] [ -S ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -Wpen ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [
-Z[type][+w] ] [ -bibinary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -pflags ] [ -qiflags
] [ -ttransp ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

**-Jx|Xparameters**

指定直方图的宽度和高度

**-T[min/max/]inc[+n] |-Tfile|list**

指定统计直方

有多种方式可以指定统计直方:

- **-Tmin/max/inc** 指定统计区间的最小值、最大值和直方间隔
- **-Tinc** 只指定统计直方的间隔。统计区别最大和最小值由 **-R** 选项决定

### 可选选项

**-A**

绘制水平直方图, 默认绘制垂直直方图

**-Bparameters** ([more ...](#))

设置底图边框和轴属性

**-Ccpt**

指定 CPT 文件, 将每个直方的中间值作为 Z 值查询 CPT 中的颜色

**-D[+b][+ffont][+ooff][+r]**

为每个直方 (bar) 添加标注, 其内容是每个直方的统计数目

- **+b** 将标注放在直方的底部 (默认为顶部)
- **+ffont** 设置标注的字体
- **+offset** 修改标注与直方的距离 (默认值为 6p)
- **+r** 将标注从水平方向旋转为垂直方向

**-F**

center bin on each value (默认是左边界)

假设数据范围是 0 到 100, 长条的宽度为 10。默认情况下, 会将 0 到 10 作为第一个 bin, 10 到 20 作为第二个 bin, 以此类推。若使用该选项, 则第一个 bin 以 0 为中心, 即 0 到 5 是第一个 bin, 5 到 15 是第二个 bin, 以此类推。

**-Gfill**

设置直方的填充色

**-I[o|O]**

返回计算结果不绘图。

- **-I** 返回  $xmin\ xmax\ ymin\ ymax$ , 即数据的最小值、最大值和统计数量的最小值、最大值
- **-Io** 输出各个直方的 X 值和 Y 值
- **-IO** 输出各个直方的 X 值和 Y 值, 即使  $Y=0$

**-Ll|h|b**

设置超过统计范围的数据的处理方式。

- **-Ll** 小于第一个直方的统计范围的数据算入第一个直方
- **-Lh** 大于最后一个直方的统计范围的数据算入最后一个直方
- **-Lb** 小于第一个直方的统计范围的数据算入第一个直方, 并且大于最后一个直方的统计范围的数据算入最后一个直方

**-N[mode][+ppen]**

绘制等效的正态分布曲线

*mode* 用于设定正态分布的中间位置及比例:

- mode=0: 平均值和方差 (默认)
- mode=1: 平均值和 L1 范数
- mode=2: 最小二乘

*pen* 用于指定曲线的属性。该选项可以使用多次以绘制多条曲线。

**-Qr**

绘制累计直方图, **r** 绘制反向的累计直方图

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (more ...)**

指定数据范围

对于三维透视图 ([-p 选项](#)), 可以加上  $/zmin/zmax$  指定 Z 轴的范围。

**-S**

绘制阶梯状直方图, 并且不包含直方内部的线条。

**-U[label][+c][+jjust][+odx/dy] (more ...)**

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-Wpen**

设置直方边框的画笔属性

**-X[a|c|f|r][xshift[u]]****-Y[a|c|f|r][yshift[u]] (more ...)**

移动绘图原点

**-Z[type][+w]**

选项直方图的种类

- type=0: 数量 (默认值)
- type=1: 百分比
- type=2: e 为底对数 (1.0 + 数量)
- type=3: e 为底对数 (1.0 + 百分比)
- type=4: 10 为底对数 (1.0 + 数量)
- type=5: 10 为底对数 (1.0 + 百分比)

若要使用第二列数据而不是 count 数作为权重, 可以加上 +w 选项。

**-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

**-dinodata (more ...)**

将输入数据中值为 nodata 的列替换为 NaN

**-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f[i|o]colinfo (more ...)**

指定输入或输出列的数据类型

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,][,][t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-p[x|y|z]azim[/elev[/zlevel]][+wlon0/lat0[/z0]][+vx0/y0] (more ...)**

设置 3D 透視视角

**-t[transp] (more ...)**

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

访问[绘制直方图](#) 以查看更多示例。

## 18.54 image

官方文档

[image](#)

简介

将图片或 EPS 文件放在图上

**image** 模块可以读取 EPS 文件或任意一个光栅图片文件，并将其画在图上。

该模块的几个主要用途：

- 将多张图合并到一张图上
- 将自己单位的 logo 放在 GMT 生成的图上
- 将一般图片放在图上

## 必须选项

*imagefile*

EPS 文件或其他光栅图片格式 (GIF、PNG 等) 的文件

- EPS 文件必须包含合适的 BoundingBox
- 光栅文件的颜色深度可以是 1、8、24、32 位
- 光栅文件是通过 GDAL 读入的，若安装 GMT 时未配置 GDAL，则该命令只支持 EPS 文件

## 可选选项

**-D[g|j|J|n|x]refpoint+rdpi+w[-]width[/height][+justify][+nx[/ny]][+odx[/dy]]**

指定图片的尺寸和位置

简单介绍各子选项的含义，详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x]refpoint** 指定地图上的参考点
  - **glon/lat** 指定[数据坐标](#)为参考点
  - **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定[锚点](#)作为参考点
  - **nxn/yn** 指定[归一化坐标系](#) (即 0-1) 为参考点
  - **xx/y** 指定[绘图坐标](#) 为参考点，追加 cm, inch, 或者 point 用来指定单位
- **+justify** 指定 logo 上的锚点 (默认锚点为 logo 的左下角 (BL))
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置图片的额外偏移量
- **+rdpi** 指定图片的 DPI 以间接指定图片的尺寸
- **+w[-]width[/height]** 直接指定图片的尺寸。若未给定 **height** 则按照 **width** 以及原图的横纵比进行缩放；若 **width** 为负值，则使用其绝对值作为宽度，并使用 PS 的图片操作符将图片插值到设备的分辨率
- **+nx[/ny]** 使图片在水平方向重复 **nx** 次，垂直方向重复 **ny** 次。若省略 **ny** 则默认其与 **nx** 相等 [默认值为 **1/1**]

**-F[+cclearances][+gfill][+i[[gap/]pen]][+p[pen]][+r[radius]][+s[[dx/dy/][shade]]]**

控制图片的背景面板属性

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项，则会在 GMT logo 周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项，详细用法见[修饰物](#)

- **+gfill** 指定面板填充[颜色](#) [默认不填充]
- **+ppen** 绘制面板边框。*pen* 为边框的[画笔属性](#)，若不指定 *pen*，则默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)
- **+r[radius]** 绘制圆角边框，*radius* 为圆角的半径
- **+i[[gap/]pen]** 在边框内部绘制一个内边框，*gap* 为内外边框空白距离 [默认为 *2p*]，*pen* 为内边框的画笔属性 [默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)]
- **+cclearance** 设置[修饰物](#)与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定，使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。*clearance* 的具体设置包括下面 3 种情况：
  - *gap* 为四个方向增加相同的空白距离
  - *xgap/ygap* 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - *lgap/rgap/bgap/tgap* 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s[[dx/dy/][shade]]** 设置面板背景阴影。*dx/dy* 为阴影区相对于面板的偏移量，*shade* 为阴影区颜色 [默认为 **4p/-4p/gray50**]

#### **-G**[*color*][**+b|+f|+t**]

修改特定像素值为其它颜色或透明 (该选项可重复使用)

对于 1-bit 光栅图片，可以通过 **+b** 或 **+f** 指定背景色或前景色为 *color*。若不给 *color* 则表示设置背景色或前景色为透明色。对于其它图片而言，还可以使用 **-G***color***+t** 将颜色 *color* 设置为透明。

#### **-I**

绘图前对 1-bit 图片进行反转，即黑色变白色，白色变黑色

#### **-J***projection* ([more ...](#))

设置地图投影方式

#### **-M**

使用 YIQ 变换将彩图转换成灰度图

#### **-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* ([more ...](#))

指定数据范围

对于三维透视图 ([-p 选项](#))，可以加上 */zmin/zmax* 指定 Z 轴的范围。

#### **-U**[*label*][**+c|+jjust|+o***dx/dy*] ([more ...](#))

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

#### **-V**[*level*] ([more ...](#))

设置 verbose 等级 [**w**]

#### **-X**[**a|c|f|r**][*xshift[u]*]

#### **-Y**[**a|c|f|r**][*yshift[u]*] ([more ...](#))

移动绘图原点

#### **-p**[*x|y|z*]*azim[/elev/zlevel][+wlon0/lat0/z0][+vx0/y0]* ([more ...](#))

设置 3D 透视线角

#### **-t**[*transp*] ([more ...](#))

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-^ 或 -

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 -）

-+ 或 +

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 注意事项

**-G** 和 **-I** 选项仅适用于光栅图片文件，对于 EPS 文件无效。

## 示例

绘制 GMT 示例图片 needle.jpg，其宽度为 7 厘米：

```
gmt image @needle.jpg -Dx0/0+w7c -pdf plot
```

绘制相同的文件，但是反转其 RGB 带：

```
gmt image @needle.jpg+b2,1,0 -Dx0/0+w7c -pdf plot
```

相同的文件，只绘制其红色带，但以灰度方式绘制：

```
gmt image @needle.jpg+b0 -Dx0/0+w7c -pdf plot
```

绘制 EPS 文件：

```
gmt image @gallo.eps -Dx2i/1i+jTR+w3i -png image
```

以一个 1-bit 光栅图片为模板，设其背景色为 darkgray、前景色为 yellow，并设置重复 6x12 次，宽度为 2.5 厘米：

```
gmt image @vader1.png -Gdarkgray+b -Gyellow+f -Dx0/0+w2.5c+n6/12 -pdf image
```

## 相关模块

[gmtlogo legend](#), [colorbar plot](#), [psconvert](#)

## 18.55 img2google

贡献者

[周茂](#)

官方文档

[img2google](#)

简介

由测深墨卡托 img 网格文件创建谷歌地球 KML 文件

**img2google** 是一个 shell 脚本。脚本读取 1x1 分的墨卡托 img 文件，并为指定区域创建一个谷歌地球 KML

文件和相关的 PNG 切片。如果没有给定输入文件, 该模块自动使用 topo.18.1.img。

## 语法

```
img2google -Rregion [ imgfile ] [ -Amode[altitude] ] [ -C ] [ -Ffademin/fademax ] [ -Gprefix ] [ -LLODmin/LODmax ] [ -Nlayername ] [ -Tdoctitle ] [ -UURL ] [ -V[level] ] [ -Z[+] ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more ...*)

指定数据范围

## 可选选项

*imgfile*

Img 格式的测深/地形文件, 比如由 Sandwell 和 Smith 创建的海底地形文件。如果当前文件夹中不存在该文件并且用户已经设置了环境变量 \$GMT\_DATADIR, img2grd 将从 \$GMT\_DATADIR 中寻找 *imgfile*。

**-A***mode[altitude]*

从谷歌地球可识别的 5 种高度模式中选择一种来确定生成的图像的高度 (单位为 m): **G** 为固定到地面, **g** 为相对地面一定高度, **a** 为绝对高度, **s** 为相对于海底的高度, **S** 为固定到海底 [默认]。

**-C**

打开裁剪以在图像中只显示在海平面以下的部分。

**-F***fademin/fademax*

设置几何体渐变从不透明到完全透明的距离。斜率值用屏幕像素表示, 并分别应用于 LOD (可见度) 限制的最小值和最大值。

**-G***prefix*

设置输出的图像的前缀 (扩展名为自动设置)。默认使用命名方式为 topoN|S<north>E|W<west>。

**-L***LODmin/LODmax*

以像素为单位设置细节 (LOD, 可见度) 的级别。以屏幕像素为单位的测量值, 可以用来确定给定区域的最小可见范围, 以设置细节的级别。当投影到屏幕上的时候, 谷歌地球会计算给定区域的大小。然后计算区域面积的平方根 (如果区域是正方形, 视角在区域的正上方, 并且区域没有倾斜, 这个测量值就等于投影区域的宽度)。如果这个测量值在 *LODmin* 和 *LODmax* 定义的范围内 (并且该区域处于视野中), 则该区域处于激活状态。如果测量值不在上述范围内, 相关的几何体就会被认为离用户的视角太远而不能被绘制。*LODmax* 表示一个给定的区域的可视范围的最大极限。默认值为 1, 表示“激活区域为无限大”。

**-N***layername*

指定图层名 (如果字符串中包含空格, 使用双引号括起来) [默认为 topoN|S<north>E|W<west>]。

**-T***doctitle*

指定文档标题 (如果字符串中包含空格, 使用双引号括起来) [默认为“Predicted bathymetry”]。

**-U***URL*

指定图像的远程 URL。默认图像和本地的 KML 文件对应。使用 -U 可以设置图像的远程 URL。

**-V**[*level*] (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-Z[+]**

使用 zip (需预先安装) 创建一个 \*.kmz 文件以方便分发; 追加 + 可以在压缩后删除对应的 KML 和 PNG 文件。

**示例**

使用 *topo.18.1.img*, 在 **-R**170/180/20/30 区域创建一个 10x10 度的谷歌地球 KML 切片, 输出文件名为默认:

```
img2google -R170/180/20/30
```

使用早期的墨卡托测深文件, 例如 *topo.15.1.img*, 在详细模式中生成相同的切片, 通过裁剪以仅显示海洋, 将输出命名为 *oldimage*, 直接设置 KML 文件元数据 (包括设置图像高度为 10km), 并制作单个 \*.kmz 文件:

```
img2google topo.15.1.img -R170/180/20/30 -Aa10000 -C -Goldimage \
-N"My KML title" -T"My KML title" -Uhttp://my.server.com/images -V -Z
```

**数据集**

*topo.18.1.img* 和其他由 Sandwell/Smith 使用卫星测高数据构建的墨卡托格网, 参见 <https://topex.ucsd.edu>

**相关模块**

[img2grd](#), [psconvert](#)

**18.56 img2grd**

贡献者

[周茂](#)

官方文档

[img2grd](#)

简介

从墨卡托 img 格式文件中提取网格数据

**img2grd** 读取 img 格式的文件, 提取数据并写入到网格文件中。-M 选项用来设置在提取的网格文件中保留球墨卡托投影, 如果不使用该选项, 则取消保留球墨卡托投影, 结果为地理坐标网格。

img 格式是一种二进制网格文件, 数据为球墨卡托投影后的结果。球墨卡托投影原理决定其纬度间隔在转换为地理坐标时不是等间距的, 因此导致了下述两个坐标系统下的区域范围轻微的差异。球墨卡托投影原理还决定了 img 文件在纬度方向并不是全球覆盖的, 在极区有空白, 即 -D 选项设置的最大纬度 80.738 ; 在经度方向则是全覆盖的。虽然该模块可以处理任何 img 格式文件, 但目前较少的产品或模型以 img 格式发布。Sandwell 和 Smith 基于卫星测高数据创建的海洋重力场 (包括重力异常、垂线偏差和垂直重力梯度) 和海底地形模型采用了该格式发布。由于测高卫星轨道倾角的限制, 在不同时期, 上述模型的纬度范围不同, 早期最大纬度为 72.006, 当前最大纬度范围为 80.738 。

Sandwell 和 Smith 模型的大小和文件名有一定规律, 用于在 GMT 中自动设置参数并处理, 文件名在不同时期的命名方式不同, 但规律类似, 例如: world\_grav.img.7.2 和 grav\_28.1.img

- grav 表示该文件为自由空气重力异常
- img 表示文件格式为 img
- 7.2 表示该模型版本号为 7, 分辨率为 2 分; 28.1 表示版本号为 28, 分辨率为 1 分

## 语法

```
gmt img2grd imgfile -G grdfile -Rregion [ -D[ minlat/maxlat ] ] [ -E ] [ -Iinc ] [ -F ] [ -M ] [ -Nnavg ] [ -S[scale] ] [ -Ttype ] [ -V[level] ] [ -Wmaxlon ] [ -nflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*imgfile*

输入墨卡托 img 格式文件名, 例如: Sandwell 和 Smith 创建的海洋重力场或海底地形文件。

-G *grdfile*

输出网格文件名。

-R*xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more ...*)

指定数据范围

## 可选选项

-D[*minlat/maxlat*]

设置纬度范围为 -80.738/+80.738。附加 *minlat/maxlat* 可以指定输入的 img 文件的纬度范围 [ 默认为 -72.006/72.006 ]。该选项通常不必使用, 因为本模块可以自动确定输入文件的纬度范围。

-E

当输出网格为地理坐标时, 即未设置 -M 选项时, 使用 -E 选项可以强制地理坐标格网符合纬度范围并强制经纬度间隔相等。默认情况下, 本模块首先从输入文件中提取 -R 指定范围内的网格, 网格的坐标形式和原始文件相同, 即球墨卡托投影。因此, 当输出网格为地理坐标时, 需将球墨卡托投影转换为地理坐标。在转换过程中, 通常会稍微超出指定的纬度范围, 且在纬度方向的间隔和经度方向不匹配。但是, 这种强制经纬度范围等间隔的重采样会导致内插误差。因此, 只有强制输出网格为指定范围内, 且经纬度间隔相同时才建议使用。在这种情况下, -R 设置的区域必须为经纬度间隔的整数倍。

-F

平移 x 和 y 墨卡托坐标, 使其位于左下角, 即 (0,0)

-I

指定输入的 img 文件纬度间隔 *inc* [ 默认为 2 ]。添加 m [ 默认 ] 或 s 来指定单位。该选项通常不必使用, 因为本模块可以根据输入 img 文件大小自动判断。

-M

输出球墨卡托网格 [ 默认为地理 lon/lat 网格]。输入文件的球墨卡托投影被保留, 因此 -R 指定的区域被轻微地调整, 调整后的区域对应于像素的边界。设置输出网格文件的头部信息, x 和 y 轴方向的距离相对于使用 -Jm1 投影下的投影中心。使用 -F 选项可以将 x 和 y 轴的距离设置为相对于输出范围 -R 的西南角, 距离单位为用户默认的单位。

-N*navg*

对输入的墨卡托像素在 *navg* x *navg*\* 的范围内平均, 并创建平均后的像素点。如果和 \*-T3\*\* 同时使用, 输出网格值为平均约束值, 范围为 0 到 1。如果和 -T2 同时使用, 输出网格值为像素平均值或 NaN, 平均约束值 > 0.5 时, 为像素平均值, 平均约束值 < 0.5 时, 为 NaN。*navg* 的单位为像素 [ 默认值为 1, 表示不进行平均]。

-S[*scale*]

对输出的网格文件进行 *scale* 比例缩放, 以保证结果单位正确 [ 默认是 1.0 ]。对于目前的 img 文件: 海底

地形, 单位为米, 因此设置为 **-S1** 得到米; 自由空气重力异常, 单位为 mGal\*10 , 因此设置为 **-S0.1** 得到 mGal ; 垂线偏差, 单位为 micro-radians\*10 , 因此设置为 **-S0.1** 得到 micro-radians ; 垂直重力梯度, 单位为 Eotvos\*10 , 因此设置为 **-S0.1** 得到 Eotvos 或者设置为 **-S0.01** 得到 mGal/km。如果不给定 *scale*, 则将通过文件名来自动确定。

#### **-T***type*

*type* 处理约束信息的编码 (译注: 约束信息可理解为数据可靠性的一种衡量标准)。*type* = 0 表明没有约束信息编码到 img 文件 (1995 年前的重力场模型) 中, 并获取所有数据。*type* > 0 表明有约束信息编码到 img 文件 (1995 以后以及当前版本的 img 文件)。**-T1** 获取所有数据; **-T2** 获得约束点的数据值, 内插点的数据值设置为 NaN ; **-T3** 约束点的数据值设置为 1, 内插点设置为 0 [ 默认值为 1]。

#### **-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

#### **-W***maxlon*

指定输入 img 文件的最大经度 *maxlon*。从 1995 年开始, Sandwell 和 Smith 的模型的 *maxlon* = 360.0 , 但是某些早期的模型 *maxlon* = 390.0 [ 默认为 360.0 ]。

#### **-n**[**b**|**c**|**l**|**n**][**+a**][**+BC**][**+c**][**+tthreshold**] (*more* ...)

设置网格文件的插值方式

#### **-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

#### **-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

#### **-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

#### **--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 地理坐标示例

如果需要输出地理坐标网格, 则不能使用 **-M** 选项。从 *grav\_28.1.img* 文件中提取数据并转换为地理坐标:

```
gmt img2grd grav_28.1.img -Gmerc_grav.nc -R-40/40/-70/-30 -V
```

由于在 img 文件的墨卡托单位中, 纬度间隔是相等的, 转换为地理坐标时导致纬度间隔不相等, 因此最终提取的网格并不能严格匹配 **-R** 选项指定的纬度范围。使用 **-E** 选项可以精确的匹配 **-R** 指定的范围, 并且强制经度和纬度的间隔相同:

```
gmt img2grd grav_28.1.img -Gmerc_grav.nc -R-40/40/-70/-30 -E -V
```

## 墨卡托示例

### 数据处理示例

由于 img 格式为墨卡托投影，因此如果最终数据处理结果为墨卡托地图，不建议使用该模块提取地理坐标，而是直接使用墨卡托投影坐标处理。如果强行从 img 提取到地理坐标再转换为墨卡托投影会导致丢失短波信息。因此，最好使用 **-M** 选项并与所需的墨卡托投影设置一定的线性比例缩放（见 GMT 例 29）。从 *world\_grav.img.7.2* 中提取 **-R-40/40/-70/-30** 范围内的数据：

```
gmt img2grd -M world_grav.img.7.2 -Gmerc_grav.nc -R-40/40/-70/-30 -V
```

注意到 **-V** 选项告诉用户区域范围被调整为 **-R-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754**。如果在脚本编写中需要使用该范围，可以使用 **grdinfo -Li**。此外，用户也可以从 **grdinfo** 的信息中看到，网格文件头部信息显示区域范围调整为 **-R-40/40/-99.4333333333/-31.4666666667**。该纬度范围为使用 **-Jm1** 和 **-R-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754** 经过球墨卡托投影的结果。使用 **ship.lonlatgrav** 对 **merc\_grav.nc** 进行采样的代码为：

```
gmt set PROJ_ELLIPSOID Sphere
gmt mapproject -R-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754 -Jm1i -C ship.lonlatgrav | \
gmt grdtrack -Gmerc_grav.nc | \
gmt mapproject -R-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754 -Jm1i -I -C > ship.lonlatgravsat
```

如上述代码，建议对数据投影和重投影，而不是对 img 文件进行类似的操作。因为对数据处理只进行一次插值（即 **grdtrack**），对 img 文件操作会进行两次插值（分别在转换和重采样中）。

如果想从上面的墨卡托网格中提取地理坐标网格，可以使用：

```
gmt grdproject merc_grav.nc -R-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754 -Jm1i -I -D2m -Ggrav.nc
```

在某些情况下，上述操作中的两个坐标的范围不能很好的对齐。这种情况下，可以使用下面的代码：

```
gmt grd2xyz merc_grav.nc | \
gmt mapproject -R-40/40/-70.0004681551/-29.9945810754 -Jm1i -I | \
gmt surface -R-40/40/-70/70 -I2m -Ggrav.nc
```

### 绘图示例

如果要获取上述区域的墨卡托地图，假定用户的 gmt.conf 中的 **PROJ\_LENGTH\_UNIT** 是 inch。因为上面的 **merc\_grav.nc** 是使用 **-Jm1i** 投影得到的，1 度对应地图 1 英寸，因此为 80 英寸宽。可以通过使用 **-Jx0.1i** 投影来制作 8 英寸宽的地图以在其他程序中应用（例如：grdcontour, grdimage, grdview），如果要叠加地理坐标图，可以使用上面的 **-R** 和 **-Jm0.1** 来使两个坐标系统匹配，避免导致移位。

除了上述的方法，还有更加方便的方法。注意到输入的 img 文件的像素宽为 2 分（可以通过 **grdinfo mercgrav.nc** 查看），**merc\_grav.nc** 有 2400 x 2039 个像素。如果图的宽度为 8 英寸，每英寸中包含 300 个像素。但实际绘图中不需要这么高的分辨率，每英寸 100 个像素即可满足，因此可以把原始数据平均为 3 x 3 的像素。（如果想绘制等值线图的话，可能需要更多的平均保证等值线光滑，例如：6 x 6）由于 2039 不能被 3 整除，因此实际的 **-R** 会被调整：

```
gmt img2grd -M world_grav.img.7.2 -Gmerc_grav_2.nc -R-40/40/-70/-30 -N3 -V
```

调整以后的区域为 **-R-40/40/-70.023256525/-29.9368261101**，输出结果为 800 x 601 个像素。下面可以生成一个可以使用 **grdgradient** 生成一个光照文件：

```
gmt grdgradient merc_grav_2.nc -Gillum.nc -AO/270 -Ne0.6
```

如果已经有一个“grav.cpt”文件, 可以使用下面的命令生成阴影图:

```
gmt begin
gmt grdimage merc_grav_2.nc -Iillum.nc -Cgrav.cpt -Jx0.1i
gmt basemap -R-40/40/-70.023256525/-29.9368261101 -Jm0.1i -Ba10
gmt end show
```

如果要从 img 文件中只获取地理坐标的约束数据值, 则需要同时使用 **-T2** 选项, 使用 **grd2xyz** 输出数据值, 通过管道和“**grep -v NaN**”可以消除 NaN 值。

## 相关模块

[gmt](#), [img2google](#)

## 18.57 inset

官方文档

[inset](#)

简介

管理和设置图中图模式

**inset** 模块用于管理图中图模式。即在纸张上规划出一小片区域, 并限制接下来的绘制操作均只在该小区域内操作。

**inset** 模块包含两个命令:

- **inset begin** 用于设置图中图模式, 其定义了图中图区域的位置和大小
- **inset end** 用于结束图中图模式, 所有的操作都会回到原大图中。

在图中图中, 用户可以使用任意的投影方式和投影区域。若投影方式中底图宽度或比例用?表示, 则会根据 **-D** 选项设置的小图尺寸自动确定小图的投影参数。

### inset begin 语法

```
gmt inset begin -Dinset-box [ -Fbox ] [ -Cclearance ] [ -N ] [ -V[level] ] [ --PAR=value ]
```

#### 必须选项

**-D***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]*

类似于**-R** 选项, 通过指定大图中的一个矩形区域作为小图的绘图区域。

- **+r**: 与**-R** 选项类似, 表明坐标为矩形区域的左下角和右上角坐标。
- **+uunit**: 与**-R** 选项类似, 表明此时的坐标为投影后坐标

**-D**[**g|j|J|n|x**]refpoint+**w**width[/height][+**j**justify][+**o**dx[/dy]]

指定小图区域的尺寸和位置

简单介绍各子选项的含义, 详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x**refpoint 指定地图上的参考点
  - **glon/lat** 指定[数据坐标](#)为参考点

- **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定锚点作为参考点
- **nxn/yn** 指定归一化坐标系 (即 0-1) 为参考点
- **xx/y** 指定绘图坐标 为参考点, 追加 cm, inch, 或者 point 用来指定单位
- **+justify** 指定小图区域的锚点
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置小图区域的额外偏移量
- **+width[/height]** 指定小图区域的宽度和高度。

## 可选选项

**-F[+cclearances][+gfill][+i[[gap/]pen]][+p[pen]][+r[radius]][+s[[dx/dy/][shade]]]**

设置小图区域的背景面板属性。

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项, 则会在小图周围绘制矩形边框。下面简单介绍各子选项, 详细用法见[修饰物](#)

- **+gfill** 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- **+p[pen]** 绘制面板边框。pen 为边框的画笔属性, 若不指定 pen, 则默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)
- **+r[radius]** 绘制圆角边框, radius 为圆角的半径
- **+i[[gap/]pen]** 在边框内部绘制一个内边框, gap 为内外边框空白距离 [默认为 2p], pen 为内边框的画笔属性 [默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)]
- **+cclearance** 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。clearance 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - gap 为四个方向增加相同的空白距离
  - xgap/ygap 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - lgap/rgap/bgap/tgap 分别为四个方向指定不同的空白距离
- **+s[[dx/dy/][shade]]** 设置面板背景阴影。dx/dy 为阴影区相对于面板的偏移量, shade 为阴影区颜色 [默认为 4p/-4p/gray50]

**-Cclearance**

小图区域内部的额外空白区域 [默认值没有空白]。其可以取三种形式:

- 一个值, 表示四个边的空白相同
- 两个用斜杠分隔的值, 分别设置水平和垂直方向的空白
- 四个用斜杠分隔的值, 分别设置左右下上四条边的空白

**-N**

不裁剪超过小图区域边界的部分。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

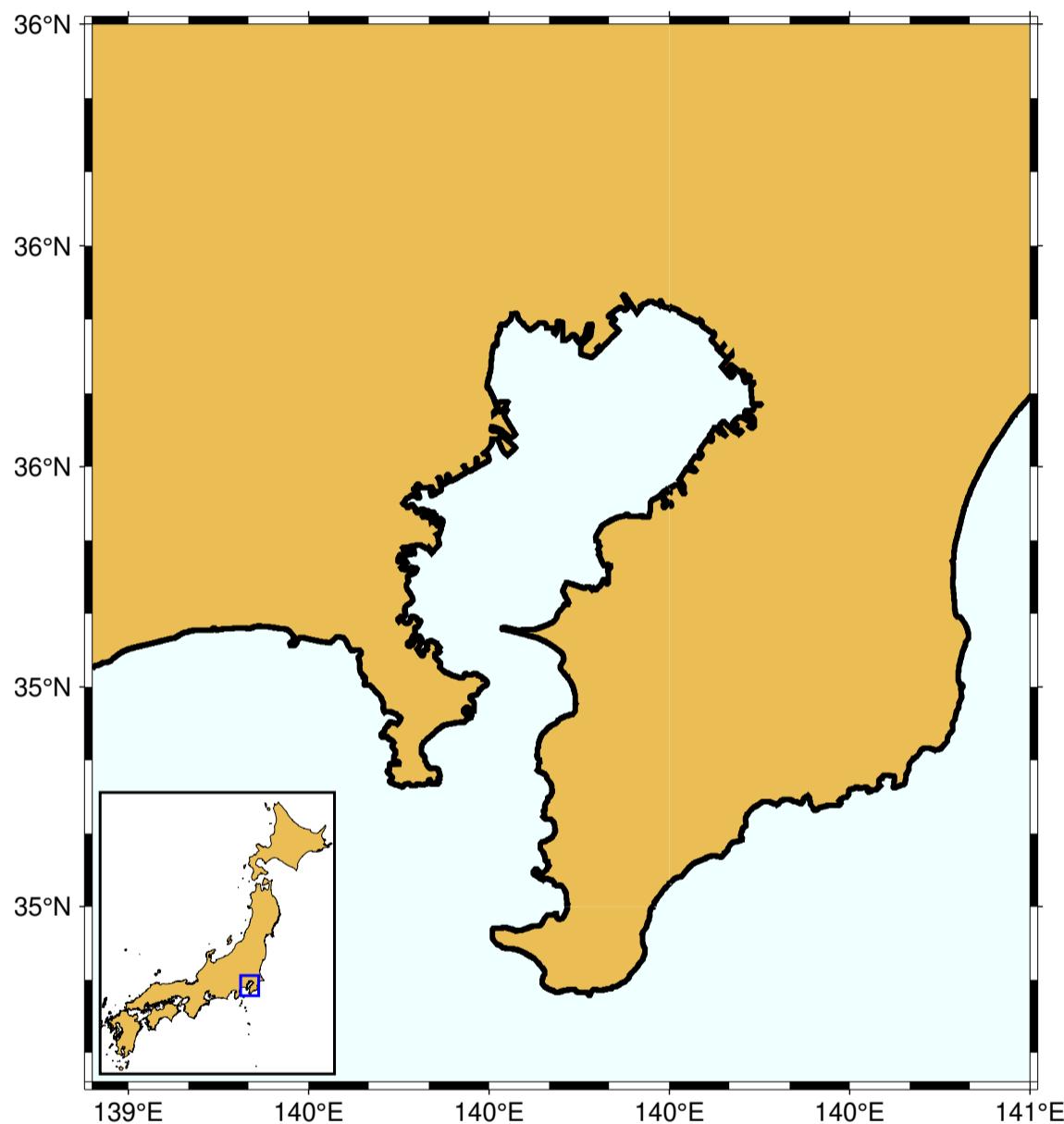
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

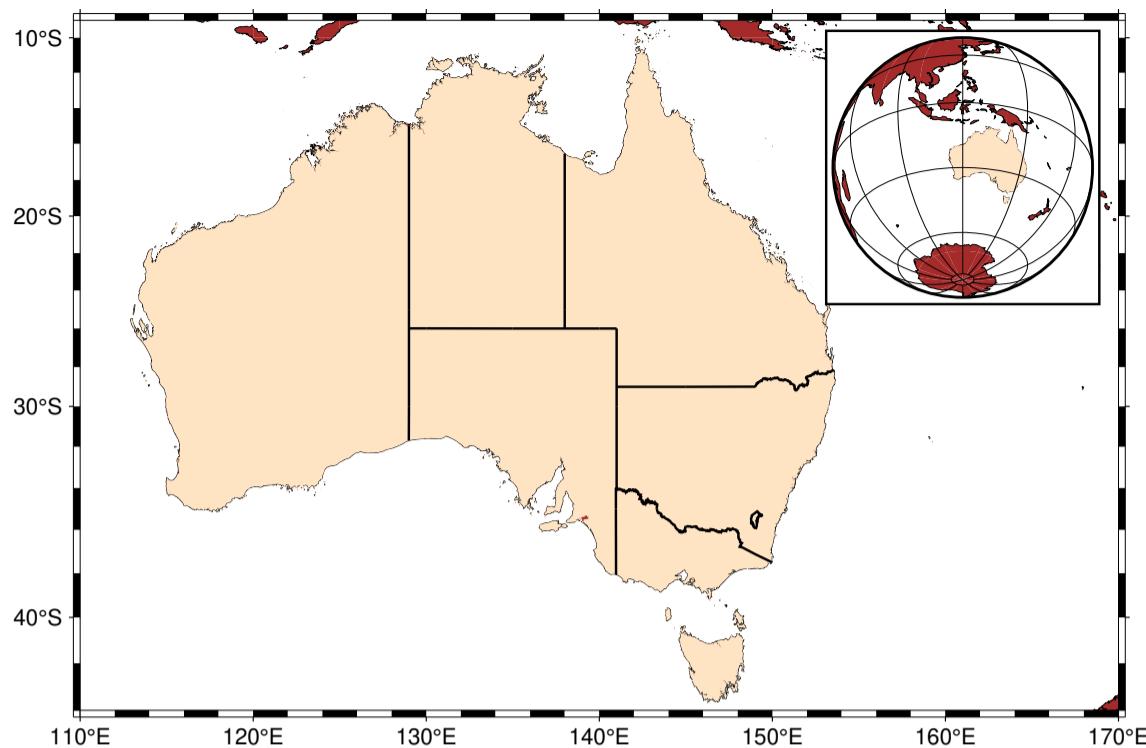
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

## 示例

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin inset-map
gmt coast -R139.2/140.5/34.8/36 -JM12c -Baf -BWSne -W2p -A1000 -Glightbrown -Sazure1 --FORMAT_GEO_MAP=dddF
gmt inset begin -DjBL+w3c/3.6c+o0.1c -F+gwhite+p1p
gmt coast -R129/146/30/46 -JM? -EJP+glightbrown+p0.2p -A10000
# Plot a rectangle region using -Sr+s
echo 139.2 34.8 140.5 36 | gmt plot -Sr+s -W1p,blue
gmt inset end
gmt end show
```



```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin inset-example
gmt coast -R110E/170E/44S/9S -JM6i -B -BWSne -Wfaint -N2/1p -Gbrown -EAU+gbisque
gmt inset begin -DjTR+w1.5i+o0.15i/0.1i -F+gwhite+p1p+c0.1c
gmt coast -JG120/30S/? -Rg -Bg -Wfaint -Gbrown -EAU+gbisque -A5000
gmt inset end
gmt end show
```



## 相关模块

[begin](#), [clear](#), [docs](#), [end](#), [figure](#), [subplot](#)

## 18.58 kml2gmt

官方文档

[kml2gmt](#)

简介

将 Google Earth 的 KML 文件转换为 GMT 表数据

**kml2gmt** 模块读取 Google Earth KML 文件，并输出 GMT 可识别的表数据。仅支持包含点、线或多边形的 KML 文件。

---

**备注：** KMZ 文件本质上是一个 ZIP 压缩包，其中包含了一个 KML 文件以及若干个辅助文件。可以将 KMZ 文件解压得到 KML 文件，再使用该模块进行转换。

---

## 语法

```
gmt kml2gmt [ kmlfiles ] [ -E ] [ -Fs|l|p ] [ -V[level] ] [ -Z ] [ -bobinary ] [ -donodata[+ccol] ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*kmlfiles*

要转换的 KML 文件

## 可选选项

**-E**

从 *ExtendData* 属性中获取高程信息，且忽略 *z* 坐标。

KML 提供了多种机制来通过 *ExtendData* 储存信息，但 GMT 只实现了  $\langle SimpleData name="string" \rangle$  一种。该选项会自动启动 **-Z** 选项。

**-Fs|l|p**

指定要输出的特征类型。默认会输出 KML 中包含的所有点、线或多边形

- **-Fs** 只输出点
- **-Fl** 只输出线
- **-Fp** 只输出多边形

**-Z**

默认只输出经纬度信息，若使用该选项，则输出坐标的高程信息作为 GMT 的 Z 值

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-donodata (more ...)**

将输出数据中值为 NaN 列替换为 *nodata*

**-:[i|o] (more ...)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 -）

**-+ 或 +**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

从 KML 文件中提取所有经纬度信息:

```
gmt kml2gmt google.kml -V > google.txt
```

从一个 KML 文件中分别提取点和多边形到不同的文件:

```
gmt kml2gmt google.kml -Fp -V > polygons.txt
gmt kml2gmt google.kml -Fs -V > points.txt
```

也可直接用 GDAL 提供的命令 `ogr2ogr` 实现转换:

```
ogr2ogr -f "GMT" somefile.gmt somefile.kml
```

## 相关模块

[img2google](#), [psconvert](#), [gmt2kml](#), [gmtspatial](#)

## 18.59 legend

官方文档

[legend](#)

简介

在图上添加图例

**legend** 模块用于绘制图例, 图例由图例文件控制。如无特别说明, 标注的字体由 `FONT_ANNOT_PRIMARY` 控制。若图例中含有中文, 必须将 `FONT_ANNOT_PRIMARY` 设置为中文字体。

### 语法

```
gmt legend [ specfile ] -Drefpoint [ -B[p|s]parameters ] [ -Cdx/dy ] [ -Fbox ] [ -Jparameters ] [ -Rregion ] [ -Sscale ] [ -Tfile ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -pflags ] [ -ttransp ] [ --PAR=value ]
```

### 必须选项

**-D[g|j|J|n|x]refpoint+wwidth[/height][+jjustify][+lspacing][+odx[/dy]]**

指定图例框的尺寸和位置

简单介绍各子选项的含义, 详情见[修饰物](#)

- **g|j|J|n|x]refpoint** 指定地图上的参考点
  - `glon/lat` 指定[数据坐标](#)为参考点
  - `jcode` 或者 `Jcode` 通过 2 个字母的对齐方式码指定[锚点](#)作为参考点
  - `nxn/yn` 指定[归一化坐标系](#) (即 0-1) 为参考点
  - `xx/y` 指定[绘图坐标](#) 为参考点, 追加 `cm`, `inch`, 或者 `point` 用来指定单位
- **+jjustify** 指定图例框的锚点 (默认锚点在左下角 (BL))
- **+odx/dy** 在参考点的基础上设置图例框的额外偏移量
- **+wwidth[/height]** 指定图例框的尺寸。若 `height` 为 0 或未指定, 则根据图例内容自动估算图例框高度。

- `+lspacing` 设置图例里的行间距 [默认值 1.1, 即当前字体大小的 1.1 倍]

该选项几个比较有用的用法是：

- 将图例放在左下角: `-DjBL+w4c+o0.2c/0.2c`
- 将图例放在左上角: `-DjTL+w4c+o0.2c/0.2c`
- 将图例放在右下角: `-DjBR+w4c+o0.2c/0.2c`
- 将图例放在右上角: `-DjTR+w4c+o0.2c/0.2c`

## 可选选项

### **-B**parameters (*more ...*)

设置底图边框和轴属性

### **-C***dx/dy*

设置图例边框与内部图例之间的空白 [默认值 4p/4p]

### **-F**[*+cclearances*[*+gfill*[*+i[gap/]pen*][*+p[pen]*][*+r[radius]*][*+s[[dx/dy/]shade*]]]

控制图例的背景面板属性

若只使用 **-F** 而不使用其它子选项，则绘制图例框。下面简单介绍各子选项，详细用法见[修饰物](#)

- `+gfill` 指定面板填充[颜色](#) [默认不填充]
- `+p[pen]` 绘制面板边框。`pen` 为边框的[画笔属性](#), 若不指定 `pen`, 则默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)
- `+r[radius]` 绘制圆角边框, `radius` 为圆角的半径
- `+i[gap/]pen` 在边框内部绘制一个内边框, `gap` 为内外边框空白距离 [默认为 2p], `pen` 为内边框的画笔属性 [默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)]
- `+cclearance` 设置[修饰物](#)与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。`clearance` 的具体设置包括下面 3 种情况：
  - `gap` 为四个方向增加相同的空白距离
  - `xgap/ygap` 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - `lgap/rgap/bgap/tgap` 分别为四个方向指定不同的空白距离
- `+s[[dx/dy/]shade]` 设置面板背景阴影。`dx/dy` 为阴影区相对于面板的偏移量, `shade` 为阴影区颜色 [默认为 4p/-4p/gray50]

### **-J***projection* (*more ...*)

设置地图投影方式

### **-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more ...*)

指定数据范围

### **-S***scale*

对图例中的所有符号大小乘以 `scale` [默认值为 1]

### **-T***file*

将隐藏的图例文件输出到文件中 [仅适用于现代模式]

现代模式下, 某些模块 (如[plot](#)) 可以使用 **-l** 选项自动编辑一个隐藏的图例文件。在最终成图时, 会根据这一图例文件绘制图例。该选项可将该隐藏图例文件的内容保存到新文件中, 使得用户可以在自动图例文件的基础上做进一步自定义。

**-U**[*label*][+c][+j*just*][+o*dx/dy*] (*more* ...)

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

**-X**[a|c|f|r][xshift[u]]

**-Y**[a|c|f|r][yshift[u]] (*more* ...)

移动绘图原点

**-p**[x|y|z]azim[/elev[/zlevel]][+wlon0/lat0[/z0]][+vx0/y0] (*more* ...)

设置 3D 透視视角

**-t**[*transp*] (*more* ...)

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-^ 或 -

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 图例文件格式

图例文件用于控制图例中各项的布局。图例文件中的每个记录对应图例中的一项, 图例中每项的顺序由记录的先后顺序决定。每个记录的第一个字符决定了当前记录的图例类型。GMT 中共有 14 种图例类型, 列举如下:

# *comment*

以 # 开头的行或空行是注释行, 会被跳过

**A** *cptname*

指定 CPT 文件, 使得某些记录可以通过指定 Z 值来设定颜色, 可以多次使用该记录以指定不同的 CPT 文件

**B** *cptname offset height [ optional arguments ]*

绘制水平 colorbar

- *offset* 是 colorbar 相对于图例框左边界的距离
- *height* 是 colorbar 高度, 其后可以加上子选项 [+e[b|f][length]][+h][+m[a|c|l|u]][+n[txt]]
- *optional arguments* 为 [colorbar](#) 模块的其它选项, 如 -B -I -L -M -N -S -Z -p

**C** *textcolor*

接下来的文本所使用的颜色

可以直接指定颜色, 也可以用 z=*val* 指定 Z 值, 以从 CPT 文件中查找相应的颜色 (CPT 文件由 A 记录指定)。若 *textcolor* 为 -, 则使用默认颜色。

**D** [*offset*] *pen [-|+|=]*

绘制一条水平线

- *offset* 为线条左右顶端与图例边框的空白距离 [默认为 0]

- *pen* 为线条的画笔属性。若未指定 *pen*, 则使用 [MAP\\_GRID\\_PEN\\_PRIMARY](#)。若 *pen* 设置为 **-**, 则绘制一条不可见的线(供 **V** 记录使用)
- 默认情况下, 线条上下各留出四分之一的行间距, **-|+|=** 分别表示线条上方无空白、线条下方无空白和线条上下均无空白。

**F** *fill1 fill2 ... filln*

指定单元的填充色。

可以直接指定颜色, 也可使用 *z=value* 形式指定从 CPT 文件(由 **A** 记录指定)中查找颜色。若只给定了一个 *fill*, 则整行都使用相同的填充色, 否则依次为当前行的每列应用不同的 *fill*(列数由 **N** 记录控制)。若 *fill* 为 **-**, 则不填充。

**G** *gap*

给定一个垂直空白

空白的高度由 *gap* 决定, *gap* 可以用 **i|c|p** 单位, 也可以用 **l** 作为单位表示几倍行距的空白, *gap* 也可以取负值, 表示将当前行上移。

**H** *font|- header*

为图例指定一个居中的标题。

*header* 为标题, *font* 为文字属性。若字体为 **-** 则使用默认字体 [FONT\\_TITLE](#)。

**I** *imagefile width justification*

将 EPS 或光栅文件放在图例中

*width* 为图片宽度; *justification* 为图片的对齐方式。

**L** *font|- justification label*

在某一列增加指定的文字

*label* 为显示的文本, *font* 为字体。若 *font* 为 **-** 则使用默认字体 [FONT\\_LABEL](#)。*justification* 为对齐方式, 可以取 **L|C|R**, 分别表示左对齐、居中对齐和右对齐

**M** *slon|- slat length[+f][+l[label]][+u] [-Fparam] [ -Rw/e/s/n -Jparam ]*

在图例中绘制比例尺。

*slon* 和 *slat* 用于指定绘制哪一点的比例尺。*slon* 仅对特定的倾斜投影有效。对于一般投影, 应设置为 **-**。

*length* 为比例尺长度, 其后可以接长度单位, 以及多个子选项。子选项的具体含义见 [basemap](#) 模块的 **-L** 选项。

若想要为比例尺加上背景面板, 则可以使用 [basemap](#) 的 **-F** 选项。此外, 还可以加上 **-R** 和 **-J** 指定比例尺所使用的投影参数。

**N** [*ncolumns* or *relwidth1 relwidth2 ... relwidthn*]

修改图例中的列数 [默认为 1 列]

该记录仅对 **S** 和 **L** 记录有效。该记录指定的列数会一直有效直到再次使用 **N** 记录。*ncolumns* 用于指定若干个等宽的列, *relwidth1 relwidth2 ... relwidthn* 用于指定每列所占的相对宽度, 所有宽度的和应等于 **-D** 选项所设置的宽度相等。

**P** *paragraph-mode-header-for-pstext*在图例中添加文本段落, 参考 [text](#) 命令中的段落模式**S** [*dx1 symbol size fill pen [ dx2 text ]*]

在图例中绘制符号

- *dx1* 符号中心与左边框的距离。若为 **-** 则自动设置为最大的符号大小的一半。*dx1* 除了可以指定距离, 还可以使用 **L|C|R** 表示符号在当前列的对齐方式

- *symbol* 指定要绘制的符号类型, 见 [plot](#) 命令的 **-S** 选项。*symbol* 为 - 表示绘制线段
- *size* 符号大小
- *fill* 符号的填充色。使用 - 表示不填充。*fill* 也可以用  $z=val$  的形式从 CPT 文件中根据 Z 值查找颜色
- *pen* 符号的轮廓属性。使用 - 表示不绘制轮廓
- *dx2* 是 *text* 与左边框的距离。使用 - 则自动设置为最大符号大小的 1.5 倍
- *text* 是符号的文字说明, 字体由 [FONT\\_ANNOT\\_PRIMARY](#) 控制

若只有 **S** 而不接其它任何信息, 则直接跳至下一列。若 *symbol* 取 **f** **q** 或 **v**, 可以在符号后加上更多的子选项, 详情见 [plot](#) 模块 **-S** 选项。某些符号(例如矩形、椭圆等)需要指定多个 *size*, 应将多个 *size* 用逗号分隔作为 *size* 即可。如果只给了一个 *size*, 则其余 *size* 由 GMT 默认值决定。

**T** *paragraph-text*

打印一段文本, 字体由 [FONT\\_ANNOT\\_PRIMARY](#) 控制

**V** [*offset*] *pen*

在两列之间绘制垂直的线条

*offset* 为线条上下两端与图例边框的空白距离 [默认为 0]。

## 默认值

对于如下符号, 若用户不显式指定属性, 绘制图例时使用如下默认值:

- front 符号 **f**: front 符号位于左侧, 其大小为指定符号大小的 30%
- 矢量符号 **v**: 箭头大小为符号大小的 30%
- 椭圆符号 **e|E**: 主轴长度为符号大小, 次轴长度是符号大小的 65%, 方位角为 0
- 矩形符号 **r**: 宽度为符号大小, 高度为宽度的 65%
- 旋转矩形符号 **j|J**: 宽度为符号大小, 高度为宽度的 65%, 旋转角度为 30 度
- 圆角矩形符号 **R**: 宽度为符号大小, 高度为宽度的 65%, 角半径为宽度的 10%
- 数学圆弧符号 **m|M**: 角度在  $-10^\circ$ - $45^\circ$ , 箭头大小为符号大小的 30%
- 楔形符号 **w**: 角度为  $-30^\circ$  到  $30^\circ$

## 示例

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin legend
gmt makecpt -Cpanoply -T-8/8/1 -H > tt.cpt
gmt set FONT_ANNOT_PRIMARY 12p
gmt legend -R0/10/0/10 -JM6i -Dx0.5i/0.5i+w5i+jBL+l1.2 -CO.1i/0.1i -F+p+gazure1+r -B5f1 << EOF
# Legend test for gmt pslegend
# G is vertical gap, V is vertical line, N sets # of columns, D draws horizontal line,
# H is ps=legend.ps
#
G -0.1i
H 24p,Times-Roman My Map Legend
D 0.2i 1p
N 2
V 0 1p
S 0.1i c 0.15i p300/12 0.25p 0.3i This circle is hachured
S 0.1i e 0.15i yellow 0.25p 0.3i This ellipse is yellow
S 0.1i w 0.15i green 0.25p 0.3i This wedge is green
S 0.1i f 0.25i blue 0.25p 0.3i This is a fault
S 0.1i - 0.15i - 0.25p,- 0.3i A contour
S 0.1i v 0.25i magenta 0.5p 0.3i This is a vector
S 0.1i i 0.15i cyan 0.25p 0.3i This triangle is boring
D 0.2i 1p
```

(下页继续)

(续上页)

```
V 0 1p
N 1
M 5 5 600+u+f
G 0.05i
I @SOEST_block4.png 3i CT
G 0.05i
B tt cpt 0.2i 0.2i -BO
G 0.05i
L 9p,Times-Roman R Smith et al., @%5%J. Geophys. Res., 99@%, 2000
G 0.1i
T Let us just try some simple text that can go on a few lines.
T There is no easy way to predetermine how many lines may be required
T so we may have to adjust the height to get the right size box.
EOF
rm -f tt.cpt
gmt end show
```

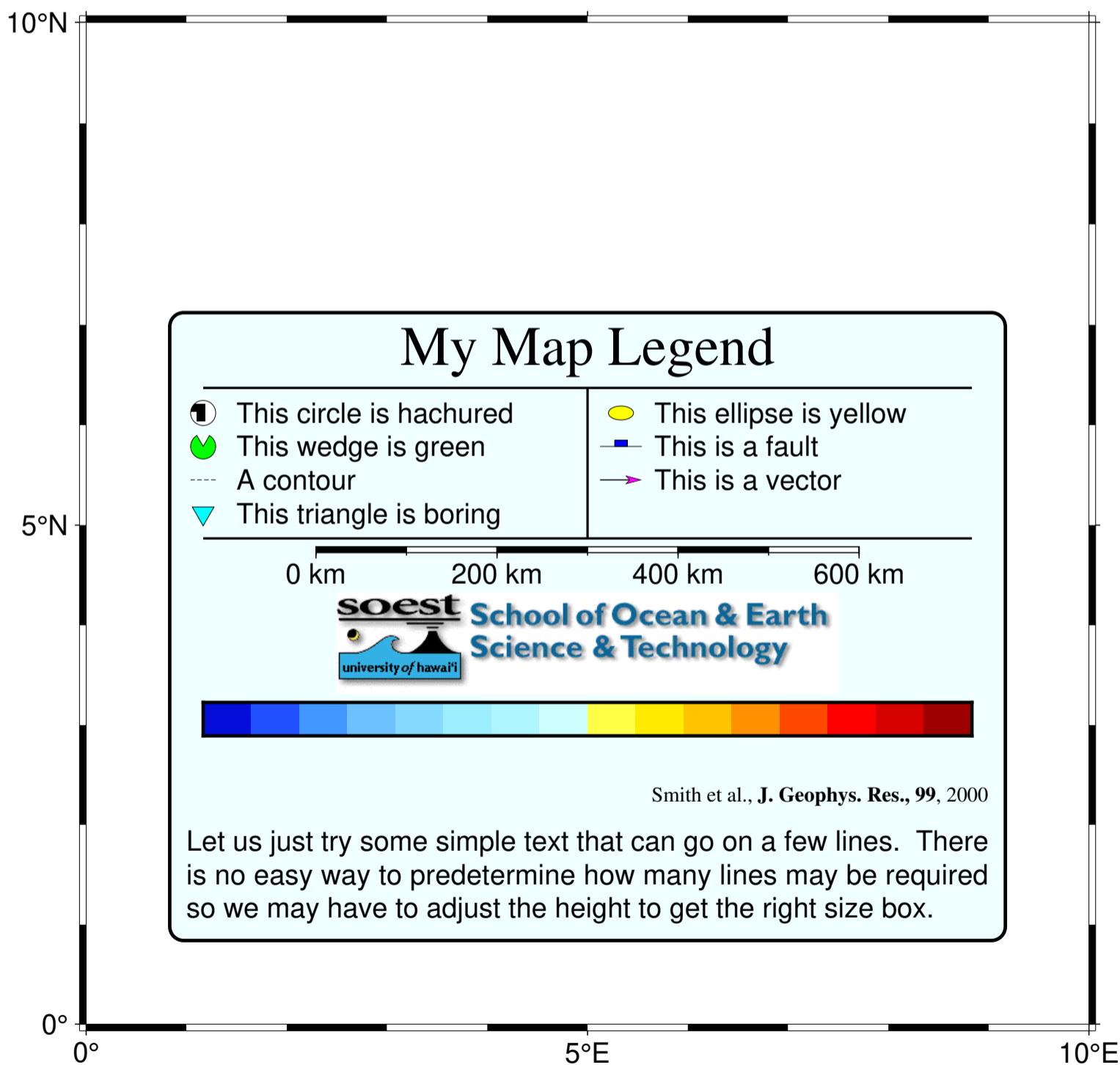


图 4: legend 示例图 1

## 相关模块

[gmtlogo](#), [basemap](#), [text](#), [plot](#)

## 18.60 makecpt

官方文档

[makecpt](#)

简介

制作 GMT CPT 文件

### 描述

在经典模式中, CPT 文件的内容会输出到屏幕标准输出中。而在现代模式中, 该命令不会生成显式的 CPT 文件, 而是隐式地将其自动设置为后面的绘图命令的默认 CPT 文件。因此无法使用经典的 `gmt makecpt > cpt` 方式生成 CPT 文件。如果需要在现代模式中生成 CPT 文件, 则可以使用 `-H` 选项: `gmt makecpt -H > cpt`。关于经典模式和现代模式的语法区别, 建议阅读《[经典模式 → 现代模式](#)》。

`-T` 选项所指定的 z 值范围以外的数值, 将分别使用 3 种颜色来表示, 分别是: 背景色 (B, background color, 表示低于最小 z 值时所对应的颜色)、前景色 (F, foreground color, 表示高于最大 z 值时所对应的颜色)、以及 NaN 颜色 (N, 表示 z 值被定义为 NaN 时对应的颜色, 即 z 值未定义的情况)。默认情况下, 这三种颜色会沿用 `-C` 选项所指定的主 CPT 文件的设置, 但也可以使用 `-D` 选项进行修改。或者使用 [gmtset](#) 命令对 `COLOR_BACKGROUND`、`COLOR_FOREGROUND` 与 `COLOR_NAN` 进行自定义修改。

颜色模式 (RGB, HSV, CMYK) 会沿用 `-C` 选项所指定的主 CPT 文件的设置。或者使用 [gmtset](#) 命令对 `COLOR_MODEL` 进行自定义修改。

### 选项

#### `-A transparency[+a]`

设置透明度, `transparency` 的取值范围是 0 到 100。加上 `+a` 则该透明度同时应用于前景色、背景色和 NaN 颜色。默认不透明, 即 0。

#### `-C cpt`

指定主 CPT 文件, 默认值是 GMT 自带的 `rainbow`。`makecpt` 根据主 CPT 文件的配色方案, 将 z 值范围拉伸至 `-T` 指定的范围, 生成新的 CPT。GMT 自带的 CPT 文件的配色方案列表, 请参见《[内置 CPT](#)》。

除了 GMT 自带的 CPT 文件, 也可以设为用户自定义的 CPT 文件, 也可以是通过 `-C color1,color2[,color3]` 语法指定一个线性连续变化的颜色列表。

#### `-D[i]`

将背景色和前景色分别设置为输出的 CPT 文件中最低值和最高值对应的颜色。不设置本项时, GMT 默认使用主 CPT 文件规定的背景色与前景色, 或是采用配置参数 `COLOR_BACKGROUND`、`COLOR_FOREGROUND` 与 `COLOR_NAN` 的设置。加上 `i` 则设置为主 CPT 文件中最低值和最高值对应的颜色。

#### `-E nlevels`

生成的 CPT 文件会被重采样为 `nlevels` 个等间距的切片。

#### `-F[R|r|h|c][+c]`

使用默认选项 `-FR`, 输出的 CPT 以 r/g/b, 灰度值, 或名称指定颜色; 使用 `-Fr`, 输出的 CPT 以 r/g/b 方式指定颜色; 使用 `-Fh`, 输出的 CPT 以 h-s-v 方式指定颜色; 使用 `-Fc`, 输出的 CPT 以 c/m/y/k 方

式指定颜色；附加 **+c** 以分类格式编写离散型调色板。

#### **-G***zlo/zhi*

截断主 CPT 文件，将主 CPT 的最小和最大 z 值分别限制为 *zlo* 与 *zhi*。

#### **-H**

仅限现代模式：默认情况下是将 CPT 保存为隐藏的当前 CPT，加上 **-H** 命令会显式地将 CPT 写入标准输出。在写制作动画的脚本时，需要传递显式命名的 CPT 文件，因此需要使用本功能。建议阅读《[经典模式 → 现代模式](#)》。

#### **-I[c][z]**

利用 **-Iz** 选项倒转 CPT 的 z 值指向（不包括前景色、背景色）。利用 **-Ic** 选项翻转颜色的顺序，包括前景色和背景色。详细用法和说明见《[制作 CPT](#)》。

#### **-T***z\_min/z\_max[/z\_inc[+n]]* 或 **-T***ztable*

定义要生成的 CPT 文件的 Z 值范围及 Z 值间隔

- 若使用了 **-C** 选项且 *z\_inc* 未指定，则 Z 值间隔的数目与输入的主 CPT 文件相同。
- 若 *z\_inc* 后有 **+n**，则将 *z\_inc* 解释为 Z 值间隔的数目而不是 Z 值间隔
- 也可以指定文件 *ztable*，其中每行一个 Z 值
- 若不使用 **-T** 选项，则默认使用主 CPT 文件中的 Z 值范围

#### **-Z**

生成连续 CPT 文件。默认生成不连续 CPT 文件，即每个 Z 值切片内为同一颜色

## 18.61 mapproject

官方文档

[mapproject](#)

简介

地图投影正变换及逆变换

译文作者

[@cugliming](#)

**mapproject** 从表数据中读取（经度，纬度）位置，并使用指定的地图投影和比例尺计算（x, y）坐标。

也可以读取（x, y）位置并通过逆变换计算（经度，纬度）值。通过这种方式，我们可以将已知投影类型的地图数字化为线性（x, y）点，再将其变换为地理坐标。

也可以计算沿轨道到固定点的距离，或者最接近直线的距离。或用于执行各种基准转换。

读入的数据字段必须具有（经度，纬度）或（x, y）；关于如何读取（纬度，经度）文件，请参阅选项 **-:**。

**mapproject** 还可以根据构成轨迹的输入坐标来计算各种辅助输出数据。方位角、距离、到其它直线的距离以及沿着直线的行进时间等，都可以通过使用 **-A**, **-G**, **-L**, **-Z** 选项中的一个或多个来计算。

## 语法

```
gmt mapproject [ tables ] -Jparameters -Rregion [ -Ab|B|f|F|o|O[lon0/lat0][+v] ] [ -C[dx/dy] ] [ -Dc|i|p] [ -E[datum] ] [ -F[unit] ] [ -G[lon0/lat0][+a][+i][+uunit][+v] ] [ -I] [ -Lline.xy[+uunit][+p] ] [ -N[a|c|g|m] ] [ -Q[d|e] ] [ -S] [ -T[h]from[/to] ] [ -V[level] ] [ -W[g|h|j|n|w|x] ] [ -Z[speed][+a][+i][+f][+t epoch] ] [ -bbinary] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp] [ -fflags] [ -ggaps] [ -hheaders] [ -iflags] [ -jflags] [ -oflags] [ -pflags] [ -sflags] [ -:[i|o]] ] [ --PAR=value ]
```

## 必须选项

**-J***projection* (*more* ...)

设置地图投影方式

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

UTM 投影比较特殊：如果使用 **-C** 选项且未指定 **-R** 范围，则将区域设置为给定的 UTM 区域，以保留完整的椭圆形解（有关更多信息，请参见 RESTRICTIONS）。

## 可选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-Ab|B|f|F|o|O[lon0/lat0][+v]**

计算沿着某轨迹，或到某固定点 (lon/lat) 的方位角。**-Af** 计算每个数据点的（前向）方位角，使用**-Ab** 计算数据点到固定点的反方位角。使用**-Ao** 可获得 (-90/90) 方向，而非方位角 (0/360)。大写的 F, B, O, 表示从大地纬度转换为地心纬度，并估计测地线的方位角（假设当前的椭球体不是球体）。如果没有给出固定点，则从上一个点开始计算方位角（或反方位角）。或者，通过输入文件中的 3-4 列，利用 **+v** 选项以获得可变的第二个点 (lon0 / lat0)。有关-A 如何影响输出记录的信息，请参见输出顺序。

**-C[dx/dy]**

将投影坐标的中心设置为地图投影中心（默认为左下角）。也可以通过指定 **dx/dy**，在投影结果中加上一定的偏移量（指定**-I** 后，则减去该偏移量），如特定投影类型中的东、北伪偏移量。偏移量的单位是有效的绘图距离单位（请参阅 [PROJ\\_LENGTH\\_UNIT](#)），但如果指定了**-F**，偏移量单位为米。

**-Dc|i|p**

临时覆盖 [PROJ\\_LENGTH\\_UNIT](#)，并改用 c(厘米), i(英寸) 或 p(像素) 为单位。该选项不能与**-F** 一起使用。

**-E[datum]**

将大地坐标 (lon, lat, height) 转换为以地球为中心的地球固定坐标 (ECEF) (x, y, z)（逆向转换，添加**-I**）。

**-F[unit]**

强制使用 1:1 比例尺，即输出数据（或输入，参见**-I**）为真实投影下的米数。如果要指定其他单位，请附加所需的单位（请参阅 [units](#)）。如果没有**-F**，则输出（或输入，参见**-I**）以 [PROJ\\_LENGTH\\_UNIT](#) 指定的单位（或者采用**-D**）。

**-G[lon0/lat0][+a][+i][+uunit][+v]**

计算沿某轨迹的距离，或到某固定点（用-Glon0 / lat0 指定）的距离。

在距离后加上 **+u** 以指定单位（参阅 [Units](#)，以了解可用单位及如何计算距离 [真实半径的大圆]）；例如，**c** 表示使用输入坐标的笛卡尔距离，**C** 使用投影坐标的笛卡尔距离。**C** 单位需要设置**-R** 和**-J**。如果没有给出固定点，将计算沿输入点定义的轨迹的累积距离 [指定 **+a**，也表示计算累积距离]；附加 **+i** 可获取连续点之间的增量距离，或者同时附加 **+a +i**，以同时获得累积距离及增量距离。或者，通过输入文件中的 3-4 列，附加 **+v** 以获得可变的第二个点 (lon0 / lat0)。有关-G 如何影响输出记录的信息，参见输出顺序。

**-I**

进行逆变换，即从 (x, y) 数据获取（经度，纬度）。

**-L***line.xy[+uunit][+p]*

判断从输入数据点到 ASCII 多段文件 *line.xy* 中指定的行的最短距离。

距离和最近点的坐标将作为三个新列添加到输出中。追加距离单位 (参阅 [Unites](#) 以获取可用单位以及如何计算距离 [使用真实半径的大圆]), 例如 *c*(使用输入坐标的笛卡尔距离), *C*(使用投影坐标的笛卡尔距离)。*C* 单位需要设置-*R* 和-*J*。附加 *+p* 以报告线段 ID 和小数点编号, 而不是最近点的 lon/lat。有关-*L* 如何影响输出记录的信息, 请参见输出顺序。

**-N***[a|c|g|m]*

从大地纬度 (使用当前的椭球, 参阅 [PROJ\\_ELLIPSOID](#)) 转换为四个不同辅助纬度中的一个, 经度不受影响。从 authalic (等积?), conformal (等角?), geocentric (地心坐标系?) 和 meridional latitudes (子午线纬度?) [地心坐标系] 中选择。使用-*I* 将辅助纬度转换为大地纬度。

**-Q***[d|e]*

列出所有投影参数。

-*Qd*, 仅列出基准; -*Qe* 仅列出椭圆体。

**-S**

不转换区域之外的点。

**-T***[h]from[/to]*

使用标准的 Molodensky 转换对 datums(基准面?) 之间进行坐标转换。如果第 3 个输入列的高度高于椭圆形, 则使用-*Th* [默认假定 height = 0, 即在椭圆形上]。使用基准面的 ID (参见-*Qd*) 指定基准或给出椭球: *dx*, *dy*, *dz*, 其中椭球可以是椭球 ID (参见-*Qe*), 也可以指定为 *a[, inv\_f]*, 其中 *a* 是半长轴, *inv\_f* 是反展平 (如果省略, 则为 0)。

**-V***[level] (more ...)*

设置 verbose 等级 [*w*]

**-W***[g|h|j|n|w|x]*

在标准输出上打印地图的宽度和高度。没有读取输入文件。要仅输出宽度或高度, 请分别附加 *w* 或 *h*。要输出地图点的绘图坐标, 请输入 *glon /lat*。报告的绘图尺寸的单位可以通过-D 进行更改。要输出参考点的地图坐标, 请选择 *jcode* (使用标准的两个字符对齐代码), *nrx / ry* (其中参考点以 0-1 范围内的标准化位置给出) 或 *xpx / py*, 直接给出点。[默认值返回地图的宽度和高度]。

**-Z***[speed][+a][+i][+f][+t epoch]*

计算沿-*G* 指定轨迹的行进时间; 附加一个恒定的单位, 如果缺失, 则会从第 3 列读取。

速度为单位时间 (单位由 [TIME\\_UNIT](#) [m/s] 指定) 内通过的距离 (单位由-*G* 指定)。附加 *+i* 可以输出连续点之间的增量行进时间, *+a* 可以获取累积的行进时间, 或者同时加上以获取两种时间信息。使用 *+f* 将累积的 (经过的) 旅行时间格式化为 ISO 8601 规定格式。至于用于表示秒的小数位数, 请查阅 [FORMAT\\_CLOCK\\_OUT](#) 设置。附加 *+t epoch* 以报告连续点的绝对时间 (ETA)。最后, 由于需要增加距离, 因此需要带有 *+i* 修饰符的-*G* 选项。有关-*Z* 如何影响输出记录的信息, 请参见输出顺序。

**-bi***[ncols][type][w][+l|b] (more ...)*

设置二进制输入数据的格式

**-bo***[ncols][type][w][+l|b] (more ...)*

设置二进制输出的数据格式

**-d[i|o]nodata** (*more ...*)

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

**-e[~] “pattern” | -e[~]/regexp/[i]** (*more ...*)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f[i|o]colinfo** (*more ...*)

指定输入或输出列的数据类型

**-g[a|x|y|d|X|Y|D|[col]zgap[+n|p]** (*more ...*)

确定数据或线段的间断

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle]** (*more ...*)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]]** (*more ...*)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-je|f|g** (*more ...*)

设置球面距离的计算方式

**-ocols[,⋯][,t[word]]** (*more ...*)

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-p[x|y|z]azim[/elev[/zlevel]][+wlon0/lat0[/z0]][+vx0/y0]** (*more ...*)

设置 3D 透視视角

**-s[cols][+a|+r]** (*more ...*)

设置 NaN 记录的处理方式

**-:[i|o]** (*more ...*)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 输出顺序

选项 -A、-G、-L 和 -Z 生成的数据一律按这几个选项的字母顺序排序。因此, 这些选项在命令中出现的顺序无关紧要。当然, 输出顺序也可以用 -o 选项调整。

## 示例

将经纬度坐标数据转换为 Mercator 网格上以 cm 为单位的 (x,y)

本示例中, Mercator 每度表示为 2cm:

```
$ gmt mapproject -R105/108/33/36 -Jm2c << EOF
105 33
106 34
107 35
108 36
EOF
```

输出结果:

```
0      0
2      2.38727963335
4      4.80309472214
6      7.24888693724
```

## UTM 转化为地理坐标

- UTM 坐标单位为 m
- 需要知道该坐标的 UTM 分带号, 本示例坐标所在带号为 51

```
# 将 UTM 坐标转换为经纬度
$ echo 311072.4 3542183.5 | gmt mapproject -Ju51/1:1 -C -F -I
# 输出结果:
121.000000401 32.0000000858

# 将 Gauss-Kruger 坐标转换为经纬度
$ echo 310996.760635 3543600.93152 | gmt mapproject -Ju51/1:1 -C -F -I --PROJ_SCALE_FACTOR=1
# 输出结果:
121 31.99999999997
```

**注意:** Gauss-Kruger 坐标可直接使用 UTM 的-Ju 投影, 只别在于 Gauss-Kruger 的比例因子为 1, 而 UTM 比例因子为 0.9996.

## 经纬度转化为 UTM

```
# 经纬度转换为 Gauss-Kruger
$ echo 121 32 | gmt mapproject -Ju51/1:1 -C -F --PROJ_SCALE_FACTOR=1
# 输出结果
310996.760635 3543600.93152

# 经纬度转换为 UTM
$ echo 121 32 | gmt mapproject -Ju51/1:1 -C -F
# 输出结果
311072.361931 3542183.49115
```

在经纬度坐标下, 计算点 (104.92, 29) 相对于点 (104.92, 31) 的方位角和大圆距离(单位为 km)。下面的例子使用了 -je 选项以获得高精度的测地线距离:

```
$ echo 104.92 29 | gmt mapproject -Af104.92/31 -G104.92/31+uk -je
104.92 29     180     221.704999623
```

## 18.62 mask

官方文档

[mask](#)

简介

将没有数据的区域裁剪或者覆盖

**mask** 读取 (x,y,z) 形式的数据并判断哪些网格中哪些节点是可靠的。只有包含一个或者多个数据的节点被认为是可靠的。另外，可以指定影响半径，在数据点半径内的所有节点都是可靠的。同时还可对上述结果取反，即寻找不可靠的节点。在得到可靠/不可靠的节点后，该模块将使用 -T 选项覆盖这些节点，或者使用轮廓创建多边形以剪除不感兴趣的区域。当使用裁剪后，直到第二次该模块调用 -C 选项才可以关闭。

### 语法

```
gmt mask [ table ] [-Iincrement -Jparameters -Rregion [ -B[p|s]parameters ] [ -C ] [ -Ddumpfile ] [ -F[l|r] ] [ -Gfill ] [ -Jz|Zparameters ] [ -Lnodegrid[+i|o] ] [ -N ] [ -Qcut ] [ -Ssearch_radius ] [ -T ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -binary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -pflags ] [ -qiflags ] [ -rreg ] [ -ttransp ] [ -wflags ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若 *yinc* 设置为 0，则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-Jprojection (*more ...*)**

设置地图投影方式

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (*more ...*)**

指定数据范围

## 可选选项

**-B***parameters* (*more* ...)

设置底图边框和轴属性

**-C**

终结裁剪; 使用该选项后不需要输入文件

**-D***dumpfile*

将每个裁剪多边形的 (x,y) 坐标输出到 *dumpfile* 文件, 不给定文件则输出到标准输出。该选项不进行绘图。如果 *dumpfile* 包含 C 语言格式的说明符 (例如, %5d 或者%05d), 多边形将被写入不同的文件, 否则都写入到 *dumpfile* 文件中。**-Q** 选行可用来排除小多边形。

**-F[l|r]**

设置裁剪多边形的方向, 与 **-D** 选项同时使用。**-Fl** 为向左 (逆时针); **-Fr** 为向右 (顺时针)。

**-G***fill*

对裁剪多边形进行填充

**-L***nodegrid[+i|o]*

将计算过程中包含 1 和 0 的网格储存到 *nodegrid*, 1 和 0 分别为选定和不被选定的标记。**+o** 选项将无数据的节点转换为 NaN, **+i** 选项将有数据的节点转转为 NaN

**-N**

反转选择, 即裁剪有数据覆盖的区域

**-Q***cut*

不输出少于 *cut* 点数的多边形, 仅能和 **-D** 选项共同使用

**-S***search\_radius*

设置影响半径。网格节点在数据的影响半径内, 就被认为是可靠的, 默认半径为 0, 即只有数据落人的网格是可靠的, 可在半径后追加单位

**-T**

绘制数据而不是多边形轮廓, 使用 **-G** 选项可以用来设置其中的填充。不能和 **-D** 选项同时使用

**-X[a|c|f|r][xshift[u]]**

**-Y[a|c|f|r][yshift[u]]** (*more* ...)

移动绘图原点

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-bi**[*ncols*][*type*][**w**][+l|b] (*more* ...)

设置二进制输入数据的格式

**-dinodata** (*more* ...)

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

**-e**[~] “*pattern*” | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-ocols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-p[x|y|z]azim[/elev/zlevel][+wlon0/lat0/z0][+vx0/y0] (more ...)**

设置 3D 透視视角

**-qi[~]rows[+ccol][+a|f|s] (more ...)**

筛选输入的行或数据范围

**-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-t[transp] (more ...)**

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-wy|a|w|d|h|m|s|cperiod[/phase][+ccol] (more ...)**

将输入坐标转换为循环坐标

**-:[i|o] (more ...)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和[-j 选项](#)。

## 示例

假设数据的影响范围为 5 度, 对其中影响的网格范围填充为黄色

```
gmt begin mask
gmt math -T-90/90/10 -N2/1 o = | gmt mask -Gyellow -I30m -R-75/75/-90/90 -JQ0/7i \
-S5d -T -Bafg10 -BWSe+t"Mask for points with r = 5 degrees"
gmt end show
```

使用裁剪多边形制作 mask, 将其中没有控制数据的部分覆盖

```
gmt mask africa_grav.xyg -R20/40/20/40 -I5m -JM10i -pdf mask
```

使用和上面的例子相同的数据, 但这次将裁剪多边形保存到文件 all\_pols.txt

```
gmt mask africa_grav.xyg -R20/40/20/40 -I5m -Dall_pols.txt
```

类似第二个例子, 但这次对数据覆盖的部分进行填充

```
gmt mask africa_grav.xyg -R20/40/20/40 -I5m -JM10i -T -Gwhite -pdf mask
```

## 相关模块

[grdmask](#), [surface](#), [basemap](#), [clip](#)

## 18.63 meca

官方文档

[meca](#)

简介

绘制震源机制解

## 语法

```
gmt meca [ table ] -Jparameters -Rregion -Sformat[scale][+aangle][+ffont][+jjustify][+l][+m][+odx[/dy]][+sreference]
[ -A[+ppen][+ssize] ] [ -B[p|s]parameters ] [ -Ccpt ] [ -Ddepmin/depmax ] [ -Efill ] [ -Fmode[args] ] [ -Gfill ] [
-H[scale] ] [ -I[intens] ] [ -L[pen] ] [ -N ] [ -Tnplane[/pen] ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -Wpen ] [ -X[a|c|f|r][xshift]
] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -pflags ] [ -qiflags ] [ -:i|o ] ] [
--PAR=value ]
```

## 必须选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

**-J***projection* ([more ...](#))

设置地图投影方式

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* ([more ...](#))

指定数据范围

**-S**<format><scale>[+ffont][+jjustify][+odx[/dy]]

指定输入数据的格式、震源球大小等属性。

*format* 用于指定输入的震源机制解的格式。

*scale* 指定了 5 级地震 (地震矩为 4.0E23 dynes-cm) 的震源球的直径。默认情况下, 震源球的直径与震级大小成正比, 即实际直径为  $size = M / 5 * scale$ 。若使用 **-M** 选项, 则所有震源球大小相同。

每个震源球都可以有一个可选的标签。标签默认位于震源球的上方。

- **+ffont** 设置震源球标签的文本属性
- **+jjustify** 标签相对于震源球的位置 [默认为 BC, 即正上方]
- **+odx[/dy]** 标签的额外偏移量

---

**备注:** 请注意, 下面的各个震源机制解格式中, 设置新的震源球放置位置 *newX* 和 *newY* 必须另外再加上 **-A**

选项后才可生效。

### **-Sascale[+ffont][+jjustify][+o dx[/dy]]**

Aki and Richards 约定的震源机制解格式。输入文件的具体格式为:

```
X Y depth strike dip rake mag [newX newY] [title]
```

- $X$  和  $Y$  为震源经度和纬度
- $depth$  为震源深度, 单位为 km
- $strike$ 、 $dip$ 、 $rake$  为断层的三个基本参数, 单位为度
- $mag$  为地震震级
- $newX$  和  $newY$  震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在  $X$  和  $Y$  处, 指定新的震源球放置位置  $newX$  和  $newY$  以使得震源球与震源位置错开。
- $title$  震源球标签 [可选]

### **-Scscale[+ffont][+jjustify][+o dx[/dy]]**

Global CMT 约定的震源机制解格式。输入文件的具体格式为:

```
X Y depth strike1 dip1 rake1 strike2 dip2 rake2 mantissa exponent [newX newY] [title]
```

- $X$  和  $Y$  为震源经度和纬度
- $depth$  为震源深度, 单位为 km
- 两组  $strike$ 、 $dip$ 、 $rake$  为两个断层面的基本参数
- $mantissa$  和  $exponent$  是地震标量矩的尾数和指数部分。例如, 地震标量矩为 9.56e+26 dyne-cm, 则  $mantissa=9.56$ ,  $exponent=26$
- $newX$  和  $newY$  震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在  $X$  和  $Y$  处, 指定新的震源球放置位置  $newX$  和  $newY$  以使得震源球与震源位置错开。
- $title$  震源球标签 [可选]

### **-Sm|d|zscale[+ffont][+jjustify][+o dx[/dy]]**

地震矩张量。输入数据格式为:

```
X Y depth mrr mtt mff mrt mrf mtf exp [newX newY] [title]
```

- $X$  和  $Y$  为震源经度和纬度
- $depth$  为震源深度, 单位为 km
- $mrr$  等是地震矩的 6 个分量, 单位是  $10^{exp}$  dyne-cm
- $exp$  地震矩的指数部分。例如  $mrr=2.5$ ,  $exp=26$ , 则真实  $mrr = 2.0e26$
- $newX$  和  $newY$  震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在  $X$  和  $Y$  处, 指定新的震源球放置位置  $newX$  和  $newY$  以使得震源球与震源位置错开。
- $title$  震源球标签 [可选]

地震矩张量可以分解成各向同性部分 (ISO)、双力偶部分 (DC) 和补偿线性向量偶极部分 (CLVD)。

- **m** 表示绘制完整的地震矩张量 (ISO+DC+CLVD)
- **d** 表示仅绘制地震矩的双力偶部分 (DC)
- **z** 表示仅绘制地震矩的各向异性部分 (DC+CLVD)

说明:

- 6 个分量使用的坐标系为 USE 坐标系, 与 Global CMT 的坐标系一致
- Global CMT 的矩张量解不包含各向同性部分, 因而 **-Sm** 和 **-Sz** 的效果相同。

**-Spscale[+ffont][+jjustify][+odx[/dy]]**

由两个断层平面的部分数据构成的机制解。输入数据格式为:

```
X Y depth strike1 dip1 strike2 fault mag [newX newY] [title]
```

- $X$  和  $Y$  为震源经度和纬度
- $depth$  为震源深度, 单位为 km
- $strike1$  和  $dip1$  平面 1 的断层参数,  $strike2$  是平面 2 的断层参数
- $fault$  取 -1 或 +1, 表示正断层和逆断层
- $mag$  地震震级
- $newX$  和  $newY$  震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在  $X$  和  $Y$  处, 指定新的震源球放置位置  $newX$  和  $newY$  以使得震源球与震源位置错开。
- $title$  震源球标签 [可选]

**-Sx|y|tscale[+ffont][+jjustify][+odx[/dy]]**

指定 T、N、P 轴的方位和大小。输入数据格式为:

```
X Y depth Tvalue Tazim Tplunge Nvalue Nazim Nplunge Pvalue Pazim Pplunge exp [newX newY] [title]
```

- $X$  和  $Y$  为震源经度和纬度
- $depth$  为震源深度, 单位为 km
- $Tvalue$  等 9 个量定义了 T、N、P 轴的大小和方向
- $exp$  是  $Tvalue$  等的指数部分
- $newX$  和  $newY$  震源球在图上的经纬度 [可选]。默认震源球会放在  $X$  和  $Y$  处, 指定新的震源球放置位置  $newX$  和  $newY$  以使得震源球与震源位置错开。
- $title$  震源球标签 [可选]

地震矩张量可以分解成各向同性部分 (ISO)、双力偶部分 (DC) 和补偿线性向量偶极部分 (CLVD)。

- $x$  绘制完整的地震矩张量 (ISO+DC+CLVD)
- $y$  只绘制地震矩的双力偶部分 (DC)
- $z$  只绘制地震矩的各向异性部分 (DC+CVLD)

## 可选选项

**-Bparameters ([more ...](#))**

设置底图边框和轴属性

**-A[+ppen][+ssize]**

在  $(newX,newY)$  处绘制震源球

默认会在数据输入所指定的  $(X,Y)$  坐标处绘制震源球。使用 **-A** 选项, 则将震源球绘制在  $(newX,newY)$  处, 在震源位置绘制一个小圆, 并将  $(X,Y)$  和  $(newX,newY)$  连线。

$pen$  控制连线的画笔属性,  $+ssize$  指定圆的大小。[默认使用 **-W** 选项的  $pen$  属性,  $size$  为 0]

**-Ccpt**

指定 CPT 文件, 根据数据文件中第三列的值 (即地震深度) 确定震源球的压缩部分的颜色。

**-Ddepmin/depmax**

只绘制震源深度在  $depmin$  和  $depmax$  之间的地震。

**-Efill**

震源球拉伸部分的填充色 [默认为白色]

**-Fmode[args]**

设置多个属性, 可重复使用多次。

**-Fa[size[/Psymbol[Tsymbol]]]**

计算并在震源球上 P 轴和 T 轴处绘制符号。size 是符号大小; Psymbol 和 Tsymbol 符号可以取 c|d|h|i|p|s|t|x, 具体含义见 [plot](#) -S 选项 [默认值为 6p/cc]

**-Fefill**

设置 T 轴符号的填充色

**-Fgfill**

设置 P 轴符号的填充色

**-Fppen**

设置 P 轴符号的画笔属性

**-Ftpen**

设置 T 轴符号的画笔属性

**-Fo**

使用旧版本的 **psvelomeca** 命令的输入数据格式, 即不需要第三列的深度信息

**-Fr[fill]**

在震源球标签后加一个方框 [默认填充色为白色]

**-Fz[pen]**

覆盖零迹矩张量的画笔属性

**-Gfill**

指定压缩部分的填充色 [默认值为黑色]

**-L[pen]**

设置震源球外部轮廓的线条属性 [默认由 -W 选项决定]

**-M**

所有震级使用相同的大小。震源球大小由 -S 选项的 scale 参数决定。

**-N**

地图区域外的震源球也要绘制, 默认不绘制

**-T[nplane][/pen]**

绘制断层平面。

*nplanes* 可以取:

- **0** 绘制两个断层面
- **1** 绘制第一个断层面
- **2** 绘制第二个断层面

*pen* 为画笔属性。

对于双力偶机制解而言, -T 选项只绘制震源球的圆周和断层平面, 不填充颜色; 对于非双力偶机制解而言, -TO 在震源球的基础上覆盖上透明的断层平面。

**-U[label][+c][+jjust][+odx/dy] ([more ...](#))**

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V[level]** (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

**-Wpen**

同时设置所有线条以及符号轮廓的画笔属性以及标题颜色。

该选项设置的属性可以被 -C、-L、-T、-Fp、-Ft 或 -Fz 指定的属性替代。

**-X[a|c|f|r][xshift[u]]****-Y[a|c|f|r][yshift[u]]** (*more* ...)

移动绘图原点

**-dinodata** (*more* ...)

将输入数据中值为 nodata 的列替换为 NaN

**-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i]** (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle]** (*more* ...)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,···][,t[word]]** (*more* ...)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-p[x|y|z]azim[/elev[/zlevel]][+wlon0/lat0[/z0]][+vx0/y0]** (*more* ...)

设置 3D 透視视角

**-t[transp]** (*more* ...)

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-:[i|o]** (*more* ...)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

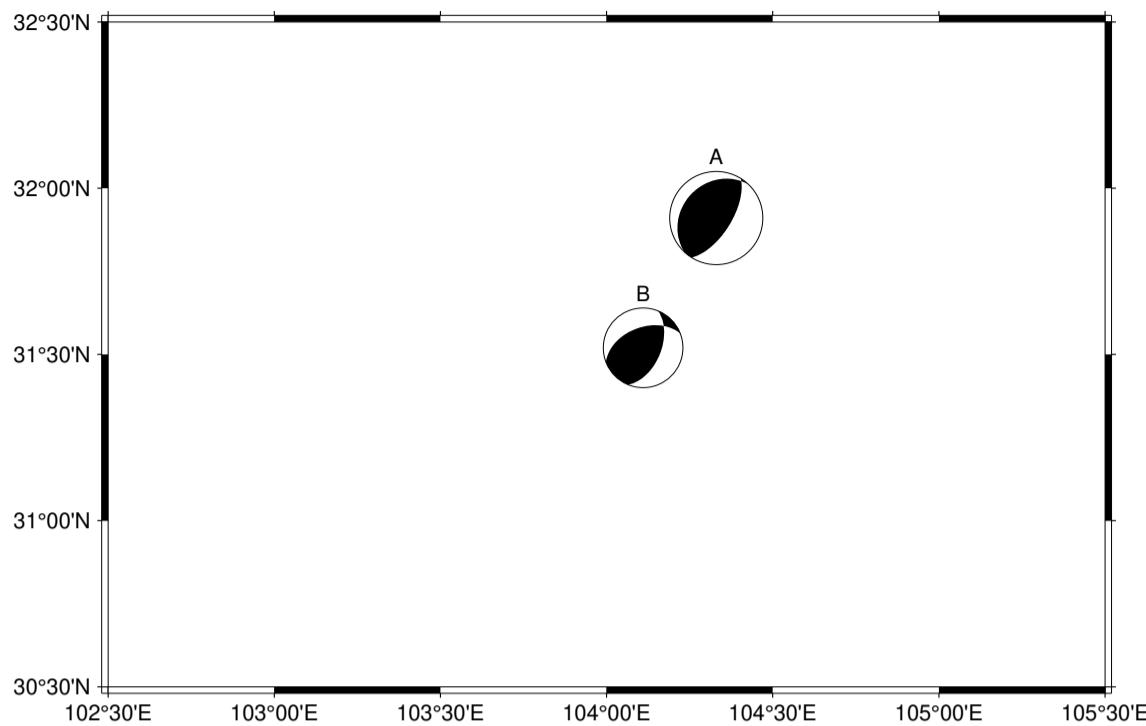
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

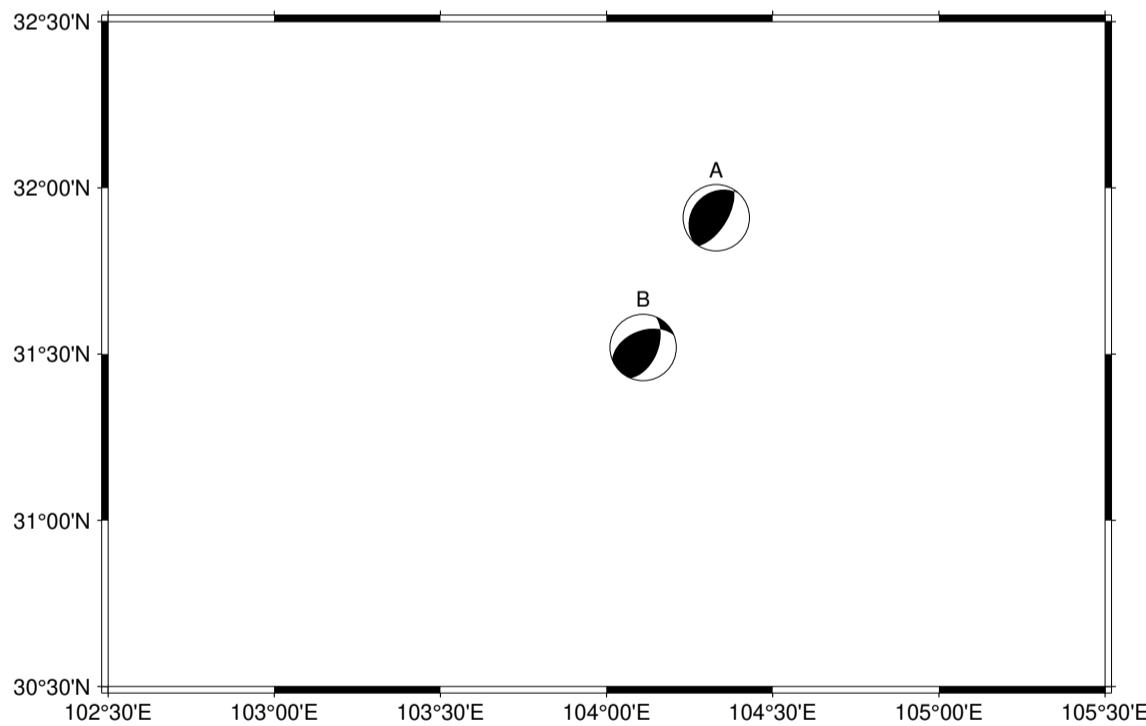
绘制了两个震源球, 位置在其震中处。震源球的大小随震级变化: 5 级地震的震源球大小为 1 厘米:

```
gmt meca -JQ104/15c -R102.5/105.5/30.5/32.5 -Ba -Sa1c -png, pdf beachball_1 << EOF
# 经度 纬度 深度(km) strike dip rake 震级 newX newY ID
104.33 31.91 39.8 32 64 85 7 0 0 A
104.11 31.52 27.1 22 53 57 6 0 0 B
EOF
```



绘制了两个震源球，位置在其震中处。震源球的大小固定：

```
gmt meca -JQ104/15c -R102.5/105.5/30.5/32.5 -Ba -Sa1c -M -png, pdf beachball_2 << EOF
# 经度 纬度 深度(km) strike dip rake 震级 newX newY ID
104.33 31.91 39.8 32 64 85 7 0 0 A
104.11 31.52 27.1 22 53 57 6 0 0 B
EOF
```



震源球大小随震级变化，颜色随深度变化：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin beachball_3
gmt basemap -JQ104/15c -R102.5/105.5/30.5/32.5 -Ba -BWSen
gmt coast -Da -Ia/0.05,black
gmt makecpt -T0/100/20
gmt meca -A+s0.2c -Sa1.3c -C << EOF
# 经度 纬度 深度(km) strike dip rake 震级 newX newY ID
104.33 31.91 39.8 32 64 85 7.0 0 0 A
104.11 31.52 27.1 22 53 57 6 0 0 B
EOF
```

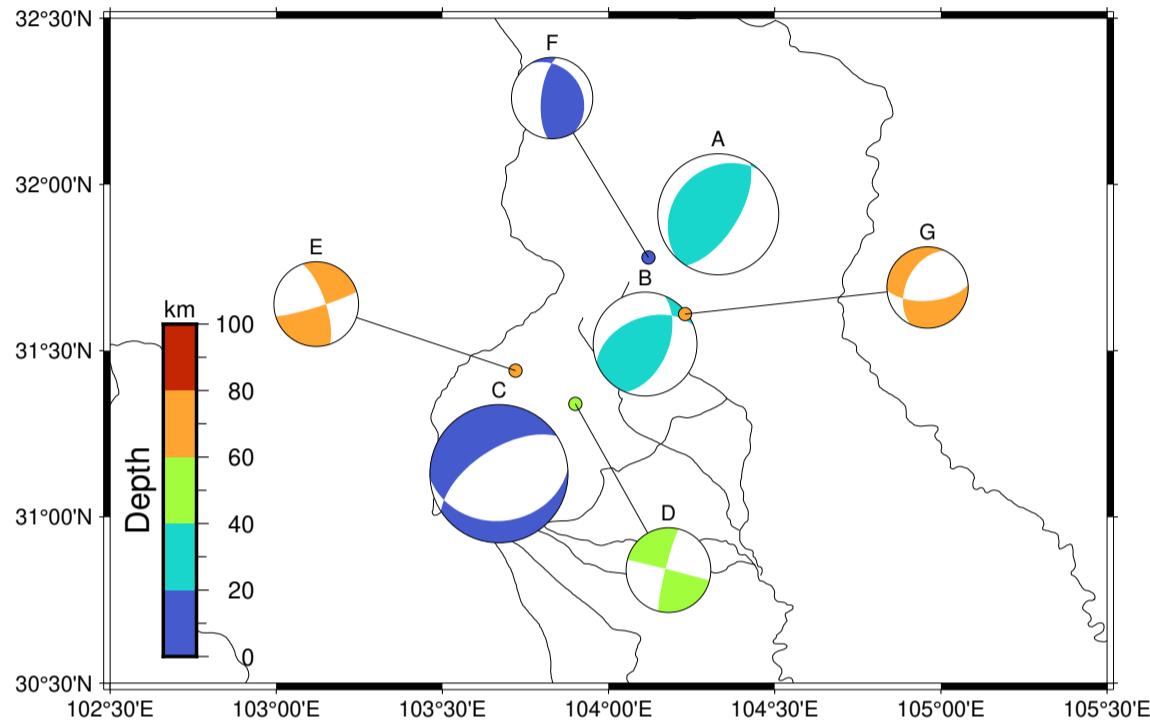
(下页继续)

(续上页)

```

104.11 31.52 27.1 22 53 57 6.0 0 0 B
103.67 31.13 6.4 86 32 -65 8.0 0 0 C
103.90 31.34 43.6 194 84 179 4.9 104.18 30.84 D
103.72 31.44 67.3 73 84 -162 4.9 103.12 31.64 E
104.12 31.78 12.7 186 68 107 4.7 103.83 32.26 F
104.23 31.61 62.0 86 63 -51 4.7 104.96 31.69 G
EOF
gmt colorbar -DjBL+w5c/0.5c+ml+o0.8c/0.4c -Bx+lDepth -By+lkm
gmt end show

```



## 相关模块

[polar](#), [coupe](#), [basemap](#), [plot](#)

## 18.64 nearneighbor

官方文档

[nearneighbor](#)

简介

使用最邻近算法网格化表数据

**nearneighbor** 读取  $(x, y, z[, w])$  形式的数据，并使用最邻近算法计算网格点的加权平均值。计算原理为

$$w(r_i) = \frac{w_i}{1 + d(r_i)^2}, \quad d(r) = \frac{3r}{R}, \quad \bar{z} = \frac{\sum_i^n w(r_i) z_i}{\sum_i^n w(r_i)}$$

其中  $n$  为满足筛选标准的数据点数， $r_i$  为网格点到第  $i$  个数据点的距离，如果不给定输入点的权重，则假定其为等权，即  $w_i = 1$

[Source Code](#)

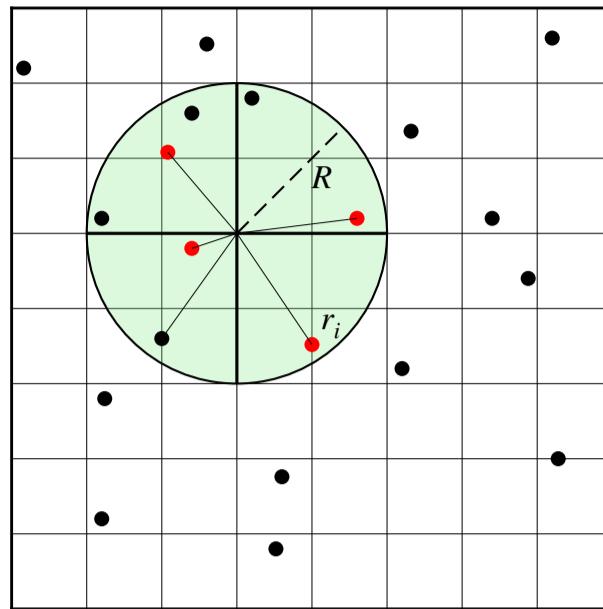


图 5: 算法示意图。R 为搜索半径, 其限制了考虑的点和扇区的数量, 只有每个扇区中最近的点(红色点)参与估计

## 语法

```
gmt nearneighbor [ table ] -Goutgrid -Iincrement -Rregion -Ssearch_radius [ -Empty ] [ -Nsectors[+mmin_sectors]|n ] [ -V[level] ] [ -W ] [ -aflags ] [ -bibinary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -nflags ] [ -qiflags ] [ -rreg ] [ -wflags ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

输入表数据, 包含三列或四列 ( $x,y,z,[w]$ ) 形式的数据 (见 **-W** 选项)

**-Goutgrid[=ID][+d[+ninvalid][+ooffset|a][+sscale|a][:driver[dataType][+coptions]]]**

输出网格名。各子选项含义见 [网格文件](#)

**-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- $xinc$  和  $yinc$  为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明  $xinc$  和  $yinc$  不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若  $yinc$  设置为 0, 则表示其与  $xinc$  相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (more ...)**

指定数据范围

**-Ssearch\_radius**

设置  $search\_radius$ , 即上图中的 R, 可在后面追加单位

## 可选选项

### **-Empty**

指定空节点的值为 *empty* , 默认为 NaN

### **-Nsectors[+mmin\_sectors]|n**

以每个网格节点为中心可以将圆形的搜索区域划分为扇区 *sectors* 。+**m** 选项用来设置最少搜索的扇区 *min\_sectors* , 即至少 *min\_sectors* 个扇区至少含有一个数据时, 才计算最终的加权值; 未通过此测试的节点值被设置为 NaN, 见 **-E** 。如果不设置该选项, GMT 至少设置 50% 的扇区来计算加权值, 默认情况下, *sectors* = *min\_sectors* = 4。每个扇区最接近的值才会被用来计算加权值, 远处的点则被忽略。使用 **-Nn** 可以调用 GDAL 的最邻近算法, 而不是用 GMT 的该算法。

### **-W**

表明输入数据的第四列为权重, 该权重与距离权重因子相乘即为最终权重

### **-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

### **-acol=name[,...] (more ...)**

设置非空间数据项与数据列之间的对应关系

### **-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

### **-dinodata (more ...)**

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

### **-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

### **-f[i|o]colinfo (more ...)**

指定输入或输出列的数据类型

### **-g[a|x|y|d|X|Y|D|[col]zgap[+n|p] (more ...)**

确定数据或线段的间断

### **-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

### **-icols[+l][+sscale][+ooffset][,...][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

### **-qi[~]rows[+ccol][+a|f|s] (more ...)**

筛选输入的行或数据范围

### **-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

### **-wy|a|w|d|h|m|s|cperiod[/phase][+ccol] (more ...)**

将输入坐标转换为循环坐标

### **-:[i|o] (more ...)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 -）

**-+ 或 +**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位，以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和[-j 选项](#)。

## 示例

将文件 `ship_15.txt` 格网化成 5 分分辨率的网格，搜索半径设置为 15 分，绘制最终的网格

```
gmt begin map
gmt nearneighbor @ship_15.txt -R245/255/20/30 -I5m -Ggrid.nc -S15m
gmt grdimage grid.nc -B
gmt end show
```

使用 `seaMARCII_bathy.lon_lat_z` 文件创建 0.5 分分辨率的网格，设置搜索半径为 5 km，将搜索圆范围分为八个扇区，每个扇区必须有数据，并将最终的空节点设置为 -9999

```
gmt nearneighbor seaMARCII_bathy.lon_lat_z -R242/244/-22/-20 -I0.5m -E-9999 -Gbathymetry.nc -S5k -N8+m8
```

使用 `geoid.xyz` 数据创建全球 1 度分辨率的网格，搜索半径为 200 km，距离计算使用球面距离，将搜索范围分为 4 个扇区，至少 2 个扇区包含数据时计算加权值

```
gmt nearneighbor geoid.xyz -R0/360/-90/90 -I1 -Ggeoid.nc -S200k -N4
```

## 相关模块

[blockmean](#), [blockmedian](#), [blockmode](#), [greenspline](#), [sphtriangulate](#), [surface](#), [triangulate](#)

## 18.65 plot

官方文档

[plot](#)

简介

在图上绘制线段、多边形和符号

该命令既可以绘制线段和多边形（多边形是闭合的线段），也可以绘制符号。唯一的区别在于是否使用了 `-S` 选项：

- 不使用 `-S` 选项，默认将所有的数据点连成线，即绘制线段或多边形
- 使用 `-S` 选项，则仅在数据点所在位置绘制符号

## 可选选项

### **-A[m|p|x|y]**

修改两点间的连接方式。

地理投影下，两点之间默认沿着大圆弧连接。

1. **-A** : 忽略当前的投影方式, 直接用直线连接两点
2. **-Am** : 先沿着经线画, 再沿着纬线画
3. **-Ap** : 先沿着纬线画, 再沿着经线画

笛卡尔坐标下, 两点之间默认用直线连接。

1. **-Ax** 先沿着 X 轴画, 再沿着 Y 轴画
2. **-Ay** 先沿着 Y 轴画, 再沿着 X 轴画

下图中, 黑色曲线为默认情况; 红线为使用 **-A** 的效果; 蓝线为使用 **-Ap** 的效果; 黄线为使用 **-Am** 的效果:

[Source Code](#)

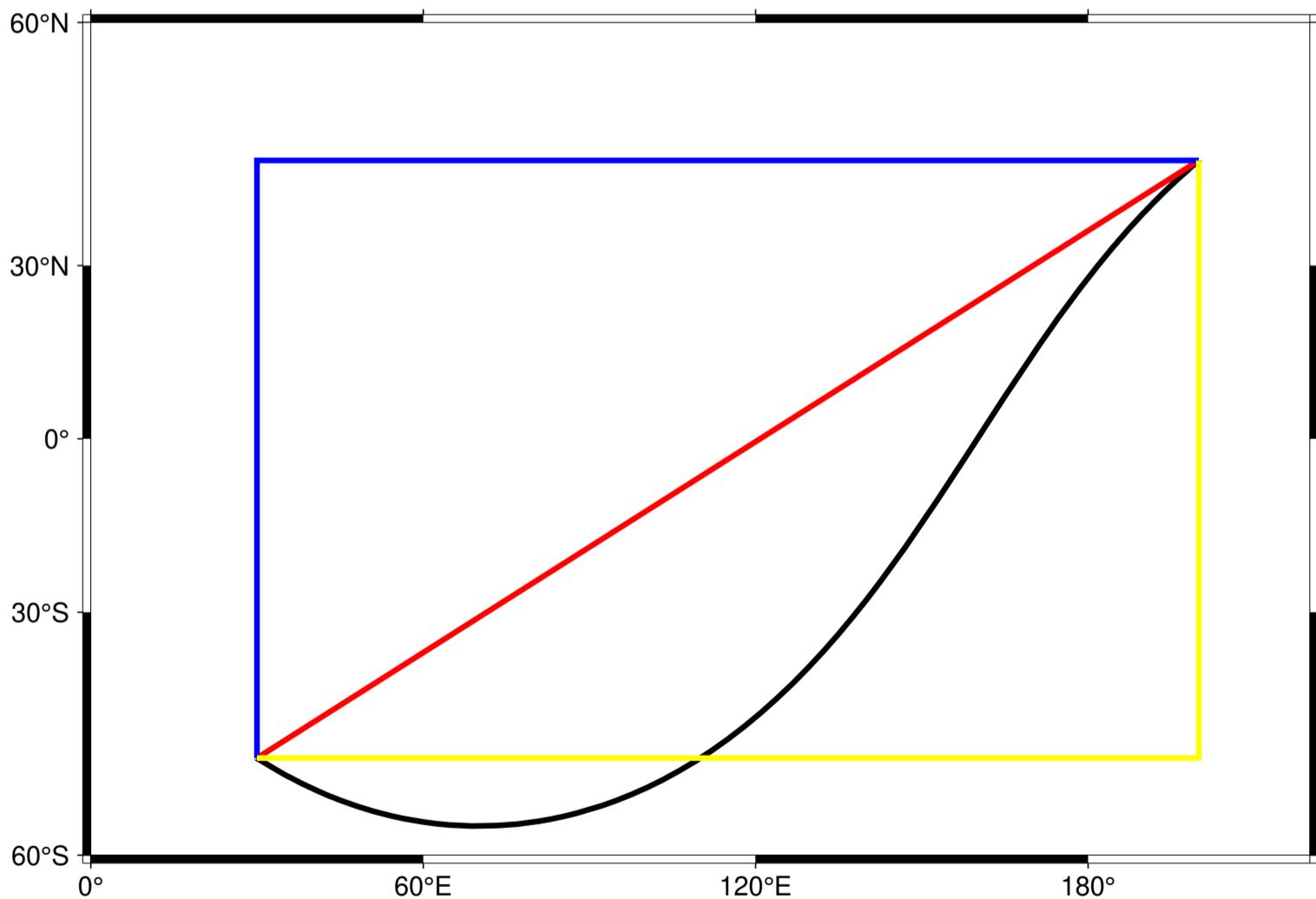


图 6: plot -A 选项示意图

注: 由于这里投影比较特别, 所以沿着经线的线和沿着纬线的线, 看上去都是直线, 在其他投影方式下可能不会是这样。

### **-C cpt**

指定 CPT 文件或颜色列表

该选项后跟一个 CPT 文件名, 使符号和多边形的填充颜色、线段和多边形的线条颜色由 Z 值决定。

1. 若绘制符号 (即使用 **-S** 选项), 则符号的填充色由数据的第三列 Z 值决定, 其他数据列依次后移一列。
2. 若绘制线段或多边形 (即未使用 **-S** 选项), 则需要在多段数据的数据段头记录中指定 **-Zval** (参见[数据段头记录中的额外属性](#)), CPT 文件中 *val* 所对应的颜色, 即为线段或多边形的线条颜色。如果要设置为多边形的填充色, 注意应该要额外使用 **-L** 选项构建闭合多边形。

除此以外, 也可以使用 **-C<color1>,<color2>,...** 语法在命令行上临时构建一个颜色列表, 其中 **<color1>** 对应 Z 值为 0 的颜色, **<color2>** 对应 Z 值为 1 的颜色, 依次类推。

下面的例子展示了 **-C<color1>,<color2>..** 用法:

```
gmt plot -JX10c/10c -R0/10/0/10 -B1 -Cblue,red -W2p -png test << EOF
> -Z0
1 1
2 2
> -Z1
3 3
4 4
EOF
```

#### **-D***dx/dy*

设置符号的偏移量。

该选项会将要绘制的符号或线段在给定坐标的基础上偏移 *dx/dy* 距离。若未指定 *dy*, 则默认 *dy*\*=*dx*。

#### **-E**[*x|y|X|Y*][+*a*][+*cl|f*][+*n*][+*wcap*][+*ppen*]

绘制误差棒。

默认会绘制 X 和 Y 两个方向的误差棒。*x|y* 表示只绘制 X 方向和/或 Y 方向的误差棒, 此时输入数据的格式为 (具体格式由选项决定):

```
X  Y  [size]  [X_error]  [Y_error]  [others]
```

例如, X 方向误差为 1:

```
echo 5 5 1 | gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -Sc0.1c -Ex -W2p -png test
```

X 方向误差为 1, Y 方向误差为 0.5:

```
echo 5 5 1 0.5 | gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -Sc0.1c -Exy -W2p -png test
```

使用 **+a** 表示 X 方向和/或 Y 方向为非对称误差棒, 此时输入数据的格式为:

```
X  Y  [size]  [X_left_error X_right_error]  [Y_left_error Y_right_error]  [others]
```

例如:

```
echo 5 5 1 0.4 0.5 0.25 | gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -Sc0.1c -Exy+a -W2p -png test
```

使用 X 和 Y 则绘制 box-and-whisker (即 stem-and-leaf) 符号。以 **-EX** 为例, 此时数据数据格式为:

```
X中位数  Y  0%位数  25%位数  75%位数  100%位数
```

25% 到 75% 之间的方框内可以用 **-G** 选项填充颜色:

```
echo 5 5 4 4.25 5.4 7 | gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -Sc0.1c -EX -Gred -W2p -png test
```

- 若使用 **-EXY**，则输入数据中至少需要 10 列；
- 若在 X 或 Y 后加上了 **+n**，则需要在额外的第 5 列数据指定中位数的不确定性。
- **+wcap** 控制误差棒顶端帽子的长度，默认值为 **7p**
- **+ppen** 控制误差棒的画笔属性，默认值为 **defalut,black,solid**
- 在使用 **-C** 选项时，可以从 CPT 文件中查找到符号所对应的颜色
  - **+c** 表明将颜色应用于符号填充色和误差棒画笔属性
  - **+cf** 表明仅将颜色用于填充符号
  - **+cl** 表示仅将颜色用于设置误差棒画笔属性，并关闭符号填充色

#### **-F[c|n|r][a|f|s|r|refpoint]**

修改数据点的分组和连接方式。

数据的分组方式有三种：

1. **a** 忽略所有数据段头记录，即将所有文件内的所有数据点作为一个单独的组，并将第一个文件的第一个数据点作为该组的参考点
2. **f** 将每个文件内的所有点分在一个组，并将每一组内的第一个点作为该组的参考点
3. **s** 每段数据内的点作为一组，并将每段数据的第一个点作为该组的参考点
4. **r** 每段数据内的点作为一组，并将每段数据的第一个点作为该组的参考点，每次连线后将前一个点作为新的参考点，该选项仅与 **-Fr** 连用（似乎与 **-Fcs** 等效？）
5. **refpoint** 指定某个点为所有组共同的参考点

在确定分组后，还可以额外定义组内各点的连接方式：

- **c** 将组内的点连接成连续的线段
- **r** 将组内的所有点与组内的参考点连线
- **n** 将每个组内的所有点互相连线

在不使用 **-F** 选项的情况下，默认值为 **-Fcs**。该选项的具体示例在后面给出。

#### **-Gfill**

设置符号或多边形的填充色。多段数据中数据段头记录中的 **-G** 选项会覆盖命令行中的设置。

#### **-Iintens**

模拟光照效果

**<intens>** 的取值范围为 -1 到 1，用于对填充色做微调以模拟光照效果。正值表示亮色，负值表示暗色，零表示原色。

#### **-L[+b|d|D][+xl|r|x0][+yb|t|y0][+ppen]**

将第一个和最后一个数据点连接起来。

**plot** 在绘制线条时，默认只将输入文本中相邻的数据点用线条连接起来。使用 **-L** 选项后，**plot** 会额外地再将第一个和最后一个数据点连接起来，形成封闭的图形。如果第一个和最后一个数据点的连线和其它连线交叉，就会形成不止一个封闭图形。**-L** 选项常常和 **-G** 选项同时使用以进行颜色填充。下面看不同搭配的画图效果：

```
#!/usr/bin/env bash
cat << EOF > t.txt
```

(下页继续)

(续上页)

```

1 1
2 3
3 2
4 4
EOF
cmd='t.txt -R0/5/0/5 -JX4c -W1p -Ba1f1'
gmt begin plot_-L_1
gmt plot $cmd -BWStr+t'No -G or -L'
gmt plot $cmd -BWStr+t'-G Only' -Gorange -X5c
# -L选项中的+P子选项对画笔的外观设置一律无效
# 没有-G选项时, 使用-L选项必须使用+P子选项, 但相关设置无效
gmt plot $cmd -BWStr+t'-L Only' -L+p10p,blue -X5c
gmt plot $cmd -BWStr+t'both -G and -L' -Gorange -L+p10p,blue -X5c
gmt end show
rm t.txt

```

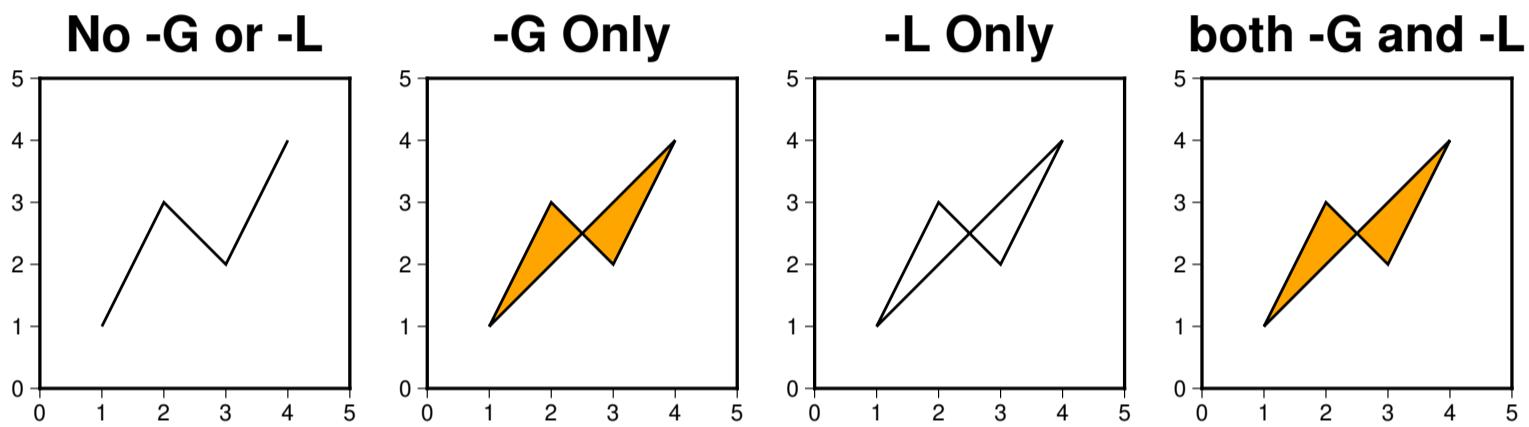


图 7: -L 和 -G 选项不同搭配方式的效果

-L 选项还可以绘制两类包络: 一类是围绕线条的包络, 另一类是到指定位置的包络。首先来看围绕线条的包络:

1. +d 围绕线条绘制对称的包络, 包络相对于线条的 y 轴幅度由数据文件内的第三列给出
2. +D 围绕线条绘制不对称的包络, 包络相对于线条的 y 轴幅度由数据文件内的第三、四列给出
3. +b 围绕线条绘制不对称的包络, 包络的 y 轴范围由数据文件内的第三、四列给出

下面的例子分别绘制了上述三种情形。第一幅图使用 +d 选项, 数据的第三列分别是 2、2、3 和 1, 所以包络的上下范围在线条的每一个数据点处距离线条的距离就是 2、2、3 和 1。第二幅图使用 +D 选项, 数据的第三列分别是 2、2、3 和 1, 所以包络的下范围在线条的每一个数据点处距离线条的距离就是 2、2、3 和 1, 也就是和第一幅图完全相同。但是, 上范围的距离使用的是数据文件的第四列, 也就是 4、3、2 和 1。第三幅图使用 +b 选项, 包络的范围与线条的位置无关。第三、四列数据分别决定了包络的上下范围。当第三、四列数据交叉的时候, 包络图形随之出现打结的现象。

```

#!/usr/bin/env bash
cat << EOF > t.txt
1 1 2 4
2 3 2 3
3 2 3 2
4 4 1 1
EOF
cmd='t.txt -R0/5/-2/8 -JX5c -W2p -Ba1f1 -Glightred'
gmt begin plot_-L_2
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053d" -L+d
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053D" -L+D -X6c
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053b" -L+b -X6c

```

(下页继续)

(续上页)

```
gmt end show
rm t.txt
```

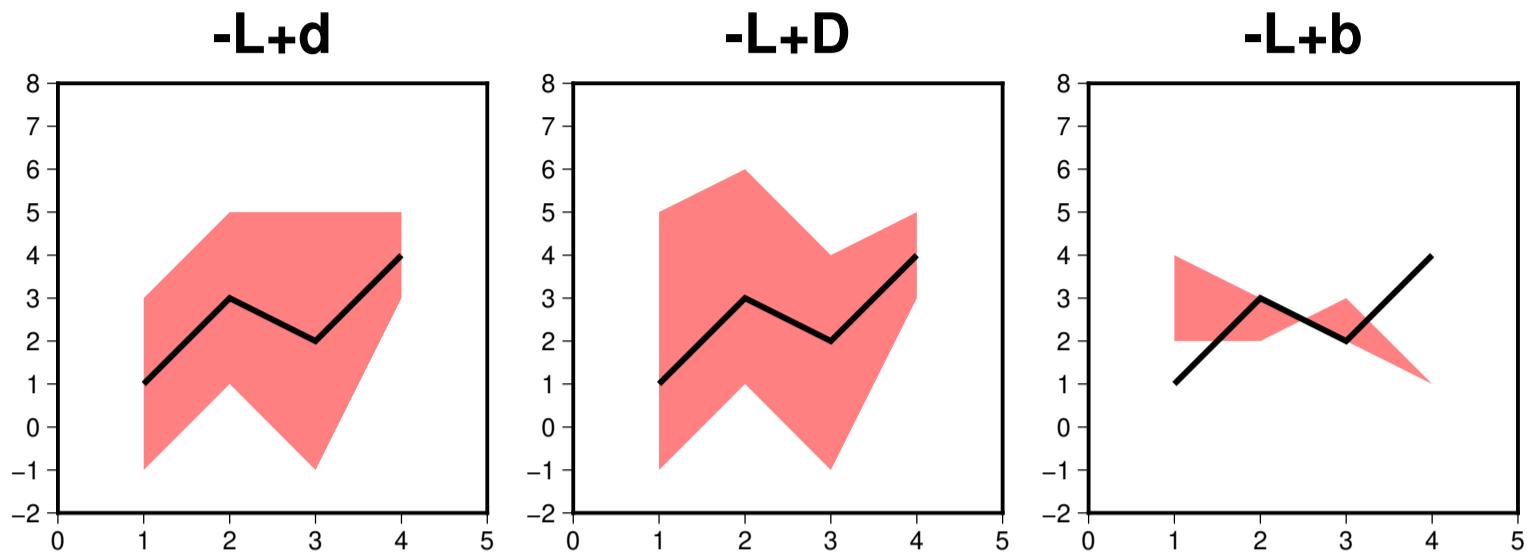


图 8: 围绕线条的包络

再来看指定位置的包络:

1. **+xl|r|x0** 包络范围是从线条到线条的点的 x 轴最小、大值和固定值
2. **+yb|t|y0** 包络范围是从线条到线条的点的 y 轴最小、大值和固定值

例子如下:

```
#!/usr/bin/env bash
cat << EOF > t.txt
1 1
2 3
3 2
4 4
EOF
cmd='t.txt -R0/5/0/5 -JX5c -W2p -Ba1f1 -Glightred'
gmt begin plot_-L_3
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053x1" -L+xl
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053xr" -L+xr -X6c
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053x4.5" -L+x4.5 -X6c
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053yt" -L+yt -X-12c -Y-6.5c
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053yb" -L+yb -X6c
gmt plot $cmd -BWStr+t"-L\053y4" -L+y4 -X6c
gmt end show
rm t.txt
```

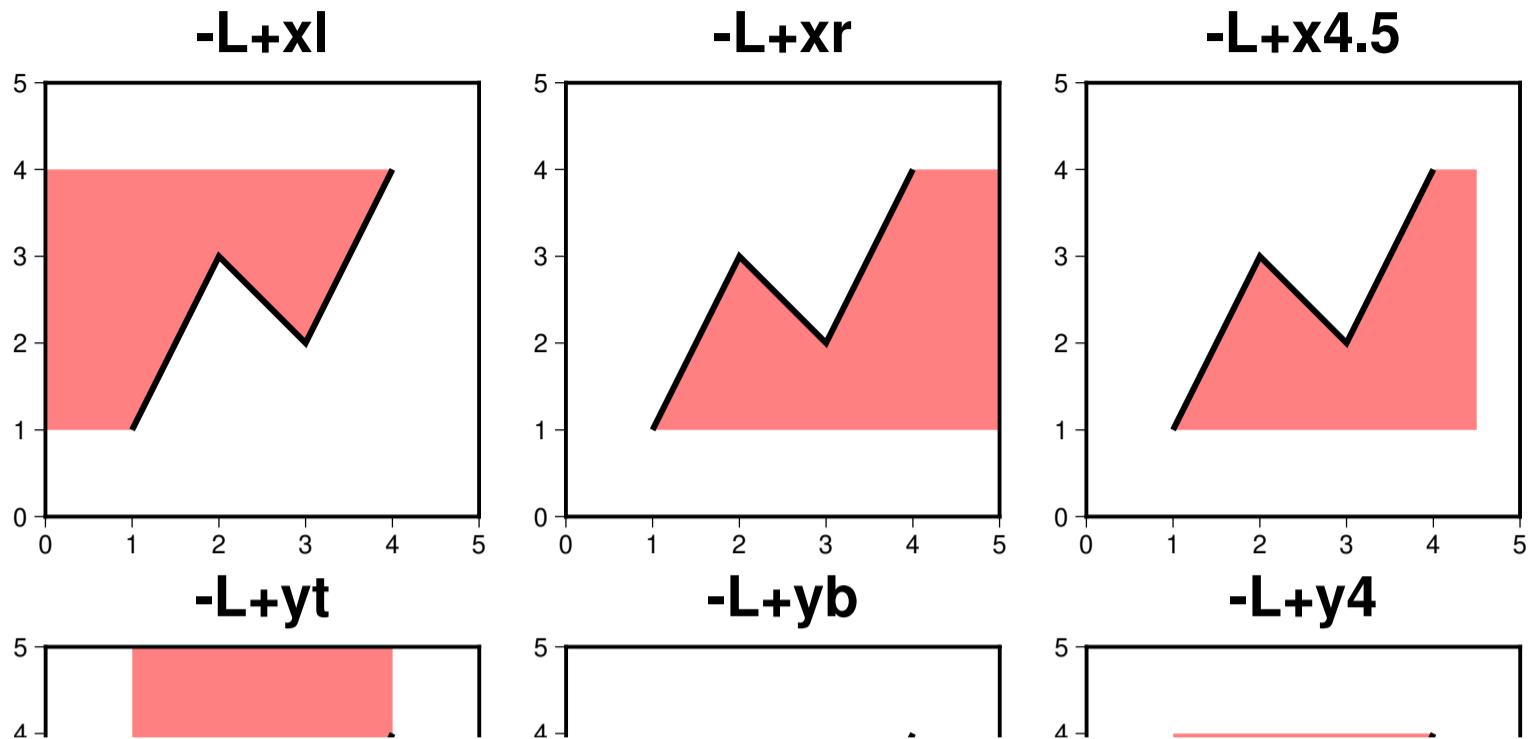


图 9: 到指定位置的包络

**-N[c|r]**

区域范围外的符号不会被裁剪，而会被正常绘制。

默认情况下，位于 -R 范围外的符号不会被绘制的。使用该选项使得即便符号的坐标位于 -R 指定的范围外，也会被绘制。需要注意的是，该选项对线段或多边形无效，线段和多边形总会被区域的范围裁剪。

对于存在周期性的地图而言，若符号出现在重复边界上，则会被重复绘制两次。比如：

```
gmt plot -R0/360/-60/60 -JM10c -Bx60 -By15 -Sc2c -png test << EOF
360 0
EOF
```

会在地图的左右边界处分别两个半圆，该行为可以通过 -N 选项修改：

1. -N 关闭裁剪，符号仅绘制一次
2. -Nr 关闭裁剪，但符号依然绘制两次
3. -Nc 不关闭裁剪，但符号仅绘制一次

**-W[pen][+cl|+cf|+c]**

设置线段或符号轮廓的画笔属性。

1. *pen* 具体设置见[画笔](#)一节，用于修改线条的宽度、颜色、线型（例如点线、虚线、点划线等）
2. 若使用了 *+cl* 则表示线条颜色由 CPT 文件控制
3. 若使用了 *+cf* 则符号的填充色由 CPT 文件控制
4. 若使用了 *+c* 则表示线条颜色和符号填充色同时由 CPT 文件控制
5. -W 选项后还可以加上额外的选项，可以指定线条的额外属性，见[线条属性](#)一节

**-U[label][+c][+jjust][+odx/dy] (*more* ...)**

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-t[transp] (more ...)**

设置图层透明度(百分比)。取值范围为0(不透明)到100(全透明)

**-S 选项**

使用-S选项, 则表示要绘制符号。-S选项的基本语法是:

```
-S [<symbol>] [<size> [<u>]]
```

其中<symbol>指定了符号类型,<size>为符号的大小,<u>为<size>的单位。

不同的符号类型, 需要的输入数据格式也不同, 但可以统一写成(用...代表某符号特有的输入列):

```
x y ...
```

```
-S-|+|a|c|d|g|h|i|n|s|t|x|y|p
```

绘制一些简单的符号。

这几个符号比较简单, 输入数据中不需要额外的列:

- -S- : 短横线, <size> 是短横线的长度;
- -S+ : 加号, <size> 是加号的外接圆的直径;
- -Sa : 五角星(star), <size> 是外接圆直径;
- -Sc : 圆(circle), <size> 为圆的直径;
- -Sd : 菱形(diamond), <size> 为外接圆直径;
- -Sg : 八边形(octagon), <size> 为外接圆直径;
- -Sh : 六边形(hexagon), <size> 为外接圆直径;
- -Si : 倒三角(inverted triangle), <size> 为外接圆直径;
- -Sn : 五边形(pentagon), <size> 为外接圆直径;
- -Sp : 点, 不需要指定<size>, 点的大小始终为一个像素点;
- -Ss : 正方形(square), <size> 为外接圆直径;
- -St : 三角形(triangle), <size> 为外接圆直径;
- -Sx : 叉号(cross), <size> 为外接圆直径;
- -Sy : 短竖线, <size> 为短竖线的长度;

对于小写符号acdghinst,<size>表示外接圆直径;对于大写符号ACDGHINST,<size>表示符号的面积与直径为<size>的圆的面积相同。

下图给出了上面所给出的symbol所对应的符号:

Source Code

—	+	☆	○	◇	○	○	▽	○	□	△	×	
<b>-S-</b>	<b>-S+</b>	<b>-Sa</b>	<b>-Sc</b>	<b>-Sd</b>	<b>-Sg</b>	<b>-Sh</b>	<b>-Si</b>	<b>-Sn</b>	<b>-Ss</b>	<b>-St</b>	<b>-Sx</b>	<b>-Sy</b>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

图 10: plot -S 选项示意图

除了上述简单的符号之外, 还有更多复杂的符号。

```
-Sb|B [<size> [<u>]] [b [<base>]]
```

绘制垂直bar。

-Sb 用于在 X 坐标处绘制一个从 <base> 到 Y 位置的垂直 bar。

1. <size> 是 bar 宽度, 其单位可以是长度单位 c|i|p, 也可以用 u 表示 X 方向单位
2. 若不指定 b<base>, 其默认值为 ymin
3. 指定 b<base>, 为所有数据点指定 base 值
4. 加上 b 但未指定 <base>, 则需要额外的一列数据来指定 base 的值
5. -SB 与 -Sb 类似, 区别在于 -SB 绘制水平 bar

```
gmt plot -R0/10/0/5 -JX15c/5c -B1 -Sb1cb -png test << EOF
2 3 1 0.5
4 2 1 1.5
8 4 1 2.5
EOF
```

-Se|E

绘制椭圆

-Se 用于绘制椭圆。对于椭圆而言, <size> 是不需要的。此时输入数据的格式为:

X	Y	方向	长轴长度	短轴长度
---	---	----	------	------

其中方向是相对于水平方向逆时针旋转的角度, 两个轴的长度都使用长度单位, 即 c|i|p

-SE 选项与 -Se 类似, 区别在于:

- 第三列为方位角 (相对于正北方向旋转的角度)。该角度会根据所选取的地图投影转换成角度
- 对于线性投影, 长短轴的长度单位为数据单位, 即与 -R 中数据范围的单位相同
- 对于地理投影, 长轴和短轴的长度单位可以设置为千米或度

用长度单位指定一个椭圆:

```
echo 180 0 45 5c 3c | gmt plot -R0/360/-90/90 -JN15c -B60 -Se -png test
```

线性投影下 -SE 的长短轴的单位为数据单位:

```
echo 180 0 45 300 100 | gmt plot -R0/360/-90/90 -JX10c -B60 -SE -png test
```

地理投影下 -SE 的长短轴的单位是地理单位, 默认长度单位为千米:

```
echo 80 0 45 22200 11100 | gmt plot -R0/360/-90/90 -JN15c -B60 -SE -png test
echo 80 0 45 200d 100d | gmt plot -R0/360/-90/90 -JN15c -B60 -SE -png test2
```

若长短轴长度相等, 则椭圆退化成圆, 可以用于绘制直径以千米为单位的圆, 从而解决了 -Sc 只能用长度单位而不能用距离单位画圆的不足。这一特性可以用于绘制等震中距线。比如如下命令可以绘制 30 度等震中距线:

```
echo 80 0 0 60d 60d | gmt plot -R0/360/-90/90 -JN15c -B60 -SE -png test
```

上面示例的输入数据中, 方向和短轴长度都是多余的, 所以 GMT 提供了 -SE-<size> 选项用于绘制直径为 <size> 的圆, 若未指定 <size>, 则需要在数据中指定圆的直径。比如 30 度和 60 度等震中距线可以用如下命令绘制:

```
gmt plot -R0/360/-90/90 -JM15c -B60 -SE- -png test << EOF
180 0 60d
180 0 120d
EOF
```

-Sf<gap>[/<size>][+l|r][+b+c+f+s+t][+o<offset>][+p[<pen>]]

绘制 front, 即在线段上加上符号以表示断层等 front

1. <gap> 线段上符号之间的距离, 若 <gap> 为负值, 则解释为线段上符号的个数
2. <size> 为符号大小
  1. 若省略了 <size>, 则默认为 <gap> 的 30%
  2. 若 <gap> 为负值, 则 <size> 是必须的
3. +l 和 +r 分别表示将符号画在线段的左侧还是右侧, 默认是绘制在线段中间
4. +b 符号为 box
5. +c 符号为 circle
6. +t 符号为 triangle
7. +f 符号表示断层 (fault), 默认值。
8. +s 符号表示断层的滑动 (slip), 用于表示左旋或右旋断层。其可以接受一个可选的参数来控制绘制矢量时的角度。也可以用 +S 绘制一个弧形箭头
9. +o<offset> 将线段上的第一个符号相对于线段的起点偏离 <offset> 距离, 默认值为 0
10. 默认符号的颜色与线段颜色相同 (-W 选项), 可以使用 +p<pen> 为符号单独指定颜色, 也可以使用 +p, 即不绘制符号的轮廓。

下面的例子分别绘制了 +b、+c、+f、+s、+t 所对应的符号:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin plot_-Sf
gmt basemap -R150/200/20/50 -JM15c -B10
gmt plot -Sf2c/0.1i+l+b -Gblack -W << EOF
155 30
160 40
EOF
gmt plot -Sf2c/0.1i+l+c -Gblue -W << EOF
165 30
170 40
EOF
gmt plot -Sf2c/0.1i+l+f -Gred -W << EOF
175 30
180 40
EOF
gmt plot -Sf2c/0.3i+l+s+o1 -Gyellow -W << EOF
185 30
190 40
EOF
gmt plot -Sf1c/0.1i+l+t -Gwhite -W -B10 << EOF
195 30
200 40
EOF
gmt end show
```

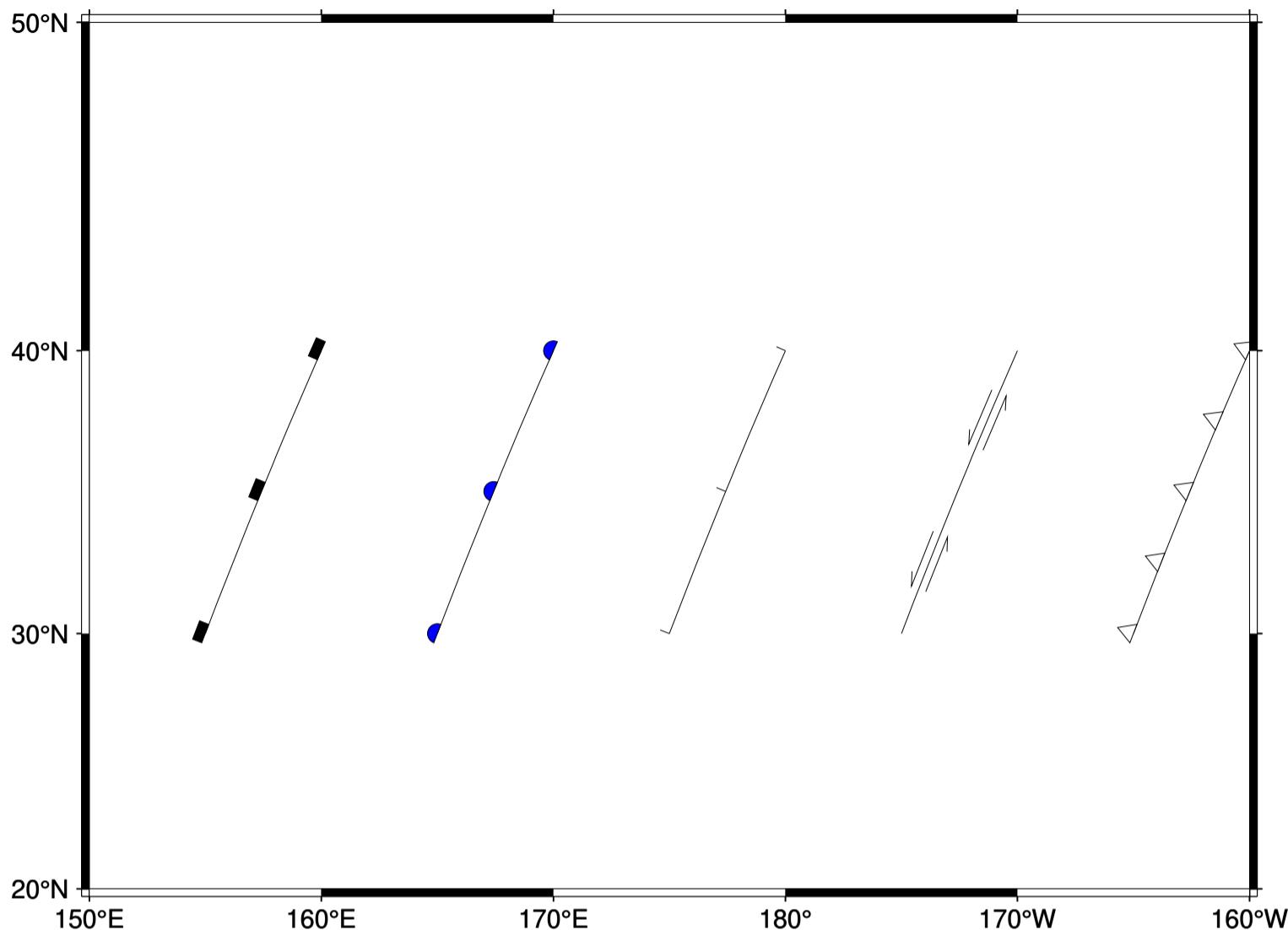


图 11: plot -Sf 示意图

**-Sj | J**

绘制旋转矩形

其输入数据为:

X	Y	方向	X轴长度	Y轴长度
---	---	----	------	------

方向为相对于水平方向逆时针旋转的角度。

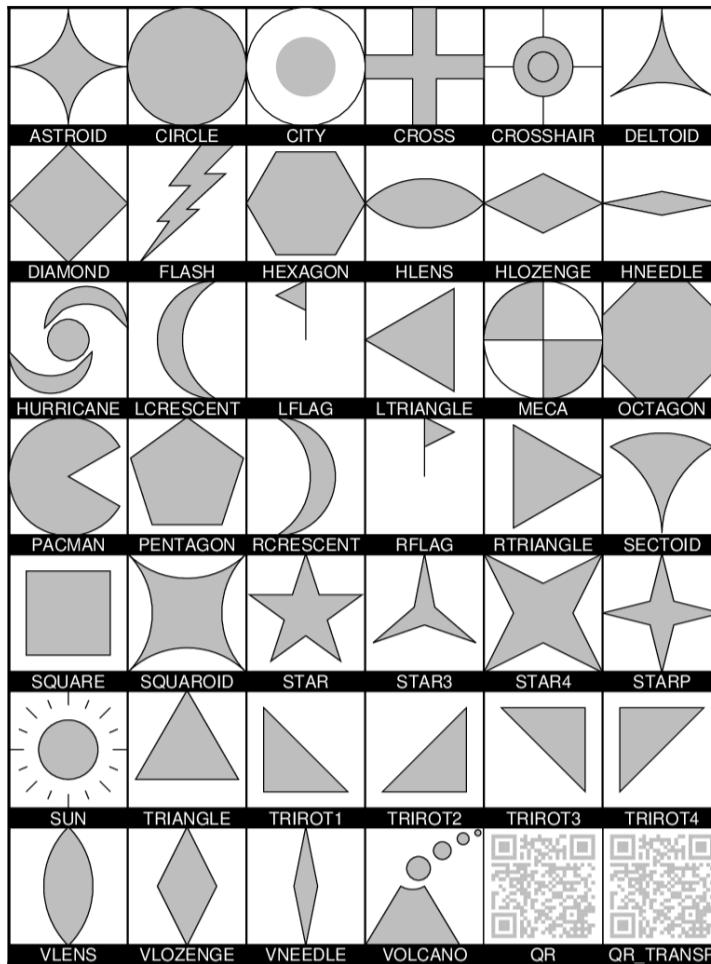
-SJ 与 -Sj 类似, 区别在于:

1. 输入的第三列是方位角
2. 对于地理投影, X 轴和 Y 轴长度的单位为地理单位, 默认为 km
3. 对于线性投影, X 轴和 Y 轴长度的单位与 -R 选项中数据范围的单位相同

若矩形的长宽相等, 则矩形退化成正方形, 此时可以使用 -SJ-<size>。<size> 是正方形的长度, 若未指定 <size> 则需要在输入数据的第三列指定长度。

**-Sk<name>/<size>**

绘制自定义的符号。目前, GMT 官方内置了 40 个自定义符号, 如下所示:



如果这些内置自定义符号无法满足需求，用户可以自行制作自定义符号文件并使用。详细使用方法见[制作和使用自定义符号](#)。

**-S1<size>+t<string>+j<justify>**

绘制文本字符串

该选项的功能与[text](#)类似，不知道为何要设计这个选项。

1. <size> 文本串的大小
2. +t<string> 指定文本串
3. +j<justify> 修改文本串的对齐方式，默认为 CM

**-Sm|M<size>**

绘制数学圆弧

输入数据的格式为：

```
X Y radius_of_arc start_direction stop_direction
```

1. <size> 为矢量箭头的长度
2. 圆弧的线宽由 -W 选项设定
3. -SM 选项与 -Sm 完全相同，只是当圆弧的夹角恰好是 90 度时，-SM 会用直角符号来表示
4. 圆弧的两端可加上额外的箭头，见[矢量/箭头](#)一节

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin plot_-Sm
gmt basemap -R0/4/0.5/1.5 -JX6c/3c -Bxa1g1 -Bya0.5g0.5 -BWSen
gmt plot -Sc0.15c -Gblack << EOF
```

(下页继续)

(续上页)

```

1 1
3 1
EOF
gmt plot -Sm0.2c+b+e+g -Gblack -W0.5p,red << EOF
1 1 1 10 60
EOF
gmt plot -Sm0.2c+b+l -Gblack -W0.5p,blue << EOF
3 1 1 10 150
EOF
gmt end show

```

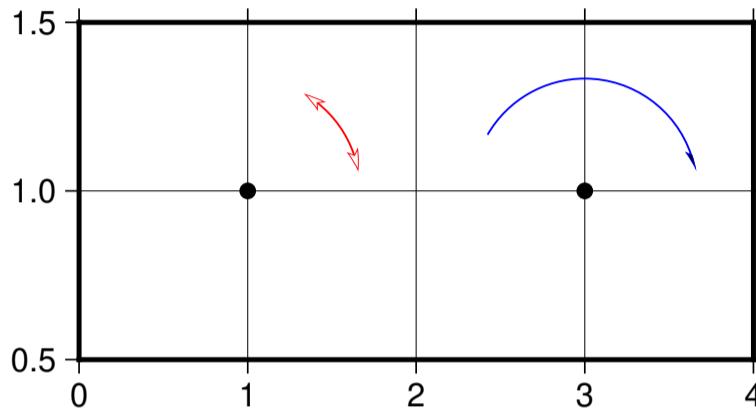


图 12: plot -Sm 示意图

-Sq[<type>]<info>[:<labelinfo>]

绘制 quoted lines, 即带标注的线段, 比如等值线、带断层名的断层线等

<type> 有 6 种可选的方式:

1. d<dist>[<u>]/[<frac>] 指定标签之间的距离, 单位 <u> 为 c|i|p ; <frac> 表示将第一个标签放在距离 quoted lines 起点 <frac>\*<dist> 处
2. D<dist>[<u>]/[<frac>] 指定标签之间的距离, 单位 <u> 可以取 e|f|k|M|n|u|d|m|s
3. f<ffile.d> 根据 ASCII 文件 <ffile.d> 的内容确定标签的位置。仅当 <ffile.d> 中指定的标签位置与 quoted lines 上数据点的位置完全匹配时才会被绘制
4. l<line1>[,<line2>, ...] 指定一个或多个以逗号分隔的线段, 标签会放在线段与 quoted line 相交的地方。<line> 的格式为 start\_lon/start\_lat/stop\_lon/stop\_lat , 其中 start\_lon/ start\_lat 以及 stop\_lon/stop\_lat 可以用锚点中的两字符替换。
5. L<line1>[,<line2>, ...] 与 l 类似, 只是将线段解释为两点之间的大圆路径
6. n<n\_label> 指定等间隔标签的数目, 见官方文档
7. N<n\_label> 见官方文档
8. s<n\_label> 见官方文档
9. S<n\_label> 见官方文档
10. x<xfile.d> 见官方文档
11. X<xfile.d> 见官方文档

<labelinfo> 用于控制标签的格式, 其可以是下面子选项的任意组合, 详情见官方文档:

1. +a<angle>
2. +c<dx>/<dy>
3. +d
4. +e
5. +f<font>
6. +g<color>
7. +j<just>
8. +l<label>
9. +L<label>
10. +n<dx>/<dy>
11. +o
12. +p<pen>
13. +r<min\_rad>
14. +t [<file>]
15. +u<unit>
16. +v
17. +w
18. +x [<first>, <last>]

**-Sr[+s]**

绘制矩形

使用 **-Sr** 时无需指定 *size*, 其输入格式为:

X	Y	X轴长度	Y轴长度
---	---	------	------

若加上 **+s** 选项, 则输入数据分别为矩形的两个对角顶点的 X 和 Y 坐标。

**-SR**

绘制圆角矩形

*size* 对该符号无用。其输入格式为:

X	Y	X轴长度	Y轴长度	圆角半径
---	---	------	------	------

**-Sv|V|=**

绘制矢量

**-Sv** 用于绘制矢量, 输入数据格式为:

X	Y	方向	长度
---	---	----	----

1. *size* 为矢量箭头的长度

2. 矢量宽度由 -W 控制
3. 更多箭头的属性见[矢量/箭头](#)一节
4. -SV 与 -Sv 类似, 区别在于第三列是方位角而不是方向
5. -S= 与 -SV 类似, 区别在于第四列长度的单位是地理单位

```
echo 2 2 45 5c | gmt plot -R0/10/0/10 -Jx10c/10c -B1 -Sv1c+e -W2p -png test
```

**-Sw|W[+a]+r]**

绘制楔形饼图 (pie wedge), 即饼图中的一个切片。加上 +a 表示只绘制弧线, +r 表示只绘制径向线。

楔形饼图所需要的输入数据格式为:

X	Y	start_direction	stop_direcrion
---	---	-----------------	----------------

1. *size* 是楔形饼图所对应的圆的直径
2. 对于 -Sw , 第三、四列是楔形的开始和结束方向, 其中方向定义为相对于 X 轴正方向 (即东向) 逆时针旋转的角度
3. 对于 -SW , 第三、四列是楔形的开始和结束方位角, 其中方位角定义为相对于北向顺时针旋转的角度。对于地理楔形而言, <size> 代表径向地理距离而不是

下面的示例分别用 -SW 和 -Sw 画了两个不同大小的楔形饼图:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin plot_-Sw
gmt basemap -R0/10/0/5 -Jx1c -Ba1g1
gmt plot -Sw2c -Glightblue << EOF
2 2 0 45
EOF
gmt plot -SW3c -Glightblue << EOF
6 2 0 45
EOF
gmt end show
```

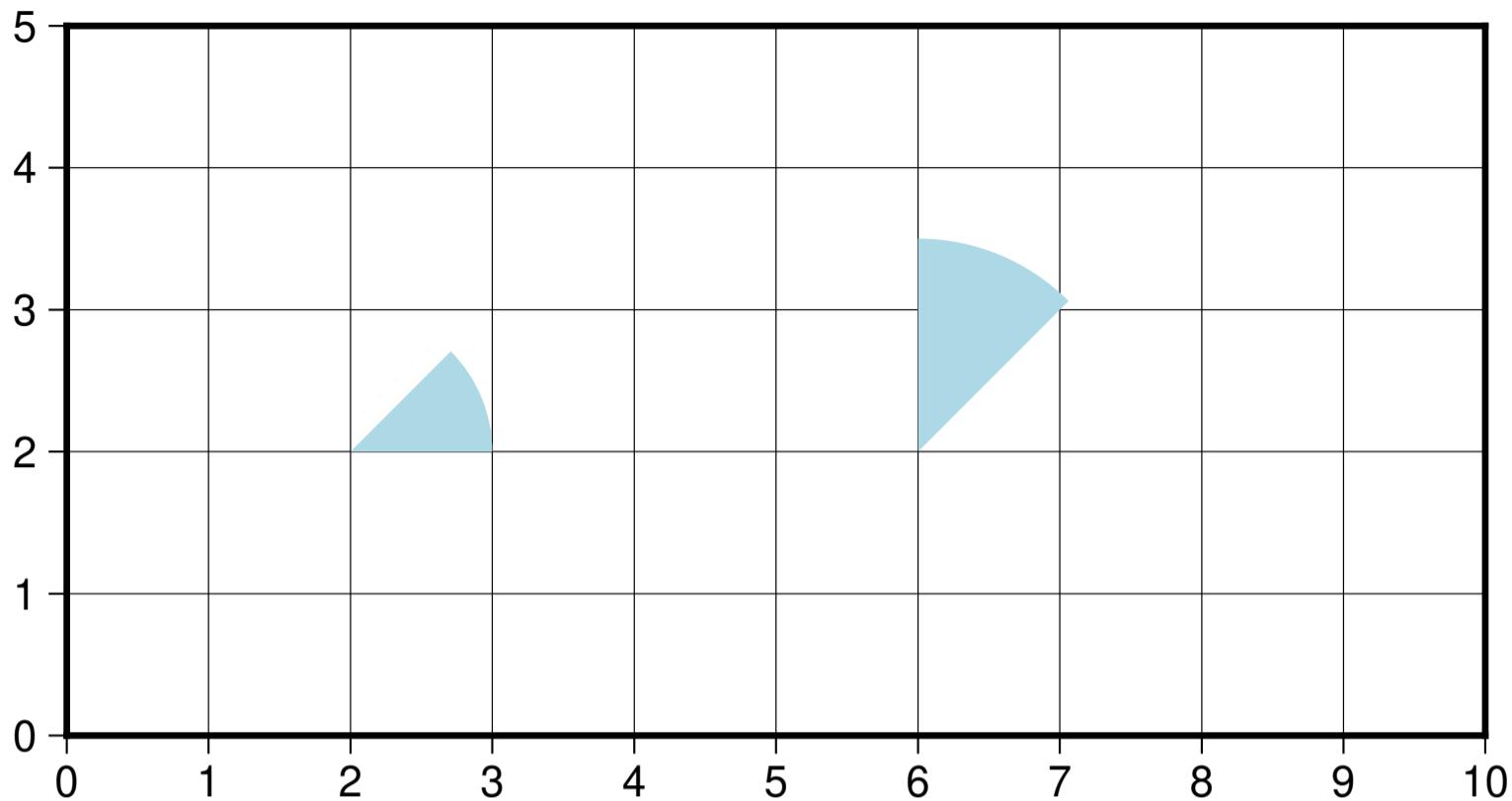


图 13: plot -Sw 示意图。

左边-Sw, 右边-SW; 图中 1 格表示 1cm。

`-S~[d|D|f|l|L|n|N|s|S|x|X]<info>[:<symbolinfo>]`

绘制 decorated line, 即带有符号的线段。详见官方文档。

## 输入数据格式

-S 选项相对复杂, 与不同的选项连用, 或者后面接不同的参数, 所需要的输入数据的格式也不同。不管是什么符号, 至少都需要给定符号的位置, 即 X 和 Y 是必须的:

```
x  y
```

不同的符号, 可能还需要额外的信息, 统一写成(用 ... 代表某符号特有的输入列):

```
x  y  ...
```

若 -S 指定了符号类型但未指定大小, 即 `-S<symbol>`, 若该符号类型需要指定大小, 则需要将符号大小放在输入数据的第三列, 其他输入数据的列号延后, 此时数据格式为:

```
x  y  size  ...
```

若 `size <= 0`, 则跳过该记录行。

若 -S 选项后未指定符号代码, 则符号代码必须位于输入文件的最后一列

```
x  y  ...  symbol
```

若使用了 -C 和 -S 选项, 则符号的填充色由数据的第三列决定, 其他字段依次后移:

```
x  y  [z]  ...  symbol
```

因而总结一下输入数据的格式为:

```
x y [z] [size] ... [symbol]
```

其中 ... 为某些符号所要求的特殊的数据列, symbol 是未指定符号时必须的输入列, size 是未指定大小时的输入列。

## 制作和使用自定义符号

如果 GMT 内置的自定义符号无法满足用户的需求, 用户可以根据 [GMT 自定义符号文件](#) 的格式要求自行制作自定义符号文件。

使用自定义符号时, GMT 会依次按照如下顺序去搜索自定义符号的定义文件 name.def:

1. 当前目录, 即运行脚本所在目录
2. `~/.gmt/custom` 目录(Linux 和 macOS 用户)或 `C:\Users\你的当前用户名\.gmt\custom` 目录(Windows 用户)
3. `$GMT_SHAREDIR/custom` 目录

用户可以将自己制作的自定义符号复制到以上任一路径即可正常使用。建议放在 `~/.gmt/custom` 目录(Linux 和 macOS 用户)或 `C:\Users\你的当前用户名\.gmt\custom` 目录(Windows 用户)下。

## 多段数据

对于多段数据而言, 每段数据的头段记录中都可以包含一些选项, 以使得不同段数据拥有不同的属性。头段记录中的选项会覆盖命令中选项的参数:

- `-Gfill` : 设置当前段数据的填充色
- `-G-` : 对当前数据段关闭填充
- `-G` : 恢复到默认填充色
- `-W<pen>` : 设置当前段数据的画笔属性
- `-W` : 恢复到默认画笔属性 [`MAP\_DEFAULT\_PEN`](#)
- `-W-` : 不绘制轮廓
- `-Z<zval>` : 从 cpt 文件中查找 Z 值 `<zval>` 所对应的颜色作为填充色
- `-ZNaN` : 从 cpt 文件中获取 NaN 颜色

详情及示例参见[数据段头记录中的额外属性](#)

## 示例

最简单的命令, 绘制线段或多边形, 此时数据输入需要两列, 即 X 和 Y:

```
gmt plot -R0/10/0/10 -JX10c -B1 -png test << EOF
3 5
5 8
7 4
EOF
```

下面的脚本展示了 `-F` 选项的用法:

```
#!/usr/bin/env bash

# 此处定义了函数plotpts, 用于绘制图中绿色和蓝色的圆圈, 并加上文字
function plotpts
```

(下页继续)

(续上页)

```
{
    # Plots the two data tables and places given text
    gmt plot -Sc0.2c -Ggreen -Wfaint t1.txt
    gmt plot -Sc0.2c -Gblue -Wfaint t2.txt
    echo $* | gmt text -F+cTL+jTL+f12p -Dj0.05i
}

# 生成测试用的第一个数据文件
cat << EOF > t1.txt
10 10
48 15
28 20
>
40 40
30 5
5 15
EOF

# 生成测试用的第二个数据文件
cat << EOF > t2.txt
7 20
29 11
8 4
EOF

# -Fcs: 默认的连接方式
gmt begin plot_-F
gmt basemap -R0/50/0/45 -Jx0.06i -Ba10 -BWSne
gmt plot -Wip t[12].txt
plotpts TWO DATA TABLES

# -Fra
gmt plot -Wip t[12].txt -Fra -X3.25i
plotpts DATASET ORIGIN

# -Frj
gmt plot -Wip t[12].txt -Frj -X-3.25i -Y3.15i
plotpts TABLE ORIGIN

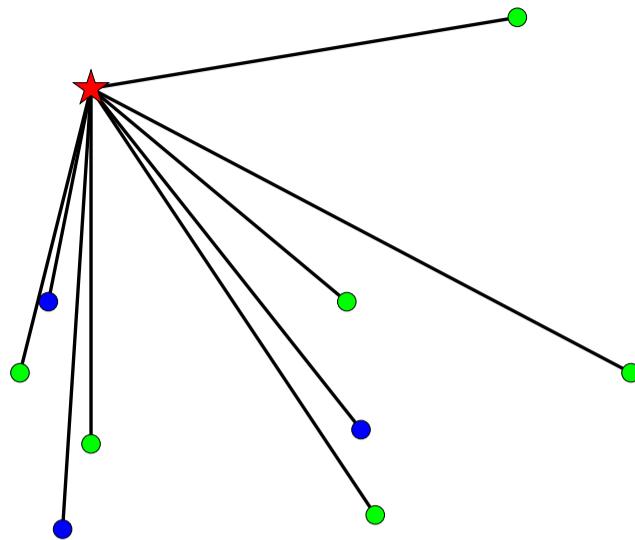
# -Frs
gmt plot -Wip t[12].txt -Frs -X3.25i
plotpts SEGMENT ORIGIN

# -Fr10/35
gmt plot -Wip t[12].txt -Fr10/35 -X-3.25i -Y3.15i
plotpts FIXED ORIGIN
echo 10 35 | gmt plot -Sa0.4c -Gred -Wfaint

# -Fna
gmt plot -Wip t[12].txt -Fna -X3.25i
plotpts NETWORK

gmt end show
rm t[12].txt
}
```

FIXED ORIGIN



NETWORK

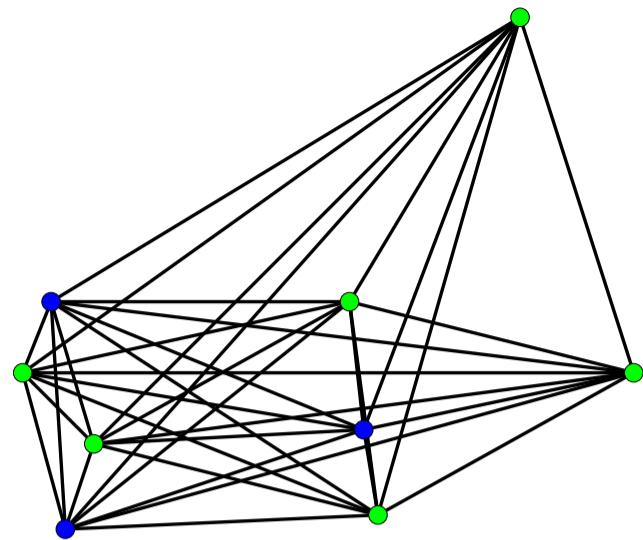
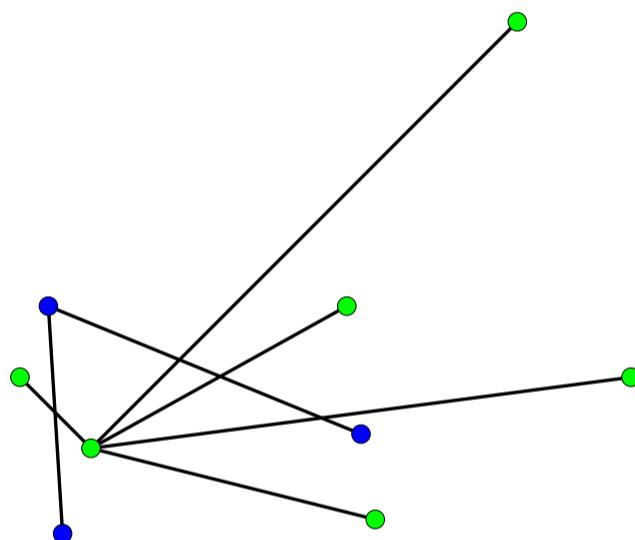
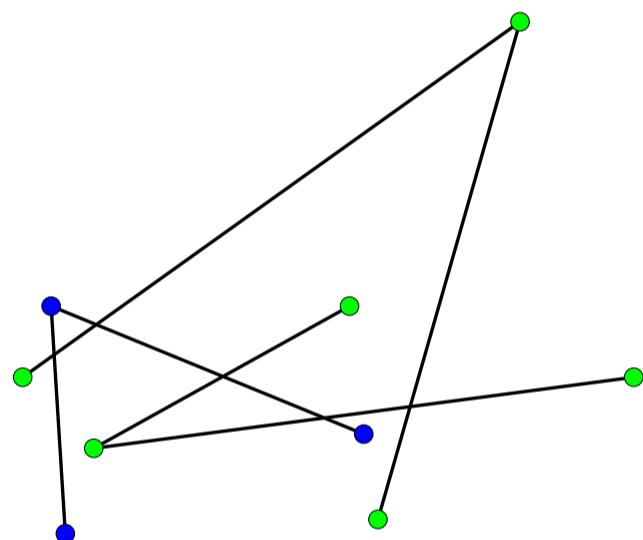


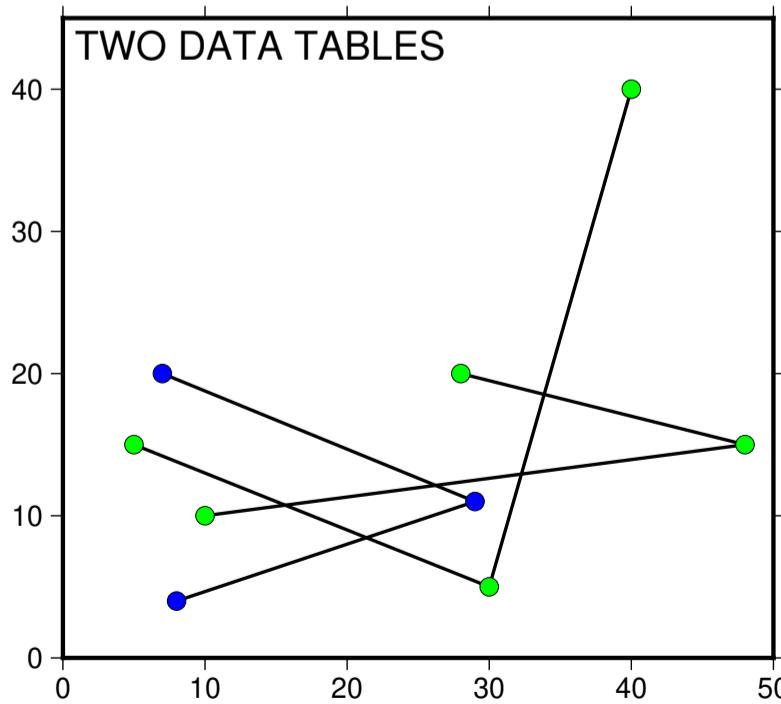
TABLE ORIGIN



SEGMENT ORIGIN



TWO DATA TABLES



DATASET ORIGIN

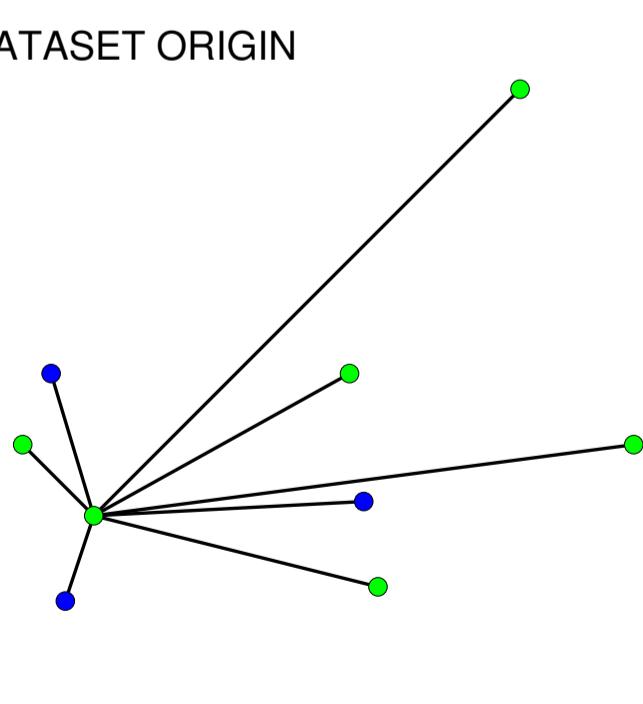


图 14: plot -F 选项示意图

## 18.66 polar

官方文档

[polar](#)

简介

将台站的极性信息画在震源球上

通常可以使用 [meca](#) 模块绘制震源球, 再使用 [polar](#) 模块将每个台站的震相极性信息画在相应的震源球上。

### 语法

```
gmt polar [ table ] -Dlon/lat -Jparameters -Rregion -Msize[+mmag] -S<symbol><size> [ -B[p|s]parameters ] [ -Clon/lat[+ppen][+spointsize] ] [ -Efill ] [ -Ffill ] [ -Gfill ] [ -N ] [ -Qmode[args] ] [ -Tangle/form/justify/fontsize ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -Wpen ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -ttransp ] [ -:i[o] ] [ --PAR=value ]
```

### 必须选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据, 则会从标准输入中读取。

输入数据的格式为:

```
station_code azimuth take-off_angle polarity
```

- *station\_code* 台站名或其它任意字符串
- *azimuth* 震相从源到台站的方位角
- *take-off\_angle* 震相从源出发时的出射角
- *polarity* 震相极性
  - 压缩部分 (正极性) 可以用 **c**, **C**, **u**, **U**, **+** 表示
  - 拉伸部分 (负极性) 可以取 **d**, **D**, **r**, **R**, **-** 表示
  - 未定义: 其他字符

**-J***projection* (*more* ...)

设置地图投影方式

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

**-D***longitude/latitude*

震源球的位置, 需要与 [meca](#) 模块输入数据中震源球的位置相同

**-Msize[+mmag]**

震源球尺寸, 需要与 [meca](#) 模块中 **-S** 选项的参数保持一致

**+mmag** 可以用于指定当前地震的震级, 此时 *size* 表示 5 级地震震源球的大小, 当前地震的实际大小为 *mag* / 5.0 \* *size*。

**-S**<*symbol\_type*><*size*>

选择符号以及符号的大小。

符号可以取 **a**, **c**, **d**, **h**, **i**, **p**, **s**, **t**, **x**。符号的具体含义见 [plot](#) 模块的 **-S** 选项。

## 可选选项

**-Clon/lat[+ppen][+spointsize]**

将震源球放在新的位置上，并将新位置与老位置之间连线。

**-Ecolor**

拉伸象限内台站的符号填充色 [默认为 250]

**-Ffill**

设置震源球的背景色 [默认不填充]

**-Gcolor**

压缩象限内台站的符号填充色 [默认为黑色]

**-N**

不跳过地图边界外的符号

**-Qmode[args]**

设置多个属性，该选项可重复使用。

**-Qe[pen]**

拉伸象限内符号的轮廓属性

**-Qf[pen]**

震源球的轮廓属性

**-Qg[pen]**

压缩象限内符号的轮廓属性

**-Qh**

使用 HYPO71 输出的特殊格式

**-Qshalf-size[+vv\_size[vecspects]]**

绘制 S 波偏振方位角。S 波偏振信息位于最后一列。

+v 用于设置箭头。*v\_size* 为箭头大小，后可接其它箭头相关属性。

**-Qtpen**

*station\_code* 的字体颜色

**-Tangle/form/justify/fontsize**

将 *station\_code* 写到图上，其余参数字符串的角度、形式、对齐方式和字体大小。

**-U[label][+c][+jjust][+odx/dy] (more ...)**

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-Wpen**

设置画笔属性

**-X[a|c|f|r][xshift[u]]**

**-Y[a|c|f|r][yshift[u]] (more ...)**

移动绘图原点

**-dinodata (*more ...*)**

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

**-e[~] “*pattern*” | -e[~]/*regexp*/[i] (*more ...*)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-i*cols*[+l][+sscale][+o*offset*][,···][,t[i]] (*more ...*)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-t[*transp*] (*more ...*)**

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-:[i|o] (*more ...*)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=*value***

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin polar_ex1
gmt set PROJ_LENGTH_UNIT inch MAP_TICK_LENGTH_PRIMARY 0.075i MAP_FRAME_WIDTH 0.1i \
MAP_ORIGIN_X 2.5c MAP_ORIGIN_Y 1.3i FONT_TITLE 18p

# this is Harvard CMT for tibethan earthquake (1997)
gmt meca -Fo -R85/89/25/50 -JX7i -M -Sm4i -N -L -G150 -T0 << EOF
# lon  lat  mrr  mtt  mff  mrt  mrf  mtf  ex  nlon  nlat
87 35 -0.26 -0.71 0.97 -0.20 -0.61 2.60 27 0 0
EOF

# and polarities observed
gmt polar -D87/35 -M4i -N -Sc0.3i -Qe -B0 -B+t "Tibet earthquake (1997) - polarities distribution" << EOF
1 147.8 53 c
2 318.6 53 c
3 311.9 53 c
4 122.5 45 c
5 87.1 44 c
6 259.9 44 c
7 358.0 43 d
8 32.3 40 d
9 144.5 40 c
10 206.2 40 d
11 30.0 36 d
12 88.3 31 c
13 326.5 31 c
14 298.4 29 c
15 298.3 29 c
16 316.2 28 c
17 301.5 27 c
18 300.7 27 c
19 303.0 27 d
```

(下页继续)

(续上页)

```
20 302.7 26 c
21 301.7 26 c
22 302.3 26 c
23 302.2 26 c
24 314.1 26 c
25 296.2 26 c
26 302.3 26 c
27 146.8 26 c
28 145.7 26 d
29 145.7 26 c
30 307.0 26 c
31 311.9 26 c
32 136.4 25 c
33 297.6 25 c
34 306.1 25 c
35 306.8 25 c
36 307.6 25 c
37 346.5 25 c
39 306.5 24 c
40 317.3 24 c
41 305.2 24 c
42 305.9 24 c
43 311.9 24 c
44 307.5 24 c
45 138.7 24 d
46 322.4 24 c
47 305.3 24 c
48 304.9 24 c
49 309.3 24 c
50 307.6 24 c
51 315.5 24 d
52 310.3 24 c
53 308.5 24 c
54 307.4 24 c
55 307.5 24 c
56 307.4 24 c
57 307.6 24 c
58 307.1 24 c
59 311.5 23 d
61 243.5 23 d
63 345.2 23 c
64 117.0 21 d
65 133.1 20 c
66 116.0 20 c
67 231.3 17 d
68 139.9 16 c
69 131.7 15 d
70 114.1 15 c
EOF
gmt end show
```

Tibet earthquake (1997) - polarities distribution

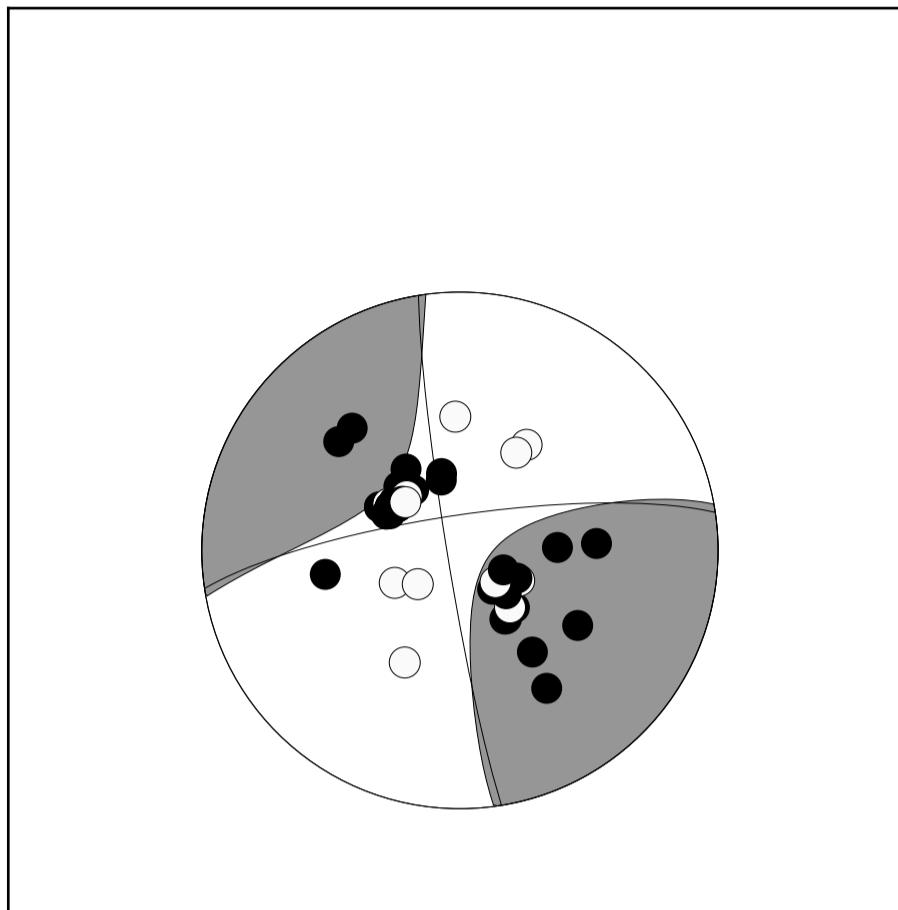


图 15: polar 示例

## 相关模块

[meca](#), [coupe](#), [basemap](#), [plot](#)

## 18.67 project

官方文档

[project](#)

简介

生成测线、将数据点投影到测线上

该模块具有三个主要功能：

1. 生成测线
2. 指定测线和数据点，得到该点在测线坐标系下的坐标，即下文中提及的  $p$  和  $q$
3. 指定测线和数据点，得到该点在测线上的投影点的坐标，即下文中提及的  $r$  和  $s$

以上三个功能均要求用户首先定义测线，测线可以用如下三种方式中的任意一种来定义：

1. 用  $-C$  选项定义测线的起点，并用  $-A$  定义测线方位角
2. 用  $-C$  选项定义测线的起点，并用  $-E$  选项定义测线的结束点
3. 用  $-C$  选项定义测线的中心，并用  $-T$  选项定义 rotation pole 的位置

在指定测线后，如果要生成测线，输出测线上的点的坐标，可以使用  $-G$  选项。在指定测线后，用户再给出一个

点  $(x,y)$ ，可以得到该点在测线的投影点以及该点在测线坐标系下的坐标：

x	y	z	p	q	r	s
---	---	---	---	---	---	---

其中：

- $x$  和  $y$  是数据在原坐标系下的坐标
- $z$  是输入数据中的其余所有列
- $p$  和  $q$  是数据点  $(x,y)$  在测线坐标系下的坐标
- $r$  和  $s$  是数据点  $(x,y)$  在测线上的投影点在原坐标系下的坐标

可以使用  $-F$  选项设置要输出哪些变量。

下面详细解释一下这些变量的物理意义。

[Source Code](#)

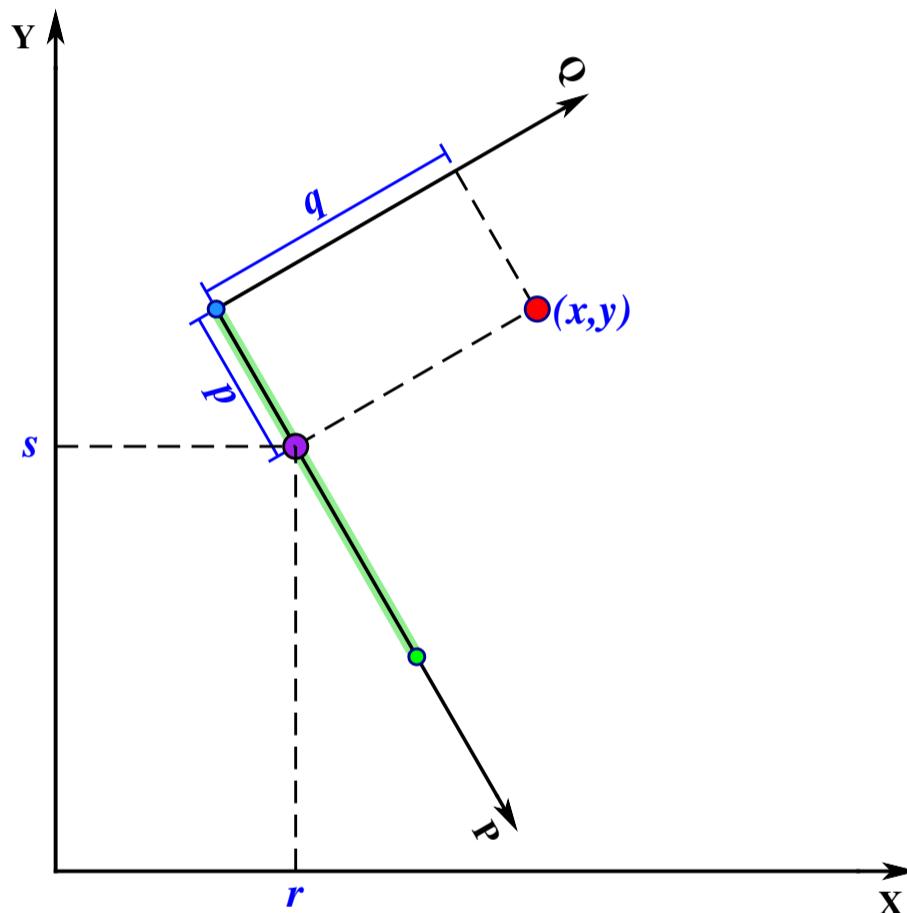


图 16: project 示意图

图中的红点就是给出的点  $(x,y)$ 。绿色粗线为测线。测线上有 3 个点，蓝色和绿色两个点为测线的起点和终点。以测线起点为原点，以测线为  $P$  轴，在测线起点按右手螺旋法则做垂直于  $P$  轴的  $Q$  轴，构成测线坐标系。点  $(x,y)$  在测线坐标系的坐标即为  $(p,q)$ 。紫色点为点  $(x,y)$  在测线上的投影点，坐标为  $(r,s)$ 。

## 必选选项

**-C<cx>/<cy>**

对于定义 1 和 2 而言, 该选项指定测线的起点坐标; 对于定义 3 而言, 该选项指定了旋转坐标下零经线所穿过的点

## 可选选项

**-A<azimuth>**

定义 1 中用于指定测线的方位角

**-E<bx>/<by>**

定义 2 中用于指定测线的终点

**-F<flags>**

指定输出格式, flags 可以是 xyzpqrs 的任意组合。

默认输出格式为 xyzpqrs。若使用 -G 选项, 则输出格式为 rsp

**-G<dist>[/<colat>] [+h]**

生成测线模式。

该选项用于生成测线, 此时不需要输入文件。<dist> 的单位规定见 -Q 选项。输出数据有三列: 经度、纬度以及当前点离测线起点的距离。默认情况下, 会按照大圆路径生成测线, 当使用定义 2 指定测线的两个端点时, 可以通过指定 <colat> 来生成小圆。

若使用 +h 则会在段头记录中报告 pole 的位置。

**-L[w] [<l\_min>/<l\_max>]**

仅坐标 p 在 <l\_min> 和 <l\_max> 之间的数据会被投影到测线上。<l\_min> 和 <l\_max> 的单位规定见 -Q 选项。如果是负数则表示反方向的数据范围。若使用了 -E 选项, 则可以使用 -Lw 来限制只绘制能投影到测线起点和终点之间的数据。

**-N**

指定展平地球。在平面内使用笛卡尔坐标变换。默认使用球面三角。

**-Q**

使用地图单位。即投影假设 x、y、r、s 的单位是度 (degree), p、q、<dist>、<l\_min>、<l\_max>、<w\_min>、<w\_max> 的单位是千米。若不使用该选项, 则所有量都假设为相同的单位。

**-S**

将输出按照 p 增序排列。

**-T<px>/<py>**

定义 3 中用于指定 rotation pole 的位置

**-W<w\_min>/<w\_max>**

仅坐标 q 在 <w\_min> 和 <w\_max> 范围内的数据才会被投影到测线上。

## 示例

指定测线的起点和终点, 在测线上每隔 10 千米生成一个点:

```
gmt project -C-50/10 -E-10/30 -G10 -Q > great_circle_points.xy
```

指定测线的起点和终点, 沿着 colatitude=60 的小圆上, 每隔 10 千米生成一个点:

```
gmt project -C-50/10 -E-10/30 -G10/60 -Q > small_circle_points.xy
```

利用 -F 选项指定输出哪些坐标来得到某点在某测线上的投影点:

```
echo 102 30 | gmt project -C103/31 -A225 -L0/500 -Frs -Q
```

已知某点, 根据方位角和大圆距离计算另一点。已知一点 (120, 25), 根据方位角 45 度, 大圆距离 123 千米的点位置

```
gmt project -C120/25 -A45 -L0/123 -G123 -Q | tail -1
```

## 18.68 psconvert

官方文档

[psconvert](#)

简介

将 GMT 生成的 PS/EPS 文件转换为其它图片格式

**psconvert** 模块通过调用 Ghostscript 将 PS/EPS 文件转换为其它图片格式, 包括 BMP、EPS、JPEG、PDF、PNG、PPM、SVG、TIFF 格式。

### 语法

```
gmt psconvert psfile(s) [-Aparams] [-Cgs_option] [-Doutdir] [-Eresolution] [-Fout_name] [-Gghost_path]
[-Hfactor] [-I] [-Llistfile] [-Mb|fpslayer] [-Q[g|p|t][1|2|4]] [-S] [-Tb|e|E|f|F|j|g|G|m|s|t[+m]] [-V[level]] [-Wparams] [-Z] [--PAR=value]
```

### 必须选项

*psfiles*

要转换格式的 PS 文件名

默认会在当前目录下生成与与原始 PS 文件相同文件名的新格式文件, 文件后缀由文件格式决定。可以使用 **-F** 设置文件名, 使用 **-D** 设置文件后缀。

### 可选选项

**-A**[*+gpaint*][*+mmargins*][*+n*][*+p[pen]*][*+r*][*+s[m]*]*Swidth[u]/height[u]*[*+u*]

对输出的图片做裁边。

默认情况下, 转换得到的图片的大小由 PS 文件的纸张尺寸决定。通常画图的时候是不会把一张 A4 纸画满的, 所以在图片周围就会出现多余的白色部分。

**-A** 选项会对 PS 文件进行裁剪, 仅保留其中有绘图的部分, 即裁去白边:

```
gmt psconvert -A test.ps
```

默认的裁剪方式会将图片裁剪到尽可能小。如果想要图片周围有额外的白色区域, 可以使用 *+mmargins* 指定额外的空白量。其中 *margins* 可以取:

- 一个数, 表示四条边的额外边距相同, 如 **-A0.5c**

- 两个数字, 表示分别指定 X 和 Y 方向的额外边距, 如 `-A0.5c/1c`
- 四个数字, 表示分别指定左右下上四条边的边距, 如 `-A0.5c/0.5c/0.5c/0.5c`

**-A+s** 可以直接指定最终图片的尺寸:

- `-A+swidth` 指定最终生成的图片的宽度, 高度自动决定。程序会对图片做插值以保证 **-E** 设置的 DPI 值
- `-A+Sscale` 指定图片的缩放比例
- `-A+smwidth/height` 设置图片所允许的最大尺寸。若原始图片的宽度不大于 `width` 则使用图片的原始尺寸, `height` 同理。

其它子选项:

- `-A+r` 使得在计算图片大小时使用 `round` 函数而不是 `ceil` 函数, 这会对裁剪造成极其微小的区别, 仅当要处理非常小的图片时才需要使用。
- `-A+g<paint>` 为 BoundingBox 指定填充色
- `-A+p<pen>` 为 BoundingBox 指定边框颜色, 默认颜色为 `0.25p, black`
- `+gpaint` 为图片的 BoundingBox 指定背景填充色
- `+p[pen]` 为图片的 BoundingBox 绘制边界 [若不指定 `pen`, 则默认 `0.25p, black`]
- `+n` 不做任何裁剪, 以用于忽略到默认的裁剪设置
- `+u` 先去掉 GMT 绘制的时间戳再裁剪

#### **-C** *gs\_option*

额外传递给 Ghostscript 的选项

该选项用于在调用 Ghostscript 时传给 Ghostscript 额外的选项, 若要额外给 Ghostscript 增加多个选项, 可重复使用 **-C** 命令。

在 Windows 下, 若 PS 文件中含中文, 则可能需要使用 **-C** 选项告诉 Ghostscript 字体路径:

```
gmt psconvert -C-sFONTPATH=C:\Windows\Fonts chinese.ps
```

#### **-D** *outdir*

设置输出目录

默认情况下, 会在 PS 文件同一目录中生成其他图片文件, 使用 **-D** 选项可以指定输出目录。**-D.** 表示在当前目录输出。

#### **-E** *dpi*

设置图片精度

值越大, 图片越清晰, 文件也越大。PDF 格式默认值为 720, 其他格式默认值为 300, 单位为 dpi。

#### **-F** *out\_name*

指定输出的文件名

默认使用使用输入的 PS 文件名, 并修改其后缀作为输出文件的文件名。比如 `test.ps` 转换出的 JPG 格式的图片则为 `test.jpg`。

**-F** 选项可强制指定输出文件名, 文件后缀由输出的文件格式自动决定。

#### **-G** *ghost\_path*

指定 Ghostscript 可执行文件的路径

**psconvert** 底层调用了 Ghostscript 来实现 PS 到其他格式的转换，因而成功转换的前提是必须能够找到 Ghostscript 的可执行文件。**-G** 选项即用于显式指定 ghostscript 可执行文件的路径。

说明：

- Linux 下一般不需要设置 Ghostscript 的路径，除非你自己重新编译并安装到了非标准路径下
- Windows 下，一般也不需要使用该选项，程序会自动从注册表里获取路径信息
- 如果从注册表中获取路径失败，则必须使用 **-G** 选项指定路径，如 `-GC:\programs\gs\gs9.02\bin\gswin64c`

#### **-H***factor*

在生成光栅格式图片时，先将图片精度 DPI 提高 *factor* 倍，然后进行光栅化，再减采样 *factor* 倍，以此来提升光栅图片的平滑度，避免锯齿现象。

*factor* 越大，最终的光栅图片越平滑。但 *factor* 太大也会使得图片转换变慢。建议的取值范围是 2 到 5。

#### **-I**

Enforce gray-shades by using ICC profiles. Ghostscript versions  $\geq 9.00$  change gray-shades by using ICC profiles. Ghostscript 9.05 and above provide the ‘`-dUseFastColor=true`’ option to prevent that and that is what **psconvert** does by default, unless option **-I** is set. Note that for Ghostscript  $\geq 9.00$  and  $< 9.05$  the gray-shade shifting is applied to all but PDF format. We have no solution to offer other than upgrade Ghostscript.

#### **-L***listfile*

*listfile* 中列出要转换的所有 PS 文件名

#### **-Mb|f***pslayer*

将 PS 文件 *pslayer* 作为背景或前景 PS 图层。

#### **-P**

强制转换后的图片为 Portrait 模式。

#### **-Q**[**g|p|t**][**1|2|4**]

设置图片 (**g**) 或文字 (**t**) 的抗锯齿选项。

对于矢量格式，默认不做抗锯齿处理。对于光栅格式，默认参数为 **-Qt4**；对于透明 PNG 格式而言，默认参数是 **-Qt4 -Qg2**。

**-Qp** 表示打开生成 GeoPDF 开头（需要使用 **-Tf** 选项）。

#### **-S**

在执行 Ghostscript 命令后，将具体的命令打印到标准错误流中，且保留转换过程中的所有临时文件。该选项主要用于调试。

#### **-Tb|e|E|f|F|j|g|G|m|s|t[+m]**

指定要转换的图片格式。

可以取值：

- **b** : BMP;
- **e** : EPS;
- **E** : 带有 `PageSize` 命令的 EPS;
- **f** : PDF;

- **F** : 多页 PDF;
- **j** : JPEG (默认值);
- **g** : PNG (不透明背景);
- **G** : PNG (透明背景);
- **m** : PPM;
- **s** : SVG;
- **t** : TIFF;

说明:

- **g** 和 **G** 的区别在于前者背景色为白色, 后者背景色为透明;
- 对于 **bjgt** 格式可以在其后加 **+m** 将 PS 文件转换为灰度图;
- EPS 格式可以与其他格式合在一起使用。比如 **-Tef** 会同时生成 EPS 和 PDF 文件。除此之外, 该模块一次只能转换一种格式, 比如 **-Tbf** 则只会生成 PDF 格式
- **-TF** 会将多个 PS/PDF 文件转换并合并成一个多页的 PDF 文件, 需要使用 **-F** 选项指定输出的文件名

转换为 PDF 格式:

```
gmt psconvert -Tf test.ps
```

利用一堆 PS 文件生成一个多页 PDF:

```
gmt psconvert -TF -Fout *.ps
```

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-W**

生成 geoTIFF 或 KML 文件

该选项很复杂, 见官方文档的说明。

**-Z**

转换完成后删除输入的 PS 文件。若转换失败, 输入的 PS 文件不会被删除。

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 18.69 rose

官方文档

[rose](#)

简介

绘制极坐标下的直方图 (sector 图、rose 图或 windrose 图)

### 可选选项

*table*

输入文件, 数据格式为:

```
length azimuth
```

若输入文件中只有 azimuth 一列数据, 则此时需要使用 **-i0** 选项, 此时所有的长度都默认为单位长度。

**-A[r]sector\_width**

指定扇页宽度, 单位为度

- 默认扇页宽度为 0, 即 windrose 图
- 若扇页宽度不为 0, 则表示绘制 sector 图
- 若扇页宽度不为 0 且使用了 **-Ar**, 则表示绘制 rose 图

**-B**

此模块中, X 表示径向距离, Y 表示方位角。Y 轴的标签是图片的标题, 比例尺长度由径向网格间隔决定。

**-Cm [+w]<mode\_file>**

绘制矢量以显示 <mode\_file> 中指定的主方向。

使用 **-Cm** 则计算并绘制平均方向。使用 **-Cm+w<mode\_file>** 则将计算得到的平均方向及其他统计结果以如下格式保存到文件中:

```
mean_az, mean_r, mean_resultant, max_r, scaled_mean_r, length_sum, n, sign@alpha
```

其中最后一项可以取 0 或 1, 取决于平均结果是否 significant at the level of confidence set via **-Q**.

**-D**

对扇页对偏移, 使得其位于每个间隔的中间, 即第一个扇页的中心在 0 度处

**-F**

不绘制 scale length bar, 默认会在右下角绘制

**-Gfill**

绘制扇页的填充色

**-I**

不绘制图形, 只计算 **-R** 选项所需要的参数。

以下统计信息会输出到标准输出:

```
n, mean az, mean r, mean resultant length, max bin sum, scaled mean, linear length sum
```

**-L[< xlabel>, < elabel>, < slabel>, < nlabel>]**

指定 0、90、180、270 度处的标签。

- 对于 full-circle 图而言, 默认值为 WEST,EAST,SOUTH,NORTH

- 对于 half-circle 图而言, 默认值为 90W,90E,-,0, 其中 - 表示不显示标签

3. 只使用 -L 但无其他参数表示不显示所有标签

**-M<parameters>**

与 -C 选项一起使用以修改矢量的属性。具体属性见 [矢量/箭头](#) 一节

**-Q [<alpha>]**

设置置信水平, 用于决定平均结果是否显著, 默认值为 0.05。

注意: 临界值是近似结果且需要至少 10 个数据点; the critical resultants are accurate to at least 3 significant digits. 对于更小的数据集, 需要查询准确的统计表。

**-R<r0>/<r1>/<az\_0>/<az\_1>**

指定绘图的半径和方位角范围。

- r0 取 0
- r1 取最大长度
- 方位角范围取 -90/90 或 0/180 以绘制 half circle plot
- 方位角范围取 0/360 以绘制 full circle

**-S[n]<plot\_radius>[u]**

指定圆的半径。

-Sn 会将输入的半径归一化到 0 到 1。

**-T**

指定输入数据为 orientation 数据(即数据范围在 0-180 度范围内)而不是 0-360 度范围的 direction 数据。We compensate by counting each record twice: First as azimuth and second as azimuth + 180. Ignored if range is given as -90/90 or 0/180.

**-W[v]<pen>**

设置扇区边框的画笔属性。

-Wv<pen> 可用于设置绘制矢量时所需的画笔属性。

**-Zu|<scale>**

将数据的半径乘以 <scale>, 比如 -Z0.001 会将数据的单位从 m 变成 km。

若不考虑半径, 可以通过 -Zu 将所有的半径设置为单位长度。

**-:**

输入数据为 azimuth, radus 而不是 radius, azimuth

**-U[label][+c][+jjust][+odx/dy] ([more](#) ...)**

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-t[transp] ([more](#) ...)**

设置图层透明度(百分比)。取值范围为 0(不透明)到 100(全透明)

## 18.70 sac

官方文档

[sac](#)

简介

绘制 SAC 格式的地震波形数据

sac 模块可以读取 SAC 文件并绘制波形数据。

---

**备注:** sac 模块修改自原 pssac 与 pssac2, 其功能类似, 但语法不同。

---

sac 模块实现波形绘制的步骤是:

1. 读入 SAC 文件列表
2. 根据 -T 选项确定参考时间
3. 根据 -C 选项和参考时间读入指定的波形数据段
4. 根据 -F 选项对数据进行预处理
5. 根据 -M 选项确定 Y 方向的缩放因子并对波形振幅进行缩放
6. 根据 -Q 决定是否交换 X 和 Y
7. 根据 -E 以及其他信息确定波形在地图上的位置
8. 根据 -W 选项绘制波形
9. 根据 -G 选项为波形涂色

## 语法

```
gmt sac [ saclist|SACfiles ] [-Jparameters -Rregion [ -B[p|s]parameters ] [ -C[t0/t1] ] [ -Ddx[/dy] ] [ -Ea|b|k|d|n[n]|u[n] ] [ -F[i][q][r] ] [ -G[p|n][+gfill][+zzero][+ttt0/t1] ] [ -Msize[u][/alpha] ] [ -Q ] [ -S[i]scale[unit] ] [ -T[+tn][+rreduce_vel][+sshift] ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -Wpen ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -hheaders ] [ -pflags ] [ -ttransp ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

### SACfiles

要绘制在图上的一系列 SAC 文件名, 目前仅支持等间隔 SAC 数据

#### *saclist*

SAC 文件列表, 每行包含一个 SAC 文件名及其对应的控制参数。

文件格式为:

```
filename [X Y [pen]]
```

- *filename* 是要绘制的 SAC 文件名
- *X* 和 *Y* 控制 SAC 波形的第一个数据点在地图上的位置。若省略 *X* 和 *Y*, 则使用其默认值, 否则此处指定的 *X* 和 *Y* 将具有最高优先级
  - 对于线性投影而言, *X* 默认是 SAC 文件的开始时间。使用 -T 选项会调整 *X* 的默认值, *Y* 值则由 -E 选项控制;
  - 对于地理投影而言, *X* 和 *Y* 默认是台站的经度和纬度。
- *pen* 控制当前 SAC 波形的线条属性

### -J*projection* (*more ...*)

设置地图投影方式

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

## 可选选项

**-B***parameters* (*more* ...)

设置底图边框和轴属性

**-C**[*t0/t1*]

只读取并绘制时间窗 *t0* 到 *t1* 范围内的波形。

*t0* 和 *t1* 均是相对于参考时间的秒数, 参考时间由 **-T** 选项决定。若未使用 **-T** 选项, 则使用 SAC 头段中的参考时间 (kzdate 和 kztime)。

若只使用了 **-C** 但未指定时间窗, 则 *t0/t1* 由 **-R** 选项的 *xmin/xmax* 决定。

**-D***dx[/dy]*

使得波形偏离指定位置 *dx/dy*。若未指定 *dy* 则默认与 *dx* 相同。

**-E***a|b|k|d|n[n]|u[n]*

选择剖面类型 (即 Y 轴类型)

- **a** 方位角剖面
- **b** 反方位角剖面
- **k** 震中距剖面 (单位 km)
- **d** 震中距剖面 (单位 degree)
- **n** 波形编号剖面, 第一个波形的编号为 *n* [*n* 默认值为 0]
- **u** 用户自定义剖面, SAC 波形的 Y 位置由 SAC 头段变量 **usern** 决定 [默认使用 **user0**]

**-F***i|q|r*

绘图之前的数据预处理

- **i** 积分
- **q** 平方
- **r** 去均值

**i|q|r** 可以重复多次, 比如 **-Fr*ii*** 会将加速度转化为位移。**i|q|r** 出现的顺序决定了数据预处理的流程。

**-G***p|n[+gfill][+zzero][+tt0/t1]*

为波形的正/负部分涂色。

- 若 **-G** 后不接任何参数, 则默认将正值部分填充为黑色
- **p|n** 控制是要填充正值区域还是负值区域, 重复使用 **-G** 选项以分别为正/负部分设置不同的填充属性
- **+gfill** 设置填充色
- **+tt0/t1** 只填充 *t0/t1* 时间范围内的波形。参考时间由 **-T** 选项决定。
- **+zzero** 定义“零”参考线。从“零”到顶部为正值区域, 从“零”到底部为负值区域

**-M***size[u][/alpha]*

控制 Y 方向的缩放。不使用的话, Y 方向即为振幅

- **size[u]** 将所有波形在地图上的高度缩放到 *size[u]*, 其中 *u* 可以取 **i|c|p**, 默认单位由 **PROJ\_LENGTH\_UNIT** 控制。

- *size/alpha*

- 若 *alpha* 小于 0, 则所有波形使用相同的比例因子。比例因子由第一个波形决定, 第一个波形将被缩放到 *size[u]*
- 若 *alpha* 等于 0, 则将所有波形乘以 *size*, 此时不允许有单位
- 若 *alpha* 大于 0, 则将所有波形乘以 *size\*r^alpha*, 其中 r 是以 km 为单位的距离

**-Q**

垂直绘制波形, 即 Y 轴是时间, X 轴是振幅

**-S[i]scale[unit]**

指定时间比例尺。

对于地理投影而言, 即表示图上一个单位距离所代表的波形描述。其中单位 *unit* 可以取 **c|i|p**。若未指定 *unit*, 则默认使用 **PROJ\_LENGTH\_UNIT** 所指定的单位。

在 *scale* 前加上 **i** 则时间比例尺的含义反过来, 即 *scale* 表示 1 秒长度的波形在图上的实际长度。

**-T[+tn][+rreduce\_vel][+sshift]**

指定参考时间及偏移量

- **+ttmark** 指定参考时间 (即将所有波形沿着参考时间对齐), 其中 *tmark* 可以取 -5(b), -4(e), -3(o), -2(a), 0-9(t0-t9)
- **+rreduce\_vel** 设置 *reduce* 速度, 单位 km/s
- **+sshift** 将所有波形偏移 *shift* 秒

**-U[label][+c][+jjust][+odx/dy] (more ...)**

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-Wpen**

设置波形的画笔属性

**-X[a|c|f|r][xshift[u]]****-Y[a|c|f|r][yshift[u]] (more ...)**

移动绘图原点

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-p[x|y|z]azim[/elev/zlevel][+wlon0/lat0/z0][+vx0/y0] (more ...)**

设置 3D 透視视角

**-t[transp] (more ...)**

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

利用 SAC 的命令 **funcgen seismogram** 生成了波形，想要绘制单个波形，并分别为正负部分涂色：

```
gmt sac seis.SAC -JX10c/5c -R9/20/-2/2 -Baf -Fr -Gp+gblack -Gn+gred -png single
```

利用 SAC 命令 **datagen sub tel \*.z** 生成多个波形，将其绘制在距离剖面上：

```
gmt sac *.z -R200/1600/12/45 -JX15c/5c -Bx200+l "T(s)" -By5+lDegree -BWSen \
-Ed -M1.5c -W0.5p,red -png distance_profile
```

利用 SAC 命令 **datagen sub tel \*.z** 生成多个波形，将其绘制在地图上：

```
gmt begin map pdf
gmt sac *.z -JM15c -R-120/-40/35/65 -Baf -Mii -S300c
saclst stlo stla f *.z | gmt plot -St0.4c -Gblack -i1,2
gmt end show
```

## 相关模块

[meca](#), [polar](#), [coupe](#), [basemap](#), [plot](#)

## 18.71 sample1d

官方文档

[sample1d](#)

简介

对 1D 表数据进行重采样

该命令既可以对常规的一维数据（比如时间序列，自变量为时间）进行重采样，也可以对地理坐标下的测线进行重采样。

## 可选选项

<table>

多列表数据，其中某一列是自变量，其他列为因变量。自变量所在列必须递增或递减。本页面将自变量称为“时间”，因为该命令常用于处理时间序列，实际上自变量可以是任意物理量

**-Af|p|m|r|R[+l]**

指定插值方式。

- **-Af** 保留原始数据点，若有必要，则在原始数据点的中间加上额外的点
- **-Am** 对测线进行采样时，先沿着 Y 方向，再沿着 X 方向
- **-Ap** 对测线进行采样时，先沿着 X 方向，再沿着 Y 方向
- **-Ar** 等间距采样
- **-AR** 等间距采样，但会调整间距以适应自变量的原始长度
- **+l** if distances should be measured along rhumb lines (loxodromes)

-F1|a|c|n[+1|+2]

插值方式

- l 线性插值
- a Akima 样条插值
- c natural cubic spline
- n 不插值, 取最近的数据点作为插值后的值
- +1|+2 插值的同时计算 spline 的一阶或二阶插值

-I<inc>[<unit>]

默认的等间隔采样间隔是自变量第一个和第二个数据点的间隔, 该选项可以自定义采样间隔 <inc>。

加上 <unit> 表明数据文件的前两列包含经纬度信息, 重采样后的测线的采样间隔的单位是 <units>。

若想要采样笛卡尔坐标下的 (x,y), 则需要指定单位为 c。

-N<knotfile>

<knotfile> 中包含了一系列 X 坐标轴, 使用该选项则会将原始数据插值到这些 X 坐标轴数据点上。

-S<start>[/<stop>]

对于等间隔采样而言, <start> 是第一个输出值的 X 位置, <stop> 是最后一个输出值的 X 位置。

-T<col>

指定输入数据中的哪列数据是自变量。

## 示例

输入数据的格式为:

```
time distance gravity magnetics bathymetry
```

使用 Akima spline 插值方式将其采样为 1 千米等间隔:

```
gmt sample1d profiles.tdgmb -I1 -Fa -T1 > profiles_equi_d.tdgmb
```

将 0 到 6 之间的数据用 cubic spline 方式重采样为 0.01 间隔, 不输出数据而是输出一阶偏导 (即斜率):

```
gmt sample1d points.txt -S0/6 -IO.01 -Fc+1 > slopes.txt
```

测线数据中包含经度、纬度和深度, 将其采样为每 2 海里一个点:

```
gmt sample1d track.txt -I2n -AR > new_track.dt
```

同上, 但确保包含了原始数据点:

```
gmt sample1d track.txt -I2n -Af > new_track.dt
```

To obtain a rhumb line (loxodrome) sampled every 5 km instead:

```
gmt sample1d track.txt -I5k -AR+l > new_track.dt
```

## 18.72 solar

官方文档

[solar](#)

简介

计算或/和绘制晨昏线以及民用、航海用以及天文用曙暮光区域

### 语法

```
gmt solar [ -B[p|s]parameters ] [ -C ] [ -G[fill] ] [ -I[lon/lat][+ddate][+zTZ] ] [ -Jparameters ] [ -M ] [ -N ] [ -Rregion ] [ -Tdcna[+ddate][+zTZ] ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -Wopen ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -bobinary ] [ -hheaders ] [ -oflags ] [ -pflags ] [ -ttransp ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

-I 和 -T 必须使用一个。

### 可选选项

**-B**parameters ([more ...](#))

设置底图边框和轴属性

**-C**

在一行内格式化打印 (以 Tab 键分隔) -I 选项输出的信息。输出内容包括:

- 太阳的经度、纬度、方位角、高度角, 单位为度
- 日出、日落、正午的时间, 用小数形式的天表示, 比如 0.5 表示正午 12 点
- 日长, 单位为分钟
- 考虑折射效应矫正后的太阳高度较正以及均时差, 单位为分钟

**备注:** 若没有通过 -I $lon/lat$  提供经纬度, 则太阳高度角之后的数据均以 (0,0) 作为参考点。

```
$ gmt solar -I120/40+d2016-11-01T01:00:00+z8 -C
160.885755836 -14.5068940782 38.6719503593 -59.513608404 0.270214374769 0.706928713211 0.48857154399 628.868647356
↪ -59.5102114599 16.4569766548
```

**-G**[*fill*]

根据晨昏线对黑夜区域填充颜色或图案, 见[填充](#)。若不指定 *fill* 则剪裁黑夜区域, 且需要通过 **gmt clip** -C 停止区域剪裁, 见[clip](#)。

**-I**[*lon/lat*][+*ddate*][+*zTZ*]

输出太阳的当前位置、方位角和高度角。加上 *lon/lat* 则输出日出、日落、正午时间以及一天时间长度。用 +*ddate* 指定 ISO 格式的日期时间 (比如 +d2000-04-25T10:00:00 ) 来计算特定时刻的太阳参数。如果有需要, 也可以通过 +*zTZ* 加上时区。

```
$ gmt solar -I120/40+d2016-11-01T01:00:00+z8
Sun current position: long = 160.885756      lat = -14.506894
                           Azimuth = 38.6720      Elevation = -59.5136
Sunrise   = 06:29
Sunset    = 16:58
```

(下页继续)

(续上页)

```
Noon      = 11:44
Duration = 10:29
```

**-J***projection* (*more* ...)

设置地图投影方式

**-M**

将晨昏线数据以多段 ASCII 表格式写到标准输出 (或二进制格式, 见**-b** 选项)。使用该选项, 则只输出数据不绘图。

**-N**

反转晨昏线“内”和“外”概念颠倒。仅可与**-G** 一起使用以剪裁出自昼区, 不可与**-B** 一同使用。

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

**-Tdcna[+ddate][+zTZ]**

绘制一个或多个不同定义的晨昏线。若需要导出晨昏线数据, 见**-M** 选项。

通过添加 **dcna** 来绘制一个或多个不同定义的晨昏线。其中,

- **d** 指晨昏线
- **c** 指民用曙暮光
- **n** 指航海曙暮光
- **a** 指天文曙暮光

**+ddate** 为 ISO 格式的日期时间 (例如 **+d2000-04-25T12:15:00**), 以得到该时刻晨昏交替的位置。也可以通过 **+zTZ** 加上时区。

不同曙暮光区的定义如下图所示:

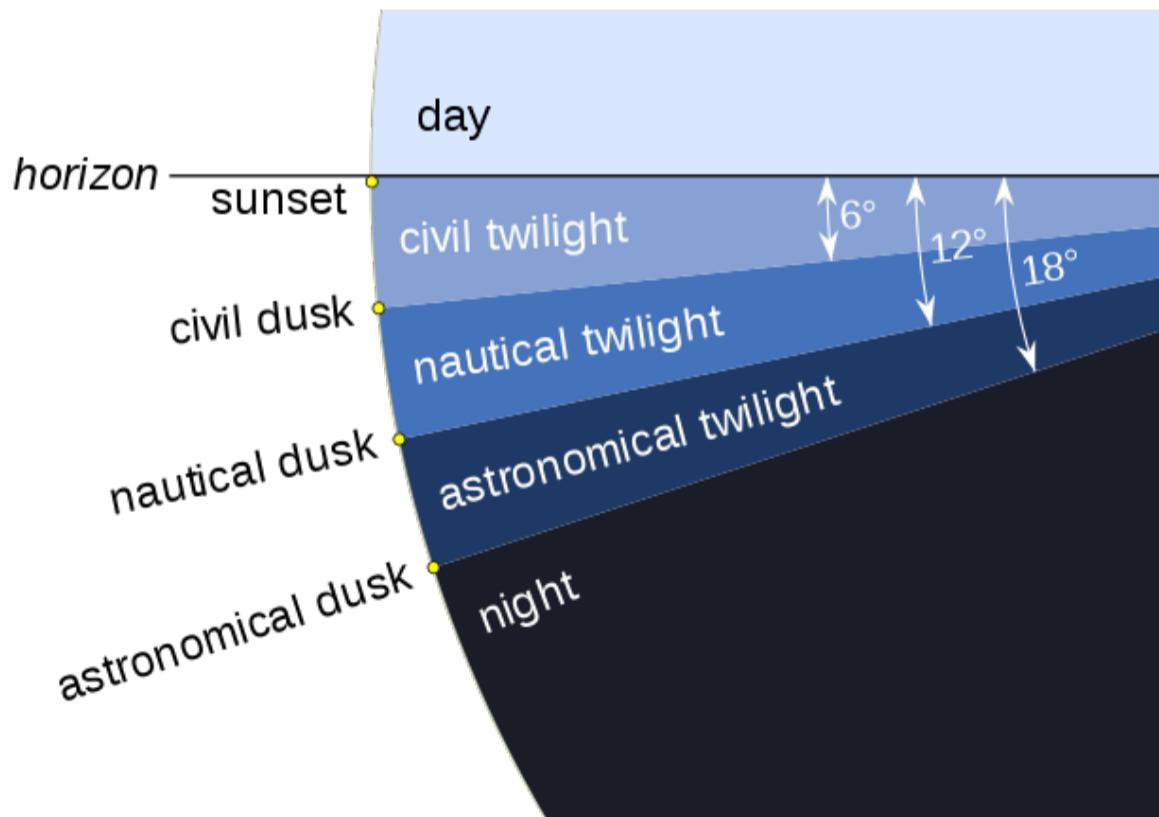


图 17: 曙暮光区的多种定义 (图片来自于 <https://en.wikipedia.org/wiki/Twilight>)

- 民用曙暮光分为晨间曙光区和晚间暮光区：
  - 晨间曙光区是指太阳的几何中心位于地平线以下  $6^{\circ}$  至地平线以下  $0^{\circ}50'$  (或日出, 即太阳上边缘接触地平线) 这段时间
  - 晚间暮光区是指太阳的几何中心位于地平线以下  $0^{\circ}50'$  (或日落, 即太阳下边缘接触地平线) 至地平线以下  $6^{\circ}$  这段时间
- 航海曙暮光指太阳中心位于地平线以下  $0^{\circ}50'$  至  $12^{\circ}$  这段时间
- 天文曙暮光指太阳中心位于地平线以下  $0^{\circ}50'$  至  $18^{\circ}$  这段时间

**-U**[*label*][+c][+j*just*][+o*dx/dy*] (*more* ...)

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

**-W**[*pen*]

设置晨昏线的画笔属性, 见[画笔](#)。

**-X**[a|c|f|r][xshift[u]]

**-Y**[a|c|f|r][yshift[u]] (*more* ...)

移动绘图原点

**-bo**[*ncols*][*type*][w][+l|b] (*more* ...)

设置二进制输出的数据格式

**-ocols**[, ...][,t[word]] (*more* ...)

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-p**[x|y|z]azim[/elev[/zlevel]][+wlon0/lat0[/z0]][+vx0/y0] (*more* ...)

设置 3D 透視视角

**-t**[*transp*] (*more* ...)

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

-^ 或 -

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

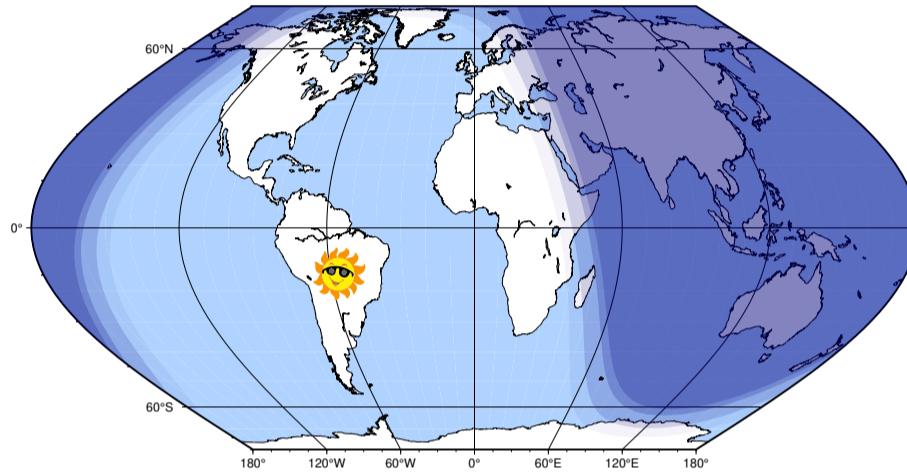
## 示例

```
gmt begin solar
gmt coast -Rd -JKs0/10i -Dl -A5000 -W0.5p -S175/210/255 -Bafg --MAP_FRAME_TYPE=plain

# 绘制晨昏线
gmt solar -Td+d2016-02-09T16:00:00 -Gnavy@95

# 绘制不同定义的晨昏区
gmt solar -Tc+d2016-02-09T16:00:00 -Gnavy@85
gmt solar -Tn+d2016-02-09T16:00:00 -Gnavy@80
gmt solar -Ta+d2016-02-09T16:00:00 -Gnavy@80

# 计算指定时间太阳位置并绘制在底图上
gmt solar -I+d2016-02-09T16:00:00 -C | gmt plot -Sk@sunglasses/1.5c -Gyellow -W0.2p
gmt end show
```



## 参考

代码来自于 <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/grad/solcalc/calcdetails.html>

## 相关模块

[clip](#), [coast](#), [plot](#)

## 18.73 spectrum1d

官方文档

[spectrum1d](#)

简介

计算一个时间序列的自功率谱, 或两个时间序列的互功率谱

spectrum1d 从标准输入流或数据文件中读取一列或两列数据。这些数据被当作是采样间隔为  $\langle dt \rangle$  的等间隔的时间序列。spectrum1d 采用 Welch 方法, 即加窗多段平均周期图法, 计算输出自功率或互功率谱密度。其输出的功率谱的标准差, 是用 Bendat 和 Piersol 提供的算法。

spectrum1d 的输出文件有三列:

f	w	p	e
---	---	---	---

其中, f 代表频率, w 代表波长, p 代表计算的功率谱密度, e 代表一个标准差的值。

spectrum1d 的输出文件的文件名是使用统一的前缀 `name_stem`。如果使用了 -C 选项, 那么将会有 8 个文件

输出, 否则只生成一个功率谱文件 (`.xpower`)。这些文件默认是以 ASCII 码格式, 除非用 `-bo` 选项指定为二进制格式输出。这 8 个文件介绍如下:

1. `name_stem.xpower`:  $X(t)$  的功率谱。单位是  $X*X*dt$ 。
2. `name_stem.ypower`:  $Y(t)$  的功率谱。单位是  $Y*Y*dt$ 。
3. `name_stem.cpower`: 一致性 (coherent) 的功率谱。单位和 `ypower` 一样。
4. `name_stem.npower`: 噪声的功率谱。单位和 `ypower` 一样。
5. `name_stem.gain`: 增益谱, 或传输函数的模。单位是  $Y/X$
6. `name_stem.phase`: 相位谱, 或传输函数的相位。单位是弧度。
7. `name_stem.admit`: 导纳 (Admittance) 谱, 或传输函数的实部。单位是  $Y/X$ 。
8. `name_stem.coh`: (平方) 相干谱, 或者线性相关系数 (它是频率的函数)。 $i$  无单位, 取值范围为  $[0,1]$ 。  
信噪比  $SNR=coh/(1-coh)$ 。当  $coh=0.5$  时,  $SNR=1$ 。

除非使用 `-T` 选项, 否则以上文件会以单个文件单列的形式输出。

## 选项

`-S<segment_size>`

`<segment_size>` 是一个 2 的指数数值, 用于控制 Welch 方法中分段平均时的窗口长度。它也决定了功率谱密度的最小频率分辨率和最大频率分辨率, 即  $1.0/(segment\_size*dt)$  和  $1.0/(2*dt)$  (即 Nyquist 频率)。在功率谱密度中的一个标准误差大约为  $1.0/(n\_data/segment\_size)$ , 比如 `segment_size=256`, 那么就需要 25600 个数据点去计算一个误差棒的 10%。互功率谱误差棒的计算则需要更多数据点, 而且是相干性的函数, 比较复杂。

`table`

输入文件名。它是 ASCII 类型的一列数据或两列数据。如果是一列数据文件, 就计算自功率谱; 如果是两列, 就计算互功率谱。若未指定文件名, `spectrum1d` 会从标准输入流中读取数据。

`-C[xycn pago]`

默认会输出全部 8 个文件。使用该选项可以指定输出 8 个文件中的某些文件。`x=xpower`、`y=ypower`、`c=cpower`、`n=npower`、`p=phase`、`a=admit`、`g=gain`、`o=coh`。

`-D<dt>`

设置读入的时间序列的时间采样间隔, 默认值是 1。

`-L[m|h]`

不去除信号中的线性趋势。默认情况下, 在对信号进行变换处理前会先去掉其中的线性趋势。`m` 表示去掉数据的均值, `h` 表示去掉数据的中值。

`-N[name_stem]`

输出文件名的前缀, 默认为 `spectrum`。若不使用此选项, 则输出的 8 个文件会合到一个文件里。

`-T`

不让单个分量的结果输出到标准输出流。

`-W`

输出文件中第一列是波长而不是频率。默认输出时第一列是频率。

## 示例

假设 `data.g` 是重力数据, 单位为 mGal, 空间采样间隔为 1.5 km。如下命令会输出数据的功率谱, 单位为  $\text{mGal}^2 \text{ km}$  表示:

```
gmt spectrum1d data.g -S256 -D1.5 -Ndata
```

假设你除了有重力数据 `data.g` 之外, 还有在相同地点测得的地形数据 `data.t`, 单位为 m。计算二者之间的传输函数, 即 `data.t` 是输入, `data.g` 是输出:

```
paste data.t data.g | gmt spectrum1d -S256 -D1.5 -Ndata -C > results.txt
```

## 18.74 sph2grd

贡献者

周茂

官方文档

[sph2grd](#)

简介

使用球谐系数计算网格

`sph2grd` 模块利用球谐系数表文件计算特定的网格值。球谐系数模型的格式为 L, M, C[L, M], S[L, M]

## 语法

```
gmt sph2grd [table] -Ggrdfile -Ixinc[+e|n][/yyinc[+e|n]] [-D[g|n]] [-E] [-F[k]filter] [-N[norm]] [-Q] [-V[level]] [-bibinary] [-hheaders] [-iflags] [-rreg] [-x[-]n] [--PAR=value]
```

## 必选选项

*table*

一个或多个球谐系数文本文件 [ 或者二进制文件, 见 `-bi`]。文件预期的格式为四列, 分别比表示阶 L, 度 M, 然后是余弦和正弦系数。

**-G**`grdfile`

`grdfile` 为输出网格文件名。

**-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- `xinc` 和 `yinc` 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- `+e` 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- `+n` 表明 `xinc` 和 `yinc` 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 `yinc` 设置为 0, 则表示其与 `xinc` 相同

- 若使用 **-Rgrdfile** 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]** (*more ...*)

指定数据范围

## 可选选项

**-D[g|n]**

利用位模型计算场。**-Dg** 表示计算引力场，**-Dn** 表示计算大地水准 [ 同时使用 **-E** 选项将会计算基于椭球的场]。( 目前该选项还没有实现)

**-E**

将参考从默认的球改变为椭球。(目前该选项还没有实现)

**-F[k]filter**

根据特定的滤波算法设定滤波参数，默认为球谐系数中的阶数 L，使用 **Fk** 时，滤波参数的单位为千米。可选的滤波算法包括：a) 余弦带通滤波：附加四个波长参数 *lc/lp/hp/hc*。*lc/hc* 之外的系数被截断，*lp/hp* 范围内的则可以通过，其余部分将 tapering。将波长替换为 - 可以跳过设置，例如：**-F-/-/50/75** 为低通滤波。b) 高斯带通滤波：附加两个波长参数 *lo/hi*，滤波 amplitudes 为 0.5。将波长替换为 - 可以跳过设置，例如：**-F70/-** 为高通高斯滤波。

**-N[norm]**

对球谐系数使用规格化。可选的规格化方法包括：**m** 数学正规格化化 - 表面内积和为 1 (默认)。**g** 大地测量规格化 - 表面内积和为 4pi。**s** 施密特规格化 - 和地磁学中相同。

**-V[level]** (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-bi[ncols][type][w][+l|b]** (*more ...*)

设置二进制输入数据的格式

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle]** (*more ...*)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]]** (*more ...*)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

**-r[g|p]** (*more ...*)

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-x[[-]n]** (*more ...*)

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

**示例**

使用 `egm96_to360.txt` 球谐系数文件创建 1 x 1 度全球网格:

```
gmt sph2grd @EGM96_to_360.txt -GEGM96_to_360.nc -Rg -I1 -V
```

由于 **-D** 选项还未实施, 该命令结果没有物理意义。`EGM96_to_360.txt` 远程文件已经失效, 可从 <https://cddis.nasa.gov/926/egm96/getit.html> 下载。

**参考文献**

Holmes, S. A., and Featherstone, W. E., 2002, A unified approach to the Clenshaw summation and the recursive computation of very high degree and order normalized associated Legendre functions: *J. Geodesy*, v. 76, p. 279-299.

**相关模块**

[gmt](#), [grdfft](#), [grdmath](#)

**18.75 sphdistance**

贡献者

[周茂](#)

官方文档

[sphdistance](#)

简介

在球上创建 Voronoi 距离, 节点或自然最邻近网格

**sphdistance** 读取一个或多个 ASCII(或二进制)坐标文件, 使用所有的坐标创建 Voronoi 图。得到的多边形用来创建球面上的网格, 其中网格值为到坐标文件中坐标的最近距离(见 **-E**)。创建 Voronoi 图使用 STRIPACK 算法。可以使用[sphtriangulate](#) 提前创建多边形文件以节省时间和运行时所需的空间。

**语法**

```
gmt sphdistance [ table ] -Ggrdfile -Iincrement -Rregion [ -C ] [ -D ] [ -Ed|n|z[dist] ] [ -Lunit ] [ -Nnodetable ] [ -Qvoronoi.txt ] [ -V[i] ] [ -bbinary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -jflags ] [ -qiflags ] [ -rreg ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-G** *outgrid[=ID][+d divisor][+n invalid] [+o offset|a][+sscale|a] [:driver[dataType][+c options]]*

输出网格文件名，其中各子选项的含义见 [网格文件](#)。

**-Ixinc[+e|n]/yinc[+e|n]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若 *yinc* 设置为 0，则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-R** *xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* ([more ...](#))

指定数据范围

## 可选选项

**-C**

用于节省内存。该模块默认在运算过程中同时保存地理坐标和笛卡尔坐标，但对于大型数据集，这可能会占据很大内存，因此使用该选项可以只保留其中一种坐标以节省内存，必要的时候 GMT 会自动实现坐标转换。在使用 **-Q** 选项时，该选项无用

**-D**

用于删掉重复点 [默认不删除，即假定数据中不存在重复]

**-Ed|n|z[dist]**

指定球面网格中每个网格值的类型。

- **d** 默认选项，计算球面上网格点到输入坐标的最近距离
- **n** 将网格值设置为所在多边形的 ID
- **z** 将网格值设置为所在多边形的节点（即 Delaunay 三角网的外接圆圆心）上的值

*dist* 为在球面弧上进行重采样的间隔，默认为 1，单位为度。

**-Lunit**

指定距离计算的单位，可选项包括 **e** (m), **f** (foot), **k** (km), **M** (mile), **n** (nautical mile), **u** (survey foot)，或 **d** (spherical degree)

**-Nnodetable**

从 *nodetable* 文件读取每个 Voronoi 多边形相关的节点坐标和面积等信息 [默认从输出 ASCII 文件的段信息中获取]。

**-Qvoronoi.txt**

指定 Voronoi 多边形文件 [默认使用输入数据构建 Voronoi 图]。输入数据为二进制文件, 需要 -N 选项指定节点信息。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-d[i|o]nodata (more ...)**

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

**-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-je|f|g (more ...)**

设置球面距离的计算方式

**-qi[~]rows[+ccol][+a|f|s] (more ...)**

筛选输入的行或数据范围

**-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-:[i|o] (more ...)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

创建一个球面网格，网格值为到 `hotspots.txt` 文件中点的最近距离，然后以 200 km 为间隔在球面网格创建等值线，每 1000 km 设置标注

```
gmt begin map
gmt sphtriangulate @hotspots.txt -Qv -D > t.txt
gmt sphdistance -Rg -I1 -Qt.txt -Gt.nc -Lk
gmt grdcontour t.nc -JG=140/30/7i -C200 -A1000 -Bafg
gmt end show
```

以 `testdata.txt` 创建 Voronoi 图，并生成 1 度分辨率的全球距离网格

```
gmt sphdistance testdata.txt -Rg -I1 -Gglobedist.nc
```

上述代码也可分成两个命令

```
gmt sphtriangulate testdata.txt -Qv > voronoi.txt
gmt sphdistance -Qvoronoi.txt -Rg -I1 -Gglobedist.nc
```

此外，[GMT 官方示例 35](#) 展示了使用本模块和全球海岸线创建海洋到海岸线的距离网格。

## 注意事项

STRIPACK 算法需要输入中不包含重复点。[blockmean](#) 等模块可以将多个接近的点合并成单个点。`sphdistance` 的 `-D` 选项也可以删除重复点，但是这通过对点的坐标精确比较实现，对大型数据集来说，运行可能会很慢。STRIPACK 算法在检测到重复点时，会直接退出执行

## 参考文献

Renka, R. J., 1997, Algorithm 772: STRIPACK: Delaunay Triangulation and Voronoi Diagram on the Surface of a Sphere, *AMC Trans. Math. Software*, **23**(3), 416-434.

## 相关模块

[sphtriangulate](#), [triangulate](#)

## 18.76 sphinterpolate

贡献者

[周茂](#)

官方文档

[sphinterpolate](#)

简介

`sphinterpolate` 读取 lon, lat, z 形式的文件，进行 Delaunay 三角剖分并作球面张力插值。通过 `-Q` 选项可以使用不同的插值方法。

## 语法

```
gmt sphinterpolate [ table ] -Ggrdfile -Iincrement -Rregion [ -D[east] ] [ -Qmode[options] ] [ -T ] [ -V[level] ]
[ -Z ] [ -bibinary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -qiflags ] [ -rreg ] [ -sflags ] [ -:i[o]
] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-G***outgrid[=ID][+ddivisor][+ninvalid][+ooffset|a][+sscale|a][:driver[dataType][+coptions]]*

输出网格文件名，其中各子选项的含义见 [网格文件](#)。

**-Ixinc[+e|n]/yinc[+e|n]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若 *yinc* 设置为 0，则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* ([more ...](#))

指定数据范围

## 可选选项

**-D[east]**

用于删掉重复点 [默认不删除，即假定数据中不存在重复]；通过追加 *east* 参数表示不对在此经度上的点做重复检查

**-Qmode[options]**

设置用于内插的计算张力因子的方法，用来保证局部形状特征或满足弧段约束 [默认没有张力]

- **p** 分段线性插值，不施加张力
- **l** 使用局部梯度估计进行平滑插值
- **g[N/M/U]** 使用全局梯度估计进行平滑插值。*N/M/U* 中 *N* 为使用可变张力时，迭代次数 [3]; *M* 确定全局梯度时使用的 Gauss-Seidel 迭代次数 [10]; *U* 最后一次迭代中梯度变化的阈值 [0.01]
- **s[E/U/N]** 平滑。*E/U/N* [/0/0/3] 中 *E* 为典型数据值中预期方差；*U* 为数据偏差的加权平方和的上限。*N* 为使用可变张力时的迭代次数。

**-T**

使用可变张力；使用 **-Qp** 选项时，忽略该选项

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-Z**在内插前, 使用最大数据范围  $1/(\max - \min)$  进行数据缩放 [默认不缩放]**-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

**-dinodata (more ...)**

将输入数据中值为 nodata 的列替换为 NaN

**-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,...][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-qi[~]rows[+ccol][+a|f|s] (more ...)**

筛选输入的行或数据范围

**-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-s[cols][+a|r] (more ...)**

设置 NaN 记录的处理方式

**-:[i|o] (more ...)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

采用分段线性插值由 `mars370d.txt` 生成全球 1 度分辨率网格

```
gmt begin mars
gmt sphinterpolate @mars370d.txt -Rg -I1 -Qp -Gmars.nc
gmt grdimage mars.nc -JH0/4.5i -B30g30
gmt end show
```

使用无张力的插值, 由 `testdata.txt` 生成全球 1 度分辨率网格

```
gmt sphinterpolate testdata.txt -Rg -I1 -Gsolution.nc
```

## 注意事项

STRIPACK 算法需要输入中不包含重复点。[blockmean](#) 等模块可以将多个接近的点合并成单个点。[sphinterpolate](#) 的 **-D** 选项也可以删除重复点，但是这通过对点的坐标精确比较实现，对大型数据集来说，运行可能会很慢。STRIPACK 算法在检测到重复点时，会直接退出执行

## 参考文献

Renka, R. J., 1997, Algorithm 772: STRIPACK: Delaunay Triangulation and Voronoi Diagram on the Surface of a Sphere, *AMC Trans. Math. Software*, **23**(3), 416-434.

Renka, R. J., 1997, Algorithm 773: SSRFPACK: Interpolation of scattered data on the Surface of a Sphere with a surface under tension, *AMC Trans. Math. Software*, **23**(3), 435-442.

## 相关模块

[greenspline](#), [nearneighbor](#), [sphdistance](#), [sphtriangulate](#), [surface](#), [triangiulate](#)

## 18.77 sphtriangulate

贡献者

周茂

官方文档

[sphtriangulate](#)

简介

创建球面 Delaunay 三角网或 Voronoi 图

**Delaunay 三角网**是 Delaunay 三角化的结果。Delaunay 三角化是一种空间三角剖分算法。该算法的优点在于能避免三角网结果中出现“极瘦”的三角形。

**Voronoi 图**又称泰森多边形，由 Delaunay 三角网中连接两相邻点线段的中垂线组成的连续多边形组成。

**sphtriangulate** 读取一个或者多个经纬度坐标文件并进行球面 Delaunay 三角化。**-Qv** 选项可进一步生成 Voronoi 图。通常，多边形输出结果为闭合的并且可填充，使用 **-T** 选项则输出构成多边形的弧段而非多边形。

## 语法

```
gmt sphtriangulate [ table ] [ -A ] [ -C ] [ -D ] [ -Lunit ] [ -Nfile ] [ -Qd|v ] [ -T ] [ -V[level] ] [ -bbinary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -jflats ] [ -qiflags ] [ -rreg ] [ -sflags ] [ -:[i|o] ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

## 可选选项

**-A**

计算球面三角的面积或多边形（见 **-Q**）的面积并输出到段信息中 [默认不计算面积]。面积单位见 **-L** 选项。

**-C**

用于节省内存。该模块默认在运算过程中同时保存地理坐标和笛卡尔坐标，但对于大型数据集，这可能会占据很大内存，因此使用该选项可以只保留其中一种坐标以节省内存，必要的时候 GMT 会自动实现坐标转换。

**-D**

用于删掉重复点 [默认不删除]。

**-Lunit**

指定距离和面积计算的单位，可选项包括 **e** (m), **f** (foot), **k** (km), **M** (mile), **n** (nautical mile), **u** (survey foot)，或 **d** (spherical degree)。除非设置了 **-je**，否则使用球面近似距离；在这种情况下，计算面积前将纬度转换为自定义的纬度。当单位设置为度时，面积的结果为球面度。

**-Nfile**

将多边形信息写到 *file* 文件中。对于 Delaunay 三角网，相关信息包括：每个三角形三个定点的编号（若设置 **-A** 还包括三角形面积）；对于 Voronoi，包括节点坐标 (**-A**) 选项使用同上。如果输出文件格式为 ASCII，这些信息都显示在段信息中，并可将整个结果输出到标准输出，无需使用 **-N** 选项；如果输出文件为二进制文件，则 **-N** 选项是必须的。

**-Qd|v**

**d** 选项为计算 Delaunay 三角网，**v** 选项为计算 Voronoi 图 [默认使用 **d**]。

**-T**

将结果输出为弧段 [默认输出闭合的三角形或者多边形]。当使用 **-A** 选项时，同时计算弧段的长度并写到段信息中，单位见 **-L** 选项。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-d[i|o]nodata (more ...)**

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN，或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

**-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-je|f|g (more ...)**

设置球面距离的计算方式

**-qi[~]rows[+ccol][+a|f|s] (more ...)**

筛选输入的行或数据范围

**-s[cols][+a|r] (more ...)**

设置 NaN 记录的处理方式

**-:[i|o] (more ...)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

从远程数据文件 `hotspots.txt` 中创建球面三角网，并绘制

```
gmt sphtriangulate @hotspots.txt -Qd -T | gmt plot -Rg -JG-120/-30/7i -Bafg -W3p -pdf map
```

三角化 `testdata.txt` 中的点，创建 Voroni 图并绘制

```
gmt sphtriangulate testdata.txt -Qv | gmt plot -Rg -JG30/30/6i -L -W1p -Bag -pdf testdata
```

基于包含多段记录的数据文件 `globalnodes.txt` 计算 Delaunay 三角网，并计算每个三角形的面积，输出到段信息中

```
gmt sphtriangulate globalnodes.txt -Qd -A > global_tri.txt
```

除上述示例外，[GMT 官方示例 35](#) 和 [示例 48](#) 也使用了该模块。

## 注意事项

多边形或三角形面积的计算使用了 STRIPACK 算法。该算法需要输入中不包含重复点。[blockmean](#) 等模块可以将多个接近的点合并成单个点。[sphtriangulate](#) 的 **-D** 选项也可以删除重复点，但是这通过对点的坐标精确比较实现，对大型数据集来说，运行可能会很慢。STRIPACK 算法在检测到重复点时，会直接退出执行。

## 参考文献

Renka, R. J., 1997, Algorithm 772: STRIPACK: Delaunay Triangulation and Voronoi Diagram on the Surface of a Sphere, *AMC Trans. Math. Software*, **23**(3), 416-434.

## 相关模块

[triangulate](#), [sphdistance](#)

## 18.78 subplot

官方文档

[subplot](#)

简介

管理和设置子图模式

**subplot** 模块可以将当前纸张分隔成若干个网格区域，每个区域内都可以包含一张单独的子图。

**subplot** 模块提供了三条指令：

- **subplot begin** 进入子图模式，并设置子图的布局
- **subplot set** 用于指定接下来的绘图操作在哪一个子图中进行
- **subplot end** 用于结束子图模式

在子图模式中，需要注意如下几点：

- **-X** 和 **-Y** 选项无法在子图模式中使用，可以使用 **-C** 选项作为替代
- 在使用 **-J** 选项时，可以使用 **?** 来指定地图宽度或比例尺，此时，GMT 会根据子图的大小自动确定最合适地图尺寸
- 对于笛卡尔投影，若想要 X 和 Y 轴共用相同的比例尺，则可以使用 **-Jx?**

### subplot begin 语法

```
gmt subplot begin nrowsxncols -F[f|s]width/height[+fwfracs/hfracs][+cdx/dy][+gfill][+ppen][+wpen]
[ -A[autolabel][+j|Jrefpoint][+cdx/dy][+gfill][+ppen][+odx/dy][+r][+R][+v] ] [ -C[side]clearance ] [ -B[p|s]parameters ] [ -jflags ] [ -Mmargins ] [ -Rregion ] [ -Slayout ] [ -Ttitle ] [ -V[level] ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ]
[ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ --PAR=value ]
```

## 必须选项

*nrowsxncols*

指定子图的行数和列数。中间为小写英文字母 *x*, 不是星号或其他符号。

每一行和每一列均有相同的子图数目。注意: 你无需在每个子图内都绘图。

**-F[f|s]width/height[+fwfracs/hfracs][+cdx/dy][+gfill][+ppen][+wpen]**

指定图片的尺寸。有两种方式:

- **-Ff**: 直接指定整张图片的尺寸
- **-Fs**: 指定单个子图的尺寸

除此之外, 还可以为整张图加上背景色和边框:

- **+ppen**: 为整张图加上背景矩形边框
- **+wpen**: 绘制子图区域之间的水平和垂直分割线
- **+gfill**: 为整张图的背景矩形填充颜色
- **+cdx/dy**: 设置背景矩形与整张图之间的额外空白

**-F[f]width/height[+fwfracs/hfracs]**

指定整张图片的宽度 *width* 和高度 *height*。

这种情况下, GMT 会根据整张图片的尺寸以及子图的数目自动计算每张子图的尺寸。在计算子图尺寸时会考虑每个子图的刻度线、标注、标签所占据的空间, 以及不同子图之间的间隔。整张图的最外圈的刻度线、标记和标签不算在整张图片尺寸之内。

默认所有行和列的尺寸都是相同的。若想要子图的每一行具有不同的高度, 或者子图的每一列具有不同的宽度, 则可以使用 **+f**, 后面紧跟着一系列逗号分隔的宽度比例和以逗号分隔的高度比例。单个数则表示所有行或列有相同的宽度或高度。

例如, 对于一个 2x2 的子图, 使用 **-Ff12c/12c+f3,1/1,2** 则表示

- 整张图的宽度和高度均为 12 厘米
- 第一列占 3 个宽度, 第二列占 1 个宽度
- 第一行占 1 个高度, 第二行占 2 个高度

**-Fswidths/heights**

通过指定每个子图的宽度和高度间接指定图片尺寸。

在这种情况下, 整张图片的尺寸由每个子图的尺寸以及刻度线、标注、标签占据的空间和子图之间的间隙共同决定, 但最外圈的刻度线、标记、标签所占据的空间不算在整张图的尺寸之内。

默认所有行和列的尺寸都是相同的。若想要给每行或每列指定不同的子图尺寸, 可以加上一系列以逗号分隔的宽度, 然后再加上一个斜杠, 并加上一系列以逗号分隔的高度。单个数则表示所有行或列有相同的宽度或高度。

例如, 对于一个 2x2 的子图, 使用 **-Fs4c,8c/4c** 则表示第一列为 4 厘米宽, 第二列为 8 厘米宽, 所有列的高度均为 4 厘米高。注意, 宽度值或高度值的数目必须是一个或者与行数/列数相匹配。

对于地理地图而言, 每张子图的高度由地图区域 **-R** 以及投影方式 **-J** 决定。有两个选择: (1) 指定子图高度为 0, 并同时指定 **-R** 和 **-J**, 利用其计算每张子图的高度, 但要求所有子图必须共享相同的研究区域和投影方式; (2) 不断尝试并修改子图的高度以得到最佳的绘图布局。

## 可选选项

**-A[*autolabel*][+j|J*refpoint*][+c*dx/dy*][+g*fill*][+p*pen*][+o*dx/dy*][+r][+R][+v]**

为子图自动添加编号。

*autolabel* 可以是单个数字或字母，也可以在数字或字母的一侧或两侧加上括号。其设置了左上角第一张子图的编号，而其余子图则按照递增的顺序依次编号。默认值为 a)。

**备注:** 括号在 Unix Shell 中有特殊含义，可以将其用单引号括起来，即 '(a)'。

加上子选项可以指定编号的更多属性：

- +j|J*refpoint*: 指定编号在子图中的位置，默认值为 TL，即编号位于子图的左上角。+j 和 +J 分别适用于子图编号位于子图内部和外部的情况
- +o*dx/dy* 设置子图编号相对于 +j|J 指定的参考位置间的额外偏移量，默认值为 *FONT\_TAG* 的 20%
- +p*pen* 为子图编号加上文本框
- +g*fill* 为子图编号的文本框填充颜色
- +c*dx/dy*: 设置子图编号与文本框轮廓间的距离，默认值为 *FONT\_TAG* 的 15%
- +r 表示用小写罗马数字编号
- +R 表示用大小罗马数字编号
- +v 表示沿着垂直列方向依次增加编号，默认沿着水平行方向依次增加

**-B***parameters* (*more ...*)

设置底图边框和轴属性

**-C[*side*]*clearance***

设置子图区域内某个边的额外空白量。这些额外的空白量可以用于绘制比例尺、添加额外的文字等。

*side* 可以取 e w s n 分别代表东西南北四条边；也可以取 x 或 y，分别表示设置东西或南北方向两条边的空白；若不指定 *side*，则表示同时设置四条边上的空白量。

该选项可以重复多次，对不同边分别设置不同的间距。

**subplot begin** 中该选项对所有子图均有效，而 **subplot set** 中使用该选项则仅对当前子图有效。

**备注:** 在子图模式内不能使用 -X 和 -Y，可以使用 -C 作为替代。

**-J***projection* (*more ...*)

设置地图投影方式

**-M***margins*

相邻子图之间的额外空白

*margins* 可以有三种情况：

1. 取一个值，表示子图四个方向的空白 [默认值为 *FONT\_ANNOT\_PRIMARY* 规定的字体大小]
2. 取两个值，表示子图的水平和垂直方向的空白，两个值之间用斜杠分隔

3. 取四个值, 表示子图的左右下上四个方向的空白, 四个值之间用斜杠分隔

*margins* 允许设置为负值, 进一步缩小子图间距。

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

**-SC[b|t][+llabel][+t]**

设置一列中的所有子图共用 X 轴

当一列所有子图共用 X 轴时, 默认只有第一行子图的顶部 (**t**) X 轴和最后一个子图的底部 (**b**) X 轴有标注。

- **-SCb** 一列中只有最后一行子图的底部 X 轴有标注
- **-SCt** 一列中只有第一行子图的顶部 X 轴有标注
- **+llabel** 为共用的 X 轴添加标注
- **+t** 为每个子图的标题预留空间
- **+tc** 为第一行的所有子图的标题预留空间

**-SR[l|r][+llabel][+p][+t]**

设置一行中所有子图共用 Y 轴

当一行所有子图共用 X 轴时, 默认只有第一列子图的左边 Y 轴和最后一列子图的右边 Y 轴有标注。

- **-SRL** 一行中只有第一列子图的左边 Y 轴有标注
- **-SRR** 一行中只有最后一列子图的右边 Y 轴有标注
- **+llabel** 为共用的 Y 轴添加标注
- **+p** 设置所有标注与 Y 轴平行

**-T***heading*

设置整张图的总标题, 标题文字的属性由 *FONT\_HEADING* 控制。

每张子图各自的标题可以用 **-B** 或 **-S** 选项控制。

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-X[a|c|f|r][xshift[u]]**

**-Y[a|c|f|r][yshift[u]]** (*more* ...)

移动绘图原点

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## subplot set

**subplot set** 通过指定子图的行列号或索引号以激活某个特定的子图, 接下来的所有绘图命令将只在该子图内进行绘制。其与 [-c 选项](#) 功能基本一致。

子图的行号、列号、索引号均从 0 开始算起。因而对于  $M \times N$  的子图而言, 行号的取值为 0 到  $M-1$ , 列号的取值为 0 到  $N-1$ , 索引号的取值则为 0 到  $(M \times N)-1$ 。

若使用 **subplot set** 但未指定子图的行列号或索引号, 则 GMT 会自动激活“下一个”子图。例如, 对于一个 2 行 2 列的图而言, 每次使用 **subplot set** 而不指定子图行和列, 则按照行优先顺序依次激活子图  $0,0 \rightarrow 0,1 \rightarrow 1,0 \rightarrow 1,1$ 。若 **subplot begin** 中使用了 **-A+v** 选项, 则按照列优先顺序依次激活子图  $0,0 \rightarrow 1,0 \rightarrow 0,1 \rightarrow 1,1$ 。

### subplot set 语法

```
gmt subplot set [ row,col|index ] [ -Afixedlabel ] [ -Cside/clearance ] [ -V[level] ]
```

#### 可选选项

*row,col | index*

指定要激活的子图的行列号或索引号。行列号、索引号均从 0 开始算起。

若不指定子图行列号或索引号, 则自动激活“下一个”子图。

**-Afixedlabel**

设置当前子图的编号, 忽略 **subplot begin** 中 **-A** 选项设置的自动编号。

这一选项可以用于临时修改单个子图的编号, 但该选项只能修改编号字符串, 其余属性(如位置、文本框)等均只能继承自 **subplot begin** 的 **-A** 选项。

**-Cside/clearance**

设置子图的某个边的额外空白量。这些额外的空白量可以用于绘制比例尺、添加额外的文字等。

*side* 可以取 **e w s n** 分别代表东西南北四条边。该选项可以重复多次, 对不同边分别设置不同的间距。

**subplot begin** 该选项对所有子图均有效, 而 **subplot set** 中使用该选项则仅对当前子图有效。

**备注:** 在子图模式下不能使用 **-X** 和 **-Y**, 可以使用 **-C** 作为替代。

## subplot end

该命令用于结束当前的子图模式。

在结束子图模式时, 其会进行如下操作:

- 对所有子图进行编号
- 将绘图原点重置回之前的原点位置
- 更新历史信息, 设置为线性投影, 并给出整张图的大小, 使得用户可以使用 **-DJ** 方式放置 colorbar 等。

## subplot end 语法

```
gmt subplot end [ -V[level] ]
```

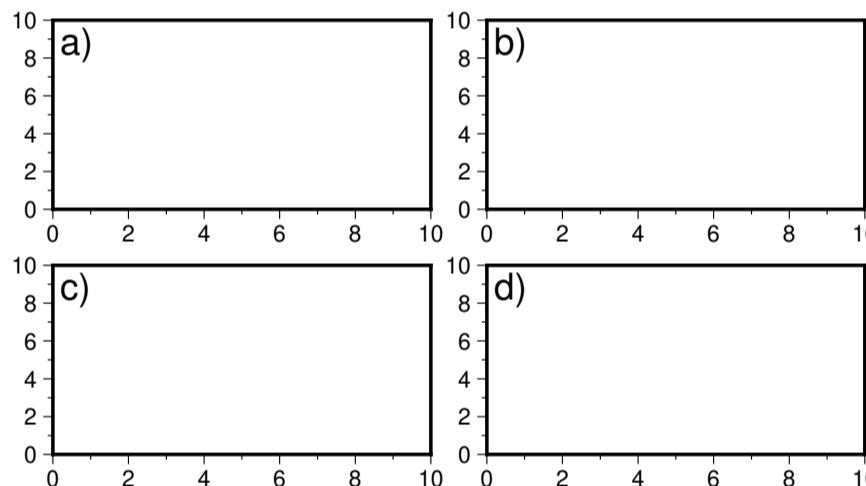
### 示例

下面的示例展示了如何设置一张 2x2 布局的图，并使用不同的方式指定要激活的子图。不同的设置方式的效果是相同的，用户在使用时可根据需求选择最直观最简便的方式。

#### 方法 1: 使用 subplot set 指定子图行列号

注意行列号均从 0 开始。

```
gmt begin map
gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/2.5c -A
gmt subplot set 0,0
gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
gmt subplot set 0,1
gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
gmt subplot set 1,0
gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
gmt subplot set 1,1
gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
gmt subplot end
gmt end show
```



#### 方法 2: 使用 subplot set 指定子图索引号

注意子图索引号从 0 开始:

```
gmt begin map
gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/2.5c -A
gmt subplot set 0
gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
gmt subplot set 1
gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
gmt subplot set 2
gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
gmt subplot set 3
gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
gmt subplot end
gmt end show
```

#### 方法 3: 使用 subplot set 但不指定子图号

每次使用 subplot set 但不指定子图行列号或索引号，则会自动激活“下一个”子图:

```
gmt begin map
gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/2.5c -A
gmt subplot set
gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf
gmt subplot end
gmt end show
```

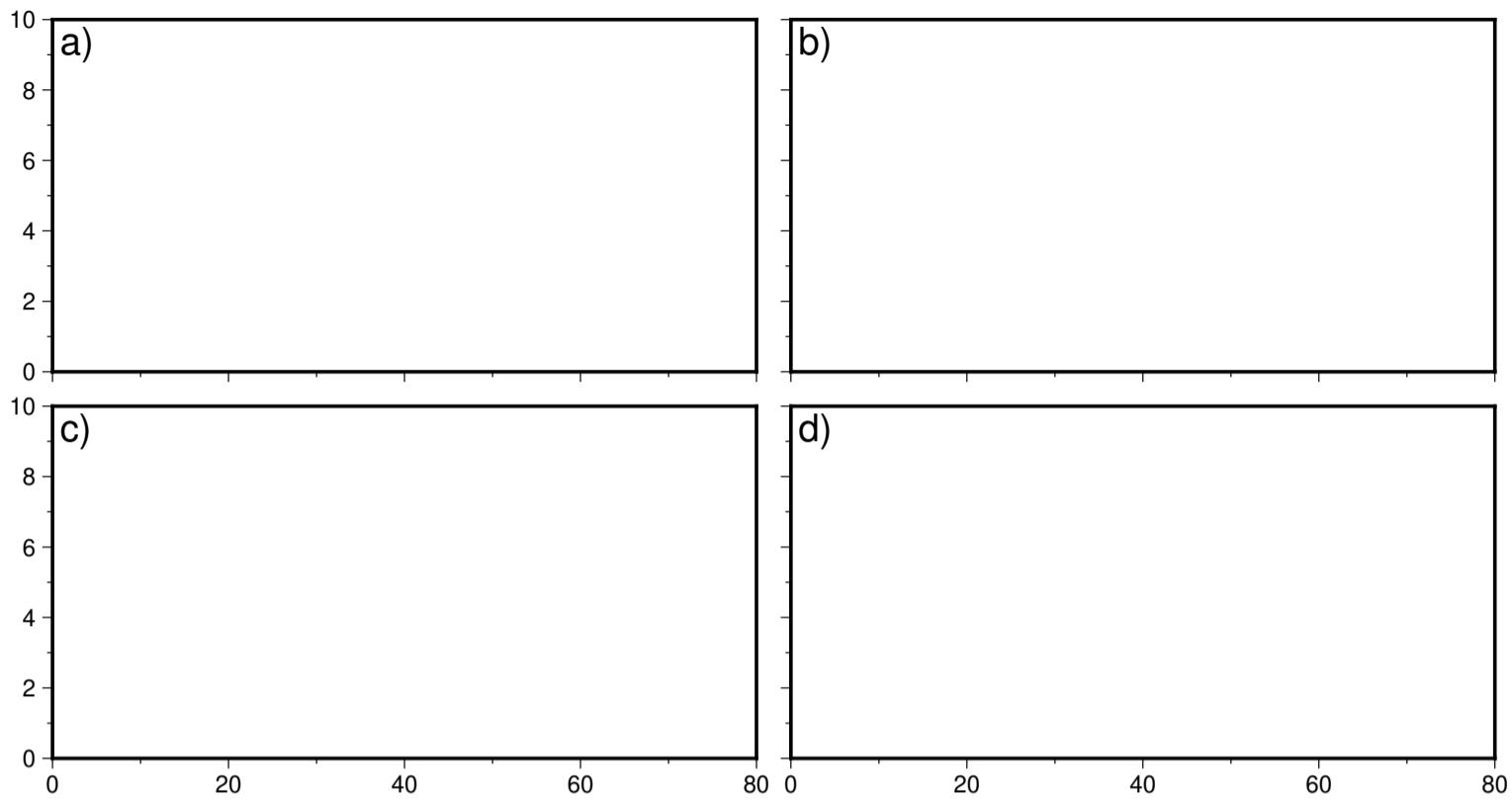
#### 方法 4: 使用 -c 选项

[-c 选项](#) 的功能与 `subplot set` 类似, 可以用于激活指定的子图。其后可以接子图行列号或索引号, 也可以只使用 `-c` 自动激活下一个子图:

```
gmt begin map
gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/2.5c -A
gmt basemap -R0/10/0/10 -Baf -c
gmt subplot end
gmt end show
```

下面展示了如何设置一个 2x2 的图, 并设置共用 X 和 Y 轴:

```
gmt begin panels
gmt subplot begin 2x2 -Fs10c/5c -M5p -A -SCb -SRl -Bwstr -R0/80/0/10
gmt subplot set
gmt basemap
gmt subplot end
gmt end show
```



下面的示例展示了如何绘制一个不完全规则的子图。这个示例中，实际上只使用了子图 0、2、3，而第一张图同时占据了子图 0 和 1 的空间。在这种情况下，GMT 的自动编号功能无法正确编号，因而需要在 `subplot set` 中为每个子图单独指定编号。

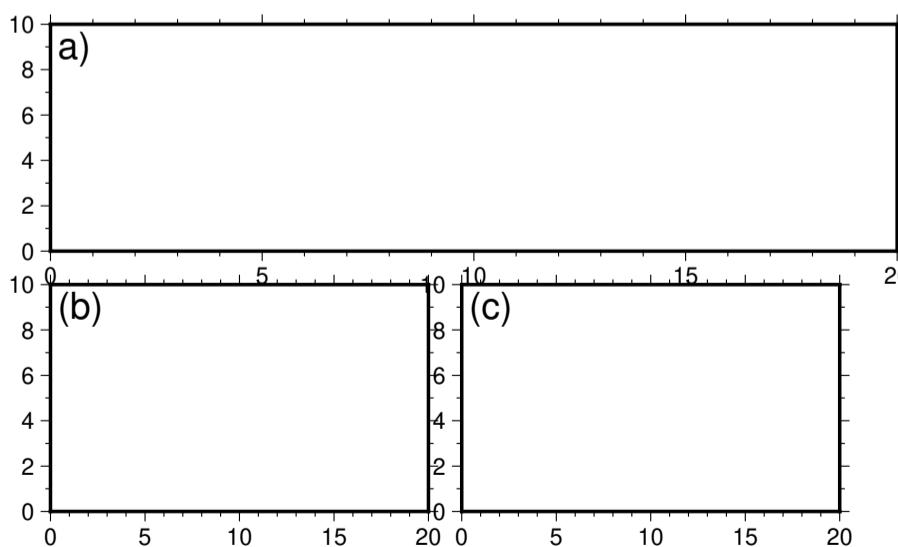
```
gmt begin map
gmt subplot begin 2x2 -Fs5c/3c -A -M0

gmt subplot set 0
gmt basemap -R0/20/0/10 -JX11.2c/3c -Baf -BWSen

gmt subplot set 2 -A'(b)'
gmt basemap -R0/20/0/10 -JX? -Baf -BWSen

gmt subplot set 3 -A'(c)'
gmt basemap -R0/20/0/10 -JX? -Baf -BWSen

gmt subplot end
gmt end show
```



## 相关模块

[begin](#), [clear](#), [docs](#), [end](#), [figure](#), [inset](#)

## 18.79 surface

官方文档

[surface](#)

简介

使用可调节张量连续曲率样条插值法对数据进行网格化

### 语法

```
gmt surface [ table ] -Goutputfile.nc -Iincrement -Rregion [ -Aspect_ratio|m ] [ -Convergence_limit[%] ] [ -Jparameters ] [ -Dbreakline_file[+z[level]] ] [ -Lllower ] [ -Luupper ] [ -Mmax_radius ] [ -Nmax_iterations ] [ -Q ] [ -Ssearch_radius[m|s] ] [ -T[i|b]tension_factor ] [ -V[level] ] [ -Zover-relaxation_factor ] [ -aflags ] [ -bibinary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -qiflags ] [ -rreg ] [ -:i[o] ] [ --PAR=value ]
```

### 描述

**surface** 从标准输入或 ASCII 格式的文件 *table* 中读取离散的数据点 (x,y,z)，通过解微分方程，得到网格化的数据 z(x,y) 并生成 grid 网格文件

$$(1-t)\nabla^2(z) + t\nabla(z) = 0,$$

其中 *t* 是 0 到 1 之间的张量因子， $\nabla$  是拉普拉斯算子。对于势能场数据，建议  $t \sim 0.25$ 。对于陡峭的地形数据，则建议  $t \sim 0.35$ 。建议用户事先使用 [blockmean](#), [blockmedian](#), 或 [blockmode](#) 预处理数据，以避免空间假频与消除冗余数据。解微分方程时，采用自然边界条件。对于经度范围是 360 度的地理数据，将会采用周期边界条件。

**警告：** 在每个维度上至少必须有 4 个点，否则无法使用 **surface**。

如果你的数据是等间隔的 (x,y,z) 数据，请不要使用 **surface** 生成网格文件。正确的做法是使用 [xyz2grd](#) 生成网格文件。

### 必选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-G***outputfile.nc*

输出的文件名。输出文件的格式参见《[网格文件格式](#)》。

**-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)

- **+n** 表明  $xinc$  和  $yinc$  不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若  $yinc$  设置为 0，则表示其与  $xinc$  相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]** (*more* ...)

指定数据范围

## 可选选项

**-Aspect\_ratio|m**

设置网格纵横比  $aspect\_ratio$ ，其中  $dy = dx / aspect\_ratio$ 。对于地理数据，可以使用 **-Am** 设置网格纵横比为纬度平均值的余弦。不设置本项时，默认网格纵横比为 1，即各向同性网格。

**-Llower** and **-Luupper**

对微分方程的解加上限制。**-Llower** 设置下限，其中  $lower$  可以是一个 grid 网格文件的文件名、或一个固定值。**-Luupper** 设置上限，同样  $upper$  可以是一个 grid 网格文件的文件名、或一个固定值。

**-T[i|b]tension\_factor**

设置张量因子，必须在 0 到 1 之间。不设置时默认为 0。

**-V**

显示多项式系数等详细信息。

## 示例

将 ASCII 数据 hawaii\_5x5.xyg 网格化为 5 分，设置  $tension\_factor = 0.25$ ：

```
gmt surface hawaii_5x5.xyg -R198/208/18/25 -I5m -Ghawaii_grd.nc -T0.25
```

## 18.80 ternary

官方文档

[ternary](#)

简介

绘制三角图解

**ternary** 从文件或者标准输入中读取数据，并在三角图中绘制符号。如果给定符号类型，但未给出符号大小，**ternary** 会将第四列数据作为符号大小，符号大小值小于 0 的将会被跳过。如果没指定符号类型，就必须在数据的最后一列给出符号代码。

## 语法

```
gmt ternary [ table ] [ -JXwidth ] [ -Ramin/amax/bmin/bmax/cmin/cmax ] [ -B[p|s]parameters ] [ -Ccpt ] [ -Gfill ] [ -La/b/c ] [ -M ] [ -N ] [ -S[symbol][size] ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -W[pen][attr] ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -bibinary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -ggaps ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -pflags ] [ -qiflags ] [ -ttransp ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

### 必须选项

必须使用 **-M** 或者 **-R** 和 **-J**。

### 可选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-B[a|b|c]args**

设置三角图的三条边的属性。

与常规图不同，三角图有三条不同的边。三条边从下面这条边开始，逆时针旋转，分别称为 **a**、**b**、**c**。其余用法与标准选项 **-B** 相同。

**-Ccpt** 或 **-Ccolor1,color2[,color3,…]**

指定 CPT 文件，或者跟上一系列以逗号分隔的颜色以构建一个线性连续 CPT

若使用了 **-S** 选项，则符号填充色由第四列数值决定，其它字段向右移动一列（即若需要指定符号大小，符号大小应置于第 5 列）。

现代模式下，若不指定 CPT，则使用当前 CPT。

**-Gfill**

指定符号填充色。

对于多段数据，段头记录中的 **-G** 字符串会覆盖命令行中该选项的值。

**-JXwidth**

指定三角图的宽度

**-La/b/c**

设置三个顶点的标签，标签距离顶点的距离为 [MAP\\_LABEL\\_OFFSET](#) 三倍。

**-M**

不绘图。将三角图数据  $(a,b,c[,z])$  转换为笛卡尔坐标  $(x,y,[,z])$ ， $x,y$  为在三角图解中的归一化坐标值。 $x$  的取值范围为 0-1， $y$  的取值范围为 0 到  $\frac{\sqrt{3}}{2}$

如果一个点在三角图中坐标为  $(a, b, c)$ ，则笛卡尔坐标  $(x, y)$  为：

$$x = \frac{(100 - a) + b}{2 \times 100}$$

$$y = \frac{\sqrt{3}}{2 \times 100} \times c$$

**-N**

不裁剪落在三角图外的符号 [默认只绘制三角图内的符号]

**-R***a**m**i**n*/*a**m**a**x*/*b**m**i**n*/*b**m**a**x*/*c**m**i**n*/*c**m**a**x*

指定三条边 **a**、**b** 和 **c** 的最大最小值。

**-S**[*symbol*][*size*]

指定要绘制的符号类型及大小

详见 *plot* 中的 **-S** 选项。

**-U**[*label*][+**c**][+**j***just*][+**o***dx/dy*] (*more* ...)

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-W**[*pen*][*attr*]

设置符号的画笔属性。

**-t**[*transp*] (*more* ...)

设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-X**[**a**|**c**|**f**|**r**][*xshift*[**u**]]

**-Y**[**a**|**c**|**f**|**r**][*yshift*[**u**]] (*more* ...)

移动绘图原点

**-bi**[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] (*more* ...)

设置二进制输入数据的格式

**-dinodata** (*more* ...)

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

**-e**[~] “*pattern*” | **-e**[~]/*regexp*/**i**] (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f**[**i**|**o**]*colinfo* (*more* ...)

指定输入或输出列的数据类型

**-g**[**a**]**x**|**y**|**d**|**X**|**Y**|**D**][*col*]**zgap**[+**n**|**p**] (*more* ...)

确定数据或线段的间断

**-h**[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**m***segheader*][+**r***remark*][+**t***title*] (*more* ...)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols**[+**l**][+**sscale**][+**o***offset*][,···][,**t**[*word*]] (*more* ...)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

**-qi**[~]*rows*[+**c***col*][+**a**|**f**|**s**] (*more* ...)

筛选输入的行或数据范围

**-:[i|o]** (*more* ...)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-p**[**x**|**y**|**z**]*azim*[/*elev*[/*zlevel*]][+**w***lon0*/*lat0*[/*z0*]][+**v***x0*/*y0*] (*more* ...)

设置 3D 透視视角

**-t[transp]** (*more ...*)

设置图层透明度(百分比)。取值范围为0(不透明)到100(全透明)

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息,包括模块简介和基本语法信息(Windows下只能使用-)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息,包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息,包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

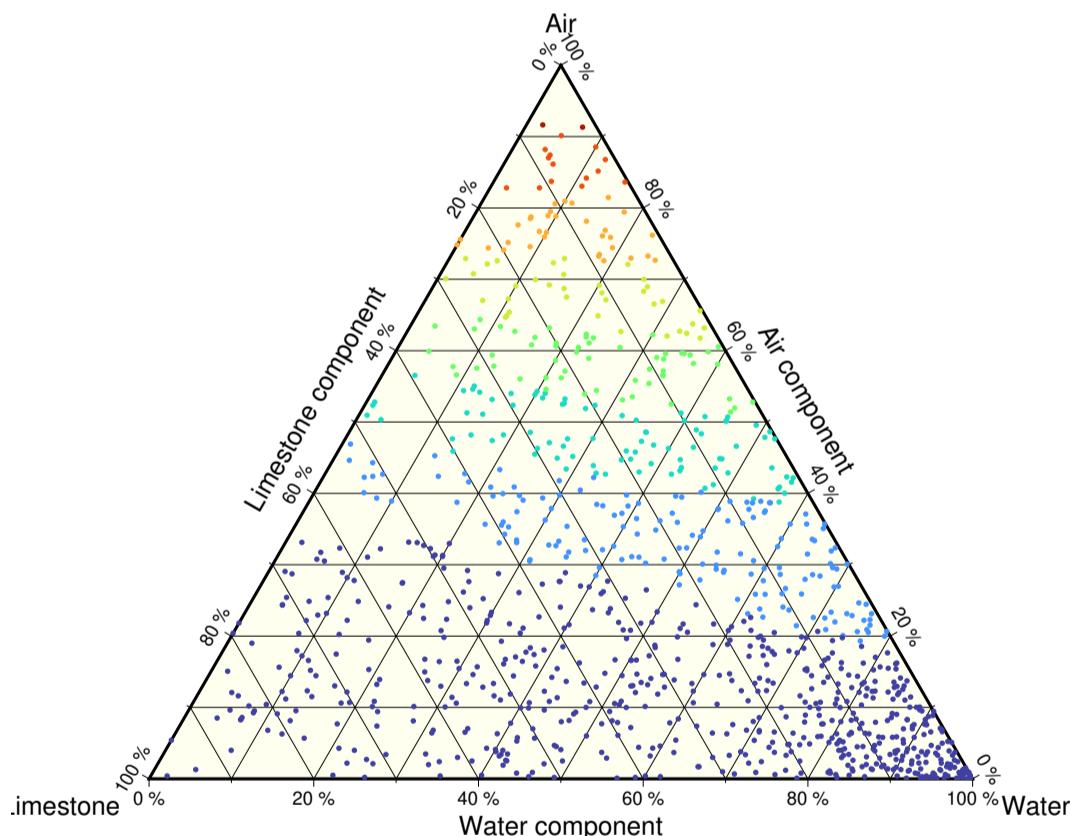
**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值,可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

```
gmt begin map
gmt makecpt -Cturbo -TO/80/10
gmt ternary @ternary.txt -R0/100/0/100/0/100 -JX6i -Sc0.1c -C -LWater/Air/Limestone \
-Baafg+l"Water component"+u" %" -Bbafg+l"Air component"+u" %" -Bcagf+l"Limestone component"+u" %"
-B+givory+t"Example data from MATLAB Central"
gmt end show
```

### Example data from MATLAB Central



## 相关模块

[basemap](#), [plot](#), [plot3d](#)

## 18.81 text

官方文档

[text](#)

简介

在图上写文本

该命令用于在图上添加文本，可以自由控制文本的大小、颜色、字体、角度。

除了可以添加键盘上可直接输入的字符外，还可以通过使用转义字符、特殊字体以及八进制码实现希腊字母、上下标等功能，详见[文字](#)、[转义序列](#)、[特殊字符](#)。

### 必选选项

<textfiles>

输入文件。最简单的情况下，输入数据包括三列，其格式为：

```
x  y  text
```

示例：

```
echo 2 2 SHOW TEXTS | gmt text -JX10c -R0/5/0/5 -Ba -pdf test
```

若使用了 -F 选项，则输入数据的格式为：

```
x  y  [font  angle  justify]  text
```

其中，括号内的三项是否存在以及三项的顺序由 -F 选项决定。

### 可选选项

-A

默认情况下，输入数据中 *angle* 是指沿水平方向逆时针旋转的角度。**-A** 选项表明 *angle* 是方位角，即相对于北向顺时针旋转的角度。

**-C[dx/dy][+to|O|c|C]**

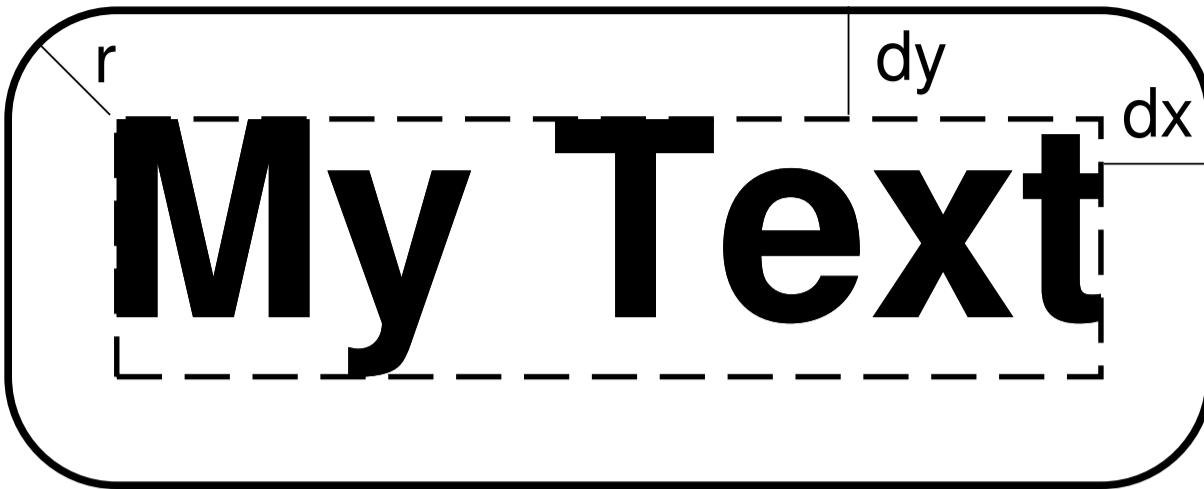
设置文本框与文本之间的空白区域，默认值为字体大小的 15%。该选项仅当指定了 **-W** 或 **-G** 选项时才有效。*dx* 可以是具体的距离值也可以接 % 表示空白与当前字号的百分比。例如 **-C1c/1c** 或 **-C20%/30%**。

**+t** 可以用于进一步控制文本框的形状

- **+to**: 直角矩形 [默认值]
- **+tO**: 圆角矩形
- **+tc**: 凹矩形 (与 **-M** 选项一起使用)
- **+tC**: 凸矩形 (与 **-M** 选项一起使用)

下图展示了 **-C** 选项的作用。

[Source Code](#)



-D[j | J]<dx>[/<dy>][+v[<pen>]]

文本在指定坐标的基础上偏移 <dx>/<dy>，默认值为 0/0 即不偏移。

使用 text 经常遇到的情况是在台站处标记台站名，此时传递给 text 的位置参数通常是台站坐标，因而 text 会将文本置于台站坐标处，该选择用于将文本稍稍偏离台站坐标位置以避免文本挡住台站处的符号。

1. 若不指定 <dy>，则默认 <dy>=<dx>
  2. -Dj<dx>/<dy> 表示沿着 <justify> 所指定的方向偏移
  3. -DJ<dx>/<dy> 表示 shorten diagonal offsets at corners by  $\sqrt{2}$
  4. 偏移量后加上 +v 表示绘制一条连接初始位置与偏移后位置的直线
  5. +v<pen> 控制连线的画笔属性
- F[+a]+A[angle]][+c[justify]][+f[font]][+j[justify]][+h|+l|r[<first>]|+t<text>]+z<format>]  
控制文本的角度、对齐方式和字体等属性。
1. +f<font> 设置文本的字体，见[文字](#)
  2. +a<angle> 文本相对于水平方向逆时针旋转的角度
  3. +A<angle> force text-baselines to convert into the -90/+90 range
  4. +j<justify> 文本对齐方式，见[锚点](#)

下面的命令中，统一设置了所有文本的字号为 30p, 4 号字体，红色，文本旋转 45 度，且以左上角对齐：

```
gmt text -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1g1 -F+f30p,4,red+a45+jTL -pdf text << EOF
3 4 Text1
6 8 Text2
EOF
```

若使用了 +f 子选项，但是未给定 <font>，则意味着输入数据的每一行需要自定义本行的字体属性，因为输入数据的格式要发生变化。例如 -F+f 选项要求的输入数据的格式为：

x	y	font	text
---	---	------	------

对于 +a 和 +j 同理。若 +f 、+a 、+j 中有两个以上未在命令行中指定参数，则输入数据中要增加多列，每列的顺序由这三个子选项的相对顺序决定。比如 -F+f+a 的输入数据格式是：

```
x y font angle text
```

-F+a+f 的输入数据格式为:

```
x y angle font text
```

-F+f+j+a 表示所有数据都需要单独指定字体、对齐方式和角度, 此时输入数据的格式为:

```
x y font justification angle text
```

-F+a+j+f 与前一个例子类似, 唯一的区别在于子选项的顺序不同, 而输入数据的格式要与子选项的顺序相匹配, 此时输入数据的格式为:

```
x y angle justification font text
```

-F+f12p,Helvetica-Bold,red+j+a 为所有行设置了统一的字体, 但每一行需要单独指定对齐方式和角度, 此时输入数据的格式为:

```
x y justification angle text
```

使用 +c<justify> 选项, 则输入数据中不需要 XY 坐标, 只需要文本即可, 该选项直接从 -R 选项中提取出范围信息, 并由对齐方式决定文本的坐标位置。比如 -F+cTL 表示将文本放在底图的左上角, 在加上合适的偏移量即可放在任意位置。例如:

```
echo '(a)' | gmt text -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -F+cTL -Dj0.2c/0.2c -pdf text
```

通常来说, 要绘制的文本都来自于输入数据的某一列。对于多段数据而言, 还可以使用其他子选项来设置文本的来源:

- +h 会直接从多段数据的段头记录中提取文本:

```
gmt text -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -F+h -pdf text << EOF
> TEXT1
2 2
> TEXT2
5 5
EOF
```

- +l 会直接从多段数据的段头记录里的 -L<label> 中提取信息:

```
gmt text -R0/10/0/10 -JX10c/10c -B1 -F+l -pdf text << EOF
> -LTEXT1
2 2
> -LTEXT2
5 5
EOF
```

- +r<first> 会使用记录号作为文本 (记录号从 <first> 起算)
- +t<text> 设置使用一个固定的字符串
- +z<format> 将 Z 值以特定的格式输出为字符串, 默认格式由 FORMAT\_FLOAT\_MAP 控制

-G

设置文本框的填充色。

除了设置填充色之外, -G 选项还有两个高级用法, 即 -Gc 和 -GC。其中, -Gc 表示先绘制文本, 然后将文本框裁剪出来, 并打开裁剪选项, 之后的绘图命令都不会覆盖文本所在区域, 最后需要使用 [clip](#) 的 -C 选

项关闭裁剪。若不想要绘制文本只想要激活裁剪选项, 可以使用 -GC 选项。

-L

用于列出 GMT 所支持的所有字体名及其对应的字号:

```
gmt text -L
```

-M

段落模式, 用于输入大量文本。

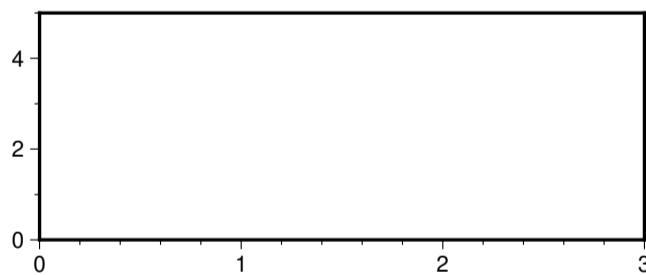
输入文件必须是多段数据。数据段头记录的格式为:

```
> X Y [font angle justify] linespace parwidth parjust
```

1. 第一个字符是数据段开始标识符, 默认为 >
2. 从第三列开始, 包含了本段文本的设置信息
3. font angle justify 是可选的, 由 -F 选项控制
4. linespace 行间距
5. parwidth 段落宽度
6. parjust 段落对齐方式, 可以取为 l (左对齐)、c (居中对齐)、r (右对齐)、j (分散对齐)

段头记录后即为要显示在图上的文本, 每段数据之间用空行分隔。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin text_-M
gmt text -R0/3/0/5 -JX8c/3c -F+f+a+j -Baf -M -N << EOF
> 0 -1 12p,black 0 LT 13p 8c j
@%5%Figure 1.0%% This illustration shows nothing useful, but it still needs
a figure caption. Highlighted in @;255/0/0;red@;; you can see the locations
of cities where it is @_impossible@_ to get any good Thai food; these are to be avoided.
EOF
gmt end show
```



**Figure 1.** This illustration shows nothing useful, but it still needs a figure caption. Highlighted in red you can see the locations of cities where it is impossible to

图 18: 段落模式示意图

-N

位于地图边界外的文本也被绘制。

默认情况下, 若文本超过了底图边框, 则不显示该文本, 即文本被裁剪掉了。使用 -N 选项, 即便文本超出了底图边框的范围, 也依然会显示。

-Ql|u

所有文本以小写 (lower case) 或大写 (upper case) 显示

**-Wpen**

设置文本框的边框属性, 默认值为 `default,black,solid`

**-Z**

3D 投影中, 需要在数据的第三列指定文本的 Z 位置, 数据格式为:

X	Y	Z	Text
---	---	---	------

此时强制使用 **-N** 选项。

**-U[label][+c][+jjust][+odx/dy] (more ...)**

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-t[transp] (more ...)**

设置图层透明度(百分比)。取值范围为 0(不透明)到 100(全透明)

**示例**

下面的例子中设置文本框的相关属性: 蓝色边框、淡蓝填充色、圆角矩形, 空白为 100%/100%

```
gmt text -R0/10/0/5 -JX10c/5c -B1 -Wblue -Glightblue -C100%/100%+t0 -pdf text << EOF
3 1  Text1
6 3  Text2
EOF
```

**18.82 triangulate**

官方文档

[triangulate](#)

简介

笛卡尔数据的 Delaunay 三角剖分或 Voronoi 图和网格化

**triangulate** 读取表数据并进行 Delaunay 三角化, 该三角化方法能最大程度地避免狭窄的三角形。如果使用了 **-R** 和 **-J** 选项, 则表明输入为地理坐标, 首先使用投影, 然后执行三角化。默认情况下, 输出组成每个三角形的点 ID, 并输出到标准输出。ID 编号为输入文件时, 点的位置, 从 0 开始计算。该模块同时可以创建一个数据文件, 通过管道传递给 [plot](#) 模块后可绘制三角网。如果设置了 **-G** 和 **-I** 选项, 则基于平面三角形计算网格。具体算法来自 Watson (1982) [默认] 或 Shewchuk (1996), 此选择是在 GMT 安装期间确定的, 通过 `gmt get GMT_TRIANGULATE` 可查看具体安装了哪种算法, 如果安装了 Shewchuk 算法, 还可以进一步计算 Voronoi 图, 并可选择自然最邻近算法对数据进行网格化。

**语法**

```
gmt triangulate [ table ] [ -Cslpfile ] [ -Dx|y ] [ -Empty ] [ -Goutgrid ] [ -Increment ] [ -Jparameters ] [ -M ] [ -N ] [ -Q[n] ] [ -Region ] [ -S ] [ -T ] [ -V[level] ] [ -Z ] [ -binary ] [ -nodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -qiflags ] [ -rreg ] [ -sflags ] [ -wflags ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

## 可选选项

**-C** *slpfile*

读取坡度网格 *slpfile* (单位为度)，并使用 CURVE 算法计算水深测量中传播的不确定性 (Zambo et al, 2016)。需要 **-G** 选项指定输出网格，但不需要 **-R**, **-I** 等选项，这些信息通过网格获取。该选项不能和 **-D**, **-F**, **-M**, **-N**, **-Q**, **-S** 以及 **-T** 选项共同使用。

**-Dx|y**

在设置 **-G** 选项时，求 x 方向或 y 方向的导数

**-Empty**

使用 **-G** 选项时，设置空节点的值，默认为 NaN

**-G** *outgrid*[=ID][+d][+ninvalid] [+ooffset|a][+sscale|a] [:driver[dataType]][+coptions]]

使用三角化将数据网格化，该选项用于指定输出网格名。各子选项含义见 [网格文件](#)

**-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若 *yinc* 设置为 0，则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-J** *projection* ([more ...](#))

设置地图投影方式

**-M**

将输出的三角网以多段线的形式输出，中间以段信息分隔 [默认输出顶点索引]

**-N**

与 **-G** 选项同时使用，用来将三角网的顶点输出到标准输出 [默认只输出网格]

**-Q[n]**

输出 Voronoi 图的边，而不是三角网的边。需要和 **-R** 同时使用，并且只有使用 Shewchuk 算法时可用。**n** 选项用来将边组成闭合的多边形

**-R** *xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* ([more ...](#))

指定数据范围

**-S**

以多边形的形式输出三角网, 中间以段头信息分隔, 不能和 **-Q** 同时使用

**-T**

即使使用 **-G** 选项输出网格, 仍然输出边或者多边形 [默认输出网格时不输出三角网或 Voronoi 多边形]。

**-Z**

指定输出和输入为 (x,y,z) 形式的数据, 使用 **-G** 选项时, 会自动使用该选项 [默认为 (x,y) ]

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-d[i|o]nodata (more ...)**

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

**-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f[i|o]colinfo (more ...)**

指定输入或输出列的数据类型

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-icols[+l][+sscale][+ooffset][,...][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-qi[~]rows[+ccol][+a|f|s] (more ...)**

筛选输入的行或数据范围

**-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-s[cols][+a+r] (more ...)**

设置 NaN 记录的处理方式

**-wy|a|w|d|h|m|s|cperiod[/phase][+ccol] (more ...)**

将输入坐标转换为循环坐标

**-:[i|o] (more ...)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 点位于多边形内/外

为了确定点在多边形内，外或在边界上，GMT 会平衡数据类型以及多边形形状等因素来确定算法。对于笛卡尔坐标，GMT 使用 non-zero winding 算法，该算法非常快。对于地理坐标，如果多边形不包括两极点且多边形的经度范围不超过 360 度，同样使用该算法。否则，GMT 会采用 full spherical ray-shooting 方法。

## 示例

对 samples.xyz 进行三角化，在二进制文件中保存三角网结果，并创建网格

```
gmt triangulate samples.xyz -bo -R0/30/0/30 -I2 -Gsurf.nc > samples.ijk
```

使用 15 cm 的墨卡托图绘制基于上述同样数据生成的三角网

```
gmt triangulate samples.xyz -M -R-100/-90/30/34 -JM15c | \
gmt plot -R-100/-90/30/34 -JM15c -W0.5p -B1 -pdf network
```

同样使用上述数据，但绘制 Voronoi 图

```
gmt triangulate samples.xyz -M -Q -R-100/-90/30/34 -JM15c | \
gmt plot -R-100/-90/30/34 -JM15c -W0.5p -B1 -pdf cells
```

将 Voronoi 的线段组合成多边形并根据他们的 ID 填充

```
gmt triangulate samples.xyz -M -Qn -R-100/-90/30/34 -JM15c | \
gmt plot -R-100/-90/30/34 -JM15c -W0.5p+cf -L -B1 -Ccolors.cpt -L -pdf polygons
```

使用自然最邻近算法进行网格化

```
gmt triangulate samples.xyz -Gnnn.nc -Qn -R-100/-90/30/34 -IO.5
```

## 参考文献

Shewchuk, J. R., 1996, Triangle: Engineering a 2D Quality Mesh Generator and Delaunay Triangulator, First Workshop on Applied Computational Geometry (Philadelphia, PA), 124-133, ACM, May 1996.

Watson, D. F., 1982, Acord: Automatic contouring of raw data, *Comp. & Geosci.*, **8**, 97-101.

Zambo, S., Elmore, P. A., Bourgeois, B. S., and Perkins, A. L., 2016, Uncertainty estimation for sparse data gridding algorithms, Proceedings of the U.S. Hydro Conference, National Harbor, MD, 16-19 March 2015.

Zhou, Q., and Liu, X., 2004, Error analysis on grid-based slope and aspect algorithms, *Photogrammetric Eng. & Remote Sensing*, **70** (8), 957-962.

[Shewchuk's Homepage](#)

## 相关模块

[greenspline](#), [nearneighbor](#), [contour](#), [sphdistance](#), [sphinterpolate](#), [sphtriangulate](#), [surface](#)

## 18.83 velo

官方文档

[velo](#)

简介

在地图上绘制三种符号：矢量（向量）、十字线和旋转饼图

### -S 选项

-S 选项决定要绘制哪一种符号，及其输入数据的格式。

**-Se<velscale>/<confidence>/<fontsize>**

绘制矢量，并可选择用椭圆表示不确定度。输入数据中每列的含义为：

1. 起点的经度
2. 起点的纬度
3. 矢量的东向分量
4. 矢量的北向分量
5. 东向分量的不确定度 (1-sigma)
6. 北向分量的不确定度 (1-sigma)
7. 东向分量和北向分量的 correlation
8. 名称 (可选)

说明：

1. <velscale> 控制了矢量的缩放比例，其对应了速度值为 1 的箭头的长度，默认单位由参数 [PROJ\\_LENGTH\\_UNIT](#) 决定，也可以自己添加长度单位 [i|c|p](#)
2. <confidence> 设置了椭圆的 2D 置信区间的极限，比如 0.95 代表 95% 置信区间
3. <fontsize> 是名称的文本字号
4. 椭圆的填充色由 -G 选项控制
5. 椭圆的轮廓以及矢量的画笔属性由 -W 选项控

**-Sr<velscale>/<confidence>/<fontsize>**

与 -Se 类似，区别在于输入文件不同：

1. 起点的经度
2. 起点的纬度
3. 矢量的东向分量
4. 矢量的北向分量

5. 椭圆的半长轴
6. 椭圆的半短轴
7. 椭圆的长轴相对于水平方向逆时针旋转的角度
8. 名称(可选)

-Sn<barscale>

绘制各向异性矢量, <barscale> 是各向异性矢量的缩放比例。输入数据中每列的含义为:

1. 经度
2. 纬度
3. 各向异性矢量的东向分量
4. 各向异性矢量的北向分量

-Sw<wedge\_scale>/<wedge\_mag>

绘制旋转饼图。输入数据中每列的含义为:

1. 经度
2. 纬度
3. 旋转饼图的旋转角度(弧度制)
4. 旋转饼图的不确定度(弧度制)

旋转饼图由两个同心扇形组成。一个扇形是旋转饼图本身(下称饼图扇形), 另一个扇形则表示旋转饼图的不确定度(下称不确定度扇形)。两个扇形的半径由 <wedge\_scale> 给出。两个扇形的角度分别为旋转饼图的旋转角度和不确定度乘以 <wedge\_mag>。饼图的填充色由 -G 选项控制, 不确定度的颜色由 -E 控制。饼图扇形从正北开始, 顺时针旋转。不确定度扇形从旋转饼图的结束开始, 向顺时针和逆时针两个方向旋转, 两个方向旋转的角度均为不确定度的 2 倍。

-Sx<cross\_scale>

绘制应变十字线。<cross\_scale> 控制十字线的大小。输入文件中每列的含义为:

1. 经度
2. 纬度
3. eps1: 应变张量的扩张本征值, 扩张为正
4. eps2: 应变张量的压缩本征值, 扩张为正
5. eps2 的方位角(北方向顺时针旋转的角度)

## 选项

-A<params>

修改矢量的属性, 见[矢量/箭头](#)一节

-D<sigma\_scale>

控制 -Se 和 -Sr 中速度不确定度以及 -Sw 中旋转不确定度的缩放。该参数可以与 <confidence> 一起控制不确定度的绘制

-F<fill>

控制边框和标注的颜色

-E<fill>  
控制 -Sw 中饼图不确定度的填充  
 -G<fill>  
控制颜色?  
 -L  
绘制线段。使用该选择，则椭圆和断层面会根据 -W 选项绘制轮廓  
 -N  
不跳过区域范围外的符号  
 -W<pen>  
设置速度箭头、椭圆轮廓以及断层边界的颜色  
 -U[label][+c][+jjust][+o dx/dy] (*more* ...)  
在图上绘制 GMT 时间戳 logo  
 -t[transp] (*more* ...)  
设置图层透明度(百分比)。取值范围为 0(不透明)到 100(全透明)

## 示例

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin velo_ex1
# 左边三个符号
gmt velo -JM15c -R241/242/34/35 -B0.5 -BWeSn+tvelo \
-Sw3c/1.e7 -W1p -G60 -E210 -D2 << EOF
# lon      lat      spin(rad/yr) spin_sigma (rad/yr)
241.2 34.2  5.65E-08 1.17E-08
241.2 34.5  -4.85E-08 1.85E-08
241.2 34.7   4.46E-09 3.07E-08
EOF

# 右边三个符号
gmt velo -Sw3c/1.e7 -W1p -D2 << EOF
# lon      lat      spin(rad/yr) spin_sigma (rad/yr)
241.7 34.2  5.65E-08 1.17E-08
241.7 34.5  -4.85E-08 1.85E-08
241.7 34.7   4.46E-09 3.07E-08
EOF
gmt coast -W1p -Di
gmt end show
```

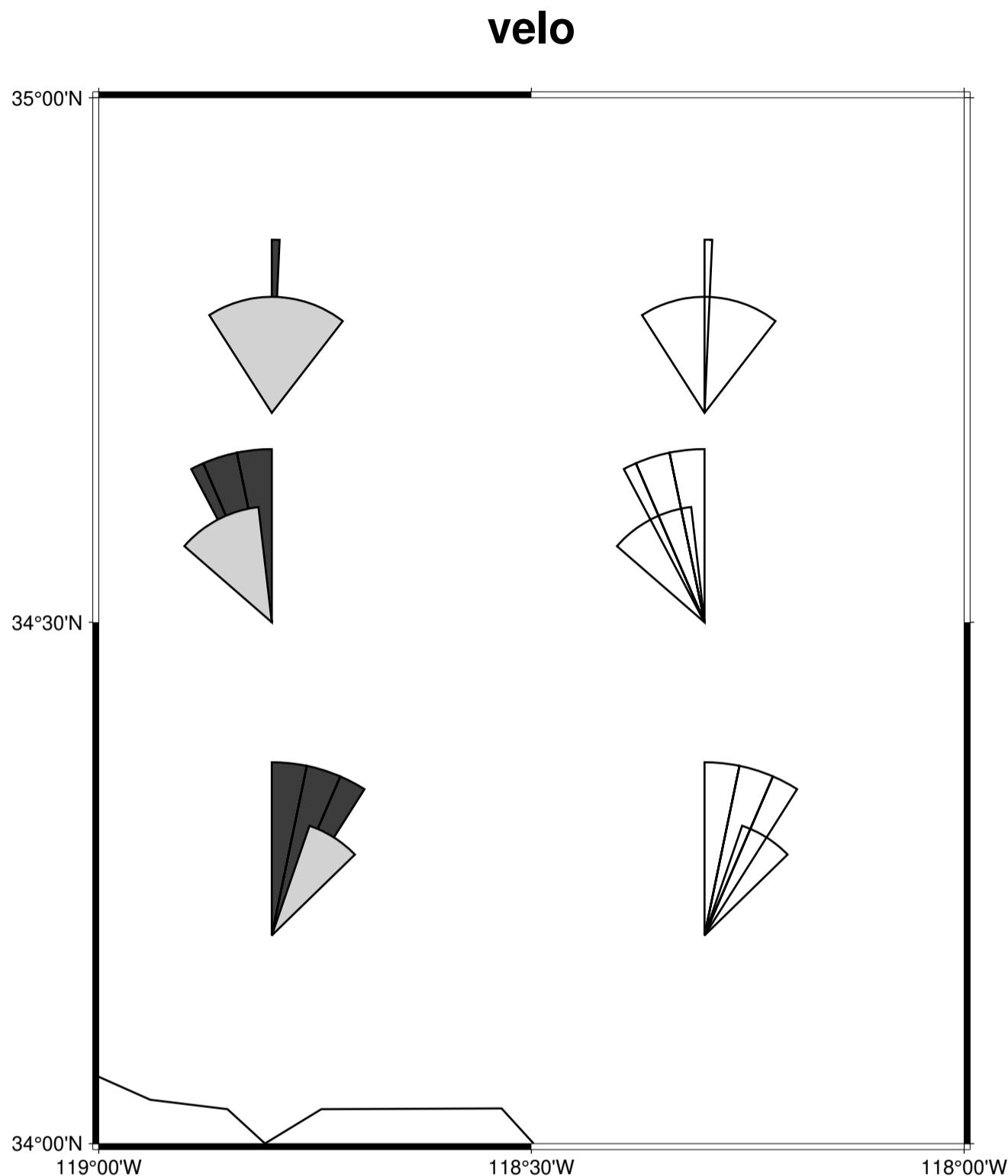


图 19: velo 示例图 1

```
#!/usr/bin/env bash

gmt begin velo_ex2
gmt velo -R-10/10/-10/10 -Wthin,red -Se0.2c/0.39/12 -Big1 \
-BWeSn -Jx0.2i -Ggreen -Eblue -L -N -A1c+p3p+e << EOF
# Long.   Lat.   Evel   Nvel   Esig   Nsig   CorEN SITE
# (deg)   (deg)   (mm/yr)   (mm/yr)
-8.      0.     5.0    0.0     4.0     6.0    0.500  4x6
-5.      0.     0.0    5.0     4.0     6.0    0.500  4x6
-5.      5.    -5.0    0.0     4.0     6.0    0.500  4x6
-8.      5.     0.0   -5.0     0.0     0.0    0.500  4x6
-1.      5.     3.0    3.0     1.0     1.0    0.100  3x3
EOF

gmt velo -Se0.2c/0.39/14 -A0.25c+p0.25p+e << EOF
# Long.   Lat.   Evel   Nvel   Esig   Nsig   CorEN SITE
```

(下页继续)

(续上页)

```
# (deg) (deg) (mm/yr) (mm/yr)
 0. -8. 0.0 0.0 4.0 6.0 0.100 4x6
 -8. 5. 3.0 3.0 0.0 0.0 0.200 3x3
 0. 0. 4.0 6.0 4.0 6.0 0.300
 -5. -5. 6.0 4.0 6.0 4.0 0.400 6x4
 5. 0. -6.0 4.0 6.0 4.0 -0.300 -6x4
 0. -5. 6.0 -4.0 6.0 4.0 -0.500 6x-4
EOF
gmt end show
```

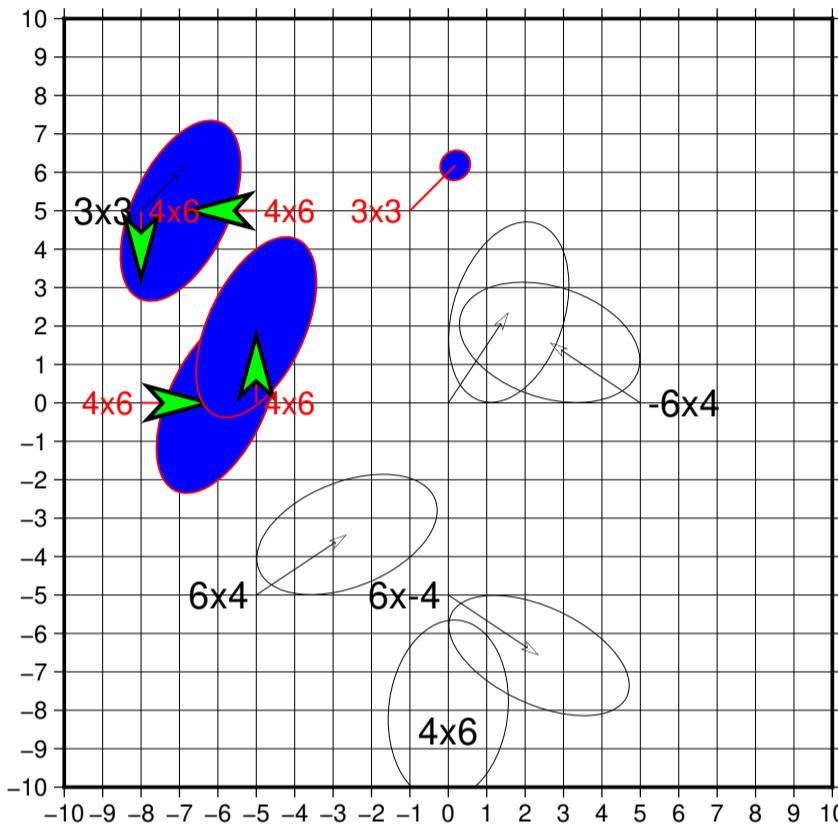


图 20: velo 示例图 2

下面的示例展示了如何绘制应变十字线:

```
gmt begin test pdf
gmt velo -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Sx10 -W1p << EOF
5 5 0.5 0.3 45
EOF
gmt end show
```

## 18.84 wiggle

贡献者

周茂

官方文档

[wiggle](#)

简介

绘制沿轨  $z = f(x,y)$  异常

从文件或者标准输入中读取  $(x,y,z)$ , 在沿轨方向绘制  $z$  值。连续的  $(x,y)$  坐标对定义了沿轨距离轴,  $z$  轴垂直于距离轴, 形成右手坐标系。正异常或者负异常都可以带有阴影。

## 语法

```
gmt wiggle [ table ] -Jparameters -Rwest/east/south/north/[zmin/zmax][+r][+uunit] -Zscale [ -A[azimuth] ]
[ -B[p|s]parameters ] [ -Ccenter ] [ -Drefpoint ] [ -Fpanel ] [ -Gfill[+n][+p] ] [ -Ifix_az ] [ -Tpen ] [ -U[stamp]
] [ -V[level] ] [ -Wpen ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -bibinary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ]
[ -fflags ] [ -ggaps ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -pflags ] [ -qiflags ] [ -ttransp ] [ -wflags ] [ -:i[o] ]
```

## 必选选项

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-J***projection* (*more ...*)

设置地图投影方式

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r]* [*+uunit*] (*more ...*)

指定数据范围

**-Zscale**

以数据坐标单位或距离单位指定异常值的缩放因子（即比例尺）。追加 **c**, **i** 或者 **p** 表明距离单位分别为 cm, inch 或 point。如果不指定单位，使用 *PROJ\_LENGTH\_UNIT* 默认的单位。

## 可选参数

**-A**[*azimuth*]

设置绘制正异常值的方位角，正异常将被“吸引”到该方向。即：如果轨迹的正法线的方位角在 *azimuth*  $\pm 90$  度的范围内，则沿其正法线方向绘制正异常值。如果正法线的方位角在该范围外，则沿负法线的方向绘制正异常值。[默认为 -AO]

**-B***parameters* (*more ...*)

设置底图边框和轴属性

**-C***center*

绘图前从数据中减去 *center*，默认值为 0

**-D**[*g|j|J|n|x*]*refpoint+wlength[+justify][+al|r][+odx[/dy]][+l[label]]*

使用四种坐标系统定义比例尺的参考点，详见 [修饰物-定位](#)

- **glon/lat** 指定 [数据坐标](#) 为参考点
- **jcode** 或者 **Jcode** 通过 2 个字母的对齐方式码指定 [锚点](#) 作为参考点
- **nxn/yn** 指定 [归一化坐标系](#) (即 0-1) 为参考点
- **xx/y** 指定 [绘图坐标](#) 为参考点，追加 cm, inch, 或者 point 用来指定单位
- **+wlength** 指定比例尺的长度，单位和数据 (z 坐标) 的单位一致
- **+justify** 指定比例尺的锚点 [默认为 ML]
- **+al** 将比例尺标签放在比例尺左边 [默认为比例尺右边]
- **+l[label]** 指定将 z 坐标的单位用于比例尺标签 [默认无单位]。

比例尺标签的文字属性由 *FONT\_ANNOT\_PRIMARY* 控制。比例尺的刻度属性由 *MAP\_TICK\_PEN\_PRIMARY* 控制。

---

**备注:** -Dj 或者 -DJ 选项将会影响锚点的位置, 详见[修饰物锚点](#)。

---

**-F[+cclearances][+gfill][+i[[gap/]pen]][+p[pen]][+r[radius]][+s[[dx/dy/][shade]]]**

绘制比例尺的背景面板, 详见[修饰物-背景面板](#)

- +gfill 指定面板填充颜色 [默认不填充]
- +p[pen] 绘制面板边框。pen 为边框的画笔属性, 若不指定 pen, 则默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)
- +r[radius] 绘制圆角边框, radius 为圆角的半径
- +i[[gap/]pen] 在边框内部绘制一个内边框, gap 为内外边框空白距离 [默认为 2p], pen 为内边框的画笔属性 [默认使用 [MAP\\_DEFAULT\\_PEN](#)]
- +cclearance 设置修饰物与面板之间的空白距离。默认情况下面板的大小由修饰物的大小决定, 使用该子选项可以为面板增加额外的尺寸。clearance 的具体设置包括下面 3 种情况:
  - gap 为四个方向增加相同的空白距离
  - xgap/ygap 分别为 X 方向和 Y 方向指定不同的空白距离
  - lgap/rgap/bgap/tgap 分别为四个方向指定不同的空白距离
- +s[[dx/dy/][shade]] 设置面板背景阴影。dx/dy 为阴影区相对于面板的偏移量, shade 为阴影区颜色 [默认为 4p/-4p/gray50]

**-Gfill[+n][+p]**

设置异常值下的阴影填充的颜色和样式。[默认不填充] 追加 +p 子选项为填充正异常区域 [默认]。追加 +n 子选项为填充负异常区域。追加 +n+p 为使用相同的方式填充正异常和负异常区域。

**注:** 如果需要设置正异常和负异常使用不同的填充方式, 需要重复使用 -G 选项。

**-Ifix\_az**

绘制异常值时使用固定方位角 (见 -A 选项)。使用该选项时, 轨迹法线的方位角将被 fixed\_az 覆盖。

**-Tpen**

绘制轨迹 [默认不绘制]。可以附加画笔属性 [默认值为: width = 0.25p, color = black, style = solid]。

**-U[label][+c][+jjust][+odx/dy] (*more ...*)**

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

**-V[level] (*more ...*)**

设置 verbose 等级 [w]

**-Wpen**

设置异常值轮廓画笔属性 [默认没有轮廓]

**-X[a|c|f|r][xshift[u]]**

**-Y[a|c|f|r][yshift[u]] (*more ...*)**

移动绘图原点

**-bi[ncols][type][w][+l|b] (*more ...*)**

设置二进制输入数据的格式

**-dinodata (*more ...*)**

将输入数据中值为 nodata 的列替换为 NaN

**-e[~] “pattern” | -e[~]/regexp/[i]** (*more* …)  
筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f[i|o] colinfo** (*more* …)  
指定输入或输出列的数据类型

**-g[a|x|y|d|X|Y|D|[col]zgap[+n|p]** (*more* …)  
确定数据或线段的间断

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle]** (*more* …)  
跳过或生成指定数目的头段记录

**-i cols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]]** (*more* …)  
设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-p[x|y|z]azim[/elev/zlevel][+wlon0/lat0/z0][+vx0/y0]** (*more* …)  
设置 3D 透視视角

**-qi[~]rows[+ccol][+a|f|s]** (*more* …)  
筛选输入的行或数据范围

**-t[transp]** (*more* …)  
设置图层透明度 (百分比)。取值范围为 0 (不透明) 到 100 (全透明)

**-wy|a|w|d|h|m|s|cperiod[/phase][+ccol]** (*more* …)  
将输入坐标转换为循环坐标

**-:[i|o]** (*more* …)  
交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**  
显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**  
显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

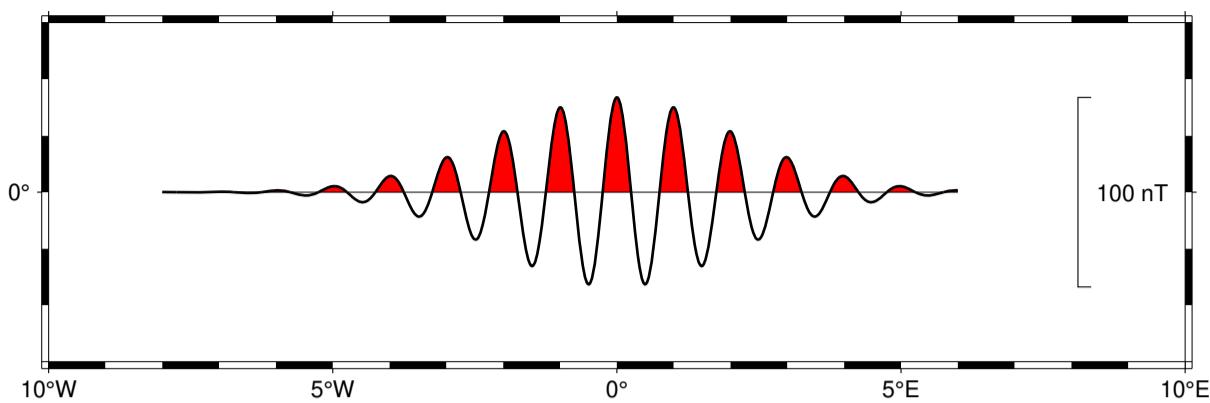
**-? 或无参数**  
显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**  
临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

下面的示例展示了如果使用 wiggle 模块绘图。示例中使用的数据为 temp.dat:

```
gmt begin wiggle_exam
gmt wiggle temp.dat -R-10/10/-3/3 -JM6i -B -Z100i -DjRM+w100+lnT -Tfaint -Gred+p -W1p -BWSne
gmt end show
```



考虑另外一个示例：使用 `track.xym` 文件绘制沿轨磁异常，移去均值 (32000 nTesla)，比例尺设置为图上 1 cm 代表实际 500 nTesla。使用 15 cm 宽的立体等角投影，设置刻度间隔为 5 度，正异常阴影为红色，轨迹线宽度为 0.25p，颜色为蓝色：

```
gmt wiggle track.xym -R-20/10/-80/-60 -JS0/90/15c -Z500 -B5 \
-C32000 -Gred -T0.25p,blue -DjRM+w1000+lnT -V -pdf track_xym
```

上述示例中，正异常绘制方向为北方向，使用 `-D` 选项设置比例尺长度为 1000 nT。如果要设置绘制正异常的方位角为固定的 45 度，可使用 `-I` 选项：

```
gmt wiggle track.xym -R-20/10/-80/-60 -JS0/90/15c -Z1000 -B5 \
-C32000 -Gred -I45 -T0.25p,blue -DjRM+w1000+lnT -V -pdf track_xym
```

除测线数据外，wiggle 模块也常用于绘制卫星沿轨观测序列，如 [GMT 官方示例](#)。该示例使用 Geosat 卫星观测的沿轨海面高梯度数据来揭示海底构造和海岭。

## Bugs

某些情况下，(x,y) 坐标的有效数字位数不足，导致局部方位角变化较大，异常摆动也较大。使用下面命令可以查看是否存在这种情况：

```
gmt mapproject -Af yourdata.xyz
```

如果存在上述情况，可以使用 [`filter1d`](#) 对数据滤波：

```
awk '{ print NR, $0 }' yourdata.xyz \
| gmt filter1d -Fb5 -N4 --FORMAT_FLOAT_OUT=%.12g > smoothed.xyz
```

上述命令使用了 5 个点的 boxcar 滤波，然后可以使用处理后的数据绘图。

## 相关模块

[`filter1d`](#), [`basemap`](#), [`gmtsplit`](#)

## 18.85 xyz2grd

官方文档

[xyz2grd](#)

简介

将 XYZ 数据或 Z 数据转换成网格文件

**xyz2grd** 读取一个或多个 Z 数据或 XYZ 数据，并将其转换成二进制网格文件。若某些节点没有数据值，则这些节点会被赋值为 NaN；若某个节点由多个数据值，则该节点的值为所有数据点的平均值。

注意，该模块只是将已存在的数据转换为网格数据，并不具备网格化/插值功能。若需要网格化功能，可以使用模块 [surface](#)、[greenspline](#)、[nearneighbor](#) 或 [triangulate](#)。

### 语法

```
gmt xyz2grd [ table ] -Ggrdfile -Iincrement -Rregion [ -A[d|f|l|m|n|r|S|s|u|z] ] [ -D[+xxname][+yynname][+zzname][+sscale][+ooffset][+ninvalid][+tttitle][+rremark] ] [ -Jparameters ] [ -S[zfile] ] [ -V[level] ] [ -Z[flags] ] [ -bibinary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -hheaders ] [ -iflags ] [ -qiflags ] [ -rreg ] [ -:i|o ] ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

*table*

输入表数据。可以只包含 Z 值，也可以包含 (x,y,z) 值。可以是 ASCII 格式，也可以是二进制格式。XYZ 数据不要求排序。如果只包含 Z 值，则必须使用 **-Z** 选项。

**-G***grdfile*

生成的网格文件名

**-I***xinc*[+e|n][/yinc[+e|n]]

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- +e 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍（默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围）
- +n 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若 *yinc* 设置为 0，则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-R***grdfile* 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

## 可选选项

### **-A[d|f|l|m|n|r|S|s|u|z]**

多个数据落在同一个网格节点内时的处理方式。

默认情况下, 若有多个数据落在同一个网格节点内, 会将这些数据的均值作为该节点的值。使用该选项可以修改这一行为(当使用 **-Z** 选项时, 该选项会被忽略):

- **-Af** 将第一个落在该节点内的数据值作为节点值
- **-As** 将最后一个落在该节点内的数据值作为节点值
- **-Al** 将落在该节点内的所有值的最小值作为节点值
- **-Au** 将落在该节点内的所有值的最大值作为节点值
- **-Ad** 将落在该节点内的所有值的最大值和最小值的差作为节点值
- **-Am** 将落在该节点内的所有值的均值作为节点值
- **-Ar** 将落在该节点内的所有值的 RMS 值作为节点值
- **-AS** 将落在该节点内的所有值的标准差作为节点值
- **-An** 将落在该节点内的数据数目作为该节点值, 该选项仅要求输入数据中有 XY 值
- **-Az** 将落在该节点内的所有值的和作为节点值

### **-D[+xxname][+yynname][+zzname][+sscale][+ooffset][+ninvalid][+ttitle][+rremark]**

给定网格文件头段中的基本信息:

- **+xxname** X 变量名及其单位, 格式为 *varname [unit]*, 比如 “distance [km]”
- **+sscale** 读入网格数据后要乘以的因子, 默认值为 1
- **+ooffset** 读入数据后并乘以因子后要加的常数, 默认值为 0
- **+ninvalid** 指定值 *invalid* 用于表示该节点处无有效值, 默认为 NaN
- **+ttitle** 网格文件的标题
- **+rremark** 网格文件的注释信息

其它说明:

- 未指定的项其值保持不变
- 可以给一个空值以重置某一项, 比如使用 **+t** 而不指定标题则设置标题为空
- 若字符串中包含空格则需要用引号括起来
- 若字符串中包含加号 +, 需要使用 + 对其进行转义。或者可以使用单引号套双引号的方式, 例如 ‘“title with + inside”’
- 若字符串中使用了 shell 变量, 且变量值中包含加号, 则需要使用 \${variable/+/\\"+}
- 对于地理数据(比如 **-fg**), *xname* 和 *yname* 会自动设置

### **-Jparameters**

指定投影方式。将投影方式信息保存到 netCDF 网格文件中。

### **-S[zfile]**

对输入的 Z 文件做字节序转换并输出到标准输出或保存到文件 *zfile* 中。该选项只做字节序转换, 不生成网格文件。该选项必须与 **-Z** 选项一起使用。

### **-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

### **-Z[flags]**

指定 Z 数据的格式。

对于 Z 数据而言, 由于没有 XY 坐标信息, 因而 Z 数据中必须提供所有节点处的值且按照一定的顺序排列。输入 Z 值的顺序由 *flags* 决定。在确定数据的排列顺序时, 需要指定数据的起点以及数据排序的方向。

- **数据起点:** 可以取网格的四个顶点中的任意一个作为起点, 四个顶点分别用 **TL**、**TR**、**BL** 和 **BR** 表示, 其中 **T** 代表 Top, **B** 代表 Bottom, **L** 代表 Left, **R** 代表 Right。
- **排序方式:** 选取数据顶点之后, 数据可以是行优先也可以是列优先, 所以有两种排序方式。若是行优先, 则 **T|B** 位于 **L|R** 的前面; 若列优先, 则 **L|R** 位于 **T|B** 的前面。

对于网格线配准的数据, 若数据在 X 方向是周期性的但输入数据中并不包含  $x=x_{\max}$  处的冗余列, 则加上 **x**; 若数据在 Y 方向是周期性的但输入数据中并不包含  $y=y_{\max}$  处的冗余行, 则加上 **y**; 加上 **sn** 用于跳过数据中最前面的 *n* 个字节; 若需要转换数据的字节序, 则加上 **w**。

除此之外, 还需要再加上一个字符表征数据类型:

- **a:** ASCII 表示, 每行一个或多个浮点数
- **a:** ASCII 表示, 每行一项, 不仅可以处理浮点数还可以处理日期时间数据和经纬度数据
- **c:** `int8_t`, 有符号单字节字符
- **u:** `uint8_t`, 无符号单字节字符
- **h:** `int16_t`, 有符号双字节整型
- **H:** `uint16_t`, 无符号双字节整型
- **i:** `int32_t`, 有符号四字节整型
- **I:** `uint32_t`, 无符号四字节整型
- **l:** `int64_t`, 长整型 (8 字节)
- **L:** `uint64_t`, 无符号长整型 (8 字节)
- **f:** 4 字节单精度浮点型
- **d:** 8 字节双精度浮点型

默认的输入数据格式为 **-ZTLa**。需要注意, **-Z** 选项仅对 Z 数据有效。

**-bi**[*ncols*][*type*][**w**][+**l**|**b**] (*more ...*)

设置二进制输入数据的格式

该选项仅适用于 XYZ 数据。对于 Z 数据, 应使用 **-Z** 选项。

**-dinodata** (*more ...*)

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

**-e**[~] “*pattern*” | **-e**[~]/*regexp*/[**i**] (*more ...*)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f**[**i**|**o**]*colinfo* (*more ...*)

指定输入或输出列的数据类型

**-h**[**i**|**o**][*n*][+**c**][+**d**][+**msegheader**][+**rremark**][+**ttitle**] (*more ...*)

跳过或生成指定数目的头段记录

该选项不适用于二进制数据。

**-icols**[+**l**][+**sscale**][+**ooffset**][,···][,**t**[*word*]] (*more ...*)

设置输入数据列及简单变换 (**0** 表示第一列, **t** 表示文本列)

**-qi**[~]*rows*[+**ccol**][+**a**|**f**|**s**] (*more ...*)

筛选输入的行或数据范围

**-r[g|p]** (*more* ...)

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-:[i|o]** (*more* ...)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

将 ASCII 文件转换为网格数据:

```
gmt xyz2grd hawaii_grv.xyz -D+xdegree+ydegree+zGal+t "Hawaiian Gravity" +r "GRS-80 Ellipsoid used" \
-Ghawaii_grv_new.nc -R198/208/18/25 -I5m -V
```

将二进制格式的 XYZ 文件 (单精度) 转换为网格文件:

```
gmt xyz2grd raw.b -D+xm+ym+zm -Graw.nc -R0/100/0/100 -I1 -V -Z -bi3f
```

将 USGS DEM 数据转换为网格数据:

```
gmt xyz2grd topo30.b -D+xm+ym+zm -Gustopo.nc -R234/294/24/50 -I30s -di-9999 -ZTLhw
```

## 相关模块

[grd2xyz](#), [grdedit](#), [grdconvert](#), [greenspline](#), [nearneighbor](#), [surface](#), [triangulate](#)

## 18.86 x2sys\_init

贡献者

周茂

官方文档

[x2sys\\_init](#)

简介

初始化 x2sys 数据库

## x2sys

**交叉点分析:** 在船测、航测或卫星等手段观测的沿轨数据中, 多次观测的轨迹存在一定的交叉, 在交叉点处, 对于不存在时变或时变较小的重力异常、海深、地形或海面高等观测量, 由于其位置相同, 因此理论上是相等的。但由于系统误差的影响, 在交叉点处的观测值通常存在一定的差距(称为交叉点不符值)。交叉点分析的主要作用为通过计算交叉点, 并对交叉点的不符值进行处理以削弱系统误差。

**x2sys** (Track Crossover Analysis Tools, 沿轨交叉点分析包) 即是一套用于寻找沿轨观测数据之间交叉点并进行分析的工具集。其中, 沿轨观测数据可以是二维笛卡尔坐标或地理坐标, 交叉点可以为不同轨迹或同一轨迹之间的相交的点。工具集主要包括交叉点计算、交叉点不符值统计、交叉点平差(削弱系统误差)等相关分析功能。x2sys 基于 `x_system`, 不同之处在于, x2sys 使用了新的寻找交叉点的算法, 并且能处理多种格式的沿轨观测数据, 例如 NetCDF 格式。目前, x2sys 随 GMT 一同发布, 其主要功能均包含在 GMT 中, 分为多个命令。

### 备注:

由于 x2sys 工具包中概念较多, 这里先进行一些约定:

- 轨迹数据/轨道数据/沿轨观测数据/测线数据是相同的概念, 即沿测线的观测数据, 格式通常为 xyz
- 数据库为 x2sys 处理流程中建立的数据库, 也称 TAG 数据库
- 轨迹网格索引文件为使用 `x2sys_binlist` 将轨迹内插到指定的格网中时, 所有含有观测数据的网格的列表信息文件
- 内部交叉点即某轨迹自身的交叉点; 外部交叉点为不同轨迹之间的交叉点

### x2sys 包括的命令:

- `x2sys_init` 用于初始化特定的沿轨观测数据库, 是使用整个 x2sys 包中其他命令的基础。使用 `x2sys_init` 命令指定的标签 TAG 是后续命令中必须的关键参数。
- `x2sys_binlist` 将创建一个粗略的轨迹经过的网格列表, 即轨迹网格索引文件, 用于表示每个轨迹数据的位置以及观测数据个数等信息
- `x2sys_put` 使用轨迹网格索引文件更新 TAG 数据库, 该选项在拥有多批次观测数据时可用来更新数据
- `x2sys_get` 用于寻找满足某些条件的轨迹, `-A` 选项结果可作为 `x2sys_cross` 的输入以提高寻找交叉点的效率
- `x2sys_cross` 计算给定轨迹列表中的轨迹的交叉点, 也可给出交叉点不符值和均值
- `x2sys_report` 统计交叉点结果信息
- `x2sys_list` 从交叉点结果中提取信息, 通常用于为 `x2sys_solve` 进行交叉点平差做数据准备
- `x2sys_solve` 基于 `x2sys_cross` 确定的交叉点以及 `x2sys_list` 提取的辅助数据进行交叉点平差
- `x2sys_datalist` 提取测线数据, 也可将改正值应用于测线
- `x2sys_merge` 合并交叉点列表

**备注:** 使用 `x2sys_init` 命令前, 需首先设置环境变量 `X2SYS_HOME` 为某个拥有写权限的文件夹, 以便 x2sys 可跟踪具体的设置。

### 整个数据处理流程可简化为:

1. 初始化 (`x2sys_init`)

2. 计算交叉点 (x2sys\_cross)
3. 交叉点平差前数据准备 (x2sys\_list)
4. 交叉点平差 (x2sys\_solve)
5. 将改正值应用到测线中 (x2sys\_datalist、x2sys\_report 和 x2sys\_list 的 -L 选项均可实现, 推荐使用 x2sys\_datalist)

下面将主要介绍 x2sys\_init 模块, 其他模块可参考对应模块文档。

## 语法

```
gmt x2sys_init TAG -Dfmtfile [ -Esuffix ] [ -F ] [ -Gd|g ] [ -Idx[ /dy ] ] [ -Nd|sunit ] [ -Rregion ] [ -V[level] ] [ -Wt|dgap ] [ -jflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*TAG*

数据类型的标签, x2sys\_init 将创建一个以 *TAG* 命名的文件夹来保存相关配置信息。后续模块将依赖该配置信息进行数据处理

**-D***fmtfile*

*fmtfile* 文件定义了当前处理的数据文件的格式 (见下文中的[格式定义文件](#))。如果 *fmtfile* 不在当前文件夹下, 则需要指定完整路径。若 *fmtfile* 不包含后缀, GMT 会假定使用自带的格式定义文件, 这些文件位于 gmt --show-sharedir 结果的 *x2sys* 文件夹下, 见[内置格式定义文件](#)。如果 -D 选项没有指定, GMT 将自动使用 *TAG.fmt*, 不管其是否存在。[注:](#) 已经弃用的 .def 后缀的文件可以正常工作, 但不推荐使用, 应该考虑改变后缀, 见[废弃用法](#)。

## 可选选项

**-E***suffix*

指定处理数据文件的后缀。如果不指定, GMT 将使用 -D 选项中的前缀作为后缀 (见 -D 选项)。

**-F**

如果 **TAG** 文件夹存在, 将强制创建新的文件夹 [默认存在旧的文件夹时, 不创建新文件夹]。

**-Gd|g**

选择使用地理坐标。追加 **d** 表明经度范围为 -180 到 180 度, 追加 **g** 表明经度范围为 0 到 360 度。

**-Idx[ /dy ]**

**-I** 选项主要用来指定在 *x2sys\_binlist* 模块中创建的网格的间隔, *dx* 为横向间隔, *dy* 为纵向间隔, *dy* 为可选的, 不指定时, 使用 *dx* 作为纵向间隔。追加 *m* 或 *s* 用来指定间隔在地理坐标中的单位为角分或角秒。

**-Nd|sunit**

设置其他后续模块中需要使用的距离和速度的单位。**d** 表示距离, **s** 表示速度, 然后可以分别指定距离和速度的单位。

- **c** 表示笛卡尔坐标下的距离或速度
- **e** m 或 m/s,
- **f** feet 或 feet/s
- **k** km 或 kms/hr

- **m** miles 或 miles/hr
- **n** nautical miles 或 knots
- **u** survey feet 或 survey feet/s).

默认地, 当使用了 **-G** 选项时, 自动设置为 **-Ndk -Nse** (km 和 m/s), 其他情况设置为 **-Ndc** 和 **-Nsc**。

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more ...*)

指定数据范围

**-V**[*level*] (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-Wt|d***gap*

该选项主要用于考虑轨迹数据中的缺失点或观测间隔很大的点。**t** 设置最大的时间间隙 *gap* (使用用户定义的单位, 通常为秒); **d** 设置最大的距离间隙 *gap* (单位见 **-N** 选项)。若交叉点两侧的数据点之间的时间或距离大于 *gap*, 则认为当前轨迹数据存在缺失数据, 不用来计算交叉点并平差。

**-je|f|g** (*more ...*)

设置球面距离的计算方式

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 格式定义文件

\*.fmt 文件定义了观测数据的格式, 主要包括两个部分: (1) 头部信息; (2) 列信息。

### 头部信息

所有的头部信息均以字符 # 开头, 后面紧跟一个大写的指令。如果指令可以接收一个参数, 则指令和参数之间必须使用空格分隔。在头部信息的末尾可以使用 # 添加额外的注释信息。可识别的指令包括下面几个:

1. **ASCII** 用来表明该数据文件为 ASCII 格式
2. **BINARY** 表明该数据文件为二进制格式
3. **NETCDF** 表明该数据文件为 1-D NetCDF 格式
4. **SKIP** 可接收一个参数, 表示读取 ASCII 格式的数据文件时跳过的行数或读取二进制文件时跳过的字节数
5. **GEO** 表明数据文件的坐标为地理坐标, 与 **-G** 的作用相同
6. **MULTISEG** 表明每个文件均包括多段数据, 中间使用 GMT 段分隔符分开 (不适用于 NetCDF 格式)

## 列信息

列信息中包含多行, 其中每行表示不同的变量, 每行都含有 7 列, 每列均代表特殊的含义

```
name  type  NaN  NaN-proxy  scale  offset  oformat
```

1. *name* 变量的名称。其中, 坐标是必须的变量, 且其名称只能为 *lon* 和 *lat* (笛卡尔坐标时为 *x* 和 *y*)。时间变量为可选的, *time* 表示绝对时间, *rtime* 表示相对时间, 使用相对时间时, 需确保 [TIME\\_UNIT](#) 和 [TIME\\_EPOCH](#) 设置正确。无论使用的时间是绝对时间还是相对时间, 输出结果中都使用绝对时间。
2. *type* 数据类型
  - **a** (ASCII 文件) 数字
  - **c** (二进制文件) 1 字节有符号整型
  - **u** (二进制文件) 1 字节无符号整型
  - **h** (二进制文件) 2 字节有符号整型
  - **i** (二进制文件) 4 字节有符号整型
  - **f** (二进制文件) 4 字节浮点型
  - **d** (二进制文件) 8 字节浮点型
  - **d** (netCDF 文件) 自动确定数据类型
3. *NaN* 是否使用某个数字代替 NaN, 若是, 则为 *Y*, 否则为 *N*
4. *NaN-Proxy* 用来代替 NaN 的数字, 若使用 99999.0 代替 NaN, 则 *NaN* 为 *Y*, *NaN-Proxy* 为 99999.0
5. *scale* 设置对数据使用的缩放倍数
6. *offset* 设置对数据使用的偏移量
7. *oformat* 使用 C 语言格式的字符串指定数据的格式, 如果该项设置为 - , 则使用 GMT 的格式机制, 相关的设置参数包括[FORMAT\\_FLOAT\\_OUT](#) , [FORMAT\\_GEO\\_MAP](#) , [FORMAT\\_DATE\\_MAP](#) , [FORMAT\\_CLOCK\\_MAP](#)

## 内置格式定义文件

GMT 内置了一些格式定义文件, 包括:

- mgd77 普通 mgd77 ASCII 文件
- mgd77+ 增强型的 mgd77+ netCDF 文件
- gmt 旧的 mgg 二进制文件
- xy 普通的 x,y ASCII 表文件
- xyz 与 *xy* 相同, 但包括 z 值
- geo 普通的经纬度 ASCII 文件
- geoz 与 *geo* 相同, 但包含 z 值

如果用户的轨迹数据文件为上述类型中的某一种, 例如为普通的 mgd77 ASCII 文件, 可以直接使用 **-Dmgd77** , 无需手动编写格式定义文件。以上格式定义文件均可在 **GMT\_SHAREDIR** 目录下的 x2sys 文件夹中找到。

## 示例

这里将给出使用 x2sys 管理大量沿轨观测文件的步骤。

### ASCII 文件

假定观测数据文件的格式为: 2 行头部信息, 然后为观测数据, 共 6 列, 分别为 lat, lon, time, obs1, obs2, obs3, 后缀为.trk。

(1) 首先创建一个用来定义数据格式的文件 `line(fmt`, 其内容为:

```
# Format define file for the line format
#SKIP 2
#GEO
#name    type     NaN      NaN-proxy   scale   offset   oformat
lat      a        N        0           1       0         %9.5f
lon      a        N        0           1       0         %10.5f
time    a        N        0           1       0         %7.1f
obs1    a        N        0           1       0         %7.2f
obs2    a        N        0           1       0         %7.2f
obs3    a        N        0           1       0         %7.2f
```

(2) 接下来, 创建 TAG 和 TAG 数据库。假定数据均为地理坐标, 使用 1x1 度的网格来为这些沿轨观测文件建立索引, 并计算沿轨距离, 单位为 km, 速度单位为节:

```
gmt x2sys_init LINE -V -G -Dline -Rg -je -Ndk -Nsn -I1/1 -Etrk
```

这里设置 TAG 为 LINE。当 x2sys 试图读取观测数据时, 将首先在当前文件夹中寻找数据, 然后在 `LINE_paths.txt` 中查找其他的目录列表。因此, 这里创建 `LINE_paths.txt` 文件, 内容为数据所在的路径, 必须使用绝对路径。

所有的 TAG 相关的文件, 包括格式定义文件, TAG 文件以及创建的数据库等将保存在 `$X2SYS_HOME/TAG` 文件夹中, 此处为 `$X2SYS_HOME/LINE`。`x2sys_init` 将会复制 -D 选项设置的 \*.fmt 到该文件夹下, 以便后续的 x2sys 命令使用。

(3) 创建 tbf 文件。使用 `x2sys_init` 创建数据库以后, 可以使用下面两步填充数据库。首先运行 `x2sys_binlist`, 使用沿轨观测文件创建一个或多个多段轨迹网格索引文件 (track bin-index file, tbf)。文件中的信息包括: 每个轨道经过哪些 1x1 度 (见 -I ) 的网格, 以及含有哪些观测 (这里为 obs1, obs2, obs3, 但并非所有的轨迹都含有这 3 种观测)。例如: 如果用于将所有的数据文件名保存在 `tracks.lis`, 则可以运行:

```
gmt x2sys_binlist -V -TLINE =tracks.lis > tracks.tbf
```

(4) 更新 TAG 数据库。填充数据库的第二步即为更新数据库。使用 `x2sys_put` 将 tbf 文件中的信息插入到 TAG 数据库中:

```
gmt x2sys_put -V -TLINE tracks.tbf
```

(5) 查找数据。使用 `x2sys_get` 可以查找位于指定范围内的轨迹, 并且可以限制特定的观测值组合的轨迹, 例如, 寻找所有同时包含 obs1 和 obs3 并位于某一区域的轨迹:

```
gmt x2sys_get -V -TLINE -R20/40/-40/-20 -Fobs1,obs3 > tracks.tbf
```

### MGD77[+] 文件

GMT 已经自带了 MGD77, MGD77+ 以及 mgg 观测数据的格式定义文件。对于这些数据, 设置 -j 和 -N 将默

认使用大圆距离, 单位为 km, 速度单位为 m/s。由 NCEI 创建的 MGD77 数据可使用下面命令初始化:

```
gmt x2sys_init MGD77 -V -Dmgd77 -Emgd77 -Rd -Gd -Nsn -I1/1 -Wt900 -Wd5
```

这里设置轨迹中相邻观测超过 15 分钟(即 900 秒)或者大于 5 km 即认为存在数据缺失; 设置速度为节。

## 二进制文件

假定用户的观测文件中有 128 个字节的头部信息, 接下来为数据记录, 其中 lon, lat, time 为双精度数, 另有三种观测量为 2 字节整数, 且需要乘以 0.1。前两种观测量使用 -32768 表示没有获得观测值。因此, 可以定义一个 line(fmt 为:

```
# Format define file for the binary line format
#BINARY
#SKIP 128
#GEO
#name    type    NaN      NaN-proxy    scale    offset    oformat
lat      d        N        0            1        0          %9.5f
lon      d        N        0            1        0          %10.5f
time    d        N        0            1        0          %7.1f
obs1    h        Y        -32768       0.1      0          %6.1f
obs2    h        Y        -32768       0.1      0          %6.1f
obs3    h        N        0            0.1      0          %6.1f
```

## 1-D NetCDF 文件

最后, 假定用户的观测文件为 NetCDF 格式, 且符合 COARDS 约定, 含有同样的观测数据, 即 lon, lat, time, obs1, obs2, obs3, 则格式定义文件为:

```
# Format define file for the netCDF COARDS line format
#NETCDF
#GEO
#name    type    NaN      NaN-proxy    scale    offset    oformat
lat      d        N        0            1        0          %9.5f
lon      d        N        0            1        0          %10.5f
time    d        N        0            1        0          %7.1f
obs1    d        N        0            1        0          %6.1f
obs2    d        N        0            1        0          %6.1f
obs3    d        N        0            1        0          %6.1f
```

NetCDF 观测文件通常不需要设置 scale 以及 NaN, 因为这些都包含在 NetCDF 自己的格式描述中。

## 废弃用法

格式定义文件过去使用.def 作为后缀, 由于 GMT 的符号文件也使用该后缀, 因此目前已经弃用该扩展名, 现在使用的后缀为 fmt, 但.def 仍然可以正常工作。

## 参考文献

Wessel P. Tools for analyzing intersecting tracks: the x2sys package[J]. Computers & Geosciences, 2010, 36(3): 348-354.

## 相关模块

[x2sys\\_binlist](#), [x2sys\\_datalist](#), [x2sys\\_get](#), [x2sys\\_list](#), [x2sys\\_put](#), [x2sys\\_report](#), [x2sys\\_solve](#), [x2sys\\_cross](#), [x2sys\\_merge](#)

## 18.87 x2sys\_binlist

贡献者

周茂

官方文档

[x2sys\\_binlist](#)

简介

使用沿轨观测文件创建网格索引列表

**x2sys\_binlist** 读取一条或者多条沿轨数据文件, 生成一个多段 ASCII 轨迹网格索引文件 (tbf), 索引文件中, 轨迹数据文件名作为头部信息, 每个轨迹经过的网格都为一个数据记录; 数据记录包括 *lon*, *lat*, *index*, *flags*[, *dist*], 其中 *lon* 和 *lat* 是网格中心坐标, *index* 是网格在一维排列下的序号, *flags* 是一个标志, 描述了在当前网格中包含了哪几种观测数据。可选的 *dist* 信息需要 **-D** 选项。输入的轨迹数据文件可以是任意格式, 但必须使用 **-T** 选项指定 TAG 以便 gmt 能识别这种格式。网格的索引列表仅能粗略地表示轨迹的走向并用于建立轨迹数据库以便各种查询。在使用本命令前, 必须已经使用[x2sys\\_init](#) 进行了初始化。

## 语法

gmt x2sys\_binlist *track(s)* -T *TAG* [ -D ] [ -E ] [ -V[level] ] [ --PAR=value ]

## 必选选项

*tracks*

可以是一个或者多个 ASCII, 二进制或 COARDS netCDF 1-D 沿轨数据文件。如果输入的沿轨数据文件很多, 可以把所有的文件名放在一个轨迹列表文件中, 然后使用 = 后紧跟轨迹列表文件名的形式, 例如, 如果轨迹列表文件名为 tracks.lis, 即为 =tracks.lis。如果 tracks.lis 中的轨迹文件名不包含后缀, gmt 将自动根据 TAG 添加后缀。gmt 将首先在当前文件夹下搜索这些轨迹文件, 如果设置了 \$X2SYS\_HOME/TAG/TAG\_paths.txt 的话, 然后在该文件中包含的路径中查找。如果没有设置 \$X2SYS\_HOME, 默认设置为 \$GMT\_SHAREDIR/x2sys。

**备注:** 对于 MGD77 格式的轨迹数据, 同时还在 MGD77\_HOME/mgd77\_paths.txt 中的路径和位于 \*.gmt 中的 \$GMT\_SHAREDIR/mgg/gmtfile\_paths 中查找轨迹数据。

**-T *TAG***

指定 x2sys TAG, 参见[x2sys\\_init](#)

## 可选选项

**-D**

计算每个和轨迹相交的网格的累积距离。距离的输出位于 *flags* 后。距离的单位和 TAG 中的设置一致，见 [x2sys\\_init](#) 中的 -N 选项

**-E**

在确定网格索引前，将地理坐标转换为圆柱等面积投影坐标。gmt 会使用 **-JYlon0/37:04:17.166076/360** 进行投影，其中 *lon0* 为当前区域的中央经度。当轨迹文件为全球/半球区域的地理坐标时，需要 **-D** 选项。

**-E** 选项在轨迹密度统计时非常有用，但在只构建网格索引时不应该使用。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 -）

**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见 [配置参数](#)

## 示例

使用 MGD77 文件 01030061.mgd77 创建网格索引文件，TAG 为 MGD77

```
gmt x2sys_binlist 01030061.mgd77 -TMGD77 > 01030061.tbf
```

使用当前文件夹中所有的 MGD77+ 文件创建网格索引文件，TAG 为 MGD77+

```
gmt x2sys_binlist *.nc -TMGD77+ -D > all.tbf
```

## 相关模块

[x2sys\\_init](#), [x2sys\\_datalist](#), [x2sys\\_get](#), [x2sys\\_list](#), [x2sys\\_put](#), [x2sys\\_report](#), [x2sys\\_solve](#), [x2sys\\_cross](#), [x2sys\\_merge](#)

## 18.88 x2sys\_cross

贡献者

[周茂](#)

官方文档

[x2sys\\_cross](#)

简介

计算轨迹之间的交叉点

**x2sys\_cross** 用来确定轨迹之间所有的交叉点，并输出时间，位置，沿轨距离，朝向，速度以及交叉点不符值和所有观测的平均值。默认地，**x2sys\_cross** 会同时计算内部和外部的交叉点。

## 语法

```
gmt x2sys_cross track(s) -TAG [ -Apairs ] [ -C[runtimes] ] [ -D[S|N] ] [ -Il|a|c ] [ -Qe|i ] [ -Sl|u|hspeed ] [ -V[level] ] [ -Wsize ] [ -Z ] [ -bobinary ] [ -donodata[+ccol] ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*tracks*

可以是一个或者多个 ASCII, 二进制或 COARDS NetCDF 1-D 沿轨数据文件。如果输入的沿轨数据文件很多, 可以把所有的文件名放在一个轨迹列表文件中, 然后使用 = 后紧跟轨迹列表文件名的形式, 例如, 如果轨迹列表文件名为 tracks.lis, 即为 =tracks.lis。如果 tracks.lis 中的轨迹文件名不包含后缀, gmt 将自动根据 TAG 添加后缀。gmt 将首先在当前文件夹下搜索这些轨迹文件, 如果设置了 \$X2SYS\_HOME/TAG/TAG\_paths.txt 的话, 然后在该文件中包含的路径中查找。如果没有设置 \$X2SYS\_HOME, 默认设置为 \$GMT\_SHAREDIR/x2sys。

**-TAG**

指定 x2sys TAG, 参见 [x2sys\\_init](#)

## 可选选项

**-Apairs**

只处理 pairs 文件中包含的轨迹对 [默认对所有的轨迹对计算交叉点]。pairs 可以使用 [x2sys\\_get](#) 的 -L 选项生成。

**-C[runtimes]**

将每个轨迹对的计算时间添加到进程信息中, 使用 runtimes 文件来保存这些信息。此选项的目的是通过所有的计算时间来将其分配到子进程中, 使用多进程加速计算。参见 x2sys 源码中的 MATLAB 函数 *split\_file4coes.m*

**-D[S|N]**

控制地理坐标的处理方式 (笛卡尔坐标不受影响)。默认地, GMT 确定离数据最近的极点, 然后, 使用圆柱极转换来避免经度跳变带来的问题。用户可以使用 -D 选项来关闭这个设置, 这样就会使用原始的数据计算 (GMT 有经度跳变保护)。但是, 用户也可以自己选择极点, S 或者 N 分别代表南极和北极。之所以使用这种转换是因为 GMT 的交叉点寻找算法是继承自笛卡尔坐标的, 这种算法在高纬度地区有较大的经度范围分布的数据计算时可能会出问题。

**-Il|a|c**

设置计算交叉点上的值使用的内插算法:

**l** 线性插值 [默认]

**a** Akima 样条插值

**c** 三次样条插值

**-Qe|i**

e 表示只计算外部交叉点, i 表示只计算内部交叉点 [默认计算所有的交叉点]

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (more ...)**

指定数据范围

**-Sl|u|hspeed**

定义速度窗口, 如果速度超过该窗口范围, 就不计算交叉点:

**-Sl** 设置低速限

**-Su** 设置高速限

**-Sh** 不限制速度, 但是设置一个较低的速度, 如果低于该速度, 就不计算朝向 (即设置为 NaN) [默认计算朝向, 不计算速度]

**-Wsize**

指定在计算交叉点上的观测值时使用样条插值在任一侧的最大数据点数 [默认为 3 ]

**-Z**

只输出在交叉点处每个测线的值 [默认输出每个测线的值和平均值]

**-V[level] (*more* ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (*more* ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-donodata (*more* ...)**

将输出数据中值为 NaN 列替换为 nodata

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 其他

交叉点不符值会以 ASCII 格式 (除非设置了 **-bo** ) 输出到标准输出。输出数据的第一行为 TAG, 第二行为运行的命令, 第三行为每列的名称。这三个记录作为头部信息, 前面都有 #。对于每对轨迹, 将另有注释信息用来记录两个轨迹文件的名称, 起始/结束/距离信息, 如果观测文件中有时间, 起始/结束为绝对时间, 如果没有, 设置为 NaN; 距离为整个轨迹的长度。下一行是交叉点数据记录, 包括两个轨迹的 x 坐标, y 坐标, 时间, 距离, 朝向, 速度, 接下来是选择的观测量。内插算法建议使用 Akima 样条内插, 这种算法对离群值敏感度较小。

## 符号传统

如果 track\_a 和 track\_b 按此顺序被输入到命令中, 则交叉点不符值为 Value(track\_a) - Value(track\_b)。

## 精度和格式

每列的输出格式通过 `FORMAT_FLOAT_OUT` 控制, 如果是地理坐标, 则为 `FORMAT_GEO_OUT`, 时间通过 `FORMAT_DATE_OUT` 和 `FORMAT_CLOCK_OUT` 控制。请确保这些设置可以满足精度需求。

## 示例

计算 2104.gmt 文件的内部交叉点, TAG 设置为 GMT

```
gmt x2sys_cross c2104.gmt -TGMT > c2104.txt
```

计算测深文件 A13232.mgd77 和 A99938.mgd77 之间的交叉点, TAG 设置为 MGD77

```
gmt x2sys_cross A13232.mgd77 A99938.mgd77 -Qe -TMGD77 > crossovers.txt
```

## 参考文献

Wessel, P. (2010), Tools for analyzing intersecting tracks: the x2sys package. *Computers and Geosciences*, **36**, 348-354.

Wessel, P. (1989), XOVER: A cross-over error detector for track data, *Computers and Geosciences*, **15**(3), 333-346.

## 相关模块

`x2sys_binlist`, `x2sys_datalist`, `x2sys_get`, `x2sys_list`, `x2sys_put`, `x2sys_report`, `x2sys_solve`, `x2sys_init`, `x2sys_merge`

## 18.89 x2sys\_datalist

贡献者

周茂

官方文档

[x2sys\\_datalist](#)

简介

提取轨迹观测数据

`x2sys_datalist` 读取一个或多个文件沿轨观测数据, 根据一定规则, 提取满足规则的数据。

## 语法

```
gmt x2sys_datalist track(s) -T TAG [ -A ] [ -E ] [ -F name1,name2,... ] [ -I[list] ] [ -L[corrections] ] [ -Rregion ] [ -S ] [ [ -V[level] ] [ -bobinary ] [ -donodata[+ccol] ] [ -hheaders ] [ --PAR=value ] ]
```

## 必选选项

*tracks*

可以是一个或者多个 ASCII, 二进制或 COARDS netCDF 1-D 沿轨数据文件。如果输入的沿轨数据文件很多, 可以把所有的文件名放在一个轨迹列表文件中, 然后使用 = 后紧跟轨迹列表文件名的形式, 例如, 如果轨迹列表文件名为 tracks.lis, 即为 =tracks.lis。如果 tracks.lis 中的轨迹文件名不包含后缀, gmt 将自动根据 TAG 添加后缀。gmt 将首先在当前文件夹下搜索这些轨迹文件, 如果设置了 \$X2SYS\_HOME/TAG/TAG\_paths.txt 的话, 然后在该文件中包含的路径中查找。如果没有设置 \$X2SYS\_HOME, 默认设置为 \$GMT\_SHAREDIR/x2sys。

---

**备注:** 对于 MGD77 格式的轨迹数据, 同时还在 MGD77\_HOME/mgd77\_paths.txt 中的路径和位于 \*.gmt 中的 \$GMT\_SHAREDIR/mgg/gmtfile\_paths 中查找轨迹数据。

---

**-TTAG**

指定 x2sys TAG, 参见 [x2sys\\_init](#)

## 可选选项

**-A**

通过轨迹的权重来消除两个轨迹在交叉点的不符值

**-E**

输出两个轨迹的信息作为头部信息 [默认不写入这些头部信息]

**-F name1,name2,...**

指定要输出的变量列表, 每个变量以逗号分隔 [默认输出所有列]

**-I[list]**

*list* 为轨迹列表文件名, 其中包含若干轨迹文件名, 这些轨迹将不参与计算 [默认包含所有的轨迹]

**-L[corrections]**

如果存在改正值, 对观测量进行最优改正, *corrections* 为改正表, 该改正表可以由 [x2sys\\_solve](#) 生成 [默认使用位于 \$X2SYS\_HOME/TAG 文件夹中的 TAG\_corrections.txt] 对于改正表文件的格式, 见 [Corrections](#)

**-R xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (*more* ...)**

指定数据范围

**-S**

使用该选项后, 所有的列均为 NaN 的行将不输出 [默认输出所有行]

**-V[level] (*more* ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-bo**[*ncols*][*type*][**w**][**+l**]**b** (*more* ...)

设置二进制输出的数据格式

**-donodata** (*more* ...)

将输出数据中值为 NaN 列替换为 *nodata*

**-h**[**i**]**|o**[*n*][**+c**][**+d**][**+msegheader**][**+rremark**][**+ttitle**] (*more* ...)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

从老格式的 MGG 文件 c2104.gmt 中提取所有数据:

```
gmt x2sys_datalist c2104.gmt -TGMT > myfile
```

为在其他模块中使用 track.lis 文件中包含的所有轨迹, 这些轨迹的 TAG 为 TRK, 只输出指定范围, 并设置为二进制:

```
gmt x2sys_datalist =tracks.lis -TTRK -Flon,lat,depth -R40/-30/25/35 -bo > alltopo_bin.xyz
```

## Corrections

改正值文件是一个 ASCII 文件, 其中包含了改正必须的系数和参数。该文件通常由[x2sys\\_solve](#) 模块生成, 可以使用 # 进行注释, 所有改正值的格式为

```
trackID observation correction
```

其中 *trackID* 是轨迹名称, *observation* 是某个观测量, *correction* 由一个或多个空格分隔的项 *term*, 观测量输出的时候会减去这些量。*term* 的语法为

```
*factor*\ [/*[*function*] ([*scale*] (\ *abbrev*\ [-*origin*]))[^ \ *power*]]
```

括号中的项是可选的 (必须严格按照指示使用括号)。除了 *term* 之间的空格, 其他部分不能有多余的空格。*factor* 是基本函数的尺度, 可选的基本函数包括 sin, cos 或者 exp。可选的 *scale* 和 *origin* 可以用来转换参数。*abbrev* 是 TAG 中指定的某列的缩写, 也可以是其他三种 *terms*。包括:

**dist** 沿轨距离

**vel** 沿轨速度

**azim** 沿轨方位角

如果 *origin* 指定为 T, 这意味着应该使用缩写的值替换第一列 (通常为时间)。如果第一列的值为 NaN, 将 *origin* 置为 0。*power* 和 *factor* 分别表示对表达式进行幂运算和缩放运算。下面是对一个名称为 ABC 的轨迹

进行改正的例子。假设 **z** 需要校正线性漂移, **OBS** 需要校正纬度依赖的变化, **weight** 需要进行常数校正 (常数为 1, 所以改正值为 -1), **fule** 需要进行一定的缩放:

```
ABC z 7.1 1e-4*((time-T))
ABC obs 0.5*exp(-1e-3(lat))^1.5
ABC weight -1
ABC fuel 0.02*((dist))
```

## 相关模块

[x2sys\\_binlist](#), [x2sys\\_datalist](#), [x2sys\\_get](#), [x2sys\\_list](#), [x2sys\\_put](#), [x2sys\\_report](#), [x2sys\\_solve](#), [x2sys\\_cross](#), [x2sys\\_merge](#)

## 18.90 x2sys\_get

贡献者

周茂

官方文档

[x2sys\\_get](#)

简介

从 TAG 数据库中查询轨迹

**x2sys\_get** 将会从 TAG 数据库中查询满足需求的轨迹数据并返回。查询条件可以是选定的区域, 也可以是满足某些数据条件。使用 **-L** 选项可列出所有可能存在的交叉点的测线对。

## 语法

```
gmt x2sys_get -T TAG [-C] [-Fflags] [-G] [-L[list][+i]] [-Nflags] [[-Rregion] [-V[level]] [--PAR=value]]
```

## 必选选项

**-T TAG**

指定 x2sys TAG, 参见[x2sys\\_init](#)

## 可选选项

**-C**

不输出轨迹文件的名称, 而是输出至少含有一个观测值的轨迹网格的坐标。

**-D**

只输出轨迹名称 [默认会输出观测值]

**-Fflags**

给定用逗号分隔的列名称列表 (如[x2sys\\_init](#) 中格式定义文件中的描述), 列名称必须是已有的变量名称, 筛选包含这些变量的轨迹 [默认输出所有的列]。

**-G**

输出整个沿轨观测数据的标志 (Y 或者 N) 而不是仅在 **-R** 区域内部的数据标志 [默认]

**-L[list][+i]**

交叉点模式。返回可能存在交叉点的轨迹对的列表。列表使用轨迹网格索引文件生成, 其前提是, 如果两条轨迹在同一个网格有观测数据, 则两条轨迹可能存在交叉点。默认会返回所有的可能存在交叉点的轨迹对。*list* 为轨迹列表文件名, 其中包含若干轨迹名称, 即只输出必须至少包含列表中的某条轨迹的轨迹对。本选项的输出适用于 [x2sys\\_cross](#) 中的 **-A** 选项。默认地, 只列出外部交叉点, 即一条轨迹和另外一条轨迹的交叉点, **+i** 选项会同时列出内部交叉点, 即轨迹自身的交叉点。

**-N[flags]**

给定用逗号分隔的列名称列表 (如 [x2sys\\_init](#) 中格式定义文件中的描述), 列名称必须是已有的变量名称, 筛选轨迹时, 需要剔除不含这些变量的轨迹。

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (more ...)**

指定数据范围

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

寻找所有以 MGD77 为 TAG 的数据库中的轨迹, 轨迹必须在南太平洋中的某个区域, 并且, 必须至少包括自由空气重力异常 faa 和海深 depth 观测:

```
gmt x2sys_get -V -TMGD77 -R180/240/-60/-30 -Ffaa,depth
```

寻找所有含有海深但不含 wt 变量的轨迹:

```
gmt x2sys_get -V -TMGD77 -Fdepth -Nwt
```

寻找所有可能相交的轨迹对, 但要求轨迹对中必须包含 new.lis 中的某条轨迹:

```
gmt x2sys_get -V -TMGD77 -Lnew.lis > xpairs.lis
```

## 相关模块

[x2sys\\_binlist](#), [x2sys\\_datalist](#), [x2sys\\_init](#), [x2sys\\_list](#), [x2sys\\_put](#), [x2sys\\_report](#), [x2sys\\_solve](#), [x2sys\\_cross](#), [x2sys\\_merge](#)

## 18.91 x2sys\_list

贡献者

周茂

官方文档

[x2sys\\_list](#)

简介

从交叉点计算结果中提取数据

**x2sys\_list** 读取交叉点 ASCII 文件 *coedbase.txt* (或标准输入), 并基于某些条件提取数据, 输出结果可以为 ASCII 或二进制文件。该模块输出结果可做为 [x2sys\\_solve](#) 交叉点平差的输入数据。

### 语法

```
gmt x2sys_list -Ccolumn -T TAG [ coedbase.txt ] [ -Aasymm_max ] [ -E ] [ -Fflags ] [ -I[list] ] [ -L[corrections] ] [ -Nnx_min[+p] ] [ -Qe|i ] [ -Rregion ] [ -Strack[+b] ] [ -V[level] ] [ -W[list] ] [ -bobinary ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

**-C column**

指定要处理的列, 列名必须是格式定义文件中已有的列名, 见 [x2sys\\_init](#)

**-T TAG**

指定 x2sys TAG, 参见 [x2sys\\_init](#)

*coedbase.txt*

输入交叉点 ASCII 文件的名称, 该文件可由 [x2sys\\_cross](#) 模块生成, 也可从标准输入读取

### 可选选项

**-Aasymm\_max**

指定相对于时间中点的交叉点分布的最大不对称性 (如果没有时间, 也可用距离)。不对称性的计算公式为  $(n_{right} - n_{left}) / (n_{right} + n_{left})$ 。如果指定 *asymm\_max* 值, 将会排除超过该截止值的轨迹 [默认值为 1, 即不排除任何轨迹]。

**-E**

输出两个轨迹的名称和总的交叉点个数作为头部信息 [默认不写入这些头部信息]

**-Fflags**

使用 **acdhiInNtTvwxyz** 的组合来设置输出。这些字符中不能包括空格, 而且对大小写敏感。以下为字符的描述:

**a** 小于 90 度的角度, 该角度为轨迹的方位角

**c** 指定的观测量的交叉点值 (见 **-C**)

**d** 沿轨距离

**h** 轨迹朝向

**i** 形成交叉点的两条轨迹在该点的有符号时间间隔

**I** 和 **i** 相同, 但是时间间隔是无符号的

**n** 两条轨迹的名称

**N** 两条轨迹的 ID number

**t** 沿轨时间, 格式为 dateTclock (不含时间时, 输出 NaN)

**T** 从轨迹开始计算的时间 (不含时间时, 设置为 NaN)

**v** 沿轨速度

**w** 轨迹的权重

**x** x 坐标或者经度

**y** y 坐标或纬度

**z** 沿轨观测值, 见 **-C**

如果不使用 **-S**, **d,h,n,N,t,T,v** 在每列包含两个输出, 分别代表两个轨迹。否则, 将只输出对应轨迹的结果 (除 **n,N**)。**c** 和 **i** 的符号是由 Value(track\_one) - Value(track\_two) 决定的。返回的时间间隔和 **TIME\_UNIT** 的设置有关。上面各元素输出的顺序和他们在 *flags* 中的顺序一致, **n** 除外, **n** 选项将放在所有数字列的最后。

#### **-I**[list]

list 为轨迹列表文件名, 其中包含若干轨迹文件名, 这些轨迹将不参与计算 [默认包含所有的轨迹]。

#### **-L**[corrections]

对选择观测量进行最优改正, corrections 为改正表, 该改正表可以由 [x2sys\\_solve](#) 生成 [默认使用位于 **\$X2SYS\_HOME/TAG** 文件夹中的 TAG\_corrections.txt]。对于改正表文件的格式, 见 [x2sys\\_datalist](#) 的 Corrections 章节

#### **-N**nx\_min[+p]

只输出至少含有 nx\_min 个交叉点的轨迹的交叉点信息, +p 为相反, 即输出少于 nx\_min 个交叉点的轨迹的信息 [默认为全部轨迹]

#### **-Qe|i**

e 表示外部交叉点, i 表示内部交叉点 [默认为全部交叉点]

#### **-R**xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (*more* ...)

指定数据范围

#### **-S**track[+b]

指定单轨迹的名称, 只输出和这条轨迹相关的信息 [默认输出所有轨迹交叉点信息]。添加 +b 以输出包含该轨迹的轨迹对相关的信息。

#### **-W**[list]

list 为文本文件, 其中包含的信息为轨迹名称列表和用于计算交叉点处权重的权重列表 [默认权重设置为 1]

#### **-V**[level] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

在以 MGD77 为 TAG 的磁数据的交叉点文件 COE\_data.txt 中寻找指定区域的数据, 并返回位置, 时间和交叉点的值:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -R180/240/-60/-30 -Cmag -Fxyz > mag_coe.txt
```

输出和测线 12345678 相关的重力异常交叉点信息, 输出时间为以年初为起点的相对时间, 使用二进制 double 类型精度:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -Cfaa -S12345678 -FTz -bod > faa_coe.b
```

## 相关模块

[x2sys\\_binlist](#), [x2sys\\_datalist](#), [x2sys\\_get](#), [x2sys\\_init](#), [x2sys\\_put](#), [x2sys\\_report](#), [x2sys\\_solve](#), [x2sys\\_cross](#), [x2sys\\_merge](#)

## 18.92 x2sys\_merge

贡献者

周茂

官方文档

[x2sys\\_merge](#)

简介

合并交叉点文件

**x2sys\_merge** 读取两个交叉点文件, 并进行合并。其中第二个文件应该只包含第一个文件中不包含的数据。该模块在重新计算某一部分轨迹的交叉点时会发挥作用。

## 语法

```
gmt x2sys_merge -A main_COElist.txt -M new_COElist.txt [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

**-A** *main\_COElist.txt*

指定主要的交叉点文件 *main\_COElist.txt*

**-M** *new\_COElist.txt*

指定新的交叉点文件 *new\_COElist.txt*

## 可选选项

### 示例

使用新的交叉点文件 COE\_fresh.txt 更新主要交叉点文件 COE\_data.txt

```
gmt x2sys_merge -A COE_data.txt -M COE_fresh.txt > COE_updated.txt
```

## 相关模块

[x2sys\\_binlist](#), [x2sys\\_datalist](#), [x2sys\\_get](#), [x2sys\\_list](#), [x2sys\\_put](#), [x2sys\\_report](#), [x2sys\\_solve](#), [x2sys\\_cross](#), [x2sys\\_init](#)

## 18.93 x2sys\_put

贡献者

周茂

官方文档

[x2sys\\_put](#)

简介

从已有的网格索引列表更新 TAG 轨迹数据库

**x2sys\_put** 接受一个由 [x2sys\\_binlist](#) 创建的轨迹网格索引文件 (tbf), 并把索引文件中包含的信息更新到 TAG 数据库。-F 选项可以使用给定的 tbf 覆盖 TAG 数据库中已经存在的轨迹的旧信息。-D 选项可用于删除 TAG 数据库中的某些轨迹。被更新的数据的 TAG 必须和编码在 tbf 文件中的 TAG 一致。查询数据库中的轨迹, 可以使用[x2sys\\_get](#)。

## 语法

gmt x2sys\_put [ *info.tbf* ] -T *TAG* [ -D ] [ -F ] [ -V[*level*] ] [ --PAR=*value* ]

### 必选选项

*info.tbf*

轨迹索引文件名, 如果不指定, 将从通过标准输入获取

-T *TAG*

指定 x2sys TAG, 参见[x2sys\\_init](#)

### 可选选项

-D

在 TAG 数据库中删除给定的轨迹索引文件中所有的轨迹 [默认为添加作为新的轨迹]

-F

用在轨迹索引文件中存在的轨迹信息替换 TAG 数据库已经存在的旧信息 [默认不替换]

-V[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

-^ 或 -

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

-+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

-? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

--PAR=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

将储存在 `latest.tbf` 中的轨迹信息添加到以 MGD77 为 TAG 的轨迹数据中, 并且替换已经存在的轨迹的信息:

```
gmt x2sys_put latest.tbf -F -V -TMGD77
```

## x2sys 数据库

`x2sys_put` 添加新的信息到 x2sys TAG 数据库。这个过程涉及到两个文件, 第一个文件包含所有的轨迹的列表, 为 ASCII 格式, 命名为 *TAG\_tracks.d*; 第二个文件的名字为 *TAG\_index.b*, 是一个二进制文件, 其中包含哪条轨迹经过哪些网格等信息, 在经过该网格时, 有哪些观测量。网格是由[x2sys\\_init](#) 模块在 TAG 初始化时, 使用 `-R` 和 `-I` 选项生成的。所有的数据库文件都储存在 `$X2SYS_HOME/TAG` 文件夹中。禁止用户手动编辑这些文件。

## 相关模块

[x2sys\\_binlist](#), [x2sys\\_datalist](#), [x2sys\\_get](#), [x2sys\\_list](#), [x2sys\\_init](#), [x2sys\\_report](#), [x2sys\\_solve](#), [x2sys\\_cross](#), [x2sys\\_merge](#)

## 18.94 x2sys\_report

贡献者

周茂

官方文档

[x2sys\\_report](#)

简介

对交叉点信息进行统计

**x2sys\_report** 模块读取交叉点 ASCII 文件 *coedbase.txt* (或者从标准输入读) 并输出每个轨迹的交叉点统计信息, 包括: *n* , *mean* , *std* , *rms* 和 *weight* 。

### 语法

```
gmt x2sys_report -Ccolumn -TTAG [ coedbase.txt ] [ -A ] [ -I[list] ] [ -L[corrections] ] [ -Nnx_min ] [ -Qe|i ] [ -Rregion ] [ -Strack ] [ -V[level] ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

*coedbase.txt*

输入 ASCII 格式交叉点文件名, 该文件使用 [x2sys\\_cross](#) 模块生成。如果不指定输入文件, 将从标准输入中读取数据。

-C*column*

指定要处理的列, 列名必须是已经在格式定义文件中存在的, 见 [x2sys\\_init](#)

-T*TAG*

指定 x2sys TAG, 参见 [x2sys\\_init](#)

### 可选选项

-A

通过轨迹的权重来消除两个轨迹在交叉点的不符值; 平差结果可用于 [x2sys\\_datalist](#) 模块中。平差后的文件名为 *track.cplumn.adj* , 位于 **\$X2SYS\_HOME/TAG** 文件夹中。具体处理过程见 Mittal [1984] 。

-I[*list*]

*list* 为轨迹列表文件名, 其中包含若干轨迹文件名, 这些轨迹将不参与计算 [默认包含所有的轨迹]。

-L[*corrections*]

对选择观测量进行最优改正, *corrections* 为改正表, 该改正表可以由 [x2sys\\_solve](#) 生成 [默认使用位于 **\$X2SYS\_HOME/TAG** 文件夹中的 *TAG\_corrections.txt*] 对于改正表文件的格式, 见 [x2sys\\_datalist](#) 的 Corrections 章节

**-Nnx\_min**

只输出至少含有  $nx\_min$  个交叉点的轨迹的交叉点信息 [默认为全部轨迹]

**-Qe|i**

**e** 表示外部交叉点, **i** 表示内部交叉点 [默认为外部交叉点]

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (more ...)**

指定数据范围

**-Strack**

指定单轨迹的名称, 只输出和这条轨迹相关的交叉点的信息 [默认输出所有轨迹交叉点信息]

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

数据库 TAG 为 MGD77, 交叉点文件为 COE\_data.txt , 输出所有在指定区域的磁观测量的外部交叉点统计信息

```
gmt x2sys_report COE_data.txt -V -TMGD77 -R180/240/-60/-30 -Cmag > mag_report.txt
```

输出和测线 1234567 相关的重力异常交叉点统计信息:

```
gmt x2sys_report COE_data.txt -V -TMGD77 -Cfaa -S1234567 > faa_report.txt
```

## 参考文献

Mittal, P. K. (1984), Algorithm for error adjustment of potential field data along a survey network, *Geophysics*, **49**(4), 467-469.

## 相关模块

[x2sys\\_binlist](#), [x2sys\\_datalist](#), [x2sys\\_get](#), [x2sys\\_list](#), [x2sys\\_put](#), [x2sys\\_init](#), [x2sys\\_solve](#), [x2sys\\_cross](#), [x2sys\\_merge](#)

## 18.95 x2sys\_solve

贡献者

周茂

官方文档

[x2sys\\_solve](#)

简介

使用最小二乘平差计算系统误差改正值，即交叉点平差

**x2sys\_solve** 使用给定的交叉点信息计算系统误差改正值，并应用于每条轨迹以提高数据质量。本模块可消除 7 种不同的系统误差。

### 语法

```
gmt x2sys_solve -Ccolumn -TTAG -Ec|d|g|h|s|y|z [ COE_list.txt ] [ -V[level] ] [ -W[+u] ] [ -bibinary ] [ -dinodata[+ccol] ] [ -x[-n] ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

*COE\_list.txt*

由 [x2sys\\_list](#) 模块筛选的某观测量的交叉点文件。如果使用了 **-bi** 选项，开始的两列为轨迹的 ID，否则，就在最后两列给出轨迹名称。如果不给定该输入文件，就从标准输入读取数据。

**-TTAG**

指定 x2sys TAG，参见 [x2sys\\_init](#)

**-Ccolumn**

指定要处理的列，需要和 [x2sys\\_list](#) 中准备的输入数据中的选项一致。

**-Ec|d|g|h|s|y|z**

设置用来拟合系统误差的模型。模型的类型可以从下面的函数  $f(\mathbf{p})$  中选择，其中  $\mathbf{p}$  是每条轨迹所包含的参数，参数个数为  $m$  个，GMT 将使用最小二乘拟合这些参数。

- **c**  $f(\mathbf{p}) = a$  ( $a$  为常数)；记录中必须包含交叉点不符值 (COE), ID1 和 ID2
- **d**  $f(\mathbf{p}) = a + b * d$  (线性漂移,  $d$  为沿轨距离)；记录中必须包含：轨迹 1 距离 (d1), 轨迹 2 距离 (d2), COE, ID1 和 ID2
- **g**  $f(\mathbf{p}) = a + b \sin(y)^2$  (1880-1930 重力改正)；记录中必须包含：交叉点的纬度 y, COE, ID1, ID2
- **h**  $f(\mathbf{p}) = a + b \cos(h) + c \cos(2h) + d \sin(h) + e \sin(2h)$  (磁朝向改正,  $h$  为交叉点处的轨迹方位角)；记录中必须包含：轨迹 1 方位角 (h1), 轨迹 2 方位角 (h2), COE, ID1, ID2
- **s**  $f(\mathbf{p}) = a * z$  ( $a$  是单位缩放改正,  $z$  是交叉点的观测值)；记录中必须包含：z1, z2, ID1, ID2
- **t**  $f(\mathbf{p}) = a + b * (t - t0)$  (线性漂移,  $t - t0$  是沿轨累积时间,  $t$  为观测时刻,  $t0$  为测线起始时刻)；记录中必须包含：t1-t0, t2-t0, COE, ID1, ID2
- **z**  $f(\mathbf{p}) = a + b * z$  (偏移加单位缩放)；记录中必须包含 z1, z2, ID1, ID2

## 可选选项

**-W[+u]**

使用该选项则意味着, 每种观测值在其前面还有一列, 表示其权重, 可用于加权最小二乘平差 [默认没有权重列]。追加 **+u** 将输出不含权重的均值和标准差 [默认输出带有权重的统计值]

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

**-dinodata (more ...)**

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

**-x[[-]n] (more ...)**

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 注意事项

**-E** 选项中的大多数系统误差模型均包含一个常数偏移量。由于交叉点不符值是两个点的差值, 因此, 这种常数偏移是相对量, 而不是绝对量。为了最终结果可解, GMT 添加了其他的约束, 即所有的常数偏移量的和等于 0。如果轨迹形成的集合中只包含同类轨迹, 与其他轨迹不存在交叉点, 则形成两个轨迹集合, 则每个集合的约束是独立的。GMT 会自动确定集合的数量, 并自动添加约束。如果需要设置特定的轨迹具有指定的偏移, 则可以从每条轨迹中减去本身的偏移, 然后加上设定的偏移。

## 示例

以 MGD77 为 TAG 的所有轨道的重力异常均包含一个简单的常数偏移, 对该系统误差进行平差:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -Cfaa -FnC > faa_coe.txt
gmt x2sys_solve faa_coe.txt -V -TMGD77 -Cfaa -Ec > coe_table.txt
```

若重力异常观测数据中存在与时间相关的线性漂移:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -Cfaa -FnTc > faa_coe.txt
gmt x2sys_solve faa_coe.txt -V -TMGD77 -Cfaa -Et > coe_table.txt
```

以 MGD77 为 TAG 的轨迹数据生成磁观测交叉点文件 COE\_data.txt , 估计磁朝向改正:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -Cmag -FnHc > mag_coe.txt
gmt x2sys_solve mag_coe.txt -V -TMGD77 -Cmag -Eh > coe_table.txt
```

基于测深交叉点估计单位缩放因子:

```
gmt x2sys_list COE_data.txt -V -TMGD77 -Cdepth -Fnz > depth_coe.txt
gmt x2sys_solve depth_coe.txt -V -TMGD77 -Cdepth -Es > coe_table.txt
```

## 相关模块

[x2sys\\_binlist](#), [x2sys\\_datalist](#), [x2sys\\_get](#), [x2sys\\_list](#), [x2sys\\_put](#), [x2sys\\_report](#), [x2sys\\_init](#), [x2sys\\_cross](#), [x2sys\\_merge](#)

## 18.96 gmtflexure

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

[gmtflexure](#)

简介

计算 2-D 载荷产生的力, 弯矩和挠曲变形

**gmtflexure** 使用一系列可选选项, 例如边界条件等信息计算二维载荷的挠曲变形。该模块的解是对微分方程进行有限差分近似获得的。该模块的 Z 轴是朝下的, 因此, 正的地形载荷等将会产生正的变形。

## 语法

```
gmt flexure -Drm/r[rl]/ri/rw -ETe[k]|D|file -Qargs [-A[l|r]bc[/args]] [-Cp|yvalue] [-Fforce] [-L] [-M[x][z]] [-S] [-Twfile] [-V[level]] [-Wwd[k]] [-Zzm[k]] [-bibinary] [-bobinary] [-dnodata[+ccol]] [-eregexp] [-hheaders] [-iflags] [-oflags] [--PAR=value]
```

## 必选选项

**-Drm/r[rl]/ri/rw**

设置地幔 (mantle), 载荷 (load), 填充物 (infill) 和水 (water) 的密度, 其中填充物的密度是可选的, 不指定时默认和载荷密度相等, 这里的水准确的说为介质, 当载荷位于海洋时, 水的密度为海水的密度, 当载荷位于陆地时, 水的密度即设置为空气密度, 各参数的具体含义见[grdflexure](#) 中的图示。

**-ETe[k]|D|file**

设置弹性板 (通常为岩石圈/地壳) 厚度, 默认单位为 m, k 表示单位为 km。如果弹性板厚度的值超过了 1e10, 认为该值超过岩石圈有效弹性厚度的实际范围, GMT 将其认为是抗挠刚度 D, 而不是弹性板厚度 (默认情况下 D 由有效弹性厚度 Te, 杨氏模量和泊松比计算, 见 **-C** 参数)。另外, 还可使用该选项提供一个包含弹性厚度或抗挠刚度的文件 file, 该文件必须与 **-Q** 给定的文件具有相同的配准方式。

**-Qn|q|t[args]**

对垂直方向载荷体的设置。

- **-Qn** 表示没有输入载荷文件, 挠曲变形只通过 **-A** 设置的边界条件驱动。如果没有通过 **-E** 选项指定弹性厚度或者抗挠刚度文件, 还需指定计算的位置
- **-Qq[loadfile]** 指定载荷体文件, 载荷体通过等距的位置和在该位置上的压强 (单位为 Pa) 给出
- **-Qt[topofile]** 指定载荷体文件, 载荷体通过位置和在该位置上的地形的厚度给出, 单位默认为 m, 地

形单位见 **-M**

## 可选选项

### **-A[l|r]bc[/args]**

设置边界条件, **l** 和 **r** 分别为左右边界。**bc** 可设置为下面四个值, 假设挠曲变形为  $w = w(x)$ , ' $'$  表示导数:

- 0 无穷大边界,  $w' = w'' = 0$
- 1 周期边界,  $w' = w''' = 0$
- 2 Clamped 边界, **args** 为单个数字, 挠度的端点值为 **args**, 即  $w(\text{end}) = \text{args}$ , [默认为 0],  $w' = 0$
- 3 自由边界, **args** 为 *moment/force*, 指定端点的弯矩和垂直剪切力, 默认为 0/0

使用国际单位作为默认单位。

### **-Cp|yvalue**

分别使用 **p** 和 **y** 修改泊松比的默认值 [0.25] 和杨氏模量的默认值 [7.0e10 N/m^2]

### **-Fforce**

设置恒定的水平方向内力, 单位为 Pa m [0]

### **-L**

使用一个可变的恢复力, 该力取决于挠曲变形

### **-M[x][z]**

指定载荷体的单位, **x** 表示所有的 **x** 方向的距离以 km 为单位; **z** 表示垂直方向的形变以 km 为单位

### **-S**

计算对应挠曲的曲率, 将结果放在第三列

### **-Twfile**

提供一个预先存在的变形文件 [默认不存在变形]

### **-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

### **-Wwd[k]**

设置水深, 默认单位为 m, **k** 表示单位为 km, 该值必须为正, 默认值为 0。任意地面上的地形 (非海洋中) 都会与 **-D** 设置的密度进行缩放, 以补偿 (海) 水与空气的密度差异。

### **-Zzm[k]**

指定挠曲变形的参考深度 **zm**, 单位为 m, 追加 **k** 表示单位为 km, 必须为正值, 默认值为 0。在输出前将 **zm** 加到挠曲变形上。

### **-bi[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输入数据的格式

### **-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

### **-d[i|o]nodata (more ...)**

将输入数据中等于 **nodata** 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 **nodata**

### **-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-ocols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-ocols[⋯][,t[word]] (more ...)**

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 单位说明

**-M** 选项控制着所有的输入输出文件中的单位。但是, 和命令行选项 **-E**, **-W** 和 **-Z** 的单位无关, 除非附加了 k 表明以 km 作为单位, 默认情况下, 都以 m 为单位。

## 挠曲说明

本模块使用有限差分来求解弹性板 (即岩石圈或地壳) 的挠曲。这种方法可以用于可变刚度, 不同的恢复力, 以及存在预变形和不同的边界条件等情况。

## 示例

计算 topo.txt 地形载荷形成的弹性形变, 弹性板的厚度为 10 km, 密度为典型的地壳密度:

```
gmt flexure -Qttopo.txt -E10k -D2700/3300/1035 > flex.txt
```

## 参考文献

Bodine, J. H., 1980, *Numerical computation of plate flexure in marine geophysics*, Tech. Rep. CU-1-80, Columbia University.

## 相关模块

[grdflexure](#), [gravfft](#), [grdmath](#)

## 18.97 gmtgravmag3d

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

[gmtgravmag3d](#)

简介

计算使用 Okabe 方法计算三维物体的重力异常或磁异常

**gmtgravmag3d** 用来计算由一组三角形描述的多面体的重力异常或磁异常。输出可以在指定的位置上，也可以在网格上。该方法计算速度并不快，但优势在于可以计算任意复杂形状导致的异常。

### 语法

```
gmt gravmag3d xyz_file -Tvvert_file OR -Tr|sraw_file OR -M+sbody,params [ -Cdensity ] [ -Ethickness ]
[ -Fxy_file ] [ -Goutgrid ] [ -Hf_dec/f_dip/m_int/m_dec/m_dip ] [ -Lz_observation ] [ -Sradius ] [ -Zlevel ]
[ -V[level] ] [ -fg ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项

*xyz\_file*

输入表数据。格式见 **-T** 选项

**-M+sbody,params**

创建几何体并计算形成的重力异常和磁异常。该选项为 **-Tr/-Ts** 选项的替代。创建的几何体为可以是下面几种情况，接下来首先介绍下面几何体中参数的含义：

- *x0* 和 *y0* 为几何体中心的水平坐标 [默认为 (0,0), Z 轴朝上]
- *npts* 是圆的点数
- *n\_slices* 为当物体由切片构成时，切片的个数 [默认为 5]。
- *height* 为高度，相对于 *z0*
- *rad* 半径
- *semi\_x/semi\_y/semi\_z* 为半长轴
- *side\_x(side\_y)/side\_z* 为边长

例如，球和椭球由  $2 \times n\_slices$  个切面组成，钟形体为 *n\_slices*。几何体也可以是组合形成的。例如，**-M+sprism,1/1/1/-5/-10/1+ssphere,1/-5** 表示一个棱柱和一个球体组合成的几何体。但是目前对组合体中的每个个体设置不同的密度或者磁参数还不行。单几何体的形状可以有以下几种：

- *bell,height/sx/sy/z0[/x0/y0/n\_sig/npts/n\_slices]* 钟形体/高斯形状，表特征的 STD 分别为 *sx* 和 *sy*，基底的宽度（在 *z0* 处的宽度）由 *s\_sig* 控制，默认为 2；其他参数如上
- *cylinder,rad/height/z0[/x0/y0/npts/n\_slices]* 圆柱体，参数如上
- *cone,semi\_x/semi\_y/height/z0[/x0/y0/npts]* 锥体，参数如上
- *ellipsoid,semi\_x/semi\_y/semi\_z/z\_center[/x0/y0/npts/n\_slices]* 椭球，中心深度为 *z\_center*，其他参数如上
- *prism,side\_x(side\_y)/side\_z/z0[/x0/y0]* 棱柱，参数如上

- *pyramid,side\_x(side\_y)/height/z0[/x0/y0]* 金字塔形状, 参数如上
- *sphere,rad/z\_center[/x0/y0/npts/n\_slices]* 球, 中心深度为 *z\_center*, 其他参数如上。

**-Tvvert\_file** 或者 **-Tr|sraw\_file**

两种选项都用来提供闭合的曲面

**-Tvvert\_file**

给定闭合曲面的顶点文件 *vert\_file*。文件格式和 [triangulate](#) 模块生成的格式相同。如果 *xyz\_file* 文件可以为 3, 4, 5, 6 或者 8 列, 3 列的情况下, 表明磁强度/密度假定为常数,。4-6 列分别表示, 磁强度, 倾角, 以及偏角; 8 列时表示, 磁场倾角、偏角以及物体的磁强度、倾角和偏角。在大于 3 列的情况下, **-H** 选项被忽略。

**-Tr|sraw\_file**

*raw\_file* 文件为 N 行 9 列, 其中每个三角形占据一行, 每个顶点 3 个坐标, 即为 9 列。**-Ts** 选项表明曲面文件是 ASCII STL (Stereo Lithographic) 格式。

## 可选选项

**-Cdensity**

以国际单位制设置多面体的密度。该选项与 **-H** 互斥

**-Fxy\_file**

计算磁异常的位置, 与 **-G** 选项互斥

**-Goutgrid[=ID][+d divisor][+n invalid] [+o offset|a][+sscale|a] [:driver[dataType][+c options]]**

输出网格文件名, 其中各子选项的含义见 [读 netCDF 文件](#)。

**-E[thickness]**

设置层厚度为 *thickness*, 单位为 m, 默认为 0。只有多面体为非平行的情况下, 想要计算一定厚度的层形成的异常时才可用该选项

**-L[z\_observation]**

设置观测水平面, 默认为 0, 同时也是计算异常的高度面

**-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若 *yinc* 设置为 0, 则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

**-S***radius*

以 km 为单位设置搜索半径。当输出点距离三角形中心的距离大于该半径时，则不考虑该三角形。使用该选项可以加快计算速度，但是计算结果会变得不准确

**-Z**[*level*]

设置参考平面的高度为 *level*，默认为 0。当三角形构成的多面体不闭合并使用该不闭合的曲面和参考面形成多面体时，才可使用该选项。例如，计算布格异常的 hater 深度

**-V**[*level*] (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

**-f**[*i|o*]*colinfo* (*more* ...)

指定输入或输出列的数据类型

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 -）

**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 网格距离单位

如果网格在水平方向上的单位不是 m，追加 **+uunit** 可以将输入文件中的单位转换为 m。如果网格是地理坐标，使用 **-fg** 可以将距离转换为 m。

## 示例

计算位于 5 m 深，以 -10/1 为中心的单位立方体的磁异常，计算位置位于 -R-15/15/-15/15 指定的位置，物体磁偏角为 10 度，倾角为 60，强度为 10 Am，位于 -10 度的偏角，40 度倾角的磁场中

```
gmt gmtgravmag3d -R-15/15/-15/15 -I1 -H10/60/10/-10/40 -M+sprism,1/1/1/-5/-10/1 -Gcube_mag_anom.grd
```

## 参考文献

Okabe, M., Analytical expressions for gravity anomalies due to polyhedral bodies and translation into magnetic anomalies, *Geophysics*, 44, (1979), p 730-741.

## 相关模块

[grdgravmag3d](#), [talwani2d](#), [talwani3d](#)

## 18.98 gravfft

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

[gravfft](#)

简介

网格重力的谱计算, 均衡, 导纳, 以及相干性计算

**gravfft** 包括 3 种模式。

- 模式 1: 简单地计算地形网格导致的位变化。需要 **-D** 选项给出密度差 (相对密度), 以及 **-W** 选项给出参考基准面 (观测高度)。该模式将对地形网格执行 2—D FFT 并使用指定阶的 Parker 展开式计算。
- 模式 2: 计算地形引起的挠曲响应 (挠曲量)。该模式对网格进行 2—D FFT , 基于选定的均衡模型计算。其中载荷可以从上部加载 (即地形) 也以可以从底部加载 (热点等)。在两种情况下, 使用 **-T** 以及 **-Z** 设置参数。
- 模式 3: 计算导纳或者相干函数 (相干谱), 结果为径向平均。该模式较为复杂, 请参照[示例](#) 理解。

## 语法

```
gmt gravfft ingrid [ ingrid2 ] -Goutgrid [ -Cn/wavelength/mean_depth/t|b|w ] [ -Ddensity|rhogrid ] [ -En_terms ] [ -F[f|+s|b|g|v|n|e] ] [ -Iw|b|c|t|k ] [ -Nparams ] [ -Q ] [ -S ] [ -Tte/rl/rm/rw[/ri][+m] ] [ -V[level] ] [ -Wwd[k] ] [ -Zzm[zl] ] [ -fflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*ingrid*[=ID]?varname][+b*band*][+d*divisor*][+n*invalid*][+o*offset*][+s*sscale*]

输入网格名。对于交叉谱计算, 还需要指定第二个网格。各子选项含义见 [网格文件](#)

**-G***outgrid*[=ID][+d*divisor*][+n*invalid*][+o*offset|a*][+s*sscale|a*][:*driver[dataType]*][+c*options*]]

输出网格名, 计算实体对该网格内的点的异常值。各子选项含义见 [网格文件](#)

## 可选选项

**-C***n/wavelength/mean\_depth/t|b|w*

只计算所选模型的理论导纳曲线并退出。*n* 和 *wavelength* 用于确定 (*n* \* *wavelength*) 总的波长范围, 最小波长为 *wavelength* 以 m 为单位, 见[示例](#) 中最后一个例子。*mean\_depth* 为平均水深。**t** 表示使用从上面加载的模型, **b** 表示使用底部加载模型。使用 **w** 可输出波长而不是频率 (波数)。

**-D***density|rhogrid*

设置密度对比值 (密度差)。例如, 计算水层的重力, 随后可以与自由空气重力异常相结合, 得到布格异常, 这种情况下, 请不要使用 **-T** , 同时默认使用 **-N+h** 。该选项还可指定一个密度差网格 *rhogrid* , 其

必须与输入网格具有相同的配准方式, 网格中的 NaN 将被替换为网格中的最小密度差。

#### **-En\_terms**

Parker 展开式中使用的阶数 (即指数的值), 最大为 10, 默认为 3。

#### **-F[f|+s]|b|g|v|n|e**

指定需计算的参量, 默认为自由空气重力异常

- **f** 自由空气重力异常, 单位 mgal。+s 表示从地形中删除平均值, 表明为 0 地形, 即不存在质量异常
- **b** 布格重力异常, 单位 mgal
- **g** 大地水准面异常, 单位 m
- **v** 垂直重力梯度, 单位 1 Eotvos = 0.1 mgal/km
- **e** 垂线偏差东向分量, 单位为微弧度
- **n** 垂线偏差北向分量, 单位为微弧度

#### **-Iw|b|c|t|k**

计算相干函数 (相干谱) 或导纳, 输入必须为两个网格文件, 输出到标准输出。其中第二个网格应为与第一个网格同一范围的重力或者大地水准面。默认计算导纳。输出结果为 3 列或者 4 列, 分别为: 频率 (波长), 导纳 (相干函数), 误差 (1 倍) 以及可选的理论导纳。追加子选项可进行详细设置:

- **w** 输出波长, 而不是频率 (或称波数)
- **k** 设置波长的单位为千米, 默认为 m
- **c** 计算相干谱而不是导纳
- **b** 输出第四列, 其为底部加载的理论导纳
- **t** 同为理论导纳, 但为从顶部加载的弹性板理论导纳

#### **-N[a|f|m|r|s|nx/ny][+a|d|h|l][+e|n|m][+twidth][+v][+w[suffix]][+z[p]]**

选择或查询适合 FFT 的网格尺寸并设置可选参数。FFT 维度选取:

**-Na** 以得到最准确的结果来选择 FFT 的维度

**-Nf** 将 FFT 维度设置为数据实际长度

**-Nm** 以最小的运行内存来选择 FFT 的维度

**-Nr** 以最快的计算速度来选择 FFT 的维度

**-Ns** 列出所有可选的维度, 然后退出

**-Nx/ny** 将会设置 FFT 的维度为 nx 和 ny (维度必须大于等于网格范围)。默认情况下, **-N** 同样会选择大于网格范围的维度, 在此情况下会对 FFT 的速度和精度进行优化。如果 FFT 的维度大于网格的范围, 对网格进行扩展并 taper (两端尖灭) 到 0。

设置移去数据的趋势:

**+d**: 移去趋势, 即去除符合程度最好的线性趋势 [默认]

**+a**: 移去均值

**+h**: 移去中值, 即  $0.5 * (\text{max} + \text{min})$ .

**+l**: 不做任何处理

为避免边缘效应, 设置对数据边界的处理:

**+e** 在数据边界使用边界点对称来扩展网格 [默认]

**+m** 在数据边界使用镜像对称来扩展数据

**+n** 不使用任何数据扩展

**+t** 从数据的边界到 FFT 网格边界使用 taper 使数据趋近于 0 [100%]。使用 **+twidt** 可以修改扩展的范围。当设置了 **+n** 选项时, 不进行数据扩展, 且将 taper 用于数据内部, 而不是扩展的范围。(译注: 100% 的含义为在网格四周分别扩展数据范围的 50%, 然后使用 taper 来填充新扩展的区域。Taper 或可译为两端尖灭, 是一种加窗方法, 且窗为平顶, 这里默认使用的 cos 函数形状, 即 Tukey 窗。将数据边界上的值逐渐减小到 0, 以避免谱泄漏)

**+v** 在处理中报告适合的维度

中间结果的设置, 用来保存中间结果, 以便用户可以使用中间结果自行进行某步骤:

**+w[suffix]** 设置去趋势/数据扩展/taper 的网格后缀, 即最终生成 xxx\_suffix.ext 的结果。

**+z** 可用来保存执行 FFT 后的复数结果, 包括两个网格, 文件名将为 xxx\_real.ext 和 xxx\_imag.ext。追加 **p** 可以设置为 polar 形式, 即幅度和相位, 文件名为 xxx\_mag.ext 和 xxx\_phase.ext。

## -Q

输出具有形变的地形网格, z 轴向上, 其平均深度由 **-Zzm** 指定, 模型参数由 **-T** 设置。这就是“gravimetric Moho”。该选项默认使用 **-N+h**

## -S

基于理论模型, 计算由测深作为载荷产生的重力以及大地水准面网格。相关参数需要在 **-T** 和 **-Z** 中设置。Parker 展开式的阶数设置为 1, 见下面的[示例](#)

### **-Tte**/**rl**/**rm**/**rw**[/**ri**][**+m**]

计算输入的地形载荷在厚度为 **te** 的弹性板的情况下造成的均衡补偿。**rl**, **rm**, **rw** 以及 **ri** 分别为载荷、地幔、海水以及填充物的密度, 使用 SI 单位。如果不指定 **ri**, 则其等于 **rl**。使用 **-Z** 设置地幔平均深度。如果弹性板厚度 **te** 大于 1e10, 则将被解析为抗扰刚度。**+m** 选项用来输出带有 Moho 面效应的网格, 见 **-F**。如果 **te = 0**, 则响应函数变为 Airy 模型。使用 **-T+m** 时会默认设置 **-N+h**

### **-Wwd**[**k**]

以 m 为单位设置相对于地形的水深, 即观测高度

### **-Zzm**[**zl**]

Moho [and swell] 平均补偿深度, 以 m 为单位, 向下为正。对于从上面加载的情况, 只需提供 **zm**, 对于底部加载, 还要设置 **zl**

### **-V**[**level**] ([more ...](#))

设置 verbose 等级 [**w**]

### **-f**[flags](#)

地理坐标网格将会在平地球近似下将坐标单位转换为 m

### **-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

### **-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 网格距离单位

如果输入的笛卡尔网格的水平方向距离的单位不是米, 可以通过对输入文件名 **+uunit** 来将指定的单位转换为米。例如: 对输入文件 **+uk** 将会把输入网格的 x 和 y 坐标的单位从 km 转换为 m。如果输入网格为地理网格, 可以通过 **-fflags** 将单位转换为米

## 注意事项

NetCDF COARDS 网格将会被自动识别为地理网格。对于其他格式的地理网格, 可使用 **-fflags** 将单位转换为 m。如果地理网格接近两级, 则应考虑使用 [\*\*grdproject\*\*](#) 投影后计算。

## Plate Flexure

弹性板的变形中使用了 FFT 解, 需要填充密度等于载荷密度(见[\*\*grdflexure\*\*](#))。这种情况通常填充物位于载荷的下方, 如果填充物超过载荷的高度, 则填充物通常是密度较低的沉积物, 或者是水/空气。Wessel(2001) 提出了一种近似方法, 允许指定不同于载荷的填充物密度, 同时仍能使用 FFT 解。其思想为使用填充物密度作为载荷密度, 但振幅通过一个系数  $A = \sqrt{((rm - ri)/(rm - rl))}$  来调整, 即对于点载荷使用不同密度导致的理论差异。这种近似在刚度较小的板上存在较大的载荷时会失效, 其他情况表现都很好, 且上述失效的情况也并不常见。

## 示例

(1) 假设地壳和海水的密度分别为 2700 和 1035, 计算海底地形上的海水的影响, 将结果写入到 **water\_g.grd** (Paker 公式计算到 4 阶)

```
gmt gravfft bat.grd -D1665 -Gwater_g.grd -E4
```

然后在自由空气重力异常 **faa.grd** 中减去该结果即得到布格重力异常

```
gmt grdmath faa.grd water_g.grd SUB = bouguer.grd
```

对上面计算过程做简单解释: 这里使用减而不是加的原因为, 布格异常假定改正了水层导致的质量亏损, 所以应该加 **water\_g.grd**, 因为水的密度比下面的岩石小。

接下来计算地壳地幔的贡献, 并叠加到海底异常中。假定地壳厚度为 6 km, 密度为 2700, 地幔密度为 3300; 可以重复使用用于计算水层异常的命令, 但密度对比设置为 600。但上述计算需要提前知道平均 Moho 面深度, 可以通过对网格进行一定的缩放或者偏移实现。这里需要注意偏移的符号, 因为 z 轴向上为正

```
gmt gravfft bat.grd=+o-6000 -D600 -Gmoho_g.grd
```

接下来, 将其从布格重力异常中减去即得到地幔布格重力异常

```
gmt grdmath bouguer.grd moho_g.grd SUB = mba.grd
```

(2) 计算平均深度为 7 km, 密度为 2700 的弹性板上地形加载的影响, 地幔平均深度为 9 km, 密度为 3300

```
gmt gravfft bat.grd -Gelastic.grd -T7000/2700/3300/1035+m -Z9000
```

如果考虑海底以及 Moho 面效应，则获得完整的均衡模型重力响应，这里仅使用 Parker 展开式中的第一项

```
gmt gravfft bat.grd -D1665 -Gwater_g.grd -E1
gmt gravfft bat.grd -Gelastic.grd -T7000/2700/3300/1035+m -Z9000 -E1
gmt grdmath water_g.grd elastic.grd ADD = model.grd
```

使用下面的命令可以得到与上面同样的结果

```
gmt gravfft bat.grd -Gmodel.grd -T7000/2700/3300/1035 -Z9000 -E1
```

注：不知是由于 bug 或是某些限制，上面两种计算中，使用 **-E1** 时结果是相同的，但是对于大于 1 的情况，结果则不同，第一种方法是对的，第二种方法则存在问题。

(3) 假定存在一个隆起，其深度为 50 km，上部平均补偿面深为 9 km，计算其产生的大地水准面异常

```
gmt gravfft topo.grd -Gswell_geoid.grd -T7000/2700/3300/1035 -Fg -Z9000/50000 -S -E1
```

(4) 计算测深网格 topo.grd 和自由空气重力异常网格 faa.grd 之间的导纳，假定地壳有效弹性厚度为 10 km，平均补偿深度为 9 km，并输出从上部加载的理论导纳

```
gmt gravfft topo.grd faa.grd -It -T10000/2700/3300/1035 -Z9000
```

(5) 计算测深网格以及大地水准面网格之间的导纳，且存在一定的底部加载，该加载下补偿面深度为 40 km，上补偿面深度为 9 km，并在计算结果中输出波长而不是频率

```
gmt gravfft topo.grd geoid.grd -Ibw -T10000/2700/3300/1035 -Z9000/40000 -fg
```

(6) 计算重力理论导纳，其存在底部加载，参数如上，结果结果波长范围为 2000 km，最小波长为 500 km

```
gmt gravfft -C400/5000/3000/b -T10000/2700/3300/1035 -Z9000/40000
```

## 参考文献

Luis, J.F. and M.C. Neves. 2006, The isostatic compensation of the Azores Plateau: a 3D admittance and coherence analysis. *J. Geothermal Volc. Res.* Volume 156, Issues 1-2, Pages 10–22, <http://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2006.03.010>

Parker, R. L., 1972, The rapid calculation of potential anomalies, *Geophys. J.*, 31, 447–455.

Wessel. P., 2001, Global distribution of seamounts inferred from gridded Geosat/ERS-1 altimetry, *J. Geophys. Res.*, 106(B9), 19,431–19,441, <http://doi.org/10.1029/2000JB000083>

## 相关模块

[grdffft](#), [gmtflexure](#), [grdflexure](#), [gmtgravmag3d](#), [grdgravmag3d](#), [grdseamount](#), [talwani2d](#), [talwani3d](#)

## 18.99 grdflexure

贡献者

[周茂](#)

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

[grdflexure](#)

简介

计算 3-D 载荷在多种流变学条件下产生的挠曲变形

目前均衡研究中主要存在 3 种模型, 分别为 Pratt 模型, Airy 模型以及挠曲模型。**grdflexure** 即为挠曲均衡模型, 其可计算地形载荷  $h(\mathbf{x})$  在 5 种不同流变学条件下引起的变形, 所有情况中承载地形的板 (通常为地壳或者岩石圈) 的厚度都认为是相同的, 以下为 5 种流变基础:

1. 弹性板覆盖在无粘性的半空间上
2. 弹性板覆盖在粘性板上 (Firmoviscous 或者 Kelvin-Voigt)
3. 弹性板覆盖在粘性层上, 然后整体覆盖在粘性半空间上
4. 粘弹性板覆盖在无粘性半空间上
5. 线性粘弹性模型, 弹性板覆盖在无粘性半空间上, 已知初始和结束时的弹性板厚度

五种流变基础分别对应均衡研究中对岩石圈/地壳的五种假设, 其对应的响应函数分别为 *elastic* [1;  $\Phi_e(\mathbf{k})$ ], *firmoviscous* [2,3;  $\Phi_{fv}(\mathbf{k}, t)$ ], *viscoelastic* [4;  $\Phi_{ve}(\mathbf{k}, t)$ ], 和 *general linear* (*viscoelastic*) [5;  $\Phi_{gl}(\mathbf{k}, t)$ ]。如果(粘)弹性板消失(厚度为 0), 则退化为 Airy 均衡模型(1,4)或者纯粘性模型(2,3)。还可为模型提供等间隔的网格以研究随时间变化的结果; 此外还可为模型制定相关的流体基础和常数, 包括板内应力。

## 语法

```
gmt grdflexure input -Drm/r[rl]/ri]/rw -E[Te[k]/Te2[k]] -Goutgrid [ -ANx/Ny/Nxy ] [ -Cp|yvalue ] [ -Fnu_a/[h_a[k]/nu_m] ] [ -Hrhogrid [ -Llist ] [ -Mtm ] [ -Nparams ] [ -Q ] [ -Sbeta ] [ -Tt0/[t1/dt[+l]]|file ] [ -V[level] ] [ -Wwd][k] [ -Zzm][k] [ -hheaders ] [ -fflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*topogr*d

地形网格载荷, 可以为多种形式:

- 单个二维二进制网格文件, 单位为 m
- 如果使用 **-T** 选项, *topogr*d 可以是一个 C 语言语法形式的模版名, 见[网格文件名模版](#)。将为每个时间加载不同的地形网格。因此, 加载时间必须与 **-T** 给出的时间一致(但并非所有的时间都需要对应的文件)。
- 可以将 *topogr*d 指定为 *flist+l*, 其中 *flist* 为文本文件, 其中每条记录均包含一个 *topogr*d 文件名和

对应的加载时间 (例如 `grdseamount` 的 **-M** 选项生成的列表)。加载的时间可以和 **-T** 给出的时间不同, 参见 **-T**。注: 如果 *list* 文件中包含第三列, 则该列为加载地形的密度, 此密度可以覆盖 **-D** 选项设置的固定密度 *rl*。

- 一个以“.lis”为后缀的文本文件, 该后缀会自动被识别为文件列表, 而不需要 **+l** 选项。

#### **-Drm/[rl]/[ri]/rw**

分别设置地幔, 载荷, 填充物和水(或空气)的密度。如果 *ri* 和 *rl* 不同, 则确定一个近似解。如果 *ri* 没有指定, 则默认其等于 *rl*。密度的单位可以是 km/m<sup>3</sup> 或 g/cm<sup>3</sup>

#### **-E[Te[k]/[Te2[k]]]**

设置弹性板厚度(单位为 m), **k** 表示单位为 km。如果弹性板厚度的值超过了 1e10, 认为该值超过岩石圈有效弹性厚度的实际范围, GMT 将其认为是抗挠刚度, 而不是弹性板厚度 *D* (默认情况下 *D* 由有效弹性厚度 *Te*, 杨氏模量和泊松比计算, 见 **-C** 参数)。如果 **-E** 后不加任何参数且和 **-F** 同时使用, 则表明不设置弹性板, GMT 将返回带有软流圈或者不含软流圈的纯粘性响应。通过给定初始的弹性厚度 *Te* 和最终弹性厚度 *Te2*, 可以选择设置为线性粘弹性响应, 这时需要同时使用 **-M** 选项。

#### **-Goutgrid[=ID][+d divisor][+n invalid] [+o offset|a][+sscale|a] [:driver[dataType][+c options]]**

输出网格文件名, 其中各子选项的含义见 [网格文件](#)。如果使用 **-T** 选项, 则需要使用 C 语言的语法指定输出格网序列的名称格式。见 [网格文件名模版](#)。如果输出文件名中包含%*s* (单位名称) 或%*c* (单位字母), GMT 将会使用每个网格对应的时间生成文件名, 否则会使用年作为时间生成文件名。

## 可选选项

#### **-ANx/Ny/Nxy**

指定 x 和 y 方向的压力或者拉力以及任意剪应力。压力用负值表示, 拉力用正值表示, 由于 **N** 为深度积分的水平应力, 所以单位为 Pa · m。

#### **-Cp|yvalue**

分别使用 **p** 和 **y** 修改泊松比的默认值 [0.25] 和杨氏模量的默认值 [7.0e10 N/m<sup>2</sup>]

#### **-Fnua/[h\_a[k]/nu\_m]**

使用刚粘性模型, 并通过 **-E** 指定弹性板厚度。可以指定弹性板覆盖的粘性半空间的粘度 *nu\_a*, 也可以追加软流圈的厚度 *h\_a* 以及下地幔的粘度 *nu\_m*, 这种情况下, *nu\_a* 即变为软流圈的粘度。粘度单位为 Pa.s。软流圈厚度单位默认为 m, 追加 **k** 可变为 km。该选项不能与 **-M** 选项同时使用。

#### **-Hrhogrid**

指定可变密度的载荷网格。可以为单个网格或者网格文件模版(见[网格文件名模版](#))。使用该选项需要在**-D** 选项中设置 *rho\_l* 为 -。注: 如果该模块输入的载荷网格是一个网格列表, 则密度网格必须同时在输入的网格列表中给出, 而不是使用这里的 **-H** 选项给出。

#### **-Llist**

将所有创建的网格的名称和对应的时间写入到 *list* 文件中。该选项需要 **-T** 选项。文本文件的第一列为以年为单位的时间, 最后一列则为格式化的时间, 因此, 输出的文本文件的格式为 *time flexuregrid timetag*。

#### **-N[a|f|m|r|s|nx/ny][+a|d|h|l][+e|n|m][+twidth][+v][+w[suffix]][+z[p]]**

选择或查询适合 FFT 的网格尺寸并设置可选参数。FFT 维度选取:

**-Na** 以得到最准确的结果来选择 FFT 的维度

**-Nf** 将 FFT 维度设置为数据实际长度

**-Nm** 以最小的运行内存来选择 FFT 的维度

**-Nr** 以最快的计算速度来选择 FFT 的维度

**-Ns** 列出所有可选的维度, 然后退出

**-Nnx/ny** 将会设置 FFT 的维度为  $nx$  和  $ny$  (维度必须大于等于网格范围)。默认情况下, **-N** 同样会选择大于网格范围的维度, 在此情况下会对 FFT 的速度和精度进行优化。如果 FFT 的维度大于网格的范围, 对网格进行扩展并 taper (两端尖灭) 到 0。

设置移去数据的趋势:

**+d**: 移去趋势, 即去除符合程度最好的线性趋势 [默认]

**+a**: 移去均值

**+h**: 移去中值, 即  $0.5 * (\max + \min)$ .

**+l**: 不做任何处理

为避免边缘效应, 设置对数据边界的处理:

**+e** 在数据边界使用边界点对称来扩展网格 [默认]

**+m** 在数据边界使用镜像对称来扩展数据

**+n** 不使用任何数据扩展

**+t** 从数据的边界到 FFT 网格边界使用 taper 使数据趋近于 0 [100%]。使用 **+twidt** 可以修改扩展的范围。当设置了 **+n** 选项时, 不进行数据扩展, 且将 taper 用于数据内部, 而不是扩展的范围。(译注: 100% 的含义为在网格四周分别扩展数据范围的 50%, 然后使用 taper 来填充新扩展的区域。Taper 或可译为两端尖灭, 是一种加窗方法, 且窗为平顶, 这里默认使用的 cos 函数形状, 即 Tukey 窗。将数据边界上的值逐渐减小到 0, 以避免谱泄漏)

**+v** 在处理中报告适合的维度

中间结果的设置, 用来保存中间结果, 以便用户可以使用中间结果自行进行某步骤:

**+w[suffix]** 设置去趋势/数据扩展/taper 的网格后缀, 即最终生成 `xxx_suffix.ext` 的结果。

**+z** 可用来保存执行 FFT 后的复数结果, 包括两个网格, 文件名将为 `xxx_real.ext` 和 `xxx_imag.ext`。追加 **p** 可以设置为 polar 形式, 即幅度和相位, 文件名为 `xxx_mag.ext` 和 `xxx_phase.ext`。

#### **-Mtm**

使用粘弹性模型, 并通过 **-E** 选项设置弹性板的厚度。可追加粘弹性模型的 Maxwell 时间  $tm$ , 单位为年, 追加 **k** 选项表示 kyr, 追加 **M** 表示 Myr。该选项不能和 **-F** 选项同时使用。

#### **-Q**

不计算形变, 而是在选定的参数下计算响应函数, 见下面的[响应函数理论](#)

#### **-Sbeta**

指定一个指数, 该指数反映了载荷导致的形变在四周连带形成的凹陷(常称为“护城河”)中的物质的密度。若该指数为 1, 则表示护城河完全填充了密度为  $ri$  的物质(即护城河完全被其他物质填充), 若为 0, 则表示完全填充了密度为  $rw$  的物质(即没有填充物, 被水填充), 默认为 1。

**-Tt0[/t1/dt[+l]]|file**

指定起始时间  $t_0$ ，终止时间  $t_1$  以及时间间隔  $dt$ 。对于单个时间，只需指定  $t_0$ 。默认单位为年，追加 **k** 表示 kyr, **M** 表示 Myr。使用 **+l** 选项以及将  $dt$  替换为  $n$  可以设置对数时间轴。或者，还可以设置一个文件 *file*，文件中第一列为时间，其中的时间也追加单位，不追加时默认使用年。对于其中的每个时间点，该模块都输出一个网格，见 **-G** 和[网格文件名模版](#)。

**-Wwd[k]**

指定水深，单位为 m，追加 **k** 表示 km。必须为正值，默认为 0。如果载荷超过该深度，则对水面上的部分进行缩放以补偿水和空气的密度差异。

**-Zzm[k]**

指定挠曲变形的参考深度  $zm$ （即 Moho 面），单位为 m，追加 **k** 表示单位为 km，必须为正值，默认值为 0。在输出前将在挠曲变形上减去该值。

**-V[level] (*more* ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-fflags**

地理坐标网格将会被转换为平地球下的米，其中使用椭球参数近似

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 **-**）

**-+ 或 +**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 网格文件名模版

网格文件名允许使用一定的规则来定制模版：

- 若将格式化的时间作为文件名的一部分，则使用单个`%s` 作为模版的一部分（例如，`smt_%s.grd`）
- 若想控制名称中数字的格式，但仍保留时间的单位，则可以使用`%f` 和 `%c` 的组合。例如：`smt_%05.1f%c.grd` 将会生成类似 `smt_001.1M.grd` 的文件名。时间将会进行缩放以适应设置的单位
- 如果不使用任何单位，则只需给丁一个浮点格式的模版，例如：`smt_%05.1f_name.grd`。时间的单位与原单位相同，即不使用缩放。

详细的格式信息，见 C 语言 `printf` 语法。

## 网格距离单位

如果输入的笛卡尔网格的水平方向距离的单位不是米，可以通过对输入文件名 `+uunit` 来将指定的单位转换为米。例如：对输入文件 `+uk` 将会把输入网格的 x 和 y 坐标的单位从 km 转换为 m。如果输入网格为地理网格，可以通过 `-fflags` 将单位转换为米。

## 注意事项

本模块使用笛卡尔 FFT 计算。如果用户计算区域接近极点，则应该考虑使用笛卡尔坐标；从地理坐标到笛卡尔坐标的转换可以使用 [grdproject](#) 模块实现。

## 示例

接下来使用高斯海山来演示 grdflexure 的使用。

- 在位置 (300,300) 存在一个半径为 50 km, 高度为 5000 m 的平顶海山, 使用 [grdseamount](#) 可以生成该海山网格文件

```
echo 300 300 0 40 40 5000 | gmt grdseamount -R0/600/0/600+uk -I1000 -Gsmt.nc t.txt -Dk -E -F0.1 -Cg
```

- 以该海山 smt.nc 作为载荷, 计算弹性形变, 假定弹性板厚度为 10 km

```
gmt grdflexure smt.nc -Gflex.nc -E10k -D2700/3300/1035
```

- 使用 -A 可以计算平面内应力对结果的影响

```
gmt grdflexure smt.nc -Gflex.nc -E10k -D2700/3300/1035 -A-4e11/2e11/-1e12
```

- 假定流变基础不为纯弹性, 而是为粘弹性, 计算该海山在 20 km 厚板上产生的形变, 密度为默认为常用的值, Maxwell 时间设置为 40 kyr

```
gmt grdflexure smt.nc -Gflex.nc -E20k -D2700/3300/1035 -M40k
```

- 假定流变基础为刚粘性, 板厚度为 15 km, 密度仍与上例相同, 粘性地幔粘度为 2e21, 计算在此条件下海山造成的形变

```
gmt grdflexure smt.nc -Gflex.nc -E15k -D2700/3300/1035 -F2e21
```

- 假定流变基础为线性粘弹性, Maxwell 时间为 100 kyr, 初始有效弹性厚度为 40 km, 结束时有效弹性厚度为 15 km, 计算海山造成的形变

```
gmt grdflexure smt.nc -Gflex.nc -E40k/15k -D2700/3300/1035 -M100k
```

基于指定的流变基础, 计算刚粘性响应函数:

```
gmt grdflexure -D3300/2800/2800/1000 -Q -F2e20
```

指定流变学基础, 由 `l.lis` 指定一系列时间和响应的载荷, 计算器刚粘性响应。其中时间间隔为 1 Ma

```
gmt grdflexure -T1M =l.lis -D3300/2800/2800/1000 -E5k -Gflx/smt_fv_%03.1f_%s.nc -F2e20 -Nf+a
```

## 转换函数

如果使用 **-Q** 选项，则不计算挠曲变形，也不需要输入文件，而是输出转换函数。转换函数  $\Phi(\mathbf{k}, t)$  将被存入 7 个文件，分别对应 7 个不同的有效弹性厚度（1, 2, 5, 10, 20, 50 以及 100 km）。每个文件的前两列为以 km 为单位的波长以及以 1/m 为单位的波数，波长的范围和间隔为 1:1:3000 km。每个文件都计算了多个加载时间的转换函数，包括 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 k 年以及 1 和 2M 年。对于纯弹性响应函数，则并不输出所有上述加载时间的结果，而是只输出一个结果。这 7 个文件命名为 `grdflexure_transfer_function_te_te_km.txt`，其中 `te` 将被替换为有效弹性厚度值。

## 响应函数理论

由地形  $h(\mathbf{x})$  引起的变形  $w(\mathbf{x})$  随时间的变化在傅立叶域（波数域）中可由下式得到：

$$W(\mathbf{k}, t) = \gamma \left( \frac{\rho_l - \rho_w}{\rho_m - \rho_l} \right) H(\mathbf{k}) \Phi(\mathbf{k}, t) = \gamma A H(\mathbf{k}) \Phi(\mathbf{k}, t)$$

式中， $\mathbf{k} = (k_x, k_y)$  为波数向量， $k_r$  为其幅值， $H(\mathbf{k})$  为波数域中的地形载荷，即  $h(\mathbf{x})$  的傅立叶变换， $A$  为 Airy 密度比， $\gamma$  常数，取决于填充物密度， $\Phi(\mathbf{k}, t)$  为所选流体基础的响应函数。`grdflexure` 读取一个或者多个载荷  $h(\mathbf{x})$ ，将其转换为  $H(\mathbf{k})$ ，计算响应函数，并计算最终的变形  $W(\mathbf{k}, t)$ ，经过 IFFT 后即得到一个或者多个载荷引起的形变  $w(\mathbf{x})$ 。

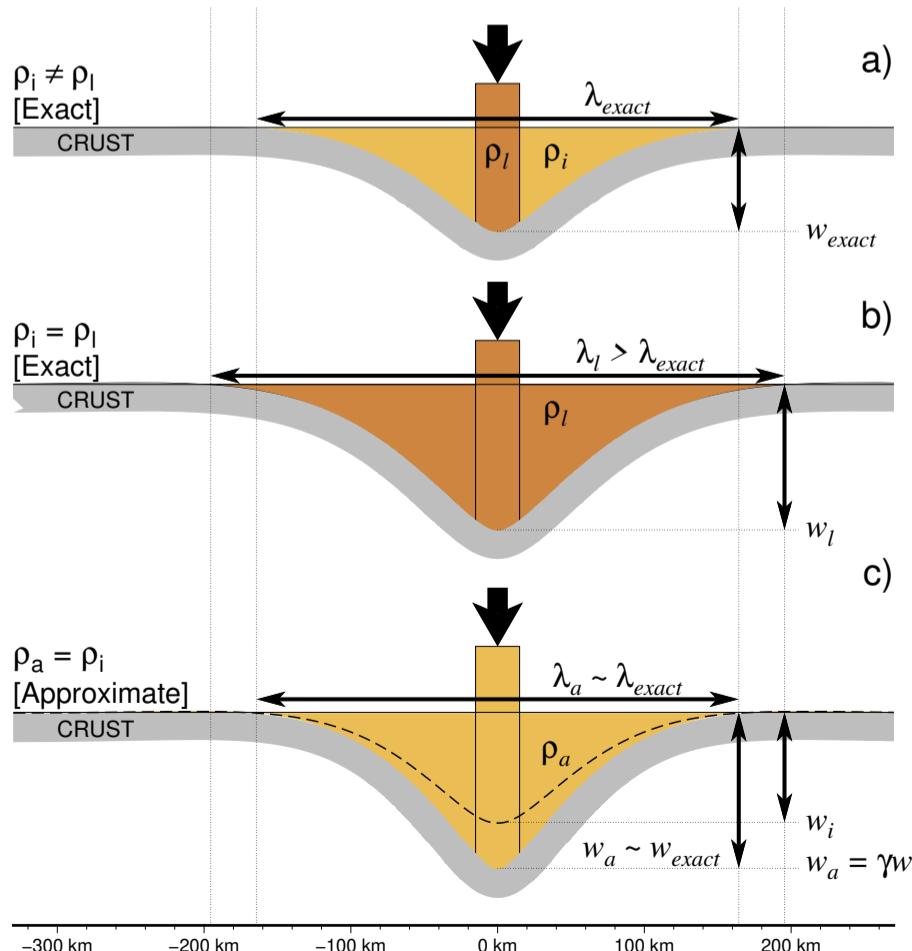
### 填充物密度

如果  $\rho_i = \rho_l$ ，则  $\gamma = 1$ ，如果填充物的密度随空间变化，则无法使用 FFT 求解。通过使  $\rho_l = \rho_i$  以及下面的公式可以避免这种情况：

$$\gamma = \sqrt{\frac{\rho_m - \rho_i}{\rho_m - \rho_l}}$$

这种近似在除板上负载非常大的情况下表现都很好（Wessel, 2001）。

[Source Code](#)



上图从 Wessel(2016) 中修改得到, (a) 图中护城河中物质的密度 ( $\rho_i$ ) 以及负载的密度 ( $\rho_l$ ) 不同。不幸的是, FFT 解需要一个常数密度差异。(b) 图中使用负载密度作为填充物密度, 这种情况会高估形变的波长 ( $\lambda_l$ ) 以及幅度 ( $w_l$ )。(c) 图中使用填充物密度作为负载密度, 计算结果中形变的波长大致正确, 但低估了七幅度 (虚线)。我们通过对  $w_i$  缩放  $\gamma$  可以得到满意的结果。

### 弹性响应函数

与时间无关的弹性响应函数为

$$\Phi_e(\mathbf{k}) = [1 + \alpha_r^4 + \epsilon_x \alpha_x^2 + \epsilon_y \alpha_y^2 + \epsilon_{xy} \alpha_{xy}^2]^{-1}, \quad \alpha_s = k_s/k$$

其中  $k$  为形变波数,  $\epsilon_s$  为常数,  $N_x, N_y, N_{xy}$  为下标  $s = (x, y, xy)$  的平面应力。

$$k = \left[ \frac{(\rho_m - \rho_i)g}{D} \right]^{\frac{1}{4}}, \quad \epsilon_s = \left[ \frac{N_s}{(\rho_m - \rho_i)g} \right]^{\frac{1}{2}}$$

在常见的情况下,  $N_s$  都是 0, 并且弹性响应函数具有各向同性:

$$\Phi_e(k_r) = [1 + \alpha_r^4]^{-1}$$

### 刚粘性响应函数

刚粘性响应函数  $\Phi(\mathbf{k}, t)$  在给定的波数和时间下缩放形变信息, 并受流变基础参数以及平面应力的影响:

$$\Phi_{fv}(\mathbf{k}, t) = \Phi_e(\mathbf{k}) \left[ 1 - \exp \left\{ -\frac{(\rho_m - \rho_l)\tau(k_r)}{\rho_m \Phi_e(\mathbf{k})} t \right\} \right]$$

如果流变基础为非粘性半空间, 则 *relaxation parameter*  $\tau(k_r) = \infty$  与时间无关, 且  $\Phi_{fv}(\mathbf{k}, t) = \Phi_e(\mathbf{k})$ 。否则:

$$\tau(k_r) = \frac{\rho_m g}{2\eta_m k_r} \beta(k_r)$$

式中,  $\beta(k_r)$  取决于是否在粘性 ( $\beta(k_r) = 1$ ) 半空间上添加一个有效弹性厚度为  $T_a$  粘度为  $\eta_a$  的层 (Cathles, 1975; Nakada, 1986)。如果不存在该层, 则  $\beta(k_r) = 1$ , 否则:

$$\beta(k_r) = \frac{(\theta + \theta^{-1})CS + k_r T_a (\theta - \theta^{-1}) + S^2 + C^2}{2CS\theta + (1 - \theta)k_r^2 T_a^2 + \theta S^2 + C^2}$$

式中

$$\theta = \eta_a / \eta_m, \quad S = \sinh(k_r T_a), \quad C = \cosh(k_r T_a)$$

### Airy 和粘性响应函数

在极限的情况下  $t \rightarrow \infty, \tau \rightarrow 0$ , 即得到一个纯弹性解:

$$W(\mathbf{k}) = A\gamma H(\mathbf{k})\Phi_e(\mathbf{k})$$

否则, 如果该弹性板刚度为 0 (-E0), 则  $\Phi_e(\mathbf{k}) = 1$  且响应函数为纯粘性并是各向同性的:

$$\Phi_v(k_r, t) = \left[ 1 - \exp \left\{ -\frac{(\rho_m - \rho_l)\tau(k_r)}{\rho_m} t \right\} \right]$$

对于  $t \rightarrow \infty$  (或一个非粘性的半空间), 则得到 Airy 均衡  $w(\mathbf{x}) = Ah(\mathbf{x})$ 。

## Maxwell 粘弹性响应函数

对于第四种流变基础, 粘弹性响应函数为 (仅适用于无粘性基础)

$$\Phi_{ve}(\mathbf{k}, t) = 1 - [1 - \Phi_e(\mathbf{k})] \exp \left\{ -\frac{t}{t_m} \Phi_e(\mathbf{k}) \right\}$$

式中  $t_m$  为 Maxwell relaxation time(Watts, 2001)。

## 线性粘弹性响应函数

对于第五种流变基础, 线性粘弹性响应函数为 (仅适用于无粘性基础) (Karner, 1982):

$$\Phi_{gl}(\mathbf{k}, t) = \Phi_f(\mathbf{k}) + [\Phi_i(\mathbf{k}) - \Phi_f(\mathbf{k})] \exp \left\{ -\frac{t}{t_m} \frac{D_i \Phi_i(\mathbf{k})}{D_f \Phi_f(\mathbf{k})} \right\}$$

下标  $i$  和  $f$  分别指起始时间 ( $t = 0$ ) 以及终止时间 ( $t = \infty$ ), 刚度相关的参数为  $D_i, D_f$ , 弹性响应函数为  $\Phi_i, \Phi_f$ 。

## 参考文献

Cathles, L. M., 1975, *The viscosity of the earth's mantle*, Princeton University Press.

Karner, G. D., 1982, Spectral representation of isostatic models, *BMR J. Australian Geology & Geophysics*, 7, 55-62.

Nakada, M., 1986, Holocene sea levels in oceanic islands: Implications for the rheological structure of the Earth's mantle, *Tectonophysics*, 121, 263–276, [https://doi.org/10.1016/0040-1951\(86\)90047-8](https://doi.org/10.1016/0040-1951(86)90047-8).

Watts, A. B., 2001, *Isostasy and Flexure of the Lithosphere*, 458 pp., Cambridge University Press.

Wessel. P., 2001, Global distribution of seamounts inferred from gridded Geosat/ERS-1 altimetry, *J. Geophys. Res.*, 106(B9), 19,431-19,441, <https://doi.org/10.1029/2000JB000083>.

Wessel, P., 2016, Regional–residual separation of bathymetry and revised estimates of Hawaii plume flux, *Geophys. J. Int.*, 204(2), 932-947, <https://doi.org/10.1093/gji/ggv472>.

## 相关模块

[gmtflexure](#), [grdfft](#), [gravfft](#), [grdmath](#), [grdseamount](#)

## 18.100 grdgravmag3d

贡献者

[周茂](#)

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

[grdgravmag3d](#)

简介

使用 Okabe 方法计算一个 (或两个) 网格形成的重力异常

**grdgravmag3d** 可以计算网格中包含的实体形成的重力异常/磁异常。该算法计算速度一般, 但可以计算任意复杂形状造成的异常。

## 语法

```
gmt grdgravmag3d grdfile_top [grdfile_bot] [-Cdensity] [-Ethickness] [-Fxy_file] [-Goutgrid] [-Hargs]
[-Iincrement] [-Lz_obs] [-Q[nn_pad][pad_dist][region]] [-Rregion] [-Sradius] [-V[ilevel]] [-Zlevel[b|t]
] [-fflags] [-x+a/n/-n] [--PAR=value]
```

## 必选选项

**-grdfile\_top** [**-grdfile\_bot**]

输入地形网格文件, 输出结果为重力异常。如果输入 2 个网格文件, 则计算两个地形网格围成的体积的重力异常或者磁异常。

**-C*density***

设置物体密度, 单位为 kg/m<sup>3</sup>。该选项与 **-H** 不能同时使用

**-F*xy\_file***

计算位于 *xy\_file* 文件中的点上的异常值。该选项与 **-G** 选项不能同时使用

**-G*outgrid*[=ID][+d*divisor*][+n*invalid*][+o*offset*|**a**][+s*scale*|**a**][:*driver*[*data\_type*][+c*options*]]**

输出网格名, 计算实体对该网格中点的异常值。各子选项含义见 [网格文件](#)。

## 可选选项

**-E*thickness***

设置层厚度为 *thickness*, 单位为 m, 默认为 500 m

**-H*f\_dec/f\_dip/m\_int/m\_dec/m\_dip***

**-H+m*magfile***

**-Hx|y|z|h|t**

**-H+i|g|r|f|n**

设置计算磁异常的参数(可以使用多次)

*f\_dec/f\_dip* 地磁偏角/倾角

*m\_int/m\_dec/m\_dip* 物体磁强度/偏角/倾角

或者使用网格模式

+m*magfile* 其中 *magfile* 为磁强度文件

以下选行用于计算分量

**x|X|e|E** 计算东西分量

**y|Y|n|N** 计算南北分量

**z|Z** 计算垂直分量

**h|H** 计算水平分量

**t|T|f|F** 计算整个场

如果计算磁异常时, 假定环境磁场不为常数, 则可以使用 IGRF 设置可变的磁倾角和偏角, 即 **-H+i|g|r|f|n**

**-Ixinc[+e|n][/yinc[+e|n]]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- $xinc$  和  $yinc$  为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明  $xinc$  和  $yinc$  不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若  $yinc$  设置为 0, 则表示其与  $xinc$  相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-R** 覆盖相应的值

**-Lz\_obs**

设置观测水平面, 默认为 0, 同时也是计算异常的高度面

**-Q[nn\_pad][pad\_dist][region]**

基于 **-R** 选项扩展计算区域

**-Qnn\_pad** 扩展边缘  $n\_pad * dx[/dy]$  大小的范围,  $n\_pad$  为点数

**-Qpad\_dist** 只在东西方向分别扩展  $pad\_dist$  大小的范围,  $pad\_dist$  为距离

**-Qregion** 与 **-R** 选项语法相同

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (more ...)**

指定数据范围

**-Sradius**

以 km 为单位设置搜索半径, 仅在两网格模式或者 **-E** 时有效, 默认为 30 km。该选项通过不计算与当前节点距离大于  $radius$  的棱柱的影响来加快计算速度, 但会导致结果不准确。

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-Zlevel[b|t]**

设置参考平面, 默认  $level = 0$ 。计算时将使用该参考面与地形网格构成的区域形成的异常。参考面在水平方向穿过地形网格时, 使用 **-Zb** 或 **Zt** 将分别计算参考面与地形网格构成的区域的下部或者上部形成的异常。

**-f[i|o]colinfo (more ...)**

指定输入或输出列的数据类型

**-x[-]n (more ...)**

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR**=*value*临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 网格距离单位

如果输入的笛卡尔网格的水平方向距离的单位不是米，通过对输入文件名 **+u***unit* 来将指定的单位转换为米。例如：对输入文件 **+uk** 将会把输入网格的 x 和 y 坐标的单位从 km 转换为 m。如果输入网格为地理网格，可以通过 **-f**[flags](#) 将单位转换为米

## 示例

计算桑迪岛及其附近海山造成的重力异常

```
gmt grdgravmag3d sandy_bat.grd -C1700 -Z-4300 -fg -I1m -Gsandy_okb.grd -V
```

假定某区域磁场强度为 **mag.grd** 文件中的值，计算 **bat.grd** 地形网格形成的磁场的垂直分量，其中磁场的倾角和偏角由 IGRF 定义，计算过程中使用 4 核加速计算

```
gmt grdgravmag3d bat.grd -E10000 -Gcomp_Z.grd -Hz -H+n -H+mmag.grd -x4 -V -S50
```

## 参考文献

Okabe, M., Analytical expressions for gravity anomalies due to polyhedral bodies and translation into magnetic anomalies, *Geophysics*, 44, (1979), p 730-741.

## 相关模块

[gmtgravmag3d](#), [talwani3d](#), [talwani2d](#)

## 18.101 grdredpol

贡献者

[周茂](#)

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

[grdredpol](#)

简介

计算连续化极 (Continuous Reduction To the Pole, RTP)

**grdredpol** 读取一个磁异常文件并计算化极后的异常。This anomaly is the one that would have been produced if the bodies were magnetized vertically and the anomalies were observed at the geomagnetic pole. 标准的 RTP 程序假定磁化方向和地磁场在整个区域是一致的。这些假设对于小区域来说是合理的，但是大区域不成立。

本模块中的方法是同时在频域和空间域中计算的。这里，将一个大区域分成多个小区域，在小区域中，磁化和

地磁场的变化非常小, 可以认为是恒定的。对于每个小区域, 计算其滤波参数并对单独的点使用一阶泰勒级数来重构。

## 语法

```
gmt grdredpol ingrid [-Grtp_grd] [-Cdec/dip] [-Eiinc_grd] [-Eddec_grd] [-Fm/n] [-Mm|r] [-N] [-Wwin_width] [-V[level]] [-Tyear] [-Zfiltergrd] [-V[level]] [-nflags] [--PAR=value]
```

## 必选选项

*ingrid*[=ID]?varname][+b*band*][+d*divisor*][+n*invalid*][+o*offset*][+sscale]

输入磁异常网格名。各子选项含义见 [网格文件](#)

-G*rtp\_grd*

RTP 结果网格文件名

## 可选选项

-C*dec/dip*

使用恒定的偏角和倾角

-E*iinc\_grd* -E*ddec\_grd*

从 *iinc\_grd* 和 *ddec\_grd* 中获取磁化倾角和偏角, 默认使用 IGRF 计算。注: 这两个网格不需要与输入的磁异常一致, 范围和分辨率都可以不同。

-F*m/n*

滤波窗口大小, *m* 和 *n* 分别为行和列, 默认为 25/25

-M*m|r*

设置边界条件, *m|r* 分别表示镜像对称或者以边缘对称

-N

不使用泰勒展开

-R*west/east/south/north*

设置输入点的区域, 默认与输入相同

-T*year*

IGRF 程序用于计算每个点的偏角和请教的年份, 默认为 2000 年

-W*width*

滑动窗口的大小, 单位为度, 默认为 5 度

-Z*filter\_grd*

输出滤波文件

-V*[level]* (*more* ...)

设置 verbose 等级 [w]

-n[b|c|l|n][+a][+b*BC*][+c][+t*threshold*] (*more* ...)

设置网格文件的插值方式

## 示例

假定磁异常文件 `anom.grd` 化极到 2010 历元, `dec.grd` 和 `dip.grd` 分别为磁偏角和磁倾角文件, 使用 2 度划分整个区域, 并用 45 个系数的滤波器计算 RTP

```
gmt grdredpol anom.grd -Grtp.grd -W2 -F45/45 -T2010 -Edec.grd/dip.grd -V
```

计算相同的 RTP, 但磁场和磁化向量是平行的, 并使用 IGRF 计算

```
gmt grdredpol anom.grd -Grtp.grd -W2 -F45/45 -T2010 -V
```

## 参考文献

Luis, J.L. and Miranda, J.M., 2008, Reevaluation of magnetic chronos in the North Atlantic between 35N and 47N: Implications for the formation of the Azores Triple Junction and associated plateau. *JGR*, VOL. 113, B10105, doi:10.1029/2007JB005573

## 18.102 grdseamount

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

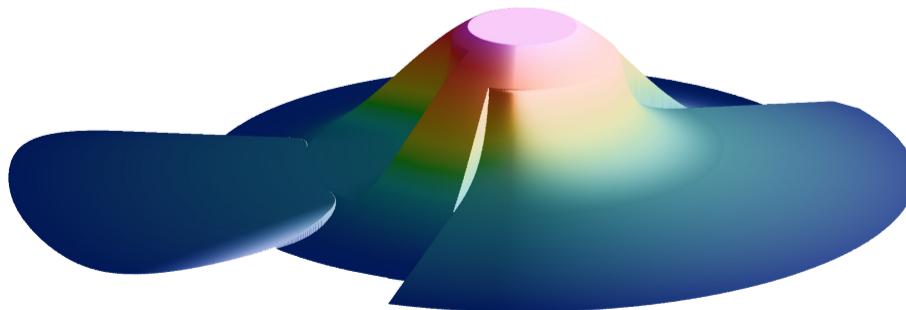
[grdseamount](#)

简介

创建合成海山(包括高斯、抛物线、多项式、圆锥、圆盘形状的圆形或椭圆型海山)

**grdseamount** 使用给定的地形单元参数生成多种合成海山。输入数据中包括每个海山的位置和大小, 即 *lon*, *lat*, *radius*, *height*。对于椭圆形的海山 (-E), 则包括 *lon*, *lat*, *azimuth*, *semi-major*, *semi-minor*, *height*。如果使用 -F 选项以生成平顶海山, 但后面没有 *flattening* 参数, 则输入数据的最后一列为 *flattening* 参数。对于随时间变化的地形单元, 可以使用 -T 选项, 这样输入数据的最后两列为海山的开始和停止时间。这种情况下, 可以输出海山最终的累积形状, 也可以输出其中每个时间点的形状或变化 (-Q)。如果海山存在滑坡 (-S), 则输入数据中最后一列或者几列为滑坡参数。

[Source Code](#)



多项式平顶海山, 其侧面存在两个滑坡。用户可以为海山的形成过程指定一个时间跨度, 并为单独的滑坡指定时间跨度。

## 语法

```
gmt grdseamount [ table ] -Goutgrid -Iincrement -Rregion [ -A[out/in][+sscale] ] [ -C[c|d|g|o|p] ] [ -Dunit ] [ -E ] [ -F[flattening] ] [ -HH/rho_l/rho_h[+ddensify][+ppower] ] [ -K[densitymodel] ] [ -L[hn] ] [ -M[list] ] [ -Nnorm ] [ -Qbmode[/fmode][+d] ] [ -S[+a[az1/az2]][+b[beta]][+d[hc]][+h[h1/h2]][+p[power]][+t[t0/t1]][+u[u0]][+v[phi]] ] [ -Tt0[/t1/dt][+l] ] [ -Zlevel ] [ -V[level] ] [ -Wavedensity ] [ -bibinary ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -iflags ] [ -rreg ] [ --PAR=value ]
```

### 必选选项 (如果不给定 -L 选项)

*table*

一个或多个 ASCII 或二进制表数据。若不提供表数据，则会从标准输入中读取。

**-G***outgrid[=ID][+d[+ninvalid][+ooffset|a][+sscale|a][:driver[dataType][+coptions]]]*

输出网格文件名，其中各子选项的含义见 [网格文件](#)。如果使用 **-T** 选项，则需要使用 C 语言的语法指定输出格网序列的名称格式。如果输出文件名中包含%*s* (单位名称) 或%*c* (单位字母)，GMT 将会使用每个网格对应的时间生成文件名，否则会使用年作为时间生成文件名，见[网格文件名模版](#)。

**-Ixinc[+e|n]/yinc[+e|n]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- *xinc* 和 *yinc* 为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标，可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值，使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明 *xinc* 和 *yinc* 不是网格间隔，而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意：

- 若 *yinc* 设置为 0，则表示其与 *xinc* 相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项，则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化，此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* ([more ...](#))

指定数据范围

### 可选选项

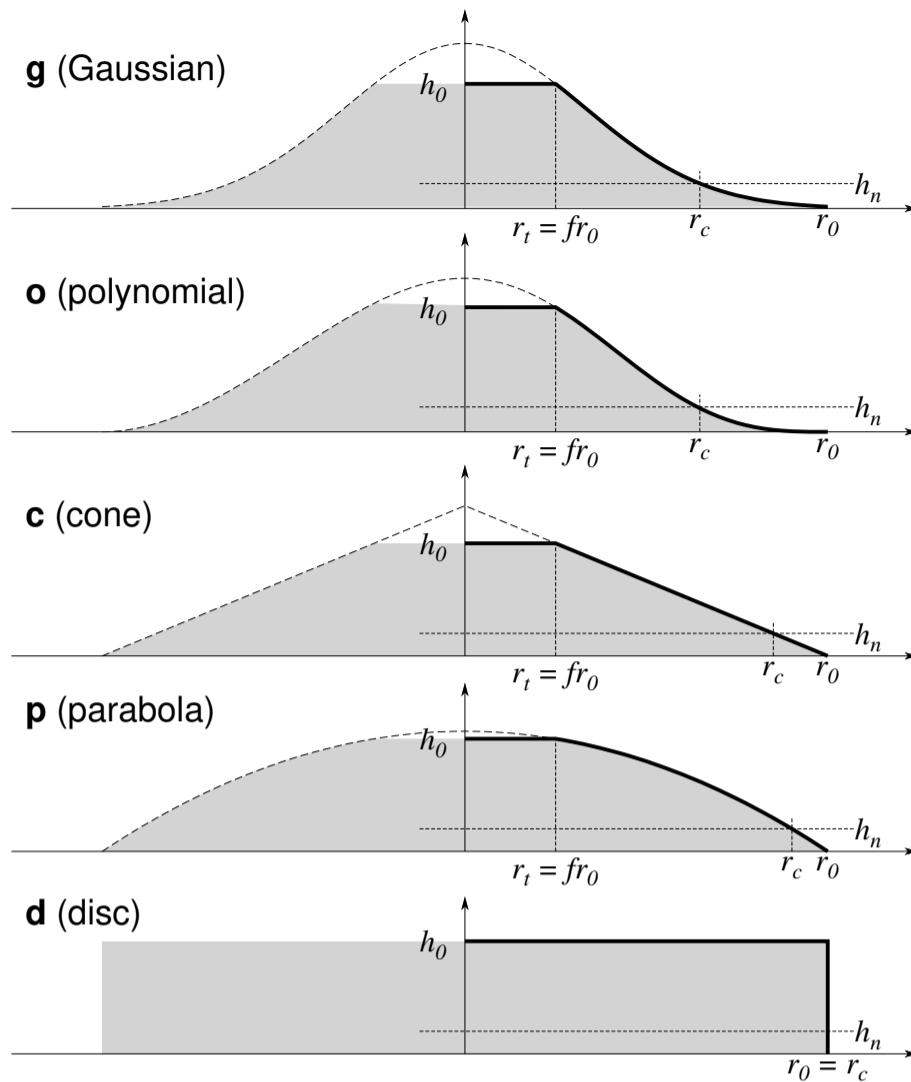
**-A***[out/in][+sscale]*

创建一个 mask 网格以区分海山以及外部，分别用 *out* 和 *in* 表示内部和外部的值 [1/NaN]。海山的高度以及是否平顶不影响本选项，但 **-L**，**-N** 和 **-Z** 选项不能和本选项同时使用。使用 **+s** 缩放海山的半径 [1]。

**-C***[c|d|g|o|p]*

选择海山的形状函数：**c** (圆锥)，**d** (圆盘)，**g** (高斯)，**o** (多项式) 和 **p** (抛物线) [默认为高斯]。除圆盘外，其他所有的海山都可以使用带 *f* 参数的 **-F** 选项来截断变成平顶海山。如果 **-C** 选项没有任何追加的字母，则从输入的最后一列中读取海山形状。如果不使用 **-C** 选项，默认为高斯海山。

[Source Code](#)



在上述所有海山中,  $h_0$  是海山最大高度,  $r_0$  为基底半径,  $h_n$  是相对于 -L [0] 指定的噪声基底的高度,  $f$  是 -F 选项设置的平顶海山相关的参数。平顶部分的半径为  $r_t$ , 对于圆盘形状海山, 不存在该参数。

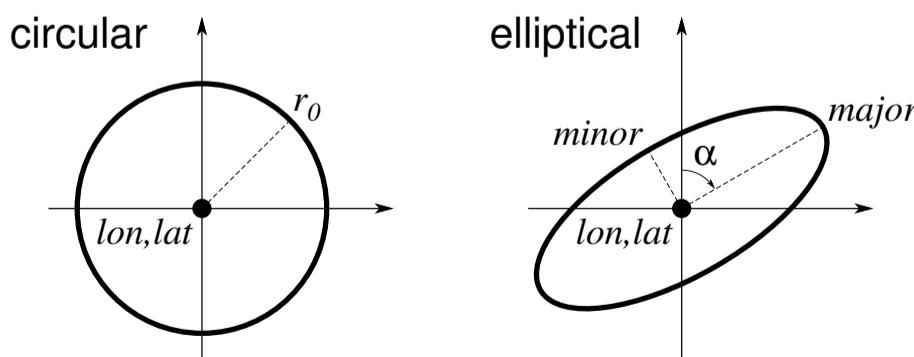
#### -Dunit

设置数据文件中的水平距离的单位。对于地理坐标 (-fflags), 不需要该选项, 在平地球的近似下, 自动转换为 km

#### -E

设置海山的基地为椭圆形形状。如果使用该选项, 则海山数据数据格式应该为:  $lon, lat, azimuth, semi-major, semi-minor, height$  (后面三个单位为 m) [默认底部为圆, 输入数据格式为  $lon, lat, radius, height$ ] 下图中的  $\alpha$  即为  $azimuth$

[Source Code](#)



#### -F[flattening]

该参数将海山截断为平顶海山。 $flattening$  参数的范围从 0[不截断] 到 1, 但不能为 1, 如果不使用该选项,

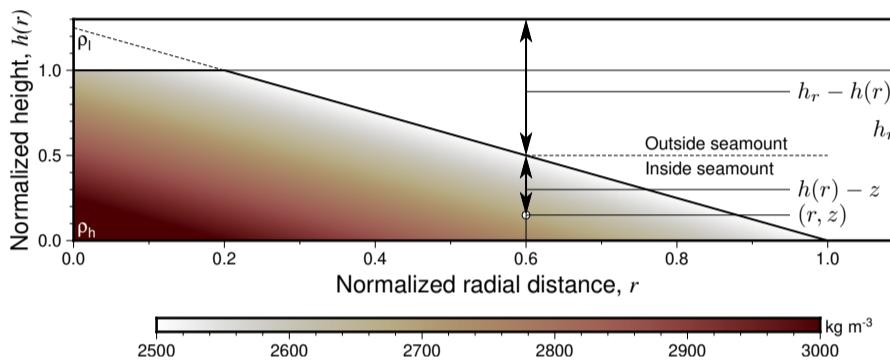
就默认在输入文件的最后一列读取该参数 [ 默认没有截断]。使用 **-Cd** 选项时, 忽略该选项。

#### **-HH/rho\_l/rho\_h[+ddensify][+ppower]**

设置参考海山密度相关的参数, 该参数用于随深度变化的径向(即下图中的  $r$  轴向)密度函数。以  $\text{kg/m}^3$  或  $\text{g/cm}^3$  为单位设置海山的密度, 以  $\text{m}$  为单位设置固定参考高度  $H$  [0]。使用 **+d** 和 **+p** 选项改变水压驱动的侧面密度  $densify$ , 以及可变密度的指数  $power$ , 即下图中的  $\Delta\rho_f$  和  $p$ , 默认  $power$  为 1, 即为线性变化。下图中,  $h(r)$  是海山在  $r$  位置处的高度,  $z(r)$  与  $h(r)$  含义相近, 不过在海山内部。如果海山为平顶海山(见 **-F**),  $h(r)$  仍然为未截断的情况。注: 如果使用 **-W** 选项, 将会报告每个海山的平均密度。径向密度函数的定义为  $\Delta\rho_s = \rho_h - \rho_l$ , 其中  $\rho_h$  即参数中的  $rho\_h$ ,  $\rho_l$  为参数中的  $rho\_l$ , 分别为密度的两个极值 (high 和 low)。 $\Delta\rho_f$  为参数中的  $densify$

$$\rho(r, z) = \rho_l + \Delta\rho_f \left( \frac{H - h(r)}{H} \right) + \Delta\rho_s \left( \frac{h(r) - z(r)}{H} \right)^p$$

Source Code



#### **-Kdensitymodel**

保存参考模型横截面的预测密度文件 *densitymodel*。这里使用归一化的坐标, 即半径  $x$  和高度  $z$  从 0 到 1, 两者的增量都是 0.005, 生成  $201 \times 201$  大小的网格。注: 无需创建海山网格即可使用该选项, 因此, **-R**, **-I**, **-G** 和 **-D** 选项都不是必须的。

#### **-L[hn]**

输出海山的面积, 体积和平均高度。不创建网格。使用 *hn* 参数来指定位于 *hn* 高度下的部分将不被统计以避免底部噪声的影响 [0]

#### **-M[list]**

在使用 **-T** 参数的前提下, 将所有输出网格文件对应的时间和名字输出到 *list* 文件中。不指定 *list* 时, 输出到标准输出。第一列为时间, 单位为年, 最后一列为格式化的时间。使用 **-W** 可同时输出密度网格名。输出的序列将可以作为 *grdflexure* 模块的输入。使用 **-M** 参数后的输出网格文件名为 *time reliefgrid \*[ \*densitygrid ] timetag*

#### **-Nnorm**

标准化海山网格, 使得网格的最大高度等于 *norm*

#### **-Qbmode/fmode[+d]**

只能和 **-T** 选项共同使用。*bmode* 和 *fmode* 用来设置如何处理海山的变化, 默认为 **-Qc/g**。

*bmode* 用来设置海山演化使用累积结果还是增量结果, 即海山的表面:

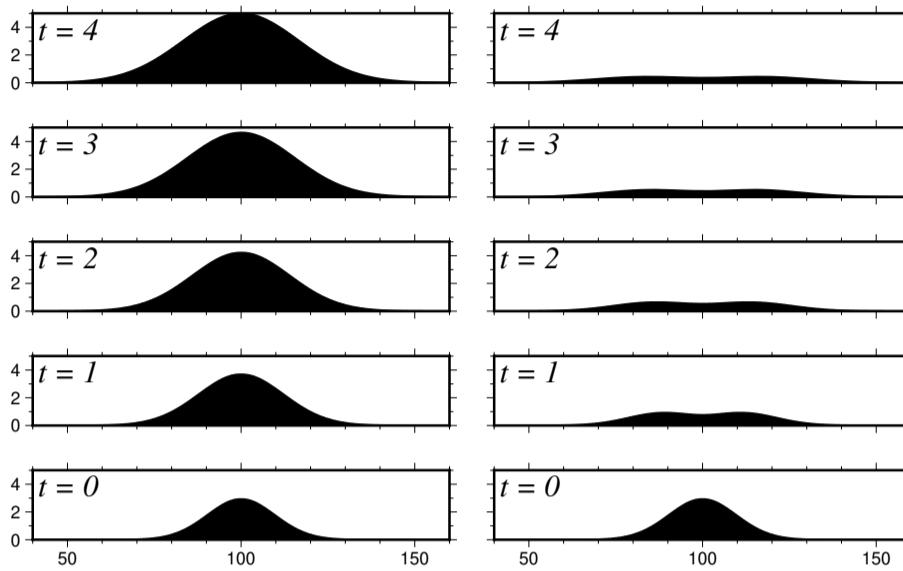
- *c* 表示随时间累积的海山 [默认]
- *i* 表示每个时间段海山演化的增量

*fmode* 用来设置海山的变化率, 即体积变化率:

- $c$  表示常数变化率
- $g$  表示高斯变化率 [默认]

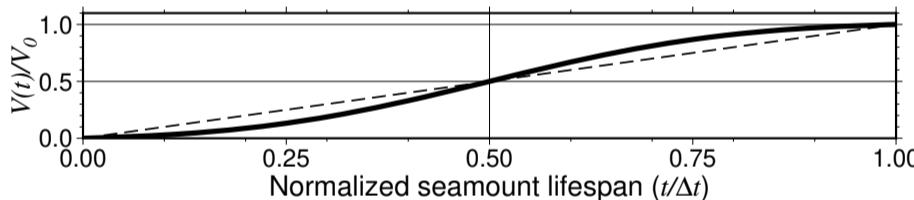
下图中展示了上述几种模式的区别。默认情况下，计算的海山的增量和累积量，使用 **+d** 选项可以将该增量或者累积量以等效圆盘的形式表达。

Source Code



**bmode** 两种情况下的海山图（高斯海山，没有平顶，体积线性变化），横坐标为海山水平方向的尺度，纵坐标为海山的高度，以二维的变化来显示海山的演化。左图为使用 **c** 的情况，表示使用实际地形，也就是随时间累积的地形；右图为使用 **i** 的情况，显示了地形随时间变化的增量

Source Code



**fmode** 的两种情况，横坐标为相对时间，纵坐标为某时刻海山体积与初始海山体积的比值。虚线为设置为 **c** 的情况；粗实线为设置为 **g** 的结果。

**-S[+a[az1/az2]][+b[beta]][+d[hc]][+h[h1/h2]][+p[power]][+t[t0/t1]][+u[u0]][+v[phi]]**

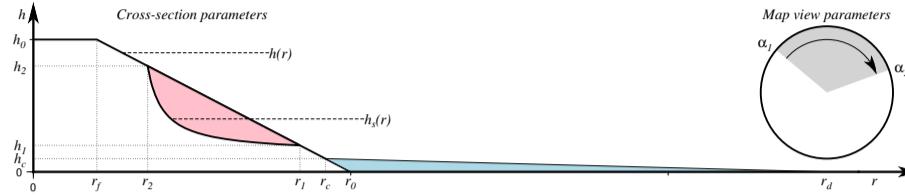
设置参数来控制海山的扇形滑坡，参数适用于所有海山。如果指定了子选项而没有给定参数，则从输入文件的最后几列中读取，其顺序与子选项字母顺序一致，而不是与子选项出现的顺序一致。如果每个海山有多于一个的滑坡，则重复选项或者文件中的参数。子选项含义如下：

- **+a** 设置扇形滑坡中扇形的角度 [0/360]
- **+b** 为标准化的滑坡体积时间曲线  $\psi(\tau) = \tau^\beta$  设置正指数系数  $\beta$ ，默认为线性，即为 1;  $\tau$  的定义见 **+t**
- **+d** 设置滑坡碎片沉积开始的高度，默认为  $h_1/2$
- **+h** 设置滑坡扇形区域的上下高度
- **+p** 激活径向滑坡轮廓的角度变化，通过添加幂指数  $p$  来调节， $p > 2$ 。**注：**对于多个滑坡，可对某些滑坡设置单独的  $p = 0$ ，即关闭角度变化。
- **+t** 通过  $\psi(\tau)$  (见 **+b**) 设置滑坡发展过程的时间跨度，其中， $\tau = (t - t_0)/(t_1 - t_0)$  为归一化的时间，该选项需要 **-T** 选项

- **+u** 设置归一化的径向滑坡形状参数  $u_0 > 0$  [0.2]
- **+v** 设置滑坡的体积相对于整个海山体积的百分比

其中部分参数可结合[滑坡模拟细节](#)理解。

#### Source Code



上图为自适应的近似滑坡几何图，其中使用了 **+d**, **+h** 以及 **+a** 选项。滑坡的体积 (粉红色) 在滑动的过程中将逐渐沉积在浅蓝色部分，沉积物从高度  $h_c$  开始，线性变化到  $r_d$  时变为 0。其中与半径相关的参数都是从海山的高度以及形状中计算得到的。**注:**  $h_2 > h_1$ ;  $r_1 > r_2$

#### **-T** $t0[/t1/dt][+l]$

设置海山演化序列的起始时间, 终止时间和, 时间间隔, 分别为  $t0$ ,  $t1$  和  $dt$ 。对于单个时间, 只给定起始时间。默认时间单位是年, 追加  $k$  表示千年, 追加  $M$  表示百万年。使用 **+l** 选项以及将  $dt$  替换为  $n$  可以设置对数时间轴。或者, 还可以设置一个文件 *file*, 文件中第一列为时间, 其中的时间也追加单位, 不追加时默认使用年。使用 **-T** 选项时, 将对每个时刻的海山都输出一个网格。

#### **-W** *wavedensity*

指定垂直平均密度的网格文件。如果设置了 **-T** 选项, *wavedensity* 必须是具有 C 语言语法的模版名称。如果模版文件名中有%*s* (单位名) 或者%*c* (单位字符), 将使用 **-T** 选项对应的时间的网格文件, 见[网格文件名模版](#)

#### **-Z** *level*

指定背景海深 [0]。由于所有的海山具有向上的地形, 设置较大的负的 *level* 可以将海山放在海洋里。

#### **-V** [*level*] (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

#### **-bi** [*ncols*][*type*][**w**][**+l|b**] (*more ...*)

设置二进制输入数据的格式

#### **-e** [~] “*pattern*” | **-e** [~]/*regexp*/**[i]** (*more ...*)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

#### **-f** *flags*

地理坐标网格的坐标将会使用平地球近似转换为 km

#### **-h** [**i|o**][*n*][**+c**][**+d**][**+msegheader**][**+rremark**][**+ttitle**] (*more ...*)

跳过或生成指定数目的头段记录

#### **-i** *cols*[**+l**][**+sscale**][**+ooffset**][**,...**][**t** [*word*]] (*more ...*)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

#### **-r** [**g|p**] (*more ...*)

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

#### **-:[i|o]** (*more ...*)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息（Windows 下只能使用 -）

**-+ 或 +**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位，以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和[-j 选项](#)。

## 网格文件名模版

网格文件名允许使用一定的规则来定制模版：

- 若将格式化的时间作为文件名的一部分，则使用单个%*s* 作为模版的一部分（例如，smt\_%*s*.grd）
- 若想控制名称中数字的格式，但仍保留时间的单位，则可以使用%*f* 和%*c* 的组合。例如：smt\_%05.1f%*c*.grd 将会生成类似 smt\_001.1M.grd 的文件名。时间将会进行缩放以适应设置的单位
- 如果不想使用任何单位，则只需给丁一个浮点格式的模版，例如：smt\_%05.1f\_name.grd。时间的单位与原单位相同，即不使用缩放。

详细的格式信息，见 C 语言 [printf](#) 语法。

## 滑坡模拟细节

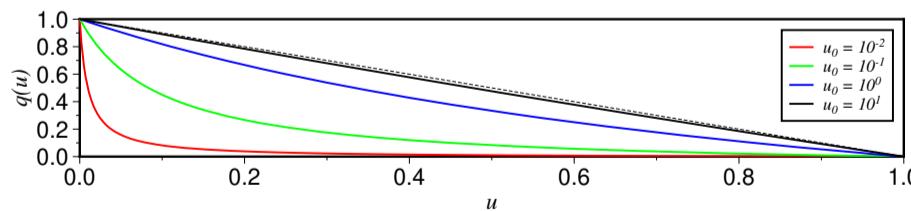
通过 -S 选项来模拟滑坡并不是物理模型，而是通过简单的几个形状和函数来近似滑坡的形状及其演变。下面的(1) 和 (2) 分别为滑坡在剖面和正面两侧的形状，(3) 为滑坡随时间的变化。

(1) 径向滑坡高度为：

$$h_s(r) = h_s(u) = h_1 + (h_2 - h_1)q(u) = h_1 + (h_2 - h_1)u_0 \left( \frac{1 + u_0}{u + u_0} - 1 \right)$$

式中， $u = (r - r_2)/(r_1 - r_2)$  为发生滑坡的破裂面归一化的水平距离。该形状可以通过 +u 子选项调节  $u_0$  改变。

[Source Code](#)



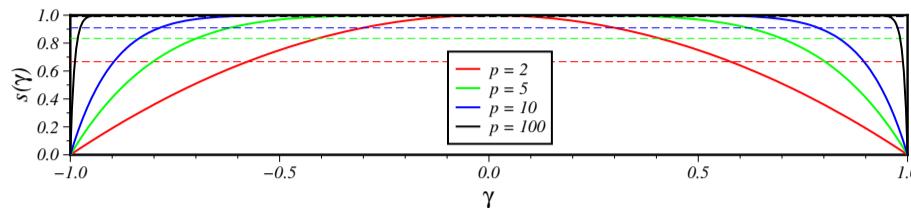
上图为多种归一化的径向滑坡形状剖面曲线  $q(u)$ ，可通过 +u 改变。例如：圆锥形海山的滑坡在上图虚线以下。较小的  $u_0$  将会导致更深入地切入海山。

(2) 默认情况下，径向滑坡轮廓是固定的，不论滑坡位于海山的哪个侧面。但是，可以通过下面的函数添加角度变化

$$s(\alpha) = s(\gamma) = 1 - |\gamma|^p$$

其中,  $\gamma = 2(\alpha - \alpha_1)/(\alpha_2 - \alpha_1) - 1$ ,  $p$  为幂指数, 可通过 **+p** 设置。启用该选项时, 使用  $s(\alpha)$  缩放径向滑坡剖面, 使其在两个扇形位置从 0 开始, 然后在滑坡的扇形区域变速变化, 较大的  $p$  值对应快速增大, 较小的  $p$  对应快速变小。该参数可以使滑坡扇形时更加平滑。

#### Source Code



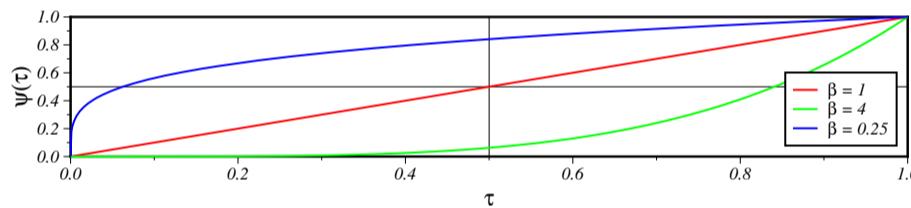
上图为调节 **+p** 参数下的径向滑坡高度的振幅变化。这种变化会导致滑坡体积减少  $1 - \bar{s}$  (虚线)。例如: 当  $p$  为 2 时, 滑坡体积只有原本的 67%。

(3) 滑坡不可能时瞬时发生的, 而是在一段时间内发生的。通过模拟的归一化体积变化为:

$$\psi(t) = \psi(\tau) = \tau^\beta = \left( \frac{t - t_0}{t_1 - t_0} \right)^\beta$$

其中,  $\tau$  为滑坡发生过程时间的归一化。使用该函数可计算给定时间滑坡沉积的部分。**+b** 选项用来设置幂指数  $\beta$ 。

#### Source Code



通过上述函数, 可以控制滑坡随时间演化的速度。线性的曲线意味着在质量在滑动期间以恒定的速度沉积。调整  $\beta$  可以调整质量变化集中的时间,  $\beta < 1$  表示发生在总体时间的早期,  $\beta > 1$  表示发生在整个过程的晚期。

## 注意事项

因为高斯曲线在海山的底部 (3 倍 sigma) 的幅值为最大幅度的 1.11%。这里计算高斯海山时, 计算到 4 倍 sigma, 使得振幅下降到最大幅度的 0.034%, 从而避免在海山底部出现明显的阶梯。

## 示例

创建位于 1 分网格里在 1 W, 2 S 处, 基底半径为 30 km, 高度为 4500 km 的海山:

```
echo 1W 2S 30 4500 | gmt grdseamount -R1:30W/0:30W/2:30S/1:30S -I1m -Ggeo_circ_smt.nc
gmt grdimage geo_circ_smt.nc -B -png circ
```

创建位于 1x1 的笛卡尔网格中的 (200,400) 处的椭圆形海山, 基底长轴为 35, 短轴为 20, 长轴方位角为 29, 高度为 3700 m, 设置参数为 0.15 来获得平顶海山

```
echo 200 400 29 35 20 3700 | gmt grdseamount -R150/250/350/450 -I1 -E -F0.15 -Gcat_ell_smt.nc
gmt grdview cat_ell_smt.nc -B -Qi -I+d -JZ2c -p195/20 -png ell
```

计算两个底部为椭圆型的高斯平顶海山的变化, 演化时间分别为 3 Ma 到 2 Ma 以及 2.8 Ma 到 1.9 Ma, 海山体积变化率为常数; 从 3 Ma 到 1.9 Ma 平均每 0.1 Ma 输出一个网格

```
cat << EOF > t.txt
#lon lat azimuth, semi-major, semi-minor, height tstart tend
0 0 -20 120 60 5000 3.0M 2M
50 80 -40 110 50 4000 2.8M 1.9M
EOF
gmt grdseamount -R-1024/1022/-1122/924 -I2000 -Gsmr_%3.1f_%s.nc t.txt \
-T3M/1.9M/0.1M -Qi/c -Dk -E -FO.2 -Cg -M1.lis
```

`1.lis` 文件中将包含时间, 网格文件名和单位。

除上述示例外, [GMT 官方测试](#) 中还有其他示例, 包括与 `grdflexure` 一起使用的示例。

## 参考文献

Smith, J. R. and Wessel, P., 2000, Isostatic consequences of giant landslides on the Hawaiian Ridge, *Pure Appl. Geophys.*, 157, 1097-1114, <https://doi.org/10.1007/s000240050019>.

## 相关模块

[grdmath](#), [gravfft](#), [gmtflexure](#), [grdflexure](#)

### 18.103 gravprisms

贡献者

[周茂](#)

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

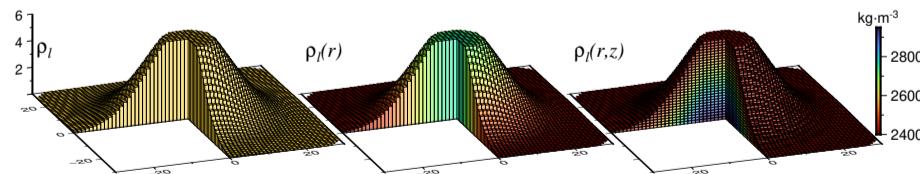
[gravprisms](#)

简介

计算三维垂直棱柱产生的位异常

`gravprisms` 计算矩形棱柱产生的位场。输入文件/标准输入最多包涵 7 列: 前 4 列为  $x$   $y$   $z\_low$   $z\_high$ , 即棱柱中心的  $x$  和  $y$  坐标以及垂直方向的高度; 接下来两列为每个棱柱的增量  $dx$  和  $dy$ , 见 `-E`; 最后一列为棱柱的密度, 如果 `-D` 指定了密度, 则被固定密度覆盖。或者, 也可以使用 `-C` 选项来创建棱柱。如果单个棱柱密度可变 (`-H`), 则每个棱柱被分解为密度恒定, 堆叠的子棱柱, 垂直增量为  $dz$ 。该模块可以计算等距网格上的异常 (通过 `-R` 和 `-I` 选项指定) 或通过 `-N` 指定任意的计算点。可计算的异常包括自由空气重力异常、垂直重力梯度异常或大地水准面异常。

Source Code



上图展示了三种不同密度的海山, 海山都由棱柱构成。左图为常密度 (`-D`); 中图为垂向等密度 (`-D`); 右图为随  $r$  和  $z$  变化的密度 (`-H`)。

## 语法

```
gmt gravprisms [ table ] [ -A ] [ -C[+q][+wfile][+zdz] ] [ -Ddensity ] [ -Edx[/dy] ] [ -Ff|n[lat]|v ] [ -Goutfile ] [ -Hrho_l/rho_h[+ddensify][+ppower] ] [ -Iincrement ] [ -Lbase ] [ -M[h][v] ] [ -Ntrackfile ] [ -Rregion ] [ -Sshapegrid ] [ -Ttop ] [ -V[level] ] [ -Wavedens ] [ -Zlevel|obsgrid ] [ -bobinary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -iflags ] [ -oflags ] [ -rreg ] [ -x[-n] ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

棱柱文件, 格式为  $x\ y\ z\ z\_low\ z\_high\ [dx\ dy]\ [\rho]$ 。其中的可选项可以通过 **-E** 和 **-D** 控制。密度的单位可以是 kg/m<sup>3</sup> 或者 g/cm<sup>3</sup>。如果使用 **-C** 选项, 则无需输入文件。

**-Ixinc[+e|n]/yinc[+e|n]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- $xinc$  和  $yinc$  为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明  $xinc$  和  $yinc$  不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若  $yinc$  设置为 0, 则表示其与  $xinc$  相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]** (*more* ...)

指定数据范围

## 可选选项

**-A**

设置 z 轴向上为正 [默认向下为正]

**-C[+q][+wfile][+zdz]**

与其他选项组合创建棱柱, 1) 与 **-Sheight** 组合创建棱柱; 2) 与 **-Lbase** 和 **-Ttop** 指定的两个面创建棱柱。对于第二种情况, *base* 和 *top* 可以为常数或者网格。对于第一种情况, 则创建从 0 到 *height* 的棱柱。如果使用 **-H** 设置可变密度, 则将每个棱柱分为多个堆叠的具有单独密度的子棱柱, 因此需要为这些子棱柱设置高度增量 *dz*, 第一个和最后一个棱柱可能会对高度进行适当的调节。如果不使用 **-H** 选项, 则只创建统一密度的棱柱, 通过 **-D** 可以使每个棱柱具有不同的密度。**+wfile** 将会将棱柱保存到文件中, 若追加 **+q** 则保存结果后直接退出, 不进行位计算。

**-Ddensity**

设置一个固定的密度差, 可以覆盖输入文件中的密度设置, 单位可以为 kg/m<sup>3</sup> 或者 g/cm<sup>3</sup>。或者可以指定一个网格, 其中网格的每个格点的值为棱柱的密度, 此时, 需要 **-C** 选项, 并必须和 **-S** (或 **-L** 和 **-T**) 提供的网格具有相同的大小和配准方式。

**-Edx[/dy]**

如果输入文件中所有棱柱都具有相同的 x/y 方向的尺度, 则可以在这里设置其增量。在这种情况下, 输

入文件值包含棱柱的中心坐标和高度以及可选的密度。如果 **-E** 选项只给出  $dx$ ，则  $dy = dx$ 。对于地理坐标， $dx$  是经度增量，在数值上保持不变，但实际宽度会随着纬度的增大而减小。

#### **-Ff|n[lat]|v**

指定计算的位异常。

- **f** 自由空气重力异常 [默认]
- **n** 大地水准面, 可指定一个平均纬度, 默认使用网格或者 **-N** 指定的纬度的中值
- **v** 垂直重力梯度

#### **-Goutfile**

输出网格文件名, 计算该网格上的异常, 可设置子选项, 其中子选项的含义见 [网格文件](#)。

#### **-HH/rho\_l/rho\_h[+ddensify][+ppower]**

为海山设置随深度变化的密度。给定低密度和高密度分别为  $\rho_l$  和  $\rho_h$ , 以及固定的参考高度  $H$ 。使用 **+d** 和 **+p** 分别设置水压驱动的侧翼密度的增量 [0] 以及幂指数变化 [1, 线性变化]。该选项需要 **-S** 选项。细节请参考 [grdseamount](#)。

#### **-Lbase**

设置棱柱基底/下界面, 可以为一个网格, 也可以为一个常数 [0]

#### **-M[h][v]**

设置距离单位。**h** 表示水平方向单位为 km [m], **v** 表示垂直方向距离单位为 km [m]。

#### **-Ntrackfile**

指定计算异常所处的测线, 结果输出到标准输出。如果没设置 **-Z** 选项, 则 *trackfile* 必须有 3 列, 最后一列为 *z* 值, 否则使用 **-Z** 设置的恒定的 *z* 值。

#### **-Sheight**

指定完整的海山网格名称, 用于创建棱柱或者 **-H** 所需

#### **-Ttop**

设置棱柱的上界面, 可以为一个网格, 也可以为常数

#### **-Wavedens**

指定由 **-C** 和 **-H** 创建的随空间变化的密度网格名, 作为输出

#### **-Zlevel|obsgrid**

指定观测高度, 可以为常数, 也可以为可变的值, 若为可变的值, 则通过网格给定, 该网格即确定了输出的网格区域

#### **-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

#### **-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

#### **-d[i|o]nodata (more ...)**

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

#### **-e[~] "pattern" | -e[~]/regexp/[i] (more ...)**

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-ocols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-ocols[⋯][,t[word]] (more ...)**

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-r[g|p] (more ...)**

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-x[[-]n] (more ...)**

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

**-:[i|o] (more ...)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和[-j 选项](#)。

## 示例

假定某棱柱构成的高斯海山高度为 6000 m, 底部半径为 30 km, 总共包括 2828 个棱柱, 通过 [plot3d](#) 可绘制该海山

```
gmt plot3d -R-30/30/-30/30/0/7000 -JX12c -JZ3c -Ggray -So1q+b @prisms.txt -B \
-Wfaint -p200/20 -pdf smt
```

计算该海山在给定网格上产生的重力异常, 密度差异设置为 1700 kg/m<sup>3</sup>, 水平距离以 km 为单位, 垂直距离以 m 为单位, 观测高度为 7000 m

```
gmt gravprisms -R-40/40/-40/40 -I1 -Mh -G3dgrav.nc @prisms.txt -D1700 -Ff -Z7000
gmt grdimage 3dgrav.nc -B -pdf 3dgrav
```

计算该海山在 `crossing.txt` 中位置产生的垂直重力梯度异常

```
gmt math -T-30/30/0.1 T O MUL = crossing.txt
gmt gravprisms -Ncrossing.txt -Mh @prisms.txt -D1700 -Fv -Z7000 > vgg_crossing.txt
gmt plot vgg_crossing.txt -R-30/30/-50/400 -i0,3 -W1p -B -pdf vgg_crossing
```

重新计算重力, 但使用棱柱文件中的密度

```
gmt gravprisms -Ncrossing.txt -Mh @prisms.txt -Ff -Z7000 > faa_crossing.txt
gmt plot faa_crossing.txt -R-30/30/0/350 -i0,3 -W1p -B -pdf faa_crossing
```

## 注意事项

垂直棱柱造成的大地水准面的解析表达式 (Nagy et al., 2000) 比较复杂, 包含 48 项。由于各种抵消, 最终结果比重力异常和重力异常垂直梯度更不稳定, 因此, 最终结果的有效数字可能比较少。

## 参考文献

Grant, F. S. and West, G. F., 1965, *Interpretation Theory in Applied Geophysics*, 583 pp., McGraw-Hill.

Kim, S.-S., and P. Wessel, 2016, New analytic solutions for modeling vertical gravity gradient anomalies, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 17, <https://doi.org/10.1002/2016GC006263>.

Nagy D., Papp G., Benedek J., 2000, The gravitational potential and its derivatives for the prism, *J. Geod.*, 74, 552–560, <https://doi.org/10.1007/s001900000116>.

## 相关模块

[grdmath](#), [gravfft](#), [grdseamount](#), [gmtgravmag3d](#), [grdgravmag3d](#), [talwani3d](#), [talwani2d](#)

## 18.104 talwani2d

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

[talwani2d](#)

简介

使用 Talwani 方法计算二维实体形成的位异常

**talwani2d** 读取一个多段表文件 (或标准输入)。该文件包含一个或多个二维实体的横截面, 横截面为多边形。每段的头部信息中必须包含密度参数: *density*, 为该实体的密度 (单个实体的密度可以被 **-D** 选项设置的密度常数覆盖)。GMT 可通过设置 **-T** 计算位于某等距格网的异常, 或者使用 **-N** 计算点上的异常值。计算的异常可包括, 自由空气重力异常, 垂直重力梯度异常或者大地水准面异常。同时可以使用选项控制轴的单位和方向。

## 语法

```
gmt talwani2d [ table ] [ -A ] [ -Ddensity ] [ -Ff|n[lat]|v ] [ -M[h][v] ] [ -Ntrackfile ] [ -Tmin/max/inc[+i|n]|file|list ] [ -Zlevel[ymin/ymax] ] [ -V[level] ] [ -bi[binary] ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -h[headers] ] [ -iflags ] [ -oflags ] [ -x[[-]n] ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

一个或者多个 ASCII 文件, 用来描述一个或者多个实体的横截面多边形。如果多边形没有闭合, GMT 将自动闭合并删除重复的多边形顶点。每段的头部信息中必须包含密度参数, 单位为 kg/m<sup>3</sup> 或 g/cm<sup>3</sup>, 见 **-D** 选项。如果不指定文件, 就从标准输入中读取数据。

## 可选选项

**-A**

设置 *z* 轴向上为正方向 [默认朝下为正]

**-D***density*

设置一个固定的相对密度 *density*, 该设置将覆盖文件中的密度设置, 单位为 kg/m<sup>3</sup> 或 g/cm<sup>3</sup>

**-Ff|n[lat]|v**

指定要计算哪种异常。

- **f** 自由空气重力异常 [默认]
- **n** 大地水准面异常, 可以在后面追加平均纬度 *lat* 以计算正常重力, 默认为 45
- **v** 垂直梯度重力异常

**-M[h][v]**

设置距离单位。**h** 表明水平距离单位为 km [m]。**z** 表明垂直距离单位为 km [m]

**-Ntrackfile**

设置计算异常值的点的位置。当使用该选项时, 禁用 **-T** 选项。计算结果将输出到标准输出。

**-Tmin/max/inc[+i|n]|file|list**

指定一个等距的网格, 在该网格计算异常值。见[生成一维数组](#)

**-V[level]** (*more* ...)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-Zlevel[ymin/ymax]**

设置水准面常数 *level*, 默认为 0。对于重力异常 **-Ff**, 可以追加 2.5 维实体的限制范围。

**-bi[ncols][type][w][+l|b]** (*more* ...)

设置二进制输入数据的格式

**-dnodata[i|o][nodata]** (*more* ...)

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

**-eregexp** “*pattern*” | **-e**[~]/*regexp/[i]* (*more* ...)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (more ...)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-ocols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]] (more ...)**

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-ocols[⋯][,t[word]] (more ...)**

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-x[[-]n] (more ...)**

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

**-:[i|o] (more ...)**

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和[-j 选项](#)。

## 生成一维数组

下面将展示如何使用 [gmtmath](#) 生成一维数组 (其中大部分操作也可通过 linux 中的 seq 命令方便地实现)

### 不使用任何子选项

以 0.1 为步长, 生成 3.1 到 4.2 等等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.1/4.2/0.1 T =
3.1
3.2
...
4.2
```

### +a 选项

该选项不对生成的数列进行运算操作, 而是将该数列以列的形式追加到输出表数据, 类似 linux 中的 paste 命令。

### +b 选项

以 3 和 20 分别为起点和终点, 创建一个 2 的整数幂的列表, 将生成的整数幂以 1 为步长取值 -T3/20/1+b

```
gmt math -o0 -T3/20/1+b T =
4
8
16
```

## +l 选项

以 7 和 135 分别为起点和终点, 先创建一个 10 的整数幂的列表, 当  $inc$  为 1 时, 输出该列表; 当  $inc$  为 2 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2, 5 倍值(不包括超出原始数据范围的部分); 当  $inc$  为 3 时, 同时输出该列表中每个元素的 1, 2,  $\dots$ , 9 倍值(同样不包括超出原始数据范围的部分)。`-T7/135/2+l` 将会生成如下数列

```
gmt math -o0 -T7/135/2+l T =
10
20
50
100
```

$inc$  为负整数时, 将实现如下效果

```
gmt math -o0 -T1e-4/1e4/-2+l T =
0.0001
0.01
1
100
10000
```

## +i 选项

该选项将以 1 作为默认步长, 第三个数字做为每步长中的数字个数  $length$ 。假设需要在 1 分钟内每 24 秒生成一帧

```
gmt math -o0 -T0/60/24+i T =
0
0.0416666666667
0.0833333333333
0.125
0.1666666666667
...
60
```

## +n 选项

生成固定长度的数列。以 3.44 和 7.82 为起点和终点, 生成长度为 5 的等间隔序列

```
gmt math -o0 -T3.44/7.82/5+n T =
3.44
4.535
5.63
6.725
7.82
```

## -T 后直接加文件或逗号分隔的数列

`-T` 后可以直接加文件, 文件中即为要生成的列表; 另外, 可以直接使用逗号分隔, 将列表附加到 `-T` 选项后, 如下为 Fibonacci 数列前 6 项

```
gmt math -o0 -T0,1,1,2,3,5 T =
0
1
1
2
3
5
```

注: 如果数列只包含一个值, 必须在其后加逗号以表明仍是一个数列

## +u 选项

如果文件或者逗号分隔的数列中有重复数字或未排序, 可以使用 **+u** 选项去重并排序。

## +t 选项

生成绝对时间序列。在 *inc* 后分别添加 **y**, **o**, **d**, **h**, **m** 和 **s** 表示时间步长的单位为年, 月, 日, 时, 分, 秒。在其后附加 **+t** 选项, 可以进一步强调生成时间序列, 也可以不加

```
gmt math -oO -T2020-03-01T/2020-03-07T/1d T =
2020-03-01T00:00:00
2020-03-02T00:00:00
2020-03-03T00:00:00
2020-03-04T00:00:00
2020-03-05T00:00:00
2020-03-06T00:00:00
2020-03-07T00:00:00
```

## 生成距离序列

如果输入文件中包含两列以上的数据, 可以使用前两列计算距离, 并生成等距序列。在 *inc* 后分别添加 **d**, **m**, **s**, **e**, **f**, **M**, **n** 和 **u** 表示距离步长的单位为度, 分, 秒, 米, 英尺, 公里, 英里, 海里, 英尺。如果为笛卡尔坐标, 使用 **c** 作为距离步长单位。

## +e 选项

如果只给定 *inc* 而从数据中获取最大值和最小值, 则  $(max - min)/inc$  可能不是整数, GMT 会自动对 *inc* 进行一定的调整。如果不调整 *inc*, 则可以使用 **+e** 选项, GMT 会固定最小值, 适当调整最大值。

## 示例

计算 2-D 实体在一个等距剖面形成的重力异常, 其横截面文件为 `body2d.txt`, 相对密度为  $1700 \text{ km/m}^3$  (该相对密度为地壳平均密度和海水密度之差), 所有距离的单位设置为常数:

```
gmt talwani2d -T-200/200/2 body2d.txt -D1700 -Ff > 2dgrav.txt
```

使用同样的实体, 计算其在给定 `crossing.txt` 测线上的垂直重力梯度异常:

```
gmt talwani2d -Ncrossing.txt body2d.txt -D1700 -Fv > vgg_crossing.txt
```

使用同样的实体, 计算大地水准面异常, 平均纬度设置为 60N

```
gmt talwani2d -Ncrossing.txt body2d.txt -D1700 -Fn60 > n_crossing.txt
```

## 注意事项

The 2-D geoid anomaly is a logarithmic potential and thus has no natural reference level. We simply remove the most negative (if density contrast is positive) or positive (if density contrast is negative) computed value from all values, rendering the entire anomaly positive (or negative). You can use `gmtmath` to change the zero level to suit your needs

## 参考文献

Rasmussen, R., and L. B. Pedersen (1979), End corrections in potential field modeling, *Geophys. Prospect.*, 27, 749-760.

Chapman, M. E., 1979, Techniques for interpretation of geoid anomalies, *J. Geophys. Res.*, 84(B8), 3793-3801.

Kim, S.-S., and P. Wessel, 2016, New analytic solutions for modeling vertical gravity gradient anomalies, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 17, <http://doi.org/10.1002/2016GC006263>.

Talwani, M., J. L. Worzel, and M. Landisman, 1959, Rapid gravity computations for two-dimensional bodies with application to the Mendocino submarine fracture zone, *J. Geophys. Res.*, 64, 49-59.

## 相关模块

[talwani3d](#), [gravfft](#), [gmtgravmag3d](#), [grdgravmag3d](#)

## 18.105 talwani3d

贡献者

周茂

最近更新日期

2022-06-21

官方文档

[talwani3d](#)

简介

使用 Talwani 方法计算三维实体形成的位异常

**talwani3d** 读取一个多段表文件 (或标准输入)。该文件包含一个三维实体在不同的高度 *z-level* 下的轮廓, 每段均代表一个轮廓。每段的头部信息必须包括高度 *z-level* 和该高度处的密度 *desity* 这两个参数。(密度可以被 **-D** 选项设置的密度常数覆盖)。可通过设置 **-R** 和 **-I** 确定网格, 计算位于该格网的异常, 或者使用 **-N** 计算点上的异常值。计算的异常可包括, 自由空气重力异常, 垂直重力梯度异常或者大地水准面异常。同时可以使用选项控制轴的单位和方向。

## 语法

```
gmt talwani3d [ table ] [ -A ] [ -D density ] [ -Ff|n[lat]|v ] [ -G outfile ] [ -I increment ] [ -M[h][v] ] [ -N trackfile ] [ -R region ] [ -Z level|obsgrid ] [ -V[level] ] [ -bo binary ] [ -dnodata[+ccol] ] [ -eregexp ] [ -fflags ] [ -fflags ] [ -iflags ] [ -oflags ] [ -rreg ] [ -x[-]n ] ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*table*

该输入文件用来描述三维实体的水平横截面轮廓。如果多边形没有闭合, GMT 将自动闭合并删除重复的多边形顶点。每段的头部信息中必须包含高度 (海洋中为深度) 和相对密度参数, 单位为 kg/m<sup>3</sup> 或 g/cm<sup>3</sup>, 见 **-D** 选项。如果不指定文件, 就从标准输入中读取数据。

**-Ixinc[+e|n]/yinc[+e|n]**

指定 X 和 Y 方向的网格间隔

- $xinc$  和  $yinc$  为 X 和 Y 方向的网格间隔。对于地理坐标, 可以指定网格间隔单位 [默认单位为度]
- **+e** 微调 X 和 Y 方向范围的最大值, 使得其是网格间隔的整数倍 (默认会微调网格间隔以适应给定的数据范围)
- **+n** 表明  $xinc$  和  $yinc$  不是网格间隔, 而是 X 和 Y 方向的节点数。此时会根据节点数、网格区域范围以及网格配准方式重新计算网格间隔。

注意:

- 若  $yinc$  设置为 0, 则表示其与  $xinc$  相同
- 若使用 **-Rgrdfile** 选项, 则网格间隔和配准方式已经根据网格文件自动初始化, 此时依然可以使用 **-I** 和 **-r** 覆盖相应的值

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (more ...)**

指定数据范围

## 可选选项

**-A**

设置  $z$  轴向上为正方向 [默认朝下为正]

**-Ddensity**

设置一个固定的相对密度  $density$ , 该设置将覆盖文件中的密度设置, 单位为  $\text{kg}/\text{m}^3$  或  $\text{g}/\text{cm}^3$

**-Ff|n[lat]|v**

指定要计算哪种异常。

- **f** 自由空气重力异常 [默认]
- **n** 大地水准面异常, 可以在后面追加平均纬度  $lat$  以计算正常重力, 默认正常重力为格网最中央位置 (如果使用了 **-N** 为测线的中间)
- **v** 垂直梯度重力异常

**-Goutfile**

输出文件名。如果要计算的位置为一个网格, 则该选项为必选选项,  $outfile$  为输出网格文件名。如果已经设置了 **-N**, 即计算测线处的异常, 则可以使用 **-G** 指定输出文件也可以输出到标准输出

**-M[h][v]**

设置距离单位。**h** 表明水平距离单位为 km [m]。**z** 表明垂直距离单位为 km [m]

**-Ntrackfile**

设置计算异常值的点的位置。如果输入文件中包含 3 列, 就把最后一列作为观测高度, 该高度可以被 **-Z** 选项覆盖

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

**-Zlevel|obsgrid**

设置观测水准面常数  $level$ , 默认为 0。可以设置为常数  $level$  或者网格  $obsgrid$ , 其中的每个值均为单独的  $level$ 。如果设置为网格, 输出结果也对应设置的网格。

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-d[i|o]nodata** (*more ...*)

将输入数据中等于 *nodata* 的记录替换为 NaN, 或将输出数据中值为 NaN 的记录替换为 *nodata*

**-e[~] “pattern” | -e[~]/regexp/[i]** (*more ...*)

筛选或剔除匹配指定模式的数据记录

**-f[i|o]colinfo** (*more ...*)

指定输入或输出列的数据类型

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle]** (*more ...*)

跳过或生成指定数目的头段记录

**-ocols[+l][+sscale][+ooffset][,⋯][,t[word]]** (*more ...*)

设置输入数据列及简单变换 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-ocols[⋯][,t[word]]** (*more ...*)

设置输出数据列 (0 表示第一列, t 表示文本列)

**-r[g|p]** (*more ...*)

设置网格配置方式 [默认为网格线配准]

**-x[[-]n]** (*more ...*)

限制多核算法中能使用的核数 (需要 GMT 开启 OpenMP 支持)

**-:[i|o]** (*more ...*)

交换输入或输出中的第一和第二列

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和 [-j 选项](#)。

## 示例

计算某个三维实体 (已形成高度轮廓文件 body3d.txt) 在网格上的自动空气重力异常, 相对密度设置为 1700 kg/m<sup>3</sup>, 水平距离的单位为 km, 垂直距离单位为 m

```
gmt talwani3d -R-200/200/-200/200 -I2 -Mh -G3dgrav.nc body3d.txt -D1700 -Ff
```

另外, 计算该实体在测线:crossing.txt: 上形成的垂直重力梯度异常

```
gmt talwani3d -Ncrossing.txt -Mh body3d.txt -D1700 -Fv > vgg_crossing.txt
```

最后, 计算该实体在该测线位置造成的大地水准面异常 (平均纬度为 30S), 输出结果到 n\_crossing.txt

```
gmt talwani3d -Ncrossing.txt -Mh body3d.txt -D1700 -Fn-30 -Gn_crossing.txt
```

## 参考文献

Kim, S.-S., and P. Wessel, 2016, New analytic solutions for modeling vertical gravity gradient anomalies, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 17, <http://doi.org/10.1002/2016GC006263>.

Talwani, M., and M. Ewing, 1960, Rapid computation of gravitational attraction of three-dimensional bodies of arbitrary shape, *Geophysics*, 25, 203-225.

## 相关模块

[talwani2d](#), [grdmath](#), [gravfft](#), [gmtgravmag3d](#), [grdgravmag3d](#)

## 18.106 mgd77manage

这里首先介绍 mgd77 整个包:

### mgd77 模块

本模块主要用来管理和处理美国 NGDC (National Geophysical Data Center, 现为 National Centers for Environmental Information, NCEI) 机构下的海洋地球物理数据。在不同的时期, 针对上述数据, NCEI 开发了多种数据格式, MGD77 格式为 1977 年针对沿测线重力, 磁, 测深以及地震等观测开发的格式, 目前已经成为国际数据交换的标准, 并在某个版本中加入了制表符分隔的 MGD77T 格式。目前 **mgd77** 主要包括下面 9 个命令:

- [mgd77manage](#) 管理 MGD77+ 文件
- [mgd77convert](#) 将 MGD77 数据转换为其他格式
- [mgd77header](#) 从 A77 文件创建 MGD77 头部信息
- [mgd77info](#) 提取 MGD77 文件信息
- [mgd77list](#) 提取 MGD77 文件中的数据
- [mgd77magref](#) 计算 IGRF 或 CM4 磁场模型
- [mgd77path](#) 返回 MGD77 测线路径
- [mgd77sniffer](#) MGD77 测线沿轨质量控制
- [mgd77track](#) 绘制 MGD77 测线轨迹

下面将做整体介绍:

### 1. 前言

mgd77 模块的主要功能为

- 改进原本的 mgg 工具集有限的功能
- 实现对数据文件增加新的数据列
- 添加新的格式, 即 NetCDF 格式, 称为 MGD77+ 或 MGD77+ NetCDF 格式

下面介绍维护文件需要的信息和步骤。

### 2. 介绍

**数据位置:** \$MGD77\_HOME 环境变量为 mgd77 模块的主要目录, 其中包含一个名为 mgd77\_paths.txt 的文件, 文件内容为不同的路径, 这些路径即为 mgd77 数据文件的位置。如果未设置该环境变量, 则默认为设置为 \$GMT\_SHAREDIR/mgd77。

### 3. 转换

使用 [\*mgd77convert\*](#) 可以将 MGD77 文本文件 (.mgd77) 转换为 MGD77+ NetCDF 格式 (.nc)。使用下面的命令可以实现批量转换

```
mgd77convert -cruises.lis -Fa -Tc -V -Lwe+1 > log.txt
```

cruises.lis 文件中包含了所有需要转换的文件名。新生成的 nc 文件也可以放在一个或者多个单独的文件夹中，将其路径列在 mgd77\_paths.txt 文件中。建议将 \*.nc 文件夹的路径放在 \*.mgd77 路径之前。使用 -I 选项可以选择特定后缀的文件。

### 4. 添加新列

[\*mgd77manage\*](#) 允许用户添加新数据列到 nc 文件中，包括文本字符串，或从其他网格模型沿轨采样的点等。最大支持 32 个新数据列。数据提取工具，例如 [\*mgd77list\*](#) 可用于提取数据列以及用户添加的新列。

### 5. 误差源

在讨论改正 MGD77 数据的误差前，这里首先分析各种观测误差：

1. 头部信息中某些字段不符合 MGD77 规范或缺少该字段时，将会导致错误。[\*mgd77convert\*](#) 在使用较高级别的 -V 选项会提示这些错误。这些错误通常不会影响数据。
2. 尽管遵循 MGD77 规范，但当特定的数据列编码不正确时，会导致系统误差。通常情况下会导致一个固定常数缩放因子，比如，10 或者 0.1，在将 fathom 转换为 m 时甚至可能出现 1.8288 的因子。
3. 当记录数据或者处理数据时，由于沿轨的纬度、航向或者其他和时间相关的因素可能会导致未知的系统误差。这种误差有时可以通过后期的数据分析解决，例如沿轨和跨轨的检查，通过数据分析可生成改正项，并应用到数据中改正这些误差的影响。但这些改正项在新出现观测数据后可能会变化，因此是一种短时间的改正，需要随着数据的加入不断更新。
4. 单个数据或者数据序列可能会超出数据实际范围或者其他方面突破某种限制，这种数据是不符合实际的。此外，即使在实际范围内，也存在连续数据突变的情况，这同样是不符合实际的。因此，可以对每个数据点生成一个 GOOD 或者 BAD 的标志来标记这些数据。

对于上述误差，目前的策略为，第 1, 2 和 4 种误差将通过在 \*.nc 文件中在元数据提供信息来改正，第 3 种误差的改正则单独保存在改正表中，因为这些改正通常是不断变化的。

### 6. 误差定位

[\*mgd77sniffer\*](#) 可用来对原始的 MGD77 ASCII 文件进行彻底的沿轨完整性检查，并生成对应的 \*.e77 错误日志。所有发现的问题都会记录在错误日志中，如果需要，还会给出建议的改正项。后续专业人员可以验证这些改正项是否有效。编辑其中的错误并修正改正项，并通过相关的代码 key 值激活（请见 [\*mgd77sniffer\*](#)）。[\*mgd77manage\*](#) 可以读取这些错误日志，根据日志中的建议修正错误的头部记录，在读取某些列的时候应用改正项。如果用户在后续发现其他问题，请重新运行这一步骤，因为所有的 E77 设置或标志都是根据最新的 E77 文件重新创建的。

### 7. 误差改正

数据提取命令 [\*mgd77list\*](#) 允许在数据提取时应用改正。过程为首先剔除带有 BAD 标志的数据，然后应用系统误差改正项，最后，如果制定了改正表，应用这种暂时的改正。所有这些步骤都需要头部数据，并且可以被用户调整。此外，用户可以添加自己的标志作为单独的数据列，使用 [\*mgd77list\*](#) 的逻辑测试来确定输出哪些数据。

下面将介绍 [mgd77manage](#) 命令, 其他命令见对应文档。

## mgd77manage

官方文档

[mgd77manage](#)

简介

管理 MGD77+ 文件

**mgd77manage** 用来处理在 MGD77+ NetCDF 文件中的自定义列。用户可以删除列, 增加列, 更新已经存在的列, 或使用 e77 文件进行误差改正。新数据可以来自 ASCII 表文件, 或基于现有的列和理论表达式, 或对网格进行沿轨采样得到。新数据将以自定义数据列的形式追加到 MGD77+ 文件中具体见[mgd77 模块](#)。

## 语法

```
gmt mgd77manage GEODAS-ids [ -Aa|c|d|D|e|E|g|i|n|t|Tfileinfo[+f] ] [ -Dabbrev1,abbrev2,... ] [ -Empty ]
[ -F ] [ -Iabbrev/name/unit/c/scale/offset/comment ] [ -Nunit ] [ -Rregion ] [ -V[level] ] [ -bibinary ]
-dinodata[+ccol] ] [ -jflags ] [ -nflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*NGDC-ids*

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见[mgd77info -L](#)
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜索顺序为:

- MGD77+ (“.nc”)
- MGD77T (“.m77t”)
- MGD77 (“.mgd77”)
- 普通文本文件 (“.dat”)

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **\$MGD77\_HOME**, 则在默认的 **\$GMT\_SHAREDIR/mgd77** 目录查找, 如果设置了 **\$MGD77\_HOME**, 则在其下的 **\$MGD77\_HOME/mgd77\_paths.txt** 文件中保存的路径中查找。

## 可选选项

**-Aa|c|d|D|e|E|g|i|n|t|T** *fileinfo*[+f]

添加新的数据列。如果文件中已经存在相同名称的列，则无法添加。**+f** 选项可以强制覆盖，但是在某些情况下，这种强行覆盖会失败，需要先删除对应的列，然后再添加，出现这种情况时，会警告提示。新增的列时可以使用如下代码，其含义如下：

- **a** 追加包含要添加的列的文件名。文件的行数必须与 MGD77+ 文件中相同。如果不指定文件名，则从标准输入中读取。
- **c** 从现有的数据或者公式创建新列，用于改正或者作为参考场。其后可以再接一个字符，字符的含义如下：
  - **c** 从未改正的测深中减去 Carter 改正
  - **g** IGF 重力参考场（也称为“正常重力”）；使用头部信息中的代码确定计算的公式，如果未设置或者无效，则默认使用 IGF1980；代码含义如下：
    - \* 1 Heiskanen 1924
    - \* 2 International 1930
    - \* 3 IGF1967
    - \* 4 IGF1980
  - **m** IGRF 总磁场参考场
  - **r** 重新计算的磁异常  $\text{rmag} = \text{mtfx} - \text{IGRF}$ ，追加 1 或者 2 表示使用的字段
- **d** 指定一个包含两列数据的文件名，第一列为沿轨距离，第二列为数值。如果不指定文件，则从标准输入中读取。MGD77+ 文件中有对应的距离则将被新值取代，在其他距离，设置为 NaN。使用 **-N** 设置距离单位，通过 **-j** 选择距离计算方式。
- **D** 与 **d** 功能类似，但在没有给定距离的点，内插得到其更新值
- **e** 从当前路径或者 \$MGD77\_HOME/E77 路径中寻找 [mgd77sniffer](#) 生成的 *GEODAS\_ID.e77* E77 日志，使用该日志检查数据并修改头部信息，为某些系统误差提供改正项（例如缩放尺度和偏移量），指定某个异常应用观测值中重新计算（例如：从 **mtf1** 和最新的 IGRF 计算 **mag**），并增加或者更新特殊的列标记 **flag**。所有的固定修改项（例如：由于源机构使用了错误的单位，需要对字段进行缩放）将作为属性写入到 NetCDF MGD77+ 文件中，并在 [mgd77list](#) 读取数据时自动应用该缩放值。通过交叉分析确定的临时的校正不保存在数据文件中，而是保存在改正表中（见 [mgd77list](#)）。默认情况下，*e77* 文件中每个头段行的第一个字符（?, Y, N）用来表示是否应该应用响应的改正，其中只有 Y 会被改正。对 **-Ae** 进一步使用子选项可以修改这种行为，**h** 忽略所有的头段信息提供的改正，**f** 忽略所有固定固定校正值，**n**, **v** 和 **s** 将忽略与导航，数据值以及其变化率的标志。使用 **-Ae+f** 将使用新的值替换文件中任何现有的 E77 改正。最后，如果 E77 文件没有被验证，则其改正值将不会被应用。使用 **-AE** 来忽略验证状态。
- **g** 沿着 MGD77+ 文件给出的轨迹，使用双三次插值对 GMT 地理网格进行插值，后面追加 GMT 网格文件名。
- **i** 沿 MGD77+ 文件轨迹使用双三次插值内插 Sandwell/Smith 墨卡托 \*.img 网格。追加 img 网格文件名，一个缩放尺度（通常为 1 或者 0.1），img 文件格式（0-3）以及一个可选的网格最大纬度 [80.738]，用逗号分隔。文件格式模式中：
  - 0 代表 img 文件没有约束代码，返回所有数据
  - 1 代表 img 文件有约束代码，返回所有数据
  - 2 代表 img 文件有约束代码，返回只在约束点的数据，其他地方为 NaN
  - 3 代表 img 文件有约束代码，在约束点返回 1，其他地方为 0
- **n** 追加一个两列表文件名第一列为记录编号，从 0 开始，第二列为数据值，如果不指定文件，则从标

准输入中读取。使用对应的数据替换 MGD77+ 中的数据，其他数据则设置为 NaN。

- **t** 追加一个两列表文件名，第一列为绝对时间，第二列为数据值，如果不指定文件，则从标准输入中读取。MGD77+ 文件中时间与数据中相对应的会被替换，其他数据设置为 NaN。使用大写的 T 选项，将会进行内插。

**-D**abbrev1,abbrev2,...)

给定一个逗号分隔的行缩写列表，从 MGD77+ 文件中删除这些数据。如果要替换数据则不应该使用该选项，而是使用 `-A…+f`。由于不能从 NetCDF 文件中删除变量，所以必须创建一个新的文件，其中不包含被剔除的列。一旦文件被创建，则临时删除旧文件，将新文件命名为旧文件，然后移除旧文件。

### -Empty

指定单独的字符用来替换空字符串值，例如：“9”将会把空字符串替换为“999…”，默认为 9。

-F

强制模式。当激活该模式时，可以强制删除或者替换标准的 MGD77 文件中列。用户需要慎重。

**-I**abbrev/*name/unit/c/scale/offset/comment*

除了文件信息，还可以为新增的列指定属性等信息。可指定所选数据的缩写（16个字符或者更小，仅使用小写字母、数字或下划线），详细描述名声、单位、数据类型（上述以 c 为例，下面会介绍各种数据类型缩写），缩放参数 scale 以及 offset，以及其他说明（小于 128 字符）。

数据类型可选项包括：

- **c** 字符
  - **b** Byte 类型
  - **s** short 整数类型
  - **f** float 浮点数类型
  - **i** int 整数类型
  - **d** double 浮点数类型
  - **t** text 文本类型

如果选择了文本数据类型，则 -A 讨论中的“值”指的是本文数据，插值对于该类型不适用，包含多个单词的值需要加上引号。

-Nunit

指定距离单位(见[距离单位](#)) [默认为 -Nk (km)]。只在 -Ag|i 使用时可用。

**-Rxmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]** ([more ...](#))

指定数据范围

**-V[*level*] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-bi**[*ncols*][*type*][**w**][+l|**b**] (*more ...*)

#### 设置二进制输入数据的格式

**-d**inodata (*more ...*)

将输入数据中值为 *nodata* 的列替换为 NaN

-je|f|g (more ...)

## 设置球面距离的计算方式

**-n[b|c|l|n][+a][+bBC][+c][+tthreshold] (more ...)**

设置网格文件的插值方式

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 距离单位

GMT 支持多种不同的距离单位, 以及三种不同的球面距离计算方式。详情见[单位](#) 和[-j 选项](#)。

## 示例

在 Geosat/ERS-1 得到的 11.2 版本的海洋重力场中内插 01010047.nc 和 01010008.nc , 将内插结果写到文件中, 类型为 2-byte 短整形, 单位为 mGal \* 10

```
gmt mgd77manage 01010047 01010008 -Ai10/1/grav.11.2.img \
-Isatgrav/"Geosat/ERS-1 gravity"/"mGal"/s/10/0/"Sandwell/Smith version 11.2" -V
```

使用一个滤波后的磁观测数据添加到 01010047.nc 作为新的列, 类型为 float, 在对应的时间内插该磁观测数据

```
gmt mgd77manage 01010047 -ATmymag.tm -Ifiltmag/"Intermediate-wavelength \
magnetic residuals"/"nTesla"/f/1/0/"Useful for looking for isochrons" -V
```

从所有的 MGD77+ 文件中删除 satfaa、coastdist 以及 satvgg 列

```
gmt mgd77manage =allmgd77.lis -Dsatfaa,coastdist,satvgg -V
```

从所有的 MGD77+ 文件中创建 IGRF 字段, 4 字节浮点数类型

```
gmt mgd77manage =allmgd77.lis -Acml -Iigrf/"IGRF reference \
field"/"nTesla"/f/1/0/"IGRF version 10 for 1990-2010" -V
```

## Credits

IGRF 基于英国地质调查局的 Susan Macmillan 编写的 Fortran 程序, 由 Algrave 大学的 Joaquim 通过 f2c 转换到 C 语言, 最终 Paul Wessel 改成 GMT 风格。

## 参考

MDG77 格式见 <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt>.

IGRF 见 <https://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html>

## 相关模块

[mgd77convert](#), [mgd77header](#), [mgd77list](#), [mgd77magref](#) [mgd77info](#), [mgd77track](#), [mgd77sniffer](#), [mgd77track](#)

### 18.107 mgd77convert

官方文档

[mgd77convert](#)

简介

将 MGD77 数据转换为其他格式

**mgd77convert** 用于实现数据格式转换, 支持 pre- 和 post-Y2K MGD77 格式。

## 语法

```
gmt mgd77convert GEODAS-ids -Fa|c|m|t -Ta|c|m|t[+f] [ -C ] [ -D ] [ -L[w][e][+l] ] [ -V[level] ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*NGDC-ids*

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见 [mgd77info -L](#)
4. =list , list 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜索顺序为:

- MGD77+ (“.nc”)
- MGD77T (“.m77t”)
- MGD77 (“.mgd77”)
- 普通文本文件 (“.dat”)

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **\$MGD77\_HOME**, 则在默认的 **\$GMT\_SHAREDIR/mgd77** 目录查找, 如果设置了 **\$MGD77\_HOME**, 则在其下的 **\$MGD77\_HOME/mgd77\_paths.txt** 文件中保存的路径中查找。

**-Fa|c|m|t**

指定输入文件格式:

- **a** 标准 MGD77 ASCII 格式, 后缀为.mgd77
- **c** MGD77+ NetCDF 格式, 后缀为.nc
- **m** MGD77T 格式, 后缀为.m77t
- **t** tab 分隔的 ASCII 格式, 后缀为.dat

使用 **-FC** 可以从 MGD77+ 文件中恢复原始的 MGD77 设置 [默认应用 E77 改正]

#### **-Ta|c|m|t[+f]**

指定输出文件格式:

- **a** 标准 MGD77 ASCII 格式, 后缀为.mgd77
- **c** MGD77+ NetCDF 格式, 后缀为.nc
- **m** MGD77T 格式, 后缀为.m77t
- **t** tab 分隔的 ASCII 格式, 后缀为.dat

如果已经存在相应格式的输出文件, GMT 将不会覆盖, **+f** 选项强制覆盖

## 可选选项

### **-C**

将 NCEI 的 two-file 数据集中的 \*.h77, \*.a77 转换为单文件的 \*.mgd77。除 **-V** 外, 不能和其他选项同时使用。输入文件为一个或多个 \*.h77, \*.a77 或者文件名 (可不带后缀)。

### **-D**

默认情况下, MGD77+ netCDF 文件中使用的存储类型远超过 ASCII MGD77 格式的精度。对于 **faa**, **eot**, **mag**, **diur** 和 **msd** 5 种观测, 使用 2 字节整数, 表明在 MGD77 格式中精度为 0.1 mGal, 0.1 nTesla 和 1 m。在某些情况下, 这些观测可能使用 4 字节整数, 对应的精度为 10 nGal、10 fTesla 和 0.01 mm。该 **-D** 选项即表明观测为 4 字节整数。

### **-L[w][e][+l]**

设置 verification 报告的级别以及输出的位置, 默认不设置该报告, 如果设置, 默认位置为标准错误流。**w** 表示警告, **e** 表示报错, **+l** 选项表示将输出位置改为标准输出。

### **-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

### **-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 **-**)

### **-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

### **-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

### **--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

将 a77 和 h77 文件对转换为对应的 mgd77 文件:

```
gmt mgd77convert -C *.h77
```

将 01010047.mgd77 和 01010008.mgd77 转换为新的 netcdf 格式, 并且输出报告

```
gmt mgd77convert 01010047 01010008 -Fa -Tc -V -Lew+1 > log.lis
```

将 01010047.nc 转换为 MGD77 ASCII 格式, 并确保与最初的文件相同

```
orig=`gmt mgd77path 01010047 -Ic`  
gmt mgd77convert 01010047 -Fc -Ta -V  
diff $orig 01010047.mgd77
```

将 01010047.nc 转换为普通 ASCII 表数据格式用于手动编辑, 并覆盖已经存在的文件

```
gmt mgd77convert 01010047 -Fc -Tt+f -V
```

从 01020051.nc 恢复最初的 NCEI MGD77 版本, 并忽略所有的 E77 改正

```
gmt mgd77convert 01020051 -FC -Ta -V
```

## 文件格式

**mgd77convert** 可用于处理 4 种不同的格式

1. NCEI 目前开始使用 tab 分隔的 MGD77 数据格式, 即 MGD77T。除了 MGD77 中所有的信息, MGD77T 还包括重力, 磁以及测深观测的质量标志。
2. MGD77+ NetCDF 格式用于满足科学家的需求发展而来。该格式包含 MGD77 格式中的所有信息, 但是该格式文件大小为原本格式的 30%, 并且数据处理也快很多。
3. MGD77 ASCII 格式即为最初 NCEI 用于分发地球物理数据的标准, 但现在已经被 MGD77T 取代。通常, 只有测量船操作人员和 Cruise PI 可能会参与发送给 NCEI 的 MGD77 SCII 文件制作; 用户则不参与创建, 通常只是读取。
4. 普通 ASCII 格式, 使用 tab 分隔, 需要手动编辑文件的用户可以使用该格式。这种 tab 分隔列的格式显然比 MGD77 punch-card 中将所有列挤到一起更加容易处理。

## 其他工具

MGD77+ NetCDF 文件符合 CF 1.0 和 COARDS 标准, 可以使用 ncBrowse 和 ncView 等通用工具查看文件信息。

## 参考

ncBrowse 见 <https://www.pmel.noaa.gov/epic/java/ncBrowse/>

ncView 见 <https://cirrus.ucsd.edu/~pierce/software/ncview/index.html>

MGD77 (Marine Geophysical Data Exchange Format) 格式见 <https://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt>

## 相关模块

*mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77manage*, *mgd77path*, *mgd77track*, *mgd77sniffer*, *mgd77track*, *x2sys\_init*

## 18.108 mgd77header

官方文档

[mgd77header](#)

简介

由 A77 文件创建 MGD77 头段记录

**mgd77header** 通过读取 A77 文件生成 MGD77 头段记录, 以确定时间、空间范围、存在的数据列以及经过的 10 度大小的网格。也可以使用 **-H** 选项读取一个包含头段记录的文件。输出头段记录结果为 MGD77 格式或者列表形式。

## 语法

gmt **mgd77header** *GEODAS-id.a77* [ **-H***headertable* ] [ **-Mf**[*item*] | **r|t** ] [ **-V**[*level*] ] [ **--PAR**=*value* ]

## 必选选项

*NGDC-ids*

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见 [mgd77info -L](#)
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜索顺序为:

- MGD77+ (“.nc”)
- MGD77T (“.m77t”)
- MGD77 (“.mgd77”)
- 普通文本文件 (“.dat”)

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **\$MGD77\_HOME**, 则在默认的

`$GMT_SHAREDIR/mgd77` 目录查找, 如果设置了 `$MGD77_HOME`, 则在其下的 `$MGD77_HOME/mgd77_paths.txt` 文件中保存的路径中查找。

## 可选选项

### **-H***headertable*

从 *headertable* 文件中获取头段记录。输入文件的每一行都应包含一个名称和值, 以空格分隔。请参见下面的示例头文件中所有的头段可能包含的名称。

### **-Mf**[*item*]|**r**|**t**

列出每个测线的头段信息。**f** 选项用于格式化输出, 每行一个条目, 后续可使用 Unix 文本处理命令进行筛选。也可以附加特定参数的名称 *item*, 其中参数的名称不必写全, 只需最前面或者最后面少数几个连续的字符, 其他用 - 代替就可正确识别出对应的参数。若参数名为 - , 则输出所有参数名称列表。此外, 也可以指定参数的编号。对于原始的 punchcard-formatted MGD77 格式, 需要同时使用 **r** 选项, 对于 MGD77T 格式, 需要同时使用 **t** 选项。

### **-V**[*level*] (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

**-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

### **--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 所有可能的头段名称

```
Survey_Identifier
Format_Acronym
Data_Center_File_Number
Parameters_Surveyed_Code
File_Creation_Year
File_Creation_Month
File_Creation_Day
Source_Institution
Country
Platform_Name
Platform_Type_Code
Platform_Type
Chief_Scientist
Project_Cruise_Leg
Funding
Survey_Departure_Year
Survey_Departure_Month
Survey_Departure_Day
Port_of_Departure
Survey_Arrival_Year
Survey_Arrival_Month
Survey_Arrival_Day
Port_of_Arrival
Navigation_Instrumentation
Geodetic_Datum_Position_Determination_Method
Bathymetry_Instrumentation
```

(下页继续)

(续上页)

```

Bathymetry_Add_Forms_of_Data
Magnetics_Instrumentation
Magnetics_Add_Forms_of_Data
Gravity_Instrumentation
Gravity_Add_Forms_of_Data
Seismic_Instrumentation
Seismic_Data_Formats
Format_Type
Format_Description
Topmost_Latitude
Bottommost_Latitude
Leftmost_Longitude
Rightmost_Longitude
Bathymetry_Digitizing_Rate
Bathymetry_Sampling_Rate
Bathymetry_Assumed_Sound_Velocity
Bathymetry_Datum_Code
Bathymetry_Interpolation_Scheme
Magnetics_Digitizing_Rate
Magnetics_Sampling_Rate
Magnetics_Sensor_Tow_Distance
Magnetics_Sensor_Depth
Magnetics_Sensor_Separation
Magnetics_Ref_Field_Code
Magnetics_Ref_Field
Magnetics_Method_Applying_Res_Field
Gravity_Digitizing_Rate
Gravity_Sampling_Rate
Gravity_Theoretical_Formula_Code
Gravity_Theoretical_Formula
Gravity_Reference_System_Code
Gravity_Reference_System
Gravity_Corrections_Applied
Gravity_Departure_Base_Station
Gravity_Departure_Base_Station_Name
Gravity_Arrival_Base_Station
Gravity_Arrival_Base_Station_Name
Number_of_Ten_Degree_Identifiers
Ten_Degree_Identifier
Additional_Documentation_1
Additional_Documentation_2
Additional_Documentation_3
Additional_Documentation_4
Additional_Documentation_5
Additional_Documentation_6
Additional_Documentation_7

```

## 示例

从 A77 输入中生成 MGD77 头段信息

```
gmt mgd77header km0201 -Hkmheaderitems.txt -Mf > km0201.h77
```

## 参考

MGD77 (Marine Geophysical Data Exchange Format) 格式见 <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt>.

## 相关模块

[mgd77convert](#), [mgd77list](#), [mgd77magref](#) [mgd77manage](#), [mgd77path](#), [mgd77track](#), [mgd77sniffer](#), [mgd77track](#)

## 18.109 mgd77info

官方文档

[mgd77info](#)

简介

提取 mgd77 文件信息

**mgd77info** 读取 xxx.[mgd77|nc] 文件, 并提取其中每条测线的相关信息, 包括: 起止时间, 以 km 为单位的测线长度, 经纬度范围, 观测个数。并通过选项指定查看 MGD77 头部数据还是其成员信息。

使用 x2sys 模块 (见[x2sys\\_init](#)) 可获得哪些轨迹穿过给定区域以及可用的观测类型等信息。

mgd77 文件格式相关信息见[参考文献](#)

## 语法

```
gmt mgd77info GEODAS-ids [ -C[m|e] ] [ -E[m|e] ] [ -Ia|c|m|t ] [ -Mf[item]|r|e|h ] [ -L[v] ] [ -V[level] ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*NGDC-ids*

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见[mgd77info -L](#)
4. =list , list 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜索顺序为:

- MGD77+ (“.nc”)
- MGD77T (“.m77t”)
- MGD77 (“.mgd77”)
- 普通文本文件 (“.dat”)

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **\$MGD77\_HOME**, 则在默认的 **\$GMT\_SHAREDIR/mgd77** 目录查找, 如果设置了 **\$MGD77\_HOME**, 则在其下的 **\$MGD77\_HOME/mgd77\_paths.txt** 文件中保存的路径中查找。

## 可选选项

### -C[m|e]

列出 MGD77[+] 文件中所有列的缩写。使用 **m** 和 **e** 选项表示仅列出 MGD77 文件或 MGD77+ 文件

### -E[m|e]

为每条测线输出单行的总结。**m** 选项只对每个 MGD77 字段中非 NaN 值计数, **e** 选项对其他字段中非 NaN 值计数

### -Ia|c|m|t

忽略某些数据格式的文件。**a|c|m|t** 分别表示忽略 MGD77 ASCII、MGD77+ NetCDF、MGD77T ASCII、tab 分隔的普通文本文件。该选项可以重复使用以忽略多个格式

### -L[v]

不显示测线信息。只输出 GEOSAR 机构 2 个字符代码以及其名称列表。**v** 选项可同时显示每个机构测量船的 4 个字符代码列表。由于上述两列表均十分长, 影响阅读体验, 因此这里不给出列表, 请用户自己运行命令查看。

### -Mf[item]|r|e|h

列出每条测线的头部信息和 MGD77+ 历史记录。

- **f** 选项用于展示格式, 每行输出一个记录, 包括参数和值, 可以对该输出结果使用 Unix 文本工具进行搜索。或者, 可以追加特定参数的名称 *item*, 或者使用参数的编号。
- **r** 选项用于展示原始的, punchcard 格式的 MGD77 头部信息
- **e** 选项用于展示 MGD77+ E77 状态
- **h** 选项用于展示 MGD77+ 历史记录

### -V[level] (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

### -^ 或 -

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

### -+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

### -? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

### --PAR=value

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

从 01010047.mgd77 和 01010008.mgd77 观测数据中提取单行的总结

```
gmt mgd77info 01010047 01010008 -E > listing.lis
```

查看 01010047.mgd77 观测数据中原始 MGD77 头部信息

```
gmt mgd77info 01010047 -Mr
```

查找 01010047.mgd77 中所有和 Gravity 相关的参数

```
gmt mgd77info 01010047 -Mf | grep Gravity
```

查找 01010047.mgd77 中磁采样率 Magnetics\_Sampling\_Rate 的信息

```
gmt mgd77info 01010047 -MfMagnetics_Sampling_Rate
```

查看 MGD77+ 格式文件 01010047.nc 中所有列

```
gmt mgd77info 01010047 -C
```

查看 Hawaii 大学 (代码 08) 搜集的 MGD77+ 格式数据中的 E77 状态

```
gmt mgd77info 08 -Ia -Me
```

## 参考文献

MGD77 (Marine Geophysical Data Exchange Format) 格式见 <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt>.

## 相关模块

*mgd77convert*, *mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77manage*, *mgd77path*, *mgd77track*, *mgd77sniffer*, *mgd77track*, *x2sys\_init*

## 18.110 mgd77list

官方文档

[mgd77list](#)

简介

从 MGD77 文件中提取数据

**mgd77list** 读取 MGD77 文件并生成 ASCII 或二进制表数据。MGD77 文件包括测线信息，比如 ID, 时间, 位置, 控制代码和地球物理观测, 其中地球物理观测数据可能包括: 重力, 磁, 水深等, 因此还可能包括对这些观测数据的改正, 例如: Eotvos 改正和 diurnal 改正。MGD77+ NetCDF 文件还可能包含其他用户自定义信息, 见 *mgd77info* 的 **-C** 选项; 若想添加自定义列, 参考 *mgd77manage*。用户可以提取包括上面信息以及下面信息的任意组合, 其中包括 8 个计算量 (距离、航向、航向变化、速度、Carter 改正、Eotvos 改正以及重力和磁的全球参考场) 和时间的子部分 (年、月、日、时、分、秒) 以及 GEODAS id 以及权重 (见 **-W**) 等。通过指定沿轨的累积时间或距离或者指定地理区域, 可以选定特定的数据。提取出来的数据可以使用一定的逻辑判断来进一步筛选。如果需要提取多个测线的信息, 则多个测线之间由段信息分隔。

## 语法

```
gmt mgd77list GEODAS-ids -Fcolumns[,logic][:bittests] [ -Ac|d|f|m|tcode[+f] ] [ -DA|astartdate ] [ -DB|bstopdate ] [ -E ] [ -Gastartrec ] [ -Gbstoprec ] [ -Ia|c|m|t ] [ -L[corrtable] ] [ -Nd|sunit ] [ -Qa|c|vmin/max ] [ -Rregion ] [ -Sastartdist ] [ -Sbstopdist ] [ -T[m|e] ] [ -V[level] ] [ -Wweight ] [ -Zn|p ] [ -bobinary ] [ -hheaders ] [ -jflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*NGDC-ids*

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见 [mgd77info -L](#)
4. =*list*, *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜索顺序为:

- MGD77+ (“.nc”)
- MGD77T (“.m77t”)
- MGD77 (“.mgd77”)
- 普通文本文件 (“.dat”)

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 **\$MGD77\_HOME**, 则在默认的 **\$GMT\_SHAREDIR/mgd77** 目录查找, 如果设置了 **\$MGD77\_HOME**, 则在其下的 **\$MGD77\_HOME/mgd77\_paths.txt** 文件中保存的路径中查找。

**-F** *columns[,logic][:bittests]*

指定输出列 *columns*, *columns* 中的多列必须使用逗号分隔, 列名为缩写, 按给定的顺序输出。如果列名为大写字母, 则表示该列输出中不能存在 NaN。除非经过设置, 否则, 输出的 ASCII 文件将使用 [FORMAT\\_FLOAT\\_OUT](#) 指定的格式。所有的可用的列名的缩写如下表:

列名	含义
<b>recno</b>	计数器
<b>dst</b>	数字记录类型, 通常为 3 或者 5 (Y2K-compliant 测量)
<b>id</b>	测量 ID 字符串
<b>ngdcid</b>	8 字符的 NGDC (现在为 NCEI) 测线 ID 字符串 (通常是文件前缀)

下页继续

表 4 – 续上页

列名	含义
time	时间, 从绝对时间(默认), 相对时间, 以及小数年时间中选择, 其中三种时间的参数设置分别为: - 绝对时间: <i>FORMAT_DATE_OUT</i> 和 <i>FORMAT_CLOCK_OUT</i> - 相对时间: <i>FORMAT_FLOAT_OUT</i> 和 <i>TIME_SYSTEM</i> 或者 ( <i>TIME_EPOCH</i> 和 <i>TIME_UNIT</i> ) - 小数年时间: <i>FORMAT_FLOAT_OUT</i>
lon	经度, 格式由 <i>FORMAT_GEO_OUT</i> 指定
lat	纬度, 格式由 <i>FORMAT_GEO_OUT</i> 指定
twt	双程传播时间, 单位 s
depth	改正后的测深, 单位为 m, 正值, 表示海面下深度
mtf1	传感器 1 的总磁场强度, 单位 nTesla
mtf2	传感器 2 的总磁场强度, 单位 nTesla
mag	残余磁异常, 单位 nTesla
gobs	重力, 单位 mgal
faa	自由空气重力异常, 单位 mgal
ptc	位置类型代码, 1 为固定位置, 3 为内插位置, 9 为未指定
bcc	测深改正代码。 - 01-55 Matthews zone 改正, - 59 Matthews 改正, 但未指定 zone, - 60 S, Kuwahara formula for T-S, - 61 Wilson formula for T-S, - 62 Del Gross formula for T-S, - 63 Carter's tables, 88 其他, 在头部记录中, - 99 未指定
btc	测深类型代码, 1 观测值, 3 内插值, 9 未指定
msens	评估残余磁场的传感器, 1 第一个或者 leading 传感器, 2 第二个或 trailing 传感器, 9 未指定
msd	磁传感器深度(或高度), 单位 m, 向下为正

下页继续

表 4 – 续上页

列名	含义
diur	磁 diurnal 改正, 单位 nTesla
eot	Eotvos 改正, 单位 mgal
sln	Seismic Line Number 字符串
sspn	Seismic Shot Point Number 字符串
nqc	导航质量代码, 5 怀疑 (测量机构), 6 怀疑 (NCEI), 9 确定没问题
year	年
month	月
day	日
hour	时
min	分
sec	秒
dist	沿轨距离, 计算方法见 -j, 单位见 -N [km]
az	方位角, 从北方向顺时针计算, 单位度
cc	航向变更, 单位度
vel	速度, 单位见 -N [m/s]
weight	该数据集权重, 见 -W
carter	Carter 深度改正 (必须有 twt 的前提下)
igrf	国际地磁参考场 (总场), 单位 nTesla
ngrav	国际重力参考场, 即正常重力, 单位 mgal。 - 默认使用头部记录中的 Gravity Theoretical Formula Code 参数 - 如果该参数未设置就使用 IGF80。也可以使用 -Af 指定
ceot	从导航信息中计算 Eotvos 改正, $E = 7.5038 * V * \cos(\text{lat}) * \sin(\text{az}) + 0.004154 * V^2$

除上述列名外, 下表中还列出了一些其他可识别的参数:

参数	含义
mgd77	输出所有的 27 个 MGD77 字段
mgd77t	输出所有的 26 个 MGD77T 字段
geo	输出 10 个字段, 分别为 time, lon, lat 和 7 个地球物理观测 twt, depth, mtf1, mtf2, mag, gobs, 和 faa
dat	和 mgd77t 相同, 但是使用 plain 表文件顺序
all	返回文件中所有数据列
allt	与 mgd77t 相同, 但是时间项输出为日期-时间格式

在这些集合后面使用 + 追加 **dist**, **azim**, **cc**, **vel**, 和 **weight** 将可输出对应信息。对上面提取的结果还可进行逻辑测试, 其中 *logic* 由一个或多个逗号分隔的 *parOPvalue* 指令组成, 其中 *par* 是上面列出的列名中的一个, **OP** 为逻辑运算符 ( $<$ ,  $\leq$ ,  $=$ ,  $\neq$ ,  $\geq$ ,  $>$ ,  $|$ ), *value* 为常数。符点数进行数值比较, 字符参数进行词法比较。位比较 ( $|$ ) 中 *value* 中必须至少有一个位的结果是 1; 且最少有一个逻辑通过测试测可以输出结果。但如果使用大写列名, 则必须所有的逻辑测试通过才可输出。

注: (1) 指定对某列进行逻辑判断并不意味着该列被输出, 输出必须经过指定。(2) 某些运算符是特殊的 Unix 字符, 建议在 -F 整个参数外添加引号。(3) 逻辑测试仅适用于观测数据, 派生数据, 例如距离和速度等, 必须使用 -D, -Q, -S 等选项。

对于 MGD77+ 文件, 可以追加:*bittests*, 即一个冒号, 后面为一个或多个逗号分隔的 *+col* 项。*+* 表示所选位必须是 1(打开), *-* 表示必须为 0(关闭)。所有的位必须都通过测试。默认情况下, 具有特殊的 **MGD77\_flags** 列的 MGD77+ 文件将使用这些标志, 并且将与打开(ON)位相关的观测设置为 NaN, 即表示出现错误。*:* 后面不添加任何信息将关闭此行为。需要注意的是, 这些记录标志和用于沿轨的系统改正不同, 后者不能使用 -T 选项。

## 可选选项

### **-Ac|d|f|m|t code[+f]**

默认情况下, 改正后的测深 (**depth**), 残余磁异常 (**mag**), 自由空气重力异常 (**faa**), 以及 Carter 深度改正 (**carter**) 如果被 -F 选项选择的话, 都会按原样输出; -A 选项可改变该行为。对于上面的每种数据, 都有 2-4 种方法来调整数据。通过 **c**, **d** 和 **f** 或者 **m** 可分别选择上述对应的变量。也可以通过数字代码相加的和表示选择多种处理。例如, -Ac3 将首先尝试使用 -Ac1 表示的方法来估计 Carter 改正, 但如果深度为 NaN, 将使用 -Ac2 表示的方法。在所有的情况下, 如果计算过程中存在 NaN, 则会导致结果为 NaN。使用 **+f** 选项将会重新计算异常, 即使文件中异常为 NaN。此外, 用户可以使用 -At 为没有时间的测线通过距离和持续的时间来创建伪时间。

### **-Ac**

设置计算 **carter** 改正的方法。C(**twt**) Carter 改正的深度 (同时依赖 **lon** 和 **lat**); U(**twt**, *v*) 是未改正的深度 ( $U = \text{twt} * v / 2$ ), 其中的 *v* 使用 MGD77 头部信息中的“Assumed Sound Velocity”参数, 如果该速度为无效值, 则假定为 1500 m/s, 也可以自己设定 *v* 并追加 m/s 作为单位; TU(**depth**, *v*) 是从未改正的深度计算的双程传播时间; TC(**depth**) 是通过 Carter 改正后得到的深度计算的双程传播时间。下面介绍可选择的选项:

**-Ac1[*v*]** 返回 U(**twt**, *v*) 和 **depth** 的差 [默认]

**-Ac2[*v*]** 返回 U(**twt**, *v*) 和 Carter (**twt**) 的差

**-Ac4[*v*]** 返回未改正的 **depth** 和 Carter (TU(**depth**)) 的差

**-Ac8[*v*]** 返回 U(TC(**depth**), *v*) 和 **depth** 的差

### **-Ad**

确定如何获取 **depth** 输出:

**-Ad1** 返回储存在数据集中的 **depth** [默认]

**-Ad2[*v*]** 返回计算的未改正的深度 U(**twt**, *v*)

**-Ad4** 返回计算的改正后的深度 C(**twt**)

### **-Af**

确定如何获取 **faa** 输出。如果计算中需要 **ngrav** (即 International Gravity reference Field, IGF 或正常

重力), 则根据 MGD77 标题参数中的 “Theoretical Gravity Formula Code” 计算重力异常, 如果上述代码不存在或无效, 默认设置为 4。可以在下面 4 个代码中选择来设置重力参考场:

- 1 代表 Heiskanen 1924
- 2 代表 IGF 1930
- 3 代表 IGF 1967
- 4 代表 IGF 1980

可设置的选项如下:

**-Af1[,field]** 返回储存在数据集中的 **faa** [默认]。可使用 **-F** 选项输出 **ngrav**

**-Af2[,field]** 返回 **gobs** 和 **ngrav** 的差

**-Af4[,field]** 返回以下结果 **gobs + eot - ngrav**

**-Af8[,field]** 返回以下结果 **gobs + pred\_eot - ngrav**

#### **-Am**

确定如果获取 **mag** 输出。文件中可能存在一个或者两个测量值 (**mtf1** 和 **mtf2** ), **msens** 可表明其中哪个传感器优先。可设置的选项如下:

**-Am1** 返回储存在数据集中的 **mag** [默认]

**-Am2** 返回 **mgfx** 和 **igrf** 的差, 其中 **x** 由 **msens** 指定, 可以为 1 或者 2, 表示优先使用的传感器, 如果未指定则默认为 1

**-Am4** 返回 **mgfx** 和 **igrf** 的差, 其中 **x** 由 **msens** 指定, 可以为 1 或者 2, 表示优先使用的传感器, 如果未指定则默认为 2

**-Amcoffset** 使用由于测量位置和船位置不同 (导航引起) 导致的改正值。通过将总磁场重新差值到船所在的位置得到 (可能存在一定的偏移 *offset* )。由于插值以及导航质量差可能会导致出现重复点。GMT 已经采取一定措施处理这些情况, 但不能保证全部处理干净。内插算法使用 [GMT\\_INTERPOLANT](#) 设置的算法。*offset* 的默认单位为 m, 可以通过 **f**, **k**, **M** 或 **u** 设置为英尺, km, 英里, 海里和 survey 英尺。

#### **-At**

使用已知的测线观测时长来计算测线缺失的时间记录, 该计算时间记录为伪时间记录

#### **-Dastartdate**

不列出开始日期 *startdate* 之前收集的数据, *startdate* 格式为 yyyy-mm-ddT[hh:mm:ss]。使用 **-DA** 可排除缺失时间记录的数据。[默认输出所有数据]

#### **-Dbstopdate**

不列出截止日期 *stopdate* 之后收集的数据, *stopdate* 格式为 yyyy-mm-ddT[hh:mm:ss]。使用 **-DB** 可排除缺失时间记录的数据。[默认输出所有数据]

#### **-E**

精确匹配, 仅输出指定的列 [默认输出至少一个匹配的列]

#### **-Gastartrec**

不列出在 *startrec* 之前的记录 [默认为 0, 即第一个记录]

#### **-Gbstoprec**

不列出在 *stoprec* 之后的记录 [默认为最后一个记录]

#### **-Ia|c|m|t**

忽略某些数据格式的文件。**a|c|m|t** 分别表示忽略 MGD77 ASCII、MGD77+ NetCDF、MGD77T ASCII

、tab 分隔的普通文本文件。该选项可以重复使用以忽略多个格式

#### **-L[corrtable]**

使用改正表 *corrtable* 中的值来做改正 [默认使用 \$MGD77\_HOME 文件夹下的 mgd77\_corrections.txt 文件作为改正表]。改正表格式见[改正表](#)

#### **-Nd|sunit**

设置距离和速度的单位。**d** 表示距离, **s** 表示速度, 然后可以分别指定距离和速度的单位。

- **e** m 或 m/s,
- **f** feet 或 feet/s
- **k** km 或 kms/hr
- **m** miles 或 miles/hr
- **n** nautical miles 或 knots
- **u** survey feet 或 survey feet/s).

默认地, 设置为 **-Ndk -Nse** (km 和 m/s)

#### **-Qa[min/max]**

指定可接受的方位角范围 *min/max*, 只输出该方位角范围内的记录 [0/360]。

#### **-Qc[min/max]**

指定航向改变的范围 *min/max*, 只输出该范围内的记录 [-360/+360]。使用 **-QC** 可在判断前先取绝对值。

#### **-Qv[min/max]**

指定速度范围 *min/max*, 只输出该范围内的记录 [0/infinity]。

#### **-R[xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]] (more ...)**

指定数据范围

#### **-Sastartdist**

只列出测线累积距离大于 *startdist* 的数据, 可追加单位。

#### **-Sbstopdist**

只列出测线累积距离小于 *stopdist* 的数据, 可追加单位。

#### **-T[m|e]**

关闭基于 MGD77+ 文件中的改正项的自动调整, 用于抵消源机构使用 MGD77+ 导出数据创建 MGD77 时使用的错误的单位等问题, 普通 MGD77 文件不受该选项影响。**m** 表示只用于 MGD77 文件中存在的变量, **e** 表示只用于扩展的变量, 默认两者都包括。**注:** 基于记录的 E77 标志 (仅限于 MGD77+ 文件) 不被视为系统误差改正。相反, 这些位标志可以通过 **-F** 选项中的冒号来控制。

#### **-Wweight**

为数据设置权重。权重的输出必须在 **-F** 选项中设置。如果使用 [blockmean](#), [blockmedian](#), [blockmode](#) 模块进行加权平均处理数据, 可使用该选项

#### **-Zn|p**

为低于海平面的 **depth**, **carter** 和 **msd** 指定符号, **-Zn** 指定为负的测深, 默认使用 **-Zp** 表示向下为正

#### **-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [**w**]

#### **-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-h[i|o][n][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (*more ...*)**

跳过或生成指定数目的头段记录

**-je|f|g (*more ...*)**

设置球面距离的计算方式

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=*value***

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

从 01010047.mgd77 文件中提取 distance, heading, gravity 以及 bathymetry, 将数据限定为 June 3 1971 20:45 以后, 且累积观测距离小于 5000 km 的范围内

```
gmt mgd77list 01010047 -Da1971-06-03T20:45 -Sb5000 -Fdist,azim,faa,depth > myfile.txt
```

使用 Cruises.lis 文件中列出的所有测线中的自由空气重力异常以便后续作为 `blockmean` 和 `surface` 模块的输入, 数据必须在限定的区域内, 且输出为二进制

```
gmt mgd77list `cat cruises.lis` -Flon,lat,faa -R-40/-30/25/35 -bo > allgrav.b
```

从 Cruises.lis 中列出的测线数据中提取深度超过 9000 m 且未插值 (`btc != 1`) 的数据的位置

```
gmt mgd77list `cat cruises.lis` -F"depth,DEPTH>9000,BTC!=1" > really_deep.txt
```

从所有的 MGD77+ NetCDF 文件中提取 dist, faa, 和 grav12\_2, 要求这些字段的值不能为 NaN, 测线文件的 ID 位于 Cruises.lis

```
gmt mgd77list `cat cruises.lis` -E -Ia -F"dist,faa,grav12_2,depth<3000" > \
shallow_grav.txt
```

与上例使用相同的数据, 但只提取 faa 的位标志为 BAD 的数据

```
gmt mgd77list `cat cruises.lis` -E -Ia -F"dist,faa,grav12_2:+faa" > bad_grav.txt
```

输出所有测线中的 lon, lat, mag 和 faa, 根据最新的参考字段计算 mag 和 faa 的残余量

```
gmt mgd77list `cat cruises.lis` -Flon,lat,mag,faa -Af2,4 -Am2 > data.txt
```

## 重新计算的异常

当通过 -A 选项显式地或通过 MGD77+ 文件中 E77 元数据隐式地指定重新计算异常时, GMT 只计算原始异常中不为 NaN 的异常。这样的做的原因是,许多异常列包括手动编辑的修改,这些结果不能被重新计算。

## IGRF (International Geomagnetic Reference Field)

IGRF 基于英国地质调查局的 Susan Macmillan 编写的 Fortran 程序,由 Algrave 大学的 Joaquim 通过 f2c 转换到 C 语言,最终 Paul Wessel 改成 GMT 风格。

## IGF (International Gravity reference Field)

这里给出代码中使用的公式

```
(1) g = 978052.0 * [1 + 0.005285 * sin^2(lat) - 7e-6 * sin^2(2*lat) + 27e-6 * cos^2(lat) * cos^2(lon-18)]

(2) g = 978049.0 * [1 + 0.0052884 * sin^2(lat) - 0.0000059 * sin^2(2*lat)]

(3) g = 978031.846 * [1 + 0.0053024 * sin^2(lat) - 0.0000058 * sin^2(2*lat)]

(4) g = 978032.67714 * [(1 + 0.00193185138639 * sin^2(lat)) / sqrt (1 - 0.00669437999013 * sin^2(lat))]
```

如果您发现上述公式存在问题,请向 [GMT 官方](#) 报告。

## 改正表

改正表是一个 ASCII 文件,其中包含实施改正所需的系数和参数。文件头部可以存在以 # 为开头的注释,改正记录的格式如下

```
cruiseID observation correction
```

其中 *cruiseID* 为测线 ID, NCEI 定义的前缀, *observation* 为 -F 选项里列名表中的某个列名, *correction* 由一项或者多项组成,所有的项在输出观测值前都被扣除,每项的格式为

```
factor [*function] ([scale] (abbrev[-origin]))[^power]]
```

其中方括号中的值是可选的,除不同项之间,其他地方不允许有空格。*factor* 是基函数的幅值,可选的 *function* 可以是 sin, cos, 或者 exp。可选的 *scale* 和 *origin* 用于对参数进行一定的转换。*abbrev* 参数是上面列出的列名之一。如果 *origin* 为 T,则将其替换为文件中第一个 *abbrev* 值(通常同于时间)。如果第一条记录为 NaN,则将 *origin* 设置为 0。在乘以幅度前,可也对整个表达式设置一定的幂指数 *power*。

下面是对测线 99999999 的虚构数据的改正示例,三行分别表示:对深度 **depth** 进行 Carter 改正,对自由空气重力异常 **faa** 移除线性趋势,对磁异常 **mag** 进行依赖航向和纬度的改正,对重力 **gobs** 需要添加 10 mGal 的增量

```
99999999 depth 1.0*((carter))

99999999 faa 14.1 1e-5*((time-T))

99999999 mag 0.5*cos(0.5*(azim-19))^2 1.0*exp(-1e-3(lat))^1.5

99999999 gobs -10
```

## 参考

MGD77 (Marine Geophysical Data Exchange Format) 格式见 <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt>.

IGRF 见 <https://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html>

## 相关模块

[mgd77convert](#), [mgd77header](#), [mgd77magref](#) [mgd77manage](#), [mgd77path](#), [mgd77track](#), [mgd77sniffer](#), [mgd77track](#)

### 18.111 mgd77magref

官方文档

[mgd77magref](#)

简介

计算 IGRF 或 CM4 地磁参考场模型值

**mgd77magref** 在特定的时间和位置计算 IGRF 或 CM4 地磁参考场模型值。

## 语法

```
gmt mgd77magref [ inputfile ] [ -A[+aalt][+tdate][+y] ] [ -Ccm4file ] [ -DDstfile ] [ -Ef107file ] [ -Fflags ] [ -G ] [ -Sc|llow/high ] [ -V[i]level ] [ -bbinary ] [ -fflags ] [ -hheaders ] [ -oflags ] [ -:i|o ] [ --PAR=value ]
```

## 可选选项

*inputfile*

输入文件, 其中包含时间和空间信息, 前两列必须为经纬度, 正常情况下, 第三列第四列必须是海拔 (km) 和时间, 但如果这两个参数对所有数据都是恒定的, 则可以通过 -A 选项指定, 这时输入文件中就不包含对应的列。如果没有输入文件, 则从标准输入中读取数据。

关于 CM4 的说明: CM4 的核心场的有效期为 1960-2002.5, 但电离层和磁层场是在 *Dst* 和 *F10.7* 系数文件之后计算的。GMT 最初将这些系数文件扩展到 2006 年, GMT 4.5.3 版本后将这些系数扩展到 2009 年, 但后面的部分可能不可靠。新的索引文件可以从下面网址下载

- *Dst* 系数 [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/GEOMAGNETIC\\_DATA/INDICES/DST/](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/GEOMAGNETIC_DATA/INDICES/DST/) [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/GEOMAGNETIC\\_DATA/INDICES/EST\\_IST/](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/GEOMAGNETIC_DATA/INDICES/EST_IST/) 上述网址已经停止更新, 最新的数据可从下面的网址下载 <http://wdc.kugi.kyoto-u.ac.jp/dstae/index.html>
- *F10.7* 索引文件 [http://umbra.nascom.nasa.gov/sdb/yohkoh/ys\\_dbase/indices\\_flux\\_raw/Penticton\\_Absolute/monthly/MONTHPLT.ABS](http://umbra.nascom.nasa.gov/sdb/yohkoh/ys_dbase/indices_flux_raw/Penticton_Absolute/monthly/MONTHPLT.ABS) 上述网址已经停止更新, 最新的数据可以从下面网址下载 [ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-radio/noontime-flux/penticton\\_absolute/listings/listing\\_drao\\_noontime-flux-absolute\\_monthly.txt](ftp://ftp.ngdc.noaa.gov/STP/space-weather/solar-data/solar-features/solar-radio/noontime-flux/penticton_absolute/listings/listing_drao_noontime-flux-absolute_monthly.txt)

**-A[+aalt][+tdate][+y]**

指定输入文件被解析的形式。+a 用来设置固定的海拔 *alt* (km), [默认使用数据的第三列作为海拔], +t 用来设置固定时间 *date*, [默认使用数据的第四列作为时间], +y 表示所有的时间都为小数年的形式 [默认认为 *dateTcolck* 格式, 见 [TIME\\_EPOCH](#)]

**-C*cm4file***

指定备用的 CM4 参数文件 [umdl.CM4]

**-D***Dstfile*

指定备用文件, 其内容为 CM4 小时平均的 *Dst* 索引 [Dst\_all.wdc]. 也可以指定单个索引, 用于所有的数据

**-E***f107file*

指定备用文件, 其中包含 CM4 absolute F10.7 solar radio flux [F107\_mon.plt]. 也可以指定单个索引用于所有的数据

**-F***flags*

选择输出项, *flags* 包含一个或者多个字符:

**r** means output all input columns before adding the items below

**t** means list total field (nT).

**h** means list horizontal field (nT).

**x** means list X component (nT, positive north).

**y** means list Y component (nT, positive east).

**z** means list Z component (nT, positive down).

**d** means list declination (deg, clockwise from north).

**i** means list inclination (deg, positive down).

追加数字可以表明磁场模型的贡献:

**0** means IGRF field (no combinations allowed)

**1** means CM4 Core field

**2** means CM4 Lithospheric field

**3** means CM4 Primary Magnetospheric field

**4** means CM4 Induced Magnetospheric field

**5** means CM4 Primary ionospheric field

**6** means CM4 Induced ionospheric field

**7** means CM4 Toroidal field

**9** means Core field from IGRF and other contributions from CM4.

注: 不要同时使用 **0** 和 **9**。将上述数字(1-7)并列可以得到组合效果, 例如 **-Ft/12** 将计算 Core field 和 Lithospheric 产生的总场。**-Ft/934** 为使用 IGRF 的 Core field 和 CM4 的 Primary 和 Induced Magnetospheric field 相加的结果。输出数据的格式与字符出现的顺序有关, 默认为 **-Frthxyzdi/1**, 也可以使用 **-o** 选项进一步筛选。

**-G**

指定坐标为地心坐标, 默认为大地坐标

**-L**

计算外部源的 J field vector.

**r** means output all input columns before adding the items below (all in Ampers/m).

**t** means list magnitude field.

**x** means list X component.

**y** means list Y component.

**z** means list Z or current function Psi.

追加数字可以表明贡献:

**1** means Induced Magnetospheric field.

**2** means Primary ionospheric field.

**3** means Induced ionospheric field.

**4** means Poloidal field.

#### **-S** *low/high*

通过球谐系数的阶数来限制 core field (地核?) 贡献的波长在给定的阶数范围内 [1/13]

#### **-S** *low/high*

通过球谐系数的阶数来限制岩石圈贡献的波长在给定的阶数范围内 [14/65]

#### **-V** [*level*] (*more ...*)

设置 verbose 等级 [**w**]

#### **-bi** [*ncols*][*type*][**w**][+l|**b**] (*more ...*)

设置二进制输入数据的格式

#### **-bo** [*ncols*][*type*][**w**][+l|**b**] (*more ...*)

设置二进制输出的数据格式

#### **-h** [**i|o**][*n*][+c][+d][+msegheader][+rremark][+ttitle] (*more ...*)

跳过或生成指定数目的头段记录

#### **-ocols** [, · · · ][, **t** [*word*]] (*more ...*)

设置输出数据列 (0 表示第一列, **t** 表示文本列)

#### **-:[i|o]** (*more ...*)

交换输入或输出中的第一和第二列

#### **-^** 或 **-**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

#### **-+** 或 **+**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

#### **-?** 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

#### **--PAR**=*value*

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 时间设置

如果输入文件为二进制，则绝对时间被保存为相对于选定的历元（某个时刻）的相对时间。但是由于参考历元并没有保存在数据文件中，因此解码绝对时间可能会出现问题。这种情况下，MGD77 默认使用 Unix 系统时间，因此，用户需要确保带时间的二进制数据使用相同的时间系统，见 [TIME\\_SYSTEM](#)

## 示例

在给定的点，十进制时间为 2000.0 时，计算除岩石圈和 toroidal field 外所有的贡献的 CM4 Total field, 偏角和倾角

```
echo -28 38 0 2000.0 | gmt mgd77magref -A+y -Ftdi/13456
```

与上例计算相同，但时间修改为 2001 年 5 月 1 日 12 点

```
echo -28 38 0 2001-05-01T12:00:00 | gmt mgd77magref -Ftdi/13456
```

## 参考

CM4 见 <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2004.02421.x>

IGRF 见 <https://www.ngdc.noaa.gov/IAGA/vmod/igrf.html>

## 相关模块

[mgd77convert](#), [mgd77header](#), [mgd77list](#), [mgd77manage](#), [mgd77path](#), [mgd77track](#), [mgd77sniffer](#), [mgd77track](#)

## 18.112 mgd77path

官方文档

[mgd77path](#)

简介

返回 MGD77 的路径和文件夹

**mgd77path** 返回一个或多个 MGD77 文件的完整路径名。由于目录的变化，返回的路径名可能会随时间变化。

## 语法

**gmt mgd77path GEODAS-ids [ -A[c] ] [ -D ] [ -Ia|c|m|t ] [ -V[level] ] [ --PAR=value ]**

## 必选选项

*NGDC-ids*

可以是 5 种说明符种的一种或者几种：

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见 [mgd77info -L](#)
4. =*list* , *list* 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名，则搜索下面 4 个扩展名。搜索顺序为：

- MGD77+ (“.nc”)
- MGD77T (“.m77t”)
- MGD77 (“.mgd77”)
- 普通文本文件 (“.dat”)

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找，如果未设置 **\$MGD77\_HOME**，则在默认的 **\$GMT\_SHAREDIR/mgd77** 目录查找，如果设置了 **\$MGD77\_HOME**，则在其下的 **\$MGD77\_HOME/mgd77\_paths.txt** 文件中保存的路径中查找。

## 可选选项

**-A[c]**

显示每条测线的完整路径, **c** 选项将会只列出 ID

**-D**

显示当前在搜索中的路径

**-Ia|c|m|t**

忽略某些数据格式的文件。**a|c|m|t** 分别表示忽略 MGD77 ASCII、MGD77+ NetCDF、MGD77T ASCII、tab 分隔的普通文本文件。该选项可以重复使用以忽略多种格式

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息，包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息，包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息，包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值，可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

获取 01010008 和 01010007 路径名

```
gmt mgd77path 01010008 01010007
```

当 01010008 和 01010007 为 MGD77+ 格式时，返回路径名

```
gmt mgd77path 01010008 01010007 -Ia -It
```

查看可能储存 MGD77 文件的目录列表

```
gmt mgd77path -D
```

## 参考文献

MDG77 格式见 <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt>.

## 相关模块

*mgd77convert*, *mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77manage*, *mgd77info*, *mgd77track*, *mgd77sniffer*, *mgd77track*

## 18.113 mgd77sniffer

官方文档

[mgd77sniffer](#)

简介

MGD77 沿轨质量控制

**mgd77sniffer** 对旧的 (pre-Y2K) 以及新的 ASCII MGD77 文件进行逐点健全性检查, 包括沿轨的梯度以及观测数据与重力和测深模型之间的差异。默认情况下, 检测到的数据问题通常会导致每个扫描记录出现多条消息。使用计算机可解析的格式 (见 [E77 误差格式](#)) 可选择输出数据中存在的问题 (-De 选项)。默认误差阈值来自 1952 年到 2006 年 1 约期间收集的所有 MGD77 地球物理数据的直方图。使用 -L 选项可以调整阈值。

## 语法

```
gmt mgd77sniffer GEODAS-ids [ -Afieldabbrev,scale,offset ] [ -Cmaxspd ] [ -Dd|e|E|f|l|m|s|v|r ] [ -E ] [ -Gfieldabbrev,imggrid,scale,mode or -Gfieldabbrev,grid ] [ -H ] [ -Ifieldabbrev,rec1,recN ] [ -Lcustom-limits-file ] [ -M ] [ -N ] [ -Rregion ] [ -Sd|s|t ] [ -Tgap ] [ -V[level] ] [ -Wc|g|o|s|t|v|x ] [ -Zlevel ] [ -bobinary ] [ -donodata[+ccol] ] [ -nflags ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*NGDC-ids*

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见 [mgd77info -L](#)
4. =list , list 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名, 则搜索下面 4 个扩展名。搜索顺序为:

- MGD77+ (“.nc”)
- MGD77T (“.m77t”)
- MGD77 (“.mgd77”)
- 普通文本文件 (“.dat”)

使用 -I 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找, 如果未设置 \$MGD77\_HOME, 则在默认的

`$GMT_SHAREDIR/mgd77` 目录查找, 如果设置了 `$MGD77_HOME`, 则在其下的 `$MGD77_HOME/mgd77_paths.txt` 文件中保存的路径中查找。

## 可选选项

### -A`fieldabbrev,scale,offset`

将缩放因子和 DC 偏移量添加到指定的字段。注意: 在对数据调整前必须仔细检查数据, 是否能应用于所有测线

### -C`maxspd`

以 m/s 为单位设置最大船速, 或使用 -N 选项设置使用节作为速度单位。默认船速超过 10 m/s (~ 20 节) 即被标记为超过最大船速。

### -Dd|e|E|f|l|m|s|v|r

抑制默认的警告输出并且仅逐行输出数据值、梯度以及观测值与网格的差、E77 错误总结以及新创建的列等。追加 r 表示包含所有的数据, 默认省略存在导航错误的数据。

- -Dd 输出观测值和网格数据的差值, 需要 -G 选项, 数据信息包括 `lat lon dist cruiseZ gridZ diff [cruiseZ2 gridZ2 diff2 ...]`

注: 从观测值中减去网格值, 因此正值意味着观测值大于网格值, 对于多个网格, 以命令行的顺序展示结果。

- -De 输出 E77 错误分类格式。误差输出被分为头部信息和数据记录, 头部信息包含所有应用到该测线的信息; 数据记录为错误记录。mgd77sniffer 将 E77 写入到 `<geodas_id.e77>` 文件中, 见下面的 [E77 误差格式](#)
- -DE 与 -De 相同, 但是不进行回归测试
- -Df 输出 delta Z 以及 delta S, 分别为观测值的差值以及距离的差值。距离的差值对不同的观测值来说通常是不同的, 因为他们的仪器采样率不同, 输出格式信息包括: `d[twt] ds d[depth] ds d[mtf1] ds d[mtf2] ds d[mag] ds d[diur] ds d[msd] ds d[gobs] ds d[eot] ds d[faa] ds`
- -Dl 显示 mgd77sniffer 的限制, 该选项的输出可以为 -L 选项提供参考。不需要额外的参数, 数据信息包括 `fieldabbrev min max maxSlope maxArea`
- -Dm 以符合 Y2K MGD77 格式输出 MGD77 数据
- -Dn 每条记录输出到海岸线的距离。需要 -Gnav 选项, 输出信息包括: `lat lon dist distToCoast`
- -Ds 输出速度以及地球物理观测的梯度。梯度的类型与 -S 设置结果一致 (默认为空间梯度), 输出信息包括 `speed d[twt] d[depth] d[mtf1] d[mtf2] d[mag] d[diur] d[msd] d[gobs] d[eot] d[faa]`
- -Dv 显示每个 MGD77 数据记录的十二个字段, 顺序为 `lat lon twt depth mtf1 mtf2 mag diur msens gobs eot faa`

### -E

反转导航质量标志。在某些情况下, 大多数的导航标志被错误设置, 这种情况通常发生在测量船的第一批观测中。注意, 要非常谨慎使用该选项

### -G`information`

将船的测量数据和网格数据比较。可食用的格式包括:

- -G`fieldabbrev,imggrid,scale,mode` 将测量数据与 Sandwell/ Smith 网格数据 img 网格数据比较。`fieldabbrev` 为字段的缩写, 见 [Mgd77 字段信息](#), 然后为网格文件名 `imggrid`, 网格文件的缩放系数 `scale`, 以及 `mode`。`mode` 可以为如下值:

- 0 img 文件不含约束代码, 返回所有数据
- 1 img 文件有约束代码, 返回所有数据
- 2 img 文件有约束代码, 只返回在约束处的数据, 其他地方设置为 NaN
- 3 img 文件有约束代码, 在约束处返回 1, 其他位置返回 0
- **-G***fieldabbrev,grid* 将测量数据与其他 GMT 可识别的网格数据比较。*fieldabbrev* 为字段缩写, *grid* 为网格文件名。

该模块同时支持和多个网格比较, 只需多次使用 **-G** 选项即可。

网格比较会激活几种错误检查:

- 使用船测数据与网格数据进行重新加权最小二乘回归分析确定斜率和偏移。当斜率和偏移不为 1 和 0 时, 说明船测数据和网格存在一定的差异, 可能为船测数据中存在不正确的单位或者仪器漂移等。
- 沿轨迹计算累计的网格和船测数据之间的偏差, 并格努 *maxArea* 阈值标记超限的值。

需要注意的是, 网格收到测深数据的限制, 因此两者之间并不一定是独立的。同时, 船测测深以及网格测深同时激活了“navigation crossing over land”检查。

## **-H**

只能与 **-G** 选项同时使用。设置计算船测数据与网格数据之间偏差的时机, 默认情况下, 只有在比较了完整的观测数据集后, 然后才能通过最小二乘分析得到可靠的估计。

- **-Hb** 同时分析临时的结果以及完整数据集的结果, 并报告两者中间的优者
- **-Hd** 不进行临时数据分析, 等价于 **-H**
- **-Hf** 进行临时数据分析

## **-I***fieldabbrev,rec1,recN*

将某个字段 *fieldabbrev* 从 *rec1* 到 *recN* 的数据记录标记为 BAD, 可以多次使用。

## **-L***custom-limits-file*

使用文件 *custom-limits-file* 覆盖默认的错误检查限制。字段信息如[Mgd77 字段信息](#) 所示。文件中每行均包含一个字段记录, 可以包括最大值, 最小值, 最大梯度, 最大面积等。最大梯度与 **-S** 选项中设置的梯度一致。**-G** 选项使用最大面积作为阈值。使用 **-Dl** 生成的信息可以确定该限制文件的具体值, `mgd77sniffer -Dl -L<yourlimitsfile>`。

下面展示了一个示例文件, 其中 -- 表示使用默认值。

# abbrev	min	max	maxSlope	maxArea
twt	0	15	1	0
depth	0	11000	500	5000
mag	-800	800	--	--
faa	-300	300	100	2500

## **-M**

调整在陆地的导航阈值 [100]

## **-N**

使用航海单位

## **-R***xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit]* (*more* ...)

指定数据范围

**-Sd|s|t**

设置沿轨数据梯度的检查。

- **-Sd** 计算沿轨数值的差分结果, 输出单位为原本数据的单位
- **-Ss** 计算空间梯度, 输出单位为原本数据单位除以 km
- **-St** 计算时间梯度, 输出单位为原本数据单位除以 second [默认]

**-Tgap**

对于沿轨数据中的 gap 进行处理。默认情况下, 跳过大于 5 km 的数据间隙。设置为 0 时则停用跳过间隙

**-Wc|g|o|s|t|v|x**

仅打印详细错误信息中的某些警告类型。逗号分隔上述子选项可实现任意组合:

- **c** 代码警告
- **g** gradient 超出范围
- **o** 网格偏移, 需要 **-G|g**
- **s** 速度超出范围
- **t** 时间警告
- **v** 值超出范围
- **x** 警告的总结

默认情况下输出所有警告信息。该选项与 **-D** 选项不兼容

**-Z**

标志的回归统计超过指定的置信水平, 即 **-Z5** 指出系数 m, b, rms 和 r 超过 95% 执行水平

**-V[level] (more ...)**

设置 verbose 等级 [w]

**-bo[ncols][type][w][+l|b] (more ...)**

设置二进制输出的数据格式

**-donodata (more ...)**

将输出数据中值为 NaN 列替换为 nodata

**-n[b|c|l|n][+a][+bBC][+c][+tthreshold] (more ...)**

设置网格文件的插值方式

**-^ 或 -**

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息 (Windows 下只能使用 -)

**-+ 或 +**

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

**-? 或无参数**

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

**--PAR=value**

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## Mgd77 字段信息

Field	Abbreviation	Units
Two-way	Travel	Time
Corrected	Depth	depth
Mag	Total	Field1
Mag	Total	Field2
Residual	Magnetic	mag
Diurnal	Correction	diur
Mag	Sensor	Depth/Alt
Observed	Gravity	gobs
Eotvos	Correction	eot
Free	Air	Anomaly

## 网格文件信息

对于 -G , 网格必须使用 Sandwell&Smith img 网格文件或者 GMT 支持的任何网格类型, img 文件为没有头部信息的球墨卡托 2 字节网格。

## E77 误差格式

### 头部信息

与测量船有关的信息, 如 NCEI 和调查机构的识别代码, 测量时间, 双向传递时间的校正信息, 数据精度警告, 以及从全球网格比较中得到的系统缩放信息, DC 偏移以及相关系数等信息。

下面为一个示例:

```
# Cruise 08010039 ID 74010908 MGD77 FILE VERSION: 19801230 N_RECS: 3066
# Examined: Wed Oct 3 16:30:13 2007 by mtchandl
# Arguments: -De -Gdepth,/data/GRIDS/etopo5_hdr.i2
N Errata table verification status
# mgd77manage applies corrections if the errata table is verified (toggle 'N' above to 'Y' after review)
# For instructions on E77 format and usage, see http://gmt.soest.hawaii.edu/mgd77/errata.php
# Verified by:
# Comments:
# Errata: Header
Y-E-08010039-H13-02: Invalid Magnetics Sampling Rate: (99) []
Y-W-08010039-H13-10: Survey year (1975) outside magnetic reference field IGRF 1965 time range (1965-1970)
Y-I-08010039-depth-00: RLS m: 1.00053 b: 0 rms: 127.851 r: 0.973422 significant: 1 decimation: 0
Y-W-08010039-twt-09: More recent bathymetry correction table available
Y-W-08010039-mtf1-10: Integer precision
Y-W-08010039-mag-10: Integer precision
```

### 误差记录

单个误差具有严格的格式。包括一个时间或者距离列, 第二列为数据列, 然后为一个格式化的无误差代码字符串, 最后为记录中检测到误差记录的描述。其中主要分为三种误差类型, 见下面的误差代码描述。

格式: <time/distance> <record number> <error code string> <description>

示例::

```
# Errata: Data
Y 08010039 1975-05-10T22:16:05.88 74 C-0-0 NAV: excessive speed
```

## 误差代码描述

三种误差由破折号分隔，并由字母字符或 0 组合描述，表示检测到问题或者未检测到问题

例如：NAV-VAL-GRAD

误差类型描述：

### 1. NAV(navigation)

- 0 - fine
- A - time out of range
- B - time decreasing
- C - excessive speed
- D - above sea level
- E - lat undefined
- F - lon undefined

### 2. VAL(value)

- 0 - fine
- K - twt invalid
- L - depth invalid
- O - mtf1 invalid

### 3. GRAD(gradient)

- 0 - fine
- K - d[twt] excessive
- L - d[depth] excessive
- O - d[mtf1] excessive

导航误差 NAV 比较特殊，VAL 和 GRAD 则是按字母表顺序来排序 24 个数字字段的。

X W V U T S R Q P O N M L K J I H G F E D C B A	E77 Code
n f e g m d m m m m b b d t p l l m h d m y t d	F I
q a o o s i s a t t c e w t o a i o a o e z r	i D
c a t b d u e g f f c c p t c n t n u y n a t	e
s r n 2 1 t r t r	l
s h h	d
0 0	Bit place
• G C G C C - G G G -- G G --- T T T T T --	Bit type

其中 Bit type 中

- G : 地球物理观测值
- C : 改正值

- T : 时间

## 示例

查找文件中多余的值

```
gmt mgd77sniffer 08010001
```

丢弃测线文件的梯度

```
gmt mgd77sniffer 08010001 -Ds
```

比较测线中实测深度与ETOPO5 测深以及 Sanwell/Smith 2 分分辨率 11 版本的重力场

```
gmt mgd77sniffer 08010001 -Gdepth,/data/GRIDS/etopo5_hdr.i2 \
-Gfaa,/data/GRIDS/grav.11.2.img,0.1,1
```

## 参考

MDG77 格式见 <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt>.

## 相关模块

*x2sys\_init*, *mgd77convert*, *mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77info*, *mgd77track*, *mgd77manage*, *mgd77track*

## 18.114 mgd77track

官方文档

[mgd77track](#)

简介

绘制 MGD77 测线轨迹

## 语法

```
gmt mgd77track GEODAS-ids -Rregion -Jparameters [ -A[c][size][+ispace] ] [ -B[p|s]parameters ] [ -Dastartdate ] [ -Dbstopdate ] [ -F ] [ -Gd|t|ngap ] [ -Ia|c|m|t ] [ -Ltrackticks ] [ -Sastardist ] [ -Sbstopdist ] [ -TT|t|dms,mc,mfs,mf,mfc ] [ -U[stamp] ] [ -V[level] ] [ -W[pen] ] [ -X[a|c|f|r][xshift] ] [ -Y[a|c|f|r][yshift] ] [ -pflags ] [ -ttransp ] [ --PAR=value ]
```

## 必选选项

*NGDC-ids*

可以是 5 种说明符种的一种或者几种:

1. 8 个字符的 GEODAS ID, 例如: 01010083, JA010010
2. 2 个字符的机构 ID, 将会返回所有该机构的测线
3. 4 个字符代码, 返回对应机构和测量船的测线, 机构和测量船的代码见 [mgd77info -L](#)
4. =list , list 文件中包含 GEODAS ID 列表, 每行一个记录
5. 什么都不指定, 返回所有的测线

如果不指定文件扩展名，则搜索下面 4 个扩展名。搜索顺序为：

- MGD77+ (“.nc”)
- MGD77T (“.m77t”)
- MGD77 (“.mgd77”)
- 普通文本文件 (“.dat”)

使用 **-I** 选项可以略过其中的某种或几种格式。

搜索文件时首先在当前目录查找，如果未设置 **\$MGD77\_HOME**，则在默认的 **\$GMT\_SHAREDIR/mgd77** 目录查找，如果设置了 **\$MGD77\_HOME**，则在其下的 **\$MGD77\_HOME/mgd77\_paths.txt** 文件中保存的路径中查找。

#### **-J**projection (*more …*)

设置地图投影方式

#### **-R**xmin/xmax/ymin/ymax[+r][+uunit] (*more …*)

指定数据范围

### 可选选项

#### **-A[c][size][+ispaceing]**

标注测线，追加 **c** 选项表示使用 cruise ID 进行标注，默认使用文件名前缀。**size** 为字体大小，单位为 points，字体由 **FONT\_LABEL** 控制。追加 **+ispaceing** 则在沿轨每隔一定距离/时间放置一个此标注，单位可以为 **k** (km), **n** (nautical mile), **d** (day) 或者 **h** (hour)

#### **-B**parameters (*more …*)

设置底图边框和轴属性

#### **-D**astartdate

不绘制 **startdate** (yyyy-mm-ddT[hh:mm:ss]) 时刻之前的数据，默认为第一天

#### **-D**bstopdate

不绘制 **stopdate** (yyyy-mm-ddT[hh:mm:ss]) 时刻之后的数据，默认为最后一天

#### **-F**

如果 MGD77+ 文件中存在 error flag，不应用这些 flag，默认情况下会应用

#### **-G**d|t|ngap

如果测线中两个点的距离超过 **dgap** (km) 或者时间超过 **tgap** (minutes) 表示轨迹存在中断，不绘制连续的线。重复使用可分别设置时间和距离。**nN** 则表示每 N 个点绘制一个点，这对于减小图所占的空间很有必要，但是不能和 **d** 以及 **t** 选项共用。

#### **-I**a|c|m|t

忽略某些数据格式的文件。**a|c|m|t** 分别表示忽略 MGD77 ASCII、MGD77+ NetCDF、MGD77T ASCII、tab 分隔的普通文本文件。该选项可以重复使用以忽略多个格式

#### **-L**trackticks

在轨迹上放置时间或者距离标记。例如，**a500ka24ht6h** 表示每 500 km 标注，每 24 小时标注，每 500 km 和 6 小时绘制刻度线。时间和距离单位也可以是 **d** (天) 和 **n** (nautical miles)。

#### **-S**astardist

不绘制从港口出发累积距离小于 **startdist** 米的数据，默认为 0，可追加单位：**k** 为 km, **M** 为 miles, **n** 为

nautical miles。

#### -Sbstopdist

不绘制从港口出发累积距离大于 *stopdist* 米的数据, 默认为整个测线长度, 可追加单位: **k** 为 km, **M** 为 miles, **n** 为 nautical miles

#### -TT|t|dms,mc,dfs,mf,mfc

控制三种标记的属性, **T** 为新一天的第一个时间标记, **t** 同一天的其他时间标记, **d** 为距离标记。对于其中的每个标记, 可以指定 5 个由逗号分隔的属性, *markersize*, *markercolor*, *markerfontsize*, *markerfont* 和 *markerfontcolor*。重复使用 -T 选项可设置不同的标记。

#### -W[pen]

设置绘制轨迹线的属性, 默认 width = defaults, color = black, style = solid。

#### -U[label][+c][+jjust][+o $dx/dy$ ] (more ...)

在图上绘制 GMT 时间戳 logo

#### -V[level] (more ...)

设置 verbose 等级 [w]

#### -X[a|c|f|r][xshift[u]]

#### -Y[a|c|f|r][yshift[u]] (more ...)

移动绘图原点

#### -p[x|y|z]azim[/elev[/zlevel]][+wlon0/lat0[/z0]][+vx0/y0] (more ...)

设置 3D 透視视角

#### -t[transp] (more ...)

设置图层透明度(百分比)。取值范围为 0(不透明)到 100(全透明)

#### -^ 或 -

显示简短的帮助信息, 包括模块简介和基本语法信息(Windows 下只能使用 -)

#### -+ 或 +

显示帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及模块特有选项的说明

#### -? 或无参数

显示完整的帮助信息, 包括模块简介、基本语法以及所有选项的说明

#### --PAR=value

临时修改 GMT 参数的值, 可重复多次使用。参数列表见[配置参数](#)

## 示例

本示例生成一个 70 W 到 20 E, 40 S 到 20 N 内 01010007 测线轨迹的墨卡托地图, 使用 0.1 inch/degree 的比例尺, 轨迹 ID 标注大小为 10p, 每 10 度标注边框, 每 5 度绘制网格线, 每天和每 1000 km 标记时间和距离, 每 6 小时和每 250 km 绘制刻度线, 最终生成 PDF

```
gmt mgd77track 01010007 -R70W/20E/40S/20N -Jm0.1 -B10g5 -A10 \
-La1da1000kf6hf250k -pdf map
```

## 参考

MGD77 (Marine Geophysical Data Exchange Format) 格式见 <http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/dat/geodas/docs/mgd77.txt>.

## 相关模块

*mgd77convert*, *mgd77header*, *mgd77list*, *mgd77magref* *mgd77manage*, *mgd77path*, *mgd77sniffer*

# 第 19 章 相关工具

这一章介绍在使用 GMT 过程中可能用到的其他工具。

## 19.1 GDAL

[GDAL](#) (Geospatial Data Abstraction Library) 是光栅 (raster) 和矢量 (vector) 地理空间数据格式的转换库/工具, 支持多种光栅或矢量地理空间数据格式的互相转换和处理。

### 19.1.1 简介

历史上, GDAL 仅用于处理光栅地理空间数据, 而 OGR 则仅用于处理矢量地理空间数据。自 GDAL 2.0 开始, 二者集成在一起了, 一般统称为 GDAL 或 GDAL/OGR。因此, GDAL 现在具备了处理光栅和矢量地理空间数据格式的能力。

---

**备注:** 若无显式说明, 本手册提到 GDAL 和 GDAL/OGR 时, 表示同一个意思; 提到 OGR 时, 仅表示地理空间矢量数据格式。

---

GDAL/OGR 有两个核心部分:

- GDAL 部分: 支持多种光栅地理空间数据格式的互相转换, 如常见的 netCDF、GeoTiff、HDF5、XYZ 等, 详见[光栅格式列表](#)
- OGR 部分: 支持多种矢量数据格式的互相转换, 如常见的 OGR/GMT (即 GMT)、Shapefile、KML、MapInfo、Excel 等, 详见[矢量格式列表](#)

### 19.1.2 安装

《[GMT 安装](#)》中介绍了各种操作系统下安装 GMT 的方法。GDAL 要么已包含在 GMT 安装包中, 要么作为推荐包已被安装。

### 19.1.3 ogr2ogr

GDAL 提供的 `ogr2ogr` 命令可以实现几十种地理矢量数据格式之间的互相转换。因而, 可以用其将任意地理矢量数据格式转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式, 以供 GMT 直接使用。该命令的详细用法请参考 [ogr2ogr 官方文档](#), 这里仅介绍该命令的基本用法:

```
$ ogr2ogr -f GMT 输出数据文件名 输入数据文件名
```

例如, 将 Shapefile 格式的数据文件 `gadm36_USA_0.shp` 转换为 GMT 可识别的 OGR/GMT 格式, 输出文件名为 `gadm36_USA_0.gmt`:

```
$ ogr2ogr -f GMT gadm36_USA_0.gmt gadm36_USA_0.shp
```

### 19.1.4 gdal\_translate

GDAL 提供的 `gdal_translate` 命令可以实现多种地理空间光栅数据格式之间的互相转换。该命令的详细用法请参考 [gdal\\_translate 官方文档](#), 这里只介绍该命令的基本用法:

```
gdal_translate -of GMT 输入数据文件名 输出数据文件名
```

例如, 将 GeoTiff 格式的数据文件数据 `srtm_56_05.tif` 转换为 GMT 使用的 netCDF 格式:

```
gdal_translate -of GMT srtm_56_05.tif srtm_56_05.nc
```

---

**备注:** GDAL 默认不支持读写 GMT 的 netCDF 格式。可以使用如下命令检查当前系统安装的 `gdal_translate` 支持哪些格式:

```
$ gdal_translate --formats
```

若输出中不包含 GMT, 则表示当前 GDAL 不支持 GMT 的 netCDF 格式。

---

# 第 20 章 等值线标注和“线条标注”

GMT 中可以使用采用 `grdcontour` 和 `pscontour` 模块来绘制等值线，每条等值线都可以附加一个标注。GMT 中 `plot` 和 `plot3d` 模块也可以使用 `-Sq` 选项绘制带有标注的线段。

在需要为等值线/线段附加标注的时候，如何优化标注的位置是一个很困难的主题。GMT 提供了不同的算法确定标注的位置，并且可以自由地指定标注的属性。本章总结了标注的属性和位置确定方法，并给出了一些应用实例。

## 20.1 标注的位置

GMT 中提供了 5 种算法来自动确定标注的位置。对于 `grdcontour` 和 `pscontour` 模块，可以通过 `-G` 选项指定使用哪种标注定位算法，对于 `plot` 和 `plot3d` 模块，则可以通过 `-Sq` 选项指定使用哪种标注定位算法。

不管是 `-G` 还是 `-Sq`，其所需的信息是完全相同的，采用 `<code><info>` 的格式来指定算法和相应参数，其中 `<code>` 取不同的值代表不同的算法，`<info>` 则是各个算法所对应的参数。

下述内容给出了不同 `<code>` 对应的算法和相应的参数：

d:

完整的语法为 `d<dist>[c|i|p] [/frac]`

根据地图上的投影距离确定标注的位置，可以指定长度单位或采用默认值 `[PROJ_LENGTH_UNIT]`。从等值线的起始位置开始，以 `<dist>` 为步长，沿着等值线布置标注。为了保证可以标注总长度小于 `<dist>` 的封闭曲线，可以指定 `<frac>` 参数，将第一个标注放置在距封闭曲线起点  $d = <dist> * <frac>$  的位置上，`frac` 的默认值为 0.25。

D:

完整的语法为 `D<dist>[d|m|s|e|f|k|M|n] [/<frac>]`

与 `d` 相似，但是其输入数据必须是地理坐标（同时必须选择地图投影），距离为沿等值线的地表真实距离。可以附加距离的单位，其中 `d|m|s|e|f|k|M|n` 各个单位的含义见[单位](#)一节。其它参数的意义与 `d` 相同。

f:

完整的语法为 `f<fix.txt>[/<slop>[c|i|p]]`

其中，ASCII 文件 `<fix.txt>` 中每条记录的前两列（坐标）指定了标注的位置。当文件中的坐标与等值线的距离小于 `<slop>`（附加单位或使用默认值 `[PROJ_LENGTH_UNIT]`）时，才会显示标注。`<slope>` 的默认值为 0，即文件中的坐标必须与线段上的坐标完全匹配。

l:

完整的语法为 `l<line1>[,<line2>[, ...]]`

指定一个或多个以逗号分隔的直线段，在这些直线段与等值线的交点位置放置标注。通过起点 `<start>` 和终点 `<stop>` 的坐标来定义每个直线段 `<line>`。起点和终点的坐标可以是常规坐标，如斜杠分隔的经纬度，或与地图区域相关的 2 个字母组合成的子选项。这些字母的取值与 `pstext` 中对齐方式的取值相同，即 `[L|C|R][B|M|T]`

第一个字母代表横坐标 `<x>`，第二个字母代表纵坐标 `<y>`，如 `LB`` 代表地图的左下角。在模块

``grdcontour 中还可以使用子选项 Z+、Z- 代表网格数据中全局最大值点或最小值点的坐标。例如，直线段 line LT/RB 代表地图左上角到右下角的对角线，Z-/135W/15S 代表网格数据中最小值点与 (135°W, 15°S) 之间的直线段。

L:

除起点与终点之间的线段为大圆弧外，其余内容与子选项 l 相同。

n:

完整的语法为 n<number>[/<minlength>[c|i|p]]

沿等值线放置 <number> 个标注，即将等值线分割为 <number> 段，标注位于每段的中心位置。还可以通过指定最小距离 <minlength> 来保证相邻标注之间的距离不小于 <minlength>。

N:

完整的语法为 N<number>[/<minlength>[c|i|p]]

除标注位于每段终点位置外 (<number> >= 2)，与子选项 n 类似。当 number=-1 时，标注位于等值线的起点；当 number=+1 时，标注位于等值线的终点。

x:

完整的语法为 x<cross.d>

ASCII 文件 <cross.d> 内给出了多段数据，这些线段与等值线的交点即是标注的位置。

X:

除了 ASCII 文件中定义的线段为大圆弧外，与子选项 x 的类似。

每调用一次等值线绘制模块，只能指定一种确定标注位置的算法。

## 20.2 标注的属性

确定标注的位置之后，还需要指定标注的属性。对于等值线绘制模块，在 -A 选项后以 +<code>[<参数>] 的格式定义不同的属性；对于线条绘制模块中，则是在 -Sq 选项后用冒号 : 来分隔标注的属性和标注的位置。

部分属性只能用于线条绘制模块，因此，首先列出了两个模块通用的属性。这些属性包括：

+a:

控制标注的角度和线条的角度间的相互关系：

1. 后面加上 n 表示二者相互垂直；
2. 后面加上 p 表示二者之间相互平行，调用 grdcontour 模块时，还可以附加 u 或 d 表示标注的上边缘指向更高或更低的等值线；
3. 给定角度 <angle> 表示自水平方向开始逆时针方向旋转的角度

+c:

每个标注周围存在一个假想的文本框，等值线在这个区域内是不可见的。默认的文本框精确的围限了标注，可以指定水平向和竖直向的间隙（相对于标注的基线）。若水平向和竖直向的间隙值不同，需要以斜杠分隔，可以在间隙值后附加长度单位 (c|i|m|p)，也可以指定间隙与标注所采用字体的百分比，默认值为 15%。

+d:

Debug 模式。标注所在位置也会绘制等值线，用来测试等值线的位置。

+d:

延迟模式，延迟标注文字的绘制。

+f:

指定标注文字的字体、大小和颜色等, 可参考 `pstext`。字体的默认值参见 [FONT\\_ANNOT\\_PRIMARY](#)。

+g:

指定文本框的填充效果, 颜色的默认值与 [PS\\_PAGE\\_COLOR](#) 相同。

+j:

指定标注内容与标注位置之间的对齐方式, 默认值为 **CM**, 指定值可以覆盖默认值, 参数值由 2 个字母组成, 取值范围分别为 [L|C|R] [B|M|T]。对于弯曲的标注文字 (+v), 只有竖直向对齐方式起作用。

+o:

指定文本框的形状为圆角矩形, 只有对文本框进行填充或显示轮廓时才起作用。对于弯曲的标注文字 (+v) 不起作用。

+p:

指定文本框轮廓线的线条属性, 默认值为 [0.25p,black]。

+r:

当曲率半径低于给定值时, 不放置标注, 可以指定曲率半径的单位, 默认值为 0。

+u:

在标注后加单位 <unit>。通常在单位和标注之间有一个空格, 若想去掉这个间隔, 需要在单位前加连字符 (-)。调用 `grdcontour` 模块时, 若给出这个属性, 却不指定单位时, 则使用网格头段中 *z* 值的单位。

+v:

根据线条摆动情况放置弯曲的标注, 当标注长度较大时, 该属性尤其有用。默认值为给定角度的不可见的直线段。

+w:

标注所在位置处等值线的角度, 是对附近的 *width* 个点, 进行最小二乘拟合计算的, *width* 的默认值为 10。

+=:

与 +u 非常相似, 用于指定 *prefix* 的单位。

对于等值线绘制模块, 标注的内容为等值线的数值 (可以通过 +u 或 += 属性来修改)。对于线条绘制模块来说, 还可以指定下述属性:

+l:

在标注位置放置相同的内容, 如果标注内容包含空格, 则需要用引号括起来。

+L:

通过附加 子选项 指定标注的内容, 可用的子选项包括:

+Lh:

采用多段数据的头记录作为标注内容 (假设输入为多段数据, 如果不是多段数据, 则采用文件头记录)。首先扫描 -L< 子选项> 属性, 若没有指定该选项, 则采用数据段头记录首字符 (默认为 >) 后的第一个单词。

+Ld:

采用笛卡尔坐标系内的距离作为标注内容的距离单位, 可以指定单位, 如 c|i|p, 默认值为 [\[PROJ\\_LENGTH\\_UNIT\]](#)。标注内容的格式参见:term:FORMAT\_FLOAT\_OUT。

+LD:

采用真实地表距离计算标注内容, 可以指定单位, 如 d|e|f|k|m|M|n|s, 默认值为度 d。

+Lf:

采用 ASCII 文件 *fix.txt* 中第 2 列数据之后的所有文字作为标注的内容, 显然, 该属性需要在指定标注位置算法 (f) 的前提下, 才能起作用。

+Ln:

采用多段数据中当前数据段的顺序号作为标注内容。

+LN:

采用斜杠分隔的文件号--当前数据段顺序号作为标注内容。

+Lx:

与属性 **h** 类似, 多段数据头记录的来源为 *cross.d* 文件。显然, 该属性需要在指定标注位置算法 (**x|X**) 的前提下, 才能起作用。

## 20.3 等值线标注位置实例

本节通过一些简单的实例说明等值线标注位置选项的作用。首先, 在实例 1 中, 采用部分全球大地水准面数据 (*geoid*), 绘制了等值线。所选择的区域包含了大地水准面的两级, Indian Low 和 New Guinea High。

### 20.3.1 等距离放置标注

第 1 个实例使用标注位置算法的默认值, 沿等值线每 1.5 英寸放置一个标注:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot1
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+f8p -Gd1.5i -S10 -T+1LH
gmt end show
```

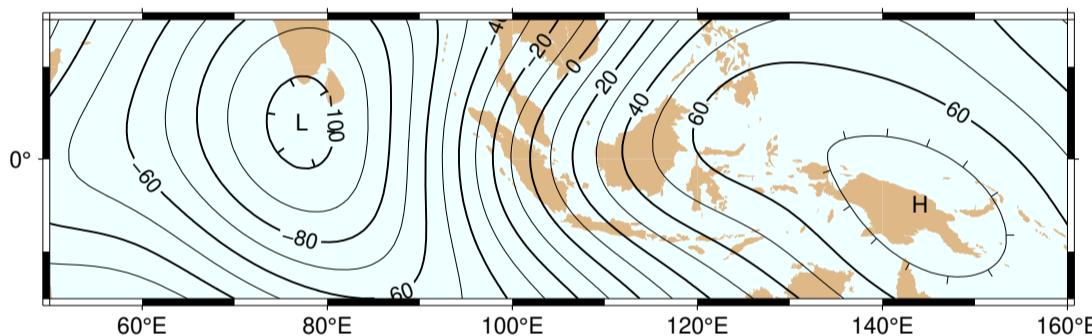


图 1: 通过指定 **-Gd** 选项的参数, 确定了标注的位置 (等值线上相距 1.5 英寸的点)

### 20.3.2 给定标注个数

现在指定每条等值线上标注的个数。每条等值线上只放置 1 个标注, 并且要求等值线的长度不小于 1 英寸,

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot2
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+f8p -Gn1/ii -S10 -T+1LH
gmt end show
```

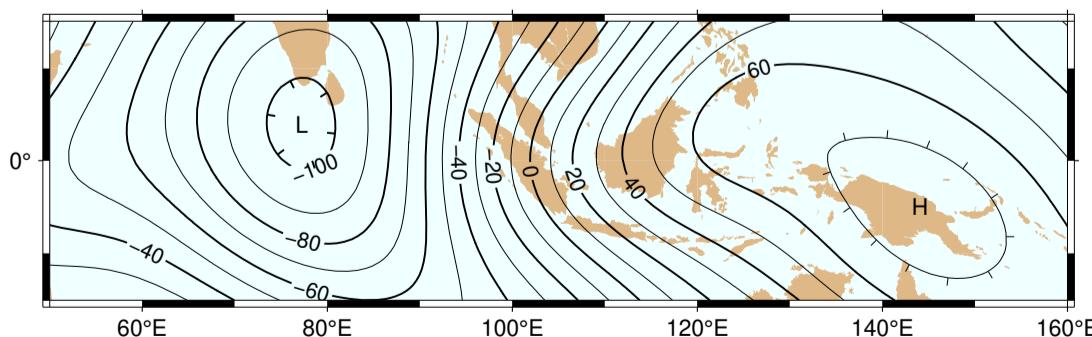


图 2: 通过指定 **-Gn** 选项的参数, 确定了标注的位置 (每条长度超过 1 英寸的等值线的中心位置)

### 20.3.3 给定标注位置

给定标注所在位置的坐标,由于坐标不是严格位于等值线上,指定了非 0 距离值,即标注位置与等值线距离的上限。

根据等值线的几何形状,自动计算标注的角度。为了帮助理解,通过指定选项 -A 中的 +d\* 属性,采用了 debug 模式,即在每个给定位置上绘制了一个小圆圈。

```
#!/usr/bin/env bash
cat << EOF > fix.txt
80      -8.5
55      -7.5
102     0
130     10.5
EOF
gmt begin contour_annot3
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+f8p -Gffix.txt/0.1i -S10 -T+1LH
gmt end show
```

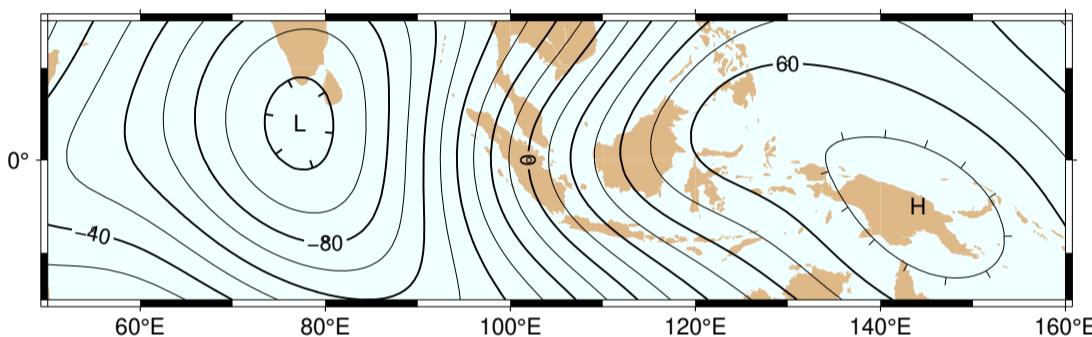


图 3: 通过指定 -Gf 选项的参数,确定了标注的位置(等值线上与给定点距离最小的点)

### 20.3.4 线段与等值线交点处放置标注

通过指定 -Gl 或 -GL 选项的参数来定义线段,将标注放置在直线段与等值线的交点。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot4
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+f8p -GLZ-/Z+ -S10 -T+1LH
gmt end show
```

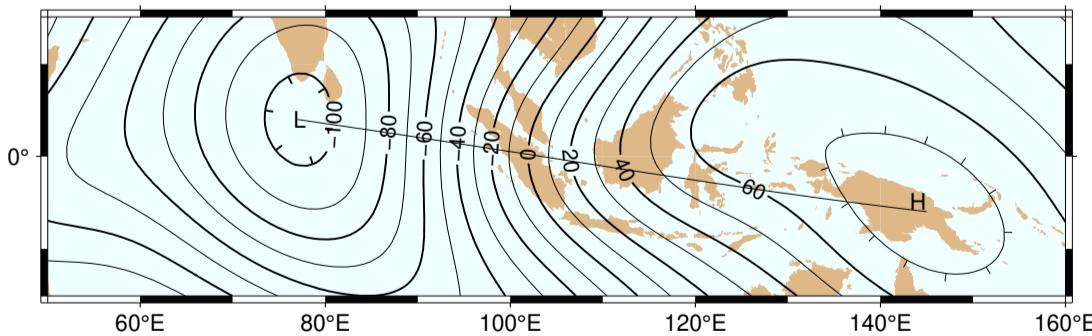


图 4: 通过指定 -GL 选项确定了标注的位置(大圆弧与等值线的交点)

图中的标注位于数据极值点连线 ( $Z^-/Z^+$ ) 与等值线的交点。图中极值点连线为两点之间的大圆弧,在其与等值线交点位置处放置了标注。同一幅地图中,可以分别指定多条线段。

### 20.3.5 广义的线段与等值线相交算法

如果需要指定的与等值线相交的线段比较多, 或线段数据来自其他数据集, 可以使用广义的相交算法确定标注的位置。多段数据文件 *cross.txt* 中定义了三条曲线, 在这三条曲线与等值线交点位置处放置了标注,

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot5
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+f8p -GXcross.txt -S10 -T+1LH
gmt end show
```

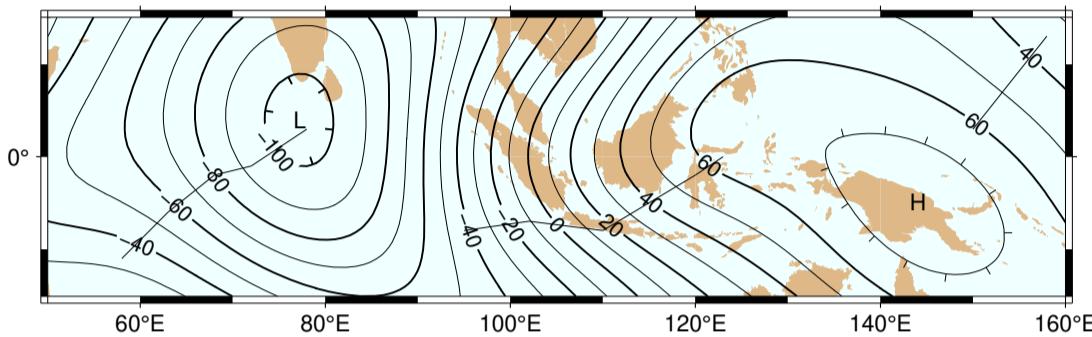


图 5: 通过指定 **-GX** 选项的参数 (多段数据文件 *cross.txt* ), 确定了标注的位置

## 20.4 标注属性实例

本节通过实例说明标注属性的作用, 采用 **plot** 绘制了大地水准面极值点之间的大圆弧, 并且沿着该大圆弧从ETOPO5 数据集中提取了高程数据。高程数据文件 (*transect.txt*) 中包括了 经度、纬度、距离、大地水准面、高程数据。

### 20.4.1 按照沿大圆弧距离放置标注-不透明文本框

在本实例中将标注的走向从沿大圆弧改变为跨大圆弧, 并指定了不透明的文本框和轮廓线, 增加了标注的可读性。沿大圆弧每 1000km 放置一个标注, 使用距离值作为标注的内容。标注的方向与大圆弧垂直:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot6
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+f8p -G150/10S/160/10S -S10 -T+1
gmt plot -SqD1000k:+g+LD+an+p -Wthick transect.txt
gmt end show
```

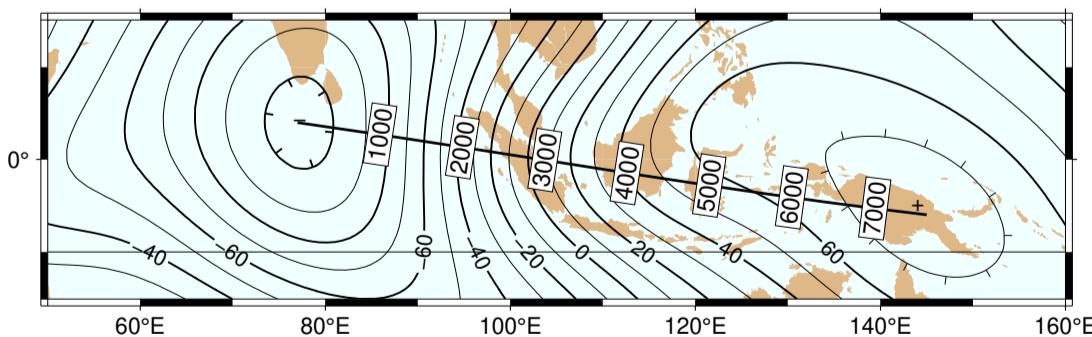


图 6: 通过指定 **-Sq** 选项的参数控制标注属性.

图中显示了上述命令的综合效果。值得注意的是, 大圆弧的起点和终点没有与表示极值点的”-“和”+”符号完全重合。造成这个现象的原因是, 极值点符号”-“和”+”的坐标是等值线的平均值, 而不是全局或局部极值的位置。

## 20.4.2 按照沿大圆弧距离放置标注-反色圆角矩阵

与上一个实例不同的是，本实例中标注与大圆弧平行，以度指定标注位置，并添加度单位。文本框的形状为圆角矩形，且标注内容与文本框的底色呈反色显示。

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot7
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+u" m"+f8p -G150/10S/160/10S -S10 -T+l
gmt plot -SqD15d:+gblack+fwhite+LD+o+u\\260 -Wthick transect.txt
gmt end show
```

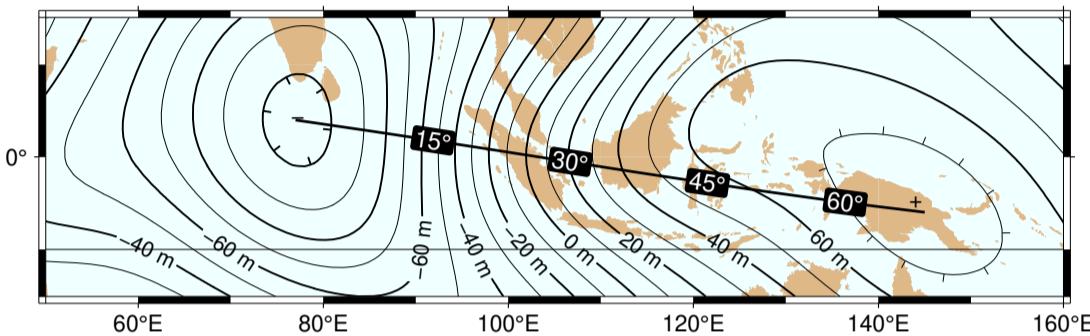


图 7：另一个标注属性实例

## 20.4.3 使用不同数据集定义标注的内容和位置

本实例中采用沿大圆弧的海底地形数据作为标注的内容，按照沿大圆弧的距离，每 1500km 放置一个标注。因此需要使用 awk 程序从 transect.txt 文件中抽取距离为 1500km 倍数的记录，并创建一个新文件，指定标注的位置和内容：

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot8
gmt convert -i0,1,4 -Em150 transect.txt | gawk '{print $1,$2,int($3)}' > fix2.txt
gmt coast -R50/160/-15/15 -JM5.3i -Gburlywood -Sazure -A500
gmt grdcontour geoid.nc -B20f10 -BWSne -C10 -A20+d+u" m"+f8p -G150/10S/160/10S -S10 -T+l
gmt plot -Sqffix2.txt:+g+an+p+Lf+u" m"+f8p -Wthick transect.txt
gmt end show
```

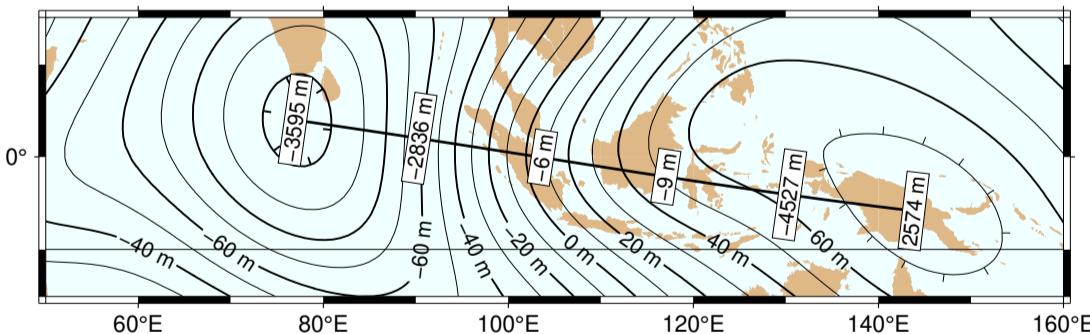


图 8：标注的位置和内容来自不同的数据集

## 20.5 综合实例

最后,采用之前章节中论述的多个标注位置确定方法和属性设置,绘制了一幅比较复杂的综合性图件。假设在 Canary Islands 发生了灾难性滑坡,图件显示了所引发的海啸的走时(以小时为单位)。根据海啸走时和海底地形绘制了彩图,对等值线和线条进行了标注。完整的脚本如下:

```
#!/usr/bin/env bash
gmt begin contour_annot_9
R==R-85/5/10/55
gmt grdgradient @earth_relief_05m_g $R -Nt1 -A45 -Gtopo5_int.nc
gmt set FORMAT_GEO_MAP ddd:mm:ssF FONT_ANNOT_PRIMARY +9p FONT_TITLE 22p
gmt project -E-74/41 -C-17/28 -G10 -Q > great_NY_Canaries.txt
gmt project -E-74/41 -C2.33/48.87 -G100 -Q > great_NY_Paris.txt
km=$(echo -17 28 | gmt mapproject -G-74/41+uk -fg --FORMAT_FLOAT_OUT=%.0f -o2)
gmt makecpt -Clightred,lightyellow,lightgreen -T0,3,6,100 -N
gmt grdimage @App_0_ttt.nc -Itopo5_int.nc -C $R -JM5.3i -nc+t1
gmt grdcontour @App_0_ttt.nc -CO.5 -A1+u" hour"+v+f8p,Bookman-Demi \
    -GL80W/31N/17W/26N,17W/28N/17W/50N -S2
gmt plot -Wfatter,white great_NY_Canaries.txt
gmt coast -B20f5 -BWSne+t"Tsunami travel times from the Canaries" -N1/thick \
    -Glightgray -Wfaint -A500
gmt convert great_NY_*.txt -E | gmt plot $R -Sa0.15i -Gred -Wthin
gmt plot -Wthick great_NY_Canaries.txt \
    -Sqn1:+f8p,Times-Italic+l"Distance Canaries to New York = $km km"+ap+v
gmt plot great_NY_Paris.txt -Sc0.08c -Gblack
gmt plot -Whinner great_NY_Paris.txt -SqD1000k:+an+o+gblue+Ldk+f7p,Helvetica-Bold,white
cat << EOF | gmt text -Gwhite -Wthin -Dj0.1i -F+f8p,Bookman-Demi+j
74W      41N      RT      New York
2.33E     48.87N    CT      Paris
17W      28N      CT      Canaries
EOF
gmt end show
```

**Tsunami travel times from the Canaries**

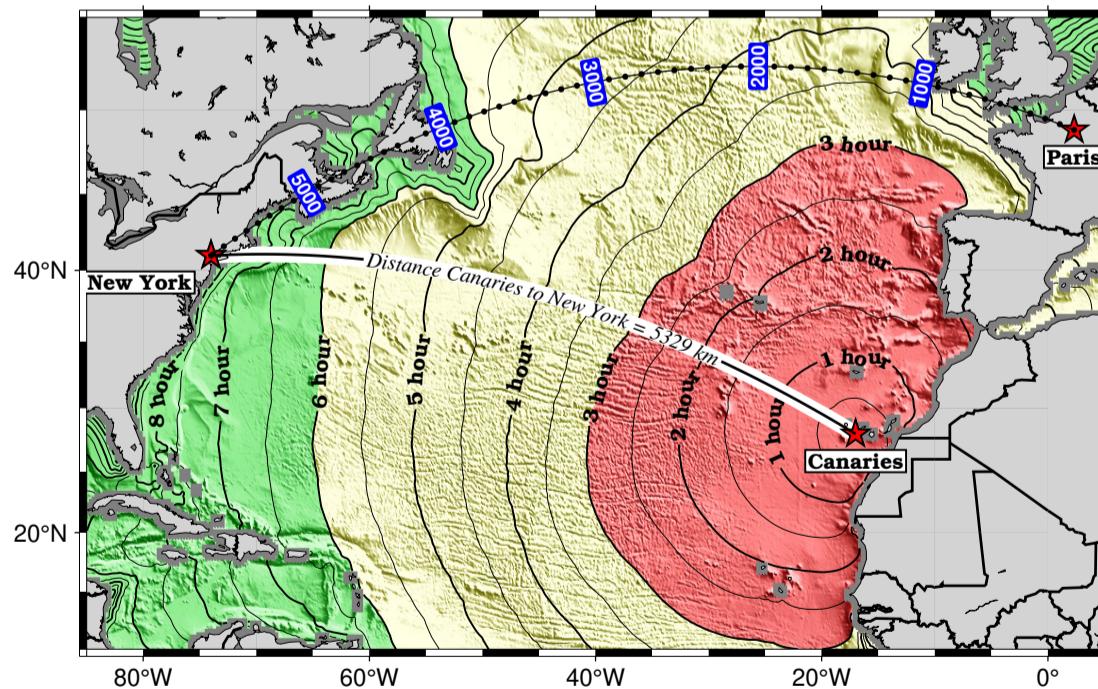


图 9: Canary Islands 到大西洋沿岸的海啸走时图,特别是纽约。当发生灾难性滑坡时,纽约将在 8 小时后遭遇大海啸。

# 第 21 章 贡献指南

欢迎 GMT 中文用户参与到 GMT 中文手册的维护与更新中。可以阅读以下指南，以便更快、更有效地参与到文档的维护与更新之中。

## 21.1 维护与更新

文档的维护与更新主要包括几个方面：

- 修正错别字、语句不通等
- 修正文档中的错误或不清晰的描述
- 修正 reStructuredText 文件语法错误导致的显示问题
- 调整章节结构，使文档条理更清晰
- 翻译、整理更多模块的文档
- 增加示例与入门教程

可以通过如下几种方式参与文档的维护与更新：

1. 修改文档源码并提交 [Pull Request](#)（不熟悉 Pull Request 的读者可以参考 [Pull Request 流程](#)）
2. 在 GitHub 上的文档源码仓库下提交 [Issue](#)
3. 在网页底部评论区留言
4. 在 GitHub 上的文档源码仓库下的 Discussions 上留言（也可以直接点击文档网页左下角的“参与讨论”）
5. 发送相关建议或投稿至 [admin@gmt-china.org](mailto:admin@gmt-china.org)

## 21.2 分支模型

GitHub 上托管的文档仓库中存在如下长期分支：

- `master`: 主分支，对应 GMT6 最新版本的文档源码，所有绘图命令均使用现代模式
- `gh-pages`: 存放文档网页的分支，自动更新，无需人工修改

其它分支均属于短期分支，在合并到 `master` 分支后会删除。

## 21.3 构建文档

本文档使用基于 Python 的文档生成工具 [Sphinx](#) 构建得到。读者可以按照如下步骤在自己的计算机上构建网站。

1. 安装 [Anaconda](#)（用于科学计算的 Python 发行版）
2. 下载文档源码及源码中所需的数据

```
$ git clone --depth=1 https://github.com/gmt-china/china-geospatial-data.git
$ git clone --depth=10 https://github.com/gmt-china/GMT_docs.git
```

### 3. 安装 Sphinx 等文档所需依赖

```
$ cd GMT_docs
$ pip install -r requirements.txt
```

### 4. 编译生成 HTML 格式的文档

执行以下命令即可编译生成 HTML 格式的文档 (生成的文档位于 build/html/ 目录)。直接用浏览器打开 build/html/index.html 即可在本地预览。

```
$ export GMT_DATADIR=/full/path/to/china-geospatial-data
$ make html
```

### 5. 编译生成 PDF 格式的文档

编译 PDF 文档需要先安装 TeXLive:

- Linux 用户: 参考 <http://blog.seisman.info/texlive-install>
- macOS 用户: 直接执行 brew cask install mactex-no-gui 安装 mactex

安装好 TeXLive 后, 执行以下命令即可编译生成 PDF 格式的文档 (即 build/latex/GMT\_docs.pdf):

```
$ make latexpdf
```

## 21.4 文档风格

### 21.4.1 文件命名

每个源文件都会被转换成一个单独的网页。因而, 确定文件名时应慎重, 一旦确定, 尽量不要再改动。由于 Windows 不区分文件名大小写, 故而 option-B.rst 和 option-b.rst 在 Windows 下会出现冲突。我们使用的文件的命名规则是:

- 文件名一律采用小写字母
- 文件名应尽量使用单词全称, 避免使用各种形式的简写
- 若文件名中含多个单词, 应使用连字符 (hyphen) - 连接

### 21.4.2 文件风格

1. 所有教程均采用 reStructuredText 语言编写, 可参考 reStructuredText 备忘单 学习其常用语法。
2. reStructuredText 文档的一级标题、二级标题和三级标题, 分别用 =、- 和 ^ 符号标识
3. 所有 Bash 命令前应加上 Shell 提示符 \$ 以表示该命令为 Shell 命令
4. 中文字符与英文字符和数字之间应加上空格, 如 中文 ABC 中文而非 中文 ABC 中文, 中文 123 中文而非 中文 123 中文
5. 标点符号采用全角, 如 ,、。、:、? 等。标点符号与中文字符、英文字符以及数字之间不需加空格。
6. 使用 UTF8 编码和 Linux 换行符
7. 图片应在保证清晰度的前提下尽可能小

### 21.4.3 示例风格

- 示例脚本尽量使用 Bash, 非必须请勿使用 Perl、Python 等
- master 分支中的所有脚本均使用现代模式
- 所有脚本至少需要生成 PNG 格式的图片, 建议使用 PNG、PDF 生成两种格式的图片, 别供网页版和 PDF 版使用
- 所有脚本以 gmt end show 结尾
- 示例中加入必要的注释, 用于说明某个代码段、某个命令选项的功能及其他重要信息, 但尽量使用简单英文, 更复杂的说明应考虑写到正文中
- 若一行命令太长, 可使用反斜杠换行, 并且脚本的行数要尽量小
- 需要缩进时, 应使用四个空格

文档使用 Sphinx 扩展 `sphinx_gmt` 提供的 `gmtplot` 指令自动执行脚本生成图片, 同时将图片插入到文档中。该指令的常用选项有:

- `width`: 图片在网页中的宽度 (建议使用百分比表示, 如 100%)
- `caption`: 图片标题
- `show-code`: 表示是否显示代码 (true 或 false)

该指令用法有两种: 行内模式 (直接在文档中写绘图代码) 和脚本模式 (将绘图代码写在脚本中)。

**行内模式:**

```
.. gmtplot::
   :caption: 图片标题
   :width: 80%

gmt begin map
gmt basemap -JX10c/10c -R0/10/0/10 -Baf
gmt end show
```

**脚本模式:**

```
.. gmtplot:: /scripts/psmeca_ex1.sh
   :width: 80%
```

图片标题

## 21.5 新增绘图实例

社区绘图实例都位于 `source/examples/` 目录下, 每个文件夹包含一个实例, 从 `ex001` 开始顺序编号。例如, 实例 1 的文件夹为 `source/examples/ex001/`, 该文件夹下需要包含如下信息:

1. 描述文件 `index.rst` (必须)
2. Bash 绘图脚本, 如 `ex001.sh` (必须)
3. 绘图所需数据 `xxx.dat` (可选, 数据应尽量小)

简要描述绘图意义、所用核心模块的关键语法以及绘图必需的数据等。新增实例时, 请参考[文档风格](#)和已有的[社区绘图实例](#)。

# 索引

## B

basemap, 362

begin, 367

## C

clear, 370

clip, 372

coast, 374

COLOR\_BACKGROUND, 276

COLOR\_FOREGROUND, 276

COLOR\_HSV\_MAX\_S, 277

COLOR\_HSV\_MAX\_V, 277

COLOR\_HSV\_MIN\_S, 277

COLOR\_HSV\_MIN\_V, 277

COLOR\_MODEL, 276

COLOR\_NAN, 276

colorbar, 382

colors, 134

contour, 385

coupe, 387

## D

DIR\_CACHE, 277

DIR\_DATA, 277

DIR\_DCW, 277

DIR\_GSHHG, 277

docs, 393

## E

end, 395

## F

figure, 396

fill, 139

filter1d, 398

fitcircle, 401

FONT, 271

FONT\_ANNOT, 271

FONT\_ANNOT\_PRIMARY, 271

FONT\_ANNOT\_SECONDARY, 271

FONT\_HEADING, 271

FONT\_LABEL, 271

FONT\_LOGO, 271

FONT\_TAG, 271

FONT\_TITLE, 271

fonts, 141

FORMAT\_CLOCK\_IN, 279

FORMAT\_CLOCK\_MAP, 279

FORMAT\_CLOCK\_OUT, 279

FORMAT\_DATE\_IN, 278

FORMAT\_DATE\_MAP, 278

FORMAT\_DATE\_OUT, 278

FORMAT\_FLOAT\_MAP, 280

FORMAT\_FLOAT\_OUT, 280

FORMAT\_GEO\_MAP, 280

FORMAT\_GEO\_OUT, 279

FORMAT\_TIME\_MAP, 280

FORMAT\_TIME\_PRIMARY\_MAP, 280

FORMAT\_TIME\_SECONDARY\_MAP, 280

FORMAT\_TIME\_STAMP, 281

## G

gmt, 403

GMT\_AUTO\_DOWNLOAD, 289

GMT\_COMPATIBILITY, 290

GMT\_CUSTOM\_LIBS, 290

GMT\_DATA\_SERVER, 289

GMT\_DATA\_SERVER\_LIMIT, 289

GMT\_DATA\_UPDATE\_INTERVAL, 289

GMT\_EXPORT\_TYPE, 290

GMT\_EXTRAPOLATE\_VAL, 290

GMT\_FFT, 289

GMT\_GRAPHICS\_FORMAT, 291

GMT\_HISTORY, 291

GMT\_INTERPOLANT, 289

GMT\_LANGUAGE, 290

GMT\_MAX\_CORE, 291

GMT\_TRIANGULATE, 289

GMT\_VERBOSE, 291

gmtbinstats, 405

gmt.conf, 268

gmt-config, 404

gmtconnect, 408

gmtdefaults, 409

gmtflexure, 659

gmtget, 411  
 gmtgravmag3d, 661  
 gmtinfo, 413  
 gmtlogo, 414  
 gmtmath, 417  
 gmtselect, 430  
 gmtset, 433  
 gmt simplify, 435  
 gmt spatial, 437  
 gmt split, 442  
 gmt vector, 444  
 gmt which, 448  
 gravfft, 665  
 gravprisms, 690  
 grd2cpt, 449  
 grd2xyz, 451  
 grdblend, 454  
 grdclip, 457  
 grdcontour, 458  
 grdconvert, 460  
 grdcut, 463  
 grdedit, 465  
 grdfill, 468  
 grdflexure, 670  
 grdgravmag3d, 677  
 grdimage, 470  
 grdinfo, 472  
 grdlmask, 476  
 grdmask, 479  
 grdmath, 480  
 grdpaste, 493  
 grdproject, 494  
 grdrdpol, 680  
 grdsample, 495  
 grdseamount, 682  
 grdtrack, 497  
 grdtrend, 498  
 grdvector, 498  
 grdview, 500  
 grdvolume, 502  
 gshhg, 504

## H

histogram, 508

I  
 image, 511  
 img2google, 513  
 img2grd, 515  
 inset, 519  
 IO\_COL\_SEPARATOR, 281  
 IO\_FIRST\_HEADER, 281  
 IO\_GRIDFILE\_FORMAT, 282  
 IO\_GRIDFILE\_SHORTHAND, 282  
 IO\_HEADER, 281  
 IO\_HEADER\_MARKER, 281  
 IO\_LONLAT\_TOGGLE, 282  
 IO\_N\_HEADER\_RECS, 281  
 IO\_NAN\_RECORDS, 283  
 IO\_NC4\_CHUNK\_SIZE, 282  
 IO\_NC4\_DEFLATION\_LEVEL, 282  
 IO\_SEGMENT\_BINARY, 281  
 IO\_SEGMENT\_MARKER, 281  
 K  
 kml2gmt, 522  
 L  
 legend, 524  
 M  
 makecpt, 530  
 MAP\_ANNOT\_MIN\_ANGLE, 274  
 MAP\_ANNOT\_MIN\_SPACING, 274  
 MAP\_ANNOT\_OBLIQUE, 273  
 MAP\_ANNOT\_OFFSET, 273  
 MAP\_ANNOT\_OFFSET\_PRIMARY, 273  
 MAP\_ANNOT\_OFFSET\_SECONDARY, 273  
 MAP\_ANNOT\_ORTHO, 273  
 MAP\_DEFAULT\_PEN, 275  
 MAP\_DEGREE\_SYMBOL, 273  
 MAP\_FRAME\_AXES, 272  
 MAP\_FRAME\_PEN, 272  
 MAP\_FRAME\_TYPE, 272  
 MAP\_FRAME\_WIDTH, 272  
 MAP\_GRID\_CROSS\_SIZE, 274  
 MAP\_GRID\_CROSS\_SIZE\_PRIMARY, 274  
 MAP\_GRID\_CROSS\_SIZE\_SECONDARY, 275  
 MAP\_GRID\_PEN, 274  
 MAP\_GRID\_PEN\_PRIMARY, 274  
 MAP\_GRID\_PEN\_SECONDARY, 274

MAP\_HEADING\_OFFSET, [275](#)  
 MAP\_LABEL\_OFFSET, [274](#)  
 MAP\_LINE\_STEP, [276](#)  
 MAP\_LOGO, [276](#)  
 MAP\_LOGO\_POS, [276](#)  
 MAP\_ORIGIN\_X, [275](#)  
 MAP\_ORIGIN\_Y, [275](#)  
 MAP\_POLAR\_CAP, [275](#)  
 MAP\_SCALE\_HEIGHT, [276](#)  
 MAP\_TICK\_LENGTH, [274](#)  
 MAP\_TICK\_LENGTH\_PRIMARY, [274](#)  
 MAP\_TICK\_LENGTH\_SECONDARY, [274](#)  
 MAP\_TICK\_PEN, [274](#)  
 MAP\_TICK\_PEN\_PRIMARY, [274](#)  
 MAP\_TICK\_PEN\_SECONDARY, [274](#)  
 MAP\_TITLE\_OFFSET, [275](#)  
 MAP\_VECTOR\_SHAPE, [276](#)  
 mapproject, [531](#)  
 mask, [535](#)  
 meca, [539](#)  
 mgd77convert, [708](#)  
 mgd77header, [711](#)  
 mgd77info, [714](#)  
 mgd77list, [716](#)  
 mgd77magref, [725](#)  
 mgd77manage, [702](#)  
 mgd77path, [728](#)  
 mgd77sniffer, [730](#)  
 mgd77track, [736](#)

**N**  
 nearneighbor, [545](#)

**P**  
 pen, [137](#)  
 plot, [548](#)  
 polar, [567](#)  
 PROJ\_AUX\_LATITUDE, [283](#)  
 PROJ\_ELLIPSOID, [283](#)  
 PROJ\_GEODESIC, [284](#)  
 PROJ\_LENGTH\_UNIT, [283](#)  
 PROJ\_MEAN\_RADIUS, [283](#)  
 PROJ\_SCALE\_FACTOR, [284](#)  
 project, [571](#)  
 PS\_CHAR\_ENCODING, [284](#)  
 PS\_COLOR\_MODEL, [284](#)

PS\_COMMENTS, [284](#)  
 PS\_CONVERT, [284](#)  
 PS\_IMAGE\_COMPRESS, [285](#)  
 PS\_LINE\_CAP, [285](#)  
 PS\_LINE\_JOIN, [285](#)  
 PS\_MEDIA, [286](#)  
 PS\_MITER\_LIMIT, [285](#)  
 PS\_PAGE\_COLOR, [286](#)  
 PS\_PAGE\_ORIENTATION, [286](#)  
 PS\_SCALE\_X, [287](#)  
 PS\_SCALE\_Y, [287](#)  
 PS\_TRANSPARENCY, [287](#)  
 psconvert, [574](#)

**R**  
 rose, [577](#)

**S**  
 sac, [579](#)  
 sample1d, [583](#)  
 solar, [584](#)  
 spectrum1d, [588](#)  
 sph2grd, [590](#)  
 sphdistance, [592](#)  
 sphinterpolate, [595](#)  
 sphtriangulate, [598](#)  
 subplot, [601](#)  
 surface, [609](#)

**T**  
 talwani2d, [694](#)  
 talwani3d, [699](#)  
 ternary, [610](#)  
 text, [614](#)  
 TIME\_EPOCH, [287](#)  
 TIME\_INTERVAL\_FRACTION, [288](#)  
 TIME\_IS\_INTERVAL, [288](#)  
 TIME\_REPORT, [288](#)  
 TIME\_SYSTEM, [287](#)  
 TIME\_UNIT, [287](#)  
 TIME\_WEEK\_START, [287](#)  
 TIME\_Y2K\_OFFSET\_YEAR, [288](#)  
 transparency, [225](#)  
 triangulate, [618](#)

**V**  
 velo, [622](#)

## W

wiggle, [626](#)

## X

x2sys\_binlist, [641](#)

x2sys\_cross, [642](#)

x2sys\_datalist, [645](#)

x2sys\_get, [648](#)

x2sys\_init, [634](#)

x2sys\_list, [649](#)

x2sys\_merge, [652](#)

x2sys\_put, [653](#)

x2sys\_report, [655](#)

x2sys\_solve, [656](#)

xyz2grd, [630](#)