

SAC 参考手册

基于 SAC v101.6a

作者: SeisMan

版本: 3.2

日期: 2015-05-02

保护环境，从阅读电子文档开始！

写在第三版前的一些废话

“工欲善其事，必先利其器。”

—《论语·卫灵公》”

2010 年 10 月，大三，开始接触并学习 SAC；2011 年的暑假开始着手 SAC 文档的翻译工作；2012 年 01 月，文档的 v1.0 版本发布；2013 年 03 月，文档的 v2.0 版发布。3 年多的时间过去了，文档更新到了 v3.0 版。

v2.0 大体上算是官方英文文档的译本，整体结构上完全遵循了官方文档的风格。整个文档的条理不够清晰，教程部分稍显单薄，命令部分也不够完善。

2013 年 11 月，George Helffrich 著的 “*The Seismic Analysis Code : A Primer and User's Guide*” 一书出版了。该书基于 MacSAC，与本文档所关注的 SAC 有一些区别，但是核心部分是一致的。v3.0 版借鉴了该书的整体结构和部分内容，重新设计了文档结构并重写了教程的大部分内容，希望能够有一个结构更清晰、内容更丰富的版本。

整个文档分为教程部分和命令部分。教程部分又分为如下几章：

SAC 简介 简单介绍 SAC 软件的相关信息；

SAC 基础 继续阅读所需的基础知识；

SAC 文件格式 详细介绍 SAC 文件格式；

SAC 数据处理 介绍如何利用 SAC 命令进行地震数据处理和分析；

SAC 图像 介绍如何控制 SAC 绘制的图像的细节；

SAC 编程 介绍如何用 SAC 进行数据批处理；

SAC 与脚本 如何在脚本语言 (Bash、Perl 和 Python) 中调用 SAC；

SAC 函数库 在自己的 C 或 Fortran 程序中调用 SAC 提供的子函数；

SAC I/O 独立实现 SAC I/O 子函数；

SAC 相关工具 与 SAC 有关的一些工具；

对本文档的内容有疑问，或发现任何错误、笔误，欢迎邮件联系我或者在本文档的 GitHub 项目主页上提交 Issue，也欢迎感兴趣的读者 fork 该项目，共同完善文档。

此文档仅供个人学习使用，希望不涉及版权问题。

个人博客: <http://seisman.info>

项目主页: https://github.com/seisman/SAC_Docs_zh

联系方式: seisman.info@gmail.com

文档发布及更新: <http://seisman.info/sac-manual.html>

捐赠页面: <http://seisman.info/donations.html>

作者：SeisMan

2014 年 04 月 14 日

版本说明

SAC 的开发一直在进行，每一个新版本都可能修订一些 Bug、加入一些新特性或新命令。下表列出了本文档的版本与 SAC 版本之间的对应关系。就本文档而言，仅保证其中的所有示例均可在 v101.6a Linux 64 位下正常运行，无法保证在其它版本或其它平台下是否正常。

文档版本	文档发布日期	SAC 版本	SAC 发布日期
1.0	2012-01-08	101.4	2010-06-07
1.1	2012-09-03	101.4	2010-06-07
1.2	2012-09-18	101.5	2011-11-15
2.0	2013-03-29	101.5c	2012-02-01
2.1	2013-04-06	101.5c	2012-02-01
2.2	2013-04-12	101.5c	2012-02-01
2.3	2014-02-22	101.5c	2012-02-01
3.0	2014-04-18	101.6a	2013-11-11
3.1	2014-09-25	101.6a	2013-11-11
3.2	2015-05-02	101.6a	2013-11-11

维护者列表

维护者	电子邮件	开始时间	结束时间
SeisMan	seisman.info@gmail.com	2012-01-08	-

目 录

I	SAC 教程	1	3.3	SAC 头段结构	19
1	SAC 简介	3	3.4	SAC 头段变量	20
1.1	SAC 是什么？	3	3.4.1	基本变量	20
1.2	SAC 发展史	3	3.4.2	数据相关变量	22
1.3	SAC 变体	4	3.4.3	事件相关变量	23
1.4	安装 SAC	4	3.4.4	台站相关变量	25
1.5	邮件组	6	3.4.5	震相相关变量	26
2	SAC 基础	9	3.4.6	仪器相关变量	26
2.1	如何学习 SAC？	9	3.4.7	其它变量	26
2.2	如何阅读本文档？	9	3.5	SAC 中的时间概念	27
2.3	启动和退出	10	3.5.1	基本思路	27
2.4	SAC 设计思想	10	3.5.2	一些测试	30
2.5	SAC 命令初探	11	3.5.3	总结	33
2.5.1	SAC 命令长什么样？	11	4	SAC 数据处理	35
2.5.2	大小写	11	4.1	数据获取与转换	35
2.5.3	命令简写	11	4.2	数据重命名	35
2.5.4	查看命令语法	11	4.3	合并数据	36
2.5.5	参数默认值	12	4.4	事件信息	37
2.6	文档约定	13	4.5	台站和分量信息	38
2.7	样本数据	14	4.6	震相理论到时	39
2.7.1	funcgen	14	4.6.1	手动标记	39
2.7.2	datagen	14	4.6.2	traveltime 命令	39
2.8	SAC 的读和写	14	4.6.3	taup_setsac 命令	40
2.9	绘图	16	4.7	数据重采样	40
3	SAC 文件格式	17	4.8	去毛刺	41
3.1	SAC 格式简介	17	4.9	分量旋转	42
3.2	两种数据形式	17	4.10	去均值、去线性趋势和波形尖灭	43
3.2.1	两种形式的互相转换	17	4.11	去仪器响应	44
			4.12	滤波	46

4.13	波形排序	46	6.3.3	字符串操作函数	72
4.14	质量控制	47	6.3.4	其他函数	74
4.15	震相拾取	47	6.4	SAC 宏	74
4.16	数据截窗	50	6.4.1	简单的例子	74
4.16.1	PDW	50	6.4.2	宏搜索路径	75
4.17	数据分析	50	6.4.3	宏参数	75
5	SAC 图像	51	6.4.4	关键字驱动参数	75
5.1	图形设备	51	6.4.5	宏参数缺省值	76
5.1.1	xwindows	51	6.4.6	参数请求	76
5.1.2	sgf	52	6.4.7	联接	76
5.2	SAC 绘图流程	52	6.4.8	条件判断	77
5.3	绘图命令	52	6.4.9	循环控制	78
5.3.1	plot	52	6.4.10	嵌套与递归	80
5.3.2	plot1	53	6.4.11	中断宏	80
5.3.3	plot2	54	6.4.12	调用外部程序	80
5.3.4	plotpk	54	6.4.13	转义字符	80
5.3.5	plotpm	55	7	在脚本中调用 SAC	81
5.3.6	plotsp	56	7.1	Bash 中调用 SAC	81
5.4	图像外观	56	7.1.1	简介	81
5.4.1	图像元素	56	7.1.2	头段变量和黑板变量 ..	81
5.4.2	图像控制	58	7.1.3	内联函数	82
5.4.3	线条属性	59	7.1.4	条件判断和循环控制 ..	83
5.5	等值线图	60	7.2	在 Perl 中调用 SAC	83
5.6	组合图	62	7.2.1	简介	83
5.7	图像保存	64	7.2.2	头段变量	83
5.7.1	xwindows	64	7.2.3	内联函数	84
5.7.2	sgf	64	7.2.4	条件判断和循环控制 ..	85
5.7.3	PS 和 PDF	65	7.3	在 Python 中调用 SAC ...	85
5.7.4	pssac	65	7.3.1	简介	85
5.7.5	几种图像保存方法的 比较	65	7.3.2	头段变量	86
5.8	图像格式转换	65	7.3.3	内联函数	86
6	SAC 编程	67	7.3.4	条件判断和循环控制 ..	87
6.1	引用头段变量值	68	8	使用 SAC 函数库	89
6.2	黑板变量	69	8.1	SAC 库简介	89
6.3	内联函数	70	8.1.1	libsacio 库	89
6.3.1	算术运算符	70	8.1.2	libsac.a 库	90
6.3.2	常规算术运算函数	70			

8.2	调用 libsacio 库	91	12.8	bandpass	123
8.2.1	rsac1	91	12.9	bandrej	125
8.2.2	rsac2	91	12.10	bbfk	126
8.2.3	wsac1	91	12.11	beam	127
8.2.4	wsac2	92	12.12	begindevices	129
8.2.5	wsac0	92	12.13	beginframe	129
8.2.6	getfhv	92	12.14	beginwindow	130
8.2.7	readbbf	93	12.15	benioff	130
8.2.8	getbbv	93	12.16	binoperr	131
8.3	调用 libsac 库	93	12.17	border	132
8.3.1	next2	93	12.18	capf	133
8.3.2	xapiir	94	12.19	chnhdr	133
8.3.3	firtrn	94	12.20	chpf	135
8.3.4	envelope	95	12.21	color	135
8.3.5	crscor	95	12.22	comcor	136
9	SAC I/O 自定义	97	12.23	contour	137
10	SAC 相关工具	99	12.24	convert	138
10.1	字节序转换	99	12.25	convolve	138
10.2	sgftops	99	12.26	copyhdr	139
10.3	sac-config	100	12.27	correlate	140
10.4	saclst	100	12.28	cut	141
10.5	pssac	101	12.29	cuterr	144
11	SAC 技巧与陷阱	103	12.30	cutim	145
11.1	自定义 SAC 初始化	103	12.31	datagen	146
11.2	命令长度	103	12.32	decimate	148
11.3	字节序	106	12.33	deletechannel	149
II	SAC 命令手册	109	12.34	dif	149
12	SAC 命令	111	12.35	div	150
12.1	about	117	12.36	divf	151
12.2	abs	117	12.37	divomega	152
12.3	add	117	12.38	echo	153
12.4	addf	118	12.39	enddevices	154
12.5	apk	119	12.40	endframe	154
12.6	arraymap	121	12.41	envelope	154
12.7	axes	122	12.42	erase	155
			12.43	evaluate	155
			12.44	exp	157
			12.45	exp10	157
			12.46	fft	157
			12.47	fileid	159

12.48	filename	160	12.88	mathop	191
12.49	filterdesign	161	12.89	merge	192
12.50	fir	162	12.90	message	194
12.51	floor	163	12.91	mtw	195
12.52	funcgen	163	12.92	mul	195
12.53	getbb	164	12.93	mulf	196
12.54	grayscale	166	12.94	mulomega	197
12.55	grid	167	12.95	news	197
12.56	gtext	167	12.96	null	198
12.57	hanning	168	12.97	oapf	198
12.58	help	169	12.98	ohpf	199
12.59	highpass	170	12.99	pause	200
12.60	hilbert	171	12.100	picks	200
12.61	history	171	12.101	plabel	201
12.62	ifft	172	12.102	plot	202
12.63	image	173	12.103	plot1	203
12.64	inimc	173	12.104	plot2	204
12.65	installmacro	174	12.105	plotalpha	205
12.66	int	174	12.106	plotc	206
12.67	interpolate	175	12.107	plotdy	209
12.68	keepam	176	12.108	plotpk	210
12.69	khronhite	177	12.109	plotpm	211
12.70	line	177	12.110	plotsp	212
12.71	linefit	179	12.111	plotxy	213
12.72	linlin	179	12.112	print	214
12.73	linlog	179	12.113	printhelp	214
12.74	listhdr	180	12.114	production	215
12.75	load	181	12.115	qdp	215
12.76	loadctable	182	12.116	quantize	216
12.77	log	183	12.117	quit	217
12.78	log10	183	12.118	quitsub	217
12.79	loglab	184	12.119	read	217
12.80	loglin	184	12.120	readbbf	219
12.81	loglog	184	12.121	readerr	220
12.82	lowpass	185	12.122	readhdr	221
12.83	macro	186	12.123	readsp	222
12.84	map	186	12.124	readtable	222
12.85	markptp	189	12.125	report	224
12.86	marktimes	190	12.126	reverse	225
12.87	markvalue	191	12.127	rglitches	225

12.128	rmean	227
12.129	rms	227
12.130	rotate	228
12.131	rq	230
12.132	rtrend	231
12.133	saveimg	232
12.134	setbb	233
12.135	setdevice	234
12.136	setmacro	234
12.137	sgf	235
12.138	smooth	236
12.139	sonogram	237
12.140	sort	238
12.141	spectrogram	238
12.142	sqr	240
12.143	sqrt	240
12.144	stretch	240
12.145	sub	241
12.146	subf	242
12.147	symbol	242
12.148	synchronize	244
12.149	systemcommand	245
12.150	taper	246
12.151	ticks	247
12.152	title	248
12.153	trace	249
12.154	transcript	250
12.155	transfer	252
12.156	traveltime	255
12.157	tsize	257
12.158	unsetbb	259
12.159	unwrap	259
12.160	vspace	260
12.161	wait	261
12.162	whiten	262
12.163	whpf	262
12.164	width	263
12.165	wiener	264
12.166	wild	265
12.167	window	267

12.168	write	269
12.169	writebbf	270
12.170	writehdr	271
12.171	writesp	271
12.172	xdiv	273
12.173	xfudge	274
12.174	xfull	274
12.175	xgrid	275
12.176	xlabel	275
12.177	xlim	276
12.178	xlin	277
12.179	xlog	277
12.180	xvport	277
12.181	ydiv	278
12.182	yfudge	278
12.183	yfull	279
12.184	ygrid	280
12.185	ylabel	280
12.186	ylim	281
12.187	ylin	282
12.188	ylog	282
12.189	yvport	282
12.190	zcolors	283
12.191	zlabels	283
12.192	zlevels	284
12.193	zlines	285
12.194	zticks	285

13 SSS 287

13.1	信号迭加子程序	287
13.2	addstack	288
13.3	changestack	290
13.4	deletestack	290
13.5	deltacheck	291
13.6	distanceaxis	291
13.7	distancewindow	292
13.8	globalstack	292
13.9	incrementstack	293
13.10	liststack	294
13.11	plotrecordsection	294

13.12	plotstack	296	14.4	mlm	309
13.13	sumstack	297	14.5	pds	310
13.14	timeaxis	297	14.6	plotcor	311
13.15	timewindow	298	14.7	plotpe	311
13.16	traveltime	298	14.8	plotspe	312
13.17	velocitymodel	301	14.9	readcor	312
13.18	velocityroset	302	14.10	writecor	313
13.19	writestack	302	14.11	writespe	314
13.20	zerostack	303			
14	SPE	305	III	附录	315
14.1	谱估计子程序	305	A	仪器响应	317
14.1.1	简介	305	A.1	仪器响应简介	317
14.1.2	SPE 命令	305	A.2	物理与数学	319
14.1.3	理论	305	A.2.1	预备知识	319
14.1.4	用户控制	306	A.2.2	模拟信号阶段	320
14.1.5	算法	306	A.2.3	模数转换	321
14.1.6	诊断	306	A.2.4	数字信号阶段	321
14.1.7	同主程序的区别	306	A.2.5	小结	321
14.1.8	初始化	306	A.3	仪器响应文件	321
14.1.9	相关	306	A.3.1	内置仪器响应	322
14.1.10	估计	307	A.3.2	RESP 文件	322
14.1.11	终止	307	A.3.3	SAC PZ 文件	322
14.2	cor	307	A.3.4	FAP 文件	325
14.3	mem	308	A.3.5	RESP vs PZ vs FAP	325

图目录

3.1 震中距、方位角、反方位角示意图	24
3.2 cmpaz 和 cpminc 示意图	25
4.1 地震波形去毛刺	41
4.2 水平分量旋转	43
4.3 去均值、去线性趋势和波形尖灭	44
4.4 带通滤波效果	46
5.1 SAC 绘图窗口	51
5.2 plot1 绘图效果	53
5.3 plot2 绘图效果	54
5.4 质点运动图。	55
5.5 plotsp 绘制振幅谱	56
5.6 绘图外观相关命令	57
5.7 线条属性	59
5.8 线条属性递增	60
5.9 颜色填充图	60
5.10 contour 绘制等值线 I	61
5.11 contour 绘制等值线图 II	62
5.12 window、viewspace 和 viewport	63
5.13 绘制组合图	64
12.1 image 示意图	174
12.2 map 绘制地震、台站分布图	188
12.3 taper 衰减函数曲线	247
A.1 COLA 台站处的原始地面运动	317
A.2 仪器响应频谱图	318

A.3 COLA 台站的地震记录	318
----------------------------	-----

表目录

3.1	SAC 头段变量列表	19
3.2	变量类型说明	20
3.3	标准地震通道的 cmpaz 和 cpminc	26
4.1	ppk 模式命令一览表	48
6.1	常规算数运算函数	71
6.2	字符串操作函数	72
8.1	libsacio 子函数	89
12.1	plotc 命令表	209
12.2	taper 衰减函数参数一览	247
12.3	SAC 标准文本尺寸	258
12.4	SAC 标准窗口	268
A.1	SAC 内置仪器类型列表	323
A.2	部分仪器子类型	324

保护环境，从阅读电子文档开始！

第I部分 SAC 教程

第1章 SAC 简介

1.1 SAC 是什么？

Seismic Analysis Code (SAC), 是天然地震学领域使用最广泛的数据分析软件包之一。

SAC 首先是一个软件, 主要在命令行下工作, 通过各种命令来处理时间序列数据, 尤其是地震波形数据, 同时也提供了一个简单的图形界面, 使得用户可以方便地查看波形并拾取震相。

SAC 同时还是一种数据格式, 定义了以何种方式存储时间序列数据及其元数据。SAC 格式已经成为了地震学的标准数据格式之一, 有很多工具可以实现 SAC 格式与其它地震数据格式间的相互转换。

SAC 实现了地震数据处理过程中的常用操作, 包括重采样、插值、自/互相关、震相拾取、快速 Fourier 变换、谱估计、滤波、信号叠加等; 同时为了满足数据批处理的需求, SAC 设计了一个基础的编程语言, 包含了变量、参数、条件判断、循环控制等特性。这些都会在稍后的章节中详细介绍。

1.2 SAC 发展史

Lawrence Livermore 国家实验室¹ 和 Los Alamos 国家实验室² 是美国承担核武器设计工作的两个实验室。SAC 于 20 世纪 80 年代诞生于实验室的 Treaty Verification Program 小组里, 该组由 W. C. Tapley 和 Joe Tull 共同领导。

起初, SAC 是用 Fortran 语言实现的, 并将源代码分发给感兴趣的学者, 允许用户进行非商业性的地震数据处理, 用户和开发者之间的合作协议要求用户提交 bug 修正和改进以换取 SAC 的使用权。到了大概 1990 年, SAC 已经成为全球地震学家的数据处理标准软件。

从 1992 年开始, SAC 的开发逐渐由 Livermore 接管, 并开始通过分发协议严格限制源代码的分发。与此同时, 开发者认为 Fortran 是一种过于局限的编程语言, 其阻碍了 SAC 特性的进一步开发, 因而开发者使用 f2c³ 转换工具将 SAC 的 Fortran 源码转换成

¹http://en.wikipedia.org/wiki/Lawrence_Livermore_National_Laboratory

²http://en.wikipedia.org/wiki/Los_Alamos_National_Laboratory

³f2c (<http://www.netlib.org/f2c/>), Fortran77 语言到 C 语言的自动转换工具。

了 C 源码¹。接下来, Livermore 以转换得到的 C 源码为基础, 计划开发一个商业版的地震数据处理产品, 命名为 SAC2000。这个版本扩展了很多功能, 其中一个功能是建立一个日志数据库, 记录一个波形从原始数据到最终产品之间的所有处理步骤。这样的设计允许用户暂时保存数据处理步骤, 随时将处理的结果提交到内存或回滚到之前的状态。

约 1998 年, IRIS² 意识到, SAC 的核心用户群 (主要是 IRIS 的成员) 无法确保能够获取 SAC 的源码。IRIS 开始和 Livermore 协商, 希望将 SAC 的开发分成两条线: 一个包含数据库特性, 供核监测机构使用; 另一个不包含数据库特性, 仅供学术机构使用。商业化的努力主要集中在含数据库功能的版本上。

终于, 在 2005 年, IRIS 与 Livermore 签订了合同, Livermore 提供给 IRIS 一个 SAC 协议, 允许其在 IRIS 社区内部分享 SAC/SAC2000 的源代码, 并提供有限的支持以促进社区的发展。而学术圈对于商业版的 SAC 没有太大兴趣, 因而 Livermore 逐渐撤出了对于 SAC2000 的支持。最终 IRIS 完全接手了 SAC 的开发和技术支持, 并成为了一个新的版本, 也就是我们现在正在使用的 SAC, 有时为了区分, 也称之为 SAC/IRIS。

1.3 SAC 变体

SAC 的发展史还是很曲折的, 这也导致 SAC 存在多个不同的变体。

Fortran SAC 即 SAC 的 Fortran 语言实现。最后一个分发版本发布于 2003 年, 版本号 10.6f。曾经以限制性的形式在 IASPEI 软件库中分发。

SAC2000 从 Fortran 源码转换为 C 源码, 并以 C 源码为基础继续维护。该版本加入了数据库特性以及一些新的命令。目前该版本已不再分发。

SAC/IRIS 由 SAC2000 衍生的版本, 不包含数据库特性³, 也就是本文档所使用的版本, 在本文档中简称为 SAC。现在由 IRIS 下的 SAC 开发小组负责维护, 并由 IRIS 分发。

MacSAC 也称为 SAC/BRIS, 仅可在 Mac OS 下使用。该变种由 10.6d Fortran 源码衍生而来, 后期与 10.6f 集成, 其功能是 SAC/IRIS 功能的超集。相对于 SAC/IRIS 的最主要扩展在于宏语言功能的增强以及处理台阵数据的能力。其作者为 George Helffrich⁴, 针对 MacSAC 写了一本教程⁵。

1.4 安装 SAC

本节介绍如何在 Linux 下安装 SAC, 要求读者了解 Linux 的一些基本概念和操作。

¹个人猜测, 目前 SAC 源码的混乱和不易读正是由于这次自动转换导致的。

²<http://www.iris.edu>

³目前的 SAC/IRIS 中还可以看到一些与数据库特性相关的命令和选项, 比如很多命令中的 `commit`、`rollback`、`recalltrace` 选项, 这些选项的存在属于历史遗留问题, 且已经基本不再维护, 因而本文档中完全没有提及。

⁴<http://www1.gly.bris.ac.uk/~george/gh.html>

⁵G.R. Helffrich, J. Wookey & I.D. Bastow, *The Seismic Analysis Code : A Primer and User's Guide*. Cambridge University Press, 2013。可以作为学习 SAC/IRIS 的辅助教程, 但需要注意其中可能存在的一些微小差异。

申请 SAC

在“[SAC 发展史](#)”中已经说到，SAC 协议仅允许在 IRIS 社区内分享 SAC 的源码，所以 SAC 不像很多软件一样可以很方便地通过软件包管理器安装或者直接从网络下载源码。

软件包申请地址：<http://www.iris.edu/ds/nodes/dmc/forms/sac/>

认真填写个人信息，尤其注意 Email 那一栏，需要填写单位邮箱，如果使用 QQ、163 这样的邮箱很容易直接被拒绝，如果没有单位邮箱，需要提供其它信息以验证你的身份。

IRIS 提供了 SAC 源码包、Linux 64 位二进制包和 Mac 64 位二进制包。对于 Linux 用户，可以通过“`uname -a`”命令查看当前系统是 32 位还是 64 位。对于 64 位系统，可以直接使用 Linux 64 位二进制包；对于 Linux 32 位系统，则必须手动编译 SAC 源码。

考虑到在申请提交之后，需要人工审核，两三个工作日后才会通过邮箱获取 SAC 软件包，建议还是同时申请 Linux 64 位二进制包和 SAC 源码包。

安装依赖包

Linux 下安装软件最麻烦的一个问题就是软件之间的依赖关系。

对于 Ubuntu/Debian 系¹：

```
$ sudo apt-get install build-essential
$ sudo apt-get install libncurses5-dev libsm-dev libice-dev
$ sudo apt-get install libxpm-dev libx11-dev zlib1g-dev
```

对于 CentOS/Fedora/RHEL 系：

```
$ sudo yum groupinstall 'Development Tools'
$ sudo yum install glibc ncurses-devel libSM-devel libICE-devel
$ sudo yum install libXpm-devel libX11-devel zlib-devel
```

安装

安装的方法在这一步分成两个部分，分别是二进制包安装和源代码编译，根据实际情况二者选一。

二进制包安装

```
$ tar -xvf sac-101.6a-linux_x86_64.tar.gz # 解压
$ sudo mv sac /usr/local # 安装
```

源代码编译

```
$ tar -xvf sac-101.6a_source.tar.gz
$ cd sac-101.6a
$ ./configure --prefix=/usr/local/sac
$ make
$ sudo make install
```

¹很久不用 Ubuntu，无法保证完全正确。

配置变量

向 `~/.bashrc` 中加入如下语句以配置环境变量和 SAC 全局变量：

```
1 export SACHOME=/usr/local/sac
2 export SACAUX=$SACHOME/aux
3 export PATH=$SACHOME/bin:$PATH
4
5 export SAC_DISPLAY_COPYRIGHT=1
6 export SAC_PPK_LARGE_CROSSHAIRS=1
7 export SAC_USE_DATABASE=0
```

其中，

- SACHOME 为 SAC 的安装目录；
- SACAUX 中包含了 SAC 运行所需的辅助文件；
- PATH 为 Linux 系统环境变量；
- SAC_DISPLAY_COPYRIGHT 用于控制是否在启动 SAC 时显示版本和版权信息，一般设置为 1。在脚本中多次调用 SAC 时会重复显示版本和版权信息，干扰脚本的正常输出，因而在脚本中一般将其值设置为 0，设置方法可以参考“[Bash 中调用 SAC](#)”、“[在 Perl 中调用 SAC](#)”和“[在 Python 中调用 SAC](#)”中的相关内容；
- SAC_PPK_LARGE_CROSSHAIRS 用于控制震相拾取过程中光标的大小，在“[震相拾取](#)”一节会具体说明；
- SAC_USE_DATABASE 用于控制是否允许将 SAC 格式转换为 GSE 2.0 格式；一般用不到该特性，故而设置其值为 0；

修改完 `~/.bashrc` 后，执行以下命令使配置的环境变量生效：

```
$ source ~/.bashrc
```

启动 SAC

终端键入小写的 `sac`¹，显示如下则表示 SAC 安装成功：

```
$ sac
SEISMIC ANALYSIS CODE [11/11/2013 (Version 101.6a)]
Copyright 1995 Regents of the University of California

SAC>
```

1.5 邮件组

邮件组是个好东西，有点我们熟悉的 QQ 群的味道。在加入了邮件组之后，如果你在使用 SAC 的过程中遇到问题，可以向这个邮件组的邮箱发送 HELP 邮件，该组内的所有

¹Ubuntu 的源里有一个名叫 `sac` 的软件，是用来显示登录账户的一些信息；CentOS 的源里也有一个名叫 `sac` 的软件，是 CSS 语法分析器的 Java 接口。所以一定不要试图用发行版自带的软件包管理器安装 `sac`!!!

成员都会收到你的邮件。如果某人知道答案，他或许就会给你回复。发现了 SAC 的 bug 也可以向这里报告，开发者会尽快给你回复的。当然问问题之前要思考¹，提交 bug 的时候要详细指出 bug 是如何出现的，也可以给出代码或文件以使得开发者能够重现该 bug。

邮件组邮箱：sac-help@iris.washington.edu

订阅地址：<http://www.iris.washington.edu/mailman/listinfo/sac-help>

¹请阅读 < 提问的智慧 > <http://www.wapm.cn/smart-questions/smart-questions-zh.html>

保护环境，从阅读电子文档开始！

第 2 章 SAC 基础

2.1 如何学习 SAC ?

学习 SAC 最好的方式是找一个有经验且有耐心的人，让他/她给你演示 SAC 是如何工作的。如果没有这样一个人的话，那么你就需要打开终端从头开始自学¹。

我将 SAC 的学习过程分成三个阶段，下面列出了每个阶段的具体要求。普通用户需要达到“SAC 进阶”才能满足日常数据处理的要求。

SAC 初阶

1. 掌握 SAC 中最常用的命令，包括但不限于 `help`、`read`、`write`、`plot`、`quit`、`plotpk`、`listhdr`、`chnhdr`、`rmean`、`rtrend`、`taper`、`bandpass`、`plot1`、`plot2`、`cut`、`fft`、`transfer`；
2. 理解地震数据处理流程，参见“[SAC 数据处理](#)”一章；
3. 了解 [SAC 文件格式](#)，掌握常见的 [SAC 头段变量](#)，理解 [SAC 中的时间概念](#)；
4. SAC 相关工具：[saclst](#)；

SAC 进阶

1. 掌握 SAC 的大部分命令，至少要知道哪个命令可以实现什么功能；
2. 掌握如何绘制精美的波形图，见第 5 章；
3. 了解 SAC 编程以及如何在脚本中调用 SAC，见第 6、7 章；
4. 学会在自己的程序中使用 SAC 提供的函数库，见第 8 章；

SAC 高阶

1. 了解 SAC 软件包的内部结构；
2. 自己写程序实现 SAC I/O 库；
3. 阅读 SAC 源码，了解命令的技术细节；
4. 向 SAC 贡献代码；

2.2 如何阅读本文档？

本文档的内容大体分为两个部分：教程部分和命令部分。

教程部分介绍了 SAC 的基础及进阶知识，并通过尽可能多的示例来演示如何操作和使用 SAC。初学者应该坐在计算机前，打开终端，键入²书中的示例，试着理解每一个步骤的原理以及结果，并不断熟悉常用的 SAC 命令。

¹2011 年春节期间，我花了大概 20 天时间，每天 8 小时左右，在相对艰苦的条件下自学了 SAC 的几乎全部基础知识和命令。由于没人指导，其中走了不少弯路。我想，这个教程应该可以大大压缩新用户掌握 SAC 所需的时间。

²严禁复制！不许偷懒！

命令部分详细的列出了 SAC 中的每一个命令的语法、参数以及一些技术细节，并包含了大量示例，适合作为参考，在需要的时候查阅。

在阅读教程的同时，应随时翻看相应命令的说明，在实践的过程中掌握基础命令的语法和用法。这样基本就完成了 SAC 初阶的要求。

在读完教程部分之后，应浏览 SAC 的几乎所有命令，并挑选其中感兴趣的一些进行尝试。此后，在平常的科研工作中经常使用 SAC，有了实践经验和对 SAC 的进一步认识之后，可以阅读文档中的进阶内容，达到 SAC 进阶的要求。

最后，如果对 SAC 的内部机理感兴趣，可以阅读 SAC 的源码，重新实现一些 SAC 底层的功能。

2.3 启动和退出

在终端键入 `sac` 以启动 SAC，显示如下版本号以及版权信息¹：

```
$ sac
SEISMIC ANALYSIS CODE [11/11/2013 (Version 101.6a)]
Copyright 1995 Regents of the University of California

SAC>
```

其中，“SAC>”是 SAC 程序特有的提示符。

退出 SAC：

```
SAC> quit
```

也可以使用 `done`、`exit` 命令退出 SAC，但不推荐。

一次完整的启动和退出称为一个 SAC 会话。

2.4 SAC 设计思想

SAC 的设计思想大概可以总结如下：

1. 每个信号²被保存到单独的 SAC 格式数据文件中；
2. SAC 格式包含了描述数据特征的头段区和存储信号的数据区，参见“[SAC 文件格式](#)”一章；
3. 将单个或多个³ SAC 文件从磁盘读入内存；
4. 通过各种命令对内存中的数据进行操作；
5. 操作完毕，将内存中的数据写入到磁盘，可以覆盖原 SAC 文件或写入新文件中。

¹Livermore 实验室由 University of California 于 1952 年创立，2007 年改由 University of California、Bechtel National、BWX Technologies、Washington Group International 共同组成的安全机构管理。

²信号，或称之为 trace，即单个台站单个仪器单个分量记录到的连续时间序列。

³一次性最多处理 1000 个任意大小的文件，记住 1000 这个值！

2.5 SAC 命令初探

2.5.1 SAC 命令长什么样？

一个完整的 SAC 命令一般由“命令 + 选项 + 参数”构成，其中命令必须有，选项和参数可以成对出现，也可以只出现其中一个。命令、选项以及参数之间用空格分开。如果要将多个命令写在一行，要用分号隔开每个命令。例如：

```
SAC> funcgen random delta 0.1 npts 1000
SAC> rmean; rtrend; taper           // 一行内多个命令用分号隔开
SAC> write rand.SAC
```

其中，`funcgen`、`write`、`rmean`、`rtrend` 和 `taper` 是命令；`random` 是选项；0.1 是选项 `delta` 的参数，1000 是选项 `npts` 的参数；而 `rand.SAC` 则是一个无选项的参数¹。

Tips

官方文档的原文是“command”、“keyword”和“option”，本文档 v2.0 中译为“命令”，“关键字”和“参数”。个人感觉，无论是官方的用词还是 v2.0 版的译词都很容易让使用 C 语言和 Linux 的人困惑，因而 v3.0 中一律将其改为命令（command）、选项（option）和参数（argument）。

这里解释一下选项（option）和参数（argument）的区别。一个命令有哪些选项是由命令规定的，其控制了命令的一些特性，因而选项的作用是告诉命令“我要改某个特性”。但是具体怎么改呢？这个就交给参数来控制了。命令或选项只规定了参数的类型（整型、浮点型、字符串、枚举型或者逻辑型），用户需要根据自己的需求给定参数值。

2.5.2 大小写

SAC 的命令和选项都是不区分大小写的，这意味着你可以根据自己的喜好使用 `funcgen` 或者 `FUNCGEN`，SAC 在解释命令前都会将其转换为大写字母。

需要注意的是，由于 Linux 本身是区分大小写的，所以对于出现在参数中的文件名、目录名或者由引号包围的字符串来说，大小写是完全不同的。比如 `rand.SAC` 和 `RAND.SAC` 是两个完全不同的参数。

2.5.3 命令简写

SAC 的大多数命令以及选项都有简写形式。比如上面的命令简写形式如下：

```
SAC> fg r d 0.1 n 1000
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> w rand.SAC
```

命令和选项究竟可以简写成怎样的形式，是由 SAC 自身规定的。简写的好处在于，在不产生歧义的前提下尽量减少用户的击键数；坏处在于，若对命令不是足够熟悉，简写后的命令变得很难读和难理解。比如你一看就知道 `delta` 代表的是采样周期²，而 `d` 却不那么直观，可能是 `delta`，也可能是 `demon`。所以，简写很好用，但是应该仅用在那些常使用的命令上，不要滥用。

2.5.4 查看命令语法

SAC 自带了英文的帮助文档，详细解释了每个命令的语法，可以通过 `help` 命令查看相应文档：

¹其实可以有选项，这里都省略了。

²也称为采样时间，即两次数据采样的时间间隔，本文档将统一使用“采样周期”。

```
SAC> help funcgen write // 命令的简写是h fg w
```

也可以直接查看 `$SACHOME/aux/help` 下的文档，或者查看本文档的命令部分。

2.5.5 参数默认值

为了让 SAC 易学易用，几乎所有命令参数都有一个“系统默认参数值”，这些“系统默认参数值”都是经过精心挑选的，同时用户又可以随时修改参数值。这样的设计使得 SAC 易用同时又不失灵活性。

下面以 C 语言为例做一些说明¹，希望能够帮助理解 SAC 参数的一些特点。

在 C 语言中，函数有主函数和子函数之分，变量又有全局变量和局部变量之分。所有的变量都可以被初始化为适当的值。

任意一个子函数，都可以使用全局变量的值，即函数的执行可以被全局变量所控制；同时也可以修改全局变量的值，这使得代码的管理和调试变得困难。一种实际的做法是定义专门的子函数来修改全局变量。

任意一个子函数，又都有自己的局部变量。这些局部变量在每次子函数被调用时都会被定义、初始化、使用和赋值，一旦子函数调用结束，变量即被撤销。如果给这些变量加上 `static` 修饰符，则这些局部变量变身为静态局部变量。

静态局部变量，会在程序刚开始的时候就完成初始化，也是唯一的一次初始化。静态局部变量仅在定义它的子函数里可见，子函数可以任意修改静态局部变量的值，但是每次子函数调用结束时变量不会被撤销，因此再次调用一个子函数时，静态局部变量的值可能已经被上一次的子函数调用所修改。

SAC 中有与之相对应的一些概念。`sac` 就是一个主函数，每一个命令都是一个子函数。所以 SAC 命令可以分为 2 类：

操作执行类 对数据进行某些操作（受全局变量控制，同时又有自己的静态局部变量）；

参数设定类 改变 SAC 的全局参数值（即 C 语言中专门用于修改全局变量的子函数）；

在启动 SAC（主函数）的时候，所有的选项（C 语言中的全局变量和静态局部变量）都会被初始化为指定的“系统默认参数值”（全局变量和静态局部变量的唯一一次初始化）。

使用参数设定类命令的时候，其修改了 SAC 的全局参数，会影响接下来与之相关的所有其它命令的执行效果。使用操作执行类命令的时候，在命令中设定参数，相当于修改静态局部变量的值，不仅会影响当前命令的执行，也会影响之后所有同名命令的执行。

当你在某个命令中为某个选项指定了一个参数值的时候，该参数值会成为该命令的该选项的“参数当前值”，该“参数当前值”即成为接下来所有该命令的该选项的“当前默认值”。

鉴于 SAC 的这样一个特性，在一次会话中，多次执行同一个命令时，一定需要注意选项的当前值是多少，因为这可能会影响到后面的一系列结果，这个必须理解和牢记！



Tips

当你在一次会话中执行了很多个命令的时候，SAC 参数可能已经被弄得一片混乱，你可以使用 `inbcm` 命令在不退出 SAC 的情况下重新初始化。

下面用例子解释一下：

```
SAC> funcgen
SAC> plot
```

¹有些地方不是很准确。

```
SAC> funcgen step delta 0.1 npts 1000
SAC> plot
SAC> funcgen boxcar
SAC> plot
```

1. funcgen 的默认值为 funcgen impulse npts 100 delta 1.0 begin 0.。
2. 第一个 funcgen 命令没有使用任何选项和参数，其直接使用系统默认值，生成一个脉冲数据，并保存到内存中。该数据的起始时间为 0，采样周期为 1.0，数据点数为 100。
3. plot 命令会打开一个绘图窗口，并将内存中的数据绘制在窗口中；
4. 第二个 funcgen 命令生成了一个 step 函数¹，并设置其采样周期为 0.1，数据点数为 1000。
5. 0.1 和 1000 分别成为 delta 和 npts 的“参数当前值”。
6. 第三个 funcgen 命令生成了 boxcar 函数，从绘图结果可以看出 delta 的值为 0.1，npts 的值为 1000。即继承了上一次命令的参数值。

2.6 文档约定

约定这个事情，说起来容易做起来难，遇到不符合约定的地方只能靠读者自己领悟了。

语法约定

1. 命令和选项使用大写字母，参数使用小写字母；
2. 命令和选项均使用全称，简写形式可省略的部分用灰色表示；
3. “[]”表示该项为可选项；
4. “A|B|C”表示 A、B、C 中任选一项；

示例如下：

```
BANDPASS [BUTTER|BESSEL|C1|C2] [CORNERS v1 v2] [NPOLES n] [PASSES n]
[TRANBW v] [ATTEN v]
```

需要特别说明的是，命令语法中选项的简写形式是在保证不产生歧义下的前提下所允许的最简形式。本例中，CORNERS 的最简形式为首字符 C，用户也可以使用 CO、COR 等来表示 CORNERS。

示例约定

1. 命令、选项、参数均使用小写字母；
2. 常见的命令和选项均使用简写表示；
3. 含有提示符“SAC>”的行是用户键入的命令，无提示符的行是 SAC 输出行；
4. 示例中加入注释以帮助用户理解，注释使用了 C 语言的行注释符号“//”；
5. 除非上下文说明，否则每个例子都运行在单独的 SAC 会话中，即每个命令都省略了启动 sac 和退出 sac 的命令。
6. 除特殊情况外，均省略 plot 命令，用户应该学会随时 plot 以查看当前内存中的波形结果。

示例如下：

```
$ sac // 该行省略
SAC> fg seis // 这是注释
SAC> p // 该行省略
SAC> lh o
```

```
FILE: SEISMOGR - 1
-----
```

¹注意：内存中的脉冲函数已经没了。

```
o = -4.143000e+01
SAC> q // 该行省略
```

2.7 样本数据

想要学习 SAC，手头必须有 SAC 格式的数据，SAC 提供了两个命令可以用于生成 SAC 格式数据，分别是 `funcgen` 和 `datagen`。

2.7.1 funcgen

`funcgen` (简称为 `fg`) 表示 “function generator”，即该命令可以生成一些特定的函数，比如脉冲、阶跃、正弦等等，还可以生成一个地震波形样本。

```
SAC> fg impulse // 生成脉冲函数
```

上面的命令生成了一个脉冲函数并存储在 SAC 的内存中，可以用命令 `plot` (简称为 `p`) 在图形界面上查看这个函数的样子：

```
SAC> p
```

在学习 SAC 的过程中，`funcgen` 可以生成地震波形样本：

```
SAC> fg seismogram // 生成地震波形样本，简称为 fg seis
```

这个命令在 SAC 内存中产生了一个地震波形样本，同时删除了内存中刚才生成的脉冲信号，可以使用 `plot` 命令查看地震波形。这个地震波形样本在以后的教程中经常用到。

2.7.2 datagen

`datagen` (简称为 `dg`) 表示 “data generator”。顾名思义，就是用来生成数据的。

下面的例子在内存中生成了 CDV 台站记录到的一个近震的三分量波形数据¹，并用 `plot1` (简称为 `p1`) 将三个波形画在一张图上：

```
SAC> dg sub local cdv.n cdv.e cdv.z
SAC> p1
```

简单解释一下，`datagen` 命令中，`sub` 为选项，其参数可以取 `local`、`regional`、`teleseism`，对应近震、区域震和远震，分别又可以使用不同的参数以读取不同台站的 SAC 数据。具体参考 `datagen`。

`p1` 会将内存中的所有文件 (本例中是 3 个) 同时绘制在一张图上，当内存中的文件数目很多时，需要修改 `p1` 的其它参数，以控制每张图上显示的波形数目。

2.8 SAC 的读和写

SAC 的读命令是 `read` (简称为 `r`)，写命令为 `write` (简称为 `w`)。读和写是紧密联系的，所以把这两者放在一起讲。

注意：本节的所有示例都运行在同一个 SAC 会话中。

¹101.4 的软件包中没有自带波形数据，因而无法使用该命令。

要演示如何读 SAC 文件，首先得有一些 SAC 数据才行，利用上一节的 datagen 生成一些数据。

```
$ ls                // 空文件夹
$ sac               // 启动一个SAC会话
SEISMIC ANALYSIS CODE [11/11/2013 (Version 101.6a)]
Copyright 1995 Regents of the University of California

SAC> dg sub local cdv.n cdv.e cdv.z    // 生成三个SAC数据
SAC> w cdv.n cdv.e cdv.z              // 将SAC数据写入磁盘
SAC> ls                                // SAC中调用常见的系统命令
cdv.e  cdv.n  cdv.z

// 注意：这里并没有退出SAC
```

有了数据之后，就可以练习如何去读了，在读数据之前，先说一说通配符的概念。

SAC 中，在指定文件名的时候，可以使用绝对路径，也可以使用相对路径。可以使用其全名，也可以使用通配符。SAC 的通配符与 Unix 定义的通配符一致，只包含如下三种：

1. “*” 匹配任意长度的字符串（包括零长度）；
2. “?” 匹配任意单个非空字符；
3. “[]” 匹配列表中的任意单一字符；
 - “[ABC]” 匹配单个字符 A 或 B 或 C
 - “[A,B,C]” 匹配单个字符 A 或 B 或 C
 - “[0-9]” 匹配任意一位数字
 - “[a-g]” 匹配从 a 到 g 范围内的任意单个字符

下面的例子展示了如何读取 SAC 文件：

```
SAC> r cdv.n cdv.e cdv.z    // 读入三个文件，分别指定其文件名
SAC> r cdv.?                // 问号可以匹配单个字符。
./cdv.e ...cdv.n ...cdv.z  // 注意！这里文件读入的顺序与上一个命令不同
SAC> r cdv.[nez]            // 还可以这样读
./cdv.e ...cdv.n ...cdv.z
SAC> r *                    // 也可以这样读
./cdv.e ...cdv.n ...cdv.z
```

需要注意的是，SAC 在每次执行读取命令时，都会读入新的波形数据，并删除内存中原有的波形数据，所以经过上面四次 read 之后，内存中依然只有三个波形。

如果想要在读取新数据时将波形直接追加到内存中的波形数据集之后，而不替换内存中的原有波形，则需要使用 read 的 more 选项¹：

```
SAC> r ./cdv.n              // one file      3 -> 1
SAC> r more ./cdv.e         // one MORE file 1 -> 2
SAC> r more ./cdv.z         // one MORE file 2 -> 3
```

将数据读入到内存中之后，对内存中的数据做一些处理，然后就需要将内存中的数据写回到磁盘中：

```
SAC> w test.n test.e test.z    // 分别写入到三个新文件中
SAC> w over                    // 覆盖磁盘原文件
```

¹在执行完上面的例子之后，内存中有三个 SAC 文件，所以本例在执行 read 命令时内存中的文件数由三个变成 1 个。

```
SAC> w append .new           // 在原文件名的基础上加上后缀 ".new"
cdv.e.new cdv.n.new cdv.z.new
SAC> ls
cdv.e cdv.e.new cdv.n cdv.n.new cdv.z cdv.z.new tesn.n test.e test.z
SAC> q                       // 退出本节的 SAC 会话
```

2.9 绘图

SAC 中有四个常用的绘图命令，分别是 `plot`、`plot1`、`plot2`、`plotpk`。这一节只介绍最基础的 `plot` 命令，其他的命令及更多的绘图功能将在“SAC 图像”中说明。

`plot` 命令会在单个图形窗口中显示单个波形：

```
SAC> r cdv.[nez]
SAC> p
Waiting
Waiting
SAC>
```

上面的示例中，首先将三个波形数据读入内存，然后使用 `plot` 命令绘图，此时焦点位于绘图窗口，且绘图窗口中只显示第一个波形，终端中出现“Waiting”字样；将焦点切换¹回终端，敲击回车键，绘图窗口中显示第二个波形，终端中出现第二个“Waiting”字样，焦点位于终端中；再次敲击回车键，窗口中显示第三个波形，焦点位于终端，由于已经没有更多的波形需要显示，此时终端中显示 SAC 提示符。

如果内存中还有波形在“Waiting”，而你想要退出 `plot`，不想要再继续查看后面的波形，可以在终端中键入“kill”（简写为 `k`），以直接退出 `plot`，如下例：

```
SAC> r cdv.[nez]
SAC> p
Waitingk
SAC>
```

¹Linux 下的快捷键是 `Alt+Tab`。

第3章 SAC 文件格式

3.1 SAC 格式简介

一个地震波形数据包含了时间上连续的一系列数据点，数据点可以是等间隔或不等间隔采样。SAC 的数据格式要求一个文件中只包含一个地震波形数据，这样的定义更适合单个地震波形的处理。

每个 SAC 文件包含两个部分：一个头段区和一个数据区。

头段区位于每个文件的起始处，其大小是固定的，用于描述数据的相关信息，比如数据点数、采样周期等等。

数据区紧跟在头段区之后，数据区又包含了一个或多个子数据区：

- 如果数据是时间序列，且是等间隔采样的，则只有一个子数据区，包含因变量（Y，也就是数据）的值，因变量（X）的信息可以直接从头段区中获得；
- 如果数据是时间序列，但是不等间隔采样的，则有两个子数据区，分别包含因变量（Y）和自变量（X）的值；
- 如果数据是谱数据而非时间序列，则有两个子数据区，分别包含振幅和相位或者实部和虚部；
- 如果数据是三维数据（XYZ），则包含 $NXSIZE \times NYSIZE$ 个子数据区。

3.2 两种数据形式

SAC 文件格式有两种形式：二进制型和字符型¹。字符型与二进制型是完全等价的，只是字符型是给人看的，二进制型是给机器读写的。从 C 程序的角度来看，两者的区别在于，写文件时前者使用 `fprintf` 后者使用 `fwrite`。

二进制型的 SAC 数据，占用更小的磁盘空间，读写速度更快，因而是最常用的 SAC 格式形式。字符型适合于在文件出现问题时，临时查看文件内容的时候使用。

3.2.1 两种形式的互相转换

你是否想要一个字符型的 SAC 文件，用编辑器打开好好看看 SAC 数据究竟长什么样。SAC 自带的命令可以实现两种形式的转换²。

```
SAC> fg seis
SAC> w seis           // 先生成一个二进制型 SAC 数据，以做测试
```

将二进制型转换成字符型：

¹原为 alphanumeric，译为文数字。

²也可以使用 SAC 的 `convert` 命令进行转换，不过此命令即将被淘汰。


```
SAC> r seis           // 读二进制型文件
SAC> w alpha seis.a   // 以字符型写入
```

将字符型转换成二进制型：

```
SAC> r alpha seis.a   // 读字符型文件
SAC> w sac seis.b     // 以二进制型写入，可以省略sac，写成w seis.b
```

试试用你最喜欢的文本编辑器打开字符型的 seis.a 吧，其内容如下：

```
1      0.01000000      -1.569280      1.520640      -12345.00      -12345.00
2      9.459999      19.45000      -41.43000      10.46400      -12345.00
3     -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00
4     -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00
5     -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00
6     -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00
7     -12345.00      48.00000      -120.0000      -12345.00      -12345.00
8      48.00000      -125.0000      -12345.00      15.00000      -12345.00
9     -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00
10    -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00
11     373.0627      88.14721      271.8528      3.357465      -12345.00
12    -12345.00     -0.09854718      0.000000      0.000000      -12345.00
13    -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00
14    -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00      -12345.00
15     1981      88      10      38      14
16      0      6      0      0      1000
17    -12345      -12345      -12345      -12345      -12345
18      1      50      9      -12345      -12345
19    -12345      -12345      42      -12345      -12345
20    -12345      -12345      -12345      -12345      -12345
21    -12345      -12345      -12345      -12345      -12345
22      1      1      1      1      0
23 CDV      K8108838
24 -12345 -12345 -12345
25 -12345 -12345 -12345
26 -12345 -12345 -12345
27 -12345 -12345 -12345
28 -12345 -12345 -12345
29 -12345 -12345 -12345
30 -12345 -12345 -12345
31    -0.09728001    -0.09728001    -0.09856002    -0.09856002    -0.09728001
32    -0.09600000    -0.09472002    -0.09344001    -0.09344001    -0.09344001
33    -0.09344001    -0.09344001    -0.09472002    -0.09472002    -0.09344001
34    .....
```

第 1-30 行是头段区，31 及以后 N 行是数据区。目前你可能还看不懂头段区的这些数字或者字符代表什么。没关系，在下一节会详细介绍 SAC 头段区，记得一定要一边看下一节的内容，一边

对照着这个例子，好好琢磨 SAC 的头段。

3.3 SAC 头段结构

SAC 头段区的大小为 632 个字节，由一系列头段变量构成。从这些头段变量中可以了解到波形记录的很多信息，比如台站经纬度、发震时刻、震相到时等等。

表 3.1 列出了 SAC 头段区的全部头段变量。

表 3.1: SAC 头段变量列表

Byte	Type	Names				
0	F	delta	depmin	depmax	scale	odelta
20	F	b	e	o	a	internal
40	F	t0	t1	t2	t3	t4
60	F	t5	t6	t7	t8	t9
80	F	f	resp0	resp1	resp2	resp3
100	F	resp4	resp5	resp6	resp7	resp8
120	F	resp9	stla	stlo	stel	stdp
140	F	evla	evlo	evel	evdp	mag
160	F	user0	user1	user2	user3	user4
180	F	user5	user6	user7	user8	user9
200	F	dist	az	baz	gcarc	internal
220	F	internal	depmin	cmpaz	cmpinc	xminimum
240	F	xmaximum	yminimum	ymaximum	unused	unused
260	F	unused	unused	unused	unused	unused
280	N	nzyear	nzjday	nzhour	nzmin	nzsec
300	N	nzmsec	nvhdr	norid	nevid	npts
320	N	internal	nwfid	nxsize	nysize	unused
340	I	iftype	idep	iztype	unused	iinst
360	I	istreg	ievreg	ievtyp	igual	isynth
380	I	imagtyp	imagsrc	unused	unused	unused
400	I	unused	unused	unused	unused	unused
420	L	leven	lpspol	lovrok	lcalda	unused
440	K	kstnm	kevn*			
464	K	khole	ko	ka		
488	K	kt0	kt1	kt2		
512	K	kt3	kt4	kt5		
536	K	kt6	kt7	kt8		
560	K	kt9	kf	kuser0		
584	K	kuser1	kuser2	kcmpnm		
608	K	knetwk	kdatrd	kinst		

在源代码中，整个头段区被定义为一个结构体。结构体中的第一个头段变量是 `delta`，第二个头段变量是 `depmin`，第六个头段变量是 `b`，以此类推。表的第一列给出了当前行的第一个头段变

量在文件中（或在结构体中）的起始字节。第二列给出了当前行的头段变量的变量类型码，包括 F、N、I、L、K 型，每个变量类型码的具体含义参见表 3.2。

头段区中，共有头段变量 133 个。若变量名为 `internal`，表示该变量为 SAC 内部使用的头段变量，用户不可对其进行操作。若变量名为 `unused` 表示该变量暂时尚未使用，为以后可能出现的新头段变量占位。

表 3.2 列出了 SAC 头段中的全部头段变量类型及其相关信息。第一列为头段变量类型代码，第二类给出了其代表的头段变量类型，第三列指出 C 源码中该变量的是用什么类型定义的，第四列给出了每个变量所占据的字节数。第五列给出了写字符型 SAC 文件时的输出格式。最后一列则给出该类型的未定义值。

表 3.2: 变量类型说明

Code	Type	C Type	sizeof	printf	未定义值
F	浮点型	float	4	%15.7f	-12345.0
N	整型	int	4	%10d	-12345
I	枚举型	int	4	%10d	-12345
L	逻辑型	int	4	%10d	FALSE
K	字符型	char*	8	%-8.8s	"-12345□□"
A	辅助型				

SAC 中定义了 6 种头段变量类型，分别为浮点型（F）、整型（N）、枚举型（I）、逻辑型（L）、字符型（K）和辅助型（A）。其中辅助型不存在于 SAC 头段区中，其直接由其它头段变量推导得到。

除了 F 型变量外以外，其余所有头段变量的变量名均以变量类型码开头，比如 `nvhdr` 是 N 型变量，`leven` 是 L 型变量。

枚举型变量，本质上是 `int` 型，其只能在固定的几个值中取值；C 语言中本身是没有规定 Bool 类型的，SAC 自定义了 `TRUE` 和 `FALSE`，用于表示真和假。字符型变量长度为 8，只有 `kevn` 很特殊，其长度为 16。

对于一个 SAC 文件，并非所有的头段变量都必须包含有意义的值，若变量未定义称其包含未定义值，第 6 列给出了不同类型的未定义值的形式，比如如果一个整型头段变量的值为 -12345，则认为其处于未定义态。实际使用的时候，SAC 提供了参数 `undef`，其可以根据头段变量的类型自动转换成相应类型的未定义值。

3.4 SAC 头段变量

3.4.1 基本变量

`nvhdr`*

SAC 头段版本号。`nvhdr`¹是 SAC 中很重要但是不太常用的头段变量。目前值为 6，旧版本的 SAC 文件（`nvhdr < 6`）在读入时会自动更新。

¹星号表示该头段变量在 SAC 中必须有定义值，下同。

nzyear, nzjday, nzhour, nzmin, nzsec, nzmsec

分别表示“年”、“一年的第几天”^{1 2}、“时”、“分”、“秒”、“毫秒”³。这六个头段变量构成了 SAC 中唯一的绝对时刻，SAC 中的其它时刻都被转换为相对于该时刻的相对时间（单位为秒）。详细的信息参见第 3.5 节“SAC 中的时间概念”中的介绍。

根据这六个头段还可以推导出其它一些辅助型变量：

- **kzdate**：字符数字格式的参考日期，由 **nzyear** 和 **nzjday** 导出；
- **kztime**：字符数字格式的参考时间，由 **nzhour**、**nzmin**、**nzsec**、**nzmsec** 导出；

如下例所示：

```
SAC> fg seis
SAC> lh nzyear nzjday nzhour nzmin nzsec nzmsec

FILE: SEISMOGR - 1
-----

nzyear = 1981
nzjday = 88
nzhour = 10
nzmin = 38
nzsec = 14
nzmsec = 0
SAC> lh kzdate kztime

FILE: SEISMOGR - 1
-----

kzdate = MAR 29 (088), 1981
kztime = 10:38:14.000
```

iztype

等效参考时刻。SAC 的参考时刻是可以任意指定的，但一般选取某个特定的时刻（比如文件起始时刻、发震时刻等等）作为参考时刻。其可以取如下枚举值：

- **IUNKN**：未知
- **IB**：以文件开始时刻为参考时间
- **IDAY**：以参考日期当天的午夜作为参考时间
- **IO**：以事件发生时间为参考时间
- **IA**：以初动到时为参考时间
- **ITn**：以用户自定义的时间为参考时间（**n** 可取 0-9）

若 **iztype=IO**，则表示其值以发震时刻作为参考时刻，此时头段变量 **o** 的值应为 0。

¹使用 **jday** 而不是“month+day”可以少用一个头段变量。

²1 月 1 日对应的 **nzjday** 是 1 而不是 0。

³1s = 1000ms

iftype*

SAC 文件类型，其决定了头段区之后有几个子数据区。该头段变量为枚举类型¹，可以取如下几个枚举值²：

- **ITIME**：时间序列文件（即 **Y** 数据，一般的地震波形数据）
- **IRLIM**：频谱文件（实部-虚部格式）
- **IAMPH**：频谱文件（振幅-相位格式）
- **IXY**：一般的 **X-Y** 数据
- **IXYZ**：一般的 **XYZ**（3-D）文件

idep

因变量（**Y**）类型，该头段变量可以不定义，其可以取如下枚举值：

- **IUNKN**：未知类型
- **IDISP**：位移量，单位为 *nm*
- **IVEL**：速度量，单位为 *nm/s*
- **IVOLTS**：速度量，单位为 *volts*³
- **IACC**：加速度量：单位为 *nm/s²*

3.4.2 数据相关变量**npts***

数据点数，其值决定了在数据区有多少个数据点。

delta*

等间隔数据的数据点采样周期（标称值）。

odelta

采样周期的实际值，若实际值与标称值不同则有值，一般来说都是未定义的。

b*, e*

文件的起始时间和结束时间（相对于参考时刻的相对时间）。

leven*

若数据为等间隔则为 **TRUE**，否则为 **FALSE**。

depmin, depmax, depmen

因变量（**Y**）的最小值、最大值和均值。一般地，这几个头段会在读/写 SAC 文件时、数据处理过程中被自动计算。

scale

因变量比例因子，即真实物理场被乘以该比例因子而得到现有数据。比如真实物理场的 **Y** 值大概在 10^{-20} 量级，数据处理起来很不方便，这个时候可以设置 **scale**= 10^{20} ，将真实物理场的量级修改到 10^1 。

xminimum, xmaximum, yminimum, ymaximum

仅用于 3D（**XYZ**）文件中，记录 **X** 和 **Y** 的最小/大值。

nxsize, nysize

仅用于 3D（**XYZ**）文件中，表示 **X** 和 **Y** 方向的数据点数。

¹枚举型在 C 源码中实际为“`#define ITIME 1`”的形式。

²枚举值一律使用大写，且以 **I** 开头。

³不解

igual†

igual¹ 标识数据质量，可取如下值：

- IGOOD：高质量数据；
- IGLCH：数据中有毛刺 (glitches)；
- IDROP：数据有丢失 (Dropouts)；
- ILOWSN：低信噪比数据；
- IOTHER：其它；

isynth†

合成数地震图标识。

- IRLDTA：真实数据；
- ??????：其它合成地震图代码相应的标识；

3.4.3 事件相关变量**kevn**

事件名。在头段区，其占据 16 个字节。

evla, evlo, evel, evdp

分别代表事件的纬度 (-90 到 90)、经度 (-180 到 180)、高程 (单位为 m, 未使用) 和深度 (单位为 km, 以前为 m)。

ievreg†

事件地理区域²。

ievtyp

事件类型，这里仅列出部分常见的枚举值：

- IUNKN：未知事件
- INUCL：核事件
- IEQ：地震
- IOTHER：其它

mag

事件震级。

imagsrc

震级信息来源，可以取如下枚举值：

- INEIC：NEIC
- IPDE：PDE
- IISC：ISC
- IREB：人工检查过的事件目录
- IUSGS：USGS
- IBRK：UC Berkeley
- ICALTECH：California Institute of Technology
- ILLNL：Lawrence Livermore National Laboratory
- IEVLOC：Event Location
- IJSOP：Joint Seismic Observation Program
- IUSER：The individual using SAC2000

¹† 标识仅表示 SAC 程序内部未使用该头段变量，即变量有值或者无值、有何值，对于程序的运行不会产生任何影响，但用户可以在自己的程序中自由使用这些头段变量。下同。

²Flinn-Engdahl Regions:http://en.wikipedia.org/wiki/Flinn-Engdahl_regions

- IUNKNOWN : 未知

imagtyp

震级类型，取如下枚举值：

- IMB : 体波震级
- IMS : 面波震级
- IML : Local 震级
- IMW : 矩震级
- IMD : 持续时间震级
- IMX : 用户自定义震级

gcarc, dist, az, baz

gcarc 全称 Great Circle Arc, 即震中到台站的大圆弧的长度, 单位为度；

dist 震中到台站的距离, 单位为千米；

az 方位角, 震中到台站的连线与地理北向的夹角；

baz 反方位角, 台站到震中的连线与地理北向的夹角。

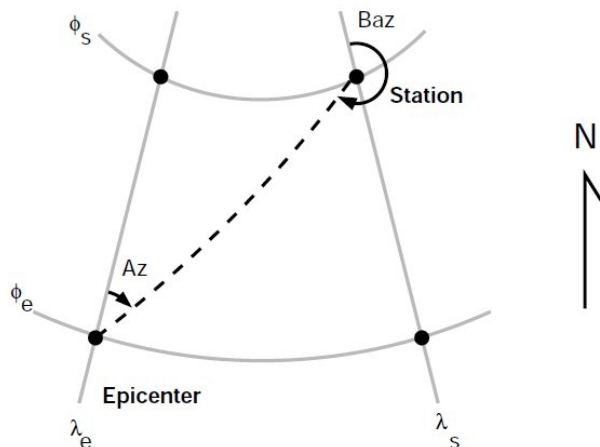


图 3.1: 震中距、方位角、反方位角示意图。图片来自于 Prof. Robert B. Herrmann 的课程讲义。

震中距、方位角和反方位角的计算涉及到球面三角的知识，具体细节可以参考该讲义：

<http://www.eas.slu.edu/People/RBHerrmann/Courses/EASA462/ASSIGNMENTS/Ass07/Ass07.pdf>。

在不严谨的情况下，可以认为 $\text{dist} = \text{gcarc} * 111.195$ ，更严谨的计算方法可以参考相关文献。

知道震中和台站的位置，计算震中距、方位角和反方位角是一个基本问题，有很多代码均实现了此功能，列举如下：

- <http://www.seis.sc.edu/software/distaz/>
- SAC 源码 `src/ucf/distaz.c`
- CPS330¹源码 `VOLI/src/udelaz.c`

o, ko

o 为事件的发生时刻相对于参考时刻的秒数。**ko** 是绘图时变量 **o** 的标识符。

khole

若为核爆事件，则其为孔眼标识；若为其它事件，则为位置标识。

¹<http://www.eas.slu.edu/eqc/eqccps.html>

nevid, norid, nwfid

三者分别标识事件 ID、起始时间 ID 和波形 ID，仅用于 CSS 3.0 文件中。CSS 3.0 是 SAC 可以处理的一种数据格式，应该是当初 SAC 商业化的产物，目前仍保留在 SAC 头段中。

3.4.4 台站相关变量

knetwk

地震台网名。

kstnm

台站名。

istreg†

台站地理区域。

stla, stlo, stel, stdp

台站纬度（-90 到 90 度）、经度（-180 到 180 度）、高程（单位 m，目前未使用）、相对地表的深度（单位 m，目前未使用）。

cmpaz, cmpinc, kcmpnm, kstcmp

一个台站至少需要三个正交的通道（或分量）才能完整地记录地面运动物理量。cmpaz 和 cmpinc 指定了单个通道记录的方向矢量。

图 3.2 给出了 SAC 所使用的 NEU 坐标系，需要注意的是这是一个左手坐标系。图中蓝色箭头为通道所记录的方向矢量，若地面运动与该方向一致，则为正，否则为负。其中，头段变量 cmpaz 表征通道的方位角，其定义为从 N 向开始顺时针旋转的角度，即图中的角度 ϕ ；cmpinc 表征通道的入射角，定义为 U 向向下旋转的度数，即图中的角度 θ 。

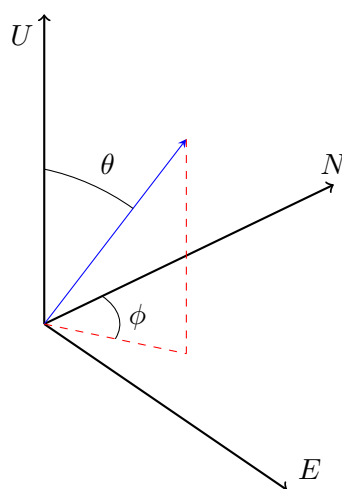


图 3.2: cmpaz 和 cmpinc 示意图

根据定义，地震仪标准通道的 cmpinc 和 cmpaz 值如下表：

表 3.3: 标准地震通道的 cmpaz 和 cpminc

方向	CPMAZ	CPMINC
N	0	90
E	90	90
U	0	0

对于非标准方向的地震通道来说, 很容易根据 cpminc 和 cmpaz 的值, 将其旋转到 NEU 坐标系或者 RTZ 坐标系, 这些将在“[分量旋转](#)”一节中说到。

kcmpnm 为分量名称, SEED 格式规定使用三个字符中的最后一个字符代表通道的方位 (如 BHE 代表东西向分量)。对于水平分量, 目前更趋向于使用 1 和 2 代替 N 和 E。

kstcmp 为辅助型变量, 表示台站分量, 由 kstnm、cmpaz、cpmenc 推导得到。

lpspol

如图 3.2 所示, SAC 使用左手坐标系 NEU, 若台站三通道的正极性分别与 NEU 三方向相同, 则为真, 否则为假。

3.4.5 震相相关变量

a, ka, f, kf

a 和 f 分别为事件的初动时刻和结束时刻相对于参考时刻的秒数。ka 和 kf 则是相应的时间标识。

tn, ktn

用户自定义的时刻, n 可以取 0-9, 常用于震相拾取, ktn 为相应的时间标识。比如定义 t1 为 PcP 震相的到时, kt1 则一般定义为“PcP”。

3.4.6 仪器相关变量

kinst, iinst†, respn†

kinst 为记录仪器的通用名称, iinst 为记录仪器的类型, respn 为仪器相应参数。

3.4.7 其它变量

usern, kusern

usern (n=0-9) 和 kusern (n=0-2) 均用来存储用户自定义值。不像 a 和 ka 那样成对存在, usern 和 kusern 之间没有对应关系。比如可以将波形的信噪比保存在 user0 中, 将任意字符串保存到 kuser0 中。

lovrok

若为 TRUE, 则磁盘里的原始数据可被覆盖; 若为 FALSE, 则原始数据不可被覆盖。主要用于保护原始数据, 一般来说很少用到, 若是出于保护原始数据的目的, 应优先考虑对原始数据做备份。

若 lovrok 取值为 FALSE 时尝试覆盖原始数据, 会出现如下错误:

```
ERROR 1303: Overwrite flag is not on for file xxx
```


lcalda

全称为 Calculate Distance and Azimuth。若为 TRUE，则当事件和台站的坐标被写入或被修改时，dist、gcarc、az、baz 将自动计算；否则 dist、gcarc、az、baz 不会被自动计算，SAC 头段中会存在信息的不兼容。

kdatrd

数据被读入计算机的日期。

3.5 SAC 中的时间概念

3.5.1 基本思路

SAC 的头段区有很多与时间相关的头段变量，包括 nzyear、nzjday、nzhour、nzmin、nzsec、nz msec、b、e、o、a、f、tn (n=0-9)，正确使用它们的前提是理解 SAC 中的时间概念。这一节将试着说清楚这个问题。

首先，SAC 处理的是地震波形数据，SAC 格式里保存的是时间序列数据。先不管其它的一些台站经纬度、事件经纬度信息，就数据而言，至少需要一系列数据值以及每个数据值所对应的时刻。

在本节接下来的内容中，将严格区分两个高中物理学过的概念：时刻和时间。简单地说，在时间轴上，时刻是一个点，时间是一个线段。

一个简单的例子如下：

1	2014-02-26T20:45:00.000	0.10
2	2014-02-26T20:45:01.000	0.25
3	2014-02-26T20:45:02.000	0.33
4	2014-02-26T20:45:03.000	0.21
5	2014-02-26T20:45:04.000	0.35
6	2014-02-26T20:45:05.000	0.55
7	2014-02-26T20:45:06.000	0.78
8	2014-02-26T20:45:07.000	0.66
9	2014-02-26T20:45:08.000	0.42
10	2014-02-26T20:45:09.000	0.34
11	2014-02-26T20:45:10.000	0.25

其中第二列是数据点，每个数据点所对应的时刻放在第一列，格式为“yyyy-mm-ddThh:mm:ss.xxx”。数据点是以 1s 的等间隔进行采样的。

若把这堆时刻以及数据点直接写入文件中，将占据大量的磁盘空间，读写也很不方便。考虑将某一个时刻定义为参考时刻，并把其它所有的时刻都用相对于该参考时刻的时间来表示。这样可以简化不少。

比如取“2014-02-26T20:45:00.000”为参考时刻，即

```

1 | nzyear = 2014
2 | nzjday = 57
3 | nzhour = 20
4 | nzmin  = 45
5 | nzsec  = 00
6 | nzmsec = 000

```

则上面的数据可以简化为

1	00.000	0.10
2	01.000	0.25
3	02.000	0.33
4	03.000	0.21
5	04.000	0.35
6	05.000	0.55
7	06.000	0.78
8	07.000	0.66
9	08.000	0.42
10	09.000	0.34
11	10.000	0.25

其中第二列是数据点，第一列是每个数据点对应的时刻相对于参考时刻的相对时间，下面简称其为相对时间。

显然参考时刻的选取是任意的，若取“2014-02-26T20:45:05.000”为参考时刻，则上面的数据简化为

1	-05.000	0.10
2	-04.000	0.25
3	-03.000	0.33
4	-02.000	0.21
5	-01.000	0.35
6	00.000	0.55
7	01.000	0.78
8	02.000	0.66
9	03.000	0.42
10	04.000	0.34
11	05.000	0.25

一般来说，会选取一个比较特殊的时刻作为参考时刻，比如第一个数据点对应的时刻，或者地震波形数据中的发震时刻。

下面还是回到以“2014-02-26T20:45:00.000”为参考时刻简化得到的结果。因为数据是等间距的，相对时间这一列完全可以进一步简化，比如用“起始相对时间 + 采样间隔

+ 数据点数”或者“起始相对时间 + 采样间隔 + 结束相对时间”就完全可以表征第一列的相对时间。如果只能从二者之中选一个的话，我会选择第一种，毕竟“数据点数”太有用了。

SAC 选择了另外一种简化模式，“起始相对时间 + 采样间隔 + 数据点数 + 结束相对时间”，即头段变量中的“b+delta+npts+e”，这其实是存在信息冗余的，这就造就了头段变量 e 的一些特殊性，后面会提到。

按照 SAC 的模式在对相对时间进行简化之后，整个数据可以表示为

```
1  nzyear = 2014
2  nzjday = 57
3  nzhour = 20
4  nzmin  = 45
5  nzsec  = 00
6  nzmsec = 000
7  b      = 0.0
8  e      = 10.0
9  delta  = 1.0
10 npts   = 11
11
12 0.10
13 0.25
14 0.33
15 0.21
16 0.35
17 0.55
18 0.78
19 0.66
20 0.42
21 0.34
22 0.25
```

似乎到这里就结束了。

地震学里的一个重要问题是拾取震相到时（时刻），所以还需要几个额外的头段变量来保存这些震相到时（时刻），不过显然我们不会真的把时刻保存到这些头段变量中，不然上面的一大堆就真是废话了。SAC 将震相到时（时刻）相对于参考时刻的时间差（即相对时间）保存到头段变量 o、a、f、tn 中。

综上，SAC 中跟时间有关的概念有三个：

参考时刻 由头段变量 nzyear、nzjday、nzhour、nzmin、nzsec、nzmsec 决定；

相对时间 即某个时刻相对于参考时刻的时间差（单位为秒），保存到头段变量 b、e、o、a、f、tn；

绝对时刻 = 参考时刻 + 相对时间；

3.5.2 一些测试

下面以一个具体的数据为例，通过修改各种与时间相关的头段来试着去进一步理解 SAC 的时间概念。

生成样例数据

```
SAC> fg seis
SAC> lh iztype

FILE: SEISMOGRAM - 1
-----

iztype = BEGIN TIME
SAC> ch iztype IUNKN
SAC> w seis
```

lh 是命令 **listhdr** 的简写，用于列出头段变量的值。ch 是 **chnhdr** 的简写，用于修改头段变量的值。

这里额外多做了一个操作修改 iztype 的操作，这是由于这个数据稍稍有一点 bug。

iztype 指定了参考时刻的类型，其显示为 BEGIN TIME，实际上其枚举值是 IB，也就是说这个数据选取文件第一个数据点的时刻作为参考时刻，那么 b 的值应该为 0。而实际上这个数据的 b 值并不为 0，这其实是这个数据的一点小 bug。这也从另一个侧面说明 SAC 只有在修改与时间相关的头段变量时才可能会检查到这个错误/警告，所以这里先将其修正为 IUNKN。

修改文件起始时间 b

```
SAC> r seis
SAC> lh kzdate kztime b delta npts e o a f

FILE: seis - 1
-----

kzdate = MAR 29 (088), 1981
kztime = 10:38:14.000
b = 9.459999e+00
delta = 1.000000e-02
npts = 1000
e = 1.945000e+01
o = -4.143000e+01
a = 1.046400e+01
SAC> ch b 10
SAC> lh

FILE: seis - 1
-----
```

```

kzdate = MAR 29 (088), 1981
kztime = 10:38:14.000
    b = 1.000000e+01
delta = 1.000000e-02
npts = 1000
    e = 1.999000e+01
    o = -4.143000e+01
    a = 1.046400e+01

```

修改 b 前后的变化仅在于 b 和 e 值的变化，而参考时刻以及其它相对时间并没有发生变化。

这意味着整段 SAC 数据中的任意一个数据点所对应的时刻¹都向后延迟了 0.54 秒！这样做很危险，因为 b 和 e 的绝对时刻被修改了，而其它头段如 o、a、f、tn 的绝对时刻却没有变。

使用的时候必须非常小心：

- 如果 o、a、f、tn 都没有定义，那么修改 b 值可以用于校正仪器的时间零飘²以及时区差异³。
- 如果 o、a、f、tn 已经被定义，则修改 b 值会导致与震相相关的头段变量出现错误！⁴

修改文件结束时间 e

```

SAC> r ./seis
SAC> lh kzdate kztime b delta npts e o a f

FILE: ./seis - 1
-----

kzdate = MAR 29 (088), 1981
kztime = 10:38:14.000
    b = 9.459999e+00
delta = 1.000000e-02
npts = 1000
    e = 1.945000e+01
    o = -4.143000e+01
    a = 1.046400e+01
SAC> ch e 0
SAC> lh

```

¹好长的修饰语

²零飘，即仪器中的时刻与标准时刻不同。

³时区差异可以理解成另一种零飘。

⁴如果只定义了 o 值，或者 a、f、tn 为理论震相到时而非计算机拾取或人工拾取的到时，修改 b 也是没有问题的。有些乱，不多说了。

```

kzdate = MAR 29 (088), 1981
kztime = 10:38:14.000
      b = 9.459999e+00
delta = 1.000000e-02
npts = 1000
      e = 1.945000e+01
      o = -4.143000e+01
      a = 1.046400e+01

```

可以看到，修改前后所有变量均没有发生变化，即 e 的值是不可以随意改变的，根据上面的结果可知， e 的值是通过 b 、 δ 、 $npts$ 的值动态计算的。这也与上一节说到的头段变量冗余问题相符合。不要试图修改 δ 、 $npts$ ，这不科学！

修改 o 、 a 、 f 、 tn

这几个头段变量完全是由用户自定义的，因而任何的定义、修改、取消定义都不会对数据的正确性产生影响，因而这里不再测试。

修改参考时间

```

SAC> r ./seis
SAC> lh kzdate kztime b delta npts e o a f

FILE: ./seis - 1
-----

kzdate = MAR 29 (088), 1981
kztime = 10:38:14.000
      b = 9.459999e+00
delta = 1.000000e-02
npts = 1000
      e = 1.945000e+01
      o = -4.143000e+01
      a = 1.046400e+01
SAC> ch nzsec 15
SAC> lh

FILE: ./seis - 1
-----

kzdate = MAR 29 (088), 1981
kztime = 10:38:15.000
      b = 9.459999e+00
delta = 1.000000e-02
npts = 1000
      e = 1.945000e+01
      o = -4.143000e+01
      a = 1.046400e+01

```

试图修改参考时刻，整个 SAC 头段，除了参考时刻外其它时间变量都没有发生变化。根据“绝对时刻 = 参考时刻 + 相对时间”可知，这导致所有 SAC 数据点的绝对时刻发生了平移，这一点理论上可以用于校正零飘或者时区，但是由于 SAC 不支持智能判断时间（比如不知道 1 时 80 分实际上是 2 时 20 分），所以修改时区时需要获取参考时刻 6 个头段变量，加上时区的校正值，再写入到参考时刻 6 个变量中，相对较为繁琐。

修改发震时刻

数据处理中一个常见的需求是修改发震时刻，这可以通过修改头段变量 o 来实现，但是经常需要将参考时刻设置为发震时刻。上面的测试表明，直接修改参考时刻是很危险的，所以 SAC 的 ch 命令提供了 allt 选项来实现这一功能，在“事件信息”一节中会具体解释。

3.5.3 总结

将 SAC 中的时间变量分为三类：

1. 参考时刻：即 nzyear、nzjday、nzhour、nzmin、nzsec、nzmsec；
2. 相对时间：即 o、a、f、tn；
3. 特殊的相对时间：即 b¹；

第二类时间变量可以随意修改，即震相拾取。

第一、三类时间变量的修改会导致数据绝对时刻发生改变。若小心使用，可用于校正时间零飘或时区不一致问题。

而为了修改发震时刻（此时应保证数据的绝对时刻不发生改变），则需要使用 ch 提供的 allt 选项来实现。

¹由于 e 不可独立修改，所以不再考虑

保护环境，从阅读电子文档开始！

第4章 SAC 数据处理

地震数据处理大概是这样一个流程：“数据组织”→“数据预处理”→“人机交互”→“数据分析”→“绘制图件”。

本章将介绍数据组织的一些原则以及如何利用 SAC 完成数据预处理和人机交互。

4.1 数据获取与转换

地震波形数据的获取途径很多，列举如下：

1. IRIS : www.iris.edu
2. Hi-net : www.hinet.bosao.go.jp
3. GEOFON : geofon.gfz-potsdam.de

数据的传输介质主要是网络传输为主，也有以移动硬盘、光盘或 U 盘为传输介质的。

最常见的数据交换格式是 SEED 格式，用于储存多台站多分量的连续波形数据以及台站相关元信息。SEED 格式本质上是一个压缩文件，因而可以大大减少网络传输数据量以及硬盘空间。除了 SEED 格式之外，miniSEED 格式仅包含连续波形数据，而 dataless SEED 格式仅包含台站元信息。

IRIS 提供了 rdseed 软件，用于读取 SEED 格式，并将其中的波形数据解压成为多种地震数据格式。Hi-net 提供了 win32_tools，用于将 win32 格式的数据文件解压成为 SAC 格式。

4.2 数据重命名

从压缩数据格式中解压得到的 SAC 数据，其命名方式不够友好。比如用 rdseed 解压 SEED 数据得到的 SAC 数据，文件名的格式如下：

```
yyyy.ddd.hh.mm.ss.ffff.NN.SSSSS.LL.CCC.Q.SAC
```

其中，

- yyy.ddd.hh.mm.ss.fff 是 SAC 文件中第一个数据点对应的时刻；
- NN 为台网名，用两个字符表示；
- SSSSS 为台站名，一般为 3-4 字符，最多 5 字符；
- LL 为 location id，一般为空或两字符，常见的是 00、01、10，用于表征一个台站处的不同仪器；

- CCC 为通道名, 3 字符, 如 BHE、BHN、BHZ ;
- Q 为质量控制标识, 可以取 D、M、R、Q。

示例如下 :

```
1 | 2012.055.12.34.56.7777.YW.MAIO.01.BHE.Q.SAC
2 | 2012.055.12.34.50.6666.YW.MAIO.01.BHN.Q.SAC
3 | 2012.055.12.34.54.5555.YW.MAIO.01.BHZ.Q.SAC
```

三个文件代表了 YW 台网 MAIO 台站的宽频地震仪记录的三分量波形数据。这样的长文件名在数据处理时显得很麻烦, 一般都会根据实际需求进行适当的简化。

在某些情况下, 我们会将同一事件在所有台站的波形数据放在同一个文件夹下, 并将文件名以事件的发生日期/时间来命名。那么, SAC 文件名中的时间信息就可以被简化 :

```
1 | YW.MAIO.BHE
2 | YW.MAIO.BHN
3 | YW.MAIO.BHZ
```

有时候, 我们会将不同事件在同一个台站的波形数据放在同一个文件夹下, 并将文件名以台站名来命名, 此时数据文件名中可能需要保留事件的日期信息 :

```
1 | MAIO.20120224.BHE
2 | MAIO.20120224.BHN
3 | MAIO.20120224.BHZ
```

鉴于 SAC 命令的语法, 在数据命名时最好将分量名放在最后, 而将台站名放在最前面。这样, 在使用 SAC 的通配符读取特定事件的所有台站的垂直分量波形数据时, 可以 :

```
SAC> r *.20120224.BHZ
```

或者读取所有事件在同一台站的波形记录 :

```
SAC> r MAIO.*.BHZ
```

4.3 合并数据

相关命令: `merge`

很多时候, 从 SEED 数据中解压出来的同一个台站的 SAC 波形数据会被切割成多个等长或不等长的数据段。可能是因为仪器在某些时刻存在问题导致连续数据出现间断, 也可能是出于其它考虑将数据进行切割。用户需要将这些数据段合并成单个包含连续波形数据的文件。

假定解压出来的台网 NET、台站 STA、位置 ID 为 LOC 的 BHZ 分量的连续波形被分割成了多个文件, 需要将多个文件合并成单个文件¹ :

¹注意! 由于 SAC 在 101.6 版重写了 `merge` 函数, 本例仅在 101.6 之后的版本有效! 具体细节请参考本文档的 `merge` 命令以及本文档的之前版本。

```

SAC> r *.NET.STA.LOC.BHZ           // 读入所有需要合并的文件
SAC> merge                         // 内存中的所有文件被合并为一个文件
SAC> w NET.STA.LOC.BHZ             // 写出到磁盘中

```

对于所有要合并的数据文件，SAC 会检测其 `knetwk`、`kstnm`、`kcmpnm` 和 `delta` 是否完全匹配，并智能判断每个文件的合并顺序。

实际合并的过程中，可能会出现数据间断或数据重叠的情况。若数据存在间断，可对其直接补零或线性插值；若数据存在重叠，则可以比较重叠部分数据是否相同或对重叠的波形进行平均。

4.4 事件信息

相关头段：`evla`, `evlo`, `evdp`, `mag`, `o`, `nzyear`, `nzjday`, `nzhour`, `nzmin`, `nzsec`, `nzmsec`

一般来说，从 SEED 连续波形中解压得到的 SAC 数据中是没有事件信息的。这需要用户搜索地震目录，获取事件的发震时刻、经度、纬度、深度和震级信息，并将这些信息写入到 SAC 文件的头段中。

可以使用 `chnhdr` 修改头段变量，再用 `wriethdr` 将修改后的头段变量写回 SAC 文件中。比如想要修改事件的位置和深度，可以操作如下：

```

SAC> r cdv.?
SAC> ch evla 37.52 evlo -121.68 evdp 5.95 // 修改三个头段变量
SAC> ch mag 5.0                          // 修改一个头段变量
SAC> wh                                  // 将修改后的头段写入文件

```

这里需要注意“`wh`”与“`w over`”的区别。二者都是将内存中的数据写回到原文件中。前者只覆盖文件的头段区，后者则覆盖文件的头段区和数据区。若 SAC 数据从磁盘读入内存之后，未对波形数据做任何修改，仅修改了头段区，此时应使用“`wh`”命令将修改后的头段区写回文件，相对于“`w over`”来说速度要快很多。

向 SAC 头段中加入发震时刻的信息，要稍稍麻烦一点。前面已经说过，一般将 SAC 文件的参考时刻设置为发震时刻，这样的处理可以带来一堆好处。`ch` 提供了专门的选项用于处理发震信息。

假设发震时刻为 1987 年 06 月 22 日 11 时 10 分 10.363 秒：

```

SAC> r ./cdv.?
SAC> ch o gmt 1987 173 11 10 10 363
SAC> lh kzdate kztime o

FILE: ./cdv.e - 1
-----

kzdate = JUN 22 (173), 1987
kztime = 11:09:56.363
o = 1.400000e+01

```

```
SAC> ch allt -14
SAC> ch iztype IO
SAC> lh kzdate kztime o

FILE: ./cdv.e - 1
-----

kzdate = JUN 22 (173), 1987
kztime = 11:10:10.363
o = 0.000000e+00
SAC> wh
```

在上面的例子中，首先从地震目录中获取了地震的发震时刻，然后计算发震日期对应一年中的第几天，本例中为第 173 天，再利用“ch o gmt yyyy ddd hh mm sss xxx”的语法将发震时刻赋值给头段变量 o，SAC 会自动将发震时刻转换为相对于参考时刻的相对时间。由于此时 SAC 文件的参考时刻为“1987-06-22T11:09:56.363”，而 o 值对应的时刻为发震时刻“1987-06-22T11:10:10.363”，所以头段变量 o 的值为发震时刻相对于参考时刻的时间差，即 14s。

将发震时刻写入头段之后，还需要将参考时刻修改为发震时刻，与此同时还要修改所有的相对时间。“ch allt xx.xx”的功能是将所有已定义的相对时间加上 xx.xx 秒，同时从参考时刻中减去 xx.xx 秒，此时参考时刻即为发震时刻，而 o 值为 0。

在需要批量处理数据的时候，不可能通过“lh o”的方式查看 o 的值，然后使用到 allt 中。在 [SAC 编程](#) 一章中提供了适于批量处理的方式：

```
SAC> ch o gmt 1987 173 11 10 10 363
SAC> ch allt (0 - &1,o&) iztype IO
```



Tips

上例中的“(0 - &1,o&)”必须原样输入！

由于 101.6 版本重写了 SAC 宏的语法分析器，所以很多用法都发生了改变。你可能会发现，在 101.6 及其以后的版本中，(0-&1,o&)、(-&1,o&)、(-&1,o) 都可以正常使用，但是上例中的版本是唯一一个在所有 SAC 版本中都正确的，为了命令的通用性，只要记住这个就可以了。

4.5 台站和分量信息

相关头段：stla、stlo、cmpaz、cmpinc

一般来说，从 SEED 数据中解压的 SAC 数据中都包含了准确的台站信息和分量信息。若数据中没有包含，则需要从其它途径获取这些信息，并写入到 SAC 数据头段中。

这很简单，只要使用前面提到的 [chnhdr](#) 命令即可。

4.6 震相理论到时

震相理论到时的计算是地震学的基础，具体的原理涉及到一大堆公式，感兴趣的读者可以阅读相关文献。

日常工作中经常需要识别震相、将波形按理论到时排序或迭加、计算震相到时残差等等，这些都需要用到震相理论到时，将震相理论到时写入到 SAC 文件的头段中，可以使后期处理更加简单。

SAC 头段中可以用于保存震相到时信息的头段包括：a、f 以及 tn ($n=0-9$)，ka、kf 和 ktn 中则用于保存相应的震相名信息。

给 SAC 文件标记理论到时有三种方法，下面一一介绍。

4.6.1 手动标记

最直观的办法是根据 SAC 文件中的震源深度和震中距信息用某些程序计算出理论到时，然后用 `chnhdr` 命令手动将到时信息写入到 SAC 头段中。

```
SAC> dg sub teleseis nykl.z      // 以nykl.z为例
SAC> lh evdp gcarc              // 查看震源深度和震中距

FILE: /opt/sac/aux/datagen/teleseis/nykl.z - 1
-----

    evdp = 0.000000e+00
    gcarc = 3.841450e+01
// 利用某程序计算得到 ak135 模型下，P 波走时为 443.14 秒，S 波走时为 799.05 秒
// 若 SAC 文件的参考时间为发震时刻，则
SAC> ch t0 443.14 t1 799.05 kt0 P kt1 S
SAC> lh t0 kt0 t1 kt1

FILE: /opt/sac/aux/datagen/teleseis/nykl.z - 1
-----

    t0 = 4.431400e+02
    kt0 = P
    t1 = 7.990500e+02
    kt1 = S
```

该方法很直接也很基础，其缺点也很明显，那就是麻烦。

4.6.2 traveltimes 命令

`traveltimes` 是 SAC 提供的一个命令，用于计算 iasp91 或者 ak135 地球模型下的震相理论走时，并自动将震相到时信息保存到 SAC 头段变量中。

```
SAC> dg sub teleseis nykl.z
SAC> traveltimes model iasp91 picks 3 phase P S
traveltimes: depth: 0.000000 km
SAC> lh t3 kt3 t4 kt4
```

```
FILE: /opt/sac/aux/datagen/teleseis/nykl.z - 1
```

```
-----

t3 = 4.430530e+02
kt3 = P
t4 = 7.999642e+02
kt4 = S
```

该命令会将震相 P、S 的理论到时依次写入头段变量 t3、t4 中，并在相应的 K 头段中写入震相名信息。

该方法的优点在于是 SAC 内置命令，使用起来也很简单，缺点在于只支持两种地球速度模型。

4.6.3 taup_setsac 命令

taup_setsac 是 taup 软件提供的用于计算震相理论到时的独立于 SAC 的外部命令。

```
$ taup_setsac -mod prem -ph P-6,S-7 -evdpkm *.SAC
```

该命令会根据 SAC 文件中的震中距和震源深度信息，计算 P 和 S 震相在 PREM 模型下的理论走时，并写入到 SAC 头段 t6 和 t7 中，同时向 kt6 和 kt7 中写入震相名称。

该方法的优点在于支持多种地球标准模型以及自定义模型。

4.7 数据重采样

相关命令：[decimate](#)、[interpolate](#)

不同仪器的采样周期可能不同，在数据处理之前一般需要将所有的数据重采样到相同的采样周期；又或者数据的采样周期过小，导致数据量过大，此时也需要对数据进行重采样以减少数据量。

SAC 中有两个命令可以对数据进行重采样：一个是用于减采样的 decimate，另一个是用于插值的 interpolate。

```
SAC> fg seis
SAC> lh delta npts

FILE: SEISMOGR - 1
-----

delta = 1.000000e-02      // 采样间隔 delta=0.01
npts = 1000
SAC> decimate 5; decimate 2    // 减采样 10 倍
SAC> lh delta npts

FILE: SEISMOGR - 1
-----
```

```
delta = 9.999999e-02      // 采样间隔 delta=0.1, 忽略此处的数值误差
npts = 100
SAC> interpolate delta 0.015  // 重新插值到 delta=0.015
SAC> lh delta npts

FILE: SEISMOGR - 1
-----

delta = 1.500000e-02
npts = 666
```

需要注意的是, `interpolate` 会对数据进行插值, 可能会引起插值误差; `decimate` 对数据进行减采样, 为了避免混叠而加入了 FIR 滤波器。

4.8 去毛刺

相关命令: `rglitches`

地震仪器偶尔会出现问题, 导致连续地震数据流中出现尖峰或者数据丢失。这些所谓的毛刺, 肉眼很容易识别, 但是在进行数据分析中却很容易被误认为是地震信号, 因而需要在数据分析之前将毛刺去除。数据的毛刺在模拟地震记录中很常见, 现在的数字地震记录中则很少见到。`rglitches` 命令可以在某种程序上去除地震信号中的毛刺。

`rglitches` 的效果可以从图 4.1 中直观地看到。

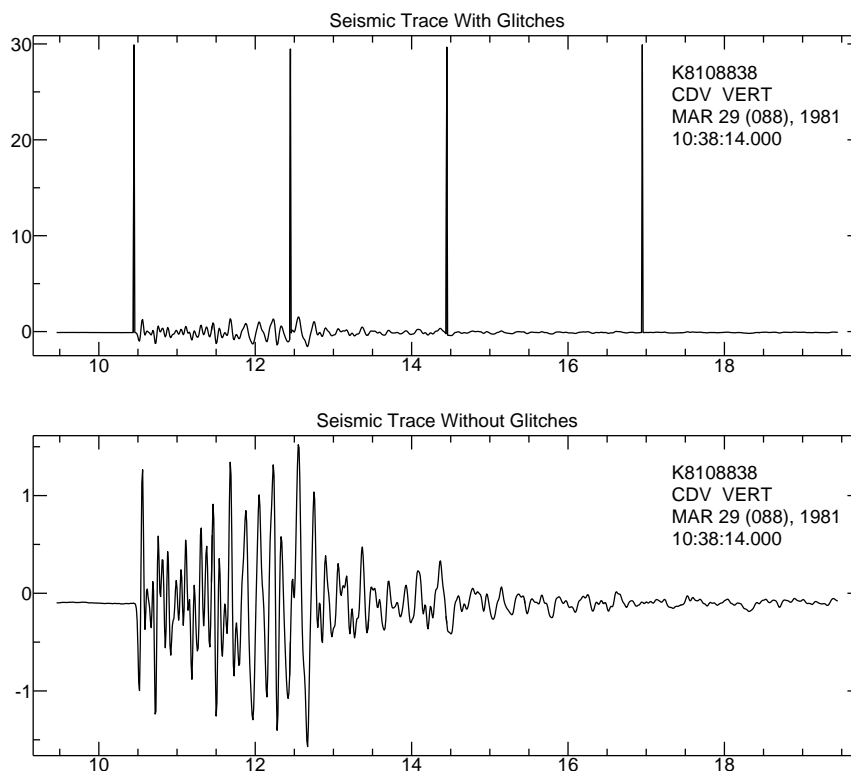


图 4.1: 地震波形去毛刺。上图为包含 `glitches` 的地震信号, 下图为去除 `rglitches` 后的地震信号。

4.9 分量旋转

相关命令：`rotate`

相关头段：`cmpinc`、`cmpaz`

三个正交的地震传感器即可完全记录地面运动矢量。因此可以将三个正交的分量任意旋转到其它三个正交的方向上。

出于仪器安装的考虑，地震仪三分量一般都是 N、E、U 向的。而地震学里，由于 SH 波与 P-SV 波的解耦，更常处理的是 R、T、Z 向的三分量数据。因而地震信号的旋转是有必要的。

SAC 提供了 `rotate` 命令，用于旋转任意两个分量。在旋转之前，SAC 会检查两个分量的 `cmpinc` 和 `cmpaz`，确定二者是正交的。

```
SAC> dg sub teleseis ntkl.[enz]
/opt/sac/aux/datagen/teleseis/ntkl.e ...ntkl.n ...ntkl.z
SAC> w ntkl.e ntkl.n ntkl.z
SAC> r ./ntkl.n ./ntkl.e
SAC> lh cmpinc cmpaz

FILE: ./ntkl.n - 1
-----

cmpinc = 9.000000e+01
cmpaz = 0.000000e+00

FILE: ./ntkl.e - 2
-----

cmpinc = 9.000000e+01
cmpaz = 9.000000e+01
SAC> rotate to gcp          // 旋转到大圆路径
SAC> lh cmpinc cmpaz

FILE: ./ntkl.n - 1
-----

cmpinc = 9.000000e+01
cmpaz = 2.440466e+01

FILE: ./ntkl.e - 2
-----

cmpinc = 9.000000e+01
cmpaz = 1.144047e+02
SAC> w ntkl.r ntkl.t          // 保存为 R 分量和 T 分量
```

图 4.2 中，左图中从上至下为 N、E、Z 分量，右图中从上至下为 R、T、Z 分量。旋

转到 R、T 分量后，可以很容易地识别出 Rayleigh 和 Love 波。

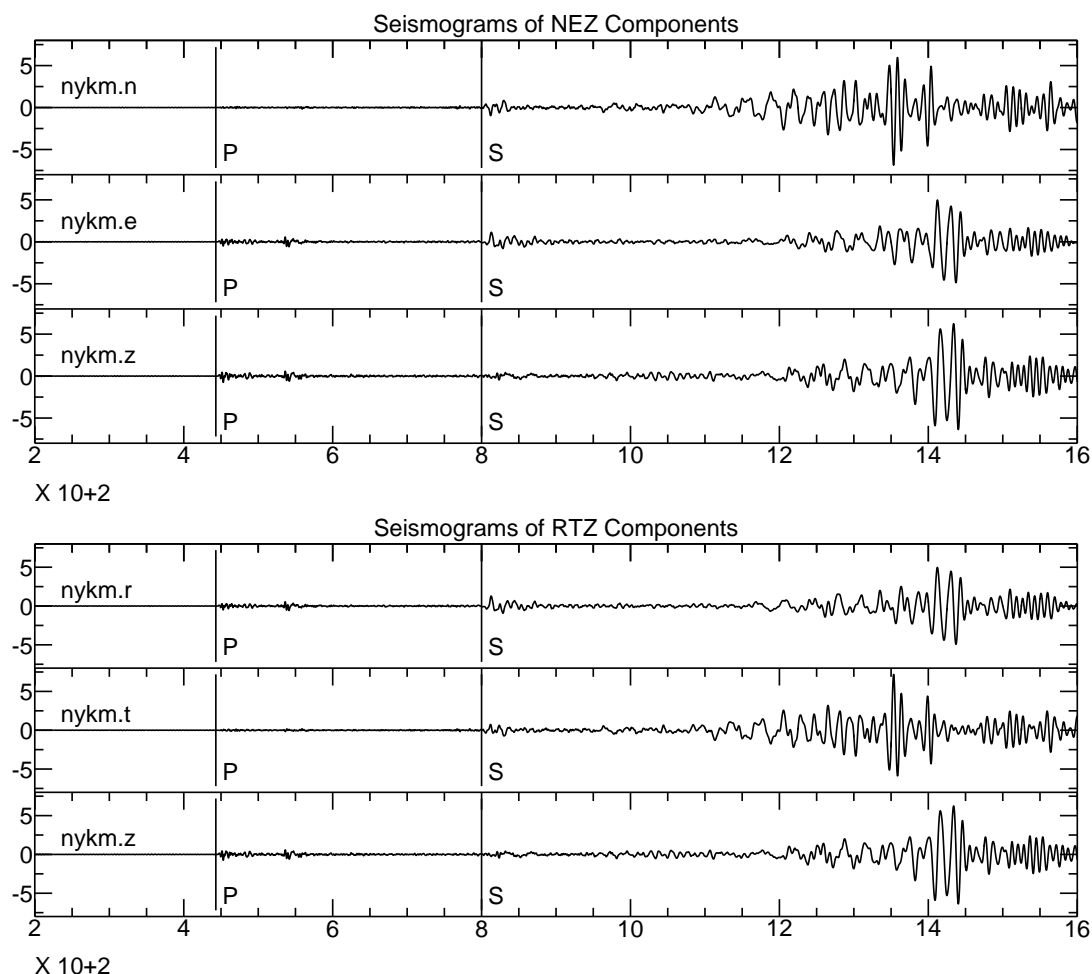


图 4.2: 将 N、E 分量旋转到 R、T 分量。

4.10 去均值、去线性趋势和波形尖灭

相关命令：`rmean`、`rtrend`、`taper`

通常，波形数据总会存在一个非零的均值或者存在一个长周期的线性趋势，这会影响对数据的分析，必须在数据分析前去除。另一方面，在对数据进行谱域操作（如 FFT、滤波等）时，若数据的两端不为零，则会出现谱域假象，因而实际数据经常需要做尖灭处理，使得数据两端在短时间窗内逐渐变成零值。

```
SAC> fg seis
SAC> rmean; rtr; taper
```

图 4.3 中，波形从上到下依次为原始波形、去均值、去线性趋势、和尖灭之后的波形。

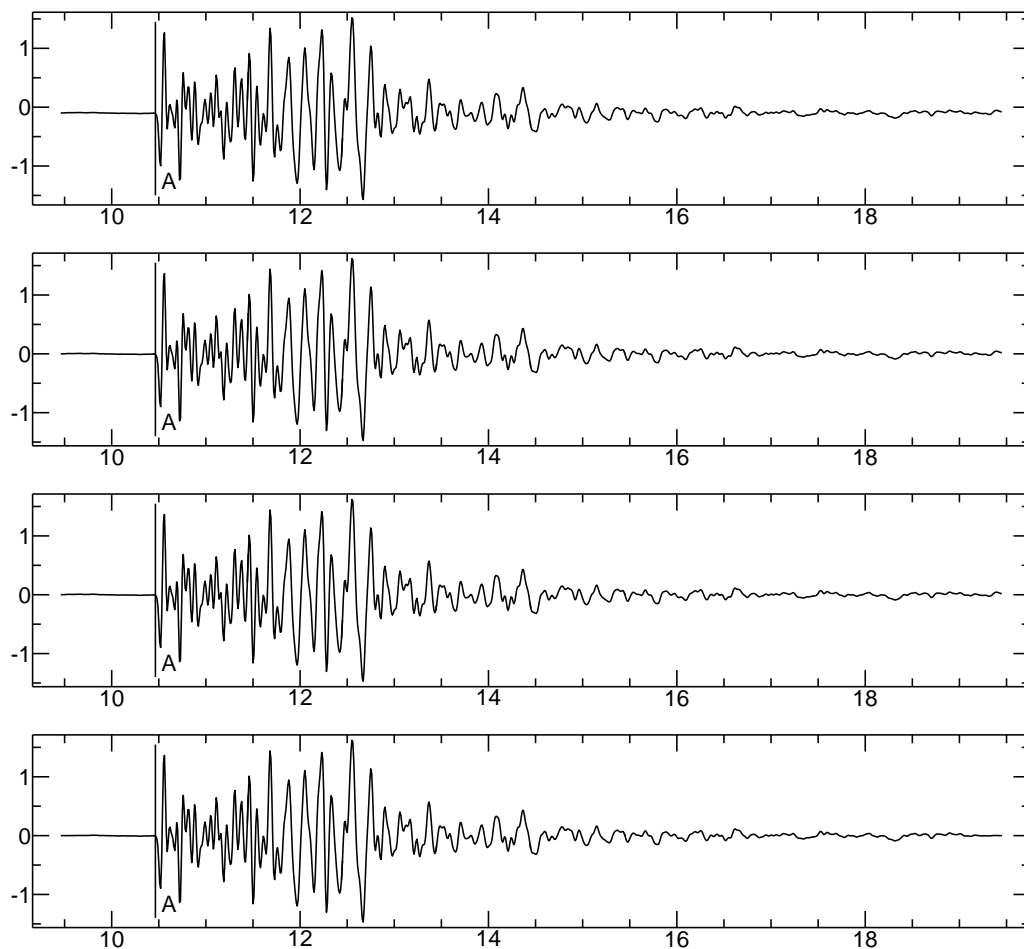


图 4.3: 去均值、去线性趋势和波形尖灭

4.11 去仪器响应

相关命令：[transfer](#)

关于仪器响应的详细介绍，请参考附录中的“[仪器响应](#)”一章。本节不会介绍仪器响应的细节以及 [transfer](#) 命令的语法，只介绍日常数据处理过程中最常用的几种命令方式。

[transfer](#) 命令的基本语法是 “[transfer](#) from xx to xx freq f1 f2 f3 f4”。即该命令的作用是将波形数据从 (from) 一种仪器类型转换到 (to) 另一种仪器类型，即首先将数据反卷积 from 所给出的仪器响应，再卷积上 to 选项给出的仪器响应，而后面的 freq 选项，则用于压制信号中的低频和低频成分。

SAC 中的仪器类型可以简单分为如下几类：

- 内置仪器类型，参见 [A.1](#)；
- 特殊内置仪器类型，即 none、vel 和 acc；
- RESP 文件；
- PZ 文件；
- FAP 文件；

下面举例说明日常数据处理中的常见用法。

数据 ABC.Z 的仪器类型是 LLL，通过如下命令将波形中的 LLL 仪器响应去除，并卷积上 SRO 仪器响应：

```
SAC> r ABC.z
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> trans from LLL to SRO
```

波形数据 XXX.Z 的仪器类型是 RSTN，子类型为 NYKM.Z，通过下面的命令将波形中的仪器响应去除，并卷积上 WWSP 仪器响应：

```
SAC> r XXX.z
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> trans from RSTN subtype NYKM.Z to WWSP
```

从数据中去除 WWSP 的仪器响应，得到真实的位移场：

```
SAC> r XXX.z
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> trans from WWSP to NONE freq 0.1 0.2 10 15
```

当然，也可以去除仪器响应，得到真实的速度场：

```
SAC> r XXX.z
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> trans from WWSP to VEL freq 0.1 0.2 10 15
```

也可以使用当前台站的 RESP 文件来去除仪器响应：

```
SAC> r 2006.253.14.30.24.0000.TA.N11A..LHZ.Q.SAC
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> trans from evalresp fname RESP.TA.N11A..LHZ to none freq 0.004 0.007 0.2 0.4
```

PZ 文件 SAC_PZs_XC_OR075_LHZ 是需要从波形 OR075_LHZ.SAC 中去除的仪器响应零点文件：

```
SAC> r OR075_LHZ.SAC
SAC> rmea; rtr; taper
SAC> trans from polezero subtype SAC_PZs_XC_OR075_LHZ to none freq 0.008 0.016 0.2 0.4
SAC> mul 1.0e9 // 由于是to none，这里必须乘以1.0e9
SAC> w OR075.z // 此时数据为位移量，单位为nm
```

假设有 fapfile 文件 fap.n11a.lhz_0.006-0.2，其名字表示频率段为 0.006 Hz 到 0.2 Hz，要从波形 2006.253.14.30.24.0000.TA.N11A..LHZ.Q.SAC 中移除该仪器响应：

```
SAC> r 2006.253.14.30.24.0000.TA.N11A..LHZ.Q.SAC
SAC> rtr
SAC> taper
SAC> trans from fap s fap.n11a.lhz_0.006-0.2 to none freq 0.004 0.006 0.1 0.2
SAC> mul 1.0e9
```

4.12 滤波

相关命令：`bandpass`、`lowpass`、`highpass`、`bandrej`

几乎所有的数据分析都需要将数据限制在一定的频率范围内，对数据做低通、高通或带通滤波很有必要。

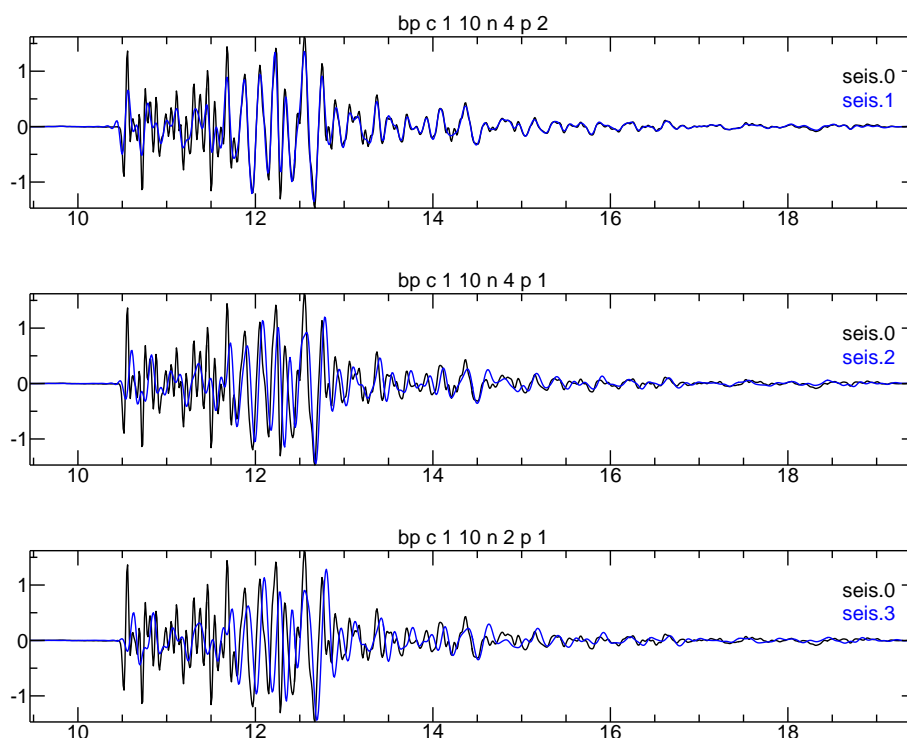


图 4.4: 带通滤波效果

```
SAC> fg seis
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> w seis
SAC> bp c 1 10 n 4 p 2 // 4阶2通道butterworth带通滤波
SAC> r seis
SAC> bp c 1 10 n 4 p 1 // 4阶1通道butterworth带通滤波
SAC> r seis
SAC> bp c 1 10 n 2 p 1 // 2阶1通道butterworth带通滤波
```

图 4.4 中分别给出了使用三种滤波器之后的波形与原波形的对比图。

4.13 波形排序

在画图时，波形数据在图像上的顺序与 SAC 数据读入内存时的顺序是一样的，有时候会需要对波形更加灵活的排序，比如在手动拾取震相的时候，会希望将所有波形数据按照震中距从小到大的顺序进行排列。SAC 提供了 `sort` 命令使得波形可以按照某个头段变量的值进行排序。

将波形数据按照方位角升序排列：

```
SAC> r *.SAC
SAC> sort az
SAC> ppk
```

将波形数据按照震中距降序排列：

```
SAC> r *.SAC
SAC> sort gcarc descend
SAC> ppk p 10
```

4.14 质量控制

质量控制就是标记/删除信噪比低或不合适的波形。

用户可以自己在程序中判断数据的好坏以进行质量控制，但这样做很困难，因为实际情况中，会遇到各种奇形怪状的“坏”波形，很难用统一的程序将这些“坏”波形挑选出来，所以更多时候需要人工的参与。

我个人的做法如下：

```
SAC> r *.SAC          // 读入全部的 SAC 数据
SAC> ppk p 5          // plotpk, 每次绘制 5 个波形
// 若波形质量很差，则用 t9 标记
SAC> wh
SAC> q
```

解释一下以上做法，首先读入所有的 SAC 数据，然后利用 plotpk，每次绘制 n (n 取 5-10 比较合适) 个波形。若波形质量很好，则不理睬；若波形质量很差，则在波形的任意时刻标记 t_9 的值（具体如何标记可以参考下一节的内容），然后使用 wh 将标记的 t_9 保存到头段中，再退出 SAC。

完成上面的步骤之后，所有“坏”波形的 t_9 都被标记，一般来说都是一个正值，而所有“好”波形的 t_9 则都处于未定义状态，其值为 $t_9=-12345.0$ 。

鉴于此，可以通过如下命令删除“坏”波形：

```
$ sac1st t9 f seis | awk '$2>0{print "rm",$1}' | sh
```

注意：一定要在理解该命令的含意的前提下才可使用！

4.15 震相拾取

相关命令：[plotpk](#)

震相拾取是 SAC 中最常用的一个功能。plotpk 的用法很简单，但却是教程中最难解释的一部分。当在 SAC 中键入 plotpk（简称为 ppk）后，即进入“ppk 模式”。

```

SAC> fg seis
SAC> ppk          // 进入 ppk 模式
// 将光标置于绘图窗口上，键入 "q" 以退出 ppk 模式
SAC> wh
SAC> q

```

此时会出现一个绘图窗口，且焦点位于绘图窗口上，SAC 程序进入了 ppk 模式。

表 4.1: ppk 模式命令一览表

命令	含义	说明
a	定义事件初至 a	1,7
b	如果有，则显示上一张绘图	
c	计算事件的初至和结束	1,4,7
d	设置震相方向为 DOWN	
e	设置震相起始为 EMERGENT(急始)	
f	定义事件结束 f	1,2,3,7
g	以 HYPO 格式将拾取显示到终端	4
h	将拾取写成 HYPO 格式	3,4
i	设置震相起始为 IMPULSIVE	
j	设置噪声水平	2,6,8
k	即 kill, 退出 ppk 模式	
l	显示光标当前位置	2,4
m	计算最大振幅波形	2,3,5
n	显示下一绘图	
o	显示前一个绘图窗，最多可以保存 5 个绘图窗	
p	定义 P 波到时	1,2,3,7
q	即 quit, 结束 ppk 模式	
s	定义 S 波到时	1,2,3,7
t	用户自定义到时 tn, 输入 t 之后需要输入 0 到 9 中的任一数	1,2,7
u	设置震相方向为 UP	
v	定义一个 Wood-Anderson 波形	2,5
w	定义一个通用波形	2,5
x	使用一个新的 x 轴时间窗，简单说就是放大。	
z	设置参考水平	2,6,8
\	删除当前全部拾取的定义。当一个文件中包含多个事件时有用。	
+	设置震相方向为 PLUS	
-	设置震相方向为 MINUS	
□	设置震相方向为 NEUTRAL	
n	设置震相质量为 n, n 取 0-4	

移动光标到绘图窗口内部，光标会以交叉瞄准线的形式出现。在“[安装 SAC](#)”一节中提到的 SAC 全局变量 SAC_PPK_USE_CROSSHAIRS 可以控制该光标的形态。当此全局变量为 0 时，光标形态为“+”；当此全局变量为 1 时，会在 0 的基础上再加上水平和垂直线。个人推荐设置其值为 1。

此时所有的键入都会解释成“ppk 模式”下的命令，表 4.1 列出了“ppk 模式”支持的所有命令。

不同的命令效果可能不同，有些会在绘图窗口显示信息，有些会将信息写入头段变量，下面对表 4.1 中的说明进行一个说明：

- 1 会将信息写入头段变量
- 2 写入字符型震相拾取文件（若已打开）
- 3 写入 HYPO 格式震相拾取文件（若已打开）
- 4 在绘图窗口中显示信息
- 5 窗口显示包含波形的矩形
- 6 在指定的水平处放置水平光标
- 7 绘图窗口显示含有到时标识的垂直线
- 8 绘图窗口显示含有标识的水平线

“ppk 模式”的命令几乎都是由单个字符组成的（唯一的例外是命令“t”，由字符“t”和 0-9 的整数构成），每个命令都有相应的功能，同时也会产生一定的效果。经常使用的包括“b”、“l”、“n”、“o”、“q”、“t”和“x”。

关于“x”，首先需要将光标移动到窗口中某位置，键入“x”，再向右移动至某位置，再次键入“x”，两次键入确定了一个时间窗，绘图窗口中将只显示该时间窗内的波形，即 X 轴的放大，常用于查看波形的细节。可以不断重复此步骤，进行多次放大。

对于 101.5 之后的版本，可以不使用“x”进行放大，直接在绘图窗口中某位置按下鼠标左键，并拖动至另一位置再松开鼠标左键，则该时间窗内的波形会被放大。这种方法相对于“x”来说更加高效。

放大之后的另一个问题就是缩小，这可以通过“o”来实现，“o”最多可以回退 5 次绘图历史。

当只有一个波形时：

```
SAC> fg seis
SAC> ppk
// 键入"t"和"0"标记到时
SAC> wh          // 保存头段
```

当有多个波形时，一般每次只显示若干个：

```
SAC> dg sub teleseis ntkl.z nykl.z onkl.z sdkl.z
SAC> ppk p 1      // 每次显示1个波形
// 键入"n"显示下一个波形，键入"b"显示上一个波形
// 键入"t"和"0"标记到时
SAC> wh
SAC> q
```

当有多个波形时，每次显示三分量，且希望一次性标记三个分量的到时：

```
SAC> dg sub teleseis ntkl.[nez] nykl.[nez] onkl.[nez] sdkl.[nez]
SAC> ppk p 3 r m
// 键入"t0"标记到时，此时键入一次"t0"可以标记当前显示的全部波形
SAC> wh
```

```
SAC> q
```

4.16 数据截窗

相关命令：[cut](#)、[cutim](#)

数据申请时一般会选择尽可能长的时间窗，而实际进行数据处理和分析时可能只需要其中的一小段时间窗，这就需要对数据时间窗进行截取。

SAC 中有两个命令可以用于数据截窗，分别是 `cut` 和 `cutim`，二者的语法基本是相同的，需要注意的是 `cut` 是“参数设定类”命令，`cutim` 是“操作执行类”命令。

除此之外，在进行数据测量时，也经常需要定义时间窗，如 `rms`、`mtw`、`xlim` 等。

4.16.1 PDW

SAC 中用 `pdw` 来定义要读取的时间窗。

`pdw` 即 `partial data window`，其包含了自变量的一个开始值和一个结束值，定义了要读取的数据窗。其一般格式为 `ref offset ref offset`。其中 `ref` 为参考时刻标识，可以取 `Z|B|E|O|A|F|N|Tn`，而 `offset` 为相对于参考时刻的时间偏移量。

若开始或结束 `offset` 省略则认为其值为 0。若开始 `ref` 省略则认为其为 `Z`；若结束 `ref` 省略则认为其值与开始 `ref` 相同。

参考时刻标识 `ref` 可以取如下值：

- B: 磁盘文件起始值
- E: 磁盘文件结束值
- O: 事件开始时间
- A: 初动到时
- F: 信号结束时间
- Tn: 用户自定义时间标记， $n = 0, 1 \dots 9$
- Z: 参考时刻
- N: 将 `offset` 解释为数据点数而非时间偏移量，其仅可以用于结束值

下面的例子中展示了一些常见的 `pdw`：

```
B E           // 文件开始到文件结束，即与 cut off 相同
B O 30        // 文件开始的 30 秒
A -10 30      // 初动前 10 秒到初动后 30 秒
B N 2048      // 文件最初的 2048 个点
30.2 48       // 相对磁盘文件 0 点的 30.2 到 48 秒
```

4.17 数据分析

数据分析是整个科学研究的核心。SAC 软件只是负责完成前期的预处理工作，真正核心的数据分析工作通常需要用户自己写程序完成。这就牵涉到如何在 C 程序中读写 SAC 格式的问题，这个问题放在“[使用 SAC 函数库](#)”和“[SAC I/O 自定义](#)”这两章中具体说明。

第5章 SAC 图像

5.1 图形设备

SAC 支持两种图形设备，分别是 `xwindows` 和 `sgf`，默认的图形设备是 `xwindows`。可以使用 `begindevices` 和 `enddevices` 命令开启/关闭指定的图形设备；同时也可以使用 `setdevice` 命令设定默认的图形设备。

5.1.1 xwindows

`xwindows` 即 X Window System，也称为 X11 或 X，是一种以位图方式显示的软件窗口系统。几乎所有的现代操作系统都能支持与使用 X，Linux 下知名的桌面环境 GNOME 和 KDE 也都是以 X 窗口系统为基础建构成的。

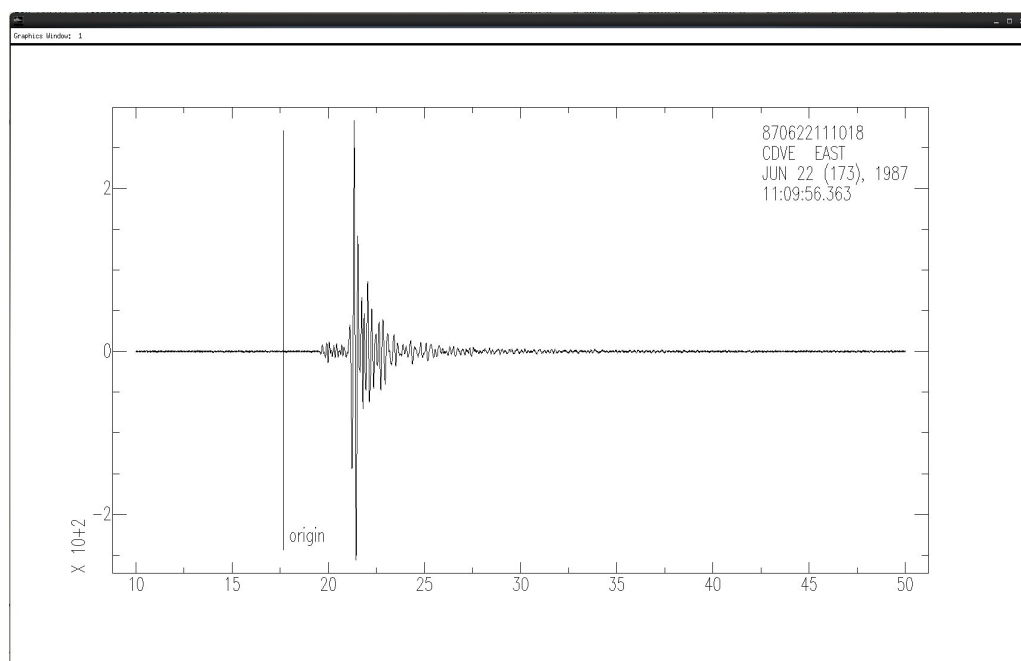


图 5.1: SAC 绘图窗口

图 5.1 展示了 SAC 中的 `xwindows` 图形设备的外观，它是 SAC 默认的图形设备。同很多其它软件界面类似，`xwindows` 窗口在左上角显示图标，右上角显示“最小化”、“最大化”、“还原”和“关闭”按钮。窗口的中间部分为真正的绘图区，本文档的其余插图将只给出绘图区的图像而不再包含窗口部分。

左上角的“Graphics Window: 1”指明了当前绘图窗口的编号为“1”，SAC 最多支持同

时打开 10 个 X 窗口, 编号为 1-10。默认情况下只启动并使用 1 号 X 窗口。`beginwindow` 命令用于启动指定编号的 X 窗口; `window` 命令还可以设置每个 X 窗口的长宽比以及 X 窗口相对于屏幕的位置。

5.1.2 sgf

SGF, 全称 SAC Graphic File, 即 SAC 图形文件, 是 SAC 自定义的一种文件格式, 其包含了绘制一个图件所需要的全部信息, 可以通过 `sgftops` 等工具转换到其它图形设备或图形文件格式。

若启用了 SGF 图形设备, 每次绘制的图件将分别保存到单独的 `sgf` 文件中。默认情况下, `sgf` 图形文件的文件名格式为 `fnnn.sgf`, 其中“nnn”为图件编号, 起始编号为 001, 每生成一个图件该编号递增。`sgf` 命令可以控制 SGF 图形设备的选项, 比如文件名前缀 (默认为 `f`)、起始编号 (默认从 001 开始)、保存目录、文件尺寸等。

5.2 SAC 绘图流程

严格地说, SAC 绘图的流程应该是: 启动图像设备 → 绘图 → 关闭图像设备。如下所示:

```
SAC> r cdv.[nez]
SAC> begindevices xwindows      // 启动图像设备 xwindows, 简写为 bd x
SAC> p                          // 绘图
Waiting
Waiting
SAC> enddevices xwindows       // 关闭图像设备 xwindows, 简写为 ed x
SAC> q
```

上面的步骤稍显繁琐, SAC 将这一流程进行了简化。在第一次执行绘图命令前, SAC 偷偷启动了默认的图像设备 `xwindows`, 接下来的绘图工作都在该窗口中完成。当用户退出 SAC 时, SAC 会自动关闭图像设备。

也许你已经发现, 即使 `plot` 结束或者中途退出 `plot`, 绘图窗口依然没有被关闭。即便点击窗口的“关闭”按钮, 窗口依然无法关闭。若想要关闭绘图窗口, 应如上例那样使用 `ed x` 命令。

5.3 绘图命令

SAC 提供了许多与绘图有关的命令, 包括控制图像外观的参数控制类命令以及执行绘图功能的操作执行类命令。这一节将介绍常用的几个操作执行类命令。

5.3.1 plot

`plot` 命令会绘制内存块中的所有波形数据, 但每次只显示一个波形, 然后等待用户输入再决定是否显示下一个波形。该命令的具体用法在第 2.9 节已经详细介绍。

5.3.2 plot1

plot1 命令会绘制内存块中的所有波形数据，在一个窗口中一次显示多个波形，这些波形共用一个 X 轴（时间轴），但拥有单独的 Y 轴。

```
SAC> dg sub local cdv.[enz]
cdv.e cdv.n cdv.z
SAC> p1
```

执行 plot1 命令后，焦点位于图形窗口，显示如图 5.2。

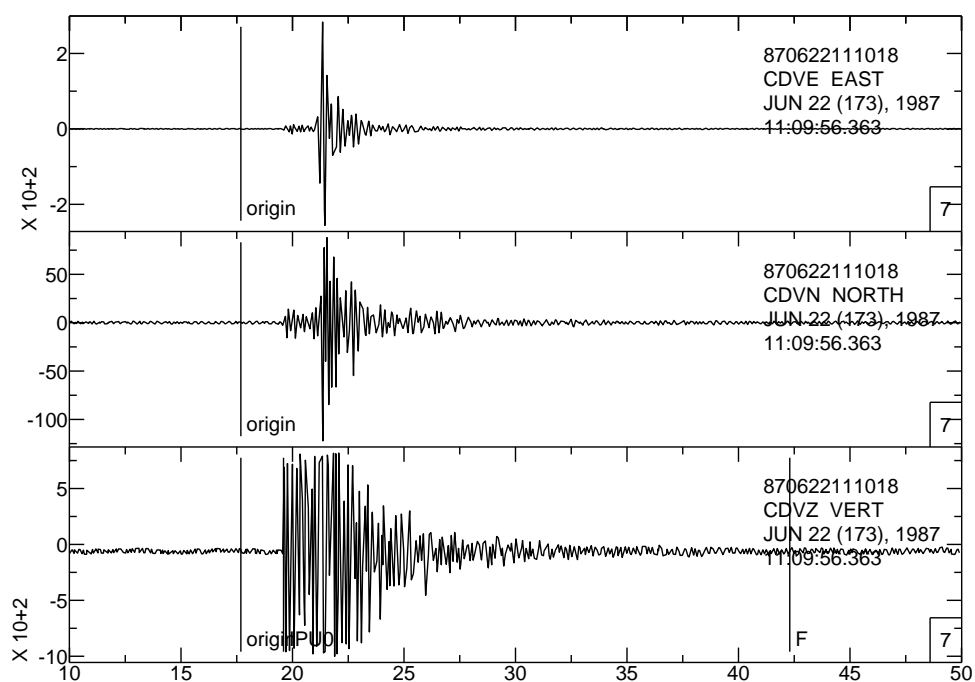


图 5.2: plot1 绘图效果

当一次性读入多个波形数据时，若直接使用 plot1 绘图，会一次性显示全部波形，导致窗口内波形太密，反而什么都看不清。plot1 提供了“perplot n”选项以指定窗口内一次最多显示多少个波形，余下的波形则处于等待状态。在查看波形的时候，经常需要将每个台站的三分量波形记录放在一起看，此时设置选项 perplot 的参数值为 3 即可。

```
SAC> dg sub local cdv.[enz] cvl.[enz] cvy.[enz] // 生成9个地震波形
cdv.e cdv.n cdv.z cvl.e cvl.n cvl.z cvy.e cvy.n cvy.z
SAC> p1 p 3 // p是选项perplot的简写，3代表每次显示3个波形
Waiting
Waiting
SAC>
```

默认情况下，所有的波形数据会按照绝对时间（absolute）对齐，若波形数据具有不同的开始时间，则波形数据之间会出现相对错动；也可以使所有的波形数据相对于（relative）各自的开始时间绘图，此时 X 轴的起始坐标为 0。

5.3.3 plot2

plot2 会一次性将内存块中的所有波形绘制在一个窗口内，所有的波形共用 X 轴，因而绘图时也可以使用绝对模式或相对模式。与 plot1 不同的是，所有的波形还同时共用 Y 轴，因而波形会相互覆盖。

plot2 适合绘制多个波形的对比图，常用于数据处理前后波形对比或真实波形与合成波形间的对比。

```
SAC> fg seis // 生成数据
SAC> rmean; rtrend; taper // 预处理
SAC> w seis.0 // 写入滤波前文件
SAC> bp c 0.05 10 n 4 p 2 // 滤波
SAC> w seis.1 // 写入滤波后文件
SAC> r ./seis.[01] // 读入两个文件
./seis.0 ...seis.1
SAC> color red inc list red blue // 对两个数据分别设置红色和蓝色
SAC> p2 // 绘图
```

图 5.3 中红线为滤波前波形，蓝线为滤波后波形，二者共用 X 轴和 Y 轴，从这样的波形对比图中，可以很明显的看到滤波对于波形的影响。

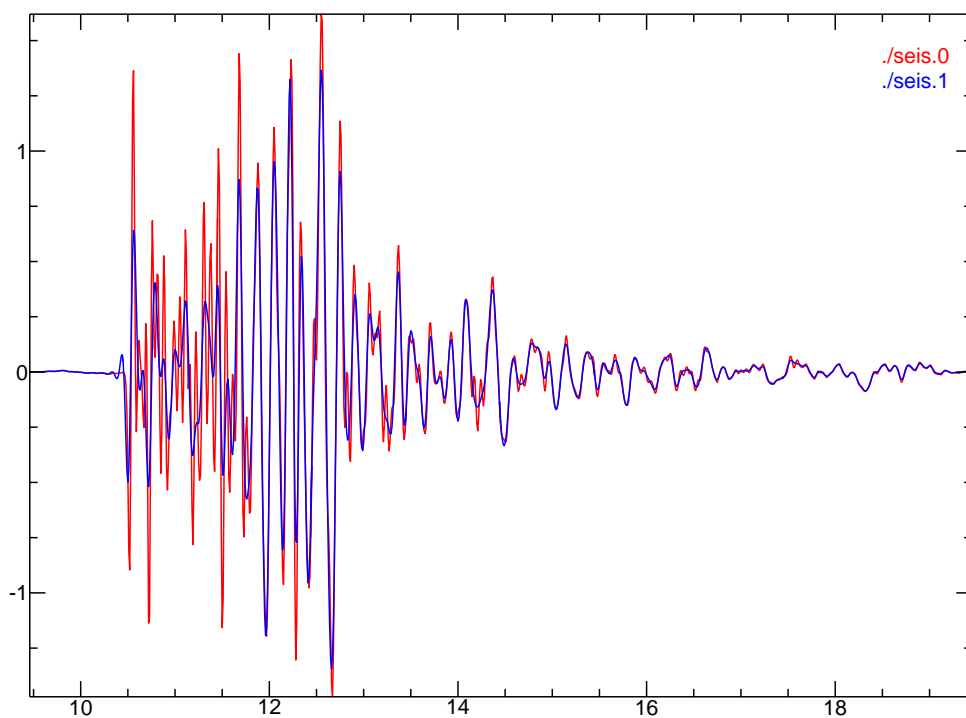


图 5.3: plot2 绘图效果。红色为滤波前波形，蓝色为滤波后波形。

5.3.4 plotpk

plotpk 是 SAC 中最常用的命令之一。其可以在窗口中显示指定个数的波形，所有波形共用 X 轴，但拥有单独的 Y 轴。该命令主要用于震相拾取，在“[震相拾取](#)”一节有详细介绍。

5.3.5 plotpm

plotpm 可以利用成对的波形数据，提取出任一时间段内两个波形数据的振幅信息，绘制在“振幅-振幅”图中。若一对波形数据恰好是同一台站两个互相垂直的分量，则“振幅-振幅”图即为“质点运动图”。从“质点运动图”中，可以提取出震相的一些重要信息。

下面的例子利用垂直和径向分量的波形数据绘制 Rayleigh 面波的质点运动轨迹：

```
SAC> dg sub tele nykl.z           // Z分量
SAC> w nykl.z
SAC> dg sub tele nykl.e nykl.n    // E、N分量
SAC> rotate to gcp                // 旋转至大圆路径
SAC> w nykl.r nykl.t              // R、T分量
SAC> r nykl.z nykl.r              // 读入Z和R分量
SAC> xlabel 'Radial component'
SAC> ylabel 'Vertical component'
SAC> title 'Particle-motion plot for partial Rayleigh wave'
SAC> xlim 1300 1340               // 仅绘制 Rayleigh 面波的部分时间窗
SAC> ppm                           // 绘制质点运动图
```

可以看到，Rayleigh 面波运动轨迹呈标准的逆进椭圆：

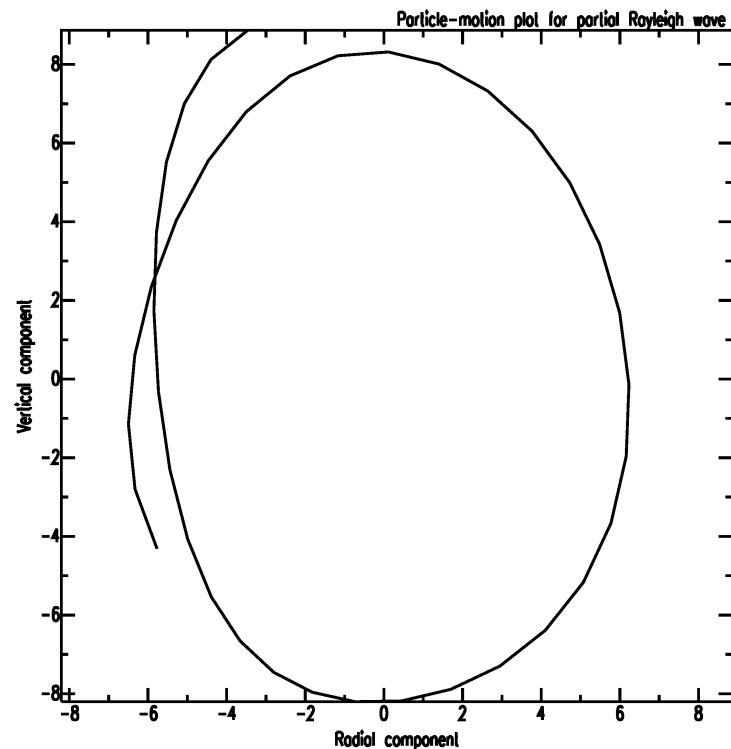


图 5.4: Rayleigh 面波的部分时间窗内的质点运动轨迹，为标准的逆进椭圆。

5.3.6 plotsp

plotsp 命令用于绘制不同格式的谱文件，可以绘制“振幅 + 相位”或者“实部 + 虚部”，同时可以任意指定 X、Y 轴为线性轴或对数轴。

下面的命令对波形数据进行 FFT 得到谱文件，并使用 plotsp 命令绘制其振幅谱：

```
SAC> fg seis
SAC> fft
SAC> psp am loglog
```

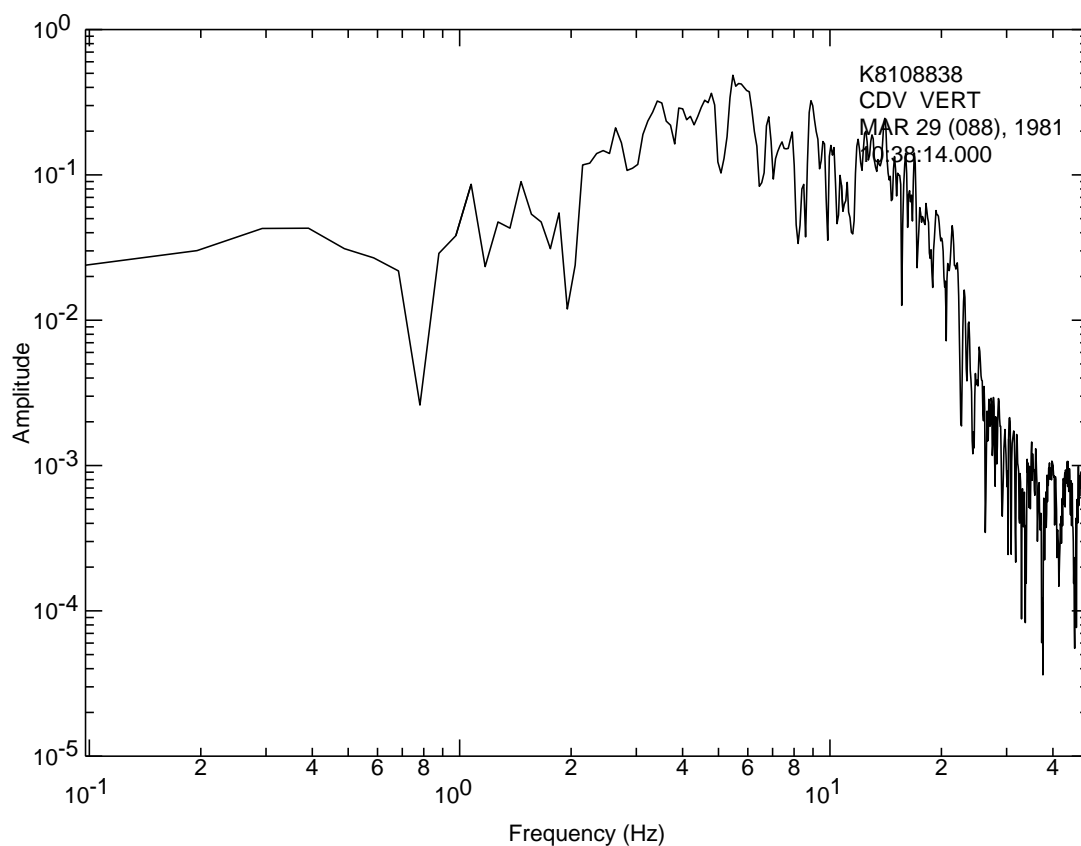


图 5.5: plotsp 绘制振幅谱

5.4 图像外观

5.4.1 图像元素

对于 SAC 而言，最基本的显示元素是将所有数据点用线连起来所构成的地震图。除此之外，SAC 的绘图命令还会在图像的四个边绘制坐标轴以及刻度，为图像添加标题、轴标签等。

图 5.6 展示了一个完整的 SAC 图像所包含的所有元素。

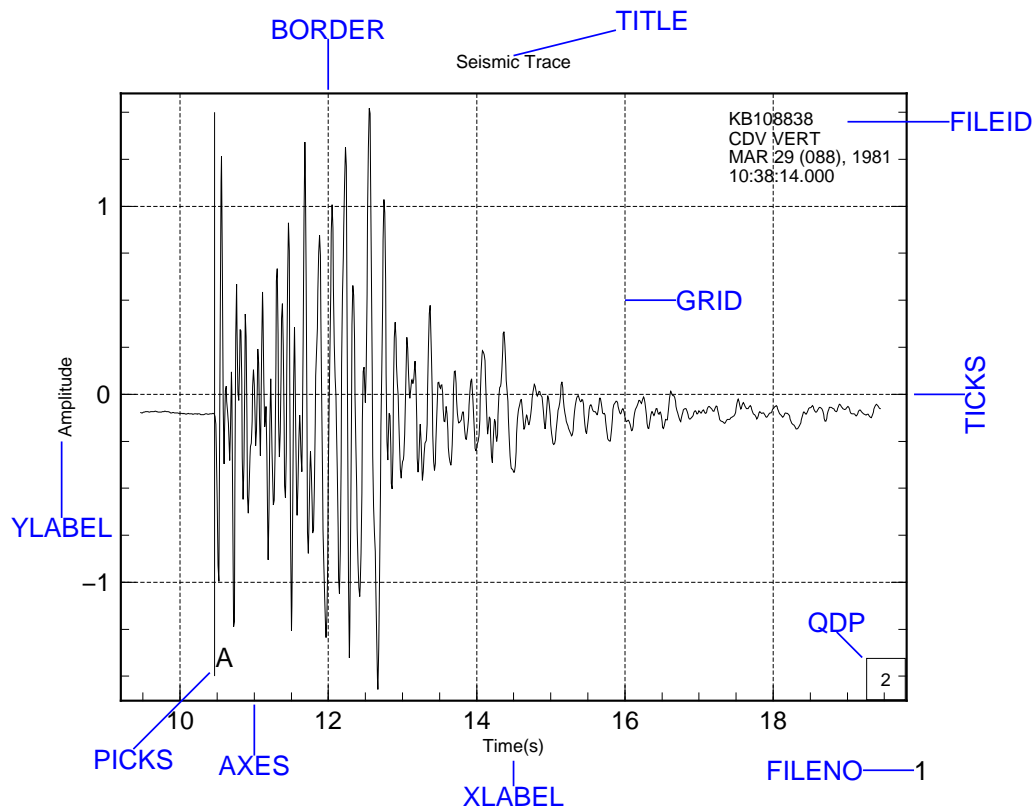


图 5.6: 绘图外观及其相关命令。图中蓝色部分为对绘图外观的说明。

图 5.6 可以用如下命令绘制得到：

```
SAC> fg seis           // 生成数据
SAC> qdp on            // 打开 QDP 选项 (默认值即为开)
SAC> grid on           // 显示网格
SAC> title 'Seismic Trace' // 设置标题
SAC> xlabel "Time(s)"   // 设置 x 轴标签
SAC> ylabel "Amplitude" // 设置 y 轴标签
SAC> filenumber on      // 显示文件号
SAC> axes only left bottom // left 和 bottom 显示 axes
SAC> ticks only right   // right 显示 ticks
SAC> border on          // top 显示 border
SAC> p                  // 绘图
```

图像中显示的元素包括：

标签

标签大致可以分为三种：标题、轴标签和通用标签。

TITLE 图像的标题。`title`命令可控制标题文本、位置和尺寸

XLABEL、**YLABEL** 轴标签。`xlabel`和`ylabel`命令可指定 X 和 Y 轴标签文本、位置和尺寸。

PLABEL 通用标签。`plabel`可指定通用标签的文本、位置和尺寸。

标签文本需要用单引号或双引号包围，文本尺寸 `SIZE` 可以选择 TINY、SMALL、MEDIUM 或 LARGE，文本位置 `LOCATION` 则可以取 TOP、BOTTOM、LEFT 或 RIGHT。

可以通过 `plabel` 命令定义最多三个通用标签。通用标签与轴标签类似，其更通用之处在于可以任意指定其位置。每个标签可以用 `POSITION x y a` 来指定其位置，其中 `x`、`y` 为标签位置相对于窗口尺寸的比例，`a` 表示标签相对于水平方向顺时针旋转的角度；也可以用 `BELOW` 设置新标签位于上一标签的下方。

标记

图像中包含了如下标记：

FILEID 文件 ID。`fileid` 用于控制文件 ID 的内容、位置及其格式。

FILENO 文件号。`filenumber` 控制文件号显示与否。

PICKS 到时标记。`picks` 用于控制是否显示到时标记以及显示效果。

QDP QDP 因子。`qdp` 用于控制 qdp 因子的大小。

QDP，全称为“quick and dirty plot”。在开发 SAC 的那个年代，计算机的性能一般，若在绘图时绘制全部数据点，则绘图过程会耗费大量时间。因而 SAC 采用了“qdp”的方式：每隔若干个数据点绘制一个数据点¹。图中右下角的“2”即表示每两个点中绘制一个点。目前计算机的性能已经足够强大，因而一般使用 `qdp off` 命令关于该选项。

框架

每张图都有一个框架，每个框架有 TOP、BOTTOM、LEFT 和 RIGHT 四条边。

SAC 中，每条边都可以用四种不同的形式表示：

- 不绘制；
- `border`：仅一条直线，即图 5.6 中 TOP 边；
- `ticks`：直线 + 刻度²，即图中 RIGHT 边；
- `axes`：直线 + 刻度 + 标注³，即图中 LEFT 边和 BOTTOM 边；

从上面的定义可以看到，四种形式的边存在包含与被包含的关系，因而在设定边时，有如下规则：

1. 用 `axes` 控制在哪些边使用“axes”；
2. 只有不使用“axes”的边才可以用 `ticks` 命令控制是否使用“ticks”；
3. 只有不使用“axes”和“ticks”的边才可以使用 `border` 命令控制是否使用“border”；
4. 不使用“axes”、“ticks”和“borders”的边则不绘制。

除了边之外，还可以使用 `grid` 命令控制网格的显示以及网格的线型，或使用 `xgrid`、`ygrid` 分别控制横、纵方向网格的显示和属性。

5.4.2 图像控制

坐标轴

SAC 使用了优秀的默认算法，根据要绘制的数据范围选择合适的刻度间隔和标注。若对于默认的结果不满意，可以使用 SAC 提供的命令分别对 X、Y 坐标轴进行调整，下面仅列出与 X 轴相关的命令。

xlim 控制绘图的 X 轴范围

xdiv 控制 X 轴刻度间隔

¹本质上就是绘图时的一次“减采样”，但是没有做抗混淆处理。

²刻度专指每条边上的短线。

³标注专指每条边上的数字。

xfudge 设定 fudge 因子，根据数据极值扩展 X 轴范围

坐标系

绘制时间序列一般使用线性坐标系，SAC 也提供了一系列命令以指定 X、Y 轴为线性坐标轴或对数坐标轴。这些命令包括：`linlin`、`linlog`、`loglin`、`loglog`、`xlin`、`xlog`、`ylin`、`ylog`。

对于对数坐标轴，还有一些命令可以控制其外观，比如`xfull`、`loglab`、`floor`。

5.4.3 线条属性

线条的属性包括线型 (`line`)、线宽 (`width`)、颜色 (`color`) 和符号 (`symbol`)。

下面的命令展示了如何修改线条的属性。

```
SAC> fg seis
SAC> line 3          // 线型为3
SAC> width 2         // 线宽为2
SAC> color red       // 红色
SAC> p
```

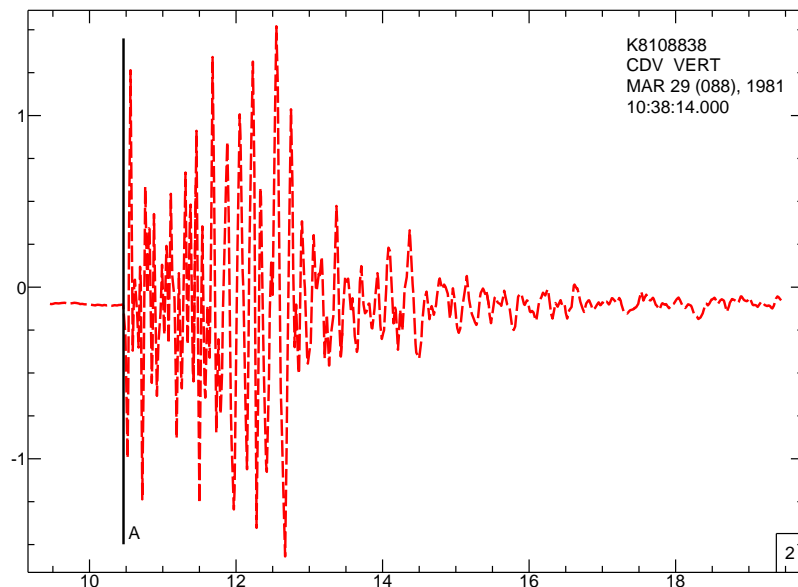


图 5.7: 线条属性

在绘制多个波形数据时，可以设置线条的属性按照某个列表递增。下面的命令一次绘制四个波形文件，使每个数据的线型和颜色都按照默认列表递增。

```
SAC> dg sub teleseis ntkl.z nykl.z onkl.z sdkl.z
SAC> line incre
SAC> color black incre
SAC> p
```

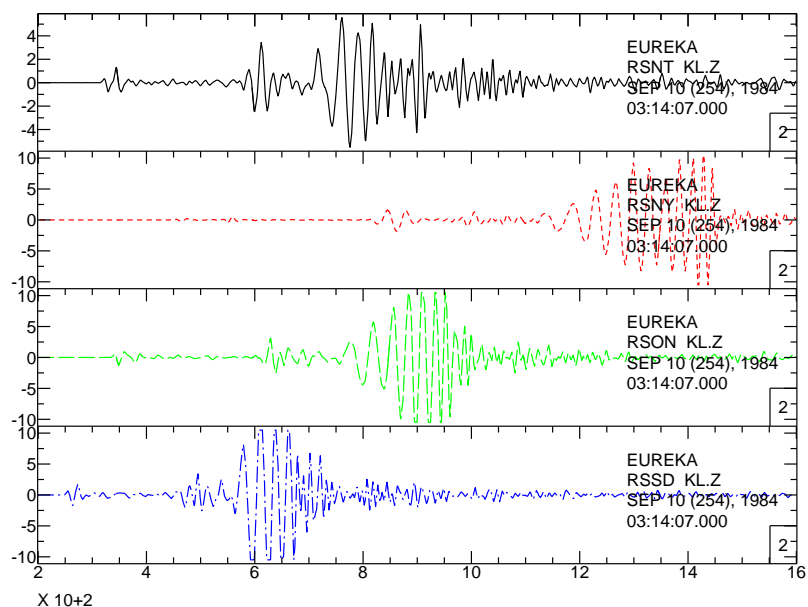


图 5.8: 线条属性递增

`line`命令不仅可以设置线条的线型，同时可以对波形数据进行颜色填充：

```
SAC> fg seis
SAC> qdp off
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> line 0 fill red/blue
SAC> p
```

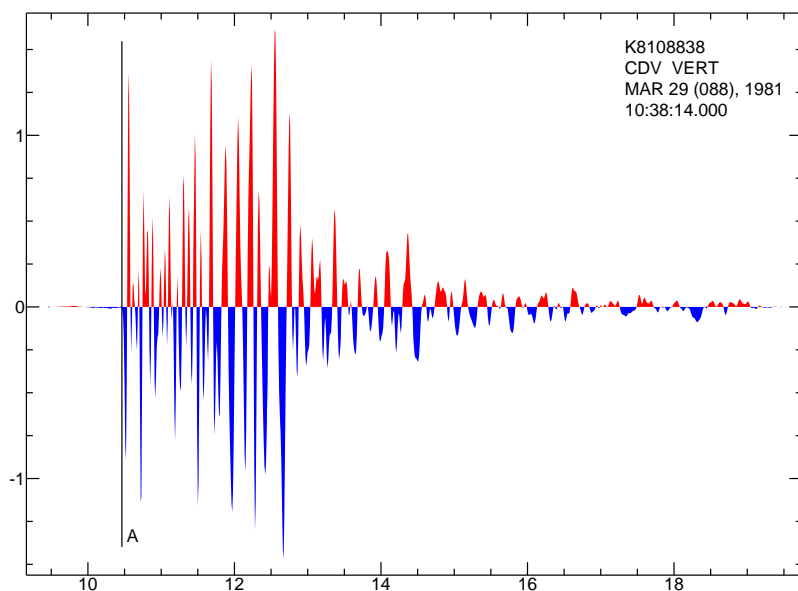


图 5.9: 颜色填充图

5.5 等值线图

SAC 中 `spectrogram` 等命令可以生成 IXYZ 数据（即 3D 数据），这种数据需要用等值线图来展示。`contour` 命令用于等值线，`zcolors`、`zlabels`、`zlevels`、`zlines`、`zticks`

分别用于控制等值线的颜色、标签、间距、线型以及刻度。

下面的例子中，读入了 XYZ 文件 `contourdata`，从头段中找出 Z 数据的范围。选择等值线范围为 700km 到 1150km，增量为 25km。选择包括四种线型的线型表，其中第一个为实线。这个列表将每四条等值线重复一次。然后给等值线图起了个名字，最后绘制出来：

```
SAC> r ./contourdata
SAC> lh iftype depmin depmax

FILE: ./contourdata - 1
-----

      IFTYPE = GENERAL XYZ (3-D) FILE
      DEPMIN = 6.977119e+02
      DEPMAX = 1.154419e+03
SAC> zlevels range 700 1150 increment 25
SAC> zlines list 1 2 3 4
SAC> title 'Katmai topography from survey data [inc = 25 km]'
SAC> contour
```

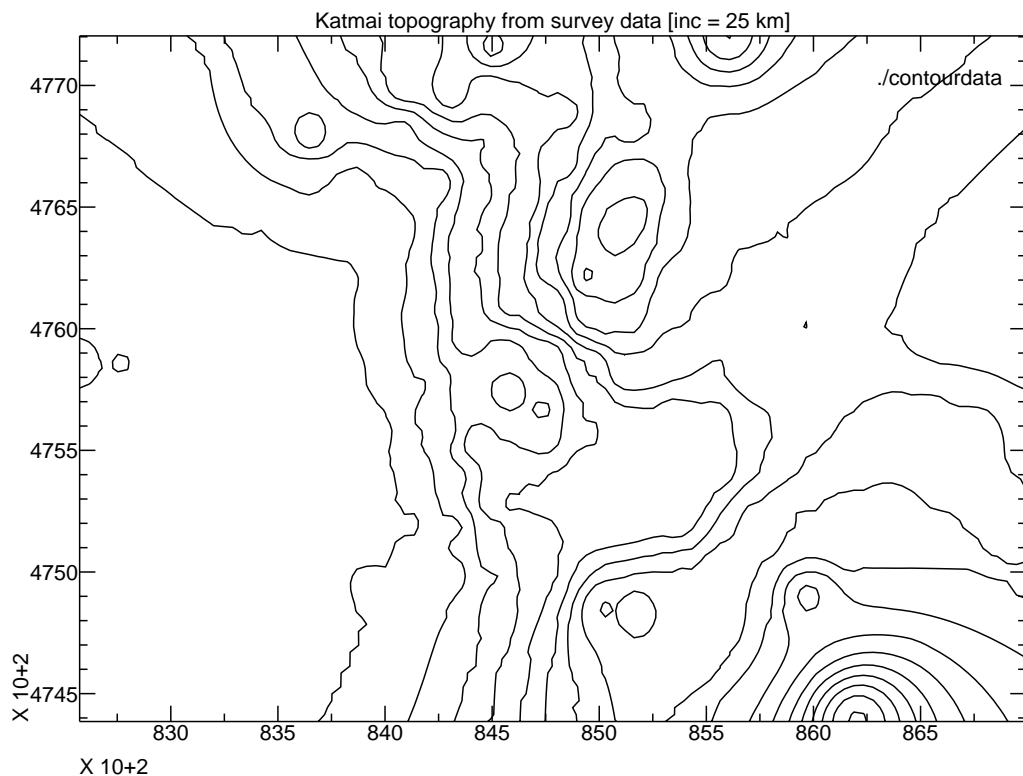


图 5.10: contour 绘制等值线 I

下面的例子中，使用同样的文件，但是显示选项不同。每四条等值线有一个整数标签。每条等值线之间都有一个指向向下的箭头。所有等值线为实线型：

```
SAC> r ./contourdata
SAC> zlevels range 700 1150 increment 25
SAC> zlabels on list int off off off
SAC> zticks on direction down
```

```
SAC> zlines list 1
SAC> title 'Katmai topography from survey data [labels and ticks]'
```

```
SAC> contour
```

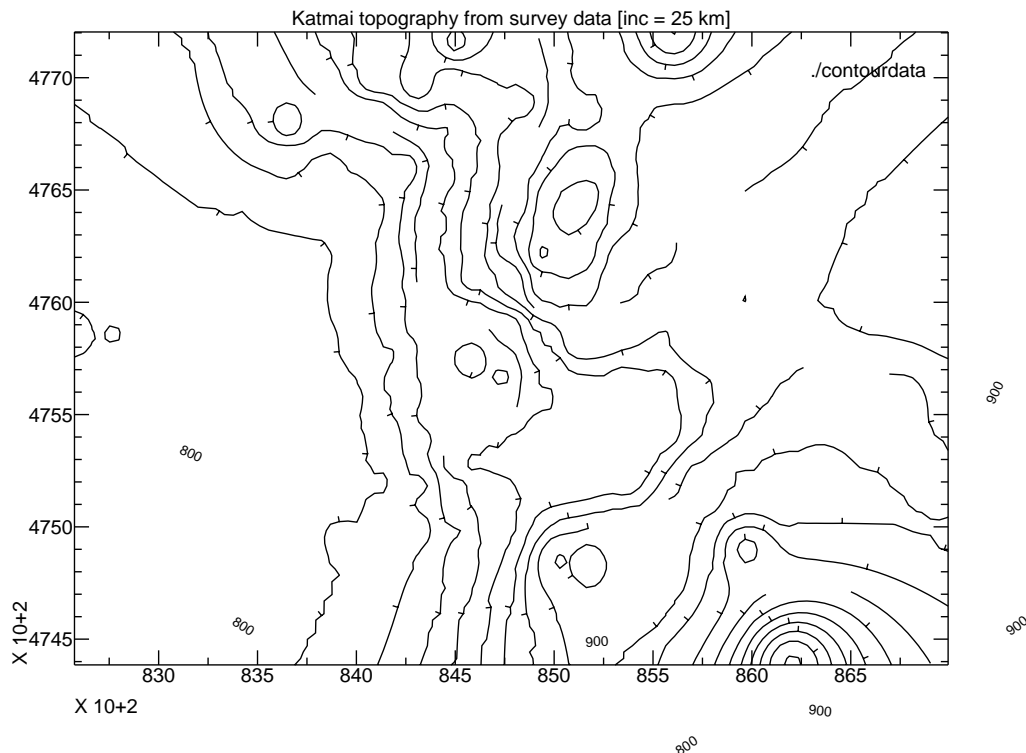


图 5.11: contour 绘制等值线图 II

5.6 组合图

前面介绍的绘图命令五花八门，但无论是 plot、plot1 或是 plot2，同一个窗口内绘制的所有波形总是共用同一个 X 轴。实际绘图时，经常需要在一张图中绘制多个不同 X 轴的图，即组合图。

SAC 提供了绘制组合图的功能，这其中牵涉到一些新的概念，其中之一是 **frame**。一般而言，在执行绘图命令时会首先对整个窗口进行擦除。比如，先执行 plot 命令，窗口中会显示出相应的波形，然后执行 plot1 命令，首先会将窗口中的已有图像全部擦除，再绘制相应波形。

在 frame 中，每次执行绘图命令时，不会擦除窗口中的已有图像，从而实现了将多个命令的绘图效果同时显示在一个窗口中。使用 **beginframe** 打开 frame 时，首先会擦除整个窗口，进入“组合图模式”；当组合图绘制完成时，需要使用 **endframe** 命令关闭 frame。

除了 frame 之外，在绘制组合图时还需要了解与窗口有关的几个概念，如图 5.12：

- window：图形窗口。对于 xwindows 图形设备，window 如图 5.1 所示，其默认长宽比为 $11.0/8.5=1.294$ ；对于 sgf 图形设备，可以认为 window 的大小即为 A4 纸张的大小。
- viewport：window 内可以用于绘图的部分；

- viewport : 执行单个绘图命令时, 图像的显示区域 ;

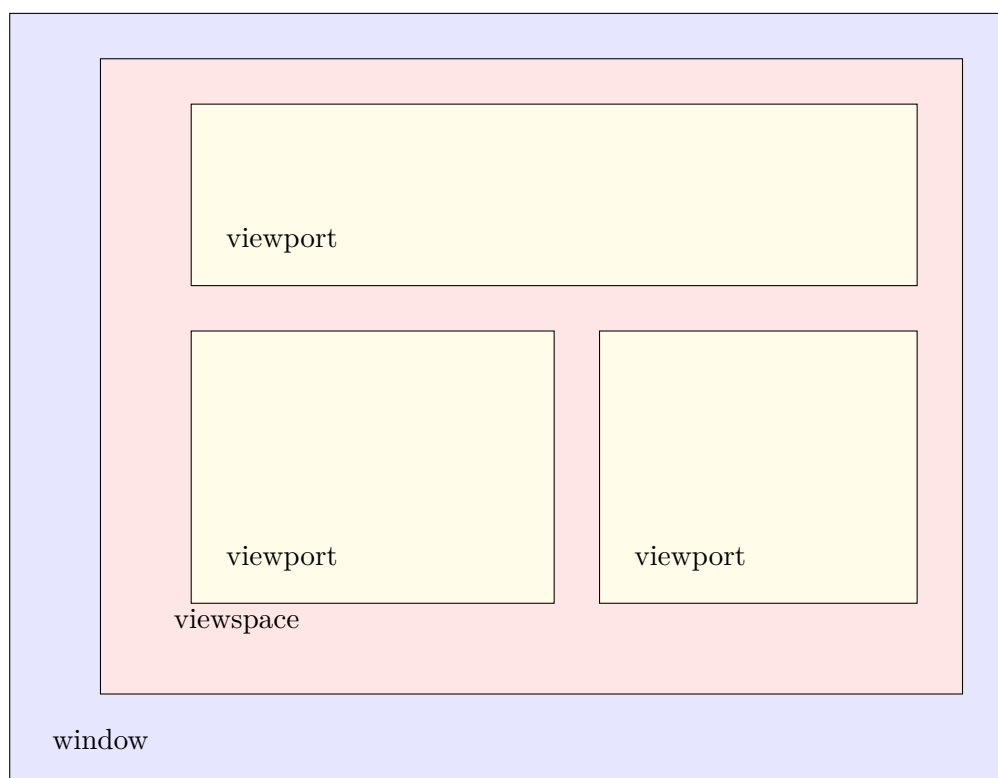


图 5.12: window、viewspace 和 viewport

图 5.12 中给出了 window、viewspace、viewport 的相关关系。可以使用 `window` 命令设定窗口相对于整个屏幕的位置以及 X、Y 方向的范围；`vspace` 用于设定整个绘图区的比例；`xvport` 和 `yvport` 则分别定义了单个绘图命令所能使用的 X、Y 方向的范围。

一个典型的组合图的绘制如下所示：

```
SAC> fg seis // 生成数据
SAC> beginframe // 打开frame, 开始绘制组合图
SAC> xvport 0.1 0.9 // 设定第一个绘图命令的viewport
SAC> yvport 0.7 0.9
SAC> title 'Seismic Trace' // 设定标题
SAC> fileid off // 不显示文件id
SAC> qdp off
SAC> p
SAC> fft wmean // FFT
SAC> xvport .1 .45 // 设定第二个绘图命令的viewport
SAC> yvport .15 .55
SAC> title 'Amplitude Response (linlog)'
SAC> ylim 1e-5 1 // Y轴范围
SAC> psp am linlog // 绘制振幅谱 (linlog)
SAC> xvport .55 .9 // 设定第三个绘图命令的viewport
SAC> title 'Amplitude Response (loglog)'
SAC> xlim 1 60
SAC> psp am loglog // 绘制振幅谱 (loglog)
SAC> endframe // 关闭frame
```

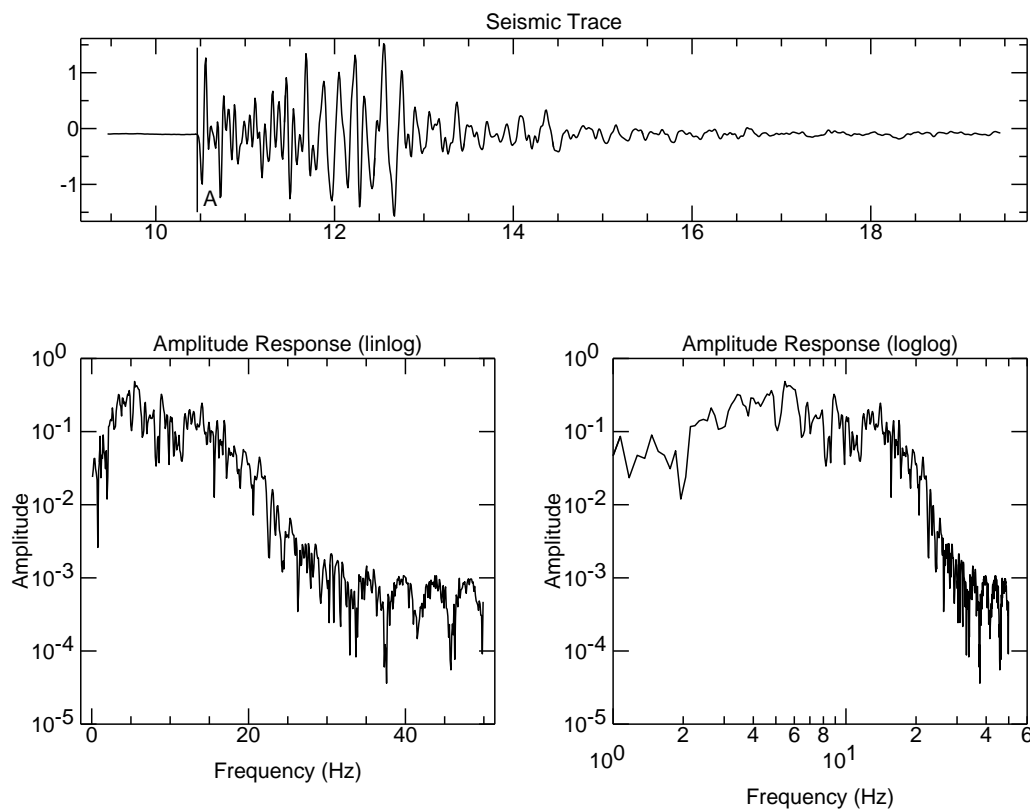


图 5.13: 绘制组合图

5.7 图像保存

5.7.1 xwindows

xwindows 是 SAC 中最常用绘图设备，对于震相拾取等交互式操作更是必不可少。

```
SAC> fg seis
SAC> bd x          // begindevice xwindows, 可省略
SAC> p            // 绘图
SAC> ed x          // enddevice xwindows, 可省略
SAC> q
```

对于 xwindows，最简单的保存图像的方式是截图，常用的工具包括 gnome 下的 screenshot 或者 ImageMagick 的 import 命令。

5.7.2 sgf

SGF 图形设备会将图像信息保存到 SGF 文件中。其使用方式为：“启用 sgf 图形设备”→“绘图到 sgf”→“关闭 sgf 设备，退出 SAC”→“将 sgf 文件转换为其它格式”。

```
SAC> fg seis
SAC> bd sgf        // 启动 sgf 设备，不可省略
SAC> p
SAC> ed sgf        // 关闭 sgf 设备，可省略
SAC> q
$ ls
```

```
f001.sgf // 生成sgf文件
```

生成的 sgf 文件可以通过 sgftops 等命令转换为其它图像格式，在“[sgftops](#)”中会介绍，也可以使用 sgftox 直接将 sgf 文件显示在绘图窗口中。

5.7.3 PS 和 PDF

自 101.5 之后，SAC 加入了 saveimg 命令，可以将当前 xwindow 或 sgf 图形设备中的图像保存到其它 ps 或 pdf 格式的图像文件中，以获得更高质量的绘图效果。¹

```
SAC> fg seis
SAC> p // 首先在xwindows上绘图
SAC> saveimg foo.ps // 将xwindows上的图像保存到foo.ps中
save file foo.ps [PS]
SAC> q
```

5.7.4 pssac

pssac 是 Prof. Lupei Zhu 写的用于绘制 SAC 文件的 C 程序。该程序利用了 GMT 的 PS 绘图库，直接读取 SAC 文件并绘制到 PS 文件中。得益于 GMT 的 PS 库的灵活性，利用 pssac 可以绘制出超高质量的复杂图像。具体参见“[pssac](#)”一节。

5.7.5 几种图像保存方法的比较

- 在 xwindows 上绘图简单省事，直接截图的效果较差，仅可用于非正式的演示；
- sgf 转换为其它图像格式稍显麻烦，但适合在脚本中批量做图；
- saveimg 生成图像文件质量相对较高，可以满足大多数需求；
- pssac 功能强大，在一般绘图以及复杂图像时非常有用，适合在发表文章时使用；

5.8 图像格式转换

SAC 中的图像可以保存为 SGF、PS 和 PDF 格式，有些时候会需要将其转换为其他图像格式，比如 JPG 或 PNG。

convert 是 Linux 下的一个功能强大的图像格式转换工具。如果你的系统里没有这个命令，你可以通过安装 ImageMagick 来获取该命令。

convert 命令的选项众多，这里只说其中几个常用的选项：

- -trim：切边，即将图像周围多余的白边切除；
- -density *widthxheight*：设置图像精度，一般情况下，设置 width 为 300 即可，height 可以不指定。
- -rotate *degree*：图像旋转的角度；

下面给出一个简单的例子：

```
convert -trim -density 300x300 -rotate 90 image.ps image.png
```

¹该命令也支持输出为 png 和 xpm 格式，但 png 和 xpm 为位图图像格式，精度不够，且依赖于其它函数库，因而不推荐使用。

保护环境，从阅读电子文档开始！

第6章 SAC 编程

一个基本的编程语言需要包含哪些特性呢？变量、参数、函数、条件判断、循环控制等等。

这一章介绍 SAC 所设计的一个基本的编程语言，在官方文档中直接称其为 SAC 宏。SAC 与 SAC 宏的关系在某种程度上更像是 matlab 与 matlab 脚本之间的关系。最简单的，将一系列要一起执行的 SAC 命令放在一个文件中即构成了 SAC 宏文件。

本文档中使用了稍有不同的说法，并将这一章命令为“SAC 编程”。其包含了三个主要的部分：

- 变量：由于 SAC 的特殊性，又分为头段变量和一般变量；
- 内置函数：基本的数学和字符串函数；
- SAC 宏：参数、条件判断、循环控制等；

在官方文档中，变量和内置函数都是 SAC 宏的一部分，本文档将其从 SAC 宏中提取出来是出于如下几个方面的考虑：

1. 变量和内置函数既可以在 SAC 命令中使用，也可以在 SAC 宏中使用；而其它特性如参数、条件判断、循环控制等几乎只能在 SAC 宏中使用；
2. SAC 设计的编程语言功能简单，不够友好；非常建议使用 Bash、Perl 或 Python 这些更成熟的脚本语言来替代 SAC 的编程功能。宏参数、条件判断、循环控制等特性都可以被脚本的相应功能完全取代，而由于 SAC 设计的特殊性，诸如变量和内置函数等特性在某些情况下不能完全取代。

所以，建议的做法是读完本章的内容，掌握如何引用头段变量、如何使用黑板变量以及内联函数，简单了解 SAC 宏的特性，选择 Perl 或者 Python 脚本语言¹进行数据批量处理，尽量避免使用黑板变量和内联函数。就目前的个人经验而言，在脚本语言中，SAC 的引用头段变量功能必不可少，黑板变量和内联函数这两个功能或多或少都可以被取代。

另外，尤其需要注意的是，SAC 自 101.6 起彻底重写了 SAC 宏的语法分析器，因而导致 101.6 以后的 SAC 宏与之前的 SAC 宏有很大不同，本文档只讨论 101.6 重写的 SAC 宏语法。

¹Bash 在很多地方还是不如 Perl 或 Python 方便，不推荐。

6.1 引用头段变量值

前面已经介绍了 SAC 中的很多头段变量，也知道如何使用 `listhdr` 查看头段变量的值，`lh` 命令的输出对于人来说很直观，但是对于机器来说却很不友好。有些时候需要直接使用头段变量的值，这就需要一些特殊的技巧。

最常见的情况是第 37 页给出的例子。在使用 “`ch o gmt`” 指定发震时刻后，需要获取头段变量 `o` 的值，对该值取负值，并用于 “`ch allt`” 中。

在这个例子中，我们需要知道头段变量 `o` 的值，并将其值用于其它命令中，准确的说这叫变量值的引用。在 SAC 命令中引用 SAC 头段变量的值有两种方式，分别是 “`&fname,header&`” 和 “`&fno,header&`”¹。

`fname` 和 `fno` 都唯一指向了内存中的某个波形数据，其中 `fname` 表示文件名，`fno` 表示文件号（即内存中的第几个文件，索引值从 1 开始），`header` 则为头段变量名。

下例展示了如何通过两种方式引用头段变量的值：

```
SAC> fg seis
SAC> w seis.SAC
SAC> r ./seis.SAC           // 注意"./"
SAC> lh kevn o stla         // 查看三个头段变量的值

FILE: ./seis.SAC - 1       // 这里给出了文件名和文件号
-----

      kevn = K8108838
         o = -4.143000e+01
      stla = 4.800000e+01
SAC> echo on processed      // 打开回显，显示处理信息
SAC> ch kuser0 &1,kevn&      // 通过文件号引用头段变量 kevn
==> ch kuser0 K8108838      // 实际执行的效果
SAC> ch user0 &./seis.SAC,o& // 利用文件名，引用头段变量 o
==> ch user0 -41.43
SAC> ch user1 &seis.SAC,stla& // 文件名少了"./"
ERROR 1363: Illegal data file list name: seis.SAC
SAC> lh kuser0 user0 user1

FILE: ./seis.SAC - 1
-----

      kuser0 = K8108838
      user0 = -4.143000e+01
```

在通过文件名指定波形数据时要注意：SAC 记录的是文件的全路径。一般情况下，使用文件号会更方便些。

¹实际上，SAC 官方文档给出的引用方式中没有末尾的 `&` 符号，仅当一些特殊的情况下才使用，这样容易使得整个语法混乱不堪，所以这里采用了另外一种引用方式。所有示例均已通过测试。

6.2 黑板变量

既然是 SAC 编程，就必然少不了变量，SAC 中的变量称之为黑板变量。

黑板变量是 SAC 中用于临时储存和取回信息而设计的。黑板变量不需要声明即可直接使用，可以用 `setbb` 和 `evaluate` 命令给黑板变量赋值，用 `getbb` 获取黑板变量的值。也可以用 `writebbf` 将黑板变量保存在磁盘文件中，然后使用 `readbbf` 命令重新将这些变量读入 SAC 中。

引用黑板变量的值的方式为：“%bbvname%”，其中 bbvname 为黑板变量的变量名。

```
SAC> echo on processed
SAC> fg seis
SAC> p
SAC> setbb low 2.45           // 黑板变量low=2.45
SAC> setbb high 4.94         // 黑板变量high=4.94
SAC> bp c %low% %high%       // 引用黑板变量low和high的值作为滤波的频带
==> bp c 2.45 4.94          // echo on processed 显示代入值后的命令
SAC> p
SAC> getbb low high          // 查看黑板变量的值
low = 2.45
high = 4.94
```

下例展示了如何将黑板变量写入磁盘文件，等需要时再从磁盘文件中获取：

```
$ sac
SAC> setbb var1 10           // 整型
SAC> setbb var2 "text"       // 字符串
SAC> setbb var3 0.2          // 浮点型
SAC> wbbf bbf.file           // 写入到文件
SAC> q
$ ls
bbf.file
$ sac
SAC> readbbf ./bbf.file
SAC> getbb
NUMERROR = 0
SACERROR = 'FALSE'
SACNFILES = 0
VAR1 = 10
VAR2 = 'text'
VAR3 = 0.2
SAC> getbb var2 var3
var2 = 'text'
var3 = 0.2
SAC> q
```

6.3 内联函数

内联函数是 SAC 实现的一些函数，其可以在 SAC 命令中使用。在执行命令时，内联函数会首先被调用，内联函数的结果将替代命令中的内联函数的位置。

SAC 提供了如下几类内联函数：

- 算术运算符；
- 常规算术运算函数；
- 字符串操作函数；
- 其他函数；

所有的内联函数的共同形式是：“(func)”，其中 func 为内联函数名。某种程度上，内联函数与前面说到头段变量 (“& &”) 和黑板变量 (“% %”) 类似，可以认为是通过“()”引用了内联函数的结果或值。

内联函数支持嵌套，目前最多可以嵌套 10 层。

6.3.1 算术运算符

算术运算符即常规的加减乘除运算符，但又有不同，其一般形式如下：

```
( number operator number )
```

所有的操作数都被认为是实型的，所有的算术运算都按照双精度浮点型进行运算；

SAC 支持的操作符是包括：“+ - * / **”。

看几个简单的例子：

```
SAC> echo on
SAC> setbb var1 4+7           // 忘记加括号了！"4+7"被当成了字符串
setbb var1 4+7
SAC> setbb var2 (4+7)
setbb var2 (4+7)
==> setbb var2 11           // 4+7=11
SAC> setbb var3 (4+7/3)      // 优先级正确
setbb var3 (4+7/3)
==> setbb var3 6.33333
SAC> setbb var4 ((4+7)/3)    // 括号改变优先级
setbb var4 ((4+7)/3)        // 可以看作是内联函数的嵌套
==> setbb var4 3.66667
SAC> setbb var1 ( ( 4 + 7 ) / 3 ) // 支持空格
setbb var1 ( ( 4 + 7 ) / 3 )
==> setbb var1 3.66667
```

6.3.2 常规算术运算函数

SAC 提供了 20 个常规算术运算函数，其基本形式为“(func arg1 arg2 ...)”。具体函数如表 6.1 所示。

演示如下：

```
SAC> echo on processed
```

表 6.1: 常规算数运算函数

命令	语法	功能
add	(add v1 v2 ... vn)	$v1+v2+\dots+vn$
subtract	(subtract v1 v2 ... vn)	$v1-v2-\dots-vn$
multiply	(multiply v1 v2 ... vn)	$v1*v2*\dots*vn$
divide	(divide v1 v2 ... vn)	$v1/v2/\dots/vn$
absolute	(absolute v)	取绝对值
abs	(abs v)	取绝对值
power	(power v)	取 10 的 v 次方
alog10	(alog10 v)	以 10 为底取 v 的对数
alog	(alog v)	取 v 的自然对数
exp	(exp v)	取 e 的 v 次方
sqrt	(sqrt v)	求 v 的平方根
pi	(pi)	返回 pi 值
sine	(sine v)	正弦 (v 为弧度, 下同)
cosine	(cosine v)	余弦
tangent	(tangent v)	正切
arcsine	(arcsine v)	反正弦
arccosine	(arccosine v)	反余弦
arctangent	(arctangent v)	反正切
integer	(integer v)	取整
maximum	(maximum v1 v2 ... vn)	求最大值
minimum	(minimum v1 v2 ... vn)	求最小值

```

SAC> setbb var1 (add 1 3 4)           // 1+3+4
==> setbb var1 8
SAC> setbb var2 (subtract 1 3 4)       // 1-3-4
==> setbb var2 -6
SAC> setbb var3 (multiply 1 3 4)       // 1*3*4
==> setbb var3 12
SAC> setbb var4 (divide 1 3 4)         // 1/3/4
==> setbb var4 0.0833333
SAC> setbb var5 (absolute -5.1)        // abs(-5.1)
==> setbb var5 5.1
SAC> setbb var6 (power 5)              // 10^5
==> setbb var6 100000
SAC> setbb var7 (alog10 10000)         // log10(10000)
==> setbb var7 4
SAC> setbb var8 (alog 10000)           // ln(10000)
==> setbb var8 9.21034
SAC> setbb var9 (exp 5)                // e^5
==> setbb var9 148.413
SAC> setbb var10 (sqrt 9)              // sqrt(9)
==> setbb var10 3
SAC> setbb var11 (pi)                  // PI

```

```

==> setbb var11 3.14159
SAC> setbb var12 (sine (pi/6)) // sin(30)
==> setbb var12 0.5
SAC> setbb var13 ((arcsine 0.5)*180/(pi))
==> setbb var13 30
SAC> setbb var14 (integer 3.11)
==> setbb var14 3
SAC> setbb var15 (max 3.11 -1.5 5) // maximum 简写为 max
==> setbb var15 5
SAC> setbb var16 (min 3.11 -1.5 5) // minimum 简写为 min
==> setbb var16 -1.5

```

为了对一组数据做归一化，首先要找到所有数据中的绝对最大值，如下：

```

SAC> r file1 file2 file3 file4
SAC> echo on processed
SAC> setbb vmax (max &1,depmax& &2,depmax& &3,depmax& &4,depmax&)
==> setbb vmax 1.87324
SAC> setbb vmin (min &1,depmin& &2,depmin& &3,depmin& &4,depmin&)
==> setbb vmin -2.123371
SAC> div ( max (abs %vmax%) (abs %vmin%) ) // 嵌套
==> div 2.123371

```

此例可以通过多重嵌套的方式在单个命令中完成，但上面的写法可读性更强。

6.3.3 字符串操作函数

SAC 提供了若干个函数用于字符串的处理，如表 6.2 所示：

表 6.2: 字符串操作函数

命令	语法 (简写形式)	功能
change	(cha s1 s2 s3)	在 s3 中用 s1 代替 s2
substring	(substring n1 n2 s)	取 s 中第 n1 到第 n2 个字符
delete	(del s1 s2)	从 s2 中删去 s1
concatenate	(conc s1 s2 ... sn)	将多个字符串拼接起来
before	(bef s1 s2)	得到 s2 中位于 s1 前的部分字符串
after	(aft s1 s2)	得到 s2 中位于 s1 后的部分字符串
reply	(rep s1)	发送信息 s1 到终端并得到回应

下面的例子展示了部分函数的用法：

```

SAC> echo on processed
SAC> setbb var1 (cha short long "this is short")
==> setbb var1 this is long
SAC> set var2 (del def abcdefghi)
==> set var2 abcgghi
SAC> set var4 (before de abcdefg)
==> set var4 abc
SAC> set var4 (after de abcdefg)

```

```

==> set var4 fg
SAC> fg seis
SAC> setbb month (substring 1 3 &1,kzdate&)
==> setbb month MAR
SAC> setbb val "1234567890"
SAC> message (substring 1 5 %val%)
==> message 12345
12345

```

下面的例子展示 concatenate 函数的用法以及如何灵活定义标题：

```

SAC> fg seis
SAC> echo on processed
SAC> setbb var (conc Seismogram of &1,kevm& &1,kstnm&)
==> setbb var SeismogramofK8108838CDV // 没有空格
SAC> setbb var (conc "Seismogram of " &1,kevm& " " &1,kstnm&)
==> setbb var Seismogram of K8108838 CDV // 含空格
SAC> getbb var
var = 'Seismogram of K8108838 CDV'
SAC> title (conc "Seismogram of " &1,kevm& " " &1,kstnm&)
==> title Seismogram of K8108838 CDV // 错误标题！
SAC> title '(conc "Seismogram of " &1,kevm& " " &1,kstnm&)'
==> title "(conc "Seismogram of " K8108838 " " CDV)" // 错误标题！
SAC> title "Seismogram of &1,kevm& &1,kstnm&"
==> title "Seismogram of K8108838 CDV" // 正确标题！

```

下面的例子使用 reply 函数实现了交互：

```

SAC> fg seis
SAC> echo on processed
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> setbb low (reply "Enter low frequency limit for bandpass: ")
Enter low frequency limit for bandpass: 2.1 // 用户输入2.1
==> setbb low 2.1
SAC> setbb high (reply "Enter low frequency limit for bandpass: ")
Enter low frequency limit for bandpass: 6.5 // 用户输入6.5
==> setbb high 6.5
SAC> bp c %low% %high%
==> bp c 2.1 6.5

```

下面的例子中 reply 函数包含了一个默认值：

```

SAC> setbb bday (reply "Enter the day of the week: [Monday]")
Enter the day of the week: [Monday]Tuesday // 用户输入Tuesday
SAC> getbb bday
bday = 'Tuesday'
SAC> setbb bday (reply "Enter the day of the week: [Monday]")
Enter the day of the week: [Monday] // 用户无输入
SAC> getbb bday
bday = 'Monday'

```

当 reply 函数执行时，引号中的字符串将出现在屏幕上，提示用户输入。如果用户输入，SAC 会将输入的字符串作为返回值，如果用户只是敲击回车键，SAC 则会使用该默认值“MONDAY”。

6.3.4 其他函数

这类函数目前只有一个：gettime，其语法为“(gettime max|min [value])”。

gettime 函数用于返回数据中首先出现大于或小于 value 的时间相对于文件参考时刻的相对时间；若没有指定 value，max 会返回文件中第一个最大值的相对时间，min 会返回文件中第一个最小值的相对时间。

对于所有的文件有一个最大振幅，要找到这些文件中第一个文件中第一次大于该值所对应的时间偏移量：

```
SAC> fg seis
SAC> echo on processed
SAC> setbb maxtime (gettime max)
==> setbb maxtime 12.55
SAC> setbb mintime (gettime min)
==> setbb mintime 12.67
```

为了找到第一个大于或等于 1.0 的数据点的时间偏移，可以使用如下命令：

```
SAC> fg seis
SAC> echo on processed
SAC> setbb valuetime ( gettime max 1.0 )
==> setbb valuatime 10.55
```

6.4 SAC 宏

6.4.1 简单的例子

假如你有一些重复的工作需要完成，那么 SAC 宏显然可以帮你节省不少时间。例如，要经常读取三个文件 ABC、DEF 和 XYZ，每个文件分别乘以不同的值，做 Fourier 变换，然后将频谱的振幅部分绘制到 SGF 文件中，这样的一系列命令可以写入到 SAC 宏文件中：

```
** This certainly is a simple little macro.
r ABC DEF XYZ
mul 4 8 9
fft
bg sgf
psp am
```

假设上面的代码保存到文件 mystuff 中，且该文件位于当前目录中，可以通过下面的命令执行该宏文件：

```
SAC> macro mystuff
```


终端中并不会显示正在执行的宏文件中的命令，可以使用 `echo` 命令来设置在终端显示哪些东西。另外，若某行的第一列为星号则该行为注释行，SAC 不会去执行注释行。

6.4.2 宏搜索路径

当你执行一个宏文件而又没有给出宏文件的绝对路径时，SAC 会按照下面的路径顺序搜索宏文件：

1. 在当前目录搜索；
2. 在 `setmacro` 命令设置的搜索目录中搜索；
3. 在 SAC 的全局宏目录 (`sac/aux/macros`) 中搜索；

所有人都可以使用全局宏目录中的宏文件，可以使用 `installmacro` 命令将自己的宏文件安装到这个目录中。你也可以通过绝对/相对路径指定搜索路径。

6.4.3 宏参数

如果想要每次读取不同的文件或者乘以不同的值那么必须每次都修改该文件，让宏文件在执行之前允许用户输入参数可以大大增加宏文件的灵活性。

SAC 宏参数的格式为：“`n`”，其中 `n` 从 1 开始。

下面将对先前的宏文件进行修改以使其可以接收文件名作为参数：

```
r $1$ $2$ $3$
mul 4 8 9
fft
bg sgf
psp am
```

“`1`”、“`2`”和“`3`”分别表示宏文件接收到的第一、二、三个参数，用下面的命令执行这个宏文件：

```
SAC> macro mystuff ABC DEF XYZ
```

可以用下面的命令再次执行这个宏文件，但读取不同的文件：

```
SAC> macro mystuff AAA BBB CCC
```

6.4.4 关键字驱动参数

关键字驱动参数允许用户按照任意顺序输入参数，这也使得宏文件的内容变得简单易懂。

当参数的数目以及宏文件的大小不断增大的时候这就变得更加重要了。下面将再一次修改这个例子以使其可以接受文件列表以及乘数的列表：

```
$keys$ files values
r $files$
mul $values$
fft
bg sgf
psp am
```

`$keys$` 表明 “files” 和 “values” 是关键字。可以按照下面的输入来执行这个宏文件：

```
SAC> macro mystuff files ABC DEF XYZ values 4 8 9
```

因为参数的顺序不再重要，所以你可以像下面这样输入：

```
SAC> macro mystuff values 4 8 9 files ABC DEF XYZ
```

这个宏文件并不限于读取三个文件，它对于文件的数目没有限制，只要文件数与值数目相匹配就好。

6.4.5 宏参数缺省值

有些时候会遇到这样的情况，宏文件的有些参数在多次执行的过程中经常但并不总是拥有相同的值。为这些参数提供缺省值可以减少输入那些相同值的次数同时又保有宏参数本身的灵活性。如下例所示：

```
$keys$ files values
$default$ values 4 8 9
r $files$
mul $values$
fft
bg sgf
psp am
```

`$default$` 指定了宏参数 `values` 的缺省值，若在执行宏文件时不输入 `values` 的参数值那么这些参数将使用缺省值：

```
SAC> macro mystuff files ABC DEF XYZ
```

如果想要使用不同的值，可以像下面这样输入：

```
SAC> macro mystuff values 10 12 3 files ABC DEF XYZ
```

6.4.6 参数请求

若执行宏文件时没有输入参数而这些参数又没有缺省值，SAC 会在终端中提示你输入相应的参数值。在上面的例子中，如果你忘记输入参数则会出现下面的情况：

```
SAC> macro mystuff
files? ABC DEF XYZ          // 用户输入 ABC DEF XYZ
```

注意到 SAC 并不会提示输入参数 `values` 的值，因为它们已经有了缺省值。SAC 并非在一开始就提示输入参数，其等到需要计算参数值却发现没有缺省值或者输入值时才会提示需要输入该参数。

6.4.7 联接

头段变量、黑板变量、宏参数以及字符串可以直接联接在一起。

```
$keys$ station
fg seis
echo on
```

```

setbb sta $station$.z
setbb tmp ABC
setbb tmp1 XYZ%tmp%
setbb tmp2 (&1,o&)
setbb fname $station$%tmp%%tmp1%%tmp2%.SAC

```

执行效果如下：

```

SAC> m stuff station STA
      setbb sta $station$.z
==>  setbb sta STA.z
      setbb tmp ABC
      setbb tmp1 XYZ%tmp%
==>  setbb tmp1 XYZABC
      setbb tmp2 @(&1,o&@)
==>  setbb tmp2 (-41.43)
      setbb fname $station$%tmp%%tmp1%%tmp2%.SAC
==>  setbb fname STAABCXYZABC(-41.43).SAC

```

6.4.8 条件判断

条件判断在任何一个编程语言中都是必不可少的, SAC 宏的条件判断语句与 Fortran77 类似, 但不完全相同, 要注意区分。

SAC 宏的条件判断格式如下：

```

IF expr
    commands
ELSEIF expr
    commands
ELSE
    commands
ENDIF

```

逻辑表达式 expr 具有如下形式：

```
token 关系运算符 token
```

其中 token 可以是一个常数、宏参数、黑板变量或头段变量, 关系运算符则是 GT、GE、LE、LT、EQ、NE 中的一个。上面的逻辑表达式在计算之前 token 会被转换为浮点型数。

条件判断语句目前最多支持 10 次嵌套, 且 elseif、else 是可选的, elseif 的次数没有限制。

下面给出一个例子：

```

r $1$
marktp
if &1,user0& ge 2.45
    fft
    psp am
else

```

```
message "Peak to peak for $1 below threshold."
endif
```

在这个例子中，一个文件被读入内存，markptp 测出其最大峰峰值，并保存到头段变量 user0 中，若该值大于某一确定值，则对其做 Fourier 变换并绘制振幅图，否则输出信息到终端。

6.4.9 循环控制

循环特性允许在一个宏文件中重复执行一系列命令。通过固定循环次数、遍历元素列表或者设定条件来执行一系列命令，也可以随时中断一次循环。循环的最大嵌套次数为 10 次。其语法可以有多种形式：

```
DO variable = start, stop [,increment]
    commands
ENDDO
```

```
DO variable FROM start TO stop [BY increment]
    commands
ENDDO
```

```
DO variable LIST entrylist
    commands
ENDDO
```

```
DO variable WILD [DIR name] entrylist
    commands
ENDDO
```

```
WHILE expr
    commands
ENDDO
```

其中大写字符串均为关键字，不可更改：

- variable 是循环变量名，在变量名前后加上“\$”即可在 do 循环中引用该变量；
- start、stop、increment 循环变量的初值、终值、增值，start、stop 必须为整型数，increment 缺省值为 1
- entrylist 是 do 循环执行时变量可以取的所有值的集合，值之间以空格分开，其可以为整型、浮点型或字符型。DO WILD 中 entrylist 由字符串和通配符构成，循环执行前，这个列表将根据通配符扩展为一系列文件名。

下面给出一些 DO 循环的例子：

该宏文件对数据使用了 DIF 以进行预白化处理，进行 Fourier 变换，然后使用 DIVOMEGA 命令去除预白化的影响，有时需要在做变换之前多次预白化，那么就可以这样写：

```
$keys$ file nprew
$default$ nprew 1
```

```

r $file
do j = 1 , $nprew$
    dif
enddo
fft amph
do j = 1 , $nprew$
    divomega
enddo

```

下面这个例子，用相同的数据绘制 5 个不同的两秒时间窗的质点运动矢量图：

```

r abc.r abc.t
setbb time1 0
do time2 from 2 to 10 by 2
    xlim %time1% $time2$
    title 'Particle motion from %time1% to $time2$'
    plotpm
    setbb time1 $time2$
enddo

```

在下面的例子中，一个宏文件调用另一个名为 preview 的宏文件，通过 do 循环以达到多次调用 preview 的目的：

```

do station list abc def xyz
    do component list z n e
        macro preview $station$. $component$
    enddo
enddo

```

在下面的例子中我们修改上一个宏文件使得其可以处理目录 mydir 中所有以“Z”结束的文件：

```

do file wild dir mydir *.Z
    macro preview $file$
enddo

```

最后一个例子有三个参数，第一个是文件名，第二个是一个常数，第三个是一个阈值。宏文件读取了一个数据文件，然后每个数据点乘以一个常数直到其超过某一阈值：

```

r $1$
while &1,depmax& gt $3$
    mul $2$
enddo

```

另一个与 break 有关的宏文件：

```

r $1$
while 1 gt 0
    div $2$
    if &1,depmax& gt $3$
        break

```

```
endif  
enddo
```

这个 while 循环是一个无限循环，它只能通过 break 来中断。

6.4.10 嵌套与递归

SAC 宏提供嵌套功能，不支持递归，但是 SAC 并不会去检查宏的调用是否保证不是递归，因而需要用户去保证宏文件不要直接或间接调用自己。

6.4.11 中断宏

有些时候需要临时中断宏文件的执行，用户自己从终端输入一些命令，然后继续执行宏文件。这个可以利用 SAC 的 pause 和 resume 特性做到。当 SAC 在宏文件中遇到“\$TERMINAL\$”时它会临时停止执行宏文件，更改提示符为宏名，然后提示从终端输入命令，然后当 SAC 在终端中看到“\$RESUME\$”时则会停止从终端读取命令继续从宏文件读取。如果你不想再继续执行宏文件中的命令，可以在终端输入“\$KILL\$”，SAC 将关闭宏文件，回到上一层。在一个宏文件中可以有多个“\$TERMINAL\$”中断。

6.4.12 调用外部程序

你可以在 SAC 宏内部执行其他程序，可以向程序传递参数。如果程序是交互式的你也可以将输入行发送给它，语法如下：

```
$RUN$ program message  
inputlines  
ENDRUN
```

宏参数、黑板变量、头段变量、内联函数均可使用，在程序执行之前它们会被计算，当程序执行结束，SAC 宏会在 ENDRUN 之后继续执行。

6.4.13 转义字符

字符“\$”和“%”在 SAC 中具有特殊的含义，有时在字符串中需要使用这些特殊字符，但 SAC 会将其解释成一个变量，此时就需要使用转义字符，SAC 中的转义符为“@”，可以被转义的特殊符号包括：

- \$ 宏参数标识符
- % 黑板变量标识符
- & 头段变量标识符
- @ 转义字符本身
- () 内联函数起始符

第7章 在脚本中调用 SAC

7.1 Bash 中调用 SAC

7.1.1 简介

SAC 宏的功能相对比较单一，难以满足日常数据处理的需求，可以在 Bash 脚本中直接调用 SAC，这样可以利用 Bash 脚本的更多特性。

下面的例子展示了如何在 Bash 脚本中调用 SAC：

```
1  #!/bin/bash
2  export SAC_DISPLAY_COPYRIGHT=0
3
4  sac << EOF
5  fg seis
6  lh evla evlo
7  q                # 必须！
8  EOF
```

SAC 在启动是默认会显示版本信息，当用脚本多次调用 SAC 时，版本信息也会显示多次，可以通过设置环境变量“export SAC_DISPLAY_COPYRIGHT=0”的方式隐藏版本信息。

脚本中从“sac << EOF”开始到“EOF”的全部内容，都会被 Bash 传递给 SAC，SAC 会逐一解释并执行每行命令。

7.1.2 头段变量和黑板变量

想要在 Bash 脚本中引用头段变量，需要借助于 SAC 宏的语法。

```
1  #!/bin/bash
2  export SAC_DISPLAY_COPYRIGHT=0
3
4  sac << EOF
5  fg seis
6  ch kuser0 &1,kevm&
7  setbb tmp ABC
8  ch kuser1 %tmp%
```

```

9 | lh kuser0 kuser1
10 | quit
11 | EOF

```

7.1.3 内联函数

bash 可以完成基本的数学运算，但是所有的运算只支持整型数据，浮点型运算或者其他更高级的数学运算需要借助 bc 或者 awk 来完成。Bash 中的变量以“\$”作为标识符，Bash 会首先做变量替换再将替换后的命令传递给 SAC。

```

1 | #!/bin/bash
2 | export SAC_DISPLAY_COPYRIGHT=0
3 |
4 | declare -i var1 var2 var3 var4
5 | var1=(1+2)*3
6 | var2=10/4
7 | var3=10/4
8 | echo $var1 $var2 $var3
9 |
10 | sac << EOF
11 | echo on
12 | fg seis
13 | bp c $var2 $var1
14 | q
15 | EOF

```

本例中的变量“\$var1”和“\$var2”会首先被 SAC 解释成为 1 和 2，因而 SAC 实际接收到的命令是“bp c 1 2”。

借助于 awk、sed 等工具，也可以实现部分字符串处理函数：

```

1 | #!/bin/bash
2 | str1=`echo "this is long" | sed 's/long/short/'` # 替换
3 | str2=`echo "abcdefghi" | sed 's/def//'` # 删除
4 |
5 | sac << EOF
6 | fg seis
7 | title "$str1"
8 | p
9 | saveimg string.ps
10 | q
11 | EOF

```


7.1.4 条件判断和循环控制

Bash 具有更灵活的条件判断和循环控制功能，但由于 Bash 自身的限制，这些特性仅能在 SAC 外部使用，因而下例中需要多次调用 SAC，在某些情况下会相当耗时。

```
1  #!/bin/sh
2  export SAC_DISPLAY_COPYRIGHT=0
3
4  for file in *.SAC; do
5      sac <<EOF
6          read $file
7          rmean
8          rtrend
9          lp co 1.0 p 2 n 4
10         write ${file}.filtered
11         quit
12     EOF
13 done
```

7.2 在 Perl 中调用 SAC

7.2.1 简介

下面的脚本中给出了一个简单的例子，展示了如何在 Perl 中调用 SAC。相对于 Bash 来说，Perl 脚本似乎需要更多的键入，但是相对于 Perl 的优势来说，这些都不算什么。

```
1  #!/usr/bin/env perl
2  use strict;
3  use warnings;
4  $ENV{SAC_DISPLAY_COPYRIGHT}=0;
5
6  open(SAC, "| sac ") or die "Error opening sac\n";
7  print SAC "fg seismo \n";
8  print SAC "lh evla kstnm \n";
9  print SAC "quit \n";
10 close(SAC);
```

7.2.2 头段变量

Perl 无法直接引用 SAC 文件的头段变量值，依然需要利用 SAC 宏的的语法。Perl 的优势在于可以一边向 SAC 传递信息，一边运行自身的命令。

```
1  #!/usr/bin/env perl
2  use strict;
```

```

3 use warnings;
4 $ENV{SAC_DISPLAY_COPYRIGHT}=0;
5
6 open(SAC, "| sac ") or die "Error opening sac\n";
7 print SAC "fg seismo \n";
8 print SAC "ch kuser0 &1,kevm& \n";
9 my $tmp = "ABC";           # Perl 中的变量
10 print SAC "ch kuser1 $tmp \n";
11 print SAC "lh kuser0 kuser1 \n";
12 print SAC "quit \n";
13 close(SAC);

```

本例中第 9 行，在 SAC 运行的同时 Perl 临时定义了一个变量，并成功将其传递给了 SAC，这在 Bash 中是不容易做到的。

7.2.3 内联函数

Perl 可以完成各种复杂的数学运算：

```

1  #!/usr/bin/env perl
2  use strict;
3  use warnings;
4  use Math::Trig;
5  $ENV{SAC_DISPLAY_COPYRIGHT}=0;
6
7  my $var1 = (1+2)*3/4;
8  open(SAC, "| sac") or die "Error in opening sac\n";
9  print SAC "fg seis \n";
10 print SAC "rmean; rtr; taper \n";
11 my $var2 = sqrt(9);
12 my $var3 = sin(30*pi/180);
13 print SAC "bp c $var3 $var1 \n";
14 print SAC "q \n";
15 close(SAC);

```

Perl 对字符串的处理更是 Perl 的杀手锏：

```

1  #!/usr/bin/env perl
2  use strict;
3  use warnings;
4
5  my $str = "abcdefghi";
6

```

```

7 my $pos = index($str, "def");
8 my $len = length($str);
9 my $sub = substr($str, 2, 2);
10
11 print "$pos, $len, $sub \n";

```

7.2.4 条件判断和循环控制

Perl 也可以很容易地实现条件判断和循环控制：

```

1  #!/usr/bin/env perl
2  use strict;
3  use warnings;
4
5  $ENV{SAC_DISPLAY_COPYRIGHT}=0;
6  open(SAC, "| sac ") or die "Error opening sac";
7  print SAC "echo on \n";
8  foreach (glob("*.SAC")) {
9      print SAC "r more $_ \n";
10 }
11 print SAC "rmean \n";
12 print SAC "rtrend \n";
13 print SAC "lp co 1.0 p 2 n 4 \n";
14 print SAC "write append .filtered \n";
15 print SAC "quit \n";
16 close(SAC);

```

这个例子中只启动了一次 SAC，然后开始循环读入当前目录下的每一个 SAC 文件，最后统一做数据处理，并写到新文件中。

该 Perl 脚本与上一个 Bash 脚本相比，实现了几乎相同的功能，但 Perl 脚本中仅启动和退出 SAC 一次，与 Bash 脚本的多次启动相比，其效率要高很多。

7.3 在 Python 中调用 SAC

7.3.1 简介

下面的脚本中给出了一个简单的例子，展示了如何在 Python 中调用 SAC。

```

1  #!/usr/bin/env python
2  # -*- coding: utf-8 -*-
3
4  import os

```

```

5 import subprocess
6
7 os.putenv("SAC_DISPLAY_COPYRIGHT", '0')
8
9 p = subprocess.Popen(['sac'], stdin=subprocess.PIPE)
10
11 s = ""
12 s += "fg seismo\n"
13 s += "lh evla kstnm\n"
14 s += "quit\n"
15 p.communicate(s.encode())

```

7.3.2 头段变量

Python 无法直接引用 SAC 文件的头段变量值，依然需要利用 SAC 宏的语法。但 Python 不需要使用 SAC 的黑板变量功能。

```

1 #!/usr/bin/env python
2 # -*- coding: utf-8 -*-
3 import os
4 import subprocess
5
6 os.putenv("SAC_DISPLAY_COPYRIGHT", "0")
7
8 p = subprocess.Popen(['sac'], stdin=subprocess.PIPE)
9
10 s = ""
11 s += "fg seismo \n"
12 s += "ch kuser0 &1,kevmn& \n"
13 tmp = "ABC"    # Python 变量，用于代替 SAC 中的黑板变量
14 s += "ch kuser1 %s \n" % (tmp)
15 s += "lh kuser0 kuser1 \n"
16 s += "q \n"
17
18 p.communicate(s.encode())

```

本例中第 13 行，在 SAC 运行的同时 Python 临时定义了一个变量，并成功将其传递给了 SAC，这在 Bash 中是不容易做到的。

7.3.3 内联函数

Python 可以完成各种复杂的数学运算：

```

1  #!/usr/bin/env python
2  # -*- coding: utf-8 -*-
3  import os
4  import math
5  import subprocess
6
7  os.putenv("SAC_DISPLAY_COPYRIGHT", "0")
8
9  p = subprocess.Popen(['sac'], stdin=subprocess.PIPE)
10
11  var1 = (1+2)*3/4
12  var2 = math.sqrt(9)
13  var3 = math.sin(30*math.pi/180)
14
15  s = ""
16  s += "fg seis \n"
17  s += "rmean; rtr; taper \n"
18  s += "bp c %f %f \n" % (var3, var1)
19  s += "w seis.SAC \n"
20  s += "q \n"
21
22  p.communicate(s.encode())

```

Python 对字符串的处理也很简单：

```

1  #!/usr/bin/env python
2  # -*- coding: utf-8 -*-
3
4  string = "abcdefghi"
5
6  pos = string.index("de")
7  lens = len(string)
8  sub = string[2:5]
9
10 print(pos, lens, sub)

```

7.3.4 条件判断和循环控制

Python 也可以很容易地实现条件判断和循环控制：

```

1  #!/usr/bin/env python
2  # -*- coding: utf-8 -*-

```

```
3 import os
4 import glob
5 import subprocess
6
7 os.putenv("SAC_DISPLAY_COPYRIGHT", "0")
8
9 p = subprocess.Popen(['sac'], stdin=subprocess.PIPE)
10
11 s = ""
12 s += "echo on \n"
13 for filename in glob.glob("*.SAC"):
14     s += "r %s \n" % (filename)
15     s += "rmean; rtr; taper \n"
16     s += "lp co 1.0 p 2 n 4 \n"
17     s += "w %s.filtered\n" % (filename)
18 s += "quit \n"
19
20 p.communicate(s.encode())
```

这个例子中只启动了一次 SAC，然后开始 Python 的循环控制，读取当前目录下的每一个 SAC 文件，做一些数据处理，然后写到新文件中。

该 Python 脚本与上一个 Bash 脚本相比，实现了几乎相同的功能，但 Python 脚本中仅启动和退出 SAC 一次，与 Bash 脚本的多次启动相比，其效率要高很多。

第8章 使用 SAC 函数库

8.1 SAC 库简介

SAC 提供了两个函数库：libsacio.a 和 libsac.a，用户可以在自己的 C 或 Fortran 程序中直接使用函数库中的子函数。这些库文件位于 sac/lib 中。

8.1.1 libsacio 库

这个库文件的子函数可用于读写 SAC 数据文件、头段变量、黑板变量。这些子函数可以在用户的 C 或 Fortran 程序中直接使用。

libsacio.a 中可用的子函数包括：

表 8.1: libsacio 子函数

子函数	说明
rsac1	读取等间隔文件
rsac2	读取不等间隔文件和谱文件
wsac1	写入等间隔文件
wsac2	写入不等间隔文件
wsac0	可以写等间隔文件或不等间隔文件
getfhv	获取浮点型头段变量值
setfhv	设置浮点型头段变量值
getihv	获取枚举型头段变量值
setihv	设置枚举型头段变量值
getkhv	获取字符串头段变量值
setkhv	设置字符串头段变量值
getlhv	获取逻辑型头段变量值
setlhv	设置逻辑型头段变量值
getnhv	获取整型头段变量值
setnhv	设置整型头段变量值
readbbf	读取一个黑板变量文件
writebbf	写一个黑板变量文件
getbbv	获取一个黑板变量的值
setbbv	给一个黑板变量赋值

对于 C 源码, 用如下命令编译

```
$ gcc -c source.c -I/usr/local/sac/include
$ gcc -o prog source.o -lm -L/usr/local/sac/lib -lsacio
```

也可以利用 SAC 提供的 sac-config 命令简化此编译命令 :

```
$ gcc -c source.c `sac-config -c`
$ gcc -o prog source.o -lm `sac-config -l sacio`
```

对于 Fortran77 源码, 用如下命令编译

```
$ gfortran -c source.f
$ gfortran -o prog source.o -L/opt/sac/lib/ -lsacio
```

也可以利用 SAC 提供的 sac-config 命令简化此编译命令 :

```
$ gfortran -c souce.f
$ gfortran -o prog source.o `sac-config -l sacio`
```

8.1.2 libsac.a 库

这个库是从 101.2 版本才引入的, 其是 libsacio.a 的超集, 包含了几个数据处理常用的子函数。

libsac.a 包含如下子函数 :

- xapiir 无限脉冲响应滤波器 ;
- firtrn 有限脉冲滤波器, Hilbert 变换 ;
- crscor 互相关 ;
- next2 返回比输入值大的最小的 2 的幂次 ;
- envelope 计算包络函数;

对于 C 源码, 用如下命令编译

```
$ gcc -c source.c -I/usr/local/sac/include
$ gcc -o prog source.o -lm -L/usr/local/sac/lib -lsac
```

也可以利用 SAC 提供的 sac-config 命令简化此编译命令 :

```
$ gcc -c source.c `sac-config -c`
$ gcc -o prog source.o -lm `sac-config -l sac`
```

对于 Fortran77 源码, 用如下命令编译

```
$ gfortran -c source.f
$ gfortran -o prog source.o -L/opt/sac/lib/ -lsac
```

也可以利用 SAC 提供的 sac-config 命令简化此编译命令 :

```
$ gfortran -c souce.f
$ gfortran -o prog source.o `sac-config -l sac`
```


8.2 调用 libsacio 库

8.2.1 rsac1

子函数 `rsac1` 用于读取等采样间隔的 SAC 数据。

函数定义如下：

```

1  void
2  rsac1(  char    *kname,      // 要读入的文件名
3         float   *yarray,     // 数据被保存到 yarray 数组中
4         int     *nlen,       // 数据长度
5         float   *beg,        // 数据开始时间, 即头段变量 b
6         float   *del,        // 数据采样周期, 即头段变量 delta
7         int     *max_,       // 数组 yarray 的最大长度, 若 nlen>max_ 则截断
8         int     *nerr,       // 错误标记, 0 代表成功, 非零代表失败
9         int     kname_s      // 数组 kname 的长度
10 )

```

相关示例代码为 `rsac1c.c`¹ 和 `rsac1f.f`。

8.2.2 rsac2

子函数 `rsac2` 用于读取非等间隔采样的。

```

1  void
2  rsac2(  char    *kname,      // 要读入的文件名
3         float   *yarray,     // 因变量数组
4         int     *nlen,       // 数据长度
5         float   *xarray,     // 自变量数组
6         int     *max_,       // 数组最大长度
7         int     *nerr,       // 错误标记
8         int     kname_s      // 数组 kname 的长度
9  )

```

相关示例代码为 `rsac2c.c` 和 `rsac2f.f`。

8.2.3 wsac1

子函数 `wsac1` 用于写等间隔 SAC 文件。

```

1  void
2  wsac1(  char    *kname,      // 要写入的文件名
3         float   *yarray,     // 要写入文件的数组
4         int     *nlen,       // 数组长度

```

¹代码位于 `sac/doc/examples`, 下同。

```

5         float *beg,           // 数据起始时刻
6         float *del,           // 数据采样周期
7         int *nerr,            // 错误标记
8         int kname_s           // 文件名长度
9     )

```

相关示例代码为 `wsac1c.c` 和 `wsac1f.f`。

8.2.4 wsac2

写非等间隔 SAC 文件。

```

1 void
2 wsac2( char *kname,           // 文件名
3        float *yarray,        // 因变量数组
4        int *nlen,            // 数组长度
5        float *xarray,        // 自变量数组
6        int *nerr,            // 错误码
7        int kname_s           // 文件名长度
8    )

```

相关示例代码为 `wsac2c.c` 和 `wsac2f.f`。

8.2.5 wsac0

子函数 `wsac0` 相对来说更加通用也更复杂，利用该函数可以创建包含更多头段的 SAC 文件。

```

1 void
2 wsac0( char *kname,           // 文件名
3        float *xarray,        // 自变量数组
4        float *yarray,        // 因变量数组
5        int *nerr,            // 错误码
6        int kname_s           // 文件名长度
7    )

```

要使用子函数 `wsac0`，首先要调用子函数 `newhdr()` 创建一个完全未定义的头段区，并利用其它头段变量相关子函数设置头段变量的值，并由 `wsac0` 写入到文件中。必须要赋值的头段变量为 `delta`、`b`、`e`、`npts`、`iftyp`。

相关示例代码为 `wsacnc.c`、`wsacnf.f`。n=3,4,5。

8.2.6 getfhv

获取浮点型头段变量的值。

```

1 void
2 getfhv( char *kname,      // 头段变量名
3         float *fvalue,    // 浮点型头段变量的值
4         int *nerr,        // 错误码
5         int kname_s       // 变量名长度
6 )

```

相关示例代码为 `gethvc.c` 和 `gethvf.f`。

至于如何获取和设置其它类型的头段变量，方法类似，不再多说。

8.2.7 readbbf

读取一个黑板变量文件。

```

1 void
2 readbbf( char *kname,     // 要读取的文件
3          int *nerr,       // 错误码
4          int kname_s      // 文件名长度
5 )

```

`writebbf` 与之类似，不再列出。

8.2.8 getbbv

获取一个黑板变量的值。

```

1 void
2 getbbv( char *kname,      // 黑板变量名
3         char *kvalue,     // 黑板变量的值
4         int *nerr,        // 错误码
5         int kname_s,      // 变量名长度
6         int kvalue_s      // 变量值的长度
7 )

```

`setbbv` 的函数定义与其类似，不再列出。

8.3 调用 libsac 库

8.3.1 next2

SAC 在做 FFT 时要保证数据点数为 2^n 个，对于不足 2^n 个点的数据需要补零至 2^n 次方个点。

`next2` 函数定义为：

```

1 int next2(int num) // 输入为 num, 返回值为大于 num 的最小 2 次幂

```

8.3.2 xapiir

xapiir 用于设计 IIR 滤波器，并对数据进行滤波。这个子函数底层调用了 design 和 apply 两个子函数。

```

1 void
2 xapiir(float *data,      // 待滤波的数据，滤波后的数据保存在该数组中
3        int nsamps,      // 数据点数
4        char *aproto,    // 滤波器类型
5                        // - 'BU' : butterworth
6                        // - 'BE' : bessell
7                        // - 'C1' : chebyshev type I
8                        // - 'C2' : chebyshev type II
9        double trbndw,   // chebyshev 滤波器的过渡带宽度
10       double a,        // chebyshev 滤波器的衰减因子
11       int iord,        // 滤波器阶数
12       char *type,      // 滤波类型, 'LP', 'HP', 'BP', 'BR'
13       double flo,      // 低频截断频率
14       double fhi,      // 高频截断频率
15       double ts,       // 采样周期
16       int passes       // 通道数, 1 或 2
17 )

```

相关示例代码为 filterc.c 和 filterf.f。

8.3.3 firtrn

```

1 void
2 firtrn(char *ftype,     // 类型, 取 'HILBERT' 或 'DERIVATIVE'
3        float *x,        // 输入数据
4        int n,           // 数据点数, 至少含 201 个点
5        float *buffer,   // 临时数组, 长度至少 4297
6        float *y         // 输出数组
7 )

```

参考示例:

```

1 #include <stdio.h>
2 #include <stdlib.h>
3 #define NPTS 1000
4 float *hilbert(float *in, int npts);
5 int main(){
6     float data[NPTS];

```

```

7   float *hdata;
8   int i;
9   // 准备输入数据
10  for (i=0; i<NPTS; i++) data[i] = i;
11  // 进行 Hilbert 变换, hdata 为 Hilbert 变换的结果
12  hdata = hilbert(data, NPTS);
13  for (i = 0; i < NPTS; i++)
14      printf("%f\n", hdata[i]);
15  }
16
17  // 这里定义了 hilbert 函数, 是对 firtrn 函数的一个封装
18  float *hilbert(float *in, int npts) {
19      float *buffer;
20      float *out;
21      buffer = (float *)malloc(sizeof(float)*50000);
22      out = (float *)malloc(sizeof(float)*npts);
23      firtrn("HILBERT", in, npts, buffer, out);
24      return out;
25  }

```

8.3.4 envelope

该子函数用于计算数据的包络函数, 其底层调用了 firtrn 函数。

```

1  void
2  envelope( int    n,      // 数据点数
3           float *in,     // 输入数据
4           float *out     // 输出数据
5  )

```

相关示例代码为 envelopec.c 和 envelopef.f。

8.3.5 crscor

该子函数用于计算两个数据的互相关, 此互相关在频率域中完成, 相对时间域互相关而言效率更高。

```

1  void
2  crscor( float *data1,    // 数据 1
3         float *data2,    // 数据 2
4         int    nsamps,    // 数据点数
5         int    nwin,      // 相关窗数目
6         int    wlen,      // 窗内数据点数, 最大值为 2048

```

```
7      char    *type,      // 窗类型, 可以取 'HAM', 'HAN', 'C', 'R', 'T'
8      float   *c,         // 输出数据, 长度为  $2*wlen-1$ 
9      int     *nfft,      // 相关序列的数据点数
10     char    *err,       // 错误消息
11     int      err_s      // 错误消息长度
12 )
```

示例代码为 `convolvec.c`、`convolvef.f`、`correlatec.c` 和 `correlatef.f`。

第9章 SAC I/O 自定义

这一章的内容一直没有想好怎么写，姑且先放在这里，等等再说。

SAC 自身已经提供了一系列用于读写 SAC 文件的子函数，但是函数功能过于单一。比如读函数只能一次性读取整个文件，无法只读取文件的一部分（即没有截窗的功能）；再比如，想要获取多个头段变量的值，必须多次调用相应的子函数。

在理解了 SAC 的内部结构之后，可以完全自定义 SAC I/O 函数库。

Prof. Lupei Zhu 实现了一个比较方便的 SAC I/O 函数库，可以直接使用或者作为参考。相关地址为：<http://www.eas.slu.edu/People/LZhu/downloads/pssac.tar>。

另一方面，我自己正在计划重写 SAC I/O 函数库以及相应的一些辅助工具。重写 SAC I/O 函数库的原因在于 Prof. Lupei Zhu 的 I/O 库中存在一些潜在的 Bug 以及考虑不周之处，并且现有的诸如 `sac1st` 等辅助工具功能尚有欠缺。

该项目目前还是玩具性质，仅供参考：https://github.com/seisman/sac_tools。

保护环境，从阅读电子文档开始！

第 10 章 SAC 相关工具

10.1 字节序转换

关于什么是字节序，可以参考维基百科相关条目。

SAC 提供了三个工具用于处理可能存在的字节序转换问题，sacswap 用于转换 SAC 文件格式，sgfswap 用于转换 SGF 文件，bbfswap 用于转换黑板变量文件。

10.2 sgftops

SGF 格式是 SAC 自定义的图像文件格式，转换到常见的其他图像格式，需要使用转换工具 sgftops。

sgftops 可以将 SGF 格式的文件转换为 PS 格式。其用法如下：

```
$ sgftops
Usage: sgftops sgf_file ps_file [line_width scale_id]
    sgf_file    :   SGF 文件名
    ps_file     :   PS 文件名
    line_width  :   图像线宽，可以取 1,1.5,2 等等
    scale_id    :   - i : landscape 模式加上文件 id
                    - s : 对图像进行平移、旋转、缩放
                    - si : landscape 模式 + 文件 id + 平移 + 旋转 + 缩放
```

示例如下：

```
$ sgftops foo.sgf foo.ps 2 si
[seisman@saturn sac]$ sgftops f001.sgf f001.ps 2 si
First translates (x and y), then rotates, then scales:
[Default] landscape: 8 0 90 1 to prompts
Sample portrait: 0.5 0.5 0 0.75

x translation : 0.5
y translation : 0.5
```

```
rotation angle: 0
scale..... : 0.75
```

sgftoeps 和 sgftox 通过调用 sgftops, 将 sgf 文件转换为 eps 文件或直接显示在图形窗口中, 这二者均依赖于 ghostscript, 不再多说。

10.3 sac-config

sac-config 是 SAC 提供的一个简单的配置脚本, 用于返回编译、链接 SAC 函数库时所需要的一些信息。

其用法如下：

```
Usage: sac-config [-clvp] [--prefix[=DIR]] [--version] [--libs] [--cflags] libs
Display information regarding SAC, specifically used
during the compilation of programs using the libraries
of SAC: sacio and sac

--cflags      Output Compilation Flags
-c
--libs        Output Sac Libraries
-l
--prefix=path Set alternative Prefix to path for SAC
--prefix      Display Current SAC Prefix Path
-p
--version     Display SAC version information
-v
```

10.4 saclst

saclst 是很常用的一个 SAC 工具, 用于列出头段变量的值, 其语法很简单：

```
$ saclst header_lists f file_lists
```

其中 **header_lists** 为要查看的头段变量名列表；**f** 为关键字, 表明接下来的所有参数都是 SAC 文件；**file_lists** 为 SAC 文件列表。需要注意的是, 头段变量名是不区分大小写的, 除了头段变量 **F** 以外。大写的 **F** 被当作头段变量名, 小写的 **f** 被作为关键字。¹

查看单个文件的单个头段：

```
$ saclst npts f seis.SAC
seis.SAC          1000
```

¹这是设计不合理的地方。

查看多个文件的多个头段：

```
$ saclst stla stlo evla evlo gcar f N.*.U
N.AAKH.U      36.3726      137.92      -5.514      151.161      43.4752
N.ABNH.U      34.6326      137.231     -5.514      151.161      42.0392
N.AC2H.U      35.4786      137.735     -5.514      151.161      42.6857
N.AGMH.U      35.787       137.717     -5.514      151.161      42.9798
N.AGWH.U      43.0842      140.82      -5.514      151.161      49.2714
N.AHIH.U      38.2799      139.549     -5.514      151.161      44.8874
```

在 Bash 脚本中将头段变量的值赋值给变量：

```
1 | #!/bin/bash
2 | stla=`saclst stla f seis | awk '{print $2}'`
3 | stlo=`saclst stlo f seis | awk '{print $2}'`
4 | echo $stla $stlo
```

在 Perl 脚本中将头段变量的值赋值给变量：

```
1 | #!/usr/bin/env perl
2 | use strict;
3 | use warnings;
4 |
5 | my ($fname, $stla, $stlo) = split /\s+/, `saclst stla stlo f seis`;
6 | print "$stla $stlo \n";
```

10.5 pssac

pssac 是 Prof. Lupei Zhu 写的一个 C 程序，其利用了 GMT 强大的绘图库将 SAC 波形数据绘制到 PS 文件中。得益于 GMT 强大的绘图功能，pssac 可以制作出精致的图像，以满足出版的要求。

pssac 的用法相对较为复杂，暂且不在本文档中细说，仅列出相关的几篇博文：

1. [pssac 之安装](#)
2. [pssac 之用法](#)
3. [pssac 绘图之单个地震图](#)
4. [pssac 绘图之地震剖面图](#)
5. [pssac 绘图之 reduce velocity 对齐](#)
6. [pssac 绘图之读 stdin 读入文件](#)

保护环境，从阅读电子文档开始！

第 11 章 SAC 技巧与陷阱

11.1 自定义 SAC 初始化

SAC 为大多数命令选取了合适的默认值，但有些时候命令的默认值并不是我们想要的，所以需要在 SAC 中执行命令并选取合适的值。如果能够在启动 SAC 时让 SAC 自动执行这些命令就最好了。

SAC 提供了这样的一种机制：当在终端启动 SAC 时，`sac` 命令后若接文件名，则 SAC 会将该文件当做 SAC 宏文件，并依次执行该宏文件中的 SAC 命令。

首先新建一个宏文件，比如在 SAC 的 `aux` 目录下新建文件 `init.m`，其内容如下：

```
qdp off
```

然后，在 `~/.bashrc` 中加入如下别名语句：

```
alias sac="${SACHOME}/bin/sac ${SACAUX}/init.m"
```

重启 shell 之后，SAC 在每次启动时会首先执行初始化宏文件 `init.m` 中的一系列 SAC 命令。

本例中，宏文件中只有一个语句，即 `qdp off`，执行该命令会关闭快速绘图选项，即在绘图时将全部数据点都绘制出来。可以根据需求自定义启动宏文件。

11.2 命令长度

大多数程序在处理命令行的输入时，都会先定义一个固定长度的字符数组，将命令行的输入读入到字符数组中，再进行进一步的解析。一般来说，这个字符数组是足够大的，很少会担心命令过长的问题。

那么 SAC 所能允许的命令的最大长度是多少呢？看一下 SAC 源码可以知道答案是 1001。考虑到 C 语言中字符串需要以“\0”结尾，所以实际上能够允许的最大长度是 1000。

1000 这个长度似乎够了，因为大多数 SAC 命令的长度都不会超过 20，而且用户也没有那个心情去敲一个长度超过 1000 的命令。一个特殊的情况是命令中包含文件名。

假设在当前目录下有 120 个形如 `XX.XXX.BHZ` 的 SAC 文件，每个文件的文件名长度为 10 字符。如果要将全部 SAC 文件读入到内存中，最简单的办法是使用通配符：

```
SAC> r *.BHZ
```

当然如果不觉得麻烦，完全可以把 120 个文件名一个一个敲到命令行里：

```
SAC> r XX.001.BHZ XX.002.BHZ ... XX.120.BHZ // 此处省略了中间一大堆文件名
```

这两种读入 SAC 文件的方式，看上去很相似，结果却是完全不同的。

前一种方式中，SAC 获取的命令长度实际为 7 字符，远小于 1000 字符的长度上限，然后 SAC 会在程序内部将通配符展开为 120 个文件的文件列表。

后一种方式中，SAC 获取的命令长度超过 1200 字符，但只有前 1000 字符会真正被 SAC 真正接收并处理，这将导致仅有不到 100 个 SAC 文件会被读入，而 SAC 不会对此给出任何警告。这是一件非常危险的事情。

这两种方式比较起来，不管是从简便性还是安全性角度来看，都应该选择通配符这种方式。

在脚本中使用通配符，有一点需要注意。以 Perl 脚本为例，下面的 Perl 脚本调用了 sac，并读取全部文件，然后做了简单的数据处理，最后保存退出。

```
1  #!/usr/bin/env perl
2  use strict;
3  use warnings;
4
5  open(SAC, "| sac") or die "Error in opening sac\n";
6  print SAC "r *.BHZ\n";
7  print SAC "rmean; rtr; taper\n";
8  print SAC "bp c 1 3 n 4 p 2\n";
9  print SAC "w over\n";
10 print SAC "q\n";
11 close(SAC);
```

上面的脚本是可以正常工作的，但是如果改成如下看上去很像的脚本，则会出问题。

```
1  #!/usr/bin/env perl
2  use strict;
3  use warnings;
4
5  my @files = glob "*.BHZ";
6
7  open(SAC, "| sac") or die "Error in opening sac\n";
8  print SAC "r @files\n";
9  print SAC "rmean; rtr; taper\n";
10 print SAC "bp c 1 3 n 4 p 2\n";
```

```

11 | print SAC "w over\n";
12 | print SAC "q\n";
13 | close(SAC);

```

两种都使用了通配符或通配函数，前者直接将“*.BHZ”传递给 SAC，而后者却将通配 (glob) 后的文件列表传给 SAC，所以后者会出现问题。在写脚本的时候应避免后一种写法。

通配符不是万金油，很多时候我们无法使用通配符来通配一堆没有规律的文件。

例如，当前目录下有 200 个形如 XX.XXX.BHZ 的 SAC 文件，其中 140 个有清晰的 P 波，P 波的到时被标记到 T0 中。现在想要读取这 140 个有清晰 P 波的数据，这个时候显然通配符是没法用了。

错误的写法如下：

```

1 | #!/usr/bin/env perl
2 | use strict;
3 | use warnings;
4 |
5 | # 获取全部 T0 有定义的文件名列表
6 | my @files = ();
7 | open(SACLST, "saclst t0 f *.BHZ |");
8 | foreach (<SACLST>) {
9 |     my ($fname, $t0) = split ' ', $_;
10 |    push @files, $fname if $t0 > 0;
11 | }
12 | close(SACLST);
13 |
14 | # 调用 SAC 进行数据处理
15 | open(SAC, "| sac") or die "Error in opening sac\n";
16 | print SAC "r @files\n";
17 | print SAC "rmean; rtr; taper\n";
18 | print SAC "bp c 1 3 n 4 p 2\n";
19 | print SAC "w over\n";
20 | print SAC "q\n";
21 | close(SAC);

```

调用 SAC 进行数据处理的正确写法：

```

1 | open(SAC, "| sac") or die "Error in opening sac\n";
2 | foreach (@files) {
3 |     print SAC "r more $_\n";
4 | }

```

```

5 print SAC "rmean; rtr; taper\n";
6 print SAC "bp c 1 3 n 4 p 2\n";
7 print SAC "w over\n";
8 print SAC "q\n";
9 close(SAC);

```

效率稍低的正确写法：

```

1 open(SAC, "| sac") or die "Error in opening sac\n";
2 foreach (@files) {
3     print SAC "r $_\n";
4     print SAC "rmean; rtr; taper\n";
5     print SAC "bp c 1 3 n 4 p 2\n";
6     print SAC "w over\n";
7 }
8 print SAC "q\n";
9 close(SAC);

```

11.3 字节序

字节序，即一个多字节的数据在内存中存储方式。计算机领域中，有两种字节序，即小端序（little endian）和大端序（big endian）。

举例说明，假设一个整型变量占四个字节，其地址为0x100。则 x 的四个字节将被存储在存储器的0x100~0x103 字节中。若这个整型变量的十六进制为0x01234567，若按照大端序存储，则 01 位于地址0x100，23 位于地址0x101，以此类推。而小端序则是67 位于地址0x100，45 位于 0x101。直观的来看，大端序即数据的最高字节在地址上更靠前，小端序则是数据的最低字节在地址上更靠前。

关于字节序的详细说明，请参考维基百科相关条目。

不同的处理器使用可能使用不同的字节序，这在数据交换的时候会带来很多麻烦。

比如用一个大端序的机器将数据0x01234567 写入文件中，然后将文件复制到一个小端序的机器中，小端序机器在读取数据时会顺序读取，即将01 放入低地址位，将67 放在高地址位，而在解释时会认为低地址位的是最低字节。所以，大端序的0x1234567 会被小字节序当做0x67452301。通常在不同字节序的机器间传输数据时都需要先进行字节序的转换。

在 SAC 中也会遇到类似的问题，幸运的是 sac 程序在读取数据时会自动检测当前机器的字节序以及当前数据的字节序，若二者不相同，则会对已读入内存中的数据进行字节序的转换。

由于 SAC 头段中并没有包含当前字节序的相关信息，所以 SAC 只能通过判断当前文件的 SAC 版本号，即nvhdr 来判断，若nvhdr 的值在 0 到 6 之间，则 SAC 文件的字节序与当前机器字节序相同，否则不同则需要做字节序转换。

SAC 能够自动判断文件的字节序并在必要的时候做字节序转换，但其他与 SAC 相关的工具却不一定可以。比如，旧版本的 `sac1st` 以及网上的某些 matlab 处理本大多是没有对 SAC 文件的字节序做判断的。这会导致一个让人困惑的问题：某些数据用 SAC 读一切正常，但是用其他工具读却乱七八糟，数据点数、采样间隔以及具体的数据值没有一个对的。这种问题很多情况下都是因为字节序导致的。

如果 SAC 文件的字节序跟当前机器的字节序不同，最好将 SAC 文件转换到当前机器的字节序，这样不论是 SAC 还是其他工具都可以正常对数据进行处理。字节序转换的办法很简单：

```
SAC> r *.SAC  
SAC> w over
```

直接将所有 SAC 数据读入 SAC，然后再 `w over` 即可，SAC 会自动以当前机器的字节序覆盖磁盘中的文件。

保护环境，从阅读电子文档开始！

第II部分 SAC 命令手册

第 12 章 SAC 命令

功能命令列表

信息模块

- `comcor` : 控制 SAC 的命令校正选项
- `production` : 控制作业模式选项
- `report` : 报告 SAC 选项的当前状态
- `trace` : 追踪黑板变量和头段变量
- `echo` : 控制输入输出回显到终端
- `history` : 打印最近执行的 SAC 命令列表
- `message` : 发送信息到用户终端
- `quitsub` : 退出子程序
- `about` : 显示版本和版权信息
- `news` : 终端显示关于 SAC 的一些信息
- `quit` : 退出 SAC
- `help` : 在终端显示 SAC 命令的语法和功能信息
- `printhelp` : 调用打印机打印帮助文档
- `inicm` : 重新初始化 SAC
- `transcript` : 控制输出到副本文件

执行模块

- `evaluate` : 对简单算术表达式求值
- `setbb` : 设置黑板变量的值
- `unsetbb` : 删除黑板变量
- `getbb` : 获取或打印黑板变量的值
- `mathop` : 控制数学操作符的优先级
- `macro` : 执行 SAC 宏文件
- `installmacro` : 将宏文件安装到 SAC 全局宏目录中
- `setmacro` : 定义执行 SAC 宏文件时搜索的一系列目录
- `systemcommand` : 从 SAC 中执行系统命令

一元操作模块

- `add` : 为每个数据点加上同一个常数
- `sub` : 给每个数据点减去同一个常数
- `mul` : 给每个数据点乘以同一个常数
- `div` : 对每个数据点除以同一个常数
- `sqr` : 对每个数据点做平方

- `sqrt` : 对每个数据点取其平方根
- `abs` : 对每一个数据点取其绝对值
- `log` : 对每个数据点取其自然对数 ($\ln y$)
- `log10` : 对每个数据点取以 10 为底的对数 ($\log_{10} y$)
- `exp` : 对每个数据点取其指数 (e^y)
- `exp10` : 对每个数据点取以 10 为底的指数 (10^y)
- `int` : 利用梯形法或矩形法对数据进行积分
- `dif` : 对数据进行微分操作

二元操作模块

- `addf` : 使内存中的一组数据加上另一组数据
- `subf` : 使内存中的一组数据减去另一组数据
- `mulf` : 使内存中的一组数据乘以另一组数据
- `divf` : 使内存中的一组数据除以另一组数据
- `binoperr` : 控制二元操作 `addf`、`subf`、`mulf`、`divf` 中的错误
- `merge` : 将多个数据文件合并成一个文件

信号校正模块

- `rq` : 从谱文件中去除 Q 因子
- `rglitches` : 去掉信号中的坏点
- `rmean` : 去除均值
- `rtrend` : 去除线性趋势
- `taper` : 对数据两端应用对称的 `taper` 函数, 使得数据两端平滑地衰减到零
- `rotate` : 将成对的正交分量旋转一个角度
- `quantize` : 将连续数据数字化
- `interpolate` : 对等间隔或不等间隔数据进行插值以得到新采样率
- `stretch` : 拉伸 (增采样) 数据, 包含了一个可选的 FIR 滤波器
- `decimate` : 对数据减采样, 包含了一个可选的抗混叠 FIR 滤波器
- `smooth` : 对数据应用算术平滑算法
- `reverse` : 将所有数据点逆序

数据文件模块

- `funcgen` : 生成一个函数并将其存在内存中
- `datagen` : 产生样本波形数据并储存在内存中
- `read` : 从磁盘读取 SAC 文件到内存
- `readbbf` : 将黑板变量文件读入内存
- `readerr` : 控制在执行 `read` 命令过程中的错误的处理方式
- `readhdr` : 从 SAC 数据文件中读取头段到内存
- `write` : 将内存中的数据写入磁盘
- `writebbf` : 将黑板变量文件写入到磁盘
- `writehdr` : 用内存中文件的头段区覆盖磁盘文字中的头段区
- `listhdr` : 列出指定的头段变量的值
- `chnhdr` : 修改指定的头段变量的值
- `readtable` : 从磁盘读取列数据文件到内存
- `copyhdr` : 从内存中的一个文件复制头段变量给其他所有文件
- `convert` : 实现数据文件格式的转换
- `cut` : 定义要读入文件中的哪部分 (即数据截窗)
- `cuterr` : 控制坏的截窗参数引起的错误

- `cutim` : 截取内存中的文件
- `deletechannel` : 从内存文件列表中删去一个或多个文件
- `synchronize` : 同步内存中所有文件的参考时刻
- `sort` : 根据头段变量的值对内存中的文件进行排序
- `wild` : 设置读命令中用于扩展文件列表的通配符

图形环境模块

- `saveimg` : 将绘图窗口中的图像保存到多种格式的图像文件中
- `xlim` : 设定图形中 x 轴的范围
- `ylim` : 设定图形中 y 轴的范围
- `linlin` : 设置 X、Y 轴均为线性坐标
- `loglog` : 设置 X、Y 轴均为对数坐标
- `linlog` : 设置 X 轴为线性坐标, Y 轴为对数坐标
- `loglin` : 设置 X 轴为对数坐标, Y 轴为线性坐标
- `xlin` : 设置 X 轴为线性坐标
- `ylin` : 设置 Y 轴为线性坐标
- `xlog` : 设置 X 轴为对数坐标
- `ylog` : 设置 Y 轴为对数坐标
- `xdiv` : 控制 x 轴的刻度间隔
- `ydiv` : 控制 y 轴的刻度间隔
- `xfull` : 控制 X 轴的绘图为整对数方式
- `yfull` : 控制 Y 轴的绘图为整对数方式
- `xfudge` : 改变 X 轴的“插入因子”
- `yfudge` : 改变 Y 轴的“插入因子”
- `axes` : 控制注释轴的位置
- `ticks` : 控制绘图上刻度轴的位置
- `border` : 控制图形四周边框的绘制
- `grid` : 控制绘图时的网格线
- `xgrid` : 控制绘图时的 x 方向的网格线
- `ygrid` : 控制绘图时的 y 方向的网格线
- `title` : 定义绘图的标题和属性
- `gtext` : 控制绘图中文本质量以及字体
- `tsize` : 控制文本尺寸属性
- `xlabel` : 定义 X 轴标签及属性
- `ylabel` : 定义 Y 轴标签及属性
- `plabel` : 定义通用标签及其属性
- `filenumber` : 控制绘图时文件号的显示
- `fileid` : 控制绘图时文件 ID 的显示
- `picks` : 控制时间标记的显示
- `qdp` : 控制低分辨率快速绘图选项
- `loglab` : 控制对数轴的标签
- `beginframe` : 打开 frame, 用于绘制组合图
- `endframe` : 关闭 frame
- `beginwindow` : 启动/切换至指定编号的 X 图形窗口
- `window` : 设置图形窗口位置和宽高比
- `xvport` : 定义 X 轴的视口
- `yvport` : 定义 Y 轴的视口
- `null` : 控制空值的绘制

- `floor` : 对数数据的最小值
- `width` : 控制图形设备的线宽
- `color` : 控制彩色图形设备的颜色选项
- `line` : 控制绘图中的线型
- `symbol` : 控制符号绘图属性

图像控制模块

- `setdevice` : 定义后续绘图时使用的默认图形设备
- `begindevices` : 启动某个图像设备
- `enddevices` : 结束某个图像设备
- `vspace` : 改变图形的最大尺寸和形状
- `sgf` : 控制 SGF 设备选项
- `pause` : 发送信息到终端并暂停
- `wait` : 控制 SAC 在绘制多个图形时是否暂停
- `print` : 打印最近的 SGF 文件

图像绘制模块

- `plot` : 绘制单波形单窗口图形
- `plot1` : 绘制多波形多窗口图形
- `plot2` : 产生一个多波形单窗口绘图
- `plotpk` : 产生一个用于拾取到时的图
- `plotdy` : 绘制一个带有误差棒的图
- `plotxy` : 以一个文件为自变量, 一个或多个文件为因变量绘图
- `plotalpha` : 从磁盘读入字符数据型文件到内存并将数据绘制出来
- `plotc` : 使用光标标注 SAC 图形和创建图件
- `plotsp` : 用多种格式绘制谱数据
- `plotpm` : 针对一对数据文件产生一个“质点运动”图
- `erase` : 清除图形显示区域

谱分析模块

- `hanning` : 对每个数据文件应用一个“hanning”窗
- `mulomega` : 在频率域进行微分操作
- `divomega` : 在频率域进行积分操作
- `fft` : 对数据做快速离散傅立叶变换
- `ifft` : 对数据进行离散反傅立叶变换
- `keepam` : 保留内存中谱文件的振幅部分
- `khronhite` : 对数据应用 Khronhite 滤波器
- `correlate` : 计算自相关和互相关函数
- `convolve` : 计算主信号与内存中所有信号的卷积
- `hilbert` : 应用 Hilbert 变换
- `envelope` : 利用 Hilbert 变换计算包络函数
- `benioff` : 对数据使用 Benioff 滤波器
- `unwrap` : 计算振幅和展开相位
- `wiener` : 设计并应用一个自适应 Wiener 滤波器
- `plotsp` : 用多种格式绘制谱数据
- `readsp` : 读取 WRITESP 和 WRITESPE 写的谱文件
- `writesp` : 将谱文件作为一般文件写入磁盘
- `bandpass` : 对数据文件使用无限脉冲带通滤波器

- `highpass` : 对数据文件应用一个无限脉冲高通滤波器
- `lowpass` : 对数据文件应用一个无限脉冲高通滤波器
- `bandrej` : 应用一个无限脉冲带阻滤波器
- `fir` : 应用一个有限脉冲响应滤波器

分析工具

- `linefit` : 对内存中数据的进行最小二乘线性拟合
- `correlate` : 计算自相关和互相关函数
- `convolve` : 计算主信号与内存中所有信号的卷积
- `envelope` : 利用 Hilbert 变换计算包络函数
- `filterdesign` : 产生一个滤波器的数字和模拟特性的图形显示, 包括: 振幅, 相位, 脉冲响应和群延迟。
- `map` : 利用 SAC 内存中的所有数据文件生成 GMT 地图
- `whiten` : 平滑输入的时间序列的频谱
- `arraymap` : 利用 SAC 内存中的所有文件产生一个台阵或联合台阵的分布图

事件分析模块

- `ohpf` : 打开一个 HYPO 格式的震相文件
- `chpf` : 关闭当前打开的 HYPO 震相拾取文件
- `whpf` : 将辅助内容写入 HYPO 格式的震相拾取文件中
- `oapf` : 打开一个字母数字型震相拾取文件
- `capf` : 关闭目前打开的字符数字型震相拾取文件
- `apk` : 对波形使用自动事件拾取算法 (由连续信号判断是否其中是否包含地震事件)
- `plotpk` : 产生一个用于拾取到时的图
- `mtw` : 决定接下来命令中所使用的测量时间窗
- `markptp` : 在测量时间窗内测量并标记最大峰峰值
- `marktimes` : 根据一个速度集得到走时并对数据文件进行标记
- `markvalue` : 在数据文件中搜索并标记某个值
- `rms` : 利用测量时间窗计算数据的均方根
- `traveltime` : 根据预定义的速度模型计算指定震相的走时

XYZ 数据模块

- `spectrogram` : 使用内存中的所有数据计算频谱图
- `sonogram` : 计算一个频谱图, 其等价于同一个谱图的两个不同的平滑版本的差
- `image` : 利用内存中的数据文件绘制彩色图
- `loadctable` : 允许用户在彩色绘图中选择一个新的颜色表
- `grayscale` : 产生内存中数据的灰度图像
- `contour` : 利用内存中的数据绘制等值线图
- `zlevels` : 控制后续等值线图上的等值线间隔
- `zcolors` : 控制等值线的颜色显示
- `zlines` : 控制后续等值线绘图上的等值线线型
- `zticks` : 用方向标记标识等值线
- `zlabels` : 根据等值线的值控制等值线的标记

仪器校正模块

- `transfer` : 反卷积以去除仪器响应并卷积以加入其它仪器响应

FK 谱

- `bbfk` : 利用 SAC 内存中的所有文件计算宽频频率-波数谱估计
- `beam` : 利用内存中的全部数据文件计算射线束

12.1 about

概要

显示版本和版权信息

语法

```
ABOUT
```

12.2 abs

概要

对每一个数据点取其绝对值

语法

```
ABS
```

说明

此命令会对 SAC 内存块中的所有波形数据的每个数据点取绝对值。取绝对值之后，会重新计算数据的最大值、最小值和均值，并更新 SAC 头段区的相应头段变量。

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1307: 对谱文件的非法操作

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.3 add

概要

为每个数据点加上同一个常数

语法

```
add [v1 [v2 ... vn]]
```

输入

- v1** 加到第一个文件的常数
- v2** 加到第二个文件的常数
- vn** 加到第 *n* 个文件的常数

缺省值

```
add 0.0
```

说明

此命令给内存块中数据文件的每个数据点都加上同一个常数。

对于每个数据文件，这个常数可以是相同的也可以是不同的。若内存块中数据文件的个数比命令中常数的个数要多，则余下的所有数据文件将都加上命令的最后一个常数值；若内存块中数据文件的个数比给出的常数个数少，则多余的常数被忽略。

示例

为了给文件 f1 的每个数据点加上常数 5.1，f2 和 f3 的每个数据点加上常数 6.2:

```
SAC> r f1 f2 f3          // 三个文件
SAC> add 5.1 6.2         // 两个常数
```

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1307: 对谱文件的非法操作

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.4 addf

概要

使内存中的一组数据加上另一组数据

语法

```
ADDF [NEWHDR [ON|OFF]] filelist
```

输入

NEWHDR ON|OFF 若为 OFF，则生成的数据文件使用内存中原文件的头段；若为 ON，则生成的数据文件使用 filelist 中新文件的头段。缺省值为 OFF。
filelist SAC 二进制文件列表。

说明

这个命令用于将一组数据文件与另一组数据文件分别相加。若内存中的文件数多于 filelist 中文件数，则 filelist 的最后一个文件将加到剩余文件中；若 filelist 中的文件数多余内存中的文件数，则 filelist 中多余的文件将被忽略。

该命令仅可对等间隔时间序列进行操作，且要求相加的两个数据文件有相同的采样周期和数据点数，数据文件所对应的绝对时刻也应匹配。

对于采样周期和数据点数是否匹配的检查，可以通过 `binoperr` 命令进一步设置为 `ignore`、`warning` 或 `fatal`。

在 `ignore` 或 `warnings` 的前提下，若两个待相加的文件采样周期不等，SAC 会忽略采样周期的差异，直接进行数据点的加法；若文件的数据点数不等，则取最小的数据点数作为最终结果文件的数据点数。

若两个待相加的文件所对应的时刻不完全匹配，则会给出警告，但相加操作会继续执行。

示例

将一个文件加到其他三个文件中：

```
SAC> r file1 file2 file3
SAC> addf file4
```

将两个文件分别加到另两个文件中：

```
SAC> r file1 file2
SAC> addf file3 file4
```

头段变量

`depmin`、`depmax`、`depmen`、`npts`、`delta`

错误消息

- 1301: 未读入数据件
- 1803: 未读入二进制数据文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1317: 文件不是 SAC 数据文件
- 1801: 头段值不匹配（采样周期或数据点数不相等）

警告消息

- 1802: 时间不匹配

相关命令

`read`、`binoperr`

12.5 apk

概要

对波形使用自动事件拾取算法（由连续信号判断是否其中是否包含地震事件）

语法

```
APK [param v [param v] ... ] [VALIDATION ON|OFF]
```

输入

param v 给参数赋值，param 的可能取值在说明中会说到。

VALIDATION ON 打开震相检验。

VALIDATION OFF 关闭震相检验。

缺省值

```
apk c1 0.985 c2 3.0 c3 0.6 c4 0.03 c5 5.0 c6 0.0039 c7 100. c8 -0.1
d5 2. d8 3. d9 1. i3 3 i4 40 i6 3 validation on
```

说明

用于自动震相拾取的算法最初来自于 USGS 的 Rex Allen 的工作。

事件的检测依据是基于信号短期滑动平均值与长期滑动平均值的比值的突变。一旦事件被检测到，这次拾取将被赋予一个可选的验证状态以试图从噪声中区分出真正的事件。一旦检测到的事件的有效性被确认，这次读取到的事件将被计算以决定事件的其他特征。目前只能给出事件持续的时间，如果需要其他比如最大振幅、周期以及衰减率之类的信息也可以加入。注意这里检测的是一次事件而非一个震相！

这个命令的大多数参数永远不需要改变，如果用户想要改进算法这些参数也可以做修改。这些参数中的大多数和参考文献中有相同的含义：

- C1 是用于滤去直流偏差的递归高通滤波器中的常数
- C2 是用于改变特征函数的振幅以及一阶微分的权重的常数
- C3 是用于计算特征函数的短期平均值的时间常数
- C4 是用于计算特征函数的长期平均值的时间常数
- C5 是用于计算参考水平阈值的常数。当信号的短期平均值大于 C5 乘以长期平均值，那么这样一个信号就是一个有效事件
- C6 是用于计算滤波后数据的滑动平均绝对值的时间常数
- C7 当特征函数的绝对值大于 C7 则认为此台站无效
- C8 是用于确定信号终止的参数。当信号的绝对值低于 C8 的时间超过 D8 秒则认为信号已经终止。目前有两种不同的算法所以 C8 有两种不同的解释。如果 C8 为正，那么终止水平为 C8 乘以事件到达之前的信号的滑动平均绝对值。这个方法对于对于背景噪声很大的台站是很有用的。如果 C8 为负，则终止水平为 C8 的绝对值。如果噪声水平比终止水平低的多，则这种方法将给出不同台站的较为一致的终止判据。
- D5 是一个事件被判定为有效所要达到的最小持续时间的秒数。
- D9 是用于初始化特征函数长期平均值的持续时间值的，单位为秒
- I3、I4 和 I6 是用于震相验证的整型常数，需要保证不被改变

头段变量改变

事件读取到的时间储存在 A(即初动到时) 中，运动的质量和方向储存在 KA 中，事件结束时间储存在 F 中

示例

```
SAC> fg seis // 利用这个数据做个例子
SAC> lh a // 这个数据本身是标有 A 的，即初动到时
FILE: SEISMOGR - 1
```

```

-----
      a = 1.046400e+01
SAC> apk v on                //apk, 且打开震相验证
      CDV IPD0 81 329103824.49 //台站名, KA的值, 后面两个不知道是什么
SAC> lh a ka f
      FILE: SEISMOGR - 1
-----
      a = 1.049000e+01        //新标记的初动到时, 可以p看一下效果
      ka = IPD0               //初动信息, I表示急始, P表示初动P波,
                              //D表示初动向下, 0不清楚
SAC> apk v off               //apk, 关闭震相验证
      CDV -123 81 329103824.49
53897
SAC> lh a ka f
      FILE: SEISMOGR - 1
-----
      a = 1.049000e+01        //初始震相
      f = 5.389773e+06        //事件结束, 这里的f好像有问题?

```

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1306: 对非等间隔文件的非法操作
- 1307: 对谱文件非法操作

警告消息

- 1910: 下面的文件没有找到有效的事件：

相关命令

ohpf、oapf

12.6 arraymap

概要

利用 SAC 内存中的所有文件产生一个台阵或联合台阵的分布图

语法

```
ARRAYMAP [ARRAY|COARRAY]
```

输入

ARRAY 根据头段变量中的偏移 X、Y 值绘制台站分布

COARRAY 根据各台站之间的相对坐标绘制台站分布图

缺省值

```
arraymap array
```

头段数据

下面的两个头段变量必须使用 SAC 宏文件 `wrxyz` 或者与之功能相似的其他函数提前设定，所有的偏移是相对于某个参考点的千米数。

- USER7: 向东的偏移 (x).
- USER8: 向北的偏移 (y).

说明

不是很清楚这个命令的作用是什么，对于每个数据来说，需要用宏文件 `wrxyz` 定义头段变量 `user7` 和 `user8`，然后才能利用该命令绘制出 `arraymap`，从命令的名字来理解，应该是绘制某个台站的台站分布图，理论上只需要台站的真实位置即可。不知这个究竟在什么场合要使用。

限制

在 `bbfk` 中允许的最多台站数

相关命令

`wrxyz` 是一个 SAC 宏文件，位于 `$SACaux/macros` 中

12.7 axes

概要

控制注释轴的位置

语法

```
AXES [ON|OFF|ONLY] [ALL] [TOP] [BOTTOM] [RIGHT] [LEFT]
```

输入

ON 显示列表中指定的注释轴，其他不变
OFF 不显示列表中指定的注释轴，其他不变
ONLY 只显示列表中指定的注释轴，其他的不显示
ALL 指定所有四个注释轴
TOP 绘图上部的 X 注释轴
BOTTOM 绘图下部的 X 注释轴
RIGHT 绘图右侧的 Y 注释轴
LEFT 绘图左侧的 Y 注释轴

缺省值

```
axes only bottom left
```

即只有下边和左边使用注释轴

说明

坐标轴可以绘制在一张图四边的任意一或多个边，有很多命令可以控制坐标轴长什么样。坐标轴的注释间隔用 `xdiv` 命令设定（即隔多长显示一个数字），刻度标记的间距可以用 `ticks` 命令单独控制。

`only` 表示仅在后面列表中指定的边上使用注释轴，而 `on` 和 `off` 则表示仅对列表中的边打开或关闭注释轴，对其他不在列表中的边不起作用。

要获得自己想要的效果，使用 `on` 或者 `off` 时你必须要知道当前已经显示的轴有哪些，哪些是你想要打开或关闭的。这是一个有点容易弄错的问题，不如只使用 `only` 加上想要显示的轴更加简单一点。

示例

```
SAC> fg seis
SAC> p           //看看SAC的默认设置，左边和底部有注释
SAC> axes on t   //打开顶部注释，左边和底部注释依然保留
SAC> p           //看到的结果是只有顶部注释，没有左边和底部注释，
                  //这里和说明中强调的不一样，应该是程序的bug，
                  //将on认为是only的简写了
SAC> axes on a   //打开所有注释轴
SAC> axes off b  //仅关闭底部注释轴（off选项和说明是一致的）
SAC> axes only b //仅显示底部注释轴
```

相关命令

`xdiv`、`ticks`

12.8 bandpass

概要

对数据文件使用无限脉冲带通滤波器

语法

```
BANDPASS [BUTTER|BESSEL|C1|C2] [CORNERS v1 v2] [NPOLES n] [PASSES n]
          [TRANBW v] [ATTEN v]
```

输入

BUTTER 应用一个 Butterworth 滤波器

BESSEL 应用一个 Bessel 滤波器

C1 应用一个 Chebyshev I 型滤波器

C2 应用一个 Chebyshev II 滤波器

CORNERS v1 v2 设定拐角频率分别为 `v1` 和 `v2`，即频率通带为 `v1-v2`

NPOLES n 设置极数为 `N`，范围：1-10

PASSES n 设通道数为 `N`，范围：1-2

TRANBW v 设置 Chebyshev 转换带宽为 `v`

ATTEN v 设置 Chebyshev 衰减因子为 `v`

缺省值

```
bandpass butter corner 0.1 0.4 npoles 2 passes 1 tranbw 0.3 atten 30
```

说明

在 SAC 中有一系列无限脉冲滤波器 (IIR) 可以使用。这些递归的数字滤波器是基于传统的模拟滤波器设计的：Butterworth, Bessel, Chebyshev I 型以及 Chebyshev II 型。这些模拟滤波器经过双线性变换（一种可以保持模拟滤波器稳定性的变换方式）转换成数字滤波器。

一般来说，多数情况下 Butterworth 滤波器是个不错的选择。因为它有一个相当尖锐的转换带以及平缓的群延迟响应。Butterworth 滤波器是默认的滤波器类型，它的 3 db 指定在截止频率处。Bessel 滤波器对于那些需要线性相位而没有双通滤波的应用来说是最好的。它的振幅响应并不够好。SAC 的 Bessel 滤波器经过归一化因此它的 3 db 点也在指定的截止频率处。两个 Chebyshev 滤波器可以用于适应通带与阻带之间具有较为尖锐的转变的要求。尽管他们有较好的振幅响应，但是它们的群延迟响应是 SAC 所有滤波器中最差的。

在使用这些滤波器时需要小心。首先，所有的递归滤波器都有非线性相位响应，这将导致滤波后波形的频散。对于滤波后波形的相位很重要的应用来说，SAC 提供了一个递归滤波的零相位工具。零相位滤波器可以通过正向和反向（而不仅仅只是正向滤波）两次滤波来实现。这个双向操作的滤波器产生一个等效振幅响应，它等于原来振幅响应的平方。它同时也产生一个非因果的滤波脉冲响应，使得信号在尖锐起始时间之前附加一个虚假的前驱信号。因此双通滤波后数据无法正确的给出起跳到时。对于信号前驱不可忽略的情况，例如读取震相起跳到时，使用双通滤波器不是一个很好的选择。其次，当滤波器的通带宽度相比折叠频率很小时，滤波器可能会出现数值不稳定。这个问题在增加极数时会更加严重。在要求使用一个非常窄的通带时，一个有效的办法是首先对数据进行采样，对采样之后的数据用一个通带宽一些的滤波器进行滤波，最后对数据进行插值回到原始采样率。当所需通带宽降到折叠频率的百分之几时很有必要使用这种策略。

一般来说，随着极数的增加滤波器将有一个从通带到阻带的尖锐的转变。然而，极数太大是要付出代价的。滤波器群延迟一般随着极数的增加而变得更宽，结果导致波形混淆。那需要 3 或 4 个极的应用应该重新考虑。

Butterworth 和 Bessel 滤波器的设计特别简单。你只需要指定截止频率和极数即可。

Chebyshev 滤波器设计起来更复杂一点，你还需要提供转换带宽以及阻带衰减因子。转换带宽是滤波器通带和阻带之间的区域的宽度，它被指定为模拟滤波器通带宽度的一部分由于双线性变换频率轴的非线性弯曲，递归数字滤波器的转换带宽可能会比设计时指定的要小。在 SAC 里，模拟滤波器的截止频率在双线性变换之后要做补偿以保证其满足设计要求。阻带边界同样也是不真实的，因此，如果明确的设置阻带边界是重要的，当你的截止频率选定后你必须对其进行补偿。

阻带衰减是通带增益与阻带增益的比值。

示例

应用一个四极 Butterworth 滤波器，拐角频率为 2 、 5 Hz.:

```
SAC> bp n 4 c 2 5
```

在此之后如果要应用一个二极双通具有相同频率的 Bessel:

```
SAC> bp n 2 be p 2
```

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1002: 由于拐角频率大于 Nyquist 频率而出现的坏值

头段变量改变

depmin, depmax, depmen

12.9 bandrej

概要

应用一个无限脉冲带阻滤波器

语法

```
BANDREJ [BUTTER|BESSEL|C1|C2] [CORNERS v1 v2] [NPOLES n] [PASSES n]
        [TRANBW v] [ATTEN v]
```

输入

BUTTER 应用一个 Butterworth 滤波器

BESSEL 应用一个 Bessel 滤波器

C1 应用一个 Chebyshev I 型滤波器

C2 应用一个 Chebyshev II 滤波器

CORNERS v1 v2 设定拐角频率分别为 v1 和 v2，即频率通带为 v1-v2

NPOLES n 设置极数为 N，范围: 1-10

PASSES n 设通道数为 N，范围: 1-2

TRANBW v 设置 Chebyshev 转换带宽为 v

ATTEN v 设置 Chebyshev 衰减因子为 v

缺省值

```
bandrej butter corner 0.1 0.4 npoles 2 passes 1 tranbw 0.3 atten 30
```

说明

参见命令 bandpass 的说明

示例

应用一个四极 Butterworth 滤波器，拐角频率为 2、5 Hz.:

```
SAC> br n 4 c 2 5
```

在此之后如果要应用一个二极双通具有相同频率的 Bessel:

```
SAC> br n 2 be p 2
```

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1002: 由于拐角频率大于 Nyquist 频率而出现的坏值

头段变量改变

depmin, depmax, depmen

有关命令

bandpass

12.10 bbfk

概要

利用 SAC 内存中的所有文件计算宽频频率-波数谱估计

语法

```
BBFK [FILTER] [NORMALIZE] [EPS v] [MLM|PDS] [EXP n] [WAVENUMBER v]
      [SIZE m n] [LEVELS n] [DB] [TITLE text] [WRITE [ON|OFF fname]
      [SSQ n] [PRINT pname]]
```

输入

FILTER 使用最近一次 filterdesign 命令设计的带通滤波器

NORMALIZE 用 Capo 方法归一化协方差矩阵，如果各信号道的振幅差别比较大，这是一个好方法

EPS v 调整协方差矩阵的分量值，矩阵对角线的项是 (1.0+EPS) 的整数倍。

MLM 在高分辨率估计中使用最大似然法

PDS 不采用最大似然法的功率谱密度

EXP n 波数谱增加的幂次

WAVENUMBER v 从中采样谱估计的波数目

SIZE m n 极坐标中等值线的尺寸：m 是方位角方向上的采样点数；n 是在波数方向上的采样点数。m、n 必须为偶数，而且其乘积最大限为 40000

LEVELS n 等值线间隔数

DB 以分贝为单位的对数坐标图形

TITLE text 图形标题

WRITE ON|OFF fname 是否计算二维等值线数据并写入磁盘 (xyz 类型的 SAC 文件)。fname 是要写入的文件名或路径名。如果没有指定文件名, 则默认为 BBFK SSQ n 二维图的尺寸 (取沿着正方形每个边的采样数据点), 最大允许值为 200。

缺省值

```
bbfk eps .01 pds exp 1 wvnumber 1.0 size 90 32 levels 11 write off ssq 100
```

说明

BBFK 命令允许用户计算宽频频率-波数谱。

头段数据

分情况决定头段的信息:

- 若参考台站设置在 KUSER1 中并且其对于所有文件是相同的, 则所有文件的 USER7 和 USER8 都需要设置为偏移量
- 若所有文件台站纬度 (STLA) 以及台站经度 (STLO) 都设置了, 则偏移量通过这些经纬度计算, 以第一个文件作为参考台站
- 若所有文件的 USER7 和 USER8 都设置了, 则它们直接作为偏移量
- 若所有文件的事件纬度 (EVLA) 以及事件经度 (EVLO) 都设置了, 则他们用于计算偏移量, 使用第一个台站作为参考台站

输出

polar 输出立即被绘制出 (不保留), square 输出会写入到硬盘。FK 的峰值、反方位角以及波数将分别写入黑板变量 BBFK_AMP, BBFK_BAZIM 以及 BBFK_WVNBR。

错误消息

- 尺寸 m 或者 n 不是一个偶数。
- 偏移量 X、Y、Z 未设置在头段变量 USER7,8,9 中。
- 未找到 filterdesign 得到的系数数据, 或者滤波器类型不是 “BP”

限制

- 台站最多允许有 100 个。
- 极性等值线的最大尺寸是 $m \times n = 40000$ 。
- 二维等值线输出的最大尺寸是 $i = 200$ 。

相关命令

[arraymap](#)

12.11 beam

概要

利用内存中的全部数据文件计算射线束

语法

```
BEAM [BEARING v] [VELOCITY v] [REFERENCE ON|OFF| lat lon [el]]
      [OFFSET REF|USER|STATION|EVENT|CASCADE] [EC anginc surve1]
      [CENTER x y z] [WRITE fname]
```

输入

BEARING v 方位，由北算起的度数

VELOCITY v 速度，单位为公里每秒

REFERENCE lat lon el 参考点，打开 REFERENCE 选项并定义参考点，这样其他文件的偏移量以此而定。lat、lon、el 分别代表纬度、经度、深度（下为正）

REFERENCE ON|OFF 开或关 REFERENCE 选项

OFFSET REF 偏移量是相对于 REFERENCE 选项设置的参考点的。这要求开启 REFERENCE 选项

OFFSET USER 偏移量直接从 USER7, USER8 以及 USER9 中获取，（分别代表纬度、经度以及海拔）。这就要求所有文件的 USER7 和 USER8 必须定义。如果设置了 EC 选项，则 OFFSET USER 要求 USER9 必须被设置。

OFFSET STATION 偏移量相对于第一个台站的位置，这要求所有文件的 STLA、STLO 必须定义

OFFSET EVENT 偏移量相对于第一个事件的位置，这要求所有文件的 EVLA、EVLO 必须定义

OFFSET CASCADE SAC 将会按照前面给出的顺序考虑决定偏移量的方法，并检查必要的数据是否具备。它将使用第一个满足要求的方法

EC 高程校正。anginc: 入射角，从 z 轴算起，单位为度（震源距离越远，入射角越小）；survel: 表面介质速度 (km/s)。

CENTER 用于计算射线束的中心台站。X 为距参考台站的东向偏移；Y 为距参考台站的北向偏移；Z 为距参考台站的向上偏移，其单位为米；

WRITE fname 将射线束写入磁盘

缺省值

```
beam b 90 v 9.0 ec 33 6.0 c 0. 0. 0. w BEAM
```

说明

BEAM 不覆盖 SAC 内存中的数据，因而当变换方位和速度时这一操作可以重复执行。射线结果写入到磁盘文件中，并且每次可以写到不同的文件。这个设计考虑到了用户的需求，即比较多次使用这一命令的不同结果，以寻找最佳射线束的方位和速度。

头段数据

参见 BBFK 命令

错误消息

CENTER 参数缺失偏移量，EC 参数需要正值

相关命令

[map](#)

12.12 begindevices

概要

启动某个图像设备

语法

```
BEGINDEVICES SGF|XWINDOWS
```

输入

SGF SAC 图像文件

XWINDOWS X Window System 窗口显示系统

说明

该命令用于启动一种图像设备，该命令之后的所有绘图都会被传送到该设备中，直到再次执行 `begindevices` 启动其它图像设备或 `enddevices` 结束该图像设备为止。

SAC 默认使用 `xwindows` 图像设备。具体用法参考“[图像保存](#)”一节的示例。

相关命令

[enddevices](#)、[sgf](#)

12.13 beginframe

概要

打开 frame，用于绘制组合图

语法

```
BEGINFRAME [PRINT [pname]]
```

输入

PRINT pname 当在 `BEGINFRAME` 中使用 `PRINT` 时，SAC 将把图形打印到名为 `pname` 的打印机，如果 `pname` 没有指定则打印到默认的打印机

说明

一般情况下，在每次使用绘图命令时，SAC 会对绘图设备执行刷新操作，以清除上一个绘图命令绘制的图像，然后再显示本次命令绘制的图像，这样可以保证每次绘图命令绘制的图像不会重叠在一起。

`beginframe` 命令会关闭绘图设备的自动刷新功能，直到 `endframe` 命令恢复自动刷新功能为止。在这两个命令中间执行的所有绘图命令所产生的图像将会叠加在一起，形成组合图。

通过这两个命令，并结合 `xvport` 和 `yvport` 定义每次绘图的 viewport，可以很容易地绘制出复杂的组合图。

关于如何绘制组合图以及这几个命令的使用，可以参考“[组合图](#)”一节。

相关命令

[endframe](#)、[xvport](#)、[yvport](#)

12.14 beginwindow

概要

启动/切换至指定编号的 X 图形窗口

语法

```
BEGINWINDOW n
```

输入

n 要启用的绘图窗口的编号，目前 **n** 的取值为 1 到 10

缺省值

```
beginwindow 1
```

说明

现在的图形终端或工作站大多支持多窗口，即启动多个窗口，并在每个窗口中显示相同或不同的图像。

`windows` 命令可以控制每个 X 绘图窗口的位置和形状，而 `beginwindow` 则用于启用该绘图窗口，接下来所有的绘图命令都将显示在该绘图窗口中，直到再次使用 `beginwindow` 命令切换到另一窗口。若你所选择的绘图窗口没有打开，则 `beginwindow` 会首先创建这个窗口。

需要注意的是，`window` 命令只在绘图窗口被创建之前起作用，即 `window` 命令是一个参数设定类命令。在多数系统上，均允许通过鼠标拖曳的方式动态改变这些窗口的大小。一般情况下，在动态改变窗口大小或比例之后，当前窗口的绘图会自动重画以适应新窗口。

需要注意的是，这个命令没有与之对应的 `endwindow`。

相关命令

[window](#)

12.15 benioff

概要

对数据使用 Benioff 滤波器

语法

```
BENIOFF
```


说明

此命令用于模拟 1960 年左右美国空军 VELA 计划中的短周期地震仪的响应的数值近似。

这个远距离地震测量 (LRSM) 项目使用卡车和拖车部署可移动的地震系统, 主要是北美, 以进行可控源地震实验。大多数地震剖面位于 Nevada 试验场附近的径向线和圆弧上。两个半永久的台站安装在 Kanab, UT 和 Mina, NV。

LLNL 在 LRSM 项目结束后继续维护 KN-UT 和 MI-NV 台站。这两个台站使用一个可变磁阻短周期地震仪 (自然频率为 1Hz), 该仪器以加州理工的 Hugo Benioff 教授命名。这个短周期地震仪与一个电流计耦合在一起 (自然频率为 5Hz)。耦合因子的标称值为 0.01, 其响应在 1 到 5Hz 频段内近乎为平的。当 LLNL 将此系统转换为宽频带远震系统时, 设计了一个模拟滤波器以将其通带滤波成 LRSM 短周期的通带。此命令设计了模拟滤波器的数字等效, 以模拟 LRSM 短周期系统。

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.16 binoperr

概要

控制二元操作 addf、subf、mulf、divf 中的错误

语法

```
BINOPERR [NPTS FATAL|WARNING|IGNORE] [DELTA FATAL|WARNING|IGNORE]
```

输入

NPTS 改变数据点数不相等的错误条件
DELTA 改变采样周期不相等的错误条件
FATAL 设置错误条件为“致命”
WARNING 设置错误条件为“警告”
IGNORE 设置错误条件为“忽略”

缺省值

```
binoperr npts fatal delta fatal
```

说明

对文件执行二元操作 (addf、divf 等) 时, SAC 会检测两个文件的数据点数和采样周期是否匹配。

使用这个命令, 你可以控制 SAC 在遇到不匹配时如何处理。

- 如果设置错误条件为致命, 那么 SAC 在遇到错误时将停止执行当前命令, 忽略当前行的其它剩余命令, 输出错误信息到终端并将控制权交还给用户。

- 如果设置错误条件为警告，则遇到错误时会发送一个警告消息，程序内部尽可能纠正错误并继续执行。
- 如果设置错误条件为忽略，则 SAC 会纠正错误并继续而不告诉你发生了什么。

若要操作的两个数据文件的数据点数不匹配，SAC 会使用数据点最少的那个文件的数据点数作为最终结果文件的数据点数，以保证正常操作。

若要操作的两个文件采样周期不匹配，则 SAC 会使用第一个数据文件的采样周期作为结果文件的采样周期。

示例

假定 file1 有 1000 个数据点，file2 有 950 个数据点：

```
SAC> binoperr npts fatal
SAC> read file1
SAC> addf file2
ERROR:  Header field mismatch: NPTS file1 file2
```

上例中由于数据点数不匹配导致文件加法未执行，假设你输入：

```
SAC> binoperr npts warning
SAC> addf file2
WARNING:  Header field mismatch: NPTS file1 file2
```

则仅对文件的前 950 个数据点执行加法操作。

相关命令

[addf](#)、[subf](#)、[mulf](#)、[divf](#)

12.17 border

概要

控制图形四周边框的绘制

语法

```
BORDER [ON|OFF]
```

输入

ON 打开边界绘图

OFF 关闭边界绘图

缺省值

```
border off
```

说明

参考“[图像外观](#)”一节。

相关命令

`xvport`、`yvport`、`axes`、`ticks`

12.18 capf

概要

关闭目前打开的字符数字型震相拾取文件

语法

```
CAPF
```

相关命令

`oapf`

12.19 chnhdr

概要

修改指定的头段变量的值

语法

```
CHNHDR [FILE n1 n2 ...] field v [field v ...] [ALLT v]
```

输入

FILE n1 n2 只修改内存中的指定文件的头段变量，n 为内存中文件的文件号

field v SAC 头段变量名及其值¹

ALLT v 将所有已定义的时间相关头段变量的值加 v 秒，同时将参考时刻减去 v 秒

说明

关于值 v 的说明：

- 头段变量的类型和值的类型必须匹配；
- 对于有内部空格的字符串要用单引号括起来；
- 逻辑型头段变量的取值为 TRUE 或 FALSE，YES 或 NO 也可以接受；
- 对于相对时间头段变量（B、E、O、A、F、Tn），v 可以是相对参考时刻的时间偏移量（浮点型），也可以使用绝对时刻的形式 GMT v1 v2 v3 v4 v5 v6，其中 v1、v2、v3、v4、v5、v6 是 GMT 年、一年的第一天、时、分、秒、毫秒。如果 v1 是两位整数，SAC 假定其为当前世纪，除非那个时间是未来时间，那种情况下 SAC 假定是上个世纪，最好还是用 4 位整数表示年。
- 对于任意类型的头段变量，均可以设置其值为 `undef`，使头段变量未定义

¹为了保证数据内部一致性，以下头段变量的值不可用该命令修改：NVHDR、NPTS、NWFID、NORID 和 NEVID

该命令允许你修改指定的一个或多个文件的头段变量值。在未指定文件号的情况下，则对内存中的所有文件进行操作。要将内存中修改后的头段覆盖磁盘文件的头段，需要使用 write 或 writehdr 命令，SAC 会对新值做有效性检查，不过你可以使用 listhdr 自己检查。

头段中用 6 个变量定义了参考时刻，这是 SAC 中唯一的绝对时刻，其它时刻都被转换成相对于参考时刻的相对时间。可以使用“ALLT v”修改参考时刻以及相对时间。参考时间被减去了 v 秒，相对时间被加上了 v 秒，这保证了数据的绝对时刻不发生改变。为了方便，你可以通过输入绝对时刻而非相对时间来改变时间偏移变量的值。绝对时刻首先被转换为相对时间，然后再存入头段中。

示例

为了定义内存中所有文件的事件经纬度、事件名::

```
SAC> ch evla 34.3 evlo -118.5
SAC> ch kevn 'LA goes under'
```

为了定义第二、四个文件的事件经纬度、事件名:

```
SAC> ch file 2 4 EVLA 34.3 EVLO -118.5
SAC> ch file 2 4 KEVNM 'LA goes under'
```

设定初动到时无定义状态:

```
SAC> ch a undef
```

假设你知道事件的 GMT 起始时间，你想要快速改变头段中所有的时间变量，使得发震时刻是 0 即参考时间为发震时刻，并且所有的相对时间根据这个时间去纠正相对值。

首先用 GMT 选项设置事件起始时间:

```
SAC> ch o GMT 1982 123 13 37 10 103
```

现在使用 LISTHDR 检查发震时刻 o 相对于当前参考时间的描述:

```
SAC> lh o
o = 123.103
```

现在使用 ALLT 选项从所有的偏移时间中减去这个值，并加到参考时间上，你同时需要改变描述参考时间类型的字段:

```
SAC> ch allt -123.103 iztype i0
```

注意这里的负号意味着从偏移时间中减去这个值。

更方便的做法是直接引用头段变量的值：

```
SAC> ch allt (0 - &1,o&) iztype i0
```

错误消息

- 1006: 字符串变量长度太长，注意每个头段都是有字节限制的。
- 1301: 未读入数据文件。

相关命令

`listhdr`、`write`、`writ HDR`

12.20 chpf

概要

关闭当前打开的 HYPO 震相拾取文件

语法

```
CHPF
```

说明

自动附加指令 `card "10"` 到被关闭的文件的结尾。

相关命令

`ohpf`、`whpf`

12.21 color

概要

控制彩色图形设备的颜色选项

语法

```
COLOR [ON|OFF|color] [INCREMENT [ON|OFF]] [SKELETON color]
      [BACKGROUND color] [LIST STANDARD|colorlist]
```

`color` 是下面中的一个:

```
WHITE|RED|GREEN|YELLOW|BLUE|MAGENTA|CYAN|BLACK
```

这里有些参数在缩写的情況下可能会有歧义，请谨慎使用，而且 `LIST` 选项必须放在命令的最后

输入

ON 打开颜色选项单数不改变其他选项

OFF 关闭颜色选项

color 打开颜色选项并将数据设置为颜色 `color`

INCREMENT ON 每个数据文件绘出后，根据 `colorlist` 的顺序改变颜色

INCREMENT OFF 不改变数据颜色

SKELETON colo : 按照标准颜色名或颜色号修改边框颜色

BACKGROUND color 修改背景色为 `color` ¹

¹白色背景与黑色线条对比强烈，可以考虑设置背景色为 `cyan`

LIST colorlist 改变颜色列表，将数据颜色设置为列表中第一个颜色，并打开颜色开关

LIST STANDARD 将颜色列表设为标准列表，将数据颜色设置为列表中第一个颜色，并打开颜色开关

缺省值

```
color black increment off skeleton black background white
list standard
```

说明

该命令控制设备的颜色属性，数据颜色是用于绘制这个数据文件的颜色。当一个数据文件绘制完毕后，数据颜色可以根据颜色列表自动改变。skeleton 颜色是用于绘制注释轴、标题、网格、框架的颜色。背景色是空框架在未绘制任何图形之前的颜色。

多数情况下你会选择标准颜色名，比如 red，这是与图形设备无关的。然而有时候你可能想选择一个非标准颜色，比如 aquamarine，这个可以将颜色表装入图形设备来实现。

这个表将特定的颜色、亮度、对比度等与一个数字联系起来，然后你可以通过设定对应的整数值选择 aquamarine 作为你的绘图的一个部分的颜色，这个需要点工作量，可是如果你喜欢，这就值得。

如果你正在同一张图上绘制多个数据文件，通过 INCRMENT 选项可以使得不同数据有不同的颜色。标准颜色表顺序如下：

```
RED, GREEN, BLUE, YELLOW, CYAN, MAGENTA, BLACK
```

示例

为了使数据颜色从红色开始不断变换：

```
SAC> color red increment
```

为了设置数据颜色为红色，背景白色，蓝色边框：

```
SAC> color red background white skeleton blue
```

为了设置一个数据颜色不断变换，颜色列表为 red,white,blue，背景色为 aquamarine(!!!):

```
SAC> color red increment backgroud 47 list red white blue
```

上面的例子假设 aquamarine 是颜色表的 47 号。

12.22 comcor

概要

控制 SAC 的命令校正选项

语法

```
COMCOR [ON|OFF]
```

缺省值

```
comcor off
```

输入

ON 打开命令校正选项；

OFF 关闭命令校正选项；

缺省值

```
comcor off
```

说明

SAC 会检查你输入的每个命令的格式和内容。当 SAC 发现错误时，会给你发送一个错误消息并告诉错误是原因及其位置。若开启了命令校正选项，SAC 将允许你修正这个命令然后 SAC 自动重新执行它。若关闭校正，SAC 只是打印错误消息，将控制权返回给你。

12.23 contour

概要

利用内存中的数据绘制等值线图

语法

```
CONTOUR [ASPECT ON|OFF]
```

输入

ASPECT ON 打开视图比开关。当这个开关打开时，等值线图的视口将会调整保持数据中 y 与 x 的比值

ASPECT OFF 关闭视图比开关，这时将使用整个视口。

缺省值

```
contour aspect off
```

说明

这个命令用于绘制二维数组数据的等值线图，包括 SPECTROGRAM 命令的输出。这个文件操作的 SAC 文件必须“XYZ”类型的（SAC 头段中 IFTYPE 为“IXYZ”）。有些命令可以控制数据显示的方式：ZLEVELS 控制等值线的数目以及间隔，ZLINES 控制线型，ZLABELS 控制等值线标签，ZTICKS 控制方向标记，ZCOLORS 控制线条颜色。根据 contour 选项的不同，有两种不同的绘制等值线算法。一种快速扫描方法用于既不选择

实线型也没有时标和标识的情况。另一种慢一点的方法，在绘图之前要组合全部的线段。你可以使用快速扫描方法粗看你的数据，然后选择其他选项绘制最终图形。

示例

参见“[等值线图](#)”一节。

头段变量改变

要求: iftype (为 “IXYZ”), nxsize, nysize

使用: xminimum, xmaximum, yminimum, ymaximum

相关命令

[zcolors](#)、[zlabels](#)、[zlevels](#)、[zlines](#)、[zticks](#)、[spectrogram](#)

12.24 convert

概要

实现数据文件格式的转换

语法

```
CONVERT [FROM] [format] infile [TO [format] outfile] | [OVER [format]]
```

其中 format 可以为 SAC|ALPHA

输入

infile 输入文件名
outfile 输出文件名
OVER 覆盖输入文件
SAC SAC 格式二进制文件
ALPHA SAC 字母数字型文件

缺省值

```
convert from sac infile over sac
```

说明

这个命令将单个文件从一种格式转换为另一种格式。该命令已经逐渐被 read 和 write 命令所取代，convert 命令已经不再需要，保留该命令只是为了兼容性考虑。

12.25 convolve

概要

计算主信号与内存中所有信号的卷积

语法

```
CONVOLVE [MASTER name|n] [NUMBER n] [LENGTH ON|OFF|v]
          [TYPE RECTANGLE|HAMMING|HANNING|COSINE|TRIANGLE]
```

输入

MASTER name|n 通过文件名或文件号指定某文件为主文件，内存中的所有文件将与主文件进行卷积

NUMBER n 设置卷积窗的数目

LENGTH ON 打开/关闭固定窗长选项开关

LENGTH v 打开固定窗长选项开关，并设置窗长度为 v 秒

TYPE RECTANGLE 对每个窗应用一个矩形函数，这等价于不对窗加上函数

TYPE HAMMING|HANNING|COSINE|TRIANGLE 对每个窗应用 xx 函数，详情参考 correlate 命令中的说明

缺省值

```
convolve master 1 number 1 length off type rectangle
```

说明

该命令允许用户指定一个主信号，并将主信号与自己及其它信号做卷积。如果内存中有 N 个 SAC 文件，则输出文件为 N 个文件与主文件卷积的结果。卷积公式如下，

$$CV(t) = \int_{-\infty}^{\infty} f(\tau)g(t - \tau)d\tau$$

需要注意的是，实际代码中该卷积在频率域完成，且没有进行归一化。内存中所有的信号需要有相同的 delta。

该算法鉴定所有的时间序列都是因果的，因此如果你想要将信号卷积上一个 boxcar 函数（非因果低通滤波器，可用于平滑合成波形中的尖峰），输出信号将出现半个 boxcar 宽度的时移。

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.26 copyhdr

概要

从内存中的一个文件复制头段变量给其他所有文件

语法

```
COPYHDR [FROM name|n] hdrlist
```

输入

FROM name 从内存中文件名为 name 的文件中复制头段列表

FROM n 从内存中第 n 个文件中复制头段列表

hdrlist 要复制的头段变量列表

缺省值

```
copyhdr from 1
```

说明

这个命令允许你从内存中的一个文件复制任意头段变量值到内存中其他所有文件。你可以择从哪个文件 copy 头段。其目的是为了使数据有相同的头段使得数据易于处理。

示例

假设你使用 ppk 命令在文件 FILE1 中标记了多个时间，并将其储存到头段变量 T3 和 T4 中。为了将这些时间标记复制到 FILE2 和 FILE3 中：

```
SAC> r FILE1
SAC> ppk
SAC> ... use cursor to mark times T3 and T4.
SAC> r more FILE2 FILE3
SAC> copyhdr from 1 T3 T4
```

假设你读取了很多文件，你想要复制文件 ABC 中的头段变量 evla 和 evlo 到其他所有文件中，这时使用文件名而非数字会更简单：

```
SAC> copyhdr from abc stla stlo
```

12.27 correlate

概要

计算自相关和互相关函数

语法

```
CORRELATE [MASTER name|n] [NUMBER n] [LENGTH ON|OFF|v] [NORMALIZED]
[TYPE RECTANGLE|HAMMING|HANNING|COSINE|TRIANGLE]
```

输入

MASTER name|n 通过文件名或文件号指定主文件，所有文件将与此文件做相关

NUMBER n 设置相关窗的个数

LENGTH ON|OFF 打开/关闭固定窗长选项开关

LENGTH v 打开固定窗长选项开关，并将窗长度设置为 v 秒

NORMALIZED 对相关结果进行归一化

TYPE RECTANGLE 给每个窗应用矩形函数，其等价于不对窗加函数

TYPE HAMMING|HANNING 对每个窗应用 Hamming/Hanning 函数

TYPE COSINE 对每个窗的前后 10% 的数据点应用 COSINE 函数
TYPE TRIANGLE 对每个窗应用 TRIANGLE 函数

缺省值

```
correlate master 1 number 1 length off type rectangle
```

说明

该命令在频率域计算信号间的相关函数。你可以指定内存中的某个信号为主信号，主信号将与内存中的所有信号进行相关，即主信号与主信号计算自相关函数，与其它信号计算互相关函数。

该命令的窗特性允许你计算对多个窗计算平均相关函数，其中窗的数目以及窗函数均可以指定。当窗特性被打开时，会将信号划分为 n 个固定长度的窗，计算每个窗的互相关函数，然后将所有的互相关函数做平均、截取到与原信号相同的数据长度，并替换内存中的原始数据文件。

当窗长度（LENGTH 选项）以及窗数目（NUMBER 选项）超过文件中的数据点数（NPTS）时，会自动计算窗之间的重叠。缺省情况下，此窗特性是关闭的。

示例

以内存中第三个文件为主文件计算互相关函数：

```
SAC> r file1 file2 file3
SAC> cor master 3
```

也可以通过文件名来指定主文件。

假设有两个数据文件，每个包含 1000 个噪声数据。将数据划分为无重叠的 10 个窗，每个窗包含 100 个数据点，且对窗应用 HANNING 函数，并计算 10 个窗的平均相关函数：

```
SAC> r file1 file2
SAC> cor type hanning number 10
```

为了使窗之间有 20% 的混叠，可以设置窗长度为 120 个数据点。假设数据采样周期为 0.025（即每秒 40 个采样点），则窗长为 3 秒：

```
SAC> r file1 file2
SAC> cor type hanning number 10 length 3.0
```

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.28 cut

概要

定义要读入文件中的哪部分（即数据截窗）

语法

```
CUT [ON|OFF|pdw|SIGNAL]
```

输入

ON 打开截窗选项但不改变 pdw

OFF 关闭截窗选项

pdw 打开截窗选项并修改 pdw。关于 pdw，参考[PDW](#)一节。

SIGNAL 等效于设置 pdw 为 A -1 F 1+，即 a 前一秒到 f 后一秒的数据窗

缺省值

```
cut off
```

说明

cut 命令仅仅设置了要读取的时间窗选项，并不对内存中的数据进行截取。因而，若要该命令起作用，需要在 cut 命令设置时间窗后使用 read 命令。与此相反，cutim 命令会在命令执行时直接对内存中的数据进行截取。

若截窗选项为关，则读取整个文件；若截窗选项为开，则只读取由 pdw 定义的部分。

如果你想对一组有不同参考时刻的文件使用同样的时间窗，必须在执行 cut 前先使用 synchronize 命令使所有文件具有相同的参考时刻。synchronize 命令修改了文件的头段使得所有文件具有相同的参考时刻，并调整所有相对时间。因而，你需要先读取所有文件，执行 synchronize 命令，使用 writehdr 将修改后的头段写入到磁盘文件中，然后再执行 cut 命令，并读取数据，这样才能得到正确的结果。

示例

下面的宏文件展示了 cut 命令的一些常见用法。建议将此宏文件的结果与 cutim 命令的宏文件结果进行比较：

```
fg seismo
wrie seismo.sac
echo on
* no cutting
lh b e a kztime
read seismo.sac
* begin to end---same as not cutting.
cut B E
read
lh b e a kztime
read seismo.sac
* First 3 secs of the file
cut B 0 3
read
lh b e a kztime
read seismo.sac
* First 100 points of the file.
cut B N 100
```

```
read
lh b e a delta kztime
read seismo.sac
* From 0.5 secs before to 3 secs after first arrival
cut A -0.5 3
read
lh b e a kztime
read seismo.sac
* From 19 to 15 secs relative to zero (DIFFERENT FROM CUTIM).
cut 10 15
read
lh b e a kztime
read seismo.sac
* First 3 secs of the file and next 3 sec
cut b 0 3
read
write tmp.1
read seismo.sac
cut b 3 6
read
write tmp.2
cut off
read tmp.?
lh b e a kztime
p1
```

当要截取的窗超过了文件的时间范围时，可以使用 CUTERR 命令的 FILLZ 选项，在文件的开始或结尾处补 0，再使用 READ 命令读入内存。

```
SAC> r N11A.lhz
SAC> lh npts
FILE: N11A.lhz - 1
npts = 3101
SAC> cuterr fillz; cut b n 4096
SAC> r
SAC> lh npts
FILE: N11A.lhz - 1
npts = 4096
```

错误消息

- 1322: 未定义文件截窗的起始 (可能原因是头段中的参考值未定义, 这个错误可以用 CUTERR 命令控制, 当这个错误被关闭时, 使用磁盘文件起始值作为替代)
- 1323: 未定义文件裁剪的结束值
- 1324: 截窗起始值小于文件开始值 (这个错误可以使用 CUTERR 来控制, 当这个错误被关闭时, 使用文件的起始值代替错误值或者在文件起始补 0)
- 1325: 结束裁剪值大于文件结束值
- 1326: 起始裁剪值大于文件结束值 (错误的 cut 参数)

限制

目前不支持非等间隔文件或谱文件的截断。该命令对 ASCII 格式 SAC 文件无效。

相关命令

`read`、`apk`、`plotpk`、`synchronize`、`cuterr`

12.29 cuterr

概要

控制坏的截窗参数引起的错误

语法

```
CUTERR FATAL|USEBE|FILLZ
```

输入

FATAL 将截窗错误设置为致命

USEBE 将坏的起始和结束截窗参数设置为文件开始和文件结束

FILLZ 在文件开始时间之前或文件结束时间之后填补适当数目的 0 以弥补坏的截窗参数

缺省值

对于信号迭加子程序默认值为 FILLZ，其他的默认值为 USEBE

说明

这个命令控制由于坏的截窗参数引起的错误条件。可以将这些错误定义为致命错误。如果裁剪参数的起始值或结束值在文件头段中未定义，则可以选择为 USEBE。如果定义了要截取的时间窗但是其截窗起始值小于文件起始值或者截窗参数结束值大于文件结束值，则可以分别用文件起始结束值代替截窗参数，或者也可以使用 FILLZ 在文件前后补适当的 0。

示例

假设文件 FILE1 起始时间为 B=25s，初动到时 A=40s，采样率为 0.01s。

```
SAC> cut a -20 e
SAC> read file1
```

截窗起始值为 20s，产生了一个错误条件。在 USEBE 模式下，截窗起始值将替换为 25s(即 B)。在 FILLZ 模式下，在数据之前将插入 500 个 0(5 秒钟，每秒 100 个点)，截窗起始值保持为 20s。

相关命令

`cut`、`read`

12.30 cutim

概要

截取内存中的文件

语法

```
CUTIM pdw [pdw ... ]
```

输入

pdw 要截取的时间窗。参考[PDW](#)

缺省值

如果起始或结束 offset 省略则认为其为 0，如果起始参考值省略则认为其为 Z，如果结束参考值省略则认为其值与起始参考值相同。

说明

cut 命令设置截窗选项，仅对即将读取的文件进行截窗，而对内存中的数据没有效果。cutim 则在这个命令给出的时候对内存中的数据进行截窗操作。

用户可以用 read 读入文件，然后用 cutim 对内存中的文件直接进行截窗。cutim 也允许使用多个截取区间，用户可以 READ 三个文件到内存，然后使用有 4 个截取区间的 CUTIM 命令，最终内存中将得到 12 个文件。

示例

下面的宏文件展示了 cutim 命令的常见用法：

```
fg seismo
echo on
* no cutting
lh b e a kztime
* begin to end---same as not cutting.
cutim B E
lh b e a kztime
fg seismo
* First 3 secs of the file.
cutim B 0 3
lh b e a kztime
fg seismo
* From 0.5 secs before to 3 secs after first arrival
cutim A -0.5 3
lh b e a kztime
fg seismo
* From 0.5 to 5 secs relative to disk file start.
cutim 0.5 5
lh b e a kztime
fg seismo
* First 3 secs of the file and next 3 sec
```

```
cutim b 0 3 b 3 6
lh b e a kztime
p1
```

错误消息

- 1322: 未定义文件剪裁的起始
- 1323: 未定义文件裁剪的结束值
- 1324: 起始裁剪值小于文件开始值
- 1325: 结束裁剪值大于文件结束值
- 1326: 起始裁剪值大于文件结束值

限制

目前不支持截取非等间隔数据或谱文件

相关命令

`read`、`apk`、`plotpk`、`synchronize`、`cuterr`

12.31 datagen

概要

产生样本波形数据并储存在内存中

语法

```
DATAGEN [MORE] [SUB LOCAL|REGIONAL|TELESEIS] [filelist]
```

输入

MORE 将新生成的样本数据放在内存中旧文件后。若省略此项，则新数据将替代内存中的旧数据。

SUB LOCAL|REGIONAL|TELESEIS 要生成的数据的子类型，每个子类型对应不同的样本数据

filelist：样本数据文件列表。每个子类型可选的文件列表在下面给出。

缺省值

```
datagen sub local cdv.z
```

说明

SAC 提供了一些样本地震数据以供用户学习时使用，该命令将读取一个或多个样本地震数据到内存中。事实上，该命令与 `READ` 命令类似，只是该命令是从特殊的数据目录中读取文件。

该命令提供了三种子类型，分别是 `LOCAL`、`REGIONAL` 和 `TELESEIS`，对于不同的子类型，其所包含的数据文件也不同。

LOCAL

该 local 事件发生在加州的 Livermore Valley，是一个很小的无感地震（ML=1.6），其被 Livermore Local Seismic Network（LLSN）所记录。

LLSN 拥有一系列垂直分量和三分量台站。该数据集中包含了 9 个三分量台站的数据。数据时长 40 秒，每秒 100 个采样点。台站信息、事件信息、p 波及尾波到时都包含在头段中，这些文件包括：

```
cal.z, cal.n, cal.e
cao.z, cao.n, cao.e
cda.z, cda.n, cda.e
cdv.z, cdv.n, cdv.e
cmn.z, cmn.n, cmn.e
cps.z, cps.n, cps.e
cva.z, cva.n, cva.e
cvl.z, cvl.n, cvl.e
cvy.z, cvy.n, cvy.e
```

REGIONAL

该区域地震发生在 Nevada，被 Digital Seismic Network (DSS) 所记录。DSS 包含了美国西部的四个宽频带三分量台站。数据包含了从发震前 5 秒开始的为 300 秒地震数据，每秒含 40 个采样点，文件名为：

```
elk.z, elk.n, elk.e
lac.z, lac.n, lac.e
knb.z, knb.n, knb.e
mnv.z, mnv.n, mnv.e
```

TELESEIS

该远震事件于 1984 年 9 月 10 日发生在加州北海岸 Eureka 附近，其为中等偏大的地震（ML 6.6, MB 6.1, MS 6.7），多地有感。该数据集中包含了 Regional Seismic Test Network（RSTN）的 5 个台站的中等周期和长周期数据（其中 cpk 台站的数据无法获取，sdk 台站的长周期数据被截断）。这个数据集的数据时长 1600 秒，长周期数据每秒 1 个采样点，中等周期数据每秒 4 个采样点。文件包括：

```
ntkl.z, ntkl.n, ntkl.e, ntkm.z, ntkm.n, ntkm.e
nykl.z, nykl.n, nykl.e, nykm.z, nykm.n, nykm.e
onkl.z, onkl.n, onkl.e, onkm.z, onkm.n, onkm.e
sdkl.z, sdkl.n, sdkl.e, sdkm.z, sdkm.n, sdkm.e
```

错误信息

- 1301: 未读入数据（未指定文件列表或列表中的文件不可读）
- 1314: 数据文件列表不得以数字开头
- 1315: 超过最大文件数

警告信息

- 0101: 打开文件

- 0108: 文件不存在

12.32 decimate

概要

对数据减采样，包含了一个可选的抗混叠 FIR 滤波器

语法

```
DECIMATE [n] [FILTER ON|OFF]
```

输入

n 设置减采样因子为 **n**，即每 **n** 个点中取一个点，其取值为 2 到 7，
FILTER ON|OFF 打开/关闭抗混叠 FIR 滤波器

缺省值

```
decimate 2 filter on
```

说明

此命令用于对内存中的数据进行减采样，减采样因子 **n** 表示从每 **n** 个点中采样一个点，因而经过减采样之后的数据点数近似为 $npts/n$ 个。减采样因子的允许取值为 2 到 7，为了得到更大的减采样因子，可以多次执行该命令。

根据采样定理：

如果信号是带限的，并且采样频率大于信号带宽的 2 倍，那么，原来的连续信号可以从采样样本中完全重建出来。

若不满足此采样条件，采样后信号的频率就会重叠，即高于采样频率一半的频率成分将被重建成低于采样频率一半的信号。这种频谱的重叠导致的失真即称为混叠。

此命令提供了一个可选的 FIR 滤波器对数据进行低通滤波，以避免减采样过程中可能出现的混叠效应。这些滤波器是经过精心设计的，保留了相位信息，滤波器参数位于 `$SACHOME/aux/fir/decn` 中。使用 FIR 滤波器有时会在数据的两端产生瞬时跳变，因而减采样的结果需要在图形界面下人工审核。只有当高频响应的准确度不重要的时候（比如绘图时），才可以关闭 FIR 滤波器。

示例

对数据减采样 42 倍：

```
SAC> r file1
SAC> decimate 7      // 减采样因子为7时FIR滤波器偶尔不稳定，慎用！
SAC> decimate 6
```

头段变量改变

`npts`、`delta`、`e`、`depmin`、`depmax`、`depmen`

错误消息

- 1003: 值超出允许范围 (减采样因子的范围是 2 到 7)
- 1301: 未读入文件
- 1306: 对非等间距文件的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作

12.33 deletechannel

概要

从内存文件列表中删去一个或多个文件

语法

```
DELETECHANNEL ALL
```

或

```
DELETECHANNEL filename|filenumber|range [filename|filenumber|range ... ]
```

输入

ALL 删除内存中全部文件

filename 要删除的内存文件列表中的文件名

filenumber 文件列表中指定文件的文件号，第一个文件是 1，第二个文件是 2...

range 要删除的一系列文件号，用破折号隔开，如 11-20

示例

```
dc 3 5 // 删除第三、五个文件
dc S001.sz S002.sz // 删除这些名字的文件
dc 11-20 // 删除 11-20 的全部文件
dc 3 5 11-20 S001.sz S002.sz // 删除上面的全部
```

错误消息

- 5106: 文件名不在文件列表中
- 5107: 文件号不在文件列表中

相关命令

[filenumber](#)

12.34 dif

概要

对数据进行微分

语法

```
DIF [TWO|THREE|FIVE]
```

输入

TWO 应用两点差分算子

THREE 应用三点差分算子

FIVE 应用五点差分算子

缺省值

```
dif two
```

说明

要求数据必须是等间隔采样的时间序列文件。

两点差分算法：

$$Out(j) = \frac{Data(j+1) - Data(j)}{\Delta}$$

这个差分算子不是中心差分算法。此算法的最后一个输出值是未定义的，SAC 的处理方式是：令数据点数减 1，文件起始时间 B 增加半个采样周期 ($\frac{1}{2}\Delta$)。

三点差分 (中心两点) 算法：

$$Out(j) = \frac{1}{2} \frac{Data(j+1) - Data(j-1)}{\Delta}$$

此算法输出值的第一个和最后一个是未定义的，SAC 将数据点数减去 2，并将 B 增加一个采样周期。

五点差分算法 (中心四点) 算法：

$$Out(j) = \frac{2}{3} \frac{Data(j+1) - Data(j-1)}{\Delta} - \frac{1}{12} \frac{Data(j+2) - Data(j-2)}{\Delta}$$

此算法输出值的首尾各两个点是未定义的，SAC 使用三点差分算符计算第二个和倒数第二个点的值，并将数据点数减 2，将 B 增加一个采样周期。

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1306: 对不等间隔文件非法操作

头段变量改变

npts、b、e、depmin、depmax、depmen、idep

12.35 div

概要

对每个数据点除以同一个常数

语法

```
DIV [v1 [v2 ... vn] ]
```

输入

- v1** 第一个文件要除以的常数
- v2** 第二个文件要除以的常数
- vn** 第 n 个文件要除以的常数

缺省值

```
div 1.0
```

说明

参见 [add](#) 的相关说明。

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1701: 除零的非法操作

头段变量改变

depmin、depmax、depmen

12.36 divf

概要

使内存中的一组数据除以另一组数据

语法

```
DIVF [NEWHDR [ON|OFF]] filelist
```

输入

NEWHDR ON|OFF 若为 OFF，则生成的数据文件使用内存中原文件的头段；若为 ON，则生成的数据文件使用 filelist 中新文件的头段。缺省值为 OFF。
filelist SAC 二进制文件列表。

说明

参见 [addf](#) 命令的相关说明。

示例

参见 [addf](#) 命令的相关示例。

头段变量

depmin、depmax、depmen、npts、delta

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1803: 未读入二进制文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1317: 文件不是 SAC 数据文件
- 1801: 头段值不匹配 (采样周期或数据点数不相等)

警告消息

- 1802: 时间不匹配

相关命令

`read`、`binoperr`

12.37 divomega

概要

在频率域进行积分操作

语法

```
DIVOMEGA
```

说明

根据傅里叶变换的微分性质：

$$\mathcal{F}[f'(x)] = i\omega \mathcal{F}[f(x)]$$

其中 $\omega = 2\pi f$ ，即函数积分在频率域可以用简单的除法来表示。

该命令仅可对谱文件进行操作，谱文件可以是振幅-相位型或实部-虚部型。其对于正常的谱数据来说还是很方便的，但不适于谱跨越几个量级的数据。比如，假设你使用 DIF 命令对数据进行预白化，然后对数据进行 Fourier 变换，用此命令在频率域积分可以去除时间域微分的效应。

若为振幅相位型：

$$\mathcal{F}[f(x)] = \frac{\mathcal{F}[f'(x)]}{i\omega} = \frac{A(\omega)e^{\theta(\omega)}}{i\omega} = \frac{A(\omega)}{\omega} e^{\theta(\omega) - \pi/2}$$

若为实部虚部型：

$$\mathcal{F}[f(x)] = \frac{\mathcal{F}[f'(x)]}{i\omega} = \frac{a(\omega) + ib(\omega)}{i\omega} = \frac{b(\omega)}{\omega} - i \frac{a(\omega)}{\omega}$$

在零频部分，直接设置其值为 0 比避免除以 0 的问题。

示例

```
SAC> read file1
SAC> dif           // 微分预白化
SAC> fft amph      // FFT
SAC> divomega      // 积分
```

头段变量

depmin、depmax、depmen

相关命令

dif、fft、mulomega、writesp、readsp

12.38 echo

概要

控制输入输出回显到终端

语法

```
ECHO ON|OFF ERRORS|WARNINGS|OUTPUT|COMMANDS|MACROS|PROCESSED
```

输入

ON|OFF 打开/关闭接下来列出的项的回显选项

ERRORS 命令执行过程中生成的错误信息

WARNINGS 命令执行过程中生成的警告信息

OUTPUT 命令执行过程中生成的输出信息

COMMANDS 终端键入的原始命令

MACROS 宏文件中出现的原始命令

PROCESSED 经过处理后的终端命令或宏文件命令。这里所说的处理包含宏参数、黑板变量、头段变量、内联函数的计算和代入。

缺省值

```
echo on errors warnings output off commands macros processed
```

说明

该命令控制 SAC 输入输出流中哪一类要被回显到终端或屏幕。输出分为三大类：错误消息、警告消息、输出消息；输入也分为三大类：终端键入的命令、宏文件中执行的命令以及处理后的命令。处理后的命令指所有的宏参数、黑板变量、头段变量、内联函数首先被计算，并代入到命令中而形成的命令。你可以分别控制这些类的回显。

当你在终端键入命令时，操作系统一般会显示你键入的每个字符，因此该命令在交互式会话中没有太大作用，而宏命令和处理后的命令在调试宏文件时是很有用的。

12.39 enddevices

概要

结束某个图像设备

语法

```
ENDDEVICES SGF|XWINDOWS
```

输入

SGF SAC 图形文件设备

XWINDOWS X Window System 图像窗口系统

说明

参见命令 `begindevices` 的说明。

相关命令

[begindevices](#)

12.40 endframe

概要

关闭 frame

语法

```
ENDFRAME
```

说明

参见 `beginframe` 命令的相关说明。

相关命令

[beginframe](#)

12.41 envelope

概要

利用 Hilbert 变换计算包络函数

语法

```
ENVELOPE
```


说明

该命令用于计算内存中数据的包络函数。

原始信号为 $s(t)$ ，对其做 Hilbert 变换得到 $H(t)$ ，将这两个信号合并起来构成复信号

$$C(t) = s(t) + i * H(t)$$

复信号不仅可以用“实部-虚部”形式表示，也可以用“振幅-相位”形式表示：

$$C(t) = A(t)e^{i\Phi(t)}$$

其中 $A(t)$ 即为包络函数，其可以进一步表示为

$$A(t) = \sqrt{s(t)^2 + H(t)^2}$$

和 `hilbert` 一样，数据点数不得少于 201，且超长周期的数据需要在处理之前进行减采样。

头段变量

`depmin`、`depmax`、`depmen`

相关命令

`hilbert`、`decimate`

12.42 erase

概要

清除图形显示区域

语法

```
ERASE
```

说明

只有 SAC 知道你在使用的图形设备的情况下这个命令才可以工作。而且这只有在你已经进行了一些绘图操作之后才可以使用。这个命令对于没有清楚屏幕键的 ADM 终端很有必要。特别是你想在发送大量文本之前清除屏幕时，这个命令在命令文件中非常有用。

12.43 evaluate

概要

对简单算术表达式求值

语法

```
EVALUATE [TO TERM|name] [v] op v [op v ...]
```

其中 op 为下面中的一个：

```
ADD|SUBTRACT|MULTIPLY|DIVIDE|POWER|SQRT|EXP|ALOG|ALOG10|
SIN|ASIN|COS|ACOS|TAN|ATAN|EQ|NE|LE|GE|LT|GT
```

输入

TO TERM 结果写入终端

TO name 结果写入黑板变量 name

v 浮点数或整数。SAC 中所有的运算都是浮点运算，整数会首先转换为浮点型

op 算术或逻辑操作符

其他形式

- + 代替 ADD
- - 代替 SUBTRACT
- * 代替 MULTIPLY
- / 代替 DIVIDE
- ** 代替 POWER

缺省值

```
evaluate to term 1. * 1.
```

说明

这个命令允许你对算术或逻辑表达式求值。算术表达式可以是包含多个操作符的复合表达式，在这种情况下表达式由左向右计算，不支持嵌套功能。逻辑表达式只能包含一个操作符。计算结果可以写入用户终端或者指定的黑板变量。你可以通过 getbb 命令使用该黑板变量的值。

示例

一个简单的例子：

```
SAC> eval 2*3
6
SAC> eval tan 45
1.61978
```

下面将一个以度为单位的角度转换为弧度并计算其正切值：

```
SAC> eval 45*pi/180
0.785398
SAC> eval tan 0.785398
1
```

下面将计算的结果保存到黑板变量：

```
SAC> evaluate to temp1 45*pi/180
SAC> evaluate tan %temp1%
1
```

相关命令

getbb

12.44 exp

概要

对每个数据点取其指数 (e^y)

语法

```
EXP
```

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1307: 对谱文件非法操作

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.45 exp10

概要

对每个数据点取以 10 为底的指数 (10^y)

语法

```
EXP10
```

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1307: 对谱文件非法操作

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.46 fft

概要

对数据做快速离散傅立叶变换

语法

```
FFT [WOMEAN|WMEAN] [RLIM|AMPH]
```

输入

WOMEAN 进行变换之前先去除均值

WMEAN 变换中不去除均值

RLIM 输出为实部-虚部格式

AMPH 输出为振幅-相位格式

缺省值

```
fft wmean amph
```

说明

该命令对数据进行离散傅立叶变换，为了使用快速傅立叶变换算法，在进行变换之前，需要对数据文件进行补零以保证数据点数为 2 的整数次幂，比如 1000 个点的时间序列文件会被补零至 1024 个点，且头段变量 `npts` 也会被相应修改。

进行离散傅立叶变换之后，头段变量 `b` 为谱文件的起始频率，其值为 0；`delta` 为谱文件的采样频率，取值为 $1/(\text{delta} * \text{npts})$ ；`e` 为谱文件的结束频率。

谱数据可以是振幅-相位格式或实部-虚部格式。头段变量 `IFTYPE` 会告诉你谱文件是哪种格式。

对于实序列而言，由于离散傅立叶变换后的结果具有“共轭对称性”，因而在使用 `plotsp` 绘制谱文件时只显示一半的数据点数。

示例

```
SAC> fg seis
SAC> lh b e delta npts iftype

FILE: SEISMOGR - 1
-----

      b = 9.459999e+00
      e = 1.945000e+01
    delta = 1.000000e-02
      npts = 1000
    iftype = TIME SERIES FILE
SAC> fft
DC level after DFT is -0.98547
SAC> lh b e delta npts iftype

FILE: SEISMOGR - 1
-----

      b = 0.000000e+00          // b 值为 0
      e = 5.000000e+01
```

```

    delta = 9.765625e-02           // delta=1/(1024*0.01)
    npts = 1024                    // 1000 -> 1024
    iftype = SPECTRAL FILE-AMPL/PHASE
SAC> lh sb sdelta nsnpts           // 保留原值

    FILE: SEISMOGR - 1
    -----

    sb = 9.459999e+00
    sdelta = 1.000000e-02
    nsnpts = 1000

```

头段变量

变换过程中，B、E 和 DELTA 分别被修改为起始频率、结束频率以及采样频率。B、E、NPTS 和 DELTA 的原值被保存在 SB、SE、NSNPTS 和 SDELTA 中，这些值在做反傅立叶变换时会用到。

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1306: 对不等间隔数据的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1606: 超过 DFT 所允许的最大数据点数

限制

离散傅立叶变换所允许的最大数据点数为 $2^{24} = 16777216$ 个。

相关命令

plotsp、ifft、writesp

12.47 fileid

概要

控制绘图时文件 ID 的显示

语法

```

FILEID [ON|OFF] [TYPE DEFAULT|NAME|LIST hdrlist] LOCATION [UR|UL|LR|LL]
        [FORMAT EQUALS|COLONS|NONAMES]

```

输入

- ON** 打开文件 id 选项，不改变文件 id 类型或位置
- OFF** 关闭文件 id 选项
- TYPE DEFAULT** 设置文件 id 为默认类型
- TYPE NAME** 使用文件名作为文件 id
- TYPE LIST** *hdrlist* 定义在文件 id 中显示的头段列表

LOCATION UR|UL|LR|LL 文件 id 的显示位置，分别表示右上角、左上角、右下角、左下角

FORMAT EQUALS 格式为头段名、等于号以及头段值

FORMAT COLON 格式为头段名，冒号，头段值

FORMAT NONAMES 格式只包含头段值

缺省值

```
fileid on type default location ur format nonames
```

说明

文件 ID 用于标识绘图的内容。默认的文件 ID 包括事件名、台站名、分量、参考日期及时间。如果需要也可以使用文件名代替默认的文件 id，或者根据头段变量定义一个特殊的文件 ID，这个 ID 最多可以由 10 个 SAC 头段变量构成。文件 ID 的位置以及格式也可以修改。

示例

将文件名放在左上角:

```
SAC> fileid location ul type name
```

定义一个特殊的文件 id，包含台站分量、经纬度:

```
SAC> fileid type list kstcmp stla stlo
```

文件 id 为头段名后加一个冒号:

```
SAC> fileid format colon
```

12.48 filenumber

概要

控制绘图时文件号的显示

语法

```
FILENUMBER [ON|OFF]
```

缺省值

```
filenumber off
```

说明

当该选项为开时，绘图时会在右下角显示文件号，当需要文件号的信息时可以通过此文件号唯一识别指定的波形。

12.49 filterdesign

概要

产生一个滤波器的数字和模拟特性的图形显示，包括：振幅，相位，脉冲响应和群延迟。

语法

```
FILTERDESIGN [FILE [prefix]] [filteroptions] [delta]
```

其中 filteroptions 与 SAC 中其他的滤波命令相同，包括滤波器类型。delta 是数据的采样间隔。

注意：选项的顺序很重要，如果使用了 PRINT 选项，则其必须是第一个选项。如果使用了 FILE 选项，其必须放在滤波器选项之前。

输入

FILE prefix 生成的三个 SAC 文件的前缀

这三个 SAC 文件分别为 prefix.spec、prefix.grd、prefix.imp。其中 prefix.spec 为该命令产生的振幅相位信息，为振幅-相位格式谱文件。prefix.grd 为该命令产生的群延迟信息，是时间序列文件。需要注意的是，尽管这个文件是时间序列文件，但是实际上群延迟是频率的函数。用户要记住，虽然绘图时横轴单位是秒，实际的单位却是 Hz。prefix.imp 是时间序列文件，包含脉冲响应信息。

在这三个 SAC 文件中，用户自定义头段变量 USERn、KUSERn 设置如下：

- user0: 表示 pass code。1 代表 LP；2 代表 HP；3 代表 BP；4 代表 BR；
- user1: type code。1 代表 BU，2 代表 BE，3 代表 C1，4 代表 C2；
- user2: number of poles
- user3: number of passes
- user4: tranbw
- user5: attenuation
- user6: delta
- user7: first corner
- user8: second corner if present, or -12345 if not
- kuser0: pass (lowpass, highpass, bandpass, or bandrej)
- kuser1: type (Butter, Bessel, C1, or C2)

缺省值

只有 delta 参数有一个缺省值 (0.025s)。其他参数必须给出

说明

FILTERDESIGN 命令使用了一个工具程序 xapiir，它是一个递归数字滤波器包。xapiir 通过模拟滤波器原型的双线性变换实现标准递归数字滤波器的设计。这些原型滤波器由零点和极点给定，然后使用模拟谱变换，变换到高通、带通和带阻滤波器。

FILTERDESIGN 用实线显示数字滤波器响应，用虚线显示模拟滤波器响应。在彩色显示器上，数字曲线是蓝色的而模拟曲线是琥珀色的。

示例

下面的例子展示了如何使用 FILTERDESIGN 命令产生一个高通，拐角频率为 2Hz，六极、双通滤波器的数字和模拟响应曲线，数据采样间隔为 0.025s:

```
SAC> fd hp c 2 n 6 p 2 delta .025
```

相关命令

highpass、lowpass、bandpass、bandrej

12.50 fir

概要

应用一个有限脉冲响应滤波器

语法

```
FIR [REC|FFT] file
```

输入

FFT 通过 FFT 变换方法应用 FIR 滤波器

REC 递归应用 FIR 滤波器

file 包含 FIR 滤波器的文件名

缺省值

```
fir fft fir
```

说明

这个命令中使用的滤波器必须首先用 DFIR 交互式滤波器设计。这个滤波器通过变换方法应用，除非你要求使用递归方法或者数据点数对于变换方法来说太大。这些滤波器都没有相位失真但在脉冲信号前会产生前驱波。

头段变量

depmin, depmax, depmen

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1306: 对不等间隔文件非法操作
- 1307: 对谱文件非法操作
- 1601: 文件和滤波器采样频率不匹配
- 1603: 内存不足以进行 FIR 滤波

警告消息

- 1602: 内存不足以使用 FFT 进行 FIR 滤波 (自动使用递归方法)

限制

变换方法的最大数据点数是 4096。

12.51 floor

概要

对数数据的最小值

语法

```
FLOOR [ON|OFF|v]
```

输入

ON 打开 floor 选项开关但不改变其值

OFF 关闭 floor 选项开关

v 打开 floor 选项开关并改变阈值

缺省值

```
floor 1.0e-10
```

说明

当坐标轴取对数坐标时，对于 x 和 y 轴，当其值小于 floor 设置的值时，则在绘图前将这些值改为 floor 设置的值。floor 使用一个小的正值，对于非正数的对数运算是不允许的。

12.52 funcgen

概要

生成一个函数并将其存在内存中

语法

```
FUNCGEN [type] [DELTA v] [NPTS n] [BEGIN v]
```

其中 type 是下面中的一个：

```
IMPULSE | STEP | BOXCAR | TRIANGLE | SINE [v1 v2] | LINE [v1 v2] |  
QUADRATIC [v1 v2 v3] | CUBIC [v1 v2 v3 v4] | SEISMOGRAM | RANDOM [v1 v2] |  
IMPSTRIN [n1 n2 ... nN]
```

输入

IMPULSE 位于数据中心的脉冲函数

IMPSTRIN n1 n2 ... nN 在指定的一系列数据点处产生脉冲函数

STEP 阶跃函数。数据的前半段为 0，后半段为 1

BOXCAR 矩形函数。数据的前、后三分之一值为 0，中间三分之一值为 1

TRIANGLE 三角函数。数据的第一个四分之一为 0，第二个四分之一线性增加到 1，第三个四分之一线性减少到 0，最后四分之一为 0。

SINE v1 v2 正弦函数。v1 表示频率，单位为 Hz；v2 为以度为单位的相位角。正弦函数的振幅为 1，注意在相位参数中有一个 2π 因子： $F = 1.0 \sin(2\pi(v_1 t + v_2))$

LINE v1 v2 线性函数。斜率为 v1，截距为 v2，即 $v_1 t + v_2$

QUADRATIC v1 v2 v3 二次函数 $v_1 t^2 + v_2 t + v_3$

CUBIC v1 v2 v3 v4 三次函数 $v_1 t^3 + v_2 t^2 + v_3 t + v_4$

SEISMOGRAM 地震样本数据。此样本数据有 1000 个数据点。DELTA、NPTS 和 BEGIN 选项没有效果

RANDOM v1 v2 生成随机序列（高斯白噪声）。v1 是要生成的随机序列文件的数目，v2 是用于产生第一个随机数的“种子”，该种子值保存在 USER0 中，因而如果需要你可以在稍后生成一个完全相同的随机序列。

DELTA v 设置采样周期为 v，储存在头段 delta 中

NPTS n 设置函数的数据点数为 n，储存在头段 npts 中

BEGIN v 设置起始时间为 v，储存在头段 b 中

缺省值

```
funcgen impulse npts 100 delta 1.0 begin 0.
```

对于正弦函数频率和相位缺省值分别为 0.05 和 0。一次、二次、三次函数的系数都是 1。随机序列数为 1，种子是 12357。

说明

执行这个命令等效于读取单个文件（RANDOM 选项会产生多个文件）到内存中，文件名即为函数名。内存中原有的数据会被该命令生成的函数所替换。

相关命令

[datagen](#)

12.53 getbb

概要

获取或打印黑板变量的值

语法

```
GETBB [TO TERMINAL|filename] [NAMES ON|OFF] [NEWLINE ON|OFF]
      ALL|variable [variable ...]
```

输入

TO TERMINAL 打印值到终端

TO filename 将值追加到文件 filename 后

NAMES ON 输出格式为“黑板变量名 = 黑板变量值”

NAMES OFF 只打印黑板变量值

NEWLINE ON 打印每个黑板变量后换行
NEWLINE OFF 打印黑板变量后不换行
ALL 打印当前定义的全部黑板变量
variable 打印列表指定的黑板变量

缺省值

```
getbb to terminal names on newline on all
```

说明

该命令用于获取或打印黑板变量的值。可以控制打印哪些黑板变量以及具体的打印格式。你可以将黑板变量打印到终端或者文本文件中。你可以使用这些选项对一系列数据文件进行测量，将结果保存到文本文件中，然后用 READALPHA 命令将这个文件读回 SAC，绘图或者进行更多的分析。

示例

假设你已经设置了一些黑板变量:

```
SAC> setbb c1 2.45 c2 4.94
```

稍后可以这样打印他们的值:

```
SAC> getbb c1 c2
c1 = 2.45
c2 = 4.94
```

想要在一行内只打印其值:

```
SAC> getbb names off newline off c1 c2
2.45 4.94
```

假设你有一个宏文件叫 GETXY，其可以对单个文件进行某些分析操作，并将结果储存在两个头段变量中 X 和 Y 中。你想要对当前目录中所有垂直分量进行操作，保存每对 X 和 Y 的值，然后绘图。下面的宏文件的第一个参数是用于储存这些结果的文本文件:

```
DO FILE WILD *Z
  READ FILE
  MACRO GETXY
    GETBB TO 1 NAMES OFF NEWLINE OFF X Y
  ENDDO
GETBB TO TERMINAL
READALPHA CONTENT P 1
PLOT
```

最终这个文本文件将包含成对的 x-y 数据点，每行一个，对应一个垂直分量的数据文件。为了关闭文本文件并清空缓存区，最后将输出重定向到终端的 GETBB 命令是必要的。

相关命令

[setbb](#)、[evaluate](#)

12.54 grayscale

概要

产生内存中数据的灰度图像¹

语法

```
GRAYSCALE [VIDEOTYPE NORMAL|REVERSED] [SCALE v] [ZOOM n]
          [XCROP n1 n2|ON|OFF] [YCROP n1 n2|ON|OFF]
```

输入

VIDEO NORMAL 设置 video 类型为 normal。在 Normal 模式中，最小值附近的数据位黑色，最大值附近的数据为白色

VIDEO REVERSED 设置 video 类型为 reversed。在 Reversed 模式中，最小值附近的数据位白色，最大值附近的数据为黑色

SCALE v 改变数据的比例因子为 v，The data is scaled by raising it to the vth power. 小于 1 的值将平滑图像、降低峰和谷，大于 1 的值将伸展整个数据

ZOOM n Image is increased to n times its normal size by pixel replication.

XCROP n1 n2 Turn x cropping option on and change cropping limits to n1 and n2. The limits are in terms of the image size.

XCROP ON Turn x cropping option on and use previously specified cropping limits.

XCROP OFF Turn x cropping option off. All of the data in the x direction is displayed.

YCROP n1 n2 Turn y cropping option on and change cropping limits to n1 and n2. The limits are in terms of the image size.

YCROP ON Turn y cropping option on and use previous specified cropping limits.

YCROP OFF Turn y cropping option off. All of the data in the y direction is displayed.

缺省值

```
GRAYSCALE VIDEOTYPE NORMAL SCALE 1.0 ZOOM 1 XCROP OFF YCROP OFF
```

说明

这个命令可以用于绘制 SPECTROGRAM 命令输出的灰度图，用这个命令显示的 SAC 数据须是“xyz”文件。

注意：SAC 启动了一个脚本来运行图像操作和显示程序，然后再显示 SAC 的提示符。对于大型图像或较慢的机器，这中间会有个明显的延迟。

限制

最大只能显示 512*1000

头段变量改变

需要：IFTYPE, NXSIZE, NYSIZE

¹这个命令使用了未在 SAC 中发布的命令，要使用这个命令你必须安装 Utah Raster Toolkit.。

错误消息

SAC > getsun: Command not found. (需要 Utah Raster Toolkit 提供一些工具程序)

相关命令

[spectrogram](#)

12.55 grid

概要

控制绘图时的网格线

语法

```
GRID [ON|OFF|SOLID|DOTTED]
```

输入

ON 绘制网格，但不改变网格类型

OFF 不绘制网格

SOLID 用实线绘制网格

DOTTED 用虚线绘制网格

缺省值

```
grid off
```

说明

这个命令控制 X 和 Y 轴的网格线的绘制。可以使用 XGRID 和 YGRID 分别控制单个坐标轴的网格类型。

相关命令

[xgrid](#)、[ygrid](#)

12.56 gtext

概要

控制绘图中文本质量以及字体

语法

```
GTEXT [SOFTWARE|HARDWARE] [FONT n] [SIZE size] [SYSTEM system] [NAME name]
```

输入

SOFTWARE 绘图中使用软件文本

HARDWARE 绘图中使用硬件文本

FONT n 设置软件文本字体为 n, n 取值为 1 到 8

SIZE 改变缺省文本大小，可以取 TINY、SMALL、MEDIUM、LARGE，这些缺省文本尺寸的具体大小可以参考 TSIZE 命令

SYSTEM system 修改字体子系统，可以取值为 SOFTWARE、CORE、XFT

NAME name 修改 CORE 或 XFT 子系统的默认字体名，可以取 Helvetica、Times-Roman、Courier、ZapfDingbats

缺省值

```
gtext software font 1 size small
```

说明

软件文本使用了图形库的文本显示功能，将每个字符以线段的形式保存起来，因而可以任意缩放或旋转至任意角度。使用软件文本在不同图形设备上可以产生相同的结果，但是其速度会慢于硬件文本。目前有 8 种可用的软件字体：

1. simplex block
2. simplex italics
3. duplex block
4. duplex italics
5. complex block
6. complex italics
7. triplex block
8. riplex italics

硬件文本使用图形设备自身的文本显示功能，因而文本在不同的设备上尺寸可能不同，所以使用硬件文本会导致在不同的图形设备上看到不同的图。如果一个设备有超过一个硬件文本尺寸，那么最接近预期值的那个尺寸将被使用。其最主要优点在于速度较快，因而当速度比质量重要时可以使用。

示例

选择 triplex 软件字体:

```
SCA> gtext software font 6
```

相关命令

[tsize](#)

12.57 hanning

概要

对每个数据文件应用一个“hanning”窗

语法

```
HANNING
```

说明

“hanning”窗是一种对数据点的递归平滑算法。对于每个内部数据点 ($j \in [2, N - 1]$) 来说, 有

$$Y(j) = 0.25Y(j - 1) + 0.50Y(j) + 0.25Y(j + 1)$$

更新 $Y(2)$ 时使用了 $Y(1)$ 、 $Y(2)$ 、 $Y(3)$ 的原值, 而更新 $Y(3)$ 时则使用了 $Y(2)$ 的新值以及 $Y(3)$ 、 $Y(4)$ 的原值, 这也是其称为递归平滑算法的原因。对于两个端点, 另 $Y(1)$ 等于 $Y(2)$ 的新值, $Y(N)$ 等于 $Y(N - 1)$ 的新值。

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1306: 对非等间隔文件的非法操作

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.58 help

概要

在终端显示 SAC 命令的语法和功能信息

语法

```
HELP [item ... ]
```

输入

item 命令 (全称或简写)、模块、子程序等等。若 **item** 为空, 则显示 SAC 的帮助文档的介绍

说明

SAC 的帮助文档位于 `$SACHOME/aux/help` 中, 该命令的实质是读取帮助文档并显示到终端中。item 列表中每一项会按照顺序依次显示在终端中, 若输出超过一屏, 可以使用 PgUp、PgDn、Enter、空格、方向键等实现翻页。直接输入 “q” 则退出当前项文档并显示下一项文档。

示例

```
SAC> h           // 获得帮助文档包的介绍
SAC> h r cut bd p // 一次获取多个命令信息
```

错误信息

- 1103: 没有可用的帮助文档包 (检测 `$SACHOME/aux/help` 文件夹)

12.59 highpass

概要

对数据文件应用一个无限脉冲高通滤波器

语法

```
HIGHPASS [BUTTER|BESSEL|C1|C2] [CORNERS v1 v2] [NPOLES n] [PASSES n]
          [TRANBW v] [ATTEN v]
```

输入

BUTTER 应用一个 Butterworth 滤波器

BESSEL 应用一个 Bessel 滤波器

C1 应用一个 Chebyshev I 型滤波器

C2 应用一个 Chebyshev II 滤波器

CORNERS v1 v2 设定拐角频率分别为 v1 和 v2，即频率通带为 v1-v2

NPOLES n 设置极数为 N，范围: 1-10

PASSES n 设通道数为 N，范围: 1-2

TRANBW v 设置 Chebyshev 转换带宽为 v

ATTEN v 设置 Chebyshev 衰减因子为 v

缺省值

```
highpass butter corner 0.2 npoles 2 passes 1 tranbw 0.3 atten 30
```

说明

参见 bandpass 的相关说明。

示例

应用一个四极 Butterworth，拐角频率为 2Hz.:

```
SAC> hp n 4 c 2
```

在此之后如果要应用一个二极双通具有相同频率的 Bessel:

```
SAC> hp n 2 be p 2
```

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1002: 由于拐角频率大于 Nyquist 频率而出现的坏值

头段变量

depmin, depmax, depmen

相关命令

[bandpass](#)

12.60 hilbert

概要

应用 Hilbert 变换

语法

```
HILBERT
```

说明

该命令通过将原始信号与一个 201 点 FIR 滤波器进行卷积（时间域）以实现 Hilbert 变换。此 FIR 滤波器是通过将理想 Hilbert 变换的脉冲响应加 Hanning 窗获得的。在频率域，该滤波器近似为传递函数，在每个频率相位为 90 度，振幅响应为 1。Hilbert 变换后的结果将替代内存中的原始信号。

注意此操作在直流和折叠频率附近的小区域内是不精确的。如果对很低频率的数据进行 Hilbert 变换（比如长周期面波），首先要对信号进行抽样。由于该变换是在时间域完成的，所以计算时在原地使用重叠-储存算法，其对于文件长度没有限制。

Hilbert 变换可以用于从振幅谱（的对数）中计算最小延迟相位。此命令中的代码实质上是非带限的低通滤波器，因而不适于用于计算最小延迟相位。

SAC 提供了 Hilbert 变换的函数库，可以直接在 C 或 Fortran 程序中调用，详情参考“[调用 libsac 库](#)”一节。

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.61 history

概要

打印最近执行的 SAC 命令列表

语法

```
HISTORY
```

说明

该命令可以打印最近执行的命令历史，也可以用于重复执行命令历史中某个特定的命令：

- !!：重复上一命令
- !n：重复第 n 行的命令
- !-n：重复最近的命令行减去 n 得到的命令
- !str：重复最近的以字符串 str 开始的命令

示例

打印命令历史列表:

```
SAC> history
```

重复命令 1:

```
SAC> !1
```

重复最后一条命令:

```
SAC> !!
```

重复倒数第二个命令:

```
SAC> !-2
```

重复以 ps 开头的命令::

```
SAC> !ps
```

12.62 ifft

概要

对数据进行离散反傅立叶变换

语法

```
IFFT
```

说明

数据文件必须是之前利用 FFT 命令生成的谱文件，可以是实部-虚部格式或振幅-相位格式。

头段变量

B、DELTA 和 NPTS 被修改为原始数据的起始时间、采样周期、数据点数。频率域的起始频率 B、采样频率 DELTA、采样点数 NPTS 被保存到 SB、SDELTA、NSNPTS 中。

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1305: 对时间序列的非法操作
- 1606: 超过 IFFT 所允许的最大数据点数

限制

目前 IFFT 所允许的最大数据点数为 65536。

相关命令

[fft](#)

12.63 image

概要

利用内存中的数据文件绘制彩色图

语法

```
IMAGE [COLOR|GREY] [BINARY|FULL] [PRINT [pname]]
```

输入

COLOR|GREY 绘制彩图或者灰度图

BINARY|FULL 绘图时所有正值是一个颜色，所有负值是另一种颜色，或者根据数据值不同变换颜色

缺省值

```
image color full
```

说明

这个命令允许用户根据 SAC 三维数据绘制彩图或灰度图，三维数据一般由 spectrogram, scallop 或 bbfk 命令产生，你也可以导入自己生成的 SAC 格式三维数据。可以使用 xlim 和 ylim 查看图形的不同区域，也可以通过一位操作符修改幅度

示例

以 SAC 101.5c 自带的 contourdata 为例：

```
SAC> r contourdata
SAC> image
```

头段变量

需要: iftype (设为 “IXYZ”), nxsize, nysize

使用: xminimum, xmaximum, yminimum, ymaximum

12.64 inicm

概要

重新初始化 SAC

语法

```
INICM
```

说明

这个命令可以在任意时刻将 SAC 初始化到其刚启动的状态。所有活动的图像设备被终止，全局变量初始化到其初始值，内存中数据丢失。

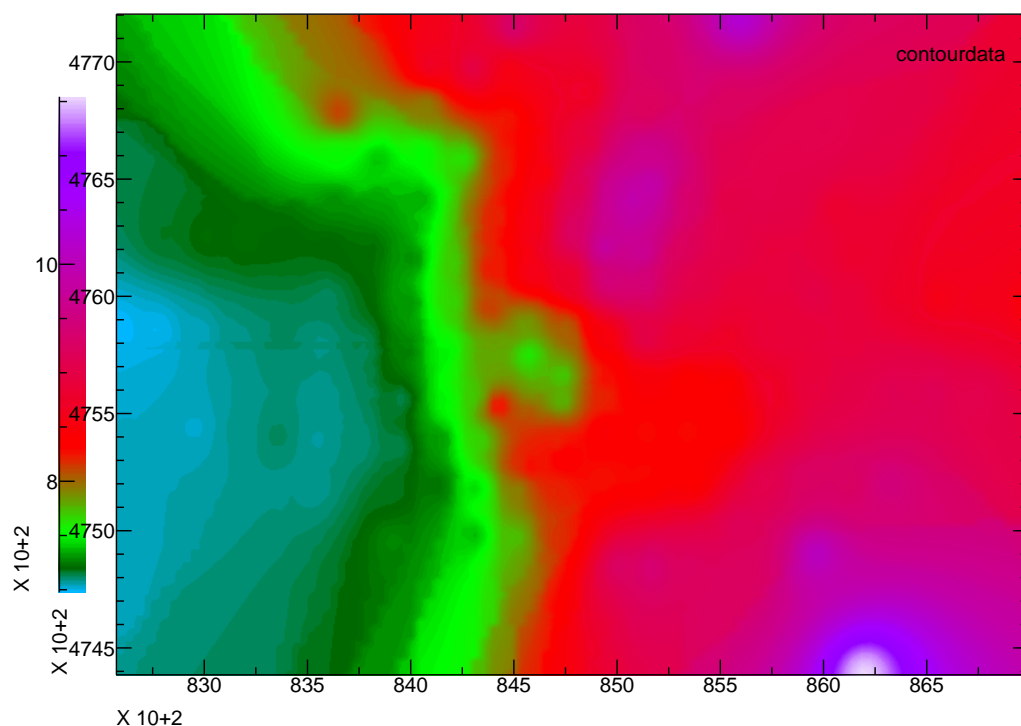


图 12.1: image 示意图

12.65 installmacro

概要

将宏文件安装到 SAC 全局宏目录中

语法

```
INSTALLMACRO name [name ...]
```

输入

name SAC 宏文件名

说明

该命令允许你将宏文件安装到 SAC 全局宏目录中，使得所有人都可以使用。全局宏目录位于 `sac/aux/macros`。

相关命令

[macro](#)

12.66 int

概要

利用梯形法或矩形法对数据进行积分

语法

```
INT TRAPEZEIDAL|RECTANGULAR
```

缺省值

```
int trapezoidal
```

说明

该命令使用梯形法或矩形法对数据进行数值积分，不要求数据等间隔。除积分之外，还会根据具体情况修改因变量类型 idep，并重新计算 depmax、depmin、depmen。

对于函数 $f(x)$ 其积分用梯形法表示为

$$y_n = y_{n-1} + \frac{1}{2}(x_{n+1} - x_n)(f(x_n) + f(x_{n+1})), \quad n \in [1, npts - 1]$$

用矩形法表示为：

$$y_n = y_{n-1} + (x_n - x_{n-1})f(x_n), \quad n \in [1, npts]$$

二者均有边界条件 $y_0 = 0$ 。

若使用梯形积分，数据点数 npts 将减 1，文件的头段变量 b 和 e 也会相应修改。¹

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1307: 对谱文件非法操作

头段变量

depmin、depmax、depmin、idep、npts、b、e

12.67 interpolate

概要

对等间隔或不等间隔数据进行插值以得到新采样率

语法

```
INTERPOLCATE [DELTA v|NPTS v] [BEGIN v]
```

输入

DELTA v 设置新采样率为 v。数据的时间跨度 (E-B) 保持不变，npts 变化，E 由于需要与 b 的间距为 delta 的整数倍，所以可能会有微调。

NPTS n 强制设置插值后文件的数据点数为 n。时间宽度不变，delta 发生变化。

BEGIN v 在 v 处开始插值，该值将作为插值文件的起始时间。BEGIN 可以和 DELTA 或 NPTS 选项一起使用。

¹若使用矩形积分，理论上 npts、b、e 也应有所修改，但实际代码中却未对此多做处理，暂不确定是否是 Bug。

说明

该命令使用 Wiggins 的 weighted average-sloped 插值方法将不等间隔数据转换为等间隔数据，以及对等间隔数据插值得到新的采样率。不像三次样条插值，在输入样本数据点间不会存在极值。如果要降低采样率，即减采样，由于该命令没有抗混叠滤波器，所以最好使用 decimate 命令。

DELTA 选项和 NPTS 选项只能同时使用一个，若二者同时使用，则命令中的后者起作用。

BEGIN 选项用于控制输入数据的插值起点，也可以通过 cut 命令设置 b 和 e 再进行插值操作。

示例

假定 filea 是等间隔数据，采样率为 0.025，为了将转换到采样率为 0.02 秒：

```
SAC> r filea
SAC> interp delta 0.02
```

由于新 delta 小于原数据 delta，可能会出现混叠现象，所以会输出警告信息。

假定 fileb 数据点数 npts=3101，想要保持其时间跨度，并采样至 npts=4096 个点：

```
SAC> r fileb
SAC> interp npts 4096
```

假设 filec 是不等间隔数据，为了将其转换为采样率为 0.01 秒的等间隔数据：

```
SAC> read filec
SAC> interpolate delta 0.01
```

警告消息

- 2008: 要求的开始时间小于文件起始时间（输出会被截断）
- 2015: 要求的开始时间大于文件结束时间（不执行操作）

头段变量

delta、npts、e、b、leven

12.68 keepam

概要

保留内存中谱文件的振幅部分

语法

```
KEEPAM
```

说明

该命令对谱文件进行操作，保留其振幅部分、丢弃相位部分，这样可以对振幅部分直接进行代数运算。谱文件可以是振幅-相位格式或实部-虚部格式。若文件以实部-虚部格式存在，则首先将其转换为振幅-相位格式再丢弃相位部分。

对于实序列而言，其振幅谱是对称的，因而最终生成的文件仅含 $npts/2+1$ 个数据点，数据为 IXY 形式，分别包含自变量（频率）和因变量（振幅），其可以跟时间序列文件直接区分开。

12.69 khronhite

概要

对数据应用 Khronhite 滤波器

语法

```
KHRONHITE [v]
```

输入

v 截断频率，单位 Hz

缺省值

```
khronhite 2.0
```

说明

此低通滤波器是两个级联的四阶 Butterworth 低通模拟滤波器的数字近似。其拐角频率为 0.1Hz 以增强 Regional 地震的基模瑞利波（Rg）的振幅信号。

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.70 line

概要

控制绘图中的线型

语法

```
LINE [ON|OFF|SOLID|DOTTED|n] [FILL ON|OFF|pos\_color/neg\_color]
      [INCREMENT [ON|OFF]] [LIST STANDARD|nlist]
```

输入

ON 打开线型选项，不改变线型
OFF 关闭线型选项
SOLID 改变线型为实线型，并打开线型开关
DOTTED 改变线型为虚线型，并打开线型开关
n 设置线型为 n 并绘制线条。若 n 取值为 0 则表示不绘制该线条
FILL ON|OFF 打开/关闭颜色填充
FILL pos_color/neg_color 对每个数据的正值和负值部分涂色
INCREMENT ON 每个数据被绘出之后，按照线型表中的次序改变为另一个线型
INCREMENT OFF 不改变线型
LIST nlist 改变线型列表
LIST STANDARD 设置为标准线型列表

缺省值

```
line solid increment off list standard
```

说明

这个命令控制绘图时的线型，图形的框架（轴、标题等等）通常使用实线。网格的线型用 GRID 命令控制。并非所有的图形设备都有除实线型之外的其他线型的，在那些设备上显然这个命令没有什么效果。而对于不同的设备线型号 n 也可能是不同的。

还有其他命令可以控制数据显示的其他方面。SYMBOL 命令用于将每个数据点的值用一个符号显示在图上。

COLOR 命令控制彩色图形设备的颜色选择。所有的这些属性都是独立的。如果你想的话你可以选择在每个数据点上选择带符号的蓝色虚线。线型为 0 代表关闭画线选项。在 LIST 选项和 SYMBOL 命令中可以利用线型为 0 的特性，在同一张图上将某些数据用线显示某些数据用符号显示

示例

选择依次变化的线型，从线型 1 开始：

```
SAC> line 1 increment
```

改变线型表使之包含线型 3, 5 和 1:

```
SAC> line list 3 5 1
```

使用 PLOT2 在同一个图形上绘制三个文件，第一个使用实线无符号，第二个没有线条，用三角符号，第三个无线条，用十字符号：

```

SAC> read file1 file2 file3
SAC> line list 1 0 0 increment
SAC> symbol list 0 3 7 increment
SAC> plot2

```

将地震图的正值部分涂上红色，负值部分涂上蓝色，如果线型为 0，则涂色区域用黑色描边：


```
SAC> fg seis
SAC> line 0 fill red/blue
SAC> p
```

相关命令

`symbol`、`color`

12.71 linefit

概要

对内存中数据的进行最小二乘线性拟合

语法

```
LINEFIT
```

说明

此命令的底层实现与 `rmean` 命令是相同的。

对数据使用最小二乘拟合得到一条直线。直线的斜率、y 轴截距、斜率的标准差、截距的标准差、数据的标准差以及数据和模型间的相关系数将分别被写入黑板变量 `SLOPE`、`YINT`、`SDSLOPE`、`SDYINT`、`SDDATA` 和 `CORRCOE` 中。

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1307: 对谱文件的非法操作

12.72 linlin

概要

设置 X、Y 轴均为线性坐标

语法

```
LINLIN
```

相关命令

`linlog`、`loglog`、`loglin`

12.73 linlog

概要

设置 X 轴为线性坐标，Y 轴为对数坐标

语法

```
LINLOG
```

相关命令

linlin、loglog、loglin

12.74 listhdr

概要

列出指定的头段变量的值

语法

```
LISTHDR [DEFAULT|PICKS|SPECIAL] [FILES ALL|NONE|LIST]
        [COLUMNS 1|2] [INCLUSIVE ON|OFF] [hdrlist]
```

输入

DEFAULT 使用默认的头段变量列表。列出所有已定义的头段变量

PICKS 使用 picks 头段列表。列出与到时拾取相关的头段变量

SPECIAL 使用用户自定义的特殊头段变量列表

FILES ALL 列出内存中所有文件的头段

FILES NONE 不列出头段，为将来的命令设置默认值

FILES list 列出部分文件的头段，list 是要列出的文件的文件号

COLUMNS 1|2 输出格式为每行一/两列

INCLUSIVE ON|OFF ON 表示列出未定义的头段变量的值，OFF 则不列出

hdrlist 指定头段变量列表

缺省值

```
listhdr default files all columns 1 inclusive off
```

说明

用户可以自定义要列出的项或使用两个标准列表中的某个，DEFAULT 列表包含全部头段变量，PICKS 列表包含直接或间接用于定义到时拾取的头段变量，这个列表包含 B、E、O、A、Tn、KZTIME、KZDATE。用户可以随时定义一个特殊列表而且可以通过 SPECIAL 选项再次使用该列表。该命令的输出包含头段变量名、一个等于号以及头段变量的当前值。某些文件的某些头段变量可能未定义。SAC 对这些未定义的头段变量，用一个特别的标志以标记它们，这个特殊的标识是“undefined”。

示例

获取 picks 列表，输出为两列显示：

```
SAC> lh picks column 2
```

获得第三、四个文件的默认头段列表：

```
SAC> lh files 3 4
```

列出文件开始和结束时间:

```
SAC> lh b e
```

定义一个包含台站参数的特殊列表 :

```
SAC> lh kstnm stla stlo stel stdp
```

稍后再次使用上面的特殊列表:

```
SAC> lh special
```

只是设置默认两列输出:

```
SAC> lh columns 2 files none
```

错误消息

- 1301: 未读入文件

12.75 load

概要

导入外部命令 (在 SAC 的 linux 版本中外部命令的导入需要额外的工作)

语法

```
LOAD comname [ABBREV abbrevname]
```

输入

comname 从一个共享目标文件中载入的一个外部函数名

ABBREV abbrevname 命令的简写

说明

这个命令允许用户载入由 SAC 外部命令接口写的命令。(参见 EXTERNAL_INTERFACE 文档)。这个命令必须是一个储存在共享目标库 (.so 文件) 中。SAC 将检查所有环境变量 SACSOLIST 中的共享目标库, 这个环境变量需要包含一个或多个共享目标库, 每个库以空格分割。到这些共享目标库的路径必须在环境变量 LD_LIBRARY_PATH 中指定。如果 SACSOLIST 为设置, 则 SAC 将使用由 LD_LIBRARY_PATH 中指定的路径在共享文件库 libsac.so 中寻找。一个叫做 libcom.so 的库随着 SAC 发布。

示例

设置你的环境变量使得 SAC 在当前目录从库文件 libbar.so 中查找一个称为 foo 的命令, 并为 foo 设置别名为 myfft:

```
% export SACSOLIST = "libcom.so libbar.so"
# Add the current directory to the search path.
% export LD_LIBRARY_PATH {$LD_LIBRARY_PATH}:.
% sac
SAC> load foo abbrev myfft* load the command
SAC> read file1.z file2.z file3.z * input files to pass to the command
SAC> myfft real-imag* invoke command with its arguments,
* commands must parse their own args.
SAC> psp
```

如何创建一个包含你的命令的共享目标库:

```
Solaris::
cc -o libxxx.so -G extern.c foo.c bar.c
SGI::
cc -g -o libxxx.so -shared foo.c bar.c
LINUX: (gcc)::
gcc -o libxxx.so -shared extern.c foo.c bar.c sac.a
```

其中 sac.a 可以从你得到 sac 的地方获得

SAC 发布的外部命令

在 SAC 的发布版中有一个外部命令, 叫做 FLIPXY。FLIPXY 将一个或多个 X-Y 数据文件作为输入, 并调换 X 和 Y。这个命令在 SAC/aux/external 中的 libcom.so 中, 同时还有 FLIPXY 的源代码作为参考。为了导入 FLIPXY, libcom.so 必须包含在 SACSOLIST 中

错误消息

- 1028: 外部命令不存在: 这意味着 SAC 无法找到你的外部命令

这个错误产生的原因很多, 一个可能是环境变量 LD_LIBRARY_PATH 不包含到达你的共享库的目录。另一个可能的原因是 SACSOLIST 不包含你的共享库的名字

12.76 loadctable

概要

允许用户在彩色绘图中选择一个新的颜色表

语法

```
LOADCTABLE n|[DIR CURRENT|name] [filelist]
```

输入

n 标准 SAC 颜色表对于的号, n 可以取 1-17

DIR CURRENT 从当前目录载入颜色表, 当前目录指的是你启动 SAC 的目录

DIR name 从目录 name 中载入颜色表, 这是一个相对或绝对目录名

filelist 颜色表文件列表

说明

这个命令允许用户选择一个新的颜色表或者通过指定颜色表的文件以及路径提供他们自己的颜色表。如果未使用 DIR 选项, SAC 将首先在 SACAUX 中寻找颜色表, 然后在用户的工作目录中寻找。

* 在 SACAUX 下可以的 ctables 下有 21 个文件, 其中一个为 gmt.cpt, 用于在 SAC 中绘制与 GMT 有关的彩色图形, 另外 20 个文件为三列数据, 应该就是颜色表了, 前面说的 n 取 1 到 17 可能有些过时了。具体谁对应谁还不清楚, just try them !

12.77 log

概要

对每个数据点取其自然对数 ($\ln y$)

语法

```
LOG
```

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1340: 文件中数据值超出允许的范围 (要求所有数据值均为正)

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.78 log10

概要

对每个数据点取以 10 为底对数 ($\log_{10} y$)

语法

```
LOG10
```

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1340: 文件中数据值超出允许的范围 (要求所有数据值均为正)

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.79 loglab

概要

控制对数轴的标签

语法

```
LOGLAB [ON|OFF]
```

输入

ON 打开对数标签开关

OFF 关闭对数标签开关

缺省值

```
loglab on
```

说明

标签一般位于轴上每个 10 的对数值处，如果这个选项被打开并且标签之间有足够的空间的话在整数对数值中间将加入第二标签。

12.80 loglin

概要

设置 X 轴为对数坐标，Y 轴为线性坐标

语法

```
LOGLIN
```

相关命令

[linlog](#)、[loglog](#)、[linlin](#)

12.81 loglog

概要

设置 X、Y 轴均为对数坐标

语法

```
LOGLOG
```

相关命令

[linlog](#)、[linlin](#)、[loglin](#)

12.82 lowpass

概要

对数据文件应用一个无限脉冲高通滤波器

语法

```
LOWPASS [BUTTER|BESSEL|C1|C2] [CORNERS v1 v2] [NPOLES n] [PASSES n]
        [TRANBW v] [ATTEN v]
```

输入

BUTTER 应用一个 Butterworth 滤波器

BESSEL 应用一个 Bessel 滤波器

C1 应用一个 Chebyshev I 型滤波器

C2 应用一个 Chebyshev II 滤波器

CORNERS v1 v2 设定拐角频率分别为 v1 和 v2, 即频率通带为 v1-v2

NPOLES n 设置极数为 N, 范围: 1-10

PASSES n 设通道数为 N, 范围: 1-2

TRANBW v 设置 Chebyshev 转换带宽为 v

ATTEN v 设置 Chebyshev 衰减因子为 v

缺省值

```
lowpass butter corner 0.2 npoles 2 passes 1 tranbw 0.3 atten 30
```

说明

参见 bandpass 命令的相关说明。

示例

应用一个四极 Butterworth, 拐角频率为 2Hz.:

```
SAC> lp n 4 c 2
```

在此之后如果要应用一个二极双通具有相同频率的 Bessel:

```
SAC> lp n 2 be p 2
```

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1002: 由于拐角频率大于 Nyquist 频率而出现的坏值

头段变量改变

depmin, depmax, depmen

12.83 macro

概要

执行 SAC 宏文件

语法

```
MACRO name [arguments]
```

输入

name 要执行的 SAC 宏文件名

arguments 宏文件参数

说明

参考[SAC 宏](#)一节。

相关命令

[setmacro](#)、[installmacro](#)

12.84 map

概要

利用 SAC 内存中的所有数据文件生成一个包含台站/事件符号、地形以及台站名的 GMT 地图，也可以在命令行上指定一个事件文件。每个地震事件符号可以根据震级、残差等确定其大小。这个命令会产生一个 ps 文件，并将该文件在屏幕上显示，同时产生一个绘制该图的 shell 脚本。

语法

```
MAP [MERCATOR|EQUIDISTANT|AZIMUTHAL_EQUIDISTANT|ROBINSON]
    [WEST minlon] [EAST maxlon] [NORTH maxlat] [SOUTH minlat]
    [MAGNITUDE|RESIDUAL|RMEAN_RESIDUAL] [EVEVNTFILE filename]
    [TOPOGRAPHY] [STANAMES] [MAPSCALE on|off] [PLOTSTATIONS on|off]
    [PLOT EVENTS on|off] [PLOTLEGEND on|off] [LEGENDXY x y] [FILE output-file]
```

输入

SAC 中可以使用的投影方式包括：

- MERCATOR: 投影方式为 Mercator 投影。
- EQUIDISTANT: 投影方式为等间距圆柱投影，经纬度为线性。
- ROBINSON: 投影方式为 Robinson 投影，适用于世界地图。
- LAMBERT: 适用于东西范围较大的区域。
- UTM：通用横向 Mercator（尚未实现）。

下面的选项允许用户指定地图的区域，其默认使用台站以及事件经纬度的最小最大值（如果真是如此，这样的缺省值并不合适，因为那样意味着某些台站或事件将位于地图的边界处，但是实际上地图范围给的还是不错的）：

- WEST : 地图的最小经度
- EAST : 地图的最大经度
- NORTH : 地图的最大纬度
- SOUTH : 地图的最小纬度
- AUTOLIMITS: 自动决定地图的区域 [缺省值]

下面的选项允许用户向地图中添加位置和注释：

- STANames on | off : 在地图上绘制台站名 [默认为 off]
- MAPSCALE on | off : 在地图上绘制地图比例尺 [默认为 off]
- PLOTSTATIONS on | off : 绘制地震图给出的全部台站 [默认为 on]
- PLOTEVENTS on | off : 绘制 eventfile 和/或地震图给出的全部事件 [默认为 on]

下面的选项允许用户根据不同的值给出不同地震事件符号的大小。默认值是所有符号大小一样：

- MAGnitude : user0 定义地震震级，user0 越大，则事件符号越大。
- RESidual : user0 定义残差。根据 user0 的绝对值定义事件符号的大小。正值为 (+) 负值为 (-)。
- RMean_residual : 与 residual 相同，除了将所有残差去除均值之外
- PLTLEGEND on | off : 绘制地震震级以及残差的图例 [默认为 on]
- LEGENDXY x y : 绘制图例的绝对位置，默认为 [1,1]。位置是相对于页面的左下角，其单位为 inch。这是一个与地震震级和残差有关的图例。
- EVENTFILE : 指定一个自由格式的 ASCII 文本文件，其包含了额外的事件数据，文件的每一行包含单个事件的数据。每行的头两列必须包含纬度和经度（单位为度）。第三列可以包含符号大小信息（比如震级、深度、走时残差等）。
- TOPOgraphy on | off : 设置 TOPO 为开允许用户向地图中添加地形和海洋深度。这个命令读取 GMT 中 grdraster.info 的第一个地形文件，当然地形文件中必须要有该区域的数据。地形彩色图使用 \$SAC AUX/ctables/gmt.cpt。网格文件被写入当前目录
- FILE : 默认的输出文件名为 gmt.ps，你可以通过 FILE 选项指定文件名

可以用 SAC 的 TITLE 命令指定其标题

缺省值

```
map mercator topo off stan off file gmt.ps plotstations on plotevents on
```

示例

利用 SAC 提供的一些数据作为例子：

```
SAC> dg sub regional *.z
SAC> map stan on
Using Default Postscript Viewer
      gs -sDEVICE=x11 -q -dNOPROMPT -dTTYPAUSE
      Set an alternative through the SACPSVIEWER environment variable
```

Press any key to continue

绘制出的地图如图12.2所示，整个地图的边界控制的还算不错，还算比较美观，三角形代表台站位置，圆形代表地震位置，大小也控制的不错。生成这个图的同时，还有一个可以用于生成该地图的 shell 脚本。

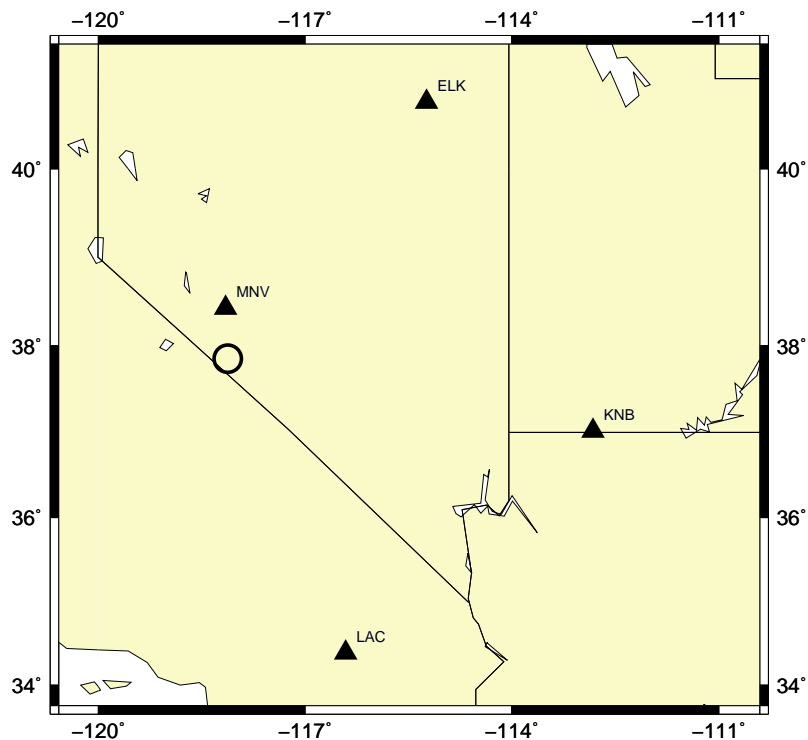


图 12.2: map 绘制地震、台站分布图

头段数据

台站纬度 (stla) 以及经度 (stlo) 必须在头段中被定义。如果事件纬度 (evla) 以及经度 (evlo) 被定义则其会被包含在地图中。如果这个命令在执行 BBFK 之后执行，MAP 将沿着反方位角方向绘制大圆弧路径。这个版本的 MAP 是基于 4.0 版本的 Generic Mapping Tools，要执行这个命令，你需要将 GMT4.0 安装在你的机器上并保证可执行文件位于路径中。

每个 MAP 命令的结果将写入当前目录下一个称为 gmt.csh 的脚本中。用户可以修改这个文件以利用更多 SAC 未利用的选项。默认单位是 inch，当然可以在脚本中修改。

在使用 pscoast 绘制海岸线时，SAC 采用了 -Dl 选项，其中 l 代表低精度的海岸线数据。用户可以在脚本中修改使用更高精度的海岸线数据。

该脚本采用的 shell 是 csh，其很容易改成 bash 脚本。

MAP 命令的结果将自动被显示。用于显示的默认程序是 gs(ghostscript)。用户可以通过设置环境变量 SACPSVIEWER 选择其他显示工具。

在 csh 下可以这样设置：

```
setenv SACPSVIEWER "gs -sDEVICE=x11 -q -dNOPROMPT -dTTYPAUSE"
```

在 bash 下可以这样设置：

```
export SACPSVIEWER="gs -sDEVICE=x11 -q -dNOPROMPT -dTTYPAUSE"
```

12.85 markptp

概要

在测量时间窗内测量并标记最大峰峰值

语法

```
MARKPTP [LENGTH v] [TO marker]
```

输入

LENGTH v 设置滑动窗的长度为 v 秒

TO marker 定义头段中用于储存结果的第一个时间标记。最小值的时间记录在这个时间标记中，最大值的时间标记储存在下一个时间标记中。

marker Tn (n=0-9)

缺省值

```
markptp length 5.0 to t0
```

说明

这个命令测量数据在当前测量时间窗内最大峰峰值对应的时间和幅度。结果写入头段变量中。波谷对应的时间写入命令给出的时间标记中，波峰对应的时间写入下一个命令标记。峰峰值写入 USER0 中，这个结果也可以通过 OAFP 命令写入字符数字型震相拾取文件。

示例

设置测量时间窗为头段 T4 和 T5 之间，并使用默认的滑动时间窗长和标记：

```
SAC> mtw t4 t5
SAC> markptp
```

设置测量时间窗为初动之后的 30s，滑动时间窗为 3s，起始时间标记为 T7：

```
SAC> mtw a 0 30
SAC> markp l 3. to t7
```

头段变量

Tn, USER0, KTn, KUSER0

相关命令

mtw、oapf

12.86 marktimes

概要

根据一个速度集得到走时并对数据文件进行标记

语法

```
MARKTIMES [TO marker] [DISTANCE HEADER|v] [ORIGIN HEADER|v|GMT time]
           [VELOCITIES v ... ]
```

输入

TO marker 定义头段中用于储存结果的第一个时间标记。对下一个的速度使用下一个时间

marker T0|T1|T2|T3|T4|T5|T6|T7|T8|T9

DISTANCE HEADER 使用头段中的 DIST 代表距离用于走时计算

DISTANCE v 使用 v 作为走时计算中的距离

ORIGIN HEADER 使用头段中的参考时间 (O) 用于走时计算

ORIGIN v 使用相对参考时间偏移 v 秒用于走时计算

ORIGIN GMT time 使用 Greenwich 平均时间作为参考时间

time GMT 时间包含六个整数：年、儒略日、时、分、秒、毫秒

VELOCITIES v ... 设置用于走时计算的速度集，最多可以输入 10 个速度

缺省值

```
marktimes velocities 2. 3. 4. 5. 6. distance header origin header to t0
```

说明

这个命令在头段中标记震相的到时，给定事件的发生时间，震中距以及速度即可计算到时。下面的方程用于简单估计走时：

$$time(j) = origin + \frac{distance}{velocity(j)}$$

结果被写入指定的时间标记中

示例

使用默认的速度集，强制距离为 340km，第一个时间标记为 T4：

```
SAC> marktimes distance 340. to t4
```

选择一个不同的速度集：

```
SAC> markt v 3.5 4.0 4.5 5.0 5.5
```

设置新的参考时间并将结果保存在 T2 中：

```
SAC> markt origin gmt 1984 231 12 43 17 237 to t2
```

头段变量改变

T_n, K_{Tn}

12.87 markvalue

概要

在数据文件中搜索并标记某个值

语法

```
MARKVALUE [GE|LE v] [TO marker]
```

输入

GE v 搜索并标记第一个大于或等于 v 的数据点

LE v 搜索并标记第一个小于或等于 v 的数据点

TO marker 定义头段中储存结果的时间标记

marker T0|T1|T2|T3|T4|T5|T6|T7|T8|T9

缺省值

```
markvalue ge 1 to t0
```

说明

这个命令在每一个数据文件中搜索，满足要求的值并将第一次出现该值的时间标记下来，如果测量时间窗已经被定义（参见 MTW），则只有那部分的文件才会被搜索。否则将搜索整个文件，结构写入头段中的时间标记中

示例

搜索文件中第一个值大于 3.4 的点并将结果保存在头段 T7 中：

```
SAC> markvalue ge 3.4 to t7
```

稍后在以 T4 起始的 10s 测量时间窗中使用相同的搜索：

```
SAC> mtw t4 0 10  
SAC> markvalue
```

头段变量改变

Tn, KTh

相关命令

mtw

12.88 mathop

概要

控制数学操作符的优先级

语法

```
MATHOP NORMAL | MATH | FORTRAN | NONE | OLD
```

输入

NORMAL 使用正常的数学操作符优先级

MATH 与 **NORMAL** 相同

FORTRAN 与 **NORMAL** 相同

NONE 不使用操作符优先级

OLD 与 **NONE** 相同

缺省值

```
mathop NORMAL
```

说明

该命令控制数学操作符的优先级。正常情况下，乘法和除法的优先级要比加法和减法高，指数运算拥有最高的优先级。

101.6 之间的版本中，SAC 在进行代数运算时没有考虑操作符的优先级，整个表达式按照从左到右的顺序依次进行计算。

SAC 在 101.6 之后的版本中，默认使用正常的操作符优先级。对于一些在老版本 SAC 下写的脚本或宏来说，可能依赖于旧的优先级顺序。可以考虑修改脚本以适应新版本的优先级或者直接设定适应 **OLD** 优先级。

示例

正常的操作符优先级：

```
SAC> mathop normal
SAC> eval 1+2*3
7
SAC> eval 1+(2*3)
7
```

旧的操作符优先级：

```
SAC> mathop old
SAC> eval 1+2*3
9
SAC> eval 1+(2*3)
7
```

12.89 merge

概要

将多个数据文件合并成一个文件

语法

```
MERGE [VERBOSE] [GAP ZERO|INTERP] [OVERLAP COMPARE|AVERAGE] [filelist]
```

输入

VERBOSE 输出数据合并的细节。

GAP ZERO|INTERP 如何处理数据间断。ZERO 表示将数据间断处补零值；INTERP 表示对数据间断处进行线性插值。

OVERLAP COMPARE|AVERAGE 如何处理数据重叠。COMPARE 表示对重叠的时间段内的数据进行比较，若不匹配则退出；AVERAGE 表示对重叠时间段内的数据进行平均。

filelist SAC 二进制数据文件列表¹

说明

此命令在 101.6 版中完全重写，功能和用法上也与之前的版本完全不同。

在旧版本中，内存中的每个文件与 filelist 中的每个文件分别合并，且内存中的文件必须早于 filelist 中的文件。因而在合并多段数据时，只能先读取第一段数据，再 merge 第二段数据，再 merge 第三段数据，依次不断循环执行。

新版本的 merge 命令，会将内存中的全部数据文件以及 filelist 中的全部文件合并成单个文件。若内存中无数据，则只合并 filelist 中的数据文件；若 filelist 为空，则只合并内存中的数据文件。

新版的 merge 命令可以合并任意数目和任意顺序的数据文件。merge 会检查所有要合并的文件，以保证他们拥有相同的 kstnm、kentwk、kcmpnm、delta。

若要合并的数据段之间存在间断，可以通过补零或线性插值的方式弥补间断；若数据段之间存在重叠，可对重叠的部分进行比较判断或直接进行平均。

示例

下面看一个数据合并的例子²：

```
SAC> read file1 file2
SAC> merge file3 file4
```

在 101.5c 及其之前的版本中，这个例子的结果是，file3 与 file1 合并成文件 file1，file4 与 file2 合并成文件 file2，此时内存中有两个文件 file1 和 file2。而在 101.6 及其之后的版本中，这个例子的结果是，文件 file1、file2、file3、file4 合并成文件 file1，此时内存中只有一个文件 file1。

多个文件合并成单个文件的一种方法：

```
SAC> r file1 // 读取一个文件
SAC> merge file2 file3 file4 // merge 其余文件
SAC> w over
```

¹暂时不支持通配符。

²这样的修改使得不同版本的语法不完全兼容，实际使用时新版的 merge 命令要更方便也更符合人的正常思维。

另一种合并办法：

```
SAC> r file1 file2 file3 file4
SAC> merge                // 合并内存中的所有文件
SAC> w over                // 合并后的文件写入到file1中
```

再一种合并方法：

```
SAC> merge file1 file2 file3 file4 // 内存中无数据，合并filelist中的全部文件
SAC> w over                        // 保存到file1中
```

头段变量改变

npts、depmin、depmax、depmen、e

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1803: 未读入二进制文件
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1801: 头段不匹配（采样间隔或台站名不同）
- 9005: 振幅不匹配

警告消息

- 1805: 时间间断

相关命令

read

12.90 message

概要

发送信息到用户终端

语法

```
MESSAGE text
```

输入

text 要发送到终端的信息文本。若文本中有空格则必须用单引号括起来

说明

这个命令用于在 SAC 宏文件执行时发送状态及其他信息给用户。在交互式模式下一般没有用（除非你想自己跟自己聊天，如示例所示）。

示例

发送无空格的信息：


```
SAC> message finished
finished
```

发送带有空格的信息，你需要加上单引号或双引号：

```
SAC> message 'Job has finished.'
Job has finished.
```

12.91 mtw

概要

决定接下来命令中所使用的测量时间窗

语法

```
MTW [ON|OFF|pdw]
```

输入

ON 打开测量时间窗选项但不改变窗的值

OFF 关闭测量时间窗选项。测量将对整个文件进行操作

pdw 打开测量时间窗并设置其新值。关于 pdw，参考[PDW](#)一节。

缺省值

```
mtw off
```

说明

当这个选项为开时，测量只对这个窗内有效，当这个选项为关时，测量针对整个文件。这个选项目前只对 markptp 和 markvalue 命令有效

相关命令

[cut](#)、[markptp](#)、[markvalue](#)

12.92 mul

概要

给每个数据点乘以同一个常数

语法

```
MUL [v1 [v2 ... vn]]
```

输入

- v1** 乘到第一个文件的常数
- v2** 乘到第二个文件的常数
- vn** 乘到第 *n* 个文件的常数

缺省值

```
mul 1.0
```

说明

参见 [add](#) 的相关说明。

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1307: 对谱文件的非法操作

头段变量改变

depmin、depmax、depmen

12.93 mul f

概要

使内存中的一组数据乘以另一组数据

语法

```
MULF [NEWHDR [ON|OFF]] filelist
```

输入

NEWHDR ON|OFF 若为 OFF，则生成的数据文件使用内存中原文件的头段；若为 ON，则生成的数据文件使用 filelist 中新文件的头段。缺省值为 OFF。
filelist SAC 二进制文件列表。

说明

参见 [addf](#) 命令的相关说明。

示例

参见 [addf](#) 命令的相关示例。

头段变量

depmin、depmax、depmen、npts、delta

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1803: 未读入二进制文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作

- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1317: 文件不是 SAC 数据文件
- 1801: 头段值不匹配 (采样周期或数据点数不相等)

警告消息

- 1802: 时间不匹配

相关命令

`read`、`binoperr`

12.94 mulomega

概要

在频率域进行微分操作

语法

```
MULOMEGA
```

说明

根据傅里叶变换的微分性质：

$$\mathcal{F}[f'(x)] = i\omega\mathcal{F}[f(x)]$$

其中 $\omega = 2\pi f$ ，即函数微分在频率域可以用简单的乘法来表示。

该命令仅可对谱文件进行操作，谱文件可以是振幅-相位型或实部-虚部型。

若为振幅相位型：

$$\mathcal{F}[f'(x)] = i\omega\mathcal{F}[f(x)] = i\omega(A(\omega)e^{\theta(\omega)}) = (A(\omega)\omega)e^{\theta(\omega)+\pi/2}$$

若为实部虚部型：

$$\mathcal{F}[f'(x)] = i\omega\mathcal{F}[f(x)] = i\omega(a(\omega) + ib(\omega)) = -b(\omega)\omega + ia(\omega)\omega$$

头段变量

`depmin`、`depmax`、`depmen`

12.95 news

概要

终端显示关于 SAC 的一些信息

语法

```
NEWS
```

说明

其实质就是将文件 `$SACHOME/aux/news` 的内容显示到终端。

12.96 null

概要

控制空值的绘制

语法

```
NULL [ON|OFF|value]
```

输入

ON 打开绘图时的 NULL 选项

OFF 关闭绘图时的 NULL 选项

value 设置数据中的空值为该值

缺省值

```
null off
```

说明

有些情况下，数据中存在间断，此时没有有用的值，称为空值。在多数情况下将空值设置为一个预定的值，一般来说是 0.0, -1.0, -99。通常用户不希望这些值在绘图时显示。NULL 命令允许用户定义 NULL 值并在绘图时不连接这些点。

示例

为了设置 NULL 值为-1.0 并打开 NULL 选项：

```
SAC> null on -1.0
```

12.97 oapf

概要

打开一个字母数字型震相拾取文件

语法

```
OAPF [STANDARD|NAME] [file]
```

输入

STANDARD 在写震相拾取文件时使用标准文件 id。标准文件 id 包含了头段中事件名、台站名、分量方位角以及入射角。

NAME 使用 SAC 文件名代替标准文件 id

file 要打开的字符数字型震相拾取文件，如果该文件已经存在，则其将会被打开，新的震相拾取会加到文件的底部

缺省值

```
oapf standard apf
```

说明

震相拾取文件可以作为自动拾取 (APK) 以及人工拾取 (PPK) 命令产生的简单数据库。每个震相拾取被写在文件的一行上。这个文件的每个常规行包含一个文件 id、一个震相拾取 id、震相拾取的时间、拾取的幅度以及一些格式信息。这些行为 80 个字符长。文件 id 是一些标准的头段信息或者文件名。拾取到的时间是 GMT 时间或者时间偏移。这依赖于产生这些拾取的命令如 APK 或 PPK 中指定的选项。这将导致 4 个不同的格式，在第 79 列上以不同的字符标识这些行，如那些波形和峰峰值的读取数据，在 80 列以后不附加字段。一行的最大长度为 200。下面会展示不同格式的行。

错误消息

- 1903: 不能关闭前面的震相文件
- 1902: 不能打开震相文件 (可能是文件名中的非法字符引起的)

相关命令

[plotpk](#)、[apk](#)、[capf](#)

12.98 ohpf

概要

打开一个 HYPO 格式的震相文件

语法

```
OHPF [file]
```

输入

file 要打开的文件名。如果文件已经存在，则打开并将新的震相加到文件底部

缺省值

```
OHPF HPF
```

说明

SAC 产生的 HYPO 震相拾取文件可以用于程序 HYPO71 以及其他类似事件定位程序的输入。由 APK 和 PPK 得到的震相拾取信息被写入这个打开的文件中，这个文件可以使用 CHPF 关闭。打开一个新的 HYPO 文件会自动关闭前一个已经打开的文件。打开一个已经存在的 HYPO 文件的同时也会自动删除文件的最后一行，这一行原本有一个指令标记 10 作为 HYPO 文件的结束标志符，删除最后一行意味着可以在其后添加新的拾

取。终止 SAC 也会自动关闭任何已经打开的拾取文件，事件分割符能够用 WHPF 命令写入震相拾取文件。

错误消息

- 1901: 无法打开 HYPO 震相拾取文件 (可能是文件名只能中的非法字符)

相关命令

[apk](#)、[plotpk](#)、[whpf](#)、[chpf](#)

12.99 pause

概要

发送信息到终端并暂停

语法

```
PAUSE [MESSAGE text] [PERIOD ON|OFF|v]
```

输入

MESSAGE text 在暂停之前发送到终端的文本，若文本包含空格则应用引号括起来

PERIOD ON 打开 period 选项但不改变暂停的长度，如果这个选项为开，SAC 会暂停一段时间然后自动恢复执行

PERIOD OFF 关闭 period 选项开关。当这个选项关闭时，SAC 将暂停知道输入回车键

PERIOD v 打开 period 选项开关并改变暂停的时间长度为 v 秒

缺省值

```
pause message 'Pausing' period off
```

说明

这个命令使你能够暂停 SAC 宏文件的执行。当这个命令被执行时，SAC 发送信息到终端、暂停，然后等待你在终端输入回车或者暂停时间结束。当你想要研究一个特定命令的输出时可以让宏文件暂停执行再继续。它在用于说明或者教学时特别有用。ECHO 命令也很有用的。

相关命令

[echo](#)

12.100 picks

概要

控制时间标记的显示

语法

```
PICKS [ON|OFF] [pick VERTICAL|HORIZONTAL|CROSS] [WIDTH v] [HEIGHT v]
```

输入

ON|OFF 打开/关闭时间标记的显示

pick SAC 中与时间标记有关的头段变量名，可以取 O、A、F、Tn (n=0-9)

VERTICAL 在时间标记处绘制垂直线，时间标记 ID 位于线的右下方

HORIZONTAL 在最接近时间标记的数据点处绘制水平线，时间标记 ID 位于线上或线下

CROSS 在时间标记处绘制垂直线，在最近的数据点处绘制水平线

WIDTH v 时间标记的宽度为 v

HEIGHT v 修改时间标记的高度为 v。高度和宽度仅对 HORIZONTAL 和 CROSS 使用，其数值为占图形的比例

缺省值

```
pick on width 0.1 height 0.1
```

所有的拾取标记类型都是 VERTICAL

说明

这个命令控制 SAC 绘图上时间标记的显示。这些时间标记标识了如震相到时、事件发生时刻等。当打开显示选项时，每一个定义了的时间标记都会在绘图上相应时刻处绘制一条线，并且在其旁有一个时间标记 ID。时间标记 ID 是一个 8 字符长的头段变量。头段变量中 KA、KF、KO 以及 KTn 分别是 A、F、O 和 Tn 的时间标记 ID。如果时间标记 id 未定义，那么标记的名字就是就头段变量本身。每一个时间标记可以被显示为一条垂直线、一条水平线或一个交叉线。

示例

以交叉符号显示时间标记 T4、T5 和 T6，并改变交叉符号的高度和宽度：

```
SAC> picks t4 c t5 c t6 c w 0.3 h 0.1
```

12.101 plabel

概要

定义通用标签及其属性

语法

```
PLABEL [n] [ON|OFF|text] [SIZE TINY|SMALL|MEDIUM|LARGE]  
[BELOW|POSITION x y [a]]
```

输入

n 通用标签号。若省略，则在前一个标签号上加 1

ON 打开绘图标签选项，但不改变标签文本

OFF 关闭绘图标签选项

text 改变绘图标签的文本内容，同时打开了绘图标签选项

SIZE TINY|SMALL|MEDIUM|LARGE 修改绘图标签的文本尺寸。TINY、SMALL、MEDIUM、LARGE 分别表示一行 132、100、80、50 个字符。

BELOW 将此标签放在前一标签的下面

POSITION x y a 定义该标签的位置。其中 x 的取值为 0 到 1，y 的取值为 0 到最大视口（一般为 0.75），a 是标签相对于水平方向顺时针旋转的角度。

缺省值

默认字体大小为 small，标签 1 的位置为 0.15 0.2 0.。默认其他标签的位置为上一个标签之下。

说明

这个命令允许你为接下来的绘图命令定义通用的绘图标签。你可以定义每个标签的位置及文本尺寸。文本质量以及字体可以用 GTEXT 命令设定，也可以使用 TITLE、XLABEL、YLABEL 生成图形的标题以及轴标签。

示例

下面的命令将在接下来的绘图中在左上角产生一个四行的标签：

```
SAC> PLABEL 'Sample seismogram' POSITION .12 .5
SAC> PLABEL 'from earthquake'
SAC> PLABEL 'on January 24, 1980'
SAC> PLABEL 'in Livermore Valley, CA'
```

一个额外的小标签可以放在左下角：

```
SAC> PLABEL 5 'LLNL station: CDV' S T P .12 .12
```

相关命令

gtext、title、xlabel、ylabel

12.102 plot

概要

绘制单波形单窗口图形

语法

```
PLOT
```


说明

每个数据文件绘制在单独的图上，图形的整天大小由当前是口决定（参见 XVPORT 和 VPORT）。每个图形的 Y 轴范围由数据的极值决定，也可以自己限制 y 轴的范围（参见 YLIM 命令）。X 轴的范围由 XLIM 命令控制。用户可以控制每张图的文件 id（参见 FILEID）。时间标记也可以显示出来（参考 PICKS）。SAC 会在每张图之间暂停给你机会检查每张图，其将会在终端输出“Waiting”并等待你的响应。你可以输入回车以查看下一张图，关键字“go”或“g”可以不暂停地绘制余下的所有文件，或者关键字“kill”或“k”可以中止绘制余下的文件。

错误消息

- 1301: 未读入数据文件

相关命令

xvport、yvport、xlim、ylim、fileid、picks、filenumber

12.103 plot1

概要

绘制多波形多窗口图形

语法

```
PLOT1 [ABSOLUTE|RELATIVE] [PERPLOT ON|OFF|n]
```

输入

ABSOLUTE 图形文件的时间为绝对时间。具有不同开始时间的文件将做相对移动。

RELATIVE 所有的文件绘制时相对于自己的开始时间

PERPLOT ON 每张图绘制几个文件，使用 n 的旧值

PERPLOT OFF 所有文件绘制在一张图上

PERPLOT n 每张图上绘制 n 个文件

缺省值

```
plot1 absolute perplot off
```

说明

每个数据文件共享一个共同的 x 轴，但是各自拥有一个单独的 y 轴。绘图的总尺寸由当前视口决定（参见 XVPORT 和 YVPORT）。每一个子图的大小这个视口的大小以及当绘图的文件数目决定。每个子图的 Y 轴范围由文件极值决定或者可以通过 YLIM 命令自己设置。X 轴的范围可以是固定的（参见 XLIM）也可以是与数据成比例的。对于这种类型的绘图 X 轴标度有两种类型：relative 和 absolute。在绝对标度中 X 轴的范围为绘图文件的自变量的最小值和最大值。在不同子图上两点之间的时间差也按照起始时间的不同而得到校正。在相对标度中，X 轴将从 0 到文件中的最大时间差（即取所有文件中开始时间和结束时间差最大的那个时间差以保证每个文件都可以被完整地绘制，尽管这样会

导致某些图有很多的无数据区域)，每个文件都将从图形的左边界即 X 轴的零点开始绘制，对每个文件这个零点所对应的真实值是不同的，其将在文件名下方给出。这种标度类型在你相对某个时间标记（比如初动到时）裁剪文件时很有用。这样使得很容易看到每个文件波形之间的相似或差别。

示例

下面的例子是由 LLNL DSS 的 4 个台站 Elko、Kanab、Landers 和 Mina 记录到的美国西部的一个地震。参考时间被设置为事件发生时刻 (KZDATE and KZTIME):

```
SAC> cut -5 200
SAC> read *v
      elk.v knb.v lac.v mnv.v
SAC> fileid location ul type list kstcmp
SAC> title 'regional earthquake:  :1,kztime:  :1,kzdate:'
SAC> qdp 2000
SAC> plot1
```

错误消息

- 1301: 未读入数据文件

相关命令

xlim、ylim、fileid、picks、filenumber

12.104 plot2

概要

产生一个多波形单窗口绘图

语法

```
PLOT2 [ABSOLUTE|RELATIVE]
```

输入

ABSOLUTE 所有文件时间为绝对时间，具有不同的文件开始时间的文件将会相对于第一个文件移动

RELATIVE 每个文件相对于自己的开始时间绘图

缺省值

```
p2 absolute
```

说明

所有文件列表中的文件都将绘制在同一个绘图窗口中。可以选择绘制一个包含绘图符号以及文件名的图例以区别不同的文件，在使用这个命令之前 X 和 Y 的范围可以被定义。参见 XLIM 和 YLIM 命令。如果没有给出轴的范围那么将根据文件列表中的极值确定轴

范围。图例的位置可以通过 FILEID 命令控制。不像 PLOT 和 PLOT1, PLOT2 可以绘制谱文件。实部-虚部数据被绘制为实部-频率。振幅/相位数据被绘制为振幅-频率。虚部和相位信息忽略。谱文件总是用相对模式绘图。注意到在频率域 b、e 和 delta 分别被设置为 0、Nqquist 频率以及频率间隔 df。头段值 depmin 和 dapmax 未改变。如同 PLOTSP, 如果 XLIM 关闭, 绘图将从 df=DELTA 处开始, 而非 0。如果 XLIM 或 YLIM 在数据变换到频率域之前被改变了, 最好在使用 PLOT2 绘图之前输入 XLIM off 和 YLIM off。

注意: 由于某些原因, 可能在内存中同时存在时间序列文件和谱文件并且没有选择相对绘图选项, 则时间序列将以绝对模式绘图, 谱文件将以相对模式绘图。相对模式意味着相对于第一个文件。因而内存中文件的顺序将影响绘图之间的关系。

示例

```
SAC> read mnv.z.am knb.z.am elk.z.am
SAC> xlim 0.04 0.16
SAC> ylim 0.0001 0.006
SAC> linlog
SAC> symbol 2 increment
SAC> title 'rayleigh wave amplitude spectra for nessel'
SAC> xlabel 'frequency (hz)'
SAC> plot2
SAC> fft
SAC> xlim off ylim off
SAC> line increment list 1 3
SAC> plot2 print
```

错误消息

- 1301: 未读入数据文件

相关命令

xlim、ylim、fileid、filename

12.105 plotalpha

概要

从磁盘读入字符数据型文件到内存并将数据绘制出来

语法

```
PLOTALPHA [MORE] [DIR CURRENT|name] [FREE|FORMAT text] [CONTENT text]
          [PRINT printer] [filelist]
```

输入

MORE 将新读入的文件加到内存中老文件之后。如果没有这个选项, 新文件将代替内存中的老文件。参见 READ 命令。

DIR CURRENT 从当前目录读取并绘制所有文件

DIR name 从文件夹 name 中读取并绘制所有文件，其可以是相对或绝对路径
FREE 以自由格式（以空格分隔数据各字段）读取并绘制 filelist 中的数据文件
FORMAT text 以固定格式读取并绘制 filelist 中的数据文件，格式声明位于 text 中
CONTENT text 定义 filelist 中数据每个字段的含义。text 的含义参见 READTABLE 命令中的
filelist 字符数字型文件列表，其可以包含简单文件名，绝对/相对路径，通配符。

缺省值

```
plotalpha free content y. dir current
```

说明

参考 readtable 命令的相关说明。该命令与 readtable 之后再 plot 不同，因为它允许你在每个数据点上绘制标签

示例

读取并绘制一个自由格式的 X-Y 数据，且其第一个字段是标签：

```
SAC> plotalpha content lp filea
```

错误消息

- 1301: 未读入数据文件（未给出文件列表或列表中的文件不可读）
- 1020: 无效的内置函数名
- 1320: 可用内存太小不足以读取文件
- 1314: 数据文件列表不能以数字开头
- 1315: 数据文件列表中文件的最大数目为：

警告消息

- 0101: 打开文件
- 0108: 文件不存在

相关命令

read、write、readtable

12.106 plotc

概要

使用光标标注 SAC 图形和创建图件

语法

```
PLOTc [REPLAY|CREATE] [FILE|MACRO filename] [BORDER ON|OFF]
```

输入

REPLAY 重新显示或绘制一个已经存在的文件或宏，关于文件和宏的区别见下

CREATE 创建一个新的文件或宏

FILE filename 重新显示或创建一个文件。如果省略文件名则使用上一个文件

MACRO filename 重新显示或创建一个宏

BORDER ON|OFF 打开/关闭图形的边界

缺省值

```
plotc create file out border on
```

说明

这个命令让你可以注释一个 SAC 绘图或者创建一个用于会议或报告的图件。简单的说就是一个简单的“画图”软件。你需要一个具有光标的图形设备。你可以通过在终端屏幕上放置一个目标（比如圆、方）或者文本创建一个图件。光标的位置决定了目标绘制的位置，敲入的字符决定了要绘制哪个目标。目标包括圆、矩形、多边形、线、箭头、弧，还有多种放置文本的方法。

这个命令绘制出的图可以直接截图利用，绘制过程中用到的所有命令将作为输出文件输出。这个命令有两种输出文件格式：简单文件或宏文件。两者都是字符数字型文件，可以直接用文本编辑器修改。它们包含了 PLOTc 命令中光标响应的历史以及位置。宏文件一旦被创建，可以用于更多的绘图。其比例和旋转角度均可以修改。简单的 PLOTc 文件名以“.PCF”为后缀，宏文件名则以“.PCM”为后缀。这使得你可以区分你的目录下的这些文件。

当你创建一个新的文件或宏时，SAC 在屏幕上绘制一个矩形，代表你可以绘图的区域，你可以将光标移动到该区域内任何你想放置的位置，并输入代表你想绘制的目标或你想要光标执行的动作所对应的字符。

有两种光标选项类型：动作类和参数设置类。动作类选项将做一些事情（绘制一个矩形，放一些文本），他们如何执行这个操作部分基于当前参数设置选项的值（例如多边形的边数，文本大小等）。这个区别与 SAC 自己的操作命令和参数设定命令相同。下面会列出动作和参数设定选项。

当你重新显示一个文件或者宏时，图形在终端屏幕上将会重新绘制，光标也将打开。你可以像你当初创建这个文件一样向其中加入目标。当你完成创建图件之后你可以将其发送到不同的图形设备，使用 `begindevices` 命令临时关闭终端屏幕打开其他图形设备（比如 `sgf`），然后重新显示这个文件。

为了注释一个 SAC 绘图，要执行 `vspace` 命令设置正确的横纵比，然后执行 `??` 命令关闭自动刷新，执行需要的 SAC 绘图命令，执行 `plotc` 命令（创建或者重新显示），然后执行 `endframe` 命令恢复自动刷新。

示例

下面的例子展示了如何使用 PLOTc 命令给一个 SAC 标准绘图添加注释：

```
SAC> fg impulse npts 1024 //生成文件
```

```

SAC> lp c2 n 7 c 0.2 t 0.25 a 10           // 低通滤波
SAC> fft
      DC level after DFT is 1
SAC> axes only 1 b                         // 左和下坐标轴设置
SAC> ticks only 1 b
SAC> border off
SAC> fileid off
SAC> qdp off
SAC> vspace 0.75                           // 修改图形尺寸
SAC> beginframe                             // 开始绘图
SAC> psp am linlin                         // 绘图
SAC> plotc create file bandpass            // 开始在图上做注释
... 用光标和键盘进行各种操作 ...
SAC> endframe

```

`plotsp`用于绘制滤波响应曲线以及两个轴，`plotc`用于交互式地添加注释。`vspace`命令限制了图形中纵横比为 3:4 的区域为绘图区域。这个对于之后将输出发送到具有纵横比 3:4 的 SGF 设备来说很有必要。在这之后你将有一个叫做“BANDPASS.PCF”的文件，其中包很了这个图形的注释信息。

为了将注释写入 SGF 文件:

```

SAC> begindevices sgf                     // 打开 sgf 设备
SAC> beginframe
SAC> plotsp
SAC> plotc replay                         // 重新绘制上一注释图
SAC> endframe

```

这样一个包含注释绘图的 SGF 文件就建立了。

注意

1. 只有当设置正方形视窗 (VSPACE 1.0) 时绘制的圆形和扇形才是正确的，否则只能产生一个椭圆，其纵横比等于视窗的纵横比。
2. 除文本之外的所有操作码都按比例适应图形窗口。

文本尺寸并不是当前标度的。当你生成一个图像并想要将文本放在一个矩形或圆中时会产生一个问题。在这种情况下，图形窗口必须与输出页具有相同的尺寸，以避免图形的偏差。这可以通过使用 WINDOW 命令设置窗的水平 (x) 尺寸为 0.75，垂直 (y) 尺寸为 0.69。例如：WINDOW 1 X 0.05 0.80 Y 0.05 0.74。这个命令必须在窗口被创建之前执行。(即在 BEGINWINDOW 或 BEGINDEVICES 之前)

相关命令

`vspace`、`begindevices`、`beginframe`、`endframe`

关于 PLOT C 命令表的说明

- CURSOR 表示当前光标位置
- ORIGIN 一般为上次光标的位置
- G 选项强制 ORIGIN 固定

表 12.1: plotc 命令表

字符	含义
A	绘制一条到 ORIGIN 到 CURSOR 的箭头
B	在绘图区周围绘制边界的 tick 标记
C	绘制一个圆心在 ORIGIN, 且经过 CURSOR 的圆
D	从 replay 文件中删除最后一个动作选项
G	设置 ORIGIN, 并将其全局化
L	绘制一条从 ORIGIN 到 CURSOR 的线
M	在 CURSOR 处插入一个宏文件 (输入宏文件名, 比例因子和旋转角。若没有指定, 则使用上一次的值, 默认是 OUT, 1.0, 0)
O	设置 ORIGIN 为 CURSOR
N	绘制一个中心在 ORIGIN, 一个顶点位于 CURSOR 的 n 边形
Q	退出 PLOTc
R	绘制对脚位于 ORIGIN 和 CURSOR 的长方形
S	绘制一个圆心位于 ORIGIN 的扇形 (用光标的移动来指定扇形的角度, 键入 S 来绘制一个小于 180 度的扇形, 或者键入 C 绘制它的补集)
T	在 CURSOR 处放置一行文本, 文本以回车键结束
U	在 CURSOR 处放置多行文本, 文本以空白行结束

- O 选项再次允许 ORIGIN 移动
- Q 选项不自动拷贝至文件, 但是可以通过文本编辑器直接加入

如果 SAC 在 replay 模式没有在文件中看到 Q 选项, 则其在显示文件内容之后回到光标模式, 这使得你可以在文件结束之后继续增加更多的选项。如果 SAC 在文件中看到 Q 选项, 则显示其内容并退出。文件中以星号开头的行为注释行。PLOTc 还有一些更复杂的选项, 但是运行起来好像有点问题, 有兴趣的可以试试 “help plotctable”。

12.107 plotdy

概要

绘制一个带有误差棒的图

语法

```
PLOTDY [ASPECT ON|OFF] [PRINT pname] name|number [name|number]
```

输入

ASPECT ON|OFF ON 表示保持 3/4 的纵横比。OFF 允许纵横比随着窗口维度的变换而变换
name 数据文件列表中数据名
number 数据文件列表中的数据号

说明

这个命令允许你绘制一个带有误差棒的数据集。你选择的第一个数据文件（通过名字或文件号指定）将沿着 y 轴绘制第二个数据文件是 dy 值，如果选择了第三个数据文件则其为正的 dy 值

示例

假定你有一个等间距的 ASCII 文件，其包含了两列数据。第一列是 y 值，第二列是 dy 值，你可以像下面那样读入 SAC 并用数据绘制误差棒：

```
SAC> readtable content yy myfile
SAC> plotdy 1 2
```

错误消息

- 1301: 未读入数据文件

12.108 plotpk

概要

产生一个用于拾取到时的图

语法

```
PLOTPK [PERPLOT ON|OFF|n] [BELL ON|OFF] [ABSOLUTE|RELATIVE]
        [REFERENCE ON|OFF|v] [MARKALL ON|OFF] [SAVELOC ON|OFF]
```

输入

PERPLOT ON 一张图绘制 n 个文件，使用 n 的旧值

PERPLOT OFF 在一张图上绘制所有文件

PERPLOT n 一张图上绘制 n 个文件，比如拾取震相时常使用 n=3（三分量）

BELL ON|OFF 击键时是否响铃

ABSOLUTE 显示绝对 GMT 格式时间

RELATIVE 显示相对于每个文件的参考时间

REFERENCE ON 打开参考线显示

REFERENCE OFF 关闭参考线选项

REFERENCE v 打开参考线选项并设置参考值为 v，设置为 0 会很方便

MARKALL ON 同时储存一张图上的所有文件的时间标记，用于拾取震相

MARKALL OFF 只保存光标位置所在的那个文件的震相拾取标记

SAVELOCS ON 保存拾取的位置（由命令 L 得到，稍后介绍）到暂存块变量中

SAVELOCS OFF 不保存拾取位置到暂存块变量

缺省值

```
plotpk perplot off absolute reference off markall off savelocs off
```


说明

这个命令的格式类似于 PLOT1，这个绘图需要一个带有光标的终端。在该命令后将在屏幕上出现光标，输入单个字符即可执行不同的操作。有些但不是全部字符将在屏幕上产生图形输出。错误以及输出信息将在屏幕上部打印，当前在头段中的震相拾取将自动显示在屏幕上。不同的光标响应的输出可以定向到 SAC 头段中，也可以定向到一个字符数字型震相拾取文件（OAPF），或者到一个 HYPO 震相拾取文件，或者到终端。如果你使用 SAVELOCS 选项保存由 L 光标选项得到的光标位置到暂存块变量，那么下面的黑板变量将被定义：

- NLOCS: 在命令执行期间拾取的光标位置数，每次执行 PPK 时初始化为 0，每次拾取光标位置则加 1
- XLOCn: 拾取光标位置的 x 值，如果头段中的参考时间被定义其是 GMT 时间，否则其为偏移时间
- YLOCn: 第 n 个拾取光标位置的 y 值

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1202: 变量块个数超过了最大数目

警告消息

- 1502: 错误的光标位置，请重新尝试（光标位于绘图窗口之外）
- 1503: 无效字符，请重新尝试（输入的字符 SAC 无法识别为合法响应）
- 1905: 需要一个整数，请重新尝试（在响应 T 之后未输入整数）
- 1906: 需要一个 0 到 4 的整数，请重新尝试（在响应 Q 之后未输入 0, 1, 2 或 3）
- 1907: HYPO 行已经写入
- 1908: HYPO 震相拾取文件未打开
- 1909: 无法计算波形（调整光标位置并重试，绘图总是 ABSOLUTE 模式）

相关命令

`plot1`、`ohpf`、`oapf`、`apk`

12.109 plotpm

概要

针对一对数据文件产生一个“质点运动”图

语法

```
PLOTPM
```

说明

在一个质点运动图中，一个等间距文件相对于另一个等间距文件绘图。对于没有自变量的值，第一个文件的因变量的值将沿着 y 轴绘制，第二个文件的因变量值沿着 x 轴绘制。对于一对地震图来说，这种图展示了一个质点在两个地震图所确定的平面内随时间的

运动。它将产生一个方形图，每个轴的范围为因变量的极大极小值。注释轴沿着底部和左边绘制。轴标签以及标题可以通过 XAXIS, YAXIS 和 TITLE 命令设置。如果未设置 x、y 标签，则台站名和方位角将用作轴标签。XLIM 可以用于控制文件的哪些部分需要被绘制。

示例

创建一个两个地震图的质点运动图：

```
SAC> read xyz.t xyz.r
SAC> xlabel 'radial component'
SAC> ylabel 'transverse component'
SAC> title 'particle-motion plot for station xyz'
SAC> plotpm
```

如果你想要值绘制每个文件在初动附近的一部分，你可以使用 XLIM 命令：

```
SAC> xlim a -0.2 2.0
SAC> PLOTPM
```

你也可以使用 PLOTPK 在之前的绘图窗口中设置新的区域，然后绘制命令如下：

```
SAC> beginwindow 2
SAC> plotpk
... mark the portion you want using X and S
... terminate PLOTPK with a Q
SAC> beginwindow 1
SAC> plotpm
```

12.110 plotsp

概要

用多种格式绘制谱数据

语法

```
PLOTSP [ASIS|RLIM|AMPH|RL|IM|AM|PH] [LINLIN|LINLOG|LOGLIN|LOGLOG]
```

输入

ASIS 按照谱文件当前格式绘制分量

RLIM 绘制实部和虚部分量

AMPH 绘制振幅和相位分量

RL 只绘制实部分量

IM 只绘制虚部分量

AM 只绘制振幅分量

PH 只绘制相位分量

LINLIN|LINLOG|LOGLIN|LOGLOG 设置 x-y 轴为线型还是对数型，与单独的 LINLIN 等命令区分开

缺省值

```
plotsp asis loglog
```

说明

SAC 数据文件可能包含时间序列文件或谱文件，IFTYPE 决定文件所有哪种类型。多数绘图命令只能对时间序列文件起作用，这个命令则可以绘制谱文件。

你可以使用这个命令绘制一或两个分量。每一个分量绘制在一张图上。你也可以设置横纵坐标为线型或对数型，其仅对该命令有效。

示例

获得一个谱文件振幅的对数-线性的绘图：

```
SAC> read file1
SAC> fft
SAC> plotsp am loglin
```

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1305: 对时间序列的非法操作

12.111 plotxy

概要

以一个文件为自变量，一个或多个文件为因变量绘图

语法

```
PLOTXY name|number name|number [name|number ...]
```

输入

name 数据文件表中的一个文件名
number 数据文件表中的一个文件号

说明

你选择的第一个文件（通过文件名或文件号）为自变量，沿着 x 轴绘制。余下的数据文件为因变量，沿着 y 轴绘制。所有的图形环境命令比如 TITLE, LINE 和 SYMBOL 都可以使用以控制绘图的属性。这个命令用于绘制由 READTABLE 命令读入的多列数据。在多种情况下，其可以看作像用绘图命令一样作出的图表。

示例

假设你有一个 ASCII 文件，其包含 4 列数。你想要将其读入 SAC 并绘图。下面的命令读入这个文件，将其储存为 SAC 内部 4 个分开的文件，打开线型增量开关，然后以第二列为自变量，其他列为因变量绘图：

```
SAC> readalpha content ynnn myfile
SAC> line increment on
SAC> plotxy 2 1 3 4
```

12.112 print

概要

打印最近的 SGF 文件

语法

```
PRINT [printer]
```

说明

这个命令会打印最近生成的 SGF 文件，因而在该命令前至少要产生一个 SFG 文件。该命令会将 SGF 文件发送至打印机 printer，如果没有指定则使用系统默认打印机。如果自从登录之后 SGF 设备一直保持关闭，那么 print 命令就不会工作。可以使用 bd 打开 SGF 设备，使用 SGF 命令设置 SGF 设备的属性。

错误信息

- 2405: 无法打印：没有产生 SGF 文件

相关命令

sgf、begindevices

12.113 printhelp

概要

调用打印机打印帮助文档

语法

```
PRINHELP [item ...]
```

输入

item 命令、模块、子程序、特性的全称或简称

说明

该命令与 help 命令的用法相同，其调用系统默认打印机将文档打印出来。

错误消息

- 1130：没有可用的帮助文档包
- lpr：错误 - 没有默认目的位置（系统未设置默认打印机）

12.114 production

概要

控制作业模式选项

语法

```
PRODUCTION ON|OFF
```

输入

ON|OFF 打开/关闭作业模式选项

缺省值

```
prod off
```

说明

当打开该选项时，致命错误将立刻终止 SAC 的运行。当关闭该选项时，遇到致命错误后将控制权返回到终端，可以继续执行 SAC。

12.115 qdp

概要

控制低分辨率快速绘图选项

语法

```
QDP [ON|OFF|n] [TERM ON|OFF|n] [SGF ON|OFF|n]
```

输入

ON|OFF 打开/关闭终端和 SGF 设备的 QDP 选项

n 打开终端和 SGF 设备的 QDP 选项，并设定要绘制的点数为 n

TERM ON|OFF 打开/关闭终端 qdp 绘图选项

TERM n 打开终端的 QDP 选项，并设定要绘制的数据点数为 n

SGF ON|OFF 打开/关闭 SGF 设备的 qdp 绘图选项

SGF n 打开 SGF 设备的 QDP 选项，并设定绘制的数据点数为 n

缺省值

```
qdp term 5000 sgf 5000
```

说明

当文件中的数据点数很多的时候，绘制波形要花费很长的时间。“quick and dirty plot”选项通过不绘制全部数据点的方式来加速绘图。

当打开 QDP 选项时，SAC 用文件的数据点数除以 QDP 中的指定的数据点，由此计算每个子区间所包含的数据点数。文件越大，每个子区间中数据点就越多，然后计算并绘

制每个子区间内最小和最大数据点数，同时在绘图的右下角的矩形框中显示减采样因子。实际显示的数据点数可能与该值所表示的数据点数有所偏差。

以目前计算机的性能而言，大型文件的绘制基本都是瞬间完成的，所以一般都设置关闭此选项。

示例

假设文件 FILE1 有 20000 个数据点，文件 FILE2 有 40000 个数据点，如果你输入：

```
sac> r file1 file2
sac> p
```

那么两张图都将包含 5000 个点。对第一个文件每 4 个点取一个点用于绘图，第二个文件每 8 个点取一个点绘图。

如果想要绘制全部数据点，则需要关闭 QDP 选项：

```
SAC> qdp off
SAC> p
```

12.116 quantize

概要

将连续数据数字化¹

语法

```
QUANTIZE [GAINS n ...] [LEVEL v] [MANTISSA n]
```

输入

GAINS n ... 设置允许的增益表，必须单调递减的，增益的最大数目为 8

LEVEL v 设置最低增益的量化水平，即 Least Significant Bit，单位为伏特

MANTISSA n 设置 Bits，用其尾数表示。

缺省值

```
quantize gains 128 32 8 1 level 0.00001 mantissa 14
```

说明

此命令演示了与 Oppenheim 和 Schafer(1975, Fig. 9.1) 描述的“rounding”量化算法类似的一个量化算法。

算法中的位数通过其尾数表示，则若尾数 mantissa 为 n ，则表示其所能允许的范围是 $\pm \frac{2^n - 1}{2}$ 。

量化水平 level 即 least significant bit 的值，表征了系统所能识别的最小的电压变化，缺省值为 10 微伏。

¹无法理解这个命令，请阅读官方文档

这个量化函数描述的信号误差是量化水平的一半。在频率域中，这个误差或量化噪声为：

$$Err = \frac{1}{12}(Delta * Level^2)$$

其中 Delta 是采样周期。量化噪声的单位是 counts*counts/Hz，相当于功率谱密度。量化噪声的均方根为 $\frac{1}{6}Level^2$ 。然而，仅当信号的均方根水平远大于量化噪声的均方根值时，才是量化噪声的一个精确的近似。

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.117 quit

概要

退出 SAC

语法

```
QUIT
```

说明

该命令用于正常退出 SAC。在退出 SAC 之前，SAC 会关闭全部活动的图像设备、关闭所有输出文件、销毁已创建的临时文件。

12.118 quitsub

概要

退出子程序

语法

```
QUITSUB
```

说明

这个命令用于终止当前活动的子程序，返回到 SAC 主程序，内存中的文件保留。

目前 SAC 提供了两个子程序：

- SES Spectral Estimation Subprocess 谱估计子程序（目前其称为 SPE，而非 SES）
- SSS Signal Stacking Subprocess 信号迭加子程序

12.119 read

概要

从磁盘读取 SAC 文件到内存

语法

```
READ [MORE] [DIR CURRENT|name] [XDR|ALPHA|SEGY] [SCALE ON|OFF] [filelist]
```

所有的选项必须位于 filelist 之前。

输入

MORE 将读入的新文件添加到内存中老文件之后。若选项此忽略，则读入的新数据将替代内存中的老数据

DIR CURRENT 从“当前目录”读取文件列表中的文件。“当前目录”为启动 SAC 的目录

DIR name 从目录 name 中读取文件列表中的文件，其可以为绝对路径或相对路径

XDR 读取 XDR 格式的文件。此格式用于实现不同构架的二进制数据的转换

ALPHA 输入文件是 SAC 的字符数字型文件，该选项与 XDR 选项不兼容

SEGY 读取 IRIS/PASSCAL 定义的 SEGY 格式文件。该格式允许一个文件包含一个波形

SCALE 只能和 SEGY 选项搭配使用，该选项默认是关闭的。当 SCALE 选项为 OFF 时，SAC 直接从 SEGY 文件中读取数据值；当 SCALE 为 ON 时，SAC 将每个数据值乘以文件中给定的 SCALE 因子。若 SCALE 为 OFF，则这个文件中的 SCALE 值将储存在 SAC 头段 SCALE 中；若 SCALE 为 ON，SAC 的 SCALE 头段将被设置为 1.0。

filelist 文件列表。可以是简单的文件名，也可以包含相对或绝对路径，也可以使用通配符。

缺省值

```
read dir current
```

说明

该命令将 SAC 文件从磁盘读入到内存中，默认状态下会读取每个磁盘文件中的全部数据点。

CUT 命令可以用于指定读取文件的一部分数据。在 2000 年之后产生的 SAC 文件会被假定年份为四位数字。年份为两个数字的文件被假定为 20 世纪，会被加上 1900。

在使用 read 命令时，正常情况下内存中的老数据会被新读取的数据所替代。若使用 more 选项，则新数据将被读入内存并放在老数据的后面。在如下三种情况下 more 选项可能会有用：

- 文件列表太长无法在一行中键入
- 在长文件列表中某个文件名拼错而没有读入，可以使用 more 选项再次读入
- 一个文件被读入，作了些处理，然后与原始数据比较

示例

read 命令的简单示例位于“SAC 的读和写”一节。

如果你想要对一个数据进行高通滤波，并与原始数据进行对比：

```
SAC> r f01
```



```
SAC> hp c 1.3 n 6
SAC> r more f01
SAC> p1
```

假设 SAC 的启动目录位于 “/me/data”，你想要处理其子目录 “event1” 和 “event2” 下的文件。

```
SAC> read dir event1 f01 f02
```

读取了目录 “/me/data/event1” 下的文件。

```
SAC> read f03 g03
```

相同目录下的文件被读入。

```
SAC> read dir event2 *
```

“/me/data/event2” 下的全部文件被读入：

```
SAC> read dir current f03 g03
```

目录 “/me/data” 下的文件被读入。

错误消息

- 1301: 未读入数据文件（未给出要读取的文件列表或文件列表中文件均不可读）
- 1320: 可用内存不足以读取文件
- 1314: 数据文件列表不得以数字开头
- 1315: 文件列表的最大数目为 1000
- 6002: 没有可用数据集

警告消息

- 0101: 打开文件
- 0108: 文件不存在
- 0114: 读取文件

头段变量

e、depmin、depmax、depmen、b

相关命令

cut、readerr、wild

12.120 readbbf

概要

将黑板变量文件读入内存

语法

```
READBBF [file]
```

输入

file 黑板变量文件名，可以是简单文件名或相对/绝对路径

缺省值

```
readbbf bbf
```

说明

该命令使你能够读取一个黑板变量文件。该文件必须是先前通过 `writebbf` 命令写入磁盘的文件。这个特性让你能够将某个 SAC 会话的信息保存起来并用在另一次 SAC 会话中。你也可以在自己的程序中调用 SAC 函数库以读取黑板变量文件中的黑板变量，这使得你可在 SAC 和自己的程序之间互相传送信息。

相关命令

`writebbf`、`setbb`、`getbb`

12.121 readerr

概要

控制在执行 `read` 命令过程中的错误的处理方式

语法

```
READERR [BADFILE FATAL|WARNING|IGNORE]
        [NOFILES FATAL|WARNING|IGNORE]
        [MEMORY SAVE|DELETE]
```

输入

BADFILE 当文件不可读或不存在时出现的错误

NOFILES 文件列表中没有文件可读时出现的错误

FATAL 设置错误条件为 `fatal`，发送错误消息并停止执行命令

WARNING 发送警告消息，但继续执行命令

IGNORE 忽略错误，继续执行命令

MEMORY 若无文件可读则对内存中原有的数据进行处理

DELETE 内存中的原数据将被删除

SAVE 内存中的原数据将保留在内存中

缺省值

```
readerr badfile warning nofiles fatal memory delete
```

说明

当你试着使用 `READ` 命令将数据文件读入内存时可能会发生错误。文件可能不存在或虽然存在但不可读。当 SAC 遇到这些 `badfiles` 时，一般会发送警告消息，然后试着读取文件列表中的其余文件。如果你想要 SAC 在遇到坏文件时停止读取文件可以设置

BADFILE 为 FATAL。如果你不想看到警告信息，可以设置 BADFILE 为 IGNORE。如果文件列表中的文件均不可读，SAC 将发送错误信息并停止处理，如果你想要 SAC 发送警告信息或完全忽略这个问题，设置 NOFILES 为 IGNORE。当然，SAC 内存中先前的文件也可以从内存中删除或者保留在内存中。

相关命令

`read`、`cuterr`

12.122 readhdr

概要

从 SAC 数据文件中读取头段到内存

语法

```
READHDR [MORE] [DIR CURRENT|name] [filelist]
```

输入

MORE 将新数据头段放在内存中老文件头段之后。若如果忽略，则新数据文件的头段将代替内存中原文件的头段

DIR CURRENT 从当前目录读取文件。这里的当前目录是指启动 SAC 的目录

DIR name 从目录 name 中读取文件，目录名可以是绝对路径或相对路径

filelist 文件名列表。其可以是简单文件名也可以使用通配符，路径名可以是相对路径或绝对路径

说明

这个命令将一系列 SAC 文件的头段读入内存，你可以列出头段内容 (`listhdr`)、改变头段值 (`chnhdr`)、将头段写回磁盘 (`writehdr`)。当你只需要文件的头段的时候，只读取头段要比读取整个文件到内存快很多。

错误消息

- 1301: 未读入数据文件 (未给出要读取的文件列表或列表中文件不可读)
- 1314: 数据文件列表不得以数字开头
- 1315: 文件列表中的最大数目为 1000
- 1335: 非法操作-只有头段在内存中

警告消息

- 0101: : 打开文件错误
- 0108: : 文件不存在
- 0114: : 读取文件错误

相关命令

`read`、`listhdr`、`chnhdr`、`writehdr`、`readerr`

12.123 readsp

概要

读取 `writesp` 和 `writespe` 写的谱文件

语法

```
READSP [AMPH|RLIM|SPE] [filelist]
```

输入

RLIM 读入实部和虚部分量

AMPH 读入振幅和相位分量

SPE 读取谱估计子程序文件，这个数据被从功率转换为振幅，相位分量设置为 0

filelist SAC 二进制数据文件列表

缺省值

```
READSP AMPH
```

说明

`writesp` 命令将每个谱数据分量作为一个单独的文件写入磁盘，你可以分别处理每个分量。这个命令让你能从两个分量重建谱数据，参见 `writesp`。SPE 选项允许你读取并转换由 ?? 写出的谱文件格式。这也使你可以使用 `mulomega` 和 `divomega` 命令。

相关命令

`writesp`

12.124 readtable

概要

从磁盘读取列数据文件到内存

语法

```
READTABLE [MORE] [DIR CURRENT|name] [FREE|FORMAT tex]  
[CONTENT text] [HEADER number] [filelist]
```

所有的选项必须位于 `filelist` 之前。最后两个选项可以放在每个文件的第一行。

输入

MORE 将新文件追加到内存中老文件之后。若忽略该选项，则新数据将替代内存中的老数据

DIR CURRENT 从当前目录读取所有简单文件名。当前目录是你启动 SAC 的目录

DIR name 从目录 `name` 中读取全部简单文件，其可以为绝对/相对路径

FREE 用自由格式读取文件列表中的数据（以空格分隔）

FORMAT text 以固定格式读取文件列表中的数据。该选项目前不可用

CONTENT text 定义数据内容。text 的具体格式见说明及示例

HEADER 文件中要跳过的几个头段行

filelist 列数据文件

缺省值

```
readtable free content y. dir current
```

说明

该命令可以读取字符型列数据。最简单的用法就是读取一个 Y 数据，也可以通过修改 content 的内容读入 X-Y 数据或更复杂的数据。因而该命令可以用于直接读取其他程序输出的复杂格式数据。也可以用这个方法读入多个 Y 数据集，但只允许一个 X 数据集。

读入数据时会计算基本的头段变量，包括 npts、b、e、delta、leven、depmin、depmax 和 depmin。若只有一个 Y 数据集，内存中的数据文件名将与磁盘文件名相同；若有多个 Y 数据集，则在文件名之加上一个两位数字。

字符数字型数据文件的每一行都将以自由格式或声明的格式读入，每行最多 160 个字符。content 选项用于决定对于数据每行的每个输入该如何处理。在 content text 中的每个字符分别代表了不同的数据元素，这些字符的顺序与数据中每行的输入所代表的含义相对应。content 字段允许的字符如下：

- Y: 下一个输入属于 Y(因变量) 数据集
- X: 下一个输入属于 X(自变量) 数据集
- N: 下一个输入属于数据集
- P: 下一对输入使用 X-Y 数据集
- R: 下一对输入使用 Y-X 数据集
- I: 忽略这个输入

还有一个重复计数器可以跟在上面的任何字符之后。这个重复计数器是一个 1 位或 2 位整数，其代表重复前面那个字符多少次，“:” 是一个无穷次重复的计数器，其只能出现在 content 的 text 的最后，意味着最后一个字符可以表示接下来的所有输入列。

示例

为了读取一个或多个自由格式的 X-Y 数据对：

```
SAC> readtable content p. filea
```

你不能在文件行之间打断一个 X-Y 数据对。假设你有一个包含了格式化数据的文件，在每行的中间有一个 X-Y 数据对。每行的其它数据都没有用。假设每行 Y 数据在 X 数据之前，一旦正确的格式声明给出了，就可以用下面的命令：

```
SAC> readtable content r format \"(24x,f12.3,14x,f10.2\\) fileb
```

注意：在左括号和右括号两边的“”是 SAC 的转义字符，这很重要，因为 SAC 使用括号作为内联函数。由于没有重复计数器，因而只有一个 Y-X 数据对被从文件的每行读入。

假设你有一个文件 FILEC，其每行包括一个 X 值和 7 个不同数据集的 Y 值，其为 (8F10.2) 格式。为了在内存中创建 7 个不同的数据集，可以使用下面的命令：

```
SAC> readtable content xn . format \ (8f10.2\ ) filec
```

这将在内存中产生 7 个不同的数据文件，其名称分别为 FILEC01, FILEC02 等等。

现在假设你不想读入第 5 个 Y 数据集，可以执行下面的命令：

```
SAC> readtable content xn6 format \ (5f10.20x,2f10.2\ ) filec
```

另一个可以少敲键盘但是稍微低效一点的命令如下：

```
SAC> READTABLE CONTENT XN4IN2 FORMAT \ (8F10.2\ ) FILEC
```

错误消息

- 1301: 未读入数据文件（未给出要读入的文件列表或文件列表中的文件不可读）
- 1020: 无效的内联函数名：
- 1320: 可用内存不足以读取文件
- 1314: 数据文件列表不得以数字开始
- 1315: 数据文件列表的文件最大个数为 1000

警告消息

- 0101: 打开文件
- 0108: 文件不存在

头段变量改变

b, e, delta, leven, depmin, depmax, depmen

相关命令

read、write

12.125 report

概要

报告 SAC 选项的当前状态

语法

```
REPORT APF | COLOR | CUT | DEVICES | FILEID | GTEXT | HPF | LINE | MEMORY | MTW | PICKS |  
SYMBOL | TITLE | XLABEL | XLIM | YLABEL | YLIM
```

输入

APF 字符数字型震相拾取文件的文件名

COLOR 当前颜色属性。只有当某个图像设备被激活时，其值才有意义

CUT 当前数据截窗的状态

DEVICES 当前系统上可用的图形设备

FILEID 当前文件 ID 显示属性

GTEXT 当前图形文本属性

HPF HYPO 震相拾取文件名

LINE 当前线型属性
MEMORY 内存管理器的可用内存块。
MTW 当前的测量时间窗状态
PICKS 当前时间拾取显示属性
SYMBOL 当前符号绘制属性
TITLE 当前绘制标题属性
XLABEL 当前 x 轴标签属性
XLIM 当前 x 轴范围
YLABEL 当前 y 轴标签属性
YLIM 当前 y 轴范围

说明

该命令会报告 SAC 的某些选项的当前值，并将其值打印到终端。

示例

为了获取当前颜色属性的列表：

```
SAC> report color
COLOR option is ON
DATA color is YELLOW
INCREMENT data color is OFF
SKELETON color is BLUE
BACKGROUND color is NORMAL
```

为了获取 HYPO 文件名：

```
SAC> report apf hpf
Alphanumeric pick file is MYPICKFILE
HYPO pick file is HYPOPICKFILE
```

12.126 reverse

概要

将所有数据点逆序

语法

```
REVERSE
```

12.127 rglitches

概要

去掉信号中的坏点

语法

```
RGLITCHES [THRESHOLD v] [TYPE LINEAR|ZERO] [WINDOW ON|OFF|pdw]
[METHOD ABSOLUTE|POWER|RUNAVG]
```

输入

WINDOW ON|OFF|pdw 指定需要做校正的数据段。缺省值为 OFF，即校正整个数据文件；pdw 指定了时间窗，表示仅对该时间窗内的数据进行检测和校正；ON 表示只校正上一次 pdw 定义的时间窗内的数据；

THRESHOLD v 设置阈值水平为 v。当某个特定的指标大于该阈值时即认为是坏点，并做校正

METHOD ABSOLUTE 若数据点的绝对值大于或等值阈值 v，则做校正

METHOD POWER 用向后差分法计算信号的能量，若能量超过阈值 v 则做校正

METHOD RUNAVG 将一个长为 SWINLEN 的窗从整个数据的末尾以一个数据点的增量移动到数据的开头，并计算每个滑动窗内的平均值和标准差。若某个点与当前窗的均值的差的绝对值大于标准差的 THRESH2 倍，且大于 MINAMP，则认为其是坏点，其值将用当前窗的均值代替。此方法不受 WINDOW 选项的影响，总是适用于整段波形数据。

对于 RUNAVG 方法，另有三个与之相关的选项：

SWINLEN v 设置滑动平均窗的长度为 v

THRESH2 v 设置坏点的阈值

MINAMP v 设置坏点的最小幅度

缺省值

```
rglitches threshold 1.0e+10 type linear window off method absolute
swinlen 0.5 thresh2 5.0 minamp 50
```

说明

此命令可以用于由于平滑数据采集系统故障或测试¹而产生的坏点。该命令会检查每一个数据点是否超过指定的阈值，然后将这些坏点置零或者线性插值。使用 RUNAVG 方法，甚至可以去掉那些比整个数据的最大值要小的坏点。

头段变量

depmin、depmax、depmen

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作

¹有些台网会在每天的指定时间生成若干个人工脉冲，以检测数据采集系统是否正常运行。

12.128 rmean

概要

去除均值

语法

```
RMEAN
```

错误信息

- 1301: 未读入文件
- 1307: 对谱文件的非法操作

头段变量

depmen、depmin、depmax

12.129 rms

概要

利用测量时间窗计算数据的均方根

语法

```
RMS [NOISE ON|OFF|pdw ] [TO USERn]
```

输入

NOISE ON 打开噪声归一化选项

NOISE OFF 关闭噪声归一化选项

NOISE pdw 打开噪声归一化选项并改变噪声的部分数据窗。关于 pdw, 参考 [PDW](#) 一节。

TO USERn 定义用于储存结果的头段变量 USERn, 其中 n 取 0 到 9

缺省值

```
rms noise off to user0
```

说明

这个命令计算当期测量时间窗 (参见 MTW) 中的数据的均方根。结果写入一个浮点型头段变量 USERn 中, , 如果定义了一个噪声时间窗结果可以用于纠正噪声。计算的一般形式是: 对信号窗做一次求和并对可选的噪声窗做另一次求和

示例

为了计算两个头段 T1 和 T2 间的数据的未修正的均方根, 并将结果保存在头段 USER4 中:

```
SAC> mtw t1 t2
SAC> rms to user4
```

使用一个 5 秒长的噪声窗 (结束于头段值 T3)，并就算修正后的均方根:

```
SAC> mtw t1 t2
SAC> rms noise t3 -5.0 0.0
```

头段变量改变

USER_n

相关命令

mtw、cut

12.130 rotate

概要

将成对的正交分量旋转一个角度

语法

```
ROTATE [TO GCP|TO v|THROUGH v] [NORMAL|REVERSED]
```

输入

TO GCP 旋转到大圆弧路径 (“great circle path”)。两个分量必须都是水平分量且

头段中必须定义台站和事件的经纬度

TO v 旋转一定角度使得第一个分量的方位角为 v 度。两个分量必须都是水平分量

THROUGH v 顺时针旋转 v 度。其中一个分量可以是垂直分量

NORMAL|REVERSED 输出分量为正/负极性

缺省值

```
rotate to gcp normal
```

说明

此命令可以对多对分量旋转一定的角度，内存中的每两个文件为一对分量。每对分量必须拥有相同的台站名、事件名、采样率 and 数据点数，且头段变量 cmpaz 和 cmpinc 必须定义，程序会检查两个分量是否正交 (允许 0.02 度的偏差)。

“THROUGH” 选项表示将一对正交分量旋转一定的角度。这对正交分量可以均为水平分量 (cmpinc=90) 或包含一个垂直分量 (cmpinc=0)。其中，水平面内的旋转是相对于北向顺时针的角度；垂直面内的旋转是相对于垂直向上方向的角度。

“TO” 选项表示将一对正交分量旋转一定的角度 (方位角)，这对正交分量必须都是水平分量 (cmpinc=90)。对于 “TO v” 而言，表示将一对分量旋转一定角度，使得旋转后的第一个分量沿着方位角 v 的方向；对 “TO GCP” 而言，首先根据台站和事件经纬度计

算出反方位角，并将分量旋转一定角度，使得旋转后的第一个分量沿着反方位角加/减 180 度的方向，此时第一个水平分量由事件位置指向台站位置，即地震学中的径向（Radial）分量，第二个水平分量垂直于 R 分量，即地震学的切向（Tangential）分量。

NORMAL 和 REVERSED 用于指定输出分量的极性，仅用于一对水平分量的旋转中。在 rotate 命令中，就一对水平分量而言，若第二个分量比第一个分量超前 90 度（可以理解为方位角大 90 度）则称为正极性；若第二个分量比第一个分量落后 90 度则称为负极性。对于一对输入分量而言，无论是 N 分量在前还是 E 分量在前均可，该命令会自动判断一对输入分量是正极性还是负极性，并对旋转公式进行调整，NORMAL 和 REVERSED 仅用于控制一对输出分量的极性。

示例

将一对水平分量旋转 30 度：

```
SAC> dg sub tele ntkl.[ne]           // 内存中的顺序是E分量先于N分量
SAC> lh cmpinc cmpaz

FILE: /opt/sac/aux/datagen/teleseis/ntkl.e - 1
-----

cmpinc = 9.000000e+01
cmpaz = 9.000000e+01

FILE: /opt/sac/aux/datagen/teleseis/ntkl.n - 2
-----

cmpinc = 9.000000e+01
cmpaz = 0.000000e+00
SAC> rot through 30                 // 顺时针旋转30度
SAC> lh

FILE: /opt/sac/aux/datagen/teleseis/ntkl.e - 1
-----

cmpinc = 9.000000e+01
cmpaz = 1.200000e+02

FILE: /opt/sac/aux/datagen/teleseis/ntkl.n - 2
-----

cmpinc = 9.000000e+01
cmpaz = 3.000000e+01
```

旋转两对水平分量到大圆弧路径：

```
SAC> read abc.n abc.e def.n def.e
SAC> rotate to gcp
SAC> w abc.r abc.t def.r def.t
```

上面的例子中若头段变量 baz 为 33 度，则径向分量指向 213 度，切向分量指向 303 度，如果设置反极性，切向分量指向 123 度。

头段变量

cmpaz、cmpinc

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 2001: 命令需要一个偶数个数据文件
- 2004: 旋转没有足够的头段信息 (对于 GCP 选项 stla、stlo、evla、evlo 必须定义)
- 2002: 下面的文件不是一对正交分量
- 2003: 下面的文件不都是水平分量 (TO 选项只对水平分量作用)

12.131 rq

概要

从谱文件中去除 Q 因子

语法

```
RQ [Q v] [R v] [C v]
```

输入

- Q v** 设置质量因子为 v
- R v** 设置距离为 v，单位为 km
- C v** 设置群速度为 v，单位 km/s

缺省值

```
rq q 1. r 0. c 1.
```

说明

该命令用于从波形数据中去除 Q 衰减效应，用于校正振幅谱的方程如下：

$$AMP_{corrected}(f) = AMP_{uncorrected}(f) * e^{\frac{\pi R f}{QC}}$$

其中 f 为频率，单位为 Hz ， R 为距离，单位 km ， C 是群速度，单位为 km/s 。Q 是一个无量纲衰减因子。

头段变量

depmin、depmax、depmen

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1305: 对时间序列的非法操作

警告消息

- 1604: 对于实部-虚部格式的谱文件, rq 会自动将其转换给实部-虚部格式, 并给出警告消息。

限制

实际上各参数应是频率的函数, 目前限制为常数值。

12.132 rtrend

概要

去除线性趋势¹

语法

```
RTREND [QUIET|VERBOSE]
```

输入

QUIET 不显示线性拟合信息

VERBOSE 终端显示线性拟合信息

缺省值

```
rtrend quiet
```

说明

该命令利用最小二乘法将数据拟合成一条直线, 然后从数据中减去该直线所表征的线性趋势。数据可以是不等间隔的。

若有 n 个数据 (x_i, y_i) , 利用最小二乘法拟合直线 $y = ax + b$ 。其中斜率为

$$a = \frac{n \sum x_i y_i - \sum x_i \sum y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

Y 轴截距为

$$b = \frac{\sum x_i^2 \sum y_i - \sum x_i \sum x_i y_i}{n \sum x_i^2 - (\sum x_i)^2}$$

内存中最后一个文件的线性拟合参数将会写入到如下黑板变量中：

- RTR_SLP 直线斜率
- RTR_YINT 直线的 Y 截距
- RTR_SDSLIP 斜率的标准差
- RTR_SDYINT Y 截距的标准差
- RTR_SDDTA 数据的标准差
- RTR_CORRCF 数据和拟合结果的相关系数

¹101.6 和 101.6a 的 rtrend 命令存在 Bug, 详情参考<http://seisman.info/sac-bugs.html>

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1307: 对谱文件的非法操作

头段变量改变

depmin、depmax、depmin

12.133 saveimg

概要

将绘图窗口中的图像保存到多种格式的图像文件中

语法

```
SAVEIMG filename.format
```

输入

filename 要保存的图像的文件名

format 图像文件格式, 支持 PS、PDF、PNG 和 XPM

说明

该命令将当前绘图窗口中的图像保存到图像文件中, 可用的格式包 PS、PDF、PNG 和 XPM, 命令会根据图像文件的扩展名自动识别文件格式。

SAVEIMG 相对于 SGF 文件的好处在于, SGF 文件中的字母和数字是由线段组成的, 而 SAVEIMG 产生的 ps 或 pdf 图像采用 Postscript 的特性直接产生字体。对大多数情况, 低精度的 png 或 xpm 文件也能满足要求。出于可移植性的考虑, SAC 默认是不支持 PNG 格式的。

png 和 xpm 将拥有当前窗口的横纵比, pdf 或 ps 文件拥有固定的横纵比 $X/Y=11/8.5=1.2941$, 对这些绘图, 如果显示窗口设置为 1.2941 会看起来比较好。

与 SGF 文件类似, saveimg 生成的 PS 文件是没有 BoundingBox 的。对于 sgf 文件, 脚本 sgftoeps.csh 可以生成一个有 BoundingBox 的 eps 文件。对于 saveimg 生成的 PS 文件, 目前还没有相应的脚本。

为了使用 saveimg 保存一个绘图, 图像必须是可见的, 即通过 plot、plot1 等命令绘制出来。saveimg 在子程序 SSS 中无法工作, 但如果输入 qs 退出子程序, 此时图像窗口未关闭, saveimg 此时可用于保存该图像。另外如果使用了 beginframe 命令在一个窗口中绘制多张图, 必须等到执行 endframe 命令之后方可使用 saveimg 命令。

示例

将图像保存为 PDF 文件 :

```
SAC> read PAS.CI.BHZ.sac
SAC> p1
SAC> saveimg pas.ci.pdf
```

将谱图用多种格式保存：

```
SAC> fg seismo
SAC> spectrogram
SAC> save spectrogram.ps
SAC> save spectrogram.png
SAC> save spectrogram.pdf
```

12.134 setbb

概要

设置黑板变量的值

语法

```
SETBB variable [APPEND] value [variable [APPEND] value ...]
```

输入

variable 黑板变量名。可以是一个新变量或一个已经有值的变量，变量名最多 32 字符长

value 黑板变量的新值。若包含空格则必须用引号括起来

APPEND 将值加到变量的旧值之后。如果该选项忽略，则新值将代替旧值

说明

setbb 命令可以给黑板变量赋值，这些值可以通过 GETBB 命令获取，或在命令中直接引用。你可以使用 EVALUATE 对黑板变量做基本算术操作，并将结果保存在新的黑板变量中，你也可以通过 UNSETBB 命令删除一个黑板变量。

示例

同时设置多个黑板变量：

```
SAC> setbb c1 2.45 c2 4.94
```

稍后在命令中使用这些变量：

```
SAC> bandpass corners %c1% %c2%
```

设置包含空格的黑板变量：

```
SAC> setbb mytitle 'sample filter response'
```

检查以确保黑板变量的值正确：

```
SAC> getbb mytitle
MYTITLE = Sample filter response
```

稍后在 title 命令中使用该黑板变量，需要将黑板变量包围在引号内：

```
SAC> title '%MYTITLE%'
```

相关命令

`getbb`、`evaluate`、`unsetbb`

12.135 setdevice

概要

定义后续绘图时使用的默认图形设备

语法

```
SETDEVICE name
```

输入

name 图形设备名

说明

SAC 的默认图形设备为 X11 图形窗口，你可以使用该命令修改默认的图形设备，也可以使用 BEGINDEVICES 命令随时用新的图形设备取代默认图形设备。

相关命令

`begindevices`

12.136 setmacro

概要

定义执行 SAC 宏文件时搜索的一系列目录

语法

```
SETMACRO [MORE] directory [directory ...]
```

输入

directory 放置 SAC 宏文件的目录。可以是相对或绝对路径

说明

这个命令让你能够定义一系列执行宏文件时搜索的目录，最多可以定义 100 个。

当 setmacro 使用 more 选项时，指定的目录会追加到已经存在的列表的后面；若没有使用 more 选项，则已经存在的列表将被新列表取代。

当执行 macro 命令时，SAC 首先会搜索当前目录，若没有找到则搜索 setmacro 指定的目录，若依然没有找到则在全局宏目录中寻找。

相关命令

`macro`

12.137 sgf

概要

控制 SGF 设备选项

语法

```
SGF [PREFIX text] [NUMBER n] [DIRECTORY CURRENT|pathname]
    [SIZE NORMAL|FIXED v|SCALED v] [OVERWRITE ON|OFF]
```

输入

PREFIX text 设置 SGF 文件的前缀为 text (最多 24 字符长)

NUMBER n 设置下一个 SGF 文件的序号为 n。若 n 为 0，则 SAC 搜索 SGF 文件目录下的 SGF 文件最大序号，并将其值加 1。

DIRECTORY CURRENT 将 SGF 文件放在当前目录

DIRECTORY pathname 将 SGF 放在指定目录下

SIZE NORMAL 产生一个常规大小绘图，常规图形有一个 10*7.5 英寸的视窗 (最大绘图区域)。视口的缺省值 (视窗中除轴和标签之外的绘图区) 为 8*5 英寸。

SIZE FIXED v 产生一个在 X 方向视口为 v 英寸长的图形。

SIZE SCALED v 产生一个视口在 X 方向上为 v 乘以 X 坐标极限值的图形

OVERWRITE ON|OFF 当打开时，文件号不递增，每个新文件将擦除先前的文件，这个在多数绘图命令的 PRINT 选项中特别有用。

缺省值

```
sgf prefix f number 1 directory current size normal
```

说明

这个命令控制 SGF 文件的命名规则和后续 SGF 文件的图形尺寸。每次绘图被储存在磁盘上单独的文件中，每一个 SGF 文件由 4 部分组成，分别为：

- pathname 目录路径名
- prefix 框架前缀
- number 三位数的图形号
- .sgf 用于表示 SAC 图形文件的后缀

默认图形文件的后缀是简单的字母“f”，框架号为 1，文件放置在当前目录 (即第一个文件名为“f001.sgf”)。你可以改变前缀以标识你想要保存的文件集。你也可以指定一个目录去储存这些文件。这在你运行 SAC 时改变目录但却想将所有框架文件放在一个地方时非常有用。每个框架被创建时，框架号递增。你可以强制框架号从一个给定的值开始。果你为准备一个报告需要工作几天时间，而同时又希望所有图形都按一个统一的顺序排列，那么令框架号不从 1 开始便很有用了。

有多个选项可以控制绘图的尺寸，常规的绘图为 10*7.5 英寸的视口范围，使用默认的视口的结果是产生一个近似为 8*5 英寸的图形区。你可强制视口的 x 方向为固定长度或将视口的 x 方向与整个坐标范围成比例。这个尺寸的信息写入 SGF 文件。把 SGF 文件转换到一个特定输出设备上产生正确尺寸的图形编码是程序中要做的事。

SGFTOPS 命令可以完成这个转换，尽管大于单页的图形需要适当的后期处理

示例

定义一个不是你当前目录的目录并重置图形框架号为序列中的下一个值:

```
SAC> sgf directory /mydir/sgfstore frame 0
```

设置视口 x 方向绘图尺寸为 3 英寸:

```
SAC> sgf size fixed 3.0
```

创建一个大小相当于贴在墙上的海报的图形

```
SAC> sgf size fixed 30.0
```

设置视口 x 方向的绘图尺寸为每 10 秒地震数据 1 英寸长:

```
SAC> sgf size scaled 0.1
```

在最后的例子中，持续 60 秒的数据图形将有 6 英寸长，而持续 600 秒的数据将有 60 英寸长，并且需要特殊的后期处理。

相关命令

[begindevices](#)

12.138 smooth

概要

对数据应用算术平滑算法

语法

```
SMOOTH [MEAN|MEDIAN] [HALFWIDTH n]
```

输入

MEAN|MEDIAN 应用均值/中值平滑算法

HALFWIDTH n 设置滑动窗的半宽为 n

缺省值

```
smooth mean halfwidth 1
```

说明

此命令对每个数据点应用算术平滑算法。具体算法以及滑动窗的尺寸是可以变化的。每个窗的窗长通过指定其半宽度来定义，使得滑动窗以每个数据点为中心，包含了数据点及其前后各 n 个点，共计 $2n + 1$ 个点。

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.139 sonogram

概要

计算一个频谱图，其等价于同一个谱图的两个不同的平滑版本的差

语法

```
SONOGRAM [WINDOW v] [SLICE v] [ORDER n] [CBAR ON|OFF]
          [YMIN v] [YMAX v] [FMIN v] [FMAX v] [BINARY|FULL]
          [METHOD PDS|MEM|MLM] [COLOR|GRAY] [PRINT pname]
```

输入

WINDOW v 设置滑动数据窗的长度为 v 秒，这个窗长决定了 FFT 的尺寸

SLICE v 设置数据滑动间隔为 v 秒，对每个滑动间隔将产生一个频谱图线

ORDER n 指定用于计算谱估计的自相关中的点数

CBAR ON|OFF 打开/关闭参考颜色条

BINARY|FULL 产生一个双色或彩色图像

YMIN v 指定绘图的最小频率

YMAX v 指定绘图最大频率

FMIN v 指定每次滑动频谱图被平滑的最小带宽

FMAX v 指定每次滑动频谱图被平滑的最大带宽

METHOD PDS|MEM|MLM 指定使用的谱估计方法，PDS 代表功率密度谱估计，MLM 代表最大似然，MEM 代表最大熵谱估计。

COLOR|GRAY 指定是彩色图还是灰度图

缺省值

```
sonogram window 2 slice 1 method mem order 100 ymin 0 ymax
          fnyquist fmin 2.0 fmax 6.0 full color
```

说明

sonogram 命令计算了一个谱图，其等效于同一谱图两种不同平滑版本的差。依赖于平滑参数 fmin 和 fmax 的选择，结果谱图可以加强小幅度谱特性，而其在传统谱图中很难观测到。这个在矿井爆炸的地震信号中寻找高频谱时很有用。(c.f., Hedlin, 1990, Wuster, 1993).

限制

图形在频率方向的尺寸为 512.

问题

目前在头段检查以确定他们有相同的分量且在时间上连续方面还有些错误。

头段变量

需要：delta

修改：npts, delta, b, e, iftype, depmin, depmax, depmen

创建：nxsize, xminimum, xmaximum, ,break nysize, yminimum, ymaximum

12.140 sort

概要

根据头段变量的值对内存中的文件进行排序

语法

```
SORT header [ASCEND|DESCEND] [header [ASCEND|DESCEND]...]
```

输入

header 依据该头段变量的值进行文件排序

ASCEND 升序排列

DESCEND 降序排列

说明

根据给出的头段值对内存中的文件进行排序。头段变量在命令行中出现的越早，这个变量字段就具有越高的优先权，后面的变量字段用于解决无法第一个变量字段相同的情况。最多可以输入 5 个头段变量。

每个头段变量都可以跟着 ASCEND 或 DESCEND 来表明特定字段的排序方式。如果未指定，则默认为升序排列。如果使用 sort 命令但未指定任何头段值，它将根据上一次执行 sort 命令时的头段去排序，如果第一次调用 sort 但没有给出头段，则会产生错误 1379.

缺省值

默认所有的字段都是升序排列

错误消息

- 301: 内存溢出
- 1379: 未给出 SORT 参数
- 1380: SORT 参数过多
- 1381: 不是一个有效的 SORT 参数
- 1383: SORT 失败

12.141 spectrogram

概要

使用内存中的所有数据计算频谱图

语法

```
SPECTROGRAM [WINDOW v] [SLICE v] [ORDER n] [CBAR ON|OFF]  
[SQRT|NLOG|LOG10|NOSCALING]  
[YMIN v] [YMAX v] [METHOD PDS|MEM|MLM] [COLOR|GRAY]  
[PRINT pname]
```

输入

WINDOW v 设置滑动数据窗的长度为 v 秒，这个窗长决定了 FFT 的尺寸
SLICE v 设置数据滑动间隔为 v 秒，对每个滑动间隔将产生一个频谱图线
ORDER n 指定用于计算谱估计的自相关中的点数
CBAR ON|OFF 打开/关闭参考颜色条
SQRT|NLOG|LOG10|NOSCALING 指定振幅的自然对数、以 10 为底的对数或平方根
YMIN v 指定绘图的最小频率
YMAX v 指定绘图最大频率
METHOD PDS|MEM|MLM 指定使用的谱估计方法，PDS 代表功率密度谱估计，MLM 代表最大似然，MEM 代表最大熵谱估计。
COLOR|GRAY 指定是彩色图还是灰度图

缺省值

```
spectrogram window 2 slice 1 method mem order 100 noscaling
ymin 0 ymax fnyquist color
```

说明

频谱图是通过计算连续并可能重叠的数据时间窗的功率谱并将谱沿着时间轴绘制产生的。谱是由一个使用 MLM 或 MEM 或 PDS 得到的被截断的自相关函数。一般会选择高精度的 MLM 和 MEM 方法，因为他们提高了精度且不会产生由于不同频率之间能量泄漏导致的人工干扰。这些技术的介绍可以参考 Kanasewich(1981) 以及 Lacoss(1971)。被截断的互相关函数的长度由 ORDER 参数决定。为了保持和 spe 子程序的一致性，设置了 PDS 的默认 order 为 200，MEM 和 MLM 的 order 默认为 100。在 SAC 中每个数据窗的长度由 window 参数决定。沿着频谱图时间轴的谱之间的间隔由 slice 参数决定。这两个参数的不同决定了临近时间窗的重叠量，如下图所示：

```
Time ->
0  1  2  3  4  5  6  7  8  9 10 11
|.....|.....|.....|.....|.....|.....|.....|.....|.....|...|
|__^__| window 1, First time will be at the center of this window.
      |__^__| window 2
          |__^__| window 3

|.....| Slice: 临近时间窗的开始时间的差
```

频谱图时间轴的起始和结束点依赖于要被分析的时间序列的长度以及 window、slice 参数。频谱图的起始时间是时间序列起始时间迟半个窗对应的时间，因为它被定义为第一个窗的中间时刻。SAC 不会对数据的前面补 0。

限制

图形在频率方向的尺寸为 512。

问题

目前在头段检查以确定他们有相同的分量且在时间上连续方面还有些错误。

头段变量改变

需要：delta

改变：npts, delta, b, e, iftype, depmin, depmax, depmen

创建：nxsize, xminimum, xmaximum, ,break nysize, yminimum, ymaximum

12.142 sqr

概要

对每个数据点做平方

语法

```
SQR
```

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1307: 对谱文件的非法操作

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.143 sqrt

概要

对每个数据点取其平方根

语法

```
SQRT
```

错误消息

- 1301 : 未读入文件
- 1307 : 对谱文件的非法操作
- 1702 : 文件中存在非正值

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.144 stretch

概要

拉伸（增采样）数据，包含了一个可选的 FIR 滤波器

语法

```
STRETCH  n [FILTER ON|OFF]
```

输入

n 设置增采样因子，取值为 2 到 7

FILTER ON|OFF 打开/关闭插值 FIR 滤波器选项

缺省值

```
stretch 2 filter on
```

说明

此命令对数据进行拉伸，即增采样。当关闭滤波器选项时，仅仅在原始数据点之间插入适当数目的零值。若使用了内插 FIR 滤波器，则通过对数据进行滤波可以创建一个与原始波形相似但是采样周期更小的文件。需要注意的是，滤波器对频谱成分是有影响的。

头段变量

npts、delta、e、depmin、depmax、depmen

12.145 sub

概要

给每个数据点减去同一个常数

语法

```
SUB  [v1 [v2 ... vn]]
```

输入

v1 从第一个文件中减去的常数

v2 从第二个文件中减去的常数

vn 从第 n 个文件中减去的常数

缺省值

```
sub 0.0
```

说明

参见 [add](#) 的相关说明。

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1307: 对谱文件的非法操作

头段变量改变

depmin、depmax、depmen

12.146 subf

概要

使内存中的一组数据减去另一组数据

语法

```
SUBF [NEWHDR [ON|OFF]] filelist
```

输入

NEWHDR ON|OFF 若为 OFF，则生成的数据文件使用内存中原文件的头段；若为 ON，则生成的数据文件使用 filelist 中新文件的头段。缺省值为 OFF。
filelist SAC 二进制文件列表。

说明

参见 [addf](#) 命令的相关说明。

示例

参见 [addf](#) 命令的相关示例。

头段变量

depmin、depmax、depmen、npts、delta

错误消息

- 1301: 未读入文件
- 1803: 未读入二进制文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1317: 文件不是 SAC 数据文件
- 1801: 头段值不匹配（采样间隔或数据点数不相等）

警告消息

- 1802: 时间不匹配

相关命令

[read](#)、[binoperr](#)

12.147 symbol

概要

控制符号绘图属性

语法

```
SYMBOL [ON|OFF|n] [SIZE v] [SPACING v] [INCREMENT ON|OFF]  
[LIST STANDARD|nlist]
```


输入

ON 打开符号绘图开关，不改变符号号

OFF 关闭符号绘图开关

n 打开符号绘图开关。将符号号设置为 n。目前有 16 个不同的符号，符号 0 意味着关闭符号开关

SIZE v 设置符号尺寸为 v。值为 0.01 意味着占据整个绘图尺寸的 1%

SPACING v 设置符号间隔为 v。这是绘图时符号间的最小间隔；如果你想每个数据点都有符号，则设其值为 0，对注释行使用 0.2 到 0.4

INCREMENT ON 对每个数据文件操作完成后按符号列表递增为下一个符号

INCREMENT OFF 关闭上述 INCREMENT 选项

LIST nlist 改变符号表的内容。输入符号号码表。设置表中的第一个符号码，并打开符号绘图开关

LIST STANDARD 改变到标准符号表。设置表中的第一个符号表，并打开符号绘制选项。

缺省值

```
symbol off size 0.01 spacing 0. increment off list standard
```

说明

这些符号属性独立于由 LINE 命令定义的画线属性。打开画线选项，它们也可以用于注释在相同图形上的不同的线。关闭画线选项，则可以绘制散点图。如果你要将几个数据文件画在同一张图上，也许需要使用不同的符号。这是可以使用 INCREMENT 选项。当这个选项打开时，每次绘制数据文件，都从符号表中将原来的符号码增加 1，缺省符号表包含符号表从 2 到 16 的符号，你也可以使用 LIST 选项改变这个表的次序和内容。如果你在绘制一系列重叠绘图，并需要经相同符号用在相同次序的每个图形上，这样做很有用。符号码为 0 相当于关闭符号绘制选项。这个选项用于 LIST 选项和 LINE 选项，以在一张图上用线表示一些数据，用符号表示另外一些数据。

示例

为了创建一个散点分布图，关闭画线选项，选择适当的符号，然后绘图：

```
SAC> line off
SAC> symbol 5
SAC> plot
```

为了用符号 7、4、6、8 注释四条实线，间隔用 0.3，用 PLOT2 绘图：

```
SAC> line solid
SAC> sym spacing .3 increment list 7 4 6 8
SAC> r file1 file2 file3 file4
SAC> plot2
```

使用 PLOT2 在相同图形上绘制三个文件，第一个文件图形使用实线无符号；第二个没有线，为三角符号；第三个没有线，带有交叉符号：

```
SAC> read file1 file2 file3
SAC> line list 1 0 0 increment
SAC> symbol list 0 3 7 increment
SAC> plot2
```

相关命令

`line`

12.148 synchronize

概要

同步内存中所有文件的参考时刻

语法

```
SYNCHRONIZE [ROUND ON|OFF] [BEGIN ON|OFF]
```

输入

ROUND ON 打开 ROUND 选项。若该打开该选项，则每个文件的开始时间都将以最接近的采样间隔的整数倍

ROUND OFF 关闭 ROUND 选项

BEGIN ON 设置每个文件的开始时间为 0

BEGIN OFF 保持参考时间的绝对时刻不变

缺省值

```
synchronize round off begin off
```

说明

该命令同步内存中所有文件的参考时刻。它通过检查所有文件的参考时刻和文件起始的偏移时间来决定最晚的开始时间，并取最晚的开始时间作为内存中所有文件的参考时刻。然后计算每个文件中的所有相对时间（B、E、A、Tn 等）相对于新参考时刻的值。

当数据文件具有不同的参考时刻，而你想要用 CUT 或 XLIM 命令分析或绘制这些文件的一部分数据时这个命令会很有用。一旦参考时间被同步了，则 CUT 操作将针对严格相同的 GMT 时间窗进行。

如果使用了 BEGIN 选项，参考时间的 GMT 值则不被保留，BEGIN 选项将所有文件的 kztime、kzdate 设置为相同，而且将所有文件的开始时间设置为 0。其他的点保持与文件开始时间的关系。

示例

假定你读取两个不同参考时间的文件到内存:

```
SAC> read file1 file2
SAC> listhdr b kztime kzdate
```

```
FILE: FILE1
-
B = 0.
KZTIME = 10:38:14.000
KZDATE = MAR 29 (088), 1981

FILE: FILE2
-
B = 10.00
KZTIME = 10:40:10.000
KZDATE = MAR 29 (088), 1981
```

这些文件有相同的参考日期，不同的参考时间以及不同的开始时间偏移量。你可以执行 SYNCHRONIZE 然后使用 LISTHDR，你会发现：

```
SAC> synchronize
SAC> listhdr

FILE: FILE1
-
B = -126.00
KZTIME = 10:40:20.000
KZDATE = MAR 29 (088), 1981

FILE: FILE2
-
B = 0.
KZTIME = 10:40:20.000
KZDATE = MAR 29 (088), 1981
```

现在内存中的所有文件有相同的参考时间，如果头段中有任何已定义的时间标记，它们的值也会调整以使得其 GMT 值是不变的。

12.149 systemcommand

概要

在 SAC 内部执行系统命令

语法

```
SYSTEMCOMMAND command [ options ]
```

输入

command 系统命令名

options 命令需要的选项

说明

在 SAC 中是可以执行大部分系统命令的，比如常见的 `ls`、`cp` 等。

但是某些命令无法直接在 SAC 中执行，比如用于查看 PS 文件的 `gs` 命令会首先被 SAC 解释为 `grayscale` 的简写，故而在 SAC 中无法直接调用 `gs` 命令。

另一个经常使用但无法直接调用的命令是 `rm`。由于 `read` 命令可以被简写为 `r`，在读入文件时键入 `r *.SAC` 很可能会一时手误敲成 `rm *.SAC`，为了避免类似的误操作，故而在 SAC 中禁止直接调用 `rm` 命令。

当需要在 SAC 内部执行删除命令时，则需要使用 `systemcommand` 调用系统命令。

示例

调用系统命令删除某些 SAC 文件：

```
SAC> rm junk
ERROR 1106: Not a valid SAC command.
SAC> sc rm junk
```

12.150 taper

概要

对数据两端应用对称的 `taper` 函数，使得数据两端平滑地衰减到零

语法

```
TAPER [TYPE HANNING|HAMMING|COSINE] [WIDTH v]
```

输入

TYPE HANNING|HAMMIN|COSINE 应用 Hanning、Hamming、余弦衰减窗
WIDTH v 设置衰减窗的宽度占数据总点数 (`npts`) 的比值为 `v`，`v` 取值在 0.0 和 0.5 之间

缺省值

```
taper type hanning width 0.05
```

说明

`taper` 函数是在 0 和 1 之间取值的单调函数，若将其对称地施加于数据的首尾两端，则可实现数据的“尖灭”。

`taper` 函数共计 $npts * v$ 个点，第一个点值为 0，最后一个点的值为 1，将此函数的每个点依次于数据的第 1 至 $npts * v$ 个点相乘，使得数据数据的首端从 0 开始光滑地增加到其原始值。数据的末端完全类似，此时数据由其原始值不断光滑地减小到 0。

`taper` 命令的通用形式为

$$Data(j) = Data(j) * (F_0 - F_1 \cos(\omega(j-1)))$$

此公式应用于数据的首端，另一个完全对称的数据用于数据的尾端。

表 12.2 定义了不同的衰减函数的参数，其中 N 为衰减窗的宽度，即 $npts * v$ 。

表 12.2: taper 衰减函数参数一览

类型	ω	F_0	F_1
HANNING	$\frac{\pi}{N}$	0.50	0.50
HAMMING	$\frac{\pi}{N}$	0.54	0.46
COSINE	$\frac{\pi}{2N}$	1.00	1.00

图 12.3 给出了不同 taper 衰减函数的曲线图，图中可以看出，HAMMING 窗实际上并没有完全实现尖灭。

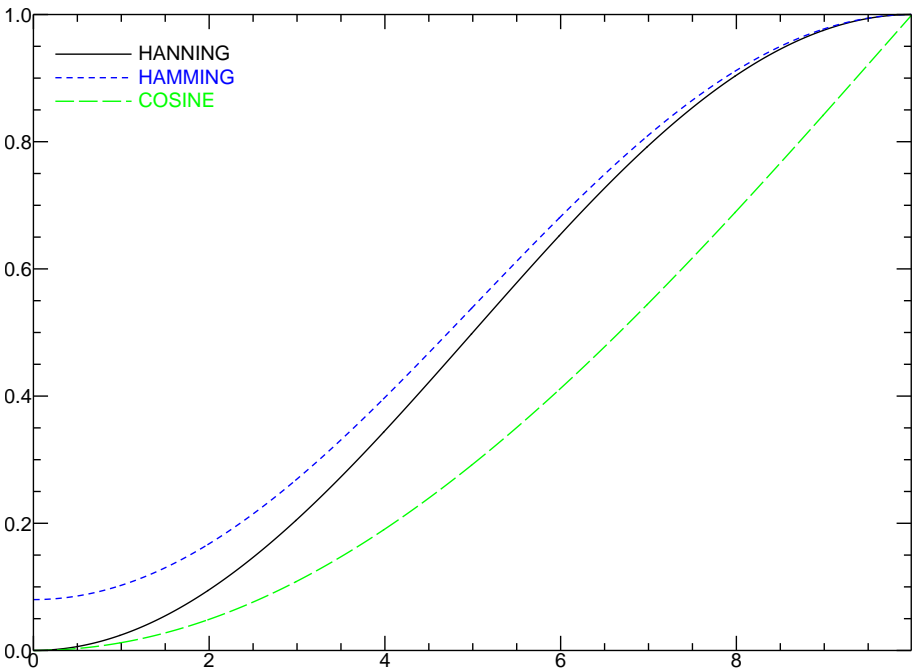


图 12.3: taper 衰减函数曲线

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作

头段变量

depmin、depmax、depmen

12.151 ticks

概要

控制绘图上刻度轴的位置

语法

```
TICKS [ON|OFF|ONLY] [ALL] [TOP] [BOTTOM] [RIGHT] [LEFT]
```

输入

ON 在指定的边上显示刻度，其他不变

OFF 在指定的边上不显示刻度，其他不变

ONLY 仅在指定的边上显示刻度，其他关闭

ALL 所有四条边

TOP 视口上部的 X 轴

BOTTOM 视口的下部的 X 轴

RIGHT 视口右边的 Y 轴

LEFT 视口左边的 Y 轴

缺省值

```
ticks on all
```

说明

刻度轴可以画图形四边的一边或几边上，刻度间隔由 XDIV 命令控制。

示例

显示上部刻度轴，其他不变：

```
SAC> ticks on top
```

关闭所有刻度轴：

```
SAC> ticks off all
```

显示底部刻度轴，其余关闭：

```
SAC> ticks only bottom
```

相关命令

[xdiv](#)、[axes](#)

12.152 title

概要

定义绘图的标题和属性

语法

```
TITLE [ON|OFF|text] [LOCATION TOP|BOTTOM|RIGHT|LEFT]  
[SIZE TINY|SMALL|MEDIUM|LARGE]
```

输入

ON 显示标题，但不改变标题内容

OFF 不显示标题

text 显示标题，并改变标题内容。如果文本中包含空格，则标题需要用单引号括起来

LOCATION 设置标题的位置，可以取 TOP、BOTTOM、RIGHT、LEFT

SIZE 设置标题文本尺寸，可以取 TINY、SMALL、MEDIUM、LARGE

缺省值

```
title off location top size small
```

说明

若打开该选项，则在每个图形上都显示标题，标题的尺寸、位置及内容均可改变，文本质量和字体可以通过 GTEXT 命令设置。

相关命令

[gtext](#)

12.153 trace

概要

追踪黑板变量和头段变量

语法

```
TRACE [ON|OFF] name [name ...]
```

输入

ON 打开变量追踪选项

OFF 关闭变量追踪选项

name 要追踪的黑板变量或/和头段变量名。对于头段变量,其格式为filename,hdrname,

其中 filename 是要追踪的 SAC 文件名或文件号, hdrname 是 SAC 头段变量名。

缺省值

```
trace on
```

说明

该命令用于在 SAC 执行过程中追踪 SAC 黑板变量或/和头段变量的值，主要用于调试大型或复杂的宏文件。当变量追踪选项被打开时，将显示变量的当前值。若变量追踪选项处于打开状态，则每次执行命令时将对变量值进行检查，若变量的值发生改变则将其新值打印到终端。当变量追踪选项被关闭时，也会显示变量的当前值。

示例

追踪黑板变量 TEMP1 和文件 MYFILE 的头段变量 T0：

```
SAC> trace on temp1 myfile,t0
TRACE (on) TEMP1 = 1.45623
TRACE (on) MYFILE,T0 = UNDEFINED
```

在执行命令时，SAC 会检查变量值是否发生改变。若发生改变则将相关信息显示出来。假设在完成一些计算之后改变了 TEMP1，并定义了 T0 的值，则 SAC 将显示如下信息：

```
TRACE (mod) TEMP1 = 2.34293
TRACE (mod) MYFILE,T0 = 10.3451
```

稍后的处理中 TEMP1 可能再次改变：

```
TRACE (mod) TEMP1 = 1.93242
```

当跟踪选项被关闭时，SAC 最后一次显示变量当前值：

```
SAC> trace off temp1 myfile,t0
TRACE (off) TEMP1 = 1.93242
TRACE (off) MYFILE,T0 = 10.3451
```

12.154 transcript

概要

控制输出到副本文件

语法

```
TRANSCRIPT [OPEN|CREATE|CLOSE|CHANGE|WRITE|HISTORY] [FILE filename]
           [CONTENTS ALL|ERRORS|WARNINGS|OUTPUT|COMMANDS|MACROS|PROCESSED]
           [MESSAGE text]
```

输入

OPEN 打开副本文件，并在已存在的文件底部添加副本

CREATE 创建一个新的副本文件

CLOSE 关闭一个已经打开的副本文件

CHANGE 改变一个已经打开的副本文件的内容

WRITE 写信息到一个副本文件，不改变其状态或内容

HISTORY FILE filename 将命令行历史保存到文件

FILE filename 定义副本文件的名字

MESSAGE text 向副本文件中写入文本。这个信息可以用于指定正在进行的进程或指定正在处理的不同事件，在两次执行这个命令的过程中这个信息不保存。

CONTENTS ALL 定义副本文件的内容为全部输入输出的信息。

CONTENTS list 定义副本文件的内容，即包含在文件中的输入输出的类型表

其中 list 可以取：

- **ERRORS**：执行命令期间产生的错误消息
- **WARNINGS**：执行命令期间产生的警告消息

- OUTPUT : 执行命令期间的输出消息
- COMMANDS : 终端输出的原始命令
- MACROS : 宏文件中出现的原始命令
- PROCESSED : 经终端或宏处理之后的命令

缺省值

```
transcript open file transcript contents all
```

说明

副本文件用于记录 SAC 执行的结果。其可以是一个完整或部分副本, 可以包含一次或多次执行的结果。你可以同时拥有 5 个活动的副本文件, 每个文件用于追踪不同的方面。其中的一个用途是记录终端输入的命令然后用于一个宏文件中, 如下例所示。

示例

为了创建一个新的副本文件, 文件名为 MYTRAN, 包含了除已处理命令之外的其他全部类型:

```
SAC> transcript create file mytran cont err warn out com macros
```

如果之后不想把宏命令送入这个文件, 你可以使用 CHANGE 选项:

```
SAC> transcript change file mytran contents errors warnings output commands
```

为了定义一个名为 MYRECORD 的副本文件, 其记录了终端输入的命令:

```
SAC> transcript create file myrecord contents commands
```

以后, 经过适当的编辑, 这个文件可以用作宏命令文件, 去自动执行相同的一组命令。在最后的例子中假设你需要彻夜处理许多事件。你可以设置每个事件一个副本文件 (用不同的副本文件名) 去记录处理的结果。另外你可以将处理所有事件得到的任何错误消息保存到一个副本文件中:

```
SAC> transcript open file errortran contents errors
SAC> transcript write message 'processing event 1'
```

这些命令将放在处理每个事件的宏文件中, 它假设事件名作为第一个参数带入宏。使用打开选项, 运行信息和出错信息将添加到文件的后面, 第二天检查一下这个出错信息副本文件, 就可以快速查阅在处理期间是否出现了错误。

为了将保存一个命令行副本, 以记录 SAC 当前和将来要运行的命令:

```
SCA> transcript history file .sachist
```

这就在当前目录创建并写入了一个副本文件 “./.sachist”。任何储存在那里的文件将被载入命令历史中。如果这个命令位于你的启动初始化宏文件中, 则每次你运行 SAC 时将在当前目录产生一个单独的命令行历史。在一个新执行的 SAC 中, 上下键将浏览完整的命令历史, 你可以修改以前输入的命令并再次执行它, 如果你没有在 SAC 内或初始化宏文件中输入这个命令, 则命令行历史将自动保存到 ~/.sac_history

12.155 transfer

概要

去仪器响应，并加上其他仪器响应

语法

```
TRANSFER [FROM type [options]] [TO type [options]]
          [FREQLIMITS f1 f2 f3 f4] [PREWHITENING ON|OFF|n]
```

输入

- FROM type : 要去除的仪器响应类型 ;
- TO type : 要加入的仪器响应类型 ;
- FREQLIMITS f1 f2 f3 f4 : 压制大于 f4 以及低于 f1 的频段 ;
- PREWHITENING ON|OFF|n : 预白化处理。

缺省值

```
trans from none to none
```

说明

关于仪器响应的详细说明，请参考附录中的“[仪器响应](#)”一章。

transfer 命令的作用是从波形中去除仪器响应，如果需要，也可以再卷积上某类型的仪器响应。from 给出了波形当前的仪器响应，也就是要去除的仪器响应。to 给出了要卷积上的仪器响应。

freqlimits 用于在去除仪器响应的时候对波形的低频和高频部分进行压制。通常这一选项是很重要的。这是因为所有的地震仪在零频率处都具有零响应。当做反卷积但不卷积其他响应的时候（即to none），就有必要修改超低频率处的响应以防止频率域除 0。在高频区域，信噪比通常很低，因而有必要对其响应进行抑制。freqlimits 包含了低通和高通的尖灭函数（taper），可以实现高频和低频的有效压制。四个频率满足 $f1 < f2 < f3 < f4$ ，尖灭函数在 f2 和 f3 间为 1，在 f1 以下和 f4 以上为 0。频率 f1 和 f2 确定了高通滤波器的特性，频率 f3 和 f4 指定了低通滤波器的特性。f1 与 f2 之间以及 f3 与 f4 之间分别为余弦波的四分之一周期。

如果你想要一个低通滤波器但在低频处不滤波，一种方法是设置 $f1=-2$ 和 $f2=-1$ ；如果你想要一个高通滤波器但在高频处不滤波，对于 Nyquist 频率为 0.5，设置 $f3=10$ 和 $f4=20$ 。

注意：由于滤波器还有零相位，因而其是非因果。如果数据点数 npts 不为 2 的指数幂次，会导致在频段 (f1,f4) 之外振幅不为 0。如果想要数据点数为 2 的幂次方个，可以参考 SAC 中的 [cut](#) 命令。

prewhitening 用于控制数据的预白化。预白化可以将输入时间序列在变换到频率域之前，进行谱的平化。这会减小谱值的动态范围，并提高数据在高频的计算精度。参见 [whiten](#) 命令。打开预白化选项，会在谱操作之前在频率域进行谱白化，并在谱操作后在

时间域做谱白化的补偿，也可以设置预白化选项的阶数。默认情况下，预白化选项是关闭的，阶数为 $n=6$ 。

`transfer` 中的 `from` 和 `to` 后，接具体的仪器类型。在 SAC 中，可以用 5 种方式来指定要使用的仪器类型，即内置仪器类型、特殊内置仪器类型、RESP 文件、PZ 文件和 FAP 文件。

内置仪器类型

SAC 内置了一堆标准仪器的响应函数，可以在命令中直接使用。但是因为日常中其实很少使用这些内置仪器类型，或者只是用到很少的几个，故而把这些仪器类型放在附录的表 A.1 中。

为了从数据中去除 LLL 宽频带仪器响应，并卷积上 SRO 仪器响应，且对频带做尖灭及预白化：

```
SAC> read abc.z
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> trans from lll to sro freq .02 .05 1. 2. prew 2
```

某些内置仪器类型，还有子类型 (subtype)。当前仪器为 RSTN 类型的 `nykm.z` 子类型，为了从波形数据中去除该仪器响应，并卷积上 DSS 仪器响应：

```
SAC> read nykm.z
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> trans from rstn subtype nykm.z to dss prew off
```

特殊仪器类型

SAC 中定义了三个特殊的仪器类型，即 `none`、`vel` 和 `acc`，分别表示位移、速度和加速度。

- 若使用 `to none`，则表示在去除原有仪器响应后，再卷积上 `none` 对应的仪器响应。而 `none` 对应的响应函数在全频段内振幅为 1，相位为零，即相当于没有卷积新的仪器响应。这样会得到位移波形，同时 SAC 头段变量 `idep` 将被设置为 `DISPLACEMENT`。
- 若使用 `to vel` 或 `to acc`，则将得到速度场或加速度场。
- 若使用 `from none`，则不会去除仪器响应，原始的地震波形数据认定为位移，这常用于向合成地震图中加入仪器响应。`from vel` 和 `from acc` 同理。

从波形中去除 WWSP 的仪器响应，得到位移波形：

```
SAC> read xyz.z
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> transfer from WWSP to none freq 0.05 0.01 5 10
```

向合成的位移地震图中加入 WWSP 仪器响应：

```
SAC> r syn.z
SAC> transfer from none to WWSP
```

RESP 文件

可以直接用 `evalresp fname` 后接 RESP 文件名来指定仪器响应：

```
SAC> r 2006.253.14.30.24.0000.TA.N11A..LHZ.Q.SAC
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> trans from evalresp fname RESP.TA.N11A..LHZ to none freq 0.004 0.007 0.2 0.4
```

若未使用 `fname` 显式指定 RESP 文件，`evalresp` 选项会从 SAC 头段区中提取出台网名、台站名、位置 ID、通道名，并尝试在当前工作目录下去寻找文件名为“RESP.<NET>.<STA>.<LOCID>.<CHAN>”的 RESP 响应文件：

```
SAC> r 2006.253.14.30.24.0000.TA.N11A..LHZ.Q.SAC
SAC> rtr; taper
SAC> trans from evalresp to none freq 0.004 0.007 0.2 0.4
      // 在当前目录自动寻找文件 RESP.TA.N11A..LHZ
```

一个 RESP 文件可以包含多个响应函数，既可以是同一仪器在不同时期的响应函数，也可以是多个台站的响应函数。`transfer` 命令会从波形中的头段区提取出相关信息，并从 RESP 文件中找出全部信息都匹配的响应函数。

```
SAC> r 2013.144.05.40.09.0195.IU.COLA.00.BHZ.M.SAC
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> transfer from evalresp fname RESP.ALL to none freq 0.1 0.2 5 10
      // RESP.ALL 中包含了多个台站的响应函数
```

也可以通过给 `evalresp` 选项指定额外的选项和参数来覆盖 SAC 文件中对应的头段变量，这些可能的选项包括：STATION、CHANNEL、NETWORK、DATE、TIME、LOCID。每个选项都必须有一个合适的值，若 DATE 在 SAC 头段中为设定且在选项中未指定，则使用当前系统日期，TIME 同理。若 NETWORK 未指定，则默认使用任意台站名；若 LOCID 未指定，则默认使用任意 LOCID。

从文件中去除仪器响应，并卷积上 COLB 台站的仪器响应：

```
SAC> r 2013.144.05.40.09.0195.IU.COLA.00.BHZ.M.SAC
SAC> rtr; taper
SAC> trans from evalresp to evalresp station COLB
      // 当前目录下必须有 COLA 和 COLB 两个台站的仪器响应文件
      // 该命令会去除 RESP.IU.COLA.00.BHZ 的响应函数
      // 并卷积 RESP.IU.COLB.00.BHZ 的响应函数
      // PS: COLB 台站是我瞎编的
```

为了显示 IU 台网 COL 台站 BHZ 通道，1992 年 01 月 02 日 16:42:05 的仪器响应：

```
SAC> fg impulse npts 16384 delta .05 begin 0.
SAC> trans to evalresp sta COL cha BHZ net IU date 1992/2 time 16:42:05
SAC> fft
SAC> psp am
```

上面给了 RESP 文件的一堆例子，日常输出处理时最常用的还是直接用 `fname` 指定 RESP 响应文件。

PZ 文件

可以使用 `polezero subtype` 后接 PZ 文件的方式来指定响应文件：

```
SAC> r XXX.Z
SAC> rmean; rtr; taper
SAC> trans from polezero subtype XXX.PZ to WWSP
```

PZ 文件中可以包括多个台站的 PZ 文件。假设用 `rdseed` 在当前目录产生了多个台站的 PZ 文件，并将所有 PZ 文件合并得到一个新的 PZ 文件 `event.pz`。下面的例子将读入全部 BH* 波形文件，经仪器响应校正并覆盖原文件：

```
SAC> r *BH*SAC           // 读入全部数据
SAC> rtr
SAC> taper
SAC> trans from polezero s event.pz freq 0.05 0.1 10.0 15.0
SAC> w over
```

虽然没有进过验证，但根据经验做如下合理猜测：当把多个 PZ 文件合并成一个总 PZ 文件时，PZ 文件中的注释行就很重要了，`transfer` 命令会从中提取相关信息与波形的头段信息进行匹配，以找到合适的响应函数。因为对每个波形，都需要到总 PZ 文件中寻找匹配的响应函数，所以上例所示的方法，虽然可以很简单地批量去仪器响应，但效率可能不高，尤其是当台站数目很多、PZ 文件较大的时候。

FAP 文件

FAP 文件不太常用，这里仅举一例。

假设有 `fapfile` 文件 `fap.n11a.lhz_0.006-0.2`，其名字表示频率段为 0.006 Hz 到 0.2 Hz，要从波形 `2006.253.14.30.24.0000.TA.N11A..LHZ.Q.SAC` 中移除该仪器响应：

```
SAC> r 2006.253.14.30.24.0000.TA.N11A..LHZ.Q.SAC
SAC> rtr
SAC> taper
SAC> trans from fap s fap.n11a.lhz_0.006-0.2 to none freq 0.004 0.006 0.1 0.2
SAC> mul 1.0e9
```

12.156 traveltime

概要

根据预定义的速度模型计算指定震相的走时

语法

```
TRAVELTIME [MODEL string] [PICKS number] [PHASE phase list]
           [VERBOSE|QUIET] [M|KM]
```

输入

MODEL iasp91 或 ak135, 缺省为 iasp91

Picks 如果 number 值位于 0 到 9, 则第一个震相的到时将储存在头段 Tn 中。如果命令行选项中没有包含 PICKS, VERBOSE 就会打开并显示震相到时而写入头段。

PHASE 要 pick 或显示的震相列表, 如果有 PICKS n 选项, 则震相到时以及其标签将写入到头段 Tn 和 KTn 中。

VERBOSE|QUIET 若使用 VERBOSE, 则震相走时将以相对发震时刻 (O) 和文件起始时间 (B) 两种方式显示; 若使用 QUIET, 则不在屏幕上显示到时, 若二者都没有显示, 则显示 TRAVELTIME 命令使用的深度

M|KM EVDP 的单位为 m 或者 km。

缺省值

```
MODEL iasp91 KM PHASE P S Pn Pg Sn Sg
```

说明

该命令使用 **iaspei-tau** 程序计算走时, 要求内存中的波形文件的事件和台站位置以及发震时刻必须定义。

内存中所有文件拾取的震相的到时存储在头段变量 Tn 中, 其中 n 的范围为 0 到 9。计算的走时是相对于发震时刻 (O) 的, 但存储在 Tn 中的时间是相对于文件起始时间 (B)。

走时表根据地震深度及震中距获得走时, 震中距 (GCARC) 使用球三角几何, 根据事件和台站经纬度计算。

由于历史原因, 事件深度 EVDP 以前的单位为 m, RDSEED 产生的 SAC 波形数据单位为 m。

在 v101.5 中, 默认的 EVDP 单位为 km, 但由于很多波形数据 EVDP 仍然为 m, 这里引入这个命令选项以指定深度单位。

在 SAC2000 中, 命令 TRAVELTIME 位于子程序 SSS 中, 当前版本 (V101.5) 没有 SAC2000 版本的全部功能, 但可以不用进入 SSS 而直接运行。

示例

区域事件, 使用默认震相:

```
SAC> fg seismo
SAC> traveltime
traveltime: depth: 15.000000
traveltime: error finding phase P
traveltime: error finding phase S
traveltime: setting phase Pn      at 10.464321 s [ t = 51.894321 s ]
traveltime: setting phase Pg      at 22.904724 s [ t = 64.334724 s ]
traveltime: setting phase Sn      at 50.047722 s [ t = 91.477722 s ]
traveltime: setting phase Sg      at 66.414337 s [ t = 107.844337 s ]
```

对于区域事件，初至波为 Pn 或 Pg，因而这里没有 P 波到达，对上面的例子，拾取不会写入头段中。

```
SAC> fg seismo
SAC> travelttime picks 0 phase Pn Pg Sn Sg
travelttime: depth: 15.000000
SAC> lh AMARKER TOMARKER T1MARKER T2MARKER T3MARKER
AMARKER = 10.464
TOMARKER = 10.464 (Pn)
T1MARKER = 22.905 (Pg)
T2MARKER = 50.048 (Sn)
T3MARKER = 66.414 (Sg)
SAC> write seismo-picks.z
```

可以看到已经将 A 定义为 Pn 的到时，文件 seismo-picks.z 将有 T0 到 T3 四个头段，命令 PLOT1 可以看到有各震相在相应到时处有标签名。注意尽管 VERBOSE 没有开启，深度 (单位 km) 还是会被打印出来。这是为了保证用户对 EVDP 的单位有正确的了解，可以通过 QUIET 选项取消深度的显示。

下面例子给出的波形文件是由 RDSEED(V5.0) 产生的，EVDP 单位为 m：

```
SAC> r 2008.052.14.16.03.0000.XC.OR075.00.LHZ.M.SAC
SAC> lh evdp
evdp = 6.700000e+03
SAC> travelttime M picks 0
travelttime: depth: 6.700000 km
SAC> lh t0marker t1marker t2marker t3marker
t0marker = 61.48 (Pn)
t1marker = 76.413 (Pg)
t2marker = 109.66 (Sn)
t3marker = 132.11 (Sg)
SAC> ch evdp (0.001 * :1,evdp:)
SAC> setbb station :1,KSTNM:
SAC> write %station%.z
```

保存的文件 OR075.z 单位为 km，并且各个震相 Pn、Pg、Sn 及 Sg 都有注释。震相名是大小敏感的，具体参见 iaspei-tau 的文档。

12.157 tsize

概要

控制文本尺寸属性

语法

```
TSIZE [TINY|SMALL|MEDIUM|LARGE v] [RATIO v] [OLD|NEW]
```


输入

TINY|SMALL|MEDIUM|LARGE v 设定标准文本尺寸的值为 v

RATIO v 设定文本的宽高比为 v

OLD 将所有文本尺寸值设置为旧值。旧值即 SAC 9 之前的版本中的文本尺寸值

NEW 设定所有文本尺寸值为 SAC 初始化时的缺省值

缺省值

```
tsize ratio 1.0 new
```

说明

大多数的文本注释命令 (TITLE、XLABEL、FILEID 等) 允许你改变要显示的文本的尺寸。你可以从四个标准尺寸中选择 (TINY、SMALL、MEDIUM、LARGE)。每一个标准尺寸都有一个初始值, 如下表所示, 这个尺寸定义为一个字符的高度相对于整个视窗的百分比。有些时候你想要使用一些不同于默认尺寸的文本。TSIZE 允许你重新定义这四个标准尺寸。你也可以使用这个命令改变字符的宽-高比。

表 12.3: SAC 标准文本尺寸

NAME	A	B	C	D	E
TINY	0.015	66	50	68	110
SMALL	0.020	50	37	66	82
MEDIUM	0.030	33	25	44	55
LARGE	0.040	25	18	33	41

上面做各列的定义如下:

- A 自如相对整个视窗的高度
- B 全视窗下文本的行数
- C 正常视窗下文本的行数。正常视窗是指 x 为 0. 到 1., y 为 0. 到 0.75
- D 正常视窗中, 每行的最小字符数
- E 正常视窗中每行字符的平均数

从 SAC 9 开始, 系统的默认文本尺寸发生了变化, 新的尺寸集覆盖了更宽的尺寸范围, 在多数设备上看上去更好。你可以使用 OLD 选项将文本尺寸修改为之前版本的文本尺寸。

示例

为了改变 MEDIUM 的定义, 并使用它创建一个特别尺寸的标题:

```
SAC> tsize medium 0.35
SAC> title 'rayleigh wave spectra' size medium
SAC> plot2
```

为了重置文本尺寸到其默认值:

```
SAC> tsize new
```


相关命令

[title](#)、[xlabel](#)、[fileid](#)、[plotc](#)

12.158 unsetbb

概要

删除黑板变量

语法

```
UNSETBB ALL|variable ...
```

输入

ALL 删除当前定义的全部黑板变量

variable 删除黑板变量 **variable**

说明

参见[setbb](#)命令的说明

示例

一次删除多个黑板变量:

```
SAC> unsetbb c1 c2 x
```

删除所有黑板变量:

```
SAC> unsetbb all
```

相关命令

[setbb](#)、[evaluate](#)、[getbb](#)

12.159 unwrap

概要

计算振幅和展开相位

语法

```
UNWRAP [FILL ON|OFF|n] [INTTHR v] [PVTHR v]
```

输入

FILL ON|OFF 打开/关闭补零选项

FILL n 打开补零选项并设置填充值为 **n**

INTTHR v 改变积分阈值常量为 **v**

PVTHR v 改变主值阈值常量为 **v**

缺省值

```
unwrap fill off intthr 1.5 pvthr 0.5
```

说明

这个命令将内存中的时间序列数据转换为谱数据，其包含了振幅谱和展开相位谱。这个过程对于有光滑变化相位的数据起作用。数据在转换之前补零以使数据点数为 2 的幂数倍，可以使用 FILL 选项指定更大的补零数。

这是 Tribolet 算法的一个具体实现。有两种方法用于估算在每个频率的展开相位。其中一个是通过快速傅氏变换做相位偏导的数值积分，如果需要得到一个一致的估计，则可将梯形积分的步长在每个频率上对分。可以使用 INTTHR 选项控制这个验算的阈值，此值单位为弧度。减少 INTTHR 将改进相位计算结果，若该值太小，会导致解的发散。

算法中使用的第二个方法是先用反正切函数计算相位的主值。展开相位的计算方法是相位主值加上 2π 的整数倍，直到相位的突变小于给定的阈值为止。可以使用 PVTHR 选项控制这个验算的阈值。与上一个算法类似，减少这个阈值将改进相位估算的结果，但也增加了无解的可能性。

这两个阈值的初值通常经验地取为：

$$\pi/4 < PVTHR < INTTHR < 2\pi$$

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1606: 超过 DFT 所允许的最大数据点数

警告消息

- 1610: 对文件中数据点的相位展开失败（调整阈值然后重试）

头段变量

b、e 和 delta 分别改变为变换的起始频率、结束频率和采样频率。原始的 b、e 和 delta 被保存在为 sb、se、sdelta，当进行反变换时将值带回。

限制

目前可以转换的数据最大长度为 4096。

12.160 vspace

概要

改变图形的最大尺寸和形状

语法

```
VSPACE FULL | v
```

输入

FULL 使用整个视窗，这是可能的最大屏幕或窗口尺寸

v 使视窗比 y:x 为 v，具有这个纵横比的最大的区域称为视窗

缺省值

```
vspace full
```

说明

视窗代表了屏幕上可以用于绘图的部分。视窗形状和尺寸在不同图形设备之间有很大的变化。

1. 尽管在尺寸上有很大不同，许多图形终端都具有 0.75 的纵横比。
2. SGF 文件的纵横比为 0.75，其大约是标准的 8.5*11 英寸纸张的纵横比。
3. 由 XWINDOWS 或 SUNWINDOWS 图形设备建立的窗口可以有你想要的任意纵横比

这个命令可以控制纵横比，从而使你能够控制图形的形状缺省绘图是在整个视窗上。如果确定了一个纵横比，则视窗就是设备上具有这个纵横比的最大区域。

当你使用 **plotc** 命令在交互设备上建立一张图，并且最终要将它发送到 SGF 设备上，这个命令特别有用，在绘制任何图形之前，必须设置纵横比为 0.75。这将保证图形在 SGF 文件上与在交互设备上相同。如果你要建立一个独立于图形设备的正方形视窗，则可以简单地设置纵横比为 1.0。

12.161 wait

概要

控制 SAC 在绘制多个图形时是否暂停

语法

```
WAIT [ON|OFF|EVERY]
```

输入

ON 按常规模式打开等待选项

OFF 关闭等待选项

EVERY 每个图形之间均等待

缺省值

```
wait on
```

说明

当你读取了多个数据文件并使用 PLOT 绘制，每个文件将产生一个框架，如果你绘制到终端，正常情况下 SAC 将在每张图后暂停并发送信息“WAITING”到终端。然后你可以键入回车看到下一张图，或输入“GO”使 SAC 不暂停地绘制剩下的图形，或键入

“KILL” 终止绘制这组文件。SAC 绘制最后一张图之后不再暂停，因为通常的输入提示符提供了相同的功能。当这个选项关闭时，SAC 在不同的绘图之间不暂停。在每个图形模式下，SAC 不仅在用 PLOT 命令产生的绘图之间，而且在绘制每个图形时都暂停。如果你是在命令文件或者作业控制程序的控制下使用 SAC，那么这一点将很有用。

12.162 whiten

概要

平滑输入的时间序列的频谱

语法

```
WHITEN n [FILTERDESIGN]
```

输入

n 阶数 (极数)。这个数越大，结果数据就越平滑。高阶可以更好的清除一些数据，但是也可能会导致对数据处理过多而丢掉一些重要的数据。默认值为 6。

FD 进行一些类似于 filterdesign 的命令，使用白化系数，设计一个白化滤波器。详情可以参考 filterdesign 命令。

缺省值

```
whiten 6
```

说明

对数据中加入白噪声。平滑输入时间序列的频谱。当这个命令在谱分析命令 (比如子程序 SPE 中的命令、transfer 或 spectrogram) 之前执行，其减少了频谱值的动态范围，提供了对地震数据高频操作的精度。

WHITEN 可以在 SPE 子程序内部调用，或者从 SAC 主程序中调用。SPE 中的 WHITEN 和主程序中的 WHITEN 分别有不同的阶数。在主程序中，你可以调用 WHITEN 4，下一次在主程序中调用 WHITEN 时阶数为 4，但是在 SPE 中调用 WHITEN 时依然是缺省的 6 阶，除非你在 SPE 的命令行中进行了修改。进一步，SPE 中的阶数与 SPE COR 命令的 PREWHITEN 选项是一样的 (设置了一个其他的也就设置了)。当然主程序中 WHITEN 命令与 TRANSFER 命令中的 PREWHITEN 选项也是一样的。

相关命令

[transfer](#)

12.163 whpf

概要

将辅助内容写入 HYPO 格式的震相拾取文件中

语法

```
WHPF IC n m
```

输入

IC n m 在第 18 和 19 列插入带有两个整数的 n 和 m 的指令卡。n 的允许值为 0、1、5，m 的允许值为 0、1、9。

说明

“指令卡”用于分开在 HYPO 文件中的不同事件，参见 HYPO71 手册。关闭一个已经打开的 HYPO 震相拾取文件 (CHPF) 或者退出 SAC 时，将自动添加 “10” 指令卡到震相读取文件中。

错误消息

- 1908: HYPO 震相拾取文件未打开

相关命令

[chpf](#)、[ohpf](#)

12.164 width

概要

控制图形设备的线宽

语法

```
WIDTH [ON|OFF|linewidth] [SKELETON width] [INCREMENT ON|OFF]
      [LIST STANDARD|widthlist]
```

其中 linewidth, width, widthlist 是整数值，且 LIST 选项必须放在命令的最后

输入

WIDTH ON 打开 WIDTH 选项但是不改变当前线宽值

WIDTH OFF 关闭 width 选项

WIDTH linewidth 改变数据的线宽为 linewidth 并打开 WIDTH 选项

SKELETON width 改变图形边框宽度为 width 并打开 WIDTH 选项

INCREMENT ON 按照 widthlist 表中的次序，依次改变一个宽度值

INCREMENT OFF 关闭线宽递增功能

LIST widthlist 改变宽度列表的内容。输入宽度列表。设置数据宽度为列表中的第一个宽度，并打开 width 选项。

LIST STANDARD 设置为标准线宽列表，设置数据宽度为列表中的第一个宽度，并打开 width 选项。

缺省值

```
width off skeleton 1 increment off list standard
```

说明

WIDTH 指定了绘制数据时的线条宽度。SKELETON 指定了坐标轴的宽度，其就仅修改坐标轴的宽度，网格、文本、标签和框架号总是用 1 号细线表示。

若将 WIDTH 设置为递增，则每次绘图之后，宽度都会按照宽度表中的顺序自动修改。

如果在同一张绘图中同时绘制几个数据文件，也许需要对每个文件使用不同的宽度。此时可使用 INCREMENT 选项。在这个选项打开时，每次绘制一个数据文件后，都按照宽度表中的次序自动地变成另一个宽度。宽度值和次序在标准宽度表中为：

```
1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10
```

你可以使用 LIST 选项改变这个表的次序或内容。这个命令常用于重叠绘图（参见 PLOT2），此时你可能需要每张图上的数据宽度都按相同的顺序排列。

示例

选择自动变换的数据宽度起始值为 1:

```
SAC> width 1 increment
```

边框宽度起始值为 2，并按 1、3、5 的增量变化:

```
SAC> width skeleton 2 increment list 1 3 5
```

12.165 wiener

概要

设计并应用一个自适应 Wiener 滤波器

语法

```
WIENER [WINDOW pdw] [NCOEFF n] [MU OFF|ON|v] [EPSILON OFF|ON|e]
```

输入

WINDOW pdw 设置滤波器设计窗口为 pdw。关于 pdw 参见 [cut](#) 命令

NCOEFF n 设置滤波器系数为 n 个

MU off|on|v 设置自适应步长参数

MU Off 设置自适应步长参数为 0

MU ON 设置自适应步长为 $1.95/\text{Rho}(0)$ ，其中 $\text{Rho}(0)$ 是 pdw 中延迟为 0 时的自相关系数

MU v 设置自适应步长为 v

EPSILON e 设置 ridge 回归参数为 e。

缺省值

```
wiener window b 0 10 ncoeff 30 mu off epsilon off
```

说明

预测误差滤波器使用 Yule-Walker 方法，从指定的部分数据窗中由自相关函数给出。这个窗口可以是文件的任何部分，然后滤波器应用到整个信号，即信号被残差序列替换。这个滤波器可以用作预白化或用作瞬时信号的检波预处理器。若 `mu` 指定为非 0 值，则滤波器为时域自适应的，大值 `mu` 可能会导致不稳定。

示例

下面的命令将应用一个非自适应滤波器，将第一个十秒指定为窗：

```
SAC> wiener window b 0 10 mu 0.
```

下面命令将应用带 40 个系数的滤波器，指定设计窗为从文件开始到第一个到时前 1 秒：

```
SAC> wiener ncoeff 40 window b a -1
```

头段变量

`depmin`、`depmax`、`depmen`

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1306: 对不等间隔文件的非法操作
- 1307: 对谱文件的非法操作
- 1608: 不良的 Wiener 滤波器噪声窗口（滤波器设计窗口不在文件窗口内，或用于窗口的头段变量值未定义）

警告消息

- 1609: Wiener 滤波器数字不稳定

相关命令

`cut`

12.166 wild

概要

设置读命令中用于扩展文件列表的通配符

语法

```
WILD [ECHO ON|OFF] [SINGLE char] [MULTIPLE char] [CONCATENATION chars]
```

输入

ECHO ON 打开扩展文件表回显选项；当该选项打开时，会回显被通配符展开的文件列表

ECHO OFF 关闭扩展文件表回显开关

SINGLE char 修改用于匹配单个字符的通配符

MULTIPLE char 修改用于匹配多个字符的通配符

CONCATENATION chars 修改用于将联接字符串括起来的字符

缺省值

选项	UNIX	VAX	PRIME
ECHO	ON	ON	ON
SINGLE	?	?	+
MULTIPLE	*	*	,
CONCATENATION	[,]	(,)	[,]

说明

很多现代操作系统都提供了通配符特性，也可以称为文件扩展。它是一个可以让你使用简短文件名以及简单的简写形式去指定一组文件的表示符号。SAC 在 READ、READTABLE 以及 READHDR 命令中使用通配符及一些扩展名，使用这些表示符号，你可以很容易地访问一组文件：

- 所有以字母“abc”开头的文件
- 所有以“z”结尾的文件
- 所有文件名中严格包含三个字母的文件

通配符代号有三个元素。对于不同的系统三个元素会有不同的缺省符。你可以使用这个命令改变通配符。多重匹配字符 (“*”) 用于匹配字符串中任意字符串，包括空字符串。单个匹配符 (“?”) 用于匹配任意单个字符。连接符号 (“[” 和 “]”) 用于包围由逗号分隔的要匹配的字符串。在这个字符串中，可以包含单通配符或多通配符。

SAC 使用通配符完成文件名的扩展，通常有几个步骤：

1. 如果标识目录部分存在的话将将其去掉，否则使用当前目录
2. 做系统调用，以得到目录中所有文件的列表
3. 如果在标识中是一个连接表，就用其他字符形成连接表中每个字符的新的标识，然后匹配它们到文件表中。如果没有连接表标识，则可简单匹配标识到文件表
4. 去掉形成扩展文件表的所有重复的匹配
5. 如果需要，回显扩展文件表
6. 试着将扩展文件表读入内存

每个操作系统都使用一些不同的步骤在一个目录中存取文件。上面第一步的系统调用反映了这些不同。例如，在 UNIX 中以字母顺序显示文件名，但在 PRIME 或 VAX 上就不是这样。在 PRIME 目录中文件次序是随意的。这些不同反映在扩展文件表的文件次序上。你可以用各种不同的通配符和连接表进行实验，以确定扩展文件表中的文件次序是否重要。

下例将帮助你理解怎样使用这些通配符元素，一个有用的特征是 SAC 保存包含在连接表上的字符串，当你输入一个空表，则前面的表将被重复使用，这可以节省许多输入的操作。

示例

假定当前目录中包含如下次序的文件:

```
ABC DEF STA01E STA01N STA01Z STA02E STA02N STA02Z STA03Z
```

同样假定扩展文件设置回显, 下面显示怎样使用各种通配符去将上面文件表的一部分读入内存:

```
SAC> READ S*
    STA01E STA01N STA01Z STA02E STA02N STA02Z STA03Z
SAC> READ *Z
    STA01Z STA02Z STA03Z
SAC> READ ???
    ABC DEF
SAC> READ STA01[Z,N,E]
    STA01Z STA01N STA01E
SAC> READ *[Z,N,E]
    STA01Z STA02Z STA03Z STA01N STA02N STA01E STA02E
SAC> READ *1[Z,N,E] *2[ ]
    STA01Z STA01N STA01E STA02Z STA02N STA02E
```

限制

在一个标识中只可以有一个连接串

相关命令

`read`、`readtable`、`readhdr`

12.167 window

概要

设置图形窗口位置和宽高比

语法

```
WINDOW n [XSIZE xwmin xwmax] [YSIZE ywmin ywmax] [ASPECT [value|ON|OFF]]
```

输入

n 要设置属性的图形窗口号, n 取值 1 到 10

XSIZE xwmin xwmax 设置图形窗口的水平位置。其中 xwmin 和 xwmax 分别是窗口左/右边界位置, 其可以取值为 0.0 到 1.0。

YSIEZ ywmin ywmax 设置图形窗口的垂直位置。其中 ywmin 和 ywmax 分别是窗口左/右边界位置, 其可以取值为 0.0 到 1.0。

ASPECT value|ON|OFF 设置宽纵比为 value。若打开 ASPECT 选项, 则自动计算 xwmax, 使得 xsize 与 ysize 的比值为 value, 若 value 则未设定, 则使用系统默认值。若打开了 ASPECT 选项, 但是却没有指定 xsize 选项, 则 APSECT 选项被关闭, 并且使用默认的 xwmin 和 xwmax 值。

缺省值

下面列出前 5 个绘图窗口位置的缺省值：

表 12.4: SAC 标准窗口

n	xwmin	xwmax	ywmin	ywmax
1	0.05	0.65	0.45	0.95
2	0.07	0.67	0.43	0.93
3	0.09	0.69	0.41	0.91
4	0.11	0.71	0.39	0.89
5	0.13	0.73	0.37	0.87

缺省情况下 ASPECT 选项是打开的，其值为 $11.0/8.5=1.294$ ，因而 xwmax 默认不使用。

说明

SAC 使用的 X11 图形系统支持多窗口绘图。beginwindow 命令使得你可以选择接下来的绘图命令要绘制在哪个图形窗口中。如果想要修改窗口的属性，则必须在使用 beginwindow 命令前使用 window 命令。

该命令可以控制每个 X 图形窗口出现时相对于屏幕左下角的位置以及窗口的宽高比。屏幕左下角的坐标为 (0,0)，右上角的坐标为 (1,1)。

默认情况下，使用编号为 1 的图形窗口。其水平方向的位置为 0.05 到 0.65，垂直方向的位置为 0.45 到 0.95，即窗口位于屏幕的左上角。图形窗口随着编号的增加不断右下角移动。

若关闭 ASPECT 选项，则图形窗口的宽高比由屏幕的宽高比决定。对于 4:3 的屏幕，默认宽高比为 1.6:1；对于 16:10 的屏幕，默认宽高比为 1.9:1。SGF 文件的宽高比为 4:3。

示例

设定图形窗口 1 的水平位置，垂直位置不变：

```
SAC> window 1 x 0.25 0.85
SAC> beginwindow 1
```

在这种情况下，显式指定了 XSIZE，因而 ASPECT 被自动设置为 OFF。

```
SAC> window 1 aspect 1.33 x 0.25 0.85
SAC> beginwindow 1
```

该命令与上面的命令相同，虽然设置了 aspect 的值，但由于指定了 XSIZE，因而 XSIZE 具有更高的优先级。

```
SAC> window 1 x 0.25 0.85 aspect 1.33
SAC> beginwindow 1
```

由于 APSECT 位于 XSIZE 后面，因而 ASPECT 的优先级高于 XSIZE 的优先级，该命令会忽略 xwmax，并固定宽高比为 1.33。

12.168 write

概要

将内存中的数据写入磁盘

语法

```
WRITE [SAC|ALPHA|XDR] [DIR OFF|CURRENT|name] [KSTCMP]
      [OVER|APPEND text|PREPEND text|DELETE text|CHANGE text1 text2] filelist
```

输入

无参数 使用以前的数据格式和文件列表

SAC 以 SAC 二进制文件格式写入磁盘

ALPHA 写 SAC 字符数字型写入磁盘

XDR 用 SAC 二进制 xdr 格式写文件。这个格式用于实现不同构架的二进制数据的转换

DIR OFF 关闭目录选项，即写入当前目录

DIR CURRENT 打开目录选项并设置写目录为当前目录

DIR name 打开目录选项并设置写目录为 name。所有的文件写入目录 name 中，其可以是相对路径或绝对路径

KSTCMP 使用 KSTNM 和 KCMPNM 头段变量为内存中每个数据文件定义一个文件名。生成的文件名将检查是否唯一，如果不唯一，则在文件名后加序号以避免文件名冲突

OVER 使用当前读文件列表作为写文件列表，用内存中的文件覆盖磁盘中的文件

APPEND text 在当前读文件列表的文件名后附加字符串 text 以创建写文件列表

PREPEND text 在当前读文件列表的文件名前附加字符串 text 以创建写文件列表

DELETE text 在当前读文件列表的文件名中删除第一次出现的 text 以创建写文件列表

CHANGE text1 text2 将当前读文件表中每个文件名中第一次出现的 text1 修改为 text2 来创建写文件表

filelist 将写文件列表设置为 filelist，这个列表可以包含文件名、相对/绝对路径，不可以包含通配符。

缺省值

```
write sac
```

说明

该命令允许你在数据处理的过程中将结果写入磁盘。写磁盘文件时可以选择几种数据格式，内存中的每个文件都将完整地写入到磁盘中。

多数情况下，你会选择使用 SAC 数据文件格式，这是 SAC 软件的标准输入输出格式，用于快速读写，其包含了以一个头段区和一个数据区。具体可以参考“[SAC 文件格式](#)”一章。

你可以直接指定写文件名，也可以通过修改内存中的当前文件名间接地指定它们。OVER 选项把写文件表设置为读文件表。它用于覆盖包含当前内存的数据的读入的最后一组磁盘文件。APPEND、PREPEND、DELETE、CHANGE 选项通过以所需要的方式修改每个读文件名的方式建立一个写文件表，这在宏命令中非常有用，在宏命令中你通常需要自动处理大量数据文件，并保持输出文件风格的一致。当使用这四个选项中的任意一个时，命令执行时会在终端输出文件列表，使得你可以看到实际写入磁盘的文件名。

示例

该命令的简单示例可以参考“[SAC 的读和写](#)”一节。

对一组数据文件进行滤波，然后将结果存入一组新数据文件：

```
SAC> read d1 d2 d3
SAC> lowpass butter npoles 4
SAC> write f1 f2 f3
```

也可以使用 CHANGE 选项完成这一操作：

```
SAC> read d1 d2 d3
SAC> lowpass butter npoles 4
SAC> write change d f
```

若想要用滤波后的数据替换磁盘中的原始数据，则上例的第三行要变成：

```
SAC> write over
```

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1311: 没有要写的文件列表
- 1312: 写文件表中文件数目错误（写文件表中的文件数必须等于读入内存中的文件的数目）
- 1303: 文件未打开覆盖写标志（头段变量 LOVROK 是.FALSE.）

相关命令

[read](#)

12.169 writebbf

概要

将黑板变量文件写入到磁盘

语法

```
WRITEBBF [file]
```

输入

file 黑板变量文件的文件名，其可以是简单文件名或包含相对路径或绝对路径

缺省值

```
writebbf bbf
```

说明

这个命令让你能够将当前会话的所有黑板变量写入到磁盘文件中，稍后可以使用 readbbf 命令将黑板变量文件重新读入 SAC，该特性允许你保存某次 SAC 会话的信息，并用于另一次 SAC 会话中。你也可以在自己的程序中调用 SAC 函数库以访问黑板变量文件中的信息。

相关命令

readbbf、setbb、getbb

12.170 writehdr

概要

用内存中文件的头段区覆盖磁盘文字中的头段区

语法

```
WRITEHDR
```

说明

write 命令的 over 选项可以用内存中头段区和数据区覆盖磁盘文件中的头段区和数据区。该命令用内存中头段区覆盖磁盘文件中的头段区，数据区不会被覆盖。如果使用了 cut 命令，读取数据时将仅读入部分数据，内存中的头段区将会做相应修改以反映 cut 命令的效果，但是磁盘中的数据并没有被修改，因而此时不能使用 writehdr 命令。对被 cut 的数据使用 WRITEHDR 命令将可能导致磁盘中的数据产生类似于平移或截断的效果。

错误消息

- 1301: 未读入数据文件

相关命令

cut、write

12.171 writesp

概要

将谱文件作为一般文件写入磁盘

语法

```
WRITESP [ASIS|RLIM|AMPH|RL|IM|AM|PH] [OVER|filelist]
```

输入

ASIS 按照谱文件当前格式写入

RLIM 写入实部和虚部分量

AMPH 写入振幅和相位分量

RL 只写入实部分量

IM 只写入虚部分量

AM 只写入振幅分量

PH 只写入相位分量

filelist SAC 二进制数据文件列表, 这个列表可以包含简单文件名和绝对/相对路径名

缺省值

```
writesp asis
```

说明

SAC 数据文件可以为时间序列文件或谱文件。头段中的 IFTYPE 用于区分这两种格式。当你读取一个时间序列到内存, 对其做快速 Fourier 变换, 然后将数据写回磁盘, 此时的文件即为谱文件。

某些操作只能对时间序列文件进行, 而某些操作只能对谱文件进行。比如, 你无法对一个谱文件应用 taper 命令或者将两个谱文件乘起来。这是 SAC 的保护机制。

然而有时你需要对谱文件做这些操作, 为了越过 SAC 的保护机制, 你可以使用这个命令将谱文件像时间序列数据一样写入磁盘。每一个分量都将作为一个单独文件写入磁盘。然后你可以将这些文件读入 SAC 并进行任何你想要的操作。因为 SAC 认为其为时间序列文件。一旦这些计算完成了, 你可以将修改之后的数据通过 WRITE 命令写回磁盘。如果你想要读回这个谱文件, 可以使用 READSP 命令。

为了帮助你跟踪磁盘上的数据, SAC 将在你给出的文件名后加一个后缀以标识储存在文件的谱分量。后缀分别为“.RL”, “.IM”, “.AM” 和 “.PH” 分别对应不同的分量。

示例

假设你想要对 FILE1 的谱文件振幅进行一些操作:

```
SAC> read file1
SAC> fft amph
SAC> writesp over
```

SAC 将输出两个文件 FILE1.AM 和 FILE1.PH, 现在可以对振幅文件进行操作:

```
SAC> read file1.am
SAC> ...perform operations.
SAC> write over
```

现在磁盘中的文件为修改后的谱文件, 如果你想要重建 SAC 谱数据并进行反变换:

```
SAC> readsp file1
SAC> ifft
SAC> write file2
```

错误消息

- 1301: 未读入数据文件
- 1305: 对时间序列文件非法操作

头段变量改变

磁盘文件中的 b, e, delta 将包含频率的起始值、结束值和增值, 单位 hz

相关命令

`readsp`

12.172 xdiv

概要

控制 x 轴的刻度间隔

语法

```
XDIV [NICE|INCREMENT v|NUMBER n] [POWER ON|OFF]
```

输入

NICE 由 SAC 自动选择合适的刻度间隔

INCREMENT v 设置刻度间隔增量为 v

NUMBER n 设置刻度的总数目数为 n

POWER ON 打开幂指数选项。SAC 以幂指数形式给出刻度值

POWER OFF 关闭幂选项

缺省值

```
xdiv nice power on
```

说明

这个命令控制 x 轴的刻度间隔。多数时候默认的 NICE 间隔即可满足需求。SAC 的 NICE 刻度间隔是根据坐标轴的最小最大值、坐标轴的长度以及当前坐标轴文本尺寸来决定的。

你也可以使用 INCREMENT 选项强制刻度间隔为一个定值, 或者使用 NUMBER 选项设置刻度间隔的数目。

12.173 xfudge

概要

改变 X 轴的“插入因子”

语法

```
XFUDGE [ON|OFF|v]
```

输入

ON 打开插入选项，但不改变插入因子

OFF 关闭插入选项

v 打开插入因子，改变插入因子为 v

缺省值

```
xfudge 0.03
```

说明

当打开此选项时，实际轴范围将根据插入因子改变，确定线性坐标轴范围的方法是：

$$XDIFF = XFUDGE * (XMAX - XMIN)$$

$$XMIN = XMIN - XDIF$$

$$XMAX = XMAX + XDIF$$

其中 XMIN 和 XMAX 是数据的极值，XFUDGE 是插入因子，这个算法对于对数坐标也是相似的。该选项仅当坐标轴的范围设置为数据极值时方可使用。

相关命令

[xlim](#)

12.174 xfull

概要

控制 X 轴的绘图为整对数方式

语法

```
XFULL [ON|OFF]
```

输入

ON|OFF 打开/关闭整对数绘图选项

缺省值

```
xfull on
```


说明

整对数绘图选项仅应用于使用对数坐标且坐标范围不固定 (`xlim off`) 的情况。当此选项打开时, 实际的坐标轴范围将被设置为数据范围前后的第一个整十数。当关闭这个选项时, 将使用实际数据范围。

相关命令

`xlim`

12.175 xgrid

概要

控制绘图时的 x 方向的网格线

语法

```
XGRID ON|OFF|SOLID|DOTTED
```

输入

ON 绘制网格, 但不改变网格类型

OFF 不绘制网格

SOLID 用实线绘制网格

DOTTED 用虚线绘制网格

缺省值

```
xgrid off
```

说明

这个命令控制 X 坐标轴网格的绘制。

相关命令

`grid`、`ygrid`

12.176 xlabel

概要

定义 X 轴标签及属性

语法

```
XLABEL [ON|OFF|text] [LOCATION TOP|BOTTOM|RIGHT|LEFT]  
[SIZE TINY|SMALL|MEDIUM|LARGE]
```

输入

ON 打开 X 轴标签选项，但不改变标签文本

OFF 关闭 X 轴标签选项

text 打开 X 轴标签选项，改变文本内容。如果文本包含空格，需要用引号括起来

LOCATION 设定 X 轴标签的位置。可以取 TOP、BOTTOM、RIGHT、LEFT

SIZE 改变绘图标签的文本尺寸

TINY 每行 132 个字符

SMALL 每行 100 个字符

MEDIUM 每行 80 字符

LARGE 大尺寸，每行 50 字符

缺省值

```
xlabel off location bottom size small
```

说明

如果这个选项为开，则 X 轴标签将放在每张图上，其尺寸和位置以及文本均可以改变。文本质量以及字体可以使用 GTEXT 命令设置。

相关命令

[gtext](#)

12.177 xlim

概要

设定图形中 x 轴的范围

语法

```
XLIM [ON|OFF|pdw|SIGNAL]
```

输入

ON 打开 x 轴范围选项，但不改变范围值

OFF 关闭 x 轴范围选项，即根据数据的自变量范围决定 X 轴范围

pdw 打开 x 轴范围选项并设置范围为新的“partial data window”。关于 pdw 请参见 CUT 命令

SIGNAL 等同于输入：“A -1 F +1”，即初至前 1 秒到事件结束的后 1 秒。

缺省值

```
xlim off
```

说明

当此选项关闭时，根据数据自变量的范围决定绘图时 x 轴的范围。当此选项打开时，限定 x 轴的范围，可以通过此种方式“放大”当前内存中数据的图形。

相关命令

`cut`

12.178 `xlin`

概要

设置 X 轴为线性坐标

语法

```
XLIN
```

12.179 `xlog`

概要

设置 X 轴为对数坐标

语法

```
XLOG
```

12.180 `xvport`

概要

定义 X 轴的视口

语法

```
XVPORT xvmin xvmax
```

输入

xvmin X 轴视口的最小值，范围为 0.0 到 *xvmax*

xvmax X 轴视口的最大值，范围为 *xmin* 到 1.0

缺省值

```
xvport 0.1 0.9
```

说明

视口 (*viewspace*) 是实际绘制的视窗的一部分。用于定义视口和视窗的坐标系称为虚拟坐标系。虚拟坐标系不依赖于特定物理设备显示面的尺寸、形状或分辨率。SAC 的坐标系在 *x* 和 *y* 方向都是 0 到 1 的范围。视窗左下角的坐标为 (0.0, 0.0)，右上角的坐标为 (1.0, 1.0)。这个坐标系的使用便于你指定一个图形的位置，而不必考虑特定的输出设备。

XVPORT 和 YVPORT 命令控制在视窗中哪个位置上绘制指定的图形。默认值使用了视窗的部分，在图形的每边留下一些空间绘制坐标轴、标签和标题。你可以使用这个命令把一个给定的图形安排在任何位置。当与 BEGINFRAME 和 ENDFRAME 命令一起使用，这些命令让你创建特殊的构图以在相同的框架中放置若干不同的图形。

示例

参见 beginframe

相关命令

[vspace](#)、[xvport](#)、[beginframe](#)

12.181 ydiv

概要

控制 y 轴的刻度间隔

语法

```
YDIV [NICE|INCREMENT v|NUMBER n] [POWER ON|OFF]
```

输入

NICE 由 SAC 自动选择合适的刻度间隔

INCREMENT v 设置刻度间隔增量为 v

NUMBER n 设置刻度的总数目数为 n

POWER ON 打开幂指数选项。SAC 以幂指数形式给出刻度值

POWER OFF 关闭幂选项

缺省值

```
ydiv nice power on
```

说明

这个命令控制 y 轴的刻度间隔。多数时候默认的 NICE 间隔即可满足需求。SAC 的 NICE 刻度间隔是根据坐标轴的最小最大值、坐标轴的长度以及当前坐标轴文本尺寸来决定的。

你也可以使用 INCREMENT 选项强制刻度间隔为一个定值，或者使用 NUMBER 选项设置刻度间隔的数目。

12.182 yfudge

概要

改变 Y 轴的“插入因子”

语法

```
YFUDGE [ON|OFF|v]
```

输入

ON 打开插入选项，但不改变插入因子

OFF 关闭插入选项

v 打开插入因子，改变插入因子为 v

缺省值

```
yfudge 0.03
```

说明

当打开此选项时，实际轴范围将根据插入因子改变，确定线性坐标轴范围的方法是：

$$YDIFF = YFUDGE * (YMAX - YMIN)$$

$$YMIN = YMIN - YDIFF$$

$$YMAX = YMAX + YDIFF$$

其中 YMIN 和 YMAX 是数据的极值，YFUDGE 是插入因子，这个算法对于对数坐标也是相似的。该选项仅当坐标轴的范围设置为数据极值时方可使用。

相关命令

[ylim](#)

12.183 yfull

概要

控制 Y 轴的绘图为整对数方式

语法

```
YFULL [ON|OFF]
```

输入

ON|OFF 打开/关闭整对数绘图选项

缺省值

```
yfull on
```

说明

整对数绘图选项仅应用于使用对数坐标且坐标范围不固定 (ylim off) 的情况。当此选项打开时，实际的坐标轴范围将被设置为数据范围前后的第一个整十数。当关闭这个选项时，将使用实际数据范围。

相关命令

`ylim`

12.184 ygrid

概要

控制绘图时的 y 方向的网格线

语法

```
YGRID ON|OFF|SOLID|DOTTED
```

输入

ON 绘制网格，但不改变网格类型

OFF 不绘制网格

SOLID 用实线绘制网格

DOTTED 用虚线绘制网格

缺省值

```
ygrid off
```

说明

这个命令控制 Y 坐标轴网格的绘制。

相关命令

`grid`、`ygrid`

12.185 ylabel

概要

定义 Y 轴标签及属性

语法

```
YLABEL [ON|OFF|text] [LOCATION TOP|BOTTOM|RIGHT|LEFT]  
[SIZE TINY|SMALL|MEDIUM|LARGE]
```

输入

ON 打开 Y 轴标签选项，但不改变标签文本

OFF 关闭 Y 轴标签选项

text 打开 Y 轴标签选项，改变文本内容。如果文本包含空格，需要用引号括起来

LOCATION 设定 Y 轴标签的位置。可以取 TOP、BOTTOM、RIGHT、LEFT

SIZE 改变绘图标签的文本尺寸

TINY 每行 132 个字符

SMALL 每行 100 个字符
MEDIUM 每行 80 字符
LARGE 大尺寸, 每行 50 字符

缺省值

```
ylabel off location bottom size small
```

说明

如果这个选项为开, 则 Y 轴标签将放在每张图上, 其尺寸和位置以及文本均可以改变。文本质量以及字体可以使用 GTEXT 命令设置。

相关命令

[gtext](#)

12.186 ylim

概要

设定图形中 y 轴的范围

语法

```
YLIM [ON|OFF|ALL|min max|PM v]
```

输入

ON 打开 y 轴范围选项, 但不改变范围值
OFF 关闭 y 轴范围选项
ALL 根据内存中所有文件的最大和最小值限定 y 轴的范围
min max 设定 y 轴的范围为 min 到 max 之间
PM v 打开 y 轴范围选项, 并设置 y 轴的范围为 -v 到 +v 之间。

缺省值

```
ylim off
```

说明

当此选项关闭时, 根据数据因变量的范围决定绘图时 y 轴的范围。当此选项打开时, 限定 y 轴的范围, 也可以根据内存中的整个数据集来限定 y 轴的范围。你可能想要对内存中不同的文件设定不同的 y 轴范围, 此时可以多次使用这些选项。第一个条目用于第一个文件, 第二个条目用于第二个文件, 最后一个条目用于内存中余下的全部文件。

示例

```
SAC> ylim 0.0 30.0 all off
SAC> r file1 file2 file3
SAC> p
```

file1 的 y 轴范围为 0.0 到 30.0, file2 的 y 轴范围为内存中所有文件的最大、最小值, file3 的 y 轴范围将限定为文件自身的最大、最小值。如果文件多于三个, 则其余的所有文件都限定为文件自身的最大、最小值。

相关命令

`cut`

12.187 ylin

概要

设置 Y 轴为线性坐标

语法

```
YLIN
```

12.188 ylog

概要

设置 Y 轴为对数坐标

语法

```
YLOG
```

12.189 yvport

概要

定义 Y 轴的视口

语法

```
YVPORT yvmin yvmax
```

输入

yvmin Y 轴视口的最小值, 范围为 0.0 到 yvmax

yvmax Y 轴视口的最大值, 范围为 yvmin 到 1.0

缺省值

```
yvport 0.1 0.9
```

说明

参考 xvport 命令的说明

示例

参见 beginframe

相关命令

`vspace`、`xvport`、`beginframe`

12.190 zcolors

概要

控制等值线的颜色显示

语法

```
ZCOLORS [ON|OFF] LIST c1 c2 ... cn
```

输入

ON 打开等值线颜色显示开关

OFF 关闭等值线颜色显示开关

LIST c1 c2 . cn 设置等值线要使用的颜色列表，每一个颜色对应一条等值线，如果等值线数目多于这个列表长度，则整个列表不断重复

cn SAC 当前颜色表的颜色名

缺省值

```
zcolors off list red green blue
```

相关命令

`contour`、`color`

12.191 zlabels

概要

根据等值线的值控制等值线的标记

语法

```
ZLABELS [ON|OFF] [SPACING v1 [v2 [v3]]] [SIZE v] [ANGLE v] [LIST c1 c2 ... cn]
```

注意：LIST 选项只能放在这个命令的最后

输入

ON|OFF 打开/关闭等值线标签选项开关

SPACING v1 v2 v3 设置相邻标签名的最小、适中和最大间隔（视口坐标系）分别为 v1、v2 和 v3。如果第二、三个值省略则使用前面一个值

SIZE v 设置标签的尺寸（高度）为 v

ANGLE v 设置标签文本最大角度为 v (自水平方向起算的角度, 单位为度)

LIST c1 c2 . cn 设置使用的等值线标签的列表。在这个表上的每个输入用于相应的等值线, 如果等值线数目大于这个表的长度, 则重复使用整个等值线表

cn ON|OFF|INT|FLOATn|EXPn|text

ON 在相应的等值线上放置标签, 使用 FORTRAN 自由格式, 用等值线值形成标签名

OFF 在相应的等值线上不放置标签名

INT 在相应的等值线上放置整数标签名

FLOATn 在相应的等值线上放置小数点后面 n 位的浮点数作为标签名。如果 n 被忽略则使用先前值

EXPn 在相应的等值线上放置小数点后面 n 位数的指数幂形式标签名, 如果 n 忽略则使用先前值

text 使用文本标注相应的等值线

缺省值

```
ZLABELS OFF SPACING 0.1 0.2 0.3 SIZE 0.0075 ANGLE 45.0 LIST ON
```

相关命令

[contour](#)

12.192 zlevels

概要

控制后续等值线图上的等值线间隔

语法

```
ZLEVELS [SCALE] [RANGE v1 v2] [INCREMENT v] [NUMBER n] [LIST v1 v2 ... vn]
```

输入

SCALE 根据数据自动确定等值线的标尺范围

RANGE v1 v2 用户设置等值线的范围 (最小和最大) 为 v1 和 v2。可以使用 SCALE 选项, 也可以使用 RANGE 选项, 但不可同时使用二者

INCREMENT v 设置等值线之间的增量为 v

NUMBER n 设置等值线的条数为 n, 你可以使用 INCREMENT 或 NUMBER 选项但不可二者同时使用

LIST v1 v2 .. vn 设置一系列等值线上的值为 v1、v2 等等, 如果使用这个选项, 则其他选项均被忽略

缺省值

```
zlevels scale number 20
```

示例

参考 [contour](#) 中 zlevels 的使用

限制

等值线的最多数目为 40

相关命令

`contour`

12.193 zlines

概要

控制后续等值线绘图上的等值线线型

语法

```
ZLINES [ON|OFF] [LIST n1 n2 ... nn] [REGIONS v1 v2 ... vn]
```

输入

ON|OFF 打开等值线显示选项

LIST n1 n2 .. nn 设置要使用的线型表，这个表上的每个输入用于相应的等值线。

如果等值线的数目大于这个表中给出的线型的数目，则使用整个线型表

REGIONS v1 v2 .. vn 设置等值线范围表。这个表的长度应小于线型表的长度，小于范围值的等值线使用线型表中相应的线型。超过最后一个范围值的等值线采用线型表中最后一个线型的值

缺省值

```
zlines on list 1
```

示例

循环四种不同线型，建立等值线:

```
SAC> zlines list 1 2 3 4
```

设置虚线表示低于 0.0 等值线，实线表示高于 0.0 的等值线:

```
SAC> zlines list 2 1 regions 0.0
```

相关命令

`contour`

12.194 zticks

概要

用方向标记标识等值线

语法

```
ZTICKS [ON|OFF] [Spacing v] [LENGTH v] [DIRECTION DOWN|UP] [LIST c1 c2 ... cn]
```

输入

ON|OFF 打开/关闭等值线方向标记

SPACING v 在每条线段上设置项链标识之间的间隔为 v (视口坐标系)

LENGTH v 设置每个标识的长度为 v (视口坐标系)

DIRECTION DOWN|UP 标识在 z 值减小/增加的方向上

LIST c1 c2 . cn 设置要使用的等值线标识表。在这个表上的每个输入都用于相应的等值线。如果等值线数多于这个列表的长度, 则重复使用整个标识表。ON 意味着标识画在等值线上, OFF 意味着标识不画在等值限上。

缺省值

```
zticks off spacing 0.1 length 0.005 direction down list on
```

示例

参考 [contour](#) 例子中 zticks 的使用

相关命令

[contour](#)

第 13 章 SSS

13.1 信号迭加子程序

Signal Stack Subprocess, 是 SAC 提供的一个用于信号迭加的子程序。

键入 `sss` 即可进入该子程序；键入 `quitsub` 即可退出子程序，回到主程序；也可以键入 `quit` 在子程序中退出 SAC。

在对多个信号进行迭加时，每个信号都有各自的属性，比如静延迟、震中距、权重因子、数据极性，也可以根据 normal moveout 或折射波速度模型计算动延迟。

该子程序具有如下特点：

- 延迟属性可以在迭加过程中自动递增；
- 文件可以很容易地从迭加文件列表中增添；
- 迭加时间窗也可以很容易调整；
- 若文件在迭加时间窗内不含数据，则将其置零值；
- 迭加文件列表可以单独绘制，也可以绘制迭加后的结果；
- 每次迭加结果都可以保存到磁盘上；
- 支持绘制记录剖面图；

在 SSS 子程序中，你可以执行一系列 SSS 专属的命令，以及部分 SAC 主程序中的命令。下面仅列出 SSS 专属的命令：

- `addstack` 向迭加文件列表中加入新文件
- `changestack` 修改当前迭加文件列表中的文件属性
- `deletestack` 从迭加文件列表中删除一个或多个文件
- `deltacheck` 修改采样率检测选项
- `distanceaxis` 定义剖面图中距离轴的参数
- `distancewindow` 控制接下来的剖面图的距离窗属性
- `globalstack` 设置全局迭加属性
- `incrementstack` 迭加文件列表中文件的增量属性
- `liststack` 列出当前迭加文件列表中文件的属性
- `plotrecordsection` 用迭加文件列表中的文件绘制剖面图
- `plotstack` 绘制迭加文件列表中的文件
- `sumstack` 对迭加文件列表中的文件进行迭加
- `timeaxis` 控制接下来剖面图的时间轴属性
- `timewindow` 设置迭加的时间窗
- `traveltime` 根据预定义的模型计算走时
- `velocitymodel` 用于计算动延迟的迭加速度模型参数

- [velocityroset](#) 控制剖面图中速度 roset 的放置
- [writestack](#) 将迭加结果写入磁盘
- [zerostack](#) 重新初始化信号迭加

13.2 addstack

概要

向迭加文件列表中加入新文件

语法

```
ADDSTACK filename [WEIGHT v] [DISTANCE v]
[BEGINTIME v] [ENDTIME v]
[DELAY v [SECONDS|POINTS]]
[INCREMENT v [SECONDS|POINTS]]
[NORMAL|REVERSE]
```

输入

filename 要加入迭加文件列表中的文件

WEIGHT v 当前文件的权重因子。v 的取值范围为 0 到 1，在迭加之前会首先对文件的每个值乘以该权重因子再做迭加。

DISTANCE v 该文件所对应的震中距，单位为 km。用于计算动态时间延迟

BEGINTIME v 事件开始的时间

ENDTIME 事件结束时间

DELAY v SECONDS|POINTS 该文件的静态时间延迟，单位为秒或数据点数

INCREMENT v SECONDS|POINTS 该文件的静态时间延迟增量，单位为秒或数据点数。在每次执行 `incrementstack` 命令时，静态时间延迟会增加一个常数。

NORMAL|REVERSED 文件拥有正/负极性

缺省值

DELAY 和 INCREMENT 选型的缺省单位为 SECONDS

说明

每个迭加列表中的文件，都有 7 个属性，分别为：

1. 权重因子；
2. 台站到震中的距离；
3. 事件开始时间；
4. 事件结束时间；
5. 静态时间延迟；
6. 静态时间延迟增量；
7. 数据极性；

可以用 [globalstack](#) 命令为这些迭加属性设置全局值。当一个文件通过 [addstack](#) 命令加入到迭加文件列表中时，若未指定属性值则使用全局属性值。[changestack](#) 可以用于在文件已经加入迭加文件列表后修改迭加属性值。

示例

```
SAC/SSS> gs delay 1.0 inc 0.03
SAC/SSS> as filea delay 2.0
SAC/SSS> as fileb delay 3.0 inc 0.01 rev
SAC/SSS> as filec
SAC/SSS> as filed w 0.5
```

第一个命令修改了时间延迟和时间延迟增量的全局属性值，其他全局属性则使用缺省值。

- filea：除时间延迟外其他属性均与全局属性相同；
- fileb：除时间延迟、时间延迟增量、信号极性外，其余属性均与全局属性相同；
- filec：所有属性与全局熟悉相同；
- filed：除权重因子外，其他所有属性与全局属性相同；

接下来对信号进行迭加：

```
SAC/SSS> sumstack
```

该命令会讲迭加文件列表中的四个文件 filea、fileb、filec 和 filed 进行迭加，时间延迟分别为 2.0、3.0、1.0 和 1.0。文件 filec 的极性反转。文件 filed 在迭加时的权重是其他文件权重的一半。

```
SAC/SSS> incrementstack
SAC/SSS> changestack filec normal
SAC/SSS> sumstack
```

此次迭加，各个文件使用 2.03、3.01、1.03 和 1.03 的延迟。文件 filec 现在为正极性。

```
SAC/SSS> deletestack filed
SAC/SSS> incrementstack
SAC/SSS> sumstack
```

第三次迭加讲只对文件 filea、fileb、filec 进行，时间延迟分别为 2.06、3.02、1.06。

错误消息

- 5108：超过迭加文件列表的最大长度
- 1306：不等间隔数据的非法操作
- 1307：谱文件的非法操作
- 5109：采样间隔不相等

限制

迭加文件列表中文件数目的最大限制与 SAC 所能读取的文件数目一致，即最多 1000 个。

概要

[globalstack](#)、[sumstack](#)、[changestack](#)、[incrementstack](#)、[deletestack](#)

13.3 changestack

概要

修改当前迭加文件列表中的文件属性

语法

```
CHANGESTACK filename|filenumber [WEIGHT v] [DISTANCE v]
[BEGINTIME v] [ENDTIME v] [DELAY v SECONDS|POINTS]
[INCREMENT v SECONDS|POINTS] [NORMAL|REVERSED]
```

输入

filename 迭加文件列表中的文件名

filenumber 迭加文件列表中的文件号

WEIGHT v 当前文件的权重因子。v 的取值范围为 0 到 1，在迭加之前会首先对文件的每个值乘以该权重因子再做迭加。

DISTANCE v 该文件所对应的震中距，单位为 km。用于计算动态时间延迟

BEGINTIME v 事件开始的时间

ENDTIME 事件结束时间

DELAY v SECONDS|POINTS 该文件的静态时间延迟，单位为秒或数据点数

INCREMENT v SECONDS|POINTS 该文件的静态时间延迟增量，单位为秒或数据点数。在每次执行 incrementstack 命令时，静态时间延迟会增加一个常数。

NORMAL|REVERSED 文件拥有正/负极性

该命令允许你修改修改迭加文件列表中任意文件的任意属性。详情参考 [addstack](#) 命令。

错误消息

- 5106 文件不在迭加文件列表中

相关命令

[addstack](#)

13.4 deletestack

概要

从迭加文件列表中删除一个或多个文件

语法

```
DELETESTACK filename|filenumber
```

输入

filename 迭加文件列表中的文件名

filenumber 迭加文件列表中的文件号

错误消息

- 5106 文件名不在文件列表中
- 5107 文件名不在文件列表中

相关命令

`addstack`

13.5 deltacheck

概要

修改采样率检测选项

语法

```
DELTACHECK ON|OFF|ROUNDOFF|v
```

输入

ON 打开采样率检测选项

OFF 关闭采样率检测选项

ROUNDOFF 打开采样率检测选项，并强制采样率符合当前机器的 roundoff 因子

v 打开采样率检测选项，并强制采样率允许存在 v 的偏差

缺省值

```
deltacheck roundoff
```

说明

该命令用于修改采样率检测选项的行为。若该选项关闭，则不检测迭加文件列表中的文件是否具有相同的采样率。若该选项设置为开，则文件的采样率必须在一个能够容忍的范围之内，否则则会被报错。容错范围可以设置为 roundoff 因子或某个特定的值。

迭加文件列表中的所有文件的采样率之间的差值的绝对值不能超过容错范围。

13.6 distanceaxis

概要

定义剖面图的距离轴参数

语法

```
DISTANCEAXIS FIXED v | SCALED v
```

输入

FIXED v 固定距离轴的长度为 v 厘米

SCALED v 设定距离轴的长度为总距离范围除以 v，v 的单位为 cm/km。

缺省值

```
distanceaxis fixed 35
```

示例

若剖面图的距离范围为 150 到 300km，则如下命令设置距离轴长度为 75 厘米：

```
SAC> distanceaxis scaled 2.0
```

相关命令

`plotrecordsection`、`timeaxis`

13.7 distancewindow

概要

控制接下来的剖面图的距离窗属性

语法

```
DISTANCEWINDOW [USEDATA|WIDTHi v|FIXED v1 v2]
                [UNITS KILOMETERS|DEGREES]
```

输入

USEDATA 使用迭加文件列表中文件的距离属性的最大最小值

WIDTH v 使用迭加文件列表中文件的距离属性的最小值，但强制其宽度为 v，即最大值为最小值加上 v

FIXED v1 v2 固定距离的最小、最大值分别为 v1 和 v2

UNITS KILOMETERS 设置距离窗的单位为 km

UNITS DEGREES 设置距离窗的单位为度

缺省值

```
distancewindow usedata units kilometers
```

BUG

KILOMETERS 选项目前尚未实现

相关命令

`plotrecordsection`

13.8 globalstack

概要

设置全局迭加属性

语法

```
GLOBALSTACK [WEIGHT v] [DISTANCE v] [DELAY v [SECONDS|POINTS]]
            [INCREMENT v [SECONDS|POINTS] [NORMAL|REVERSED]
```

输入

WEIGHT v 全局权重因子，取值为 0 至 1；
DISTANCE v 全局震中距，单位为 km；
DELAY v SECONDS|POINTS 全局静时间延迟，单位为秒或数据点数；
INCREMENT v SECONDS|POINTS 全局静时间延迟的增量，单位为秒或数据点数；
NORMAL|REVERSED 正/负极性；

说明

该命令用于定义全局迭加属性，这些全局迭加属性用于迭加文件列表中的每个文件。可以使用 [addstack](#) 命令为某个文件单独设定迭加属性。

相关命令

[addstack](#)

13.9 incrementstack

概要

迭加文件列表中的增量属性

语法

```
INCREMENTSTACK
```

缺省值

缺省值为 0

说明

可以设定增量的属性包括静态时间延迟、视速度和速度模型中的截距时间。若属性增量为 0.0，则属性值不改变。

可以为视速度或速度模型截距时间设置增量，其他属性值则自动计算以保持在特定点的零时间延迟。

示例

```
SAC/SSS> addstack filea
SAC/SSS> addstack fileb
SAC/SSS> addstack filec
SAC/SSS> addstack filed
SAC/SSS> velocitymodel 1 refr vapp 7.9 vappi 0.1 tovm calc dist 320. tvm 45.
SAC/SSS> sumstack
```

```
SAC/SSS> writestack stack1
SAC/SSS> incrementstack
SAC/SSS> sumstack
SAC/SSS> writestack stack2
SAC/SSS> incrementstack
SAC/SSS> sumstack
SAC/SSS> writestack stack3
```

上面的命令会产生三个迭加文件，即 stack1、stack2、stack3。迭加时使用折射波速度模型，视速度 VAPP 分别为 7.9、8.0、8.1。速度模型截距时间 TOVM 自动计算以保证在 320km、45 秒处具有零时间延迟。

相关命令

[velocitymodel](#)

13.10 liststack

概要

列出迭加文件列表中的文件属性

语法

```
LISTSTACK [NARROW | WIDE]
```

输入

NARROW 使用“窄”报告格式。每个文件的信息输出为两行

WIDE 使用“宽”报告格式。每个文件的信息用 120 字符宽的一行表示

缺省值

```
liststack narrow
```

13.11 plotrecordsection

概要

用迭加文件列表中的文件绘制剖面图

语法

```
PLOTRECORDSECTION [LABELS ON|OFF|headerfield] [ORIGIN DEFAULT|REVERSED]
[REFERENCELINE ON|OFF] [SIZE v] [WEIGHT ON|OFF] [POLARITY ON|OFF]
[CURSOR ON|OFF] [REDUCED ON|OFF|PHASE phasename|VELOCITY velocity]
[ASPECT ON|OFF] [ORIENT PORTRAIT|LANDSCAPE] [TTIME ON|OFF|DEFAULT|TEXT]
[XLABEL ON|OFF|DEFAULT|TEXT] [YLABEL ON|OFF|DEFAULT|TEXT]
```

输入

LABELS ON|OFF 打开/关闭标签选项。若打开，则每个文件都用头段变量进行标签

LABELS headerfield 打开标签选项，并设置头段变量名

ORIGIN DEFAULT|REVERSED 在 Portrait 模式中，距离沿着 Y 轴，默认情况下距离原点位于左上角。在 landscape 模式下，距离沿着 X 轴，默认情况下原点位于左下角。

REFERENCELINE ON|OFF 开启/关闭参考线选项。若打开，则每个文件在距离属性值对应的地方绘制一条垂直虚线

SIZE v ?

WEIGHT ON|OFF 打开/关闭权重选项

POLARITY ON|OFF 打开/关闭极性选项

CURSOR ON|OFF

REDUCED ON|OFF|VELOCITY vel|PHASE phase reduced 走时曲线。可以指定 reduce 速度或者一个参考震相

ORIENT PORTRAIT|LANDSCAPE portrait 模式中，水平轴为时间，纵轴为震中距；landscape 模式下，水平轴为震中距，垂直轴为时间

TTIME ON|OFF|DEFAULT|TEXT 绘制走时曲线。需要首先用 `traveltime` 命令计算走时曲线

XLABEL ON|OFF|DEFAULT|TEXT 打开/关闭/设置 X 轴标签

YLABEL ON|OFF|DEFAULT|TEXT 打开/关闭/设置 Y 轴标签

缺省值

```
plotrecordsection labels filename origin default reference line on size 0.1
weight on polarity on orient portrait reduced off cursor off ttime off
```

说明

该命令将利用迭加文件列表中绘制剖面图。在 portrait 模式下，X 轴为时间，Y 轴为震中距，在 landscape 模式下则交换 XY 轴。每个文件的零振幅将会画在距离轴上对应的震中距处。

为了能够正确绘图，迭加列表中的所有文件必须定义震中距属性，该属性可以来自于文件头段，也可以在 `globalstack`、`addstack`、`changestack` 等命令的 `DISTANCE` 选项中定义。

`distancewindow` 和 `timewindow` 命令可以控制要显示的数据窗。横纵轴的尺寸则由 `distanceaxis` 和 `timeaxis` 命令控制，进而控制了整个图的横纵比。`velocitymodel` 定义了速度模型，用于计算动态延迟。`velocityroset` 命令用于控制速度 rosette 的显示效果。

光标模式

在光标模式下，有两个额外的功能：缩放和决定视速度。

缩放功能需要用户指定要显示的区域。用户首先将光标放在当前图形区域的一个角落，键入 `c1`，再将光标移动到对角的另一个角落，键入 `c2`。两次键入确定了唯一的矩形区

域，也确定了要绘制的区域的时间范围和距离范围，此时，会自动重新绘制缩放后的剖面图，用户可以键入 `o` 命令重新绘制原始图形。缩放功能最多可以递归 5 次。

视速度确定功能需要用于移动光标，并分别键入 `v1` 和 `v2` 以标记点，SAC 会自动计算视速度，显示在输出设备上并保持到黑板变量 `vapp` 中。可以多次设置 `v2`，但只有最后一次的值会保存到黑板变量中。

除了 `c1`、`c2`、`v1`、`v2` 之外，光标模式下还有一个命令，即 `q`，用于退出光标模式。

相关命令

`globalstack`、`addstack`、`changestack`、`distanceaxis`、`distancewindow`、`timeaxis`、`timewindow`、`velocitymodel`、`velocityroset`

13.12 plotstack

概要

绘制迭加文件列表中的文件

语法

```
PLOTSTACK [SUM ON|OFF] [PERPLOT ON|OFF|n] [WEIGHT ON|OFF]
[POLARITY ON|OFF]
```

输入

SUM ON|OFF 若打开该选项，则首先绘制迭加后的波形再绘制迭加文件列表中的文件；若关闭该选项，则只回执迭加文件列表中的文件

PERPLOT ON|OFF 若打开该选择，则每次只绘制固定数目的文件；若关闭该选项，则一次绘制迭加列表中的全部文件

PERPLOT n 打开 PERPLOT 选项，并设置每次绘制 `n` 个文件

WEIGHT ON|OFF 打开/关闭文件权重选项

POLARITY ON|OFF 打开/关闭文件极性选项

缺省值

```
plotstack sum on perplot off weight on polarity on
```

说明

该命令绘制迭加文件列表中的文件，所有的文件首先根据静/动延迟进行时移，该命令可以控制绘制文件时是否考虑权重因子和极性。

该命令的用法与 `plot1` 类似，在每个子图的左上角会显示文件名以及其他非默认的属性值。

相关命令

`timewindow`

13.13 sumstack

概要

对迭加文件列表中的文件进行迭加

语法

```
SUMSTACK [NORMALIZATION ON|OFF]
```

输入

NORMALIZATION ON|OFF 打开/关闭归一化选项。若该选项打开，则对于迭加结果中的每个数据点除以所有文件的权重因子的和。

缺省值

该命令用于将迭加文件列表中的文件进行迭加。在该命令执行之前必须通过 **timewindow** 命令设置迭加时间窗。每个数据会根据其静/动时间延迟做相应的时移。对于不迭加时间窗内的数据直接按零值处理。每个文件可以给定权重以及极性。

在迭加之后，会自动生成迭加结果的绘图。迭加结果可以通过 **writestack** 命令保存到磁盘中。

错误消息

- 5130 : 未定义时间窗

相关命令

timewindow、**writestack**

13.14 timeaxis

概要

控制剖面图的时间轴属性

语法

```
TIMEAXIS FIXED v | SCALED v
```

输入

FIXED v 固定时间轴的长度为 v 厘米

SCALED v 设定时间轴的长度为总时间窗长的 v 倍，v 的单位为 cm/s。

缺省值

```
timeaxis fixed 23.0
```

示例

如果你在做多个不同时间窗长的剖面图，并希望剖面图中每秒对应 0.5 厘米长：

```
SAC> timeaxis scaled 0.5
```

相关命令

[plotrecordsection](#)、[distanceaxis](#)

13.15 timewindow

概要

设置迭加的时间窗范围

语法

```
TIMEWINDOW v1 v2
```

输入

v1 v2 读入数据时所使用的时间窗范围

缺省值

无缺省值，在迭加之前必须指定时间窗范围。

说明

该命令用于设置迭加时间窗，该设置会影响[sumstack](#)、[plotstack](#)、[plotrecordsection](#)等命令的执行效果，迭加时间窗必须在使用这些命令之前定义。

如果某个文件的数据落在迭加时间窗外，则对迭加时间窗内的数据补零值。

相关命令

[sumstack](#)、[plotstack](#)、[plotrecordsection](#)

13.16 traveltime

概要

根据预定义的速度模型计算指定震相的走时

语法

```
TRAVELTIME [MODEL string] [PICKS number] [PHASE phase list]  
[VERBOSE|QUIET] [M|KM]
```


输入

MODEL iasp91 或 ak135, 缺省为 iasp91

Picks 如果 number 值位于 0 到 9, 则第一个震相的到时将储存在头段 T_n 中。如果命令行选项中没有包含 PICKS, VERBOSE 就会打开并显示震相到时而写入头段。

PHASE 要 pick 或显示的震相列表, 如果有 PICKS n 选项, 则震相到时以及其标签将写入到头段 T_n 和 KT_n 中。

VERBOSE|QUIET 若使用 VERBOSE, 则震相走时将以相对发震时刻 (O) 和文件起始时间 (B) 两种方式显示; 若使用 QUIET, 则不在屏幕上显示到时, 若二者都没有显示, 则显示 TRAVELTIME 命令使用的深度

M|KM EVDP 的单位为 m 或者 km。

缺省值

```
MODEL iasp91 KM PHASE P S Pn Pg Sn Sg
```

说明

该命令使用 **iaspei-tau** 程序计算走时, 要求内存中的波形文件的事件和台站位置以及发震时刻必须定义。

内存中所有文件拾取的震相的到时存储在头段变量 T_n 中, 其中 n 的范围为 0 到 9。计算的走时是相对于发震时刻 (O) 的, 但存储在 T_n 中的时间是相对于文件起始时间 (B)。生成的走时曲线可以绘制在 **plotrecordsection** 命令生成的剖面图上。

走时表根据地震深度及震中距获得走时, 震中距 (GCARC) 使用球三角几何, 根据事件和台站经纬度计算。

由于历史原因, 事件深度 EVDP 以前的单位为 m, RDSEED 产生的 SAC 波形数据单位为 m。

在 v101.5 中, 默认的 EVDP 单位为 km, 但由于很多波形数据 EVDP 仍然为 m, 这里引入这个命令选项以指定深度单位。

示例

区域事件, 使用默认震相:

```
SAC> fg seismo
SAC> sss
SAC/SSS> traveltime
traveltime: depth: 15.000000
traveltime: error finding phase P
traveltime: error finding phase S
traveltime: setting phase Pn      at 10.464321 s [ t = 51.894321 s ]
traveltime: setting phase Pg      at 22.904724 s [ t = 64.334724 s ]
traveltime: setting phase Sn      at 50.047722 s [ t = 91.477722 s ]
traveltime: setting phase Sg      at 66.414337 s [ t = 107.844337 s ]
```

对于区域事件，初至波为 Pn 或 Pg，因而这里没有 P 波到达，对上面的例子，拾取不会写入头段中。

```
SAC> fg seismo
SAC> sss
SAC/SSS> traveltime picks 0 phase Pn Pg Sn Sg
traveltime: depth: 15.000000
SAC/SSS> lh AMARKER TOMARKER T1MARKER T2MARKER T3MARKER
AMARKER = 10.464
TOMARKER = 10.464          (Pn)
T1MARKER = 22.905          (Pg)
T2MARKER = 50.048          (Sn)
T3MARKER = 66.414          (Sg)
SAC/SSS> qs
SAC> write seismo-picks.z
```

可以看到已经将 A 定义为 Pn 的到时，文件 seismo-picks.z 将有 T0 到 T3 四个头段，命令 PLOT1 可以看到有各震相在相应到时处有标签名。注意尽管 VERBOSE 没有开启，深度 (单位 km) 还是会被打印出来。这是为了保证用户对 EVDP 的单位有正确的了解，可以通过 QUIET 选项取消深度的显示。

下面例子给出的波形文件是由 RDSEED(V5.0) 产生的，EVDP 单位为 m：

```
SAC> r 2008.052.14.16.03.0000.XC.OR075.00.LHZ.M.SAC
SAC> lh evdp
evdp = 6.700000e+03
SAC> sss
SAC/SSS> traveltime M picks 0
traveltime: depth: 6.700000 km
SAC/SSS> qs
SAC> lh t0marker t1marker t2marker t3marker
t0marker = 61.48          (Pn)
t1marker = 76.413          (Pg)
t2marker = 109.66          (Sn)
t3marker = 132.11          (Sg)
SAC> ch evdp (0.001 * :1,evdp:)
SAC> setbb station :1,KSTNM:
SAC> write %station%.z
```

保存的文件 OR075.z 单位为 km，并且各个震相 Pn、Pg、Sn 及 Sg 都有注释。震相名是大小敏感的，具体参见 iaspei-tau 的文档。

相关命令

[plotrecordsection](#)

13.17 velocitymodel

概要

设置计算动延迟时所使用的迭加速度模型参数

语法

```
VELOCITYMODEL n [ON|OFF] [REFRACTEDWAVE|NORMALMOVEOUT]
[FLIP] [VAPP v|CALCULATE] [TOVM v|CALCULATE]
[DVM v1 [v2]] [TVM v1 [v2]] [VAPPI v] [TOVMI v]
```

输入

n 设置速度模型号，取值为 1 或 2

ON|OFF 打开/关闭速度模型选项。若打开则使用速度模型，否则忽略

REFRACTEDWAVE 打开速度模型选项，并修改为折射波模型

NORMALMOVEOUT 打开速度模型选项，并修改为 Normal moveout 模型

FLIP 交换两个速度模型的属性

VAPP v 设置视速度为 v

VAPP CALCULATE SAC 自动计算视速度

TOVM v 设置时间轴截距为 v

TOVM CALCULATE SAC 自动计算截距

DVM v1 v2 定义一/二个参考距离

TVM v1 v2 定义一/二个参考时间

VAPPI v 设置视速度增量为 v。每次 `incrementstack` 命令执行时视速度增加 v

TOVMI v 设置时间轴截距的增量为 v。每次 `incrementstack` 命令执行时视速度增加 v

缺省值

```
velocitymodel 1 off
velocitymodel 2 off
```

说明

第一个速度模型用于计算某个特定震相的动态台站延迟。在信号迭加 (`sumstack`)、绘图叠加图 (`plotstack`)、绘制剖面图 (`plotrecordsection`) 时会使用该模型。第二个速度模型用于在绘图剖面图时显示相对于第二震相的延迟。这两个模型的参数可以很容易的进行交换。

可以使用两种速度模型，即折射波速度模型：

$$T_{delay} = TVM(1) - \frac{TOVM + DIST}{VAPP}$$

以及 normal moveout 速度模型：

$$T_{delay} = TVM(1) - \sqrt{TOVM^2 + \left(\frac{DIST}{VAPP}\right)^2}$$

这些速度模型延迟可以通过多种方式得到：

- 直接输入 VAPP、TOVM、TVM(1)
- 输入 DVM(1)、TVM(1) 以及 VAPP 或 TOVM, SAC 自动计算所需的变量以保证在距离 DVM(1) 处时间延迟为零
- 输入 DVM(1)、TVM(1)、DVM(2) 和 TVM(2)。SAC 将计算 VAPP 和 TOVM, 以保证在距离 DVM(1) 处的时间延迟为零

示例

设置第一个迭加速度模型为折射波模型, 视速度为 6.5 km/s, 让 SAC 自动计算 TOVM 以使得 200 km 处的时间延迟为零:

```
velocitymodel 1 refractedwave vapp 6.5 tovm calculate dvm 200 tvn 35
```

相关命令

[sumstack](#)、[plotstack](#)、[plotrecordsection](#)

13.18 velocityroset

概要

控制剖面图中速度 roset 的放置

语法

```
VELOCITYROSET [ON|OFF] [LOCATION UL|UR|LL|LR]
```

输入

ON|OFF 打开/关闭速度 roset 绘制选项

LOCATION UL|UR|LL|LR 修改速度 roset 的放置位置。分别对应左上、右上、左下、右下角。

缺省值

```
velocityroset off location ll
```

13.19 writestack

概要

将迭加结果写入磁盘

语法

```
WRITESTACK [filename]
```

输入

filename 要写入的磁盘文件名

缺省值

```
writestack sum
```

13.20 zerostack

概要

初始化信号迭加子程序

语法

```
ZEROSTACK
```

说明

该命令会删除迭加文件列表中的全部项，并将全局迭加选项设置回默认值。

保护环境，从阅读电子文档开始！

第 14 章 SPE

14.1 谱估计子程序

14.1.1 简介

SPE, 全称为 Spectrum Estimation Subprocess, 在 SAC 中键入 `spe` 命令即可进入谱估计子程序。该子程序主要用于处理稳态随机过程, 包含了如下三种谱估计方法:

PDS 能量密度谱

MLM 最大似然方法

MEM 最大熵方法

这三种方法都是间接法, 因为它们都用了采样相关函数而不是数据本身来估计谱内容。

14.1.2 SPE 命令

SPE 子程序中包含了一些专门的命令, 同时也可以使用 SAC 的部分命令。这里只列出 SPE 专属的命令。

- `cor` 计算互相关函数
- `mem` 用最大熵方法计算谱估计
- `mlm` 用最大似然法计算谱估计
- `pds` 用能量密度谱方法计算谱估计
- `plotcor` 绘制相关函数
- `plotpe` 绘制 RMS 预测误差函数
- `plotspe` 绘制谱估计
- `readcor` 读取相关函数
- `writcor` 将相关函数以 SAC 文件格式写入磁盘
- `writespe` 将谱估计以 SAC 文件格式写入磁盘

14.1.3 理论

SPE 主要用于分析稳态随机过程。它实现了三种不同的间接的谱估计方法。它们之所以称为是间接的是由于它们不直接从数据出发去做谱估计, 而是从由数据求出的样本相关函数出发去做频谱估计。选择间接方法完全是一种偏爱, 因为直接的频谱估计技术也是可以用的。相关函数本身也是一个有用的函数, 在进行频谱估计的过程中你会了解这一点。SPE 的谱估计类型为频率域中的功率密度谱, 其频谱被定义在一定的频率范围内, 于是在一些频带中随机过程的功率即为这个频带的功率谱密度的积分。

14.1.4 用户控制

SPE 可以使用户控制频谱估计过程中的一些细节。对那些有频谱估计的经验的人来说,这是很理想的。对那些不想过细地研究有关理论的用户也提供了便于使用的缺省值。在测定相关函数时用户可以对数据窗口的类型、尺寸和使用的窗口数进行选择。一般地讲,这些参数控制了谱分析的分辨率,以及最后的谱估计中的方差。另外,数据的预白化可以指定为测定相关函数的过程的一部分,预白化对减缓严重的窗口“混淆”现象是很有用的,“窗口混淆”有可能发生在具有大动态范围的谱估计过程中。发生在预白化时的频谱失真在最后的結果中进行补偿。在这个过程中,数据的预白化使用了低阶的预测误差滤波器。

14.1.5 算法

用户可以有三种谱估计算法的选择:功率密度谱、最大似然法和最大熵法。

PDS 法相当简单,样本相关函数乘以相关窗,然后对结果进行 FFT 以获得频谱估计结果。用户还可以对窗的类型和尺寸进行选择。

MLM 法生成一个频谱,这种频谱是一个经过平滑处理的功率密度谱的参量估计。用户可以选择参量的个数。

MEM 估计是另一个参量方法,它使用一个预测误差滤波器对数据进行预白化。这个谱估计的结果反比于滤波器的功率频率响应。用户可以选择预测误差滤波器的阶数。

14.1.6 诊断

除了频谱之外,一些诊断函数也可以计算并标绘出来。预测误差可以被标绘为阶的函数。这个图可用来为应用于 MEM 方法的预测误差滤波器选择一个较好的尺寸。由于进行 PDS 估计的算法已经众所周知,所以在 SPE 中给出了关于这种方法的更多的诊断信息。90% 置信区间以及估计的频率分辨率可以通过理论进行估算。这些值都可以在 PDS 的频谱上显示出来。

14.1.7 同主程序的区别

在 SPE 和 SAC 主程序之间有两个主要的区别。SPE 一次只能处理一个数据文件,这是因为 SPE 在运行期间生成并保存了大量的辅助函数(例如:相关函数、预测误差函数以及谱估计函数自身)。这种对单个数据文件的限制将在未来的版本中去掉。第二个不同点是,与 SAC 不同, SPE 中具有自己特有的执行不同指令的次序。

14.1.8 初始化

执行 SPE 命令时即调用了 SPE 软件包。调用的同时也定义了各种 SPE 参数的缺省值。数据文件在进入 SPE 之前或进入 SPE 的任何时间均可以使用 READ 命令读入,一旦读入新的文件,系统中将为前面所述的辅助函数生成一个空间。

14.1.9 相关

可以使用 `cor` 命令计算相关函数,用 `writecor` 命令可以激昂相关函数作为 SAC 的数据文件保存起来,还可以用 `readcor` 命令再将它们读回 SPE 中去,这比每次都重复计算相关函数要更为简单。在数据文件很长的时候尤为如此。此时用户也可以使用 `plotcor` 命令来看一下相关函数。如果用户准备使用 MEM 方法的话,还可以使用 `plotpe` 命令来看一

下预测误差函数。

14.1.10 估计

用户可以使用 `pds`、`mlm`、`mem` 命令来选择三种频谱估计中的任何一种。每一种方法都有自己的选项，你可以使用 `plotspe` 命令来检验谱分析结果。有几种确定比例的选项可以使用。同样的你也可以使用 `writespe` 命令将谱估计的结果作为 SAC 的数据文件保存起来。

14.1.11 终止

可以使用 `quitsub` 命令终止谱估计子程序，或使用 `quit` 命令终止整个 SAC 程序的运行。

14.2 cor

概要

计算相关函数

语法

```
COR [NUMBER n|ON|OFF] [LENGTH v] [PREWHITEN ON|OFF|n]
    [STOCHASTIC|TRANSIENT]
    [TYPE HAMMING|HANNING|COSINE|RECTANGLE|TRIANGLE]
```

输入

NUMBER n 设定窗口数为 n

NUMBER ON 设定窗口数为先前值

NUMBER OFF 根据数据长度和窗长计算窗口数。使用该选项时没有数据重叠

LENGTH v 设置窗长为 v 秒

TYPE type 设置窗类型

PREWHITEN ON|OFF 打开/关闭预白化选项

PREWHITEN n 打开预白化选项，并设置系数的个数为 n

STOCHASTIC 设置相关定标，假定数据是随机的

TRANSIENT 设置相关定标，假定数据是瞬态信号

缺省值

```
cor number off type hamming prewhiten off
```

说明

这个命令假定数据是稳态的。基于这一假定，数据被分段成许多窗口，并且对每一个窗口计算一个相关函数。求这些函数的平均值即生成基于随机过程的相关函数的更加稳定的估计。窗口数和窗口长度以及窗口类型都由用户控制。如果窗口长度诚意窗口数目超过了数据总长度则窗口会发生重叠，重叠的部分不在用户的控制之下。

很明显，对于一个固定的数据长度，在窗口数和窗口尺寸之间存在一个折衷。这种折衷最终决定了使用相关函数做出的谱估计的混淆和方差之间的折衷。一个频谱估计算法的频率域分辨率依赖于可以使用的相关的长度，因而也就间接地依赖于数据窗口的大小。相

关窗口越大，由频率平滑产生的频谱估计的混淆就越小。然而随着数据窗口尺寸加大，在平均计算只能怪可以使用的窗口的数量会减少，其结果是，相关函数估计的方差会增加，从而频谱估计的方差也会随之增加。

适当地选择窗口类型可以用来协调混淆和方差之间的折衷。较平滑的窗口使窗口边缘附近的数据平滑地过渡到零，从而实际上相当于减少了窗口的长度。于是窗口可以更多的重叠，也就是说可以有更多的窗口，折衷选择是在以增加混淆的代价减小方差。

在频谱的动态范围相当大的时候混淆还有另外一个来源，即窗口泄漏效应。在使用 PDS 估计的时候这一点尤为明显。经由相关窗口的 FFT 的旁瓣功率给求出的频谱带来了一个台阶。在典型的地震数据中，这种台阶是规则的，而且出现在高频段上，在这个频段上的频谱通常较小。相关函数估计有一个可选的预白化功能，它可以减缓旁瓣泄露问题。一个低阶的预测误差滤波器可以用来在计算相关函数之前平滑数据的频谱，滤波器的效果将在频谱的计算过程中得到补偿。

数据进行预白化改变了原始信号，如果用户使用了预白化，退出子程序并且想要在别的操作中再次使用原始的信号，则必须重新读入原始信号到 SAC。

这种相关函数用于频谱的计算，`cor` 必须在执行 `pds`、`mlm`、`mem` 之前执行，用户可以执行 `plotcor` 命令绘制相关函数并且可以使用 `writecor` 命令将其作为 SAC 文件进行保存。

头段变量改变

`depmin`、`depmax`、`depmin`

相关命令

`plotcor`、`writecor`、`whiten`、`readcor`

14.3 mem

概要

利用最大熵方法计算谱估计

语法

```
MEM [ORDER n] [NUMBER n]
```

输入

ORDER n 设置预测误差滤波器的时滞阶数为 n

NUMBER n 设置用于谱估计的点数

缺省值

```
mem order 25
```

说明

该命令实现了最大熵谱估计法，该方法使用一个预测误差滤波器对数据进行白化处理，得到的谱估计正比于滤波器的能量频率响应的倒数。用户可以自由选择预测误差滤波器的

阶数，详情参考`plotpe`命令。

该方法的主要优点是用相对少量的数据即可获得相当高的分辨率，它的缺点是跟传统方法相比没什么理论好说。

错误消息

- 5003 相关函数未计算

相关命令

`cor`、`writespe`、`plotspe`

14.4 mlm

概要

利用最大似然方法计算谱估计

语法

```
MLM [ORDER n] [NUMBER n]
```

输入

ORDER n 设置预测误差滤波器的时滞阶数为 n

NUMBER n 设置用于谱估计的点数

缺省值

```
mlm order 25
```

说明

该命令实现了能量密度谱的最大似然法。该方法生成的谱估计能够代表一个窄带通滤波器的能量输出，最终得到一个平滑的、参数化的能量密度谱，这些参数是有限脉冲响应窄带滤波器的系数。用户可以指定这些参数。

该方法的特点在于其一般比传统方法有更高的分辨率。算法的阶数限制在 100，因为它需要一个维度与阶数相同的矩阵的逆。对于这个求逆运算，存在更快的方法，但对于大阶数估计可能存在数值噪声。

错误消息

- 5003 相关函数未计算

相关命令

`cor`、`writespe`、`plotspe`

14.5 pds

概要

用能量密度谱方法计算谱估计

语法

```
PDS [SECONDS v|LAGS n] [NUMBER n]
    [TYPE HAMMING|HANNING|COSINE|RECTANGLE|TRIANGLE]
```

输入

SECONDS v 设置窗长为 v 秒

LAGS n 设置窗长为 n ?

NUMBER n 设置谱估计使用的数据点数

TYPE type 设置要使用的窗类型

缺省值

```
pds type hamming
```

说明

该命令实现了传统的谱估计方法。样本相关函数首先进行相关窗截窗，生成的函数再使用 FFT 获得谱估计。正如在 [cor](#) 命令文档中提到的，在估计偏差（即丧失分辨率）与估计方差之间存在 tradeoff。随着窗长增加，频率域分辨率增加，进而偏差减少；然而，样本相关函数在大延迟时值较大，谱估计的方差也会增加，这是由于在大延迟时用于估计的数据点数变少了。

相关窗类型的选取与 [cor](#) 文档中描述的数据窗有不同的效果。这是两种不同类型的偏差之间的选择。

该谱估计方法用相关窗的 Fourier 变换来逼近真实谱的卷积。窗变换由两个特性控制，一个是控制分辨率的中心瓣，一个是控制带外能量泄露的旁瓣。通常来说，用户想要尽可能窄的主瓣以及尽可能小的旁瓣。

大的旁瓣会在谱估计上产生一个虚假的低值，可能会掩盖高动态范围的频谱衰减。窗类型的选取在主瓣分辨率与旁瓣能量泄露之间存在 tradeoff。

矩形窗有最窄的主瓣，因此也具有最好的分辨率，同时有最大的旁瓣。余弦窗稍微减小了旁瓣，但基本不太影响主瓣宽度。这两种窗主要用于估计瞬变信号的谱，以获取尽可能小的时间域失真。Hamming 和 Hanning 窗则具有很小的旁瓣和较宽的主瓣，当用户有大量数据的时候比较有用，可以通过增加窗的尺寸来控制分辨率。Hamming 和 Hanning 窗都是余弦窗的衍生，但 Hamming 窗经过优化以尽可能地减少最大旁瓣的尺寸，因而该命令默认使用 Hamming 窗。三角窗也有很好的旁瓣结构，但是它有特别好的性质，即保证了谱估计总是非负值。

通常情况下，当用户需要处理大量数据时，PDS 方法要优于另外两种参数化方法。因为在这种情况下，分辨率不受限制，并且对这种算法的了解要比对其他方法更多一些。例

如，理论上我们可以给出该方法的置信度和分辨率。这些指标包括在 SPE 中。参量方法通常显示出比 PDS 更好的分辨率（尤其是在估计线性谱的时候），并且在数据量有限时更加有用。

错误消息

- 5003 : 未计算相关函数

相关命令

`cor`、`writespe`、`plotspe`

14.6 plotcor

概要

绘制相关函数

语法

```
PLOT COR [XLIM v|ON|OFF]
```

输入

XLIM v 打开 X 轴范围选项，并设置上限为 v 秒，下限一直为 0

XLIM ON 打开 X 轴范围选项，并使用原先设置的上限

XLIM OFF 关闭 X 轴范围选项，即绘制全部相关函数

缺省值

```
plotcor xlim off
```

错误消息

- 5003 : No correlation function calculated.

相关命令

`cor`

14.7 plotpe

概要

绘制 RMS 预测误差函数

语法

```
PLOT PE
```

说明

该命令生成一个诊断绘图，用来选择 MEM 谱估计的阶数。该绘图是归一化的预测误差函数，表示成算法的阶的函数。一般说来，预测误差对于低阶数来说是很大的。随着阶数的增加误差会迅速下降。预测误差是预测滤波器对数据滤波之后的残余功率。理论表明，这个数量很小时，频谱中的主要部分都被滤波器的功率响应所捕获。残余数据为白噪声，结果是用户可以检测预测误差函数以寻找曲线中的“膝部”。在该位置处，函数会急剧下跌到某些值，在这些点上即使进一步增加阶数，函数也不会随之进一步下降。在“膝部”的预测算法的阶数经常被用来作为 MEM 频谱估计的阶数。

错误消息

- 5003 : No correlation function calculated.

14.8 plotspe

概要

绘制谱估计

语法

```
PLOTSPE [POWER|LOG|AMPLITUDE] [CONFIDENCE [ON|OFF]]
```

输入

POWER 用线性插值绘制功率响应

LOG 用对数内插法绘制功率响应

AMPLITUDE 绘制振幅响应

CONFIDENCE ON 在绘图上包含置信区间

CONFIDENCE OFF 在绘图上不包含置信区间

缺省值

```
plotspe power confidence off
```

说明

这个绘图中还包括用于计算相关函数和频谱估计的参数的描述。

错误消息

- 5004 : No spectral estimate calculated.

14.9 readcor

概要

读取 SAC 文件到内存中

语法

```
READCOR file
```

输入

file 合法的文件名

说明

该命令与 SAC 主程序中的 **read** 命令相同，存在如下两个例外。

首先，在 SPE 中只能读取一个文件；其次，执行该命令会删除内存中已经计算的任何相关函数或谱估计。当该命令执行时，SPE 中的参数，如预白化系数的数目或窗类型及长度，不会被改变。

为了重新初始化所有 SPE 参数，你需要使用 **quitsub** 命令终止 SPE 子程序，再重新启动。

14.10 writecor

概要

写一个包含相关函数的 SAC 文件

语法

```
WRITECOR [file]
```

输入

file 要写入的 SAC 文件名

缺省值

```
writecor cor
```

说明

由此命令写出的相关函数的结构取决于用来计算它的算法。由于数据被分配到几个窗口中，并且样本相关函数是从每一个窗口算出的然后再去平均，则相关函数的长度由数据窗口的尺寸决定，它实际上容纳的样本数则为数据窗内数据的二倍减一。然而，由于计算样本相关函数时使用了 FFT 算法，文件中的样本数是 2 的乘方。也就是说实际上是数据窗口尺寸的 2 倍。附加的样本都是零。相关函数也是在文件内循环回转的。这是由于使用 FFT 算法计算相关函数的特殊性。这意味着零滞后样本是文件在中的第一个样本，负滞后的样本紧随着正滞后的样本。

错误消息

- 5003 : 未计算相关函数

14.11 writespe

概要

写一个包含谱估计的 SAC 文件

语法

```
WRITESPE [file]
```

输入

file 要写入的 SAC 文件名

缺省值

```
writespe spe
```

说明

频谱估计文件包含从 0 到截止频率的频谱。频谱估计由 FFT 算法计算得出，文件中的采样点数是 FFT 使用的长度的一半再加上 1，选择这种格式以使由 SPE 计算出的多个频谱能通过 [plot2](#) 绘制函数来进行比较而无需事先为绘图而剪裁文件。

错误消息

- 5004 未计算谱估计

第 III 部分 附录

附录 A 仪器响应

A.1 仪器响应简介

地震仪观测到的地面运动记录可以表示为

$$u(t) = s(t) * g(t) * i(t)$$

其中 $s(t)$ 代表震源项， $g(t)$ 代表路径效应， $i(t)$ 代表仪器响应，星号代表卷积。翻译成中文就是“地面运动记录是震源项、路径项以及仪器响应三者卷积得到的”。

四个量中：

- $u(t)$ 是地震仪的数字记录，已知；
- $i(t)$ 在仪器设计的时候会给出各种参数，已知；
- $s(t)$ 为震源项，包括震源机制、震源时间函数等，未知；
- $g(t)$ 为路径项，即地球内部结构，未知。

其中的两个未知项，是地震学研究的两个主要内容：震源和结构。因而理解仪器响应 $i(t)$ 的基本原理并准确地去除仪器响应是研究的关键一步。

真实世界里，有很多因素会引起地面的运动，比如地震波、长周期潮汐波以及人类活动等等，因而真实的地面运动是极其复杂的。图 A.1 给出了 COLA 台站记录到的持续时间为 22000 秒左右的地面运动情况，即 $s(t) * g(t)$ 所对应的波形：

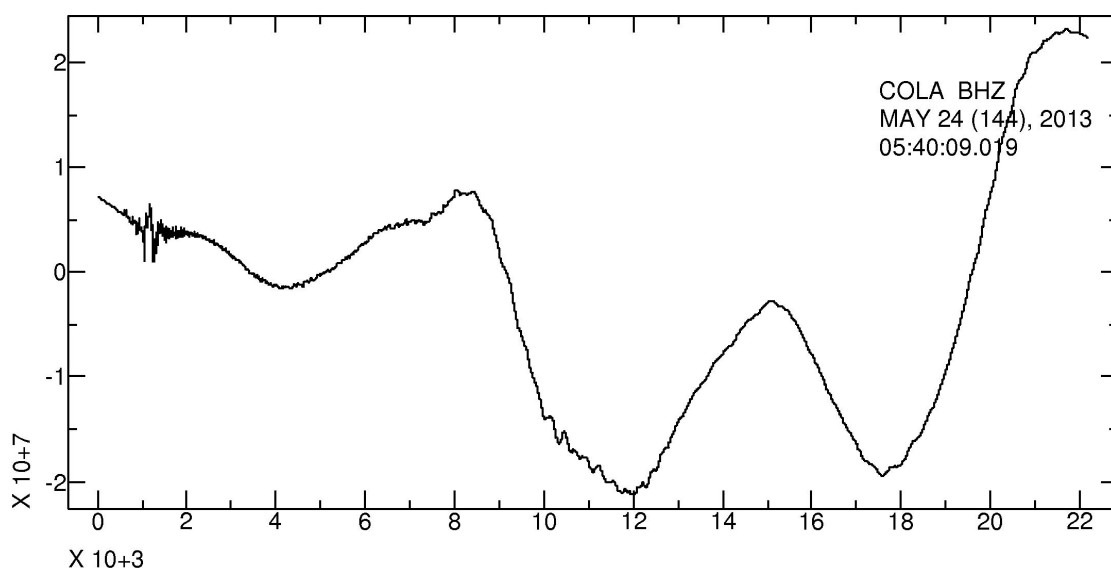


图 A.1: COLA 台站处的原始地面运动

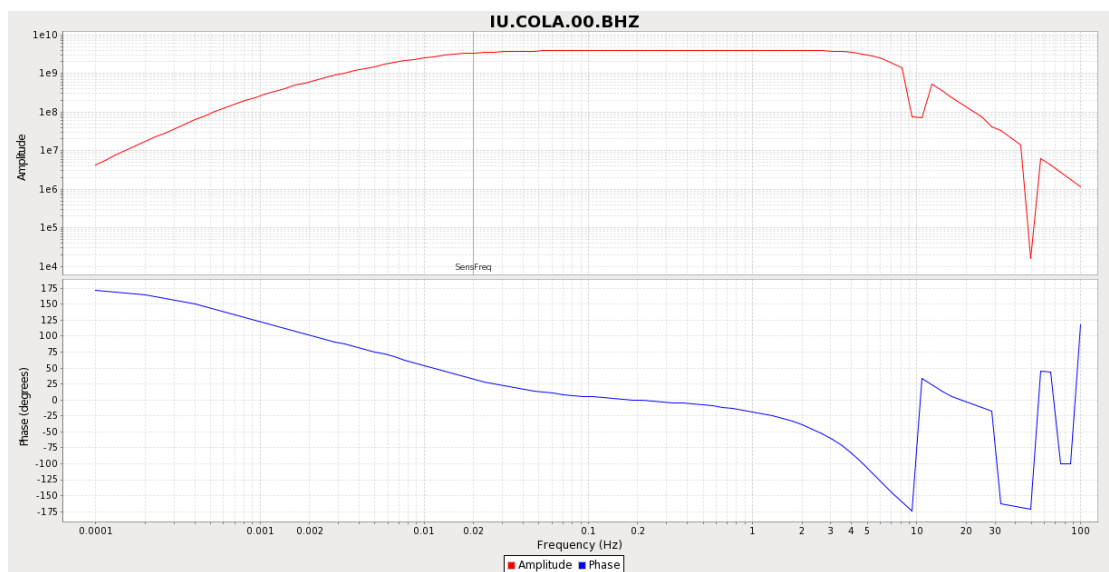


图 A.2: 仪器响应频谱图

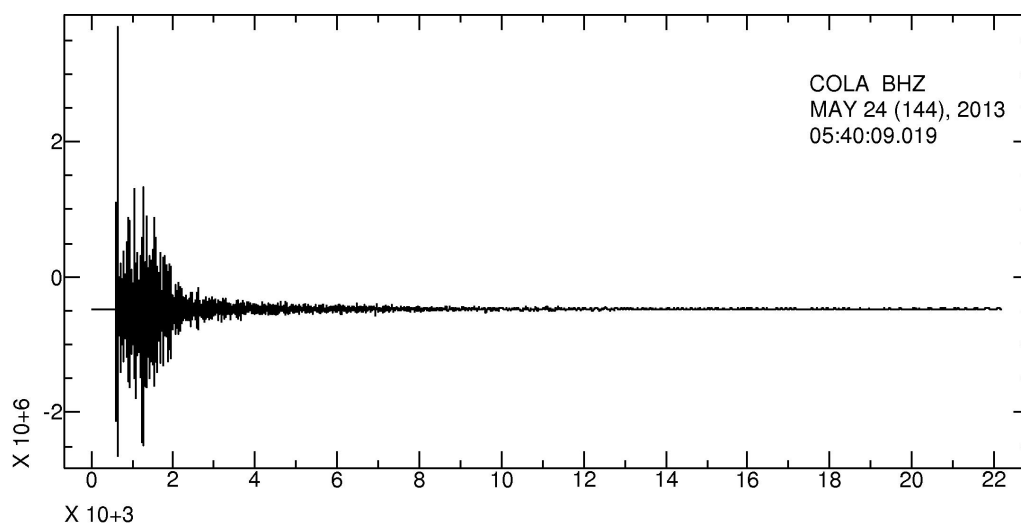


图 A.3: COLA 台站的地震记录

从图 A.1 可以看到，整个地面运动中最明显的地方是弯弯曲曲类似正弦的波形，其周期大概在 6000 秒，也就是两个小时，这很可能是潮汐波引起的长周期地面运动。波形的最大振幅大概是 2×10^7 。在 1000 秒左右有一个明显的振动信号，这是一个震级为 Mw 8.3 级的大地震的信号，其振幅大概在 2×10^6 的量级，比长周期波小了一个量级。

这就是真实的地面运动。即便是如此大的地震，其引起的地面运动相对来说也是很小的。这样的记录因为有太多其它类型的地面运动的干扰，因而对于地震学来说是没有太大用处的，所以需要设计合适的仪器尽量去除其它类型地面运动的干扰，也就是地震仪。

从信号处理的角度来看，常见的地震仪是一个带通滤波器，对地震学不关心的超高频和超低频的信号进行压制，只保留感兴趣的周期段。下图给出了该台站的仪器响应，即 $i(t)$ ：

从图 A.2 中振幅谱可以看出，频率在 0.02 Hz 到 8 Hz 内的信号具有相同的振幅增益（被增强），而小于 0.02 Hz、大于 8 Hz 的信号则被压制。图 A.1 中的周期为 1000s 量级

的信号被压制到了原来的千分之一。

原始的地面运动 $s(t) * g(t)$ 在经过仪器 $i(t)$ 之后, 即得到地震仪的数字记录, 如下图。超低频和超高频的信号被压制, 留下地震学感兴趣的频段, 也就是前面说的 $u(t)$:

与图 A.1 相比, 长周期的类正弦信号没了。在 0-300s 内, “地面”很安静, 300s 左右, 强烈的地震信号开始出现, 最大振幅约为 2.4×10^6 , 持续了很长一段时间后, 又恢复了“平静”。这里可以很明显地看到“平静-> 震动-> 平静”的过程。这才是地震数据处理理想的波形。

为什么要去仪器响应呢? 哪些时候需要去仪器响应呢? 下面列举出若干需要去仪器响应的场景:

- 需要获取某个台站绝对振幅值;
- 仪器响应不同的台站之间的波形对比;
- 待补充...

A.2 物理与数学

地震仪一般固定在地表或地下浅层, 也有放置在钻孔深处或海底的, 因而地震仪可以直接感知到地面的运动。在地面运动物理量被地震仪接收后, 首先要将其转换为电信号, 然后对电信号振幅进行放大以及滤波, 再将连续的时间序列离散化, 最终以我们常见的波形数据的形式表现出来。

概括地说, 地面的运动在被地震仪感知之后, 需要经历如下三个阶段, 最终成为我们拿到的波形数据:

1. 模拟信号阶段
2. 模数转换
3. 数字信号阶段

地震仪的仪器响应可以表示为频率的复函数, 即常说的振幅响应和频率响应。上面提到的三个阶段, 每个阶段的响应函数都是频率的复函数, 表示为 $G_i(f)$, 整个仪器的响应函数是各个阶段响应函数的乘积:

$$G(f) = \prod_i G_i(f)$$

A.2.1 预备知识

在介绍地震仪的三个阶段之前, 需要先了解一些基础的数学知识。

响应函数

模拟信号的响应函数用 Laplace 变换表示:

$$H(s) = \int_0^{\infty} h(t)e^{-st} dt$$

数字信号的响应函数用 Z 变换表示:

$$H(z) = \sum_{-\infty}^{+\infty} h_m z^{-m}$$

归一化

频率响应可以表示为

$$G(f) = S_d R(f)$$

其中 $R(f)$ 是频率的函数。在某个特定的频率 f_s , 有 $|R(f_s)| = 1.0$, 即 $R(f)$ 在频率 f_s 处进行归一化。 S_d 是放大系数, 也称为 Sensitivity 或者 Gain。

$R(f)$ 可以表示为

$$R(f) = A_0 H_p(s)$$

其中 $H_p(s)$ 是用零极点表示的 transfer 函数, 一般来说在频率 f_s 处这个 transfer 函数的振幅响应不为 1, 所以需要归一化因子 A_0 。

FIR 滤波器

FIR 滤波器从数学上看就是对数据采样点做加权平均, 设计不同的加权系数就得到不同的 FIR 滤波器。FIR 滤波器一般设计为振幅响应为方阶跃函数 (boxcar), 因而其在通带内有较平的振幅响应, 在拐角频率处有很尖锐很陡峭的振幅响应变化。与此同时, 滤波器具有线性相位, 在时间域造成信号的时间延迟, 一般数据采集系统会对这个时间延迟做校正。因此, 用户基本不需要考虑 FIR 滤波器对仪器响应的影响。

A.2.2 模拟信号阶段

模拟信号阶段会将连续的地面运动物理量 (比如速度) 转换为连续的电压信号, 并进行电压放大。因而此阶段的输入单位是运动物理量的单位 (比如 m/s), 输出单位是伏特 (V)。

这个阶段的响应函数可以表示为

$$G(f) = S_d A_0 \frac{\prod_{i=1}^n (s - r_i)}{\prod_{j=1}^m (s - p_j)} = S_d A_0 H_p(s)$$

其中, S_d 是放大系数, $H_p(s)$ 是用零极点表示的 transfer 函数, 这里有 n 个零点和 m 个极点。 A_0 是归一化因子, 且 $s = i2\pi f$ 。

假定某仪器的自然频率为 $f_0 = 1 \text{ Hz}$, 阻尼常数为 $\lambda = 0.7$ 。如果该仪器是一个相对简单的仪器, 则该仪器的加速度传递函数为:

$$H(s) = \frac{s}{s^2 + 2\lambda\omega_0 s + \omega_0^2}$$

几点说明:

- 该传递函数仅表示某一类地震仪的传递函数, 现代地震仪的传递函数可能比这个要复杂;
- 根据该传递函数, 很容易计算出它的一个零点和两个极点;

已知该仪器在 $f_s = 1 \text{ Hz}$ 时的增益为 $S_d = 150 \text{ V/m} \cdot \text{s}^{-2}$, 即若仪器接收到 1 Hz 频率的加速度 1 m/s^2 , 则仪器的输出电压为 150 V 。因而仪器真实的传递函数还需要把增益加进去:

$$G(f) = R(f) * S_d = A_0 * H_p(s) * S_d$$

其中 A_0 是归一化因子, 保证在频率 $f = f_s$ 处有 $|R(f_s)| = 1.0$ 。

A.2.3 模数转换

模数转换器, 将上一阶段产生的连续电压信号转换为离散的电压信号。输入的单位是伏特V, 输出单位是counts。这个阶段, 所有频段有相同的振幅响应, 即只存在一个放大系数, 同时可能存在一个时间延迟。

假设所使用的 24 位模数转换器的输入电压范围是 $\pm 20V$, 则输出的最大范围是 $\pm 2^{23}$ 。因而 ADC 的放大系数为

$$S_d = \frac{2^{24}}{40} = 4.1943 \times 10^5 \text{ counts/V}$$

即若 ADC 接收到的输入电压为 1V, 则其输出为 4.1983×10^5 counts。结合地震仪的放大系数可知, 1Hz 频率的 $1m/s^2$ 的地面运动加速度在 ADC 的输出为:

$$1m/s^2 * 150 \frac{V}{m/s^2} * 4.1943 \times 10^5 \frac{\text{counts}}{V} = 6.29145 \times 10^7 \text{ counts}$$

另一方面, ADC 的输入电压上限为 20V, 这也限制了该仪器所能记录的最大加速度为 $20/150 = 0.13m/s^2$ 。

A.2.4 数字信号阶段

这个阶段会对数据信号进行进一步的处理, 主要包含三个部分, 即离散信号滤波、数据重采样、时间延迟校正。

离散信号滤波可以采用 FIR 滤波器, 也可以采用 IIR 滤波器。多数情况下采用 FIR 滤波器, 而 FIR 滤波器的振幅响应函数可以认为在全频段内为 1¹, 因而这个阶段只需要考虑放大系数, 而不需要再考虑由于滤波引入的响应函数。同样, 对于数据重采样以及时间校正也不会引入新的响应函数。

A.2.5 小结

综上所述, 三个阶段中, 第一个阶段最为复杂, 需要给出放大系数 S_{d1} 、归一化因子 A_0 以及零极点信息; 第二个阶段以及第三个阶段都只需要给出放大系数 S_{d2} 和 S_{d3} 。最终得到仪器的响应函数为

$$G(f) = S_{d1} A_0 H_p(s) S_{d2} S_{d3} = S_{d0} A_0 H_p(s)$$

即需要仪器在第一个阶段的零极点信息、归一化因子 A_0 以及三个阶段的放大系数的乘积 S_{d0} 即可以近似表示地震仪的仪器响应。

A.3 仪器响应文件

SAC 中内置了一堆经典地震仪器的响应文件, 可以直接使用。而实际数据处理过程中, 会遇到五花八门的仪器响应, 因而 SAC 又提供了其他三种更通用的仪器响应文件: RESP、PZ 和 FAP。

¹FIR 滤波器在 Nyquist 频率附近会有 5% 左右的震荡, 因而若感兴趣的频率与 Nyquist 频率相差较大, 则可以忽略这一阶段的响应函数

A.3.1 内置仪器响应

SAC 内置了很多标准地震仪器的仪器响应，如表 A.1 所示。部分仪器类型还拥有子类型，如表 A.2 所示。在 SAC 命令中，可以直接使用这些仪器类型。

除了表 A.1 中列出的众多仪器类型之外，还有几个特别的仪器类型：

- none：即位移，也是 SAC 的默认值
- vel：速度
- acc：加速度

A.3.2 RESP 文件

RESP 文件是用于描述仪器响应的文件，其包含了描述仪器响应所需要的全部信息。RESP 文件可以用 rdseed 程序从 SEED 文件中直接解压得到，例如：

```
$ rdseed -Rdf infile.seed
```

RESP 文件中，首先给出了台站名、台网名、通道名、开始时间和结束时间等台站的基本信息。仪器响应部分分成多个 Stage，每个 Stage 中又分为多个 block，包含了仪器响应的不同信息。

- Stage1 一般对应模拟信号阶段，从中可以提取中这一阶段的输入单位、零极点、归一化因子 A_0 以及第一阶段的增益。
- Stage2 一般对应 ADC 阶段，从中可以提取出这一阶段的放大系数。
- Stage3 一般对应于数字滤波和减采样阶段。通常需要对数字信号多次滤波或减采样，因而 Stage3 后面可能会接多个类似的 Stage。从这几个 Stage 中提取的信息是增益，一般值为 1。
- Stage0 是给出前面所有 Stage 的增益的乘积，主要是起到了辅助验证的作用。

A.3.3 SAC PZ 文件

RESP 文件中包含了仪器响应的完整信息，同时也包含了不少冗余信息。SAC 从 RESP 文件中提取出仪器响应中的重要信息，定义了新的零极点响应文件（即 SAC PZ）。相对于 RESP 文件而言，PZ 文件中仅包含仪器响应中的零极点和增益信息，在去仪器响应时更方便。

SAC PZ 仪器响应文件可以直接用 rdseed 从 SEED 文件中提取出来：

```
$ rdseed -pdf infile.seed
```

下面是某个台站的 SAC PZ 文件：

```
* *****
* NETWORK      (KNETWK): IU
* STATION      (KSTNM): COLA
* LOCATION     (KHOLE): 00
* CHANNEL      (KCMPTM): BHZ
* CREATED      : 2013-06-22T14:12:09
* START        : 2012-09-14T04:00:00
```


表 A.1: SAC 内置仪器类型列表

type	说明
BBDISP	Blacknest specification of Broadband Displacement
BBVEL	Blacknest specification of Broadband Velocity
BENBOG	Blacknest specification of Benioff by Bogert
DSS	LLNL Digital Seismic System
DWSSN	Digital World Wide Standard Seismograph Station
EKALP6	Blacknest specification of EKA LP6
EKASP2	Blacknest specification of EKA SP2
ELMAG	Electromagnetic
GBALP	Blacknest specification of GBA LP
GBASP	Blacknest specification of GBA SP
GENERAL	General seismometer
GSREF	USGS Refraction
HFSLPWB	Blacknest specification of HFS LPWB
IW	EYEOMG-spectral differentiation
LLL	LLL broadband analog seismometer
LLSN	LLSN L-4 seismometer
LNN	Livermore NTS Network instrument
LRSMLP	Blacknest specification of LRSM LP
LRSMSP	Blacknest specification of LRSM SP
NORESS	NORESS (NRSA)
NORESSHF	NORESS high frequency element
OLDBB	Old Blacknest specification of BB
OLDKIR	Old Blacknest specification of Kirnos
PORTABLE	Portable seismometer with PDR2
PTBLLP	Blacknest specification of PTBL LP
REDKIR	Blacknest specification of RED Kirnos
REFTEK	Reftek 97-01 portable instrument
RSTN	Regional Seismic Test Network
S750	S750 Seismometer
SANDIA	Sandia system 23 instrument
SANDIA3	Sandia new system with SL-210
SRO	Seismic Research Observatory
WA	Wood-Anderson
WABN	Blacknest specification of Wood-Anderson
WIECH	Wiechert seismometer
WWLPBN	Blacknest specification of WWSSN long period
WWSP	WWSSN short period
WWSPBN	Blacknest specification of WWSSN short period
YKALP	Blacknest specification of YKA long period
YKASP	Blacknest specification of YKA short period

表 A.2: 部分仪器子类型

主类型	子类型
LLL	LV, LR, LT, MV, MR, MT, EV, ER, ET, KV, KR, KT
LNN	BB HF
NORESS	LP IP SP
RSTN	[CP ON NTR NY SD] [KL KM KS 7S] [Z N E]
SANDIA	[N O] [T L B D N E] [V R T]
SRO	BB SP LPDE
FREPERIOD _v	ELMAG, GENERAL, IW, LLL SUBTYPE BB, REFTEK
MAGNIFICATION _n	ELMAG, GENERAL
NZEROS _n	GENERAL, IW
DAMPING _v	GENERAL, LLL SUBTYPE BB, REFTEK
CORNER _v	LLL SUBTYPE BB, REFTEK
GAIN _v	
HIGHPASS _v	REFTEK

```

* END                : 2599-12-31T23:59:59
* DESCRIPTION        : College Outpost, Alaska, USA
* LATITUDE           : 64.873599
* LONGITUDE          : -147.861600
* ELEVATION           : 84.0
* DEPTH              : 116.0
* DIP                : 0.0
* AZIMUTH            : 0.0
* SAMPLE RATE        : 20.0
* INPUT UNIT         : M
* OUTPUT UNIT        : COUNTS
* INSTTYPE           : Geotech KS-54000 Borehole Seismometer
* INSTGAIN            : 2.013040e+03 (M/S)
* COMMENT            : N/A
* SENSITIVITY        : 3.377320e+09 (M/S)
* A0                 : 8.627050e+04

```

```

* *****

```

```

ZEROS  3
        +0.000000e+00  +0.000000e+00
        +0.000000e+00  +0.000000e+00
        +0.000000e+00  +0.000000e+00
POLES  5
        -5.943130e+01  +0.000000e+00
        -2.271210e+01  +2.710650e+01

```

```

-2.271210e+01  -2.710650e+01
-4.800400e-03  +0.000000e+00
-7.384400e-02  +0.000000e+00
CONSTANT      +2.913631e+14

```

SAC PZ 文件中，以星号开始的行为注释行。以关键字“ZEROS”起始的行给出了零点数目，接下来几行列出了每个零点的实部和虚部。以关键字“POLES”起始的行给出了极点数目，接下来几行列出了每个极点的实部和虚部。最后一行给出了仪器响应中的常数 CONSTANT。

一些说明：

- 若有零点 (0.0,0.0)，则这样的“零”零点可以省略。因而列出的零点数目可能会少于“ZEROS”行给出的零点数目；上例中的三个零点可以不列出；
- CONSTANT 对应于 RESP 文件中所有阶段的增益 Sd_0 以及归一化因子 A_0 的乘积；
- 若未指定 CONSTANT，则默认值为 1.0；
- 可以将多个台站的 PZ 文件合并到一个总 PZ 文件中，此时 PZ 文件的注释行用于信息匹配；不可省略；
- 若 PZ 文件中只有一个响应函数，则注释行可以省略。在做批处理时，可以写脚本重做一个无注释行的 PZ 文件。用无注释行的 PZ 文件去仪器响应的速度会比有注释行的 PZ 文件快很多；

A.3.4 FAP 文件

FAP 文件是响应函数的另一种表现形式，其包含了很多记录行，每行三个字段，分别是频率 (HZ)、振幅及相位。

频率不需要等间隔分段。在执行 transfer 时，低于第一行频率的频段将使用第一行的振幅和相位；同理大于最后一行频率的频段将使用最后一行的振幅和相位。

FAP 文件可以从程序 evalresp v3.3.2 中获得，FAP 相对于 PZ 文件的优势在于，其给出了每个频率的振幅和相位响应，因而包含更丰富的信息，且方便人工修改以控制需要校正的频率段。

A.3.5 RESP vs PZ vs FAP

RESP、PZ 和 FAP 都可以用于表征仪器的响应函数，常见的是 RESP 和 PZ，而这两种还是有很大区别的：

- RESP 文件包含了仪器响应的完整信息，而 PZ 文件中仅包含了零极点和增益信息，二者的主要差异在于 PZ 文件中未包含 FIR 滤波器的信息；
- RESP 文件中可以知道输入数据是位移、速度还是加速度，而 PZ 文件默认输入为位移。因而若 RESP 文件中输入是速度，则 PZ 文件中会多一个“零”零点；若 RESP 文件中输入是加速度，则 PZ 文件中会多两个“零”零点；
- RESP 文件的输入单位为 m (或 m/s 及其他)，而 PZ 文件中未提供输入单位信息，故 SAC 默认其输入单位为 nm，故而使用 PZ 文件去除仪器响应时，得到的运动物理量的单位是 nm；

对于大多数情况，建议使用 PZ 文件，数据处理速度要快很多。