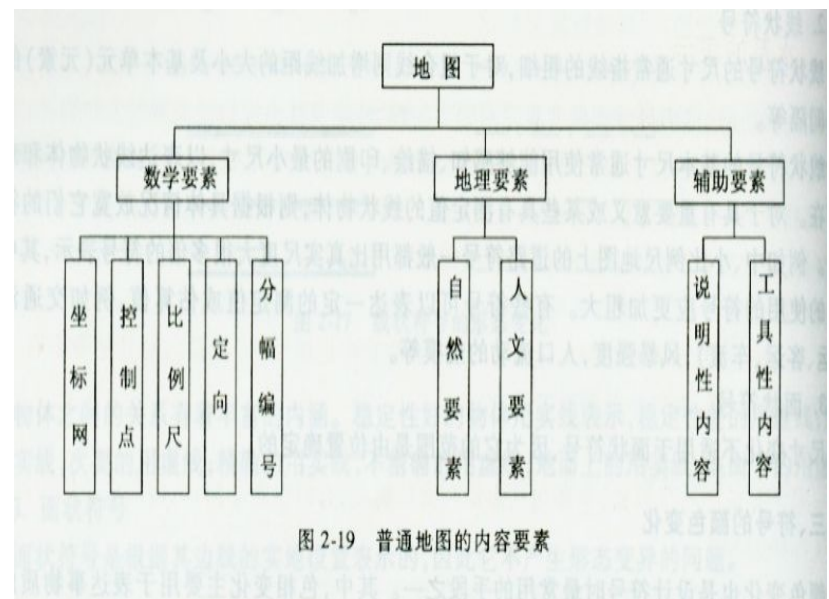


地图学介绍

- 一、数学基础
- 二、地图语言
- 三、普通地图
- 四、专题地图



第一章 地图的基本知识

一、地图的内容

图形要素

数学要素：地图投影、坐标系统、比例尺、控制点

图外要素

二、地图的分类

1. 按内容分类：分为普通地图和专题地图
2. 按比例尺分类
3. 按制图区域分类
4. 按用途分类

三、地图的简要制作过程

1. 实测成图法：此法主要用于大比例尺地形图
2. 编绘成图法：用于绘制中、小比例尺普通地图和专题地图
3. 航测成图法
4. 计算机辅助成图法

第二章 地图的数学基础

重点要求掌握：

方位、圆锥、圆柱投影的格网形式和适用地区；

第一节 地图投影的基本知识

一、地图投影的实质：球面点向平面点的转移

第二节 地图投影的方法

几何透视法 利用透视线关系，将地球面上的点投射到投影面

数学分析法 纯粹利用数学函数确定曲面与平面之间对应关系的地图投影。

地图投影的分类

一、按投影变形性质分类

1. 等角投影
2. 等积投影
3. 任意投影（最常用的是等距投影）

二、按经纬线的形状分类

1. 几何投影
2. 条件投影

高斯平面直角坐标系

我们用的 1:1 万—1:50 万比例尺地形图，采用的是高斯——克吕格投影。它是十九世纪德国数学家高斯从数学方面研究创造的，后来又经过德国大地测量学者克吕格，于 1912 年提出了高斯投影的计算公式，并且把它应用到地球椭球面上，所以叫高斯——克吕格投影，简称高斯投影 Gauss-Kruger projection。

为什么要进行高斯投影

小面积测图时可不考虑地球曲率的影响，直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上，并用直角坐标系表示投影点的位置，而不要进行复杂的投影计算。但当测区范围较大时，就不能将地球表面当作平面看待，须将椭球(或圆球)上的点位或图形投影到平面上，然后在平面上进行测量计算。

我国国家基本比例尺地形图投影：

大于 1:100 万采用高斯投影 1:100 万采用兰勃特投影

国家基本比例尺地形图投影

一、高斯投影图形及性质

高斯投影的性质-----等角横切椭圆柱投影

- (1) 投影后角度不产生变形，满足正形投影要求；
- (2) 中央子午线投影后是一条直线；
- (3) 中央子午线投影后长度不变，其投影长度比恒等于 1。
- (4) 高斯投影除了在中央子午线上没有长度变形外，不在中央子午线上的各点，其长度比都大于 1，且离开中央子午线愈远，长度变形愈大。

为什么要等角？

- 1、这是控制测量的要求，保证了在三角测量中大量的角度元素投影不变，免除了大量的投影工作；
- 2、保证了所测制的地图在有限的范围内使地图上图形与椭球上一致，给识图用图带来了很大方便。

二、高斯投影变形规律

变形具有以下特点：

- (1) 中央经线上无变形。中央子午线为直线，赤道为直线。
- (2) 投影前后的角度保持不变，且小范围内的图形保持相似。
- (3) 同一条纬线上，离中央经线越远，变形越大。
- (4) 同一条经线上，纬度越低，变形越大。

由此可见，高斯投影的最大变形处为各投影带在赤道边缘处。

三、分带

- 1、目的：为了限制变形。

高斯投影离开中央经线越远,变形越大,为保证地图的精度,采用分带的原则。即将投影区东西加以一定的限制,使变形控制在要求的范围内。投影带以外另行投影,许多带结合起来,构成整个区域的投影。

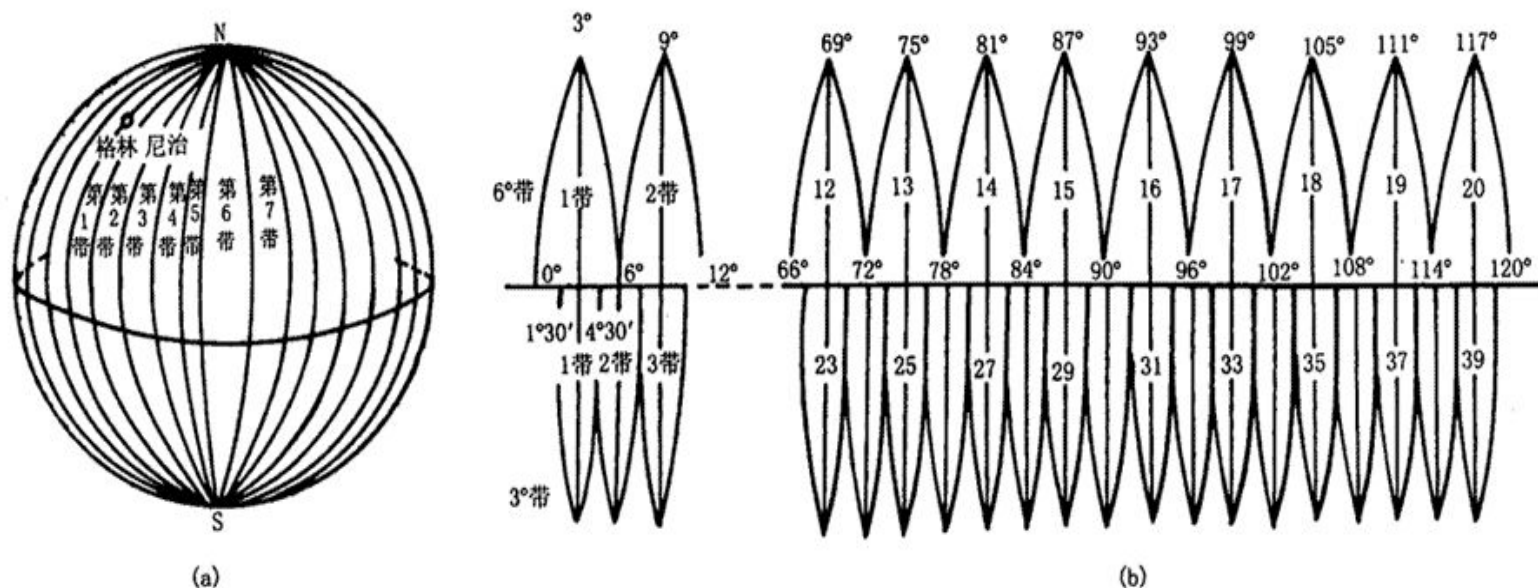


图 1-6 6°带和 3°带投影

1: 2.5 万---1: 50 万采用 6 度分带, 大于等于 1: 1 万的地形图采用 3 度分带。工程图还有采用 1.5 度或 0.75 度投影的。

6° 分带法: 从格林尼治零度经线起, 每 6° 为一个投影带全球共分 60 个投影带。各带的中央子午线经度: $L(6) = 6n - 3$ (n 为 6 度带的带号)

我国领土位于东经 72° - 136° 之间, 共包括 11 个投影带, 即 13 - 23 带

3° 分带法: 是在六度带的基础上划分而成的, 即从东经 1° 30' 开始, 由西向东每隔经差 3° 的范围为一带, 依次将参考椭球面分为 120 带, 其相应的带号为 1、2、3...120 各带中央子午线的经度为: $L(3) = 3 \times n$ 我国领土 3° 投影带范围为: 24 - 45

怎样从带号上区分 6° 带与 3° 带?

四、高斯坐标系与高斯坐标

X 轴: 中央子午线的投影都是直线

Y 轴: 赤道的投影

高斯-克吕格投影是按分带方法各自进行投影, 故各

带坐标成独立系统。分为: 通用坐标和自然坐标

纵坐标以赤道为零起算, 赤道以北为正, 以南为负。

我国位于北半球, 纵坐标均为正值。

横坐标如以中央经线为零起算, 中央经线以东为正, 以西为负, 横坐标出现负值。

因横坐标出现负值, 使用不便, 故规定将坐标纵轴西移 500 公里当作起始轴, 凡是带内的横坐标值均加 500 公里。

通用坐标: 在高斯平面横坐标 y 上加上 500km, 再在前面冠以带号所形成的坐标

自然坐标: (30456.33 米, -200.25 米)

通用坐标: (30456.33 米, 20499799.75 米)

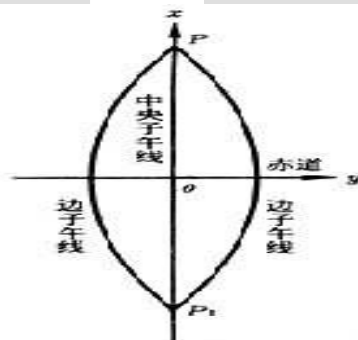


图 2 高斯-克吕格投影展开

坐标网：为了制作地图和使用地图的方便，通常在地图上都会有一种或两种坐标网，即经纬线网和方里网。经纬线网是指由经线和纬线所构成的坐标网，又称地理坐标网。

1、经纬网：在 1: 1 万 -1: 20 万比例尺的地形图上，经纬线只以图廓线的形式直接表现出来，并在图角处注出相应度数。为了在用图时加密成网，在内外图廓间还绘有加密经纬网的加密分划短线（图式中称“分度带”），必要时对应短线相连就可以构成加密的经纬线网。

1: 25 万地形图上，除内图廓上绘有经纬网的加密分划外，图内还有加密用的十字线。

1: 50 万~1: 100 万地形图，在图面上直接绘出经纬线网。

在 1: 1 万---1: 10 万地形图上，只在内外图廓间绘有间隔为 1 分的经、纬度刻划线，称为分度带，不在图幅内绘制经纬网格。

1: 25 及 1: 50 万地形图只绘经纬网，其间隔见下表

地图比例尺	经线间隔	纬线间隔	分度带间隔	分度带标示位置
1: 20万	15 ´	10 ´	1 ´	内图廓线及图幅内中央经线和中央纬线
1: 50万	30 ´	20 ´	10 ´, 5 ´ 30 "	图内各条经线和纬线

2、方里网

方里网是由平行于投影坐标轴的两组平行线所构成的方格网。因为是每隔整公里绘出坐标纵线和坐标横线，所以称之为方里网，由于方里线同时又是平行于直角坐标轴的坐标网线，故又称直角坐标网。

在 1: 1 万---1: 10 万地形图上为方便各种量算，常绘有方里网，它是由两组相互垂直且间隔相等的平行直线组成，其间隔和坐标值均为整公里数。不同比例尺地形图方里网的间隔是不同的。见下表：

地图比例尺	方里网间隔	相应实地长
1: 1万	10厘米	1公里
1: 2.5万	4厘米	1公里
1: 5万	2厘米	1公里
1: 10万	2厘米	2公里

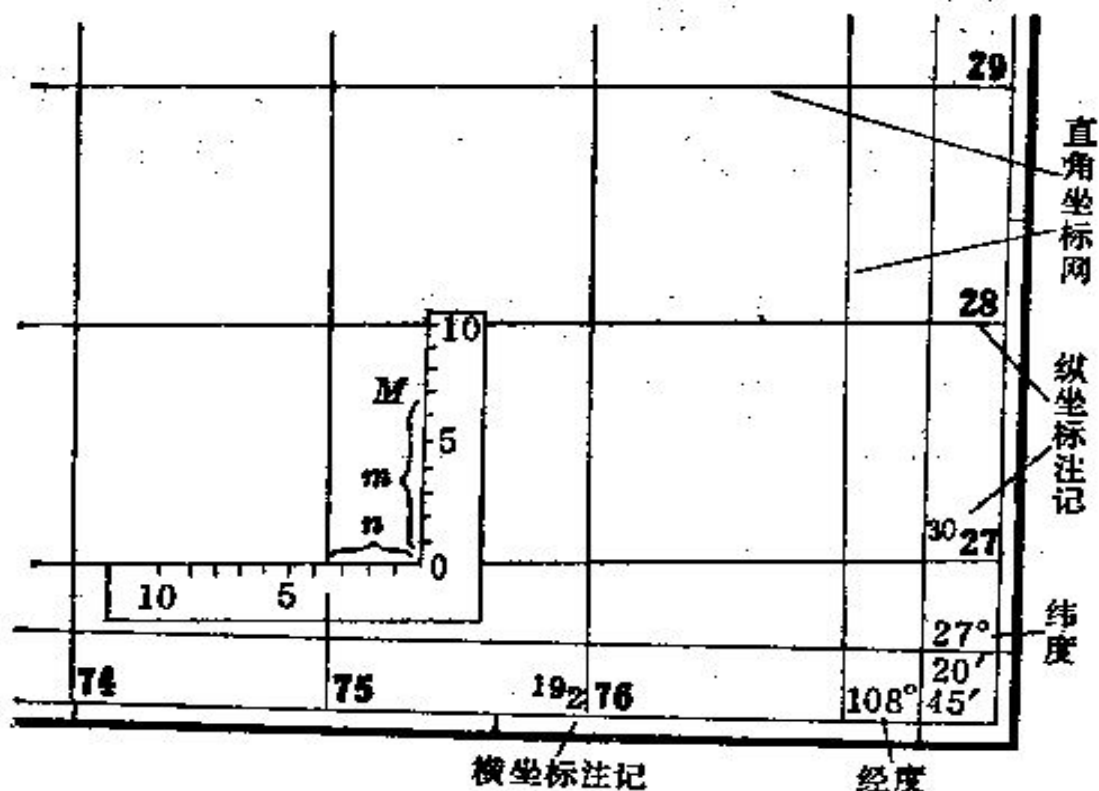


图 11-41 地形图(1:5万)的坐标网和图廓以及在图上测定点的坐标

五、投影计算方法

- 1、投影实质就是建立地球椭球面上的点的地理坐标（即经纬度 B, L ）与平面上对应点的平面坐标 (x, y) 之间的函数关系。因此，投影的计算就是依据两者之间的公式按需要进行转换。
- 2、投影变形：由于要把地球椭球面展开成平面，并且生成的地图平面要连续，则图形必将在某些地方被拉伸，某些地方被压缩，故投影变形是不可避免的。变形表现在三个方面：长度变形（是最基本的变形）、面积变形、角度变形

3、高斯投影的正算公式：

式中， X 为由赤道至纬度 B 的子午线弧长， L 为计算点 P 点与中央子午线的经差。 N 为卯酉圈曲率半径， $t = \tan B$ ， $\eta = e' \cos B$ 。

$L-L_0$ 若以度为单位，则 $\rho = 57.295779513$ ； $x = X + \frac{l^2}{2} N \sin B \cos B + \dots$ $l = \frac{L - L_0}{\rho}$

$L-L_0$ 若以分为单位，则 $\rho = 3437.7467708$ ；

$L-L_0$ 若以秒为单位，则 $\rho = 206264.80625$

$$y = l N \cos B + \frac{l^3}{6} N \cos^3 B (1 - t^2 + \eta^2) + \dots$$

4、高斯投影坐标反算公式

即已知平面直角坐标 (x, y) 反求经纬度 (B, L) $B = B_f - \frac{y^2}{2M_f N_f} t_f + \dots$

高斯投影平面直角坐标与大地坐标的相互转换 $l = \frac{y}{N_f \cos B_f} - \frac{y^3}{6N_f^3 \cos B_f} (1 + 2t_f^2 + \eta_f^2) + \dots$

5、高斯投影坐标的换带计算

即将一个投影带的平面直角坐标，转换成另外一个投影带的平面直角坐标。

以下情况需要进行坐标换带计算：

(1) 当控制网位于两个相邻投影带的边缘地区并横跨两个投影带，为了能在同一带内进行平差计算，必须把控制网起算点的坐标换算到同一个投影带内。

(2) 在分带子午线附近地区测图或进行测量工程时，往往需要用到另一带内的控制成果，

因此，也需要将这些点的坐标换算到同一带内。

（3）当大比例尺测图时，特别是在工程测量中，为了限制投影变形，常要求采用 3° 带、 1.5° 带或任意带投影，而国家控制点成果通常只有 6° 带坐标，这时就产生了 6° 带与 3° 带（或 1.5° 带、任意带）之间的相互坐标换算问题。

当测区跨不同的投影带时，测图时测区中所有控制点应采用同一投影带的坐标，位于不同投影带的点应进行同一坐标系统（同一个椭球）不同投影带之间的坐标换算：具体情况有以下几种：

6° 带坐标 \rightarrow 相邻 6° 带坐标；

6° 带坐标 $\rightarrow 3^\circ$ 带坐标；

3° 带坐标 \rightarrow 相邻 3° 带坐标；

6° 带或 3° 带坐标 \rightarrow 任意带坐标；

坐标换带计算方法

1. 先由高斯投影坐标反算出经纬度——即由 (x, y) 求 (B, L)

2. 再由 (B, L) 按投影要求求出 (x, y)

北京 54 坐标系和西安 80 坐标系之间的转换

其实是两种不同的椭球参数之间的转换，一般而言比较严密的是用七参数布尔莎模型，即 X 平移， Y 平移， Z 平移， X 旋转（ WX ）， Y 旋转（ WY ）， Z 旋转（ WZ ），尺度变化（ DM ）。若得七参数就需要在一个地区提供 3 个以上的公共点坐标对（即北京 54 坐标下 x, y, z 和西安 80 坐标下 x, y, z ），可以向地方测绘局获取。

六、UTM 投影

UTM 投影全称为“通用横轴墨卡托投影”（UNIVERSAL TRANSVERSE MERCATOR PROJECTION），是一种“等角横轴割圆柱投影”。

UTM 投影应用比较广泛，目前世界上已有 100 多个国家和地区采用这种投影作为地形图的数学基础。

目前一些国外的软件或国外进口仪器的配套软件往往不支持高斯-克吕格投影，但支持 UTM 投影，因此常有把 UTM 投影当作高斯-克吕格投影的现象。

高斯-克吕格投影与 UTM 投影异同

1、投影几何方式不同。高斯投影是“等角横切圆柱投影”，投影后中央经线保持长度不变，即比例系数（长度比）为 1；UTM 投影是“等角横轴割圆柱投影”，圆柱割地球于南纬 80° 、北纬 84° 两条等高圈，投影后两条割线上没有变形，中央经线长度比为 0.9996。

2、所选参考椭球不同。高斯采用克拉索夫斯基椭球参数和 1975 年国际椭球参数（IAU75）

3、两投影的东伪偏移都是 500 公里，高斯-克吕格投影北伪偏移为零，UTM 北半球投影北伪偏移为零，南半球则为 10000 公里。

4、两者的分带起点不同，高斯-克吕格投影自 0° 子午线起每隔经差 6° 自西向东分带，第 1 带的中央经度为 3° ；UTM 投影自西经 180° 起每隔经差 6° 自西向东分带，第 1 带的中央经度为 177° ，因此高斯-克吕格投影的第 1 带是 UTM 的第 31 带。

由于高斯-克吕格投影与 UTM 投影每一个投影带的坐标都是对本带坐标原点的相对值，所以各带的坐标完全相同

互换：

1、主要在系数 0.9996 上。高斯坐标乘以 0.9996 就得 UTM 坐标，其他二者无实质性的差别。

2、在软件上进行选择时注意选择好系数为 1，东伪偏距 500km，北伪偏距为 0 以及椭球参数不要选择错就可以互换。

七、我国常用坐标系

1、1980 西安坐标系

开始定义为“1980 国家大地坐标系”。

椭球参数采用: IAG-75 椭球(IAG—国际大地测量学协会), 原点在陕西省泾阳县。

2、1954 年北京坐标系

50 年代从前苏联引入(1942 年普尔科夫坐标系), 椭球参数采用: 克拉索夫斯基椭球体, 长半轴 $a=6378245\text{m}$; 扁率 $\alpha=1/298.3$ 。原点在普尔科夫天文台。

3、WGS-84 大地坐标系

美国国防部研制确定的大地坐标系。采用 WGS84 椭球体, 它是一地心坐标系, 即以地心作为椭球体中心, 目前 GPS 测量数据多以 WGS1984 为基准。

长半轴 $a=6378137\text{m}$; 扁率 $\alpha=1/298.257223563$ 。属地心坐标系, 原点在地球质心。

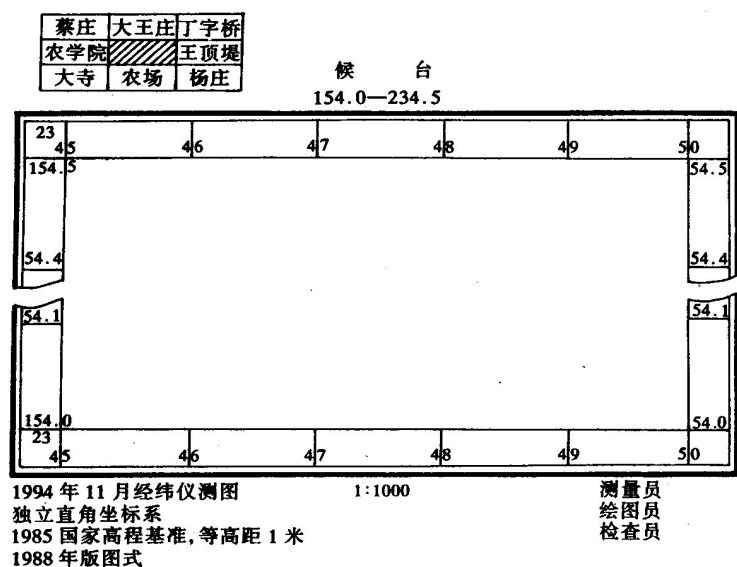
4、新 1954 年北京坐标系(新 54 系)

椭球的几何参数同“54 系”。 $a=6378245\text{m}$; $\alpha=1/298.3$ 大地原点及椭球轴向同“80 系”; 高程基准面为 1956 年黄海平均高程面; 点的坐标与“54 系”接近, 精度同“80 系”。该坐标系与“80 系”进行了整体平差, 而旧的“54 系”进行了局部平差。

高程系统

1、1956 年黄海高程系: 水准原点青岛观象山, 原点高程为高出黄海平均海面 72.289 米

2、1985 年国家高程基准: 以青岛验潮站 1952—1979 年的潮汐观测资料, 按 19 年周期计算该区域平均海水面的平均值作为起算基准面, 仍用 1956 年的水准原点, 高程为 72.260 米



7-1
J-51-49(48)

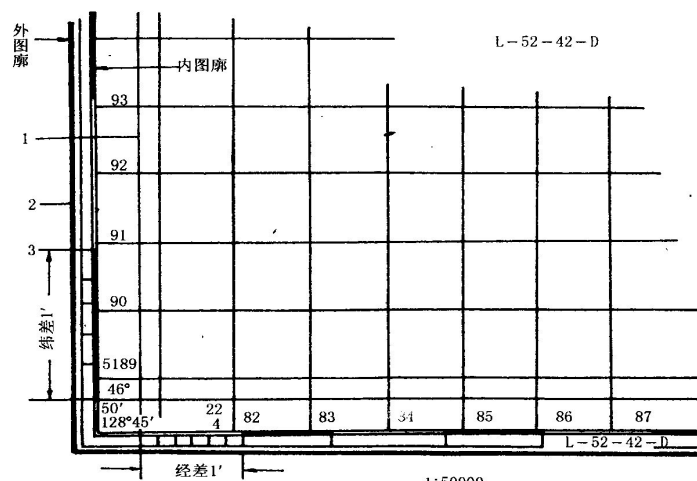
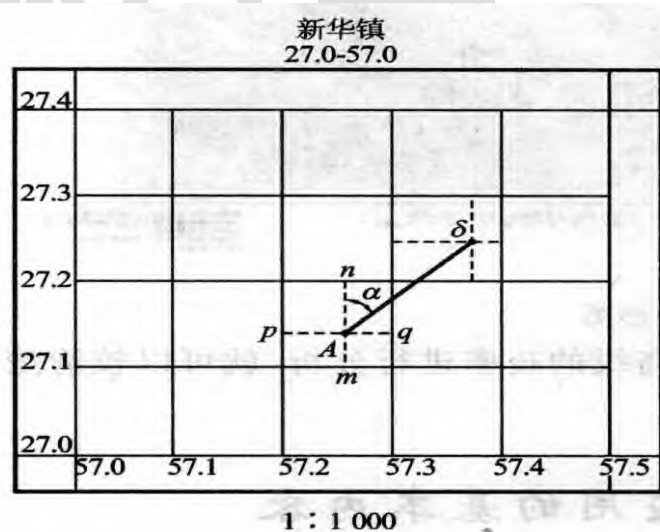
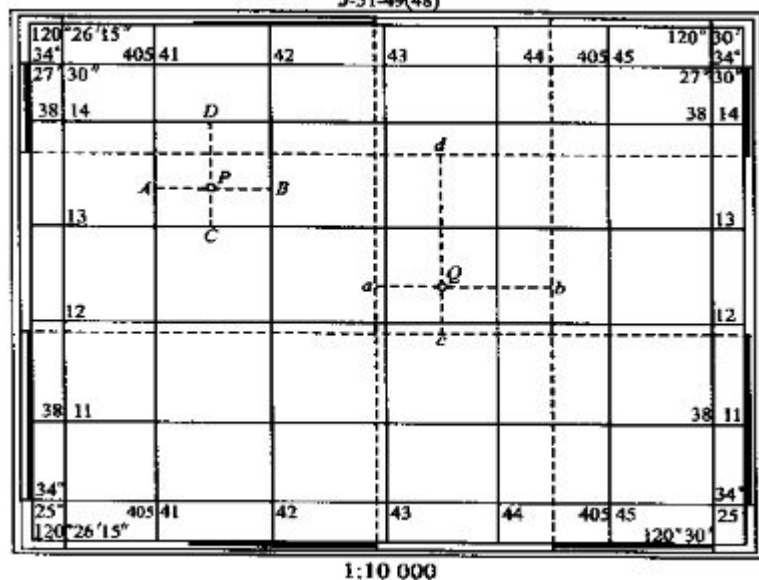


图2-7 图廓及坐标格网

八、城市独立坐标系

- 1、应用领域：独立坐标一般应用于城市测量与工程测量领域
- 2、建立原因：限制长度变形（像有的城市就在国家高斯坐标系 3 度带的两个坐标系中间，跨两个坐标系，很不方便；也有的城市离中央子午线太远），或为了满足保密需要
- 3、建立方法：仍采用克拉索夫斯基椭球参数，中央子午线定在各城市的中央或过起算点的经线，投影面定为各城市的平均高度

九、兰勃特投影

兰勃特投影 Lambert projection 是正形正轴圆锥投影。由德国数学家兰勃特 1772 年拟定。该投影是假想圆锥轴和地球椭球体旋转轴重合并套在椭球体上，圆锥面与地球椭球面相割，将经纬网投影于圆锥面上展开而成。其经线表现为辐射的直线束，纬线投影成同心圆弧。

兰勃特投影 Lambert projection 是正形正轴圆锥投影。由德国数学家兰勃特 1772 年拟定。该投影是假想圆锥轴和地球椭球体旋转轴重合并套在椭球体上，圆锥面与地球椭球面相割，将经纬网投影于圆锥面上展开而成。其经线表现为辐射的直线束，纬线投影成同心圆弧。

国家基本比例尺地形图 1:100 万采用世界统一的等角割圆锥投影，标准纬线是 25° 与 45° 。

国际上 1:100 万地形图和航空图也用此 投影

变形的分布规律

- (1)角度没有变形，故亦可称为正形投影；
- (2)等变形线和纬线一致，同一条纬线上的变形处处相等；
- (3)两条标准纬线上没有任何变形；
- (4)在同一经线上，两标准纬线外侧为正变形(长度比大于 1)，而两标准纬线之间为负变形(长度比小于 1)，因此，变形比较均匀，绝对值也较小；
- (5)同一纬线上等经差的线段长度相等，两条纬线间的经线线段长度处处相等。

我国大部分省区图以及大多数这一比例尺的地图也多采用 Lambert 投影和属于同一投影系统的 Albers 投影(正轴等面积割圆锥投影)

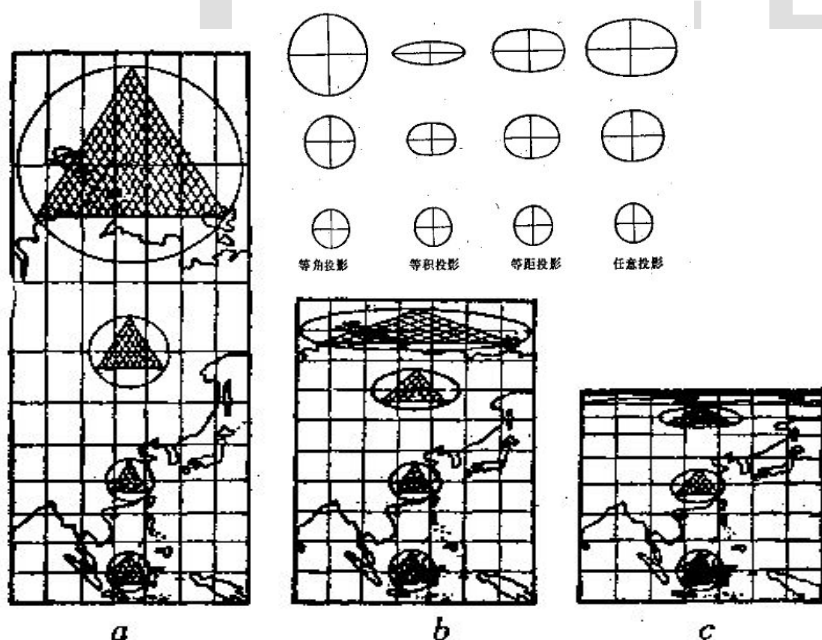


图 11-4 等角(a)、等距(b)和等积(c)投影及其变形

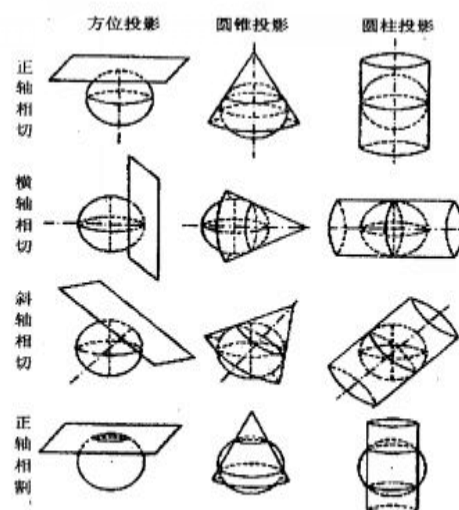


图 1 几何投影的构成

方位投影:适合制作圆形区域的地图。从区域所在位置来说,两极地区宜采用正轴方位投影,赤道附近采用横轴方位投影,其他地区采用斜轴方位投影。

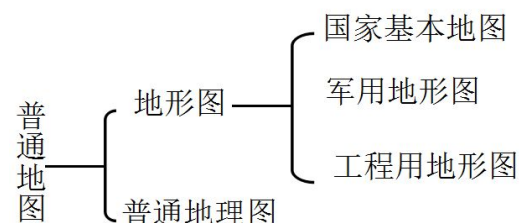
墨卡托投影:是由荷兰地图学家墨卡托于 1569 年创制的,属等角正轴圆柱投影。这种投影没有角度变形,且经线为平行直线,所以等角航线表现为直线。所谓等角航线,就是地球表面上两点间与各条经线相交成相同角度的曲线。该投影已广泛地被许多国家、地区采用为地形图的数学基础,如美国、日本、加拿大、泰国、阿富汗、巴西、法国、瑞士等约 80 个国家。正轴圆柱投影适宜于制作赤道和赤道两侧沿东西方向延伸的地区和时区图,横轴圆柱投影适合于沿经线方向延伸的地区。南海诸岛正轴等角圆柱投影图

圆锥投影

多圆锥投影:由于多圆锥投影的经纬线系弯曲的曲线,具有良好的球形感,所以它常用于编制世界地图,另一个用途是绘制地球仪用的图形。

普通地图

一、普通地图的基本内容



1、国家基本地形图的特点:

- (1)具有统一的大地坐标系统和高程系统
- (2)具有完整的比例尺系列和分幅编号系统
- (3)依据统一的规范和图式

2、地理图

特点:

- (1)地图比例尺较小,而且比例尺的确定主要由制图区域的形状和大小、地图的用途以及纸张的大小规格等因素来决定;
- (2)常以某一自然地理区域或经济区域作为地图的图幅范围;
- (3)尽可能不表示或少表示经纬度注记、控制点高程以及等高线等,内容一般较为概括;
- (4)依制图区域的特点采用不同的地图投影,这些投影变形较大,图上各处比例尺不尽一致;
- (5)在小比例尺普通地图上或内容概略的普通地图上不能精确量测,主要用于了解制图区域的一般地理特征。

普通地理图具有的特点:

- (一)制图区域范围的完整性
- (二)比例尺和地图投影的多样性
- (三)地图内容、表示方法和符号系统的灵活性

普通地图的内容的表示方法

一、水系

(一)海洋

(二)陆地水系

二、地势

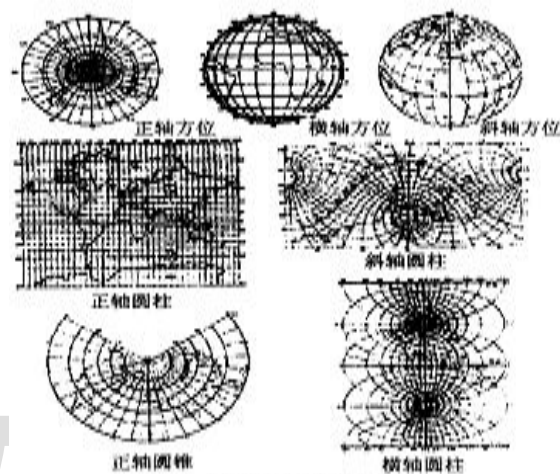


图 2 几何投影的经纬线形状

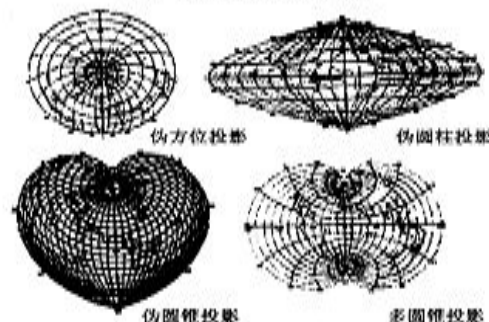


图 3 几种非几何投影的经纬线形状

1、等高线法

它的作用已不在于显示微地形和供量测了，而是要表现大的地表形态结构，即大的地形类型比如平原、山地和丘陵、高原和盆地等的分布，以显示地形起伏的宏观形态。因此，在小比例尺普通地理图上，等高线具有地形类型线的含义。这一点是阅读使用普通地理图必须理解和认识的。

不采用固定等高距。一般比例尺愈小等高距应愈大，另一方面受地形类型的影响，例如平原地区高差小，等高距应该小，高山地区高差大，则应选用较大的等高距，即一般随着地面高程的增大而等高距亦扩大。

2、分层设色法

3、晕渲法

三、居民点要素

地理图上居民地的分类主要是根据人口数量和行政意义这两种标志。

目前我国出版的地理图对居民点人口等级的划分，通常采用以下几级：

1 万以下、1—5 万、 5—10 万、10—50 万、50—100 万、100 万以上

这种居民点人口等级的划分意义是：把 10 万人口作为城市的数量下限；把 1 万人口作为城镇与农村居民地的数量划分标志。

6.1 地形图的基本知识

1、比例尺的种类和精度

2、地物符号

3、地形图的分幅和编号

4、地形图图外注记

5、等高线

6—1—1 比例尺的种类

一、数字比例尺 二、图示比例尺

6—1—2 比例尺精度

人用肉眼能分辨的图上最小距离为 0.1mm 因此一般在图上量度或者实地测图描绘时，就只能达到图上 0.1mm 的正确性。相当于图上 0.1 mm 的实地水平距离称为比例尺精度。显然，比例尺越大，其比例尺精度也越高。不同比例尺图的比例尺精度见表所示。

比例尺	1:500	1:1000	1:2000	1:5000	1:10000
比例尺精度 (m)	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0

比例尺的精度有如下用途：

(1)按照工作要求，规定了须表示在图上的地物最短长度或测绘地物应精确到什么程度、根据比例尺精度可参考确定测图的比例尺。

(2)在已知测图比例尺的情况下，由比例尺精度可以推算测量地物时应精确的程度。

地形图按比例尺分类

大比例尺图：大于 1: 10 万的地图

中比例尺图： 1: 10 万至 1: 100 万

小比例尺图：小于 1: 100 万

也有个别部门的划分与上不同。城市规划及其他工程设计部门常把大于 1: 1 万的地图称为大比例尺图；1: 1 万至 1: 5 万为中比例尺图；小于 1: 5 万为小比例尺图。

地形图图式

6—2 地物符号

一、比例符号

二、非比例符号

三、半依比例符号

6.2.2 地貌符号

1) 等高线原理 等高线是地面相邻等高点相连接的闭合曲线。一簇等高线，在图上不仅能表达地面起伏变化的形态，而且还具有一定立体感。

2.等高距和等高线平距 相邻等高线之间的高差 h ，称为等高距或等高线间隔，在同一幅地形图上，等高距是相同的，相邻等高线间的水平距离 d ，称为等高线平距。由图可知， d 愈大，表示地面坡度愈缓，反之愈陡。坡度与平距成反比。

用等高线表示地貌，等高距选择过大，就不能精确显示地貌；反之，选择过小，等高线密集，失去图面的清晰度。因此，应根据地形和比例尺参照表选用等高距。

4.等高线的分类

(1) 首曲线

按上表选定的等高距称为基本等高距，同一幅图只能采用一种基本等高距。等高线的高程应为基础等高距的整倍数。按基本等高距描绘的等高线称首曲线，用细实线描绘；

(2) 计曲线

为了读图方便，高程为 5 倍基本等高距的等高线用粗实线描绘并注记高程，称为计曲线；

(3) 间曲线和助曲线

在基本等高线不能反映出地面局部地貌的变化时，可用二分之一基本等高距用长虚线加密的等高线，称为间曲线；更加细小的变化还可采用四分之一基本等高距用短虚线加密的等高线，称为助曲线。

有关等高线的计算

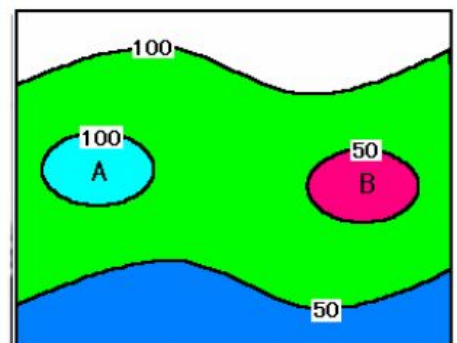
(1) 推算某一条等高线的高程值

A、推算等高线的值：

在同一幅等高线图上，等高距是相同的，相邻两等高线之间的数值差为 0（如在鞍部）或相差一个等高距。知道任一条等高线和等高距，可推算出该图上其他等高线的值。

位于两条等高线之间的等高线闭合区域：

- ◆若其高度值与两侧等高线中的较低值相等，则闭合区域内的高度值低于其等高线的高度值；
 - ◆若其高度值与两侧等高线中的较高值相等，则闭合区域内的高度值高于其等高线的高度值；
- （即“低的更低，高的更高”。）



（2）坡度大小即坡度角的计算

\tan 坡度角=两点之间的高差/两点之间的水平距离

坡度的表示方法有百分比法、度数法、密位法和分数法四种，其中以百分比法和度数法较为常用。

(1) 百分比法 表示坡度最为常用的方法，即两点的高程差与其水平距离的百分比，其计算公式如下：坡度 = (高程差/水平距离) $\times 100\%$ 即： $i=h/l \times 100\%$

例如：坡度 3% 是指水平距离每 100 米，垂直方向上升(下降)3 米；1%是指水平距离每 100 米，垂直方向上升(下降)1 米。以次类推！

(2) 度数法 用度数来表示坡度，利用反三角函数计算而得，其公式如下：

$\tan \alpha$ (坡度) = 高程差/水平距离 α (坡度) = \tan^{-1} (高程差/水平距离)

不同角度的正切如下：

角度	正切
5°	9%
10°	18%
30°	58%
45°	100%

等高线地形图的实际应用

1.与气候结合：

A.海拔高的地区应考虑气温的垂直递减。 $0.6^{\circ} \text{C}/100\text{m}$

B.山区应考虑迎风坡和背风坡。(降水量的差异)

C.盆地不易散热，又容易引起冷空气的滞留等。

2.与河流水文结合：

A.由山谷的分布，判断河流的位置及流向。河流流向与等高线凸出方向相反

B.水库库址选择：河谷、山谷地区“口袋形”洼地或小盆地（库容大，有较大的集水面积）

C.拦河坝址选择：一般选在峡谷地段，避开断层、喀斯特地貌等（水平距离窄，垂直落差大）

3.与地区规划结合：

A.建铁路、公路应建在坡度平缓的地区；翻山时应选择缓坡，并通过鞍部。

B.港口应考虑：避风的海湾，避开含沙量大的河流(以免引起航道淤塞)。海滨浴场一般选在海滨缓坡沙岸

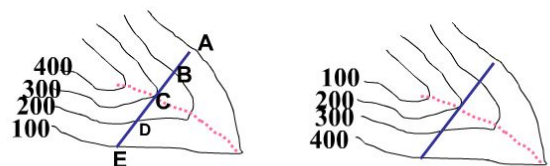
C.平原地区发展耕作业，山地、丘陵发展林业。

等高线的绘制方法：

(1) 首先描绘出地性线（山脊线、山谷线）。

(2) 再在相邻碎部点之间内插出等高线。

山脊线与山谷线的判断



方法1 山脊部位等高线向低处凸出，山谷部位等高线向高处凸出

方法2 内部等高线海拔高，外围海拔低，即“内高外低”为山脊；外围等高线海拔高，内部海拔低，即“外高内低”为山谷。

1、等高线的基本特性

- ①**同线等高** :同一条等高线上的各点等高，并以海平面作为零米。
- ②**等高距全图一致** :等高距即指两条相邻等高线之间的**高度差**。例如三条等高线的海拔为**500米、600米、700米**，则等高距为**100米**。
- ③**等高线是封闭的曲线**:无论怎样迂回曲折，终必环绕成圈，但在一幅图上不一定全部闭合。
- ④**等高线不能相交**:因为一般情况下，同一地点不会有两个高度。但在**陡崖处**,等高线可以重合。

- ⑤**等高线疏密反映坡度缓陡**：等高线**稀疏**的地方表示**缓坡**，**密集**的地方表示**陡坡**，间隔相等的地方表示**匀坡**。
- ⑥**等高线与山脊线或山谷线垂直相交**：等高线穿过山脊线时，山脊线两侧的等高线略呈平行状。等高线穿过山谷(山谷线或集水线)时，向上游弯曲，成反**V**字形。
- ⑦两对等高线凸侧互相对称时，为山岳的**鞍部**，也叫山的**垭口**。
- ⑧**示坡线表示降坡方向**：示坡线是与等高线垂直相交的短线，总是指向海拔较低的方向，有时也叫做降坡线。
- ⑨特殊等高线：**200米**区分**平原**和**丘陵**，**500米、1000米**线显示**低山丘陵**或高原，**2000米、3000米**线反映中山和高原，**4000米**反映青藏高原和高山的特征

6—2—1 矩形分幅和编号

为了适应各种工程设计和施工的需要，对于大比例尺地形图，大多按纵横坐标格网线进行等间距分幅，即采用正方形分幅与编号方法。图幅大小如表所示。

正方形分幅的图幅规格与面积大小

地形图比例尺	图幅大小 (cm)	实际面积 (km ²)	1：5000图幅包含数
1：5000	40×40	4	1
1：2000	50×50	1	4
1：1000	50×50	0.25	16
1：500	50×50	0.0625	64

也可以采用基本图号法编号，即以**1：5000**地形图作为基础，较大比例尺图幅的编号是在它的编号后面加上罗马数字。

例如，一幅**1：5000**地形图的编号为**20-60**，则其它图的编号见图

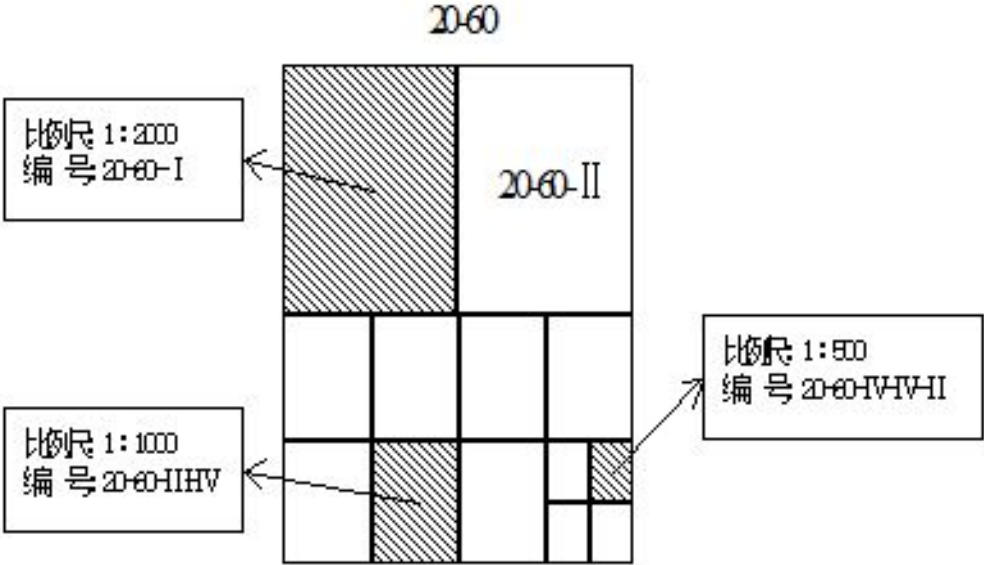


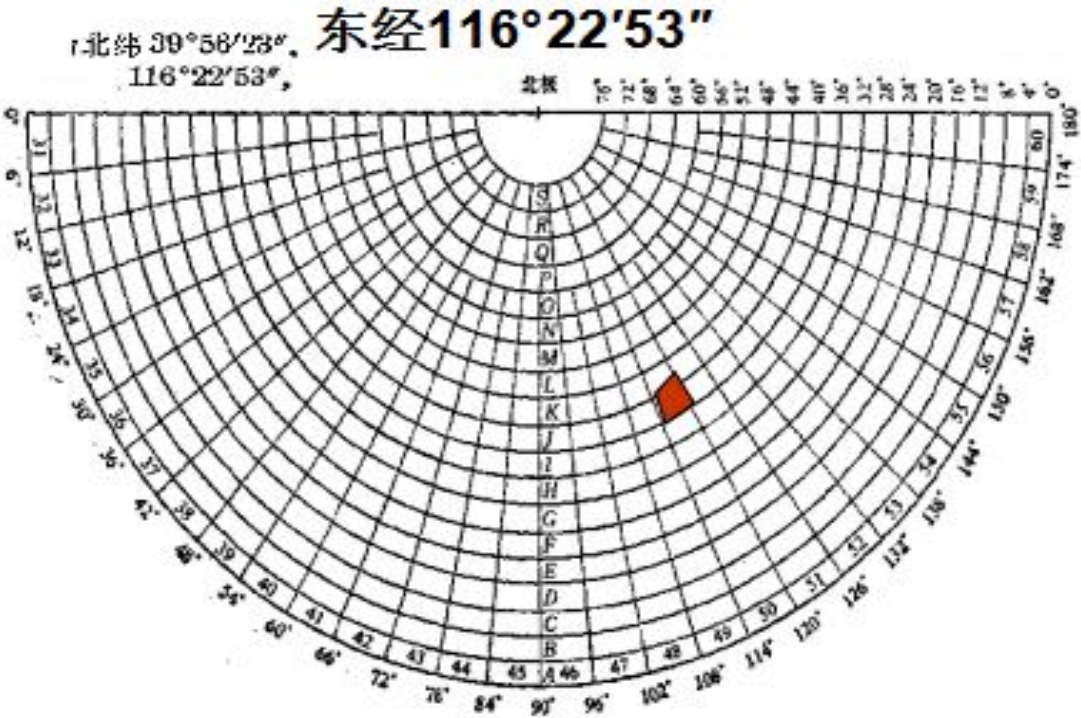
图9·4 1:500基本图的分幅编号

图幅的编号一般采用坐标编号法

由图幅西南角纵坐标 x 和横坐标 y 组成编号，1:5000 坐标值取至 km，1:2000、1:1000 取至 0.1km，1:500 取至 0.01km。例如，某幅 1:1000 地形图的西南角坐标为 $x=6230\text{km}$ 、 $y=10\text{km}$ ，则其编号为 6230.0—10.0。

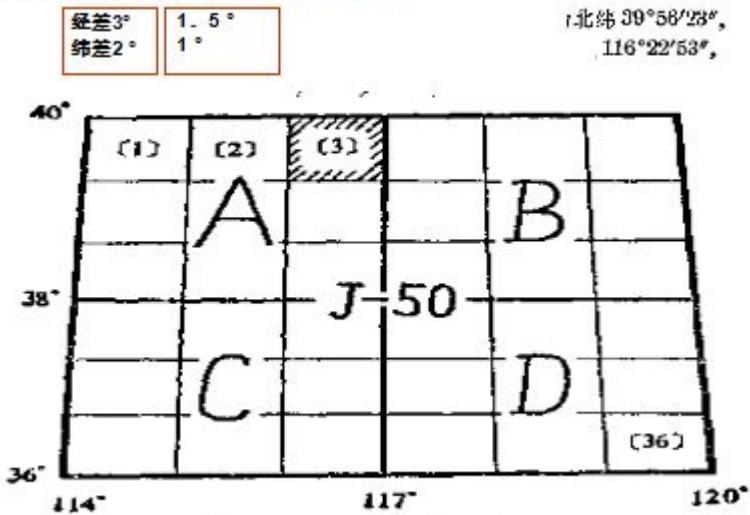
2. 地形图的梯形分幅和编号

一、1:100 万地形图的分幅和编号经差 6° ，纬差 4° 。编号规则：由 180° 经线由西向东（逆时针）每隔 6° 划分一行，全球共 60 行，从 1—60 编号。从赤道起，纬差 4° 为一列，用 A、B...V 表示。如 J—50



计算广东某处的地理位置为北纬 22° 36′ 10″，东经 113° 04′ 45″
求 1:100 万的图幅号

二、1: 50万、1: 25万地形图的分幅与编号



三、1: 10万地形图的分幅与编号

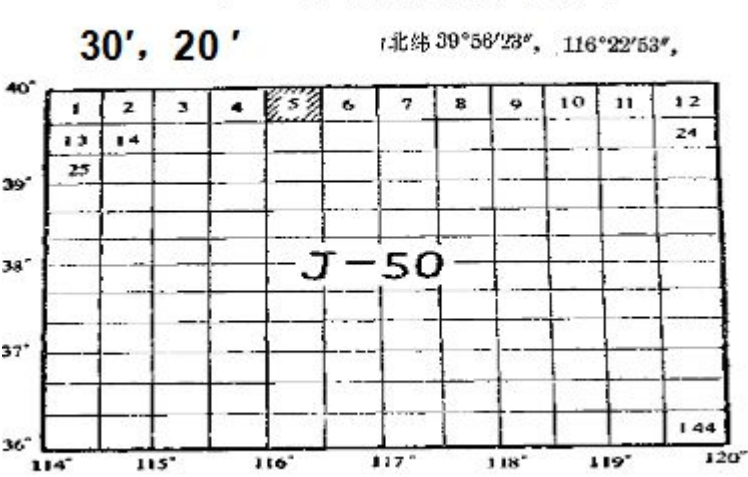


图 7-18 1:10 万图分幅

- 2—2—2 国家基本比例尺地形图新的分幅与编号
- 我国 1992 年 12 月发布，1993 年 3 月起实施新的分幅编号对照以前有如下的特点：
- ①、1: 5000 地形图列入国家基本比例尺地形图系列，使基本比例尺地形图增至 8 种。
 - ②、分幅虽仍以 1: 100 万地形图为基础，经纬差也没有改变，但划分的方法不同，即全部由 1: 100 万地形图逐次加密划分而成；此外，过去的列、行现在改称为行、列。
 - ③、编号仍以 1: 100 万地形图编号为基础，后接相应比例尺的行、列代码，并增加了比例尺代码。因此，所有 1: 5000~1: 50 万地形图的图号均由五个元 10 位代码组成。编码系列统一为一个根部，编码长度相同，计算机处理和识别时十分方便。

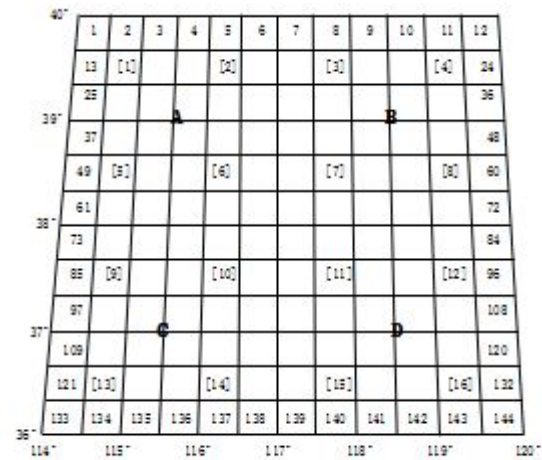
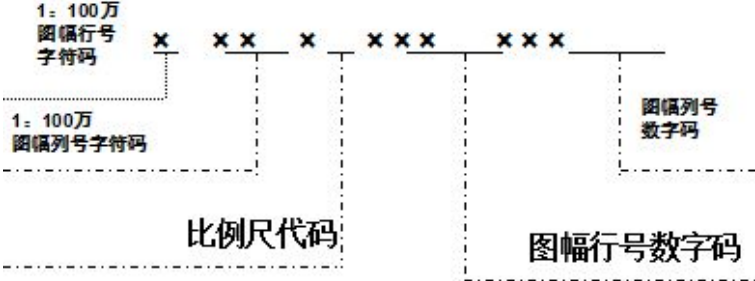


图9-2 1: 50万、1: 25万、1: 10万比例尺地形图的分幅和编号

表9-3 我国基本比例尺代码

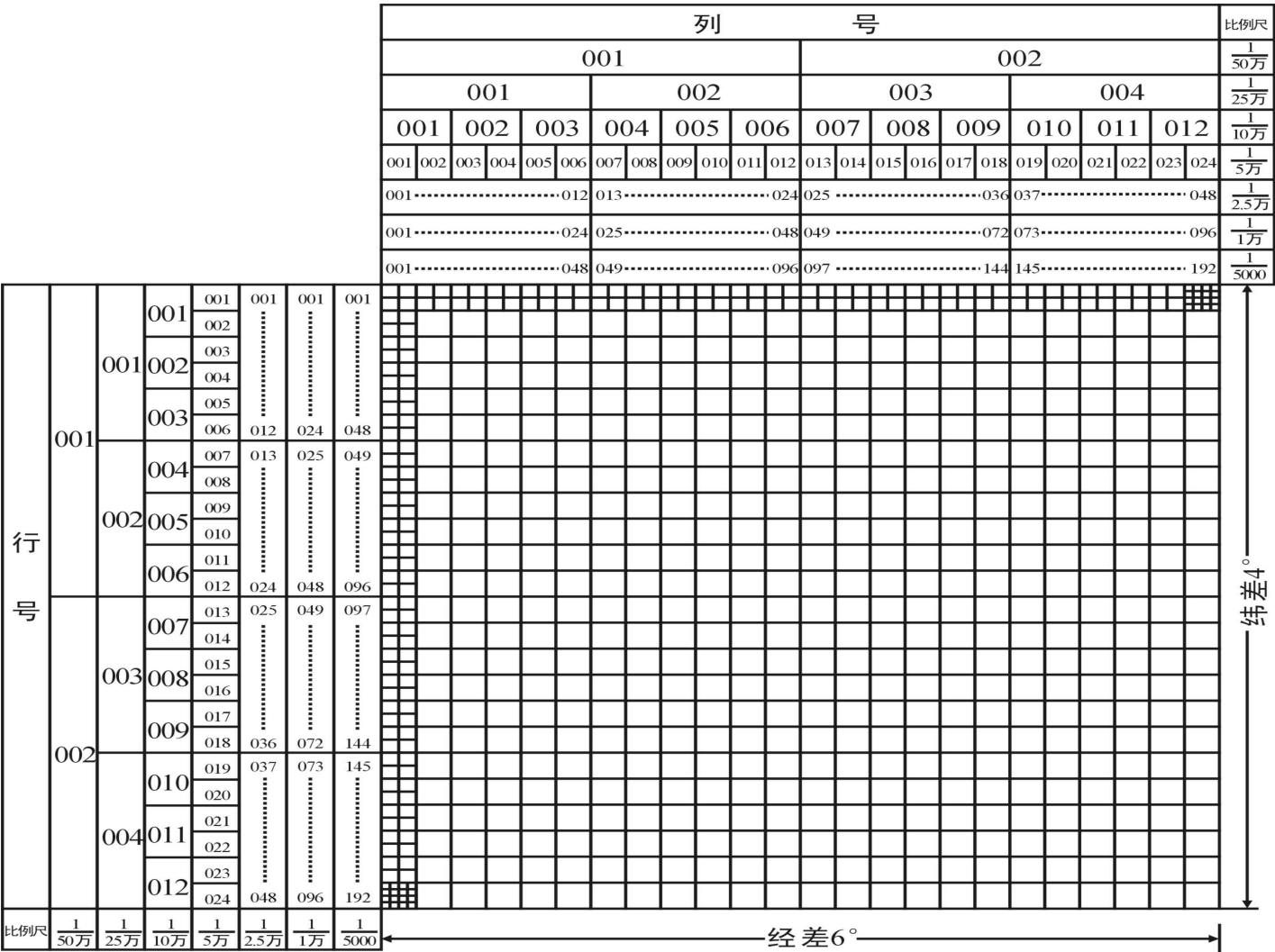
比例尺	1: 50万	1: 25万	1: 10万	1: 5万	1: 2.5万	1: 1万	1: 5000
代 码	B	C	D	E	F	G	H



例：北京1：50万编号为：J50B001002
1：25万编号为：J50C。。。.
1：10万编号为：J50D001005
1：5000编号为：J50H001075

表9-2 我国基本比例尺地形图分幅

地形图 比例尺	图幅大小		1：100万图幅包含关系		
	纬差	经差	行数	列数	图幅数
1：100万	4°	6°	1	1	1
1：50万	2°	3°	2	2	4
1：25万	1°	1° 30′	4	4	16
1：10万	20′	30′	12	12	144
1：5万	10′	15′	24	24	576
1：2.5万	5′	7° 30′	48	48	2304
1：1万	2′ 30″	3′ 45″	96	96	9216
1：5000	1′ 15″	1′ 52.5″	192	192	36864



第三节 地形图图外注记

在地形图的图框外有许多注记，如图号、图名、接图表、图廓、坐标格网、三北方向线等。

图面配置

一、地图符号的构成

地图符号的视觉变量

大小 形状 纹理 图案 色别 亮度 饱和度

点、线、面状符号及其视觉变量

六、地图注记

地图注记的要素：包括字体、字级和排列（定位）

字体：我国出版地图上的文字注记，经常使用的主要有宋体、等线体、仿宋体和横线体。宋体分细宋、中宋和粗宋体三种；等线体也分为三种，有细等线、中等线和粗等线；仿宋体有长仿宋和方仿宋体两种；横线体只有一种。这些字都是通过排字机照像排字获得的。

（1）宋体字：字形方正，横细竖粗。一般不做最高等级的注记字体，因为这种字体大了，不如等线体粗壮，显得软弱无力。也不宜做最低级的注记，因为这种字体太小了，笔锋装饰较多，不易印刷清楚。

（2）等线体字 特征是：字形端正，横平竖直、笔划等粗、粗壮醒目。是地图上应用最多的现代字体；粗等线体庄严有力，可做标题、图名和大居民地的注记；中等线体字笔划均匀，是图面上较大居民地注记的重要字体；细等线体清秀明快，是地图上最小注记的基本字体。

字级：基数是 0.25 毫米为一级，如 7 级，就是 $7 \times 0.25 = 1.75$ 毫米。

专题地图的图面配置：图面配置比较复杂，不但各种图面要素的摆放位置比较灵活，其表现形式的装饰性也要求较高。

1 图名

通常图名中包含两个方面的内容，即制图区域和地图的主要内容，例如《广东省水利工程图》，使读者从图名中就可以领会地图所描绘的基本内容。

但是，如果是普通地理图或是常见的政区图，有时也可以只用其区域范围来命名，如《通山县地图》。

地形图往往选择图内重要居民地的名称作为图名，该图幅如果没有居民地，则选择区域的自然名称，重要山峰名称等作为图名。大区域的分幅小比例尺普通地理图也使用地形图选择图名的原则。

放置：图名可以置于图外，也可以置于图内。若图廓外有放置图名的足够位置，就应把图名置于北图廓外，这样比较醒目。

置于图外时，通常都是将图名放在北图廓外居中的位置，距外图廓的间隔约为 $1/3$ 字高。放在图内时，则一般安置在右上角或左上角，可以用横排的形式，也可以用竖排的形式。排在图廓内的图名，可以分为有框线和无框线的。有框线时框线的间隔为字高的 $1/3$ 左右，无框线指的是把图名嵌入地图内容的背景中，整个图名不再加框线。这种方式在挂图和满幅印刷(无图廓线)的地图上使用得较多。

2 图廓

内图廓通常是一条细线并常附以分度带。

外图廓的种类则比较多，地形图上只设计一条粗线，挂图则多饰以花边。

3.附图、图例、图表和文字说明

挂图一般需要配置一定数量的附图、图例、图表和文字说明。

1. 附图

附图通常包括以下几类：

位置图：例如广东省在全国的位置。有的附在图廓外的空边上，指出本图及四邻的图名或图号；有的是绘出较大区域的分幅略图，从中突出显示出本幅图的位置；有的则是在图廓四周

注出邻幅的图号或图名，这也能起到接图表的作用。

重点区域扩大图：本图制图区域中的某些重点区域，需要用较大的比例尺详细表达。这类附图通常包括重要城市的街道图，市区图，某一重点区域(风景区、工矿区、灌区等)的地图等。

行政区划略图：在小比例尺地图上，由于包括的区域范围较大，行政区划的单位较多，而每个单位的图面范围比较小，不可能一一配置图面注记。这时，往往在图面上的某处配置一个行政区划略图，专门对其行政区划情况加以说明。

某要素的专题地图：以附图的形式说明某一要素，作为对主图内容的补充。

例如，在省级普通地理挂图上附以本省同国内、外航空联系的示意图；政区图上配置地势图作为插图等

嵌入图：由于制图区域的形状、位置以及地图投影、比例尺，和图纸规格等的影响，需要把制图区域的一部分用移图的办法配置(嵌入)在图廓内较空的位置，以达到节省版面的目的。在严格的意义上移图是主图的一部分，这里只从图面配置角度看把它作为附图。移图部分可以采用缩小的比例尺和另一种投影，例如《中华人民共和国地图》上把南海诸岛作为嵌入图移到主图的图廓内，世界地图上嵌入两个以方位投影编制的南、北极地图等

2. 图例

地形图和分幅地图的图例常放在图廓外的某个位置，内分幅地图的图例则常放在图廓内主区外的某个空闲的位置上。

图例应当包含地图上的全部内容，阐明各要素的意义和它们的分类。

符号的编排要有严密的分类、顺序，并体现各种符号的内在联系。图例中的符号可以根据其内容分为若干组，每组还可以冠以小标题，也可以连续排列。通常都是把重要的符号排在前面，例如，普通自然地理图把自然地理要素，而且首先是把对其他要素起制约作用的水文要素排在前面，行政区划图则是把行政中心和境界线排在前面。

有些专题地图上，为了不分散读者的注意力，图例中只排有关专题内容的符号，而不排地理基础底图上所用的符号。这时其符号的排列可以按重要性分类、分级编成组排列，也可以按点、线、面符号分组排列。

图例、图解比例尺和地图的高度表都应当尽可能集中在一起，在图内的主区之外或图外空边上系统编排，但是当符号的数量很多时(有的地图上多达数百种)，也可以把图例分成几个部分分开安置，这时要注意读者读图的习惯，即从左向右有序编排。

3. 图表和文字说明

为了帮助读图，往往配置一些补充性的统计图表，另一类图表是作为量图工具使用的，如坡度尺、坐标尺、图解比例尺等。

文字说明，这类说明的内容常常涉及诸如编图使用的资料及其年限，地图投影的性质，坐标系和高程系，编图过程及编绘、出版单位等

附图和图表的数量不宜过多，以免充塞图面。配置附图和图表时要注意图面上的视觉平衡。

专题内容的表示方法-专题地图的编制

1、概述

2、点状分布现象表示法——点状符号法

3、线状分布现象表示法——线状符号法

4、面状分布现象表示法

一、专题地图的基本特征

1、地理底图+专题内容 2、表示的内容 3、表示方法与符号

地理底图：是专题地图的控制基础与骨架，对专题内容起空间定位与控制作用；同时还反映专题地图的专题内容同地理要素整体之间或某个要素之间的关系。

地理底图的种类

工作底图：供专题地图编稿用，亦称编稿底图。为了供专题内容定向、定位，各地理要素表示得尽可能详细；有时直接采用相应的大中比例尺地形图或中小比例尺普通地图(包括复照晒蓝图或静电复制图)。

正式底图(出版底图)：供正式出版用。为了不干扰专题内容，地理要素的内容作了一定取舍与概括，内容相对比较简单，但要求保持一定制图精度，线画、符号和注记应符合出版要求。

专题内容的表示方法

地图传输给读者基本的信息是：

- 1、这是什么？（质量）
- 2、分布在哪里？（位置）
- 3、数量多少？（量）
- 4、如何发展变化？（动态）

每一种方法都根据这四点去确定。客观事物又分成点状、线状、面状。

一、点状分布现象表示法——定点符号法

- 1、质：符号法通过符号不同形状、颜色或结构（晕线、花纹、图案）反映要素类别或质量；
- 2、位置：符号精确绘制在现象所在的中心位置上。
- 3、数量：符号的大小或颜色的深浅来反映要素的主次等级或数量差异。
- 4、动态：以符号扩展的图形表示要素的发展变化。

定点符号法的不足之处是符号图形在图上所占的位置较大，特别是当许多大小不同、形状不一的符号并存时，容易发生重叠或挤压，从而使现象的定位较为困难。

符号法种类

1. 形状符号——表示质量
2. 比率符号——表示数量
3. 结构符号——表示多种类别
4. 扩展符号——表示发展动态

结构符号——表示多种类别

用来反映组成整体的各个部门及其在整体中所占的比例，即将整个符号（圆形、环形、方或柱形）按现象内部组成所占百分比划成几个相应部分，然后在其中填绘不同线划或点等。

扩展符号——表示发展动态

比率符号

（1）绝对连续比率符号

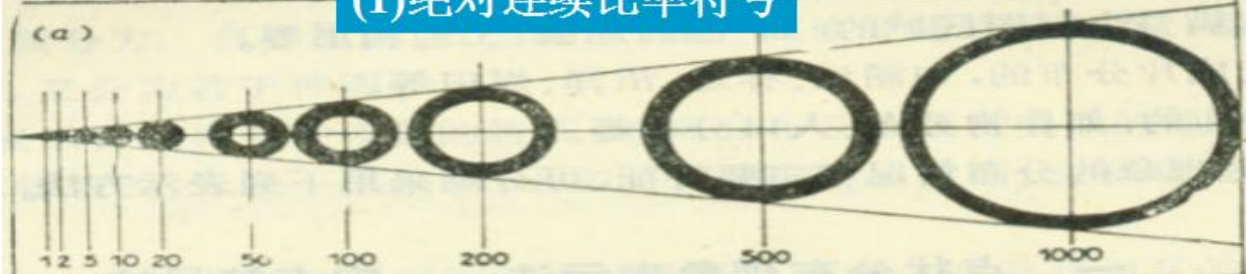
符号的面积比等于其代表的数量比，且只要有一个数量指标，就必然有一个一定大小的符号来代表。该符号有太多缺点，符号太大或太小，很难表示清楚

（2）绝对比率分级符号

（3）任意比率符号

- 1、尺寸：符号的尺寸不与所代表的数量成正比，而是任意规定的。
- 2、尺寸的设计：先规定两个极值的符号尺寸，介于极值之间的其它各值则取其中适当尺寸。
- 3、任意比率符号也有连续的和分级的两种。分级符号的级数不宜过多，一般以 5—7 级适宜。

(1)绝对连续比率符号



(2)绝对分级比率符号



(3)任意连续比率符号



(4)任意分级比率符号

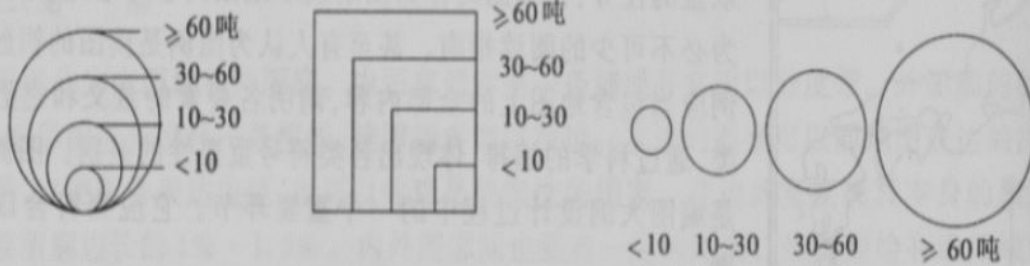


图 8-13 分级比率符号的标注

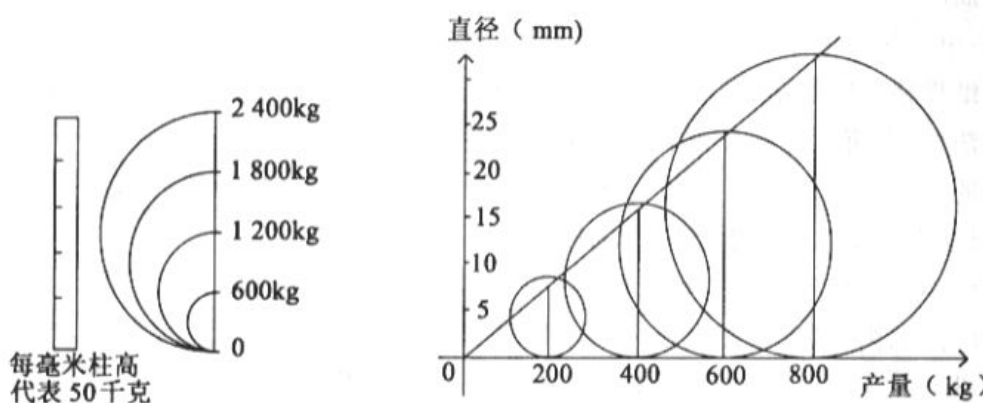


图 8-12 对绝对连续比率符号的说明

分级比率，不管绝对还是任意，图例中都必须绘出所有等级符号的大小并注明其代表的数量。

由于绝对连续比率符号计算工作量大，一般不单独作图，而是和分级比率符号结合使用。如作人口图时，大城市用绝对连续比率符号，其他城市用任意分级比率符号。这种方法能给读者以各居民点人口多少的直观形象，但无法判断人口分布的密度差异，这时可加上点数法。

二、线状分布现象表示法——线状符号法

1、质：线状符号的图形和颜色

2、分布：有时位于所描绘的现象的一侧，如海岸类，形成一定宽度的色带；有时符号的中心线表示现象的实际位置，如交通线。

3、数量：一般不表示数量指标。如符号的粗细或浓淡不同的颜色用来区分主要和次要等级。

4、动态：见动态符号法

三、面状分布现象表示法

有表示分布范围为主的范围法、表示质量差异的质底法、表示要素的数量差异的点值法、图表法、分级比值法、定位图表法、等值线法等。

A 范围法

1、表示某种在制图区域内间断成片分布的现象如动物分布、森林分布等。

2、符号：用轮廓线、颜色、晕线、注记和图形等表示。

3、界线：有精确的和概略的两种。精确的范围在界线内绘颜色、晕线、花纹或加文字注记；概略范围仅大概表示出现象的分布范围，无明确的轮廓界线，采用虚线、点线表示轮廓范围。→既可独立表示一种现象，又可与其他表示方法配合在一起，显示几种不同现象的重合关系。

B 质底法：

1、表示：全制图区域的现象，不留任何空白。

2、符号：不同底色或不同晕线、花纹乃至注记等。

3、使用：用于土地利用图、行政区划图

C 点值法：

1、符号：点

2、适用于表示分布不均匀的事物，如人口分布、作物分布等。

3、从图上点子的疏密可以看出现象的集中或分散的程度。

4、数量与动态的表示

确定点的大小及每点代表的数值的方法 先在制图区内选定一个现象分布密度最大的小范围，在这小范围内，以直径大于 0.4mm 的点子较靠紧地均匀布点。然后把这小范围内现象的数量总和，除以布置其内的点子数，得出每点代表的数值，并凑整到便于计算的整数。

点值法布点方法 以行政区划为单位布点：一是均匀布点法，另一种是定位布点法

当点较多时，为便于计算，在一幅图内还可设计几种不同点径的点，分别代表不同的点值，并在图内注明大点的值是小点的值的若干倍，或每种点径的点各代表多少数值；也可另设一种符号表示更大的数值（球体和立方体的标度是使它们的半径与数据的立方根成比例。用于值域相差很大的数据，如 10 和 10000）

D 分区统计图表法

1、表示区域：按行政区划单位

2、符号：统计图表或图形，几何符号图形，也有使用象形符合的，还可用小方形或小立方块堆砌成的集合符号。

3、表示数量：图形尺寸的大小可用绝对比例或绝对分级比例符号或相对比例符号表示

4、动态：用由小到大的渐变图形或图表反映不同时期内现象的发展动态

E 分级比值法

用来表示面状分布要素的相对数量。

分级统计图法一般用于表示现象数量的相对指标，其制图步骤如下：

（一）计算各统计区域内两个有关数量的比值，即相对指标。如百分比、密度等。

(二) 将比值进行分级

(三) 确定每级采用的颜色或晕线，但必须运用颜色的深浅或亮度、晕线的疏密变化，使视觉上形成多少和大小的等级效果；

(四) 将设计的颜色和图案绘在相应级别的范围内。作图时，要求编稿底图具备与统计数量相同的区域单元的界线。

绘制时确定分级是一项重要的工作。

1、分级的方法：等差分级、等比分级、任意分级

等差分级，即各级间距完全相等，如 0-10、10-20、20-30 等。

等比分级是各级间距成倍增加，如 10-100、100-1000、1000-10000。

2、如何选择：

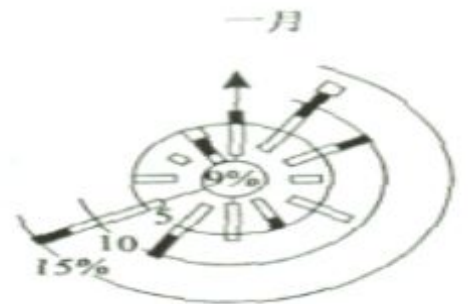
数量变化比较均匀，宜采用等差分级；数量变化从小到大急剧增大，则宜采用等比分级。

3、分级数的确定：5——7 级

F 定位图表法

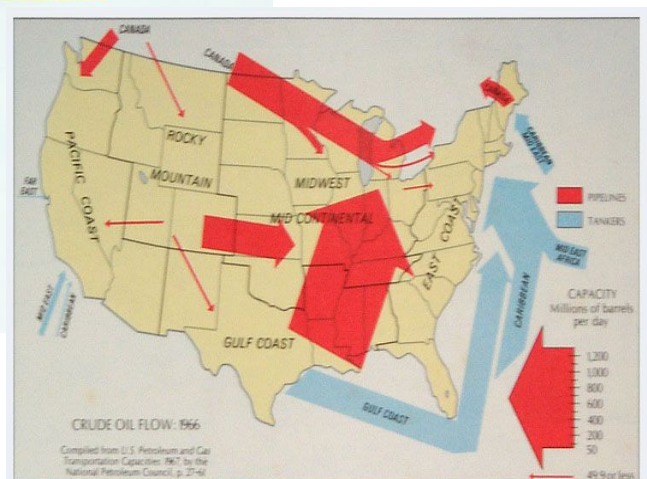
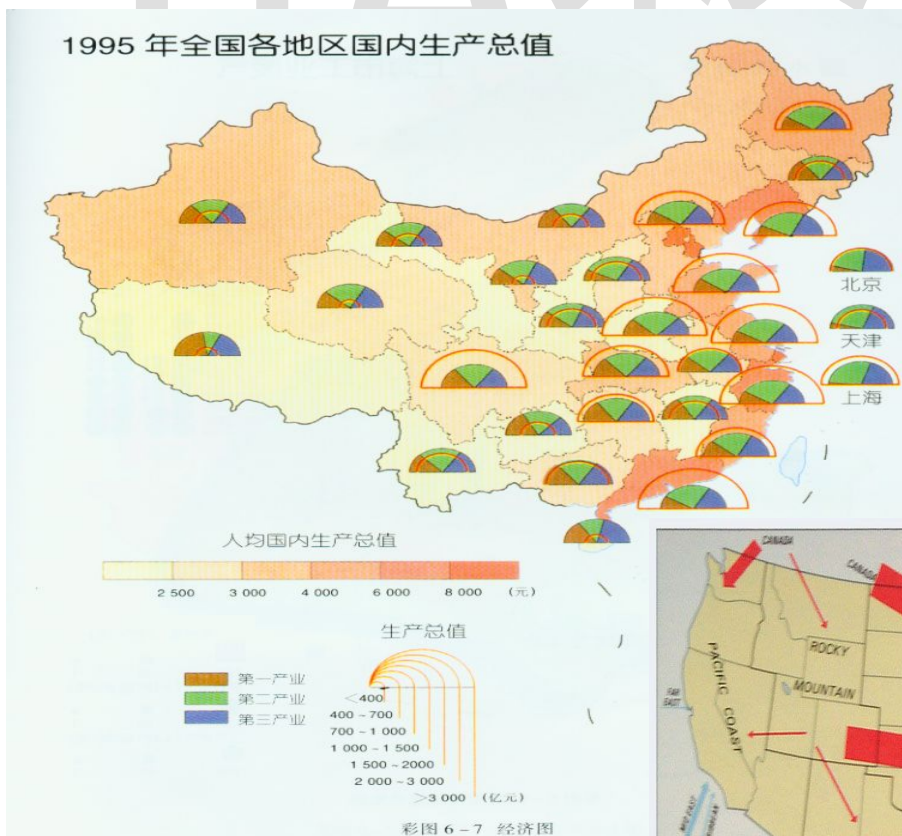
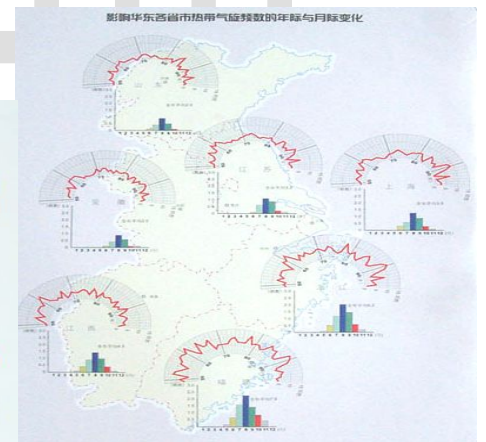
该现象的数量特征，或在一定周期内数量上的变化。它主要适用于水文气象制图，如风向图、四季降雨日数图等。

图是某点上的风向和风速的玫瑰形图表，表明该点(台站)上无风日占 9%，标注在中心，其余的 81%是有风的，其方向用 12 个方向划分；每个方向的风发生的频率用柱长表示，每毫米代表 1%；构成柱子的四种形式——细实线、空白柱、实心柱、加宽柱分别代表微风、中风、大风和飓风。



G 等值线法

数值相等各点的连线，有等高线、等深线、等温线、等压线等



四、动态现象表示法——动线法

专题地图的基本特征

与普通地图相比，具有下列特征

- (1) 专题地图表示了普通地图各要素中的某一种或某几种相互有关的要素，其它要素仅予适当表示，甚至根本不予表示。
- (2) 专题地图的主要内容，大部分是普通地图上所没有的，以及在地面上不能直接观察到的，如人口密度、民族组成、环境污染、工农业产量和产值；或存在于空间而无法直接进行量测的，如气候变迁；或者是不可重现的历史事件，如战役发展、历史演变等。
- (3) 专题地图不仅可以表示现象的现状、分布规律及其相互联系，而且还能反映现象的动态变化与发展规律，有助于预测预报。
- (4) 专题地图具有主题多样化、一幅地图内容专门化、表示方法各异和多层平面的特点，通过符号的图形、颜色和尺寸的变化，使专题内容突出于首层平面，而地理底图要素则以较浅的颜色作为一种背景要素退居于第二层或底层平面。
- (5) 专题地图内容的取材广泛，遍及人类社会的各个领域；编图资料多为各个学科的科研成果、文献记载、专题论著、统计资料与其图表、勘测资料、地图和遥感图像等。
- (6) 专题地图除应用普通地图的部分符号外，还设计了种类较多的专门符号与特殊的表示方法；特别是应用电子计算机制图，可以编制出图型新颖的专题地图。



