

477

3-8-20
917

高等学校测绘类系列教材

数字测图原理与方法

潘正风 杨正尧 编著

武汉大学出版社

第一章 基本知识

§ 1.1 地球形状和大小

测量工作的主要研究对象是地球的自然表面,但地球表面形状十分复杂。通过长期的测绘工作和科学调查,了解到地球表面上海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%,世界第一高峰珠穆朗玛峰高达 8 848.13m,而在太平洋西部的马里亚纳海沟深达 11 022m。尽管有这样大的高低起伏,但相对地球庞大的体积来说仍可忽略不计。因此,测量中把地球总体形状看做是由静止的海水面向陆地延伸所包围的球体。

地球上的任一点,都同时受到两个作用力,其一是地球自转产生的离心力;其二是地心引力。这两种力的合力称为重力,重力的作用线又称为铅垂线(图 1-1a)。

铅垂线是测量工作的基准线,用细绳悬挂一个垂球 G ,其静止时所指示的方向即为悬挂点 O 的重力方向,也称为铅垂线方向(图 1-1b)。

处于自由静止状态的水面称为水准面。由物理学知道,这个面是一个重力等位面,水准面上各点处处与点的重力方向(铅垂线方向)垂直。在地球表面上、下重力作用的范围内,通过任何高度的点都有一个水准面,因而水准面有无数个。

在测量工作中,把一个假想的、与静止的海水面重合并向陆地延伸且包围整个地球的特定重力等位面称为大地水准面。通常用平均海水面代替静止的海水面。大地水准面所包围的形体称为大地体。

大地水准面和铅垂线是测量外业所依据的基准面和基准线。

由于地球引力的大小与地球内部的质量有关,而地球内部的质量分布又不均匀,致使地面上各点的铅垂线方向产生不规则的变化,因而大地水准面实际上是一个略有起伏的不规则曲面,无法用数学公式精确表达(图 1-2)。

经过长期测量实践研究表明,地球形状极近似于一个两极稍扁的旋转椭球,即一个椭圆绕其短轴旋转而成的形体。而其旋转椭球面是可以较简单的数学公式准确地表达出来。在测量工作中就是用这样一个规则的曲面代替大地水准面作为测量计算的基准面(图 1-3)。

世界各国通常均采用旋转椭球代表地球的形状,并称其为“地球椭球”。测量中把与大地体最接近的地球椭球称为总地球椭球;把与某个区域如一个国家大地水准面最为密合的椭

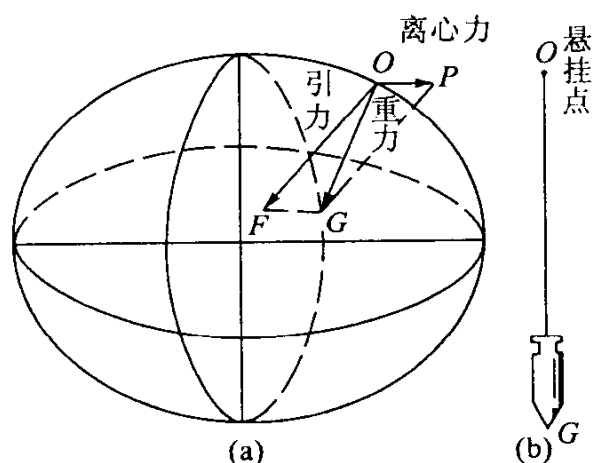


图 1-1 铅垂线方向

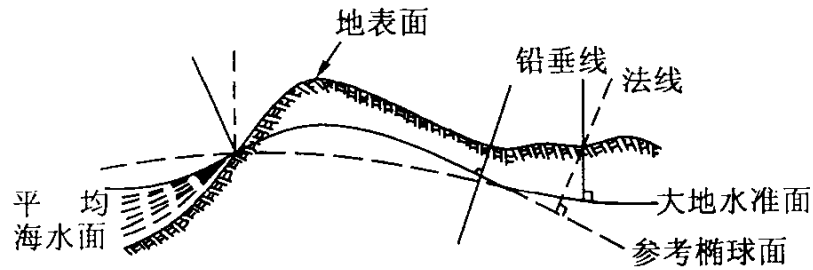


图 1-2 大地水准面

球称为参考椭球,其椭球面称为参考椭球面。由此可见,参考椭球有许多个,而总地球椭球只有一个。

椭球的形状和大小是由其基本元素决定的。椭球体的基本元素是:

长半轴 a 、短半轴 b 、扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 。

我国 1980 年国家大地坐标系采用了 1975 年国际椭球,该椭球的基本元素是:

$a = 6\,378\,140\text{m}$, $b = 6\,356\,755.3\text{m}$,
 $\alpha = 1/298.257$ 。

根据一定的条件,确定参考椭球面与大地水准面的相对位置,所做的测量工作,称为参考椭球体的定位。在一个国家适当地点选一点 P ,设想大地水准面与参考椭球面相切,切点 P' 位于 P 点的铅垂线方向上(图 1-4),这样椭球面上 P' 点的法线与该点对大地水准面的铅垂线重合,并使椭球的短轴与地球的自转轴平行,且椭球面与这个国家范围内的大地水准面差距尽量地小,从而确定了参考椭球面与大地水准面的相对位置关系,这就是椭球的定位工作。

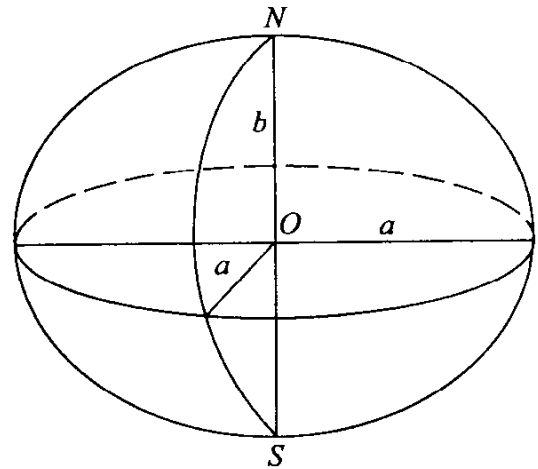


图 1-3 旋转椭球体

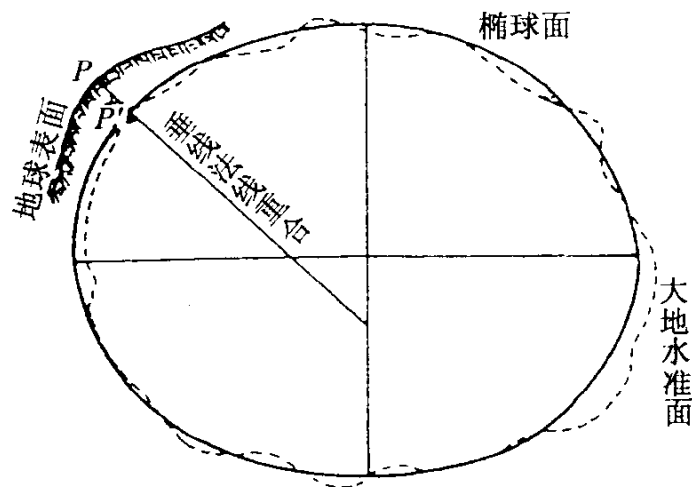


图 1-4 参考椭球体的定位

这里, P 点称为大地原点。我国大地原点位于陕西省泾阳县永乐镇,在大地原点上进行了精密天文测量和精密水准测量,获得了大地原点的平面起算数据,以此建立的坐标系称为“1980 年国家大地坐标系”。

由于参考椭球体的扁率很小,在普通测量中可把地球看做圆球体,其平均半径为:

$$R = \frac{1}{3}(a + a + b) \approx 6\,371\text{km}$$

§ 1.2 用水平面代替水准面的限度

实际测量工作中,在一定的测量精度要求和测区面积不大的情况下,往往以水平面直接代替水准面,因此应当了解地球曲率对水平距离、水平角、高差的影响,从而决定在多大面积范围内能容许用水平面代替水准面。在分析过程中,将大地水准面近似看成圆球,半径 $R=6\,371\text{km}$ 。

1. 水准面曲率对水平距离的影响

在图 1-5 中, AB 为水准面上的一段圆弧,长度为 S ,所对圆心角为 θ ,地球半径为 R 。自 A 点作切线 AC ,长为 t 。如果将切于 A 点的水平面代替水准面,即以切线段 AC 代替圆弧 AB ,则在距离上将产生误差 ΔS :

$$\Delta S = AC - \widehat{AB} = t - S$$

式中

$$AC = t = R \tan \theta$$

$$\widehat{AB} = S = R \cdot \theta$$

则

$$\Delta S = R \left(\frac{1}{3} \theta^3 + \frac{2}{15} \theta^5 + \dots \right)^*$$

因 θ 角值一般很小,故略去五次方以上各项,并以 $\theta = \frac{S}{R}$ 代入,则得:

$$\Delta S = \frac{1}{3} \frac{S^3}{R^2} \quad \text{或} \quad \frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{3} \frac{S^2}{R^2} \quad (1-1)$$

当 $S=10\text{km}$ 时, $\frac{\Delta S}{S} = \frac{1}{1\,217\,700}$, 小于目前精密距离测量的容许误差。因此可得出结论:在半径为 10km 的范围内进行距离的测量工作时,用水平面代替水准面所产生的距离误差可以忽略不计。

2. 水准面曲率对水平角的影响

由球面三角学知道,同一个空间多边形在球面上投影的各内角之和,较其在平面上投影的各内角之和大一个球面角超 ϵ ,它的大小与图形面积成正比。其公式为:

$$\epsilon = \rho'' \frac{P}{R} \quad (1-2)$$

式中, P 为球面多边形面积, R 为地球半径, $\rho'' \approx 206\,265''$ 。

当 $P=100\text{km}^2$ 时, $\epsilon=0.51''$

由上式计算表明,对于面积在 100km^2 内的多边形,地球曲率对水平角的影响只有在最精密的测量中才考虑,一般测量工作是不必考虑的。

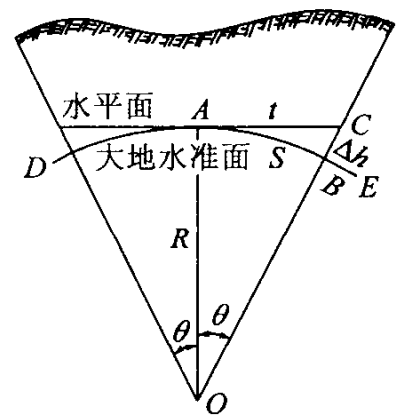


图 1-5 用水平面代替水准面

* 根据三角函数的级数公式: $\tan \theta = \theta + \frac{1}{3} \theta^3 + \frac{2}{15} \theta^5 + \dots$

3. 水准面曲率对高差的影响

图 1-5 中 BC 为水平面代替水准面产生的高差误差。令 $BC = \Delta h$,

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + t^2$$

即

$$\Delta h = \frac{t^2}{2R + \Delta h}$$

上式中可用 S 代替 t , Δh 与 $2R$ 相比可略去不计, 故上式可写成

$$\Delta h = \frac{S^2}{2R} \quad (1-3)$$

上式表明, Δh 的大小与距离的平方成正比。当 $S = 1\text{km}$ 时, $\Delta h = 8\text{cm}$ 。因此, 地球曲率对高差的影响, 即使在很短的距离内也必须加以考虑。

综上所述, 在面积为 100km^2 的范围内, 不论是进行水平距离或水平角测量, 都可以不考虑地球曲率的影响, 在精度要求较低的情况下, 这个范围还可以相应扩大。但地球曲率对高差的影响是不能忽视的。

§ 1.3 测量坐标系

为了确定地面点的空间位置, 需要建立测量坐标系。一个点在空间的位置, 需要三个量来表示。

在一般测量工作中, 常将地面点的空间位置用大地经度、纬度(或高斯平面直角坐标)和高程表示, 它们分别从属于大地坐标系(或高斯平面直角坐标系)和指定的高程系统, 即是用一个二维坐标系(椭球面或平面)与一个一维坐标系的组合来表示。

由于卫星大地测量的迅速发展, 地面点的空间位置也采用三维的空间直角坐标表示。

一、大地坐标系

地面上一点的位置(如 P), 可用大地坐标(L, B)表示。大地坐标系是以参考椭球面作为基准面, 以起始子午面(即通过格林尼治天文台的子午面)和赤道面作为在椭球面上确定某一点投影位置的两个参考面。

过地面某点的子午面与起始子午面之间的夹角, 称为该点的大地经度, 用 L 表示。(图 1-6)规定从起始子午面起算, 向东为正, 由 0° 至 180° 称为东经; 向西为负, 由 0° 至 180° 称为西经。

过地面某点的椭球面法线(Pp)与赤道面的夹角, 称为该点的大地纬度, 用 B 表示。规定从赤道面起算, 由赤道面向北为正, 从 0° 到 90° 称为北纬; 由赤道面向南为负, 由 0° 到 90° 称为南纬。

P 点的大地经度、纬度, 可由天文观测方法测得 P 点的天文经、纬度(λ, ϕ), 再利用 P 点的法线与铅垂线的相对关系(称为垂线偏差)改算为大地经度、纬度(L, B)。在一般测量工作中, 可以不考虑这种变化。

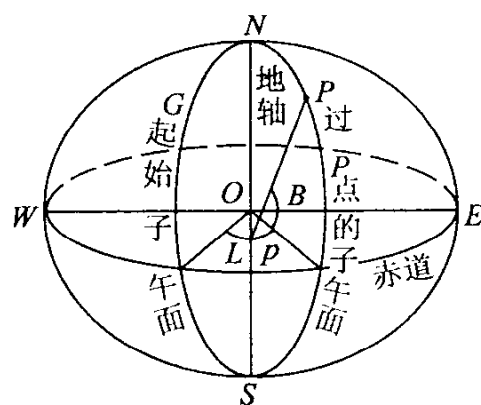


图 1-6 大地坐标系

二、空间直角坐标系

以椭球体中心 O 为原点,起始子午面与赤道面交线为 X 轴,赤道面上与 X 轴正交的方向为 Y 轴,椭球体的旋转轴为 Z 轴,指向符合右手规则。在该坐标系中, P 点的点位用 OP 在这三个坐标轴上的投影 x, y, z 表示(图1-7)。

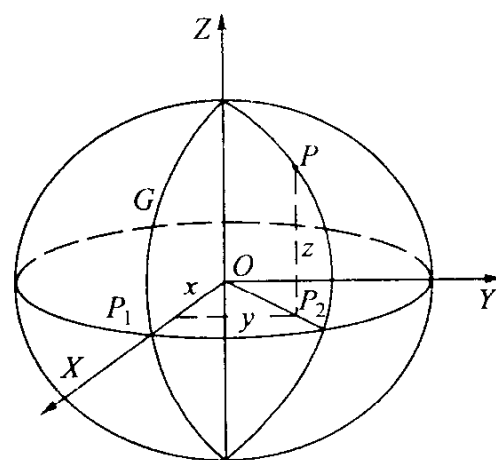


图 1-7 空间直角坐标系

三、独立平面直角坐标系

当测区范围较小时(如小于 100km^2),常把球面投影面看做平面,这样地面点在投影面上的位置就可以用平面直角坐标来确定。测量工作中采用的平面直角坐标系如图1-8(a)所示。规定:南北方向为纵轴 X 轴,向北为正;东西方向为横轴 Y 轴,向东为正。

坐标原点有时是假设的,假设的原点位置应使测区内各点的 X, Y 值为正。测量平面直角坐标系与数学平面直角坐标系的区别见图1-8。

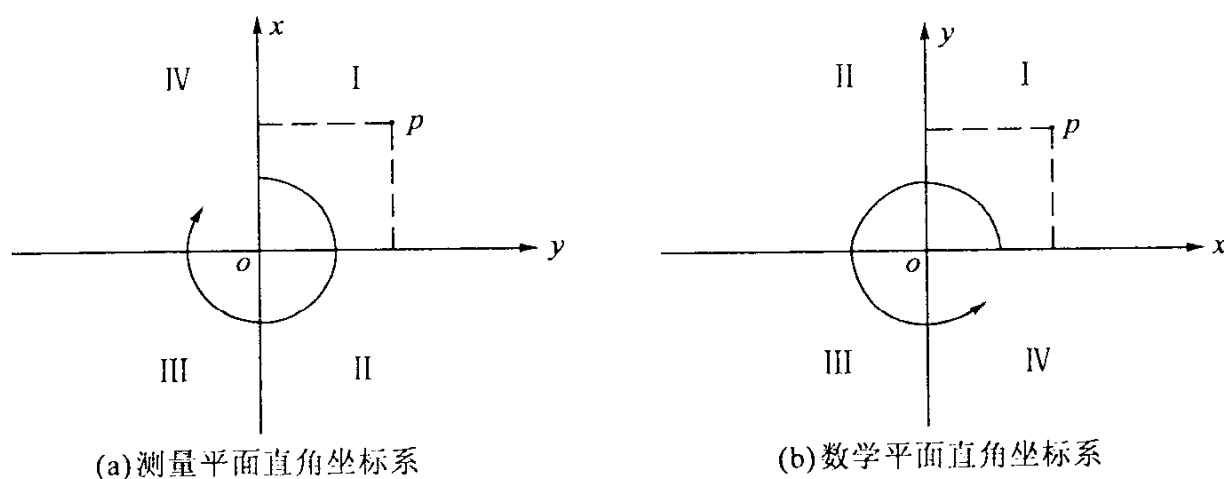


图 1-8 两种平面直角坐标系的比较

四、高斯平面直角坐标系

1. 高斯投影

高斯平面直角坐标系采用高斯投影方法建立。高斯投影是由德国测量学家高斯于1825年至1830年首先提出,到1912年由德国测量学家克吕格推导出实用的坐标投影公式,所以又称高斯-克吕格投影。

如图1-9,设想有一个椭圆柱面横套在地球椭球体外面,使它与椭球上某一子午线(该子午线称为中央子午线)相切,椭圆柱的中心轴通过椭球体中心,然后用一定的投影方法,将中央子午线两侧各一定经差范围内的地区投影到椭圆柱面上,再将此柱面展开即成为投影面。故高斯投影又称为横轴椭圆柱投影。

2. 高斯平面直角坐标系

在投影面上,中央子午线和赤道的投影都是直线。以中央子午线和赤道的交点 O 作为

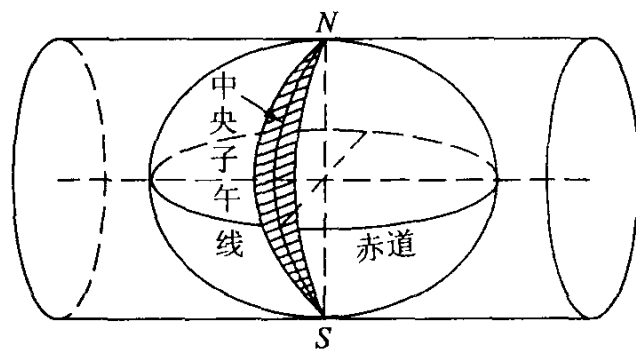


图 1-9 高斯投影

坐标原点,以中央子午线的投影为纵坐标轴 X ,规定 X 轴向北为正;以赤道的投影为横坐标轴 Y , Y 轴向东为正,这样便形成了高斯平面直角坐标系(见图 1-10)。

3. 投影带

高斯投影中,除中央子午线外,各点均存在长度变形,且距中央子午线愈远,长度变形愈大。为了控制长度变形,将地球椭球面按一定的经度差分成若干范围不大的带,称为投影带。带宽一般分为经差 6° 、 3° ,分别称为 6° 带、 3° 带(见图 1-11)。

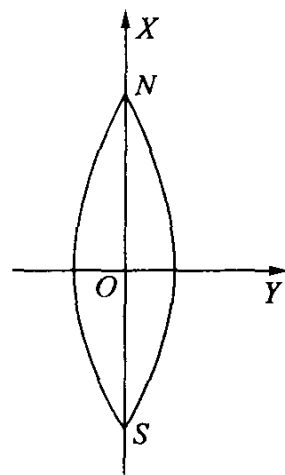


图 1-10 高斯平面直角坐标系

6° 带:从 0° 子午线起,每隔经差 6° 自西向东分带,依次编号 $1, 2, 3, \dots, 60$,各带相邻子午线称为分界子午线。带

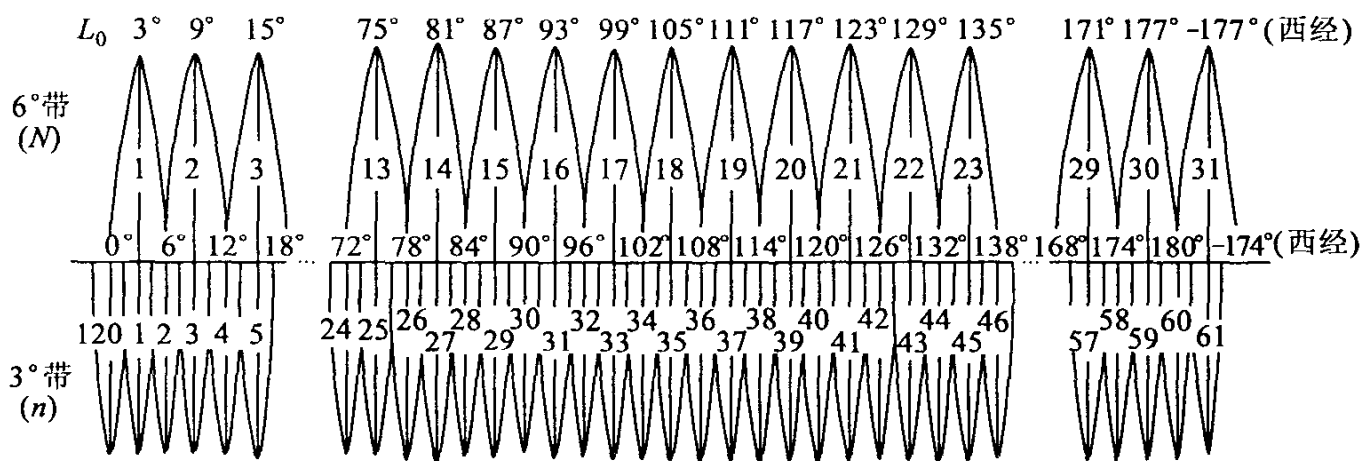


图 1-11 6° 带与 3° 带

号 N 与相应的中央子午线经度 L_0 的关系是:

$$L_0 = 6N - 3 \quad (1-4)$$

3° 带:以 6° 带的中央子午线和分界子午线为其中央子午线。即自东经 1.5° 子午线起,每隔经差 3° 自西向东分带,依次编号 $1, 2, 3, \dots, 120$,带号 n 与相应的中央子午线经度 l_0 的关系是:

$$l_0 = 3n \quad (1-5)$$

4. 国家统一坐标

我国位于北半球,在高斯平面直角坐标系内, X 坐标均为正值,而 Y 坐标值有正有负。为避免 Y 坐标出现负值,规定将 X 坐标轴向西平移 500km,即所有点的 Y 坐标值均加上 500km(见图 1-12)。此外为便于区别某点位于哪一个投影带内,还应在横坐标值前冠以投影带带号,这种坐标称为国家统一坐标。

例如, P 点的高斯平面直角坐标 $X_P = 3\,275\,611.188\text{m}$; $Y_P = -376\,543.211\text{m}$,若该点位于第 19 带内,则 P 点的国家统一坐标表示为 $x_P = 3\,275\,611.188\text{m}$; $y_P = 19\,123\,456.789\text{m}$ 。

5. 高斯投影变形

从球面上的图形投影到平面上,将会出现差异,这种差异称作投影变形。投影变形一般分为距离变形、角度变形和面积变形三种。在制作地图时,可根据需要来控制变形或使某一种变形为零,如等角投影(又称正形投影)、等距离投影以及等积投影等。

高斯投影是正形投影的一种,正形投影在一个小范围内地图上的图形同椭球面的上原形保持相似,即投影前后的角度相等,除此以外,高斯投影还具有如下特点:

(1) 中央子午线投影后为直线,且长度不变。距中央子午线愈远的子午线,投影后变曲程度愈大,长度变形也愈大。

(2) 椭球面上除中央子午线外,其他子午线投影后,均向中央子午线弯曲,并向两极收敛,同时还对称于中央子午线和赤道。

(3) 在椭球面上对称于赤道的纬圈,投影后仍成为对称的曲线,同时与子午线的投影曲线互相垂直且凹向两极。

6. 距离改化

根据球面上的长度,将其拉长改化为投影面上的距离,叫做距离改化。

设球面上两点间长度为 S ,其在投影面上的长度为 σ ,则

$$\sigma = S + \frac{y^2}{2R^2} \cdot S \quad (1-6)$$

由上式可知,只要知道球面上两点间的长度 S 及其在球面上离开轴子午线的近似距离 y (可取两点横坐标的平均值),便可求出其在高斯投影面上的距离 σ 。并且 σ 总是比 S 大,其改化数值为

$$\Delta S = \sigma - S = \frac{y^2}{2R^2} \cdot S \quad (1-7)$$

由上式可知,离开轴子午线的距离愈远,长度变形愈大。

为了减少长度变形的影响,在 1:5 000 或更大比例尺测图时,必须采用 3°带或 1.5°带的投影。有时也用任意带(即选择测区中央的子午线为轴子午线)投影计算。

7. 方向改化

图 1-13(a)表示了球面上 AB 线的方向,由 Q 经 A 、 B 两点的大圆与轴子午线所围成的球面四边形 ABB_1A_1 。由球面三角学得知:四边形 ABB_1A_1 的内角之和等于 360° 加其球面角超。球面角超 ϵ'' 为

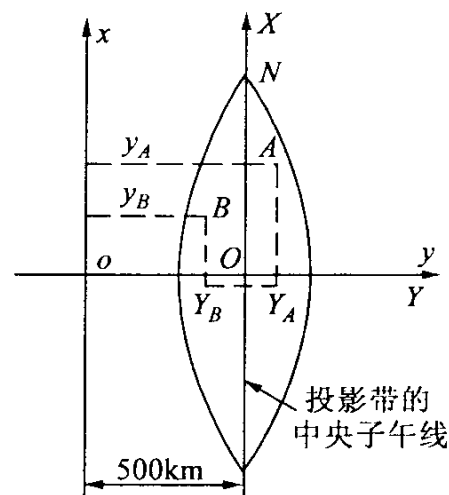


图 1-12 国家统一坐标

$$\epsilon'' = \rho'' \frac{P}{R^2} \quad (1-8)$$

式中： P ——球面上四边形面积； R ——地球半径。

由于正形投影是等角投影，也就是说，要想保持球面上的角度转移到投影面上时没有变形。由图 1-13(b)可知，要用曲线而不是用直线连接图形顶点 a 和 b ，只有这样，才能达到等角的目的。所以球面上 AB 方向线，应以曲线表象在投影面上，且该曲线对轴子午线来说是凸出来的。

在投影面上，为了利用平面三角学公式进行计算，须将 a 、 b 两点之间的曲线以 a 、 b 两点之间的直线代替。所谓方向改化，即计算曲线的切线与直线之间的夹角 δ 。当距离很小时（几公里），角 $\delta_{1,2}$ 与 $\delta_{2,1}$ 可认为是相等的，因此

$$\delta'' = \frac{\delta_{1,2} + \delta_{2,1}}{2} = \frac{1}{2}\epsilon'' \quad (1-9)$$

如果将球面的面积 P ，用投影面上四边形 aa_1b_1b 的面积代替，此面积等于

$$P = \frac{1}{2}(y_1 + y_2)(x_2 - x_1) = y_m(x_2 - x_1) \quad (1-10)$$

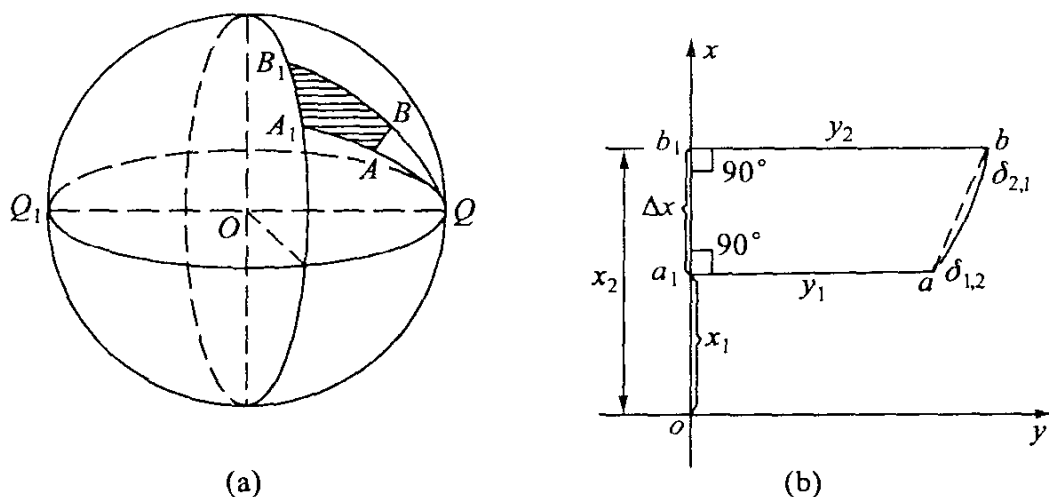


图 1-13 方向改化

则(1-9)式可改写为

$$\delta'' = \rho'' \frac{y_m}{2R^2}(x_2 - x_1) \quad (1-11)$$

上式即方向改化公式， δ'' 的数值决定于 AB 线离开轴子午线的远近，及纵坐标增量的大小， R 取 6 371km。

根据方向改化 δ ，即可求得球面上观测的角度与其在投影面上平面角度的关系；由图 1-14 可得

$$\beta_{\text{平面}} = \beta_{\text{球面}} + \delta_{1,2} - \delta_{1,3}$$

根据以上所述，如果已知高级控制点的坐标已归化到投影面上，那么对其间所敷设的导线或三角测量的观测元素，（长度和角度）进行改化（将其转换为投影面上的元素）以后，就可以按平面几何的原理，计算所有控制点的平面直角坐标。

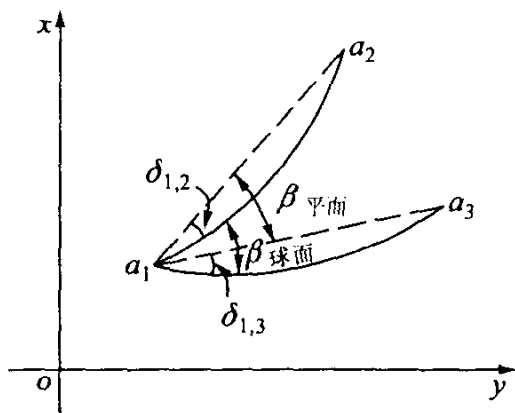


图 1-14 球面角度与平面角度的关系

五、高程系统

为了建立全国统一的高程系统,必须确定一个高程基准面。通常采用平均海水面代替大地水准面作为高程基准面,平均海水面的确定是通过验潮站多年验潮资料来求定的。我国确定平均海水面的验潮站设在青岛,根据青岛验潮站 1950~1956 年七年验潮资料求定的高程基准面,叫“1956 年黄海平均高程面”,以此建立了“1956 年黄海高程系”,我国自 1959 年开始,全国统一采用 1956 年黄海高程系。

由于海洋潮汐长期变化周期为 18.6 年,经对 1952~1979 年验潮资料的计算,确定了新的平均海水面,称为“1985 国家高程基准”。经国务院批准,我国自 1987 年开始采用“1985 国家高程基准”。

为维护平均海水面的高程,必须设立与验潮站相联系的水准点作为高程起算点,这个水准点叫水准原点。我国水准原点设在青岛市观象山上,全国各地的高程都以它为基准进行测算。

1956 年黄海平均海水面的水准原点高程为 72.289m,“1985 国家高程基准”的水准原点高程为 72.260m。

在一般测量工作中是以大地水准面作为高程基准面。某点沿铅垂线方向到大地水准面的距离,称为该点的绝对高程或海拔,简称高程,用 H 表示(见图 1-15)。

在局部地区,如果引用绝对高程有困难时,可采用假定高程系统。即假定一个水准面作为高程基准面,地面点至假定水准面的铅垂距离,称为相对高程或假定高程。

两点高程之差称为高差。图 1-15 中, H_A 、 H_B 为 A、B 点的绝对高程, H_A' 、 H_B' 为相对高程, h_{AB} 为 A、B 两点间的高差,即

$$h_{AB} = H_B - H_A = H_B' - H_A'$$

所以,两点之间的高差与高程起算面无关。

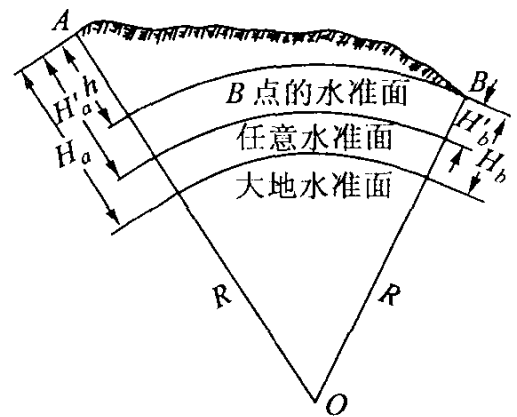


图 1-15 高程系统

§ 1.4 地形图的基本知识

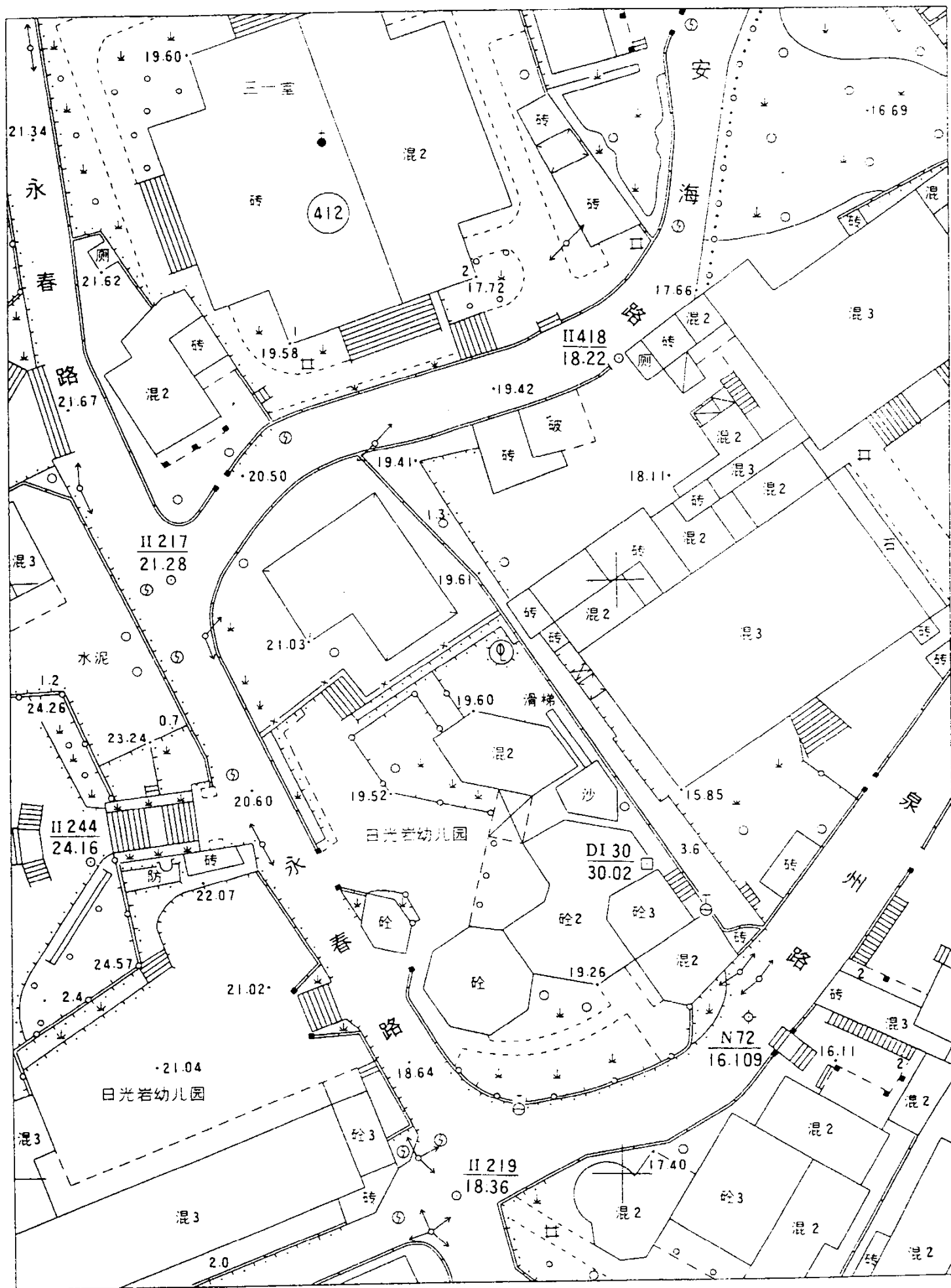
凡是图上既表示出道路、河流、居民地等一系列固定地物的平面位置,又表示出地面各种高低起伏形态,并经过综合取舍,按比例缩小后用规定的符号和一定的表示方法描绘在图纸上的正形投影图,都称为地形图。

地形是地物和地貌的总称。地球表面是复杂多样的形体,归纳起来可分为地物和地貌两大类。

凡地面各种固定性的物体,如道路、房屋、铁路、江河、湖泊、森林、草地及其他各种人工建筑物等,均称之为地物。

地表面的各种高低起伏形态,如高山、深谷、陡坎、悬崖峭壁和雨裂冲沟等,都称之为地貌。

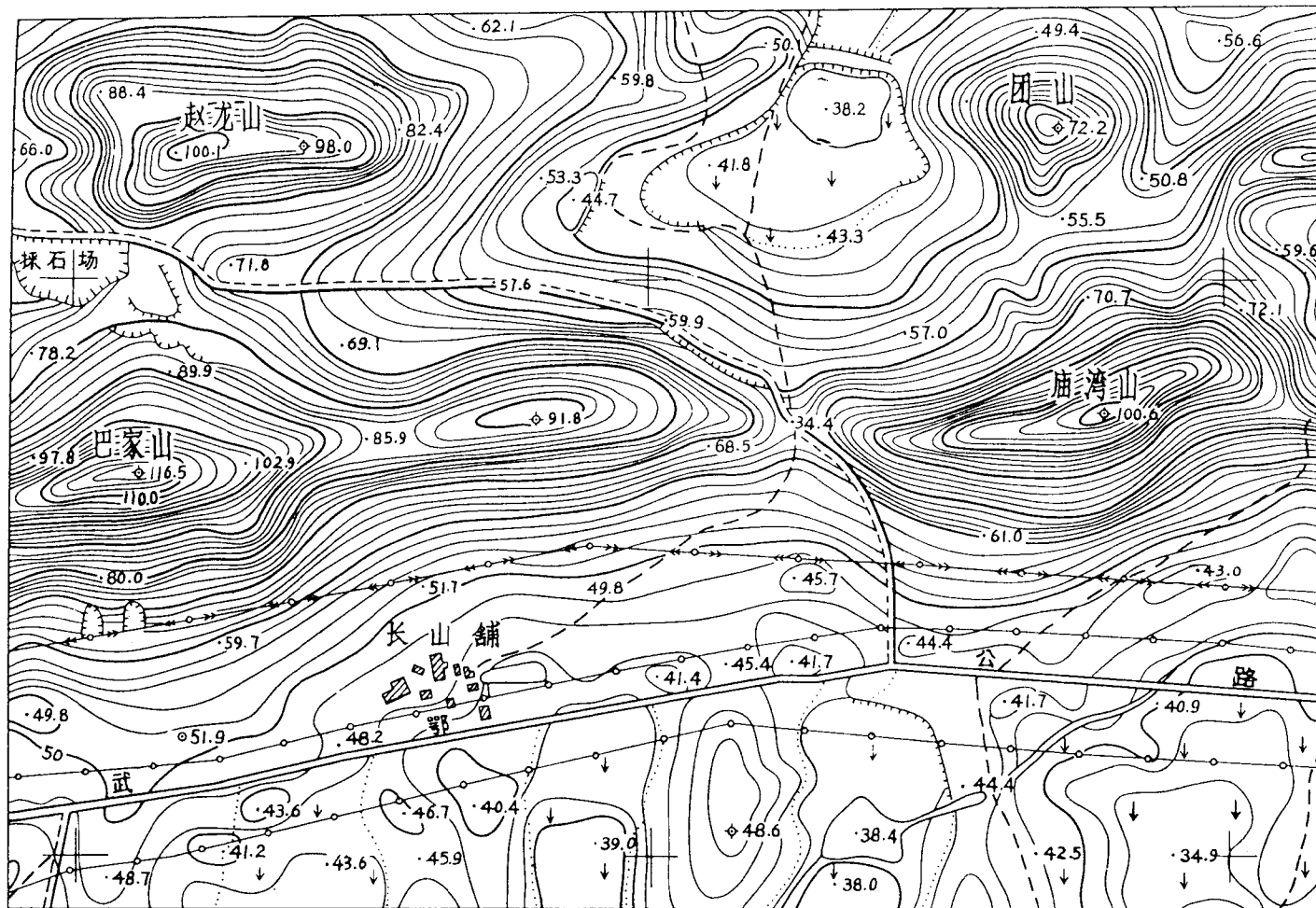
图 1-16 是 1:500 比例尺地形图的一部分。图中主要表示了城市街道、居民区等。



1:500

图 1-16 城区居民地地形图示例

图 1-17 是 1:5 000 比例尺地形图的一部分。它表示了地面的起伏。



1:5 000

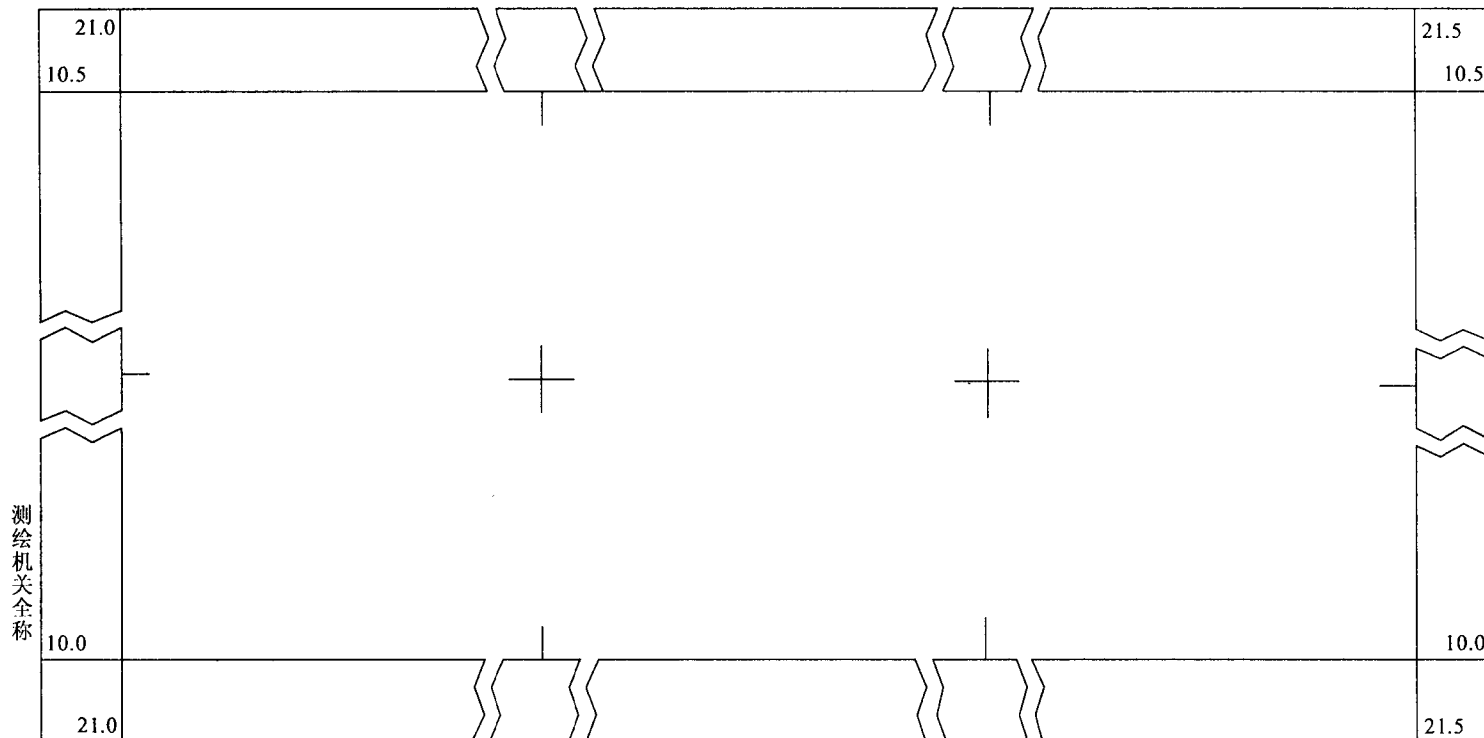
图 1-17 地形图示例

塘 岔	西保村	慈湖镇南
八五〇厂		第三中学
二钢厂	北宋村	小庙村

王 家 湾

10.0—21.0

密级



1996年5月×××测图。
 任意直角坐标系:坐标起点以“××地方”为原点起算。
 1985国家高程基准,等高距为1米。
 1996年版图式。

1:1 000

测量员
 绘图员
 检查员

图 1-18 地形图图廓整饰示例

这两张地形图,各反映了不同的地面状况。在平坦地区,像一般城镇市区,在图上必然显示出较多的地物而反映地貌较少;在丘陵地带及山区,地面起伏较大,除在图上表示地物外,还应较详细地反映地面高低起伏的状况。图 1-17 中有很多曲线,称为等高线,是表示地面起伏的一种符号。关于等高线将在第四章中详细讲述。

一、地形图的内容

地形图的内容丰富,归纳起来大致可分为三类:

- ① 数学要素:如比例尺、坐标格网等。图 1-18 所示为 1:1 000 比例尺地形图图廓示例。
- ② 地形要素:各种地物、地貌(图 1-16,图 1-17)。
- ③ 注记和整饰要素:包括各类注记、说明资料和辅助图表(图 1-16)。

图 1-18 中,图上方正中为图名、图号。图的左上方为图幅接合表,用来说明本幅图与相邻图幅的关系。中间画有斜线的一格代表本幅图位置,四周八格分别注明相邻图幅的图名,利用接合表可迅速地进行地形图的拼接。

此外,在中、小比例尺地形图的南图廓线下方还绘有三北方向图、坡度尺和直线比例尺。利用三北方向图可对图上任一方向的坐标方位角、真方位角和磁方位角进行换算(图 1-19)。利用坡度尺可在地形图上量测地面坡度(百分比值)和倾角(图 1-20)。

二、图的比例尺及比例尺精度

1. 图的比例尺

图上任一线段的长度与地面上相应线段水平距离之比,称为图的比例尺。常见的比例尺表示形式有两种:数字比例尺和图示比例尺。

(1) 数字比例尺

以分子为 1 的分数形式表示的比例尺称为数字比例尺。设图上一线段长为 d ,相应的实地水平距离为 D ,则该图比例尺为

$$\frac{d}{D} = \frac{1}{M} \quad (1-12)$$

式中, M 称为比例尺分母。比例尺的大小视分数值的大小而定。 M 愈大,比例尺愈小; M 愈小,比例尺愈大。数字比例尺也可写成 1:500、1:1 000、1:2 000 等形式。

地形图按比例尺分为三类:1:500、1:1 000、1:2 000、1:5 000 为大比例尺地形图;1:10 000、1:25 000、1:50 000、1:100 000 为中比例尺地形图;1:250 000、1:500 000、1:1 000 000 为小比例尺地形图。

(2) 图示比例尺

最常见的图示比例尺是直线比例尺。用一定长度的线段表示图上的实际长度,并按图上比例尺计算出相应地面上的水平距离注记在线段上,这种比例尺称为直线比例尺。图 1-21 为 1:2 000 的直线比例尺,其基本单位为 2cm。

直线比例尺多绘制在图幅下方处,具有随图纸同样伸缩的特点。故用它量取同一幅图上的距离时,在很大程度上减小了图纸伸缩变形带来的影响。

直线比例尺使用方便,可直接读取基本单位的 $\frac{1}{10}$,估读到 $\frac{1}{100}$ 。为提高估读的准确,可采用称为复式比例尺(斜线比例尺)的另一种图示比例尺,以减少估读的误差。图 1-22 复式比

例尺可直接量取到基本单位的 $\frac{1}{100}$ 。

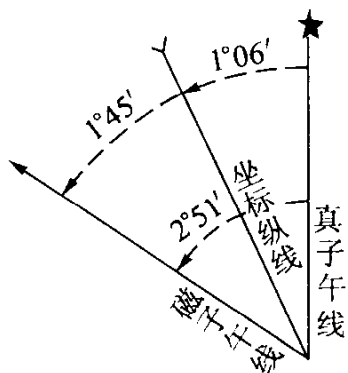


图 1-19 三北方向图

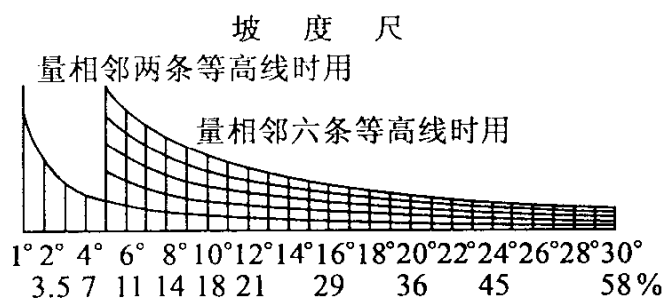


图 1-20 坡度尺

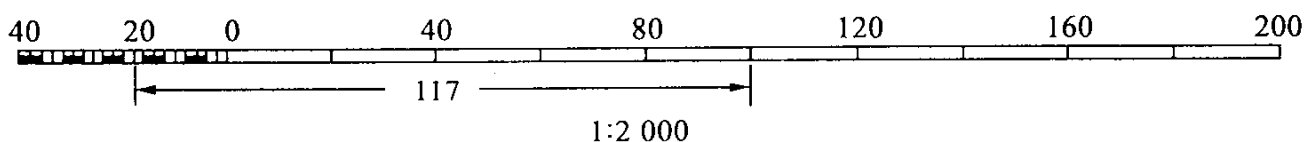


图 1-21 直线比例尺

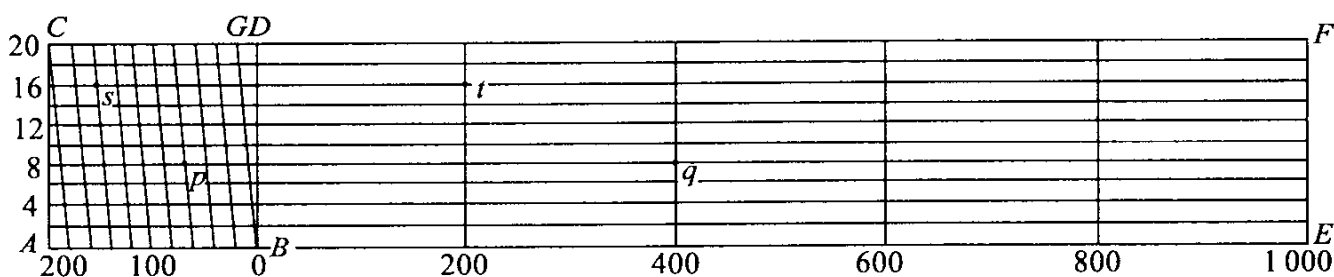


图 1-22 复式比例尺

2. 比例尺精度

测图用的比例尺愈大,就愈能表示出测区地面的详细情况,但测图所需的工作量也愈大。因此,测图比例尺关系到实际需要、成图时间及测量费用。一般以工作需要为决定的主要因素,即根据在图上需要表示出的最小地物有多大,点的平面位置或两点间的距离要精确到什么程度为准。正常人的眼睛能分辨的最短距离一般取 0.1mm,因此实地丈量地物边长,或丈量地物与地物间的距离,只在精确到按比例尺缩小后,相当于图上 0.1mm 即可。在测量工作中称相当于图上 0.1mm 的实地水平距离为比例尺的精度。表 1-1 为几种比例尺地图的比例尺精度。

表 1-1

比例尺精度

比例尺	1:500	1:1 000	1:2 000	1:5 000	1:10 000
比例尺精度(m)	0.05	0.1	0.2	0.5	1.0

根据比例尺精度,可参考决定:

① 按工作需要,多大的地物须在图上表示出来或测量地物要求精确到什么程度,由此可参考决定测图的比例尺。

② 当测图比例尺决定之后,可以推算出测量地物时应精确到什么程度。

三、地形图符号

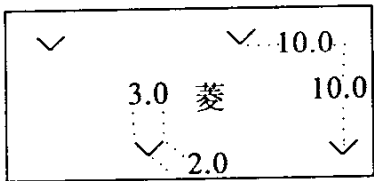
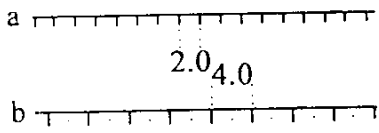
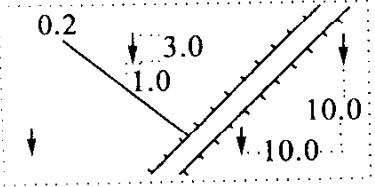
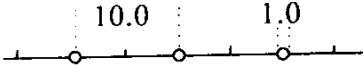
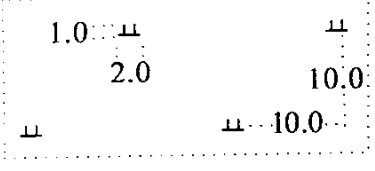
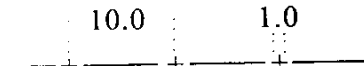
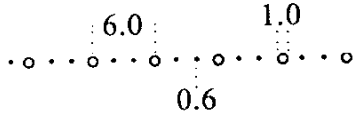
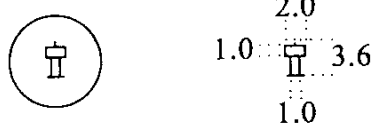
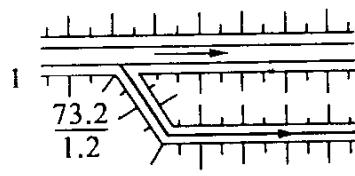
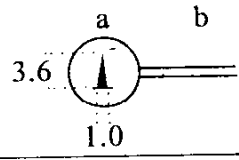
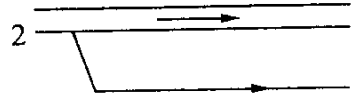
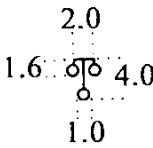
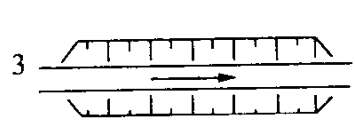
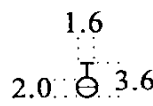
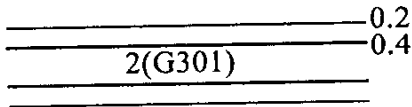
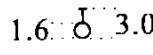
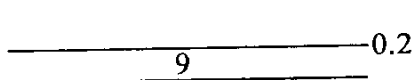
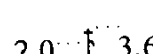
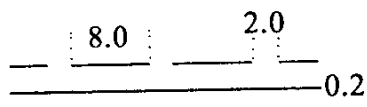

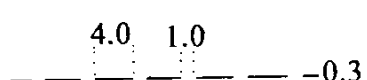
实地的地物和地貌是用各种符号表示在图上的,这些符号总称为地形图图式。图式由国家测绘局统一制定,它是测绘地形图和使用地形图的重要依据。表 1-2 所示为《1:500,1:1000,1:2000地形图图式》GB/T7929-1995 中的一些常用的地形图图式符号。

表 1-2 地形图图式

编号	符号名称	1:500	1:1000	1:2000	编号	符号名称	1:500	1:1000	1:2000
1	一般房屋 混—房屋结构 3—房屋层数				11	灌木林			
2	简单房屋				12	菜地			
3	棚房				13	高压线			
4	台阶				14	低压线			
5	散树、行树 a. 散树 b. 行树				15	电杆			
6	天然草地				16	斜坡 a. 未加固的 b. 已加固的			
7	经济作物地				17	围墙 a. 依比例尺 b. 不依比例尺			

续表 1-2

地形图图式

编号	符号名称	1:500	1:1000	1:2000	编号	符号名称	1:500	1:1000	1:2000
8	水生经济作物地				18	陡坎 a. 未加固的 b. 已加固的			
9	水稻田				19	栅栏、栏杆			
10	旱地				20	篱笆			
21	活树篱笆				31	水塔			
22	沟渠 1. 有堤岸的 2. 一般的 3. 有沟壑的				32	烟囱及烟道 a. 烟囱 b. 烟道			
					33	路灯			
					34	消火栓			
23	等级公路 2— 技术等级代码				35	阀门			
24	等外公路 9— 技术等级代码				36	水龙头			
25	大车路				37	上水检修井			
26	小路				38	下水(污水) 检修井	