

测量学

赵书玉 黄筱英 主编



测 量 学

Ce Liang Xue

赵书玉 黄筱英 主编

人民交通出版社

内 容 提 要

全书共十四章，分四个部分：第一部分为一至五章，介绍测量学的基本知识、常规测量仪器的构造、使用和检校、测量的基本工作及测量误差基本知识；第二部分是六至九章，介绍小地区控制测量、大比例尺地形图和地籍图的基本知识，及其测绘和应用；第三部分为十至十三章，主要介绍工业与民用建筑施工测量、线路（包括路桥）工程测量、建（构）筑物变形观测、竣工总图的编绘，以及摄影测量与遥感；第四部分是最后一章，为测量新技术简介，主要介绍了电磁波测距仪、电子经纬仪、全站仪、GPS 全球定位系统、激光准直仪器。书后还附有水准仪、经纬仪系列的分级与基本技术参数。

本书可供工科院校建筑类专业教学使用，也可供土建工程技术人员参考。

前 言

本书是根据重庆建筑大学课程建设委员会所审定的《测量学编写大纲》而编写的，用来作为工业与民用建筑、给排水、燃气、城市规划、路桥、地质、建筑管理及经济管理等土建类专业的教材。前九章为各专业共用，后四章根据专业需要来选用。

本书在编写中，着重本学科的系统性和实践性的结合，并注重本学科的发展情况，介绍新仪器和新技术。为了便于学习和掌握本门课程，每章后面附有习题。

本教材由重庆建筑大学赵书玉、黄筱英主编，陈福山主审。编写者有刘晓莉（一、五、九章）、黄筱英（二、八、十、十二、十三章）、赵书玉（三、六、七、十一章）、张伟富（四、十四章）。

由于编者水平有限，书中难免有错，请广大师生和读者批评指正。

编 者

一九九七年十二月

目 录

第一章 绪 论	1
第一节 测量学的任务及其在建筑工程中的作用.....	1
第二节 地面点位的确定.....	2
第三节 测量工作概述.....	7
习题.....	8
第二章 水准测量	9
第一节 水准测量原理.....	9
第二节 水准测量的仪器和工具	10
第三节 水准仪的使用	13
第四节 水准测量	14
第五节 水准测量成果计算	17
第六节 水准仪的检验和校正	19
第七节 水准测量的误差分析	22
第八节 精密水准仪简介	23
第九节 自动安平水准仪	25
习题	26
第三章 角度测量	28
第一节 水平角测量原理	28
第二节 DJ ₆ 级光学经纬仪	28
第三节 经纬仪的使用	32
第四节 水平角观测	33
第五节 竖直角观测及竖盘指标差的检验校正	36
第六节 经纬仪的检验与校正	39
第七节 DJ ₂ 级光学经纬仪简介	43
第八节 水平角测量误差及其注意事项	44
习题	46
第四章 距离测量与直线定向	48
第一节 钢尺量距的一般方法	48
第二节 钢尺量距的精密方法	51
第三节 钢尺的检定	53
第四节 钢尺量距的误差分析及注意事项	54
第五节 直线定向	56
第六节 用罗盘仪测定磁方位角	59
习题	61

第五章 测量误差基本知识	62
第一节 测量误差概述	62
第二节 衡量精度的标准	66
第三节 算术平均值及其中误差	69
第四节 用最或然误差计算观测值中误差	70
第五节 误差传播定律	71
习题	76
第六章 地形图的基本知识	77
第一节 地形图概述	77
第二节 比例尺	77
第三节 地形图的分幅、编号、图廓及图廓外的注记	79
第四节 地物符号	82
第五节 地貌符号	86
习题	90
第七章 小地区控制测量	92
第一节 概述	92
第二节 导线测量外业	93
第三节 导线坐标计算	96
第四节 小三角测量	101
第五节 高程控制测量	107
习题	111
第八章 大比例尺地形图的测绘	113
第一节 视距测量	113
第二节 平板仪的构造及使用	116
第三节 测图前的准备工作	118
第四节 碎部测量	120
第五节 地形图的拼接、检查与整饰	124
第六节 地籍测量简介	125
习题	129
第九章 地形图的阅读及应用	130
第一节 地形图的阅读	130
第二节 地形图应用的基本内容	132
第三节 确定图形面积	134
第四节 地形图在规划设计中的应用	137
习题	143
第十章 施工测量的基本工作	144
第一节 施工测量概述	144
第二节 测设的基本工作	145
第三节 测设点位的基本方法	148
第四节 坡度线测设	149

习题	150
第十一章 建筑施工测量	151
第一节 建筑场地施工控制网的建立	151
第二节 民用建筑施工测量	154
第三节 工业厂房施工测量	160
第四节 建筑物的变形观测	165
第五节 竣工总图的编绘	169
习题	170
第十二章 线路工程测量	171
第一节 线路工程测量概述	171
第二节 中线测量	171
第三节 线路纵横断面图的测绘	173
第四节 管道施工测量	176
第五节 曲线测设	180
第六节 道路施工测量	185
第七节 桥梁施工测量	188
第八节 水域地形测量和河床断面图的测绘	190
习题	193
第十三章 摄影测量与遥感	195
第一节 航空摄影	195
第二节 航测外业	197
第三节 航测成图方法	198
第四节 遥感简介	205
习题	208
第十四章 测量新技术简介	209
第一节 电磁波测距仪简介	209
第二节 电子经纬仪简介	213
第三节 全站仪简介	218
第四节 GPS 全球定位系统简介	219
第五节 激光仪器简介	222
附录一 水准仪系列的技术参数	225
附录二 经纬仪系列的分级与基本技术参数	226

第一章 绪 论

第一节 测量学的任务及其在 建筑工程中的作用

✓ 测量学是研究如何测定地面点的平面位置和高程，将地球表面的地形及其他信息测绘成图，以及确定地球的形状和大小等的科学。

测量学的任务（或内容）包括测定和测设两个方面。测定是指使用测量仪器和工具，对地球表面的点进行测量和计算，得到一系列数据，或编绘成各种地图，供科学研究、经济建设、规划和国防建设使用。测设（又称放样）是指把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来，作为施工的依据。测量学按其研究对象和应用范围的不同，可分为以下学科：

① 普通测量学 研究地球表面小区域内测绘工作的基本理论、技术、方法和应用的学科，是测量学的基础。

② 地形测量学 研究测绘地形图的基本理论、技术和方法的学科。

③ 大地测量学 研究在广大地面上建立国家大地控制网，测定地球形状、大小和地球重力场的理论、技术与方法的学科。

④ 工程测量学 研究工程建设在勘测、设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的学科。

⑤ 摄影测量学 通过摄影像片和辐射能的各种图像记录手段，对其进行处理、量测、判释和研究，以测得物体的形状、大小和位置的模拟形式或数学形式的成果以及关于环境的可靠信息的学科。

本书虽定名为《测量学》，但其主要内容属于《普通测量学》的范畴，也有少部分《工程测量学》的内容。它着重介绍：测量仪器的构造与使用、图根控制网的建立、地形图的测绘与应用，以及一般工程的施工测量。测量学在建筑工程中的作用是：在工程的勘测设计阶段，②设计时要测绘多种比例尺的地形图，供城镇规划、选择厂址、管道线路选线以及总平面图设计和竖向设计之用。①在施工阶段，要将设计的建筑物、构筑物的平面位置和高程测设于实地，以便进行施工。③施工结束后，还要进行竣工测量，施测竣工图，供日后扩建和维修之用。即使竣工以后，对某些大型及重要的建筑物和构筑物还要进行变形观测，以保证建筑物的安全使用。由此可见，在工程建设的各个阶段，都需要进行测量工作，尤其在建设之初勘测更为重要。因此，测量被人们誉为建设的尖兵。作为建筑类专业的一名建筑工程技术人员，必须懂得测量学的基本知识和基础理论；能正确使用常用的测量仪器和工具；了解大比例尺地形图的测图程序；在工程设计和施工中，具有正确应用地形图和有关测量资料的能力；具有进行一般工程施工测设的能力。以便能灵活地应用所学的测量知识为本专业工作服务。

第二节 地面点位的确定

测量工作的实质是确定地面点的位置。而确定地面点位的测量工作是在地球表面上进行的，因此要了解地球的形状和大小，并知道地面点位在地球表面上的表示方法。

一、地球的形状和大小

地球表面错综复杂，有高山，有深谷，有平原和海洋等。其中最高的珠穆朗玛峰高达 8848.13m，最深的马里亚纳海沟深达 11022m。尽管它们高低起伏约达 20km，但与地球的半径 6371km 比较，还是可以忽略不计的。此外，地球表面海洋面积约占 71%，陆地面积仅占 29%。因此，人们可以把地球看成是被海洋面所包围的形体。水在静止时的表面称为水准面。一个与处于流体静平衡的海洋面（无潮汐等扰动）重合，并延伸穿过大陆内部的水准面称为大地水准面。由大地水准面所包围的形体叫大地体。通常用大地水准面表示整个地球的形状。由于海水有潮汐，处于流体静平衡的理想海洋面是不存在的。所以，人们以平均海面代替大地水准面，并以此作为地面点高程的起算面。

水准面的特性是该曲面处处与其铅垂线相垂直。铅垂线是重力方向线。与铅垂线相垂直的平面（或直线）称为水平面（或水平线）；包含铅垂线的平面称为铅垂面（或竖直面）。铅垂线、水平线、水准面、水平面、竖直面是测量常用的线和面。

由于地球内部质量分布不均匀，引起铅垂线方向的不规则变化，因而导致大地水准面成为有微小起伏的复杂曲面；如果把地球表面的图形投影到这个复杂的曲面上，对于地形制图和测量计算工作都是非常困难的。为此，人们经过几个世纪的观测和推算，发现地球的形状非常接近于一个规则的椭圆柱体，如图 1-1 所示。这个椭圆柱体是由一个椭圆绕其短轴 NS 旋转而成的形体，称为地球椭球，又称为地球椭圆柱体，参见图 1-2。

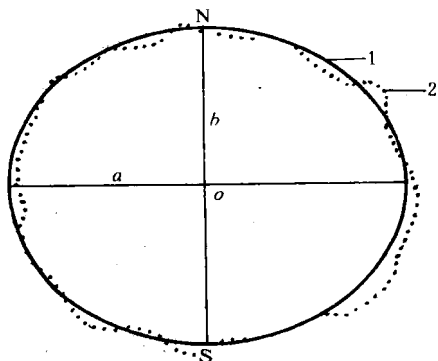


图 1-1

1-地球椭球面；2-大地水准面

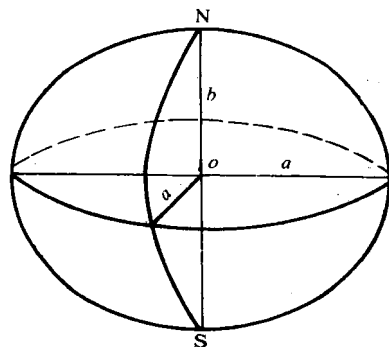


图 1-2

地球椭球的形状和大小，通常是以其长半轴 a 及扁率 $\alpha = (a-b)/a$ 来表示（ b 为短半轴）。我国目前采用的元素值为

$$a = 6378140\text{m}$$

$$b = 6356755.3\text{m}$$

$$\alpha = 1 : 298.257$$

并选择陕西省泾阳县永乐镇某点为大地原点，进行了大地定位。由此而建立起来全国统一坐标系，就是现在使用的“1980 年国家大地坐标系”。

由于地球椭球的扁率很小，因此在测区比较小时，可以把地球看作是圆球，其半径为：

$$R = \frac{1}{3}(a + a + b) = 6371 \text{ km}$$

二、地面点的坐标

确定地面点的坐标就是将地面点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 投影到大地水准面上（图 1-3）而得出各点在投影面上的位置 a 、 b 、 c 、 d 、 e ，即可根据投影面的坐标系确定这些点的坐标。常用的坐标系有如下三种：

1. 地理坐标

地理坐标是指用经度 (λ) 和纬度 (ϕ) 表示地面点位置的球面坐标，如图 1-4 所示。经度是从本初子午线起算，分为东经 ($0^\circ \sim 180^\circ$) 和西经 ($0^\circ \sim 180^\circ$)。纬度是从赤道起算，分为北纬 ($0^\circ \sim 90^\circ$) 和南纬 ($0^\circ \sim 90^\circ$)。例如，北京中心地区的地理坐标为东经 $116^\circ 28'$ ，北纬 $39^\circ 54'$ 。

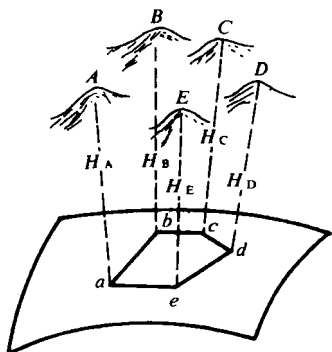


图 1-3

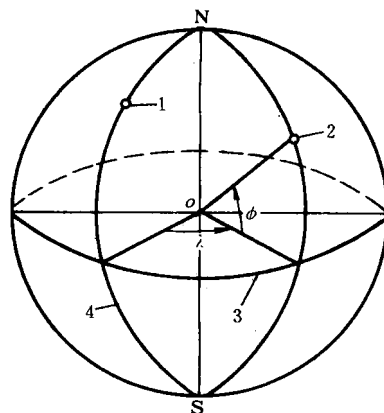


图 1-4

1-格林尼治；2-北京；3-赤道；4-本初子午线

2. 高斯平面直角坐标

用地理坐标表示地面点在球面上的位置是非常形象的，但对于测量计算工作来说是极为不便的。在较大范围内，为了把球面上的点位描绘到平面上，我国采用的是高斯投影方法。

高斯投影又称等角横切圆柱投影。是地球椭球面和平面间正形投影的一种。设想用一个圆柱横切于椭球面上投影带的中央子午线，将中央子午线两侧一定经差范围内的椭球面正形投影于圆柱面，如图 1-5a)。再将圆柱面沿过南北极的母线剪开展平，即为高斯投影平面，如图 1-5b)。投影后的中央子午线和赤道面为互相垂直的直线，为了定向的方便，中央子午线为纵轴 x ，赤道为横轴 y ，其交点为坐标原点。此投影中央子午线无变形，离中央子午线愈远长度变形愈大，必须采用分带投影加以限制。分带的原则是控制长度变形使其不大于测图误差，又要使带数不致过多以减少换带计算工作。通常按经差 6° 或 3° 分成六度带或三度带。六度带自 0° 子午线起每隔经差 6° 自西向东分带，带号依次编为 1、2、3、……60 带。各带中央的一条子午线，称为该带的中央子午线。第 1 带的中央子午线经度为 3° ，任意带 N 的中央子午线经度 λ_0 为：

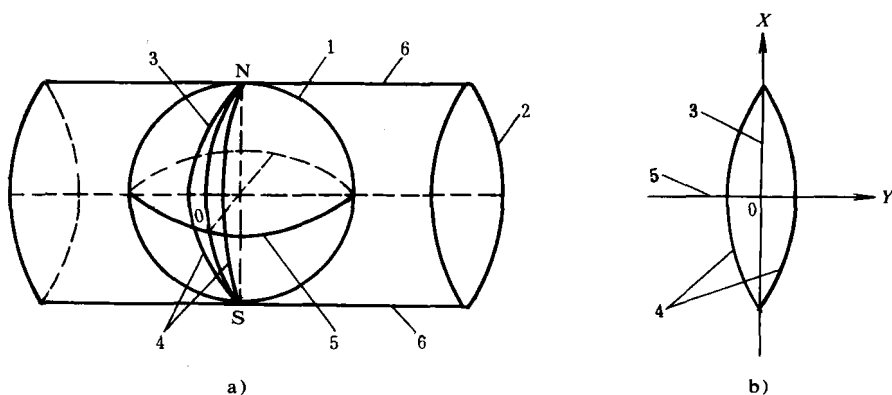


图 1-5

1-地球；2-椭圆柱面；3-中央子午线；4-分带子午线；5-赤道；6-母线

$$\lambda_0 = 6N - 3 \quad (1-1)$$

三度带自 1.5°子午线起每隔经差 3°自西向东分带，带号依次编为 1、2、3、……120 带，如图 1-6 所示，任意带 n 的中央子午线经度 λ'_0 为：

$$\lambda'_0 = 3n \quad (1-2)$$

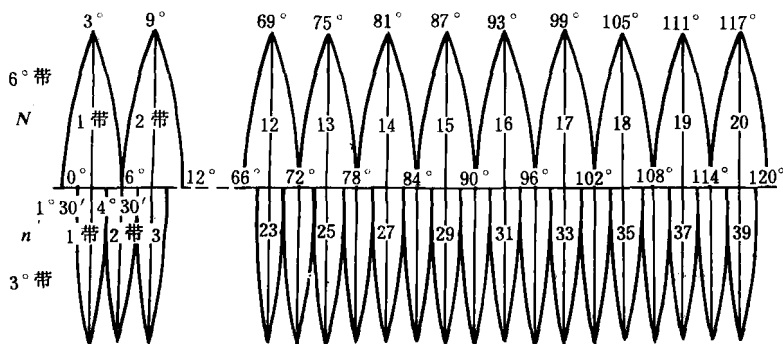


图 1-6

我国于 1952 年开始正式采用高斯投影作为国家大地测量和地形图的基本投影。我国的经度范围可分成六度带 11 带或三度带 22 带。六度带用于中小比例尺（1：25000 以下）测图，三度带用于大比例尺（如 1：10000）测图。在特殊情况下，高斯投影也可采用宽带或窄带，如经差 9°或 1.5°分带。

在计算中为了完全应用全部三角公式和符号规则，高斯平面直角坐标系中的四个象限 I、II、III、IV 按顺时针方向编号， x 轴与 y 轴互换，如图 1-7a) 所示。并且规定，纵坐标从赤道起，向北为正，向南为负；横坐标从中央子午线起，向东为正，向西为负。我国位于北半球，故所有纵坐标值 x 均为正，而各带的横坐标值 y 则有正有负，如图 1-7a) 中， A 、 B 两点的纵坐标 x_a 、 x_b 均为正值，而横坐标； $y_a = +154760\text{m}$ ， $y_b = -163780\text{m}$ 。为使横坐标不出现负值，故规定将坐标纵轴西移 500km，如图 1-7b) 所示，则 A 、 B 两点的横坐标值分别为 $y_a = 500000 + 154760 = 654760\text{m}$ ， $y_b = 500000 - 163780 = 336220\text{m}$ 。为了说明某点所属的投影带，则在点的横坐标值前冠以带的编号。如 A 点位于第 18 带内，则其横坐标值为 $y_a = 18654760\text{m}$ 。

3. 假定平面直角坐标 假定坐标系

在小范围的独立测区中，可以把测区平均高度的水准面作为水平面看待，把地面点沿铅垂线方向直接投影到该水平面上，并且将坐标原点选在测区的西南角外，取过原点的子午线

注意, x, y 轴互换, 象限变化

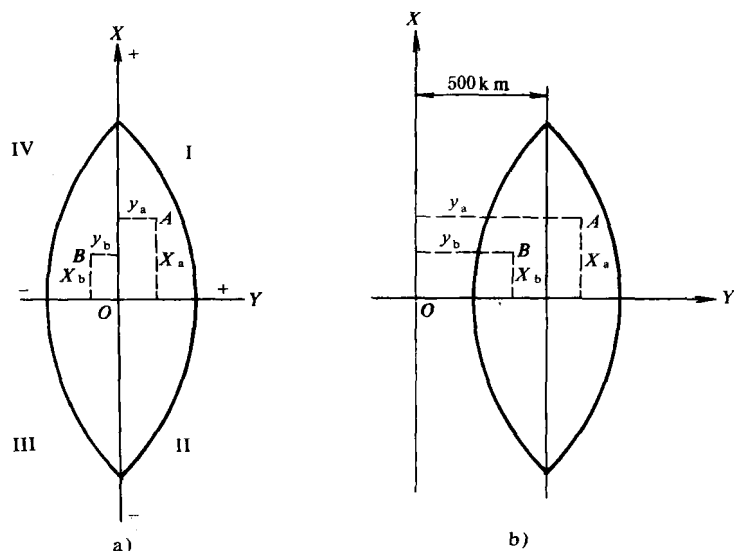


图 1-7

为 x 轴, 通过原点而与子午线相垂直的直线为 y 轴, 以构成假定平面直角坐标系, 如图 1-8 所示。例如, 假定测区西南角点 A 的平面直角坐标为 $x_a=1000\text{m}$, $y_a=1000\text{m}$, 则使整个测区位于第 I 象限, 坐标值均为正值, 以便使用。

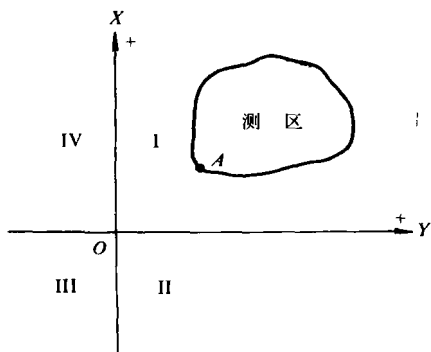


图 1-8

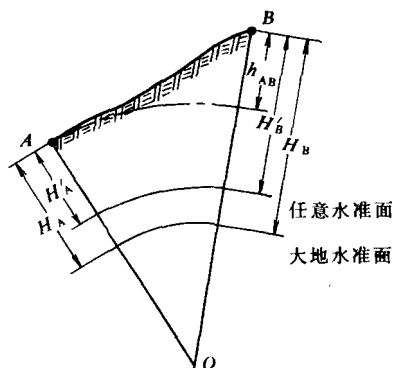


图 1-9

三、地面点的高程

由高程基准面起算的地面点高度称为地面点高程。由大地水准面起算的地面点高度, 称为绝对高程或海拔, 简称高程, 用 H 表示。如图 1-9 所示, H_A 、 H_B 分别表示 A 、 B 两点的绝对高程。若由任意水准面起算的地面点高度称为假定高程或相对高程, 用 H' 表示。图中 H'_A 、 H'_B 是 A 、 B 两点的假定高程。地面两点高程之差称为高差, 用 h 表示。 A 、 B 两点的高差为:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$$

由此可见: 高差的大小与高程起算面无关。

我国的高程是以青岛港验潮站历年记录的黄海平均海面高为准, 并在青岛建立了水准

我国大地水准面

注意!
终点减起点

原点,其高程为 72.260m (称 1985 年国家高程基准;原 1956 年高程基准为 72.289m)。全国各地的高程都以它为基准进行测算。

在独立地区,为满足工程需要,也可以任一水准面作为高程起算的依据。

四、用水平面代替水准面的限度

前面已经谈到,在小范围内可用水平面代替水准面,把地面点直接投影到水平面上以确定其位置。那么,在多大范围内才能容许用水平面代替水准面呢?下面就其对距离和高程的影响进行分析。为方便起见,假定大地水准面为一球面,其半径为 R 。

1. 用水平面代替水准面对距离的影响

如图 1-10 所示,设地面直线 AB 在水平面 ab' 上的投影长度为 t ,在大地水准面 ab 上的投影长度为 d ,其所对的圆心角为 θ ;如果以 t 代替 d ,则其差数 $\Delta d = t - d$ 就是用水平面代替水准面所产生的水平距离误差。由图可以看出:

$$\Delta d = t - d = R \operatorname{tg} \theta - R \theta = R(\operatorname{tg} \theta - \theta) \quad (1-3)$$

根据三角函数的级数公式:

$$\operatorname{tg} \theta = \theta + \frac{1}{3} \theta^3 + \frac{5}{12} \theta^5 + \dots$$

由于 θ 值很小,只取上式右边前二项,代入 (1-3) 式,得

$$\Delta d = R \left(\theta + \frac{1}{3} \theta^3 - \theta \right) = \frac{R \theta^3}{3}$$

因为 $\theta = \frac{d}{R}$, 所以:

$$\Delta d = \frac{d^3}{3R^2}, \text{ 或 } \frac{\Delta d}{d} = \frac{d^2}{3R^2} \quad (1-4)$$

以 $R = 6371 \text{ km}$ 和不同的 d 值,代入式 (1-4) 计算,得出表 1-1 中所列的数值。

表 1-1

d (km)	Δd (cm)	$\Delta d/d$	d (km)	Δd (cm)	$\Delta d/d$	d (km)	Δd (cm)	$\Delta d/d$
10	0.82	1:1200000	20	7	1:304000	50	102	1:48700

由表 1-1 看出,当距离为 10km 时,用水平面代替水准面所产生的距离误差为 1:1200000,而目前最精密的距离丈量,其相对误差约为 1:1000000。因此,可得出结论:在半径为 10km 的圆面积内,可以水平面代替水准面。

2. 用水平面代替水准面对高程的影响

如图 1-10 所示,从大地水准面起算,地面点 B 的高程为 H_B ,当以水平面 ab' 代替大地水准面时,则 B 点的高程为 H'_B 。其差数 Δh 就是用水平面代替水准面所产生的高程误差,即地球曲率对高程的影响。由图可得:

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

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

即

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

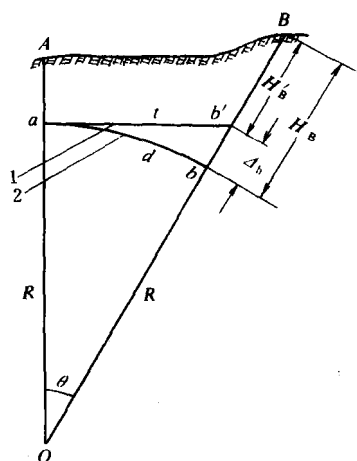


图 1-10

1-水平面; 2-大地水准面

对水平距离

前面已经证明，两点间投影在水平面上的长度和在大地球水准面上的弧长相差甚小，可以用 d 代替 t ，同时 Δh 与地球半径 R 比较，亦可忽略不计。这样，上式可以写成：

$$\Delta h = \frac{d^2}{2R} \tag{1-5}$$

以 $R=6371\text{km}$ 和不同的 d 值代入式 (1-5) 计算，则得表 1-2 所列数值。

表 1-2

d (m)	10	50	100	500	1000	2000
Δh (mm)	0.007	0.2	0.78	20	78	310

由表 1-2 看出，地球曲率对高程的影响是比较大的。因此，即使较短的距离也要考虑地球曲率对高程的影响。

第三节 测量工作概述

如前所述，测量工作的实质是确定地面点的位置，即点的坐标 x 、 y 和高程 H 。但是 x 、 y 、 H 的值不能直接测定，必须通过测量工作，测出点位关系的基本元素，从而计算出 x 、 y 、 H 的值。

一、测量的基本工作

如图 1-11 所示，欲确定地面点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 的坐标和高程，需测定相邻点间的水平距离 D 和相邻边之间所夹的水平角 β 、以及 AB 边与北方向的夹角 α ，并测定相邻点间的高差 h ，即可根据 A 点的已知坐标和高程，依次求得 A 、 B 、 C 、 D 、 E 点的坐标和高程。因此，水平距离、水平角和高差是确定地面点位关系的基本元素。高程测量、角度测量和距离测量是测量的基本工作。这些将分别在第二、三、四章中详细介绍。

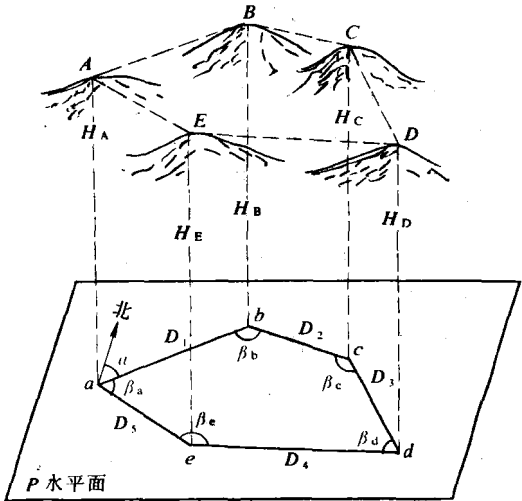


图 1-11

二、测量工作的基本原则

如图 1-12 所示，测绘地形图时，要测定许多碎部点（地物、地貌的特征点）的平面位置和高程，再按比例尺缩绘在图纸上而获得地形图。由于测量工作会伴随着一系列的测量误差，如果由一点测定另一点，逐点测定其间的水平距离、水平角和高差，以求得各点的坐标和高程，则测量误差将会逐点传递，逐渐积累，最后，将导致误差累积达到不能容许的程度。因此，为了避免测量误差的积累和缩短成图周期，测量工作必须遵循“从整体到局部”、“先控制后碎部”的顺序进行施测。如图 1-12，先在测区内统一选定若干起控制作用的点，如 A 、 B 、 C 、 D 、 E 点，组成多边形，再用比较精密的仪器和方法测定其间的水平距离、水平角和高差，以推算点的坐标 x 、 y 和高程 H （详

见第七章)，并展绘在图纸上；然后以这些控制点为依据，测定其周围碎部点与控制点 A、B、C、……之间关系的基本几何元素，如图中 A 点所示，并依此将碎部点展绘于图纸上而形成地形图（详见第八章）。这种“从整体到局部”、“先控制后碎部”的方法是组织测量工作的一个原则，它可以减少误差的积累，并且可同时在几个控制点上同时进行测量，从而加快测量进度。另外，从上述可知，当测定控制点的位置出现错误时，以其为基础所测定的碎部点位也会有错；碎部测量中出现错误时，以此资料绘制的地形图也会有错误。因此，测量工作必须重视检核工作，故“前一步工作未作检核不进行下一步工作”是组织测量工作的又一个原则。

上述测量工作的原则和程序，不仅适用于地形图测绘，而且也适用于施工测量工作。因此，无论是测定工作还是测设工作，都必须遵循这一基本原则。

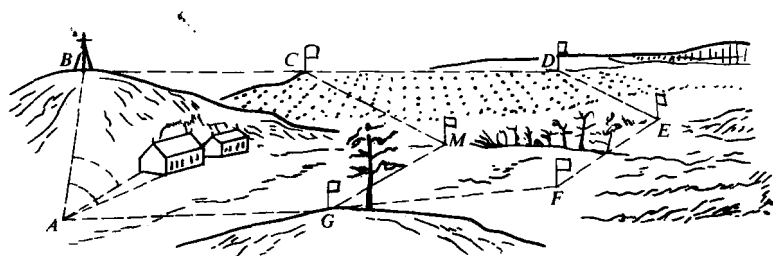


图 1-12

习 题

1. 测量学的任务是什么？测定和测设。

2. 测定与测设有何区别？用测量仪器和工具对地面点的位置进行测量和计算叫测定。测量范围不同，即平均海面。

3. 普通测量学与大地测量学有什么区别？得到一些数据或编成地图。

4. 什么叫水准面？它有什么特性？自由静止的水面，该曲面处处与铅垂线相垂直。

5. 什么叫大地水准面？它在测量工作中的作用是什么？作为地面点高程的起算面。

6. 何谓绝对高程和相对高程？两点之间相对高程之差与绝对高程之差是否相同？

7. 在什么情况下可以采用假定平面直角坐标系？测量工作中所用的平面直角坐标系与数学上的有哪些不同之处？

8. 用水平面代替水准面，对距离和高程有何影响？在多大范围内允许用水平面代替水准面而不顾及其对距离的影响？

9. 测量工作为什么要遵循“从整体到局部”、“先控制后碎部”的原则？

10. 确定地面点位的三个基本要素是什么？测量的基本工作是什么？

11. 测量学对你所学的专业起什么作用？学完后应达到哪些要求？

第二章 水准测量

测定地面点高程的工作，称为高程测量。由于所用的仪器和施测方法的不同，可分为水准测量、三角高程测量和气压高程测量。其中，水准测量是高程测量中最基本和精度最高的一种主要方法。本章着重介绍水准测量的原理、水准仪的构造及其使用、水准测量的施测方法及成果计算等内容。三角高程测量将在第七章叙述。

第一节 水准测量原理

水准测量原理是利用一条水平视线，借助于带有分划的标尺，来测定地面两点之间的高差，从而由已知点的高程推算出未知点的高程。如图 2-1 所示，设 A 点的高程 H_A 为已知，欲测定 B 点的高程 H_B ，则可在 A、B 两点各竖立标尺，根据水平视线分别在 A、B 点标尺读取的读数 a 、 b ，就能计算 A、B 两点间的高差 h_{AB} ，即

$$h_{AB} = a - b$$

= 后视读数 - 前视读数

(2-1)

则 B 点的高程为

从已知测到未知

$$H_B = H_A + h_{AB}$$

(2-2)

在水准测量中，我们总是以工作的前进方向来区分后视和前视，如果由 A 点向 B 点前进，我们就称 A 点为后视点，读数 a 称为后视读数；B 点为前视点，读数 b 称为前视读数。当 h_{AB} 为正值时，说明 B 点高于 A 点； h_{AB} 为负值时，说明 B 点低于 A 点。在计算高程时，高差应连同其符号一并运算。

B 点的高程也可以通过仪器的视线高程计算。即

$$\left. \begin{aligned} H_i &= H_A + a \\ H_B &= H_i - b \end{aligned} \right\} \quad (2-3)$$

式中： H_i ——为视线高程；

H_B ——为 B 点高程。

利用视线高程可以很方便地在一测站上测出若干前视点的高程。

若 A、B 两点之间的高差较大，或者相距较远，安置一次仪器不可能测得两点间的高差时，就必须在 A、B 两点之间增设若干临时立尺点，逐站施测出高差，最后再由各站高差求出 A、B 两点间的高差 h_{AB} 。如图 2-2 所示：

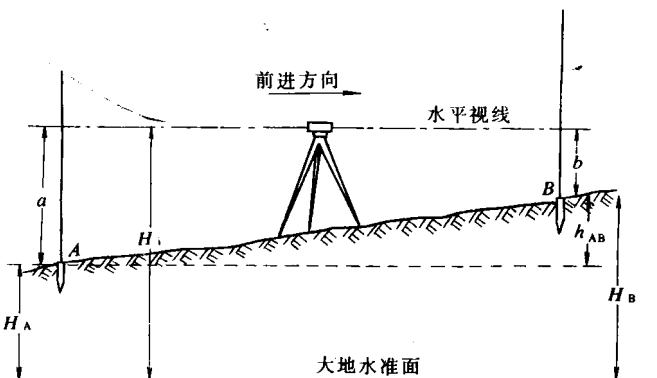


图 2-1

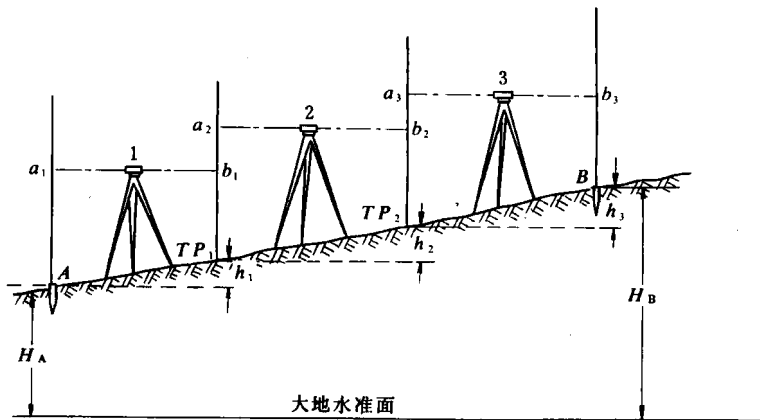


图 2-2

$$h_{AB} = h_1 + h_2 + h_3 = (a_1 + a_2 + a_3) - (b_1 + b_2 + b_3)$$

写成通式为

$$h_{AB} = \sum h = \sum a - \sum b \quad (2-4)$$

这些临时立尺点称为转点，以 TP 表示，起着传递高程的作用。

第二节 水准测量的仪器和工具

水准测量所使用的仪器为水准仪，工具为水准尺和尺垫。

水准仪按其精度可分为 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 、 DS_{10} 四个等级。“D”和“S”分别为“大地测量”和“水准仪”的汉语拼音中第一个字母；05、1、3、10 是指仪器每公里往、返测高差中数的误差 (mm)，其技术参数见附录一。建筑工程测量广泛使用 DS_3 级水准仪，因此本节着重介绍这类仪器。

一、 DS_3 级微倾水准仪的构造

水准仪由望远镜、水准器和基座三个主要部分组成。图 2-3 为国产 DS_3 级水准仪。

1. 望远镜

望远镜用以照准远处目标并对水准标尺进行读数。如图 2-4 所示，它由物镜、调焦透镜、十字丝分划板及目镜组成。物镜的作用是使远处目标（水准尺）所发出的光束通过物镜后形成倒立的实像；调焦透镜的作用是当它在物镜光心与十字丝网中心的连线上前后移动时，可使影像落在十字丝分划板的平面上。十字丝分划板是由圆形平板玻璃制成，在其上刻有两条互相垂直的细线，用以瞄准目标和读取读数；在中丝上、下刻有两条平行的短横线，是用来测定距离的，称为视距丝。目镜的作用是将十字丝和它上面的尺像同时放大。物镜光心与十字丝交点的连线称为视准轴。视准轴的延长线即为视线。

2. 水准器

水准器是用来指示视准轴是否水平或仪器竖轴是否竖直的装置。水准器有管水准器（简称水准管）和圆水准器两种。

1) 水准管