

测量学

张鹏飞

姚黔贵

董敏

◎ 编

CE LIANG XUE



贵州科技出版社

267

P2
75=2

KD00948267

测量学

张鹏飞

姚黔贵

董敏

◎ 编

C E L I A N G X U E



贵州科技出版社

· 贵阳 ·

湖南科技大学图书馆



KD00948267

图书在版编目(CIP)数据

测量学 / 张鹏飞, 姚黔贵, 董敏编. -- 贵阳: 贵州科技出版社, 2012.2

ISBN 978-7-80662-994-9

I. ①测… II. ①张… ②姚… ③董… III. ①测量学—高等学校—教材 IV. ①P2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第016191号

出版发行	贵州出版集团 贵州科技出版社
地 址	贵阳市中华北路289号 邮政编码 550004
网 址	http://www.gzstph.com http://www.gzkj.com.cn
经 销	贵州省新华书店
印 刷	贵州工业大学印刷厂
版 次	2012年2月第2版
印 次	2012年2月第1次
字 数	377千字
印 张	16.5
开 本	787 mm×1 092 mm 1/16
印 数	3 050册
书 号	ISBN 978-7-80662-994-9/P·028
定 价	38.00元

前 言

高等教育的任务是培养具有创新精神和实践能力的高级专门人才,发展科学技术文化,促进社会主义现代化建设。编写与上述要求和当前科学技术相适应的新教材,是深化教育改革和提高教学质量的重要环节之一。

本书是非测绘类专业的测量学教材。教材编写根据测量学教学大纲和编者多年的教学经验,本着理论联系实际、与时俱进的思想,在讲述理论的同时,强调方法和应用。本书是在2008年版《测量学》基础上重新进行修订的,在内容上更加着重严谨性和科学性,使该书更适合于现代教学环节,力图对非测绘专业本科学生学习测量学起到容易理解、增强动手能力的作用,使教材具有更强的针对性。

本教材可供土木工程、交通土木工程、城市规划、工程管理、建筑学、水电、给排水、资源与环境等专业的学生使用。

本教材由贵州大学矿业学院张鹏飞编写第三章、第五章、第六章、第七章、第十章、第十一章、第十二章、第十四章;由姚黔贵编写第一章、第二章、第四章、第十三章;由董敏编写第八章、第九章。

由于编者的水平有限,本书难免存在一些缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2012年2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 测量工作的原则和程序	7
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 水准测量的实测方法	14
第五节 水准测量的成果计算	18
第六节 水准仪的检验与校正	20
第七节 水准测量误差与注意事项	23
第八节 其他水准仪简介	25
第三章 距离丈量与直线定向	30
第一节 地面点的标定与直线定线	30
第二节 距离丈量	32
第三节 钢尺的检定	35
第四节 距离丈量的误差来源	36
第五节 丈量成果整理	38
第六节 直线定向	40
第四章 角度测量	45
第一节 水平角测量原理	45
第二节 经纬仪的构造和使用	45
第三节 水平角观测	53
第四节 竖直角观测	56
第五节 经纬仪的检验和校正	59
第六节 角度测量的误差及其注意事项	65
第七节 电子经纬仪	67

第五章 测量误差基本知识	72
第一节 测量误差概念	72
第二节 评定精度的标准	76
第三节 观测值的算术平均值及改正值	78
第四节 观测值的精度评定	79
第五节 误差传播定律	81
第六节 误差传播定律的应用	85
第七节 加权平均值及其中误差	88
第六章 控制测量	92
第一节 概 述	92
第二节 导线测量	96
第三节 导线测量内业	98
第四节 交会定点	111
第五节 高程控制测量	115
第六节 全站仪的概念及应用	120
第七章 视距与三角高程测量	130
第一节 视距测量	130
第二节 电磁波测距	133
第三节 三角高程测量	140
第八章 大比例尺地形图测图	145
第一节 地图和地形图	145
第二节 地形图的比例尺	146
第三节 地形图图式	147
第四节 大比例尺地形图的图廓	153
第五节 地形图的分幅与编号	155
第六节 测图前的准备工作	158
第七节 碎部测量	160
第八节 地物和地貌的测绘	163
第九节 地形图的修测、拼接、整饰及检查	169
第十节 数字化测图简介	172
第九章 地形图应用	177
第一节 地形图应用基本内容	177
第二节 地形图在工程建设中的应用	179
第十章 施工测量基本知识	183
第一节 施工测量概述	183

第二节 测设的基本工作	183
第三节 测设点位的基本方法	188
第十一章 建筑施工测量	191
第一节 建筑场地的施工控制测量	191
第二节 民用建筑施工测量	194
第三节 工业厂房施工测量	200
第四节 烟囱施工测量	204
第五节 竣工总平面图的编绘	206
第十二章 线路工程测量	208
第一节 概 述	208
第二节 中线测量	208
第三节 圆曲线的测设	210
第四节 纵横断面图的测绘	216
第五节 道路施工测量	223
第六节 管道施工测量	225
第十三章 地质勘探工程测量	231
第一节 勘探工程测量	231
第二节 地质剖面测量	233
第三节 地质填图测量	236
第十四章 建筑物的变形观测	238
第一节 概 述	238
第二节 建筑物的沉降观测	239
第三节 建筑物的倾斜观测与裂缝观测	243
第四节 建筑物的水平位移观测	245
附录A 大比例尺地形图常用图式符号	247
附录B 特殊地貌符号	252
参考文献	253

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

测量学也称测绘学,它是研究地球的形状、大小以及确定地面(包括空中和地下)点位的科学。测量学的内容包括测定和测设两个部分。测定是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算得到一系列测量数据,或把地球表面的地形缩绘成地形图,供有关部门使用。测设是指把图纸上规划设计好的建筑物或构筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据。

按照研究范围和对象的不同,测量学包括许多分支学科。例如,研究工程建设中所进行的各种测量工作,属于工程测量学的范畴。利用测量所得的资料数据,研究如何投影和如何编绘、制印各种地图的工作,属于制图学的范畴。测量小范围地球表面的形状时,不用顾及地球曲率的影响,把地球表面当作平面看待而进行的测量,属于普通测量学的范畴。研究整个地球的形状和大小,解决大地区的控制测量和地球重力场问题的测量,属于大地测量学的范畴。随着科学技术的发展,上述学科又划分出诸多分支学科。例如,由于人造地球卫星的发射,大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学。又如,利用摄影像片来测定物体的形状、大小和空间位置的工作,属于摄影测量学的范畴;而按照获得相片的方式不同,摄影测量学又分为地面摄影测量学、航空摄影测量学、水下摄影测量学和航天摄影测量学,等等。特别要指出的是,由于近年来遥感技术的发展,摄影方式和研究对象日趋多样,不仅固体、静态的测量对象,包括液体、气体以及随时间而变化的动态测量对象,都可运用摄影测量学的方法进行研究。

本书主要介绍普通测量学及部分工程测量学的内容。

测绘科学在国防建设和经济建设等诸多方面都有着广泛应用。在国防方面,诸如国界划分、战略部署、战役指挥,都要用到地形图,或需要进行测量。在经济建设方面,必须有计划地对国家资源进行一系列的调查和勘测工作,以便进行开发,而在调查和勘测时都需要基于地形图进行测量。另外,在各项基本建设中,从勘测设计阶段到施工、竣工阶段,都需要进行大量的测绘工作。在科学实验方面,诸如空间科学技术的研究、地壳变形、海岸变迁、地震预报以及地极周期性运动的研究等,都要用到测绘资料。

测绘科学在工业与民用建筑、给水排水、地下建筑、建筑学及城市规划等专业的工作中有着广泛的应用。在勘测设计阶段,要测绘多种比例尺的地形图,供选择厂址和管道线路之用,还要供总平面图设计和竖向设计之用。在施工阶段,要将所设计的建筑物、构筑物的平面位置和高程于实地进行测设,以便进行施工。施工结束后,还要进行竣工测量,施测竣工

图,供日后维修和扩建之用。对某些大型及重要的建筑物和构筑物,即使竣工以后也还要进行变形观测,以保证建筑物的安全使用。

工民建、给排水等专业的学生学习本课程后,要求达到:掌握普通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能正确运用地形图和有关测量资料;能进行一般工程施工的测设工作。

第二节 地面点位的确定

一、地球的形状和大小

测量工作通常是在地球表面进行的,而地球的自然表面并不规则,有高山、丘陵、平原和海洋。不过,地球上最高的珠穆朗玛峰高出海水面不到9km,最低的马里亚纳海沟低于海水面也不到12km,这样的高低起伏相对于地球半径(约为6371km)来说是很小的。再考虑到海洋约占整个地球表面的71%,所以,人们常把被海水面所包围的形体看做地球的形体。

在地球上,静止的水面(不论其范围大小如何)称为水准面,与水准面相切的平面称为水平面。水准面的特点是面上任一点的铅垂线(重力方向)都垂直于该面。显然,地球上静止的水面可以有无数个,因此水准面也有无数个,其中与平均海水面重合并向大陆、岛屿延伸而形成的封闭曲面,称为大地水准面,由大地水准面包围的形体称为大地体。

用大地体表示地球形体是恰当的,但由于地形起伏及地球内部质量分布的不均匀,使得铅垂线方向产生不规则的变化,致使大地体成为一个非常复杂的形体。为使用方便,通常选用一个非常接近于大地体,并可用数学式表达的几何形体来代替大地体作为测量工作的基准面,这就是地球椭球体,又称参考椭球体。如图1-1,地球椭球体由一个椭圆绕其短轴旋转而成,形状由椭圆的长半轴 a 、短半轴 b (或椭圆扁率 e)决定。国内外测量工作者曾多次测算出椭球体元素(即 a 、 b 、 e)的数值,以资应用。我国目前采用的是克拉索夫斯基椭球体元素,其值为

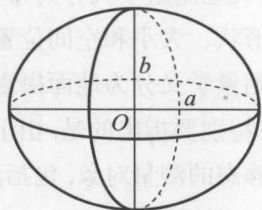


图1-1 地球椭球体

$$a=6378245\text{ m}, \quad b=6356863\text{ m}, \quad e=\frac{1}{298.3} \quad (1-2-1)$$

1979年第17届国际大地测量与地球物理联合会通过并推荐的地球椭球体元素值为

$$a=6378137\text{ m}, \quad b=6356752\text{ m}, \quad e=\frac{1}{298.257} \quad (1-2-2)$$

当测区(测量区域)面积不大时,可以把地球椭球体看做圆球体,其半径约为6371km。

二、确定地面点位的方法

地面上的点称为地面点,地面点的位置称为地面点位。由于地面上的各种地形都是由一系列连续不断的点所组成,因此,确定地形的最基本的工作就是确定地面点位。

我们知道,确定一个点在空间的位置需要三个参数。如图1-2,在测量工作中是将地面点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 沿着铅垂线方向投影到大地水准面上,得到 a 、 b 、 c 、 d 、 e 等投影位置,于

是 A 、 B 、 C 、 D 、 E 的空间位置可由 a 、 b 、 c 、 d 、 e 在大地水准面上的坐标(各包含两个参数)以及 a 、 b 、 c 、 d 、 e 到 A 、 B 、 C 、 D 、 E 的铅垂距离 H_A 、 H_B 、 H_C 、 H_D 、 H_E 来表示。

1. 地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂距离称为(该点的)绝对高程,简称高程,也称海拔。例如图1-2和图1-3中的 H_A 、 H_B 、 H_C 、 H_D 、 H_E 即分别为 A 、 B 、 C 、 D 、 E 各点的高程。我国在青岛设立验潮站长期观测和记录黄海海水面的高低变化,取其平均值作为大地水准面的位置(其高程为零)作为我国计算高程的基准面,并在青岛建立了水准原点(其高程为72.289m)。这就是我国规定的1956年黄海高程系统,全国各地的高程都是以它为基准测算出来的。

当个别地区引用绝对高程有困难时,可采用假定高程系统,即采用任意水准面为起算高程的基准面。如图1-3,地面点到某一假定水准面的铅垂距离,称为假定高程或相对高程。例如 A 点的假定高程为 H'_A , C 点的假定高程为 H'_C 。

两个地面点之间的高程差称为高差。显然,地面点 A 、 C (图1-3)之间的高差 h_{AC} 可写成

$$h_{AC} = H_C - H_A = H'_C - H'_A \quad (1-2-3)$$

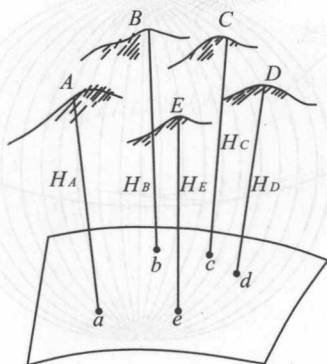


图1-2 地面点高程

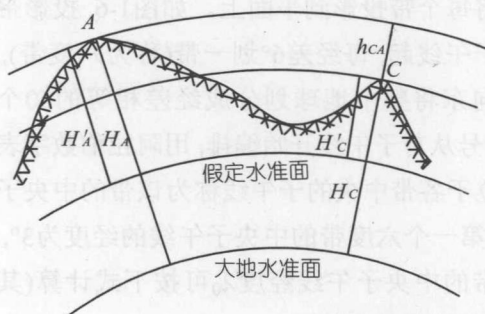


图1-3 高程、相对高程、高差

2. 地面点在投影面上的坐标

地面点在大地水准面上投影的坐标一般用经度和纬度表示,为了实用上的方便,常将其转化为平面直角坐标。下面介绍两种常用的平面直角坐标系。

(1) 独立平面直角坐标系

大地水准面是不规则的曲面,但当测区较小时(例如测区半径不大于10km),球面近似于平面,这时可用测区中心点 a 的切平面 Ω 来代替曲面,如图1-4所示。既然把投影面看做平面,地面点在投影面上的位置就可用平面直角坐标来确定。测量工作采用的平面直角坐标系如图1-5所示,规定南北方向为纵轴(记为 x 轴),东西方向为横轴(记为 y 轴),并规定 x 轴向北为正,向南为负, y 轴向东为正,向西为负,象限I、II、III、IV按顺时针方向编号①。另外,坐标原点 O 一般选在测区的西南角(见图1-4),使测区内各点的 x 、 y 坐标均为正值。

① 测量工作采用的平面直角坐标系, x 轴和 y 轴的规定和象限编号的规定与数学上的一般规定不同,其目的是便于将数学中的公式直接应用于测量计算而不需要作任何变更。

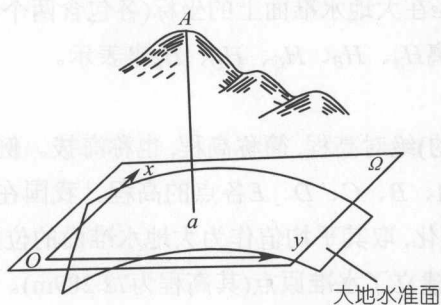


图1-4 地球自然表面与平面的关系

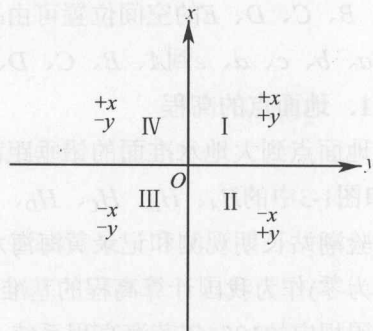


图1-5 测量直角坐标系

(2) 高斯平面直角坐标系

当测区范围较小时,把大地水准面当作平面看待是可以的。而我国的国土面积达九百多万平方千米,显然不能用同一个独立平面直角坐标系来表示点位。为了使全国有一个统一的坐标系,并且测量计算又能在平面上进行,可采用高斯投影的方法,用高斯平面直角坐标来表示地面点在投影面上的位置。

高斯投影的方法是将地球划分成60个带,然后将每个带投影到平面上。如图1-6,投影带从首子午线起,每经差 6° 划一带(称为六度带),自西向东将整个地球划分成经差相等的60个带。带号从首子午线开始编排,用阿拉伯数字表示。位于各带中央的子午线称为该带的中央子午线,第一个六度带的中央子午线的经度为 3° ,任意带的中央子午线经度 λ_0 可按下式计算(其中 N 为投影带的带号):

$$\lambda_0 = 6N - 3$$

(1-2-4)

下面介绍高斯平面直角坐标系。为叙述简便,现将地球看成一个圆球。如图1-7a,设想把一个平面卷成一个空心圆柱,将空心圆柱横着套住地球,并使得地球上某个六度带的中央

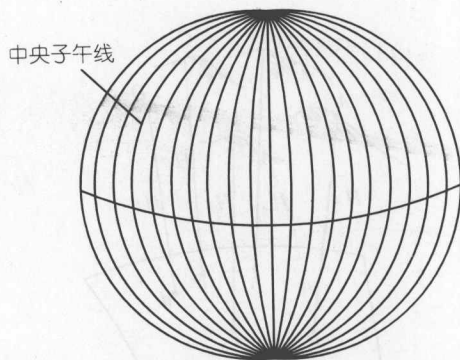
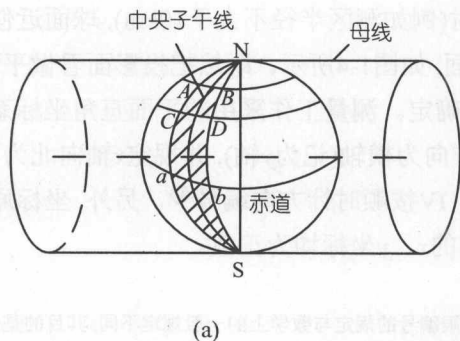
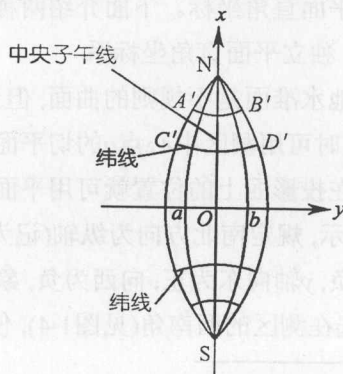


图1-6 地球分带



(a)



(b)

图1-7 高斯投影

子午线刚好与圆柱的内表面相接触(这时中央子午线位于圆柱的某个横截面内)。显然,这时圆柱的轴线通过地球球心,而地球的南极S、北极N分别位于圆柱的两条母线上(图1-7a)。于是将整个六度带投影到圆柱表面上,然后将圆柱面沿着通过地球南北极的两条母线切开并展成平面,这就得到六度带在平面上的形象,如图1-7b所示。中央子午线经投影展开后是一条直线,以此直线作为纵轴(即x轴),赤道是一条与中央子午线垂直的直线,将它作为横轴(即y轴),x轴和y轴就组成了高斯平面直角坐标系(图1-7b)。纬圈AB和CD(图1-7a)在高斯平面直角坐标系内的投影仍为曲线(即A'B'和C'D',见图1-7b)。将投影后具有高斯平面直角坐标系的六度带一个个连接起来,便得到图1-8所示的形象。

我国位于北半球,在高斯平面直角坐标系中,地面点的纵坐标x均为正值,但横坐标y则有正有负。为避免横坐标出现负值,可将每带的坐标原点向西移过一段距离。例如在图1-9a中,设 $y_A=137\,680\text{m}$, $y_B=-274\,240\text{m}$,若将每带的坐标原点向西移过500km(图1-9b),则有

$$y_A = 137\,680 + 500\,000 = 637\,680\text{ m}, \quad y_B = -274\,240 + 500\,000 = 225\,760\text{ m}$$

于是A、B两点的横坐标均为正值。

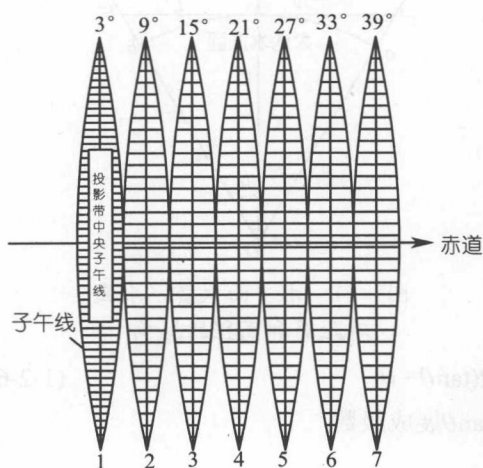


图1-8 高斯投影带

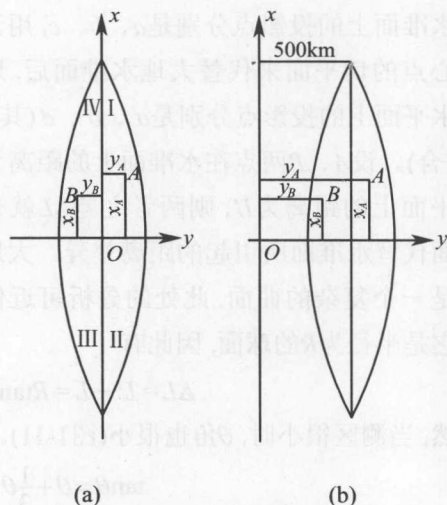


图1-9 坐标原点西移

在高斯投影中,中央子午线的两侧关于中央子午线是对称的,距离中央子午线较近的部分,投影变形较小,距离中央子午线愈远则投影变形愈大。当要求投影变形更小时,应采用三度分带投影法。如图1-10①,三度分带投影法以东经1°30'起,经差3°划分一带,将整个地球划分为120个带,每带中央子午线的经度 λ'_0 由下式计算(其中n为三度带的带号):

$$\lambda'_0 = 3n \quad (1-2-5)$$

为了能够根据地面点的横坐标值判定该点所在的投影带,还应在横坐标值之前冠以投影带的带号。例如,地面点A(图1-9b)若位于第20带内,则横坐标为 $y_A=20\,637\,680\text{m}$ ②。

① 在图1-10中,上半部分是六度分带投影的情形,下半部分是三度分带投影的情形。

② 按照高斯投影分带法,不论六度带还是三度带,每一带对应的最大横坐标值都是6位数(以m计),而我国位于第13带至第23带之间(六度带),或位于第25带至第45带之间(三度带),因此,若 $y_A=20\,637\,680\text{m}$,即表示A点位于六度带的第20带内,横坐标为637680m。相应地,若 $y_A=40\,318\,840\text{m}$,表示A点位于三度带的第40带内,横坐标为318840m。

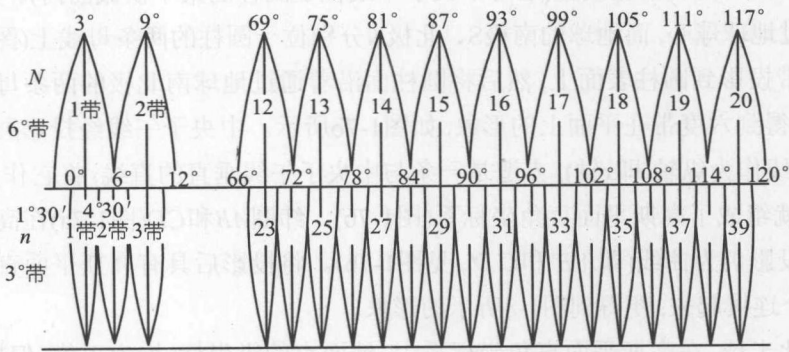


图1-10 高斯投影的六度分带和三度分带

三、用水平面代替水准面的范围

用水平面代替水准面，只有测区很小时才允许。如图1-11, A 、 B 、 C 是地面点，它们在大地水准面上的投影点分别是 a 、 b 、 c ，用该区域中心点的切平面来代替大地水准面后，地面点在水平面上的投影点分别是 a' 、 b' 、 c' (其中 a' 与 a 重合)。设 A 、 B 两点在水准面上的距离为 L ，在水平面上的距离为 L' ，则两者之差 ΔL 就是用水平面代替水准面所引起的距离差异。大地水准面是一个复杂的曲面，此处的分析可近似地认为它是半径为 R 的球面，因此有

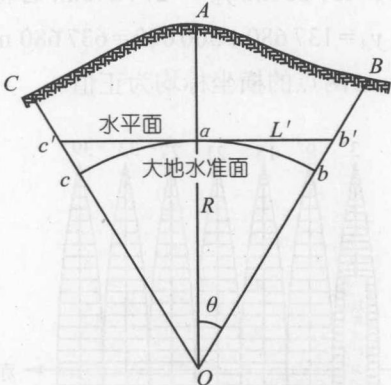


图1-11 水平面代替水准面对距离和高程的影响

$$\Delta L = L' - L = R \tan \theta - R \theta = R(\tan \theta - \theta)$$
 (1-2-6)

显然，当测区很小时， θ 角也很小(图1-11)。于是将 $\tan \theta$ 展成级数

$$\tan \theta = \theta + \frac{1}{3} \theta^3 + \frac{2}{15} \theta^5 + \dots$$

之后，可只取上式右边的前两项。故将 $\tan \theta = \theta + \theta^3/3$ 代入式(1-2-6)并由 $\theta = L/R$ (图1-11)，可得

$$\Delta L = \frac{L^3}{3R^2}$$
 (1-2-7)

或
$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{L^2}{3R^2}$$
 (1-2-8)

将地球的平均半径 $R=6\,371\text{km}$ 以及不同的距离 L 代入式(1-2-8)，便得到表1-1的结果。由表1-1可以看出，当 $L=10\text{km}$ 时，相对误差 $\Delta L/L=1/1\,000\,000$ ，这个误差是很小的。所以，测量距离时，在半径为 10km 的范围内可用水平面代替水准面。

表1-1 地球曲率对水平距离的影响结果

$L(\text{km})$	$\Delta L(\text{cm})$	$\Delta L/L$	$L(\text{km})$	$\Delta L(\text{cm})$	$\Delta L/L$
10	1	1/1 000 000	50	102	1/49 000
20	7	1/300 000	100	821	1/1 200

用水平面代替水准面对高程的影响,仍以图1-11说明。地面点B的高程应为铅垂距离 $\overline{bB}$,用水平面代替水准面后,B点的高程为 $\overline{b'B}$,两者之差 Δh 即为对高程的影响,其值为

$$\Delta h = \overline{bB} - \overline{b'B} = \overline{OB} - \overline{Ob} = R \sec \theta - R = R(\sec \theta - 1) \quad (1-2-9)$$

将 $\sec \theta$ 展成 $\sec \theta = 1 + \theta^2/2 + 5\theta^4/24 + \dots$,只取前两项代入式(1-2-9)并由 $\theta = L/R$ 即得

$$\Delta h = \frac{L^2}{2R} \quad (1-2-10)$$

用不同的距离 L 代入式(1-2-10)便得到表1-2所列的结果。从表1-2可以看出,用水平面代替水准面对高程的影响是很大的,距离200m就有0.31cm的高程误差,这是不能允许的。因此在高程测量中,即使距离很短,也应考虑地球曲率对高程的影响。

表1-2 地球曲率对高差的影响结果

$L(\text{km})$	0.2	0.5	1	2	3	4	5
$\Delta h(\text{cm})$	0.31	2	8	31	71	125	196

四、确定地面点位的三个基本要素

如图1-12所示,地面点A、B在投影面上的位置是a、b。实际工作中并不能直接测出它们的高程和坐标,而是观测水平角 β_1 、 β_2 和水平距离 L_1 、 L_2 以及点之间的高差,再根据已知点I、II的坐标、方向和高程,推算出a点和b点的坐标和高程,以确定它们的点位。由此可见,地面点间的位置关系是以距离、水平角(方向)和高程来确定的,因此,高程、水平角和距离就是确定地面点位的三个基本要素,而高程测量、水平角测量和距离测量是测量学的基本内容。

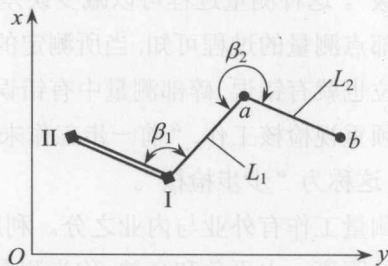


图1-12 地面点位三要素

第三节 测量工作的原则和程序

地球表面复杂多样的形态,可分为地物和地貌两大类。地面上的固定物体称为地物,如河流、湖泊、道路和房屋等。地面上的高低起伏形态称为地貌,如山岭、谷地、陡崖等。下面以地物和地貌测绘到图纸上为例,介绍测量工作的原则和程序。

图1-13a所示为一幢房屋,其平面位置由房屋轮廓线的一些折线组成,如果能确定1~6各点的平面位置,这幢房屋的位置就确定了。图1-13b所示为一条河流,它的岸边线虽然很不规则,但弯曲部分可看成由折线组成,只要确定7~13各点的平面位置,这条河流的位置也就确定了。至于地貌,其地势起伏变化虽然复杂,但仍可看成由许多不同方向和不同坡度的平面相交而成的几何体,相邻平面的交线就是方向变化线和坡度变化线,只要确定出这些方向变化线和坡度变化线的交点的平面位置和高程,地貌的形状和大小的基本情况也就反映出来了。因此,不论地物或地貌,它们的形状和大小都是由一些特征点的位置所决定的,这些特征点也称碎部点。测量时,主要就是测定这些碎部点的平面位置和高程。

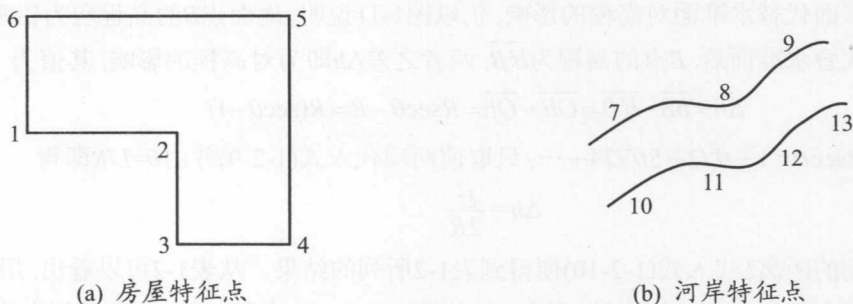


图1-13 地物特征点实例

测定碎部点的位置通常分两步进行, 第一步是控制测量, 第二步是碎部测量。如图1-14, 控制测量是先在测区内选择若干具有控制意义的点1、2、3、…作为控制点, 以较精确的方法测定其位置, 而碎部测量是根据控制点测定碎部点的位置。例如在控制点1上测定其周围的碎部点 L 、 M 、 N 等, 在控制点2上测定其周围的碎部点 A 、 B 等(图1-14)。因此, 测量工作的基本原则是: 在布局上“从整体到局部”, 在次序上“先控制后碎部”, 在精度上“从高级到低级”。这种测量过程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。另外, 从碎部点测量的过程可知, 当所测定的控制点的相对位置有错误时, 以其为基础所测定的碎部点位也就有错误, 碎部测量中有错误时, 以此资料绘制的地形图也就有错误。因此, 测量工作必须重视检核工作, “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, 这称为“步步检核”。

测量工作有外业与内业之分。利用测量仪器在野外测出控制点之间或控制点与碎部点之间的距离、水平角和高差, 称为测量外业。将外业测量的结果在室内进行整理、计算, 并绘制出相应的地形图或专题图, 称为测量内业。

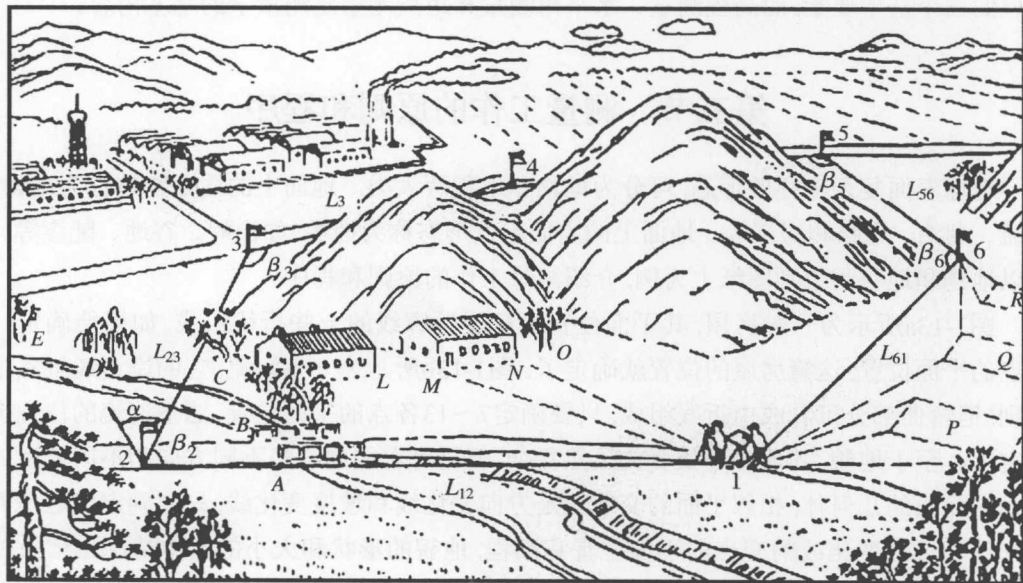


图1-14 测量工作的基本方法

第二章 水准测量

高差是测量的基本观测量之一。测量地面点高程的工作,称为高程测量。按使用的仪器和施测方法的不同,高程测量可分为水准测量、三角高程测量和气压高程测量。水准测量是精确测定地面点高程的一种主要方法,适用于平坦地区,三角高程测量则主要用于山地。

本章主要介绍水准测量的原理和方法,包括水准仪的构造、使用及其检校,水准测量误差来源及消除方法,以及水准路线施测方法和数据处理等。另外,本章还将介绍精密水准仪、自动安平水准仪、激光水准仪、电子水准仪的基本构造和使用。

第一节 水准测量原理

水准测量的实质是测定地面两点间的高差,然后通过已知点的高程求出未知点的高程。如图2-1所示,设已知A点的高程为 H_A ,欲测定B点的高程 H_B ,可在A、B两点处各竖一根有刻度的尺子(称为水准尺,水准尺放置时零点朝下),在其间安置一台能提供水平视线的仪器,即水准仪。用水准仪的水平视线分别读取A、B尺上的读数 a 、 b ,则B点对A点的高差为

$$h_{AB} = a - b \quad (2-1-1)$$

而B点的高程为

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (2-1-2)$$

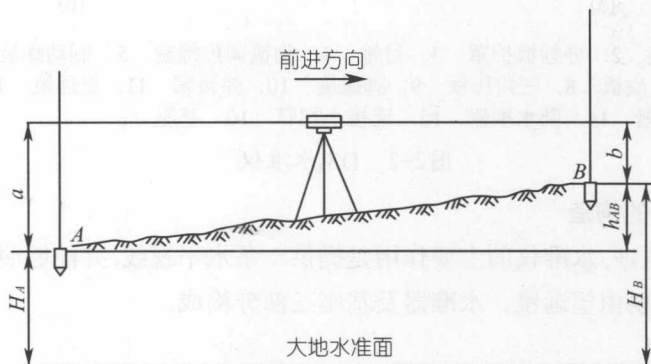


图2-1 水准测量

如果水准测量是由A到B进行的(如图2-1中的箭头所示),其中A点为已知高程的点,B点为欲求高程的点,则A点尺上的读数 a 称为后视读数,B点尺上的读数 b 称为前视读数。高差等于后视读数 a 减去前视读数 b ,当 $a > b$ 时,高差为正,B点高于A点;反之为负,B点低于A点。

还可以通过仪器的视线高程 H_i 计算B点的高程,公式为

$$H_B = H_i - b \quad (2-1-3)$$

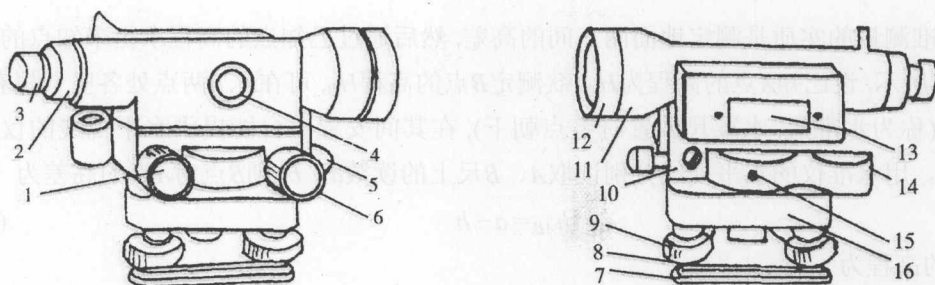
由式(2-1-2)根据高差推算高程的方法,称为高差法,由式(2-1-3)利用视线高程推算高程的方法,称为视线高法。通常情况下,高差法用于传递高程时测量待定点的高程,而视线高法可一次测得多个点的高程。

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,辅助工具有水准尺和尺垫等。

水准仪的型号有DS₀₅、DS₁、DS₃、DS₁₀等,其中“D”和“S”分别为“大地测量”和“水准仪”汉语拼音的第一个字母,数字代表水准仪的精度,表示用该仪器进行水准测量时,每千米往返测高差中数的中误差值(关于中误差见第五章第二节)。

建筑工程测量中一般使用DS₃水准仪,本章主要介绍这种仪器。图2-2所示是我国生产的DS₃水准仪。



(a)

(b)

1. 微倾螺旋 2. 分划板护罩 3. 目镜 4. 物镜调焦螺旋 5. 制动螺旋 6. 微动螺旋 7. 底板 8. 三角压板 9. 脚螺旋 10. 弹簧帽 11. 望远镜 12. 物镜 13. 管水准器 14. 圆水准器 15. 连接小螺钉 16. 基座

图2-2 DS₃水准仪

一、DS₃水准仪的构造

根据水准测量原理,水准仪的主要作用是提供一条水平视线,并能够照准水准尺进行读数。因此,水准仪主要由望远镜、水准器及基座三部分构成。

1. 望远镜

图2-3是DS₃水准仪望远镜的构造图,望远镜主要由物镜1、目镜2、调焦透镜3和十字丝分划板4所组成。物镜和目镜多采用复合透镜组,物镜的作用是和调焦透镜一起将远处的目标在十字丝分划板上形成缩小而明亮的实像,目镜的作用是将物镜所成的实像与十字丝一起放大成虚像。

十字丝分划板是一块刻有分划线的透明薄平板玻璃片,分划板上互相垂直的两条长丝,称为十字丝。纵丝亦称竖丝,横丝共3根,中间的横丝称为中丝,上、下两根丝分别称为上丝和下丝。上丝和下丝对称于中丝,利用上、下丝还可测量距离,所以又称为视距丝。操作时,