



普通高等教育“十二五”规划教材

(第三版)

测量学

邓念武 张晓春 金银龙 编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

(第三版)

测量学

邓念武 张晓春 金银龙 编
徐 晖 主 审



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。全书共分十五章，主要内容包括水准仪及其使用、角度测量、距离测量和直线定向、全站仪测量、全球卫星定位系统简介、测量误差的基本知识、小地区控制测量、大比例尺地形图的测绘、地形图的应用、施工测量的基本工作、工业与民用建筑中的施工测量、隧洞施工测量、渠道测量、管道工程测量。本书前十章为普通测量学的基本知识，第十一至第十五章为工程测量部分。全书紧紧抓住测量学的基本概念和基本原理阐述，在内容上力求做到由浅入深，由具体到一般，内容简明扼要，图文结合，通俗易懂。

本书可作为普通高等院校水利水电工程、农田水利工程、水文水资源工程、港口航运工程、土木工程、建筑学、给排水工程、城市规划工程等专业的教材，也适用于相关专业工程技术人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

测量学/邓念武, 张晓春, 金银龙编. —3 版. —北京: 中国电力出版社, 2015. 8

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-7635-9

I. ①测… II. ①邓… ②张… ③金… 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 (2015) 第 086250 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.com.cn>)

三河市百盛印装有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2004 年 8 月第一版

2015 年 8 月第三版 2015 年 8 月北京第九次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14 印张 338 千字

定价 30.00 元

敬 告 读 者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

前言

为了适应高等学校教学改革,同时顾及不同专业对《测量学》的要求,编者在第二版的基础上总结这五年来的教学实践经验,结合测绘领域的新技术和新方法修订本教材。全书紧紧抓住测量学的基本概念和基本原理进行阐述,在内容上力求做到由浅入深,由具体到一般,内容简明扼要,图文结合,通俗易懂。

本书由三大部分组成,内容涵盖测量的基本工作和误差的基本知识、控制测量、地形测量、施工测量等。其中第一部分包括第一章到第七章,本部分对测量仪器(水准仪、经纬仪、全站仪)的基本概念、基本原理、使用方法和误差来源进行了详细的介绍和分析;对全球定位系统(GNSS)的基本原理进行了介绍;对测量误差的来源、中误差和误差传播定律进行了系统的阐述;使读者不仅懂得如何使用仪器,而且懂得为什么如此使用仪器。第二部分包括第八章到第十章,主要介绍小地区控制测量、大比例尺地形图的测绘和地形图的应用。使读者理解控制测量和碎部测量由于精度要求的不同,从而测量方法和计算方法有所区别,使读者熟悉经纬仪测绘法、全站仪方法、GNSS RTK方法如何将地面上的地物和地貌按照一定比例测绘到地形图上,熟悉识读和使用地形图的基本方法;第三部分包括第十一章到第十五章,介绍了施工测量的基本工作后,针对不同专业的具体要求讲述了适合不同专业的施工测量方法。

本次修订加大了测绘行业的新仪器、新技术和新方法的介绍,将全站仪、GNSS接收机在控制测量、碎部测量和施工放样中的应用结合具体的仪器进行了详尽的介绍,特别是加大了电子地图的成图方法和电子地图的应用等方面的介绍。

测量学是一门实践性很强的学科,为了更加方便学生用书,编者将与本书配套的复习思考题、练习题、实验指导书和记录表格、实习指导书和记录表格另外出版成册,并将记录表格设计成可撕页,方便学生单独使用和提交。

本书由武汉大学水利水电学院邓念武、张晓春、金银龙编写,其中张晓春编写第一、二、三、四、七章,金银龙编写第五、六、八、十、十一章,邓念武编写第九、十二、十三、十四、十五章。全书由武汉大学徐晖主审。

限于作者水平,缺点在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2015年7月

目 录

前言

第一章 概述	1
第一节 测量学的任务及其在工程建设中的作用	1
第二节 地球的形状和大小	2
第三节 地面点位的确定	3
第四节 用水平面代替水准面的限度	6
第五节 测量工作的基本原则	7
第六节 测绘科学的发展概况	8
第二章 水准仪及其使用	10
第一节 水准测量原理	10
第二节 DS3 型微倾式水准仪及其使用	11
第三节 水准测量的一般方法	14
第四节 水准路线闭合差的调整和高程计算	17
第五节 微倾式水准仪的检验和校正	18
第六节 水准测量的误差及其消减方法	20
第七节 自动安平水准仪	23
第八节 精密水准仪	24
第九节 数字水准仪	25
第三章 角度测量	28
第一节 水平角测量原理	28
第二节 DJ6 型光学经纬仪	28
第三节 电子经纬仪	31
第四节 水平角测量	33
第五节 竖直角测量	37
第六节 经纬仪的检验和校正	39
第七节 经纬仪的测量误差及其消减方法	44
第四章 距离测量和直线定向	47
第一节 距离丈量	47
第二节 视距测量	52
第三节 电磁波测距	55
第四节 直线定向	61

第五章 全站仪测量	66
第一节 全站仪的基本知识	66
第二节 全站仪的基本结构	68
第三节 全站仪的基本操作	69
第四节 全站仪的误差和检验	73
第六章 全球卫星定位系统简介	76
第一节 概述	76
第二节 GPS 测量原理	78
第三节 GPS 接收机分类及 GPS 应用	80
第四节 全球四大全球定位系统	83
第七章 测量误差的基本知识	86
第一节 测量误差的来源及其分类	86
第二节 偶然误差的特性及算术平均值原理	87
第三节 衡量精度的标准	89
第四节 观测值函数的中误差——误差传播定律	91
第五节 等精度直接平差	95
第六节 测量精度分析示例	98
第八章 小地区控制测量	101
第一节 控制测量的概念	101
第二节 导线测量	102
第三节 小三角测量	110
第四节 GNSS 控制测量	114
第五节 高程控制测量	126
第九章 大比例尺地形图的测绘	130
第一节 地形图的基本知识	130
第二节 大比例尺经纬仪测绘法测图	136
第三节 全站仪数字化测图技术	141
第四节 实时动态系统 (GNSS RTK) 测图技术	145
第五节 地形图绘图软件介绍	151
第十章 地形图的应用	156
第一节 地形图的识读	156
第二节 地形图应用的基本内容	158
第三节 地形图在工程规划设计中的应用	159
第四节 面积的测算	164

第十一章	施工测量的基本工作	166
第一节	概述	166
第二节	放样的基本测量工作	166
第三节	点的平面位置放样	169
第四节	直线坡度的放样	171
第五节	全站仪坐标放样	172
第六节	GNSS RTK 坐标放样	173
第十二章	工业与民用建筑中的施工测量	175
第一节	工业厂区施工控制测量	175
第二节	厂房柱列轴线的测设和柱基施工测量	179
第三节	民用建筑施工中的测量工作	181
第四节	建筑物的沉降观测与倾斜观测	183
第五节	竣工总平面图的编绘	186
第十三章	隧洞施工测量	187
第一节	概述	187
第二节	洞外定线测量	188
第三节	洞内定线及断面放样	190
第四节	隧洞水准测量	191
第五节	竖井传递开挖方向	192
第十四章	渠道测量	193
第一节	渠道选线测量	193
第二节	中线测量	194
第三节	纵断面测量	195
第四节	横断面测量	198
第五节	土方计算	200
第六节	边坡桩的放样	200
第七节	数字地形图在渠道测量中的应用	201
第十五章	管道工程测量	205
第一节	管道中线测量	205
第二节	管道纵横断面测量	207
第三节	管道施工测量	211
第四节	管道竣工测量	214
参考文献		216

概述



第一节 测量学的任务及其在工程建设中的作用

测量学是测绘科学的重要组成部分,是研究地球的形状和大小,以及确定地球表面(包括空中、地面和海底)点位关系,并对这些空间位置信息进行处理、存储和管理的一门科学。

测绘科学是一门既古老又在不断发展的科学。根据研究对象和范围及采用技术的不同,测量学产生了许多分支科学:①大地测量学。它是研究地球表面上一个广大区域甚至整个地球的形状、大小、重力场及其变化,通过建立区域和全球三维控制网、重力网,以及利用卫星测量、甚长基线干涉测量等方法测定地球各种动态的理论和技术的学科。在大地测量学中,必须考虑地球曲率的影响。近年来,由于人造地球卫星的发射及遥感技术的发展,大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学。②普通测量学。它是研究地球自然表面上一个小区内测绘工作的理论、技术和方法的学科。由于地球半径很大,可以把这块球面视作平面而不考虑地球曲率的影响。③摄影测量学。它是研究利用电磁波传感器获取目标物的几何和物理信息,用以测定目标物的形状、大小、空间位置,判释其性质及相互关系,并用图形、图像和数字形式表达的理论和技术的学科。摄影测量学又可分为航天摄影测量学、航空摄影测量学、地面摄影测量学、水下摄影测量学。④地图制图学。它是研究地图的信息传输、空间认知、投影原理、制图综合和地图的设计、编制、复制以及建立地图数据库等的理论和技术的学科。⑤海洋测量学。它是研究海洋定位,测定海洋大地水准面和平均海面,海底和海面地形、海洋重力、磁力、海洋环境等自然和社会信息的地理分布,以及编制各种海图的理论和技术的学科。⑥工程测量学。它是研究工程建设和自然资源开发中各个阶段进行的控制测量、地形测绘、施工放样、变形监测以及建立相应信息系统的理论和技术的学科。

本书主要介绍普通测量学和部分工程测量学的基本知识,主要分为两部分:①地形测图,也称测定,它是利用各种测量仪器和工具,将地面上局部区域的地物和地面起伏按一定的比例尺缩小测绘成地形图,为工程建设的规划、设计和施工服务;②施工放样,也称测设,将图纸上规划、设计好的建筑物位置、尺寸测设于地面,作为施工依据。在建筑物的施工过程中,测量工作还要与施工进度紧密配合,以保证施工质量。另外,对于一些大型、重要的建筑物和构筑物,在施工和使用过程中,还要进行变形观测,以确保建筑物的安全。

在工农业建设和各类土木工程建设中,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,测绘工作贯穿于工程建设的各个阶段,例如:在工程的勘测设计阶段,选择厂址坝址,进行总平面图的设计和选择管道渠道线路等,都需要测绘各种大比例尺的地形图;在施工阶段,要将设计的建筑物的平面位置和高程在实地标定出来,作为施工的依据;待施工结束后,还要测绘竣工图,供日后扩建、改建和维修之用。另外,在工程的施工和使用过程中,还要对建筑物和构筑物的变形情况进行长期观测,掌握其变形规律,以确保建筑物和构筑物的安全和正常使用。由此可见,测量工作贯穿于工程建设的整个过程。因此,学习和掌握测量学的基本知识和技能是十分必要的。测量学是工程建设各专业的一门技术基础课。

第二节 地球的形状和大小

地球的自然表面是一个不规则的曲面,有陆地和海洋。陆地上最高处是我国西藏与尼泊尔交界处的珠穆朗玛峰,高出海平面 8844.43m。海洋最深处是太平洋西部的马里亚纳海沟,深达 10 911m。相对于地球半径 (6371km) 而言,这样的高低起伏是可以忽略不计的。考虑到地球表面上的陆地面积约占 29%,而海洋面积约占 71%,地球总的形状可以认为是被海水包围的球体。设想有一个静止的海水面,向陆地延伸而形成一个封闭的曲面,曲面上每一点的法线方向和铅垂线方向重合,这个静止的海水面称为水准面。但海水受潮汐影响,时涨时落,所以水准面有无数个,其中平均高度的水准面称为大地水准面,测量工作中常以这个面作为点位投影和计算点位高度的基准面。

由于地球内部质量分布不均匀,地面上各点所受的引力大小不同,从而使得地面上各点的铅垂线方向产生不规则的变化,因此大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规则曲面。如果将地面的点位投影到这个不规则的曲面上,是无法进行测量计算工作的。所以,在实际工作中,常选用一个能用数学方程表示并与大地水准面很接近的规则曲面,这样一个规则曲面就是旋转椭球面。旋转椭球面是绕椭圆的短轴旋转而成的椭球面(见图 1-1),其大小可由长半径 a ,短半径 b 和扁率 $\alpha[\alpha = (a - b)/a]$ 来表示。我国目前采用 1975 年第 16 届国际大地测量与地球物理协会联合推荐的数值,即: $a = 6\,378\,140\text{m}$, $\alpha = 1/298.257$ 。

地球的形状和大小确定后,还要确定大地水准面与椭球面的相对关系,才能将地面上的观测成果推算到椭球面上。如图 1-2 所示,在适当地面上选定一点 P (P 点称为大地原点),令 P 点的铅垂线与椭球面上相应 P_0 点的法线重合,并使该点的椭球面与大地水准面相切,

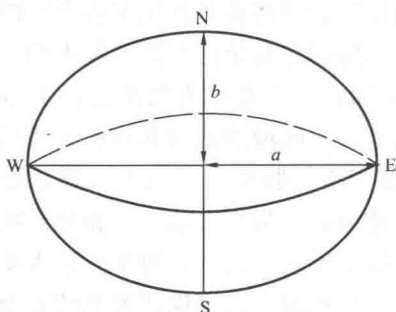


图 1-1 旋转椭球体

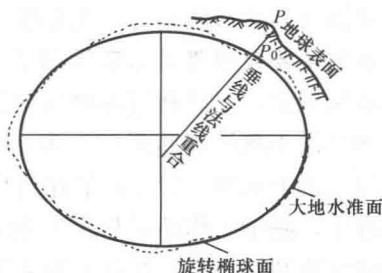


图 1-2 大地水准面和旋转椭球体

而且使本国范围内的椭球面与大地水准面尽量接近。这项工作称为参考椭球面的定位。

我国于 1954 年建立了北京坐标系；后来根据最新测量数据，发现北京坐标系的有关定位参数与我国实际情况出入较大，在全国天文大地网整体平差后，于 1980 年将坐标系的原点设在陕西省泾阳县境内，根据该原点推算而得的坐标称为“1980 年国家大地坐标系”。

由于参考椭球面的扁率很小，在普通测量中，常把参考椭球面近似地作为球面看待，其半径约为 6371km。当测区范围较小时，又可把球面视为平面。

第三节 地面点位的确定

确定地面上一点的空间位置，包括确定地面点在参考椭球面上的投影位置（以坐标表示）和该点到大地水准面的铅垂距离（即高程）。

一、坐标

1. 地理坐标

地面点在球面上的位置用经纬度表示，称为地理坐标，如图 1-3 所示。N 和 S 分别为地球的北极和南极，NS 为地球的自转轴。设球面上有一点 M，过 M 点和地球自转轴所构成的平面称为 M 点的子午面，子午面与地球表面的交线称为子午线，又称经线。按照国际天文学会规定，通过英国格林尼治天文台的子午面称为起始子午面，以它作为计算经度的起点，向东从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称东经，向西从 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称西经。M 点的子午面与起始子午面之间的夹角 λ 即为 M 点的经度。过 M 点的铅垂线与赤道平面之间的夹角 φ 即为 M 点的纬度。赤道以北从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬，赤道以南从 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为南纬。M 点的经度和纬度已知，该点在地球表面上的投影位置即可确定。

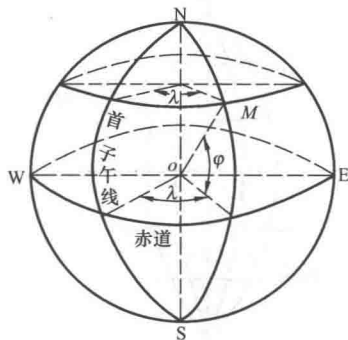


图 1-3 地理坐标

2. 高斯平面直角坐标

当测区范围较大时，如果将它的球面部分展成平面，必然产生皱纹或裂缝，使图形发生变形。为此，必须采用适当的投影方法，建立一个平面直角坐标系，以使变形限制在误差容许范围之内，这样既能保证地形图的精度，又便于工作。测量工作中，通常采用高斯横圆柱投影的方法来建立平面直角坐标系。

高斯横圆柱投影的特点是，在很小的范围内将球面上图形投影到平面上后，图形的角度

不变，即投影前后的形状是相似的，为简单起见，把地球作为一个圆球看待。其投影的方法是：设想把一个平面卷成一个横圆柱，套在圆球外面，使横圆柱的轴心通过圆球的中心，并使横圆柱与球面上的一根中央子午线 NoS 相切（见图 1-4），将球面上的图形投影到横圆柱面上，然后将横圆柱面沿南北极的 TT' 和 KK' 切开并展开成平面，即可得

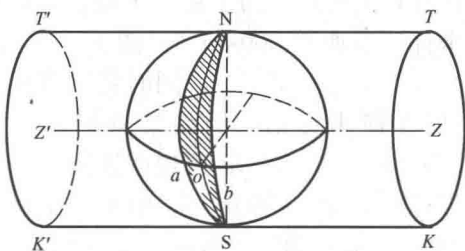


图 1-4 横圆柱投影

投影到平面上相应的图形。此时,中央子午线长度保持不变,赤道与中央子午线为相互垂直的直线(见图1-5)。

高斯投影平面上的中央子午线长度没有变形,而离中央子午线越远,变形就越大。为了使变形限制在允许范围内,可把地球按经线分成若干较小的带进行投影,带的宽度一般依经差分为 6° 和 3° 。

6° 带是从格林尼治子午线算起,格林尼治子午线的经度为 0° ,自西向东,经度每 6° 为一带,中间的一条子午线,即是该带的中央子午线。从图1-6可以看出,第一个 6° 投影带的中央子午线是东经 3° ,第二带的中央子午线是东经 9° ,依此类推,把地球分成60个投影带。而 3° 带是从东经 $1^{\circ}30'$ 开始,每隔 3° 为一带,第一带的中央子午线是 3° ,第二带的中央子午线是 6° ,依此类推,把地球分成120个 3° 带。在 6° 带中,赤道处的宽度约为660km,自赤道向两极其宽度逐渐减小。如以离开中央子午线的距离为300km计,其边缘部分的相对误差为 $1/890$,能满足 $1:25\,000$ 或更小比例尺测图的精度要求。对于 $1:10\,000$ 或更大比例尺测图,则需采用 3° 带。

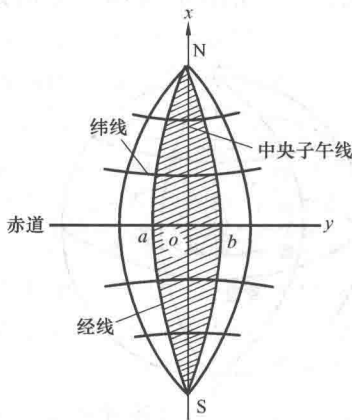


图1-5 高斯投影展开图

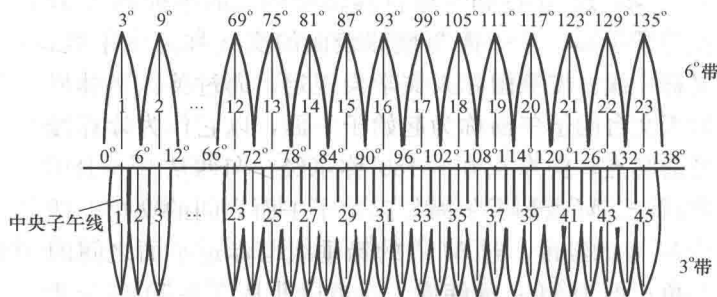


图1-6 6° 、 3° 带投影

每一带中央子午线的投影为平面直角坐标系的纵轴 x ,所以也把中央子午线称为轴子午线,向上为正,向下为负;赤道的投影为平面直角坐标系的横轴 y ,向东为正,向西为负,两轴的交点 o 为坐标原点(见图1-5)。这种坐标系是由高斯提出,后经克吕格改进的,故通常称其为高斯-克吕格坐标。

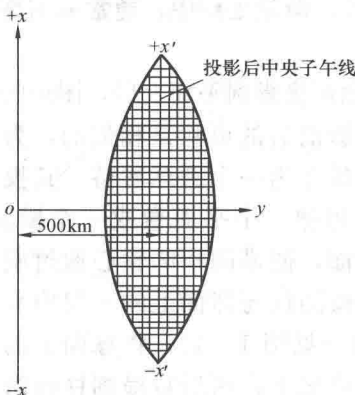


图1-7 坐标纵轴西移

由于我国领土全部位于北半球,纵坐标值均为正值,而横坐标值有正有负,为了避免出现负值,规定将每一带的坐标原点西移500km(见图1-7),即每带的坐标原点 $x=0$, $y=500\text{km}$,同时将该点所在的投影带带号加在横坐标前。例如某点的坐标 $x=6\,048\,075\text{m}$, $y=19\,385\,530\text{m}$,则说明该点位于赤道以北6 048 075m处,第19投影带,中央子午线以西114 470m($385\,530\text{m}-500\,000\text{m}=-114\,470\text{m}$)。

用高斯平面直角坐标来表示地面点位,其计算相

当繁杂，一般适用于大范围的测量工作。

3. 平面直角坐标

当测区范围较小时（半径不超过 10km），可把该部分球面视作平面，即直接将地面点沿铅垂线投影到水平面上（见图 1-8），用平面直角坐标表示它的投影位置。平面直角坐标系（见图 1-9）的原点为 o ，测量上所用的平面直角坐标与数学中的有所不同：测量上的南北方向线为 x 轴，东西方向线为 y 轴，如地面上的一点 a （见图 1-9）的纵横坐标分别为 x_a 和 y_a ；而象限 I、II、III、IV 按顺时针方向排列。分析表明：数学中的三角函数可以不加改变地直接应用在测量计算中。

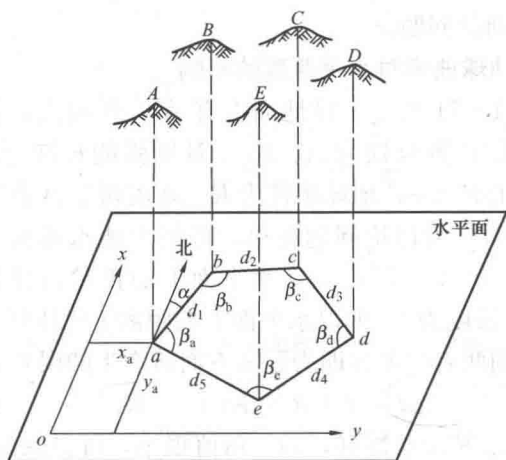


图 1-8 水平面投影

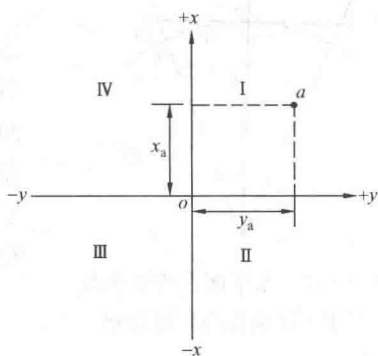


图 1-9 平面直角坐标

二、高程

1. 绝对高程

地面点沿铅垂线方向至大地水准面的距离称为该点的绝对高程或海拔，以 H 表示。如图 1-10 所示，地面点 A 和 B 的绝对高程分别为 H_A 和 H_B 。

2. 相对高程

地面点沿铅垂线方向至某一假定水准面的距离称为该点的相对高程，亦称假定高程，以 H' 表示。在图 1-10 中，地面点 A 和 B 的相对高程分别为 H'_A 和 H'_B 。

新中国成立后，我国所采用的高程基准是以青岛验潮站 1950~1956 年观测成果求得的黄海平均海面作为高程基准面，称为“1956 年黄海高程系”。但由于验潮时段短、资料不足等原因，在 1987 年我国启用了“1985 年国家高程基准”，它是采用青岛验潮站 1950~1979 年的验潮资料计算确定的。

为了便于全国使用统一规定的高程基准面，在青岛市观象山洞内建立了水准原点，其高程为

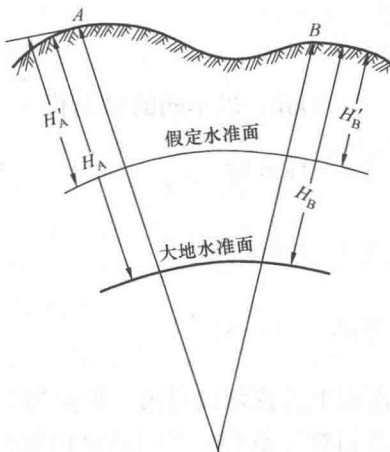


图 1-10 高程示意图

72.260m (原根据“1956 年黄海高程系”推算的该水准原点的高程为 72.289m)。全国统一布设的国家高程控制点 (称水准点) 都是以新的原点高程为准推算的。

在局部地区或个别独立工程, 可选取某一水准面为起算面。即首先确定某个固定点高程, 然后以此固定点为基准, 测量其他各点高程。

第四节 用水平面代替水准面的限度

在普通测量中, 当测区范围较小时, 常以水平面代替水准面, 这样可使绘图和计算工作大为简化。下面讨论在多大的测区范围内才容许用水平面代替水准面的问题。

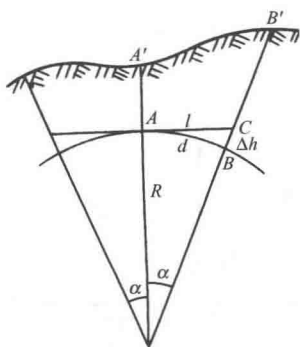


图 1-11 水平面代替水准面对水平距离和高程的影响

一、地球曲率对水平距离的影响

如图 1-11 所示, 设地面上有 A' 、 B' 两点, 它们投影到球面的位置分别为 A 、 B , AB 圆弧的长度为 d , 其所对的圆心角为 α , 地球半径为 R 。现用切于 A 点的水平面代替球面 (为讨论问题简单, 可将大地水准面视为球面), 地面上 A' 、 B' 两点在水平面上的投影位置分别为 A 、 C , 其长度为 l , 如以水平面上的距离 l 代替球面上的距离 d , 则两者的差异即为距离方面所产生的误差 Δd 为

$$\Delta d = l - d = R \tan \alpha - R \alpha \quad (1-1)$$

将 $\tan \alpha$ 按级数展开, 因 α 角值很小, 可只取前两项,

式 (1-1) 变为

$$\Delta d = R \alpha + \frac{1}{3} R \alpha^3 - R \alpha = \frac{1}{3} R \alpha^3$$

因为 $\alpha = \frac{d}{R}$

故

$$\Delta d = \frac{d^3}{3R^2}$$

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

取 $R=6371\text{km}$, 以不同的 d 值代入式 (1-2), 有

$$\text{当 } d=1\text{km 时} \quad \frac{\Delta d}{d} = \frac{1}{12\,177 \times 10^4}$$

$$\text{当 } d=10\text{km 时} \quad \frac{\Delta d}{d} = \frac{1}{122 \times 10^4}$$

$$\text{当 } d=20\text{km 时} \quad \frac{\Delta d}{d} = \frac{1}{30 \times 10^4}$$

由以上计算可以看出, 距离为 10km 时, 所产生的相对误差小于目前最精密距离丈量时的容许相对误差 $1/1\,000\,000$ 。由此得出结论: 在半径为 10km 的范围内, 地球曲率对水平距离的影响可以忽略不计, 即可把该部分球面当作水平面。

二、地球曲率对高程的影响

在图 1-11 中,地面点 B' 的高程为铅垂距离 $B'B$,如以水平面代替球面, B' 的高程为铅垂距离 $B'C$,两者之差即为高程方面产生的误差 Δh ,由图 1-11 可以看出, $\angle CAB=\alpha/2$,因该角很小,以弧度表示,则有 $\Delta h=d\times\alpha/2$ 。

$$\text{因} \quad \alpha = \frac{d}{R}$$

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

以不同的 d 值代入式 (1-3), 则

$$\text{当 } d=1\text{km 时} \quad \Delta h=78.5\text{mm}$$

$$\text{当 } d=0.1\text{km 时} \quad \Delta h=0.8\text{mm}$$

以上计算表明:当距离为 0.1km 时,在高程方面的误差就接近 1mm,这对高程测量的影响是很大的,所以尽管距离很短,地球曲率对高程的影响是必须予以考虑的。

第五节 测量工作的基本原则

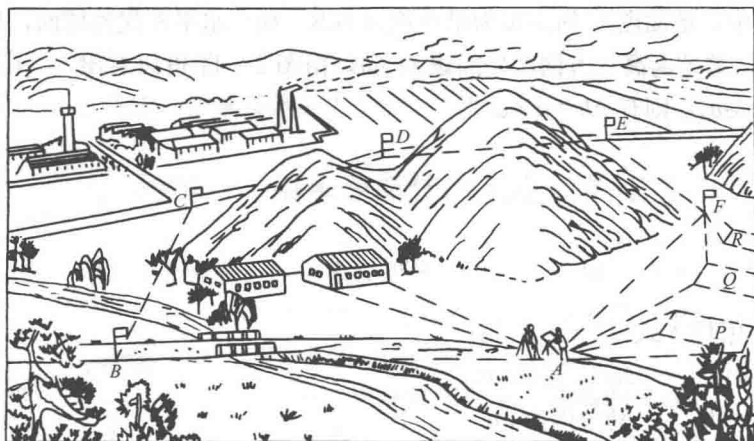
地球表面的形态是复杂多样的,但主要可分为地物和地貌两大类。所谓地物,是指地面上的固定物体,如房屋、道路、河流等。所谓地貌,是指地面高低起伏的形态,如高山、平地、谷地等。在普通测量中,以水平面作为投影面,地面上各空间点都是采用正射投影并按比例缩小测绘到图纸上的。因此,测图的关键是测定一些地面点的空间位置,这样才能确定点与点之间的相对关系。

测图工作需要测定很多碎部点(包括地物点和地貌点)的平面位置和高程。如从某一碎部点开始,逐点施测,测量误差必将随着测量点数的增加而积累增大,最后达到不可容许的程度。因此,实际测量工作中常遵循“从整体到局部”的原则,采用“先控制后碎部”的测量程序。“从整体到局部”的原则是指测量工作的布局而言;而“先控制后碎部”的程序是指测量工作的先后顺序。

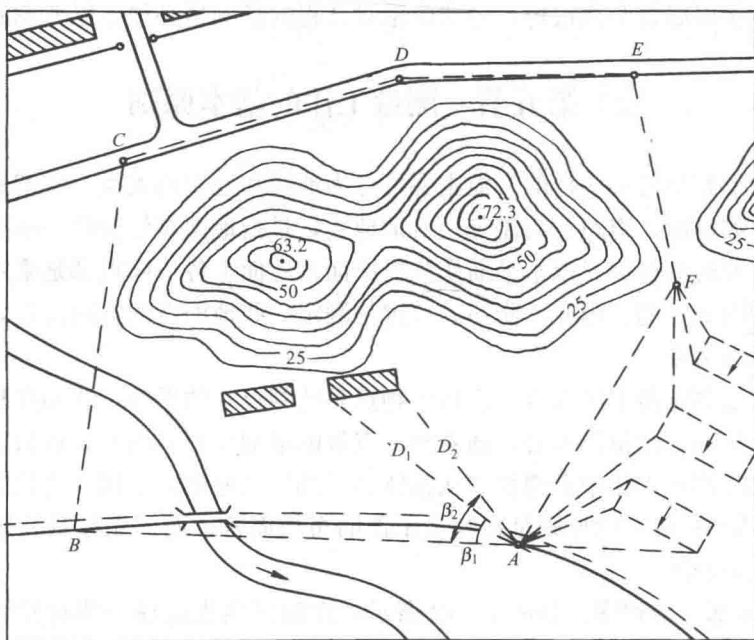
“先控制后碎部”的程序:如图 1-12 所示,在测区内先选择一些有控制意义的点,如 A 、 B 、 C 、 D 、 E 、 F 等点作为控制点,用较精密的方法测定这些点的平面位置和高程。然后根据这些控制点施测其周围的碎部点。采用这种“先控制后碎部”的测量程序,由于碎部点的位置都是从各控制点测定的,所以测量误差不会从一个碎部点传递到另一个碎部点。同时由于建立了统一的控制网,把碎部测量划分成几部分进行,可以加快测量进度。

对于建筑物的施工放样,也是遵循从整体到局部的原则。即首先在施工场地选定一些有控制意义的点,用精密测量的方法测定这些控制点的位置,建立施工控制网;然后利用控制点将设计在图纸上的建筑物测设于地面,称为建筑物的细部放样。

综上所述,无论是控制测量、碎部测量还是施工放样,其实质都是确定地面点的位置,而地面点间的相互位置关系是以水平角(方向)、距离和高差来确定的。因此,高程测量、水平角测量和距离测量是测量学的基本内容,测高程、测角和测距是测量的基本工作,观测、计算和绘图是测量工作的基本技能。



(a)



(b)

图 1-12 实物图和地形图

(a) 实物图; (b) 地形图

第六节 测绘科学的发展概况

测绘科学和其他科学一样,是由生产的需要而产生,并随着生产的发展而发展的。我国是世界文明古国之一,测绘科学在我国有着悠久的历史。远在 4000 多年前,夏禹治水时,就应用简单的工具进行测量。公元 3 世纪,我国伟大的制图学家裴秀,创立了“制图六体”,此“六体”即:道里(距离)、准望(方向)、高下(地势起伏)、方邪(地物形状)、遇直(河流、道路的曲直)、分率(比例尺),这是世界上最早的制图规范。春

秋战国时,我国发明了指南针,促进了测量技术的发展,这是我国对于世界测量技术的伟大贡献。公元724年,太史监南宫说曾在河南北起滑县,经开封、许昌,南到上蔡,直接丈量了长达300km的子午线弧长,这是我国第一次用弧度测量的方法,测定地球的形状和大小,也是世界上最早的一次子午线弧长测量。元代的郭守敬拟订了全国纬度测量计划,共实测了27个点的纬度。清代康熙年间进行了大规模的大地测量工作,并在此基础上进行了全国范围的地形测量,最后制成“皇舆全览图”,成为世界上完成全国地形图最早的国家之一。

17世纪初,测量学在欧洲得到较大发展。1608年,荷兰的汉斯发明了望远镜,随后被应用到测量仪器上,使测绘科学产生了巨大变革。1617年,荷兰人斯纳留斯首次进行了三角测量。随着第一次产业革命的兴起,测量的理论和方法不断得到发展。1687年,牛顿发表了万有引力理论,提出了地球是一个旋转椭圆柱体。1794年,高斯提出的最小二乘法理论,以及随后提出的精确的横圆柱投影,对测绘科学理论的发展起到了重要的推动作用。在19世纪,许多国家都进行了全国地形测量。20世纪初,随着飞机的出现和摄影测量理论的发展,产生了航空摄影测量,又一次给测绘科学带来了巨大的变革。

新中国成立后,我国的测绘科学进入了一个蓬勃发展的新阶段,在60多年里取得了不少成就。在全国范围内测定了统一的大地控制网,完成了大量不同比例尺的地形图,进行了大量的工程建设测量工作,并研制了各种测绘仪器,满足生产需要。

新的科学技术的发展,大大推动了测绘科学的发展。20世纪60年代,光电技术和微型电子计算机的兴起对测绘仪器和测量方法的变革起了很大推动作用。如利用光电转换原理及微处理器制成的电子经纬仪,可迅速地测定水平角和竖直角;应用电磁波在大气中的传播原理制成各种光电测距仪,可迅速精确地测定两点之间的距离;将电子经纬仪与电磁波测距仪融为一体的全站仪,可迅速测定和自动计算测点的三维坐标,自动保存观测数据,并将观测数据传输到计算机自动绘制地形图,实现数字化测图。随着人造地球卫星的发射和遥感技术的发展,利用航天遥感图像及扫描信息测绘地形图,随时监视自然界的变化,进行自然环境、自然资源的调查,不仅覆盖面积大,而且不受地理和气候条件的限制,极大地提高了功效。近期迅速发展的全球定位系统(Global Positioning System, GPS),人们只需在测点上安置GPS接收机,通过接收卫星信号,利用专门的数据处理软件,即可迅速获得测点的三维坐标,它已广泛用于军事和国民经济的各个领域。总之,目前的测量技术正向着多领域、多品种、高精度、自动化、数字化、资料储存微型化等方面发展。本书将在有关章节介绍上述部分新技术。

第二章

水准仪及其使用

第一节 水准测量原理

测量地面点高程的工作称为高程测量。按所使用的仪器和施测方法的不同,高程测量主

要可分为水准测量和三角高程测量。水准测量是高程测量的主要方法,在国家高程控制测量、工程勘测和施工测量中被广泛采用。

采用水准测量的方法测定地面点的高程,其基本原理如图 2-1 所示。已知 A 点的高程为 H_A ,要测定 B 点的高程 H_B 。在 A、B 两点间安置一架能提供水平视线的仪器——水准仪,并在 A、B 两点上分别竖立带有分划的标尺——水准尺,利用水平视线读出 A 点尺上的读数 a 及 B 点尺上的读数

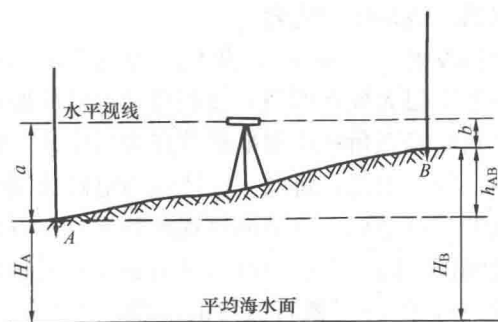


图 2-1 水准测量法测定地面点高程的基本原理

b , 由图 2-1 可知 A、B 两点的高差为

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

测量是由已知点向未知点方向前进的,即由 A (后) $\rightarrow$ B (前),一般称 A 点为后视点, a 为后视读数; B 为前视点, b 为前视读数。 h_{AB} 为未知点 B 相对已知点 A 的高差,它总是等于后视读数减去前视读数。高差为正时,表明 B 点高于 A 点,反之则表明 B 点低于 A 点。

计算高程有两种方法:

(1) 由高差计算 B 点高程,即

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

(2) 由仪器的视线高程计算 B 点高程。由图 2-1 可知 A 点的高程加后视读数就是仪器的视线高程,用 H_1 表示,即

$$H_1 = H_A + a \quad (2-3)$$

由此得 B 点的高程为

$$H_B = H_1 - b = H_A + a - b \quad (2-4)$$