

高等学校试用教材

测量学

(第二版)

合肥工业大学
重庆建筑工程学院
天津大学 合编
哈尔滨建筑工程学院
清华大学



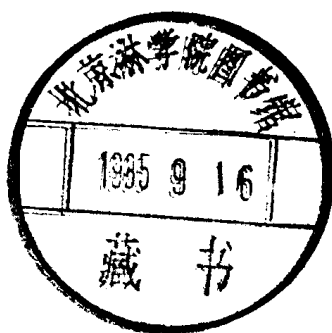
中国建筑工业出版社

高等学校试用教材

测 量 学

(第二版)

合肥工业大学 重庆建筑工程学院 天津大学
哈尔滨建筑工程学院 清华大学 合编
合肥工业大学 主编



344712



北林图 A00057660

中国建筑工业出版社

本书共分三部分：第一部分（1～5章），主要介绍测量学的一般基本知识，误差基本知识，测量仪器的构造、使用和检校；第二部分（6～8章），主要介绍控制测量，大比例尺地形图的基本知识，大比例尺地形图的测绘和应用；第三部分（9～12章）为施工测量，阐述了测设的基本工作，工业与民用建筑中的施工测量，管道工程测量以及地下建筑工程测量。有关光电技术在工程测量中的应用，分别纳入相应的章节中介绍。附录中列出了水准仪、经纬仪的系列参数，光电测距仪一览表和子午线收敛角系数表。

本书系工业与民用建筑、建筑学、给水排水、地下建筑、城市规划等建筑类各专业的教材，也可供工程测量人员学习参考。

本书第一版由人民教育出版社出版。因主要供土建各专业使用，故第二版转我社出版。

高等学校试用教材
测 量 学
(第二版)

合肥工业大学 重庆建筑工程学院 天津大学 合编
哈尔滨建筑工程学院 清华大学
合肥工业大学 主编

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本：787×1092毫米 1/16 印张：14 字数：336千字
1985年6月第一版 1985年6月第一次印刷
印数：1—65,600册 定价：1.90元
统一书号：15040·4792

第二版前言

本书自1979年初版以来，已有五年。在这五年中，教学形势有了很大的发展，建筑类各专业的教学计划以及相应的教学大纲已经制订实施。为此，有必要进行修订，使教材紧密结合教学实际，更好地为教学服务。

这次修订，根据已颁布的测量学教学大纲及少而精的原则，精选了教材内容，与初版相比，删除了部分较陈旧的内容（如游标经纬仪、对数等）和与专业关系不大的内容（如线形锁、河道测量、台式测地计算机等）；同时充实了部分较先进的内容。在教材体系上，将原第十四章光电技术在测量中的应用，分别纳入相应的章节中；将原第七章地形图的基本知识和第九章地形图的应用合为一章，名为地形图及其应用，加强了教材的系统性。

本书的修订工作在城乡建设环境保护部教育局和建筑类施工教材编审委员会的领导下，广泛地征求了使用学校的意见，由合肥工业大学测量教研室提出修订大纲，在编写会议上认真进行讨论后，由原编者负责修订。然后由王依、刘肇光负责汇总、修改和定稿。全书由原主审人都彩生、范杏琪、张勇昇老师审稿，最后由都彩生同志全面地进行了审阅。

在本书的修订过程中，除了初版前言中所提及的各兄弟院校继续给予了帮助外，又得到了南京工学院、广西大学、北方交通大学、沈阳建筑工程学院、山东建筑工程学院、浙江工学院等院校的帮助；浙江大学、同济大学测量教研室为本书的审稿提供了条件，给予很大的支持，在此一并致以谢意。由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，敬请读者指正。

编者

一九八三年十二月

第一版前言

本书是根据在合肥召开的建筑类测量学教材编写会议拟定的编写大纲编写而成的，适用于工业与民用建筑、建筑学、给水排水、地下建筑、城市规划、农村建筑等专业。全书共分十四章，第一至第五章介绍测量学的基本知识、基本理论及测量仪器的构造和使用；第六至第九章介绍控制测量以及大比例尺地形图的测绘和应用；第十至第十三章为施工测量部分，着重介绍了工业与民用建筑工程、管道工程以及地下建筑工程中的测量工作，各专业可根据专业需要选用；第十四章是光电技术在工程测量中的应用，介绍了光电测距仪、激光脉冲式测距仪、激光经纬仪、激光水准仪及台式测地专用计算机的原理、构造和使用。为满足教学的需要，每章之后附有思考题和习题。

本书由合肥工业大学、重庆建筑工程学院、天津大学、哈尔滨建筑工程学院、清华大学等五院校的测量教研室合编，并由合肥工业大学测量教研室主编。执笔人是刘肇光（第一、四、七章）、王依（第二章）、谭福薰（第三章）、宗封仪（第五章）、陈福山（第六章）、宛梅华（第八章）、邵士珍（第九章）、龙启涛（第十、十一章）、陈荣林（第十二章）、李德成（第十三章），第十四章由杨德骝、王依、何文吉执笔。

本书于1978年在长沙和杭州分别召开了审稿和定稿会议，由湖南大学范杏琪、浙江大学张勇昇、同济大学都彩生主审。参加审稿会的还有刘翰生、王秉礼、丁惟坚、傅晓村、林则政、羌荣林等。

在本书编写过程中，还得到了北京建筑工程学院、武汉建筑材料工业学院、西安冶金建筑学院、郑州工学院、江西工学院、华东交通大学等兄弟院校的幫助，在此一并致谢。由于编者的水平所限，书中可能存在不少缺点和错误，谨请读者批评指正。

编者

1979年3月

目 录

第一章 绪论	1
1-1 测量学的任务及其在建筑工程中的作用	1
1-2 地面点位的确定	2
1-3 测量工作的原则和程序	7
思考题与习题	8
第二章 水准测量	9
2-1 水准测量原理	9
2-2 水准测量的仪器及工具	9
2-3 水准仪的使用	13
2-4 水准测量的外业	14
2-5 水准测量的内业	18
2-6 DS ₃ 级水准仪和自动安平水准仪	19
2-7 微倾式水准仪的检验与校正	22
2-8 水准测量误差及注意事项	25
思考题与习题	27
第三章 角度测量	29
3-1 水平角测量原理	29
3-2 J ₆ 级光学经纬仪	29
3-3 J ₂ 级光学经纬仪	33
3-4 水平角观测	35
3-5 竖直角观测	39
3-6 经纬仪的检验和校正	42
3-7 角度测量误差及其注意事项	45
思考题与习题	47
第四章 距离测量与直线定向	49
4-1 钢尺量距的一般方法	49
4-2 钢尺量距的精密方法	51
4-3 钢尺的检定	54
4-4 红外光电测距仪简介	56
4-5 直线定向	67
4-6 用罗盘仪测定磁方位角	69
思考题与习题	70
第五章 测量误差的基本知识	72
5-1 测量误差概述	72
5-2 观测值的算术平均值	74
5-3 衡量精度的标准	75

5-4	观测值函数的中误差	79
5-5	测量误差应用举例	82
	思考题与习题	83
第六章	小地区控制测量	85
6-1	控制测量概述	85
6-2	导线测量	86
6-3	导线测量的内业计算	90
6-4	小三角测量	97
6-5	小三角测量的内业计算	99
6-6	经纬仪前方交会法	104
6-7	高程控制测量	106
	思考题与习题	110
第七章	地形图及其应用	113
7-1	地形图概述	113
7-2	地形图的比例尺	113
7-3	地形图的图名、图号和图廓	115
7-4	地物符号	116
7-5	地貌符号——等高线	119
7-6	地形图的识读	123
7-7	地形图应用的基本内容	124
7-8	地形图在规划设计中的应用	128
7-9	建筑用地的地形分析	131
	思考题与习题	132
第八章	大比例尺地形图的测绘	135
8-1	测图前的准备工作	135
8-2	视距测量	137
8-3	平板仪的构造与使用	141
8-4	碎部测量的方法	144
8-5	地形图的绘制	148
	思考题与习题	150
第九章	测设的基本工作	151
9-1	水平距离、水平角和高程的测设	151
9-2	点的平面位置的测设	153
9-3	已知坡度直线的测设	155
	思考题与习题	156
第十章	工业与民用建筑中的施工测量	157
10-1	施工测量概述	157
10-2	建筑场地上的施工控制测量	158
10-3	民用建筑施工中的测量工作	160
10-4	工业厂房控制网的测设	163
10-5	厂房柱列轴线的测设和柱基施工测量	164
10-6	工业厂房构件的安装测量	165

10-7	多层和高层建筑的轴线投测和标高传递	167
10-8	激光定位技术在施工测量中的应用	170
10-9	建筑物的沉降观测与倾斜观测	174
10-10	竣工总平面图的编绘	179
	思考题与习题	180
第十一章 管道工程测量		182
11-1	管道工程测量概述	182
11-2	管道中线测量	182
11-3	管道纵横断面图测量	185
11-4	管道施工测量	191
11-5	顶管施工测量	194
11-6	管道竣工测量	196
	思考题与习题	197
第十二章 地下建筑施工测量		199
12-1	概述	199
12-2	建立地面控制网	200
12-3	地面与地下连测	201
12-4	地下导线和地下水准测量	203
12-5	隧道开挖中的测量工作	204
12-6	洞室施工测量	208
12-7	竣工图测绘	208
	思考题与习题	209
附录一	水准仪系列的技术参数	211
附录二	经纬仪系列的技术参数	211
附录三	光电测距仪一览表	212
附录四	子午线收敛角系数表	214

第一章 绪 论

1-1 测量学的任务及其在建筑工程中的作用

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面（包含空中和地下）点位的科学。它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，供科学研究、经济建设、规划设计和国防建设使用。测设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。

测量学按照研究范围和对象的不同，产生了许多分支学科。例如，研究整个地球的形状和大小，解决大地区控制测量和地球重力场问题的，属于大地测量学的范畴。近年来，因人造地球卫星的发射和科学技术的发展，大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学。测量小范围地球表面的形状时，不顾及地球曲率的影响，把地球表面当作平面看待所进行的测量工作，属于普通测量学的范畴。利用摄影象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。由获得象片的方式不同，摄影测量学又可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。特别需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，不仅是固体的、静态的对象，即是液体、气体以及随时间而变化的动态对象，都可应用摄影测量方法进行研究。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。利用测量所得的成果资料，研究如何投影编绘和制印各种地图的工作，属于制图学的范畴。本教材主要介绍普通测量学及部分工程测量学的内容。

测绘科学应用很广。在国防方面，诸如国界的划分，战略的部署，战役的指挥，都要应用地形图和进行测量工作。在经济建设方面，必须有计划地对我国资源进行一系列的调查和勘测工作，以便进行开发；在进行这种调查和勘测时，都需要应用地形图和进行测量工作。另外，在各项工农业基本建设中，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，地壳的变形，海岸的变迁，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。例如：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；供总平面图设计和竖向设计之用。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。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。

工民建、给排水专业的学生，学习本课程之后，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，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其专业工作服务。

1-2 地面点位的确定

一、地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的，而地球自然表面是不规则的，有高山、丘陵、平原和海洋。其中最高的珠穆朗玛峰高出海水面不到9公里，最低的马里亚纳海沟低于海水面不到12公里，这样的高低起伏相对于地球半径来说是很小的。再顾及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体形看作地球的体形。

自由静止的水面，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何一点的铅垂线（重力方向）都垂直于该面。水准面有无数个，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。由大地水准面所包围的形体，称为大地体。

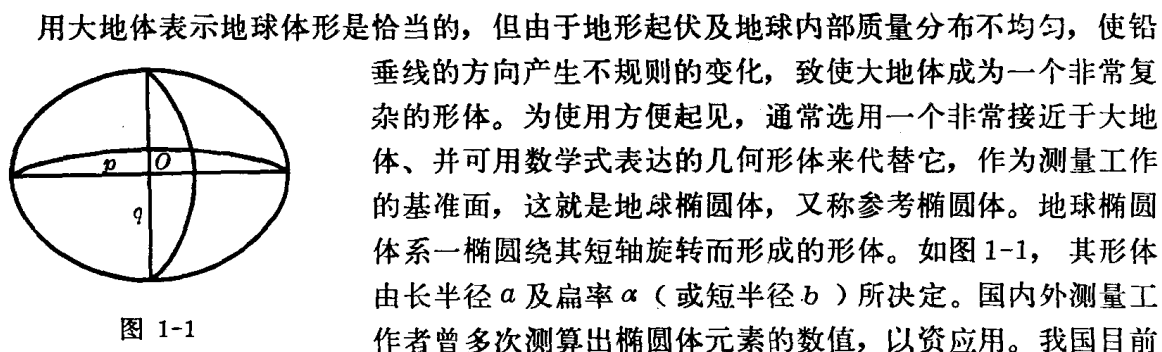


图 1-1

用大地体表示地球体形是恰当的，但由于地形起伏及地球内部质量分布不均匀，使铅垂线的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。为使用方便起见，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它，作为测量工作的基准面，这就是地球椭圆体，又称参考椭圆体。地球椭圆体系一椭圆绕其短轴旋转而形成的形体。如图1-1，其形体由长半径 a 及扁率 α （或短半径 b ）所决定。国内外测量工作者曾多次测算出椭圆体元素的数值，以资应用。我国目前应用的是克拉索夫斯基椭圆体元素，其值为

$$a = 6378245 \text{ 米}$$

$$b = 6356863 \text{ 米}$$

$$\alpha = \frac{1}{298.3}$$

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圆体元素值为

$$a = 6378137 \text{ 米}$$

$$b = 6356752 \text{ 米}$$

$$\alpha = \frac{1}{298.257}$$

当测区面积不大时，可以把地球椭圆体当作圆球看待，其半径约为6371公里。

二、确定地面点位的方法

地面上各种地形都是由一系列连续不断的点所组成，确定地面上的图形位置，最基本的工作就是确定地面点的位置。

从数学中知道，一点的空间位置需要用三个量来确定。在测量工作中，是将地面点 A 、 B 、 C 、 D 、 E （图1-2）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。地面点 A 、 B 、 C 、 D 、 E 的空间位置，就可用 a 、 b 、 c 、 d 、 e

等投影位置在大地水准面上的坐标和 a 、 b 、 c 、 d 、 e 等点到 A 、 B 、 C 、 D 、 E 的铅垂距离 H_A 、 H_B 、……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。图1-2和图1-3中的 H_A 、 H_B 、……等即为 A 、 B 、 C 、 D 、 E 等点的高程。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72.289米，全国各地的高程都是以它为基础测算出来的，这就是我国大地法式规定的1956年黄海高程系统。

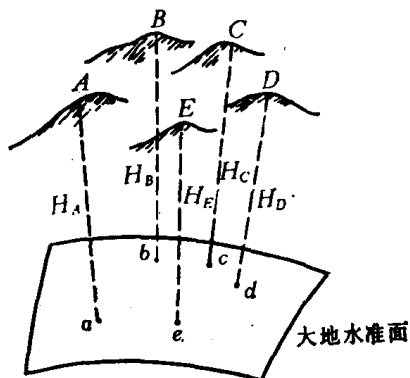


图 1-2

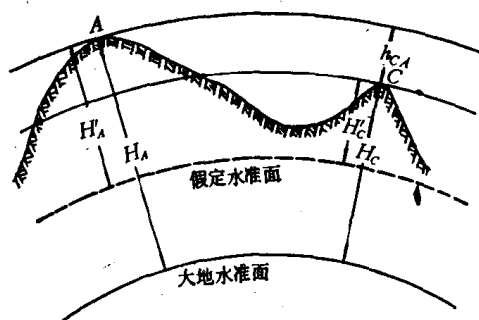


图 1-3

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。图1-3中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。地面点 A 与 C 之间的高差为 h_{CA} 。即

$$h_{CA} = H_A - H_C = H'_A - H'_C$$

2. 地面点在投影面上的坐标

地面点在大地水准面上投影位置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，下面是常用的两种平面直角坐标系。

(1) 独立平面直角坐标系

大地水准面虽然是曲面，但当测量区域（如半径不大于10公里的范围）较小时，球面近似于平面，可以用测区中心点 a 的切平面 P 来代替曲面（图1-4）。既然把投影面看作平面，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如图1-5所示。规定南北方向为纵轴，并记为 x 轴； x 轴向北为正，向南为负。以

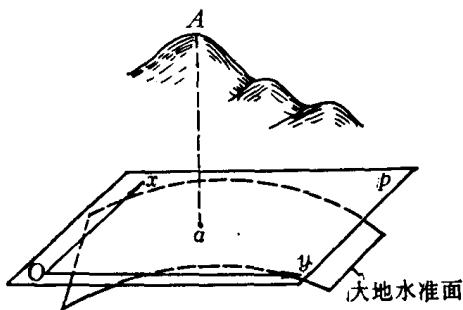


图 1-4

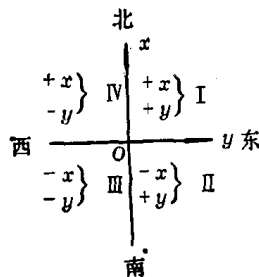


图 1-5

东西方向为横轴，并记为 y 轴； y 轴向东为正，向西为负。原点 O 一般选在测区的西南角（图1-4），使测区内各点的 x 、 y 坐标均为正值。象限按顺时针方向编号， x 轴与 y 轴互换，这与数学上是不同的，其目的是便于将数学中的公式直接应用到测量计算中，不需作任何变更。

（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，而我国面积达九百多万平方公里，显然不能用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起见，我国采用高斯投影的方法，用高斯平面直角坐标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，然后将每带投影到平面上。如图1-6，投影带是从首子午线起，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，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

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

式中 N 为投影带的号数。

为说明简单起见，如图1-7a，将地球看作是一个圆球，并设想把一个平面卷成一个空心圆柱，把它横着套在圆球外面，使横圆柱的轴线通过圆球的球心，使圆球上某六度带的中央子午线与横圆柱相切。在圆球上和圆柱上保持等角的条件下，将整个六度带投影到空心圆柱的表面上。然后将横圆柱沿着通过南北极的母线切开并展成平面，便得到六度带在平面上的形象（图1-7b）。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；两直线的交点作为原点，则组成高斯平面直角坐标系。纬圈 AB 和 CD 投影在高斯平面直角坐标系内仍为曲线（ $A'B'$ 和 $C'D'$ ）。将投影后具有高斯平面直角坐标系的六度带一个个联结起来，便得到图1-8所示的形象。

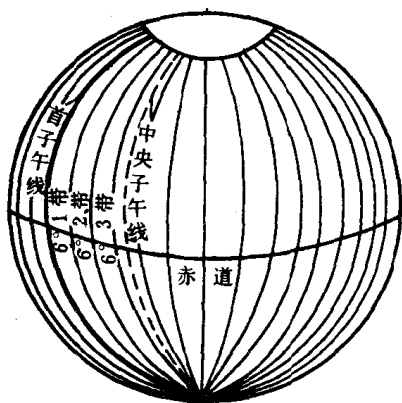


图 1-6

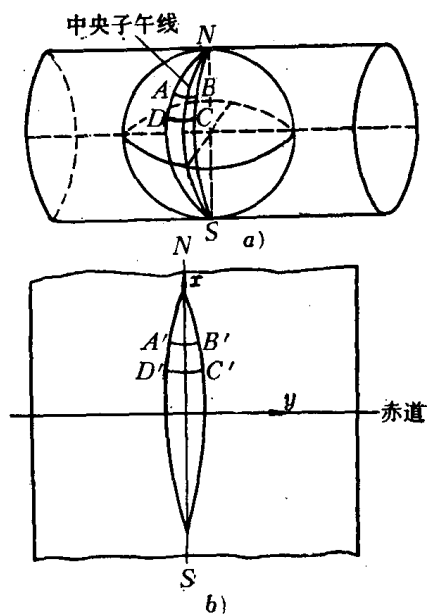


图 1-7

我国位于北半球， x 坐标值均为正号，而 y 坐标值则有正有负。如图1-9 a，设 $y_A = \pm 137680$ 米， $y_B = -274240$ 米。为避免横坐标出现负值，故将每带的坐标原点向西移500公里，这样每点的横坐标值均为正值。图1-9 b中， $y_A = 500,000 + 137680 = 637680$ 米； $y_B = 500000 - 274240 = 225760$ 米。

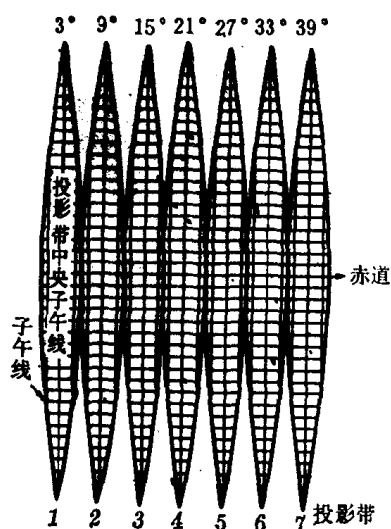


图 1-8

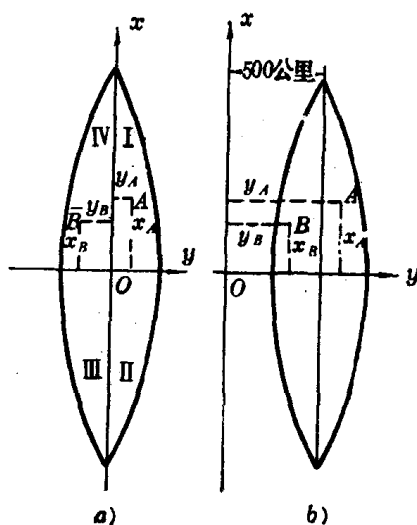


图 1-9

为了根据横坐标值能确定该点位于哪一个六度带内，还应在横坐标值前冠以带的编号。例如，A点位于第20带内，则其横坐标 y_A 为20637680米。

高斯投影中，离中央子午线近的部分变形小，离中央子午线愈远变形愈大，两侧对称。当要求投影变形更小时，应采用三度分带投影法。它是以东经 $1^\circ 30'$ 起，每经差 3° 划分一带，将整个地球划分为120个带（图1-10），每带中央子午线的经度 λ'_0 可按式计算

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

式中 n 为三度带的号数。

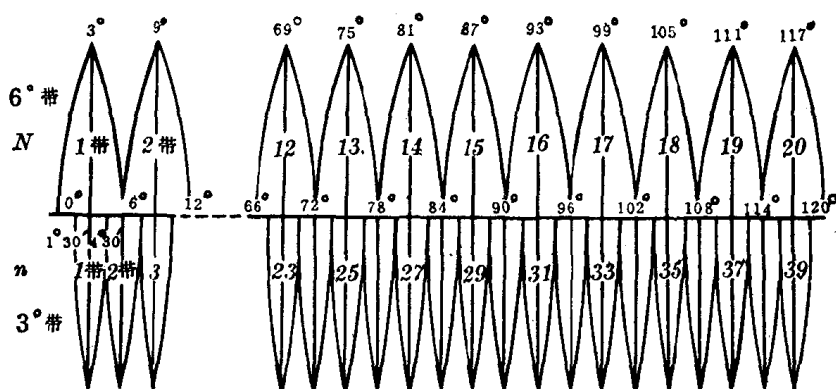


图 1-10

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，那么，这个区域的范围究竟多大呢？

如图1-11，A、B、C是地面点，它们在大地球水准面上的投影点是 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是 a 、 b' 和 c' 点,现分析由此产生的影响。

图1-11中,设 A 、 B 两点在水准面上的距离为 D ,在水平面上的距离为 D' ,两者之差为 ΔD ,这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,在推导公式时,近似地认为它是半径为 R 的球面,故

$$\Delta D = D' - D = R \tan \theta - R\theta = R(\tan \theta - \theta) \quad (1-3)$$

已知 $\tan \theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \dots$,因 θ 角很小,只取其前两项,代入式(1-3)得

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

因 $\theta = \frac{D}{R}$,故

$$\Delta D = \frac{D^3}{3R^2} \quad (1-4)$$

或

$$\frac{\Delta D}{D} = \frac{D^2}{3R^2} \quad (1-5)$$

将地球平均半径 $R = 6371$ 公里,以及不同的距离 D 代入式(1-5),便得到表1-1所列的结果。由表1-1可以看出,当 $D = 10$ 公里时,所产生的相对误差为 $1:1000000$,这样小的误差,对一般精密距离测量来说也是允许的。所以,在以10公里为半径的圆面积之内,可用水平面代替水准面。

表 1-1

D (公里)	ΔD (厘米)	$\Delta D/D$
10	1	1:1000000
20	7	1:300000
50	102	1:49000
100	821	1:12000

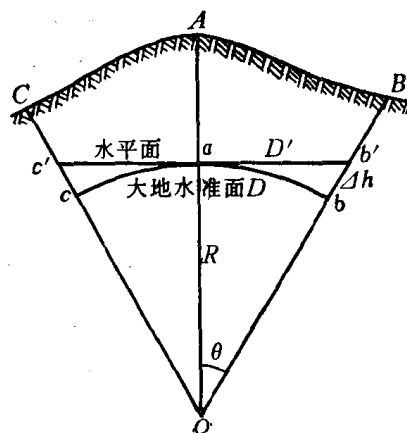


图 1-11

关于用水平面代替水准面对高程的影响,仍以图1-11说明之。地面点 B 的高程应是铅垂距离 bB ,用水平面代替水准面后, B 点的高程为 $b'B$,两者之差 Δh ,即为对高程的影响。其值

$$\Delta h = bB - b'B = ob' - ob = R \sec \theta - R = R(\sec \theta - 1) \quad (1-6)$$

已知 $\sec \theta = 1 + \frac{\theta^2}{2} + \frac{5}{24}\theta^4 + \dots$,因 θ 值很小,仅取前两项代入式(1-6),得

$$\Delta h = R\left(1 + \frac{\theta^2}{2} - 1\right) = \frac{D^2}{2R} \quad (1-7)$$

用不同的距离代入式(1-7),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(即地球曲率的影响)是很大的,距离200米就有0.31厘米的

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，也应顾及地球曲率对高程的影响。

表 1-2

D (公里)	0.2	0.5	1	2	3	4	5
Δh (厘米)	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 和 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 D_1 、 D_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 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。所以，高程测量、水平角测量和距离测量是测量学的基本内容。高程、水平角（方向）和距离是确定地面点位的基本要素。

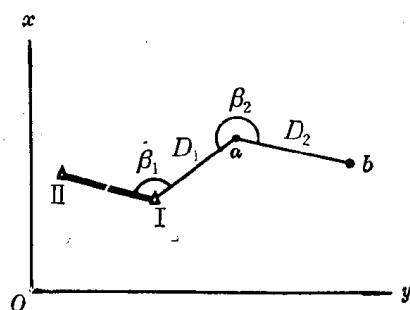


图 1-12

1-3 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。地面上的固定性物体称为地物，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、谷地和陡崖等。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1-13 a 为一幢房屋，其平面位置由房屋轮廓线的一些折线所组成，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1-13 b 是一条河流，它的岸边线虽然很不规则，但弯曲部分可看成是折线所组成，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，但仍可看成是由许多不同方向、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

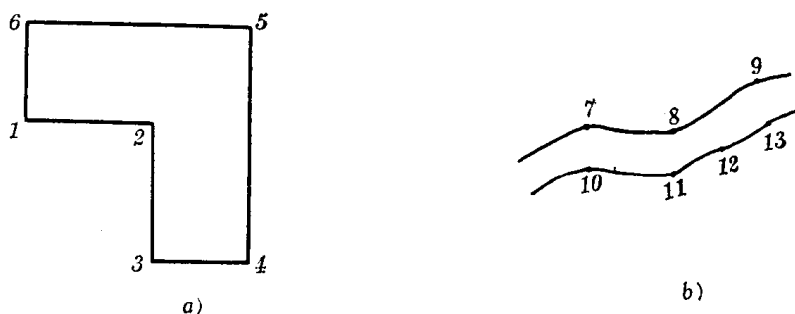


图 1-13

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。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。

测定碎部点的位置，其程序通常分成两步：第一步控制测量。如图1-14。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。第二步碎部测量，即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。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，加快测量进度。另外，从上述可知，当测定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；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，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。

测量工作有内业与外业之分。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。将外业成果在室内进行整理、计算和绘图，称为测量内业。

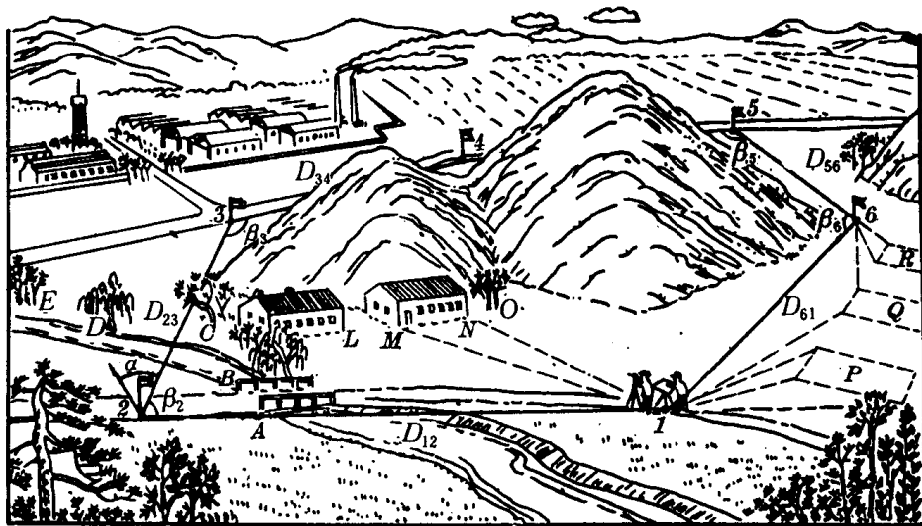


图 1-14

思考题与习题

1. 测量学的研究对象是什么？
2. 测定与测设有何区别？
3. 何谓大地水准面？它在测量上有何用途？
4. 测量工作中所用的平面直角坐标系统与数学上的有哪些不同之处？
5. 高斯平面直角坐标是怎样建立的？
6. 北京某点的经度为 $116^{\circ}28'$ ，试计算它所在六度带和三度带的带号，相应六度带和三度带的中央子午线的经度是多少？
7. 用水平面代替水准面，对距离和高差有何影响？在多大范围内允许用水平面代替水准面？
8. 测量工作的原则是什么？

第二章 水准测量

测量地面上各点高程的工作，称为高程测量。由于所使用的仪器不同，高程测量分为水准测量、三角高程测量和气压高程测量。水准测量是高程测量的主要方法，在国家控制测量、工程勘测以及施工测量中常用之。因此，本章主要介绍水准测量。

2-1 水准测量原理

如图2-1所示，欲测定A、B两点之间的高差 h_{AB} ，可在A、B两点上分别竖立有刻划的尺子——水准尺，并在A、B点之间安置一台能提供水平视线的仪器——水准仪。根据仪器的水平视线，在A点尺上读数，设为 a ；在B点尺上读数，设为 b ，则A、B点的高差为

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

如果水准测量是由A到B进行的，如图2-1中的箭头所示，由于A点为已知高程点，故A点尺上读数 a 称为后视读数；B点为欲求高程的点，则B点尺上读数 b 为前视读数。高差等于后视读数减去前视读数。 a 大于 b ，高差为正；反之，为负。

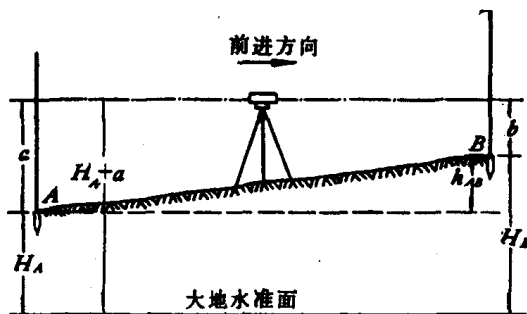


图 2-1

若已知A点的高程为 H_A ，则B点的高程为

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

还可通过仪器的视线高程 H_i 计算B点高程

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

式(2-2)是直接利用高差 h_{AB} 计算B点高程的，称高差法；式(2-3)是利用仪器视线高程 H_i 计算B点高程的，称仪高法。当安置一次仪器，要求出几个点的高程时，仪高法比高差法方便。

2-2 水准测量的仪器及工具

水准测量所使用的仪器为水准仪，工具有水准尺和尺垫。

水准仪按其精度分，有DS_{0.5}、DS₁、DS₃和DS₁₀等不同精度的仪器^①。建筑工程测量

① D、S分别为“大地测量”和“水准仪”的汉语拼音第一个字母。0.5、1、3、10等具体系列参数请参阅附录一。