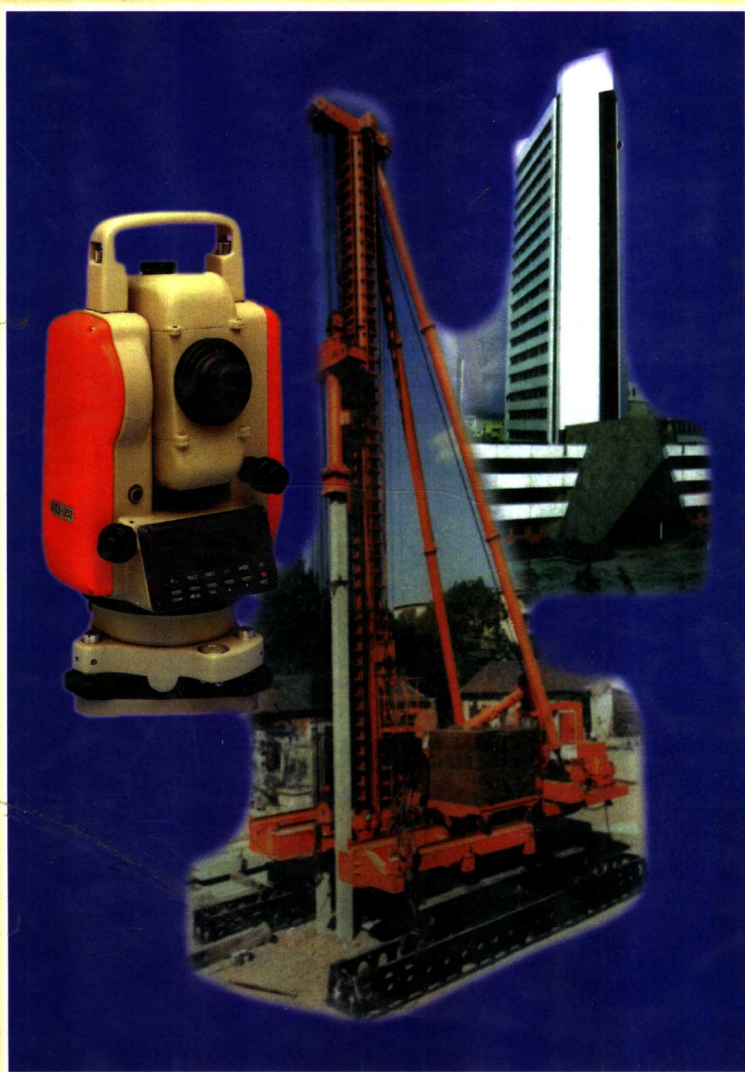


土木工程测量 与房地产测绘

史美生 田思进 陈宏伟 主编



中国物价出版社

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量与房地产测绘/史美生,田思进、陈宏伟主编.-北京:中国物价出版社,
1999.1 ISBN 7-80070-896-9

I.土… II.①史… ②田… III.①土木工程…建筑测量 ②房地产…建筑测量
IV.TU19

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 39990 号

土木工程测量与房地产测绘

主编 史美生 田思进 陈宏伟

*

中国物价出版社出版发行

新华书店 经销

河北省高碑店市印刷厂印刷

787×1092 毫米 16 开 14.125 印张 422 千字

1999 年 1 月第 1 版 1999 年 1 月第 1 次印刷

印数:1—2000 册

ISBN 7-80070-896-9/TB·25

定价:28.00 元

前 言

为配合测量学教学改革的需要,考虑到当前测绘技术突飞猛进的发展,为了使本专业教科书适应于时代发展的需要,根据 1998 年 3 月底国家测绘教育委员会在广州召开的“全国测量学课程改革研讨会”会议精神,我们编写了本书。

本教材适用于工业与民用建筑、建筑学、给排水、道路桥梁、城市规划、农业、林业、水利、地理、水产、土地管理、房地产经营与管理等相关专业。全书共分四篇:第一篇系各专业通用部分,介绍测量学基本知识,常规测量仪器结构及使用,控制测量理论及地形测量方法等;第二篇介绍土木工程测量知识,包括建筑工程测量、道桥工程测量、市政工程测量等内容;第三篇介绍房地产测量知识;第四篇介绍现代测量的新理论、新技术及新发展。

本书由史美生、田思进、陈宏伟主编,沈振闻、高卫贞任副主编。参加编写的有:田思进、陈宏伟、沈振闻、高卫贞、何若象、马 杰、马程远、杜国标、王平禹、郑永科、徐 韬、史美生等同志。

本书由同济大学测量系陈龙飞教授、浙江省地理信息中心主任徐韬高级工程师主审。浙江省土管局高卫贞同志参加了审稿和插图的编绘工作。

在本书的编写过程中,得到了浙江省土地管理局、杭州市房地产管理局、浙江省测绘学会、浙江大学、浙江工业大学等有关部门同行及朋友们的帮助,在此深表谢意。由于时间较紧,加上编者水平所限,书中一定存在一些缺点和错误,欢迎读者指正。

编 者

1998 年 8 月

内 容 提 要

本书共分四篇。主要内容为:测量学基本知识;土木工程测量基本知识;房地产测绘;测绘新技术简介。

本书主要根据高校土木工程、交通市政、环境工程、房地产管理等相关专业所需要的技术内容及教学大纲的要求编写。根据当前测绘学科和测绘工程技术的发展,本书对传统测绘技术中一些不再适用的内容作了删节,并增加了部分反映测绘技术新发展的内容。

本书可供大专院校相关专业作为教材,也可作为从事土木工程、房地产管理等相关专业技术人员和管理人员的参考用书。

目 录

第一篇 测量学基本知识

第一章 绪论	(1)
1—1 测量学的任务和作用	(1)
1—2 测量学发展简史	(2)
1—3 地面点位的确定	(3)
1—4 测量工作的程序和原则	(6)
第二章 高程测量	(7)
2—1 水准测量	(7)
2—2 三角高程测量	(15)
第三章 角度测量	(17)
3—1 角度测量原理	(17)
3—2 角度测量仪器	(17)
3—3 角度测量方法	(18)
3—4 DJ6 级光学经纬仪的检验与校正	(21)
3—5 角度测量误差及消减	(23)
第四章 距离测量与直线定向	(25)
4—1 钢尺量距	(25)
4—2 视距测量	(28)
4—3 测距仪测距	(29)
4—4 直线定向	(32)
第五章 测量误差的基本知识	(35)
5—1 测量误差及其特性	(35)
5—2 评定测量精度的标准	(38)
5—3 误差传播定律	(40)
第六章 控制测量	(45)
6—1 概述	(45)
6—2 导线测量	(46)
6—3 交会测量	(50)
6—4 高程控制测量	(54)
第七章 大比例尺地形图测绘	(56)
7—1 大比例尺地形图基本知识	(56)
7—2 测图前的准备工作	(63)
7—3 平板仪的使用与碎部测量	(65)
7—4 等高线勾绘	(71)
7—5 地形图编制	(72)
第八章 地形图的应用	(73)
8—1 概述	(73)
8—2 地形图应用的基本内容	(73)

第二篇 土木工程测量基本知识

第九章 建筑工程测量	(80)
9—1 概述	(80)
9—2 建筑工程施工控制网	(84)
9—3 民用建筑与工业建筑的施工测量	(88)
9—4 建筑工程的竣工测量	(95)
9—5 工程建筑物的变形观测	(96)
第十章 道路桥梁工程测量	(102)
10—1 概述	(102)
10—2 平面圆曲线的测设	(106)
10—3 缓和曲线的测设	(110)
10—4 特殊条件下的中线测设	(116)
10—5 路线纵断面测量	(119)
10—6 路线横断面测量	(122)
10—7 道路工程施工测量	(124)
第十一章 市政工程测量	(129)
11—1 踏勘选线及中线测量	(129)
11—2 管线纵、横断面测量	(130)
11—3 管线施工测量	(132)
11—4 管线竣工测量	(134)

第三篇 房地产测绘

第十二章 房产测量	(135)
12—1 房产测量的任务和作用	(135)
12—2 房产平面控制测量	(136)
12—3 房产调查	(139)
12—4 房产图测绘	(145)
12—5 面积测算	(150)
12—6 变更测量	(154)
12—7 成果资料的检查、上交和验收	(154)
12—8 房产图图式	(155)
第十三章 土地测量	(156)
13—1 概述	(156)
13—2 地籍调查	(157)
13—3 地籍测量	(164)
13—4 土地面积的量算和精度	(176)
13—5 变更地籍测量	(179)
13—6 地籍管理信息系统	(184)

第四篇 测绘新技术简介

第十四章 全球定位系统(GPS)	(189)
-------------------------------	-------

14—1	概论	(189)
14—2	GPS 系统及其信号	(191)
14—3	GPS 静态定位基础	(193)
14—4	GPS 动态测量原理	(194)
14—5	GPS 卫星定位误差	(196)
14—6	GPS 数据采集	(198)
14—7	GPS 数据处理	(199)
14—8	GPS 卫星定轨基础	(203)
第十五章	地理信息系统 (GIS) 简介	(206)
15—1	GIS 概述	(206)
15—2	GIS 的发展历史	(207)
15—3	GIS 的构成和功能	(207)
15—4	GIS 数据结构	(208)
第十六章	遥感	(210)
16—1	遥感技术的发展概况	(211)
16—2	遥感技术原理	(212)
16—3	遥感技术的应用	(216)
主要参考文献		(218)

第一篇 测量学基本知识

第一章 绪 论

1—1 测量学的任务和作用

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内容的科学。

根据测绘学科的发展和应用,测量学根据研究范围和对象的不同可分为普通测量学、大地测量学、地形测量学、工程测量学、摄影测量学、地图绘图学和地理信息工程学等。

普通测量学——研究确定地球表面小范围内点位的理论和方法,它不顾及地球曲率,把地球表面当作平面看待。

大地测量学——研究地球表面广大区域点位测定的理论和方法,包括地球的大小和形状的测定、大地控制测量、天文测量和重力测量。

地形测量学——研究将地球表面局部地区的自然地面和人工建筑物测绘成大比例尺地形图的理论和方法。

摄影测量学——利用摄影相片或遥感技术来确定地面物体的形状、大小性质、特征和空间位置的学科。

工程测量学——研究工程建设中所进行的各种测量工作的理论和方法的学科。

地图绘图学——研究如何利用测量成果和资料来投影编绘、印制各种地图的理论和方法。

地理信息工程学——是基于现代测绘技术和计算机技术上发展起来的新兴学科。

测量学在国防建设、经济建设和科学研究等方面起着重要的作用。

在国防上,无论是进行各种国防工程的建设、国界的勘定,还是指挥作战、拟定作战计划以及战略、战术的部署等,都要进行测量和利用测量的成果——地形图。

在经济建设中,如资源勘探、能源开发、城镇建设、水利建设、交通建设、电力建设、环境保护、土地勘查、房地产管理等,都离不开测绘工作。

在科学研究方面,地球板块的运动、地震的预报、航天及空间技术的研究等,都与测量工作紧密相连。

综上所述,测绘工作是一项重要的基础工作,是人类征服、改造自然的重要工具和手段,是顺利开展各项工作的前提和保障。测绘先行是我们进行各项基本建设应该遵循的一条首要原则。

土木工程测量与房地产测量学是测量学的一部分,它是研究土木工程与房地产开发建设在规划设计、建筑施工和经营管理三阶段所进行的各种测量工作的学科。它包括测定和测设两大任务。测定(亦称测图)是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局部地球表面的自然地形和人工建筑物的位置用符号缩绘到图纸上,以供科学研究、规划和国防建设使用。测设(亦称放样)是把设计图纸上的建筑物和构筑物按设计要求标定到地面上,作为施工的依据。

土木工程的内容十分广泛,如矿山工程、水利工程、交通工程与城市建设工程等。房地产测量包括地籍测量和房产测量两部分。我们要努力学习这门专业基础课,掌握它的理论、方法和技术,这样就能更好地为我国的社会主义建设服务,为早日实现“小康”、赶上和超过世界先进国家而贡献出自己的一份力量。

1—2 测量学发展简史

一、测量学在我国的发展

测绘科学的发展同其他科学一样,是由需要而产生,是随着生产的发展而发展的。我国历史悠久,有许多关于测量的传说和记载。据传说,在上古史时代,公元前 21 世纪夏禹治理水患时就使用了简单的工具进行过测量。战国时期就发明了指南针,东汉张衡发明了浑天仪,这些都与测量有关。

公元前 7 世纪前后,春秋时期的管仲在其所著的《管子》一书中就收集了我国早期的地图 27 幅,并谈到了地图的作用。

公元前 5 世纪至 3 世纪的战国时期,我们祖先已利用“慈石”制成世界上最早的指南工具“司南”。

公元前 130 年,西汉初期编制的《地形图》、《驻军图》及《城邑图》于 1973 年从长沙马王堆三号汉墓出土,为我国发现最早的局部地域地形图。

公元 3 世纪,西晋初年的裴秀(224—271 年)编绘了《禹贡地域图》和《地形方丈图》,前者是世界上最早的历史图集,后者是我国全国大地图。他在《禹贡地域图》绪言中提出了绘制地图的六条原则,即“制图六体”,是世界上最早的制图理论。

公元 8 至 9 世纪,公元 724 年,唐代张遂和太监南宫说负责的在河南地区从滑县经浚仪、扶沟到上蔡直接丈量了长达 300 公里的子午线弧长,并用日圭测太阳的阴影来定纬度。这是我国第一次应用弧度常规测量的方法测定了地球形状和大小,也是世界上最早的一次子午线弧长的测量。

9 世纪李吉甫编制的《元和郡县图志》为我国现存最早和记载全面的一部代表性图志,其中包括了世界上最完善的全国性古地图。

公元 11 世纪,北宋沈括发现了磁偏角,后又使用水平尺、罗盘进行地形测量,并绘制了《天下州县图》,是当时最好的全国地图。

元代 1231—1316 年,在郭守敬的倡议下进行了大规模的天文测量,拟定了全国纬度测量计划,共测了 27 个点。

公元 18 世纪初,清代初年(康熙年间)进行了大规模的大地测量工作。在此基础上开展了全国范围的地形测图工作,于 1708—1718 年间完成了世界上最早的地形图之一《皇舆全览图》等。

此后在清王朝的封建统治下,测绘科学没有得到应有的发展。

辛亥革命胜利后,成立了测量局,并办了测绘学校,曾测绘了部分地图,但成效不大。

中华人民共和国成立后,测绘学科进入了一个新的发展阶段。1956 年成立了国家测绘总局,科学院系统成立了测量及地球物理研究所,测绘机构和测绘院系也纷纷设立。全国绝大部分地区的大地控制网业已建成,并对天文大地网进行了整体平差。根据 1975 年国际大地委员会和国际地球物理联合会联合推荐的椭球参数,建立了新的坐标系统(1980 年坐标系)。在 1956 年黄海高程系基础上重建了国家高程基准和国家重力基准。完成了大量各种比例尺的地形图,各种工程建设的测量工作取得了显著成绩。GPS 全球定位系统在全国得到了应用。

在仪器制造方面,我国已能自制航空摄影机、红外摄影机、立体测图仪、多倍投影仪、投影纠正仪、激光测距仪、微波测距仪、红外测距仪、全站仪、高精度经纬仪、普通水准仪、精密水准仪、航天遥感传感器、多普勒接收机、GPS 接收机等,其他测绘工具及仪器绝大部分已能自给。在不远的将来我国的测绘工作一定能和其他学科一样赶上和超过世界水平。

二、测量学在世界的发展

在公元前四千多年,古埃及由于尼罗河泛滥后,需要重新划分土地的界限,就进行了土地丈量。从而产生了最初的测量技术。古希腊人也很早就掌握了土地的测量方法,希腊文“测量学”的含义就是“土地划分”。

世界各国的近代测绘科学发展主要是从 17 世纪初开始的。17 世纪初荷兰人汉斯发明了望远镜,开始应用于天象观测,这是测绘史上一次较大的变革。1617 年斯纳尔开始应用三角测量方法。

1668 年,望远镜放大倍率已有 40 倍,使测量工作大为方便,并提高了测量成果的精度。

1683 年,法国进行了弧度测量,证明地球确实是两级略扁的椭球体。

18 世纪出现了水准测量方法,同时,法国人都明—特里尔首先提出用等高线表示地貌。

高斯(德国,1777—1855 年)于 1794 年提出了最小二乘法理论,以后又提出了横圆柱正形投影学说。

1899 年,摄影测量理论研究取得进展。

1903 年,飞机的发明促进了航空摄影测量学的发展,在第一次世界大战中,开始用航空摄影测量方法测绘地形图,使部分测图工作由野外移到室内成为可能。这样,利用仪器描绘成图,相应地减轻了劳动强度,特别是高山地区更为显著。

20 世纪中叶前后,随着电子学、信息论、电子计算机、激光、航空摄影、空间技术等科学技术的发展,推动了测绘科学的发展。1947 年开始研究光波测距,60 年代电磁波测距仪诞生,这是量距工作的一大变革。

1957 年前苏联第一颗人造卫星上天,1966 年开始进行人造卫星大地测量。它可全天候观测,速度快,精度高,解决了洲际大陆与岛屿之间的联测问题,到了 70 年代,通过人造卫星利用黑白、单光谱段、多光谱段及彩色红外线等拍摄地球照片供研究之用。60 年代末出现了电子经纬仪,它应用编码和光栅度盘,测角精度高,而且还自动记录测量数据。1973 年美国研制开发了全球定位系统(GPS),它向全世界用户提供即时高精度的三维空间相对位置、速度和时间信息。地图数据库和计算机绘图的发展使制图技术走向自动化,改变了传统的制图方法。

随着科学技术的不断发展,测量学的发展趋势将朝着数据的自动获取、自动记录和自动处理的方向发展。

1—3 地面点位的确定

一、地球形状和大小

地球是一个椭球体,平均半径约为 6371km。地球表面高低起伏的地貌是非常复杂的,但相对地球半径来说是很小的。因此,用一个设想的平均海水面延伸穿过陆地、岛屿而形成的一个闭合曲面来代替地球的形体,我们称之为大地体。由于地球内部质量分布不均匀,地心引力各处不同,引起水准面在各地发生不规则变化,因此它是一个不规则的曲面,不能作为测量计算的基准面。故人们选用了接近大地体,且可用简单数学公

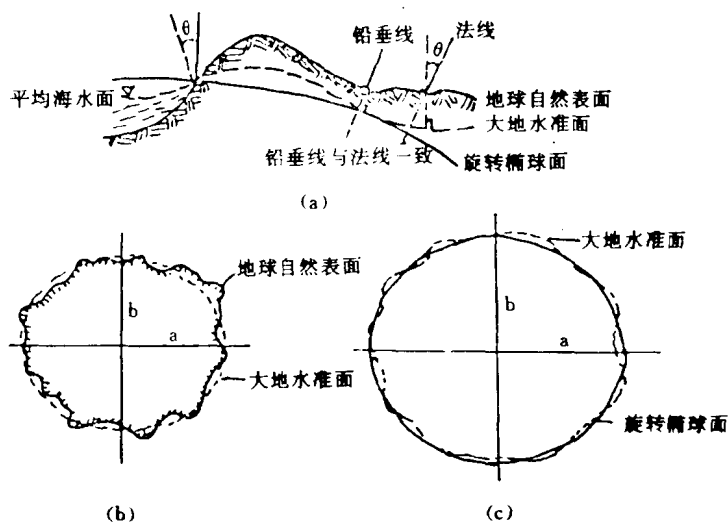


图 1—1 地球自然表面、大地水准面和旋转椭球面之间的关系

式 $\left(\frac{X^2}{a^2} + \frac{Y^2}{a^2} + \frac{Z^2}{b^2} = 1\right)$ 表达的旋转椭球体来代替地球的形体,这就是地球椭圆体,也称参考椭圆体,用它来作为测量计算工作的基准面(图 1—1)。我国 1980 年大地坐标系的椭球元素为:长半轴 $a = 6378136 \text{ m}$,扁率 $\alpha = \frac{b-a}{a} = 1:298.257$ 。由于地球椭球的扁率很小,当测区面积不大时,可将地球看作半径为 6371km 的圆球。

二、地面点位的确定

地球表面的点称地面点。测量工作的根本任务就是确定地面点的点位。由于地球是一个球体,确定地面某点的空间位置需要有三个独立的坐标量才能确定。通常的做法是确定该点的球面位置或投影

到水平面上的平面位置,以及该点到大地水准面的铅垂距离,也就是说确定地面点的坐标和高程。

(一)地面点的坐标

1. 地理坐标

用经纬度表示地面点的位置,称地理坐标。它按坐标依据基本面和基本线的不同以及求坐标方法的不同,又分为天文坐标(依据是大地水准面和铅垂线)和大地坐标(依据的是旋转椭球面和法线)。

(1)天文坐标

它又称天文地理坐标,是表示地面点在大地水准面上的位置,用天文经度 λ 和天文纬度 φ 表示。如图1—2所示,NS为地球的自转轴,也叫地轴。地轴与地球表面相交的点分别为南极(S)和北极(N),通过南极和北极可以作无数个平面,这些面称为子午面。子午面和地球表面的交线称为子午线,也称经线。国际上规定通过英国格林威治天文台的子午线为首子午线(零子午线、本初子午线),用它作为计算经度的起点。某点M的经度是指过M点的子午面与首子午面的夹角,用 λ 表示。经度自首子午线向东、向西称为东经、西经,都为0—180度。

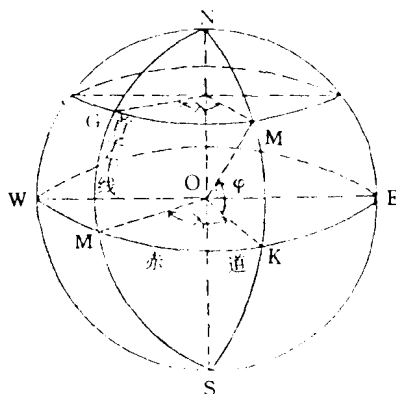


图1—2 天文坐标系

垂直于地轴的平面与地球表面的交线称为纬线。垂直于地轴并通过球心O的平面与地球表面的交线称为赤道。过M点的铅垂线和赤道平面的夹角称为M点的纬度,用 φ 表示。纬度数值从0°—90°,在赤道以北的叫北纬,在赤道以南的叫南纬。地面点的经纬度知道了,它在地球上的平面位置也就确定了。经度 λ 和纬度 φ 的值是用天文测量方法直接测定的。

(2)大地坐标

它又称大地地理坐标,是表示地面点在旋转椭球面上的位置,用大地经度L和大地纬度B表示。M点的大地经度L,就是包含M点的子午面和首子午面所夹的两面角;M点的大地纬度B,就是过M点的法线(与旋转椭球面垂直的线)与赤道面的交角。

大地经纬度是根据一个起始的大地点(即大地原点,此点的大地经纬度与天文经纬度一致)的大地坐标,再按大地测量所得的数据推算而得的。我国以陕西省泾阳县的国家大地原点为起算点,建立的新的统一坐标系称“1980年国家大地坐标系”。

由于大地水准面和旋转椭球面不一致,因此过同一点的铅垂线和法线也不一致,而产生垂线偏差 θ ,见图1—1(a),故天文坐标和大地坐标不同。

2. 高斯平面直角坐标

由于在球面上计算很麻烦,用球面坐标经度和纬度表示点位在许多应用方面也很不方便。因此,常采用高斯投影的办法将地面点位用高斯平面直角坐标来表示。

高斯投影又称高斯——克吕格投影,也称等角横切圆柱投影。它假想一个圆柱柱套在地球的外面,圆柱柱中心通过地球椭球中心。圆柱柱面与地球椭球的某一子午线相切,即这条子午线与横圆柱柱面重合,这条子午线称中央子午线。在地球椭圆柱面与横圆柱柱面上保持等角的条件下,将中央子午线东西两侧一定经差范围内地区投影到圆柱柱表面上。然后将横圆柱柱面沿着通过南北极的母线切开并展成平面,就得到这部分地区在平面上的形象了。

高斯投影平面上的中央子午线投影为直线且长度不变,但其余的子午线投影在平面上的长度大于球面长度,称“投影长度变形”,离中央子午线愈远长度变形愈大。为将长度变形控制在测量精度允许的范围内,因此产生了投影带的划分。实践证明6°带投影(从首子午线起,每隔经度6°划为一带)后,边缘部分的变形能满足1:25000或更小比例尺测图的精度。当进行1:10000或更大比例尺测图时,要求投影变形更小,可采用3°分带投影法或1.5°分带投影法。

通过高斯投影后,中央子午线与赤道都为直线且相互垂直。此时,以中央子午线的投影为纵坐标轴(X轴),赤道的投影为横坐标轴(Y轴),两轴的交点为坐标原点(O)。这样就建立起了高斯平面直角坐标系,如图1—3所示。

由于我国位于北半球,x坐标值为正,y坐标值有正有负。为避免出现负值,将每带的坐标原点向西移500km,这样每点的横坐标值均为正值。为了确定某点位于哪一个6°带内,在横坐标值前冠以带的编号。例如M点位于第20带内,其横坐标值y为20537688m。

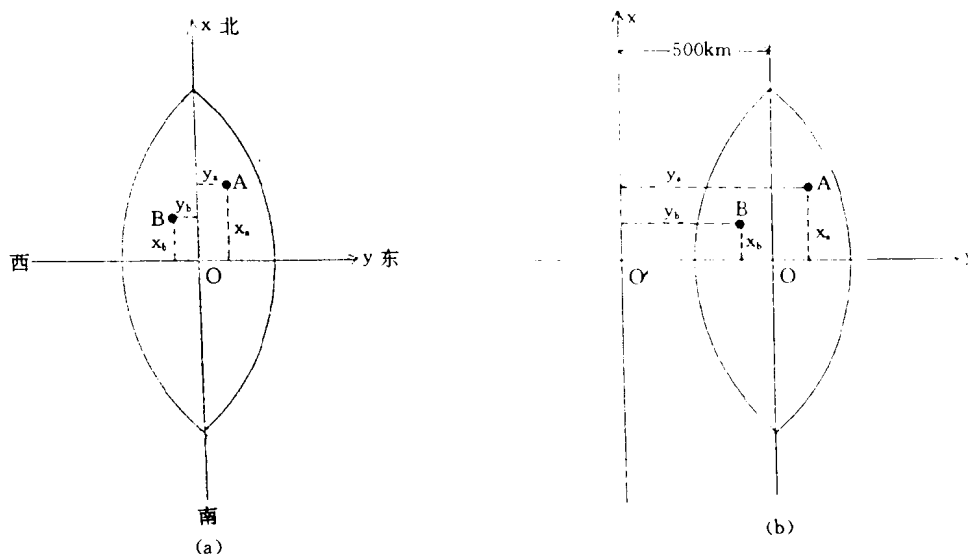


图1—3 高斯平面直角坐标系

3. 平面直角坐标

当测区的范围较小时,可把此测区的球面当作平面看待。将地面点直接沿铅垂线投影到水平面上,用平面直角坐标(图1—4)来表示其投影位置。把坐标原点选在测区西南角,使测区全部落在第一象限内,这样测区内的坐标均为正值。应注意测量上用的坐标与数学上的规定是不同的(其目的是为了直接应用数学上的公式而不做任何改变)。

(二) 地面点的高程

水在静止时的表面称水准面。大地水准面即平均海水面,它是一个处于铅垂方向垂直的曲面,其高程为零。水准面有无数个,但大地水准面只有一个。地面点到大地水准面的铅垂距离为地面点的高程,即绝对高程,亦称海拔高。

我国目前采用的是“1985国家高程基准”,它是用青岛验潮站1953—1979年观测黄海平均海水面的成果,推算出水准原点高程为72.260m。而“1956黄海高程系”是用1950—1956年验潮站的观测成果,推算出相应的水准原点高程为72.289m。

为统一全国的高程系统,国家测绘部门以青岛国家水准原点为起算点,在全国设置了许多高等级的水准点,通过精密测量方法测,算出了这些点的高程,可作为各地引测绝对高程的依据。

如引用绝对高程有困难时,可假定任一水准面作为高程的起算面,这就是假定高程或相对高程系统。绝对高程与相对高程之间的关系,如图1—5所示。

(三) 水平面代替水准面的限度

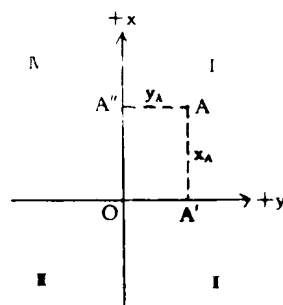


图1—4 平面直角坐标系

由于水准面是一个曲面,如果用水平面代替水准面是要产生变形的。但是,如果在小测区范围内产生的误差不超过测量和制图误差,这样做是可以的。下面我们来分别讨论这个小测区范围到底有多大,才能将一块水准面当作平面看待。

1. 距离误差

由表 1—1 可以知道,当距离为 10km 时,用水平面代替水准面产生的距离误差是 8cm,相对误差是 1:125 万,这样小的误差在最精密的距离测量上也是允许的。因此,在半径为 10km 的范围内,用水平面代替水准面所产生的距离误差可以忽略不计。当精度要求较低时,测量范围的半径可扩大到 25km。

2. 高程误差

由表 1—2 可以知道,用水平面代替水准面对高程的影响是很大的。在 1km 的距离内,高程的误差就有 8cm。如此大的误差是不允许的。因此,在进行高程测量时,即使距离很短也应该考虑地球曲率对高程的影响。

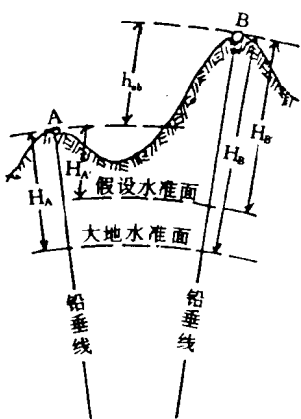


图 1—5 绝对高程与相对高程

表 1—1 水平面代替水准面的距离误差和相对误差

距离 D(km)	距离误差 ΔD (cm)	相对误差 $\Delta D/D$
10	0.8	1:125 万
25	12.8	1:20 万
50	102.6	1:5 万

表 1—2 水平面代替水准面的高程误差

D(km)	0.1	0.5	1	2	3	4	5	10
Δh (cm)	0.08	2	8	31	71	125	196	785

3. 角度误差

球面三角形内角之和比平面三角形内角之和要大一个球面角超角 ϵ'' 。当球面三角形面积为 100km² 时, $\epsilon'' \approx 1''$; 当面积为 400km² 时, $\epsilon'' \approx 2''$ 。因此,一般的测量工作可以不考虑地球曲率对角度的影响。

1—4 测量工作的程序和原则

测量的目的是为了确定点的平面位置和高程。它是通过观测点与点之间的距离、角度和高差这三个基本要素来进行的。由于任何一种测量工作都会产生不可避免的误差,所以每次测量时都必须采取一定的程序和原则,以防误差的积累。

传统的测量工作都是先用较精密的仪器、工具和较精确的方法测定少数点的平面位置和高程。这些点称为控制点,它组成的几何图形称为控制网。布设控制网、测定控制点平面位置和高程的工作叫做控制测量。

在控制测量的基础上根据控制点可进行碎部测量工作,即测设、测定地物和地貌点的平面位置和高程。这样可减少误差的积累,保证测区的整体精度。

因此,为保证测量的精度,测量工作者应遵守以下四个基本原则:“从整体到局部、先控制后碎部、从高级到低级、前步工作未检核不得进行下步工作”。

第二章 高程测量

测定地面点高程的工作称为高程测量。高程测量按使用的仪器和测量方法的不同主要分为水准测量、三角高程测量和气压高程测量三种。其中水准测量是高程测量中最常用和精度较高的一种方法。

2—1 水准测量

一、水准测量原理

水准测量是用水准仪提供的水平视线读出竖立在两点上水准尺的读数,从而直接算出两点之间的高差的一种方法。如果一点的高程已知,则可推算出另外一点的高程。如图 2—1 所示,若 A 点的高程为 H_A ,要求 B 点的高程 H_B ,可在 A、B 两点间安置水准仪,在 A、B 两点上竖立水准尺(零点在下面),则高差可由水平视线在尺上的两个读数求得,即

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

式中 a ——后视读数,为已知高程点上尺子的读数;

b ——前视读数,为未知高程点上尺子的读数。

于是 B 点的高程

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

后视点高程与后视读数之和称为视线高程 H_i ,即

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

当地面两点相距较远时,就要连续转站观测。如图 2—2 所示,每安置一次仪器称为一个测站,两点间增加的点起传递高程作用,称为转点,其高程不需求出。则 A、B 两点高差为

$$\begin{aligned} h_{AB} &= h_1 + h_2 + \cdots + h_n \\ &= (a_1 - b_1) + (a_2 - b_2) + \cdots + (a_n - b_n) \end{aligned} \quad (2-4)$$

$$= \sum a - \sum b = \sum h$$

$$\text{于是 } H_B = H_A + h_{AB} \quad (2-5)$$

二、水准测量仪器

进行水准测量的主要仪器是水准仪,此外还需要水准尺和尺垫作为辅助的测量工具。

(一)水准仪

水准仪按精度分 DS0.5、DS1、DS3、DS10、DS20 几种不同的仪器。“D”、“S”分别表示“大地”和“水准仪”的汉语拼音的第一个字母;数字表示仪器的精度,即每公里往返测得高差中数的中误差(mm)。工程上常用的是 DS3 型水准仪,它主要

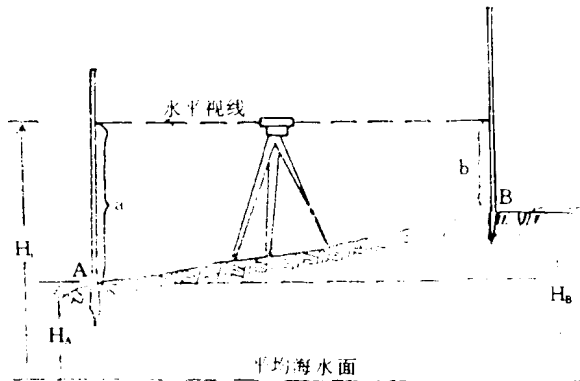


图 2—1 水准测量原理

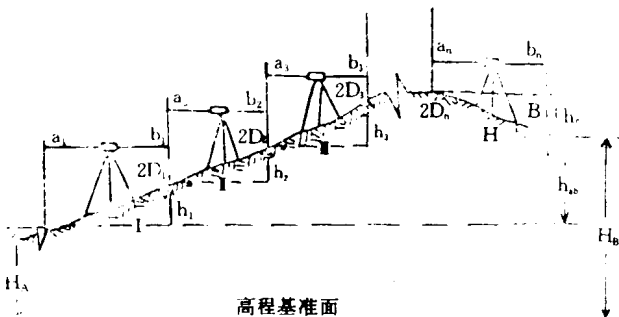
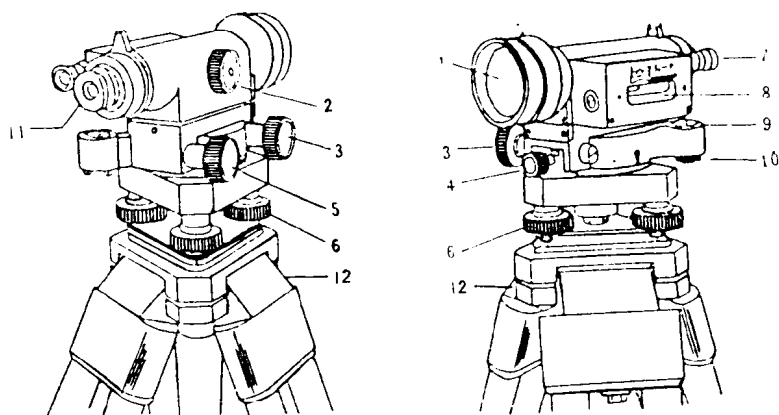


图 2—2 水准测量方法



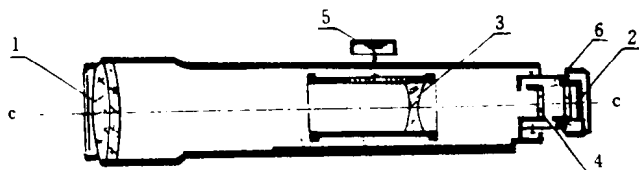
1—物镜；2—物镜对光螺旋；3—微动螺旋；4—制动螺旋；5—微倾螺旋；6—脚螺旋；7—水准管气泡观察镜；8—管水准管；9—圆水准器；10—圆水准器校正螺丝；11—目镜对光螺旋；12—三角架

图 2—3 DS3 水准仪的构造

由望远镜、水准器、基座和三角架组成,如图 2—3 所示。

1. 望远镜

望远镜是用于精确瞄准目标的,它是由目镜、物镜、对光透镜和十字分划板等组成的圆筒状部件,如图 2—4 所示。物镜用于照准目标。对光透镜用于调焦使目标清晰。十字分划板是照准目标的标志,其中横丝(中丝)与竖丝组成十字丝,横丝用于读水平读数;横丝上下各有一根丝称为视距丝,用于测量水平距离。望远镜的光心与十字丝的连线称为视准轴,它的延长线为视线。



1—物镜；2—目镜；3—调焦透镜；4—十字丝分划板；5—物镜对光螺旋；6—目镜对光螺旋

图 2—4 望远镜的构造

2. 水准器

水准器有圆水准器和管水准器两种,是用来整平仪器用的,如图 2—5,2—6 所示。

圆水准器顶部是球面,中央刻有圆圈,圆圈的中心为零点,零点与球面曲率中心的连线为圆水准轴。当气泡中心与零点重合时称气泡居中,此时圆水准轴处于铅垂位置。圆气泡每偏移 2mm,圆水准轴相应倾斜角度称圆水准器分划值,一般为 $8'$ 。

管水准器又称水准管,用圆玻璃管制成。圆管的纵向剖面内壁磨成一定半径的圆弧,内装酒精和乙醚的混合液体,加热融封冷却后,管内留有一个气泡并恒居于管内最高点。内壁圆弧的中点(最高点)为水准零点,过零点与圆弧相切的切线称水准管轴。当气泡中心位于零点位置时称气泡居中,此时水准管轴水平。水准管内壁弧长 2mm 所对应的圆心角称为水准管的分划值。分划值越小,灵敏度(整平仪器的精度)也越高。为了提高目估判别气泡居中的精度,在管水准器上方装有一组附合棱镜,借反射作用

把气泡两端的影像反映到目镜旁的气泡观测孔中。当气泡居中时,两个半影像重合,气泡不居中,影像错开。这种水准器也称为附合水准器。

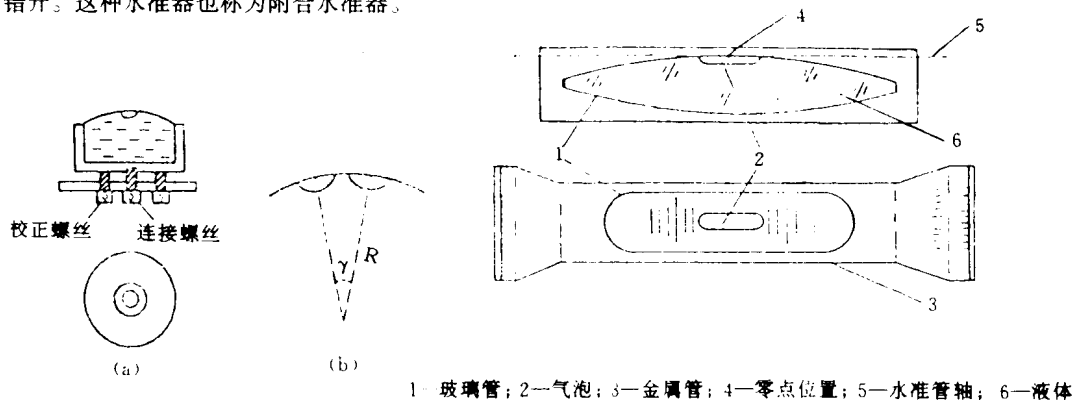


图 2—5 圆水准器

3. 基座和三角架

仪器下面的部分称为基座,由轴座、脚螺旋、连接板和三角形压板组成。基座呈三角型,中心是一个空心轴套,仪器上部通过竖轴插在轴套内。基座下部是一块三角形底板,角螺旋分别安置在底板的三个交叉口内。通过三角架上的连接螺旋与基座连接板的螺母相连,便可将水准仪安置在三角架上。三角架由木质或金属制成,脚架可伸缩,便于携带及调整仪器高度。

(二)水准尺和尺垫

配合水准测量的标尺称水准尺,它一般用伸缩性小、不易弯曲变形且质地坚硬的木料经干燥处理后制成,如图 2—7 所示。水准尺一般分单面尺和双面尺两种。单面尺也称黑面尺为黑面分划,每隔 1cm 黑白相间,尺底分划为零;双面尺一面为黑面分划,另一面为红面分划,每隔 1cm 红白相间,尺底分划为某一常数(4.687 或 4.787)。这样分划的目的是为了防止观测时的读数错误和检核测站的高差。普通水准测量用黑面尺读数,三、四等水准测量用双面尺读数。尺垫由生铁铸成(如图 2—8 所示),底部有三个脚尖,能稳定地放于地上或踏入土中,它上部中央有一突出的半球体,可供立尺用。尺垫只用在传递高程的转点上,起防止水准尺下沉作用。

三、水准测量方法

(一)水准仪的使用

1. 安置仪器

首先松开三角架架腿的紧固螺旋,按身高调节架腿的长度,再拧紧螺旋;张开三角架,使架头大致水平并踩实,然后从箱中取出水准仪,并将之安放在三角架头上,拧紧连接螺旋。

2. 粗略整平

粗略整平就是调节仪器三个脚螺旋,使圆水准器气泡居中,仪器竖轴大致铅直,达到视线粗略水平的目的。

3. 瞄准水准尺

为消除视差,因此,需按下述步骤进行。

(1)目镜对光

图 2—6 管水准器

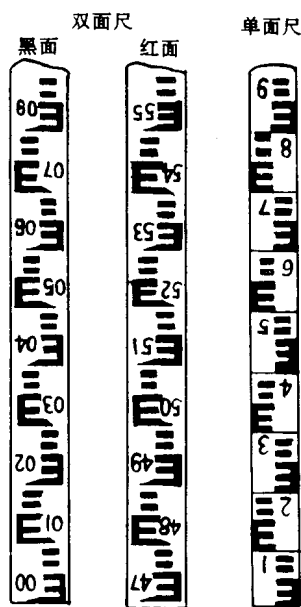


图 2—7 水准尺

将望远镜朝向明亮背景,转动目镜对光螺旋,使十字丝清晰。

(2) 初略瞄准

松开制动螺旋,转动望远镜,利用望远镜上部的准星瞄准水准尺,然后拧紧制动螺旋。

(3) 物镜对光和精确瞄准

旋转物镜对光螺旋,使水准尺成像清晰,再转动微动螺旋使水准尺影像位于视场中央。

(4) 消除视差

物镜对光后,眼睛在目镜端上下移动,若发现十字丝和水准尺影像有相对运动现象,则称为视差。消除视差的方法是再仔细地调节物镜对光螺旋,直至视差消除。

4. 精确整平

转动微倾螺旋,使水准管气泡居中,此时符合水准器的气泡两个半边影像符合,视线就精确水平了。符合气泡影像如图 2—9 所示。

5. 读数

气泡符合后,立即用十字丝横丝在水准尺上读数。如果望远镜中看到的水准尺是倒像,读数时,尺上数字应从上往下、从小到大读取。直接读出米、分米、厘米并估读到毫米位。图 2—10 的读数分别为 1.274m、5.960m、2.534m。

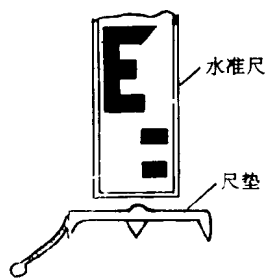


图 2—8 尺垫

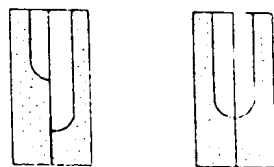


图 2—9 符合气泡

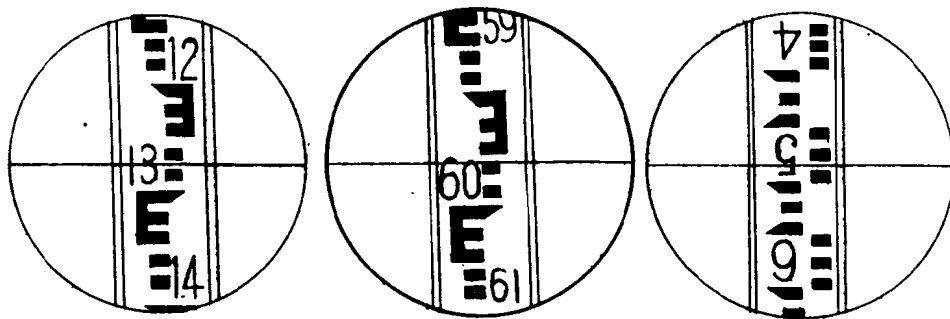


图 2—10 水准尺读数

(二) 水准测量的施测方法

1. 水准点

用水准测量方法测定的高程控制点,称为水准点,简记为 BM (Bench Mark)。为了统一全国的高程系统,由测绘部门在全国各地设置并测定了各种国家等级的水准点。国家等级的水准点分一、二、三、四共四个等级,它的高程数据及点位资料,一般由当地测绘管理机构保存。

水准点有永久性和临时性两种。如图 2—11,永久性水准点的标石一般用混凝土预制而成,顶面嵌入半球形标志,表示该水准点的点位。

临时性水准点可选用地面上突出的坚硬岩石或房屋勒脚、台阶等作为标志,也可用木桩打入地下,桩顶钉一半球形金属钉,作为水准点的标志。

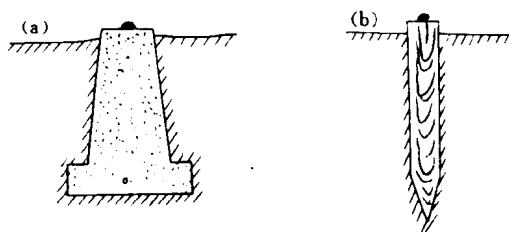


图 2—11 水准点