

高等学校教材

土木工程

测量学教程

(上册)

罗新宇 主编

TUMU GONGCHENG

CELIANGXUE JIAOCHENG



中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

高等学校教材

土木工程测量学教程

(上册)

罗新宇 主编



中国铁道出版社

2003年·北京

(京)新登字 063 号

内 容 简 介

本教材按照高等学校土木类“工程测量”课程教学大纲的要求编写,全书共 13 章,前四章介绍测量学的基本知识和基本的测量工作以及常规测量仪器的使用方法,第五、六、七章介绍小地区控制测量、地形图基本知识和地形图测绘的方法,第八章介绍测量误差理论的基本知识,第九章到第十二章介绍测设的基本工作以及建筑工程、管道工程、铁路站场的施工测量,第十三章简要介绍了 GPS(全球定位系统)、GIS(地理信息系统)和 RS(摄影测量与遥感)方面的基本知识。

本书可用于土木工程、给排水工程、环境工程、交通运输工程、建筑学、城市规划、工程管理等专业的教学用书,也可作为土木工程技术人员的专业参考书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量学教程(上册)/罗新宇主编. —北京:中国铁道出版社,2003.10
高等学校教材

ISBN 7-113-05494-3

I. 土… II. 罗… III. 土木工程-工程测量-高等学校-教材 IV. TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 085053 号

书 名:土木工程测量学教程(上册)

作 者:罗新宇

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市宣武区右安门西街 8 号)

责任编辑:李丽娟

封面设计:蔡 涛

印 刷:北京市彩桥印刷厂

开 本:787 mm × 960 mm 1/16 印张:18 字数:358 千

版 本:2003 年 10 月第 1 版 2003 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~5 000 册

书 号:ISBN 7-113-05494-3/TU·748

定 价:25.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版的图书,如有缺页、倒页、脱页者,请与本社发行部调换。

编辑部电话(010)51873135 发行部电话(010)63545969

出版说明

近年来,兰州交通大学认真贯彻落实教育部有关文件精神,不断推进教育教学改革。学校先后出资数百万元,设立了教学改革、专业建设、重点课程(群)建设、教材建设等项基金,并制定了相应的教学改革与建设立项计划、项目管理及奖励办法等措施。根据培养“基础扎实、知识面宽、能力强、素质高”的高级专门人才的总体要求,学校各院(部)认真组织广大教师积极参加教学改革与建设,开展系统的研究与实践,取得了一系列教学改革与建设成果。

通过几年来的深化改革,各学科专业制定了新的人才培养目标和规格,构建了新的人才培养模式和知识、能力、素质结构,不断修订完善专业教学计划和教学大纲。教学内容和课程体系的改革是教学改革的重点和难点,学校投入力量最大,花费时间最长,投入精力最多,取得的成效也最为显著。突出反映在教材建设方面,学校在各学科专业课程整合、优选教材的基础上,制定了“十五”教材建设规划,积极组织教材编写工作,通过专家论证和推荐,优化选题,优选编者,以保证教材编写质量,最后由学校教材编审委员会审定出版,确保出版教材教育思想的正确性、内容的科学性和先进性、形式的新颖性以及面向使用专业的针对性和适用性。近年来,通过广大教师的努力,相继编著了一批高水平、高质量、有特色的教材(包括文字教材和电子教材)。这些教材一般是由一些学术造诣较深、教学水平较高、教学经验比较丰富的教师担任主编,骨干教师参编,同行专家主审而定稿的。在教材中凝聚了编著教师多年的教学、科研成果和心血,这是他们在教学改革和建设中对高等教育事业做出的重要贡献。

本教材为学校“十五”教材建设资助计划项目,并通过了学校教材编审委员会审定。希望该教材在教学实践过程中,广泛听取使用意见和建议,适时进一步修改、完善和提高。

兰州交通大学“十五”规划
教材编审委员会
2003年4月

兰州交通大学“十五”规划教材

编审委员会

主任:任恩恩

副主任:王晓明 盖宇仙

委员(按姓氏笔划排名):

王 兵 王起才 朱 琨

陈宜吉 吴庆记 谢瑞峰

主 编:罗新宇

前 言

21 世纪是科学、教育全面发展的世纪。为了更好地培养新世纪的科技人才,我国各高等学校正在进行着广泛的教育改革和教学改革。非测绘专业的测量学课程的教学,同样也在进行着课程和教学内容的改革。本教材是按照高等学校土木类“工程测量”课程教学大纲的要求编写的,可用于土木工程、给排水工程、环境工程、交通运输工程、建筑学、城市规划、工程管理等专业的教学用书,也可作为工程技术人员的专业参考书。

随着社会的发展和科技的进步,工程测量的理念和手段近年来已发生了重大变化,测量工作正逐渐从经纬仪+钢尺+小平板的模式向全站仪+计算机的模式转变。为了适应测绘科技发展的这一趋势,本教材力图在满足“三基”(基本理论、基本知识和基本技能)教育的基础上,充分反映测量工作的新理念、新知识、新仪器、新方法。内容上除了考虑学生在校期间所学知识的系统性和完整性外,同时也考虑了学生就业后本书的实用价值和参考价值。在编排上,一方面考虑了测绘知识的系统性和完整性,同时也充分考虑了教学的循序渐进特点,按照由浅入深、先易后难的原则组织教材内容。

本书分上下两册。参加上册编写工作的有:罗新宇(第一、六、七、十、十一、十二章)、杨维芳(第二、三、四、五、十三章)、李仲勤(第八、第九章)。本书由罗新宇统稿并担任主编。施工控制测量、道路线路测量、桥梁施工测量、隧道施工测量、变形观测等内容,将编入下册出版。

本教材的编写,得到了铁道第一勘察设计院陈新焕高级工程师的大力支持,原兰州铁道学院测量教研室主任周天恒认真细致地审查了书稿,在此一并致谢。

由于编者水平有限,书中可能存在不少缺点和错误,敬请读者批评指正。

编 者

2003 年夏

目 录

第一章 测量学的基本知识	1
第一节 测量学的地位和作用	1
第二节 地面点位的表示方法	2
第三节 测量的基本工作	6
思考与练习题	6
第二章 高程测量	7
第一节 水准测量原理	7
第二节 微倾式水准仪	8
第三节 水准测量的实施	15
第四节 水准仪的检验校正	23
第五节 水准测量的主要误差	26
第六节 自动安平水准仪	28
第七节 电子水准仪	31
第八节 跨河水准测量	33
思考与练习题	34
第三章 角度测量	38
第一节 水平角测量原理	38
第二节 光学经纬仪	39
第三节 测回法观测水平角	45
第四节 竖直角观测	47
第五节 经纬仪检验与校正	51
第六节 水平角观测的误差来源	56
第七节 电子经纬仪	61
思考与练习题	64
第四章 距离测量和直线定向	66
第一节 距离测量概述	66
第二节 电磁波测距	67
第三节 全站仪概述	74

第四节	直线定向	81
第五节	陀螺经纬仪	85
	思考与练习题	89
第五章	小地区控制测量	91
第一节	概 述	91
第二节	导线测量	94
第三节	交会定点	105
	思考与练习题	109
第六章	地形图	111
第一节	地形图的基本知识	111
第二节	地物符号和地貌符号	117
第三节	地形图应用的基本内容	121
第四节	地形图在土木工程中的应用	125
	思考与练习题	128
第七章	地形图测绘	130
第一节	视距测量	130
第二节	经纬仪测图	133
第三节	全站仪数字化测图的外业工作	141
第四节	数字化测图的内业工作	149
第五节	地形图的拼接、检查和清绘整饰	161
第六节	地籍测量简介	164
	思考与练习题	166
第八章	测量误差的基本知识	168
第一节	测量误差概述	168
第二节	偶然误差的特性	170
第三节	衡量精度的标准	172
第四节	误差传播定律	175
第五节	等精度直接平差	179
第六节	不等精度直接平差	184
第七节	由真误差计算中误差	191
第八节	误差传播定律应用举例	196
	思考与练习题	199
第九章	施工测量概述	203

第一节	施工测量的内容与特点	203
第二节	施工放样的基本工作	204
第三节	点位测设的基本方法	207
第四节	已知坡度线的放样	210
	思考与练习题	210
第十章	建筑施工测量	212
第一节	建筑场地上的施工控制测量	212
第二节	民用建筑施工测量	215
第三节	工业厂房施工测量	218
第四节	高层建筑物的轴线投测	222
第五节	烟囱或水塔的施工测量	224
第六节	竣工总平面图编绘	226
	思考与练习题	227
第十一章	管道施工测量	229
第一节	管道工程测量的特点和内容	229
第二节	管道中线测量	230
第三节	管道纵横断面图测绘	232
第四节	地下管道施工测量	235
第五节	顶管施工测量	239
	思考与练习题	240
第十二章	铁路既有站场测量	243
第一节	站内线路纵向丈量	243
第二节	站场基线测量	244
第三节	站场平面测绘	246
第四节	站场高程、断面和地形测量	252
	思考与练习题	254
第十三章	测绘新技术简介	255
第一节	全球定位系统(GPS)	255
第二节	摄影测量与遥感	261
第三节	地理信息系统	268
	思考与练习题	274
	参考文献	276



第一章 测量学的基本知识

第一节 测量学的地位和作用

测量学是研究如何测定地面点的位置和高程,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的科学。也就是说,测量学是研究如何测量和描绘地球整体以及地面形状的科学。“测量”一词是泛指对各种量的量测,而测量学所要量测的对象是地球的表面乃至整个的地球。由于测量学一般都包含测和绘两项内容,所以这门科学又称为“测绘科学”。

按照所研究的内容、范围和对象的不同,测量学有许多分支学科:①研究地球的形状、大小和重力场问题,建立国家大地控制网等工作,属于大地测量学研究的范畴。其具体任务是在广大区域内测定一些点的精确位置供各项研究使用,并为各种测量工作提供基础。大地测量必须考虑地球曲率的影响。在小范围地面上不考虑地球曲率的影响,而将地球表面当作平面看待。②研究各种物体所在位置的详细情况并绘制出地形图的测量工作,属于地形测量学的范畴,其具体任务是测绘各种比例尺的地形图。③利用摄影相片确定物体的形状、大小和位置的工作属于摄影测量学研究范畴。④各种工程在勘测设计、施工建造以及运营管理等阶段中所进行的各种测量工作属于工程测量学的研究范畴。此外,“地图编制”、“测绘仪器制造”也是测绘科学中的两个重要分支。随着科学的发展和新技术的应用,又出现了卫星大地测量、遥感技术、惯性定位系统、卫星定位系统等一些新兴的学科。

在测量工作中有两类不同性质的工作:一类称为测定,是把地面上存在的各种物体,利用测量的方法确定它们的位置并绘制成图,例如测绘地形图的工作;另一类称为测设,是把预定的点位用测量的方法设置到地面上,例如各种工程建筑物的施工放样工作。前者是把地面实际的形态通过测量转化成图或数字,是获取地面信息的过程;后者则是按设计图纸或预定的数字,通过测量方法把拟建造的建筑物位置标定到地面,是将设计变成现实的过程。

测量工作一般要经过野外观测和室内计算、绘图等程序。野外的观测工作称“外业”,室内的计算和绘图等工作称“内业”。外业工作是取得原始数据的过程,内业工作是对原始数据进行分析、整理、加工的过程。由于测量的成果可以应用到各个方面,影响极广,工作中的任何差错都能造成不良的后果,有的甚至会对工程造成巨大损失,所



以保证质量是测量工作者的首要职责。因此,外业观测必须按规范或规程的要求来完成,不合格的必须重测,手簿、图纸等原始资料,应保证正确、清楚和完整;内业工作必须认真细致,交付的成果必须经复核检验,确保成果的质量。

工程测量在国民经济建设和国防建设中占有重要的地位,测量学的知识和技能有着十分广泛的用途,无论在政治、经济、军事、科技和文化教育等方面,都有重要的应用。工程测量的应用涉及国民经济的各个方面,如城市、工厂、矿山和水利等建设,铁路、公路和水运等交通的建设,以及农业、林业的开发和建设。

测绘工作在土木工程建设中起着十分重要的作用。例如铁路或公路的建设,在设计阶段,为了选择最经济合理的路线,要进行大量的测量工作。在施工阶段,为了把线路和各种建筑物正确地按设计位置建造出来,要进行各种测设和检测工作。在工程竣工后,对各项工程还要进行竣工测量。而在运营期间,为保证建筑物的安全使用,对重要建筑物要进行位移、沉陷、倾斜等项目的变形监测,为了管理、改建或扩建的需要,还要进行各种测量。可以说,任何建设项目都是测量先行,所以测绘人员常被喻为工程建设的尖兵。

测量学课程不仅在本专业的实际工作中占有重要地位,对本专业的后续课程也起着重要作用。学习测量学必须坚持理论与实践并重,不但要掌握测量的基本理论,而且还要重视观测、计算和绘图等基本技能的训练。在学习中应养成认真负责、一丝不苟的工作作风和爱护仪器设备的良好习惯。由于野外作业工作和生活条件均较艰苦,因此还必须培养吃苦耐劳和克服困难的精神。

本书首先叙述各种基本的测量工作,然后介绍与土木工程专业密切相关的地形测量、工程测量等内容。

第二章 地面点位的表示方法

一、测量的基本原则和测量工作的实质

在地面上无论是天然或人工形成的物体,其分布多数是零乱而不规则的。那么如何来测量这些为数众多而分布又不规则的特征点呢?一般进行的程序应是先在测区范围内精确测出少数点的位置,如图1-1中的A、B、C等,然后以这些点为基础,测量它们周围地物地貌的特征点,得出局部的地形图。图中A、B、C等点构成的图形在测区中形成一个框架,起控制作用,所以这些点称为控制点,测量这些点的位置的工作称为控制测量。以控制点为基准测量其周围地形特征点位置的工作称为碎部测量。利用各控制点间已测定的位置关系,就可以把从各控制点所测得的局部地形连成一个整体,从而得出这一测区的地形图,并能保证必要的精度。这就是进行测量工作必须遵循的“从整体到局部,先控制后碎部”的基本原则。在测设工作中同样也要遵循这一基本原则。按照这一原则进行测量工作,不仅可以防止测量误差的过大积累,保证整个测区内测量



精度的一致性,也可以在较大测区内同时安排多个作业组进行工作,以加快作业进度,提高工作效率。

无论是控制测量还是碎部测量,从根本上来讲都是测量点位的工作。不但测定是这样,测设也是这样。因此可以说:“测量工作的实质就是测量(测定或测设)点位的工作。”任何性质的测量工作都是如此。

既然测量工作都是测定点位的工作,因此首先应了解地面上点位的表示方法。由于测量工作都是在地球表面上进行的,所以在讨论如何确定地面点位之前,先介绍关于地球形状和大小知识。

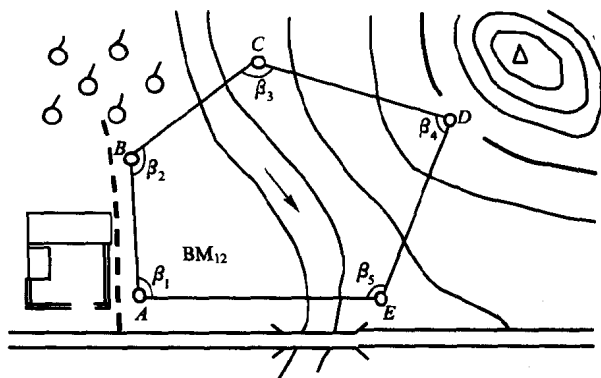


图 1-1 从整体到局部的测量原则

二、地球的形状和大小

地球是一个球体,表面高低起伏极不规则,最高的山峰珠穆朗玛峰高达 8 848.13 m,最深的海沟马里亚纳海沟深达 11 022 m。虽然地球表面的起伏如此之大,但与半径为 6 000 余公里的整个地球相比,还是微不足道的。由于地球表面上陆地只占 29%,而海洋却占 71%,所以我们可以将地球总的形状看做是一个被海水包围的形体。设想由静止的海水面所包围并延伸进大陆和岛屿后,形成了一个封闭的曲面,这个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,大地体可以代表地球总的形状。

任何静止的水面在测量学中均可称为水准面。水准面的特点是它处处与铅垂线相垂直,同一水准面上势能处处相等。水准面可以位于不同的高度,所以水准面可以有无数个。由于潮汐、波浪的影响,不存在一个完全处于静止平衡状态的海水面,但可以取平均海面作为大地水准面,它是无数水准面中的一个。为此,人们在海岸边设立验潮站,用验潮站所测得的平均海面来代替静止的海水面。因此也可以说,大地水准面是与平均海面重合的一个封闭曲面。

由于地球外层物质分布的不均匀,引起各处铅垂线方向的不规则变化,因而大地水准面也是一个不规则的曲面。为了便于处理大地测量的成果,需要用一个简单的几何形体来代替大地体。力学理论和实测结果都证明,地球是一个两极稍扁的不规则球体,在这样的球体上难以进行数学计算,但可以用一个椭圆绕其短轴旋转而成的形体来代替大地体,称为“椭球”。大地水准面有些地方在椭球表面之上,有些地方则在椭球表



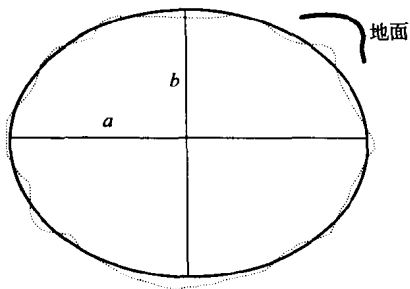


图 1-2 大地水准面和参考椭球面

面之下。椭球的大小用长半轴 a 和短半轴 b 或扁率 α 表示(图 1-2),一般用 a 和 α 表示, a 和 α 称为椭球的元素。为了测量工作的需要,在一个国家或一个地区,需要选用一个最接近于本地区大地水准面的椭球,这样的椭球称为“参考椭球”。我国目前采用 1975 年国际大地测量协会推荐的地球椭球,其元素值为:

$$a = 6\,378\,140 \text{ m}$$

$$\alpha = \frac{a-b}{a} = 1:298.257$$

由于地球的扁率很小,所以在一般测量工作中,可把地球看做一个圆球,其半径 $R = 6\,371 \text{ km}$ 。

三、地面上点位的表示方法

在测量工作中,地面上点的位置都用坐标和高程来表示。坐标用来表示点的平面位置,高程则表示地面点到高程基准面的垂直距离,即用两个量说明地面点在椭球面或水平面上投影的位置。

1. 点的高程

地面任意一点沿铅垂线到大地水准面的距离称为该点的绝对高程,简称高程,亦称标高或海拔,两点之间的高程差称为高差。如图 1-3, H_A 、 H_B 分别是 A 点和 B 点的高程,而 h_{AB} 是 A、B 两点之间的高差。

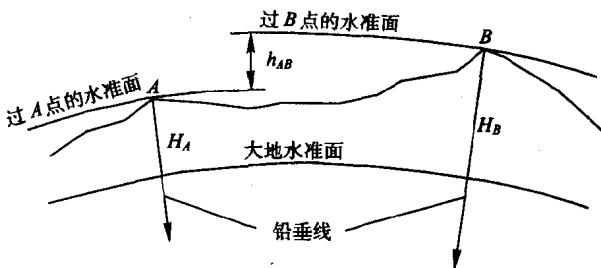


图 1-3 高程与高差

过去我国采用的“1956 年黄海高程系”,是根据青岛验潮站 1950~1956 年对黄海水面的观测结果确定的平均海水面作为高程基准面,并以此确定青岛水准原点的高程为 72.289 m。

从 1989 年起,国家规定采用“1985 年国家高程基准”作为全国统一的高程系统。该系统是根据 1952~1979 年的观测资料计算得出的平均海水面作为高程基准面,并得出青岛水准原点的高程为 72.260 m。水准原点是全国高程测量的基准点。在使用已有的高程资料时,一定要注意高程基准面的统一和换算。

有时,为了工作的方便,在独立的测区内,也可以假设某一水准面为基准,则该测区各点的高程就是以同一个假设水准面为基准的相对高程。



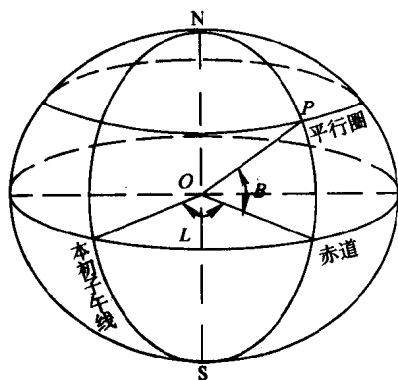


图 1-4 大地坐标

2. 点的平面位置

地面点的平面位置是用地面点在一定基准面上的坐标表示的。当地面点投影到椭球面上时,其平面位置用大地坐标来表示,当投影到水平面上时,则用平面直角坐标表示。

(1) 大地坐标

地面点的大地坐标用“大地经度”和“大地纬度”来表示。在图 1-4 中 N、S 分别为地球的北极和南极, NOS 为地球的短轴, 又称地轴。通过球心 O 并垂直于地轴的平面称赤道平面, 它与椭球面的交线称为赤道。由地面上任一点和椭球短轴决定的平面称该点的子午面, 子午面与椭球面的交线称子午线。地面上任意一点 P 的子午面与本初子午面之间的夹角, 就是 P 点的大地经度, 通常用符号 L 表示。大地经度自本初子午面起向东 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 称东经, 向西 $0^{\circ} \sim 180^{\circ}$ 称西经。过 P 点作椭球的法线, 在 P 点的子午面内, P 点的法线与赤道平面所成的角就是 P 点的大地纬度, 用符号 B 表示。大地纬度自赤道起向北 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 称北纬, 向南 $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 称南纬。

1968 年以前, 将通过英国格林尼治天文台的子午线规定为本初子午线, 以此作为度量经度的起始子午线。由于极移的影响和格林尼治天文台迁址, 1968 年国际时间局改用经过国际协议原点 (CIO) 和原格林尼治天文台的经线延伸交于赤道圈的一点作为经度的零点。1977 年我国决定采用过该经度零点与极原点 1968.0 (1968 年 1 月 1 日零时瞬间) 的子午线作为本初子午线, 包含该子午线的子午面称为本初子午面。

(2) 平面直角坐标

用大地坐标表示大范围内地球表面的点位是很方便的, 在小区域内进行测量时, 用经纬度表示点的平面位置则十分不便。但如果把局部椭球面看作一个水平面, 在这样的水平面上建立起平面直角坐标系 xOy , 则点的平面位置就可用该点在平面直角坐标系中的直角坐标 (x, y) 来表示。

在测量学中, 平面直角坐标系的安排与数学中常用的迪卡尔坐标系不同, 它以南北方向为 x 轴, 向北为正; 而东西方向为 y 轴, 向东为正。象限顺序按顺时针方向计 (图 1-5)。这种安排与迪卡尔坐标系的坐标轴和象限顺序正好相反。这是因为在测量中南北方向是最重要的基本方向, 直线的方向也都是从正北方向开始按顺时针方向计量的, 但这种改变并不影响三角函数的应用。为了避免坐标定义的混淆, 现在许多国家已采用 N—E 坐标, 即北—南坐标表示地面点的平面位置。平面直角坐标系的坐标轴和原

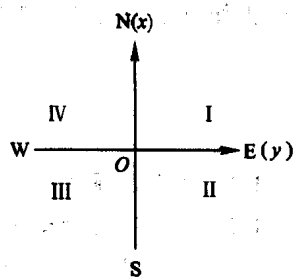


图 1-5 测量平面直角坐标系



点可根据需要选择。

对于大范围的测量工作,应采用与大地坐标有联系的高斯平面直角坐标系,详见第六章。

第三节 测量的基本工作

以上阐明了测量工作的若干基本概念:如测量工作可分为测量和测设两类不同性质的工作;无论是测量还是测设都要遵循从整体到局部的原则,即从控制到碎部的原则;无论是测量还是测设,控制测量还是碎部测量,所有测量工作的本质都是测定点位的工作,即测定点的平面位置和高程。测量点的平面位置的工作叫做“平面测量”,而测量点的高程的工作称为“高程测量”。

为了测定点的平面位置,要测量两点间的水平距离,即连接两点的直线在水平面上投影的长度,如图 1-1 中的 AB 、 BC …测量相邻两直线间的水平角,即两直线在水平面上投影的夹角,如图 1-1 中的 β_1 、 β_2 …。可见,水平距离和水平角是确定点的平面位置的基本要素。为了确定点在空间的位置,还需要测量点的高程。有时直接测量两点间的斜距,再测量在铅垂面内的竖直角,然后推算 A 、 B 两点间的水平距离和高差。所以不论进行何种测量工作,需要在实地测量的基本要素都是:

1. 高程;
2. 角度(水平角和竖直角);
3. 距离(水平距离或斜距)。

测量这三种基本要素的工作是基本的测量工作。每一种基本要素的测量都可以用不同的仪器和方法来进行,测量工作者应根据实际的需要和可能的条件,选用最经济合理的工作方法来实现工作目标。

思考与练习题

- 1-1 进行测量工作应遵循的原则是什么?
- 1-2 为什么说测量工作的实质就是测量点的位置?
- 1-3 什么是水准面、大地水准面、椭球和参考椭球?
- 1-4 测量工作中地面点的位置是如何表示的?
- 1-5 用水平面代替水准面对距离和高程产生什么影响?
- 1-6 基本的测量工作有哪些?为什么说这些是基本的测量工作?



第二章 高程测量

为了确定地面点的位置,必须测定地面点的高程,测定地面点高程的工作称为高程测量。高程测量按所使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、气压高程测量、无线电测高、立体摄影测量测高、GPS 测高等几种方法。其中,水准测量是高程测量的主要方法,在国家大地测量、工程勘测和施工测量中经常用到。本章着重介绍水准测量所使用的光学仪器及水准测量的方法,并扼要介绍自动安平水准仪和电子水准仪的构造特点。

第一节 水准测量原理

水准测量的目的是确定地面点的高程,但水准测量不是直接测定地面点的高程,而是先测定地面两点间的高差,然后根据其中一个已知点的高程算出另一点的高程。

如图 2-1,设 A 为已知点,其高程为 H_A 。为确定未知点 B 的高程 H_B ,可在 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 两点上分别竖立有刻度的直尺——水准尺。根据水准仪提供的水平视线,可分别读取 A 点水准尺上的读数 a 和 B 点水准尺上的读数 b ,则由图中的几何关系可知 A 、 B 两点间的高差为

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

于是 B 点的高程 H_B 为

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

设水准测量的前进方向是由 A 点向 B 点,则规定已知点 A 为后视点,其水准尺的读数 a 为后视读数;未知点 B 为前视点,其水准尺的读数 b 为前视读数。则高差 h_{AB} 为

$$h_{AB} = \text{后视读数 } a - \text{前视读数 } b$$

高差 h_{AB} 本身可正可负,当 a 大于 b 时 h_{AB} 值为正,这种情况是 B 点高于 A 点;当 a 小于

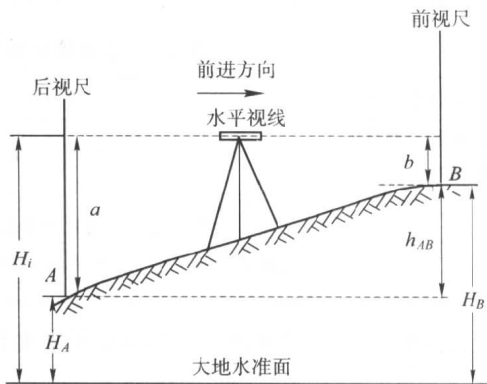


图 2-1 水准测量原理

b 时 h_{AB} 值为负,即 B 点低于 A 点。当 a 等于 b 时 $h_{AB} = 0$, A 、 B 两点同高。

高差是相对的,在书写高差 h_{AB} 时,必须注意 h 下标的顺序。例如 h_{AB} 是表示由 A 点至 B 点的高差;而 h_{BA} 表示由 B 点至 A 点的高差,即

$$h_{AB} = -h_{BA}$$

从图中还可以看出, A 点的高程 H_A 加后视读数 a , 得视线高程 H_i (也称为仪器高程)。用视线高减去前视读数 b , 也可求出 B 点的高程 H_B , 这在建筑工程施工中和断面测量中经常用到,用公式表示为

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

把仪器安置在一个地方,根据一个已知高程的后视点,用这种方法可同时求得几个未知点的高程,这种方法称为视线高法或仪高法,在这些点上的水准尺读数称为中视读数。

第二节 微倾式水准仪

水准仪是用于水准测量的仪器。我国对大地测量仪器规定的总代号为“D”,水准仪的代号为“S”,即取汉语拼音的第一个字母,连接起来就是“DS”,通常省略“D”而只写“S”。按仪器所能达到的每公里往返测高差中数的偶然中误差这个精度指标来划分,可分为 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 、 DS_{10} 四个等级,其等级划分和主要用途见表 2-1。

表 2-1 水准仪的等级划分及主要用途

水准仪系列型号	DS_{05}	DS_1	DS_3	DS_{10}
每公里往返测高差中数的偶然中误差	$\leq 0.5 \text{ mm}$	$\leq 1 \text{ mm}$	$\leq 3 \text{ mm}$	$\leq 10 \text{ mm}$
主要用途	国家一等水准测量及地震监测	国家二等测量及其他精密水准测量	国家三、四等水准测量及一般工程水准测量	一般工程水准测量

水准仪有微倾式水准仪、自动安平水准仪、电子水准仪等,本节主要介绍微倾式水准仪。

一、水准仪的构造

微倾式水准仪构造如图 2-2 所示,主要由望远镜、水准器和基座三部分组成。

1. 望远镜

望远镜是提供视线和照准目标的设备。它由物镜、调焦透镜(也称对光透镜)、十字丝分划板和目镜等组成,如图 2-3。

物镜由凸透镜或复合透镜组成,其作用是将照准的目标成像在十字丝平面上而形成缩小的实像。目镜的作用是将物镜所成的实像连同十字丝的影像放大成虚像。十字