

普通高等教育规划教材



建筑工程测量

赵冬 杨寅正 主编 王云江 主审



化学工业出版社

普通高等教育规划教材



建筑工程测量

赵冬 杨寅正 主编 王云江 主审



化学工业出版社

·北京·

全书共十二章。第一~第五章主要介绍测量的基本知识;高程、角度和距离测量的基本原理和方法;测量仪器的构造、使用、检校以及目前建筑施工使用较广泛的新仪器;全站仪及 GPS 应用。第六、第七章讲述了控制测量;地形图的测绘及应用。第八~第十二章介绍了工业与民用建筑的施工测量方法;工程变形监测;管道与道路施工测量。

本书可供高等院校建筑施工专业师生使用,也适合上述专业的函授、高教自考教学之用,还可供测绘和土木类工程技术人员学习和参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑工程测量/赵冬,杨寅正主编. —北京:化学工业出版社,2015.4

普通高等教育规划教材

ISBN 978-7-122-23068-3

I. ①建… II. ①赵… ②杨… III. ①建筑测量-高等职业教育-教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 034589 号

责任编辑:吕佳丽

装帧设计:张 辉

责任校对:王素芹

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 刷:北京永鑫印刷有限责任公司

装 订:三河市宇新装订厂

787mm×1092mm 1/16 印张 19 字数 495 千字 2015 年 5 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:39.00 元

版权所有 违者必究

编写人员名单

主 编 赵 冬 杨寅正

副主编 王文杰 李东锋 郁俊超

参 编 (按拼音排序)

范 闯 冯 浩 樊 磊

莫镛茜 彭建敏 王凤琳

杨光培

主 审 王云江

前言



本书是按照高等院校建筑施工专业教育标准、培养目标及建筑测量课程的教学大纲编写的一本教材。

本书在编写中根据高等院校教学的特点,从培养应用型人才目标出发,在论述基础理论和方法的同时,重视基本技能的训练与实践性教学环节,并力求叙述简明、通俗易懂、注重实用、图文并茂,突出了课程的基础性、实用性、技能性。在保留必需的测绘基础知识和理论的前提下,摒弃陈旧的教学内容,吸纳了先进的测量技术与方法。全书测量计算公式不加推导,各项测量观测、记录、计算均有实例和表格。为了便于教学,每章后面附有思考题与习题,以利于学生及时复习和巩固已学知识。另附有配套实训练习。

全书共十二章。第一~第五章主要介绍测量的基本知识;高程、角度和距离测量的基本原理和方法;测量仪器的构造、使用、检校以及目前建筑施工使用较广泛的新仪器;全站仪及GPS应用。第六、第七章讲述了控制测量;地形图的测绘及应用。第八~第十二章介绍了工业与民用建筑的施工测量方法;工程变形监测;管道与道路施工测量。

本书由赵冬、杨寅正主编,王云江主审。王文杰、李东锋、郁俊超等人编写了部分章节内容。其中第一~第四章由赵冬、杨寅正编写,第五~第七章由王文杰编写,第八~第十章由李东锋编写,第十一、第十二章由郁俊超编写,其他人编写了实训部分。

本书可供高等院校建筑施工专业师生使用,也适合上述专业的函授、高教自考教学之用,还可供测绘和土木类工程技术人员学习和参考。

限于笔者的水平,书中难免有疏漏之处,敬请读者批评指正。

编者

2015年2月

目 录

第一章 绪论

1

第一节	建筑工程测量的任务与作用	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	5
思考题与习题		6

第二章 水准测量

7

第一节	水准测量原理	7
第二节	水准测量的仪器及工具	9
第三节	水准仪的使用	12
第四节	水准测量方法	14
第五节	水准测量成果计算	17
第六节	水准仪的检验与校正	22
第七节	水准测量误差及注意事项	25
第八节	其他水准仪简介	27
思考题与习题		31

第三章 角度测量

33

第一节	水平角的测量原理	33
第二节	经纬仪的构造	34
第三节	经纬仪的使用	36
第四节	水平角测量	38
第五节	竖直角测量	41
第六节	经纬仪的检验与校正	44
第七节	水平角测量误差与注意事项	48
第八节	电子经纬仪简介	49
思考题与习题		51

第四章 距离测量与直线定向

53

第一节	钢尺量距	53
-----	------------	----

第二节	直线定向·····	56
第三节	全站仪及其应用·····	59
思考题与习题	·····	69

第五章 测量误差的基本知识 70

第一节	测量误差概述·····	70
第二节	衡量精度的标准·····	72
第三节	算术平均值及其中误差·····	74
思考题与习题	·····	76

第六章 小地区控制测量 77

第一节	控制测量概述·····	77
第二节	导线测量的外业工作·····	79
第三节	导线测量的内业工作·····	81
第四节	全站仪导线测量·····	88
第五节	高程控制测量·····	90
思考题与习题	·····	94

第七章 大比例尺地形图测绘与应用 95

第一节	地形图的基本知识·····	95
第二节	大比例尺地形图的测绘·····	103
第三节	地形图的应用·····	110
思考题与习题	·····	120

第八章 施工测量的基本工作 123

第一节	施工测量概述·····	123
第二节	测设的基本工作·····	124
第三节	测设平面点位的方法·····	128
第四节	已知坡度直线的测设·····	132
思考题与习题	·····	134

第九章 民用建筑施工测量 135

第一节	建筑施工控制测量·····	135
第二节	测设前准备工作·····	139
第三节	民用建筑物的定位与放线·····	141
第四节	建筑物基础施工测量·····	145
第五节	墙体施工测量·····	147
第六节	高层建筑施工测量·····	148

第七节 复杂建(构)筑物施工测量	156
第八节 竣工总平面图的绘制	163
思考题与习题	164

第十章 工业建筑施工测量 166

第一节 厂房矩形控制网与柱列轴线的测设	166
第二节 基础施工测量	168
第三节 厂房构件安装测量	170
第四节 钢结构工程中的施工测量	175
思考题与习题	176

第十一章 工程变形监测 177

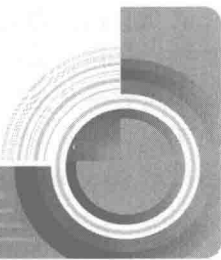
第一节 工程变形监测概述	177
第二节 基坑监测	178
第三节 建筑物的沉降观测	187
第四节 建筑物的倾斜观测	192
第五节 建筑物的裂缝、位移与挠度观测	193
第六节 建筑场地滑坡观测	196
第七节 GPS 定位技术在工程监测中的应用	197
思考题与习题	200

第十二章 管道与道路施工测量 201

第一节 管道施工测量	201
第二节 道路施工测量	206
思考题与习题	216

参考文献 218

第一章 绪 论



教学要求

通过本章学习,了解建筑工程测量的任务与作用,熟悉测量工作中的平面坐标系及高程系,熟悉地面点位的确定方法及基本测量工作方法,熟悉测量工作的原则和程序。

第一节 建筑工程测量的任务与作用

一、建筑工程测量的任务

建筑工程测量属于工程测量学的范畴,是工程测量学在建筑工程施工领域中的具体表现。建筑工程测量的主要任务包括测定、测设两方面。

1. 测定

测定又称测图,是指使用测量仪器和工具,通过测量和计算,并按照一定的测量程序和方法将地物和地貌按一定的比例尺和特定的符号缩绘成地形图,以供工程建设的规划、设计、施工和管理使用。

2. 测设

测设又称放样,是指使用测量仪器和工具,按照设计要求,采用一定的方法将设计图纸上设计好的建筑物、构筑物的位置测设到实地,作为工程施工的依据。

此外,施工中各工程工序的交接和检查、校核、验收工程质量的施工测量,工程竣工后的竣工测量,监视重要建筑物或构筑物在施工、运营阶段的沉降、位移和倾斜所进行的变形观测等,也是工程测量的主要任务。

二、建筑工程测量的作用

建筑工程测量是建筑工程施工中一项非常重要的工作。它服务于建筑工程建设的每一个阶段,贯穿于建筑工程的始终。在工程勘测阶段,测绘地形图作为规划设计提供各种比例尺的地形图和测绘资料;在工程设计阶段,应用地形图进行总体规划和设计;在工程施工阶段,要将图纸上设计好的建筑物、构筑物的平面位置和高程按设计要求测设于实地,以此作为施工的依据;在施工过程中进行土方开挖、基础和主体工程的施工测量;在施工中还要经常对

施工和安装工作进行检验、校核,以保证所建工程符合设计要求;施工竣工后,还要进行竣工测量,施测竣工图,供日后扩建和维修之用;在工程管理阶段,对建筑和构筑物进行变形观测,以保证工程的安全使用。由此可见,在工程建设的各个阶段都需要进行测量工作,而且测量的精度和速度直接影响到整个工程的质量和进度。因此,工程技术人员必须掌握工程测量的基本理论、基本知识和基本技能,掌握常用的测量仪器和工具的使用方法,初步掌握小地区大比例尺地形图的测绘方法,正确掌握地形图应用的方法,以及具有一般土建工程施工测量的能力。

三、建筑工程测量的现状与发展方向

建筑工程测量为建筑业的发展作出了重要的贡献,同时,建筑工程测量的技术水平也得到了很大的提高。目前,除常规测量仪器工具如光学经纬仪、光学水准仪和钢尺等在工程测量中继续使用外,现代化的测量仪器如电子经纬仪、电子水准仪和电子全站仪等也已普及,提高了测量工作的速度、精度、可靠度和自动化程度。一些专用激光测量仪器设备如用于高层建筑竖直投点的激光铅直仪、用于大面积场地精确自动找平的激光扫平仪和用于地下开挖指向的激光经纬仪等的应用,为现代高层建筑和地下建筑的施工提供了更高效、准确的测量技术服务。利用卫星测定地面点坐标的新技术——全球定位系统(GPS),也逐渐被应用于工程测量中,该技术作业时不受气候、地形和通视条件的影响,只需将卫星接收机安置在已知点和待定点上,通过接收不同的卫星信号,就可计算出该点的三维坐标,这与传统测量技术相比是质的飞跃,目前在工程测量中,一般用于大范围 and 长距离施工场地中的控制性测量工作。计算机技术也正在应用到测量数据处理、地形图机助成图以及测量仪器自动控制等方面,进一步推动建筑工程测量从手工化向电子化、数字化、自动化和智能化方向发展。

第二节 地面点位的确定

测量工作的基本任务(即实质)是确定地面点的位置。地面点的空间位置由点的平面位置 x 、 y 和点的高程位置 H 来确定。

一、地面点平面位置的确定

在普通测量工作中,当测量区域较小(一般半径不大于 10km 的面积内),可将这个区域的地球表面当作水平面,用平面直角坐标来确定地面点的平面位置,如图 1-1 所示。

测量平面直角坐标规定纵坐标为 x ,向北为正,向南为负;横坐标为 y ,向东为正,向西为负;地面上某点 M 的位置可用 x_M 和 y_M 来表示。平面直角坐标系的原点 O 一般选在测区的西南角,使测区内所有点的坐标均为正值。象限以北东开始按顺时针方向依次为 I、II、III、IV。与数学坐标的区别在于坐标轴互换,象限顺序相反,其目的是便于将数学中的公式直接应用到测量计算中而不需作任何变更。

在大地测量和地图制图中要用到大地坐标。用大地经度 L 和大地纬度 B 表示地面点在旋转椭球面上的位置,称为大地地理坐标,简称大地坐标。如图 1-2 所示,地面上任意点 P 的大地经度 L 是该点的子午面与首子午面所夹的两面角; P 点的大地纬度 B 是过该点的法线(与旋转椭球面垂直的线)与赤道面的夹角。

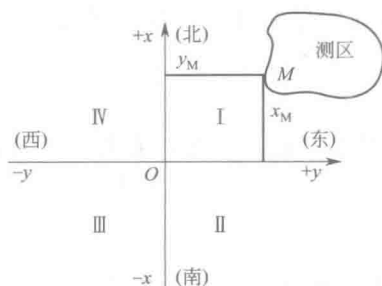


图 1-1 平面直角坐标

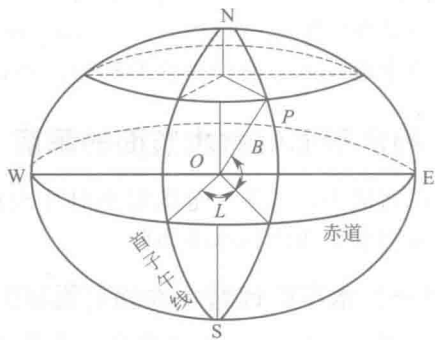


图 1-2 大地坐标

大地经纬度是根据大地测量所得的数据推算而得出的。我国现采用陕西省泾阳县境内的国家大地原点为起算点，由此建立新的统一坐标系，称为“1980 年国家大地坐标系”。

国民经济建设、国防建设和社会发展等对国家大地坐标系提出了新的要求，迫切需要采用原点位于地球质量中心的坐标系统（地心坐标系）作为国家大地坐标系，因此，我国规定自 2008 年 7 月 1 日起，将全面启用“2000 国家大地坐标系”（CGCS2000），与现行国家大地坐标系转换、衔接的过渡期为 8~10 年。

二、地面点高程位置的确定

地球自然表面很不规则，有高山、丘陵、平原和海洋。海洋面积约占地表的 71%，而陆地约占 29%，其中最高的珠穆朗玛峰高出大地水准面 8844.43m，最低的马里亚纳海沟低于大地水准面 11022m。但是，这样的高低起伏，相对于地球半径 6371km 来说还是很小的。

地球上自由静止的海水面称为水准面，它是个处处与重力方向垂直的连续曲面。与水准面相切的平面称为水平面。由于水面高低不一，因此水准面有无限多个，其中与平均海水面相吻合并向大陆、岛屿延伸而形成的闭合曲面，称为大地水准面，如图 1-3 所示。

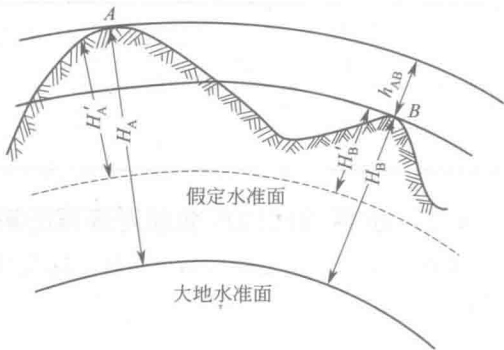


图 1-3 大地水准面

我国以在青岛观象山验潮站 1952~1979 年验潮资料确定的黄海平均海水面作为起算高程的基准面，称为“1985 国家高程基准”。以该大地水准面为起算面，其高程为零。为了便于观测和使用，在青岛建立了我国的水准原点（国家高程控制网的起算点），其高程为 72.260m，全国各地的高程都以它为基准进行测算。

地面点到大地水准面的铅垂距离，称为该点的绝对高程，亦称海拔或标高。如图 1-3 所示， H_A 、 H_B 即为地面点 A、B 的绝对高程。

当在局部地区引用绝对高程有困难时，可采用假定高程系统，即假定任意水准面为起算高程的基准面。地面点到假定水准面的铅垂距离，称为相对高程。如图 1-3 所示， H'_A 、 H'_B 即为地面点 A、B 的相对高程。例如，工业民用建筑工程中常选定底层室内地坪面为该工

程地面点高程起算的基准面,记为(± 0.000)。建筑物某部位的标高,是指某部位的相对高程,即某部位距室内地坪(± 0.000)的垂直间距。

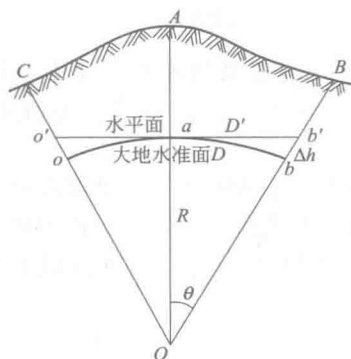
两个地面点之间的高程差称为高差,用 h 表示。 $h_{AB}=H_B-H_A=H'_B-H'_A$ 。

三、用水平面代替水准面的限度

在测量中,当测区范围很小时才允许以水平面代替水准面。那么,究竟测区范围多大时,可用水平面代替水准面呢?

(一) 水平面代替水准面对距离的影响

如图 1-4 所示, A、B 两点在水准面上的距离为 D , 在水平面上的距离为 D' , 则 ΔD ($\Delta D=D'-D$) 是用水平面代替水准面对距离的影响值。它们与地球半径 R 的关系为:



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

根据地球半径 $R=6371\text{km}$ 及不同的距离 D 值,代入式(1-1),得到表 1-1 所列的结果。

由表 1-1 可见,当 $D=10\text{km}$ 时,所产生的相对误差为 $1/1250000$ 。目前最精密的距离丈量时的相对误差为 $1/1000000$ 。因此,可以得出结论:在半径为 10km 的圆面积内进行距离测量,可以用水平面代替水准面,不考虑地球曲率对距离的影响。

图 1-4 水平面替代水准面对距离和高程的影响

表 1-1 水平面代替水准面对距离的影响值

$D(\text{km})$	$\Delta D(\text{cm})$	$\Delta D/D$
10	0.8	$1:1250000$
20	6.6	$1:300000$
50	102	$1:49000$

(二) 水平面代替水准面对高程的影响

如图 1-4 所示, $\Delta h=bB-b'B$, 这是用水平面代替水准面对高程的测量影响值。其值为

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

用不同的距离代入式(1-2)中,得到表 1-2 所列结果。

从表 1-2 可以看出,用水平面代替水准面,在距离 1km 内就有 8cm 的高程误差。由此可见,地球曲率对高程的影响很大。在高程测量中,即使距离很短,也要考虑地球曲率对高程的影响。实际测量中,应该考虑通过加以改正计算或采用正确的观测方法,消除地球曲率对高程测量的影响。

表 1-2 水平面代替水准面对高程的影响值

$D(\text{km})$	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

如前所述,地面点的空间位置是以地面点在投影平面上的坐标 x 、 y 和高程 H 决定的。在实际测量中, x 、 y 和 H 的值不能直接测定,而是通过测定水平角 β_a 、 $\beta_b \cdots$ 和水平距离 D_1 、 $D_2 \cdots$ 以及各点间的高差,再根据已知点 A 的坐标、高程和 AB 边的方位角计算出 B 、 C 、 D 、 E 各点的坐标和高程,如图 1-5 所示。

由此可见,水平距离、水平角和高程是确定地面点的三个基本要素。水平距离测量、水平角测量和高程测量是测量的三项基本工作。

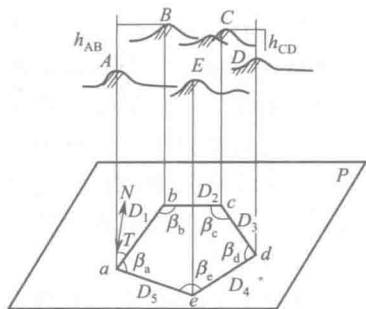


图 1-5 确定地面点位

第三节 测量工作的原则和程序

无论是测绘地形图还是施工放样,都不可避免地会产生误差,甚至还会产生错误,为了限制误差的传递,保证测区内一系列点位之间具有必要的精度,测量工作都必须遵循“从整体到局部、先控制后碎部、由高级到低级”的原则进行。如图 1-6 所示,首先在整个测区内,选择若干个起着整体控制作用的点 1、2、3...作为控制点,用较精密的仪器和方法,精确地测定各控制点的平面位置和高程位置的工作称为控制测量。这些控制点测量精度高,均匀分布在整个测区。因此,控制测量是高精度的测量,也是带全局性的测量。然后以控制点为依据,用低一级精度测定其周围局部范围的地物和地貌特征点,称为碎部测量。例如,图 1-6 中在控制点 1 测定周围碎部点 L 、 M 、 N 、 $O \cdots$ 碎部测量是较控制测量低一级的测量,是局部的测量,碎部测量由于是在控制测量的基础上进行的,因此碎部测量的误差就局限在控制点的周围,从而控制了误差的传播范围和大小,保证了整个测区的测量精度。

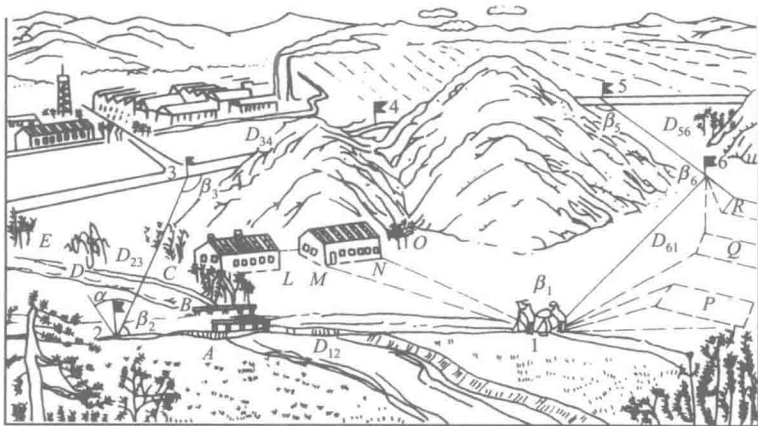


图 1-6 控制测量

建筑施工测量是首先对施工场地布设整体控制网,用较高的精度测设控制网点的位置,然后在控制网的基础上,再进行各局部轴线尺寸和高低的定位测设,其精度较低。例如图

1-6 中利用控制点 1、6 测设拟建的建筑物 R 、 Q 、 P 。因此,施工测量也遵循“先控制后碎部、从整体到局部、由高级到低级”的施测原则。

测量工作的程序分为控制测量和碎部测量两步。

遵循测量工作的原则和程序,不但可以减少误差的累积和传递,而且还可以在几个控制点上同时进行测量工作,既加快了测量的进度,缩短了工期,又节约了开支。

测量工作有外业和内业之分,上述测定地面点位置的角度测量、水平距离测量、高差测量是测量的基本工作,称为外业。将外业成果进行整理、计算(坐标计算、高程计算)、绘制成图,称为内业。

为了防止出现错误,在外业或内业工作中,还必须遵循另一个基本原则“边工作边校核”。用检核的数据说明测量成果的合格和可靠。测量工作实质是通过实践操作仪器获得观测数据,确定点位关系。因此是实践操作与数据密切相关的一门技术,无论是实践操作有误,还是观测数据有误,或者是计算有误,都体现在点位的确定上产生错误。因而在实践操作与计算中都必须步步有校核,检核已进行的工作有无错误。一旦发现错误或达不到精度要求的成果,必须找出原因或返工重测,以保证各个环节的可靠。



思考题与习题

1. 建筑工程测量的任务是什么?其内容包括哪些?
2. 测量工作的实质是什么?
3. 何谓大地水准面、1985 年国家高程基准、绝对高程、相对高程和高差?
4. 测量上的平面直角坐标系与数学上的平面直角坐标系有什么区别?
5. 确定地面点位置的三个基本要素是什么?测量的三项基本工作是什么?
6. 测量工作的原则和程序是什么?
7. 已知地面某点 A 的高程为 71.580m , B 点到 A 点的高差为 -10.126m ,则 B 点的高程为多少?
8. 已知地面某点相对高程为 -14.58m ,其对应的假定水准面的绝对高程为 68.98m ,则该点的绝对高程为多少?绘出示意图。

第二章 水准测量



教学要求

通过本章学习,熟悉水准仪的构造及各部件的名称和作用,掌握水准仪的基本操作及水准线路测量的外业、内业工作方法;熟悉水准仪的检验与校正方法。

高程是确定地面点空间位置的基本要素之一,确定地面点高程的测量工作,称为高程测量。高程测量可分为水准测量、三角高程测量、气压高程测量和 GPS 高程测量等,其中,水准测量是最基本的一种方法,具有操作简便、精度高和成果可靠的特点,被广泛采用到大地测量、普通测量和工程测量中。本章主要介绍水准测量。

第一节 水准测量原理

一、水准测量原理

水准测量的原理就是利用水准仪提供的一条水平视线,分别照准竖立在地面上两点的水准尺并读数,直接测量两点间的高差,然后根据已知点的高程和测得的高差,推算出未知点的高程。

如图 2-1 所示,已知 A 点的高程为 H_A ,测定 B 点的高程 H_B 。可在 A、B 两点上竖立水准尺,在两点中间安置水准仪,利用水准仪提供的水平视线先后在 A、B 点的水准尺上读取读数 a 、 b ,根据几何学中矩形的性质可知,A、B 之间的高差 h_{AB} 为:

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

如果测量是由 A 点向 B 点前进,称 A 点为后视点,其水准尺上的读数 a 称为后视读数;B 点为前视点,其水准尺上的读数 b 称为前视读数。因此,地面上两点间的高差等于后视读数减前视读数。由式(2-1)可知,当 a 大于 b 时, h_{AB} 值为正,说明后视点低于前视点;反之, h_{AB} 值为负,则后视点高于前视点。所以,高差必须标明正负号,测量时还必须规定前进方向。为了避免计算中发生正负符号的错误,在书写高差的符号时必须注意 h 的下标,例如 h_{AB} 是表示由已知高程的 A 点推算至未知高程的 B 点的高差。

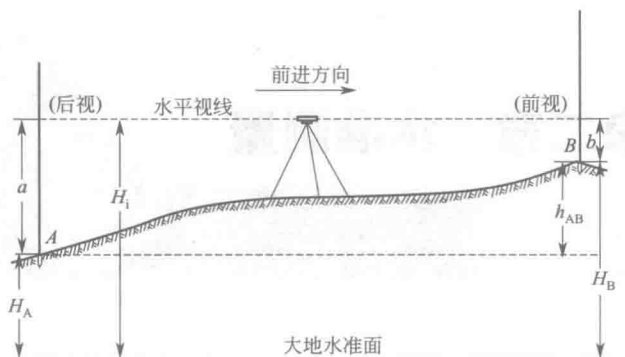


图 2-1 单测站水准测量原理

二、未知点的高程计算

1. 高差法

测得 A、B 两点间高差 h_{AB} 后，如果已知 A 点的高程 H_A ，则 B 点的高程为：

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

这种直接利用高差计算待测点高程的方法，称为高差法。

【例 2-1】 设 A 点的高程为 40.516m，若后视 A 点读数为 1.224m，前视 B 点读数为 1.028m，求 B 点的高程。

【解】 A、B 两点的高差为：

$$h_{AB} = a - b = 1.224 - 1.028 = 0.196\text{m}$$

B 点高程是：

$$H_B = H_A + h_{AB} = 40.516 + 0.196 = 40.712\text{m}$$

2. 视线高法

当要在一个测站上同时观测多个地面点的高程时，先观测后视读数，然后依次在待测点竖立水准尺，分别用水准仪读出其读数，再用上式计算各点高程。为简化计算，可把式 (2-2) 变换成

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

式中 $H_A + a$ 实际上是水准仪水平视线到大地水准面的铅垂距离，通常叫水准仪的视线高程 (H_i)，简称视线高。未知点的高程也可以通过视线高 H_i 求得。

计算时，先算出仪高 H_i 。如图 2-1 所示，视线高等于后视点高程加上后视读数，即

$$H_i = H_A + a$$

则待测点 B 的高程为：

$$H_B = H_i - b$$

也就是说，前视点高程等于视线高减去前视读数。这种利用仪器视线高计算未知点高程的方法，叫做视线高法，这种计算高程的方法在实际测量工作中应用很广泛。

【例 2-2】 已知 A 为后视点，且高程为 30.716m，后视 A 读数为 1.024m，在待测点 1、2、3、4 的前视读数分别为 1.028m、2.086m、0.848m、3.316m，试求 1、2、3、4 点的高程。

【解】 视线高 H_i 为：

$$H_i = H_A + a = 30.716 + 1.024 = 31.740\text{m}$$

各待定点高程等于视线高程减其前视读数：

$$H_1 = 31.740 - 1.028 = 30.712\text{m}$$

$$H_2 = 31.740 - 2.086 = 29.654\text{m}$$

$$H_3 = 31.740 - 0.848 = 30.892\text{m}$$

$$H_4 = 31.740 - 3.316 = 28.424\text{m}$$

第二节 水准测量的仪器及工具

水准测量所使用的仪器为水准仪，工具为水准尺和尺垫。水准仪按精度分，有 DS₁₀、DS₃、DS₁、DS₀₅ 等几种不同等级的仪器。“D”表示大地测量仪器，“S”表示“水准仪”，下标中的数字表示仪器能达到的观测精度——每公里往返测高差中误差（毫米）。例如，DS₃型水准仪的精度为“±3mm”，DS₀₅型水准仪的精度为“±0.5mm”。DS₁₀和 DS₃属普通水准仪，而 DS₁和 DS₀₅属精密水准仪。另外，从水准仪获得水平视线的方式来看，又可分为微倾式水准仪和自动安平水准仪。本章主要介绍常用的 DS₃型微倾式水准仪，在本章的最后一节简单介绍精密水准仪、自动安平水准仪和数字式水准仪。

一、DS₃型微倾式水准仪

根据水准测量的原理，水准仪的主要功能是提供一条水平视线，并能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。图 2-2 所示为常见的 DS₃微倾式水准仪。

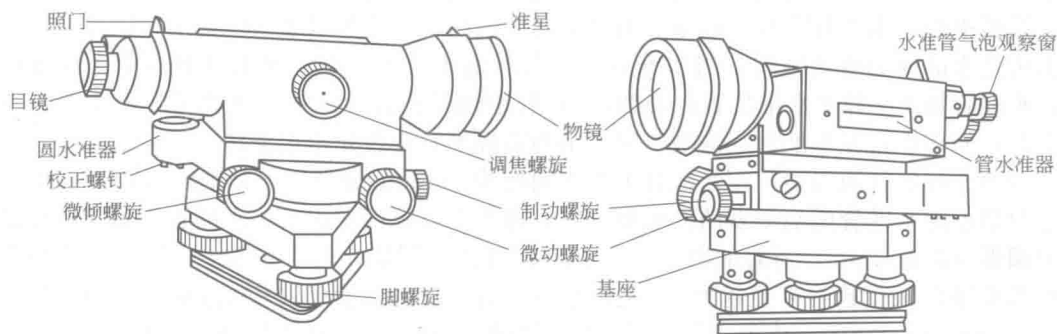


图 2-2 DS₃型微倾式水准仪

（一）望远镜

望远镜是用来瞄准目标并在水准尺上进行读数的部件，主要由物镜、目镜、调焦透镜和十字丝分划板等部件组成。图 2-3 是 DS₃型水准仪内对光望远镜构造图。

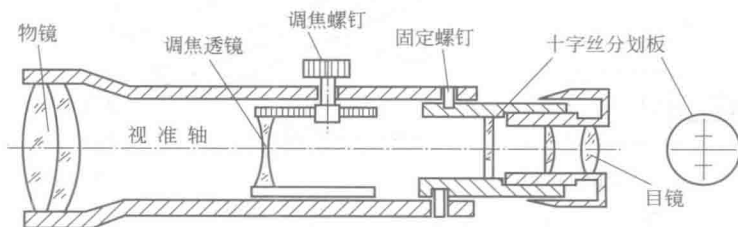


图 2-3 DS₃型水准仪内对光望远镜构造图