

JIANZHONG CHEN-ANG

An aerial photograph of a city, likely St. Louis, showing the Mississippi River, the Gateway Arch, and the city skyline. The image is oriented vertically, with the river flowing from top to bottom. The city is situated on a peninsula, with the river curving around it. The Gateway Arch is visible in the lower right corner. The image has a torn edge effect on the left side.

An aerial photograph of a modern urban development. The central feature is a large, curved, multi-story building complex with a distinctive, undulating roofline. To the right, a multi-lane highway interchange with a large circular overpass is visible. The surrounding area includes green spaces, smaller buildings, and a body of water in the background. The overall scene depicts a well-planned, integrated urban environment.

中国矿业大学出版社

TU198
M-853

工业与民用建筑专业系列教材

建筑工程测量

主编 马文来

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书是工业与民用建筑专业系列教材之一。

本书共分12章。其中1~5章介绍了建筑工程测量的基本理论、基本工作、常用测量仪器的构造与使用以及测量误差的一般知识;6~9章为大比例尺地形测图的基本知识、图根控制测量、地形图测绘与应用;10~12章为建筑工程测量,包括施工测量的基本工作、施工场地控制测量、工业与民用建筑施工测量、激光定位技术在测量中的应用、管线工程测量等内容。

本书是专科学校、高等职业技术学校和中等专业学校工业与民用建筑专业、村镇建设专业、建筑施工专业的教材,也可供给排水、暖通、城市规划等专业使用,同时可供建筑企事业单位工程技术人员学习参考。

工业与民用建筑专业系列教材

建筑工程测量

主编 马文来

责任编辑 张乃新

中国矿业大学出版社 出版发行

新华书店经销 北京市兆成印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 11.75 字数 271 千字

1999年1月第1版 1999年1月第1次印刷

印数:1~8 000

ISBN 7-81040-947-6/TU·14

定价:15.00 元



工业与民用建筑专业系列教材

编 审 委 员 会

主 任:牛维麟

副主任(按姓氏笔画排列):

王以功 王作兴 刘社育 刘建平
陈连城 张乃新 袁 文

委 员(按姓氏笔画排列):

王 平 王寅仓 王 强 马文来
邓瑞新 田新奎 吕大英 齐文海
孙世奎 仲兆金 刘伍诚 刘禄生
李万江 李士禄 李永怀 杨文选
杨平均 何绍人 初明祥 邹绍明
邹金钟 宋 群 张文轩 张亚英
张德琦 陈年和 陈俊玉 杜蜀宾
罗达新 赵 杰 侯印浩 徐 卓
高 瞻 曹长春 常跃军 梁珠擎
韩应军 游普元 蔡先治 蔡建国
魏焕成

前 言

本书是根据职业技术教育的要求和工业与民用建筑专业《建筑工程测量》教学大纲以及最新的建筑标准、规范编写而成的。本教材适用学时数为 60 学时。

考虑到职业技术教育的特点,在教材内容的选取上既注重实用又尽力使之符合认识规律,并保持其系统完整性。对常用测量仪器的构造及使用、测量的基本工作和建筑工程测量等方面的内容叙述较为详尽,对某些施工测量新技术只做简要介绍。编写时力求文字精练、简明、通俗易懂。每章之后均附有习题。

本书编写时涉及到的技术标准和规范内容,均以《测量规范》(中国建筑工程工业出版社)中的《工程测量规范》(GB 50026—93)和《城市测量规范》(GJJ 8—85)为依据。计量单位和名词术语则采用规范要求。

本书由马文来任主编,王德利、黄国斌、孙金礼任副主编。编写人员如下:马文来(第一、五章)、王胜利(第二章)、黄国斌(第三、四章)、刘书香(第六章)、王德利(第七、八章)、南有禄(第九、十章)、孙金礼(第十一章)、钟来星(第十二章)。本书由袁文高级讲师主审。

由于编者水平有限,加之编写时间仓促,书中缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

1998 年 11 月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 测量学的任务及在建筑工程中的作用	(1)
第二节 地面点位的确定	(1)
第三节 测量工作的程序	(5)
习 题	(6)
第二章 水准测量	(7)
第一节 水准测量原理	(7)
第二节 水准测量的仪器和工具	(7)
第三节 水准仪的使用	(11)
第四节 水准测量的方法	(12)
第五节 水准测量成果计算	(17)
第六节 四等水准测量	(20)
第七节 自动安平水准仪	(22)
第八节 微倾式水准仪的检验与校正	(24)
习 题	(26)
第三章 角度测量	(28)
第一节 水平角测量原理	(28)
第二节 光学经纬仪	(28)
第三节 水平角观测	(32)
第四节 竖直角观测	(36)
第五节 J_6 级光学经纬仪的检验与校正	(40)
习 题	(43)
第四章 距离测量与直线定向	(45)
第一节 钢尺量距	(45)
第二节 直线定向	(53)
第三节 罗盘仪的构造及其使用	(55)
第四节 光电测距仪简介	(56)
习 题	(60)
第五章 测量误差的一般知识	(62)
第一节 概述	(62)
第二节 衡量精度的常用标准	(64)
第三节 算术平均值及其中误差	(65)
习 题	(68)
第六章 大比例尺地形图的基本知识	(69)
第一节 地形图的比例尺	(69)
第二节 地形图的分幅、编号和图外注记	(71)
第三节 地形图图式	(73)
习 题	(80)
第七章 图根控制测量	(81)
第一节 概述	(81)

第二节 图根导线测量的外业工作	(82)
第三节 图根导线测量的内业计算	(85)
第四节 经纬仪解析交会测量	(92)
第五节 图根高程控制测量	(98)
习 题	(99)
第八章 大比例尺地形图测绘	(101)
第一节 视距测量	(101)
第二节 小平板仪的构造及使用	(104)
第三节 碎部测量前的准备工作	(106)
第四节 碎部测量	(107)
第五节 地形图的拼接、检查与整饰	(111)
习 题	(112)
第九章 地形图的应用	(114)
第一节 地形图的识读	(114)
第二节 地形图应用的基本内容	(114)
第三节 地形图在规划、设计中的应用	(116)
习 题	(123)
第十章 施工测量的基本工作	(125)
第一节 概述	(125)
第二节 测设的基本工作	(125)
第三节 测设点的平面位置的基本方法	(129)
习 题	(130)
第十一章 建筑施工测量	(132)
第一节 建筑场地的施工控制测量	(132)
第二节 民用建筑施工测量	(135)
第三节 工业厂房施工测量	(141)
第四节 烟囱施工测量	(143)
第五节 建筑物的变形观测	(144)
第六节 竣工图的编绘	(147)
第七节 激光定位技术在建筑施工测量中的应用	(148)
习 题	(150)
第十二章 管线工程测量	(151)
第一节 管线工程测量概述	(151)
第二节 管线选线及中线测量	(151)
第三节 圆曲线的测设	(154)
第四节 管线纵横断面图测量	(160)
第五节 道路施工测量	(167)
第六节 管道施工测量	(169)
第七节 桥涵施工测量	(174)
习 题	(176)
主要参考文献	(178)

第一章 绪 论

第一节 测量学的任务及在建筑工程中的作用

测量学是研究地球形状、大小和地面点之间相对位置的一门科学。测量学的任务包括测定和测设两个方面。测定就是使用各种测量仪器和工具,通过实地测量和计算把地面上物体的位置和形状、地面的高低起伏变化,按规定的符号,依照一定的比例尺绘制成图或用数字表示出来,为工程建设的规划、设计、研究工作提供图纸和资料;测设是把图纸上设计好的建(构)筑物的平面位置和高程位置,按设计要求标定在地面上,作为施工的依据。

按照研究的范围和应用的对象不同,测量学可以分为若干分支学科。这些学科主要有:

大地测量学 研究整个地球的形状和大小,建立国家大地控制网,作为地形测图、各种工程测量和科学研究的基础。近年来,随着人造地球卫星的发射和科学技术的发展,大地测量学可被分为常规大地测量学和卫星大地测量学等分支学科。

地形测量学 研究在地球表面小范围内测绘地形图的基本理论、基本技能和基本方法。研究时,不顾及地球曲率的影响,把地球表面当作平面看待。

摄影测量学 利用摄影获得的相片,进行地球形状和大小的研究,并绘制成图。因获得相片方法的不同,摄影测量学又可分为地面摄影测量学和航空摄影测量学。

工程测量学 研究工程建设中的勘测设计、施工和管理各阶段所进行的各种测量工作。

制图学 研究如何利用测量所获得的成果资料,编绘和印制各种地图的工作。

《建筑工程测量》主要研究地形测量和部分工程测量的内容。

测量学在国民经济建设和国防建设中具有十分重要的作用,而在建筑工程中,同样有着特别重要的作用,测量工作贯穿于建筑工程的始终。施工前,需要建立测图控制,测绘地形图,为规划、设计提供各种比例尺的地形图和测绘资料;施工中,无论是场地平整、基础施工、墙体砌筑、构件安装,还是场区道路铺筑、管道敷设等,都需要进行定位放线、抄平和检查测量等;竣工后,要测绘竣工图,对于大型的重要建筑物在施工或管理阶段,还要定期进行变形观测。

作为一名建筑工程技术人员,应该具备测量的基本知识,掌握常用测量仪器和工具的使用技能,初步掌握测绘大比例尺地形图的方法,能在建筑工程中正确使用有关测绘资料,并能运用所学知识,解决建筑工程中的一般测量问题。

第二节 地面点位的确定

一、地球的形状和大小简介

测量工作是在地球表面上进行的,因此,首先应对地球的形状和大小有所了解。

地球表面的形状极其复杂,有高山、丘陵、平原、江河、湖泊与海洋等。在这个复杂的自然表面上,海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%。陆地上最高的珠穆朗玛峰高出海水面 8 848.13 m,最低的马里亚纳海沟低于海水面 11 022 m,高低相差约 20 km,这和地球半径 6 371 km 相比,显然是很微小的,因此,我们可以把地球看作是一个被静止海水无限延伸、穿过大陆和岛屿后所包围的球体。

地球上自由静止的海水面称水准面,与水准面相切的平面称为水平面。而水准面因其高度不一,有无穷多个。其中,通过平均海水面的水准面称为大地水准面,大地水准面是测量的基准面。

由于地球内部物质分布不均匀,引起铅垂线方向(重力方向)的不规则变化,使大地水准面成为一个十分复杂而又不规则的闭合曲面,无法用数学公式来表达,使测量的计算工作难以进行。但是,这个曲面非常接近一个旋转椭球体面(见图 1—1),它是一个规则的数学面。其形状与大小,通常以长半径 a 、短半径 b 和扁率 α 来表示。扁率的表达式为

$$\alpha = \frac{a - b}{a}.$$

我国在建立 1980 年大地坐标时,采用的椭球元素为

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

$$\alpha = 1/298.257.$$

图 1—1
1—地球椭球面;2—大地水准面

由于旋转椭球面的扁率很小,当测区面积不大、测量精度要求又不高时,可把地球近似地视为圆球,其半径为

$$R = (a + a + b)/3 = 6\,371\text{ km}.$$

二、地面点位的确定

测量工作的实质是研究点与点之间的相对关系,确定点的空间位置,也就是确定点在球面或水平面上的坐标,以及该点对大地水准面的高程。

1. 地面点的地理位置

地面点在大地水准面上的投影用经度、纬度来表示的坐标,称为地理坐标。

如图 1—2 所示, N、S 是地球的北极和南极, NS 为地轴, O 为地球的中心。通过地球中心且垂直于地轴的平面称为赤道面,它与地球表面的交线,称为赤道线。通过地轴与地球上任一点所作的平面称为子午面。它与地球表面的交线,称为子午线。国际上公认通过英国格林尼治天文台的子午面和子午线为首子午面和首子午线。

地面上某一点 A 的子午面与首子午面间的夹角,称为经度,用 λ 表示。经度由首子午面向东自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为东经,向西自 $0^\circ \sim 180^\circ$ 称为西经。经过 A 点的铅垂线和赤道面的夹角称为纬度,用 φ 表示。纬度从赤道起向北自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称为北纬,向南自 $0^\circ \sim 90^\circ$ 称

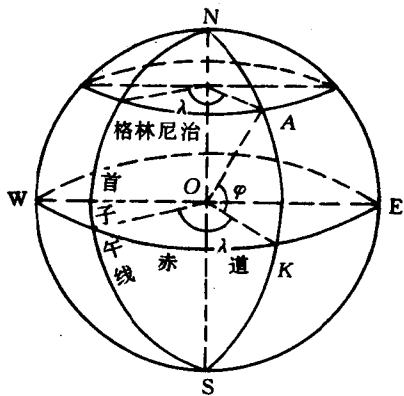


图 1—2

为南纬。

2. 地面点的平面坐标

在小地区进行测量时,由于地球的曲率很微小,可以将该地区的大地水准面视作水平面,故地面点垂直投影在水平面的位置,可用平面直角坐标来表示。这样,使测量计算工作大为简化。如图 1—3 所示,在测量学的平面直角坐标系中,纵坐标轴为 X 轴,向北为正,向南为负。横坐标轴为 Y 轴,向东为正,向西为负。两轴交点 O 为坐标原点。测量平面直角坐标系的四个象限 I、II、III、IV 的编号顺序,是从纵轴北端按顺时针方向进行编号的。这与数学上是不同的,其目的是使数学中的公式能直接应用到测量计算中,而不需作任何改变。

3. 地面点的高程

为了确定点的空间位置还需确定点的高程。地面上任一点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程或称海拔,以 H 表示。如图 1—4 所示,地面 A 、 B 点的绝对高程分别为 H_A 、 H_B 。

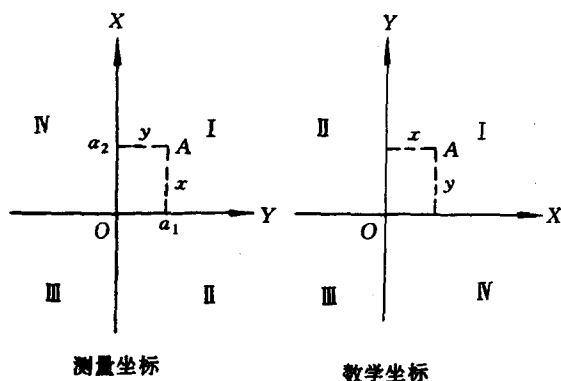


图 1—3

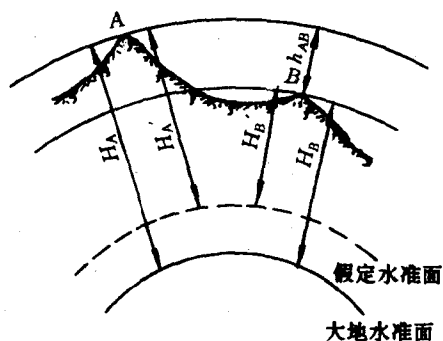


图 1—4

目前我国采用 1985 年国家基准,它是采用青岛验潮站 1953 年至 1979 年观测资料计算的,作为全国各地高程推算的基准面。该高程系青岛水准原点的高程为 72.260 m。

在个别地区,当采用绝对高程有困难时,可采用假定水准面作为高程基准面。点到假定水准面的铅垂距离,称为该点的相对高程,以 H' 表示。图 1—4 中的 H'_A 、 H'_B 分别为 A 、 B 点的相对高程。

地面上两点间的高程差称为高差,以 h 表示。图 1—4 中, A 、 B 两点的高差

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A.$$

由此可见,两点间的高差与起算面选择无关。

三、用水平面代替水准面的范围

如上所述,在小范围测区内,可以用水平面代替大地水准面。为此,就用水平面代替水准面所引起的误差作如下讨论。在讨论时,近似地将大地水准面视为半径为 R 的球面。

1. 对距离的影响

如图 1—5 所示, A 、 B 、 C 为地面点,其在大地上水准面上的投影为 a 、 b 、 c 。现在用过 a 点的切平面代替大地水准面后,地面点在水平面上的投影为 a 、 b' 和 c' 。 a 、 b' 的水平距离 D' 与 a 、 b 的弧长 D 相差 ΔD ,这就是用水平面代替大地水准面对距离的影响。由图得:

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

将 $\tan \theta$ 按级数展开, 得:

$$\tan \theta = \theta + \frac{1}{3}\theta^3 + \frac{2}{15}\theta^5 + \dots$$

因为 θ 角很小, 只取其前两项代入式(1-1)得:

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

又因

$$\theta = \frac{D}{R},$$

所以

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

或

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

用 $R = 6\,371\text{ km}$ 及不同的 D 值代入式(1-3), 得到表 1-1 所列的结果.

表 1-1 用水平面代替水准面对距离的影响

D/km	$\Delta D/\text{cm}$	$\Delta D/D$
10	0.8	1:1 200 000
20	6.6	1:300 000
50	102.6	1:49 000

由表 1-1 可知, 当水平距离为 10 km 时, 用水平面代替大地水准面所引起的误差为距离的 1:1 200 000, 而目前最精密的量距误差为 1:100 000, 所以在半径为 10 km 的测区范围内, 可以把水准面当作和测区中心的铅垂线相垂直的水平面, 不必考虑地球曲率对所测距离的影响.

2. 对高程的影响

在图 1-5 中, 地面 B 点的绝对高程为 $H_B(Bb)$, 用水平面代替大地水准面后的相对高程为 $H_B'(Bb')$, 二者相差 Δh , 其差数即为用水平面代替大地水准面对高程的影响. 由图得:

$$(R + \Delta h)^2 = R^2 + D'^2,$$

$$\Delta h = \frac{D'^2}{2R + \Delta h}.$$

因为 D 和 D' 相差很小, 可以用 D 代替 D' ; 又因 Δh 远小于 R , 可忽略不计. 因此, 有

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

用 $R = 6\,371\text{ km}$ 及不同的 D 值代入式(1-4), 便得到表 1-2 所列的结果.

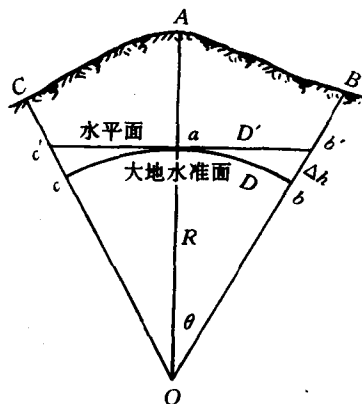


图 1-5

表 1-2 用水平面代替水准面对高差的影响

D/km	0.1	0.2	0.5	1	2	3	4
$\Delta h/\text{cm}$	0.08	0.31	2.0	7.8	31	71	125

由表 1—2 可知, 在高程测量中, 即使距离很短, 也应考虑地球曲率对高程的影响。

四、测量的基本工作

地面点的空间位置, 是由点在投影面上的坐标和高程来确定的。但是点的平面坐标和高程并非能直接测定, 而是要通过测定相关的基本要素进行推算才能求得的。

如图 1—6 所示, 地面点 A 、 B 、 C 、 D 和 E 在投影面上的位置是 a 、 b 、 c 、 d 和 e 。欲确定其平面位置, 则需先测出多边形 $abcde$ 各边的水平距离 D 和相邻边的水平角 β , 以及 AB 边与正北方向的夹角 α 。再根据 A 点的坐标, 即可推算出多边形中各点的平面坐标。如果测出相邻各点间的高差, 并推算出各点的高程, 则地面点 A 、 B 、 C 、 D 和 E 的空间位置便可确定。

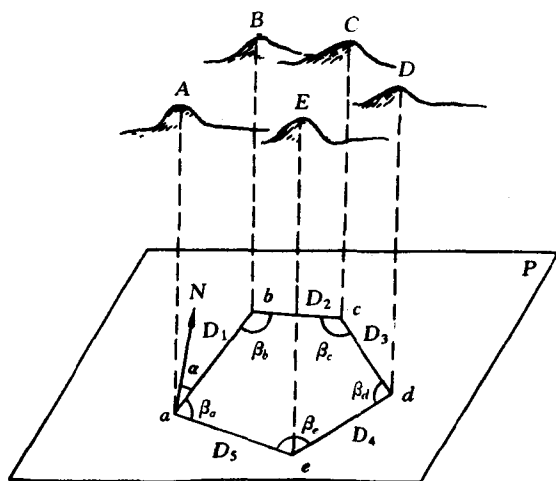


图 1—6

综合上述我们知道, 水平距离、水平角和高差是确定点位的基本要素。测量水平距离、水平角和高差就成为测量的基本工作。同时我们知道, 地面点的空间位置不仅可以用平面坐标和高程来表示, 而且还可以用测绘的地形图来表示。所以, 测量、计算、绘图就构成测量全过程的基本内容。

第三节 测量工作的程序

在测量过程中不可避免地要产生测量误差, 必须采取正确的观测程序与方法, 以防止误差的累积。例如, 测绘地形图时, 需测定地物、地貌轮廓线上那些能反映地物、地貌特征的碎部点(即特征点)的位置, 才能按一定的方法绘制成图。如果从一点开始, 逐点进行施测, 前一点的误差, 势必会传递到后一点, 误差会越来越大。最后, 虽然可以得到欲测各点的位置, 但将可能导致其点的位置误差达到不能容许的程度。在建筑工程测量中同样会出现上述情况, 那将给工程造成无法挽回的损失。

为了避免误差的累积, 人们在长期的测量实践中, 总结出“从整体到局部、先控制后碎部”的正确测量程序, 也就是通常所说的测量工作基本原则。如图 1—7 所示, 先在测区范围内选择若干具有控制作用的点 A 、 B 、 C 等组成整体控制网, 用较高精度的方法测定各控制点的平面坐标和高程, 并展绘在图纸上, 称之为控制测量。然后, 以这些控制点为基础, 测定控制点与其周围碎部点间的相对位置, 从而按照规定的符号, 依一定的比例尺绘制成地形图, 称之为碎部测量。

测量工作的全过程包括外业和内业两个部分。外业是指在室外的施测工作, 如测角、量边、测高程和野外测图等。内业则是指根据外业测量成果, 在室内进行测量资料的整理、计算及图的清绘等工作。

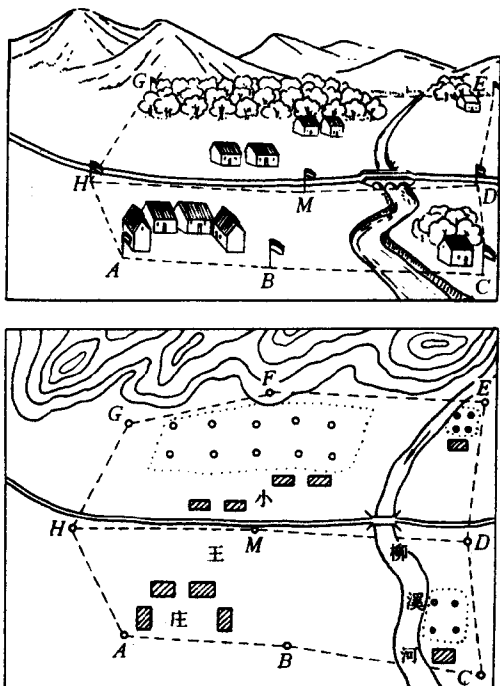


图 1-7

习 题

1. 测量学的主要任务是什么？简述它在建筑工程中的作用。
2. 测量工作的实质是什么？
3. 测量学中所用的平面直角坐标系与数学中的平面直角坐标系有何不同？
4. 什么是大地水准面？它在测量中有何用途？
5. 什么是绝对高程和相对高程？两点之间的绝对高程之差和相对高程之差是否相同？
6. 某地面上 A、B、C 三点的相对高程分别为 -4.753 m 、 9.246 m 、 7.892 m ，现测得 B 点的绝对高程是 47.529 m ，试推算 A、C 两点的绝对高程。
7. 用水平面代替水准面对水平距离和高程有什么影响？
8. 测量的三项基本工作是什么？
9. 在测量工作中应采用怎样的工作程序？

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。由于所使用仪器及测量原理的不同,高程测量可分为水准测量、三角高程测量和气压高程测量。水准测量是高程测量中的主要方法,测量精度高,在国家控制测量、工程勘测及施工测量中被广泛采用。因此,本章主要介绍水准测量的有关知识。

第一节 水准测量原理

水准测量是利用水准仪提供的水平视线,借助于带有分划的水准尺,直接测量地面上各点间的高差,然后根据测得的高差和一点的已知高程,推算其他各点的高程的一种方法。

如图 2—1 所示,若要测量地面上 A、B 两点之间的高差 h_{AB} ,可在 A、B 两点上分别竖立水准尺,并在 A、B 两点之间安置水准仪。然后,利用水准仪所提供的水平视线在 A 点水准尺上读数为 a ,在 B 点水准尺上读数为 b 。若水准测量路线是由 A 向 B 前进,则 A 点读数 a 称为后视读数, B 点读数 b 称为前视读数。高差应为后视读数减去前视读数,即

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

式中,若 a 大于 b ,则高差为正号,表示前视点高于后视点;若 a 小于 b ,则高差为负号,表示前视点低于后视点。如果后视点 A 的高程 H_A 为已知,则可由测定的高差 h_{AB} 计算前视点的高程 H_B :

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

B 点高程也可以通过仪器的视线高程 H_i 来计算:

$$H_i = H_A + a,$$

$$H_B = H_i - b. \quad (2-3)$$

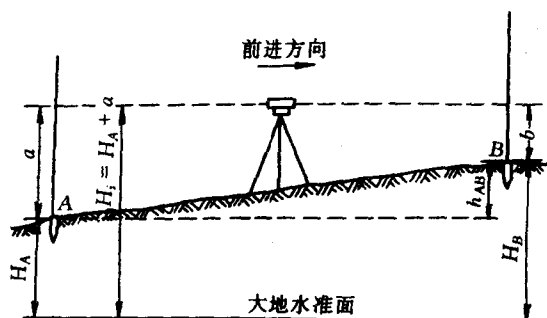


图 2—1

式(2—3)对安置一次仪器、要求测出多个点的高程的情况,是比较方便的。

第二节 水准测量的仪器和工具

水准测量所使用的仪器为水准仪,工具有水准尺和尺垫。国产水准仪按其精度分有 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 等。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 和 3 是指该级水准仪进行水准测量每千米往返测得高差中数的偶然中误差,以毫米(mm)为单位。在工程测量中常使用 DS_3 级水准仪,因此,本节重点介绍 DS_3 水准仪。

一、DS₃ 微倾式水准仪的构造

根据水准测量原理,水准仪的主要作用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组成。图 2—2 所示是我国生产的 DS₃ 微倾式水准仪。

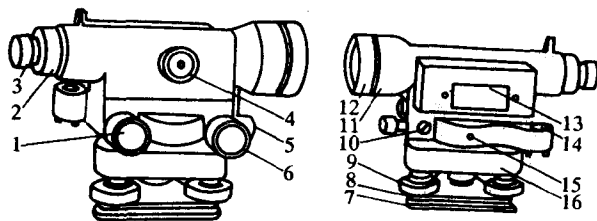


图 2—2

- 1—微倾螺旋;2—分划板护罩;3—目镜;4—物镜对光螺旋;5—制动螺旋;6—微动螺旋;7—底板;
8—三角压板;9—脚螺旋;10—弹簧帽;11—望远镜;12—物镜;13—管水准器;
14—圆水准器;15—连接小螺旋;16—轴座

(一) 望远镜

望远镜用来照准远处的目标,并在水准尺上读数。图 2—3 是 DS₃ 水准仪望远镜的构造图。它主要由物镜、目镜、对光透镜和十字丝分划板组成。物镜和目镜多采用复合透镜组,十字丝分划板上刻有两条互相垂直的长线(见图 2—3 中的 7),竖直的一条称为竖丝,中间横的一条称为横丝,是为了瞄准目标和读数用的。在横丝的上、下还有对称的两根短横丝,用来测量距离,称为视距丝。十字丝大多刻在玻璃片上,玻璃片装在分划板板座上。

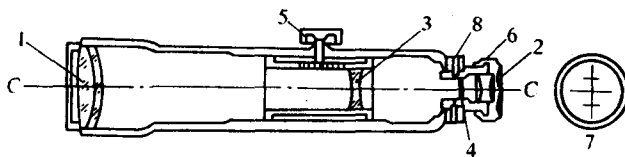


图 2—3

- 1—物镜;2—目镜;3—对光凹透镜;4—十字丝分划板;5—物镜对光螺旋;
6—目镜对光螺旋;7—十字丝放大像;8—分划板座止头螺丝

十字丝交点与物镜光心的连线,称为视准轴(见图 2—3 中的 C—C)。水准测量是在视准轴水平时,用十字丝的横丝截取水准尺进行读数的。

图 2—4 为望远镜成像原理图。目标 AB 经过物镜成像后形成一个倒立而缩小的实像 ab,移动对光透镜可使不同距离的目标均能成像在十字丝平面上。再通过目镜的作用,便可看清同时放大的十字丝和目标影像 a₁b₁。

(二) 水准器

水准器是用来整平仪器的一种装置。可用它来指示视准轴是否水平,仪器的竖轴是否竖直。水准器有管水准器和圆水准器两种。

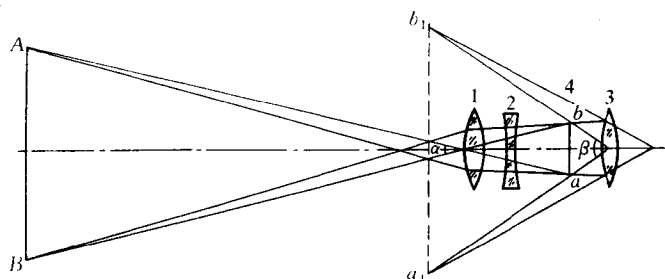


图 2-4

1—物镜;2—对光透镜;3—目镜;4—十字丝平面

1. 管水准器

管水准器又称水准管,是用玻璃管制成的,将其纵向内壁磨成一定半径的圆弧形,管内装入酒精和乙醚的混合液,加热融封,冷却后留有一个气泡,见图 2-5。由于气泡较轻,它恒处于管内最高位置。

水准管上一般刻有间隔为 2 mm 的分划线,分划线中点 O 称为水准管零点,通过零点与圆弧相切的切线($L-L$)称为水准管轴。当水准管气泡两端与水准管零点对称时,称为气泡居中,这时水准管轴处于水平位置。若水准管轴平行于视准轴,则水准管气泡居中时,视准轴也处于水平位置,仪器视线即为水平视线。水准管上 2 mm 间隔的弧长所对的圆心角 τ ,称为水准管分划值,即

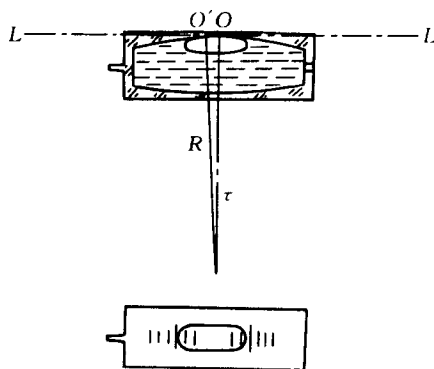


图 2-5

$$\tau = \frac{2}{R} \cdot \rho. \quad (2-4)$$

式中 $\rho = 206\,265''$;

R —— 圆弧半径, mm;

τ —— 水准管分划值, (");

显然,圆弧半径愈大,水准管分划值愈小,水准管灵敏度愈高,用其整平仪器的精度也愈高。DS₃ 型水准仪的水准管分划值为 $20''$, 记作 $20''/2\text{ mm}$ 。

为了提高水准管气泡居中的精度,目前生产的微倾式水准仪,都在水准管上方装有一组符合棱镜装置,如图 2-6a 所示。通过符合棱镜的折光作用,使气泡两端的影像反射在望远镜左旁的符合气泡观察窗中。如两个半气泡的影像吻合时,就表示气泡居中,见图 2-6b。若两个半气泡影像错开,则表示气泡不居中,见图 2-6c。这时,可转动目镜下方右侧的微倾螺旋使气泡的影像吻合。这种装有符合棱镜组的水准管,称为符合水准器。

2. 圆水准器

图 2-7 所示是圆水准器。它装在仪器基座上,用来对水准仪进行粗略整平。它是一个玻璃圆盒,玻璃盖的内表面是圆球面,中央刻有小圆圈,其圆心称为圆水准器的零点。零点与球心的连线称为圆水准器轴,当圆水准气泡居中时,该轴处于竖直位置,若圆水准器轴平行于

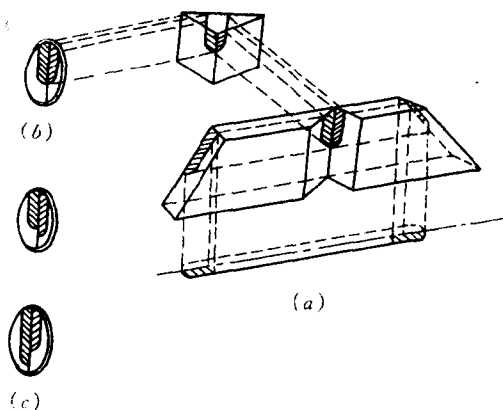


图 2—6

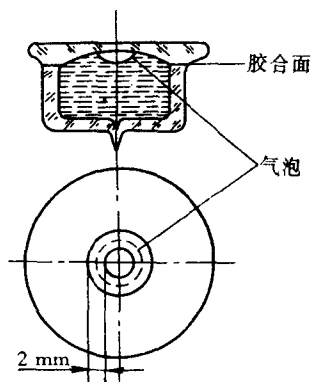


图 2—7

仪器竖轴,则气泡居中时竖轴就处于铅垂位置。当气泡不居中时,气泡中心偏离零点 2 mm,轴线所倾斜的角值,称为圆水准器分划值,一般为 $8' \sim 10'$ 。由于它精确度较低,故只用于仪器的粗略整平。

(三) 基座

基座的作用是支承仪器的上部,并通过连接螺旋与三脚架连接。它主要由轴座、脚螺旋、底板和三脚压板构成,见图 2—2。转动脚螺旋,可使圆水准气泡居中,使仪器竖轴处于铅垂位置。

二、水准尺和尺垫

水准尺是进行水准测量时与水准仪配合使用的标尺,用干燥的优质木材、铝合金或硬塑料等材料制成,要求尺长稳定、分划准确并不容易变形。为了判定立尺是否竖直,尺上还装有水准器。常用的水准尺有塔尺和双面尺两种。

(1) 塔尺(见图 2—8a),是一种逐节缩小的组合尺,其长度为 2 m~5 m,用两节或三节连接在一起,尺的底部为零点,尺面上黑白格相间。每格宽度为 1 cm,有的为 0.5 cm,在米和分米处有数字注记。

(2) 双面水准尺(见图 2—8b),尺长为 3 m,一面为红白相间,称为红面尺(也称辅尺);另一面为黑白相间,称为黑面尺(也称主尺)。两侧的刻划均为 1 cm,每隔 1 dm 处注有数字。主尺尺底均由零标起,红面则不同,一根尺由 4.687 m 算起,而另一根由 4.787 m 算起。在视线高度不变的情况下,同一标尺的红面和黑面读数之差应等于 4.687 m 或 4.787 m 这个常数,以此来检核读数是否正确。故水准测量中水准尺要成对使用,一对水准尺的常数之差应为 100 mm。

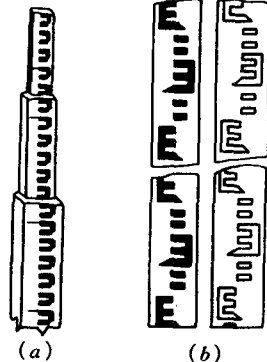


图 2—8

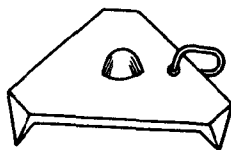


图 2—9

(3) 尺垫是由生铁铸成,如图 2—9 所示。一般为三角形或圆形的板座,其下方有三个脚,可以踏入土中。尺垫上方有一突起的半球体,作为水准测量时竖立水准尺和标志转点用。