

994253

高等学校教材

(专科适用)

测量

河北工程技术高等专科学校

陈克钰

主编



中国水利水电出版社

www.waterpub.com.cn

高等学校教材

//////////////////// 专 科 适 用 //////////////////////

测 量

河北工程技术高等专科学校 陈克钰 主编

中国水利水电出版社

内 容 提 要

全书共11章。第一章至第五章介绍常规测量仪器的使用方法及有关测量误差的基本知识；第六章至第七章为大比例尺地形图的测绘方法；第八章为地形图的阅读和应用；第九章介绍施工测量的基本方法；第十章为水利工程测量，主要介绍渠道测量和混凝土重力坝的施工放样；第十一章介绍工业与民用建筑测量。

本书为高等学校（专科适用）教学用书，可供水利水电工程建筑、农田水利工程、陆地水文、工业与民用建筑等专业教学使用，也可供水利水电工程技术人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

测量/陈克钰主编. —北京：中国水利水电出版社，1998

高等学校教材，专科适用

ISBN 7-80124-607-1

I. 测… II. 陈… III. 测量-高等学校：专业学校-教材 N. P2

中国版本图书馆CIP数据核字（97）第27441号

书 名	高等学校教材（专科适用） 测量
作 者	河北工程技术高等专科学校 陈克钰 主编
出 版	中国水利水电出版社（北京市三里河路6号 100044）
发 行	新华书店北京发行所
经 售	全国各地新华书店
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市朝阳区小红门印刷厂
规 格	787×1092毫米 16开本 9.75印张 219千字
版 次	1998年10月第一版 1998年10月北京第一次印刷
印 数	0001—5000册
定 价	9.80元

前 言

本书系根据 1994 年水利部高等学校水利水电类专业教学指导委员会提出的选题规划, 经 1995 年 8 月召开正副主任委员扩大会议, 研究和讨论了高等专科学校的特点和教学改革的方向, 按照“高等学校水利水电类专业第四轮教材第一批 (1996~1997 年) 选题规划的品种和字数”的要求编写而成。

根据高等专科学校的培养目标、教学特点和教育改革的需要, 加强教学的针对性和实用性, 突出技术应用型人才的培养目标, 精减内容, 将教学时数控制在 60 学时。本书在理论和概念方面要求严谨确切, 内容方面要求现时性强, 采用最新《工程测量规范》和最近出版的《1: 500, 1: 1000, 1: 2000 地形图图式》, 一改教科书中精度指标陈旧的状态, 文字叙述力求精练、顺畅和准确, 尽量符合教学的实际需要。

本书由南昌水利水电高等专科学校何习平 (编写第一至第四章)、山东水利高等专科学校梁勇 (编写第五至第七章)、河北工程技术高等专科学校陈克钰 (编写第八至第十一章) 共同编写, 全书由陈克钰主编。

由于编者业务水平所限, 书中有不妥之处, 欢迎广大读者指正。

编 者

1996 年 12 月

Ac 15/14
1996.12.14

目 录

前 言	
第一章 绪论	1
第一节 测量学的研究对象及任务	1
第二节 测量学的基本知识	2
复习题	4
第二章 水准测量	5
第一节 水准测量原理	5
第二节 水准测量仪器和工具	5
第三节 水准仪的使用	8
第四节 水准测量的方法与要求	9
第五节 单一水准路线的高程计算	12
第六节 水准仪的检验与校正	13
第七节 水准测量注意事项	15
复习题	17
第三章 角度测量	18
第一节 角度测量原理	18
第二节 光学经纬仪	18
第三节 水平角的观测方法	22
第四节 竖直角观测	24
第五节 经纬仪的检验与校正	26
第六节 水平角观测注意事项	28
复习题	29
第四章 距离测量与直线定向	32
第一节 钢尺量距	32
第二节 视距测量	33
第三节 光电测距简介	35
第四节 直线定向	38
第五节 直线距离和方向与端点直角坐标的关系	40
复习题	40
第五章 误差理论的基本知识	42
第一节 测量误差的来源与分类	42
第二节 评定精度的标准	44
第三节 误差传播定律	45

第四节	算术平均值及其中误差	49
第五节	误差传播定律应用示例	52
复习题		55
第六章	小地区控制测量	56
第一节	概述	56
第二节	导线测量	57
第三节	导线点的坐标计算	59
第四节	小三角测量	65
第五节	小三角测量的计算	69
第六节	交会定点	74
第七节	四等水准测量	78
第八节	三角高程测量	80
复习题		82
第七章	地形图的测绘	84
第一节	测图前的准备工作	84
第二节	碎部测量	86
第三节	地物的测绘	89
第四节	地貌的测绘	91
第五节	地形图的拼接、检查、清绘和整饰	96
复习题		97
第八章	地形图的阅读和应用	98
第一节	高斯平面直角坐标	98
第二节	地形图的分幅和编号	101
第三节	地形图的阅读	104
第四节	地形图应用的基本内容	106
第五节	地形图在工程规划设计中应用举例	107
第六节	面积计算	108
复习题		111
第九章	施工放样的基本工作	113
第一节	水平距离和水平角度的放样	113
第二节	几种放样点平面位置的方法	115
第三节	高程的放样	117
第四节	圆曲线的放样	118
复习题		122
第十章	水利工程测量	123
第一节	渠道测量	123
第二节	混凝土重力坝的施工测量	132
复习题		134

第十一章 工业与民用建筑施工测量.....	135
第一节 概述	135
第二节 建筑场地的控制测量	136
第三节 民用建筑施工测量	140
第四节 工业厂房施工测量	143
复习题	146
主要参考文献.....	147

第一章 绪 论

第一节 测量学的研究对象及任务

一、测量学的研究对象

测量学是研究如何测定地球表面点的位置,将地球表面的地形及其他信息测绘成图,以及确定地球表面形状和大小的科学。

测量学是随着人们生产和生活需要而发展起来的。最初,人们利用绳子丈量土地,用指南针定向,随着望远镜的发明,最小二乘理论的提出,摄影技术的应用,以及近代航空航天、激光、电子、微处理等技术的飞速发展并在测量中的广泛应用,测量科学正朝着自动化、数字化和高精度化发展。

二、测量学的任务

测量学的任务包括测定和测设两部分。

测定是指使用测量仪器,经过测量和计算得到的测量数据,或将地球表面的地形缩绘成地形图,供经济建设、国防建设、科学研究使用。

测设是指将图纸上规划设计好的建(构)筑物的位置在实地标定出来,作为工程施工的依据。

三、测量学的分科

测量科学按其研究对象和应用范围的不同可以分为许多分支学科。例如,研究地球表面较小区域内测绘工作的基本理论、技术、方法和应用的学科叫普通测量学,它是测量学的基础;研究地球表面较大范围内的点位测定及整个地球的形状、大小和重力场测量的理论、技术和方法的学科叫大地测量学;利用摄影像片或遥感技术来测定地球表面物体的形状、大小和空间位置的学科叫摄影测量学;研究工程建设中勘测设计、施工和管理阶段各种测量工作的学科叫工程测量学;研究和测量地球表面水体(海洋、江河、湖泊等)及水下地貌的学科叫海道测量学。本教材主要阐述普通测量学和工程测量学中的部分内容,简称“测量”。

随着科学技术的发展和信息高速公路的建设,测量学的各个分支学科开始由细分走向统合,并与制图学、地理学、信息学、管理学、统计学以及城市建设、环境科学等许多学科相互交叉,形成一门新兴的边缘学科——“地理信息学”。

四、测量在工程建设中的作用

测量的应用范围很广,在社会主义建设中起着十分重要的作用。它既为经济建设、资源勘探、环境保护、文化教育、科学研究和国防建设提供精确的测绘数据及地图资料,又为各种工程建设(如市政工程、路桥建设、农田水利、矿山开采等)提供施工指导,同时,测绘工作还要满足人民群众日常生活对各种地图的需要。另外,用精密测量方法测定地壳升降与位移,目前仍是预报地震的主要手段之一。

通过本课程的学习,要求达到掌握普通测量学的基本理论、基本知识和基本技能,能

正确使用测量仪器和工具,了解大比例尺地形图的测图程序和测量方法,能正确应用地形图和有关测量资料,能灵活运用测量学的有关知识为所学专业的工程建设服务。

第二节 测量学的基本知识

一、地球形状和大小的概念

测量工作的实质是确定地面点的位置,点位的确定需要建立坐标系,这与地球的形状和大小密切相关。

地球表面错综复杂,高低起伏,但地面的这点起伏与地球半径相比很小可以忽略不计。就整个地球而言,海洋面积约占 71%,因此,我们可以把地球想象成一个由处于静止状态的海水面延伸穿过陆地所包围的形体,这个处于静止状态的水面就叫水准面,水准面的特点是处处与铅垂线方向正交。由于水准面有无数个,测量上把通过平均海水面的水准面叫大地水准面,作为确定高程的基准面,大地水准面所包围的形体叫大地体。

由于地球表面起伏不平 and 内部物质结构分布不均匀,引起铅垂线方向不规则变动,所以大地水准面实际上是一个略有起伏的不规则曲面,不便于计算和建立坐标系。为此,人们就用一个可以用数学公式表示又很接近大地水准面的参考椭球面来代替它。如图 1-1 所示,参考椭球面是由椭圆 NWSE 绕其短轴 NS 旋转而成,其形状和大小由椭圆长半轴 a 和短半轴 b (或扁率 α) 决定。

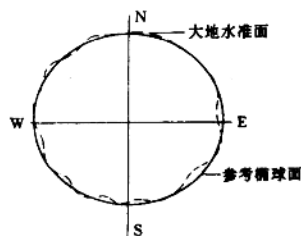


图 1-1 参考椭球面与
大地水准面

我国目前采用的参考椭球数据是 $a=6378140\text{ m}$, $\alpha=\frac{(a-b)}{a}=1:298.257$ 。为确定地面点的位置,我国在陕西省泾阳县永乐镇境内选择并埋设了大地原点,建立全国统一的坐标系,叫“1980 年国家大地坐标系”。中华人民共和国成立初期,我国曾建立并使用“1954 年北京坐标系”,作为临时过渡性的坐标系。

由于地球扁率很小,一般在测量计算时可以将地球看成圆球,其半径 R 约为 6371 km 。

二、地面点位置的表示方法

地面点的位置通常由该点投影到参考椭球面的位置(坐标)和点到大地水准面的铅垂距离(高程)来确定。

(一) 地面点坐标

地面点投影到参考椭球面的位置一般用大地坐标(大地经度 L 和大地纬度 B)表示,但在工程建设中,为实用方便起见,常采用以下二种平面直角坐标系来表示。

(1) 独立平面直角坐标系 在较小范围内进行测量工作时,可近似地把球面看成平面,将地面点直接沿铅垂线投影到水平面上,用平面直角坐标系确定地面点的位置十分方便。如图 1-2 所示,平面直角坐标系规定南北方向为坐标纵轴 x 轴(向北为正),东西方向为坐标横轴 y 轴(向东为正),坐标原点一般选在测区西南角以外,以使测区内各点坐标均为正值。

(2) 高斯平面直角坐标系 当测区范围较大时, 不能把球面看成平面, 此时若用大地坐标来表示地面点位, 则其测量计算工作又不方便。为将球面点位投影并绘到平面上, 必须采用适当的投影方法即高斯投影来实现, 用高斯投影方法可以得到高斯平面直角坐标系, 详见本书第八章。

(二) 地面点高程

(1) 绝对高程 地面点到大地水准面的铅垂距离称为该点的绝对高程, 简称高程或海拔, 用符号 H 表示。如图 1-3 中 H_A 、 H_B 分别为 A 、 B 两点的高程。

我国的高程起算面是与黄海平均海面相吻合的大地水准面, 该面上各点高程为零。中华人民共和国成立初期, 我国曾利用青岛验潮站 1950~1956 年的观测资料, 求出黄海平均海面作为大地水准面, 建立了“1956 年黄海高程系”, 并在青岛建立国家水准原点, 其高程为 72.289 m。目前我国采用的是“1985 年国家高程基准”, 它是利用青岛验潮站 1953~1979 年观测资料, 经过计算而建立的, 并测算出原国家水准原点高程为 72.260 m, 从该水准原点出发, 以不同的精度用水准测量的方法测定了许多水准点, 供高程测量用。

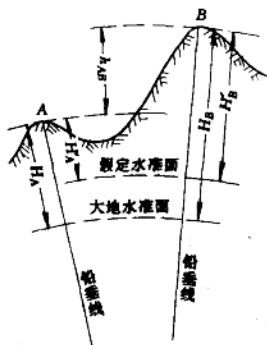


图 1-3 地面点的高程

(2) 假定高程 当测区范围内没有高程已知的水准时, 可以任意假定一个水准面作为高程起算面, 地面点到这个假定水准面的铅垂距离称为该点的假定高程或叫相对高程。图 1-3 中 H'_A 、 H'_B 分别为 A 、 B 两点的假定高程。

(3) 高差 地面两点的绝对高程或相对高程之差称为高差, 用 h 表示。图 1-3 中 A 、 B 两点间高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-1)$$

可见, 高差与高程起算面无关。

三、用水平面代替水准面的限度

用水平面代替水准面, 必然会影响到高程和距离测量的精确度。

(1) 对距离的影响 如图 1-4 所示, 若用该地区中心点的切平面代替大地水准面, 则地面点 A 、 B 、 C 在大地水准面上的投影分别是 a 、 b 、 c , 在水平面上的投影为 a' 、 b' 、 c' , 利用数学知识可以推导出用水平面代替水准面对距离的影响值:

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

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

当距离 D 为 10 km 时, 其对距离测量的影响为

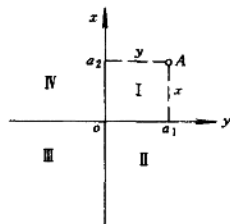


图 1-2 独立平面直角坐标系

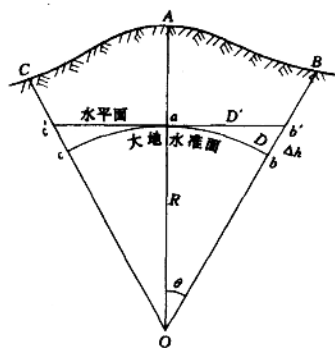


图 1-4 水平面代替水准面的影响

1:1220000,而目前在地球表面上即使作最精密的距离测量,只能精确到1:1000000,因此在半径为10 km 的范围内,可将水准面看成平面而不影响距离测量的精度。

(2) 对高程的影响 如图1-4所示,可以推导出用水平面代替水准面对高程的影响值:

$$\Delta h = bB - b'B = \frac{D^2}{2R} \quad (1-4)$$

从上式可知, Δh 是随距离平方的增加而增加的。当 D 取 200 m 时, Δh 为 0.31 cm,这是不允许的,因此进行高程测量时,即使距离很近,也要考虑地球是曲面(即地球曲率)对高程的影响。

四、测量的基本工作和测量工作的基本原则

(一) 测量的基本工作

根据数学知识可知,在平面上已知某点的平面坐标,若能测定已知点与未知点间的水平距离以及该两点连线与 x 轴所夹角度,就可以确定未知点的平面坐标。另外,还要测定未知点的高程才能完全确定该点的空间位置。由此可知,距离测量、角度测量和高程测量是测量的三项基本工作。

(二) 测量工作的基本原则

测量工作不可避免会产生误差,为防止误差的传递与积累,保证测区内地面点位的

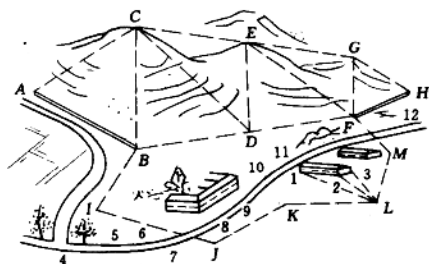


图 1-5 地形图测图

测量精度,测量必须按一定的程序和方法进行。

以地形图测图为例,如图1-5所示,先在测区内选若干个具有控制意义的点(即控制点)A、B、C等组成一定的几何图形(即控制网),用较高精度的测量仪器和测量方法(即控制测量)测出各控制点的平面坐标和高程,这些控制点就可以控制误差传递的范围和大小;再在控制网的基础上,用稍低一些精度的测量方法(即碎部测量)测出地面1、2、3等各点(即碎部

点)的坐标,最后根据这些碎部点的坐标就可以按一定比例尺将整个测区绘制成地形图。

由此可知,测量工作必须遵循的基本原则是:布局上“先整体后局部”,精度上“先高级后低级”,程序上“先控制后碎部”。另外,测量工作还必须坚持“边工作边校核”的原则,这样才能保证测量成果的质量和较高的工作效果。

复 习 题

1. 测量学的研究对象是什么?
2. 测量学的任务是什么?测定和测设有何区别?
3. 什么叫水准面、大地水准面?水准面有何特性?
4. 什么是绝对高程、相对高程?
5. 根据1956年黄海高程系,测算得A点高程为213.464 m, B点高程为214.529 m,试计算改用1985年国家高程基准后A、B两点的高程。
6. 试推导用水平面代替水准面对距离和高程测量的影响公式。
7. 测量的基本工作是什么?测量工作应遵循哪些基本原则?

第二章 水准测量

测定地面点高程的工作叫高程测量。根据所用仪器不同,高程测量可分为水准测量、三角高程测量和气压高程测量。水准测量是最常用和精度较高的高程测量方法,本章主要介绍水准测量以及水准测量中常用的 DS₃ 型微倾水准仪。

第一节 水准测量原理

水准测量的原理是:根据已知点高程,利用水准仪提供的水平视线,测量地面高程已知点和未知点间的高差,从而推算出未知点的高程。

如图 2-1 所示,假定 A 点为已知点,其高程为 H_A ,要测量 B 点高程,先在 A、B 两点上各立一根带有刻划的尺子(水准尺),并在 A、B 两点间安置一台能提供水平视线的水准仪,通过观测就可计算 B 点高程,具体步骤如下。

(1) 测量 A、B 两点间的高差 设水平视线在 A、B 尺上的读数分别为 a 、 b ,从图上可知 A、B 间高差为

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

如果测量工作是从 A 点向 B 点进行的,则称 A 点为后视点, B 点为前视点,读数 a 、 b 分别称为后视读数和前视读数, A、B 两点间高差等于后视读数 a 减去前视读数 b 。当 B 点高于 A 点(即 $a > b$) 时,高差为正,反之高差为负。

(2) 计算高程 由于 A 点高程 H_A 已知,根据所测高差 h_{AB} ,可用高差法计算 B 点高程:

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

式中:后视点高程 H_A 与后视读数 a 的代数和就是视线高程,用 H_i 表示,则 B 点高程还可用视线高法计算:

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

视线高法只需安置一次仪器就可测出多个前视点的高程。此法常用于施工测量中。

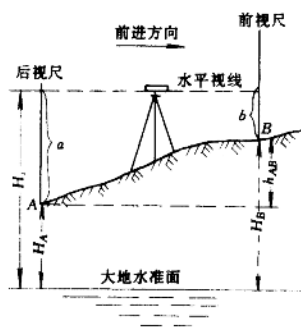


图 2-1 水准测量原理

第二节 水准测量仪器和工具

水准测量必须使用水准仪、水准尺和尺垫。我国制造的水准仪按仪器精度不同,可分为 DS_{0.5}、DS₁、DS₃、DS₁₀ 及 DS₂₀ 5 个等级。本节着重介绍工程建设中常用的 DS₃ 型微倾水准仪和其他常用测量工具。

一、水准仪

图 2-2 为国产 DS₃ 型微倾水准仪,它主要由望远镜、水准器和基座 3 部分组成。

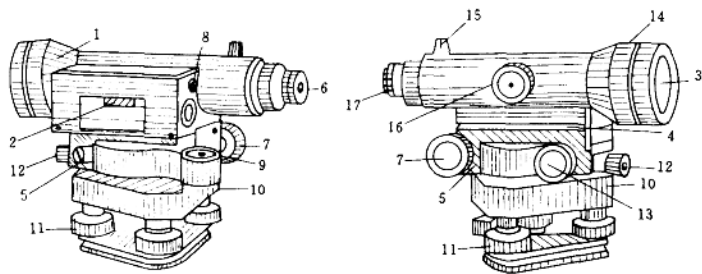


图 2-2 DS₃ 型微倾水准仪

1—望远镜；2—符合水准器；3—物镜；4—连接簧片；5—支架；6—目镜；7—微倾螺旋；8—符合水准器气泡观察孔；9—圆水准器；10—基座；11—脚螺旋；12—制动螺旋；13—微动螺旋；14—准星；15—照门；16—物镜调焦螺旋；17—目镜调焦螺旋

(一) 望远镜

望远镜的主要作用是使人们看清远处目标，并提供读数用的水平视线。望远镜由物镜、调焦透镜、目镜和十字丝分划板等组成。

图 2-3 为望远镜成像原理图，目标经过物镜形成一个倒立的实像，望远镜内安置一个调焦透镜，通过转动调焦螺旋改变调焦透镜的位置，可使远近不同目标的像都能清晰地落在十字丝分划板上，目镜的作用是将十字丝和目标像同时放大，十字丝的作用是提供精确瞄准目标的标准。

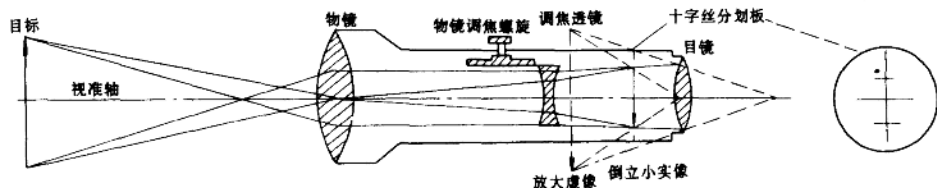


图 2-3 望远镜的成像原理

如图 2-3 所示，十字丝由一条水平位置的横丝（中丝）、一条竖直位置的竖丝和上下两条短视距丝（用来测定距离，参见第四章第二节）构成，横丝和竖丝互相垂直，十字丝中心与物镜光心的连线叫视准轴。

人眼通过目镜看到的目标像的视角与不通过望远镜看到目标的视角之比叫望远镜的放大倍数，DS₃ 微倾水准仪望远镜的放大倍数一般 ≥ 30 倍。

为控制望远镜的左右转动，水准仪上都安装了一套制动和微动装置，当拧紧制动螺旋后，望远镜就不能转动，如要作微小转动，可以通过旋转微动螺旋进行调整，用以精确瞄准目标，制动螺旋拧松后，微动螺旋就不起作用。为方便瞄准目标，望远镜上还安置了准星与照门作为寻找目标的依据。

(二) 水准器

水准器有圆水准器和长水准管两种，其主要作用是用来观察仪器和视线是否水平。

(1) 圆水准器 圆水准器用玻璃制成，其内装有酒精和乙醚的混合液，密封高温冷却

后形成气泡,水准器内壁为球面,球面中心刻有一个圆圈,通过圆圈中心的球面法线 L' (L' 叫圆水准器轴)。气泡居中时,圆水准器轴就处于铅垂位置,如图 2-4 所示,此时只要圆水准器轴平行于仪器竖轴,则仪器竖轴就处于铅垂位置。

气泡不居中时,每偏离 2 mm,圆水准器轴所倾斜的角度叫圆水准器分划值, DS_3 仪器圆水准器分划值一般为 $8'/2\text{ mm}$ 。

(2) 长水准管 长水准管是内壁纵向磨成圆弧状的玻璃管,管上对称刻有间隔为 2 mm 的分划线,长水准管内壁圆弧中心点为长水准管的零点,过长水准管零点的切线 LL 为长水准管轴,如图 2-5 所示。当气泡居中时,长水准管轴水平,此时若 LL 平行于视准轴,则视准轴也水平。

长水准管每 2 mm 弧长所对应的圆心角叫水准管分划值 τ , DS_3 仪器的长水准管分划值一般为 $20''/2\text{ mm}$,比圆水准器精度高,因此,圆水准器一般只

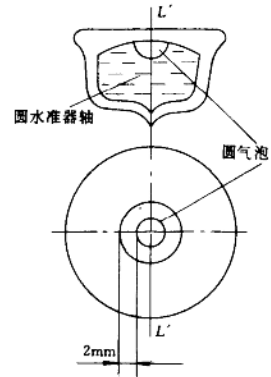


图 2-4 圆水准器

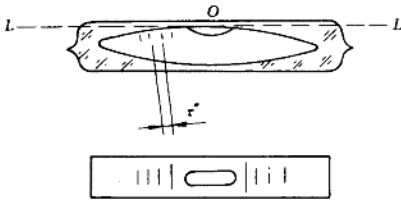


图 2-5 长水准管

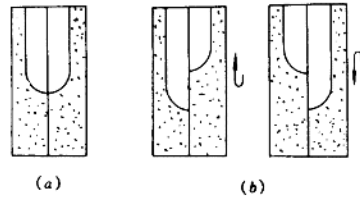


图 2-6 符合水准气泡

(a) 气泡已居中; (b) 气泡未居中

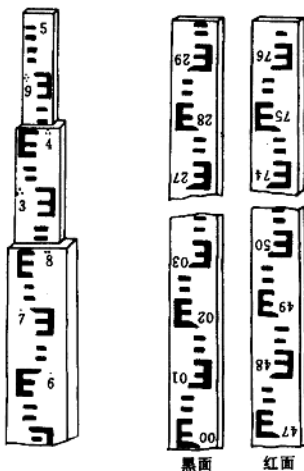


图 2-7 水准尺

(a) 塔尺; (b) 双面尺

用于粗略整平仪器,而用长水准管精确整平视线。

为提高气泡居中精度,方便观测,在长水准管上方装有一组棱镜,将长水准管气泡两端泡头的一半影像反射到目镜旁边的气泡观察孔中。当气泡居中时,两个半气泡影像就符合成一个气泡,如图 2-6 (a) 所示;若两个半气泡互相错开则表明长水准管气泡不居中,如图 2-6 (b) 所示,此时通过旋转微倾螺旋可使符合气泡(即两个半气泡)符合。测量上将这种带有符合棱镜的水准器叫符合水准器。

微倾螺旋的作用是在水准仪接近水平时,通过抬高或降低望远镜的一端,使符合气泡符合,从而使水准仪视线精确水平。

(三) 基座

基座主要由轴座、脚螺旋和连接螺旋组成。轴座用来支承仪器上部,连接螺旋用来连接仪器与三脚架,通过调节脚螺旋可使圆水准气泡居中,从而整平仪器。

二、水准尺

水准尺是带有刻划的供测量照准读数使用的标尺，它用伸缩性小、不易变形的优质木材或玻璃钢制成。常用的水准尺有塔尺和双面尺两种，如图 2-7 (a)、(b) 所示。

(1) 塔尺 塔尺是由两至三节尺子套在一起形成的塔状水准尺。尺长 3~5 m，尺底部为 0，塔尺上按 1 cm 的分划涂以黑白相间的分格，并在分米和米处标注数字。塔尺携带方便，一般用于较低精度的水准测量。

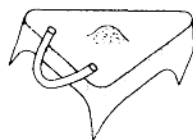


图 2-8 尺垫

(2) 双面尺 双面尺又称红、黑面尺，每两根组成一对，尺长均为 3 m，每根尺的黑面从 0 开始，按 1 cm 的分划涂以黑白相间的分格，每根尺的红面也按 1 cm 的分划涂以红白相间的分格，但起点不同，一根为 4.687 m，另一根为 4.787 m，这样注记的目的是为了校核观测时的读数错误，双面尺一般用于精度要求较高的水准测量。

三、尺垫

尺垫用生铁铸成，一般呈三角形，如图 2-8 所示，中央突出 1 个小半球，半球顶部用来支承水准尺并作为转点的标志，其下有 3 个支点可插入土中，以防止点位移动和水准尺的下沉。

第三节 水准仪的使用

水准仪的使用包括水准仪的安置和粗平、调焦与瞄准、精平和读数。

一、安置和粗平

张开三脚架，调节架脚长度使仪器高度与观测者身高相适应，目估架头大致水平，取出仪器放在架头上，用连接螺旋将其与三脚架连紧，踩紧脚尖。

粗平就是转动仪器脚螺旋使圆水准气泡居中，从而使仪器视线粗略水平。具体操作步骤如图 2-9 所示，当气泡未居中时，先任选一对脚螺旋，双手分别握住作相反的等速转动，将气泡调至这两个脚螺旋连线的垂直平分线上，再调节第三个脚螺旋使气泡居中。粗平过程中应注意气泡移动方向与左手大拇指转动方向一致。

二、调焦与瞄准

调焦与瞄准的作用是使观测者能通过望远镜看清楚并对准水准尺，以便正确读数。

(1) 目镜调焦 将望远镜照准远处明亮背景，旋转目镜调焦螺旋使十字丝最清晰。

(2) 粗略瞄准 松开制动螺旋，转动望远镜，用准星和照门瞄准水准尺后，拧紧制动螺旋。

(3) 物镜调焦 转动调焦螺旋使水准尺的像清晰地落在十字丝分划板上。

(4) 精确瞄准 转动微动螺旋使十字丝竖丝大致平分水准尺的像。

(5) 消除视差 由于调焦不准，水准尺的像并不落在十字丝分划板上，此时，眼睛在目镜旁上下移动，就会发现十字丝和尺像有相对移动，这种现象称为视差。视差的存在会

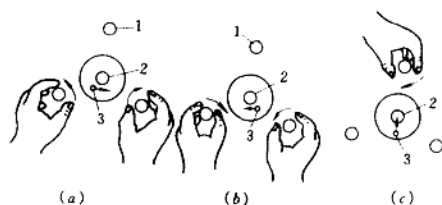


图 2-9 水准仪的粗平

1—脚螺旋；2—中心圆圈；3—气泡

影响测量结果的准确性，因此，测量中必须消除视差，方法是仔细地进行物镜调焦，如果十字丝没调到“最清晰”，则应先调好十字丝再进行物镜调焦，直到视差消除为止。

三、精平和读数

精平是在读数前转动微倾螺旋使符合水准气泡符合，从而使视准轴精确水平。旋转微倾螺旋时，大拇指的运动方向与符合气泡中左侧半个气泡像的移动方向一致，参见图 2-6 (b)，当望远镜转到另一方向观测时，符合气泡不一定符合，应重新精平，待气泡符合后才能读数。

气泡符合后，应立即读取十字丝横丝在水准尺上的读数。读数前要清楚水准尺的注记方式，读数时要迅速准确，由于水准尺的像是倒立的，因此，读数时应自上而下、从小到大读，一般先估读出毫米数，然后报出全部四位读数。图 2-10 中水准尺的读数分别是 1.274 m 和 0.560 m。

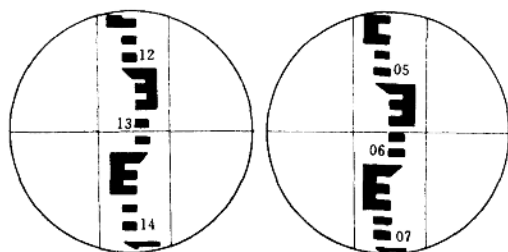


图 2-10 水准尺读数

水准测量中，精平与读数是两项不同的操作步骤，但具体作业时却把这两项操作视为一体，即精平后再读数，读数后要立即检查气泡是否仍然符合，只有这样才能获得准确的观测成果。

第四节 水准测量的方法与要求

一、水准点和水准路线

(一) 水准点

水准测量是从已知高程点开始的，国家测绘部门根据青岛水准原点，在全国范围内埋设了很多点并测算出这些点的高程，这些点就是水准点，用 BM 表示。水准点按精度高低可以分为 I、II、III、IV 4 个等级，国家等级水准点必须埋设水准标志，并绘出点之记，其埋设方法在《国家水准测量规范》中有明确规定。工程建设中进行的多为 IV 等以下的普通水准测量，普通水准测量水准点的埋设如图 2-11 所示，需长期保存的普通水准点一般用混凝土或钢筋混凝土制成并按规定埋设，不需长期保存的临时水准点可用木桩钉入地面，桩顶钉上小钉作为标志，或直接选用地面坚硬岩石作为水准点。

(二) 水准路线

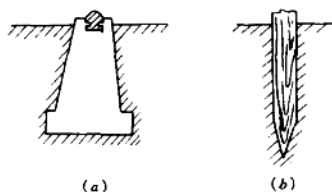


图 2-11 水准点的埋设

水准测量所经过的线路叫水准路线。水准路线有单一水准路线和水准网两种，这里仅介绍比较简单的单一水准路线，单一水准路线有 3 种基本形式。

(1) 闭合水准路线 从某一已知高程水准点出发，沿若干待测高程点进行水准测量，最后又测回到原已知点所构成的环形路线叫闭合水准路线，如图 2-12 (a) 所示。

(2) 附合水准路线 从某一已知高程水准点出发，沿

若干待测高程点进行水准测量，最后测到另一已知高程水准点所构成的路线叫附合水准路线，如图 2-12 (b) 所示。

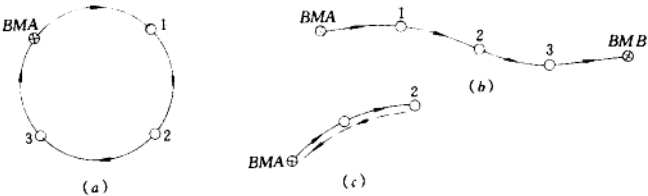


图 2-12 水准路线
(a) 闭合水准路线；(b) 附合水准路线；(c) 支水准路线
⊗—已知高程点；○—待测高程点；→—测量前进方向

(3) 支水准路线 从某一已知高程水准点出发，沿若干待测高程点进行水准测量，既不闭合也不附合的路线叫支水准路线，如图 2-12 (c) 所示。为了校核，支水准路线应进行往返测量。

二、水准测量的方法与校核

水准测量时，当所测两点相距较远或高差较大时，不可能安置一次仪器就测出两点间高差，如图 2-13 所示，此时，必须先选若干个过渡点，将测量路线分成若干段进行观测，这些过渡点叫转点，用 TP 表示。显然每安置一次仪器就可测出一段高差，根据式 (2-1) 可得：

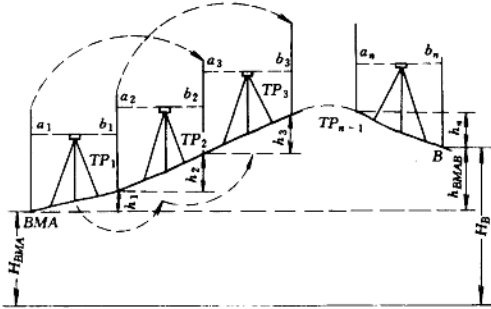


图 2-13 水准测量的观测方法

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1 \\ h_2 &= a_2 - b_2 \\ &\vdots \\ h_n &= a_n - b_n \end{aligned}$$

将上述各式相加得：

$$\sum h = \sum a - \sum b \quad (2-4)$$

高差测出后，根据起始点 BMA 的高程，计算 B 点高程：

$$H_B = H_{BMA} + \sum h \quad (2-5)$$

现仍以图 2-13 为例，介绍水准测量的

观测步骤、记录计算及校核方法如下。

(一) 观测方法

(1) 测站观测与计算 选好第一个转点 TP_1 ，在 BMA 和 TP_1 两点间安置仪器进行第一站观测。测站观测步骤是：

- 1) 安置并粗平仪器。
- 2) 瞄准后视点 (BMA) 上的后视尺，精平后读中丝读数，记入表 2-1 中第 3 栏。
- 3) 瞄准前视点 (TP_1) 上的前视尺，精平后读中丝读数，记入表中第 4 栏。
- 4) 计算测站高差，并将结果记入表中第 5 或 6 栏。