

国家中等职业教育改革发展示范学校建设教材

GONGCHENG CELIANG

工程测量

主编 / 张 蕾



西南交通大学出版社
www.xnjdcbs.com

国家中等职业教育改革发展示范学校建设教材

工 程 测 量

主 编 张 蕾

副主编 吴晓艳 蔡祖玺 王中军

西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据

工程测量 / 张蕾主编. —成都: 西南交通大学出版社, 2014.7

国家中等职业教育改革发展示范学校建设教材
ISBN 978-7-5643-3153-5

I. ①工... II. ①张... III. ①工程测量—中等专业学校—教材IV. ①TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 142096 号

国家中等职业教育改革发展示范学校建设教材

工程测量

主编 张 蕾

责任编辑	张 波
助理编辑	胡晗欣
封面设计	墨创文化
出版发行	西南交通大学出版社 (四川省成都市金牛区交大路 146 号)
发行部电话	028-87600564 028-87600533
邮政编码	610031
网 址	http://www.xnjdcbs.com
印 刷	成都蜀通印务有限责任公司
成品尺寸	185 mm× 260 mm
印 张	19.25
字 数	482 千字
版 次	2014 年 7 月第 1 版
印 次	2014 年 7 月第 1 次
书 号	ISBN 978-7-5643-3153-5
定 价	38.50 元

图书如有印装质量问题 本社负责退换
版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

本教材是武汉铁路桥梁学校为适应中等职业技术教育的课程改革需要，按照中等职业技术学校土木工程类“工程测量”课程的教学大纲和教学要求编写的。

本教材是中等职业学校土木工程专业教学用书，主要根据中等职业技术教育特点，从培养技能型人才的目标出发，并充分考虑中等职业学校学生的学习水平，组织教材内容。教材编写力求淡化理论，强化实践，突出学生职业能力的培养，从而与企业相关岗位职业能力相适应，并能满足国家中级测量工职业技能鉴定要求。本教材编写采用项目化教学形式，打破原有的学科性教材体系，紧紧围绕职业活动选择工作项目，并以工作项目为载体，设计工作任务，提炼工作任务实施过程中的知识点，知识点不求全面性，注重实用性，旨在增强学生将理论知识应用于实际工作的能力和解决实际问题的能力。

本教材适用于土建工程类专业教学用书，教师可根据专业性质从中选择所需教学内容。

本教材编写分工如下：吴晓艳编写项目一（任务1、2）、项目三（任务1、2、3、4）、项目六（任务1）；蔡祖玺编写项目二（任务1、8）、项目四（任务5、6）、项目五（任务1）；王中军编写项目二（任务2）、项目四（任务1）、项目五（任务3、4）、项目六（任务2）；张蕾编写项目二（任务3、4、5、6、7）、项目四（任务2、3、4）、项目五（任务2）。全书由武汉铁路桥梁学校张蕾统稿并担任主编，武汉铁路桥梁学校吴晓艳、蔡祖玺、王中军担任副主编。

本教材编写时间仓促，编者水平有限，疏漏之处在所难免，恳请读者批评指正，提出宝贵意见，在此特表谢意。

编 者

2014年4月

目 录

项目一 高程测量	1
任务 1——普通水准测量	1
任务 2——三、四等水准测量	32
项目二 平面控制测量	38
任务 1——角度测量	39
任务 2——距离测量	59
任务 3——全站仪测量	70
任务 4——导线测量	85
任务 5——坐标计算	94
任务 6——全站仪导线测量	103
任务 7——交会测量	110
任务 8——GPS 控制测量	117
项目三 大比例尺地形图测绘及应用	137
任务 1——认识地形图	137
任务 2——大比例尺地形图测绘	152
任务 3——地形图的应用	164
任务 4——数字化测图	170
项目四 道路中线测量	177
任务 1——基础测设技术	178
任务 2——中线测量	193
任务 3——圆曲线测设	204
任务 4——加缓圆曲线测设	214
任务 5——道路纵断面测量	228
任务 6——道路横断面测量	233
项目五 施工测量	238
任务 1——建筑施工测量	238
任务 2——道路施工测量	255
任务 3——桥梁施工测量	264

任务 4——隧道施工测量	276
项目六 变形测量	287
任务 1——沉降观测	287
任务 2——其他变形测量	294
附录 测量常用计量单位及换算	301
参考文献	302

项目一 高程测量

项目概述

测量工作的实质是确定地面点的空间位置，主要包括高程及平面位置。测定地面点高程的测量工作，称为高程测量。高程测量的方法主要有水准测量、三角高程测量、气压高程测量和 GPS 测量等，水准测量是精密测定地面点高程的主要方法。

本项目将通过观测一条水准路线，介绍水准测量方法、技术要求、外业观测步骤以及成果计算，并详细描述自动安平水准仪和数字水准仪的操作和使用。

能力目标

1. 要求学生了解高程系统以及高程测量的方法；
2. 要求学生了解水准仪的基本构造，熟练掌握水准仪的使用；
3. 能进行水准测量观测、记录以及成果计算；
4. 具有进行水准仪的检验和校正的能力。

任务设置

任务 1——普通水准测量

任务 2——三、四等水准测量

任务 1——普通水准测量

学习目标

通过学习，掌握高程、高差的相关概念；掌握水准仪测量高程的原理；认识水准仪各个部件的名称及作用；掌握水准仪的使用方法；掌握水准路线的布设、观测方法、技术要求以及成果计算方法。

任务引导

高程测量是现代建筑施工中非常重要的一项工作，高程是指导施工的重要依据。现实工

作中，施工人员主要是利用水准仪进行高程测量，因而水准测量是高程测量最常用的方法。本次任务是选定水准点，利用 DS₃ 水准仪完成一条路线的高程测量工作。

提出问题

1. 何谓大地水准面？何谓绝对高程、相对高程，何谓高差？
2. 什么是测量工作的基准面？什么是测量工作的基准线？
3. 请绘图说明水准测量原理。
4. 水准仪由哪些部件构成？水准仪的具体操作步骤是什么？
5. 什么是后视点、后视读数？什么是前视点、前视读数？
6. 什么是转点？转点的作用是什么？
7. 什么是视差？视差产生的原因是什么？如何消除视差？
8. 水准仪的基本操作主要包括哪些内容？
9. 什么是水准点、水准路线？水准路线一般布设成哪几种形式？
10. 什么叫高差闭合差？高差闭合差如何分配？
11. 水准路线成果计算的步骤是什么？
12. 自动安平水准仪和数字水准仪相对微倾式水准仪各有什么特点？如何使用？

活动设计

1. 认识水准仪的构造并进行基本操作（实训 1）；
2. 观测一个测站的高差（实训 2）；
3. 等外水准路线测量（实训 3）；
4. 等外水准路线成果计算；
5. 微倾式水准仪的检验和校正（实训 4）；
6. 自动安平水准仪的检验及校正（实训 5）；
7. 认识数字水准仪构造并进行基本操作（实训 6）。

知识链接

1 工程测量的基本知识

1.1 测量学的概念

测量学是研究如何测定地球表面点的空间位置，如何将地球表面的地形及其他信息测绘成图，如何确定地球的形状和大小，以及将规划设计图上的工程构造物放样到实地的一门应用科学。

它的主要任务包括两个部分：测定和测设。

测定，是指测算地球表面的地物及地貌的平面位置及高程，或利用这些数据按一定的比例尺绘制成地形图，供国防工程及国民经济建设的规划、设计、管理和科学研究使用。这个过程的实质是为已知地面点的位置求其位置数据。

测设，是指根据图纸上已设计好的构造物上各特征点的位置数据，通过计算、测量，在地面上标定出这些特征点的位置并设置标志，作为施工或定界的依据。测设又称施工放样。

1.2 测量学在土木工程中的应用

测量工作对于国家的经济建设和国防建设具有非常重要的作用，在土木工程中有着广泛的应用。主要表现在：

（1）测量是土木工程规划选线的重要依据。例如规划一个地区的交通网络、确定一条交通路线的走向，必须有测量提供的地形图和有关的地理信息参数才能实现。规划选线所需的地形图是优化交通网络、节约用地、提高建设效益的重要依据。

（2）测量是土木工程勘察设计阶段的重要基础工作。只有经过详细实地测量，掌握大量地面基础信息，才能比较确定出具有一定技术标准、经济合理的设计方案。

（3）测量是土木工程顺利施工的重要保证。道路的中心线、建筑物的实际位置等都需要按规定的精度准确无误地测设于实际地面。施工过程中，还要经常通过各种测量来检查工程的进度和质量。

（4）在工程结束后，要用测量来检查竣工情况，即进行竣工验收，并通过必要的测量来编制竣工图，以满足工程的验收、维护、加固以及扩建的需要。

（5）在投入使用后的营运阶段，要应用测量进行一些常规检查和定期进行变形观测，进行必要的养护和维修，以确保道路、桥梁、隧道和建筑物的安全使用。

可以说，土木工程的规划、勘测、设计、施工、竣工及养护维修的各个阶段都离不开测量技术。因此，作为一名土木工程建设的技术人员，必须具备测量学的基本理论、基本知识和基本技能，才能为我国的土木工程事业多作贡献。

1.3 测量工作的基本原则

测量工作必须遵循在布局上“由整体到局部”、在精度上“由高级到低级”、在次序上“先控制后细部”以及“步步有检核”的原则。

1.4 地面点定位的基本要素

测量的实质是确定地面点的位置，而地面位置往往又是通过测量水平角、距离和高差，经计算得点位的坐标。因此，我们称角度、距离和高差（或高程）是确定地面点位的三要素。角度测量、距离测量和高差（或高程）测量是测量的三项基本工作。

2 高程和高差

2.1 大地水准面

人们把地球总的形状看作是被海水包围的球体，也就是设想有一个静止的海水面，向陆

地延伸而形成一个闭合的曲面，这个曲面称为水准面。水准面作为流体的水面是受地球重力影响而形成的重力等势面，是一个处处与重力方向垂直的连续曲面。由于海水有潮汐，时高时低，所以水准面有无数个，我们取其平均的海水面作为地球形状和大小的标准，称为大地水准面，如图 1.1 (a) 所示。大地水准面是野外测量工作的基准面，它所包围的地球形体称为大地体。

重力的方向线称为铅垂线。铅垂线就是野外测量工作的基准线。

为了测量计算工作的方便，通常用大小与大地体很接近的旋转椭球来代替地球的形状，这一几何形体称为地球椭球，它是由一个椭圆绕其短轴旋转而成，故又称为旋转椭球，如图 1.1 (b) 所示。一般称其外表面为参考椭球面，它是测量计算的基准面。与参考椭球面垂直的线称为法线，它是测量计算的基准线。

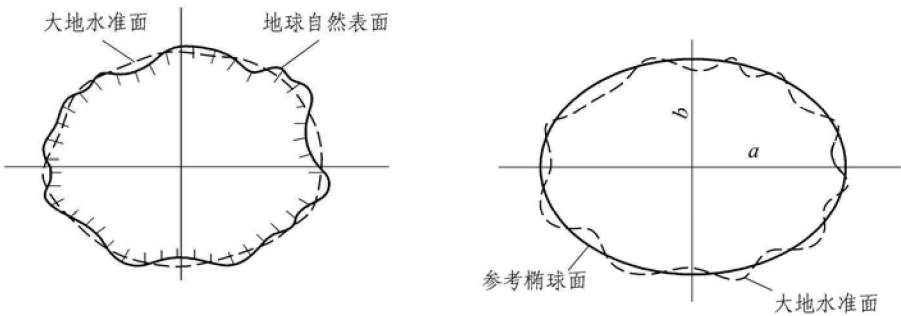


图 1.1 地球的自然表面、大地水准面和参考椭球面

2.2 地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂距离为该点的绝对高程，简称高程，又叫海拔，常以 H 表示，并以点的名称作下标，如图 1.2 所示 H_A 、 H_B 即 A 、 B 点的绝对高程。

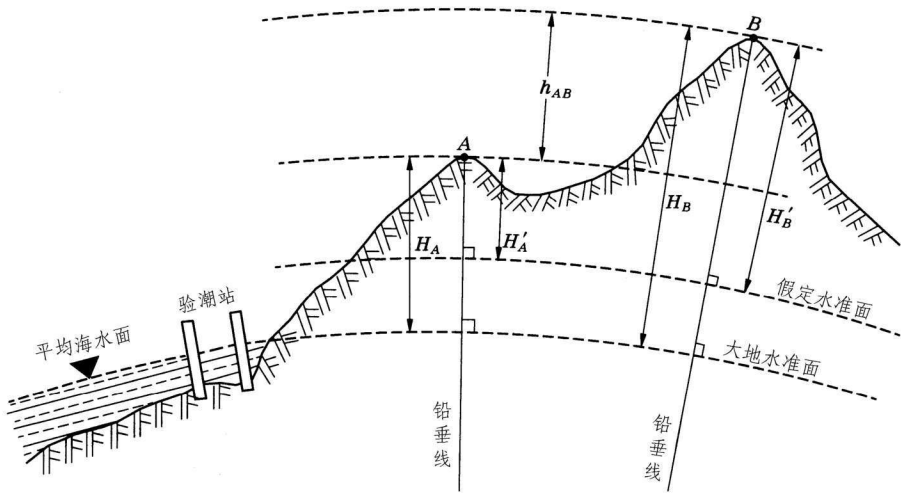


图 1.2 高程和高差

地面点到某一假定水准面的铅垂距离叫该点的相对高程，通常用 H' 表示，如图 1.2 所示 H'_A 、 H'_B 即 A 、 B 点的相对高程。

地面两点之间的高程差，称为高差，通常以 h_{ij} 表示。如 A 、 B 两点的高差为 h_{AB} ：

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1.1)$$

同样

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

高差与高程的起算面没有关系且高差具有方向性（即 $h_{AB} = -h_{BA}$ ）。

3 水准测量

3.1 高程测量概述

确定地面点高程的测量工作，称为高程测量。

高程测量按所用仪器和施测方法的不同，可分为水准测量、三角高程测量、GPS 高程测量、气压高程测量等。

水准测量是利用水准仪和水准尺根据水平视线来测定两点间的高差，再计算待测点的高程。水准测量一般适用于平坦地区，是高程测量中用途最广、精度最高、最常用的方法。

三角高程测量是利用经纬仪或全站仪，通过测量两点间的水平距离或斜距和竖直角，应用三角公式计算出两点间的高差。三角高程测量受地形条件的限制较少。由于全站仪的普及，三角高程测量的精度得以提高，应用范围越来越广。

GPS 高程测量是采用 GPS 方法确定大地高，采用其他技术方法确定大地水准面差距，从而获得点的高程。与常规水准测量相比，GPS 高程测量具有费用低、效率高的优点，能够在大面积的区域内进行高程数据加密。因受制于大地高和大地水准面差距的测量精度，目前 GPS 高程测量的精度通常还不高。然而，由于 GPS 测量技术使三维坐标测定变得简单，已广泛应用于工程测量的各个领域，GPS 高程测量也引起人们越来越广泛的兴趣。

气压高程测量是利用大气压与该气层的地面高程（海拔）成反比的原理，将两个气压计放在不同高程的地点，同时读出气压，由其差数可以推算出两点的高差。气压高程测量一般用于踏勘测量，由于其精度较低，现已很少采用。

水准测量是精密测量地面点高程最主要的方法。

3.2 高程系统

我国的高程基准采用黄海平均海面。为了获得平均海面的位置，在青岛附近海面上设置了验潮标，由专门的测量队成年累月长期观测记录，从而确定平均海面的位置，按定义其高程为零。相应于验潮标尺上的这一点，称为水准零点。水准零点经常被海水淹没，不便于由此引测高程，所以在附近的观象山上建立了一个非常坚固的点，用最精密的水准测量方法测定其高程，全国各地的高程都由这一点引测，该点称为水准原点，如图 1.3 所示。

我国规定青岛验潮站 1950—1956 年统计资料所确定的黄海平均海面作为统一全国基准面。水准原点至黄海平均海面的高程为 72.289 m，这个高程系统称为“1956 年黄海高程系”。

20 世纪 80 年代初，国家又根据 1953—1979 年青岛验潮站观测资料，得到水准原点高程

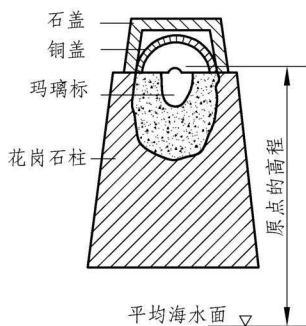


图 1.3 水准原点

为 72.260 4 m，该高程系统称为“1985 国家高程基准”。从 1985 年 1 月 1 日起执行新的高程基准。

由水准原点起，在全国范围布设国家水准点，由这些水准点组成全国高精度水准控制网。国家水准控制网分为四个等级，分别称为国家一、二、三、四等水准网。一、二等水准网是国家高程控制网的骨干；三、四等水准点遍布全国各地，既为水准控制点，也可作为各项工程建设的高程起算点；国家三、四等以下的水准测量为等外水准测量，即普通水准测量，常用于一般工程建设的高程测量和地形测绘的图根水准测量。

3.3 水准测量原理

水准测量原理是利用水准仪所提供的水平视线，对竖立于两观测点上的水准尺进行读数，来测定两点间的高差，然后根据已知点的高程推算出未知点的高程。

如图 1.4 所示，在地面上有 A 、 B 两点，已知 A 点的高程为 H_A ，为获得 B 点的高程 H_B ，需先测定 A 、 B 两点间的高差 h_{AB} 。在 A 、 B 两点上各竖立一根水准尺，在期间安置一架水准仪，用水准仪的水平线分别读取 A 尺、 B 尺上的读数 a 、 b ，则 A 点至 B 点的高差为：

$$h_{AB} = a - b \quad (1.2)$$

B 点高程为：

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (1.3)$$

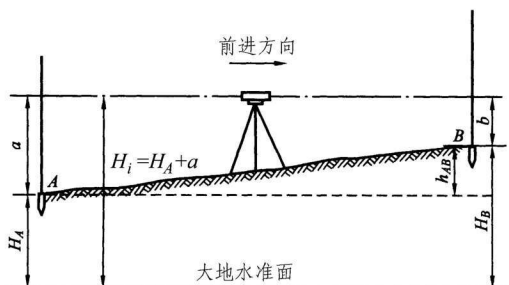


图 1.4 水准测量原理

如果水准测量的前进方向是由 A 点向 B 点，则规定 A 点为后视点，其水准尺读数 a 为后视读数； B 点为前视点，其水准尺读数 b 为前视读数。由此可见，两点间的高差等于后视读数减去前视读数。

高差本身有正有负，当 $a > b$ 时， h_{AB} 值为正，说明 B 点高于 A 点；当 $a < b$ 时， h_{AB} 值为负，说明 B 点低于 A 点。为避免计算高差时发生错误，在书写高差 h_{AB} 时，必须注意 h 下标的写法。例如， h_{AB} 表示 A 点至 B 点的高差，而 h_{BA} 则表示 B 点至 A 点的高差， $h_{AB} = -h_{BA}$ 。

从图 1.4 中还可以看出， B 点的高程也可以通过仪器的视线高程 H_i 求得。

$$H_i = H_A + a \quad (1.4)$$

$$H_B = H_i - b \quad (1.5)$$

由式 (1.2) 和式 (1.3) 根据高差推算高程，称为高差法；由式 (1.4) 和式 (1.5) 利用视线高程推算高程，称为视线高程法。在实际工作中，当需要安置一次仪器根据一个后视点

确定多个前视点高程时，采用视线高程法比较方便。

如果 A 、 B 两点相距较远或高差较大，安置一次仪器无法测得其高差时，就需要在两点间加设若干个临时的立尺点，作为传递高程的过渡点（称为转点），并依次连续地测出各相邻点间的高差 h_{A1} ， h_{12} ， h_{23} ， $\dots$ ， $h_{n-1,B}$ 才能求得 A 、 B 两点间的高差 h_{AB} 。如图 1.5 所示， ZD_1 ， ZD_2 ， ZD_3 ， $\dots$ ， ZD_{n-1} 点为转点，各个测站的高差为

$$\begin{aligned} h_{A1} &= a_1 - b_1 \\ h_{12} &= a_2 - b_2 \\ h_{23} &= a_3 - b_3 \\ &\dots \dots \\ h_{n-1,B} &= a_n - b_n \end{aligned}$$

将以上各站高差相加，则得 A 、 B 两点间的高差：

$$h_{AB} = h_{A1} + h_{12} + h_{23} + \dots + h_{n-1,B} = \sum h = \sum a - \sum b \quad (1.6)$$

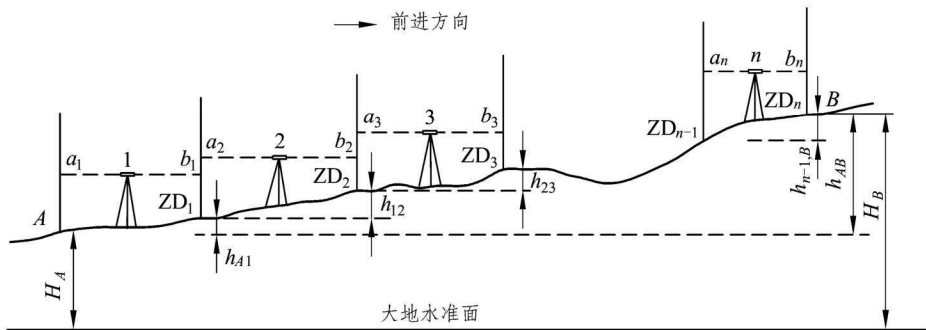


图 1.5 水准测量

式 (1.6) 表明，起点到终点的高差，等于中间各段高差的代数和，也等于各测站后视读数总和减去前视读数总和。在实际作业中，可先算出各测站的高差，然后取它们的总和得到 h_{AB} 。再用后视读数之和减去前视读数之和计算出高差 h_{AB} ，据此检核计算是否正确。

3.4 DS₃ 水准仪及其配套工具的使用

水准测量所使用的仪器为水准仪，工具有水准尺和尺垫。

我国的水准仪按仪器精度分为 DS₀₅、DS₁、DS₃ 等型号。其中 D、S 分别为“大地测量”和“水准仪”汉语拼音的第一字母，数字下标为该仪器每千米往返测高差中的中误差，以 mm 计。DS₀₅、DS₁ 为精密水准仪，主要用于国家一、二等水准测量和精密工程测量；DS₃ 为普通水准仪，主要用于国家三、四等水准测量和常规工程建设测量。本节主要介绍 DS₃ 微倾式水准仪的构造及其使用。

3.4.1 DS₃ 微倾式水准仪

DS₃ 微倾式水准仪主要由望远镜、水准器和基座三部分组成，其外形各部件名称如图 1.6 所示。

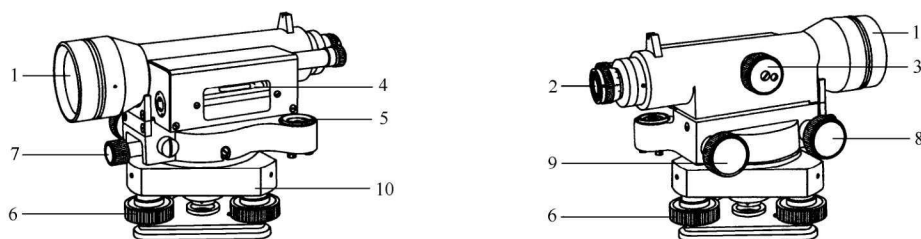


图 1.6 微倾式水准仪 DS3

1—物镜；2—目镜；3—物镜调焦螺旋；4—管水准器；5—圆水准器；6—脚螺旋；
7—制动螺旋；8—微动螺旋；9—微倾螺旋；10—基座

1. 望远镜

望远镜用于瞄准远处水准尺进行读数，主要由物镜、调焦透镜、十字丝分划板和目镜组成。

物镜的作用是使远处水准尺在望远镜内成倒立而缩小的实像，转动物镜调焦螺旋，使成像落在十字丝平面上。十字丝用于瞄准目标和读取水准尺上读数。目镜的作用是将十字丝及其上面的成像放大成虚像。转动目镜调焦螺旋，可以使十字丝清晰。

十字丝分划板上相互垂直的纵、横细丝，竖直的十字丝竖丝称为纵丝，中间的长横丝称为中丝，上、下两条较短的横丝分别称为上丝、下丝（总称为视距丝，用以测定水准仪至水准尺的距离）。测量高差时，瞄准目标后用中丝读数。

十字丝交点与物镜光心的连线，称为望远镜的视准轴（CC）。视准轴的延长线就是通过望远镜瞄准远处水准尺的视线。

2. 水准器

水准器用于整平仪器，有管水准器和圆水准器两种。

（1）管水准器。

管水准器又称水准管，是用玻璃管制成的，玻璃管内壁研磨成一定半径的圆弧，管内注满酒精和乙醚的混合溶液，加热融封，冷却后形成气泡，气泡较液体轻，故气泡总是位于管内的最高处。如图 1.7 所示，水准管内壁圆弧的中点称为水准管零点。过零点与圆弧相切的切线 LL，称为水准管轴。当气泡中心与水准管的零点重合时，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。

水准管的两端各刻有数条间隔为 2 mm 的分划线。水准管上两相邻分划线间的圆弧（长 2 mm）所对的圆心角，称为水准管分划值，用 τ 表示，如图 1.8 所示。

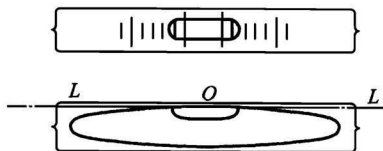


图 1.7 水准管

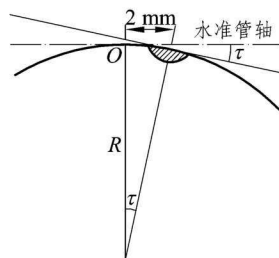


图 1.8 水准管分划值

$$\tau = \frac{2}{R} \rho'' \quad (1.7)$$

式中 $\rho'' = 206265''$ ； R 为圆弧半径（mm）。

由图 1.8 可见， τ 值表示气泡每移动一格时，水准管轴所倾斜的角值。显然，水准管内壁圆弧的半径越大，水准管分划值越小，水准管灵敏度越高，用其整平仪器的精度也越高。 S_3 型水准仪的水准管分划值一般为 $20''/2\text{ mm}$ 。

为了提高目估水准管气泡居中的精度，在微倾式水准仪的水准管上方，装有符合棱镜，借助棱镜的反射作用，把气泡两端的影像反映在望远镜目镜旁边的气泡观察窗内，当气泡两端的影像相互错开，表示气泡不居中，如图 1.9 (a) \ (b) 所示；当气泡两端的影像附合成一个圆弧时，表示气泡居中，如图 1.9 (c) 所示。

(2) 圆水准器。

圆水准器由玻璃管制成，其顶面内壁研磨成一定半径的球面，内装酒精和乙醚的混合溶液，加热融封后留有气泡。球面中央刻有小圆圈，圆圈中心 O 为圆水准器零点，过零点 O 的球面法线为圆水准器轴 $L'L'$ ，如图 1.10 所示。当气泡中心与圆水准器零点重合时，表示气泡居中，这时，圆水准器轴处于铅垂位置。若圆水准器轴平行于仪器竖轴，则圆气泡居中时，竖轴也处于铅垂位置。圆水准器的分划值一般为 $5' \sim 10'/2\text{ mm}$ ，其灵敏度较低，只能用于仪器的粗略整平。

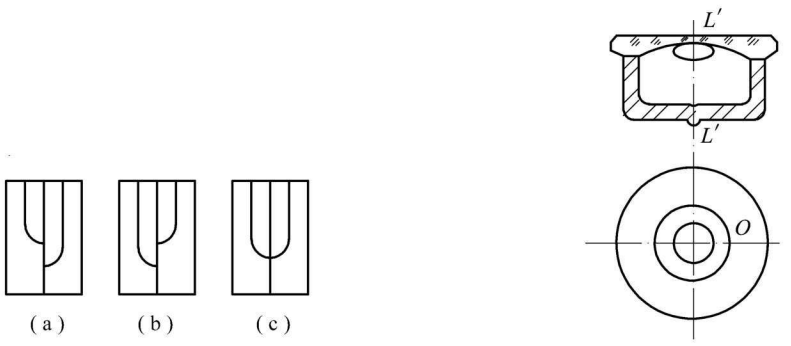


图 1.9 附合水准器

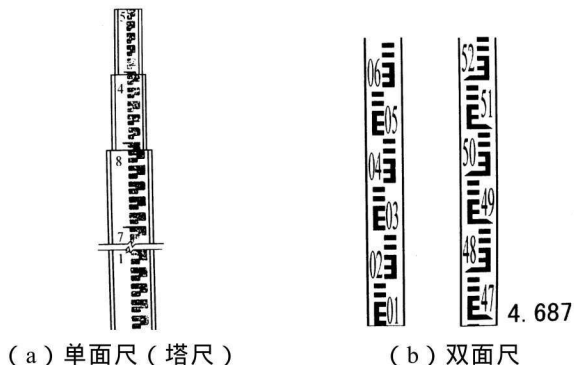
图 1.10 圆水准器

3. 基座

基座的作用是支承仪器上部，并通过连接螺旋与三脚架连接。基座主要由轴座、脚螺旋和连接板构成。脚螺旋用于调节圆水准器气泡居中。

3.4.2 水准尺和尺垫

常用的水准尺有双面水准尺和塔尺，一般式样如图 1.11 所示。



(a) 单面尺 (塔尺)

(b) 双面尺

图 1.11 两种水准尺

塔尺长度一般为 5 m，由三节尺段套接而成，可以伸缩。尺底以零起算，尺面黑白格相间厘米分划，在每分米处注有数字。塔尺仅用于等外水准测量。

双面水准尺长度为 3 m，一尺面为黑白格相间厘米分划，每分米处均有注字，尺底以零起算；另一尺面为红白格相间厘米分划，每分米处均有注字，尺底以 4.687 m 或 4.787 m 起算，4.687 m 或 4.787 m 就是该尺黑、红面零点差。零点差为 4.687 m 和 4.787 m 的两根水准尺组成一对，可用于三、四等水准测量。在视线高度不变的情况下，读取同一根水准尺黑、红两面的读数，其差值应是常数 4.687 m 或 4.787 m，测量时，以此检查读数是否正确。

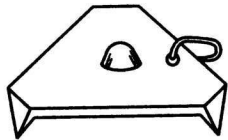


图 1.12 尺垫

尺垫用于转点处放置水准尺。如图 1.12 所示，尺垫是由生铁铸成的三角形板座，上方有一突起的半球体，用于放置水准尺，下方有三个尖脚，可以踏入土中稳固防动。

3.4.3 DS₃微倾式水准仪的使用

使用水准仪的基本操作主要包括：安置仪器、粗平、瞄准、精平、读数。

1. 安置水准仪

首先，在测站上松开三架脚的固定螺旋，按需要的高度调整架腿长度，拧紧固定螺旋，再张开三脚架且使架头大致水平，然后从仪器箱中取出水准仪，用连接螺旋将仪器固定在三脚架头上。检查、调节脚螺旋，使其高度适中；移动并踩实架腿，使圆水准器气泡不紧靠圆水准器的内壁。

2. 粗平

粗平即粗略整平仪器，就是旋转脚螺旋使圆水准器气泡居中。

如图 1.13 所示，图中 1、2、3 为三个脚螺旋，中间为圆水准器，虚线圆圈表示气泡所在位置。粗平的操作方法是：首先使圆水准器置于 1、2 两个脚螺旋一侧的中间，用两手分别以相对方向转动这两个脚螺旋，使气泡移动到 1、2 连线的中垂线上为止，如图 1.13 (a) 所示；然后转动脚螺旋 3 使气泡移动居中，如图 1.13 (b) 所示；此操作步骤应反复进行，直至气泡完全居中。圆气泡的移动方向与左手大拇指转动脚螺旋的方向相同。

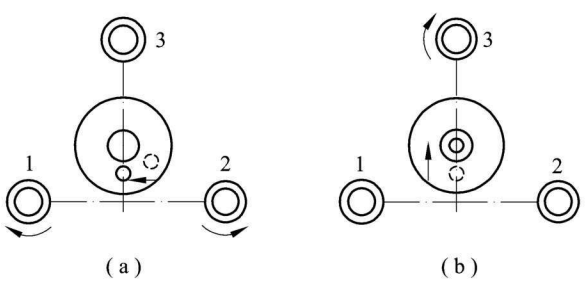


图 1.13 粗平

3. 瞄准

首先进行目镜调焦，将望远镜对向明亮的背景，转动目镜调焦螺旋，使十字丝清晰；再松开制动螺旋，旋转望远镜，利用照门和准星对准水准尺后旋紧制动螺旋；从望远镜中观察

目标，转动物镜调焦螺旋，使水准尺成像清晰，再转动微动螺旋，使纵丝对准水准尺，如图 1.14 所示。

使用望远镜瞄准目标水准尺，如果目标像与十字丝平面相重合，则观测者的眼睛在目镜端上下微微移动时，不会发觉目标像与十字丝有相对移动。如果目标像与十字丝平面没有完全重合，则观测者的眼睛在目镜端上下微微移动时，就会发觉目标像与十字丝之间有相对移动，这种现象称为视差，如图 1.15 所示。视差会影响读数的正确性，读数之前必须消除视差。消除视差的方法是：先转动目镜调焦螺旋，使十字丝十分清晰，然后转动物镜调焦螺旋，使目标像十分清晰。

4. 精平

精平即精确整平，就是旋转微倾螺旋使水准管气泡居中。

精平的操作方法是：眼睛观察气泡，观察窗内的管水准气泡影像，右手转动微倾螺旋，使气泡两端的影像完全吻合。两侧气泡影像的移动方向与微倾螺旋的转动方向的关系，如图 1.16 所示。

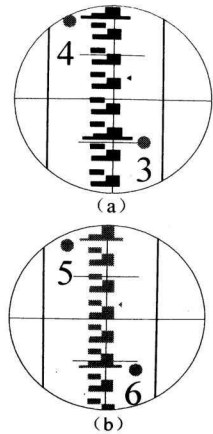


图 1.14 瞄准与读数

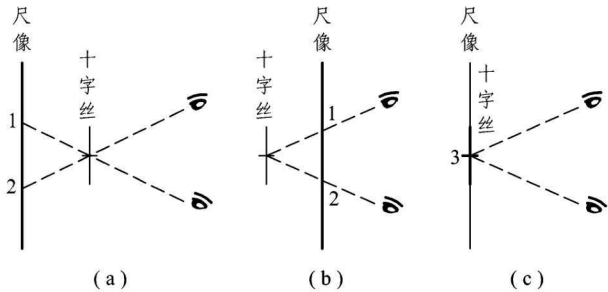


图 1.15 视差

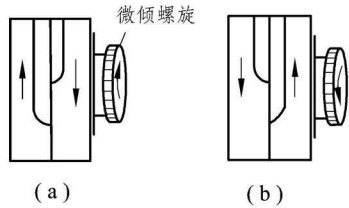


图 1.16 精平

5. 读数

仪器精平后，眼睛移至目镜，立即读取水准尺上的中丝读数，读取米、分米、厘米、毫米共四位数。读数前要认清水准尺的注记形式。读数时按由小到大的方向，米位和分米位根据尺子注记的数字直接读取，厘米位则要数分划数，毫米位需要估读。图 1.14 (a) 为尺正像读数，所示的中丝读数为 1.334 m；图 1.14 (b) 为尺倒像读数，所示的中丝读数为 1.560 m。读数后应再检查管水准气泡是否居中，若不居中，应再次精平，重新读数。

3.4.4 自动安平水准仪

自动安平水准仪（见图 1.17）与微倾式水准仪的主要区别在于：自动安平水准仪没有管水准器和微倾螺旋，而是在望远镜的光学系统中装置了补偿器。当水准仪粗平后视准轴仅有微小倾斜时，过物镜中心的水平光线可通过补偿器偏转一个相应角度依然到达十字丝中点，从而仍可读得视线水平时的读数。

DS₃ 自动安平水准仪的圆水准器分划值一般为 $8'/2 \text{ mm}$ ，补偿范围一般为 $\pm 8' \sim \pm 11'$ 。若圆水准气泡没有居中致使视准轴的倾斜超过补偿器的工作范围或补偿器本身失效，都会导致得不到视线水平时的读数，因此，在测量中应检查补偿器能否有效工作。