



普通高等教育高职高专测绘类“十二五”规划教材

地形测量技术

主 编 牛志宏
主 审 宋萌勃



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



普通高等教育高职高专测绘类“十二五”规划教材

地形测量技术

主 编 牛志宏

主 审 宋萌勃



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是为适应测绘新技术的应用和高职高专教学改革的发展需要,编写的与“教、学、做”一体化教学模式相匹配的教材。本书共分5个部分,包括:高程控制测量、平面控制测量、测量数据精度评定、地形测量、地形图的应用。本书是基于地形测图生产过程系统化教材,力求适应高职学生的学习特点和高职高专教育教学的要求。

本书可作为高职高专工程测量技术专业《地形测量技术》课程的教学用书,也可供测绘类专业和其他相关专业的工程技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

地形测量技术 / 牛志宏主编. — 北京: 中国水利水电出版社, 2012.3

普通高等教育高职高专测绘类“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5084-9582-8

I. ①地… II. ①牛… III. ①地形测量—高等职业教育—教材 IV. ①P217

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第049246号

书 名	普通高等教育高职高专测绘类“十二五”规划教材 地形测量技术
作 者	主编 牛志宏 主审 宋萌勃
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (发行部)
经 售	北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	184mm×260mm 16开本 9.75印张 231千字
版 次	2012年3月第1版 2012年3月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	20.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

本书是为适应测绘新技术的应用和高职高专教学改革的发展需要，编写的与“教、学、做”一体化教学模式相匹配的教材。可作为高职高专测绘工程专业学习《地形测量技术》课程的教学用书，也可供测绘类专业和其他相关专业的工程技术人员参考使用。

本书按照地形测图生产过程中依次完成主要任务，将教材内容分为高程控制测量、平面控制测量、测量数据精度评定、地形测量、地形图的应用 5 个部分，并对每个典型工作任务进行情景设计，形成基于地形测图生产过程系统化的教材，符合高职高专学生的学习特点，并与高职高专教育教学要求相一致，便于初学者学习。

本书由长江工程职业技术学院牛志宏担任主编。参加编写工作的人员有：祝婕（工作任务 1 学习情景 1、学习情景 2），刘飞（工作任务 1 学习情景 3、学习情景 4、学习情景 5），徐健梅（工作任务 2 学习情景 1、学习情景 2、工作任务 3），钱伶俐（工作任务 2 学习情景 3、学习情景 4、学习情景 5），牛志宏（工作任务 4 学习情景 1、学习情景 4、学习情景 5），郭涛（工作任务 4 学习情景 2、学习情景 3、学习情景 6、学习情景 7），王卿（工作任务 5）参与编写。全书由牛志宏统稿，长江工程职业技术学院宋萌勃副教授主审。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中难免会有错误之处，恳请使用本书的老师和广大读者提出宝贵意见和建议，以便日后进一步修正和完善。

编 者

2011 年 12 月

目 录

前言

工作任务 1 高程控制测量	1
学习情景 1 高程控制测量概述	1
学习情景 2 普通水准测量	4
学习情景 3 四等水准测量	13
学习情景 4 高程控制测量成果整理	16
学习情景 5 水准仪的检验校正和水准测量误差来源	19
工作任务 2 平面控制测量	24
学习情景 1 平面控制测量基本知识	24
学习情景 2 水平角观测	33
学习情景 3 竖直角观测	42
学习情景 4 经纬仪的检验校正和角度测量误差来源	45
学习情景 5 距离测量	50
学习情景 6 平面控制测量成果整理	55
工作任务 3 测量数据精度评定	71
学习情景 1 精度评定基本知识	71
学习情景 2 误差传播律	76
工作任务 4 地形测量	78
学习情景 1 地形图基本知识	78
学习情景 2 地形图测量方法	93
学习情景 3 地形数据采集	95
学习情景 4 地形成图软件简介	105
学习情景 5 地形成图方法	110
学习情景 6 地形测量资料整理	120
学习情景 7 地形测量技术设计	125
工作任务 5 地形图的应用	130
学习情景 1 地形图基本应用	130
学习情景 2 地形图在工程中的应用	133
附录 A ××省××市 1:500 地形图测绘技术设计书(样本)	143
附录 B ××镇 1:1000 地形测量及数字化成图技术总结	149
参考文献	152

工作任务1 高程控制测量

学习情景1 高程控制测量概述

1.1.1 地球的形状和大小

地球表面是极其不规则的，高山、丘陵、平原、盆地、海洋等起伏变化，但这种起伏变化和庞大的地球半径（约 6371km）比较起来是很小的。同时，就地球表面而言，海洋面积约占 71%，陆地仅占 29%，所以海水面所包围的形体基本上代表了地球的形状和大小。假想有一个静止的平均海水面，延伸至陆地下面形成一个封闭的曲面，这个曲面称为大地水准面（任一静止的液体表面称作水准面）。对不同的国家或地区来说，通过测验潮汐，确定平均海水面，作为该国家或地区的大地水准面。大地水准面所包围的形体称为大地体，大地体就代表了地球的形状和大小。

1.1.2 常用高程坐标系

（1）绝对高程系。地面点沿铅垂线方向至大地水准面的距离称为绝对高程，用 H 表示。由于大地水准面难以精确确定，通常以平均海水面代替大地水准面。我国以青岛验潮站 1950~1956 年的潮汐资料推求的平均海水面作为我国的高程基准面，并以此作为我国高程的统一起算面，称为 1956 年黄海高程系统。1987 年 5 月，经国务院批准，国家测绘局宣布废止 1956 年黄海高程系统。根据青岛验潮站 1952~1979 年间的验潮资料，计算确定了新的国家高程基准面，将其作为全国高程的统一起算面，称为 1985 国家高程基准。1985 年国家高程基准从 1988 年 1 月 1 日开始启用，以后凡涉及高程基准时，一律由原来的 1956 年黄海高程系统改用 1985 国家高程基准。如图 1.1 所示，地面点 A 和 B 的绝对高程分别为 H_A 和 H_B 。

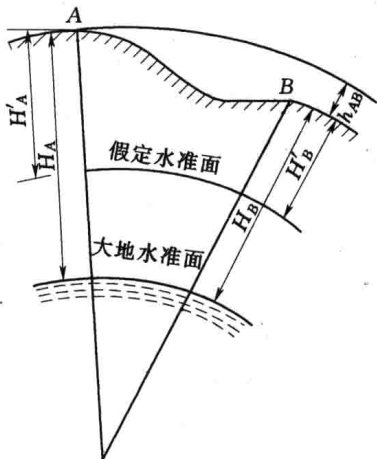


图 1.1 高程系统

（2）相对高程系。地面点沿铅垂线方向至假定水准面的距离称为该点的相对高程，亦称为独立高程（用 H' 表示）。在图 1.1 中，地面点 A 和 B 的相对高程分别为 H'_A 和 H'_B 。两点高程之差称为高差，以符号 “ h ” 表示。图 1.1 中， A 、 B 两点的高差为 $h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$ 。

在测量工作中，一般采用绝对高程，只有在偏僻地区，没有已知绝对高程点或相对独立的地区时，才采用相对高程。

1.1.3 高程测量方法

根据测量高程所用的仪器和测量原理的不同，高程测量的方法分为四种：几何水准测



量、三角高程测量、GPS 高程测量和气压高程测量。

(1) 几何水准测量。几何水准测量精度最高，使用也最为广泛，是一切高程测量的基础。但是这种方法外业工作量大，施测的速度慢，仅限于平原或起伏不大的丘陵地区。几何水准测量分为国家等级水准、等外水准（也称为图根水准）。国家水准测量用于建立全国性的高程控制网，分为一等、二等、三等、四等。一等水准测量精度最高，二等、三等、四等的精度依次降低。等外水准精度低于四等水准，但能直接满足地形测量图和工程建设的需要。

(2) 三角高程测量。三角高程测量主要用在起伏较大的山区，快速测量地面点的高程。它主要通过测量两点间的距离和竖直角，采用三角函数公式计算两点间高差的方法来推算待定点的高程。这种方法速度快，但精度低，只能满足图根高程控制测量的要求，主要分为独立交会高程测量、三角高程导线测量、光电测距三角高程测量等。

(3) GPS 高程测量。GPS 高程测量是利用全球定位系统（GPS）测量技术直接测定地面点的大地高，或间接确定地面点的正常高的方法。在用 GPS 测量技术间接确定地面点的正常高时，当直接测得测区内所有 GPS 点的大地高后，再在测区内选择数量和位置均能满足高程拟合需要的若干 GPS 点，用水准测量方法测取其正常高，并计算所有 GPS 点的大地高与正常高之差（高程异常），以此为基础利用平面或曲面拟合的方法进行高程拟合，即可获得测区内其他 GPS 点的正常高。此法精度已达到厘米级，应用越来越广。GPS 高程测量主要分为等值线图法、大地水准面模型法、拟合法等。

(4) 气压高程测量。气压高程测量是根据大气压力随高程变化的规律，用气压计测定两点的气压差推算高差的方法。大气压力常以水银柱高度表示，温度为 0°C 时，在纬度 45° 处的平均海面上大气平均压力约为 760mm 水银柱。每升高约 11m，大气压力减少 1mm 水银柱。一般气压计读数精度可达 0.1mm 水银柱，约相当于 1m 的高差。由于大气压力受气象变化的影响较大，气压高程测量精度较低，主要用于高差较大的丘陵地和山区的勘测工作。常用的有空盒气压计和水银气压计，前者便于携带，多用于野外作业，后者常用于固定测站或检验前者。

1.1.4 高程控制测量

在测量工作中，要确定地面点的空间位置，不但要确定地面点的平面坐标，而且要确定地面点的高程。我们把确定地面点高程的工作成为“高程测量”。

“误差”贯穿于与整个测量过程，为了使测量误差的累积得到控制，以保证图纸上所测绘的内容精度均匀，使相邻图幅之间正确拼接，从而满足工程建设的需要，在测绘地形图之前应先进行“控制测量”。所谓“控制测量”，就是使整个测区的测量误差不超出一定范围而进行的测量工作，即先在整个测区范围内以较高精度测定少量地面点的平面位置和高程。这些少量的地面点称为控制点，把相关的控制点联系起来，构成一定的几何形状，在测量上称为控制网。而高程控制测量指的是精确测定控制点高程的工作。



1.1.5 高程控制网概述

高程控制测量首先要在测区建立高程控制网,为了便于地形图测绘、建筑物施工放样以及进行科学研究工作而需要进行高程测量。我国在全国范围内建立一个统一的高程控制网,高程控制网由一系列的水准点构成,沿水准路线按一定的距离埋设固定的标志称为水准点,水准点分为临时性水准点和永久性水准点。等级水准点埋设永久性标志,三等、四等水准点埋设普通水准标石,如图 1.2 所示。图根水准点可根据需要埋设永久性水准点或临时性水准点,临时性水准点以埋设木桩或在水泥板、石头上用红油漆画出临时标志表示。

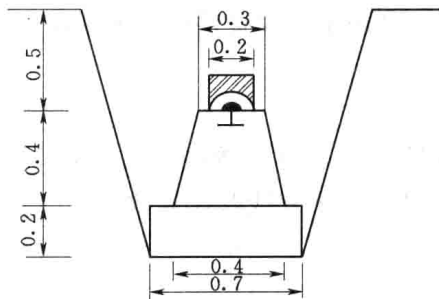


图 1.2 混凝土普通水准标石 (单位: m)

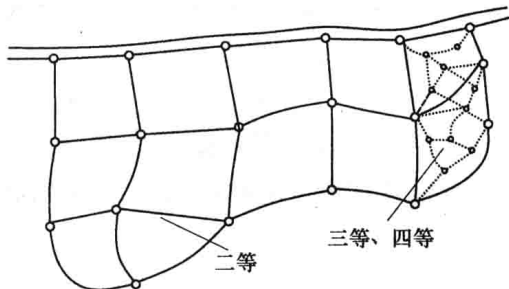


图 1.3 国家等级水准网布设示意图

1. 国家高程控制网

国家高程控制网分为一等、二等、三等、四等四个等级。一等、二等水准网是国家高程控制的基础,一等、二等水准路线一般沿着铁路、公路进行布设,形成闭合水准网或附合水准网,用精密水准测量方法测定其高程;三等、四等水准测量主要用于一等、二等水准测量的加密,作为地形测量和工程测量的高程控制,布设成闭合水准路线和附合水准路线。国家等级水准网布设示意图如图 1.3 所示。

2. 图根高程控制网

为了满足测图的需要,测定图根点的高程称为图根控制测量,图根高程控制网可以布设为水准网及三角高程网。图根水准测量按五等水准测量方法测定其高程。图根高程网可采用水准测量方法或三角高程测量方法施测。

3. 高程控制网的施测方法

三等、四等高程控制网的施测方法一般采用水准测量方法。

在地形测量中,高程控制测量一般分为基本高程控制和加密高程控制,基本控制测量一般采用三等、四等及以上等级水准测量,加密一般采用等外水准测量及三角高程测量。

练 习

1. 什么是大地水准面及大地体?
2. 什么是绝对高程、相对高程?
3. 什么叫高程控制测量? 高程控制测量的方法有哪几种?



学习情景 2 普通水准测量

学习单元 2.1 水准测量的基本概念

2.1.1 水准测量的概念

水准测量是利用水准仪所提供的水平视线来测定两点间的高差，根据某一已知点的高程和两点间的高差，计算另一待定点的高程。

2.1.2 水准测量的原理

如图 1.4 所示，在 A、B 两点分别竖立水准尺，利用水准仪提供的水平视线在水准尺上分别读取数据 a 和 b ，则两点间高差

$$h_{AB} = a - b \quad (1.1)$$

式中 a ——后视读数（简称后视），通常是已知高程点 A 的水平视线截尺读数；

b ——前视读数（简称前视），是未知高程点 B 的水平视线截尺读数。

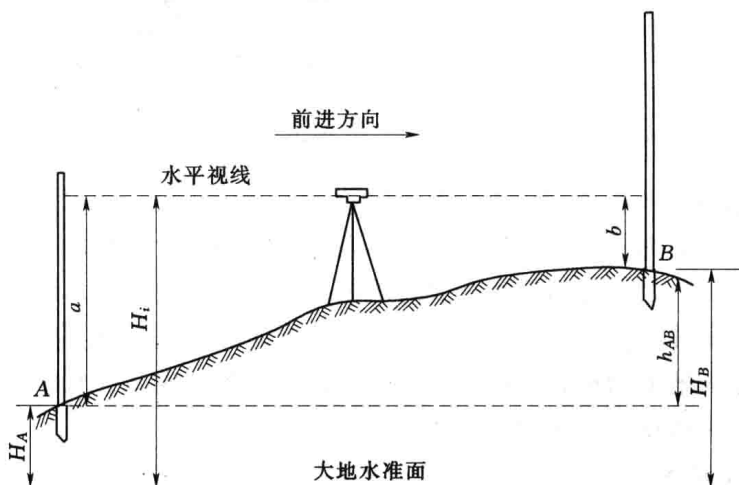


图 1.4 水准测量原理

两点的高差，等于后视读数减前视读数。高差有正负值，当后视读数 a 大于前视读数 b （即地面 B 点高于 A 点），高差 h_{AB} 为正值，反之为负值。测得 A 点至 B 点的高差后，可求得 B 点的高程，即

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (1.2)$$

式 (1.2) 是通过高差计算而求得 B 点的高程。高程的计算也可以用视线高程的方法进行计算，即

$$H_B = (H_A + a) - b = H_i - b \quad (1.3)$$

式中 H_i ——视线高程，等于已知 A 点的高程 H_A 加 A 点尺上的后视读数 a 。

用高差法计算点的高程，适用于在一个测站上有一个后视读数和一个前视读数；视线高程法适用于一测站上有一个后视读数和多个前视读数。每一个测站只有一个视线高程 H_i （作为每一站的常数），分别减去各待测点上的前视读数，即可求得各点的高程。

当 A、B 两点间距离较远或高差较大时，必须设置多个测站才能测定出高差 h_{AB} 。由



图 1.5 可知

$$\begin{aligned} h_1 &= a_1 - b_1 \\ h_2 &= a_2 - b_2 \\ &\vdots \\ h_n &= a_n - b_n \\ h_{AB} &= h_1 + h_2 + \cdots + h_n = \sum_{i=1}^n h_i = \sum a - \sum b \end{aligned} \tag{1.4}$$

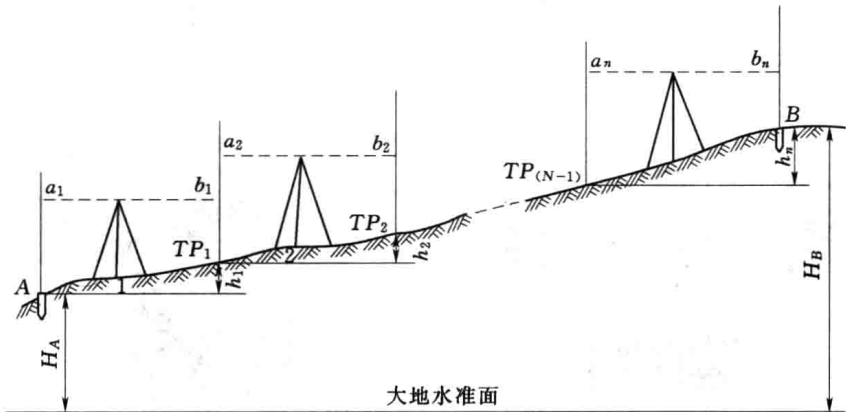


图 1.5 分段水准测量

图 1.5 中的立尺点 TP_1 、 TP_2 、 TP_3 称为转点，是测量过程中临时选定的，在确定 B 点的高程工作中，转点起到传递高程的作用。此时

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + \sum a - \sum b \tag{1.5}$$

学习单元 2.2 高程测量仪器

2.2.1 水准仪、水准尺和尺垫

2.2.1.1 常用水准仪

1. 水准仪的分类

水准仪按测量精度分为 DS_{05} 、 DS_1 、 DS_3 。“D”，“S”分别是“大地测量”和“水准仪”的汉语拼音的第一个字母。下标数字表示这些型号的仪器每公里往返测高差中数的中误差，以毫米为单位。 DS_{05} 、 DS_1 型属于精密水准仪， DS_{05} 型主要用于国家一等、二等水准和精密工程测量， DS_1 型主要用于国家二等水准和精密工程测量。 DS_3 型为普通水准仪，可用于一般工程建设测量、国家三等、四等水准测量，是目前工程上使用最普遍的一种。

按水准仪结构分类，目前主要有微倾式水准仪、自动安平水准仪和电子水准仪三种。

(1) 微倾水准仪。借助微倾螺旋获得水平视线。其管水准器分划值小、灵敏度高。望远镜与管水准器联结成一体。凭借微倾螺旋使管水准器在竖直面内微作俯仰，符合水准器居中，视线水平。

(2) 自动安平水准仪。借助自动安平补偿器获得水平视线。当望远镜视线有微量倾斜



时,补偿器在重力作用下对望远镜作相对移动,从而迅速获得视线水平时的标尺读数。这种仪器较微倾水准仪工效高、精度稳定。

(3) 电子水准仪。利用激光束代替人工读数。将激光器发出的激光束导入望远镜筒内使其沿视准轴方向射出水平激光束。在水准标尺上配备能自动跟踪的光电接收靶,即可进行水准测量。

2. 水准仪的结构及各部件功能

本节主要以拓普康自动安平水准仪为例介绍其的基本结构。

拓普康自动安平水准仪主要由望远镜、水准器、基座和三脚架组成。仪器主要部件的名称如图 1.6 所示。

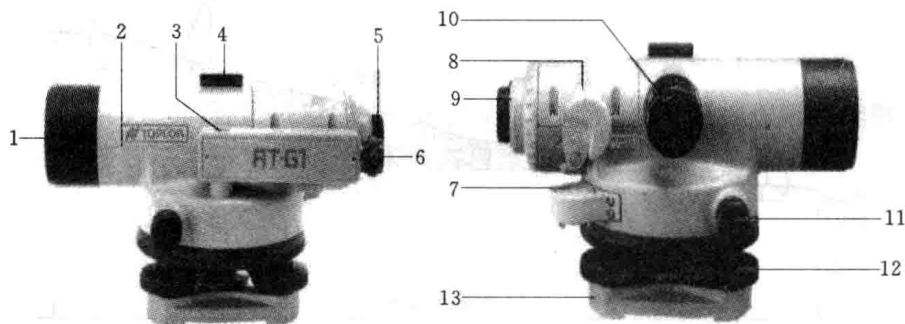


图 1.6 拓普康水准仪

- 1—望远镜物镜; 2—光学测微照安装定位指标; 3—分划尺照明窗; 4—瞄准器;
5—望远镜目镜; 6—水平度盘读数目镜; 7—圆水准器; 8—圆水准器
观测镜; 9—目镜盖; 10—调焦螺旋; 11—水平微动螺旋;
12—整平脚螺旋; 13—基座底板

(1) 望远镜。望远镜是用来精确瞄准远处目标的。望远镜由物镜、目镜、十字丝和对光镜筒构成(图 1.7)。物镜和目镜采用多块透镜组合而成,对光透镜由单块透镜或多块透镜组合而成。转动物镜对光螺旋即可带动对光透镜在望远镜筒内前后移动,使物像清晰地反映到十字丝平面上。转动目镜对光螺旋,使十字丝像清晰。

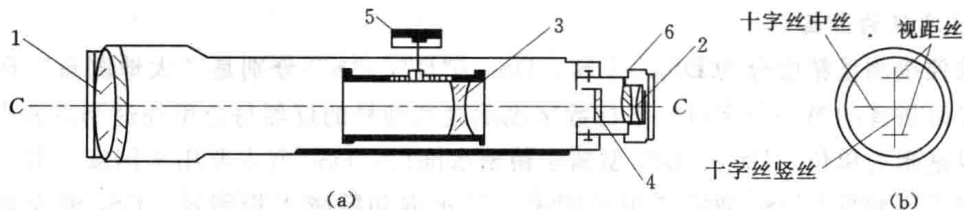


图 1.7 望远镜构造

- 1—物镜; 2—目镜; 3—调焦透镜; 4—十字丝分划板; 5—物镜对光螺旋; 6—目镜调焦螺旋

十字丝是纵横的两根长细线,竖线是十字丝的纵丝,中间的横线是十字丝的横丝。十字丝刻在一块圆形的玻璃片上,称为十字丝分划板,它装在十字丝环上,再用螺丝固定在望远镜筒内。十字丝交点与物镜光心的连线称为视准轴(图 1.7 的 C—C 轴)。视准轴的延长线为视线,它是瞄准目标的依据。十字丝横丝上下的两根短丝是测距时用的,以后再作介绍。



望远镜可以沿水平方向左右转动。

(2) 圆水准器。圆水准器是供整平仪器用的。如图 1.8 所示，圆水准器是一封闭的玻璃圆盒，顶面的玻璃内表面研磨成球面，球面的正中刻画有圆圈。圆圈的中心称为零点，通过零点的法线 $L'L'$ ，称为圆水准轴。当气泡居中时，圆水准轴就处于铅垂位置。指示仪器的竖轴也处于铅垂位置。圆水准器的气泡每移动 2mm，圆水准轴相应倾斜的角度，称为圆水准器分划值，一般为 $8' \sim 10'$ 。在自动安平水准仪中，圆水准器作为整平使用。

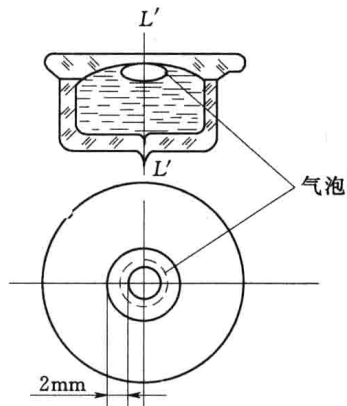


图 1.8 圆水准器

在微倾式水准仪中，圆水准器只作为粗略整平使用，在该水准仪中还存在一个水准管，作为精确整平使用。

(3) 基座及三脚架。基座由轴座、脚螺旋和连接板组成。仪器上部通过竖轴插入轴座内，由基座承托，旋紧中心螺旋，使仪器与三脚架相连接。三脚架由木质（或金属）制成，脚架一般可伸缩，便于携带及调整仪器高度。

2.2.1.2 高程测量的工具

1. 水准尺

水准尺是水准测量的重要工具（图 1.9），它是用优质木料或塑料制成。水准尺的零点一般在尺的底部，尺的刻划是黑（红）白相间，每格是 1cm 或 0.5cm，每分米处均注数字。超过 1m 有的加注红点，如有 2 个红点表示整米数为 2m；有的米数用数字表示，如 15 则表示 1.5m。

水准尺一般分为双面水准尺和塔尺两种。双面尺尺长 3m，一面为黑面分划，黑白相间，尺底为零；另一面为红面分划，红白相间，尺底为一常数（如 4.687m 或 4.787m）。普通水准测量用黑面读数，三等、四等水准测量用黑、红面尺读数进行校核。塔尺可以伸缩，尺长一般为 5m，适用于普通水准测量。

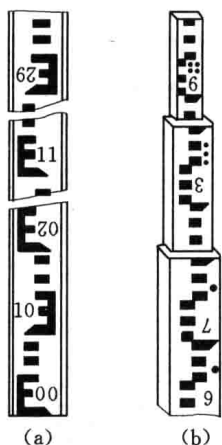


图 1.9 塔尺

2. 尺垫

尺垫顶面是三角形或圆形，用生铁铸成或铁板压成，中央有突起的半圆顶（图 1.10）。使用时将尺垫压入土中，在其顶部放置水准尺。应用尺垫的目的是临时标志点位，并避免土壤下沉和立尺点位置变动而影响读数。

2.2.1.3 精密水准仪

精密水准仪主要用于国家的一等、二等精密水准测量、地震水准测量、大型桥梁的施工测量以及大型的机械安装测量等，在土建工程中，也用于如房屋建筑物的沉降观测、桩基试验的沉降观测以及建筑构件试验的挠度观测等，应用较广。

精密水准仪为 DS_1 级和 DS_{05} 级， DS_{05} 级精度最高。精密水准仪的望远镜放大率大、亮度好，水准管灵敏度高，仪器结构稳定，读数精确，仪器密封性能好。

图 1.11 为威特 N_3 型水准仪。望远镜放大率为 42 倍。水准管分划值为 $10''$ ，平行玻



玻璃测微器直读 0.1mm，估读 0.01mm。

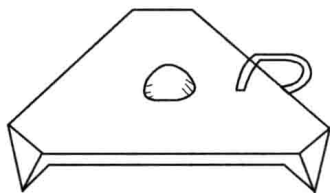


图 1.10 尺垫

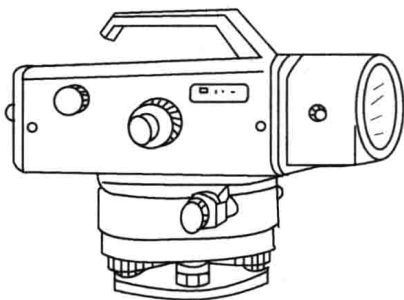


图 1.11 威特 N₃ 型水准仪

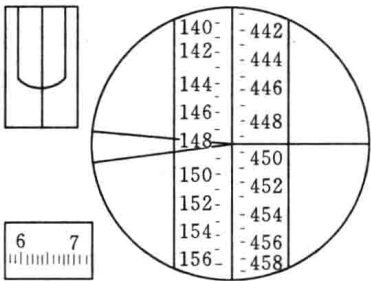


图 1.12 钢钢水准尺上读数

威特 N₃ 型水准仪附有钢钢水准尺一副，尺面有二排分划线，相邻分划线的长度为 1cm，每隔 2cm 注一数字。正对尺面右侧（在望远镜的尺像为左侧）为基本分划，注记从零开始。左侧（尺像为右侧）为辅助分划，注记从 301.550cm 开始。在同一水平线上尺上基、辅分划读数差值为 301.550cm，以便观测时进行校核，如图 1.12 所示。

在瞄准水准尺进行读数时，先转动微倾螺旋使水准管气泡居中（水准管气泡两端半像符合），再转动测微轮使十字丝的楔形丝恰好夹住某一基本分划线，如图中的 152cm 分划线，在测微窗上读取读数为 562（尾数估读），实际读数为 0.562cm，两数相加为 152.562cm，然后再按上法读辅助分划的读数。

2.2.2 水准仪的使用

1. 水准仪的安置

在设测站的地方，打开三脚架，将仪器安置在三脚架上，旋紧中心螺旋。仪器安置高度要适中，三脚架头大致水平，并将三脚架的脚尖踩入土中。

2. 粗略整平

粗略整平是旋转脚螺旋使圆水准器气泡居中，从而使仪器大致水平。转动脚螺旋使气泡居中如图 1.13 所示，当气泡偏离如图 1.13 (a) 所示的位置时，可旋转任意两个脚螺旋。两手应反向转动。例如气泡偏离左边，转动①、②两个脚螺旋，其转动方向按图中箭头所示方向进行，使气泡从如图 1.13 (a) 所示位置转至如图 1.13 (b) 所示位置。然后按箭头方向转动另一个脚螺旋③使气泡向中心移动。按此方法多次进行，使气泡居中。整平工作，也可以先转动一个脚螺旋，然后转动其余的两个脚螺旋，使气泡居中。脚螺旋的转动方向与气泡的移动方向的规律是：气泡移动的方向与左手大拇指转动脚螺旋的方向一致。

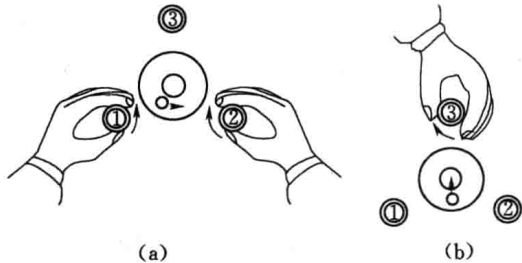


图 1.13 粗略整平

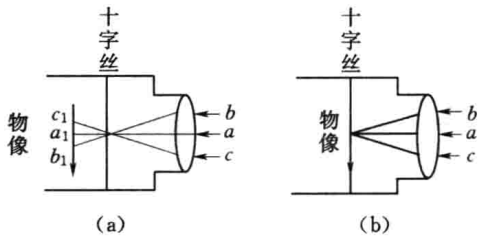


图 1.14 视差产生及消除
(a) 存在视差；(b) 消除视差



3. 瞄准水准尺

转动目镜对光螺旋,使十字丝清晰,然后松开水平制动螺旋,转动望远镜,利用望远镜上部的准星与缺口照准目标,旋紧制动螺旋,再转动物镜对光螺旋,使目标的像清晰,此时目标的像不完全在中间位置,可转动微动螺旋,对准目标。

在读数之前,将眼睛在目镜端上下(或左右)微小移动,若发现十字丝和物像有相对移动,眼睛分别位于 b 、 a 、 c 位置时,看到十字丝交点相应对着物像的 a_1 、 b_1 、 c_1 点如图1.14(a)所示,出现这样的现象称为视差。产生视差的原因是由于对光工作没有做好,像平面不与十字丝分划板平面重合。要消除视差必须再次进行目镜对光(使十字丝清晰)和物镜对光(使物像清晰),以达到像平面与十字丝分划板平面相重合,如图1.14(b)所示。

4. 精平与读数

精平工作,就是在读数之前必须转动微倾螺旋,是水准管气泡居中(水准管气泡两边的影像吻合)。然后以十字丝中横丝读出尺上的数值。读数时应注意尺上注字由小到大的顺序,读出米、分、厘米。估读至毫米。如图1.15所示的读数为1.356m。

这里有必要指出的是:在同一测站,对准另一目标时,水准管气泡都有偏离;每对准一个目标,都必须转动微倾螺旋使水准管气泡居中才能读数。

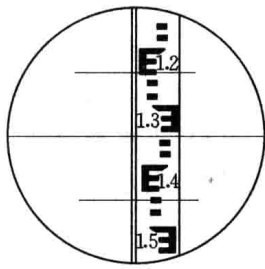


图 1.15 水准尺上读数

5. 使用水准仪应注意的事项

(1) 搬运仪器前,应检查仪器箱是否扣好或锁好,提手或背带是否牢固。

(2) 从箱内取出仪器时,应先记住仪器和其他附件在箱内安放的位置,以使用完后照原样装箱。

(3) 安置仪器时,注意拧紧脚架的架腿螺旋和架头连接螺旋;仪器安置后应有人守护,以免外人扳弄损坏。

(4) 操作仪器时用力要均匀轻巧,微动螺旋不能拧到极限。当目标偏在一边用微动螺旋不能调至正中时,应将微动螺旋反松几圈(目标偏离更远),再松开制动螺旋重新照准。

(5) 迁移测站时,如果距离较近,可将仪器侧立,左臂夹住脚架,右手托住仪器基座进行搬运;如果距离较远,应将仪器装箱搬运。

(6) 在烈日下或雨天进行观测时,应撑伞遮住仪器,以防曝晒或淋雨。

(7) 仪器用完后应清去外表的灰尘和水珠,但切忌用手帕擦拭镜头。需要擦拭镜头时,应用专门的擦镜纸或脱脂棉。

(8) 仪器应存放在阴凉、干燥、通风和安全的地点,注意防潮、防霉,防止碰撞或摔跌损坏。

学习单元 2.3 普通水准测量

2.3.1 普通水准测量的方法

普通水准测量又称为等外水准测量。它是地形测量、断面测量及航测外业获得图根高



程点的方法。其精度低于四等水准测量的精度，但操作比较简单，工作速度快，在很多对精度要求不高的情况下常常选择其作为测量方法。

一个完整的普通水准测量的过程包括：前期准备、水准路线的拟定、选点、埋石、观测、计算等工作。

1. 水准路线的选定

为了便于观测和计算各点的高程，并检查和发现测量中可能产生的错误，必须将各点组成一条适当的施测路线（称为水准路线），使之有可靠的校核条件。在水准路线上，两相邻水准点之间称为一个测段。水准路线有以下三种形式。

(1) 闭合水准路线。闭合水准路线是由一个已知高程的水准点开始观测，顺序测量若干待测点，最后测回到原来开始的水准点。如图 1.16 (a) 所示，已知水准点 A 的高程，由 A 开始，顺序测定 1、2、3、4 点，最后从第 4 点测回到 A 点，构成闭合水准路线。

(2) 附和水准路线。由一个已知高程的水准点开始，顺序测定若干个待测点，最后连续测到另一个已知高程水准点上，构成附和的水准路线，如图 1.16 (b) 所示。

(3) 支水准路线。由已知水准点开始测若干个待测点之后，既不闭合也不附和的水准路线称为支水准路线。支水准路线不能过长。图 1.16 (c) 为支水准路线的 A 点（高程已知）引出的支水准路线 A—1—2。

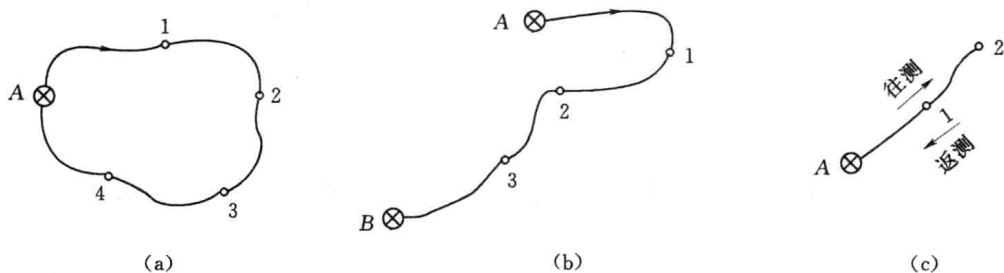


图 1.16 水准路线布设形式

(a) 闭合水准路线；(b) 附和水准路线；(c) 支水准路线

2. 水准点的确立

用水准测量方法确定的高程控制点称为水准点（一般以 BM 表示）。水准点应按照水准路线等级，根据不同性质的土壤及实际需要，每隔一定的距离埋设不同类型的水准标志或标石（详见国家水准测量规范）。

现将工程中常用的水准点标志简述如下。水准点有永久性和临时性两种，永久性水准点由石料或混凝土制成，顶面设置半球状标志，在城镇区也有在稳固的建筑物墙上设置墙上水准点。图 1.17 (a) 为国家二等、三等水准点，图 1.17 (b) 为墙上水准点。图 1.17 (c) 为临时性的水准点，可打下木桩，桩顶用水泥砂浆保护。

3. 普通水准测量施测

图 1.18 为按普通水准测量技术要求进行两点间高差观测的示意图。 BM_A 为已知水准点，其高程 $H_A = 32.432m$ ； BM_B 为待定高程的水准点。观测方法如下：

(1) 在已知点 A 立水准尺作为后视尺，选择合适的地点为测站，再选择合适的地点为转点 TP_1 ，踏实尺垫，在尺垫上立直前视尺。要求水准尺与水准仪之间的水平距离即视



线长度不大于 150m；前视距离与后视距离大致相等。

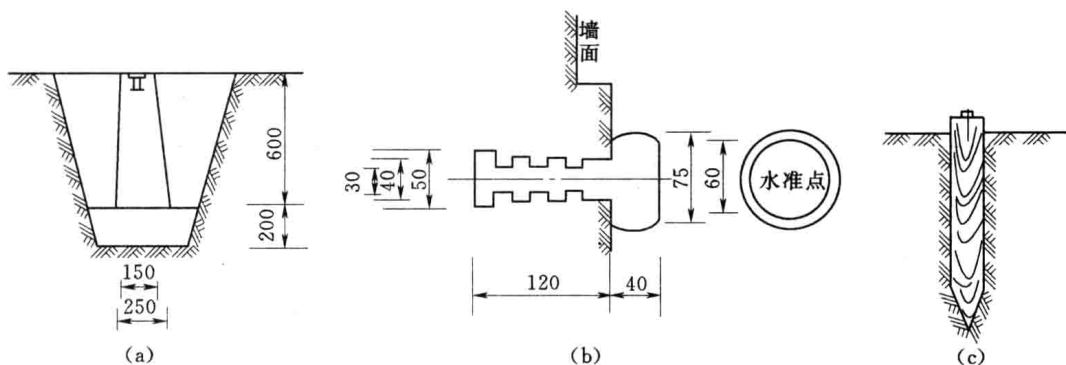


图 1.17 永久水准点 (单位: mm)

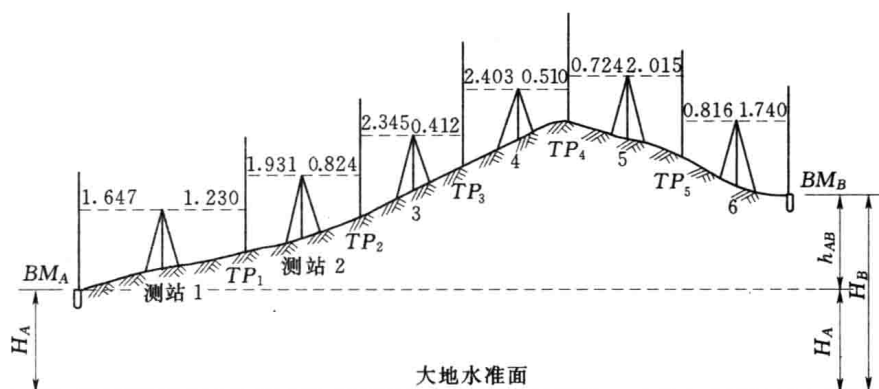


图 1.18 普通水准测量 (单位: m)

(2) 观测者首先将水准仪粗平；然后瞄准后视尺，水准仪精平，读数；再瞄准前视尺，精平，读数，记录者同时记录并计算出一个测站的高差。

(3) 记录者计算完毕，通知观测者搬往下一个测站。原后尺手也同时前进到下一个站的前视点 TP_{21} 。原前尺手在原地 TP_1 不动，把尺面转向下一个测站，成为后视尺。按照前一站的方法观测。重复上述过程，一直观测至待定点 BM_B 。

(4) 记录者在现场应完成每页记录手簿的计算校核项，即

$$h_{AB} = \sum a - \sum b = \sum h \quad (1.6)$$

2.3.2 普通水准测量的记录方法、注意事项

普通水准测量的记录方法如表 1.1 所示。

普通水准测量注意事项：

- (1) 在测量工作之前，应对水准仪进行检验校正。
- (2) 仪器应安置在稳固的地面上，以减少仪器下沉。在光滑地面上安置仪器时，为防脚架滑动应采取防滑措施。
- (3) 在水准点（已知点或待定点）上立尺时，不得放尺垫。
- (4) 仪器不能让雨淋或烈日曝晒，应撑伞遮挡。
- (5) 前后视距离应大致相等，以消除或减少仪器有关误差及地球曲率与大气折光的



影响。

表 1.1

普通水准测量记录表

测站	测点	水准尺读数 (m)		高差 (m)		高程 (m)	备注
		后视 (a)	前视 (b)	+	-		
I	BM ₁	1.647		0.417		32.430	
	TP ₁		1.230				
II	TP ₁	1.931		1.107			
	TP ₂		0.824				
III	TP ₂	2.345		1.933			
	TP ₃		0.412				
IV	TP ₃	2.403		1.893			
	TP ₄		0.510				
V	TP ₄	0.724			1.291		
	TP ₅		2.015				
VI	TP ₅	0.816			0.933	35.558	
	BM _B		1.749				
Σ		9.866	6.740	5.350	2.224		
计算校核		$\Sigma a - \Sigma b = 9.866 - 6.740 = +3.126$ $\Sigma h = 5.350 - 2.224 = +3.126$ $H_B - H_A = 35.558 - 32.432 = +3.126$					

(6) 每次读数前，应调节微倾螺旋，使水准管气泡居中，然后读数。读数后还应检查气泡是否居中。

(7) 在观测员未迁站之前，后视点尺垫不能提动。

(8) 读数时，记录员要复述，以便核对；记录要整齐、清楚；记录有误不准擦去及涂改，应划去重写。

(9) 有正、负意义的量，在记录计算时都应带上“+”、“-”号，正号不能省略。

(10) 作业人员应在手簿的相应栏内签名，并填注作业日期、开始及结束时间、天气及观测情况、使用仪器型号等。

练习

1. 什么是后视、前视？
2. 什么是转点？转点的作用是什么？
3. 什么是视差？产生视差的原因是什么？如何消除？
4. 水准测量中为什么要求前后视距离相等？
5. 单一水准路线可以布设成哪几种形式？各适用于什么情况？