



普通高等教育“十二五”规划教材

土木工程测量学习指导

孙 恒 张大伟 主编
张保成 主审



TUMU GONGCHENG CELIANG
XUEXI ZHIDAO



人民交通出版社
China Communications Press

普通高等教育“十二五”规划教材

Tumu Gongcheng Celiang Xuexi Zhidao
土木工程测量学习指导

孙 恒 张大伟 主编
张保成 主审

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。全书按土木工程测量所涉及的学习内容和实训任务分单元及分模块编写,每个学习单元由若干个学习模块和实训任务组成,编写内容注重对学生自主学习和完成实训任务过程中可能出现的问题加以指导。全书共分为10个学习单元,主要内容包括:水准测量、角度测量、全站仪测量、控制测量、GPS测量、地形图测绘、路线测量、桥隧施工测量、建筑施工测量、水利工程测量,供相关专业学生在自主学习和课间实训时选用。为满足实训学生对有关测量仪器说明书的需求,附录中列出目前常用的系列全站仪和GPS接收机的简要说明。

本书是针对土建类专业必修的测量学课程而开发的学习指导书,可作为土建类(道路工程、桥隧工程、建筑工程、水利工程等)专业本科、技术技能型本科或高层次职业教育学生学习土木工程测量技术的配套教材,也可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量学习指导 / 孙恒, 张大伟主编. —北京: 人民交通出版社, 2014. 4
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-114-11318-5

I. ①土… II. ①孙… ②张… III. ①土木工程—工程测量—高等学校—教材 IV. ①TU198

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 057142 号

普通高等教育“十二五”规划教材

书 名: 土木工程测量学习指导

著 作 者: 孙 恒 张大伟

责任编辑: 袁 方 王绍科

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010)59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 12.75

字 数: 310 千

版 次: 2014 年 4 月 第 1 版

印 次: 2014 年 4 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-11318-5

印 数: 0001—3000 册

定 价: 38.00 元

(有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前言

QIANYAN

本书是针对土建类专业必修的测量课程而开发的学习指导书。全书划分为10个学习单元,每个学习单元由若干个学习模块和实训任务组成,供相关专业学生在自主学习和课间实训时选用。为满足实训学生对有关测量仪器说明书的需求,附录中列出目前常用的系列全站仪和GPS接收机的简要说明。

本书的学习模块主要是针对学生自主学习而编写的,内容力求简化而重点突出。实训任务则注重对学生完成实训任务过程中可能出现的问题加以指导。本学习指导最显著的特点是引导学生自主学习和培养学生自行完成任务的能力。

本书学习单元1、2、7和学习模块4.1由内蒙古大学孙恒编写;学习单元3、8和附录E由内蒙古大学张大伟编写;学习模块4.2、实训任务4.3和附录A、B、C、D由内蒙古工业大学刘霖编写;学习单元5、6和附录F由内蒙古农业大学马腾编写;学习单元9由内蒙古河套学院王文达编写;学习单元10由内蒙古农业大学李瑞平编写。全书由孙恒、张大伟担任主编并统稿,内蒙古大学张保成教授担任主审。

由于编者水平有限,学生在学习过程中出现的问题又千差万别,书中提出的指导方法和观点难免出现疏漏与错误,谨请广大读者批评与指正。

编者

2014年3月

目 录

MULU

学习单元 1 水准测量	1
学习模块 1.1 水准测量原理及仪器设备	1
学习模块 1.2 普通水准测量	7
实训任务 1.3 水准仪的技术操作	10
实训任务 1.4 普通水准测量实施	13
学习单元 2 角度测量	18
学习模块 2.1 角度测量原理及仪器设备	18
学习模块 2.2 角度测量实施	22
实训任务 2.3 经纬仪的技术操作	27
实训任务 2.4 测量水平角	30
实训任务 2.5 测量竖直角	34
学习单元 3 全站仪测量	37
学习模块 3.1 电磁波测距	37
学习模块 3.2 全站仪的使用	41
实训任务 3.3 全站仪的基本测量	45
实训任务 3.4 全站仪坐标测量与放样	49
学习单元 4 控制测量	52
学习模块 4.1 平面控制测量	52
学习模块 4.2 高程控制测量	60
实训任务 4.3 全站仪后方交会与三角高程测量	65
学习单元 5 GPS 测量	69
学习模块 5.1 GPS 定位原理	69
学习模块 5.2 GPS 测量实施	77
实训任务 5.3 GPS 基本测量	84
学习单元 6 地形图测绘	87
学习模块 6.1 地形图测绘的传统方法	87
学习模块 6.2 数字化测图原理及方法	93
实训任务 6.3 全站仪数字化测图	99

学习单元 7 路线测量	103
学习模块 7.1 路线中线测量	103
学习模块 7.2 路线纵、横断面测量	113
实训任务 7.3 路线测量	117
学习单元 8 桥隧施工测量	121
学习模块 8.1 桥梁施工测量	121
学习模块 8.2 隧道施工测量	127
学习单元 9 建筑施工测量	134
学习模块 9.1 建筑工程控制测量	134
学习模块 9.2 民用建筑施工测量	139
学习模块 9.3 工业建筑施工测量	144
实训任务 9.4 建筑物轴线测设	149
学习单元 10 水利工程测量	152
学习模块 10.1 水下地形测量	152
学习模块 10.2 土坝的施工测量	157
学习模块 10.3 混凝土坝的施工测量	162
附录 A 拓普康 GTS—300 系列全站仪简要说明	167
附录 B 尼康 DTM—500 系列全站仪简要说明	173
附录 C 宾得 R—300 系列全站仪简要说明	179
附录 D 南方 NTS—600 系列全站仪简要说明	182
附录 E 中纬 ZT—20 系列全站仪简要说明	186
附录 F 南方 RTK S86—2013 简要说明	189
参考文献	196

学习单元1 水准测量



学习模块

学习模块 1.1 水准测量原理及仪器设备

学习模块 1.2 普通水准测量



实训任务

实训任务 1.3 水准仪的技术操作

实训任务 1.4 普通水准测量实施

水准测量描述

水准测量是目前高程测量的主要方法之一。它的核心内容是用水准仪测量地面点之间的高差,通过测出已知高程点与未知点之间的高差,可由已知点高程推算未知点的高程。

在土木工程勘测设计、施工、运营、养护各个阶段,有相当数量的地面点需要测定其高程。例如,修建一栋大楼,首先就是在原本不平坦的自然地面上按设计高程面修筑基础,基础施工过程中,通常用水准测量的方法测定基础范围内许多关键性点位的高程,以此作为施工的依据;还有出行时通过的公路,在路面施工时,一般也是用水准测量的方法测设路线上许多点位的高程而形成符合设计坡度的路面。总之,用水准测量方法测定地面点高程是工程建设中最基本的测量工作之一。

虽然水准测量的应用非常广泛,但本学习阶段只是要求初学者掌握水准测量的一般方法。具体的学习内容如下:

(1) 阅读学习资源中有关水准仪构造的内容,在实训中对照水准仪实物熟悉其各部件的功能及工作原理。

(2) 结合水准测量原理和水准仪的构造,充分理解水准仪的技术操作步骤,并完成水准仪的实际操作训练。

(3) 在实训场地选择一种合适的水准路线形式,按普通水准测量方法和精度要求测量指定地面点高程,并完成高差闭合差的计算和调整。

学习模块 1.1 水准测量原理及仪器设备



学习资源

(1) 所用教材相关内容。

(2) 教师推荐的学习资源。

- (3)精品课程网络资源及有关学习课件。
- (4)查阅水准仪厂商有关网页。
- (5)测量仪器室展出的不同时期水准仪实物及介绍。
- (6)图书馆有关水准测量及水准仪方面的资料。



学习要点

- (1)高程测量的目的和方法。
- (2)水准测量原理。
- (3)水准仪按结构、按精度划分类别,水准仪的标称精度。
- (4)水准仪的基本构造,水准尺的类型和特点。
- (5)水准器的分划值、类型、特点。

1.1.1 水准测量的基本原理

水准测量是目前高程测量的主要方法之一,它的核心内容是用水准仪测量地面点之间的高差,通过测出已知高程点与未知点之间的高差,然后由已知点高程推算未知点的高程。在图 1-1 中,如果已知 A 点的高程为 H_A ,只要能测出 A 点至 B 点的高差 h_{AB} ,则 B 点的高程 H_B 就可由下式计算求得:

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (1-1)$$

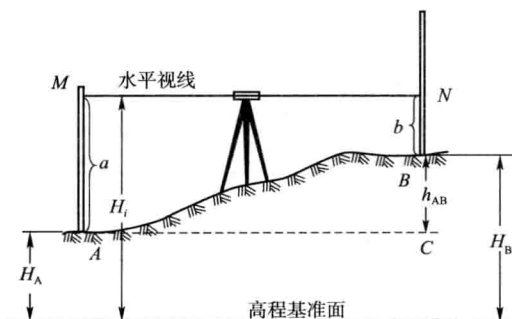


图 1-1 水准测量原理示意图

地面上两点间的高差是如何测出来的?

如图 1-1 所示,在 A、B 两点上分别竖立带有读数刻画的水准尺,并在 A、B 两点之间安置一台可以提供水平视线的仪器,即水准仪,用水准仪分别照准 A、B 两点的水准尺,读取相应水平视线时的读数 a 、 b 值。如果水准测量的前进方向是由 A 点到 B 点,通常称 a 为后视读数, b 为前视读数。则 A 点到 B 点的高差:

$$h_{AB} = \text{后视读数} - \text{前视读数} = a - b \quad (1-2)$$

高差 h_{AB} 有两个特性:一是 h_{AB} 值的正负号表达了前、后立尺点的高低关系,当 h_{AB} 值为正,即 B 点高于 A 点,反之, B 点低于 A 点;二是高差 h_{AB} 的下标 AB 表达了高差的方向,即: h_{AB} 表示由 A 点到 B 点的高差。



思考问题

- (1)在图 1-1 中,如果 B 点高程已知,而 A 点高程未知,式(1-1)如何改写?
- (2)在图 1-1 中,如果 A、B 两点高程均未知,是否正常?

1.1.2 微倾式水准仪的构造

微倾式水准仪的构造在许多学习资料中都有详尽的叙述,仔细阅读相关内容后,应结合水准测量原理深入理解微倾式水准仪的构造。微倾式水准仪的主要部件有:带有十字丝的望远镜、制动和微动机构、微倾机构、圆水准器和管水准器、带有脚螺旋的基座等,除微倾机

构是微倾式水准仪特有的部件外,其余部件在后续介绍的其他测量仪器构造中均有体现。下面对各部件的结构和功能进行简单的描述。

(1)带有十字丝的望远镜

望远镜的主要技术指标有放大率、视角和分辨率。望远镜的调焦方式目前基本都采用内调焦方式,图 1-2a) 为内调焦望远镜的剖面图,望远镜镜筒内设置有凹透镜,通过转动物镜对光螺旋带动凹透镜前后滑动,使包括凹透镜在内的组合物镜的焦距发生变化,从而达到调焦的目的。图 1-2b) 是望远镜的成像原理示意图,观测目标前通常应根据自身的视力状态用目镜对光螺旋调节十字丝至清晰,观测目标时必须通过物镜对光螺旋将目标实像调焦至十字丝平面位置,才能同时清晰地看到十字丝和水准尺影像并准确读数。

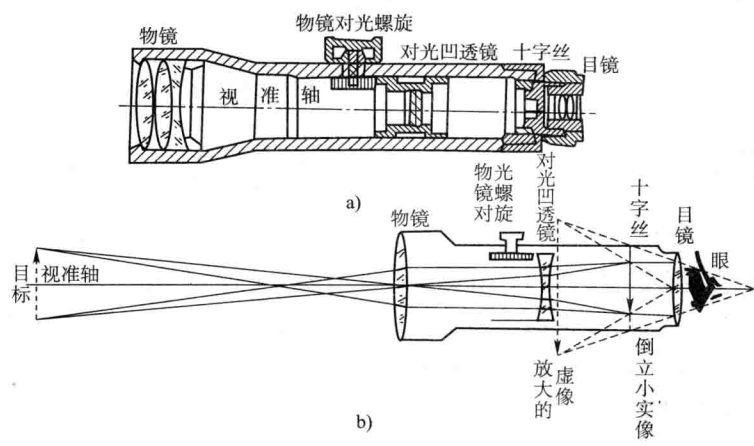


图 1-2 望远镜剖面图及成像示意图

a) 望远镜剖面图;b) 望远镜成像原理图

测量用望远镜最显著的特点是在目镜前方的镜筒内装配有十字丝分划板,如图 1-3 所示,十字丝分划板是镶嵌在金属圆环内并刻有几条十字线的薄玻璃片。十字丝横丝与竖丝的交点与物镜光心的连线称为视准轴,水准仪照准水准尺读数时的水平视线就是望远镜视准轴的延长线。

(2)制动和微动机构

为了控制望远镜的水平转动幅度,在水准仪上装有一套制动和微动螺旋。当拧紧制动螺旋时,望远镜就被固定,此时可转动微动螺旋,使望远镜在水平方向作微小转动来精确照准目标,当松开制动螺旋时,微动就失去作用。有些仪器是靠摩擦制动,无制动螺旋而只有微动螺旋。

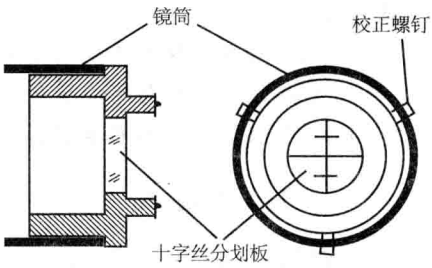


图 1-3 十字丝平面图

(3)微倾机构

微倾式水准仪通过设置一套能使望远镜上下作微小倾斜的微倾螺旋及其传动机构,达到使望远镜视线精确水平的目的,所以称微倾式水准仪。

(4)圆水准器和管水准器

圆水准器是一个玻璃圆盒,圆盒内装有化学液体,加热密封冷却后形成一个气泡,如图 1-4 所示。圆水准器内表面是圆球面,中央画一小圆,其圆心称为圆水准器的零点,过此零

点的法线称为圆水准器轴。当气泡中心与零点重合时,即为气泡居中,此时圆水准器轴处于铅垂位置。

管水准器简称水准管,它是把玻璃管纵向内壁磨成曲率半径很大的圆弧面,管内装有酒精与乙醚的混合液,加热密封冷却后形成一个气泡,如图 1-5 所示。管壁上一般对称刻有间隔为 2mm 的分划线,对称分划线的中心为水准管零点,过零点与内壁圆弧相切的直线称为水准管轴。当气泡两端与零点对称时称为气泡居中,这时水准管轴处于水平位置。

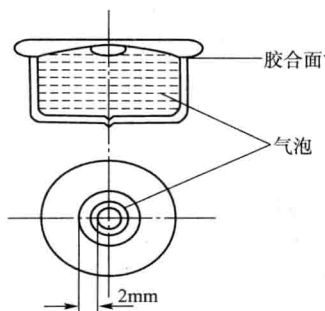


图 1-4 圆水准器示意图

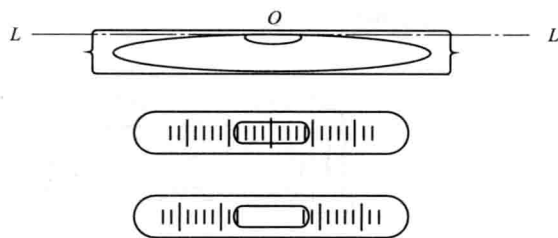


图 1-5 管水准器示意图

圆水准器安装在水准仪基座上,用来指示供望远镜水平旋转的竖轴是否铅垂。管水准器与望远镜固连在一起,用来指示望远镜的视准轴是否水平。水准器的灵敏度用分划值 τ 的大小来表示,管水准器的灵敏度一般比圆水准器的灵敏度要高几十倍。

(5) 带有脚螺旋的基座

基座的作用是支撑仪器的竖轴并与三脚架连接。通过调节基座的脚螺旋可使安装在基座上的圆水准器气泡居中,从而达到仪器竖轴铅垂的目的。

? 思考问题

(1) 水准测量原理对水准仪的构造提出了哪些要求? 微倾式水准仪在构造上是如何满足这些要求的?

(2) 微倾式水准仪的主要特点是什么?

(3) 望远镜视准轴与水准管轴是怎样的关系?

(4) 水准仪竖轴与圆水准器轴是怎样的关系?

1.1.3 水准尺

水准尺是与水准仪配合进行水准测量的工具。水准尺分为直尺、折尺和塔尺,如图 1-6a) 所示。折尺和塔尺便于携带但连接处易磨损,多用于普通水准测量。直尺一般设计成可以互为校核的双面尺,一面是黑白相间的主尺面(黑色面),尺底分划为零,另一面是红白相间的辅助尺面(红色面),尺底分划为一常数,如 4687mm 或 4787mm。由于直尺可以双面读数进行校核,且稳定性好,多用于精度较高的国家三、四等水准测量。

尺垫的作用是在转点处为水准尺提供稳定支撑,如图 1-6b) 所示。

? 思考问题

(1) 水准尺的分划有哪些特点?

(2) 水准测量必须使用尺垫吗?

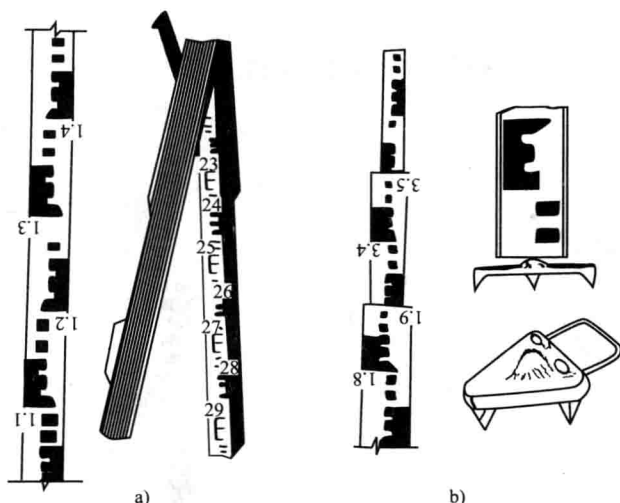


图 1-6 水准尺及尺垫
a) 水准尺; b) 尺垫

1.1.4 水准仪的技术操作

微倾式水准仪的技术操作按以下四个步骤进行:粗平→照准→精平→读数。

(1)粗平是通过调整脚螺旋,将圆水准气泡居中,使仪器竖轴处于铅垂位置。

(2)照准是用望远镜照准水准尺,清晰地看清目标和十字丝。在上述操作过程中,由于目镜、物镜对光不精细,目标影像平面与十字丝平面未重合好,当眼睛靠近目镜上下微微晃动时,物像随着眼睛的晃动也上下移动,这就是视差现象,如图 1-7a)、b) 所示。

存在视差现象会影响照准和读数精度。消除视差的方法是交替调节目镜对光螺旋和物镜对光螺旋,使十字丝和目标影像共平面,且同时都十分清晰,如图 1-7c) 所示。

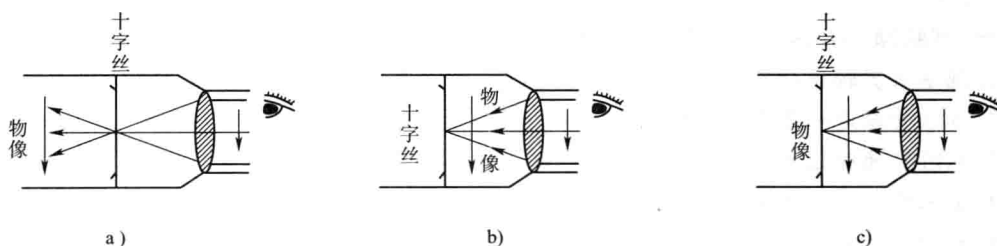


图 1-7 视差示意图
a) 有视差; b) 有视差; c) 无视差

(3)精平是转动微倾螺旋将水准管气泡居中,使视线精确水平。为提高水准管气泡的居中精度,微倾式水准仪在水准管的上方安装了一组符合棱镜,如图 1-8a) 所示。通过符合棱镜的反射作用,使气泡两端的半影像反映在望远镜旁的观察窗中,其视场如图 1-8b) 所示。转动微倾螺旋使两端半影像重合,就表示水准管气泡已居中,如图 1-8c) 所示。

(4)读数是在水准仪视线水平时,用望远镜十字丝的横丝在水准尺上读数。图 1-9 列出水准尺上部分读数示例,可供练习时参考。

自动安平水准仪技术操作比微倾式水准仪减少一个精平步骤,是由二者在望远镜视线安平方式上的不同所致。微倾式水准仪是通过微倾机构从外部使望远镜上下倾斜,借助管

水准器的指示直接获得水平视线;自动安平水准仪是通过设置在视准轴光路上的“补偿器”从内部使视准轴光路发生上下偏转,借助补偿性能恰好获得水平视线时的读数。

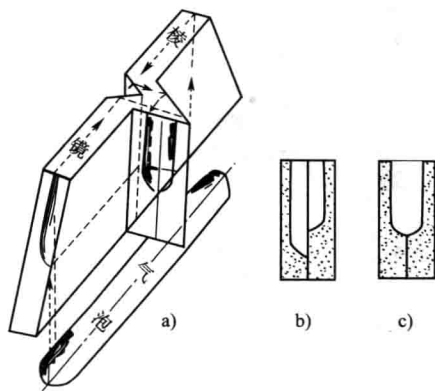


图 1-8 符合棱镜示意图

a) 构造示意图; b) 气泡未符合; c) 气泡符合

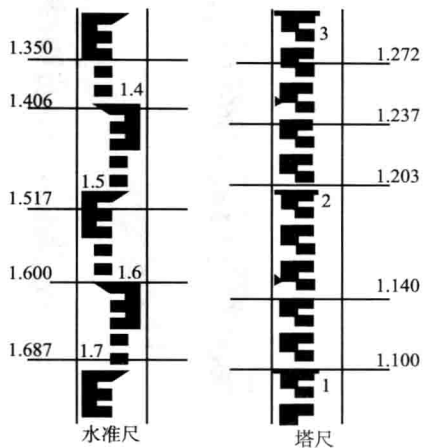


图 1-9 水准尺读数示意图

由于“补偿器”在视准轴倾斜时的摆动是依靠重力作用,故实现了自动安平,操作效率和稳定性大大提高,在工程建设中得到了广泛的应用。关于自动安平水准仪的自动安平原理和自动安平补偿器的结构特点可从有关学习资源中查阅。

思考问题

- (1) 视差现象与观测者的视力状况有无关系?
- (2) 自动安平补偿器的补偿范围一般是多少? 使用过程中如何判断其是否正常工作?



自我测试

一、判断题(对的打“√”,错的打“×”)

1. 圆水准器轴是一条铅垂线。 ()
2. 水准管轴是一条水平直线。 ()
3. 水准器的分划值愈小,其灵敏度愈高。 ()
4. 圆水准气泡居中时,圆水准器轴处于铅垂位置。 ()
5. 转动目镜对光螺旋可以改变目镜与十字丝分划板之间的距离,从而达到调节十字丝清晰的目的。 ()
6. 转动调焦螺旋可以改变调焦凹透镜与物镜之间的距离,从而达到调节水准尺成像位置的目的。 ()
7. 视准轴是物镜光心与目镜光心的连线。 ()
8. 水准管气泡影像符合时,水准管轴处于水平位置。 ()

二、选择题

1. 用目镜对光螺旋调节十字丝时,目镜最后的旋转方向应该是()。
 - A. 由正屈光度向负屈光度
 - B. 由负屈光度向正屈光度
 - C. 反复来回旋转

2. 在精平操作时,操作者的左手应()。
A. 旋转微倾螺旋 B. 抓住望远镜 C. 搭在脚架上 D. 自然下垂
3. 在粗平操作时,用两手分别转动两个脚螺旋的转动方向应该是()。
A. 同向旋转 B. 相向旋转 C. 视气泡具体位置而定
4. 地面点到大地水准面的铅垂距离称之为该点的()。
A. 绝对高程 B. 相对高程 C. 假定高程

学习模块 1.2 普通水准测量



学习资源

- (1) 所用教材相关内容。
- (2) 教师推荐的学习资源。
- (3) 精品课程网络资源及有关学习课件。
- (4) 《国家三、四等水准测量规范》(GB/T 12898—2009)。
- (5) 图书馆有关水准测量及水准仪方面的资料。



学习要点

- (1) 普通水准测量的施测方法。
- (2) 水准路线及其成果校核。
- (3) 水准测量闭合差的调整。
- (4) 水准仪的检验和校正。

1.2.1 普通水准测量

(1) 测量方法

普通水准测量的仪器和水准尺一般采用 DS_3 级水准仪和塔尺。如图 1-10 所示,由已知高程点 A 测定 B 点的高程。具体测量步骤如下:

- ① 首先置水准仪于测站 I 处,并选择好前视转点 ZD_1 ,将水准尺置于 A 点和 ZD_1 点上。
- ② 将水准仪粗平后,先照准后视尺读取后视读数 a_1 ,并记入水准测量记录表中。
- ③ 平转望远镜照准前视尺,读取前视读数 b_1 ,并记入水准测量记录表中,至此便完成了普通水准测量一个测站的观测任务。

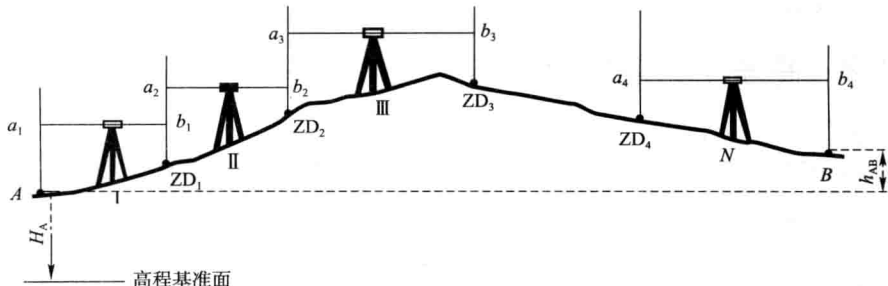


图 1-10 普通水准测量

④将仪器搬迁到第Ⅱ站,把第Ⅰ站的后视尺移到第Ⅱ站的转点 ZD_2 上,原 ZD_1 点上的水准尺翻转尺面变成第Ⅱ站的后视。

⑤测出第Ⅱ站的后、前视读数值 a_2, b_2 , 并记入水准测量记录表中。

⑥重复上述步骤一直测量至 B 点。

通过上述各测站所测高差之和,可由 A 点已知高程推算出 B 点高程:

$$H_A + \sum h = H_B \quad (1-3)$$

虽然按式(1-3)可以推算出 B 点高程,但 B 点高程很不可靠,因为各测站所测高差很可能存在较大的测量误差、甚至错误,而上述作业过程没有任何校核条件。为了形成有效的校核条件,上述作业还需要从 B 点开始继续测量,将测量路线延伸到一个高程已知的地面点上。

(2) 水准路线形式

水准测量视测区已知点和待测点的分布情况,可选择以下几种水准路线形式:

①闭合水准路线:如图 1-11a) 所示,是从已知水准点 BM_A 出发,经过测量各测段的高差,求得沿线其他各点高程,最后又闭合到 BM_A 形成的环形路线。

②附合水准路线:如图 1-11b) 所示,是从已知水准点 BM_A 出发,经过测量各测段的高差,求得沿线其他各点高程,最后附合到另一已知水准点 BM_B 的路线。

③支水准路线:如图 1-11c) 所示,是从已知水准点 BM_1 出发,沿线测量其他各点高程到终点 2。其路线既不闭合又不附合,通常要进行返测,即又从 2 点返测到 BM_1 。

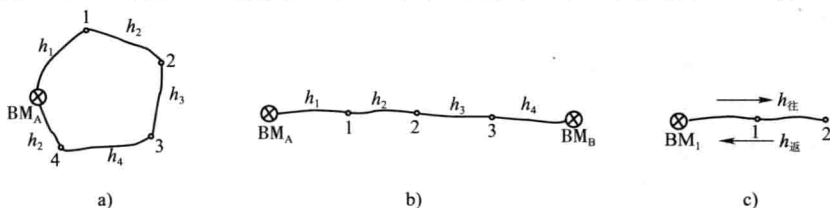


图 1-11 水准路线图

a) 闭合水准路线; b) 附合水准路线; c) 支水准路线

上述水准路线都形成了有效的校核条件,即水准路线的高差都有一个理论值,高差实测值与其理论值之差称为高差闭合差。通过高差闭合差的大小可以判定水准测量的外业测量成果是否合格。

? 思考问题

- (1) 如何把握水准仪安置位置与水准尺的适宜距离?
- (2) 对水准仪安置于两尺之间有何要求?
- (3) 如何选择水准路线的形式?

1.2.2 高差闭合差的计算和调整

(1) 高差闭合差的计算

按照高差闭合差等于实测值减去其理论值,列出不同水准路线的高差闭合差计算式。

附合水准路线:

$$f_h = H_{\text{始}} + \sum h - H_{\text{终}} \quad (1-4)$$

闭合水准路线:

$$f_h = \sum h \quad (1-5)$$

支水准路线:

$$f_h = \sum h_{往} + \sum h_{返} \tag{1-6}$$

普通水准测量的成果校核,主要考虑其高差闭合差是否超限。如果水准路线的高差闭合差 f_h 小于或等于其容许的高差闭合差 $f_{h容}$,即 $f_h \leq f_{h容}$,就认为外业观测成果合格,否则应查明原因进行重测,直到符合要求为止。一般普通水准测量的高差容许闭合差为:

$$f_{h容} = \pm 12 \sqrt{n} \quad (\text{mm}) \tag{1-7}$$

式中: n ——水准路线测站数。

(2) 高差闭合差的调整

当外业观测成果的高差闭合差在容许范围内时,还需要对高差闭合差进行调整;然后用调整后的各测段高差计算水准点的高程。表 1-1 是附合水准路线高差闭合差调整示例。

按测站数调整高差闭合差及高程计算表 表 1-1

测段编号	测点	测站数 (个)	实测高差 (m)	改正数 (m)	改正后的高差 (m)	高程 (m)	备 注
1	BM _A	12	+2.785	-0.010	+2.775	36.345	$f_h = \sum h - (H_B - H_A)$ $= 2.741 - 2.694$ $= +0.047$ $\sum n = 54$ $V_i = -\frac{f_h}{\sum n} \cdot n_i$
	BM ₁					39.120	
2	BM ₂	18	-4.369	-0.016	-4.385	34.745	
3		13	+1.980	-0.011	+1.969	36.704	
4	BM ₃	11	+2.345	-0.010	+2.335	39.039	
	BM _B						
Σ		54	+2.741	-0.047	+2.694		

表 1-1 中先按式(1-4)计算高差闭合差为 +0.047;再按不同的测段站数将闭合差按比例反号分配到各测段上,并对实测高差进行改正计算;然后用改正后的高差推算各点高程。

思考问题

- (1) 比较三种不同水准路线的闭合差计算式。
- (2) 计算往返测水准路线高差闭合差容许值时,测站数如何取值?

1.2.3 水准仪的检验与校正

水准仪在检校前,首先应进行视检,其内容包括:顺时针和逆时针旋转望远镜,看竖轴转动是否灵活、均匀;各调节螺旋是否转动顺畅;望远镜视场中的十字丝及目标能否调节清晰,有无霉斑、灰尘、油迹;仪器的三脚架安放好后,适当用力转动架头时,不应有松动现象。

水准仪各几何轴线应满足的条件有:圆水准器轴应平行于仪器竖轴、十字丝横丝应垂直于仪器竖轴、望远镜的视线与水平视线的夹角(i 角误差)应为零。

普通水准仪的检验和校正项目一般只进行以下三项:

- (1) 圆水准器的检验与校正。
- (2) 十字丝的检验与校正。
- (3) i 角误差的检验与校正。

初学者应查阅教材中水准仪检验和校正的步骤和方法,在教师的指导下进行。

思考问题

- (1) 水准仪作业过程中能否发现仪器需要检验?
- (2) 何种情况下应对水准仪进行一次全面的检验?



自我测试

一、判断题(对的打“√”,错的打“×”)

1. 如果测站高差为正值,则后视立尺点位置低于前视立尺点位置。 ()
2. 水准测量时,无论水准尺前倾还是后仰,水准仪读数总是比正确读数偏大。 ()
3. 前、后视距愈短,愈有利于提高水准测量的精度。 ()
4. 水准仪后视观测完毕转向前视时,如果圆水准气泡偏离零点,应转动脚螺旋使气泡居中后继续观测。 ()
5. 高差闭合差愈小,测量精度愈高。 ()
6. 普通水准测量高差闭合差容许值的计算式统一规定为 $\pm 40\sqrt{L}$ 或 $\pm 12\sqrt{n}$ 。 ()

二、选择题

1. 水准测量立尺时,司尺员应()。
A. 单手扶尺站在水准尺侧面 B. 双手扶尺站在水准尺侧面
C. 双手扶尺站在水准尺后面 D. 单手扶尺站在水准尺后面
2. 水准测量时,转点的作用是传递()。
A. 方向 B. 高程 C. 距离
3. 水准测量时,望远镜视场中读数方向应()。
A. 由上到下 B. 由下到上 C. 由小到大
4. 水准仪后视观测完毕转向前视时,如果水准管气泡影像左右错开,这时应()。
A. 重新安置仪器
B. 转动微倾螺旋使气泡影像符合后继续观测
C. 校正仪器
5. 为消除 i 角误差对一测站高差的影响,水准仪应()安置。
A. 靠近前尺 B. 靠近后尺 C. 在两尺中间
6. 自动安平水准仪 i 角误差校正的位置一般是()。
A. 水准管校正螺钉 B. 十字丝 C. 圆水准器
7. 微倾式水准仪 i 角误差校正的目的是使水准管轴()。
A. 平行于视准轴 B. 垂直于仪器竖轴 C. 平行于仪器竖轴

实训任务 1.3 水准仪的技术操作



实训内容

首先要熟悉水准仪各部件的功能,然后重点练习水准仪的技术操作步骤。考虑到微倾式水准仪的技术操作已包含自动安平水准仪的技术操作,且生产单位仍有部分微倾式水准仪还在使用,故第一次实训仍以微倾式水准仪作为实训仪器。



实训条件

以小组为单位借领 S_3 级微倾式水准仪一台;水准尺一把。



实训程序

(1)准备:在仪器操作大厅现场播放水准仪的构造和技术操作课件,或由指导教师结合实物现场讲解水准仪的构造及各部件使用功能;指导教师示范讲解水准仪的技术操作步骤。

(2)实施:学生分组认识水准仪的构造及熟悉水准仪各部件的使用功能;练习水准仪的技术操作步骤。

(3)检查:操作过程中小组同学之间互相检查。

(4)评价:操作结束前,各指导教师分别抽查一个小组进行现场评价,并与学生互动提问。



实训目标

能够比较规范地完成水准仪的技术操作步骤(对初次操作仪器的学生而言,重要的是操作的规范性,而操作的熟练性需要在以后的实践中不断提高)。

1.3.1 教学说明——水准仪技术操作实训

(1)水准仪的构造

认识水准仪的基本构造和各部件功能是操作水准仪的基础,同时也是正常维护和保养水准仪所不可缺少的知识。虽然不同时期、不同厂家生产的水准仪在构造上有一定的差异,但它们的基本部件和功能却是相同的。

(2)粗平

有关教材的粗平操作示意图仅作为入门练习。在练习过程中,要总结气泡移动规律,在习惯用左手大拇指判断圆水准气泡移动方向的同时,同样要习惯用右手食指判断气泡的移动方向,因为多数人的右手比左手使用频率更高。粗平操作不必强调统一固定的步骤,而应根据气泡的具体位置灵活决定脚螺旋的转动方向和转动速度。

(3)照准

初学者往往会闭着一只眼睛进行照准和读数,睁开双眼反而觉得不如闭着一只眼睛看得清晰,这种错觉在一开始就必须纠正。

消除视差是提高读数精度的关键,在反复交替调节目镜对光螺旋和物镜对光螺旋消除视差的过程中,应控制眼睛本身不作调焦。要做到这一点,必须在观测过程中睁开双眼使面部肌肉始终处于松弛状态。在检查有无视差存在时,眼睛上下移动的幅度不宜太大,头部不能有明显晃动,否则会因观察物像不清晰而引起错觉。

用目镜对光螺旋调节十字丝时,目镜最终的旋转方向应该是由负屈光度向正屈光度(目镜套筒上带有“+”、“-”标记)旋转。

(4)读数

在仔细消除视差的基础上,读数时要重视估读毫米数这一环节,因为读数的准确性往往取决于估读毫米数的准确性。