



QUANGUO JIAOTONG ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO TONGYONG JIAOCAI

公路测量

(公路施工与养护专业用)

张尤平
王立宏

主编
主审



人民交通出版社

全国交通中等职业技术学校通用教材

Gonglu Celiang

公路测量

(公路施工与养护专业用)

人民交通出版社

内 容 提 要

本书共十一章,叙述角度、距离、高程测量及仪器的使用,全站测量技术,公路中线平面测量,纵、横断面测量,施工放样的基本知识和方法。

本书是全国交通中等职业技术学校通用教材,也可作为交通系统职工上岗培训教材,并供从事公路工程建设的技术人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

公路测量/张尤平主编·—北京:人民交通出版社,
2001.3
ISBN 7-114-03832-1

I.公... II.张... III.道路测量—专业学校—教材 IV.U412.24

中国版本图书馆CIP数据核字(2001)第08522号

全国交通中等职业技术学校通用教材

公 路 测 量

(公路施工与养护专业用)

张尤平 主编

王立宏 主审

责任印制:杨柏力 正文设计:王静红 责任校对:宿秀英

人民交通出版社出版

(100013 北京和平里东街10号)

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经销

北京交通印务实业公司印刷

开本: $787 \times 1092 \frac{1}{16}$ 印张: 10 字数: 243 千

2001年6月 第1版

2001年10月 第1版 第2次印刷

印数: 9001—14000册 定价: 18.00元

ISBN 7-114-03832-1
U·02776

交通职业教育教学指导委员会公路(技工)学科委员会
和交通技工教育研究会公路专业委员会名单

柯爱琴	周以德	袁仕礼	刘传贤
杨士范	卞志强	朱小茹	李时鸣
毕经邦	梁柱义	高连生	张浩
赵新民	孙立	易连英	李志攸
智文尧	姚先祥	任义学	杨平
陈丹	李文时	乔杰	李标
吴世耕			

前 言

原交通部教育司在 1987 年成立了交通技工学校教材编审委员会。公路专业编审组和技工教育研究会公路专业委员会共同编写了筑路机械、公路施工和公路养护三个专业的内部使用教材,初步解决了各学校缺专业教材的难题。

近年来,全国的汽车工业迅速发展,公路建设日益加快,筑路机械更新换代,以及先进的施工方法、养护手段不断出现等,对公路施工现代化建设的人才提出了更高的要求,原来编写的内部教材已不适应现有的培养目标。

1999 年 3 月改选的公路专业委员会与公路学科委员会在卢荣林理事长的支持和柯爱琴、周以德两位主任的主持下,共同组织制定了新一轮的筑路机械驾驶与修理和公路施工与养护两个专业的教学计划与教学大纲。经过四川、河南、杭州等多次会议的修改,确定了教学改革和教材改革的模式:文字通俗易懂,以图代文、图文并茂,体现技工学校的特色,突出技能教学,使之坚持知识、能力、素质等方面的协调发展,拓宽教材的使用面,增加教学的适应性。教材的编写工作于 1999 年 10 月启动,2000 年 12 月交稿。这是全国公路类培养技工的第一套正式出版的教材。其特点为:

1. 教材通俗易懂,改变了旧教材偏多、偏深、偏难的模式,理论融于实践,便于学生自学。
2. 教材内容适应现代化施工和养护的基本要求,既概括了当前先进的施工方法和养护手段,又列举了先进的筑路机械新机型,以及新技术、新工艺等,并专设一门“筑路机械新技术”课程,使学生能掌握更多的新知识,满足学用结合。教材全部采用部颁最新工程技术标准和规范,符合先进性、科学性、实用性的要求。
3. 拓宽了教材的适应性,教材内容理论与实践相结合,既可作为全国交通中等职业技术学校公路专业通用教材,也可用于相关工种的职业资格培训和各类在职培训,又适用于公路类职业中专的教学,更适合在职技术工人自学。
4. 教材与作业、题库配套。教材强化了系列配套功能,各课程均编写了“习题集和答案”,汇成题库和题解,供学生做作业和练习,也可供命题时参考。

本书由安徽省公路技工学校张允平任主编,辽宁省交通技工学校王立宏任主审。编写分工为:第一、二、三、五章由北京公路技工学校曹润博编写;第六、七章由浙江公路机械技工学校乐忠荣编写;第四、八、九、十、十一章由张允平编写。

本教材由卢荣林担任责任编委。

本轮教材在编写过程中,共有 18 个省(市)的公路类技校 60 多名有高、中级技术职称的专业技术人员参与了教材的编、审工作,并得到一些学校领导的大力支持和帮助,在此表示感谢。

由于我们的业务水平和教学经验有限,书中不妥之处难免,恳切希望使用本书的教师和读者批评指正。

交通职业教育教学指导委员会公路(技工)学科委员会

交通技工教育研究会公路专业委员会

2000 年 12 月

目 录

第一章 测量学基础知识	1
第一节 测量学概述.....	1
第二节 地面点定位.....	2
第二章 水准测量	5
第一节 水准仪和水准尺.....	5
第二节 水准仪的使用.....	7
第三节 普通水准测量.....	9
第四节 微倾水准仪的检验与校正	15
第五节 自动安平水准仪	17
第六节 电子水准仪简介	18
第七节 水准测量注意事项	18
第三章 角度测量	20
第一节 光学经纬仪的构造	20
第二节 水平角测量	24
第三节 竖直角测量	27
第四节 经纬仪的检验	30
第五节 角度测量注意事项	31
第四章 直线丈量与直线定向	33
第一节 一般量距	33
第二节 直线定向	37
第三节 方位角测量	38
第五章 光电测距仪和全站仪的应用	39
第一节 光电测距仪简介	39
第二节 电子全站仪的构造及功能	43
第三节 仪器的基本操作	48
第四节 标准测量模式的应用	49
第五节 程序测量模式的应用	53
第六节 仪器使用与维护	56
第六章 测量误差理论的基本知识	58
第一节 测量误差的来源和分类	58
第二节 衡量精度的标准	59
第七章 导线测量	61
第一节 导线的形式、等级与分类.....	61
第二节 导线测量的外业工作	62

第三节	导线测量的内业工作	63
第四节	GPS 技术简介	72
第八章	地形测量	74
第一节	概述	74
第二节	地形图的测绘	80
第三节	地形图的检查、拼接与整饰	86
第四节	地形图的应用	88
第九章	公路中线测量	91
第一节	路线测量	91
第二节	公路中线直线段的测量	93
第三节	圆曲线及其测设	99
第四节	缓和曲线测设	113
第五节	全站仪测设公路中线	121
第十章	路线断面测量	128
第一节	基平测量	128
第二节	中平测量	130
第三节	纵断面图的绘制	133
第四节	竖曲线的测设	135
第五节	横断面测量	137
第六节	横断面图的绘制及土石方数量计算	141
第十一章	工程施工放样的基本方法	146
第一节	概述	146
第二节	放样的基本方法	146
第三节	地面点平面位置的放样	149
主要参考文献		152

第一章 测量学基础知识

第一节 测量学概述

一、测量学的任务与分类

测量学是研究如何测定地面点平面位置及高程,如何将地球表面的地貌及其它信息测绘成图,确定地球的形状和大小,并将设计图上的工程构造物放样到实地的科学。它包括两项主要工作任务:一是将地面上的地形、地物测绘到图纸上,另一项是将图纸上设计的构造物放样到实地上。随着科学技术的不断发展,测量学也形成了一个完整的体系。根据测量手段及应用范围可分如下几类:

大地测量学——研究地球表面大区域的点位测定以及整个地球的形状、大小和地球重力场测定的理论和方法。

摄影测量学——研究利用摄影或遥感技术获取被测地表物体的信息(影形或数字),进行分析处理,绘制成地形图或数字模型的理论和方法。

普通测量学——研究将地球表面局部地区的地貌及人工构造物测绘成大比例尺地形图的基本理论和方法,是测量学的基础。

工程测量学——研究工程建设在勘测设计、施工过程和管理阶段所进行的各种测量工作的学科。主要内容有:工程控制网的建立、地形测绘、施工放样、竣工测量、变形观测等。随着科学技术的发展,先进的测量仪器在工程测量中得到了广泛的应用,为提高工程测量的工作效率和精度提供了可靠保证,并推动了工程测量学的发展。

二、测量学在公路工程中的应用

在公路工程建设中,公路的设计、施工及竣工都离不开测量,具体包括:路线中线测量、地形测量、施工放样、工程质量检测、竣工检测、大型桥梁等构造物的变形观测等。总之,在公路建设的整个过程都离不开测量。

三、测量工作的原则和方法

在进行某项测量工作时,往往需要确定许多地面点的位置,假若从一个已知点出发,逐点进行测量和推导,最后,虽可得到欲测各点的位置,但这些点很可能是不正确的。因为这必然造成误差的积累,越是后测的点位,其误差也就越大。为了避免上述错误的出现,在测量工作中必须遵守如下原则:在布局上,从整体到局部;在精度上,由高级到低级;在次序上,先控制后碎部。也就是在整个测区内选择一些有控制意义的点,首先把它们的位置及高程精确地测定出来,然后以这些点的位置及高程来确定其它地面点的位置和高程。这些有控制意义的点称为控制点,其它的一些非控制点称为碎部点。对控制点的测量称为控制测量。对碎部点的测

量称为碎部测量。控制测量在先,碎部测量在后。在这样的测量原则和方法之下完成的测量及放样工作,就避免了误差的积累和传递,测量的精度才可能达到规定的要求。

四、对测量工作的基本要求

测量工作常被人们称为建设事业的基础。各项工程从设计到竣工都离不开测量工作。它是一项较为艰苦而又极为细致的工作。应做到以下几点:

- (1)在工作中要兢兢业业,不避艰辛;
- (2)要保持测量工作的严密性,要有耐心和细心;
- (3)爱护并按时保养好测量仪器及工具;
- (4)在测量工作之前,要对仪器进行检验,不使用精度不合格的仪器;
- (5)在测量中,按照测量工作的原则和程序进行;
- (6)保持原始记录的真实性和完整性,不得涂改或誊写原始记录。

第二节 地面点定位

一、地球的形状和大小

由于测量的对象是地球,首先介绍一下地球的有关知识。

地球的表面是不规则的;有陆地、海洋、高山和平原。地表高低起伏变化虽然较大,但它与地球庞大的体积相比,这些几乎是可以忽略不计的,而把地球看成一个椭球。地球上海洋面积约占 71%,陆地仅为 29%。因此,可以将地球看成是一个海水包围的球体。我们设想海水面是平静的,它沿其自然表面延伸包围整个地球,形成一个封闭的曲面,这个封闭的海水面我们称其为水准面。由于海水面有潮汐,时高时低,所以水准面有无数个,其中通过平均海水面的那个水准面称为大地水准面。它所包围的形体称为大地体。

水准面的特性是处处与铅垂线相垂直。这个特点是进行测量工作的主要依据。但是,由于铅垂线方向取决于地球的吸引力,而吸引力与地球内部的密度有关,地球内部的密度是不均匀的,引起地面上各点的铅垂线方向产生不规则的变化,因而水准面是有微小起伏的不规则曲面。大地水准面也就同样是不规则的一个曲面,如图 1.1a)所示。

由于大地水准面的不规则,以此面作为测量的基准面是无法进行测量计算工作的。为此,在测量中就需用一个规则的并接近于大地体表面的曲面代替大地水准面,以此作为测量计算的基准面,这个面称为参考椭球面。它所包围的椭球体称为参考椭球体,如图 1.1b)所示。参考椭球面与大地水准面的相对位置是固定的,因此,测量数据可以进行转化。

参考椭球体与大地体的形状、大小相近,参考椭球体是椭圆绕其短轴(NS)旋转而成的,各国根据自己的观测成果及国情的不同,采用的参考椭球体的基本元素也不尽相同。我国采用的参考椭球体是 1980

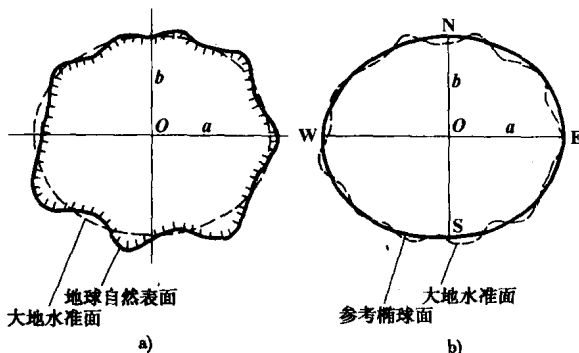


图 1.1

年国家大地测量坐标系。其椭球元素为：

长半轴 $a = 6378140\text{m}$

短半轴 $b = 6356755.288\text{m}$

扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a} = \frac{1}{298.257}$

由于参考椭球体的扁率很小,在普通测量学范围内,可把地球作为圆球看待,其半径为:

$$R = \frac{1}{3}(a + a + b) = 6371(\text{km})$$

二、点的地理坐标

测量过程中最基本的工作就是确定地面点的空间位置。点的位置是通过坐标来表示的,对于不同大小及不同精度要求的测区,所选的坐标系也不同,当研究对象为整个地球或较大区域时,就要建立一个球面坐标系,以便准确地确定地面点的空间位置。由于地球是一个近似于椭球的形体,因此,地理坐标系是以参考椭球体为依据而建立的。

点的地理坐标就是点在参考椭球面上投影的位置,用经度(L)和纬度(B)表示。如图 1.2 所示,N 表示北极,S 表示南极,O 表示地球中心。

通过椭球中心与椭球旋转轴正交的平面称为赤道平面。赤道平面与地球表面的交线称为赤道。通过椭球旋转轴的平面称为子午面。其中通过原格林尼治天文台的子午面称为起始子午面。子午面与椭球面的交线称为子午线。

图 1.2 中 P 点的大地经度就是通过该点的子午面与起始子午面的夹角,用 L 表示。从起始子午面算起,向东称为东经($0^\circ \sim 180^\circ$);向西称为西经($0^\circ \sim 180^\circ$)。

P 点的大地纬度是该点的法线(与椭球面垂直的线)与赤道面的交角,用 B 表示。从赤道面起算,向北称为北纬($0^\circ \sim 90^\circ$);向南称为南纬($0^\circ \sim 90^\circ$)。

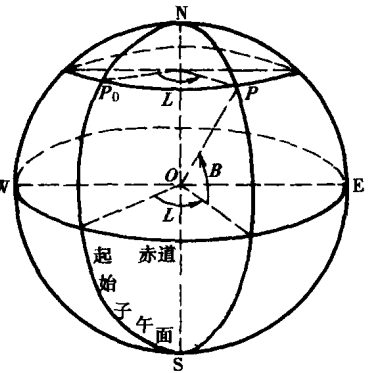


图 1.2

以经度 L 和纬度 B 来表示点位坐标的方式叫点的地理坐标。

地理坐标是通过天文测量方法测定的,大地测量常用到地理坐标。

三、点的平面直角坐标

当测量区域较小时,可以把该测区的球面当作平面看待,直接将地面点沿垂线投影到水平面上。用平面直角坐标来表示它的投影位置,如图 1.3 所示。

测量上选用的平面直角坐标系,规定纵坐标轴为 x 轴,表示南北方向,向北为正;横坐标轴为 y 轴,表示东西方向,向东为正;坐标原点可假定。象限按顺时针方向编号,测量所用的平面直角坐标系与数学上的直角坐标系不同。因为测量上的直线方向是从纵坐标轴北端顺时针方向量度的;而数学三角函数的角度则是从横坐标轴正端按逆时针方向计算的。把 x 轴与 y 轴互换后,各点坐标的计算就可直接使用数学公式完成了。

四、点的高程

由于水准面有无数个,为了能建立全国统一的高程起算系统,在我国青岛设立了验潮站,

测定了海水面的多年平均值,以此平均海水面包围地球形成了大地水准面。根据平均海水面的测量结果,1956年在青岛观象山的一个山洞里建立了国家水准原点,其高程为 72.289m,后经 1952 年~1979 年的历年潮汐观测资料计算的平均海水面重新推算后,国家水准原点高程变更为 72.260m。

点的高程就是点到水准面的铅垂距离。如果这个水准面是大地水准面,则这个高程称为绝对高程或海拔;如果这个水准面是假定的,则这个高程称为相对高程或假定高程。两点的高程之差称为高差。图 1.4 中 A、B 两点高差为:

$$h_{ab} = H_b - H_a = H'_b - H'_a$$

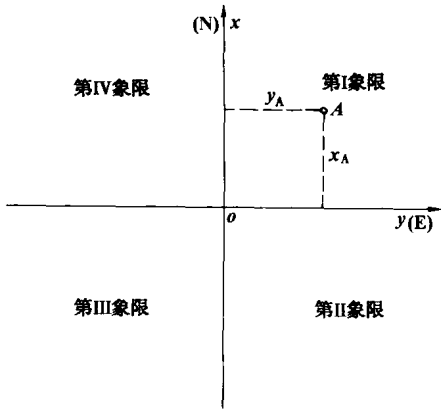


图 1.3

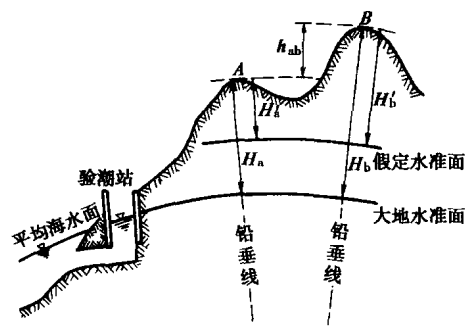


图 1.4

第二章 水准测量

水准测量就是利用水准仪来测定各测点间的高差,从而根据已知点的高程,来推算出未知点高程的过程。已知高程的点称为水准点。为了适应各项工程对水准点的需要,国家测绘部门在全国布设并测量了四种等级的水准点网,并对水准测量作了规定,其中一等水准测量精度最高,四等水准测量精度最低。一、二等水准测量主要用于科学研究,也作为三、四等水准测量的起算依据。三、四等水准测量主要用于国防建设、经济建设和测绘地形图的起算高程。为了进一步满足工程建设和测绘地形图的需要,以三、四等水准点为起始点,再用普通水准测量方法布设和测定工程水准点的高程。普通水准测量,也称等外水准测量,精度低于国家四等水准测量,而水准路线的布设及水准点的密度可根据具体工程和地形测图的需要有较大灵活性。

本章主要介绍普通水准测量的仪器、施测和成果整理的方法。

第一节 水准仪和水准尺

水准仪是水准测量的仪器。水准测量就是利用水准仪所测的高差来推算出被测点的高程的过程。我国水准仪系列按精度分为 $DS_{0.5}$ 、 DS_1 、 DS_3 、 DS_{10} 和 DS_{20} 等五个等级,其中 D 和 S 分别代表大地测量和水准仪。0.5、1、3、10 和 20 是指水准仪每公里水准测量高差偶然中误差,以 mm 计。 DS_3 型水准仪是工程中常用的类型。

一、微倾水准仪的构造

如图 2.1 所示,水准仪主要由望远镜、水准器和基座组成。水准仪的望远镜只能绕仪器竖轴在水平方向转动。为了能精确地整平仪器,提供一条水平视线,在水准仪上安置了一个能使望远镜上下做微小运动的微倾螺旋,称其为微倾水准仪。

1. 望远镜

望远镜由物镜、目镜和十字丝三个主要部分组成,它的主要作用是能使我们看清远处的目标,提供一条照准读数用的视线。图 2.2a) 为望远镜构造图,图 2.2b) 是望远镜的成像原理示意图。当观测目标通过物镜后,转动物镜对光螺旋可以使倒像(加一组棱镜倒像变成正像)清晰地反映到十字丝平面上。目镜的作用是放大。通过目镜放大,可在水准尺上读数,十字丝的作用是提供照准目标的指标线。为了提高望远镜成像的质量,物镜和目镜以及调焦透镜由多块透镜组合而成。放大的虚像与用眼睛直接看到目标大小的比值称为望远镜的放大率,它是鉴别望远镜质量的主要指标之一,反映了望远镜的鉴别能力。一般水准仪望远镜放大率为 15~30 倍,高精度的仪器达到 50 倍。

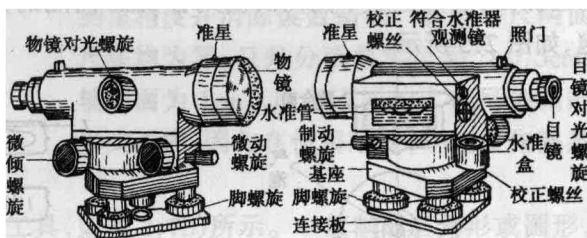


图 2.1

十字丝是在玻璃片上刻线后,装在十字丝环上,用校正螺丝固定在望远镜镜筒上,如图2.3所示。十字丝的上下两条短线称为视距丝,上面的短线称为上丝,下面的短线称为下丝。由上丝和下丝在水准尺上的读数可求得仪器到水准尺间的水平距离。十字丝横丝与竖丝的交点与物镜光心的连线称为视准轴。

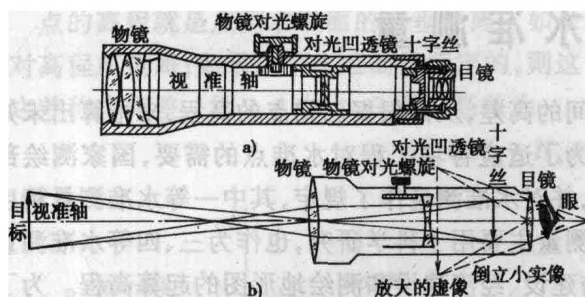


图 2.2

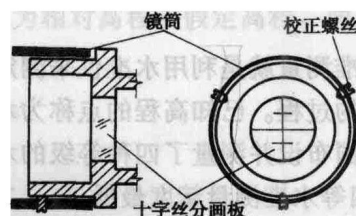


图 2.3

为了控制望远镜的水平转动,使视准轴精确地对准目标,在水准仪上装上了一套制动和微动螺旋。拧紧制动螺旋时,望远镜在水平方向上不能自由转动,此时可通过旋转微动螺旋使望远镜在水平方向上做微小的转动,从而精确地照准目标。当制动螺旋松开时,微动就失去了作用。有些仪器是靠摩擦制动的,无制动螺旋,只有微动螺旋。

2. 水准器

水准器是观测者用以把望远镜视准轴安置到水平位置,使竖轴铅垂的设施,即整平仪器。水准器有管水准器和圆水准器两种形式。

圆水准器:又称水准盒,作用是初平仪器。是一个玻璃圆盒,盒内装有化学酒精和乙醚混合物,封闭时留有气泡,如图2.4所示。圆水准器内表面是圆球面,中心刻有一个圆圈,其圆心称为圆水准器零点,过此零点的法线称为圆水准器轴。当气泡中心与圆水准器零点重合时称为气泡居中。此时,圆水准器轴线位于铅垂位置。也就是水准仪竖轴处于铅垂位置,仪器达到基本水平状态。当圆水准器气泡偏离中心2mm,圆水准器轴倾斜的角度值 τ 称为圆水准器分画值。圆水准器的分画值为 $(8' \sim 10')/2\text{mm}$ 。

管水准器:又称水准管,作用是精确整平仪器。它是把玻璃管纵向内壁磨成曲率半径很大的圆弧面,管壁上从中间向两侧刻有2mm间隔的分画线。管内装有化学液体,密封时留有气泡,如图2.5所示。

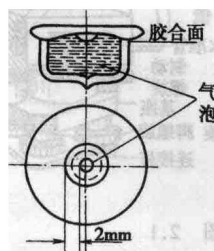


图 2.4

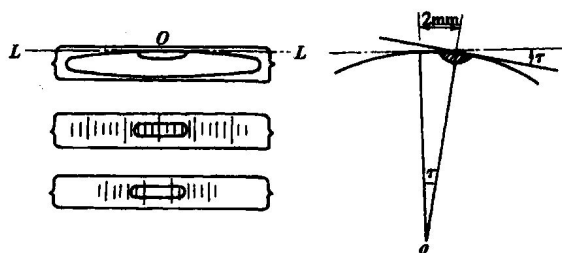


图 2.5

水准管内壁圆弧中心为水准管零点,过零点与内壁圆弧相切的直线称为水准管轴。当气泡两端相对零点对称时气泡居中,这时的水准管轴处于水平位置,也就是水准仪的视准轴处于水平位置。水准管气泡中心偏离零点2mm时水准管轴倾斜的角度 τ 称为水准管分画值。以

水准管分画值表示水准管的灵敏度。DS₃ 型水准仪的水准管分画值通常为 $(20'' \sim 30'')/2\text{mm}$ 。

为了方便观测者观察气泡是否居中,并提高水准管置平精度,通常在水准管上方装有一组符合棱镜组,如图 2.6a)所示,称它为符合水准器。

气泡两端的半影像经过折反射之后,反映在望远镜旁的观测窗内,其视场如图 2.6b)所示。如果两端半影像重合,就表示水准管气泡居中,否则就表示气泡没有居中,如图 2.6c)、d)所示。

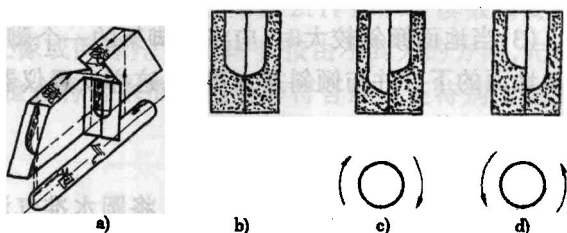


图 2.6

3. 基座

基座主要由轴座、脚螺旋(调平作用)和连接板组成。仪器上部通过竖轴插入座内,由基座承托整个仪器,并用连接螺旋与三脚架连接。

二、水准尺

水准尺是水准测量的主要工具。水准尺分为直尺、折尺和塔尺,如图 2.7a)所示。直尺和折尺长 3 m,塔尺有 5m 和 3m 两种。

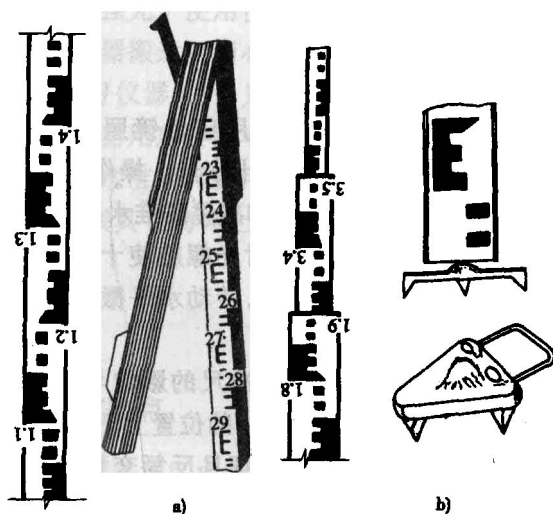


图 2.7

直尺或折尺刻画从零开始,每隔 1cm 涂有黑白或红白相间的分格,每分米处注有数字。分米准确位置有的以字底为准,有的以字顶为准,还有的把数定写在所在分米中间。塔尺及有些直尺是双面刻画,有正字或倒字。双面水准尺的分画,一面是黑白相间的称黑色面(主尺),黑面分画尺底为零,另一面是红白相间,称红色面(辅助尺),红面刻画尺底为一常数:4 687mm或 4 787mm。利用红黑面尺零点差可以对水准尺读数进行校核,以提高水准测量精度并消除读数错误。有的塔尺两面尺底均为零,只是分画值主尺面为 0.5cm,辅助面为 1cm。由于不同的水准尺刻画的形式不同,因此在使用之前,一定要先熟悉

水准尺刻画特点,以免出现读数错误。

尺垫是供支承水准尺以便传递高程用的工具,如图 2.7b)所示。一般制成三角形或圆形,材质一般为铸铁,中央突起的半圆形球体是为了立尺和便于转动水准尺方向,下面三个尖脚可踏入土中。尺子竖在尺垫上,可防止尺子下沉,转动尺子时不会改变其高度。

第二节 水准仪的使用

水准仪的使用过程按先后顺序分为以下几个步骤:仪器安置—粗略整平—对光照准—精确整平—读数。

一、仪器安置

- (1) 将水准仪三脚架打开,使架头基本水平,高度适中,踏实脚架;
- (2) 打开仪器箱,双手拿出仪器,将水准仪安放在架头上,拧紧连接螺旋;
- (3) 当地面倾斜较大时,应将三脚架的一个脚安置在倾斜地面的上方,另外两个脚安置在倾斜地面的下方并与倾斜方向垂直,这样安置仪器较稳固,见图 2.8。

二、粗略整平

粗略整平就是通过调整脚螺旋,将圆水准气泡居中,使仪器竖轴处于铅垂位置,视线概略水平。操作程序是:

- (1) 将圆水准器转到任意两脚螺旋之间;
- (2) 两手同时对称转动该两个脚螺旋,使气泡移动至第三个脚螺旋与水准盒中心连线上,气泡的移动方向与左手大拇指转动的方向相同,如图 2.9a) 所示;
- (3) 然后再转动第三个脚螺旋使气泡居中,气泡的移动方向仍与左手拇指转动方向相同,如图 2.9b) 所示;
- (4) 如此反复进行,直至水准气泡位于分画圆圈中心为止。

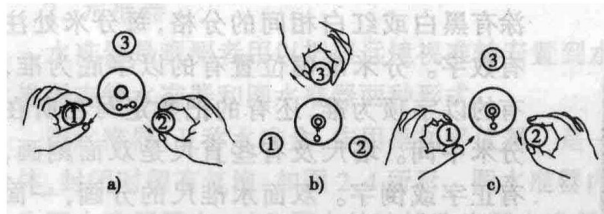


图 2.9

三、对光照准

对光照准就是用望远镜照准水准尺,并清晰看清目标和十字丝。操作程序是:

- (1) 利用照门和准星瞄准水准尺;
- (2) 转动目镜对光螺旋使十字丝清晰,拧紧水平制动螺旋,转动水平微动螺旋,使

十字丝竖丝位于水准尺中央;

(3) 视差消除:此时能够看见十字丝和水准尺的影像了,有可能水准尺的影像与十字丝不在同一平面内,这时,可将眼睛靠近目镜上下晃动,如果十字丝横丝所指的位置上下晃动,表明有视差存在,必须予以消除,如图 2.10a) 所示。消除视差的方法是:仔细且反复交替调节目镜和物镜对光螺旋,使十字丝和目标影像在同一平面内且都十分清晰,如图 2.10b) 所示。

四、精确整平

精确整平就是转动微倾螺旋将水准管气泡居中,使视线精确水平。其做法是:转动微倾螺旋,使观察窗中符合气泡的影像符合。左侧影像移动的方向与右手大拇指转动的方向相同,在操作中要做到稳、轻、慢。

由于仪器竖轴的铅垂度是通过圆水准器实现的,而视准轴的水平度是通过符合水准器实现的,两者的精度都存在误差,这就造成了仪器的竖轴与视准轴不完全垂直。因此,当望远镜由一个目标转到另一个目标时,符合气泡不一定完全符合,还必须重新精平后才能读数,即每次读数前必须重新精

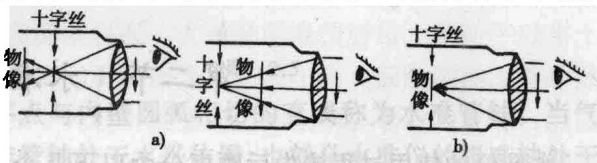


图 2.10

平水准仪。

0372442

五、读数

读数就是读取望远镜十字丝的中横丝在尺上所指的数值,如图 2.11 所示。读数前要认清水准尺的刻画特征,及望远镜的成像特征(正像或倒像)。读数时要按由小到大的方向,先估读毫米,再读出米、分米、厘米数。读数前务必检查符合水准气泡是否符合好。还特别注意不要错读单位和发生漏零现象。

六、水准仪、水准尺使用中的注意事项

(1) 打开仪器箱子时应将其平放地面上,不要手提或怀中開箱;

(2) 仪器取放要用双手,并在取放仪器后,盖好仪器箱盖;

(3) 三脚架安放要稳定,伸缩固定螺旋要拧紧,但用力不能过大;

(4) 仪器上的各种螺旋在转动时都应做到稳、轻、慢,如发现螺旋拧到头时,要向回拧两圈;

(5) 在强光下使用仪器要打伞,以防水准气泡受热偏移;

(6) 仪器搬运要当心,应用双手将仪器斜抱于胸前,用其中一只手扶好仪器,另一只手抱住三脚架,并严禁跑步搬运;

(7) 仪器用后要用毛刷将尘土扫干净再放回箱内;

(8) 立水准尺时要用双手站在尺侧面扶直,不得将水准尺靠在墙上或其它物体上,以防风吹倒地后摔坏。



图 2.11

第三节 普通水准测量

一、水准点

水准点是测区内的高程控制点,一般用“ $\oplus$ ”表示,写作“BM”。为了满足工程建设需要,应在测区内布置一定数量的水准点。水准点应设置在坚实、便于保护和使用的地方,水准点埋设要坚固、不下沉,以保证其高程不变。也可将水准点直接选在固定物体上,如岩石上、墙角处等。

二、水准路线的形式

水准点在地面上构成的线状路线称为水准路线。水准路线布设的形式有以下三种:

1. 闭合水准路线

从一个高级水准点 BM_A 出发,经过测定沿线其它各点高程,最后又闭合到 BM_A 的环形路线,如图 2.12a) 所示。

2. 附合水准路线

从一个高级水准点 BM_A 出发,经过测定沿线其它各点高程,最后附合到另一个高级水准点 BM_B 的路线,如图 2.12b) 所示。

3. 支水准路线

从一个已知水准点 BM_1 出发,沿线往测到另一个未知的水准点 BM_2 ,再由 BM_2 返测至 BM_1 ,其路线既不闭合又不附和,是往返施测的路线。又称其为往返水准路线,如图 2.12c)所示。

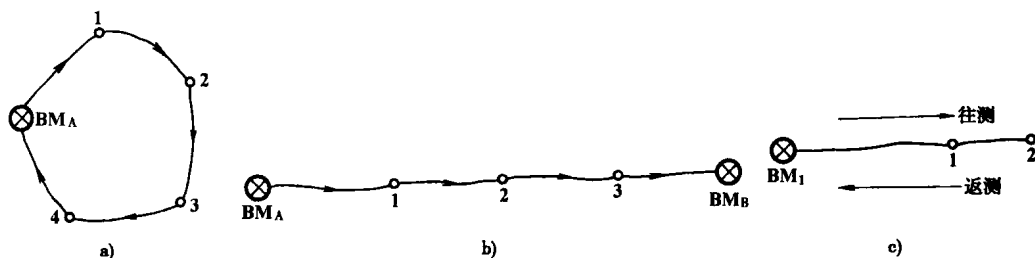


图 2.12

三、水准测量基本方法

水准测量就是利用水准仪测量两点高差,并根据已知点高程推算出未知点高程的过程。这其中最关键的就是高差的测量。

高差测量是利用水准仪能够提供水平视线的原理来实现的,如图 2.13 所示。从图中可知 A 、 B 两点间的高差 $h_{AB} = H_B - H_A$,则:

$$H_B = H_A + h_{AB} \quad (2.1)$$

由公式(2.1)可知,如果 A 点高程为已知,要想求出 B 点的高程 H_B ,只要知道 A 、 B 两点间的高差 h_{AB} 即可。

利用水准仪便可完成 h_{AB} 的测量工作。其方法是:将水准仪安置于 A 、 B 之间的坚实处(称为测站点),分别在 A 、 B 两水准点竖立水准尺,利用水准仪水平视线在 A 、 B 两水准尺上的读数值 a 、 b 即可计算出 A 、 B 两点间高差 h_{AB} 。在图中过 A 点作一水平线 AC ,则:

$$h_{AB} = a - b \quad (2.2)$$

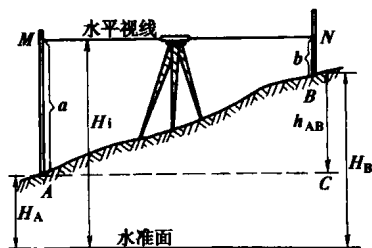


图 2.13

A 为已知点,通常称为后视点, a 为后视读数,简称后视; B 为未知点,称为前视点, b 为前视读数,简称前视。即 $h_{AB} = \text{后视读数} - \text{前视读数}$ 。

由式(2.2)可知,当 $a > b$ 时, h_{AB} 为正值, B 点高于 A 点;当 $a < b$ 时, h_{AB} 为负值, B 点低于 A 点。在书写上要注意不要将 h_{AB} 的脚标写反。即不能把 h_{AB} 写成 h_{BA} ,因为它们代表着不同的含义。 h_{AB} 表示 A 为已知点, B 为未知点,其高差定义式为: $h_{AB} = H_B - H_A$,而 h_{BA} 表示 B 点为已知点, A 点为未知点,高差定义式为: $h_{BA} = H_A - H_B$,即 $h_{AB} = -h_{BA}$ 。

在后面的中平测量学习中,会用到安置一次仪器要测出多个点高程的情况,为了便于计算,可先求出水准仪的视线高程,然后再分别计算各点高程。从图 2.13 中可以看出,视线高程:

$$H_i = H_A + a \quad (2.3)$$

B 点高程则为:

$$H_B = H_i - b \quad (2.4)$$

四、普通水准测量施测方法

不论水准路线的形式是属于哪一种类型,水准测量的程序都是由一个已知水准点出发,通