

高等职业教育建筑工程技术专业(技能型)系列教材

土建工程测量

主编 熊明安

副主编 黄炳龄

参编 罗石坚 郑日忠 张佑林

主审 胡伍生(东南大学)

东南大学出版社

内 容 提 要

本书共分 苑章,前 源章介绍测量的基本知识、基本理论及常用测量仪器的构造和使用方法;第 缘~远两章介绍控制测量及地形图的测绘与应用;第 苑~愿 怨章介绍了工业与民用建筑、线路(道路与管道)工程的施工测量方法;最后介绍了全站仪在测图与放样中的应用。每章之后均有实训指导、小结与习题,全书最后附有综合实训指导。

本书适合作为高等职业教育土建类专业的教材,也可作为相关专业技术人员的学习和参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

土木工程测量 / 熊明安主编. — 南京:东南大学出版社, 2014.12

(高等职业教育建筑工程技术专业(技能型)系列教材)

ISBN 978-7-305-14212-2

I. ① 熊... II. ① 熊... III. ① 建筑测量—高等学校:技术学校—教材 IV. ① 726.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 242122 号

出版发行:东南大学出版社

社址:江苏省南京市四牌楼 2 号(210096)

出版人:宋增民

经 销:江苏省新华书店

印 刷:江苏兴化印刷厂

版 次:2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16

印 张:8.5

字 数:200 千字

印 数:1 万册

定 价:28.00 元

(若有印装质量问题,请同读者服务部联系。电话:025-83795959)

目 录

1 测量学的基础知识

测量学的任务及其在工程建设中的作用	员
测量学的定义	员
测量学的分类	员
测量在工程建设中的作用	圆
地面点位的确定	圆
测量的基准线和基准面	圆
点的平面位置	圆
点的高程位置	猿
测量工作概述	猿
测量的三项基本工作	猿
测量工作的原则和程序	源

2 水准测量和水准仪

水准测量原理	远
高差法	远
视线高法	苑
水准测量仪器和工具	苑
水准仪的构造	愿
水准仪的使用	苑
水准尺和尺垫	圆
水准测量方法	圆
水准点和水准路线	圆
水准测量方法和记录	源
水准测量的检核方法	苑
水准测量注意事项	愿
水准测量的成果计算	怨
水准测量的精度要求	怨

目 录

目 录

水准测量成果计算	106
水准仪的检验与校正	106
水准仪的轴线及其应满足的条件	106
水准仪的检验与校正方法	106
精密水准仪和自动安平水准仪简介	107
精密水准仪	107
自动安平水准仪	107
实训	107
实训一水准仪的认识与使用	107
实训二水准路线测量(闭合水准路线)	108
实训三水准仪的检验与校正	108
3 角度测量和经纬仪	108
角度测量原理	108
水平角及其测量原理	108
竖直角及其测量原理	108
光学经纬仪	108
光学经纬仪的构造	108
光学经纬仪的读数方法	108
经纬仪的使用	108
水平角测量	108
竖直角测量	108
竖直角计算公式	108
竖直角的观测与计算	108
竖盘指标差	108
经纬仪的检验与校正	108
经纬仪应满足的几何条件	108
经纬仪的检验与校正	108
角度测量注意事项	108
光学经纬仪、电子经纬仪简介	108
光学经纬仪	108
电子经纬仪	108
实训	108
实训四经纬仪的认识与使用	108
实训五测回法测量水平角	108
实训六竖直角测量	108
实训七经纬仪的检验与校正	108

4	摇距离测量与直线定向	缘
	缘摇钢尺量距	缘
	缘摇钢尺量距的工具	缘
	缘摇直线定线	缘
	缘摇钢尺量距的方法	缘
	缘摇视距测量	缘
	缘摇视距测量原理	缘
	缘摇视距测量的观测与计算	远
	缘摇直线定向	远
	缘摇坐标方位角	远
	缘摇坐标象限角	远
	缘摇光电测距仪简介	远
	缘摇光电测距原理	远
	缘摇光电测距仪的使用	远
	实训摇	远
	实训八摇钢尺量距	远
	实训九摇视距测量	远
5	摇小地区控制测量	远
	缘摇控制测量概述	远
	缘摇平面控制网与高程控制网	远
	缘摇小地区控制测量	远
	缘摇导线测量	远
	缘摇导线布设形式	远
	缘摇导线测量的外业工作	苑
	缘摇导线测量的内业计算	苑
	缘摇高程控制测量	愿
	缘摇三、四等水准测量	愿
	缘摇图根水准测量	愿
	缘摇三角高程测量	愿
	缘摇测边技术简介	愿
	缘摇测边的基本概念	愿
	缘摇测边的应用特点	愿
	缘摇测边定位的基本原理	愿
	缘摇测边测量的实施	愿
	实训摇	愿
	实训十摇导线测量计算	愿

6	摇地形图的知识、测绘与应用	怨源
	遥员 摇地形图的知识	怨源
	遥员员 摇地形图的比例尺及图廓外信息	怨源
	遥员圆 摇地物符号与地貌符号	怨愿
	遥员猿 摇地形图的识读	员源
	遥圆 摇大比例地形图测绘	员缘
	遥圆员 摇测图前的准备工作	员缘
	遥圆圆 摇经纬仪测绘法	员苑
	遥圆猿 摇地形图的绘制	员园
	遥猿 摇地形图的应用	员源
	遥猿员 摇地形图应用的基本内容	员源
	遥猿圆 摇地形图在工程建设中的应用	员愿
	实训摇	员苑
	实训十一 摇经纬仪测绘法	员苑
7	摇测设的基本工作	员员
	苑员 摇水平距离、水平角和高程测设	员员
	苑员员 摇水平距离的测设	员员
	苑员圆 摇水平角的测设	员圆
	苑员猿 摇高程测设	员源
	苑圆 摇点的平面位置测设	员缘
	苑圆员 摇直角坐标法	员缘
	苑圆圆 摇极坐标法	员苑
	苑圆猿 摇角度交会法	员苑
	苑圆源 摇距离交会法	员苑
	实训摇	员苑
	实训十二 摇高程测设	员苑
	实训十三 摇点的平面位置测设(极坐标法)	员苑
8	摇工业与民用建筑施工测量	员园
	愿员 摇施工测量概述	员园
	愿员员 摇施工测量的目的和内容	员园
	愿员圆 摇施工测量的特点	员园
	愿员猿 摇施工测量的原则	员园
	愿员源 摇施工测量的准备工作	员员
	愿圆 摇施工场地上的控制测量	员员
	愿圆员 摇平面施工控制网	员员

摇顶管施工测量	150
实训	151
实训十五摇圆曲线测设	151

10 摇全站仪及其应用

摇全站仪的构造和功能	152
摇全站仪的外形及部件	152
摇模式图	153
摇棱镜型全站仪键基本操作	153
摇全站仪的基本应用	153
摇测量前的准备工作	153
摇水平角测量	154
摇距离测量	154
摇坐标测量	154
摇调阅工作文件数据	155
摇全站仪在控制测量中的应用	155
摇全站仪在数字化测图中的应用	155
摇数字化测图野外数据的采集	155
摇全站仪计算机的数据通讯	156
摇数字化成图	156
摇数字化图的编绘及检查	156
摇全站仪在工程放样中的应用	156
摇角度和距离放样测量	156
摇坐标放样测量	157
实训	157
实训十六摇全站仪的认识与使用	157
实训十七摇全站仪坐标测量与工程放样	157

附录 摇测量综合技能实训指导

实训须知	158
实训报告书	158

参考文献

1 测量学的基础知识

1.1 测量学的任务及其在工程建设中的作用

1.1.1 测量学的定义

测量学是研究地球的形状与大小以及确定地面点位的科学。它的内容主要包括测定和测设两个部分。

测定又称测图,是指用测量仪器和工具,通过对地球表面上的点进行测量和计算,从而获得一系列的测量数据,或根据测得的数据将地球表面的地形缩绘成地形图。

测设又称放样,是指把图纸上设计好的建筑物、构筑物的位置通过测量在地面上标定出来,作为施工的依据。

对工程建设而言,测量学的主要任务是:为工程建设测绘各种比例尺的地形图;建立工程控制网;进行施工放样;辅助设备安装;监测建筑物变形以及为工程竣工服务等。

1.1.2 测量学的分类

测量学包括普通测量学、大地测量学、摄影测量学、工程测量学等分支学科。

普通测量学是研究地球表面较小区域内测绘工作的理论、技术和方法的学科,是测量学的基础。

大地测量学是研究在广阔地面上建立国家大地控制网,测定地球形状、大小和地球重力场的理论、技术和方法的学科。由于人造地球卫星和空间技术的利用,大地测量又分为常规大地测量和卫星大地测量两种。

摄影测量学是研究利用航空或航天器对地面摄影或遥感,以获得物体的影像信息,并对其进行分析处理和研究,从而确定被测物体的形状、大小和空间位置的理论、技术和方法的学科。

工程测量学是研究工程建设在勘测、设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的学科。按工程的名称分类有:建筑工程测量、道路工程测量、水利工程测量、矿山工程测量等。

本教材主要介绍普通测量学和部分工程测量学中有关施工测量的基本内容。

1.2.1 工程测量在工程建设中的作用

测量在工程建设中得到广泛应用。例如:在工程勘测设计阶段,为规划设计提供各种比例尺的地形图和测绘资料;在工程施工阶段,要进行建筑物、构筑物的定位、放线测量,在施工过程中,要进行土方开挖、基础和主体工程的施工测量、构件安装测量以及为衔接各工序的交换、鉴定工程质量而进行的检查、校核测量,工程竣工后的竣工测量,施测竣工图,供日后扩建和维修之用;在工程运营阶段,对某些大型及重要的建筑物和构筑物进行变形观测,以保证工程的安全使用。

由上可知,工程建设的各个阶段都离不开测量工作,都要以测量工作为先导,而且测量工作的精度和速度直接影响到整个工程的质量和进度。因此,工程测量人员必须掌握测量学的基本理论、基本知识和基本技能,掌握常用测量仪器和工具的使用方法,初步掌握小区域大比例尺地形图的测绘方法,具有正确应用地形图和有关测量资料的能力,以及具有进行一般工程施工测量的能力。

1.2.2 地面点位的确定

1.2.2.1 测量的基准线和基准面

由于地球自然表面是很不规则的,因此,要确定地面点的位置,必须选择一个能够统一数据计算、便于数据处理的基准面,把它们都投影到基准面上来研究。

地形上自由静止的水面称为水准面。水准面是一个处处与重力方向线(铅垂线)垂直的闭合曲面,与水准面相切的平面称为水平面。随着水位的高低,水准面有无数多个,其中与平均海水面相吻合并向陆地、岛屿延伸而形成的闭合曲面,称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面,铅垂线是测量工作的基准线。

1.2.2.2 地面点的平面位置

地面点的平面位置可以用大地地理坐标(简称大地坐标或地理坐标)或平面直角坐标表示。

大地地理坐标用大地经度和大地纬度表示点在地球椭球面上的位置。我国采用陕西省泾阳县境内的国家大地原点为大地坐标起算点,由此建立的坐标系称为“1980年国家大地坐标系”。

当测区范围较小时(一般半径不大于10km),可以不考虑地球曲率的影响,把这个区域的地球表面看作水平面,并在该面上建立平面直角坐标系,用平面直角坐标来确定地面点的平面位置,如图1-1所示。

测量上采用的平面直角坐标系与数学上不同,它规定以南北方向线为纵坐标轴,即纵轴,向北为正,向南为负;以东西方向线为横坐标轴,即横轴,向东为正,向西为负;两轴的交点为坐标原点,组成平面直角坐标系。平面直角坐标系中的四个象限 I、II、III、IV 是从北东开始顺时针方向编号的。测量坐标系与数学坐标系的区别在于坐标轴互换,象限编号的顺序相反。这样变换使数学中的三角公式和符号规则都能直接应用到测量计算中,不需作任

何改变。

如图 1-15 中, 点的平面位置, 由纵坐标 x 和横坐标 y 确定。

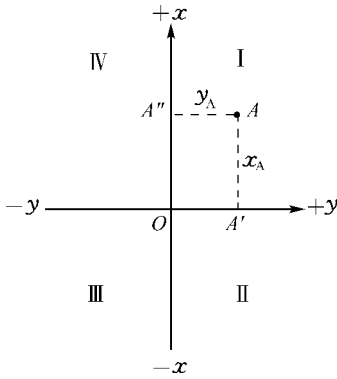


图 1-15 平面直角坐标

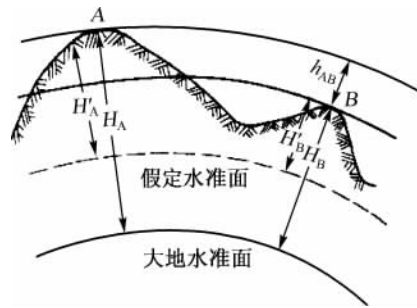


图 1-16 高程和高差

地面点的高程位置

地面点到高程基准面的铅垂距离, 称为地面点的高程。地面点到大地水准面的铅垂距离, 称为绝对高程, 又称海拔, 用 H 表示。如图 1-16 中, H_A 、 H_B 分别为地面点 A、B 的绝对高程。

我国在青岛设立验潮站, 长期观察并记录黄海水面的高低变化, 取其平均值作为大地水准面的位置(其绝对高程为零), 并在青岛建立了水准原点。目前, 我国采用“1985 年国家高程基准”, 青岛水准原点的高程为 72.2616m, 全国各地的高程都以它为基准进行测算。

当局部地区引用绝对高程有困难时, 也可假定一个水准面作为高程基准面。地面点到假定水准面的铅垂距离, 称为相对高程或假定高程, 用 h 表示。如图 1-16 中, h_{AB} 、 h_{BA} 分别为两点的相对高程。

地面上两个点之间的高程差, 称为高差, 用 Δh 表示。图 1-16 中, 地面点 A 与 B 之间的高差为

$$\Delta h_{AB} = H_B - H_A \quad \Delta h_{BA} = H_A - H_B$$

由此可见, 高差的大小与高程起算面无关。

三角测量工作概述

三角测量的三项基本工作

如图 1-17 所示, 地面点 A、B 在投影面上的位置是 A、B。I、II 是已知点。在实际工作中, 并不能直接测出 A 和 B 的高程和坐标, 而是观测水平角 β_1 、 β_2 和水平距离 D_1 、 D_2 以及高差 h_{AI} 、 h_{BI} , 再根据已知点 I 的坐标, 方向 I-A 和 H_I , 推算出 A 和 B 的坐标和高程, 以确定它们的点位。

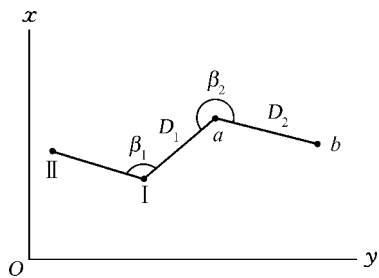


图 1-17 三角测量点平面位置示意图

由此可见,地面点间的水平距离、水平角(方向)和高差是确定地面点位关系的三个基本要素。所以,高差测量、水平角测量和水平距离测量是测量的三项基本工作。

问题思考 测量工作的原则和程序

地面上的一切地物和地貌的轮廓都是由一系列的点所组成。在地面上从事测绘工作时,主要就是测定地物和地貌轮廓线上那些有代表性的碎部点(特征点)的平面位置和高程,再按规定的比例尺缩绘成地形图。

在实际测量工作中,要遵循的基本原则是:在测量布局上要“从整体到局部”,在测量程序上要“先控制后碎部”,在测量精度上要“由高级到低级”。

测量工作分为控制测量和碎部测量两大程序:先在全测区内选定一些对整个测区能起全面联系和控制作用的点,称为控制点,组成整体控制网,再以较高精度测定各控制点的平面位置和高程,称为控制测量。在范围较大的测区,要由高级到低级,按不同精度要求逐步进行。然后再以控制点为基础,测定控制点与其周围碎部点间的相对位置,称为碎部测量。

测量工作有内业和外业之分。为了确定地面点的位置,利用测量仪器和工具在现场进行测角、量距和测高差等工作,称为测量外业。将外业观测数据、资料在室内进行整理、计算和绘图等工作,称为测量内业。测量成果的质量取决于外业,但外业又要通过内业才能得出成果。因此,不论外业或内业,都必须坚持“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率。

遵循测量工作的原则和程序,不但可以保证全测区的整体精度,不致使碎部测量的误差累积起来;同时,还可以根据控制网把整个测区划分成若干个局部,展开几个工作面同时施测碎部,加快测量进度。

本章小结

1. 本章应识记的概念

测量学、测定、测设、水准面、大地水准面、铅垂线、高差、高程、相对高程、绝对高程、基准线、基准面、平面直角坐标、纵坐标、横坐标。

2. 本章的重点与难点

重点:测量学的任务,大地水准面,大地坐标(地理坐标),平面直角坐标系。难点:测量坐标系与数学坐标系的联系与区别。

3. 本章的目的与要求

了解测量学在工程建设中的作用,了解地面点位置确定的方法,熟悉测量的三项基本工作,熟悉测量工作的原则和程序。

习题一

1. 测量学的任务是什么?

2. 什么叫水准面?它有什么特征?

3. 什么叫大地水准面?它在测量上的作用是什么?

4. 什么叫高程、绝对高程和相对高程?

5. 某地假定水准面的绝对高程为 100.000m,测得一地面点的相对高程为 50.000m,试

推算该点的绝对高程,并绘简图说明。

问测量学上的平面直角坐标系与数学中的平面直角坐标系有何不同?

问哪些是确定地面点位关系的基本要素?测量的三项基本工作是什么?

问在测量工作中,应采用怎样的工作程序?为什么?

2 水准测量和水准仪

确定地面点高程的测量工作称为高程测量,它是测量的三项基本工作之一。根据所使用的仪器和施测方法的不同,高程测量可分为水准测量、三角高程测量、气压高程测量和GPS高程测量等。其中,水准测量是精确地测量地面点高程的常用方法,被广泛应用于各类工程建设中。本章主要介绍水准测量的原理,水准仪的构造、使用、检验与校正,水准测量的施测方法以及成果计算等。

水准测量原理

水准测量的原理是利用水准仪提供的一条水平视线,对地面上所竖立的水准标尺进行读数。地面点位高程不同,其上所立水准标尺的读数也不一样,根据读数差可求得点位间的高差,从而由已知点的高程计算出所求点的高程。

高差法

如图 2-1 所示,已知地面点 A 的高程 H_A ,求未知高程点 B 的高程 H_B 。可在 A、B 两点上分别垂直竖立一根水准标尺(简称水准尺),并在两点的中间安置水准仪,利用水准仪提供的水平视线分别读出两根水准标尺上的读数 a 和 b 。

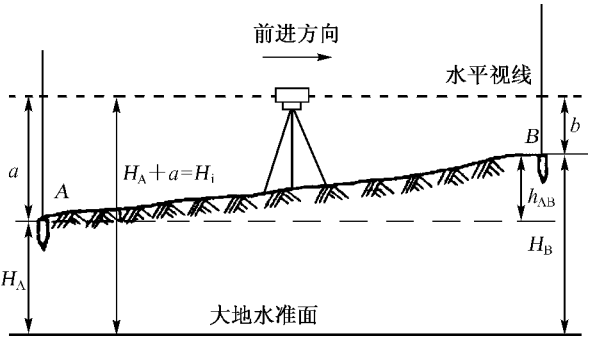


图 2-1 高差法水准测量原理

由图可以看出, B 点相对于 A 点的高差 h_{AB} 可由下式求得:

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

从而求出 B 点的高程 H_B :

水准测量原理 (图-圆)

由于测量是由 A 向 B 方向进行,所以称 A 点为后视点, B 点为前视点, A 点为后视读数, B 点为前视读数,仪器到后视点的距离为后视距离,仪器到前视点的距离为前视距离。

用文字表述式(图-员)即:两点间的高差等于后视读数减去前视读数。

相对来说,读数小表示地面点高,读数大表示地面点低。因此高差有正、负之分:当高差为正值时,说明前视点比后视点高;当高差为负值时,说明前视点比后视点低。在计算高程时,高差值须带符号一起进行运算。

水准测量是有方向性的,在书写高差时,必须注意高差的下标: H_{AB} 表示 B 点相对于 A 点的高差, H_{BA} 则表示 A 点相对于 B 点的高差。两者绝对值相等,符号相反。

水准测量视线高法

由图 圆-圆可以看出, H_i 是水准仪提供的水平视线的高程,通常叫视线高程或仪器高程,简称视线高。

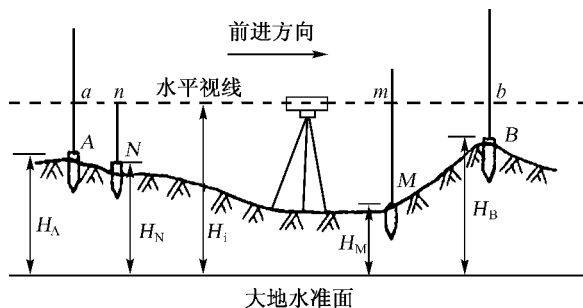


图 圆-圆 视线高法水准测量原理

视线高法的观测方法与高差法完全相同。计算时,先算出视线高 H_i 。如图 圆-圆所示,视线高等于已知点高程加其上所立水准尺的读数,即

$$H_i = H_A + a \quad (圆-猿)$$

则未知高程点 B 和 M 的高程分别为

$$\begin{aligned} H_B &= H_i - b \\ H_M &= H_i - m \end{aligned} \quad (圆-源)$$

在同一个测站上,利用同一个视线高,可以较方便的计算出若干个不同位置的前视点的高程。这种方法常在工程测量中应用。

综上所述,高差法与视线高法都是利用水准仪提供的水平视线测定地面点高程,因此前提要求视线水平。在进行水准观测时要做好两项工作:确保视线水平和读取水准尺读数。此外,水准仪安置的高度对观测结果没有影响。

水准测量仪器和工具

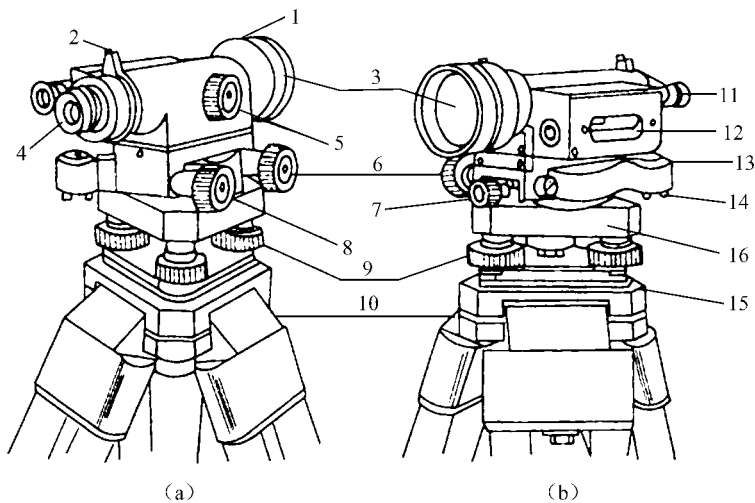
水准测量所使用的仪器为水准仪,工具有水准尺和尺垫。

图 1-1 水准仪的构造

水准仪的种类和型号很多,按仪器的精度分,国产水准仪系列标准有 $\text{N}0$ 、 $\text{N}1$ 、 $\text{N}2$ 和 $\text{N}3$ 等型号。“ N ”、“ 0 ”分别为“大地测量仪器”、“水准仪”汉语拼音的第一个字母,数字表示用这种仪器进行水准测量时每千米往返观测的高差中误差,以“毫米”为单位,数字越小,精度越高。土木工程测量中通常使用 $\text{N}3$ 型微倾式水准仪,其测量精度为 ± 3 毫米。

“微倾式”是指仪器上设有微倾螺旋,调节微倾螺旋,可使望远镜连同上面的水准管在竖直面内作微小转动。当水准管气泡居中时,望远镜提供的视线为水平视线。

如图 1-1 所示为国产 $\text{N}3$ 型微倾式水准仪,这种水准仪主要由望远镜、水准器和基座三大部分组成。

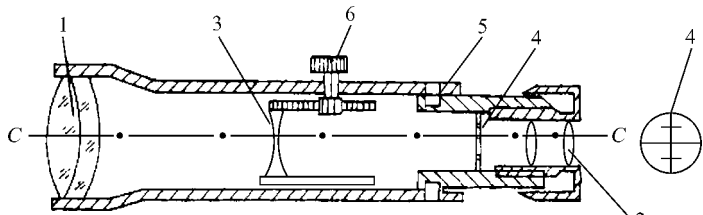


1—准星 2—照门 3—物镜 4—目镜 5—物镜对光螺旋 6—微动螺旋 7—制动螺旋 8—微倾螺旋 9—脚螺旋;
10—三角架 11—符合水准器观察镜 12—管水准器 13—圆水准器 14—圆水准器校正螺丝 15—三角形底板 16—轴座

图 1-1 $\text{N}3$ 型微倾式水准仪

1. 望远镜

如图 1-2 所示,望远镜是用来照准目标和对水准尺进行读数的设备。它主要由物镜、目镜、调焦透镜和十字丝分划板所组成。



1—物镜 2—目镜 3—调焦透镜 4—十字丝分划板 5—连接螺钉 6—调焦螺旋

图 1-2 测量望远镜

物镜的作用是使瞄准的物体在十字丝分划板上形成倒立的实像。

目镜的作用是将物镜所成的实像与十字丝一起放大成虚像。

十字丝是刻在一块圆玻璃板上相互垂直的两条细丝,竖直的一根称为纵丝,水平的一根

称为横丝,也称为中丝。横丝上、下还刻有两根对称的短横丝,是用来测量距离的,称为视距丝。

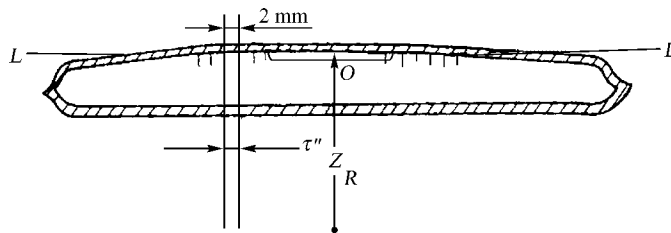
十字丝交点与物镜光心的连线,称为视准轴(或照准轴)。视准轴的延长线就是我们通过望远镜瞄准远处目标的视线。因此,当视准轴水平时,通过十字丝交点看出去的视线就是水准测量原理中提到的水平视线。

(圆) 水准器

水准器是仪器的整平装置。水准仪的水准器由管状水准器(或称为水准管)和圆水准器两种组成。

(员) 水准管

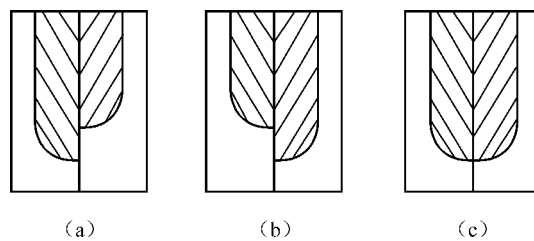
如图圆-缘所示,水准管是一个内壁磨成一定半径圆弧(圆弧半径一般为苑~愿皂)的两端封闭的玻璃管,管内注满酒精和乙醚的混合液体,加热密封,冷却后在管内形成气泡。因气体较液体轻,故气泡永远处于管内的最高点。水准管顶面圆弧的中心点的称为水准管零点。通过零点与水准管内表面相切的直线,称为水准管轴。安装时水准管轴与望远镜视准轴平行。当气泡的中心点与水准管零点重合时,称为气泡居中。此时,水准管轴成水平位置,视准轴也同时水平。



图圆-缘 水准管

为了提高眼睛判断水准管气泡居中的精度和便于观测,目前,微倾式水准仪都采用符合水准器。符合水准器是在水准管的上方安装一组棱镜。如图圆-远所示,通过棱镜的反射,把水准管气泡两端的影像折射到望远镜旁的气泡观察窗内,经过折射后半气泡两端的影像呈两个半影。当气泡居中时(图(糟)),即气泡被零点平分,两段长度相等,两端气泡影像就吻合;当气泡不居中时(图(葬)、(遭)),就向一端偏移,两端气泡影像就不吻合。通过调节目镜下方的微倾螺旋,就可使半边气泡影像吻合,水准管气泡居中,以便达到视线水平。

符合水准器不仅便于操作、观察方便,更重要的是它把气泡偏离零点的距离放大了一倍呈现出来,从而提高了观察气泡居中的精度,即提高了整平仪器的精度。



图圆-远 水准气泡的符合

(圆) 圆水准器