

中等专业学校市政工程施工专业系列教材

工程测量

黑龙江省建筑工程学校	苗景荣	主编
黑龙江省建筑工程学校	苗景荣	编
武汉市城乡建设学校	左文正	
上海市城市建设工程学校	贺龙潜	主审

中国建筑工业出版社

中等专业学校市政工程施工专业系列教材

工 程 测 量

黑龙江省建筑工程学校	苗景荣	主编
黑龙江省建筑工程学校	苗景荣	编
武汉市城乡建设学校	左文正	
上海市城市建设工程学校	贺龙潜	主审

TB22

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

工程测量/苗景荣主编. --北京:中国建筑
工业出版社,1998
中等专业学校市政工程施工专业系列教材
ISBN 7-112-03397-7

I.工… II.①苗… ②左… III.工程测量-专业学校-
教材 IV.TB22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 24065 号

本书根据建设部中等专业学校市政工程施工专业教育标准、培养方案及课程教学大纲编写,以最新的国家标准为依据,系统介绍了测量学的基本知识、基本理论及常用测量仪器的构造和使用,控制测量的基本知识及大比例尺地形图的测绘和应用;在施工测量部分,主要介绍了市政工程、给水排水工程、道路、桥梁、管道工程的施工测量。

本书在保留传统理论、方法的基础上,涉及了相关的新技术。书中每章后附有思考题与习题,附录中包括课堂实习与教学实习指导。

本书除用作市政工程施工专业、给水与排水专业、道路桥梁专业教材外,还可供相关专业的工程测量人员参考。

中等专业学校市政工程施工专业系列教材

工 程 测 量

黑龙江省建筑工程学校 苗景荣 主编
黑龙江省建筑工程学校 苗景荣 编
武汉市城乡建设学校 左文正
上海市城市建设工程学校 贺龙潜 主审

*

中国建筑工业出版社出版(北京西郊百万庄)
新华书店总店科技发行所发行
北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本:787×1092毫米 1/16 印张:14 $\frac{3}{4}$ 字数:353千字
1998年5月第一版 2001年1月第三次印刷
印数:13,001—17,000册 定价:15.00元

ISBN 7-112-03397-7
G·275(8556)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换
(邮政编码 100037)

前 言

本书是根据建设部中等专业学校市政工程施工与给水排水专业指导委员会制定的专业教育标准、培养方案及工程测量课程的教学大纲编写的。

本书测量技术以《工程测量规范》(GB 50026—93),测绘用语以中华人民共和国国家标准《测绘基本术语》(GB/T 14911—94)为依据,计量单位采用法定单位,均以符号表示。

全书共分 11 章,第一章至第五章介绍测量学的基本知识、基本理论及常用测量仪器的构造和使用;第六章至第七章介绍控制测量的基本知识及大比例尺地形图的测绘和应用;第八章至第十一章为施工测量部分,主要介绍了市政工程、给水排水工程、道路、桥梁、管道工程的施工测量。

本书在保留必要的传统理论,方法的基础上,简单介绍了目前普通测绘工作中发展起来的一些主要的新技术,如电子经纬仪,光电测距仪(袖珍型红外测距仪),智能型全站速测仪,以拓宽学生的知识面。为了便于教学,每章后附有思考题与习题,以利学生及时复习和巩固已学知识。为了满足教学的需要,书后附有课堂实习与教学实习须知及课堂实习指导书。

本书由黑龙江省建筑工程学校苗景荣主编,武汉市城乡建设学校左文正参编,上海市城市建设学校贺龙潜主审。编写者苗景荣(第一章至第八章、附录 I、II、III)、左文正(第九章至第十一章)。

由于编者水平有限,书中难免存在缺点和错误,恳切希望广大读者和同行提出宝贵意见。

本书可作为中等专业学校市政工程施工专业、给水与排水专业、道路桥梁专业的教学用书,也可作为其它有关专业和从事工程测量的初、中级技术人员参考用书。

编 者

1997 年 2 月

目 录

第一章 绪论	1
第一节 工程测量的任务及作用	1
第二节 地面点位的确定	2
第三节 测量工作的原则和程序	5
思考题与习题	5
第二章 水准测量	6
第一节 水准测量原理	6
第二节 水准测量的仪器及工具	7
第三节 水准测量的施测方法	11
第四节 水准测量成果计算	18
第五节 微倾式水准仪的检验和校正	21
第六节 自动安平水准仪和精密水准仪	23
思考题与习题	25
第三章 角度测量	27
第一节 角度测量概述	27
第二节 光学经纬仪的构造	28
第三节 水平角测量方法	32
第四节 竖直角测量	36
第五节 经纬仪的检验与校正	40
第六节 电子经纬仪和曲线测设经纬仪	45
思考题与习题	46
第四章 距离丈量及直线定向	47
第一节 钢尺量距的一般方法	47
第二节 钢尺量距的精密方法	51
第三节 钢尺的检定	53
第四节 光电测距仪简介	55
第五节 直线定向	59
第六节 磁方位角的测定	61
思考题与习题	62
第五章 测量误差的基本知识	64
第一节 测量误差概述	64
第二节 衡量精度的标准	66
第三节 观测值函数的中误差	67
第四节 算术平均值及其中误差	70

思考题与习题	74
第六章 小地区控制测量	75
第一节 控制测量概述	75
第二节 导线测量的外业工作	76
第三节 导线测量的内业计算	79
第四节 小三角测量	89
第五节 高程控制测量	96
第六节 跨河水准测量	100
思考题与习题	101
第七章 大比例尺地形图测绘及应用	103
第一节 地形图的基本知识	103
第二节 地物和地貌在大比例尺地形图上的表示方法	106
第三节 视距测量	112
第四节 地形图测绘	115
第五节 地形图的拼接、检查和整饰	124
第六节 地形图的应用	126
第七节 全站仪简介	131
思考题与习题	134
第八章 施工测量的基本工作	135
第一节 概述	135
第二节 测设的基本工作	135
第三节 点的平面位置的测设方法	137
第四节 已知坡度直线的测设	139
思考题与习题	141
第九章 道路工程测量	143
第一节 道路中线测量	143
第二节 圆曲线的主点测设	147
第三节 圆曲线的详细测设	148
第四节 缓和曲线的测设	152
第五节 纵横断面的测量	161
第六节 竖曲线的测设	167
第七节 道路施工测量	169
思考题与习题	174
第十章 桥梁施工测量	176
第一节 桥梁施工控制测量	176
第二节 桥梁墩台中心定位	177
第三节 桥梁工程施工测量	179
第四节 桥梁变形观测	180
第五节 立交桥施工测量	183

思考题与习题	185
第十一章 管道工程测量	186
第一节 管道中线测量	186
第二节 纵、横断面测量	187
第三节 管道施工测量	189
第四节 管道工程竣工测量	193
思考题与习题	199
附录 I 课堂实习与教学实习	200
附录 II 地形测量测图比例尺的选用	225
附录 III 线路测图的比例尺选用	226
参考文献	227

第一章 绪 论

第一节 工程测量的任务及作用

工程测量学是研究工程建设和自然资源开发中各个阶段进行的控制测量、地形测绘、施工放样、变形监测及建立相应信息系统的理论和技术的学科。工程测量是直接为建设各项工程服务的,由于专业的分工不同,按照工程建设的具体对象来分,有建筑测量、城镇规划测量、市政工程测量、公路测量、线路、管道、排水、桥涵等工程的测量工作。我国根据各专业的特点和要求分别制定了各专业的测量规范,对测量产品的质量、规格以及测量作业中的技术事项作了统一规定。

一、市政工程测量的任务

市政工程测量、给排水工程测量是城市建设工程测量的一个重要组成部分。它是研究城市道路、桥梁、排水、管道等工程在规划设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作。其任务主要有:

(一) 测绘地形图

用各种测绘方法将地面上局部区域的各种地物的形状、大小、相对位置以及地表面的高低起伏变化形态按一定的比例尺和特定的符号缩绘成图、为工程建设的规划、设计、施工和竣工验收提供科学依据。

(二) 定位、放线(施工放样测量)

将设计图纸上的设计内容、按设计要求测设到实地,作为工程施工的依据。

(三) 施工测量

工程施工过程中,要经常通过测量工作来配合工程各工序的交接和检查、校核、验收工程质量,保证所建工程符合设计要求。工程完工后,还要通过测量手段来检验竣工情况并编绘竣工图纸,作为工程质量评定,以及今后使用、维修、管理乃至扩建改建的需要。此外,对一些重要工程,在施工过程中和工程交付使用后,还要对有关部位的沉降、位移和倾斜进行变形观测。

二、市政工程测量的作用

市政工程测量是市政工程建设中一项非常重要的工作,它贯穿于市政工程的始终,服务于施工过程中的每一个环节。目前随着科学技术的发展、工程项目的增多、市政 engineering 的内容日益丰富,应用日益广泛。例如,高架道路、轻轨铁路、桥梁、隧道、各种管线的布置都要利用测量提供的资料和图纸进行规划设计,选定经济合理的方案。设计完成后,还要通过测量配合各项工程的施工,才能保证设计意图的正确执行,并对一些重要工程定期进行位移、

沉降、倾斜和变形观测,以确保工程的安全使用。由此可见,在市政工程的各个阶段都需要测量工作,而且测量的精度和速度直接影响到整个工程的质量与进度。因此,作为市政工程施工、给排水专业的一名工程技术人员,必须懂得市政工程测量的基本理论、基本知识、掌握市政工程一般的施工测量方法,能正确地使用常用的测量仪器和工具,掌握小区域大比例尺地形图的测绘方法,以及具有正确、熟练地掌握应用地形图的本领,从图上取得工程建设所必须的各种技术资料。

第二节 地面点位的确定

在测量上,将地球表面上的各种固定性物体称为地物。可分为自然地物和人工地物,如河流、湖泊、房屋、道路等。地球表面起伏变化的形态称为地貌。地物和地貌总称为地形。测量的任务就是要测定地形的位置并把它画在图纸上,或者把图纸上的设计图形测设到地面上。

由几何学知道,面是线的集合、线是点的集合。以地形测量为例,对于地物和地貌来说,它们虽然千姿百态,变化万千,但完全可以看成是由一些基本点和线组成。因此,对地物与地貌的研究就归结为对点的研究。在反映地物、地貌的形状、大小、起伏的所有点中,我们把那些能突出体现方向转折和坡度变化的特征点的位置测绘到图纸上,就可以参照实地情况较准确地描绘地物和地貌而绘制成地形图。放样则是在实地上标定出设计图形的平面位置及高程的测设工作,虽然与测图的过程相反,但实质都是确定地面点的位置。

在普通测量工作中,一般用点的平面位置 x, y 和点的高程位置 H 来表示地面点的位置。

一、确定地面点的平面位置

在普通测量工作中,测量面积较小,可以把这个小区域的地球表面看成水平面,用一个直角坐标系来表示点的平面位置,称为相对位置。对于地面点的平面位置来说,这一水平面就是测量的基准面。

平面直角坐标系是由一平面内两条互相垂直的坐标轴 x 和 y 组成,如图 1-1 所示。

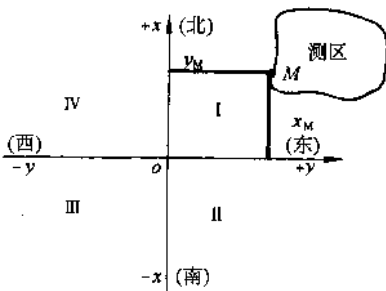


图 1-1

测量平面直角坐标系的原点记为 o , 规定纵坐标轴为 x 轴(北南方向), 向北为正, 向南为负; 横坐标轴为 y 轴(东西方向), 向东为正, 向西为负。象限的顺序是以北东开始按顺时针方向排列 I、II、III、IV 象限。一般为使测区所有各点的纵横坐标值均为正值, 通常将坐标原点选在测区西南角, 使测区全部落在第 I 象限内。点的平面位置是以点到纵横坐标轴的垂直距离来决定。在图 1-1 中 M 点的坐标为 x_M 和 y_M 。

测量中的平面直角坐标系与数学中的平面直角坐标系的区别在于 x 轴与 y 轴互换、II、IV 象限的位置对调, 其目的是将数学中的全部三角公式直接应用到测量计算中, 不需作任何变更。因为测量工作中规定所有直线的方向都是从纵轴北端开始按顺时针方向量度的, 而数学上则是从横轴

逆时针方向量度的。这样变换既不改变数学公式,又便于测量上的方向和坐标计算。

地面上一点的平面位置在椭球面上通常用经度和纬度来表示,叫做该点的地理坐标。地理坐标在大地测量和地图制图中经常用到,而在小区域的工程测量中完全可以用测量平面直角坐标来表示地面点的平面位置。

二、确定地面点的高程

点的位置是空间位置,需要三个量来确定。除了确定地面点的平面坐标外,在测量上还要确定地面点的高程。地面上任一点至高程基准面的铅垂距离称为该点的高程,用 H 表示。如果这个基准面是大地水准面(验潮站测定的平均海面,称为大地水准面。),这个铅垂距离称为该点的绝对高程(简称高程,或叫海拔)。如图 1-2 所示, H_A 、 H_B 分别为地面点 A 、 B 的绝对高程。大地水准面是比较全国各地高低的基准面,自 1987 年起,我国采用以青岛验潮站 1952 年~1979 年验潮资料计算确定的平均海面作为高程的基准面,称为“1985 国家高程基准”,据以计算地面点的高程。水准原点(高程起算点)设在青岛,其高程为 72.260m。

在局部地区引用绝对高程有困难时,为了工作的方便可采用假定高程系统。从任意选定的水准面起算的地面点的高程称为该点的相对高程或假定高程。如图 1-2 中的 H'_A 、 H'_B 分别为 A 、 B 两点的假定高程。

两个地面点之间的高程差,称为高差,用 h 表示。图 1-2 中, $h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$, h_{AB} 表示 B 点对 A 点的高程差。由此可见,高差的大小与高程起算面无关。

三、用水平面代替水准面的限度

在普通测量中,当测区面积不大的情况下,往往以水平面代替水准面,即把较小一部分地球表面上的点投影到水平面上来决定其位置。下面讨论在多大的范围内允许用平面代替曲面。

如图 1-3 所示, $\Delta h = bB - b'B$ 就是用水平面代替水准面所产生的高程误差。通过计算分析可得到表 1-1 的结果。由表中数据可知,地球曲率对高程的影响很大。因此在高程测量中,即使是很短的距离,也应考虑地球曲率对高程的影响,即地面点的高程必须由大地水准面起算。

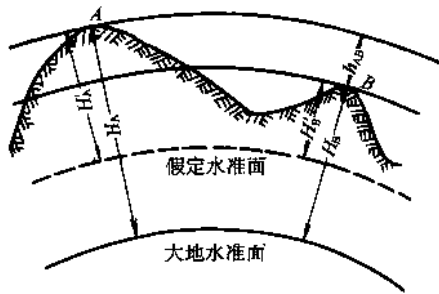


图 1-2

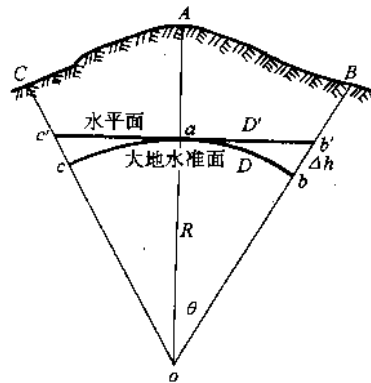


图 1-3

表 1-1

$d(\text{m})$	50	100	200	500	1000	2000	3000
$\Delta h(\text{mm})$	0.2	0.78	3.1	20	78	314	706

图 1-3 中, $\Delta D = D' - D$ 是用水平面代替水准面后对距离的影响。由表 1-2 中的数据可知, 当 D 为 10km 时, 用水平面代替水准面所产生的误差为距离的 $1/1200000$, 而目前最精密的距离丈量最高相对误差才为 $1/1000000$ 。由此可以得出结论: 在半径为 10km 范围内进行长度测量工作时, 可以用水平面代替水准面。市政工程施工测量一般是在地球表面的一个较小的区域内进行的, 因此, 施工测量中可以不考虑地球曲率的影响。

表 1-2

$D(\text{km})$	$\Delta D(\text{cm})$	$\Delta D/D$
10	0.82	1:1200000
20	6.57	1:304000
50	103	1:48500

四、确定地面点位的三个基本要素

由前所述, 地面点的空间位置由点的三维坐标系来确定。但在实际测量中, x 、 y 和 H 不能直接测定出来, 而是根据测定的地面点间的水平距离, 水平角以及起始边与已知方向之间的水平夹角来推算其平面坐标的。如图

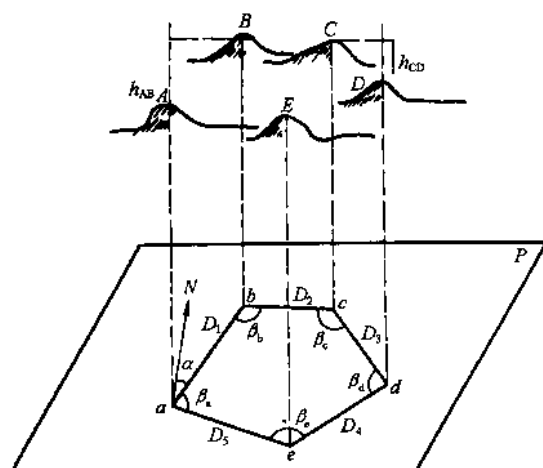


图 1-4

1-4 所示, 测量出地面上 AB 、 BC ……各边在水平面上的投影 ab 、 bc ……的长度(称水平距离) D_1 、 D_2 ……; 测量出水平面上 ab 直线与指北方向间的夹角 α (称方位角)及 ab 、 bc ……各边间的夹角 β_a 、 β_b (称水平角); 测量出 A 、 B 、 C 各点间的高差 h_{AB} 、 h_{BC} ……。这样, 即可以 A 点的坐标, 高程和 AB 边的方位角为起算数据, 及所测得的 D 、 β 和 h 计算出 B 、 C 、 D 、 E 各点的坐标和高程。所以, 高差、水平角和水平距离是确定地面点位的三个基本要素。高差测量、水平角测量、水平距离测量是测量的三项基本工作, 测、算、绘是测量的基本技能。

第三节 测量工作的原则和程序

在测绘地形图或进行工程施工放样测量时都必须遵循“从整体到局部”“先控制后碎部”的原则来组织实施。首先在测区内选择若干点作为平面和高程的控制点,精确地测定其相对位置,然后再以这些点为依据进行局部地区的测绘工作或施测工作。这样可以减少误差的累计,保证测区(工程)的整体精度,并且还可以同时在工作面上进行测量,加快测量进度,缩短工期,节省投资费用。因此,测量工作的基本程序可分为控制测量、碎部测量两步。如图 1-5 所示,先在测区内,选择一些能将周围地面上各地物、地貌特征点测定的控制点 1、2、3……,以较精确的方法测定其位置,称为控制测量。然后根据控制点再测定碎部点的位置,称为碎部测量。例如,在控制点 2 测定其周围的碎部点 A、B、C、D 等,这样河流的边线,小桥的位置就可以绘制在图纸上。又例如,在控制点 1 和 6 上测设出设计建筑物 P、Q、R 的实地位置。

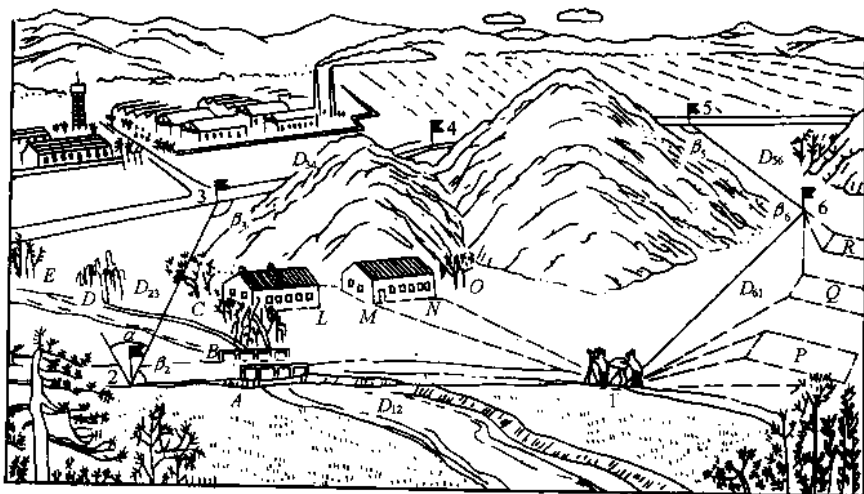


图 1-5

另外,测量工作有外业和内业之分,上述测定地面点位置的角度测量、高差测量、水平距离测量等称为外业,而坐标和高程计算等称为内业。为了防止错误,无论在外业和内业工作中还必须遵循另一基本原则“边工作边校核”。

思考题与习题

1. 市政工程测量的任务是什么?
2. 什么叫大地水准面?它在测量上的作用是什么?
3. 测量上的平面直角坐标系与数学上的平面直角坐标系有何区别?
4. 确定地面点的位置要用哪些基本元素?测量的三项基本工作是什么?
5. 为了把地面上的地物和地面的高低起伏形态表示在图纸上,需要确定一些什么点的位置?
6. 什么叫绝对高程?什么叫相对高程?两点间的高差值与起算高程的基准面有无关系?
7. 测量工作的原则和程序是什么?

第二章 水准测量

地面上两点间的高差或地面上点的高程,是反映地面起伏状态的基本要素。确定地面点高程的测量工作称为高程测量。主要有水准测量、三角高程测量、气压高程测量及流体静力水准测量和 GPS 高程测量等。水准测量是利用水准仪和水准标尺,根据水平视线来测定两点间高差的测量方法。此种方法能较精密地测定地面点高程,因此是市政工程施工测量中最常用的测量高程的方法。是施工技术人员必须掌握的测量基本功之一。

第一节 水准测量原理

如图 2-1 所示,已知地面点 A 的高程为 H_A ,现欲求地面点 B 的高程 H_B 。为此,首先在

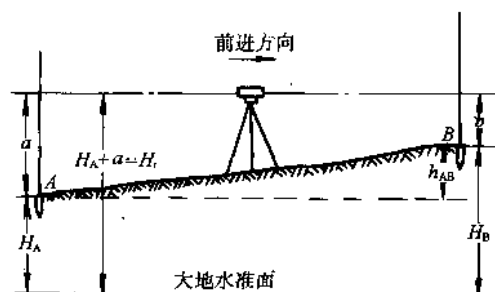


图 2-1

A、B 两点间安置一台水准仪,在 A、B 两点上分别竖立水准尺,然后利用水准仪提供的水平视线,借助竖立在地面点上的水准尺,根据水平视线,在两尺上分别读得读数 a 和 b ,从图中几何关系可以得出:A、B 两点间的高差

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

测量上规定,已知高程点 A 的水准尺读数 a 称为后视读数。待求高程点 B 的水准尺读数 b 称为前视读数,则高差 = 后视读数 - 前视读数。

注意:前视、后视这两个概念一定要弄清楚,不能误解为往前看或往后看所得到的尺读数。

相对来说,读数小表示地面点高,读数大表示地面点低。为此,高差有正、负之分,高差为正,即前视读数小,表示前视点比后视点高;高差为负,即前视读数大,表示前视点比后视点低。

如果已知 A 点高程 H_A 时,那么就可以计算出 B 点高程 H_B 。在计算高程时,高差应连同其符号一并运算。在书写 h_{AB} 时,须注意 h 的下标, h_{AB} 是表示 B 点对于 A 点的高差。

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + (a - b) \quad (2-2)$$

由图 2-1 可看出, H_i 是水平视线的高程,通常叫视线高程或仪器高程。B 点的高程也可以通过视线高程 H_i 求得。

$$H_i = H_A + a \quad (2-3)$$

$$H_B = H_i - b \quad (2-4)$$

综上所述,水准测量的原理就是利用水准仪所提供的水平视线测得高差而计算高程的。如果视线不水平,上述公式不成立,测算将发生错误。因此,使视线水平,是水准测量中要时

刻记住的关键操作。

计算高程的方法有两种,式(2-2)直接利用高差计算高程,称为高差法;式(2-4)利用仪器视线高程计算高程,称为仪器高法。当安置一次仪器需要测出若干个地面点的高程时,仪器高法比较方便,在市政工程施工测量中被广泛应用。

第二节 水准测量的仪器及工具

一、DS₃ 型微倾式水准仪

水准仪的种类很多,但在构造上一般都由望远镜、水准器和基座三个主要部件组成。图 2-2 为我国生产的 DS₃ 型微倾式水准仪。是目前工程测量中常用的类型。“D”和“S”分别为“大地测量”和“水准仪”的汉语拼音第一个字母,其下标“3”是指水准仪每公里往返测高差中数的偶然中误差,以毫米计。

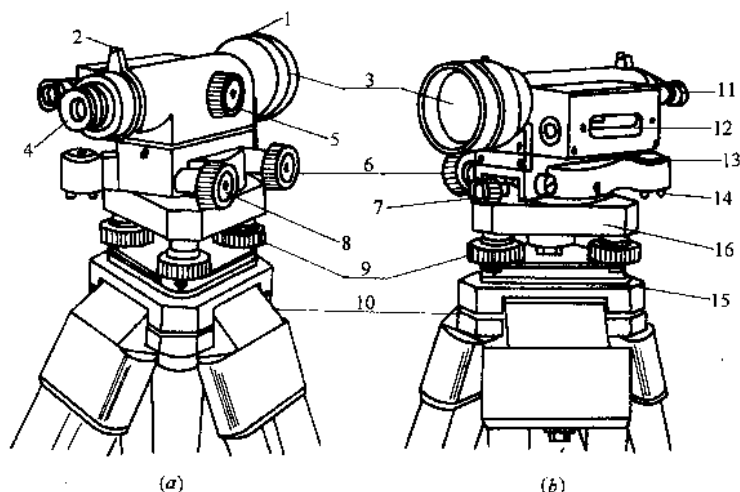


图 2-2

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—三脚架;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

微倾式水准仪是指在水准仪上设有微倾装置,能使望远镜作微小的仰俯以实现视线水平的水准仪。即在目镜端下面设置了微倾螺旋,转动此螺旋,可升高或降低望远镜的目镜端,使其作微量调节,直至管水准器气泡精密居中,达到为仪器提供水平视线的目的。

(一) 望远镜

望远镜由物镜、目镜和十字丝分划板三个主要部件组成。它的主要作用是使观测者能看清远处的水准尺,并提供一条照准读数用的水平视线。望远镜依照调焦方式的不同,分为内对光望远镜和外对光望远镜,现代光学测绘仪器的望远镜均采用内对光式,这种结构的优点是物镜位置固定,镜筒短、轻、密封性好。

图 2-3 是内对光倒像望远镜的构造图。目标经过物镜和对光凹透镜在镜筒内构成倒立的缩小实像。转动物镜对光螺旋,移动对光凹透镜,可以使像清晰地反映在十字丝平面上。再经过目镜的作用使成像和十字丝同时被放大成虚像。于是,观测者就能非常清楚地观测目标。所以目镜的作用是放大。十字丝在目镜的前面,是刻在玻璃片上的两条相互垂直的细线,竖直的一条线称为纵丝(竖丝),横的一条长线称为横丝(中丝),中丝上、下等距离处还有两根短丝叫视距丝(也称上、下丝),是用来测量距离的。物镜的光心与十字丝交点的连线构成望远镜的视准轴,它是瞄准目标的轴线。水准测量是在视准轴水平的条件下用横丝截取水准尺上的读数。十字丝的作用是提供照准目标的标准。

图 2-4 为望远镜成像原理图

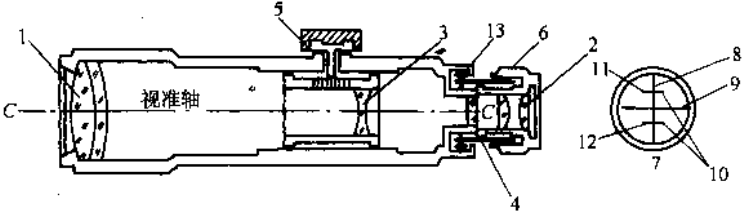


图 2-3

1—物镜;2—目镜;3—对光凹透镜;4—十字丝分划板;5—物镜对光螺旋;6—目镜对光螺旋;7—十字丝平面;8—十字丝纵丝;9—十字丝横丝;10—视距丝;
11—十字丝上丝;12—十字丝下丝;13—十字丝分划板校正螺丝

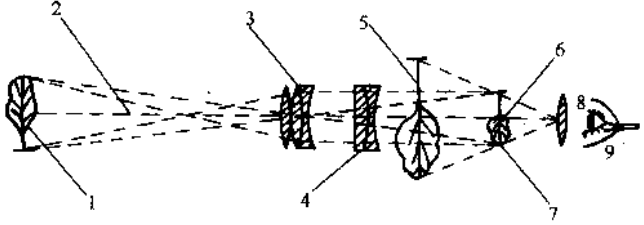


图 2-4

1—观测目标;2—视准轴;3—物镜组;4—对光凹透镜;5—放大的倒虚像;6—倒立的小实像;7—十字丝;8—目镜;9—眼

(二) 水准器

水准器是用来标志视线是否水平,仪器竖轴是否竖直的装置。水准器有管水准器和圆水准器两种。

1. 管水准器(水准管)

如图 2-5 所示,管水准器是一个内壁呈圆弧状的玻璃管,圆弧半径 R 一般为 $7 \sim 20\text{m}$,管内装酒精和乙醚的混合液,加热融封而成,冷却后管内形成一个气泡。管上刻有间隔为 2mm 的分划线,分划线的中点称水准管零点 O 。过零点与内壁圆弧相切的切线,叫水准管轴 LL 。利用校正螺丝将水准管轴调节到与视准轴相互平行的位置,当水准管气泡居中时(水准管的气泡中点与水准管零点重合时),水准管轴线水平,此时视准轴也就处于水平位

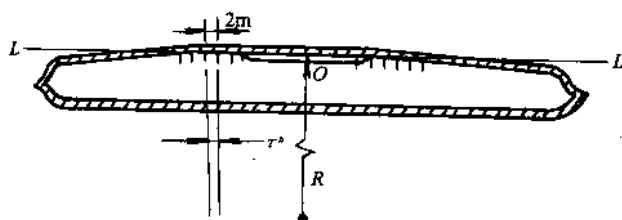


图 2-5

置。根据水准测量原理可知,视准轴与水准管轴相互平行是水准仪应具备的最重要条件。

水准管轴不水平时,气泡必向水准管高的一端移动。如图 2-6 所示,气泡中点由 O 点移到 O' 点为 2mm 时,水准管轴所倾斜的角值,用 τ'' 表示,称为水准管分划值。

$$\tau'' = \frac{2}{R} \rho'' \quad (2-5)$$

式中 ρ'' —— $206265''$;

R ——水准管圆弧的半径,mm。

由上式可知, R 越大,水准管的分划值越小,水准管的灵敏度也越高。 S_3 型微倾式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,现代水准仪多采用符合水准器。符合水准器是在没有分划线的水准管上方设置一组符合棱镜组,如图 2-7 所示。

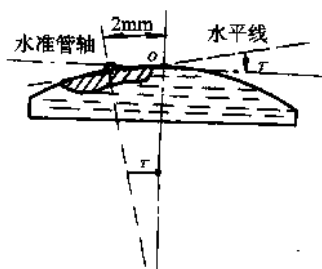


图 2-6

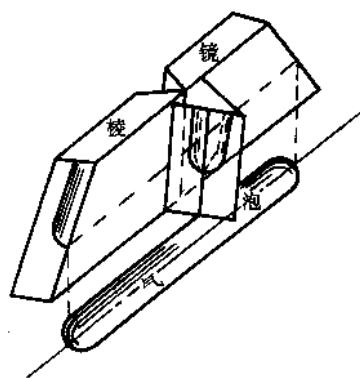


图 2-7

借助棱镜组的折光作用,把气泡两端的各半边影像反映在望远镜目镜旁的观察镜内,如图 2-8 所示。直线两侧半圆形气泡影像完全吻合,表示气泡居中(图 c),视准轴水平。若直线两侧半圆形气泡影像相互错开(图 a、b),表示气泡不居中,视准轴不水平。所以,观测、读数时一定要先利用微倾螺旋把它调节成图 2-8(c)的位置后方可读数。

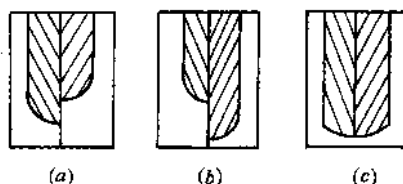


图 2-8

符合水准器不但观察方便,更重要的是它把气泡偏离零点的距离放大一倍呈现出来,从而提高了观察气泡居中的精度。

2. 圆水准器(水准盒)

如图 2-9 所示,圆水准器是一个玻璃圆盒,其圆盒顶面内壁是一个球面,球面中心刻有一个圆圈,其圆心叫水准盒零点。过零点的球面法线叫水准盒轴线 CC 。当气泡居中时,圆水准器轴线处于铅垂位置。

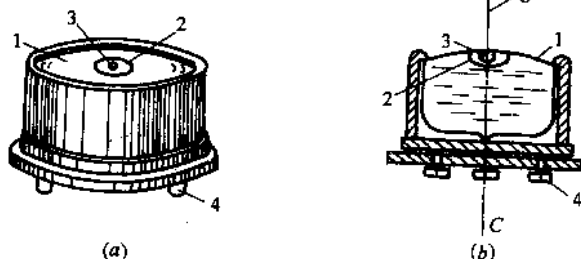


图 2-9

1—球面玻璃盖;2—中心圆圈;3—气泡;
4—校正螺丝; CC —圆水准器轴

用校正螺丝可将圆水准器轴调节成与仪器竖轴相互平行的位置,当圆水准器气泡居中时,仪器竖轴就处于铅垂位置。因此,可以用圆水准器气泡居中与否,判定竖轴是否铅直。 S_3 型水准仪的圆水准器分划值为 $8'/2\text{mm}$,因此,水准盒仅作为粗略整平的装置。

(三) 基座

基座的作用是支承仪器的上部并与三脚架连接。基座主要由轴座、脚螺旋、连接板三部分组成。仪器上部通过竖轴插入轴座内,由基座承托,整个仪器通过连接板用连接螺旋与三脚架连接。脚螺旋用来使圆水准器气泡居中。

水准仪除了上述三个主要部件外,还装有一套制动和微动螺旋,是为了瞄准目标用的。放松制动螺旋,可使望远镜与管水准器沿水平方向转动,拧紧制动螺旋时,望远镜不能转动,此时旋转微动螺旋,可使望远镜在水平方向作微小的转动,以便精确照准目标。松开制动螺旋,微动螺旋也就失去了作用。

由于观测目标的距离不同,为了使影像位于十字丝平面上,就需要调节物镜对光螺旋,使目标影像与十字丝平面重合。由于人的视力不尽一致,可以通过调节目镜对光螺旋,使十字丝清晰。

二、水准尺

水准尺是水准测量使用的重要工具,一般由干燥优质木材制成。也有采用玻璃钢等材料制成的。一般长 $3\sim 5\text{m}$ 。按其构造不同可分为塔尺、折尺、板尺等几种。图 2-10 是常用的几种不同形式的水准尺。由于使用、携带方便,工程上常用的为三节套接可伸缩的塔尺。全长 5m ,尺的底部为零点,尺上黑白格相间,每格为 1cm (有的为 0.5cm),尺上分米处注有数字,分米的准确位置有的以字顶为准,有的以字底为准,还有的把字写在中间。超过 1m 的注记加红点。例如 $\dot{3}$ 表示 1.3m ,也有的用 1.3 表示。 $\ddot{4}$ 表示 2.4m 等。塔尺拉出使用时,一定要注意接合处的卡簧是否卡紧,数值是否连续。

较精密的水准测量,例如三、四等水准测量,须采用长度为 3m 的成对的板尺(图 2-11),板尺双面黑、红分划,两根尺的黑面尺底均为零, 1cm 黑、白相间分划。红面尺底为一常数,一根尺子的红面尺底数为 4.687 ;另一根尺子的红面尺底数为 4.787 ,两根尺子红面底数相差 0.1 米,其目的是为了检核读数时的正确性。使用水准尺前一定要认清分划特点。