

中等专业学校试用教材

铁路测量

包头铁路工程学校主编

人 民 铁 道 出 版 社

中等专业学校试用教材

铁路测量

包头铁路工程学校主编

人民铁道出版社

1979年·北京

内 容 简 介

本书根据铁道部1978年拟定的《铁路测量》教学大纲编写而成。

全书共分十三章，介绍了平面测量的基础理论和操作方法，并结合我国铁路建设的实际情况，扼要地介绍了铁路专业测量。对于测量技术的新成就，也作了简略介绍。

本书为铁路中等专业学校铁道工程专业及铁道桥隧专业教学用书。

主编单位：包头铁路工程学校

编写分工：包头铁路工程学校	赵文儒	张淦平	(第一、三、四章)
齐齐哈尔铁路工程学校	邱国平		(第五、十章)
衡阳铁路工程学校	贺词锋		(第七、八、十三章)
天津铁路工程学校	康诵礼		(第六、十二章)
成都铁路技术学校	易尧勋		(第二、十一章)
济南铁路机械学校	汤连珍		
南京铁路运输学校	刘道存		(第九章)

中等专业学校试用教材

铁 路 测 量

包头铁路工程学校主编

人民铁道出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民铁道出版社印刷厂印

开本：787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张：12.75 字数：312 千

1979年7月第1版 1979年7月第1次印刷

印数：0001—8,000册

统一书号：15043·6180 定价：1.05元

目 录

第一章 绪论	1
1—1 测量学的任务和分类	1
1—2 测量学的发展简介	1
1—3 测量在社会主义建设中的作用	2
1—4 地面点位置的确定	3
1—5 测量工作的基本要求及常用单位	4
第二章 水准仪及水准测量	6
2—1 高程测量的概念	6
2—2 水准测量的原理	8
2—3 水准仪及水准标尺	9
2—4 水准测量的基本方法	15
2—5 水准测量的校核及精度要求	18
2—6 水准测量注意事项	20
2—7 微倾式水准仪的检验与校正	22
2—8 自动安平水准仪简介	25
第三章 经纬仪与角度测量	30
3—1 水平角测量原理	30
3—2 经纬仪的构造	30
3—3 全测回法测量水平角	36
3—4 竖直角测量	39
3—5 经纬仪的检验与校正	44
第四章 距离测量	50
4—1 地面上点的标志与直线定线	50
4—2 钢尺测距法	51
4—3 横基尺测距法	56
4—4 物理测距法简介	57
第五章 直线定向	61
5—1 直线定向的意义	61
5—2 方位角和象限角	61
5—3 罗盘仪测定磁方位	63
5—4 地理坐标及子午线收敛角	65
5—5 太阳高度法测定真方位	66
第六章 测量误差基本知识	73
6—1 测量误差的种类及特性	73
6—2 观测精度的衡量标准	74
6—3 观测值函数的中误差	76
6—4 算术平均值及其中误差	78
6—5 用算术平均值误差计算观测值的中误差	79

第七章 导线测量	82
7—1 平面控制测量概述	82
7—2 导线的种类	83
7—3 经纬仪导线测量外业工作	84
7—4 经纬仪导线测量内业工作内容	86
7—5 闭合导线的坐标计算	86
7—6 附和导线的坐标计算	93
7—7 导线测量错误的检查	99
7—8 导线图的绘制	100
第八章 视距测量	111
8—1 视距测量的概念	111
8—2 用视距法测量水平距离及高差	111
8—3 视距计算工具	113
第九章 地形测量	117
9—1 地形测量的概念	117
9—2 等高线	119
9—3 地形测量的方法	123
9—4 地形图拼接与整饰	127
9—5 地形图的应用	129
9—6 航空摄影测量简介	130
第十章 铁路曲线测量	135
10—1 铁路路线的设置	135
10—2 圆曲线的测设	137
10—3 缓和曲线的概述	141
10—4 加缓和曲线后的基本要素计算和主要点的设置	142
10—5 加缓和曲线后曲线的详细设置	146
10—6 困难地区的曲线测设	152
第十一章 铁路断面测量	165
11—1 铁路断面测量的意义	165
11—2 线路水准测量	165
11—3 横断面测绘	173
第十二章 小三角测量	178
12—1 小三角测量概念	178
12—2 基线丈量及计算	179
12—3 全圆测回法测水平角	180
12—4 单三角锁近似平差	182
12—5 四边形近似平差	185
第十三章 施工放样的基本方法	190
13—1 施工放样的概念	190
13—2 施工放样的基本工作	190
13—3 建筑物平面位置的放样方法	193
附录:	
测量仪器的使用和保养	197

第一章 绪 论

1—1 测量学的任务和分类

测量学负有两方面的任务，即测绘与测设。

测绘 按测量的范围及目的不同，可分为两部分。

一、研究测量整个地球的形状和大小，以取得必要的数据，作为区域测量的依据，并为研究地球运动提供资料。

二、研究测量某一地区的地面形状和大小，根据测得地面上点的位置的资料按一定比例尺绘制成反映这地区地面情况的图，为工程建设和国防建设提供必要的资料。

测设 是与测绘工作程序相反的测量。它是研究如何将设计图上建筑物的位置，用测量方法精确的设置到地面上，以便作为各种工程建设施工的依据。

按目前测量科学发展和应用的情况，测量学基本上分为四类：

大地测量学：研究测量整个地球的形状和大小及解决在大面积内建立控制网的问题。在测量时必须考虑地球的曲率。

普通测量学：研究测绘小区域地面的形状和大小，研究怎样把设计图纸上建筑物的点位测设到地面上去。由于地球半径很大，在小区域测量时可不考虑地球曲率的影响，而假设这一小部分的地球形状为一平面。

航空摄影测量学：研究利用空中摄影像片以测绘地形图的方法。

工程测量学：研究测量技术在各项工程建设中的应用。

四门测量学的关系是：大地测量为普通测量、航空摄影测量及工程测量提供大地控制点；普通测量为工程测量提供测量、制图的基本知识及技术；航空摄影测量为大地测量和工程测量摄制各种比例尺的地形图、基本地图、专业地图及专题地图。工程建设测量工作者除了应掌握本专业的内容外，对其它门类的测量也应有所了解。

1—2 测量学的发展简介

测量学是有较长发展历史的一门古老科学。早在公元前几千年，由于社会生产发展的需要，中国、埃及、墨西哥及希腊等亚、非、拉美古代国家就开始创制与运用了测量工具进行测量。

约在公元前二十一世纪，我国劳动人民就创制了“准、绳、规、矩”四种测量工具运用于治水工程和土地整理。以后又发明了指南针，为测定方向提供了根据。公元二世纪初（东汉），张衡发明了浑天仪，开始了天文测量。由于生产的需要，我国在古代就发展了地图的测绘技术，公元三世纪中叶（晋朝），我国制图学家裴秀和他的助手们，创制了制图六体，绘图工作有了科学的根据。公元八世纪（唐朝），我国的测量学家张遂进行了世界上第一次子午线的测量。公元十三世纪（元朝），郭守敬在全国作纬度测量。清末在全国进行了皇舆地图测量，是世界上完成全国地图的先例。我国对磁偏角的发现也比西方早四百余年。

我们的祖先在测绘方面的光辉成就，对测量学的发展做出了宝贵的贡献。

中华人民共和国成立后，由于党对测绘事业的重视，测绘工作得到了迅速发展，成立了各级测绘机构，在全国建立了测量控制网，并进行了航空摄影测量，编制和出版了各种比例尺的地图，制定了各种测量规范和图式。在测量仪器制造方面，解放前处于空白状态，解放后不仅生产了各种普通经纬仪、水准仪，并已生产各种精密的光学测绘仪器。

测量学不是一门孤立的科学，它一直随着社会生产和基础科学技术的发展而得到发展。自十七世纪发明望远镜后，人们利用光学仪器进行测量，使测量技术迈进了一大步。十九世纪末，发明了航空摄影后，又使测量学增添了崭新的内容；近代光学和电子学理论以及惯性理论在测量中的应用，创制了激光、红外线、微波、雷达测距、测高、陀螺定向和定位仪器。六十年代以来，由于电子计算技术和航空摄影技术飞速发展，而促使航测仪器向着自动化方向迈进。特别是人造地球卫星的发射，出现了遥感技术和遥测技术，使航测制图获得了丰富的地面信息，大地测量建立了新的分支——卫星大地测量学，使测量科学技术发生了一场带根本性的革命，无论在速度上或质量上都达到了前所未有的水平。

1—3 测量在社会主义建设中的作用

在我国社会主义经济建设和国防建设中，测量学有十分重要的作用。在经济建设方面无论是地下资源的勘查，工矿企业的建设，还是交通线路的修建，水电工程与城市建筑的规划以及农业土地的整理等，都需要进行测量，绘制成地形图，以提供必要的设计资料，或应用已有的地形图在图上设计，按图施工。

在国防建设方面，测量学也有非常重要的作用，如各项国防工程的修建，战略的部署和战役指挥等，都必须有详细而准确的地形图为依据。

测量在铁路建设中的应用也非常广泛。

为了确定一条经济合理的铁路线路，首先在国家基本地图上找出线路的大致方向，然后到地面去踏勘或草测，确定线路的基本方向，再进行初测，测绘地形图，在图上设计铁路中线，进行线路建筑物的施工放样。线路修筑竣工后还要进行竣工测量。现有线路的改造、维修、养护也需要对线路进行测绘。

修建铁路桥梁时，首先要进行桥位控制、桥址地形及水文测量；施工时，需要进行桥中线长度的测量和桥墩桥台中心放样；竣工时需要进行桥墩桥台的竣工测量。对现有线的桥梁还需进行测绘，为维修养护收集必要的资料。

修筑铁路隧道时，首先对隧道所在地区进行控制测量，作为洞内测量铁路中线位置的依据；施工时需要进行指引方向和开挖净空的测量；竣工后，还需进行洞内中线、拱圈及洞身的竣工测量。

此外，铁路工厂、站场及其它附属房屋建筑，也需测绘建筑区的平面图，作为设计的依据；施工时需要按照图纸进行建筑物放样；竣工后，也要进行竣工测量。

总之，在整个铁路工程建筑过程中，无论勘测设计阶段、施工阶段及运营阶段，都需要测量。因此，铁路工程技术人员，必须熟练掌握各种基本测量操作技术和必要的计算技巧。铁路测量这门课在铁路工程专业和铁道桥梁与隧道专业中是一门重要的技术基础课。

1—4 地面点位置的确定

地球表面有高山、深谷、平原、海洋等起伏，但这些起伏与地球总的形体来比较是极为微小的，为求得地球的基本形状，对这些起伏可不作考虑。

设想将地面海洋或湖泊静止的水面扩展穿过大陆和岛屿，而成一个闭合的曲面，这个面称水准面，它的特点是面上任何一点的铅垂线（即重力方向线）都垂直于该点的曲面。因各地方的高低不同，水准面可以作出很多，其中以平均海水面为基面，称为大地水准面。此面所包围的几何球体称为大地球体，用来表示地球的基本形状。经多年测算，大地球体近似一椭圆球体，如图 1—1。

长半轴

$$a = 6378.245 \text{ 公里}$$

短半轴

$$b = 6356.863 \text{ 公里}$$

扁率

$$\alpha = \frac{a - b}{a} = \frac{1}{298.3}$$

由于扁率很小，大地球体极接近于圆球体。在地球表面小区域内进行测绘工作时，可认为地球是一个圆球，其半径为 6371 公里。

地面上一点的位置，即沿该点的铅垂线方向投影到大地水准面上，求出其球面坐标和投影线段长度来确定，如图 1—2。

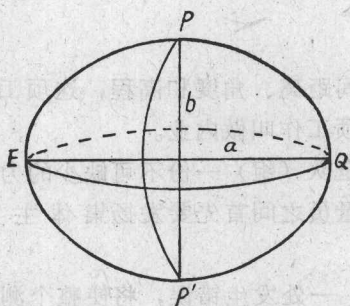


图 1—1

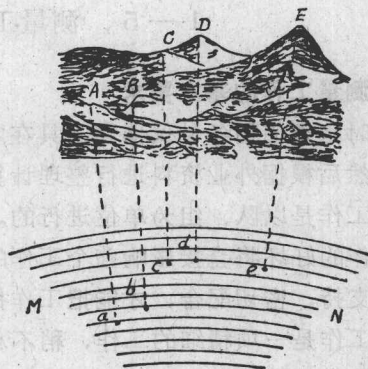


图 1—2

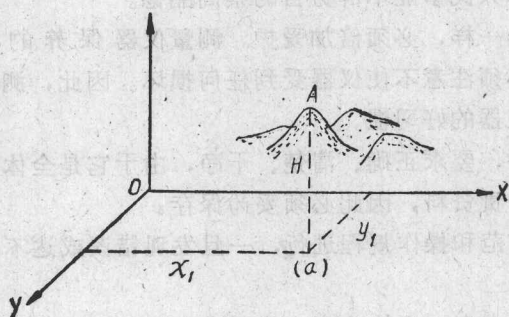


图 1—3

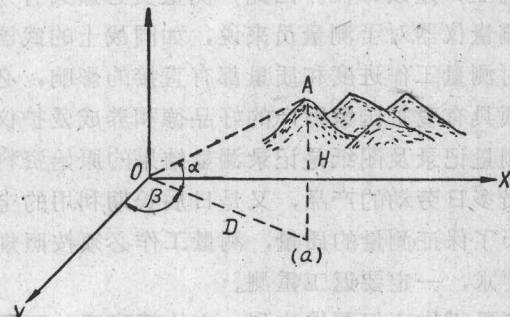


图 1—4

球面上坐标用经纬度表示，称为地理坐标。

在小范围内测量地面点的位置，作大地水准面的切平面，这个面叫做水平面。将地面点投影到这水平面上，其位置就可以用平面直角坐标来表示。实质上就是测量地面点相对于某一固定点（或控制点）的平面直角坐标和高程，如图 1—3 中地面点 A 相对于固定点 O 的平面坐标 (x_1, y_1) 及高程 H （即 A 点到 XOY 水平面的铅垂距离）；或者地面点相对于某一固定点的平面极坐标和高程，如图 1—4 中地面点 A 在 XOY 水平面内相对于固定点 O 的平面极坐标：水平距离 D 和水平角 β 。高程 H 由测得的竖直角 α 和水平距离 D 算出。

通常用钢尺丈量水平距离或用物理测距法测定水平距离，用经纬仪来测量水平角及竖直角，用水准仪来测量高程，以测定地面点的位置，而用罗盘仪或天文观测方法来测定地物的方位。

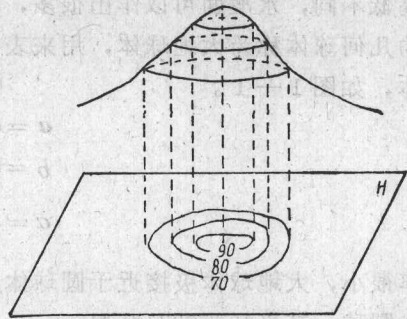


图 1—5

对地面形状的测量称为地形测量，其实质是测量地形点（地形特征点）的平面位置和高程，然后将等高的地面点的水平投影连接起来，绘成等高线图，如图 1—5 中水平面 H 上的曲线图。

1—5 测量工作的基本要求及常用单位

一、测量工作的基本要求

测量时必须使用各种仪器和工具在室外实地测定各点间距离、角度和高程，这项工作叫做外业。然后根据外业资料进行整理计算和绘制成图，这项工作叫做内业。

测量工作是以队、组为单位进行的。但每一个人又是全队（组）一份不可缺少的力量。一个人工作的好坏将直接影响整个工作的好坏。因此，测量员之间首先要发扬集体主义精神，互相支持，密切配合，才能把工作搞好。

测量工作是一项精细的工作，稍不小心就要产生错误，一处发生错误，将使整个测量结果达不到精度要求，甚至全部返工，造成人力物力上的浪费。因此，测量员必须具有为人民的事业高度认真负责的态度和精细的工作作风。

测量工作是一项艰苦的工作。由于工作场地在野外，经常要爬山涉水，常常是白天外业黑夜内业，连续工作。因此，测量员必须具有为人民事业不辞劳苦的崇高品德。

测量仪器对于测量员来说，如同战士的武器一样，必须倍加爱护。测量仪器保养的好坏，对测量工作进度和质量都有直接的影响，必须注意不使仪器受到任何损坏。因此，测量员必须具有爱护国家财产的好品德和养成爱护仪器的好习惯。

测量记录及图纸是记录测量结果的原始资料，要求正确、清楚、干净，由于它是全体测量队员多日劳动的产品，又是日后长期利用的宝贵资料，因此必须妥为保存。

为了保证测量的质量，测量工作必须按照规范和操作规程进行，一旦发现错误或达不到精度要求，一定要返工重测。

测量工作不但要求达到一定的精确度，还要求有一定的速度，体现多、快、好、省。

测量学这门科学是随着社会生产的发展而发展起来的。科学理论的基础是实践，又转过

来为实践服务。为此，在学习测量时，既要重视理论，也要重视实践。既要弄通理论，也要学会实际操作。只有理论联系实际才能把这门科学技术学好。

二、常用单位

测量中常用的度量单位为长度单位、面积单位和角度单位。

长度单位：

$$1 \text{ 公里 (km)} = 1,000 \text{ 米 (m)}$$

$$1 \text{ 米 (m)} = 10 \text{ 分米 (dm)}$$

$$1 \text{ 分米 (dm)} = 10 \text{ 厘米 (cm)}$$

$$1 \text{ 厘米 (cm)} = 10 \text{ 毫米 (mm)}$$

$$1 \text{ 毫米 (mm)} = 1000 \text{ 微米 } (\mu)$$

面积单位：

$$1 \text{ 平方公里 (km}^2\text{)} = 1000000 \text{ 平方米 (m}^2\text{)}$$

$$1 \text{ 公顷 (Hectare)} = 100 \text{ 亩 (Acre)} = 15 \text{ 市亩} = 10000 \text{ 平方米 (m}^2\text{)}$$

$$1 \text{ 市亩} = 60 \text{ 平方丈} = 666.666 \text{ 平方米 (m}^2\text{)}$$

角度单位：

测量上常用的角度单位有度和弧度两种：

(一) 度：把一圆周分成360等分，每等分所对的圆心角值称为1度。

$$1^\circ = 60'$$

$$1' = 60''$$

(二) 弧度：圆周上等于半径的弧长所对的圆心角值称为一弧度，以符号“ ρ ”表示，弧度与角度的关系如下：

$$\rho^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} = 57.2958 \approx 57.3$$

$$\rho' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60' = 3437.75 \approx 3438'$$

$$\rho'' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60 \times 60'' = 206264.8 \approx 206265''$$

式中的 ρ° 、 ρ' 、 ρ'' 就是一弧度所相应角度的度、分、秒值。

复 习 题

1. 确定地面点位的方法有几种？各由哪几个元素来决定？
2. 什么叫水准面、大地水准面？它具有什么特点和意义？
3. 平面直角坐标的实质是什么？
4. 测量地面点位需做哪些方面的基本测量工作？

第二章 水准仪及水准测量

2—1 高程测量的概念

为了确定地面点的高程所进行的测量工作，称为高程测量。由于地球表面起伏不平，要衡量点位的高低，必须选择一个标准，也就是决定一个高程的起算面。我国现用的是通过黄海平均海水面的大地水准面，在此面上点的高程为零。黄海平均海水面的获得，是在青岛海岸设立验潮站，经过多年连续观测的成果推算得出的，称为黄海高程系统。

高程 地面上一点到大地水准面的铅垂距离；以“ H ”表示。高程亦称标高或海拔。如图 2—1 中的 H_A 就是 A 点的高程， H_B 就是 B 点的高程。例如，世界最高峰——我国的珠穆朗玛峰的高程是 8848.13 米，就是说它高出大地水准面 8848.13 米；我国新疆地区吐鲁番盆地中部艾丁湖的水面比黄海平均海面低 154 米，就是说它的高程是 -154 米。

高差 地面上两点的高程之差。也就是通过这两点的水准面之间的铅垂距离。以“ h ”表示。图 2—1 中， B 点对 A 点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A$$

(2—1)

高差有正 (+)、负 (-) 之分，若 B 点高于 A 点， h_{AB} 为正， B 点低于 A 点 h_{AB} 为负 ($-h_{AB}$)。

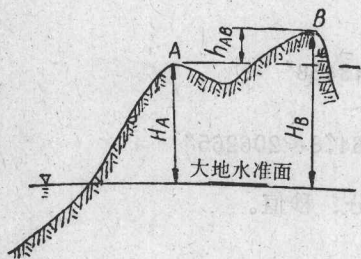


图 2—1

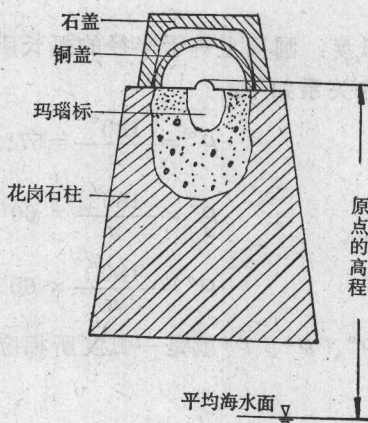


图 2—2

高程测量的种类 根据使用仪器和测量方法不同，高程测量可分为下列几种。

水准测量 又称几何水准测量，是用水准仪配合水准标尺测定地面点的高程，它是精密测量高程的常用方法。

三角高程测量 是根据两点间的水平距离 D 和倾斜角 α ，利用三角公式计算高差 h 。其精度较低，通常只用地形测量中。

气压高程测量 是根据地面上高低不同的各点，其大气压力也不同的物理现象，而利用气压计测得大气压力的变化，算出地面点的高程。此法精度更低，只在铁路踏勘中应用。

水准点 为了建立全国统一的高程系统，国家测绘机构在青岛验潮站附近地面埋设固定标石，用精密水准测量方法与该处所设的水位标尺相联系，测定了它的高程，作为全国高程测量的起点，这个水准标石称为水准原点，该标石的式样如图 2—2 所示。

从青岛原点出发,在全国各地沿着河流、交通线路等处埋设一系列永久性的稳固的标石,并用精密水准测量方法测定这些标志点的高程,从而组成了全国性的高程控制网。这些具有国家统一高程的稳固点,称为国家水准点。有了这些水准点,不仅使全国各地在进行高程测量时,高程均能从黄海平均海水面起算,为国家统一规划,测绘地形图和进行工程建设提供必要的高程控制依据;也为研究地壳垂直运动、平均海水面变化等科学技术问题提供精确的高程资料。

国家水准测量按施测精度分为一、二、三、四等。

国家水准点的标石或标志式样较多,一般有:金属水准标志,如图2-3(a);墙上水准标志,如图2-3(b);混凝土基本水准标石,如图2-3(c)。水准标石上面突起的半球形之顶点为测设高程之标准,观测时标尺的底面即承垫其上。

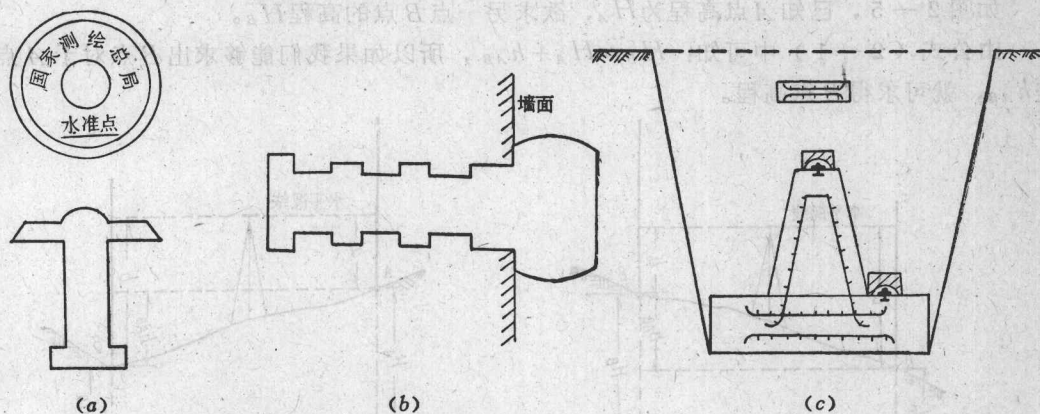


图 2-3

在铁路测量中,常须依据全国性的水准点,自行加密设立专用的水准点,作为铁路勘测、施工、养护时测定高程的控制依据。

铁路水准点埋设的式样有混凝土制作的永久水准点标,如图2-4(a);木制的临时水准点标,如图2-4(b);水准点标结构尺寸见部颁通用图中的有关规定。除此之外,根据需要,亦可在固定的岩石或稳固的建筑物上砍、凿水准点。

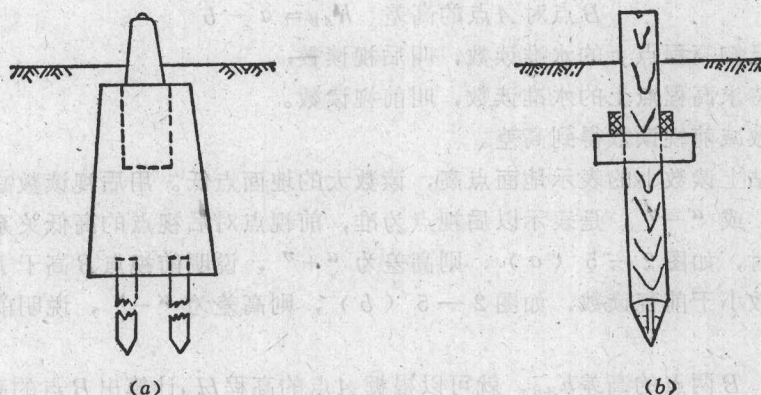


图 2-4

水准点埋设后,应按顺序编号。一般用“BM”表示水准点,如BM₅即表示第5号水准点。另外尚须注明测设单位和测设时间等。

在水准测量之前,首先应找到附近的水准点,并准确核实它的编号和高程。

在小范围的建筑工地只需要相对高程时,其水准点可以不与国家水准点或其他企业单位的水准点联测,而任意假定一个水准面作为起算面,即其高程给一假定数字,例如100米,根据这个起算点求得的高程,称为假定高程。

目前铁路上大部分已采用黄海高程系统,但有些地方还使用吴淞、珠江等高程系统。不同的高程系统相差一个常数,使用时可到当地有关单位查阅,加以改正,即可得到统一高程系统的标高。

2—2 水准测量的原理

如图2—5,已知A点高程为 H_A ,欲求另一点B点的高程 H_B 。

由公式(2—1)中可知: $H_B = H_A + h_{AB}$,所以如果我们能够求出B点对于A点的高差 h_{AB} ,就可求得B点高程。

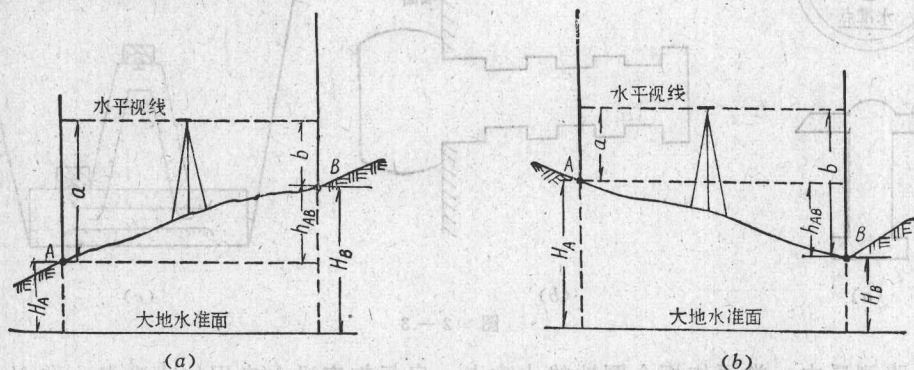


图 2—5

如何求得A、B两点间的高差呢?在小范围内测量时我们可以把水准面当作一个水平面。因此,我们只要在A、B两点间安置一个能提供水平视线的仪器——水准仪,并在A、B两点上竖立有分划的尺子——水准标尺,根据水平视线分别读出A点尺上的读数为a和B点尺上的读数为b。从图示几何关系得知:

$$B \text{ 点对 } A \text{ 点的高差 } h_{AB} = a - b \quad (2-2)$$

式中 a——已知高程点上的水准读数,叫后视读数;

b——待求高程点上的水准读数,叫前视读数。

即后视读数减前视读数得到高差。

在同一测站上读数小的表示地面点高,读数大的地面点低。用后视读数减前视读数得到高差的“+”或“-”,是表示以后视点为准,前视点对后视点的高低关系,当后视读数大于前视读数时,如图2—5(a),则高差为“+”,说明前视点B高于后视点A;反之,当后视读数小于前视读数,如图2—5(b),则高差为“-”,说明前视点B低于后视点A。

知道了A、B两点的高差 h_{AB} ,就可以根据A点的高程 H_A 计算出B点的高程 H_B ,即:

$$H_B = H_A + h_{AB} = H_A + (a - b) \quad (2-3)$$

可见,水准测量的基本原理就是利用水平视线来比较点的高低,因此水准测量,一定要有一条水平视线,才能测出两点间的高差。当A、B两点距离较远或高差较大时,不能一次

测得两点的高差，必须如图 2—6 所示，在两点间加设若干个临时点，即分成若干段，依次在各段中间安置仪器，分别测出各段的高差，把各段所得的高差相加，就得出 A 、 B 两点的高差。图中各段的高差应用公式 (2—2) 写出：

$$h_1 = a_1 - b_1$$

$$h_2 = a_2 - b_2$$

$$h_3 = a_3 - b_3$$

.....

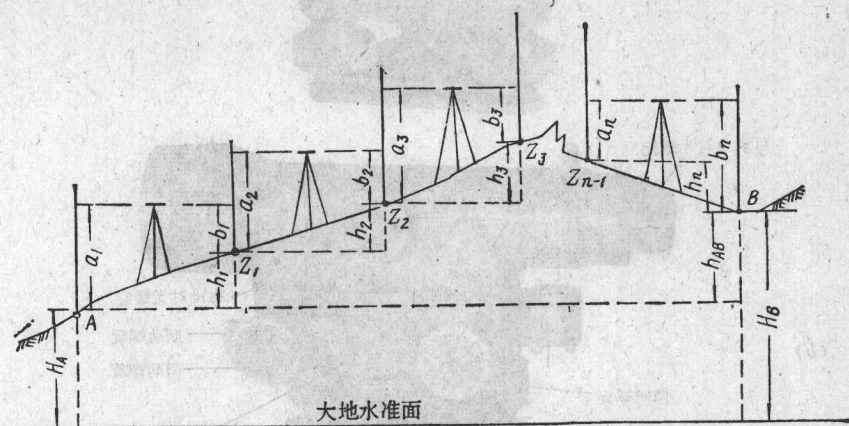


图 2—6

将各段高差相加得：

$$h_{AB} = \sum h = \sum a - \sum b \quad (2-4)$$

即终点对于始点的高差等于各段高差的代数和，又等于后视读数总和减去前视读数总和。

从始点 A 测到终点 B 所经过的路线称为水准路线。1、2、3、.....等各个临时立尺点，在水准测量中起着传递高程的作用。这些点叫转点，用 Z 表示。转点的特点是既有前视读数又有后视读数。

2—3 水准仪及水准标尺

一、水准仪

从水准测量的原理可知，水准仪是提供一条水平视线来测定两点间高差的仪器。

水准仪的类型很多，目前我国已能成批生产各种类型的水准仪，其型号有 $S_{0.5}$ 、 S_1 、 S_3 、 S_4 、 S_{10} 等。如图 2—7 是北京测绘仪器厂制造的 S_3 型微倾式水准仪。

水准仪的视线是在望远镜内形成的，而视线的水平是借助于水准器，所以水准仪的主要组成部分是望远镜和水准器。支持和稳定这两部分的是支架和基座，借基座将整个仪器安置在三脚架上。

下面介绍各部分的构造及作用：

(一) 望远镜

望远镜的作用是提供一条视线，并能清晰地观测到远处的目标。它主要是由物镜、目镜、对光透镜及物镜对光螺旋、十字丝等，以及为联接这些光学零件的镜筒所组成。图 2—8 (a)、(b) 是 S_3 型微倾水准仪望远镜实际构造略图。

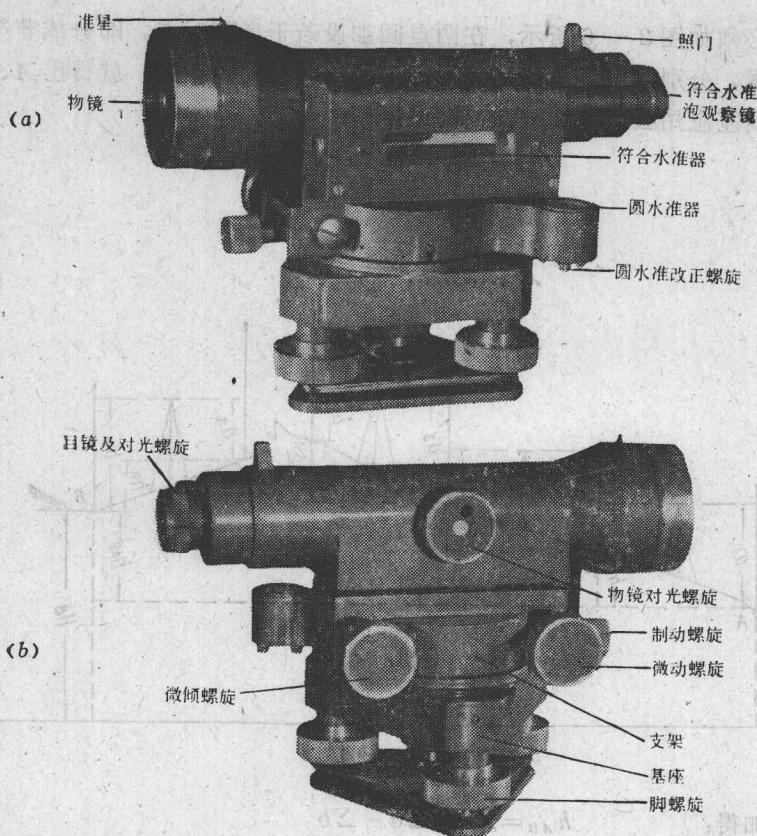


图 2-7

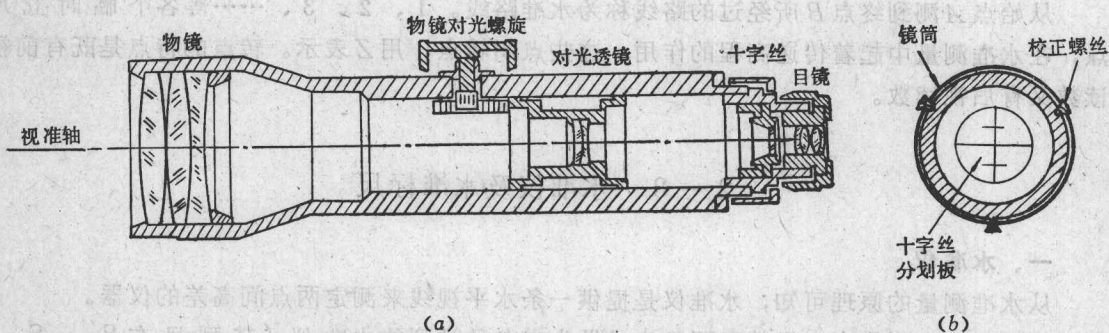


图 2-8

1. 物镜、目镜和对光透镜

望远镜的物镜、目镜和对光透镜都是由两片或两片以上的透镜组合而成的复合透镜。现代内对光望远镜表面都涂上一层蓝、紫等色的复膜以减少反射，增强亮度和起到保护镜头的作用。

观测时物镜对向观测目标，其作用是在镜筒内构成倒立的实象。而目镜的作用是将物镜构成的象和十字丝同时放大，故目镜又称放大镜。借转动物镜对光（调焦）螺旋带动对光透镜，使物体成像清晰，以便精确对准目标。

2. 十字丝

十字丝是用来照准目标的。十字丝是在一块平板玻璃片上刻划的十字细线，它装在十字丝环上，将十字丝环装在目镜筒前面，用三个或四个改正螺丝连接在望远镜筒上。十字丝竖直的一根称为纵丝或竖丝，中间横的一根称为横丝或中丝。

十字丝交点为照准目标用的标准点。通过十字丝交点和物镜光心的连线称为望远镜的视准轴。

3. 望远镜的成像原理

内对光望远镜的成像原理，如图 2—9 所示。目标 AB ，位于物镜的外焦点以外，来自物体的光线经物镜和对光透镜的作用，在十字丝平面上成一倒立缩小的实象 A_1B_1 。再经目镜的作用，即成放大后的虚象 A_2B_2 。

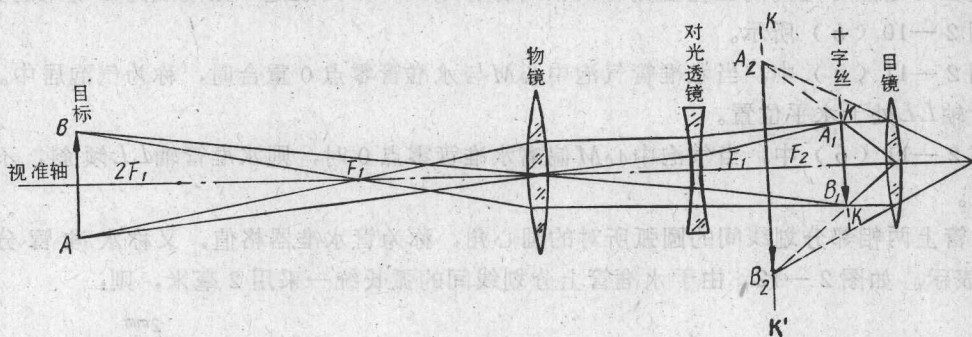


图 2—9

由于人的视力不一致，要使十字丝影像清晰，必须转动目镜，调整目镜与十字丝平面的距离，称为目镜对光。

由于观测目标的距离不同，影像的位置也有所改变，为了使影像总是落在十字丝平面上，须转动物镜对光螺旋，使目标的影像清晰的反映到十字丝平面上，称为物镜对光。

4. 望远镜的性能

望远镜的性能取决于望远镜的放大倍率、视场和明亮度等。所谓望远镜放大倍率是指放大虚象与眼睛直接看到目标大小的比值。它是鉴别望远镜质量的主要指标。测量仪器上的望远镜放大倍率一般为15倍~30倍，最大为50倍。放大倍率的大小直接影响到从望远镜中所能看到的空间范围，这个空间范围称为视场。视场与放大倍率成反比。放大倍率大照准及读数清晰，但视场小的望远镜寻找目标不容易。水准仪宜选用放大倍率较大的望远镜。

(二) 水准器

水准器为测量仪器的重要组成部分之一，它的作用是借以将仪器的某一轴线或平面安置成水平或铅垂位置。水准器有管水准器与圆水准器两种。圆水准器用于粗略定平仪器，管水准器用于精确定平。

1. 管水准器

管水准器，简称水准管，如图 2—10 (a)，为一圆柱形的玻璃管，管的内表面磨成具有一定曲率的旋转圆弧面，管内一般充以乙醚和酒精的混合液，装满加热，使其膨胀而溢出一部分后封口。冷却后，由于液体体积缩小，形成一充满蒸汽的空泡，称为水准管的气泡，简称气泡。因重力作用，气泡必定处于圆弧面的最高位置。

水准管安装在有长圆形的金属盒内，用石膏固定之，仅露出中间部分。端部装有校正螺丝，可使水准管一端升高或降低。

水准管内表面纵向圆弧的中心点 O ，也就是水准管上两端刻划的中点，称为水准管零点。过水准管零点与纵向圆弧相切的直线，称为水准管轴，如图 2—10 (a) 的 LL 线。

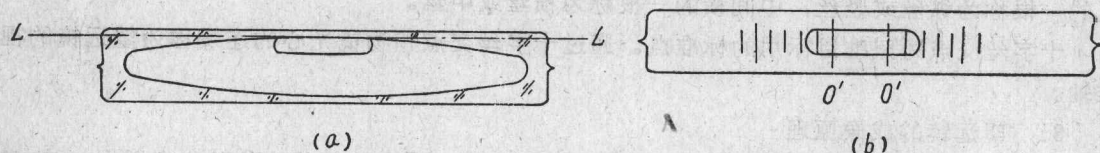


图 2—10

为了标志水准管零点或气泡的位置，在水准管上刻有分划线。零点通常不刻在水准管上，而是在与零点等距离的位置上刻有两根对称分划线 O' ，其余是一组间隔为 2 毫米的分划线，如图 2—10 (b) 所示。

在图 2—11 (a) 中，当水准管气泡中心 M 与水准管零点 O 重合时，称为气泡居中。此时水准管轴 LL 处于水平位置。

在图 2—11 (b) 中，当气泡中心 M 偏离水准管零点 O 时，则水准管轴 LL 倾斜，不在水平位置。

水准管上两相邻分划线间的圆弧所对的圆心角，称为管水准器格值，又称水准管分划值，以 τ 表示。如图 2—12，由于水准管上分划线间的弧长统一采用 2 毫米，则：

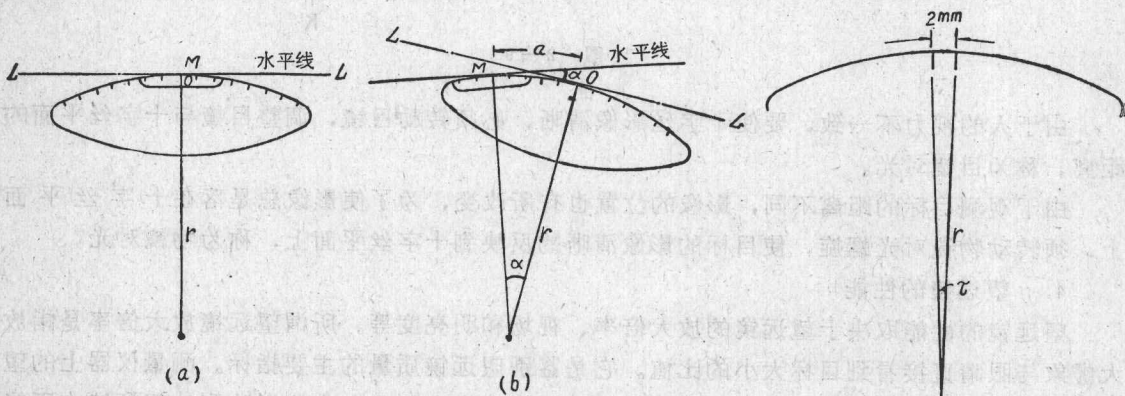


图 2—11

图 2—12

$$\text{水准管分划值} \quad \tau = \frac{2}{r} \rho'' \quad (2-5-a)$$

由此可知：水准管分划值 τ 与圆弧半径 r 成反比，圆弧半径越大，水准管分划值越小。一般工程水准仪上水准管分划值为 $20'' \sim 30''/2\text{mm}$ ，精密水准仪水准管分划值为 $2''/2\text{mm}$ 。

用管水准器安置直线或平面到水平位置的精确度，称为管水准器的灵敏度。水准管分划值愈大时，其灵敏度愈低，反之，其灵敏度高。

2. 符合棱镜水准器

为了提高目估水准管气泡居中的精度和工作效率，现代水准仪都装设符合棱镜水准器，简称符合水准器，如图 2—13 (a) 所示。符合水准器是由水准管和一组棱镜组成。三块棱镜安装在水准管的上方，通过棱镜把水准气泡两端 $1/4$ 弧的影象折射到一起，当气泡居中时，两端 $1/4$ 弧的影象便符合到一处，形成半圆弧，如图 2—13 (b) 上图所示；当气泡不