

中等专业学校教材

铁路测量

包头铁路工程学校 赵文儒 主编

天津铁路工程学校 许奋升 主审

中国铁道出版社

1992年·北京

前 言

本书是在铁道部1978年统编(中专)试用教材基础上,为适应教学发展需要,根据1983年部颁测量教学大纲要求进行改编的。全书共设十四章,第一章至第六章介绍测量学的基本知识,基本理论,测量仪器的构造与使用;第七章至第九章介绍控制测量及地形图的测绘与应用;第十章至第十三章为铁路专业测量,介绍铁路曲线测设、铁路断面测量、小三角测量及施工放样基本方法。为适应工程局各学校铁道工程专业教学需要,编写了第十四章工程平面控制测量,其中结合我国西南地区铁路隧道施工控制测量实际,阐述三角测量的施测方法,平差计算及测量设计等内容。为满足教学需要,每章之后,均设有复习思考题,以利学生作必要的练习。鉴于学生对正确使用测量仪器理解不深,编入了附录——测量仪器的使用和保养。本书叙述力求简明扼要,由浅入深,并结合实践作了必要的理论分析,以利于学生在实际应用中得到进一步的提高。

本书是铁道工程专业、铁道桥梁与隧道专业测量课教学用书,其中第一章至第十三章为铁路局各学校讲授内容;第一章至第十一章及第十三、十四章为工程局各学校讲授内容。

本书由包头铁路工程学校赵文儒主编,天津铁路工程学校许奋升主审,齐齐哈尔、衡阳成都三所铁路工程学校几位老师协助编写。具体分工为:第一、三、四、九章(第八节除外)由赵文儒编写;第二、十一、十二章由许奋升编写;第五、十章由邱国屏(齐齐哈尔铁路工程学校)编写;第七、八、十三章由贺词锋(衡阳铁路工程学校)编写;第六章及第九章的第八节由陈光仁(衡阳铁路工程学校)编写;第十四章由潘鹰(成都铁路工程学校)编写。本书在编写过程中还得到了北方交通大学铁道建筑系测量教研室、成都铁路工程学校易修庆同志的热情帮助,在此仅表谢意。这里还对为本书描绘大量插图的穆瑞长、张淦平、张世忠同志表示谢意。由于我们水平有限,书中一定存有不少缺点和错误,仅请使用本书的同志批评指正。

编 者

1984.6.

(京)新登字063号

内 容 简 介

本书是在1978年中等专业学校试用教材《铁路测量》的基础上,根据1983年铁道部颁布的教学大纲要求改编而成的。

全书共十四章。第一章至第六章为基础部分,介绍各种测量仪器的构造、使用、检验和校正方法,基本操作和计算,以及测量误差的基本知识;第七章至第九章主要介绍由控制测量到测绘出地形图的全过程;第十章至第十四章,主要介绍铁路曲线的测设、铁路断面图的测绘、铁路桥隧施工控制测量。另外对于在工程测量中用到的光电测绘仪器的构造和使用知识,在有关的章节中亦作了简明介绍。

中等专业学校教材

铁 路 测 量

赵文儒 主编

*

中国铁道出版社出版、发行

(北京市东单三条14号)

北京顺义燕华印刷厂印

开本: 787×1092毫米1/16 印张: 18.5 插页: 2 字数: 456千

1985年8月第1版 1992年5月第4次印刷

印数: 17001—25000册

ISBN 7-113-00358-3/U·110

定价: 4.60元

目 录

第一章 绪 论	1
1—1 测量学的任务及其在社会主义建设中的作用.....	1
1—2 测量学的发展简介.....	2
1—3 地面点位置的确定.....	3
1—4 测量工作的基本要求和常用单位.....	6
第二章 水准测量	8
2—1 高程测量的概念.....	8
2—2 水准测量的原理.....	10
2—3 水准测量的仪器及工具.....	10
2—4 水准仪的使用.....	17
2—5 水准测量的方法.....	18
2—6 水准仪的检验与校正.....	23
2—7 水准测量的误差.....	26
2—8 自动安平水准仪.....	29
第三章 角度测量	34
3—1 角度测量的概念.....	34
3—2 经纬仪的构造.....	35
3—3 测回法测量水平角.....	40
3—4 竖直角测量.....	42
3—5 经纬仪的检验与校正.....	46
3—6 水平角测量中的误差.....	50
第四章 距离测量	56
4—1 地面上点的标志与直线定线.....	56
4—2 钢尺测距的一般方法.....	57
4—3 横基尺测距法.....	63
4—4 光电测距仪及其使用.....	65
第五章 直线定向	72
5—1 直线定向的概念.....	72
5—2 方位角和象限角.....	73
5—3 用罗盘仪测定磁方位.....	74
5—4 子午线收敛角.....	76
5—5 用太阳高度法测定真方位.....	77
5—6 用陀螺经纬仪测定真方位.....	84
第六章 测量误差的基本知识	87

6—1	测量误差的种类及其特性	87
6—2	观测值的算术平均值	89
6—3	衡量精度的标准	91
6—4	误差传播定律	94
6—5	误差传播定律应用示例	98
6—6	由闭合差计算中误差示例	102
6—7	权及权与中误差的关系	103
6—8	加权平均值及其中误差	105
第七章	导线测量	108
7—1	平面控制测量概述	108
7—2	经纬仪导线布设	110
7—3	经纬仪导线测量外业工作	111
7—4	经纬仪导线内业工作内容	112
7—5	闭合导线的坐标计算	113
7—6	附合导线的坐标计算	119
7—7	导线测量错误的检查	125
7—8	导线与国家三角点联系测量	126
7—9	导线图的绘制	129
第八章	视距测量	133
8—1	视距测量的概念	133
8—2	视距测量的原理	133
8—3	视距计算的工具	135
8—4	视距测量的精度	138
第九章	地形测量	140
9—1	地形测量的概念	140
9—2	等高线	141
9—3	地形测量方法	146
9—4	激光地形测绘仪测量地形简介	150
9—5	地形图的拼接与整饰	151
9—6	地形图的质量检查及精度规定	153
9—7	地形图的应用	153
9—8	航空摄影测量简介	155
附录	地图的分幅与编号	159
第十章	铁路曲线测量	162
10—1	铁路线路的设置	162
10—2	圆曲线的测设	164
10—3	缓和曲线概述	169
10—4	加缓和曲线后曲线的基本要素计算和主要点的设置	170
10—5	加缓和曲线后曲线的详细设置	173
10—6	困难地区的曲线测设	179

第十一章 铁路断面测量	197
11-1 铁路断面测量的意义	197
11-2 线路水准测量	197
11-3 横断面测绘	202
第十二章 小三角测量	207
12-1 小三角测量概念	207
12-2 全圆测回法测量水平角	209
12-3 基线丈量及计算	211
12-4 单三角锁的近似平差	214
12-5 三角锁边长及三角点坐标的计算	217
12-6 大地四边形的近似平差	219
12-7 四边形边长及三角点坐标计算	221
附录 单三角锁的近似平差(函数法)	222
第十三章 施工测量的基本工作	226
13-1 施工测量的概述	226
13-2 施工放样的基本工作	226
13-3 建筑物平面位置放样方法	229
第十四章 工程平面控制测量	234
14-1 工程控制测量概述	234
14-2 三角测量的程序与精度估算	237
14-3 水平角观测	247
14-4 基线测量	252
14-5 三角锁测量内业计算	262
14-6 隧道贯通误差与测量设计	277
附 录 测量仪器的使用和养护	286

第一章 绪 论

1—1 测量学的任务及其在社会主义建设中的作用

一、测量学的任务与分类

测量学是研究地球表面形状和大小的一门科学技术，它是在人类长期生产实践中逐步总结和发展起来的，是为人类了解自然和改造自然服务的。

测量学可分为测绘与测设两个方面。

测绘工作按其测量的范围与目的不同，可分为两部分。

(一) 研究测量整个地球的形状和大小，取得必要的资料，作为区域测量和计算的依据，并为研究地球运动提供资料。

(二) 研究测量地球表面上某一地区的形状和大小，根据测得的资料按一定的比例尺绘成反映该地区地面情况的图，为工程建设提供必要的资料。

测设工作是研究如何将设计图纸上建筑物的位置用测量方法精确地设置到地面上，以便作为各项工程施工的依据。

随着社会生产的发展和科学的进步，测量学包括的内容越来越丰富，分科也就越来越细。例如、为研究测量整个地球的形状和大小及解决在面积内建立控制网的问题，都必须顾及地球是球体，要考虑地球曲率，这是属于大地测量学的内容。近年来由于人造地球卫星的发射及遥感技术的发展，使大地测量有了新的内容，故又可分成常规大地测量与卫星大地测量两部分。研究测量小区域地球表面形状时，由于地球半径很大，可不考虑地球曲率的影响，而把这部分地球表面当作平面看待，这属于普通测量学的内容。利用摄影象片来研究地球表面形状和大小的测量工作，称为摄影测量学；因获得象片的方法不同，可分为地面摄影测量与航空摄影测量。另外，亦可利用卫星象片编制小比例尺地形图。研究测量学的理论、技术和方法在各种工程建设中的应用，是属于工程测量学的内容。其主要任务是：第一、使用各种测量仪器和工具，通过实地测量和计算，把地面上的情况描绘到图纸上；第二、把图纸上设计的建筑物标定到地面上；第三、建筑物施工过程中的测量及竣工后的变形观测。至于利用测量所得资料，研究如何编绘成地图，以及制图理论、工艺技术和应用等内容，则是属于制图学的范畴。

二、测量在建设中的作用

(一) 在经济建设和国防建设中的作用

测量学是为人类生产服务的一门应用科学，在大规模的经济建设中，测量更有其十分重要的作用。在经济建设方面，无论是地下资源的勘察，工矿企业的建设，还是交通线路的修建，水电工程与城乡建设，以及土地整理等，都需要进行测量，绘制成地形图，以提供必要的设计资料。随着科学技术的日益发展，测量工作的作用也日益广泛。现在在地震预测预报、海底资源勘测，地下电缆埋设、灾情监视与调查，宇宙空间技术等科学研究方面，也都需要测量科学的配合。在国防建设方面，测量学也有非常重要的作用，例如，各项国防工程

的修建,战略的部署和战役的指挥等,都必须进行测量和使用地形图。

(二) 在铁路建设中的作用

测量在铁路建设中的作用是非常重要的。例如,为修建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,然后经过各勘测阶段的实地测量,进一步研究落实,测绘沿线地形图,并把图纸上设计的铁路中线设置到地面上。在铁路修建过程中及竣工后也还需要测量。现有线路的改造、维修、养护等项工作中也无不用到测量。在修建铁路桥梁时,首先要进行桥址地形和水文测量,布设桥位控制网,进行控制测量。施工时需要进行桥中线长度的测量和桥墩台中心的放样,竣工时要进行桥墩台的竣工测量。对既有线路的桥梁也还需要测绘,为维修养护收集必要的资料。修筑铁路隧道时,首先需要进行控制测量,作为洞内测设线路中线位置的依据。施工时需要进行指引开挖方向和开挖净空的测量,竣工后还要进行洞内中线、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,也需要测绘建筑区的平面图,作为设计的依据。施工时需要根据图纸进行建筑物放样,竣工后也要进行竣工测量。总之,在整个铁路工程建设过程中,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,在铁道工程和铁道桥梁与隧道专业中,是一门重要的专业课。本课程所学习的内容有基础测量与专业测量两部分,基础测量部分的内容包括测量学的基本知识和基本理论,常用测量仪器的构造、使用与检校方法;小地区的控制测量和地形图的测绘等。专业测量部分就是基础测量知识在铁路工程中的应用,内容包括铁路路线及曲线的设置;纵、横断面测绘;桥隧控制测量及施工放样等。本书内的一般测量方法、记录格式,均采用铁路实际工作中的习惯用法,各项测量的精度要求均按《铁路测量技术规则》规定执行。

1—2 测量学的发展简介

测量学是有悠久发展历史的一门古老科学。早在公元前几千年,中国、埃及、墨西哥及希腊等古代国家,由于社会生产发展的需要,就开始创制和使用测量工具进行测量。我国远古时代,首先发明了指南针,以后传播到世界各地,至今仍在使用,是利用地磁测定方向的简便工具。在东汉时张衡创制了浑天仪,是最早的天球仪。他又制出了候风地动仪,是世界上第一架地震仪。西晋时的裴秀提出了绘制地图的六条原则,即“制图六体”,是世界上最早的制图理论。唐朝张遂领导进行的子午线弧长测量,是世界上首次子午线测量。元代郭守敬拟定了全国的纬度测量计划,并实测纬度二十七个点。清代初年就开始了大地测量,继之,在此基础上开展了全国测图工作,于1708~1718年间完成了《皇舆全图》……。在我国几千年的文明发展史中,我们祖先为世界测量学的发展曾作出了宝贵的贡献。

测量学不是一门孤立的科学,它是随着社会生产和基础科学的发展而得到发展。十七世纪初期资产阶级兴起,生产力发展,各种科学也在相互促进下得到发展,而望远镜的发明与应用于测量仪器,则使测量技术迈进了一大步。此后又有高斯(德国人,1777年~1855年)提出了最小二乘法与横圆柱投影学说,从而充实了测量理论。十九世纪末期,利用飞机进行摄影测量,给测量技术增添了航测这一新的内容,使手工的测图工作,部分地由野外移到室内,减轻了劳动强度。二十世纪五十年代以来,由于不少新的科学技术迅速发展,如电子学、信息论、相干光理论、电子计算机、空间科学技术等,又推动了测绘技术的发展,相继

研制了光电测距仪器、测高仪器、陀螺仪定向和定位仪器,以及惯性系统等先进测绘手段。水准仪、经纬仪均在原有基础上发展成为光电仪器,向着自动化、数字化方向发展。而航测仪器也在电子计算技术与航空摄影技术迅猛发展的推动下,朝着自动化方向迈进。特别是人造地球卫星发射成功以后,出现了遥感与遥测技术,开始利用卫星进行大地测量。这种测量可以不受气候影响,能全天候观测,速度快,精度高,能获得极丰富的地面信息,为航测制图创造了优良条件。卫星大地测量的出现使测量学发生了一场带根本性的变化,今后的测绘工作无论在速度上与质量上都将能达到前所未有的水平。

中华人民共和国成立后,测绘工作得到了迅速发展,成立了各级测绘机构,开办了新型的测绘学院,设立了测绘研究所,研制生产了测绘仪器,测绘事业面貌一新。至今已建成全国大地控制网,完成了第一期全国地图的测绘,绘制出版了各种比例尺的地图,制定出各种测量规范和图式。在仪器制造方面更是从无到有,不但已能生产各种型号的精密光学仪器,而且还能自制航空摄影机、红外摄影机、立体测图仪、多倍投影仪以及大型纠正仪等航测仪器。各种型号的激光测距仪、微波测距仪以及红外光电测距仪、高精度的经纬仪,自动安平水准仪等光电仪器均能自制,配套生产。其它测绘仪器与专用电子计算机等已能成批生产,投入使用。预计不久的将来,我国测绘工作的测图自动化、计算电子化及测量资料数字化等方面,将不断取得新的成绩,逐步赶上和超过世界先进水平。

1—3 地面点位置的确定

测量工作的任务是研究地球表面现实形状,而地球表面上任何形状与起伏,根据数学道理,都可以看作是由一系列的点所组成,所以确定地面上点的位置,就成了测量的本质工作。测量工作是以地球为基础的,为此、首先需要了解地球的形状和大小。

一、地球的形状和大小

地球表面不是完全平坦的,有高山、深谷、平原、海洋等起伏。虽然这些起伏有的大到几千米,但相对于地球总的形体来说,还是可以忽略,而把地球看作球状。由于海洋占整个地球表面的71%,而大陆高出海面最大不超过10km(世界最高峰——珠穆朗玛峰高为8848.13m),因此,地球总的形状可认为是被海水面所包围的球体。

设想将地面上静止的海洋或湖泊的水面,向四面八方扩展,穿过大陆和岛屿,而形成一闭合的曲面,这个面称为水准面,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。因海水有潮汐,时高时低,所以水准面有无数个,其中通过平均海水面的一个称为大地水准面,此面所包围的几何球体称为大地球体,表示地球的基本形状。但是,由于地球内部质量分布不均匀而引起大地水准面的精确形状仍是很复杂的,如果将地球表面上的图形投影到这个复杂的曲面上,则将给测量的计算和制图带来很大困难。为此需选择一个非常接近大地水准面的几何形体来代替大地水准面,作为测量计算的基准面。经过几个世纪的测量实践,逐渐认识到地球的形状近似于一个两极略扁的椭球。椭圆球体可以用数学式表达出来,所以选用了椭圆球体(也称参考椭圆柱)作为测量计算的基准面,如图1—1。其形状与大小由长半轴 a 、短半轴 b 和扁率 α 来决定。

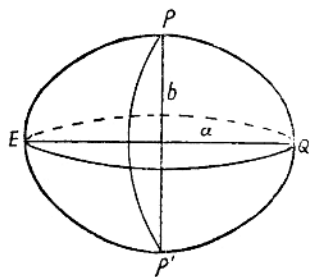


图 1—1

几个世纪以来，曾多次测算出参考椭球体的元素值。1975年国际大地测量与地球物理联合会公布的数据为：

$$a = 6378140\text{m}$$

$$b = 6356755\text{m}$$

$$\alpha = 1/298.25 \left(\alpha \text{ 为扁率, 等于 } \frac{a-b}{a} \right)$$

现在我国正利用人造卫星的观测成果及大地测量资料，计算适应我国实际的参考椭球体元素。由于扁率很小，参考椭球体极接近于圆球体，故在小区域内测量，可把地球当作圆球看待，其半径为： $R = \frac{1}{3}(2a+b) = 6371\text{km}$ 。

二、地面点位置的确定方法

在数学中决定一个点在空中的位置，是由三个量来确定的，在测量中，地面上一个点的位置也需要由三个量来确定。

在图 1—2 中， A, B, C, D, E 为地面上的点，将这些点沿着各自的铅垂线方向投影到大地水准面上，得到投影位置 a, b, c, d, e 。用 a, b, c, d, e 各点在球面上的坐标和投影线段的长度就可确定 A, B, C, D, E 各点的准确位置。

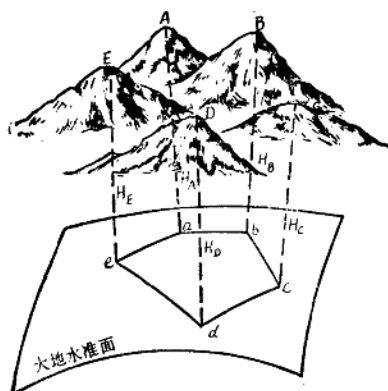


图 1—2

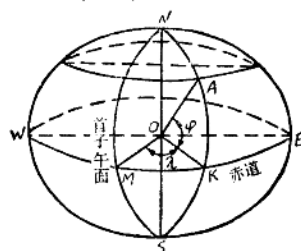


图 1—3

从图 1—2 中可看出，地面上 A, B, C, D, E 各点投影线段的长度 H_A, H_B, H_C, H_D, H_E 就是地面上各点至大地水准面之间的垂直距离，称为高程，又叫海拔。地面上各点的高程都可以测量出来。至于点的坐标如何决定，下面谈三种情况。

(一) 地理坐标

在大地区内（或整个地球）作测量，地球表面是球面，应采用球面坐标确定点的位置，即用地理坐标（经度和纬度）来决定。

在图 1—3 中，地面一点 A ，其经度是过 A 点的子午面 $NAKSO$ 与首子午面 $NMSO$ 之间的夹角，用 “ λ ” 表示。自首子午面向东、向西计算，各从 0° 至 180° ，在首子午面以东者称东经，以西者称西经。 A 点的纬度是 A 点的铅垂线 AO 与赤道平面 $WMKEO$ 之间的夹角，用 “ φ ” 表示。自赤道起向北向南各由 0° 至 90° ，在赤道以北者称北纬，以南者称南纬。地面上各点的经纬度用天文测量方法测定。

(二) 平面直角坐标

在小区域内进行测量，由于测区的大小与地球总体比较是微小的一部分，地球曲率影响很小，可把球面当作平面看待，即认为，是把地面上的点沿铅垂线方向投影在以测区中心为切点的大地水准面的切平面上，求出各点的平面直角坐标值，见图 1—4。

测量工作中所用的直角坐标是以 X 轴为纵轴,表示南北方向;以 Y 轴为横轴,表示东西方向,而原点则根据具体情况决定。

(三) 高斯平面直角坐标

用地理坐标确定点的位置,一切计算都是在球面上进行,非常复杂。但在大面积上测量又不能把球面当作平面,而用平面直角坐标来确定点的位置,所以必须采用适当的投影方法来解决这个问题。测量中投影方法有多种,我国采用的是高斯投影。

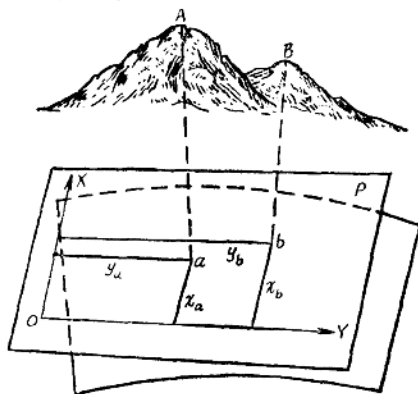


图 1-4

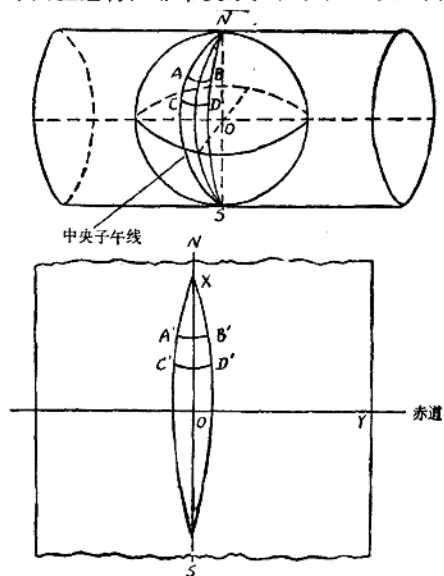


图 1-5

如图 1-5, 设想把地球当作一个圆球, 用一个平面卷成一个横置的圆柱, 把它套在球的外面, 使横圆柱的轴心通过圆球的中心, 圆球面上某一子午线与横圆柱相切, 这一子午线称为中央子午线或轴子午线。在圆球上与圆柱上保持等角的条件下, 将这一子午线两侧一定的宽度投影到圆柱体的表面上。中央子午线投影到圆柱上是一条直线, 再把赤道面扩大, 使与圆柱面相交, 这条交线与轴子午线垂直。将横圆柱切开展平后, 平面上形成两条正交的直线, 这就是高斯平面直角坐标系的轴线, 其中以中央子午线为 X 轴, 以赤道面的交线为 Y 轴。这种坐标既是平面直角坐标, 又与经纬度有联系, 故适用于大面积内的测量工作。

根据高斯投影的原理可以看出, 当离开中央子午线愈远, 投影后变形愈大, 为了使变形不超过一定的限度, 就必须把投影的范围加以限制。每次投影的一定宽度称为一个投影带, 将地球从首子午线起, 每隔经度 6° 划分为一带(称六度带), 自西向东把整个地球划分成经差相等的60个带, 将每个带都投影后展开即成图 1-6 所示。每带的带号是从首子午线开始排列, 用阿拉伯数字表示, 位于各带中央的子午线称为中央子午线, 第一带的中央子午线经度为 3° ; 第二带为 9° ……; 任意带的中央子午线的经度 $\lambda = 6N - 3$ (N 是投影带的号数)。当采用 6° 带投影不能满足精度要求时, 则可采用 3° 带投影。 3° 带投影是从东经 $1^\circ 30'$ 起, 每隔经度 3° 划分为一带, 将整个地球划分成120个带, 每带中央子午线的经度为 $3N$ (N 是带号)。

(四) 为确定地面点位进行的基本测量工作

地面上点的精确位置既然是由坐标决定, 而坐标是经过计算才能得出来, 不是直接观测的数值。在实际工作中, 直接观测的是地面上各点之间的联系元素, 如图 1-7 中的角度 β 、

距离 D 及相关点之间的高程差和线段的方位 A 。然后按照一定的关系式,经过计算,得出一

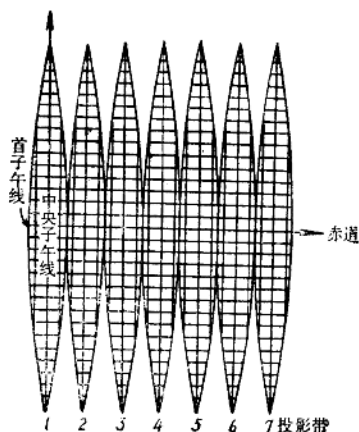


图 1-6

套表示点位的坐标数字。因此,确定地面点位置的直接观测值是水平角度、水平距离、高差和方向(有时可不需直接观测)。所以角度测量、距离测量和高程测量是最基本的测量工作。

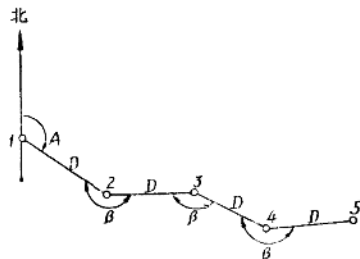


图 1-7

1-4 测量工作的基本要求和常用单位

一、测量工作的基本要求

测量时,使用各种仪器和工具在野外实地测定各点间的距离、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、计算和绘图,这项工作叫做内业。

测量工作是以队、组为单位进行的,一个人工作的好坏直接影响整个工作的好坏,因此,测量员之间要互相支持,密切配合。

测量工作是一项精细的工作,稍不小心就要发生错误,一处有错,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,常常是白天搞外业,夜晚还要做内业,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,必须十分爱护。测量仪器保养的好坏,对测量工作的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。

测量记录及图纸是测量的原始资料,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,因此必须妥善保存。

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。

科学理论的基础是实践,又反过来为实践服务。为此,在学习测量时,既要重视理论,也要重视实践,既要弄清道理,也要学会实际操作。

二、常用单位

测量中常用的单位为长度单位、面积单位和角度单位。

长度单位: $1\text{km}(\text{公里})=1000\text{m}(\text{米})$

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

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

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

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

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

$$1\text{hectare}(\text{公顷})=100\text{acre}(\text{公亩})$$

$$=15\text{市亩}=10000\text{m}^2(\text{平方米})$$

$$1\text{市亩}=60\text{平方丈}$$

$$=666.666\text{m}^2(\text{平方米})$$

角度单位:

测量上常用的角度单位有度和弧度两种。

(一) 度: 把一周分成360等分, 每等分所对的圆心角值称为 1° (1度)。

$$1^\circ = 60' (60\text{分}) \quad 1' = 60'' (60\text{秒})$$

(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'' 就是一弧度所相应的角度的度、分、秒值。

复 习 题

1. 测量的任务是什么? 测绘与测设有何区别?
2. 什么叫大地水准面? 它在测量上有何意义?
3. 确定地面点的位置由什么元素决定? 举例说明。
4. 最基本的测量工作是哪几项?

第二章 水准测量

2—1 高程测量的概念

一、高程测量的种类

为确定地面点的高程所进行的测量工作称为高程测量。由于所使用的仪器和施测方法不同，高程测量可分为下列三种：

水准测量 又称几何水准测量，是用水准仪配合水准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 是根据地面两点间的水平距离和倾斜角 α ，利用三角公式计算高差 h 。其精度较低，通常用于地形测量中。

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，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。

二、高程

地面上某一点沿铅垂线方向到大地水准面的距离，称为该点的绝对高程或海拔用“ H ”表示。如图2—1中A、B两点的绝对高程分别为 H_A 和 H_B 。

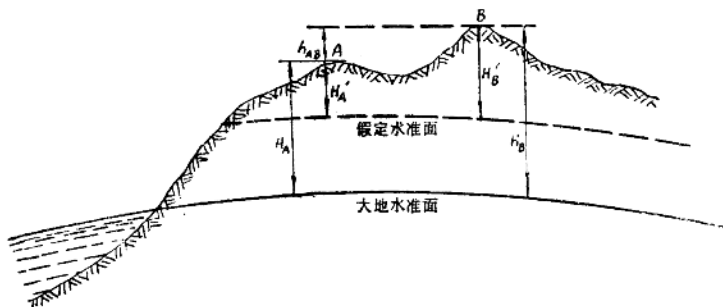


图 2—1

在局部测量工作中，有时可以任意假定一个水准面作为高程的起算面，根据这个面求得的高程称为假定高程或相对高程，如图2—1中A、B两点的假定高程分别为 H'_A 和 H'_B 。假定高程与绝对高程之间只相差一个常数。

地面上两点的高程之差，称为高差，以 h 表示。图2—1中，B点对A点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$$

三、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求出它高出黄海平均海水面的高程为72.289m，以此作为全国高程测量的起点，这个水准标石称为水准原点，其式样如图2—2所示。

从青岛原点出发，在全国各地埋设一系列永久性的稳固的标石，并用精密水准测量方法

测定这些标石点的高程，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，地面点的高程均能从黄海平均海水面起算，同时，从水准点高程数值的大小，能对一定范围内地表高低有个完整的了解，所以水准点对地表形状、地壳变化等方面的科学研究，以及对各类经济建设的设计、施工都是非常必需的。

国家水准测量按施测精度分为一、二、三、四等。一等水准测量精度最高，四等水准测量精度最低。

国家水准点的标志或标石一般有：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)。水准标志或标石上面突出的半球形顶点为测量高程之标准，观测时标尺的底面放置其上。

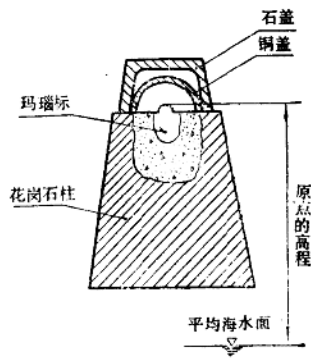


图 2—2

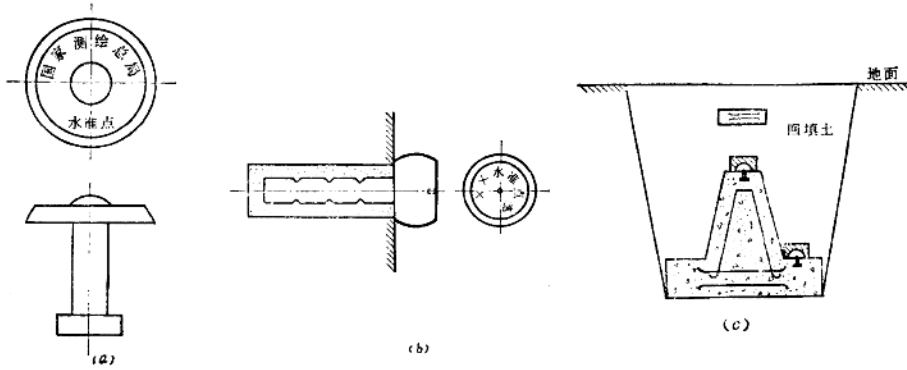


图 2—3

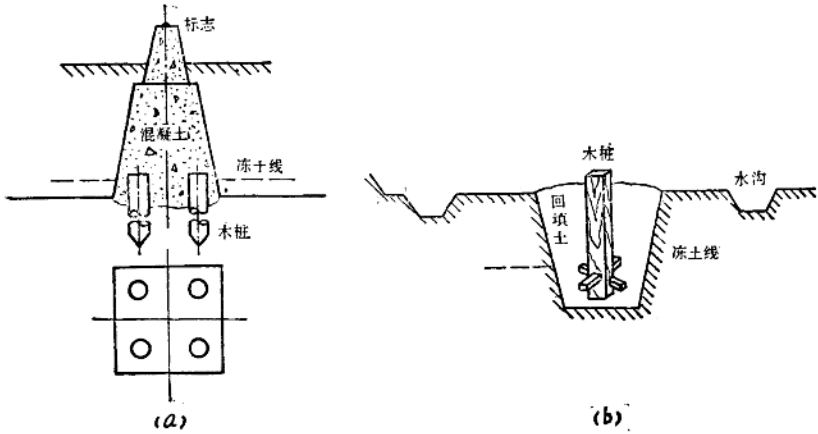


图 2—4

铁路水准测量用的水准点，通常每 1~2 km 埋设一个。其式样有混凝土制作的永久性水准点，如图 2—4 (a)；木制的临时性水准点，如图 2—4 (b)。此外亦可在固定的岩石、

桥台或稳固的建筑物基础上设置水准点。岩石上的水准点应凿成凸出的球面，涂上红油漆，写明编号；建筑物基础上的水准点，其表面为坚实、光洁的水平面时，可以在其周围刻成矩形槽加填红油漆，并写明编号。水准点的符号用“BM”表示，如BM₆即表示第6号水准点。

铁路水准点的高程由附近的国家水准点或已知高程的既有铁路水准点用水准测量的方法测定。

目前铁路水准点的高程大部分已采用黄海高程系统，但有些地方还使用吴淞、大沽或珠江等高程系统。不同的高程系统相差一个常数，使用时可在当地有关单位查阅，加以改正，换算为统一高程系统的高程。

2—2 水准测量的原理

如图2—5所示，设已知A点的高程为 H_A ，欲求B点的高程 H_B ，则需先测出B点对A点的高差 h_{AB} ，然后按下式求得B点的高程：

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

在小范围内测量高差时，可以把水准面看成一个水平面，因此只要在水准尺上竖立有分划的尺子——水准尺，并在A、B两点的中间安置一个能提供水平视线的仪器——水准仪，用该水平视线分别在A、B尺上读出数字 a 和 b ，便可得出B点对A点的高差

$$h_{AB} = a - b$$

由于测量是由A点到B点进行的，如图2—5中箭头所示的方向，则A点叫做后视点，B点叫做前视点。这时在A点尺上的读数称为后视读数，简称为后视，在B点尺上的读数称为前视读数，简称为前视。故高差等于后视读数减前视读数。

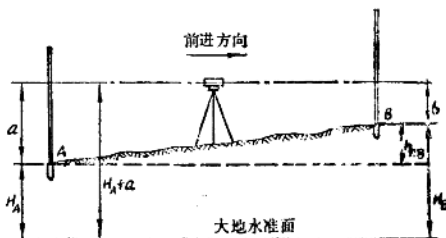


图 2—5

当后视读数 a 大于前视读数 b 时，高差 h_{AB} 为正值，说明前视点B高于后视点A；反之，后视读数 a 小于前视读数 b 时，则高差 h_{AB} 为负值，说明前视点B低于后视点A。

由上述可知，用水准仪测量地面点间的高差时，水准仪可放在与A、B点大致等距离处的任一点，水准仪的高度可以任意选择。

2—3 水准测量的仪器及工具

水准测量使用的仪器是水准仪，工具有水准尺和尺垫。

一、水准仪

水准仪是提供一条水平视线来测定两点间高差的仪器。

我国生产的水准仪按精度级别划分，有 $s_{0.5}$ 、 s_1 、 s_3 和 s_{10} 四个等级。在铁路工程测量中，大部应用 s_3 型水准仪。图2—6是北京测绘仪器厂制造的 s_3 型水准仪。

水准仪的视线是在望远镜内形成的，而视线的水平借助于水准器，支持和稳定这两部分的是支架和基座，整个仪器又借助中心螺旋安置在三脚架上。

现将各部分的构造及作用分述如下：

(一) 望远镜

望远镜主要由物镜、十字丝、目镜、对光透镜和对光螺旋等部分组成，如图 2—7 所示。

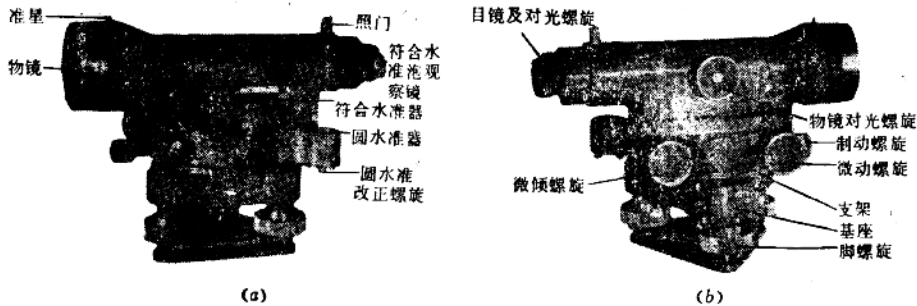


图 2—6

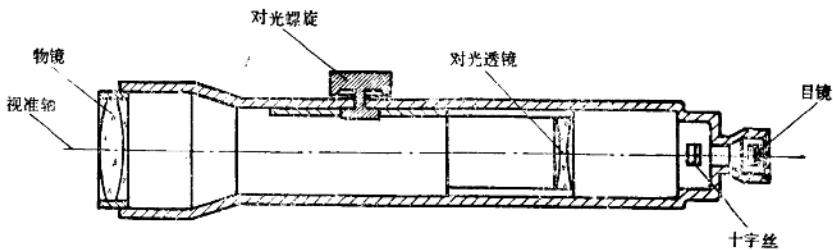


图 2—7

1. 望远镜的组成部分

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。

物镜固定在望远镜筒前端，测量时对向观测目标，其作用是将远处的目标在望远镜内成像。物镜的表面上涂有一层蓝紫色的增透膜以减少反射，增强亮度。

十字丝是在玻璃片上刻出相互垂直的十字线，装在十字丝环上，然后用固定螺丝和校正螺丝将它固定在望远镜筒内，如图 2—8 所示。十字丝的作用是用来照准目标。

目镜的作用是将物镜所成的象和十字丝一起放大，故目镜又称为放大镜。

对光透镜是装在物镜与十字丝之间的，借助对光螺旋可以前后移动，使物象清晰。

十字丝交点与物镜光心的连线称为视准轴，也称为视线。水准测量是在视准轴水平时，用十字丝的横丝截取水准尺的读数。

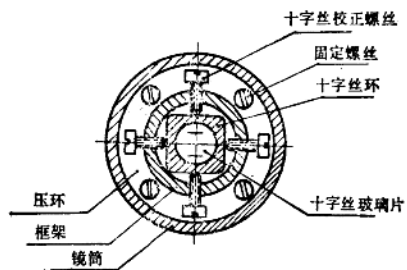


图 2—8

2. 望远镜的成像原理

如图 2—9 所示，目标 AB 位于物镜焦点之外，来自物体的光线经物镜和对光透镜的作用，在十字丝平面上构成倒立缩小的实像 A_1B_1 ，再经过目镜的作用，将实像放大为虚像 $A_1'B_1'$ 。