

煤矿技工学校通用教材

矿区地形测量

(修订本)



煤炭工业出版社

煤矿技工学校通用教材

矿区地形测量

(修订本)

王德修 编

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书主要介绍用常规测量仪器测绘大比例尺地形图的基本理论及观测、计算方法,并对误差理论、航测外业的基础知识及激光测距仪、光电速测仪、激光地形测绘仪、电算器的应用等新技术、新工艺作了简要介绍。

全书分十二章:一至四章叙述了地形测量的基本知识、常用测量仪器及基本测量工作;五、六章讲述大比例尺测图图根控制的布设、观测和计算方法;七至十一章讲述大比例尺地形图测绘的方法及地形图识读和应用的一般知识;第十二章讲述误差理论的基本知识。为适应技工教材“精讲多练”的需要,在附录中增加了“袖珍电子计算器及应用”和“单元教学实习指导”的内容。

本书是全国煤矿技工学校地测专业统编教材之一。根据该校特点和本课程的任务,本书力求密切结合矿山测量实际,突出教材的实用性、工艺性、技巧性,内容由浅入深、循序渐进,文字简明扼要、通俗易懂,适合作技校、中专的地形测量教材及矿山职工的培训教材,也可供矿山测量人员自学之用。

煤矿技工学校通用教材

矿区地形测量

(修订本)

王德修 编

责任编辑:牟金锁

*

煤炭工业出版社 出版

(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

北京密云春雷印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm^{1/16} 印张 17^{3/4}

字数 424 千字 印数 3,466-4,965

1994 年 3 月第 1 版 2006 年 3 月第 2 次印刷

ISBN 7-5020-0911-6/TD·845

社内编号 3676 定价 30.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

前 言

为适应煤矿技工学校教学改革的需要,加速技工人才的培养,促进煤炭工业现代化生产建设的不断发展和技术进步,全国煤矿技工教材编审委员会于1992年召开了第二次全体会议,确定以“七·五”教材建设为基础,按照“补齐、配套、完善、提高”,突出基本理论、基本知识和基本操作技能训练的原则,编制了“八·五”技工教材建设规划。这套教材包括:《机械制图》、《综采工作面采煤机》、《煤矿开采方法》、《煤化学》、《选煤厂技术检查》、《矿山测量》等共计70余种,将陆续由煤炭工业出版社出版发行。

这套教材主要适用于全国煤矿技工学校教学,也适于具有初中文化水平的工人自学。

《矿区地形测量》是这套教材中的一种,是根据修订后的“八·五”期间全国煤矿技工学校统一教学计划和大纲编写而成,并由全国煤矿技工教材编审委员会组织审定认可,是煤矿技工学校教学必备的统一教材。

该教材由重庆煤矿技工学校王德修编写,淄博矿务局技工学校关桂良任主审,淮南、铜川、新密、徐州、抚顺等煤矿技工学校的有关教师和工程技术人员参加了审定工作。

由于时间仓促,经验不足,书中难免有不足之处,请读者和用书单位批评指正。

全国煤矿技工教材编审委员会

1993年8月20日

目 录

第一章 测量工作的基本知识	1
第一节 测量学的任务及作用	1
第二节 地球形状和大小	2
第三节 地面上点位的表示方法	3
第四节 直线定向	8
第五节 测量工作概述	10
第六节 测量上常用的单位和比例尺	14
第二章 水准仪和普通水准测量	17
第一节 水准测量的原理	17
第二节 水准测量的仪器和工具	19
第三节 水准仪的使用方法	25
第四节 普通水准测量	26
第五节 微倾式水准仪的检验与校正	29
第六节 水准测量误差及注意事项	30
第七节 自动安平水准仪	32
第八节 水准仪的保养与维护	34
第三章 经纬仪和角度测量	36
第一节 角度测量原理	36
第二节 光学经纬仪的构造和读数方法	37
第三节 水平角的观测	43
第四节 竖直角观测	47
第五节 经纬仪的检验与校正	50
第六节 水平角观测的误差影响	52
第四章 距离测量	55
第一节 地面点的标志和直线定线	55
第二节 量距工具和钢尺检验	57
第三节 钢尺量距和各项改正	58
第四节 钢尺量距的精度和注意事项	63
第五节 电磁波测距简介	63
第五章 矿区图根平面控制测量	70
第一节 矿区平面图根点的布设	70
第二节 经纬仪导线测量	72
第三节 线形三角锁测量	84
第四节 经纬仪测角交会法	101
第五节 小三角测量	108
第六章 矿区图根高程控制测量	124
第一节 概述	124

第二节	等外及四等水准测量	124
第三节	三角高程测量	131
第七章	平板仪和视距测量	137
第一节	平板仪测量原理	137
第二节	平板仪的构造及其使用	137
第三节	视距测量	142
第四节	平板仪交会测量	148
第五节	平板仪导线测量	149
第六节	平板仪的检验校正	151
第八章	地形图的基本知识	154
第一节	概述	154
第二节	地形图的分幅与编号	155
第三节	《高斯投影大比例尺图廓坐标表》的使用	158
第四节	地形图上地形的表示方法	160
第九章	矿区地形图的测绘	165
第一节	概述	165
第二节	测图前的准备工作	166
第三节	测站点	169
第四节	平板仪测图	170
第五节	经纬仪和小平板仪联合测图	180
第六节	地形图的拼接、检查与整饰	182
第十章	矿区地形图的识读和应用	186
第一节	矿区地形图识读的基本知识	186
第二节	矿区地形图的应用	189
第十一章	航测外业工作的基础知识	195
第一节	概述	195
第二节	航摄像片的一般知识	195
第三节	航摄像片的立体观察	199
第四节	航摄像片控制联测	202
第五节	航摄像片的判读与调绘	205
第十二章	测量误差的基本知识	212
第一节	观测误差及其分类	212
第二节	偶然误差的特性	213
第三节	衡量精度的标准	215
第四节	误差传播定律	217
第五节	同精度观测及其中误差	222
第六节	测量权的概念	226
第七节	非同精度观测及其中误差	232
附录一	袖珍电子计算器及其应用	239
附录二	地形测量单元教学实习指导书	262

第一章 测量工作的基本知识

第一节 测量学的任务及作用

测量学是研究地球形状和大小以及确定地面（包含空中和地下）点之间相对位置的科学。它的内容包括测定和测设两个方面：一是测定整个地球表面或地球表面某一局部地区的形状和大小，并把它们缩绘成图，供科学研究、国防建设和经济建设规划设计使用；二是将图纸上设计好的各种建筑物、构筑物的位置测设到地面上，作为工程施工的依据。随着科学技术的发展，测量学又分成几门不同的学科：

大地测量学

其基本任务是研究地球表面上一个较大的区域甚至整个地球的形状和大小，建立国家大地控制网，作为地形测图、各种工程测量和有关科学研究的基础。近年来，由于人造地球卫星的发射及遥感技术的发展，大地测量又分为常规大地测量和卫星大地测量两部分。

地形测量学

其任务是研究将小区域地球表面高低起伏和地物分布等形态测绘成地形图的技术和方法。

摄影测量学

它是利用摄影象片来研究地球表面形状和大小并绘制成图的一门测绘科学。根据获得象片的方法不同，摄影测量学又分为地面摄影测量（简称陆测）和航空摄影测量学（简称航测）、水下摄影测量学、航天摄影测量学（如利用卫星象片编制1:100万至1:25万小比例尺地形图）等。特别需要指出的是，由于遥感技术的发展，摄影方式和研究对象日趋多样，不仅是固态的、静态的对象，即使是液态、气态以及随时间而变化的动态对象，都可应用摄影测量方法进行研究。

工程测量学

它的任务是解决城市建设、工矿建筑、农田水利、交通运输等各种工程建设中的测量问题。矿山测量即属于工程测量的范畴。

制图学

它的任务是利用测量所得的成果、成图，编制、印刷和出版各种地图。

上述五种学科，既自成系统分工明确，又是紧密联系互相配合的。新中国成立以后，我国的测量事业得到了发展。测量队伍不断壮大，科研工作逐步展开；大地测量、航空摄影测量、工程测量及制图等各方面都取得了很大成绩；在测绘理论的研究，测量方法的改进及测量仪器的制造方面也都有了显著进展。预计不久的将来，我国测量工作的测图自动化、计算电子化及测量资料数字化等方面将逐步赶上和超过世界先进水平。

《矿区地形测量》既是矿山测量工的入门基础，也是专业课之一。它属于《地形测量学》的范畴，主要讲解将矿区范围内的地面高低起伏和地物分布的形态测绘成地形图的方法，为矿区的生产建设服务。通过《矿区地形测量》的学习，使我们了解和初步掌握测量

工作的基本理论和基本方法,能正确使用普通测量仪器和工具,具有测绘矿区大比例尺地形图的实际技能。

在经济和国防建设中,测量工作具有十分重要的作用,常被人们誉为建设的尖兵。因为在国民经济建设和国防建设的任何一项工程的各个阶段(勘探、设计、施工、竣工及保养维修等)都需要测量工作,而且都要求测量工作走在前面。测量工作在保卫祖国的战斗中起着很重要的作用,如地形图就是战略布署的重要资料之一。随着科学技术的不断发展,测量工作在祖国建设中的作用也将日益扩大。目前,在地震预报、海底资源勘探、近海油田钻探、地下电缆埋设、宇宙空间技术,以及其它科学研究方面,都需要测量工作的密切配合。

在矿山建设中,从矿区开发至矿藏开采完毕的整个过程,不论是地质勘探阶段和设计施工阶段,还是矿井生产建设阶段,随时都需要测量工作,并被誉为矿山的“眼睛”。这是我们矿山测量工作者的光荣。我们要热爱自己的专业,兢兢业业,不避艰辛,努力发挥祖国建设“尖兵”和矿山“眼睛”的作用,为实现四个现代化作出贡献。

第二节 地球形状和大小

测量工作是在地球表面进行的,因此首先应对地球的形状和大小有一明确的概念。

地球的自然表面是极不规则的,有高山、深谷、丘陵、平原、江河和湖海。海洋面积约占71%,陆地面积约占29%,其中最高的山峰——我国的珠穆朗玛峰高达8848.13m,最深的海谷——太平洋西部的马里亚纳海沟深达11022m。但这样的高低起伏相对于庞大的地球(半径概值6371km)来说,仍是很微小的。因此,人们把地球总的形状看作是被海水包围的球体。也就是设想有一个静止的海水面,通过陆地和岛屿延伸形成一个封闭的曲面,这个静止的海水面称为水准面。海水有潮汐,时高时低,所以水准面有无数个,其中与平均海水面一致的水准面称为大地水准面,它所包围的形体称为大地体。通过卫星大地测量发现,地球是一个沿赤道稍微膨大而两极略为扁平的近似椭球体。

水准面的特性是处处与铅垂线垂直。从物理学中知道,地面点的铅垂线方向决定于地球的引力。由于地球内部质量的分布(地球引力)是不均匀的,因而引起铅垂线方向的变化,使大地水准面成为一个十分复杂而不规则的曲面。在这个不规则的表面上是无法进行数学计算的,因此实际应用中就用一个近似于大地水准面而又可以用数学式表示的规则表面代替它,这就是绕其短轴 PP_1 自转的旋转椭球体面,又称地球椭球体面(图1-1a)。

地球椭球体面与大地水准面不完全一致,有的地方稍高一些,有的地方稍低一些,但其差数一般不超过 $\pm 150\text{m}$,如图1-1b所示。

地球椭球体的形状和大小是由它的长半轴 a 和短半轴 b 或由一个半轴和扁率 $\alpha\left(=\frac{a-b}{a}\right)$

来决定。 a 、 b 和 α 称为地球椭球体元素。我国目前采用的地球椭球体元素值为

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

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

$$\alpha = 1:298.257$$

我国在陕西省泾阳县永乐镇建立了大地原点,进行了大地定位。由此而建立起来的全国统一坐标系,就是现在使用的1980年国家大地坐标系。

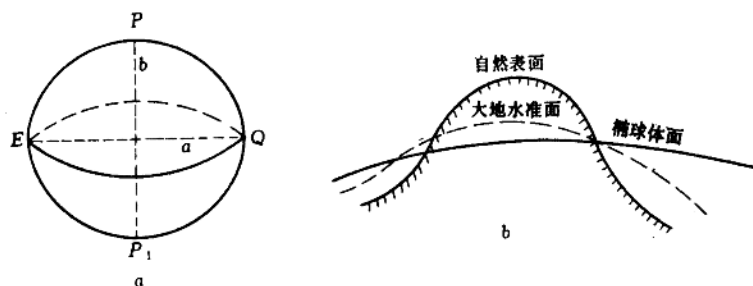


图 1-1

由于地球椭球体的扁率很小，极接近于圆球，因此，在地形测量学的范围内，可把地球作为圆球（半径采用与椭球体等体积的球体半径 $R = \frac{a + a + b}{3} = 6371 \text{ km}$ ）看待。

如图1-2，如果过水准面上任一点A作一切平面，此平面叫做A点的水平面。在水平面上过A点的任意直线叫做A点的水平线。当水准面很小时（经过分析知道，面积在100km²的范围内，不论是进行水平距离或水平角的测量，都可以不考虑地球曲率的影响。在精度要求较低的情况下，这个范围还可以相应地扩大），可以认为它和水平面重合，即把水准面看成水平面。也就是说，在这个范围内进行测量时，可以不考虑地球弯曲对长度和水平角的影响。

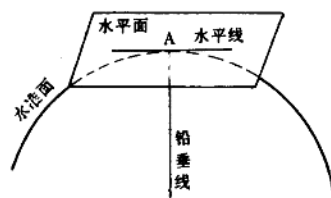


图 1-2

总的来说，在测量上考虑地球形状和大小时，是把地球椭球体作为地球的第一次近似形状，而把半径为6371km的圆球体作为地球的第二次近似形状。所有测量工作都是在地球的自然表面上，以大地水准面为基础进行的。而测量成果的处理，则以地球椭球体为依据。在地形测量学的范围内，若测区范围较大（如面积在100km²以上），可把地球作为半径6371km的圆球看待，若测区范围较小，在进行水平距离或水平角度测量时，可把地面作为平面看待。一般来讲，在矿区地形测量范围内，可以不考虑地球弯曲对水平距离和水平角度的影响。

用水平面代替水准面，对高程的影响（即地球曲率的影响）是很大的（经过分析知道，两点间距离200m就有3.1mm的高程误差，这是不能允许的）。因此，在高程测量中，即使两点间的距离很短，也应顾及地球曲率对高程的影响。

第三节 地面上点位的表示方法

测量工作的具体任务，就是确定地面点的空间位置，即该点在球面或平面上的位置（地理坐标或平面直角坐标）以及该点到大地水准面的垂直距离（高程）。

一、地理坐标

地面点在大地水准面上的投影位置，通常是用经度 λ 和纬度 φ 表示的*，某点的经、纬

* 以大地水准面为依据测定的经、纬度称为天文经、纬度；以地球椭球体面为依据定义的经、纬度分别称为大地经度 L 和大地纬度 B 。在地形测量中，因要求精度不高，故可不考虑天文经、纬度和大地经纬度间的变化。

度称为该点的地理坐标。

如图1-3所示, PP_1 为地球的自转轴(称为地轴), O 为地球中心(称为球心)。地轴与地球表面的交点 P 、 P_1 分别称为北极和南极。垂直于地轴的平面与地球表面的交线称为纬线, 通过球心且垂直于地轴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。通过地轴与地球上任一点 L 的平面 $PLKP_1$ 称为 L 点的子午面, 该面与地球表面的交线称为子午线(或经线)。通过英国格林尼治天文台某点的子午面称为首子午面。世界各国公认它为计算经度的起点。

过地面上任一点 L 的子午面和首子午面所夹的二面角称为 L 点的经度, 通常用 λ 表示。在首子午面之东者称为东经, 之西者称为西经, 最大达 180° 。我国各地的经度都是东经。

经过 L 点的铅垂线和赤道平面的夹角称为 L 点的纬度, 通常用 φ 表示。纬度从赤道向北或向南计算, 分别称为北纬和南纬, 最大达 90° 。我国疆域全部在赤道以北, 各地的纬度都是北纬。

有了地面上某一点的经度 λ 和纬度 φ , 就确定了该点在地球表面上的位置。其值是用天文测量方法测定的。例如北京某点的位置为东经 $116^\circ 28'$, 北纬 $39^\circ 54'$ 。

二、高斯平面直角坐标

(一) 投影带的划分

地理坐标对一般测量工作来说是不方便的, 测量和计算最好在平面上进行。但地球是一个曲面, 若将其一部分展成平面, 就象把一个大皮球上的一块皮硬贴在平板上一样, 不可避免的要产生变形, 区域越大, 变形越大。为使产生的变形不影响使用, 我国是采用高斯投影分带的方法。

高斯分带的原理本书从略, 其分带方法如图1-4, 投影带是从首子午线起, 依次向东每隔经差 6° 划分为一个投影带, 称为 6° 投影带(简称 6° 带)。整个地球分成60个 6° 带, 编号用阿拉伯数字1~60表示。每个 6° 带中央的一条子午线称为中央子午线或轴子午线, 其经度依次为 3° 、 9° 、 15° ……。设 N_0 为带号, L_0 为轴子午线的经度, 则两者之间的关系为

$$L_0 = 6N_0 - 3$$

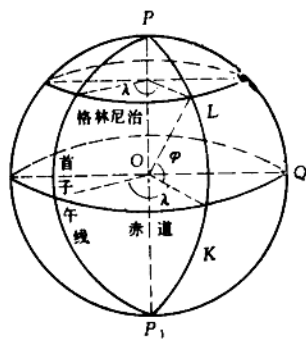


图 1-3

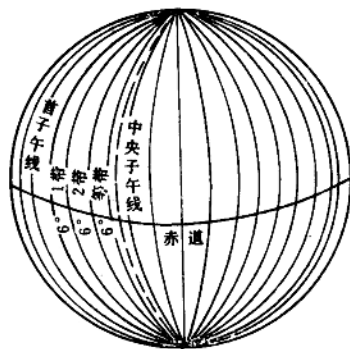


图 1-4

理论和测量实践证明,若将投影带限制在经差为 6° 的范围内,其长度的变形完全能满足1:2.5万比例尺测图的精度要求。当进行1:1万或更大比例尺测图时,要求投影变形更小,故采用经差 3° 分带法。 3° 投影带的划分是自东经 1.5° 的子午线开始,每隔 3° 划分一个投影带,全球共分为120个带,每带的中央子午线经度依次为 3° 、 6° 、 $\dots$ 。

设 n_3 为 3° 带的带号, l_0 为轴子午线经度,则两者之间的关系为

$$l_0 = 3n_3$$

将每个 6° (或 3°)带展成平面后依次连接起来,即如图1-5所示。我国地跨11个 6° 带, 6° 带和 3° 带的轴子午线均由东经 75° 起,分别每隔经度 6° 及 3° 至东经 135° 。

(二) 平面直角坐标系的建立

在每个投影带里,以中央子午线为纵坐标轴 x ,赤道为横坐标轴 y ,两轴的交点作为坐标原点,即组成高斯平面直角坐标系。若按一定间隔作一系列平行于纵、横轴的直线,便构成坐标格网(图1-6)。并规定 x 轴向北为正, y 轴向东为正,象限角按顺时针方向编号。由此可见,测量上所用的平面直角坐标与数学中的基本相同,只是坐标轴互易,而象限顺序相反(图1-7)。这是由于坐标系中的角度,在测量工作中通常是从纵坐标轴的北端按顺时针方向度量的,而数学中则是从横轴按逆时针方向度量的。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。

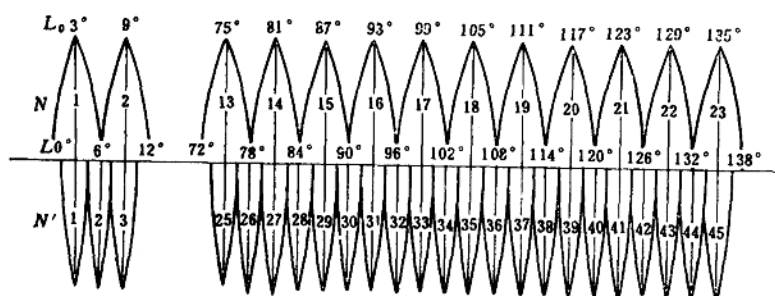


图 1-5

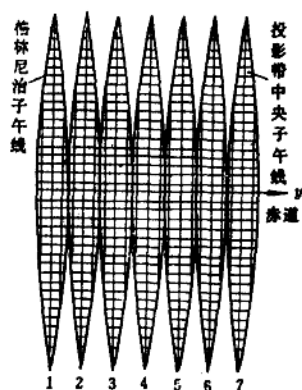


图 1-6

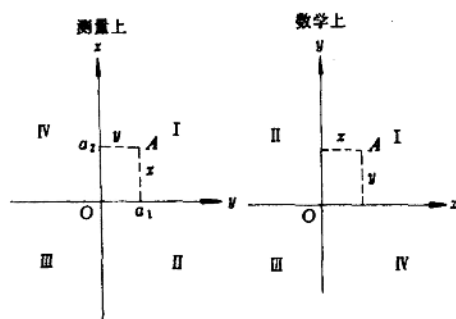


图 1-7

这种坐标既与平面直角坐标相似，又与地理坐标的经、纬度发生了联系，可互相换算，使椭球面与平面取得了内在的联系。由于这是由高斯创议经克吕格改进的，故通常称为高斯——克吕格平面直角坐标（简称为高斯平面直角坐标）。用高斯平面直角坐标系测绘的成图和成果可成为全国资料的一部分，所以这种坐标系也称为全国统一平面直角坐标系。我国于1954年在北京测定了一个点的坐标，作为全国坐标的起算点，故称1954年北京坐标系。

由于我国位于北半球， x 坐标值均为正号，而 y 坐标值有正有负，如图1-8a， $y_A = +37,680\text{m}$ ， $y_B = -74,240\text{m}$ ，为了避免横坐标出现负值和应用方便起见，无论 6° 或 3° 投影带都将轴子午线的横坐标值加500km，也就是把纵坐标轴西移500km（因为赤道上经差为 3° 的弧长，其投影长度大约为333km，当轴子午线西移500km后，每带中最小的横坐标值将大于167km，最大的横坐标值也不会超过833km）。如图1-8b， $y_A = 500,000 + 37,680 = 537,680\text{m}$ ， $y_B = 500,000 - 74,240 = 425,760\text{m}$ 。

为了确定地面点究竟位于哪一带里，则在横坐标前加上带号。

由于一带中任何一点的横坐标值都将是一个具有百公里位数的数值，因此，凡是在横坐标值中，百公里以上的数值都代表带号。例如A点位于 3° 投影带的第39带内，则横坐标 $y_A = 39,537,680\text{m}$ 。

未加500km和带号的横坐标值称为自然值，加上500km和带号的横坐标值称为通用值。如A点横坐标的自然值为 $y_A = +37,680\text{m}$ ，通用值为 $y_A = 39,537,680\text{m}$ 。

（三）投影带的重叠

高斯投影各投影带都有自己独立的平面直角坐标系。相邻两带的坐标虽然可以互相换算（换带计算），但不能直接应用。因此，为了便于解决两带交界处的控制点使用和地形图拼接问题，规定各投影带都向东延伸经差 $30'$ ，向西延伸经差 $7'.5$ 。这样相邻投影带之间都有宽度为经差 $37'.5$ 的重叠部分，称为重叠带，如图1-9所示。同时又规定，凡是在重叠带内的国家等级的平面控制点，必须分别计算出属于相邻两带坐标系的坐标；凡是在重叠带内的地形图幅必需绘制相邻两带的坐标网。显然，有了这样规定之后，分带子午线两侧的控制点就可直接地互相联接和应用了。

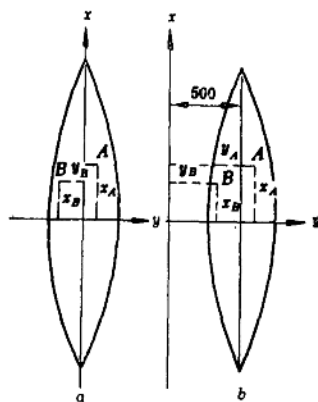


图 1-8

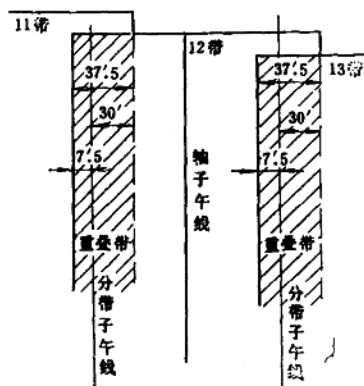


图 1-9

三、独立(假定)平面直角坐标

地球的表面虽是曲面,但当测量的区域很小时(图1-10),可以用测区中心的切平面 P 来代替大地水准面。为避免坐标出现负值,将坐标原点选在测区西南角,以子午线作为 x 轴,向北为正。这样就构成了独立(假定)平面直角坐标系统。它适用于附近没有国家控制点的小矿区。

《煤矿测量规程》规定,一个矿区应采用统一的坐标和高程系统。为了便于成果、成图的相互利用,应尽可能采用国家3°带高斯平面坐标系。

矿区面积小于50km²且无发展可能时,可采用独立坐标系。

四、高程

高程表示地面点的高矮程度。为了确定地面点的空间位置,除了点的坐标外,还需要测定点的高程。

地面上任一点到大地水准面的垂直距离称为该点的绝对高程(或称海拔、标高),简称高程,通常用 H 表示。如图1-11所示, H_A 、 H_B 即为 A 、 B 两点的绝对高程。

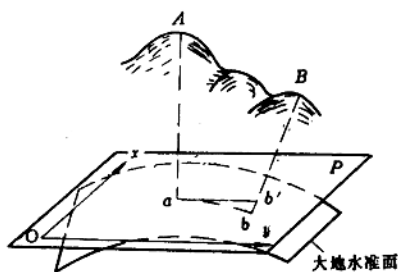


图 1-10

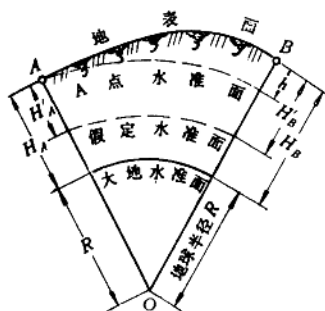


图 1-11

我国目前采用“1985国家高程基准”。它是以青岛验潮站从1953年到1977年记录的黄海平均海面(大地水准面)作为全国高程的起算面(在青岛市内一个山洞里建有水准原点,其高程为72.260m),根据这个起算面推算的高程,称为1985国家高程基准系(1956年黄海高程系和青岛水准原点高程72.289m,已由国测发[1987]198号文件通告废止)。如果不以大地水准面而以其它任意水准面为起算面,则所得的高程称为相对高程或假定高程,通常用 H' 表示,图1-11中的 H'_A 、 H'_B 为 A 、 B 两点的相对高程。高程有正负之分,若点在起算面(水准面)以上,其高程为正,反之为负。

地面两点间的高程之差,称为高差,一般用 h 表示。如图1-11,若测量方向由 A 到 B ,则 B 点对于 A 点的高差为

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

高差有正、负之分。如 B 点高于 A 点,则 B 点对于 A 点的高差为正,反之为负。

五、确定地面点位的三个基本要素

如图1-12所示,地面点 A 、 B 在水平面上的投影是 a 和 b , I 、 II 为两已知点。在实际工作中,并不是直接测出它们的坐标和高程,而是通过外业观测得

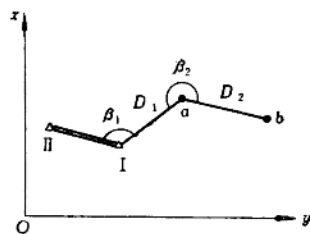


图 1-12

到水平角 β_1 、 β_2 和平距 D_1 、 D_2 ，以及I、A两点间和A、B两点间的高差，再根据I、II两点的坐标、方向和高程，推算出A和B的坐标和高程，以确定它们的点位。

由此可见，地面点间的位置关系是以水平距离、水平角和高程（或高差）来确定的。所以高程测量、水平角测量和距离测量是测量学的基本内容，高程、水平角和水平距离是确定地面点位的三要素。

第四节 直线定向

如图1-13中，若要确定A点的坐标，只要知道A到原点的距离和OA直线的方向，就可以计算出A点的坐标。所谓直线定向，就是确定直线的方向。一条直线的方向，是以该直线和标准方向（或称基本方向）线间的夹角来表示的。

一、标准方向线的种类

标准方向线可以是真子午线、磁子午线和坐标纵线。

1. 真子午线

通过地面上一点指向地球南北极的方向称为该点的真子午线方向，真子午线的方向是用天文观测的方法测定的。

2. 磁子午线

通过地面上一点，当磁针静止时所指的方向称为该点的磁子午线方向。磁子午线的方向是用磁针测定的。

某点的磁子午线方向和真子午线方向的夹角称为磁偏角，以 δ 表示，如图1-14所示。当磁针北端偏向真子午线之东时称为东偏，偏向真子午线之西时称为西偏。

3. 坐标纵线

如前所述，我国采用的高斯平面直角坐标，是将全国范围分成若干个 6° 带或 3° 带，而每一带内都是以该带的中央子午线作为坐标纵轴的。因此，该带内的直线定向，就用该带的坐标纵轴方向作为标准方向。

某些局部地区，例如建筑场地上，也可用施工坐标系统的纵轴作为标准方向。

二、表示直线方向的方法

测量上常用方位角来表示直线的方向。

由标准方向线的北端起，顺时针量至某直线方向的角度，称为该直线的方位角，其角值为 $0^\circ \sim 360^\circ$ 。若标准方向线为真子午线，称为真方位角；若标准方向线为磁子午线，称为磁方位角；若标准方向线为坐标纵线，称为坐标方位角。如图1-15，01、02、03和04四条直线的方位角分别为 $76^\circ 24'$ ， $149^\circ 40'$ ， $250^\circ 10'$ 和 $340^\circ 15'$ 。

由于真子午线都通过地球的南北极，因而过地面上各点的真子午线方向并不互相平行，而是向两极收敛（过地面上任意两点的真子午线方向间的夹角称为子午线收敛角），这给计算工作带来了不便。为便于计算平面直角坐标，在测量工作中，通常采用坐标纵线作为定向的标准方向线，即以坐标方位角确定直线的方向，因为各点的坐标纵线是相互平行的。

坐标方位角有正、反之分。直线前进方向的坐标方位角称为正坐标方位角，其相反方向的坐标方位角称为反坐标方位角。如图1-16所示，直线1-2的正坐标方位角为 α_{12} ，其反坐标方位角为 α_{21} ；或者说，直线21的正坐标方位角为 α_{21} ，其反坐标方位角为 α_{12} 。由此可

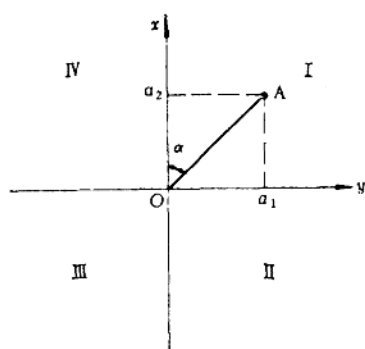


图 1-13



图 1-14

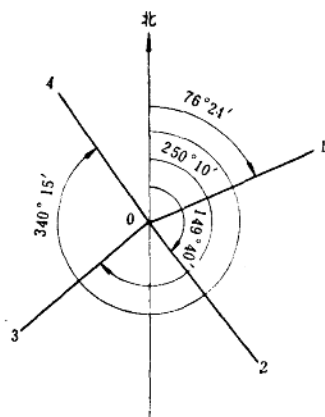


图 1-15

知，正、反坐标方位角是相对的。同一条直线的正、反坐标方位角相差 180° ，即

$$\alpha_{\text{反}} = \alpha_{\text{正}} \pm 180^\circ$$

三、象限角

从标准方向线的北端或南端起按顺时针或逆时针方向量至某直线的锐角，称为该直线的象限角，其值由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。

因为象限角的数值在 $0^\circ \sim 90^\circ$ 之间，所以用象限角定向时，除需知道它的数值外，还要知道它所在的象限名称，如图1-17，直线OA的象限角 R_{OA} 为北东 $70^\circ 21'$ 。

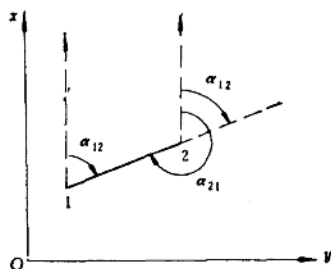


图 1-16

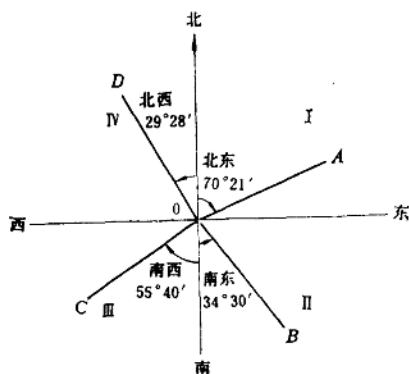


图 1-17

方位角与象限角换算

表 1-1

直 线 方 向	由 α 推算 R	由 R 推算 α
象限 I (北东)	$R = \alpha$	$\alpha = R$
象限 II (南东)	$R = 180^\circ - \alpha$	$\alpha = 180^\circ - R$
象限 III (南西)	$R = \alpha - 180^\circ$	$\alpha = 180^\circ + R$
象限 IV (北西)	$R = 360^\circ - \alpha$	$\alpha = 360^\circ - R$

四、方位角与象限角的关系

若已知一直线的方位角，可以推算其象限角，反之，若知一直线的象限角，也可推算其方位角。由图1-15和图1-17可得其互相换算关系（表1-1）。

第五节 测量工作概述

测量工作的目的是确定地面各点的平面位置和高程，并根据这些数据绘制成图。

测量工作中将地面的自然物体和人工建筑物称地物，如河流、湖泊、房屋等；地面的高低起伏、倾斜弯曲等形态称为地貌，如山岭、谷地、陡坡等。不论地物或地貌，它们都是由无数个地面点集合而成，要全部测绘每一个点位是不可能的。那么，根据什么原则和程序，才能多快好省地将地物、地貌测绘到图纸上来呢？

我们先看图1-18a的建筑物。其平面位置是由建筑物轮廓线所决定，如确定了1、2、……6各点的平面位置，这个建筑物的位置也就确定了。再来观察图1-18b的地貌情况，其地势起伏可以看成是由许多不同形状、不同坡度、不同方向、不同大小的面交合而成，这些相邻面的交线叫做地性线。只要确定了地性线上一些有代表性的点（图上的立尺点）的平面位置和高程，地貌的基本情况也就反映出来了。上述两例中的1、2、3……点称为地物、地貌特征点。综上所述，不论是地物或地貌，不论其复杂程度如何，它们的位置、形态，都是由一些特征点所决定的，测量时主要是测定这些特征点的平面位置和高程。

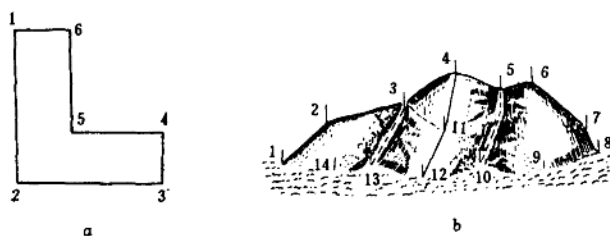


图 1-18

测定特征点的位置，可用不同的方法和工作程序。如图1-19，可以根据地物点A测定B点，再根据B点测定C点，……，依次把整个测区内地物、地貌特征点的位置测定出来，这叫做逐点测定法。另一种方法是先在测区内选择若干有控制意义的点1、2、3……等作为控制点，较精确地测定其相互位置；再在控制点1、2、3……上去测定其各自周围的特征点O、N、M、A、B……等，这叫做“先控制后碎部”、“从整体到局部”的方法。

逐点测量法的缺点是误差逐点累积，最后达到不能容许的地步，而且图上各点的质量很不一致。“先控制后碎部”的方法，由于是在控制点上分别测定其周围的特征点，图内质量均匀，减少了误差的累积，并且可同时在几个控制点上同时进行测量，加快了测量进度，尤其重要的是，即使有些“局部”被破坏或失败了，全局还可以不受重大影响。因此，测量工作所遵循的原则是“从整体到局部”、“由高级到低级”、“先控制后碎部”。其工

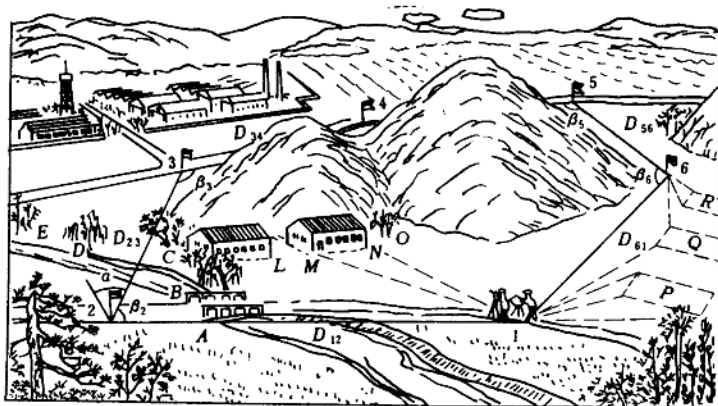


图 1-19

作程序分两步进行：第一步是建立控制网，称为控制测量（包括平面控制和高程控制），第二步以控制网（点）为基础的碎部测量，即测定特征点的位置，称为地形测绘。如系测设（标定），则应根据设计图上求得的测设数据，进行建筑物、构筑物的详细放样，作为施工的依据。

一、国家基本控制测量

对于全国性的测量工作，由于幅员广阔，必须采取分等级布置，逐级控制的方法，才能符合经济合理的原则。国家基本控制按精度的不同，一般分为一、二、三、四等，由高级到低级逐步建立。这些国家基本控制点统称为大地点。

国家基本平面控制可用下述几种方法建立：

1. 三角测量

选择若干控制点组成互相连接的三角形，测定其中一边的水平距离和每个三角形的三个内角，然后根据起始数据可算出各控制点的坐标。三角形的各顶点称为三角点。各三角形联成锁状的称为三角锁，联成网状的则称为三角网（如图1-20a）。

一等三角锁是国家平面控制网的骨干，其布设大致上沿着经纬线方向构成纵横交错的锁系（如图1-20a中粗线所示），每锁段长约200km，相邻的纵横四个锁段构成锁环，锁环一般由单一的三角形图形组成。

二等三角网是一等三角锁的进一步加密，即在一等锁环内布设成全面三角网。

三、四等三角网是在二等全面网的基础上进一步加密，可采用插点（图1-20b中的a、b、c）或插网（图1-20b中的d、e、f、g）的方法布设。三、四等三角网是地形测量和工程测量的基本控制网。

2. 三边测量和边角测量

随着光电测距技术的发展，建立国家基本平面控制也可以采用三边测量、边角测量的方法。三边测量、边角测量的技术要求应符合国家有关测量规范的规定。

3. 导线测量

如果将控制点连成折线形，则称为导线。导线测量是通过测定导线的边长及转折角来逐步建立控制点，这些控制点称为导线点。导线的形式有单一的（图1-21）、网状的