

高等学校教学用书

测量学

焦作矿业学院 中国矿业学院
阜新矿业学院 合编

煤炭工业出版社

高等学校教学用书

测 量 学

焦作矿业学院 中国矿业学院
阜新矿业学院 合编

煤炭工业出版社

高等学校教学用书

测 量 学

焦作矿业学院 中国矿业学院

阜新矿业学院 合编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平北路16号)

煤炭工业出版社印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 $787 \times 1092^{1/4}$ 印张 $17^{1/4}$

字数 409 千字 印数 1—11,100

1980年6月第1版 1980年6月第1次印刷

书号15035·2272 定价1.80元

前 言

本教材是根据1978年制订的煤炭高等院校矿山测量专业教学大纲编写的，教学时数为130学时左右，是矿山测量专业的技术基础课程。内容力求结合我国生产实际，并适当介绍了测绘科学的新技术。

本教材由焦作矿业学院负责主编，参加编写的有：焦作矿业学院李国顺（第一、七、八、九、十五、十六章）、马文来（第四、六、十四章），中国矿业学院黄绍东（第十二、十三章），阜新矿业学院翟厥成（第二、三、五、十、十一章）等同志；焦作矿业学院张汉英同志和河南省地质局测绘队帮助设计和绘制了部分插图。在本书的编审过程中得到有关兄弟院校和生产单位的大力支持和帮助，对此我们谨表示衷心感谢。

由于我们水平有限，加之时间紧迫，错误之处难免，恳请读者提出批评和意见，以便改正。

编 者

1978年8月

目 录

绪 论	1
第 一 章 测量学的基本知识	2
第 1-1 节 地球的形状和大小	2
第 1-2 节 地面点位的确定	3
第 1-3 节 直线定向	4
第 1-4 节 地图、地形图和断面图	6
第 1-5 节 比例尺	6
第 1-6 节 测量工作的基本概念	8
第 二 章 角度测量	11
第 2-1 节 角度测量原理与经纬仪基本结构	11
第 2-2 节 水准器	13
第 2-3 节 望远镜	14
第 2-4 节 读数设备	17
第 2-5 节 水平角观测	21
第 2-6 节 垂直角观测	24
第 2-7 节 经纬仪的检验和校正	27
第 三 章 距离测量	32
第 3-1 节 地面点的标志和直线定线	32
第 3-2 节 钢尺量距	33
第 3-3 节 视差法测距	42
第 3-4 节 红外测距	45
第 四 章 经纬仪导线测量	54
第 4-1 节 概述	54
第 4-2 节 经纬仪导线测量的外业工作	55
第 4-3 节 经纬仪导线测量的内业计算	56
第 4-4 节 导线测量错误的检查	64
第 五 章 高程测量	66
第 5-1 节 水准测量原理	66
第 5-2 节 水准仪和水准尺	67
第 5-3 节 普通水准测量	68
第 5-4 节 水准仪和水准尺的检验校正	71
第 5-5 节 等外及四等水准测量	77
第 5-6 节 自动安平水准仪	84
第 5-7 节 三角高程测量	85
第 六 章 测量误差的基本知识	90
第 6-1 节 概述	90
第 6-2 节 测量误差的分类及其特性	90

第 6-3 节	评定精度的标准	91
第 6-4 节	误差传播定律	92
第 6-5 节	误差传播定律应用示例	97
第 七 章	测角锁 (网) 测量	102
第 7-1 节	概述	102
第 7-2 节	线形三角锁	104
第 7-3 节	中点多边形	118
第 7-4 节	大地四边形	121
第 八 章	测角交会点测量	124
第 8-1 节	概述	124
第 8-2 节	单三角形	125
第 8-3 节	前方交会	129
第 8-4 节	侧方交会	132
第 8-5 节	后方交会	133
第 九 章	计算机及其使用	146
第 9-1 节	手摇计算机	146
第 9-2 节	测绘专用台式电子计算机	151
第 十 章	视距测量	158
第 10-1 节	概述	158
第 10-2 节	视距测量原理	158
第 10-3 节	视距常数的测定	161
第 10-4 节	视距测量计算工具	162
第 10-5 节	视距测量的精度	165
第 10-6 节	等差级数视距尺	168
第十一章	平板仪测量	173
第 11-1 节	平板仪测量原理	173
第 11-2 节	平板仪及其附件	173
第 11-3 节	平板仪的检验校正	176
第 11-4 节	平板仪的安置	178
第 11-5 节	平板仪测定点位的方法	180
第十二章	地形图的基本知识	185
第 12-1 节	高斯-克吕格坐标系	185
第 12-2 节	地形图的分幅与编号	187
第 12-3 节	梯形图幅图廓点的直角坐标	191
第 12-4 节	地物在地形图上的表示	192
第 12-5 节	地貌在地形图上的表示	194
第十三章	地形图测绘	199
第 13-1 节	概述	199
第 13-2 节	图根控制测量	200
第 13-3 节	测图前的准备工作	202
第 13-4 节	测站点	206
第 13-5 节	平板仪测图	208

第 13-6 节	经纬仪和小平板仪联合测图	220
第 13-7 节	激光地形测绘仪及其应用	222
第 13-8 节	地形图的拼接、检查与验收	228
第十四章	地形图的应用	230
第 14-1 节	识图的基本知识	230
第 14-2 节	地形图应用的基本内容	233
第 14-3 节	在地形图上计算面积	236
第十五章	施工测量的基本工作	244
第 15-1 节	概述	244
第 15-2 节	已知长度的直线的标定	244
第 15-3 节	已知角度的标定	245
第 15-4 节	标定点位的方法	246
第 15-5 节	高程的标定方法	247
第 15-6 节	激光经纬仪	248
第十六章	路纵测量	250
第 16-1 节	概述	250
第 16-2 节	定线测量	251
第 16-3 节	圆曲线的测设	253
第 16-4 节	缓和曲线的测设	258
第 16-5 节	纵横断面水准测量	264
第 16-6 节	土方计算	268

绪 论

测绘科学，一方面研究整个地球表面或地球表面某一局部地区的形状和大小，并把它们表示成图；另一方面将各种工程建筑物按照设计标定到实地，指导工程施工的正确性。测绘科学分成几门不同的学科，它们是：

大地测量学 它的基本任务是研究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和遥感技术的发展，大地测量又分为常规大地测量和卫星大地测量。

地形测量学 它研究小范围地面地形测绘成地形图的方法。

摄影测量学 它是利用摄影象片进行地球形状和大小的研究并绘制成图的一门测量学科。根据获得象片的方法不同，摄影测量学分为地面摄影测量，航空摄影测量和卫星象片编图。

工程测量学 它研究工矿企业、农田水利和城市的工程建设中保证设计和施工位置正确性的测绘工作。

制图学 研究如何利用测量所得的成果编制、印刷和出版各种地图。

《测量学》是测量专业的技术基础课。通过《测量学》的学习，使我们了解和初步掌握测量工作的基本理论、基本方法和基本技能，能正确使用普通测量仪器和工具，具有测绘大比例尺地形图的实际技能。

在我国社会主义经济建设和国防建设中，测量工作具有十分重要的作用。在经济建设中，各有关部门都需要利用地形图和各种测绘资料。任何一项工程建设的位置都是以测绘资料和图纸为依据进行设计的。而图纸上的设计还必须由测量工作者把它标定到实地上，以便正确地进行施工。在国防建设中，地形图除用于国防工程的设计施工和编制特种军用地图外，它还是各级指挥员研究地形、拟定作战计划、部署兵力及指挥作战所不可缺少的重要资料。现在，在地震预测、海底资源勘探、近海油田的钻探、地下电缆埋设、人造卫星的发射与回收、导弹的发射以及其他方面的科学研究等，都需要测量工作的密切配合。

在矿山建设中，测量工作也起着特别重要的作用。在矿区开发的各个阶段，无论是地质勘探阶段和设计施工阶段，还是矿井生产阶段，都需要各种测绘资料。

新中国成立以后，我国的测绘事业得到了发展。测绘队伍迅速扩大，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的进展。现在，我国的社会主义革命和社会主义建设进入了一个新时期。它必然对测绘工作提出更多、更艰巨的任务。我们广大测绘工作者要为实现四个现代化作出更大的贡献。

第一章 测量学的基本知识

第 1-1 节 地球的形状和大小

测量工作是在地球表面上进行的，因此首先应当对地球的形状和大小有所了解。

地球表面形状极其复杂，有高山、深谷、丘陵、平原、江河、湖泊及海洋等等。这个复杂的表面称为地球的自然表面。在地球的自然表面上，海洋约占71%，陆地约占29%。陆地表面高出海水面并不多，即使是地球上最高的珠穆朗玛峰高出海水面也只有8848.13米，这和地球半径的概值6371公里相比仍然很微小，因此我们可以把地球总的形状看作是被海水包围起来的球体，也就是设想有一个静止的海水面延伸穿过大陆和岛屿后围成的球体。与静止的海水面平行的面称为水准面，水准面有无数多个，其中通过平均海水面的水准面叫做大地水准面，它所包围起来的球体叫做大地球体。根据大地测量确定，地球不是一个真正的圆球，而是一个沿赤道稍稍膨大、南北极间略为扁平的近似椭球。

水准面有一个特性，就是处处和铅垂线垂直。从物理学中知道，地面点的铅垂线方向决定于地球的引力。由于地球内部质量分布不均匀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又不规则的曲面。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 自转的旋转椭圆体面，又称地球椭圆体面，如图1-1 (a) 所示。

地球椭圆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 ± 150 米，如图1-1 (b) 所示。地球椭圆体的形状和大小，由长半径 a 和短半径 b 或由一个半径和扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 来决定。 a 、 b 和 α 称为地球椭圆体元素。我国目前暂

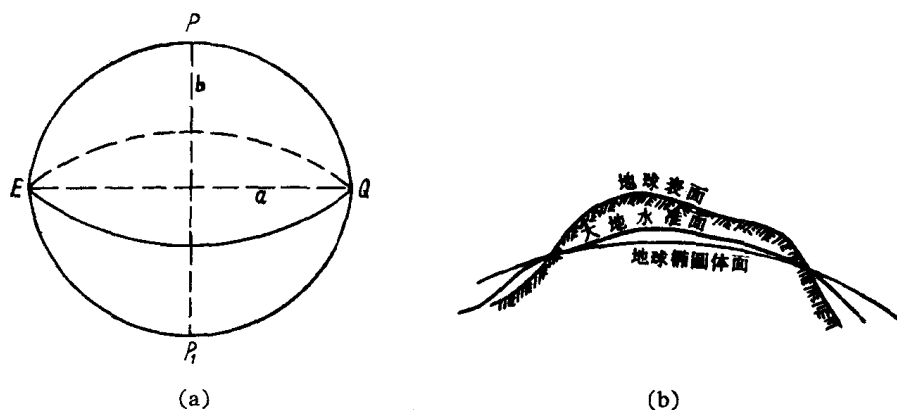


图 1-1

采用克拉索夫斯基椭球元素作为测量计算的依据，其数值为：

$$a = 6,378,245 \text{ 米}$$

$$b = 6,356,863 \text{ 米}$$

$$\alpha = 1:298.3$$

利用人造地球卫星进行大地测量,对地球形态进行了更精确地研究。1967年国际测量学会发表了新测定的椭球元素为: $a = 6,378,168$ 米, $\alpha = 1:298.25$ 。

由此可知,地球椭圆体的扁率很小,十分接近于圆球,因此在局部范围内,由于测区面积较小,可将地球看作圆球。采用与椭球等体积的球体的半径,即取地球椭圆体三个半径的平均值作为圆球的半径,其值为 $R = 6371$ 公里。

如果我们通过水准面上任一点 A 作一切平面,此平面就叫做 A 点的水平面。在水平面上过 A 点的任意直线都叫做 A 点的水平线(图 1-2)。当水准面很小时(地形测量规范规定为 50 平方公里),可以认为它和水平面重合,即把水准面看成水平面,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度的影响。

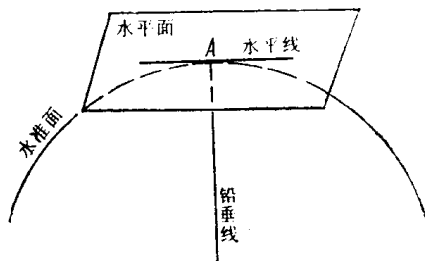


图 1-2

第 1-2 节 地面点位的确定

测量工作的具体任务就是确定地面点的空间位置,就是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、纬度表示的。某点的经、纬度称为该点的地理坐标。

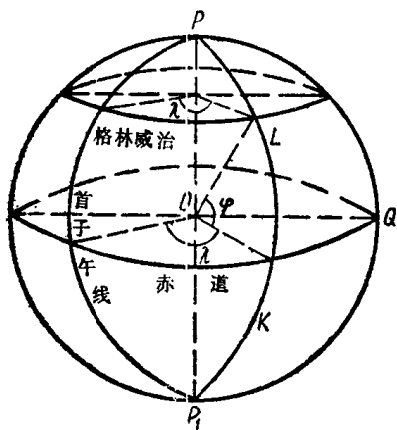


图 1-3

如图 1-3 所示, PP_1 为地球的自转轴,称为地轴。地球的中心 O 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 O 且垂直于地轴的平面称为赤道平面,它与球面的交线,称为赤道。通过地轴和地球上任一点 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(又叫经线)。国际上公认通过英国格林威治天文台的子午面为首子午面,作为计算经度的起点。

过地面上任一点 L 的子午面和首子午面所组成的二面角称为 L 点的经度,用 λ 表示。经度由首子午面起向东、向西量度,由 $0 \sim 180^\circ$ 。在首子午面以东者称为东经,以西者称为西经。

经过 L 点的铅垂线和赤道平面的夹角称为 L 点的纬度,用 φ 表示。数值由 $0 \sim 90^\circ$,在赤道以北者称为北纬,以南者称为南纬。

二、平面直角坐标

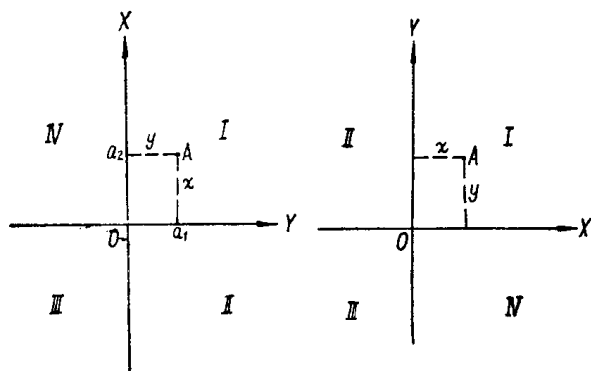
在小范围内进行测量时,由于可以把球面看作平面,故通常以平面直角坐标来表示地面点的位置。

测量学中所用的平面直角坐标和数学中的相似,只是坐标轴互易,而象限顺序相反(图 1-4)。测量工作中规定所有直线的方向都是从纵轴北端顺时针方向量度的,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。

地面上任一点A的位置,是由该点到纵横坐标轴的垂距 Aa_1 和 Aa_2 确定的。 Aa_1 称为点A的纵坐标,以 x 表示; Aa_2 称为点A的横坐标,以 y 表示。

坐标纵轴 X 通常与某子午线方向一致,以它来表示南北方向,指北者为正,指南者为负;以横坐标轴 Y 表示东西方向,指东者为正,指西者为负。



测量坐标

数学坐标

图 1-4

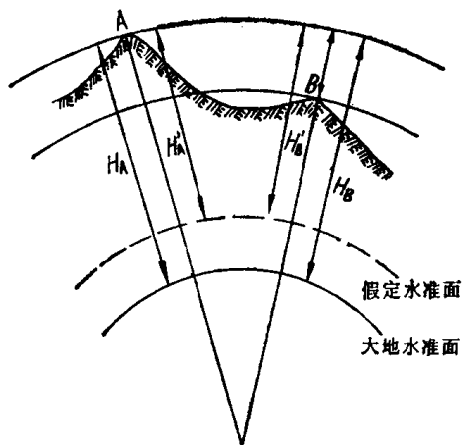


图 1-5

三、高程

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,以 H 表示,如图1-5所示。我国目前采用青岛验潮站从1950年至1956年观测成果推算的平均海水面(大地水准面)作为高程的起算面,其绝对高程为零。根据这个起算面推算的高程,称为1956年黄海高程系。当求一点的绝对高程有困难时,我们可以假定任意一个水准面作为高程起算面,这个水准面称为假定水准面。从一点到假定水准面的铅垂距离,称为该点的假定高程(或相对高程),用 H' 表示。

两点间的高程之差称为高差,用 h 表示。 A 点对于 B 点的高差为:

$$h_{BA} = H_A - H_B = H'_A - H'_B \quad (1-1)$$

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

第1-3节 直线定向

所谓定向,就是确定直线的方向。一条直线的方向,是以该直线与基本方向线的夹角来表示的。

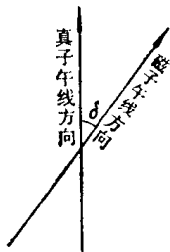


图 1-6

基本方向线可以是真子午线、磁子午线或坐标纵线。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。通过地面上一点,当磁针静止时所指的方向即是该点的磁子午线方向;磁子午线的方向则用磁针确定之。某一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1-6所示。当磁针北端偏向真子午线以东者称为东偏;偏向真子午线以西者称为西偏。

一、方位角

从基本方向线的北端起顺时针量至某一直线方向的角度,称为该直线的方位角,其角值为 $0\sim 360^\circ$ 。若基本方向线为真子午线,称为真方位角;若基本方向线为磁子午线,称为磁方位角;若基本方向线为坐标纵线,称为坐标方位角。在图1-7上,OA、OB、OC和OD四条直线的方位角分别为 $70^\circ 21'$ 、 $145^\circ 30'$ 、 $235^\circ 40'$ 和 $330^\circ 12'$ 。

由于真子午线均通过地球的两极,因而过地面上各点的子午线方向并不互相平行,而向两极收敛(过任意两点的子午线方向间的夹角叫做子午线收敛角),这就给计算工作带来不便。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基本方向线,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1-8所示,直线AB的正坐标方位角为 α_{AB} ,其反坐标方位角为 α_{BA} ;亦可以说,直线BA的正坐标方位角为 α_{BA} ,其反坐标方位角为 α_{AB} ,由此可知,正、反坐标方位角是相对的。由图看出,同一条直线的正、反坐标方位角相

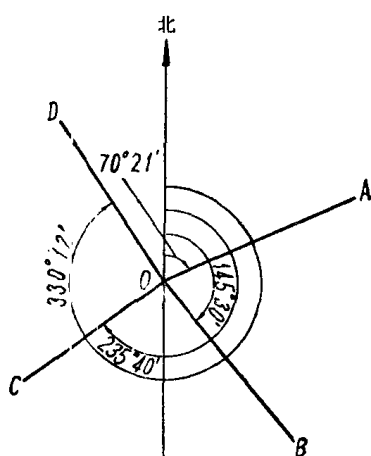


图 1-7

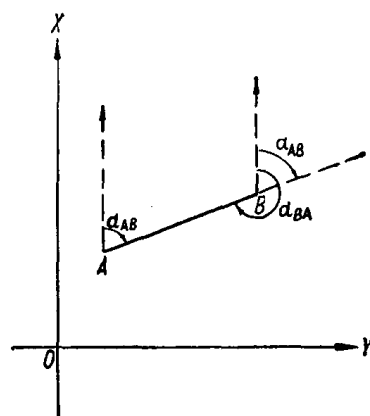


图 1-8

差 180° ,即

$$\alpha_{\text{正}} = \alpha_{\text{反}} \pm 180^\circ \quad (1-2)$$

二、象限角

从基本方向线的一端量至某一直线的锐角,叫做该直线的象限角。它是由基本方向线的北端或南端按顺时针或逆时针量至该直线的角度,其值为 $0\sim 90^\circ$ 。

因为象限角的数值均在 $0\sim 90^\circ$ 之间,所以若用象限角定向时,除了需要知道它的数值外,还要知道它所在的象限名称,如图1-9所示,OA的象限角为北东 $70^\circ 21'$ 。

三、方位角与象限角的关系

如果已知一直线的方位角,可以推算其

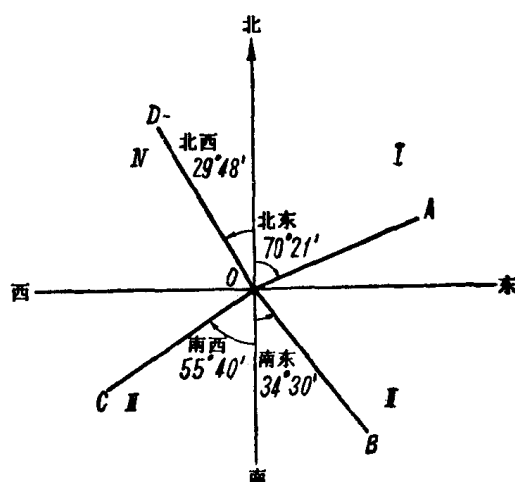


图 1-9

象限角；反之，如果已知一直线的象限角，也可推算其方位角。对照图1-7和图1-9，可得其互算关系如表1-1。

表 1-1

直 线 方 向	方位角 α 与 象 限 角 R 的 关系
象 限 I (北东)	$R = \alpha$
象 限 II (南东)	$R = 180^\circ - \alpha$
象 限 III (南西)	$R = \alpha - 180^\circ$
象 限 IV (北西)	$R = 360^\circ - \alpha$

第 1-4 节 地图、地形图和断面图

以各种测量数据将地球表面上的形态描绘于平面图纸上的图形，按图的内容和成图方法可分为平面图、地形图和地图等。

如果测区面积很小，可以把测区当做平面，则将地面上的物体沿铅垂线投影到水平面上，并按比例尺缩小而成相似的图形，这种图称为平面图。平面图上各处的比例尺是相同的。

当测区面积很大时，就不能将水准面看作平面，一定要考虑地球的曲率，用地图投影的方法并按一定的精度将地面各点描绘到图纸上，这种图称为地图。地图上各处的比例尺是不相同的。

如果图上只表示地面上房屋、道路、河流、耕地等地面物体的平面位置，这种图称为地物图。除表示地物外，同时还表示地面上高低起伏形态（地貌）的图，则称为地形图。

为了表示地面上沿某一方向的起伏状态，而把该方向的起伏状态按比例尺缩小所绘成的图称为断面图，断面图是沿一定方向的竖直面与地面相截的图形。

第 1-5 节 比 例 尺

地面上的各种物体，不可能按其真实的大小描绘到图纸上，总要经过缩小，才能在图上表示出来。图上线段与实地相应线段的水平投影之比称为比例尺。比例尺按表示的方法不同，可分为数字比例尺和图示比例尺。

一、数字比例尺

用分数或数字比例形式表示的比例尺叫数字比例尺。为了计算方便，一般比例尺用分子为 1、分母为整数的分数表示。

设图上的线段长度为 l ，地面上相应线段的水平投影长度为 L ， M 为比例尺的分母，则该图的比例尺为：

$$\frac{1}{M} = \frac{l}{L} = \frac{1}{\frac{L}{l}}$$

地形测图中常用的比例尺有 $\frac{1}{500}$ ， $\frac{1}{1000}$ ， $\frac{1}{2000}$ ， $\frac{1}{5000}$ 等，也可写成 1:500，1:1000，1:2000，1:5000 等。由上式可知，如比例尺已知时，量得地面上的长度后，可化算为图上

的长度；量得图上的长度后，同样可化算为地面上的长度。

二、图示比例尺

数字比例尺只能使我们对缩小程度有一般概念，应用时要经常进行计算，这是非常不方便的。为了应用上的方便，并且避免由于图纸伸缩而引起的误差，可应用图示比例尺。

图示比例尺又分为直线比例尺和斜线比例尺。

(一) 直线比例尺

直线比例尺是按照数字比例尺绘制的。绘制的方法是：

1. 在图上绘一条直线，把它分成若干个 2 厘米或 1 厘米长的线段，这些线段称为比例尺的基本单位。

2. 将最左端的一个基本单位再分成二十个或十个等分，然后在右分点上注记 0。

3. 自 0 起在向左及向右各分点上，均注记不同线段所代表的实地的水平距离。

图 1-10 为 1:2000 的直线比例尺。

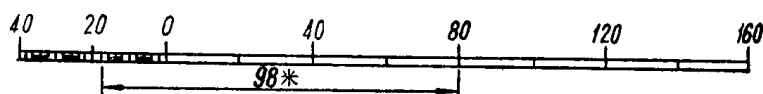


图 1-10

应用直线比例尺量取图上两点间的长度相应于地面上之水平距离时，先张开分规两脚尖，对准图上两点，然后移至直线比例尺上，使其一脚尖对准零右边的一个分划线上，从另一脚尖读取左边的小分划，并估读零数，图中所示为 98 米。

直线比例尺也常刻在三棱尺上。

(二) 斜线比例尺

应用直线比例尺仅能读到基本单位长度的十分之一，如果再要读到基本单位的百分之一，只有估读。为了能准确地读到基本单位的百分之一，通常采用斜线比例尺（又叫复式比例尺）。

图 1-11 (a) 为 1/5000 斜线比例尺。绘制方法如下：

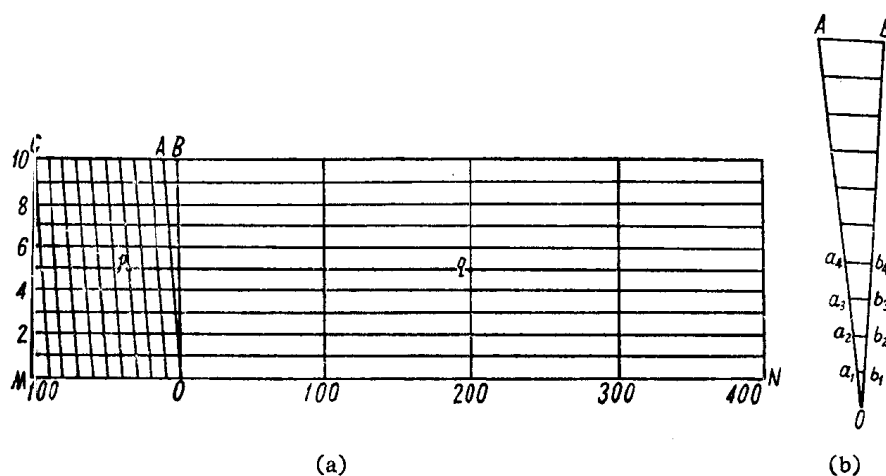


图 1-11

1. 在 MN 直线上按基本单位长度截取若干分点。

2. 过各分点作MN的垂线。

3. 将两端点的垂线十等分，连接对应的各分点，得到与MN平行的十条横线。

4. 将最左面基本单位的顶线CB和底线M0各十等分，并依次把顶线左端点与底线第一分点、顶线第一分点与底线第二分点……等相连，如此联成许多斜的平行线。

5. 在各分点注出相应于实地的水平距离，即得斜线比例尺。

现在来研究图1-11 (a) 中的三角形OAB，为了明显起见，把它放大成图 (b)。

从相似三角形OAB和Oa₁b₁得：

$$\frac{a_1 b_1}{AB} = \frac{Ob_1}{OB}, \quad a_1 b_1 = \frac{Ob_1}{OB} \cdot AB$$

根据斜线比例尺的绘法有

$$AB = \frac{1}{10} CB \quad Ob_1 = \frac{1}{10} OB$$

则

$$a_1 b_1 = \frac{\frac{1}{10} OB}{OB} \cdot \frac{1}{10} CB = \frac{1}{100} CB = \frac{1}{100} \text{ 比例尺基本单位}$$

同理可得 $a_2 b_2 = \frac{2}{100}$ 比例尺基本单位……。由此可知，斜线比例尺可直接量得比例尺

基本单位的 $\frac{1}{100}$ ，故较直线比例尺精度提高十倍。应用时，用分规的两脚在图上截得两点

后，将一脚尖置于O点右侧之某基本单位的分划线上，上下移动两脚规，使另一脚尖恰恰落在斜线与横线之某交点上，将左右两脚尖之读数相加，便可求得所量之实地水平距离。

如图中

$$pq = 200 + 30 + 5 = 235 \text{ (米)}$$

三、比例尺精度

当图上两点间的距离小于0.1毫米时，正常的肉眼就不能分辨清楚，故地面上的距离按比例尺画到图上不宜小于0.1毫米。这种相当于图上0.1毫米的实地水平距离称为比例尺精度。根据比例尺精度，不但可以按照比例尺知道地面上丈量距离究竟要准确到什么程度，反过来也可以按照地面距离丈量规定的精度确定采用多大的比例尺。例如测绘1/2000比例尺的图，则地面丈量距离的精度只需达0.2米；又如在图上要求表现出0.5米距离的精度，

则所用的比例尺不应小于 $\frac{0.1 \text{ 毫米}}{0.5 \text{ 米}} = \frac{1}{5000}$ 。

第 1-6 节 测量工作的基本概念

测量的目的是为了确定地面各点的平面位置和高程，以便根据这些数据绘制成图。

由于在测量过程中，不可避免地产生误差，因此必须采取正确的程序和方法，以防止误差的累积。例如在测量地面上许多碎部点时，假如从一点开始，逐点进行施测，前一点的量度误差就会传递到后一点，误差会越积越大，这样，最后虽然可得欲测各点的位置，但其位置误差可能达到不可容许的程度。

正确的测量程序和方法是按照“由高级到低级，由整体到局部”和“先控制后碎部”

的原则进行的。以图 1-12 为例，先在测区内选择若干有控制意义的点 A、B、C、D 等（称为控制点），用较高的精度确定它们的点位，然后再根据这些控制点测定附近地物、

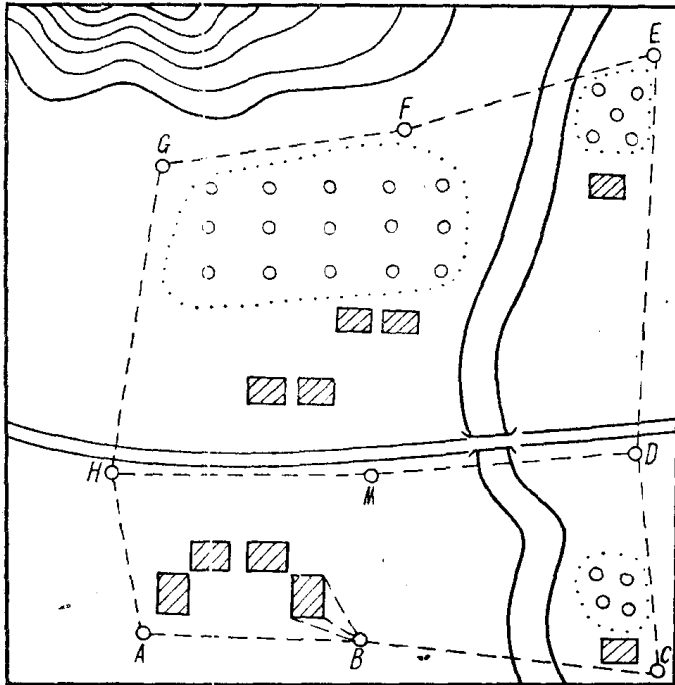
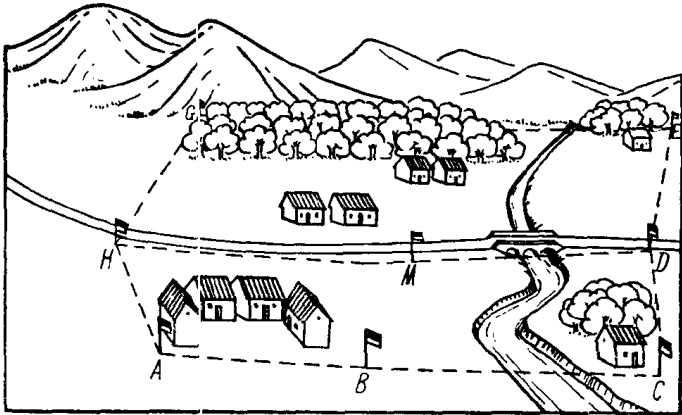


图 1-12

地貌的特征点（称为碎部点），从而绘制成地形图。由于前者起着控制测量的作用，故称控制测量。后者称为碎部测量。

控制测量包括平面控制测量和高程控制测量。平面控制测量按其测量方法分为三角测量和导线测量。三角测量是在测区内将选择的控制点连成三角形，从而构成锁（网）状，只须测定其中一条边的水平距离和三角形的所有内角，便可根据起始数据求得各控制点的坐标。如果将控制点连成折线形，则称为导线。在导线测量中，除测定每个转折角外，还要测定导线的全部边长（图 1-13）。

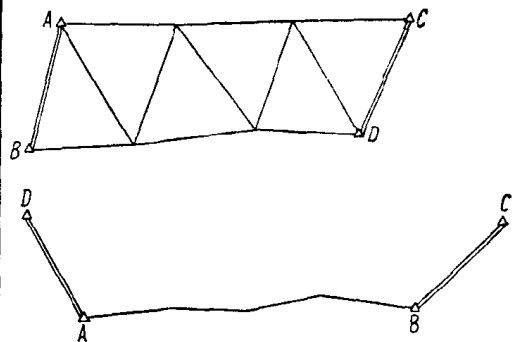


图 1-13

高程控制测量按其方法分为水准测量和三角高程测量。它们都是先直接或间接求得各点间的高差，然后再根据起始点的高程求得各点的高程。

为了地形测图而进行的控制测量叫做图根控制测量。其具体的施测与计算将在本书有关章节中作详细介绍。

为了统一全国各地区的测量工作，必须建立全国性的控制网，以满足整个国民经济建设的需要。

全国性平面控制网主要是采用三角测量方法建立的。国家三角网按控制次序和施测精度不同分为一、二、三、四等。三、四等三角网是地形测量和工程测量的基础。国家高程控制网是用水准测量的方法建立的，按其精度也分为一、二、三、四等。三、四等水准直接

提供地形测图和工程测量所需要的高程控制点，是测区的基本高程控制。

有了控制点，就可以进行碎部测量。碎部测量就是遵循“从整体到局部”“先控制后碎部”的程序根据邻近的控制点来确定碎部点（地物点和地貌点）相对于控制点的关系，从而按照规定的符号绘制成地形图。碎部测量有两种方法：一种是在预先画有控制点的图纸上测绘地形，如平板仪法、经纬仪和小平板仪联合测图法等；另一种是以摄影象片为依据进行测图，叫做摄影测量。

综上所述，无论控制测量还是碎部测量，其实质都是确定地面点的位置。为此，必须在野外进行测角、量边和测定高差等工作（称为外业），而后在室内进行计算和绘图（称为内业）。由此可见，点位关系是测量上要研究的基本关系，测角、量边和测高差是测量的基本工作，而测、算、绘则是测量的基本功。