

中等专业学校试用教材

测 量 学

江西地质学校编

地质出版社

中等专业学校试用教材

测 量 学

江西地质学校编

地质出版社

测量学

江西地质学校编

(限国内发行)

*

国家地质总局教育组教材室编辑

地质出版社出版

天津市第一印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

*

1978年7月北京第一版·1978年7月北京第一次印刷

定价0.70元 统一书号：15038·新292

前 言

在毛主席革命路线的指引下，英明领袖华主席领导我们一举粉碎了“四人帮”。全国人民紧密地团结在以华主席为首的党中央周围，高举毛主席的伟大旗帜，坚持党的基本路线，抓纲治国，继续革命，为建设伟大的社会主义现代化强国而奋斗。为适用当前教育战线的大干快上；为实现四个现代化早出人材、快出人材、多出人材的需要，在我校原《测量学》教材的基础上，编写了这本《测量学》。

本书介绍了测量的基本知识，地形图的应用与施测方法，阐述了测量仪器的构造和使用，分别介绍了地质、物探、水文地质、工程地质中的测量工作，为了适应新方法在地质工作中的广泛应用，还介绍了航空摄影象片判读的基本知识。

本教材的内容涉及较广，目的是为了适应各专业不同特点的需要，在讲授时可根据各学校的具体情况有所选择。

在编写教材的过程中，对与专业关系不大而又繁琐的理论推证，则尽量删去了或作一般的介绍。同时在各章末均附有复习思考题，借以巩固课堂教学。

由于编者的水平有限，时间短促，教材中一定存在缺点和错误，希望大家批评指正，并在使用过程中不断提出意见，以便进一步修改完善。

在编写过程中，得到了有关方面和兄弟学校的热情帮助和大力支持，在此表示衷心地感谢。

江西地质学校测量教研组

一九七八年二月

目 录

第一章 测量学的基本知识

§1—1	测量学的任务及其在地质工作中的作用	1
§1—2	测量上常用的度量单位	2
§1—3	地球的形状和大小	3
§1—4	平面图、地图、地物图和地形图	5
§1—5	直线定向	6
§1—6	地面上点位的确定	10
§1—7	测量工作概念	14
§1—8	比例尺	16
	复习思考题	21

第二章 地形图及其应用

§2—1	地形图的符号	22
§2—2	地形图的内容	32
§2—3	地形图上的注记	38
§2—4	地形图的应用	44
	复习思考题	54

第三章 水准测量

§3—1	高程测量的概念	55
§3—2	水准测量的基本原理	56
§3—3	水准仪和水准标尺	59
§3—4	水准测量的方法	63
	复习思考题	66

第四章 经纬仪的构造和使用

§4—1	角度测量的概念	67
§4—2	经纬仪的构造	68
§4—3	水平角测量的方法和记录	78

§ 4—4	垂直角测量的方法和记录	83
§ 4—5	测设水平角	85
§ 4—6	视距测量的原理	87
	复习思考题	96
第五章 草测		
§ 5—1	草测的意义和用途	97
§ 5—2	小平板仪草测	97
§ 5—3	罗盘仪草测	103
§ 5—4	罗盘仪草测的方法	108
	复习思考题	114
第六章 地质工程测量		
§ 6—1	地质工程测量	115
§ 6—2	物(化)探测网的敷设	121
	复习思考题	134
第七章 航空象片的判读		
§ 7—1	航空象片的取得及术语	135
§ 7—2	航测成图对质量的要求	138
§ 7—3	地形图与航空象片的差别	141
§ 7—4	象对的立体观察	145
§ 7—5	航摄像片的判读	148
	复习思考题	160
附录 制图字体		
一、	阿拉伯数字、罗马字体	161
二、	等线体、宋体的基本笔划	162
三、	等线体、宋体部首	163
四、	细宋体、仿宋体	164
五、	细等线体、等线体	165

第一章 测量学的基本知识

1—1 测量学的任务及其在地质工作的作用

测量学是研究地球形状和大小的科学。它要解决的问题主要有如下三方面：

1. 精确测定整个地球的形状和大小，提供有关研究地壳升降、陆地变迁等所需要的资料；
2. 把某一局部地区地球表面的形状和大小，用各种符号测绘成相应的地形图，以满足各项经济建设与国防建设的需要；
3. 将图纸上已设计好的各种工程建筑物，按照设计要求测设到地面上去，用各种标志表示出来。

由于测量的对象、目的及使用的方法不同，测量学又分成几门独立的测绘学科：

大地测量学 是在地球表面较大范围内，测定各点的位置，用以研究地球的形状和大小，和作为其它测量工作的基础。

地形测量学 它的任务是将地球表面小范围内的形状、物体测绘成地形图。

航空摄影测量学 在飞机上装置摄影机，对地面进行连续地摄影，以摄得的地面象片为基础，在室内测绘成图。

工程测量学 为了解决城市、工矿、水利、交通等建设中的问题，所进行的测量工作。

制图学 按一定的数学原理，根据测量成果，编绘、制印各种地图的理论和技能的科学。

我们伟大的社会主义祖国，土地辽阔富饶，有无穷无尽的天

然资源，需要我们去开发利用。为了使地质工作能够迅速顺利地展开，必须进行许多专门的测量工作，以便及时提供地质工作所必需的测量资料。

在地质普查、勘探和矿区的各种工程建设和开采中，需要各种类型的地形图和进行各项测量工作。

在地球物理勘探工作中，剖面测量、物探网的布设都需要地形图及进行各种专门的测量工作。

在水文地质、工程地质工作中，各种工程的设计都需要利用测量所得到的各项资料和图件来进行。为了保证设计意图的实现，在工程施工中也要首先通过测量建立很多标志，作为施工的依据。工程竣工后，为了满足使用、管理、维修和扩建的需要，还要把施工的成果，通过测量记录下来，编绘出竣工图纸和资料。

测量学是实践性很强的科学。正如毛主席指出的：“辩证唯物论的认识论把实践提到第一的地位，认为人的认识一点也不能离开实践，排斥一切否认实践的重要性、使认识离开实践的错误理论。”因此要学好测量学，必须坚持实践第一的观点，使理论密切联系实际，用辩证唯物主义的观点指导学习。

测量学是一门实用科学。测量工作的质量高低，直接影响各项工作质量的好坏。因此在工作中必须学习大庆工人阶级的优良作风，把革命干劲和实事求是的科学态度结合起来，对党的地质事业忠心耿耿，对技术精益求精，为实现四个现代化作出贡献。

1—2 测量上常用的度量单位

在测量工作中通常采用的度量单位，主要有长度、角度和面积三种。

一、长度单位

1 米 (m) = 10 分米 (dm) = 100 厘米 (cm) = 1000 毫米

(mm)

1 公里 (km) = 1000 米 (m) = 2 市里。

1 米 = 3 市尺。

二、角度单位

(一) 60 位制。一圆周 = 360° (度), $1^\circ = 60'$ (分), $1'$ (分) = $60''$ (秒)。

(二) 弧度 与半径等长的弧长所对的圆心角称为一弧度, 一般以 ρ 表示。

$$\rho^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} = 57^\circ.3, \quad \rho' = \frac{180^\circ}{\pi} \times 60' = 3438'$$

$$\rho'' = 206265''$$

三、面积单位

1 公亩 = 100 平方米 (m^2) = 0.15 市亩

1 公顷 = 100 公亩 = 10000 平方米

1 平方公里 = 100 公顷 = 10000 公亩 = 1000000 平方米

1 市亩 = 60 方丈 = 6000 平方市尺 = $\frac{2000}{3}$ 平方米

1—3 地球的形状和大小

地球的自然表面是不平坦、不规则的, 有山岭、高原、平原、深谷; 海洋里的底面, 也是高低起伏, 变化多端。尽管地球表面的陆地部分, 起伏变化是如此复杂, 而它的面积只占全球表面约 29%, 其余却被海洋水面覆盖起来, 若以平静的海洋面来代表地球的总外形, 基本上是差不多的。因为地面上最高的珠穆朗玛峰高出海面约为 8848 米, 最低的马利亚纳海沟低于海面约为 11022 米, 与地球的半径概值 6371 公里相比, 是微不足道的。所以, 我们根据这一点, 用平静的海水面作为地球的表面, 这个面就叫做水准面。其特点是: 面上任一点的铅垂线都和水准面相垂直。

过水准面任一点作切平面，就是该点的水平面，水平面上过该点任意方向的直线叫做水平线。如图 1—1。

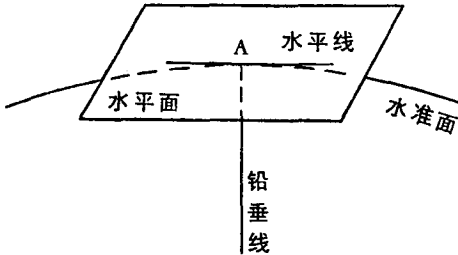


图 1—1

当水准面的范围很小时，可认为它和水平面重合，把水准面视为水平面。在图 1—1 中，以 A 为中心，根据计算知道：在约 100 平方公里的范围内可以把水准面看成水平面。也就是说，在这个范围内

测量距离时，可以不考虑球面弯曲对长度的影响。

任一平静的水面都是水准面，即有无数个，其中有一个水准面通过平均海水面，这个特殊的水准面叫做大地水准面。大地水准面所包围的形体，就是地球的形体。根据长期观察的结果，知道地球是一个两极略为扁平的椭球体。由于地球的内部质量不同，铅垂线并不都通过地球中心，所以水准面是一个很复杂的面。这个不规则的表面是无法进行数学计算的，因此就用一个和地球的真实形体极近似的数学形体来代替，这个形体就是旋转椭球体（测量上叫做参考椭球体），在实际计算中，用旋转椭球体作为地球的形状。

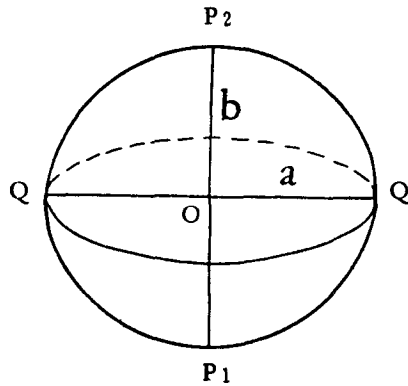


图 1—2

参考椭球体的形状和大小，是由它的长半径 a 、短半径 b 所决定的。如图 1—2。同时也可以由一个半径和扁率 $\alpha (\alpha = \frac{a-b}{a})$

来决定。 a 、 b 、 α 就叫做椭圆体的元素。

很早以来，测量和科学工作者，对地球的形状和大小进行了测量和研究。特别是目前，随着科学技术的不断发展，人造地球卫星的发射，对测定地球的形状和大小起了很大的推动作用。我国的测量科学工作者，正在奋发图强地研究适合我国情况的地球元素。

由于历史所形成的原因，我国目前仍采用克拉索夫斯基(苏)确定的地球元素。其数值是：

长半径 $a = 6378245$ 米

短半径 $b = 6356863$ 米

扁率 $\alpha = 1:298.3$

1—4 平面图、地图、地物图和地形图

为了将地面上的形状测绘到图上，必须从地面上各点向水准面作铅垂线，铅垂线和水准面的交点称为地面上各点的水平投影或平面位置。如图 1—3 所示， a 、 b 、 c 、 d 、 e 各点为地面上 A 、 B 、 C 、 D 、 E 的平面位置。在小测区内，由于水准面可以用水平面代替，因此地面各点的平面位置，可依据比例尺直接缩小，这样制成的图称为平面图。在大测区内，须将地面上各点投影到地球椭圆体上，然后用特殊的方法绘制到图纸上，这样制成的图称为地图。只表示地面上的房屋、道路、河流、耕地等地物的图称为地物图(如图 1—4)。除了表示地物之外，在图上还表示了地面上高低起伏情况的图称为地

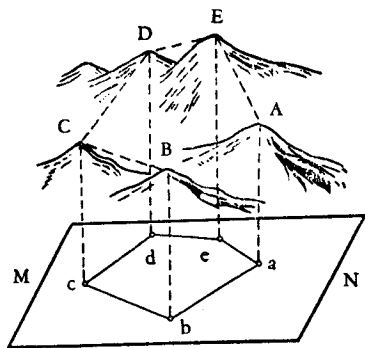


图 1—3

实际意义还是没有确定的。以一圆周上的点对于圆心的关系为例，凡圆周上的点都对圆心成等距离，于是对圆心成等距离的点有无限多，究竟那一点是我们要求的呢？必须要有一基本方向来做依据。

在大测区进行测量时，量得直线的方向便更复杂。对于这些复杂的方向，如果不能依据某一标准方向把它们联系与统一起来，则测量工作也将无法进行与处理。

二、基本方向的种类

为求达到测量过程中统一各测线方向的目的，一般采用：

(一) 正北方位

地球有南北极。通过地球南北极的轴线所指的方向即为正北（或称真北）方向。地面上任一点的正北方向线，称做真子午线。（详见1—6）以真子午线作为测量的基本方向时，地面上一直线与它所夹的水平角称为真方位角。以 A 表示。

(二) 磁方位

在某一地当磁针经摆动，最后成静止状态时，磁针轴线的方向为该地的磁北方向，又叫磁子午线方向。以这磁北方向为测量的基本方向时，地面上任一直线与它所夹的角度，叫做磁方位角。用 $A_{\text{磁}}$ 表示。

(三) 座标方位

从座标纵线北端顺时针方向至某直线所夹的角，叫做座标方位角。用 α 表示。

真子午线、磁子午线及座标纵线都可以作为确定直线方向的基本方向线。

真方位角、磁方位角、座标方位角的角值均由 0° — 360° 。如图1-5所示。NS为一基本方向线，N为北，S为南。从这个线的北端起，顺时针方向计算到直线OM、OT、OP、的角度： A 、 A_1 、 A_2 称为这些直线的方位角。

一条直线有正、反两个方向。在图1-6中，直线MN的方向，

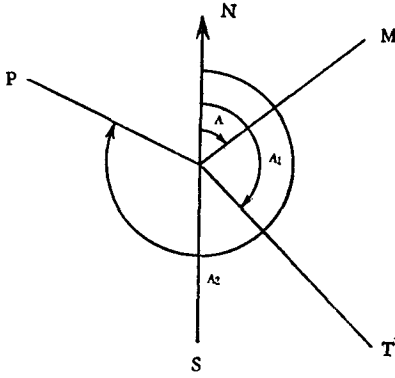


图1-5

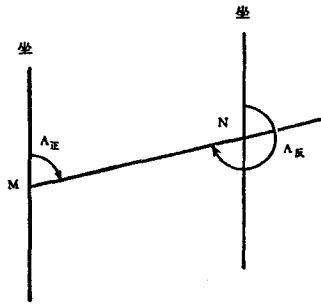


图1-6

可以用M到N点的坐标方位角 α_{MN} 表示；也可以用N到M点的方位角 α_{NM} 表示NM的方向。如果以 α_{MN} 为直线的正方位角，则 α_{NM} 就是它的反方位角。同理，若以 α_{NM} 为正，则 α_{MN} 就为反。由图可知：正、反方位角是相对的，数值相差 180° 。即：

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

三、象限角

在实际工作中，有时以直线与基本方向线所夹的锐角来决定直线的方向。这种锐角称为象限角。它是由基本方向线的北端或南端，顺时针或反时针方向计算到直线的夹角。其数值是由 0° 到 90° 。

在图1-7中， R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 就是直线OA、OB、OC、OD的象

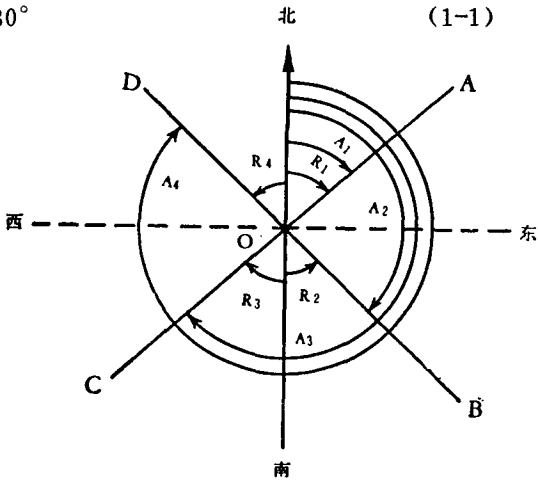


图1-7

(1-1)

限角。因为象限角的数值，都是在 $0^{\circ}-90^{\circ}$ 之间，所以用象限角定向时，除了需要知道它的数值外，还需要知道它所在象限的名称。如 $\odot A$ 的象限角就是北东 R_1 ，余类推。

由图1-7可以看出，直线的方位角和象限角有表1-1中所列的关系，按此关系可以进行两者的换算。

表1-1

象限名称		方位角度数	按方位角求象限角	按象限角求方位角
I	北东(NE)	$0^{\circ}-90^{\circ}$	$R_1 = A_1$	$A_1 = R_1$
II	南东(SE)	$90^{\circ}-180^{\circ}$	$R_2 = 180^{\circ} - A_2$	$A_2 = 180^{\circ} - R_2$
III	南西(SW)	$180^{\circ}-270^{\circ}$	$R_3 = A_3 - 180^{\circ}$	$A_3 = 180^{\circ} + R_3$
IV	北西(NW)	$270^{\circ}-360^{\circ}$	$R_4 = 360^{\circ} - A_4$	$A_4 = 360^{\circ} - R_4$

四、真方位角和磁方位角的关系

磁针轴线所指的方向，是磁子午线的方向，和真子午线要相差一个偏角称为磁偏角，以 δ 表示。磁子午线的北端偏于真子午线以东称为东偏，规定 δ 为正值；若偏在西边称为西偏，规定 δ 为负值，如图1-8。磁偏角的大小是随着地区的不同而变化，不是一个固定的常数。

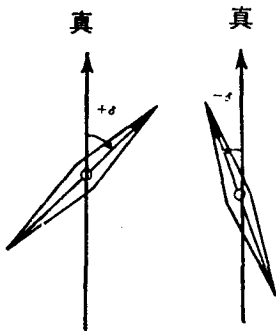


图1-8

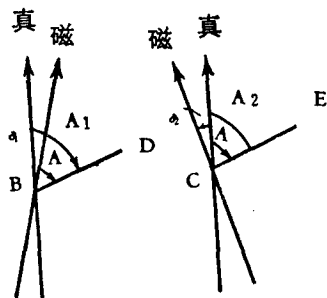


图1-9

真方位角和磁方位角之间的关系，由图1-9中可得下式：

$$A = A_{\text{磁}} + \delta \quad (1-2)$$

五、真方位角和坐标方位角的关系

直角坐标系的坐标纵线都是互相平行的，而子午线则汇集于南北极。在一般情况下，坐标纵线和真子午线不平行，两者的夹角称子午线收敛角，以 ν 表示。若坐标纵线偏在真子午线以东，称为东偏；偏在西边称为西偏。规定 ν 东偏为正值；西偏为负值，如图1-10所示。

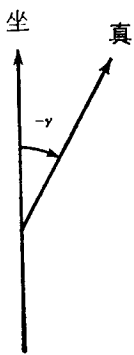


图1-10

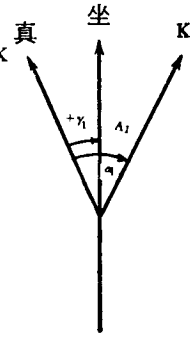
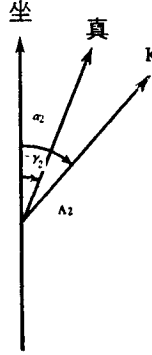


图1-11

真方位角和坐标方位角之间的关系，由图1-11中可得下式：

$$A = \alpha + \gamma \quad (1-3)$$

知道了磁方位角、坐标方位角和真方位角之间的关系，则磁方位角和坐标方位角之间的关系也可以由式(1-2)和式(1-3)求得：

$$\alpha = A_{\text{磁}} + \delta - \gamma \quad (1-4)$$

1-6 地面上点位的确定

决定地面点的空间位置，首先要确定该点在球面或平面上的

位置，再是要确定该点至大地水准面的垂直距离（高程）。

一、地理座标

地理座标是决定点在球面上的位置，以经度 λ 和纬度 φ 表示。在说明地理座标之前，先介绍旋转椭圆体的一些基本的线和面。如图1-12。

地球的两极：地球的数学形体是旋转椭圆体，其自转轴（短半径）称为地轴，地轴和球面的交点 P_1 、 P_2 分别称为北极和南极。

子午面和子午线：

过地面任一点 M 和两极的平面就叫 M 点的子午面，该面和球面的交线，叫做 M 点的子午线（又叫经线）。国际上把通过英国格林威治天文台的子午线叫做起始子午线。起始子午线把地球分为东、西两个半球。所有子午线都是相同的椭圆。

纬线和赤道：

垂直于地轴的各平面与球面的交线，叫纬线或平行圈。其中通过地心的一个特殊的平面叫赤道面。

赤道面和球面的交线叫做赤道。赤道把地球分成为南北两个半球。所有纬线都是大小不同的圆，赤道是最大的圆。

点的经度

过 M 点的子午面和起始子午面所夹的二面角 λ ，叫做 M 点的经度。经度由起始子午线向东或向西计算，数值由 $0^\circ - 180^\circ$ 。在起始子午线以东的叫做东经，以西的叫做西经。同一子午线上的各点经度相同。

点的纬度

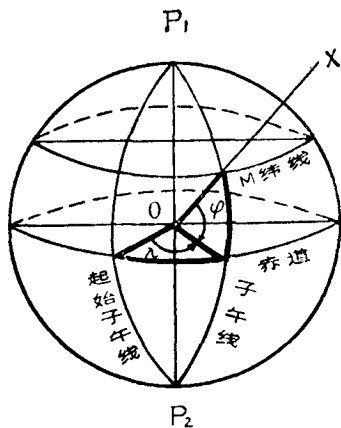


图1-12