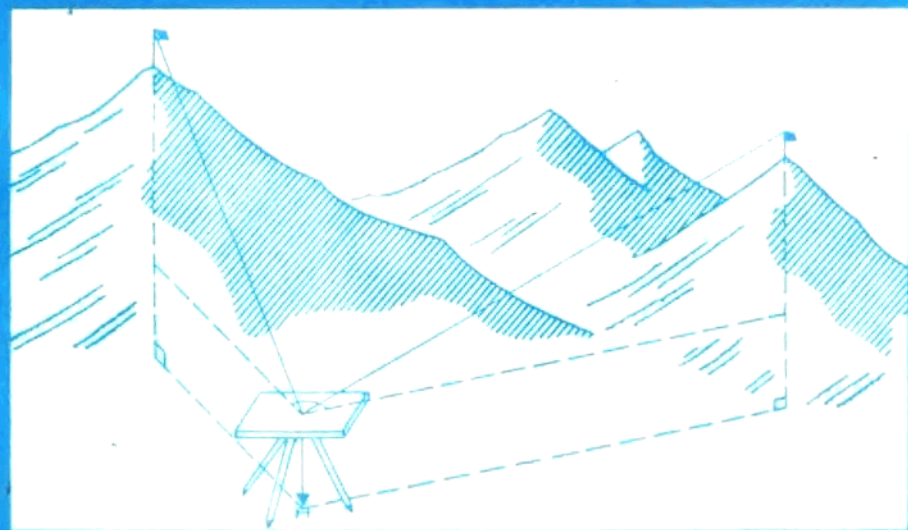


高等学校教材

# 测量学

武汉地质学院测量教研室 编



地质出版社

高等学校教材

# 测 量 学

武汉地质学院  
测量教研室 编

地质出版社

## 内 容 提 要

本书是高等地质类院校适用的测量学教材。全书共分十章。前八章比较全面地介绍了测量学的基本概念、主要测绘仪器的使用、误差概念、图根控制测量、地形测图及地形图的应用等。后二章则结合地质专业介绍了航测的基本知识、物探和勘探工程测量等内容。此外还编有附录，可供教学和生产上参考。在每章结束处还附有复习思考题，便于读者总结提高。

本书也可供从事地质与测绘的人员参考。

## 测 量 教 研 室

地质矿产部教材编辑室编辑

责任编辑：佟文彬、李荫堂

地 质 出 版 社 出 版

(北京西四)

地 质 出 版 社 印 刷 厂 印 刷

(北京海淀区学院路29号)

新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

\*

开本：787×1092<sup>1</sup>/<sub>16</sub>印张：9<sup>7</sup>/<sub>8</sub>彩页：8页字数：226,000

1983年2月北京第一版·1987年5月北京第二次印刷

印数：15,153—册,152册·定价：2.05元

统一书号：15038·教150

# 前 言

《测量学》(试用教材)在地质类院校的教学中使用已近五年了,它的出版基本上满足了有关院校测量教学的需要。1980年12月地质矿产部在成都召开的教材会议上,由部属五所院校共同拟订了适应当前教学情况的教学大纲,并责成武汉地质学院根据新订的大纲改编原《测量学》。

1982年4月,在武汉地质学院对修订和改编的教材进行初审,除五所部直属地质学院外,还邀请了使用该教材的一些工科性院校的教师参加,他们来自:新疆工学院、合肥工业大学、淮南矿业学院、焦作矿业学院、贵州工学院、华东地质学院、山东海洋学院、桂林冶金地质学院和西安矿业学院。

在审订会上,与会教师先后对教学大纲、原《测量学》及其修改初稿进行了详细研究和讨论,最后明确了该教材的修订与改编应以成都会议制订的大纲和学时数为依据(课堂教学60学时,并安排1—2周的野外教学实习)。改编的主要内容:在第一章中适当加强坐标的概念,包括大地坐标和高斯平面直角坐标;第二章中的光电测距略有增加,但以实用为目的;第五章中增加了针对不同精度量度的分析;在第八章中加强了地图投影的概念等。另外删减了一些航空象片的地质解译片段,科学计算器的使用等,附录也作了适当的调整。

编者认为改编的初稿应尽力体现本学科体系的完整性,较好地结合地质专业以及较为恰当地反映近代测绘科技水平。参加教材审订会的代表对此也予以赞同。

本书系由武汉地质学院测量教研室同志集体编写,陈永韶同志曾参加本书的编写工作。最后由长春地质学院佟文彬、李荫堂两同志负责全书的编辑加工事宜。

尽管有十余所院校的同志协助我们审编此教材,但由于我室参加编写的同志水平所限,书中一定还有欠妥和错误之处,亟望使用本教材的院校和老师给予批评指正。

武汉地质学院测量教研室

一九八二年五月

# 目 录

<b>第一章 绪 论</b> .....	1
§ 1-1 测量学的任务 .....	1
§ 1-2 测量学在地质勘探事业中的作用 .....	1
§ 1-3 地球的形状和大小 .....	2
§ 1-4 地面点位的表示方法 .....	3
§ 1-5 测量工作概述 .....	6
§ 1-6 测量学的发展简史 .....	6
<b>第二章 方向与距离测量</b> .....	8
§ 2-1 方向测量 .....	8
§ 2-2 距离测量 .....	11
§ 2-3 光电测距 .....	12
<b>第三章 经纬仪及其使用</b> .....	17
§ 3-1 分微尺光学经纬仪 .....	17
§ 3-2 测微器光学经纬仪 .....	19
§ 3-3 水平角的观测 .....	21
§ 3-4 竖直角观测 .....	24
§ 3-5 视距测量 .....	28
<b>第四章 水准测量</b> .....	34
§ 4-1 水准测量的原理 .....	34
§ 4-2 水准测量的仪器和工具 .....	34
§ 4-3 水准仪的使用 .....	36
§ 4-4 水准测量的作业方法 .....	36
§ 4-5 水准测量的检核方法 .....	37
<b>第五章 误差概念</b> .....	41
§ 5-1 观测误差 .....	41
§ 5-2 偶然误差的性质 .....	42
§ 5-3 算术平均值 .....	43
§ 5-4 观测精度的衡量 .....	44
§ 5-5 根据改正数确定观测值中误差 .....	45
§ 5-6 相对误差 .....	46
§ 5-7 容许误差 .....	47
§ 5-8 误差传播定律 .....	47
§ 5-9 算术平均值的中误差 .....	49
§ 5-10 权和带权平均值 .....	50

§ 5-11 带权平均值的中误差和单位权中误差 .....	51
<b>第六章 小地区控制测量</b> .....	53
§ 6-1 控制测量概述 .....	53
§ 6-2 经纬仪导线测量 .....	56
§ 6-3 经纬仪交会法 .....	64
§ 6-4 三角高程测量的计算 .....	71
<b>第七章 测绘地形图</b> .....	76
§ 7-1 地形图的基本知识 .....	76
§ 7-2 描绘等高线的方法 .....	83
§ 7-3 经纬仪测图 .....	85
§ 7-4 草测地形图 .....	88
<b>第八章 地形图的应用</b> .....	93
§ 8-1 地图投影 .....	93
§ 8-2 高斯-克吕格投影 .....	96
§ 8-3 地形图的分幅和编号 .....	98
§ 8-4 读图的内容及注意事项 .....	101
§ 8-5 地质用图中图的定向、定点 .....	105
§ 8-6 地形图上量测作业 .....	108
<b>第九章 航空地质的摄影测量基础</b> .....	115
§ 9-1 航空地质的发展概况 .....	115
§ 9-2 航空摄影的一般知识 .....	115
§ 9-3 航空象片的几何关系 .....	117
§ 9-4 象片的立体观察 .....	122
§ 9-5 航空象片的量测 .....	124
§ 9-6 航测成图方法简介 .....	127
§ 9-7 航空象片的解译 .....	127
<b>第十章 地质工程测量</b> .....	131
§ 10-1 物探工程测量 .....	131
§ 10-2 地质勘探工程测量 .....	138
<b>附录一 高斯-克吕格坐标的换带计算</b> .....	144
<b>附录二 用《高斯-克吕格坐标表》查取图廓点的平面坐标</b> .....	148
<b>附录三 地球曲率对于水平距离及高差影响的改正表</b> .....	150
<b>附录四 地球曲率和折光差改正数表</b> .....	150

# 第一章 绪 论

## § 1—1 测量学的任务

测量学是研究地球的形状及大小并确定地球表面点位关系的一门科学。其主要任务是：

- 一、研究和确定地球整体的形状和大小；
- 二、将测区内的地物和地面起伏形状按一定比例缩小绘制成平面图或地形图；
- 三、将图上各种设计成果测设至现场或将地面上的各种工程设施测绘到图上。

随着近代科学技术的日益发展，根据生产的目的及任务的不同，测量学分为以下几个学科：

为测制较大地区的地形图而建立国家统一的控制网，并为观测与研究地壳的形变和确定地球形状和大小等而进行的测量，称为大地测量学。

将某些地区的地物和地面起伏形状测制成地形图，这方面的工作属于地形测量学的范围。

利用空中摄影的象片，研究和确定地面上的点位关系，并将地球表面的起伏形状绘制成地形图而进行的测量工作称为航空摄影测量学。

为某些建设工程项目（如城市建设、大型工矿企业建设、铁路选线、桥梁架设、农田水利等）所进行的专门测量，称为工程测量学。

运用测绘所得成果，研究如何绘制、编纂、出版印刷广大地区或全球性的地图，则属于制图学的范围。

## § 1—2 测量学在地质勘探事业中的作用

测量学在社会主义建设中有着非常重要的作用，人们常把测量工作比喻为国家建设的尖兵。测量学与国防建设、地质勘探、农田水利、城市规划、公路及铁路选线与施工、大型桥梁的架设等工程关系极为密切。

在地质普查、勘探、水文工程地质、物探、化探等工程项目中，从勘测、设计、施工以及最后的成果报告，都要应用地形图及其它测绘资料，而且要求测量工作与之密切配合并一定要走在地质工作的前面。

在地质普查及水文地质调查时，必须事先收集相应比例尺的地形图，以便了解某地区的地形起伏、村庄分布、水陆交通等情况，才能制订合理的工作规划。在地质填图过程中，地质人员要把观察到的各种地质现象的位置随时标定在地形图上（地质定点），并在现场勾绘地质界限。因此，地形图本身的准确程度和地质人员应用地形图的熟练程度都直接关系到地质图的成图质量。

在地质勘探阶段中，图上设计的勘探网、钻孔、探槽、探井等工程，都必须使用较精密的测量仪器，将它们准确地测设到地面上，或者将地面上已竣工的工程设施测绘到图上。在矿区大比例尺地质填图时，则须用测量仪器测定地质点的位置。

物探、化探工作是在地面上规划的网状图形上进行的，如何在地面上确定出这些图形的点位，这就要进行物探、化探工程测量。

近几年来，地震预报工作在我国取得了很大的成绩，其方法很多，用精密测量方法测定地壳升降与位移来预报地震则为其重要的手段之一。

利用航空摄影影片及卫星遥感的图象资料可以解释岩性、地层、地质构造及水文地质条件等，也可借助现代化航测成图仪器及电子计算机系统，绘制地形地质图，这已发展成为一门新的技术——航空地质和航天遥感地质。

### § 1—3 地球的形状和大小

测量工作包含了在地球表面上的实际量测和一系列的数据运算，最终绘制成图。要圆满地处理这些问题，就必须顾及地球是一个球体，从而对它的形状和大小应有初步的认识。众所周知，地球是一个扁球体，它的自然表面为一极不规则的曲面。地球表面的陆地仅占29%左右，海洋的复盖面积则为71%。最高的珠穆朗玛峰高出海平面8848.13米，最低的马里纳海渊低于海平面约11022米。对于地球实体的形状和大小，可以粗略地看作其长、短轴半径分别为6378公里和6357公里的扁球体，由此对比可见，地球表面上的高峰和海洋的深度与地球的平均半径相比是微不足道的。若从地球总体的形状来看，可以认为它是被海水面所包围的球体，继而作出这样的假设：由于重力的影响，某一平静的海洋水面（称大地水准面）将是一个曲面，设想此海水面无限扩展延伸，穿过大陆和岛屿而自行闭合，这个闭合的形体就能代表地球的形状和大小。由于海水面受潮汐和风浪的影响而多变，为了找到能够代表地球形状和大小的这个理想的海水面，我们在海滨设立验潮站，通过长期测定潮汐运动的结果来求出平均海水面的高度。

我们把处于自由静止状态下的海洋、江河或湖泊等的水面叫做水准面。水准面有无数个，其中和平均海水面相吻合的水准面称为大地水准面，通常以此面作为全国高程测量的起算面。大地水准面具有这样的特性：通过大地水准面上任意点的切面和过该点的铅垂线垂直。根据这一特性，大地水准面必然为一闭合的形体了。若更确切地从物理学上的意义来理解，地球表面上静止物体所受的作用力包含有引力和地球自转时的离心力，两者的合力也称重力。我们再把引力位和离心力位两者之和称为重力位，因此，可以认为大地水准面是地球引力和地球自转时产生离心力的重力等位面，此时重力位应为常数。

如果地球实体本身是一个理想的椭球体而没有内部的密度异常，大地水准面就会非常精确地接近一个旋转椭球体。但是地壳的构造十分复杂，再加以形状和密度的不规则性造成了大地水准面的形状仍然是一个十分复杂的物理面，它不可能用一个简单的数学公式来表示。此时，如果以大地水准面作为测量的基准面，将会给测量工作带来极大的困难。为此我们选择了一个非常接近于大地水准面的辅助面，它是一个能用数学式子表示的几何形体，用来代替大地水准面以表示地球的形状，我们称它为参考椭球体，也称旋转椭球体。

旋转椭球体是以椭圆 $PQP'Q'$ 绕其短轴 $PP'$ 旋转而成，见图1—1。旋转椭球体的形状和



大小取决于下面三个元素，即长半径（赤道半径） $a$ ，短半径（地轴半径） $b$ 及扁率 $\alpha =$

$$\frac{a-b}{a}。$$

旋转椭球体的表面与大地水准面虽然不尽重合，但其差异是相当微小的。近百年来，世界上一些大地测量学者提出的地球形状的参数达20多个，我国从1953年起采用克拉索夫斯基椭球体，其参数为：

$$a=6378245 \text{ 米}$$

$$b=6356863 \text{ 米}$$

$$\alpha=1/298.3$$

实际的测量工作是在克拉索夫斯基椭球体上建立坐标网，并把实地测得的各种数据归化到这个椭球体的面上来处理。

1975年第16届国际大地测量和地球物理联合大会建议采用下列数值作为大地测量的基本参数：

$$a=6378140 \pm 5 \text{ 米}$$

$$b=6356743 \pm 5 \text{ 米}$$

$$\alpha=1/298.257 \pm 0.0015$$

这些参数是引用了近代人造卫星大地测量的数据计算出来的，其结果也就越接近实际。

由于旋转椭球体的扁率很小，在许多具体的应用中，特别是当测量的面积不大时，为了计算方便，常把地球近似地当作圆球来看待，一般取其平均半径 $R=6371$ 公里，但对精确计算是不容许的。

考虑到我国幅员辽阔、地势复杂，需有适应于本国情况的参考椭球体。我国测绘部门计划在近期推算出新的地球椭球体的参数，以便建立自己独立的大地坐标系统。

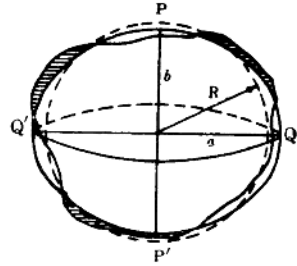


图 1—1

## § 1—4 地面点位的表示方法

我们选取参考椭球体的目的之一是为了在其上建立统一的坐标系统，以便确定地面点的空间位置。地面点的位置是用坐标和高程来表示的，根据不同的需要可以采用不同的坐标和高程系统。

### 一、地理坐标

当研究和测量整个地球的形状或进行大区域的测量工作时可以采用地理坐标系统来确定地面点位。下面介绍两种地理坐标的表示方法。

#### (一) 天文地理坐标

用天文经度和天文纬度表示地面某一点位置的坐标称为天文地理坐标，或称天文坐标。如图1—2，把地球近似地当作一个绕短轴NS旋转的圆球（由大地水准面所包围的形状），NS即为地球的自转轴，也称地轴。它与地球表面有两个交点，N为北极，S为南极。

过地轴的任一平面称为子午面，子午面与地球表面的交线称为子午线，也称经线。经

国际天文学会决定，通过英国格林威治天文台的子午线称为首子午线，以它作为计算地面点经度的起始线。通过地球中心并且与地轴垂直的平面称为赤道面，赤道面与地球表面的交线称为赤道，其它垂直于地轴的平面并与地球表面相交的线称为纬线。

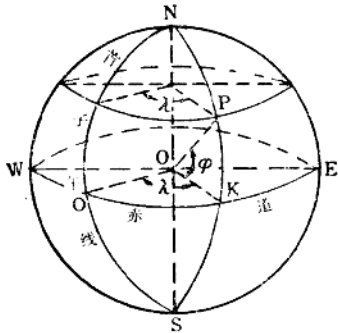


图 1-2

从图 1-2 中可见，P 点的位置可由其经度和纬度来确定。经度是首子午面和过 P 点的子午面所夹的两面角，在赤道面上以  $\lambda$  表示。在首子午线以东零度至一百八十度的区间统称东经，在首子午线以西零度至一百八十度的区间称为西经。纬度是过 P 点的铅垂线和赤道面在垂直面内的夹角，以  $\phi$  表示。赤道以北零度至九十度的区间称为北纬，在赤道以南称南纬。例如武昌某地的地理坐标为：东经  $114^{\circ}27'$ ，北纬  $30^{\circ}31'$ 。

表示为天文坐标的经度和纬度是采用天文测量的方法来测定的。

## (二) 大地地理坐标

大地地理坐标或称大地坐标，和天文坐标相仿，大地坐标是用大地经度和大地纬度来表示的。参阅图 1-3，显而易见，天文经纬度和大地经纬度之间的差别仅仅在于前者是以地球的垂线为依据，而后者是以参考椭球体的法线为准的。

图 1-3 为一参考椭球体，我们把首子午面和过 P 点的大地子午面间的两面角称为 P 点的大地经度，用 L 表示。过参考椭球体表面上 P 点的法线 PC 与赤道平面的夹角称为 P 点的大地纬度，用 B 表示。

由于地壳内部物质分布不均匀，地面各点的垂线和法线的方向往往是不一致的，它们之间的夹角称为该点的垂线偏差。

天文经纬度和大地经纬度可以通过下式进行概算，即

$$L = \lambda - \frac{\eta}{\cos \phi}$$

$$B = \phi - \xi$$

上式中， $\eta$  为东西方向上的垂线偏差分量， $\xi$  为南北方向上的垂线偏差分量。这方面的问题将由大地测量学来解决。

## 二、平面直角坐标

我们不论把地球视作椭球体或正球体，其表面都是不可展的曲面。表面上的各点是不能直接展示在平面上的，因为在展示的过程中产生了变形。正确的解决办法是运用数学法则将地球表面上的经纬网点投影到平面或可展曲面上，然后展开成为地图上的经纬网、点。在椭球体表面上任何一个由大地坐标 B、L 确定的点，在平面上必然有一个由平面直角坐标为 x、y 的点与之相对应。

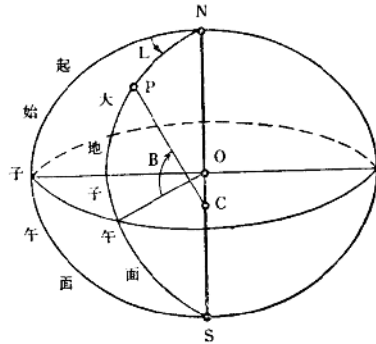


图 1-3

通过一种称为地图投影的计算方法所得出的平面直角坐标，既是在平面上表示椭球体上某点地理坐标的一种手段，也是在地图上表示地理坐标的另一种形式。目前我国采用的是高斯-克吕格平面直角坐标。有关高斯投影的方法将在本书第八章中介绍。

测量与地图上所使用的平面直角坐标与数学上的直角坐标是不同的。测量工作中规定把纵坐标轴定为X轴，其方向为南北方向，向北为正，向南为负；把横坐标轴定为Y轴，东正西负。见图1—4。象限注记采取顺时针方向。

这样定义的直角坐标系的特点是所有直线方向都是从纵坐标轴的北端起顺时针量度的。坐标值的计算可以直接运用三角学的公式进行。

在局部小范围的地区或者测量工作是自成独立体系的情况下，可以将坐标原点选择在测区的中央或左下角（西南角），令通过原点的南北线（子午线）为X轴，过原点的东西方向线为Y轴，这样就构成了假定直角坐标系。任何一点P的位置可用 $X_p$ 、 $Y_p$ 来表示。

### 三、高程

如果采用上述几种方法表示P点的坐标后，再进一步测定该点的高程，那么P点的空间位置即可最终确定。表示高程的方法有下列两种：

#### （一）绝对高程

地面上任何一点至大地水准面的垂直距离称为该点的绝对高程或海拔。如图1—5所示。A、B为地面上两点， $P_0P_0$ 为大地水准面，则A、B两点高出 $P_0P_0$ 的垂直距离 $H_A$ 、 $H_B$ 即分别为A、B两点的绝对高程。

我国的高程起算点，在解放前是极不统一的，有大沽口、吴淞口、坎门镇等处的高程起算点。由于地球各处的引力不同以及观测的精度各异，虽然都设立了验潮站，但得出的平均海水面的位置是不一致的，因此对全国性的高程测量造成了极大的困难。为了获得全国统一的高程系统，解放后在青岛设立了验潮站，测得了黄海平均海水面的位置，从而建立了全国性的高程起算点，即水准原点。一九七五年我国登山队登上了珠穆朗玛峰，测得其高程为八千八百四十八点一三米，这就是指珠峰峰顶到黄海平均海水面的垂直距离。

#### （二）相对高程

在某些偏僻地区，一时还不能和国家高程点联系，我们可以采用一个适当的水准面作为基准面。

在此地区内，所有的点到此水准面的垂直距离称为相对高程，或者叫假定高程。如图1—5中 $P_1P_1$ 为任一水准面， $H'_A$ 、 $H'_B$ 即为A、B两点的相对高程。A、B两点高程之差称为高差，由图可见两点间高差与起算的水准面无关。

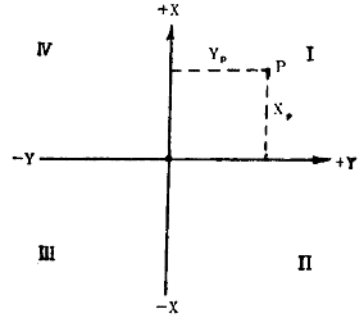


图 1—4

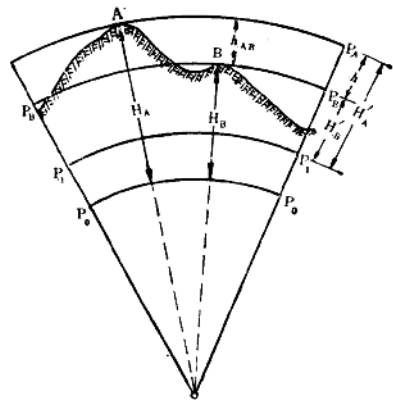


图 1—5

## § 1—5 测量工作概述

地球表面的外形是极为复杂的，根据测量工作的需要，我们可将地表外形分为地物和地貌两大类。前者包括人工修筑的道路、建筑物、水坝和天然的水系网、岩层露头。至于自然地形的起伏变化、倾斜缓急等则称为地貌，如山岭、谷地、悬崖等。测量工作的主要目的在于如何按规定要求测定上述地物和地貌的相对位置和绝对位置，并按选定的投影方式将其转绘到图纸上，作业过程可简述为：

(1) 为进行此项工作，我们若从某点出发，依次逐点推测到其它地方，这样最后也能将全测区的点都测定出来。由于观测中的误差必然会伴随着测量工作而出现，这些不可避免的误差经一点一点传递下去，再逐步积累，最终将导致十分严重的后果。所以在实际工作中必须以另外的方式进行，即本着“先控制后碎部”，从整体到局部全面控制的思想出发。首先在一测区内选出若干具有控制特性的点，用精密的方法先行测定这些点的位置，作为下一步测量工作的根据，我们称它为控制点的测量，详见第六章控制测量。

(2) 若仔细观察分析，地面上地物和地貌的分布及其形态都具有明显的轮廓、走向和反映地形坡度变化和转折的特征线或特征点。我们可以根据事先布设好的控制网点的平面坐标和高程来测定与之邻近的各地物、地貌特征点的平面坐标及高程。应该指出，这些地物、地貌特征点都是按地面实际情况相互衔接，联系成一整体的。经过一定倍数的缩小，采用规定的地图符号画在图上，就形成了一幅局部地区的地形图了。详见本书第七章地形测图。

简言之，测量工作可分成二个阶段，首先是控制点网的敷设、观测及成果计算，其次是以控制点为基础的地形测图。测制地形图的方法主要有二：一是在地面上以人工方法一点一点地测制成图；另一是利用航空摄影测量技术的成图方法。地质工作者对成图的过程应有所了解，这样对熟练掌握地形图的应用是有所裨益的。

## § 1—6 测量学的发展简史

测量学和其他自然科学一样，是人类长期与大自然斗争，同时为解决实际生产的需要，经过多次反复实践而逐步发展起来的。

测量学的发展在我国有着悠久的历史，早在春秋战国时代就发明了指南针，直到今天仍被广泛地应用着。四千年前，夏禹治水时就已发明和使用了“准、绳、规、矩”四种测量工具和方法。后汉张衡造过天球仪，又创造了世界上第一架地震仪——候风地动仪。公元三世纪时，西晋的裴秀（224—271年）编制了“制图六体”，提出了绘制地图的六条原则，这是世界上最早的地形测量和地图绘制的规范。在唐代开元年间，我国就进行过地球形状和大小的测量工作，当时由南宫说等人在河南开封等地组织的子午线弧长测量要比阿拉伯人类似的工作约早一百年。到了宋代，沈括曾在1076—1087年间绘制“天下州县图”，在他的“梦溪笔谈”中曾记载有磁偏角的现象，要比哥伦布对磁偏角的发现早四百年左右。在元代郭守敬（1231—1316）的倡议下进行了大规模的天文测量，拟定了全国纬度测量计划并实测了二十七个点。清康熙年间，规定二百里合经线一度，每里为一千八百尺，每尺即合

经线上百分之一的弧长，这比1792年在法国建立以来为长度单位的时间早90年。纵观几千年来，我国的劳动人民对世界文化的发展作出了卓越的贡献。然而近三个世纪以来，我国在日益腐朽的清封建王朝，北洋军阀和国民党统治下，测绘科学也和其它学科一样得不到应有的发展，甚至处于停滞状态。

自新中国成立后，随着社会主义各项经济建设和国防建设发展的需要，我国测绘科学进入了一个蓬勃发展的崭新阶段。短期内即取得不少成就。三十余年来，在全国范围内测定了统一的大地测量控制网，基本上统一了全国的平面座标和高程系统，同时进行了大规模的航空摄影工作并完成了大量的国家基本图的测绘任务。我国的测绘仪器制造事业也有了很大的发展，目前国产的大地测量、电磁波测量和航空摄影测量仪器也正在逐步推广使用，改变了过去一切依赖进口仪器的被动局面。

近几年来，由于航天技术、遥感技术、激光技术和电子计算机的发展和运用，国际上测绘科学发展的速度极为迅速。对于人造卫星观测成果的综合利用和研究是当前测绘工作者的一个新的任务。此外利用卫星遥测资料绘制各类专业图件，进行资源调查和勘测，不仅可以提高作业精度而且也加快了速度。现代的测绘科学技术是向着测图自动化、计算电子化及测量资料数字化等方向发展，这一切都迫切要求我们努力开展测绘新技术的研究和推广工作，尽快地赶上世界先进水平，把我国建设成伟大的社会主义强国。

### 复 习 题

1. 什么叫做大地水准面？什么叫绝对高程？什么叫相对高程？
2. 天文坐标和大地坐标有何区别？
3. 假定A点的高程 $H_A = 36.25$ 米，已测得B点到A点的高差 $h_{BA} = -4.62$ 米，求B点的高程 $H_B$ 等于多少？

## 第二章 方向与距离测量

### § 2—1 方向测量

#### 一、地面点的标志

在测量工作开始之前，首先应在欲测定的点上设立标志，然后再进行观测。点的标志可分为临时性和永久性两种。凡是精度要求不高，也不需要长期保留的点，可用木桩打入地中；需作长期保留，精度要求较高时则用石桩或水泥桩埋设于地下表示之。

为了便于照准观测，在临时性的标志点上要树立标杆，在永久性的标志点上应架设钢制或木制的觇标，如图2—1(a)及图2—1(b)所示。

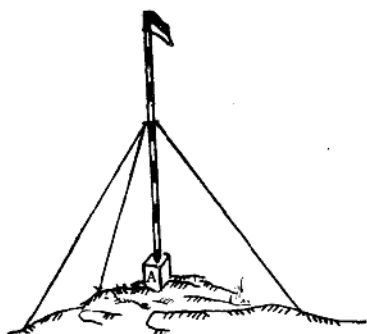


图 2—1(a)

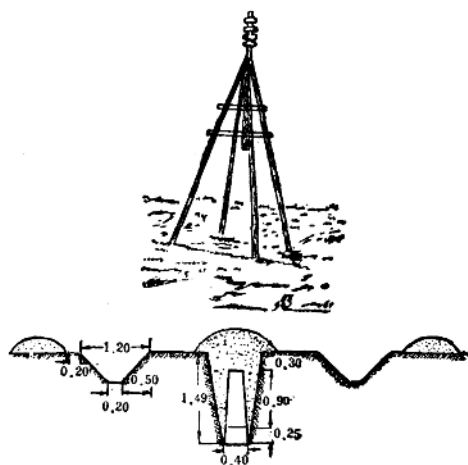


图 2—1(b)

#### 二、表示直线方向的方法

##### (一) 标准方向的选择

欲确定地面上一直线的方向，首先要确定标准方向，在测量工作中经常应用的标准方向有：

##### 1. 真北方向（正北方向）

过地球表面上某一点，指向地球北极的方向即为真北方向，或称真子午线方向。

##### 2. 磁北方向

在某一测点上，当罗盘仪的磁针静止时，磁针北端所指的方向即为磁北方向或称磁子午线方向。

##### 3. 坐标纵轴北向

我国采用的高斯平面直角坐标，其坐标纵轴表示在此直角坐标系中所指的北向，也称坐标北向。

由于地球磁场的南北极与地球自转轴并不一致，故地球上任一点的磁北方向与真北方向也是不重合的。磁北方向偏离真北方向的角度称为磁偏角，以 $\Delta$ 表示。磁北方向偏向真北方向东边的叫东偏， $\Delta$ 取正号。磁北方向偏向真北方向西边的叫西偏， $\Delta$ 取负号。见图(2-2)。

由于各种因素对地磁场的影响，所以各地的磁偏角是不同的，其变化范围少则几分，多则几度。我国绝大部分地区的磁偏角多为西偏。采用磁北方向作为标准方向，其精度是不高的，当测区面积不大时，可选用磁北方向作为标准方向。在地质勘探工作中有时采用磁北方向。对于全国性或较大地区的测量，则应选用真北方向作为标准方向。

在一幅地形图中，同时标有真北、磁北和座标北向，以便根据实际需要选择使用。

## (二) 方位角

在地面上我们常用方位角表示任一直线的方向。

### 1. 方位角的定义

自标准方向的北端起算顺时针转向某直线的水平角度(指投影到水平面上的角度)，称为该直线的方位角。方位角的区间由零度到三百六十度。以真北为起始方向的叫真方位角(图2-2中的 $\alpha$ )，以磁北为起始方向的则称为磁方位角(图2-2中的 $\alpha'$ )。若已知某一地区的磁偏角，则可由直线的磁方位角求其真方位角，或由真方位角求其磁方位角。由图2-2可知：

$$\begin{aligned}\alpha &= \alpha' + \Delta \\ \alpha' &= \alpha - \Delta\end{aligned}\quad (2-1)$$

如以座标北向为起始方向计算的方位角称为坐标方位角，它是在直角坐标平面中表示的方位角。

为了计算或实际操作的方便，测量工作中常取某直线与标准方向之间所夹的锐角来表示直线的方向。这个标准方向可由北端或南端起算，顺时针或逆时针方向量至直线的锐角，即称为象限角，用R表示。象限角的区间由零度至九十度，为了区别不同的象限区间，要注明其方向，如北东、南西等。表2-1为坐标方位角与象限角之间的换算关系。

表 2-1

直线方向	由坐标方位角推算象限角	由象限角推算坐标方位角
第一象限：北东	$R = \alpha$	$\alpha = R$
第二象限：南东	$R = 180^\circ - \alpha$	$\alpha = 180^\circ - R$
第三象限：南西	$R = \alpha - 180^\circ$	$\alpha = 180^\circ + R$
第四象限：北西	$R = 360^\circ - \alpha$	$\alpha = 360^\circ - R$

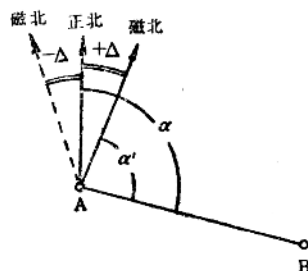


图 2-2

测量工作中的直线都是具有一定方向的，故按直线方向的不同所计算的方位角就有正方位角和反方位角之分，见图2—3。在某直线段12中，设1为起点，2为终点，则直线方向是1→2，我们就把 $\alpha_{12}$ 称为正方位角， $\alpha_{21}$ 称为反方位角，正、反方位角相差 $180^\circ$ 。图上把过1、2两点的北向画成与坐标纵轴平行的直线，所以 $\alpha_{12}$ 、 $\alpha_{21}$ 均为坐标方位角。

## 2. 用罗盘仪测定直线的磁方位角

(1) 罗盘仪的构造 罗盘仪的种类很多，其构造大同小异。这里仅介绍一种八角罗盘，其主要构成部分有磁针，度盘和照准设备等。见图2—4。

磁针用人造磁铁制成，其中心装有镶着玛瑙的凹圆形轴窝，以此支于度盘中心的钢针

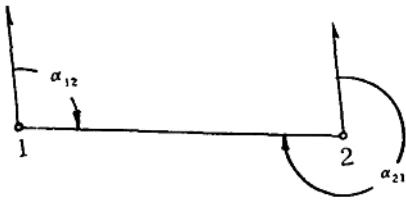


图 2—3



图 2—4

上，可以自由转动。当磁针转动逐渐趋向静止时，其北端即指向磁北方向。为避免钢针尖端的磨损，在不用时可用制动器将磁针托起使之压在玻璃盖上固定它。

在使用磁针时，由于受磁北极的引力较大，所以磁针并不水平，而是磁针北端向下倾斜，这是我国位于北半球的缘故。愈靠近两极，磁针下倾就愈大。磁倾角就是磁针表面与水平面间的夹角。磁针的下倾对实际操作很不方便，所以在北半球国家，都在罗盘仪的磁针南端绕以铜丝，以使磁针受力平衡，位于水平状态。

罗盘仪的刻度盘是铜或铝制的圆盘，一般最小分划为一度或三十分，按零度至三百六十度逆时针方向刻划，以便于直接读取磁方位角。此外在度盘上还附有改正螺丝，若转动它，刻度盘就随之而转动，可以起到改正度盘读数的作用。

照准设备为装在 $0^\circ$ — $180^\circ$ 方向上的一对折迭式规板，与装在盒盖上的反光镜配合使用。

此外，底盘上还装有圆水准器或管水准器和倾斜指示器。水准器供安置度盘水平之用。罗盘盒的底面装有操纵测斜指示器的手把，转动手把可使管水准器与测斜指示器同时转动，供测倾斜角时使用。

罗盘仪的主要用途是测定磁北方向、磁方位角和地面坡度的倾斜角。

(2) 测定磁方位角的方法 当观测目标之仰角小于 $45^\circ$ 或俯角小于 $15^\circ$ 时，从反光镜中可看到目标，此时把规板竖直，两手托住罗盘，紧靠观测者腹部，将度盘零度方向对准目标，并使水准器的气泡居中，直至长规板和目标的象同时被镜面的中线所平分，即可按磁针北端读取磁方位角，如图2—5所示。

当目标俯角大于 $15^\circ$ 时，用上法不易在镜中看到目标的象，此时就应反个方向，将 $180^\circ$ 的刻度线对向目标并使水准器的气泡居中，从长规板上的尖端经过镜子下方的透明椭圆孔



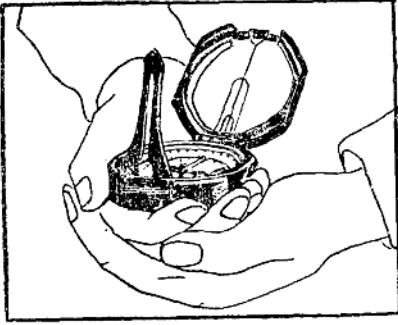


图 2-5

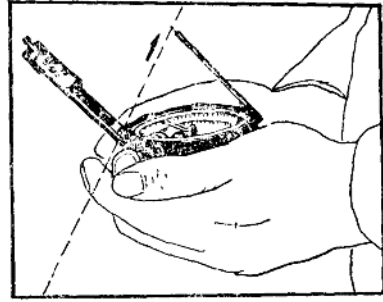


图 2-6

的中线来照准。但应注意，此时要按磁针南端来读取磁方位角，如图2-6所示。

至于直接测定各直线的真方位角，属于天文测量方面的任务，在此不作介绍。

## § 2-2 距 离 测 量

### 一、直线定线

如前所述，在测量工作开始之前，首先应在欲测定的地面点上设立标志，然后再进行量度和观测。在小区域测量中，由于可用水平面代替水准面，因此，地面点的平面位置可以认为是地面点沿铅垂方向投影到水平面上的位置。因此，要确定点的水平位置，其任务之一就是需要量取地面点之间的水平距离。根据测量目的和精度要求的不同，可分别采用布卷尺、钢卷尺、光电测距仪和视距经纬仪进行量测。

当遇到地面两点间的距离较长或地势起伏很大时，为使量距工作方便起见，可将欲丈量直线分成若干段进行丈量，为此需在现场把许多标杆定在欲测定的直线上，这项工作称为直线定线。如图2-7所示，在A、B两点竖立标杆，测量员甲立于A点的标杆后约1—2米处观测，视线应在A、B标杆的同一边缘通过。此时甲指挥持标杆的测量员乙左右移动，直至准确将标杆立在AB直线方向上为止，至此完成了在直线AB间标定C点位置的工作，可用同法确定直线上其余各点。

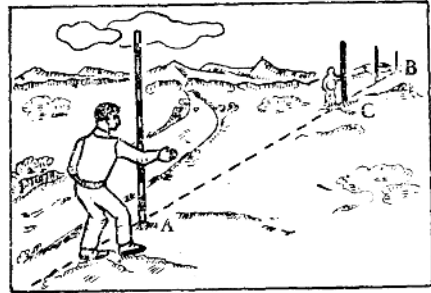


图 2-7

### 二、钢尺量距

钢尺是最常用的量距工具，它是钢制的带状尺，尺宽约10—15毫米，长度有20米、30米、50米等数种。钢尺的基本分划为厘米，在每分米及每米分划上印有数字标记，一般钢尺在起点零处一分米内刻有毫米分划。

若丈量距离的精度要求较高时，需将其结果加以尺长改正。尺长改正是将所使用的钢尺和经国家鉴定的标准尺进行多次比较，算出钢尺的实际长度 $l_0$ ，这时钢尺的名义长度 $l$ 和实际长度的差值称为尺长改正，以 $\Delta l_0$ 表示。钢尺经检验后的实际长度为：