

高等学校教材

矿山测量

李兰勋 编



中国地质大学出版社

高等学校教材

矿山测量

(掘进、采矿、矿山管理、煤田地质专业用)

李兰勋 编

中国地质大学出版社

内 容 提 要

本书共分两篇十章编写。第一篇为矿区基本测量工作,包括方向、距离、角度及三角高程测量;水准测量;经纬仪导线测量;地形图的识读和应用。第二篇为矿山测量,包括矿井联系测量;井下导线和高程测量;井巷施工测量;贯通测量;矿山测量图及其应用;露天矿山测量(控制网测量、主要生产测量、线路测量及露天矿山测量图)。章后备有复习题,附录中介绍了测量误差概念及EL-5003型电子计算器的使用方法。

本书通俗易懂,由浅入深,循序渐进。在内容上,既注意其内在联系的科学性;又注重其在矿山生产中的实用性及先进性;既介绍了陀螺经纬仪、矿用经纬仪、激光准直仪及电子计算器等的原理及结构,又介绍了其在矿山测量中的使用方法。在结构上,从地面到井下,既紧密相联浑然一体,又可根据教学需要各有所侧重,自成体系。

本书可供高等学校掘进、采矿、矿管等专业作教材,也可供其专业举办的函授及培训班作教材,并可供地质、煤炭、冶金、建材等部门的测绘及工程技术人员参考。

矿 山 测 量

(掘进、采矿、矿山管理、煤田地质专业用)

李兰勋 编

责任编辑 方 菊

责任校对 熊华珍

*

中国地质大学出版社出版

(武汉市 喻家山)

湖北省新华书店经销

湖北省石首市第二印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 10.625 字数 265千字

1990年11月第1版 1990年11月第1次印刷

印数 1—3 000册

ISBN 7-5625-0459-8/TD·8

定价: 2.20元



前 言

本书是为适应探矿掘进工程、矿产资源管理（简称矿管）、采矿工程、煤田地质勘查等专业的教学和矿山生产的实际需要而编写的。全书共分两篇，第一篇由四章组成，主要讲述矿区基本测量工作，即地面测量的基本理论和方法、基本操作技能及计算方法；第二篇由六章组成，为矿山测量，即矿山主要生产测量工作，包括露天矿的矿山测量。

矿山测量是测绘、地质、采矿三者的边缘学科，它既是采矿学的组成部分，又是工程测量学的分科，也是一门应用技术学科。随着我国社会主义经济建设的飞速发展和《矿产资源法》的颁布实行，对矿产资源的大力开发、综合利用和科学管理，矿山测量显得尤为突出，并对矿管专业的不同层次技术人才的培养，显得更为重要。

本书在中国地质大学（武汉）教学中试用了多年，在听取有关专家、学者及生产第一线技术人员意见的基础上，经过反复修改，现正式出版。在编写过程中，既注意考虑了其内在联系的科学性；又注重了在矿山生产中的实用性，使理论、方法与生产实际密切地结合起来；同时还介绍了一些先进科学仪器（如陀螺经纬仪、激光准直仪以及电子计算器等）的使用方法。

为便于读者自学，力求文字简炼、通俗易懂，插图清晰，并介绍了常用电子计算器的使用方法，每章后备有复习题，可达理论联系实际、学以致用目的。

本书是按照50—60学时数编写时，不同专业可根据需要讲授不同的内容。

本书由中国地质大学（武汉）茹士焕教授审阅，也得到了李汝昌、吴蕴珉教授的宝贵意见与帮助，并参阅了国内有关专家、学者编写的相近教材，在此对他们表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中难免存在缺点和错误，恳请读者批评指正。

编者

1990年2月

ABE34107

目 录

第一篇 矿区基本测量工作

第一章 方向、距离及角度测量	(1)
§1-1 测量学与矿山测量学的任务	(1)
§1-2 地球的形状、大小及地面点位的表示方法	(2)
§1-3 方向测量	(5)
§1-4 距离测量	(7)
§1-5 角度测量及视距测量	(9)
复习题	(20)
第二章 水准测量	(21)
§2-1 水准测量的原理	(21)
§2-2 水准测量的仪器和工具	(21)
§2-3 水准测量的作业与计算	(22)
§2-4 水准测量的检核	(23)
复习题	(25)
第三章 经纬仪导线测量	(26)
§3-1 控制测量方法概述	(27)
§3-2 经纬仪导线测量的外业工作	(29)
§3-3 经纬仪导线测量的内业工作	(30)
§3-4 三角高程测量计算	(35)
§3-5 平面控制点的展绘	(38)
复习题	(40)
第四章 地形图的认识和应用	(42)
§4-1 地形图的基本知识	(42)
§4-2 地形图识读的内容	(51)
§4-3 地形图的应用	(53)
复习题	(60)

第二篇 矿山测量

第五章 矿井联系测量	(61)
§5-1 矿井联系测量概述	(61)
§5-2 一井定向	(63)
§5-3 两井定向	(69)
§5-4 陀螺经纬仪定向	(70)

§5-5 高程联系测量.....	(73)
复习题.....	(74)
第六章 井下经纬仪导线测量.....	(75)
§6-1 井下经纬仪导线测量概述.....	(75)
§6-2 矿用经纬仪的构造.....	(77)
§6-3 井下经纬仪导线测量的内容与计算.....	(79)
§6-4 井下罗盘仪导线测量.....	(84)
§6-5 井下高程测量.....	(89)
复习题.....	(93)
第七章 井巷施工测量.....	(94)
✓ §7-1 直线巷道中线与边线的测设.....	(94)
§7-2 曲线巷道中线的测设.....	(97)
§7-3 竖直巷道(天井)中线的测设.....	(99)
§7-4 巷道腰线的测设.....	(100)
§7-5 激光指向仪给向.....	(104)
§7-6 采场测量.....	(106)
复习题.....	(110)
第八章 贯通测量.....	(111)
§8-1 贯通测量概述.....	(111)
§8-2 水平巷道的贯通.....	(112)
§8-3 倾斜巷道的贯通.....	(114)
§8-4 竖直巷道的贯通.....	(115)
§8-5 地质勘探工程中的贯通测量.....	(115)
复习题.....	(118)
第九章 矿山测量图及其应用.....	(119)
§9-1 矿山测量图概述.....	(119)
§9-2 井下矿图的绘制.....	(122)
§9-3 采掘工程图与巷道平面图的识读.....	(124)
§9-4 矿山测量图的应用.....	(129)
复习题.....	(130)
第十章 露天矿山测量.....	(132)
§10-1 露天矿山测量控制网.....	(132)
§10-2 露天矿山生产测量工作.....	(138)
§10-3 露天矿山的线路测量.....	(143)
§10-4 露天矿山测量图.....	(151)
复习题.....	(153)
附录一 测量误差概念.....	(154)
附录二 EL-5003型科学计算器的使用说明.....	(158)

第一篇 矿区基本测量工作

第一章 方向、距离及角度测量

§1-1 测量学与矿山测量学的任务

一、测量学及其任务

测量学是研究地球的形状和大小并确定地球表面点位关系的一门科学。即研究怎样测定地面点的平面位置及高程，并将地球表面的地形及各种地物绘制成图。

测量学的主要任务是：

(1) 研究和确定地球的整体形状和大小。这个任务是通过较大区域乃至整个地球建立测量控制网的大地测量学来完成的。

(2) 将测区内的地物和地面起伏形状按一定比例缩小绘制平面图或地形图。这个任务是通过小地区实地测绘地形图的地形测量学和利用航空像片确定点位关系，而绘制地形图的航空摄影测量学来完成的。

(3) 将图上各种设计成果测设到现场（称为测设或放样）或将地面上的各种工程设施测绘到图纸上（称为测绘）。这项任务是由工程测量学来完成的。

测量学是矿山测量的基础。矿山测量是测绘、地质及采矿三者的边缘学科。它既是采矿学的组成部分，又是工程测量学的分科。主要是为矿山建设、矿山管理、地质勘探、掘进工程和采矿生产直接服务的。

二、矿山测量的任务

矿山测量工作是指矿山建设时期和矿山生产时期的全部测绘工作。它有以下几项任务：

(1) 进行矿区地面控制测量及大比例尺地形图的测绘；

(2) 在联系测量的基础上，进行矿区地面及井下各种工程的施工测量和验收测量，以及建井时期的全部测量工作；

(3) 测绘各种采掘工程图及各种矿山专用图；

(4) 对矿区岩层和地表移动的观测与研究。为留设保护矿柱及建筑物、河湖下面的开采提供资料；

(5) 进行各种储量管理。测量与计算矿石产量，统计矿石的损失与贫化，准确掌握各级储量情况。

为了完成以上任务，对于地质工作者及采矿掘进工程技术人员必须了解与掌握基本测量工作、地形图的绘制及应用、井下平面及高程控制测量、矿井联系测量、巷道与竖井的井下工程测量，各种矿山测量图的识读和应用，以及露天矿矿山测量等内容。

由于测绘工作所研究的基本问题是点位关系，所以，一切测量工作都可以归结为确定点的空间位置，即确定地面及地下点的平面位置和高程。学习时，一定要抓住这个实质问题去

研究测量的理论和方法；同时，还应重视测量基本技能的训练，使理论和实践密切地结合起来，以使用测量理论来指导和解决生产实际中的各种问题。

三、测绘工作在国家建设中的作用

测绘事业是建设具有中国特色的社会主义强国的一项重要基础工作，在我国社会主义建设事业中，起着非常重要的作用。例如：国防建设、城乡建设、修筑公路和铁路、兴建农田、水利工程、地质勘探及开发地下矿藏、大型桥梁架设以及各种地图的制印等，都与测绘工作有着极为密切的关系。建国四十多年来，我国的地质勘探和采矿事业有了很大的发展，测绘事业也同样有了很大的发展。

目前，我国经济建设战略目标已经确定，经济建设的战略重点是农业、能源、交通和教育、科学问题。我国广大的地质、采矿及矿山测量工作者，为开展更多的矿藏和能源，为建设更多的铁路肩负着光荣而艰巨的任务，要决心更好地掌握测绘科学技术，把我国建设成为现代化的社会主义强国而奋发进取，开拓前进，多做贡献。

§1-2 地球的形状、大小及地面点位的表示方法

一、地球的形状和大小

地球的表面是一个崎岖不平的球面，它有高山和平原，又有海洋和深渊等。地球上最高的山峰是我国的珠穆朗玛峰，高出海水平面 8 848.13m；地球上最低的地方是太平洋的马里亚纳海沟的裴查滋海渊，低于海水平面 11 034m。地球表面上的陆地面积约占整个地球表面面积的30%，而海洋的水体面积则约占总面积的70%。设想平静的海水面因受重力的影响而成为一个封闭的曲面，这个处处与重力方向垂直的曲面叫做水准面。若将此曲面扩大延伸，穿过高山而闭合，这个闭合的形体能够代表地球的形状和大小。为了找到此闭合的海水面，在海滨设立验潮站，进行反复地多次观测，求得一个平均高度的海水面，称为大地水准面。大地水准面可以代表地球的整体形状，它是测量工作的基准面，也是全国高程的起算面。但是，由于地球内部物质质量的分布不匀，使得大地水准面仍然是一个不规则的复杂曲面，不能用数学公式来表达，这就给测量的计算和制图带来很大困难。经过多年的研究和测定，特别是近年来通过人造卫星拍摄的照片来看，发现地球的形状恰似一个梨形的椭球体，其南北极并不对称，如图1-1所示，北极稍凸出18.9m，南极微凹进25.8m。由于椭球体与地球的形状非常接近，又可以用数学式表达，因此，采用椭球体的表面作为测量计算的参考面是适宜的，这个椭球体叫作参考椭球体。它的形状和大小取决于下列三元素，即长半径 a ，短半径 b 及扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$ 。我国从1953年起采用苏联克拉索夫斯基椭球体，其计算元素： $a = 6\,378\,245\text{m}$ ， $b = 6\,356\,863\text{m}$ ， $\alpha = \frac{1}{298.3}$ 。1979年国际大地测量协会推荐的元素值为： $a = 6\,378\,137\text{m}$ ， $b = 6\,356\,752\text{m}$ ， $\alpha = \frac{1}{298.253}$ ，该参数代表

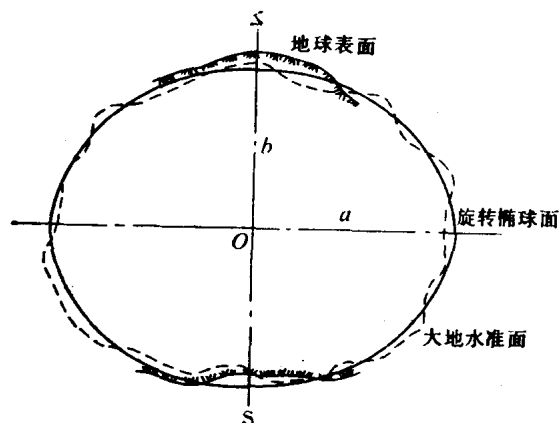


图1-1 地球的形状

的椭球体叫做1980年大地坐标系。由于参考椭球体的扁率很小，在地形测量学范围内，可把地球作为近似的圆球看待。其平均半径为 $R = \frac{1}{3}(a + a + b) = 6371\text{km}$ 。

二、地面点位的表示方法

地面上一个点的位置是用坐标和高程来表示的。由于采用的坐标不同，可将坐标分为下列三种情况。

(一) 地理坐标系与高程

1. 地理坐标系

用经度和纬度表示地面上一个点的位置叫做该点的地理坐标。如图 1-2 所示。地球是一个自西向东自转的近似圆球体，NS为其自转轴（地轴），它与圆球面的交点NS称为北极和南极。

通过地轴的任一平面叫做子午面。子午面与球面的交线称为子午线，又叫经线。国际天文学学会决定：通过英国格林尼治天文台的那一条子午线定为起始子午线（首子午线）。以起始子午线为准起算，按照地球自转方向以东的 0° - 180° 称为东经；以西的 0° - 180° 称为西经。东经 180° 与西经 180° 子午线实际上是同一条子午线。

过球心与地轴垂直的平面称为赤道平面，赤道平面与球面的交线叫做赤道。所有垂直于地轴的其它平面与球面的交线都称为纬线。将赤道定为 0° ，向北 0° - 90° 称为北纬；向南 0° - 90° 称为南纬。我国的疆域全部在赤道以北，各地纬度都是北纬。

由上所述，地面上某P点的经度和纬度是这样确定的：经度即是过P点的子午面与起始子午面之间的二面角，用 λ 表示；纬度即是P点与圆球心O点之连线（铅垂线）和赤道平面的夹角，用 φ 表示。实际上地球并不是一个圆球，所以，铅垂线不一定通过球心。例如，武昌某地的地理坐标为：东经 $114^\circ 27'$ ，北纬 $30^\circ 31'$ 。

2. 高程与高差

在一般测量工作中都以大地水准面作为基准面，用经度和纬度表示了空间某点在基准面上的投影位置，但还应该确定该点沿垂直投影方向到基准面的距离。因此，地面上某点沿铅垂线方向到大地水准面的垂直距离，称为绝对高程或海拔，一般简称高程。以符号 H 表示，图 1-3 中 H_A 、 H_B 都是绝对高程。某点至任意一个水准面的垂直距离，则称为相对高程。如图 1-3 中的 H'_A 和 H'_B 。

我国的高程系统，是采用 1956 年黄海高程系。即以青岛港验潮站历年记录的黄海平均海水面的高度为准，定为 0m ，相应地在青岛市内一

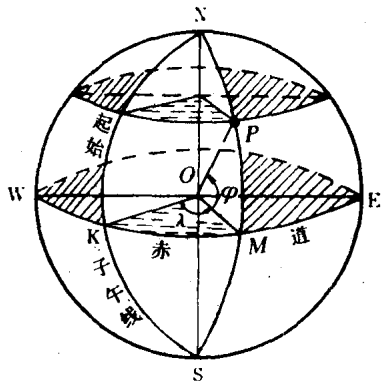


图1-2 地理坐标

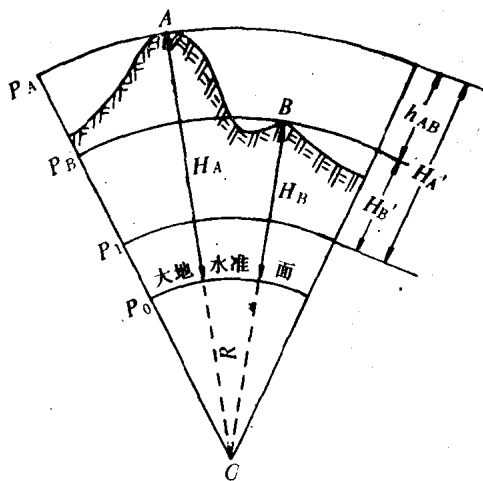


图1-3 高程与高差

个山洞里建立水准原点，该点至黄海平均海水面的垂直距离为 72.289m。全国所有的国家高程控制点——水准点，都是以这个水准原点为准建立起来的。

由图1-3可知，两点的高程之差称为高差。高差与起算的基准面无关，即 $h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$ 。

(二) 平面直角坐标系

在半径小于 10km 区域内进行测量工作时，常常把该区域内的地球表面当作平面来看待，这样就可以采用平面直角坐标来表示地面点的位置，如图 1-4 所示，它是以测区的中央点或测区西南角点作为平面直角坐标系的原点。南北方向以纵轴 X 、东西方向以横轴 Y 来表示，其交点 O 为原点，该原点的坐标往往是假设的。

值得注意的是：测量中的坐标轴与数学中的坐标轴正好相反，即测量中横轴为 Y ，纵轴为 X ；而数学中横轴为 X ，纵轴为 Y 。其原因在于：因为测量中的角度计算是以正北方向按顺时针方向到某直线的夹角；而三角学中的三角函数的角则是以横轴为准按逆时针方向计算的。因此把 X 和 Y 轴互换后，全部三角公式都能应用于测量计算的工作中。

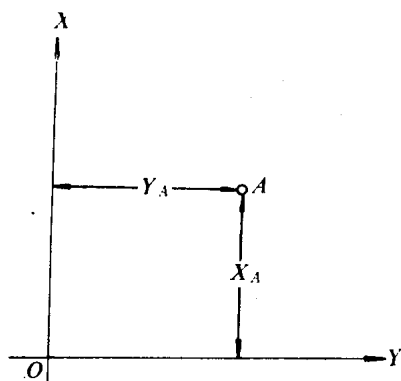


图1-4 平面直角坐标

(三) 高斯-克吕格坐标系

使用平面直角坐标确定地面点位及图形是有一定限度的。因为随着测区的增大，地球表面在投影面上的变形也随之增加。所以，高斯等人提出采用适当的投影方法，使这种变形限制在一定的范围之内。

高斯-克吕格投影是设想用一个椭圆柱套在地球椭球体的外面，并与地球上某一子午线相切（重合），这条子午线称为中央子午线。如图1-5（a）。椭圆柱中心轴通过地球的中心，将中央子午线东西两侧各一定范围内的经、纬线投影到椭圆柱面上。然后，将椭圆柱面展成平面。显然，与椭圆柱相切的中央子午线在展成平面上的投影为一条直线，且长度不变；椭球赤道在展成平面上的投影也为直线，而此两直线相互垂直，如图1-5（b）所示。椭球体其它各处投影后的长度和图形将产生变形，变形的大小与投影的范围有关。经研究表明，按经差 6° 范围投影后的变形，可满足 $1/25\,000$ 比例尺或更小比例尺测图的精度；当用经差 3° 范围投影后的变形，则可满足 $1/10\,000$ 以上的大比例尺的测图精度。

图1-5（c）为高斯-克吕格分带投影， 6° 分带投影是从首子午线算起，以经差每 6° 划分为一带，连续投影，全球共有 60 带，每带中间的一条子午线是该带的中央子午线，如 0° 到 6° 的第一个 6° 带的中央子午线是东经 3° ，以此类推，其它各带中央子午线的经度为 $6^\circ n - 3^\circ$ 。

3° 分带投影是以东经 $1^\circ 30'$ 起，每隔 3° 划分为一带，全球共分为 120 个带。第一带是 1.5° 到 4.5° ，其中央子午线是东经 3° ，其余类推。

高斯-克吕格平面直角坐标是以各带的中央子午线的投影线为纵坐标轴（ X ），赤道的投影为横坐标轴（ Y ），两轴交点为坐标原点 O ，如图1-6（a）所示。

按照直角坐标系的规定，其纵坐标值 x 位于赤道以北为正值，以南为负值；横坐标值 y 位于中央子午线以东为正值，以西为负值。我国领土全部位于赤道以北，故 x 值均为正值；而每一投影带中 y 值在中央子午线以东为正值，以西为负值。为了使用上的方便，即避免横坐标 y 出现负值，我国规定，将每一带的纵坐标轴向西平移 500km（ 6° 分带），如图1-6（b）。

1. 永久性标志

要长期保留且精度要求较高时，用水泥桩或金属标埋于地下，以十字或圆点作为点位。

2. 临时性标志

不作长期保存且精度要求也不高时，常用木桩打入地下，桩顶露出地面，以十字或小钉盖作为点位。

为了便于照准目标，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。

二、标准方向

在测量工作中，常常要确定两点间平面位置的相对关系，要确定这种关系，仅仅丈量出两点间的距离是不够的，还必须知道该直线的方向，这样两点间的相对位置才能确定下来。

测量工作中，一条直线的方向是根据某一基本方向来确定的。测量工作常用的基本方向（即标准方向）有三种，如图1-7所示。

（1）过地面上某点，指向地球北极的方向即为真北方向，或称真子午线方向，它是用天文方法测定的。

（2）在地面上某点，当罗盘仪的磁针静止时，磁北针所指的方向即为磁北方向，或称磁子午线方向。

（3）在测量工作中，我国采用的高斯平面直角坐标，其坐标纵轴（即中央子午线）表示在此直角坐标系中所指的北方向称坐标北方向。地球磁场的南极和北极与地球的南极和北极并不重合一致。

（1）以真北为准，磁北方向偏离真北方向的角值叫做磁偏角，以 Δ 表示。偏离真北以东，为正值，以西为负值。我国磁偏角的变化范围是 $+6^\circ$ 到 -10° 之间。

（2）以真北为准，坐标纵线与真北方向之间的夹角，称为子午线收敛角，以 γ 表示，坐标纵线偏离真北方向以东称为东偏， γ 为正值；反之，西偏为负值。

（3）以坐标纵线北方向为准，磁北方向偏离坐标纵线之间的角值称为磁坐偏角（有的称为方向改正角）。东偏为正，西偏为负，以 G 表示：

$$G = \Delta - \gamma$$

(1-1)

式(1-1)中 Δ 和 γ 本身带有符号。

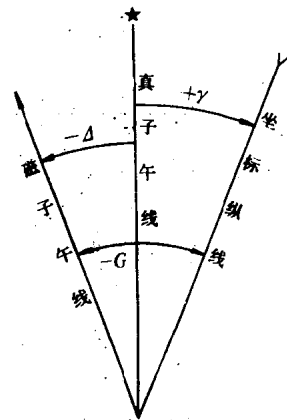


图1-7 标准北方向

三、方位角

地面上任一直线的方向常用方位角来表示。

1. 方位角的定义

从标准方向的北端起，顺时针转到某直线的水平角度叫做该直线的方位角。用 α 表示，其大小由 0° 到 360° 。方位角有以下几种：

（1）真方位角：以真北方向为起始方向，顺时针转到某直线的角度。由于它是球面上的角度，也称为球面方位角。以 A 表示。

（2）磁方位角：以磁北方向为起始方向顺时针转至某直线的角度称为磁方位角，以 A^m

表示。

(3) 坐标方位角：以坐标纵线北方向为起始方向，顺时针转至某直线的水平角度（指投影到水平面上的角度）叫做该直线的坐标方位角，以 α 表示。

2. 由图1-8可知，某直线的真方位角、磁方位角和坐标方位角的关系，其关系如下：

$$A = A'' + \angle \quad (1-2)$$

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

例如，已知某地区的磁偏角为西偏 $5^{\circ}30'$ ，子午线收敛角为东偏 2° ，现在用罗盘仪测出了某直线 AB 的磁方位角为 135° ，问该直线的真方位角及坐标方位角各是多少？

解：由公式(1-2)得： $A = A'' + \angle = 135^{\circ} + (-5^{\circ}30')$
 $= 129^{\circ}30'$ 。

由公式(1-1)得： $G = \angle - \gamma = -5^{\circ}30' - 2^{\circ} = -7^{\circ}30'$ ，

由公式(1-3)得： $\alpha = A'' + G = 135^{\circ} + (-7^{\circ}30') = 127^{\circ}30'$ 。

或 $\alpha = A - \gamma = 129^{\circ}30' - 2^{\circ} = 127^{\circ}30'$ 。

3. 同一条直线的正方位角与反方位角相差 180°

若直线由 A 到 B 的方向确定为正方位角，用 α_{AB} 表示。那么，直线由 B 到 A 的方向则为反方位角，用 α_{BA} 表示，

$$\alpha_{AB} = \alpha_{BA} \pm 180^{\circ}$$

在实际的测量工作中，每一条边的方位角不是直接测定的，往往是首先给出某起始边的方位角，再测出各边相连的水平角度。由于同一边正、反方位角相差 180° ，可以推算出其余各边的方位角，即各边的方向已确定。

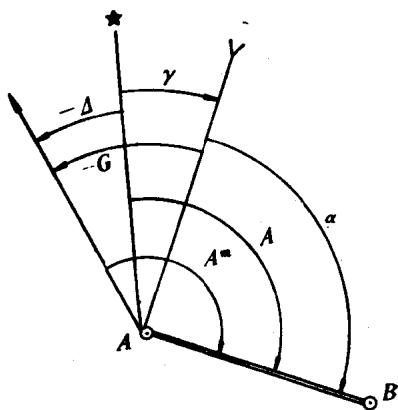


图1-8 方位角的种类及其关系

§1-4 距离测量

测量地面上两点之间的距离，是测量工作的最基本任务之一。两点间的距离指的是水平距离，即两点垂直投影在水平面上的长度。边长以 D 表示，如图1-9所示。

依测量的目的和精度要求不同，以及采用的方法和工具不同，分为直线丈量与间接测量。直接丈量即用钢卷尺、布卷尺及测绳等工具，直接读数计算出长度的方法。间接测量即使用经纬仪视距法、光电测距仪及激光测距仪等仪器观测，间接计算出长度的方法。

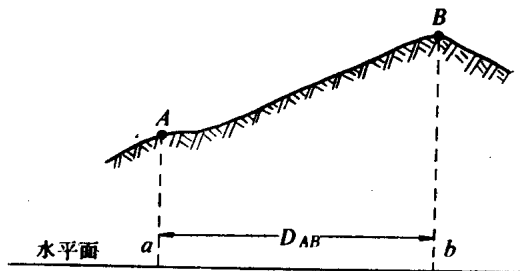


图1-9 水平距离

一、直接丈量

1. 丈量的工具

钢钢尺是在精度要求很高时使用。它是钢镍合金制成的，受温度和拉力的影响很小。钢卷尺是精度要求较高时最常用的工具，有20m、30m、50m不同的长度。布卷尺（即皮尺）是由金属丝与布麻合制而成的带状尺，一般为30m。测绳是由金属和丝线制成的细绳状的工

具, 长度有50m或100m。

2. 直线定线

在直线大于一个整钢卷尺长的情况时, 则在该直线的方向上分段打下若干木桩, 以保证丈量沿该直线进行, 此过程叫做直线定线。如图1-10(a)所示。直线定线的具体方法是: 先在被量测的直线的两端点A和B处各插直花杆, 接着甲在一端A处, 离花杆1m左右的地方看另一端B处的花杆; 乙在两点之间持花杆, 听从甲指挥, 左右移动花杆, 使花杆在AB直线上, 即甲看不见乙持的花杆为止。这样, 由远至近依次地把1'、2'、3'、4'……花杆定在该直线上, 而相邻两花杆的间距必须小于一个整尺长。

3. 地面水平时直线的丈量

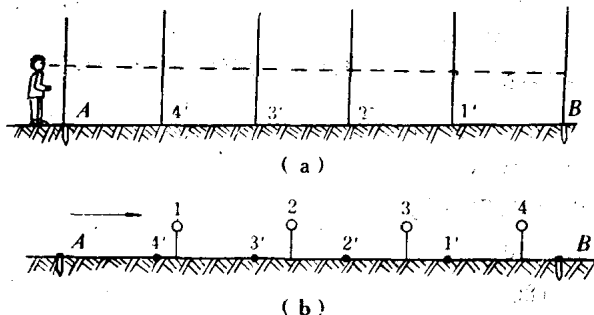


图1-10 直线定线与丈量方法

丈量步骤如图1-10(b)所示, 即(1)甲持钢尺的一端在A点, 钢尺的零线对准A点; (2)乙置平钢尺, 使钢尺在A4'直线上, 前进到一整尺长处, 拉平钢尺, 将测钎插在一整尺处, 即为一个整尺长; (3)甲前进到第一个测钎处, 尺零线对准测钎, 乙同时沿4'→3'方向前进, 至第二整尺长处, 将尺拉紧后, 插下第二个测钎。依次类推丈量下去。甲每前进一次, 取走测钎; (4)最后一段的丈量: 甲至第n个测

钎处, 乙在对准B点尺上的分米或厘米, 甲从尺的零分划一端, 对准测钎读出毫米数, 即可求得最后一段的长度。

以上丈量可以计算出AB的距离:

$$D_{AB} = \text{整尺长}(l) \times \text{测钎数}(n) + \text{最后一段长}(l')$$

例如, 用整尺长为30m的钢尺, 丈量某直线后, 甲手中有四个测钎, 最后一段长为9.786m, 求该直线的全长。

解: 已知 $l = 30\text{m}$, $n = 4$, $l' = 9.786\text{m}$ 。

$$\therefore D_{AB} = 30 \times 4 + 9.786 = 129.786\text{m}。$$

一般量距时有以下要求: (1)直线至少要求往返各丈量一次; (2)用钢尺进行往返丈量时, 往返长度之差不得大于平均长度的1/2000到1/3000; (3)当不超过限差要求时, 取往返长度的平均数即为该直线距离。若超限时, 必须量第三次或第四次, 进行检查, 直至符合要求为止。

当进行高精度丈量时, 必须鉴定尺长, 找出使用尺长与标准尺长之差, 以便于改正; 丈量时, 要用拉力计(弹簧秤)以10kg重的拉力进行; 还要量测温度。定线分段时, 各分段点用木桩打得一样高; 读数时, 要连续三次读数, 取平均读数值; 计算时, 要进行尺长改正、温度改正及垂曲改正等。

4. 地面倾斜时的直线丈量

在测量工作中及制图时, 需要的是水平距离, 而不是倾斜距离。当地面坡度均匀时, 如图1-11所示。沿地表所量得的是倾斜距离 S'_{AB} , 再用罗盘仪测出地面倾斜角 δ , 必须把斜距换算为平距, 其公式如下:

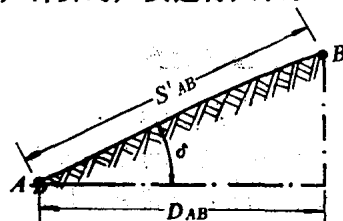


图1-11 斜距与平距的关系

$$D_{AB} = S'_{AB} \cos \delta$$

(1-4)

二、间接测量距离

1. 经纬仪视距测量法 (见 §1-5)

2. 光电 (激光) 测距仪测定距离

该法的优点是精度高, 测程长, 操作简便, 仪器重量轻, 适合野外作业。

§1-5 角度测量及视距测量

经纬仪是测量工作中最常用的仪器, 它主要用于测量水平角和竖直角, 也可测定水平距离和高差。下面主要介绍常用的普通光学经纬仪。

一、普通光学经纬仪的构造

普通光学经纬仪按其读数装置的不同, 可分为分微尺光学经纬仪和测微器光学经纬仪。我国杭州红旗光学仪器厂生产的CJH-1型和德国蔡司厂制造的030型经纬仪, 都是属于J₀级分微尺光学经纬仪, CJH-1型的构造如图1-12所示。该经纬仪分为照准部、水平度盘和基座三大部分。图1-13是三大部件的示意图。

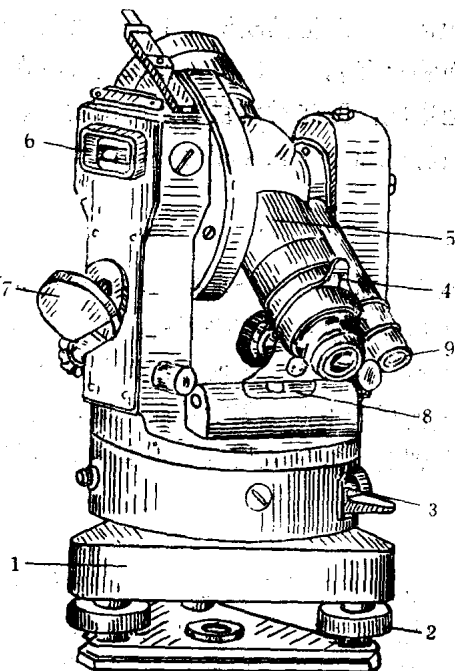


图1-12 CJH-1型经纬仪

1—基座, 2—脚螺旋, 3—水平度盘离合按钮,
4—瞄准孔, 5—望远镜, 6—指标水准器,
7—反光镜, 8—照准部水准管, 9—读数显微镜

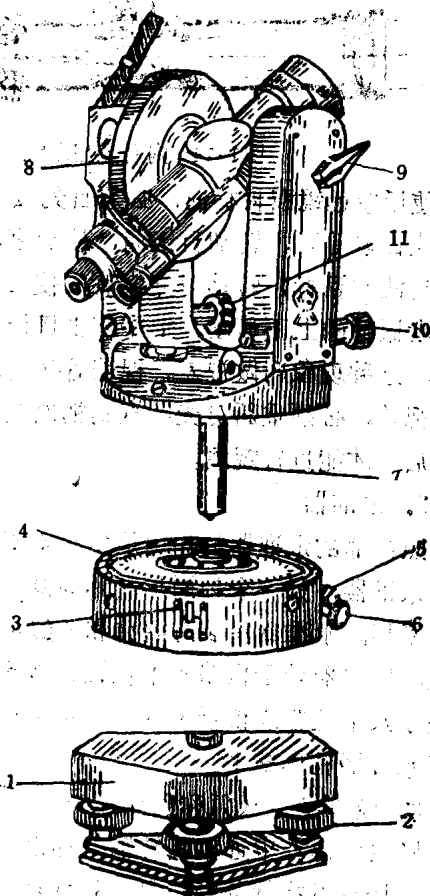


图1-13 经纬仪的构造

1—基座, 2—脚螺旋, 3—水平度盘离合按钮,
4—水平度盘, 5—水平制动螺旋, 6—水平微动螺旋,
7—竖轴, 8—竖直度盘, 9—望远镜制动螺旋,
10—望远镜微动螺旋, 11—指标水准管微动螺旋

(一) 照准部

照准部是能够绕仪器竖轴做水平方向转动的部分。松开度盘制动螺旋，可以寻找左右不同方向上的目标，固紧制动螺旋后，再转动度盘微动螺旋，可精确瞄准目标。至于瞄准高低不同的目标，是通过望远镜绕支持它的水平轴做上下转动来实现的，即松开望远镜制动螺旋，找到目标，固紧制动，再用望远镜微动螺旋做微小的上下转动，以便精确地瞄准目标。

照准部由以下构件组成：

1. 望远镜

望远镜分为内对光和外对光两种，图1-14是内对光望远镜的示意图。它由物镜、对光透镜、十字丝和目镜等部分组成。物镜和对光透镜的作用是使目标成倒立实像并在十字丝面上；目镜则使目标的像和十字丝同时放大；十字丝作为瞄准目标的标志，如图1-15所示；上下两根横短丝叫做视距丝，用来测量距离的；中间的长横丝一般用来测量竖直角；单竖丝或双竖丝用于观测水平角时瞄准目标的。

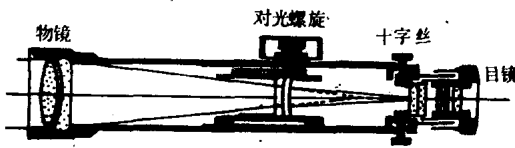


图1-14 内对光望远镜

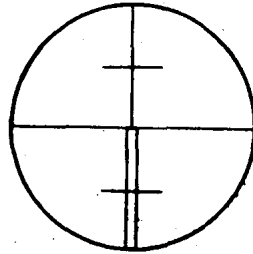


图1-15 十字丝

使用望远镜瞄目标时，必须首先按下述步骤进行对光：将望远镜对向明亮的背景（如天空或白墙等），转动目镜筒，使十字丝显得十分清晰；然后用望远镜筒上的准门和准星对准欲观测的目标，转动对光螺旋，使目标的像也很清晰，即使其成像在十字丝面上。如果随观测者眼睛的上下移动，十字丝和目标像也随之而相对移动，这说明目标像没有落在十字丝面上，这种现象叫做视差。视差对观测值有直接地影响，因此对测量成果的精度影响很大；有了视差，必须重新对光，直到视差全部消除即目标像和十字丝无相对移动为止。只有对好光以后，才能进行观测。

2. 水准器

照准部的水准器的作用是指示水平度盘是否水平。通常有两个水准器，一个为管状的称为管水准器，另一个为圆形的称为圆水准器。管水准器是供精确整平用的，圆水准器则供粗略整平用。水准器里装有酒精和乙醚混合液体，仅留一个气泡。当圆水准器的气泡居于圆圈以内，则仪器处于粗略水平位置；当管水准器的气泡居于中间刻划对称位置时，表示水平度盘处于水平位置或仪器竖轴处于铅垂位置。使用仪器时，往往先用圆水准器粗略整平后，再用管水准器精确整平。

3. 竖直度盘（简称竖盘）

竖盘固定在望远镜旋转轴（即水平横轴）的一端，随望远镜一起转动。它是测量竖直角用的。竖盘的指标与竖盘上的指标水准管固连在一起，它们不随望远镜的转动而转动。转动指标水准管微动螺旋使气泡居中，则竖盘指标就处于正确位置。竖盘的刻划一般是顺时针由 0° 到 360° 。但也有别的刻划方法，如图1-16所示。

(二) 水平度盘

水平度盘由光学玻璃制成。它是供测量水平角用的。通过反光镜将外部的光线反射进去照亮度盘，再经过一系列的光学装置，最后把水平度盘和竖盘的像都折射到一个读数显微镜

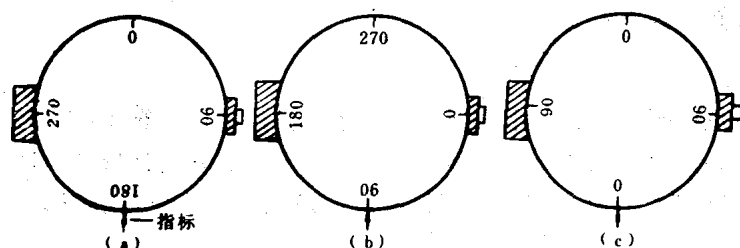


图1-16 竖直度盘的刻划类型

里。观测者在瞄准目标后，可以方便地在望远镜旁边的读数显微镜中读得观测数据。在读数显微镜里注有“水平”和“竖直”字样，在“水平”窗内可以读得水平角一个方向值的观测读数，而“竖直”窗则供竖直角读数用。

水平度盘按顺时针方向从 0° 到 360° 每隔一度作一刻划并注记数字。图1-17上半部（即“水平”注记）是水平度盘，此例能看到度盘上 129° 和 130° 两条刻度线；注有小号数字的分划称为分微尺。分微尺从分划0到6的长度与度盘上一格的长度相等。度盘上一格为 1° ，分微尺从0到6有60个小格，每一小格就是 $1'$ 。这样，不满 1° 的角值可利用分微尺直接读到 $1'$ ，每一小格又可估计其 $1/10$ 即 $0.1'$ 或 $6''$ 。读数时，应注意分微尺上的0线是指示线，它所指的位置就是应该读数的位置。例如，此处0线已过 130° ，读数一定是 130° 多一点，因此，水平度盘的读数应为：

度盘上读数	130°
分微尺上读数	$06'$
分微尺上估数($0.3'$)	$18''$
三项相加读数为 $130^\circ 06' 18''$	

这就是一个完整的正确读数。同样，在同一读数显微镜中竖直度盘的读数应为 $87^\circ 21' 12''$ 。

值得注意的是估读数字要尽量准确，秒读数一定是 $6''$ 的倍数。

水平度盘处装有制动和微动螺旋以及水平度盘离合按钮，用以控制照准部与水平度盘的相对转动。扳下离合按钮，使照准部与水平度盘连接在一起，此时松开制动螺旋，水平度盘就随着照准部同时旋转，因此，水平度盘的读数不变，关紧制动螺旋，转动微动螺旋，读数仍不变。若将离合按钮扳上，水平度盘就固定不动了，再松开制动螺旋时，转动照准部，水平度盘的读数随之变化。固紧制动螺旋后，转动微动螺旋，使照准部相对于水平度盘有微小转动，因而读数也有微小变化。我国西北光学仪器厂生产的经Ⅲ型光学经纬仪和徐州光学仪器厂生产的J₁型光学经纬仪，装有一个度盘，变换手轮来代替离合按钮装置，转动变换手轮以达到需要的度盘位置。

(三) 基座

基座见图1-13，它有三个脚螺旋，转动脚螺旋，可以使水平度盘处于水平位置。基座的下部和三脚架头的中心螺旋相连接，可使整个仪器固定在三脚架上。

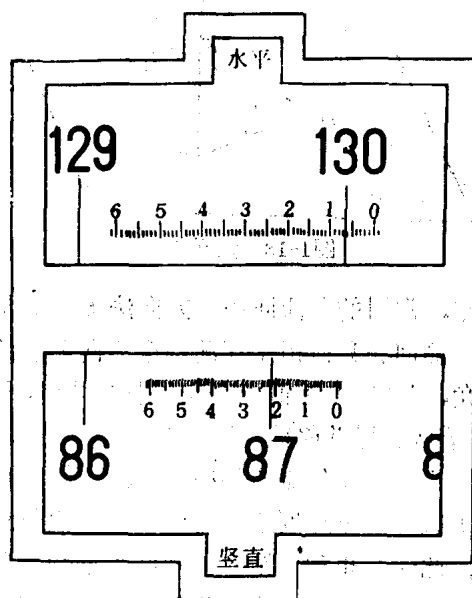


图1-17 水平、竖直度盘分微尺