



小煤矿技术丛书

小煤矿测量

牛彦英 林景让 编



煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书系统地阐述了小煤矿测量工作人员所应具备的知识。其内容包括：小煤矿常用测量仪器设备的构造、使用方法及检验校正；小矿区地形图测绘；生产矿井测量；岩层移动与地表建筑物的保护；小煤矿竖井施工及设备安装测量等。本书结合小煤矿生产实际，着重介绍实用方面的知识，对原理及公式推导不做深入介绍。

本书是《小煤矿技术丛书》之一。可供具有初中以上文化程度的小煤矿技术和管理干部及测量工作人员自学之用。

责任编辑：吕代铭 牟金锁

小 煤 矿 技 术 丛 书

小 煤 矿 测 量

牛彦英 林景让 编

*

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街21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 850×1168mm¹/₃₂ 印张8³/₈

字数219千字 印数1—4,000

1989年12月第1版 1989年12月第1次印刷

ISBN 7-5020-0315-0/TD·297

书号 3130

定价 3.35元



前 言

近些年来，我国煤炭工业在“放开搞活”和坚持“两条腿”走路，即重点发展国家统配煤矿的同时，在有条件的地区积极发展地方小煤矿的方针指引下，地方小煤矿得到了迅猛发展。当前，地方煤矿和乡镇煤矿的产量已占我国煤炭总产量一半以上，这对于改善煤炭工业布局，缓和煤炭供需矛盾，促进地方工农业发展起了很大作用。

发展地方小煤矿具有初期投资少，建井容易，成本低，出煤快的优点。但由于发展速度快，即在短时间内兴办起几万个煤矿，致使有的小煤矿不同程度地存在着地质情况不清，开采方法不合理，安全条件差，产量不稳定，技术力量薄弱等问题，为了巩固和发展地方小煤矿，加强行业管理，统一规划合理利用资源，提高小煤矿的企业素质和技术管理水平，加速技术改造，保障安全生产，预防事故发生，原煤炭部地方局和煤炭工业出版社委托山东矿业学院部分教师，编写了一套《小煤矿技术丛书》。

这套丛书包括《矿山地质》，《小矿区控制测量》，《小煤矿测量》，《小煤矿开采方法》，《通风与安全》，《开采设计》，《矿山压力与支护》，《巷道掘进》，《小煤矿技术改造》，《电工技术基础》，《矿山供电设备》，《矿井电气安全技术》，《小煤矿运输》，《通风、压气、排水设备》和《小煤矿企业管理》15个分册。它们是在调查研究、总结地方小煤矿和乡镇煤矿安全生产技术经验的基础上编写成的，并经过了地方煤矿一些有经验的工程技术人员审阅，内容上反映了小煤矿的特点，文字通俗易懂，适合具有初中文化程度的工程技术人员和管理干部自学使用，也可作为培训教材或供中等技术学校师生参考。本《丛书》由中国地方煤矿联营开发总公司王海春、曹文蔚同志进

行了总审阅。

本书第一、三、四章由牛彦英编写，第二章由林景让编写，最后由牛彦英统编。在编写和审稿过程中，得到山东省地方煤炭公司等单位大力支持，河南省地方煤炭公司梁国明、山西青磁窑煤矿杨凤春、淮北杨庄矿黄淮森、江西萍乡张宝纯和山东矿院普测教研室周伟德、王大武同志也提出许多宝贵意见，在此表示感谢。由于编者水平有限，书中难免有缺点和错误，谨请读者批评指正。

编 者

1988年3月

目 录

第一章 小煤矿测量基本知识	1
第一节 小煤矿测量的任务	1
第二节 小煤矿测量采用的坐标系	2
第三节 直线定向	10
第四节 比例尺	13
第五节 测量工作概念	14
第六节 测量误差概念	18
第二章 小矿区地形图测绘	26
第一节 小矿区控制测量	26
第二节 经纬仪导线测量	31
第三节 小三角测量	62
第四节 经纬仪交会法	73
第五节 水准测量	82
第六节 三角高程测量	93
第七节 视距测量	97
第八节 地形图上表示地物和地貌的基本方法	102
第九节 地形图测绘	108
第三章 生产矿井测量	120
第一节 平面联系测量	120
第二节 高程联系测量	139
第三节 井下经纬仪导线和经纬仪高程测量	149
第四节 井下水准测量	168
第五节 罗盘仪导线测量	174
第六节 井下矿图测量	183
第七节 小煤矿的测绘资料	188
第八节 地表移动和建筑物保护概念	199
第九节 巷道掘进中的施工测量	206

第十节 巷道贯通测量	219
第四章 竖井施工及设备安装测量	226
第一节 井筒中心和井筒十字中心线的标定	226
第二节 竖井井筒掘进和砌壁时的测量工作	231
第三节 罐梁和罐道安装时的测量工作	242
第四节 井架安装时的测量工作	248
第五节 提升绞车安装时的测量工作	254
附录 测量上常用的计量单位	260

第一章 小煤矿测量基本知识

第一节 小煤矿测量的任务

测量学是一门实用技术科学，是为人们了解自然和改造自然服务的。测量工作包括大地测量、地形测量和工程测量等。小煤矿测量是工程测量的一个分支。它的具体任务就是为小煤矿的建设和生产服务。

小煤矿在进行矿井各项工程规划和设计时，需要使用各种测绘资料，首先需要依据煤层等高线图，规划巷道开拓系统，其次需要用矿区的大比例尺地形图，了解矿区的交通路线、河流沟渠、地貌起伏、建筑物布局和水旱田分布等情况，以便合理考虑总体规划，另外还可从地形图上进行面积、土方、坡度和距离等计算，以供做方案设计比较和施工设计的依据。

在矿井建设施工阶段，需要用测量的方法把图纸上规划和设计的矿井、巷道、地面建筑物和交通路线等位置测设于实地，作为施工的依据。各项工程建设竣工后，还要进行质量验收测量工作。

小煤矿测量在煤炭生产时期的具体测量任务可归纳主要几点如下：

（1）测绘矿图。施测矿区范围内的地形图、工业广场平面图和井下采掘工程平面图，进而编绘井上下对照图。

（2）施工测量。根据各项工程设计图，在测量控制点基础上，进行地面和井下各项工程建设施工放样测量，并进行竣工验收测量。

（3）测量资料管理。煤矿测量资料是煤矿测量人员经过井上下测量、计算和绘图所获得的重要资料。它是煤矿进行基本建

设和生产不可缺少的，对其必须长期妥善保管，以备需要时查阅和应用。

第二节 小煤矿测量采用的坐标系

一、地球形状和大小的概念

地球自然表面是高低起伏不平的，有高山、平原和海洋。我国西藏与尼泊尔交界处的珠穆朗玛峰高达8848.13m，太平洋西部的马里亚纳海沟深为11022m。这样的高低起伏同整个地球大小相比，仍然是可忽略不计的。据长期测绘工作调查知，海洋面积约占整个地球表面积的71%，陆地约占29%。所以人们常把被海

水面所包围的形体看作地球形体。

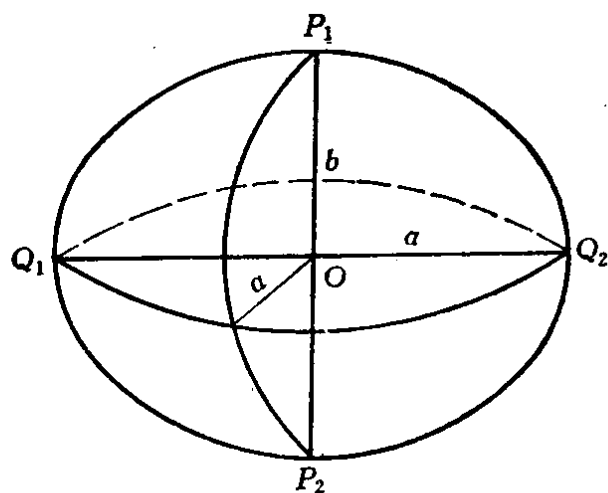


图 1-1

水的自由静止表面，称为水准面。水准面的特点是水面上任何一点的铅垂线（重力方向线）都垂直于该面。水准面有无数个，其中与平均海水面相重合，并向大陆、岛屿延伸而形成的封闭曲面，称为大地水准面。

由大地水准面所包围的地球形体，称为大地体。为使测量计算工作方便，常选用一个接近于大地体，并可用数学公式表达的几何形体代替大地体，这就是地球椭球体，又称参考椭球体(图1-1)。

地球椭球体的形状和大小，是由长半径（轴） a 、短半径（轴） b 和扁率 α [$\alpha = (a - b) / a$]来决定。半径 a 、 b 和扁率 α 称为椭球基本元素。我国现行的大地坐标系为1954年北京坐标系，从1954年开始采用。1954年北京坐标系是采用苏联克拉索夫斯基椭球元素平差计算的，其参数为：

地球赤道长半轴： $a = 6378245(\text{m})$

$$\text{地球扁率: } \alpha = \frac{1}{298.3}$$

确定1954年北京坐标系时，没有我国的实际测量资料参加平差计算，因而参考椭球与我国实际相差较大。随着“四化”建设的发展，各项工程建设已广泛使用测绘资料，采用1954年北京坐标系显然难以满足要求。

解放30多年来，我国测绘工作者在全国范围内进行了天文大地测量，构成全国范围内的天文大地网，这就为建立我国独立的大地坐标系，积累了资料，创造了条件。

国家测绘总局和人民解放军总参谋部测绘局于1978年4月联合在西安召开的“全国天文大地网整体平差会议”决定：通过天文大地网整体平差计算，建立新的国家大地坐标系，定名为1980年国家大地坐标系。平差时，地球椭球（简称 IAG-75）体采用国际大地测量与地球物理联合会1975年第十六届大会推荐的参数：

$$\text{地球赤道长半轴: } a = 6378140(\text{m})$$

$$\text{地球扁率: } \alpha = \frac{1}{298.257}$$

1980年国家大地坐标系，大地原点位于陕西省泾县境内，处于全国中心位置。

根据转换参数和计算公式，1980年国家大地坐标系和1954年北京坐标系可互相换算。

在小煤矿测量中，因矿区面积不大，可以把地球椭球体当作圆球看待，使圆球的体积等于椭球体的体积，此时地球作为圆球的半径 R 数值如下：

$$R = \sqrt[3]{ba^2} \approx 6371(\text{km})$$

二、测量点的投影概念

在小煤矿测量工作中，要将地面高低起伏和井下巷道、回采工作面等测绘到平面图纸上，就需要讨论投影平面问题。由于小矿区面积都不大，可在测区中心点的大地水准面上做一个切水平

面（图1-2 b）作为测绘投影平面。然后从地面上房屋角点1、2、3和4（图1-2 a）向水平面作铅垂投影线，在水平面上得投影点1'、2'、3'和4'，将各相邻点用直线相连，按比例尺缩小，则得房屋的相似平面图形。同样，把井下巷道（图1-2 c）和回采工作面投影到水平面上，则得采掘工程平面图。把地面建筑物和高低起伏地貌测绘到平面图上，则得地形图；若将地形图和采掘工程平面图绘在同一张图纸上，则得井上下对照图（图1-2 b）。

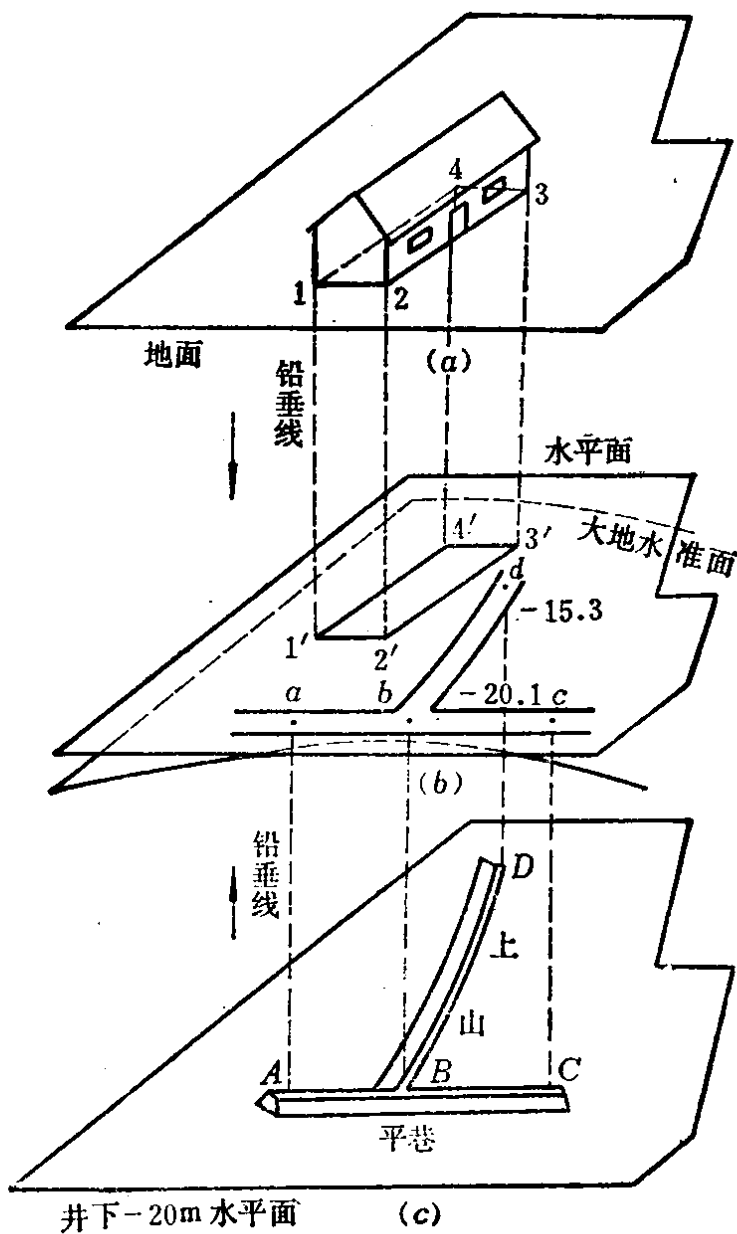


图 1-2

三、平面直角坐标系

(一) 高斯平面直角坐标系

在小矿区范围内测量时，把大地水准面当作水平面来看待，可采用平面直角坐标来确定测点的平面位置。我国有九百多万平方公里，显然不能用一个平面直角坐标。为使全国有统一的坐标系，我国采用高斯平面直角坐标系。

为了说明简单起见，我们把地球当作圆球来看待。如图1-3所示， PP_1 为地球的自转轴， P 和 P_1 为地球的北极和南极。在地球表面和井下测量时，要把结果绘在平面图纸上，也就是把地球的局部曲表面展成平面，这样必然要产生变形误差。为使变形误差限制在一定范围内，以保证测量图纸的精确度，则采取高斯投影分带方法。高斯投影分带实质，如图1-3所示，从起始子午线（ 0° 经线）开始，自西向东以经差每隔 6° 划为一带（称为 6° 带），将整个地球划分为60个投影带。带号从起始子午线开始编，用阿拉伯数字表示。位于每带中央的子午线，称为中央子午线。各带的中央子午线，按带号顺序分别为 3° 、 9° 、 15° ……。将每个投影带展成平面，按顺序联接起来，便得到每个 6° 带的高斯平面直

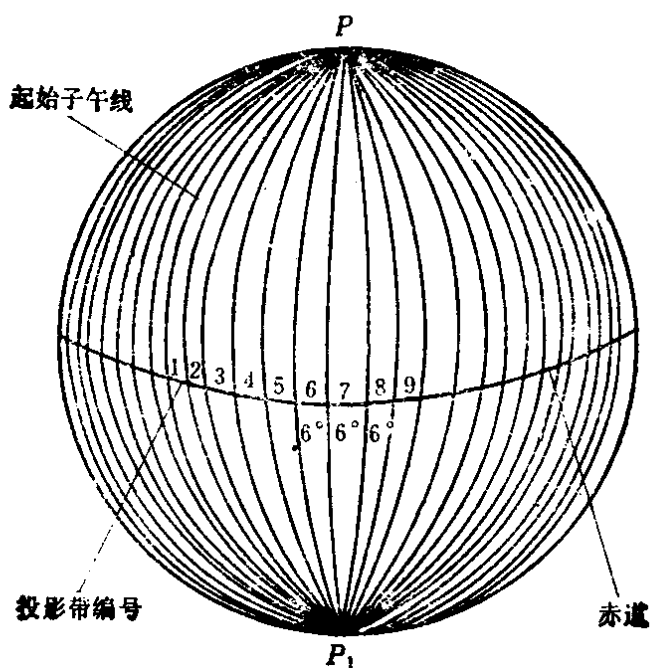


图 1-3

角坐标系,如图1-4上半部所示。投影带号与中央子午线的关系为:

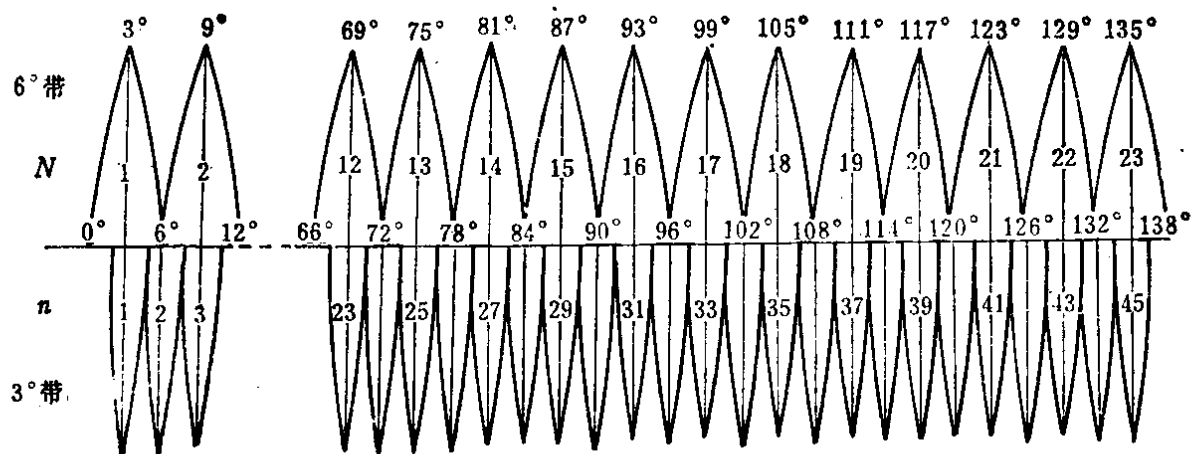


图 1-4

$$L_0 = 6^\circ N - 3^\circ \quad (1-1)$$

式中 N —— 投影带的带号。

例如,泰山位于20带里面,20带的中央子午线为: $L_{20} = 6^\circ \times 20 - 3^\circ = 117^\circ$ 。

每一投影带展成平面后,中央子午线和赤道线相互垂直。每带的中央子午线作为坐标纵轴 x ,赤道线作为横轴 y ,两线的交点 o 作为坐标原点。在高斯平面直角坐标系中,位于赤道以北各点的纵坐标为正值,以南各点的纵坐标为负值。位于中央子午线以东各点的坐标为正值,以西各点的坐标为负值。我国领土位于赤道以北,一切点的纵坐标均为正值,而横坐标值则有正有负。例如,泰山某点的横坐标 $y_A = 11520\text{m}$,狼山某点的横坐标 $y_B = -115230\text{m}$ 。在 6° 带里,横坐标值最大约为 330km ,为了避免横坐标出现负值,规定横坐标加 500km ,这样每带中一切点的横坐标均为正值。如上例中, $y_A = 500000 + 11520 = 511520 (\text{m})$; $y_B = 500000 - 115230 = 384770 (\text{m})$ 。为了表明相同的坐标值位于哪一带里,规定在横坐标前加上带号。如上例 A 、 B 点均位于20带里,该点的横坐标值分别应为 $y_A = 20511520\text{m}$, $y_B = 20384770\text{m}$ 。一般未加 500km 和带号的横坐标值,称为自然值,加 500km 和带号的横坐标值,称为通用值。

为了减小投影变形误差的影响，当施测大比例尺图时，采用 3° 分带投影法。它是自东经 1.5° 的子午线开始，自西向东以经差 3° 划分为一带，整个地球划分为120个 3° 投影带，如图1-4下半部所示。每个投影带的中央子午线 L'_0 与带号的关系为：

$$L'_0 = 3^\circ n \quad (1-2)$$

式中 n —— 3° 带的带号。

我国 6° 带和 3° 带的中央子午线的经度，均由东经 75° 起，分别每隔 6° 和 3° 进行累计，直至东经 135° 止。

例如，泰山位于 3° 带的第39带里，该带的中央子午线 L'_0 为：

$$L'_0 = 39 \times 3^\circ = 117^\circ$$

(二) 假定平面直角坐标系

进行小矿区的矿图测绘时，应采用统一的高斯平面直角坐标系，使所测的图纸纳入国家统一系统，统一使用。若矿区范围内没有建立国家统一的平面直角坐标系，即没有国家的平面控制点，而又急需测图时，可采用假定的平面直角坐标系。

假定平面直角坐标系，通常以真子午线（或磁子午线）作为南北方向线，即纵轴，记为 x 轴，向北为正，向南为负；与纵轴相垂直的东西方向为横轴，即 y 轴，向东为正，向西为负。一般把坐标原点 o 选在测区西南角，使测区内各点的坐标 x 、 y 值均为正值。

(三) 平面坐标换算

1. 平面坐标换算

在采用假定平面直角坐标系的矿区，当国家控制点建立后，应把矿区控制点与国家控制点进行连接测量和计算，以便将矿区控制点在假定坐标系中的坐标换算为在国家统一平面直角坐标系中的坐标。如图1-5所示，设 x'_M 、 y'_M 为 M 点在假定坐标系中的坐标； x_M 、 y_M 为 M 点在统一坐标系中的坐标； x_0 、 y_0 为假定坐标系原点 o' 在统一坐标系中的坐标； α 为假定坐标系纵轴与统一坐标系纵轴间夹角。

我们现在来推导出坐标换算公式如下：

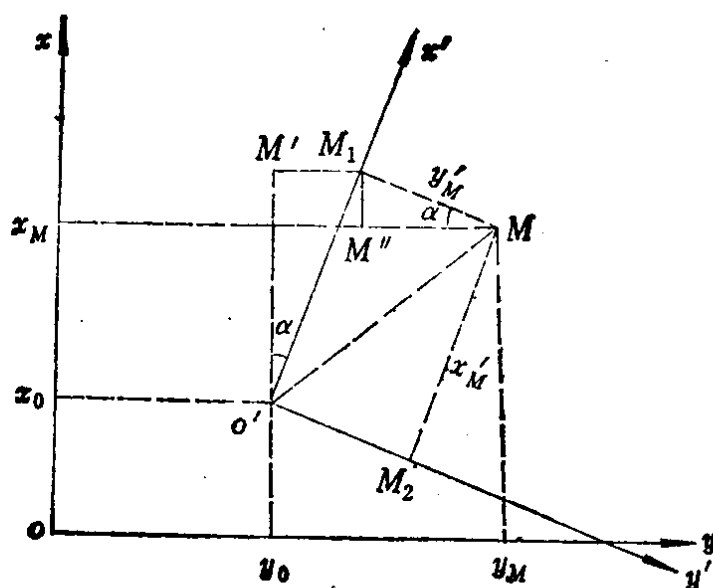


图 1-5

$$\begin{aligned} x_M &= x_0 + O'M' - M''M_1 \\ y_M &= y_0 + M'M_1 + M''M \end{aligned}$$

于是得：

$$\left. \begin{aligned} x_M &= x_0 + x'_M \cos \alpha - y'_M \sin \alpha \\ y_M &= y_0 + x'_M \sin \alpha + y'_M \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-3)$$

2. 测算坐标换算元素

在坐标换算公式 (1-3) 中，通常把假定坐标系原点 O' 在统一坐标系中的坐标 x_0 、 y_0 ，假定坐标系纵轴与统一坐标系纵轴间的偏转角 α ，称为坐标换算元素。当进行坐标换算时，需要知道 x_0 、 y_0 和 α 的数值。为求换算元素数值，在矿区内选择两个控制点 M 和 N (图1-6)。然后把控制点 M 、 N 和国家控制点进行连接测量，并计算出 M 、 N 点在统一坐标系中的坐标 (x_M, y_M) 和 (x_N, y_N) 。因为 M 、 N 点在假定坐标系中的坐标 (x'_M, y'_M) 和 (x'_N, y'_N) 为已知，坐标换算元素数值可按式计算：

$$\left. \begin{aligned} \operatorname{tg} \alpha_{MN} &= \frac{y_N - y_M}{x_N - x_M} \\ \operatorname{tg} \alpha'_{MN} &= \frac{y'_N - y'_M}{x'_N - x'_M} \\ \alpha &= \alpha_{MN} - \alpha'_{MN} \end{aligned} \right\} \quad (1-4)$$

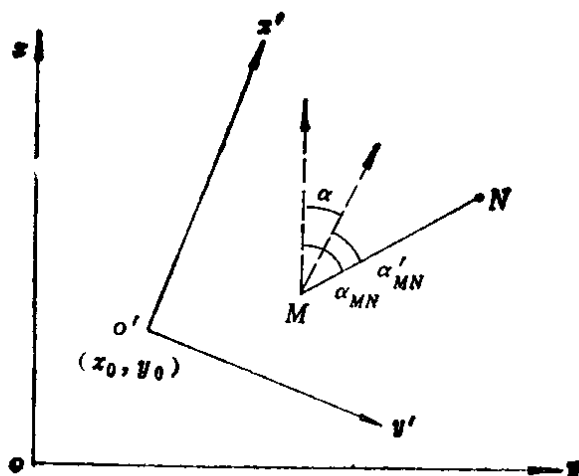


图 1-6

由式 (1-3) 得:

$$\left. \begin{aligned} x_0 &= x_M - x'_M \cos \alpha + y'_M \sin \alpha \\ y_0 &= y_M - x'_M \sin \alpha - y'_M \cos \alpha \end{aligned} \right\} \quad (1-5)$$

为了提高计算坐标换算元素值的精度,应在矿区内多选几个控制点和国家控制点进行连接测算,以便计算换算元素的平均值。

四、高程坐标系

在煤矿测量中,确定地面和井下点的位置,除知道平面坐标外,还需要知道点的高程。要确定井上下点位的高程,就需要有一个统一的高程起算面,测量上通常采用大地水准面作为起算面。我国曾采用青岛验潮站1950~1956年观测成果所推算的黄海平均海水面,作为全国的高程起算面,通常称为1956年黄海高程系。并在青岛市内观象山建立了水准原点,其高程为72.289m。但从潮汐变化周期来看,确定1956年黄海高程系的平均海水面所采用的验潮资料时间较短,还不到潮汐变化的一个周期(18.61年),同时又发现验潮资料中存在粗差,因此有必要重新确定新的国家高程基准。新的国家高程基准面是根据青岛验潮站1952~1979年19年间的验潮资料计算确定。根据这个高程基准面作为全国高程的起算,称1985国家高程基准。1985国家高程基准业经国家批准,于1987年5月26日由国家测绘局发布启用,今后凡涉及高程基准时,一律由原来的1956年黄海高程系改用1985国家高程基

准。以1985国家高程基准为准的高程值，可在1956年黄海高程系高程值上改正一固定数值。

从地面某点（或井下点）到平均海水面的铅垂距离，称为该点的绝对高程（通常简称高程）或海拔（图1-7）。点A、B的高程分别用 H_A 和 H_B 表示。点C在平均海水面以下，用 $-H_C$ 表示。A、B两点高程之差 h_{AB} （ $H_B - H_A$ ）称为高差。

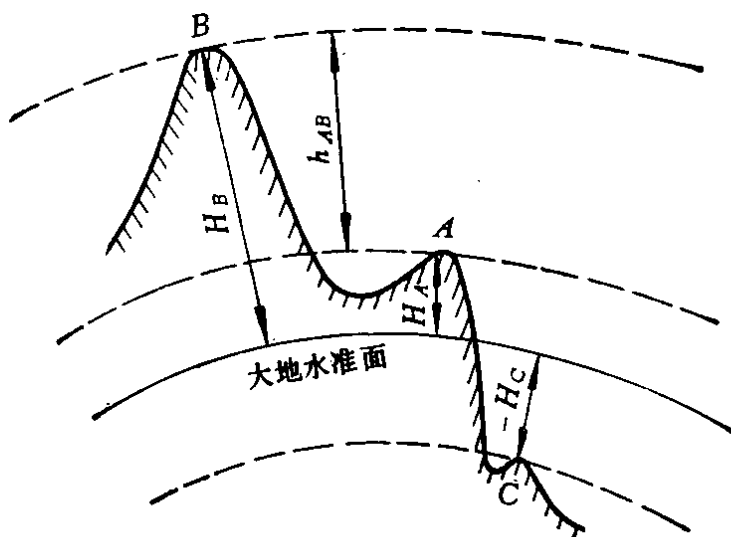


图 1-7

若矿区附近没有国家高程控制点时，可以采用假定高程系，即采用任意水准面作为高程的起算面。井上下各点到假定水准面的铅垂距离，称为假定高程或相对高程。

第三节 直线定向

在平面直角坐标中，可以根据纵横坐标确定点的平面位置。直线的方向如何确定呢？确定直线方向，就是确定直线与标准方向线间的夹角关系。

为了直线定向，必须首先确定标准方向线。在煤矿测量中，一般都是采用统一的高斯平面直角坐标系，在每个投影带里的直角坐标系的纵线，都平行于中央子午线，所以用纵坐标线作为定向标准方向线。直线与坐标纵线间夹角关系，用坐标方位角和象

限角来表示。在实际测量工作中,一般称坐标纵线为坐标南北线。

一、坐标方位角

由坐标纵线的北端起,顺时针方向量到某一直线的夹角,称为该直线的坐标方位角,用 α 表示,角值由 $0^{\circ}\sim 360^{\circ}$ 。在图1-8中,通过O点的四条直线O1、O2、O3和O4,与坐标纵线的水平夹角分别为 α_1 、 α_2 、 α_3 和 α_4 ,表示相应直线的坐标方位角。

在图1-9中,设点1为直线的起点,点2为终点,1-2为直线的正方向。通过点1的坐标南北线(纵轴)与直线1-2所夹的坐标方位角 $\alpha_{1,2}$,称为正坐标方位角;反之, $\alpha_{2,1}$ 称为反坐标方位角。正反坐标方位角相差 180° 。在测量计算工作中,常需要进行正反坐标方位角互相换算,它们相互换算的关系式为:

$$\alpha_{2,1} = \alpha_{1,2} \pm 180^{\circ} \tag{1-6}$$

例: 若 $\alpha_{1,2} = 40^{\circ}$, 则 $\alpha_{2,1} = 40^{\circ} + 180^{\circ} = 220^{\circ}$
 $\alpha_{1,2} = 340^{\circ}$, 则 $\alpha_{2,1} = 340^{\circ} - 180^{\circ} = 160^{\circ}$

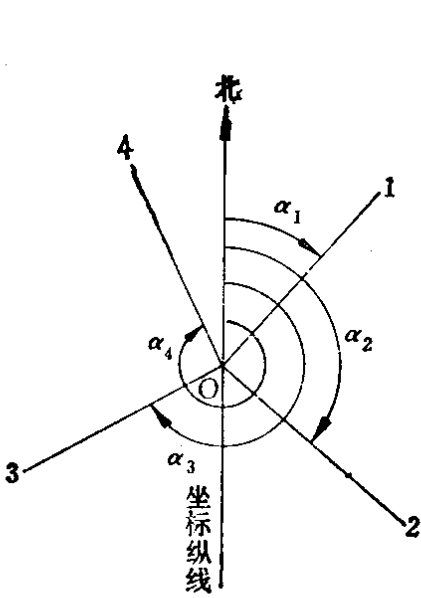


图 1-8

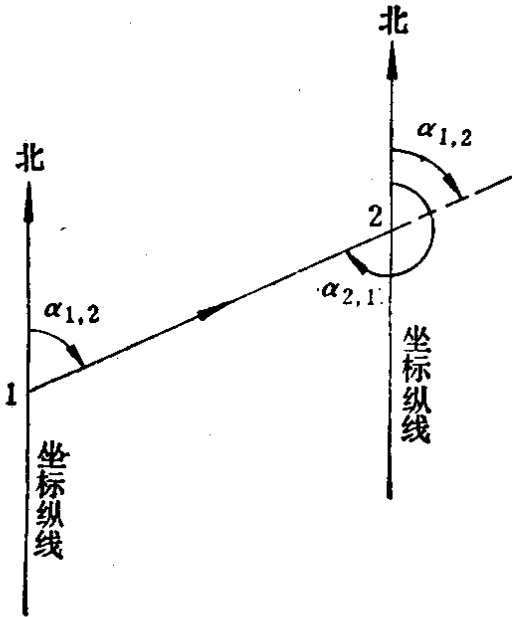


图 1-9

二、坐标象限角

在测量计算工作中,常取直线与坐标南北线间所夹的锐角进行直线定向,即由坐标南北线的北端或南端起,按顺时针或反时针方向量至该直线的锐角,并标出象限角的名称,称为坐标象限