

编写说明

为了适应煤炭系统工人技术培训的需要，提高煤矿工人的技术素质，煤炭工业部劳动工资司组织部分煤炭企业有一定生产实践经验的工程技术人员和煤矿技校的教师，编写了一套在职技术工人培训教材。这套教材包括：《煤矿基本知识》、《采煤工艺》、《平巷掘砌》、《竖井掘砌》、《巷道维修》、《煤矿通风与安全》、《采区电钳工艺》、《煤矿运输》、《煤矿大型设备机械维修与安装》、《煤矿大型设备电气维修与安装》、《煤矿电子技术》、《煤矿测量》、《煤矿地质》、《煤田地质钻探》等。这些书将陆续出版。

这套教材主要适合于培训具有初中以上文化程度的煤矿在职技术工人使用，也可供煤矿基层干部和技术工人自学参考。

《煤矿测量》是由汾西矿务局刘春雷同志编写，经西山、乌达、义马、涟邵、淄博等矿务局一部分生产实践经验比较丰富的工程技术人员和技校教师讨论修改，最后由韩肃博同志审校定稿的。

由于编写时间仓促，缺乏经验，教材中难免有错误或不妥当的地方，请各单位及读者批评指正。

煤炭工业部劳动工资司

目 录

第一章 测量工作基本常识	(1)
(提要)	(1)
第一节 煤矿测量与煤矿测量工人的任务	(1)
第二节 地球的形状大小和地面点位的确定方法	(2)
一 地球的形状和大小	(2)
二 地面点位置的确定方法	(2)
第三节 坐标方位角、坐标象限角和磁方位角概念	(5)
一 坐标方位角	(5)
二 坐标象限角	(5)
三 坐标方位角与坐标象限角的换算关系	(6)
四 磁方位角和磁偏角	(6)
五 子午线收敛角	(7)
第四节 煤矿测量应遵循的一般原则	(7)
一 由整体到局部、由高级控制到低级控制	(7)
二 每项测量要有检查	(8)
三 测量精度应满足工程需要	(8)
第五节 比例尺及其使用方法	(8)
复习思考题及习题	(9)
第二章 井下平面控制测量	(11)
(提要)	(11)
第一节 井上、下平面控制网概述	(11)
一 矿区地面控制网	(11)
二 井下导线控制网	(13)
第二节 矿用经纬仪	(15)
一 经纬仪的测角原理	(15)
二 经纬仪的基本结构	(16)
三 经纬仪的读数方法	(16)
四 经纬仪的精度和使用范围	(19)
第三节 经纬仪的几项重要检验和校正方法	(19)
一 安平水准管的检验校正方法	(20)
二 十字丝的检验校正方法	(20)
三 视准轴的检验校正方法	(20)

四 横轴的检验校正方法	(21)
五 竖盘指标差的检验校正方法	(21)
六 光学对点器的检验校正方法	(21)
七 镜上中心的检验校正方法	(22)
第四节 经纬仪的对中整平操作方法	(23)
一 垂球对中整平的操作方法	(23)
二 光学对中整平的操作方法	(24)
三 自动对中 (即三架法)	(24)
第五节 经纬仪测角方法	(25)
一 测回法 (即方向观测法)	(25)
二 全圆方向观测法	(26)
三 复测法	(28)
四 复测法和测回法的优缺点分析	(29)
五 水平角观测的限差和作业要求	(29)
第六节 井下导线边长的丈量方法	(30)
一 钢尺的比长	(30)
二 钢尺丈量边长的方法	(32)
第七节 井下导线测量的外业工作	(33)
一 前视工作	(33)
二 导线施测中的注意事项和劳动组织	(33)
三 碎部测量	(34)
四 导线的延长	(35)
第八节 井下导线测量的内业计算工作	(35)
一 检查校核记录	(36)
二 计算边长改正数求出平均边长	(36)
三 角度闭合差的计算和分配	(40)
四 推算各边的坐标方位角和象限角	(41)
五 计算坐标增量和坐标增量闭合差并进行分配调整	(42)
六 坐标计算	(43)
第九节 井下导线测量中发生错误时的查找方法	(45)
一 用图解方法查找测角错误	(45)
二 用图解方法查找量边错误	(46)
复习思考题	(46)
第三章 井下高程控制测量	(48)
(提要)	(48)
第一节 高程测量概述	(48)
一 矿区地面高程控制网概述	(48)
二 井下高程测量概述	(49)

第二节 水准测量原理及水准仪、水准尺	(49)
一 水准测量原理	(49)
二 水准仪的构造及其检验校正方法	(50)
三 水准仪的精度和使用范围	(52)
四 水准尺	(52)
第三节 水准测量的方法	(53)
一 地面水准测量	(53)
二 井下水准测量	(57)
第四节 井下水准测量有关规定及其注意事项	(58)
一 井下水准测量有关规定	(58)
二 水准测量的注意事项	(59)
第五节 三角高程测量	(59)
复习思考题	(61)
第四章 测量误差的基本概念	(62)
(提要)	(62)
第一节 测量误差的基本知识	(62)
一 测量误差的种类	(63)
二 算术平均值	(63)
三 中误差	(64)
四 允许误差	(65)
五 相对误差	(66)
第二节 等精度观测时的误差累积规律	(66)
一 和、差累积定律	(67)
二 常数与观测值乘积的中误差	(67)
三 一般线形函数的中误差	(68)
第三节 井下测角误差的概略分析	(68)
一 克服仪器误差的影响	(69)
二 测角方法误差	(70)
三 对中误差	(70)
四 井下测角的总误差	(71)
五 求井下实际测角误差的方法	(73)
第四节 井下量边误差的概略分析	(74)
一 量边误差的估算公式和 a 、 b 值的大小	(74)
二 对各种误差来源的允许值要求	(75)
第五节 井下测角量边误差影响导线终点位置误差的简单分析	(76)
一 测角误差对终点位置的影响	(76)
二 量边误差对终点位置的影响	(77)
三 测角量边误差对终点位置的总影响	(78)

四 起算边方位角和起算点坐标对终点位置的影响·····	(79)
第六节 井下高程测量的误差分析·····	(79)
一 水准测量的误差和估算公式·····	(79)
二 水准测量的精度·····	(80)
三 三角高程测量的误差·····	(81)
复习思考题与习题·····	(82)
第五章 联系测量·····	(83)
(提要)·····	(83)
第一节 联系测量概述·····	(83)
一 联系测量的重要性·····	(83)
二 联系测量的任务·····	(83)
第二节 地面连接导线测量·····	(85)
一 建立近井点和连接点·····	(85)
二 连接导线测量方法·····	(85)
第三节 一井定向的方法和步骤·····	(86)
一 定向前的组织准备·····	(86)
二 定向测量时的安全措施·····	(88)
三 定向投点方法·····	(89)
四 连接测量·····	(91)
第四节 两井定向的方法和步骤·····	(96)
一 外业测量工作·····	(97)
二 内业计算·····	(97)
第五节 陀螺经纬仪定向·····	(103)
一 概述·····	(103)
二 陀螺经纬仪的主要结构和功能·····	(104)
三 陀螺经纬仪定向原理的简单解释·····	(105)
四 陀螺经纬仪定向观测方法与步骤·····	(107)
五 陀螺经纬仪进行矿井定向的程序和要求·····	(113)
六 使用陀螺经纬仪的注意事项·····	(116)
第六节 导入高程测量的方法和步骤·····	(116)
一 钢丝导入高程的方法和步骤·····	(116)
二 钢尺导入高程的方法和步骤·····	(118)
复习思考题与习题·····	(120)
第六章 井下巷道施工测量·····	(122)
(提要)·····	(122)
第一节 井下施工测量的任务和方法·····	(122)
第二节 罗盘仪、半圆仪和罗盘导线测量·····	(123)
一 罗盘原理和悬挂罗盘仪的使用维修·····	(123)

二 悬挂半圆仪.....	(125)
三 罗盘导线测量方法.....	(126)
第三节 中线标定方法.....	(127)
一 标定中线的准备工作.....	(127)
二 实地标定开切点和方向.....	(127)
三 直线巷道标定和中线的延长.....	(129)
第四节 腰线标定方法.....	(130)
一 水准仪标定腰线.....	(131)
二 经纬仪标定腰线.....	(131)
三 半圆仪标定腰线.....	(135)
四 连通水准管标定腰线.....	(136)
第五节 曲线巷道的给线方法.....	(136)
一 定弦线支距法标定曲线巷道.....	(136)
二 任意弦线支距法标定曲线巷道.....	(140)
第六节 磁岔巷道的给线方法.....	(144)
一 检查设计数据, 验算主要尺寸.....	(144)
二 选择并计算标定要素.....	(145)
三 实地标定.....	(146)
第七节 激光指向仪给中腰线的方 法.....	(147)
一 氦—氖 (He—Ne) 气体激光器的基本原理.....	(147)
二 激光指向仪的结构和 维 护.....	(149)
三 激光指向仪给中腰线的方 法和 步 骤.....	(150)
四 激光转向器及其使用 方 法.....	(152)
第八节 通过竖直或急倾斜巷道的定向给 线 方 法.....	(155)
一 通过竖直贯眼 (天井) 的定向给 线 方 法.....	(155)
二 通过急倾斜巷道的定向给 线 方 法.....	(156)
第九节 掘进巷道和回采工作面的验收丈 量 工 作.....	(157)
一 掘进巷道的定期验 收 丈 量.....	(157)
二 回采工作面的测量 验 收.....	(158)
复习思考题与习题.....	(158)
第七章 贯通 测 量.....	(160)
(提要)	(160)
第一节 巷道贯通的类型和贯通测量工 作 步 骤.....	(160)
一 贯通测量的 重 要 性.....	(160)
二 巷道贯通的类型、特点及其允许偏 差 值.....	(160)
三 贯通测量工 作 步 骤.....	(162)
第二节 计算标定要素和实地 标 定.....	(163)
一 沿倾角大于 30° 的导向层贯通水平 巷 道.....	(163)

二 沿导向层贯通斜巷·····	(164)
三 不沿导向层的巷道贯通·····	(166)
四 倾斜和竖直巷道贯通测量应注意的几个问题·····	(168)
五 竖井延深时的贯通测量方法·····	(170)
第三节 提高贯通测量精度的方法·····	(172)
一 长边跳点测角法·····	(172)
二 采用激光指示中腰线·····	(173)
三 重视“重要段落”的导线测量·····	(173)
四 贯通点偏差的简化估算方法·····	(174)
第四节 巷道贯通后实际偏差的测定方法·····	(176)
一 实际偏差值的测定方法·····	(176)
二 贯通地点的中腰线最后调整方法·····	(176)
复习思考题·····	(176)
第八章 建井时期的施工测量·····	(178)
(提要)·····	(178)
第一节 地面建、构筑物的标定方法·····	(178)
一 标定已知坐标点的方法·····	(179)
二 地面建、构筑物的标定方法·····	(181)
第二节 井筒中心和十字中线的标定方法·····	(182)
一 标定前应收集有关资料·····	(182)
二 对十字中线点的要求和标定允许偏差·····	(182)
三 计算标定数据, 绘制标定设计图·····	(182)
四 实地标定和埋设基点·····	(183)
第三节 竖井井筒施工时的测量工作·····	(184)
一 井筒掘进时的给线方法·····	(184)
二 井筒砌壁时的给线方法·····	(186)
三 激光投点仪的安装使用方法·····	(187)
四 井壁纵剖面的测量方法·····	(188)
第四节 罐梁罐道安装时的测量方法·····	(189)
一 罐梁安装时的测量方法·····	(189)
二 钢丝绳罐道安装时的测量方法·····	(190)
第五节 提升设备安装时的测量方法·····	(191)
一 井架安装时的测量方法·····	(191)
二 标定安装天轮的轴线·····	(192)
三 安装提升绞车时的测量方法·····	(193)
第六节 掘进马头门和装载硐室的测量方法·····	(194)
一 马头门施工给中腰线·····	(194)
二 装载硐室施工给中腰线·····	(195)

复习思考题	(196)
第九章 矿区地面小三角测量和地形测量	(198)
(提要)	(198)
第一节 小三角测量	(198)
一 概述	(198)
二 小三角测量的外业	(199)
三 小三角锁的近似平差	(201)
四 中心多边形的近似平差	(203)
五 线形三角锁的近似平差	(205)
六 四边形的近似平差	(211)
第二节 经纬仪交会定点	(213)
一 前方交会	(213)
二 后方交会	(214)
三 侧方交会	(215)
第三节 地形测量的一般原理	(218)
一 视距测量原理	(218)
二 平板仪测量原理	(220)
三 激光地形测绘仪简单介绍	(221)
第四节 地形测量的步骤和方法	(223)
一 测图前的准备工作	(223)
二 地形图上表示地形地物的方法	(224)
三 经纬仪配合小平板仪测绘地形图	(228)
四 测站增设方法	(231)
五 地形图的内业拼接、整饰和检查	(233)
复习思考题	(235)
第十章 矿图与绘制矿图的基本方法	(236)
(提要)	(236)
第一节 矿图投影基本知识	(236)
一 标高投影	(236)
二 井下测量图的几种投影方法	(240)
第二节 矿图概述	(241)
一 矿图的重要性	(241)
二 矿图的种类	(241)
三 矿图的一般规定	(242)
第三节 井田区域地形图和工业广场平面图	(243)
一 图纸的内容和用途	(243)
二 识读和应用方法	(244)
第四节 水平主要巷道平面图和井底车场平面图	(246)

一 图纸的内容和用途·····	(247)
二 识读和应用方法·····	(248)
第五节 采掘工程平面图·····	(251)
一 图纸的内容和用途·····	(251)
二 识读和应用方法·····	(252)
第六节 井上下对照图·····	(253)
第七节 绘制矿图的基本知识和方法·····	(254)
一 常用的绘图仪器、工具及其使用方法·····	(254)
二 坐标方格网的几种画法·····	(256)
三 聚酯薄膜绘图简介·····	(258)
四 日常测量填图·····	(260)
复习思考题·····	(260)
第十一章 地表移动观测及安全煤柱留设·····	(262)
(提要)·····	(262)
第一节 岩层和地表移动过程及移动盆地概念·····	(262)
一 岩层和地表移动概述·····	(262)
二 移动盆地和移动对地面建筑物的影响·····	(263)
三 影响岩层和地表移动的主要因素·····	(265)
第二节 地表移动观测方法·····	(266)
一 地表观测站的设置方法·····	(266)
二 观测方法·····	(272)
第三节 观测资料的整理方法·····	(273)
一 计算所有测点的高程·····	(273)
二 计算各点沿观测线方向的水平距离·····	(273)
三 计算垂直变形·····	(274)
四 计算水平变形·····	(275)
五 计算下沉速度·····	(275)
第四节 安全煤柱的留设方法·····	(277)
一 留设安全煤柱的一般原则·····	(277)
二 留设安全煤柱的方法·····	(277)
复习思考题·····	(286)

第一章 测量工作常识

【提要】

煤矿测量工人的基本任务是及时准确地测绘各种矿图以满足生产的需要；正确标定各种设计工程所指示的位置以及在测量技术人员指导下研究为生产服务的有关煤矿测绘问题。测量工作应遵循由高级到低级、每项测量有检查和测量精度满足实际工程需要这样三个基本原则。

地球是一个表面起伏不平的旋转椭球体，在一般测量中可看作为一个半径为6371.11公里的圆球体。地球表面任一点的位置用它的经度和纬度（或纵坐标和横坐标）表示；其高度用该点至大地水准面的高程表示。地球表面两点连线的直线段方向用坐标方位角、坐标象限角或磁方位角表示。

测量工作的目的是为了确定地面各点的平面位置（称为平面测量）和高程位置（称为高程测量），并根据这些数据绘制成各种生产所需要的图纸。这些图纸是根据用图的精度按一定的比例尺绘制的。

第一节 煤矿测量与煤矿测量工人的任务

从煤矿开始建设起，整个生产过程都离不开测量人员。人们常把测量工作称为“矿山的眼睛”。可见测量工作在矿井生产过程中的重要性。因此，测量工人要想到“眼睛”的作用，就必须了解和掌握足够的煤矿测量知识，熟练地运用各种测量工具和仪器，准确地计算有关数据和绘制各种矿图。

煤矿测量的内容包括矿区地面的控制测量；矿区地形图的测绘；矿区铁路、公路、桥梁、涵洞、工业建筑及各种工程的测设标定；井下巷道开掘、回采等工程的标定、测绘；由开采引起的地表变形的研究等。因此，煤矿测量工人的任务是在测量技术人员的指导下进行下述范围内的工作：

- 1.参与建立矿区地面和井下控制网、测绘矿区地形图及工业广场平面图等；
- 2.参加井上、下各种设计工程的标定工作，并测量绘制成有关的矿图；在工程施工过程中和工程完毕以后按设计规格进行检查测量；
- 3.对地表及岩层的移动进行观测，对需要保护的地面建筑物等留设安全煤柱。
- 4.参加储量管理工作。

随着矿山测量技术的发展，测量方法也在不断地改进。如地面的激光测距、激光地形测量、陀螺经纬仪定向、井下巷道的激光指向、计算工作采用电子计算机、聚脂薄膜绘图和自动绘图技术等。因此，对煤矿测量工人的要求也就越来越高，不仅需要具备熟练的操作技能和积累丰富的实践经验，而且要学习各种测量的基本理论知识和新技术、新方法。

矿山测量学与地质、采矿等学科有着密切的联系，测量工人也应该具备一定的地质知识和采煤知识，才能做好自己的工作，为煤炭事业服务。

第二节 地球的形状大小和地面点位的确定方法

一 地球的形状和大小

地球表面是一个凸凹不平的球面，有高山、平原、海洋、深谷。由于地面上各点的高低不同，野外测量的成果也就是在不同的水准面上获得的。这就需要选择一个有代表性的水准面作为基准面，使测量成果能在这个基准面上进行计算，并获得地面各点（指测量控制点）的坐标。这里所说的水准面是指水的自由静止的表面。地球上海洋面积占整个地球总表面的71%，陆地只占29%，因此，地球的形状可以用静止的海洋水面所包围的地球表面表示。

假设使静止的海洋面无限延伸至大陆下面，这就形成了一个闭合的水准面。这个水准面上任何一点的铅垂线都与该面成正交，这样的水准面称为大地水准面。如果把大地水准面的形状近似地当作地球的形状，可知地球是一个椭圆体（通过卫星测定，并非是严格的椭圆体，赤道不呈圆形，在东经70°位置凹下，140°地方凸出，北极高出，南极低下，近似苹果梨的形状）。这个椭圆体绕短轴 NS 不停地旋转。通常用长半轴 a 和扁率 d （长、短半轴差与短半轴的比值）这两个基本元素来表示地球的形状。如图 1—1 所示。

根据人造地球卫星运行轨道求得的总地球椭圆体的元素值（1967年国际测量协会公布）为：

$$a = 6378168 \text{ 米 (最新测定值 } a = 6378135 \pm 5 \text{ 米)}$$

$$d = \frac{a - b}{a} = 1:298.25$$

由于长半轴与短半轴只相差 1/300，在一般测量中（如煤矿测量）我们可以把地球近似地当作圆球体，它的半径为 6371.11 公里。

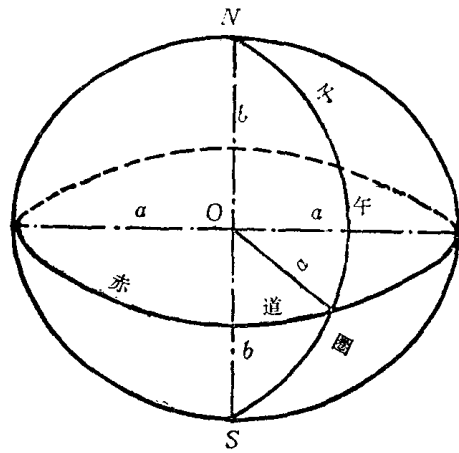


图 1—1

二 地面点位置的确定方法

在测量学中地面上各点的空间位置是用它们在大地上水准面上投影的高程和地理坐标来表示的（投影概念在第十章中学习）。

（一）高程

我国规定取黄海的平均海水平面作为起算高程的大地水准面。所谓高程，是指地面点沿铅垂方向投影到这个基准面的距离。如图 1—2 所示，地面点 A 、 B ……等在大地上水准面上的投影 a 、 b ……等铅垂距离 H_A 、 H_B 、……等，即称为 A 、 B 、……各点的高程（或称为海拔）。两点间的高程差称为高差，常以 h 表示。如图 1—2， A 、 E 两点的高差为 h_{AE} 。地形图上各控制点的高程都注记在该点的旁边。将两个欲求点的高程数值相

减就是这两个控制点的高差。

(二) 地理坐标系

如图 1—3 所示, O 为地球中心, $P-P_1$ 为地球的自转轴, 称为地轴。通过地心并与地轴垂直的平面称为赤道平面; 赤道平面与地球表面的交线称为赤道。当地球旋转时, 地球表面每个点所描出的圆周称为纬线圈。最大的纬线圈就是赤道, 线长为 40075.7 公里, 最小的纬线圈即南北两极点, 线长为零。通过地轴和地表面上任一点 L 的平面 PLP_1 称为过 L 点的真子午面。过 L 点的真子午面与地球表面的交线称为过 L 点的真子午线或经线。通过英国格林威治天文台的真子午线称为首子午线, 它是计算经度的起点。

过 L 点的真子午面与首子午面之间的夹角就叫作过 L 点的经度 (以 λ 表示)。以首子午线为界, 向东、向西分别称东经、西经 (各由 $0^\circ \sim 180^\circ$)。

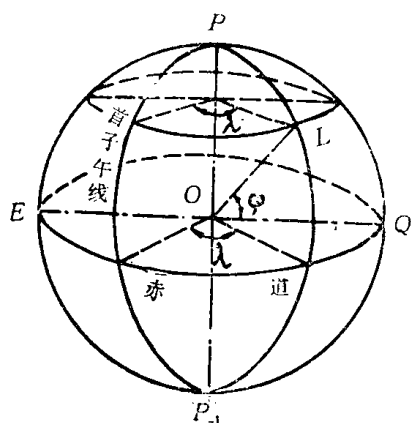


图 1—3

过 L 点的铅垂线与赤道平面之间的夹角叫作过 L 点的纬度 (以 φ 表示)。以赤道为界, 向南、向北分别称为南纬、北纬 (各由 $0^\circ \sim 90^\circ$)。

L 点的平面位置可用过该点的经度和纬度确定。经纬度是用天文观测的方法测定的, 在研究解决大区域的测量工作时可采用地理坐标系统确定地面点的平面位置。

(三) 高斯平面直角坐标系

地球表面是弯曲的球面, 要将一部分展开成平面, 总要产生变形误差。区域越大, 变形误差也就越大。若在一定范围的球面内, 这个变形误差不影响测量精度, 则可把这个范围内的地球表面当作平面看待。这样, 地面点的平面位置就可用高斯平面直角坐标系中的纵坐标和横坐标表示。

高斯平面直角坐标系是指用高斯投影分带的方法, 象切西瓜一样把地球表面按规定要求切成许多条带, 如图 1—4 所示。投影带从首子午线起, 依次向东每隔 6° 划分为一个带。这样可将地球表面切分成 60 个六度带, 然后将每个 6° 带展开成平面。在每个投影带里, 以中央子午线为 x 轴, 赤道为 y 轴, 把两个轴的交点作为坐标原点, 并规定, x 轴向北为正, y 轴向东为正。这就构成了高斯平面直角坐标系。如图 1—5 所示。

每个六度带的中央子午线的经度顺序为 3° 、 9° 、 15° ……等, 具体可按下式计算:

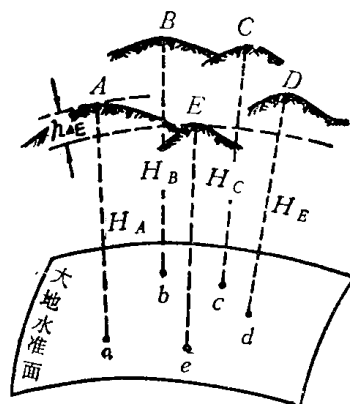


图 1—2

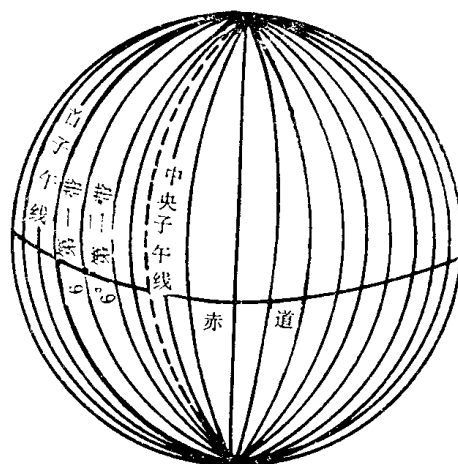


图 1—4

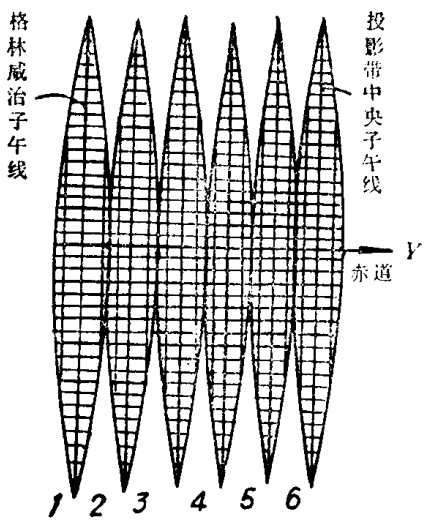


图 1—5

$$\lambda_0 = 6^\circ N - 3^\circ \quad (1-1)$$

式中 λ_0 ——投影带里中央子午线的经度；
 N ——投影带的号数。

在要求投影变形更小的大比例尺测图时，还可以采用 3° 分带的方法。它是从东经 $1^\circ 30'$ 起，每隔 3° 划分为一个投影带，整个地球表面可分为120带。每个带都有它的独立坐标系。

我国的 6° 带和 3° 带的中央子午线的经度，均从东经 75° 起到东经 135° 止，累计为11个 6° 带和22个 3° 带。由世界地图上可以看出，我国位于地球的北半球，纵坐标 x 值总是正的，而每带的横坐标值有正有负。为了不牵涉到坐标值的负号问题，可以通过移轴的方法解决。赤道上经差 3° 的弧长约为300余

公里，若将每个带的坐标原点向西移 500 公里，则带内每点的横坐标值均为正号。这样移轴后，每一带坐标原点的坐标 $x=0$ ， $y=500$ 公里。带内任一点的横坐标都是500公里加上原来的横坐标值。为了分清点在那一带，通常须在横坐标值前加上该点所在带的带号。如图 1—6 b，B 点的横坐标是 $y_B = 46372$ 公里，则表示 B 点处于第46度带中央子午线以西 128 公里处。若 A 点的横坐标是 $y_A = 46628$ 公里，则表示该点处于第46度带中央子午线以东 128 公里处。

(四) 独立直角坐标系

当矿区的范围不很大时（如半径在10公里的圆面积范围内），可用矿区的切平面来代替大地水准面。因为在这个范围内，距离变形的相对误差是很小的（20公里范围内的距离变形的相对误差只有一百二十二万分之一），即使在作很精密的距离丈量

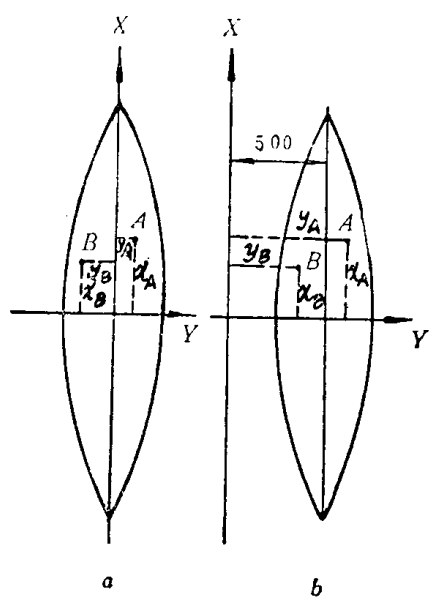


图 1—6

时也可以忽略不计。这时可以采用独立直角坐标

系统。坐标系的原点可以选在本矿区的西南角，以过该角点的真子午线作为 x 轴，向北为正，垂直于 x 轴的直线为 y 轴，向东为正。如图 1—7 所示。

实际测量工作中，地面点的坐标是通过测出点间连线的水平夹角 β ，相邻两点连线的距离 S 和倾角 δ ，然后由已知起点逐步推算出来的；而高程是用仪器测出点间相互高差求得的。如图 1—7，O 点坐标已知，测出角 β_1 、 β_2 和斜距 S_{OA} 、 S_{AB} 以及 OA 、 AB 的

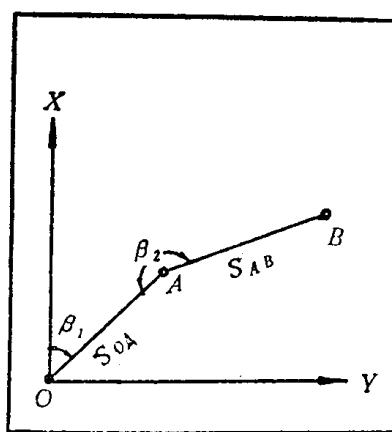


图 1—7

倾角 δ_o 、 δ_A ，然后通过一定的数学运算，才能确定未知点 A 和 B 的平面位置和高程位置。因此，角度测量、距离测量和高程测量是一般测量工作的基本内容。

第三节 坐标方位角、坐标象限角和磁方位角概念

在测量工作中，当计算测点的平面坐标时，首先必须确定两点连线的方向。这个方向是由所采用的坐标系的标准方向确定的。

采用高斯平面直角坐标系统的矿区，用该矿区所处的 6° 带（或 3° 带）的中央子午线作为整个矿区的标准方向；采用独立直角坐标系统的矿区，用坐标原点的真子午线或磁针在该点所指的南北方向，即磁子午线作为标准方向。有了标准方向，就可以采用坐标方位角、坐标象限角或磁方位角表示出直线的方向。

一 坐标方位角

从经过已知直线起点所引的真子午线正方向开始，按顺时针方向量到该直线的夹角 α_i 称为该直线的坐标方位角。坐标方位角的数值由 $0^\circ \sim 360^\circ$ 。从直线起点量得的方位角称为正坐标方位角，由终点量得的方位角称为反坐标方位角。如图 1—8，直线 1—2 由起点 1 到终点 2 的正坐标方位角为 α_1 ，终点 2 到起点 1 的反坐标方位角为 α_2 ，直线 1—3 的正坐标方位角为 α_3 ，反坐标方位角为 α_4 。正、反坐标方位角相差 180° 。

$$\left. \begin{aligned} \alpha_2 &= \alpha_1 + 180^\circ \\ \alpha_3 &= \alpha_4 + 180^\circ \end{aligned} \right\} \quad (1-2)$$

因此，在计算直线坐标方位角时，一定要注意直线的起始方向。

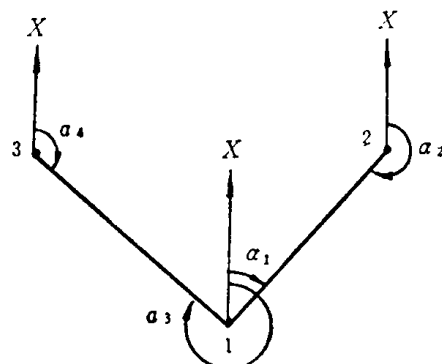


图 1—8

二 坐标象限角

由纵坐标轴方向与直线所组成的锐角称为该直线的坐标象限角。坐标象限角的数值由 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。如图 1—9 所示，直线 01、02、03、04 的坐标象限角分别为 R_1 、 R_2 、 R_3 、 R_4 。

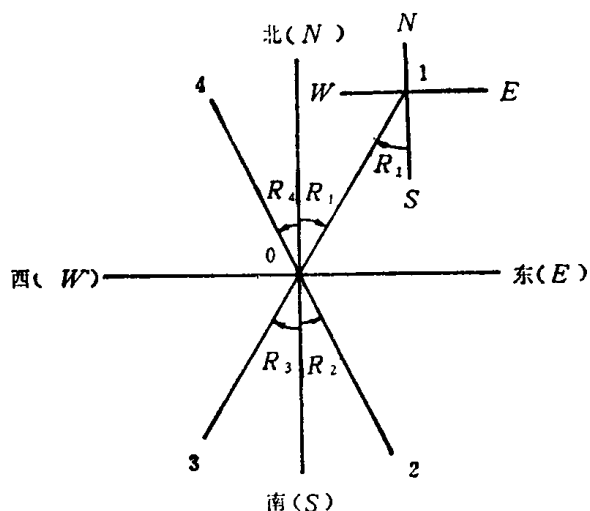


图 1—9

利用坐标象限角定直线方向时，不仅要注明角度值的大小，而且要注明所在的象限。这是由于坐标象限角可以从纵坐标轴北端量起，也可以自南端量起。如上述四条直线的坐标象限角分别称为：北东 R_1 、南东 R_2 、南西 R_3 和北西 R_4 。

同正反坐标方位角一样，坐标象限角也有正反坐标象限角之分。一般沿直线的前进方向为正坐标象限角，反方向为反坐标象限角。正反坐标象限角的角值相同，注字相反。如图 1—9 中 $0 \rightarrow 1$

的正坐标象限角为北东 R_1 (或写为“ NR_1E ”),
 $1 \rightarrow 0$ 的反坐标象限角为南西 R_1 (或写为“ SR_1W ”).

三 坐标方位角与坐标象限角的换算关系

坐标方位角与坐标象限角是表示直线方向的两种方式。由图 1—10 可以看出, 相互间的关系是可以换算的。其相互换算关系列表如下。

例 1, 已知直线 OA 的坐标方位角 $\alpha_{OA} = 165^\circ 20'$, 求其坐标象限角?

解 因为 $90^\circ < \alpha_{OA} < 180^\circ$,

所以 $R = 180^\circ - 165^\circ 20' = 14^\circ 40'$

即直线 OA 的坐标象限角 R 为南东 $14^\circ 40'$, 可写成 $S14^\circ 40' E$ 。

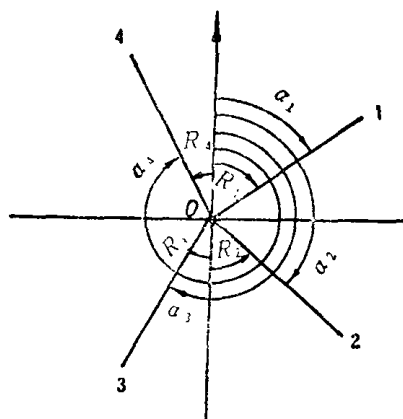


图 1—10

表 1—1

象 限	由象限 (R_i) 求方位角 (α_i)	由方位角 (α_i) 求象限角 (R_i)
I (即北东)	$\alpha_1 = R_1$	$R_1 = \alpha_1$
II (即南东)	$\alpha_2 = 180^\circ - R_2$	$R_2 = 180^\circ - \alpha_2$
III (即南西)	$\alpha_3 = 180^\circ + R_3$	$R_3 = \alpha_3 - 180^\circ$
IV (即北西)	$\alpha_4 = 360^\circ - R_4$	$R_4 = 360^\circ - \alpha_4$

例 2, 已知直线 OC 的坐标象限角为 $N60^\circ W$, 求其坐标方位角?

解 因为 象限角在第 IV 象限,

所以 坐标方位角为: $\alpha_{OC} = 360^\circ - R = 360^\circ - 60^\circ = 300^\circ$

四 磁方位角和磁偏角

当采用独立直角坐标系统的矿区测定真子午线的方向有困难时, 可以利用罗盘的磁针静止时所指的南北线(罗盘原理在第六章学习), 即磁子午线作为标准方向。这时, 磁子午线北端方向与直线的前进方向间的夹角称为该直线的磁方位角。用符号 $\alpha_{磁}$ 表示, 如图 1—11 所示。

由于地球的南北极与地球磁场的南北极不重合, 地面任一点的真子午线与磁子午线也不重合。两者之间相差一个角度 δ , 这个角度 δ 称为磁偏角。磁偏角随着地面点的地理坐标不同而变化。即使在同一地点, 由于时间和季节的不同, 磁偏角的大小也有变化, 不过这种变化数值极小, 通常情况下忽略不计。磁偏角还有一个正负数值问题。当磁针北端偏于真子午线以东时, 称为东偏; 磁针北端偏于

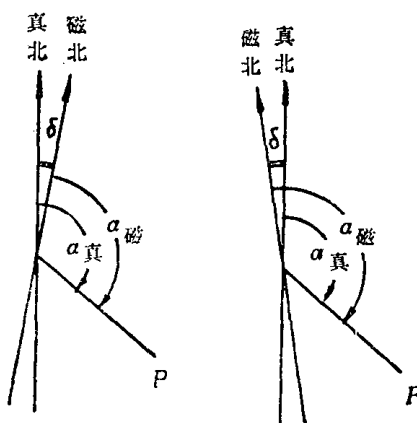


图 1—11

真子午线以西时，则称为西偏。规定东偏为正，西偏为负。在我国东部和沿海地区，磁偏角一般偏西，而西部和南海地区磁偏角一般偏东。地球纬度越高，磁偏角越大。

真方位角与磁方位角之间的换算关系为：

$$\alpha_{\text{真}} = \alpha_{\text{磁}} \pm \delta \quad (1-3)$$

式中 δ 值东偏取正号，西偏取负号。

五 子午线收敛角

由高斯投影分带的方法可知，过地面各点的子午线方向并不是互相平行的，它们最后会聚到地球的两个极点（北极和南极）。也就是说，地面两个任意点的子午线间存在一个夹角，这个夹角称为子午线收敛角，用 γ 来表示。如图 1—12 中， A 、 B 两点的纬度 φ 相同，经度分别为 λ_A 、 λ_B ，经度差为 $\Delta\lambda = \lambda_B - \lambda_A$ ，则 A 、 B 两点间的子午线收敛角 γ 可用下面近似公式计算：

$$\gamma = \Delta\lambda \cdot \sin\varphi \quad (1-4)$$

如果 A 、 B 两点的纬度不同，可取两点的平均纬度进行计算。

在普通测量工作中，因点间直线的距离不太长，子午线收敛角很微小，因此可以忽略不计。但在一些精度要求很高的测量中，如进行陀螺仪定向时，则需要计算待定点的子午线收敛角。计算公式见第五章式（5—28）。

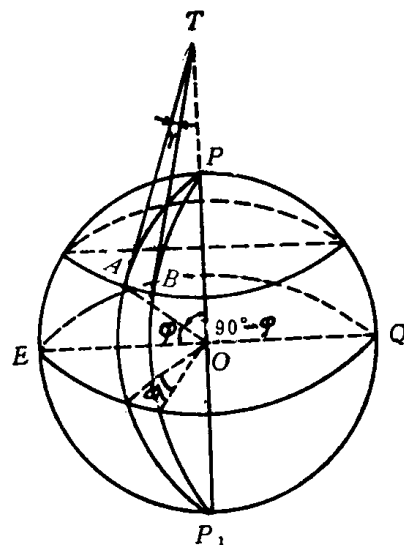


图 1—12

第四节 煤矿测量应遵循的一般原则

测量工作的目的是为了确定地面所需点的平面位置和高程，以便将这些数据绘制成图供生产使用；或者用一定的方法，根据设计资料把各种建筑物及工程（如矿区的铁路、公路、井下的井巷工程）设计位置标定到现场，以便施工。

煤矿测量工作一般应遵循以下三个原则：“由整体到局部，由高级控制低级”；每项测量要有检查；测量精度应满足工程的需要。

一 由整体到局部、由高级控制到低级控制

确定所需点的平面位置的测量工作叫作平面测量，而确定这些点的高程的测量工作则叫作高程测量。矿区内的平面测量和高程测量都应该首先建立控制点，再把这些控制点连成网状的图形，这种网状的图形就叫作控制网。由一系列的三角形连成的网叫作三角控制网，简称为三角网。为测定控制点高程而组成的控制网则称为水准网。控制网各点的坐标位置是用精度较高的测量方法测定的。

矿区地面控制网也是在国家高一级的控制网内布设的。为了测绘地形和进行矿区内的各种标定工作，还必须在矿区控制网的基础上再布设一些满足测图和标定需要的图根点、近井点。矿区控制网起着控制图根点、近井点的作用，所以叫作控制测量；而对图

根点的测量叫作碎部测量（或称为图根测量）。由于控制网中各点对其周围地形、地物位置的控制，就把测量中的误差限定在一个局部范围内，避免了测量误差的累积，这样就保证了测量精度。

当测量区域很大时，需要建立几个等级的控制网，首级控制网的测量精度最高，在首级控制网内再建立精度较低的加密控制网，直到能直接进行碎部测量的图根点。最后，在图根点上测绘周围地形、地物和进行标定工作。这就叫作“从整体到局部，由高级控制低级”（见图 2—1）。

井下工程的测绘和标定同样是按照上述原则进行的。首先由矿区控点建立井口控制基点即近井点，通过联系测量（平面及高程联系测量）将地面平面坐标和高程传递到井下。然后在井下建立基本控制导线和低一级的采区控制导线以及水准控制点。这就保证了地面与井下的统一。

二 每项测量要有检查

在测量过程中不可避免地会产生各种误差。由于粗心大意，也会读错、记错或算错测量所得的数字。即使没有错误，只是误差超过了规定的要求，达不到需要的精度，测量结果也无用。为了避免错误的产生，保证每一步测量程序都按规定的精度进行，就必须按一定的检验程序和方法逐步逐项检查。

三 测量精度应满足工程需要

测量精度是指对一个测量对象观测结果（如图纸）的精确程度。不同的工程用图都提出了对测量精度的具体要求。例如，要求某种工程用图需要地面点间距离误差不超过 0.1 米，那就应该用千分之一的比例尺测图。因为千分之一的测图精度是 0.1 米。要求井下巷道贯通地点的误差，水平方向不允许超过 0.3 米时，就必须通过误差预计，选用合理的测量方法，这样才能够保证贯通相遇点的误差不超过规定。因此，在进行每项测量前，首先要考虑测量方法和工作程序，设计合理的施测方案，确保测量精度能满足工程的需要。

第五节 比例尺及其使用方法

所有的测量图纸在其图名下或在左下角的图例栏上都注有该图的比例尺大小。所谓比例尺，是指测图中，把实地的长度绘制到图纸上时缩小的倍数。具体地说，图纸上的直线长度 d 和相应地面同一直线的水平投影长度 D 的比值就叫作比例尺。即

$$\text{比例尺} = \frac{d}{D} = \frac{1}{\frac{D}{d}} = \frac{1}{M} \quad (1-5)$$

式中 $M = \frac{D}{d}$ 为比例尺的分母，即绘图时缩小的倍数。

比例尺有数字比例尺和图示比例尺两种。用数字表示的比例尺叫作数字比例尺。它的分子为 1，分母通常是 10、100 或 1000 的倍数。例如，1/50、1/500、1/1000 等。比例尺的大小是按分数的比值确定的，它与分母的大小成反比。设地面上某线段的