

全国煤炭高职高专（成人）“十一五”规划教材

煤矿测量

胡海峰 主编



Meikuang Celiang

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

煤矿测量

主 编 胡海峰

副主编 姬 婧 李 璐

中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书根据高等职业院校矿业类主体专业的教学要求,结合煤矿生产实际编写。在讲述常规地质测量方面的基础知识、基本原理和方法的基础上,简要介绍了煤矿井下测量常用仪器的结构、原理和使用方法,并结合具体实例,对煤矿井下测量的方式、方法进行了较为详细的介绍。

本书可作为高职高专和成人高校相关专业学生的教材,亦可供相关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿测量/胡海峰主编. —徐州:中国矿业大学出版社,
2007.11

全国煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材

ISBN 978 - 7 - 81107 - 784 - 1

I. 煤… II. 胡… III. 矿山测量—高等学校;技术学校—
教材 IV. TD17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 174266 号

书 名 煤矿测量

主 编 胡海峰

责任编辑 何 戈 孙建波

责任校对 杜锦芝

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市中国矿业大学内 邮编 221008)

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 17.5 字数 440 千字

版次印次 2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

定 价 27.50 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 建设委员会成员名单

主 任:李增全

副 主 任:刘咸卫 胡卫民 刘发威 仵自连

委 员:(按姓氏笔画为序)

牛耀宏 王廷弼 王自学 王宪军

王春阁 石 兴 刘卫国 刘景山

张 军 张 浩 张贵金 李玉文

李兴业 李式范 李学忠 李维安

杜俊林 陈润叶 周智仁 荆双喜

贺丰年 郝巨才 唐又驰 高丽玲

彭志刚

秘 书 长:王廷弼 李式范

副秘书长:耿东锋 孙建波

煤炭高职高专(成人)“十一五”规划教材 煤矿开采技术专业编审委员会成员名单

主 任:胡卫民

副主任:李学忠 杜俊林 张吉春

委 员:(按姓氏笔画为序)

吕建青 张 浩 张占斌 张登明

李德忠 杨红涛 胡海峰 赵济荣

姬 婧 贾琇明 曾 旗 蒋金泉

漆旺生

前 言

本书是全国煤炭高职高专(成人)院校(专科)矿业类主体专业煤矿开采技术专业的教材,是根据2006年煤炭成人高校(专科)矿业类主体专业“十一五”规划教材的编写要求而编写的,教学时数约为60学时。

根据高等职业技术学院矿业类主体专业煤矿开采技术专业的教学要求,以及煤炭成人高校(专科)矿业类主体专业“十一五”规划教材的编写要求,以培养煤炭高技术应用型专门人才为根本任务,根据测绘科学的发展现状及煤矿开采专业对测绘技术的具体要求,本着科学性、实用性、先进性的编写指导思想,侧重基本理论、基本知识和基本方法的阐述,加强动手能力培养等要求,在充分研究讨论的基础上,我们编写了《煤矿测量》教材。本教材努力贯彻素质教育精神,结合煤矿生产实际,理论教学以够用为度,力求充分吸收测绘新技术、新方法,把教材的基本内容与生产实际相结合,增强实用性,加强实践动手能力和实际技能的培养。教材内容力求做到简明扼要,深入浅出,贴近生产实际,具有较强的实用性。

本书由太原理工大学胡海峰、王冠儒、马超,平顶山职业技术学院姬婧、李璐和山西潞安矿业(集团)有限责任公司屯留煤矿姜涛共同编写。胡海峰任主编;姬婧、李璐任副主编。具体编写分工如下:胡海峰(第九章、第十四章),姬婧(第一章、第二章、第八章第一节~第四节),李璐(第三章、第四章、第十章),马超(第五章、第十一章、第十三章),王冠儒(第六章、第七章、第十二章),姜涛(第八章第五节~第九节)。全书的修改、审校与定稿等工作都由主编完成。

在本书的编写过程中,太原理工大学孔昭壁教授在百忙中对书稿进行了全面的审校,提出了宝贵的意见和建议,在此表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中,参阅了大量的文献,引用了同类书刊的部分资料。在此,谨向有关文献作者表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加之作者水平所限,虽然编者做了很大努力,但书中难免会有错漏及不妥之处,诚请广大读者批评指正。

编 者

2007年6月

目 录

第一章 测量工作的基本知识	1
第一节 测量学的任务和作用	1
第二节 地面点位置的确定	3
第三节 直线定向	8
第四节 测量工作的内容及原则	10
第五节 测量误差的基本知识	11
复习思考题	17
第二章 经纬仪及角度测量	19
第一节 水平角和竖直角观测原理	19
第二节 光学经纬仪的构造及度盘读数	20
第三节 水平角观测	25
第四节 竖直角观测	30
第五节 DJ ₆ 型光学经纬仪的检验与校正	34
第六节 电子经纬仪的原理及使用	39
复习思考题	42
第三章 水准仪及高程测量	46
第一节 水准测量原理	46
第二节 水准测量的仪器及工具	47
第三节 水准仪的使用	49
第四节 水准测量的外业工作	50
第五节 水准测量内业	54
第六节 水准测量新仪器介绍	57
第七节 水准仪的检验与校正	59
第八节 三角高程测量	61
复习思考题	63
第四章 距离测量	64
第一节 地面点的标志和直线定线	64
第二节 钢尺量距	65
第三节 视距测量	70
第四节 电磁波测距	72
复习思考题	75
第五章 矿区控制测量	77
第一节 控制测量的概念	77

第二节	坐标计算基本公式	81
第三节	经纬仪导线测量外业	84
第四节	经纬仪导线测量内业	86
第五节	交会定点	93
第六节	GPS 卫星定位原理	97
第七节	全站仪测量	101
	复习思考题	106
第六章	大比例尺地形图的测绘	108
第一节	地形图的基本知识	108
第二节	地形图的分幅和编号	117
第三节	大比例尺地形图的测绘	123
第四节	地形图的测绘方法	130
第五节	地形图拼接、整饰与验收	133
	复习思考题	135
第七章	地形图的应用	136
第一节	地形图的识读	136
第二节	地形图的基本应用	139
第三节	地形图在工程建设中的应用	141
第四节	地形图上量测面积	145
第五节	数字地形图的应用	149
	复习思考题	152
第八章	施工测量的基本工作	154
第一节	施工测量概述	154
第二节	测设的基本工作	155
第三节	测设点位的方法	158
第四节	施工控制网测量	160
第五节	民用建筑施工测量	163
第六节	工业建筑施工测量	165
第七节	建筑物变形观测概述	167
第八节	圆曲线的测设	168
第九节	井筒中心与井筒十字中线的标定	170
	复习思考题	172
第九章	矿井联系测量	173
第一节	概述	173
第二节	近井点和井口水准基点的测设	175
第三节	一井定向	177
第四节	两井几何定向	180
第五节	陀螺经纬仪定向	182
第六节	导入高程	193

复习思考题	196
第十章 井下平面测量	197
第一节 概述	197
第二节 井下经纬仪导线外业	200
第三节 井下经纬仪导线内业	202
第四节 罗盘仪测量	205
复习思考题	208
第十一章 井下高程测量	209
第一节 概述	209
第二节 井下水准测量	210
第三节 井下三角高程测量	212
第四节 井下高程导线的平差	213
复习思考题	214
第十二章 巷道及回采工作面测量	215
第一节 概述	215
第二节 巷道中线的标定	215
第三节 巷道腰线的标定	221
第四节 激光指向仪及其应用	225
第五节 巷道掘进验收及采区测量	227
复习思考题	231
第十三章 贯通测量	232
第一节 概述	232
第二节 一井内巷道贯通测量	234
第三节 两井间的巷道贯通测量	236
第四节 立井巷道贯通测量工作	241
第五节 贯通测量工作中应考虑的几个问题	243
第六节 贯通后的测量工作	244
复习思考题	245
第十四章 矿山开采沉陷观测	247
第一节 开采过程中的移动和变形	247
第二节 地表移动观测站的设计	253
第三节 地表移动观测和资料整理	255
第四节 岩层移动及破坏监测技术	259
第五节 “三下”采煤观测概述	260
第六节 保护煤柱的留设	261
第七节 保护煤柱设计实例	265
复习思考题	268
参考文献	269

第一章 测量工作的基本知识

第一节 测量学的任务和作用

一、测量学的概念及分类

测量学是研究地球空间信息的科学,具体地讲是一门研究如何确定地球形状和大小及测定地面、地下和空间各种物体的几何形态和数据等信息的科学。它的内容主要包括测定和测设两个部分:测定是指用测量仪器通过对地球表面上的点进行测量、计算,从而获得一系列的测量数据,并根据测得的数据将地球表面的地形缩绘成地形图;测设是指把图纸上规划设计好的建(构)筑物的位置通过测量在地面上标定出来。随着国民经济的发展和科学技术的进步,测量学在生产中的作用越来越大,所涉及的内容也愈来愈丰富,测量学亦随之分出许多分支学科。

(1) 大地测量学:它是研究在地球表面大区域范围内建立国家大地控制网,精确地测定地球的形状和大小以及地球重力场的理论、技术和方法的学科。它为地球科学、空间科学、地震预报、陆地变迁、地形图测绘及工程施工提供控制依据。由于人造卫星的发射和遥感技术的发展,现代大地测量学又分为常规大地测量学和卫星大地测量学。

(2) 地形测量学:地形测量学是研究如何将地球表面较小区域内的地物(自然地物和人工地物)和地貌(地球表面起伏的形态)等测绘成地形图的基本理论、技术和方法的学科。其任务是应用各种测量仪器,按一定的程序和方法,根据地形图图式规定的符号,将地物、地貌测绘在图纸上。

(3) 摄影测量学:它是通过摄影像片和辐射能的各种图像记录手段,对其进行处理、测量、判释和研究,以测得物体的形状、大小和位置的模拟形式或数字形式成果的一门学科。它又分为航空摄影测量学、地面摄影测量学、水下摄影测量学和航天摄影测量学等分支学科。

(4) 工程测量学:它是研究工程建设在勘探、设计、施工和管理阶段所进行的各种测量工作的学科。它是测绘学在国民经济和国防建设中的直接应用。其任务是在城市规划、工业设计、农田水利、交通运输、地质勘探等不同规模和各种要求的工程建设中,完成勘测设计、施工以及竣工后所需的各种各样的测量工作。工程测量按其建设的对象又分为城市测量、铁路工程测量、公路工程测量、水利工程测量、地籍测量、建筑工程测量和工业厂区施工安装测量等。

(5) 矿山测量学:矿山测量学也是采矿科学的一个分支学科,是采矿科学的重要组成部分。它是综合运用测量、地质及采矿等多种学科知识来研究和处理矿山地质勘探、建设和采矿过程中由矿体到围岩、从井下到地面在静态和动态条件下的各种空间几何问题,以确保矿

产资源合理开发、安全生产和矿区生态环境整治的一门学科。

(6) 制图学:制图学是以地图信息传输为中心,探讨地图及其制作的理论、工艺技术和使用方法的一门综合性学科。它主要研究用地图图形反映自然界和人类社会各种现象的空间分布、相互联系及其动态变化,具有区域性学科和技术性学科的两重性,所以亦称地图学。主要内容包括地图编制学、地图投影学、地图整饰和制印技术等。现代地图制图学还包括用空间遥感技术获取地球、月球等星球的信息,编绘各种地图、天体图以及三维地图模型和制图自动化技术等。

(7) 海洋测绘学:海洋测绘学是研究测绘海岸、水体表面及海底和河底自然与人工形态及其变化状况的理论、技术和方法的学科。

以上几门分支学科,既自成体系,又密切联系、互相配合。

二、测量学的主要任务及在煤矿生产中的重要作用

(一) 测量学的主要任务

从宏观方面考虑,测量学的主要任务为:进行精密控制测量和建立国家控制网,提供地形测图和大型工程测量所需要的基本控制;为空间科技和军事工作提供精确的坐标资料;作为技术手段参与对地球形状、大小、地壳形变及地震预报等方面的科学研究。从微观方面考虑,测量学的主要任务为:按照需求测绘各种比例尺地形图;为各个领域提供定位和定向服务;管理开发土地,建立工程控制网,进行施工放样,辅助设备安装,监测建筑物变形以及为工程竣工服务等。

从本质上讲,测量学的任务就是确定地面目标在三维空间的位置。这一般是通过测量角度、距离和高程等几何量来实现的。

(二) 测量学在煤矿生产中的重要作用

在采矿工程中,测量工作贯穿于矿区开发的全过程。

在地质勘探工程中的地质普查阶段,为地质人员提供地形图和有关测量资料作为填图的依据;在地质勘探阶段,要进行勘探线、网、钻孔的标定和地质剖面测量。

在矿井建设阶段,要进行建井和开拓所需的施工和设备安装测量。

在生产阶段,除进行井下控制测量和采区测量外,还要开展矿体几何和储量管理、岩层移动监测和地面建筑物保护、矿区环境治理等工作。

当矿山报废时,还须将全套矿山测量图纸、测量手簿及计算资料转交给有关单位长期保存。

在贯彻执行安全、经济、合理地最大限度采出有用矿物的基本方针的过程中,矿山测量部门在采矿企业中起下列主要作用:

(1) 在均衡进行生产方面起保证作用。在这一方面主要是通过及时提供反映生产状况的各种图纸资料,准确掌握各种工业储量变动情况,参与采矿计划的编制和检查其执行情况来实现的。

(2) 在充分开采地下资源和采掘工程质量方面起监督作用。矿山测量人员应依据有关法令和规定,经常检查各种已完成的采掘工程质量,对充分合理地采出有用矿物进行监督,以减少各种浪费,特别是地下资源的浪费。

(3) 在安全生产方面起指导作用。充分利用测绘的各种矿山测量图,发挥较全面地熟悉采掘工程的特点,及时正确地给出方向,使采矿巷道远离危险区。同时,要尽量准确地预

测由于地下采空后所引起的岩层与地表移动的范围,以避免建筑物的破坏和人身安全事故的发生。

综上所述,矿山测量常被誉为矿山的“眼睛”是有一定道理的。

三、煤矿测量人员必须具备的理论知识

作为一名从事煤矿测量技术工作的人员,在采矿企业中要想出色地完成上述各项任务,充分发挥应有的作用,除了要有很好的政治素质和爱岗敬业的精神外,还应有一定的理论知识和实际经验。根据煤矿测量是测量、地质、采矿及环保边缘学科这一性质,煤矿测量人员应具备以下几方面的理论知识。

(1) 必须全方面掌握测量方面的知识。这方面的知识有地形图测绘、矿区控制测量及GPS卫星定位技术、误差理论与测量平差、矿山测量、矿图绘制、大地测量仪器学、摄影测量等。

(2) 地质方面的知识。必须掌握地质基本理论及矿井地质、矿体几何等知识,以便研究矿体的形状、性质及赋存规律和计算储量、损失量及确定合理的回采率等。

(3) 采矿知识。通过学习采矿方法来了解采矿的全过程,以便更好地参与采矿计划的编制,并进行监督检查和研究岩层与地表移动等问题。

(4) 遥感与地理信息系统和矿区土地复垦知识。便于对采矿引起的环境问题进行监测,对开采沉陷造成的生态环境问题进行综合治理。

为了学习和掌握上述理论知识和国外矿山测量方面的信息,还必须学习一些基础理论知识,如高等数学(含工程数学)、力学(含工程力学)、投影几何、计算机技术、外语及机械制图等。

第二节 地面点位置的确定

一、地球的形状和大小

测量工作是在地球表面进行的,为了确定地面点的位置,就要选择一个合适的投影面作为基准面。由于地球表面很不规则,有高山、平原、深谷、丘陵和海洋等,但这些高低起伏与巨大的地球半径(平均为6 371 km)相比,可以忽略不计。若顾及到地球上陆地面积仅占整个地球表面的29%,而海洋面积占71%,则可以认为地球是被静止的海水面所包围的球体。

地球上任一点都受到重力的作用,重力的方向线称为铅垂线,可用悬挂的垂球线方向来表示。铅垂线是测量工作的基准线。静止的水面所形成的曲面称为水准面。与水准面相切的平面称为水平面。由于水面可高可低,因此水准面有无穷多个,其中与平均海水面重合并向陆地延伸所形成的封闭曲面,称为大地水准面。大地水准面是测量工作的基准面。由大地水准面所包围的地球形体,称为大地体,它代表了地球的自然形状和大小。

水准面有一个重要特性,即过水准面上任意一点的铅垂线与曲面正交。但由于地球内部质量分布的不均匀性,使得铅垂线的方向产生不规则的变化,结果大地水准面就变成了一个有微小起伏变化的不规则曲面,如图1-1所示。为了便于用数学模型来描述地球的形状和大小,通常选择一个非常接近于大地水准面并可用数学式表示的几何形体来代表地球的形状,这个面称为旋转椭球体面或参考椭球体面。如图1-2所示,旋转椭球体的大小由长半径 a 和短半径 b ,或由一个半径 a 和扁率 α 所决定。 α 由下式计算:

$$\alpha = \frac{a-b}{a} \quad (1-1)$$

式中 a, b, α ——旋转椭球体元素。

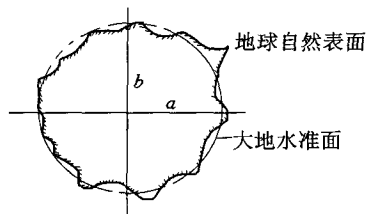


图 1-1 地球的自然表面和大地水准面

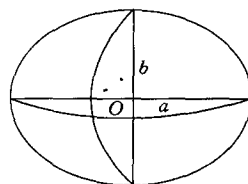


图 1-2 旋转椭球体

世界各国都采用适合本国情况的椭球体元素。我国目前采用的椭球元素数值为：

$$a = 6\,378\,140\text{ m} \quad \alpha = 1 : 298.257$$

选择西安附近的泾阳县永乐镇某点作为大地原点，由此建立的坐标系称为“1980 年国家大地坐标系”。

因地球椭球扁率很小，所以当测区范围不大时，可将地球视为圆球，其半径为 6 371 km。

二、地面点位置的表示方法

测量工作的基本任务是确定地面点的位置。一点的空间位置需要用三个量来确定，在测量工作中，是将地面点 A, B, C, D, E (图 1-3) 沿着铅垂线方向投影到大地水准面上，得到相应投影点 a, b, c, d, e ，则地面点 A, B, C, D, E 的空间位置，就可用点 a, b, c, d, e 在大地水准面上的坐标和地面点 A, B, C, D, E 到大地水准面的铅垂距离 $H_A, H_B, \dots, H_E$ 来表示。

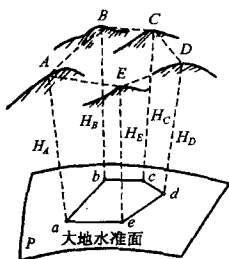


图 1-3 地面点空间位置表示方法

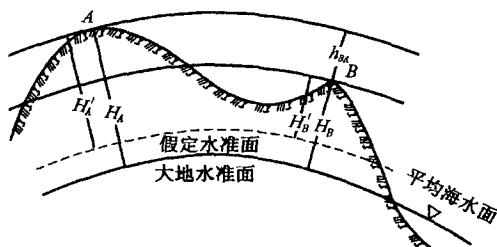


图 1-4 高程与高差

(一) 地面点的高程

1. 绝对高程

地面任一点到大地水准面的铅垂距离，称为该点的绝对高程或海拔高程，用 H 表示，如图 1-3 和图 1-4 中的 $H_A, H_B, \dots, H_E$ 分别表示 $A, B, \dots, E$ 点的绝对高程。

目前，我国采用“1985 年国家高程基准”，它是根据青岛验潮站 1952~1979 年的观测资料确定的黄海平均海水面(其高程为零)作起算面的高程系统，并在青岛建立了水准原点，水准原点的高程为 72.260 m。该基准于 1985 年执行，全国各地的高程都以它为基准进行测算。之前根据 1950~1956 年的验潮资料确定的黄海平均海水面为基准，求出国家水准原点的高程为 72.289 m，这一系统称为“1956 年黄海高程系”。当使用以前的高程测量成果时，应注意高程基准的统一和换算。

2. 假定高程

在局部地区或某项工程建设中,当引测绝对高程有困难时,可以任意假定一个水准面为高程起算面。地面任一点到某一假定水准面的铅垂距离,称为该点的假定高程或相对高程,用 H' 表示,如图 1-4 中的 H'_A 、 H'_B 为 A、B 两点的假定高程。采用假定高程时,应先在测区内选定一个高程基准点并确定其假定高程值,再以它为准推算其他各点的假定高程。但应注意,在一个特定的区域内,只能选择一个假定水准面,否则会发生混乱。

地面上两点间的高程之差,称为高差,用 h 表示,如图 1-4 中,地面点 A 到 B 的高差 h_{AB} 为:

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A \quad (1-2)$$

或地面点 B 与 A 之间的高差 h_{BA} 为:

$$h_{BA} = H_A - H_B = H'_A - H'_B \quad (1-3)$$

由此可见:两点间的高差与高程起算面无关,两点之间高差在理论上大小相等,符号相反,即 $h_{AB} = -h_{BA}$ 。

(二) 地面点的坐标

地面点的坐标常用地理坐标或平面直角坐标来表示。

1. 地理坐标

在球面上,地面点的位置通常用经纬度表示。某点的经纬度称为该点的地理坐标。

如图 1-5 所示,N、S 分别表示地球的北极和南极,NS 为地轴。通过地轴和地球上任意一点 P 的平面与地球表面的交线称为 P 点的真子午线或经线。通过英国格林尼治天文台的子午线,称为首子午线。垂直于地轴的各平面与地球表面的交线,称为纬线。过地心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。

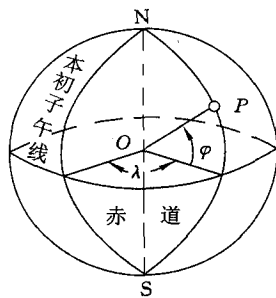


图 1-5 地理坐标

首子午面和赤道面是经纬度的起算面,过 P 点的真子午面和首子午面所夹的二面角,称为 P 点的经度,通常用 λ 表示。经度从首子午线起算,分别向东西方向各度量 $0^\circ \sim 180^\circ$,对东半球称为东经,对西半球称为西经。

经过 P 点的铅垂线和赤道平面的夹角,称为 P 点的纬度,通常用 φ 表示。纬度由赤道起算,分别向南北方向各度量 $0^\circ \sim 90^\circ$ 。我国位于东半球和北半球,所以国内的地理坐标都是东经和北纬。例如北京市某点的地理坐标为东经 $116^\circ 20' 50''$ 、北纬 $39^\circ 55' 37''$ 。

上述以铅垂线为依据,以大地水准面为基准面的地理坐标称为天文地理坐标,并分别以 λ 表示天文经度,以 φ 表示天文纬度;若以椭球面的法线为依据,以参考椭球面为基准面的地理坐标称为大地经纬度,并分别以 L 表示大地经度,以 B 表示大地纬度。两者稍有差异,但差异很小,在地形测量中可不予考虑。

2. 高斯平面直角坐标

地理坐标只能确定点位在球面上的位置,若直接用于工程建设规划、设计、施工,会带来很多计算和测量的不便。因此,须将球面坐标转换为平面直角坐标。把球面上的点位投影到平面上,采用高斯投影的方法,转换后的平面直角坐标是建立在高斯投影面上的,称为高

斯平面直角坐标。

高斯投影的方法如图 1-6(a) 所示, 假想地球为一圆球, 并设想把一个平面卷成一个空心圆柱, 把它横着套在圆球外面, 使横圆柱的轴线 Z_1Z_2 通过圆球的中心, 使圆球上某条子午线与横圆柱相切(称为中央子午线), 在圆球面上的图形与圆柱面上的图形保持等角的条件下, 将中央子午线两侧一定范围投影到空心圆柱的表面上, 然后, 将圆柱体沿着通过南北极的母线切开后展为平面, 就得到投影平面上的图形, 如图 1-6(b) 所示。

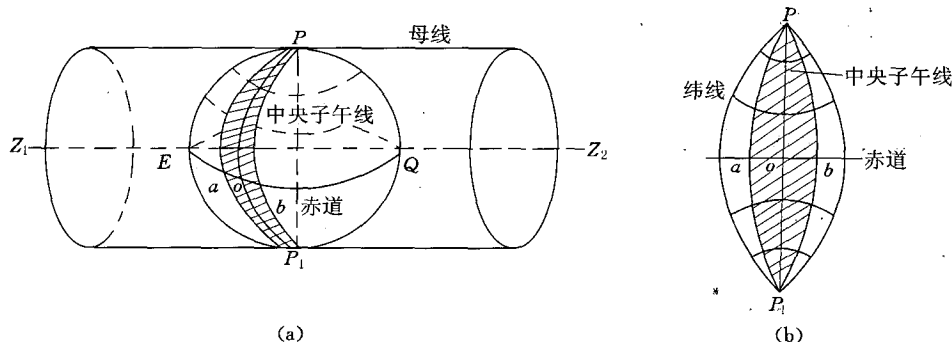


图 1-6 高斯平面直角坐标的投影

以中央子午线为准, 将其左右各 3° 的范围投影, 形成一个 6° 的投影带, 称为 6° 带。整个地球按 6° 的经差分为 60 个带, 然后将每带投影到平面上。如图 1-7 所示, 投影带从首子午线开始, 自西向东编号, 用阿拉伯数字表示。东经 $0^\circ \sim 6^\circ$ 为第 1 带, 东经 $6^\circ \sim 12^\circ$ 为第 2 带, 依此类推, 将整个地球划分为经差相等的 60 个带。

位于每一带中央的子午线称为该带的中央子午线, 第一个 6° 带的中央子午线的经度为 3° , 任意一个带的中央子午线的经度 λ_0 与带号 N 的关系为:

$$\lambda_0 = 6N - 3 \quad (1-4)$$

以中央子午线为准, 将其左右 1.5° 的范围投影, 形成一个 3° 的投影带, 称为 3° 带。 3° 带是从东经

1.5° 的子午线开始, 自西向东每隔 3° 划分为一带, 把地球分为 120 个带。 3° 带的中央子午线有一半同 6° 带的中央子午线重合, 另一半则和 6° 带的分带子午线重合, 这样便于 3° 带和 6° 带的换算。 3° 带的带号 N' 与其中央子午线经度 λ'_0 有下列关系:

$$\lambda'_0 = 3N' \quad (1-5)$$

将投影后具有高斯平面直角坐标系的六度带一个个连接起来, 便得到图 1-8 所示的形状。这种坐标既是平面直角坐标, 又与大地坐标经纬度发生联系, 故可将球面上的点位用平面直角坐标来表示。

高斯投影后每一带的中央子午线与赤道经投影展开后是一直线, 且相互垂直, 其他子午线和纬线仍为曲线, 且相互正交, 因而将中央子午线作为纵轴(即 x 轴), 取赤道为横轴(即 y 轴), 两直线的交点作为原点, 则组成高斯—克吕格平面直角坐标系。

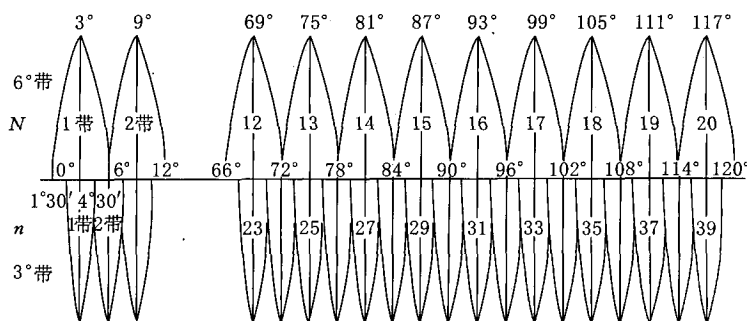


图 1-8 高斯投影 6°带及 3°带中央子午线及带号

我国位于北半球,所以 x 值均为正值,但每个投影带内的横坐标 y ,却有正有负。如图 1-9 所示,为了使横坐标 y 不出现负值,将每带的坐标原点向西移 500 km,即在每带的横坐标上加 500 km,这样每点的横坐标值均为正值。

为了确定地面点所在的投影带,规定在横坐标 y 值的前面写上投影带的编号。未加 500 km 和带号的横坐标值称为自然值,加上 500 km 和带号的横坐标值称为国家统一坐标系的横坐标通用值。

图 1-9 中,设 A、B 两点位于 6°投影带的第 20 带,其横坐标的自然值为:

$$y_A = +136\,780 \text{ m (在中央子午线以东)}$$

$$y_B = -272\,440 \text{ m (在中央子午线以西)}$$

将 A、B 两点横坐标的自然值加上 500 km 后分别为 636 780 m、227 560 m,再在前面加上带号,便得 A、B 两点横坐标通用值为: $y_A = 20\,636\,780 \text{ m}$, $y_B = 20\,227\,560 \text{ m}$ 。

在我国领域内,6°投影带带号在 13~23 之间,而 3°投影带带号在 25~45 之间,没有重叠带号,因此,根据横坐标通用值就可判定投影带是 6°还是 3°。

3. 独立平面直角坐标

大地水准面是曲面,当测量区域较小(如在半径小于 10 km 的范围内)时,可以将其看作平面,把地面点沿铅垂线投影到水平面上,并在水平面上建立独立平面直角坐标系。这样,地面点在投影面的位置就可用平面直角坐标表示。

测量工作中采用的平面直角坐标系如图 1-10 所示。规定南北方向为纵轴,记为 x 轴, x 轴向北为正,向南为负;以东西方向为横轴,记为 y 轴, y 轴向东为正,向西为负。坐标象限按顺时针方向编号,这与数学坐标系的规定不同,目的是便于将数学公式直接应用于测量计算中。一般将独立平面直角坐标系原点 O 选在测区的西南角,以使测区内各点的 x 、 y 坐标均为正值。坐标系原点可以是假定坐标值,也可采用高斯平面直角坐标值。

4. 空间直角坐标系

随着卫星定位技术的发展,采用空间直角坐标来表示空间一点的位置,已在各个领域越

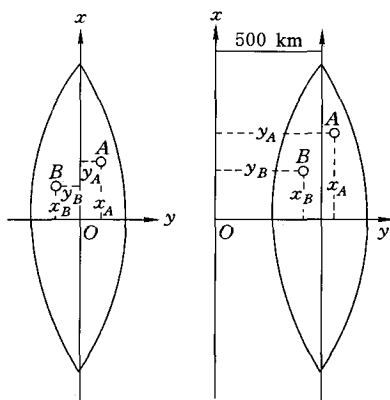


图 1-9 高斯平面直角坐标

来越多地得到应用。空间直角坐标系是以地球的质心为原点 O , z 轴指向地球北极, x 轴指向格林尼治子午面与地球赤道的交点 E , 过 O 点与 xOz 面垂直, 按右手规则确定 y 轴方向, 如图 1-11 所示。

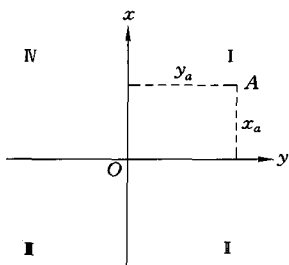


图 1-10 独立平面直角坐标系

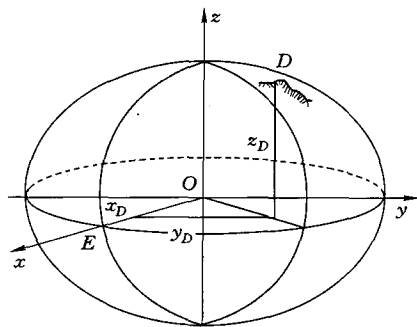


图 1-11 空间直角坐标系

第三节 直线定向

确定地面两点在平面上的相对位置, 除需要确定两点之间的水平距离外, 还要确定两点间直线的方向。确定一直线与标准方向间角度关系的工作, 称为直线定向。

一、标准方向的种类

(一) 真子午线方向(真北方向)

地球表面某点的真子午线的切线方向, 称为该点的真子午线方向。真子午线北端所指的方向为真北方向, 它可以用天文观测方法来确定。

(二) 磁子午线方向(磁北方向)

地球表面某点上磁针自由静止时所指的方向为该点的磁子午线方向。磁针北端所指的方向为磁北方向, 可用罗盘仪测定。

(三) 坐标纵线方向(坐标北方向)

测量工作中, 常采用平面直角坐标系, 坐标纵线北端所指的方向为坐标北方向。

二、直线方向的表示方法

在测量工作中, 常采用方位角或象限角表示直线的方向。

(一) 方位角

1. 方位角的概念

由标准方向的北端顺时针方向到某直线所夹的水平角, 称为该直线的方位角。方位角的变化范围是 $0^\circ \sim 360^\circ$ 。如图 1-12 所示, 直线 OA 、 OB 、 OC 、 OD 的方位角分别为 30° 、 150° 、 210° 、 330° 。

由于选择的标准方向不同, 方位角有不同的定义。以真子午线方向为标准方向的, 称为真方位角, 用 A 表示; 以磁子午线方向为标准方向的, 称为磁方

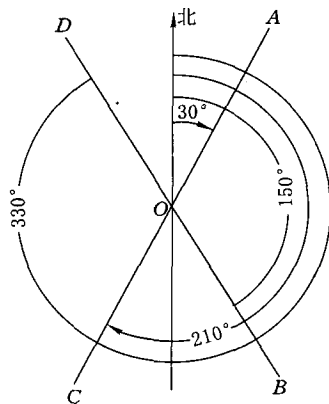


图 1-12 直线的方位角