



普通高等教育“十二五”规划教材

PUTONG GAODENG JIAOYU "12·5" GUIHUA JIAOCAI

煤矿

测量学

主编◎ 窦世卿

MEIKUANGCELIANGXUE



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



普通高等教育“十二五”规划教材

煤矿测量学

主 审 孙 江
主 编 窦世卿
副主编 张红华 赵威成 边占新
参 编 赵占轻 叶 新 马福义

2013

内容简介

本书共分两部分,总共有18章,第一部分共8章,介绍了测量基本技术与方法,是为学好第二部分打基础的知识内容;第二部分共10章,讲述了实用煤矿测量技术,专门讲解矿业类专业尤其是采煤专业实践知识。

本书可作为普通高等院校矿业专业的教材,也可供电大、函授、业余大学的学生及其他生产实践技术人员、自学考试者参考阅读。

图书在版编目(CIP)数据

煤矿测量学/窦世卿编著. —北京:冶金工业出版社,2013.4

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5024-6273-4

I. ①煤… II. ①窦… III. ①煤矿测量—高等学校—教材 IV. ①TD17

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 066238 号

出 版 人 谭学余

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 yjcbcs@cnmip.com.cn

ISBN 978-7-5024-6273-4

冶金工业出版社出版发行;各地新华书店经销;北京明兴印务有限公司印刷

2013 年 4 月第 1 版,2013 年 4 月第 1 次印刷

787mm×1092mm;1/16;23 印张;559 千字;367 页

45.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tuogao@cnmip.com.cn

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

本书是根据煤炭高等院校学校煤矿测量、地下采煤、矿井地质与煤田地质勘探等专业的测量教学大纲要求编写的,本书的编写一方面注重于基本知识、基本理论和基本技能的掌握,有重点地吸纳了具有实际应用价值的现代测量技术和方法;另一方面力争根据矿山测量的特点,在叙述基础理论和基本方法的同时,重视基本技能的培养,并力求做到叙述简明、文字精练、通俗易懂、图文并茂。突出“立足实用、打好基础、强化能力”的教学原则,体现科学性、实用性和前瞻性。本书共分两部分,第一部分为测量基本技术与方法,是知识的基础;第二部分为实用煤矿测量技术,专门针对矿业类专业尤其适合采煤专业学生参考阅读。

本书的具体编写分工情况如下:第一章、第十二章的五、六节、第十五章、第十六章、第十七章、第十八章由窦世卿编写;第二章、第四章由赵占轻编写,第三章、第六章由边占新编写;第五章、第九章由张红华编写;第七章、第八章由叶新编写;第十章、第十一章、第十四章由赵威成编写;第十二章的第一至第四节、第十三章由马福义编写。本书由窦世卿担任主编,张红华、赵威成、边占新担任副主编,孙江教授担任主审。

本书可作为普通高等院校工科矿业类专业开设煤矿测量课程的学生使用,也可供电大、函授、业余大学的学生及厂矿工程技术人员、自学考试者参考阅读。

本书在编写过程中,参考了国内外一些优秀的教材,在此向这些教材的作者表示由衷的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏和不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2013年2月

目 录

第一篇 测量基本技术与方法

第一章 测量学的基础知识	(3)
第一节 测量学与煤矿测量学	(3)
第二节 地面点位的确定	(4)
第三节 用水平面代替球面的限度	(11)
第四节 测量工作概述	(12)
第二章 水准仪及水准测量	(16)
第一节 水准测量原理	(16)
第二节 水准测量的仪器及工具	(17)
第三节 普通水准测量的外业	(23)
第四节 普通水准测量的内业	(28)
第五节 微倾式水准仪的检验与校正	(30)
第六节 水准测量的误差分析及注意事项	(34)
第七节 自动安平水准仪	(36)
第八节 精密水准仪与精密水准尺	(37)
第九节 数字水准仪和条码水准尺	(40)
第三章 角度测量	(43)
第一节 角度测量原理	(43)
第二节 经纬仪的构造原理	(44)
第三节 水平角观测方法	(49)
第四节 竖直角观测方法	(54)
第五节 三角高程测量	(58)
第六节 经纬仪的检验与校正	(59)
第七节 水平角观测的误差分析	(63)
第八节 电子经纬仪	(66)
第四章 距离测量与直线定向	(70)



第一节 钢尺量距	(70)
第二节 视距测量	(75)
第三节 光电测距	(78)
第四节 直线定向	(86)
第五节 全站仪及其使用	(91)
第五章 测量误差及数据处理基础	(102)
第一节 测量误差及其分类	(102)
第二节 测量观测精度的标准	(107)
第三节 误差传播定律	(109)
第四节 误差传播定律的应用	(111)
第五节 权	(113)
第六节 最小二乘原理及其应用	(115)
第六章 控制测量	(121)
第一节 控制测量概述	(121)
第二节 导线测量	(122)
第三节 GPS 卫星定位测量	(132)
第四节 交会法定点	(135)
第五节 高程控制测量	(139)
第七章 大比例尺地形图测绘	(145)
第一节 地形图的基本知识	(145)
第二节 地形图的传统测绘方法	(153)
第三节 全站仪数字测图技术	(161)
第四节 地形图的识读与应用	(164)
第八章 测设的基本工作	(172)
第一节 水平距离、水平角和高程的测设	(172)
第二节 点的平面位置的测设方法	(174)
第二篇 实用矿山测量技术	
第九章 矿井联系测量	(181)
第一节 概述	(181)
第二节 近井点和井口水准基点的测设	(182)
第三节 立井几何定向	(190)
第四节 陀螺经纬仪定向	(203)
第五节 导入高程	(221)
第十章 井下平面控制测量	(226)

第一节	井下平面控制导线的布设与等级	(226)
第二节	井下经纬仪导线角度测量	(229)
第三节	井下经纬仪导线的边长测量	(231)
第四节	井下经纬仪导线测量外业	(233)
第五节	井下经纬仪导线测量内业	(236)
第六节	井下经纬仪导线测量的误差	(237)
第十一章	井下高程测量	(241)
第一节	概述	(241)
第二节	井下水准测量	(243)
第三节	井下三角高程测量	(244)
第四节	巷道纵断面图的测绘	(246)
第五节	井下高程测量的误差	(247)
第十二章	巷道掘进测量	(252)
第一节	概述	(252)
第二节	直线巷道中线的标定	(255)
第三节	曲线巷道中线的标定	(259)
第四节	巷道腰线的标定	(263)
第五节	激光给向	(270)
第六节	立井施工测量	(272)
第十三章	采区测量	(277)
第一节	采区联系测量	(277)
第二节	采区次要巷道测量	(279)
第三节	巷道碎部测量	(282)
第四节	回采工作面测量	(284)
第十四章	贯通测量	(288)
第一节	概述	(288)
第二节	一井内巷道贯通测量	(292)
第三节	两井间的巷道贯通测量	(297)
第四节	立井贯通测量	(301)
第五节	贯通后实际偏差的测定及中腰线的调整	(302)
第六节	贯通时关于井下导线边长化归到投影水准面和 高斯投影中央的改正	(304)
第七节	贯通实测资料的精度分析评定与技术总结	(306)
第十五章	地质勘探工程测量	(309)
第一节	概述	(309)
第二节	地质填图测量	(309)

第三节	勘探工程测量	(310)
第四节	钻探工程测量	(312)
第五节	地质剖面测量	(313)
第十六章	生产矿井储量管理	(316)
第一节	储量的分类级别与变动	(316)
第二节	储量的损失及损失率	(318)
第三节	储量计算的基本方法	(319)
第四节	矿井“三量”计算	(322)
第十七章	地表与岩层移动简介	(326)
第一节	地表与岩层移动的几个基本概念	(326)
第二节	地表移动的观测	(332)
第三节	保护煤柱的留设	(338)
第十八章	煤矿测绘资料与地质测量信息系统	(343)
第一节	概述	(343)
第二节	煤矿基本矿图的种类及其应用	(344)
第三节	计算机辅助制图与矿井地质测量信息系统	(353)
参考文献		(360)

第一篇

测量基本技术与方法



第一章 测量学的基础知识

第一节 测量学与煤矿测量学

一、测量学的概念

测量学是研究地球的形状和大小以及确定地面(包含空间、地下和海洋)点位的科学。它的内容包括测定和测设两个部分。测定是指使用测量仪器和工具、通过测量和计算,得到一系列测量数据,或把地球表面的地形缩绘成地形图,供经济建设、规划设计、科学研究和国防建设使用。测设是指把图纸上规划设计好的建筑物、构筑物的位置在地面上标定出来,作为施工的依据。

测量学是测绘学的一个重要组成部分。测绘学是研究地球的形状和大小以及确定地球表面(含空间、地下和海洋)物体的空间位置,并对这些空间位置信息进行处理、储存、管理的科学。随着科学技术的发展,各方面对测绘学的要求不断变化和提高,测绘学的分科也越来越细,包括有以下学科:

(1)大地测量学:主要研究地球表面及其外层空间点位的精密测定、地球的形状和大小、地球的重力场及其随时间变化的理论和方法。现代大地测量学与地球科学和空间科学的多学科交叉,已成为推动地球科学、空间科学和军事科学发展的前沿学科之一,其研究范围已从测量地球扩展到测量整个地球外空间。

(2)普通测量学:研究地球局部区域,不考虑地球曲率的影响,使用常规测量仪器设备,进行测定和测设点位所涉及的测量理论、技术和方法的学科。本书第一篇主要介绍普通测量学的内容。

(3)摄影测量与遥感学:它由摄影测量、遥感和空间信息系统以及计算机视觉等交叉组成,主要研究利用各种不同类型的非接触传感器,获取模拟的或数字的影像,然后通过解析和数字化方式提取所需的信息,在空间信息系统中以数字形式加以存储、管理、分析和表达,以确定物体的形状、大小和空间位置等信息的理论和方法。摄影测量和遥感可分为地面摄影测量学、航空摄影测量学和航天遥感测量学。

(4)地图制图与地理信息工程学:主要研究以图形和数字形式传输空间地理环境信息的学科。目前,以地理空间信息数据库、计算机地图制图、地理信息系统和计算机网络技术为主体的数字化地图制图,已经取代了传统手工地图制图,并正向以地理空间信息综合服务为核心的信息化地图制图与地理信息工程转变,地理空间信息获取的天、地、空一体化,信息处理智能化,信息服务网络化,正在成为信息时代中现代测绘与地理信息学科的新特征。

(5)工程测量学:研究各种工程建设在规划、设计、施工和运营管理等阶段所进行的各种测量工作的理论、技术和方法的学科。传统的工程测量包括控制测量、地形测量、施工测量、竣工测量和变形监测五大部分。随着测绘技术的飞速发展,工程测量技术形成了两个发展趋势:一是上述五部分不断出现新仪器、新方法和新手段;二是工程测量的应用领域不断扩展,出现了工

业测量和地下管线探测等新的领域,并将测量新技术应用到了各种工程建设的测绘工作中。矿山测量学属于工程测量学的范畴。

(6)海洋测绘学:是对整个海洋空间,包括海洋水体和海底进行全方位、多要素的综合测量以获取包括大气和水文以及海底地形、地貌、地质、重力、磁力、海底扩张等各种信息和数据,并绘制各种用途的专题图片,为经济发展、国防建设和科学研究服务的综合性学科。

二、煤矿测量的任务和作用

测绘科学的应用范围很广,在国民经济建设和社会发展规划中,测绘信息是最重要的基础信息之一;在国防建设中,军事测绘和军用地图是现代化大规模诸兵种协同作战必不可少的重要保障;在科学实验、航空航天、地壳形变和地震预报等研究工作中,也都要应用测绘资料。

煤矿测量学的内容包括:煤矿勘探、基建和生产各阶段及资源的保护与合理开采提供基础技术资料而进行的一切测量、计算和制图等工作。煤矿测量与地面测量相比较,一般来说,地面测量的仪器、方法及基本理论,均能用于煤矿测量。但煤矿测量也具有它自己的特点,煤矿测量的对象主要是井下的各种巷道,会受到各种条件的限制,它的工作条件是在井下黑暗、潮湿、狭窄、行人和运输车辆较多等困难条件下进行的,需要采用适宜的仪器和方法。另外,在具体的测量精度和测量程序上也会跟地面测量有所区别。例如,测量工作在煤矿生产的各个阶段的主要作用有:

(1)在地质勘探工程中的地质普查阶段,要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。

(2)在采矿工程中,测量工作起着重要的作用,在矿区开发的全过程中都要进行测量工作。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。

(3)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。

概况起来测量工作在大力开发煤炭资源中与地质工作紧密配合起先导作用;在均衡生产方面起保证作用;在工作质量及合理利用资源方面起监督作用;在安全生产方面起指导作用。可见,测量工作是煤矿开发中不可缺少的一项技术基础工作。

本书主要包括两篇,第一篇主要介绍了测量学的基础知识;第二篇主要介绍了实用矿山测量技术。第二篇实用矿山测量的理论与方法看起来多而复杂,实质上研究的基本问题仍然是点的空间位置,解决测图与测设两项主要任务。因此,学好第一篇的基础知识部分,打好基础就显得尤为重要。要抓住这个根本,去学习基本理论与方法,才能在实习与生产中联系实际灵活地运用,培养熟练的操作技能和解决问题的本领。

当前,煤炭工业日新月异,煤矿已逐步实现标准化、现代化,传统的地测方法、程序、要求和标准已经不能与之相适应,因此地测工作必须进一步改革、完善和提高。地质和采矿等专业的学生都需要学好测量学,以便在实际工作中可以灵活运用测量知识解决实际问题。

第二节 地面点位的确定

一、地球的形体和测量的基准面

测量工作是在地球的自然表面上进行的。地球表面上有山岭、高原、平原、盆地、河流、海洋

等地形,高低起伏,是不规则的,有高于海平面 8 848.43m 的珠穆朗玛峰,有低于海平面 11 022m 的马里亚纳海沟,地形起伏很大。但是,由于地球半径很大(约 6 371km),地面高低起伏变化的幅度相对于地球半径只有 $\frac{1}{300}$,从宏观上看,仍然可以将地球看作圆滑球体。

为了确定控制点的位置和绘制地形图,就有必要把直接观测的结果归化到一个参考面上,而这个参考面必须尽可能地与地球形体的表面相吻合。因此就有必要认识地球的形体和测量的基准面的问题。

(一)水准面

地球表面大部分是海洋,占地球面积 71%,陆地仅占 29%,所以人们设想由静止的海水面向大陆延伸形成的闭合曲面来代替地球表面。地球上任何一点都要同时受到两个力的作用,一是地球自转而产生的离心力;二是地心的引力。两者的合力就是作用于该点的重力,如图 1-1 所示。重力的作用线是铅垂线。铅垂线是测量工作的基准线。

处于自由静止状态的水面称为水准面。水准面必然处处与重力方向即铅垂线垂直,否则水面就会流动而不能保持静止状态。所以说水准面是一个处处与重力方向(铅垂线)垂直的连续曲面。由于潮汐的影响,海水面有涨有落,水准面就有无数个,并且互不相交。

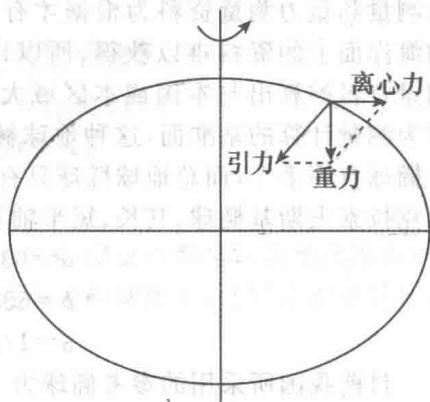


图 1-1 基准线

(二)大地水准面

已经知道,水准面有无数多个。为了使测量成果具有共同的基准面,需要选择一个十分接近地球自然表面又能代表地球形状和大小水准面作为统一的标准。

在测量工作中,把通过平均海水面并向陆地延伸而形成的这个封闭的曲面(水准面),称为大地水准面(见图 1-2),它所包围的形体称为大地体。

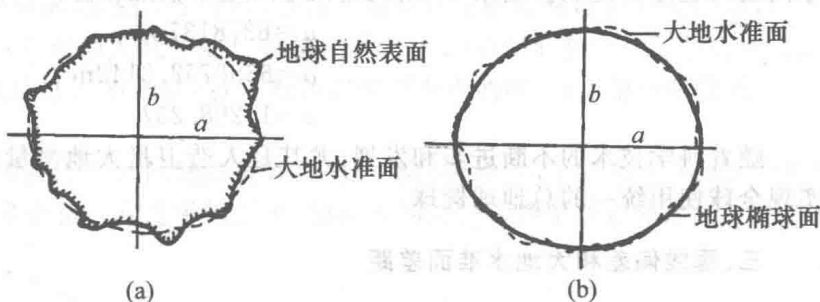


图 1-2 大地水准面

研究证明,在不同水准面上测得的水平角,将其归化到大地水准面上时改化很微小,测得的边长,虽然不能直接作为大地水准面上的长度,但可根据公式将其化算到大地水准面上,地面点的高程则是直接由大地水准面起算,由此可见,大地水准面可以作为测量外业所依据的基准面。

二、参考椭球体

由于地球引力的大小与地球内部的质量有关,而地球内部的质量分布又不均匀,这就引起地面上各点的铅垂线方向产生不规则的变化,因而大地水准面实际上是一个有微小起伏的不规



则曲面,它不是一个几何面,无法用数学公式把它精确地表达出来,因而也就不能确切知道它的形状,也就无法在这个面上进行测量成果的计算。由此看来,必须寻找一个与大地体相近,并能用数学模型表示的规则形体;作为进行测量成果计算的基准面。

长期的测量实践研究已证明,大地体与以椭圆的短轴为旋转轴的旋转椭球体极为接近,而旋转椭球体是可以数学公式严格表示的。因此世界各国通常均以旋转椭球体代表地球的形状,称为地球椭球。如图 1-3 所示,地球椭球的大小和形状以长半轴 a 和短半轴 b 或扁率 α 来表示。

椭球称为总地球椭球。总地球椭球必须以全球范围的天文、大地测量和重力测量资料为根据才有可能确定,然而占地球面积 71% 的海洋面上的资料难以获得,所以许多国家只能根据本区域局部的测量资料推算出与本国或本区域大地水准面密切配合的地球椭球,作为测量计算的基准面,这种地球椭球称为参考椭球。由此可见,参考椭球有许多个,而总地球椭球只有一个,我国从 1949 年起采用苏联的克拉索夫斯基椭球,其长、短半轴及扁率为:

$$a=6378245\text{m}$$

$$b=6356863\text{m}$$

$$\alpha=1/298.3$$

目前我国所采用的参考椭球为 1980 年国家大地测量参考系 (1975 年国际椭球),其长、短半轴及扁率为:

$$a=6378140\text{m}$$

$$b=6356755.3\text{m}$$

$$\alpha=1/298.257$$

当前全球定位系统 (GPS) 所使用的坐标系为 WGS—1984。WGS—1984 椭球采用国际大地测量与地球物理联合会第 17 届大会大地测量常数推荐值:

$$a=6378137\text{m}$$

$$b=6356752.3142\text{m}$$

$$\alpha=1/298.257$$

随着科学技术的不断进步和发展,尤其是人造卫星大地测量技术的运用和提高,已有可能实现全球使用统一的总地球椭球。

三、垂线偏差和大地水准面差距

大地水准面是一个处处与其铅垂线正交的曲面,由于地球的质量分布不均匀,大地水准面不可能是一个简单的几何曲面。所以,不论用一个总椭球面与大地水准面进行配合,还是用一个参考椭球面与部分的大地水准面进行配合,都不可能使两种曲面完全重合,因而只能寻求最佳的配合,使各处的差异达到最小,但差异总是存在。标志大地水准面与地球椭球面之间差异的量为垂线偏差和大地水准面差距。垂线偏差就是地面上一点向大地水准面作一铅垂线与该点向椭球面作一法线之间的夹角,如图 1-4 所示。而大地水准面的差距,是指大地水准面超出椭球面的高度,如图 1-5 所示。

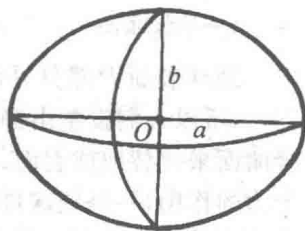


图 1-3 参考椭球体

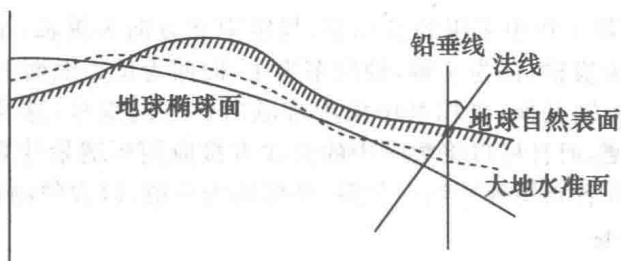


图 1-4 垂线偏差

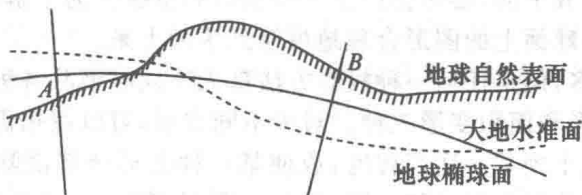


图 1-5 大地水准面

在控制测量中,都以参考椭球面作为计算的基准面,而实际测量时都是以大地水准面(铅垂线)为准的,为此必须把大地水准面为准的测量结果归化到参考椭球面上,然后才能进行计算。

四、地面点位的确定

测量工作的实质是确定地面点的空间位置,通常是求出该点的二维球面坐标或投影到平面上的二维平面坐标以及该点到大地水准面的铅垂距离,也就是确定地面点的坐标和高程。

(一)地面点的坐标

地面点的坐标,根据实际情况,通常可以选用下列坐标系统中的一种来确定。

1. 大地坐标

大地坐标又称大地地理坐标,如图 1-6 所示,是表示地面点在旋转椭球面上的位置,用大地经度 L 和大地纬度 B 表示。 P 点的大地经度 L 就是包含 P 点的子午面和本初子午面所夹的两面角; P 点的大地纬度 B ,就是过 P 点的法线(与旋转椭球面垂直的线)与赤道面的交角。

2. 独立平面直角坐标

大地水准面虽是曲面,常用于大地问题的解算。但当测量区域(如半径小于 10km 的范围)较小时,可以将其当做平面来看待。在这种情况下,地面点的位置可用平面直角坐标来确定。

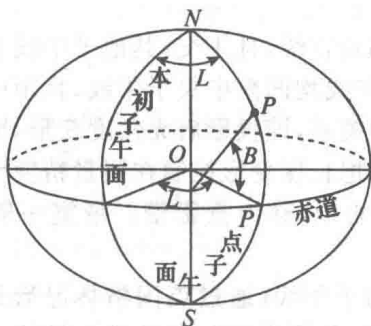


图 1-6 大地地理坐标

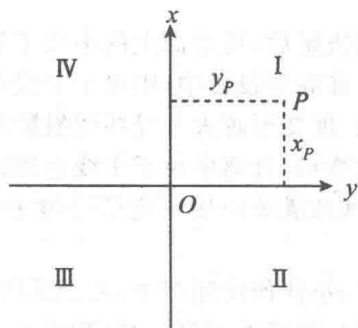


图 1-7 平面直角坐标系



如图 1-7 所示为测量工作中采用的坐标系,规定南北方向为纵轴,记为 x 轴,轴向北为正,向南为负;以东西方向为横轴,记为 y 轴,轴向东为正,向西为负。地面上某点 P 的位置可用 x_P 和 y_P 来表示。 x 轴与 y 轴互换,坐标系中象限按顺时针方向编号,这与数学上的规定是不同的,目的是为了定向方便,而且可以将数学中的公式直接应用到测量计算中。原点 O 一般选在测区的西南角,使测区内各点均处于第一象限,坐标均为正值,以方便测量和计算。

3. 高斯平面直角坐标

当测区范围较大时,就不能把水准面看做水平面。因为球面是一个不可展曲面,它像桔子皮一样,如将它剥开并压成平面,必然会产生一些裂口和重叠。为了解决这个矛盾,必须研究地区投影的问题,以便能将球面上的图形合理地展绘到平面上来。

地图投影的种类很多,但是任何一种投影方法都无法同时消除各种变形。这些变形概括起来,有长度变形、角度变形和面积变形三种。对于不同变形,可以根据需要采用不同的投影方法加以控制,使全部变形减小到某一适当程度,或使某一种变形全部消除。对于地形图的测绘来说,要求投影后的角度保持不变形,同时长度变化也要尽可能小,只有采用正形投影,才能满足上述要求。目前我国采用的高斯投影,就是一种横圆柱正形投影。

高斯投影是设想用一个空心椭圆柱横套在地球椭球外面,使圆柱的中心轴线位于赤道面内且通过球心,并与地球椭球上某一子午线相切,然后按等角投影方法,将中央子午线两侧一定经差范围内的点、线投影到圆柱面上,再沿着过极点的母线展开即成为高斯投影面,如图 1-8 所示。

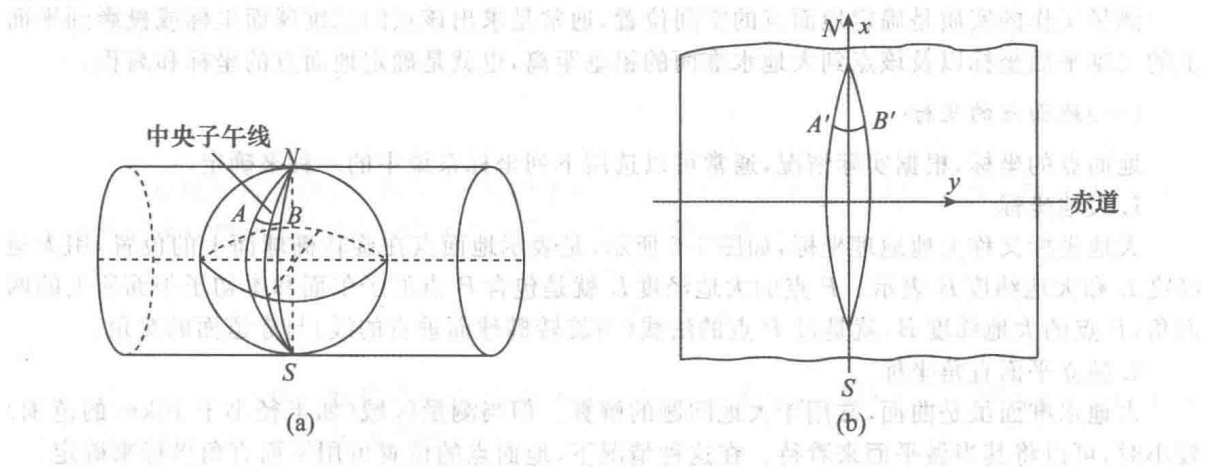


图 1-8 高斯投影方法

高斯投影后,投影面上的中央子午线和赤道的投影都是直线,且正交,其他子午线和纬线都是曲线。在高斯投影中,中央子午线的长度不变,其余子午线均凹向中央子午线,且距中央子午线越远,长度变形越大。经纬线投影后仍保持相互正交的关系,即投影后无角度变形,因此肯定会有长度变形,且离中央子午线愈远这种变形愈大。为了把长度变形控制在测量精度允许的范围内,将地球椭球面按一定的经度差分成若干范围不大的带,称为投影带。带宽一般分为 6° 和 3° 。

在中、小比例尺测图中,大都采用 6° 分带法,即从本初子午线(通过英国格林尼治天文台的子午线)起,每经差 6° 划一带(称为六度带),自西向东将整个地球划分成经差相等的 60 个带。带号从首子午线起自西向东编,用阿拉伯数字 1、2、3、...、60 表示。位于各带中央的子午线,称为各带的中央子午线。第一个六度带的中央子午线的经度为 3° ,任意带的中央子午线经度 L_0 ,

可按下式计算：

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

式中 N —六度带的号数。

当测绘大比例尺图要求投影变形更小时,可采用三度带投影法。它是从东经 $1^\circ 30'$ 起,每经 3° 划分一带,将整个地球划分为 120 个带,每带中央子午线的经度 L_0' 可按式计算:

$$L_0' = 3n \quad (1-2)$$

式中 n —三度带的号数。

分带投影后,各带的中央子午线都和赤道垂直,以中央子午线作为纵轴,即 x 轴;赤道为横轴,即 y 轴;两直线的交点作为原点,则组成高斯平面直角坐标系。这样在每个投影带内,便构成了一个既和地理坐标有直接关系又有各自独立的平面直角坐标系。纬圈 AB 投影在高斯平面直角坐标系内仍为曲线($A'B'$)。将投影后具有高斯平面直角坐标系的六度带和三度带一个个拼起来,便得到图形,如图 1-9 所示。

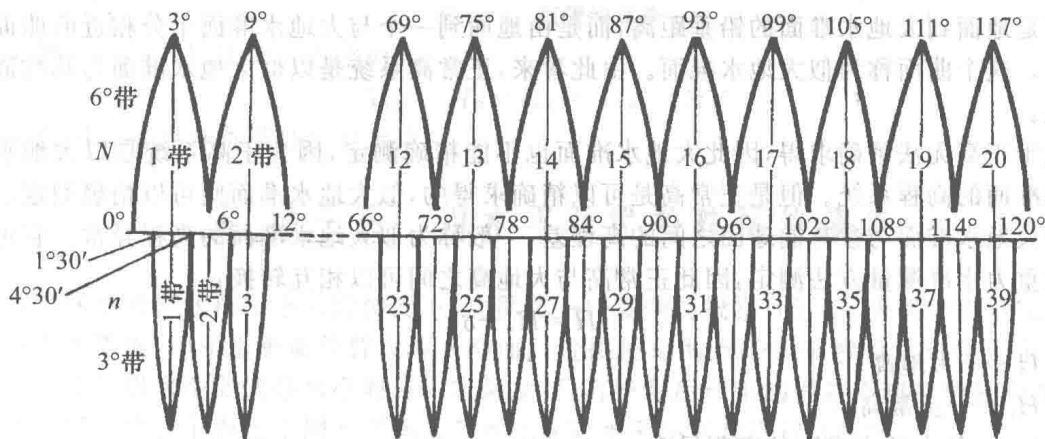


图 1-9 $6^\circ, 3^\circ$ 带投影

我国位于北半球, x 坐标均为正值,而 y 坐标值有正有负。 $y_A = +137\,680\text{m}$, $y_B = -274\,240\text{m}$ 。为避免横坐标出现负值,故规定把坐标纵轴向西平移 500km 。坐标纵轴西移后, $y_A = 500\,000 + 137\,680 = 637\,680\text{m}$; $y_B = 500\,000 - 274\,240 = 225\,760\text{m}$ 。

为了根据横坐标能确定该点位于哪一个六度带内,还应在横坐标值前冠以带号。例如, A 点位于第 20 带内,则其横坐标 y_A 为 $20\,637\,680\text{m}$ 。未加 500km 和带号的横坐标值称为自然值,加上 500km 和带号的横坐标值称为通用值。

(二) 高程系统

高程系统主要有大地高系统、正高系统和正常高系统。

1. 大地高系统

大地高系统是以地球椭球面为基准面的高程系统,与大地坐标系属同一系统。如图 1-10 所示, M 点的大地高是指 M 点沿过该点的参考椭球面法线到椭球面的距离。大地高随所选用的参考椭球不同而异。全球定位系统(GPS)采用 WGS—1984 椭球,利用 GPS 定位技术,可直接测定观测站在 WGS—1984 中的大地高。

大地高系统在工程测量中虽未得到广泛应用,但是它与水准测量资料、重力测量资料等相结合研究大地水准面的形状方面,以及在结合高程异常资料以确定点的正常高方面,都具有