

煤炭
工业出版社
教学
建设委

育“十二五”规划教材
教育协会职业教育教学与教材建设委员会审定

矿 山 测 量

◆ 主 编 李战红



煤炭工业出版社

中等职业教育“十二五”规划教材
中国煤炭教育协会职业教育教学与教材建设委员会审定

矿 山 测 量

主 编 李战红

副 主 编 石永乐

参编人员 刘俊荷 侯 争

煤炭工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

矿山测量/李战红主编. --北京: 煤炭工业出版社,
2011

中等职业教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5020-3859-5

I. ①矿… II. ①李… III. ①矿山测量-中等专业
学校-教材 IV. ①TD17

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 091036 号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)

网址: www.cciph.com.cn

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 787mm × 1092mm¹/₁₆ 印张 13

字数 300 千字 印数 1—5 000

2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

社内编号 6739 定价 26.00 元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 本社负责调换

前言

为贯彻《教育部办公厅、国家安全生产监督管理总局办公厅、中国煤炭工业协会关于实施职业院校煤炭行业技能型紧缺人才培养培训工程的通知》（教职成厅〔2008〕4号）精神，加快煤炭行业专业技能型人才培养培训工程建设，培养煤矿生产一线需要，具有与本专业岗位群相适应的文化水平和良好职业道德，了解矿山企业生产全过程，掌握本专业基本专业知识和技术的技能型人才，经教育部职成司教学与教材管理部门的同意，中国煤炭教育协会依据“采矿技术”专业教学指导方案，组织煤炭职业学（院）校专家、学者编写了采矿技术专业系列教材。

《矿山测量》一书是中等职业教育规划教材采矿技术专业中的一本，可作为中等职业学校采矿技术专业基础课程教学用书，也可作为在职人员培养提高的培训教材。

本书由河南工程技术学校李战红任主编，其编写了模块一、模块三、模块五；石家庄工程技术学校石永乐任副主编，其编写了模块二；河南工程技术学校的侯争编写了模块四的项目一和项目二中的任务一、任务二、任务三、任务四、任务五；石家庄工程技术学校的刘俊荷编写了模块四的项目二中的任务六和项目三。

中国煤炭教育协会职业教育
教学与教材建设委员会

2011年5月

目次

模块一 测量基本知识.....	1
项目一 课程概述.....	1
项目二 点位表示方法.....	4
项目三 直线定向	11
项目四 测量误差及精度标准	15
项目五 测量工作的内容与原则	20
模块二 测量的三项基本工作	23
项目一 角度测量	23
项目二 高程测量	51
项目三 距离测量	67
模块三 测图与测设	80
项目一 控制测量	80
项目二 测图	99
项目三 测设.....	112
模块四 矿井测量.....	121
项目一 矿井联系测量.....	121
项目二 巷道测量.....	134
项目三 保护煤柱留设与“三下”采煤	164
模块五 综合技能训练与测试.....	181
项目一 综合技能训练.....	181
项目二 知识与能力测试题.....	188
参考文献.....	196

模块一 测量基本知识

本模块学习矿山测量的主要任务、点位表示方法、直线定向、测量误差及精度标准、测量工作内容及测量工作应遵循的基本原则。这些内容是学习测量技术的基本知识，也是为学习采矿技术奠定基础。要求学生必须掌握。

项目一 课程概述

知识要点

1. 测量属性。
2. 矿山测量的主要任务。
3. 测量技术发展展望。
4. 课程目标与要求。

技能目标

1. 测量认知。
2. 测量与煤矿设计、生产和管理的关系。
3. 课程学习方法。

相关知识

一、测量学研究的对象和任务

测量学是一门研究地面、地下和空间各物体的空间形态及其空间位置的科学。具体地说，是研究点与点之间相对位置的技术科学和应用科学。因此，简单地说，测量学研究的对象是点的空间位置。

测量学研究的主要任务：

(1) 测图。通过对点位空间信息的测定，确定空间物体的形体，并以图纸作为载体表达这些信息。其步骤是

采集信息—信息处理—制作载体（图）
（测） （算） （绘）

(2) 测设。将图纸上的设计工程信息用测量手段转化为施工信息，为施工提供标志。工程上称为放样或标定。其过程是

读取设计信息—信息转换—设置标志
（读图） （算） （测）

(3) 确定地球的形状和大小。测量学和其他学科一样都是随着人们生产实践的需要而产生并随着社会生产和科学技术的发展而发展。由于科学研究的深入和各学科间的渗透,测量学所涉及的内容及应用范围越来越广,形成了相互独立的学科,主要包括大地测量学、地形测量学、摄影测量学、工程测量学、制图学等。

二、矿山测量研究的对象和任务

矿山测量是以矿山建设和生产为研究对象,用测量、计算和绘图为手段研究和处理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工作空间的各种几何问题,确保矿山资源的合理开发、安全生产和矿区生态环境的治理。矿山测量的主要任务:

- (1) 精确建立井上、下测量控制系统。
- (2) 及时而准确地测绘各种矿图。
- (3) 正确标定井上、下各工程点的位置。
- (4) 研究岩层与地表移动规律。

三、矿山测量在煤矿生产中的作用

在矿山开发过程中,矿山测量起着举足轻重的作用。主要表现在两个方面:

(1) 提供技术支持。在地质勘探阶段,以及建井和生产过程中,需要大量的日常性测量工作,不仅要准确标定工程位置,还要及时填绘各种矿图,为矿井管理人员和工程技术人员了解生产、指挥生产、制订生产计划,编制远景规划提供准确的资料;通过对地表与岩层移动的观测,为确定地表移动范围、“三下”采煤、留设保护煤柱提供理论依据和方法。

(2) 提供技术服务。矿山测量工作贯穿于矿山建设、矿井生产的整个过程。测量工作者不仅是矿业开发中的先锋和尖兵,而且在资源开发过程中,由于测量工作在保证均衡生产、质量监督、安全生产等方面起着重要作用,所以矿山测量学又被誉为“矿山的眼睛”。这是测绘工作者的光荣。

四、测量科学的发展概况

测量学是一门很古老的科学,至少有四千多年的历史。古埃及的尼罗河泛滥后,消除了土地界限,洪水过后需要重新划定地界,这样就需要测量学与几何学的理论与技能。据资料记载,公元前 200 年希腊人埃拉托斯芬为测定地球的形状与大小的第一人。

早在春秋战国时期,已经制成了利用磁石的指南仪器——司南,它是沿用几千年的指南针与罗盘的雏形。大约在公元前 2200 年,夏禹治水时,使用了“左准绳,右规矩”的测量工具和方法。长沙马王堆 3 号汉墓出土了西汉时期的《地形图》和《驻军图》。东汉张衡研制的天球仪与候风地动仪、魏晋时期刘徽的《海岛算经》、西晋裴秀的《制图六体》、唐李吉甫的《元和群县图志》等一系列成就都为我国测绘史增添了光辉。

唐代增一行(张遂)主持了大规模的天文测量,其中包括公元 724 年进行的从河南滑县到上蔡长达 300 km 的子午线弧长测量,并用日圭测定纬度,这是世界上最早的子午线弧长测量。宋代沈括在他的著作《梦溪笔谈》中提出了磁偏角现象,这比哥伦布的发现要早 400 年。

我国清代初期开展了全国性测图工作,1708—1718 年编写了《皇舆全图》。法国在

1730—1780 年进行了全国性地形测量。俄国在 1745 年绘成了欧洲部分地图 13 幅和亚洲部分地图 6 幅。

大约 20 世纪 50 年代开始,不少新的科学技术迅速发展,如电子学、信息论、相干光理论、电子计算机、空间科学技术等,它们推动了测绘科学的发展。1947 年研究利用光波进行测距,到 60 年代中期利用氦氖激光器作为光源的电磁波测距仪就问世了,这是量距工作的一大变革。80 年代电磁波测距仪在白天或黑夜的最大测程就能达到 60 km,而且精度可达 $\pm (5 \text{ mm} + 1 \times 10^{-6})$ 。短测程的测距仪,测程为 1~2 km,误差仅及厘米。

自动安平水准仪的问世,标志着水准测量自动化的开端。1990 年已研制出数字水准仪,可以做到读数记录全自动化。1968 年生产了电子经纬仪,它采用光栅、光学编码来代替刻度分划线,以电信号方式获得测量数据,并可自动记录在存储载体上。陀螺经纬仪与激光经纬仪已应用于工程测量的定向工作。1957 年第一颗人造地球卫星上天。1966 年开始进行人卫大地测量,能以全天候观测,速度快,精度高,对洲际之间、岛屿和岛屿之间及岛屿和大陆之间的联测能既快速又正确。20 世纪 70 年代,通过人造卫星拍摄地球的照片,使航天技术有了广泛发展和应用。80 年代开始发射的全球定位系统卫星,在 90 年代全部完成发射任务。

数字化自动成图系统,其中包括航测数字化成图与全站仪数字化成图,它与传统的方法相比,具有成图周期短、劳动强度小、图纸精度高等无可比拟的优点。

“3S”技术的崛起,其中包括地理信息系统、全球定位系统和遥感,使测绘科学走向更高层次的电子化与自动化。

我国测绘事业自 1949 年新中国成立后进入了迅速发展的时期。1956 年建立了国家测绘总局,建立了全国统一的坐标系统和高程系统,建立了全国范围的大地控制网,测绘了全国基本图和大量不同比例尺地形图。

五、本课程的主要任务和目标

矿山测量是采矿专业学生的一门必修课程,属于采矿类专业的一门技术性课程。主要为学习后续专业课程和将来从事矿井技术管理工作奠定基础。对采矿专业学生而言,虽然不需要直接到井下去测量,但是需要利用测量资料去分析和解决开采技术和管理问题,因此,了解测量工作的基本原理、基本方法、矿图绘制及精度要求是必要的,特别是具备矿图识图和用图基本知识尤为重要。

本课程的主要任务:学习测量学和矿山工程测量的基本内容,具备必需的矿山测量技术的基本知识和基本技能;为学习专业知识和职业技能,提高全面素质、增强适应职业变化的能力打下一定的基础。

学生通过学习应达到下列目标:

- (1) 了解矿山测量技术中的基本概念和基本原理。
- (2) 熟悉测量仪器的结构与使用方法。
- (3) 能用经纬仪导线法布设图根控制点和井下导线点,掌握测回法测量水平角、竖直角和用水准仪进行等外水准测量的方法,并能用计算器完成坐标和高程计算,会整理测量成果。
- (4) 初步掌握大比例尺地形图的测绘方法和巷道施工中线、腰线的标定方法,能正

确阅读和使用各种矿图和测绘资料,能够用岩层与地表移动资料合理留设保护煤柱。

(5) 具有热爱科学、实事求是的学风和创新意识、创新精神。

技能训练

训练一:对测量工作的认识。

训练二:看校院平面图,了解图和测量的关系。

训练三:测量的作用。

训练方法:分组讨论,个人总结;看测量设备录像,了解测量手段。

项目考评

课程概述考评表见表 1-1。

表 1-1 课程概述考评表

序号	考评内容	分值	评分标准	该项得分
1	陈述测量的意义	25 分	叙述简明、准确得 25 分,叙述基本准确得 15 分	
2	陈述测量工作的性质	35 分	认知全面、深刻得 35 分,认知一般得 20 分	
3	怎样学好测量技术,服务 煤矿工作(决心书)	40 分	条理清晰、内容完整、方法得当得 40 分,内容 一般得 25 分	
教师总评		100 分		



复习思考题

1. 测量学研究的主要对象和主要任务是什么?
2. 矿山测量研究的对象和任务是什么?
3. 矿山测量在煤矿生产中的作用是什么?

项目二 点位表示方法

知识要点

1. 测量工作的实质、测量工作的基准面。
2. 大地水准面、参考椭球、水平面、子午面、子午线、纬线、地理坐标、高斯坐标、国家通用坐标、高程、高差等重要概念。
3. 点位表示方法,国家通用坐标和高程的含义。

技能目标

1. 陈述基本概念。
2. 掌握大地点、工程控制点位置表示方法。
3. 重点掌握国家通用坐标和高程的含义。

相关知识

一、测量工作的基准面

1. 测量工作的实质

测量工作的实质是确定地面点的空间位置。在大地测量中,点的空间位置用经度、纬度、海拔表示,而工程上则用平面直角坐标(x, y)和高程(H)表示。数学上是在空间坐标系里用三维坐标来表示点的空间位置的,如图1-1所示。测量工作是在地球表面上进行的,为了确定点的空间位置,先应选择一个合适的投影面作为基准面,在基准面上建立坐标系,然后将地面点沿铅垂线方向投影到基准面上,用它们在基准面上的坐标和它们到基准面的垂直距离来表示它们的空间位置,如图1-2所示。测量工作基准面的选择,以及基准面上坐标系的建立,与地球的形状和大小有关。

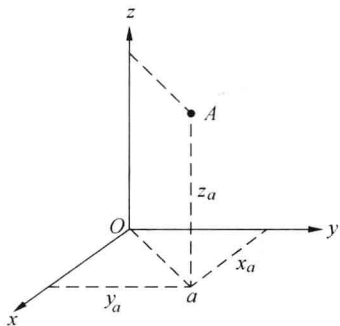


图1-1 点的空间坐标

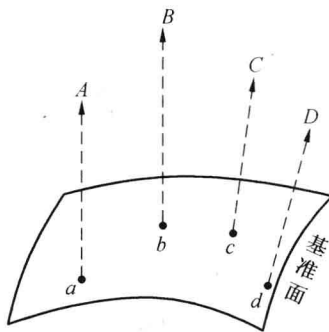


图1-2 地面点的确定

2. 地球的形状和大小

测量工作的基准面是作为测量数据处理、统一坐标计算的基准面。其必须具备两个基本条件:基准面的形状和大小尽可能接近地球总的形体,能用简单的几何体和方程式表示。

地球表面的形状十分复杂,不便于用数学式来表达。通过测绘工作者的长期实践和科学调查,发现地球表面积约为 510083042 km^2 , 其中,海洋占 70.8%, 陆地占 29.2%。我国境内的喜马拉雅山的主峰——珠穆朗玛峰,高出海面 8846.27 m, 位于太平洋西部的马里亚纳海沟,则低于海平面 11022 m, 两者之间的高度差近 20000 m。尽管有这样大的起伏,但从宏观上看,这些高低差异与巨大的地球半径(平均为 6371 km)相比,可以忽略不计。因此,地球总的形体可视为由海水面穿过陆地所包围的形体。

3. 测量工作的基准面

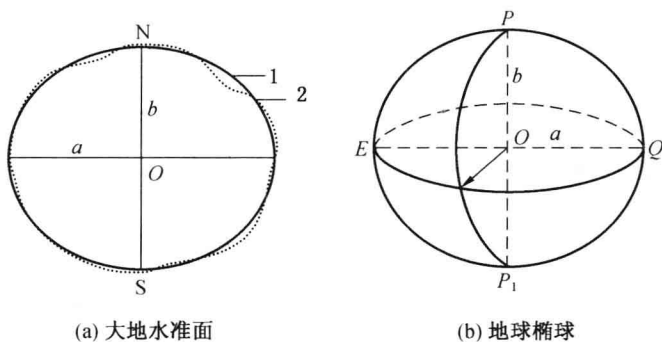
自由静止的水面称为水准面,水准面有无数个。海水面不是静止的,而是有波浪和潮汐。海水面忽高忽低,其中通过平均海水面的水准面(与静止的海水面最接近),称为大地水准面。大地水准面包围的形体称大地体,它可以代表地球的形状和大小。

由物理学可知,大地水准面是个重力等位面,处处与重力方向垂直。大地水准面虽然比地球的自然表面要规则的多,但由于地球内部物质分布的不均匀性,导致地球上各点的

铅垂线方向产生不规则的变化,这就使得大地水准面实际上是一个略有起伏变化而不规则的曲面,如图1-3a所示,它的精确形态目前还无法用数学模型来描述。因此,测量上选择了一个与大地水准面总形体非常接近并能用数学式表达的面作为基准面。这个面是由一椭圆绕其短轴旋转而成,称为旋转椭球面。测量上把概括地球总形体的旋转椭球面称为地球椭球面,把适合区域性如一个国家领土的旋转椭球面称为参考椭球面。椭球的形状和大小,可由元素 a 、 b 、 α 来描述,如图1-3b所示。我国采用1975年IUGG(国际大地测量与地球物理联合会)推荐的地球椭球,其元素为

长半轴: $a = 6378140 \text{ m}$
 短半轴: $b = 6356755.3 \text{ m}$
 扁率: $\alpha = 1 : 298.257$

测量工作就是以椭球面作为基准面,并把这个面充当地球的数学模型,在上面建立与地球一一对应的坐标系,从而确定地面点的位置。对工程测量而言,是把参考椭球用高斯投影理论变为高斯投影平面作为基准面的,面积在 100 km^2 的小区域测量可用水平面作为基准面。



1—地球表面; 2—大地水准面
 图1-3 大地水准面和地球椭球

总之,测量工作的基准面有水准面(野外测量基准面)、大地水准面(高程基准面)、参考椭球面(大地测量的基准面)、高斯投影面(工程测量的基准面)、水平面(小区域测量基准面)。

二、测量常用坐标系

1. 地理坐标系

地理坐标系是一球面坐标系,在地理坐标系中,地面点在球面上的位置用经度和纬度表示的称为地理坐标。

在图1-4中, PP_1 为椭球的旋转轴, P 表示北极, P_1 表示南极, O 表示球心。通过椭球旋转轴的平面称为子午面,而其中通过英国格林尼治天文台的子午面称为起始子午面。子午面与椭球面的交线称为子午线。通过椭球中心且与椭球旋转轴正交的平面称为赤道面,赤道面与椭球面的交线称为赤道。与赤道面平行的平面和椭球表面的交线称为纬线。起始子午面和赤道面是确定地面某一点地理坐标的基准面。

图1-4中, L 点的经度是该点的子午面与首子午面所构成的二面角, 以 λ 表示。经度由首子午面起向东、向西各度量 $0^\circ \sim 180^\circ$, 在首子午面以东者称为东经, 以西者称为西经。

L 点的纬度是通过该点的铅垂线与赤道面之间的夹角, 以 φ 表示。纬度以赤道平面为基准, 向北、向南各度量 $0^\circ \sim 90^\circ$, 在赤道以北者称为北纬, 以南者称为南纬。例如, 北京的地理坐标 (λ, φ) 为东经 $116^\circ 23'$, 北纬 $39^\circ 54'$ 。

2. 高斯平面直角坐标系

当我们研究小区域地球表面的测量问题时, 可以把小区域地球表面视为平面, 在平面上建立平面直角坐标系, 用平面坐标表示点位。但是如果测区范围较大, 就不能把地球表面当做平面看待, 需要按照地图投影的方法, 把地理坐标转化为直角坐标, 将球面上的点投影到平面上。我国采用高斯投影法, 即由高斯提出的横圆柱正形投影理论。经克吕格补充研究完成的高斯—克吕格坐标就是建立在高斯投影面上的直角坐标。

椭球面是一个不可展曲面, 将椭球面上的图形转换为平面必然产生一定的变形。为了控制由曲面正形投影到平面时引起的长度变形, 高斯投影采取了分区分带的投影方法, 使带内最大的变形控制在测量允许的范围内。现仅从几何关系上作简要说明。

为了方便研究把地球作为一个圆球看待, 设想将一个平面卷成圆柱形, 把它套在地球外面, 使圆柱面恰好与地球表面上的某一子午线相切(图中与 POP_1 相切), 这条子午线称中央子午线或轴子午线, 如图1-5a所示。如果在地球表面上以不同的子午线分别与圆柱面相切, 并以地心为投影中心, 把地球表面分别投影到圆柱面上, 则可以把地球表面分成若干个瓜瓣形地带。然后将圆柱的母线剪开展呈平面, 即高斯投影平面, 如图1-5b所示。

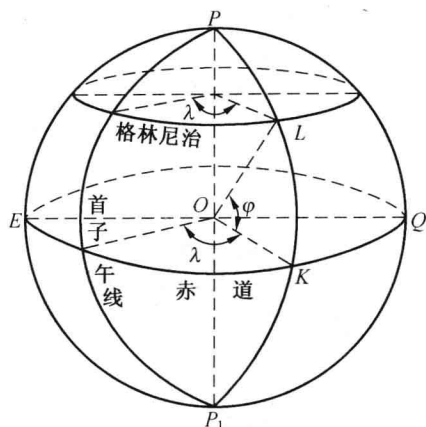


图1-4 地理坐标

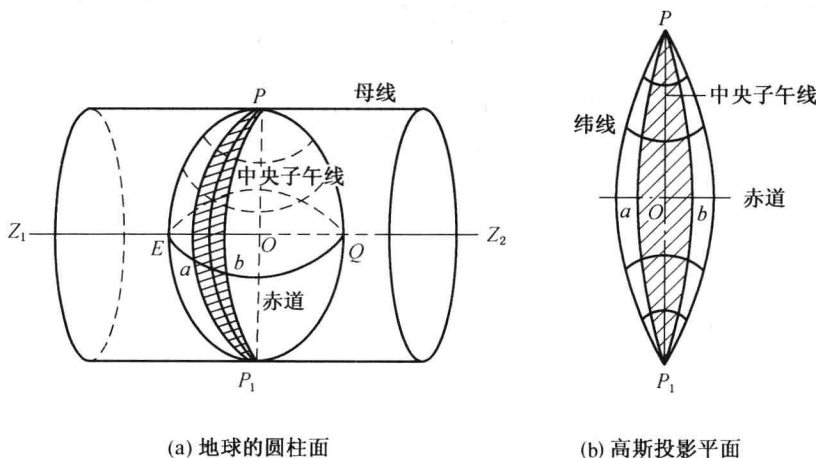


图1-5 高斯投影

我国的分带投影是按照经度将地球划分为 60 个 6° 带, 从 0° 子午线开始每隔经度差 6° 划分为一带, 即 $0^\circ \sim 6^\circ$ 、 $6^\circ \sim 12^\circ$ 、 $12^\circ \sim 18^\circ \dots$ 分带带号 N 自西向东依次为 1 ~ 60, 如图 1-6 所示。位于各带边上的子午线称为分带子午线, 位于各带中央的子午线称为中央子午线, 各带中央子午线的经度 λ_6 可按式计算:

$$\lambda_6 = 6^\circ N - 3 \quad (1-1)$$

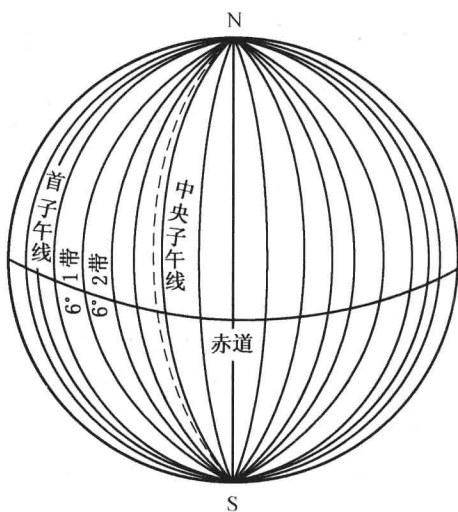


图 1-6 分带

投影时每带独立进行, 将投影平面与中央子午线相切, 按中央子午线投影为直线, 且长度不变形, 赤道投影为直线的条件进行投影。投影后, 展开投影面, 即高斯投影面。在高斯平面上除中央子午线与赤道的投影构成两条相互垂直的直线外, 其余子午线均为对称于中央子午线的曲线, 而且距离中央子午线越远, 长度变形越大, 如分带子午线的变形就大于带内其他子午线的变形, 如图 1-5b 所示。为了控制变形, 满足大比例尺测图和精密测量的需要也可采用 3° 带, 如图 1-7 所示。 3° 带是在 6° 带的基础上划分的, 3° 带是从东经 1.5° 开始, 自西向东每隔 3° 为一带, 带号 N 依次为 1 ~ 120。各带中央子午线的经度 λ_3 可按式计算:

$$\lambda_3 = 3^\circ N \quad (1-2)$$

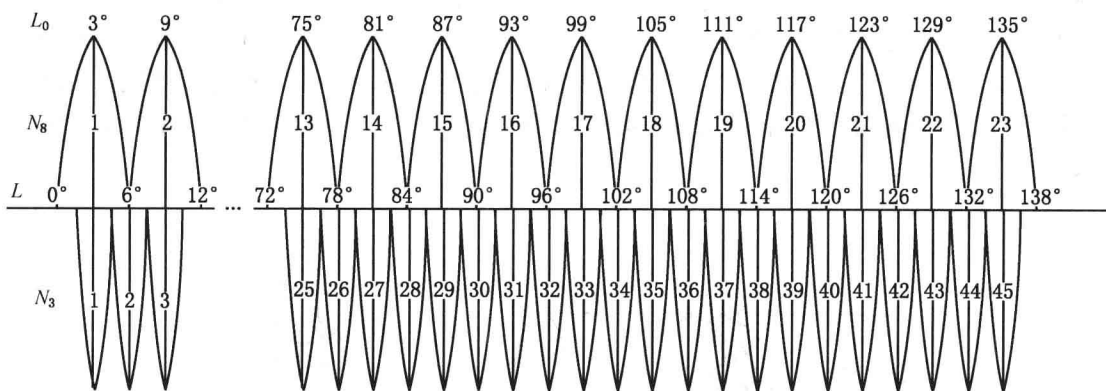


图 1-7 投影带

例如, 首都北京位于东经 $116^\circ 23'$, 所在 6° 带和 3° 带的中央子午线经度为 $\lambda_6 = \lambda_3 = 117^\circ$, 则由式 (1-1) 和式 (1-2) 得

$$N = \frac{\lambda_6 + 3^\circ}{6^\circ} = \frac{117^\circ + 3^\circ}{6^\circ} = 20$$

$$N = \frac{\lambda_3}{3^\circ} = \frac{117^\circ}{3^\circ} = 39$$

可见,北京的 6° 带号为20, 3° 带号为39。

采用分带投影后,取各带的中央子午线为 x 轴,赤道为 y 轴,其交点为原点,从而建立起每个投影带独立的高斯平面直角坐标系。

点在高斯平面直角坐标系中的表示方法,如图1-8a所示。

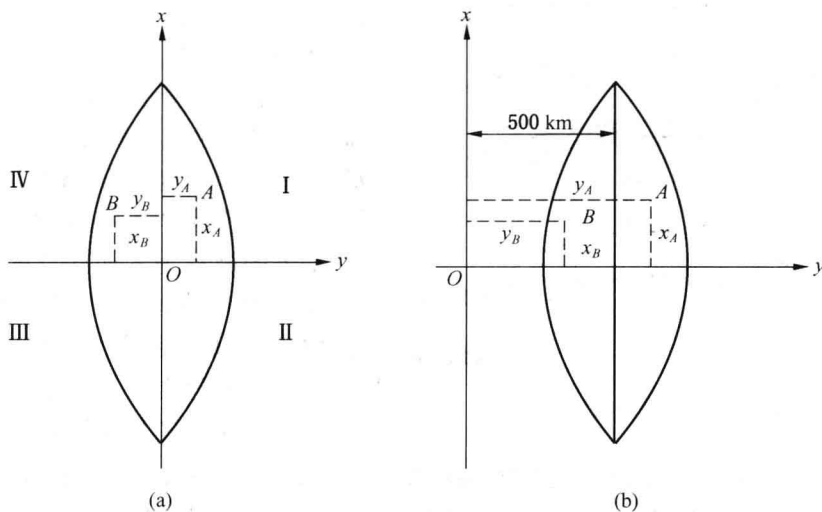


图1-8 高斯平面直角坐标

3. 国家通用坐标

我国位于北半球, x 坐标值为正,横坐标值 y 则有正有负,中央子午线以东为正,以西为负。这种以中央子午线为纵轴的坐标值,称为自然坐标值。为了使横自然坐标值不出现负值,规定每带坐标纵轴向西平移500 km计算坐标,如图1-8所示。这样,无论横自然坐标值为正为负,加上500 km均为正值。为了判明点位所在的投影带,还规定在横自然坐标值之前加注投影带带号,这种由带号、500 km和自然坐标值3部分组成的坐标系,称为国家统一坐标系。横自然坐标值 y 称为横坐标的统一值或通用值。

例如,设 A 点位于19带,其自然坐标值为 $x=4687$ km, $y=178$ km,换算为国家通用坐标值为 $X=4687$ km, $Y=19678$ km。设 B 点也位于19带,自然坐标值为 $x=4128$ km, $y=-183$ km,换算为国家通用坐标值为 $X=4128$ km, $Y=19317$ km。

由上例可以看出,由自然坐标值换算为国家通用坐标值时, x 坐标值不变, y 坐标值加上500 km后,再在前面加注带号。显然,当 y 坐标的通用值大于500 km时,该点位于投影带中央子午线的东侧,当 y 坐标的通用值小于500 km时,该点位于投影带中央子午线的西侧。

由于我国境内 6° 带带号在13~23之间,而 3° 带带号在24~45之间,没有重复带号,故根据某点的通用值,便可知道投影带是 6° 带还是 3° 带。

三、点的高程

为了确定地面点的空间位置,除了要确定其在基准面上的投影位置外,还应确定其沿投影方向到基准面的距离,即确定地面点的高低位置。

地面点沿铅垂线到大地水准面的距离,称为该点的绝对高程(简称高程),军事上称为海拔,工程上称为标高,以 H 表示。如图1-9所示, H_A 、 H_B 表示地面点 A 和 B 的绝对高程。如果基准面不是大地水准面,而是任意假定水准面时,则点到假定水准面的铅垂距离称为相对高程或假定高程,用 H' 表示。图1-9中的 H'_A 和 H'_B 表示 A 、 B 两点的假定高程。由此可见,建立高程系的核心问题是如何建立高程起算面。

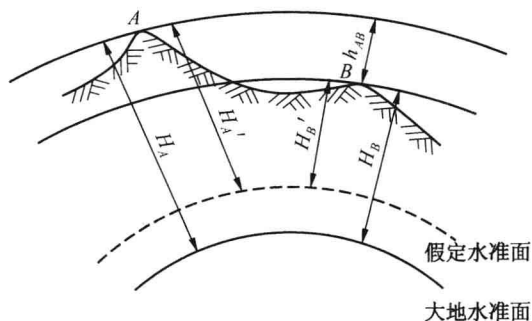


图1-9 高程与高差

新中国成立以前,我国采用的高程起算面十分混乱。新中国成立后,我国的绝对高程以设在山东省青岛市的国家验潮站1950—1956年观测的验潮资料推算的黄海平均海水面作为全国高程的起算基准面,以此基准的高程为零而建立的高程系统,称为“1956年黄海高程系”。为了明显而稳固地表示高程起算面的位置,国家于1956年在青岛建立了一个与平均海水面相联系的水准点,称为水准原点,其高程为

72.289 m,作为布设国家高程控制网的高程起算点。20世纪80年代初,国家又根据青岛验潮站1953—1979年的观测资料,重新计算水准原点的高程为72.2604 m,称为“1985年国家高程基准”,该基准已于1985年1月1日起执行。

全国各地的地面点的高程,都是以青岛国家水准原点的黄海高程为起算数据,因而高程系统是全国统一的。在局部地区,如果远离已知高程的国家水准点,也可建立假定高程系统,即假定某个固定点的高程作为起算点,测算出其他各点的假定高程(也称相对高程)。

高程值有正有负,在基准面以上的点其高程值为正,反之为负。

相邻两点的高程之差称为高差,用 h 表示。图1-9中 A 点到 B 点的高差为

$$h_{AB} = H_B - H_A = H'_B - H'_A$$

高差有正负之分,它反映相邻两点间的地面是上坡还是下坡。因此,高差值前应冠以正负号,如果 h_{AB} 为正,表示地面上 B 点高于 A 点,是上坡;如果 h_{AB} 为负,表示地面上 B 点低于 A 点,是下坡。

总之,对工程测量而言,测量工作的实质是确定点的平面位置和高低位置,点的平面位置用坐标表示,高低位置用高程表示。在矿山,采用高斯平面直角坐标系,用国家通用坐标值表示点的坐标;采用1985年国家高程基准作为高程系,用高程表示点的高低位置。

技能训练

训练一:认识地球的形状和大小。

训练二:了解经纬线及用经度和纬度表示点的地理位置。

训练三:认知国家通用坐标和高程。

训练四:比较数学坐标,掌握测量坐标。

训练方法:观看地球仪、世界地图或中国地图、工程图或矿图。

项目考评

点位表示方法考评表见表 1-2。

表 1-2 点位表示方法考评表

序号	考评内容	分值	评分标准	该项得分
1	区分测量坐标与数学坐标	5 分	正确得 5 分, 不正确得 0 分	
2	陈述地理坐标、高斯坐标、国家通用坐标的意义	40 分	表述正确得 40 分, 不正确得 0 分	
3	我国 6°带、3°带带号	15 分	正确得 15 分, 不正确得 0 分	
4	高程、高差的意义	20 分	正确得 20 分, 不正确得 0 分	
5	大地点、工程控制点	20 分	正确得 20 分, 不正确得 0 分	
教师总评		100 分		



复习思考题

1. 陈述名词: 大地水准面、参考椭球、水平面、子午面、子午线、纬线、地理坐标、高斯坐标、国家通用坐标、高程、高差。
2. 认知点位的 3 种表示方法。
3. 说出 A (4287000 m, 37198000 m, -300 m) 的具体含义。
4. 高斯坐标与国家通用坐标的换算。

项目三 直线定向

知识要点

1. 直线定向的意义。
2. 标准方向。
3. 坐标方位角。
4. 象限角。

技能目标

1. 直线方向表示方法。
2. 方位角与象限角的换算。
3. 应用。

相关知识

在测量工作中, 不仅要确定地面点的空间位置, 还要确定点与点之间的相互位置关

系,这时除了需要知道两点间的距离外,还要知道直线的方向。

一、直线定向的意义及标准方向线

确定一条直线与标准方向线的夹角关系称为直线定向。

标准方向线通常有真子午线、磁子午线和直角坐标纵线 3 种,统称三北方向线。

1. 真子午线方向

通过地面上一点,指向地球北极的方向称为该点的真子午线方向,或称真北方向,它是用天文方法测定的,是大地测量的标准方向。

2. 磁子午线方向

通过地面上一点,指向地球磁北极的方向称为该点的磁子午线方向,或称磁北方向,它是用罗盘来测定的,主要用于小区域测量工作。

某点的磁子午线方向,是指在该点上的磁针自由静止时的轴子午线方向。由于磁北极位于西经 110° , 北纬 74° ; 磁南极位于东经 114° , 南纬 69° , 故磁极与地球两极不重合, 某点的磁子午线方向与真子午线方向之间的夹角称为磁偏角, 以 δ 表示 (图 1-10)。当磁子午线北端偏向真子午线以东者称为东偏, 角值 δ 为正; 偏向真子午线以西者称为西偏, 角值 δ 为负, 如图 1-11 所示。例如, 焦作某地磁偏角 δ 为 $-3^{\circ}15'$, 表示该地的磁子午线偏向真子午线以西 $3^{\circ}15'$ 。我国各地磁偏角的范围在 $-10^{\circ} \sim 6^{\circ}$ 之间。

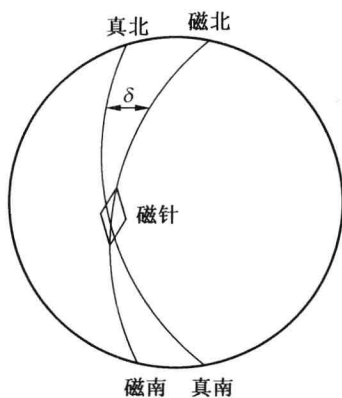


图 1-10 磁偏角

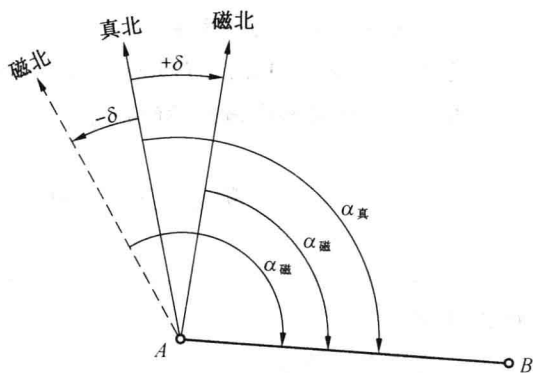


图 1-11 磁偏角正负

3. 坐标纵线方向

在高斯平面直角坐标系和独立平面直角坐标系中,把坐标格网纵轴线称为坐标纵线方向,或称 x 轴方向。在普通测量学范围内,通常采用平面直角坐标纵线作为标准方向线。因为坐标格网的纵线或横线都是彼此平行的,而且纵线、横线相互垂直,所以对于测量成果的计算,以及图纸、资料的使用均十分方便。

二、直线方向的表示方法

确定一条直线与标准方向的夹角关系,就是要确定直线与真子午线、磁子午线,以及坐标纵线的夹角关系。在测量工作中,通常用方位角、坐标方位角或象限角来表示直线的