

全国煤炭高等职业教育采矿工程类规划教材

矿山

测量

主 编 李天和 王文光
副主编 王正荣 李战宏

煤炭工业出版社

全国煤炭高等职业教育采矿工程类规划教材

矿 山 测 量

主 编 李天和 王文光
副主编 王正荣 李战宏

煤炭工业出版社

·北 京·

内 容 提 要

本书是全国煤炭高等职业教育采矿工程类规划教材之一。

全书共分十六章，第一至第九章为基础知识部分，内容包括绪论、测量学的基本知识、水准测量、经纬仪及角度测量、距离测量与三角高程测量、测量误差的基本知识、控制测量、大比例尺地形图的测绘、地形图的应用；第十章至第十六章为专业知识部分，内容包括矿井联系测量、井下巷道测量、贯通测量、岩层与地表移动、建筑工程施工测量、线路测量、地质勘探工程测量。专业知识部分可根据各不同专业需要进行选学。

本书是煤炭高等职业技术学院、高等专科学校煤矿开采技术专业、矿井通风与安全专业和采矿工程类其他相关专业的通用教材，也可作为高职高专类地下工程、工业与民用建筑、道路与桥梁工程、地质工程等专业的教材，同时可供中等专业学校、成人教育学院和技工学校采矿工程类各专业和煤炭企业经营管理人员使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

矿山测量 / 李天和, 王文光主编. —北京: 煤炭工业出版社, 2004 (2010.7 重印)

全国煤炭高等职业教育采矿工程类规划教材

ISBN 978 - 7 - 5020 - 2599 - 1

I. 矿… II. ①李…②王… 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 (2004) 第 131604 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

北京京科印刷有限公司 印刷

新华书店北京发行所 发行

*

开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 17¹/₄

字数 420 千字 印数 6,101—8,100

2005 年 1 月第 1 版 2010 年 7 月第 2 次印刷

社内编号 5370 定价 30.00 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

全国煤炭高等职业教育采矿工程类规划教材 编 审 委 员 会

主 任：曹允伟

副主任：郭奉贤 李永怀 吴再生

秘书长：王晓鸣

委 员(按姓氏笔画排列)：

王文光 王正荣 王以功 王永安

王春城 付春生 冯耀挺 吕梦蛟

吕智海 李天和 闫光准 刘禄生

刘殿武 汪佑武 张乃新 张荣国

张登明 张德琦 陈 雄 桂和荣

涂国志 杨春华 胡贵祥 胡喜平

耿献文 郝临山 龚琴生 董 礼

简军峰 靳建伟 熊崇山 魏胜利

前 言

根据高等职业技术学院的教学要求,以培养高等技术应用性专门人才为根本任务,以培养技术应用能力为主线,设计学生的知识、能力、素质结构和培养方案,依据测绘科学的发展状况,我们对本书的编写原则、选材范围及其深度和广度、学时要求等问题,进行了探讨。在广泛调研和征求意见的基础上,本着科学性、实用性、先进性的编写指导思想,注意高等职业技术教育的特色,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,编写了《矿山测量》的编写大纲。大纲要求理论教学以必需、够用为度,专业知识教学加强针对性和实用性,编者能够根据专业教学特点,努力探究专业技能的模块化教学方法。教材内容力求做到简明扼要,深入浅出,贴近生产实际,力争编写出一本内容先进、技能突出、符合新世纪高等职业技术教育改革潮流的专业基础课教材。

本书由重庆工程职业技术学院李天和、山西煤炭职业技术学院王文光、云南能源职业技术学院王正荣、河南理工大学高等职业学院李战宏、长治职业技术学院赵有功、重庆工程职业技术学院贺英魁、冯大福和山西煤炭职业技术学院雁北分院董两省共同编写。李天和、王文光任主编;王正荣、李战宏任副主编。具体编写分工如下:第一章、第七章、第十章由李天和编写;第四章、第八章、第十二章由王文光编写;第二章、第九章由王正荣编写;第六章、第十四章由李战宏编写;第三章、第十五章、第十六章由赵有功编写;第十一章由冯大福编写;第十三章由贺英魁编写;第五章由董两省编写。李天和、王文光对书稿进行了统校工作。

本书每章前有重点提示,每章后都附有复习与思考题,既便于教师组织教学又便于学生自学。

在本书的编写过程中,得到了重庆工程职业技术学院朱红侠老师和赵和鸣老师的大力帮助;作者在编写过程中,参阅了大量的文献,引用了同类书刊的部分资料。在此,谨向以上同志和有关文献作者表示衷心的感谢!

由于作者水平所限,在本书编写过程中,虽然编者做了很大努力,书中仍会有错漏及不妥之处,诚请广大读者批评指正。

编 者
2004年8月

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 测量学的概念及分类	(1)
第二节 测量学的发展概况	(3)
第三节 测绘学科在国民经济建设中的作用	(4)
第二章 测量学的基本知识	(6)
第一节 地球的形状与大小	(6)
第二节 地面点的表示方法	(8)
第三节 用水平面代替水准面的限度	(13)
第四节 测图原理与测量工作概述	(14)
复习与思考题	(21)
第三章 水准测量	(23)
第一节 高程测量概述	(23)
第二节 水准测量原理	(24)
第三节 水准仪和水准尺	(24)
第四节 水准测量的方法及成果整理	(28)
第五节 自动安平水准仪	(35)
第六节 微倾式水准仪的检验与校正	(36)
第七节 水准测量误差的主要来源及水准测量的注意事项	(39)
复习与思考题	(40)
第四章 经纬仪及角度测量	(41)
第一节 水平角和垂直角观测原理	(41)
第二节 经纬仪的结构及度盘读数	(42)
第三节 水平角测量	(45)
第四节 垂直角测量	(50)
第五节 经纬仪的检验与校正	(53)
复习与思考题	(58)
第五章 距离测量与三角高程测量	(60)
第一节 钢尺量距	(60)
第二节 视距测量	(66)
第三节 电磁波测距	(68)
第四节 三角高程测量	(69)
第五节 三角高程测量的误差来源	(72)
复习与思考题	(73)

第六章 测量误差的基本知识	(74)
第一节 测量误差的概念	(74)
第二节 评定精度的标准	(77)
第三节 算术平均值及改正数	(78)
第四节 观测值的精度评定	(79)
复习与思考题	(81)
第七章 控制测量	(82)
第一节 控制测量概述	(82)
第二节 地面点之间的平面位置关系	(86)
第三节 导线测量与导线计算	(89)
第四节 导线测量错误的检查	(103)
第五节 GPS 卫星定位基本原理	(104)
复习与思考题	(108)
第八章 大比例尺地形图的测绘	(109)
第一节 地形图的基本知识	(109)
第二节 地形图的符号与表示	(115)
第三节 地形测图前的准备工作	(122)
第四节 地形图的测绘	(126)
第五节 地形图的拼接与整饰	(133)
第六节 数字化测图简介	(134)
复习与思考题	(142)
第九章 地形图的应用	(143)
第一节 地形图应用概述	(143)
第二节 地形图应用的基本内容	(145)
第三节 地形图在工程建设中的应用	(151)
复习与思考题	(156)
第十章 矿井联系测量	(158)
第一节 概述	(158)
第二节 地面近井点与井口水准基点	(159)
第三节 平面联系测量	(159)
第四节 高程联系测量	(167)
复习与思考题	(170)
第十一章 井下巷道测量	(171)
第一节 巷道平面测量	(171)
第二节 巷道高程测量	(176)
第三节 罗盘仪测量	(178)
第四节 直线巷道中线的标定	(179)

第五节 曲线巷道中线的标定	(181)
第六节 巷道腰线的标定	(183)
第七节 激光指向	(186)
第八节 立井施工测量	(187)
复习与思考题	(192)
第十二章 贯通测量	(193)
第一节 概述	(193)
第二节 一井内巷道的贯通测量	(194)
第三节 两井间巷道的贯通测量	(197)
第四节 立井的贯通测量	(201)
第五节 贯通测量设计方案举例	(201)
复习与思考题	(204)
第十三章 岩层与地表移动	(205)
第一节 岩层与地表移动的概念	(205)
第二节 确定移动角的方法	(209)
第三节 保护煤柱的留设	(214)
第四节 保护煤柱设计实例	(218)
第五节 测量与“三下”采煤	(221)
复习与思考题	(222)
第十四章 建筑工程施工测量	(223)
第一节 施工测量概述	(223)
第二节 标定工作的基本方法	(224)
第三节 施工控制网测量	(226)
第四节 民用建筑的定位与放线	(229)
第五节 工业建筑的定位与放线	(232)
第六节 施工过程中的测量工作	(234)
第七节 构件的安装测量	(235)
第八节 烟囱的施工测量	(237)
第九节 建筑物变形观测概述	(239)
复习与思考题	(241)
第十五章 线路测量	(242)
第一节 线路初测中的测量工作	(242)
第二节 定线测量	(243)
第三节 线路纵横断面测量	(244)
第四节 曲线测量	(247)
第五节 铁路、公路施工测量	(250)
第六节 桥梁施工测量	(255)

复习与思考题·····	(256)
第十六章 地质勘探工程测量 ·····	(257)
第一节 概述·····	(257)
第二节 地质填图测量·····	(258)
第三节 勘探工程测量·····	(259)
第四节 地质剖面测量·····	(263)
复习与思考题·····	(265)
参考文献 ·····	(266)

第一章 绪 论

第一节 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。其任务为：

一是精确地测定地面点的平面位置和高程，并确定地球的形状和大小；

二是对地球面和外层空间的各种自然和人造物体的几何、物理和人文信息数据及其时间变化进行采集、量测、存储、分析、显示、分发和利用；

三是进行经济建设和国防建设所需要的测绘工作，以推动生产与科技的发展。

测量学又是测绘科学技术的总称，它所涉及的技术领域，按照研究范围与测量手段的不同，分为许多分支学科。

一、大地测量学

大地测量学是研究地球表面上广大地区的点位测定及整个地球的形状、大小和地球重力场测定的理论和方法的学科。大地测量学中测定地球的大小，是指测定地球椭球的大小；研究地球形状，是指研究大地水准面的形状；测定地面点的几何位置，是指测定以地球椭球面为参考面的地面点的位置。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。

二、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。由于地表形态的测绘工作是在面积不大的测区内进行的，又因地球曲率半径很大（地球半径为 6 371 km），可将小区域球面近似看作平面而不必顾及地球曲率及地球重力场的微小影响，从而使测量计算工作得到简化。把地球表面的各种自然形态，如地貌、森林植被、土壤和水系等，以及人类社会活动所产生的各种人工形态，如道路、居民地、管线等各种建筑物的位置采用正射投影的理论，按一定比例，用规定的符号，相似地缩绘到平面图上，这种图叫做地形图。地形图作为规划设计和工程施工建设的基本图件，在国民经济和国防建设中起着非常重要的作用。地形测量学是测量学的基础。

三、摄影测量学

摄影测量学是利用航空或航天器、陆地摄影仪等对地面进行摄影或遥感，以获得地物和地貌的影像和光谱，然后再对这些信息进行处理、量测、判释和研究，以确定被测物体的形状、大小和位置，并判断和调查其性质、属性、名称、质量、数量等，从而绘制成地形图的基本理论和方法的一门学科。摄影测量主要用于测制地形图，它的原理和基本技术也适用于非地形测量。自从出现了影像的数字化技术以后，被测对象既可以是固体、液体，也可以是气

体;可以是微小的,也可以是巨大的;可以是瞬时的,也可以是变化缓慢的。只要能够被摄得影像,就可以使用摄影测量的方法进行量测,这些特性使摄影测量方法得到广泛的应用。用摄影测量的手段成图是当今大面积地形图测绘的主要方法,目前,1:5万至1:1万的国家基本图主要就是用摄影的方法完成的。摄影测量发展很快,特别是与现代遥感技术相配合使用的光源可以是可见光或近红外光,其运载工具可以是飞机、卫星、宇宙飞船及其他飞行器。因此,摄影测量与遥感已成为测量学分支中非常活跃和富有生命力的一个独立学科。

四、工程测量学

工程测量学是研究工程建设在规划设计、施工放样和运营管理各阶段中进行测量工作的理论、技术和方法的学科,所以又称为实用测量学或应用测量学。它是测绘学在国民经济和国防建设中的直接应用。按工程建设进行的程序,工程测量在各阶段的主要任务有:在规划设计阶段所进行的测量工作,是将图上设计好的建筑物标定到实地,确保其形状、大小、位置和相互关系,称为放样;在施工阶段进行的各种施工测量,是在实地准确地标定出建筑物各部分的平面和高程位置,作为施工和安装的依据,以确保工程质量和安全生产;工程竣工后,要将建筑物测绘成竣工平面图,作为质量验收和日后维修的依据,称为竣工测量;对于大型工程,如高层建筑物、水坝等,工程竣工后,为监视工程的运行状况,确保安全,需进行周期性的重复观测,称为变形监测。工程测量服务的领域非常广阔,有军事建筑、工业与民用建筑、道路修筑、水利枢纽建造等。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。

五、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的知识,来研究和处理矿山、地质勘探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工作空间几何问题,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。矿山测量学包括三项内容:一是矿山测量工程,研究矿区控制测量、地形测量、建井和开拓时期的施工和设备安装测量,矿山生产时期的井下控制测量、采区生产测量及各种生产设施的运行状况监测等,其作用被誉为“矿山的眼睛”;二是研究矿体几何和储量管理,确保矿产资源的合理开发和生产中准备煤量与开采煤量的合理接续;三是研究资源开采后所引起的岩层移动、地表沉陷规律以及露天矿边坡的稳定性和保护地面建筑物、造地复田和环境治理的理论和方法。

六、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。

七、海洋测量学

海洋测量学是研究测绘海岸、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。

第二节 测量学的发展概况

测量学是人类在生产实践中不断发展而形成的一门应用学科,有着悠久的历史。

我国是世界文明古国之一。据《史记》载,早在夏禹治水时,我国劳动人民就已发明了“准、绳、规、矩”等测量工具。春秋战国时代发明的指南针,直到现在还被全世界广泛地应用着。三千多年前的管仲在其所著的《管子》一书中,收集有我国早期地图 27 幅,对地图的作用已有了论述。战国时代的李冰父子修建了四川都江堰,历史上这一伟大的工程,若不进行大量的测量工作是无法完成的。1973 年由长沙马王堆三号汉墓出土的西汉初期编绘的《地形图》、《城邑图》和《驻军图》,是目前发现的我国最早的局部地区地形图。西晋裴秀在《禹贡地域图》序言中阐明的“制图六体”,提出了绘制地图的六条原则,这是世界上最早的地形图测量和地图绘制的规范。裴秀编绘的《禹贡地域图》18 幅是世界上历史最早的历史图集,其中《地形方丈图》是我国全国地图。唐代开元年间,张遂和南宫说等人在河南开封等地组织测量了 300 公里子午线弧长,确定了地球的形状和大小,这是世界上最早的子午线弧长测量。宋代沈括绘制了“天下州县图”,首创 24 至方位表示法,突破了前人“四至八到”的定位方法,在他的《梦溪笔谈》中,曾记载了磁偏角现象,这比哥伦布发现磁偏角早 400 年左右。公元 13 世纪和 18 世纪初,我国曾进行过大规模的大地测量工作。18 世纪初还根据大地测量成果,编制了全国地图。我们的祖先在地图绘制理论、绘制材料等方面,成果辉煌,对测量的发展和世界文化,作出了卓越的贡献。

世界各国测绘科学技术的发展主要始于 17 世纪初叶。在这个时期,测绘科学在理论、技术和仪器等方面都有了长足的进步。17 世纪初望远镜的发明,是测绘科学发展史上一次较大的变革,奠定了现代测绘仪器的基础。1617 年,三角测量方法开始得到应用。约于 1730 年,英国的西森制成了测角用的第一台经纬仪,大大促进了三角测量的发展,使它成为建立各种等级测量控制网的主要方法。在这一段时期里,由于欧洲又陆续出现小平板仪、大平板仪以及水准仪,地形测量和以实测资料为基础的地图制图工作也相应得到了发展。1859 年,法国洛斯达首创摄影测量方法,随后相继出现立体坐标量测仪、地面立体测图仪等。由于航空技术的发展,1915 年出现了自动连续航空摄影机,因而可以将航摄像片在立体测图仪器上加工成地形图。这个时期,测绘理论有了重大突破:在地图制图方面,有德国墨托卡提出的“正形圆柱投影”、法国雅艺·卡西尼提出的“横圆柱投影”和法国兰伯特提出的“正形圆锥投影”等理论,奠定了现代地图制图理论的基础;在测量计算方面,1806 年和 1809 年法国的勒让德和德国的高斯分别发表了最小二乘法准则和平均海水面概念,为测量平差数据的计算奠定了科学基础。自 20 世纪 50 年代以来,不少新的科学技术如电子学、信息论、激光技术、电子计算机、空间科学技术等的飞速发展,又推动了测绘科技的发展。自 1947 年研究利用光波进行测距,到 20 世纪 60 年代中期,红外光、激光测距仪就相继问世了。20 世纪 40 年代自动安平水准仪问世,1968 年又生产出电子经纬仪。此后,电子速测仪、激光水准仪、数字水准仪相继问世,实现了观测记录自动化,测角、测距和计算一体化。以照片、遥感图像为处理对象的数据处理系统,已完全实现摄影遥感成图自动化。

1957 年人类成功发射了第一颗人造地球卫星,开创了人类宇宙航行的新纪元。1966 年开始进行人造地球卫星大地测量,随后许多现代定位技术应运而生,其中最具代表性的是美

国的卫星全球定位系统(简称 GPS 定位)。GPS 定位具有全天候、高精度、定位速度快、布点灵活和操作方便等特点,目前,经典的平面控制测量正逐渐被 GPS 测量所取代。20 世纪 60 年代以来,由于近代光学、电子技术、人造卫星、航天技术的迅猛发展,为测量科学技术发展开辟了广阔的途径。如今测量学已由地面测量发展到卫星空间测量,测量对象也由地球表面扩展到太空星球,由静态测绘发展到动态跟踪测量。随着计算机技术在测量中的广泛应用,测量工作正向着自动化和数字化方向发展。

新中国成立后,我国的测绘事业也进入了崭新的发展阶段。1950 年解放军总参谋部设立测绘局,1956 年国家测绘局成立,并相继创办解放军测绘学院和武汉测绘学院。中国科学院成立了测量与地球物理研究所,煤炭、冶金、地质、石油、水利、铁道、海洋等部门的大专院校相继设立测量系或测量专业。几十年来,我国测绘事业发展很快,在全国范围内建立了国家大地网、国家水准网、国家基本重力网和卫星多普勒网,并对国家大地网进行了整体平差。建立了我国“1980 年国家大地坐标系”和“1985 年国家高程基准”。在测绘仪器生产方面,从无到有,现在不仅能生产各种常规测绘仪器,而且还能生产现代化精密测绘仪器,如电磁波测距仪、自动安平水准仪、电子经纬仪、全站仪、GPS 接收机等。我国测量工作者在宝成铁路、葛洲坝水利枢纽、长江大桥、南极长城站、大型工矿企业建设、北京正负电子碰撞机、载人航天等工程中,作出了卓越贡献。1992 年,我国完成了 GPS 大地网的布测工作,大地测量工作者利用全球卫星定位系统建立了全国 A 级和 B 级大地网,并完成了西沙和南沙群岛与大陆的联测。

1993 年 7 月 1 日,我国历史上第一部测绘法律《中华人民共和国测绘法》正式实施,并于 2002 年 8 月进行了修订,它标志着我国测绘工作走上法制轨道,确定了测绘事业、各级测绘主管部门和广大测绘工作者的法律地位,它必将积极地促进我国测绘事业的发展。

测量学的发展表现为如下趋势:

(1) 电子学、计算机技术进一步渗透到测绘领域,电子仪器得到广泛应用,并有基本取代光学仪器的趋势;

(2) 测绘方法和技术手段得到更新,数字化、自动化程度越来越高,测绘工作劳动条件得到改善;

(3) 测绘工作周期进一步缩短,测绘精度和效益进一步提高。

第三节 测绘学科在国民经济建设中的作用

新世纪,科学技术突飞猛进,经济发展日新月异,测绘越来越受到普遍重视,其应用领域不断扩大。在国民经济建设中,测量技术的应用非常广泛。例如,铁路、公路在建设之前,为了确定一条最经济、最合理的路线,事先必须进行该地带的测量工作,由测量成果绘制带状地形图,在地形图上进行线路设计,然后将设计的路线标定在地面上,以便进行施工;在路线跨越河流时,必须建造桥梁,在建桥之前,要绘制河流两岸的地形图,为桥梁的设计提供重要的图纸资料,最后将设计的桥墩的位置用测量的方法在实地标定出来;在矿山井下各矿井之间,同一矿井各水平之间需要掘进巷道,巷道开挖之前,需要测量标定巷道的开口位置和巷道的掘进方向,以保证巷道的正常贯通。城市规划、给水排水、煤气管道等市政工程的建设,工业厂房和高层建筑的建造,在设计阶段要测绘各种比例尺的地形图,供工程建设设计使

用;在施工阶段,要将设计的平面位置和高程在实地标定出来,作为施工的依据;待工程完工后,还要测绘竣工图,供以后改扩建和维修之用;对某些重要的建筑物和构筑物,在其建成以后,还需要进行变形观测,以确保其安全使用。在房地产的开发、管理和经营中,房地产测绘起着重要的作用。地籍图和房产图以及其他测量资料准确地提供了土地的行政和权属界址,每个权属单元的位置、界线和面积,每幢房屋与每层房屋的几何尺寸和建筑面积,经土地管理和房屋管理部门确认后具有法律效力,可以保护土地使用权人和房屋所有权人的合法权益,可为合理开发、利用和管理土地和房产提供可靠的图纸和数据资料,并为国家对房地产的合理税收提供依据。具体来说,测绘学在国民经济建设和国防建设中的主要作用可归纳成以下几方面:

(1) 提供地球表面一定空间内点的坐标、高程和地球表面点的重力值,为地形图测绘和地球科学研究提供基础资料。

(2) 提供各种比例尺地形图和地图,作为规划设计、工程施工和编制各种专用地图的基础图件。

(3) 准确测绘国家陆海边界和行政区划界线,以保证国家领土完整和睦邻友好相处。

(4) 为地震预测预报、海底和江河资源勘测、灾情和环境的监测调查、人造卫星发射、宇宙航行技术等提供测量保障。

(5) 为地理信息系统的建立获得基础数据和图纸资料,以提供经济建设的决策参考。

(6) 为现代国防建设和国家安全提供测绘保障。

随着我国经济社会信息化水平的不断提高,数字化基础地理信息已成为各个领域进行决策、管理、规划、建设等不可缺少的数字地理空间信息支撑条件,各方面对数字化测绘产品的需求量越来越大。我国将进入一个新的发展时期,在对经济结构进行战略性调整的同时,还将大力推进国民经济和社会信息化,以信息化带动工业化,实现社会生产力的跨越式发展。特别是随着西部大开发等重大战略的实施,国家将进一步加强水利、交通、能源、现代信息等基础设施建设,加大生态环境治理力度,合理进行资源的利用与开发,促进地区协调发展等,必将对测绘保障工作提出更高的要求,推动测绘事业进入新的发展阶段。

对非测绘学科的学生而言,对测量学的基本要求是:理解基础理论、掌握技术方法和熟悉测绘科技成果的应用。通过对本门课程的学习,要求学生掌握地球空间信息采集的基本理论和基本技术,了解先进的方法及其在自己学科领域中的应用,了解未来的发展前景,在实际工作中遇到测绘问题能够协调、管理和监督,并要求学生能够进行基本的测绘工作,“应用”具有现实意义,应予以充分重视。从学生未来的服务走向来看,跨学科、跨行业是总的趋势,以单一学科、单一行业为终身职业的格局将被最终打破,大学生对地球空间信息学科知识的要求是广博而不是专深;先进的科学技术,如空间定位技术、地面信息采集处理一体化技术,对非测绘学科的学生而言是十分需要的,目的是为其学科所利用。

本课程具有理论严密、概念多、实践性强等特点,通过本课程的学习,除了培养理论分析能力和实际动手能力之外,在素质方面,还要发扬测绘界吃苦耐劳、一丝不苟的优良传统,而且具备执着的敬业精神、积极主动的工作态度和善于协作的开放意识。

第二章 测量学的基本知识

本章主要介绍坐标系统的建立过程;地面点的表示方法;地形图测量的基本原理和测量的基本内容。

第一节 地球的形状与大小

测量工作的任务是确定地面点的空间位置,其主要工作是在地球自然表面进行的,而地球的自然表面是不规则的,高低起伏,相差悬殊。目前已知,最高的珠穆朗玛峰高达 8 846.27 m,最低的马里亚纳海沟深达 11 022 m。尽管有这样大的高低起伏,但相对于平均半径为 6 371 km 的地球来说,仍可忽略不计。

地球上任一质点,因受地球引力影响而不会脱离地球。同时,地球又在不停地自转,使质点受到离心力的作用。也就是说,一个质点实际上所受到的力是地球引力与离心力的合力,这个合力就是重力 G [图 2-1(a)]。

重力的方向线称为铅垂线。铅垂线是测绘外业工作的基准线之一。

取得重力方向的一般方法,是用细绳悬挂一个垂球 G [图 2-1(b)],细绳方向即为悬挂点 D 的重力方向,通常称作垂线或铅垂线方向。

地球的自然表面形状十分复杂,不便于用数学式来表达。由于地球表面的海洋面积约占 71%,陆地面积约占 29%,因此可把海水面所包围的地球形体看作地球的形状。也就是设想有一个静止的平均海水面,向陆地延伸而形成一个封闭的曲面。由于海水有潮汐,时高时低,所以取平均海水面作为地球形状和大小的标准。

相对密度相同的静止的海水面称为水准面。水准面是一个重力场的等位面。由物理学知道,等位面处处与产生等位能的力的方向垂直,也就是说水准面是一个任何一点的切面都与该点重力方向垂直的连续曲面。与水准面相切的平面称为水平面。

水准面有无数多个,其中与平均海水面吻合并向大陆、岛屿内延伸而形成的闭合曲面,称为大地水准面[图 2-2(a)、(b)]。

大地水准面是一个特定重力位的水准面,它是测量外业工作的基准面。由大地水准面所包围的地球形体,称为大地体。

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,因此大地水准面实际上是一个不规则曲面,我们无法在这个曲面上进行测量数据处理。

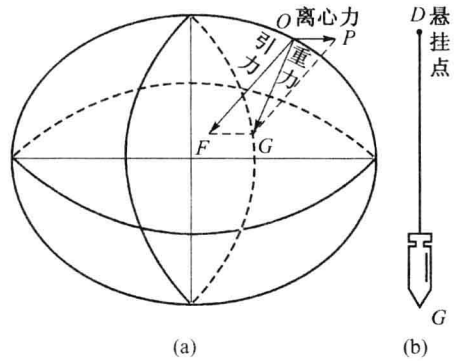


图 2-1 重力

为此,从实用角度出发,用一个非常接近于大地水准面而又可用数学式表示的几何形体来代替地球的形状作为测量计算工作的基准面,由于地球的自转,而形成了近圆地球椭球体,因此设想以一个旋转椭球体来代替地球椭球体。这个几何形体是以一个椭圆绕其短轴旋转而成的,将该形体作为地球的参考形状和大小,一般称其外表面为参考椭球面(即旋转椭球面)[图 2-2(c)]。若对参考椭球面的数学式加入地球重力异常变化参数的改正,便得到大地水准面的近似的数学式。

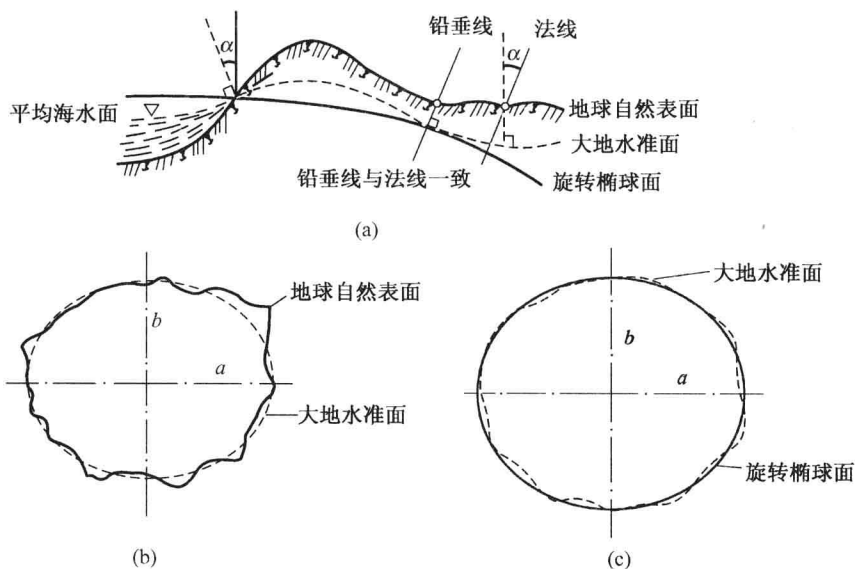


图 2-2 地球的自然表面、大地水准面和旋转椭球面

在实际工作中,参考椭球面是测量内业计算的基准面,大地水准面是测量外业工作的基准面。以大地水准面作为测量外业工作的基准面有以下两方面原因:其一是当对测量成果的要求不十分严格时,不必改正到参考椭球面上;其二是在实际工作中,我们可以非常容易地得到水准面和铅垂线。

用大地水准面作为测量的基准面可大大简化操作和计算工作。因而水准面和铅垂线便成为一般性(外业)测量工作的基准面和基准线。

旋转椭球体是绕椭圆的短轴 NS 旋转而成的(图 2-3),也就是说包含旋转轴 NS 的平面与椭球面相截的线是一个椭圆,而垂直于旋转轴的平面与椭球面相截的线是一个圆。椭球体的基本元素是:

长半轴 a

短半轴 b

扁率 $\alpha = \frac{a-b}{a}$

旋转椭球面是一个数学表面,在直角坐标系 $O-xyz$ 中(图 2-3),其标准方程为

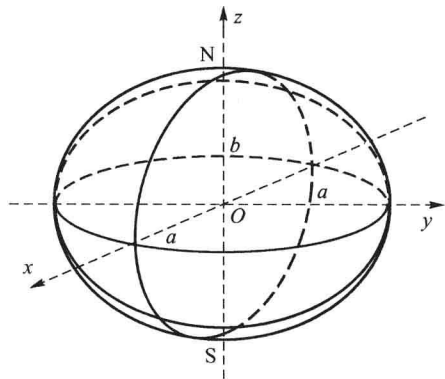


图 2-3 旋转椭球体

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{a^2} + \frac{z^2}{b^2} = 1 \tag{2-1}$$

为了确定大地水准面与参考椭球面的相对关系(图 2-4),可在适当地点选择一点 P,设想椭球体和大地体相切,切点 P' 位于 P 点的铅垂线方向上,这时椭球面上 P' 的法线与该点对大地水准面的铅垂线相重合,这项确定椭球体与大地体之间相互关系并固定下来的工作,称为参考椭球体的定位。P 点称为大地原点。

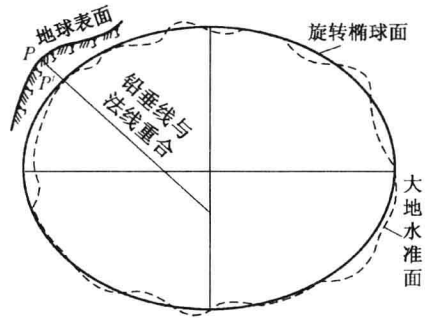


图 2-4 参考椭球体的定位

我国目前所采用的参考椭球体为 1980 年国家大地测量参考系,其原点在陕西省泾阳县永乐镇,称为国家大地原点。其部分国家参考椭球体的基本元素见表 2-1。

表 2-1 参考椭球体元素值

参考椭球体	长半轴 a/m	短半轴 b/m	扁率 α	年代和国家
德兰布尔	6 375 653	6 356 564	1:334.0	1800 法国
白塞尔	6 377 397	6 356 079	1:299.2	1841 德国
克拉克	6 378 249	6 356 515	1:293.5	1880 英国
海福特	6 378 388	6 356 913	1:297.0	1909 美国
克拉索夫斯基	6 378 245	6 356 863	1:298.3	1940 苏联
我国 1980 年国家大地测量坐标系	6 378 140	6 356 755	1:298.257	1975 年国际大地测量与地球物理联合会

由于参考椭球体的扁率很小,在普通测量中可把地球作为圆球看待,其半径为 6 371 km。R 可视为参考椭球体的平均半径,或称为地球的平均半径。

第二节 地面点的表示方法

测量工作的基本任务是确定地面点的空间位置,地面上的物体大多具有空间形状,如丘陵、山地、河谷、洼地等。为了研究空间物体的位置,数学上采用投影的方法加以处理。一个点在空间的位置,需要三个量来确定。在测量工作中,这三个量通常用该点在基准面(参考椭球面)上的投影位置和该点沿投影方向到基准面(一般实用大地水准面)的距离来表示。

如将地面上的点 A、B、C、D、E(图 2-5)沿铅垂线方向投影到大地水准面上,得到 a、b、c、d、e 投影位置;地面点 A、B、C、D、E 的空间位置,就可用 a、b、c、d、e 的投影位置在大地水准面上的坐标及铅垂距离 H_A 、 H_B 、...、 H_E 来表示。

一、地面点的高程

地面点到大地水准面的铅垂距离,称为该点的绝对高程,简称高程或海拔。

在一般测量工作中都是以大地水准面作为基准面,因而某点到基准面的高度是指某点沿铅垂线方向到大地水准面的距离。在图 2-6 中,符号 H 代表高程,图中 H_a 及 H_b 都是绝