



国家示范性高等院校核心课程规划教材

工程测量技术专业及专业群教材

地形测量

DIXING CELIANG

李天和 主 编



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

地形测量

李天和 主 编

重庆大学出版社

内 容 提 要

本书主要介绍了大比例尺地形图测绘的原理和方法。全书共分为6个学习情境,主要包括测量学的基本知识、图根高程测量、测量误差的基本知识、图根坐标测量、大比例尺地形图的测绘、地形图应用等。

本书是高职高专院校工程测量技术专业的专业必修课教材,同时也适合用做测绘类其他专业的教学用书,亦可供中专有关专业和相关技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

地形测量/李天和主编. —重庆:重庆大学出版社,
2009. 12

(工程测量技术专业系列教材)

ISBN 978-7-5624-5197-6

I. 地… II. 李… III. 地形测量—高等学校—教材
IV. P217

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 210965 号

地 形 测 量

李天和 主 编

责任编辑:周 立 版式设计:周 立

责任校对:张洪梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn (营销中心)

全国新华书店经销

重庆川渝彩色印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:15.75 字数:393千

2009年12月第1版 2009年12月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-5197-6 定价:28.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

编写委员会

编委会主任 | 张亚杭

编委会副主任 | 李海燕

编委会委员

唐继红

黄福盛

吴再生

李天和

游普元

韩治华

陈光海

宁望辅

栗俊江

冯明伟

兰 玲

庞 成

前言

本教材是国家示范院校重点建设专业的规划教材,地形测量课程是工程测量技术专业重要的专业核心课程,同时又是测绘课程的入门课程。根据国家示范院校建设对高职高专的要求——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,根据测绘科学的发展状况,以高等学校测绘学科教学指导委员会高职高专分委会制定的高职高专教材编写、审查和出版的流程和规定为指南,在广泛调研的基础上,本着科学性、实用性、先进性的编写指导思想,注重高等职业职业技术教育的特色,侧重地形测量学的基本理论、基本知识和基本方法的阐述,加强动手能力培养,突出教学内容的针对性和实用性,将理论教学和实践教学融为一体,教材内容力求做到简明扼要,深入浅出,贴近生产现场,力争编写出一本内容先进,符合高等职业技术教育改革的具有高等职业教育特色的教材。

本书由重庆工程职业技术学院李天和任主编,宋太江任副主编。具体编写分工是:学习情境1 测量学基本知识的学习、学习情境2 高程测量中的子情境1 水准测量、由李天和编写;学习情境5 大比例尺地形图的测绘由谢征海编写;学习情境3 测量误差的基本知识学习、学习情境4 图根坐标测量、学习情境6 地形图应用由宋太江编写;学习情境2 高程测量中的子情境2 三角高程测量由吴大江、罗强、朱红侠编写。全书由李天和进行统稿、定稿。

本书每学习情境有教学的主要内容和知识、技能目标提示,并将知识能力和技能训练融入学习情境中,这样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,参阅了大量的文献,引用了同类书刊的部分资料,在此,谨向有关作者表示衷心的感谢!重庆大学出版社教材编辑部也为本书的出版做了大量工作,在此也深表谢意!

由于作者水平所限,本书在编写过程中,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
2009年8月

目 录

学习情境 1 测量学基本知识的学习	1
子情境 1 测量学的基本概念	1
一、测量学的概念及测量学研究内容	1
二、测量学的发展概况	3
三、测绘学科在国民经济建设中的作用	4
子情境 2 测量坐标系统和高程系统的建立	5
一、地球的形状和大小	5
二、地面点的表示方法	8
三、地面点的高程	11
子情境 3 用水平面代替水准面的限度	12
一、地球曲率对水平距离的影响	12
二、地球曲率对水平角的影响	13
三、地球曲率对高差的影响	13
四、测量学基本知识技能训练项目	14
学习情境 2 图根高程测量	15
子情境 1 水准测量	16
一、水准测量原理	16
二、水准仪和水准尺	18
三、水准仪的使用	23
四、自动安平水准仪	26
五、水准测量的方法及水准测量的内业计算	28
六、水准仪的检验与校正	37
七、水准尺的检验	47
八、水准测量误差的主要来源及水准测量注意事项	49
九、水准测量知识能力训练	54
子情境 2 三角高程测量	54

一、角度观测	54
二、距离测量	84
三、三角高程测量	107
四、三角高程测量知识能力训练	112
学习情境3 测量误差的基本知识学习	114
子情境1 测量误差的基本知识	114
一、测量误差的概念	114
二、测量误差产生的原因	115
三、测量误差的分类及影响	115
四、偶然误差的特性	116
子情境2 衡量精度的指标	117
一、中误差	118
二、极限误差	118
三、相对误差	119
子情境3 观测值的算术平均值及改正数	119
一、算术平均值	119
二、观测值的改正数	120
子情境4 观测值的精度评定	121
测量误差知识能力训练	122
学习情境4 图根坐标测量	124
子情境1 坐标测量概述	124
一、控制测量概述	124
二、计算坐标方位角和坐标的方法	128
子情境2 图根导线的测量和计算	133
一、图根导线的种类	133
二、导线测量的外业工作	135
三、导线测量的内业计算	138
子情境3 导线测量错误的检查	150
一、一个角度测错的查找方法	150
二、一条边长测错的查找方法	151
子情境4 交会测量	151
一、前方交会	152
二、测边交会	155
三、图根坐标测量知识能力训练	157
学习情境5 大比例尺地形图的测绘	160
子情境1 地形图测绘的基本知识	161

一、地形图的概念	161
二、地形图的内容	162
三、图的比例尺	162
四、测图原理与测量工作概述	163
子情境 2 大比例尺地形图测绘的准备工作	165
一、编写技术设计书	165
二、图根控制点的布设	165
三、抄录控制点的平面及高程成果及相关资料的准备	166
四、图纸的准备	166
五、展绘控制点	168
六、仪器和工具的准备	169
子情境 3 地形图的分幅与编号	169
一、矩形分幅与编号	169
二、梯形分幅和编号	171
子情境 4 地物在地形图上的表示方法	175
一、比例符号	175
二、非比例符号	175
三、线状符号	176
四、填充符号	176
子情境 5 地貌在地形图上的表示方法	176
一、地貌的基本形态	176
二、等高线表示地貌的方法	178
三、等高线	178
四、等高线的分类	179
五、几种典型地貌用等高线表示的图形	180
六、等高线的特性	181
七、阴影等高线	182
子情境 6 地形测图的方法	183
一、测定碎部点平面位置的基本方法	183
二、地形测图的常用方法	185
子情境 7 地形测图的一般要求	194
一、地形图的精度	194
二、最大视距	194
三、碎部点密度	195
四、适当的综合取舍	195
五、加强测图工作的计划性	195
六、随时进行测图工作的检查	196

七、对野外绘图工作的要求	196
子情境 8 地形图测绘内容及取舍	196
一、测量控制点的测绘应符合下列规定	196
二、各类地物的测绘方法	196
三、地貌的测绘	199
四、测定各类地物、地貌时的其他一些规定	206
子情境 9 增设补充测站点的方法	207
一、图解交会点	207
二、平板仪视距支点	207
三、经纬仪视距支点	208
子情境 10 地形图的拼接与整饰	208
一、图的拼接	208
二、图的铅笔整饰	209
子情境 11 地形图检查验收与质量评定	210
一、自检	210
二、提交资料	210
三、全面检查	211
四、地形图质量评定	212
五、大比例尺地形图测绘知识能力训练	214
学习情境 6 地形图应用	216
子情境 1 地形图应用概述	216
一、地形图的主要用途	216
二、地形图的识读	217
子情境 2 地形图应用的基本内容	220
一、在地形图上确定点的平面坐标	220
二、求图上直线的坐标方位角	221
三、求图上两点间的水平距离	221
四、在地形图上确定点的高程和两点间的坡度	221
五、在地形图上设计等坡线	222
子情境 3 地形图在工程建设中的应用	223
一、绘制地形断面图	223
二、确定汇水面积	224
三、在地形图上求算地块的面积	224
四、地形图应用知识能力训练	226
附录	229
附录 1 地形测量技能训练须知	229
一、测量实训一般要求	229

二、课间实习仪器及工具借用办法·····	229
三、测量、仪器工具的正确使用和维护 ·····	230
四、测量资料的记录要求·····	231
附录 2 技能训练实习报告格式 ·····	233
附录 3 测量的度量单位 ·····	234
参考文献 ·····	237

学习情境 1

测量学基本知识的学习



主要教学内容

主要介绍测量学的定义、分类,测绘科学技术的研究方向,地形测量在国民经济建设中的作用;高斯平面坐标系统和高程系统的建立过程。



教学的知识目标

能正确陈述测量学的基本概念,能基本正确地陈述测绘工作的基本任务,测绘在国民经济建设和国防建设中的作用,能熟练陈述平面坐标系统和高程系统的建立方法,能清楚测绘工作者应具备的基本素质。



教学的技能目标

能熟练地将测量通用坐标换算成测量自然坐标。

子情境 1 测量学的基本概念

一、测量学的概念及测量学研究内容

测量学是研究对地球整体及其表面和外层空间中的各种自然和人造物体上与地理空间分布有关的信息进行采集、处理、管理、更新和利用的科学和技术。其任务为:一是精准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;二是将地球表面的起伏形态与各种固定物体及其他信息测绘成图;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,这些学科有:

大地测量学——是研究和测定地球形状、大小、重力场、整体与局部运动和地面点的几何

位置以及它们的变化的理论和技术的学科。大地测量学中测定地球的大小,是指测定地球椭圆的大小;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,是指测定以地球椭圆面为参考的地面点的位置。其基本任务是建立国家大地控制网,测定地球的形状、大小和重力场,为地形测图和各种工程测量提供基础起算数据;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。

地形测量学——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。把地球表面的各种自然形态,如水系、地貌、土壤和植被的分布,以及人类社会活动所产生的各种人工形态,如境界线、居民地、交通干线和各种建筑物的位置采用正射投影的理论,用规定的符号,按一定比例,相似地缩绘到平面图上,这种图叫做地形图。地形图的测绘和应用是地形测量学的核心内容,地形图在国民经济和国防建设中有着广泛的用途。地形测量学是测量学的基础。

摄影测量与遥感——是利用航空或航天器对地面摄影或遥感,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,并判断其性质,从而绘制成地形图的基本理论和方法的一门学科。按获取相片的方法不同,分为地面立体摄影测量学和航空摄影测量学。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。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,根据获得影像的方式及遥感距离的不同,本学科又分为地面摄影测量学,航空摄影测量学和航天遥感测量等。

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、技术和方法的科学,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、位置和相互关系正确,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,为监视工程的状况,保证安全,需进行周期性的重复观测,即变形监测。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、水利测量、地籍测量、建筑测量、工业厂区施工安装测量、矿山测量等。

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——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。

海洋测量学——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。

我国是世界上文化古国之一。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》是世界上历史最早的历史图集,《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”,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。我们的祖先对测量的发展,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。当时世界正处在资产阶级革命时期,生产力得到解放,科学技术飞速发展。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,有德国墨卡托提出的“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面概念,为测量平差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 年开始进行人卫大地测量,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,为测量科学技术开辟了广阔的道路。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。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、大型工矿业建设、北京正负电子碰撞机、三峡水利工程、西气东输、高速公路骨架网等工程中,作出了卓越贡献。

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。

三、测绘学科在国民经济建设中的作用

21 世纪,科学技术突飞猛进,经济发展日新月异。测绘事业在不断取得进展的同时,又迎来新的机遇。在世界各国,测绘越来越受到普遍重视,其作用领域不断扩大,特别是随着卫星定位系统、遥感、地理信息系统、计算机网络等技术的飞速发展,许多国家已经实现了传统模拟测绘技术体系向数字化测绘技术体系的转变;高空间分辨率遥感卫星成为获取基础地理信息的重要手段;数字化基础地理信息的提供方式正在向网络化方向发展,测绘加快了与经济社会各个领域的融合,测绘部门的职责在基础地理信息的管理和服务方面进一步得到加强。近几年,各国在大力发展信息高速公路的同时,又着重推进国家空间数据基础设施建设,并正在向全球空间数据基础设施建设发展。由联合国邀请各国参与的全球测图计划也得到国际社会的普遍响应。1998 年,发达国家又提出了“数字地球”战略,引起了世界各国的高度重视。“数字地球”是继“信息高速公路”和“知识经济”之后的又一新的国际科技发展动向,同时,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支撑条件,各方面对数字化测绘产品的需求量越来越大。“十二五”期间,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。

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;路线穿山地,需要开挖隧道,开挖之前,也必须在地形图上确定隧道的位置,并由测量数据计算隧道的长度和隧道施工的方向,以保证隧道的正常贯通。城市规划、给水排水、煤气管道等市政工程建设,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(宗地)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,为地形图测绘和对地球进行科学研究服务。

(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提供基础数据和图纸。

(6) 为现代国防建设和确保现代化战争的胜利提供测绘保障。

由于测量工作是客观地、真实地测定各种需要的观测数据,作为一位测量工作者,对工作必须认真负责,遵守职业道德,严格按照测量操作规程的要求进行操作,做到观测、计算和绘图步步有检核,不符合现行测绘技术规范要求的,必须进行重测,以确保测量成果的准确性,否则将会给国民经济建设造成重大损失。因此,测绘专业人才除了具有理论分析能力和实际动手能力之外,还应具备较为流畅的语文和文字表达能力、业务组织能力和公共关系能力,在素质方面,不仅要发扬测绘界吃苦耐劳、一丝不苟的优良传统,而且要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。

子情境2 测量坐标系统和高程系统的建立

一、地球的形状和大小

测量工作是在地球表面的较大范围内进行的,为了合理处理测量数据和测绘地形图,正确地认识地球的形状和大小就显得非常必要的。

1. 地球的自然表面

地球的自然表面有高山、深谷、丘陵、平原、海洋等,呈现出高低起伏的形态,是一个不规则的复杂曲面,这样的实际地球表面,称为地球的自然表面。地球的自然表面不可能用某种数学公式来概括和表达。因此,在地球表面上进行测量工作所获得的长度、角度等成果,就很难在这样不规则的自然表面上进行数据处理和准确地绘制出地形图。为了解决这些问题,需要找出一个与地球形状相近,并且又规则的曲面来代替地球的自然表面。

2. 大地水准面

地球表面的总面积约为 5 亿 1 千万 km^2 ,其中海洋约占 71%,陆地约占 29%。地球的半径约为 6 371 km,而地球上最高的山峰——珠穆朗玛峰高出海水面 8 844.43 m,太平洋西部的马里亚纳海沟深 11 022 m,两者相差近 20 km,但就整个地球而言,这些高度变化是微不足道的。因此,人们可以把地球总的形状看作是被海水包围的球体。从太空观看地球,它是一颗令人陶醉的蓝色球体。人们从宏观的角度上说,地球是个大水球。

我们知道:地球表面上的任一质点同时受到地球引力和地球的离心力的作用,这两种力的合力称为重力,重力作用的方向是铅垂线的方向,图 1-1 中 OG 为重力的作用线,又称为铅垂线。地球的表面以海水为主,每个水分子都受到重力的作用。在重力位相同时这些水分子便不再流动而呈静止状态,形成一个重力位等位面,这个面称为水准面。在实际工作中,假设某一静止不动的海水面延伸而穿过大陆和岛屿,包围整个地球,形成一个封闭的曲面,这个静止的海水面就是水准面。由物理学可知水准面处处与重力方向垂直,见图 1-2。因此,水准面具有这样的特性:过水准面上任意点的铅垂线与过该点所作的水准面的切面垂直。该切面又称为水平面。受潮汐的影响,海水面可高可低,所以假设的静止海水面也可有无数多个,符合这个特点的水准面也有无数个,其中与平均海水面相吻合的那个水准面,称为大地水准面。由大地水准面包围的地球形体,称为大地体,它近似于地球的形体。由于地球自转产生的离心力,使地球形体在赤道处较为突出,在两极处较为扁平。

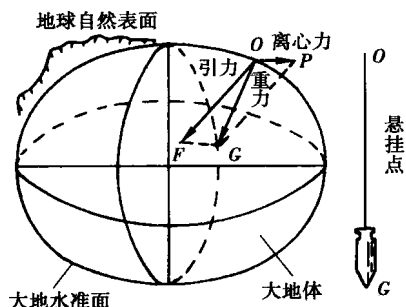


图 1-1 重力

为水平面。受潮汐的影响,海水面可高可低,所以假设的静止海水面也可有无数多个,符合这个特点的水准面也有无数个,其中与平均海水面相吻合的那个水准面,称为大地水准面。由大地水准面包围的地球形体,称为大地体,它近似于地球的形体。由于地球自转产生的离心力,使地球形体在赤道处较为突出,在两极处较为扁平。

铅垂线是测量工作的一种基准线,大地水准面则是测量工作的一种基准面。

大地水准面虽然比地球的自然表面要规则得多,但是由于地球内部质量分布不均匀,使得地球上各点受到的地球吸引力有所不同,这样就引起各点的铅垂线产生不规则的变化,从而使大地水准面有微小的起伏变化,致使大地水准面成为一个不规则的、复杂的曲面。它的精确形态目前还无法用数学模型来描述。如果将地球表面上的点位和图形投影到这样一个变化的曲面上,在计算上将是很困难的。为了解决这个问题,就要求我们选用一个与大地水准面非常接近,并可用数学公式表示的几何形体来建立一个投影面。

3. 地球椭球体

经过科学家长期的研究,认识到地球实际上是一个南北两极扁平(北极稍凸,南极稍凹)的类似于梨形的形体,其横切面接近一个圆,纵切面接近一个椭圆,与一个以椭圆的短轴为旋转轴的旋转椭球十分接近(图 1-3)。而旋转椭球是可以用数学公式来表示的。因此,测量上

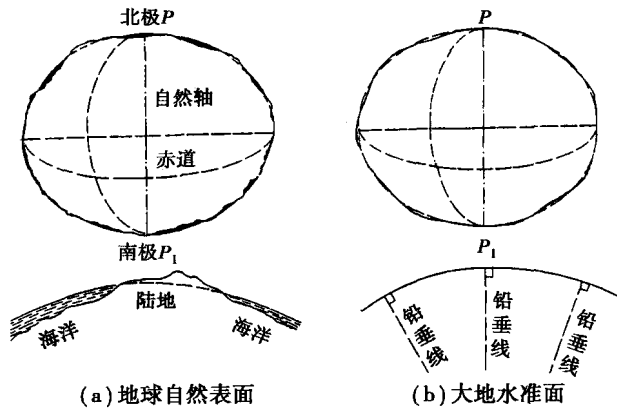


图 1-2 地球自然表面与大地水准面的关系

就是用这个旋转椭球体的表面来近似代替大地水准面的,并将该面作为测量计算和制图的基准面。该球称为地球椭球,它的表面称之为地球椭球面。

地球椭球面与大地水准面不完全一致,有的地方稍高一些,有的地方稍低一些。两个面之间的最大的差数不超过±150 m,在地球两极不超过±30 m。地球的自然表面、大地水准面、地球椭球面三者的关系如图 1-4。

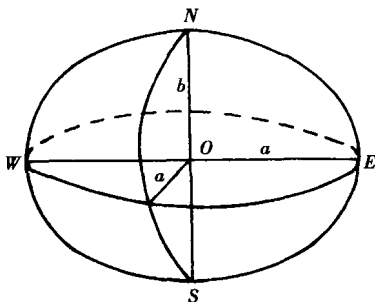


图 1-3 地球椭球

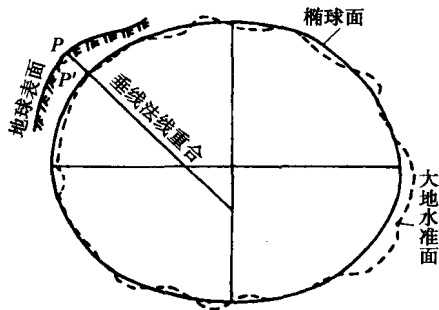


图 1-4 自然表面、大地水准面与地球椭球面

地球的形状既然可以用地球椭球来概括和表达,则地球的大小就可用下述几个参数来确定:

长半径: a

短半径: b

扁 率: $\alpha = \frac{a - b}{a}$

为了确定这些参数的大小,人们经过了几个世纪的努力,特别是自人造卫星等先进技术应用以来,其值愈来愈精确。我国目前采用的参数值为:

$a = 6\,378\,137$

$b = 6\,356\,752$

$\alpha = 1 : 298.257$

由于地球的扁率很小,在地形测量所研究的范围内,可以近似地将地球当作圆球来对待,取其半径为 $R \approx 6\,371\text{ km}$ 。