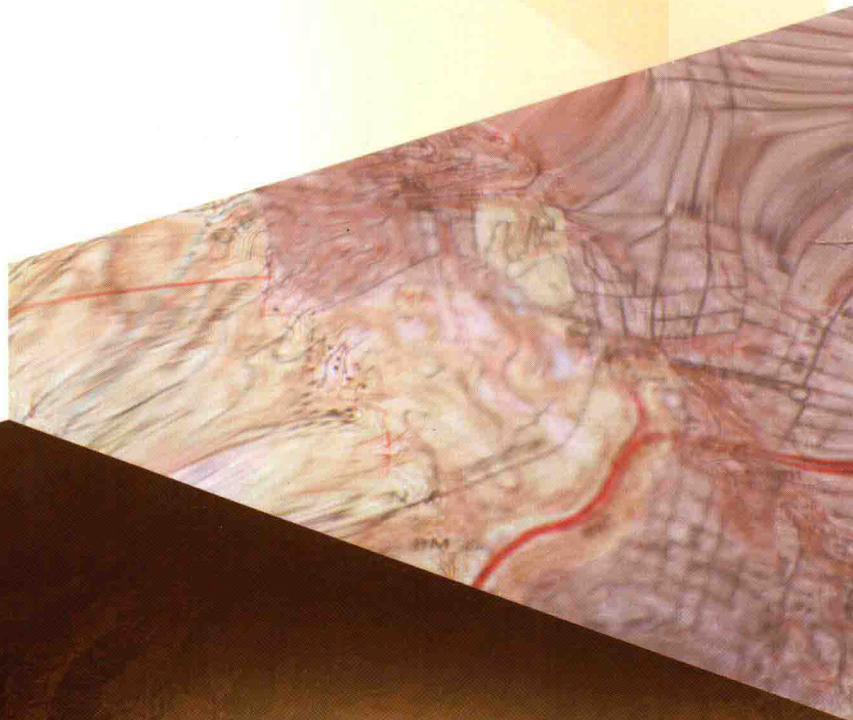




全国高等职业教育“十三五”规划教材
工程测量技术骨干专业核心课程规划教材

地形测量

李 建 林元茂 主编



Dixing
Celiang

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学出版社

育“十三五”规划教材
工程测量技术专业核心课程规划教材

地形测量

| | | |
|-----|-----|-----|
| 主 编 | 李 建 | 林元茂 |
| 副主编 | 赵仕宝 | 柏雯娟 |
| 参 编 | 韩 立 | 唐 尧 |

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

本书共十个项目,项目一至项目六为基础部分,包括地形测量基础知识、水准仪与水准测量、经纬仪及角度测量、距离测量、全站仪测量技术、测量误差基本知识;项目七、项目八为控制测量部分,包括平面控制测量和高程控制测量;项目九和项目十为地形图测绘及应用部分,包括大比例尺地形图测绘和地形图应用。

本书适合于高职高专工程测量技术专业、地籍测绘与土地管理、矿山测量、测绘地理信息技术专业教学使用,也可供测绘地理信息类专业相关技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

地形测量 / 李建,林元茂主编. — 徐州:中国矿业大学出版社,2018.9

ISBN 978 - 7 - 5646 - 4000 - 2

I. ①地… II. ①李…②林… III. ①地形测量—高等职业教育—教材 IV. ①P217

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第119269号

书 名 地形测量
主 编 李 建 林元茂
责任编辑 何晓明
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 江苏淮阴新华印刷厂
开 本 787×1092 1/16 印张 16.5 字数 412 千字
版次印次 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷
定 价 38.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

本书在编写过程中结合高职高专工程测量技术专业的人才培养目标,力图体现人才的类型和层次定位;在组织设计中,注重体现课程教材的整体性和系统性,在阐述测绘基础理论和方法的同时,重视基本技能训练和实践性教学环节;力求叙述简明、通俗易懂、注重实用、图文并茂;突出了该课程的基础性、实用性和技能型,各项测量观测、数据的记录与计算均有具体的实例和相应的表格,重点培养测量工作的测、算、绘的技能。

全书共分为十个项目,项目一为地形测量基础知识,主要包括测绘工作的概述、地球的形状、参考椭球面、测量坐标系和高程系、高斯投影、测量上常用的度量单位和测绘仪器的保养及测绘资料的记录与计算等;项目二为水准仪与水准测量,主要介绍水准测量的基本原理、水准仪的使用和普通水准测量的实施;项目三为经纬仪及角度测量,主要介绍水平角和竖直角度的定义、普通光学经纬仪的使用及检校、水平角和竖直角度的观测方法;项目四为距离测量,主要介绍钢尺量距、视距测量和电磁波测距;项目五为全站仪测量技术,主要介绍全站仪测量的基本原理和常用的测量功能;项目六为测量误差基本知识,主要介绍误差的概念及分类、精度的评定指标问题;项目七为平面控制测量,主要介绍全站仪导线测量和测角交会、测边交会等;项目八为高程控制测量,主要介绍三、四等水准测量和三角高程测量的方法;项目九为大比例尺地形图测绘,主要介绍地形图的分幅与编号、测图前的准备工作、碎部点的测定方法及地物和地貌的测绘方法等;项目十为地形图应用,主要介绍利用地形图解决工程建设及生活中实际问题的方法。

本书由李建、林元茂任主编,赵仕宝、柏雯娟任副主编,韩立、唐尧任参编。其中,项目一、项目八和项目九由李建(重庆工程职业技术学院)编写,项目二、项目四由赵仕宝(重庆工程职业技术学院)编写,项目三由韩立(四川水利职业技术学院)编写,项目五由柏雯娟(重庆工程职业技术学院)编写,项目六和项目七由林元茂(重庆工程职业技术学院)编写,项目十由唐尧(四川省安全科学技术研究院)编写。全书由李建统稿、定稿。

本书在编写过程中,重庆工程职业技术学院李天和教授、冯大福教授和焦亨余副教授对本书进行了认真审阅,从内容到框架提出许多宝贵的意见和建

议,对本书的编写质量提高起到了很大的促进作用;也得到了兄弟院校老师和测绘企业专家的大力支持,向这些老师、专家表示衷心的感谢!编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,在此真诚向以上同志和有关文献作者表示衷心的感谢!

由于编者水平有限,书中难免存在错误和纰漏之处,恳请广大读者批评指正。

编者

2018年3月

目 录

| | |
|-----------------------|----|
| 项目一 地形测量基础知识 | 1 |
| 任务一 测绘学的任务与作用 | 1 |
| 任务二 地球的形状和大小 | 9 |
| 任务三 地面点位的确定 | 11 |
| 任务四 地图投影和高斯平面直角坐标系 | 16 |
| 任务五 用水平面代替水准面的限度 | 19 |
| 任务六 测量工作概述 | 22 |
| 任务七 测量上常用的度量单位及有效数字 | 23 |
| 任务八 测绘仪器的使用与观测手簿的记录要求 | 25 |
| 项目二 水准仪与水准测量 | 31 |
| 任务一 水准测量的基本原理 | 31 |
| 任务二 水准测量的仪器和工具 | 34 |
| 任务三 水准仪的使用 | 38 |
| 任务四 水准测量的施测 | 40 |
| 任务五 水准测量的高程计算 | 47 |
| 任务六 水准仪的检验与校正 | 51 |
| 任务七 水准测量的主要误差来源 | 54 |
| 任务八 自动安平水准仪及电子水准仪 | 57 |
| 项目三 经纬仪及角度测量 | 63 |
| 任务一 角度测量概述 | 63 |
| 任务二 光学经纬仪构造与使用 | 64 |
| 任务三 水平角观测 | 69 |
| 任务四 竖直角观测 | 74 |
| 任务五 经纬仪的检验与校正 | 77 |
| 任务六 角度测量的主要误差来源 | 82 |
| 项目四 距离测量 | 88 |
| 任务一 钢尺量距 | 88 |

| | |
|----------------------------|-----|
| 任务二 视距测量 | 97 |
| 任务三 电磁波测距 | 100 |
| 项目五 全站仪测量技术 | 106 |
| 任务一 概述 | 106 |
| 任务二 全站仪的基本构造及附件 | 109 |
| 任务三 全站仪的操作 | 111 |
| 项目六 测量误差基本知识 | 127 |
| 任务一 测量误差概述 | 127 |
| 任务二 评定精度的指标 | 130 |
| 任务三 算术平均值及其中误差 | 133 |
| 项目七 平面控制测量 | 136 |
| 任务一 平面控制测量概述 | 136 |
| 任务二 平面控制网的定向、定位与坐标计算 | 141 |
| 任务三 导线测量的外业工作 | 146 |
| 任务四 导线测量的内业工作 | 151 |
| 任务五 交会定点测量 | 160 |
| 项目八 高程控制测量 | 169 |
| 任务一 三、四等水准测量 | 169 |
| 任务二 三角高程测量 | 175 |
| 项目九 大比例尺地形图测绘 | 184 |
| 任务一 地形图的基本知识 | 184 |
| 任务二 地形图的分幅与编号 | 188 |
| 任务三 地形图图式 | 197 |
| 任务四 大比例尺地形图测绘的技术设计 | 207 |
| 任务五 图根控制测量 | 208 |
| 任务六 测图前的准备工作 | 210 |
| 任务七 碎部测量的方法 | 213 |
| 任务八 地物的测绘 | 217 |
| 任务九 地貌的测绘 | 222 |
| 任务十 地形图测绘综合取舍的一般原则 | 230 |
| 任务十一 地形测图的收尾工作 | 232 |

| | |
|-------------------|-----|
| 项目十 地形图应用····· | 238 |
| 任务一 地形图的识读····· | 238 |
| 任务二 地形图的内业应用····· | 241 |
| 任务三 地形图的外业应用····· | 248 |
| 参考文献····· | 256 |

项目一 地形测量基础知识

任务一 测绘学的任务与作用

一、测绘学的基本概念

测绘学以地球为研究对象,是对其进行测量和描绘的科学。所谓测量,是指利用测量仪器对自然地理要素或者地表人工设施的形状、大小、空间位置及其属性等进行测定、采集、表述以及对获取的数据、信息、成果进行处理和提供的活动。所谓描绘,则是指根据观测到的这些数据,通过地图制图方法将地面的自然形态和人工设施等绘制成图,如图 1-1 所示。

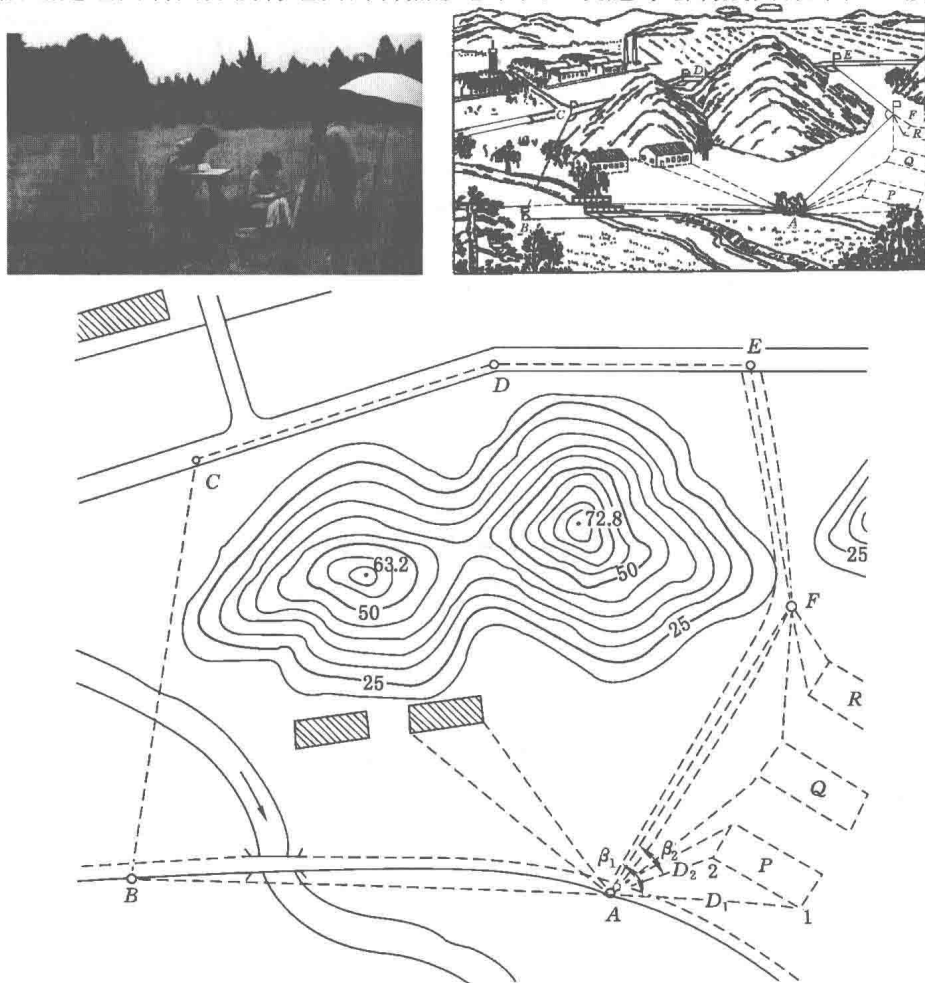


图 1-1 测绘学起初的概念

从测绘学的基本概念可知,其研究内容是很多的,涉及许多方面,现仅就测绘地球来阐述其主要内容。测绘学的主要研究对象是地球及其表面的各种自然和人工的形态。

(1) 研究和测定地球的形状、大小及其重力场,在此基础上建立一个统一的地球坐标系,用以表示地球表面及其外部空间任一点在这个地球坐标系中准确的几何位置。

(2) 有了大量的地面点的坐标和高程,就可以此为基础进行地表形态的测绘工作,其中包括地表的各种自然形态,如水系、地貌、土壤和植被的分布;也包括人类社会活动所产生的各种人工形态,如居民地、交通设施和水系设施的位置。

(3) 以上用测量仪器和测量方法所获得的自然界和人类社会现象的空间分布、相互联系及其动态变化信息,最终要以地图图形的形式反映和展示出来。

(4) 各种经济建设和国防工程建设的规划、设计、施工和建筑物建成后的运营管理中,都需要进行相应的测绘工作,并利用测绘资料指导工程建设的实施,监测建(构)筑物的形变。

(5) 在海洋环境(包括江河湖泊)中进行测绘工作,同陆地测量有很大的区别。主要是测区条件比较复杂(如海面受潮汐、气象因素等影响起伏不定,大多数为动态作业),测量内容综合性强,需多种仪器配合施测,观测者不能用肉眼透视水域底部,精确测量难度较大。因此,要研究海洋水域的特殊测量方法和仪器设备,如无线电导航系统、电磁波测距仪器、水声定位系统、卫星组合导航系统等。

(6) 从以上的研究内容可以看出,测绘学中有大量各种类型的测量工作。这些测量工作需要观测者利用测量仪器在某一种自然环境中进行观测。测量仪器构造上有不可避免的缺陷,加之观测者的技术水平和感觉器官的局限性以及自然环境的各种因素,如气温、气压、风力、透明度、大气折光等变化,对测量工作都会产生影响,给观测结果带来误差。虽然随着测绘科技的发展,测量仪器可以制造得越来越精密,甚至可以实现自动化或智能化,观测者的技术水平可以不断提高,能够非常熟练地进行观测,但这也只能减小观测误差,将误差控制在一定范围内,而不能完全消除它们。因此,在测量工作中必须研究和处理这些带有误差的观测值,设法消除或削弱其误差,以便提高被观测量的质量,这就是测绘学中的测量数据处理和平差问题。

(7) 测绘学的研究和工作成果最终要服务于国民经济建设、国防建设以及科学研究,因此要研究测绘学在社会经济发展的各个相关领域中的应用。不同应用领域对测绘工作的要求也不相同,要求掌握不同的测绘理论和方法,使用不同的测量仪器和设备,采用不同的数据处理和平差,最后获得符合不同应用领域要求的测绘成果。

二、测绘学的学科分类

随着测绘科学技术的发展和时间的推移,测绘学的学科分类方法是不相同的。测绘学按照研究的范围、研究对象及采用技术手段的不同,一般分为以下五个分支学科:大地测量学、摄影测量学、地图学、工程测量学、海洋测绘学。

1. 大地测量学

大地测量学是研究和确定地球的形状、大小、重力场、整体与局部运动和地表面点的几何位置以及它们的变化理论和技术的学科。大地测量学的基本任务是建立地面控制网、重力网,精确测定控制点的空间三维位置,为地形测图提供控制基础,为各类工程测量提供依据,为研究地球形状、大小,重力场及其变化,地壳形状及地震预报提供信息。图 1-2 表示的

是地球椭球的大小、扁率和点的几何位置,图 1-3 为重力测量作业,图 1-4 为卫星定位作业。

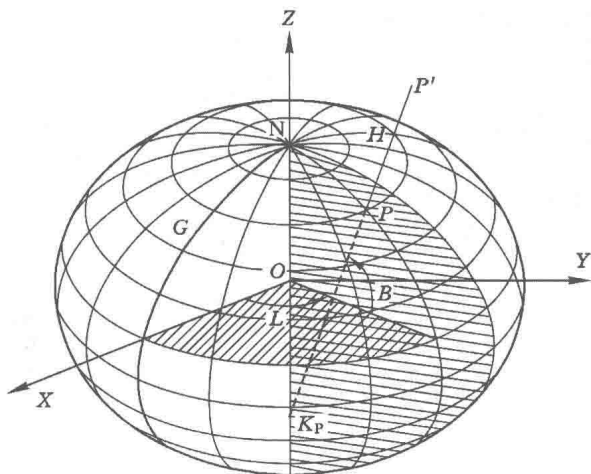


图 1-2 地球椭球的大小、扁率和点的几何位置



图 1-3 重力测量作业



图 1-4 卫星定位作业

2. 摄影测量学

摄影测量学是研究利用摄影或遥感的手段获取目标物的影像数据,从中提取几何的或物理的信息,并用图形、图像和数字形式表达测绘成果的学科。它的主要研究内容有:获取目标物的影像,对影像进行处理,将所测得的成果用图形、图像或数字表示。

摄影测量学包括航天摄影、航空摄影、地面摄影测量等。航天摄影是在航天飞行器(卫星、航天飞机、宇宙飞船)中利用摄影机或其他遥感探测器(传感器)获取地球的图像资料及有关数据的技术,如图 1-5 和图 1-6 所示。航空摄影是在飞机或其他航空飞行器上利用航摄机摄取地面景物影像的技术,如图 1-7 所示。地面摄影测量是利用安置在地面上基线两端点处的专用摄影机拍摄的立体像对,对所摄目标物进行测绘的技术,如图 1-8 所示。

3. 地图学

地图学是研究模拟和数字地图的基础理论,设计、编绘、复制的技术方法以及应用的学科。传统地图制图学的具体内容一般包括地图设计、地图投影、地图编制、地图印制和地图应用等五方面内容,如图 1-9、图 1-10 所示。

随着计算机技术的引入,出现了计算机地图制图技术。它根据地图制图原理和地图编

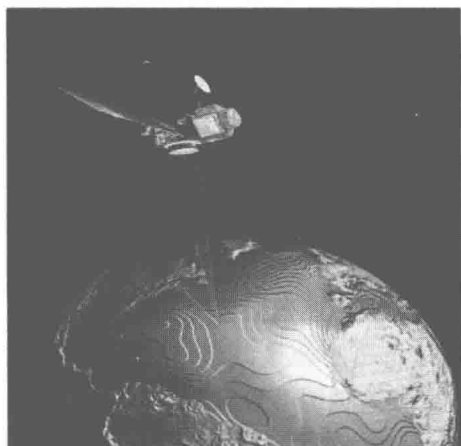


图 1-5 航天测绘



图 1-6 航天遥感影像图

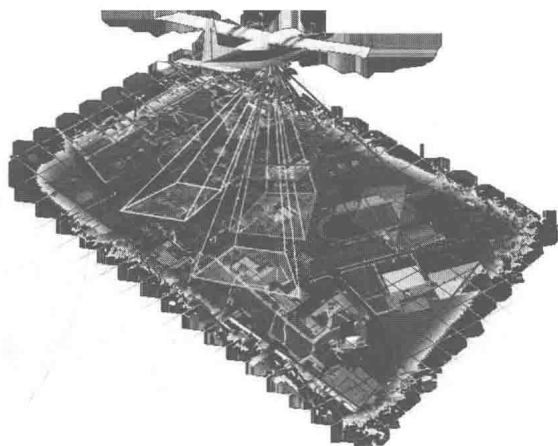


图 1-7 航空摄影

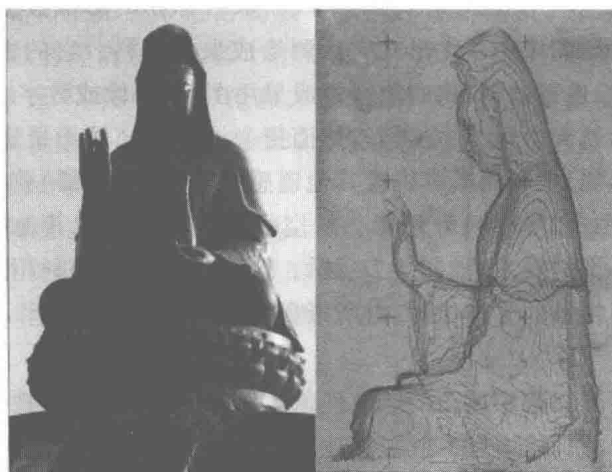


图 1-8 近景摄影测量(地面摄影测量)

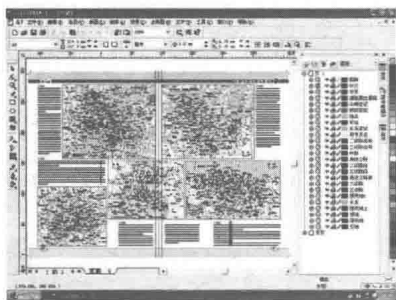


图 1-9 地图设计与编制

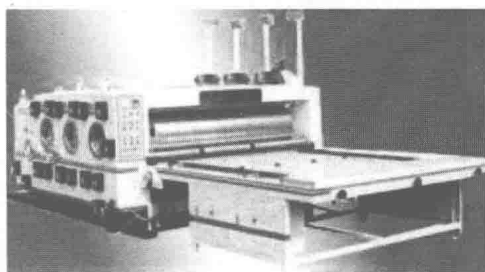


图 1-10 地图印制

辑过程的要求,利用计算机输入、输出等设备,通过数据库技术和图形数字处理方法,实现地图数据的获取、处理、显示、存储和输出;改变了地图的传统生产方式,节约了人力,缩短了成图周期,提高了生产效率和地图制作质量,使得地图手工生产方式逐渐被数字化地图生产所取代。

4. 工程测量学

工程测量学是研究在工程建设和自然资源开发各个阶段进行测量工作的理论和技术的学科。它是测绘学在国民经济和国防建设中的直接应用,包括规划设计阶段的测量、施工兴建阶段的测量和运营管理阶段的测量。每个阶段测量工作的重点和要求各不相同。规划设计阶段的测量,主要是提供地形资料和配合地质勘探、水文测验所进行的测量工作,如图 1-11 所示。施工兴建阶段的测量,主要是按照设计要求,在实地准确地标定出工程结构各部分的平面位置和高程作为施工和安装的依据,如图 1-12 所示。运营管理阶段的测量,是指工程竣工后为监视工程的状况和保证安全所进行的周期性重复测量,即变形观测,如图 1-13 所示。



图 1-11 规划设计阶段的测量

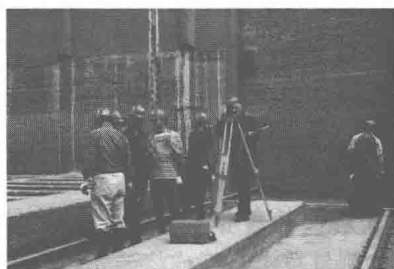


图 1-12 施工测量

精密工程测量(或高精度工程测量)是采用非常规的测量仪器和方法,使其测量的绝对精度达到毫米级以上要求的测量工作,用于大型、精密设备的精确定位和变形观测等,如图 1-14 所示。随着信息技术的发展,工程测量学的研究范围已扩展到三维工业测量、灾害监测与预报等领域。

工程测量学是一门应用学科,按其研究的对象可分为:控制测量、地形测量、规划测量、建筑工程测量、变形观测与精密工程测量、市政工程测量、水利工程测量、线路与桥隧测量、地下管线测量、矿山测量等。

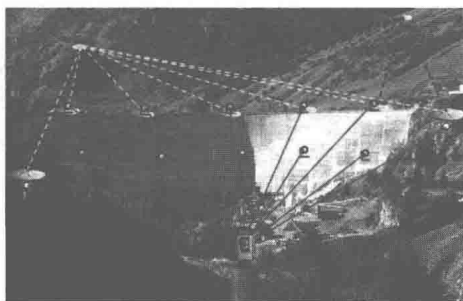


图 1-13 变形观测



图 1-14 精密工程测量

5. 海洋测绘学

海洋测绘学是研究以海洋水体和海底为对象所进行的测量、海图编制理论和方法的学科,主要包括海道测量、海洋大地测量、海底地形测量、海洋专题测量以及航海图、海底地形图、各种海洋专题图和海洋图集等图的编制,如图 1-15 所示;常见的仪器有测深仪,如图 1-16 所示。

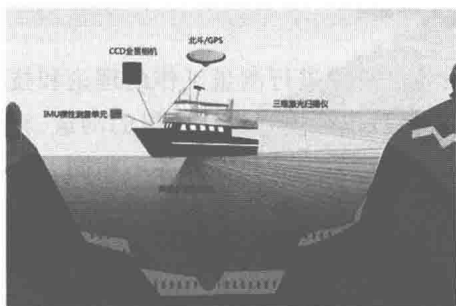


图 1-15 海底地形测量



图 1-16 测深仪

三、测绘科学技术的地位和作用

测绘科学技术的应用范围非常广阔,测绘科学技术在国民经济建设、国防建设以及科学研究等领域都占有重要的地位,测绘工作者常被称为国民经济建设的“尖兵”。不论是国民经济建设还是国防建设,其勘测、设计、施工、竣工及运营等阶段都需要测绘工作,而且都要求测绘工作先行。

1. 在科学研究中的作用

现代测量技术已经或将要实现无人工干预、自动连续观测和数据处理,可以提供几乎任意时域分辨率的地壳运动、重力场的时空变化、地球的潮汐和自转变化等的的数据,这些观测成果可以用于地球内部物质结构在科学研究方面,诸如航天技术、地壳形变、地震预报、气象预报、滑坡监测、灾害预测和防治、环境保护、资源调查以及其他科学研究中。地理信息系统(GIS)、数字城市、数字中国、数字地球的建设,都需要现代测绘科学技术提供基础数据信息。

2. 在国民经济建设中的作用

测绘信息是国民经济和社会发展规划中最重要的基础信息之一。例如,农田水利建设、江河的治理、国土资源管理、地质矿藏的勘探与开发、交通运输的设计、工矿企业和城乡建设的规划、土地利用、土壤改良、地籍管理、环境保护、旅游开发等都必须首先进行测绘工作,并提供地形图与数据等资料,这样才能保证规划设计与施工的顺利进行。因此,测绘工作者常

被誉为“国民经济建设的先锋”。在其他领域,如地震灾害的预报、航天、考古、探险,甚至人口调查等工作中,也都需要测绘工作的配合。

3. 在国防建设中的作用

测绘工作为打赢现代化战争提供测绘保障,如各种军事工程的设计与施工,远程导弹、人造卫星或航天器的发射及精确入轨,战役及战斗部署,各军兵种军事行动的协同等都离不开地图和测绘工作的保障。所以,人们形象地称地形图是“指挥员的眼睛”。

4. 在社会发展中的作用

国民经济建设和社会发展的绝大多数活动是在广袤的地域空间进行的。政府部门或职能机构既要及时了解自然和社会经济要素的分布特征与资源环境条件,也要进行空间规划布局,要掌握空间发展状态和政策的空间效应。因此,为实现政府管理和决策的科学化、民主化,要求提供广泛通用的地理空间信息平台,测绘数据是其基础。在防灾减灾、资源开发和利用、生态建设与环境保护等影响社会可持续发展的种种因素方面,各种测绘和地理信息可用于规划、方案的制订,灾害、环境监测系统的建立,资源、环境调查与评估以及决策指挥等。

测绘工作是一项精细而严谨的工作。测绘成果、成图质量的好坏对各项建设有着重大的影响。我国幅员辽阔,物产丰富,建设事业蓬勃发展,测绘任务十分繁重。为了适应时代的发展和现代化测绘技术的需要,我们必须努力学习专业知识,勇于实践,培养刻苦钻研的良好学风;要树立同心协力,不避艰辛的思想作风;要发扬测绘技术人员真实、准确、细致的优良传统,担负起光荣的测绘使命,为祖国的现代化建设贡献力量。

四、地形测量学的内容

从测绘学的定义可知,地形测量学是测绘学研究的重要内容。地形测量学是普通高等职业教育测绘地理信息类专业的专业基础课,在专业课程设置中占据重要的地位,在专业教学中起着基础作用。

地形测量是对地球表面的地物、地貌在平面上的投影位置和进行测量,并按照一定比例尺缩小,用符号和注记绘制成地形图的工作。

地形测量特别是大比例尺地形测量,只是在地球表面一个小区域内进行的测绘工作,在确定平面位置时可以把这块地球表面看作平面,而不顾及地球曲率的影响。

地形测量学的主要任务有:根据国家大地控制网,建立测图控制网,测定一定数量的平面和高程控制点,计算控制点的平面坐标和高程,供碎部测量使用;在控制测量基础上,利用各种测量方法测定各种地物、地貌特征点的平面位置和高程,确定地形要素的名称、数量和特征,利用地形符号绘制各种比例尺的地形图;利用地形图进行量算和空间分析,为工程建设规划提供资料;应用测量误差理论分析测量误差来源和积累;掌握地形测量使用的仪器[目前主要有水准仪、全站仪、全球导航卫星定位系统(GNSS)接收机等]的原理、操作使用方法。

在国民经济和社会发展规划中地形测量信息是重要的基础信息,如各种规划首先要有地形图,因此,地形测量常被视为经济建设和国防建设的基础工程。在国防建设中,地形图是战略部署的重要资料之一,是现代大规模多兵种协同作战的重要保障。

五、地形测量的发展概况

1. 传统的地形测量

传统的地形测量主要指的是图解法测图,是利用测量仪器对地球上的各种地物、地貌特征点的空间位置进行测定,并以一定的比例尺按图形符号的要求将其绘制在白纸上和聚酯薄

膜上,即通常所称的白纸测图,如图 1-17 所示。测图过程中,展点、绘图及图纸伸缩变形等因素的影响使得测图精度较低,而且工序多、劳动强度大、变更和修改不方便、质量管理难。在当今的信息时代,纸质地形图已难以承载诸多图形信息,更新也极为不便,难以适应信息时代经济建设的需要。

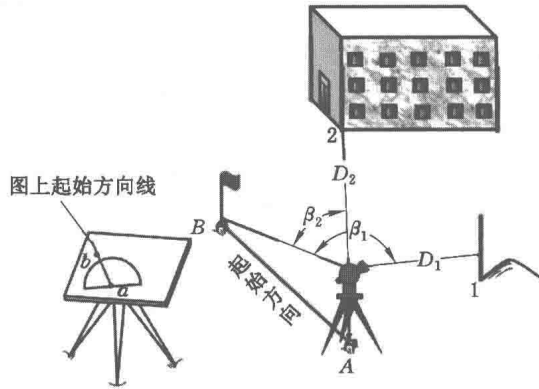


图 1-17 图解法测图

2. 数字地形测量

随着科学技术进步和计算机技术的迅猛发展及其向各领域的渗透,电子全站仪、GNSS-RTK 技术等先进测量仪器和技术的广泛应用,促进了地形测量向自动化和数字化方向的发展,数字测图技术应运而生。数字测图与图解法测图相比,以其特有的高自动化、全数字化、高精度的显著优势而具有无限广阔的发展前景。

数字测图是通过数字测图系统来实现的,数字测图系统主要由数据采集、数据处理和数据输出三部分组成,其作业过程与使用的设备和软件、数据源及图形输出的目的有关。如图 1-18 所示,根据数字测图系统的硬件和软件的组成,数字测图方法包括利用全站仪、RTK 进行地面数字测图;利用 RTK 配合探深仪进行水下地形数字测图;利用手扶跟踪数字化仪或扫描仪对纸质地形图进行数字化;利用摄影测量进行数字测图。

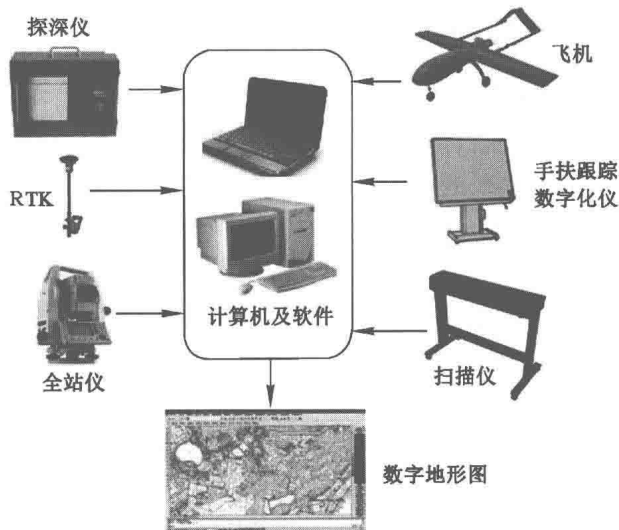


图 1-18 数字测图

任务二 地球的形状和大小

地形测量学的研究对象是地球表面,测量工作也是在地球表面进行的。因此,首先要对地球形状、大小等自然状态做必要的了解,然后才能确定地面点的空间位置而选择参考面和参考线,作为描述地面点空间位置的基准。

一、地球的自然表面

地球表面是极其不规则的,有山地、丘陵、平原、盆地、海洋等起伏变化。通过长期的科学调查和测绘实践可知,对地球表面而言,海洋的面积约占 71%,陆地仅占 29%。地球表面最高处位于珠穆朗玛峰,其海拔为 +8 844.43 m;最低点位于马里亚纳海沟,其最深处位于斐查兹海渊,海拔为 -11 034 m。地球表面看起来起伏变化非常大,但是这种起伏变化和庞大的地球(半径约 6 371 km)比较起来是微不足道的,就其总体形状而言,地球是一个接近于两极扁平,沿赤道略微隆起的椭球体。

二、大地水准面

由于地球的自转运动,地球上任何一个质点都要受到离心力和地球引力的双重作用,这两个力的合力称为重力,如图 1-19 所示。悬挂物体静止时受重力作用,自然下垂的线即为铅垂线。铅垂线是野外测量工作的基准线。

既然地球表面绝大部分是海洋,我们可以把地球设想成一个静止的海水面(即没有波浪、无潮汐的海水面)向大陆内部延伸、最后包围起来的闭合形体。将海水在静止时的表面叫作水准面(水在静止时的表面),水准面有无穷多个,其中一个与平均海水面重合并延伸到大陆内部,且包围整个地球的特定重力等位面叫作大地水准面,如图 1-20 所示。它是一个没有皱纹和棱角的、连续的封闭曲面,决定地面点高程的起算面,是野外测量工作的基准面。由大地水准面所包围的形体叫作大地体,通常认为大地体可以代表整个地球的形状。

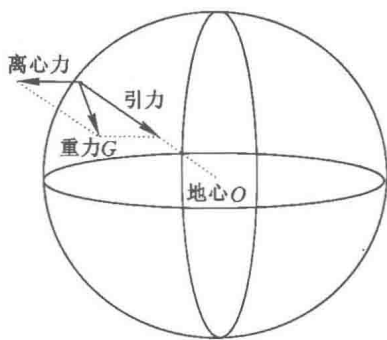


图 1-19 引力、离心力和重力

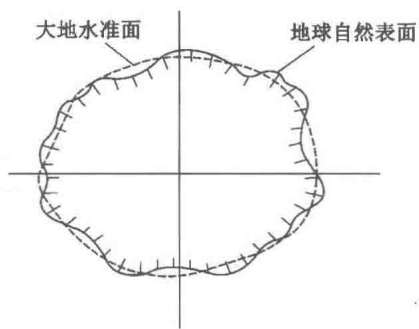


图 1-20 大地水准面

三、参考椭球面

地球内部物质分布不均匀,就使得地面各点沿铅垂线方向发生不规则的变化,因此,大地水准面实际上是个略有起伏而不规则的光滑曲面。显然,要在这样的曲面上进行各种测量数据的计算和成果、成图的处理是相当困难的,甚至是不可能的。人们经过长期的精密测量,发现大地体是一个十分接近于两极稍扁的旋转椭球体,这个与大地体形状和大小十分接