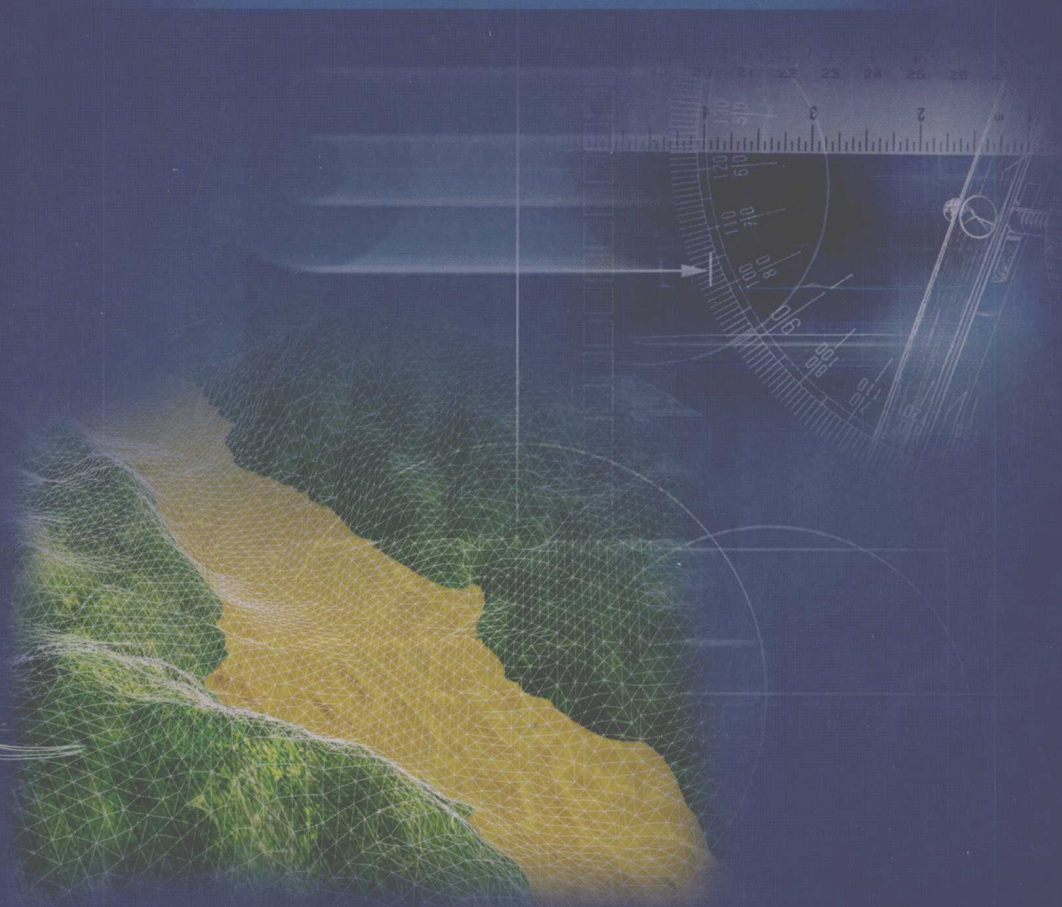


高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专规划教材

地形测量

dixing celiang

赵文亮 主编



黄河水利出版社

P217

12

高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专规划教材

地 形 测 量

赵文亮 主编

黄河水利出版社

内 容 提 要

本书为高职高专院校测量工程专业的专业基础课《地形测量》教材。全书共分 12 章,内容包括绪论、测量学的基本知识、认识地形图、水准测量、经纬仪及其角度观测、距离测量、测量误差与测量精度评定、地形平面控制测量、三角高程测量、地形碎部测绘、大比例尺地形测量及地形图的基本应用。

本书可作为将测量学作为相关专业技术课的规划、土木工程、农林、地质、矿产等专业的高职高专专业教材,或作为教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

地形测量/赵文亮主编. — 郑州:黄河水利出版社,
2005.8

高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职
高专规划教材

ISBN 7-80621-931-5

I. 地… II. 赵… III. 地形测量 - 高等学校:
技术学校 - 教材 IV. P217

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 083409 号

出 版 社:黄河水利出版社

地址:河南省郑州市金水路 11 号

邮政编码:450003

发行单位:黄河水利出版社

发行部电话:0371-66026940

传真:0371-66022697

E-mail: yrcp@public.zz.ha.cn

承印单位:河南省瑞光印务股份有限公司

开本:787 mm × 1 092 mm 1/16

印张:14.5

字数:332 千字

印数:1—4 100

版次:2005 年 8 月第 1 版

印次:2005 年 8 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-80621-931-5/P·44

定价:25.00 元



高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专
规划教材审定委员会

主 任 宁津生

副主任 陶本藻 王 依

委 员 赵文亮 方源敏 李晓桓

序

我国的高职高专教育经历了十余年的蓬勃发展,获得了长足的进步,如今已成为我国高等教育的重要组成部分,正在国家的经济、社会和科技发展中发挥着积极的服务作用,测绘类专业的高职高专教育也是如此。为了加深高职高专教育自身的改革,并使其高质量地向前发展,教育部决定组建高职高专教育的各学科专业指导委员会。国家测绘局受教育部委托,负责组建和管理高职高专教育测绘类专业指导委员会,并将其设置为高等学校测绘学科教学指导委员会下的一个分委员会。第一届分委员会成立后的第一件事就是根据教育部的要求,研讨和制定了我国高职高专教育的测绘类专业设置,新设置的专业目录已上报教育部和国家测绘局。随后组织委员和有关专家按照新的专业设置制定了“十五”期间相应的教材规划。在广泛征集有关高职高专院校意见的基础上,确定了规划中各本教材的主编和参编院校及其编写者,并规定了完成日期。为了保证教材的学术水平和编写质量,教学指导分委员会还针对高职高专教材的特点制定了严格的教材编写、审查和出版的流程 and 规定,并将其纳入高等学校测绘学科教学指导委员会统一管理。

经过各相关院校编写教师们的努力,现在第一批规划教材正式出版发行,其他教材也将会陆续出版。这些规划教材显明地突出了高职高专教育中专业设置的职业性和教学内容的应用性,适应高职高专人才的职业需求,必定有别于高等教育的本科教材,希望在高职高专教育的测绘类专业教学中发挥很好的作用。

这里要特别指出,黄河水利出版社在获悉我们将出版一批规划教材后,为了支持和促进测绘类专业高职高专教育的发展,经与教学指导委员会协商,今后高职高专测绘类专业的全部规划教材都将由该社统一出版发行。这里谨向黄河水利出版社表示感谢。

由教学指导委员会按照新的专业目录,组织、规划和编写高职高专测绘类专业教材还是初次尝试,希望有测绘类专业的各高职高专院校能在教学中使用这些规划教材,并从中发现问题,提出建议,以便修改和更加完善。

高等学校测绘学科教学指导委员会主任
中国工程院院士

宁津生

2005年7月10日于武汉

前 言

本教材是根据高等学校测绘学科教学指导委员会高职高专分委员会关于高职高专测绘类专业系列教材规划,为高职高专院校教学而编写的。

地形测量是测量工程专业及相关专业的专业基础课。该课程在各学校都是作为入门的专业课程开设的。因此,通过该课程的教学,首先要使学生建立对测量学的整体概念,要求学生掌握基本的测绘学概念,为后续课程的教学打下基础;同时要完成地形测量的理论和实践教学,使学生掌握测绘大比例尺地形图的技能和掌握大比例地形测量工程的作业流程和组织,由地形图的应用及测绘地形图的需要,引出控制测量、测量平差与数据处理、工程测量等专业主干课程。同时在课程教学中,对学习者的测绘基本技能训练,也将对其测绘技能的构建起非常重要的基础作用。因此,地形测量课的教学必须着重于基本概念、基本原理的累积,构建专业的理论基础,同时也应注重基本技能和专业工程能力的训练。

根据测绘新技术应用的推进进程,也根据在教学中要求学习者对基本原理和概念的理解和掌握,考虑高职高专分委员会已经对专业系列教材进行规划,因此本课程的内容也注意了和相关课程如《数字测图技术》、《工程测量》等课程的教学内容不重复。课程编写大纲经过集体讨论,形成了先建立测绘科学基本概念,然后从认识地形图开始,以构建如何测绘地形图的知识点和技能点,根据先易后难的原则,同时考虑地形测绘工作现场的作业流程,来组织课程内容的编排,最后以地形图的基本利用来结尾。通过先建立感性思维,逐步深入,过渡到建立理性思维和知识体系的顺序,来组织内容结构。

参加本书编写的有昆明冶金高等专科学校赵文亮(负责编写第一、二、三章,并统稿)、黄河水利职业技术学院李聚方(负责编写第四、五章)、平顶山工学院朱淑丽(负责编写第六、七章)、武汉电力职业技术学院李泽球(负责编写第八、九、十章)、包头铁路工程学校全志强(负责编写十一、十二章)。

本书由高等学校测绘学科教学指导委员会“十五”高职高专规划教材审定委员会组织审稿。参加审稿的有武汉大学宁津生院士、陶本藻教授,合肥工业大学王依教授,昆明理工大学方源敏教授,昆明冶金高等专科学校李晓桓教授等。本书由王依教授主审。我们对参加审稿的专家和其他对本书的编写提出了宝贵意见和建议的专家,以及对本书引用的有关资料的作者表示衷心的感谢!

本书的出版,还要感谢高等学校测绘学科教学指导委员会的组织和指导。对昆明冶金高等专科学校、黄河水利职业技术学院、平顶山工学院、武汉电力职业技术学院、包头铁路工程学校给予的支持表示衷心的感谢!同时对黄河水利出版社所做的辛勤工作和劳动也表示衷心的感谢!

虽然本书的编者都已在高职高专测绘教育教学中工作多年,但由于水平有限,书中不妥和不足之处在所难免,恳请读者给予批评斧正。

编 者

2005年5月于昆明

目 录

序

宁津生

前 言

第一章 绪 论	(1)
第一节 测绘科学技术在社会发展中的作用	(1)
第二节 测绘科学的历史发展简介	(2)
第三节 测绘科学及其分类	(4)
第四节 测绘学的现代发展	(5)
第五节 本课程的地位与作用	(8)
第二章 测量学的基本知识	(11)
第一节 地面点位的确定	(11)
第二节 测量工作基本内容和原则	(16)
第三节 水准面曲率对观测量的影响	(17)
第三章 认识地形图	(19)
第一节 地形图的认识及其基本数学要素	(19)
第二节 地形图的比例尺	(20)
第三节 地物及其表示	(21)
第四节 地貌及其表示	(23)
第五节 特殊地貌及土质和植被的表示	(27)
第六节 地形图注记	(27)
第四章 水准测量	(29)
第一节 水准测量的原理	(29)
第二节 水准测量的仪器和工具	(31)
第三节 水准仪的使用	(39)
第四节 普通水准测量	(40)
第五节 四等水准测量	(45)
第六节 水准路线的高程计算	(48)
第七节 水准仪的检验、校正	(52)
第八节 水准测量的误差分析	(58)
第九节 测量仪器的使用和维护	(61)
第十节 自动安平水准仪及电子水准仪简介	(63)
第五章 经纬仪及其角度观测	(67)
第一节 角度测量的基本概念	(67)
第二节 DJ ₆ 光学经纬仪及其构造	(68)

第三节	水平角测量	(71)
第四节	竖直角测量	(80)
第五节	经纬仪的检验校正	(85)
第六节	角度测量的误差来源	(91)
第六章	距离测量	(94)
第一节	普通视距测量	(94)
第二节	钢尺量距	(96)
第三节	光电测距及全站仪	(102)
第七章	测量误差与测量精度评定	(111)
第一节	误差理论概述	(111)
第二节	误差传播定律	(115)
第三节	平差值的计算及精度评定	(116)
第四节	测量计算中的有效数字	(120)
第八章	地形平面控制测量	(121)
第一节	概 述	(121)
第二节	地形平面控制测量的外业工作	(124)
第三节	直线定向	(126)
第四节	坐标计算原理	(130)
第五节	导线测量	(133)
第六节	交会测量	(140)
第九章	三角高程测量	(151)
第一节	三角高程测量原理	(151)
第二节	三角高程测量的应用	(154)
第三节	三角高程测量的误差来源与精度	(158)
第十章	地形碎部测绘	(162)
第一节	测定碎部点的方法	(162)
第二节	碎部测图的方法	(165)
第三节	地物的测绘	(169)
第四节	地貌的测绘	(173)
第五节	碎部测图的一般要求	(179)
第十一章	大比例尺地形测量	(184)
第一节	概 述	(184)
第二节	大比例尺测图的技术计划	(185)
第三节	地形控制测量	(186)
第四节	地形图的分幅与编号	(189)
第五节	地形测图的准备工作	(194)
第六节	测站点的测定	(197)
第七节	测站测图	(199)

第八节	图边测图及图的拼接·····	(200)
第九节	地形测图的结束工作·····	(201)
第十二章	地形图的基本应用·····	(205)
第一节	地面点位置与两点间距离的确定·····	(205)
第二节	确定直线的坐标方位角与坡度·····	(207)
第三节	沿已知方向作断面图及判断是否通视·····	(208)
第四节	量算面积·····	(210)
第五节	作为各种专业用图的底图·····	(213)
参考文献	·····	(218)

第一章 绪 论

第一节 测绘科学技术在社会发展中的作用

测绘科学是人类认识和研究我们赖以生存的地球的不可缺少的手段。伴随人类文明的不断进步,人类对自己的惟一家园——地球给予了越来越多的关注。人类需要保护地球,推进可持续发展。要关注和探索大区域或全球性的问题,必须由测绘提供基础数据的支持。地球的形状和大小,本身的变化如地壳板块的运动、地震预测、重力场的时空变化、地球的潮汐、自转的变化等也需要观测,这些观测将对人类进一步认识地球发挥不可缺少的作用,要实现这些观测需要测绘技术的支持。

在国家建设中,从发展规划、资源调查、开发与利用、环境保护、城市、交通、水利、能源、通讯等任何建设工程,大到正负电子对撞机、核电站的建设,小到民宅的建设,建设工程的全部建设过程都需要测绘提供保障。

在信息化建设不断推进的今天,国家经济建设的各方面对测绘保障提出了越来越高的要求。要求测绘提供精确、实时的数据资料,并要求提供的地理空间信息数据和专业数据相结合来推进信息化进程。面向社会公众服务的相关公司和政府部门,也可以通过基于地理空间信息的指挥运作系统来实现及时的服务和最大效率的发挥,如出租车公司的车辆管理,急救、消防的调度管理等。基于地理空间信息建立的各种专业信息系统,进行信息共享平台的建设,来构建数字城市、数字区域和数字国家。

在国防建设和公众安全保障中,测绘提供准确、及时的定位和相关保障,其作用也在不断地发挥。现代化战争中的精确打击,需要提供高质量的测绘保障,提供实时的、足够精度的定位数据。战前作战方案的优化制订,作战过程中的战场态势评估及作战指挥,战后评估都需要基于测绘获得的地理空间信息建立作战指挥系统。人造地球卫星、航天器、远程导弹的发射等,则要随时观测、跟踪、校正飞行轨道,保证它们精确入轨飞行。在国界勘测中,通过测绘提供的国界线地理空间信息数据则是关系到国家主权和利益的国家重要数据,在国际交往和合作中发挥重要作用。在保障公众安全方面,借助测绘提供的地理空间信息,可以使警力的作用得以最好的发挥。

社会公众个人出于对个人财产或监控物的动态监控,对财产定位及其必要的跟踪的需求也开始出现,并且不断增长;个人出游中也需要定位和指向。

在经济社会发展中,特别是在全世界强调人与自然和谐、经济社会可持续发展的今天,政府部门及相关机构,越来越需要及时掌握自然与社会经济要素的分布状况及其变化特征,来制定和调整相关的政策,以实现对社会经济发展的最大推动的期望。也希望在某种自然、社会危机或者风险事件出现的情况下,能够最及时地提供地理空间信息数据的支持,迅速形成相关的决策和指挥系统,以便使全社会在防灾减灾方面,将损失降低到最小。

由此,社会政治、经济的发展,使很多的部门和社会组成的各个层面都需要测绘的支持。测绘工作也将发挥越来越重要的、不可缺少的作用。

第二节 测绘科学的历史发展简介

在人类发展的历史长河中,人类的活动中产生了确定点的位置及其相互关系的需要。如远在公元前 1 400 多年,古埃及尼罗河畔的农田在每次河水泛滥后的地界恢复需要测量。公元前 3 世纪前,中国人的祖先已经认识并利用天然磁石的磁性,制成了“司南”磁罗盘用于方向的确定。而在公元前 21 世纪,大禹治水时就已经制造了“准绳”、“规矩”等测量工具,并成功地用于治水工程中。

随着人类对世界的认识视野的拓宽,测绘科学也逐步完善形成。公元前 6 世纪,古希腊的毕达歌拉斯提出地球体的概念,200 多年后,亚里士多德进行了进一步的论证,又过了 100 年后,埃老突斯尼测算了地球子午圈的长度,并推算了地球的半径。现代全球测绘数据显示,地球的扁率(长短半径差与半径之比)仅约为 $1/298.3$,已经是比较准确的描述了。公元 8 世纪,南宫说在今河南境内进行了子午圈实地弧度测量。到 17 世纪末,牛顿和惠更斯提出了地扁说,并在 18 世纪由法国科学院测量证实了地扁说,使人类对地球的认识从球体认识推进到了椭球体。19 世纪初,法国的拉普拉斯和德国的高斯都提出了对地球更精确的描述,是椭球形,总体应该为梨状。1873 年利斯廷创造了大地水准面一词,以此面封闭形成的球体大地体来描述地球。1945 年,前苏联的莫洛坚斯基创立了用地面重力测量数据直接研究真实地球表面形状的理论。由此,人类对地球的认识,由天圆地方的认识,经历了圆形、椭球形、梨状等越来越准确的认识过程。

作为测绘主要成果形式的地图在表现形式和制作方式上也取得了重大的进步。公元前 3 世纪以前,人类只是在一些陶片上记录一些地形的示意略图。公元前 2 世纪,中国人已经能在锦帛上绘制有比例和方位的地图,并有了一定的精度。公元 2 世纪,古希腊的托勒密在《地理学指南》一书中已经收集、整理了当时关于地球的认识,阐述了编制地图的方法,并提出了地球曲面在地图制图中的投影问题。中国西晋初年,裴秀编绘的《禹贡地域图》是世界上最早的历史图集。他汇编的《地形方丈图》是中国全国大地图,他还以“制图六体”奠定了制图的理论基础。16 世纪,测量仪器在技术上有了大的进步,以荷兰墨卡托的《世界地图集》和中国罗洪先的《广舆图》为代表,达到新的水平,已经可以利用仪器直接测绘图件,再缩绘为不同比例的图。清初康熙年间我国已经首次用仪器测绘完成全国范围的《皇舆全览图》。1930 年我国首次与德国汉莎航空公司合作,进行了航空摄影测量。1933 年同济大学设立测量系,开始培养专业技术人才。1954 年建立了 1954 年北京坐标系,并建立了青岛水准原点。1956 年建立了黄海高程系。1958 年颁布了我国 1:10 000、1:25 000、1:50 000、1:100 000 比例尺地形图测绘基本原则(草案)。1988 年 1 月 1 日,我国正式启用“1985 国家高程基准”,且在我国西安泾阳县永乐镇建立了新的大地坐标原点,并用 IUGG75 参考椭球,建立了我国独立的参心坐标系,称为西安 1980 坐标系,为测绘奠定了良好的基础。



图 1-1 国家大地坐标原点

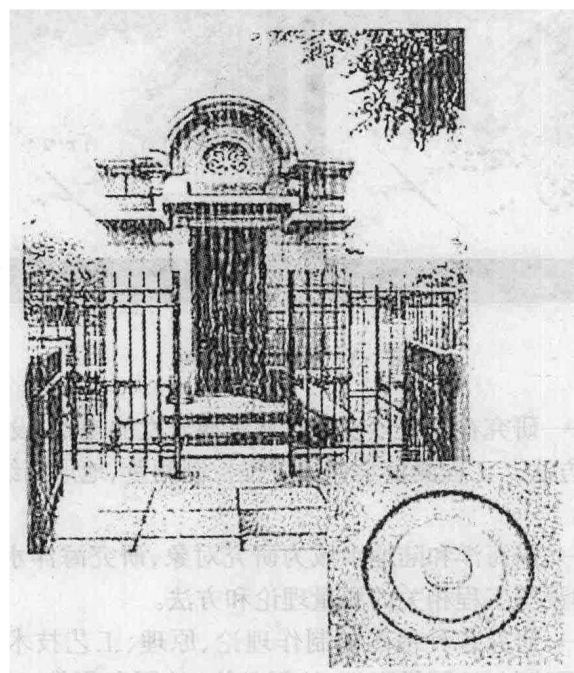


图 1-2 国家水准原点

第三节 测绘科学及其分类

测绘科学就其研究的内容而言,是一门研究对地球整体及其表面形态、地理分布,外层空间物体的有关信息的采集、处理、分析、描述、管理和利用的科学与技术。测量学按照研究的重点内容 and 应用范围来分类,分为以下多个学科:

(1)大地测量学——研究地球的形状、大小、重力场及其变化,通过建立区域和全球的三维控制网、重力网及利用卫星测量等方法测定地球各种动态的理论和技术的学科。其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,为地形测量提供控制基础,为各类工程建设施工测量提供依据,为研究地球形状大小、重力场及其变化、地壳变形及地震预报提供信息。

(2)摄影测量与遥感学——研究利用摄影和遥感技术获取被测物体的信息,以确定物体的形状、大小和空间位置的理论和的方法。由于获得的相片的方法不同,摄影测量又分为航空摄影测量(简称航测)、陆地摄影测量(简称陆摄)、水下摄影测量和航空、航天遥感等。



图 1-3 航摄立体像对

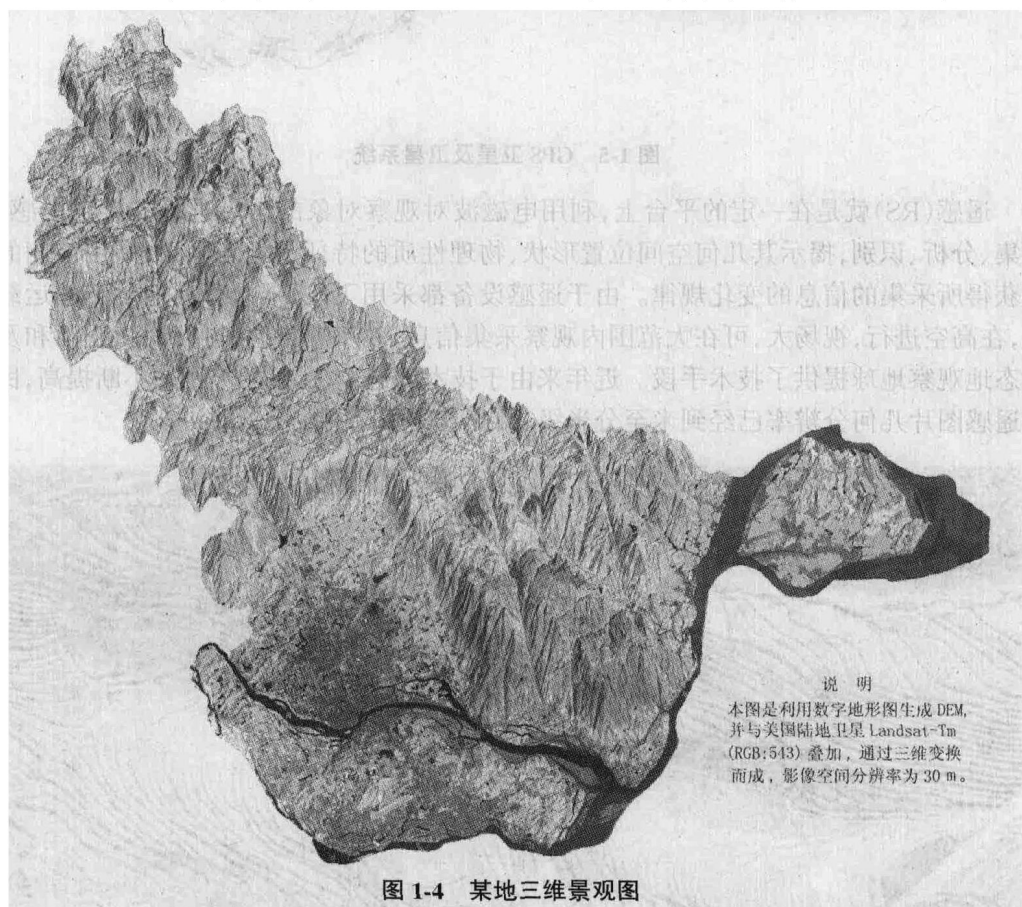
(3)工程测量学——研究在工程建设和自然资源开发的规划、设计、施工、竣工验收和营运中测量的理论和的方法。工程测量学包括工程控制测量、地形测绘、变形监测及建立相应的信息系统等内容。

(4)海洋测量学——以海洋和陆地水域为研究对象,研究海洋水下地形测量、航道及相关的港口、码头的建设等工程相关的测量理论和的方法。

(5)地图制图学——研究各种地图的制作理论、原理、工艺技术和应用的一门科学。研究内容主要包括地图编制、地图投影学、地图整饰、地图印刷等。现代地图制图学正向着制图自动化、电子地图制作及与计算机信息科学相结合,向建立地理信息系统方向发展。

第四节 测绘学的现代发展

近十几年来,随着空间科学技术、计算机技术和信息科学的发展,全球定位系统(GPS)、遥感(RS)和地理信息系统(GIS)等技术使测绘科学得以迅速地被推动。数据采集、处理、储存、图形的显示形式等方面都发生了革命性的变化。测绘正从模拟走向数字化,从静态走向动态,从三维走向四维,地形图亦从单一的平面图纸走向动态的 3D 显示,使之更加直观,从仅向专业部门和单位服务,拓展到逐步向公众服务。测绘成果的价值更加显现,测绘工作效率的革命性的提高,使测绘为公众服务成为可能。



全球卫星定位系统(GPS)是 20 世纪 70 年代美国军方组织开发的原主要用于军事的导航和定位系统。80 年代初开始用于大地测量。其基本原理是电磁波数码测距定位,即利用分布在 6 个轨道上的 24 颗 GPS 卫星,将其在参照系中的位置及时间数据电文向地球播报,地面接收机如果能同时接收 4 颗卫星的数据,就可以解算出地面接收机的三维位置和接收机与卫星时差 4 个未知数。由于其作业不受气候影响,而且解决了传统测量中存在的一些困难和问题,因而被广泛地用于测量工作中。根据其定位误差的特点,利用现代通讯技术,已经在技术上有了很大的突破。

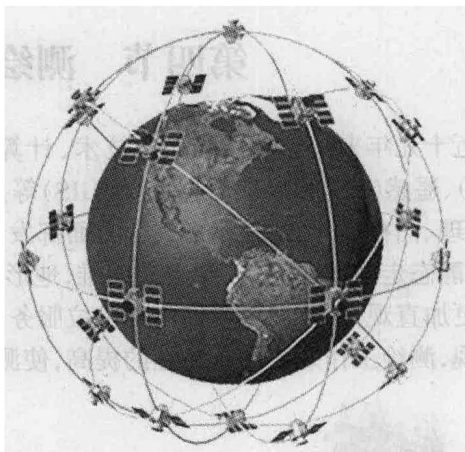
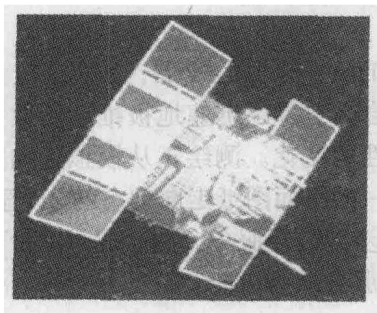


图 1-5 GPS 卫星及卫星系统

遥感(RS)就是在一定的平台上,利用电磁波对观察对象的信息进行非接触的感知、采集、分析、识别,揭示其几何空间位置形状、物理性质的特征及相互联系,并用定期的遥感获得所采集的信息的变化规律。由于遥感设备都采用飞机、卫星等高速运转的运载工具,在高空进行,视场大,可在大范围内观察采集信息,效率非常高,可以说为全面和及时动态地观察地球提供了技术手段。近年来由于技术的进步,遥感的分辨率不断提高,民用的遥感图片几何分辨率已经到米至分米级,因此其应用范围在不断的扩大。



图 1-6 某地梯田地形遥感图

地理信息系统(GIS)是在计算机技术支持下,把采集的各种地理空间信息按照空间分布及属性,进行输入、存储、检索、更新、显示、制图,并提供和其他相关专业的专家系统、咨询系统相结合,以便综合应用的技术系统。通过 GIS 系统,利用互联网可实现采集的



图 1-7 某农村地区的遥感图

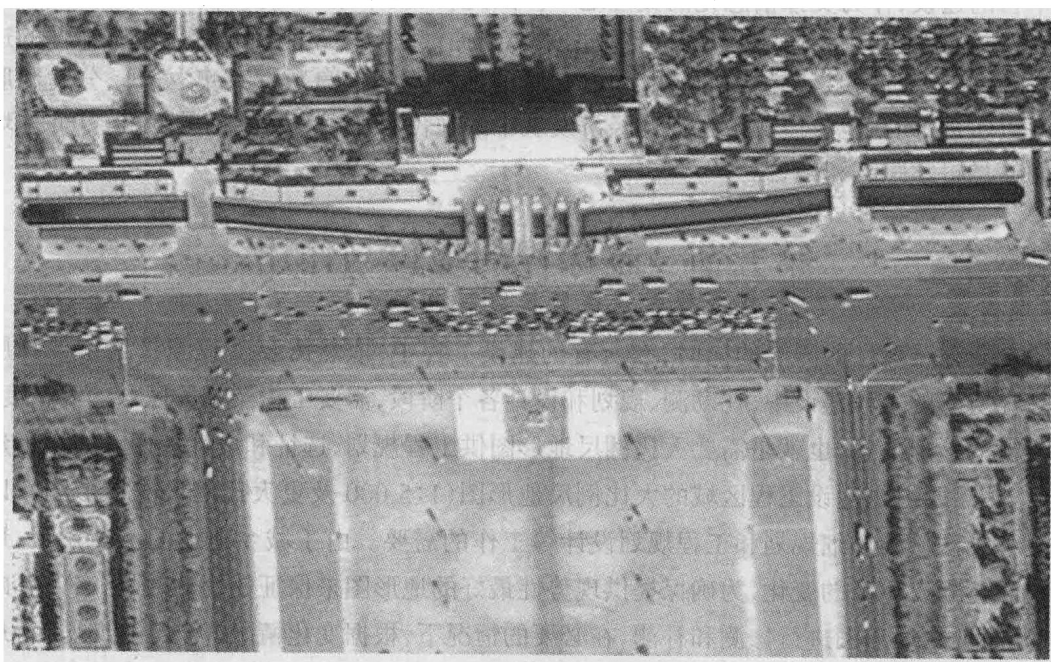


图 1-8 北京天安门遥感图

地理信息数据的共享,为政府、各种社会经济组织,乃至个人对地理信息的需求提供服务,从而使采集的地理信息数据最大限度地发挥其作用。

3S 技术集成,利用 GPS 实时高精度定位,RS 大面积进行遥感,进行处理后生产并提供地理空间信息服务产品,用 GIS 构建地理空间信息服务规范体系,利用 3S 技术集成,利用互联网全面提供地理空间信息服务,推进在信息化建设进程中地理空间信息基础数



图 1-9 LEADOR2002 集成地理信息采集系统

据平台的建设,作为支撑信息化的支柱之一。因此,3S技术集成,是当前国内外的发展趋势,将使测绘工作中,从地理空间信息数据采集到提供服务的整个流程都发生革命性的进步,使全球性大面积、从静态到动态、快速高效的地理空间信息数据采集、处理、分发和服务得以实现,同时也将使测绘在社会经济发展中的地位和作用得到空前的提升,并向地球空间信息科学跨越和融合。

第五节 本课程的地位与作用

在研究全球性的测绘的同时,在所有的建设工程中,依然需要工程测量给予保障服务。在所有的工程建设中,在勘测、规划和设计各个阶段,需要工程及相关区域的高精度、大比例的地形信息,也就是需要大比例尺地形图供工程规划、选址和设计使用。在城市建设中,也需要提供建设工程区域的大比例尺地形图(1:5 000 及更大比例尺的地形图),以满足建设区域的详细规划和工程规划设计等工作的需要。由于城乡建设的不断发展,地物地貌不断发生新的变化,为确保提供现势性最好的地形图来保证使用的效果,必须不断地、及时地对地形图进行修测和补测,在必要的情况下,根据变化情况,需要定期地进行地形图的全面更新。这些测绘的大比例尺地形图也可以作为缩绘比例尺更小的地形图的数据源。由此就形成了一门研究如何把建设区域内的地貌和各种物体的几何形状及空间位置,按照国家统一的地形图图式符号和比例尺,运用测量学的理论、方法和工具测绘成地形图的理论、技术和方法的地形测量学。在地形测量学中,包含了大量的测绘基本概念、基本原理和方法,因此本课程主要学习大比例尺地形图测绘的常规方法,从中掌握测绘基本原理和方法,为后续课程的学习打下坚实的基础。