



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

数字化测图

李玲 主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）

数 字 化 测 图

主编 李 玲
编写 罗 娇 杜向科
邱冬冬 王 焱
主审 黄国斌



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材（高职高专教育）。全书共分九个单元，主要内容为数字测图概述、地形图制图基础知识、数字测图项目的技术设计、野外数据采集设备、数字测图外业、数字测图内业、地图扫描矢量化、数字测图成果质量检查验收、数字地形图的应用，附录配有数字化测图实训指导书和校内测图常用编码实例。本书与现阶段数字测图新技术、新软件、新应用相结合，引入最新的软硬件使用。全书在内容选取上贴近现场生产，突出从外业数据采集到内业机助制图整个流程中的软硬件的操作应用、质量控制及各种技术指标要求方面的内容。本书图文并茂，讲练结合，配合实例和案例分析等形式进行阐述。

本书可作为高职高专院校工程测量技术及相关专业的教材，也可供相关人员参考。

图书在版编目（CIP）数据

数字化测图/李玲主编. —北京：中国电力出版社，2014.12

普通高等教育“十二五”规划教材·高职高专教育

ISBN 978-7-5123-6734-0

I. ①数… II. ①李… III. ①数字化测图-高等职业教育-教材 IV. ①P231.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 256815 号

中国电力出版社出版、发行

（北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>）

航远印刷有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2014 年 12 月第一版 2014 年 12 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 15.5 印张 374 千字

定价 31.00 元

敬告读者

本书封底贴有防伪标签，刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版权专有 翻印必究

前 言

“数字化测图”是工程测量技术及相关专业的一门实践性较强的专业课程,涉及内容广泛,技术多样,不仅包括多种现代测绘仪器、多种测图软件的综合应用,也是与数字测图相关的众多行业标准、规程的综合应用。因此,该课程具有较高的技术性和综合性,具备学科知识更新快、涉及知识面广、操作性强等特点。

本书在编写上注重基础理论与实践紧密结合,根据我国高职教育培养目标,针对高职高专学生的学习特点,以及各高职院校数字测图教学设备和软件的装备情况,在编写过程中本着通俗易懂、好用实用的原则;在内容选取上贴近现场生产,并引入多种我国现行测图规范与规程,突出从外业数据采集到内业机助制图整个流程中的软硬件的操作应用、质量控制及各种技术指标要求方面的内容。全书为避免出现专业教材晦涩难懂的现象,采用图文并茂、讲练结合、配合实例和案例分析等形式进行阐述。

在吸取我国同类数字测图教材优点的基础上,结合现阶段数字测图新技术、新软件、新应用的飞速发展,教材内容现势性强、知识全面,涉入最新的软硬件使用、新规定、新技术。重点培养学生对现代测绘仪器软件的操作技能、对测绘规范国标等文档的阅读理解能力,培养学生按规范要求独立测绘地形图与地籍图的综合应用能力,在理论和实践学习中使其逐步具备测绘工程师的基本素质,进而培养出实用型、技能型的专业人才。

本书由江苏建筑职业技术学院李玲担任主编,各单元编写人员及分工:浙江建设职业技术学院杜向科编写单元一;江苏建筑职业技术学院李玲编写单元二、三、4.1、6.3、6.5、6.6节,单元八和附录,且与石家庄职业技术学院王焱共同编写4.2节;徐州勘察测绘研究院罗娇编写单元五、九;江苏建筑职业技术学院邱冬冬编写6.1、6.2、6.4和7.1~7.4节;石家庄职业技术学院王焱编写7.5节。全书由李玲统稿和定稿。

本书由江苏建筑职业技术学院黄国斌老师主审,在此表示衷心的感谢。

本书适用于高职高专院校工程测量技术专业及其他相关专业,也可作为从事测绘生产人士自学通用教材。教学中以安排60学时基本教学附加3周左右实训教学为宜。

本书在编写过程中,参阅了大量我国现行测图规范和大量文献,引用了同类书刊中的一些资料,引用了拓普康GIS-3系列全站仪说明书,南方测绘CASS地形地籍成图系统软件使用手册。在此,谨向有关作者和单位表示感谢。

限于编者水平,书中不妥之处恳请读者批评指正。

编 者

2014年8月

目 录

前言	
单元一 数字测图概述	1
1.1 数字测图的基本概念	1
1.2 数字测图系统构成	3
1.3 数字测图的发展与展望	5
1.4 本课程的学习要求	7
习题	7
单元二 地形图制图基础知识	8
2.1 地图与地形图	8
2.2 地形图分幅与编号	11
2.3 地形图识图	20
习题	35
单元三 数字测图项目的技术设计	37
3.1 数字测图前期的准备工作	37
3.2 测绘技术设计书的编写	39
习题	43
单元四 野外数据采集设备	44
4.1 全站型电子速测仪	44
4.2 卫星定位系统	64
习题	77
单元五 数字测图外业	78
5.1 图根控制	78
5.2 碎部点数据采集	84
5.3 全站仪外业数据采集	95
5.4 RTK 外业数据采集	110
5.5 野外数据编码方法	118
习题	127
单元六 数字测图内业	128
6.1 数据传输	128
6.2 数字测图软件平台	130
6.3 数字地形图绘制	131
6.4 数字地籍图的绘制	148
6.5 地图整饰与成图输出	155

6.6 绘图自定义	158
习题	167
单元七 地图扫描矢量化	168
7.1 扫描矢量化数据采集	168
7.2 矢量化制图软件	169
7.3 南方 CASS 软件矢量化应用	170
7.4 SuperMap 矢量化应用	173
7.5 R2V 软件矢量化	179
习题	182
单元八 数字测图成果质量检查验收	183
8.1 大比例尺数字地形图成果质量要求	183
8.2 数字测图成果质量检查与验收	186
8.3 数字测图产品质量评定	191
习题	192
单元九 数字地形图的应用	193
9.1 数字地形图在工程建设中的应用	193
9.2 数字地面模型及其应用	212
习题	223
附录 A 数字化测图实训指导书	224
附录 B 校内测图常用编码实例	238
参考文献	239

单元一 数字测图概述

学习目标

了解数字测图的基本概念、相对于白板测图（又称白纸测图）技术的特点及其发展前景。掌握数字测图系统构成、数字测图输出产品的不同类别及其各自的特点。

1.1 数字测图的基本概念

随着电子技术和计算机技术日新月异的发展及其在测绘领域的广泛应用，20世纪80年代产生了电子速测仪、电子数据终端，并逐步构成了野外数据采集系统，将其与内外业机助制图系统相结合，形成了一套从野外数据采集到内业制图全过程的、实现数字化和自动化的测量制图系统，人们通常称为数字化测图（简称数字测图）或机助成图。广义的数字测图主要包括全野外数字测图（或称地面数字测图、内外一体化测图）、地图数字化成图、摄影测量和遥感数字测图。

数字测图的基本思想，就是将采集的各种有关的地物和地貌信息以数字形式，通过数据接口传输给计算机进行处理，得到内容丰富的电子地图，需要时由电子计算机的图形输出设备绘出地形图或各种专题地图。

1.1.1 数字测图的特点

传统的大比例尺白纸测图目前已被数字测图所取代，这是因为数字测图具有诸多纸质图所不具有的特点。

1. 点位精度高

传统的经纬仪配合平板、量角器的图解测图方法（如在1:500的地籍测量中测绘房屋要用皮尺或钢尺量距用坐标法展点），其地物点的平面位置误差主要受展绘误差和测定误差、测定地物点的视距误差和方向误差、地形图上地物点的刺点误差等影响。实际的图上误差可达 $\pm 0.47\text{mm}$ 。经纬仪视距法测定地形点高程时，即使在较平坦地区视距为150m，地形点高程测定误差也达 $\pm 0.06\text{m}$ 。而且随着倾斜角的增大，高程测定误差会急剧增加。红外测距仪和电子速测仪普及后，虽然测距和测角的精度大大提高，但是沿用白纸测图方法绘制的地形图却体现不出仪器精度的提高。也就是说，无论怎样提高测距和测角的精度，图解地形图的精度却变化不大，浪费了应有的精度。这就是白纸测图致命的弱点。数字测图则不同，测定地物点的误差在距离450m内约为 $\pm 22\text{mm}$ ，测定地形点的高程误差在450m内约为 $\pm 21\text{mm}$ 。若距离在300m以内，测定地物点误差约为 $\pm 15\text{mm}$ ，测定地形点高差约为 $\pm 18\text{mm}$ 。电子速测仪的测量数据作为电子信息可以自动传输、记录、存储、处理和成图，在全过程中原始数据的精度毫无损失，从而获得高精度（与仪器测量同精度）的测量成果。数字地形图最好地反映了外业测量的高精度，也最好地体现了仪器发展更新、精度提高等高科技进步的价值。

2. 测图用图自动化

传统的测图方式主要是通过手工操作,外业人工记录、人工绘制地形图,并且在图上人工量算坐标、距离和面积等。数字测图野外测量自动记录,自动解算,使内业数据自动处理、自动成图、自动绘图,并向用图者提供可处理的数字图,用户可自动提取各种数据信息;使其作业效率高,劳动强度小,错误几率小,绘制的地形图精确、美观、规范。

3. 便于图件成果的更新

城镇的发展加速了城镇建筑物和结构的变化,采用地面数字测图能克服大比例尺白纸测图连续更新的困难。数字测图的成果是以点的定位信息和绘图信息存入计算机,实地房屋的改建扩建、变更地籍或房产时,只需输入变化信息的坐标、代码,经过数据处理就能方便地做到更新和修改,始终保持图面整体的可靠性和现势性,数字测图可谓“一劳永逸”。

4. 避免因图纸伸缩带来的各种误差

表示在图纸上的地图信息随着时间的推移,图纸容易产生变形而出现误差。数字测图的成果以数字信息保存,能够使测图用图的精度保持一致,精度无一点损失,避免了对图纸的依赖性。

5. 能以各种形式输出成果

计算机与显示器、打印机联机时,可以显示或打印各种需要的资料信息。与绘图仪联机可以绘制出各种比例尺的地形图、专题图,以满足不同用户的需要。

6. 成果的深加工利用

数字测图分层存放,可使地面信息无限存放,不受图面负载量的限制,从而便于成果的深加工利用,拓宽测绘工作的服务面,开拓市场。例如,CASS软件总共定义28个层(用户可根据需要定义新层)。房屋、电力线、铁路、植被、道路、水系、地貌等均存于不同的图层中,通过关闭层、打开层等操作来提取相关信息,便可方便地得到所需的测区内各类专题图、综合图,如路网图、电网图、管线图、地形图等。又如,在数字地图的基础上,可以综合相关内容补充加工成不同用户所需要的城市规划用图、城市建设用图、房地产图,以及各种管理的用图和工程用图。

7. 作为GIS的信息源

地理信息系统(GIS)具有方便的信息查询检索功能、空间分析功能及辅助决策功能,在国民经济、办公自动化及人们日常生活中都有广泛的应用。然而,要建立一个GIS,花在数据采集上的时间和精力约占整个工作的80%。GIS要发挥辅助决策的功能,需要现势性强的地理信息资料。数字测图能提供现势性强的地理基础信息。经过一定的格式转换,其成果即可直接进入GIS的数据库,并更新现势的数据库。

1.1.2 数字地图产品4D介绍

测绘行业最常用的4D地图产品指的是DEM、DOM、DLG、DRG四种数字地图,4D产品常用于摄影测量中。数字测图的数字地形图产品就是一种DLG。

数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)是在高斯投影平面上规则格网点平面坐标(X, Y)及其高程(Z)的数据集。该数据集从数学上描述了一定区域地貌形态的空间分布。DEM的水平间距可随地貌类型不同而改变,根据不同的高程精度,可分为不同等级产品。

数字正射影像图(Digital Orthophoto Map, DOM)是利用数字高程模型对扫描处理的数字化的航空相片/遥感相片(单片/彩色),经逐像元进行纠正,再按影像镶嵌,根据图幅范围裁剪生成的影像数据,一般带有千米格网、图廓内/外整饰和注记的平面图。

数字线划地图 (Digital Line Graphic, DLG) 是包含核心地形要素 (包括居民地、交通、水系、独立地物、管线、境界等) 的矢量数据集, 它对各类要素进行分层分类存储并保存了各要素间的空间关系和相关属性信息。

数字栅格地图 (Digital Raster Graphic, DRG) 是纸质地形图的数字化产品。每幅图经扫描、纠正、图幅处理及数据压缩处理后, 形成在内容、几何精度和色彩上与地形图保持一致的栅格文件。

4D 产品是 GIS 重要的数据源。

1.2 数字测图系统构成

1.2.1 数字测图系统介绍

数字测图系统是以计算机为核心, 在外连输入、输出设备硬件和软件的支持下, 对地形空间数据进行采集、输入、成图、处理、绘图、输出、管理的测绘系统。数字测图系统主要由数据输入、数据处理和数据输出三部分组成, 如图 1-1 所示。

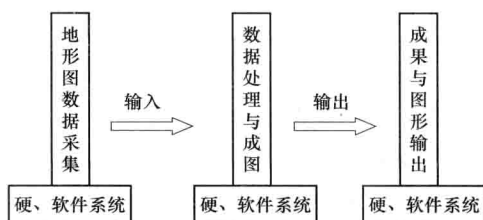


图 1-1 数字测图系统概念框图

目前, 大多数数字化测图系统内容丰富, 具有多种数据采集方法和多种功能, 应用广泛。一个优秀的数字测图系统结构如图 1-2 所示。

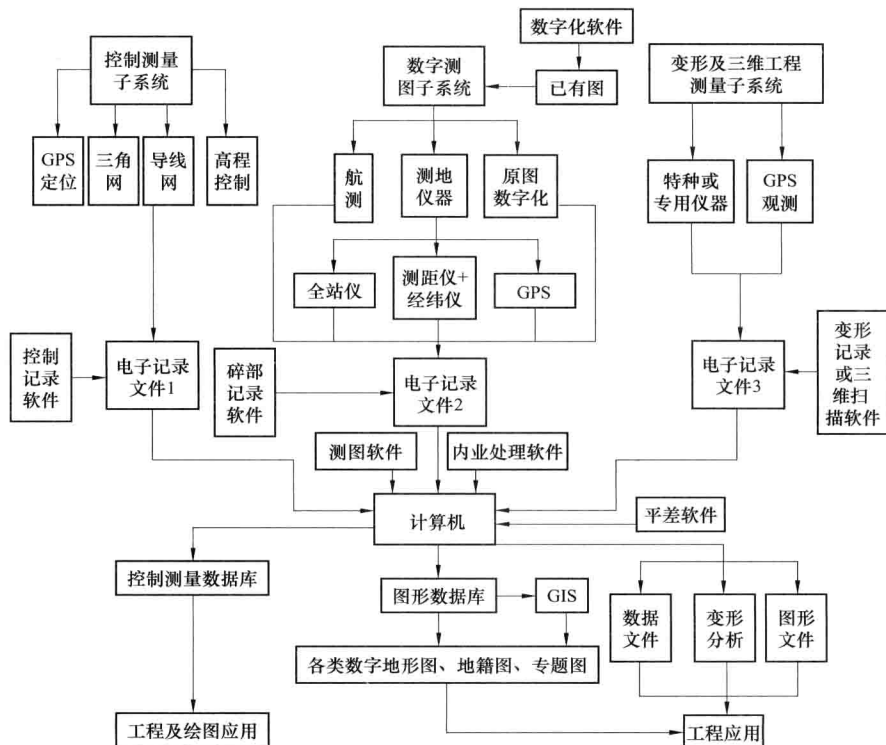


图 1-2 数字测图系统结构

数字测图系统所需硬件的基本配置及其连接方式如图 1-3 所示。大比例尺数字测图系统软件包括地形地籍测图系统、地下管线测图系统、房地产测量管理系统与城市规划成图管理系统等。

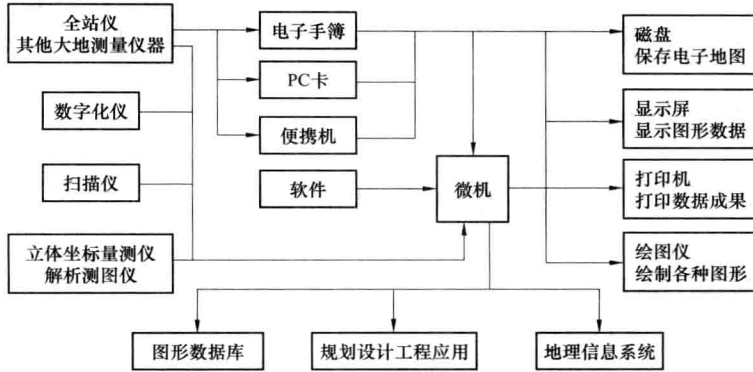


图 1-3 数字测图系统所需硬件的基本配置及其连接方式

1.2.2 数字测图的作业模式

由于软件设计的思路不同，使用的设备不同，数字测图有不同的作业模式（见图 1-4），现代大比例尺地面数字测图基本可区分为数字测记模式和电子平板测绘模式。

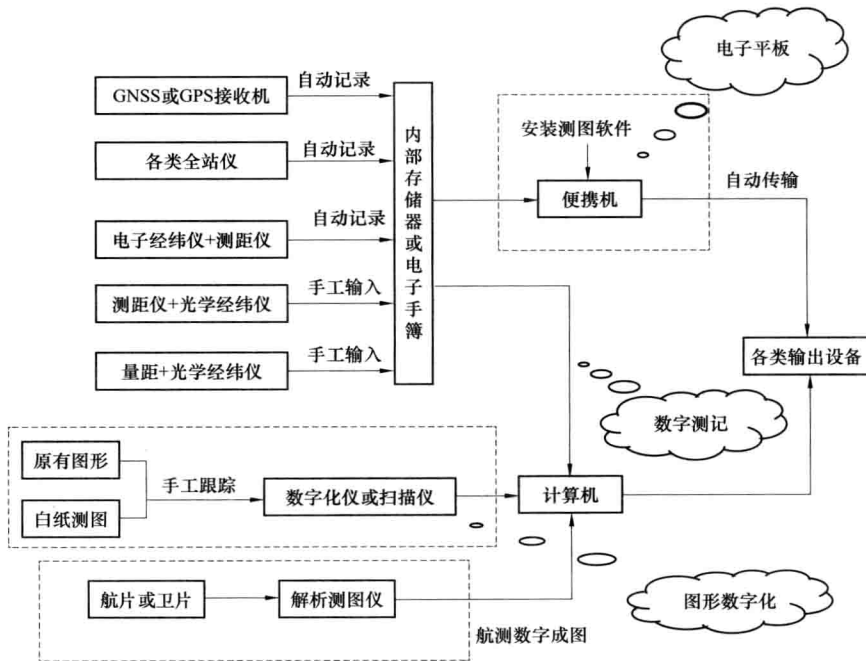


图 1-4 数字测图不同作业模式

图 1-4 中，量距+光学经纬仪作业模式是我国早期数字测图的主要作业模式。该方法现在我国已基本淘汰。

测距仪+光学经纬仪作业模式是先用平板测图方法测出白纸图,然后在室内用数字化仪将白纸图转为数字地图。白纸测图方法现在已经逐步淘汰,数字化仪在20世纪90年代还有使用,2000年后基本不太使用,许多测绘机构和部门已经将其闲置起来。

测距仪+电子经纬仪作业模式适合暂时还没有条件购买全站仪的用户,它采用手工键入观测数据到电子手簿,再传送到计算机,利用机助制图软件成图。

航片解析作业模式的基本方法是用解析测图仪或经过改造的立体坐标量测仪量测像片点的坐标,并将量测结果传送到计算机,形成数字化测图软件能支持的数据文件。

全站仪作业模式是测记式,该模式使用电子手簿自动记录观测数据,作业自动化程度较高,可以提高作业工作的效率。采用这种作业模式时的主要问题是地物属性和连接关系的采集。

电子平板仪作业模式将现代化通信手段与电子平板结合起来,有持便携式电脑的作业员在跑点现场指挥立镜员跑点,并发出指令遥控驱动全站仪观测,观测结果通过无线传输到便携机,并在屏幕上自动展点。

GPS或GNSS作业模式与全站仪一样,也可分为测记模式或电子平板测绘模式两种,只是采集坐标数据的方式不一样,一个是空对地测点,一个是地对地测点。

1.3 数字测图的发展与展望

1.3.1 数字测图的发展

数字测图首先是由机助地图制图开始的。机助地图制图技术酝酿于20世纪50年代。到70年代末和80年代初自动制图主要包括数字化仪、扫描仪、计算机及显示系统四部分,数字化仪数字化成图成为主要的自动成图方法。20世纪50年代末,航空摄影测量都是使用立体测图仪及机械连动坐标绘图仪,采用模拟法测图原理,利用航测像对测绘出线划地形图。到60年代就有了解析测图仪。80年代末、90年代初,又出现了全数字摄影测量系统。大比例尺地面数字测图,是20世纪70年代在轻小型、自动化、多功能的电子速测仪问世后,在机助制图系统的基础上发展起来的。

我国大比例尺数字测图系统的发展历程可以分为四个阶段:

(1) 20世纪80年代初到1987年为第一阶段,主要是引进外国大比例尺测图系统的应用与开发及研究阶段。该阶段我国研制的数字测图的代表作是北京市测绘院研制的“DGJ大比例尺工程图机助成图系统”。

(2) 1988~1991年为第二阶段,这一阶段研制成功了数十套大比例尺数字测图系统,并都在生产中得到应用。

(3) 1991~1997年为总结、优化和应用推广阶段,提出了一些新的数字测图方法。

(4) 1997年后为数字测图技术全面成熟阶段,数字测图系统成为GIS(地理信息系统)的一个子系统。我国测绘事业开始进入数字测图时代。

1.3.2 数字测图的展望

随着科学技术水平的不断提高和地理信息系统(GIS)的不断发展,全野外数字测图技术将在以下方面得到较快发展。

1. 无线传输技术的应用使得以镜站为中心成为可能

无线数据传输技术应用于全野外数字测图作业中,将使作业效率和成图质量得到进一步提高。目前生产中采用的各种测图方法,所采集的碎部点数据要么储存在全站仪的内存中,要么通过电缆输入电子平板(笔记本电脑)或 PDA 电子手簿,由于不能实现现场实时连线构图,因此必然影响作业效率和成图质量。即使采用电子平板(笔记本电脑)作业,也由于在测站上难以全面看清所测碎部点之间的关系而降低作业效率和质量。为了很好地解决上述问题,可以引入无线数据传输技术,即实现 PDA 与测站分离,确保测点连线的实时完成,并保证连线的正确无误,具体方法如下:在全站仪的数据端口安装无线数据发射装置,它能够在全站仪观测的数据实时地发射出去;开发一套适用于 PDA 手簿的数字测图系统并在 PDA 上安装无线数据接收装置。作业时,PDA 操作者与立镜者同行(简单测区立镜者可同时操作 PDA),每测完一个点,全站仪的发射装置马上将观测数据发射出去,并被 PDA 所接收,测点的位置即会在 PDA 的屏幕上显示出来,操作者根据测点的关系完成现场连线构图,这样就不会因为辨不清测点之间的相互关系而产生连线错误,也不必绘制观测草图进行内业处理,从而实现作业效率和质量的双重提高。

2. 全站仪与 GPS-RTK 技术相结合

全野外数字测图技术的另一发展趋势是 GPS-RTK 技术与全站仪相结合的作业模式。GPS 具有定位精度高、作业效率高、不需点间通视等突出优点。实时动态定位技术(RTK)更使测定一个点的时间缩短为几秒钟,而定位精度可达厘米级,作业效率与全站仪采集数据相比可提高 1 倍以上。但是在建筑物密集地区,由于障碍物的遮挡,容易造成卫星失锁现象,使 RTK 作业模式失效,此时可采用全站仪作为补充。所谓 RTK 与全站仪联合作业模式,是指测图作业时,对于开阔地区及便于 RTK 定位作业的地物(如道路、河流、地下管线检修井等)采用 RTK 技术进行数据采集,对于隐蔽地区及不便于 RTK 定位的地物(如电杆、楼房角等),则利用 RTK 快速建立图根点,用全站仪进行碎部点的数据采集。这样既免去了常规的图根导线测量工作,同时也有效地控制了误差的积累,提高了全站仪测定碎部点的精度。最后将两种仪器采集的数据整合,形成完整的地形图数据文件,在相应软件的支持下,完成地形图(地籍图、管线图等)的编辑整饰工作,该作业模式的最大特点是在保证作业精度的前提下,可以极大地提高作业效率。可以预见,GPS 的普及、硬件价格的进一步降低和软件功能的不断完善,GPS 与全站仪相结合的数字测图作业模式将会得到迅速发展。

3. 数字测图系统的高度集成化是必然趋势

发展创造需求,需求指引发展,大比例尺数字测图的美好未来是测图系统的集成化。GPS 和全站仪相结合的新型全站仪已被用于多种测量工作,掌上电脑和全站仪的结合或者全站仪自身的功能不断完善,如果全站仪的无反射镜测量技术进一步发展,精度达到测量标准要求,那么测量工作只需携带一台新型全站仪和一个三脚架,而操作员也只需一人。展望未来,随着科技的进一步发展,将来的大比例尺测图系统可能没有全站仪和三脚架,只需要在操作员的工作帽上安装信号接收器及激光发射和接收器,用于测距和侧角,眼前搭小巧的照准镜,手中拿着带握柄的掌上电脑处理数据、显示图形,腰上别着的无线数据传输器则将测得的数据实时传送回测量中心,测量中心则收集各个测区的测量数据,生成整体大比例尺地形数据库。这就是大比例尺数字测图的美好明天。

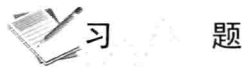
我国从 20 世纪 80 年代初开始了数字测图技术的研究、开发、试用和不断完善,已涌现出一些比较好的和优秀的数字测图系统及其产品,数字测图技术正趋于成熟,成为地形测绘的主流,它是反映测绘技术现代化水平的标志之一。

1.4 本课程的学习要求

要学好数字测图,必须重视理论联系实际的学习方法。在学习过程中,除在课堂上认真学习理论知识外,还要参加与理论教学对应的实习课。在掌握课堂讲授内容的同时,认真完成每一次实验课的实习内容,以巩固和验证所学理论;课后要求按思考题与习题的内容加深对基本概念和理论的理解,要自始至终完成各项学习任务。

在本课程的学习过程中,应注重实际操作能力的培养,教学实习是巩固和深化课堂所学知识的一个系统的实践环节,是理论知识和实验技能的综合运用。因此,掌握数字测图的基本理论、基本知识、基本技能,建立地形数据的采集、数据处理和成图、成果和图形输出的完整概念是非常必要的。

在完成课堂理论和实验环节教学后,必须加强本课程综合应用能力的培养,在指导教师的组织安排下,按生产现场的作业要求参加生产性实习,将大比例尺数字测图中的地形数据的采集、数据处理和成图、成果和图形输出等环节的操作过程衔接起来,掌握每一个环节下的作业方法和步骤,完成大比例尺数字测图作业全过程,通过理论联系实际的综合训练,培养分析问题和解决问题的能力及实际动手能力,为今后从事测绘工作打下良好基础。



1. 数字测图的概念是什么?
2. 数字测图有哪些特点?
3. 简述数字测图系统的概念、分类及其组成。
4. 列举数字测图系统主要的软件与硬件。
5. 数字地图的获取方法有哪些?
6. 数字测图的模式有哪些?

单元二 地形图制图基础知识

学习目标

了解地形图基础知识,具有地形图识读及正确应用的能力;能够正确使用地形图符号及注记;掌握国家基本比例尺地形图和基础测绘相关规定;学习国家测绘规定标准,GB/T 13989—2012《国家基本比例尺地形图分幅和编号》和GB/T 20257.1—2007《国家基本比例尺地图图式 第1部分:1:500 1:1000 1:2000地形图图式》;掌握地形图分幅和编号、各类地物在地形图上的表示方法,掌握地貌在地形图上的表示、文字注记的表示方法、图廓整饰等制图基础知识。

2.1 地图与地形图

2.1.1 地图与地形图概念

人们生活在地球上并与地球表面处处发生联系:一种古老而有效并一直沿用至今的精确表达地表现象的方式是地图。地图对人类社会发展的作用如同语言和文字对社会发展的作用,具有不言而喻的重要性。地图是记录和传达关于自然世界、社会和人文的位置与空间特性信息最卓越的工具。

地图(map)是按一定的数学法则,使用符号系统、文字注记,以图解、数字或触觉的形式表示自然地理、人文地理各种要素的载体。地图具有三个基本特性:数学法则性、制图综合性和内容符号性。

早期地图用半符号、半写景的方法来表示地形,通过绘画手段实现在各种二维介质平面上对实际的三维地形表面的表示和描述。现代地图按照一定的数学法则,运用符号系统概括地将地面上各种自然和社会现象表示在平面上。

普通地图是指以相对平衡的详细程度来表达地图上的各种基本要素,按内容的概括程度可进一步划分为地形图和地理图。地形图一般比例尺较大,内容详细。地理图的内容概括程度较高,比例尺相对较小,具有一览图的性质。

测绘工作者在对地形起伏进行着各种测量工作的同时,往往习惯用地形图来描述和表达实际地表现象。地形图(Topographic Map)是一种详细表示地表上居民地、道路、水系、境界、土质、植被等基本地理要素,且用高程注记和等高线来表示地面起伏,按统一规范生产的正射投影地图(见图2-1)。

用地形图来描述地表现状是比较全面的,它的应用范围较广。地形图对地物的定位精度要求较高,有统一的分幅编号和坐标系统,并对内容、分类与编码等多方面有着严格的要求,可以为国家土地、房产、城市规划等政府部门提供权威的数据资料;同时,也为城市其他行业,如交通、环境保护、公安、消防、市政、电力、电信、财政、金融、税务、商业、旅游和医疗等提供地表各类数据的支持和服务。

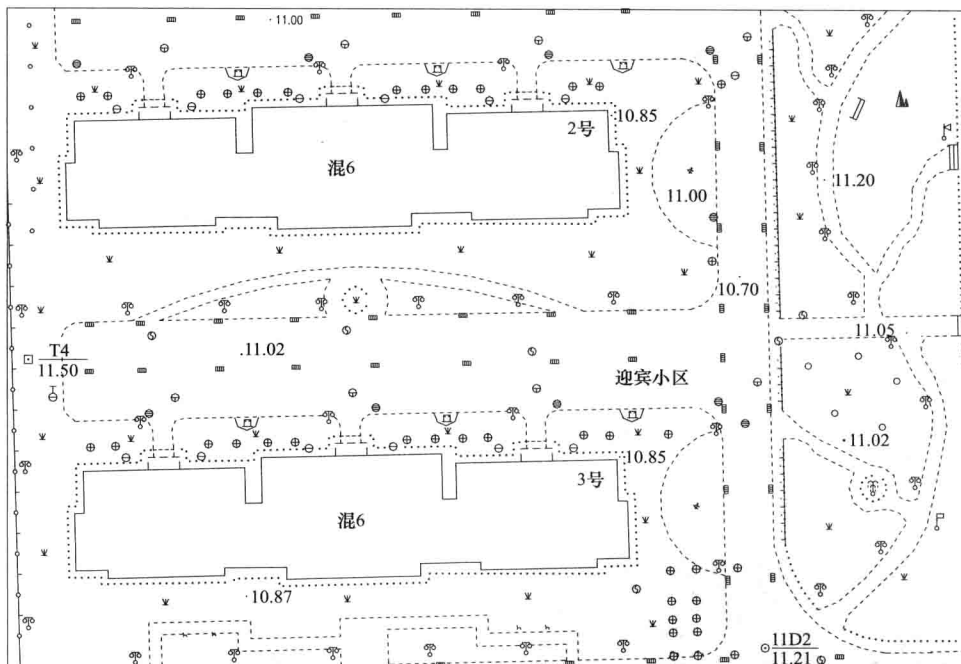


图 2-1 城市居民地地形图

以普通地图为底图，着重表示自然地理和社会经济各要素中的一种或几种，反映主要要素的空间分布规律、历史演变和发展变化等的地图，称为专题地图。专题地图的种类繁多，按不同用途可分为许多种，如交通图、规划图、湖泊变迁图、作物分布图、土地利用图、政区图等。

此外，还有为满足各种行业特殊用图需求的地图，如平面图（plan），是一种只表示小范围内的某类或多类地物要素及其平面位置而不表示起伏形态的地图，比较适用于大比例尺工程类的用图，如建筑平面图。

测绘用图中还有一种常见的地籍图（Cadastral Map），它是一种专门描述土地及其附着物的位置、权属、数量和质量的地图。在地籍图上除地物、地貌、植被符号与地形图的表示方法基本相同外，还有地形图上所没的地籍内容，如地籍街道、街坊界线、界址点、界址线、地籍号、土地用途、宗地（地块）面积、土地使用者或所有者及土地等级等。同时，在地物表示的侧重点上地籍图和地形图也有所不同。地籍图中界址线上界标物一律按实际情况真实表示，而地形图中一般不需表示。地形图一、二类方位物，如道路交叉口、水塔、烟囱、各种独立地物的位置应准确表示；地籍图中则将其作为次要地物，可用比其他地籍要素较低的精度加以表示。

地籍图的比例尺按照 TD/T 1001—2012《地籍调查规程》规定，一般为 1:500、1:1000、1:2000，主要是描述城镇和村庄内部用地情况的调查现状，图上反映的权属单位小到几平方米，大到几平方千米，确定的权属单位界线要达到几厘米的精度。

在高程精度要求上，地籍图上一般在地面起伏较大时，适当加测等高线，而等高线的高程精度要求并非如地形图上那样严格，精度比地形图上高程精度要求低。因为地形图与地籍图在地籍要素精度上的差异，所以不能用同比例尺的地形图简单地修测成地籍图，否则难以

达到规程规定的技术指标。

2.1.2 地图表达与存储形式

传统地图保存的方式是纸张，承载信息有限，更新和使用也极为不便。20世纪中叶后，随着计算机科学、现代数学和计算机图形学等发展，各种数字的地形表达方式也得到迅猛发展。电子计算机为自然科学的发展提供了进行严密计算和快速演绎的工具。使用计算机和计算机技术是当今信息时代的一个重要标志，其在测绘方面的应用使得测绘学科逐步向数字化与自动化、实时处理与多用途的方向发展。计算机技术在很大程度上改变了地图制图的生产方式，同时也改变着地图产品的样式和用图概念。

数字地图是存储在具有存取性能的介质上可被计算机自由调用和显示输出的空间数据集，是以数字形式存储全部地形信息的地图，如图2-2所示。数字地图是以一定的计算机可识别的数学代码来反映地表各类地理属性特征的。数字地图内容可以分层显示，形式多样，可以模拟三维地形（见图2-3），也能把图形、图像、声音、文字合成一起，相对于传统纸张地图而言，它具有精度高，容量巨大，更新、保存和使用便利等优势。



图 2-2 1:2000 数字正射影像图

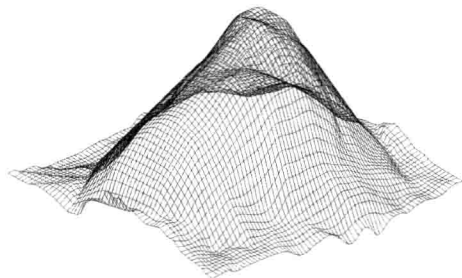


图 2-3 数字地形三维模拟图

数字地图中图形要素按照数据获取和成图方法的不同，可区分为矢量数据和栅格数据两种数据格式。

矢量数据是图形的离散点坐标 (X, Y) 的有序集合。由野外采集的数据、解析测图仪获得的数据和手扶跟踪数字化仪采集的数据就是矢量数据；矢量数据结构是人们最熟悉的图形表达形式，从测定地形特征点位置到线划地形图中各类地物的表示及设计用图，都是利用矢量数据。计算机辅助设计 (CAD)、图形处理及网络分析，也都是利用矢量数据和矢量算法。由计算机控制输出的矢量图形不仅光滑美观，而且更新方便，应用非常广泛。

由扫描仪和遥感摄影手段获得的数据是栅格数据。例如，普通像片、卫星和航空摄影生成的影像图片，逐步放大后其图像边缘呈现锯齿状的规则格网状，放大后打印输出呈现模糊状，不太美观。栅格数据是图形像元值按矩阵形式的集合，对应的图形表示法如图2-4所示。

随着图形文件的增大，矢量数据和栅格数据两者的数据容量会相差较大。据估计，一幅 1:1000 一般密度的平面图只有几千个点的坐标对，一幅 1:10 000 的地形图矢量数据多则可达几十万，甚至上百万个点的坐标对。矢量数据量与比例尺、地物密度有关。而一幅地形图 (50cm×50cm) 的栅格数据，随栅格单元 (像元) 的边长 (一般小于 0.2mm) 的不同而不同，通常达上亿个像元点。因此，一幅地图图形的栅格数据量一般情况下比矢量数据量大

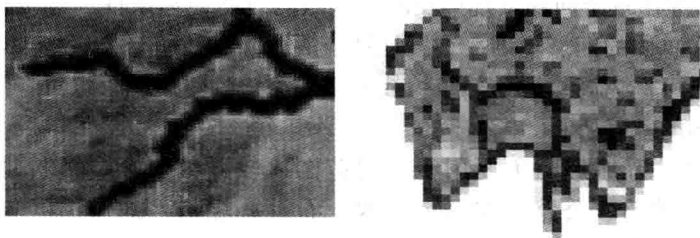


图 2-4 数字栅格图

得多。

2.2 地形图分幅与编号

2.2.1 国家基本地形图

地形是指各种地物和地貌的总称。其中地物是指地球表面的固定物体、边界线或特征点；在地形图上一般将地物分解为点、线、面三种基本图形要素，其中点是最基本的图形要素，可用来表示独立地物、控制点位等地物；一组有序的点可连成线，可用来表示河流、道路、管线等线状地物；而线可以围成面，可表示居民地、林地、花圃等面状类地物。但要准确地表示地图图形上点、线、面的具体内容，还要借助一些特殊符号、文字或数字注记。独立地物可以由定位点及其符号表示，线状地物、面状地物由各种线划、符号或注记表示。

地貌则是指地球表面各种高低起伏的形态，一般用等高线和高程注记散点来表示。

地形图根据范围大小和描述的详尽程度可以分为不同的比例尺，常见的地形图分为大、中、小三类。

(1) 大比例尺。1:500、1:1000、1:2000、1:5000 一般为城建、工程建设用图，主要采用外业实测或航测手段绘制而成。

(2) 中比例尺。1:1万、1:2.5万、1:5万为使用航测测绘的国家基本图。

(3) 小比例尺。1:10万、1:25万(1:20万)、1:50万、1:100万一般由大中比例尺图编绘而成。

每个国家或地区都会根据各自区域的状况，确定其编制基本地形图的各项指标或规则，主要包括数学基础、比例尺系列、分幅编号、编制方法等。国家基本比例尺地图系列是指按照国家规定的测图、编图技术标准及图式和比例尺系统测量或编制的若干特定规格的地图系列。

我国将 1:5000、1:1万、1:2.5万、1:5万、1:10万、1:25万、1:50万、1:100万八种比例尺的地形图规定为国家基本比例尺地形图。我国国家基本比例尺地形图测制现已覆盖中国全境。

1:100万与 1:50万地形图，精度稍低，综合程度大，概括地表示了区域的地理特征和社会经济状况，称为“一览图”，是国家各部门共同需要的基本地理信息和地形要素的平台，可以作为国家、省总体规划和全国性的各种专题图的底图。军事上，用作战略规划 and 编绘军事态势图；也可作为更小比例尺普通地图的基本资料和专题地图的地理底图。