

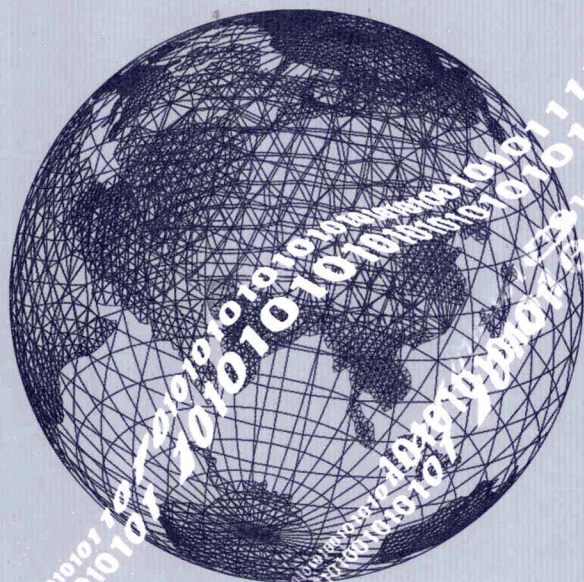
全国高职高专测绘类核心课程规划教材

# 数字化测图

■ 主 编 张 博

■ 副主编 李金生 郭 涛 丁 锐

■ 主 审 王金玲



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

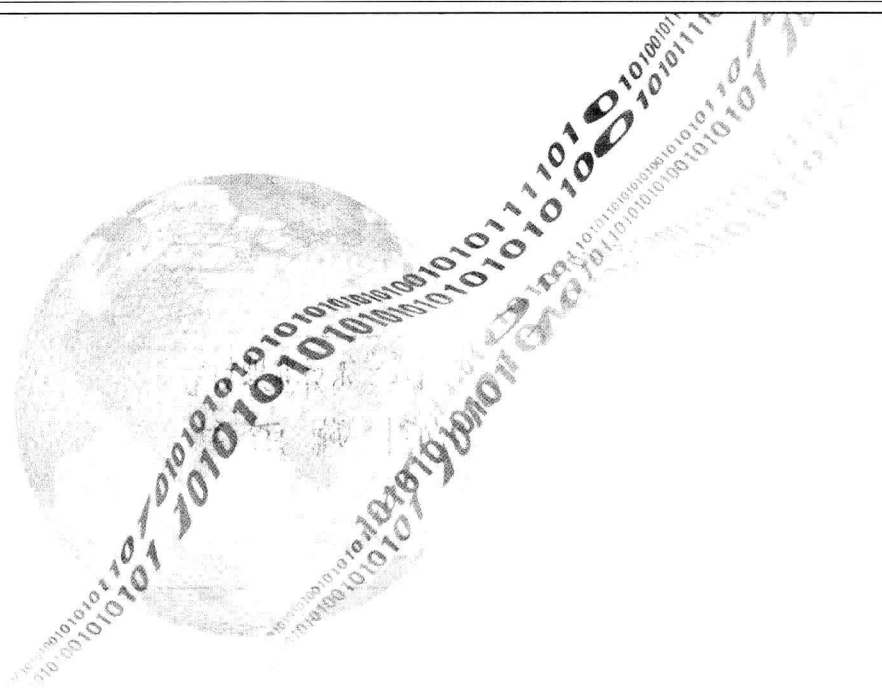
全国高职高专测绘类核心课程规划教材

---

# 数字化测图

主 编 张 博  
副主编 李金生 郭 涛 丁 锐  
主 审 王金玲

---



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

数字化测图/张博主编;李金生,郭涛,丁锐副主编;王金玲主审. —武汉:  
武汉大学出版社,2012. 1

全国高职高专测绘类核心课程规划教材

ISBN 978-7-307-09397-3

I. 数… II. ①张… ②李… ③郭… ④丁… ⑤王… III. 数字化  
测图—高等职业教育—教材 IV. P231.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 282949 号

责任编辑:胡 艳      责任校对:刘 欣      版式设计:马 佳

---

出版:武汉大学出版社(430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:cbs22@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:通山金地印务有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:18 字数:435千字 插页:1

版次:2012年1月第1版      2012年1月第1次印刷

ISBN 978-7-307-09397-3/P·192      定价:33.00元

---

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

## 序

21 世纪将测绘带入信息化测绘发展的新阶段。信息化测绘技术体系是在对地观测技术、计算机信息化技术和现代通信技术等现代技术支撑下的有关地理空间数据的采集、处理、管理、更新、共享和应用的技术集成。测绘科学正在向着近年来国内外兴起的新兴学科——地球空间信息学跨越和融合；测绘技术的革命性变化，使测绘组织的管理机构、生产部门及岗位设置和职责发生变化；测绘工作者提供地理空间位置及其附属信息的服务，测绘产品的表现形式伴随相关技术的发展，在保持传统的特性同时，直观可视等方面得到了巨大的进步；从向专业部门的服务逐渐扩大到面对社会公众的普遍服务，从而使社会测绘服务的需求得到激发并有了更加良好的满足。测绘科技的发展，社会需求、测绘管理及生产组织及过程的深刻变化，对测绘工作者，特别是对高端技能应用性职业人才，在知识和能力体系构建的要求方面也发生着相应的深刻发展和变化。

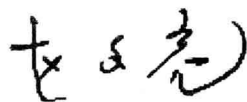
社会和科技的进步和发展，形成了对高端技能人才的大量需求，在这样的社会需求背景下，高等职业教育得到了蓬勃发展，在高等教育体系中占据了半壁江山。高等职业教育作为高等教育的必然组成部分，以系统化职业能力及其发展为目标，在高端技能应用性职业人才的培养的探索上迈出了刚劲有力的步伐，取得了可喜的佳绩，为全国高等教育的大众化做出了应有的贡献。

高职高专测绘类专业作为全国高职教育的一部分，在广大教师的共同努力下，以培养高端技能应用性人才为方向，不断推进改革和建设，在探究培养满足现时要求并能不断自我发展的测绘职业人才道路上，迈出了坚实的步伐；办学规模和专业点的分布也得到了长足发展。在人才培养过程中，结合测绘工程实际，加强测绘工程训练，突出过程，强化系统化测绘职业能力构建等方面取得了成果。伴随专业人才培养和教学的建设和改革，作为教学基础资源，教材的建设也得到了良好的推动，编写出了系列成套教材，并从有到精，注意不断将测绘科技和高职人才培养的新成果进教材，以推动进课堂，在人才培养中发挥作用。为了进一步推动高职高专测绘类专业的教学资源建设，武汉大学出版社积极支持测绘类专业教学建设和改革，组织了富有测绘教学经验的骨干教师，结合目前教育部高职高专测绘类专业教学指导委员会研制的“高职测绘类专业规范”对人才培养的要求及课程设置，编写了本套《全国高职高专测绘类核心课程规划教材》。

教材编写结合高职高专测绘类专业的人才培养目标，体现培养人才的类型和层次定位；在编写组织设计中，注意体现核心课程教材组合的整体性和系统性，贯穿以系统化知识为基础，构建较好满足现实要求的系统化职业能力及发展为目标；体现测绘学科和测绘技术的新发展、测绘管理与生产组织及相关岗位的新要求；体现职业性，突出系统工作过程，注意测绘项目工程和生产中与相关学科技术之间的交叉与融合；体现最新的教学思想和高职人才培养的特色，在传统的教材基础上，勇于创新，按照课程改革建设的教学要

求，也探索按照项目教学及实训的教学组织，突出过程和能力培养，具有一定的创新意识。教材适合高职高专测绘类专业教学使用，也可提供给相关专业技术人员学习参考，必将在培养高端技能应用性测绘职业人才等方面发挥积极作用。

教育部高等学校高职高专测绘类专业教学指导委员会主任委员



二〇一一年八月十四日

## 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，是综合运用基础知识、为完成本专业培养目标(即培养高素质、技能型、应用型复合性人才)而进行职业技能训练的主要课程之一。

该课程教材很多，但符合导向教学、项目教学的几乎没有，本教材力争在此方面做一些大胆的尝试。

本教材的编写以时下流行的项目教学的要求为标准，同时也吸取了以往高职教材的优点，充分考虑现阶段高职院校学生的实际情况，充分考虑测绘生产单位对高职院校毕业生的具体要求，充分考虑测绘生产现状，也充分考虑各高职院校的测绘设备和测绘软件的使用情况，力争使本教材符合项目教学的要求，满足各高职院校的教学要求，从而适应现阶段的高等职业技术教育。

本教材的编写紧密结合高职培养目标，以培养学生技能、提高学生从业综合素养和能力为主，理论叙述力求深入浅出、通俗易懂；内容安排力求结合生产实践，并参照我国现行数字测图规范；写作上力求理论分析与生产实践相结合。理论以够用为度，重点提高学生操作仪器的能力、绘制地形图的能力、发现问题和解决问题的能力，培养其工程师的基本素质，为其从事数字化测图生产打下坚实的基础。

本教材共分为5章，第1章数字测图概述，介绍了有关数字测图的基本知识；第2章全野外数字化测图，分别介绍了大比例尺数字测图的技术设计、数据采集、数据传输、数据处理、数字测图质量评定与技术总结、地形图的图形输出6个项目；第3章地形图数字化，分别介绍了CASS2008扫描矢量化和CASSCAN扫描矢量化的方法；第4章项目实训，介绍了各个实训项目的方法和要求；第5章综合实训，提供了全野外数字化测图实习的任务书和指导书。

本教材的中心内容是全野外数字化测图的基本理论和方法，编写时，按实际测绘生产作业流程将全野外数字化测图分为6个项目(第2章)，每个项目又分成不同的模块，按模块分别进行阐述。同时，按照不同的项目情况，将有些项目中实际应用较少(如电子平板法野外数据采集)或者有一定难度(如编码法野外数据采集)的内容列入到“知识拓展”，作为学生开阔视野、拓展能力之用。

本教材由张博(沈阳农业大学高等职业技术学院)任主编，李金生(沈阳农业大学高等职业技术学院)、郭涛(长江工程职业技术学院)、丁锐(内蒙古建筑职业技术学院)任副主编，沈阳市勘察测绘研究院王野高级工程师参与了实训部分的编写工作。教材编写工作由张博主持，集体讨论，分工负责。第1章由张博编写；第2章中的项目1以及项目2中的模块1由丁锐编写，项目2中的模块2、模块3、模块4以及“知识拓展”由郭涛编写，项目3、项目4、项目5、项目6由张博编写；第3章由张博编写；第4章由李金生编写；第

5 章由张博编写;“数字测图技术设计案例”、“数字测图技术总结案例”由郭涛、李金生编写。各项目、各模块分别编写完成后,由张博对一些项目、模块予以补充、修改,并负责统稿、定稿。最后,由王金玲(湖北水利水电职业技术学院)统审全书。

本教材主要作为高等职业院校工程测量技术专业以及其他相关专业(如测绘与地理信息技术专业)的通用教材,建议以 56 学时外加 3 周实习作为基本教学学时。

本书在编写过程中,参阅了大量文献(包括纸质版文献和电子版文献),引用了同类书刊中的一些资料,引用了南方测绘 CASS 地形地籍成图系统使用手册、拓普康 GPT-3100 系列全站仪用户手册和南方 S82 使用手册的部分内容。在此,谨向有关作者和单位表示感谢。同时,对武汉大学出版社为本书的出版所做的辛勤工作表示感谢。

限于作者水平,书中不妥和遗漏之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2011 年 10 月于沈阳

# 目 录

第 1 章 数字测图概述	1
模块 1 课程导入	1
模块 2 数字测图的基础知识	5
第 2 章 全野外数字化测图	13
项目 1 大比例尺数字测图的技术设计	13
1.1 项目描述	13
1.2 项目流程	13
1.3 知识链接	13
模块 1 大比例尺数字测图的技术设计	13
模块 2 大比例尺数字测图的技术设计案例	16
1.4 项目小结	29
项目 2 数据采集	29
2.1 项目描述	29
2.2 项目流程	30
2.3 知识链接	30
模块 1 野外数据采集设备	30
模块 2 图根控制测量	53
模块 3 全站仪数据采集	58
模块 4 RTK 数据采集	69
2.4 知识拓展	81
模块 1 编码法野外数据采集	81
模块 2 CASS 电子平板法野外数据采集	90
2.5 项目小结	97
项目 3 数据传输	98
3.1 项目描述	98
3.2 项目流程	98
3.3 知识链接	98
模块 1 全站仪数据传输	98
模块 2 RTK 数据传输	102
3.4 项目小结	105
项目 4 数据处理(大比例尺数字地形图成图方法)	106



4.1	项目描述 .....	106
4.2	项目流程 .....	106
4.3	知识链接 .....	107
	模块1 南方 CASS2008 成图系统介绍 .....	107
	模块2 CASS 软件绘制平面图 .....	114
	模块3 地形图的注记与编辑 .....	122
	模块4 等高线的绘制 .....	134
	模块5 数字地形图分幅与整饰 .....	140
4.4	知识拓展 .....	142
	模块1 地籍图的绘制 .....	142
	模块2 数字地形图在工程建设中的应用 .....	152
4.5	项目小结 .....	164
项目5	数字测图成果质量评定与技术总结 .....	165
5.1	项目描述 .....	165
5.2	项目流程 .....	165
5.3	知识链接 .....	165
	模块1 数字测图成果质量评定 .....	165
	模块2 数字测图技术总结 .....	171
	模块3 数字测图技术总结案例 .....	173
5.4	项目小结 .....	184
项目6	地形图的图形输出 .....	185
6.1	项目描述 .....	185
6.2	项目流程 .....	185
6.3	知识链接 .....	185
	模块1 地形图的屏幕输出 .....	185
	模块2 地形图的打印输出 .....	189
6.4	项目小结 .....	196
<b>第3章</b>	<b>地形图数字化 .....</b>	<b>197</b>
项目7	地形图扫描屏幕数字化 .....	197
7.1	项目描述 .....	197
7.2	项目流程 .....	198
7.3	知识链接 .....	198
	模块1 地形图扫描屏幕数字化概述 .....	198
	模块2 利用南方 CASS2008 扫描矢量化 .....	200
	模块3 利用南方 CASSCAN 扫描矢量化 .....	204
7.4	知识拓展: 三维激光扫描系统 .....	210
7.5	项目小结 .....	213

<b>第 4 章 项目实训</b> .....	215
项目实训 1 全站仪的认识和使用 .....	215
项目实训 2 GPS-RTK 的认识与使用 .....	219
项目实训 3 图根控制测量 .....	222
项目实训 4 全站仪野外数据采集 .....	225
项目实训 5 GPS-RTK 野外数据采集 .....	230
项目实训 6 点号定位及坐标定位成图法绘制地形图 .....	234
项目实训 7 引导文件成图法绘制地形图 .....	237
项目实训 8 简码自动成图法绘制地形图 .....	242
项目实训 9 地形图的注记与编辑 .....	245
项目实训 10 等高线的绘制 .....	248
项目实训 11 地形图的分幅与整饰 .....	253
项目实训 12 CASS 原图数字化 .....	258
项目实训 13 断面图的绘制 .....	260
<b>第 5 章 综合实训</b> .....	266
模块 1 全野外数字化测图实习任务书 .....	266
模块 2 全野外数字化测图实习指导书 .....	270

# 第1章 数字测图概述

## 模块1 课程导入

### 一、数字测图概述

#### (一)数字地图的概念

##### 1. 传统地图的概念

传统概念上的地图是按照一定数学法则,用规定的图式符号和颜色,把地球表面的自然和社会现象有选择地缩绘在平面图纸上的图,如普通地图、专题地图、各种比例尺地形图、影像地图、立体地图等。国家基本比例尺地形图和通常意义上的大比例尺地形图都属于地图的范畴。

国家基本比例尺地形图简称国家基本图,它是根据国家颁布的统一测量规范、图式和比例尺系列测绘或编绘而成的地形图,是国家经济建设、国防建设和军队作战的基本用图,也是编制其他地图的基础。各国的地形图比例尺系列不尽一致,我国规定1:1万、1:2.5万、1:5万、1:10万、1:20万(现已为1:25万)、1:50万、1:100万七种比例尺地形图为国家基本比例尺地形图,其测制精度和成图数量、质量是衡量一个国家测绘科学技术发展水平的重要标志之一。

大比例尺地形图通常是指1:5000、1:2000、1:1000、1:500或更大比例尺地形图。

传统的地图测绘方法是图解法测图,称为白纸测图或手工测图。这种方法是利用测量仪器对地球表面局部区域内的各种地物、地貌点的空间位置进行测定,并以一定的比例尺,按规定的图式符号将其绘制在图纸上(白纸或聚酯薄膜)。在绘图过程中,数据的精度由于展点、绘图以及图纸伸缩变形等因素的影响会有较大的降低,而且白纸测图工序多、劳动强度大、质量管理难,纸质地形图难以承载更多的图形信息,图纸更新也极不方便,已不能适应信息时代经济建设的需要。

##### 2. 数字地图的概念

电子技术、计算机技术、通信技术的迅猛发展,使人类进入了一个全新的时代——信息时代。信息时代的特征就是数字化,或者说,数字化技术是信息时代的平台。数字化是实现信息采集、存储、处理、传输和再现的关键。数字化技术对测绘学科产生了深刻的影响,甚至使地图制图领域发生了革命性的变化。数字化技术改变了人们对传统地图的定义和认识,改变了传统地图的生产工艺和流程,从而产生了地图产品的一个全新品种——数字地图。

数字地图就是以数字形式存储全部地形信息的地图,是用数字形式描述地形要素的属性、定位和关系信息的数据集合,是存储在具有直接存取性能的介质上的关联数据文件。

与数字地图关系密切的另一个地图品种是电子地图。将绘制地形图的全部信息存储在设计好的数据库中,经绘图软件处理后,可在屏幕上将需要地形图显示出来,用这种方式来阅读的地图称为电子地图。数字地图是电子地图的基础,电子地图是经视觉化处理后的数字地图。

数字地图与纸质地图相比较,有以下特点:

(1)数字地图的载体不是纸张而是计算机存储介质(磁盘、光盘)。

(2)数字地图不像纸质地图那样以线划、颜色、符号、注记来表示地物类别和地形,而是以一定的计算机可识别的数学代码系统来反映地表各类地理属性特征。

(3)数字地图没有比例尺的限定,显示地图内容的详略程度可以随时调控,内容可以分块、分层显示,而纸质地图则是固定不变的。

(4)数字地图的内容可以随时修改更新,并且能把图形、图像、声音和文字合成在一起,而纸质地图则不能。

(5)数字地图的使用必须借助于计算机及其配套的外部设备,而纸质地图则不需要。

## (二)数字测图的概念

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年代产生了全站型电子速测仪、电子数据终端,并逐步构成了野外数据采集系统,将其与计算机辅助制图系统相结合,形成了一套从野外数据采集到内业制图实现了全过程数字化和自动化的测量制图系统,人们通常将这种测图方式称为数字化测图,简称数字测图。近些年,随着电子全站仪和GPS-RTK等先进测量仪器和技术的普及,数字测图得到了突飞猛进的发展,并逐步取代了白纸测图方法。

数字化测图实质上是一种全解析计算机辅助测图的方法,它使得地形测量成果不再仅仅是绘制在纸上的地形图,而是以计算机存储介质为载体的,可供计算机传输、处理、多用户共享的数字地形信息。数字地形信息存储与传输方便,精度与比例尺无关,不存在变形及损耗,能方便、及时地进行局部修测更新,便于保持地形图现势性的巨大优势,极大地提高了地形测量资料的应用范围,能在经济建设各部门发挥出更大的作用。另外,利用数字地图可以生成电子地图和数字地面模型(DTM),以数学描述和图像描述的数字地形表达方式,可实现对客观世界的三维描述。而且,数字地形信息作为地理空间数据的基本信息之一,已成为地理信息系统(GIS)的重要组成部分。所以,数字化测图的出现标志着地形测量理论与实践的革命性进步。

广义地讲,制作以数字形式表示的地图的方法和过程就是数字测图,主要包括全野外数字化测图(地面数字测图)、地图数字化成图、数字摄影测量和遥感数字测图。狭义的数字测图指全野外数字化测图,本书主要介绍全野外数字化测图。

## 二、数字测图与白纸测图的区别

数字测图是在白纸测图的基础上发展起来的,但数字测图外业采用了电子全站仪、GPS-RTK等先进测量仪器,内业采用计算机辅助制图,它实质上是一种全解析、全数字的测图方法。所以,数字测图与白纸测图相比,具有无可比拟的优越性。

### (一) 测图、用图自动化

白纸测图主要是手工作业、外业测量人工记录计算、人工绘制地形图以及用图时在图上人工量算坐标、距离和面积,等等。数字测图则是野外测量自动记录、自动解算,是内业数据自动处理、自动绘图、自动成图,用图时向用图者提供可处理的数字地图,用户可自动提取所需要的图数信息。数字测图实现了测图、用图自动化。

### (二) 图形数字化

用计算机存储介质保存的数字地图存储了图中具有特定意义的数字、文字、符号等各类数据信息,可方便地进行传输、处理和供多用户共享。数字地图不仅可以自动提取点位坐标、两点距离、方位,自动计算面积、土方,自动绘制纵横断面图,还可以方便地将其传输到 AutoCAD、MAPGIS 等软件设计系统中,供工程设计部门进行计算机辅助设计和供地理信息系统建库使用。数字地图的管理既节省空间,操作又十分方便。

### (三) 点位精度高

平板仪白纸测图时,地物点平面位置的误差主要受解析图根点的测定误差和展绘误差、测定地物点的视距误差和方向误差、地形图上地物点的展点误差等影响,综合影响使地物点平面位置的测定误差图上约为 $\pm 0.5\text{mm}$ (1:1000)。经纬仪视距法测定地形点高程时,即使在较平坦地区( $0^\circ \sim 6^\circ$ )、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。

用全站仪采集数据,测定地物点距离在450m内的误差约为 $\pm 22\text{mm}$ ,测定地形点的高程误差约为 $\pm 21\text{mm}$ ;若距离在300m以内,则测定地物点误差约为 $\pm 15\text{mm}$ ,测定地形点的高程误差约为 $\pm 18\text{mm}$ 。在数字测图中,野外采集的数据精度毫无损失,并与测图比例尺无关。数字测图的高精度为地籍测量、管线测量、房产测量、工程规划设计等工作提供了保障。

### (四) 便于成果更新

数字测图的成果是以点的定位信息和属性信息存入计算机,当地物有变化时,只需输入变化信息的坐标、编码,经过编辑处理,很快便可以得到更新的地图,从而可以确保地图的现势性和可靠性,可谓“一劳永逸”。

### (五) 避免因图纸伸缩带来的各种误差

白纸测图图形信息表示在图纸上,随着时间的推移,会因图纸的伸缩变形而产生误差。数字测图的成果以数字形式保存,摆脱了对图纸的依赖性。

### (六) 能以各种形式输出成果

数字测图成果可以直接输出在显示器或投影仪上,甚至可以在显示器上观看不同视角的立体图,输出立体景观;计算机与打印机联机时,可以打印各种需要的资料信息,如打印数据表格,当图形精度要求不高时可以直接打印图形;计算机与绘图仪联机,可以输出各种不同比例尺的地形图、专题图等,以满足不同用户的需要。

### (七) 方便成果的深加工利用

数字测图不同的数据分层存放,数字地图可以存储海量的地面信息,这是白纸测图无法比拟的。数字测图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。比如,CASS软件中定义了26个层(用户可以根据需要定义新层),控制点、房屋、道路、交通设施、管线设施、水系设施、地貌土质、植被园林等均存放于不同的层

中。通过关闭层、打开层等操作来提取相关信息,可方便地得到所需要的测区内各类专题图、综合图,如路网图、电网图、水系图、地形图等。又如,在数字地籍图的基础上,可以综合相关内容,补充加工成不同用户所需的城市规划用图、城市建设用图、房地产图以及各种管理用图和工程建设用图。

#### (八)可作为地理信息系统的重要信息源

地理信息系统(GIS)具有强大的空间信息查询检索功能、空间分析功能以及辅助决策功能,在国防建设、城市规划、交通管理以及人们的日常生活中得到了广泛的应用。数据采集是建立地理信息系统最基础的工作,而且建立一个地理信息系统,花在数据采集上的时间和精力约占整个工作量的80%。地理信息系统要发挥辅助决策功能,必然需要现势性强的地理信息基础数据。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,其成果即可进入地理信息系统数据库并更新数据库。一个好的数字测图系统应该是地理信息系统的一个子系统。

### 三、数字测图的发展与展望

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20世纪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联动坐标绘图仪,采用模拟法测图原理,利用航测像对测绘出线划地形图。

到20世纪60年代,就有了解析测图仪。20世纪80年代末、90年代初,又出现了全数字摄影测量系统。全数字摄影测量系统在我国迅速推广和普及,目前已基本取了解析摄影测量。

作为数字化测图方法之一的航空摄影测量,起源于20世纪50年代末期,当时的航空摄影测量都是使用立体测图仪及机械联动坐标绘图仪,采用模拟法测图原理,利用航测像对测绘出线划地形图。到20世纪60年代出现了解析测图仪,它是由精密立体坐标仪、电子计算机和数控绘图仪三个部分组成的,将模拟测图创新为解析测图,其成果依然是图解地图。20世纪80年代初,为了满足数字测图的需要,我国在生产、使用解析绘图仪的同时,将原有模拟立体量测仪和立体坐标量测仪逐渐改装成数字绘图仪。将量测的模拟信息经过编码器转换为数字信息,由计算机接受并处理,最终输出数字地形图。20世纪80年代末、90年代初,又出现了全数字摄影测量系统。全数字摄影测量系统大致作业过程如下:将影像扫描数字化,利用立体观测系统观测立体模型(计算机视觉),利用系统提供的扫描数据处理、测量数据管理、数字定向、立体显示、地物采集、自动提取DTM、自动生成正射影像等一系列量测软件,使量测过程自动化。全数字摄影测量系统在我国迅速推广和普及,目前已基本取了解析摄影测量。

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。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。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化测图系统,并都在生产中得到应用。1991—1997年为总结、优化和应用推广阶段,提出了一些新的数字化测图方法。1997年后为数

字测图技术全面成熟阶段,数字测图系统成为地理信息系统(GIS)的一个子系统。我国测绘事业开始进入数字测图时代。目前,我国地面数字测图(全野外数字化测图)主要采用全站仪数字测记模式,即全站仪外业采集数据,绘制草图或编制编码,内业成图。也有采用“全站仪+便携机(笔记本电脑)”的电子平板测绘模式,即利用笔记本电脑的屏幕模拟测板在野外直接观测,把全站仪测得的数据直接展绘在计算机屏幕上,用软件的绘图功能边测边绘。近些年,随着GPS技术的日臻成熟,GPS-RTK数字测记模式已被广泛地应用于数据采集。GPS-RTK数字测记模式采用GPS实时动态定位技术,实地测定地形点的三维坐标,并自动记录定位信息。GPS-RTK技术的出现,提高了数字测图的效率,GPS-RTK数字测图将成为开阔地区数字化测图的主要方法。而且,随着俄罗斯GLONASS卫星定位系统的逐步完善、欧盟的伽利略全球定位系统和我国的北斗导航卫星定位系统的建立,几种全球定位系统必将联合应用,到那时,GPS-RTK数字测图在城镇测量中也将起到巨大的作用。

今后数字化测图的发展方向应该是一种无点号、无编码的镜站遥控电子平板测图系统。镜站遥控电子平板作业可形成单人测图系统,只要一名测绘员在镜站立对中杆,遥控测站上带伺服马达的全站仪瞄准镜站反光镜,并将测站上测得的三维坐标用无线电传输到电子平板(便携机),自动展点和注记高程,绘图员实时地把展点的空间关系在电子平板上描述出来。这种测图模式需要数据无线通信设备及带伺服马达的全站仪,对设备要求太高,但无疑是今后的一种发展方向。

近几年又出现了视频全站仪和三维激光扫描仪等快速数据采集设备,快速测绘数字景观图成为可能。通过在全站仪以上安装数字相机(视频全站仪)的方法,可在对被测目标进行摄影的同时,测定相机的摄影姿态,经过计算机对数字影像处理,得到数字地形图或数字景观图;利用三维激光扫描仪,通过空中或地面激光扫描,获取高精度地表及构筑物三维坐标,经过计算机实时或事后对三维坐标及几何关系的处理,得到数字地形图或数字景观图。这种快速测绘数字景观的成图模式可能成为今后建立数字城市的主要手段。

## 模块2 数字测图的基础知识

### 一、数字测图的基本原理

#### (一)数字测图的基本思想

白纸测图实质上是将测得的观测值(数值)用图解的方法转化为图形。这一转化过程几乎都是在野外实现的,即使是原图的室内整饰,一般也要在测区驻地完成,因此劳动强度较大;再则,这个转化过程将使测得的数据所达到的精度大幅度降低,特别是在信息剧增,建设日新月异的今天,一纸之图已难承载诸多图形信息,变更、修改也极不方便,实在难以适应当前经济建设的需要。

数字测图就是要实现丰富的地形信息和地理信息数字化和作业过程的自动化或半自动化。它希望尽可能缩短野外测图时间,减轻野外劳动强度,而将大部分作业内容安排到室内去完成。与此同时,将大量手工作业转化为电子计算机控制下的机械操作,不仅能减轻劳动强度,而且不会降低观测精度。



数字测图的基本思想是：将采集的各种有关的地物和地貌信息(模拟量)转化为数字形式，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(如显示器、绘图仪)绘出地形图或各种专题地图。将模拟量转化为数字形式这一过程通常称为数据采集。目前，数据采集方法主要有野外数据采集、航片(卫片)数据采集、地图数字化法采集。数字测图的基本思想和过程如图 1.1 所示。

数字测图就是通过采集有关的绘图信息并及时记录在数据终端(或直接传输给便携机)，然后在室内通过数据接口将采集的数据传输给计算机，并由计算机对数据进行处理，再经过人机交互的屏幕编辑，形成绘图数据文件，最后由计算机控制绘图仪自动绘制所需的地形图，最终由磁盘等存储介质保存电子地图。虽然数字测图生产的产品仍然以提供图解地形图为主，但是它以数字形式保存着地形模型及地理信息。

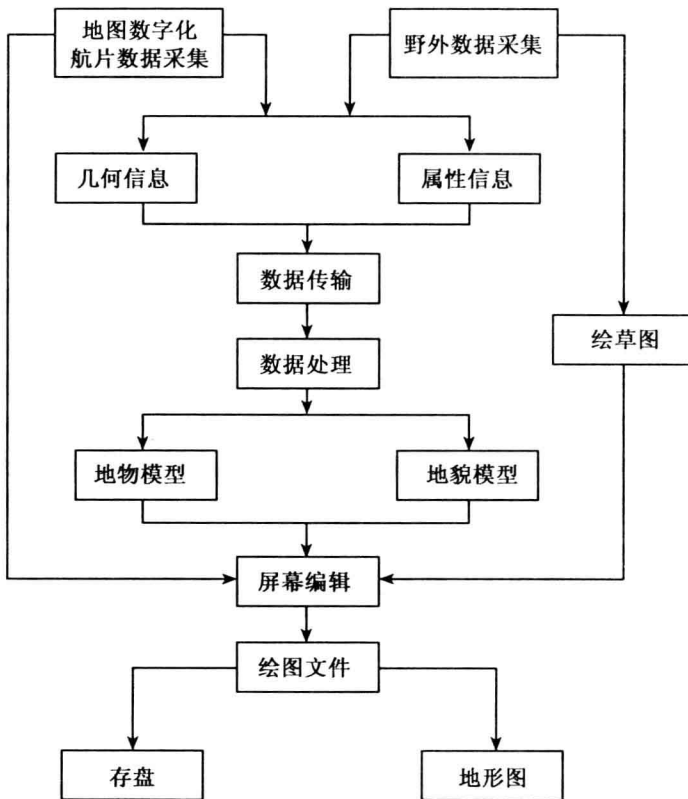


图 1.1 数字测图的基本思想和过程

## (二) 数字测图的图形描述

一切地图图形都可以分解为点、线、面三种图形要素，其中，点是最基本的图形要素，这是因为一组有序的点可连成线，而线可以围成面。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、注记来表示。独立地物可以由地物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，等高线由高程值表达其意义。



测量的基本工作是测定点位。传统方法是用仪器测得点的三维坐标,或者测量水平角、竖直角及距离来确定点位,然后绘图员按坐标(或角度与距离)将点展绘到图纸上。跑尺员根据实际地形向绘图员报告测的是什么点(如房角点),这个(房角)点应该与哪个(房角)点连接,等等;绘图员则当场依据展绘的点位按图式符号将地物(房屋)描绘出来。就这样一点一点地测和绘,一幅地形图也就生成了。

数字测图是经过计算机软件自动处理(自动计算、自动识别、自动连接、自动调用图式符号等),自动绘制地形图。因此,数字测图野外测绘时,除测定点位的三维坐标外,还必须采集点位的连接信息和描述其性质的属性信息。

点位的三维坐标是定位信息,也称为点位信息,使用全站仪观测并自动计算存储在内存或电子手簿中,各个点之间以点号区别;连接信息是指测点的关联关系,它包括相邻连接点号和连接线型,绘图系统据此,方可将相关的点连接成一个地形符号。点位信息和连接信息合称为图形信息,又称为几何信息,据此,可以绘制房屋、道路、河流、地类界、等高线、陡坎等线性图形。

属性信息又称为非几何信息,包括定性信息和定量信息。属性的定性信息用来描述地图图形要素的分类或对地图图形要素进行标名,一般用拟定的符号和文字表示,如植被类型、地名、河流名等。属性的定量信息是说明地图要素的性质、特征或强度的,如面积、楼层、人口、产量、流速等,一般用数字表示。

连接信息与属性信息只能靠观测员实地观察确定,没有准确、完整的连接与属性信息,点位信息作为孤立的点,是没有价值的。所以,对于大比例尺数字化测图而言,观察与记录连接与属性信息是细致、复杂的工作,需要观测员具有良好的地形表现能力和专业素质。

所以,进行数字测图时,不仅要测定地形点的位置(点位信息),还要知道是什么点(属性信息),是道路还是房屋,当场记下该测点的编码和连接信息,显示成图时,利用测图系统中的图式符号库,只要知道编码,就可以直接从库中调出与该编码对应的图式符号成图。

### (三) 数字测图的数据格式

地图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。矢量数据采用定位信息( $x, y$ )的有序集合,来描述点、线、面等三种基本类型的图形元素,并结合属性信息实现地形元素的表述;栅格数据结构是将整个绘图区域划分成一系列大小一致的栅格,形成栅格数据矩阵,按照地理实体是否通过或包含某个栅格,使其以不同的灰度值表示,从而形成不同的图像。由野外直接采集、解析测图仪获得或手持跟踪数字化仪采集的数据是矢量数据;由扫描仪和遥感方法获得的数据是栅格数据。矢量数据结构是人们最熟悉的图形数据结构,从测定地形特征点位置到划线地形图中各类地物的表示以及各类数字图的工程应用,基本上都使用矢量格式数字图。而栅格格式的数字图存在不能编辑修改、不便于工程量算、放大输出时图形不美观等问题,而且一般情况下,同样大小的区域,栅格格式的地形图数据量比矢量数据量大得多,所以,对于量角、距离换算、展点、绘图等众多环节出错几率大,这些弊端使得地形图成果质量难以保证。因此,数字测图通常采用矢量数据格式,若采集的数据是栅格数据,必须将其转换为矢量数据。而且,由计算机控制输出的矢量图形不仅美观,而且更新方便,应用非常广泛。