



全国煤炭高职高专“十一五”规划教材

数字化 测图技术

主编 钟来星 李世平

煤炭工业出版社

内 容 提 要

本书为全国煤炭高职高专“十一五”规划教材,是工程测量技术专业的基础课教材,按照工程测量技术专业高职高专人才培养目标编写。

本书在内容上力求讲清基本概念及基本理论,系统介绍数字化测图的基本原理、利用全站仪等现代化测绘仪器进行控制测量、地形图数据采集技术以及数字化地形图成图和应用方法。全书共6章,内容包括数字化测图基础知识、控制测量、数字化地形图的测绘、地形图数字化、数字化成图软件的使用方法以及数字地形图的应用等。

本书是高等职业学校、高等专科学校工程测量专业的教学用书,也可作为成人高校、本科院校举办的二级职业技术学院和民办高校工程测量专业的教材,亦可供相关的工程技术人员学习参考。

李世平 钟来星 主 编

图书在版编目(CIP)数据

数字化测图技术/钟来星,李世平主编. —北京:煤炭工业出版社,2007.12

全国煤炭高职高专“十一五”规划教材
ISBN 978-7-5020-3186-2

I. 数… II. ①钟…②李… III. 数字化制图—高等学校:技术学校—教材 IV. P283.7

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第147287号

煤炭工业出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居35号 100029)
网址:www.cciph.com.cn
北京京科印刷有限公司 印刷
新华书店北京发行所 发行

*
开本 787mm×1092mm¹/₁₆ 印张 12¹/₄
字数 300千字 印数 1—6,000
2007年12月第1版 2007年12月第1次印刷
社内编号 5987 定价 23.00元

版权所有 违者必究

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换

全国煤炭高职高专工程测量技术类“十一五”规划教材

编审委员会

主任：纪奕君

副主任：薄志毅 李天和 索效荣 李战宏

秘书长：赵国忱

委员（以姓氏笔画为序）：

邓传军 冯大福 孙江 孙金礼

任建华 刘永清 刘俊荷 米志强

宋文斌 李世平 李孝文 杨楠

苗福林 贺英魁 钟来星 高绍伟

燕志明 姬婧 梁振华 董俊锋

温继满

前 言

本书编写以阐明数字化测图的基本原理和培养学生实践动手能力、突出实际应用为目的;内容以大比例尺数字化测图以及数字化地形图的应用为主线,全面介绍了数字化测图的基本概念、基本方法和基本技能。

在内容上力求讲清基本概念,做到基础理论知识适度,突出理论的应用思路、测绘仪器的操作技能和数字化地形图的应用方法,并注重运用图表说明内容和作业技巧,使读者易于理解,加深印象,便于应用。每章均有学习的目标和小结,也有结合实际复习与思考题,便于学生巩固理论知识,培养生产实际应用的综合能力。

本书由钟来星、李世平任主编,王占利、邓传军任副主编,参加编写的有:山东科技大学钟来星(第一章)、江西工业工程职业技术学院邓传军(第二章)、辽宁工程技术大学王占利(第三章)、内蒙古科技大学李世平(第四章)、河南平顶山职业技术学院李璐(第五章的第一、二、三、四节)、平顶山工学院马玉晓(第五章第五节)和山西长治职业技术学院赵有功(第六章)。

本书在编写过程中,我们参阅了大量文献,引用了同类书刊中的一些资料,在此谨向有关作者表示诚挚的谢意!

山东科技大学成枢教授审阅了全书,并提出了宝贵意见,中国矿业大学(北京)教编室和煤炭工业出版社为本书的编辑出版做了大量工作,在此表示真诚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者
2007年7月

目 录

第一章 数字化测图的基础知识	(1)
第一节 概述	(1)
第二节 数字测图系统的构成	(5)
第三节 数字化测图的工作过程与作业模式	(8)
第四节 数字化测图技术的理论基础	(12)
第五节 数字化测图技术的发展历史与展望	(24)
本章小结	(27)
复习与思考题	(27)
第二章 控制测量	(28)
第一节 控制测量概述	(28)
第二节 全站仪及其使用	(34)
第三节 导线测量	(42)
第四节 交会测量	(49)
第五节 高程测量	(50)
第六节 RTK 图根控制测量	(51)
本章小结	(53)
复习与思考题	(53)
第三章 数字化地形图的测绘	(55)
第一节 野外数据采集模式	(55)
第二节 地形要素分类编码和野外采集数据的记录格式	(59)
第三节 全站仪采集碎部点的测量方法	(66)
第四节 RTK 野外数据采集	(69)
本章小结	(72)
复习与思考题	(72)
第四章 地形图数字化	(73)
第一节 地形图定位	(73)
第二节 手扶跟踪数字化	(76)
第三节 地形图的扫描数字化	(82)
第四节 EPSCAN 扫描矢量化软件的使用	(86)
本章小结	(99)
复习与思考题	(100)
第五章 数字化成图软件的使用方法	(101)
第一节 CASS7.0 系统简介	(101)
第二节 CASS7.0 的使用方法	(103)
第三节 用 CASS7.0 绘制地形图	(119)

第四节	用 CASS7.0 绘制地籍图	(130)
第五节	EPSW 电子平板测图	(137)
本章小结	.....	(157)
复习与思考题	.....	(158)
第六章	数字地形图的应用	(159)
第一节	概述	(159)
第二节	基本几何要素的查询	(160)
第三节	土方量的计算	(161)
第四节	断面图的绘制	(185)
本章小结	.....	(187)
复习与思考题	.....	(187)
参考文献	.....	(188)

第一章 数字化测图的基础知识

学习目标:通过本章学习,主要掌握数字化测图的概念、研究内容、技术特点和发展历史,内容包括数字测图系统的构成、工作过程与作业模式以及数字化测图技术的理论基础。

第一节 概 述

地图是一种古老、有效并一直沿用至今的精确表达地表现象的方式,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。

一、数字化测图的概念

传统的图解法测图是利用测量仪器对地球表面局部区域内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示符号将其绘制在图纸上。地物是指地面天然或人工形成的各种固体物质,如河流、森林、房屋、道路、农田等,在地形图中用图式符号加注记表示。地貌是指地球表面的高低起伏形态,如高山、丘陵、平原、洼地等,在地形图中一般用等高线表示。地形是地物和地貌的总称。

传统的地形测量是以图解形式按图式符号和比例尺将地形测绘到白纸(绘图纸或聚酯薄膜)上,所以又称白纸测图或模拟法测图。

在测图过程中,数字的精度由于刺点、绘图及图纸伸缩变形等因素的影响会有较大的降低,而且工序多、劳动强度大、质量管理难。特别是在当今信息时代,纸质地形图已难以承载更多的图形信息,图纸更新也极为不便,难以适应信息时代经济建设的需要。

随着科学技术的进步、计算机技术的迅猛发展及其向各个领域的渗透,电子全站仪和GPS-RTK等先进测量仪器和技术的广泛应用,数字化测图技术得到了突飞猛进的发展,并以高自动化、全数字化、高精度的显著优势逐步取代了传统的手工图解法测图。

数字地形图是用数字形式存储全部地形图信息的地图,是以数字形式描述地形图要素的属性、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(磁盘、硬盘和光盘)上的关联数据文件。它实质上是一种全解析机助测图方法,在地形测绘发展过程中它是一次根本性的技术变革,这种变革主要体现在:图解法测图的最终目的是地形图,图纸是地形信息的惟一载体;数字化测图地形信息的载体是计算机的存储介质(磁盘或光盘),其提交的成果是可供计算机处理、远距离传输、多方共享的数字地形图数据文件,通过绘图仪可输出数字地形图。另外,利用数字化地形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。更具深远意义的是,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。

数字化测图是以数字的形式表达地形特征点的集合形态。数字化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输入、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。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、多种功能和多种应用范围,能输出多种图形和数据资料。根据数据采集方式,数字化测图可概括为:利用全站仪、GPS或其他测量仪器进行野外数字化测图;利用手扶数字化仪或扫描数字化仪对纸质地形图进行数字化;利用航测、遥感像片进行数字化测图等技术。前者是野外采集数据,后者主要是在室内作业采集数据。利用上述技术将采集到的地形数据传输到计算机,由数字成图软件进行数据处理,经过编制、图形处理,生成数字地形图。

数字地形图与传统地形图的差异主要体现在以下几个方面:

- (1) 数字地形图的载体不是纸张而是适合于计算机存储的软盘、硬盘和光盘等。
- (2) 数字地形图不像传统地形图那样以线划、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字代码系统来反映地表各类地理属性特征。
- (3) 数字地形图是以数字形式按 1:1 比例尺储存的数字地形图,没有比例尺的限定和固定的图幅大小。数字地形图并不是依某一固定比例尺和固定的图幅大小来储存一幅地形图,用户可以根据需要,在一定比例尺范围内输出不同比例尺和不同图幅大小的地形图,输出各种分层叠合的专用地图。例如,以地籍边界和建筑物、土地利用分类为主的地籍图;以地下管线以及两侧建筑物为主的地下管线图等。
- (4) 数字地形图以数字形式表示地形图的内容。地形图的内容由地形图图形和文字注记两部分组成。地形图图形可以分解为点、线、面三种图形元素,而点是最基本的图形元素。数字地形图以数字坐标方式表示地物和地貌的空间位置,以数字代码表示地形符号、说明注记和地理名称注记。数字地形图要求精确、真实地反映地表所包含的全部人工和自然的地形要素。在城市复杂地区,如果把地表的全部地形要素绘在一幅地形图上,那就很不清晰,因此往往按不同用途分成几种数字地形图。例如,城市地形图、地籍图和地下管线图等。数字地形图的内容要满足多用户的需要,进行分层储存,例如将地物分为控制点、建筑物、行政边界和地籍边界、道路、管线、水系以及植被等,而地貌则以数字地面模型表示,即以规则网点的平面位置和高程表示。数字地形图可以包含地表的全部空间位置信息,还可将与空间位置有关的非图形信息一起在信息系统进行管理。
- (5) 数字地形图能够较好地保持其现势性。城市的发展加速了城市建筑物和城市结构的变化,城镇地籍中地界也经常发生变化,这都需要对地形图进行连续更新。这种更新测量利用传统的方法和摄影测量的方法都是很麻烦的。采用地面数字测量方法能够克服地形图连续更新的困难,只要将地形图变更的部分输入计算机,通过数据处理即可对原有的数字图和有关的信息作相应的更新,使地形图有良好的现势性。
- (6) 数字地形图的精度高于传统地形图。传统的图解地形图的精度,根据城市测量规范规定,图上地物点相对于邻近图根点的点位中误差为图上 0.5 mm,在 1:500 比例尺地形图上相对于地面距离为 25 cm。即使提高碎部测量精度,但手工绘图的精度也很难高于图上 0.2 mm,在 1:500 比例尺地形图上则相当于实地距离为 10 cm。随着现代城市的发展,在大比例尺城市测图中,有必要提高重要建筑物和界址点的测量精度。地面数字化测图,在野外采用全站仪测量,具有较高的位置测量精度,按目前的测量技术,地物点相对于邻近控制点的位置,精度可达 5 cm。用自动绘图仪依据数字地形图绘制图解地形图,其位置精度均匀。自动绘图仪的精度一般高于手工绘制的精度。

地形图是为满足城市和工程建设的需要而施测的。随着经济的发展,城市的复杂性日

益增长。城市人口的密集带来住宅、交通和各种管线的迅速增加。城市各管理部门迫切要求有城市环境的综合信息系统,也就是需要建立城市地理信息系统的基础。为适应建立城市地理信息系统的需要,从事城市测量的测绘部门应该提供数字形式的地形图。

在工程建设中。计算机辅助设计已经广泛应用,这种情况下为工程设计提供的地形图也必须是以数字形式表示,以便能用计算机进行存取和处理。

二、数字化测图技术的研究内容

数字化测图技术是现代测绘科学和技术与计算机科学和技术,特别是计算机图形与技术相结合的产物。它的主要研究对象是制图对象信息的获取(采集)、加工(处理)、传输、系统分析、图形显示与存储的技术手段和方法,主要研究内容包括:

1. 数字测图系统的构成

随着电子技术、仪器制造技术和计算机技术的飞速发展,测绘仪器和计算机设备的性能得到了空前的提高。测绘仪器正在朝着自动化、数字化、高效率、全天候等方向发展。电子经纬仪、全站仪、GPS接收机就是其中的典型代表。数字化测图技术首先要从原理上研究如何利用这些现代化测绘仪器和计算机设备构成一个完整的数字测图系统,包括为了连接这些设备而进行的软、硬件开发工作,以及从方法上研究与数字测图系统相适应的工作模式和工作方法。

2. 数字地形图的数据采集设备与方法

数字地形图与传统地形图最本质的区别在于地理属性特征的表达方法。前者是数字形式的,后者是图解形式的。这种差别直接影响到数据采集的设备与方法,因此有必要研究、开发、选择相应的采集设备和采集方法。数字地形图的数据采集设备应该能直接得到数字化结果,如电子经纬仪、全站仪等,即使不能在野外得到数字化结果,也必须在进入数字测图系统前加以转换,如用数字化仪或扫描仪进行数字化处理。

3. 数字地形图的表示方法和存储结构

数字地形图是以数字形式来表示和存储地理属性特征的,这就要求研究地理属性特征的数字化表示方法。在数字化成图的存储结构(地形图数据库)中,图形实体的属性是以代码来表示的,而在可视化输出(如屏幕显示和绘图仪输出纸质地形图)时,又必须采用与传统地形图相同的符号来表示。这就既要研究科学的代码体系又要研究地形图符号的生成方法。数字化测图技术还要研究如何合理地组织一个区域(如一个图幅)内各类地形图实体的数字化信息,这就是存储结构。

4. 数字地形图的计算机处理和图形编辑

野外或室内采集的地形图图形实体的数字化信息必须经过适当的处理(例如,图幅的裁剪与拼接、采集误差的处理以及必要的代码和文件格式转换等),才能满足数字化成图的要求。采集的数据也可能存在差错与遗漏,有必要对其进行编辑修改。因此,数字化测图技术必须研究数字地形图的计算机处理方法和图形编辑方法。

5. 数字地形图的输出设备与方法

主要是指输出设备的选择及接口软件的开发。另外,为了实现数字地形图产品的共享,还应该考虑输出到共享文件(又称接口文件)的方法及共享文件的结构。

6. 数字地形图质量评价

数字地形图有着与传统地形图不同的表示方法,其应用领域也更为广泛,人们对数字地

形图的要求也不同于传统地形图。因此,在数字化测图技术中必须研究数字地形图的质量评价问题,包括衡量数字地形图的质量指标体系、质量评价方法和质量控制方法。

7. 数字化成图软件的开发

软件是数字化测图系统的灵魂。数字化成图软件是一种规模较大的综合性应用软件,它具有数据量大、算法复杂、涉及的外部设备繁多等特点。因此,数字化成图软件的开发既是数字化测图技术的关键,也是其难点。必须将当代软件工程学的最新技术手段与数字测图系统的特点结合起来,选用合适的开发平台进行数字化成图软件的开发。

8. 数字地形图的管理与应用

数字化测图的目的是按照一定的规范要求生产便于管理与应用的数字地形图或其他各种形式的地形图产品。因此,数字化测图技术必须研究数字地形图的管理与应用问题,以便更好地适应人们对数字地形图产品的要求。另外,数字化测图系统本身也涉及数字地形图的管理与应用问题,如图幅管理与简单几何量的求解。

9. 数字化成图与地理信息系统的关系

地理信息系统(Geographic Information System 简称 GIS)的发展历史已经清楚地告诉人们,地理信息系统起源于数字化成图。空间信息的处理与表达仍然是 GIS 领域的一个重要研究内容。目前比较一致的认识是:数字地形图是 GIS 理想的数据源。因此,为了使数字地形图更好地满足 GIS 的要求,必须进一步研究数字化成图与 GIS 的关系,主要包括 GIS 对数字地形图的要求及数字化成图的成果如何顺利地导入 GIS 中等问题。

三、数字化测图技术的特点

数字化测图技术的发展改变了人们对地形图本质、地形图功能、成图方法以及成图工艺等诸多方面的认识,为地形图制图领域带来了新的生机。从应用角度来看,数字化测图技术与传统测图技术相比较,在以下方面具有明显的优势:

1. 精度高

传统的测图技术以光学仪器和视距测量方法为基础,且控制测量采用从整体到局部、逐级布设的原则,等级过多造成精度损失,手工绘制的精度很难高于图上 0.2 mm,这些都在不同程度上限制了地形图的精度。数字化测图技术则不然,当采用草图法数字测记模式作业时,全部碎部点均用全站仪测量,控制层次也相对减少,其成图精度比传统成图方法要高许多。另外,由于数字地形图产品不存在图纸变形,用绘图仪输出的纸质地形图图面精度也高于传统成图方法得到的地形图产品。

2. 自动化程度高,劳动强度较小

在传统测图技术中,地形原图必须在野外手工绘制。而数字化测图技术将成图这一繁琐的工作转到室内,在计算机上以人机交互的方式绘制地形图,部分工作可由计算机自动完成。当采用全站仪观测碎部点时,测距的精度较高、距离远,可以在很大范围内观测碎部点,从而减少了搬站工作。另外,电子测量仪器用内存或电子记录手簿储存测量数据,可以省却测站记录工作。所有这些都不同程度上减轻了测绘工作者的劳动强度。

3. 更新方便快捷

数字化测图工作得到的是数字地形图——以某种格式存放的地形图数据文件。其调用、显示都十分方便。一般数字化成图软件都具有“图形编辑”功能,如“增加”、“删除”、“修改”等,这些功能都能充分满足地形图修测和补测的要求。利用这些功能进行原有数字地形

图的修测、补测是十分方便的。

4. 便于保存与管理

数字地形图产品以数字形式存储于计算机的存储介质上,仅占很少的空间。这与传统成图技术得到的纸质地形图相比占据着优势。另外,数字地形图产品不存在纸质地形图产品保存过程中的霉烂、变形等问题。数字地形图产品易于复制,这也给保存的安全性提供了可靠的保证。

数字地形图产品不仅便于保存,而且管理也十分方便。目前,已有不少专用软件实现了数字地形图的计算机管理,将数字化成图与数字地形图的管理功能集成在一起,使用极其方便。

5. 便于应用

地形图测绘是测绘工作的一项基础性工作,它的主要目的是为了工程设计、规划或各级国土信息管理部门提供基础信息。目前,随着计算机应用的日益普及,工程设计与规划部门大都采用了计算机辅助设计系统,这些系统都要求采用数字化地形图作为规划设计的工作底图。目前在各个行业与地理有关的信息管理中,正在迅速发展和使用 GIS 技术,数字地形图产品是 GIS 的一种理想数据源。

数字地形图的出现改变了传统地形图应用的概念,传统的地形图应用一般以图面图解或目视为基础,得到的只能是“粗糙”的结果,对于数字地形图产品,由于包含了详细和精确的地理信息,利用它得到的应用结果是十分精确的。

6. 易于发布和实现远程传输

对于传统地形图来说,实时发布和远程传输是难以实现的。然而,对于数字地形图产品,随着网络技术和通信技术的不断发展以及网上地形图发布系统的逐步完善,通过计算机网络实现地形图产品的实时发布和远程传输已经成为可能。

以上较详细地介绍了数字化测图技术所带来的优越性,然而,任何事物都是一分为二的,数字化测图技术在带来优越性的同时,也不可避免地存在一些缺陷,主要是费用、人员和系统可靠性等方面的问题。在费用方面,一个不容争议的事实是数字化测图比传统测图的费用高,这主要体现在设备(包括软件)费用和人力成本两个方面。数字化测图技术对人员的素质提出了新的要求,最起码要求具有操作计算机的能力。另外,同运行在计算机上的其他系统一样,数字测图系统的可靠性也受到诸多因素的限制,问题的关键还在于数字测图系统中的一些相对微小的毛病也可能需要训练有素的专家才能解决。这些问题和缺陷都是目前数字化测图实践中难以回避的。当然,随着数字化测图技术与设备的不断完善和测绘人员技术素质的不断提高,这些问题肯定会逐步得到解决。

第二节 数字测图系统的构成

数字测图系统是指实现数字化测图功能的所有因素的集合。广义地讲,数字测图系统是硬件、软件、人员和数据的总和。

一、数字测图系统的硬件

数字测图系统的硬件主要有两大类:测绘类硬件和计算机类硬件。测绘类硬件主要用于外业数据采集的各种测绘仪器,如全站仪;计算机类硬件包括用于内业处理的计算机及其标准外设(如显示器、打印机等)以及图形外设(如用于录入已有图形的数字化仪、扫描仪

和用于输出纸质地形图的绘图仪等)。另外,实现外业记录和内、外业数据传输的电子手簿则既可能是测绘仪器的一个部分,也可能是用某种掌上电脑开发出的独立产品。下面简单介绍它们的功能以及在数字测图系统中的地位和作用。

1. 计算机

计算机是数字测图系统中不可替代的主体设备。它的主要作用是运行数字化成图软件,连接数字测图系统中的各种输入输出设备。计算机一般可以分为台式机、笔记本电脑和掌上电脑。就目前的情况来看,笔记本电脑与台式机在功能上已没有太大的差别。它们的特点分别是:台式机价格相对较低、图形显示效果较好;笔记本电脑体积较小,便于携带。因此,在数字测图系统中,室内处理工作一般用台式机完成;只有在野外需要计算机时才用笔记本电脑,如采用“电子平板”作业模式时在野外同时完成采集与成图两项工作。

2. 全站仪

全站仪是由测距仪、电子经纬仪和微处理器组成的一个智能型测量仪器。全站仪的基本功能是在仪器照准目标后,通过微处理器的控制自动地完成距离、水平方向和天顶距的观测、显示与存储。除这些基本功能外,不同类型的全站仪一般还具有各自独特的功能,如平距、高差和目标点坐标的计算等。

3. 数字化仪

数字化仪是数字测图系统中的一种图形录入设备。它的主要功能是将图形转化为数据,所以,有时它又被称为图数转换设备。在数字化成图工作中,对于已经用传统方法施测过地形图的地区,只要已有地形图的精度和比例尺能满足要求,就可以利用数字化仪将已有的地形图输入到计算机中,经编辑、修补后生成相应的数字地形图。

4. 扫描仪

扫描仪是以“栅格方式”实现图数转换的设备。所谓栅格方式就是以—个虚拟的格网对图形进行划分,然后对每个格网内的图形按一定的规则进行量化。每一个格网叫做一个“像元”或“像素”。所以,栅格方式数字化实际上就是先将图形分解为像元,然后对像元进行量化。栅格方式的数字化结果的基本形式是以栅格矩阵的形式出现的。图 1-1(a)所示的图形对应的栅格矩阵如图 1-1(b)所示。

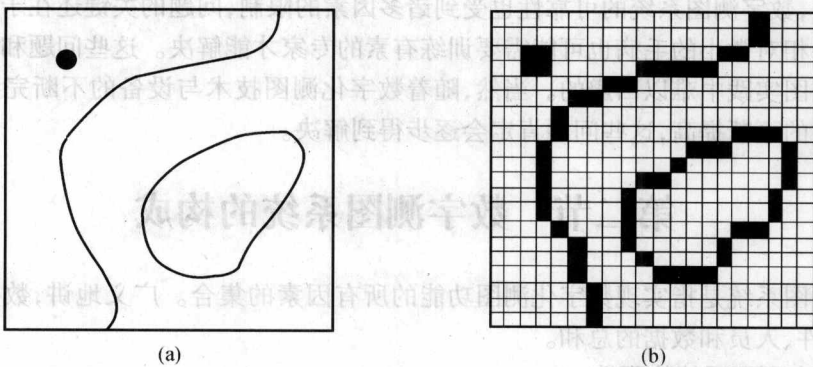


图 1-1 图形与栅格矩阵的对应关系

(a) 图形; (b) 栅格矩阵

实际应用时,扫描仪得到的是栅格矩阵的压缩格式,扫描仪一般都支持多种压缩格式(如 BMP、TIF、PCX 等),用户可根据自己的需要进行选择。数字测图系统中对栅格数据的处理方式主要有两种:一种是利用矢量化软件将栅格形式的数据转换为矢量形式,再供给数字化成图软件使用;另一种是在数字测图系统软件中直接支持栅格形式的数据。目前,国内的数字测图系统还未见有直接支持栅格数据的,因此实际工作中基本上都采用前一种处理方式。

5. 绘图仪(或打印机)

绘图仪是数字测图系统中一种重要的图形输出设备——输出“纸质地形图”,又称“可视地形图”或数字地形图的“硬拷贝”。在数字测图系统中,尽管能得到数字地形图,且数字地形图具有很多优良的特性,但纸质地形图仍然是不可替代的,在很多情况下纸质地形图在使用上更加方便。另外,利用数字地形图得到的回放图也是数字地形图质量检查的一个基本依据。因此,在数字地形图编辑好以后,一般都要通过绘图仪输出纸质地形图。

6. GPS 接收机

GPS 是全球定位系统(Global Positioning System)的英文缩写。该系统是美国国防部自 20 世纪 70 年代开始研制的新一代导航和定位系统。到 1994 年 24 颗分布在 6 个倾角为 55° 的近似圆形轨道上的在轨卫星组成了实用运行系统。该系统能连续向地面发射信号,供海陆空各种固定或移动接收机(天线)接收,从而实现任何地方和任何时刻的自动定位。

7. 电子手簿

电子手簿是数字测图系统中连接外业工作和内业工作的一道桥梁,它的主要作用是:与全站仪连接以记录观测数据并作必要的处理;与计算机连接以便将记录数据传入计算机,供进一步处理。电子手簿的功能直接影响到数字化成图的作业效率。当然,有的测图模式可以不用电子手簿。

数字化测图使用的电子手簿可以是全站仪原配套的电子手簿或内存,也可以是用 PC-E500 等袖珍机开发的与数字化成图软件相配套的电子手簿。目前,由于全站仪的内存容量和数据的存取功能已经能够满足数字化测图的需要,实际作业时一般直接利用全站仪内存作为记录手簿。

二、数字测图系统的软件

从一般意义上讲,数字测图系统的软件包括为完成数字化成图工作用到的所有软件,即各种系统软件(如操作系统 Windows)、支撑软件(如计算机辅助设计软件 AutoCAD)和实现数字化成图功能的应用软件或者叫专用软件(如南方测绘仪器公司的 CASS 地形地籍成图软件)。

数字测图软件是数字测图系统的关键。一个完整的数字测图系统软件应具备如下功能特点:

- (1) 具备数据(图形)采集、数据输入、数据处理、图形生成、图形编辑、图形输出等功能;
- (2) 通用性强、稳定性好,图形界面直观、简洁,操作使用要符合测量人员的作业习惯;
- (3) 数字图中使用的注记、地物符号、制图规范以及地物的编码等必须符合国家正在施行的标准;
- (4) 应包含多种作业模式,如“电子平板”模式、“测记法”模式、“编码成图法”模式等;
- (5) 应能识别主要仪器设备(全站仪)的数据格式,能直接与这些设备进行通信,并提供

这些仪器设备的数据转换接口,以便与其他软件进行数据交换。

(6) 成果的输出应标准、美观并符合规范要求。

数字化成图软件是数字测图系统中一个极其重要的组成部分,软件的优劣直接影响数字测图系统的效率、可靠性、成图精度和操作的难易程度。选择一种成熟的、技术先进的数字测图软件是进行数字化测图工作必不可少的关键问题。

目前,市场上比较成熟的数字化成图软件主要有如下几种:

(1) 南方测绘仪器有限公司的“数字化地形地籍成图系统 CASS”。

(2) 清华山维新技术开发公司的“GIS 数据采集处理与管理系列软件”。

(3) 武汉瑞得信息工程有限责任公司的“瑞得数字测图系统 RDMS”。

(4) 北京威远图公司的“CitoMap 地理信息数据采集”。

(5) 广州开思测绘软件公司的“SCS GIS2000”。

三、数字测图系统的人员与数据

数字测图系统的人员是指参与完成数字化成图任务的所有工作与管理人员。数字化测图对人员提出了较高的技术要求,他们应是既掌握了现代测绘技术又具有一定的计算机操作和维护经验的综合性人才。

数字测图系统中的数据主要指系统运行过程中的数据流。它包括:采集(原始)数据、处理(过渡)数据和数字地形图(产品)数据。采集数据可能是野外测量与调查结果(如控制点、碎部点坐标、地物属性等),也可能是内业直接从已有的纸质地形图或图像数字化或矢量化得到的结果(如地形图数字化数据和扫描矢量化数据等)。处理数据主要是指系统运行中的一些过渡性数据文件。数字地形图数据是指生成的数字地形图数据文件,一般包括空间数据和非空间数据两大部分,有时也考虑时间数据。数字测图系统中数据的主要特点是结构复杂、数据量庞大,这也是开发数字测图系统时必须考虑的重点和难点之一。

第三节 数字化测图的工作过程与作业模式

一、数字化测图的工作过程

数字化测图的工作过程主要有:数据采集、数据处理、图形编辑和图形输出。一般经过数据采集、编码和计算机处理、自动绘制两个阶段。数据采集和编码是计算机绘图的基础,这一工作主要在外业期间完成。内业进行数据的数据处理,在人机交互方式下进行图形编辑,生成图形文件,由绘图仪输出地形图。图 1-2 是数字测图系统的工作过程框图,图 1-3 是数字测图系统的流程示意图。

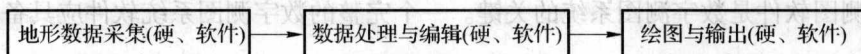


图 1-2 数字测图系统的工作过程框图

1. 数据采集

数据采集的目的是获取数字化成图所必需的数据信息,包括描述地形图实体的空间位置和形状所必需的点的坐标和连接方式,以及地形图实体的地理属性。数据采集主要有外

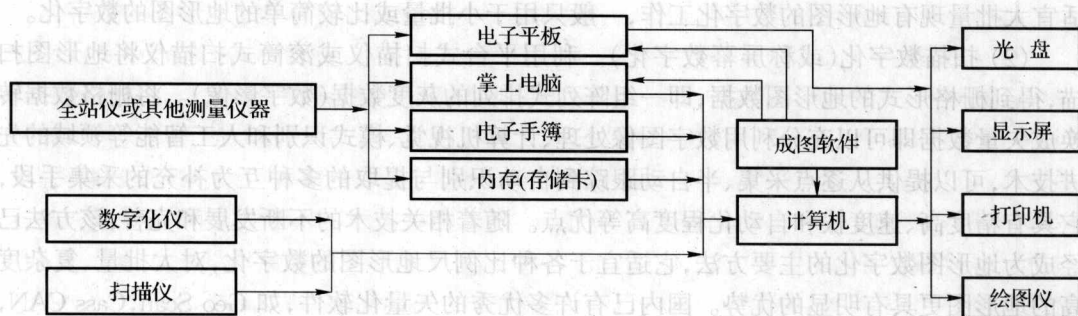


图 1-3 数字测图系统的流程示意图

业采集和内业采集两大类方法。

1) 外业采集

外业采集就是在野外完成地形图的数据采集工作。外业采集主要用测量仪器(全站仪、GPS等)进行,借助于电子手簿、全站仪存储器或掌上电脑的帮助,将测量数据(一般为测点坐标)传入计算机供进一步处理。当采用外业采集方法时,测点的连接关系及地形实体的地理属性一般也在工作现场采集和记录,目前有3种不同的采集和记录方法:

(1) 编码法。用约定的编码表示地形实体的地理属性和测点的连接关系。野外测量时,将对应的编码输入到电子手簿或全站仪存储器,最后与测量数据一起传入计算机自动成图。

(2) 草图法。用草图来描述测点的连接关系和实体的地理属性。野外测量时,绘制相应的草图(不输入到电子手簿或全站仪存储器),在内业工作中,再将草图上的信息与电子手簿传出的测量数据进行联合处理。

(3) 专门软件法。利用笔记本电脑或掌上电脑和测图软件中的图形符号直接测绘地形图。在野外直接将全站仪与笔记本电脑或掌上电脑连接在一起,这样测量数据能够实时传入笔记本电脑或掌上电脑,不需要记忆和输入编码,现场加入地理属性和连接关系后直接成图。在室内只需对数据文件经过少量编辑处理即可生成最终的数字地形图。

外业采集的另一个基础性的工作是控制测量,包括等级控制与图根控制。

2) 内业采集

内业采集主要是指对已有地形图的数字化。内业采集主要用数字化仪或扫描仪完成。

我国目前已拥有大量各种比例尺的纸质地形图,是十分宝贵的地理信息资源。为了充分利用这些资源,通过地形图数字化的方法可以将其转换成数字地形图。这种方法是利用原图在室内采集数据,因此称为原图数字化。原图数字化通常有两种方法:手扶跟踪数字化和扫描数字化(或称屏幕数字化)。

(1) 手扶跟踪数字化。将地形图平放在数字化仪的台面上,用一个带十字丝的游标,手扶跟踪等高线或其他地物符号,按等时间间隔或等距离间隔的数据流模式记录平面坐标,或由人工按键控制平面坐标的记录,高程则需由人工从键盘输入。这种方法的优点是所获取向量形式的数据在计算机中比较容易处理;缺点是精度低、速度慢、劳动强度大和自动化程度低等。尽管在地形图数字化技术发展的初期曾是地形图数字化的主要方法,但目前已不

适宜大批量现有地形图的数字化工作,一般只用于小批量或比较简单的地形图的数字化。

(2) 扫描数字化(或称屏幕数字化)。利用平台式扫描仪或滚筒式扫描仪将地形图扫描,得到栅格形式的地形图数据,即一组阵列式排列的灰度数据(数字影像)。将栅格数据转换成矢量数据即可以充分利用数字图像处理、计算机视觉、模式识别和人工智能等领域的先进技术,可以提供从逐点采集、半自动跟踪到自动识别与提取的多种互为补充的采集手段,它具有精度高、速度快和自动化程度高等优点。随着相关技术的不断发展和完善,该方法已经成为地形图数字化的主要方法,它适宜于各种比例尺地形图的数字化,对大批量、复杂度高的地形图更具有明显的优势。国内已有许多优秀的矢量化软件,如 Geo Scan, Cass CAN, Map GIS 等。

2. 数据处理

数据处理是指将采集到的数据处理为成图所需数据的过程,包括数据格式或结构的转换、投影变换、图幅处理、误差检验等内容。图形编辑是对已经处理的数据所生成的图形和地理属性进行编辑、修改的过程。图形编辑必须在图形界面下进行。图形输出则是将已经编辑好的图形输出到所需介质上的过程,一般在绘图仪或打印机上完成。目前,图形输出也包括以某种(指定的或标准的)格式输出数据文件。在实际工作中,由于数据处理、图形编辑、图形输出都是在室内完成的,沿用传统的测量术语,一般将它们与内业数据采集一起统称为数字化测图的内业,而将外业数据采集称为数字化测图的外业。

数据处理是数字化测图过程中的一个重要环节,它直接影响到最后所输出图的图面质量和数字地形图在数据库中的管理。外业记录的原始数据经计算机数据处理,生成图块文件,在计算机屏幕上显示图形。然后在人机交互方式进行地形图的编辑,生成数字化地形图的图形文件。

数据处理分数据预处理、地物点的图形处理和地貌点的等高线处理。数据预处理是对原始记录数据作检查。删除已作废标记的记录和删去与图形生成无关的记录,补充碎部点的坐标计算和修改有错误的信息码。数据预处理后生成点文件。点文件以点为记录单元,记录内容是点号、符号码、点之间的连接关系码和点的坐标。

根据点文件形成图块文件,将与地物有关的点记录生成地物图块文件,与等高线有关的点记录生成等高线图块文件。地物图块文件的每一条记录以绘制地物符号为单元,其记录内容是地物符号代码,按连接顺序排列的地物点号或者是点的 x 、 y 坐标值,以及点之间的连接线型(直线、圆弧和曲线)码。等高线处理是将表示地貌的离散点在考虑地性线、断裂线的条件下自动连接成三角形网,三角形顶点是通过测量的地形点。在三角形边上用线性内插法计算等高线通过点的平面位置,然后搜索同一条等高线上的点,依连接顺序排列起来,用曲线连接,形成一条等高线的图块记录。

经过数据处理后,可产生平面图形数据文件和数字地面模型文件。要想得到一幅规范的地形图,需对数据处理后生成的“原始”图形进行修改、编辑、整理;需要加上汉字注记、高程注记,并填充各种面状地物符号;还要进行测区图形拼接、图形分幅和图廓整饰等。数据处理还包括对图形信息的保存、管理与使用等。

数据处理是数字测图的关键阶段。在数据处理时,既有对图形数据进行交互处理,也有批处理。数字测图系统的优劣取决于数据处理的功能。

3. 图形编辑