

GEOGRAPHIC INFORMATION SCIENCE

● 高等学校地图学与地理信息系统系列教材

计算机地图制图

Computer Aided Cartography

艾自兴 龙毅 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

高等学校地图学与地理信息系统系列教材

计算机地图制图

艾自兴 龙毅 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

计算机地图制图/艾自兴,龙毅编著. —武汉:武汉大学出版社,
2005.9

高等学校地图学与地理信息系统系列教材

ISBN 7-307-04643-1

I. 计… II. ①艾… ②龙… III. 地图制图自动化—高等学校
—教材 IV. P283.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 075808 号

责任编辑:解云琳

责任校对:刘欣

版式设计:支笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:武汉市楚风印刷有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:13.625 字数:325千字

版次:2005年9月第1版 2005年9月第1次印刷

ISBN 7-307-04643-1/P·98 定价:20.00元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售
部门联系调换。

前 言

计算机地图制图是随着计算机技术在地图学领域中的应用而发展起来的新技术,是伴随着计算机及其外围设备的发展而产生和发展起来的,已成为多学科集成并应用于各领域的基础平台,成为地学空间信息表达的基本手段和工具。它的理论、方法和技术得到了广大地学、信息技术工作者及相关专业学生的青睐。因此,简明阐述计算机地图制图的基础理论和方法,为深入学习和发展计算机地图制图技术奠定良好基础是本书的基本出发点。

本书系统地介绍了计算机地图制图的基本原理与方法,并结合国内外该领域技术应用的最新进展和作者长期的教学、科研成果,进一步阐述了计算机地图制图系统的开发与应用思路。在编写过程中,本书力求内容具体、由浅入深、循序渐进,理论与应用并重。全书共分为七章。第一章介绍计算机地图制图的基本过程、系统构成和相关科学技术;第二章介绍地图数据的描述方法,地图的数据结构及其相互关系;第三章描述地图数据的分类编码、采集及地图数据库;第四章论述矢量、栅格两种基本地图数据类型的处理方法;第五章介绍可视化、符号化及地图符号库;第六章从软件工程的角度讨论计算机地图制图系统软件开发的基本方法和过程,并分别应用结构化方法和面向对象方法进行了计算机地图制图系统的分析与程序实现;第七章介绍计算机地图制图系统应用的一般流程和常用的计算机地图制图软件。

本书可作为普通高等学校测绘、地理、地质、城市规划、土地管理、区域开发、资源与环境等专业本科生和研究生教材,也可供从事相关工作的科技人员和管理人员参考。

本书的出版,得到了武汉大学资源与环境科学学院的大力帮助与支持。杨新文、王霜、贾玉明、牛瑞芳等研究生也参与了本书的资料收集与文字整理工作,在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限,书中不足之处在所难免,敬请读者提出宝贵意见。

作 者

2005年8月

目 录

第1章 绪 论	1
1.1 计算机地图制图概述	1
1.1.1 计算机地图制图的概念	1
1.1.2 计算机地图制图的基本过程	2
1.2 计算机地图制图的发展	3
1.2.1 国际发展状况	3
1.2.2 国内发展状况	4
1.3 计算机地图制图系统的构成	5
1.3.1 硬件	5
1.3.2 软件	9
1.3.3 地图数据	10
1.4 计算机地图制图与相关科学技术	12
1.4.1 与计算机地图制图相关的科学技术	12
1.4.2 计算机地图制图与相关科学技术的联系与区别	12
第2章 地图数据结构	14
2.1 地图数据的描述方法	14
2.1.1 地图对地理空间的描述	14
2.1.2 地图数据的基本特征	21
2.1.3 地图数据的基本类型	21
2.2 地图的数据结构	23
2.2.1 矢量数据结构	24
2.2.2 栅格数据结构	34
2.3 两种数据结构的比较及转换	42
2.3.1 两种数据结构的比较	42
2.3.2 两种数据结构的转换	44
第3章 地图数据的采集和地图数据库	51
3.1 地图数据源及数据分类编码	51
3.1.1 数据源的种类	51
3.1.2 数据的分类编码	52
3.2 地图数据的采集	55

3.2.1 几何数据的采集	56
3.2.2 属性数据的采集	57
3.3 地图数据的编辑和数据质量分析	58
3.3.1 数据编辑	58
3.3.2 数据质量分析	59
3.4 地图数据库	61
3.4.1 数据库的概念	62
3.4.2 数据模型	64
3.4.3 地图数据库的设计与建立	72
第4章 地图数据处理	74
4.1 矢量数据处理	74
4.1.1 数据预处理	74
4.1.2 图形编辑	79
4.1.3 数据变换	82
4.1.4 曲线光滑	85
4.1.5 矢量符号的生成	90
4.1.6 数字地形模型	94
4.2 栅格数据处理	98
4.2.1 栅格数据运算	99
4.2.2 栅格数据处理应用	104
第5章 地理信息可视化	108
5.1 可视化的概念与形式	108
5.1.1 可视化的概念	108
5.1.2 可视化的形式	109
5.2 符号化	109
5.2.1 地图符号	110
5.2.2 符号化的方法	112
5.3 地图符号库	112
5.3.1 符号库设计的原则	112
5.3.2 矢量符号库	113
5.3.3 栅格符号库	115
5.3.4 符号库的引用	115
5.4 电子地图	119
5.4.1 电子地图的基本特征	119
5.4.2 电子地图的设计与制作	121
5.4.3 电子地图集的设计与制作	123
5.4.4 电子地图集系统的开发	124

第 6 章 计算机地图制图系统的软件开发	128
6.1 CAC 系统开发的基础知识	128
6.1.1 系统开发的基础条件	128
6.1.2 系统开发过程	129
6.1.3 软件开发模型	131
6.1.4 软件设计与实现方法	132
6.2 结构化方法在 CAC 系统开发中的应用	135
6.2.1 系统分析	135
6.2.2 系统设计	136
6.2.3 系统的软件实现	149
6.3 面向对象方法在 CAC 系统开发中的应用	166
6.3.1 CAC 系统的面向对象分析设计	167
6.3.2 CAC 系统的面向对象程序实现	175
第 7 章 计算机地图制图系统的应用	180
7.1 地图制图的一般过程	180
7.1.1 地图设计和编辑准备阶段	180
7.1.2 地图编稿和编绘阶段	180
7.1.3 地图整饰和制印阶段	181
7.2 CAC 系统的应用流程	181
7.2.1 编辑准备	181
7.2.2 数据采集	185
7.2.3 数据处理	186
7.2.4 图形输出	188
7.3 常用 CAC 软件介绍	188
7.3.1 CorelDraw 软件	188
7.3.2 AutoCAD 软件	189
7.3.3 ArcGIS 软件	190
7.3.4 MapInfo Professional 软件	191
7.3.5 Genamap 软件	194
7.3.6 SICAD 软件	195
7.3.7 GeoStar 软件	196
7.3.8 MAPCAD 软件	197
7.4 计算机地图制图的应用研究进展	199
7.4.1 数学理论方法在计算机地图制图中的应用研究	199
7.4.2 与其他技术结合的应用研究进展	204
7.4.3 数字地图的新产品	205
参 考 文 献	209

第1章 绪 论

1.1 计算机地图制图概述

1.1.1 计算机地图制图的概念

地图制图学是研究地图编制及其应用的一门学科。作为一门技术性学科,随着现代信息科学及计算机技术的发展,它正在向计算机地图制图方向发展。

计算机地图制图又称机助地图制图或数字地图制图,它是以传统的地图制图原理为基础,以计算机及其外围设备为工具,采用数据库技术和图形数据处理方法,实现地图信息的采集、存储、处理、显示和绘图的应用科学。

计算机地图制图是伴随着计算机及其外设的产生和发展而兴起的一门正在得到迅速发展的应用技术学科。它的诞生为传统的地图制图学开创了一个崭新的计算机图示技术领域,并有力地推动了地图制图学理论的发展和技术进步的过程。

计算机地图制图已在普通地图制图、专题地图制图、数字高程模型、地理信息系统等方面得到了广泛的应用,成为地图制图学的发展趋势,得到了广大地图制图工作者和地图用户的高度重视。

计算机地图制图(或数字地图制图)处理的是数字化的地图(简称数字地图)。数字地图的图形可以显示在计算机屏幕上,也可以通过绘图机输出到纸上。数字地图的数据可以保存在数字存储介质上(如磁盘、光盘等)。数字地图显示出来的内容是动态可调的,用户能方便地找出感兴趣的内容并控制显示的方式。

计算机地图制图不是简单地把数字处理设备与传统制图方法组合在一起,而是地图制图领域内一次重大的技术变革。与传统的地图制图相比,计算机地图制图具有如下的优越性:

1. 易于编辑和更新

传统的纸质地图一旦印刷完成即固定成型,不能再变化;而数字地图是在人机交互过程中动态产生出来的,可以方便地根据地图用户的要求改编地图,以增加地图的适应性。例如,用户可以指定地图的显示范围,设定显示的比例尺并可以选择地图上出现的地物要素种类等。根据用户的指令,可以随时生成改编后的新地图。

2. 提高绘图速度和精度

计算机绘图显著提高了绘图的速度,缩短了成图周期,把制图人员从烦琐的手工制图中解放出来,同时也减少了制图过程中由于制图人员的主观随意性而产生的偏差。

3. 容量大且易于存储

数字地图的容量大,它一般只受计算机存储器的限制,因此可以包含比传统地图更多的地理信息。数字地图易于存储,并且由于存储的是数据,所以不存在传统地图中常见的纸张变形等问题,保证了存储中的信息不变性,提高了地图的使用精度。

4. 丰富地图品种

计算机地图制图增加了地图品种,可以制作很多用传统制图方法难以完成的图种,如坡度图、坡向图、通视图、三维立体图等。

5. 便于信息共享

数字地图具有信息复制和传播的优势,容易实现共享。数字地图能够大量无损失复制,并可以通过计算机网络进行传播。

1.1.2 计算机地图制图的基本过程

地图设计与生产过程通常与地图资料、地图类型、地图比例尺、地图用途等多种因素有关。计算机地图制图的过程还与使用的设备和软件、数据源以及图形输出的目的有密切的联系。无论是制作普通地图还是其他类型的地图,计算机地图制图的基本过程可分为数据采集、数据处理和数据输出三个阶段。它们的主要内容及相互关系如图 1-1 所示。

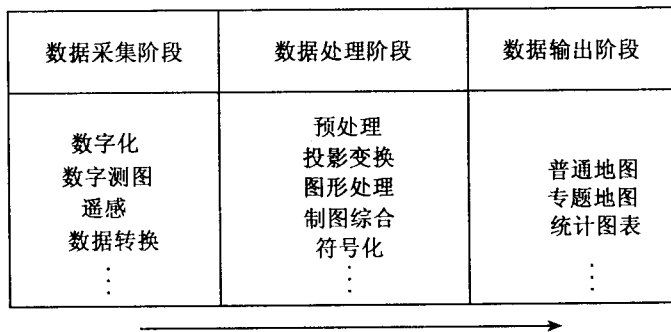


图 1-1 计算机地图制图的基本过程

1. 数据采集阶段

地图数据的采集包括图形数据、属性数据及关系信息等的采集。

采集后的地图数据必须按一定的数据结构进行存储和组织,建立有关的数据文件或地图数据库,以便后续的数据处理和图形输出。

计算机地图制图的主要数据源是地图及有关的地图数据,另外,遥感像片、影像数据、野外测量、地理调查资料和统计资料也可作为数据源。其中地图的图形以及图像资料必须通过某种图-数转换装置转换成数字,以便计算机识别和处理,该过程又叫数字化。

地图资料通常可以用手扶跟踪数字化仪,按一定的规则和编码系统进行数字化,也可以用扫描数字化仪进行图-数转换,还可以在扫描数字化的基础上进行屏幕跟踪数字化。

图像资料常用扫描数字化仪进行图-数转换,也可进一步在此基础上进行屏幕跟踪数字化。

2. 数据处理阶段

数据处理阶段是指在计算机地图制图过程中,在数据采集后、图形输出前对地图数据进行各种处理的阶段。数据处理既可采用人机交互的处理方式,也可采用批处理方式,工作主要在某种编辑系统或相应软件中进行。

数据处理的主要内容有:地图数据的预处理、地图投影变换、地图编辑、制图综合及地图数据的符号化等。

3. 数据输出阶段

数据输出是计算机地图制图过程的最后一个阶段。地图数据处理阶段得到的结果一般是绘图数据文件,数据输出的形式有两类:一类为图形方式,又可分为屏幕显示方式和绘图机绘图;另一类即数据文件本身。

数据输出时,应根据地图数据的格式、目的和用途选择屏幕显示、矢量绘图机、栅格绘图机和适当的存储介质。

1.2 计算机地图制图的发展

计算机的发明和应用极大地推动了人类社会的发展和进步。随着社会的进步,人们逐步认识到赖以生存的地球资源是有限的,不能随意开发,而应把资源的开发和保护结合起来,进行科学的规划、管理和应用。在此背景下,人们对各类地图制品的需求与日俱增,传统的手工制图方式已远远不能满足时代的要求。伴随着技术的进步和社会需求的不断发展,计算机地图制图迅速发展起来。计算机地图制图的发展可按国内外情况分为不同的阶段。

1.2.1 国际发展状况

1. 计算机地图制图的探索期

20世纪50年代末至60年代初,计算机及其外部设备逐步得到广泛应用,并很快被用于数据的存储和处理,使计算机成为图形数据存储和计算处理的有力工具。随着图-数转换装置和自动绘图机的出现,地图可转换为能被计算机识别和处理的数字,并于1964年在绘图机上绘出了首张地图。60年代中后期,以英国牛津自动制图系统为代表的第一批计算机地图制图系统投入运行,用模拟人工制图的方法绘制了一些较为简单的地图作品。在此期间,对一些计算机地图制图的理论和技术问题进行了初步的探讨。所有这些奠定了计算机地图制图发展的基础。

2. 计算机地图制图的发展期

20世纪70年代,计算机发展到第三代,运算速度加快,内存容量增大,输入输出设备较为齐全,具有大容量直接存取功能的磁盘设备的应用,为地图数据的采集、存储、检索和输出提供了有力手段。特别是人机对话和随机操作的应用,屏幕和图形、图像卡的发展,高质量图形显示功能,使得可以通过屏幕直接监视数字化的操作,可以进行实时编辑,并且地图数据处理的结果也能很快看到,促使计算机地图制图朝着实用化方向迅速发展。

这一时期,在新技术的条件下,人们对许多计算机地图制图的理论和技术问题进行了深入的研究,其中包括地图图形的数学描述和数字表达,地图要素属性的数学描述和数字表

示,地图资料的数字化方法,地图数据的组织结构和处理,以及地图数据库和图形输出等方面的问题。在很多计算机地图制图关键问题得到解决之后,许多国家相继建立了人机交互式的计算机地图制图系统,并在此基础上进一步推动了地理信息系统的发展。

3. 机助地图制图的发展成熟期

20 世纪 80 年代,出现了大规模和超大规模集成电路,计算机发展到第四代。特别是微型计算机的出现,为计算机的普及应用创造了条件。远程通信传输设备的应用和计算机网络的建立,使地图信息的传输效率得到了极大提高;在软件方面,数据库技术、系统软件和工具软件日臻完善。这些都推动了计算机地图制图的数据处理、地图的输入输出、地图编辑和人机交互等技术的进一步发展和日渐成熟。在这期间,各种类型的地图数据库和地理信息系统不断涌现,计算机地图制图,特别是计算机辅助的专题地图制图得到了广泛的应用和很大的发展。1982 年,美国地质调查局建成了可用于绘制 1:200 万~1:1 000 万比例尺地图的 1:200 万美国国家地图数据库,并在 1983 年开始建立 1:10 万的美国国家地图数据库。在此基础上,进一步深入了对从传统地图生产模式向数字地图制图体系转变的程序和技术问题的研究,并于 1988 年颁布了数字制图数据标准。

4. 机助地图制图的普及应用期

20 世纪 90 年代以来,计算机的硬件和软件均得到了飞速的发展,随着各种计算机地图制图系统的建立,数字地图产品得到了广泛的应用。各国相继建成了大、中、小比例尺的国家地图数据库。例如,英国先后建立了可供编制 1:1 万、1:5 万及 1:25 万比例尺地形图的大比例尺国家地形图数据库;美国环境系统研究所还建成了全世界 1:100 万地图数据库。计算机地图制图在各部門、各行业得到了广泛应用,并已逐步取代了传统地图制图的生产模式。

1.2.2 国内发展状况

我国计算机地图制图的研究工作起步于 20 世纪 60 年代末,主要采用了引进、消化、改造和自主研制的方法,先后经过了硬件设备研制、软件开发以及系统建立等发展阶段。

在硬件设备方面,计算机地图制图所需的各种设备和仪器从无到有,从少到多,包括各种型号的计算机、数字化仪、图形显示器和绘图机等。

在软件开发以及系统建立方面,通过引进和消化,研制出了大量的基本绘图程序、应用绘图程序以及相应的软件系统。并在引进和自主研制相结合的基础上,陆续建立了各种计算机地图制图系统,分别用于普通地图制图、专题地图制图及地图集的设计和生 产,内容涵盖从各种地图投影的自动展绘、图廓整饰、符号库的建立、地图要素的自动绘制、数字地图接边、地图数据库、地图自动综合到大小比例尺地形图及各种专题地图和地图集等数字地图产品,例如“中国人口地图集”、“深圳市地图集”、中国 1:400 万地图数据库及海南 1:5 万地图数据库等。

近年来,我国的数字化测绘生产体系正在逐步建立和完善。我国测绘事业已基本实现了从传统测绘技术体系向数字化测绘技术体系的转变,国家测绘局于 1995 年 12 月成立了国家基础地理信息中心,以适应现代测绘业不断发展的需要,并积极推进国家空间数据基础设施建设。目前,该中心已相继建设了全国 1:100 万地形数据库、全国 1:50 万数字地理底图数据库、全国 1:25 万地形数据库、数字高程模型、地名数据库;完成了全国七大江河流域

重点防范区 1:1 万数字高程模型数据库建设;承担了全国 1:5 万数据库建设的前期 4D 产品试验和积极进行 1:5 万数据库建设工作。所有这些将有力地推动我国计算机地图制图的进一步发展。

1.3 计算机地图制图系统的构成

完整的计算机地图制图系统包括四个基本组成部分,即硬件、软件、地图数据和制图人员,其中硬件、软件是系统最主要的部分。各基本组成部分之间的关系如图 1-2 所示。

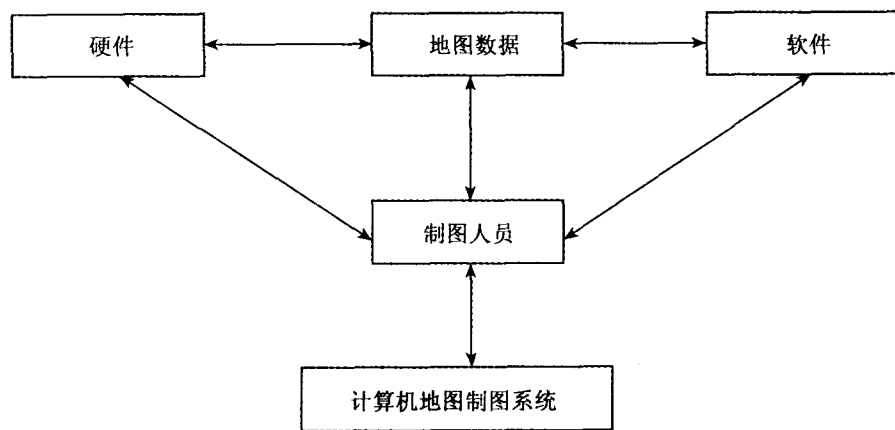


图 1-2 计算机地图制图系统的基本组成部分及其关系

1.3.1 硬件

硬件是计算机地图制图系统中用于采集、存储、处理和输出地图数据的各种仪器和设备。计算机地图制图系统的设备主要可分为数据输入、数据处理和数据输出三个部分,如图 1-3 所示。

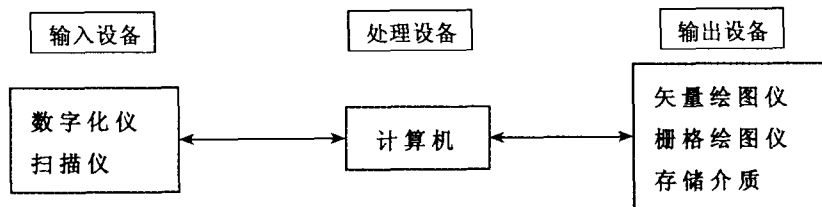


图 1-3 计算机地图制图系统的主要设备

1. 计算机

计算机是计算机地图制图系统的主要设备,是硬件部分的核心,主要用于整个系统的数据计算、处理和管理。计算机性能的高低对计算机地图制图系统有很大的影响,正是计算机技术的飞速发展推动了计算机地图制图的不断进步。

2. 输入设备

计算机地图制图系统的输入主要分为两类:一类是图形(图像)的输入;另一类是数据的输入。对后者而言,可通过键盘、撰储设施及通信方式等直接输入计算机,无需专用设备;而对于前者,则需专用设备。

计算机地图制图系统中输入设备的主要作用是将图形(图像)转换成数字,以便计算机识别和处理。输入设备主要包括图形跟踪数字化仪和自动图形扫描仪。

(1) 图形跟踪数字化仪

图形跟踪数字化仪的类型有很多,常用的有平台式手扶跟踪数字化仪(如图 1-4 所示)。手扶跟踪数字化仪由数字化仪平板、游标(数字化鼠标)及电子线路组成。其平台的有效面积大小不等,常见的规格有 900mm × 1 200mm 及 1 200mm × 1 800mm,分辨率可达 0.025mm。

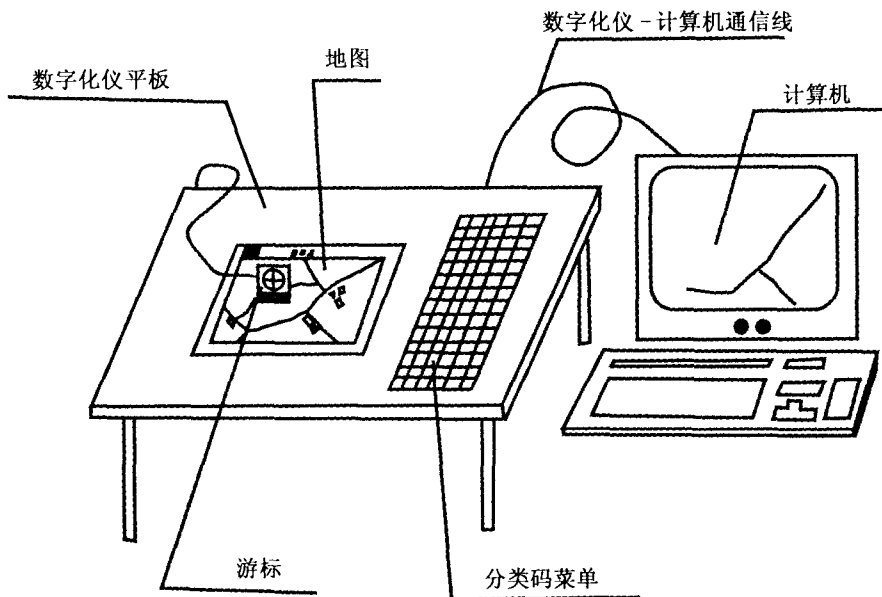


图 1-4 图形跟踪数字化仪

数字化仪平板实际上是一块电磁感应板,其表面平整光滑,在表面下的平板中有许多与 x 、 y 方向平行的印刷电路,呈规则网格状。游标又称鼠标,其内装有一个线圈,中间嵌有一个用于定位的十字丝。常用的有 4 键,乃至 16 键,每个键都可以赋予特定的功能。在进行数字化操作时,将图纸放在操作平台的有效范围内,移动游标到图上的指定位置,并将十字丝的中心对准所需数字化的点位,操作相应的按钮,此时线圈中会产生相应的磁场,从而使其正下方的印刷电路栅格上产生相应的感应电流。根据已产生电流的印刷电路栅格的位置,就可以判断出十字丝的中心定位点当前所处的几何位置。将这种位置信息以坐标(x , y)的形式传送给计算机,就实现了数字化的功能。

数字化仪的主要性能指标有:

①有效面积:指能够有效地进行数字化操作的最大面积。有效面积一般从 12 英寸 × 12

英寸(305mm×305mm)到44英寸×60英寸(1118mm×1524mm),有多种配置可供选择。也可按工程图纸的规格来划分,如A3、A2、A1等。

②分辨率:分辨率是指数字化仪的输出坐标显示值增加1个单位的最小可能距离。一般定位点的精度可达0.005~0.001英寸(0.13~0.025mm)。

数字化仪还提供多种操作模式供用户选择,可用命令设置数字化板的菜单和鼠标器的按键设定。操作模式有点方式、连续方式(流方式)、相对坐标方式等。这样,用户可方便地获取不同图形的坐标数据。数字化仪至今仍为空间数据采集的主要工具。

(2) 自动图形扫描仪

自动图形扫描仪是直接把图形(如地图)和图像(如航片、照片)扫描输入到计算机中,以栅格数据(像元、像素)形式进行存储、表示的设备。根据图形扫描仪所支持的颜色,图形扫描仪可分为单色扫描仪和彩色扫描仪;也可根据其所采用的器件分为电荷耦合器件(CCD)扫描仪、MOS电路扫描仪等。

扫描仪的基本工作原理是:将照射原稿的光线,经过一组光学镜头投射到光敏器件上,再经过模-数转换器、数据存储器等,输入到计算机。在黑白扫描仪中,每个像元用1个二进制位来表示。而在灰度扫描仪中,每个像元有多个灰度层次,需要用多个二进制位表示,如4位精度的模-数转换器可以输出16种灰度值。彩色扫描仪需要提取原稿中的彩色信息,其基本工作原理与灰度扫描仪的工作原理类似。

扫描仪的分辨率是指在原稿的单位长度(英寸)上取样的点数,单位是dpi,常用的分辨率为300~1000dpi。扫描图像的分辨率越高,所需的存储空间就越大。

现在新型大幅面图形扫描仪可提供高分辨率、真彩色、近乎完美的图像效果,是一种快速图形、图像数据录入和采集的有效工具。例如ANATech公司的Evolution 3840大幅面扫描仪扫描一张A0幅面的图纸仅需15s,精度为0.05%,失真率小于0.1%。用户可在800dpi范围内任选扫描分辨率,可以按黑白二值或256级灰度方式扫描,可以边显示边扫描,并具有实时消蓝去污功能。地图扫描数字化得到的图像信息,可经过目标识别由栅格数据转换为矢量数据。

3. 输出设备

输出设备主要包括各种图形显示终端、绘图仪和打印机等。

(1) 图形显示终端

图形显示终端用于图形的交互式输入、编辑、分析、处理和输出。多数图形设备中的显示终端采用标准的阴极射线管,也有采用其他技术的显示器,如等离子显示器、液晶显示器等。目前有多种系列和型号的显示终端,如Teltronix公司生产的4128、4335型等。

表1-1列出了各种显示器技术性能的比较。

表1-1 各种显示器技术性能的比较

性质	阴极射线管	等离子显示器	液晶显示器
色彩	丰富	中	中
屏幕	大	中	小

续表

性质	阴极射线管	等离子显示器	液晶显示器
厚度	大	小	小
平面度	一般	中	好
亮度	好	好	适中
分辨率	中	好	一般
对比度	中	好	差
灰度等级	好	差	差
视角	大	中	一般
功耗	大	中	小
价格	低	中	低

(2) 绘图仪

绘图仪有矢量式绘图仪和栅格式绘图仪。

矢量式绘图仪分为平板式和滚筒式。平板式绘图仪是在一块平板上画图,绘图笔分别在 x 、 y 两个方向进行运动(如图1-5(a)所示);滚筒式绘图仪是在一个滚筒上画图,图纸向一个方向(如 x 方向)滚动,而绘图笔向另一个方向(如 y 方向)移动(如图1-5(b)所示)。绘图仪的主要性能指标包括有效绘图幅面、绘图速度及精度等。

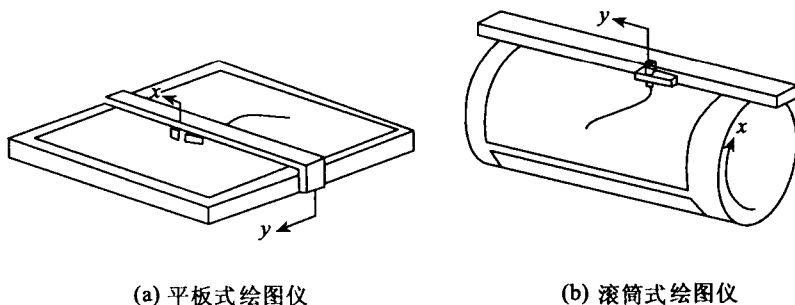


图 1-5 矢量式绘图仪

栅格式绘图仪主要有喷墨式绘图仪。喷墨式绘图仪的关键部件是喷墨头,常用的喷墨头有压电式、气泡式、静电式和固体式四种。目前广泛使用的有 HP 系列的多种系列和型号喷墨绘图仪。如 Design Jet 750C 彩色喷墨绘图仪,是一种快速、可靠、可在多种介质上进行高质量输出的绘图仪,它采用根据对象空间分布形式和输出产品的特征,选择适当的图形表示方法,结合色彩、线条、符号、文字等表示手段,具有 600dpi 分辨率的高精度黑白输出,彩色输出在 300dpi 时,颜色可达 1 600 多种,可获得极高清晰度的绘图质量。

(3) 打印机

打印机的类型有针式打印机、激光打印机、液晶打印机等。激光打印机是一种既可用于

打印文字又可用于绘图的设备。HP Design Jet 彩色打印机还能打印出丰富绚丽的彩色图形和精细的文字。

1.3.2 软件

计算机地图制图系统软件是系统的核心,用于执行计算机地图制图功能的各种操作,包括数据输入、处理,数据库管理和图形用户界面(GUI)等。按照其功能分为计算机地图制图专业软件、数据库软件和系统管理软件等(如图1-6所示)。

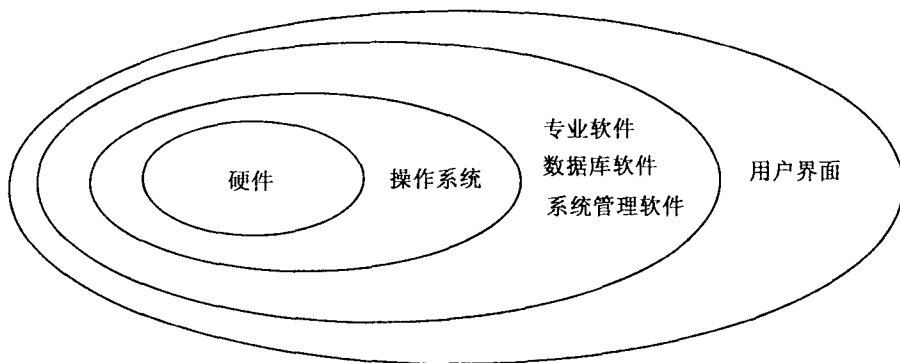


图 1-6 计算机地图制图系统软件层次

1. 计算机地图制图专业软件

计算机地图制图专业软件一般指具有丰富功能的通用计算机地图制图软件,它包含了处理地图信息的各种高级功能,一般具有以下核心模块:

(1) 数据输入和编辑模块

该模块用于支持数字化仪手扶跟踪数字化、图形扫描及矢量化,以及对图形和属性数据提供修改和更新等编辑操作。

(2) 空间数据管理模块

该模块能对用户数据库进行有效的存储、检索和管理。

(3) 数据处理模块

该模块能完成地图投影转换,转换各种标准的矢量格式和栅格格式的数据等。

(4) 数据输出模块

该模块提供符号生成、汉字生成、图形显示和地图制作等功能。

(5) 用户界面

该模块提供生产图形用户界面的工具,使用户无须编程就能制作友好和美观的图形用户界面。

2. 数据库软件

数据库软件除了在计算机地图制图专业软件中用于支持地图空间数据的管理软件以外,还包括服务于以非空间属性数据为主的数据库系统。由于这类数据库软件具有快速检索、满足多用户并发和数据安全保障等功能,目前已实现在现成的关系型商业数据库中存储地图空间数据,例如 SDE(Spatial Database Engine)就是最好的解决方案。

3. 系统管理软件

系统管理软件主要指计算机操作系统,目前使用的操作系统主要有 MS-DOS、UNIX、Windows 98/2000/2003、Windows NT、VMS 等。它们关系到计算机地图制图软件和开发语言使用的有效性,因此也是计算机地图制图软件环境的重要组成部分。

1.3.3 地图数据

计算机地图制图系统的操作对象是地图数据,它描述了地理实体的空间特征、属性特征、时间特征和地理实体之间的相互关系。空间特征是指地理实体的空间位置(几何图形);属性特征表示地理实体的名称、类型和数量等;时间特征指实体随时间而发生变化。根据地图上地理实体的空间图形表示形式,可将地图空间数据抽象为点、线、面三类元素,它们的数据表达可以采用矢量和栅格两种组织形式,分别称为矢量数据结构和栅格数据结构。

在计算机地图制图系统中,地图数据是以结构化的形式存储在计算机中的,称为地图数据库。地图数据库由数据库实体和数据库管理系统组成。数据库实体中存储着许多数据文件和文件中的大量数据;而数据库管理系统主要用于对数据进行统一管理,包括查询、检索、增删、修改和维护等。由于地图数据库存储的数据包含空间数据和属性数据,它们之间具有密切的联系,因此,如何实现两者之间的连接、查询和管理,是地图数据库管理系统必须解决的重要问题。常用的解决方法有以下几种:

1. 紧凑式

紧凑式数据库管理系统是将空间数据和属性数据紧密结合在一起。例如将属性数据作为空间数据的悬挂体,把属性数据作为空间数据的一部分进行存储(如图 1-7 所示)。

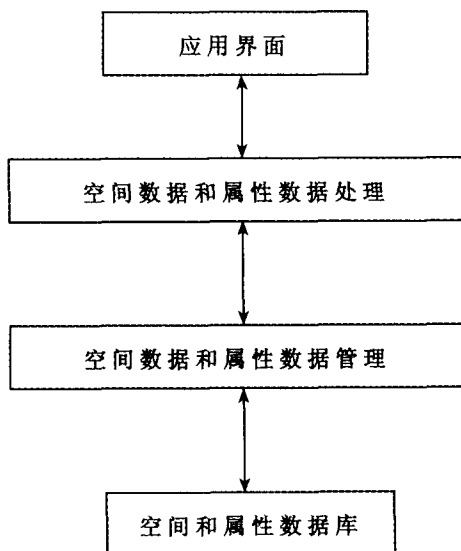


图 1-7 紧凑式数据库管理系统