

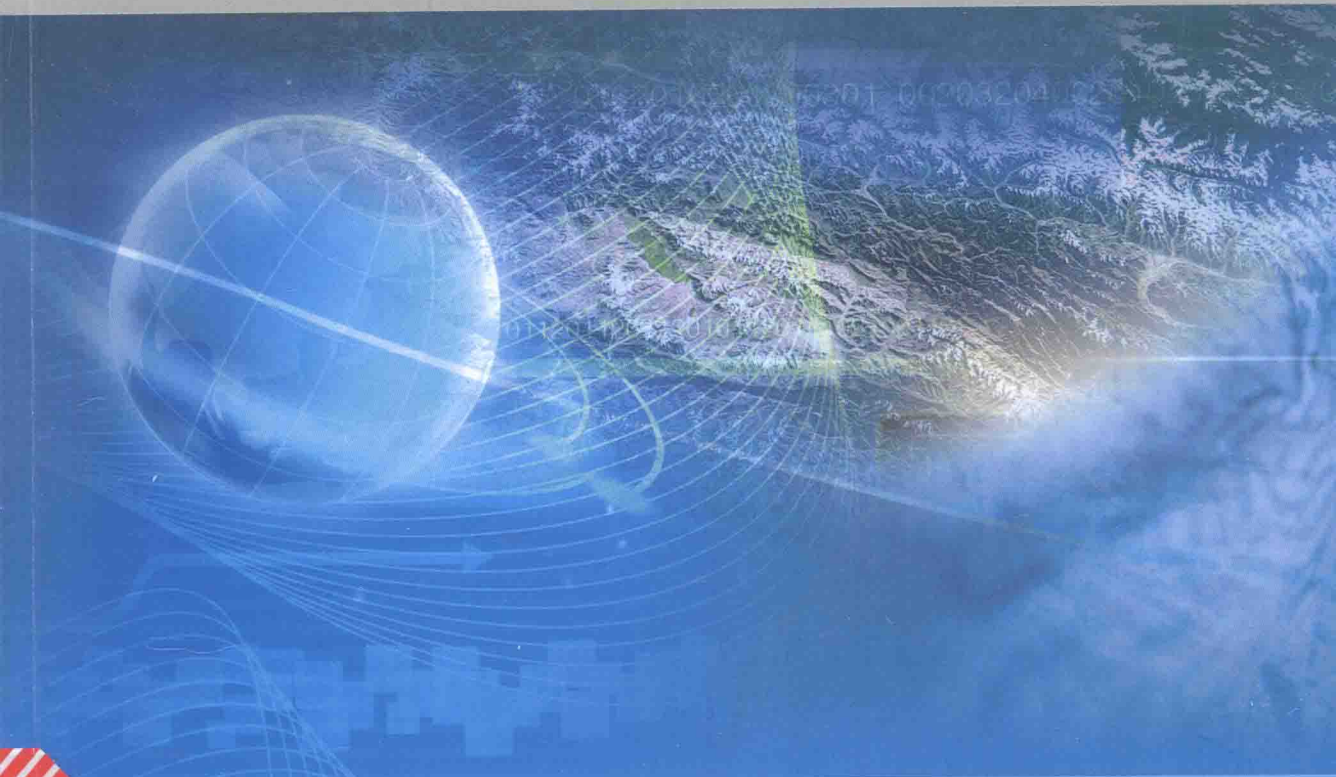
中国矿业大学教材建设工程资助教材

Jisuanji

Ditu Zhitu Suanfa Yu Yuanli

计算机地图制图 算法与原理

主编 王中元 杜培军



中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

中国矿业大学教材建设工程资助教材

计算机地图制图算法与原理

主 编 王中元 杜培军
副主编 程朋根 余接情 闫志刚
吴侃 张锦 程钢

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

计算机地图制图是地图学与地理信息系统的基础学科之一,旨在解决地理数据在媒介上的可视化问题。该学科基础的奠定及其后的发展和地图学、地理信息系统技术、计算机科学、几何学、图形学及图像处理技术等的发展密不可分。本书系统地阐述了计算机地图制图的基本原理和算法,全书共分八章,内容包括:绪论;计算机地图制图的基础知识;制图数据的获取与组织;基本矢量图生成算法;栅格图生成与处理算法;基本图形变换;计算机地图制图处理模块;计算机地图制图系统设计。

本书可作为普通高等学校测绘工程、地理信息工程,以及计算机、地质、采矿、土地管理等相关专业本科生和研究生教材使用,也可供从事相关工作的技术人员和科研人员做工具书使用。

图书在版编目(CIP)数据

计算机地图制图算法与原理/王中元,杜培军主编. —徐州:
中国矿业大学出版社, 2017. 1

ISBN 978 - 7 - 5646 - 3195 - 6

I. ①计… II. ①王…②杜… III. ①地图制图自动化 IV.
①P283.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 184771 号

书 名 计算机地图制图算法与原理
主 编 王中元 杜培军
责任编辑 周 红
出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司
(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)
营销热线 (0516)83885307 83884995
出版服务 (0516)83885767 83884920
网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com
印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司
开 本 787×1092 1/16 印张 18.75 字数 468 千字
版次印次 2017 年 1 月第 1 版 2017 年 1 月第 1 次印刷
定 价 32.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)

前 言

计算机地图制图学是地图学发展到现阶段的重要表现形式,是计算机图形学与地图制图学等多学科的交叉产物,同时也与测绘学、地图学、计算机程序设计、遥感、地理信息系统等学科知识密切相关。学科涉及的关键问题除计算机图形学、制图数据获取与组织、矢栅数据生成、图形变换、制图数据处理等相关传统知识内容外,在当前虚拟现实与虚拟环境、计算机网络、数字城市与智慧城市、数字测量与大数据等诸多新技术、新概念背景下出现了新问题、新方法,同时计算机地图编制与生产工艺、地图表达方式与地图应用等领域也取得了新的进展。因此,重新阐述计算机地图制图的基础理论、算法和方法,为深入学习和发展计算机地图制图技术奠定良好基础成为本书编写的重要出发点。

本书是在杜培军、程朋根等几位老师 2006 年编写出版的《计算机地图制图原理与方法》一书基础上,总结该书在中国矿业大学、东华理工大学、太原理工大学等几所高校 10 年教学应用经验重新编写而成的。本书系统介绍了计算机地图制图的基本原理、算法和方法,并结合国内外该领域最新技术、应用、研究进展,进一步阐述了计算机地图制图系统的开发与应用思路。全书共分为八章:第一章介绍计算机制图的基本理论和发展过程;第二章介绍计算机地图制图的相关基础理论;第三章介绍地图制图数据的获取与组织;第四章介绍基本矢量图形生成的算法和原理;第五章介绍栅格图形的生成与处理算法;第六章介绍基本图形的变换方法;第七章介绍计算机地图制图处理模块的基本原理和算法;第八章介绍计算机地图制图系统的设计与应用。本书编写过程中,力图体现以下几方面特点:① 着重体现制图算法的重要性,并对大多数算法进行了程序实现;② 强调地图数据的特殊性,对算法的例子尽量采用地图数据加以表述;③ 尽量保障本教材内容与其他课程内容之间的衔接和配合,尽量减少重复知识点;④ 无论从全文的体系结构还是每部分内容所包含的不同方法和算法,都尽量体现内容的完整性特点。

本书由中国矿业大学王中元、余接情、闫志刚、吴侃,南京大学杜培军,东华

理工大学程朋根,太原理工大学张锦以及河南理工大学程钢八位老师共同编写完成,并由王中元主持完成全书的统稿工作。马效申、刘昶、胡超、范奎奎、田雨、范立、罗陶荣等研究生也参与了本书的资料收集、程序调试与图文整理等工作,在此表示衷心的感谢。本书的编写过程中还参阅了国内外大量相关文献资料,可能有些资料未能在教材中一一标出,在此向所有参考资料作者表示诚挚感谢。

限于作者水平有限,书中不足之处在所难免,希望各位读者、同行不吝赐教,提出宝贵意见。

编 者
2016 年 5 月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 计算机地图制图概述	1
1.2 常用计算机地图制图软件	8
1.3 计算机地图制图系统的构成和功能	14
1.4 计算机地图制图的发展	20
1.5 计算机地图制图的主要研究内容	22
第 2 章 计算机地图制图基础知识	25
2.1 平面几何基础	25
2.2 立体几何基础	35
2.3 面向对象程序设计基础	37
2.4 MFC 绘图基础	39
第 3 章 制图数据的获取与组织	58
3.1 地图数据采集与输入	58
3.2 计算机地图制图数据预处理	63
3.3 图形数据结构	68
3.4 地图数据结构与数据组织	76
3.5 地图数据库	82
第 4 章 基本矢量图生成算法	92
4.1 光栅图形中点的表示	92
4.2 直线的生成算法	92
4.3 圆的生成算法	103
4.4 椭圆的生成算法	108
4.5 其他曲线的生成算法	112
4.6 字符的生成	112
4.7 线宽和线型处理	114
4.8 反走样的主要方法	118
第 5 章 栅格图生成与处理算法	121
5.1 区域的概念	121

5.2	多边形区域的扫描转换	121
5.3	多边形的区域填充算法	127
5.4	扫描转换与区域填充的比较	136
5.5	距离变换图算法	136
5.6	骨架图算法	138
5.7	褶积滤波算法	141
5.8	栅格数据插值算法	144
第 6 章	基本图形变换	146
6.1	图形求交	146
6.2	图形裁剪	152
6.3	图形变换	163
第 7 章	计算机地图制图处理模块	184
7.1	数字地面模型的建立	184
7.2	等高线的绘制	198
7.3	曲线与曲面拟合	206
7.4	地图符号的绘制	222
7.5	地图注记	237
7.6	开窗、平移(漫游)操作与双缓冲技术	239
7.7	面积与体积计算	251
7.8	地形断面图绘制	257
7.9	消隐	263
第 8 章	计算机地图制图系统设计	271
8.1	计算机地图制图系统开发的基础知识	271
8.2	计算机地图制图系统分析与设计	272
8.3	软件开发模型	278
8.4	计算机地图制图系统开发与实现	279
8.5	基本绘图子程序	284
参考文献		290

第 1 章 绪 论

1.1 计算机地图制图概述

地图学(Cartography)作为一门古老的学科,在人类生活和社会经济发展中起着重要作用。随着计算机技术的发展,传统地图学被赋予了新的内涵,计算机地图制图得到快速发展,电子地图、数字地图、虚拟现实地图等新的地图表达与应用方式为制作和使用地图提供了新的手段和媒介。地理信息系统的产生则为计算机地图制图提供了新的发展和应用平台。

地图制图学是研究地图编制及其应用的一门学科。随着现代科学技术的发展,地图制图学的研究重点已由普通地图制图转移到专题地图制图,并逐步向综合制图、实用制图、解析制图和系列制图方向发展,在技术手段上则向计算机地图制图发展。计算机地图制图是伴随着计算机及其外围设备的发展而兴起的一门应用技术学科,已在普通地图制图、专题地图制图、数字高程模型、地籍制图、地形因子制图、地理信息系统中得到了广泛的应用。

1.1.1 计算机地图制图的基本概念

地图是按照一定的数学法则,将地球(或星体)表面上的空间信息,经概括综合后以可视化、数字化或可触摸的符号形式,缩小表达在一定载体上的图形模型,用以传输、模拟和认知客观世界的时空信息。早期的地图生产制作主要是手工劳动,随着计算机技术的发展与应用,计算机地图制图已成为地图制作的主流。

所谓计算机地图制图,是指以计算机硬件设备为基础,在相应软件系统支持下,以数字格式对地图制图要素与现象数据进行采集、处理与管理,按照地图制作的规范进行符号化、图版制作与输出并提供地图自动分析的全过程。或者说,计算机地图制图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字处理方法,实现地图信息的获取、变换、传输、识别、存储、处理、显示和绘图的应用技术。计算机地图制图是地图制图学与计算机图形学的交叉与结合,在两门学科基本理论、概念与方法交叉的基础上,又产生了一些新的方法与技术问题。

理解计算机地图制图的概念,应从以下几方面进行:

(1) 计算机地图制图的目的是制作地图。计算机地图制图最终提供给用户的仍是地图(包括普通地图、专题制图、影像地图等),但这种地图的存储、处理是以数字格式的信息进行的,因此可以进行灵活多样的操作,可以通过硬拷贝、显示器等不同方式显示。

(2) 计算机地图制图强调以计算机技术作为制图手段。传统地图制图主要是通过人工

操作与处理制作纸质地图(模拟地图),而计算机地图制图则强调人机交互下计算机图形处理为基础的地图制图,制图要素为数字化信息,地图表达、处理都为数字方式,人类工作由直接编制地图转变为操作计算机绘图、开发有关机助地图制图软件等。

(3) 计算机地图制图强调以数字化的格式存储和分析地图。相对传统地图制图学,计算机地图制图的根本区别在于以计算机可直接存储处理的数字格式表达和处理地图,充分应用了数字信息的优越性。数字地图具有无缝连接、灵活设置、多信息派生、数据库存储、自由缩放、信息重用等优越性,为地图信息共享提供了有力支持。

(4) 计算机地图制图对传统地图学提出了新的挑战。在促进地图制图学发展的同时,计算机地图制图也对传统的地图学提出了新的挑战与要求,同时为地图制图学的发展提供了良好的机遇。

计算机地图制图的本质作用是实现原始数据向数字地图的转换,如图 1-1 所示。

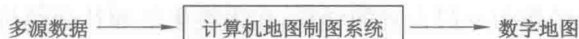


图 1-1 计算机地图制图系统的数据转换

具体来讲,计算机地图制图的体系与功能如图 1-2 所示。

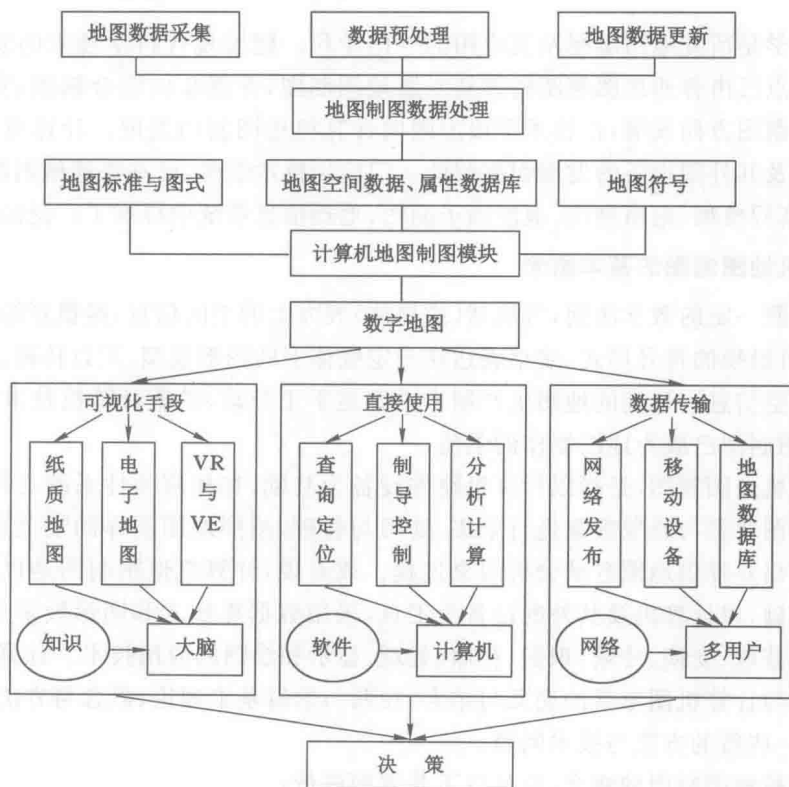


图 1-2 计算机地图制图的体系与功能(据王家耀等)

图 1-3 为计算机地图制图的一般过程。

(1) 数据获取阶段

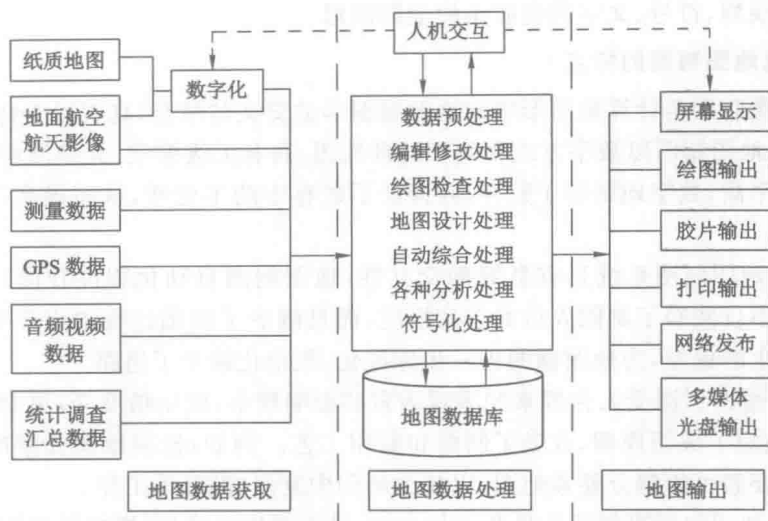


图 1-3 计算机地图制图的一般过程(据王家耀等)

纸质地图、航空航天遥感相片、地图数据或影像数据、统计资料、野外测量数据和地理调查资料等,都可作为计算机地图制图的信息源。数据资料可以通过键盘或转贮的方法输入计算机,图形和图像资料一般要通过图数转换装置转换成计算机能够识别和处理的数据。

纸质地图资料可用手扶跟踪或半自动跟踪数字化仪,按统一的编码系统和已准备好的数字化原图,将其图形离散成地图数据。地图资料也可用扫描数字化仪进行图数转换,这种方法采集数据的速度快,但因数据量大、图形要素自动识别困难,还需要人工干预。图像资料多采用扫描数字化仪将图像离散成栅格数据。

由图形或图像获取的地图数据以及由键盘键入和转贮的地图数据,都必须按一定的数据结构将它们进行存储和组织,建立标准的数据文件或地图数据库,才便于计算机处理或直接提供使用。

(2) 数据处理阶段

实际上,计算机地图制图的全过程都是在进行数据处理,但这里讲的数据处理阶段是指在数据获取以后、图形输出之前对地图数据的各种处理。具体内容包括:地图数据的预处理,如坐标变换,结点匹配、比例尺的统一、数据格式的变换(“矢-栅”变换或“栅-矢”变换)等;地图投影变换;地图内容的增删与综合;图形处理,如图形编辑、地图符号的图形生成、笔记的配置和图廓整饰等。所有这些工作都是通过编辑系统和用户程序来完成的。

在数据处理时不但可对地图数据进行交互式处理,也可进行批处理。无论交互式处理或批处理,一般都采用联机方式,这是因为这种方式使用方便,易于实时处理,不易发生错误,是当前计算机地图数据处理的主要方式。

(3) 图形输出阶段

该阶段的主要任务是将地图数据处理的结果变成图形输出装置可识别的指令,以驱动图形输出装置产生地图图形。根据数据格式、地图用途和图形输出装置的性能不同,可采用矢量绘图机、栅格绘图机、图形显示器、缩微系统等绘制或显示地图图形;如果以产生出版原图为目的,可用带有光学绘图头或刻针(刀)的平台式矢量绘图机或高分辨率的栅格绘图机,

它们可以产生线划、符号、文字等高质量的地图图形。

1.1.2 计算机地图制图的特点

计算机地图制图是计算机图形学和地图制图学的交叉与结合,具有以下特点:

① 计算机地图制图以数字方式存储和处理地图,具有无级缩放、无缝漫游的特点,地图存取与查询效率高;数字地图易于贮存,并保证了贮存中的不变性,从而提高了地图的使用精度。

② 计算机地图制图系统具有良好的交互性,地图制图自动化程度较高,制图效率高。用绘图机绘图不仅减轻了制图人员的劳动强度,而且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,为地图制图进一步标准化、规范化铺平了道路。

③ 计算机地图制图受人为因素和客观因素的影响较小,成图精度高,更新速度快;提高了成图速度,缩短了成图周期,改进了制图和制印工艺。例如,根据地图要素的属性从地图数据库中提取要素可绘制分要素地图,以减少制印中复照、翻版等工作。

④ 计算机地图制图更便于信息共享与交流,易于派生新信息;增加了地图品种,拓宽了服务领域。例如,用计算机处理地图信息,可制作用常规制图方法难以完成的坡度图、坡向图、地面切割密度图、通视图、三维立体图和视觉立体图等。

⑤ 数字地图的信息容量大,它只受计算机存储器的限制,因此可以包含比一般模拟地图多得多的地理信息。

⑥ 数字地图易于校正、编辑和更新,并可方便地根据地图用户要求改编地图,以增加地图的适应性、实用性和用户的广泛性。

⑦ 计算机地图制图系统易于与其他系统结合,如与地理信息系统、遥感、数字测图系统等结合,从而整合和利用多源数据和现代空间信息技术。

相对于传统的地图制图,计算机地图制图的优越性在于:

- ① 地图数据采集与存储的数字化;
- ② 地图表达与处理的数字化;
- ③ 地图分析的自动化与交互化;
- ④ 地图显示方式的多样化;
- ⑤ 灵活性。

相对于一般计算机图形学中的计算机制图,计算机地图制图的特点在于:

- ① 图形要素的特殊性和复杂性;
- ② 图形关系的特殊性;
- ③ 地图特点的体现;
- ④ 地图分析;
- ⑤ 数据来源的多格式性。

计算机地图制图绝不是数字处理设备与传统制图方法的简单组合,而是地图制图领域内的一次重大技术革命。这场革命的作用等于或超过由印刷机的发明和摄影测量技术的产生所引起的地图制图技术的巨大变化。计算机制图地图使整个地图学学科呈现三大特点:一是地图生产已摆脱了传统手工生产的模式,形成了从地图数据采集、处理、地图编辑到出版的集成化地图生产模式;二是数字地图的品种日益增多,需求量越来越大;三是基于数字地图的应用技术和应用系统发展迅速。

1.1.3 计算机地图制图的主要问题

任何科学领域,如果应用计算机技术,都必须将该学科的研究对象。由连续的系统(如果它的对象是连续的话)变成离散的系统。在计算机科学和数学处理过程中,处理这种连续和离散变换的原理,实际上就是数字地图制图形成和发展的基本原理。计算机地图制图的核心问题是如何使用计算机处理地图信息即解决地图信息如何以数字的形式表示、获取、存储、处理和输出。计算机地图制图需要解决三个主要问题:一是对连续的地图信息数字化、对不同技术获取多源制图空间数据标准化,以便计算机读取并相识别它的内容;二是计算机根据地图制图生产和地理信息应用的要求,对数字形式的地图信息进行一系列的加工处理,按照特定制图规范形成一定形式的数字地图产品,构成地图数据库;三是把数字地图的有关内容转换为人可阅读的地图图形。

因此,计算机地图制图需要解决的主要问题包括以下几方面:

- ① 计算机地图制图系统的体系结构与软硬件系统;
- ② 多源地图制图数据采集、输入与预处理;
- ③ 地图符号库设计与标准地图布局生成;
- ④ 地图数据管理(存储)与操作;
- ⑤ 地图设计与编绘(包括普通地图、专题地图等);
- ⑥ 地图注记、排版与印刷;
- ⑦ 地图发布与传输;
- ⑧ 三维地形图、虚拟现实地图与虚拟地理环境;
- ⑨ 应用型计算机地图制图系统开发。

1.1.4 计算机地图制图的理论与技术基础

计算机地图制图是多学科理论交叉和多技术手段集成的产物,因此其理论和技术基础也涉及相关学科的方方面面。图 1-4 为计算机地图制图相关学科及其关系。可以看出,要掌握计算机地图制图的理论、方法和技术,必须具备相关学科与技术的基础知识。从大的方面来讲,计算机地图制图应涉及三个学科领域:测绘科学与技术,计算机科学与技术,其他基

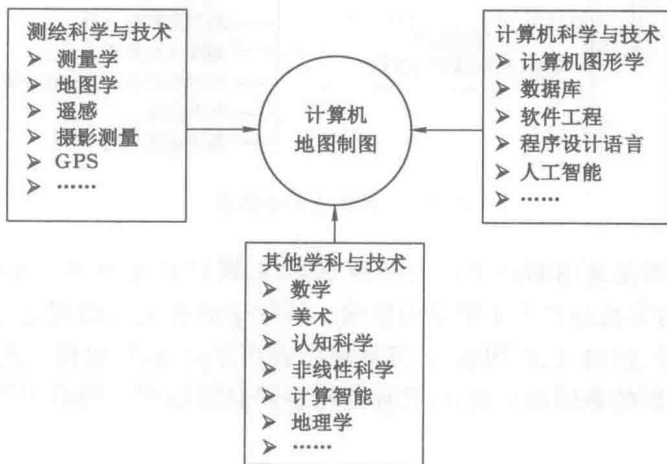


图 1-4 计算机地图制图相关学科

础与应用学科(如美术、数学、认知科学等)。

1.1.4.1 地图学

地图学的研究对象是地图,任务是研究地图理论、地图制作和地图应用。

关于地图学的定义,多数地图学家认为,地图学是研究地图的理论、编制技术与应用方法的科学,是一门研究以地图图形反映与揭示各种自然和社会现象空间分布、相互联系及动态变化的科学、技术与艺术相结合的学科。作为一门古老而年轻的学科,地图学也得到了新的发展和突破,特别是自动化、计算机和遥感等技术引进地图学,引起地图制图技术的革命,同时各学科的相互渗透尤其是信息论、模式论、模糊理论、认知理论以及数学方法引进地图学,使地图学的理论有了很大的发展。我国著名地图学家廖克研究员提出了由理论地图学(地图学理论基础)、地图制图学(地图编制方法与技术)和应用地图学(地图应用原理与方法)三大部分构成的现代地图学的体系,如图 1-5 所示。

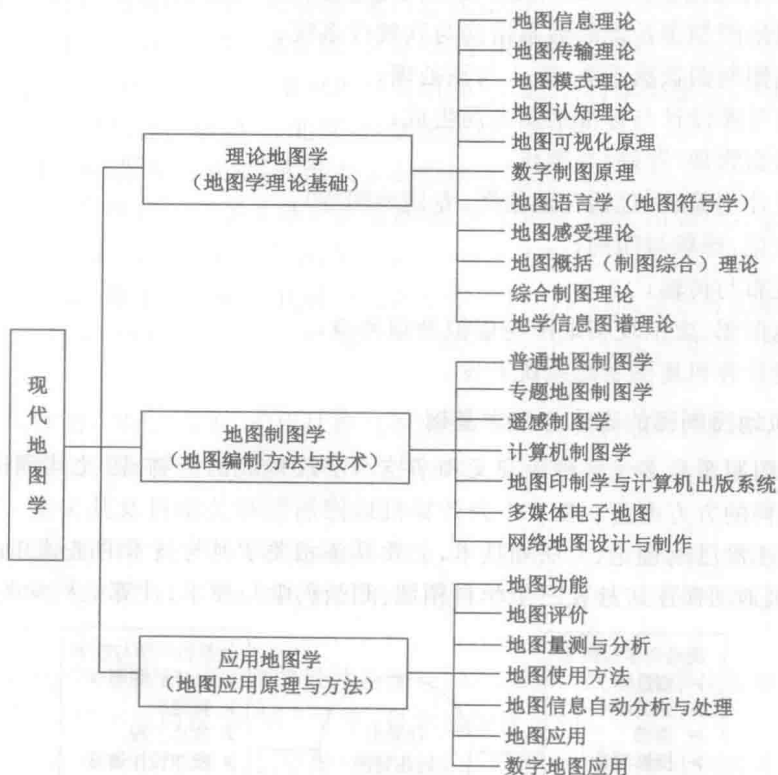


图 1-5 现代地图学体系

计算机地图制图是地图制图手段的一种变革,但同时地图制图理论、制图方法与应用、地图应用原理与方法也产生了明显的影响。地图学的有关基础理论与方法如地图制图数学基础、地图符号、比例尺、地图概括、专题地图表达方式、地物地貌表达、地图分析方法等都是计算机地图制图的基础和指南,而且计算机地图制图必须按照有关地图制作的规范和标准进行。

1.1.4.2 计算机图形学与计算机制图

在计算机科学与技术领域,对计算机地图制图作用最大、影响最明显的当属计算机图形

学与计算机制图技术。

计算机图形学(Computer Graphics, CG)是研究怎样用计算机生成、处理和显示图形的一门学科。计算机图形学的研究起源于美国麻省理工学院自20世纪50年代初到60年代中期现代计算机辅助设计/制造技术的开拓性研究,在50多年的发展中,计算机图形学在硬件、软件、理论与应用方面都得到了长足发展,已在用户接口、计算机辅助设计与制作(CAD/CAM)、计算机动画和艺术、建筑设计、地形地貌表达和自然资源制图等方面得到了广泛应用,而其中计算机地图制作则是计算机图形学重要的应用领域之一。

一方面,计算机图形学的理论与方法是计算机地图制图的基础;另一方面,一些已有的计算机制图软件系统如AutoCAD、CorelDraw等都通过直接制图、二次开发等手段为计算机地图制图提供了有力的支持。

1.1.4.3 测绘、遥感与摄影测量

测绘学与地图学具有密不可分的联系,测绘的英文词Surveying and Mapping即包含了测量和地图绘制两方面的内容。测量数据是地图制图的来源和基础,而地图则是测量成果最直接、最有效的表达方式,两者具有共同的数学基础、地理空间基础,内容密不可分,体系紧密关联,技术密切渗透。以全站仪、GPS接收机、数字水准仪等为代表的数字化测绘仪器使得野外测量从模拟走向数字化,这为数字制图、计算机地图制图提供了极大便利。

作为现代测绘科学与技术最重要的突破,摄影测量经历了模拟摄影测量、解析摄影测量与数字摄影测量三个阶段。通过摄影测量制作普通地图和专题制图的技术已非常成熟,航空摄影测量是中小比例尺地图制图与更新的主要技术。随着数字摄影测量技术的发展,制图数据正在从二维走向三维,从离散走向连续。

遥感不仅能够提供摄影型传感器的信息,还能够提供扫描型传感器获取的信息,其波段范围也从可见光拓展到了近红外、红外和微波波段。遥感制图是遥感技术重要的应用领域,基于遥感的地形制图、系列制图、专题制图、影像地图制作、地图更新等在我国国土资源调查、基础地理系统采集等方面得到了广泛应用。近年来,随着遥感分辨率的提高特别是米级分辨率卫星遥感如QuickBird、IKONOS等商业卫星信息源的推广与普及,高分辨率卫星遥感数据将成为地图制图重要的数据源。

测绘、摄影测量与遥感技术的发展,特别是通过这些技术可以直接获取数字形式的信息,利用计算机和专用软件对这些信息进行处理即可实现地图制图,极大地提高了地图制图效率和精度,这些技术将是计算机地图制图重要的技术支撑。同时,地图学的有关理论和技术如地图投影、坐标变换、地图符号等也为这些学科提供了支持,而且地图数据正在成为遥感影像解译有用的辅助信息源。另一方面,地图表达的直观性与影像的可视性正在结合,形成了数字正射影像、影像地图等新的空间信息表达方式。

1.1.4.4 地图数学模型

地图具有严格的数学基础,因此地图制图与数学模型相结合,产生了地图制图数据处理模型。何宗宜的专著《地图制图数据处理模型的原理与方法》中指出,地图制图数据处理模型的原理与方法为地图制图与数学模型相结合的一门边缘学科,它应用数学方法处理制图数据,用相应的地图制图模型表达数据处理的结果。早期的地图模型主要集中在制图综合方面,此后其研究领域的应用不断拓展,已在地图制图综合、地图设计、专题地图制图和空间数据处理中发挥着越来越重要的作用。地图制图综合模型主要包括定额选取模型、结构选

择模型、图形化简模型等。在专题地图制图中的地图数据处理模型则主要包括地图制图要素的分级模型、地图制图要素的相关模型、地图制图要素空间分布趋势模型、地图制图要素预测模型、地图制图要素信息化简模型和地图制图要素类型划分模型等。具体内容可参考《地图制图数据处理模型的原理与方法》。

1.1.4.5 软件工程、程序设计与应用系统开发

软件工程是指用工程的概念、原理、技术和方法来开发和维护软件,把经过时间考验而证明正确的管理技术和当前能够得到的最好的技术方法结合起来,指导计算机软件的开发和维护的工程学科。软件工程四要素是软件开发方法、软件工具、软件工程环境、软件工程管理。软件工程的七条基本原理是:用分阶段的生命周期计划严格管理;坚持进行阶段评审;实行严格的产品管理控制;采用现代程序设计技术;应能清楚地审查结果;开发小组的人员应该少而精;必须不断改进软件工程的实践。

结构化程序设计是当前软件工程领域应用最为广泛的系统开发方法,主要包括结构化分析(Structured Analysis, SA)、结构化设计(Structured Design, SD)、程序编码结构化(Structured Programming, SP)三大过程。面向对象方法是针对结构化方法存在的代码重用率低、面向过程分析问题等缺点而提出的一种新的软件工程技术,它不是以函数过程、数据结构为中心,而是采取基于客观世界的对象模型的软件开发方法,按问题论域(problem domain)设计程序模块,使人们对复杂系统的认识过程与系统的程序设计实现过程尽可能地取得一致。面向对象方法的基本出发点是尽可能按照人类认识世界的方法和思维方式来分析和解决问题,它与现实世界之间有着自然而直接的对应关系,能很好地仿真人工系统,模拟现实世界。

应用系统设计与开发是在软件工程原理与方法的指导下,采用一定的程序设计语言,针对特定领域的要求,进行系统分析、设计与实现的过程。计算机地图制图的实现必然要依赖于特定的专用应用系统的开发。因此综合应用软件工程、程序设计语言,结合计算机地图制图的特点和要求,进行应用系统开发在计算机地图制图领域具有重要的意义。

1.1.4.6 数据库技术

对于数字地图涉及的大量空间图形数据以及相关的属性数据而言,数据存储与管理是非常重要的一个环节。早期的数字地图数据管理主要采用文件格式,随着数据库技术的发展,数据库正在成为地图数据管理的主要手段,地图数据库即是一种特殊的数据库,也是计算机地图制图重要的技术支撑。

1.2 常用计算机地图制图软件

目前可以用于计算机地图制图的软件非常多,在功能上各具特色,下面主要介绍几种可以应用于计算机地图制图的软件。

1.2.1 CorelDraw 软件

CorelDraw 是加拿大 Corel 公司推出的集矢量图形绘制、文字编辑和印刷排版于一体的图形软件。CorelDraw 具有强大的平面设计功能,而且还提供了 3D 的效果设计,自推出以来,一直受到广大美术人员和平面设计人员的欢迎。鉴于其功能完善,操作设计简便,也越来越多地应用于地图的编绘工作之中。

它的主要特点有:

① 灵活的位图图像导入功能。CorelDraw 虽然是一个矢量图形设计软件,但仍然提供了各种格式的图像导入功能,从而可以导入扫描的地图图像作为基础图层,在其上进行数字化跟踪、编辑和符号化表达。

② 强大的图层和对象管理功能。CorelDraw 建立了对象管理器和对象数据管理器,可以方便增加、删除图层和设置、修改图层属性,并进一步对图层中各对象进行管理。通过对图层的“可见”、“可编辑”和“可打印”等特征项的设置,可以方便地控制地图的编辑和显示、打印输出。

③ 强大的绘线功能。尤其是绘制曲线,可以说是 CorelDraw 软件的一大特点。它拥有一组各具特色的绘线工具,可以根据用户的具体需要选择。其中有一种“贝塞尔工具”,可用于绘制平滑曲线,且节点很少。

④ 强大的节点编辑功能。节点编辑实际上就是线编辑。用节点编辑功能可以很方便地进行形状改变、线段连接和分割、曲线光滑和锐化等一系列的曲线编辑工作。

⑤ 强大的面填充功能。CorelDraw 在面填充方式中除了平铺色以外,还有图案花纹填充、PostScript 填充、渐变色填充等,大大丰富了地图的表现能力。

⑥ 丰富的文字注记和编辑功能。在一些计算机制图软件中,道路名和水系的注记不一定呈直线均匀排列,往往需要一个字一个字地输入、定位。而 CorelDraw 只要一个路名或几个路名以字符串的形式一次输入,执行一个“文本适合路径”的命令就可以沿着道路或河流自动注记,而且随着道路或河流的方向变化而自动改变其文字的方向。

⑦ 丰富的图形和文字效果功能。CorelDraw 软件能提供丰富的图形和文字效果,如立体的、阴影的、变形的等。这对于提高地图艺术效果是必不可少的,也是一般矢量制图软件所难以实现的。

⑧ 方便的图例符号建库和调用功能。CorelDraw 提供了图例符号库建立和调用的功能。可以有针对性地开发地图符号库,不管是点符号、线型符号还是面填充符号,调用都十分方便。符号库还有一个十分明显的特点是,符号可以无级缩放,并且只要事先设置好轮廓线的缺省值,符号再小,仍能保持它的精致程度。

⑨ 图形文件数据量小。同一个图形文件,从 AutoCAD 的 dxf 格式转为 CorelDraw 的 cdr 格式,其数据量减少了 7~10 倍,这对于大数据量的地图制图作业是十分有利的。

⑩ 可以输出众多格式的图形图像文件。包括常用的 AI,dxf,dwg,emf,svg,pct 等图形文件和 bmp,jpg,tif,gif,psd 等图像格式文件。可以方便地与其他软件系统实现数据共享,也有利于解决二次开发过程中的数据读取问题。

尽管 CorelDraw 软件在图形编辑、设计和表达上功能强大,但在地图制图方面仍然存在着局限性。由于 CorelDraw 并非专业的 CAC 系统,无法建立目标之间有效的空间关系,通常按照图形对象来组织地图目标的结构,缺乏更有效的描述和管理机制,在数据采集、编辑过程中往往存在步骤重复、操作烦琐的情况,难以提高地图制图的自动化程度。

1.2.2 AutoCAD 软件

AutoCAD 是 Autodesk 公司推出的工程设计制图软件,是目前计算机辅助设计领域最流行的 CAD 软件包。它广泛应用于建筑、机械设计和制造、服装设计、土木工程等领域。从最早的 20 版到以后的 R13、R14,2000,2002 直到如今的 2014 版,从最早期的 D05 操作命

令到现在的 Windows 窗口式的操作界面,软件系统在功能、用户友好性和应用上已经有了显著的提高。

AutoCAD 软件最早是针对二维设计绘图而开发的,随着其产品的日益成熟,在二维绘图领域该软件已经比较完善,而且随着产品设计的发展需要,越来越多的产品设计已经不再停留在二维的设计领域,正在越来越多地朝着三维的产品设计发展,因此在 AutoCAD R12, R13 的版本中已经加入了三维设计的部分,而且随着版本的不断更新,三维设计的部分也在不断发展。

由于该软件开发中的自身原因,该软件也存在一些不足之处。例如,该软件在二维设计中无法做到参数化的全相关的尺寸处理,并且和 CorelDraw 一样,早期的 AutoCAD 也主要适用于图形设计。虽然价格较便宜,设计精度高,对所使用的微机要求较低,应用也比较简单,但并不能完全适应地图制图的需要。

目前 Autodesk 公司发布的 Autodesk AutoCAD Map 3D 2014 是一个综合性地图绘制软件包,包括 Autodesk Map 和 Autodesk Raster Design。Autodesk AutoCAD Map 3D 2014 是精确的地图绘制和 GIS 软件,可用来创建、维护和分析地图及地理数据。它在 AutoCAD 环境中运行,带有一些特殊开发的工具用于创建和处理地图和地理信息数据,并添加了所有 AutoCAD 软件的基本功能。Autodesk AutoCAD Map 3D 2014 是一个图像解决方案,用来显示、操作和输出具有矢量数据的光栅影像。

1.2.3 ArcGIS 软件

ArcGIS 是美国 ESRI 公司 (Environment System Research Institute Inc.) 开发的 GIS 软件,是世界上应用广泛的 GIS 软件之一,也是我国 GIS 领域常用的软件。从 1987 年第一个 ArcInfo 产品诞生以来,随着计算机技术的飞速发展以及 GIS 技术的不断成熟,ESRI 的 GIS 产品不断更新扩展,形成适应各种用户和机型使用的系列产品。1999 年推出的 ArcInfo 8 以及 2000 年推出的 ArcGIS 8 是 ESRI 在继承已有成熟技术的基础上,整合了 GIS 与数据库、软件工程、人工智能、网络技术及其他多个方面的计算机主流技术,成功地开发了新一代 GIS 平台。

ArcGIS 8 包含了三个组成部分:桌面软件 Desktop、数据通路 ArcSDE 和网络软件 ArcIMS。ArcSDE 是 ArcGIS 的空间数据引擎,负责应用关系数据库系统存储、管理多用户空间数据库,提供数据接口支持。ArcIMS 主要提供基于 Internet 的分布式 GIS 数据管理和服务。

ArcGIS 8 Desktop 是 ArcGIS 中一组桌面 GIS 软件的总称,它包括 ArcView 8、ArcEditor 8 和 ArcInfo 8 三个等级,功能由简单到全面。其中,Arcview 8 是最低一级的软件,主要提供 GIS 数据的使用、地图的显示以及分析,它的数据编辑功能有限;ArcEditor 8 更高一级,在 ArcView8 的基础上增加了 GIS 数据管理与编辑功能,只有创建和管理关系、子类、几何网络和尺寸要素等作用;ArcInfo 8 是桌面 ArcGIS 的高端软件,除了包括 Arcview 8 和 ArcInfo 8 的所有功能外,还增加了空间处理能力,是一个完整的 GIS 数据建立、更新、编辑、查询、管理、分析与制图的集成系统。除此之外,ArcGIS 8 Desktop 还有若干可选的扩展模块,如 Spatial Analyst,3D Analyst,Geostatistical Analyst,ArcPress,Publisher 等。

三级桌面 ArcGIS 软件都由一组相同的应用环境构成,即 ArcMap, ArcCatalog, ArcTool-box, ArcMap 提供数据的显示、查询与分析; ArcCatalog 提供空间的、非空间的数据管