

Computer Cartography

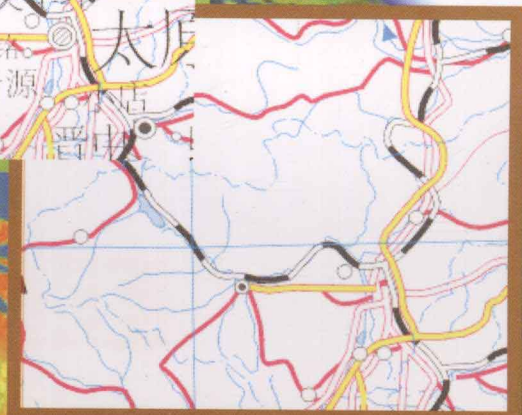
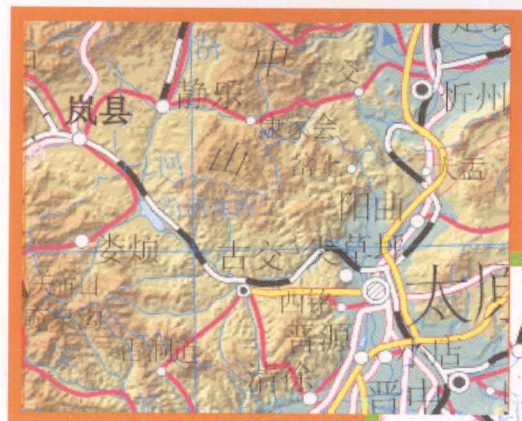


工作室 · 策划

一点通

计算机地图制图

何宗宜 编著



测绘出版社

计算机地图制图

何宗宜 编著

测绘出版社

内 容 提 要

本书根据计算机地图制图的需要,结合我国实际情况,以 Coreldraw 9.0 图形处理软件为平台,以地图地理和社会经济要素的表示方法、地图符号计算机设计和制作、计算机地图制图数据组织、地图各要素的计算机制作为主线,综合近十年来国内外学者的研究成果,详细地介绍了计算机地图制图的全过程;叙述了计算机地图制图的软硬件构成、计算机地图制图的工艺流程、地图数据的输入、地图图层的建立、地图图形的矢量化跟踪、地图地貌晕渲的自动生成、地图符号的制作与配置、地图注记的配置、地图数据的编辑处理及地图数据的输出,给制图工作者提供了许多非常有价值的实例。

本书内容新颖,可作为地图学与地理信息系统专业的教材或有关地图生产部门的教学参考书。

©何宗宜 2008

图书在版编目(CIP)数据

计算机地图制图/何宗宜编著. —北京: 测绘出版社,
2008. 2

ISBN 978-7-5030-1777-3

I. 计… II. 何… III. 地图制图自动化 IV. P283.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 002694 号

责任编辑 黄忠民

封面设计



出版发行 测绘出版社

邮政编码 100054

社 址 北京市宣武区白纸坊西街 3 号

网 址 [www. sinomaps. com](http://www.sinomaps.com)

印 刷 湖北地矿印业有限公司

经 销 新华书店

成品规格 787mm×1092mm

印 张 11.25

字 数 280 千字

版 次 2008 年 2 月第 1 版

印 次 2008 年 2 月第 1 次印刷

印 数 0001~3000 册

定 价 38.00 元

书 号 ISBN 978-7-5030-1777-3/P·468

如有印装质量问题,请与我社发行部联系

前 言

随着数字地图制图技术、地理信息系统的快速发展,计算机地图制图理论和方法显得越来越重要。近几年来我国的地图生产部门和科研机构已经采用全数字地图制图技术,利用空间数据资源,设计制作地图,以提高地图制作质量,缩短地图生产周期,降低地图生产成本,增加地图产品种类,使地图在国民经济建设和人们日常生活中发挥出越来越大的作用。因此,地图制图人员急需掌握地图数据输入、地图数据组织、地图数据处理和地图数据输出计算机地图制图理论和技术方法等技术方法。

本书主要介绍地图基础知识、地图要素的表示方法、地图要素的计算机制作原理和方法。先介绍了地图基础知识,计算机地图制图的软硬件构成及功能,接着介绍地图各要素表示与计算机制作的理论和方法,最后介绍地图图层建立、地图数据组织原理、地图数据输入、地图数据处理与输出。本书是作者经过近十年的教学实践,不断充实和完善,内容新颖,反映国内外最新的理论和工程技术成果。本书的特点是将地图学基础知识与计算机图形软件紧密结合起来,使读者能较系统地掌握计算机地图制图的理论和技术。学生通过学习可基本掌握计算机地图制图理论和方法,为今后在实际工作的数字地图设计和制作打下坚实的基础。

书中的插图由归党莹、卢倩倩、赵娟、刘祥、谭芬、曹钦、何晶、张琳、陶利佳、白菁、赵嵘和纪卓娅等绘制。书中还引用许多参考资料在参考文献中未列出,在此一并致谢。

由于作者水平所限,书中疏漏之处敬请读者批评指正。

何宗宜

2007年8月于珞珈山

Contents

Chapter 1	Summary	1
Chapter 2	Hardware and Software of Computer Cartography System	8
Chapter 3	CorelDRAW Cartography Basic	20
Chapter 4	Map Basic Concept	43
Chapter 5	Map Mathematical Basic	49
Chapter 6	Map Language and Computer Do It	61
Chapter 7	Expression of Map Feature and Computer Do It	74
Chapter 8	Data Organization of Computer Cartography	119
Chapter 9	Importing Map Data	127
Chapter 10	Processing and editing Map Data	144
Chapter 11	Exporting Map Data	158

目 录

第一章 概述	1
§ 1-1 计算机地图制图的特点	1
§ 1-2 计算机地图制图的基本过程	2
§ 1-3 计算机地图制图的工艺流程	4
第二章 计算机地图制图系统软硬件构成	8
§ 2-1 计算机地图制图系统的硬件设备构成	8
§ 2-2 计算机地图制图系统的软件构成	19
第三章 CorelDRAW 地图制图基础	20
§ 3-1 CorelDRAW 基础知识	20
§ 3-2 CorelDRAW 9 的基本操作	25
§ 3-3 CorelDRAW 地图制图工艺流程	34
§ 3-4 线划的制作和编辑	37
第四章 地图的基本概念	43
§ 4-1 地图的基本特性和定义	43
§ 4-2 地图的基本内容	45
§ 4-3 地图的分类	46
§ 4-4 地图的作用	48
第五章 地图的数学基础	49
§ 5-1 坐标系	49
§ 5-2 高程系	50
§ 5-3 地图投影	50
§ 5-4 地图定向	55
§ 5-5 地图比例尺	56
§ 5-6 分幅和编号	57
第六章 地图语言	61
§ 6-1 地图符号	61
§ 6-2 地图色彩	62
§ 6-3 地图注记	63
§ 6-4 地图符号的计算机制作	64
§ 6-5 地图色彩的填充	65
§ 6-6 地图注记的输入与配置	67
第七章 地图要素的表示与计算机制作	74
§ 7-1 海洋要素的表示与计算机制作	74
§ 7-2 陆地水系的表示与计算机制作	78
§ 7-3 地貌的表示与计算机制作	82

§ 7-4 居民地的表示与计算机制作	96
§ 7-5 交通网的表示与计算机制作	102
§ 7-6 境界的表示与计算机制作	106
§ 7-7 土质、植被的表示与计算机制作	113
§ 7-8 独立地物的表示与计算机制作	117
§ 7-9 图外要素的表示与计算机制作	118
第八章 计算机地图制图的数据组织	119
§ 8-1 地图图层的建立	119
§ 8-2 计算机地图制图数据组织基本原则	120
§ 8-3 计算机地图制图的图层设计基本顺序规律	122
§ 8-4 计算机地图制图数据组织的实例	123
第九章 地图数据的输入	127
§ 9-1 地图制图数据来源	127
§ 9-2 地图数据预处理	128
§ 9-3 地图数据的导入	142
第十章 地图数据的处理与编辑	144
§ 10-1 地图的图层管理与编辑	144
§ 10-2 地图数据的处理与编辑	147
第十一章 地图数据输出	158
§ 11-1 地图数据图形纠正	158
§ 11-2 地图图幅的接边	161
§ 11-3 地图图幅的套合	162
§ 11-4 地图图幅的裁切	164
§ 11-5 地图数据的打印输出	169
§ 11-6 地图数据的分色胶片输出	171
§ 11-7 地图数据的其他方式输出	172
主要参考文献	173

概述

从 20 世纪 50 年代, 国内外地图制图工作者对地图的编制如何摆脱繁重的手工方式, 实现地图制图自动化进行了理论与方法的研究。经过 50 年的发展, 从最初提出的地图制图自动化到后来提出的计算机辅助地图制图、计算机地图制图, 计算机地图制图的技术问题 (包括硬件与软件系统) 已基本解决, 已全部实现各种类型地图的计算机制图。

§ 1-1 计算机地图制图的特点

计算机地图制图是以数字原图为主要信息源, 以电子出版系统为平台, 使地图制图与地图印刷结合更加紧密。它将地图设计、地图编辑、地图编绘、地图清绘和印前准备 (包括复照、翻版、分涂) 融为一体, 给地图生产带来了革命性的变化。计算机地图制图技术具有如下特点:

1. 地图印刷前各工序的界限变得模糊

常规的地图制图包括地图设计与编制、地图制版与印刷两大阶段。前者包括地图编辑、地图编稿、地图编绘、地图清绘; 后者包括复照、翻版、分涂、修版、套版、制版、打样、印刷等多道工序。在过去地图制作过程中, 许多工作需要受过专门训练的专业技术人员分别处理, 如地图设计、地图编绘、地图清绘、复照、翻版、分涂、修版、套版等, 现在可由同一个人来完成, 并且各种操作可以交叉进行。

2. 缩短了成图周期

取消了传统地图制图和地图印刷工艺中许多复杂的工艺步骤, 大大缩短了成图周期。把地图编辑、地图编绘、地图清绘、复照、翻版、分涂等工艺合并并在计算机上完成; 对急需的少量地图, 可用彩色喷绘或彩色激光打印方法获得。

3. 降低了地图制作成本

(1) 由于地图制作的印刷前各工艺步骤的操作全部在计算机上进行, 减少了操作差错, 降低了返工率。

(2) 工艺步骤的简化节省了材料、化学药品。

(3) 地图设计、制作一体化降低了地图制图人员的劳动强度, 减少了人

力投入。

(4) 基本采用四色印刷,降低了印刷费用。

4. 提高了地图制作质量

(1) 地图手工编绘的地图数学基础展绘、地理要素的编绘都会产生一定的误差。

(2) 地图手工清绘的线划发毛、不实在,线划粗细不均匀,同时也会产生一定的误差;注记剪贴不平行和垂直于南北图廓;符号手工绘制不精致。

(3) 过去的复照、翻版、分涂等每个工序都使地图的线划、注记、符号发肥,变形。

(4) 数字地图制作可以通过系统硬件解决套准、定位问题。消除过去胶片拷贝过程中导致的套准精度。

总之,计算机地图制图精度比传统地图制图精度提高了1~2个数量级(由 $\pm 0.1 \sim 0.3\text{mm}$ 提高到 $\pm 0.01 \sim 0.005\text{mm}$)。其地图符号、注记更精致;线划更精细。

5. 丰富了地图设计者的创作手法

(1) 地图色彩设计

过去制作地图彩色样张,由于靠手工制作,只能设计有限的几个样张。现在可在计算机中制作地图彩色样张,不论多大数量,都很容易实现。地图集的设色可用色彩数据控制,确保颜色的统一协调性。

(2) 图面配置

过去将做好的地图、照片、文字在图版中来回摆动;现在可在计算机上直接排版。

(3) 三维制作和特殊效果

过去制图主要是手工制作,地图的立体符号也因技术和设备条件很少出现。现在计算机图形软件上有立体符号制作功能,制作立体符号非常方便,立体符号、立体地形逐渐多了起来。光影、毛边、渐变色等特殊艺术效果在地图(集)中经常出现。

6. 网络化结构

(1) 采用计算机网络技术可以实现地图信息的远程传输。

(2) 实现了先分发、后印刷的设想。

传统的地图印刷是先印刷,后分发。数码印刷可以通过通信、网络技术先将地图数据直接传输到用户,然后再传输到印刷厂印刷。

7. 改变了传统地图出版的含义

地图电子出版系统的出现,扩大了地图出版领域,使出版物不再局限于地图印刷品,多媒体出版、Internet出版将是今后出版的重要方式。

8. 地图容易更新和再版

为了充分发挥地图在国民经济建设中的作用,需要经常更新地图内容,再版旧版地图,保持地图现势性。地图出版之后,如果要更新和再版,只要保存原有的数据,对地图数据进行编辑、修改和更新将是件轻而易举的事情,计算机地图制图技术增加了地图的适应性和实用性。

§ 1-2 计算机地图制图的基本过程

目前,计算机地图制图技术应用已相当广泛,不同类型和不同规模的计算机地图制图系统也非常多,而且系统功能也比较完备。计算机地图制图的基本过程包括地图设计、数据输

入、数据处理和数据输出等四个阶段（图 1-1）。

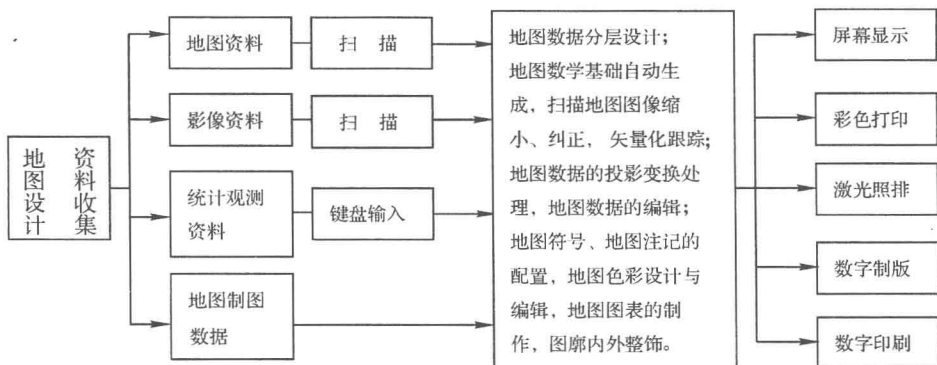


图 1-1 计算机地图制图的基本过程

一、地图设计

1. 设计前的准备工作阶段

(1) 深入研究新编地图的目的、用途和服务对象。这是决定地图内容详细程度及进行地图设计的主要依据。

(2) 对国内外同类地图进行分析评价。其目的是为了博采众长。

(3) 收集、分析、评价制图资料和制图数据。制图资料（数据）直接影响新编地图的质量，对基本资料、补充资料、参考资料的保障情况与质量要进行认真的分析评价。

(4) 认真研究制图区域的地理特征。这是正确进行地图制图综合，准确地表现区域特点的关键。

2. 正式编辑设计工作阶段

(1) 明确规定地图的任务和质量要求。

(2) 设计地图的数学基础。设计选择地图投影，确定地图比例尺及经纬网密度，计算经纬网交点的平面直角坐标。

(3) 地图内容的选择。根据地图的用途、比例尺和区域特点，对地图要表达的内容进行选择确定，并进行分类、分级。

(4) 设计地图符号和注记。对地图符号的图形、尺寸、颜色进行设计和试验；对地图注记字体、字大、字色等进行设计和试验。

(5) 设计地图制作的工艺方案。主要包括：数据输入、地图的数学基础的建立、资料补充、数据处理、地图符号和注记的配置、数据输出。并用框图表示流程。

(6) 地图制图综合的规定。规定各要素的选取指标，概括原则和程度。

(7) 地图的图面配置设计。图名的位置、字体、字大，图廓的配置方法，附图、移图、图例、比例尺的配置等。

二、数据输入

将编图的资料（如地图资料、专题地图作者原图、地理基础地图、影像、照片等）进行扫描输入计算机或直接将地图数据（包括 GIS 数据库地图数据、野外全数字测量地图数据、

全数字摄影测量地图数据、GPS 数据、DLG 数据等)、图像数据(包括影像数据、照片数据)和统计数据输入计算机。

三、数据处理

通过对数据的加工处理,建立起新编地图的数据。通常在相应的图形软件下,自动生成地图数学基础,输入的地图图像缩小、地图图像(如作者原图)和地图数据(如地理基础地图)的匹配,图形数据的矢量跟踪,地图制图综合,如果投影不同,要进行地图数据的投影变换。地图符号、地图注记的配置,添加专题内容,制作图表;输入影像数据、照片和文字,进行色彩填充、图面配置、地图数据的编辑等,最后得到新编地图数据。

四、数据输出

数据输出是将地图数据变成可视的模拟地图形式。地图数据输出有多种方式:首先,可以直接在计算机屏幕上显示地图;其次,计算机将地图数据传输给打印机,打印机喷绘彩色地图;地图数据传输给激光照排机发排供制版印刷用的四色软片。把地图数据传送到数字式直接制版机(Computer-to-Plate 简称 CTP)可以制成直接上机印刷的印刷版。数字式直接印刷机可直接把地图数据转换成印刷品彩色地图,又称数字印刷(Digital Printing)。

§ 1-3 计算机地图制图的工艺流程

计算机地图制图的工艺流程一般要根据地图的类型、编图的数据来源、地图内容复杂程度和计算机地图制图系统设备来制定。

一、普通地图制图工艺流程

根据编图的数据来源不同,普通地图制图工艺流程一般可分为两种,一种是以纸质地图为制图资料的工艺流程(图 1-2)。另一种是以地图数据为制图资料的工艺流程,该工艺流程将资料收集改为地图数据收集,地图扫描改为地图数据导入,地图图像缩小、匹配改为地图投影变换、匹配,图形数据的矢量跟踪、制图综合改为地图数据编辑、制图综合,其他工序完全一样。图 1-3 是以 1:100 万地图数据和 1:25 万 DEM 制作 1:250 万彩色地貌晕渲挂图的工艺流程。

二、专题地图制图工艺流程

专题地图的种类繁多,如统计地图、分布图、等值线图、类型图、动线图等,形式各异,与普通地图相比,制图工艺相对要复杂些。随着地图内容和具体条件的差异,可采用不同的制图工艺,图 1-4 给出了专题地图制图的一般工艺流程。

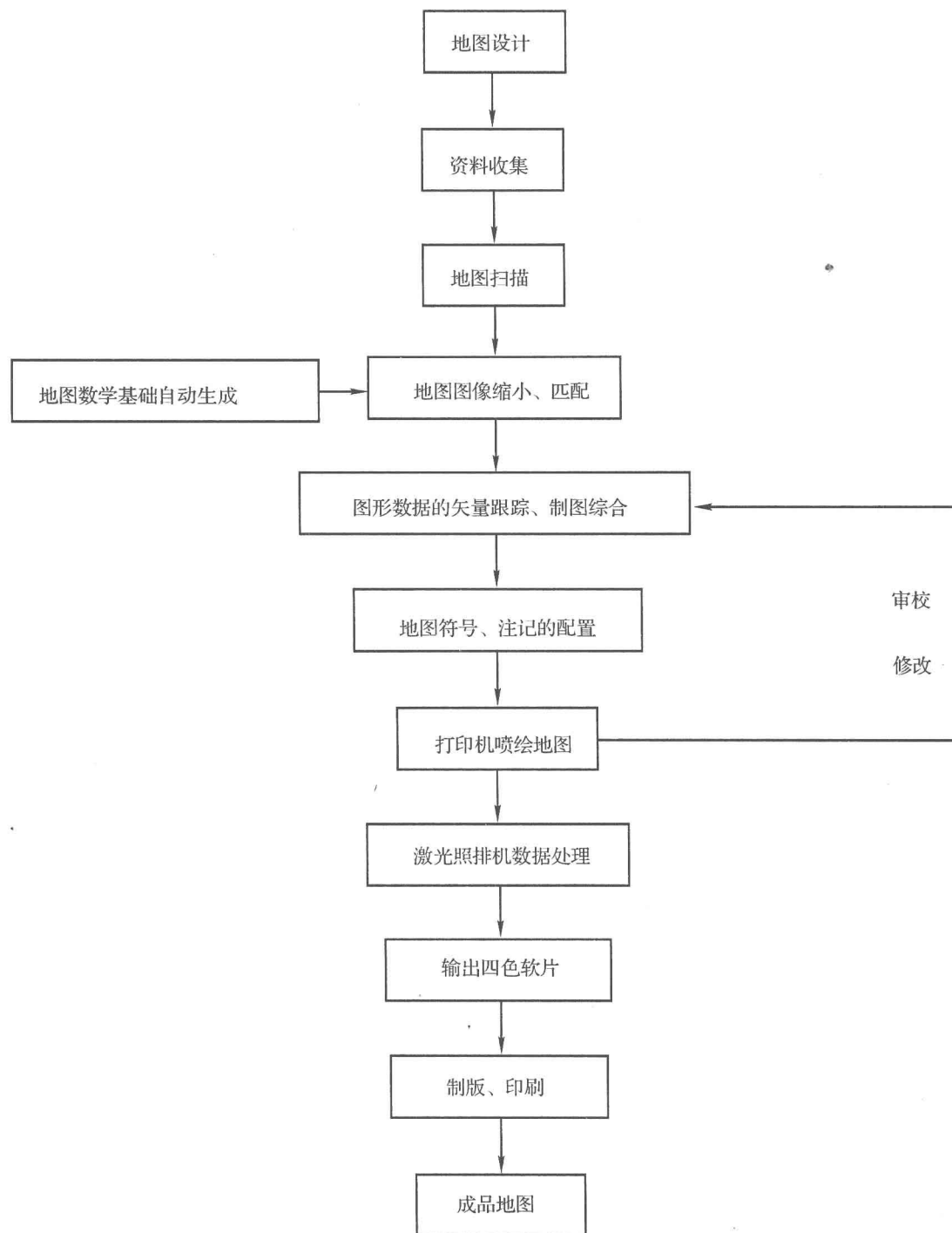


图 1-2 以地图为制图资料的工艺流程

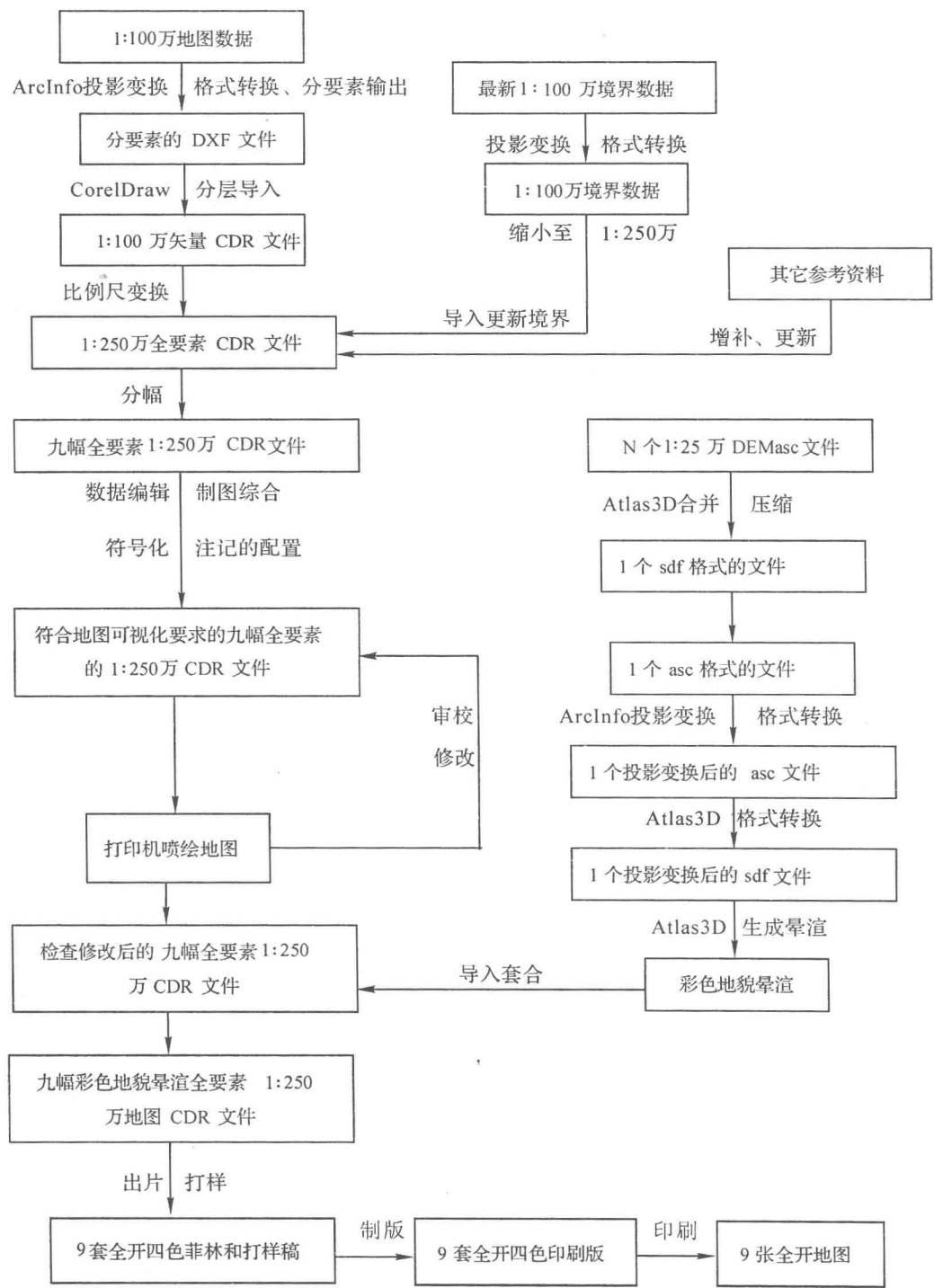
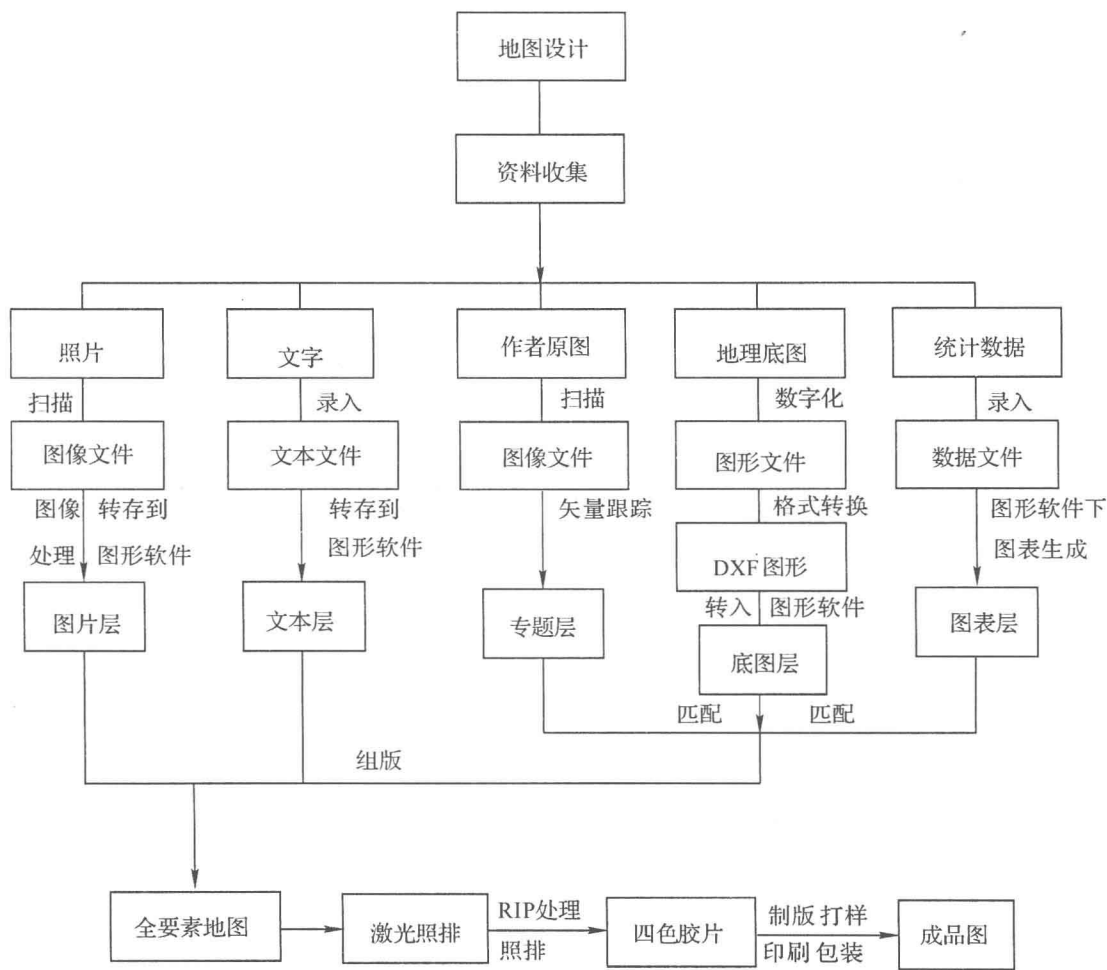


图 1-3 基于数据的地图制图工艺流程图



1-4 专题地图制图的一般工艺流程

计算机地图制图系统软硬件构成

计算机地图制图系统是以通用硬件和软件为基础构成的一种开放式系统。它以工作站或微机为核心，可以和各种输入输出设备连接，加上相应的软件，集成满足计算机地图制图和印刷要求的系统。

§ 2-1 计算机地图制图系统的硬件设备构成

计算机地图制图系统的硬件基本配置如图 2-1。

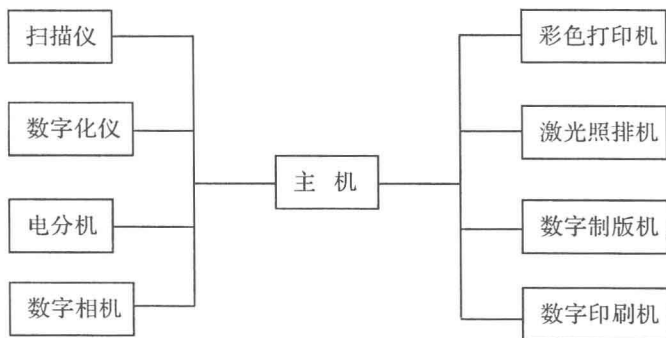


图 2-1 计算机地图制图系统的硬件配置

一、计算机地图制图系统的数据输入设备

输入设备是指将文字、图形、图像信息输入计算机的设备。信息存储介质和存储方式不同，它们所需的输入设备也不同。存储在纸张或胶片上的地图原稿、照片、反转片，需要的输入设备是扫描仪；对于线划图形，可以用数字化仪。电分机作为输入设备，它的功能与扫描仪类似。存储于光盘、软盘、硬盘上的数据信息，需要相应的驱动设备，如光盘驱动器、软盘驱动器。此外，数码照相机也是一种非常理想的图像输入设备。

1. 扫描仪

扫描仪（Scanner）是一种高精度的光电一体化的高科技产品，它是将各种形式的图像信息输入计算机的重要工具，是继键盘和鼠标之后的第三代

计算机输入设备,是一种功能极强的输入设备。从最直接的图片、照片、胶片到各类图纸图形以及各类文稿资料都可以用扫描仪输入到计算机中进而实现对这些图像形式的信息的处理、管理、使用、存贮、输出等。在计算机地图制图系统中,可利用扫描仪将存储在纸张或胶片上的地图资料、地图原稿、照片、反转片等制图有关信息扫描数字化,然后输入计算机。

1.1 扫描仪的分类

扫描仪的种类繁多,分类的方式有多种。按原稿架形分有平板式扫描仪和滚筒式扫描仪(图 2-2);按扫描仪幅面分主要有 A0、A1、A2、A3、A4 幅面扫描仪;根据扫描仪扫描介质不同,扫描仪又可分为名片扫描仪、底片扫描仪、馈纸式扫描仪、文件扫描仪、实物扫描仪等;根据使用方式还可分为台式扫描仪、手持式扫描仪、笔式扫描仪等;按扫描后图像的维数可分为 2D 扫描仪和 3D 扫描仪等。

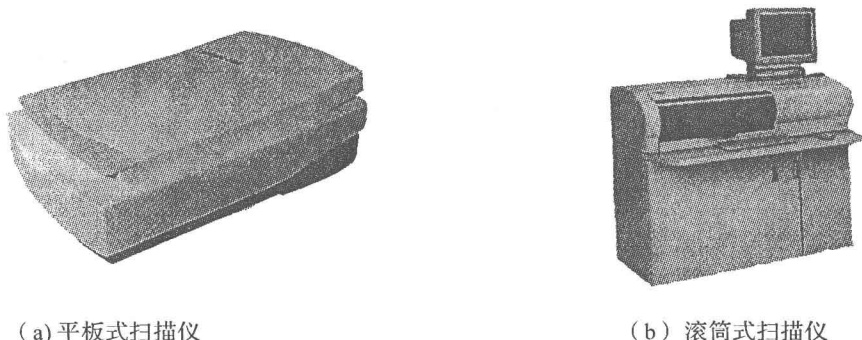


图 2-2 扫描仪类型

2.2 扫描仪的工作原理

扫描仪主要由光学部分、机械传动部分和转换电路三部分组成。扫描仪的核心部分是完成光电转换的光电转换部件。目前大多数扫描仪采用的光电转换部件是感光器件(包括 CCD、CIS 和 CMOS)。

扫描仪工作进行时,首先由光源将光线照在欲输入的扫描原稿上,产生表示图像特征的反射光(反射稿)或透射光(透射稿)。光学系统采集这些光线,将其聚焦在感光器件上,由感光器件将光信号转换为电信号,然后由电路部分对这些信号进行 A/D (Analog/Digital) 转换及处理,产生对应的数字信号输送给计算机。装有光学系统和 CCD 的扫描头在由控制电路控制的机械传动机构的带动下,与扫描原稿进行相对运动,将原稿全部扫描一遍,一幅完整的图像就输入到计算机中去了。

在整个扫描仪获取图像的过程中,有两个元件起到关键作用:一个是光电器件,它将光信号转换成为电信号;另一个是 A/D 变换器,它将模拟电信号变为数字电信号。这两个元件的性能直接影响扫描仪的整体性能指标。

目前市面上的扫描仪主要有 CCD (光电耦合感应器) 扫描仪和 CIS 扫描仪。CCD 扫描仪是通过镜头聚焦到 CCD (光电耦合感应器) 将光信号转换成电信号成像,而 CIS 扫描仪是利用 CIS 紧贴扫描稿件表面进行接触式扫描。

普通 CCD 扫描仪是通过三至四根镜条对反射光线进行全反射以减少聚焦镜头和扫描平

台之间的距离。由于在物理上不存在真正的全反射，因此实际应用中反射镜条越多则扫描品质越好。CCD 的扫描仪理想值是直接聚焦，但实际上很难做到。

CIS (Contact Image Sensor) 是全新的接触式感光器件，CIS 扫描仪也称为接触式扫描仪。一台 CIS 扫描仪由几千个甚至几万个 CIS 器件均匀排列在一单线阵列上构成其感光器件，在扫描时 CIS 对扫描仪内部光源照射到扫描原稿上的反射光进行感光后将光信号转变为电信号，再由扫描仪主板上的 AD 转换电路将电信号转变为数字信号传输给电脑以完成整个扫描过程。CIS 扫描仪是接触式扫描，不需镜条反射且机身可以更加小巧。

扫描原稿与扫描平台之间的距离我们称为景深。CIS 是接触式扫描器件，景深较小；而 CCD 扫描仪是通过镜头聚焦到 CCD 感光的，因此其景深较 CIS 扫描仪要大得多。一般来说，CIS 扫描仪对实物及凹凸不平的原稿扫描效果较差，CCD 扫描仪得益于其景深的优势则可扫描高出扫描平台许多的稿件及实物。CCD 与 CIS 扫描仪的性能比较可见表 2-1。

CCD 与 CIS 扫描仪的性能比较 表 2-1

主要性能指标	CCD 扫描仪	CIS 扫描仪
光源	冷阴极灯管	LED 阵列
景深	3~4cm	0.3mm
密度范围及效果	高，效果好	低，效果不好
扫描光谱	范围大	范围小
外观尺寸	体积较大	体积小巧

2.3 扫描仪的硬件指标

扫描仪的硬件指标直接决定了扫描仪的扫描效果和适用范围，扫描仪的几个主要技术指标如下：

(1) 分辨率

光学分辨率是指扫描仪对图像进行扫描时实际能对图像进行的采样精细程度，以 dpi (每英寸点数) 或 ppi (每英寸像素数) 表示。光学分辨率是扫描仪最重要的硬件技术指标，它直接影响到扫描仪的扫描效果和对原稿的可放大倍数。

对于平板式扫描仪，光学分辨率分为横向和纵向，纵向分辨率可通过扫描仪的步进电机来控制，而横向分辨率则完全由扫描仪的 CCD 点数来决定，因此一般我们用横向分辨率来判定扫描仪的精度。目前市场上的扫描仪主要有 600dpi、1200dpi、2400dpi 甚至更高等不同的档次，我们以 600dpi 扫描仪为例来说明扫描仪光学分辨率的确定。

所谓 600dpi 是指扫描仪在每英寸的宽度 (扫描仪是线性曝光的) 取 600 个信息点，如果扫描仪的横向扫描幅面是 8 英寸的话则扫描仪必须采用 4800 像素点上的 CCD，如果是 1200dpi 的扫描仪的话就必须使用 9600 像素点以上的 CCD 了。

对于滚筒式扫描仪，光学分辨率主要取决于扫描线数的宽度，即滚筒转一圈扫描头横向进给的距离。扫描线越细，分辨率越高；反之，分辨率越低。

光学分辨率越高，所能采集的图像信息量越大，扫描输出的图像中包含的细节也越多。扫描仪光学分辨率的大小关系到用此扫描仪扫描时形成的图像最大能够放大的倍数和印刷时的最大加网线数。扫描分辨率、图像放大倍数和印刷加网线数三者的关系为：

扫描分辨率 = 放大倍数 × 加网线数 × 质量因子 (1.5~2)

可以看出，三者是相互制约的。当印刷加网线数一定时，扫描仪的扫描分辨率就限制了