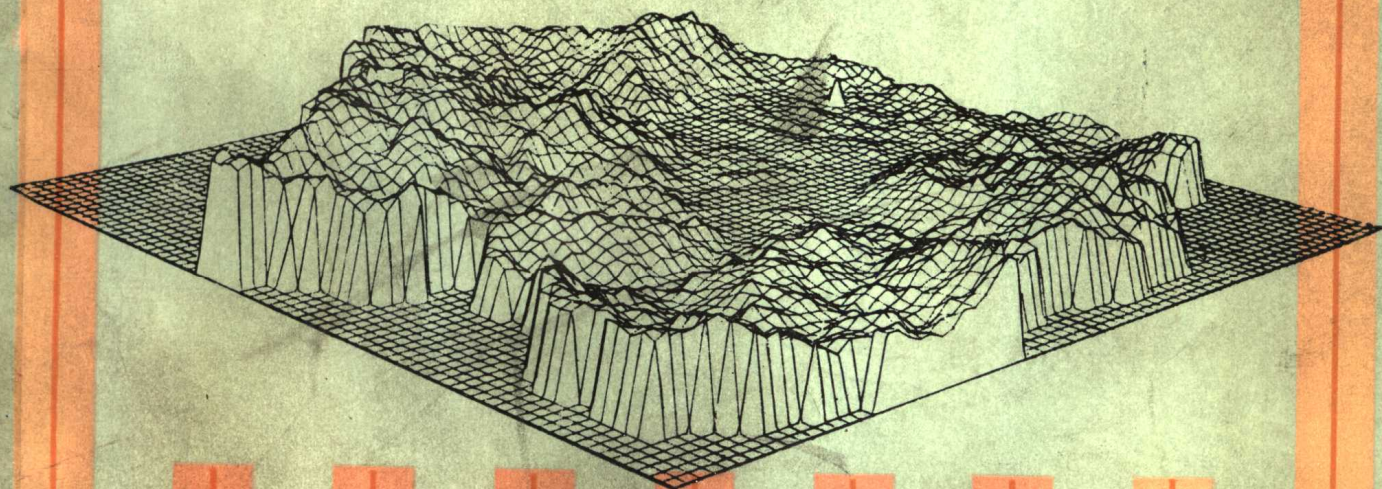


高等学校试用教材

胡友元 黄杏元 主编

计算机地图制图



测绘出版社

高等学校试用教材

计算机地图制图

胡友元 黄杏元 主编

测绘出版社

内 容 简 介

本书重点介绍计算机地图制图的基本理论和技术方法。主要包括：计算机地图制图的硬件系统，曲线光滑的数学方法，制图程序设计，图形数字化和数据管理，普通地图的自动编制，专题地图的自动编制等。

全书以处理和显示地理数据为中心，介绍有关的算法，讨论不同类型数据的组织，研究地图图形的计算机模拟设计。书中附有较多的图表、框图和样图。它可作为高等院校地理专业或测绘有关专业《计算机地图制图》课程的教材或参考书，也可供从事计算机地图制图的科研人员、工程技术人员以及其他有关人员参考。

计 算 机 地 图 制 图

胡友元 黄杏元 主编

测绘出版社出版

测绘出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

开本 787×1092 1/16 · 印张 22 · 字数 502 千字

1987年12月第一版 · 1987年12月第一次印刷

印数 0,001—3,000 册 · 定价 4.35 元

统一书号：15039 · 新 643

ISBN-7-5030-0026-O/P · 12

前 言

计算机地图制图是在地图学领域内，近二十年来迅速发展起来的一门最新技术。它是研究如何应用现代科学工具——电子计算机及其外部设备，来自动绘制各种类型的地图和进行地图的辅助设计。为使这一新兴技术获得更广泛的应用，并根据大学地理系地图学专业对开设本课程的要求，以及考虑到其它一些科研、生产和教学部门开展计算机地图制图的需要，特编写了本书。

本书分七章，扼要地介绍了计算机地图制图的发展和原理，系统地介绍了使用的基本设备、数学方法和数据管理方法，详细地介绍了地图上各类图形的程序设计和步骤。内容较为系统全面，书中所用的资料力求吸取最新的研究成果，并采取成熟部分叙述较详细，不完全成熟的内容从简的原则。

本书是在南京大学地理系地图学专业多年使用教材的基础上，经过多次修改，最后由部分教师撰写而成。参加本书撰写工作的有：黄杏元（第一章、第五章 §5-1 和 §5-4、第七章），张文忠（第二章、第五章 §5-5 之三），王瑞林（第三章、第七章 §7-3 之二），胡友元（第四章）、孙亚梅（第五章、第六章）。全书由胡友元、黄杏元两同志修改、统稿、定稿。书中插图由范信、李玉琛、李伟等同志绘制。在本书编写过程中，曾得到很多兄弟单位的支持和帮助，特别是武汉测绘科技大学的胡毓钜、毋河海教授、徐庆荣和黄伟副教授审阅了全书，在此一并表示衷心的感谢。

由于我们水平有限，书中难免有错误和不妥之处，敬希读者批评指正。

编 著 者

1987年4月于南京大学地理系

目 录

第一章 计算机地图制图概述	(1)
§1-1 计算机地图制图的基本概念.....	(1)
§1-2 计算机地图制图的一般过程.....	(4)
§1-3 计算机地图制图的发展和应用.....	(5)
第二章 计算机地图制图的基本设备	(8)
§2-1 电子计算机简介.....	(8)
一、电子计算机的基本结构.....	(8)
二、电子计算机的主要技术性能指标.....	(9)
三、微处理器和微型计算机.....	(10)
四、计算机网络和分布式系统.....	(11)
五、自动制图对计算机的要求.....	(12)
§2-2 数字化仪.....	(13)
一、跟踪数字化仪.....	(13)
二、扫描数字化仪.....	(17)
§2-3 自动绘图机.....	(20)
一、矢量绘图机.....	(22)
二、扫描绘图机.....	(32)
§2-4 图形显示及编辑系统.....	(34)
一、图形编辑系统的结构和组成.....	(35)
二、字符产生器.....	(36)
三、矢量产生器.....	(37)
四、缓冲寄存器.....	(38)
五、阴极射线管 (CRT).....	(38)
六、人机对话设备.....	(39)
七、图形显示设备的技术性能指标.....	(40)
§2-5 自动制图设备系统的构成.....	(41)
一、系统的基本构成.....	(41)
二、脱机和联机系统的概念.....	(41)
三、自动制图设备系统的结构.....	(43)
第三章 地图上曲线光滑的数学方法	(47)
§3-1 线性迭代光滑法.....	(47)
§3-2 分段三次多项式插值法.....	(48)

§3-3	二次多项式平均加权法	(56)
§3-4	张力样条函数插值法	(58)
第四章	计算机地图制图程序设计	(65)
§4-1	计算机地图制图程序设计	(65)
一、	概述	(65)
二、	计算机地图制图程序结构	(65)
三、	计算机地图制图软件类型	(66)
§4-2	绘图机磁带格式	(67)
§4-3	基本绘图子程序	(69)
一、	IBENA 子程序	(69)
二、	PNUMA 子程序	(70)
三、	TRAA 子程序	(70)
四、	POSA 子程序	(72)
五、	PLUMA 子程序	(72)
六、	PCARA 子程序	(73)
七、	NOMBA 子程序	(74)
§4-4	功能绘图子程序	(75)
一、	绘加粗线子程序	(76)
二、	绘符号子程序	(78)
三、	绘虚线子程序	(83)
四、	绘圆或圆弧子程序	(85)
五、	绘虚线圆或圆弧子程序	(88)
六、	绘加粗圆或圆弧子程序	(88)
七、	绘椭圆或椭圆弧子程序	(88)
§4-5	卡尔康普 (CALCOMP) 绘图机基本绘图软件	(92)
一、	PLOTS 子程序	(92)
二、	PLOT 子程序	(92)
三、	SYMBOL 子程序	(93)
四、	NUMBER 子程序	(95)
五、	SCALE 子程序	(97)
六、	AXIS 子程序	(98)
七、	LINE 子程序	(100)
八、	FACTOR 子程序	(101)
九、	WHERE 子程序	(101)
十、	NEWPEN 子程序	(101)
第五章	图形数字化与数据管理	(102)
§5-1	计算机地图制图的数据源	(102)

一、制图资料的种类	(102)
二、图形数据与属性数据	(103)
§5-2 制图数据的获取和编辑	(104)
一、制图数据的获取	(104)
二、数字化数据的检查和编辑	(110)
§5-3 制图数据类型的转换	(116)
一、矢量数据到栅格数据的转换	(117)
二、栅格数据到矢量数据的转换	(118)
§5-4 制图数据结构	(125)
一、平面矢量数据结构	(126)
二、平面栅格数据结构	(132)
三、曲面数据结构	(135)
§5-5 计算机地图制图数据库	(136)
一、基本概念	(136)
二、地图制图数据库的建立	(137)
三、数据库的“开窗”技术	(147)
第六章 普通地图的自动编制	(152)
§6-1 普通地图的自动编制概述	(152)
§6-2 普通地图制图数据的提取和处理	(153)
一、制图数据的提取	(153)
二、制图数据的处理	(153)
§6-3 普通地图要素符号的设计	(161)
一、建立数学表达式	(162)
二、直接连结离散点	(163)
三、编写数字信息块	(164)
四、栅格数据符号的形成	(166)
§6-4 普通地图的图形输出	(169)
一、矢量绘图机输出	(170)
二、扫描绘图机输出	(170)
三、大屏幕显示	(170)
四、缩微胶片绘图机输出	(170)
§6-5 普通地图数学要素的自动建立	(172)
一、地形图数学要素的自动建立	(172)
二、小比例尺普通地图数学要素的自动建立	(193)
§6-6 普通地图的自动综合原理	(198)
一、制图对象的自动取舍	(199)
二、制图对象的自动概括	(217)

三、图形协调·····	(229)
第七章 专题地图的自动编制 ·····	(231)
§7-1 专题地图自动编制概述·····	(231)
§7-2 专题地图的类型和图型·····	(234)
一、专题地图的类型·····	(235)
二、专题地图的图型·····	(236)
§7-3 根据矢量数据制作专题图的方法·····	(237)
一、符号地图的自动绘制·····	(237)
二、动线地图的自动绘制·····	(259)
三、晕线地图的自动绘制·····	(264)
四、点值图的自动绘制·····	(272)
§7-4 根据连续曲面数据制作专题图的方法·····	(281)
一、数字地形模型的建立方法·····	(282)
二、等值线地图的自动绘制·····	(285)
三、透视立体图的自动绘制·····	(306)
§7-5 根据栅格数据制作专题图的方法·····	(317)
一、类型图的自动绘制·····	(317)
二、地形晕渲图的自动绘制·····	(321)
三、行式打印机自动制图方法·····	(325)
参考文献 ·····	(341)

第一章 计算机地图制图概述

§1-1 计算机地图制图的基本概念

计算机地图制图是一门正在得到迅速发展的应用技术学科。它是研究根据地图制图原理和地图编辑计划的要求，利用电子计算机及其联结的输入、输出装置作为主要的制图工具，通过应用数据库技术和图形的数字处理方法，实现最佳地解决地图信息的获取、变换、传输、识别、存储、处理和显示，最后以自动的或人机结合的方式输出地图。

计算机地图制图又称为地图制图自动化或机助地图制图。计算机控制制作地图方法的诞生，从探索试验到进入逐步推广应用阶段，经历了漫长的岁月。它酝酿于本世纪50年代初期，当时有人设想利用计算机给数控机床准备数据，这个想法到了60年代发展成为计算机应用的一个新领域——机助设计。由于机助设计的发展，有人提出设计工作可以抛开传统的笔和纸，而用计算机及其控制下的输入、输出设备，地图制图工作能否使用同样的机助设计装置？终于1964年第一次在数控绘图机上绘出了地图图形。1965—1970年第一批计算机地图制图系统（例如英国牛津自动制图系统）开始运行，许多原来用手工方法绘制的地图作品，开始用计算机制图方法予以模拟。1970—1980年，在硬件上是解决速度上的突破，包括自动扫描机的研制和交互系统的试验；在软件上是解决各种制图算法的建立和各种应用程序的调试。这十年间，计算机制图方法取得进展的主要标志，是无论硬件或者软件都达到了商品化。80年代逐步进入推广应用阶段，其主要标志是各种类型数据库和地理信息系统的建立，在为普通地图的计算机辅助生产准备或积累数据的同时，专题地图的计算机制图得到了越来越广泛的应用。

计算机辅助方法在地图制图领域中的应用，如同2世纪发明地图投影，15世纪创立印刷术，19世纪诞生航空摄影测量方法一样，是地图制图领域的一次重大技术革命。它不仅适应人类对地图的客观需要，而且最终改变了制图的性质和地图的面貌。例如：由于机器逐步代替手工制图，可以绘制出各种类型的地图，包括地形图(图1-1)、土壤图、土地利用和土地类型图、各种道路和交通网图、公用设施布设图、各种统计地图、人口图、地形立体图和海图等，大大减轻了人的劳动强度，制图人员可以节省更多的时间来考虑如何设计地图和怎样提高地图的科学质量；由于使用计算机制图，使过去手工方法很难解决的曲线内插、立体图形的表示和许多比较复杂的专题图表示方法，更容易使用数学方法，避免了制图过程中的主观因素，而且精度高，速度快；地图内容以数码形式存储在磁带或磁盘中，按照要素建立数据文件，便于保存，便于远程传输，便于随时提取、更新、处理和應用；由于地图图形的数字处理方法，使过去常规方法使用的内容转绘、投影变换和改变地图比例尺等各项编图技术方法，更加容易解决了……。总之，计算机制图方法可以缩短成图周期，提高地图精度，增强地图功能，已经引起地图制图工作者和地图使用部门的普遍

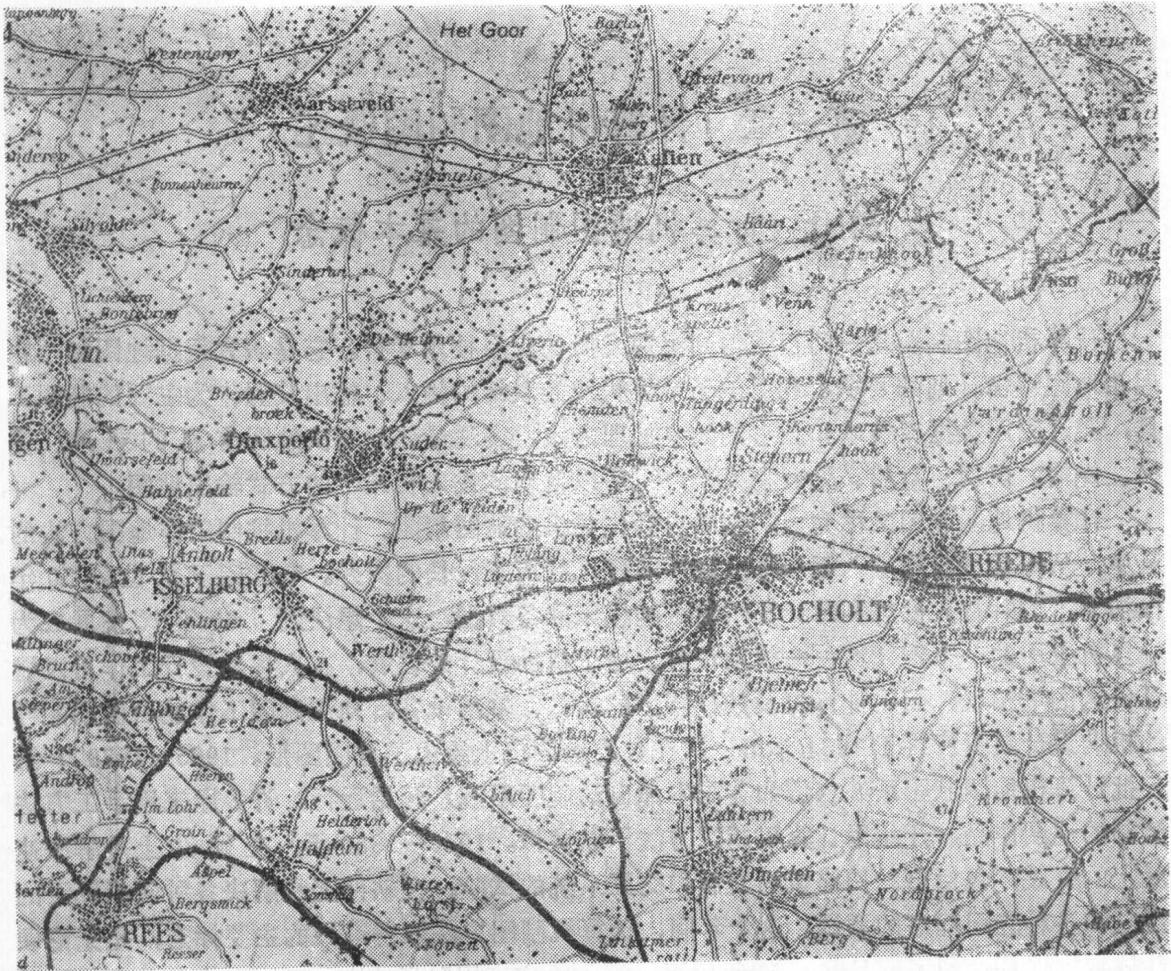


图 1-1 计算机绘制的地形图 (据 W. Weber, 1984)

重视。

计算机制图方法实现的原理，是基于从图形到数字的变换，经过处理，然后再由数字到图形的转换过程。地图图形实际上可以看成是空间的点集在一个二维平面上的投影，在平面上的任一点可以用 X 、 Y 表示其平面位置，用 Z 表示其属性特征（质量、数量或类型特征）。例如，一条等高线上的各点具有不同的 X 、 Y 坐标和相同的 Z 值（高程）。一条交通线上的各点具有不同的 X 、 Y 坐标和相同的 Z 值（某种质量或类型）等等。根据对地图图形的分析，一切地图图形都可以分解为点、线、面三种基本图形要素。每种图形要素按照数据获取和制图方法的不同，又分为“矢量方式”和“栅格方式”两种数据格式，并且分别对应着两种图形表示法(图 1-2)。在矢量方式中，图形以平面直角坐标 (X , Y) 表示，点是构成地图图形的最基本的图形要素。在栅格方式中，图形以其通过的栅格单元，用行和列作为下标构成的二维数据矩阵表示，单位栅格（或像元）是构成地图图形的最基本的图形要素。无论哪一种表示法，这些最基本的图形要素（点或像元）的连续移动形成线，许多短的直线段可以逼近曲线，曲线自行闭合构成面，面域本身又可以用区域内的点、晕线或其它方法加以区别。因此，地图图形实际上是这种点状信息的集合。据估计，一幅地图的矢量数据可达 100~300 万个点的坐标对。一幅地图的栅格数据，随栅格单元

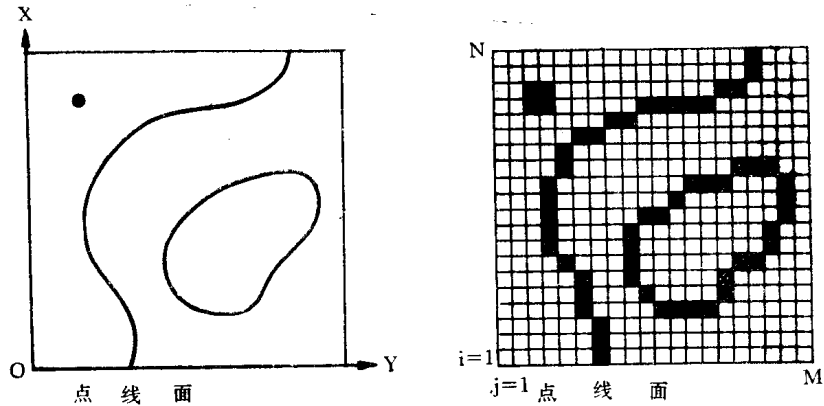


图 1-2 地图基本图形要素和计算机制图的图形表示方法

的边长（一般 <0.05 毫米）而不同，可达数千万个像元点。这种巨大的地图信息容量是计算机地图制图的一个显著特点。地图图形能以这种矢量方式或栅格方式的数字来表示和记录，这将为图形输入电子计算机，以及使电子计算机有可能对地图要素进行处理，提供了依据。为了使机器更有效地处理和识别这种数字信息，要研究各种要素和各级地理区域的编码方法，研究制图数据的结构和数据库。

地图图形的数字处理是通过以计算机为中心的一组输入、输出设备来实现的。计算机及其输入、输出设备统称为硬件，它们相互之间的关系如图 1-3 所示。不同设备具有不同的性能和功能，为了根据制图目的最有效地使用这些制图设备，要研究计算机制图系统，计算机制图系统的硬件配置、性能、工作方式以及自动制图工艺。

在计算机制图系统中，要使这些硬件自动地执行和实现地图制作的各个过程，最佳地处理地图图形，和充分地发挥系统的功能，是由计算机制图软件来控制的，而软件的研制或程序的编制是建立在一定算法的基础上的。因此计算机制图必须研究地图模式理论，研究编图过程中的各种数学逻辑分析方法，确定地图内容制图综合的数学法则，研究自动制图软件系统和地图信息理论。

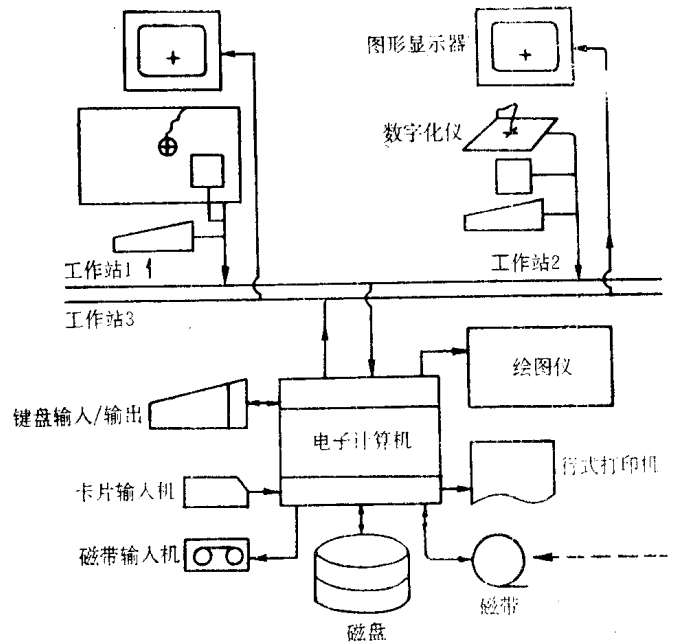


图 1-3 计算机地图制图的人机对话系统硬件结构

最后，计算机制图仍以传统的制图原理作为基础。例如制图资料的选取，地图比例尺

和投影的选择, 地图内容的确定以及表示方法的规定等, 仍旧是地图编辑的主要任务。从地图学角度看, 计算机制图只是一种新的技术手段, 而且从目前发展趋势看, 在自动制图过程中人机结合仍旧是最有效的实施形式, 其中地图编辑人员仍旧是地图质量的主要决定者。因此计算机制图要研究传统的地图学原理, 研究制图标准化, 以便合理地发挥这一新技术方法在地图制图领域中的作用, 提高地图制作的自动化水平, 逐步实现地图科学技术现代化。

§1-2 计算机地图制图的一般过程

地图编制的工艺过程复杂, 目前虽然有各种计算机制图系统, 但是还没有一种完全自动化的制图系统。现在计算机制图实现的方式, 基本上是由不同功能的自控装置, 以联机或脱机方式按照分工法的成图过程实现地图的计算机辅助成图。一般地分为以下四个主要过程(图 1-4):

1) 编辑准备阶段 这一阶段主要是根据编图要求, 搜集、分析和选择资料, 规定地图投影和比例尺, 确定地图内容及其表示方法, 确定地图资料的数字化方法, 进行数字化前的编辑准备工作, 例如地形要素的分色处理, 制作数字化底图。研究程序设计的内容和要求。最后, 制订计算机制图的编辑计划。

2) 数字化阶段 即数据的获取, 将图形或图像转换为数字, 以便计算机储存、识别和处理。当前使用的数字化方法有很多种, 但是以联机方式的手扶跟踪数字化方法为最普遍, 这种方法虽然速度比较慢, 但是实用、方便、可靠、跟踪的数据容易为计算机所处理。

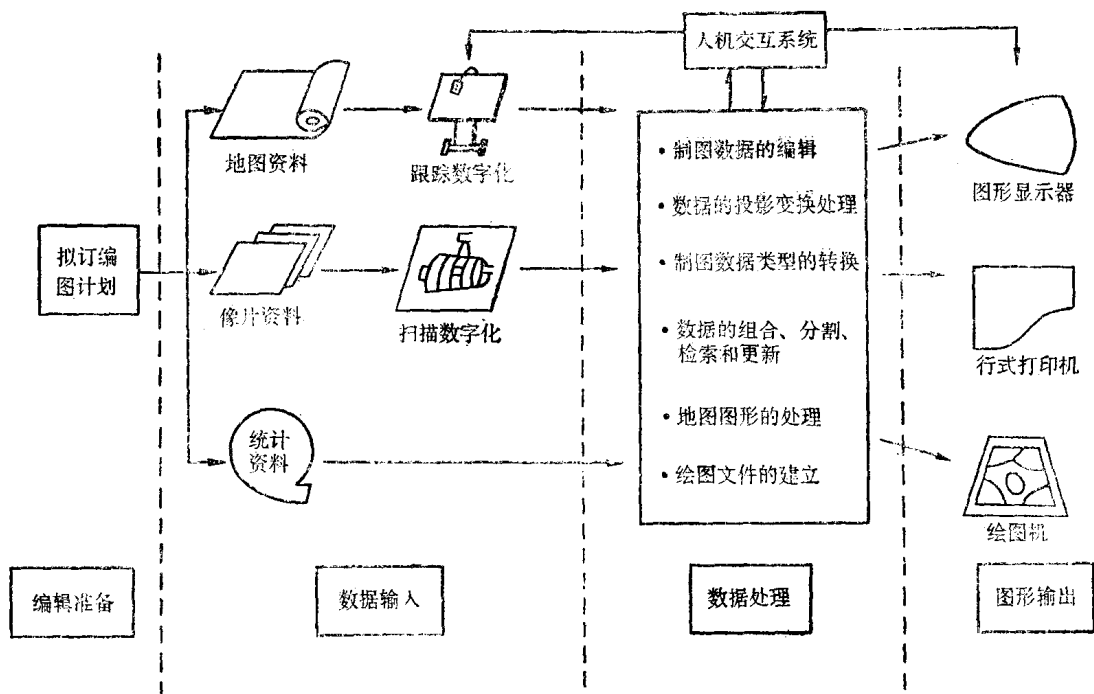


图 1-4 计算机地图制图的一般过程

理, 容易实现实时编辑, 及时改正数字化过程中的错误。自动扫描方法虽然速度快, 但是扫描所获得的数据量是相当大的, 因此计算机预处理和实时编辑的工作量也相当大, 特别是将扫描数据变换为矢量数据比较复杂, 设备也比较昂贵, 但是美国地质调查所和人口统计局已经初步实现利用自动扫描的数据来编制专题图。制图资料经过数字化以后, 要将数字化的数据记入存储介质, 建立数据库, 以供计算机处理和应用。

3) 数据处理阶段 指在数据获取与图形输出这两个阶段之间所要进行的数据的各种处理, 包括数据的预处理, 数据的检索和更新, 以及执行建立图形的各种处理功能, 例如数据的选取, 图形变换, 区域表示, 地形晕渲, 将某一要素转换成所需要的图形或颜色, 各种专门符号的绘制, 注记以及图形输出的处理等。所有这些工作都是编辑人员通过调用系统程序或用户程序来实现的, 处理方式可以采用联机的、脱机的或者混合的方式, 但是一般是采用联机方式, 因为这种方式使用方便, 容易实现数据的实时处理, 在制图过程中不易引进新的错误, 是当前计算机制图数据处理的主要趋向。

4) 图形输出阶段 指制图数据经过计算机处理以后, 变成绘图机可以识别的信息, 以驱动绘图机输出图形。根据数据的不同来源, 不同的图形特点和对绘图的不同要求, 可以采用矢量绘图机绘图, 栅格绘图机绘图, 阴极射线管显示, 或者计算机输出缩微胶片。由于地图对精度要求比较高, 而且一般还需要复制, 因此当前多采用带有光学绘图头的平台式矢量绘图机。屏幕显示一般用于正式绘图前的图形检查。当前最适合于制图上使用的存储式显示器是 Tektronix 4114。

§1-3 计算机地图制图的发展和应

由于计算机制图方法具有常规制图所无法比拟的许多优点, 受到世界各国的普遍重视, 例如美国、加拿大, 欧洲的许多国家, 拉美的一部分国家和日本等国, 先后建立了自己的自动制图系统, 进行了计算机制图软件的研制, 对自动制图方法及其应用的研究, 普遍重视, 并取得了很大的进展。

目前计算机制图对硬件的研制, 无论在输入、处理和输出的功能以及它们的质量和分辨力方面, 都达到了满足大多数用户需要的程度。数据的获取, 开始使用自动扫描机。数据的输入, 广泛采用联机编辑系统。数据的输出, 普遍利用高分辨力的平台式绘图机, 其步距达到 0.01 毫米, 在 1:50 000 地形图上, 也只相当于实地距离的 0.5 米。为了提高绘图速度, 利用计算机输出缩微胶片和利用电子束绘图机绘图, 也正在试验。软件的研制, 已经建立了各种有关的算法, 可以进行数据的处理、分析、显示和制图, 特别是绘制各种专题图的软件比较完善。根据瑞士地图学家 K.Brassel 对其中 200 多种制图软件的调查研究, 大致分为 11 类: 数据的收集、编辑和处理, 基本绘图操作, 图表的绘制, 点线符号制图, 面状符号(矢量和栅格方式)制图, 等值线制图, 三维立体图的绘制, 地图投影、投影转换和距离量测, 各种统计图的绘制, 多功能的制图软件系统, 以及具有制图功能的地理信息系统。为了使制图软件密切结合生产目的, 当前正向着绘图软件标准化, 地形图符号设计现代化, 研制具有灵活特点的专题图符号和地图内容制图综合软件的方向努

力。数据的获取,包括地理基础数据和专题内容数据,这是计算机地图制图的一个重要组成部分,许多国家正在致力于地理和地图数据库的建立,例如美国人口统计局已经建立了全国中心城市的地理数据库和人口统计数据库。美国中央情报局建立了全球范围的世界数据库 I 和 II。美国交通部建立了全美县界数据库。美国地质调查所建立了 1:2 000 000 全美地图数据库,内容包括县界、城市中心、公路、铁路和河流等要素。英国、加拿大、西德、瑞典等国也建立了全国范围的地理和地图数据库。在建立数据库的同时,为了有效地使用矢量和栅格格式的数据,对这两种数据之间的相互转换方法,各种数据结构和拓扑学原理的应用等等,也正在进行深入的研究。由于地图信息量大,特别是地形图,不得不研究高密度的存储设备,例如磁泡存储器、激光磁盘等。这种激光磁盘是目前磁盘存储密度的 1000 倍。

在自动制图方法广泛研究的同时,各国普遍重视自动制图的实际应用,例如加拿大、美国、英国、西德、瑞典等国家,利用计算机制图方法编制 1:10 000~1:250 000 比例尺的地形图,制作地形图单要素分色版(政区界色带、植被普染区域、道路和通讯线等),根据数字地形模型绘制各种等值线和进行等值线的光滑处理。相继应用自动制图方法编制人口图,以及以统计和专题资料为主要资料来源的各种专题地图。利用建立的多种要素的制图数据库,通过多边形叠置或栅格叠置的方法,编制环境质量评价图、土地利用微观布局图,作为环境分析预报和土地利用规划的工具。不少国家建立了各种类型的地理信息系统,作为资源调查、城市发展和工业管理的依据。许多国家的联邦、州和当地政府利用自动制图方法作为政策决策的工具,甚至服务于许多公用事业,例如公用设施的定位布设,销售规划,税收方案的制定,资源分配和医疗诊断等,使自动制图的作用渗透到政府和社会的各个领域。许多工程设计和军事部门更加重视对计算机制图技术的应用,尤其是数字地图,作为实时指挥控制的工具,成功地应用于空间运行的制导系统,使计算机制图方法日益成为生产、教学、科研和巩固国防的一种不可缺少的重要技术手段,而且随着设备和软件的不断完善,将越来越显示它的优越性。

我国计算机制图的研究工作开始于 70 年代初期,经过十多年的试验和研究,已经取得明显的进展。我国自行研制的图形数字化仪和数控绘图机已开始生产,电子分色扫描数字化仪和绘图机已研制出样机。自动制图软件的研制方面,建立了地形图自动绘图的软件、统计制图软件、各种专题图的表示方法软件,以及地理数据的分析和处理软件。在一些部委和许多业务部门,如地理、气象、水利、地质、农业和测绘等部门,正在筹备或已经开展建立专业数据库或地理信息系统的研究工作。但是,计算机制图从它的诞生和发展来看,仍旧是一门正在发展中的新工艺,根据国际计算机制图发展的现状和展望,今后的研究课题大体包括:

- 1) 自动制图基本理论的研究 地图投影及其自动变换,地图信息论和模式论,制图综合理论,以及地图符号标准化与规范化的研究。
- 2) 中小比例尺普通地图自动编绘工艺的研究 包括完整的系统软件和基本绘图软件,人机对话编辑处理软件,普通地图各要素自动综合的数学模式和程序化方法的研究。
- 3) 专题地图自动制图方法和工艺过程的研究 在推广微型计算机应用的基础上,

建立绘制各种专题图的微机软件系统。大量社会经济资料的统计制图,多要素的综合制图,以及新理论和新方法(图论、模糊数学等)的应用研究。

4) 地图资料缩微系统的研究 地图资料缩微系统方案的研究,缩微资料精度和变形因素的研究,缩微片材料和形式的研究,以及缩微系统设备的研制。

5) 地图数据库系统的研究 地图数据库的类型、结构和数据库管理系统的研究,数据库系统和各种应用接口的研究。

6) 自动制图设备的研究 包括自动注记机,半自动跟踪数字化仪,多色扫描数字化仪,以及激光在自动制图中的应用研究。

第二章 计算机地图制图的基本设备

如前所述，地图图形能够以多种数字形式来表示，其中“矢量方式”与“栅格方式”是两种主要的制图使用的方式。

两种不同形式的数据对应着两种不同的制图方法和过程，即“矢量方式制图”与“栅格方式制图”。同时，两种不同的制图方法使用不同的制图设备。矢量方式制图是当前比较广泛使用的方法，也是我国目前主要研究和应用的方法。本章以介绍矢量方式制图设备为主，并简要说明栅格方式制图设备的一般原理和特点。

§2-1 电子计算机简介

数字电子计算机的产生是近代重大科学技术成就之一，它的出现有力地推动了其它科技领域的发展。计算机地图制图就是一门建立在应用电子计算机技术基础上的新兴学科。电子计算机不仅是自动制图设备系统的核心，而且电子计算机技术的进展影响着自动制图的发展和水平。因此，掌握电子计算机的基本知识，有效地应用计算机，充分发挥其潜力，将能推动自动制图的顺利发展。

一、电子计算机的基本结构

数字电子计算机是由中央处理机、内存储器、外部设备（包括接口）及总线等部分组成。不同种类的计算机，总体结构是不会完全相同的，但是，它们的最基本的结构本质上是一致的。图 2-1 给出了计算机各部件之间相互连接的一种形式，以说明计算机的工作过程。

1. 中央处理机，它包括运算器和控制器两部分。

(1) 运算器。它是数据处理部件，用来实现算术运算、逻辑运算及信息传送。

(2) 控制器。它是发布操作命令的机构。操作命令也称指令，是由操作码和地址码组成的。一系列指令的有序集合，称为程序。程序通过输入设备送入内存储存起来，计算机工作时，由指令计数器控制顺序取出指令，暂存在指令寄存器中，接着从指令寄存器中取出指令的操作码部分送到操作码译码器，经译码后，在其输出端产生操作运算的控制电位，该电位送到微操作控制线路与节拍发生器送来的定时信号进行组合，产生相应的操作控制信号。

2. 内存储器。它的职能是存储程序和数据，中央处理机在执行程序时能随机访问这些数据 and 程序。这种存储器，称为随机存取存储器。

3. 外部设备。为了提高计算机使用功能，通常配置多种和多台外部设备。常用的外部设备有：操作键盘，字符显示器，行式打印机，卡片输入输出机，磁带和磁盘机，以及

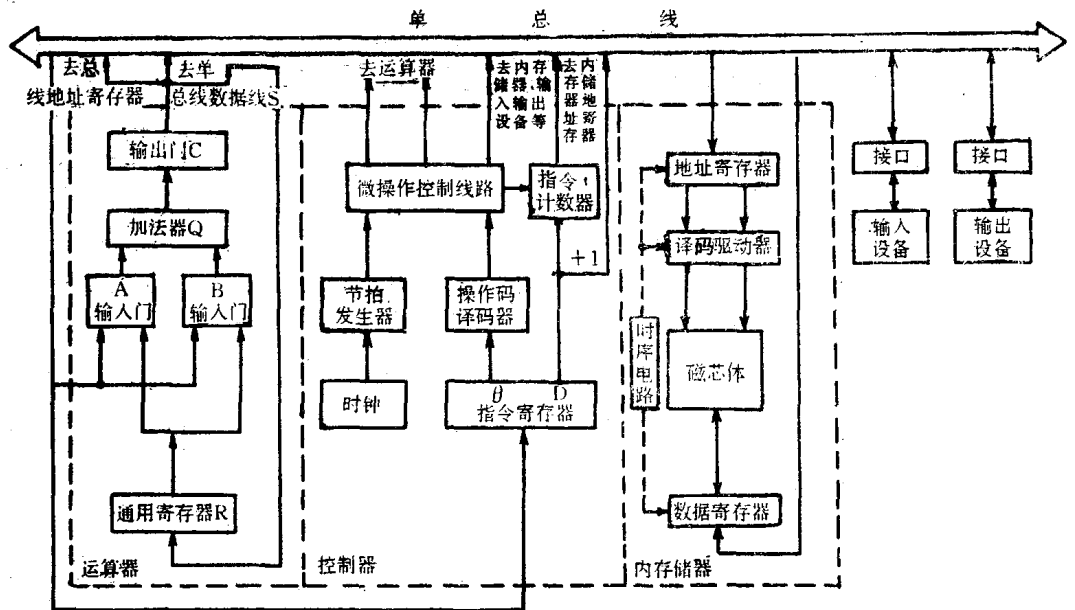


图 2-1 计算机结构框图

其它专用的外围设备。输入输出设备负责信息的输入和输出，是人机联系的必要工具；外存储器，也称辅助存储器，有磁带和磁盘，存储容量很大，磁盘有时被称为海量存储器。但外存储器的信息计算机不能直接访问，需要送入内存储器才能使用，所以速度较慢。

4. 总线。目前，大多数计算机都采用总线结构，把计算机的各部分连接成一个系统。不同的计算机，总线的设置方法是不同的。框图中表示的单总线是总线结构中的一种。某些小型机和绝大多数微型计算机采用了这种单总线结构，只用一簇公共信号线来实现中央处理机、内存和所有外部设备之间的信息交换。这时，中央处理机已不再是计算机的中心，它和其它设备一样，只是单总线上的一个子系统而已。这样，单总线结构提高了系统的功能和灵活性。

二、电子计算机的主要技术性能指标

电子计算机性能高低，是由其系统结构、指令系统、硬件组成、外部设备的配置情况以及软件是否丰富等多方面因素决定的，但下列几项主要技术指标也能反映出计算机一般特征。

1. 运算速度用每秒所能执行指令的条数来表示。一般小型机运算速度每秒几万次到几十万次，中型和大型计算机的速度从每秒几百万次到几亿次。计算机的运算速度还在不断提高。

2. 存取周期是指存储器进行一次完整的读写操作所需的全部时间，也是反映整个计算机性能的一个重要参数。磁芯存储器的存取周期为零点几微秒到几微秒。

3. 字长系指二进制位数的长度，字长标志着计算精度和数据处理能力。大中型机的字长为32~64位，小型机一般为12~32位，多数为16位。很多计算机可以进行半字长，