



全国高技术重点图书·信息获取与处理领域

# 地图模式识别原理与方法

黄文塞 著



测绘出版社

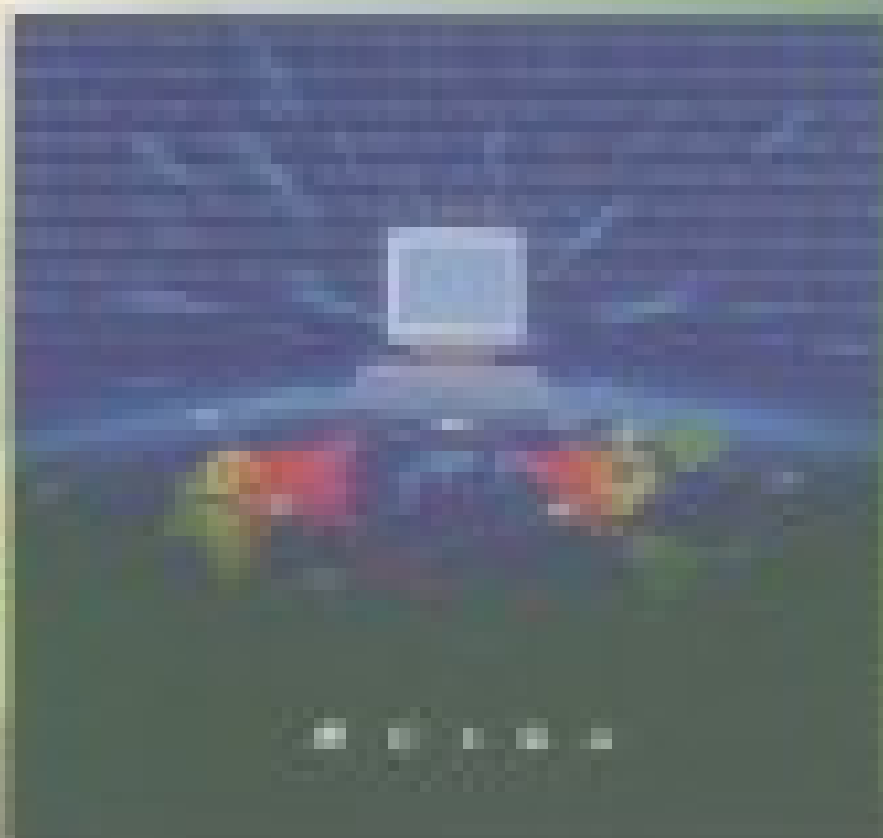


全国高等院校重点教材 国家精品课程教材

# 模式识别原理与方法

第二版

李国杰 王世伟 编



全国高技术重点图书·信息获取与处理领域

# 地图模式识别原理与方法

黄文骞 著

测绘出版社

· 北京 ·

## 内容简介

地图模式识别是当代高新技术向地图制图领域渗透的一个非常活跃的研究方向。它是实现扫描方式地图自动数字化的核心技术,对地图数据库的建立、以及 GIS 数据的快速采集等领域,具有重大的意义和价值。

本书系统地论述了地图模式识别的原理与方法,共分七章,其主要内容包括:模式识别及其在地图制图中的发展现状,地图符号的构图规律和计算机描述,地图模式信息的获取、分析与管理,基于形状分析的点状地图符号识别,基于神经网络的点状地图符号识别,符号的说明注记和数字注记识别,地图模式识别系统的设计与实现。

本书可供测绘、地理、遥感、计算机信息处理、自动化控制、地球物理等方面的科技工作者阅读、参考,亦可作为高等院校相关专业研究生、高年级学生的教材或参考书。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

地图模式识别原理与方法/黄文骞著. —北京:测绘出版社, 2000. 8

ISBN 7-5030-0925-X

I. 地… II. 黄… III. 地图-模式识别

IV. P283

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 14078 号

测绘出版社出版发行

社址:北京宣武区白纸坊西街 3 号 邮编:100054

北京通州区次渠印刷厂印刷·装订

2000 年 8 月第 1 版·2000 年 8 月第 1 次印刷

成品尺寸:148mm×210mm·印张:6.25

字数:165 千字·印数:0001~1500 册

定价:18.50 元



## 作者简介

黄文骞，男，1962年11月生于福建省南安市，1983年7月毕业于解放军测绘学院，获学士学位。毕业后分到昆明、成都军区任职；1990年12月和1994年7月分别获郑州测绘学院学硕士、博士学位。现任海军大连舰艇学院海测系副教授、硕士生导师、辽宁省测绘学会地理信息与制印专业委员会副主任委员，《测绘通报》编委，《海军大连舰艇学院学报》编委。多年来一直致力于地图制图、模式识别的教学与科研，曾在中国科学院自动化研究所模式识别国家重点实验室从事客座研究，并创立了基于形状分析和神经网络相结合的地图符号识别模型。先后在《测绘学报》、《测绘通报》、《武汉测绘科技大学学报》等学术刊物上发表研究论文60多篇。最近，还应《测绘工程》聘请，在该杂志上举办地图模式识别专题讲座。目前，已有两项科研成果获全军科技进步三等奖。

## 《全国高技术重点图书》 出版指导委员会

主 任：朱丽兰

副主任：刘 杲 卢鸣谷

总干事：罗见龙 梁祥丰

委 员：（以姓氏笔划为序）

|     |     |     |     |     |     |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 王大中 | 王为珍 | 牛田佳 | 王守武 | 刘 仁 | 刘 杲 |
| 卢鸣谷 | 叶培大 | 朱丽兰 | 孙宝寅 | 师昌绪 | 任新民 |
| 杨牧之 | 杨嘉墀 | 陈芳允 | 陈能宽 | 罗见龙 | 周炳琨 |
| 欧阳莲 | 张兆祺 | 张钰珍 | 张效祥 | 赵忠贤 | 顾孝诚 |
| 徐修存 | 谈德颜 | 龚 刚 | 梁祥丰 |     |     |

## 《全国高技术重点图书·信息获取与处理领域》 编审委员会

主任委员：陈芳允

委 员：汪成为 杨震明 袁宝宗 邓文强

# 前 言

---

写作本书出于以下三个原因。

第一，近年来，模式识别技术随着计算机技术和信息技术的迅速发展不断取得新的进展。目前，有关模式识别问题的研究对于许多学科和技术领域都是十分重要的新课题。地图模式识别作为模式识别的一个分支，它既是地图制图学科的前沿课题，也是其重要的研究方向。它的研究目标是使计算机具有相当于人阅读地图的能力，其研究范围是测绘学与自动化科学跨学科交叉形成的边缘领域，涉及到不少相关学科的知识，难度很大，是一个新的学科生长点。由于它的理论与方法研究都具有较强的探索性和先进性，因而对学科自身的发展是非常有益的。

第二，地图模式识别在国外已发展起来，很受重视。而国内还处于初期，尚未引起普遍的关注。如果能把有关地图模式识别的知识进行互相关联和协调一致的阐述，及时地综合国内外的最新研究成果与思想，并对现有的理论与方法加以总结和创新。就能更好地服务于教学和科研工作，促进地图模式识别的深入开展，推动我国地图制图及其相关技术领域的发展，并对我国地图制图走上新台阶产生积极的影响。

第三，地图模式识别有着十分广泛的应用前景，它是实现扫描方式地图自动数字化和计算机地图自动综合智能化的关键技术，对地图数据库的建立，以及 GIS 的数据快速采集等领域，具有重要的意义和价值。目前，我国已建成了 1 : 100 万和 1 : 25 万空间数据库，这是我国法定的国家空间数据框架的重要内容。但是这两个

基础数据库是定义在宏观和中观比例尺上的数据库，还远远不能适应国民经济和社会发展各部门对于较大比例尺空间数据分辨率和信息量的需要，远远不能适应研究解决我国人口、资源、环境、灾害等社会可持续发展中的重大问题的需要。因此，急需建立1:5万和1:1万空间数据库，进一步构筑国家空间数据框架。而空间数据库的建立需要数字化大量地图，手工数字化既费时又费力，还极易产生误差和发生错误。因此，开展地图模式识别研究，探讨采用扫描方式实现地图自动数字化，将具有重要的研究意义。

本书共分七章，系统地论述了地图模式识别的原理与方法。其主要内容包括：

1. 分析模式识别、地图制图和地图模式识别的国内外发展现状。
2. 研究地图符号的基本特征及其分类方法，分析并总结点状地图符号、线状地图符号和面状地图符号的构图规律；研究并总结基于符号构图规律和视觉变量，包括地图符号的链码描述、区域描述、拓扑描述和结构描述的计算机描述方法，给出并改进各种描述地图符号的具体方法。
3. 研究地图模式信息的获取、分析与管理。包括地图模式信息的扫描输入与图像文件格式分析；扫描地图图像显示，彩色地图图像的自动分色；面向对象的栅格符号和注记编辑软件，面向对象的地图图像编辑软件；基于数学形态学的扫描地图图像的细化算法，基于知识的待识目标的自动定位分割方法和人机交互提取；地图模式信息的数据库管理。
4. 研究如何用形状分析的方法识别点状地图符号。包括识别符号时特征选择的一般原则，识别系统的结构；基于组合特征的点状地图符号识别，分类判别决策树；基于矩特征的点状地图符号识别，扫描图像的离散网格；基于傅里叶系数特征的点状地图符号识别，外形相似的符号识别，多个单连通域的符号识别等。
5. 研究如何用神经网络的方法识别点状地图符号，包括神经网络的信息处理特点和加工方式，神经网络的设计要点和基本模型，神

经网络分类器及常用网络模型；基于 Hopfield 网络的点状地图符号识别及改进方法；基于 BP 网络的点状地图符号识别及改进，网络输入模式的选择，减小网络规模的具体方法；基于前向传播反馈网络的点状地图符号识别。

6. 研究符号的说明注记和数字注记识别。包括说明注记和数字注记的集合及属性，字形结构分析，分类特征的计算，判别方法，识别时相关知识的利用等。

7. 研究地图模式识别系统 MPRS 的设计与实现。包括 MPRS 的总体结构，系统的硬件环境以及各个功能子系统的设计与实现。这些子系统分别是地图模式信息获取子系统，图像信息处理与分析子系统，综合数据库管理子系统，地图符号识别子系统，结果输出子系统。

作为新的学科生长点，本书不仅及时地跟踪国际高新技术的发展动态，而且密切地结合国民经济和国防建设，并以解决实现计算机地图制图自动化的关键技术为突破口，因而具有十分重要的理论和应用价值。本书力求通过大量的实验来验证书中论述的原理和方法的正确性。

由于水平所限，书中错误及不当之处在所难免，恳请读者批评指正。

黄文骞

1999 年 10 月

# 目 录

---

|                                  |               |
|----------------------------------|---------------|
| <b>第一章 概述 .....</b>              | <b>( 1 )</b>  |
| 1.1 引言 .....                     | ( 1 )         |
| 1.2 模式识别的发展现状 .....              | ( 2 )         |
| 1.3 地图制图的发展现状 .....              | ( 4 )         |
| 1.4 地图模式识别的发展现状 .....            | ( 6 )         |
| <b>第二章 地图符号的构图规律和计算机描述 .....</b> | <b>( 8 )</b>  |
| 2.1 地图符号的构图规律 .....              | ( 8 )         |
| 2.1.1 地图符号是地图的语言 .....           | ( 8 )         |
| 2.1.2 地图符号的基本特征和分类 .....         | ( 9 )         |
| 2.1.3 地图符号的构图规律 .....            | ( 10 )        |
| 2.2 地图符号的计算机描述 .....             | ( 14 )        |
| 2.2.1 计算机描述地图符号概述 .....          | ( 14 )        |
| 2.2.2 地图符号的链码描述 .....            | ( 16 )        |
| 2.2.3 地图符号的区域描述 .....            | ( 20 )        |
| 2.2.4 地图符号的拓扑描述 .....            | ( 35 )        |
| 2.2.5 地图符号的结构描述 .....            | ( 41 )        |
| 2.3 本章小结 .....                   | ( 45 )        |
| <b>第三章 地图模式信息的获取、分析与管理 .....</b> | <b>( 47 )</b> |
| 3.1 地图模式信息的获取与图像文件格式分析 .....     | ( 47 )        |
| 3.1.1 地图模式信息的获取 .....            | ( 47 )        |
| 3.1.2 图像文件格式分析 .....             | ( 52 )        |
| 3.2 彩色地图图像的显示与自动分色 .....         | ( 57 )        |

|            |                              |       |
|------------|------------------------------|-------|
| 3.2.1      | Super VGA 屏幕驱动与彩色图像显示 .....  | ( 57) |
| 3.2.2      | 彩色地图图像的自动分色 .....            | ( 64) |
| 3.3        | 面向对象编辑软件的设计与实现 .....         | ( 69) |
| 3.3.1      | 面向对象的基本概念 .....              | ( 69) |
| 3.3.2      | 面向对象的栅格符号和注记编辑软件 .....       | ( 73) |
| 3.3.3      | 面向对象的地图图像编辑软件 .....          | ( 82) |
| 3.4        | 扫描地图图像的细化和待识目标的定位分割 .....    | ( 92) |
| 3.4.1      | 扫描地图图像的细化 .....              | ( 92) |
| 3.4.2      | 待识目标的定位分割 .....              | ( 94) |
| 3.5        | 地图模式信息的数据库管理 .....           | ( 98) |
| 3.6        | 本章小结 .....                   | (103) |
| <b>第四章</b> | <b>基于形状分析的点状地图符号识别</b> ..... | (105) |
| 4.1        | 点状地图符号的自动识别概述 .....          | (105) |
| 4.1.1      | 点状地图符号特征选择的一般原则 .....        | (106) |
| 4.1.2      | 点状地图符号识别系统的结构 .....          | (106) |
| 4.2        | 基于组合特征的点状地图符号识别 .....        | (108) |
| 4.2.1      | 点状地图符号的拓扑特性 .....            | (108) |
| 4.2.2      | 点状地图符号的组合特征计算和识别 .....       | (110) |
| 4.2.3      | 分析讨论 .....                   | (114) |
| 4.3        | 基于矩特征的点状地图符号识别 .....         | (115) |
| 4.3.1      | 点状地图符号矩特征的计算和识别 .....        | (115) |
| 4.3.2      | 分析讨论 .....                   | (119) |
| 4.4        | 基于傅里叶系数特征的点状地图符号识别 .....     | (123) |
| 4.4.1      | 由傅里叶系数提取形状特征不变量 .....        | (123) |
| 4.4.2      | 点状地图符号形状特征的计算和识别 .....       | (124) |
| 4.4.3      | 分析讨论 .....                   | (126) |
| 4.5        | 本章小结 .....                   | (130) |
| <b>第五章</b> | <b>基于神经网络的点状地图符号识别</b> ..... | (132) |
| 5.1        | 基于神经网络的点状地图符号识别概述 .....      | (132) |

|            |                               |              |
|------------|-------------------------------|--------------|
| 5.1.1      | 神经网络的信息处理特点和信息加工方式 .....      | (133)        |
| 5.1.2      | 神经网络的设计要点和基本模型 .....          | (134)        |
| 5.1.3      | 神经网络分类器及几种常用的网络模型 .....       | (135)        |
| 5.2        | 基于 Hopfield 网络的点状地图符号识别 ..... | (137)        |
| 5.2.1      | Hopfield 网络的一般描述和分析 .....     | (138)        |
| 5.2.2      | 改进 Hopfield 网络的联想记忆 .....     | (140)        |
| 5.2.3      | 点状地图符号的联想识别 .....             | (144)        |
| 5.3        | 基于 BP 神经网络的点状地图符号识别 .....     | (145)        |
| 5.3.1      | 多层神经网络的 BP 算法 .....           | (146)        |
| 5.3.2      | BP 网络模型的改进方法 .....            | (148)        |
| 5.3.3      | 基于 BP 网络的点状地图符号识别 .....       | (150)        |
| 5.3.4      | 分析讨论 .....                    | (152)        |
| 5.4        | 基于前向传播反馈网络的点状地图符号识别 .....     | (155)        |
| 5.4.1      | 网络的结构特点和学习算法 .....            | (155)        |
| 5.4.2      | 网络的学习训练过程 .....               | (157)        |
| 5.4.3      | 点状地图符号的自动识别 .....             | (158)        |
| 5.5        | 本章小结 .....                    | (161)        |
| <b>第六章</b> | <b>符号的说明注记和数字注记识别 .....</b>   | <b>(162)</b> |
| 6.1        | 说明注记和数字注记的集合及属性 .....         | (162)        |
| 6.1.1      | 说明注记的集合及属性 .....              | (162)        |
| 6.1.2      | 数字注记的集合及属性 .....              | (164)        |
| 6.2        | 说明注记和数字注记的识别方法 .....          | (165)        |
| 6.2.1      | 说明注记的识别方法 .....               | (165)        |
| 6.2.2      | 数字注记的识别方法 .....               | (171)        |
| 6.3        | 本章小结 .....                    | (172)        |
| <b>第七章</b> | <b>地图模式识别系统的设计与实现 .....</b>   | <b>(173)</b> |
| 7.1        | MPRS 的总体结构与功能简介 .....         | (173)        |
| 7.1.1      | MPRS 的硬件环境 .....              | (173)        |
| 7.1.2      | MPRS 的组成及各子系统的功能 .....        | (174)        |

|                   |                    |       |
|-------------------|--------------------|-------|
| 7.2               | 地图模式信息获取子系统 .....  | (175) |
| 7.3               | 图像信息处理与分析子系统 ..... | (176) |
| 7.4               | 综合数据库管理子系统 .....   | (177) |
| 7.5               | 地图符号识别子系统 .....    | (179) |
| 7.6               | 结果输出子系统 .....      | (181) |
| 7.7               | 本章小结 .....         | (182) |
| <b>参考文献</b> ..... |                    | (183) |

# 第一章 概述

---

## 1.1 引言

计算机技术和信息技术的迅猛发展,使现代地图制图正走向一个崭新的时代。今天,地图制图的发展不仅涉及计算机技术和图形图像处理技术,而且越来越依赖于模式识别技术。将传统的地图制图技术与模式识别(Pattern Recognition,简称PR)技术相结合,发展地图模式识别(Map Pattern Recognition,简称MPR)的时机已经成熟,并且具有深远的意义和广阔的前景。

地图模式识别技术是一种智能技术,它是研究如何使计算机实现人对地图的阅读和理解,探讨采用机器模拟人类视觉系统,以及模拟人脑对视觉信息的分析判决过程。它可以从二维数字扫描图像中提取目标的色彩、形状和语义信息,并通过对特征信息的处理与分析,完成对不同地图模式的分类决策。由于地图模式识别是一门由多种学科互相渗透而发展起来的综合性新技术。因而,其研究内容涉及到计算机技术、认知科学、数学、仿生学、生理学、心理学、控制论、信息论等科学领域。因此,发展地图模式识别技术,将对地图制图及其相关技术领域的发展产生积极的影响。目前,地图模式识别技术还处在初级发展水平上,各种理论和方法都还不够成熟。

为此，就迫切地需要对其加以系统而全面的研究。因为地图是由各种地图符号所组成的。所以，地图模式识别的核心是地图符号的自动识别。

本书的目的是研究地图模式识别的原理和方法，并综合利用图形、图像、属性和知识等信息，设计并初步实现一个能识别多种点状地图符号、说明注记和数字注记的地图模式识别系统（Map Pattern Recognition System，简称 MPRS）。

## 1.2 模式识别的发展现状

模式识别（PR）是指用计算机的方法，就人类对外部世界某一特定客体、过程及现象的识别功能进行自动模拟。起源于 60 年代初，是一门与高技术的研究开发有密切联系的新兴而迅猛发展的学科，是信息与自动化领域的一个重要分支。它包括对各种模式信息的处理、传输、识别、分类与理解。它所研究的理论和方法涉及到许多学科和技术领域。因而，模式信息的形式和内容是十分广泛的，既可以是图形、图像，也可以是语音、语言文字或一般的电、声信号。由于它的研究对象是用机器实现人脑的学习、识别和思维等智能，因此它的研究成果一开始就受到了许多科研人员的注意，并吸引了越来越多的人从事这方面的研究工作。

模式识别作为一门学科和一门技术是十分重要的，因为人类的活动看来都是以模式的形式出现的，语言文字的表达（包括说话）、画图以及理解图像等都涉及到模式。人类处于各种环境中，而环境是由各种模式构成的，人类根据模式所表达、所预示的含义作出相应的反应。因而，大量的人类经验都来自模式识别的实践活动。模式识别是人类行为的一个基本组成部分，一旦使计算机具备了模式识别能力就可以使用机器来执行感知任务。因此，模式识别的研究具有广泛的应用领域和发展前景。目前，模式识别技术已广泛地应用于空间技术、军事侦察、高级制导、地质探矿、气象、天文、化

工生产、医疗诊断、材料分析等领域。特别是计算机技术的迅速发展,性能价格比的不断提高,使模式识别技术已从理论探讨为主发展到大量的实际应用阶段。目前在许多领域的信息系统中,都有性能良好的模式识别系统在工作,并且模式识别技术的应用情况在很大程度上反映了其高技术发展的程度。

在理论上,模式识别根据研究方法不同,可分为统计模式识别、结构模式识别、模糊模式识别与智能模式识别。统计法和结构法是模式识别的经典方法。统计法通过对大量的样本进行统计分析,选择抽取最有代表性的特征作为分类决策的依据。目前,一些石油探矿系统、医疗诊断系统采用的方法就是统计方法。结构法是采用基元选择,根据一定的结构关系,建立相应的文法,通过对文法的剖析产生分类决策。结构方法常用于机器翻译、细胞分析等领域。模糊识别法和智能识别法是新兴的模式识别方法,是信息时代对传统的分析方法的进一步拓宽。模糊识别法是根据模式信息的隶属关系建立隶属度函数,通过计算样本的隶属度,以及对模糊子集、模糊特征和模糊关系的分析产生分类决策。该方法主要用于手写字符的识别,非标准语音的理解等方面。智能识别法包括基于知识的逻辑推理和神经网络,基于知识的逻辑推理是对待识客体运用一定的技术手段,获取客体的符号性表达,通过逻辑推理的步骤来识别客体。神经网络是用大量的非线性并行处理器来模拟众多的人脑神经元,并用处理器间错综而灵活的连接关系来模拟人脑的神经元间的突触行为,从而实现模拟人类在思维过程中的信息处理。智能识别法常用于军事侦察、目标判别和景物分析等方面。

虽然模式识别按其方法可以分为统计法、结构法、模糊法和智能法四种,但在实际构造识别系统时,由于现实世界的多样性和复杂性,单靠其中的某一种方法往往不能达到很好的效果,通常是几种方法结合起来使用。这也是目前从事模式识别研究的一种趋势。模式识别方面的例子有:遥感数据分析(K. S. Fu),地震波解释(C. H. Chen),自动视觉检验(J. L. Mundy, J. F. Jarvis),非数字系统中故障

检出和分析(L. F. Pan),医学数据分析(Kendall Preston, Jr.),文字识别(J. R. Ullmann),语音识别(Renato De Mori)等。近年来,由于模式识别理论与技术的研究具有重大的科学意义与广泛的应用前景,世界各国都将有关模式识别的研究列为高技术发展计划中的主要内容。例如美国的 DARPA 计划,欧洲的尤里卡计划、ESPRIT 计划,日本的人类新领域计划,英国的 ALVEY 计划都投入了大量的人力物力,一些大公司像美国电话电报(AT&T)公司、贝尔科尔(Bellcore)公司、IBM 公司、德克萨斯仪器(TI)公司和施乐(Xerox)公司也纷纷成立专门的研究机构。在国内,开展有关模式识别理论与应用的研究起步较晚,但是发展很快,并成立了一些专门的研究所和模式识别实验室。当前,国家高技术计划正在开始实施,其中的信息领域与自动化领域都将模式识别列为重要研究方向。在国家的“七五”计划、“八五”计划、“九五”计划中,模式识别的研究也占有重要的位置。

### 1.3 地图制图的发展现状

地图制图经历了长期的发展历史,现在已是一门拥有一定理论基础和现代化技术手段的学科。近年来,在理论方面,随着地图制图的发展和各学科之间的交叉渗透,电子技术、系统工程和信息科学在地图制图中的引用,计算机地图制图技术和遥感制图技术的出现,人们对地图制图的认识更加深化,并开始了对地图制图学的理论进行深入的研究和探讨,提出了地图信息论、地图传输论、地图模型论、地图感受论和地图符号学等一系列新的理论。它们观点新颖、内容丰富,给传统的地图制图理论注入了新的活力。在技术方面,计算机技术的迅速发展及其在地图制图中的广泛应用,遥感图像制图的兴起,地图制印新材料、新技术、新工艺的产生,使得地图制图技术正在发生着革命性的变革。特别是由于传统的地图生产过程工时长,劳动强度大,难以满足人们对地图需求的迅速增长。因此,就迫切地希望尽