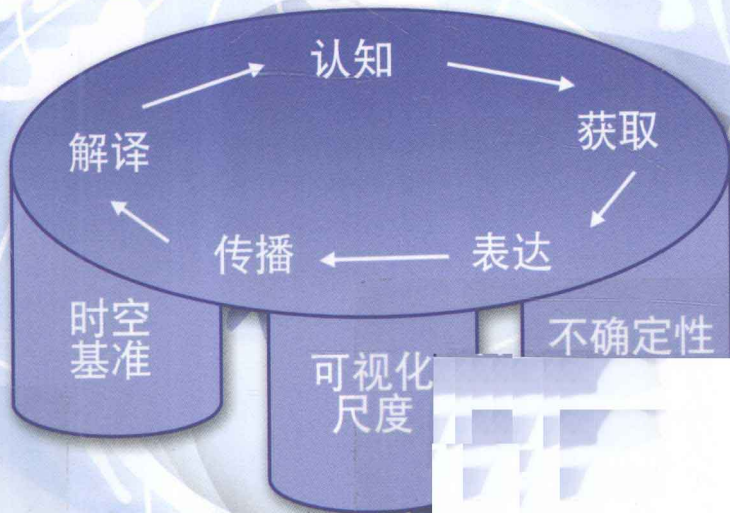




地理信息系统理论与应用丛书

地理信息科学基础理论

● 崔铁军 编著



科学出版社

地理信息系统理论与应用丛书

地理信息科学基础理论

崔铁军 编著

天津市品牌专业建设经费资助出版

科学出版社

北 京

内 容 简 介

地理信息科学的理论问题是近年来研究的热点领域。本书全面介绍地理信息科学的产生、发展过程,及其理论基础、技术体系、软件系统、工程方法和应用领域;讨论认知、认知科学、空间认知和地理空间认知的理论、方法和基本过程;介绍信息与地理信息概念;探讨基于对象、场和网络的地理实体矢栅结构的描述方法,对地理空间数据的基本特征进行详细论述;介绍地理信息的时间和空间基准以及全球格网划分方法,从人的视觉感受、地图视觉变量与感受效果方面阐述了地理信息的可视化理论和方法;重点研究地理信息多尺度理论、地理空间实体的多尺度表达、实现机理以及地理空间数据的尺度变化“四倍规律”、多尺度分级、数据组织和可视化方法;阐述地理信息传输和解译的理论方法;最后介绍地理空间数据的不确定性原理、产生根源、描述方法、类型以及质量控制方法。

本书条理清晰、叙述严谨、实例丰富,既适合作为地理信息系统专业或相关专业本科生、研究生教材,也可供从事信息化建设、信息系统开发等有关科研、企事业单位的科技工作者研究开发需要及阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

地理信息科学基础理论/崔铁军编著. —北京:科学出版社,2012

(地理信息系统理论与应用丛书)

ISBN 978-7-03-016904-4

I. ①地… II. ①崔… III. 地理信息系统-应用软件, ArcGIS-教材
IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 000000 号

责任编辑:韩 鹏 马云川/责任校对:钟 洋

责任印制:钱玉芬/封面设计:王 浩

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新科印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2012 年 5 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2012 年 5 月第一次印刷 印张:26

字数:602 000

定价:59.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

崔铁军教授从事地图制图学与地理信息工程学科专业学习、教学与科研工作 30 余年, 编著的《地理信息科学基础理论》是他对长期工作实践的总结, 可喜可贺!

地理信息学(亦称“地理信息科学”)是传统地理学、数量(计量)地理学在信息化时代的发展和深化。

地理学与测绘学一直有重大密切的联系。信息化是包括地理学与测绘学在内的科学技术变革最主要的推动因素, 给地理学和测绘学带来了深刻的变化。特别是地理学和测绘学得益于计算机科学技术、空间科学技术和信息科学技术的迅速发展, 地理学由传统地理学、数量地理学步入了地理信息学时代, 测绘学由传统测绘学、数字化测绘学步入了信息化测绘学时代。而其中最关键的是全球定位系统(GPS)、遥感(RS)、地理信息系统(GIS)。正是这三种技术(即通常所说的“3S”)与计算机技术和通信网络技术结合, 使得地理信息学的研究实现定量化、精细化、无边界、动态化、快速化、智能化和网络化, 使得信息化测绘学能实现空间信息获取的实时/准实时化和全球化、信息处理的协作(同)化和智能化、信息服务的网格/网络化以及空间信息获取、处理与服务的一体化。这是从技术的角度讲的。当然, 地理学或地理信息学与测绘学或信息化测绘学各自的研究对象和各自看重的研究内容相差很大, 开放的程度也很不同, 所以要弄清两者的分异与聚焦。也可以说地理信息学是由地理学、测绘学和信息学交叉形成的一门交叉科学。

地理信息学的形成来自两个方面: 第一, 技术与应用的驱动, 这是一条从实践到认识、从感性到理论的思想路线; 第二, 科学融合与地理综合思潮的逻辑扩充, 这是一条理论演绎的思想路线。两者互相促进、共同推进地理学思想的发展和地理信息学的产生。地理信息学是关于地理信息本质特征、运动规律的科学。研究对象是地理信息, 即关于自然、人文现象的空间分布与组合的信息。它表征地理环境的数量、质量、分布特征、内在联系与运动规律及其和人类活动(政治、经济、文化、军事等)的关系。基于此, 作者在介绍地理信息学基本概念的基础上, 将地理空间认知、地理信息、地理信息表达、地理信息时空基准、地理信息可视化与尺度、地理空间数据不确定性等作为地理信息学的基础理论是恰当的, 反映了该书的基调。

地理信息学是一门新的科学, 它的理论体系、技术体系和应用服务体系是一个很复杂的问题, 需要许多专家学者从事研究, 该书的出版是一个好的开头, 期盼更多有关的地理信息学领域著作问世。

中国工程院院士
中国测绘学会荣誉会员

王家耀

前 言

弹指间，作者从学习地图制图自动化专业起，在地理信息学科领域教研、工作已有30多年，见证和经历了地理信息科学产生与发展的整个过程，从早期计算机辅助地图制图、各种比例尺地图数据库建设、GIS软件研制、各种应用开发，到目前的地理信息服务。30多年来，地理信息科学以应用为目的，以技术为引导，在社会各行各业服务中逐步从地理学、测绘学和信息学中形成一门边缘交叉学科，学科内容涵盖了基础理论、技术体系、软件系统、工程质量标准和应用领域。

计算机发展和应用以及在社会急剧信息化过程中对地理信息的需求，成为推动该学科产生和发展的强大动力。在发展过程中该学科以测绘为基础，以数据库为数据储存和使用的数据源，以计算机编程为平台逐步完善了地理信息的获取、处理、存储、管理、提取、可视化和分析等技术体系，使该学科不仅包含了现代测绘科学的所有内容，而且研究范围较现代测绘学更加广泛；该学科如饥似渴地吸收信息科学的精华，并与计算机技术结合，形成了网络、嵌入式和组件式等各种各样的地理信息系统，同时也推动了计算机信息科学与技术的发展；面对艰巨而复杂的地理信息系统工程任务，应用工程化的方法，逐步完善和形成了需求分析、系统设计、实施管理、质量评估和标准体系等地理信息工程技术体系；地理信息应用已经突破传统的地学界限。人们在生产和生活中80%以上的信息与地理空间位置有关，地理信息系统已应用到社会各个领域。强大的应用需求推动地理信息系统具有独特空间分析功能，这是与其他信息系统的根本区别。

随着地理学研究信息化的深入，人们开始关注地理信息系统对地理空间表达（如地理空间理解、地图结构表达和空间语言理解）的合理性、对地理建模分析（如地理对象建模、空间尺度分析和空间决策过程）的科学性以及地理信息系统技术（如人机交互界面、地理数据共享和地理信息系统互操作）的智能性。为了解决时空分布的地球表层地理现象、社会发展及其外层空间整个环境及其动态变化的过程在计算机中的表示的问题，人们必定会创造和发展一系列基础理论，并利用这些基础理论推动地理信息学及相关学科的发展。

地理信息科学理论是什么？李德仁院士叙述了地球空间信息科学的地球空间信息的基准、地球空间信息标准、地球空间信息的时空变化理论、地球空间信息的认知、地球空间信息的不确定性、地球空间信息的解译与反演以及地球空间信息的表达与可视化共七大理论问题。目前，国内外学者对地理信息科学的理论问题的认识尚未统一，不同学科有不同的观点。作者试图从地理学、测绘学和信息学等学科中提炼出与地理信息密切相关的时空理论、空间认知理论、地理信息理论、地理信息可视化理论、空间尺度理论、地理信息传输和解译及其不确定性理论等，并综合为地理信息科学的基础理论。这些理论是包括空间信息科学在内的很多学科的一个极其重要但又尚未完全解决的问题。编著这本书的目的是为了抛砖引玉，旨在引起国内学者对地理信息科学理论问题的探讨

和思考,关注地理信息科学基础理论研究,推动地理信息科学的发展。但由于本人水平有限,书中不妥之处在所难免,希望相关专家学者及读者给予批评指正。

值此成书之际,作者要感谢恩师刘光运教授、韩丽斌教授、杨启和教授、刘家豪教授、Kurt Brunner 教授和王家耀院士的教育、培养;感谢天津师范大学城市与环境科学学院领导和老师的支持;感谢历届博士研究生、硕士研究生在地理信息科学研究方面所做出的不懈努力。

作 者

2011 年 8 月 6 日于北京

目 录

序

前言

第 1 章 地理信息科学概论	1
1.1 地理信息科学的形成与发展	1
1.2 地理信息科学的体系	24
1.3 地理信息科学与其他科学的关系	35
1.4 地理信息科学发展趋势	39
1.5 本书内容和基础知识	42
第 2 章 认知与地理空间认知	44
2.1 认知与认知科学	44
2.2 空间认知	53
2.3 地理空间认知	56
第 3 章 地理信息概念	77
3.1 信息概念	77
3.2 地理信息	93
第 4 章 地理实体表达	127
4.1 地理实体及其描述	127
4.2 地理实体的数据描述	137
4.3 基于对象的地理实体矢量表示	147
4.4 基于场的地理实体栅格表示	158
4.5 矢栅结构的比较及转换算法	170
4.6 地理空间数据的特性	175
第 5 章 地理信息时空基准	186
5.1 空间与时间	186
5.2 地理空间	199
5.3 地理空间基准及变换	200
5.4 地理格网	218
第 6 章 地理信息可视化与尺度	235
6.1 视觉与感受	235
6.2 地理信息可视化	245
6.3 地理空间数据尺度	277
6.4 地理空间数据多尺度表达	284
6.5 地理实体多尺度实现机理	293

6.6	地理空间数据多尺度可视化	299
第7章	地理信息传输和解译	307
7.1	信息传输	307
7.2	地图信息传输	314
7.3	地理信息传输	322
7.4	地理信息解译	333
第8章	地理空间数据的不确定性与质量	345
8.1	不确定性原理及其普遍存在性	345
8.2	地理空间数据的不确定性	349
8.3	地理空间数据不确定性描述	357
8.4	研究不确定性的数学方法	368
8.5	地理空间数据不确定性的类型	382
8.6	地理空间数据质量控制与检验	390
参考文献		401

第 1 章 地理信息科学概论

地球是人类的家，人类一直都十分关心这赖以生存和发展的地球表面的状况，进而萌生出各种地理概念。随着人类社会的发展、地理知识的积累，逐步形成一门研究地球表面自然现象和人文现象以及它们之间的相互关系和区域分异的地理科学。计算机信息科学是近几年发展起来的以信息为主要研究对象，以信息的运动规律和应用方法为主要研究内容，以计算机等技术为主要研究工具，以扩展人类的信息功能为主要目标的一门新兴的综合性学科。为了解决时空分布的地球表层地理现象、社会发展、外层空间环境及动态变化的过程在计算机中的表示、模拟和推演的问题，地理科学如饥似渴地吸收信息科学的精华，同时也推动了计算机信息科学技术的发展。在地理科学与信息科学交叉融合过程中产生了一门从信息流的角度研究地球表层自然要素与人文要素相互作用及其时空变化规律的科学——地理信息科学。30 多年来，地理信息科学以应用为目的、以技术为引导，在为社会各行各业服务过程中逐步从地理学、测绘学和信息学中自然形成一门边缘学科。它不仅包含了现代测绘科学的所有内容，而且其研究范围较现代测绘学更加广泛。本章 1.1 节主要介绍地理信息科学的形成与发展，1.2 节探讨地理信息科学的体系，1.3 节介绍地理信息学科与其他学科的关系，1.4 节展望地理信息学科的发展趋势，1.5 节介绍阅读本书所需要的学科领域知识及章节安排。

1.1 地理信息科学的形成与发展

20 世纪计算机的产生和发展，几乎冲击着社会的各个领域，给许多行业带来了巨大的变化和深远的影响。地理学在这个变革时期也正发生着巨大的变化，用计算机来收集、存储和处理各种与空间和地理分布有关的图形和属性数据，并希望通过计算机对数据的分析来直接为管理和决策服务。从技术发展角度看，地理信息科学产生和发展经历了计算机辅助地图制图、地理信息系统和地理信息服务三个阶段。

1.1.1 早期的计算机辅助地图制图

20 世纪 50 年代，计算机控制的行式打印机开始输出图形。人们把计算机引入地图学从而产生了计算机辅助地图制图技术，将连续的以模拟方式存在于纸质地图的空间物体离散化，以便计算机能够识别、存储和处理。1964 年，研制成英国牛津自动制图系统。1967 年，美国 H. T. 费希尔领导的实验室研制出组合统计制图软件包。1970 年，美国人口统计局设计出具有拓扑编辑功能的双重独立地图编辑技术（DIME），奠定了机助制图数据结构的拓扑学基础。在我国，1972 年中国科学院地理研究所开始研制制图自动化系统，刘岳和梁启章（1978a, 1978b, 1979）实现了多种曲线光滑、绘制等值

线图、统计图和趋势面分析等程序；1978 年解放军测绘学院刘光运等（1980，1983）实现了“地形图图廓整饰自动化”；绘制出了一幅 1：50 000 地图，1981 年吴忠性和杨启和完成了“在电子计算机辅助制图情况下地图投影变换的研究”等。20 世纪 80 年代专题地图的计算机制图得到了广泛的应用。从 1995 年开始，计算机制图逐渐走上实用化和规模化阶段。在这一阶段实现了地图制图与地图制印一体化（编印一体化）的突破。通过数字制图技术与桌面出版系统（DeskTop Publish System）的有机结合，形成了桌面地图出版系统，通过激光照排系统输出把地图编绘的成果输出成高精度的分色胶片，直接制版印刷，从而使地图生产实现批量化和实用化，走上了全数字化生产的发展道路（刘海砚和孔群，1998）。

计算机制图的诞生不但改变着传统的地图制作技术，引起地图生产方式和地图面貌的变化，改变了地图使用的实质，促使地图学理论与方法的研究不断深入。

1. 计算机制图过程

计算机制图指运用电子计算机的处理分析功能制作地图。根据地图制图原理，利用电子计算机和图形输入、输出等设备，通过应用数据库技术和图形的数字处理方法，实现地图信息的离散化、编辑、传输、处理，最后以自动或人机结合的方式输出地图，称为计算机辅助地图制图，简称机助制图，亦称数字制图或自动化制图。机助制图可分为编辑准备、数字化、计算机处理、图形输出四个阶段。①编辑准备阶段。收集地图资料和地图数据，并加以分析评价，确定地图投影和比例尺，选择地图内容和表示方法，确定使用的软件和数字化方法，最后成果是数字化规范。②数字化阶段。对于地图和影像，通过数字化，使其变为机器的可读数字。数字化方法有很多种。早期是以脱机/联机方式的手扶跟踪数字化方法。这种方法的速度较慢，但实用、可靠、数据处理简单。现在最普遍的方式是扫描数字化方法，将像片或地图通过扫描数字化仪离散为一系列由不同灰度值构成的二维矩阵像元组，速度快，但所含数据量相当大。③计算机处理阶段。指计算机对数据进行的各种加工，包括数据的编辑加工、数据检索和更新以及图形的变换、简化和处理，如比例尺和投影的变换、数据压缩和内容分类、专门要素的符号化等。④图形输出阶段。指计算机驱动绘图机输出图形。根据数据的不同来源、不同图形特点和对绘图质量的不同要求，可以采用矢量绘图机、光栅绘图机、阴极射线管显示或计算机输出缩微胶片等。

2. 计算机制图系统组成

计算机制图系统包括硬件系统和软件系统两大部分。

1) 计算机绘图系统的硬件系统构成

典型的计算机绘图硬件系统由以下三部分构成：①图形输入设备（键盘、鼠标、数字化仪、图形输入板和扫描仪等），数字化器（可将地图图形转换为数字形式，常用的有手扶跟踪数字化器和扫描数字化器）；②电子计算机，用于处理地图信息和控制绘图的装置，主要设备有主机（计算机）、显示器、外存储器（软盘、硬盘和光盘等）；③图形输出设备，自动绘图机可根据计算机输出数据进行绘图，可分为数控绘图机和扫描绘

图机。

目前,微型计算机硬件系统中央处理器(CPU)的功能更加强大、内外存储器的容量更大,图形处理和显示设备的性能优越,在速度、精度及内外存容量等方面已能满足计算机绘图的要求,为处理各种复杂图形提供了良好的硬件环境。计算机网络技术又实现了(图形)软件资源和硬件资源的共享。

2) 计算机绘图系统的软件系统

由于地图内容和制作过程复杂,软件的类型和功能也多种多样,常按数据类型、设备类别、制图目的和应用功能进行分类,分为矢量制图软件和栅格制图软件;行式打印机制图软件、绘图机软件和屏幕显示软件;地形图制图软件、专题地图制图软件和晒图制图软件;以及基本软件、功能软件和应用软件等。根据目前开发的机助制图软件,制图程序分为以下10步:①数据采集、编辑和管理;②基本绘图操作;③绘制地图的点、线和面状符号;④插值和绘制等值线;⑤三维图形表示;⑥建立地图数学基础和地图投影转换;⑦图表和统计地图的显示;⑧屏幕显示系统;⑨距离和面积的量算;⑩其他分析和处理程序。

早期的计算机制图软件由各类研究单位和院校自己研制,国内教学、科研院所及工矿企业根据计算机硬件环境和业务需求,自主开发了各种计算机绘图软件,主要解决地图的数据获取、处理和图形自动绘制问题。随着国内外商业软件的发展与功能完备,自主开发和维护软件费用太高,广大制图工作者逐步用商业化的绘图软件制作地图。美国Autodesk公司的AutoCAD软件、CorelDRAW、Illustrator、Freehand以及图像处理软件Photoshop等是当今世界上应用最广泛的微机CAD软件,这些软件的图形表现完美、工具丰富,支持用户定义符号、图层操作、矢量栅格叠加且系统稳定,都可直接输出成印前系统接受的EPS格式,输出挂网胶片,其应用遍及机械、建筑、地质、交通、气象等众多领域。国内著名软件有MapCAD、方正智绘等。

通用图形类软件在生产一些图集、插图等方面有一定优势,但是也存在一定的问题:①这些软件的重点在通用图形设计上,而不是专门针对地图制图的,在使用之前必须作很多准备工作,如建立符号库、分层设定等,使用不是很方便;②这些软件都是封闭的系统,只能接受一些通用的图形或图像格式数据,不能接受地图矢量数据(空间数据),生产作业只能在该软件中采集、编辑和输出;③数据按图形方式组织,地图符号没有相应的地理属性,因而这些数据文件不能作为空间数据使用;④采用平面坐标系,各类绘图软件没有地图投影功能,给多种地图数据格式转换、地图投影变换和坐标变换带来很多困难。

为了解决上述问题,部分商业软件提供二次开发环境,如MicroStation、AutoCAD,制图工作者在此基础上开发的一些制图系统,使其满足地图制图的特殊要求。

3. 地图数据特点

长期以来,地图靠手工方法制作,人工耗费多、生产周期长、资料更新慢,影响地图的使用价值。早期的计算机制图(地图制图自动化)只是把计算机作为工具来完成地图制图的任务,地图内容分要素用数字形式存储在计算机中,主要优点有:①便于提

取、更新、处理和应用；②使地图内容转绘、投影转换与比例尺变换简化；③能精确、快速地解决复杂的表示问题；④把人们从繁重的手工地图制图劳动中解脱出来，大大减轻劳动强度。

计算机制图带来了巨大的经济效益。国家、军事部门和企业根据各自的对地图数据需要，投入了大量的人力、物力进行各种比例尺的地图数字化，产生了大量的地图数据。与其他数据相比，地图数据有特殊的数学基础、非结构化数据结构和动态变化的时间特征，给数据获取、处理和存储带来很大难度，如何妥善保存和科学管理这些地图数据是人们长期以来十分关注的课题（毋河海，1990）。伴随着计算机数据组织存储技术的发展，地图数据的维护、更新和管理经历了从低级向高级的发展过程。最初采用文件系统的形式、后来逐步发展为地图数据库系统（Map Data Base System, MDBS）。

早期地图数据库设计与建设的主要目的是地图生产。大规模地图数据库建设的主要资料来源是普通地形图。因此地图数据有以下几个特点。

（1）地图比例尺影响。地图数据是某一特定比例尺的地图经数字化而产生的。地理物体表示的详细程度，不可避免地受地图综合的影响。经过了人为制图综合，地理物体的几何精度（形状）和质量特征已经不是现实世界中的真实反映。为了满足地图应用的需要，不同比例尺地图建立不同地理数据库。

（2）按地图印刷色彩分层管理。为满足地图印刷的需求，依据地图制图覆盖理论，对地图数据按色彩进行分层管理，不是按照地理物体的自然属性进行分类分级。这种分层不仅割裂了地理物体之间的有机联系，也导致了同一个地物在不同层内重复存储。例如，河流两岸的加固陡坎隐含着河流的水涯线信息，道路与绿化带平行接壤使道路边沿线隐含着绿化带的边沿，河流、道路和铁路等线状地物可能隐含着区划界线。

（3）地图图幅限制了数据范围。受印刷机械、纸张和制图设备的限制，传统的地图用图幅限制地图的大小，地图数据用图幅来组织和管理。地图图幅割裂了地理物体的完整性和连续性。例如，一条境界线因为地图的分幅而断作几条记录存储在不同的图幅内。

（4）强调数据可视化，忽略了实体的空间关系。地图数据主要是为地图生产服务的，强调数据的可视化特征。其采取的方式主要为“图形表现属性”，地理物体的数量特征和质量特征用大量的辅助符号表示，包括线型、粗细、颜色、纹理、文字注记、大小等数十种。地图数据是以相应的图式、规范为标准的，依然保留着地图的各项特征。各种地理现象之间的空间位置关系，如道路两旁的植被或农田、与之相邻的居民地等，是通过读图者的形象思维从地图上获取的。地理物体如道路、居民地和河流在空间关系上是相互联系的有机整体，但在地图数据表示中是相互孤立的。因此，地图数据不强调实体的关系表示。

随着科学技术的发展和地图数据应用的深入，特别是计算机技术、数据库技术、网络通信技术和实践的成功，地图数据的应用已不再局限于制作地图这一单一用途上，特别是计算机应用于地学研究，迫切需要以地图数据为基础，融合各种地学数据，包括资源、环境、经济和社会等领域的一切带有地理坐标的数据，通过属性数据描述地理实体的定性特征，用数字表示地理实体的数量特征、质量特征和时间特征。初期的地图数据仅仅把各种地理实体简单地抽象成点、线和面，这远远不能满足实际需要，必须

进一步用计算机表示它们之间的关系（空间关系）。广大科学工作者开始思索如何利用它来反映自然和社会现象的分布、组合、联系及其时空发展和变化，研究在计算机存储介质上如何科学、真实地描述、表达和模拟现实世界中地理实体或现象、相互关系以及分布特征。地图数据与位置相关的社会信息（属性数据）相结合，形成了各种地理信息数据（Geo-Information Data）。基于计算机技术和网络通信技术，解决与地理信息有关的数据获取、存储、传输、管理、分析及其在地学领域的应用问题，导致了 GIS 的产生和发展。

1.1.2 地理信息系统

地理信息系统概念的提出，要追溯到 20 世纪 50 年代。1956 年，奥地利测绘部门首先利用计算机建立了地籍数据库，随后各国的土地测绘和管理部门都逐步发展土地信息系统（LIS）用于地籍管理。1963 年，加拿大测量学家 R. F. Tomlinson 首先提出“地理信息系统”这一术语，并建立了世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统（CGIS），用于自然资源的管理与规划。20 世纪 60 年代，IBM 公司和 COLORADO 公共服务公司开始致力于用计算机管理公用事业的设施，也就是电力线、煤气管道、阀门、仪表、土地等。

在数据获取手段上，不再局限于地图的数字化，获取空间物体信息的手段越来越多样化，特别是随着传感器技术、航空和航天平台技术、数据通信技术的发展，现代遥感技术已经进入一个能够动态、快速、准确、多手段提供多种对地观测数据的新阶段。新型传感器不断出现，已从过去的单一传感器发展到现在的多种类型的传感器，并能在不同的航天、航空遥感平台上获得不同空间分辨率、时间分辨率和光谱分辨率的遥感影像。遥感影像的空间分辨率已达到米级；光谱分辨率已达到纳米级；波段数已增加到数十甚至数百个；回归周期可达几天甚至十几小时；微波遥感已逐渐采用多极化技术、多波段技术及多种工作模式。GPS 和惯性导航系统（INS）等高技术系统相结合的智能型实时地理信息获取系统步入了实用阶段，为地理数据的实时更新提供一个实用、简便、价格低廉的工具。

在地理信息表示方面，地理空间数据不仅表达地理实体的空间位置和形状，更强调地理实体是什么，用一组关系表详细地表达实体的数量和质量特征，同时描述地理实体之间的邻近关系，不仅满足地理实体用计算机可视化的需求，也使系统具有特殊的空间位置查询、属性关系检索、空间关系检索和空间分析等功能。如何把地理实体的空间位置形态、属性关系表和邻近关系映射成适合计算机存储处理的数据结构？地理信息系统考虑数据的表示方法比地图数据更复杂。

在数据组织上，为了满足地理分析需求，不受传统图幅划分的限制组织数据，在人们认识世界和改造世界的一定区域（即现实世界地理空间）内，不管逻辑上还是物理上均为连续的整体。系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合而成的具有特定功能的有机整体。

从理论上讲，地物在地理空间只有唯一的地理数据表示，空间物体本身没有比例尺的含义，应尽可能详细、真实地描述物体形状、几何精度和属性。但人们对地理环境的

认识往往需要一个从总体到局部、从局部到总体反复认识的过程。为了满足人们对地理空间的这种认识需求，必须考虑空间物体的多尺度性，以满足不同的社会部门或学科领域的人群对空间信息的选择需求。

综上所述，从数据内容、获取手段、表示方法和数据组织上，这些数据已经超出了地图数据表示范畴，为了与地图数据区分，人们称之为地理信息数据。管理这些数据的系统的核心是地理信息数据库（Geographic Information Data Base, GIDB）。它是在一定的地域内，将地理空间信息和一些与该地域地理信息相关的属性信息结合起来，实现对地理几何特征和属性信息的采集、更新和综合管理。

1. 地理信息系统定义

地理信息系统是以地理空间数据库为基础，采用地理模型分析方法，适时提供多种空间的和动态的地理信息，为地理研究和地理决策服务的计算机技术系统。它具有以下三个方面的特征：①具有采集、管理、分析和输出多种地理空间信息的能力，具有空间性和动态性；②以地理研究和地理决策为目的，以地理模型方法为手段，具有区域空间分析、多要素综合分析和动态预测能力，能够产生高层次的地理信息；③由计算机系统支持进行空间地理数据管理，并由计算机程序模拟常规的或专门的地理分析方法，作用于空间数据，产生有用信息，完成人类难以完成的任务。

一般来说，GIS 可定义为：“用于采集、存储、管理、处理、检索、分析和表达地理空间数据的计算机系统，是分析和处理海量地理数据的通用技术”。从 GIS 系统应用角度，可进一步定义为：“GIS 由计算机系统、地理数据和用户组成，通过对地理数据的集成、存储、检索、操作和分析，生成并输出各种地理信息，从而为土地利用、资源评价与管理、环境监测、交通运输、经济建设、城市规划以及政府部门行政管理提供新的知识，为工程设计和规划、管理决策服务”（陈述彭，1999）。国际学术界对它的定义多种多样。例如，俄罗斯学者 Trofimov 将其定义为“一种解决各种复杂的地理相关问题，具有内部联系的一组方法上、数学上、软件硬件上和组织上的工具集合”；英国著名地理信息系统与自动制图学家 H. D. Paraker 认为其是“一种存储、分析和显示空间信息和非空间信息的信息技术”。

国内对地理信息系统的定义也不统一。黄杏元、汤勤和马劲松编著的《地理信息系统概论》中把地理信息系统定义为：“是在计算机软件 and 硬件的支持下，运用系统工程和信息科学的理论，科学管理和综合分析具有空间内涵的地理数据，以提供规划、管理、决策和研

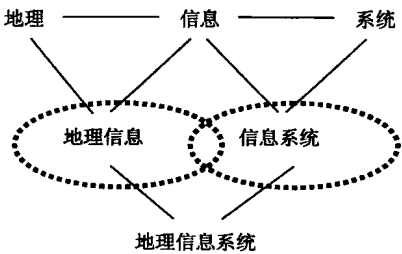


图 1.1 地理与信息集成

究空间数据的一种技术系统”。邬伦和任伏虎等在《地理信息系统教程》中定义地理信息系统是“六十年代开始迅速发展起来的地理学研究新技术，是多种学科交叉的产物”。邬伦和任伏虎等在《地理信息系统教程》中定义地理信息系统是“六十年代开始迅速发展起来的地理学研究新技术，是多种学科交叉的产物”。边馥苓主编的《地理信息系统原理和方法》中定义的地理信息系统是“反

映人们赖以生存的现实世界的现势与变迁的各类空间数据及描述这些空间数据特征的属性，在计算机软件 and 硬件的支持下，以一定的格式输入、存储、检索、显示和综合分析应用的技术系统”。

本书认为，地理信息系统是地理信息与信息系统的集成产物（图 1.1），具有进行空间数据的采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的计算机信息系统。与其他信息系统相比，它具有以下特点。

（1）地理信息系统的物理外壳是计算机化的技术系统，它又由若干个相互关联的子系统构成，如数据采集子系统、数据管理子系统、数据处理和分析子系统、图像处理子系统、数据产品输出子系统等。这些子系统的优劣、结构直接影响着 GIS 的硬件平台、功能、效率、数据处理的方式和产品输出的类型。

（2）地理信息系统的操作对象是空间数据，即点、线、面、体这类有三维要素的地理实体。空间数据的最根本特点是每一个数据都按统一的地理坐标进行编码，实现对其定位、定性和定量的描述，这是 GIS 区别于其他类型信息系统的根本标志，也是其技术难点之所在。

（3）地理信息系统的技术优势在于它的数据综合、模拟与分析评价能力，可以得到常规方法或普通信息系统难以得到的重要信息，实现地理空间过程演化的模拟和预测。

（4）地理信息系统重视对拓扑结构的管理，重视拓扑关系的自动生成，强调与空间相关的查询统计，强调空间分析，强调三维模型分析。

（5）地理信息系统中“地理”的概念并非指地理学，而是指广义的、地理坐标参照系统中的坐标数据、属性数据以及以此为基础而挖掘出来的信息。

（6）地理信息系统是一种以地理（空间）坐标为骨干的信息系统。

2. 地理信息系统组成

地理信息系统由硬件、软件、数据和人员四部分组成。硬件和软件为地理信息系统建设提供环境；数据是 GIS 的重要内容；方法为 GIS 建设提供解决方案；人员是系统建设中的关键和能动性因素，直接影响和协调其他几个组成部分。

1) 计算机硬件系统

计算机硬件系统是计算机系统中实际物理设备的总称，主要包括计算机主机、输入设备、存储设备和输出设备。

2) 计算机软件系统

计算机软件系统是地理信息系统运行时所必需的各种程序，包括：①计算机系统软件，这些软件通常由计算机生产厂家提供；②地理信息系统软件及其支撑软件，包括地理信息系统工具或地理信息系统实用软件程序，以完成空间数据的输入、存储、转换、输出及其用户接口功能等；③应用程序，这是根据专题分析模型编制的特定应用任务的程序，是地理信息系统功能的扩充和延伸。一个优秀的地理信息系统工具对应用程序的开发应是透明的。应用程序作用于专题数据，构成专题地理信息系统的基本内容。

3) 地理信息数据

数据是 GIS 的重要内容，是系统分析加工的对象，是地理信息系统表达现实世界的经过抽象的实质性内容，也是 GIS 的灵魂和生命。数据来源包括室内数字化和野外采集以及从其他数据源的转换。在 GIS 中储存和处理的数据可以分成两大类。第一类是反映事物地理空间位置的信息，称空间信息或空间数据（也称地图数据、图形数据）。空间数据的表达可以采用栅格和矢量两种形式，空间数据表现了地理实体的位置、大小、形状、方向以及几何拓扑关系。第二类是与地理位置有关的反映事物其他特征的信息，称属性信息或属性数据（也可称为文字数据、非图形数据）。通常它们以一定的逻辑结构存放在空间数据库中，空间数据来源比较复杂，随着研究对象不同、范围不同、类型不同，可采用不同的空间数据结构和编码方法，其目的就是为了更好地管理和分析空间数据。

4) 系统使用管理和维护人员

地理信息系统是一个复杂的系统，仅有计算机硬件、软件及数据还不能构成一个完整的系统，必须要有系统的使用管理人员，其中包括具有地理信息系统知识和专业知识的高级应用人才、具有计算机知识和专业知识的软件应用人才以及具有较强实际操作能力的硬、软件维护人才。

人是 GIS 的能动部分。人的技术水平和组织管理能力是决定系统建设成败的重要因素。系统人员按不同分工有项目负责人以及项目开发、项目数据、系统文档撰写和系统测试等人员。各个部分人员齐心协力、分工协作是 GIS 成功建设的重要保证。GIS 的用户范围包括从设计和维护系统的技术专家，到使用该系统并完成每天工作的人员。

3. 地理信息系统功能

地理信息系统的功能分为基本功能和应用功能。地理信息系统软件一般由五部分组成，即空间数据输入与处理、空间数据存储与管理、数据编辑与更新、空间数据查询与分析及空间数据显示与输出组成，如图 1.2 所示。

1) 地理信息数据输入与处理

空间数据输入模块是将地理信息系统中各种数据源输入，并转换成计算机所要求的数字格式进行存储。随着数据源种类（如文本数据、数字数据和模拟数据等）的不同、输入设备的不同及系统选用数据结构及数据编码的不同，在数据输入部分配有不同的软件，以确保原始数据按要求存入空间数据库中。在空间数据输入的同时，通常伴随着对输入数据处理，以实现数据的校验和编辑。数据处理包括：①数据变换，指将数据从一种数学状态转换为另一种数学状态，包括投影变换、比例尺缩放、误差改正和处理等；②数据重构，指将数据从一种几何状态转换为另一种几何状态，包括数据拼接、数据截取、数据压缩、结构转换等；③数据抽取，指对数据从全集到子集的条件提取，包括类型选择、窗口提取、布尔提取和空间内插等。

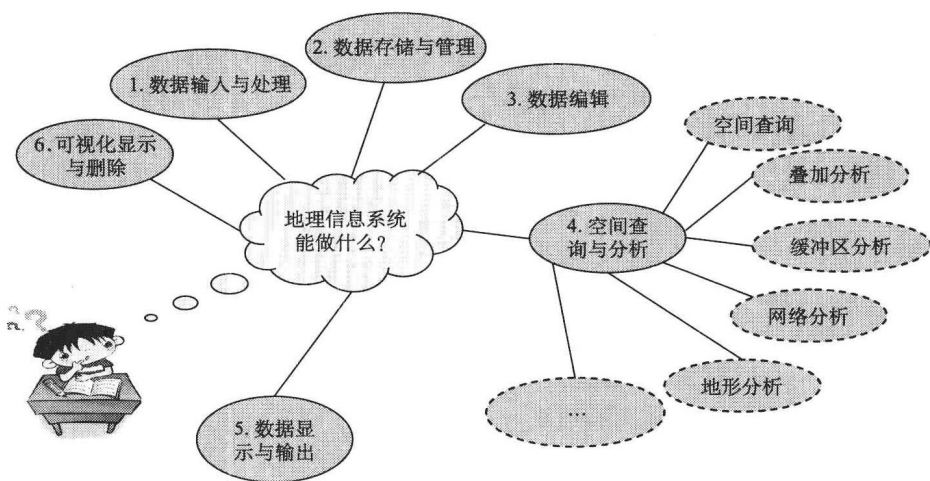


图 1.2 地理信息系统功能

2) 地理空间数据管理

同一般数据库相比,地理信息系统数据库不仅要管理属性数据,还要管理大量图形数据,以描述空间位置分布以及拓扑关系,而且属性数据与图形数据之间具有不可分割的联系。此外,地理信息系统中数据库的数据量大,涉及内容多,这些特点决定了它既要遵循常用关系型数据库管理系统来管理数据,又要采用一些特殊的技术和方法来解决通常数据库无法解决的空间数据问题。在空间数据组织与管理中,其关键是如何将空间数据和属性数据融合为一体。当前大多现行系统都是将二者分开存储在关系型的数据库中,通过公共项(一般定义为地物标识码)来连接。栅格模型、矢量模型和栅格/矢量混合模型是常用的空间数据组织方法。

3) 空间数据编辑

空间数据的编辑是对采集后的数据进行编辑操作。它是丰富、完善空间数据以及纠正错误的重要手段。空间数据的编辑主要包括数据的几何图形编辑和数据的属性编辑。数据的几何图形的编辑针对的是图形的操作,如新建、修改和删除空间要素等。数据的属性编辑针对的是属性的操作,如添加、删除和修改图形要素的属性项。

4) 空间数据分析

空间数据分析能力是 GIS 的主要功能,也是 GIS 与计算机制图软件相区别的主要特征。空间分析是从空间物体的空间位置、联系等方面去研究空间事物,以及对空间事物做出定量的描述。一般地讲,它只回答 What (是什么?)、Where (在哪里?)、How (怎么样?)等问题,但并不(能)回答 Why (为什么?)。空间分析需要复杂的数学工具,其中最主要的是空间统计学、图论、拓扑学、计算几何等,其主要任务是对空间构成进行描述和分析,以达到获取、描述和认知空间数据,理解和解释地理图案的背景过