

高等学校规划教材

理信息系统基础与应用

郭达志 盛业华 余兆平 谢储辉 编著

高等学校规划教材

地理信息系统基础与应用

郭达志 盛业华 余兆平 谢储辉 编著

煤炭工业出版社

内 容 提 要

这本《地理信息系统基础与应用》是根据编著者多年的地理信息系统 (GIS) 科研和教学经验, 并参阅近些年国内外有关论著, 编撰而成。全书由八章和附录组成, 主要包括: GIS 数据结构、GIS 数据模型、整体空间数据库、商业化 GIS 软件系统的介绍与评述、空间数据的处理与管理、GIS 数据分析与输出, 以及 GIS 的应用等, 并收入了一个介绍世界主要商品软件特征的一览表, 作为附录放在书后。

本书为高等矿业院校测绘、土地、地质等专业本科生和研究生的教材, 也可供有关的院校师生及科研院所的技术人员参考。

高等学校规划教材 地理信息系统基础与应用

郭达志 盛业华 余兆平 谢储辉 编著

责任编辑: 洪 钺

煤炭工业出版社 出版

(北京安定门外和平里北街 21 号)

北京房山宏伟印刷厂 印刷

新华书店北京发行所 发行

开本 $787 \times 1092 \text{mm}^{1/16}$ 印张 $16 \frac{1}{8}$

字数 377 千字 印数 1—3,000

1997 年 5 月第 1 版 1997 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 7—5020—1381—4/P5

书号 4150 A0351 定价 12.50 元

前 言

当今世界存在着人口过速增长、资源紧缺匮乏、环境不断恶化和不均衡发展等尖锐问题和矛盾。严酷的现实促使人类社会冷静地审视所走过的历程，总结传统发展模式所带来的严重教训。科技界、社会公众和各国政府越来越认识到，人类不仅要关注发展的数量和速度，更要重视发展的质量和可持续性，寻求经济和社会发展的新模式与新战略。

我们正在迎接信息时代的到来与挑战。当今，信息已成为一种重要的社会资源和社会动力源，引起了社会职能、结构、价值、产业及交往方式的变革，也给人们的观念、生活和行为带来了一场革命。在信息时代，人类有可能全面而充分地利用地球资源、保护环境。但只有合理充分地掌握信息，才能有效地使用技术，避免各种不协调现象的发生。地球的任何资源都是有限的，但对它们的开发利用的方式却是无限的。信息能给我们提供资源优化开发、利用与环境保护的基础和依据。

信息技术的内涵十分广泛，不仅包括电视直播、卫星电话、现代光缆数字通讯、程控交换等等具有重大市场价值和社会覆盖面广的东西，还应该包括像遥感(RS)、卫星全球定位系统(GPS)和地理信息系统(GIS)等通称“3S”科学技术。这些“3S”技术能有效地实现以信息流代替人流、物流与能量流，对生产力和整个社会的发展有着重大的效用。

地理信息系统是集计算机科学、信息科学、测绘科学、地理科学、空间科学、环境科学和管理科学等为一体的新兴边缘学科，是未来信息高速公路的重要组成部分。80年代以来，随着我国改革开放的深入、经济建设和国防建设的迅速发展，从中央到地方的许多行业和单位对GIS科技的需求愈来愈迫切，相继研建了不同规模和多种形式的GIS，并且在国民经济和社会的协调发展中发挥了良好的作用与效益，展现出广阔的应用前景。因此在我国，GIS的人才培养和教育、学科研究及其产业化事业都很需要这方面的书籍。尽管近几年中已有几本这方面的书籍或教材问世，但由于GIS科技发展很快，学科的内涵在不断充实和发展，以及为了适应本行业教学、科研和生产建设的需要，特编写出版这本教材。

本教材是作者在多年从事这一领域的科研和教学工作的基础上，并广泛参阅了近些年国内外有关论著之后写成的。它由八章和附录组成，由郭达志（第一、三、五、八章和附录）、盛业华（第六章的第6—1、6—2、6—3节和第七章）、余兆平（第二章）、谢储辉^①（第四章）和刘文宝^②（第六章的第6—4节）分工编写，最后由郭达志统一、审校和定稿。本书为高等（矿业）院校测绘、土地、地质、地理、市政建设、环境等专业本科生和研究生的教材，也可供从事地理信息系统、资源与环境信息系统、城市规划管理信息系统、土地信息系统等的研究与应用以及遥感应用工作的科技人员和有关大专院校师生参考。

① 现在连云港化工高等专科学校工作。

② 山东矿业学院教师，现在武汉测绘科技大学攻读博士学位。

由于作者水平有限，加之地理信息系统与应用，以及相关科技的发展日新月异，本书远不足以及时、全面地反映本学科的最新成就，挂一漏万之处以及缺点、错误在所难免，恳请读者不吝指教。

编著者

1996年2月于中国矿业大学

后 语

地理信息系统(GIS)科技的发展与应用,形势喜人、形势逼人,呈现出极其广阔的天和前景。应该说,GIS 不仅仅是一种系统,而且是一种全新的技术,是地理空间数据的数字理技术,将成为数字化、信息化多源地学信息的统一载体。

GIS 的发展和功能很大程度上受计算机硬件和软件水平的影响。近十多年来,硬件发展的速度令人吃惊,计算机制造商每 15~18 个月就使机器的能力翻一番,呈跳跃式地发展,现在还看不到它的尽头。尽管 GIS 在近十多年中得到迅速发展,但现有各种 GIS 的关键思想、设计概念和技术路线基本上还是基于 60~70 年代的计算机硬软件技术思想。未来 GIS 的发展趋向是建立能够适应 21 世纪所期望的地理空间数据处理需要的新一代智能 GIS 系统。其要点是:创立能自动综合错误、切实判定支持方法和不确定性(Uncertainty)的处理器;有创造力的空间分析和模拟技术;适合于科学发现和高度自动化的归纳方法;适宜于整体平行处理环境的新颖 GIS 系统模型和数据库结构;适应复杂空间数据智能要求的多媒体形象化方法;用户界面是以知识为基础,具有智能的、可局部修改的友好界面,也许是声音激发的。

遥感始终是 GIS 的亲密伙伴,或者说是它的一个组成部分。不注重遥感的 GIS 产品将没有市场。同时,GPS 等卫星导航/定位系统的出现对遥感影像的使用具有重大的影响。无论是航空遥感,还是卫星遥感都将从 GPS 等技术中得到极大的好处。GPS 提供的精确位置信息可以自动地与飞行器的航偏角、俯仰及滚动信息相结合,提供地理编码几何校正所需要的成像几何形状信息,使飞行器的位置计算得更精确。

总之,随着空间技术和全球通讯基础设施建设的迅速发展,特别是 GPS、高分辨率资源环境卫星和信息高速公路,以及功能日新月异的计算机技术的发展,GIS 学科(科技)及其应用正在跨入多源、多维信息、多媒体技术集成化和智能化发展的新阶段。

GIS 的产业化、市场化是发展 GIS 的目的,也是其发展动力。面对全球和区域人口、资源、环境和灾害等关系社会经济持续发展的问题,以及宏观经济管理与决策、科学研究和工程技术等众多领域,GIS 都有着广阔的应用前景,大有用武之地。

因此,可以预言,由于 GIS 的发展极其迅速,再过几年之后本书的内容将可能显得陈旧,不能适应需求。但愿本书的出版有如汇注于滚滚东流的长江中的涓滴,成为我们对发展地理信息产业的一点奉献。

编著者

1995 年 2 月完成全稿

1996 年 2 月局部修改

目 录

第一章 概论	1
第 1—1 节 信息技术与地理信息系统	1
一、信息、信息技术与信息社会	1
二、地理信息、信息系统与地理信息系统	2
第 1—2 节 GIS 的发展	3
一、GIS 的发展简史	3
二、中国 GIS 的发展概况	5
第 1—3 节 GIS 的软硬件环境	7
一、GIS 的硬件配置	7
二、GIS 软件的特点、基本要求和组成	10
第 1—4 节 GIS 的功能与应用领域	15
一、GIS 的基本功能	15
二、GIS 技术的主要应用领域	18
第 1—5 节 GIS 的相关学科与技术	19
第二章 GIS 的数据结构	21
第 2—1 节 概述	21
一、GIS 中的空间信息及其特征	21
二、GIS 中的数据类型	23
三、空间数据的数据结构	23
四、空间数据的抽象表示	23
五、空间数据的拓扑关系	24
第 2—2 节 矢量数据结构	25
一、矢量数据结构的图形表示	25
二、矢量结构的几种编码方式	26
第 2—3 节 栅格数据结构	28
一、栅格数据结构的图形表示	28
二、栅格结构的建立	29
三、栅格结构编码的方法	30
第 2—4 节 四叉树与八叉树数据结构	32
一、四叉树概述	32
二、基于四进制的线性四叉树编码	34
三、基于十进制的线性四叉树编码	35
四、二维行程编码	36
五、八叉树结构与十六叉树结构	36
第 2—5 节 数据结构的转换	41
一、矢量与栅格结构的比较	41
二、由矢量向栅格的转换	41

三、由栅格向矢量的转换	43
第 2—6 节 栅格-矢量一体化数据结构	46
一、栅矢一体化结构的基本概念	46
二、栅矢一体化数据结构设计	47
三、Voronoi 动态空间数据结构	50
第三章 GIS 的数据模型	52
第 3—1 节 空间目标数据模型化	52
第 3—2 节 关系模型、层次模型与网络模型	54
一、层次数据模型	55
二、网络数据模型	55
三、关系数据模型	56
第 3—3 节 综合数据模型	57
一、二元模型	57
二、分层模型	58
三、综合模型	58
第 3—4 节 超图的概念与多媒体空间信息系统	59
一、超图数据结构的理论框架	59
二、超图数据库设计基本原理	61
第 3—5 节 时空 GIS 数据库系统的概念	63
一、数据模型	64
二、目标数据处理和数据结构	66
三、四维时空数据的组织和时空复合分析	68
第四章 整体空间数据库	71
第 4—1 节 从传统数据模型到面向对象模型	71
一、传统数据模型的弱点	71
二、语义数据模型	72
三、面向对象的数据模型	72
第 4—2 节 面向对象技术的原理与方法	73
一、对象、消息和封装	73
二、类和实例	75
三、继承及类之间的层次关系	76
四、概括、聚集、联合与传播	80
第 4—3 节 面向对象数据库的分析与设计	81
一、概念模式设计	81
二、逻辑模式设计	84
三、物理数据库设计	86
四、面向对象的属性数据库实现方法	86
第 4—4 节 人工智能与专家系统	87
一、知识表示	87
二、知识推理	89
三、知识获取	90
四、专家系统	91
第 4—5 节 空间知识的表示	91

一、谓词逻辑用于空间知识表示	91
二、语义网络的应用	93
三、规则在拓扑关系中的应用	95
四、空间知识的框架表示	95
五、空间知识的过程表示	96
六、不精确的空间知识表示	97
七、空间知识工程示例	97
第五章 商品化 GIS 软件系统介绍与评述	99
第 5—1 节 概述	99
第 5—2 节 ARC/INFO GIS 软件	100
一、PC ARC/INFO 系统的软件结构	100
二、PC ARC/INFO 系统的文件结构	101
三、实现汉字注记的技术方案	103
四、PC ARC/INFO 3.4.2 的特点和功能	104
五、ARC/INFO 7.0.2 版本的特色	105
第 5—3 节 桌面式 GIS 软件 ARCVIEW 2.0	106
第 5—4 节 GENAMAP GIS 软件	108
第 5—5 节 Intergraph MGE GIS 软件	110
第 5—6 节 GRASS GIS 软件	112
第 5—7 节 城市之星 (Citystar) GIS 软件	114
第 5—8 节 吉奥之星 (Geostar) GIS 软件	115
第六章 空间数据的处理与管理	118
第 6—1 节 空间数据的输入与编辑	118
一、图形数据的输入	118
二、属性数据的输入	119
三、GIS 数据的编辑	119
第 6—2 节 遥感数据与 GIS 的综合	121
一、GIS 与遥感图像处理系统的结合	121
二、遥感图像信息的解译	123
三、遥感图像信息与其它空间信息的综合	125
第 6—3 节 空间数据管理	126
一、图幅数据的处理	126
二、数据格式的转换	128
三、空间数据与属性数据的连接	129
四、空间数据开窗处理	130
五、空间数据的压缩处理	133
六、图幅接边与分割	135
七、空间数据的统计综合	137
八、数据更新	137
九、空间数据的索引与检索	139
第 6—4 节 空间数据的质量与表示	147
一、源误差	148
二、操作误差	150

三、GIS 空间操作中误差的传播	151
第七章 GIS 中的数据分析与输出	153
第 7—1 节 空间数据分析	153
一、综合属性数据分析	154
二、缓冲区分析	156
三、空间合成叠置分析	160
四、网络分析	166
第 7—2 节 数字地面模型 (DTM) 与地形分析	171
一、DTM 的概念与作用	171
二、DTM 的数据采集与表示	172
三、DTM 的空间内插方法	174
四、DTM 的地形分析	179
第 7—3 节 数据输出与自动制图	185
一、数据输出设备	185
二、图形设备驱动软件	188
三、制图符号与汉字注记	189
四、制图数据的自动处理	193
五、GIS 数据制图与输出的动画和多媒体技术	196
第 7—4 节 数据共享和标准化	199
一、数据共享	199
二、数据标准化和规范化	201
第八章 地理信息系统的应用	207
第 8—1 节 概述	207
第 8—2 节 GIS 的工程建设	207
一、技术力量的组织管理	208
二、GIS 工程建设	208
第 8—3 节 GIS 的应用模型	209
一、应用系统的数学模型	209
二、模型的开发方法	210
三、应用模型开发举例	212
第 8—4 节 国家基础地理信息系统	215
第 8—5 节 土地资源管理信息系统	216
一、土地信息系统的必要性和可能性	217
二、LIS 的基本硬软件配置要求	217
三、建立 LIS 需要解决的一些主要技术问题	218
第 8—6 节 城市规划管理信息系统	221
第 8—7 节 区域资源与环境信息系统	222
一、自然资源的信息分类	222
二、全球资源与环境数据库系统	224
三、水资源动态分析预测系统	224
四、多元地学信息找矿系统	225
第 8—8 节 矿区资源与环境信息系统	226
一、矿区资源开发及其环境问题	226

二、矿区资源环境信息系统的基本内容和关键技术	227
三、应用模型研究及举例	236
附录 世界主要 GIS 商品软件特征一览表	240
参考文献	246
后语	248

第一章 概 论

第1—1节 信息技术与地理信息系统

一、信息、信息技术与信息社会

在席卷全球的新技术革命浪潮中，人类迎来了信息时代（社会）。面临着信息时代的强大活力，预示着未来社会的文明和人类智力劳动的现代化。当今，信息已成为一种重要的社会资源和社会动力源，引起了社会职能、结构、价值、产业及生活方式的变革，也给人们的观念、方法和行为带来了一场革命。我国正处在社会主义市场经济迅速发展的新时期，信息和信息交换的重要性越来越显示出来，越来越被人们所认识和重视。

信息（Information）是用文字、数字、符号、语言、图像等介质来表示事件、事物、现象等的内容、数量或特征，从而向人们（或系统）提供关于现实世界新的事实和知识，作为生产、建设、经营、管理、分析和决策的依据。信息具有客观性、适用性、可传输性和共享性等特征。信息来源于数据（Data）。数据是一种未经加工的原始资料。数字、文字、符号、图像都是数据。数据是客观对象的表示，而信息则是数据内涵的意义，是数据的内容和解释。例如，从实地或社会调查数据中可获取到各种专门信息；从测量数据中可以抽取地面目标或物体的形状、大小和位置等信息；从遥感图像数据中可以提取出各种地物的图形大小和专题信息。

信息流是指在空间和时间上向同一方向运动过程中的一组信息。它也是物质流、能量流、价值流的外化形式。人类调控生产、经营活动是通过掌握物质流、能量流、价值流发出的信息流来实现的。信息流的特点之一是以物质流和能量流为载体，进行双向性传递，即有从输入到输出的信息传递，也有从输出向输入的信息反馈。人们可以按照这些反馈信息来改变输入的内容或数量，以便对被控制对象产生新的影响。信息流的畅通是保证各种生产、经营和社会活动正常运行的必要条件。因此，加强对信息的组织管理是提高经济建设和社会发展水平的重要保证。本世纪以来，世界劳动人口从物质生产领域向包括信息产业在内的服务性行业转移。今后，第四产业——信息产业在世界经济和社会发展中的作用将越来越显著。信息是未来的“核心”。信息技术是当今世界高技术群的代表，可以帮助人们收集情报、揭示问题和预测未来，极大地扩大和增强人类征服自然的能力，为人类社会带来更大的经济效益和福利。

我国政府正在实施一项跨世纪、全国性的“金桥工程”，即“中国经济信息国道”和“中国信息高速公路”。这是一项庞大的系统工程，是国家经济信息化的基础建设。“金桥工程”与“金关”、“金卡”工程合称“三金工程”。“金桥工程”是为加强国家宏观经济调控需要，为实现“金关”、“金卡”工程以及各地区、各部门、各单位的信息业务系统提供一个技术上先进、经济上合理的公用信息通道。它以卫星综合数字业务网作为基干网，与邮电分组交换网、数字数据网互联互通，互为备用，形成空地一体的网络体系，传输数据、语音、图像。

二、地理信息、信息系统与地理信息系统

地理信息是指与研究对象的空间地理分布有关的信息，它表示地球表层物体及环境所固有的数量、质量、分布特征，相互联系和变化规律。从地理实体到地理数据，再到地理信息的发展，反映了人类认识的巨大飞跃。地理信息属于空间信息。地理数据的种类、特征是与其地理位置联系在一起的，因此具有地域性。地理信息又具有多重结构的特征，即在同一经纬度位置上可以有多种专题和属性的信息结构。例如，在一个地面点位上，有其相应的高程值，重力、岩层特征、污染等多种信息。此外，地理信息还有明显的时序特征，即动态变化特征。这就要求及时采集和更新地理信息，并根据多时相的数据或信息来寻求随时间的分布和变化规律，进而对未来作出预测或预报。

为了有效地对信息流进行控制、组织管理，实现双向传递，需要通过某种信息系统。它能对数据和信息进行采集、存储、加工和再现，并能回答用户的一系列问题。信息系统有四大基本功能：数据的采集、管理、分析和表达。从计算机技术在信息科学中的应用角度看，信息系统是由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成的问答系统。智能化的信息系统还包括知识和经验。计算机硬件包括各类计算机处理机及终端和外部设备；软件是支撑数据和信息的采集、存储、加工、再现及回答问题的程序系统；数据是系统中的重要组成部分，包括定量和定性数据；用户是信息系统的服务对象或使用者，是系统的主人。有一般用户和从事系统的设计、建设、维护、管理和更新的高级用户。

信息系统通常包括企业、事业管理信息系统、财务管理信息系统、交通运输信息系统和空间信息系统等。其中的空间信息系统（Spatial Information System, SIS）是一种十分重要而特殊的信息系统，它采集、管理、处理、输出和更新的信息要包括空间信息和数据。

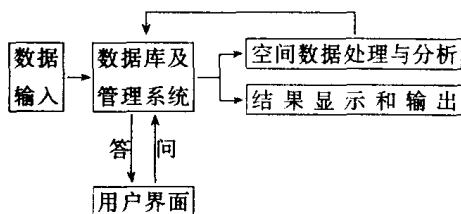


图 1-1 GIS 的概念框架构成

地理信息系统（Geographic Information System 或 Geo-information System, GIS）有时又称为“地学信息系统”或“资源与环境信息系统”。它是一种特定的十分重要的空间信息系统。它是在计算机硬、软件系统支持下，对整个或部分地球表层（包括大气层）空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析、显示和描述的技术系统。

这里，“地理”二字并非指地理学，而是广义地指地理坐标参照系统，也即按地理坐标来组织空间数据。GIS 处理、管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系，包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等，用于分析和处理在一定地理区域内分布的各种现象和过程，解决复杂的规划、决策和管理问题。GIS 的概念框架如图 1-1 所示。

通过上述的分析和定义可得出 GIS 的如下基本概念：

(1) GIS 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) GIS 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 区别于其它类型信息系统的根本标志,也是其技术难点之所在。

(3) GIS 的技术优势在于它的数据综合、模拟与分析评价能力,可以产生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) GIS 与测绘学和地理学有着密切的关系。大地测量、工程测量、矿山测量、地籍测量、航空摄影测量和遥感技术为 GIS 中的空间实体提供各种不同比例尺和精度的定位数据;电子速测仪、GPS 全球定位技术、解析或数字摄影测量工作站、遥感图像处理系统等现代测绘技术的使用,可直接、快速和自动地获取空间目标的数字信息产品,为 GIS 提供丰富和更为实时的信息源,并促使 GIS 向更高层次发展。地理学是 GIS 的理论依托。有的学者断言,“地理信息系统和信息地理学是地理科学第二次革命的主要工具和手段。如果说 GIS 的兴起和发展是地理科学信息革命的一把钥匙,那么,信息地理学的兴起和发展将是打开地理科学信息革命的一扇大门,必将为地理科学的发展和提高开辟一个崭新的天地”^①。GIS 被誉为地学的第三代语言——用数字形式来描述空间实体。

GIS 按研究的范围大小可分为全球性的、区域性的和局部性的;按研究内容的不同可分为综合性的与专题性的。它们间的关系如图 1—2 所示。同级的各种专业应用系统集中起来,可以构成相应地域同级的区域综合系统。在规划、建立应用系统时应统一规划这两种系统的发展,以减小重复浪费,提高数据共享程度和实用性。

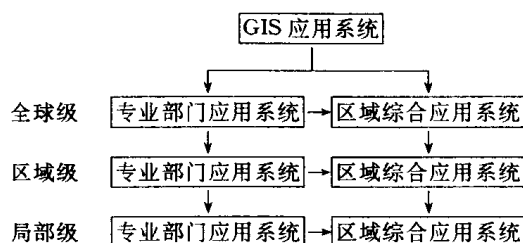


图 1—2 GIS 应用系统的类型与关系

第 1—2 节 GIS 的发展

过去是现在发展的起点,回顾过去是为了未来的发展。当 1960 年加拿大测量学家诺基尔·汤姆林逊 (Roger F·Tomlinson) 博士提出,要把地图变成数字形式的地图,便于计算机处理和分析这一个新颖的思想时,极少有人能看到计算机在 GIS 这个新的领域中的应用前景。之后于 1963 年,他又首先提出了地理信息系统这一术语,并建立了世界上第一个 GIS——加拿大地理信息系统 (CGIS),用于自然资源的管理和规划。同样,当时也很少有人能预见到这会成为一个新兴产业的名称标志。然而,在过去短短的三十余年中,地理信息系统由一个诱人的思想发展成为一个新兴的产业和学科——地理信息产业和地理信息学或地学信息学 (Geomatics 或 Geo-informatics)。先驱者的足迹,开创了地理信息系统产业化的道路。下面简单回顾一下 GIS 的发展历程和它在中国的发展概况。

一、GIS 的发展简史

随着 50 年代电子计算机科学的兴起及其在航空摄影测量与地图制图学中的应用,以及政府部门对土地利用规划与资源管理的需求,逐渐产生利用计算机来收集、存储和处理与空间地理分布有关的图形和属性数据,并借助计算机的分析和输出为管理和规划决策服务,这就导致了计算机化地理信息系统的问世。1956 年奥地利测绘部门首先利用计算机建立了地籍数据库,随后各国的土地管理和测绘部门也逐步发展土地信息系统 (LIS) 用于地籍管

① 陈洪经、冯惠琳:信息地理学初探,资源与环境信息系统国家重点实验室年报,1992。

理。从1963年开始投入人力和财力开发的世界上第一个GIS (CGIS), 至1971年完成, 历时八年。稍后, 美国哈佛大学研究出SYMAP系统软件。但由于当时计算机技术水平不高、存储量小, 使得GIS带有较多的机助制图色彩, 地学分析功能少且极为简单。在这一期间出现了基于栅格数据格式和矢量数据格式的GIS, 但图形交互功能缺乏。此间, 许多与GIS有关的组织和机构纷纷建立。例如, 1966年美国城市和区域信息系统协会(URISA)成立, 1969年又建立起州信息系统全国协会(NASIS), 国际地理联合会(IGU)于1968年设立了地理数据收集和处理委员会(CGDSP)。这些组织机构的建立为传播GIS知识, 发展GIS技术起了重要的推动作用。到60年代末期, GIS的应用前景已经引起许多政府部门、研究机构和大学中不少思想敏锐人士的关注。主要的关注点集中在什么是GIS, 它能够干什么等? 一些学术会议专门就GIS问题展开了探讨。因此, 可以说60年代是GIS思想和技术方法的探索时期。

70年代是GIS的发展时期。在这期间计算机发展到第三代, 大容量随机存取设备——磁盘的使用, 为空间数据的录入、存贮、检索和输出提供了强有力的手段。用户屏幕和图形、图像卡的发展增强了人机对话和高质量图形显示功能, 促使GIS朝着实用化方向迅速发展。一些发达国家先后建立了许多专业性的土地信息系统和地理信息系统。例如, 从1970年到1976年, 美国地质调查局建成了50多个专业GIS, 为地理、地质和水资源等的空间信息管理服务。加拿大、联邦德国、瑞典、日本等国也相继发展了自己的专业GIS。同时, 一些商业公司开始活跃起来, 软件在市场上受到欢迎。据统计70年代约有300多个系统投入使用。1980年美国地质调查局出版了《空间数据处理计算机软件》的报告, 基本总结了1979年以前世界各国GIS的发展概况。此外, D. F. Marble等拟订了处理空间数据的计算机软件登录的标准格式, 对全部软件作了系统的分类, 提出GIS发展研究的重点是, 空间数据处理的算法, 数据结构和数据库管理系统这三个方面。在这期间, 由于西方国家环境浪潮的兴起, 导致GIS在自然资源开发、环境保护和土地利用规划等领域的应用。同时, 许多大学和研究机构开始重视GIS软件设计和应用研究。例如, 美国纽约州立大学布法罗校区创建了GIS实验室, 后来在1988年发展成为包括加州大学和缅因州大学在内的由美国国家科学基金会支持的国家地理信息和分析中心(NCGIA)。说明GIS技术已经受到政府部门、商业公司和大学的普遍重视, 成为一个引人注目的领域。

80年代是GIS在理论、方法和技术上取得突破与趋向成熟的阶段。此期间越来越多的专业杂志创立, 并发表GIS的应用和理论、方法方面的文章; 一些计算机公司开始向用户介绍和展示GIS软件样版; 对GIS有所了解和认识的人日渐增多。此外, 计算机硬件技术大为发展, 图形工作站推出, 微型PC机的性能价格比不断提高, 软件开发工具的广泛应用和数据库技术的推广, 都对GIS的成熟起着推动作用。这期间, GIS的数据处理能力, 空间分析功能, 人机交互对话, 地图的输入、编辑和输出技术均有了较大发展, 并且在许多领域中得到应用。80年代后期, 以工作站为平台的GIS软件日益发展。商品化的GIS软件除了具有上述功能之外, 还能为用户提供良好的用户界面, 多种数据格式转换的接口, 计算机网络通讯, 有的甚至还提供一种“宏语言”作二次开发之用。在实用方面, 从解决基础设施的规划(如道路、输电线)转向更复杂的区域开发问题, 例如土地的多目标规划, 城市发展战略研究及投资环境决策研究等。在这些研究工作中, 地理因素成为不可缺少的依据。GIS与卫星遥感技术相结合, 开始用于解决全球性的难题, 如全球沙漠化、全球可居住

区的评价、厄尔尼诺现象及酸雨、核扩散及核废料，以及全球海面变化与监测等。在此期间推出了不少商品化的 GIS 软件，代表性的有 ARC/INFO, TIGRIS, GENAMAP, IGDS/MRS, Microstation, SYSTEM9 等。有的可在工作站和微机两种版本上运行。

进入 90 年代以来，由于高性能低价格的工作站和微机充斥市场，计算机网络技术的推广应用，以及 UNIX 操作系统，Window 或 X-Window 开发工具和并行处理机技术的不断发展，使 GIS 发展成为具有开放性、信息资源共享和支持多种硬件平台（多层次）的高新技术产品，使用环境更为方便。为了满足 GIS 高速增长和广泛使用的需要，人才培养成为关键。讲授 GIS 的课程或培训班大受欢迎。据不完全统计，到 1991 年底约有两千多所学校开设了或者即将开设 GIS 的课程。出版的教材或专著已有数十种。以 GIS 为主题的国际学术活动十分活跃。如加拿大每年召开两次 GIS 学术会议，在内容上分别侧重于理论研究和应用研究，美国每年有多次综合性的和行业性学术会议都涉及到 GIS 的内容。特别引人注目并有重大影响的国际 GIS 学术会议是“International Symposiums on Spatial Data Handling”，从 1984 年起每两年举行一次。在过去五次大会上作主题报告的专家和题目如下：第一次 1984 年，Roger Tomlinson，“地理信息系统——一门新的前沿学科”（Geographical Information Systems——A New Frontier）；第二次 1986 年，Jack Dangermond，“GIS 的发展趋向与经历”（GIS Trends and Experiences）；第三次 1988 年，Michael W. Dobson，“国际商业出版界的数字地图学”（Digital Cartography in the World of Commercial publishing）；第四次 1990 年，Michael Goodchild，“空间信息科学”（Spatial Information Science）；第五次 1992 年，David Rhind，“GIS 的信息基础结构”（The Information Infrastructure of GIS）。第六次 1994 年的会议在英国爱丁堡大学召开，论文集共收录了 71 篇论文，但没有主题报告，3 维和 4 维 GIS，数据质量，多媒体技术和面向对象模型等是讨论的热点。由此可略知 GIS 发展的主线。在 1990 年北京第二届国际 GIS 会议上，一位日本科学家在谈到 GIS 的特殊意义时风趣地说“彬彬有礼、智能、微笑”（Gentlemen like • Intelligence • Smile），这三个英文词第一个字母的缩写也是 GIS，这也说明 GIS 工作者应具有素质。

90 年代世界各国对 GIS 科技的开发和研究，主要集中在如下一些方面：空间信息分析的新模式和新方法；空间关系及数据模型，包括与时间有关的四维数据结构；人工智能和专家系统的引入；显示与输出技术；GIS 的效益评价；保密性等。总之，国际上的 GIS 已从具备储存、分析评价、查询检索、自动制图等一般功能，向信息采样自动化、多样化、多功能的综合分析评价模型，智能化的专家系统，充分与遥感遥测技术直接连接进行信息更新，以及规范化、标准化和信息充分共享等方面发展。

二、中国 GIS 的发展概况

我国 GIS 的起步较晚，但发展较快、势头良好。大体上可分为下列几个阶段。

第一个阶段是准备阶段。70 年代初期我国开始在测量、制图和遥感领域应用计算机技术。随着世界遥感技术的发展，我国于 1974 年开始引进美国陆地卫星图像资料，开展了遥感图像处理和解译工作。1976 年召开了第一次遥感技术规划会议，形成了遥感技术试验和应用研究的蓬勃发展新局面。此后，开展了各种区域性航空遥感试验研究，获得了大量多层次、多时相、多应用目标的综合地学信息。没有基础理论指导的技术有可能是盲目的技术，没有新技术武装的理论有可能是空洞、落后的理论。遥感在地学各个领域中的推广应用，地学实验技术和理论研究的需要，以及地球科学、环境科学研究向宏观和微观的战略

发展,为地理信息系统的发展开辟了道路。1978年国家计委在安徽黄山召开了全国第一届数据库学术讨论会。同年10月在浙江杭州召开第一届环境遥感学术讨论会,在会上我国著名的地理学家、地图学家陈述彭院士发出了在我国开展地理信息系统研究的倡议。从此,地理信息系统研究的舆论准备、组织建设和可行性实验,在全国由点到面逐步地开展起来。

第二个阶段是试验起步阶段。进入80年代之后,我国在GIS的研究和应用方面取得了实质性的进展。在理论探索、规范探讨、实验技术、软件开发、系统建立、人才培养和区域性、专题性试验等方面都积累了经验,取得了突破和进展。例如,在二滩、渡口地区建立了我国第一个信息系统模型以及全国范围的空间数据库试验方案,建成了1:100万国土基础信息系统和全国土地信息系统,1:400万全国资源和环境信息系统,1:250万水土保持信息系统。在专题性信息系统试验研究方面,如黄土高原信息系统,洪水灾情预报与分析系统、全国树木资源与环境信息系统,矿产资源数据库,煤种资源数据库,农业资源数据库等。用于辅助城市规划的各种小型信息系统在城市建设和规划部门获得了认可。

在学术交流和人才培养方面,此期间也得到较大发展。在国内召开了多次关于GIS的国际学术讨论会。1980年1月,中国科学院遥感应用研究所成立了第一个地理信息系统研究室。1985年2月,在中国科学院和国家计委领导下建立了“资源与环境信息系统国家重点实验室”。南京大学、北京大学、武汉测绘科技大学等高校在计算机辅助制图和地理信息系统的教育、科研和人才培养方面先行一步,并取得了可喜的成绩。

同时,信息系统规范化标准化的研究工作也有计划地开展。1983年11月,国家科学技术委员会组建了资源与环境信息系统国家规范研究组,在充分调查分析国内外历史和现状的基础上,于1984年9月提出了“资源与环境信息系统国家规范研究报告”。上述各个方面卓有成效的工作,使我国逐步形成了自己的建立和发展GIS的技术路线、原则和政策,避免了一些盲目分散或过度集中的通病;使具有实际效能的区域性GIS和专业(题)性GIS得到并行发展,还注意发展微机GIS,以便于推广应用。

第三个阶段是发展阶段。从1986年到1995年前后,我国的GIS事业随着社会主义市场经济的发展走上了全面、迅速发展的阶段。在此期间,全国许多行业部门和部分省区积极发展各有特色的GIS系统,在理论和应用研究、人才培养等方面取得了丰硕成果。由于沿海、沿江经济开发区的发展,土地的有偿使用和外资的引进,急需GIS为之服务,推动了GIS的发展。上海、北京、天津、深圳、海口、三亚、常州、沙市等大中城市都在紧张地建设城市GIS系统。北京农业大学等积极开展土地和农业信息系统的研究。用于农作物估产和灾害监测的遥感与GIS运行系统在建设之中。矿区是一种特殊的地理区域,其地理空间要素和社会经济要素的内容广泛、综合、复杂,而且变化迅速。矿区地理信息系统(MGIS)或称矿区资源与环境信息系统(MREIS)所面向的地理空间包括地面、地下以及大气层的多层次三维空间,甚至要求建立动态的时空一体化的四维GIS。中国矿业大学和西安煤田航测遥感局等在其理论、技术方法和应用研究,以及人才培养方面做了许多工作,取得了可喜的成果。

总之,我国的GIS技术在研究基地和队伍建设、技术研究和成果应用、前沿领域开拓以及参与重大的全球性研究计划,如国际空间年、国际减灾十年等方面服务的进展迅速,已大大缩短了同世界先进国家的差距,并已跻身于国际先进行列。

1992年10月,联合国经济发展部(UNDES)在北京召开了城市GIS学术讨论会,并建议筹建中国GIS协会。经过一年多的筹备工作,于1994年4月25~27日在北京召开中