

中国水利教育协会 组织



全国水利行业“十三五”规划教材（职工培训）

# 地理信息系统应用

主 编 王庆光

主 审 王启亮



中国水利水电出版社  
[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

中国水利教育协会



全国水利行业“十三五”规划教材（职工培训）

# 地理信息系统应用

主 编 王庆光

主 审 王启亮



中国水利水电出版社

[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

· 北京 ·

## 内 容 提 要

本书是基层水利职工培训教材，内容全面，理论结合实际，力求深入浅出，从地理信息系统（GIS）的基本概念和原理出发，介绍 GIS 在行业中的应用。具体内容包括 GIS 基本概念、GIS 空间数据结构、GIS 数据获取与处理、GIS 空间分析、空间数据的表现与产品输出、GIS 新技术、GIS 行业应用、数字城市和智慧城市等。

本书可作为水利、地理信息系统、遥感、测绘工程专业等专业的培训教材，也可作为城市规划、地理、环境及相关专业人员的参考书。

## 图书在版编目（C I P）数据

地理信息系统应用 / 王庆光主编. — 北京：中国水利水电出版社，2017.8  
全国水利行业“十三五”规划教材. 职工培训  
ISBN 978-7-5170-5801-4

I. ①地… II. ①王… III. ①地理信息系统—高等学校—教材 IV. ①P208.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第211910号

|      |                                                                                                                            |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 全国水利行业“十三五”规划教材（职工培训）<br><b>地理信息系统应用</b><br>DILI XINXI XITONG YINGYONG                                                     |
| 作 者  | 主编 王庆光 主审 王启亮                                                                                                              |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>（北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038）<br>网址：www.waterpub.com.cn<br>E-mail: sales@waterpub.com.cn<br>电话：（010）68367658（营销中心） |
| 经 售  | 北京科水图书销售中心（零售）<br>电话：（010）88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点                                                 |
| 排 版  | 中国水利水电出版社微机排版中心                                                                                                            |
| 印 刷  | 北京瑞斯通印务发展有限公司                                                                                                              |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 13印张 308千字                                                                                                |
| 版 次  | 2017年8月第1版 2017年8月第1次印刷                                                                                                    |
| 印 数  | 0001—2000册                                                                                                                 |
| 定 价  | <b>32.00元</b>                                                                                                              |

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

# 前言

地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 是在计算机硬、软件系统支持下, 对整个或部分地球表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。随着计算机技术、空间信息技术和测绘遥感等技术的发展, GIS 正逐步建立完整的技术体系, 并广泛应用于水利、林业、军事、矿山、旅游、城市规划、环境监测、灾害评估、测绘、交通、通信、能源、土地管理、房地产开发等领域, 在国民经济建设和社会生活中发挥越来越重要的作用。

本书是为基层水利职工培训而编写的教材, 力求浅显易懂, 对于理论知识的介绍偏少, 注重 GIS 在实践中的应用, 将理论与实践相结合。

全书总共七章, 各章内容如下: 第一章为绪论, 主要介绍地理信息系统的相关概念、组成、功能、相关学科和发展概况; 第二章 GIS 空间数据结构, 主要介绍空间数据的特征、矢量数据结构和栅格数据结构; 第三章 GIS 数据的获取与处理, 主要介绍 GIS 的数据来源、数据的获取方式和处理、空间数据的元数据; 第四章为空间分析, 主要介绍空间查询、空间量算、缓冲区分析、叠加分析、空间差值、网络分析、数字高程模型; 第五章空间数据的表现与产品输出, 主要介绍 GIS 产品的类型和输出设备、地理信息可视化、专题地图绘制; 第六章 GIS 新技术, 主要介绍组件式 GIS、嵌入式 GIS、网格 GIS、云 GIS、WebGIS、3S 集成技术等; 第七章 GIS 在行业中的应用, 主要介绍 GIS 在水利、测绘、城市规划等行业的应用; 第八章从数字城市到智慧城市, 主要介绍数字城市和智慧城市的概念及支撑技术, 并简要概述智慧城市的应用案例。

本书由广东水利电力职业技术学院王庆光担任主编并统稿, 广东水利电力职业技术学院潘燕芳、福建水利电力职业技术学院张小青、江西水利职业技术学院魏跃华担任副主编。具体分工如下: 第一章和第四章由王庆光完成; 第三章、第五章和第六章由潘燕芳完成; 第二章和第八章由张小青完成; 第七章由魏跃华完成。

本书在编写过程中, 除参考文献列出的文献外, 还参考了大量的网络文

献，未能一列出，在此对其作者表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，书中不当和错误之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

**编者**

2016 年 11 月

# 目 录

## 前言

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 第一章 绪论 .....           | 1   |
| 第一节 GIS 的相关概念 .....    | 1   |
| 第二节 GIS 组成 .....       | 4   |
| 第三节 GIS 功能 .....       | 7   |
| 第四节 GIS 相关学科 .....     | 8   |
| 第五节 GIS 的发展 .....      | 14  |
| 第六节 GIS 主流软件简介 .....   | 17  |
| 第二章 GIS 空间数据结构 .....   | 24  |
| 第一节 空间数据及其特征 .....     | 24  |
| 第二节 空间数据结构的类型 .....    | 26  |
| 第三节 矢量数据结构 .....       | 30  |
| 第四节 栅格数据结构 .....       | 37  |
| 第三章 GIS 数据的获取与处理 ..... | 46  |
| 第一节 GIS 数据的获取 .....    | 46  |
| 第二节 空间数据的质量分析与控制 ..... | 53  |
| 第三节 GIS 数据的处理 .....    | 61  |
| 第四节 空间数据的元数据 .....     | 70  |
| 第四章 空间分析 .....         | 74  |
| 第一节 空间查询 .....         | 74  |
| 第二节 空间量算 .....         | 75  |
| 第三节 缓冲区分析 .....        | 77  |
| 第四节 叠加分析 .....         | 79  |
| 第五节 空间插值 .....         | 84  |
| 第六节 网络分析 .....         | 87  |
| 第七节 数字高程模型 .....       | 92  |
| 第五章 空间数据的表现与产品输出 ..... | 99  |
| 第一节 GIS 产品输出 .....     | 99  |
| 第二节 地理信息可视化 .....      | 104 |
| 第三节 GIS 专题图绘制 .....    | 105 |

|                                |            |
|--------------------------------|------------|
| <b>第六章 GIS 新技术 .....</b>       | <b>113</b> |
| 第一节 组件式 GIS .....              | 113        |
| 第二节 嵌入式 GIS .....              | 116        |
| 第三节 网络 GIS .....               | 118        |
| 第四节 云 GIS .....                | 123        |
| 第五节 WebGIS .....               | 125        |
| 第六节 3S 集成技术 .....              | 127        |
| <b>第七章 GIS 在行业中的应用 .....</b>   | <b>132</b> |
| 第一节 概述 .....                   | 132        |
| 第二节 GIS 在地籍测量中的应用 .....        | 133        |
| 第三节 GIS 基于规则的拓扑在地籍数据中的应用 ..... | 136        |
| 第四节 GIS 在城市规划中的应用 .....        | 138        |
| 第五节 GIS 空间分析技术在水利行业中的应用 .....  | 141        |
| 第六节 GIS 在物流中的应用 .....          | 145        |
| 第七节 GIS 在土地管理中的应用 .....        | 149        |
| 第八节 城市停车场三维 GIS 平台应用 .....     | 152        |
| 第九节 GIS 地图在视频监控系统的行业化应用 .....  | 159        |
| 第十节 目前我国 GIS 发展现状和对策 .....     | 162        |
| <b>第八章 从数字城市到智慧城市 .....</b>    | <b>166</b> |
| 第一节 数字城市概述 .....               | 166        |
| 第二节 数字城市的支撑技术 .....            | 174        |
| 第三节 智慧城市概述 .....               | 190        |
| 第四节 智慧城市支撑技术与应用 .....          | 192        |
| <b>参考文献 .....</b>              | <b>201</b> |

# 第一章 绪 论

## 第一节 GIS 的相关概念

### 一、数据、信息、地理数据和地理信息

数据是一种未经加工的原始资料，格式依赖计算机系统。数据是指能被计算机进行处理的一切对象，包括数字、文字、符号、图形、图像等。

信息是用数字、文字、符号、语言、图形、图像、声音等介质来向人们或机器提供关于现实世界的各种知识。信息具有以下一些基本属性：客观性、传输性、共享性、适应性、等级性、可压缩性、扩散性、增值性、转换性等。但最主要的特点如下：

(1) 客观性。任何信息都是与客观事实紧密相关的，具有本体意义特征，它是对客观事物存在状态、行为过程、现象规律的外在表征的表达，这是信息正确性和精确度的保证。

(2) 传输性。信息可以在信息发送者和接受者之间传输，发送者将信息编码后在信息通道中实时转移，接受者获取后对其进行解译，这便是香农信息熵传输过程。在信息系统中，信息的传输既包括系统把有用信息送至终端设备（包括远程终端）和以一定的形式或格式提供给有关用户，也包括信息在系统内各个子系统之间的流转和交换，如网络传输技术。

(3) 共享性。信息与实物不同，信息可以传输给多个用户，为多个用户共享，而其本身并无损失。

信息的这些特点，使信息成为当代社会发展的一项重要资源。

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，信息来源于数据。也就是说数据是信息的载体，只有理解了数据的含义，才能得到数据中所包含的信息。

信息可以离开信息系统而独立存在，也可以离开信息系统的各个组成和阶段而独立存在；而数据的格式往往与计算机系统有关，并随载荷它的物理设备的形式而改变。数据是原始事实，而信息是数据处理的结果。不同知识、经验的人，对于同一数据的理解，可得到不同信息。

信息与数据是不可分离的。信息由与物理介质有关的数据表达，数据中所包含的意义就是信息。数据是记录下来的某种可以识别的符号，具有多种多样的形式，也可以由一种数据形式转换为其他数据形式，但其中包含的信息的内容不会改变。只有理解了数据的含义，对数据做出解释，才能提取数据中所包含的信息。对数据进行处理（运算、排序、编码、分类、增强等）就是为了得到数据中包含的信息。虽然日常生活中数据和信息概念分得不是很清，但它们有着不同的含义。可以把数据比作原材料，而信息是对原材料处理的



结果。如同一个木匠，在一些工具的帮助下，可以把木材做成有用的家具。同样，计算机专业人员应用计算机的硬件和软件把原始数据转换成信息。这种转换过程可用图 1-1 说明。

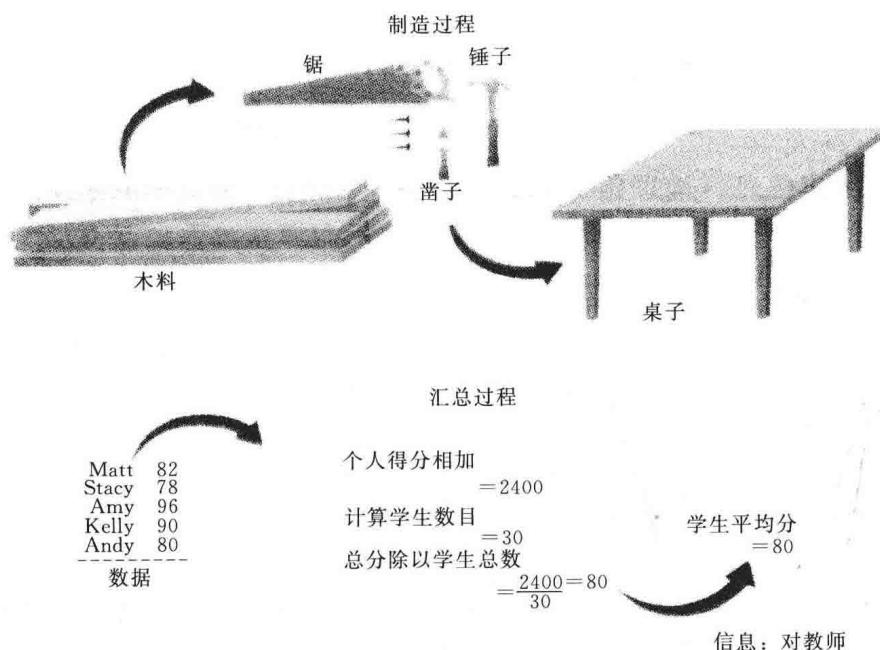


图 1-1 数据和信息

地理数据则是各种地理特征和现象间关系的符号化表示，包括空间位置、属性特征及时域特征三部分。空间位置数据是通过经纬网或公里网建立的地理坐标来实现空间位置的识别；属性特征数据是描述地物特征的定性或定量指标；时域特征数据是指采集地理数据或地理现象发生的时刻或时段。空间位置、属性及时间是地理空间分析的三大基本要素。

地理信息则指与研究对象的空间地理分布有关的信息，它表示地理系统诸要素的数量、质量、分布特征，它也是相互联系和变化规律的图、文、声、像等的总称。

地理信息属于空间信息，它是对表达地理特征与地理现象之间关系的地理数据的解释。

地理信息除了具有信息的一般特性，还具有以下独特特性：

(1) 空间分布性。地理信息具有空间定位的特点，先定位后定性，并在区域上表现出分布式特点，其属性表现为多层次，因此地理数据库的分布或更新也应是分布式。

(2) 数据量大。地理信息既有空间特征，又有属性特征，另外地理信息还随着时间的变化而变化，具有时间特征，因此其数据量很大。尤其是随着全球对地观测计划不断发展，我们每天都可以获得上万亿兆的关于地球资源、环境特征的数据。这必然对数据处理与分析带来很大压力。

(3) 信息载体的多样性。地理信息的第一载体是地理实体的物质和能量本身，除此之



外, 还有描述地理实体的文字、数字、地图和影像等符号信息载体以及纸质、磁带、光盘等物理介质载体。对于地图来说, 它不仅是信息的载体, 也是信息的传播媒介。

## 二、信息系统

### 1. 信息系统的基本组成

信息系统是具有采集、管理、分析和表达数据能力的系统。在计算机时代信息系统都部分或全部由计算机系统支持, 并由计算机硬件、软件、数据和用户四大要素组成, 另外, 智能化的信息系统还包括知识。

计算机硬件包括各类计算机处理及终端设备; 软件是支持数据信息的采集、存储加工、再现和回答用户问题的计算机程序系统; 数据则是系统分析与处理的对象, 构成系统的应用基础; 用户是信息系统所服务的对象。

### 2. 信息系统的类型

根据系统所执行的任务, 信息系统可分为事务处理系统 (Transaction Process System) 和决策支持系统 (Decision Support System)。事务处理系统强调的是数据的记录和操作, 民航订票系统是其典型示例之一。决策支持系统是用以获得辅助决策方案的交互式计算机系统, 一般是由语言系统、知识系统和问题处理系统共同构成。

## 三、地理信息系统

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。地理信息系统处理、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。

通过上述的分析和定义可提出 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 区别于其他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) 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；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”。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。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。

GIS 按其内容可以分为三大类：

(1) 专题地理信息系统 (Thematic GIS)，是具有有限目标和专业特点的 GIS，为特定的专门目的服务。例如，森林动态监测信息系统、水资源管理信息系统、矿业资源信息系统、农作物估产信息系统、草场资源管理信息系统、水土流失信息系统等。

(2) 区域信息系统 (Regional GIS)，主要以区域综合研究和全面的信息服务为目标，可以有不同的规模，如国家级的、地区或省级的、市级和县级等为各不同级别行政区服务的区域信息系统；也可以按自然分区或流域为单位的区域信息系统。区域信息系统如加拿大国家信息系统、中国黄河流域信息系统等。许多实际的地理信息系统是介于上述两者之间的区域性专题信息系统，如北京市水土流失信息系统、海南岛土地评价信息系统、河南省冬小麦估产信息系统等。

(3) 地理信息系统工具或地理信息系统外壳 (GIS Tools)，是一组具有图形图像数字化、存储管理、查询检索、分析运算和多种输出等地理信息系统基本功能的软件包。它们或者是专门设计研制的，或者在完成了实用地理信息系统后抽取掉具体区域或专题的地理系空间数据后得到的，具有对计算机硬件适应性强、数据管理和操作效率高、功能强且具有普遍性的实用性信息系统，也可以用作 GIS 教学软件。

在通用的 GIS 工具支持下建立区域或专题 GIS，不仅可以节省软件开发的人力、物力、财力，缩短系统建设周期，提高系统技术水平，而且使地理信息系统技术易于推广，并使广大地学工作者可以将更多的精力投入高层次的应用模型开发上。

## 第二节 GIS 组 成

与普通的信息系统类似，一个完整的 GIS 主要由四个部分构成，即计算机硬件系统、计算机软件系统、地理数据（或空间数据）和系统管理操作人员。其核心部分是计算机系统（软件和硬件），空间数据反映 GIS 的地理内容，而管理人员和用户则决定系统的工作方式和信息表示方式。系统构成如图 1-2 所示。



图 1-2 GIS 的构成

## 一、计算机硬件系统

计算机硬件系统是计算机系统在实际物理装置的总称，可以是电子的、电的、磁的、机械的、光的元件或装置，是 GIS 的物理外壳。系统的规模、精度、速度、功能、形式、使用方法甚至软件都与硬件有极大的关系，受硬件指标的支持或制约。GIS 由于其任务的复杂性和特殊性，必须由计算机设备支持。构成计算机硬件系统的基本组件包括输入/输出设备、中央处理单元、存储器（包括主存储器、辅助存储器硬件）等。这些硬件组件协同工作，向计算机系统提供必要的信息，使其完成任务，保存数据以备现在或将来使用，将处理得到的结果或信息提供给用户。

## 二、计算机软件系统

计算机软件系统是指必需的各种程序。对于 GIS 应用而言，通常包括以下内容

### 1. 计算机系统软件

由计算机厂家提供的、为用户使用计算机提供方便的程序系统，通常包括操作系统、汇编程序、编译程序、诊断程序、库程序以及各种维护使用手册、程序说明等，是 GIS 日常工作所必需的。

### 2. GIS 软件和其他支持软件

GIS 软件和其他支持软件包括通用的 GIS 软件包，也可以包括数据库管理系统、计算机图形软件包、计算机图像处理系统、CAD 等，用于支持对空间数据输入、存储、转换、输出和与用户接口。



### 3. 应用分析程序

由系统开发人员或用户根据地理专题或区域分析模型编制的用于某种特定应用任务的程序,是系统功能的扩充与延伸。在 GIS 工具支持下,应用程序的开发应是透明的和动态的,与系统的物理存储结构无关,而随着系统应用水平的提高不断优化和扩充。应用程序作用于地理专题或区域数据,构成 GIS 的具体内容,这是用户最为关心的真正用于地理分析的部分,也是从空间数据中提取地理信息的关键。用户进行系统开发的大部分工作是开发应用程序,而应用程序的水平在很大程度上决定系统的应用性优劣和成败。

## 三、系统开发、管理和使用人员

人是 GIS 中的重要构成因素, GIS 不同于一幅地图,而是一个动态的地理模型。仅有系统软硬件和数据还不能构成完整的地理信息系统,需要人进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充完善、应用程序开发,并灵活采用地理分析模型提取多种信息,为研究和决策服务。对于合格的系统设计、运行和使用来说,地理信息系统专业人员是地理信息系统应用的关键,而强有力的组织是系统运行的保障。一个周密规划的地理信息系统项目应包括负责系统设计和执行的项目经理、信息管理的技术人员、系统用户化的应用工程师以及最终运行系统的用户。

## 四、空间数据

空间数据是指以地球表面空间位置为参照的自然、社会和人文经济景观数据,可以是图形、图像、文字、表格和数字等。它是由系统的建立者通过数字化仪、扫描仪、键盘、磁带机或其他系统通信输入 GIS,是系统程序作用的对象,是 GIS 所表达的现实世界经过模型抽象的实质性内容。

在 GIS 中,空间数据主要包括以下内容。

### 1. 某个已知坐标系中的位置

即几何坐标,标识地理景观在自然界或包含某个区域的地图中的空间位置,如经纬度、平面直角坐标、极坐标等,采用数字化仪输入时通常采用数字化仪直角坐标或屏幕直角坐标。

### 2. 实体间的空间关系

实体间的空间关系通常包括:度量关系,如两个地物之间的距离远近;延伸关系(或方位关系),定义了两个地物之间的方位;拓扑关系,定义了地物之间连通、邻接等关系,是 GIS 分析中最基本的关系。

### 3. 与几何位置无关的属性

即通常所说的非几何属性或简称属性,是与地理实体相联系的地理变量或地理意义。属性分为定性和定量的两种,前者包括名称、类型、特性等,后者包括数量和等级;定性描述的属性如土壤种类、行政区划等,定量的属性如面积、长度、土地等级、人口数量等。非几何属性一般是经过抽象的概念,通过分类、命名、量算、统计得到。任何地理实体至少有一个属性,而 GIS 的分析、检索和表示主要是通过属性的操作运算实现的,因此,属性的分类系统、量算指标对系统的功能有较大的影响。



## 第三节 GIS 功 能

在建立一个实用的 GIS 过程中,从数据准备到系统完成,必须经过各种数据的转换,每个转换都有可能改变原有的信息。一般的 GIS 包括以下基本功能:

空间数据采集、空间数据处理(包括编辑)、空间数据存储、分析模型建立、空间信息分析、空间信息输出、各种地图制作等,其中空间分析功能是 GIS 的核心功能。GIS 空间分析是基于地理对象的位置和形态特征的空间数据分析技术,其目的在于提取和传输空间信息,是 GIS 的主要特征,同时也是评价一个 GIS 功能的主要指标之一;是各类综合性地学分析模型的基础,它为人们建立复杂的空间应用模型提供了基本方法。

### 一、数据采集与输入

数据采集与输入主要用于获取数据,保证 GIS 数据库中的数据在内容与空间上的完整性、数值逻辑一致性与正确性等。一般而论,GIS 数据库的建设占整个系统建设投资的 70% 或更多,并且这种比例在近期内不会有明显的改变。因此,信息共享与自动化数据输入成为 GIS 研究的重要内容。目前可用于 GIS 数据采集的方法与技术很多,有些仅用于 GIS,如手扶跟踪数字化仪;而自动化扫描输入与遥感数据集成最为人们所关注。扫描技术的应用与改进,实现扫描数据的自动化编辑与处理仍是 GIS 数据获取研究的关键。

### 二、数据处理

初步的数据处理主要包括数据格式化、转换、概括。数据的格式化是指不同数据结构的数据间变换,是一种耗时、易错、需要大量计算量的工作,应尽可能避免;数据转换包括数据格式转化、数据比例尺的变化等。在数据格式的转换方式上,矢量到栅格的转换要比其逆运算快速、简单。数据比例尺的变换涉及数据比例尺缩放、平移、旋转等方面,其中最为重要的是投影变换;制图综合包括数据平滑、特征集结等。目前 GIS 所提供的数据概括功能极弱,与地图综合的要求还有很大差距,需要进一步发展。

### 三、数据存储与组织

这是建立 GIS 数据库的关键步骤,涉及空间数据和属性数据的组织。栅格模型、矢量模型或栅格/矢量混合模型是常用的空间数据组织方法。空间数据结构的选择在一定程度上决定了系统所能执行的数据与分析的功能;在地理数据组织与管理中,最为关键的是如何将空间数据与属性数据融合为一体。目前大多数系统都是将两者分开存储,通过公共项(一般定义为地物标识码)来连接。这种组织方式的缺点是数据的定义与数据操作相分离,无法有效记录地物在时间域上的变化属性。



## 四、空间查询与分析

空间查询是 GIS 以及许多其他自动化地理数据处理系统应具备的最基本的分析功能；而空间分析是 GIS 的核心功能，也是 GIS 与其他计算机系统的根本区别，模型分析是在地理信息系统支持下，分析和解决现实世界中与空间相关的问题，它是 GIS 应用深化的重要标志。GIS 的空间分析可分为三个不同的层次。

### 1. 空间检索

空间检索包括从空间位置检索空间物体及其属性和从属性条件集检索空间物体。“空间索引”是空间检索的关键技术，如何有效地从大型的 GIS 数据库中检索出所需信息，将影响 GIS 的分析能力；另外，空间物体的图形表达也是空间检索的重要部分。

### 2. 空间拓扑叠加分析

空间拓扑叠加实现了输入要素属性的合并 (Union) 以及要素属性在空间上的连接 (Join)。空间拓扑叠加本质是空间意义上的布尔运算。

### 3. 空间模型分析

在空间模型分析方面，目前多数研究工作着重于如何将 GIS 与空间模型分析相结合。其研究可分三类：

第一类是 GIS 外部的空间模型分析，将 GIS 当作一个通用的空间数据库，而空间模型分析功能则借助于其他软件。

第二类是 GIS 内部的空间模型分析，试图利用 GIS 软件来提供空间分析模块以及发展适用于问题解决模型的宏语言，这种方法一般基于空间分析的复杂性与多样性，易于理解和应用，但由于 GIS 软件所能提供空间分析功能极为有限，这种紧密结合的空间模型分析方法在实际 GIS 的设计中较少使用。

第三类是混合型的空间模型分析，其宗旨在于尽可能地利用 GIS 所提供的功能，同时也充分发挥 GIS 使用者的能动性。

## 五、图形与交互显示

GIS 为用户提供了许多用于地理数据表现的工具，其形式既可以是计算机屏幕显示，也可以是诸如报告、表格、地图等硬拷贝图件，尤其要强调的是 GIS 的地图输出功能。一个好的 GIS 应能提供一种良好的、交互式的制图环境，以供 GIS 的使用者能够设计和制作出高质量的地图。

## 第四节 GIS 相 关 学 科

GIS 是 20 世纪 60 年代开始迅速发展起来的地理学研究的新技术，是多种学科交叉的产物。作为传统科学与现代技术相结合的产物，GIS 为各种涉及空间数据分析的学科提供了新的方法，而这些学科的发展都不同程度地提供了一些构成 GIS 的技术与方法。为了更好地掌握并深刻地理解 GIS，有必要认识和理解与 GIS 相关的学科。

地理学是一门研究人类生活空间的学科，地理学研究空间分析的传统历史悠久，它为



GIS 提供了一些空间分析的方法与观点，成为 GIS 部分理论的依托。地理学的许多分支学科，如地图学、大地测量学等都与 GIS 有着密切的相依关系。另外，GIS 也以一种新的思想和新的技术手段解决地理学的问题，使地理学研究的数学传统得到充分发挥。GIS 的相关学科见图 1-3。

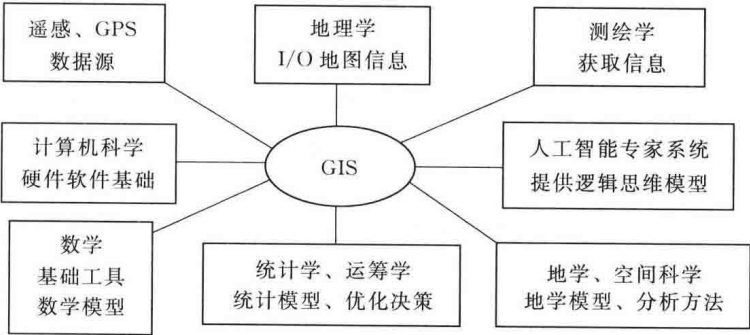


图 1-3 GIS 相关学科

一、地理学

地理学是一门研究人类赖以生存的空间的科学。在地理学研究中，空间分析的理论和方法具有悠久的历史，它为 GIS 提供了有关空间分析的基本观点与方法，成为 GIS 的基础理论依托。而 GIS 的发展也为地理问题的解决提供了全新的技术手段，并使地理学研究的数学传统得到了充分地发挥。

地理系统的内部及其外界，不仅存在着物质和能量的交流，还存在着信息流，这种信息交流使得系统许多似不相关的形态各异的要素联系起来，共同作用于地理系统。而 GIS 体现着一种信息联系，由系统建立者输入，而由机器存储的各种影像、地图和图表都包含了丰富的地理空间信息的数据，通过指针或索引等组织信息相关联；系统软件对空间数据编码解码和处理；用户对 GIS 发出指令，GIS 按约定的方式做出解释后，获得用户指令信息，调用系统内的数据提取相应的信息，从而对用户做出反应，这是信息按一定方式流动的过程。

由此可见，GIS 不仅要以信息的形式表达自然界实体之间物质与能量的流动，更为重要的是以最直接的方式反映了自然界的信息联系，并可以快速模拟这种联系发展的结果，达到地理预测的目的。

总之，自然界与人类存在着深刻的信息联系，地理学家所面对的是一个形体的，即自然的地理世界，而感受到的却是一个地理信息世界。地理研究实际上是基于这个与真实世界并存而且在信息意义上等价的信息世界的，GIS 以地理信息世界表达地理现实世界，可以真实、快速地模拟各种自然的过程和思维的过程，对地理研究和预测具有十分重要的作用。

二、地图学

地图是记录地理信息的一种图形语言形式，从历史发展的角度来看，GIS 脱胎于地



图, 地图学理论与方法对 GIS 的发展有着重要的影响。GIS 是地图信息的又一种新的载体形式, 它具有存储、分析、显示和传输空间信息的功能, 尤其是计算机制图为地图特征的数字表达、操作和显示提供了一系列方法, 为 GIS 的图形输出设计提供了技术支持; 同时, 地图仍是目前 GIS 的重要数据来源之一。但两者又有本质之区别: 地图强调的是数据分析、符号化与显示, 而 GIS 更侧重于信息分析。

地图是认识和分析研究客观世界的常用手段, 尽管地图的表现形式发生了种种变化, 但是依然可以认为构成地图的主要因素有三: 地图图形、数学要素和辅助要素。地图图形是用地图符号所表示的制图区域内, 各种自然和社会经济现象的分布、联系以及时间变化等的内容部分 (又称地理要素), 如江河山地、平原、土质植被、居民点、道路、行政界限或其他专题内容等, 这是地图构成要素中的主体部分。数学要素是决定图形分布位置和几何精度的数学基础, 是地图的“骨架”。其中包括地图投影及坐标网、比例尺、大地控制点等。地图投影是用数学方法将地球椭球面上的图形转绘到平面上; 坐标网是各种地图的数学基础, 是地图上不可缺少的要素; 比例尺表示坐标网和地图图形的缩小程度; 大地控制点是保证将地球的自然表面转绘到椭球面上, 再转绘到平面直角坐标网内时, 具有精确的地理位置。辅助要素是为了便于读图与用图而设置的。如图例就是显示地图内容的各种符号的说明, 还有图名、地图编制和出版单位、编图时间和所用编图资料的情况、出版年月等。有的地图上还有补充资料, 用以补充和丰富地图的内容。如在图边或图廓内空白处, 绘制一些补充地图或剖面图、统计图等。有时还有一些表格或某一方面的重点文字说明。

从 GIS 的发展过程可以看出, GIS 的产生、发展与制图系统存在着密切的联系, 两者的相通之处是基于空间数据库的表达、显示和处理。从系统构成与功能上看, 一个 GIS 具有辅助制图系统的所有组成和功能, 并且还有数据处理的功能。地图是一种图解图像, 是根据地理思想对现实世界进行科学抽象和符号表示的一种地理模型, 是地理思维的产物, 也是实体世界地理信息的高效载体, 地图可以从不同方面、不同专题, 系统地记录和传输实体世界历史的、现在的和规划预测的地理景观信息。

### 三、计算机科学

GIS 技术的创立和发展是与地理空间信息的表达、处理、分析和应用手段的不断发展分不开的。20 世纪 60 年代初, 在计算机图形学的基础上出现了计算机化的数字地图。GIS 与计算机的数据库管理系统 (DBMS)、计算机辅助设计 (CAD)、计算机辅助制图 (CAM) 和计算机图形学 (Computer Graphics) 等有着密切的联系, 但是它们都无法取代 GIS 的作用。

数据库管理系统 (Database Management System, DBMS) 是操作和管理数据库的软件系统, 提供可被多个应用程序和用户调用的软件系统, 支持可被多个应用程序和用户调用的数据库的建立、更新、查询和维护功能, GIS 在数据管理上借鉴 DBMS 的理论和方法, 非几何属性数据有时也采用通用 DBMS 或在其上开发的软件系统管理; 对于空间地理数据的管理, 通用的 DBMS 有两个明显的弱点: 第一, 缺乏空间实体定义能力, 目前流行的网状结构、层次结构、关系结构等, 都难以对空间结构全面、灵活、高效地加以描