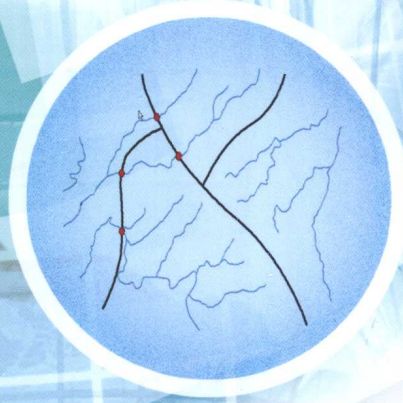
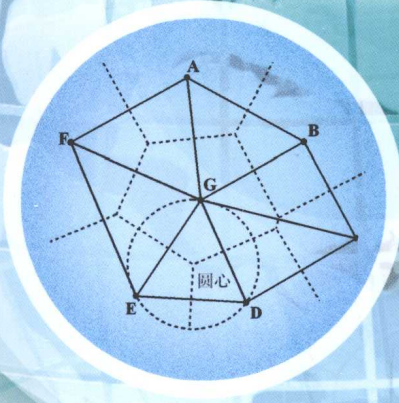
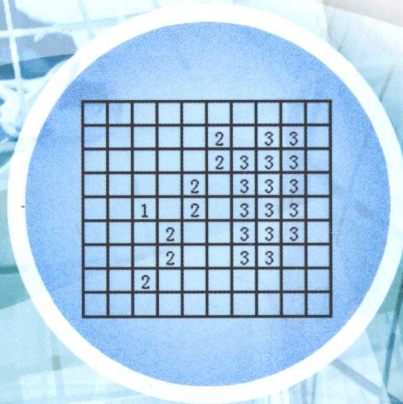
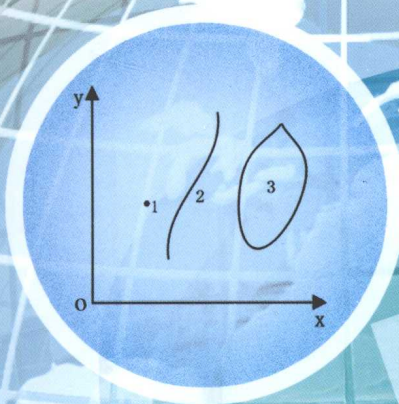




地理信息系统 基础与实验教程

田永中 徐永进 黎明 编
吴文戡 陈杰 张佳会



地理信息系统 基础与实验教程

田永中 徐永进 黎 明 编
吴文骥 陈 杰 张佳会

西南大学教师教育创新平台建设项目
西南大学“5·18 质量工程”建设项目
西南大学研究生重点教材建设项目
国家科技支撑计划 (2006BAC08B04)

资助出版

科学出版社

北京

内 容 简 介

地理信息系统 (GIS) 在当前社会经济建设发挥着重要作用, 是解决诸多空间问题的主要技术手段。本书是长期从事 GIS 课程教学与科研工作的教师在开展“GIS 专业建设与高校课程改革”研究中取得的重要成果。全书共分 7 章, 主要内容包括绪论、空间数据基础、空间数据的输入与处理、空间分析、空间数据的可视化与输出、地理信息系统的开发与应用, 地理信息系统的发展等。

全书以 GIS 基本理论为主线, 结合大量的具体实例, 并配备相关数据, 具有很强的可操作性。随书光盘中除了实验数据外, 还配有各章的课件, 便于教师教学和学生学习。

本书可作为 GIS、地理科学、测绘、城乡规划、土地管理等专业的本科生、研究生的课程教材, 也可供其他相关专业的师生、工程技术人员和研究人员学习参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

地理信息系统基础与实验教程/田永中等编. —北京: 科学出版社, 2010
ISBN 978-7-03-027750-3

I. ①地… II. ①田… III. ①地理信息系统-教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 096375 号

责任编辑: 韩 鹏 赵 冰 / 责任校对: 陈玉凤

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 6 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2010 年 6 月第一次印刷 印张: 21 1/2

印数: 1—3 000 字数: 492 000

定价: 49.00 元 (含光盘)

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

序

从 20 世纪 60 年代初的萌芽，到逐步社会化的今天，GIS 在短短 50 年的发展时间内，从研究室走向生产一线，从空间数据管理转变为空间信息服务，从技术升华为科学，它作为“数字地球”的基础，“3S”一体化的核心，已几乎渗透到国民经济的所有部门，逐步影响和改变着人们的生产、生活和工作方式，并将最终导致人类空间数字思维方式的产生。据初步估算，目前全球与地理信息系统相关的产值已超过 1000 亿美元，我国超过 400 亿元人民币。随着 GIS 产业的迅速增长，GIS 教育事业也蓬勃发展，GIS 观念已逐渐深入人心。GIS 在中国经历了 30 多年的发展历史，而高校 GIS 专业自 1998 年开设至今已历时 10 余年。据不完全统计，目前全国高等院校中已开设 GIS 相关本科专业的多达 150 余所，数十所院校设置了 GIS 的硕士点与博士点，每年毕业的 GIS 专业学生超过 3000 人，我国已经建成世界最大的 GIS 人才培养体系。

“地理信息系统基础”或“地理信息系统概论”是 GIS 专业的核心课程之一，在 GIS 专业的课程体系中具有举足轻重的地位。除 GIS 相关本科专业开设此门课程之外，目前全国高等院校中尚有数十个其他专业将其作为必修课或选修课。由于近年来我国 GIS 教育发展极其迅速，担任此门课程的许多教师并未受到过 GIS 专业方面的系统训练，因此教材建设对于地理信息系统基础课程教学质量的保证尤为重要。自 1989 年黄杏元教授编著大陆第一部《地理信息系统概论》教材并在高等教育出版社出版以来，至今已有 10 余部地理信息系统基础方面的教材或专著出版，为我国 GIS 专业人才的培养作出了不可或缺贡献。西南大学田永中等老师长期致力于 GIS 本科专业及其他相关专业“地理信息系统基础”课程的教学工作，《地理信息系统基础与实验教程》是其长期教学与科研工作的总结。该教材从有利于教师教学和学生学习为基本出发点，将地理信息系统的基本理论与实践有机结合起来。全书以数据流程为主线，将 GIS 基本理论分为 7 个章节，并以 ArcGIS 为实验平台，在每章之后辅以与理论关联的专项实验，对地理空间数据的输入、编辑与处理、分析与输出等过程进行了较为详尽的阐述，是一本较具特色的地理信息系统基础教材。

教育是 GIS 发展的基础，教师素质与教学质量是 GIS 相关专业人才培养的基本保证，教材建设对于教师教学能力的提高和教学质量的保证具有较大的促进作用。欢迎更多的 GIS 同仁为我国的 GIS 教育添砖加瓦，共同促进我国 GIS 各领域的健康发展。

中国 GIS 协会教育与科普专业委员会主任

2010 年 5 月 31 日



前 言

结合地理学基本思想与计算机科学而发展起来的地理信息系统 (GIS), 以其强大的生命力和应用潜能, 在短短的 40 多年里, 不断发展壮大, 逐渐成为当今 IT 产业中的一朵奇葩。尽管地理信息系统脱胎于地图学, 但它的主要功能早已不再局限于地图制图, 空间分析已成为其核心功能。通过对空间数据的输入、存储与处理、分析、输出, GIS 能够为用户提供基于位置的各种服务, 目前已广泛应用于测绘与制图、资源管理、城乡规划、灾害监测与评估、交通运输、公共事业、军事、政府与企业决策等众多领域。事实上, 只要是与位置相关的服务, GIS 均可以发挥作用。据统计, 在所有的信息中, 有 80% 左右的信息是与位置有关的空间信息。当今社会, 对于基于位置服务的需求日益增加, 因此 GIS 有着广阔的服务领域与美好的发展前景。正如 ESRI 公司总裁 Jack Dangermond 所说: “GIS 的应用只与一件事有关, 那就是想象力”。从学科发展的角度看, 地理信息系统已经成为现代地理学的三大分支学科之一, 它是继地图学之后, 地理学的“第三语言”。正是有了地理信息系统的支撑, 地理学才真正步入了信息化的发展阶段。

高校地理信息系统课程一般是作为地理等相关专业的必修课程进行开设的, 由于该课程具有很强的基础性和实践性, 因此选用一本合适的教材至关重要。在多年的教学过程中, 我们试用了很多种教材, 无论是教师或是学生, 总感觉现有的许多教材理论性太强、可操作性很弱, 学完之后学生的动手能力很差, 无法很好地满足社会对 GIS 人才的需求。编制一本浅显易懂、易于操作、面向社会需求的地理信息系统教材, 是我们长期以来的梦想。因此, 本书对于地理信息系统的理论部分未作过多的论述, 而是重点介绍地理信息系统的一些基本知识和基本技能。对每个知识点, 一般先对基本原理和方法作简要的介绍, 然后结合 ArcGIS 软件介绍相关的操作。全书安排了 25 个专项实验, 在正文中还介绍了一些常见的操作技巧, 如空间数据裁切与拼接、地图符号制作等, 内容涉及空间数据从输入至输出的全过程。

全书共 7 章。第 1 章为绪论, 介绍 GIS 的基本概念与知识; 第 2 章是全书的基础, 介绍空间数据的基础知识; 第 3 章介绍空间数据的输入与处理方法; 第 4 章是全书的核心, 介绍空间分析的常用方法; 第 5 章介绍空间数据的可视化方法与数据输出; 第 6 章结合具体的案例介绍地理信息系统软件开发与应用; 第 7 章简要介绍 GIS 的发展历程及未来。

在成书之前, 编者整理了国内外大量的 GIS 教材和最新研究成果, 并收集了各类学生对 GIS 教材的相关诉求, 充分调查了社会对 GIS 的需求情况, 精心安排教材内容和实验。在编写过程中, 西南大学地理信息系统系的各位老师付出了艰辛的努力, 他们多次讨论本书的提纲、知识点, 共享多年教学过程中获得的经验、资料及数据, 分工协

作，按本书宗旨保质保量地完成了各项工作。初稿完成后，又多方征求专家意见，并在教学过程中反复试用。最后历经多次修改，才正式成稿。在本书的编写过程中，易佳、王瑞青、赵克会、陈军、王林松、石永明、钟燕林、王冰、高志勇、杨海、何静、徐旭晨、汪永丰、孙平、马玲、张露、马黎莉、姜良恒、张硕、赵南等给予了大力协助，他们为本书整理了大量的资料和数据。

由于本书涉及 GIS 的内容较为广泛，且安排有相当数量的实验，因此对不同专业的学生，可采取不同的应用策略，有针对性地选取相关学习内容。例如，对 GIS 专业的学生而言，由于后续课程一般都开设空间分析，因此对空间分析中的部分内容可以作为选修或粗略了解；对地理科学、城乡规划等专业的学生及其他相关人员，则应尽可能通读全书，完成所有的实验，这对以后的学习和工作会有很大的帮助。

由于编者水平有限，书中难免存在不足和不妥之处，敬请读者不吝指正。

田永中

2010年3月于西南大学

目 录

序

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 地理信息系统的基本概念	1
1.2 地理信息系统的组成与功能	5
1.3 地理信息系统的研究内容.....	10
1.4 地理信息系统与相关学科的关系.....	12
1.5 地理信息系统的应用领域.....	14
1.6 常用地理信息系统软件简介.....	17
复习思考题	20
实验部分	21
实验一 地理信息系统的组成与功能	21
第 2 章 空间数据基础	24
2.1 地理空间.....	24
2.2 空间数据模型.....	33
2.3 空间数据组织与编码.....	41
2.4 空间数据质量.....	45
2.5 空间数据的元数据.....	54
复习思考题	60
实验部分	61
实验二 空间数据的表达	61
实验三 ArcGIS 基本操作与数据表示.....	63
实验四 栅格像元的不同编码方法及误差比较	69
实验五 ArcGIS 中空间数据的显示.....	71
实验六 ArcGIS 中空间数据的操作.....	75
实验七 元数据的浏览与编辑	79
第 3 章 空间数据的输入与处理	82
3.1 空间数据的输入.....	82
3.2 空间数据的编辑.....	87
3.3 空间数据的处理.....	91
3.4 空间数据的压缩与编码	100
3.5 空间数据库	107

3.6 空间查询	111
复习思考题	117
实验部分	119
实验八 空间数据扫描矢量化	119
实验九 空间数据编辑	121
实验十 属性数据输入	123
实验十一 空间坐标的转换	126
第4章 空间分析	130
4.1 空间分析概述	130
4.2 矢量数据分析方法	134
4.3 栅格数据分析方法	156
4.4 DTM 与三维分析	179
4.5 空间分析建模	209
复习思考题	217
实验部分	219
实验十二 缓冲区分析	219
实验十三 叠加分析	222
实验十四 网络分析	225
实验十五 栅格数据的统计分析	229
实验十六 地形特征点的提取	232
实验十七 最短路径分析	235
实验十八 空间插值	238
实验十九 DEM 的生成与应用	240
实验二十 三维显示	243
实验二十一 空间图解建模	245
第5章 空间数据的可视化与输出	250
5.1 空间数据的可视化	250
5.2 地理信息系统与地图制图	253
5.3 电子地图	268
5.4 地理信息系统产品输出	273
复习思考题	275
实验部分	276
实验二十二 中国人口密度图的制作	276
第6章 地理信息系统的开发与应用	279
6.1 地理信息系统的开发	279
6.2 地理信息系统的应用	287
复习思考题	295
实验部分	296

实验二十三 基于 ArcGIS Engine 的 GIS 二次开发	296
实验二十四 堰塞湖灾害评估	300
实验二十五 确定被炸沉的航空母舰位置	302
第 7 章 地理信息系统的发展	305
7.1 地理信息系统的发展历程	305
7.2 地理信息系统的未来	310
复习思考题	315
主要参考文献	316
附录 1 GIS 常用术语对照	317
附录 2 GIS 相关资源	327

第 1 章 绪 论

内容提要：本章介绍数据、信息、地理数据、地理信息、信息系统和地理信息系统（GIS）等基本概念，重点阐述 GIS 的组成与功能、GIS 的主要研究内容以及 GIS 与相关学科（如测量学、地图学、地理学、遥感学等）之间的关系、GIS 的应用领域等几个方面的内容，最后介绍国内外一些常用的 GIS 软件，如 ArcGIS、MapInfo、MapGIS、SuperMap 等。

1.1 地理信息系统的基本概念

伴随着席卷全球的数字化浪潮，信息逐渐成为当今社会最重要的资源之一。美国学者 Alvin Toffler 在其著名的《第三次浪潮》一书中指出，全球发展经历了农业革命的第一次浪潮和工业革命的第二次浪潮，现在正在经历着以信息化、数字化为代表的第三次浪潮。作为全球信息化浪潮重要组成部分的地理信息系统技术，越来越受到科技界、企业界、政府部门以及普通百姓的广泛关注。

1.1.1 数据与信息

数据（data）是对某一目标进行定性、定量地表达、记录或描述时所取得的原始资料。它可以以多种形式存在，如数字、文字、符号、图形、图像、声音等。信息（information）是从数据中提取出来的，能够反映目标对象的数量、质量、结构、相互关系等特征的消息。

信息与数据是相互区别但又密切联系的两个概念。数据是信息的表达，或称载体；信息则是一种加工后的数据，是数据的内涵，即对数据进行解释后产生的含义（邬伦等，2001）。尽管数据是对客观对象的表示，但它并不就是信息，只有当数据与对象发生联系，或者将人的知识作用到数据上时才可以获得信息。例如，将万分之一（数据）与地图比例尺（对象）相联系时，可以得到这样的信息：图上 1cm 相当于实际距离 100m。数据可用不同的形式表示，而信息不会因数据形式的不同而改变。例如，某一河流水位上涨就是一个信息，它不会因为这个信息的表达形式是数字、文字或图表而改变。

一般而言，信息具有以下特征：

- 1) 客观性，任何信息都是与客观事物或现象紧密相关的；
- 2) 实用性，信息往往具有一定的价值，它可以作为决策的依据；

- 3) 传输性, 信息可以在系统内部或各系统之间以一定形式或格式进行流转和交换;
- 4) 共享性, 信息的可传输性使其能被多个用户共享, 而它本身并无损失。

此外, 信息还具有不灭性 (信息产生后, 其载体可以变换, 但信息本身不会消灭)、时效性 (信息的价值随时间的变化而变化)、价值的相对性 (同一信息对不同的人具有不同的价值)、载体的依附性 (信息必须依赖一定的载体才能体现出来)、可伪性 (信息可以是虚假的) 等特征。

1.1.2 地理数据与地理信息

1. 地理数据与地理信息

地理数据 (geographical data) 是指用来表示地理实体或现象的位置、形状、大小及其分布等诸多方面特征的数据。地理信息 (geographical information) 是有关地理实体的性质、特征和运动状态的表征和一切有用的知识, 它是对地理数据的解释 (陈述彭等, 1999)。由于地理对象都具有一定的空间位置, 因此可以简单地认为, 地理数据和地理信息就是与空间位置相关的数据和信息。正因为如此, 地理数据和地理信息有时也被称为空间数据 (spatial data) 和空间信息 (spatial information)。

2. 地理数据的组成

一个完整的地理数据应当包括以下三个部分。

1) 空间位置: 描述地理对象所在的位置。这种位置既可以根据大地参照系定义, 如大地经纬度坐标, 也可以依据地物间的相对位置关系定义, 如空间上的距离、邻接、重叠和包含等。

2) 属性: 描述地理对象特征的定性或定量指标 (如井的深度、河流的污染物浓度、土地的类型等), 它是地理数据中的非空间组成部分。

3) 时间: 反映地理数据采集或地理现象发生的时刻或时段。缺少时间的地理数据往往在应用上会受到很大的限制。

例如, 对于一条河流的地理数据, 除了要表达河流的空间位置外, 还需要知道河流的宽度、水位高低、水质状况等属性数据, 以及采集这些数据的时间。

3. 地理信息的特征

地理信息除了具有信息的一般特征外, 还具有其独特之处。

1) 空间性: 由于地理数据是基于一定空间的地理对象而产生的, 因此从地理数据中提取出的地理信息具有空间特征, 这是地理信息区别于其他信息的根本标志。

2) 数据量大: 地理数据空间位置的存储需要大量的存储空间, 此外, 它还需要存储众多的属性数据, 并且还需要存储不同时间的数据, 因此其数据量往往比非地理数据要大得多。特别是当地理数据采用栅格数据结构, 并且栅格像元较小时, 数据量会变得更大。

3) 时序性强: 在众多的应用中, 除了需要了解研究对象在某一时间上的地理信息

外,还需要对其数据和信息进行及时更新,了解最新状况,同时开展对比研究,分析其发展变化历程,找出引起这些变化的原因,并对其未来状况作出科学的预测。

4) 多维性:地理空间本身具有三维特征,若加上时间、一项或多项属性,则地理信息的维数可以拓展至四维甚至更多维。

1.1.3 信息系统

系统是由具有特定功能、相互有机联系的多要素构成的整体,要素间通过信息流联系。信息系统(information system)是指由硬件、软件、数据、用户四大要素构成的,具有数据采集、管理、分析和表达能力的系统(陈述彭等,1999)。按功能的不同,信息系统可以分为两大类型,即事务处理系统和决策支持系统。前者强调对数据的记录和操作,如民航订票系统、校园卡管理系统;后者需要提供决策支持,强调对问题的解答,如税务稽查系统、银行风险投资决策系统、电信部门的VIP分析系统、地价评估信息系统等。

1.1.4 地理信息系统

什么是地理信息系统(geographical information system, GIS)?一般认为,地理信息系统是指在计算机硬件、软件系统支持下,对空间数据进行采集、操作、储存与管理、分析、输出的技术系统。简而言之,地理信息系统是综合处理和分析空间数据的一种技术系统。

不同的部门从不同的应用目的出发,对GIS的认识略有不同。1988年,美国国家地理信息与分析中心认为,地理信息系统是为了获取、存储、检索、分析和显示空间定位数据而建立的计算机化的数据库管理系统。1987年,英国教育部给出了这样的定义:“地理信息系统是一种获取、存储、检查、操作、分析和显示地球空间数据的计算机系统。”国外许多学者对GIS有着类似的理解,DoE认为,GIS是“A system for capturing, storing, checking, manipulating, analyzing and displaying data which are spatially referenced to the Earth”。David J. Cowen认为,GIS是“A decision support system involving the integration of spatially referenced data in a problem-solving environment”(陈述彭等,1999)。Demers(1999)认为,“Geographic Information Systems are tools that allow for the processing of spatial data into information, generally information tied explicitly to, and used to make decisions about, some portion of the earth”。在国内也有很多类似的定义,例如,陈述彭等(1999)认为,GIS是“由计算机系统、地理数据和GIS人员组成的,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”。

GIS与一般的信息系统不同,它既是管理和分析空间数据的应用工程技术,又是跨越地球科学、信息科学和空间科学的应用基础学科。其技术系统由计算机硬件、软件和

相关的方法过程所组成，用以支持空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示，以便解决复杂的规划和管理等空间问题。

对于 GIS，通常有以下三种不同的理解。

1) 从系统的角度看，地理信息系统是以空间数据库 (spatial database) 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信息，为地理研究和地理决策服务的计算机技术系统。

2) 从学科的角度看，地理信息系统已经超越了技术与工具的范畴而成为一门科学。它是描述、存储、分析和输出空间信息的理论和方法的一门新兴的交叉学科，属于空间信息科学，跨越地理学、计算机科学、数学等学科。

3) 从应用的角度，地理信息系统也被认为是一种服务。它包括的范围很广，涉及所有基于位置的各种服务。从最简单地为用户获取和处理数据，到较为复杂的空间分析和应用系统开发，从常规的测绘与制图、资源管理领域，到商业、城市管理等领域，只要与位置有关，均可成为地理信息系统的服务对象。

因此，对“GIS”本身，除了可以理解为“geographical information system”外，还可以理解为“geographical information science”和“geographical information service”。总的来说，随着 GIS 应用的拓展，人们对 GIS 的理解也在不断深入。可以说，GIS 起源于实际应用，开始是一门技术，后来是一个技术系统，之后再进一步发展成为一门交叉性边缘学科，现在它已作为一种社会产品服务于众多行业。

前述几个基本概念之间的关系，可用图 1.1 来表示。

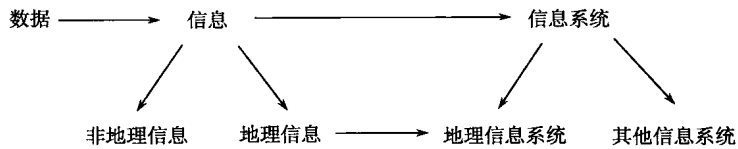


图 1.1 GIS 相关的几个基本概念之间的关系

1.1.5 地球信息科学

1. 地球信息科学的内涵

地球信息科学 (geo-information sciences) 是基于信息科学和地球系统科学，集成了地理信息系统、遥感 (RS)、全球定位系统 (GPS)、数字通信网络、计算机制图与电子制图、虚拟技术和多媒体技术等于一体的科学技术体系，也是 20 世纪 90 年代才兴起的一门新兴交叉科学 (陈述彭, 2007)。

地球信息科学旨在对地球系统信息研究的基础上，为全球变化研究和可持续发展服务。它通过对地球系统内部多源信息获取、传输、感受、处理、响应与反馈信息的机理与信息流过程等进行深入研究，揭示复杂的地球系统各圈层相互作用与影响，阐明全球变化、人地系统、区域可持续发展中的物质流、能量流、信息流的全过程及其时空变化

规律，以及信息流对物质流与能量流的调控作用，为地球系统科学提供全新的研究技术，为各部门宏观调控、规划决策与工程设计提供全方位的信息服务（廖克，2007）。

2. 地球信息科学的研究内容

地球信息科学是经历了地球科学、地球系统科学的发展而形成的新兴学科，对它的研究还处于起步阶段。许多学者当前比较认同的观点是，地球信息科学的研究包括其理论基础研究和应用技术研究两个方面。前者包括信息场、信息流、空间结构、承载力等方面的内容，后者包括地球信息获取、集成、应用等技术（图 1.2）。

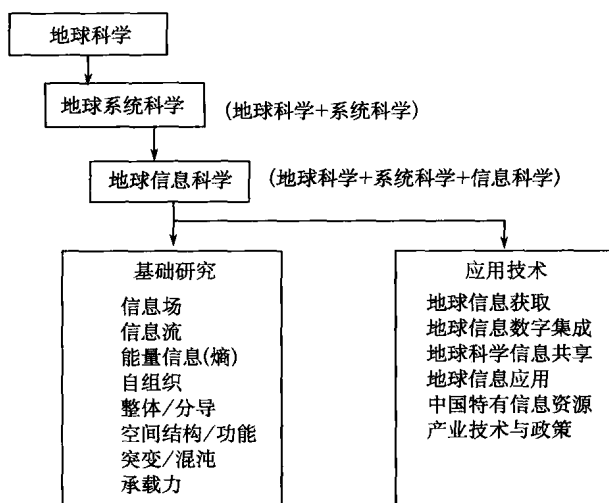


图 1.2 地球信息科学理论与实践（陈述彭，2007）

3. 地球信息科学在地理学中的应用

随着遥感方法和对地观测技术的发展、地理信息系统功能的进一步扩展、计算机技术和多媒体技术的日趋成熟，以及数字地球和虚拟现实技术的应用，地球信息科学进入了飞速发展阶段。与此同时，地球信息科学的应用领域也日益扩大，目前已包括资源清查与管理、经济与社会可持续发展的规划决策与管理、城市规划与现代化管理、农业规划决策与生产管理、灾害预测与灾情评估、环境污染与生态变化监测、全球变化监测与研究等诸多领域。

1.2 地理信息系统的组成与功能

1.2.1 地理信息系统的组成

从信息系统论的角度看，一个完整的 GIS 主要由四个部分组成（图 1.3），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 GIS 人员（系统管理、操

作、使用人员与机构)。四个部分中,计算机系统(包括软件和硬件)是基础;空间数据是核心,反映GIS的地理内容;而GIS人员则决定了系统的工作方式和信息表示方式。也有部分专家认为,GIS还应当有第五部分,即空间处理,它是GIS中的模型和方法,它将前述四个部分有机结合在一起。

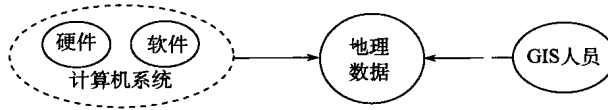


图 1.3 GIS 的组成

1. 计算机硬件系统

GIS的计算机硬件系统是指GIS所操作的计算机系统中所有物理设备的总称。它包括扫描仪等输入设备、绘图仪等输出设备、硬盘等存储设备、服务器等处理设备。具体的硬件配置随GIS工作模式的不同而不同,图1.4是GIS硬件系统的常用配置。

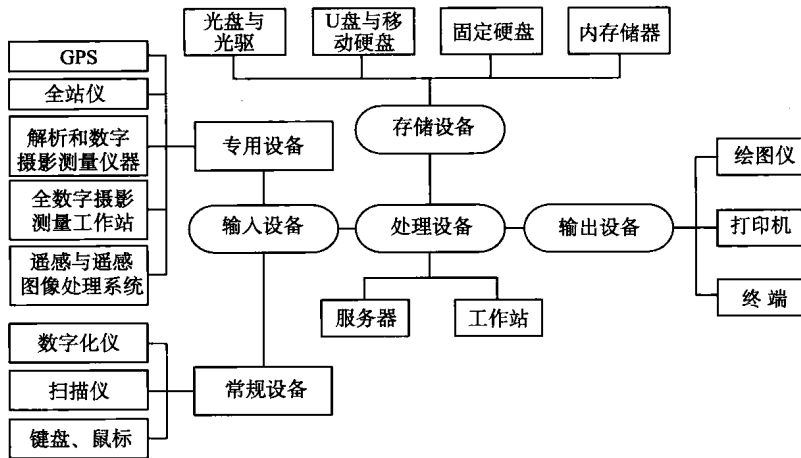


图 1.4 GIS 硬件系统的常用配置 (汤国安等, 2007)

2. 计算机软件系统

GIS的计算机软件系统主要由系统软件、基础软件和GIS软件组成(图1.5),用于执行GIS功能的各项操作,包括数据采集、存储、处理、数据库管理、空间分析、建模、输出和显示空间数据等。系统软件如Windows等操作系统软件,基础软件如Photoshop、AutoCAD等图形像处理软件,GIS软件如ArcGIS、MapGIS、SuperMap等。

3. 地理数据

地理数据也称空间数据,它是GIS的操作对象和管理内容。地理数据以地球表面空间位置为参照,描述各种自然和社会经济现象。它可以采用点、线、面等抽象方式,

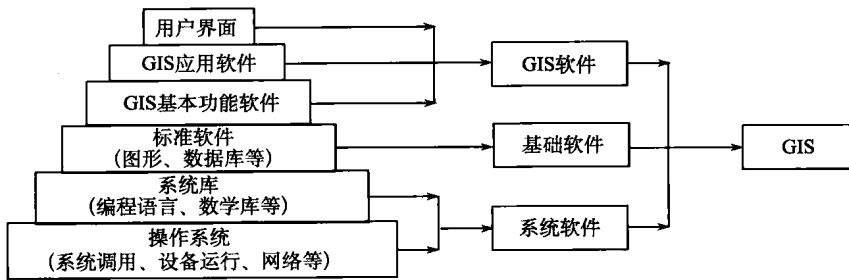


图 1.5 GIS 的计算机软件系统

利用编码技术对空间对象进行特征描述，也可以采用栅格阵列来描述空间对象的位置及属性信息。地理数据可以是数字、文字、表格等，也可以是图形、图像等。通过数字化仪、扫描仪、键盘或其他输入设备可以将地理数据输入计算机，也可以通过其他系统的通信接口直接输入。地理数据必须按一定的数据结构进行存储和组织，建立起标准的数据文件或地理数据库，以便于 GIS 把不同来源的地理数据集成在一起，用于空间问题的综合分析。

4. GIS 人员

GIS 是一个动态的地理模型，是一个复杂的人机系统。仅仅有系统硬件、软件和数据还不能构成一个完整的 GIS，它必须处于相应的机构或组织环境内，需要专门人员进行系统组织、管理、维护和数据更新、系统扩充等工作。因此，系统管理、维护和使用的 人员是 GIS 中的重要构成因素。GIS 人员既包括从事 GIS 开发的专业人员，也包括采用 GIS 完成日常工作的终端用户。广义的 GIS 人员还包括相关的机构和部门。

1.2.2 地理信息系统的功能

1. 地理信息系统的应用功能

地理信息系统作为空间数据的处理、管理和分析系统，在应用方面，就其能够回答和解决的问题而言，归纳起来有以下五类：位置、条件、趋势、模式和模拟（陈述彭等，1999）。

(1) 位置

位置（location）是地理学领域最基本的问题。GIS 可以用于解决某一事物或现象在什么位置、在特定的位置有什么和是什么等问题。例如，沙尘暴的源头在什么地方？受其影响的区域在哪里？天生路 2 号是什么单位？离事故现场最近的医院在什么地方？位置的表达可以有多种形式，如由地理坐标确定的绝对位置、由空间关系确定的相对位置、由行政区划代码或邮政编码确定的位置、由地名或建筑物名称确定的位置等。在 GIS 中，可以通过查询分析、适宜性分析等方式获取地理位置。

(2) 条件

条件（condition）解决符合某些条件的地理对象是什么、在哪里等问题。例如，京

九铁路经过的省（自治区、直辖市）有哪些？长江三角洲有哪些城市？坡度大于 25° 的耕地有哪些？在 GIS 中，可以根据地理对象的属性信息、空间位置、相互关系等特征，采用一个条件或多个条件组合进行查询，从而获取满足条件的地理对象。

（3）趋势

趋势（trend）是解决某一地理事象随时间变化而变化的问题，其根本目的是预测该事象在未来的可能状况，从而作出科学的决策。通常，它需要根据研究对象的发生机理，结合影响该对象发生和变化的因子，对未来作出判断。例如，在森林防火中，当发现火源时，需要根据风向、植被、地形等因素，确定火灾的蔓延趋势，从而采取适当的抗灾措施；在暴雨之后，需要根据降水量、地形、植被等因素，确定河流水位在未来 6 小时、12 小时等的变化情况，从而进行洪灾预警，减少人员和财产的损失。在 GIS 中，可以根据趋势因子的相关数据，采用叠加分析、缓冲区分析、模型分析等方法来解决此类问题。

（4）模式

把解决某类问题的方法总结归纳到理论高度，那就是模式。因此，模式（pattern）是解决某一类问题的方法论。GIS 所能解决的模式问题主要是指地理对象实体或现象之间的空间关系模式、地球系统内部各要素之间或各子系统之间的关系模式等，如河流产沙模式、全球变化与温室效应模式、城市扩张与耕地保护模式、交通网络模式等。模式的确定通常需要长期的观察，熟悉现有各种数据，分析已经发生或正在发生事件的相关因素，通过地理信息系统将现有数据整合在一起，了解数据之间的潜在关系，找出事件发生与哪些因素有关，并建立关系模型，最终获得解决问题的方法。

（5）模拟

模拟（simulation）主要解决某个系统如果具备或改变某种条件，就会发生什么相关地理事件等问题。通过模拟，可以对高度复杂的地球系统进行研究和实验；可以设定不同方案，观察这些方案对系统结构和行为的影响；可以反映变量间的相互关系，说明哪些变量更重要，它们是如何影响其他变量和整个系统的；可以研究不同时期相互间的动态联系，反映系统行为随时间变化而变化的情况；可以检验模型的假设，改进模型的结构。GIS 可以结合元胞自动机、多智能体系统等技术，创建一个虚拟实验环境，通过模型分析，给定模型参数或条件，对未发生或已经发生的地理事件、现象、规律进行演变和反演，为复杂地理现象的模拟、预测、优化提供有效手段，可以解决诸如城市扩展、土地变化、气候变化、疾病扩散、火灾蔓延、沙漠化、洪水淹没、人口迁移、交通控制、紧急事件的人口疏散、环境资源管理、生态安全、公共设施动态选址、城市规划及可持续发展等问题。

2. 地理信息系统的基本功能

由于空间数据是 GIS 的操作对象和核心，因此可以根据数据处理流程中的不同阶段，将 GIS 的基本功能划分为以下五类。

（1）数据采集功能

数据采集是 GIS 最基本的功能，其目标是获取空间数据。目前地理信息系统中可