



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

GIS设计与实现

(第二版)

李满春 陈刚 等 编著
陈振杰 邵一希



科学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

GIS 设计与实现

(第二版)

李满春 陈刚 等 编著
陈振杰 邵一希

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是在充分研究和分析 GIS 发展现状的基础上,根据作者多年从事 GIS 设计与开发的研究和实践,以及主讲南京大学国家精品课程“GIS 设计”的教学经验,结合 GIS 学科的基本理论、技术方法和实践成果编写而成的。书中详细论述了 GIS 设计的理论基础、设计内容、技术方法、组织实施过程及相关规范与标准,并系统介绍了 GIS 设计与实现的各个阶段,即 GIS 系统定义、系统总体设计、系统详细设计、系统实施、系统测试与评价、系统维护等的方法、步骤、工具以及 GIS 设计项目管理与质量保证的相关理论与方法;此外,还对 GIS 空间数据库、地理模型库的设计与实现进行了探讨;最后以建设完成的县级土地利用规划管理信息系统为例,阐述了 GIS 设计与实现各阶段的方法和内容。

本书既可作为高等院校 GIS 专业及相关专业本科生或研究生的教材,也可供科研机构和企业事业单位从事 GIS 研究、应用、管理工作的人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

GIS 设计与实现/李满春等编著. —2 版. —北京:科学出版社,2011.6
普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-03-031121-4

I. ①G… II. ①李… III. ①地理信息系统-高等学校-教材 IV. ①P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 091457 号

责任编辑:杨红 孙青/责任校对:张凤琴
责任印制:张克忠/封面设计:耕者设计工作室

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>

骏杰印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2003 年 8 月第 一 版 开本:720×1000 1/16

2011 年 6 月第 二 版 印张:17 3/4 插页:1

2011 年 6 月第十一次印刷 字数:350 000

印数:26 501—30 500

定价:32.00 元(含光盘)

(如有印装质量问题,我社负责调换)

序

当前国内外的一个重要发展趋势是将地理信息系统（GIS）融入国家信息化和知识经济的主体，为资源环境问题的研究提供高技术手段，形成新的经济生长点，提高国家的安全能力。为此，需要大力发展业务化 GIS 运行系统，提高 GIS 的应用水平和效益。

就本质而言，GIS 是通过存储事物的空间数据和属性数据，记录事物之间的关系和演变过程，并根据事物的地理坐标对其进行管理、检索、评价、分析、结果输出等处理，提供动态模拟、统计分析、预测预报、决策支持等服务。从软件设计开发的角度看，GIS 的建设与运行是一个相对复杂的系统工程，既涉及需求分析、系统设计、软件研制、数据建库、系统集成等诸多技术环节，也牵涉用户自身业务重组、研制方与用户方之间的协作、系统运行的制度保障等非技术因素。为此，需要运用软件工程学的思想和方法，并结合地理信息自身的特点和相关理论，制定出详尽的系统设计、实施以及项目计划管理方案，从而保证软件质量，提高开发效率，降低开发成本。

应该指出的是，由于现有的计算机工程方法不完全适用于 GIS 设计，许多学者、工程师和系统分析人员在 GIS 项目工程实施过程中进行了有益的研究与探索，努力发展适用的 GIS 软件工程方法。虽然不同的 GIS 工程存在差异性和复杂性，难以公式化地制定一套放之四海而皆准的固定方法，但实践证明，采用通行的标准法则，能够总结形成一些针对特定问题集的一般方法，供工程人员剪裁、取舍和参考运用。

李满春教授根据多年从事 GIS 设计与开发的研究和实践，以及主讲南京大学地理信息系统专业主干课程——国家精品课程“GIS 设计”的教学经验，编写了《GIS 设计与实现》一书。该书以软件工程学的理论方法为总体框架，将地理信息与 GIS 的特点融入其中，并辅以大量的图表对 GIS 设计与开发的各种方法和步骤进行归纳、分类和对比，最后以作者自行研发的县级土地利用规划管理信息系统为例，具体实践了 GIS 设计与实现各阶段的方法和内容。这样不仅为读者在学习过程中搭建了联系理论与实践、理性认识与感性认识的桥梁，也为实际工作提供了具体详细的方法指导和参考依据。此外，该书还阐述了 GIS 空间数据库和地理模型库的原理和方法，介绍了 GIS 开发技术以及 GIS 设计项目管理与质量保证的方法和技术，探讨了地理信息互操作、面向服务的 GIS 设计、网络 GIS、共相式 GIS 等新技术、新理念。

该书内容既与生产实践紧密结合，同时又升华到理论方法的高度，是一本有关 GIS 设计的精品教材，有着重要的参考和使用价值。

最后，衷心祝贺该书的出版。希望它能有助于推动我国当前的 GIS 教学改革，培养面向社会需求的 GIS 研发人才，促进我国 GIS 事业的发展！

中国地理信息系统协会会长
2011 年 3 月 5 日于北京



前 言

GIS (geographic information system) 是横断计算机科学、信息学、遥感科学、测量学、地图学、地理学、资源学、环境学等学科的一门研究地理信息的本质特征与运动规律的学科。它从 20 世纪 60 年代问世以来, 已经经历了近 50 个春秋的飞速发展, 在理论体系、技术方法和组织架构上都日趋完善。从理论体系来看, GIS 已经发展成为一门学科, 有其自身的理论基础、技术规范和应用领域, 体系结构趋于完整。从技术方法来看, GIS 数据结构趋于完备, 面向对象的空间数据存储方式使 GIS 的数据管理和维护极大地简化, 空间数据管理方式也从文件管理发展到了关系型数据库管理; GIS 空间分析操作功能日臻完善, 对 GIS 空间分析与操作的研究也日益深入, 诸如网络分析、缓冲区分析、空间叠加分析等理论都被成功地应用于 GIS 中; GIS 应用技术趋于成熟, 在社会、经济、生活中应用的深度和广度不断加强: 从最初的简单绘制静态电子地图到进行动态监测和分析, 从单纯的地理数据管理到规划辅助决策, 从 GIS 信息孤岛到 WebGIS 及地理信息服务, 从政府 GIS、企业 GIS 到社会 GIS 等。从组织架构来看, 许多国家都已成立 GIS 组织机构, 并在传播 GIS 知识、把握 GIS 发展方向、促进 GIS 学术交流、制定 GIS 标准规范等方面起了重要的作用; 同时, 出现了一大批从事 GIS 生产研究的公司企业, 促进了 GIS 技术的进步和在应用领域的推广。

随着 GIS 朝着产业化、社会化和大众化方向的不断深化, 社会生产各部门、科研单位等 GIS 用户都迫切希望能尽快将先进的 GIS 理论成果、技术方法和管理模式转化为生产力, 真正利用 GIS 实现高效的地理信息管理和辅助决策。而 GIS 的设计与实现正是连接上述理论和实践之间的桥梁。GIS 设计与实现将用户抽象的目标和问题转化为 GIS 世界中的概念模型, 再通过适当的硬件环境和多功能的 GIS 软件模块将概念模型具体化为信息世界中可操作的机理和过程, 并设计简便易用的用户界面实现人机交互对话, 从而真正实现了从抽象目标到现实系统的转化。随着 GIS 在众多管理、生产部门得以广泛普及, 高等院校的地学类、测绘类等学科都开设了 GIS 方面的课程, 而且具有 GIS 应用和开发实践能力的毕业生也越来越受到社会的青睐。所以, 培养 GIS 专业人员的设计和开发能力是过去、当前和将来 GIS 教学改革的一个重要方面。由此, 作者尝试编写本书。

GIS 软件不同于其他一般软件, 它具有如下特点: 空间数据量庞大, 实体种类繁多, 实体间的关联复杂; 空间数据驱动开发设计; GIS 工程投资多, 周期

长, 风险大, 涉及部门繁多, 等等。这就要求我们在 GIS 的设计与实现过程中运用 GIS 工程学的思想, 遵循系统工程学、软件工程学和地理信息科学的理论和方法, 坚持 GIS 设计与实现的基本原则。GIS 设计包括 GIS 的网络与硬件系统设计(环境配置)、软件系统(含模型库建设)设计和空间数据库系统设计等内容, 本书主要讲述 GIS 软件设计和空间数据库设计两部分内容。GIS 软件设计通常包括以下几个阶段和任务: 需求分析——用户需求调查、确定系统建设目标和用户对系统功能和性能的要求, 分析系统建设的可行性, 并生成需求分析报告; 项目管理方案设计——对系统建设过程进行总体规划, 包括对工作区域和可用资源的规划、开发成本估算、开发平台和开发工具选择、工作任务和进度安排等内容, 最终提交项目管理计划方案书; 系统总体设计——将系统的需求转换为数据结构和软件体系结构, 即数据设计和体系结构设计, 生成总体设计报告; 系统详细设计——将总体设计阶段确定下来的软件模块结构和接口描述具体地实现, 得到实现系统目标技术的精确描述, 并编写详细设计报告; 系统实施、运行和维护——根据详细设计报告的描述对系统的模块、函数和界面进行实现, 并试运行和进行系统调试, 同时对系统进行日常的维护和系统维护报告的撰写。空间数据库设计是 GIS 软件设计的核心内容之一, 进行空间数据库设计的主要任务是确定空间数据库的数据模型以及数据结构, 并提出空间数据库相关功能的实现方案; 空间数据库系统实现的主要任务是将设计的空间数据库系统的结构体系进行编码实现, 并将收集的空间数据入库, 建立空间数据库管理系统。

本书由李满春策划并拟定编写大纲。参与本书第一版编写的人员有李满春、任建武、陈刚、周炎坤、李响、刘正军、高月明、周丽彬、毛亮等, 张晓祥、刘永学、张健、梁健、姚静、李飞雪等人提供了资料或提出了宝贵的修改意见。参与第二版编写的人员有李满春、陈刚、陈振杰、邵一希、李江、李飞雪、张晨曦、刘成明、李岩、胡炜等。本书第二版由李满春统稿, 并在南京大学国家精品课程“GIS 设计”教学中使用。在写作过程中得到了黄杏元教授、徐寿成高级工程师、马劲松副教授等的热情帮助, 在此一并表示诚挚的谢意。

本书有幸被评为普通高等教育“十一五”国家级规划教材, 同时得到了国家级规划教材支持计划、国家精品课程建设项目、国家教学科学奖励计划(青年教师奖)、中国建设银行湖北省分行尊师重教联合会、国家理科人才培养和科学研究基地名牌课程建设项目、南京大学“985”工程教改项目等的资助。

由于作者水平有限, 加之时间仓促, 不足之处在所难免, 敬请广大读者批评指正。

作者

2011年3月于南京大学

目 录

序

前言

第一章 引论	1
第一节 什么是 GIS	1
第二节 GIS 的规范化与标准化	9
第三节 关于 GIS 设计	17
思考题	23
参考文献	23
第二章 GIS 设计思想与方法	25
第一节 GIS 设计的理论基础——GIS 工程学思想	25
第二节 结构化生命周期法	30
第三节 面向对象设计方法	32
第四节 原型法	38
第五节 GIS 基本设计方法比较与选择	41
思考题	43
参考文献	43
第三章 系统定义	45
第一节 系统定义的目标与任务	45
第二节 系统定义工具	45
第三节 系统可行性研究	56
第四节 系统需求调查和分析	58
第五节 GIS 系统定义报告	61
思考题	62
参考文献	63
第四章 系统总体设计	64
第一节 总体设计的目标与任务	64
第二节 系统总体设计工具	64
第三节 GIS 软件体系结构设计	71
第四节 软、硬件环境配置方案设计	73
第五节 GIS 功能模块设计	75
第六节 GIS 接口设计	78

第七节 GIS 用户界面设计	81
第八节 GIS 系统总体设计报告	87
思考题	88
参考文献	88
第五章 系统详细设计	90
第一节 系统详细设计的目标与任务	90
第二节 系统详细设计的工具	91
第三节 GIS 系统详细设计报告	102
思考题	105
参考文献	105
第六章 空间数据库设计	106
第一节 空间数据库设计的目的与任务	106
第二节 空间数据的组织与管理	106
第三节 空间数据库设计工具	114
第四节 空间数据库的概念设计	116
第五节 空间数据库的逻辑设计	123
第六节 空间数据库的功能设计	131
第七节 空间数据采集建库	135
思考题	141
参考文献	142
第七章 地理模型库设计	143
第一节 地理模型	143
第二节 地理模型的建立	147
第三节 地理模型库	165
思考题	172
参考文献	172
第八章 GIS 实施	174
第一节 系统设计的评价	174
第二节 系统实施计划的制订	175
第三节 系统开发的组织管理	176
第四节 GIS 二次开发技术	177
第五节 程序代码的编写	185
第六节 系统的调试与安装	188
第七节 系统文档	189
思考题	191
参考文献	191

第九章 GIS 测试与评价	192
第一节 GIS 软件测试	192
第二节 GIS 软件评价	199
思考题	201
参考文献	201
第十章 GIS 维护	203
第一节 GIS 维护内容及组织保障	203
第二节 GIS 软件维护	208
第三节 地理信息的管理与更新	211
第四节 GIS 安全与保密	213
思考题	216
参考文献	216
第十一章 GIS 设计项目管理与质量保证	218
第一节 GIS 项目估算	219
第二节 GIS 项目进度安排	220
第三节 GIS 软件度量	223
第四节 GIS 项目风险分析	224
第五节 GIS 项目追踪与控制	226
第六节 GIS 软件质量保证	226
思考题	231
参考文献	232
第十二章 GIS 设计前瞻	233
第一节 多源异构平台下的地理数据互操作	233
第二节 面向服务的 GIS 设计	237
第三节 网格 GIS	240
第四节 共相式 GIS 设计	243
参考文献	245
附录 县级土地利用规划管理信息系统设计与实现	247
第一节 系统建设背景	247
第二节 系统定义	247
第三节 系统总体设计	253
第四节 系统详细设计	259
第五节 系统实现	266
参考文献	274

第一章 引 论

第一节 什么是 GIS

随着计算机的出现和发展,以计算机技术为核心的信息处理技术作为当代科技革命的主要标志之一,已广泛地渗入生产和生活的方方面面,影响和决定着社会经济的发展,并成为衡量一个国家科技发展水平的重要标准之一。人类的生存环境是一个三维地理空间,涉及的相当一部分信息与地理空间位置相关。地理信息系统(geographic information system, GIS)作为信息处理技术的一种,是以计算机技术为依托,以具有空间内涵的地理数据为处理对象,运用系统工程和信息科学的理论和方法,集采集、存储、显示、处理、分析和输出地理信息于一体的计算机系统。简单地说, GIS 就是用来研究如何利用计算机技术管理和应用地球表面的空间信息,它是由计算机硬件、软件、地理数据和人员组成的有机体,用于高效地采集、存储、更新、处理、分析和显示各种类型的地理信息,为规划、管理和决策提供信息来源和技术支持。

一、GIS 概述

1. GIS 研究内容

GIS 是对人类的生存环境进行描述和建模的计算机系统,其主要研究内容包括:数据采集、数据存储、数据处理和分析、数据输出等。

(1) 数据采集

GIS 常用的数据采集方法是纸质地图的数字化,它具有使用方便、技术成熟、精度高、容易控制等特点,同时也存在低效率和高代价的问题。目前 GIS 数据采集越来越多地借助于遥感(remote sensing, RS)和全球定位系统(global positioning system, GPS)技术。遥感数据已经成为 GIS 的重要数据来源,但是它必须进行一系列的图像处理 and 格式转换。GPS 技术虽然不能为 GIS 提供直接的数据来源,但是 GPS 可以准确、快速地定位地球表面的任何地点,它在动态监测、紧急事件处理及定位等方面具有很大的发展潜力。

(2) 数据存储

地理数据存储是 GIS 中最底层和最基本的技术,庞大的数据量要求地理数据能够进行高效存取。GIS 数据存储包括空间数据的存储和属性数据的存储,其中,空间数据存储受到计算机处理速度和数据量的限制,通常采取分层或是分“要素”存储的模式以提高数据存取的速度。GIS 操作和分析只涉及层。随着

GIS 向动态、多维方向发展，二维空间数据存储方式已不能适应 GIS 在某些领域进一步发展的需求，故而动态、多维的空间数据存储成为目前 GIS 研究的热点。

(3) 数据处理和分析

数据处理和分析是 GIS 提供的对空间数据的一系列操作，以获取相关信息。强大的数据处理和分析能力是 GIS 被广泛应用的主要原因之一。通过 GIS 提供的空间处理和分析功能，用户可以从已知的海量地理数据中挖掘出隐含的重要知识，这在许多应用领域中是至关重要的。

(4) 数据输出

将查询统计的结果或是数据处理和分析的结果以指定的形式输出是 GIS 问题求解过程的最后一道工序。输出形式通常有两种：在计算机屏幕上显示或通过绘图仪输出；通过数据校正、图形编辑、图件整饰、出版印刷等手段以提高输出质量。

2. GIS 特点

GIS 是横跨计算机科学、信息学、遥感科学、测量学、地图学、地理学、资源学、环境学等学科的一门新兴边缘学科，与其他信息系统相比，GIS 具有以下特点。

(1) GIS 的处理对象是地理数据

地理数据包括属性数据和空间数据，利用空间坐标来表达实体的空间位置是 GIS 数据管理的基本思想。GIS 将数据库的一些基本技术（如数据模型、数据存储、数据检索等），与 GIS 地理数据的特征相结合，发展形成 GIS 空间数据库技术，用来实现地理数据的数据库管理和存储。空间数据库技术是 GIS 技术的核心。

(2) GIS 提供了一系列的工具

基于空间数据库技术，GIS 提供了地理数据采集、存储、显示、操作、分析、建模、输出等工具，利用这些工具可以实现一些其他信息系统无法实现的功能（如空间位置的表达、工业选址、最佳路径选择、趋势分析、工程影响预测等）。

(3) GIS 实现了地图实体与属性数据库的关联

通过建立地图实体与属性数据的关联关系，可以实现图形数据与属性数据的同步查询、统计和分析，这是 GIS 与其他制图系统的主要区别之一。

3. GIS 与其他学科的关系

(1) GIS 与地图学

GIS 与地图学有着极密切的关系。首先，地图学的主要研究对象是地图，与 GIS 相同，它们都是地理信息的载体，具有存储、分析和显示地理信息的功能，而且，地图还是 GIS 的主要数据来源，也是 GIS 的产品之一；其次，地图学成

熟的理论、方法与功能是 GIS 发展的基础，而 GIS 是地图学在信息时代的发展。

(2) GIS 与计算机制图

计算机制图是随着计算机技术的发展，以数字的形式，通过颜色、符号和文字说明等表达方式将实体通过计算机完整显现出来的技术。可以说计算机制图是 GIS 的雏形，而制图功能是 GIS 的一个基本功能。GIS 发展起来后，在制图功能的基础上，又增加了计算机的空间查询、统计、处理和分析功能，包括定性、定量以及定位分析等。

(3) GIS 与地理学

GIS 与地理学关系紧密，地理空间是两者共同的研究范畴。地理学的理论方法及其对自然规律和自然过程的研究结果既是 GIS 进行空间分析和建模的主要依据，也是 GIS 进行预测、预报和辅助决策的理论基础；而 GIS 的发展为地理学提供了一种高效、精确和全新的技术工具，是地理学发展强有力的技术支持，极大地促进了地理学半定量化和定量化研究的发展。

(4) GIS 与计算机辅助设计

GIS 与计算机辅助设计 (computer aided design, CAD) 有很多相似之处，但 GIS 与 CAD 是完全不同的两个概念。CAD 主要用来辅助工程师们进行各种设计工作，它可绘制各种技术图形，大至飞机，小至微芯片等，也可用于产品加工中的实时控制。GIS 与 CAD 的共同点是两者都对图形图像进行加工处理，它们的区别主要有：一方面，空间数据库存储的是地理数据，数据量远远大于 CAD，数据存储方式也不相同；另一方面，GIS 是以空间数据库为核心的，它强调对图形数据和属性数据的同步处理，而 CAD 是以辅助绘图为中心的。

二、GIS 构成

GIS 作为处理地理数据的一种方法和技术，由四个基本要素构成：硬件、软件、数据和人员。

1. 硬件

GIS 的建立必须有一个计算机硬件环境。它包括从 GIS 数据采集到数据处理乃至数据输出所涉及的所有硬件设备，其中计算机是硬件系统的核心，用作数据的处理、分析和管理的。

(1) 数据采集、输入设备

数据采集设备包括测绘仪器和遥感设备，其中，测绘仪器包括平板仪、经纬仪、水准仪、GPS 以及解析测图仪等设备；遥感设备则包括飞行器、航空摄像机等。数据输入设备包括数字化仪、扫描仪以及计算机的输入设备（如软驱、键盘、光驱、活动硬盘等），它们负责对测绘数据进行处理并输入到计算机系统去。在全数字摄影测量工作站上，可快速实现地理数据数字化采集并直接输入 GIS 中。

(2) 数据存储和处理设备

数据存储设备包括磁盘、磁带机等磁存储介质以及一些光存储介质；处理设备包括计算机、图像处理器、网络设备等。它们共同承担对输入数据进行存储、分析和处理等操作，实现对空间数据的管理和有用信息的提取。其中，计算机设备又可以分为大型机、中型机、小型机以及工作站和微机。工作站和微机是目前的主流 GIS 计算机，工作站的发展前景很好，有可能成为 GIS 的主流用机，尤其是配有大屏幕、高分辨率图形终端及专门的图形加速卡的工作站系统，特别适用于 GIS 中的图形图像处理。工作站在 GIS 中的应用将促进多用户、网络化的硬件结构模式的发展，便于网络资源的共享和数据的远程通信。

(3) 输出设备

输出设备通常是标准的计算机外围设备，包括打印机、绘图仪等。除此之外，还可以通过计算机显示器或是外接的高分辨率显示装置（如投影仪等）进行输出。而且，通过 3D 立体镜以及 SGI、SUN 等公司开发的实时三维图形卡，可以在一定程度上实现三维仿真、虚拟现实。

2. 软件

GIS 软件提供了一系列功能模块用来存储、分析和显示空间数据。GIS 软件有以下要求：①提供显示、操作地理数据（如位置、边界）的常用工具；②提供空间数据库管理系统；③提供图形与属性数据同步查询统计分析功能；④简单易用的图形用户界面。经过四十年的发展，GIS 应用不断深入，GIS 软件种类日益增多，从低层次、显示商业网点分布的商业制图软件到高层次、管理分析和辅助决策的 GIS 软件，从简单的地理数据库到栅格、矢量和不规则三角网（triangulated irregular network, TIN）数据一体化管理的大型 GIS 软件。总体上，GIS 软件可以分为两大类：工具型软件和应用型软件（图 1.1）。

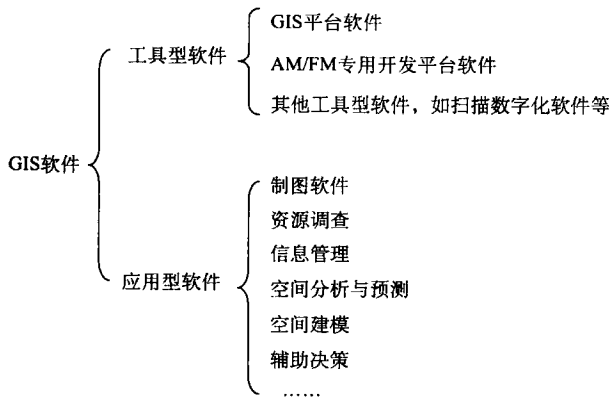


图 1.1 GIS 软件分类

3. 数据

GIS 数据实质上就是指以地球表面空间位置为参照, 描述自然、社会和人文景观等的数据库, 即地理数据, 其主要表现形式包括数字、文字、图形、图像和表格等。数据来源可以是外业测量、普通地图、遥感影像, 也可以是其他图形软件的输出数据或其他相关的数据资料。数据作为 GIS 的操作对象, 其现势性和精确性直接关系到 GIS 分析处理结果的准确性; 数据存储模式、管理方法则直接影响 GIS 的执行效率和系统安全等。

GIS 数据分为空间数据和属性数据两大类。属性数据是表征空间实体属性信息的数据, 一般用关系型数据库进行管理。空间数据是表征空间实体位置的数据, 一般采用三种数据结构进行管理和存储: 一是栅格数据结构, 它使用网格单元的行和列作为位置标识符来描述地理实体的位置信息, 常用于地质、气候、土地利用和地形等面状要素; 二是矢量数据结构, 它使用一系列 X, Y 坐标作为位置标识符来描述地理实体的位置信息, 常用于描述线状分布的地理要素, 如河流、道路、等值线等; 三是不规则三角网 (TIN), 它在近几年获得了广泛的应用。

空间数据库是对 GIS 数据进行管理和维护的数据管理软件, 其目的是实现空间数据的有序、合理和高效的管理。空间数据库可以直接在商业化的关系型数据库或对象-关系型数据库的基础上实现, 从而汲取它们某些成熟的功能, 包括数据备份、表定义、事务管理和系统管理工具等, 而且基于关系型数据库的空间数据库管理系统可以高效地存储地理数据、制作地图以及进行空间分析等。

4. 人员

人员是 GIS 的重要构成因素。GIS 不同于一幅地图, 仅有系统软硬件和数据还构不成完整的 GIS, 需要人进行系统的组织、管理和维护, 进行数据更新、系统维护、应用程序开发, 以及利用地理分析模型提取有用信息等。人员在 GIS 中的作用主要表现在以下方面: ①对 GIS 软件进行开发、维护和升级; ②对空间数据进行搜集、入库和管理; ③应用 GIS 进行生产生活实践, 实现 GIS 的价值。

三、GIS 发展

GIS 经过近五十年的发展, 已经成为信息技术的重要组成部分。在资源管理、城市规划、环境管理、设施管理等空间信息相关领域得到了广泛应用, 形成多层次和多尺度的应用格局, Jack Dangermond 曾评论 “GIS 的应用仅受限于使用者自身的创造力” (The application of GIS is limited only by the imagination of those who use it), 并提倡通过 GIS “为我的世界建模” (modeling our world)。GIS 已成为一个快速增长的产业, 与此同时, GIS 软件技术体系也得到很大的发展。

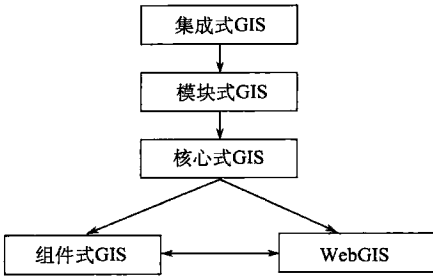


图 1.2 GIS 软件技术的发展
(钟耳顺, 1998)

软件是 GIS 的核心内容之一，GIS 软件技术是 GIS 软件的组织方式，依赖于一定的软件技术基础，决定了 GIS 软件的应用方式、集成效率等诸多方面的特点。从发展历程看，GIS 软件技术经历了五个阶段（图 1.2），即：集成式 GIS、模块式 GIS、核心式 GIS、组件式 GIS 和 WebGIS。

在 GIS 发展早期，为满足某些特定需求，产生了许多 GIS 功能模块。随着需求的不断升级，研究人员开始将这些分散的功能模块集成为具有多种功能的综合性 GIS，该时期即 GIS 发展的集成化阶段。

集成式 GIS 结构过于复杂、成本较高。基于该问题，研究人员着眼于系统整体结构，按功能的关联度，将 GIS 划分为不同的功能模块。此过程即模块式 GIS 发展阶段。模块式 GIS 不同于集成式 GIS 自下而上的开发思路，采用自上而下的方法进行开发，功能模块内聚性更强、划分更为合理。

集成式 GIS 和模块式 GIS 都没有解决与其他系统的集成问题，核心式 GIS 正是基于该背景提出来的。它将 GIS 功能封装成动态链接库（DLL），通过应用程序接口（API）访问，以此来实现与其他系统的集成。

核心式 GIS 开发难度大，不易被开发人员掌握，不利于 GIS 社会化和大众化的发展，组件式 GIS 的出现在很大程度上解决了这个问题。它综合了模块式 GIS、核心式 GIS 的优点，将 GIS 功能划分为不同的功能模块，这些模块之间以及与其他系统之间通过标准的通信接口实现交互，不仅解决了异构系统的交互问题，而且开发成本低、易于掌握。

组件式 GIS 开发是目前 GIS 开发的主流，ESRI 公司的 ArcObjects 与超图公司的 SuperMap Objects 均是组件式的 GIS 开发平台，提供了面向 COM、.NET 和 Java 的多种组件开发工具。

Internet 技术的发展使得网络化成为 GIS 发展的必然趋势，WebGIS 应运而生。WebGIS 的发展使得 Internet 用户可以通过万维网浏览空间数据、制作专题图以及进行各种空间检索。近年来，WebGIS 的空间分析功能也得到了显著增强。伴随着 Web 2.0 的兴起，WebGIS 的发展也进入了新的阶段，在 Web 2.0 环境下，WebGIS 不仅是信息发布的工具，而且通过用户社会化、集成、志愿式的参与，WebGIS 提供的信息可以被用户编辑和扩展，Goodchild 将其形容为公众参与 GIS（public participation GIS）或志愿 GIS（volunteered GIS）。在这种情况下，整合不同网络数据源到同一应用中的混搭（mashup）技术已成为目前

WebGIS 开发的新趋势，代表性的开发方式有 Google Map API、Bing Map API。

表 1.1 描述了 GIS 五个发展阶段特征。

表 1.1 GIS 发展的各阶段特点

项目	集成式 GIS	模块式 GIS	核心式 GIS	组件式 GIS	WebGIS
特点	在一个系统中集成了 GIS 的各项功能	系统分成许多相对独立的功能模块	从底层提供 GIS 功能，通过 API 访问	通过标准通信接口实现模块间通信及 GIS 与其他系统集成	结合 Internet，实现 GIS 的共享和互操作
功能	满足了 GIS 综合应用的需要	用户根据需求选择功能模块	易于集成其他系统	开发成本低、难度小，可以在通用语言环境中实现 GIS 功能	社会化的 GIS，可扩展性好，跨平台
存在问题	系统过于复杂，软件成本高；难与其他系统集成	难与其他系统集成	开发难度高	系统开发依赖于开发环境，难以实现移植	用户参与程度不足；分析功能较简单

除表 1.1 所示的 GIS 的五个发展阶段外，集 GIS、全球定位系统（GPS）、移动通信（GSM/GPRS/CDMA）三大技术于一体的移动 GIS，近年来的发展也十分迅速。移动 GIS 利用 GPS 进行定位和跟踪，利用 PDA 完成数据获取，利用 GIS 完成空间数据的管理和分析，借助移动通信技术完成图形、文字、声音等数据的传输。移动 GIS 能够提供基于位置的服务（location based service, LBS）和移动位置服务（mobile location service, MLS），应用前景十分广阔。

GIS 软件区别于其他各类软件的根本特征就是它所具有的空间分析功能。因此，GIS 软件技术的发展离不开空间分析功能的发展。空间分析的发展，主要包括以下三个层次：第一个层次是二维地图操作，包括空间查询、叠置分析、缓冲区分析、地形分析、网络分析等；第二个层次，包括探索性空间数据分析、空间统计、空间计量经济学、地统计学，主要是将计量地理学的内容引入，进行空间模式、空间结构、空间关系的分析与预测，这也是目前空间分析研究的主流；第三个层次，包括空间数据挖掘、空间过程与相互作用建模。同时，这三个层次的内容又有相互交叉融合。

四、GIS 应用

自 1962 年世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统（Canadian