

130 130  
普通高等教育测绘类规划教材

# 地理信息系统教程

胡 鹏 黄杏元 华一新 编著



A0966468

武汉大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统教程/胡鹏,黄杏元,华一新编著. —武汉: 武汉大学出版社, 2002. 2

普通高等教育测绘类规划教材

ISBN 7-307-03432-8

I. 地… II. ①胡… ②黄… ③华… III. 地理信息系统—高等学校—教材 IV. P91

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 078541 号

责任编辑: 王 非      责任校对: 张 昕      版式设计: 支 笛

---

出版: 武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: wdp4@whu.edu.cn 网址: www.wdp.whu.edu.cn)

发行: 新华书店湖北发行所

印刷: 湖北省孝感日报社印刷厂

开本: 787×1092 1/16      印张: 20.5      字数: 492 千字

版次: 2002 年 2 月第 1 版      2002 年 2 月第 1 次印刷

ISBN 7-307-03432-8/P·27      定价: 29.00 元

---

版权所有, 不得翻印; 凡购我社的图书, 如有缺页、倒页、脱页等质量问题, 请与当地图书销售部门联系调换。

# 前 言

新世纪人类社会面临人口增长、环境变异、资源匮乏等全球性问题，人们把解决这些问题的希望寄托于现代管理和科技。地理信息系统作为传统地学学科和现代科学相结合的产物，目前已发展成为集遥感、全球定位系统、互联网技术于一身的综合集成化技术系统，其概念层出不穷，技术日新月异，它的理论、方法和技术作为地学学科的技术基础课程不仅吸引了广大地学、信息技术工作者及学生的研究和关注，而且受到更广泛的经济、文化、社会工作者及学生的青睐。因此，简明阐述地理信息系统的基础理论和方法，为对它的深入学习和发展奠定良好基础是本教程的基本出发点。

基于上述，1996年国家测绘教材指导委员会便将该教科书确定为国家“九五”重点教材，并决定由南京大学、原武汉测绘科技大学和原解放军测绘学院三校合作编写。在各位作者的共同努力下，历时多年，终于完成了本教材的编写工作。

本教材是作者在参阅了国内外有关地理信息系统的教材、专著和论文基础之上，并结合地理信息系统教学和研究的实践编写的。全书由八章和附录组成。由黄杏元（大纲和第一章）、华一新（第二、三、四、五章）、胡鹏（第六、七、八章和附录）分工编写，李国建博士补充了7.8节和习题，吴艳兰博士生补充了1.4节，最后由胡鹏统一、审校和定稿。感谢武汉大学徐庆荣教授对本书的审阅及修改意见！

本书可作为普通高等学校测绘、地理、地质、城规、市政管理、土地、资源与环境等专业本科生和研究生教材，也可供从事地理信息系统、资源和环境信息系统、土地和各种专业信息系统等相应工作的科技人员和管理人员参考。

地理信息系统正处在迅猛发展之中，由于作者水平所限，不成熟不完善之处在所难免，希望读者提出宝贵意见。

编著者

2001年10月

# 目 录

<b>第 1 章 绪论</b> .....	1
1.1 地理信息系统的概念 .....	1
1.2 地理信息系统的组成 .....	3
1.2.1 系统硬件 .....	3
1.2.2 系统软件 .....	6
1.2.3 空间数据 .....	7
1.2.4 应用人员 .....	9
1.2.5 应用模型 .....	10
1.3 地理信息系统的功能.....	11
1.3.1 基本功能 .....	11
1.3.2 应用功能 .....	13
1.4 地理信息系统的发展.....	14
1.4.1 GIS 发展简史 .....	14
1.4.2 当代 GIS 发展动态 .....	17
参考题 .....	20
<b>第 2 章 地理信息系统的空间数据结构和数据库</b> .....	21
2.1 空间数据结构 .....	21
2.1.1 概述.....	21
2.1.2 矢量数据结构 .....	22
2.1.3 栅格数据结构 .....	26
2.1.4 矢量栅格一体化数据结构 .....	27
2.1.5 三维数据结构 .....	32
2.2 GIS 的数据模型.....	38
2.2.1 概述.....	38
2.2.2 层次数据模型 .....	42
2.2.3 网状数据模型 .....	42
2.2.4 关系数据模型 .....	43
2.2.5 对象数据模型 .....	45
2.2.6 时空数据模型 .....	54

2.3 空间数据库的设计	55
2.3.1 数据的管理模式	55
2.3.2 空间数据库的设计、建立与维护	55
参考题	58

### 第3章 空间数据的采集和质量控制 60

3.1 概述	60
3.1.1 GIS的数据源	60
3.1.2 空间数据采集的任务	61
3.1.3 研究GIS数据质量的目的和意义	61
3.2 空间数据的地理参照系和控制基础	62
3.2.1 空间数据的地理参照系	62
3.2.2 地图投影	63
3.3 地理实体分类与数据编码	69
3.3.1 地理实体的分类	69
3.3.2 地理实体的编码	72
3.4 空间数据的采集	74
3.4.1 几何数据的采集	75
3.4.2 属性数据的采集	76
3.4.3 空间数据的检核	77
3.5 GIS的数据质量	78
3.5.1 GIS数据质量的内容和类型	78
3.5.2 研究GIS数据质量的方法	79
3.5.3 数据采集中数据质量的评价	81
3.5.4 数据处理中数据质量的评价	82
3.6 空间数据标准	84
3.6.1 空间数据分类标准	84
3.6.2 空间数据交换标准	84
3.6.3 我国空间数据交换格式	85
3.6.4 GIS空间元数据	85
3.6.5 空间数据的互操作和Open GIS规范	89
参考题	92

### 第4章 空间数据的处理 94

4.1 矢量数据拓扑关系的自动建立	94
4.1.1 链的组织	94
4.1.2 结点匹配	94
4.1.3 检查多边形是否闭合	94
4.1.4 建立多边形	95

4.1.5	岛的判断 .....	97
4.1.6	确定多边形的属性 .....	98
1.2	矢量数据的图形编辑 .....	98
4.2.1	点的捕捉 .....	98
4.2.2	线的捕捉 .....	99
4.2.3	面的捕捉 .....	100
4.2.4	图形编辑的数据组织 .....	102
1.3	空间数据的坐标变换 .....	103
4.3.1	几何纠正 .....	103
4.3.2	投影变换 .....	104
1.4	空间数据的压缩处理 .....	105
4.4.1	矢量数据的压缩 .....	105
4.4.2	栅格数据的压缩 .....	107
1.5	空间数据的结构转换 .....	110
4.5.1	矢量—栅格转换 .....	110
4.5.2	栅格—矢量转换 .....	114
1.6	空间数据的插值方法 .....	117
4.6.1	空间数据的插值 .....	117
4.6.2	数字高程模型的生成 .....	120
1.7	图像数据的处理方法 .....	125
4.7.1	图像增强 .....	125
4.7.2	二值图像处理 .....	130
4.7.3	图像的特征提取和分析 .....	135
1.8	空间数据的更新处理 .....	138
4.8.1	利用遥感 (RS) 更新空间数据 .....	138
4.8.2	利用全球定位系统 (GPS) 更新空间数据 .....	147
	参考题 .....	157

## 第 5 章 空间查询与空间分析 .....

5.1	空间数据的查询 .....	158
5.1.1	空间数据查询的含义 .....	158
5.1.2	扩展关系数据库的查询语言 .....	158
5.1.3	可视化空间查询 .....	159
5.1.4	超文本查询 .....	159
5.1.5	自然语言空间查询 .....	160
5.1.6	查询结果的显示 .....	160
5.2	空间数据的统计分析 .....	161
5.2.1	属性数据的集中特征数 .....	161
5.2.2	属性数据的离散特征数 .....	162

5.2.3 统计数据的分类分级 .....	163
5.3 数字高程模型分析 .....	166
5.3.1 基于DEM的信息提取 .....	166
5.3.2 基于DEM的可视化分析 .....	167
5.4 空间数据的叠置分析 .....	169
5.4.1 基于矢量数据的叠置分析 .....	169
5.4.2 基于栅格数据的叠置分析 .....	172
5.5 空间数据的缓冲区分析 .....	174
5.5.1 基于矢量数据的缓冲区分析 .....	174
5.5.2 基于栅格数据的缓冲区分析 .....	176
5.6 泰森多边形分析 .....	176
5.6.1 泰森多边形及其特性 .....	176
5.6.2 Delaunay 三角网的构建 .....	176
5.6.3 泰森多边形的建立 .....	178
5.7 空间数据的网络分析 .....	179
5.7.1 网络图论基础 .....	179
5.7.2 路径分析 .....	180
5.7.3 最小费用最大流 .....	182
5.7.4 网络上的定位与分配模型的启发式算法 .....	185
5.8 空间距离的量算 .....	187
5.8.1 点/点距离计算 .....	187
5.8.2 点/线距离计算 .....	188
5.8.3 点/面距离计算 .....	189
5.8.4 线/线距离计算 .....	190
5.8.5 线/面距离计算 .....	190
5.9 空间分析模型 .....	190
5.9.1 模型的概念和模型的生成 .....	190
5.9.2 GIS 的空间分析模型 .....	193
5.9.3 GIS 中常用的空间分析模型 .....	194
5.9.4 模型库及其管理 .....	201
参考题 .....	203

<b>第 6 章 空间信息的可视化 .....</b>	<b>205</b>
6.1 空间信息与可视化 .....	205
6.1.1 空间信息基本特征 .....	205
6.1.2 可视化 .....	206
6.1.3 空间信息可视化的形式 .....	209
6.2 地图语言与符号库 .....	209
6.2.1 地图语言概述 .....	210

6.2.2	地图的色彩 .....	210
6.2.3	地图的符号 .....	211
6.2.4	符号库 .....	215
6.2.5	汉字库 .....	224
6.2.6	色彩库 .....	226
6.3	空间数据的可视化 .....	227
6.3.1	从地理数据库中检索图形数据 .....	227
6.3.2	预处理 .....	228
6.3.3	符号化 .....	232
6.3.4	地图输出 .....	239
6.4	电子地图 .....	241
6.4.1	电子地图(集)的基本特征 .....	242
6.4.2	电子地图(集)的设计目标 .....	242
6.4.3	电子地图(集)系统的结构和开发技术 .....	243
6.5	动态地图 .....	245
6.5.1	动态地图的特征和作用 .....	245
6.5.2	动态地图表示方法 .....	245
6.5.3	动态地图的设计 .....	246
6.6	虚拟现实技术的空间 .....	246
6.6.1	虚拟现实技术简介 .....	246
6.6.2	VR 的意义 .....	248
6.6.3	VR 技术的应用 .....	248
	参考题 .....	249

## 第 7 章 地理信息系统的应用 .....

7.1	GIS 的应用概述 .....	250
7.1.1	资源调查与管理 .....	250
7.1.2	土地及房地产管理 .....	250
7.1.3	环境保护和评价 .....	251
7.1.4	宏观预测、辅助决策 .....	251
7.2	地理信息系统与遥感的结合 .....	251
7.2.1	遥感与 GIS 结合的途径 .....	251
7.2.2	遥感与 GIS 结合在城市分析中的应用实例 .....	251
7.3	地理信息系统与全球定位系统的结合 .....	254
7.3.1	GPS 与 GIS 结合的形式 .....	254
7.3.2	GPS 与 GIS 结合实例——黄冈地区运钞车 GPS 实时监控系 统介绍 .....	255
7.3.3	3S 集成的意义 .....	256
7.4	地理信息系统与人工智能的结合 .....	256
7.4.1	人工智能 .....	256



7.4.2 GIS 与人工智能相结合实例——地震预报智能决策支持系统	259
7.5 地理信息系统的管理应用	261
7.5.1 对信息全面管理是现阶段社会的迫切需要	261
7.5.2 供水信息的解决方案	262
7.5.3 供电企业信息解决方案	263
7.6 地理信息系统的规划应用	264
7.6.1 GIS 用于规划工作的优势	264
7.6.2 城市规划系统建立的若干原则	265
7.6.3 GIS 规划应用实例	265
7.7 地理信息系统的决策应用	268
7.7.1 决策应用的特点	268
7.7.2 对应用于决策的 GIS 的要求	268
7.7.3 宏观决策实例——常州市发展预测及相应住宅规划	269
7.8 Web GIS 概述	272
7.8.1 Web GIS 原理	272
7.8.2 Web GIS 的特点和意义	277
参考题	279

<b>第 8 章 地理信息系统的开发与评价</b>	<b>280</b>
8.1 地理信息系统的开发方法	280
8.1.1 结构化生命周期法	281
8.1.2 由底而上法	282
8.1.3 快速原型法	282
8.1.4 面向对象的软件开发方法	282
8.1.5 “演示和讨论”方法	282
8.1.6 小结	283
8.2 地理信息系统的开发过程	284
8.2.1 系统调查分析	284
8.2.2 系统设计	285
8.2.3 系统实施	286
8.2.4 运行和维护	288
8.3 地理信息系统的评价	289
8.3.1 GIS 评价的目的	289
8.3.2 系统评价指标	290
8.3.3 系统评价报告	292
8.4 GIS 应用的发展	293
8.4.1 GIS 的发展水平	293
8.4.2 企业化的 GIS 系统	294
8.4.3 企业化 GIS 系统的特殊要求	296

8.4.4 GIS 在多部门应用的一例 .....	297
参考题.....	298
<b>附录 中华人民共和国国家标准地球空间数据交换格式(征求意见稿)</b> .....	300
<b>主要参考文献</b> .....	313

# 第 1 章 绪 论

## 1.1 地理信息系统的概念

人类社会正从工业经济迈向知识经济时代，一场以信息技术为核心的革命正在深刻改变着人类生活与社会面貌。作为全球信息化浪潮重要组成部分的地理信息系统的建设与应用，正日益引起科技界、企业界和政府部门的广泛关注。

地理信息系统简称为 GIS。关于它确切的全称，多数人认为是 Geographical Information System，也有人认为是 Geo-information System。国际上现发行的两种主要的专业杂志，就是各自采用不同的全称，前者是英国出版的季刊的全称，后者是德国出版的季刊的全称。在加拿大和澳大利亚，则称为 Land Information System。在我国，通常称为 Resources and Environmental Information Systems。全称虽有差异，但简称都是 GIS。

那么，什么是 GIS 呢？对于不同的部门和不同的应用目的，其定义也不尽相同。例如，美国学者 Parker 认为“GIS 是一种存贮、分析和显示空间与非空间数据的信息技术”。Goodchild 把 GIS 定义为“采集、存贮、管理、分析和显示有关地理现象信息的综合系统”。加拿大的 Roger Tomlinson 认为“GIS 是全方位分析和操作地理数据的数字系统。”Burrough 认为“GIS 是属于从现实世界中采集、存储、提取、转换和显示空间数据的一组有力的工具”。俄罗斯学者也把 GIS 定义为“一种解决各种复杂的地理相关问题，以及具有内部联系的工具集合”。纵观这些定义，有的侧重于 GIS 的技术内涵，有的则是强调 GIS 的应用功能。为了能更具体地认识和真正了解 GIS 的概念，编者推荐美国联邦数字地图协调委员会 (FICCDC) 关于 GIS 的定义及概念框架 (图 1-1)。该定义认为“GIS 是由计算机硬件、软件和不同的方法组成的系统，该系统设计用来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问题”。根据这个定义及它的概念框架，可得出 GIS 的如下基本概念：

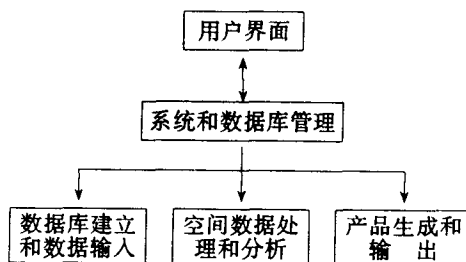


图 1-1 GIS 概念框架和构成

(1) GIS 的物理外壳是计算机化的技术系统。该系统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、可视化表达与输出子系统等。这些子系统的构成直接影响着 GIS 的硬件平台、系统功能和效率、数据处理的方式和产品输出的类型。

(2) GIS 的对象是地理实体。GIS 的操作对象是地理实体的数据。所谓地理实体指的是在人们生存的地球表面附近的地理图层(大气图、水图、岩石图、生物图)中可相互区分的事物和现象,即地理空间中的事物和现象。在地理信息系统中,所操作的只能是实体的数据,它们都有描述其质量、数量、时间特征的属性数据,也有其非属性的数据——空间数据,即以点、线、面方式编码并以(X、Y)坐标串储存管理的离散型空间数据,或者以一系列栅格单元表达的连续型空间数据。地理实体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、定量和拓扑关系的描述,即空间特征数据和属性特征数据统称为地理数据。GIS 以地理实体数据作为处理和操作的主要对象,这是它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混合数据结构和有效的数据集成、独特的地理空间分析能力、快速的空间定位搜索和复杂的查询功能、强大的图形创造和可视化表达手段,以及地理过程的演化模拟和空间决策支持功能等。其中,通过地理空间分析可以产生常规方法难以获得的重要信息,实现在系统支持下的地理过程动态模拟和决策支持,这既是 GIS 的研究核心,也是 GIS 的重要贡献。

(4) GIS 与地理学和测绘学有着密切的关系。地理学是一门研究人—地相互关系的科学,研究各自然界面的生物、物理、化学过程,以及探求人类活动与资源环境间相互协调的规律,这为 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。测

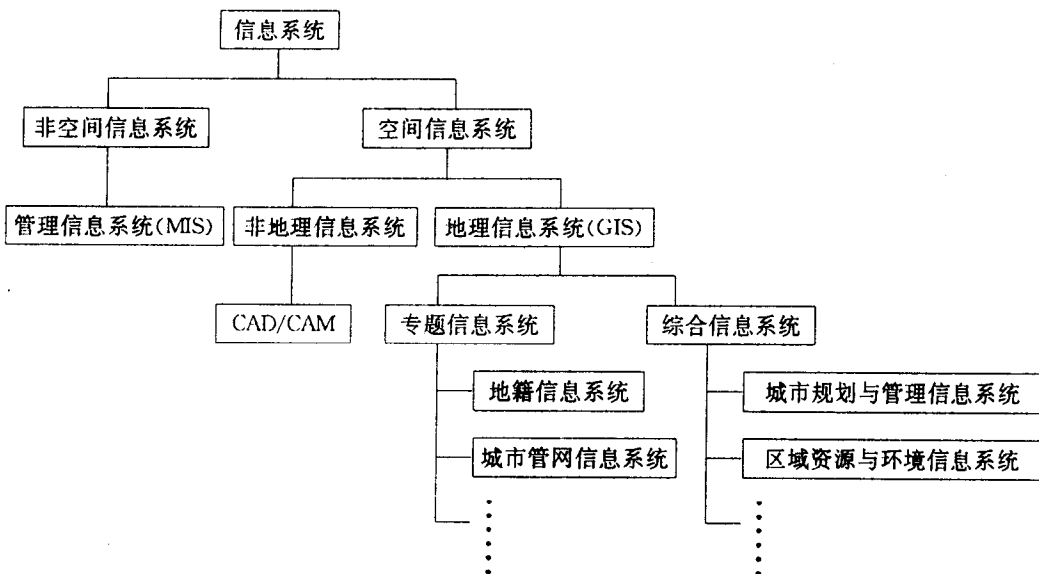


图 1-2 信息系统的分类

绘学不但为 GIS 提供各种不同比例尺和精度的定位数据，而且其理论和算法可直接用于空间数据的变换和处理。而 GIS 引入地学界，正如美国地质学家 K. I· 兰菲尔所说的“GIS 引入地学界，如同 Fortran 语言引入计算机科学界一样重要”，GIS 是以一种全新的思想和手段来解决复杂的规划、管理和地理相关问题，例如城市规划、商业选址、环境评估、资源管理、灾害监测、全球变化，甚至在现代企业中作为制定科学经营战略的一种重要手段，因为企业对外界的认知能力和信息处理能力提高了，就能创造空间上的竞争优势。解决这些复杂的空间规划和管理问题，这是 GIS 应用的主要目标。

地理信息系统根据其研究范围，可分为全球性信息系统和区域性信息系统；根据其研究内容，可分为专题信息系统和综合信息系统；根据其使用的数据模型，可分为矢量信息系统、栅格信息系统和混合型信息系统（图 1-2）。

## 1.2 地理信息系统的组成

一个实用的 GIS 系统，要支持对空间数据的采集、管理、处理、分析、建模和显示等功能，其基本组成一般包括以下五个主要部分：系统硬件、系统软件、空间数据、应用人员和应用模型。它们之间的关系如图 1.3 所示。

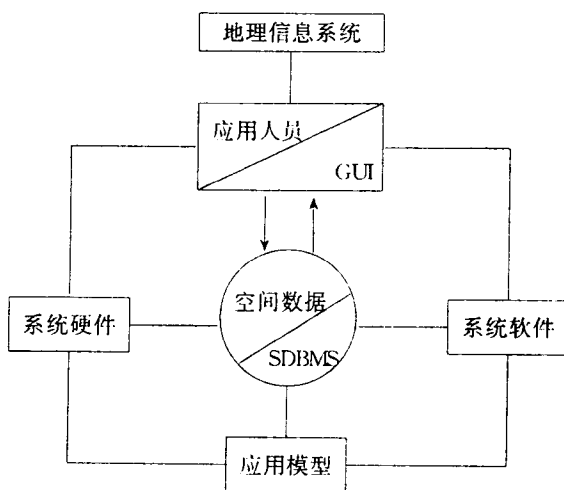


图 1-3 地理信息系统组成关系示意图

### 1.2.1 系统硬件

GIS 硬件平台的基本类型如图 1-4 所示，用以存储、处理、传输和显示地理信息或空间数据。计算机与一些外部设备及网络设备的联接构成 GIS 的硬件环境。计算机是 GIS 的主机，它是硬件系统的核心，包括从主机服务器到桌面工作站，用作数据的处理、管理与计算。GIS 外部设备包括输入设备即数字化仪、扫描仪和全站型测量仪器等；输出设备即绘图仪、打印机和高分辨率显示装置等；数据存贮与传送设备即磁带机、光盘机、活动硬盘和硬盘阵列等。GIS 的网络设备包括布线系统、网桥、路由器和交换机等，具体的网络设备根

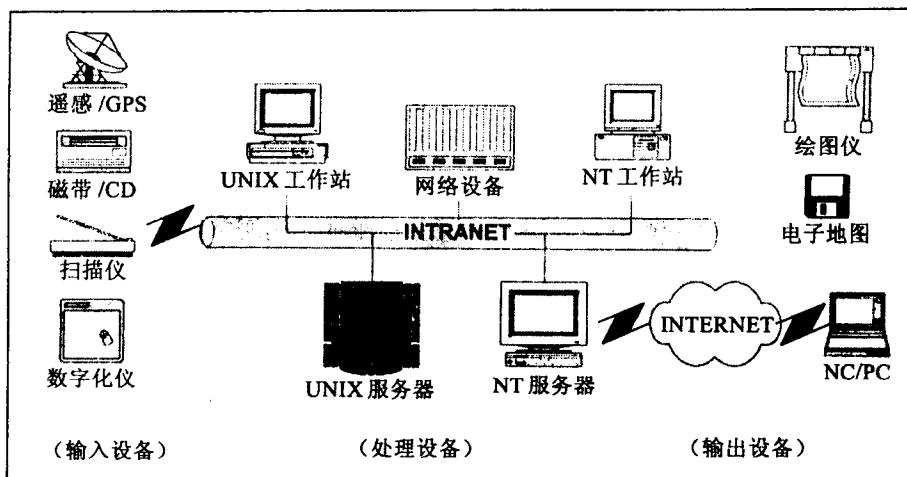


图 1-4 GIS 的硬件配置

据网络计算的体系结构来确定。

### 一、GIS 主机

目前运行 GIS 的主机，包括大型、中型、小型机，工作站/服务器和微型计算机。其中各种类型的工作站/服务器成为 GIS 的主流，特别是由 Intel 硬件和 Windows NT 构成的 PC 工作站正成为工作站市场的新宠，传统 UNIX 阵营的用户正在逐渐向它转移。NT 工作站对 GIS 用户的吸引力，包括相对低成本、可管理性、标准图形化平台和具有 PC 结构与效率等，因此广泛应用于 GIS 和某些科学应用领域。例如，ARC/INFO、INTERGRAPH、MAPINFO 和 GENAMAP 等主流 GIS 产品，都相继开发出其 NT 版本，但目前功能与 UNIX 版相比仍有待提升。

服务器作为在网络环境下提供资源共享的主流计算机产品，具有可靠性、高性能、高吞吐能力、大内存容量等特点，具备强大的网络功能和友好的人机界面，是以网络为中心的 GIS 和现代计算环境的关键，其中以低价格和高性能为特点的 PC 服务器，正在迅速缩小与 UNIX 服务器之间的差距，日益引起 GIS 设计者和用户的广泛关注。

目前，GIS 工作站和服务器主要有 UNIX 和 NT 两大类型，其产品包括 SUN、HP、IBM、SGI 和 COMPAQ 等，不同种类机型的界线逐渐模糊。由于客户/服务器环境的流行，多媒体技术的发展，以及计算机与通讯技术的融合，促使 GIS 向不依赖于平台的方向发展，GIS 软件标准逐渐统一。

### 二、GIS 外部设备

GIS 外部设备主要包括各种输入和输出设备。主要的输入设备有图形跟踪数字化仪、图形扫描仪、解析和数字摄影测量设备等。图形跟踪数字化仪尽管成本高、工序繁琐、对操作人员素质要求较高，但至今仍为空间数据采集的主要方式。市场上出售的数字化仪，例如 Calcomp DrawingBoard 系统数字化仪，其有效面积从 12 英寸×12 英寸 (305mm×305mm) 到 44 英寸×60 英寸 (1118mm×1524mm)，有多种配置可供选择，如不透光的或带背光的板面，有线或无线的，笔式或鼠标式定标器，和所有的应用软件都能兼容。用户

可用命令设置数字化板的菜单和定标器的按键，操作模式有：Prompt, Point, Run, Line, Track, Increment, Mouse, Delta, Grid Update 等。图形数字化仪由电磁感应板、游标和相应的电子线路组成。当使用者在电磁感应板上移动游标的十字丝交点对准指定图形的点位时，按动相应的按钮，数字化仪便将对应的命令符号和该点的坐标 (X, Y) 通过接口 (多用串行接口) 电路传送给计算机，定位点的精度可达 0.005~0.001 英寸 (0.13~0.025mm)。

手扶跟踪数字化仪的速度慢，工作效率较低，而栅格数据的获取则相对容易得多。目前新一代大幅面图形扫描仪提供高分辨率、真彩色、近乎完美的图像效果，其中 ANATech 公司为用户提供了一整套应用于各领域的高精度大幅面扫描仪以及相配套应用软件，是图形、图像数据录入和采集最有效的工具之一。ANATech 系列扫描仪包括：

- Evolution SLI3840 高速大幅面扫描仪；
- Evolution 4080ET 超大幅面高分辨率扫描仪；
- Evolution 4080C 超大幅面高分辨率彩色扫描仪；
- Evolution 4240 超大幅面扫描仪；
- Evolution 4240C 超大幅面彩色扫描仪。

Evolution 3840 大幅面扫描仪扫描一幅 A0 图纸的时间仅需 15s，精度为 0.05%，失真率小于 0.1%。用户可在 800dpi 范围内任选扫描分辨率，可以按黑白二值或 256 级灰度方式扫描，可以边显示边扫描，并具有实时消蓝去污功能。根据用户需求可以实现自动补线、校正、镜像、反转等功能。地图扫描数字化得到图像信息，然后再经过目标识别和由栅格到矢量的转换过程，如图 1-5 所示。

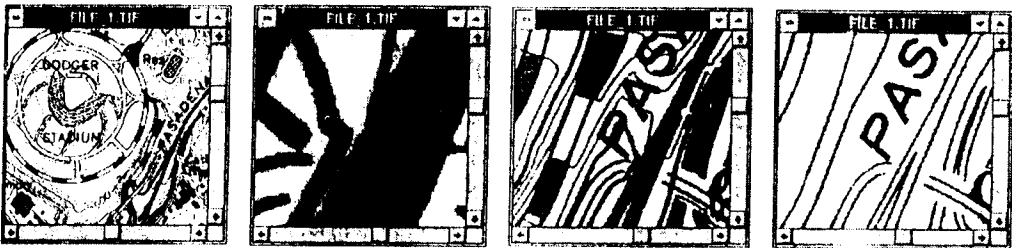


图 1-5 地图的扫描数字化

主要的输出设备有各种绘图仪、图形显示终端和打印机等。绘图仪如 HP DesignJet750C 彩色喷墨绘图仪，是一种快速、可靠、便于连网且可在多种介质上进行高质量输出的绘图仪，是目前广泛使用的主流 GIS 产品输出设备。它采用根据对象空间分布形式和输出产品的特征，选择适当的图形表示方法、结合色彩、线条、符号、文字等表示手段，具有 600dpi 分辨率的高精度黑白输出，彩色输出在 300dpi 时，颜色可多达 1 600 多种，可获得极高清晰度的绘图质量。

图形显示终端用于图形的交互式输入、编辑、分析、处理和输出。目前有多种系列和型号的显示终端，如 Teltronix 公司生产的 4128、4335 型，与 IBM-PC 机兼容的 SGS-430 三维转换器。

GIS 还有多种表格、文字的数据需要输出，可利用多种打印机完成。打印机的类型有针

式打印机、激光打印机、液晶打印机等。HP Design Jet 彩色打印机还能打印出丰富绚丽的彩色图形和细腻的文字。

### 三、GIS 网络设备

20 世纪 90 年代以来,计算机技术的飞速发展不断改变着 GIS 的结构体系,从主机及终端结构到 Client/Server,再到 Internet/Intranet。目前,基于客户/服务器体系结构并在局域网、广域网或因特网支持下的分布式系统结构(图 1-6)已经成为 GIS 硬件系统的发展趋势,因此,网络设备和计算机通讯线路的设计成为 GIS 硬件环境的重要组成部分。

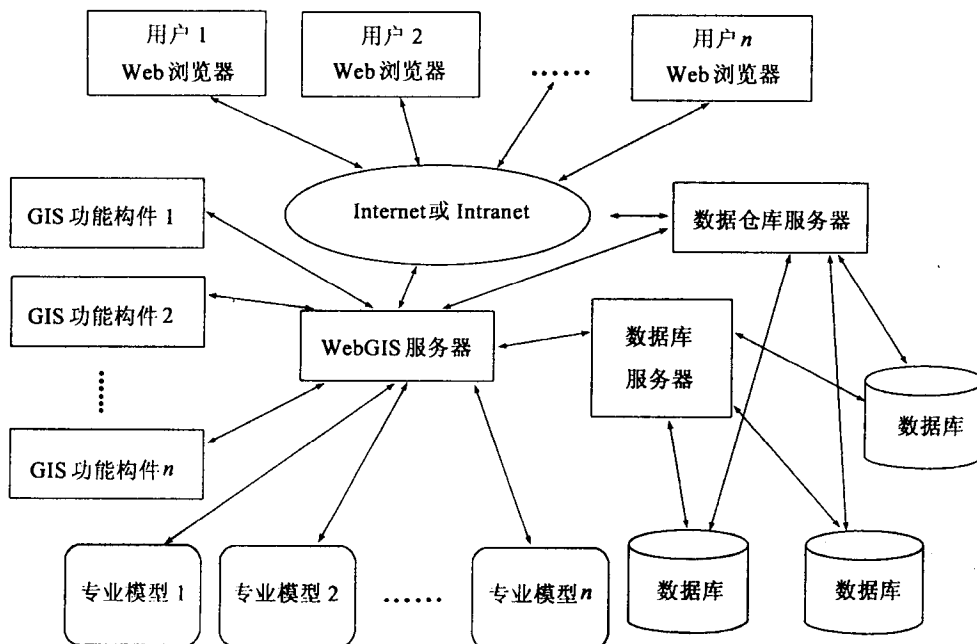


图 1-6 分布式 GIS 的体系结构  
(据周国年等, 1994 年)

网络设备包括布线系统、网桥、路由器和交换机等。在进行 GIS 网络设计时,必须首先确定网络应用的需求,然后具体考虑网络类型、互联设备、网络操作系统和服务器的选择,以及网络拓扑结构、网络布线和网络安全性保障等。只有通过对新技术的深刻理解、对新产品的广泛关注以及对应用需求的准确把握,才能设计出一个合理的 GIS 网络。

#### 1.2.2 系统软件

GIS 软件是系统的核心,用于执行 GIS 功能的各种操作,包括数据输入、处理、数据库管理、空间分析和图形用户界面(GUI)等。按照其功能分为 GIS 专业软件、数据库软件和系统管理软件等(图 1-7)。

##### 一、GIS 专业软件

GIS 专业软件一般指具有丰富功能的通用 GIS 软件,它包含了处理地理信息的高级功能,可作为其他应用系统建设的平台。其代表产品有 ARC/INFO、MGE、MAPINFO、



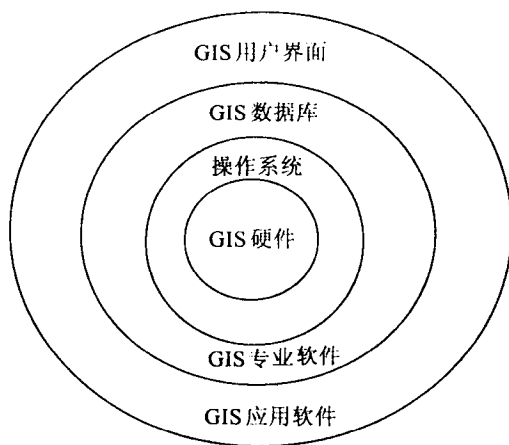


图 1-7 GIS 的软件层次

MAPGIS、GEOSTAR 等。它们一般都包含有以下的主要核心模块：

- **数据输入和编辑** 支持数字化仪手扶跟踪数字化、图形扫描及矢量化，以及对图形和属性数据提供修改和更新等编辑操作；
- **空间数据管理** 能对大型的、分布式的、多用户数据库进行有效的存储检索和管理；
- **数据处理和分析** 能转换各种标准的矢量格式和栅格格式数据，完成地图投影转换、支持各类空间分析功能等；
- **数据输出** 提供地图制作、报表生成、符号生成、汉字生成和图像显示等；
- **用户界面** 提供生产图形用户界面工具，使用户不用编程就能制作友好和美观的图形用户界面；
- **系统二次开发能力** 利用提供的应用开发语言，可编写各种复杂的 GIS 应用系统。

## 二、数据库软件

数据库软件除了在 GIS 专业软件中用于支持复杂空间数据的管理软件以外，还包括服务于以非空间属性数据为主的数据库系统，这类软件有：ORACLE, SYBASE, INFORMIX, DB2, SQL Server, Ingress 等。它们也是 GIS 软件的重要组成部分，而且由于这类数据库软件具有快速检索、满足多用户并发和数据安全保障等功能，目前已实现在现成的关系型商业数据库中存储 GIS 的空间数据，例如 SDE (Spatial Database Engine) 就是最好的解决方案。

## 三、系统管理软件

系统管理软件主要指计算机操作系统，当今使用的操作系统有：MS-DOS, UNIX, Windows95/98/2000, Windows NT, VMS 等。它们关系到 GIS 软件和开发语言使用的有效性，因此也是 GIS 软硬件环境的重要组成部分。

### 1.2.3 空间数据

地理信息系统的操作对象是空间数据，它具体描述地理实体的空间特征、属性特征和时间特征。空间特征是指地理实体的空间位置及其相互关系；属性特征表示地理实体的名