



地理信息系统理论与应用丛书

ArcGIS 开发宝典

——从入门到精通

● 刘仁义 刘 南 著



科学出版社
www.sciencep.com

地理信息系统理论与应用丛书

ArcGIS 开发宝典

——从入门到精通

刘仁义 刘 南 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是为适应当前我国 ArcGIS 应用开发需要而编写的一本面向不同层次的开发指导教程。本书全面系统地介绍了 ArcGIS 初、中、高级应用开发方法,并提供大量 VC++、Delphi、Java、VB、C#、.NET 应用系统开发实例。全书共分 4 篇:第一篇介绍准备知识和简单开发;第二、三篇是主体,分别介绍桌面/嵌入式地图应用开发和 GIS 服务开发;第四篇力求全面介绍各种开发手段,并提供实际应用系统实例。第一至第四篇分别为预备、初级、中级、高级 4 个层次的 ArcGIS 应用开发。

本书可作为高等院校 GIS 专业本科生、研究生的教材,也可作为 GIS 软件开发人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

ArcGIS 开发宝典:从入门到精通/刘仁义,刘南著. —北京:科学出版社,2006

(地理信息系统理论与应用丛书)

ISBN 7-03-017550-6

I. A… II. ①刘… ②刘… III. 地理信息系统-应用软件-ArcGIS
IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 071420 号

责任编辑:彭胜潮 韩 鹏 卜 新/责任校对:宋玲玲

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

*

2006 年 9 月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006 年 9 月第一次印刷 印张:29

印数:1—4 000 字数:670 000

定价:64.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

前 言

近年来,用户对专业应用系统 GIS 功能的要求不断提升,而对 GIS 应用系统操作过程中的繁杂性越来越感到头疼。一个“好”的 GIS 应用系统,其“表面”操作方法越简单,则“背后”一定越复杂。具体地说,随着 GIS 技术和应用的深入,GIS 平台越来越复杂,开发的难度越来越大,开发的周期越来越长,对系统研发人员的综合知识背景和 GIS 开发能力要求也就越来越高。

GIS 研发人员的任务开始沉重起来,如何应对这种挑战呢?

我们花了一些时间对近几年出版的 GIS 图书进行调查和分析,发现大部分都偏重于理论或基本概念,涉及 GIS 软件方面的书很少。即使有,也是关于平台的使用方法和具体操作的介绍,对基于平台进行二次或高层次扩展的开发方法进行全面详细介绍的书极少。

美国 ESRI 公司的 ArcGIS 平台尽管功能强大,但由于价格昂贵,以前其应用普及曾受到一定限制。20 世纪 90 年代中期后,特别是近些年来,由于中国经济的发展以及对 GIS 高端功能的要求,采用 ArcGIS 平台的用户越来越多,ArcGIS 也因此成为 GIS 软件领域的第一平台。

本书分四篇,共 16 章。第一、三篇由刘南负责,第二、四篇由刘仁义负责。全书由刘仁义负责统稿工作。

由于本书偏重实战开发,成书历经 5 年有余。本书是作者所管理的浙江大学地理信息科学研究所和浙江省资源与环境信息系统重点实验室多年来基于 ArcGIS 开发应用系统的积累,作者带培的几届博士和硕士研究生为本书付出了辛勤的汗水,他们是靖常峰、童兆国、王洁、谢炯、严志民、高锡章、张丰、滕龙妹、俞剑君、夏凯、李伟、陈建、陈志荣、杨言生、许欢、童艳、沈林芳、沈熙玲、沈萍月等同学。

本书的编写还得到了 ESRI 中国(北京)有限公司技术工程师——作者的学生朱政、赵万锋的技术支持和帮助。

书中所有地图均取自计算机软件生成图像,仅用于说明软件研发,别无他用。书中所有程序均经作者验证,可以运行。

刘仁义 刘 南

2006 年春于杭州

目 录

前言

第一篇 ArcGIS 开发入门

第 1 章 组件式 GIS	3
1.1 概述	3
1.1.1 GIS 概念	3
1.1.2 GIS 的产生与发展	4
1.1.3 GIS 的软硬件组成	5
1.1.4 我国 GIS 领域的研究现状	7
1.2 GIS 开发	9
1.2.1 GIS 在信息系统中的地位	9
1.2.2 GIS 开发模式	9
1.2.3 GIS 开发模式比较与分析	11
1.3 组件式 GIS	11
1.3.1 组件式 GIS 基本概念	11
1.3.2 GIS 中引入组件技术	13
1.3.3 组件式 GIS 特点	15
1.3.4 组件式 GIS 的设计和开发	17
1.4 组件式 GIS 现状	20
1.4.1 组件式 GIS 研究与发展现状	20
1.4.2 主流组件式 GIS 软件平台概述	20
1.4.3 当前组件式 GIS 开发研究中所面临的问题	21
参考练习	21
延伸阅读	22
第 2 章 ArcGIS 与 ArcObjects	23
2.1 ArcGIS	23
2.1.1 ArcGIS 框架概述	23
2.1.2 ArcGIS Desktop	26
2.1.3 ArcGIS Server	30
2.1.4 ArcGIS Engine	35
2.1.5 ArcGIS 数据格式	37
2.1.6 ArcGIS 开发组件——MapObjects	38
2.1.7 ArcGIS 与 ArcObjects	42

2.2 组件对象模型 COM	43
2.2.1 COM 结构	43
2.2.2 COM 实现	44
2.2.3 COM 扩展	45
2.3 ArcObjects 简析	45
2.3.1 ArcGIS 二次开发工具——ArcObjects	45
2.3.2 ArcObjects 的组件体系	45
2.3.3 ArcObjects 的特点	46
2.3.4 ArcObjects 的功能	48
2.3.5 ArcObjects 的组件	49
2.3.6 ArcObjects 的对象与属性	50
2.3.7 ArcObjects 数据模型——GeoDatabase	52
2.3.8 ArcObjects 开发方式	53
参考练习	53
延伸阅读	53
第3章 开发环境	55
3.1 VB 和 VBA	55
3.1.1 VB 集成开发环境 (IDE)	55
3.1.2 如何在 VB 中创建应用程序及调试代码	56
3.1.3 VBA 集成开发环境 (IDE)	58
3.2 C++ 和 VC++	59
3.2.1 VC 集成开发环境 (IDE)	60
3.2.2 在 VC 中创建应用程序	60
3.2.3 VC 的调试环境	61
3.2.4 加载 ArcObjects 组件库 (Type Library)	62
3.3 .NET 与 C#	64
3.3.1 .NET 集成开发环境	64
3.3.2 在 .NET 中创建应用程序	67
3.3.3 .NET 的调试环境	69
3.3.4 加载 ArcEngine 组件	69
参考练习	71
延伸阅读	71
第4章 客户化 ArcDesktop	72
4.1 工具条定制	72
4.2 编写 VBA 宏	74
4.2.1 Element 组件	74
4.2.2 访问元素名称	74
4.3 定制 VBA 命令	79
参考练习	81

延伸阅读	81
------------	----

第二篇 桌面地图应用开发

第5章 地图控件	85
5.1 ArcGIS 控件	85
5.1.1 控件特性	85
5.1.2 地图控件	87
5.1.3 页面控件	89
5.1.4 目录树控件	91
5.1.5 工具条控件	91
5.2 VB 中使用地图控件	93
5.2.1 添加控件	93
5.2.2 设置 MapControl 大小	98
5.3 VC++ 中使用地图控件	99
5.3.1 添加控件流程	99
5.3.2 设置地图控件大小	104
5.4 C#.NET 中使用地图控件	106
5.4.1 添加控件步骤	106
5.4.2 设置 MapControl 控件大小	115
参考练习	116
延伸阅读	116
第6章 地图表现	117
6.1 地图浏览	117
6.1.1 地图组件	117
6.1.2 实现基本的浏览功能	121
6.1.3 实时地图坐标显示	125
6.2 图层渲染	129
6.2.1 图形的显示	130
6.2.2 简单渲染	134
6.2.3 唯一值渲染	138
6.3 显示注记	142
6.3.1 标注组件	142
6.3.2 标注 Schools 层	145
6.3.3 标注 Parcels 层	150
6.4 地图输出	154
6.4.1 页面与输出组件	154
6.4.2 使用布局	159
6.4.3 地图打印	164
参考练习	167

延伸阅读·····	168
第 7 章 数据操作 ·····	169
7.1 数据连接 ·····	169
7.1.1 获取地理数据 ·····	169
7.1.2 打开 Shapefile ·····	170
7.1.3 打开 GeoDatabase ·····	175
7.2 数据访问 ·····	179
7.2.1 对地理数据的访问 ·····	179
7.2.2 显示地理数据表 ·····	183
7.3 数据选择 ·····	189
7.3.1 查询、光标与对象的选择 ·····	189
7.3.2 选择数据 ·····	192
7.3.3 访问选择集 ·····	194
7.4 数据创建 ·····	198
7.4.1 地理数据的创建 ·····	198
7.4.2 新建数据集 ·····	202
参考练习·····	206
延伸阅读·····	206
第 8 章 地图编辑 ·····	207
8.1 编辑地图要素 ·····	207
8.1.1 地图要素组件 ·····	207
8.1.2 添加画线面工具 ·····	210
8.1.3 添加点要素 ·····	211
8.2 新建地理特征 ·····	216
8.2.1 几何与特征 ·····	216
8.2.2 创建新特征 ·····	220
8.3 编辑地理特征 ·····	223
8.3.1 编辑交互显示 ·····	223
8.3.2 编辑特征 ·····	227
8.4 编辑整饰要素 ·····	234
8.4.1 地图的整饰 ·····	234
8.4.2 创建整饰要素 ·····	237
参考练习·····	242
延伸阅读·····	242
第 9 章 地图分析 ·····	243
9.1 空间查询 ·····	243
9.1.1 空间关系查询 ·····	243
9.1.2 查询交叉的要素 ·····	244
9.2 空间统计 ·····	246

9.2.1 数据统计	246
9.2.2 特征统计	248
9.3 拓扑分析	250
9.3.1 拓扑操作	250
9.3.2 空间拓扑分析	252
参考练习	255
延伸阅读	255

第三篇 开发 GIS 服务

第 10 章 ArcSDE 配置	259
10.1 ArcSDE 简介	259
10.1.1 体系结构	262
10.1.2 空间数据存储方案	264
10.1.3 空间索引机制	266
10.2 ArcSDE 安装	267
10.2.1 本地安装	267
10.2.2 远程安装	272
10.2.3 创建多个服务	273
10.3 ArcSDE 服务器端参数配置	274
10.3.1 配置图层存储参数	274
10.3.2 创建日志文件	277
10.4 ArcSDE 性能优化	277
10.4.1 大型数据上载优化	277
10.4.2 查询优化	279
参考练习	280
延伸阅读	280
第 11 章 数据管理	281
11.1 面向对象的空间数据库模型 GeoDatabase	281
11.1.1 GeoDatabase 概念	281
11.1.2 GeoDatabase 模型	283
11.1.3 GeoDatabase 对象模型	283
11.2 访问空间数据库	285
11.2.1 打开数据库工作空间	285
11.2.2 通过 Name 对象方式	287
11.2.3 获得工作空间数据元素	288
11.3 矢量数据	289
11.3.1 文件数据导入 GeoDatabase	289
11.3.2 复制特征数据集从 GeoDatabase 到个人数据库	292
11.3.3 编辑 GeoDatabase 中数据	293

11.3.4 空间数据拓扑检查	295
11.4 栅格数据	297
11.4.1 打开栅格工作空间	298
11.4.2 获得栅格数据集	300
11.4.3 获得栅格目录	301
11.4.4 栅格数据上载	303
11.4.5 栅格数据拼接	305
参考练习	307
延伸阅读	307
第 12 章 创建简单站点	308
12.1 ArcIMS 介绍	308
12.2 ArcIMS 安装	310
12.2.1 安装内容	310
12.2.2 安装步骤	310
12.3 Author 制作地图服务文件	314
12.3.1 加载数据	314
12.3.2 图层控制	316
12.3.3 添加注记	319
12.3.4 预定义查询	319
12.3.5 比例尺显示控制	320
12.4 Administrator 发布地图服务	321
12.4.1 FeatureServer	321
12.4.2 ImageServer	321
12.5 Designer 设计 Web 页面	323
12.5.1 创建 Web 站点	323
12.5.2 选择 ArcIMS 服务	323
12.5.3 选择浏览器	324
12.5.4 选择网站布局	325
12.5.5 站点页面设置	326
12.5.6 选择地图范围	326
12.5.7 选择可视层	327
12.5.8 设置鹰眼图	328
12.5.9 设置比例尺	328
12.5.10 工具栏定制	329
12.5.11 设置地图提示	330
12.5.12 选择活动图层	330
12.5.13 预定义查询	330
12.5.14 设置识别工具	332
12.5.15 MapNotes 和 EditNotes 工具	332

12.5.16 选择虚拟路径	333
参考练习.....	335
延伸阅读.....	335
第 13 章 自定义用户发布	336
13.1 ArcXML 语言	336
13.1.1 ArcXML 介绍	336
13.1.2 ArcXML 术语	337
13.1.3 ArcIMS 基本语法.....	338
13.1.4 ArcXML 框架	338
13.2 HTML 浏览器定制开发	341
13.2.1 HTML 浏览器.....	341
13.2.2 HTML 文件	343
13.2.3 JS 文件	347
13.3 Java 浏览器定制开发	352
13.3.1 Java 浏览器	352
13.3.2 AXL 文件	354
13.3.3 CLASS 文件	355
13.3.4 HTML 文件	356
13.3.5 JS 文件	358
13.4 开发实例.....	359
参考练习.....	370
延伸阅读.....	371

第四篇 AO 扩展与深入开发

第 14 章 ArcGIS 扩展模块	375
14.1 扩展模块概览.....	375
14.1.1 ArcGIS 及其扩展模块	375
14.1.2 扩展模块简介	376
14.1.3 扩展模块应用开发	379
14.2 空间分析模块.....	380
14.2.1 RasterAnalysis 组件	381
14.2.2 实现插值	382
14.3 三维分析模块.....	384
14.3.1 GlobeDisplay 对象	385
14.3.2 指示三维空间的点	385
参考练习.....	386
延伸阅读.....	386
第 15 章 AO 扩展	387
15.1 COM 的扩展	387

15.1.1	接口的继承	387
15.1.2	包容与聚合	387
15.2	AO 的扩展	388
15.2.1	选择开发环境	388
15.2.2	常用开发工具	389
15.2.3	创建对象	391
15.2.4	编写代码	392
15.2.5	创建属性页	393
15.2.6	设计对话框和属性页	394
15.2.7	组件类别	395
15.2.8	组件克隆	396
15.2.9	组件保存	398
15.2.10	类库和 IDL	399
15.2.11	实现帮助	400
15.2.12	错误处理	401
15.3	设计自定义工具	402
15.3.1	扩展用户接口	402
15.3.2	创建自定义命令	403
15.4	设计自定义符号	413
15.4.1	扩展地图符号	413
15.4.2	创建中心点填充符号	415
	参考练习	420
	延伸阅读	420
第 16 章	ArcGIS 深入开发与应用	421
16.1	Office 文档中嵌入 ArcGIS 应用	421
16.2	扩展地理数据库	423
16.2.1	扩展数据模型	423
16.2.2	用 UML 进行地理数据库建模	425
16.2.3	创建树木要素	427
16.3	设计空间处理模型	437
16.3.1	建模准备	437
16.3.2	编辑模型	443
16.3.3	应用空间分析模型	449
16.4	ArcGIS 综合应用	450
16.4.1	ArcGIS 开发思路总结	450
16.4.2	开发应用 GIS 系统	451
	参考练习	452
	延伸阅读	452

第一篇 ArcGIS 开发入门

近几年计算机软件技术发展迅速,推动了以软件技术为基础的其他相关学科和应用技术的发展。作为计算机科学与地理信息科学交叉产生的地理信息系统(GIS)技术也发生了很大的变化,近些年的 GIS 应用技术开发,主要涉及组件式 GIS (ComGIS)、时态 GIS (temporal GIS, TGIS)、互联网 GIS (Web GIS)、虚拟现实 GIS (virtual reality GIS, VRGIS)、网格 GIS (Grid GIS, GGIS)、面向对象的地理空间数据库 (object-oriented geographic spatial database)、空间数据库引擎 (spatial database engine, SDE) 等。特别是新一代的以组件方式提供的中间开发环境(如 ESRI 公司的 ArcObjects 和 ArcEngine)已成为基于 GIS 的大型专业应用系统(如城市规划系统、土地管理系统、电力系统等)的主要开发工具。

计算机技术的发展为 GIS 的发展提供了一个良好的技术平台,基于计算机技术的 GIS 开发也变得十分活跃。无论是在高等院校、科研院所,还是在公司、企业, GIS 开发人员的技术学习已变得越来越重要。

本篇介绍了 GIS 的基本概念、ArcGIS 及 ArcObjects 的基本知识,并介绍了在不同的开发环境中开发 ArcObjects 的相关知识。

第 1 章 组件式 GIS

经历 30 多年的发展, GIS 正在形成完整的技术系统并建立其理论体系, 形成了多层次和不同尺度的应用格局, 成为信息产业的重要组成部分。作为一门综合性技术, GIS 不断与其他技术相融合, 其发展与其他技术, 特别是计算机技术的发展密切相关。在软件开发领域, 日趋成熟的组件技术成为计算机业的主流开发技术之一, 它的飞速发展引发了计算机相关信息产业的变革。跟随主流技术, GIS 技术也进入了组件式 GIS (component GIS) 的全新阶段。

组件式 GIS 带来开发平台的灵活性, 能够使 GIS 功能嵌入非 GIS 软件, 或者将其其他软件功能引入 GIS 软件平台, 从而使 GIS 技术与其他应用相结合, 成为一体化的应用。国际上主要的 GIS 公司都把发展组件式 GIS 作为重要的发展战略, 分别推出了自己的组件式 GIS 软件平台。组件式 GIS 软件已经被应用于水利、电力、土地管理、城市规划等与空间地理数据相关的各种领域, 发挥了巨大的作用, 成为当今 GIS 技术最重要的发展潮流之一。

本章简略讲述 GIS 的概念、现状、开发形式和方法过程以及当前 GIS 系统开发的主流技术——组件式 GIS。首先阐述 GIS 基本概念, 然后在此基础上介绍 GIS 开发的相关知识。本章后部对组件式 GIS 的概念、特点以及发展现状进行了详细的介绍。

1.1 概 述

1.1.1 GIS 概念

美国联邦数字地图协调委员会 (Federal Interagency Coordinating Committee on Digital Cartography, FICCDC) 关于地理信息系统 (Geographic Information System, GIS) 的定义为: “GIS 是由计算机硬件、软件和方法组成的系统, 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, 我们将 GIS 的概念分为两个组成部分。其一, 地理信息系统是一门学科, 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; 其二, 地理信息系统是一个技术系统, 是以地理空间数据库 (GeoSpatial Database) 为基础, 采用地理模型分析方法, 适时提供多种空间和动态的地理信息, 为地理研究和地理决策服务的计算机技术系统 (图 1-1)。

GIS 概念可以从以下几个方面理解:

1) GIS 的表象是计算机化的技术系统。

这一技术系统由数据采集系统、数据管理系统、数据处理和分析系统、可视化表达与输出系统等组成, 影响着 GIS 硬件平台、系统效率和功能、数据处理方式和产品类型。

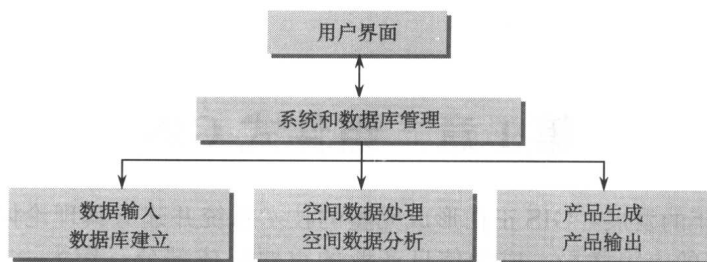


图 1-1 GIS 概念框架

2) GIS 的操作对象是地理空间数据。

地理空间数据包括：属性数据、几何数据、时间数据。GIS 对空间数据的管理好操作，是 GIS 区别于其他信息系统的根本标志，也是技术难点之一。

3) GIS 的技术优势在于它的空间分析能力。

GIS 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、强大的图形处理和表达功能、空间模拟和空间决策支持等，可产生常规方法难以获得的重要信息，这是 GIS 的重要贡献。

4) GIS 与地理学、测绘学联系紧密。

地理学是 GIS 的理论依托，为 GIS 提供有关空间分析的基本观点和方法。测绘学为 GIS 提供各种定位数据，其理论和算法可直接用于空间数据的变换和处理。

与 GIS 相关的学科、技术见图 1-2。

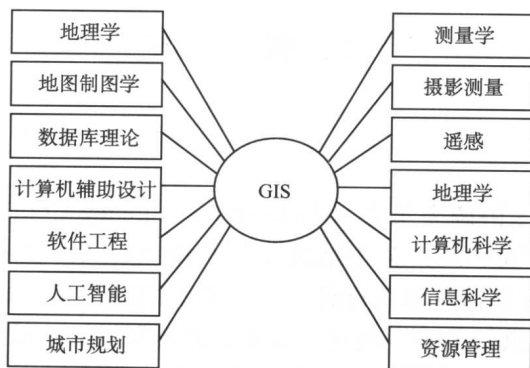


图 1-2 与 GIS 相关的学科、技术（郭达志等，2002）

1.1.2 GIS 的产生与发展

1963 年加拿大测量学家 Roger F. Tomlinson 首先提出了地理信息系统的概念，并于 20 世纪 70 年代初研究成功第一个实用意义上的地理信息系统（CGIS），对土地等自然资源信息进行分析和管理。与此同时，美国哈佛大学计算机图形与空间分析实验室，开发出世界上第一个通用的制图软件包——SYMAP 系统，这是世界上开发基于图形方式（矢量数据格式）的通用型地理信息系统的成功起点。随着 60 年代末发达国家和相

关国际组织建立起 GIS 的机构和组织,新出现的地理信息系统很快在相关领域受到高度重视,美国建立起若干个地理信息系统组织,如城市与区域地理信息系统联合会 (URISA) 和美国航测与遥感协会 (ASPRS) 等。70 年代,地理信息系统迅速发展与巩固,美国等发达国家投入了大量的人力、物力、财力,开发出各类专业地理信息系统,商业 GIS 软件开始活跃,不少大学开始培养 GIS 人才,开展 GIS 学术活动。

20 世纪 80 年代是 GIS 大发展、普及和推广应用阶段,地理信息系统由比较简单的、单一功能的、分散的系统发展成为多功能的、用户共享的综合性信息系统,并向智能化发展。80 年代后期,两种主要的 GIS 技术 (栅格和矢量) 实现一体化。相应地, GIS 技术与遥感技术一体化,成为新一代 (第二代) GIS 技术成熟的标志。若干优秀的地理信息系统软件,如美国环境系统研究所 (ESRI) 开发的 Arc/Info 等,在此期间被广泛推广应用。GIS 软件性能的提高,促使地理信息系统应用迅速扩展:应用的领域从传统的资源和环境迅速扩展到众多领域,应用的社会部门从政府扩展到涉及区域规划管理的企业和商用领域,应用的地区扩展到全世界。GIS 市场空前扩大,形成一个巨大的产业。GIS 教育在发达国家高校普及,学术活动空前活跃。

20 世纪 90 年代是地理信息系统发生飞跃的时期,其标志是:第一,地理信息系统发展形成了一个世界范围公认的、包括基础理论研究体系和技术应用体系在内的完整学科:地理信息科学或地球信息科学。第二,90 年代中后期,在加速发展的互联网/企业网 (Internet/Intranet) 技术和面向对象开发技术等,以及整个计算机技术领域集成化趋势的带动下, GIS 技术发生飞跃,形成第三代 GIS 技术。GIS 与多种计算机技术相集成,共同融入计算机主流技术。技术的进步促使地理信息共享和社会化程度极大提高。相应地, GIS 应用领域和 GIS 产业的发展更加迅猛, GIS 走向公众,进入日常生活领域。GIS 教育进入中学, GIS 学术活动空前深化。1998 年,美国副总统戈尔提出“数字地球”科技发展战略。数字地球是“可嵌入超海量地理相关数据 (geo-referenced data) 的、我们行星多重比例尺的、三维的表达” (Gore, 1998/1999)。数字地球的提出,进一步提高了 GIS 学科和技术的地位,为地理信息科学和技术的发展提供了一个强大的新推动力。

1.1.3 GIS 的软硬件组成

与一般的信息系统或计算机系统相比,地理信息系统的软硬件组成有其特点,而且通常更加复杂。

GIS 硬件系统主要由处理设备、存储设备、数据输入设备、数据输出设备四部分组成:

- 处理设备——工作站、微机、便携式计算机;
- 数据输入设备——数字化仪、扫描仪等;
- 数据输出设备——图形终端、绘图仪、打印机、硬复制设备等;
- 存储设备——磁带机、光盘机、移动硬盘等。

直到 20 世纪 70 年代末,各种信息系统的计算机硬件配置系统还很简单,主要是基于集中式方案 (centralized scheme) 的配置,其数据存储和处理功能都集中于主机,其