



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 地理信息系统 原理及应用

刘贵明 主 编  
毛政利 副主编



科学出版社

[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

P208/90

2008

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

# 地理信息系统原理及应用

刘贵明 主 编

毛政利 副主编

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书全面系统地阐述了地理信息系统的基础理论和应用方法,同时注意反映地理信息系统领域的最新研究成果,并将其与应用相结合。

本书共分两篇:第一篇介绍地理信息系统的基础理论,主要内容包括地理信息系统相关的基本概念,地理信息系统的组成,空间数据结构与空间数据库,空间分析模型以及应用型地理信息系统的设计、开发、评价等;第二篇介绍地理信息系统的应用,主要内容包括应用模型的构建,GIS与GPS、RS的集成开发,并通过实例详细介绍地理信息系统的应用与开发,地图矢量化,GIS数据模型与数据库,GIS空间分析与数字高程模型的建立,GIS的设计与实现等。

本书可作为普通高等院校测绘、地理、地质、城市规划、市政管理、土地资源管理、环境科学等专业的本科生以及高职高专学生的教材或参考书,也可供从事地理信息系统、资源与环境管理信息系统、土地利用信息和地籍管理信息系统、城市管理和各种专业信息系统的科技人员和管理人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统原理及应用/刘贵明主编. —北京:科学出版社,2008  
(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)

ISBN 978-7-03-021661-8

I. 地… II. 刘… III. 地理信息系统-高等学校-教材 IV. P208  
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 052717 号

责任编辑:何舒民 张雪梅 / 责任校对:刘彦妮  
责任印制:吕春珉 / 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

\*

2008年5月第一版 开本:787×1092 1/16

2008年5月第一次印刷 印张:20 1/4

印数:1—3 000 字数:470 000

定价:32.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈环伟〉)

销售部电话 010-62136131 编辑部电话 010-62137154(VT03)

版权所有,侵权必究

举报电话:010-64030229; 010-64034315; 13501151303

# 前 言

地理信息系统 (geographical information system) 是集计算机科学、地理科学、测绘学、遥感学、环境科学、空间科学、信息科学、管理科学等为一体的新兴边缘学科。它的概念层出不穷, 技术日新月异。它的理论、方法和技术不仅吸引了广大地学、信息工作者的研究和关注, 而且受到了更广泛的经济、文化、社会工作者及学生的青睐。特别是随着计算机网络技术的应用与发展, 网络 GIS 已构成了当今社会的热点。GIS 在快速发展成为地理信息科学新的高峰的同时, 也快速地走向社会, 融入社会。

本书是作者在参阅了大量的国内外有关地理信息系统的教材、专著、学术论文以及相关网络资源的基础上, 结合地理信息系统教学和应用研究的实践编写而成的。本书采用基础理论与实际应用相结合的方式编写, 前半部分简明阐述地理信息系统的基础知识、基本原理和基本方法, 不仅精练地介绍了地理信息系统的基本内容, 而且把与本学科有关的最新概念、最新成果和动态, 如 3S 集成技术, 作了全面、系统的介绍; 后半部分则着重培养学生的实际应用能力, 通过一些实习和实验及在相关专业的应用实例, 详细介绍地理信息系统在测绘专业、土地管理及相关专业上的应用, 从而提高学生应用地理信息系统原理、方法解决实际问题的能力。

全书共分两篇十四章, 其中第一、三、四章由郑州师范高等专科学校曹奇刚编写, 第二、六章由南阳师范学院蒋国富编写, 第五、九、十四章由平顶山工学院刘贵明编写, 第七、十一、十二章由平顶山工学院毛政利编写, 第八、十、十三章由平顶山工学院李军杰编写。

由于作者水平所限, 书中不成熟、不完善之处在所难免, 敬请读者批评指正。

# 目 录

## 第一篇 地理信息系统原理

第一章 绪论	3
1.1 地理信息系统的产生与发展	3
1.1.1 地理信息系统在国际的发展状况	3
1.1.2 地理信息系统在我国的发展状况	5
1.1.3 当代 GIS 的发展趋势	6
1.2 地理信息系统的定义	7
1.2.1 数据与信息	7
1.2.2 地理信息	8
1.2.3 信息系统	8
1.2.4 地理信息系统	10
1.3 地理信息系统的基本内容与构成	10
1.3.1 地理信息系统的基本内容	10
1.3.2 地理信息系统的构成	11
1.4 地理信息系统的功能	12
1.5 地理信息系统与相关学科的关系	15
1.6 地理信息系统的基本特征	17
思考题	18
第二章 地理空间和地图投影	19
2.1 地球椭球体要素	19
2.2 坐标系	20
2.2.1 大地坐标系	21
2.2.2 天文坐标系	21
2.2.3 空间直角坐标系	21
2.2.4 平面坐标系	21
2.3 地理空间及其表达	24
2.4 地图投影的基本问题	25
2.4.1 地图投影的概念	25
2.4.2 地图投影的变形	25
2.4.3 地图投影的分类	26



## 目 录

2.4.4 地图投影的选择 .....	29
2.5 高斯-克吕格投影 .....	29
2.6 地形图的分幅和编号 .....	31
2.6.1 地形图的分幅 .....	31
2.6.2 分幅编号 .....	32
思考题 .....	34
<b>第三章 空间数据的获取</b> .....	<b>35</b>
3.1 概述 .....	35
3.2 空间数据及其特征 .....	36
3.2.1 空间数据 .....	36
3.2.2 空间数据的基本特征 .....	36
3.3 空间数据获取方式 .....	37
3.3.1 属性数据的采集 .....	37
3.3.2 几何数据的采集 .....	38
3.4 空间数据转换 .....	39
3.5 空间数据模型 .....	41
3.6 空间数据质量控制 .....	44
3.7 空间数据标准 .....	48
思考题 .....	49
<b>第四章 空间数据表达</b> .....	<b>50</b>
4.1 空间对象及其定义 .....	50
4.2 空间对象关系 .....	51
4.3 空间数据的计算机表示 .....	53
4.4 空间数据结构的类型 .....	54
4.5 空间数据结构的建立 .....	54
4.6 空间对象的矢量表达 .....	55
4.6.1 矢量数据结构编码的基本内容 .....	55
4.6.2 矢量编码方法 .....	56
4.7 空间对象的栅格表达 .....	57
4.7.1 栅格数据的基本概念 .....	57
4.7.2 栅格数据层的概念 .....	58
4.7.3 栅格数据结构的表示 .....	59
思考题 .....	60
<b>第五章 空间数据处理</b> .....	<b>61</b>
5.1 空间数据的坐标变换 .....	61
5.1.1 几何纠正 .....	61



5.1.2	投影变换	62
5.2	空间数据结构转换	64
5.2.1	矢量格式向栅格格式的转换	64
5.2.2	栅格格式向矢量格式的转换	67
5.3	矢量数据的图形编辑	68
5.4	拓扑关系的建立	74
5.4.1	多边形拓扑关系的建立	74
5.4.2	网络拓扑关系的建立	76
5.5	图形的裁剪与拼接	76
5.6	空间数据压缩	77
5.6.1	矢量数据的压缩	77
5.6.2	栅格数据的压缩	79
5.7	空间数据插值	82
5.7.1	空间数据插值方法	82
5.7.2	数字高程模型的生成	85
5.8	数字图像处理	94
5.8.1	图像增强	94
5.8.2	二值图像处理	99
	思考题	104
第六章	空间数据库	105
6.1	数据库系统概述	105
6.1.1	数据、数据库、数据库管理系统、数据库系统的概念	105
6.1.2	数据管理的发展	106
6.1.3	数据库系统	108
6.2	数据库系统结构	109
6.2.1	数据库系统的模式结构	109
6.2.2	数据库系统的体系结构	111
6.3	空间数据管理	113
6.3.1	地理信息系统与一般管理信息系统的比较	114
6.3.2	GIS空间数据管理	115
6.4	空间数据库的设计	116
6.4.1	数据组织的分级	117
6.4.2	空间数据库的设计	118
6.5	空间数据库的建立和维护	120
6.5.1	空间数据库的建立	120
6.5.2	空间数据库的维护	121



## 目 录

6.6	空间数据的更新	122
6.6.1	利用遥感更新空间数据	122
6.6.2	利用全球定位系统更新空间数据	126
	思考题	130
第七章	空间数据分析	131
7.1	空间索引	131
7.1.1	索引概念	131
7.1.2	索引类型	131
7.2	空间信息查询	134
7.2.1	基于属性特征查询	134
7.2.2	基于空间关系和属性特征的查询	135
7.2.3	一种空间扩展查询语言——GeoSQL	135
7.3	空间量算	136
7.3.1	几何量算	136
7.3.2	形状量算	137
7.3.3	质心量算	137
7.3.4	距离量算	138
7.4	空间数据统计分析	139
7.4.1	主成分分析	139
7.4.2	层次分析法	140
7.4.3	系统聚类分析	140
7.4.4	最优分割分级法	143
7.4.5	判别分析	144
7.4.6	趋势面分析	144
7.5	缓冲区分析	146
7.6	叠加分析	150
7.6.1	视觉信息叠加	150
7.6.2	点与多边形叠加	150
7.6.3	线与多边形叠加	151
7.6.4	多边形叠加	151
7.6.5	栅格图层叠加	152
7.7	数字高程模型分析	154
7.8	空间数据的网络分析	157
7.8.1	网络图论基础	157
7.8.2	最短路径分析	159
7.8.3	服务点的最优区位问题	161





7.8.4	最小生成树	163
7.9	空间分析模型与空间决策支持	164
7.9.1	空间分析过程及其模型	164
7.9.2	空间决策支持模型	168
7.10	GIS 空间分析与空间动态建模	176
7.10.1	GIS 与空间动态模型的结合方式	177
7.10.2	元胞自动机简介	177
7.10.3	元胞自动机模拟林火蔓延模型	178
7.10.4	元胞自动机与 GIS 集成应用中的局限性	180
	思考题	181
<b>第八章 地理信息系统的开发与评价</b>		182
8.1	软件工程简介	182
8.1.1	基本概念	182
8.1.2	软件工程活动	183
8.1.3	结构化方法和面向对象方法	185
8.1.4	开发过程模型	186
8.2	地理信息系统的开发过程	187
8.2.1	现行系统调查	188
8.2.2	系统分析	190
8.2.3	系统设计	192
8.2.4	系统的开发与实施	196
8.2.5	系统的维护	197
8.3	地理信息系统的评价	198
8.3.1	GIS 评价的目的	198
8.3.2	系统评价指标	199
8.3.3	系统评价报告	201
	思考题	202

## 第二篇 地理信息系统应用

<b>第九章 地理信息系统的应用实例</b>		205
9.1	GIS 应用概述	205
9.1.1	GIS 应用模式	205
9.1.2	GIS 应用系统的开发方式	207
9.1.3	GIS 应用项目	208
9.2	GIS 应用实例	209
9.2.1	城市规划、建设管理	209



## 目 录

9.2.2	农业气候区划	211
9.2.3	大气污染监测管理	214
9.2.4	道路交通管理	216
9.2.5	地震灾害和损失估计	219
9.2.6	矿产资源勘查	222
9.2.7	城市应急预案	226
9.2.8	旅游	230
9.2.9	长江上游水情信息系统建设	235
9.2.10	医疗卫生	237
9.2.11	军事	239
<b>第十章</b>	<b>3S 集成技术</b>	<b>243</b>
10.1	概述	243
10.2	遥感简介	243
10.3	遥感应用	248
10.4	GIS 与 RS 的集成	248
10.5	GPS 简介	250
10.6	GPS 应用	251
10.7	GIS 与 GPS 的集成	252
10.8	3S 集成的意义	253
	思考题	254
<b>第十一章</b>	<b>GIS 常用软件认识实验</b>	<b>255</b>
11.1	熟悉 ArcView 软件	255
11.1.1	实验目的	255
11.1.2	实验准备	255
11.1.3	实验内容	255
11.2	MapInfo 基本功能与基本操作	260
11.2.1	实验目的	260
11.2.2	实验准备	260
11.2.3	实验内容及步骤	260
11.3	初步应用 ArcView	265
11.3.1	实验目的	265
11.3.2	实验准备	266
11.3.3	实验内容	266
<b>第十二章</b>	<b>空间数据录入实验 (地理信息系统空间数据录入)</b>	<b>272</b>
<b>第十三章</b>	<b>空间分析实验</b>	<b>275</b>
13.1	缓冲区分析	275



13.1.1 实验目的	275
13.1.2 实验准备	275
13.1.3 实验内容	275
13.2 多层面叠合分析	280
13.2.1 实验目的	280
13.2.2 实验准备	281
13.2.3 实验内容	281
13.3 网络分析	286
13.3.1 实验目的	286
13.3.2 实验准备	286
13.3.3 实验内容	287
<b>第十四章 三维空间分析实验</b>	294
14.1 DEM 建立与应用	294
14.1.1 实验目的	294
14.1.2 实验准备	294
14.1.3 实验内容	294
14.2 三维建模	306
14.2.1 实验目的	306
14.2.2 实验准备	306
14.2.3 实验内容	306
<b>主要参考文献</b>	311

# 第一篇

## 地理信息系统原理



# 第一章 绪 论

## 1.1 地理信息系统的产生与发展

地理信息系统萌芽于北美。20世纪60年代初,加拿大的 Roger F. Tomlinson 和美国的 Duane F. Marble 在不同的地方、从不同角度提出了地理信息系统的构想。为便于用计算机处理、分析和管理地理数据,1960年测量学家 Tomlinson 博士提出,要把传统的纸质线划地图转变成数字形式的地图。1963年, Tomlinson 首先提出了“地理信息系统”这一术语,并建立了世界上第一个地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS),用于自然资源的管理和规划。当时,极少有人能预见到计算机在“地理信息系统”这个新的领域中的应用前景。之后,在信息技术快速发展和人们频繁处理大规模动态地理信息的愿望推动下, Roger F. Tomlinson 博士的思想经过短短40余年的发展,已成为一个新兴的产业和学科——地理信息产业和地理信息学,从而为土地利用、资源评价与管理、环境监测、交通运输、经济建设、城市规划、行政管理、工程设计和规划、管理决策等行业和部门提供了分析问题的全新方法和崭新的知识视野,它的深刻影响正在进一步深入到我们的日常工作和生活。

下面简单回顾地理信息系统在国际国内的发展历程。

### 1.1.1 地理信息系统在国际的发展状况

20世纪50年代末和60年代初,计算机技术开始用于地图量算、分析和制作,机助制图迅速发展起来。20世纪60年代中期,由于自然资源 and 环境的规划管理及应用的需要,需要对大量的空间环境数据进行存储、分析和显示,因此出现了地理信息系统的早期雏形。1963年,建立了世界上第一个实用的地理信息系统——加拿大地理信息系统(CGIS)。此时,地理信息系统的特征是和计算机技术的发展水平联系在一起的,表现在计算机存储能力小、磁带存取速度慢、机助制图能力较强、地学分析功能比较简单。与此同时,地理信息系统发展的另一显著标志是许多有关的组织和机构纷纷建立,如1966年美国成立城市和区域信息系统协会(URISA),1969年又建立州信息系统全国协会(NASIS),国际地理联合会(IGU)于1968年设立了地理数据收集和處理委员会(CGDSP)。这些组织和机构的建立,对于传播地理信息系统的知识和发展地理信息系统的技术起了重要的指导作用。这一阶段为地理信息系统的开拓期。

进入20世纪70年代以后,计算机硬件和软件技术飞速发展,尤其是大容量存取设备——硬盘的使用,为空间数据的录入、存储、检索和输出提供了强有力的手段。用户



屏幕和图形、图像卡的发展增强了人机对话和高质量图形显示功能,促使地理信息系统朝着使用方向迅速发展。一些发达国家先后建立了许多不同专题、不同规模、不同类型的各具特色的地理信息系统。如从1970年至1976年,美国地质调查所就建成50多个信息系统,分别作为处理地理、地质和水资源等领域空间信息的工具,其他如加拿大、联邦德国、瑞典和日本等国也先后发展了自己的地理信息系统;同时,一些商业公司开始活跃起来,软件在市场上受到欢迎。此外,探讨以遥感数据为基础的地理信息系统逐渐受到重视,如将遥感纳入地理信息系统的可能性、接口问题以及遥感支持的信息系统的结构和构成等问题,美国喷气推动实验室(JPL)在1976年研制成功兼具影像数据处理和地理信息系统功能的影像信息系统(image based information system, IBIS),可以处理Landsat影像多光谱数据。在此期间,国际地理联合会先后于1972年和1979年召开关于地理信息系统的学术讨论会;1978年,FIG规定第三委员会的主要任务是研究地理信息系统,同年,在联邦德国达姆斯塔特工业大学召开了第一次地理信息系统讨论会等。期间,许多大学(如美国纽约州立大学布法罗校区等)开始注意培养地理信息系统方面的人才,创建了地理信息系统实验室。一些商业性的咨询服务公司开始从事地理信息系统工作。总之,地理信息系统在继承20世纪60年代技术的基础上,充分利用了新的计算机技术,但系统的数据分析能力仍然很弱,在地理信息系统技术方面未有新的突破,系统的应用与开发多限于某个机构,专家个人的影响削弱,而政府影响增强。这一时期为地理信息系统的巩固发展期。

20世纪80年代,随着计算机软、硬件技术的发展和普及,地理信息系统也逐渐走向成熟。计算机价格的大幅度下降、功能较强的微型计算机系统的普及和图形输入、输出和存储设备的快速发展,大大推动了地理信息系统软件的发展,大量的微机地理信息系统软件系统被研制出来。地理信息系统软件技术在以下几个方面有了很大的突破:在栅格扫描输入的数据处理方面,尽管扫描数据的处理要花费很长的机时(与扫描时间相比为10:1),但是仍可大大提高数据输入的效率;在数据存储和运算方面,随着硬件技术的发展,地理信息系统软件处理的数据量和复杂程度大大提高,许多软件技术固化到专用的处理器中,而且遥感影像的自动校正、实体识别、影像增强和专家系统分析软件也明显增加;在数据输出方面,与硬件技术相配合,地理信息系统软件可支持多种形式的地图输出;在地理信息管理方面,除了DBMS技术已发展到支持大型地图数据库的水平外,专门研制的适合地理信息系统空间关系表达和分析的空间数据库管理系统也有了很大的发展。这一时期为地理信息系统技术的大发展时期。这一时期的地理信息系统的发展有如下特点:

- 1) 在20世纪70年代技术开发的基础上,地理信息系统技术全面推向应用。
- 2) 开展工作的国家和地区更为广泛,国际合作日益加强,地理信息系统由发达国家推向发展中国家,如中国。
- 3) 地理信息系统技术进入多种学科领域,从比较简单的、单一功能的、分散的系统发展到多功能的、共享的综合性信息系统,并向智能化发展,新型的地理信息系统将运用专家系统知识进行分析、预报和决策。



4) 微机地理信息系统蓬勃发展, 并得到广泛应用。在地理信息系统理论指导下研制的地理信息系统工具具有更高的效率和更强的独立性和通用性, 更少依赖于应用领域和计算机硬件环境, 为地理信息系统的建立和应用开辟了新的途径。

20 世纪 90 年代是地理信息系统的应用普及时代。由于计算机的软硬件均得到飞速的发展, 因此地理信息系统已成为许多机构必备的工作系统, 尤其是政府决策部门, 在一定程度上受地理信息系统的影响而改变了现有机构的运行方式、设置与工作计划等。另外, 社会对地理信息系统的认识普遍提高, 需求大幅度增加, 从而导致地理信息系统应用的扩大与深化。国家级乃至全球性的地理信息系统已成为公众关注的问题, 如地理信息系统已列入美国政府制定的“信息高速公路”计划, 美国前副总统戈尔提出的“数字地球”战略也包括地理信息系统。

进入 20 世纪 90 年代, 随着地理信息产业的建立和数字化信息产品在全世界的普及, 地理信息系统将深入到各行各业乃至各家各户, 成为人们生产、生活、学习和工作中不可缺少的工具。国家级乃至全球性的地理信息系统已成为公众关注的问题。

### 1.1.2 地理信息系统在我国的发展状况

在我国, 地理信息系统的研究、开发与应用始于 20 世纪 70 年代末, 虽然历史较短, 但是发展很快。地理信息系统在中国亦称为资源与环境信息系统。中国地理信息系统的发展也可分为三个阶段。

第一阶段从 1978 年到 1980 年, 为准备阶段, 主要进行舆论准备, 正式提出倡议, 开始建队伍, 组织个别实验研究, 以 1980 年中国科学院遥感应用研究所成立全国第一个地理信息系统研究室为标志。

第二阶段从 1981 年到 1985 年, 为起步阶段, 主要是对地理信息系统进行理论探索和区域性实验研究, 并在此基础上制定国家地理信息系统规范。1981 年, 在四川渡口二滩进行试验, 以航空遥感资料为基础, 进行信息采集和数据库模型设计。从 1984 年开始, 国家测绘局测绘科学研究所着手组建中国国土基础信息系统。1985 年, 国家资源与环境信息系统实验室成立, 这是一个新型的开放性研究实验室。

第三阶段从 1986 年至今, 为初步发展阶段。地理信息系统的研究被列入我国“七五”攻关课题, 且作为一个全国性的研究领域, 已逐步和国民经济建设相结合, 并取得了重要进展和实际应用效益。这个阶段, 全国形成了一个比较系统的研究计划: 首先, 以研究资源与环境信息系统的国家规范和标准、省、市、县级的规范和区域性的规范为主体, 解决信息共享和系统兼容的问题; 其次, 开展全国性的自然资源与环境、国土和水土保持信息系统的建立和应用模式研究, 开展结合水土保持、洪水预警和救灾对策、防护林生态和城市环境等方面区域信息系统的研究; 另外, 研制和发展软件系统和专家系统, 从技术上支撑上述研究领域的开拓与发展。在这个阶段, 全国建成了一批数据库, 如林业部研制的全国森林资源数据库; 开发了一系列空间信息处理和制图软件, 如南京大学的微机制图系统及地图绘制软件包、中国科学院地理研究所的地理网络法软件





系统；建立了一些具有分析和应用深度的地理模型和基础性的专家系统，如北京大学的地理专家系统、中国科学院综考会的资源开发模型工具库系统、武汉大学的基于 GIS 的专题地图设计专家系统、华东师范大学的地理应用程序软件包等；完成了一批综合性、区域性和专题性的信息系统，如中国科学院的中国国土基础信息系统、黄土高原水土流失信息系统、黄河下游洪水险情预警信息系统等；开始出版有关地理信息系统理论、技术和应用等方面的著作，并积极开展国际合作，参与全球性地理信息系统的讨论和实验。现在全国约有 100 多所高校开设了地理信息系统专业，在全国范围内建立了地理信息系统的科研队伍，逐步建立了不同层次、不同规模的研究中心和实验室。

### 1.1.3 当代 GIS 的发展趋势

当今地理信息系统的应用已不仅限于测绘、地矿、制图、资源与环境管理等传统领域，其在设施管理、交通管理、工程建设、城市规划、灾害防治、灾害评估、文物考古等领域中也愈来愈扮演着重要的角色。此外，地理信息系统还进入了军事战略分析、商业策划和文化教育等更为广泛的领域，甚至还和其他科学技术结合，进入了普通人的生活，其目前的发展趋势主要集中在以下几点。

#### 1. 面向大型的应用和面向公众的应用均加速发展

在大型工程方面，如美国内务部土地管理局的自动土地与矿产资源系统 (ALMRS) 和森林局“615”工程，仅硬件和软件的耗资就高达 12 亿多美元；美国海军的海图计划，建库的费用也有数亿美元。另一方面，一些面向公众的应用，如城市交通咨询、旅游景点咨询等也通过计算机网络将各种空间信息传送到千家万户，如美国已有城市试验通过电视有线网向公众发布城市交通、市政设施等空间信息，香港地政署与香港旅游协会 (TA) 也正着手建立香港旅游信息系统。该系统的基础数据直接来源于地政处的大型数据库，旅游信息则由旅游部门提供，计划首先在尖沙咀等旅游热点安装触摸屏，游客可以通过触摸屏直接了解香港的地理和旅游信息。

#### 2. GIS 应用的微机化

随着计算机硬件技术的飞速发展，原来主要运行于图形工作站上的地理信息系统大都转而面向个人电脑和微型计算机系统。这一变化的实践意义远远超过了它在技术上的进步。由于微机、个人电脑的数量之多、分布之广远非任何计算机系统可比，这实际上也就使得 GIS 这一新颖的技术可以迅速地普及到千家万户和社会的各个领域，成为“寻常百姓”可以共享的技术，这无疑极大地拓宽了 GIS 的市场，同时也刺激了 GIS 技术的快速发展。

#### 3. GIS 的网络化和 Web GIS

随着计算机网络技术的发展和普及，基于网络的分布式地理信息系统已成为