

何 必 李海涛 孙更新 编著

GEO-INFORMATION SYSTEM

# 地理信息系统

## 原理教程



清华大学出版社

# 地理信息系统原理教程

何 必 李海涛 孙更新 编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

地理信息系统的学科体系包含地理信息系统原理、地理信息系统开发和地理信息系统应用三个层次, 本书的主要内容是围绕地理信息系统原理而展开的, 并从地理信息系统组成、数据基础、应用分析模型、地理信息系统工程等角度进行描述。

本书力图避免复杂枯燥的讲述方法, 试图运用科学易懂的语言, 配合图形和实例进行讲解, 目的是帮助读者对地理信息系统这门学科有一个总体的认识和掌握。本书在传统的地理信息系统原理书籍的基础上, 添加了应用分析模型、地理信息系统工程等与实践相关的内容。

本书适合作为地理信息系统及相关专业的本专科学生地理信息系统原理课程的教材, 也适合具有地理学、测绘学、计算机科学技术等学科背景的读者。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统原理教程/何必, 李海涛, 孙更新编著. —北京: 清华大学出版社, 2010.6  
ISBN 978-7-302-22423-5

I. 地… II. ①何… ②李… ③孙… III. 地理信息系统—教材 IV. P208

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 065290 号

责任编辑: 张 瑜

装帧设计: 杨玉兰

责任校对: 李玉萍

责任印制:

出版发行: 清华大学出版社

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座

<http://www.tup.com.cn>

邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175

邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈: 010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 刷 者:

装 订 者:

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 21.25 字 数: 513 千字

附光盘 1 张

版 次: 2010 年 6 月第 1 版

印 次: 2010 年 6 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 35.00 元

---

产品编号:

# 前 言

地理信息系统是 20 世纪 60 年代在地理学、地图制图学、空间信息学等学科的基础上发展起来的一门交叉学科，它所涉及的学科和内容体系十分丰富。虽然地理信息系统要通过计算机信息系统软件的方式来发挥作用，但它的原理才是它的灵魂和本质，只有将地理信息系统的原理表现在软件中，才能发挥出地理信息系统不同于一般的信息系统的优势。本书的主要内容就是围绕着地理信息系统学科的原理进行展开的。

本书用通俗易懂的语言对复杂的原理进行讲解，有助于学生提高学习这门学科的兴趣，从而为将来的地理信息系统软件开发和应用打下坚实的理论基础。

本书的结构组织如下。

第 1 章主要讲述地理信息系统的基本概念以及它的组成、功能、类型、发展历程和前景等。

第 2 章主要讲述地理信息系统的数学基础。这一部分内容与地理学、地图学关系密切，同时也是地理信息系统区别于其他信息系统的重要内容。

第 3 章主要讲述地理信息系统的重要组成部分——空间数据的采集与处理。空间数据是地理信息系统能够发挥自身特有功能的基础，本章主要讲解空间数据的类型、特点、采集以及处理的理论与方法。

第 4 章主要讲述三种重要的地理信息系统空间数据结构，即栅格数据结构、矢量数据结构以及三维数据结构。

第 5 章主要讲述如何利用数据库的方式对空间数据进行管理。通过对数据模型以及空间数据库的讲解，使读者能够掌握如何利用数据库的方式对空间数据进行管理，从而为科学地组织和利用空间数据打下了基础。

第 6 章主要讲述地理信息系统的重要应用方法——空间分析。空间分析能力是地理信息系统区别于传统的管理信息系统的重要标志。通过空间分析，地理信息系统能够为用户提供许多基于空间信息的服务。本章通过讲解诸如缓冲区分析、叠加分析、网络分析、包含分析、数字地面模型分析、空间查询与量算、空间插值等众多典型空间分析方法，使读者充分掌握地理信息系统空间分析方法的原理与应用。

第 7 章主要讲述地理信息系统将要用到的数学模型，例如主成分分析、层次分析、聚类分析等，通过对这些数学模型的学习，能够开发出功能更为强大的地理信息系统软件。

第 8 章主要讲述空间数据显示与制图输出的相关知识。空间数据的显示与制图输出是地理信息系统提供最终成果的重要方式，它涉及地图学、地图制图学等相关学科。

第 9 章主要讲述地理信息系统目前的两个发展和研究热点，即三维地理信息系统与网络地理信息系统。随着用户对地理信息系统需求层次的不断提高，以及相关软硬件条件的进步，使得地理信息系统由传统的二维与单机的形式向三维与网络形式转变。

第 10 章主要讲解地理信息系统工程的相关知识。本章以软件工程理论为基础，结合地



理信息系统的特点，分析和论述地理信息系统的步骤、方法以及一些注意事项。

第 11 章主要介绍目前比较成熟、市场份额比较高的地理信息系统软件，内容基本涵盖了目前的主流地理信息系统软件，可以帮助读者利用软件来加深对地理信息系统原理知识的掌握。

本书由何必、李海涛、孙更新编写，吴静、夏小裕、尹涛、余正昊、刘含海、张良智、范玉红、杨延珍等同志也参与了本书的编写。

在本书的编写和出版过程中，Top-Soon 软件工作室为本书的编写提供了全方位的开发技术支持，清华大学出版社的老师为本书的出版付出了辛勤劳动。在本书完成之际，一并向他们表示最诚挚的感谢。

尽管我们在写作过程中投入了大量的时间和精力，但由于水平有限，错误和不足之处在所难免，敬请读者批评指正，我们会在适当时间对本书进行修订和补充，以回报读者的厚爱。

编 者

# 目 录

第 1 章 绪论 .....	1	2.2.3 地图投影的选择 .....	23
1.1 地理信息系统的基本概念 .....	1	2.2.4 地图投影与 GIS 的 关系 .....	25
1.1.1 信息与地理信息 .....	1	2.3 空间坐标转换 .....	25
1.1.2 信息系统与地理信息系统 .....	1	2.3.1 空间坐标转换的基本 概念 .....	25
1.2 地理信息系统的组成 .....	2	2.3.2 投影解析转换 .....	25
1.2.1 硬件系统 .....	2	2.3.3 数值拟合转换 .....	26
1.2.2 软件系统 .....	6	2.4 空间尺度 .....	27
1.2.3 地理空间数据 .....	10	2.4.1 观测尺度 .....	27
1.2.4 应用分析模型 .....	11	2.4.2 比例尺 .....	27
1.2.5 系统开发、管理和应用 人员 .....	11	2.4.3 分辨率 .....	28
1.3 地理信息系统的功能概述 .....	12	2.4.4 操作尺度 .....	29
1.3.1 基本功能需求 .....	12	2.5 地理格网 .....	29
1.3.2 地理信息系统的基本 功能 .....	12	2.5.1 地理格网的作用 .....	29
1.4 地理信息系统的类型 .....	14	2.5.2 常见的地理格网 .....	30
1.4.1 按 GIS 的功能分类 .....	14	2.5.3 我国的地理格网标准 .....	31
1.4.2 按数据结构分类 .....	14	第 3 章 空间数据的采集与处理 .....	32
1.4.3 按数据维数分类 .....	15	3.1 GIS 数据源 .....	32
1.4.4 按软件开发模式和支撑 环境分类 .....	15	3.1.1 地图数据 .....	32
1.5 地理信息系统的发展 .....	16	3.1.2 遥感图像 .....	33
1.5.1 GIS 的发展简史 .....	16	3.1.3 数字资料 .....	33
1.5.2 GIS 的发展展望 .....	17	3.1.4 文字报告 .....	34
第 2 章 地理空间的数学基础 .....	19	3.2 地理实体分类与数据编码 .....	34
2.1 地球空间参考 .....	19	3.2.1 地理实体分类 .....	34
2.1.1 地球形状与地球椭圆 .....	19	3.2.2 地理实体编码 .....	35
2.1.2 坐标系统 .....	20	3.3 空间数据采集 .....	38
2.1.3 高程系 .....	22	3.3.1 空间数据的矢量化 .....	38
2.2 地图投影 .....	22	3.3.2 矢量化在 GIS 软件中的 实现方法 .....	42
2.2.1 地图投影的概念 .....	22	3.3.3 使用数字化仪进行矢量化 工作 .....	45
2.2.2 地图投影的变形与分类 .....	22	3.3.4 不同格式数据的转换 .....	48



3.4	空间数据处理	50	4.4.2	矢量数据、栅格数据 一体化	105
3.4.1	数据的检查与编辑	51	4.4.3	矢量数据和栅格数据的 选择	108
3.4.2	数据几何纠正	52	4.5	三维数据结构	109
3.4.3	投影变换	54	4.5.1	八叉树数据结构	110
3.4.4	图幅拼接	56	4.5.2	四面体格网	112
3.4.5	建立拓扑关系	59	4.5.3	三维边界表示法	112
3.5	数据质量控制	62	4.5.4	参数函数表示法	113
3.5.1	空间数据质量的概念	62	<b>第 5 章</b>	<b>空间数据管理</b>	<b>114</b>
3.5.2	空间数据质量评价	63	5.1	数据的管理模式	114
3.5.3	误差的类型	64	5.1.1	数据管理的文件方式	114
3.5.4	空间数据质量的控制	65	5.1.2	数据库系统管理数据的 方式	116
3.6	空间数据标准	66	5.2	数据模型	117
3.6.1	空间数据分类标准	66	5.2.1	层次模型	118
3.6.2	空间数据交换标准	66	5.2.2	网状模型	118
3.6.3	GIS 空间元数据	67	5.2.3	关系模型	118
3.6.4	空间数据的互操作和 Open GIS 规范	71	5.2.4	面向对象模型	119
<b>第 4 章</b>	<b>空间数据结构</b>	<b>76</b>	5.2.5	三维空间数据模型	121
4.1	地理空间及其表达	76	5.3	空间数据库的设计	121
4.1.1	地图对地理空间的表达	77	5.3.1	空间数据库的概念	121
4.1.2	地理信息的数字化表达	78	5.3.2	空间数据库系统的构成	125
4.1.3	空间数据特征	79	5.3.3	空间数据库的设计、实现 和维护	125
4.2	栅格数据结构	82	<b>第 6 章</b>	<b>空间分析</b>	<b>140</b>
4.2.1	栅格数据的基本概念	82	6.1	空间分析的内容与步骤	140
4.2.2	栅格数据结构的表示 方法	84	6.1.1	空间分析的内容	140
4.2.3	栅格数据的组织方法	85	6.1.2	空间分析的步骤	141
4.2.4	栅格数据的取值方法	87	6.2	空间分析的基本方法	144
4.2.5	栅格数据存储的压缩 编码	89	6.2.1	缓冲区分析	144
4.3	矢量数据结构	96	6.2.2	叠加分析	147
4.3.1	矢量数据结构编码的基本 内容	97	6.2.3	网络分析	150
4.3.2	矢量编码方法	99	6.2.4	包含分析	153
4.4	矢量与栅格数据结构的比较	104	6.2.5	数字地面模型与地形 分析	154
4.4.1	矢量与栅格数据结构的 比较概述	104	6.3	空间数据的其他分析方法	161
			6.3.1	空间查询与量算	161

6.3.2 空间插值 .....	168	<b>第 10 章 地理信息系统工程</b> .....	255
6.3.3 空间信息分类 .....	173	10.1 地理信息系统的概念 .....	255
6.3.4 空间统计分析 .....	175	10.2 应用型地理信息系统的设计内容 与步骤 .....	256
<b>第 7 章 地理信息系统的数学模型</b> .....	178	10.2.1 应用型地理信息系统设计 的内容 .....	256
7.1 建立数学模型的一般过程 .....	178	10.2.2 应用型地理信息系统设计 与开发的步骤 .....	256
7.2 数理统计分析模型 .....	179	10.3 需求分析 .....	257
7.2.1 主成分分析 .....	180	10.3.1 用户情况调查 .....	258
7.2.2 层次分析 .....	183	10.3.2 明确系统的目标和 任务 .....	260
7.2.3 系统聚类分析 .....	186	10.3.3 系统可行性研究 .....	260
7.2.4 判别分析 .....	193	10.4 系统的设计 .....	262
7.3 回归分析模型 .....	196	10.4.1 GIS 的总体设计 .....	262
7.3.1 一元线性回归模型 .....	197	10.4.2 数据库设计 .....	266
7.3.2 多元线性回归模型 .....	199	10.4.3 GIS 的详细功能设计 .....	272
7.4 线性规划模型 .....	200	10.5 系统的开发与实施 .....	273
7.4.1 线性规划的数学模型 .....	201	10.5.1 系统的开发模型 .....	273
7.4.2 线性规划的标准形式 .....	202	10.5.2 系统的开发技术 .....	276
<b>第 8 章 空间数据显示与制图输出</b> .....	208	10.5.3 系统的实施 .....	278
8.1 空间数据显示 .....	208	10.6 系统的评价与维护 .....	278
8.1.1 地理信息系统数据表现 与地图学 .....	208	10.6.1 系统的评价 .....	278
8.1.2 地图符号 .....	210	10.6.2 系统的维护 .....	279
8.2 空间数据制图输出 .....	215	<b>第 11 章 成熟地理信息系统软件</b> .....	280
8.2.1 专题信息表达 .....	215	11.1 ArcGIS .....	280
8.2.2 专题地图设计 .....	222	11.1.1 桌面 GIS 软件 .....	280
8.2.3 制图综合 .....	225	11.1.2 嵌入式 GIS 软件 .....	299
8.2.4 制图输出在软件上的实现 方法 .....	229	11.1.3 移动 GIS 软件 .....	300
<b>第 9 章 三维 GIS 与网络 GIS</b> .....	231	11.1.4 服务器 GIS 软件 .....	301
9.1 三维 GIS .....	231	11.2 MapInfo .....	304
9.1.1 三维 GIS 概述 .....	231	11.2.1 表的基本概念 .....	305
9.1.2 三维 GIS 的基本功能与软件 实现 .....	234	11.2.2 地图图层 .....	307
9.2 网络 GIS .....	236	11.2.3 MapInfo 的窗口类型 .....	308
9.2.1 计算机网络技术 .....	236	11.2.4 地图对象 .....	309
9.2.2 分布式地理信息系统 .....	240	11.3 MapGIS .....	309
9.2.3 万维网地理信息系统 .....	249	11.3.1 MapGIS 基础平台 .....	309



11.3.2 嵌入式平台(MapGIS-EMS)..	310	11.4.1 SuperMap GIS 5 桌面	
11.3.3 网络地理信息系统开发		产品 .....	316
平台(MapGIS-IMS) .....	312	11.4.2 SuperMap Objects.....	322
11.3.4 三维开发平台		11.4.3 eSuperMap.....	323
(MapGIS-TDE).....	312	11.4.4 海量空间数据管理技术.....	326
11.4 SuperMap .....	315	参考文献.....	328

# 第 1 章 绪 论

当今世界已经进入了信息时代，人们通过信息来认识世界和改变世界，信息产业已成为包括我国在内的众多国家的重要产业。随着信息的不断丰富和信息技术的不断进步，人们已不仅仅满足于获取和使用传统的统计型、文档型数据，而是越来越需要结合数据以及数据所关联的地理信息的综合信息。据统计，在未来的 20 年内，带有地理或空间属性的信息将占到所有信息的 80% 以上。地理信息系统技术正是在信息技术以及计算机硬件发展的基础上成长起来的一门以地理空间信息为主要研究对象的新兴学科。作为一门描述和分析整个地球表面与地理分析有关数据的重要学科，它与人类的生存和发展以及地区的进步密切相关。

## 1.1 地理信息系统的基本概念

### 1.1.1 信息与地理信息

我们今天生活在一个信息极其丰富的时代，从生活各个方面不断获得各种信息，同时，各种信息也指引着我们做出各种判断。那么，确切来说，信息究竟指的是什么呢？

1948 年，美国数学家、信息论的创始人仙农(Shannon)在题为《通信的数学理论》的论文中指出：“信息是用来消除随机不定性的东西。”同年，美国著名数学家、控制论的创始人维纳(Wiener)在《控制论》一书中指出：“信息就是信息，既非物质，也非能量，信息是物质、能量、信息及其属性的标示。”2002 年，邓宇等提出了普适的信息定义：“信息是事物现象及其属性标识的集合。”

由此可以看出，信息是事物属性的表征，人们用信息来描述自然世界的各种物质和事件，从而完成对物质世界的认识、描述、交流和处理的过程。

地理学是人类最古老，也是最重要的学科之一，它是研究地球表面的地理环境中各种自然现象和人文现象，以及它们之间相互关系的学科。作为与地理学密切相关的地理信息，它是指与空间地理分布有关的信息，表示地表物体和环境固有的数据、质量、分布特征、联系和规律的数字、文字、图形、图像等的总称，例如河流的长度、流域的面积、植被覆盖率等，它是地理学所研究的事物和现象的信息表达。地理信息属于空间信息。

### 1.1.2 信息系统与地理信息系统

信息系统是与信息加工、信息传递、信息存储以及信息利用等有关的系统。信息系统



可以不涉及计算机等现代技术，甚至可以是纯人工的。但是，现代通信与计算机技术的发展，使信息系统的处理能力得到很大的提高。在现在的各种信息系统中已经离不开现代通信与计算机技术，所以可以说现代信息系统一般均指人、机共存的系统。

信息系统应用于现代社会的各个学科，人们利用信息系统来完成各个学科以及应用方面的各种复杂任务。地理信息系统(Geographic Information System, GIS)就是主要由地理学的各种信息作为信息源所组建的信息系统。具体来说，地理信息系统是指在计算机软硬件系统的支持下，对整个或部分地球表层(包括大气层)空间中的有关地理分布数据进行采集、储存、管理、运算、分析和显示的信息系统。地理信息系统处理、管理的对象是多种地理空间实体数据及其关系，包括空间定位数据、图形数据、遥感图像数据、属性数据等，用于分析和处理在一定地理区域内分布的各种现象和过程，解决复杂的规划、决策、管理和应用等问题。地理信息系统是以地理学为理论依托的一种重要的空间信息系统。

## 1.2 地理信息系统的组成

完整的地理信息系统包括五个基本组成部分，即硬件系统、软件系统、地理空间数据、应用分析模型以及系统开发、管理和应用人员。

### 1.2.1 硬件系统

地理信息系统的任务是对地理信息进行采集、储存、管理、运算、分析和显示，它的硬件系统就是完成这些任务所需要的各种设备，主要可分为数据输入、数据储存与管理以及数据输出三大部分。

#### 1. 数据输入部分

数据输入部分用来完成将各类地理信息数据输入至地理信息系统的任务，它的主要硬件设备包括扫描仪、数字化仪、键盘与鼠标、计算机等。

扫描仪是一种计算机外部仪器设备，是通过捕获图像并将之转换成计算机可以显示、编辑、储存和输出的文件的数字化输入设备，它能够快速地将纸质地图扫描并转换成计算机能够存储的图像文件。

扫描仪的工作原理是：将照射底稿的光线，经过一组光学镜头投射到感光元件上，经过模拟-数字信号转换器，转换为数字信号，再通过相应的软件，将数字信号存储为计算机文件。在黑白扫描仪中，每个像素(扫描仪所能扫描的最小单元)用一个二进制数来表示；而在灰度扫描仪中，每个像素有多个灰度层次，需要用多个二进制数来表示；彩色扫描仪需要提取底稿中的彩色信息，其基本工作原理与灰度扫描仪的工作原理类似，不同的是它需要更多的存储数据。

扫描仪的一个重要参数是分辨率，它指的是在底稿的单位长度(in)上采样的点数，单位是 dpi，常用的分辨率为 500~1500dpi。扫描仪的分辨率越高，所扫描得到的图像越清晰，但所需要的存储空间也相应地越大。

一般情况下,扫描仪只能完成从纸质地图到计算机图像文件的转换过程,并不能完成将地图直接转换成地理信息系统能够使用的矢量化地图。这是因为地图上的地物数量众多而且相互之间的关系复杂,虽然现在的扫描仪能够对文字进行判读(目前还尚无法达到100%的正确识别率),但无法对地图上的不同地物进行分辨和判读,因此它只能根据自己的分辨率生成一个相应的栅格图形文件。地理信息系统的制图人员能够以这个栅格图形文件为底图,通过屏幕数字化的方式绘制相应的矢量化地图,以提供给地理信息系统使用。

数字化仪是一种地理信息系统数据输入的专用设备,它由数字化仪平板、鼠标以及电子线路组成。其平台有效面积大小不等,常见的规格有900mm×1200mm及1200mm×1800mm等,其有效识别单元可达到0.01mm。

数字化仪平板实际上是一块电磁感应板,表面光滑平整,在平板下的结构中有许多平行与垂直相交的电路,呈规则网格状。鼠标中间嵌有一个十字丝,用来定位点。在进行数字化操作时,将底图平整放于数字化仪平板上,利用鼠标中的十字丝来选取需要输入的点,操作相应的按键,此时鼠标中会产生相应磁场,该磁场使其正下方的电路栅格上产生相应的感应电流。根据已产生电流的电路栅格的位置,就可以读取十字丝的中心位置对应的点所处的几何位置,电子线路将此几何位置以 $(x, y)$ 坐标对的形式传送给计算机,计算机对坐标对进行存储。通过不断地选取所需的点进行操作,可以将整幅底图进行数字化。

数字化仪与扫描仪的区别在于:扫描仪所生成的图像文件是栅格文件,它无法提供地图上的地物的坐标,需要后期人工进行屏幕数字化来得到矢量化的地图;而数字化仪工作的本身就是取得地物的坐标,因此它可以直接生成矢量化的地图。

## 2. 数据储存与管理部分

数据储存与管理部分用来完成输入至地理信息系统的各类信息的储存和有效管理的任务,它的主要硬件设备包括硬盘、光盘、磁带机等。

硬盘是计算机主要的存储媒介之一,由一个或者多个铝制或者玻璃制的碟片组成,这些碟片外覆盖有铁磁性材料。绝大多数硬盘都是固定硬盘,被永久性地密封固定在硬盘驱动器中。

硬盘由磁头、磁道、扇区和柱面组成,它通过磁头在磁道上进行读写操作,从而在磁道上记录信息。它与内存的不同在于,内存在计算机关机后释放所记录的信息,而硬盘能够永久记录信息。现在的硬盘一般能够存储高达几百GB甚至以TB记的数据,因此硬盘是地理信息系统数据重要的储存设备。

光盘是另一种重要的存储媒介,是近代发展起来的不同于磁性载体的光学存储介质,用聚焦的氢离子激光束处理记录介质的方法存储和再生信息,又称激光光盘。常见的光盘有CD、DVD以及蓝光光盘。光盘也属于计算机的外存设备,它的厚度只有1.22mm,但是存储量很大。CD光盘的最大容量大约是700MB。DVD盘片单面4.7GB,最多能刻录约4.38GB的数据。蓝光光盘的存储量更大,其中HD DVD单面单层15GB,双层30GB;BD DVD单面单层25GB,双面50GB。光盘易于携带和保管方便,而且在不需使用时可随时从光盘驱动器中取出,因此是数据存储,特别是数据备份的优秀选择。

磁带机一般指单驱动器产品,通常由磁带驱动器和磁带构成,是一种经济、可靠、容量大、速度快的备份设备。这种产品采用高纠错能力编码技术和写后即读通道技术,可以



大大提高数据备份的可靠性。根据装带方式的不同，一般分为手动装带磁带机和自动装带磁带机，即自动加载磁带机。自动加载磁带机实际上是将磁带和磁带机有机结合组成的。自动加载磁带机是一个位于单机中的磁带驱动器和自动磁带更换装置，它可以从装有多盘磁带的磁带匣中拾取磁带并放入驱动器中，或执行相反的过程。它可以备份 100~200GB 或者更多的数据。自动加载磁带机能够支持例行备份过程，自动为每日的备份工作装载新的磁带。由此可见，磁带机也是一种优秀的地理信息系统数据存储设备。

### 3. 数据输出部分

数据输出部分的任务是将地理信息系统存储或是处理完成的各类信息数据按既定方式的输出，以使用户能够按照自己的需要使用这些信息数据，它的主要硬件设备包括显示器、打印机、绘图仪等。

显示器的常见种类有阴极射线管显示器、液晶显示器和等离子显示器。

阴极射线管显示器也称为 CRT 显示器，是利用电子枪产生电子，在电场的作用下使电子产生偏转，继而轰击荧光屏上的不同区域，从而产生各种图像。它具有可视角度大、无坏点、色彩还原度高、色度均匀、可调节的多分辨率模式、响应时间极短等优点，因此在图形图像显示上具有优势。

液晶显示器是利用液晶在不同的条件下自身形态能够变化的特点进行图像显示的，它具有轻薄、占地空间小等优点，但同时也具有响应时间慢、显示动画时有拖尾现象等缺点。

等离子显示器的成像原理是在显示屏上排列上千个密封的小低压气体室，通过电流激发使其发出肉眼看不见的紫外光，然后紫外光撞击后面玻璃上的红、绿、蓝三色荧光体发出肉眼能看到的可见光，以此成像。

上述三种显示器的技术性能对比如表 1-1 所示。

表 1-1 三种类型显示器的技术性能对比

性质	阴极射线管显示器	等离子显示器	液晶显示器
色彩	丰富	中	中
厚度	大	小	小
分辨率	中	好	一般
对比度	中	好	一般
视角	大	中	一般
能耗	大	中	小
价格	低	高	中

打印机的类型包括针式打印机、喷墨打印机和激光打印机等。

针式打印机是依靠打印针击打所形成色点的组合来实现规定字符和图像打印的。因此，在打印方式上，针式打印机均采用字符打印和位图像打印两种打印方式。其中字符打印方式是按照计算机主机传送来的打印字符，由打印机从所带的点阵字符库中取出对应字符的点阵数据(打印数据)经字型变换(如果需要的话)处理后，送往打印针驱动电路进行打印；而位图像打印方式则是由计算机进行要打印数据的生成，并将生成的数据送往打印机，打印

机不需要进行打印数据的处理，可以直接将其打印出来。在位图像打印方式下，计算机生成的打印数据可以是一幅图像或图形，也可以是汉字。针式打印机结构简单，技术成熟，价格适中，但其打印速度较慢，而且打印图形时打印质量较差，因此，针式打印机在地理信息系统中使用较少。

喷墨打印机是利用喷嘴将三原色的打印墨水喷涂在打印介质上，混合产生各种颜色的打印效果。它具有打印机价格低廉、打印色彩鲜艳丰富的特点，因此在地理信息系统中应用较多。但同时它也具有打印速度偏慢、耗材成本较高等缺点。

激光打印机的工作原理是：由激光器发射出的激光束，经反射镜射入声光偏转调制器；与此同时，由计算机送来的二进制图文点阵信息，从接口送至字型发生器，形成所需字型的二进制脉冲信息；由同步器产生的信号控制9个高频振荡器，再经频率合成器及功率放大器加至声光调制器上，对由反射镜射入的激光束进行调制；调制后的光束射入多面转镜，再经广角聚焦镜把光束聚焦后射至光导鼓(硒鼓)表面上，使角速度扫描变成线速度扫描，完成整个扫描过程。硒鼓表面先由充电极充电，使其获得一定电位，之后经载有图文映像信息的激光束的曝光，便在硒鼓的表面形成静电潜像，经过磁刷显影器显影，潜像即转变成可见的墨粉像；在经过转印区时，在转印电极的电场作用下，墨粉便转印到普通纸上；最后经预热板及高温热滚定影，即可在纸上熔凝出文字及图像。在打印图文信息前，清洁辊把未转印走的墨粉清除，消电灯把鼓上残余电荷清除，再经清洁纸系统做彻底的清洁，即可进入新一轮工作周期。

激光打印机具有打印速度快、打印效果好、打印成本低的优点，目前应用范围很广，在地理信息系统中得到了大量的使用。

三种打印机的性能特点对比如表 1-2 所示。

表 1-2 三种打印机的性能特点对比

性 质	针式打印机	喷墨打印机	激光打印机
主机成本	中等	低	高
打印耗材成本	低	高	较低
打印质量	较低	高	高
打印速度	较慢	较慢	快

绘图仪有栅格式绘图仪和矢量式绘图仪两种。

栅格式绘图仪主要有喷墨式绘图仪。喷墨式绘图仪的关键元件是喷墨头，喷墨头分压电式、气泡式、静电式和固体式四种，应用较多的是压电式和气泡式。绘图仪的绘图幅面比打印机要大，可在多种介质上绘图，适合地图输出。可以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。而且色彩丰富，可达 1600 种以上，可以绘制出质量极高的地图产品。

矢量式绘图仪分为平板式和滚筒式。平板式绘图仪是在一块平板上绘图，绘图笔分别在相互垂直的两个方向上运动；滚筒式绘图仪是在一个滚筒上绘图，图纸向一个方向盘滚动，而绘图笔向垂直的另一个方向运动。

目前，绘图仪尤其是栅格式绘图仪是地理信息系统中大幅面地图的主要输出方式。



## 1.2.2 软件系统

地理信息系统的软件系统包括三个方面，即系统管理软件、数据库软件以及地理信息系统专业软件。

### 1. 系统管理软件

系统管理软件主要是指计算机操作系统，它是所有在计算机上使用的软件的运行基础，也是对信息系统的硬件和软件进行操作的基础，因此它是地理信息系统的软件系统的重要组成部分。目前的计算机操作系统一般有运行于服务器、单机以及移动智能设备上的三大类系统。

运行于服务器上的操作系统常见的有 UNIX、Linux、Windows Server 等。

UNIX 是一个强大的多用户、多任务操作系统，支持多种处理器架构，按照操作系统的分类，它属于分时操作系统。其最早由 Ken Thompson、Dennis Ritchie 和 Douglas McElroy 于 1969 年在 AT&T 的贝尔实验室开发的，经过长期的发展和完善，目前已成长成为一种主流的操作系统技术和基于这种技术的产品大家族。由于 UNIX 具有技术成熟、可靠性高、网络和数据库功能强、伸缩性突出和开放性好等特色，可满足各行各业的实际需要，特别能满足企业重要业务的需要，已经成为主要的工作站平台和重要的企业操作平台。

UNIX 曾经是服务器操作系统的首选，占据最大市场份额，近期由于 Windows Server 以及 Linux 的竞争而份额有所下降。

Linux 是一套免费使用和自由传播的类 UNIX 操作系统，它主要用于基于 Intel x86 系列 CPU 的计算机上。这个系统是由世界各地的成千上万的程序员设计和实现的。其目的是建立不受任何商品化软件的版权制约的、全世界都能自由使用的 UNIX 兼容产品。

Linux 的基本思想有两点：第一，一切都是文件；第二，每个软件都有确定的用途，同时它们都尽可能被编写得更好。其中第一条详细来讲就是系统中的所有内容都归结为一个文件，包括命令、硬件和软件设备、操作系统、进程等对于操作系统内核而言，都被视为拥有各自特性或类型的文件。至于说 Linux 是基于 UNIX 的，很大程度上也是因为这两者的基本思想十分相近。

Windows Server 是微软公司出品的服务器操作系统软件，它基于微软的 NT 技术，提供了友好的人机界面，其操作与 Windows 98/2000/XP/Vista 有很多相似之处。借助于 Windows 系列操作系统的强大影响力和用户基础，目前 Windows Server 服务器操作系统所占市场份额已超过 UNIX 与 Linux。

Windows Server 与 UNIX 和 Linux 的不同之处在于它是商业软件，不是免费的开源软件，用户如果选择它，要付费购买使用版权。

运行于单机的操作系统常见的有 Windows 98/2000/XP/Vista、Linux 等。

毫无疑问，在目前的单机操作系统领域，微软的 Windows 系列是应用最为广泛的、最成功的产品。微软公司在 1985 年和 1987 年分别推出 Windows 1.03 版和 Windows 2.0 版。但是，由于当时硬件和 DOS 操作系统的限制，这两个版本并没有取得很大的成功。此后，微软公司对 Windows 的内存管理、图形界面做了重大改进，使图形界面更加美观并支持虚拟内存。微软公司于 1990 年 5 月份推出 Windows 3.0，该操作系统一经面世便在商业上取

得惊人的成功：不到 6 周，微软公司销售出 50 万份 Windows 3.0 的拷贝，打破了任何软件产品的 6 周销售纪录，从而一举奠定了微软公司在操作系统上的垄断地位。此后，微软公司又推出 Windows 95/98/2000/XP/Vista 等一系列产品，几乎垄断了单机操作系统市场。

除了 Windows 系列产品外，免费的开源软件 Linux 也在单机操作系统市场占据着一定的份额。Linux 系统最大的特点在于它是免费的开源软件，用户甚至可以根据自己的需要对其进行再开发和定制。其缺点在于人机交互与 Windows 系列产品存在着一定差距，而且作为免费开源软件，其技术支持和服务欠缺，对计算机外围硬件设备的支持不够广泛，同时缺少相关应用软件的支持，这些都影响了它的普及与推广。

运行于移动智能设备的操作系统常见的有 Palm OS、Windows CE、Windows Mobile、Linux 等。

移动智能设备包括智能手机、掌上电脑、电子手簿等。移动智能设备有时也被称为嵌入式设备，相应的，运行于这些设备上的操作系统也被称为嵌入式操作系统。

与普通的操作系统相比，嵌入式操作系统具有以下特点。

(1) 体积小。嵌入式设备有别于一般的计算机处理系统，它不具备像硬盘那样大容量的存储介质，而大多使用闪存作为存储介质。这就要求嵌入式操作系统只能运行在有限的内存中，不能使用虚拟内存，中断的使用也受到限制。因此，嵌入式操作系统必须结构紧凑，体积微小。

(2) 实时性。大多数嵌入式系统都是实时系统，而且多是强实时多任务系统，要求相应的嵌入式操作系统也必须是实时操作系统。实时操作系统作为操作系统的一个重要分支已成为研究的一个热点，主要探讨实时多任务调度算法和可调度性、死锁解除等问题。

(3) 特殊的开发调试环境。提供完整的集成开发环境是每一个嵌入式系统开发人员所期待的。一个完整的嵌入式系统的集成开发环境一般需要提供的工具是编译/连接器、内核调试/跟踪器和集成图形界面开发平台。其中的集成图形界面开发平台包括编辑器、调试器、软件仿真器和监视器等。

目前，运行于嵌入式操作系统之上的嵌入式地理信息系统也已成为研究的热点。

## 2. 数据库软件

地理信息系统的数据库与其他信息系统的数据库(如管理信息系统数据库)的一个典型不同就是它的信息数据除了属性数据外还包括大量的甚至是海量的空间数据，因此地理信息系统的数据库软件除了能存储属性数据外，还需要存储空间数据。由此可以看出，地理信息系统的数据库包括空间数据存储和属性数据存储两方面，这两部分数据既可以分开存储，也可以以紧凑方式存储于一个数据模型中。

数据库与数据库软件是两个不同的概念。数据库由数据及数据之间的关系组成，而数据库软件(或称数据库管理软件)则是一套用于管理数据及数据之间关系的软件。

计算机数据管理技术主要经历了三个发展阶段，即人工管理阶段(20 世纪 50 年代中期)、文件系统阶段(20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期)和数据库系统阶段(从 20 世纪 60 年代后期开始至今)。

数据库技术是在文件系统的基础上，于 20 世纪 60 年代末期发展起来的，它是计算机领域中最重要技术之一，是一种先进的对数据进行组织、存储、检索和维护的数据管理



技术。

目前常见的数据库软件有 Access、Visual FoxPro、MySQL、SQL Server、Oracle 等。

Access 数据库软件是微软 Office 软件包中的一个组件，它具有操作简单、人机界面友好、成本低的特点，非常适合作为普通桌面型数据库软件使用。但它对于并发访问的支持较弱，当访问用户过多时，数据库将无法访问要求，因此很多情况下无法满足网络数据库服务的要求。

Visual FoxPro 是微软 Visual Studio 软件家族的成员。与 Access 一样，它也具有操作与配置简单、人机界面友好以及成本低的特点，在存储量及并发访问上比 Access 具有一定的优势。同样，它对于大访问量的支持依然不强，所以 Visual FoxPro 一般用来作为桌面型数据库管理软件，而较少用做网络数据库管理软件。

MySQL 是一个免费开源的数据库管理软件，它最大的优点就是免费提供使用，能够为用户节约大量的数据库软件购置费用；同时，MySQL 的设计是针对网络应用而开发的，因此它能够满足多用户的同时访问需求。正是由于这些优点，MySQL 在网络数据库市场占据了很大的份额。目前，利用免费开源操作系统 Linux 配合免费开源数据库软件 MySQL 以及免费开源 Web 服务器 Apache 来构建的动态网站数量非常多。

SQL Server 是微软公司出品的面向网络应用的大型关系型数据库管理软件。它能与微软公司的其他软件产品紧密结合，能够存储和管理海量数据，提供了多种数据库管理工具，并且有不同级别的多个版本，能够为不同规模的用户提供全面的数据库服务。SQL Server 最大的优点是能够满足大规模网络并发访问，并且能够轻松地与微软公司出品的操作系统以及开发工具结合，提高了系统的稳定性以及开发的快捷性与简易性。

Oracle 是甲骨文公司出品的大型数据库管理软件，它是世界上第一个支持 SQL (Structural Query Language, 结构化查询语言)的数据库。Oracle 的目标定位于高端工作站以及作为服务器的小型计算机，它是功能最强大、存储量最充足的商业数据库软件，在大型网站和大型复杂数据库市场上占据着最大的份额。

由于地理信息系统的海量数据，且数据类型、结构复杂，因此在地理信息系统，特别是提供网络服务的地理信息系统中，一般都采用 SQL Server 或 Oracle 作为数据库软件。

### 3. 地理信息系统专业软件

地理信息系统专业软件是指具体用以完成地理信息系统所具备的各项功能的软件，它是体现地理信息系统功能的核心。它在操作系统和数据库软件的支持下，管理和应用地理信息数据，运行地理信息系统功能模块，为用户提供地理信息系统的服务。目前应用较为广泛的地理信息系统专业软件有 ESRI 公司出品的 ArcGIS、Mapinfo 公司出品的 Mapinfo、北京超图软件技术公司出品的 SuperMap、中地数码公司出品的 MapGIS、武大吉奥信息工程公司出品的 GeoStar 等。

ArcGIS 系列软件包是目前功能最强大、应用最广泛的地理信息系统专业软件。ArcGIS 整合了 GIS 与数据库、软件工程、人工智能、网络技术及其他多个方面的计算机技术，它包含三个组成部分：桌面软件 Desktop、数据通路 ArcSDE 以及网络软件 ArcIMS。Desktop 是 ArcGIS 中一组桌面 GIS 软件的总称，它包括功能从简单到全面的 ArcView、ArcEditor 和 ArcInfo 三个级别。这三个级别的 ArcGIS 软件都由一组相同的应用环境组成，即 ArcMap、