

地理信息系统

及其在土壤养分管理中的应用

◎ 白由路 等 编著



中国农业科学技术出版社

责任编辑 杜新杰
封面设计 孙宝林

ISBN 978-7-80233-912-5



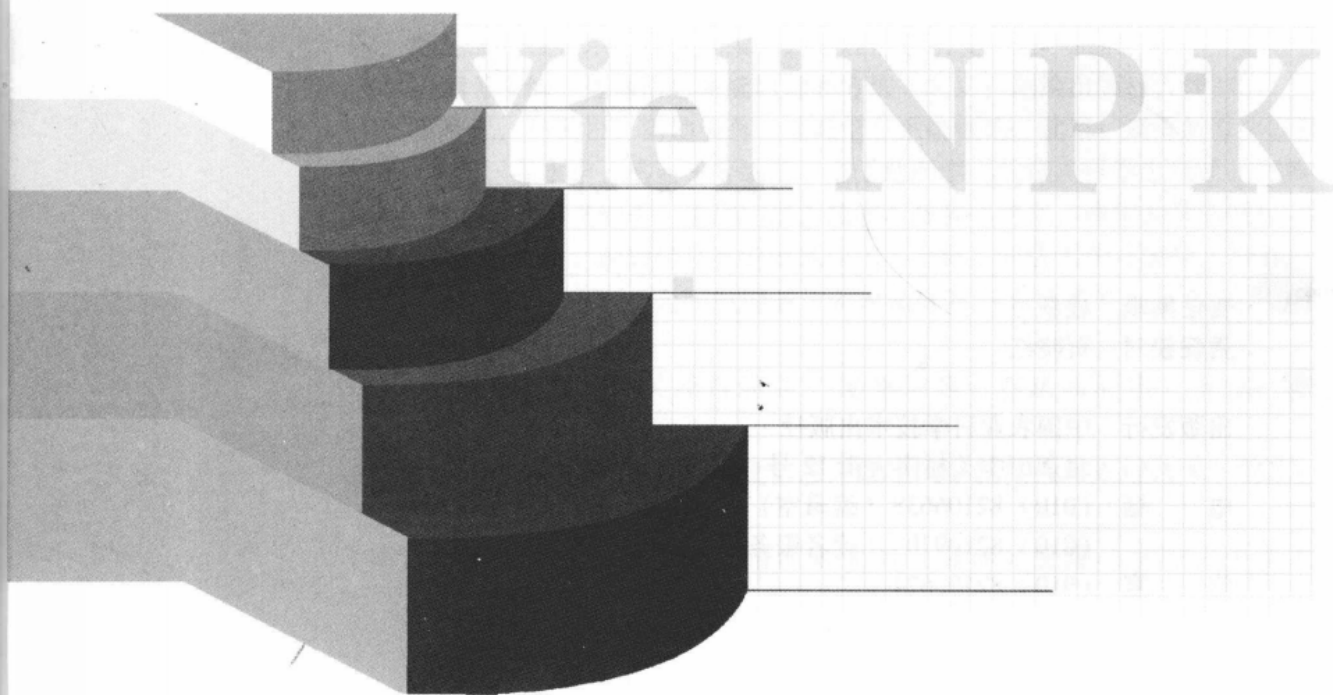
9 787802 339125 >

定价：40.00元

地理信息系统

及其在土壤养分管理中的应用

◎ 自由路 等 编著



中国农业科学技术出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

地理信息系统及其在土壤养分管理中的应用/白由路编著. —北京:中国农业科学技术出版社, 2009. 6

ISBN 978-7-80233-912-5

I. 地… II. 白… III. 地理信息系统 - 应用 - 土壤有效养分 - 研究
IV. S158.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 090733 号

责任编辑 杜新杰

责任校对 贾晓红

出版发行 中国农业科学技术出版社

北京市中关村南大街 12 号 邮编: 100081

电 话 (010) 82106638 (编辑室) (010) 82109704 (发行部)
(010) 82109703 (读者服务部)

传 真 (010) 82106624

社 网 址 <http://www.castp.cn>

经 销 新华书店北京发行所

印 刷 北京富泰印刷有限责任公司

开 本 787 mm × 1092 mm 1/16

印 张 13.25

字 数 300 千字

版 次 2009 年 12 月第 1 版 2009 年 12 月第 1 次印刷

定 价 40.00 元

编委会

主 编：白由路

副主编：杨俐苹 王 磊 卢艳丽 王 贺

参加编写人员：

白由路 杨俐苹 王 磊

卢艳丽 王 贺 黄绍文

程明芳 杜 君 王志勇

马彦平 左红娟



前言 Preface

随着信息技术的发展,计算机在农业中的应用越来越普遍,20世纪60年代发展起来的地理信息系统(GIS),目前已在国民经济的各个行业都进行了广泛的应用。同时,地理信息系统的发展也为农业的精准化管理提供了有力的支持。以3S技术为主要支撑的精准农业在世界范围内蓬勃发展,已成了现代信息农业的主要表现形式。

本人从20世纪90年代开始,致力于3S技术在农业,特别是土壤养分管理方面的研究,由于工作的关系,接触到大量的地理信息系统,特别说明的是,本人从来没有进行地理信息系统的专门研究,仅是从应用方面了解到有关地理信息系统的有关知识,现根据本人对地理信息系统的了解,结合多年的研究工作,编写了该教材。

根据内容,本书分为两大部分,其中第一章至第五章是地理信息系统的基本知识,第六章至第八章是有关地理信息系统在土壤养分管理中的应用以及所涉及的遥感和全球卫星定位系统等。在地理信息系统的基本知识部分,第一章介绍了地理信息系统的基本情况;第二章介绍了与地理信息系统有关的空间信息知识,主要包括地球的投影和坐标系;第三章介绍了有关地理信息系统中的数据与数据模型以及数据结构等;第四章介绍了地理信息系统中的数据采集与处理;第五章介绍了地理信息系统的空间分析。在应用部分中,第六章介绍了遥感与全球卫星定位系统的基本原理;第七章主要介绍了数据的空间插值;第八章介绍了地理信息系统在精准施肥中的应用及部分精准施肥设备。

在本书编写过程中,得到中国农业科学院研究生院、中国农业科学院国家测土施肥中心实验室、农业部植物营养与养分循环重点开放实验室、国际植物营养研究所等单位的大力支持,在此一并表示感谢。由于时间匆促,加之个人水平有限,谬误之处请广大读者斧正。

作者
2009年9月



目录 Contents

第一章 绪论	1
第一节 地理信息系统的概念	1
一、地理信息系统的定义	1
二、地理信息系统的产生与发展	2
三、地理信息系统的类型	4
四、地理信息系统的学科联系	5
第二节 地理信息系统的组成	7
一、硬件系统	7
二、软件系统	7
三、数据系统	7
四、应用系统	8
第三节 地理信息系统的功能与应用	8
一、地理信息系统的功能	8
二、地理信息系统的应用	10
第二章 空间信息基础	14
第一节 地球模型	14
一、地球的形状	14
二、地球椭球体模型	15
三、地球椭球体参数	16
第二节 地球投影	17
一、投影原理	17
二、地球投影的分类	18
三、投影的变形	20
四、常用的地球投影	21
五、地图投影的选择	22
六、国家和地区地图常用投影	23



第三节	地理空间坐标系统	24
一、	球面坐标系统	24
二、	平面坐标系	25
三、	高程基准	26
四、	我国常用的坐标系统	27
第四节	空间尺度	29
一、	观测尺度	29
二、	比例尺	30
三、	分辨率	30
四、	操作尺度	31
第三章	数据与数据模型	32
第一节	数据的涵义与类型	32
一、	数据的涵义	32
二、	空间数据类型	34
三、	数据的测量尺度	36
四、	数据的质量与控制	37
五、	空间数据的元数据	42
第二节	空间数据模型	46
一、	空间数据模型的概念	46
二、	数据概念模型	48
三、	空间数据与空间关系	51
四、	空间逻辑数据模型	56
第三节	空间数据结构	61
一、	矢量数据结构	61
二、	栅格数据结构	67
三、	矢栅一体化数据结构	76
四、	镶嵌数据结构	79
第四章	数据的采集与处理	82
第一节	空间数据的来源	82
一、	地图数据	82
二、	遥感影像数据	83
三、	实测数据	84
四、	统计数据	84
五、	文本资料数据	85
六、	其他数据	85
第二节	空间数据的采集	85
一、	空间数据采集与处理的基本流程	85

二、空间数据的采集过程	87
三、属性数据的采集	91
第三节 数据的编辑	95
一、图形数据的编辑	95
二、属性数据的编辑	98
第四节 空间数据的处理	98
一、数据变换	98
二、数据重构	105
三、拓扑关系生成	109
四、数据压缩	112
五、数据入库	113
第五章 空间数据分析	115
第一节 空间数据的查询分析	115
一、属性查询	116
二、图形查询	117
三、空间关系查询	119
第二节 图形量算	122
一、几何量算	122
二、形状量算	125
三、质心量算	126
四、距离量算	126
五、方位量算	127
第三节 缓冲区分析	128
一、缓冲区的概念	129
二、缓冲区的类型	130
三、缓冲区的建立	131
第四节 叠加分析	133
一、视觉信息叠加	133
二、矢量图层的叠加	134
三、栅格图层的叠加	137
第五节 网络分析	141
一、网络数据结构及组成	141
二、网络分析的主要功能	143
三、栅格数据的网络分析	146
第六节 数字高程模型与地形分析	147
一、数字高程模型的概念	147
二、数字高程模型的数据采集和表示	148
三、数字高程模型的应用	151



四、基于 DEM 的地形分析	151
第六章 遥感与全球卫星定位系统	156
第一节 遥感技术简介	156
一、基本原理	156
二、遥感系统的组成与种类	165
三、遥感数据的处理	165
四、地理信息系统与遥感的集成	167
五、遥感技术的优点	168
第二节 全球卫星定位系统简介	169
一、GPS 系统的组成	169
二、GPS 接收机实例	174
第七章 点面转换与空间插值	177
第一节 距离幂指数反比法	177
第二节 克里格插值法	178
一、克里格 (Kriging) 模型概述	178
二、Kriging 插值的基本方法	179
三、预测误差的估计	179
四、土壤养分插值的准确度分析	180
第三节 不规则三角网模型	186
第八章 地理信息系统与精准施肥	187
第一节 精准农业中的精准施肥	187
一、精准农业的由来	187
二、精准农业的技术体系	187
第二节 土壤养分图的制作	189
一、土壤养分图制作流程	189
二、土壤养分图的制作过程	189
三、应用举例	195
第三节 精准施肥机械	197
一、变量施肥机作业过程	197
二、变量施肥机结构	197
主要参考书目	201

第一章 绪 论

第一节 地理信息系统的概念

地理信息系统 (Geographic Information System), 简称 GIS, 是 20 世纪 60 年代在计算机基础上发展起来的一门新兴学科。通过地理信息系统的名称就可以看出, 它是一门有关地理信息的科学, 地理学的发展与人类的生产活动中的技术进步有密切联系。如果说世界范围内地理大发现和地理制图技术的革新, 促进了近代地理的诞生。那么, 现代科学方法, 如计算机技术、信息技术的应用, 对地理信息的采集、分析、管理和应用提出了更高的要求, 地理信息系统也是在这样的背景下产生的。随着地理信息系统的发展与完善, 地理信息系统也从传统的地理学科进入了工业、农业、城市规划等各种学科。

一、地理信息系统的定义

地理信息系统脱胎于地图, 它们都是地理信息的载体, 具有存贮、分析、与显示地理信息的功能。但是, 地理信息系统不同于地图, 它是用各种现代化的方法来采集、量测、分析、存贮、管理、显示、传播和应用与地理和空间分布有关的数据的一门综合和集成的信息学科和技术。

为了更好地理解地理信息系统, 我们介绍几个基本的概念。

(一) 信息、数据与数据库

1. 信息

信息是事物客观存在的表征。信息类同于知识、消息。它不随载体物理形式的各种改变而改变。信息具有以下的特点:

- ①信息的客观性。任何信息都是与客观事物紧密联系的, 这也是信息正确性的保证。
- ②信息的适用性。信息对决策是十分重要的, 建立地理信息系统的目的就是为生产、管理和决策服务的, 因而信息具有适用性。
- ③信息的传输性。信息可以在信息的发送者与接受者之间传输, 既包括系统把有用的信息送至终端设备, 以一定形式提供给有关用户, 也包括信息在系统内各子系统之间的传输。
- ④信息的共享性。信息与实物不同, 它可以传输给多个用户, 为多个用户共享, 而其本身并无损失。



⑤信息的时限性。信息具有一定的时限，一个信息在一定的时间段内是有用的，超过了一定时间段以后，信息就会失去意义。

2. 数据

数据是信息的一种载体，数据是通过数字化或直接记录下来的可以被鉴别的符号，是数字与符号（包括文字）的有序组合。在计算机中，数据由代码表达。代码分作内码与编码，编码是用户与计算机技术人员共同使用的一种代码。这里注意，数据并不是信息唯一的一种载体，声、光、电都可以是信息的载体。

3. 数据库

数据库是在计算机软件管理下，将同一类相关数据有序组织在一起，完成数据管理、存贮、排序、检索、统计等功能的计算机系统。现在数据库进一步发展为数据仓库，即囊括了所有相关数据，并不限于同一类型。注意这里数据库不是仅为一个数据文件，而是一个文件集合，文件与文件之间还保持一种联系。

(二) 地理信息、信息系统与地理信息系统

1. 地理信息

地理信息是指表征地理系统诸要素的数量、质量、分布特征、相互联系和变化规律的数字、文字、图像和图形等的总称。从地理数据到地理信息的发展是人类认识地理事物的一次飞跃。地球表面的岩石圈、水圈、大气圈和人类活动等是最大的地理信息源，地理科学是一个重要任务就是迅速地采集到地理空间的几何信息、物理信息和人为信息，并适时地识别、转换、存贮、传输、再生成、显示、控制和应用这些信息。地理信息区别是其他信息的最显著标志是其位置的识别是与数据联系在一起的。

2. 信息系统

信息系统是具有数据采集、管理、分析和表达数据能力的系统。它能够为单一的或有组织的决策提供有用的信息。在计算机时代，信息系统也可以认为是数据库 + 分析决策（专家）系统。信息系统可分为事物处理系统、管理信息系统、决策支持系统、人工智能和专家系统等。

3. 地理信息系统

地理信息系统以地学信息作为工作对象，用于时空数据的采集、模拟、处理、检索、分析与表达的计算机决策支持系统。其特点为：

- ①具有区域分布性，先定位、后定性，由此决定了两种数据：时空数据、属性数据。
- ②由计算机系统支持进行空间地理数据管理，数据量庞大。
- ③信息载体的多变性，信息的载体可以是数字、文字、地图、数字地图等。

二、地理信息系统的产生与发展

地理信息系统是用于综合分析和处理描述地球，尤其是人类生存空间的地理数据，并用以支持决策的工具，它是随着社会生产力发展和科学进步特别是系统科学、制图学、地理分析、遥感技术和计算机技术的发展而发展起来的。

(一) 地理信息系统的生产

在 20 世纪 60 年代，特别是 20 世纪 60 年代早期，出现了在市政工程、城市规划、地

理学等领域应用计算机技术进行制图和空间分析。1962 年, 加拿大的 Roger F. Tomlinson 提出利用数字计算机处理和分析大量的土地利用地图数据, 并建议加拿大土地调查局建立加拿大地理信息系统 (CGIS), 以实现专题地图的叠加、面积量算等。该系统 1971 年投入使用, 至今还在发挥着作用。

1965 年, W. L. Garrison 提出了“地理信息系统”这一概念。在此期间, 美国的 Duane F. Marble 在美国西北大学研究利用数字计算机研制数据处理软件系统, 以支持大规模城市交通研究, 并提出建立地理信息系统软件系统的思想。同时, 美国西北技术研究所的 Howard Fisher 教授在福特基金会的资助下, 建立了哈佛计算机图形与空间分析实验室, 开发了 SYMAP、ODYSSEY 软件包, SYMAP 对当今栅格地理信息系统有着一定的影响, ODYSSEY 则被认为是当代矢量地理信息系统的原型。

(二) 地理信息系统的发展

进入 20 世纪 70 年代以后, 随着计算机性能的不断提高, 地理信息系统也逐步完善, 并迅速向实用化方向发展, 一些国家先后建立了许多专业性的地理信息系统, 一些商业公司开始活跃起来, 商业化的软件也进入市场, 许多大学和研究机构开始重视地理信息系统软件的设计和应用研究。

20 世纪 80 年代后, 地理信息系统软件的研发取得了很大成绩, 涌现出了一些有代表性的地理信息系统软件, 如 Arc/Info、Genamap、MGE、Cicad、System9 等, 地理信息系统的普及和推广应用又使得其理论研究不断完善, 使地理信息系统的理论、方法和技术逐渐趋于成熟。

我国地理信息系统的研究与应用均起步较晚, 20 世纪 70 年代末期才提出开展 GIS 研究的倡议, 进入 80 年代以后, GIS 在我国得到了迅速发展, 在理论探讨、规范制订、实验技术、软件开发、系统建立、人才培养等方面都取得了突破性进展, 1994 年我国成立了“中国 GIS 协会”, 一些单位研制了 Geostar、Citystart、MapGIS 等具有自主知识产权的 GIS 软件。

(三) 地理信息系统的发展趋势

1. 网络化

从 GIS 的发展历程来看, GIS 的每一次大的发展都与计算机技术发展有关, 今后也是这样。目前随着计算机网络的兴起和迅速发展, 特别是信息高速公路的建设, 为 GIS 的发展开拓了更广阔的空间。大量的空间数据和属性数据都可以通过网络方便、快速地传送到需要的地方, 所以基于网络的 WebGIS 和 GIS 浏览器, 使广大用户可通过网络即时查询 GIS 数据是下阶段 GIS 发展的主流之一。

2. 模型化

决策支持系统 (Decision Support System) 是以管理学、运筹学、控制论、行为科学和人工智能为基础, 运用信息仿真和计算手段, 综合利用现有的各种数据库、信息和模型来辅助决策者或决策分析人员解决结构化和半结构化问题, 甚至非结构化问题的人机交互系统。目前, 绝大多数的 GIS 还仅限于图形的分析处理, 缺乏对复杂空间问题的决策支持, 而目前绝大多数的决策支持系统则无法向决策者提供一个界面友好的可视化决策环境。所以, 在 GIS 的强大空间数据处理分析功能中, 增加决策模型、预测模型、仿真模型等系统, 是 GIS 未来向较高层次发展的方向之一。



3. 集成化

目前“3S”技术（GIS、GPS、RS）已成为对地观测技术的重要集成技术。目前“3S”的集成还仅限于两两之间的结合，这种两两结合虽然优于单一系统，但仍存在很多缺陷。所以将“3S”技术集成，形成一体化的信息技术体系是非常迫切的，这种集成包括空基“3S”集成和地基“3S”技术集成，即在硬件方面建立具有同步获取涉谱数据和空间数据的高重复观测平台，而在软件方面使 GIS 支持数据封装，同时解决图形和图像数据的统一处理问题。

4. 多维化

为了实现 GIS 的动态、实时和三维可视化，就需要存贮真三维坐标数据的 3D GIS 和真四维时空 GIS，所以，从目前的二维平面系统向三维立体系统和四维时空系统的发展是 GIS 的发展趋势，这其中涉及到空间数据的海量存贮、时空数据处理与分析以及快速广域三维计算与显示等多项理论与技术。

5. 专业化

随着 GIS 的发展与完善，GIS 与其他科学结合更加紧密，应用更加广泛，这就可以将 GIS 与其他可以结合的任何学科进行集成研究，输出方式更直观，以满足人们生产、生活的各种需求，使人们可以合理利用资源、保护环境、实现人类的可持续发展。事实上，GIS 已涉及到社会科学、自然科学的许多领域，因此，GIS 与其他学科密切结合，形成多种专业化的 GIS 系统是 GIS 发展的重要趋势。

6. 模块化

建立一个小型的 GIS 已不是一两个人所能完成的，数字地球的建立更是一个极为庞大的工程，需要全世界各地的人们参与。因此，把庞大的 GIS 软件系统分解成可按应用需要组装成的“定做系统”的 GIS “元件”，将这些“元件”通过标准的系统环境与其他“元件”嵌接，有效地实现系统合成，自然就成了 GIS 的发展方向。

三、地理信息系统的类型

地理信息系统按其内容可分为三大类。

（一）专题地理信息系统

专题地理信息系统是具有有限目标专业特点的地理信息系统。为特定的专门目的服务，如水资源管理信息系统、矿产资源管理信息系统、农作物估产信息系统、土壤养分管理信息系统等。

（二）区域地理信息系统

区域地理信息系统主要是以区域综合研究和全面信息服务为目标，可以有不同规模，如国家级的、地区或省级的、市县级的。它们主要为不同级别行政区服务的信息系统，也可以按自然分区或流域为单位的区域信息系统，如加拿大国家信息系统，我国黄河流域信息系统等。

（三）地理信息系统工具

地理信息系统工具是一组具有图形图像数字化、存贮管理、查询检索、分析运算和多种输出等地理信息系统基本功能软件包。由于地理信息系统软件设计技术较高，而且重复

编制比较复杂的基础软件也造成了人力的极大浪费，因此采用地理信息系统工具无疑是建立实用地理信息系统的一条捷径。

四、地理信息系统的学科联系

地理信息系统是在计算机科学的基础上，综合地理学、制图学、测量学、工程学、数学、摄影和遥感等学科，发展起来的一门边缘学科（图 1-1）。

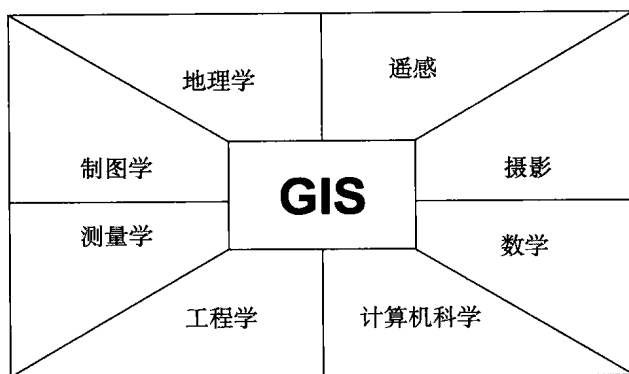


图 1-1 地理信息系统与其他学科的关系

（一）地理信息系统与地理学及地学数据处理系统

地理学是一门研究人类赖以生存的空间科学。在地理学研究中，空间分析的理论学方法具有悠久的传统历史，它为地理信息系统提供了有关空间分析的基本观点与方法，成为地理信息系统的基础理论依托。而地理信息系统的发展也为地理问题的解决提供了全新的技术手段，并使地理学研究的数学传统得到了充分发挥。

地学数据处理系统是以地学数据的收集、存贮、加工、集成、再生成等数据处理为目标，为地理信息系统提供符合一定标准和格式的数据处理的信息系统。地学数据的处理分为两个层次，首先是以数据格式、数据量、存在介质、精度、空间表示方法等为特征的地理信息系统外部数据处理，其目的是为地理信息系统利用数据做准备，如遥感数字图像的校正、图像增强、图像分类等；第二个层次是地理信息系统内部数据的处理，它包括水平方向的专题层内部数据处理、垂直方向上的专题层之间的数据处理、适于不同比例尺需要的变焦数据处理、用于动态分析的四维数据处理、用于网络分析的运筹法数据处理等。数据处理系统的数据包括具有统计性质的空间数据、遥感数据、地学专题空间数据等。

（二）地理信息系统与地图学及电子地图

地图作为记录地理信息的一种图形语言形式，最为古老，久负盛誉。从历史发展看，地理信息系统脱胎于地图，并成为地图信息的又一种新的载体形式，它具有存贮、分析、显示和传输的功能，尤其是计算机制图为地图特征的数字表示、操作和显示提供了成套方法，为地理信息系统的图形输出设计提供了技术支持，同时，地图仍是目前地理信息系统的重要数据来源之一。但二者间有着一定的差别：地图强调的是数据载体、符号化与显示，而地理信息系统侧重于信息分析。同时，地图学理论与方法对地理信息系统的发展有着重要的影响，并成为地理信息系统发展的根源之一。



地理信息系统与制图系统的关系存在两种看法。一是计算机辅助制图系统是地理信息系统的一部分；二是地理信息系统是计算机辅助制图系统之上的超结构（Superstructure）。从地理信息系统的发展过程可以看出，地理信息系统的产生、发展与制图信息系统存在着密切的联系，两者的相通之处是基于空间数据库的空间信息的表达、显示与处理。

从系统组成和功能上，一个地理信息系统拥有计算机辅助制图系统的所有组成和功能，并且地理信息系统还有数据处理的功能。但随着电子制图系统（Electronic mapping system）的出现和发展，出了电子图集。与传统地图集相比，电子地图集有许多新的特征：第一，声、图文和数据多媒体集成，把图形的直观性、数字的准确性、声音的引导性和亲切感相结合，充分利用了读者的各种感官；第二，检索和分析决策功能，能够支持从地图图形到属性数据和从属性数据到图形的双向检索；第三，图形动态变化功能，从开窗缩放、浏览阅读等基本功能到地图动画功能、多维动画图形等；第四，具有良好的用户界面，使读者介入地图的生成过程；第五，多级比例尺之间的相互转换，由于计算机屏幕幅面的限制和计算机潜在的计算功能和巨大的存贮能力，要求具有多级比例尺不同程度的制图综合功能。与地理信息系统相比，由于电子制图系统具有电子地图集的功能，因此，它所拥有的表达与显示空间信息的功能更强。好的电子制图系统应具有地理信息系统的基本功能，并且具有在电子媒体上应用各种不同的格式来创建、存贮和表达资料信息的能力。

（三）地理信息系统与计算机科学

计算机科学的发展对地理信息系统的发展有着深刻的影响。数据库管理系统（DBMS）主要设计用于存贮、管理和查询非空间的属性数据，并具备一些基本的统计分析功能，它是现代地理信息系统不可或缺的重要组成部分之一，它所具有的功能是地理信息系统有关数据操作功能的重要组成部分，但是，一般的 DBMS 在处理空间数时缺乏空间分析能力。计算机辅助设计（CAD）提供了数据输入、显示与表达的软件与方法。计算机图形理论是现代地理信息系统的技术理论之一，计算机图形学提供了图形处理、显示的软、硬件以及技术方法。人工智能的发展给地理信息系统的技术进步也带来了积极的影响，虽然目前地理信息系统还没有充分利用人工智能的各种技术，但它提供了智能化的技术系统的设计技术与方法。计算机网络技术的发展则为地理信息系统的构件化技术的形成提供了新的机遇，为使地理信息系统发展成为社会信息基础设施的重要组成部分奠定了基础。

（四）地理信息系统与遥感及大地测量

遥感作为空间数据采集手段，已成为地理信息系统的主要信息来源与数据更新途径。遥感图像处理系统包含若干复杂的解析函数，并有许多方法用于信息的增强与分类，但遥感系统本身的空间分析能力颇为有限，并难与 DBMS 系统相连。

大地测量为地理信息系统提供了精确定位的控制信息，尤其是全球卫星定位系统（GPS）可快速、廉价地获取地表特征的数字位置信息。航空像片及其精确测量方法的应用使得摄影测量成为地理信息系统主要的地形数据来源。

总之，遥感及大地测量是地理信息系统的主要数据来源和更新手段，同时，地理信息系统的应用又进一步支持遥感信息的综合开发与利用。

（五）地理信息系统与管理信息系统

传统意义上的管理信息系统是以管理为目的的，在计算机硬件和软件支持下具有存贮、

处理、管理和分析数据的能力的信息系统，如人才管理信息系统、财务管理信息系统等，这类信息系统与地理信息系统最主要的区别是它处理的数据没有或者不包括空间属性。

另一类管理信息系统是以具有空间分析功能的地理信息系统为支持，以管理为目标的信息系统，它利用地理信息系统的各种功能实现对具有空间特征的要素进行处理分析，以达到区域管理的目的，如城市交通管理信息系统等。

第二节 地理信息系统的组成

地理信息系统的组成可大致分为两部分，即计算机的硬件和软件。鉴于地理信息系统的特殊性，可将地理信息系统的组成为4个部分，即硬件系统、软件系统、数据系统和应用系统。

一、硬件系统

地理信息系统的硬件设备构成了地理信息系统的物理外壳，一般包括4个方面，即计算机主机、数据存贮设备、数据输入设备和数据输出设备，具体构成示于图1-2。

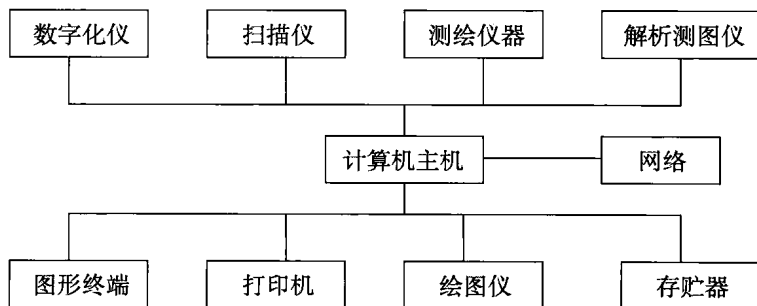


图 1-2 地理信息系统的硬件设备

二、软件系统

地理信息系统的软件系统是指地理信息系统运行所必需的各种程序，它们是构成地理信息系统的核心部分，关系到地理信息系统的功能。这些软件通常由两大部分组成，一是计算机系统软件，二是地理信息系统工具软件和其他地理信息系统应用软件。按照地理信息系统对数据进行采集、加工、存贮管理、分析查询、显示和与用户接口，可将地理信息系统的软件系统中与用户相关的软件分为几种软件模块（图1-3）。

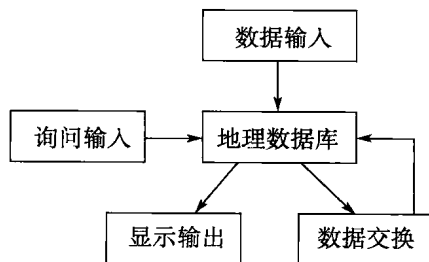


图 1-3 地理信息系统的软件组成

三、数据系统

地理信息系统的数据库系统原则应属于软件系统的组成之一，但由于地理信息系统的特殊性和对数