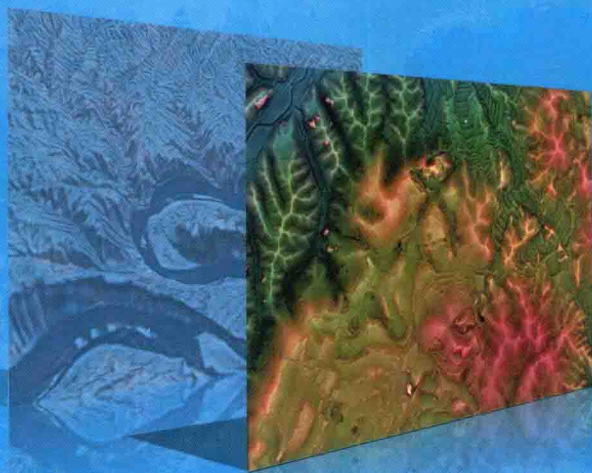


北京市高等教育精品教材

# 地理信息系统原理与应用

## (第二版)

靖常峰 朱 光 赵西安 杜明义 编著



科学出版社

北京市高等教育精品教材

# 地理信息系统原理与应用

(第二版)

靖常峰 朱 光 赵西安 杜明义 编著

科学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书系统地介绍了地理信息系统原理与应用方法。全书共 10 章：第 1 章介绍地理信息系统的原理、组成、应用与发展；第 2 章介绍空间数据获取、数据转换与输入方法，特别是介绍了移动测量技术、立体摄影测量、激光雷达测量等当代空间数据获取的原理与方法；第 3 章介绍空间数据的矢量结构、栅格结构，以及 DEM 的数据结构；第 4 章介绍空间数据文件管理、数据库模型和空间数据库等；第 5 章介绍空间数据编辑、拓扑关系建立、几何与投影变换；第 6 章介绍空间数据统计与回归分析、叠加分析、缓冲区分析和网络分析等；第 7 章介绍空间数据可视化的技术与方法；第 8 章介绍空间数据质量模型、空间数据质量元素、空间数据质量评价方法等；第 9 章介绍 ArcGIS 软件的特点与应用方法；第 10 章结合应用介绍地理信息系统工程开发方法。

本书可以作为测绘科学、地理科学、城乡规划等有关专业本科生和研究生教材，也可以作为从事地理信息科学、城乡规划管理等领域科研与工程技术人员参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

地理信息系统原理与应用/靖常峰等编著. —2 版. —北京：科学出版社，2018.3

北京市高等教育精品教材

ISBN 978-7-03-055941-8

I. ①地… II. ①靖… III. ①地理信息系统—高等学校—教材 IV. ①P208.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 309432 号

责任编辑：杨 红/责任校对：何艳萍

责任印制：师艳茹/封面设计：迷底书装

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>

保定市中国画美凯印刷有限公司 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2010 年 10 月第 一 版 开本：787×1092 1/16

2018 年 3 月第 二 版 印张：11 1/2

2018 年 3 月第六次印刷 字数：298 000

定价：39.00 元

(如有印装质量问题，我社负责调换)

## 第二版前言

地理信息系统自 20 世纪 60 年代问世以来，推动国民经济产业大发展，在国内外高等教育诸多学科中产生学术交叉，支撑了智慧城市、大数据、人工智能等新方向的萌芽、发展。在我国，自 20 世纪 80 年代开始就在国家五年发展规划纲要中进行了重点规划和科研资助，其中地理信息系统架构、地理信息系统新应用模式、时空信息组织与表达、城市空间信息网格化集成和智能服务技术、应急响应综合信息集成关联分析等课题的研发，进一步推动了我国地理信息系统技术与应用的蓬勃发展。

本书为第二版，结构体系延续了《地理信息系统原理与应用》（2010 年，朱光等）一书的框架。本书以地理信息系统的技术核心，即地理空间信息获取、管理及应用，以空间数据管理、空间数据分析、空间数据应用等为主线，同时强调空间数据获取技术与手段、空间数据质量评价、地理信息系统工程应用开发等内容。本书修订主要面向地理信息技术在智能服务、智慧城市等方向的新发展，补充了地理信息技术与社会科学等学科的交叉研究概述、移动测量技术、GIS 软件的新体系结构等内容。

本书是北京市高等教育精品教材，得到了北京建筑大学教材建设项目基金（C1701）、国家自然科学基金（41771412）资助，科学出版社杨红编辑对于本书出版也给予了大力支持，在此一并表示感谢。

限于作者才疏学浅，书中难免存在不足之处，恳请读者批评指正。

作 者

2017 年 10 月于北京

# 第一版前言

地理信息系统技术从 20 世纪 60 年代问世以来,在我国经历了三次大的发展阶段。特别是“九五”、“十五”期间,国家安排重大专项资金用于支持国产 GIS 软件开发与应用,在政府主管部门、科研院所和企事业单位的共同努力下,我国 GIS 软件总体技术已经达到国际先进水平,并在测绘、国土、电力水利、环保、电信、城市规划与管理等领域得到广泛应用。国家“十一五”期间更是在对地观测与导航技术等领域投入上百亿元经费,其中地理信息系统架构、地理信息系统新应用模式、时空信息组织与表达、城市空间信息网格化集成和智能服务技术、应急响应综合信息集成关联分析、网络环境下分布式空间信息高效可视化技术等课题的研发,必将对我国地理信息系统技术与应用的发展起到进一步的推动作用。

对地观测和信息技术、网络地理信息系统、空间信息网格技术、基于位置信息服务、Google Earth 等的研究与发展,正在对整个地球科学学科产生深远影响。1991 年,本书第一作者在英国留学期间就在思考,地理信息系统作为一门学科,其研究重点、培养目标和教育教学体系是什么,这也是长期以来从事该学科教学、研究与应用的工作者一直在思考的问题。特别是当前我国高等教育已经进入普及化阶段,高等教育教学改革如何才能适应新形势的发展需要?本书正是在强调地理信息系统的技术核心(地理空间信息获取、管理及应用)以及作者编著的《地理信息系统基本原理与应用》(1997 年)一书基础上,以空间数据管理、空间数据分析、空间数据应用等为主线,介绍了空间数据获取技术与手段、空间数据质量评价、ArcGIS 9.3 特点及应用、地理信息系统工程应用开发等内容。

本书结构体系确定、内容取舍、统稿与定稿由朱光、赵西安负责。朱光撰写第 1 章,赵西安撰写第 2、5、6 和 8 章,靖常峰撰写第 3、4、7、9 和 10 章。

本书作为北京市高等教育精品建设教材,还得到了北京市科研创新团队(PHR20070101)、(PHR20090712)国家自然科学基金(40771178)和北京市教育委员会专项科研基金重点项目(KZ200710016007)的资助,科学出版社郭淼女士对于本书的出版也给予了大力支持,在此一并表示感谢。

限于作者才疏学浅,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。

作 者

2008 年 6 月于北京

# 目 录

第二版前言

第一版前言

|                      |    |
|----------------------|----|
| 第 1 章 绪论             | 1  |
| 1.1 地理信息系统概述         | 1  |
| 1.1.1 地理信息系统         | 1  |
| 1.1.2 地理空间信息与特征      | 2  |
| 1.1.3 地理信息系统与任务      | 4  |
| 1.1.4 地理信息系统应用       | 5  |
| 1.2 GIS 与相关学科、技术的关系  | 6  |
| 1.2.1 地理信息系统与数据库管理系统 | 7  |
| 1.2.2 地理信息系统与地图学     | 7  |
| 1.2.3 地理信息系统与计算机辅助设计 | 8  |
| 1.2.4 地理信息系统与计算机技术   | 8  |
| 1.2.5 地理信息系统与社会科学    | 9  |
| 1.3 地理信息系统组成与开发      | 9  |
| 1.3.1 地理信息系统硬件配置     | 10 |
| 1.3.2 地理信息系统软件构成     | 14 |
| 1.3.3 地理信息系统开发与实施    | 15 |
| 1.4 地理信息系统发展         | 17 |
| 1.4.1 国外地理信息系统发展现状   | 17 |
| 1.4.2 国内地理信息系统发展现状   | 18 |
| 1.4.3 地理信息系统发展趋势     | 19 |
| 习题与思考题               | 23 |
| 第 2 章 空间数据获取         | 24 |
| 2.1 概述               | 24 |
| 2.1.1 空间数据来源         | 24 |
| 2.1.2 空间数据输入         | 24 |
| 2.1.3 空间数据质量         | 26 |
| 2.2 地面测量与地图数字化       | 26 |
| 2.2.1 野外测量与调查        | 27 |
| 2.2.2 地面数字测图         | 27 |
| 2.2.3 地图数字化          | 28 |
| 2.3 摄影测量             | 30 |

|                               |    |
|-------------------------------|----|
| 2.3.1 立体摄影测量 .....            | 30 |
| 2.3.2 摄影测量构像方程 .....          | 30 |
| 2.3.3 地面点坐标解算 .....           | 32 |
| 2.3.4 阵列 CCD 立体摄影测量 .....     | 32 |
| 2.4 合成孔径雷达干涉测量 .....          | 34 |
| 2.4.1 SAR 影像地形测量 .....        | 34 |
| 2.4.2 SAR 干涉测量方法 .....        | 35 |
| 2.5 机载激光雷达测量 .....            | 36 |
| 2.5.1 机载激光雷达与三维测量 .....       | 36 |
| 2.5.2 机载激光雷达测量点位坐标 .....      | 37 |
| 2.6 移动测量技术 .....              | 38 |
| 2.6.1 移动测量技术概述 .....          | 38 |
| 2.6.2 基于 MMS 的可量测实景影像获取 ..... | 39 |
| 习题与思考题 .....                  | 43 |
| 第 3 章 空间数据结构 .....            | 44 |
| 3.1 空间对象与关系 .....             | 44 |
| 3.1.1 空间对象定义 .....            | 44 |
| 3.1.2 空间对象关系 .....            | 48 |
| 3.2 矢量数据结构 .....              | 49 |
| 3.2.1 无拓扑矢量结构 .....           | 49 |
| 3.2.2 拓扑矢量结构 .....            | 51 |
| 3.3 栅格数据结构 .....              | 54 |
| 3.3.1 数据结构 .....              | 55 |
| 3.3.2 栅格数据压缩编码 .....          | 57 |
| 3.4 DEM 数据结构 .....            | 60 |
| 3.4.1 DEM 概述 .....            | 60 |
| 3.4.2 格网 DEM .....            | 60 |
| 3.4.3 不规则三角网 .....            | 61 |
| 习题与思考题 .....                  | 62 |
| 第 4 章 空间数据管理 .....            | 63 |
| 4.1 概述 .....                  | 63 |
| 4.1.1 空间数据管理特点 .....          | 63 |
| 4.1.2 空间数据管理的发展 .....         | 64 |
| 4.2 空间数据文件 .....              | 64 |
| 4.2.1 空间数据文件特点 .....          | 64 |
| 4.2.2 空间数据文件的数据组织 .....       | 65 |
| 4.3 数据库模型 .....               | 66 |
| 4.3.1 层次模型 .....              | 66 |
| 4.3.2 网络模型 .....              | 67 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 4.3.3 关系模型 .....        | 68 |
| 4.4 文件与数据库混合模式 .....    | 69 |
| 4.5 空间数据库 .....         | 70 |
| 4.5.1 空间数据库特点 .....     | 70 |
| 4.5.2 空间数据库中数据组织 .....  | 71 |
| 习题与思考题 .....            | 72 |
| 第5章 空间数据处理 .....        | 73 |
| 5.1 空间数据编辑 .....        | 73 |
| 5.1.1 图形数据编辑 .....      | 73 |
| 5.1.2 属性数据编辑 .....      | 75 |
| 5.1.3 图幅拼接 .....        | 76 |
| 5.2 空间拓扑关系与建立 .....     | 76 |
| 5.2.1 空间拓扑关系概述 .....    | 76 |
| 5.2.2 点线拓扑关系建立 .....    | 77 |
| 5.2.3 多边形拓扑关系建立 .....   | 78 |
| 5.2.4 拓扑关系自动建立流程 .....  | 79 |
| 5.3 几何变换 .....          | 79 |
| 5.3.1 相似变换 .....        | 79 |
| 5.3.2 仿射变换 .....        | 80 |
| 5.3.3 二次多项式变换 .....     | 81 |
| 5.4 投影变换 .....          | 81 |
| 5.4.1 地图投影基本问题 .....    | 81 |
| 5.4.2 地图投影类型 .....      | 82 |
| 5.4.3 高斯-克吕格投影 .....    | 83 |
| 5.4.4 正轴圆锥投影 .....      | 85 |
| 5.5 矢量、栅格数据相互转换 .....   | 86 |
| 5.5.1 矢量数据转换为栅格数据 ..... | 86 |
| 5.5.2 栅格数据转换为矢量数据 ..... | 87 |
| 习题与思考题 .....            | 88 |
| 第6章 空间数据查询与分析 .....     | 89 |
| 6.1 空间数据查询 .....        | 89 |
| 6.1.1 空间位置查询 .....      | 89 |
| 6.1.2 空间关系查询 .....      | 90 |
| 6.1.3 属性查询 .....        | 91 |
| 6.2 空间数据分析 .....        | 94 |
| 6.2.1 空间数据计算 .....      | 94 |
| 6.2.2 空间统计分析 .....      | 95 |
| 6.2.3 空间数据回归分析 .....    | 98 |
| 6.3 空间叠加分析 .....        | 99 |

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| 6.3.1 矢量图层叠加分析 .....     | 99         |
| 6.3.2 栅格图层叠加分析 .....     | 100        |
| 6.4 缓冲区分析 .....          | 102        |
| 6.4.1 矢量数据缓冲区分析 .....    | 102        |
| 6.4.2 栅格数据缓冲区分析 .....    | 103        |
| 6.5 网络分析 .....           | 104        |
| 6.5.1 网络分析基础 .....       | 104        |
| 6.5.2 网络分析方法 .....       | 105        |
| 6.5.3 最短路径分析 .....       | 105        |
| 习题与思考题 .....             | 106        |
| <b>第7章 空间数据可视化</b> ..... | <b>107</b> |
| 7.1 概述 .....             | 107        |
| 7.2 地图可视化表达 .....        | 108        |
| 7.2.1 纸质地图 .....         | 109        |
| 7.2.2 电子地图 .....         | 109        |
| 7.2.3 专题地图 .....         | 110        |
| 7.3 地图符号及符号库 .....       | 114        |
| 7.3.1 地图符号 .....         | 114        |
| 7.3.2 地图符号库 .....        | 116        |
| 7.4 三维可视化 .....          | 118        |
| 习题与思考题 .....             | 119        |
| <b>第8章 空间数据质量</b> .....  | <b>120</b> |
| 8.1 空间数据质量概述 .....       | 120        |
| 8.1.1 空间数据误差 .....       | 120        |
| 8.1.2 空间数据不确定性 .....     | 121        |
| 8.1.3 空间数据质量描述 .....     | 122        |
| 8.1.4 广义数据质量 .....       | 122        |
| 8.2 空间数据质量评价 .....       | 123        |
| 8.2.1 空间数据质量评价模型 .....   | 123        |
| 8.2.2 数据质量描述指标概述 .....   | 123        |
| 8.2.3 数据质量描述指标度量 .....   | 125        |
| 8.3 空间数据质量评价方法 .....     | 125        |
| 8.3.1 模糊综合评价法 .....      | 125        |
| 8.3.2 加权平均法 .....        | 126        |
| 8.3.3 缺陷扣分法 .....        | 127        |
| 8.4 空间数据质量管理 .....       | 128        |
| 8.4.1 数据质量控制 .....       | 128        |
| 8.4.2 数据质量改善 .....       | 128        |
| 8.4.3 数据质量管理体系 .....     | 128        |

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| 习题与思考题 .....                    | 129        |
| <b>第 9 章 ArcGIS 应用基础</b> .....  | <b>130</b> |
| 9.1 ArcGIS 10 概述 .....          | 130        |
| 9.1.1 ArcGIS 10 软件特色 .....      | 130        |
| 9.1.2 ArcGIS 10.5 体系结构 .....    | 132        |
| 9.1.3 ArcGIS 10.5 新特性 .....     | 133        |
| 9.2 ArcMap 应用基础 .....           | 135        |
| 9.2.1 ArcMap 界面 .....           | 135        |
| 9.2.2 ArcMap 图层管理 .....         | 138        |
| 9.3 ArcCatalog 应用基础 .....       | 141        |
| 9.3.1 ArcCatalog 数据组织与管理 .....  | 142        |
| 9.3.2 ArcCatalog 目录树 .....      | 144        |
| 9.3.3 空间数据浏览 .....              | 144        |
| 9.3.4 空间数据库建立 .....             | 145        |
| 9.4 GeoProcessing 空间处理 .....    | 148        |
| 9.4.1 GeoProcessing 概述 .....    | 149        |
| 9.4.2 ArcToolbox .....          | 149        |
| 9.4.3 ModelBuilder .....        | 151        |
| 习题与思考题 .....                    | 151        |
| <b>第 10 章 地理信息系统工程与应用</b> ..... | <b>152</b> |
| 10.1 地理信息系统工程概述 .....           | 152        |
| 10.2 地理信息系统工程设计 .....           | 153        |
| 10.2.1 总体设计 .....               | 153        |
| 10.2.2 界面设计 .....               | 153        |
| 10.2.3 数据库设计 .....              | 155        |
| 10.2.4 系统详细设计 .....             | 155        |
| 10.3 地理信息系统工程开发 .....           | 157        |
| 10.3.1 工程开发概述 .....             | 157        |
| 10.3.2 组件式 GIS 开发 .....         | 158        |
| 10.4 地理信息系统工程应用实例 .....         | 159        |
| 10.4.1 需求调研 .....               | 159        |
| 10.4.2 总体设计 .....               | 163        |
| 10.4.3 功能设计 .....               | 165        |
| 10.4.4 数据库设计 .....              | 165        |
| 10.4.5 系统详细设计 .....             | 166        |
| 习题与思考题 .....                    | 169        |
| <b>主要参考文献</b> .....             | <b>170</b> |

# 第1章 绪 论

网络技术、信息技术、空间数据库技术、决策支持和智能应用系统等的发展,极大促进了环境、资源、城市等学科在规划、管理、分析、决策过程中的可靠性与科学性。同时,环境、资源、城市等方面的规划、管理、分析与决策过程,涉及的信息与空间位置和空间环境密切相关,不仅要表达事物发生的过程和结果,还要表达发生的环境、位置以及与其他事物之间的空间关系等,这促使了地理信息系统(geographic information system, GIS)技术的诞生。

## 1.1 地理信息系统概述

### 1.1.1 地理信息系统

地理信息系统是计算机数据库、计算机图形和图像等技术发展的产物。随着计算机技术的发展与应用,我们可利用计算机数据库技术处理和分析大量的空间数据,建立空间数据模型,进行图形数据和属性数据连接、空间数据分层和分类、空间网络分析等;计算机图形图像处理技术的发展,对地形图生产自动化和地形图质量提出了更高要求。同时遥感技术的发展,使得人们运用遥感信息快速获取地球空间信息成为可能,也促进了计算机图形图像处理技术的快速发展。由于一般数据库管理系统处理的业务数据中,可能会含有与空间位置有关的重要信息,而在数据库管理系统中进行有关操作难度很大,同时实际工作中许多问题需要借助地图来解决。例如,城市规划需要在地形图上进行量测、分析和设计,数据库管理系统无法实现这样的工作,这些需求极大地促进了地理信息系统的发展。

#### 1. 地理信息系统定义

地理信息系统由计算机系统、空间数据库和用户组成,通过对空间数据的集成、存储、检索、操作和分析,生成并输出各种空间信息,为资源管理、土地利用、环境监测、交通运输、城市规划以及政府各部门行政管理提供有用信息,为规划、管理和工程设计提供辅助决策支持。

地理信息系统中地理信息或数据包括位置特征数据和属性特征数据。地理信息系统通过将这些信息进行分类、分层管理,建立位置特征和属性特征数据连接,实现空间数据查询、分析与处理。例如,对投资环境的分析,涉及区位论、城市土地经济理论、城市空间经济学、城市交通经济学、空间统计学、模糊数学等,利用地理信息系统空间分析与有关学科、方法相结合,使科学分析和决策更加科学可靠。

#### 2. 地理信息系统主要特征

地理信息系统是对地球及表面有关地理分布数据进行采集、存储、管理、处理、分析、描述和三维可视化的技术系统。地理信息系统是数据库技术、网络技术和信息处理技术发展一定阶段的产物,同时,地理信息系统的发展在很大程度上与计算机硬件水平的发展密切相关,即地理信息系统是基于计算机的软硬件技术系统。目前使用地理信息系统处理、传输的信息量可高达数吉字节(GB)、甚至太字节(TB),这对于计算机的海量数据存储、快速处

理分析和三维可视化等提出了极高的要求。尽管地理信息系统的定义不尽相同,但一般来说,应具有如下特征:

(1)地理信息系统应包括数据采集子系统、数据管理子系统、数据处理和分析子系统、图形图像处理子系统、数据输出子系统等,地理信息系统硬件平台、功能、效率、数据处理的方式和产品输出等与上述子系统的性能有关。

(2)地理信息系统技术难点在于其处理的数据具有空间位置特征,包括点、线、面、体等三维空间特征。数据都是按统一的地理坐标系编码,以便进行地理实体的空间定位、定性和定量描述。地理信息系统强调空间分析,通过建立空间模型来分析空间数据,地理信息系统的成功应用有赖于空间分析技术的发展与应用。

(3)地理信息系统的技术优势,在于空间数据的空间特征和属性特征关联、空间数据拓扑关系结构等特点,具有空间建模、分析和三维可视化的能力;可以模拟空间运行过程,实现辅助决策和预测。

(4)地理信息系统处理的数据具有多样性,包括描述地理空间实体的空间特征、属性特征数据,也包括地图和影像等数据。其处理的数据载体可以是磁带、光盘等物理载体。

### 3. 地理信息系统主要类型

按内容划分,地理信息系统主要类型有以下几种。

#### 1) 地理信息系统通用工具软件

它是专门为地理信息系统建立和开发研制的通用工具软件,是一组高效率系统化的具有图形图像数字化、空间数据存储管理、查询检索、分析运算和多种输出等地理信息系统基本功能的软件包,为用户提供基础空间信息管理与分析功能。地理信息系统通用工具软件具有对计算机硬件适应性强、数据管理和操作效率高、功能强并易于扩展、操作简便、容易掌握等特点。地理信息系统软件工具作为地理信息系统支撑软件,用于建立专题或区域性信息系统。将其和与特定任务相关联的地理空间数据、应用模型相结合,就可形成各种不同规模、不同专题的实用 GIS。国内较为流行的地理信息系统通用工具软件包括美国环境系统研究所(Environmental Systems Research Institute Inc., ESRI)研发的 ArcGIS、武汉大学研发的 GeoStar、中国地质大学研发的 MapGIS 和超图公司研发的 SuperMap 等。

#### 2) 专题信息系统

具有有限目标和专业特点的地理信息系统,系统数据项的选择和操作功能设计是为特定的目的服务,如土地利用现状信息系统、水土流失信息系统、水资源管理信息系统、矿产资源信息系统、农作物估产信息系统、森林动态监测信息系统、草场资源管理信息系统等。

#### 3) 区域信息系统

主要以区域综合研究和信息服务为目标,可以有不同的规模,如国家级、地区或省级、市级或县级等,为不同级别行政区服务的区域信息系统,也可以是按自然区划或流域为单位的区域信息系统。其特点是数据项较多、功能齐全,通常具备较强的开放性,如加拿大国家信息系统、美国 Oakridge 地区信息系统、中国黄河流域信息系统等。

### 1.1.2 地理空间信息与特征

地理空间信息(在不致引起混淆情况下,本书也称为地球空间信息)是关于地球及表面空间现象(如山顶、河流、居民区等)的性质、特征、分布状态等的知识与表达。英国著名科学

杂志 *Nature* 在 2004 年发表文章，将地球空间信息技术、纳米信息技术和生物信息技术并列为 21 世纪最具发展潜力的三大高新技术，可见地球空间信息产业具有广阔的发展前景。

1. 地理空间信息

地理信息系统处理的信息也称为地理空间信息。地理空间信息用数字、文字、语言、语音、图形图像等记录，并进行处理和交流。统计资料表明，人们日常使用的信息 80% 以上都与地理空间信息有关，即地理空间信息是日常生活中使用最多的信息之一。地理空间数据或空间数据是指能被计算机处理的空间信息。地理空间信息和地理空间数据不可分离，地理空间信息是空间数据的内容和解释，地理空间数据是地理空间信息的载体和表达。

2. 地理空间数据特征

如图 1-1 所示，地理空间数据描述空间实体的空间特征、属性特征和时间特征。其空间特征是指地理实体空间位置及空间关系；属性特征是指空间实体的名称、类型和数量等；时间特征是指地理数据采集或地理现象发生的时间。

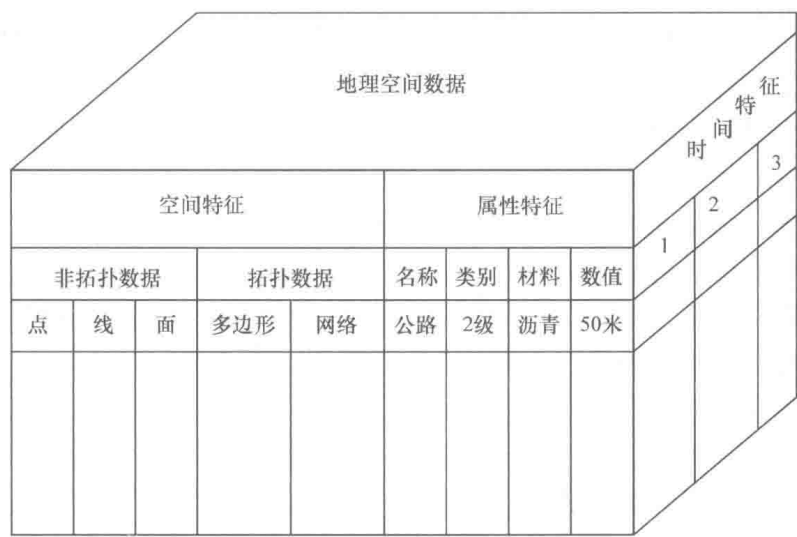


图 1-1 地理空间数据特征

1) 地理空间数据的空间特征

地理空间数据的空间特征，是指描述空间实体位置的一类数据，包括与空间位置有关的矢量数据和图像栅格数据。空间数据既可以用统一坐标参考系描述，也可用相对位置关系描述，如空间上的相邻、包含等。描述空间位置的参考坐标系可以是局部坐标系，也可以是国家坐标系或地心坐标系。研究表明，虽然地理实体的空间表示形式多种多样，但是都可以抽象为最基本的点、线或面三种实体。从理论上讲，任何空间实体都可以用点、线或面这三种实体加上属性注记来表达(朱光等，1997)。

2) 地理空间数据的属性特征

地理空间数据的属性特征，是指描述空间实体及特征的一类数据。属性数据描述空间实体特征的定性或定量指标，提供空间要素的描述信息。也可以说属性数据是关于空间实体的描述信息，如行政区名称、总人口数等。

### 3) 地理空间数据的时间特征

地理空间数据的时间特征是指地理数据采集或空间实体发生、发展的时间。

## 1.1.3 地理信息系统与任务

前面已提到, 地理信息系统是对地球及表面有关地理空间数据进行采集、存储、管理、处理、分析、描述和三维可视化的空间数据库系统。

### 1. 地理信息系统的研究体系

地理信息系统的任务是对地球及表面自然资源、环境、人文、经济等信息进行综合管理与分析。从地理信息系统研究体系看, 主要有以下三方面的任务:

(1) 地理信息系统基础理论。包括研究地理信息系统的概念、定义和内涵, 地理信息系统的构成、功能、特点和任务, 地理信息系统理论体系。

(2) 地理信息技术系统设计。侧重于计算机软硬件技术系统的逻辑设计和物理实现, 包括 GIS 硬件设计与配置、地理空间数据结构及表示、输入输出系统、空间数据库管理系统、用户界面与用户工具设计、地理信息系统工具软件研制等。

(3) 地理信息系统应用方法。地理信息系统应用问题的研究, 包括应用系统设计与实现方法、数据采集、空间分析与专题分析模型、地理信息系统与遥感技术结合方法、地理信息应用系统研究等。

地理信息系统技术是在有关学科研究和实践中产生的, 地理信息系统应用使其技术系统不断完善, 并逐渐发展了地理信息系统理论; 理论研究又指导着开发新一代高效的地理信息系统, 并不断拓宽其应用领域和加深应用的深度; 地理信息系统应用也对理论研究和研究方法提出了更高的要求。地理信息系统研究体系的三个方面相互联系、相互促进, 这也是地理信息系统发展和自身特点决定的。

### 2. 地理信息系统的任务

地理空间数据是地理信息系统重要的基础信息, 有效地管理、应用地理空间数据, 实现空间数据查询、分析和模拟, 实现系统辅助决策, 是地理信息系统的主要目标与任务。从地理信息系统的技术角度分析, 地理信息系统应具备以下几个方面的任务。

(1) 空间数据管理。数据管理是地理信息系统的初级任务, 即以多种方式录入空间数据, 以有效的数据组织形式进行数据库管理、更新、维护、快速查询检索, 输出决策所需的地理空间信息。地理信息系统数据管理的目的是提高决策的效率和科学性。其优点表现在: 信息量大、存储效率高, 利于信息的共享和交流; 检索效率高, 可即时输出辅助决策信息; 数据精度高, 便于不同实体要素间的匹配; 可根据不同任务选择不同内容、不同形式输出空间信息; 支持各种分析、统计和模拟实验; 采用计算机辅助制图技术, 支持非专业制图人员制图, 可快速更新地图信息。

(2) 空间数据查询。地理信息系统是以图层方式存储地理空间数据, 便于灵活、快速、动态地对与地表有关的各种空间数据进行精确量测、查询和分析。

(3) 空间分析、评价与预测。地理信息系统不仅对空间数据进行存取、管理与分析, 还可以基于地理空间数据实现自然世界各个层面分析、思考和综合评价。采用数学模型或数学函数研究模拟客观世界和自然过程的发生与发展, 对未来进行定量的、趋势性预测, 实现预测预报科学化。同时对比、分析和研究不同决策方案, 从中选择最优方案。例如, 城市规划

学科中,利用地理信息系统的空间分析技术,研究分析和预测城市未来形态与发展趋势,做出合理的规划方案,使城市发展更加科学。

#### 1.1.4 地理信息系统应用

地理信息系统是用来管理、分析空间数据的信息系统,几乎所有与地理空间数据和空间信息有关的部门都可以应用地理信息系统。不同部门涉及的空间数据不同,地理信息系统在具体业务系统中应用方式也不尽相同,如城市规划、资源与环境等领域。地理信息系统应用按研究范围大小可分为全球性、区域性和局部性地理信息系统;按研究内容不同又可分为综合性与专题性地理信息系统。

##### 1) 国土资源地理信息系统

国土资源信息包括土地、地质矿产、海洋、环境、生态等,其涉及对象、内容和过程十分复杂。国土资源数据涉及行业、部门和层次多,不同行业对数据的获取、处理、控制和管理模式不同。我国已建成的国土资源地理信息系统包括土地利用现状数据库、土地利用规划数据库、基本农田数据库、土地开发整理规划数据库、土地开发整理项目数据库、耕地储备数据库、农用地分等定级数据库、建设项目用地数据库、土地供应备案数据库、执法监察数据库、土地利用遥感监测数据库、矿产资源储量数据库、矿产资源规划数据库、矿产资源可供性数据库、矿产权数据库、矿产品数据库、矿产资源潜力数据库、全球矿产资源数据库等。例如“土地利用现状数据库”中地理空间数据包括行政区、境界、等高线、高程点、权属单位、界址线、界址点、图斑、线状地物、零星地物、地类界线 and 注记等图层,这些图层记录了土地利用调查中的土地利用要素,而有关实体要素通过图形和相应属性值来表达。土地利用图形数据分为点、线、面三种实体类型,其中面状实体图层有行政区、权属单位和图斑等图层;线状形态的图层有境界、等高线、界址线、线状地物和地类界线等图层;点状形态的图层有高程点、界址点和零星地物等图层。

##### 2) 农业气候区划地理信息系统

农业气候区划地理信息系统,目的是建立气候资源开发利用和保护监测体系,实行资源全方位优化配置,发挥区域气候优势,趋利避害,减轻气候灾害损失,提高资源开发的总体效益。为各级政府分类指导农业生产、农村产业结构调整、退耕还林、防止水土流失等提供决策依据,为地方政府服务。该系统是基于地理信息系统工具软件,建立面向专业技术人员的应用系统,适用于农业气候资源监测评价、气候资源管理与分析、网格气候资源推算与空间查询、省地县三级区划产品制作等。具体功能包括地理基础信息管理,即管理工作区的基础地理数据,如行政区划,水系,交通数据等;网格资源信息管理,即管理栅格格式的、与农业气候区划有关的信息,各种 DEM 数据;网格资源推算与区划产品制作;农业气候资源监测与评价;农业气候区划成果可视化。

##### 3) 城乡规划地理信息系统

城乡规划学科要处理涉及资源、环境、人口、交通、经济、教育、文化和金融等领域的大量空间数据。城乡规划地理信息系统将这些数据信息抽象、综合,建立统一数据库系统,进行城市与区域多目标开发规划,包括城镇总体规划、城市建设用地适宜性评价、环境质量评价、道路交通规划、公共设施配置以及城市环境的动态监测等。这些规划功能的实现,是基于空间信息搜索、多源信息叠加、回归分析、投入产出分析、线性与非线性规划、系统动

力学等实现的。我国大城市数量居于世界前列,根据加快中心城市的规划建设,加强城市建设决策科学化的要求,利用地理信息系统作为城市规划、管理和分析的工具,具有十分重要的意义。

#### 4) 城市地下管网信息系统

城市地下管网信息系统是地理信息系统技术应用较早,涉及城市较多的应用系统。城市地下管网信息(包括上水、污水、电力、通信、燃气、工程管线等)精确地反映城市地下管线分布。通过对管线数据查询、更改、统计、管理和显示,极大提高管理部门的工作效率。例如,以城市大比例尺地形图为基础数据,综合地下及地面上水、污水、电力、通信、燃气、工程管线、规划路网等基础地理信息,形成城市地下管线信息系统,实现城市地下管线信息现代化管理,为城市规划设计、市政工程、城市交通、道路建设等部门提供精确地城市地下管线分布信息。

#### 5) 电力地理信息系统

电力输配电系统中,由于配电网节点多、设备分散,运行管理工作常与地理位置有关,应用输配电地理信息系统,可以更加直观地进行电力运行管理。其主要包括设备管理系统,将变电站、馈线、变压器、开关、电杆等设备的技术数据反映在有关输配电线路专题图上;用户信息系统,借助地理信息系统对大量用户信息,如用户名称、地址、账号、电话、用电量和负荷、供电优先级、停电记录等进行处理,便于迅速判断故障的影响范围,用电量和负荷的统计信息还可作为网络分析的依据;停电管理系统,接到停电投诉后,系统通过调用专门功能软件,迅速查明故障地点和影响范围,选择合理的操作顺序和路径,显示处理过程中的进展,自动将有关信息转给用户投诉电话应答系统,并具有辅助配电网发展规划设计功能等。

#### 6) 军事地理信息系统

军事地理信息系统是指在计算机软硬件的支持下,对军事地形、资源与环境等空间信息进行采集、存储、检索、分析、显示和输出的技术系统。它在军事信息保障和指挥决策中起着重要作用。军事地理信息系统一般由六个子系统组成:信息收集子系统、信息传递子系统、信息处理子系统、信息显示子系统、决策监控子系统和执行子系统。其中情报信息是军事决策的基础,信息收集、处理和显示是系统的核心,通信和控制是信息传输和决策过程的保证,决策和执行子系统保证最后决策得以实施。

军事地理信息系统涉及的主要空间信息是地形图、DEM、DTM 等;其主要功能有地形分析(包括通视点分析、战场模拟、行军路线分析、距离量测、面积量测等)、情报收集(包括武器监视与跟踪、情报收集等)、战略任务规划(包括军事基地规划、军事基础设施管理、打击效果评估、巡航导弹支持、目标分析等)、战场管理(包括战场监测、战场管理、登陆计划、战术模拟、后勤保障规划等)。

## 1.2 GIS 与相关学科、技术的关系

地理信息系统与计算机科学、测绘科学、地理科学等的发展有着密切的关系,可以说地理信息系统是测绘科学、遥感科学、地理科学、环境科学、资源管理、空间数据库和网络技术等学科发展与融合形成的一门交叉学科。地理信息系统正在科学研究、国民经济建设和国

防建设中起着越来越重要的作用。全球卫星定位技术、摄影测量学、遥感技术等为获取不同类型、不同比例尺的地球空间信息提供必要技术支撑,已经成为地理信息系统获取可靠、实时数据的手段,并促进地理信息系统技术的发展。

### 1.2.1 地理信息系统与数据库管理系统

从技术层面分析,地理信息系统基本任务是对地理空间数据进行管理。地理信息系统在数据管理上继承了数据库管理系统的理论和方法。数据库管理系统是管理、操作、分析事务性数据的信息系统。它提供可以被多个应用程序和用户调用的软件系统,具有对数据库的建立、更新、查询和维护功能。数据库技术对非几何属性数据可采用通用数据库管理系统或在其上开发的软件系统进行管理。与地理信息系统相比,数据库系统在管理地理空间数据方面尚存在两点不足:

(1) 缺乏空间实体表达能力。目前流行的数据库结构,如网状结构、层次结构、关系结构等,都难以对地理空间数据结构进行全面、灵活、高效地描述与表达。

(2) 缺乏空间关系查询能力。通用数据库系统的查询主要是针对实体的查询,而地理信息系统中不仅要求对实体的查询,还要求对空间关系进行查询,如关于方位、距离、包容、相邻、相交和空间覆盖关系等。因此,通用数据库系统尚难以实现空间查询和空间分析。一般而言,数据是信息的载体,对数据进行解释可以提取信息。目前通用数据库是针对数据本身进行管理,地理信息系统是在数据管理基础上,通过地理空间数据操作与分析,产生有用的地学信息。

### 1.2.2 地理信息系统与地图学

地图是现实世界经抽象化后的,对应某一坐标参考系的点、线、面实体的空间位置、属性描述(如注记、标志、符号等)的集合。一幅地图可描述地球表面,在某时期的空间实体信息可对地物地貌的形状、大小和相对位置进行可视化描述,可以从地图上得出地球空间实体的空间坐标、长度、面积和体积。除表示地物的数量和质量方面的特征以外,地图还可表示出实体间空间关系,如相邻性、包含性、叠加性、从属关系等,可以说地图是由点、线、面实体组成的一种图解图像。

#### 1. 地图制图学及特点

地图包括表示地表形态和地物分布(包括水系、植被、土质、居民点、交通路网、国界和行政区划等)的普通地形图,和详细表示某种自然要素或社会要素的专题地图。严格地讲,地图可以定义为由数学方法确定的、经过抽象概括、用专门符号表示的地理空间信息的二维图形表达。有关地球的各类自然现象和社会现象的分布、状态和联系,可根据具体应用进行选择 and 概括,得到专题图。

进入信息时代以后,从传统的地图制图与使用地图的角度来看,将地图及有关注记等作为表达地理空间数据的一种形式,实际上相当于一个地理空间数据库的作用。从地图制图过程中的数据采集、编码成图直至应用等阶段,传统的制图技术已不适合当今地理空间信息变化的要求,可以从以下几点看出:

(1) 在地图成图过程中,对地物进行取舍和概括,不可避免地会忽略、删除或综合某些局部实体要素。