



# 空间信息数据库

牛新征 ◎ 主编

牛新征 张凤荔 文军 ◎ 编著



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



# 空间信息数据库

牛新征 ◎ 主编

牛新征 张凤荔 文军 ◎ 编著

人民邮电出版社  
北京

## 图书在版编目(CIP)数据

空间信息数据库 / 牛新征主编 ; 牛新征, 张凤荔, 文军编著. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2014.4  
ISBN 978-7-115-34419-9

I. ①空… II. ①牛… ②张… ③文… III. ①空间信息系统 IV. ①P208

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第028180号

## 内 容 提 要

本书主要介绍空间信息处理相关的技术,包括空间信息的基础、基本类型、空间数据库及其相关内容。具体内容包括空间信息系统的基本概念、空间数据基础、空间数据库、空间数据采集、空间数据挖掘、空间数据库设计、空间数据库的新型技术和领域、空间数据库应用示例。本书内容丰富,具有先进性和实用性,既是一本论述空间信息和空间数据库的专著,又是一本空间信息数据库的教材。

本书可作为空间信息处理专业、计算机应用专业和各类信息技术、管理专业的大学本科高年级学生和硕士、博士研究生的教材或参考书,也可作为空间信息系统、空间数据库应用和开发的科技、管理、工程人员的工作参考书。



- 
- ◆ 主 编 牛新征  
编 著 牛新征 张凤荔 文 军  
责任编辑 邹文波  
责任印制 彭志环 杨林杰
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
北京鑫正大印刷有限公司印刷
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 19 2014 年 4 月第 1 版  
字数: 494 千字 2014 年 4 月北京第 1 次印刷

---

定价: 65.00 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316  
反盗版热线: (010)81055315



# 前 言

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

近年来,随着对地观测技术的发展,在线地图的出现,地理信息系统(GIS)的研究更加深入,应用更加广泛,地理空间信息已成为现代信息社会的基础要求。寻求方法来扩充传统数据库管理系统的功能,以支持空间数据存储,逐渐成为数据库领域中最热门的研究方向。而空间数据库管理系统作为存储、查询、管理空间数据的平台,其研究领域主要集中在找到能有效处理空间信息数据的模型和操作算法的步骤。

空间信息数据来源、收集方法、数据质量都会直接影响到空间信息系统应用的潜力、成本和效率。用户可以根据实际情况通过地图数据、遥感影像数据、实测数据、共享数据等多种方式来获取数据。而将空间数据集成到数据库中也需要解决许多重要的问题,如确定空间数据的表示方式、数据模型或文件管理这种琐碎但又十分重要的问题。由这些问题所衍生出的课题使得空间数据库成为了一个多学科研究项目。

数据库技术经过长时间的发展历程,数据组织管理从早期文件管理发展成现在的面向对象关系数据库,数据模型也从传统模型演变成现在的面向对象模型或面向关系模型,各式各样的研究成果也在逐渐应用于各行各业。正是由于空间数据库的发展,我们才能不断推进资源配置、城市规划管理、地学研究与应用等领域的不断前进。

基于上述的空间数据库开发背景,很多高校相继开设了有关课程。但因为内容广泛,系统复杂,目前市场上尚缺乏一本能够从整体上多方面阐述空间数据库的教材。我们希望本书能够满足各大高校的教学需求。本书内容丰富,覆盖全面,但又较为独立,除了具有 SQL 语句的基本知识外,读者不需要对空间数据库或者地理信息系统有特定的了解即可阅读本书。本书的主要特点如下:

1. 结构合理。本书着重讲述数据库从设计到实现的各个步骤,并用大量篇幅介绍空间信息数据的基础知识,以帮助读者更好地理解如何从数据采集到建立数据库的各个环节。

2. 通俗易懂。本书语言简练,使用生活中易于理解的常识性领域作为例子,并配了大量图片。

3. 注重实践。本书使用符合标准的 OGIS 规范 SQL 语句描写了如何进行建表或查询等基本操作的简单实例。在读者学习的过程中,希望能达到抛砖引玉的作用。

除了空间数据库的相关知识,本书还单独讲述了空间数据挖掘的内容。随着空间数据库技术的普及应用,人们积累了大量的空间数据,导致了空间数据急剧地产生和增加。而空间数据挖掘是指从空间数据库中提取用户感兴趣的空间模式与特征、空间与非空间数据的普遍关系及其他一些隐含在数据库中的普遍的数据特征,在一定程度上帮助用户快速分析数据。

本书共有 8 章,每章介绍空间数据库重要的一部分。第 1 章介绍空间信息系统的基本概念。第 2 章介绍空间数据基础。第 3 章探讨空间数据模型以及在数据库中如何查找和索引数据。第 4 章介绍空间数据采集的相关问题。第 5 章描述了空间数据挖掘,介绍如何在海量空间数据中分析数据。第 6 章描述了空间数据库的建库步骤,并详细介绍了 3 种主流空间数据库的操作实验,以及一个实际空间数据库系统设计实现。第 7 章全面

---

---

涵盖了空间数据库的新型技术和领域,阐述空间数据库未来的可能发展方向。第8章则描写了空间数据库的可能应用领域。

本书附录还提供了 Oracle、ArcView、MapInfo 的实验实例,以及一个基于 ArcGIS 的数字化城市系统。数字化城市系统是一个集信息化、数字化和网络化等为一体的巨型系统工程,是数字地球建设的一个重要区域层次。从技术上来看,是一个较为复杂的城市地理信息系统。它不仅能在计算机上建立虚拟城市,再现全市的各种资源分布状态,更为重要的是,它可以在对各类信息进行专题分析的基础上,通过各种信息的交流、融合和挖掘,促进城市不同部门、不同层次之间的信息共享、交流和综合,进而对城市的所有信息进行整体的综合处理和研究,为城市各种资源在空间上的优化配置、在时间上的合理利用,宏观、全局地制定城市整体规划和发展战略,减少资源浪费和功能重叠,实现城市可持续发展提供科学决策的现代化工具。通过此系统,可以帮助大家加深对空间数据库理论与实践的理解。同时,本书还在第8章描述了空间数据库在多种场合下的应用实例,以此,读者可以看出空间数据库在现实生活中广泛的适用性。空间数据库的发展历史经过了几十年的发展,尽管人们在不断提高对空间数据库的数据处理能力,但是随着科技的进步,新的要求也在不断促使着数据库新技术的发展,如时态空间数据库、移动对象数据库或者支持场实体的空间数据库。而随着新技术的不断完善,也必将融入现有技术以构建更加高效的空間信息数据管理系统。

本书的内容是以电子科技大学本科生的空间信息数据库课程内容为基础而形成的,得到了2013年电子科技大学计算机学院教学杰出人才计划、2013年电子科技大学非全日制专业学位研究生教学研究项目、2013年电子科技大学本科教育教学改革研究项目、电子科技大学2013年新编特色教材项目的支持,课程的内容和章节安排通过了电子科技大学计算机学科专业委员会专家的认可,他们给出了很多宝贵的意见。

本书由牛新征主编。书中的第1章、第2章和第4章由张凤荔老师编写,第3章、第6章和第7章由牛新征老师编写,第5章和第8章由文军老师编写,3位老师共同完成了本书的审校工作。

## 致谢

在本书的撰写过程中,我们有幸得到了很多人的帮助,在此向他们表示感谢。没有各位老师和同仁的鼓励,本书是不会如期面世的。感谢电子科技大学计算机学院教学委员会为本书的内容提出的宝贵建议,还要特别感谢计算机学院的研究生和博士生,他们付出了很多的时间和精力查找文献、设计图表,对全书的结构和内容提出意见,并对本书多次进行了仔细的批改和审阅。感谢电子科技大学实验教学部门为本书的课程设计提供的支持和帮助,也要感谢学习“空间信息数据库”课程的本科生同学为本书实验的设计与验证、空间数据库设计提供了实践基础。一些试读本书的老师和同学也提出了许多宝贵的意见,在此一并表示感谢。

希望本书能够对教师工作者和学生有所帮助,在编写过程中,我们力求全面覆盖空间数据库的相关内容,但由于编者水平有限,因而书中难免存在不妥之处,敬请读者批评指正。

编者

2014年1月

# 目 录

<b>第 1 章 空间信息系统概述 .....</b>	<b>1</b>	1.7.3 演绎数据库 .....	22
1.1 空间数据与空间信息 .....	3	1.7.4 多媒体数据库 .....	23
1.1.1 空间数据 .....	3	1.7.5 主动数据库 .....	24
1.1.2 空间信息技术 .....	3	1.7.6 对象—关系数据库 .....	24
1.1.3 空间数据库 .....	4	1.7.7 工程数据库 .....	25
1.1.4 空间信息系统 .....	4	1.7.8 统计数据库 .....	25
1.1.5 空间信息技术的发展 .....	4	1.7.9 时态数据库 .....	25
1.2 空间数据包含的内容 .....	5	1.7.10 实时数据库 .....	26
1.2.1 空间数据的特点 .....	5	<b>1.8 GIS 工具介绍 .....</b>	<b>26</b>
1.2.2 空间数据的基本类型 .....	6	1.8.1 ESRI 产品系列 .....	26
1.2.3 空间数据的基本特征 .....	6	1.8.2 MapInfo 产品系列 .....	27
1.3 空间数据结构 .....	7	1.8.3 SuperMap 产品系列 .....	28
1.3.1 矢量结构 .....	7	1.8.4 Intergraph 产品系列 .....	29
1.3.2 栅格结构 .....	8	1.8.5 MapGIS 产品系列 .....	29
1.4 空间数据库 .....	8	1.8.6 GeoStar 产品系列 .....	30
1.4.1 空间数据模型 .....	9	1.8.7 CityStar 产品系列 .....	30
1.4.2 空间数据库的特点 .....	9	习题 .....	30
1.4.3 空间数据库的作用 .....	10	<b>第 2 章 空间数据基础 .....</b>	<b>32</b>
1.5 空间信息系统 .....	10	2.1 空间坐标系统 .....	32
1.5.1 空间信息系统的组成 .....	12	2.1.1 地理空间坐标系的建立 .....	33
1.5.2 空间信息系统软件 .....	12	2.1.2 地图投影 .....	33
1.5.3 空间信息系统的功能 .....	13	2.1.3 投影的分类 .....	34
1.6 空间信息系统及其发展 .....	14	2.1.4 投影变形 .....	35
1.6.1 国际发展状况 .....	15	2.1.5 常用地图投影 .....	36
1.6.2 国内发展状况 .....	16	2.1.6 地图投影的选择依据 .....	37
1.6.3 空间信息系统技术演变 .....	16	2.2 空间实体 .....	38
1.6.4 空间信息系统的发展趋势 .....	18	2.2.1 点实体 .....	39
1.7 空间数据库和不同应用领域的结合 .....	20	2.2.2 线实体 .....	39
1.7.1 分布式空间数据库 .....	21	2.2.3 面实体 .....	39
1.7.2 专家数据库 .....	22	2.2.4 体实体 .....	40

2.2.5 空间实体的编码.....	40	3.2.2 网状模型.....	78
2.3 空间数据的基本特征.....	42	3.2.3 关系模型.....	79
2.3.1 空间数据的类型和表示方法.....	43	3.2.4 在关系数据库中存储空间数据的 局限性.....	81
2.3.2 空间数据的拓扑关系及其表示.....	43	3.3 空间数据库的数据组织方式.....	81
2.3.3 空间关系.....	44	3.3.1 混合结构模型.....	82
2.4 空间数据结构.....	47	3.3.2 扩展结构模型.....	82
2.5 矢量数据结构.....	49	3.3.3 统一数据模型.....	82
2.5.1 矢量数据结构编码的基本内容.....	49	3.3.4 基于关系的空间数据模型.....	83
2.5.2 矢量数据的拓扑数据结构.....	51	3.3.5 面向对象数据模型.....	88
2.5.3 矢量数据结构编码的方法.....	54	3.4 空间数据管理方案.....	97
2.6 栅格数据结构.....	58	3.4.1 全关系数据库管理方案.....	98
2.6.1 简单栅格数据结构.....	58	3.4.2 文件—关系数据库混合管理方案 ...	99
2.6.2 栅格数据的存储.....	60	3.4.3 扩展关系数据库管理方案.....	99
2.7 栅格和矢量数据结构的比较.....	64	3.4.4 对象关系数据库管理系统.....	100
2.8 矢量数据结构与栅格数据结构的 相互转换.....	66	3.4.5 面向对象数据库管理系统.....	100
2.8.1 矢量数据结构向栅格数据结构的 转换.....	66	3.5 空间数据引擎.....	101
2.8.2 栅格数据结构向矢量数据结构的 转换.....	67	3.5.1 空间数据引擎原理.....	101
2.9 空间数据的分层.....	68	3.5.2 空间数据引擎作用.....	102
2.9.1 空间信息系统中的层.....	68	3.6 空间索引.....	103
2.9.2 与制图学有关的层.....	68	3.6.1 R 树.....	103
2.10 空间数据元数据.....	68	3.6.2 格网索引.....	104
2.10.1 元数据概念与分类.....	69	3.6.3 GiST 树.....	105
2.10.2 空间数据元数据的概念和标准.....	70	3.6.4 Quad 树.....	106
2.10.3 空间数据元数据的获取与管理.....	72	3.6.5 K-D 树.....	107
2.10.4 空间数据元数据的应用.....	73	3.7 空间查询处理.....	107
习题.....	74	3.7.1 空间对象近似化.....	107
<b>第 3 章 空间数据库.....</b>	<b>76</b>	3.7.2 空间查询处理步骤.....	108
3.1 数据模型的发展.....	77	3.8 空间查询语言.....	109
3.2 在空间数据库中使用传统数据库的 数据模型.....	77	3.8.1 标准数据库查询语言.....	109
3.2.1 层次模型.....	77	3.8.2 查询语言的表现形式.....	110
		3.8.3 空间数据库查询语言的特征.....	111
		3.8.4 空间数据库查询语言待研究 问题.....	112
		3.8.5 OGIS 标准的 SQL 扩展.....	113

3.8.6 空间数据查询实例.....	114	4.5.7 拓扑生成.....	152
3.9 Oracle 空间数据库的数据组织.....	116	4.6 数据质量 .....	153
习题 .....	120	4.6.1 与数据质量相关的几个概念.....	153
<b>第 4 章 3S 数据采集与处理 .....</b>	<b>122</b>	4.6.2 空间数据质量标准.....	153
4.1 概述 .....	122	4.6.3 空间数据的误差 .....	154
4.1.1 数据源分类.....	122	4.6.4 空间数据的误差源及误差传播.....	155
4.1.2 数据源特征.....	123	4.6.5 空间数据质量的控制.....	155
4.1.3 空间数据采集与处理的 基本流程.....	124	4.7 数据入库 .....	156
4.2 GPS 数据采集.....	125	4.8 3S 集成技术.....	157
4.2.1 GPS 概述.....	126	习题 .....	160
4.2.2 GPS 的组成.....	126	<b>第 5 章 空间数据分析与挖掘 .....</b>	<b>161</b>
4.2.3 GPS 接收机的组成.....	130	5.1 空间分析 .....	161
4.2.4 GPS 接收机的分类.....	131	5.1.1 叠置分析.....	161
4.2.5 GPS 的定位原理.....	132	5.1.2 缓冲区分析.....	163
4.2.6 差分 GPS 定位原理.....	134	5.1.3 网络分析.....	164
4.2.7 GPS 的应用.....	135	5.2 空间数据挖掘 .....	165
4.3 RS 遥感数据采集 .....	136	5.2.1 数据挖掘的基本概念.....	165
4.3.1 遥感的基本概念.....	137	5.2.2 空间数据挖掘的动机.....	166
4.3.2 遥感的构成要素.....	138	5.2.3 空间数据挖掘的概念.....	167
4.3.3 遥感技术原理.....	139	5.2.4 空间数据挖掘的方法与过程.....	168
4.3.4 遥感技术系统.....	141	5.2.5 空间数据挖掘的难点.....	172
4.3.5 遥感数据处理.....	142	5.2.6 空间数据挖掘的特殊性.....	174
4.3.6 遥感的应用.....	144	5.2.7 方法举例.....	174
4.4 GIS 数据采集.....	145	5.3 空间数据规范化与空间数据共享 .....	178
4.4.1 空间位置数据采集.....	145	5.3.1 空间规范化标准.....	178
4.4.2 属性数据采集.....	146	5.3.2 图形变换.....	180
4.5 空间数据的编辑与处理 .....	148	5.3.3 空间共享.....	181
4.5.1 图形相关数据的编辑.....	149	5.4 空间数据可视化 .....	183
4.5.2 图像纠正.....	150	5.4.1 空间数据可视化概念.....	183
4.5.3 数据格式的转换.....	150	5.4.2 空间数据可视化的方法.....	184
4.5.4 地图投影转换.....	150	5.4.3 基于可视化的知识发现.....	186
4.5.5 图像解译.....	151	习题 .....	186
4.5.6 图形拼接.....	151	<b>第 6 章 空间数据库设计.....</b>	<b>188</b>
		6.1 空间数据库设计概述 .....	188



6.2 空间数据库设计原则 .....	188	7.1.4 时空数据库 .....	229
6.3 数据库设计步骤 .....	189	7.2 移动对象数据库 .....	230
6.3.1 空间数据库需求分析 .....	190	7.2.1 移动对象数据 .....	232
6.3.2 空间数据库概念设计 .....	192	7.2.2 移动对象的存储方法 .....	233
6.3.3 空间数据库逻辑设计 .....	193	7.2.3 移动对象的位置表示 .....	233
6.3.4 空间数据库物理设计 .....	194	7.2.4 移动对象类型的数据结构 .....	234
6.3.5 空间数据库的实施和维护 .....	195	7.2.5 移动对象数据库实例 .....	234
6.4 主流空间数据库系统技术 .....	196	7.3 无线传感器网络数据库 .....	237
6.4.1 Oracle Spatial 技术 .....	196	7.3.1 无线传感器网络数据 .....	238
6.4.2 ArcGIS 技术 .....	198	7.3.2 无线传感器网络数据库结构 .....	239
6.4.3 MapInfo .....	200	7.3.3 无线传感器网络数据库 相关技术 .....	239
6.5 基于 Oracle 的空间交通数据库的 设计实例 .....	201	7.4 无线物联网数据库 .....	241
6.6 基于 MapInfo 的数据模型 设计实例 .....	203	7.4.1 无线物联网数据服务 .....	241
6.6.1 建立数据库及矢量数据文件 .....	204	7.4.2 无线物联网数据库设计与 实现 .....	242
6.6.2 数据模型的设计和关联操作 .....	204	7.5 空间数据库新技术 .....	243
6.7 基于 ArcView 的空间数据应用 .....	206	7.5.1 支持场实体的数据库 .....	243
6.7.1 ArcView 的基本操作界面 .....	206	7.5.2 空间数据仓库技术 .....	244
6.7.2 地理信息的录入 .....	208	7.5.3 基于内容的检索 .....	245
6.7.3 地理信息空间特征的录入 .....	210	7.5.4 分布式空间数据库 .....	246
6.7.4 地理信息属性特征的录入 .....	210	7.5.5 并行空间数据库技术 .....	247
6.8 数字化城市系统的开发 .....	210	7.6 空间信息系统技术的新发展 .....	248
6.8.1 前言 .....	210	7.6.1 超媒体网络 GIS——WebGIS .....	248
6.8.2 项目概述 .....	211	7.6.2 构件式 GIS——ComGIS .....	249
6.8.3 需求说明 .....	211	7.6.3 开放式 GIS——OpenGIS .....	251
6.8.4 概要设计 .....	214	习题 .....	252
6.8.5 详细设计 .....	216	<b>第 8 章 地理空间信息系统应用 .....</b>	<b>253</b>
习题 .....	223	8.1 环境监测与管理 .....	253
<b>第 7 章 空间数据库新技术 .....</b>	<b>225</b>	8.1.1 GIS 在环境监测与管理中的 应用 .....	253
7.1 时态空间数据库 .....	225	8.1.2 GIS 在环境监测与管理中的 应用实例 .....	254
7.1.1 地理信息的时空分析 .....	225	8.2 城市规划 .....	256
7.1.2 时态数据库 .....	227		
7.1.3 时空数据模型 .....	227		

8.2.1 GIS 在城市规划和管理中的 应用 .....	256	8.7 医疗保健 .....	266
8.2.2 GIS 在城市规划中的应用实例——公 园规划系统 .....	256	<b>附录 实验指导书 .....</b>	<b>268</b>
8.3 交通管理 .....	257	实验一 空间数据库基础训练 .....	268
8.3.1 GIS 在交通管理中的应用 .....	257	实验二 空间数据库的数据模型的设计 和关联操作-1 .....	270
8.3.2 GIS 在交通管理中的应用实例——交 通地理信息系统 .....	258	实验三 空间数据库的数据模型的设计和 关联操作-2 .....	273
8.4 土地管理 .....	260	实验四 空间数据库的应用系统—— 数字城市设计 .....	277
8.4.1 GIS 在土地管理中的应用 .....	260	实验五 GIS 软件的使用,空间信息的定义、 输入、处理和应用-1 .....	278
8.4.2 GIS 在土地管理中的应用实例—— 土地利用地理信息系统 .....	261	实验六 GIS 软件的使用,空间信息的定义、 输入、处理和应用-2 .....	283
8.5 农业气候区划 .....	262	实验七 GIS 软件的使用,空间信息的定义、 输入、处理和应用-3 .....	285
8.5.1 GIS 在农业气候区划中的应用 .....	262	电子科技大学实验报告 .....	289
8.5.2 GIS 在农业气候区划中的应用实 例——农业气候区划信息系统 .....	262	<b>参考文献 .....</b>	<b>291</b>
8.6 资源管理 .....	264		

# 第 1 章

## 空间信息系统概述

空间数据是指用来表示空间实体的位置、形状、大小及其分布特征诸多方面信息的数据，用它描述现实世界的实体，并具有定位、定性、时间和位置关系等特性。关于空间数据的使用可以追溯到三万五千年前，在那个时候克鲁马努猎人就已经在现在法国拉斯科附近的洞穴岩壁上用有意义的标识符来描绘其生活的迁移路线。可以说在那个时候，人类已经开始使用带有地理信息的空间数据了。如今，空间数据已经充实着我们的生活，表示空间数据的方法也是多种多样，从最早的岩壁绘制的线段到如今信息社会中的全球定位系统 GPS 导航发送的报文、基于位置的服务信息、各种不同用途的网络，如道路网、天然气管道网等，数字城市中各种基础设施的数据都属于空间数据的范畴。但是，如何能够高效的存储和管理空间数据，并方便人们使用一直是一个难题。

空间信息 (Spatial Information) 是反映地理实体空间分布特征的信息。地理学通过空间信息的获取、感知、加工、分析和综合，揭示区域空间分布、变化的规律。空间信息借助于空间信息载体 (图像和地图) 进行传递。空间信息和属性信息、时间信息结合起来可以完整地描述地理实体。

数据库技术是计算机科学技术中发展最快的领域之一，也是应用最广泛的技术之一。从 20 世纪 60 年中期开始到现在，经历了三代演变，造就了 C.W.Beachman, E.F.Codd 和 James Gray 三位图灵奖得主，发展为以数据建模和数据库管理系统 (DBMS) 核心技术为主，内容丰富、领域宽广的一门科学。数据库技术已成为信息管理、电子商务、网络服务等应用系统的核心技术和重要基础。人们在数据库技术的理论研究和系统开发方面都取得了辉煌的成就，数据库系统已经成为现代计算机系统的重要组成部分。随着计算机技术、通信技术、网络技术的迅速发展，人类社会进入了信息时代，数据库的应用无处不在，从个人的应用到全球化的企业，行之有效的数据管理信息系统已成为每家企业或组织生存和发展的重要条件。从某种意义上而言，数据库的建设规模、数据库信息量的大小和使用频度，已成为衡量一个国家信息化程度的重要标志。

空间数据库是存放空间数据的数据库，它是描述物体的位置数据元素 (点、线、面、体) 之间的拓扑关系及描述这些物体的属性数据的数据库，它是描述与特定空间位置有关的真实世界对象的数据集合，空间数据库中的数据即有和位置相关的数据，又有属性数据。如何表示空间或地理对象的位置及其关系是设计适应空间数据与属性数据表示的数据模型。由于传统的关系数据库在空间数据的表示、存储、管理、检索上存在许多缺陷，从而形成了空间数据库这一数据库研究领域。空间数据库技术包括空间相关的数据的采集、存储、查询分析、显示等一系列技术，是整个空间信息系统的核心。

空间信息系统是由计算机软硬件、各类空间数据及其模型库和用户组成的，通过对空间数据

包括位置和属性数据的采集、输入、建模、存储、检索、分析和挖掘，生成并输出各种空间相关的应用信息，从而为工程设计、土地利用、资源管理、城市管理、环境监测、管理决策等应用提供服务。

随着信息技术的发展和空间数据库、空间信息处理理论与技术方法的进步，空间信息系统的应用早已渗透到人类生活的许多方面。空间信息系统在如下几个方面得到了普遍的应用，取得了明显的经济效益和社会效益。

① 资源管理：应用于农业和林业领域，解决各种资源（如土地、森林、草场）分布、分级、统计、制图等问题，回答“定位”和“模式”两类问题。

② 资源配置：在城市中各种公用设施、救灾减灾中物资的分配、不同范围内能源保障、粮食供应等到机构的在各地的配置等都是资源配置问题。空间信息系统的目标是保证资源的最合理配置和发挥最大效益。

③ 城市规划和管理：在大规模城市基础设施建设中解决如何保证绿地的比例和合理分布问题，以保证城市建设中的学校、公共设施、运动场所、服务设施等能够拥有最大的服务面（城市资源配置问题）。

④ 土地信息系统和地籍管理：利用空间信息系统可以对土地和地籍管理涉及土地使用性质变化、地块轮廓变化、地籍权属关系变化等进行高效的管理。

⑤ 生态、环境管理与模拟：区域生态规划、环境现状评价、环境影响评价、污染物削减分配的决策支持、环境与区域可持续发展的决策支持、环保设施的管理、环境规划等都需要空间信息系统的支持。

⑥ 应急响应：解决在发生洪水、战争、核事故等重大自然或人为灾害时，如何安排最佳的人员撤离路线，并配备相应的运输和保障设施的问题。

⑦ 地学研究与应用：地形分析、流域分析、土地利用研究、经济地理研究、空间决策支持、空间统计分析、制图等都离不开空间信息系统的支持。

⑧ 商业与市场：大型商场的建立要考虑其他商场的分布、待建区周围居民区的分布和人数，商场销售的品种和市场定位都必须与待建区的人口结构（年龄构成、性别构成、文化水平）、消费水平等结合起来考虑。房地产开发和销售过程中也可以利用 GIS 功能进行决策和分析。这些都是用空间信息系统提供的数据来分析的。

⑨ 基础设施管理：城市的地上地下基础设施（电信、自来水、道路交通、天然气管线、排污设施、电力设施等）的管理、统计、汇总都可以借助空间信息系统来完成。

⑩ 选址分析：利用空间信息系统，可以根据区域地理环境的特点，综合考虑资源配置、市场潜力、交通条件、地形特征、环境影响等因素，在区域范围内选择最佳位置。

⑪ 网络分析：建立交通网络、地下管线网络等的计算机模型，研究交通流量、进行交通规则、处理地下管线突发事件（爆管、断路）等应急处理。警务和医疗救护的路径优选、车辆导航等也是空间信息系统网络分析应用的实例。

⑫ 可视化应用：借助于空间信息系统，建立以数字地形模型为基础，建立城市、区域、或大型建筑工程、著名风景名胜区的三维可视化模型，实现多角度浏览，可广泛应用于宣传、城市和区域规划、大型工程管理和仿真、旅游等领域。

⑬ 分布式地理信息应用：在空间信息系统中，实现地理信息的分布式存储和信息共享，以及远程空间导航等。



## 1.1 空间数据与空间信息

数据是描述现实世界事物的符号记录,是用物理符号记录的可以鉴别的信息。物理符号有多种表现形式,包括数字、文字、图形、图像、声音及其他特殊符号。信息是人们消理解的数据,是人们进行各种活动所需要的知识。信息是一个抽象概念,是反映现实世界的知识,是被加工成特定形式的数据,用不同的数据形式可以表示同样的信息内容。信息与数据的关系:信息=数据+处理。数据是重要的资源,把收集到的大量数据经过加工、整理、转换,从中获取有价值的信息,数据处理正是将数据转换成信息的过程。数据处理可定义为对数据的收集、存储、加工、分类、检索、传播等一系列活动。

从不同的角度看空间(Space),物理学是三维的外延;天文学是时空连续体系的一部分;地理学是物质、能量、信息的存在形式在形态、结构、功能上的分布式机器在时间上的延续。地理空间的范围可以是上至大气电离层,下至地理圈层。绝对地理空间常用经纬度、平面直角坐标表示,相对地理空间是依赖于与其他实体之间的空间关系。地球的自然表面复杂、难于表达,物理表面是大地水准面(重力等位面,由于地球内部质量不均匀起伏不平),数学表面是椭球体模型和数学模型。在这里,空间数据是指地球表面的位置和属性数据的总和。

在空间数据库中,数据可以是一个数值,如一个线段的长度、一个多边形的面积等,也可以是一组符号,如一个地名、一个河流标注、一个图像等。在本书中,空间是指地理环境或地球表层空间,是地理信息系统表达和研究的对象。

### 1.1.1 空间数据

空间数据是用来描述来自于地球表层的表明空间实体的位置、形状、大小及其分布特征等诸多方面信息的数据,它描述现实世界的对象实体,具有定位、定性、时间和空间关系等特性。定位是指在已知的坐标系里空间目标都具有唯一的空间位置;定性是指伴随着目标的地理位置有关空间目标的自然属性;时间是指空间目标是随时间的变化而变化;空间关系通常用拓扑关系表示。在数学上的二维空间中,空间数据的基本类型可以用点、线、面表示。空间数据具有3个基本特征:空间特征(定位)、属性特征(非定位)、时间特征(时间尺度)。空间数据是数字地球的基础信息,空间数据已广泛应用于城市规划、交通、银行、航空航天等。空间数据是数据的一种特殊类型,它是指凡是带有空间坐标的数据,如把建筑设计图、机械设计图和各种地图表示成计算机能够接收的数字形式。空间相关的数据包括两个部分,即空间位置或地理位置相关的数据和表示该位置数据特征的属性数据。

### 1.1.2 空间信息技术

空间信息是反映地理实体空间分布特征的信息。空间分布特征包括实体的位置、形状及实体间的空间关系、区域空间结构等。地理学通过空间信息的获取、感知、加工、分析和综合,揭示区域空间分布、变化的规律。空间信息借助于空间信息载体(图像和地图)进行传递。地理实体可被描述为点、线、面等基本图形元素。空间信息只有和属性信息、时间信息结合起来才能完整地描述地理实体。

空间信息技术(Geotechnologies)被看成是世界上继生物技术(Biotechnology)和纳米技术

(Nanotechnology) 之后, 发展最为迅速的第三大新技术。空间信息系统是对空间数据进行组织、管理、分析、显示的系统, 它由计算机、地理信息系统软件、空间数据库、分析应用模型和图形用户界面及系统人员组成。

### 1.1.3 空间数据库

数据库是长期存储在计算机内、有组织的、可共享的数据集合。它具有以下特点。

- ① 最小的冗余度。以一定的数据模型来组织数据, 数据尽可能不重复。
- ② 应用程序可以共享数据库中的数据资源。
- ③ 数据独立性高。数据结构独立于使用它的应用程序, 数据库中的数据对应用程序透明。
- ④ 统一管理和控制。数据库管理系统统一对数据库中所有数据进行的定义、操纵、管理和控制。

空间数据库指的是在计算机物理存储介质上存储的地理或空间位置信息及其与应用相关的地理或空间数据的总和, 以一系列特定结构的文件的形式组织来表示和存储空间相关的数据。空间数据库是能够存储、处理空间相关数据的数据库, 它具有数据库的所有特点, 它随着地图制图、全球定位系统、位置相关的服务与遥感图像处理的应用等而产生的。空间数据库指以特定的信息结构(如国土、规划、环境、交通等)和数据模型(如关系模型、面向对象模型等)表达、存储和管理从地理空间中获取的某类空间相关的信息(包括位置、属性、时间等特征), 以满足不同用户对空间信息需求的数据库。

### 1.1.4 空间信息系统

空间信息系统(Spatial Information System, SIS)是地球空间信息科学(Geo-Spatial Information Science-Geomatics)的技术系统, 它是基于计算机技术和网络通信技术的解决与地球空间信息有关的数据获取、存储、传输、管理、分析与应用等问题的信息系统。在人类解决全球性环境问题、经济与信息的全球化、国家经济战略、安全战略和政治战略的研究与决策、自然资源的调查和开发与利用、区域和城市的规划与管理、自然灾害预测和灾情监控、工程设计、环境监测与治理、数字战场与作战指挥自动化等诸多方面, 空间信息系统都有着十分广泛的应用。

空间信息系统是实现“数字地球”战略目标的有效技术途径, 它是对空间数据进行组织、管理、分析、显示的系统, 它由计算机、地理信息系统软件、空间数据库、分析应用模型和图形用户界面及系统人员组成。

### 1.1.5 空间信息技术的发展

空间信息技术涉及卫星通信、航天航空遥感、卫星定位技术和地理信息系统技术等专业领域, 是当前人类快速获取大区域地球动态和定位信息的重要手段。借助航天、航空对地观测平台人类开始实现对地球不间断的观测, 通过信息处理快速再现和客观的反映地球表层的状况、现象、过程及其空间的分布和定位, 服务于经济建设和社会发展。

空间信息技术包括空间信息的采集、存储、分析、管理等, 发展趋势在数据采集方面包括全球对地观测能力不断增强、国际竞争和合作及多极化发展、遥感卫星的专业化和综合集成化等, 以综合各种数据采集方式, 将 GPS(Global Position System, 全球定位系统)、RS(Remote Sensing, 遥感系统)和 GIS(Geographic Information System, 地理信息系统)技术融合, 实现实时、快速地提供目标空间位置, 实时或准实时地提供目标及其环境的语义或非语义信息, 发现地球表面上

的各种变化，及时地对空间数据进行更新；完成对多种来源的时空数据的综合处理、集成管理、动态存取。卫星遥感、航天航空、地面测量，以及各种新型的传感器，提供了全天候一体化的空间信息采集模式。

空间信息存储利用异构数据库体系结构实现数据的共享和透明访问，异构数据库可以统一各地区不同的数据库，进行数据采集和分析，最后综合考虑作出决策。空间信息存储有向新型的数据存储模型的发展趋势涉及影像数据库、传感器数据库和微小型数据库等技术。数据库存储要求空间信息的共享性、透明度会更高，空间信息的存储将由聚合型数据库存储逐渐向发散型演变，大型数据库向微型数据库转变。

空间信息分析有如空间查询和量算、邻近度分析、缓冲区分析、网络分析、叠加分析、空间统计分析、空间插值等。一些新的技术如探索性空间数据分析 (Exploring Spatial Data Analysis, ESDA)、空间数据挖掘 (Spatial Data Mining, SDM)、空间交互建模 (Spatial Interaction Modeling)、地理计算 (GeoComputation) 等也在不断用到空间分析中，空间信息分析在总体特征将朝着智能化、网络化等方面发展。空间信息管理和存储对应数据的存入、复制、删除和取用。其发展趋势包括网格数据管理、移动数据管理、数据流管理等。

空间信息的采集、存储、分析、管理等技术都具有一定的联系，各种技术和理念都能相互运用，它们的任何一个方面或多个方面的进步都将促进整个空间信息科学的发展。

## 1.2 空间数据包含的内容

空间相关的数据包括两个部分：空间位置数据或地理位置相关的数据和表示该位置数据特征的属性数据。空间数据或位置数据是一种用点、线、面以及实体等基本空间数据结构来表示人们赖以生存的自然世界的的数据。空间位置数据表现了地理空间实体的位置、大小、形状、方向以及空间关系，空间关系在这里包括拓扑关系、方位关系和度量关系 3 个方面，涵盖了空间位置的绝对关系和相对关系。属性数据表现了空间实体的空间属性以外的其他属性特征，属性数据主要是对空间数据的说明。例如，一个城市可以用一个空间的点作为城市中心来表示它的位置数据，它的属性数据有城市人口、城市的国民产值 GDP、城市绿化率等描述指标，来对城市这个数据进行进一步的说明。

### 1.2.1 空间数据的特点

空间数据是表示地球表面的数据，包括位置和属性，位置数据就是地球表面的地理信息 (Geographic Information)，是指与空间地理分布有关的信息，它表示地表物体和环境固有的数量、质量、分布特征，表示和其他空间实体相联系和规律的数字、文字、图形、图像等的总称。地理空间信息的特性如下。

- 区域性：地理位置信息属于空间信息，是地理信息的定位特征。区域性是指用特定的表示空间位置信息的经纬网或公里网建立的地理坐标来实现空间位置的识别，并可以根据需要按照指定的区域进行信息的合并或划分。
- 多维性：在二维空间的基础上扩展多个专题的多维结构。在一个坐标位置上可以有多个专题和属性信息。例如，在一个地面点上，可取得高程数据、污染数据、交通流量数据等多种信息。

- 动态性：地理空间信息的动态变化特征即时序特征。按照时间尺度将地球表面的信息划分为超短期的（如台风、地震）、短期的（如江河洪水、秋季低温）、中期的（如土地利用、作物估产）、长期的（如城市化、水土流失）、超长期的（如地壳变动、气候变化）等，使地理信息以时间尺度划分成不同时间段信息，空间信息的及时采集和更新是必须的，并根据多时相、区域性指定特定的区域得到的数据和信息来寻找时间分布规律，进而找出相关的规律来指导人们的生活。

## 1.2.2 空间数据的基本类型

### 1. 空间数据的种类

根据空间数据的特征，可以把空间数据归纳为 3 类。

① 属性数据——描述空间数据的属性特征的数据，也称非几何数据。此类数据的目的是回答“是什么”，如类型、等级、名称、状态等。

② 几何数据——描述空间数据的空间特征的数据，也称位置数据、定位数据。回答“在哪里”，如用  $x$ 、 $y$  坐标来表示。

③ 关系数据——描述空间数据之间的空间关系的数据，包括相对关系、绝对关系和方位关系等，如空间数据的相邻、包含、方位顺序等，包括拓扑关系、方位关系、度量关系等内容。

### 2. 空间数据的基本类型

在地球表面，按照表达和位置相关的空间数据的维数划分，空间数据有 4 种基本类型：点数据、线数据、面数据和体数据。

点是零维的，抽象的一个孤立的点。点数据可以是以单独地物目标的抽象表达，也可以是地理单元的抽象表达。这类点数据种类很多，如水深点、高程点、道路交叉点、一座城市中心点、一个区域给定位置等。

线数据是一维的，它只记录长度数据一个特征。某些地物可能具有一定宽度，如道路或河流，也可以把它抽象为线。线数据可以表示不可见的行政区划界，水陆分界的岸线，物体运输线或物质传播的路线等。

面数据是二维的，指的是某种类型的地理实体或现象的区域范围，它具有长度和宽度数据，通常抽象成一个多边形。例如，公园、学校、城市、国家、气候类型、植被特征等。

真实的地物通常是三维的，体数据更能表现出地理实体的特征。它具有长、宽、高三维特征，可以计算体积。体数据被想象为从某一基准展开的向上下延伸的数据，如相对于海水面的陆地或水域，也可以表示一栋大楼、不同的建筑等。

## 1.2.3 空间数据的基本特征

空间数据描述的是现实世界各种现象，它的三大基本特征是空间、时间和专题属性特征。

### 1. 空间特征

空间特征是空间信息系统所独有的，是指空间地物的位置、形状和大小等几何特征，以及与相邻地物的空间关系。空间位置可以通过坐标来描述，如空间信息系统中的面实体包括各种形状的图形实体。例如，长方形、多边形等，这些实体的描述使用多边形的顶点的坐标序列来描述，长方形用 4 个顶点，多边形用多个顶点坐标。空间信息系统中的坐标系统可以采用地球椭球体的经纬度地理坐标系，也可以用数学的方法把地球的椭球体投影到平面上的一些标准的地图投影坐标系或其他直角坐标系等。



人们对空间目标的定位不是通过记忆其空间坐标,而是确定某一目标与其他更熟悉的目标间的空间位置关系。例如,一个学校是在哪两条路之间,或是靠近哪个道路叉口;一块农田离哪户农家或哪条路较近等。通过这种空间关系的描述,可在很大程度上确定某一目标的位置,而一串纯粹的地理坐标对人的认识来说几乎没有意义。对计算机来说,最直接最简单的空间定位方法是使用坐标。

在空间信息系统中,直接存储的是空间实体的空间坐标。对于空间关系,有些空间信息系统软件存储部分空间关系,如相邻、连接等关系,而大部分空间关系则是通过空间坐标进行运算得到。空间实体的空间位置就隐含了各种空间关系。

## 2. 专题特征

专题特征也指空间目标的属性特征,它是指除了时间和空间特征以外的空间现象的其他特征。例如,对某个区域可以用多边形来表示它的空间位置特征,它的专题特征可以有该区域的地形的坡度、波向,或者该区域的年降雨量、土地酸碱度、土地覆盖类型、人口密度、交通流量、空气污染程度等。这些属性数据可能是一个空间信息系统派专人采集的,也可能从其他信息系统中收集。

## 3. 时间特征

空间数据总是在某一特定时间或时间段内采集得到或计算得到的。例如,一座城市的地图中的某个位置,因为每年城市都在修建新的道路、建设新的小区等,上一年该位置是一片空地,下一年可能是一个小区的位置了,所以每年的城市地图都可能不一样,地图的信息随着时间的变化而变化。有些空间数据随时间的变化相对较慢有时被忽略。在许多不同的情况下,空间信息系统的用户又把时间处理成专题属性,即在设计属性时,考虑多个时态的信息,可以记录空间数据的时态特征。

# 1.3 空间数据结构

空间数据结构是指适合于计算机系统存储、管理和处理的地学图形的逻辑结构,是空间实体的空间排列方式和相互关系的抽象描述。描述地理空间实体的数据本身组织方法,称为内部数据结构,它是对数据的一种理解和解释,不说明数据结构的数据是毫无用处的,不仅用户无法理解,计算机程序也不能正确的处理。对同样的一组数据,按不同的数据结构去表示,得到的可能是截然不同的内容。空间数据结构是地理信息系统沟通信息的桥梁,只有充分理解地理信息系统所采用的特定数据结构,才能正确地使用系统。内部数据结构基本上可分为两大类:矢量结构和栅格结构(有些文献也称为矢量模型和栅格模型)。两类结构都可用来描述地理空间实体的点、线、面3种基本类型和它们的属性。

## 1.3.1 矢量结构

矢量数据结构通过记录实体坐标及其关系,尽可能精确的表示点、线、多边形等地理实体,坐标空间设为连续,允许任意位置、长度和面积的精确定义。在矢量模型中,现实世界的实体的要素位置和范围采用点、线或面表达,与它们在地图上表示相似,每一个实体的位置是用它们在坐标参考系统中的空间位置(坐标)定义。地图空间中的每一位置都有唯一的坐标值。点、线和多边形用于表达不规则的地理实体在现实世界的状态(多边形是由若干直线围成的封闭区域的边