



第2章 空间数据库理论

中南大学地信系 李光强
QQ : 41733233

教学目标

- 掌握数据库概念及关系数据库理论
- 熟悉空间数据完整性理论
- 掌握空间数据库系统概念
- 熟悉常用的空间数据库管理系统

教学重点

- 关系数据库理论
- 空间数据库系统



教学内容

- 2.1 数据库
- 2.2 关系数据库理论
- 2.3 空间数据完整性
- 2.4 空间数据库系统
- 2.5 空间数据库管理系统

2.1 数据库理论

- 2.1.1 数据库概念
- 2.1.2 数据库类型
- 2.1.3 数据库系统模式
- 2.1.4 数据库系统
- 2.1.5 数据库管理系统



- **数据库**是按照特定组织结构长期存储、可共享的、具有一定关系的数据集合。
- 数据库存储的数据是业务领域有关联的数据。例如：
 - 教务管理业务中，课程、学生、教师等之间存在教师执教课程、学生选修课程等关系。
- **组织结构**指数据库是结构化数据的集合，将相互关联的数据组织成由一个或多个**数据表**，每个表包含一个或多个**数据字段**。
- **数据字段**代表数据实体的一个属性信息项，包括**数据类型**和**约束条件**。

□数据库具有以下特点：

- (1)数据独立性
- (2)数据共享
- (3)数据完整性
- (4)数据安全性
- (5)数据可扩展性

□按数据模型分类

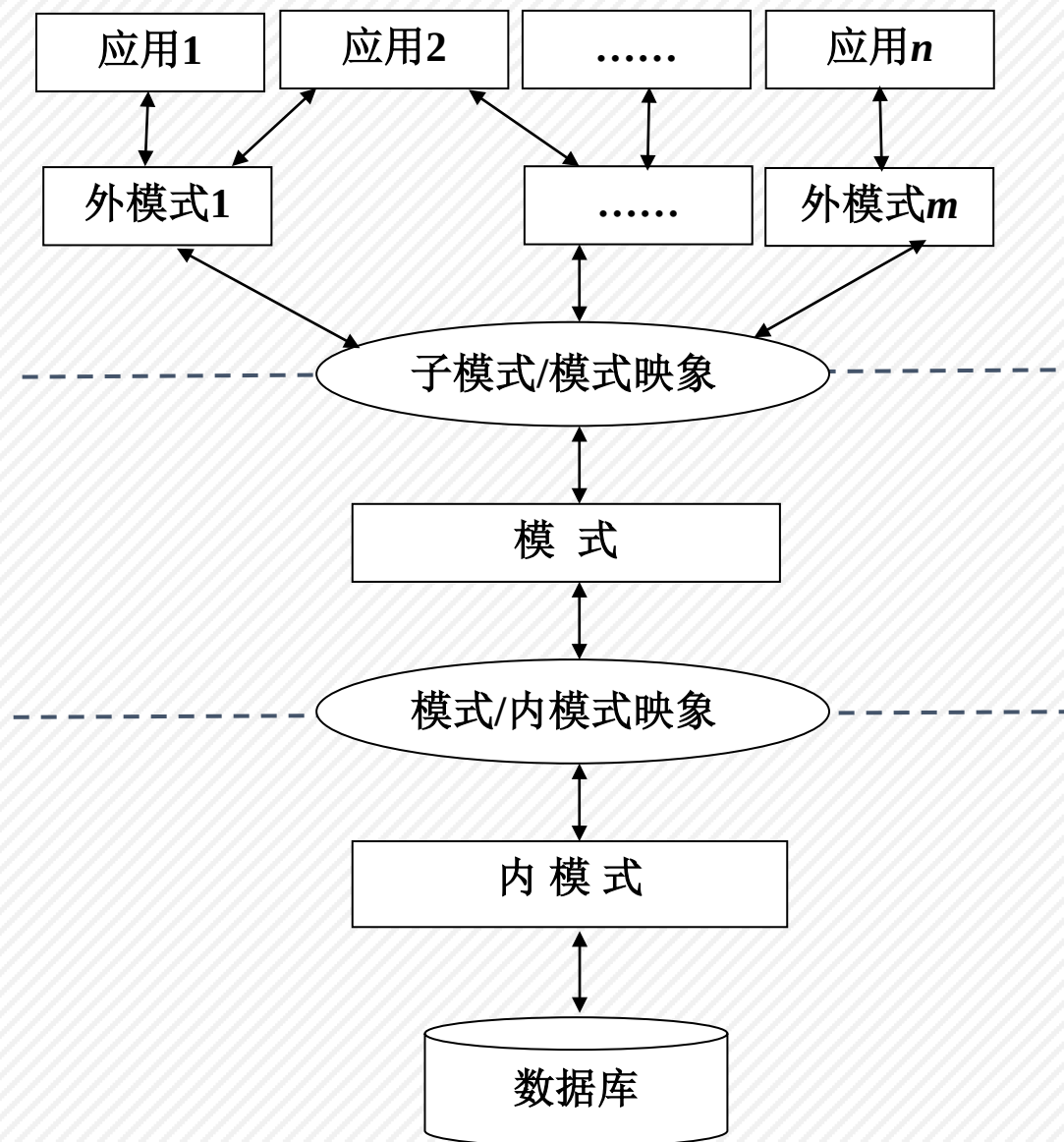
- 关系型数据库，层次型数据库，网状数据库，对象型数据库，对象关系型数据库，非结构型数据库，等等。

□按用途分类

- 空间数据库，图形数据库，文本数据库，时间序列数据库，多媒体数据库，等等。

- **数据库系统模式** (database system schema) 是指数据库中数据的逻辑结构和组织方式，定义了数据表的结构、属性和关系，以及数据之间的关联和约束关系。
- 数据库系统模式由数据库管理员或数据架构师定义和管理，是数据库的核心组成部分。
- 数据库系统模式可以分为三个层次
 - 外模式
 - 模式
 - 内模式

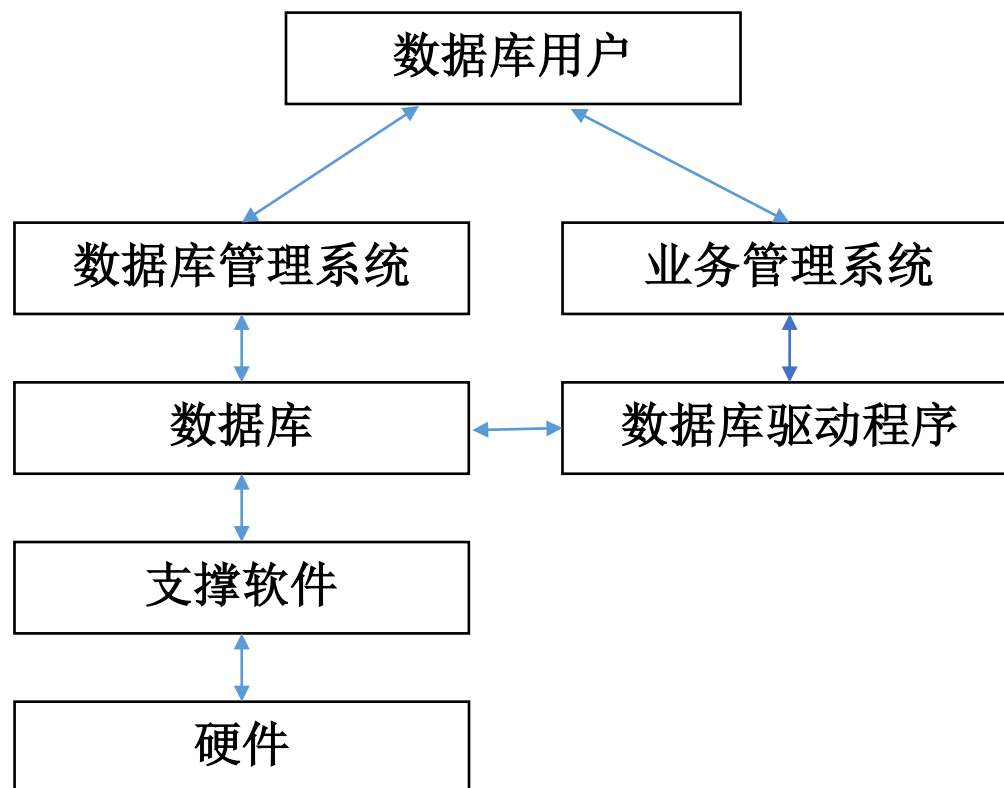
2.1.3 数据库系统模式



- (1)**外部模式** (external schema) 是用户视图，定义了数据的访问方式和数据呈现形式。外部模式通常由应用程序开发人员或最终用户定义和管理。
- (2)**模式** (schema) 属于全局视图，定义了所有数据的逻辑结构和组织方式。模式通常由数据库管理员或数据架构师定义和管理，它是数据库系统模式的核心部分。
- (3)**内部模式** (internal schema) 是物理视图，定义了数据的物理存储方式和存储结构。内部模式由数据库管理员或系统管理员定义和管理，是数据库系统模式的底层实现。

2.1.4 数据库系统

- 数据库系统（database system）由计算机硬件、支撑软件、数据库、数据库管理系统、数据库驱动程序、业务管理系统和用户等部分组成。



- 数据库管理系统 (database management system , DBMS) 是为数据库管理员提供的用于定义、创建、维护和控制管理数据库的软件系统。
- DBMS的功能：
 - (1)数据定义功能：定义数据对象(表格、视图、索引、约束等)的语言
 - (2)数据操作功能：操作数据对象包括插入、更新、删除、查询等
 - (3)数据库事务管理功能：实现数据库事务的ACID规则
 - (4)数据库安全性管理功能：管理数据库安全和权限
 - (5)数据库备份和恢复功能
 - (6)数据库性能优化功能
 - (7)数据库设计和规划功能
 - (8)数据库监控和诊断功能

- **关系数据库理论**是描述关系和关系型数据库的理论体系，包括关系模型、关系代数、规范化理论、事务处理理论、数据库完整性理论等内容。
- 本节内容
 - 2.2.1 关系数据库概念
 - 2.2.2 关系数据结构
 - 2.2.3 关系操作

- **关系型数据库**或称关系数据库是基于关系模型的数据库，是目前广泛使用的数据库类型之一。
- 关系数据库理论将二维表称为**关系**（relation），对应于**实体或实体联系**，或简称表（table）。
- 表的每行对应一个**元组**，表的每列对应一个**域**。
- 关系的数据结构由**关系模式**（relation scheme）定义，即关系模式描述关系元组的结构，包括属性构成、属性来自的域、属性与域之间的映象关系

□ 关系数据库具有以下特点：

- (1) 数据结构清晰。
- (2) 数据具有一致性。
- (3) 数据查询灵活。
- (4) 数据安全性高。

□ 关系数据库的缺点：

- (1) 数据处理速度相对较慢。
- (2) 数据库设计较为复杂。

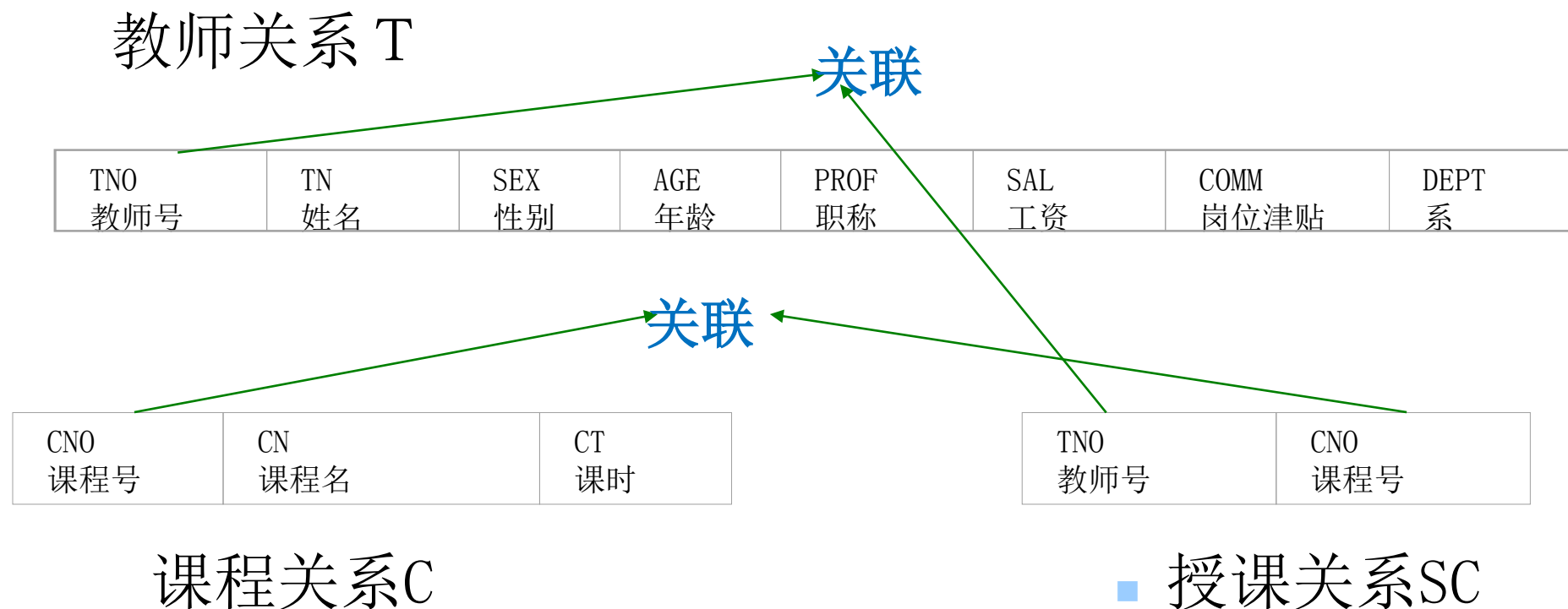
- 关系数据结构定义了关系模型的**数据结构**，描述关系数据库组织和管理数据的形式。
- 关系数据结构包括关系定义、关系组成、关系操作等。
 - (1) **关系** (relation) 又称为数据表 (data table) 或表格 (table)，是关系数据结构的基本组成，用于存储数据，由若干个域组成。
 - (2) **域** (domain) 是一组具有相同数据类型的值集合，是数据表的一个分量或列。
 - (3) **元组** (tuple) 又称为行 (row)，是关系中的一行记录，是关系域的每个分量的组合，即包含了所有列的具体值。
 - (4) **候选码** (candidate key) 是关系中能够唯一标识一个元组的**最小属性组合**，该组合的任何子集均不能标识一个元组。候选码中的每个属性称为**主属性**，不在任何候选码中的属性称为**非主属性**或非码属性。
 - (5) **主码** (Primary Key) 又称为键，是从候选码中选取的用于唯一标识元组的码。

□ 关系数据结构定义(续)

- (6) **外码** (Foreign Key) 又称为外键，用于建立不同关系（数据表）之间**联系的属性组合**。
- (7) **笛卡尔积** (cartesian product) 是关系域上的集合运算，运算结果仍为一个关系（数据表），关系中的每一列的值来自同一个域。
 - 例如，给定一组域 $D_1, D_2, \dots, D_n$ ，这些域的笛卡积为：
$$D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n = \{ (d_1, d_2, \dots, d_n) | d_i \in D_i, i=1, 2, \dots, n \}$$
- (8) **关系模式** (relation schema) 是关系定义的描述，可以形式化地表示为 $R(U, D, DOM, F)$
 - R为关系名称，U为关系的属性名集合，D为U中属性的域，DOM为属性向域的映射集合，F为属性间数据的依赖关系集合

□ 示例

- T的主码为TNO，C的主码为CNO，SC的主码为(TNO,CNO)
- SC的TNO和CNO为外码



2.2.2 关系数据结构

□ 迪卡尔积计算示例

教师表

TNO	TNAME
8001	李雨
8002	赵无极
8003	王曼

×

课程表

CNO	CNAME
C001	GIS概论
C002	WebGIS
C003	GIS设计与开发
C004	空间分析
C005	空间数据库

=

TNO	TNAME	CNO	CNAME
8001	李雨	C001	GIS概论
8001	李雨	C002	WebGIS
8001	李雨	C003	GIS设计与开发
8001	李雨	C004	空间分析
8001	李雨	C005	空间数据库
8002	赵无极	C001	GIS概论
8002	赵无极	C002	WebGIS
8002	赵无极	C003	GIS设计与开发
8002	赵无极	C004	空间分析
8002	赵无极	C005	空间数据库
8003	王曼	C001	GIS概论
8003	王曼	C002	WebGIS
8003	王曼	C003	GIS设计与开发
8003	王曼	C004	空间分析
8003	王曼	C005	空间数据库

- 关系理论定义了常用的关系操作包括查询操作和涉及数据更新的插入、删除、修改等操作。
 - **查询** (query) 又分为选择、投影、连接、除、并、差、交、笛卡尔积等。
 - **插入** (insert) 是向关系中存入新数据元组的操作。
 - **删除** (delete) 是从关系中移除一条元组的操作。
 - **修改** (update) 是更新一条元组属性值的操作。

2.3 空间数据完整性



- 2.3.1 数据完整性
- 2.3.2 空间数据完整性

- **数据完整性**是指确保数据在存储、传输和处理过程中不被损坏或篡改的能力。数据完整性是保护数据质量和可靠性的重要方法，对于软件系统至关重要。
- **关系数据的完整性**是指关系数据库为保持数据的一致性和有效性，施加的一组规则 and 限制，确保关系数据库中的数据符合预期的结构和内容，避免不正确或不一致数据被存储和使用，阻止数据被损坏或不一致情况的发生。
- 关系完整性包括**实体完整性**、**参照完整性**和**自定义完整性**。

□ 实体完整性

- 关系理论要求关系数据库中的每个元组都必须是**可区分和可标识的**，具有唯一性。这个约束条件通过实体完整性规则得以保证。实体完整性规则约束关系的**主属性不能为空值**。
- 例如
 - 宗地关系包括宗地编号、宗地名称、所属行政区划、面积、权属人等属性，其中宗地编号为主码，则宗地编号为主属性，所以**宗地编号不允许为空值**。

□ 参照完整性

- 关系理论定义了实体之间存在诸多关联关系，这种关联关系使用关系之间的**引用和参照**加以表达和约束。
- 若一个关系 R 中的属性 F 引用了另一关系 S 的属性 K_s ，为了保持数据的一致性，则 F 的所有取值必须全部来自 K_s 。
- 例如
 - 宗地（宗地编号，宗地名称，所属行政区划编号，面积，权属人编号）
 - 行政区划（区划编号，区划名称）
 - 权属人（权属人编号，权属人名称，住址，通讯地址）上述关系中，**宗地**的**所属行政区划编号**参照**行政区划表**的**区划编号**，**宗地**的**权属人编号**参照了**权属人**的**权属人编号**。

□ 自定义完整性

- 数据库管理员针对业务管理需求为关系的属性设置的约束条件，称为用户自定义完整性。
- 例如
 - 在百分制课程成绩字段里，成绩的取值为 $[0, 100]$ 。
 - 在定义宗地界址点空间数据库时，界址点X和Y坐标的取值范围不能超出宗地所属性行政区划的空间范围

- 空间数据完整性是指空间数据所有地理要素的属性值和空间几何数据取值的准确性和完整性程度。
- 空间数据的完整性包括业务属性数据完整性和空间几何数据完整性两方面。
 - **业务属性数据完整性**可以直接使用数据的实体完整性、参照完整性和自定义完整性进行定义和约束。
 - **空间几何图形数据完整性**包括几何维度和空间参考系完整性、空间范围完整性、图形有效性完整性、空间属性完整性、空间拓扑关系完整性等

□ 空间几何图形数据完整性

- (1) **几何维度和空间参考系完整性约束** 保证同一个数据表几何图形字段只能存储一个几何维度和指定空间参考系的空间数据。

- 例如

- ① CREATE TABLE parcel (
 - ② code VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
 - ③ name VARCHAR(255) NOT NULL,
 - ④ area FLOAT NOT NULL CHECK (area>10 and area<100000),
 - ⑤ geom GEOMETRY (Polygon,3857) NOT NULL
 - ⑥);

□ 空间几何图形数据完整性

- (2) **空间范围完整性约束**定义和限制了几何图形坐标值的取值范围
- 例如

- ① CREATE TABLE parcel_point (
- ② code VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
- ③ geom GEOMETRY(Point,3857) NOT NULL
- ④ CHECK(ST_X(geom)>=12571000 AND ST_X(geom)<=12572550
- ⑤ AND ST_Y(geom)>=3269000 AND ST_Y(geom)<=3270000
- ⑥)
- ⑦);

□ 空间几何图形数据完整性

- (3) **图形有效性完整性约束**是限制输入的图形必须为有效图形，比如在定义多边形要素时，要求输入的多边形不能自相交，即图形必须有效。

- 例如

- ① CREATE TABLE parcel (
- ② code VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
- ③ name VARCHAR(255) NOT NULL,
- ④ area FLOAT NOT NULL CHECK (area>10 and area<100000),
- ⑤ geom GEOMETRY(Polygon,3857) NOT NULL **CHECK(ST_IsValid(geom))**
- ⑥);

□ 空间几何图形数据完整性

- (4) **空间属性完整性约束**是定义了空间几何图形必须满足的限制性条件，比如多边形面积必须在特定的取值范围内，或者线的长度必须在特定的取值范围内。

■ 例如

- ① CREATE TABLE parcel (
- ② code VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
- ③ name VARCHAR(255) NOT NULL,
- ④ area FLOAT NOT NULL CHECK (area>10 and area<100000),
- ⑤ geom GEOMETRY(Polygon,3857) NOT NULL
- ⑥ CHECK(ST_Area(geom)>10 AND ST_Area(geom)<10000)
- ⑦);

□ 空间几何图形数据完整性

- (5) **空间拓扑关系完整性约束**是定义几何图形必须满足的拓扑关系要求，拓扑关系检查可以是当前空间数据表，也可以是不同空间数据表之间的检查。

■ 例如

- ① CREATE TABLE parcel (
 - ② code VARCHAR(10) PRIMARY KEY,
 - ③ name VARCHAR(255) NOT NULL,
 - ④ area FLOAT NOT NULL CHECK (area>10 and area<100000),
 - ⑤ geom GEOMETRY(Polygon,3857) NOT NULL,
 - ⑥ **EXCLUDE USING gist(geom WITH &&)**
 - ⑦);

2.4 空间数据库系统



□ 2.4.1 空间数据库概念

□ 2.4.2 空间数据库系统

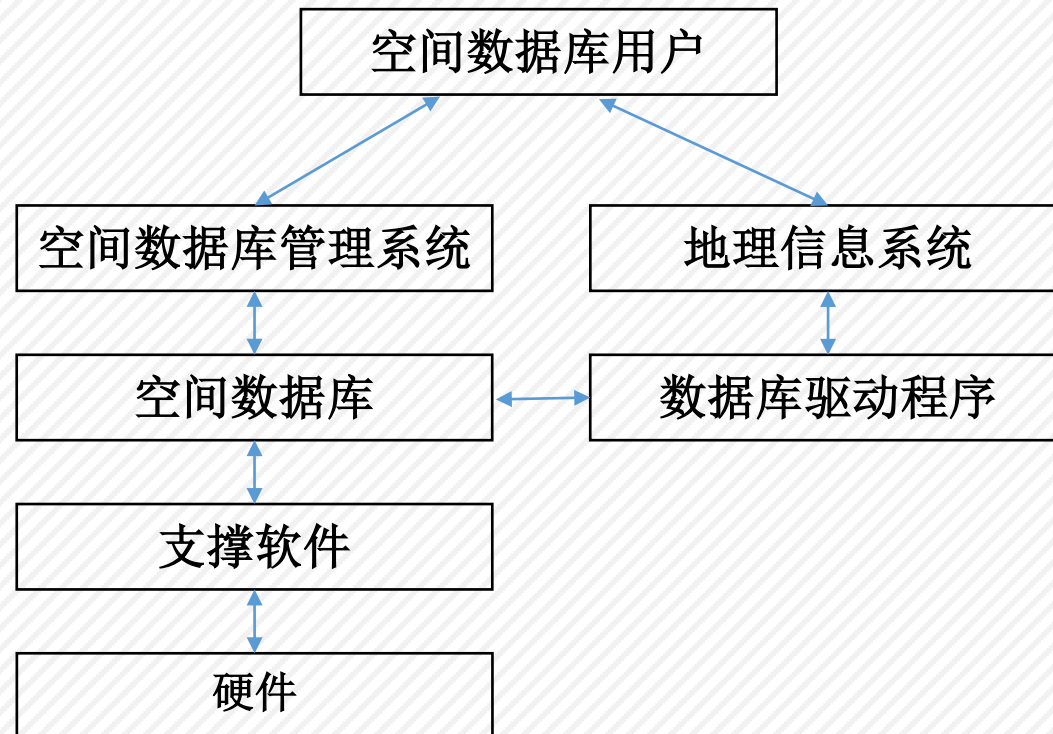
- **空间数据库**是按照一定的空间数据模型结构、长期存储在计算机外部存储器的、可共享的地理空间数据集合。
- 许多空间数据库是在传统数据库的基础上，**引入或扩展空间几何数据类型**，从而实现地理空间数据的管理功能。
- 空间数据库不仅能够管理传统信息实体，而且还可以管理客观或抽象的地理空间实体。

□ 空间数据库的特点

- 空间数据库引入了空间几何数据模型
- 属性数据和几何图形数据一体化集中管理
- 提供了空间索引能力
- 支持空间查询语言
- 具有强大的空间分析功能，能够完成各种与地理空间相关的空间关析、空间插值、空间关联、空间统计、空间分布规律分析、变化趋势等计算。

2.4.2 空间数据库系统

- 空间数据库系统由计算机硬件、支撑软件、空间数据库、空间数据库管理系统、数据库驱动程序、地理信息系统和用户等7部分组成



□空间数据库系统的用户类型

序号	用户类型	职责功能
1	空间数据采集人员	负责空间数据的测量和记录，并将空间数据存储为特定的空间数据文件
2	空间数据库管理员	负责空间数据库设计、创建、测试、权限控制、安全管理等工作
3	空间数据入库人员	负责空间数据的格式转换和数据存入数据库等操作
4	空间数据更新人员	负责空间数据库的定期更新工作
5	空间数据制图人员	负责空间数据制图与可视化设置等工作
6	空间数据发布人员	负责使用地理空间信息服务管理系统将空间数据发布成地图服务，为管理系统提供高效的空間数据访问支持
7	空间数据使用人员	负责使用地理信息系统访问、查询、分析空间数据，得到与地理空间相关的决策支持

□空间数据库与地理信息系统之间的差异

差异类型	SDB	GIS
空间数据管理方面	主要用于存储和管理空间数据，按照特定的空间数据模型和结构，将空间数据存储在数据库里，为上层地理信息系统提供空间数据支持	通常都有独特的空间数据格式，多采用文件方式存储，也可以通过数据库驱动程序或空间数据网关（如ArcSDE）访问空间数据库
空间数据分析方面	提供了丰富的空间分析函数，数据库管理员可以使用空间结构化查询语句调用空间分析函数，得到数据集合并形式的空间分析结果	提供了功能强大的空间分析功能，用户通过地理信息系统的可视化操作工具等完成空间分析操作，而且分析结果可以直接在可视化组件中以地图形式显示
空间数据可视化方面	重在空间数据的管理，自身不具备空间可视化功能，数据库管理员可以通过空间数据库管理系统操纵并显示空间数据	具有强大且丰富的地图制图功能，用户可以自定义多种地图要素符号，编制多样化的地图显示风格

- 空间数据库管理系统（spatial database management system, SDBMS）是一套数据库管理系统软件，为空间数据库管理员提供操纵空间数据、管理空间数据库安全等功能。
- 常用的空间数据库管理系统有
 - PostGIS
 - Oracle Spatial
 - SQL Server
 - MySQL Spatial
 - SQLite Spatialite等。



中南大學
CENTRAL SOUTH UNIVERSITY



感谢您的观看!