空间数据库原理与应用

第八讲：空间数据库设计与建设

任课教师：李晓明

建筑与城市规划学院 城市空间信息工程系

其中部分图片来自互联网和同行专家

目录

CONTENTS

01 空间数据库设计

02 空间数据库设计案例

03 空间数据库建设

目录

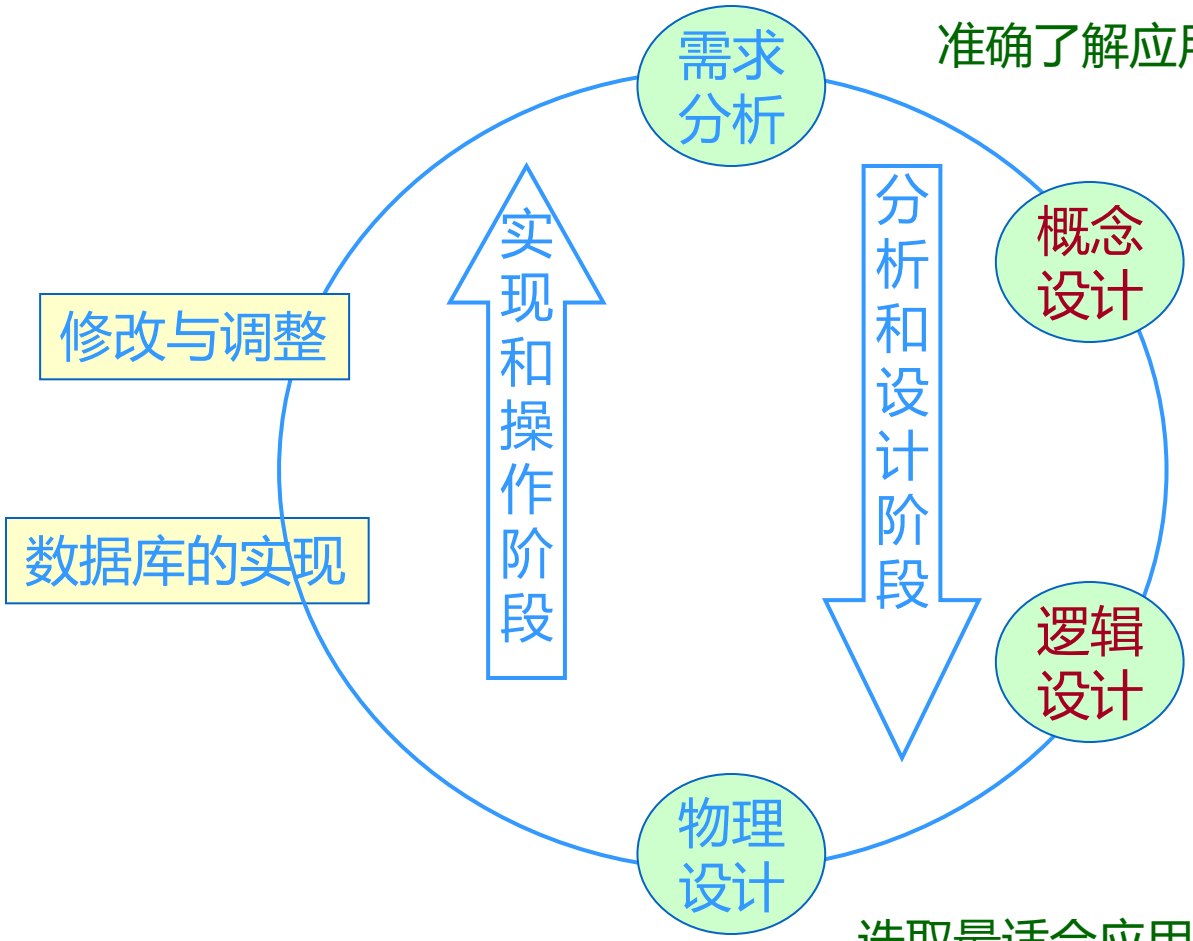
CONTENTS

1 空间数据库设计

1.1 空间数据库设计概述
1.2 空间数据库概念设计
1.3 空间数据库逻辑设计
1.4 空间数据库物理设计

1.1 空间数据库设计概述

数据库设计过程



准确了解应用（数据与处理）需求

形成独立于DBMS的概念模型

转换为某DBMS支持的数据模型

选取最适合应用环境的物理结构

1.1 空间数据库设计概述

空间数据库设计的目标与任务

- **主要目标：**
  - 设计具有安全性、可靠性、正确性、完整性、独立性、共享性、低冗余度、可扩展的空间数据库，实现空间数据高效存储管理，支撑GIS软件的设计与应用。
- **主要任务：**
  - 确定空间数据库的数据模型以及数据结构。
  - 提出空间数据库相关功能的实现方案。
  - 将设计的空间数据库系统的结构体系进行编码实现。
  - 将收集来的空间数据入库，建立空间数据库管理信息系统。

1.1 空间数据库设计概述

空间数据库设计基本原则

1）空间数据库设计与应用系统设计相结合的原则

2）数据独立性原则

3）共享度高、冗余度低原则

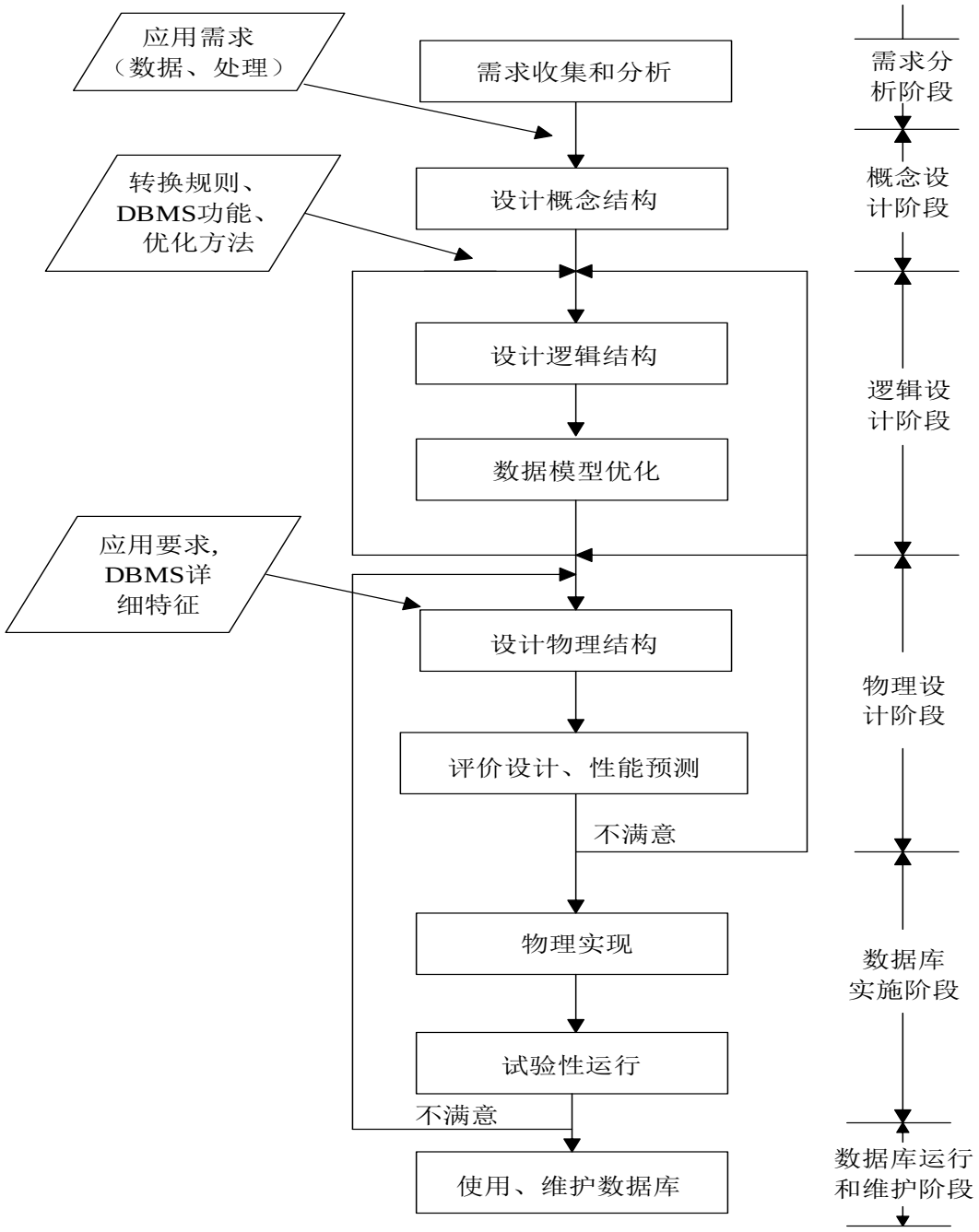
4）用户与系统的接口简单性原则

5）系统可靠性、安全性与完整性原则

6）系统具有重新组织、可修改与可扩充性原则

1.1 空间数据库设计概述

空间数据库设计过程

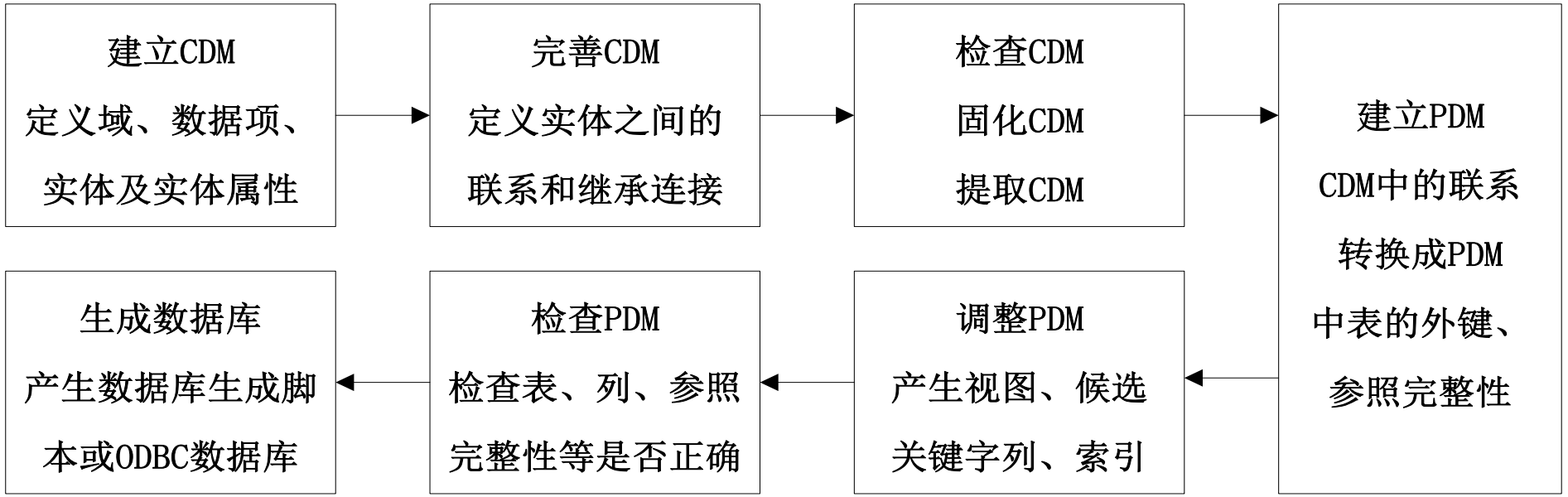


空间数据库设计工具

- CASE工具
  - 是为数据库的设计及开发提供了一些自动化的支持软件。
  - 辅助数据库设计人员和管理人员尽可能高效的开发数据库。
- CASE主要功能：
  - 创建数据字典，存储数据库应用程序数据。
  - 支持数据分析的设计工具。
  - 开发企业数据模型、概念和逻辑数据模型的工具。
  - 使用E-R图和其他各种符号绘制概念模式图。
  - 分解和规范化。
  - 建立应用程序原型的工具。
  - 性能控制和统计。

空间数据库设计工具

- PowerDesigner 目前最为流行的数据库辅助设计工具之一
  - 提供了一整套完整的分析和设计工具，支持多种建模技术。
    - ✓ 以结果为导向、以数据为中心的业务处理模型，使业务人员和设计人员能顺利合作，确保项目能满足业务需求。

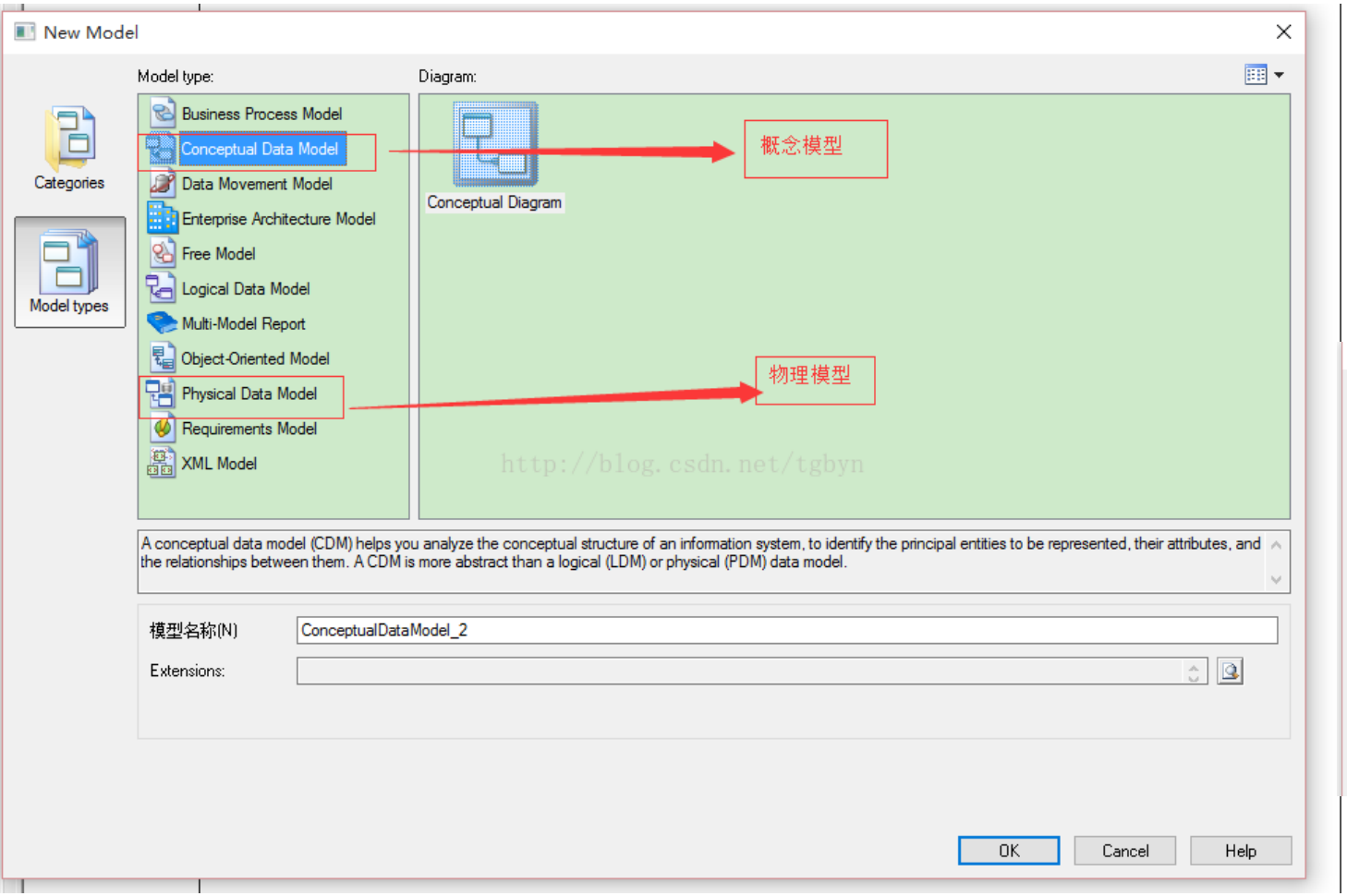


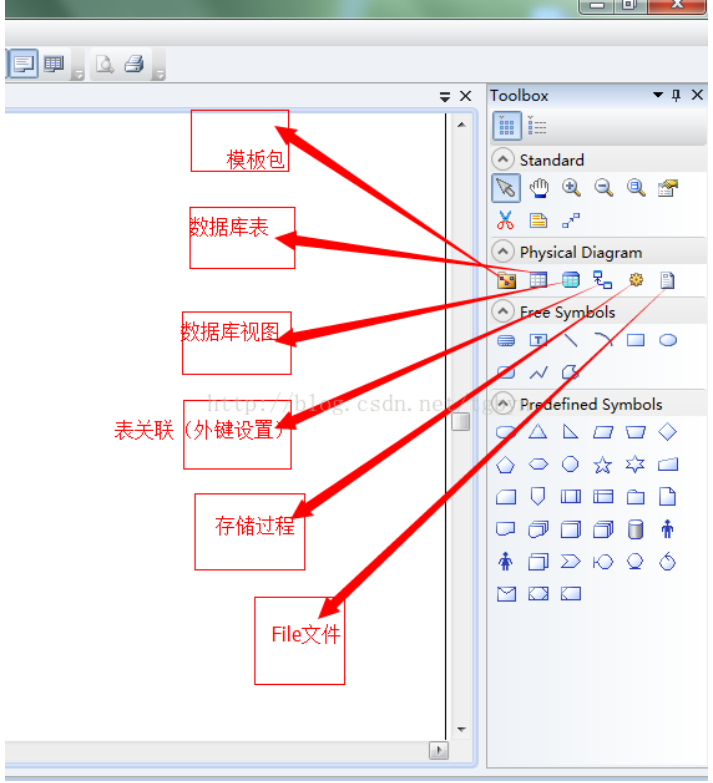
PowerDesigner 数据库建模步骤

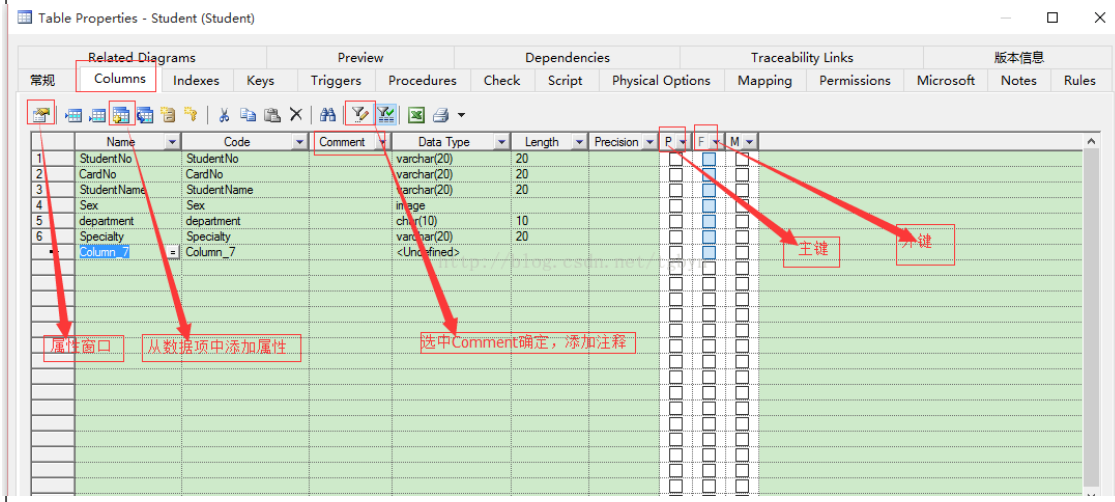
1.1 空间数据库设计概述

空间数据库设计工具

- PowerDesigner 目前最为流行的数据库辅助设计工具之一



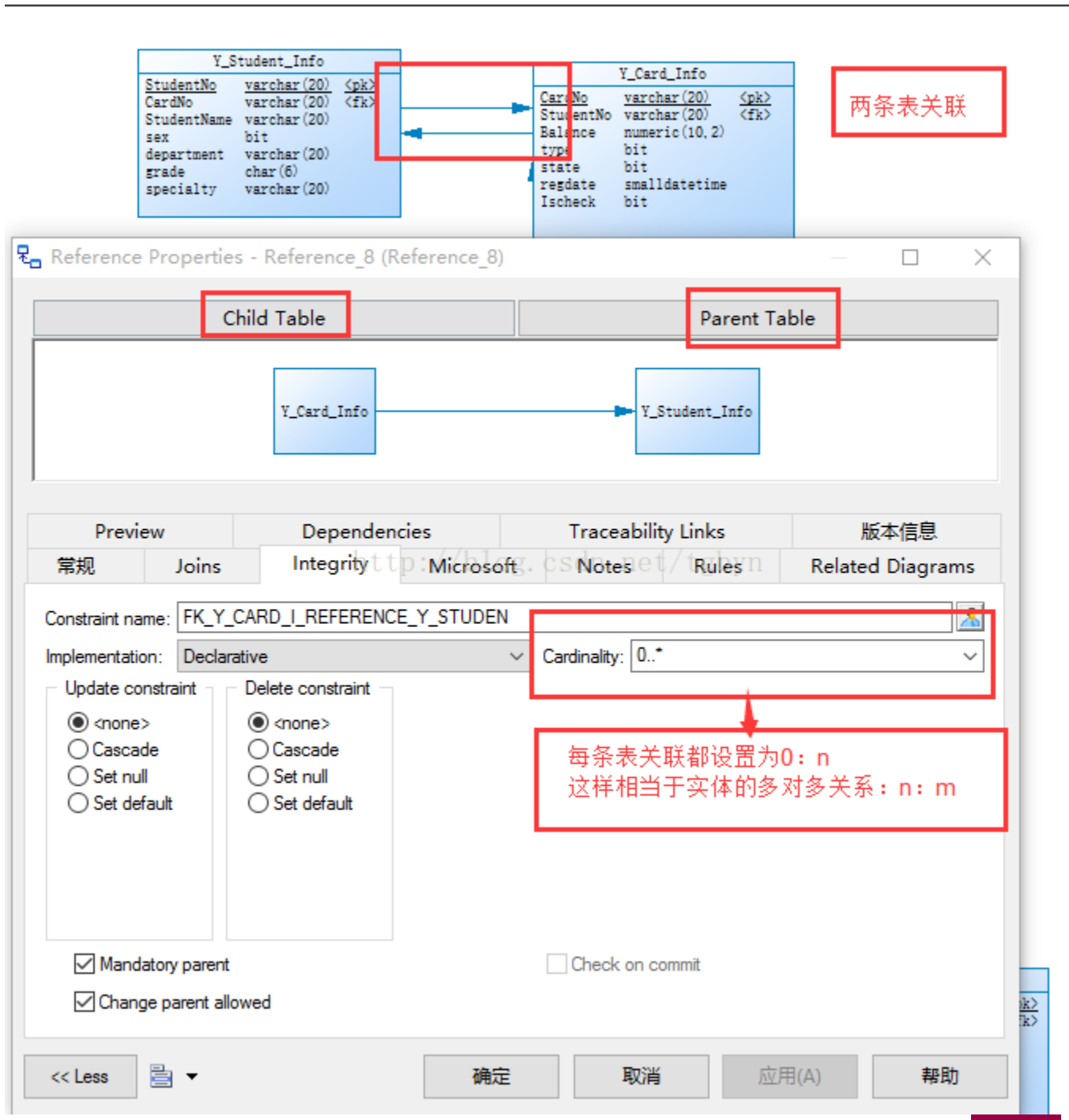




1.1 空间数据库设计概述

空间数据库设计工具

- PowerDesigner 目前最为流行的数据库辅助设计工具之一



1.2 空间数据库概念设计

一、空间数据库需求分析

二、E-R模型

三、空间数据库概念模型设计

1.2 空间数据库概念设计

一、空间数据库需求分析

- **空间数据库需求分析包括三个步骤：用户需求调查；分析空间数据现状；系统分析。**

用户需求调查	分析数据现状	系统分析
现行业务处理流程； 数据性质、获取途径与应用范围； 数据间的关系； 数据使用频率； 用户的数据要求、处理方式与处理要求	数据内容是否符合要求； 数据的有效性； 数据的完整性； 数据的现势性； 数据的表示方法； 数据加工的难易程度； 数据的标准化； 数据的数量与质量； 数据的来源	分析系统环境和条件； 确定系统边界； 确定计算机实现的功能； 抽象出系统模型

二、E-R模型

1.基本E-R方法

2.扩展E-R方法

3.空间E-R方法

1.2 空间数据库概念设计

1、基本E-R方法

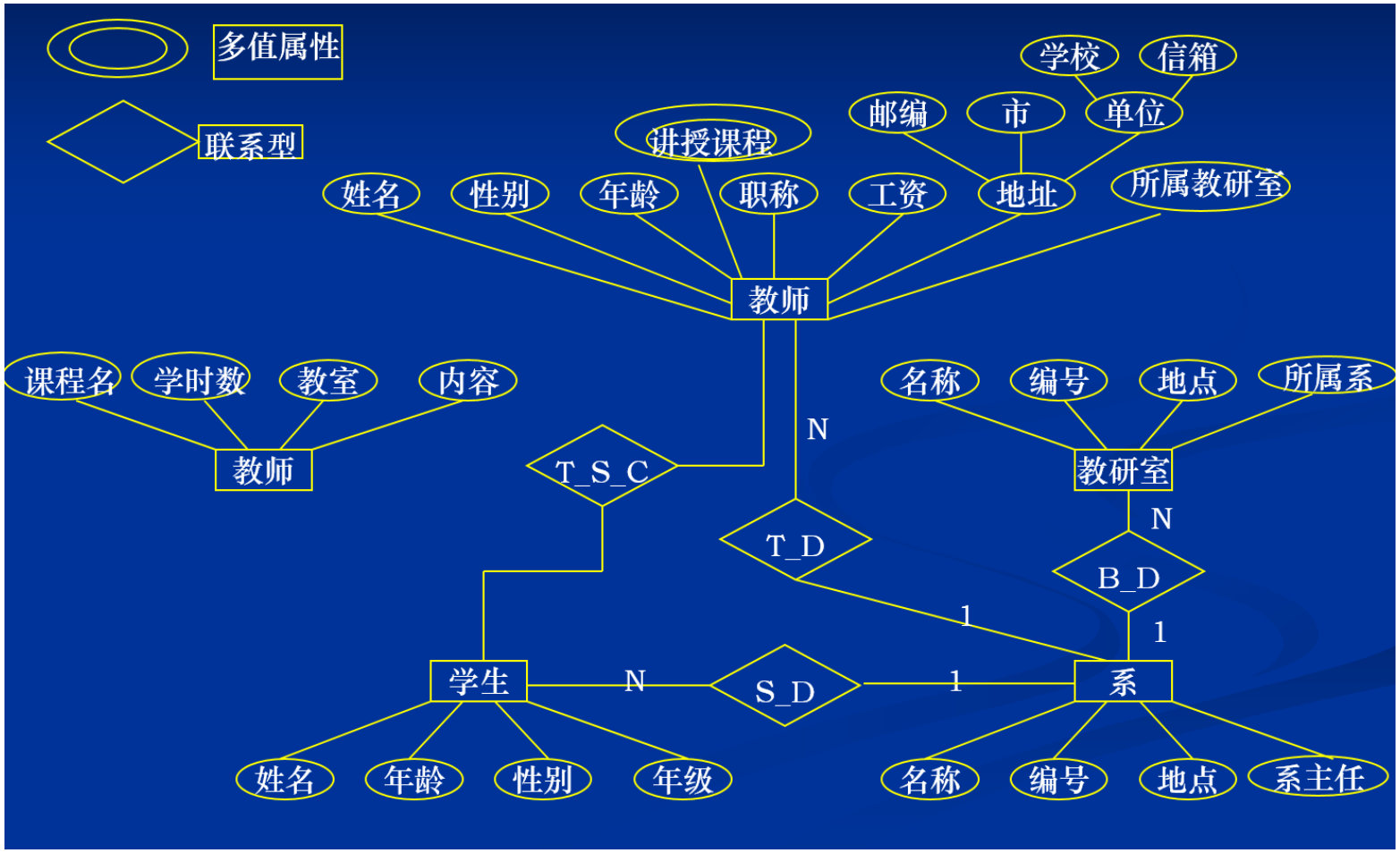
E-R模型是最为流行的建模工具之一。

实体和属性

- 实体是物理上或者概念上独立存在的事物或对象。
- 实体由属性来刻画性质，属性可以是单值或多值的。

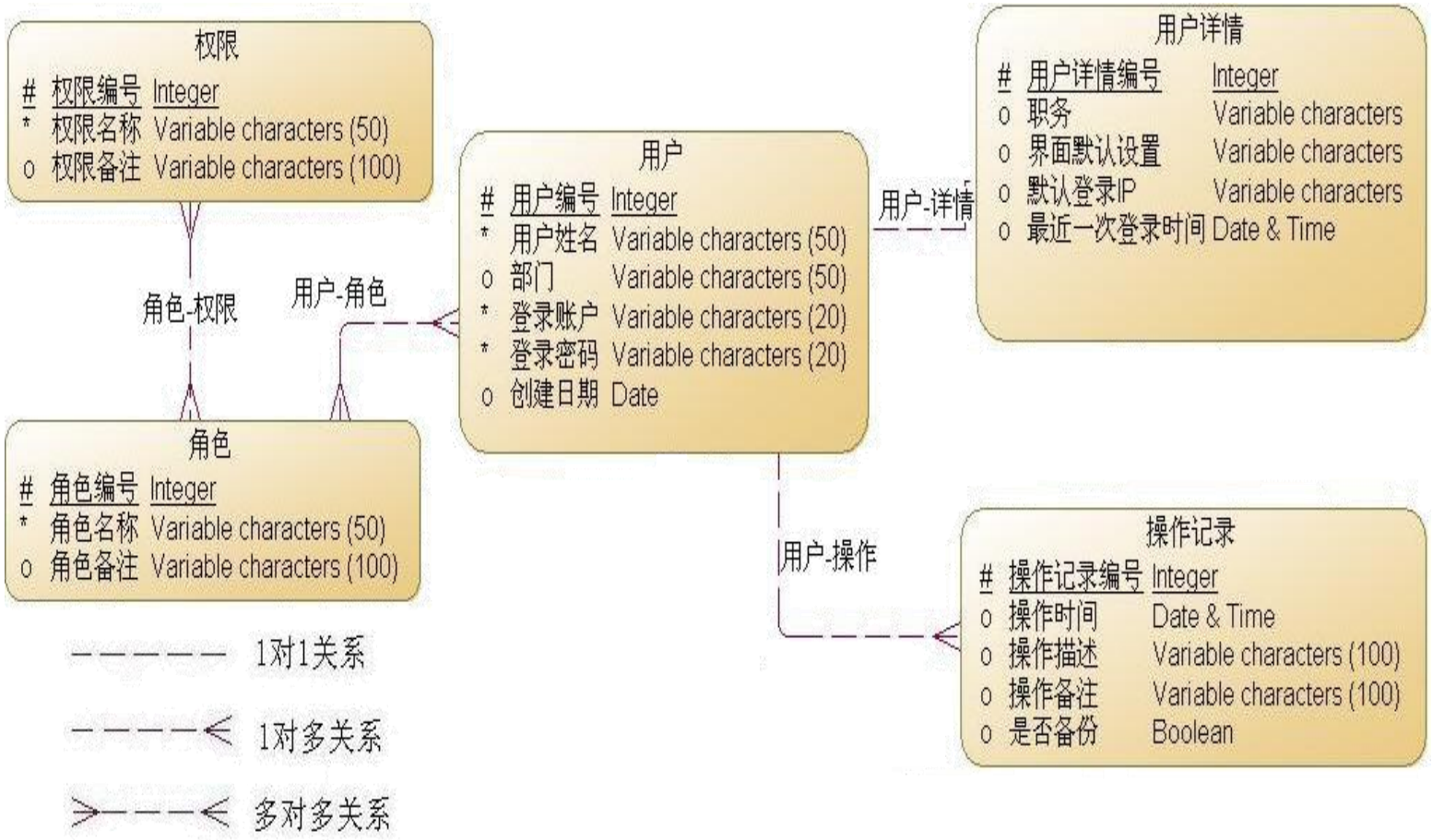
关系/联系

- 实体之间的联结



1.2 空间数据库概念设计

1、基本E-R方法



土地利用规划管理信息系统用户管理模块部分E-R模型

1.2 空间数据库概念设计

2、扩展E-R方法

➢扩展E-R方法（Extended E-R data model，简称E-R）

- 在基本E-R方法的基础之上，引入一些抽象概念发展起来，具有面向对象的色彩。

➢三个重要特征

- 分化（Specialization）与综合（Generalition）
- 聚集（Aggregation）
- 范畴/类（Category）

1.2 空间数据库概念设计

2、扩展E-R方法

- **分化与综合**
  - 分化是把一个实体或类按某一特征分为几个实体集。
  - 综合是分化的逆过程。
    - 例如，职工和单位之间是存在联系，职工在单位中工作，属于该单位，而单位又必须有职工。
- **聚集**
  - 由联系及参与联系的实体组合而成的新实体称为聚集。E-R有了聚集这个概念允许联系参与联系，基本E-R方法中不允许的。
- **范畴/类**
  - 是一种扩展实体关系模型，即ECR (Entity-Category-Relationship)模型中的一个抽象概念——“实体集的一个子实体集”。
    - 范畴/类与分化的概念有些相似，区别是前者涵盖的范围更为广泛，允许不同类型的实体组成实体集，如线状可以是河流，也可以是道路，而河流和道路是不同类型的实体。

3、空间E-R方法

- **E-R方法在GIS中的应用分为两类：**
  - 直接应用。如属性数据库概念模型设计
  - 空间E-R方法。根据空间数据的空间特性对基本E-R方法和扩展E-R方法进行改进，它最初由Calkins提出，在GIS中具有较成功的应用

3、空间E-R方法

空间实体及其表达

- **空间实体**：具有空间特性。除了作为一般实体的普通属性外，还具有不同于一般实体的空间属性。
- 三种空间实体类型（Calkins定义）：
  - 有空间属性对应的一般实体；
  - 有空间属性对应的需用多种空间尺度（类型）表 达的实体；
  - 有空间属性对应的需表达多时段的实体。

这三种空间实体分别用单个特定矩形框、两个交叠的特定矩形框、三个重叠的特定矩形框表示。

3、空间E-R方法

空间实体的关系及其表达

- 关系分类（Calkins）：
  - 一般关系（一般数据库都具有）；
  - 拓扑关系（相邻、联结、包含）；
  - 由空间操作导出的关系（邻近、交叠、空间位置的一致性）。

- 表达：这三类关系分别用菱形、六边形、双线六边形表示。

1.2 空间数据库概念设计

基本E-R方法和空间E-R方法比较

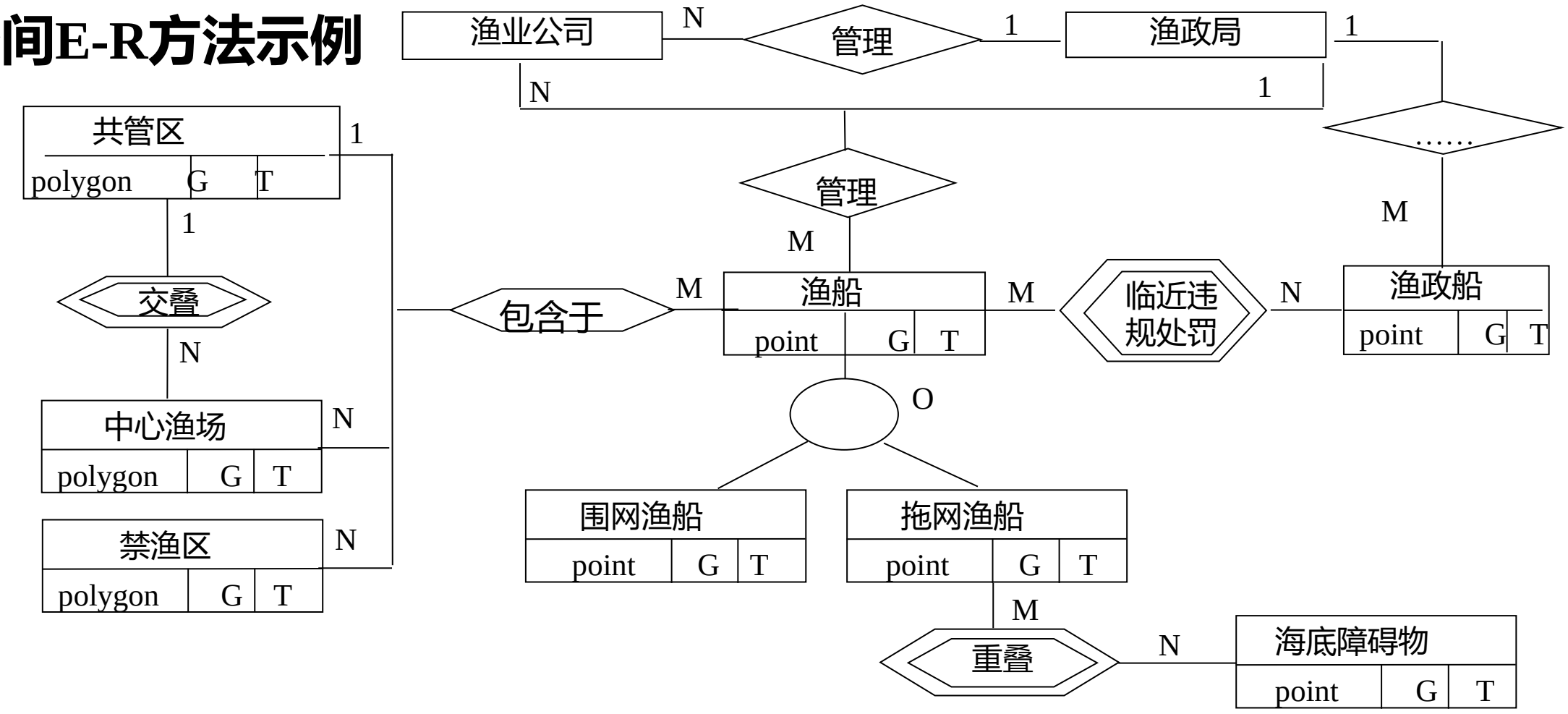
	基本E-R方法	空间E-R方法
实体构成	实体 → 一般实体及其属性	地理实体 → 一般实体及其属性、空间实体及其属性
例子	学生（姓名、性别、年龄、入学时间、住址）	宗地（产权人姓名、地址） 多边形（坐标、拓扑关系）
实体表达	学生	空间实体类型 → 宗地（Polygon | G | T）；实体名称；坐标标识；拓扑标识
属性	姓名、性别、……	产权人姓名、地址、……

1.2 空间数据库概念设计

	基本E-R方法	空间E-R方法
实体类型	一种： 一般实体（无空间实体对应）	三种： 一般实体（与空间实体对应）
		多空间尺度/类型表达的空间实体
		多时段表达的空间实体
关系类型	一种：	三种： 一般关系（拥有、参加）
		拓扑关系（连通、相邻、包含等）
		由空间操作导出的关系 （邻近、交叠、跨越、空间一致性）

1.2 空间数据库概念设计

空间E-R方法示例



注：1、M、N表示地理实体间的联系。如：它的含义为一个共管区内可以包含M艘渔船，即1：M的关系。

三、空间数据库概念模型设计

确定系统所有的一般实体和地理实体 → 确定各个实体的属性 → 确定实体间的所有联系 → 绘制表示一个单元的空间E-R图 → 将各个单元的空间E-R图组合起来，并优化 → 将空间E-R图转化为GIS软件和RDBMS可接受的数据模型

利用E-R方法建立GIS空间数据库概念模型

三、空间数据库概念模型设计

- **基于空间E-R模型设计空间数据库步骤**
  - **确定一般实体和地理实体**
    - 通过用户需求调查与分析，提取和抽象出空间数据库中所有的实体，包括一般实体和空间实体。
  - **确定实体属性**
    - 对提取和抽象出来的实体通过定制其属性来进行界定，即确定各个实体的属性。要求尽可能减少数据冗余，方便数据存取和操作，并能实现正确无歧义地表达实体。
  - **确定实体间所有联系**
    - 根据系统数据流图及实体的特征正确定义实体间的关系，这一步骤是保证空间数据正确处理和操作的关键，因此，在定义过程中要仔细求证，确保无误。

三、空间数据库概念模型设计

- **基于空间E-R模型设计空间数据库步骤**
  - **绘制空间E-R图**
    - 根据提取、抽象和概括出的系统实体、实体属性及实体关系绘制空间E-R图。
  - **空间E-R图优化**
    - 因为空间E-R图涉及的实体、属性及关系复杂，在实际应用中，往往需要根据数据的关联程度将它们划分成许多小的单元，分别绘制E-R图。因此，最后需要根据划分的标准和原则对这些单元的E-R图进行综合，并对其进行调整和优化，使其能够无缝地形成为一个整体。
  - **E-R模型转换为具体数据模型**
    - 将空间E-R图转化为适合GIS软件和数据库管理信息系统的数据模型，如关系模型、网络模型、层次模型或特殊的空间数据模型等。

1.3 空间数据库逻辑设计

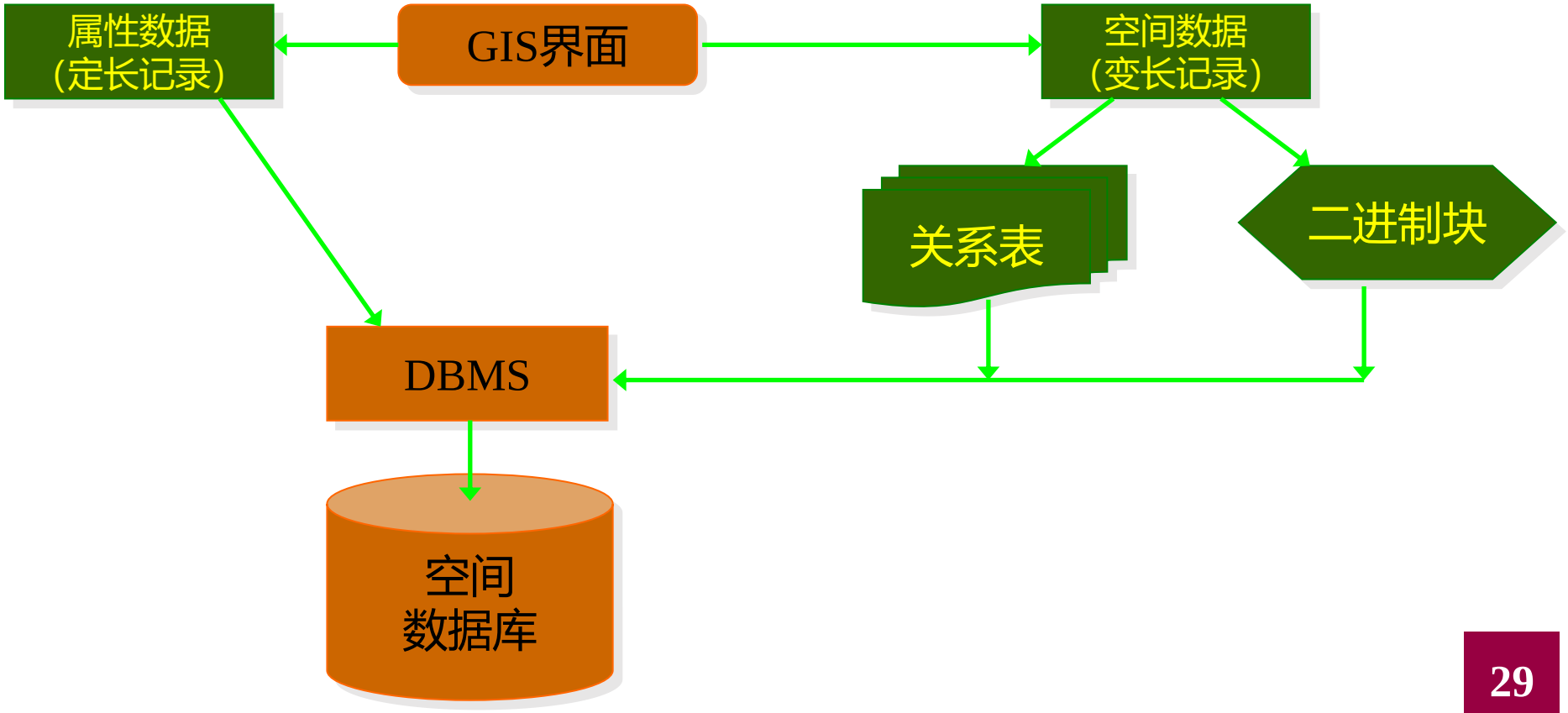
一、空间数据模型

二、逻辑设计—E-R模型到逻辑模型的映射

1.3 空间数据库逻辑设计

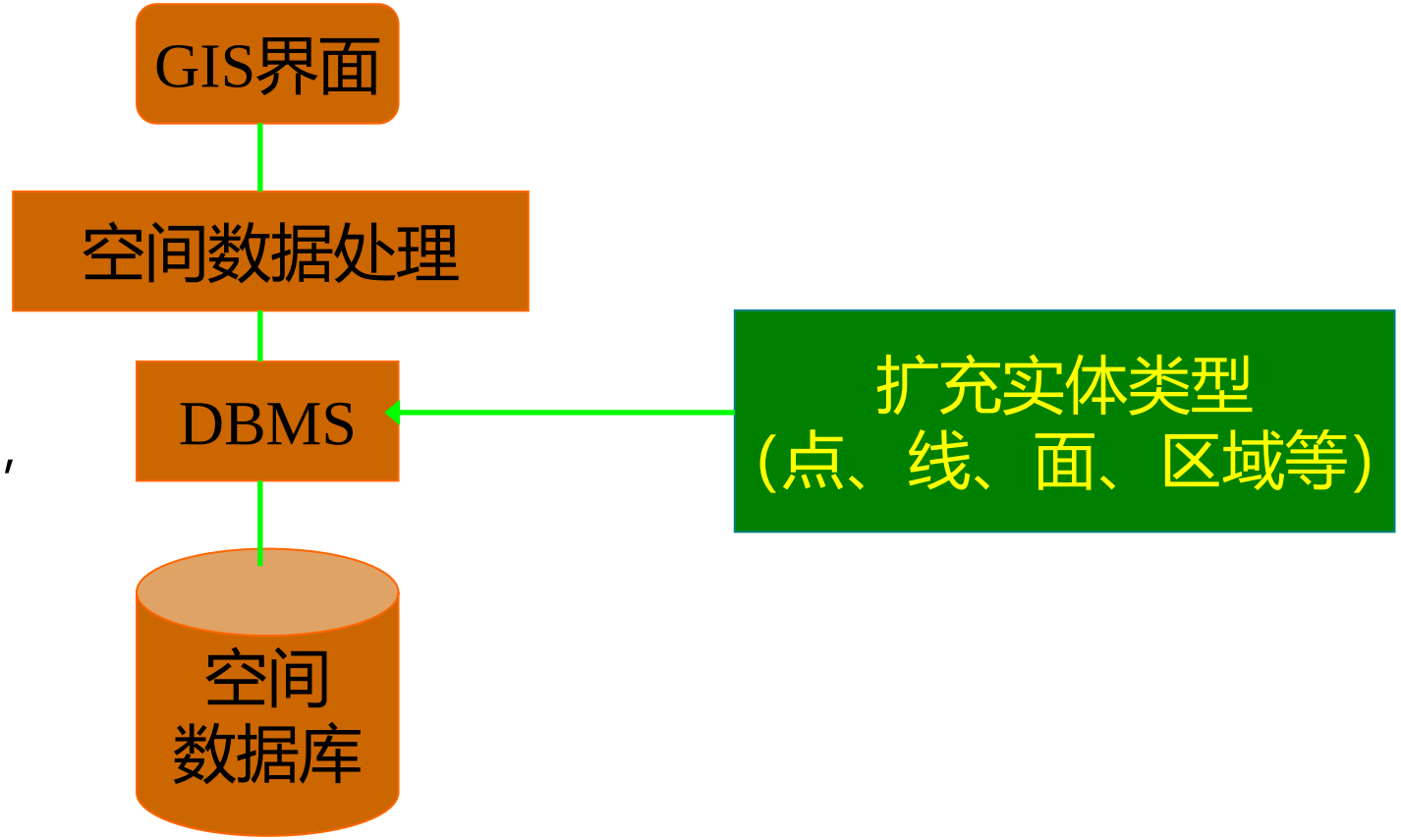
- **全关系空间数据模型**
  - **指空间数据和属性数据都采用关系模型进行设计，建立全关系型空间数据库管理系统。**

由GIS厂商在关系型数据库管理系统的基础上进行开发，使该系统不仅能管理结构化的属性数据，而且能管理非结构化的图形数据。



1.3 空间数据库逻辑设计

- **对象-关系型空间数据模型**
  - 在关系型数据库中通过定义一系列操作空间对象（如点、线、面等）的API函数，来直接存储和管理非结构化的空间数据，这种空间数据库管理模式称为对象-关系型空间数据管理系统。
  - 通过对关系数据库管理系统进行扩展，增加面向对象特性，主要是对基类进行扩充，增加复杂对象继承性和规则系统的支持等。支持查询语言SQL的超集，具备关系数据库系统的基本功能，同时又支持面向对象特性。



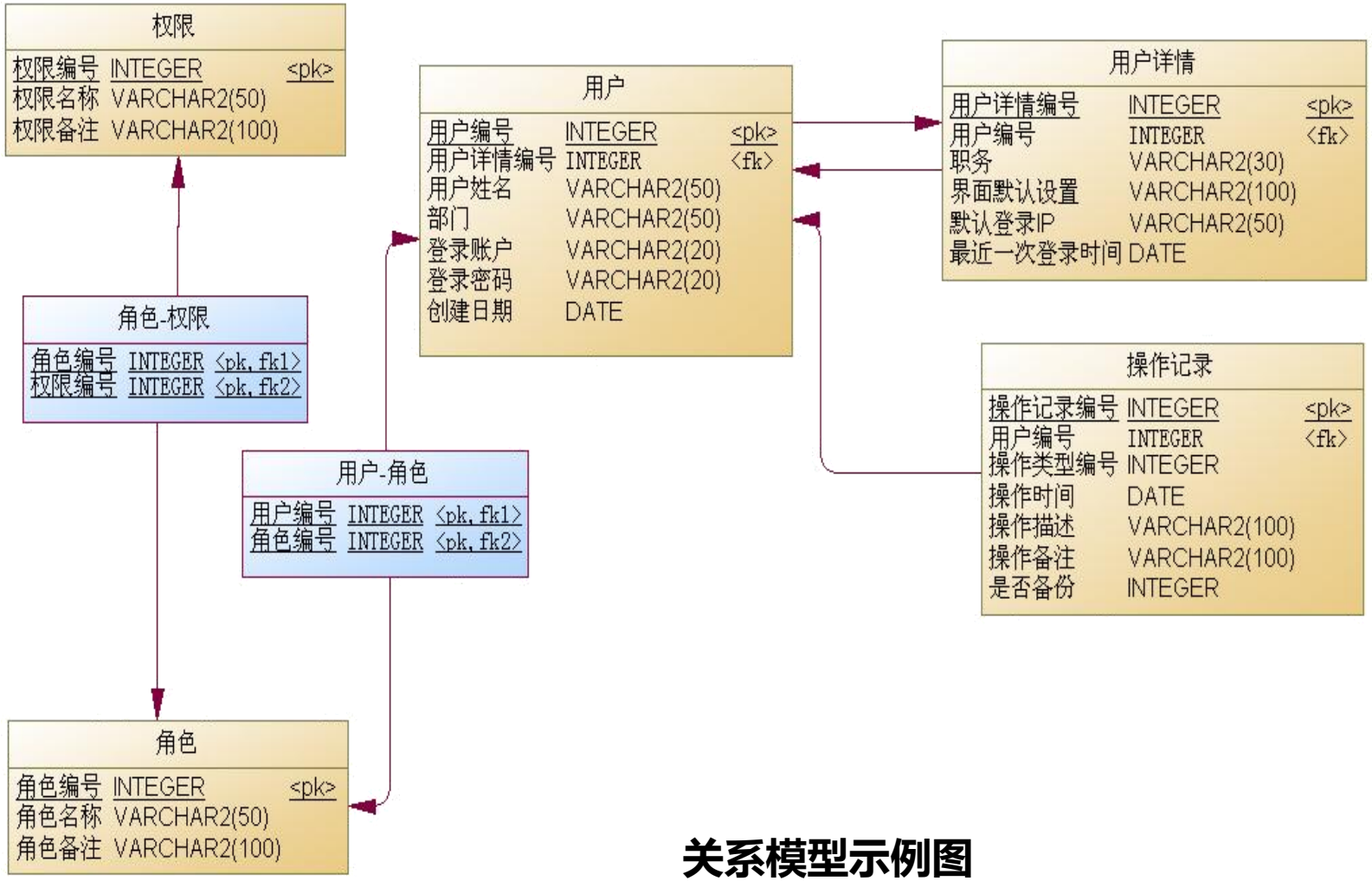
1.3 空间数据库逻辑设计

二、逻辑设计—E-R模型到逻辑模型的映射

- E-R模型可以按规则转换为多种类型的逻辑数据模型。关系模型是当前使用最为广泛的逻辑模型，大多的商业数据库系统都是关系型的。
- 在基于关系数据库系统的数据库设计过程中需要将需求分析产生的E-R模型按照关系模型的要求进行规范化和标准化设计，包括实体、实体关系以及关键字的设计等。

1.3 空间数据库逻辑设计

二、逻辑设计—E-R模型到逻辑模型的映射



关系模型示例图

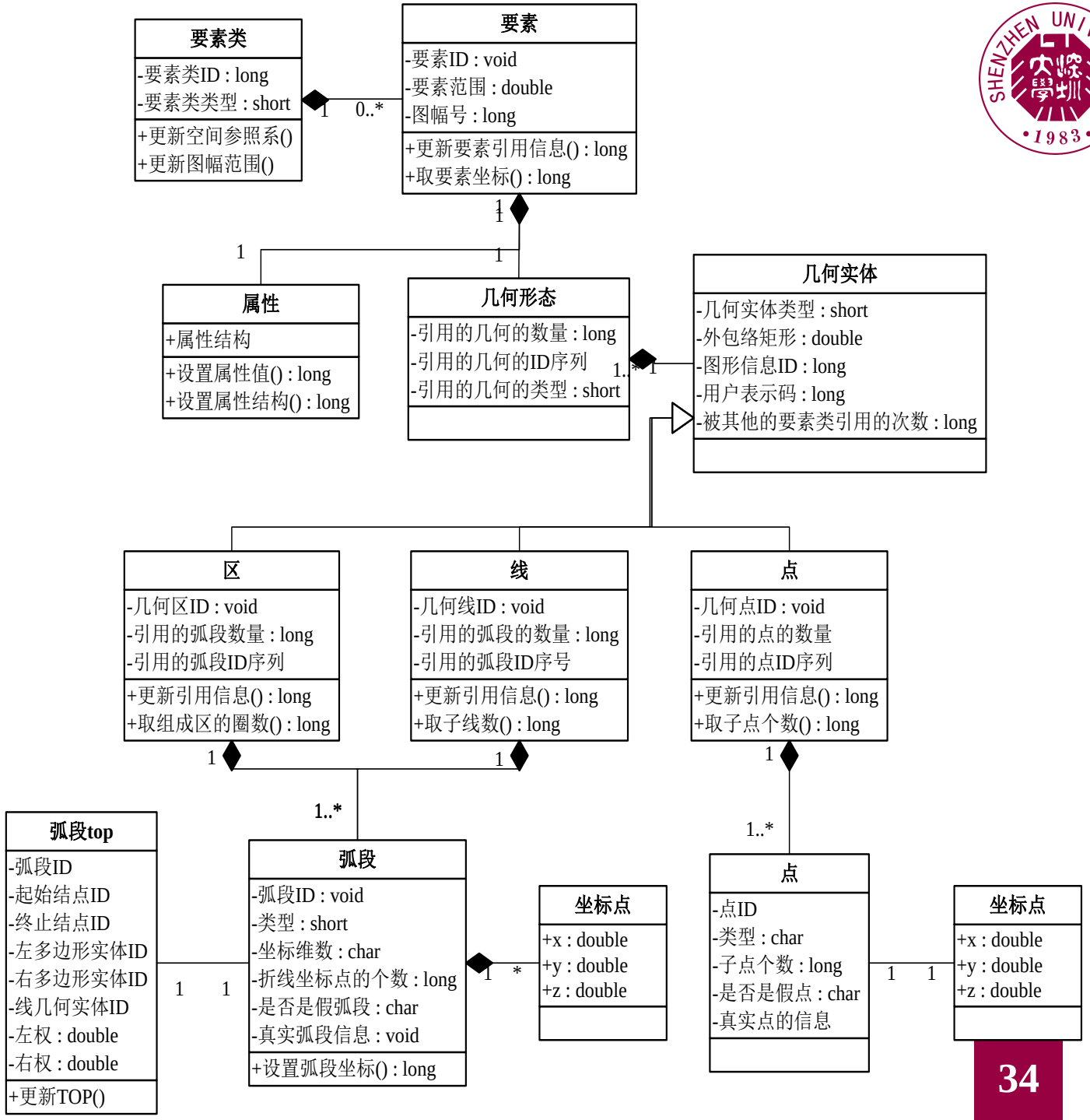
1.3 空间数据库逻辑设计

二、逻辑设计—E-R模型到逻辑模型的映射

- **示例转行过程：**
  - 当用户和用户详情之间是1对1的关系
    - 在建立用户关系表和用户详情关系表时，分别将详情编号和用户编号作为它们的一个外键。
  - 当用户和申请用地项目流转之间是1对M的关系
    - 将关系中“1”侧关系表“用户”的主键“用户编号”作为“M”侧“申请用地项目流转” 关系表的外键。
  - 当用户和角色之间是多对多的关系
    - 需建立一个独立的关系表。
    - 关系表名称就是联系的名称“用户-角色”，关系表中包括了“用户”关系表的主键“用户编号”和“角色”关系表的主键“角色编号”两个属性。

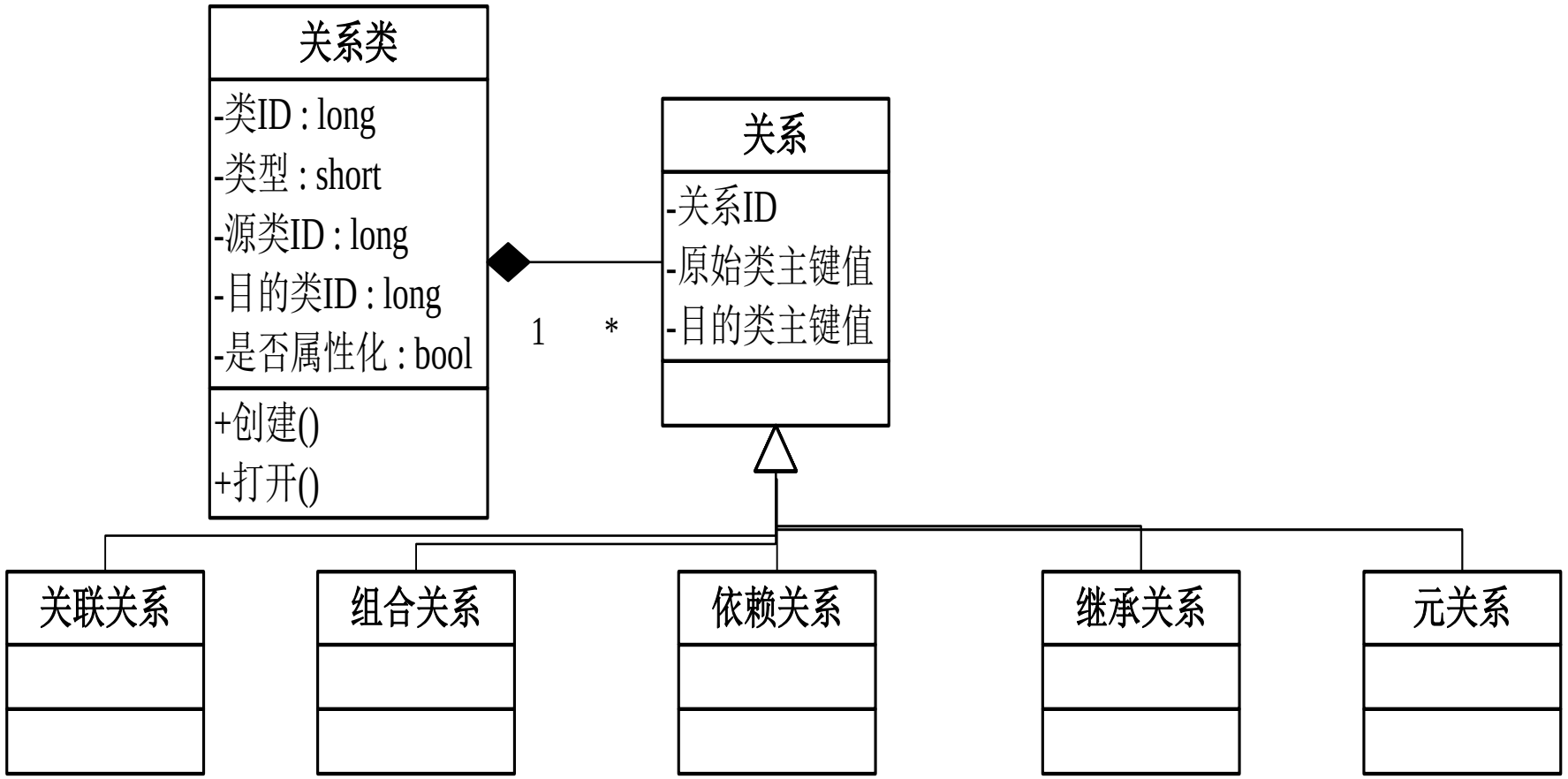
1.3 空间数据库逻辑设计

- **地理实体在模型中表示为要素。**要素是由几何实体和属性组成的。它包括简单类型，例如，一个界址点、一个行政界线、一块土地；它们的几何形态分别为简单点，简单线和简单区。还有一些复杂类型的实体，例如，一个河流的流域。它的几何特性对应的是多种形态的几何实体，所以它的几何特性是一个复合类型。换句话说，通过原子几何实体（点、线、区）的任意组合可表达和描述任意几何复杂度的实体。
- **什么是几何实体**？它是地理对象的外观特征或可视化形状。地理实体可以用三种几何实体表示在地图上：点、线、多边形。继续细分下去，几何形态包括单点、多点、单弧段、多弧段、多边形等。



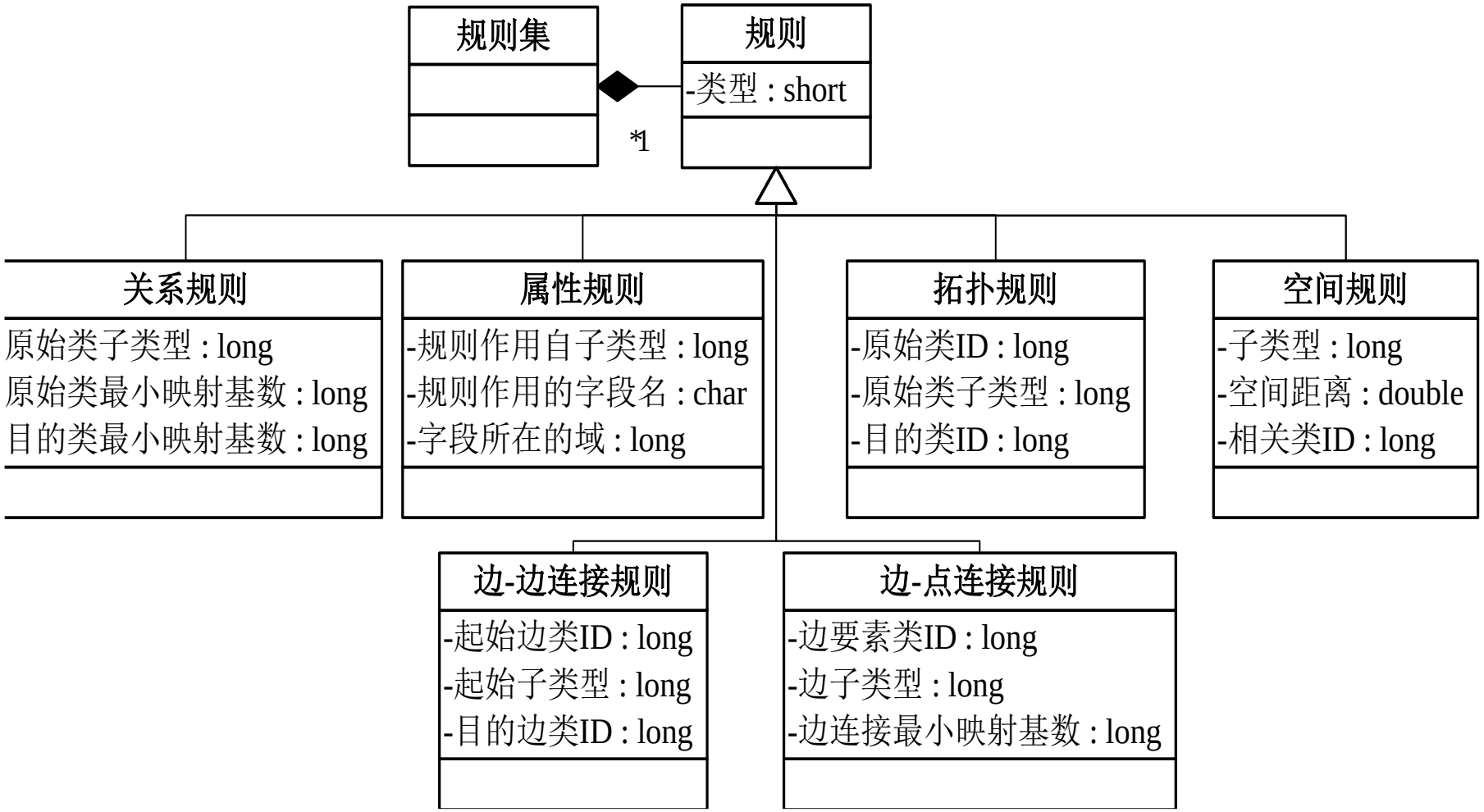
1.3 空间数据库逻辑设计

二、逻辑设计—E-R模型到逻辑模型的映射



1.3 空间数据库逻辑设计

二、逻辑设计—E-R模型到逻辑模型的映射



1.4 空间数据库物理设计

空间数据库的物理设计阶段主要关注如何将逻辑设计阶段得到的数据模型有效地映射到具体的物理存储设备上，以及如何优化数据的存储和访问方式以提高性能。

- **确定存储结构**：
  - 选择适合空间数据的存储格式，如栅格或矢量数据的存储方式。
  - 设计空间对象的存储布局，包括几何数据和属性数据的存储方案。
- **选择文件组织和存储方法**：
  - 决定数据的物理分组和分布策略，如文件系统或数据库管理系统中的表组织。
  - 设计空间索引结构，例如R树、四叉树、网格索引等，用于加速空间查询。
- **设计索引和访问路径**：
  - 创建空间索引，以提高空间查询效率，如基于位置的查询。
  - 规划数据的访问路径，确保高效的读写操作。
- **性能调优**：
  - 分析和优化I/O操作，减少磁盘访问次数。
  - 调整缓冲区和缓存策略，以提高数据访问速度。
  - 确定数据的压缩方案，如果适用的话，以节省存储空间。

目录

CONTENTS

2 空间数据库设计案例

2.1 确定系统目标
2.2 系统体系结构的确定
2.3 定义实体和关系
2.4 实体特征分析与组织
2.5 信息编码与元数据

2.1确定系统目标

- **林业管理信息系统需求分析**

需求分析结果：

1）能否方便地利用计算机进行显示和查询林业资源信息

2）可否借助系统快速地更新林业资源数据。

3）传统退耕还林和天然林保护区的范围确定位置准确程度不高，退耕还林随意性较大，有无改进的方案。

4）森林火灾频繁发生，有无森林火灾自动预测的功能

5）传统的林业制图完全依靠手工，可否自动制图。

探讨：拟建的系统应该具有哪些功能?

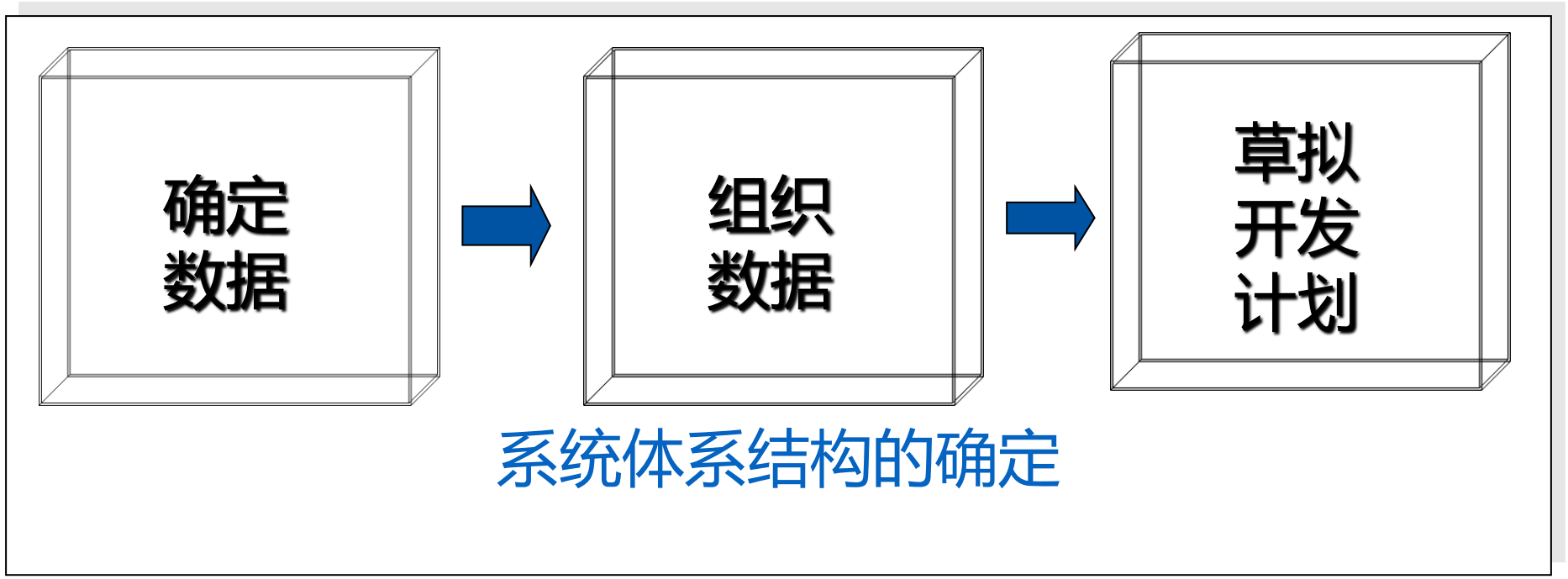
2.1确定系统目标

- 功能的确定：

1、林业资源调查——利用GIS，进行林业资源的查询、显示、专题图制作的功能
2、林业资源更新——基于遥感和全球定位系统的森林资源及时更新功能
3、规划设计——退耕还林和天然林保护的规划设计功能
4、决策支持：森林火灾预测和监测、救火方案的快速确定、森林了望台的选址。

- 软件的选择：根据经济实力、功能选择软件

2.2 系统体系结构的确定



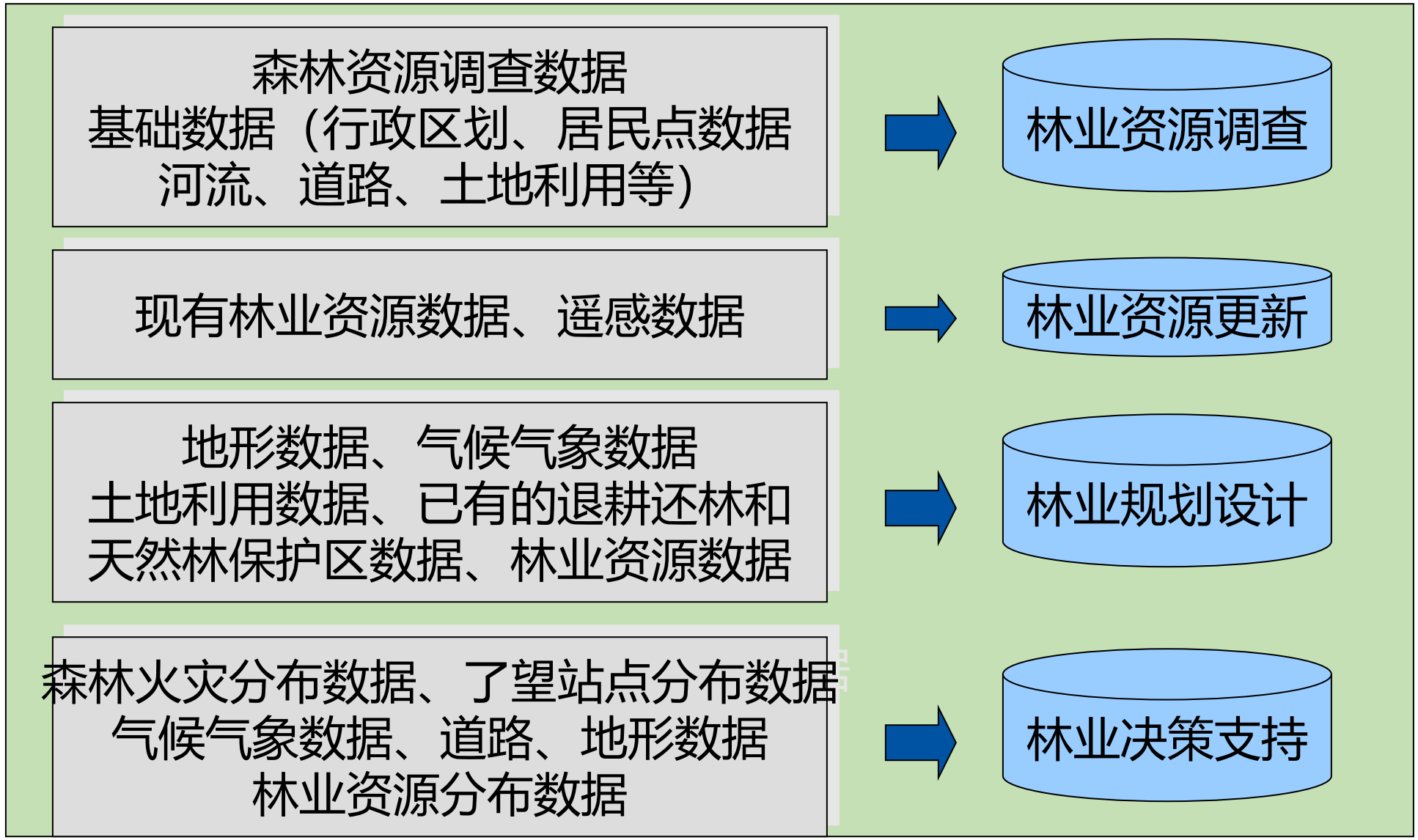
2.2 系统体系结构的确定

- **根据功能确定数据**

1、林业资源调查——利用GIS，进行林业资源的查询、显示、专题图制作的功能
2、林业资源更新——基于遥感和全球定位系统的森林资源及时更新功能
3、规划设计——退耕还林和天然林保护的规划设计功能
4、决策支持：森林火灾预测和监测、救火方案的快速确定、森林了望台的选址。

探讨：根据功能，应该采集哪些数据？

2.2 系统体系结构的确定



2.2 系统体系结构的确定

- **组织的数据（功能——数据关系矩阵）**

功能 数据	资源调查	资源更新	规划设计	决策支持
森林调查数据	C	U	U	U
行政区划	C	U	U	U
土地利用数据	C	U	U	U
遥感数据	U	C	U	U
地形数据	U	U	C	U
气象气候	U	U	C	U
退耕还林、天然林保护	U	U	C	U
火灾分布			U	C
了望站点			U	C

2.2 系统体系结构的确定

- 拟订你的初步开发计划：数据获取可选方式、选择的数据是否满足用户需求和功能。

类型	第一手资料	第二手资料
非电子数据	实地测量 调查笔记 航空相片 专项普查/调查 实验数据	地图 报告 统计图表 研究论文
电子数据	GPS 遥感 定位观测	数据库 数据文件
数学数据	数学公式	计算机程序

2.2 系统体系结构的确定

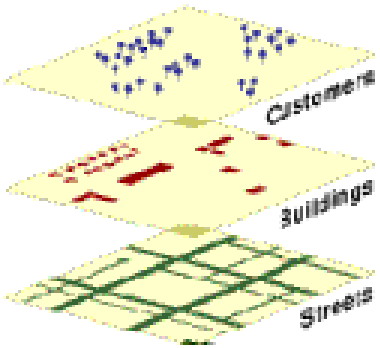
- **林业空间数据库数据源选择**

数据	数据源
森林调查数据	纸质林相图、小班卡片
行政区划	由矢量林相图衍生
土地利用数据	纸质土地利用图、TM遥感数据
遥感数据	购买覆盖该区域的TM遥感影像
地形数据	纸质地形图
气象气候	向相关部门购买电子数据
退耕还林、天然林保护	最近5年纸质退耕、天然林图
火灾分布	林业局历史火灾数据
了望站点	GPS定位数据

2.3 定义实体和关系

- 数据库设计

抽象

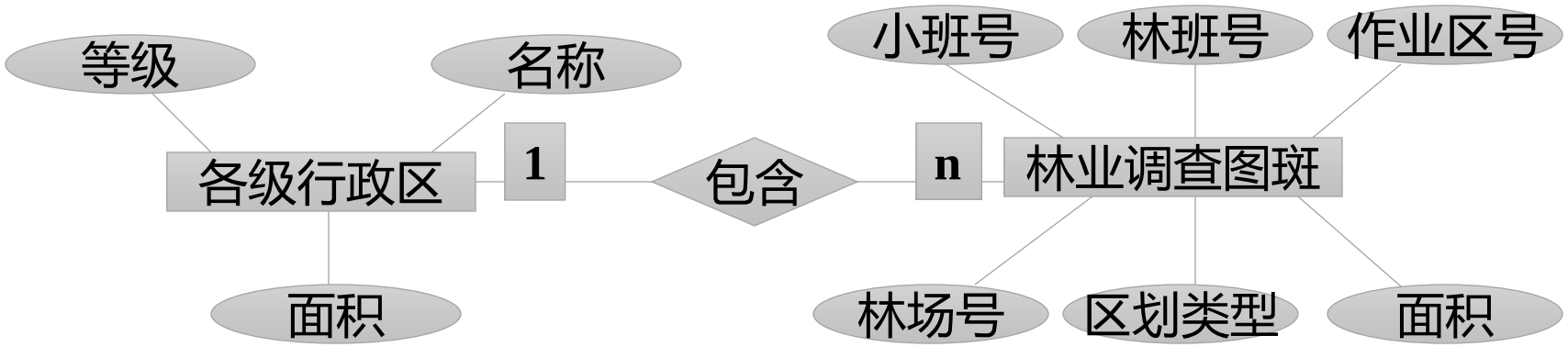


现实世界　　GIS数据模型

构建GIS数据模型
- 定义实体和关系
- 实体特征分析与组织
  - 数据模型匹配
  - 空间数据分层
  - 属性表设计
- 信息编码与元数据

2.3 定义实体和关系

- 设计实体-关系图
  - 矩形：实体
  - 菱形：关系
  - 圆形：属性
  - 数字：联系的数量关系



2.3 定义实体和关系

- 数据词典：以词典的方式描述和定义E-R模型设计中出现和形成的实体、关系

实体分析矩阵

实体			
类别1			
实体1			
实体2			
……			
类别2			
实体1			
实体2			
…..			

初始数据词典

实体定义

实体名	
定义	
唯一识别码	
属性	

关系定义

关系	
定义	

2.3 定义实体和关系

林业空间数据库的初始数据词典

实体			
林业信息			
林业调查图斑			
天然林保护			
……			
基础信息			
行政区划			
土地利用			
……			
遥感			
遥感图像			

实体分析矩阵

实体名	林业调查图斑
定义	林业资源调查小班
唯一识别代码	小班编码
属性	小班号、林班号、作业区号、林场号、区划、面积

实体定义

关系	林业调查图斑与行政区划
定义	一个村包纳一个至多个小班

关系定义

2.4 实体特征分析与组织

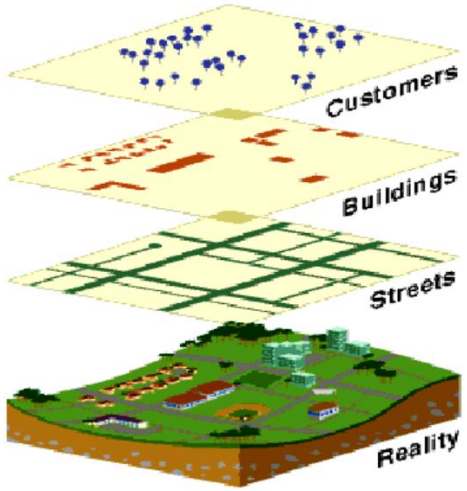
- 假设林业信息系统采用ArcGIS软件作为支撑平台，现在的问题就是怎样将前述的各个实体与ArcGIS数据模型匹配

实体类型	特征类型（Coverage、Shapefile、Grid等）
点特征	点（Point）、结点（Node）、点事件
线特征	弧（Arc）、路径系统（路径和段）、线事件
面特征	多边形（Polygon）、区（Region）
注记特征	注记（Annotation）
图像	一般的图像文件、img文件、ArcInfo的Grid
表格	Info表、dbf表
表面	ArcInfo的Grid和TIN

空间数据分层

- 数据模型匹配后的实体——分层组织

1、分层基本原则
（1）**图形原则**
（2）**对象原则**



案例：在林业信息管理信息系统中，土地利用数据包括道路、河流、居民点、耕地、草地等要素，怎样对这些数据进行分层组织?

空间数据分层

- 数据模型匹配后的实体——分层组织

2、分层其他考虑因素
1）不同部门的数据应该放入不同的层。
2）不同安全级别的数据也应该单独存储。
3）使用目的不同的数据也应单独存放。
4）拓扑联系密切的若干层存放在同一个数据集中。——Geodatabase

- 给每一层一个名称

2.4 实体特征分析与组织

属性表设计

- ***GIS属性数据表达与组织***
  - GIS中地理对象，boolean）
  - 属性表的内容取决于应与位置、分布、形状等空间信息无关的特性用属性数据表达。一般用关系性数据库存储属性数据。
  - 属性类型（string，number，date用。
  - 图形数据和属性数据的连接通过目标识别符或内部记 录号实现。

ID=0

ID	名称	道路长度	道路宽度
0	新光大道	500	20
1	商业街	400	25

2.4 实体特征分析与组织

属性表的范式化

Zyqdm	Zyqmc	Linbh	Xiaobh	面积	单位蓄积	总蓄积
1	幸福村	1	1	13.4	4.5	60.30
			2	23.9	4.3	102.77
		2	1	18.2	3.9	70.98
			2	38.6	2.8	108.08
2	太平村	1	1	18.6	4.8	89.28
			2	7.6	3.6	27.36
		2	1	45.7	0.5	22.85
			2	26.3	4.7	123.61

2.4 实体特征分析与组织

属性表的范式化

Zyqdm	Zyqmc
1	幸福村
2	太平村

Zyqdm	Linbh	Xiaobh	面积	单位蓄积
1	1	1	13.4	4.5
1	1	2	23.9	4.3
1	2	1	18.2	3.9
1	2	2	38.6	2.8
2	1	1	18.6	4.8
2	1	2	7.6	3.6
2	2	1	45.7	0.5
2	2	2	26.3	4.7

2.4 实体特征分析与组织

完善数据词典

实体	ArcInfo	Relate to	层名	数据源
林业信息				
林业调查图斑	Polygon	各级行政区	Forest	林相图 小班卡片
…….				
基础信息				
行政区划	Polygon		Country	纸质图件
道路	Arc		Road	土地利用
…….				
遥感				
遥感图像	TIFF			代理商

完整实体设计矩阵

特征名	Forest
定义	林业调查图斑
Info表名	Forest.pat
属性表	AREA、PERIMETER、Forest#、Forest-ID、xiaobh、linbh、Zyqh、Lincdm、RealArea
图层	Forest
特征类	Polygon
投影	Transverse
精度	Double
……	

实体完整定义集

2.5 信息编码与元数据

- 编码方案

a、已有的信息代码标准

“全国地理信息系统标准化委员会”制定和颁布了信息分类编码标准，如

GB/T 13989——92 《国家基本比例尺地形图分幅和编号》

GB/T 15660——1995 《1：5000，1：10000，1：25000，1：50000，1：100000地形图要素分类与代码》

GB 10114——88《县以下行政区划代码编制规则》

GB/T 13923——92《国土基础信息数据分类代码》

GB920——89《公路路面等级与面层类型代码》

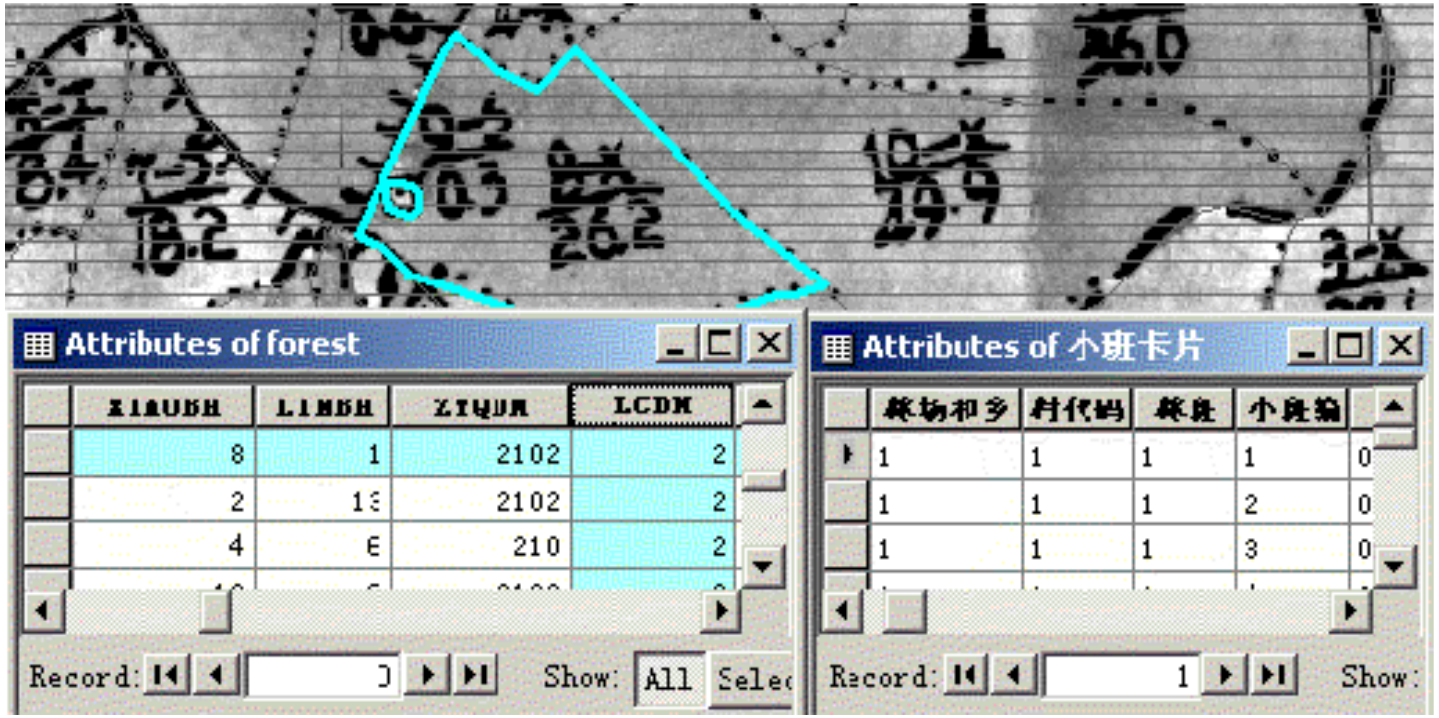
b、信息编码模型

X	X	XX	X	X
大类码	小类码	一级码	二级码	实体码

2.5 信息编码与元数据

信息编码

- 编码实例：小班卡片关联与唯一码



在小班卡片上，每条记录对应一个小班。小班卡片也有小班号、林班号、作业区代码、林场代码属性，字段均为数值型。

信息编码

- 编码实例：小班卡片关联与唯一码

将林场代码、作业区代码、林班号、小班号按从左向右组合成一个唯一码（新字段XIAOBID）。考虑到他们的最大值依次为18、4101、26、263，公式为：

CStr（[lcdm]*10^9+[zyqdm]*10 ^5 +[linbh]*10 ^3+[xiaobh] ）

作为项目负责人，必须对顾客负责。刚才的编码的确解决了数据输入、关联等问题，可是当你将数据交给顾客时，你不给他解释一下小班各属性字段的含义以及小班关联的编码吗？——元数据

元数据

空间元数据库至少包括的内容

空间数据集的标识信息
数据质量信息
空间参照系统
内容信息
发布信息等。

2.5 信息编码与元数据

- 部分元数据标准草案的内容比较

CEN/TC287	FGDC	ISO/TC211	建议体系
数据集标识信息	标识信息	标识信息	标识信息
数据集综述信息	质量信息	数据集质量信息	数据集质量信息
数据集质量信息	空间数据组织信息	数据集继承信息	数据集继承信息
空间参照系信息	空间参照系信息	空间数据表示信息	空间数据表示信息
范围信息	实体和属性信息	空间参照系信息	空间参照系信息
数据定义	发行信息	应用要素分类信息	实体和属性信息
分类信息	元数据参考信息	发行信息	发行信息
元数据参考		元数据参考信息	元数据参考信息
元数据语言			

ArcGIS-ArcCatalog元数据编辑

遥感图像元数据示例

```
…….
SPACECRAFT_ID = "Landsat7"
SENSOR_ID = "ETM+"
ACQUISITION_DATE = 2002-09-05
…….
PRODUCT_SAMPLES_PAN = 13933
PRODUCT_LINES_PAN = 11929
PRODUCT_SAMPLES_REF = 6967
PRODUCT_LINES_REF = 5965
PRODUCT_SAMPLES_THM = 3484
PRODUCT_LINES_THM = 2983
BAND1_FILE_NAME = "L71129039_03920020905_B10.FST"
……..
MAP_PROJECTION = "TM"
LONGITUDE_OF_CENTRAL_MERIDIAN = 105000000.0
LATITUDE_OF_PROJECTION_ORIGIN = 0.0
……
```

目录

CONTENTS

3 空间数据库建设

3.1 空间数据库实施

3.2 空间数据库维护

3.1 空间数据库实施

- 空间数据库的概念设计、逻辑设计和物理设计修改以后，便可以开始正式的进行数据库实施了。

- 实施的过程，应当以实施计划为指南，尽量按照计划进行实施。但是再好的计划也是不可能完全准确的，在实施过程中常常需要对实施计划做或多或少的改动。任何方面的改动都应当以书面形式备案，做到有案可查。

3.1 空间数据库实施

空间数据库的实施一般过程如下：

- （1）数据录入：数据录入的数据源应包括系统设计的各类源数据，以检测各输出软件的可行性和数据转换格式的正确性。
- （2）数据编辑：对录入的数据在进入数据库以前的编辑和预处理要尽可能测试各种编辑功能和操作，检测其安全性和可操作性。
- （3）数据库建立：应保证所选择的试验小区的数据足以建立一个完整的空间数据库和属性数据库，以检测其结构的合理性和拓扑关系的正确性以及数据连接的正确性等，同时对数据库管理系统的功能也应进行全面测试。
- （4）数据分析与处理：利用所建立的数据库的数据对应用型GIS的基本分析功能，特别是对应用模型进行测试，检查模型的正确性和可靠性。
- （5）数据输出：输出结果能否满足所设计的要求和用户的需要。

3.2 空间数据库维护

- **1．维护的内容**
- 1）程序的维护
  - 在系统维护阶段，会有一部分程序需要改动。根据运行记录，发现程序的错误，这时需要改正；或者随着用户对系统的熟悉，用户有更高的要求，部分程序需要改进；或者环境发生变化，部分程序需要修改。
- 2）数据文件的维护
  - 业务发生了变化，从而需要建立新文件，或者对现有文件的结构进行修改。

3.2 空间数据库维护

- 3）代码的维护

  随着环境的变化，旧的代码不能适应新的要求，必须进行改造，制定新的代码或修改旧的代码体系。代码维护的困难主要是新代码的贯彻，因此各个部门要有专人负责代码管理。

- 4）机器、设备的维护

  包括机器、设备的日常维护与管理。一旦发生小故障，要有专人进行修理，保证系统的正常运行。

2.2 空间数据库维护

- **2．维护的类型**
- 1）更正性维护
  - 这是指由于发现系统中的错误而引起的维护。工作内容包括诊断问题与修正错误。
- 2）适应性维护
  - 这是指为了适应外界环境的变化而增加或修改系统部分功能的维护工作。例如，新的硬件系统问世，操作系统版本更新，应用范围扩大。为适应这些变化，应有型地理信息系统需要进行维护。

3.2 空间数据库维护

- 3）完善性维护
  - 这是指为了改善系统功能或应用户的需要而增加新的功能的维护工作。系统经过一个时期的运行之后，某些地方效率需要提高，或者使用的方便性还可以提高，或者需要增加某些安全措施等等。这类维护工作占维护工作的绝大部分。
- 4）预防性维护
  - 这是主动性的预防措施。对一些使用寿命较长，目前尚能正常运行，但可能要发生变化的部分进行维护，以适应将来的修改或调整。例如，将专用报表功能改成通用报表生成功能，以适应将来报表格式的变化。

谢谢大家！

实验作业

作业：

1、空间数据库设计实验作业

低空经济发展背景下，作为管理部门对低空无人机如何监管，需要设计一个低空监管时空数据库，考虑这个数据库包括哪些实体，这些实体有什么关系，应该如何设计这个数据库E-R模型。

要求：

（1）参照数据库设计的流程，需要进行需求分析、概念设计、逻辑设计、物理设计等，数据库结构及其关系等定义清晰，完整性约束等定义明确，形成内容完整的数据库设计文档；

（2）要能对应用场景需要的空间和非空间数据进行管理，要素属性完整，要素之间、要素与非空间数据之间的联系明确；

（3）空间数据库设计结果要能在PostgreSQL数据库中实现，每类数据都要有试验数据作为验证；

成果形式：空间数据库设计文档和数据库建库SQL文件