

厦门大学计算机科学系本科生课程

《数据库系统原理》



第2章 关系数据库 (2017版)

林子雨

厦门大学计算机科学系

E-mail: ziyulin@xmu.edu.cn ▶▶

主页: <http://www.cs.xmu.edu.cn/linziyu>

扫一扫访问班级网站
支持手机浏览





第2章 关系数据库

- 2.0 关系数据库概述
- 2.1 关系数据结构及形式化定义
- 2.2 关系操作
- 2.3 关系的完整性
- 2.4 关系代数
- 2.5 关系演算



2.0 关系数据库概述

- 系统而严格地提出关系模型的是美国**IBM**公司的**E.F.Codd**
 - **1970**年提出关系数据模型
 - **E.F.Codd**, “A Relational Model of Data for Large Shared Data Banks”, 《Communication of the ACM》,1970
 - 之后, 提出了关系代数和关系演算的概念
 - **1972**年提出了关系的第一、第二、第三范式
 - **1974**年提出了关系的**BC**范式



2.0 关系数据库概述

- 关系数据库应用数学方法来处理数据库中的数据
- **80年代后，关系数据库系统成为最重要、最流行的数据库系统**



2.0 关系数据库概述

- 典型实验系统
 - System R
 - University INGRES
- 典型商用系统
 - ORACLE
 - SYBASE
 - INFORMIX
 - DB2
 - SQL SERVER



2.1 关系数据结构及形式化定义

2.1.1 关系

2.1.2 关系模式

2.1.3 关系数据库



2.1.1 关系

- 1. 域 (**Domain**)
- 2. 笛卡尔积 (**Cartesian Product**)
- 3. 关系 (**Relation**)



2.1.1 关系

- **1. 域 (Domain)**
- **域**是一组具有相同数据类型的值的集合。例：
 - 整数
 - 实数
 - 介于某个取值范围的整数
 - 指定长度的字符串集合
 - {‘男’， ‘女’ }
 - 介于某个取值范围的日期

例 给出三个域：

$D_1 = \text{SUPERVISOR} = \{ \text{张清玫, 刘逸} \}$

$D_2 = \text{SPECIALITY} = \{ \text{计算机专业, 信息专业} \}$

$D_3 = \text{POSTGRADUATE} = \{ \text{李勇, 刘晨, 王敏} \}$



2.1.1 关系

2. 笛卡尔积 (Cartesian Product)

• 1) 笛卡尔积

给定一组域 D_1, D_2, \dots, D_n , 这些域中可以有相同的。

D_1, D_2, \dots, D_n 的笛卡尔积为:

$$D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n = \{ (d_1, d_2, \dots, d_n) \mid d_i \in D_i, i=1, 2, \dots, n \}$$

- 所有域的所有取值的一个组合
- 不能重复



2.1.1 关系

2. 笛卡尔积 (Cartesian Product)

• 2) 元组 (Tuple)

– 笛卡尔积中每一个元素 (d_1, d_2, \dots, d_n) 叫作一个 n 元组 (n-tuple) 或简称元组。

• 3) 分量 (Component)

– 笛卡尔积元素 (d_1, d_2, \dots, d_n) 中的每一个值 d_i 叫作一个分量。



2.1.1 关系

2. 笛卡尔积 (Cartesian Product)

- 4) 基数 (Cardinal number)

– 若 D_i ($i=1, 2, \dots, n$) 为有限集, 其基数为 m_i ($i = 1, 2, \dots, n$), 则 $D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$ 的基数 M 为:

$$M = \prod_{i=1}^n m_i$$



2.1.1 关系

2. 笛卡尔积 (Cartesian Product)

- 5) 笛卡尔积的表示方法
 - 笛卡尔积可表示为一个二维表。表中的每行对应一个元组，表中的每列对应一个域。

$$D_1 \times D_2 \times D_3 =$$

{(张清玫, 计算机专业, 李勇), (张清玫, 计算机专业, 刘晨),
(张清玫, 计算机专业, 王敏), (张清玫, 信息专业, 李勇),
(张清玫, 信息专业, 刘晨), (张清玫, 信息专业, 王敏),
(刘逸, 计算机专业, 李勇), (刘逸, 计算机专业, 刘晨),
(刘逸, 计算机专业, 王敏), (刘逸, 信息专业, 李勇),
(刘逸, 信息专业, 刘晨), (刘逸, 信息专业, 王敏)}

在例中, 基数: $2 \times 2 \times 3 = 12$,

即 $D_1 \times D_2 \times D_3$ 共有 $2 \times 2 \times 3 = 12$ 个元组



2.1.1 关系

3. 关系 (Relation)

1) 关系

$D_1 \times D_2 \times \dots \times D_n$ 有意义的子集叫作在域 D_1, D_2, \dots, D_n 上的关系, 表示为

$$R(D_1, D_2, \dots, D_n)$$

R : 关系名

n : 关系的目或度 (Degree)

$$D_1 \times D_2 \times D_3 =$$

{(张清玫, 计算机专业, 李勇), (张清玫, 计算机专业, 刘晨),
(张清玫, 计算机专业, 王敏), (张清玫, 信息专业, 李勇),
(张清玫, 信息专业, 刘晨), (张清玫, 信息专业, 王敏),
(刘逸, 计算机专业, 李勇), (刘逸, 计算机专业, 刘晨),
(刘逸, 计算机专业, 王敏), (刘逸, 信息专业, 李勇),
(刘逸, 信息专业, 刘晨), (刘逸, 信息专业, 王敏) }



2.1.1 关系

3. 关系 (Relation)

取出有意义的元组构造关系

SUPERVISOR	SPECIALITY	POSTGRADUATE
张清玫	计算机专业	李勇
张清玫	计算机专业	刘晨
张清玫	计算机专业	王敏
张清玫	信息专业	李勇
张清玫	信息专业	刘晨
张清玫	信息专业	王敏
刘逸	计算机专业	李勇
刘逸	计算机专业	刘晨
刘逸	计算机专业	王敏
刘逸	信息专业	李勇
刘逸	信息专业	刘晨
刘逸	信息专业	王敏



2.1.1 关系

关系：SAP(SUPERVISOR, SPECIALITY, POSTGRADUATE)

假设：导师与专业：**1:1**，导师与研究生：**1:n**

于是：**SAP**关系可以包含三个元组

{ (张清玫, 信息专业, 李勇),
 (张清玫, 信息专业, 刘晨),
 (刘逸, 信息专业, 王敏) }



2.1.1 关系

2) 元组

关系中的每个元素是关系中的元组，通常用 t 表示。

3) 单元关系与二元关系

当 $n=1$ 时，称该关系为单元关系（Unary relation）。

当 $n=2$ 时，称该关系为二元关系（Binary relation）。



2.1.1 关系

4) 关系的表示

关系也是一个二维表，表的每行对应一个元组，表的每列对应一个域。

表 2.2 SAP 关系

SUPERVISOR	SPECIALITY	POSTGRADUATE
张清玫	信息专业	李勇
张清玫	信息专业	刘晨
刘逸	信息专业	王敏



2.1.1 关系

5) 属性

关系中不同列可以对应相同的域，为了加以区分，必须对每列起一个名字，称为属性（**Attribute**）。

n 目关系必有 n 个属性。



2.1.1 关系

6) 码

候选码 (Candidate key)

若关系中的某一属性组的值能唯一地标识一个元组，
则称该属性组为候选码

关系: **Student(SNo, SName, SAge)**

在最简单的情况下，候选码只包含一个属性。

关系: **Experiment (SNo, BookNo, Time)**

在最极端的情况下，关系模式的所有属性组是这个关系模式的候选码，
称为全码 (**All-key**)



2.1.1 关系

主码

若一个关系有多个候选码，则选定其中一个为主码（**Primary key**）

主码的诸属性称为主属性（**Prime attribute**）。

不包含在任何侯选码中的属性称为非主属性（**Non-key attribute**）

关系：**Student(SNo, SName, SAge)**

关系：**Experiment (SNo, BookNo, Time)**

关系：**SAP(SUPERVISOR, SPECIALITY, POSTGRADUATE)**



2.1.1 关系

7) 三类关系

基本关系（基本表或基表）

实际存在的表，是实际存储数据的逻辑表示

查询表

查询结果对应的表

视图表

由基本表或其他视图表导出的表，是虚表，不对应实际存储的数据



2.1.1 关系

8) 基本关系的性质

① 列是同质的 (**Homogeneous**)

每一列中的分量是同一类型的数据，来自同一个域

② 不同的列可出自同一个域

其中的每一列称为一个属性

不同的属性要给予不同的属性名



2.1.1 关系

8) 基本关系的性质

③ 列的顺序无所谓

列的次序可以任意交换

④ 任意两个元组不能完全相同

由笛卡尔积的性质决定

⑤ 行的顺序无所谓

行的次序可以任意交换



2.1.1 关系

8) 基本关系的性质

⑥ 分量必须取原子值

每一个分量都必须是不可分的数据项。

这是规范条件中最基本的一条

表 2.3 非规范化关系

SUPERVISOR	SPECIALITY	POSTGRADUATE	
		PG1	PG2
张清玫 刘逸	信息专业 信息专业	李勇 王敏	刘晨



2.1.2 关系模式

1. 什么是关系模式
2. 定义关系模式
3. 关系模式与关系



2.1.2 关系模式

关系模式 (Relation Schema) 是型

关系模式是对关系的描述

元组集合的结构

属性构成

属性来自的域

属性与域之间的映象关系

元组语义以及完整性约束条件

属性间的数据依赖关系集合



2.1.2 关系模式

关系模式可以形式化地表示为：

$R(U, D, \text{dom}, F)$

R 关系名

U 组成该关系的属性名集合

D 属性组 **U** 中属性所来自的域

dom 属性向域的映象集合

F 属性间的数据依赖关系集合



2.1.2 关系模式

关系模式通常可以简记为

$R(U)$ 或 $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$

R 关系名

A_1, A_2, \dots, A_n 属性名

注：域名及属性向域的映象常常直接说明为

属性的类型、长度



2.1.3 关系数据库

1. 关系数据库
2. 关系数据库的型与值



2.1.3 关系数据库

1. 关系数据库

在一个给定的应用领域中，所有实体及实体之间联系的关系的集合构成一个关系数据库。



2.1.3 关系数据库

2. 关系数据库的型与值

关系数据库也有型和值之分

关系数据库的型称为关系数据库模式，是对关系数据库的描述

若干域的定义

在这些域上定义的若干关系模式

关系数据库的值是这些关系模式在某一时刻对应的数值的集合



2.2 关系操作

2.2.1 基本的关系操作

2.2.2 关系数据语言的分类



2.2.1 基本的关系操作

- **1) 常用的关系操作**
 - 查询
 - 选择、投影、连接、除、并、交、差
 - 数据更新
 - 插入、删除、修改
 - 查询的表达能力是其中最主要的部分
- **2) 关系操作的特点**
 - 集合操作方式，即操作的对象和结果都是集合。
 - 非关系数据模型的数据操作方式：一次一记录
 - 文件系统的数据库操作方式



2.2.2 关系数据语言的分类

- 关系代数语言
 - 用对关系的运算来表达查询要求
 - 典型代表: **ISBL**
- 关系演算语言: 用谓词来表达查询要求
- 元组关系演算语言
 - 谓词变元的基本对象是元组变量
 - 典型代表: **APLHA, QUEL**
- 域关系演算语言
 - 谓词变元的基本对象是域变量
 - 典型代表: **QBE**
- 具有关系代数和关系演算双重特点的语言
典型代表: **SQL**



2.2.2 关系数据语言的分类

关系数据语言的特点

- 关系语言是一种高度非过程化的语言
 - 存取路径的选择由**DBMS**的优化机制来完成
 - 用户不必用循环结构就可以完成数据操作
- 能够嵌入高级语言中使用
- 关系代数、元组关系演算和域关系演算三种语言在表达能力上完全等价



2.3 关系的完整性

2.3.1 关系的三类完整性约束

2.3.2 实体完整性

2.3.3 参照完整性

2.3.4 用户定义的完整性



2.3.1 关系的三类完整性约束

关系模型的完整性规则是对关系的某种约束条件。

关系模型中三类完整性约束：

- 实体完整性
- 参照完整性
- 用户定义的完整性

实体完整性和参照完整性是关系模型必须满足的完整性约束条件，被称作是关系的两个不变性，应该由关系系统自动支持。



2.3.2 实体完整性

实体完整性规则（**Entity Integrity**）

若属性**A**是基本关系**R**的主属性，则属性**A**不能取空值



2.3.2 实体完整性

空值就是“不知道”或“无意义”的值。

主属性取空值，就说明存在某个不可标识的实体，即存在不可区分的实体，这与第（2）点相矛盾，因此这个规则称为实体完整性。

关系模型必须遵守实体完整性规则的原因

- (1) 实体完整性规则是针对基本关系而言的。一个基本表通常对应现实世界的一个实体集或多对多联系。
- (2) 现实世界中的实体和实体间的联系都是可区分的，即它们具有某种唯一性标识。
- (3) 相应地，关系模型中以主码作为唯一性标识。主码中的属性即主属性不能取空值。



2.3.2 实体完整性

注意

实体完整性规则规定基本关系的所有主属性都不能取空值
例

选修（学号，课程号，成绩）

“学号、课程号”为主码，则两个属性都不能取空值。



2.3.3 参照完整性

1. 关系间的引用
2. 外码
3. 参照完整性规则



2.3.3 参照完整性

1. 关系间的引用

在关系模型中实体及实体间的联系都是用关系来描述的，因此可能存在着关系与关系间的引用。

例1 学生实体、专业实体以及专业与学生间的一对多联系

专业（专业号，专业名）

学生（学号，姓名，性别，专业号，年龄）



2.3.3 参照完整性

专业 (专业号, 专业名)

专业号	专业名
01	信息
02	数学
03	计算机

学生 (学号, 姓名, 性别, 专业号, 年龄)

学号	姓名	性别	专业号	年龄
801	张三	女	01	19
802	李四	男	01	20
803	王五	男	01	20
804	赵六	女	02	20
805	钱七	男	02	19



2.3.3 参照完整性

- 专业（专业号，专业名）
- 学生（学号，姓名，性别，专业号，年龄）

学生关系中每个元组的“专业号”属性取值情况

只取下面两类值：

- (1) 空值，表示尚未给该学生分配专业
- (2) 非空值，这时该值必须是专业关系中某个元组的“专业号”值，表示该学生不可能分配到一个不存在的专业中



2.3.3 参照完整性

例2 学生、课程、学生与课程之间的多对多联系

学生（学号，姓名，性别，专业号，年龄）

课程（课程号，课程名，学分）

选修（学号，课程号，成绩）



2.3.3 参照完整性

学生

学号	姓名	性别	专业号	年龄
801	张三	女	01	19
802	李四	男	01	20
803	王五	男	01	20
804	赵六	女	02	20
805	钱七	男	02	19

课程

课程号	课程名	学分
01	数据库	4
02	数据结构	4
03	编译	4
04	PASCAL	2

学生选课

学号	课程号	成绩
801	04	92
801	03	78
801	02	85
802	03	82
802	04	90
803	04	88



2.3.3 参照完整性

选修 (学号, 课程号, 成绩)

它们只能取学生和课程关系中已经存在的主码值



2.3.3 参照完整性

例3 学生实体及其内部的领导联系(一对多)

学生 (学号, 姓名, 性别, 专业号, 年龄, 班长)

学号	姓名	性别	专业号	年龄	班长
801	张三	女	01	19	802
802	李四	男	01	20	
803	王五	男	01	20	802
804	赵六	女	02	20	805
805	钱七	男	02	19	



2.3.3 参照完整性

学生（学号，姓名，性别，专业号，年龄，班长）

“班长”属性值可以取两类值：

- (1) 空值，表示该学生所在班级尚未选出班长，或该学生本人即是班长；
- (2) 非空值，这时该值必须是本关系中某个元组的学号值



2.3.3 参照完整性

2. 外码 (Foreign Key)

设 F 是基本关系 R 的一个或一组属性，但不是关系 R 的码。如果 F 与基本关系 S 的主码 K_S 相对应，则称 F 是基本关系 R 的**外码**

基本关系 R 称为**参照关系** (Referencing Relation)
基本关系 S 称为**被参照关系** (Referenced Relation)
或**目标关系** (Target Relation)。



2.3.3 参照完整性

说明

- 关系 R 和 S 不一定是不同的关系
 - 目标关系 S 的主码 K_S 和参照关系的外码 F 必须定义在同一个（或一组）域上
 - 外码并不一定要与相应的主码同名
- 当外码与相应的主码属于不同关系时，往往取相同的名字，以便于识别



2.3.3 参照完整性

3. 参照完整性规则

若属性（或属性组） F 是基本关系 R 的外码

它与基本关系 S 的主码 K_S 相对应（基本关系 R 和 S 不一定是不同的关系），则对于 R 中每个元组在 F 上的值必须为：

- 或者取空值（ F 的每个属性值均为空值）
- 或者等于 S 中某个元组的主码值



2.3.3 参照完整性

学生关系中每个元组的“专业号”属性只取下面两类值：

- (1) 空值，表示尚未给该学生分配专业
- (2) 非空值，这时该值必须是专业关系中某个元组的“专业号”值，表示该学生不可能分配到一个不存在的专业中



2.3.3 参照完整性

选修（学号，课程号，成绩）

“学号”和“课程号”是选修关系中的主属性
按照实体完整性和参照完整性规则，它们只能取相应被参照关系中已经存在的主码值



2.3.3 参照完整性

学生（学号，姓名，性别，专业号，年龄，班长）

“班长”属性值可以取两类值：

- (1) 空值，表示该学生所在班级尚未选出班长，或该学生本人即是班长；
- (2) 非空值，这时该值必须是本关系中某个元组的学号值



2.3.4 用户自定义的完整性

- 用户定义的完整性是针对某一具体关系数据库的约束条件，反映某一具体应用所涉及的数据必须满足的语义要求。
- 关系模型应提供定义和检验这类完整性的机制，以使用统一的系统的方法处理它们，而不要由应用程序承担这一功能。



2.3.4 用户自定义的完整性

例:

课程(课程号, 课程名, 学分)

- “课程名” 属性必须取唯一值
- 非主属性 “课程名” 也不能取空值
- “学分” 属性只能取值{1, 2, 3, 4}



2.4 关系代数

2.4.0 概述

2.4.1 传统的集合运算

2.4.2 专门的关系运算



2.4.0 概述

1. 关系代数
2. 运算的三要素
3. 关系代数运算的三个要素
4. 关系代数运算的分类
5. 表示记号



2.4.0 概述

1. 关系代数

一种抽象的查询语言

用对关系的运算来表达查询



2.4.0 概述

2. 关系代数运算的三个要素

运算对象：关系

运算结果：关系

运算符：四类



2.4.0 概述

– 集合运算符

- 将关系看成元组的集合
- 运算是从关系的“水平”方向即行的角度来进行

– 专门的关系运算符

- 不仅涉及行而且涉及列

– 算术比较符

- 辅助专门的关系运算符进行操作

– 逻辑运算符

- 辅助专门的关系运算符进行操作



2.4.0 概述

表2.4 关系代数运算符

运算符		含义	运算符		含义
集合运算符	\cup	并	比较运算符	$>$	大于
	$-$	差		\geq	大于等于
	\cap	交		$<$	小于
	\times	广义笛卡尔积		\leq	小于等于
				$=$	等于
				\neq	不等于



2.4.0 概述

表2.4 关系代数运算符（续）

运算符	含义		运算符	含义	
专门的关系运算符	σ	选择	逻辑运算符	\neg	非
	π	投影		\wedge	与
	\bowtie	连接		\vee	或
	\div	除			



2.4.0 概述

4. 关系代数运算的分类

传统的集合运算

并、差、交、广义笛卡尔积

专门的关系运算

选择、投影、连接、除



2.4.1 传统的集合运算

- 并
- 差
- 交
- 广义笛卡尔积



2.4.1 传统的集合运算

1. 并 (Union)

- **R 和 S**

- 具有相同的目 n (即两个关系都有 n 个属性)
- 相应的属性取自同一个域

- **$R \cup S$**

- 仍为 n 目关系, 由属于 R 或属于 S 的元组组成

$$R \cup S = \{ t \mid t \in R \vee t \in S \}$$



2.4.1 传统的集合运算

1. 并 (Union)

R

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>a1</i>	<i>b1</i>	<i>c1</i>
<i>a1</i>	<i>b2</i>	<i>c2</i>
<i>a2</i>	<i>b2</i>	<i>c1</i>

S

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>a1</i>	<i>b2</i>	<i>c2</i>
<i>a1</i>	<i>b3</i>	<i>c2</i>
<i>a2</i>	<i>b2</i>	<i>c1</i>

R \cup *S*

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>a1</i>	<i>b1</i>	<i>c1</i>
<i>a1</i>	<i>b2</i>	<i>c2</i>
<i>a1</i>	<i>b3</i>	<i>c2</i>
<i>a2</i>	<i>b2</i>	<i>c1</i>



2.4.1 传统的集合运算

2. 差 (Difference)

- **R 和 S**

- 具有相同的目 n
- 相应的属性取自同一个域

- **$R - S$**

- 仍为 n 目关系，由属于 R 而不属于 S 的所有元组组成

$$R - S = \{ t \mid t \in R \wedge t \notin S \}$$



2.4.1 传统的集合运算

2. 差 (Difference)

R

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>a1</i>	<i>b1</i>	<i>c1</i>
<i>a1</i>	<i>b2</i>	<i>c2</i>
<i>a2</i>	<i>b2</i>	<i>c1</i>

S

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>a1</i>	<i>b2</i>	<i>c2</i>
<i>a1</i>	<i>b3</i>	<i>c2</i>
<i>a2</i>	<i>b2</i>	<i>c1</i>

R-S

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>a1</i>	<i>b1</i>	<i>c1</i>



2.4.1 传统的集合运算

3. 交 (Intersection)

- **R 和 S**

- 具有相同的目 n
- 相应的属性取自同一个域

- **$R \cap S$**

- 仍为 n 目关系，由既属于 R 又属于 S 的元组组成

$$R \cap S = \{ t \mid t \in R \wedge t \in S \}$$

$$R \cap S = R - (R - S)$$



2.4.1 传统的集合运算

3. 交 (Intersection)

R

A	B	C
a1	b1	c1
a1	b2	c2
a2	b2	c1

$R \cap S$

A	B	C
a1	b2	c2
a2	b2	c1

S

A	B	C
a1	b2	c2
a1	b3	c2
a2	b2	c1



2.4.1 传统的集合运算

4. 广义笛卡尔积 (Extended Cartesian Product)

- **R**
 - n 目关系, k_1 个元组
- **S**
 - m 目关系, k_2 个元组
- **$R \times S$**
 - 列: ($n+m$) 列的元组的集合
 - 元组的前 n 列是关系 R 的一个元组
 - 后 m 列是关系 S 的一个元组
 - 行: $k_1 \times k_2$ 个元组

$$R \times S = \{tr \ ts \mid tr \in R \wedge ts \in S\}$$





2.4.1 传统的集合运算

4. 广义笛卡尔积 (Extended Cartesian Product)

R

A	B	C
a1	b1	c1
a1	b2	c2
a2	b2	c1

S

A	B	C
a1	b2	c2
a1	b3	c2
a2	b2	c1

$R \times S$

A	B	C	A	B	C
a1	b1	c1	a1	b2	c2
a1	b1	c1	a1	b3	c2
a1	b1	c1	a2	b2	c1
a1	b2	c2	a1	b2	c2
a1	b2	c2	a1	b3	c2
a1	b2	c2	a2	b2	c1
a2	b2	c1	a1	b2	c2
a2	b2	c1	a1	b3	c2
a2	b2	c1	a2	b2	c1



2.4.2 专门的关系运算

表示记号

(1) $R, t \in R, t[A_i]$

设关系模式为 $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$

它的一个关系设为 R 。 $t \in R$ 表示 t 是 R 的一个元组

$t[A_i]$ 则表示元组 t 中相应于属性 A_i 的一个分量



2.4.2 专门的关系运算

(2) A , $t[A]$, \bar{A}

若 $A = \{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{ik}\}$, 其中 $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{ik}$ 是 A_1, A_2, \dots, A_n 中的一部分, 则 A 称为属性列或域列。

$t[A] = (t[A_{i1}], t[A_{i2}], \dots, t[A_{ik}])$ 表示元组 t 在属性列 A 上诸分量的集合。

\bar{A} 则表示 $\{A_1, A_2, \dots, A_n\}$ 中去掉 $\{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{ik}\}$ 后剩余的属性组。



2.4.2 专门的关系运算

– (3) $\widehat{t_r t_s}$

R 为 n 目关系， S 为 m 目关系。 $t_r \in R$ ， $t_s \in S$ ， $\widehat{t_r t_s}$ 称为元组的连接。它是一个 $n + m$ 列的元组，前 n 个分量为 R 中的一个 n 元组，后 m 个分量为 S 中的一个 m 元组。



2.4.2 专门的关系运算

– 4) 象集 Z_x

给定一个关系 $R(X, Z)$ ， X 和 Z 为属性组。当 $t[X]=x$ 时， x 在 R 中的象集 (Images Set) 为：

$$Z_x = \{t[Z] \mid t \in R, t[X]=x\}$$

它表示 R 中属性组 X 上值为 x 的诸元组在 Z 上分量的集合。

R

x1	Z1
x1	Z2
x1	Z3
x2	Z2
x2	Z3
x3	Z1
x3	Z3

例子：x1在R中的象集 $Z_{x1} = \{Z1, Z2, Z3\}$
x2在R中的象集为 $Z_{x2} = \{Z2, Z3\}$;
x3在R中的象集为 $Z_{x3} = \{Z1, Z3\}$



2.4.2 专门的关系运算

- 选择
- 投影
- 连接
- 除



2.4.2 专门的关系运算

1. 选择 (Selection)

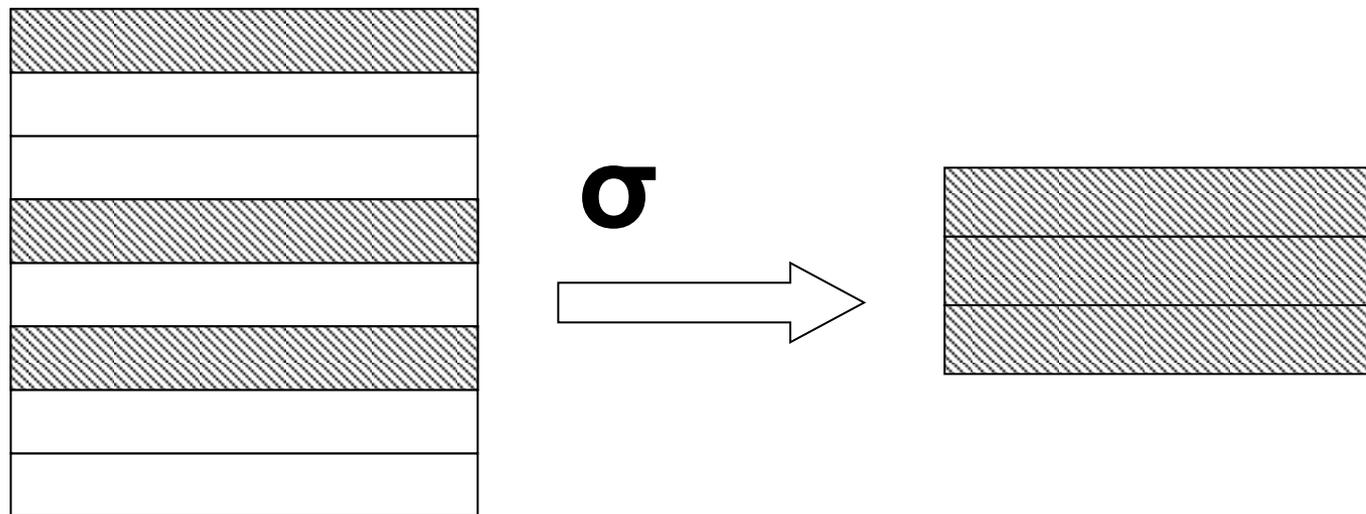
- 1) 选择又称为限制 (**Restriction**)
- 2) 选择运算符的含义
 - 在关系 R 中选择满足给定条件的诸元组
$$\sigma_F(R) = \{t | t \in R \wedge F(t) = \text{'真'}\}$$
 - F : 选择条件, 是一个逻辑表达式, 基本形式为:
$$[\neg ([X_1 \theta Y_1 [)]] [\varphi [\neg ([X_2 \theta Y_2 [)]]]] \dots$$



2.4.2 专门的关系运算

1. 选择 (Selection)

- **3)** 选择运算是从行的角度进行的运算





2.4.2 专门的关系运算

1. 选择 (Selection)

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	系 Sdept
95001	李勇	男	20	CS
95002	刘晨	女	19	IS
95003	王敏	女	18	MA
95004	张立	男	19	IS

Student

(a)



2.4.2 专门的关系运算

1. 选择 (Selection)

课程号	课程名	先行课	学分
Cno	Cname	Cpno	Ccredit
1	数据库	5	4
2	数学		2
3	信息系统	1	4
4	操作系统	6	3
5	数据结构	7	4
6	数据处理		2
7	C语言	6	4

Course

(b)



2.4.2 专门的关系运算

1. 选择 (Selection)

学号	课程号	成绩
Sno	Cno	Grade
95001	1	92
95001	2	85
95001	3	88
95002	2	90
95002	3	80

SC

(c)



2.4.2 专门的关系运算

1. 选择 (Selection)

[例1] 查询信息系 (IS系) 全体学生

$\sigma_{Sdept = 'IS'}(\mathbf{Student})$

结果:

Sno	Sname	Ssex	Sage	Sdept
95002	刘晨	女	19	IS
95004	张立	男	19	IS



2.4.2 专门的关系运算

1. 选择 (Selection)

[例2] 查询年龄小于20岁的学生

$\sigma_{\text{Sage} < 20}(\text{Student})$

结果:

Sno	Sname	Ssex	Sage	Sdept
95002	刘晨	女	19	IS
95003	王敏	女	18	MA
95004	张立	男	19	IS



2.4.2 专门的关系运算

2. 投影 (Projection)

- 1) 投影运算符的含义

- 从 R 中选择出若干属性列组成新的关系

$$\pi_A(R) = \{ t[A] \mid t \in R \}$$

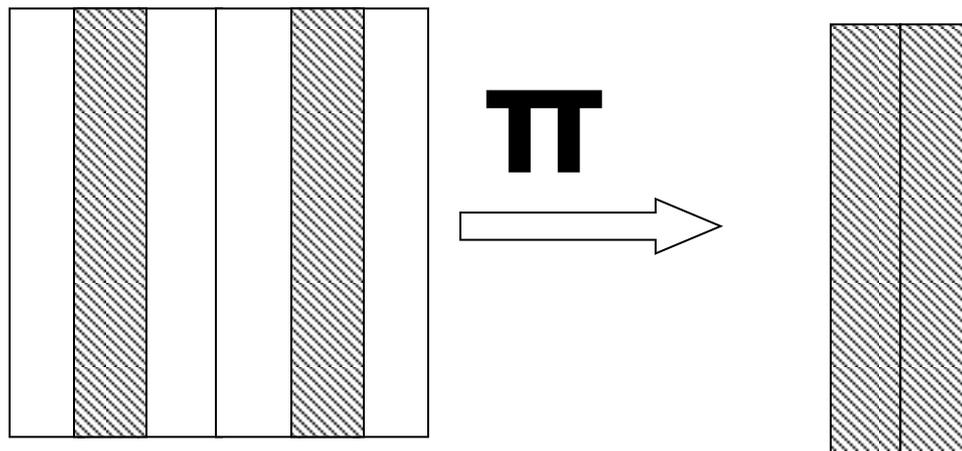
A : R 中的属性列



2.4.2 专门的关系运算

2. 投影 (Projection)

- 2) 投影操作主要是从列的角度进行运算



- 但投影之后不仅取消了原关系中的某些列，而且还可能取消某些元组（避免重复行）





2.4.2 专门的关系运算

2. 投影 (Projection)

- 3) 举例

[例3] 查询学生的姓名和所在系

即求**Student**关系上学生姓名和所在系两个属性上的投影

- $\pi_{\text{Sname, Sdept}}(\text{Student})$



2.4.2 专门的关系运算

2. 投影 (Projection)

Sname	Sdept
李勇	CS
刘晨	IS
王敏	MA
张立	IS



2.4.2 专门的关系运算

[例4] 查询学生关系Student中都有哪些系

$\pi_{\text{Sdept}}(\text{Student})$

结果:

Sdept
CS
IS
MA



2.4.2 专门的关系运算

3. 连接 (Join)

- 1) 连接也称为 θ 连接
- 2) 连接运算的含义
 - 从两个关系的笛卡尔积中选取属性间满足一定条件的元组

$$R \underset{A\theta B}{\bowtie} S = \{ \widehat{t_r t_s} \mid t_r \in R \wedge t_s \in S \wedge t_r[A] \theta t_s[B] \}$$

- A 和 B : 分别为 R 和 S 上度数相等且可比的属性组
- θ : 比较运算符
- 连接运算从 R 和 S 的广义笛卡尔积 $R \times S$ 中选取 (R 关系) 在 A 属性组上的值与 (S 关系) 在 B 属性组上值满足比较关系的元组。



2.4.2 专门的关系运算

3. 连接 (Join)

- 3) 两类常用连接运算

- 等值连接 (equijoin)

- 什么是等值连接

- θ 为 “=” 的连接运算称为等值连接

- 等值连接的含义

- 从关系 R 与 S 的广义笛卡尔积中选取 A 、 B 属性值相等的那些元组，即等值连接为：

$$R \bowtie_{A=B} S = \{ \widehat{t_r t_s} \mid t_r \in R \wedge t_s \in S \wedge t_r[A] = t_s[B] \}$$



2.4.2 专门的关系运算

3. 连接 (Join)

– 自然连接 (Natural join)

- 什么是自然连接

- 自然连接是一种特殊的等值连接

- » 两个关系中进行比较的分量必须是相同的属性组

- » 在结果中把重复的属性列去掉

- 自然连接的含义

R 和 S 具有相同的属性组 B

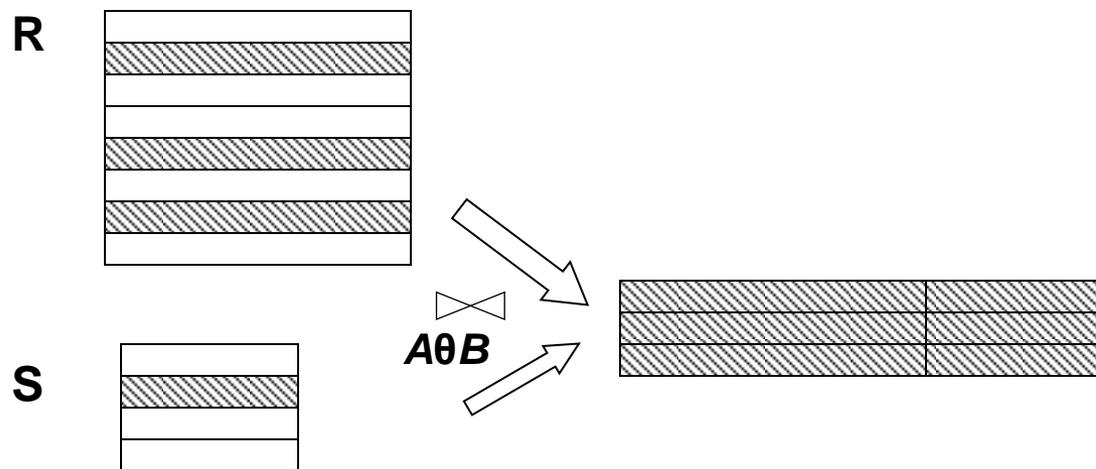
$$R \bowtie S = \{ \widehat{t_r t_s} \mid t_r \in R \wedge t_s \in S \wedge t_r[B] = t_s[B] \}$$



2.4.2 专门的关系运算

3. 连接 (Join)

- 4) 一般的连接操作是从行的角度进行运算。



自然连接还需要取消重复列，所以是同时从行和列的角度进行运算。



2.4.2 专门的关系运算

连接示例

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>a</i> ₁	<i>b</i> ₁	5
<i>a</i> ₁	<i>b</i> ₂	6
<i>a</i> ₂	<i>b</i> ₃	8
<i>a</i> ₂	<i>b</i> ₄	12

R

<i>B</i>	<i>E</i>
<i>b</i> ₁	3
<i>b</i> ₂	7
<i>b</i> ₃	10
<i>b</i> ₃	2
<i>b</i> ₅	2

S





2.4.2 专门的关系运算

连接示例



<i>A</i>	<i>R.B</i>	<i>C</i>	<i>S.B</i>	<i>E</i>
<i>a</i> ₁	<i>b</i> ₁	5	<i>b</i> ₂	7
<i>a</i> ₁	<i>b</i> ₁	5	<i>b</i> ₃	10
<i>a</i> ₁	<i>b</i> ₂	6	<i>b</i> ₂	7
<i>a</i> ₁	<i>b</i> ₂	6	<i>b</i> ₃	10
<i>a</i> ₂	<i>b</i> ₃	8	<i>b</i> ₃	10



2.4.2 专门的关系运算

等值连接示例

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>a</i> ₁	<i>b</i> ₁	5
<i>a</i> ₁	<i>b</i> ₂	6
<i>a</i> ₂	<i>b</i> ₃	8
<i>a</i> ₂	<i>b</i> ₄	12

R

<i>B</i>	<i>E</i>
<i>b</i> ₁	3
<i>b</i> ₂	7
<i>b</i> ₃	10
<i>b</i> ₃	2
<i>b</i> ₅	2

S





2.4.2 专门的关系运算

等值连接示例



A	$R.B$	C	$S.B$	E
a_1	b_1	5	b_1	3
a_1	b_2	6	b_2	7
a_2	b_3	8	b_3	10
a_2	b_3	8	b_3	2



2.4.2 专门的关系运算

自然连接 $R \bowtie S$

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>E</i>
a_1	b_1	5	3
a_1	b_2	6	7
a_2	b_3	8	10
a_2	b_3	8	2



课堂作业

请写出下面两个表的自然连接结果：

雇员

Name	EmpId	DeptName
Harry	3415	财务
Sally	2241	销售
George	3401	财务
Harriet	2202	销售

部门

DeptName	Manager
财务	George
销售	Harriet
生产	Charles

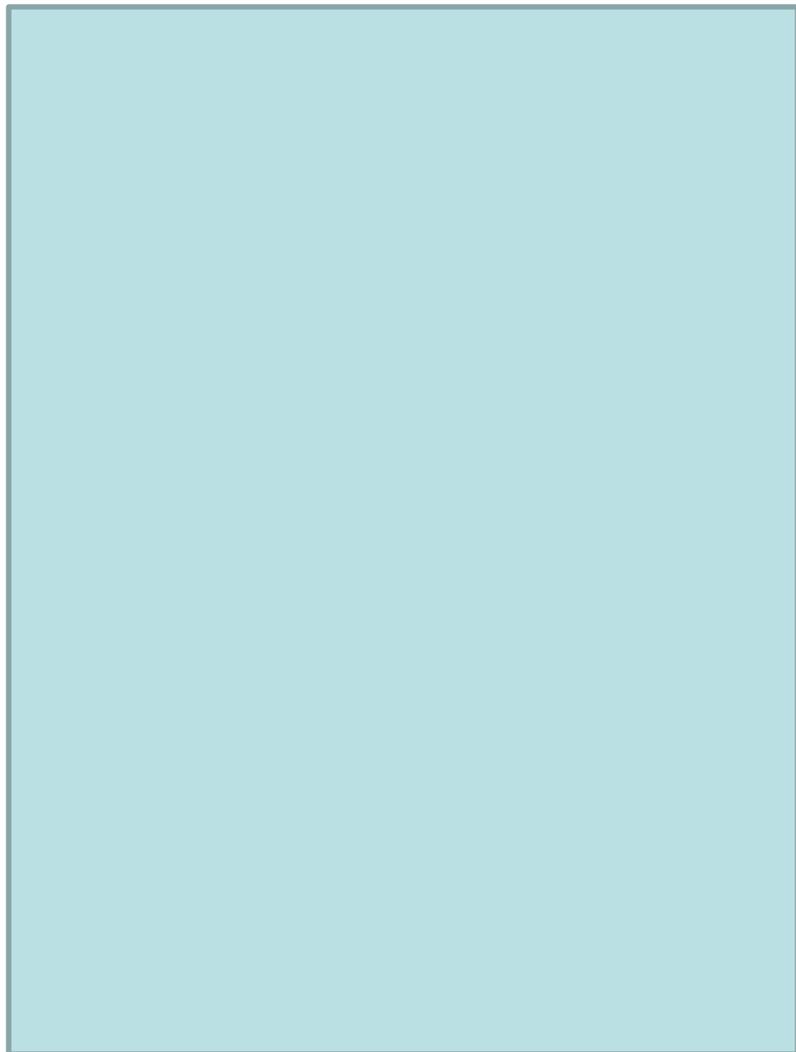
请写出下面两个表的等值连接结果：

车

CarModel	CarPrice
CarA	20'000
CarB	30'000
CarC	50'000

船

BoatModel	BoatPrice
Boat1	10'000
Boat2	40'000
Boat3	60'000





2.4.2 专门的关系运算

4) 象集Z

给定一个关系 $R(X, Z)$ ， X 和 Z 为属性组。当 $t[X]=x$ 时， x 在 R 中的 **象集** (Images Set) 为：

$$Z_x = \{t[Z] \mid t \in R, t[X]=x\}$$

它表示 R 中属性组 X 上值为 x 的诸元组在 Z 上分量的集合。



2.4.2 专门的关系运算

象集示例

R

A	B	C
a_1	b_1	c_2
a_2	b_3	c_7
a_3	b_4	c_6
a_1	b_2	c_3
a_4	b_6	c_6
a_2	b_2	c_3
a_1	b_2	c_1

(a_1, b_1) 象集

C
c_2

(a_1, b_2) 象集

C
c_3
c_1

(a_1) 象集

B	C
b_1	c_2
b_2	c_3
b_2	c_1



2.4.2 专门的关系运算

4. 除 (Division)

给定关系 $R(X, Y)$ 和 $S(Y, Z)$, 其中 X, Y, Z 为属性组。

R 中的 Y 与 S 中的 Y 可以有不同的属性名, 但必须出自相同的域集。

R 与 S 的除运算得到一个新的关系 $P(X)$,

P 是 R 中满足下列条件的元组在 X 属性列上的投影:

元组在 X 上分量值 x 的象集 Y_x 包含 S 在 Y 上投影的集合。

$$R \div S = \{t_r[X] \mid t_r \in R \wedge \pi_Y(S) \subseteq Y_x\}$$

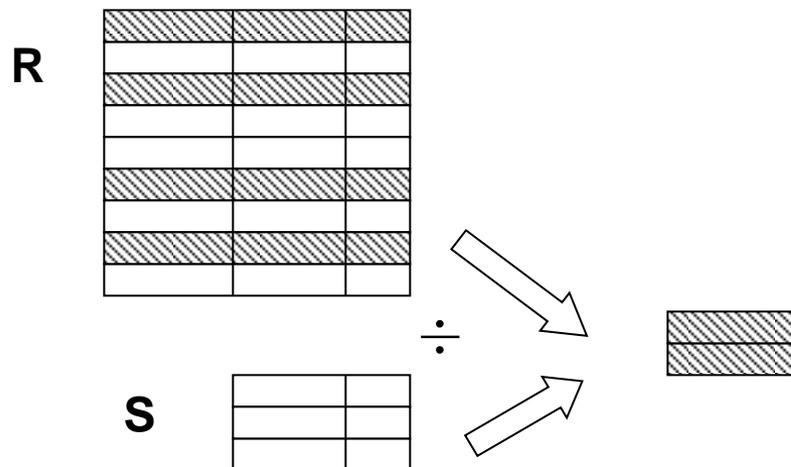
Y_x : x 在 R 中的象集, $x = t_r[X]$



2.4.2 专门的关系运算

4. 除 (Division)

- 2) 除操作是同时从行和列角度进行运算





2.4.2 专门的关系运算

4. 除 (Division)

R

A	B	C
a_1	b_1	c_2
a_2	b_3	c_7
a_3	b_4	c_6
a_1	b_2	c_3
a_4	b_6	c_6
a_2	b_2	c_3
a_1	b_2	c_1

S

B	C	D
b_1	c_2	d_1
b_2	c_1	d_1
b_2	c_3	d_2

$R \div S$



2.4.2 专门的关系运算

分析:

在关系R中, **A**可以取四个值{**a1**, **a2**, **a3**, **a4**}

a₁的象集为 {(**b₁**, **c₂**), (**b₂**, **c₃**), (**b₂**, **c₁**)}

a₂的象集为 {(**b₃**, **c₇**), (**b₂**, **c₃**)}

a₃的象集为 {(**b₄**, **c₆**)}

a₄的象集为 {(**b₆**, **c₆**)}

S在(**B**, **C**)上的投影为

{(**b1**, **c2**), (**b2**, **c1**), (**b2**, **c3**)}

只有**a₁**的象集包含了**S**在(**B**, **C**)属性组上的投影

所以 $R \div S = \{a_1\}$



2.4.2 专门的关系运算

5. 综合举例

学号	课程号	成绩
Sno	Cno	Grade
95001	1	92
95001	2	85
95001	3	88
95002	2	90
95002	3	80

SC

查询至少选修**1**号课程和**3**号课程的学生号码



2.4.2 专门的关系运算

5. 综合举例

首先建立一个临时关系 K :

Cno
1
3

然后求: $\Pi_{\text{Sno.Cno}}(\text{SC}) \div K$



2.4.2 专门的关系运算

5. 综合举例

- $\pi_{Sno.Cno}(SC)$

95001象集{1, 2, 3}

95002象集{2, 3}

$\pi_{Cno}(K) = \{1, 3\}$

于是: $\pi_{Sno.Cno}(SC) \div K = \{95001\}$

Sno	Cno
95001	1
95001	2
95001	3
95002	2
95002	3



2.4.2 专门的关系运算

5. 综合举例

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	系 Sdept
95001	李勇	男	20	CS
95002	刘晨	女	19	IS
95003	王敏	女	18	MA
95004	张立	男	19	IS

Student

(a)



2.4.2 专门的关系运算

选择（续）

课程号	课程名	先行课	学分
Cno	Cname	Cpno	Ccredit
1	数据库	5	4
2	数学		2
3	信息系统	1	4
4	操作系统	6	3
5	数据结构	7	4
6	数据处理		2
7	C语言	6	4

Course

(b)



2.4.2 专门的关系运算

选择 (续)

学号	课程号	成绩
Sno	Cno	Grade
95001	1	92
95001	2	85
95001	3	88
95002	2	90
95002	3	80

SC

(c)



2.4.2 专门的关系运算

综合举例(续)

[例 8] 查询选修了2号课程的学生们的学号。

$$\begin{aligned} & \pi_{\text{Sno}} \left(\sigma_{\text{Cno}='2'} (\text{SC}) \right) \\ & = \{ \mathbf{95001}, \mathbf{95002} \} \end{aligned}$$



2.4.2 专门的关系运算

综合举例(续)

[例9] 查询选修了一门其先行课为5号课程的课程的学生姓名。



2.4.2 专门的关系运算

5综合举例

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	系 Sdept
95001	李勇	男	20	CS
95002	刘晨	女	19	IS
95003	王敏	女	18	MA
95004	张立	男	19	IS

Student

(a)



2.4.2 专门的关系运算

选择（续）

课程号	课程名	先行课	学分
Cno	Cname	Cpno	Ccredit
1	数据库	5	4
2	数学		2
3	信息系统	1	4
4	操作系统	6	3
5	数据结构	7	4
6	数据处理		2
7	C语言	6	4

Course

(b)



2.4.2 专门的关系运算

选择 (续)

学号	课程号	成绩
Sno	Cno	Grade
95001	1	92
95001	2	85
95001	3	88
95002	2	90
95002	3	80

SC

(c)



2.4.2 专门的关系运算

综合举例(续)

$\pi_{\text{Sname}}(\sigma_{\text{Cpno}='5'}(\text{Course} \bowtie \text{SC} \bowtie \text{Student}))$

或

$\pi_{\text{Sname}}(\sigma_{\text{Cpno}='5'}(\text{Course}) \bowtie \text{SC} \bowtie \pi_{\text{Sno}, \text{Sname}}(\text{Student}))$

或

$\pi_{\text{Sname}}(\pi_{\text{Sno}}(\sigma_{\text{Cpno}='5'}(\text{Course}) \bowtie \text{SC}) \bowtie \pi_{\text{Sno}, \text{Sname}}(\text{Student}))$



2.4.2 专门的关系运算

解法1: $\Pi_{\text{sname}}(\sigma_{\text{cpno}='5'}(\text{Course} \bowtie \text{SC} \bowtie \text{Student}))$

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	系 Sdept
95001	李勇	男	20	CS
95002	刘晨	女	19	IS
95003	王敏	女	18	MA
95004	张立	男	19	IS

Student

课程号 Cno	课程名 Cname	先行课 Cpno	学分 Ccredit
1	数据库	5	4
2	数学		2
3	信息系统	1	4
4	操作系统	6	3
5	数据结构	7	4
6	数据处理		2
7	C语言	6	4

Course

学号 Sno	课程号 Cno	成绩 Grade
95001	1	92
95001	2	85
95001	3	88
95002	2	90
95002	3	80

SC



2.4.2 专门的关系运算

解法2: $\pi_{\underline{sname}}(\sigma_{\underline{cpno}='5'}(\text{Course})) \bowtie \text{SC} \bowtie \pi_{\underline{sno}, \underline{sname}}(\text{Student})$

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	系 Sdept
95001	李勇	男	20	CS
95002	刘晨	女	19	IS
95003	王敏	女	18	MA
95004	张立	男	19	IS

Student

课程号 Cno	课程名 Cname	先行课 Cpno	学分 Ccredit
1	数据库	5	4
2	数学		2
3	信息系统	1	4
4	操作系统	6	3
5	数据结构	7	4
6	数据处理		2
7	C语言	6	4

Course

学号 Sno	课程号 Cno	成绩 Grade
95001	1	92
95001	2	85
95001	3	88
95002	2	90
95002	3	80

SC



2.4.2 专门的关系运算

解法3: $\pi_{\underline{sname}}(\pi_{\underline{sno}}(\sigma_{\underline{cpno}='5'}(\text{Course}) \bowtie \text{SC}) \bowtie \pi_{\underline{sno}, \underline{sname}}(\text{Student}))$

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	系 Sdept
95001	李勇	男	20	CS
95002	刘晨	女	19	IS
95003	王敏	女	18	MA
95004	张立	男	19	IS

Student

课程号 Cno	课程名 Cname	先行课 Cpno	学分 Ccredit
1	数据库	5	4
2	数学		2
3	信息系统	1	4
4	操作系统	6	3
5	数据结构	7	4
6	数据处理		2
7	C语言	6	4

Course

学号 Sno	课程号 Cno	成绩 Grade
95001	1	92
95001	2	85
95001	3	88
95002	2	90
95002	3	80

SC



2.4.2 专门的关系运算

综合举例(续)

[例10] 查询选修了全部课程的学生号码和姓名。



2.4.2 专门的关系运算

综合举例(续)

[例10] 查询选修了全部课程的学生号码和姓名。

$$\pi_{Sno, Cno}(\mathbf{SC}) \div \pi_{Cno}(\mathbf{Course}) \bowtie \pi_{Sno, Sname}(\mathbf{Student})$$



课堂作业

学生关系S(snum,sname,age,sex)

学习关系SC(snum,cnum,grade)

课程关系C(cnum,cname,teacher)

- (1) 查询学习课程号为C2的学生学号与成绩
- (2) 查询学习课程号为C2的学生学号与姓名
- (3) 查询选修课程名为MATHS的学生学号与姓名
- (4) 查询选修课程号为C2或C4的学生学号
- (5) 查询至少选修课程号为C2和C4的学生学号
- (6) 查询不学课程号为C2的学生姓名与年龄
- (7) 查询学习全部课程的学生姓名
- (8) 查询所学课程包含学生S3所学课程的学生号



课堂作业

学生关系S

学号 snum	姓名 sname	性别 sex	年龄 age
95001	李勇	男	20
95002	刘晨	女	19
95003	王敏	女	18
95004	张立	男	19

学习关系SC

学号 snum	课程号 cnum	成绩 grade
95001	C1	92
95001	C2	85
95001	C3	88
95002	C2	90
95002	C3	80

课程关系C

课程号 cnum	课程名 cname	教师 teacher
C1	DATABASE	林子雨
C2	MATHS	薛永生
C3	INFOSYSTEM	张东站
C4	OS	冯少荣
C5	DATASTRUCTURE	雷蕴奇
C6	DATA PROCESSING	张德富
C7	C	郑炜

- (1) 查询学习课程号为C2的学生学号与成绩
- (2) 查询学习课程号为C2的学生学号与姓名
- (3) 查询选修课程名为MATHS的学生学号与姓名
- (4) 查询选修课程号为C2或C4的学生学号
- (5) 查询至少选修课程号为C2和C4的学生学号
- (6) 查询不学课程号为C2的学生姓名与年龄
- (7) 查询学习全部课程的学生姓名
- (8) 查询所学课程包含学生S3所学课程的学生号



课堂作业答案

(1) 查询学习课程号为C2的学生学号与成绩

$$\pi_{\text{snum, grade}} (\sigma_{\text{cnum}='c2'} (\text{SC}))$$

(2) 查询学习课程号为C2的学生学号与姓名

$$\pi_{\text{snum, sname}} (\sigma_{\text{cnum}='C2'} (\text{S} \bowtie \text{SC}))$$



课堂作业答案

(3) 查询选修课程名为MATHS的学生学号与姓名

$$\pi_{\text{snum}, \text{sname}} (\sigma_{\text{cname} = \text{'Maths'}} (\text{S} \bowtie \text{SC} \bowtie \text{C}))$$

(4) 查询选修课程号为C2或C4的学生学号

$$\pi_{\text{snum}} (\sigma_{\text{cnum} = \text{'C4'}} \vee \text{cnum} = \text{'C2'}} (\text{SC}))$$



课堂作业答案

(5) 查询至少选修课程号为C2和C4的学生学号

$$\pi_1(\sigma_{1=4 \wedge 2='C2' \wedge 5='C4'}(SC \times SC))$$

(6) 查询不学课程号为C2的学生姓名与年龄

$$\pi_{sname, age}(S) - \pi_{sname, age}(\sigma_{cnum='C2'}(S \infty SC))$$



课堂作业答案

(7) 查询学习全部课程的学生姓名

$$\pi_{\text{sname}} (\text{S} \bowtie (\pi_{\text{snum}, \text{cnum}} (\text{SC}) \div \pi_{\text{cnum}} (\text{C})))$$

(8) 查询所学课程包含学生S3所学课程的学生号

$$\pi_{\text{snum}, \text{cnum}} (\text{SC}) \div \pi_{\text{cnum}} (\sigma_{\text{snum}='S3'} (\text{SC}))$$



课后作业

王珊、萨师焯《数据库系统概论（第5版）》
教材第70页第6题
只需要写出关系代数，不需要写ALPHA语言
和QBE语言



附录：主讲教师



主讲教师：林子雨

单位：厦门大学计算机科学系

E-mail: ziyulin@xmu.edu.cn

个人网页: <http://www.cs.xmu.edu.cn/linziyu>

数据库实验室网站: <http://dblab.xmu.edu.cn>



扫一扫访问个人主页

林子雨，男，1978年出生，博士（毕业于北京大学），现为厦门大学计算机科学系助理教授（讲师），曾任厦门大学信息科学与技术学院院长助理、晋江市发展和改革局副局长。中国计算机学会数据库专业委员会委员，中国计算机学会信息系统专业委员会委员，荣获“2016中国大数据创新百人”称号。中国高校首个“数字教师”提出者和建设者，厦门大学数据库实验室负责人，厦门大学云计算与大数据研究中心主要建设者和骨干成员，2013年度厦门大学奖教金获得者。主要研究方向为数据库、数据仓库、数据挖掘、大数据、云计算和物联网，并以第一作者身份在《软件学报》《计算机学报》和《计算机研究与发展》等国家重点期刊以及国际学术会议上发表多篇学术论文。作为项目负责人主持的科研项目包括1项国家自然科学基金青年基金项目(No.61303004)、1项福建省自然科学基金项目(No.2013J05099)和1项中央高校基本科研业务费项目(No.2011121049)，同时，作为课题负责人完成了国家发改委城市信息化重大课题、国家物联网重大应用示范工程区域试点泉州市工作方案、2015泉州市互联网经济调研等课题。中国高校首个“数字教师”提出者和建设者，2009年至今，“数字教师”大平台累计向网络免费发布超过100万字高价值的研究和教学资料，累计网络访问量超过100万次。打造了中国高校大数据教学知名品牌，编著出版了中国高校第一本系统介绍大数据知识的专业教材《大数据技术原理与应用》，并成为京东、当当网等网店畅销书籍；建设了国内高校首个大数据课程公共服务平台，为教师教学和学生学习大数据课程提供全方位、一站式服务，年访问量超过50万次。具有丰富的政府和企业信息化培训经验，厦门大学管理学院EDP中心、浙江大学管理学院EDP中心、厦门大学继续教育学院、泉州市科技培训中心特邀培训讲师，曾给中国移动通信集团公司、福州马尾区政府、福建龙岩卷烟厂、福建省物联网科学研究院、石狮市物流协会、厦门市物流协会、浙江省中小企业家、四川泸州企业家、江苏沛县企业家等开展信息化培训，累计培训人数达3000人以上。



附录：课程助教



助教：魏亮

单位：厦门大学计算机科学系数据库实验室2016级硕士研究生
E-mail: 851189929@qq.com



助教：曾冠华

单位：厦门大学计算机科学系数据库实验室2016级硕士研究生
E-mail: 1393723173@qq.com



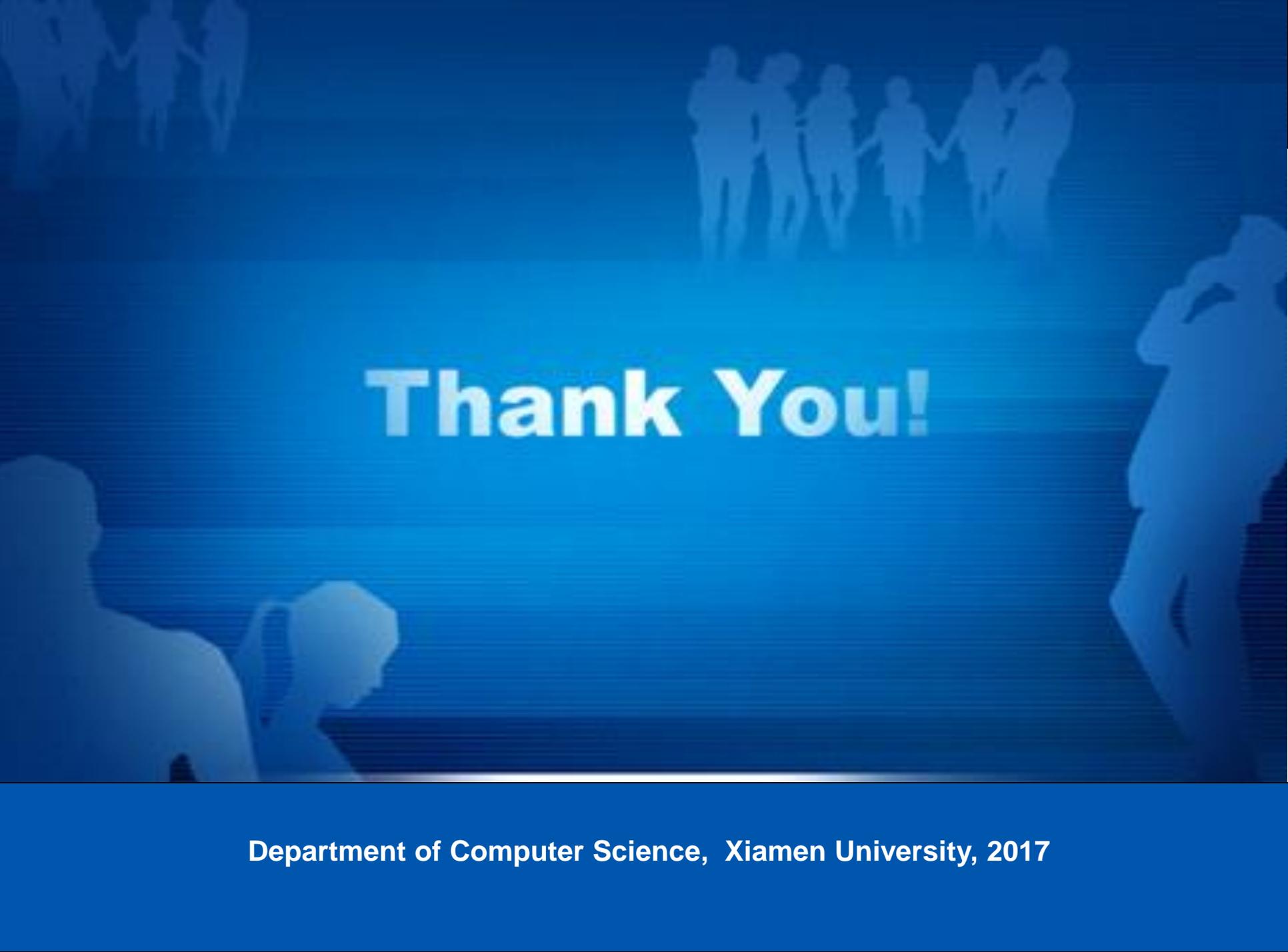
附录：班级网站

林子雨主讲《数据库系统原理》2017班级主页

<http://dblab.xmu.edu.cn/post/7657/>



扫一扫访问班级网站
支持手机浏览

The background is a solid blue color with faint, light-blue silhouettes of people. At the top, there are two groups of people holding hands. On the right side, there is a silhouette of a person standing with their hand on their chin. At the bottom left, there are silhouettes of two people sitting at a table, facing each other.

Thank You!

Department of Computer Science, Xiamen University, 2017