

The background features a light blue gradient with several horizontal wavy bands in varying shades of blue. Three spheres are positioned on the right side: a large light blue sphere at the top, a medium purple sphere below it, and a large dark blue sphere on the left side.

# 数据库原理

## Theory of Database

李静

信息科学与技术学院

# 关系数据库

- 1 关系模型概述
- 2 关系数据模型的基本术语
- 3 关系模型的完整性约束
- 4 关系代数

# 关系代数

- 概述
- 传统的集合运算
- 专门的关系运算

# 关系代数概述

- ❖ 关系模型源于数学，关系是由元组构成的集合，可以通过关系的运算来表达查询要求。
- ❖ 关系代数是关系操作语言的一种传统的表示方式，它是一种抽象的查询语言。
- ❖ 关系代数的运算可分为两大类：
  - 传统的集合运算：广义笛卡尔积运算、并、交和差运算。
  - 专门的关系运算：选择、投影、连接和除运算。

# 关系代数概述(Cont.)

## 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
	$\times$	笛卡尔积		$\leq$	小于等于
				$=$	等于
				$\neq$	不等于
				$<>$	

# 关系代数概述(Cont.)

## 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	$\sigma$	选择	逻辑 运算符	$\neg$	非
	$\pi$	投影		$\wedge$	与
	$\bowtie$	连接		$\vee$	或
	$\div$	除			

# 关系代数

- 概述
- 传统的集合运算
- 专门的关系运算

# 传统的集合运算

❖ 传统的集合运算包括并、差、交、笛卡尔积。



# 几个符号

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

设关系模式为  $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$

- ◆  $R$  是关系模式  $R(A_1, A_2, \dots, A_n)$  的一个关系
- ◆  $t \in R$ : 表示  $t$  是  $R$  的一个元组
- ◆  $t[A_i]$ : 表示元组  $t$  中相应于属性  $A_i$  的一个分量

# 几个符号

(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  $A$  称为属性列或属性组。
- ◆  $t[A] = (t[A_{i1}], t[A_{i2}], \dots, t[A_{ik}])$  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。

# 几个符号

(3)  $\overbrace{t_r t_s}$

设 $R$ 为 $n$ 元关系， $S$ 为 $m$ 元关系。

- ◆  $t_r \in R, t_s \in S, \overbrace{t_r t_s}$ 称为元组的连接。
- ◆  $\overbrace{t_r t_s}$ 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。

# 几个符号

元组 $t$ 在属性列  
 $X$ 上诸分量的  
集合

## (4) 象集

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

$$Y_x = \{ t[Y] \mid t \in R, t[X]=x \}$$

- ◆ 它表示 $R$ 中属性组 $X$ 上值为 $x$ 的诸元组在 $Y$ 上分量的集合

# 几个符号

$R$

$x_1$	$y_1$
$x_1$	$y_2$
$x_1$	$y_3$
$x_2$	$y_2$
$x_2$	$y_3$
$x_3$	$y_1$
$x_3$	$y_3$

象集举例

$$y_x = \{ t[y] \mid t \in R, t[X] = x \}$$

❖  $x_1$  在  $R$  中的象集

$$y_{x1} = \{y_1, y_2, y_3\},$$

❖  $x_2$  在  $R$  中的象集

$$y_{x2} = \{y_2, y_3\},$$

❖  $x_3$  在  $R$  中的象集

$$y_{x3} = \{y_1, y_3\}$$

# 1. 并 (Union)

## ❖ $R$ 和 $S$

- 具有相同的元  $n$  (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  $n$  元关系, 由属于  $R$  或属于  $S$  的元组组成

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

# 1. 并

*R*

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$

*S*

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_1$	$b_3$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$

*RUS*

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$
$a_1$	$b_3$	$c_2$

## 2. 差 (Difference)

### ❖ $R$ 和 $S$

- 具有相同的元 $n$
- 相应的属性取自同一个域

### ❖ $R - S$

- 仍为 $n$ 元关系，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. 差

*R*

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$

*S*

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_1$	$b_3$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$

*R-S*

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$a_1$	$b_1$	$c_1$

### 3. 交 (Intersection)

#### ❖ $R$ 和 $S$

- 具有相同的元 $n$
- 相应的属性取自同一个域

#### ❖ $R \cap S$

- 仍为 $n$ 元关系，由既属于 $R$ 又属于 $S$ 的元组组成

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

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

### 3. 交

$R$

$A$	$B$	$C$
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$

$S$

$A$	$B$	$C$
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_1$	$b_3$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$

$R \cap S$

$A$	$B$	$C$
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$

## 4. 笛卡尔积 (Cartesian Product)

❖ 严格地讲应该是广义的笛卡尔积

■  $R$ :  $n$ 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

◆  $R \times S = \{ \overbrace{t_r \ t_s} \mid t_r \in R \wedge t_s \in S \}$

## 4. 笛卡尔积

<i>R</i>		
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$a_1$	$b_1$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$

<i>S</i>		
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_1$	$b_3$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$

<i>R</i> × <i>S</i>					
<i>R.A</i>	<i>R.B</i>	<i>R.C</i>	<i>S.A</i>	<i>S.B</i>	<i>S.C</i>
$a_1$	$b_1$	$c_1$	$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_1$	$b_1$	$c_1$	$a_1$	$b_3$	$c_2$
$a_1$	$b_1$	$c_1$	$a_2$	$b_2$	$c_1$
$a_1$	$b_2$	$c_2$	$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_1$	$b_2$	$c_2$	$a_1$	$b_3$	$c_2$
$a_1$	$b_2$	$c_2$	$a_2$	$b_2$	$c_1$
$a_2$	$b_2$	$c_1$	$a_1$	$b_2$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$	$a_1$	$b_3$	$c_2$
$a_2$	$b_2$	$c_1$	$a_2$	$b_2$	$c_1$

# 关系代数

- 概述
- 传统的集合运算
- 专门的关系运算

# 专门的关系运算

- ❖ 选择
- ❖ 投影
- ❖ 连接
- ❖ 除

# 学生-课程数据库

关系：学生关系Student、课程关系Course和选修关系SC

## Student

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	所在系 Sdept
200215121	李勇	男	20	CS
200215122	刘晨	女	19	IS
200215123	王敏	女	18	MA
200215125	张立	男	19	IS



# 学生-课程数据库(Cont.)

## Course

课程号 Cno	课程名 Cname	先修课 Cpno	学分 Ccredit
1	数据库	5	4
2	数学	无先修课	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	无先修课	2
7	PASCAL语言	6	4

# 学生-课程数据库(Cont.)

SC

学号 Sno	课程号 Cno	成绩 Grade
200215121	1	92
200215121	2	85
200215121	3	88
200215122	2	90
200215122	3	80

# 1. 选择 (Selection)

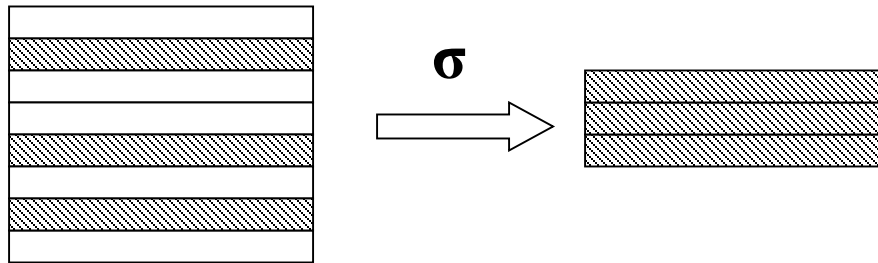
- ❖ 1) 选择 又称为限制 (Restriction)
- ❖ 2) 选择运算符的含义
  - 在关系  $R$  中选择满足给定条件的诸元组

$$\sigma_F(R) = \{t | t \in R \wedge F(t) = \text{'真'}\}$$

$F$ : 选择条件, 是一个逻辑表达式

# 1. 选择

❖ 3) 选择运算是从关系  $R$  中选取使逻辑表达式  $F$  为真的元组，是从行的角度进行的运算。



# 1. 选择

例：查询**信息系**（**IS系**）**全体学生**

$\sigma_{\text{Sdept} = \text{'IS'}}(\text{Student})$  或  $\sigma_5 = \text{'IS'}(\text{Student})$

**Student** (Sno, Sname, Ssex, Sage, **Sdept**)

结果：

Sno	Sname	Ssex	Sage	Sdept
200215122	刘晨	女	19	IS
200215125	张立	男	19	IS

# 1. 选择

例：查询年龄小于20岁的学生

$\sigma_{\text{Sage} < 20}(\text{Student})$  或  $\sigma_4 < 20(\text{Student})$

属性名

属性号

**Student (Sno, Sname, Ssex, Sage, Sdept)**

结果：

Sno	Sname	Ssex	Sage	Sdept
200215122	刘晨	女	19	IS
200215123	王敏	女	18	MA
200215125	张立	男	19	IS

# 问题

- ❖ 以上2个查询要求都是查询满足一定条件的学生，即学生的所有属性。
  - ❖ 但如果现在只需要查询某些或某个属性，该如何表达？
  - ❖ 如：查询全体学生的姓名和学号。
- 
- 查询信息系（IS系）全体学生
  - 查询年龄小于20岁的学生

## 2. 投影 (Projection)

### ❖ 1) 投影运算符的含义

- 从  $R$  中选出若干属性列组成新的关系

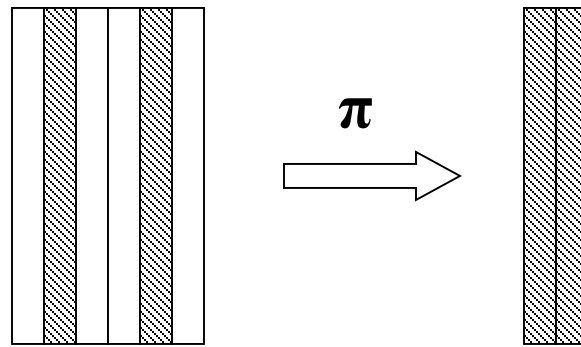
$$\pi_A(R) = \{ t[A] \mid t \in R \}$$

$A$ :  $R$  中的属性列



## 2. 投影

### ❖ 2) 投影操作主要是从列的角度进行运算



- 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. 投影

例：查询学生的姓名和所在系

即求**Student**关系上姓名和所在系两个属性上的投影

属性名  $\pi_{\text{Sname, Sdept}}(\text{Student})$   
或  $\pi_{2, 5}(\text{Student})$   
属性号

Sname	Sdept
李勇	CS
刘晨	IS
王敏	MA
张立	IS

**Student** (Sno, Sname, Ssex, Sage, Sdept)

## 2. 投影

例：查询学生关系Student中都有哪些系

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

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	所在系 Sdept
200215121	李勇	男	20	CS
200215122	刘晨	女	19	IS
200215123	王敏	女	18	MA
200215125	张立	男	19	IS

Sdept

CS

IS

MA

Student (Sno, Sname, Ssex, Sage, Sdept)

### 3. 连接 (Join)

❖ 1) 连接也称为 $\theta$ 连接

❖ 2) 连接运算的含义

- 从两个关系的笛卡尔积中选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
- ◆  **$\theta$** : 比较运算符
- 连接运算就是从**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 **$\theta$** 的元组

## 3. 连接

### ❖ 3) 两类常用连接运算

- 等值连接 (**equijoin**)
- 自然连接 (**natural join**)

### 3. 连接

- 等值连接 (**equijoin**)

- ◆ 什么是等值连接

- $\theta$ 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：

$$R \boxed{\begin{array}{c} \bowtie \\ A=B \end{array}} S = \{ \widehat{t_r t_s} \mid t_r \in R \wedge t_s \in S \wedge t_r[A] = t_s[B] \}$$

### 3. 连接

- 自然连接（natural join）

- ◆ 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

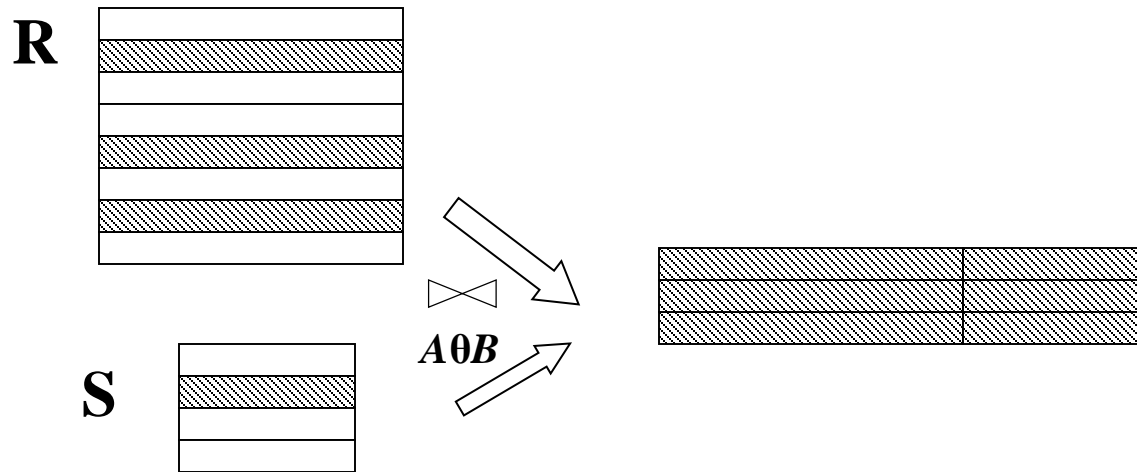
- ◆ 自然连接的含义

- ✓ **R**和**S**的相同属性组的值相等

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

### 3. 连接

❖ 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。**



### 3. 连接

❖ 例：关系 ***R*** 和关系 ***S*** 如下所示：

<i>R</i>		
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$a_1$	$b_1$	5
$a_1$	$b_2$	6
$a_2$	$b_3$	8
$a_2$	$b_4$	12

<i>S</i>	
<i>B</i>	<i>E</i>
$b_1$	3
$b_2$	7
$b_3$	10
$b_3$	2
$b_5$	2

### 3. 连接

■ 一般连接  $R \bowtie_{C < E} S$  的结果如下：

$R \bowtie S$ $C < E$				
$A$	$R.B$	$C$	$S.B$	$E$
$a_1$	$b_1$	5	$b_2$	7
$a_1$	$b_1$	5	$b_3$	10
$a_1$	$b_2$	6	$b_2$	7
$a_1$	$b_2$	6	$b_3$	10
$a_2$	$b_3$	8	$b_3$	10

$R$		
$A$	$B$	$C$
$a_1$	$b_1$	5
$a_1$	$b_2$	6
$a_2$	$b_3$	8
$a_2$	$b_4$	12

$S$	
$B$	$E$
$b_1$	3
$b_2$	7
$b_3$	10
$b_3$	2
$b_5$	2

### 3. 连接

■ 等值连接  $R \bowtie_{R.B=S.B} S$  的结果如下：

$A$	$R.B$	$C$	$S.B$	$E$
$a_1$	$b_1$	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

$R$			$S$	
$A$	$B$	$C$	$B$	$E$
$a_1$	$b_1$	5	$b_1$	3
$a_1$	$b_2$	6	$b_2$	7
$a_2$	$b_3$	8	$b_3$	10
$a_2$	$b_4$	12	$b_3$	2
			$b_5$	2

### 3. 连接

■ 自然连接  $R \bowtie S$  的结果如下：

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

$R$			$S$	
$A$	$B$	$C$	$B$	$E$
$a_1$	$b_1$	5	$b_1$	3
$a_1$	$b_2$	6	$b_2$	7
$a_2$	$b_3$	8	$b_3$	10
$a_2$	$b_4$	12	$b_3$	2
			$b_5$	2

### 3、连接

#### ❖ 内连接 (INNER JOIN)

- 两个关系做自然连接时，连接的结果是满足条件的元组保留下来，不满足条件的元组被舍弃了。

#### ❖ 外连接 (OUTER JOIN)

- 如果把舍弃的元组也保存在结果关系中，而在其他属性上填空值(Null)，这种连接就叫做外连接。

空值表示不存在  
或不确定

### 3、连接

#### ❖ 左外连接

- 如果只把左边关系 **R** 中要舍弃的元组保留就叫做左外连接(**LEFT OUTER JOIN**或**LEFT JOIN**)

#### ❖ 右外连接

- 如果只把右边关系 **S** 中要舍弃的元组保留就叫做右外连接(**RIGHT OUTER JOIN**或**RIGHT JOIN**)。

### 3、连接

例：关系 $R$ 和关系 $S$ 的外连接

$A$	$B$	$C$	$E$
$a_1$	$b_1$	5	3
$a_1$	$b_2$	6	7
$a_2$	$b_3$	8	10
$a_2$	$b_3$	8	2
$a_2$	$b_4$	12	NULL
NULL	$b_5$	NULL	2

(a) 外连接

$R$			$S$	
$A$	$B$	$C$	$B$	$E$
$a_1$	$b_1$	5	$b_1$	3
$a_1$	$b_2$	6	$b_2$	7
$a_2$	$b_3$	8	$b_3$	10
$a_2$	$b_4$	12	$b_3$	2
			$b_5$	2

### 3、连接

例：关系*R*和关系*S*的左外连接

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>E</i>
<i>a</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>1</sub>	5	3
<i>a</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>2</sub>	6	7
<i>a</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> <sub>3</sub>	8	10
<i>a</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> <sub>3</sub>	8	2
<i>a</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> <sub>4</sub>	12	NULL

(b) 左外连接

<i>R</i>			<i>S</i>	
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>B</i>	<i>E</i>
<i>a</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>1</sub>	5	<i>b</i> <sub>1</sub>	3
<i>a</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>2</sub>	6	<i>b</i> <sub>2</sub>	7
<i>a</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> <sub>3</sub>	8	<i>b</i> <sub>3</sub>	10
<i>a</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> <sub>3</sub>	8	<i>b</i> <sub>3</sub>	2
<i>a</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> <sub>4</sub>	12	<i>b</i> <sub>5</sub>	2



### 3、连接

例：关系*R*和关系*S*的右外连接

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

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

<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>E</i>
<i>a</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>1</sub>	5	3
<i>a</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>2</sub>	6	7
<i>a</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> <sub>3</sub>	8	10
<i>a</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> <sub>3</sub>	8	2
NULL	<i>b</i> <sub>5</sub>	NULL	2

(c) 右外连接

# 应用举例—查询

例：查询所有学生的学号、姓名、课程号及成绩。

$\Pi_{\text{Sno, Sname, Cno, Grade}} ( (\text{Student} \bowtie \text{SC}) )$

Student (Sno, Sname, Ssex, Sage, Sdept)

SC (Sno, Cno, Grade) Course (Cno, Cname, Cpno, Ccredit)

# 应用举例—查询

例：查询CS系的学生们的学号、课程号及成绩。

$\pi_{\text{Sno,Cno,Grade}} (\sigma_{\text{Sdept}='CS'} (\text{Student} \bowtie \text{SC}))$

$\pi_{\text{Sno,Cno,Grade}} (\sigma_{\text{Sdept}='CS'} (\text{Student}) \bowtie \text{SC})$

该表达式效率高

Student (Sno, Sname, Ssex, Sage, Sdept)

SC (Sno, Cno, Grade) Course (Cno, Cname, Cpno, Ccredit)

# 应用举例—查询

哪个效率高？

例：查询CS系修2号课程的学生们的姓名和成绩。

$\pi_{\text{Sname,Grade}} (\sigma_{\text{Sdept}='CS' \wedge \text{Cno}='2'} (\text{Student} \bowtie \text{SC}))$

$\pi_{\text{Sname,Grade}} (\sigma_{\text{Sdept}='CS'} (\text{Student}) \bowtie \sigma_{\text{Cno}='2'} (\text{SC}))$

Student (Sno, Sname, Ssex, Sage, Sdept)

SC (Sno, Cno, Grade)    Course (Cno, Cname, Cpno, Ccredit)

## 4. 除 (Division)

### ❖ 1) 除运算符的含义

- ◆ 给定关系  $R(X, Y)$  和  $S(Y, Z)$ , 其中  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  为属性组。
- ◆  $R$  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,  $x = t_r[X]$

**\*\*  $R \div S$  = 包含投影  $\pi_Y(S)$  的象集  $Y_x$**

## ❖ 象集

元组 $t$ 在属性列  
 $X$ 上诸分量的  
集合

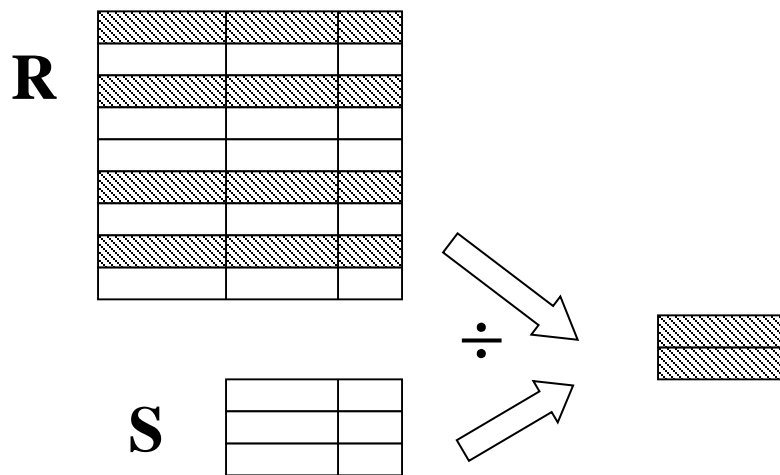
- ◆ 给定一个关系  $R(X, Y)$ ， $X$ 和 $Y$ 为属性组。
- ◆ 当  $t[X]=x$  时， $x$ 在 $R$ 中的象集 (Images Set) 为：

$$Y_x = \{ t[Y] \mid t \in R, t[X]=x \}$$

- ◆ 它表示 $R$ 中属性组 $X$ 上值为 $x$ 的诸元组在 $Y$ 上分量的集合

# 除(Cont.)

❖ 2) 除操作是同时从行和列角度进行运算



# 除(Cont.)

例：设关系R、S分别为下图的(a)和(b)， $R \div S$ 的结果为图(c)

<i>R</i>		
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
$a_1$	$b_1$	$c_2$
$a_2$	$b_3$	$c_7$
$a_3$	$b_4$	$c_6$
$a_1$	$b_2$	$c_3$
$a_4$	$b_6$	$c_6$
$a_2$	$b_2$	$c_3$
$a_1$	$b_2$	$c_1$

(a)

<i>S</i>		
<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
$b_1$	$c_2$	$d_1$
$b_2$	$c_1$	$d_1$
$b_2$	$c_3$	$d_2$

(b)

$R \div S$
<i>A</i>
$a_1$

(c)



# 分析

- ❖  $R(A, B, C), S(B, C, D)$
- ❖  $R \div S = \{t_r[X] \mid t_r \in R \wedge \pi_Y(S) \subseteq Y_x\}$ , 包含投影  $\pi_Y(S)$  的象集  $Y_x$
- ❖ 在关系  $R$  中,  $A$  可以取四个值  $\{a_1, a_2, a_3, a_4\}$ 
  - $a_1$  的象集为  $\{(b_1, c_2), (b_2, c_3), (b_2, c_1)\}$
  - $a_2$  的象集为  $\{(b_3, c_7), (b_2, c_3)\}$
  - $a_3$  的象集为  $\{(b_4, c_6)\}$
  - $a_4$  的象集为  $\{(b_6, c_6)\}$
- ❖  $S$  在  $(B, C)$  上的投影  $\pi_Y(S)$  为  $\{(b_1, c_2), (b_2, c_1), (b_2, c_3)\}$
- ❖ 只有  $a_1$  的象集包含了  $S$  在  $(B, C)$  属性组上的投影  
所以  $R \div S = \{a_1\}$

R		
A	B	C
a <sub>1</sub>	b <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>3</sub>	c <sub>7</sub>
a <sub>3</sub>	b <sub>4</sub>	c <sub>6</sub>
a <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>
a <sub>4</sub>	b <sub>6</sub>	c <sub>6</sub>
a <sub>2</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>
a <sub>1</sub>	b <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>

S		
B	C	D
b <sub>1</sub>	c <sub>2</sub>	d <sub>1</sub>
b <sub>2</sub>	c <sub>1</sub>	d <sub>1</sub>
b <sub>2</sub>	c <sub>3</sub>	d <sub>2</sub>

# 除(Cont.)

例：设关系R、S分别为下图的(a)和(b)， $R \div S$ 的结果为图(c)

<i>R</i>		
<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>
<i>a</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>1</sub>	<i>c</i> <sub>2</sub>
<i>a</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> <sub>3</sub>	<i>c</i> <sub>7</sub>
<i>a</i> <sub>3</sub>	<i>b</i> <sub>4</sub>	<i>c</i> <sub>6</sub>
<i>a</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>2</sub>	<i>c</i> <sub>3</sub>
<i>a</i> <sub>4</sub>	<i>b</i> <sub>6</sub>	<i>c</i> <sub>6</sub>
<i>a</i> <sub>2</sub>	<i>b</i> <sub>2</sub>	<i>c</i> <sub>3</sub>
<i>a</i> <sub>1</sub>	<i>b</i> <sub>2</sub>	<i>c</i> <sub>1</sub>

(a)

<i>S</i>		
<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>b</i> <sub>1</sub>	<i>c</i> <sub>2</sub>	<i>d</i> <sub>1</sub>
<i>b</i> <sub>2</sub>	<i>c</i> <sub>1</sub>	<i>d</i> <sub>1</sub>
<i>b</i> <sub>2</sub>	<i>c</i> <sub>3</sub>	<i>d</i> <sub>2</sub>

(b)

$R \div S$	
<i>A</i>	
<i>a</i> <sub>1</sub>	

(c)

# 应用举例--查询

例：查询至少选修1号课程和3号课程的学生号码

分析：这种问题一般考虑除法操作。即如果学号的象集包含所有这些课程，则该学号即为所求。

解答：首先建立一个临时关系  $K(cno) = \{(1), (3)\}$

然后求：  $\pi_{Sno, Cno}(SC) \div K$ 。

200215121象集 {1, 2, 3}

200215122象集 {2, 3}

于是：  $\pi_{Sno, Cno}(SC) \div K = \{200215121\}$

<u>K</u>
Cno
1
3

<u>SC</u>	
Sno	Cno
200215121	1
200215121	2
200215121	3
200215122	2
200215122	3

Student (Sno, Sname, Ssex, Sage, Sdept)

SC (Sno, Cno, Grade)    Course (Cno, Cname, Cpno, Ccredit)

## 应用举例—查询(Cont.)

例：查询选修了全部课程的学生号码。

$$\pi_{\text{Sno}, \text{Cno}}(\text{SC}) \div \pi_{\text{Cno}}(\text{Course})$$

例：查询选修了全部课程的学生号码和姓名。

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

**Student (Sno, Sname, Ssex, Sage, Sdept)**

**SC (Sno, Cno, Grade)    Course (Cno, Cname, Cpno, Ccredit)**

# 复习：关系数据库

## ◆ 关系模型概述

➤ 关系数据结构：二维表

➤ 数据完整性约束

➤ 关系操作

用关系代数表达查询

实体完整性  
参照完整性  
用户定义的完整性

### ❖ 传统的关系运算：

- ✓ 并 (**Union**)
- ✓ 交 (**Intersection**)
- ✓ 差 (**Difference**)
- ✓ 笛卡尔乘积 (**Cartesian Product**)

### ❖ 专门的关系运算：

- 选择 (**Select**)
- 投影 (**Project**)
- 连接 (**Join**)
- 除 (**Divide**)



# 作业

利用以下三个关系模式，完成如下关系代数表达式。

1查询信息系学生的选课情况，列出学号、姓名、课程号、成绩。

2查询VB课程的考试情况，列出学生姓名、所在系、成绩。

3查询考试成绩高于90分的学生姓名、课程号、成绩。

4查询至少选修了20180001学生所选的全部课程的学生姓名和所在系



**Student (Sno, Sname, Ssex, Sage, Sdept)**

**SC (Sno, Cno, Grade)**      **Course (Cno, Cname, Semester, Ccredit)**