



数据模型的三要素

关系模型的三要素

数据结构(静态特性) 

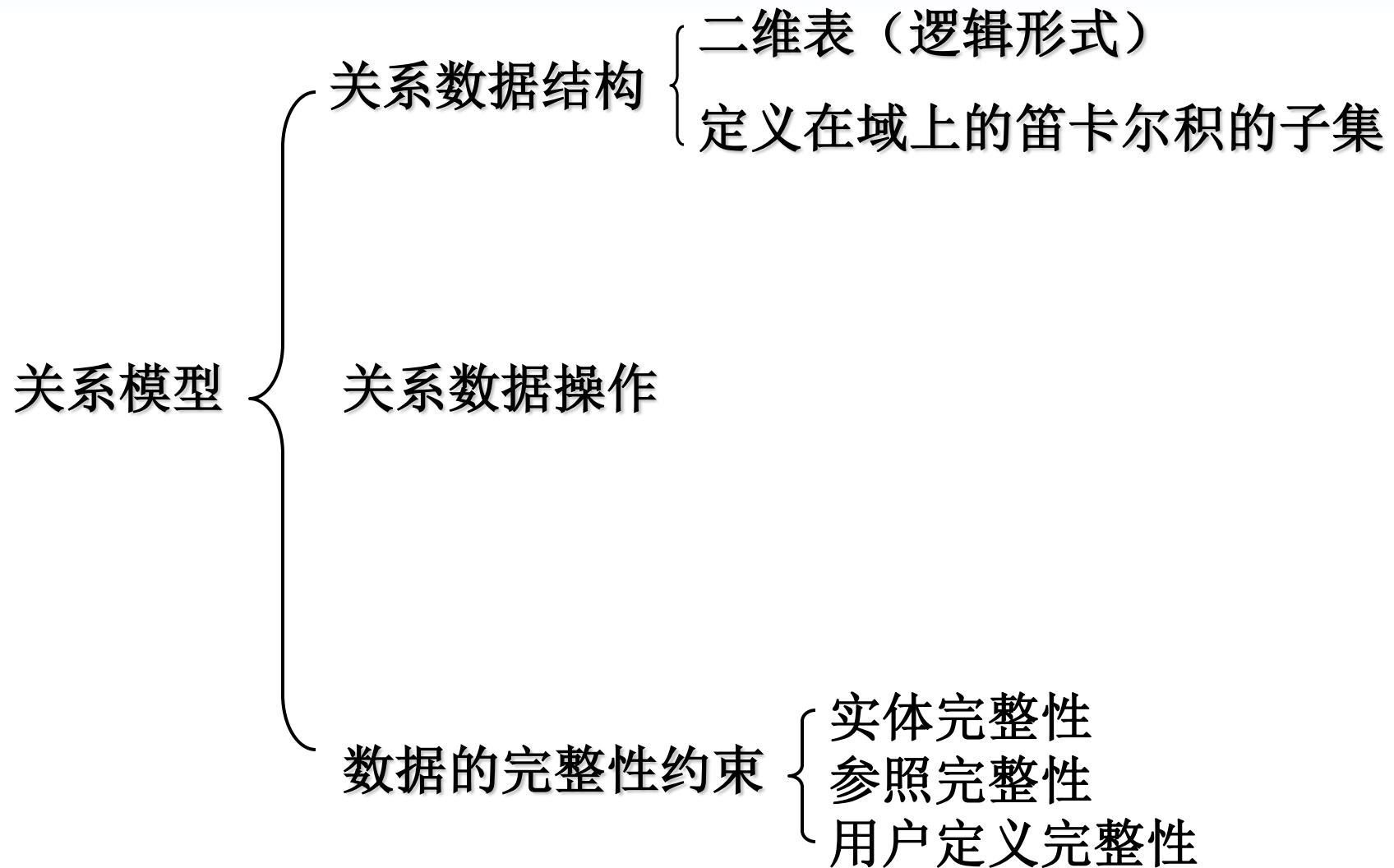
关系**数据结构**

数据操作(动态特性) 

关系**操作集合**

数据的约束条件 

关系**完整性约束**



第二章 关系数据库

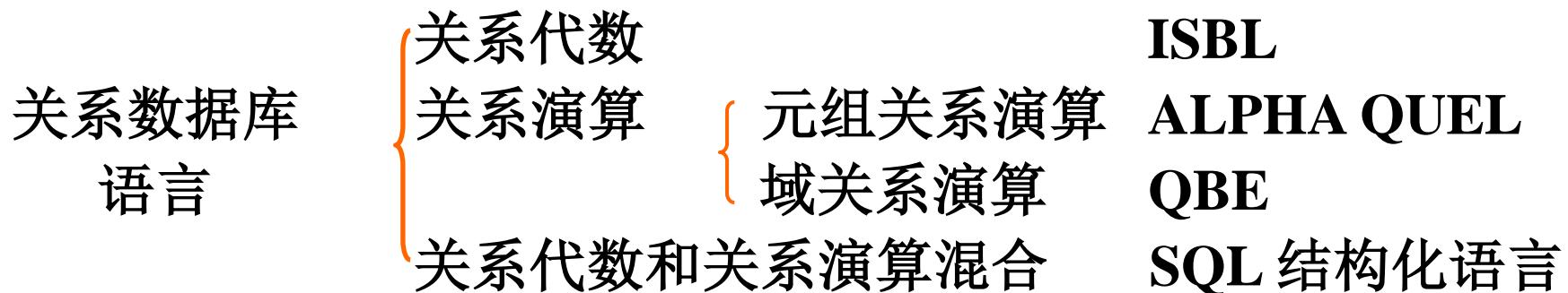
第一节 关系数据结构

第二节 关系的完整性

第三节 关系操作

第四节 关系代数

- 常用的关系操作
 - 数据查询/数据更新
 - 关系代数运算
 - 选择、投影、连接、除、
 - 并、交、差
- **关系数据库操作语言**



第二章 关系数据库

第一节 关系数据结构

第二节 关系的完整性

第三节 关系操作

第四节 关系代数

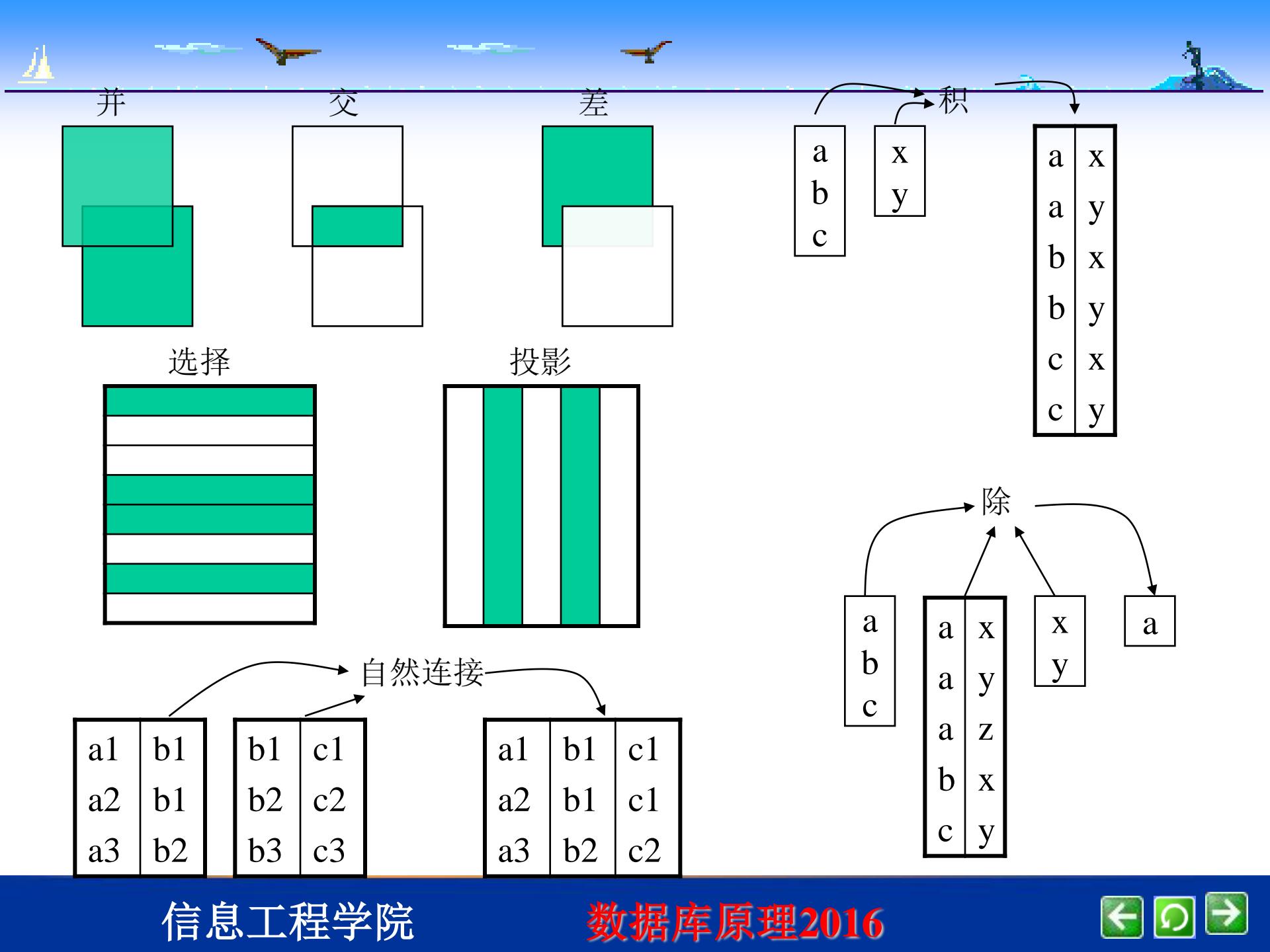
第四节 关系代数

一、关系代数的概述

- 关系代数一种抽象的查询语言，用对关系运算来表达查询的。
- 运算对象 关系
- 运算结果 关系
- 运算符



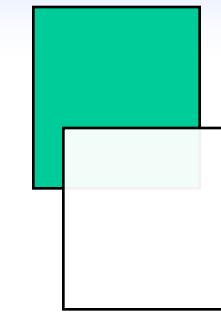
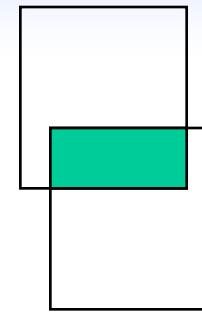
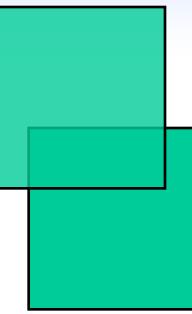
- 运算符主要包括四类：
 - 集合运算符： \cup （并）， $-$ （差）， \cap （交）
 \times （广义笛卡尔积）
 - 专门的关系运算符： σ （选择）， π （投影）
 \bowtie （连接）， \div （除）
 - 算术比较运算符： $>$ （大于）， \geq （大于等于）
 $<$ （小于）， \leq （小于等于）
 $=$ （等于）， \neq （不等于）
 - 逻辑运算符： \wedge （与）， \vee （或）， \neg （非）



a1	b1
a2	b1
a3	b2

b1	c1
b2	c2
b3	c3

a1	b1	c1
a2	b1	
a3	b2	c2



a
b
c

x
y

a	x
a	y
b	x
b	y
c	x
c	y

选择

投影

并

交

差

积



二、传统的集合运算

交 \cap 、差 $-$ 、并 \cup 、笛卡儿积 \times

- 元组——集合中的元素，水平
- 二目运算：两个关系的运算
- 相容：两个关系有相同的目或度，也就是有相同的属性个数，并且对应的属性取自相同的域。

并操作 RUS

运动队R

姓名	系	性别
王捷	数学	男
张焱	物理	男
陈艺	外语	女

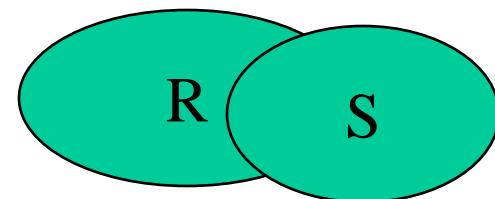
书法社S

姓名	系	性别
赵明	中文	男
陈艺	外语	女
孙森茂	教育	男
王捷	数学	男

参加了运动队或参加了书法社的学生？

姓名	系	性别
王捷	数学	男
张焱	物理	男
陈艺	外语	女
赵明	中文	男
孙森茂	教育	男

R ∪ S



- 关系R和关系S的并由属于R或属于S的元组组成
- $R \cup S = \{t | t \in R \vee t \in S\}$
- 对于关系表，元组的插入和添加可通过并运算实现

差操作 R-S

运动队R

姓名	系	性别
王捷	数学	男
张焱	物理	男
陈艺	外语	女

书法社S

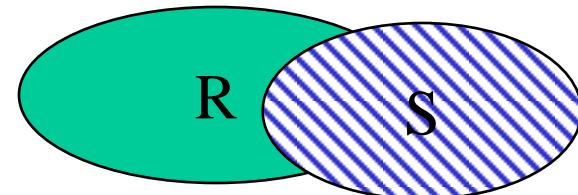
姓名	系	性别
赵明	中文	男
陈艺	外语	女
孙森茂	教育	男
王捷	数学	男

参加了运动队而没有参加书法社的学生？



姓名	系	性别
张焱	物理	男

R-S



- 关系R与关系S的差由**属于R而不属于S的所有元组组成**
- $R-S=\{t|t\in R \wedge t\notin S\}$
- 通过差运算，可实现关系表中元组的删除。

交操作 $R \cap S$

运动队R

姓名	系	性别
王捷	数学	男
张焱	物理	男
陈艺	外语	女

书法社S

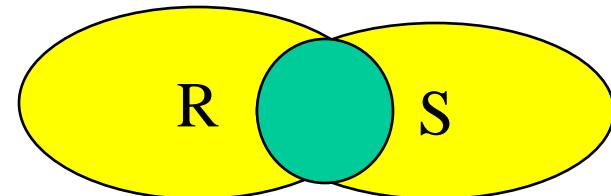
姓名	系	性别
赵明	中文	男
陈艺	外语	女
孙森茂	教育	男
王捷	数学	男

既参加了运动队同时又参加了书法社的学生？



姓名	系	性别
王捷	数学	男
陈艺	外语	女

$R \cap S$



- 关系R与关系S的交由既属于R又属于S的元组组成
- $R \cap S = \{t | t \in R \wedge t \in S\}$
- 交运算可以用差运算来表示:

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



回顾：笛卡尔积(Cartesian Product)

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

- 所有域的所有取值的集合。
- 例如：表示教师关系中姓名、性别两个域的笛卡尔积为：
 - $D_1 = \{\text{李力, 王平, 刘伟}\}$
 - $D_2 = \{\text{男, 女}\}$
 - $D_1 \times D_2 = \{(\text{李力, 男}), (\text{李力, 女}), (\text{王平, 男}), (\text{王平, 女}), (\text{刘伟, 男}), (\text{刘伟, 女})\}$

RXS的笛卡儿积

运动队R

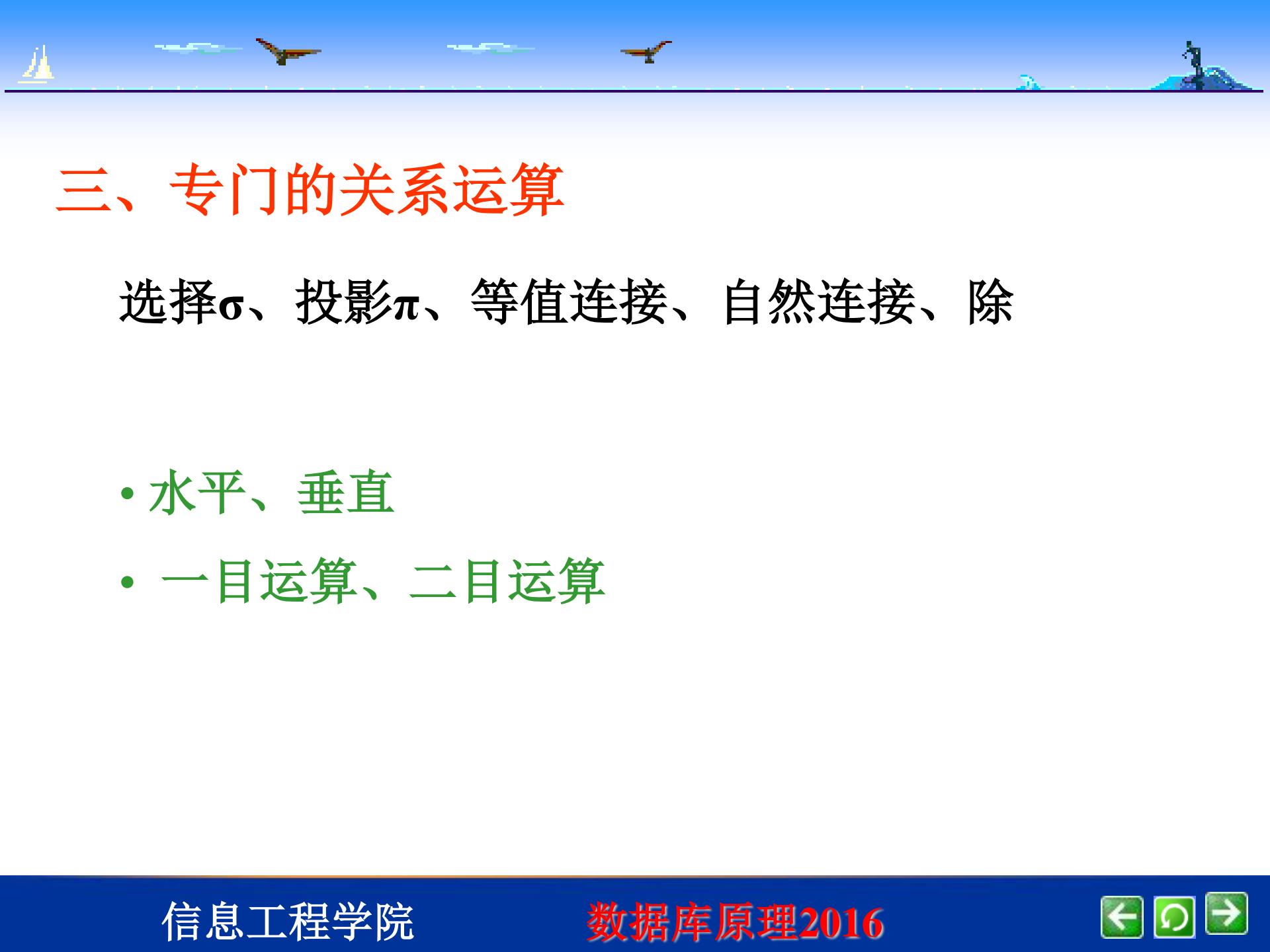
姓名	系	性别
王捷	数学	男
张焱	物理	男
陈艺	外语	女

书法社S

姓名	系	性别
赵明	中文	男
陈艺	外语	女
孙森茂	教育	男
王捷	数学	男

RXS的笛卡儿积是12个元组的表

姓名	系	性别	姓名	系	性别
王捷	数学	男	赵明	中文	男
王捷	数学	男	陈艺	外语	女
王捷	数学	男	孙森茂	教育	男
王捷	数学	男	王捷	数学	男
张焱	物理	男	赵明	中文	男
张焱	物理	男	陈艺	外语	女
张焱	物理	男	孙森茂	教育	男
张焱	物理	男	王捷	数学	男



三、专门的关系运算

选择 σ 、投影 π 、等值连接、自然连接、除

- 水平、垂直
- 一目运算、二目运算



选择运算

$$\sigma_F(R) = \{t | t \in R \wedge F(t) \text{ 为真}\}$$

姓名	性别	系 (DEPT)
赵铭	男	中文
李凤宇	女	外语
王磐石	男	外语
宋盛	女	中文
马俊	男	数学
陈艺	女	外语
孙森茂	男	教育
王捷	男	数学

学生表 R

外语系学生表

姓名	系	性别
李凤宇	外语	女
王磐石	外语	男
陈艺	外语	女

$$\sigma_{DEPT='外语'}(R)$$

例1 $\sigma_{Sdept='IS'}(Student)$

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	所在系 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

例1 $\sigma_{Sdept='IS'}(Student)$

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	所在系 Sdept
95002	刘晨	女	19	IS
95004	张立	男	19	IS

例2 $\sigma_{Sage < 20} (Student)$

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	所在系 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

例2 $\sigma_{Sage < 20} (Student)$

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	所在系 Sdept
95002	刘晨	女	19	IS
95003	王敏	女	18	MA
95004	张立	男	19	IS



教师表 T

TNO 教师号	TN 姓名	SEX 性别	AGE 年龄	PROF 职称	SAL 工资	COMM 岗位津贴	DEPT 系别
T1	李力	男	47	教授	1500	3000	计算机
T2	王平	女	28	讲师	800	1200	信息
T3	刘伟	男	30	讲师	900	1200	计算机
T4	张雪	女	51	教授	1600	3000	自动化
T5	张兰	女	39	副教授	1300	2000	信息

查询基本工资高于1000元的男教师的信息。

— $\sigma_{(SAL>1000) \wedge (SEX='男')} (T)$



投影运算 ↓ $\pi_A(R) = \{t[A] | t \in R\}$

姓名	系	性别
赵铭	中文	男
李凤宇	外语	女
王磐石	外语	男
宋盛	中文	女
马骏	数学	男
陈艺	外语	女
孙森茂	教育	男
王捷	数学	男

学生表 S

姓名	性别
赵铭	男
李凤宇	女
王磐石	男
宋盛	女
马骏	男
陈艺	女
孙森茂	男
王捷	男

$\pi_{\text{姓名}, \text{性别}}(S)$

或 $\pi_{1,3}(S)$

系
中文
外语
数学
教育

$\pi_{\text{系}}(S)$

例3 $\pi_{Sname, Sdept}(Student)$

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	所在系 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

例3 $\pi_{Sname, Sdept}(Student)$

姓名 Sname	所在系 Sdept
李勇	CS
刘晨	IS
王敏	MA
张立	IS

例4 $\pi_{Sdept}(Student)$

学号 Sno	姓名 Sname	性别 Ssex	年龄 Sage	所在系 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

例4 $\pi_{Sdept}(Student)$

所在系 Sdept
CS
IS
MA
IS

删除重复的元组后 →

所在系 Sdept
CS
IS
MA

教师表 T

TNO 教师号	TN 姓名	SEX 性别	AGE 年龄	PROF 职称	SAL 工资	COMM 岗位津贴	DEPT 系别
T1	李力	男	47	教授	1500	3000	计算机
T2	王平	女	28	讲师	800	1200	信息
T3	刘伟	男	30	讲师	900	1200	计算机
T4	张雪	女	51	教授	1600	3000	自动化
T5	张兰	女	39	副教授	1300	2000	信息

查询教师的教师编号、姓名及其职称

$\pi_{TNO, TN, PROF}(T)$ 或 $\pi_{1, 2, 5}(T)$

(其中1, 2, 5分别为TNO、 TN和PROF的属性序号)

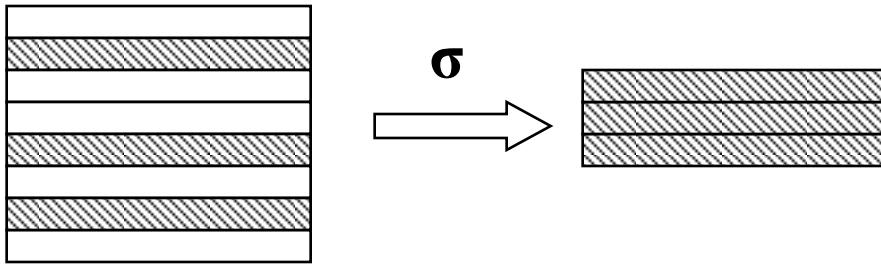


【小结】

选择操作

行的角度进行运算

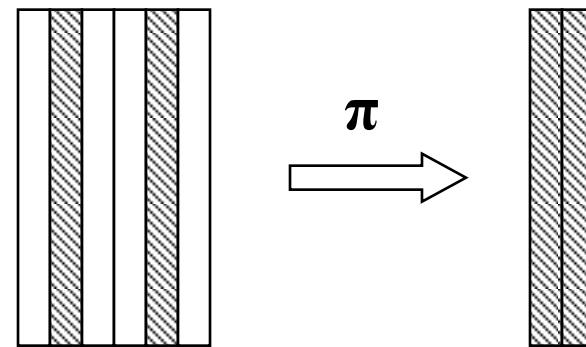
水平



投影操作

列的角度进行运算

垂直



在关系R中选择满足给定条件的诸元组

从R中选择出若干属性列组成新的关系

教师授课表TC

TNO	CNO
T1	C2
T1	C3
T2	C2
T2	C1

查询讲授C2课程的教师号

$$\pi_{TNO}(\sigma_{CNO='C2'}(TC))$$


教师授课表



TNO	CNO
T1	C2
T1	C3
T2	C2
T2	C1

选择

讲授C2课程的教师

TNO	CNO
T1	C2
T2	C2

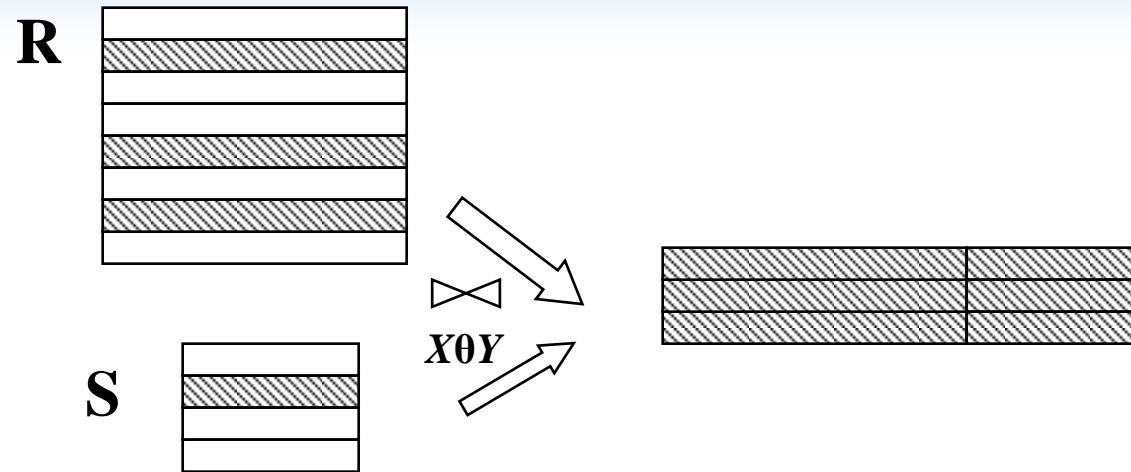
投影

$$\pi_{TNO}(\sigma_{CNO='C2}(TC))$$

TNO
T1
T2



连接运算



θ 连接: $R \bowtie S = \{t_r \cap t_s | t_r \in R \wedge t_s \in S \wedge t_r[X] \theta t_s[Y] \text{ 为真}\}$

$X\theta Y$ 为连接条件, 为“=”时, 称为等值连接

等值连接

学生表R

姓名	系	性别
王捷	数学	男
张焱	物理	男
陈艺	外语	女

学生选课表S

姓名	课程名
王捷	高等数学
王捷	立体几何
王捷	模糊数学
张焱	普通物理
陈艺	听力

两个关系的笛卡儿积中选取两个属性值相等的那些元组组成新关系。

$R \bowtie S$

R.姓名=S.姓名

姓名	系	性别	姓名	课程名
王捷	数学	男	王捷	高等数学
王捷	数学	男	王捷	立体几何
王捷	数学	男	王捷	模糊数学
张焱	物理	男	张焱	普通物理
陈艺	外语	女	陈艺	听力

自然连接



学生表R

姓名	系	性别
王捷	数学	男
张焱	物理	男
陈艺	外语	女

学生选课表S

姓名	课程名
王捷	高等数学
王捷	立体几何
王捷	模糊数学
张焱	普通物理
陈艺	听力

两个关系等值连接后去掉重复的属性列组成的新关系。

$R \bowtie S$

姓名	系	性别	课程名
王捷	数学	男	高等数学
王捷	数学	男	立体几何
王捷	数学	男	模糊数学
张焱	物理	男	普通物理
陈艺	外语	女	听力



自然连接 $R \bowtie S$

具有相同属性组的两个关系的笛卡儿积中去掉重复的属性列组成的新关系。分三个步骤：

1. 计算 RXS
2. 选择满足条件 $r[Ai]=s[Bj]$ 的所有元组， 等值连接
3. 去掉重复的属性列

自然连接是一种特殊的等值连接。

等值连接

R

S

$R \bowtie_{R.B=S.B} S$

	A	B	C
a1	b1	5	
a1	b2	6	
a2	b3	8	
a2	b4	12	

	B	E
	b1	3
	b2	7
	b3	10
	b3	2
	b5	2

A	R.B	C	S.B	E
a1	b1	5	b1	3
a1	b2	6	b2	7
a2	b3	8	b3	10
a2	b3	8	b3	2

自然连接

$R \bowtie_{R.B=S.B} S$

A	R.B	C	S.B	E
a1	b1	5	b1	3
a1	b2	6	b2	7
a2	b3	8	b3	10
a2	b3	8	b3	2

$R \bowtie S$

A	R.B	C	E
a1	b1	5	3
a1	b2	6	7
a2	b3	8	10
a2	b3	8	2



例5 连接

R

A	B	C
a1	b1	5
a1	b2	6
a2	b3	8
a2	b4	12

S

B	E
b1	3
b2	7
b3	10
b3	2
b5	2

$R \bowtie_{C < E} S$

A	R.B	C	S.B	E
a1	b1	5	b2	7
a1	b1	5	b3	10
a1	b2	6	b2	7
a1	b2	6	b3	10
a2	b3	8	b3	10
a2	b3	8	b3	10



除法运算(Division)

- $R(X, Y) \div S(Y, Z) = P(X)$
- 二目运算，两个Y出自相同的域
- P是R中满足下列条件的元组在X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
 - $R \div S = \{t_r[X] | t_r \in R \wedge \pi_y(S) \subseteq Y_x\}$



除法运算步骤

- 1) 将被除关系的属性分为象集属性和结果属性：与除关系相同的属性属于**象集属性**，不相同的属性属于**结果属性**
- 2) 在除关系中，对与被除关系相同的属性（象集属性）进行投影，得到**除目标数据集**。
- 3) 将被除关系分组，原则是，结果属性值一样的元组分为一组。
- 4) 逐一考察每个组，如果它的象集属性值中包括除目标数据集，则对应的结果属性值应属于该除法运算结果集。

结果属性 象集属性

学号X	课程号Y
97001	C1
97001	C2
97001	C3
97002	C1
97002	C3
97003	C1
97003	C2
97004	C1
97004	C2
97004	C3

象集属性

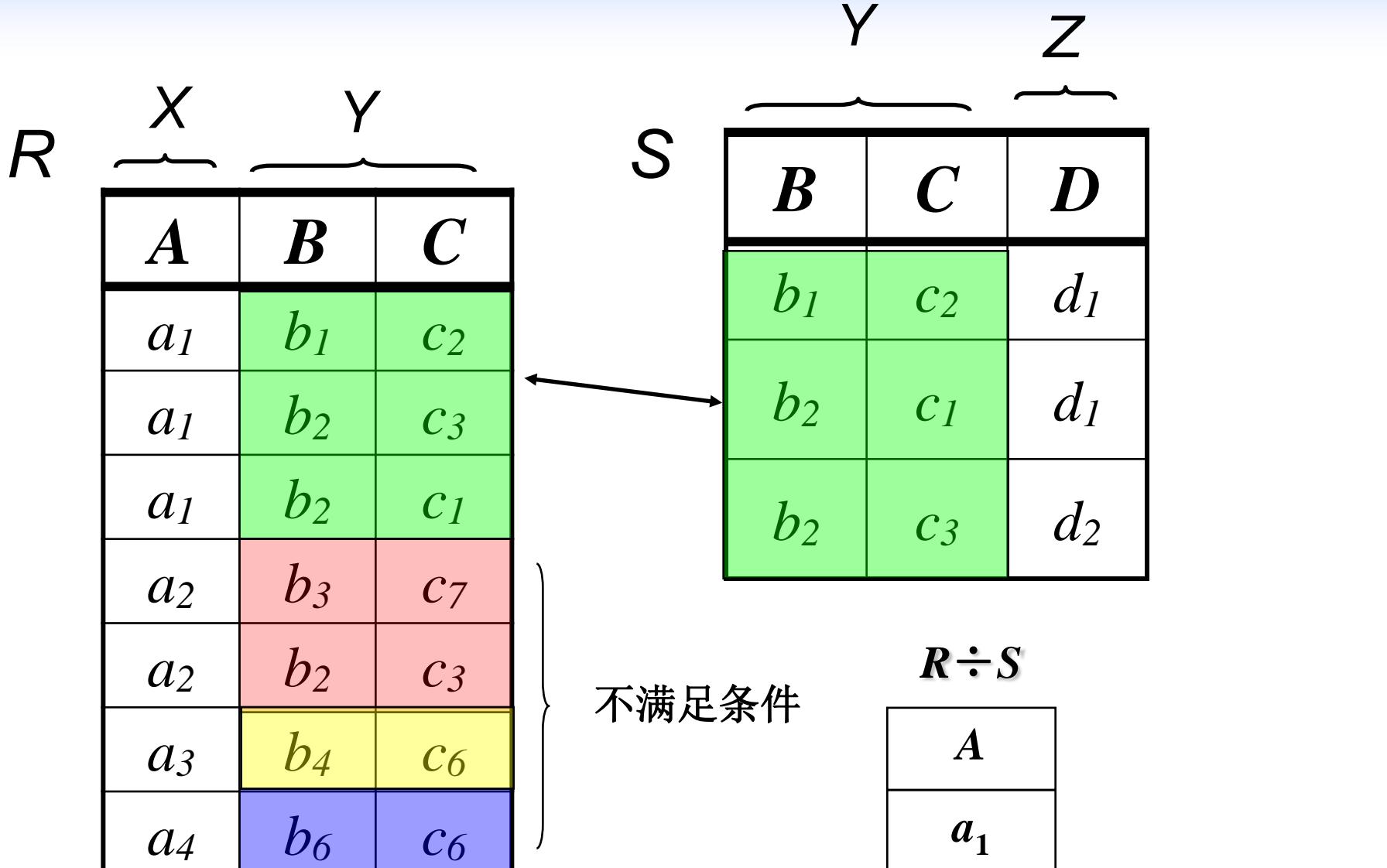
CNO(Y)	Cname(Z)
C1	DB
C2	OS
C3	DS

R

S

象集属性：课程号Y
除目标数据集：C1
(S在Y上投影) C2
C3

结果集：{97001,97004}



除法运算的应用1

R

Sno	Sname	Cno	Cname
S1	LI	C1	DB
S1	LI	C2	OS
S1	LI	C3	DS
S1	LI	C4	MIS
S2	WANG	C1	DB
S2	WANG	C2	OS
S3	LIU	C2	OS
S4	CHEN	C2	OS
S4	CHEN	C4	MIS

S1

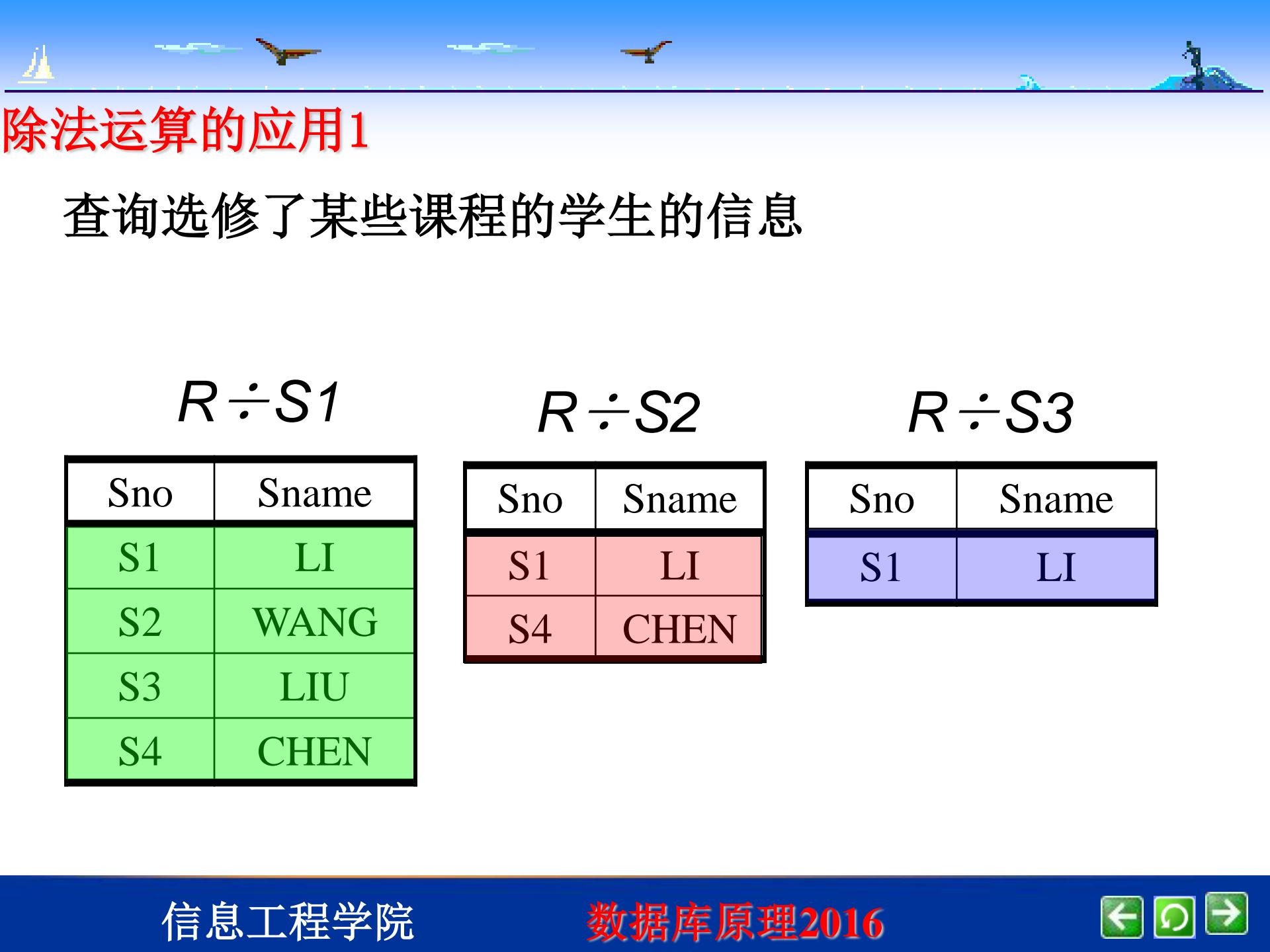
Cno	Cname
C2	OS

S2

Cno	Cname
C2	OS
C4	MIS

S3

Cno	Cname
C1	DB
C2	OS
C4	MIS



除法运算的应用1

查询选修了某些课程的学生的信息

$R \div S1$

Sno	Sname
S1	LI
S2	WANG
S3	LIU
S4	CHEN

$R \div S2$

Sno	Sname
S1	LI
S4	CHEN

$R \div S3$

Sno	Sname
S1	LI

查询选修了全部课程的同学学号

R

Sno	Cno
1001	C1
1001	C2
1001	C3
1002	C1
1002	C3
1003	C1
1004	C2

S

Cno	Cname
C1	数据库
C2	高数
C3	C语言

R ÷ S

Sno
1001

1001:{ C1,C2,C3 }

1002:{ C1,C3 }

1003:{ C1 }

1004:{ C2 }

$\pi_{Cno}(S) : \{ C1, C2, C3 \}$

除法含有“**for all**”的语义

例 1 查询选修了全部课程的学生的学号

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

例 2 查询选修了全部课程的学生的学号和姓名

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

$\pi_{Sno,Cno}(SC)$

Sno	Cno
95001	1
95001	2
95001	3
95002	2
95003	3

 $\pi_{Cno}(C)$

Cno
1
2
3
4
5
6
7

 $\pi_{Sno,Sname}(Student)$

学号	姓名
Sno	Sname
95001	李勇
95002	刘晨
95003	王敏
95004	张立

习题1：关系R,S和T如图所示，计算

$$R1 = R \cup S$$

$$R2 = R - S$$

$$R3 = R \times T$$

R

A	B
a	d
b	e
c	c

S

A	B
d	a
b	e
d	c

T

B	C
b	b
c	c
b	d



R1

A	B
a	d
b	e
c	c
d	a
b	e
d	c

R2

A	B
a	d
c	c

R3

A	B	B	C
a	d	b	b
a	d	c	c
a	d	b	d
b	e	b	b
b	e	c	c
b	e	b	d
c	c	b	b
c	c	c	c
c	c	b	d



习题2: 关系R,W和D如图所示, 计算

$$\mathbf{R1} = \Pi_{Y,T}(R)$$

$$\mathbf{R2} = \sigma_{P>5 \wedge T=e}(R)$$

$$\mathbf{R3} = R \bowtie W$$

$$\mathbf{R4} = R \div D$$



R

P	Q	T	Y
2	b	c	d
9	a	e	f
2	b	e	f
9	a	d	e
7	g	e	f
7	g	c	d

W

T	Y	B
c	d	m
c	d	n
d	f	n

D

T	Y
c	d
e	f



R1

Y	T
d	c
f	e
e	d

R2

P	Q	T	Y
9	a	e	f
7	g	e	f

R4

P	Q
2	b
7	g



习题3

Student (学号, 姓名, 系, 年龄, 性别, 籍贯)

Course (课程号, 课程名, 先修课程, 学分)

SC(学号, 课程号, 成绩)

Student (学号, 姓名, 系, 年龄, 性别, 籍贯)
Course (课程号, 课程名, 先修课程, 学分)
SC(学号, 课程号, 成绩)

1 求年龄在22岁以下的女学生。

$\sigma_{\text{性别}='女'} \wedge \text{年龄} < 22$ (Student)

2 求学生胡伟的籍贯。

$\pi_{\text{籍贯}}(\sigma_{\text{姓名}='胡伟'}(\text{Student}))$

3 求成绩在90分以上的学生的学号。

$\pi_{\text{学号}}(\sigma_{\text{成绩} >= 90}(\text{SC}))$

4 查询选修了C3课程的学生学号和姓名。

$\pi_{\text{学号, 姓名}}(\sigma_{\text{课程号}=C3}((\text{Student}) \bowtie (\text{SC})))$



5 查询选修了全部课程的学生的学号和姓名

[回顾]查询选修了全部课程的学生的学号

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



Course

Cno	Cname	credit
1	数据库	4
2	C语言	4
3	操作系统	4

SC

Sno	Cno	Grade
95001	1	92
95001	2	85
95001	3	88
95002	1	78
95002	2	90
95003	3	80

Sno	Sname
95001	李勇
95002	刘晨
95003	王敏
95004	张立

