# 第5章 数据抽象、设计与挖掘

## 5.1 数据与大数据

# 主要内容

1.数据库与数据库管理系统的概念

2.关系数据库概念:关系的定义

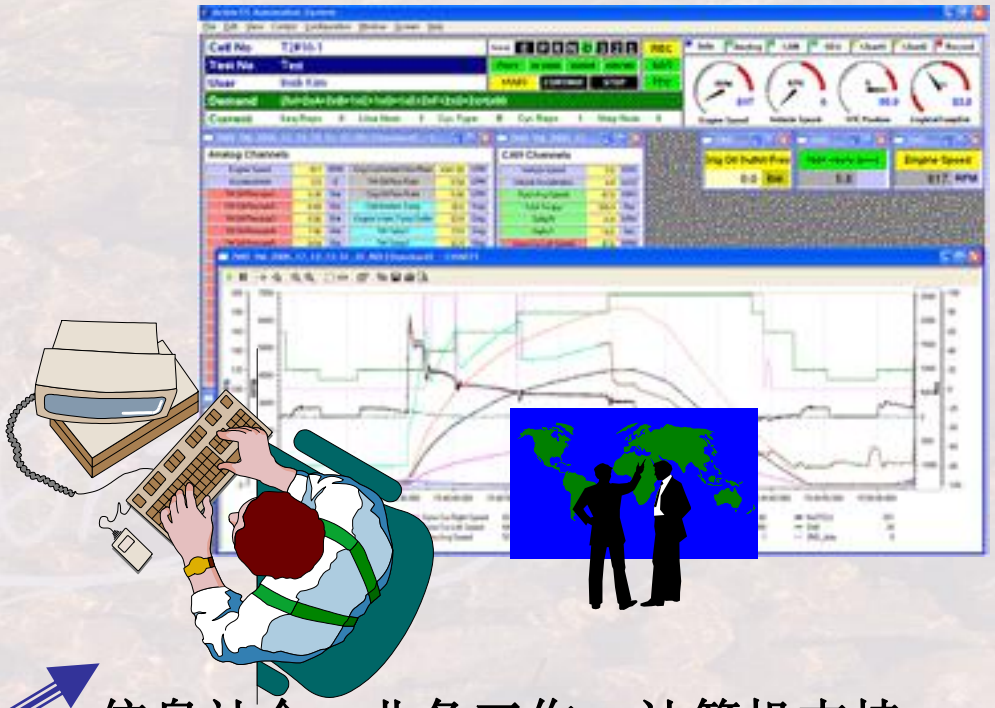
3.关系运算:

并、差、交、

选择、投影、广义笛卡尔积、连接

# 数据

## (1)数据已渗透到每个行业和业务领域



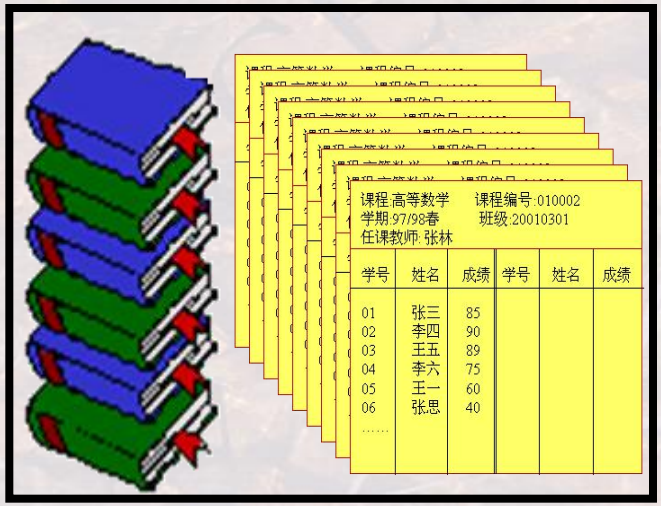
信息社会：业务工作 + 计算机支持

传统社会：业务工作

- 网络/Internet
- 数据库

**Everything Over DB**

## 数据与数据库




**数据**

形成“**库**”，实现“**积累**”

应用“**库**”，实现积累的效益

“**库**”的管理与控制

- **纸面数据 vs. 电子数据**
- **单一数据文件 vs. 数据库**
- **数据产生的分散化 vs. 数据应用的共享化**
- **小规模数据 vs. 大规模数据**

# 数据
## (3)各种资源聚集成“库”

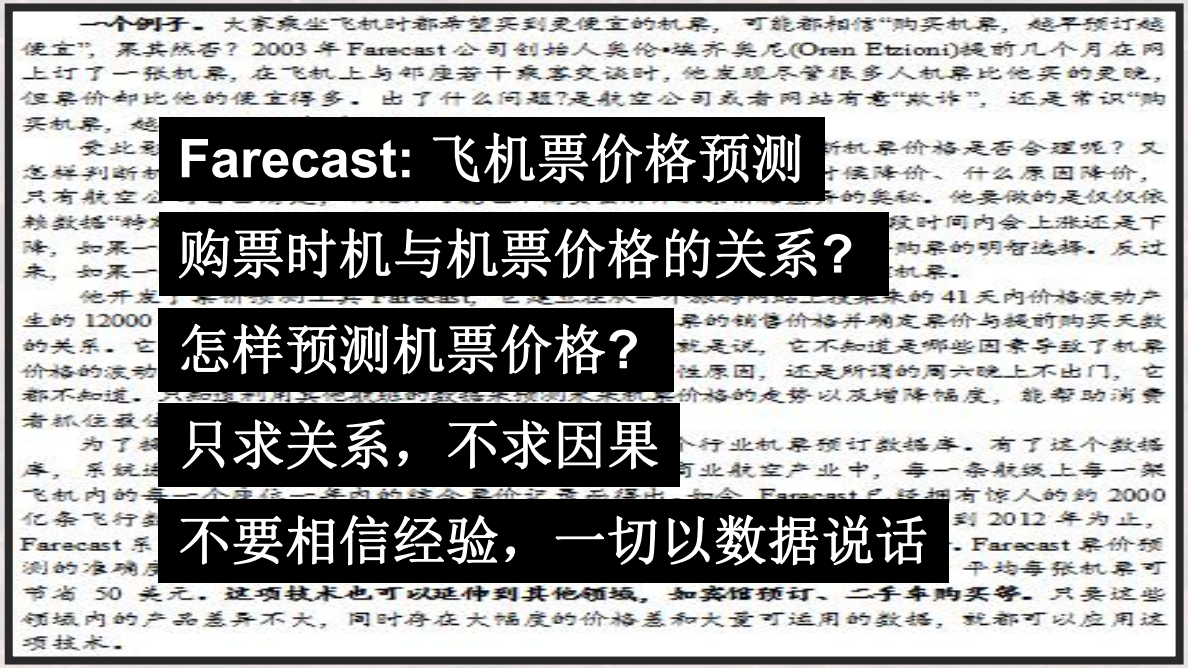
各种“资源”库

- 图像数据库、音乐数据库与多媒体数据库
- 工程数据库
- 地理信息数据库
- 文献数据库
- Web数据库。又称为Internet数据库
- 数据仓库

- 车辆数据库
- 产品数据库
- 机床数据库
- 信用数据库
- 烟酒数据库
- … …

# 大数据价值发现

2008年全球产生的数据量为0.49ZB($2^{50}$MB)
2009年的数据量为0.8ZB
2010年增长为1.2ZB
2011年的数量更是高达1.82ZB
2012年为止，人类所有印刷材料的数据量是200PB
预计到2020年，全世界的数据规模将达今天的44倍。



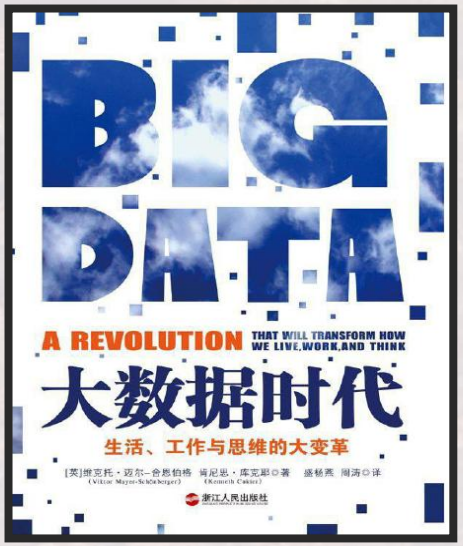
**Farecast: 飞机票价格预测**

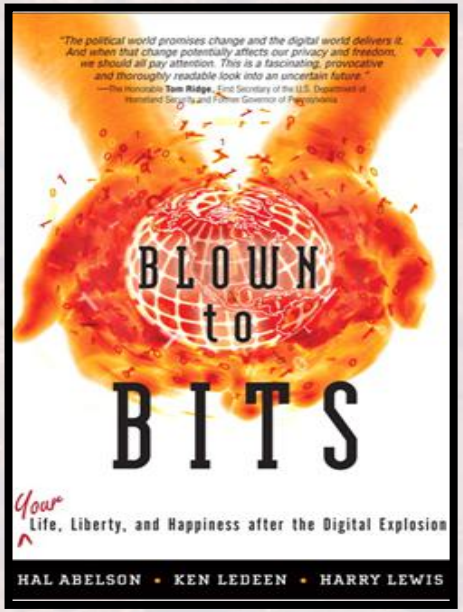
**购票时机与机票价格的关系?**

**怎样预测机票价格?**

**只求关系，不求因果**

**不要相信经验，一切以数据说话**



大数据价值发现

■华尔街金融家利用电脑程序分析全球3.4亿微博账户的留言，根据民众情绪抛售股票；

■银行根据求职网站的岗位数量，推断就业率；

■投资机构搜集并分析上市企业声明，从中寻找破产的蛛丝马迹；

■美国总统奥巴马的竞选团队依据选民的微博，实时分析选民对总统竞选人的喜好，基于数据对竞选议题的把握，成功赢得总统大选。

■中国网民发动的“人肉搜索”，已成功地使若干“表哥”“表叔”“房叔”“房妹”等腐败官员落入法网。

■……

数据聚集的核心手段：

数据管理与数据库

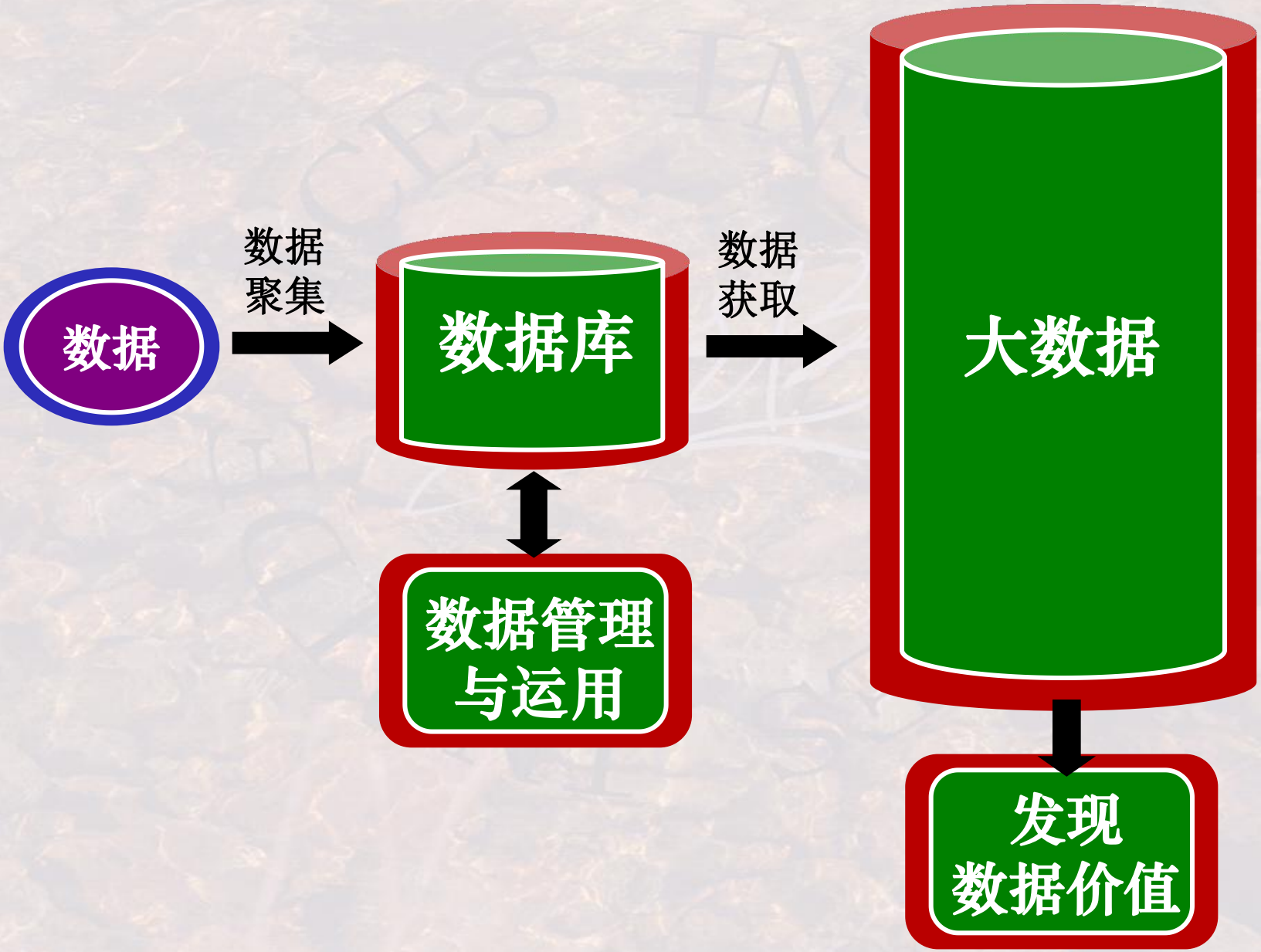
数据分析与利用的核心手段：

数据仓库与数据挖掘

数据聚集、数据管理、数据分析、数据挖掘的关键是：

数据抽象和数据设计

# 小结



# 5.2 数据管理与数据库：数据聚集的核心

## 5.2.1 数据聚集成库-数据库与数据库管理

# 什么是数据库与数据库系统
## (1)数据库

数据库：相互有关联关系的数据的集合

- 一个表聚集了具有相同结构类型的若干个对象
- 一行数据反映了某一对象的相关内容
- 一列数据具有相同的数据类型
- 表与表间也存在着相互关联


学生登记表

| 学号 | 姓名 | 性别 | 出生年月 | 入学日期 | 家庭住址 |
|---|---|---|---|---|---|
| 98110101 | 张三 | 男 | 1980.10 | 1998.09 | 黑龙江省哈尔滨市 |
| 98110102 | 张四 | 女 | 1980.04 | 1998.09 | 吉林省长春市 |
| 98110103 | 张五 | 男 | 1981.02 | 1998.09 | 黑龙江省齐齐哈尔市 |
| 98110201 | 王三 | 男 | 1980.06 | 1998.09 | 辽宁省沈阳市 |
| 98110202 | 王四 | 男 | 1979.01 | 1998.09 | 山东省青岛市 |
| 98110203 | 王武 | 女 | 1981.06 | 1998.09 | 河南省郑州市 |

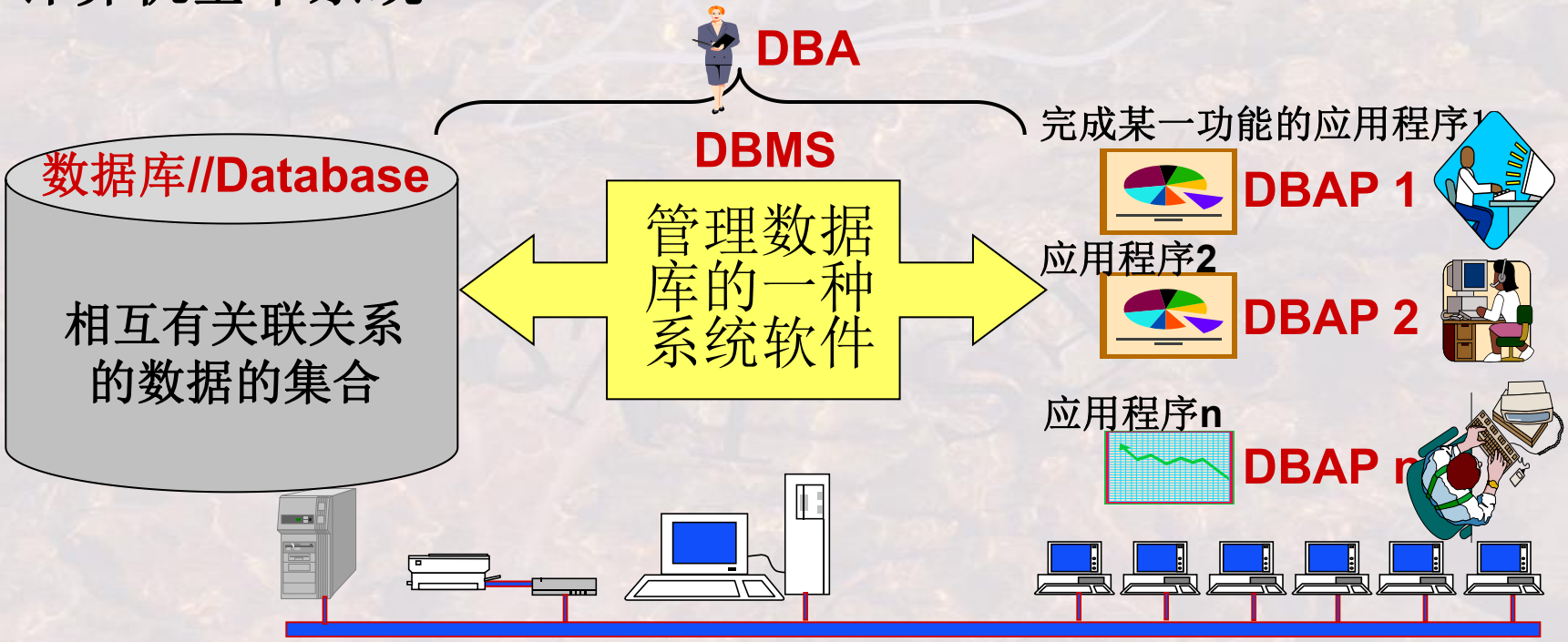
学生成绩单

| 班级 | 课程 | 教师 | 学期 | 学号 | 姓名 | 成绩 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 981101 | 数据库 | 李四 | 98秋 | 98110101 | 张三 | 100 |
| 981101 | 数据库 | 李四 | 98秋 | 98110102 | 张四 | 90 |
| 981101 | 数据库 | 李四 | 98秋 | 98110103 | 张五 | 80 |
| 981101 | 计算机 | 李五 | 98秋 | 98110101 | 张三 | 89 |
| 981101 | 计算机 | 李五 | 98秋 | 98110102 | 张四 | 98 |
| 981101 | 计算机 | 李五 | 98秋 | 98110103 | 张五 | 72 |
| 981102 | 数据库 | 李四 | 99秋 | 98110201 | 王三 | 30 |
| 981102 | 数据库 | 李四 | 99秋 | 98110202 | 王四 | 90 |
| 981102 | 数据库 | 李四 | 99秋 | 98110203 | 王武 | 78 |

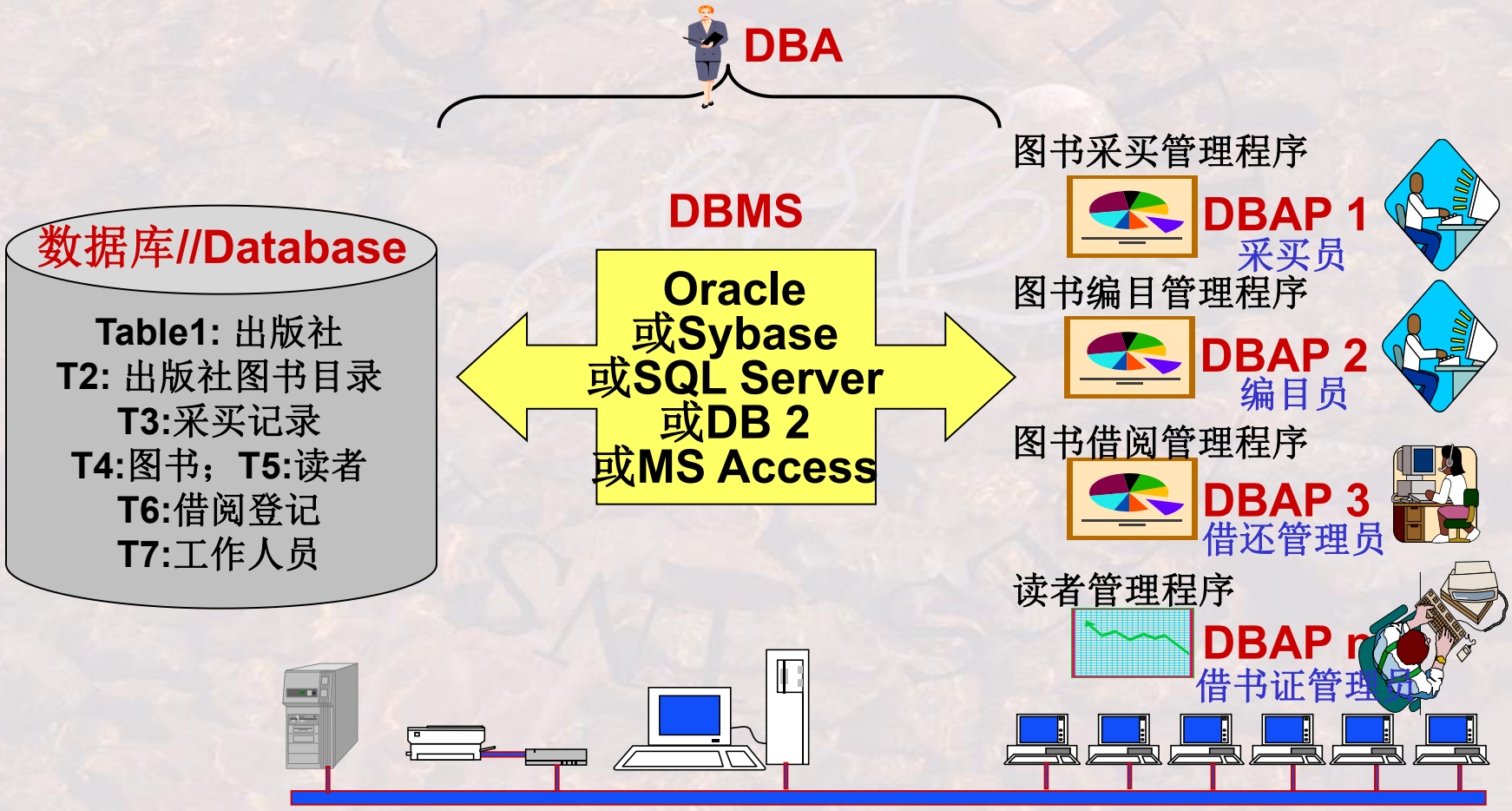
# 什么是数据库与数据库系统
## (2)数据库系统的几个构成部分

数据库系统(工作环境)

- 数据库(DB): Database
- 数据库管理系统(DBMS): Database Management System
- 数据库应用(DBAP): DataBase Application
- 数据库管理员(DBA): DataBase Administrator
- 计算机基本系统



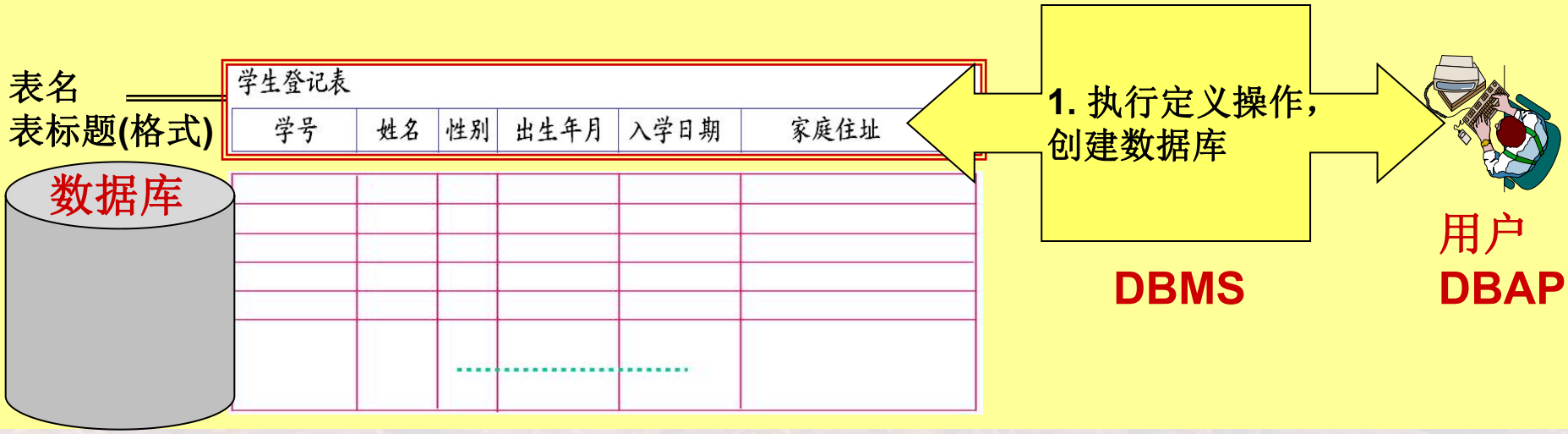
# 数据库系统(工作环境)示例：图书管理数据库系统



# 什么是数据库与数据库系统
## (3)数据库管理系统的基本功能

数据库定义: 定义数据库中数据表的名称、标题(内含的属性名称及对该属性的值的要求)等。

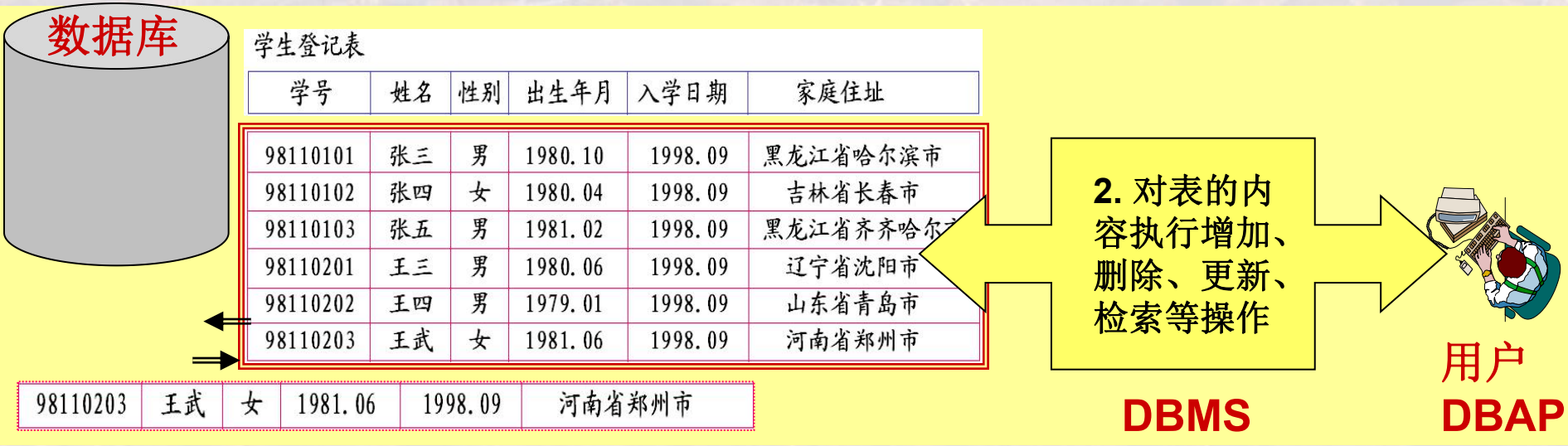
- DBMS提供一套数据定义语言(DDL:Data Definition Language)给用户
- 用户使用DDL描述其所要建立表的格式
- DBMS依照用户的定义，创建数据库及其中的Table



# 什么是数据库与数据库系统
## (3)数据库管理系统的基本功能

数据库操纵: 向数据库的Table中增加/删除/更新数据及对数据进行查询、检索、统计等

- DBMS提供一套数据操纵语言(DML:Data Manipulation Language)给用户
- 用户使用DML描述其所要进行的增、删、改、查等操作
- DBMS依照用户的操作描述，实际执行这些操作



# 什么是数据库与数据库系统
## (3)数据库管理系统的基本功能

数据库控制: 控制数据库中数据的使用---哪些用户可以使用，哪些不可以

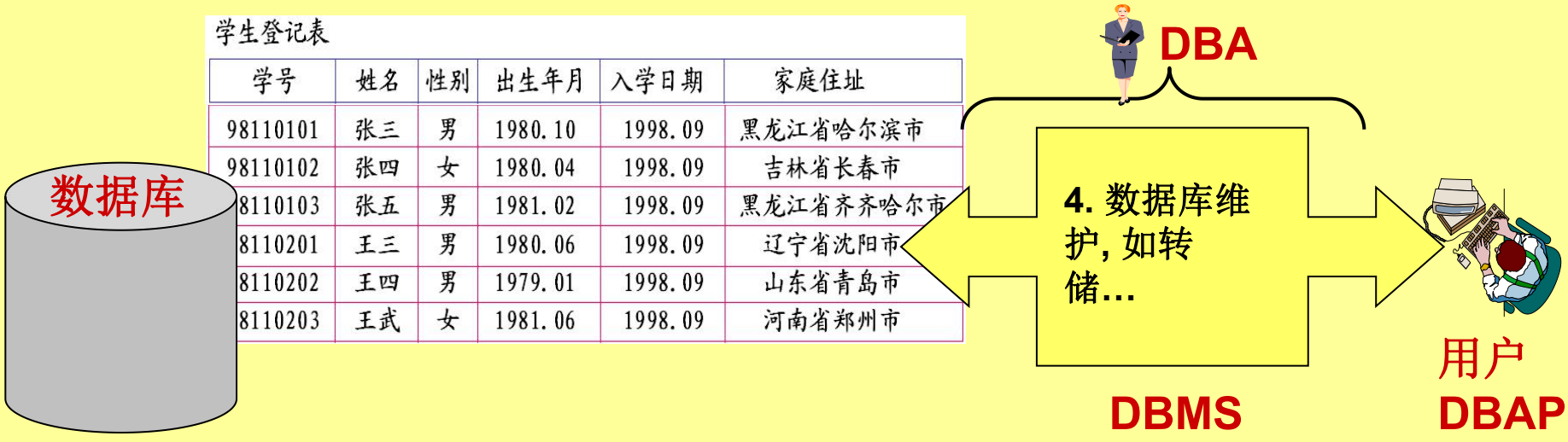
- DBMS提供一套数据控制语言(DCL:Data Control Language)给用户
- 用户使用DCL描述其对数据库所要实施的控制
- DBMS依照用户的描述，实际进行控制


# 什么是数据库与数据库系统
## (3)数据库管理系统的基本功能

数据库维护: 转储/恢复/重组/性能监测/分析…

- DBMS提供一系列程序(实用程序/例行程序)_给用户
- 在这些程序中提供了对数据库维护的各种功能
- 用户使用这些程序进行各种数据库维护操作

➢数据库维护的实用程序，一般都是由数据库管理员(DBA)来使用和掌握的



## (3)数据库管理系统的基本功能

DBMS为完成DB管理，在后台运行着一系列程序…

- 数据库物理存储
- 数据库查询执行及查询优化
- 并发控制
- 故障恢复
- 安全性控制
- 完整性控制
- 应用程序接口(API)
- … …

多选题 1分

设置

从用户角度看数据库管理系统的基本功能是_____ 。

A 数据库定义功能；

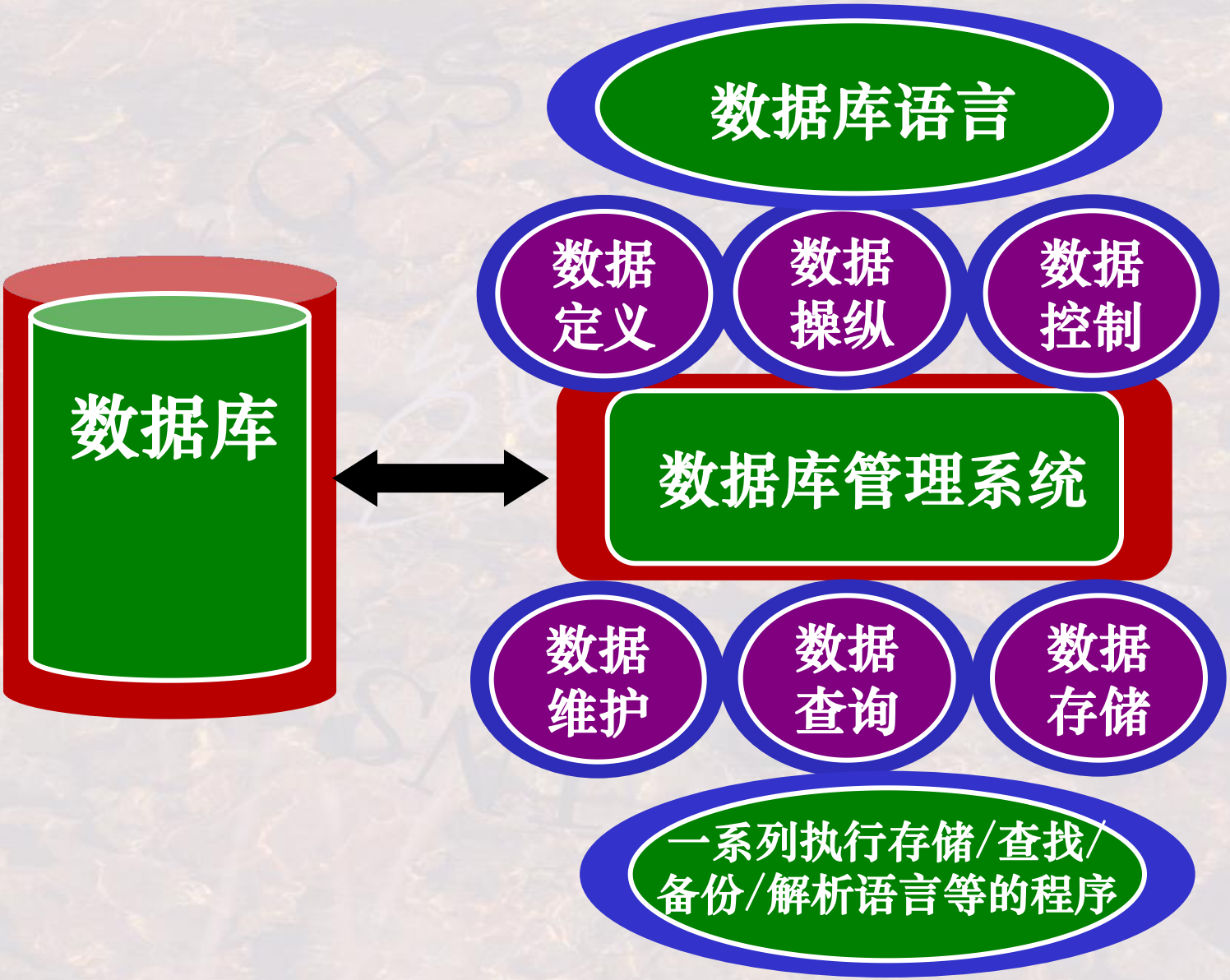
B 数据库操纵功能；

C 数据库控制功能；

D 数据库的建立和维护功能；

提交

# 什么是数据库与数据库系统
## (4)小结



# 5.2.2 数据库的基本构成形式-数据表

# 基本数据模型：关系模型I-什么是关系

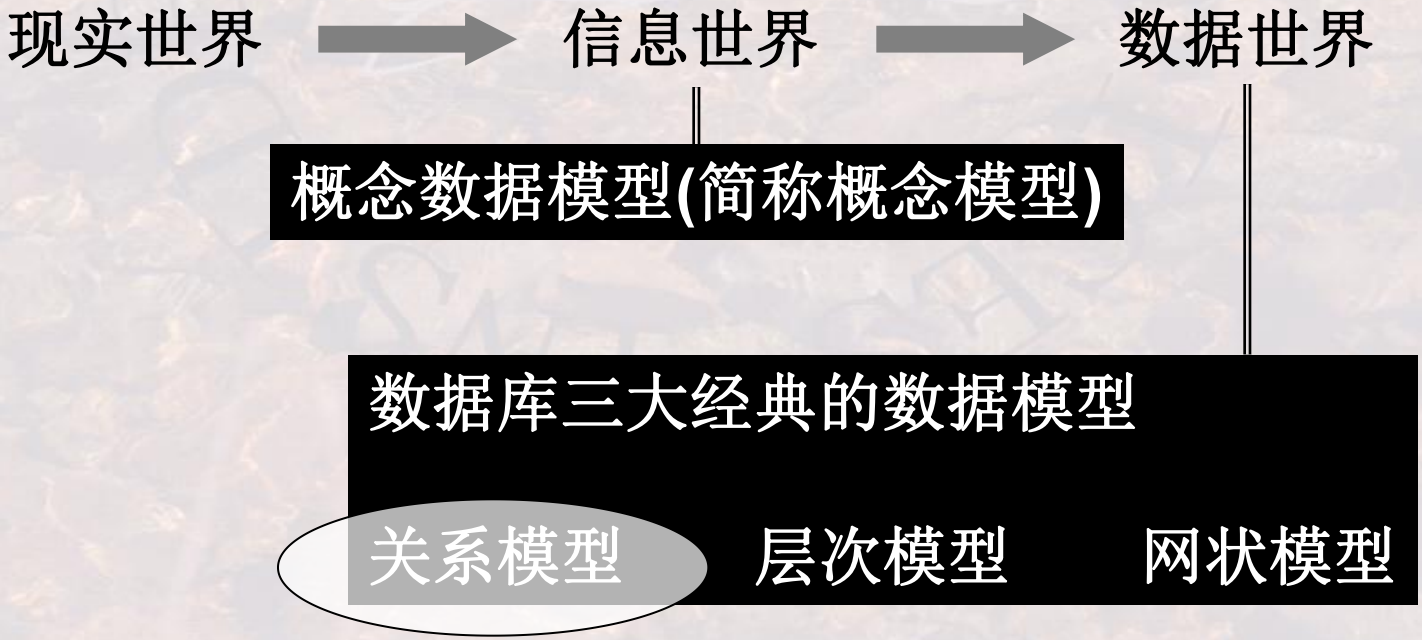
## (1)什么是数据模型?

数据模型　　刻画信息世界或数据世界的一组严格定义的概念的集合

❶数据结构　　有哪些格式的数据

❷数据操作　　对这些格式的数据都可能有哪些操作

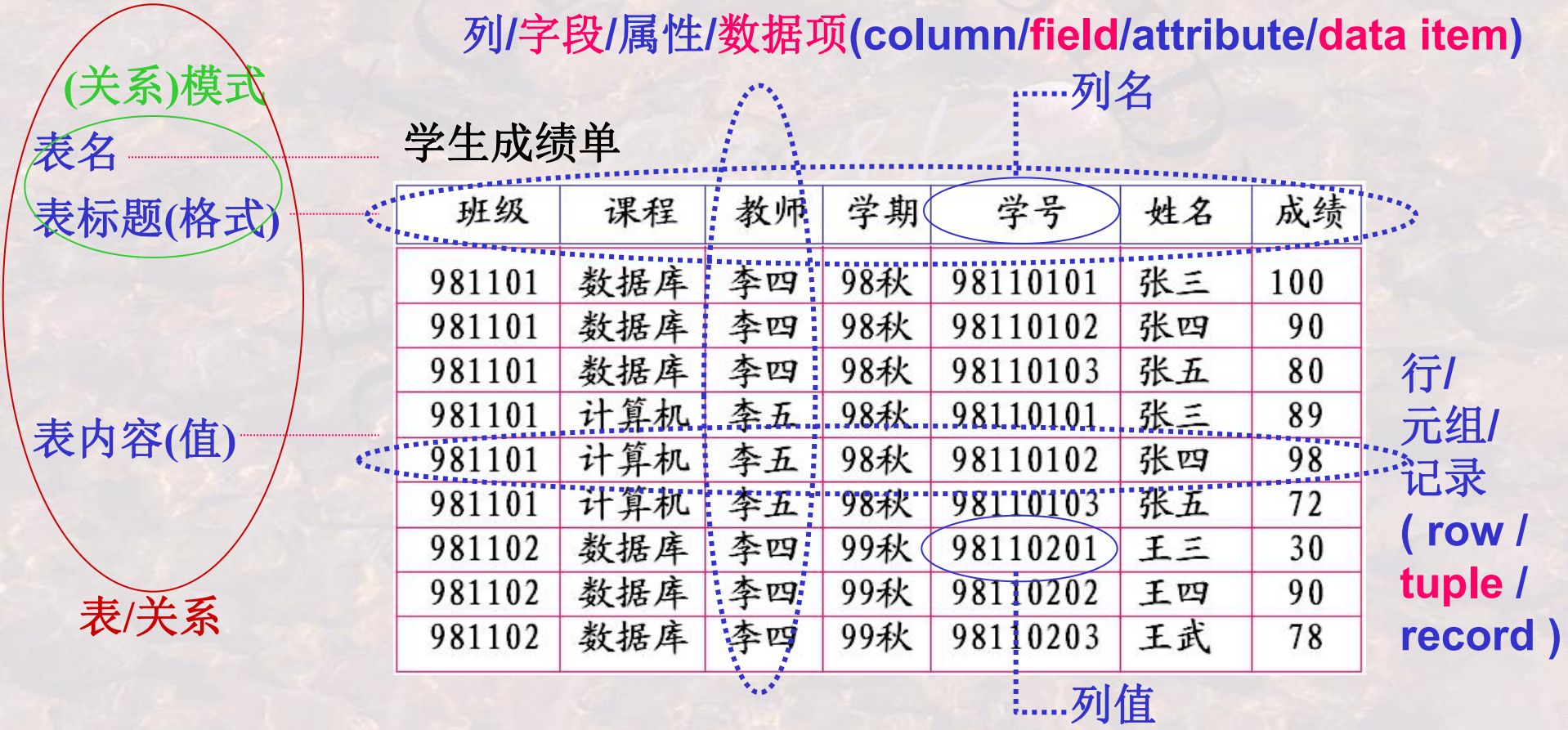
❸完整性约束　　为保证操作后和操作过程中产生的数据仍符合规定所必须遵守的约束条件



# 基本数据模型：关系模型I-什么是关系
## (2)你理解关于关系的一些术语的含义吗?

数据库的关系模型起源于规范化“表(Table)”的处理

Table: 以按行按列形式组织及展现的数据




**Table中描述了一批相互有关联关系的数据==➔关系**

# 用数学严格地定义Table

**怎样把一张表格定义清楚呢？**

家庭

| 丈夫 | 妻子 | 子女 |
|---|---|---|
| 李基 | 王方 | 李键 |
| 张鹏 | 刘玉 | 张睿 |
| 张鹏 | 刘玉 | 张峰 |

**1. 指出有多少列**

**2. 值域(Domain)**

说清楚每一列数据可能的取值

**3.指出所有可能的元组**

元组是值的一个组合；值域中值的所有可能的组合----笛卡尔积

**4.指出关系中的元组**

关系中元组是有意义的组合
----笛卡尔积的子集

# 用数学严格地定义Table

- 首先定义“列”的取值范围“域(Domain)”
- 域(Domain)
  - 一组值的集合，这组值具有相同的数据类型
  - 如整数的集合、字符串的集合、全体学生的集合
  - 再如, 由8位数字组成的数字串的集合，由0到100组成的整数集合
  - 集合中元素的个数称为域的基数(Cardinality)

家庭

| 丈夫 | 妻子 | 子女 |
|---|---|---|
| 李基 | 王方 | 李键 |
| 张鹏 | 刘玉 | 张睿 |
| 张鹏 | 刘玉 | 张峰 |

$D_3$＝儿童集合(CHILD)＝{李健，张睿，张峰}

$D_2$＝女人集合(WOMAN)＝{王芳，刘玉}

$D_1$＝男人集合(MAN)＝{李基，张鹏}

## 用数学严格地定义Table

- 再定义“元组”及所有可能组合成的元组：笛卡尔积
- 笛卡尔积(Cartesian Product)
  - 一组域$D_1, D_2, \ldots, D_n$的笛卡尔积为:

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

  - 笛卡尔积的每个元素$(d_1, d_2, \ldots, d_n)$称作一个n-元组（n-tuple）

{ 李基，张鹏 }

$D_1$＝男人

{ 王芳，刘玉 }

$D_2$＝女人

{ 李健，张睿，张峰 }

$D_3$＝儿童

笛卡尔积

| 男人 | 女人 | 儿童 |
|---|---|---|
| 李基 | 王方 | 李键 |
| 李基 | 王方 | 张睿 |
| 李基 | 王方 | 张峰 |
| 李基 | 刘玉 | 李键 |
| 李基 | 刘玉 | 张睿 |
| 李基 | 刘玉 | 张峰 |
| 张鹏 | 王方 | 李键 |
| 张鹏 | 王方 | 张睿 |
| 张鹏 | 王方 | 张峰 |
| 张鹏 | 刘玉 | 李键 |
| 张鹏 | 刘玉 | 张睿 |
| 张鹏 | 刘玉 | 张峰 |

# 用数学严格地定义Table

- 由于笛卡尔积中的所有元组并不都是有意义的，因此…
- 关系(Relation)
  - 一组域$D_1$ , $D_2$ ,…, $D_n$的笛卡尔积的子集:
  - 笛卡尔积中具有某一方面意义的那些元组被称作一个关系(Relation)
  - 由于关系的不同列可能来自同一个域，为区分，需要为每一列起一个名字，该名字即为属性名。不同列名的列值可以来自相同域。

  例如：家庭(丈夫:男人，妻子:女人, 子女:儿童)或家庭(丈夫，妻子, 子女)

笛卡尔积

| 男人 | 女人 | 儿童 |
|---|---|---|
| 李基 | 王方 | 李键 |
| 李基 | 王方 | 张睿 |
| 李基 | 王方 | 张峰 |
| 李基 | 刘玉 | 李键 |
| 李基 | 刘玉 | 张睿 |
| 李基 | 刘玉 | 张峰 |
| 张鹏 | 王方 | 李键 |
| 张鹏 | 王方 | 张睿 |
| 张鹏 | 王方 | 张峰 |
| 张鹏 | 刘玉 | 李键 |
| 张鹏 | 刘玉 | 张睿 |
| 张鹏 | 刘玉 | 张峰 |

列名(属性名)

家庭

| 丈夫 | 妻子 | 子女 |
|---|---|---|
| 李基 | 王方 | 李键 |
| 张鹏 | 刘玉 | 张睿 |
| 张鹏 | 刘玉 | 张峰 |

列值：来自域

# 基本数据模型：关系模型I-什么是关系
## (4)数据表（关系）有什么性质?

关系的性质

列是同质的(Homogeneous)，即每一列中的分量是同一类型数据，来自同一个域

不同的列可出自同一个域，每一列称为属性，要给予不同的属性名

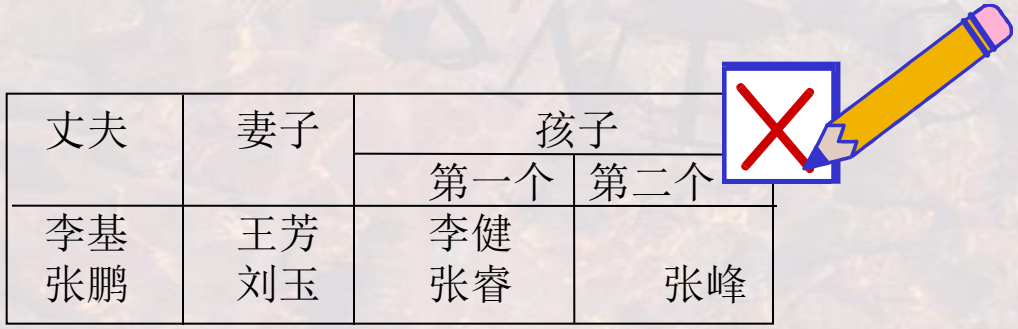
列的顺序可以任意交换，行的顺序也可以任意交换

任意两个元组不能完全相同

每一分量必须是不可分的数据项

学生成绩单

| 班级 | 课程 | 学号 | 姓名 | 成绩 |
|---|---|---|---|---|
| 981101 | 数据库 | 01 | 张三 | 100 |
| 981101 | 数据库 | 02 | 张四 | 90 |
| 981101 | 数据库 | 03 | 张五 | 80 |
| 981101 | 计算机 | 01 | 张三 | 89 |
| 981101 | 计算机 | 02 | 张四 | 98 |
| 981101 | 计算机 | 03 | 张五 | 72 |
| 981102 | 数据库 | 01 | 王三 | 30 |
| 981102 | 数据库 | 02 | 王四 | 90 |
| 981102 | 数据库 | 03 | 王武 | 78 |



| 丈夫 | 妻子 | 孩子 | |
|---|---|---|---|
| | | 第一个 | 第二个 |
| 李基<br>张鹏 | 王芳<br>刘玉 | 李健<br>张睿 | 张峰 |

## (5)关系中的码

码/键/关键字/候选码(Candidate Key)/候选键

❑关系中的一个属性组，其值能唯一标识一个元组，若从该属性组中去掉任何一个属性，它就不具有这一性质了，这样的属性组称作候选码。

学生(S#, Sname, Sage, Sclass)

课程(C#, Cname, Credit, T#)

## (6)关系中的外键

外码(Foreign Key)/外键

- 关系R中的一个属性组，它不是R的候选码，但它与另一个关系S的候选码相对应，则称这个属性组为R的外码或外键。
- 外码是两个关系(数据表)的连接纽带

合同

主码 → 合同号 | 外码 ← 客户号

| 合同号 | 合同名称 | 合同签定人 | 客户号 |
|---|---|---|---|
| HT0001 | 购煤合同 | 张三 | CUST01 |
| HT0002 | 销售机床合同 | 李四 | CUST01 |
| HT0003 | 购钢材合同 | 张五 | CUST02 |

两个关系可以靠外码联接起来

客户

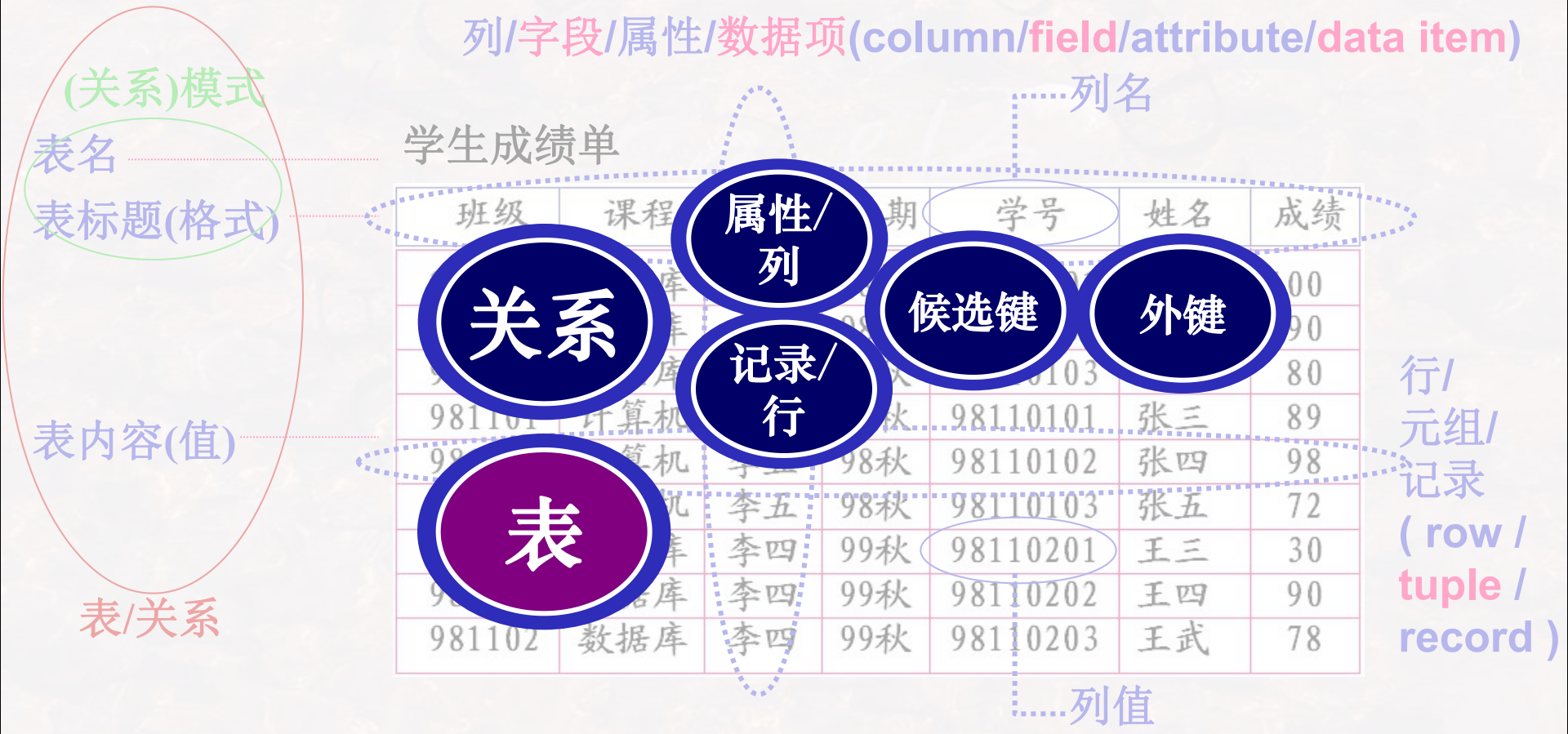
主码 → 客户号

| 客户号 | 客户名称 | 客户地址 | 联系人 |
|---|---|---|---|
| CUST01 | 依兰煤矿 | 哈尔滨市 | 王三 |
| CUST02 | 长春电机厂 | 长春市 | 赵六 |
| CUST03 | 鞍钢集团 | 鞍山市 | 钱七 |

## (7)小结

数据库的关系模型起源于规范化“表(Table)”的处理

Table: 以按行按列形式组织及展现的数据




Table中描述了一批相互有关联关系的数据==➔关系

# 5.2.3 数据表的操作-关系操作
# 5.2.4 用数学定义数据表及操作-关系模型

# 什么是关系运算?

学生登记表

| 学号 | 姓名 | 性别 | 出生年月 | 入学日期 | 家庭住址 |
|---|---|---|---|---|---|
| 98110101 | 张三 | 男 | 1980.10 | 1998.09 | 黑龙江省哈尔滨市 |
| 98110102 | | | | | |
| 98110103 | | | | | |
| 98110201 | | | | | |
| 98110202 | | | | | |
| 98110203 | | | | | |

学生成绩单

| 班级 | 课程 | 教师 | 学期 | 学号 | 姓名 | 成绩 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 981101 | 数据库 | 李四 | 98秋 | 98110101 | 张三 | 100 |
| 981101 | 数据库 | 李四 | 98秋 | 98110102 | 张四 | 90 |
| 981101 | 数据库 | 李四 | 98秋 | 98110103 | 张五 | 80 |
| 981101 | 计算机 | 李五 | 98秋 | 98110101 | 张三 | 89 |
| 981101 | 计算机 | 李五 | 98秋 | 98110102 | 张四 | 98 |
| 981101 | 计算机 | 李五 | 98秋 | 98110103 | 张五 | 72 |
| 981102 | 数据库 | 李四 | 99秋 | 98110201 | 王三 | 30 |
| 981102 | 数据库 | 李四 | 99秋 | 98110202 | 王四 | 90 |
| 981102 | 数据库 | 李四 | 99秋 | 98110203 | 王武 | 78 |

有哪些运算?

并: $R \cup S$

差: $R - S$

积: $R \times S$

选择: $\sigma(R)$

投影: $\pi(R)$

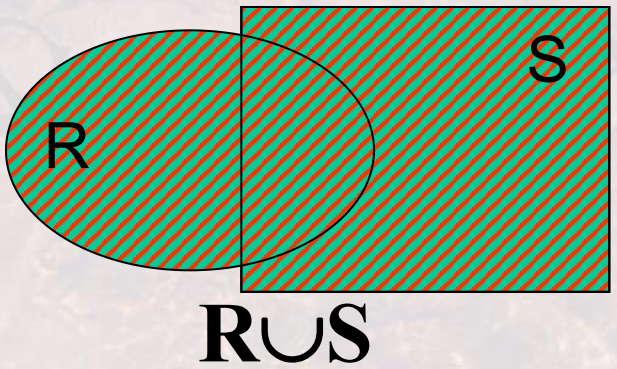
连接: $R \bowtie S$

交: $R \cap S$

## (2)什么情况用并运算呢？

并(Union)

- 定义：设关系R和关系S是并相容的(即：属性数目相同，其对应的域也相同)，则关系R与关系S的并运算结果也是一个关系，记作：R∪S, 它由或者出现在关系R中，或者出现在S中的元组构成
- 数学描述：　$R \cup S = \{ t \mid t \in R \vee t \in S \}$，其中t是元组
- R ∪S 与 S ∪R 运算的结果是同一个关系



# (2)什么情况用并运算呢？

## 并(Union)

| R | | |
|---|---|---|
| A1 | A2 | A3 |
| a | b | c |
| a | d | g |
| f | b | e |

| S | | |
|---|---|---|
| B1 | B2 | B3 |
| a | b | c |
| a | b | e |
| a | d | g |
| h | d | g |

| R U S | | |
|---|---|---|
| C1 | C2 | C3 |
| a | b | c |
| a | d | g |
| f | b | e |
| a | b | e |
| h | d | g |

R(参加体育队的学生)

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98040201 | 王三 | 男 | 20 | 04 | 980402 |
| 98040202 | 王四 | 男 | 21 | 04 | 980402 |
| 98040203 | 王五 | 女 | 19 | 04 | 980402 |

S(参加文艺队的学生)

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98020101 | 孙三 | 女 | 18 | 02 | 980201 |
| 98020102 | 孙四 | 男 | 20 | 02 | 980201 |
| 98020103 | 孙五 | 女 | 19 | 02 | 980201 |
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |

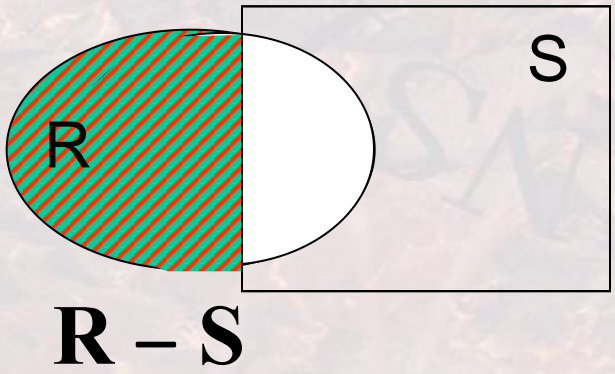
R∪S(或者参加体育队或者文艺队的学生)

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98040201 | 王三 | 男 | 20 | 04 | 980402 |
| 98040202 | 王四 | 男 | 21 | 04 | 980402 |
| 98040203 | 王五 | 女 | 19 | 04 | 980402 |
| 98020101 | 孙三 | 女 | 18 | 02 | 980201 |
| 98020102 | 孙四 | 男 | 20 | 02 | 980201 |
| 98020103 | 孙五 | 女 | 19 | 02 | 980201 |

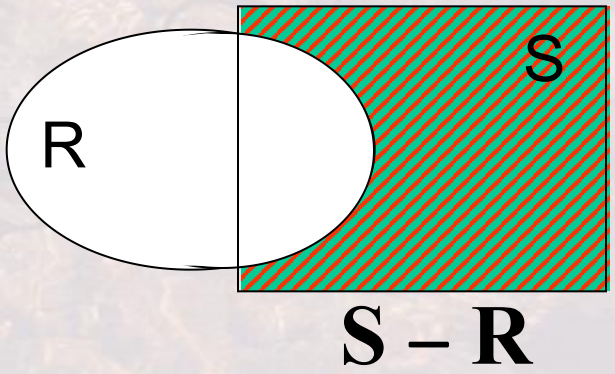
# (3)什么情况用差运算呢?

## 差(Difference)

- 定义：假设关系R 和关系S是并相容的，则关系R 与关系S的差运算结果也是一个关系，记作：R – S, 它由出现在关系R中但不出现在关系S中的元组构成
- 数学描述： $R - S = \{ t \mid t \in R \wedge t \notin S \}$，其中t是元组
- 注意：R – S 与 S – R 是不同的




R – S




S – R

# (3)什么情况用差运算呢？

## 差(Difference)

| R | | |
|---|---|---|
| A1 | A2 | A3 |
| a | b | c |
| a | d | g |
| f | b | e |

| S | | |
|---|---|---|
| B1 | B2 | B3 |
| a | b | c |
| a | b | e |
| a | d | g |
| h | d | g |

| R－S | | |
|---|---|---|
| D1 | D2 | D3 |
| f | b | e |

| S－R | | |
|---|---|---|
| E1 | E2 | E3 |
| a | b | e |
| h | d | g |

**R(参加体育队的学生)**

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98040201 | 王三 | 男 | 20 | 04 | 980402 |
| 98040202 | 王四 | 男 | 21 | 04 | 980402 |
| 98040203 | 王五 | 女 | 19 | 04 | 980402 |

**S(参加文艺队的学生)**

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98020101 | 孙三 | 女 | 18 | 02 | 980201 |
| 98020102 | 孙四 | 男 | 20 | 02 | 980201 |
| 98020103 | 孙五 | 女 | 19 | 02 | 980201 |
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |

**R－S(参加体育队而未参加文艺队的学生)**

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98040201 | 王三 | 男 | 20 | 04 | 980402 |
| 98040202 | 王四 | 男 | 21 | 04 | 980402 |
| 98040203 | 王五 | 女 | 19 | 04 | 980402 |

**S－R(参加文艺队而未参加体育队的学生)**

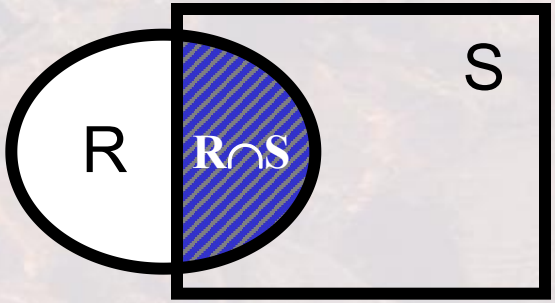
| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98020101 | 孙三 | 女 | 18 | 02 | 980201 |
| 98020102 | 孙四 | 男 | 20 | 02 | 980201 |
| 98020103 | 孙五 | 女 | 19 | 02 | 980201 |

## (4)什么情况用交运算呢？

交(Intersection)

- 定义：假设关系R和关系S是并相容的，则关系R与关系S的交运算结果也是一个关系，记作：R ∩S, 它由同时出现在关系R和关系S中的元组构成
- 数学描述： $R \cap S = \{ t \mid t \in R \wedge t \in S \}$，其中t是元组
- R∩S 和 S∩R 运算的结果是同一个关系
- 交运算可以通过差运算来实现：

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



# (4)什么情况用交运算呢？

## 交(Intersection)

| R | | |
|---|---|---|
| A1 | A2 | A3 |
| a | b | c |
| a | d | g |
| f | b | e |

| S | | |
|---|---|---|
| B1 | B2 | B3 |
| a | b | c |
| a | b | e |
| a | d | g |
| h | d | g |

| R∩S | | |
|---|---|---|
| F1 | F2 | F3 |
| a | b | c |
| a | d | g |

R(参加体育队的学生)

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98040201 | 王三 | 男 | 20 | 04 | 980402 |
| 98040202 | 王四 | 男 | 21 | 04 | 980402 |
| 98040203 | 王五 | 女 | 19 | 04 | 980402 |

S(参加文艺队的学生)

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98020101 | 孙三 | 女 | 18 | 02 | 980201 |
| 98020102 | 孙四 | 男 | 20 | 02 | 980201 |
| 98020103 | 孙五 | 女 | 19 | 02 | 980201 |
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |

R∩S(既参加体育队又参加文艺队的学生)

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |

# (5)什么情况用笛卡尔积运算呢?

## 广义笛卡尔积 (Cartesian Product)

- 定义：关系R ($<a_1, a_2, \ldots, a_n>$) 与关系S($<b_1, b_2, \ldots, b_m>$) 的广义笛卡尔积(简称广义积) 运算结果也是一个关系，记作： R x S, 它由关系R中的元组与关系S的元组进行所有可能的拼接(或串接)构成。
- 数学描述： $R \times S = \{ <a_1, a_2, \ldots, a_n, b_1, b_2, \ldots, b_m> \mid <a_1, a_2, \ldots, a_n> \in R \wedge <b_1, b_2, \ldots, b_m> \in S \}$
- 笛卡尔积可将两个表串接起来作为一个表进行操作

学生表

| 学号 | 姓名 | 年龄 | 住址 |
|---|---|---|---|
| 981101 | 李四 | 22 | 3010 |
| 981103 | 李三 | 21 | 3011 |
| 981105 | 李六 | 22 | 3011 |

课程表

| 课程号 | 课程名 | 教师 | 学时 |
|---|---|---|---|
| C1 | 计算机 | 教师 1 | 52 |
| C2 | 物理 | 教师 2 | 36 |
| C3 | 高数 | 教师 5 | 40 |

(所有学生)的(所有课程)

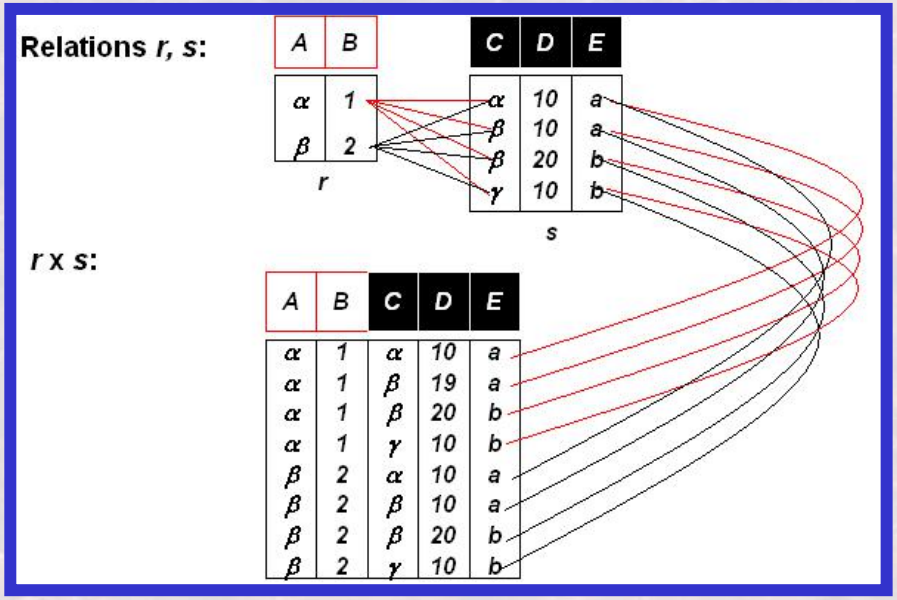
| 学号 | 姓名 | 年龄 | 住址 | 课程号 | 课程名 | 教师 | 学时 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 981101 | 李四 | 22 | 3010 | C1 | 计算机 | 教师 1 | 52 |
| 981101 | 李四 | 22 | 3010 | C2 | 物理 | 教师 2 | 36 |
| 981101 | 李四 | 22 | 3010 | C3 | 高数 | 教师 5 | 40 |
| 981103 | 李三 | 21 | 3011 | C1 | 计算机 | 教师 1 | 52 |
| 981103 | 李三 | 21 | 3011 | C2 | 物理 | 教师 2 | 36 |
| 981103 | 李三 | 21 | 3011 | C3 | 高数 | 教师 5 | 40 |
| 981105 | 李六 | 22 | 3011 | C1 | 计算机 | 教师 1 | 52 |
| 981105 | 李六 | 22 | 3011 | C2 | 物理 | 教师 2 | 36 |
| 981105 | 李六 | 22 | 3011 | C3 | 高数 | 教师 5 | 40 |

# (5)什么情况用笛卡尔积运算呢?

## 广义笛卡尔积 (Cartesian Product)

| R | | |
|---|---|---|
| A1 | A2 | A3 |
| a | b | c |
| a | d | g |
| f | b | e |

| S | | |
|---|---|---|
| B1 | B2 | B3 |
| a | b | c |
| a | b | e |
| a | d | g |
| h | d | g |




| R × S | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| A1 | A2 | A3 | B1 | B2 | B3 |
| a | b | c | a | b | c |
| a | b | c | a | b | e |
| a | b | c | a | d | g |
| a | b | c | h | d | g |
| a | d | g | a | b | c |
| a | d | g | a | b | e |
| a | d | g | a | d | g |
| a | d | g | h | d | g |
| f | b | e | a | b | c |
| f | b | e | a | b | e |
| f | b | e | a | d | g |
| f | b | e | h | d | g |

# (4)小结

数据库的关系模型起源于规范化“表(Table)”的处理

Table: 以按行按列形式组织及展现的数据




Table中描述了一批相互有关联关系的数据==➔关系

# 关系运算之选择、投影、连接

## 选择(Selection)

- 定义：给定一个关系R, 同时给定一个选择的条件condition(简记con), 选择运算结果也是一个关系，记作$\sigma_{con}(R)$，它从关系R中选择出满足给定条件condition的元组构成

- 数学描述：$\sigma_{con}(R)=\{t \mid t \in R \wedge con(t) = \text{‘真’}\}$，

✓ 设$R(A_1, A_2, \ldots, A_n)$, t是R的元组, t 的分量记为$t[A_i]$, 或简写为$A_i$

✓ 条件con由逻辑运算符连接算术/比较表达式组成

✓ 逻辑运算符：∧，∨，¬ 或写为 and , or, not

✓ 算术/比较表达式：X θ Y，其中X, Y 是t的分量、常量或简单函数, θ是比较运算符, $\theta \in \{>, \geq, <, \leq, =, \neq\}$

| R | | |
|---|---|---|
| A1 | A2 | A3 |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |
| | | |

# (1)什么情况用选择运算呢?

## 选择(Selection)

| R | | |
|---|---|---|
| A1 | A2 | A3 |
| a | a | 10 |
| a | d | -4 |
| f | b | 5 |

$\sigma_{A3>0}(R)$

| A1 | A2 | A3 |
|---|---|---|
| a | a | 10 |
| f | b | 5 |

$\sigma_{A2="a" \vee A2="b"}(R)$

| A1 | A2 | A3 |
|---|---|---|
| a | a | 10 |
| f | b | 5 |

$\sigma_{A3>0 \wedge A1=A2}(R)$

| A1 | A2 | A3 |
|---|---|---|
| a | a | 10 |

R(学生表)

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 21 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98040201 | 王三 | 男 | 18 | 04 | 980402 |
| 98040202 | 王四 | 男 | 21 | 04 | 980402 |
| 98050104 | 孙六 | 女 | 19 | 05 | 980501 |

查询所有年龄小于20同学的信息

$\sigma_{Sage<20}(R)$

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98040201 | 王三 | 男 | 18 | 04 | 980402 |
| 98050104 | 孙六 | 女 | 19 | 05 | 980501 |

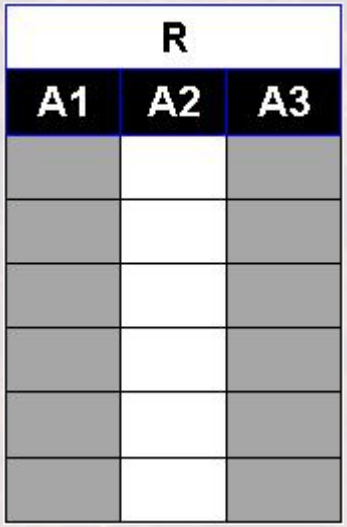
查询所有3系或5系的同学信息

$\sigma_{D\#="03" \vee D\#="05"}(R)$

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 21 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98050104 | 孙六 | 女 | 19 | 05 | 980501 |

## 投影(Projection)

- 定义：给定一个关系R, 投影运算结果也是一个关系，记作 $\Pi_A(R)$ , 它从关系R中选出属性包含在A中的列构成
- 数学描述： $\Pi_{A_{i1}, A_{i2}, \ldots, A_{ik}}(R) = \{ <t[A_{i1}], t[A_{i2}], \ldots, t[A_{ik}]> \mid t \in R \}$
  - ✓ 设$R(A_1, A_2, \ldots, A_n)$
  - ✓ $\{ A_{i1}, A_{i2}, \ldots, A_{ik} \} \subseteq \{ A_1, A_2, \ldots, A_n \}$
  - ✓ $t[A_i]$表示元组t中相应于属性$A_i$的分量
  - ✓ 投影运算可以对原关系的列在投影后重新排列



# (2)什么情况用投影运算呢？

## 投影(Projection)

| R | | |
|---|---|---|
| A1 | A2 | A3 |
| a | b | c |
| a | d | g |
| f | b | e |

$\Pi_{A3}(R)$

| A3 |
|---|
| c |
| g |
| e |

$\Pi_{A3, A1}(R)$

| A3 | A1 |
|---|---|
| c | a |
| g | a |
| e | f |

R(学生表)

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 21 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98040201 | 王三 | 男 | 18 | 04 | 980402 |
| 98040202 | 王四 | 男 | 21 | 04 | 980402 |
| 98050104 | 孙六 | 女 | 19 | 05 | 980501 |

$\Pi_{Sname, Sage}(R)$

查询所有学生的姓名和年龄

| Sname | Sage |
|---|---|
| 张三 | 20 |
| 张四 | 21 |
| 张五 | 19 |
| 王三 | 18 |
| 王四 | 21 |
| 孙六 | 19 |

$\Pi_{Sname, D\#}(R)$

| Sname | D# |
|---|---|
| 张三 | 03 |
| 张四 | 03 |
| 张五 | 03 |
| 王三 | 04 |
| 王四 | 04 |
| 孙六 | 05 |

查询所有学生的姓名及其所在的系

# (3)什么情况用连接运算呢?

## θ-连接(θ-Join)

- 定义：给定关系R和关系S, R与S的θ连接运算结果也是一个关系，记作 $R \underset{A\,\theta\,B}{\bowtie} S$，它由关系R和关系S的笛卡尔积中, 选取R中属性A与S中属性B之间满足θ 条件的元组构成 。
- 数学描述：

$$R(\theta - join\ for\ A\,\theta\,B)S = \{< t, s > | \ t \in R \wedge s \in S \wedge (t[A]\theta s[B] = True)\}$$

  - ✓ 设$R(A_1, A_2, \ldots, A_n)$, $A \in \{A_1, A_2, \ldots, A_n\}$
  - ✓ $S(B_1, B_2, \ldots, B_m)$, $B \in \{B_1, B_2, \ldots, B_m\}$
  - ✓ t是关系R中的元组，s是关系S中的元组
  - ✓ 属性A和属性B具有可比性
  - ✓ θ是比较运算符, $\theta \in \{>, \geq, <, \leq, =, \neq\}$
- 在实际应用中，θ-连接操作经常与投影、选择操作一起使用

$$R \underset{A\,\theta\,B}{\bowtie} S = \sigma_{t[A]\,\theta\,s[B]}(R \times S)$$

## 自然连接(Natural-Join)

- 定义：给定关系R和关系S, R与S的自然连接运算结果也是一个关系，记作 $R \bowtie S$ 它由关系R和关系S的笛卡尔积中选取相同属性组B上值相等的元组所构成。
- 数学描述：

$$R \bowtie S = \sigma_{t[B]=s[B]}(R \times S)$$

✓自然连接是一种特殊的连接运算

✓ 要求关系R和关系S必须有相同的属性组B(如R,S共有一个属性$B_1$,则B是$B_1$ , 如R, S共有一组属性$B_1$, $B_2$, …, $B_n$，则B是这些共有的所有属性)

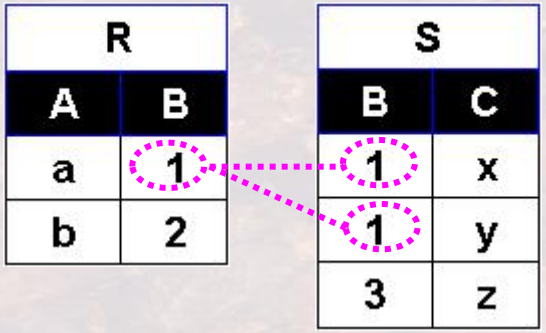
✓ R, S属性相同，值必须相等才能连接，即

$R.B_1 = S.B_1$ and $R.B_2 = S.B_2$ … and $R.B_n = S.B_n$才能连接

✓ 要在结果中去掉重复的属性列(因结果中$R.B_i$始终是等于$S.B_i$所以可只保留一列即可)

# (3)什么情况用连接运算呢?

## θ-连接 vs. 连接 vs. 笛卡尔积



| R | |
|---|---|
| A | B |
| a | 1 |
| b | 2 |

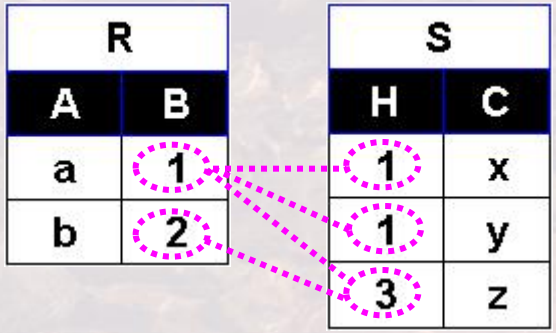
| S | |
|---|---|
| B | C |
| 1 | x |
| 1 | y |
| 3 | z |

$R \times S$

| A | B | B | C |
|---|---|---|---|
| a | 1 | 1 | x |
| a | 1 | 1 | y |
| a | 1 | 3 | z |
| b | 2 | 1 | x |
| b | 2 | 1 | y |
| b | 2 | 3 | z |

$R \bowtie S$

| A | B | C |
|---|---|---|
| a | 1 | x |
| a | 1 | y |



| R | |
|---|---|
| A | B |
| a | 1 |
| b | 2 |

| S | |
|---|---|
| H | C |
| 1 | x |
| 1 | y |
| 3 | z |

$R \times S$

| A | B | H | C |
|---|---|---|---|
| a | 1 | 1 | x |
| a | 1 | 1 | y |
| a | 1 | 3 | z |
| b | 2 | 1 | x |
| b | 2 | 1 | y |
| b | 2 | 3 | z |

$R \bowtie_{B <= H} S$

| A | B | H | C |
|---|---|---|---|
| a | 1 | 1 | x |
| a | 1 | 1 | y |
| a | 1 | 3 | z |
| b | 2 | 3 | z |

# (4)小结

数据库的关系模型起源于规范化“表(Table)”的处理

Table: 以按行按列形式组织及展现的数据




Table中描述了一批相互有关联关系的数据==➔关系

# 数据库查询

# (1)利用关系运算进行查询

查询表达式

组合各种运算

Student

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 21 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98040201 | 王三 | 男 | 18 | 04 | 980402 |
| 98040202 | 王四 | 男 | 21 | 04 | 980402 |
| 98050104 | 孙六 | 女 | 19 | 05 | 980501 |

SC

| S# | C# | Score |
|---|---|---|
| 98030101 | 001 | 92.0 |
| 98030101 | 002 | 85.0 |
| 98030101 | 003 | 88.0 |
| 98040202 | 002 | 90.5 |
| 98040202 | 003 | 80.0 |
| 98040202 | 001 | 55.0 |
| 98050104 | 003 | 56.0 |
| 98030102 | 001 | 54.0 |
| 98030102 | 002 | 85.0 |
| 98030102 | 003 | 48.0 |

Course

| C# | Cname | Chours | Credit | T# |
|---|---|---|---|---|
| 001 | 数据库 | 40 | 6 | 001 |
| 003 | 数据结构 | 40 | 6 | 003 |
| 004 | 编译原理 | 40 | 6 | 001 |
| 005 | C 语言 | 30 | 4.5 | 003 |
| 002 | 高等数学 | 80 | 12 | 004 |

- 查询学习课程号为002的学生学号和成绩

$$\pi_{S\#,\ Score}(\sigma_{C\#=\text{“002”}}(SC))$$

- 查询学习课程号为001的学生学号、姓名

$$\pi_{S\#,Sname}(\sigma_{C\#=\text{“001”}}(Student \bowtie SC))$$

- 查询学习课程名称为数据结构的学生学号、姓名和这门课程的成绩

$$Student \bowtie SC \bowtie Course$$

$$\sigma_{Cname=\text{“数据结构”}}(Student \bowtie SC \bowtie Course)$$

$$\pi_{S\#,Sname,\ Score}(\sigma_{Cname=\text{“数据结构”}}(Student \bowtie SC \bowtie Course))$$

# (1)利用关系运算进行查询?

查询表达式

注意连接与积的差别

Student

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 21 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98040201 | 王三 | 男 | 18 | 04 | 980402 |
| 98040202 | 王四 | 男 | 21 | 04 | 980402 |
| 98050104 | 孙六 | 女 | 19 | 05 | 980501 |

SC

| S# | C# | Score |
|---|---|---|
| 98030101 | 001 | 92.0 |
| 98030101 | 002 | 85.0 |
| 98030101 | 003 | 88.0 |
| 98040202 | 002 | 90.5 |
| 98040202 | 003 | 80.0 |
| 98040202 | 001 | 55.0 |
| 98050104 | 003 | 56.0 |
| 98030102 | 001 | 54.0 |
| 98030102 | 002 | 85.0 |
| 98030102 | 003 | 48.0 |

- 查询学习课程号为001的学生学号、姓名

Course

| C# | Cname | Chours | Credit | T# |
|---|---|---|---|---|
| 001 | 数据库 | 40 | 6 | 001 |
| 003 | 数据结构 | 40 | 6 | 003 |
| 004 | 编译原理 | 40 | 6 | 001 |
| 005 | C 语言 | 30 | 4.5 | 003 |
| 002 | 高等数学 | 80 | 12 | 004 |

$$\pi_{S\#,Sname}(\sigma_{C\#=\text{“001”}}(Student \bowtie SC))$$

$$\pi_{S\#,Sname}(\sigma_{C\#=\text{“001”} \wedge Student.S\# = SC.S\#}(Student \times SC))$$

连接条件

# (2)由关系模型到结构化数据库语言SQL

## 关系运算式

$$\Pi_{列名,\ldots,列名}(\sigma_{检索条件}(表名1 \times 表名2 \times \cdots))$$

$$\pi_{S\#,Sname,Score}(\sigma_{Cname=“数据结构” \wedge Student.S\#=SC.S\# \wedge Course.C\#=SC.C\#}(Student \times SC \times Course))$$

## 数据库语言SQL

***Select*** 列名 [[, 列名] … ]

***From*** 表名1 [[, 表名2], …]

[ ***Where*** 检索条件 ] ;

语义：将From后面的所有表串接起来，检索出满足“检索条件”的元组，并按给定的列名及顺序进行投影显示。

```
Select S#, Sname, Score
From Student, SC, Course
Where Cname=‘数据结构’ and Student.S#=SC.S# and Course.C#=SC.C#;
```

# 单选题 1分

设置

现有关系数据库如下： 学生（学号，姓名，性别，专业、奖学金），课程（课程号，课程名，学分），选课（学号，课程号，分数）， 用关系代数表达式实现下列：

(1)检索“国际贸易”专业中获得奖学金的学生信息，包括学号、姓名、课程名和分数，关系代数操作是_____ 。

A $\pi_{学号,姓名,课程名,分数}(\sigma_{奖学金>0 \wedge 专业='国际贸易'}(学生 \bowtie 选课 \bowtie 课程))$;

B $\pi_{学号,姓名,课程名,分数}(\sigma_{奖学金>0 \vee 专业='国际贸易'}(学生 \bowtie 选课 \bowtie 课程))$;

提交

# (3)小结

查询表达式

组合各种运算

Student

| S# | Sname | Ssex | Sage | D# | Sclass |
|---|---|---|---|---|---|
| 98030101 | 张三 | 男 | 20 | 03 | 980301 |
| 98030102 | 张四 | 女 | 21 | 03 | 980301 |
| 98030103 | 张五 | 男 | 19 | 03 | 980301 |
| 98040201 | 王三 | 男 | 18 | 04 | 980402 |
| 9804 | | | | | |
| 9805 | | | | | |

SC

| S# | C# | Score |
|---|---|---|
| 98030101 | 001 | 92.0 |
| 98030101 | 002 | 85.0 |
| 98030101 | 003 | 88.0 |
| 98040202 | 002 | 90.5 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 001 | 数据库 | 40 | 6 | 001 |

关系的基本操作：并/差/积/选择/投影/联结

数据库查询：关系基本操作的各种组合，构造查询表达式—即关系运算式

数据库

关系

表

都是围绕表来进行：两个表串接起来（积和连接），从表中选出若干行（选择），从表中选出若干列（投影），两个表的合并（并）等

- 查询学习课程
- 号为001的学生学号、姓名

$\pi_{S\#,Sname}(\sigma$

- 查询学习课程名称为数据结构的学生学号、姓名和选修课程的成绩

$$Student \bowtie SC \bowtie Course$$

$$\sigma_{Cname=\text{“数据结构”}}(Student \bowtie SC \bowtie Course)$$

$$\pi_{S\#,Sname,\ Score}(\sigma_{Cname=\text{“数据结构”}}(Student \bowtie SC \bowtie Course))$$