

# 数据库系统之一

## --基础知识与关系模型

战德臣

哈尔滨工业大学 教授·博士生导师

黑龙江省教学名师

教育部大学计算机课程教学指导委员会委员

Research Center on **I**ntelligent  
**C**omputing for **E**nterprises & **S**ervices,  
**H**arbin **I**nstitute of **T**echnology



# 第2讲 数据库系统的结构抽象与演变

战德臣

哈尔滨工业大学 教授·博士生导师

黑龙江省教学名师

教育部大学计算机课程教学指导委员会委员

Research Center on Intelligent  
Computing for Enterprises & Services,  
Harbin Institute of Technology



# 本讲学习什么？



## 基本内容

1. 数据库系统的标准结构？
2. 数据模型？
3. 数据库系统的演变与发展？

## 重点与难点

- 一组概念的区分：三级模式两层映像，物理独立性和逻辑独立性
- 一组概念的区分：数据→模式→数据模型
- 几种数据模型的差异：网状/层次模型→关系模型→OO数据模型



# 数据库系统的标准结构

战德臣

哈尔滨工业大学 教授.博士生导师

黑龙江省教学名师

教育部大学计算机课程教学指导委员会委员

Research Center on **I**ntelligent  
**C**omputing for **E**nterprises & **S**ervices,  
**H**arbin **I**nstitute of **T**echnology



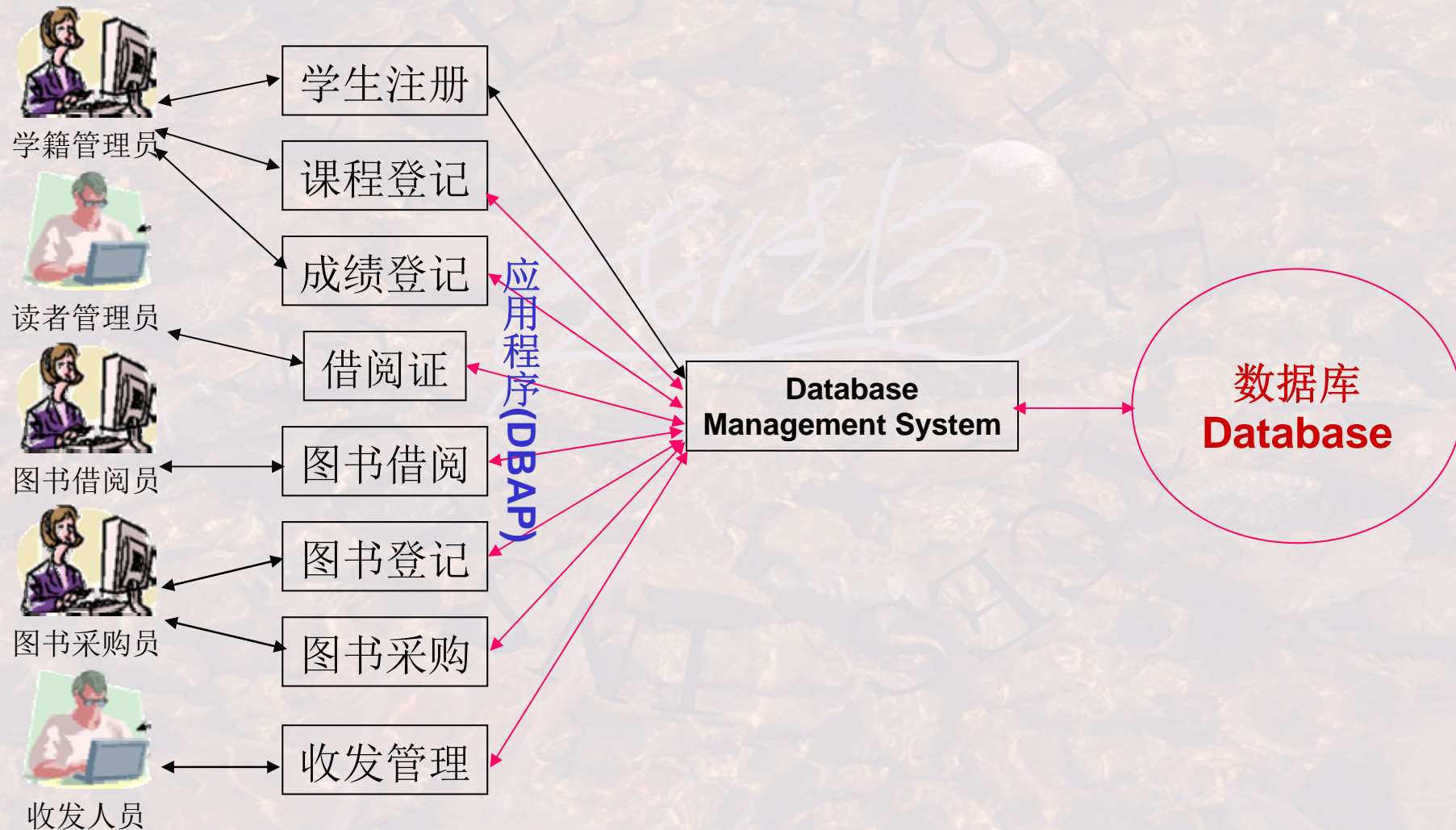
怎样抽象一个数据库系统？



# 数据库系统的标准结构

## (1)数据库系统的分层抽象？

### 典型数据库系统的结构抽象





# 数据库系统的标准结构

## (1)数据库系统的分层抽象？

### DBMS管理数据的三个层次

External Level = User Level

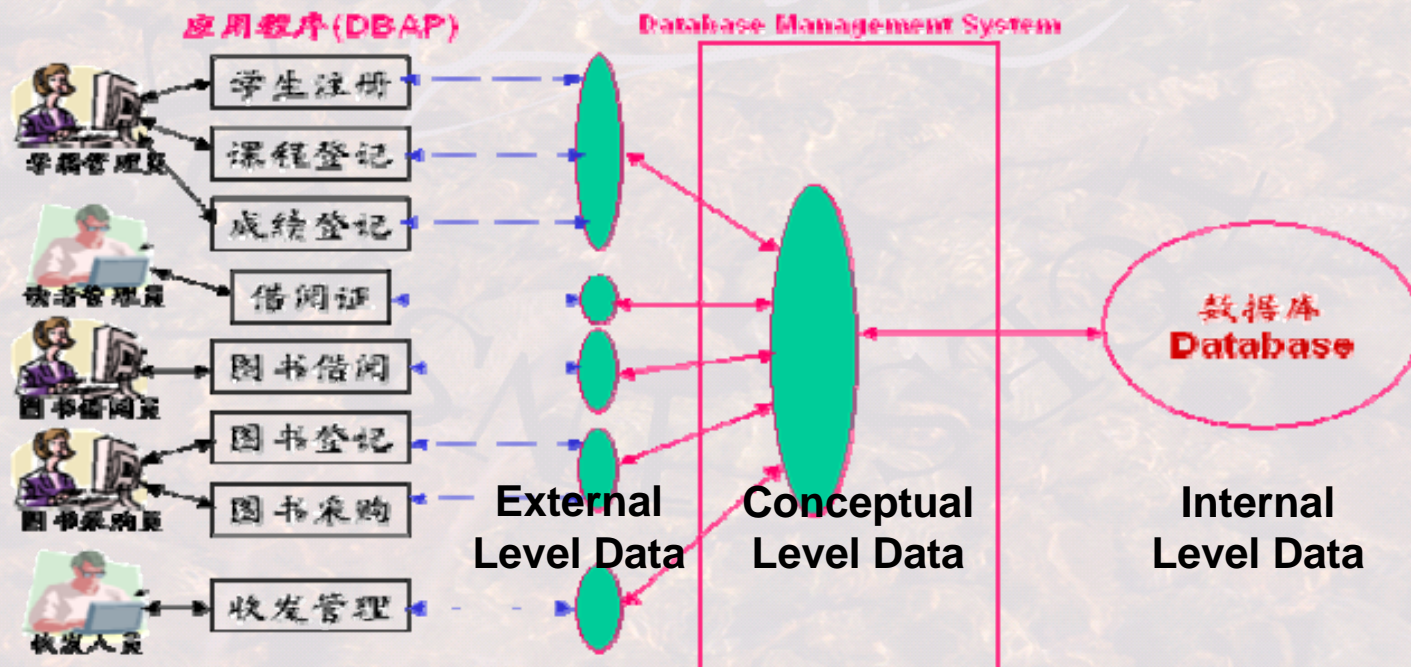
某一用户能够看到与处理的数据, 全局数据中的某一部分

Conceptual Level = Logic level

从全局角度理解/管理的数据, 含相应的关联约束

Internal Level = Physical level

存储在介质上的数据, 含存储路径、存储方式、索引方式等





# 数据库系统的标准结构

## (2)数据(视图)与模式?



### 数据 与 数据的结构--模式

#### •模式(Schema)

对数据库中数据所进行的一种结构性的描述  
所观察到数据的结构信息

#### •视图(View)/数据(Data)

某一种表现形式下表现出来的数据库中的数据

学生登记表( 学号 **char(8)**, 姓名 **char(10)**,  
性别 **Char(2)**, 出生年月 **datetime**, 入学日  
期 **Datetime**, 家庭住址 **Char(40)** )

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

数据的结构----模式

展现的数据----视图



# 数据库系统的标准结构

## (3)三级模式两层映像?

### 三级模式(三级视图)

**External Schema** ---- **(External) View**

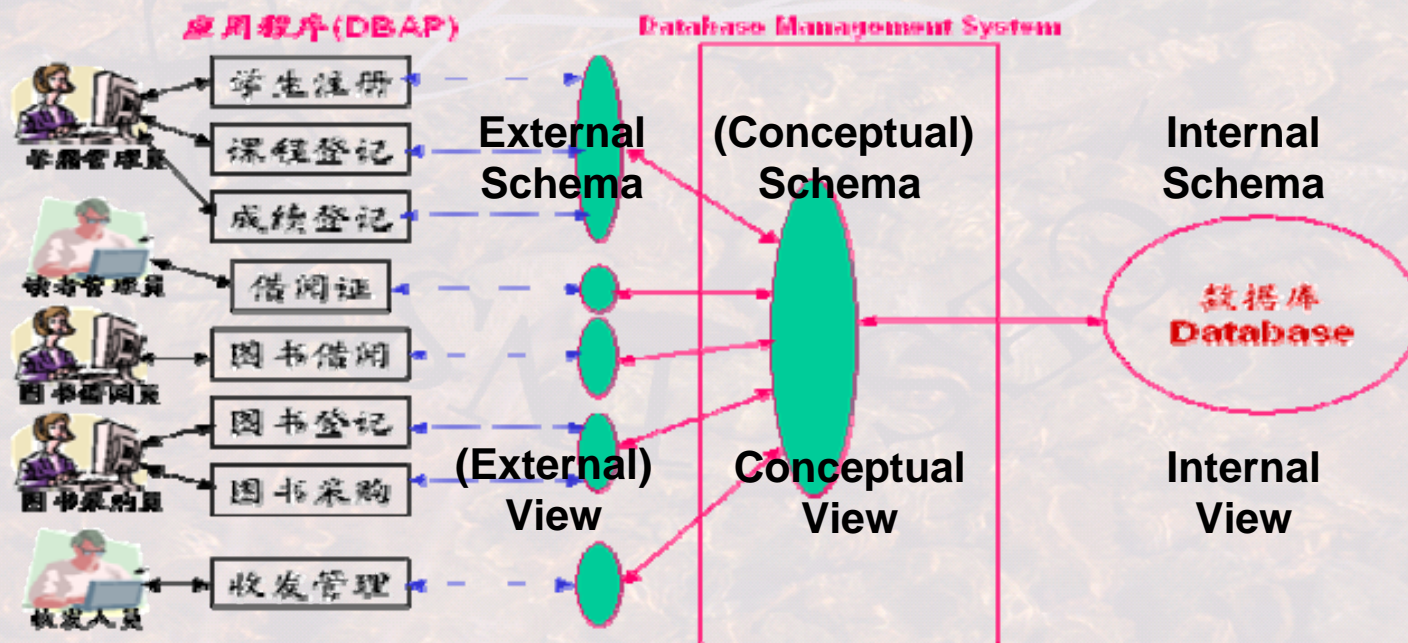
某一用户能够看到与处理的数据的结构描述

**(Conceptual) Schema** ---- **Conceptual View**

从全局角度理解/管理的数据的结构描述, 含相应的关联约束  
体现在数据之间的内在本质联系

**Internal Schema** ---- **Internal View**

存储在介质上的数据的结构描述, 含存储路径、存储方式、索引方式等





# 数据库系统的标准结构

## (3)三级模式两层映像?

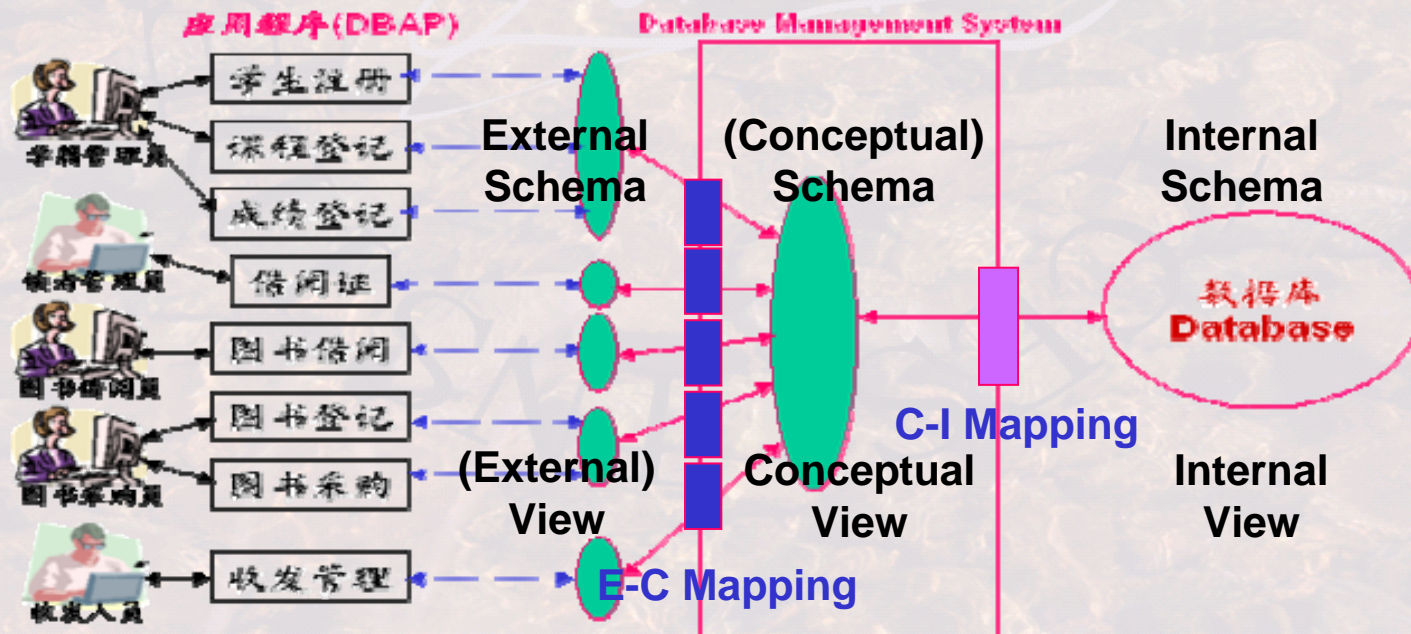
### 两层映像

#### E-C Mapping : External Schema-Conceptual Schema Mapping

- 将外模式映射为概念模式，从而支持实现数据概念视图向外部视图的转换
- 便于用户观察和使用

#### C-I Mapping : Conceptual Schema-Internal Schema Mapping

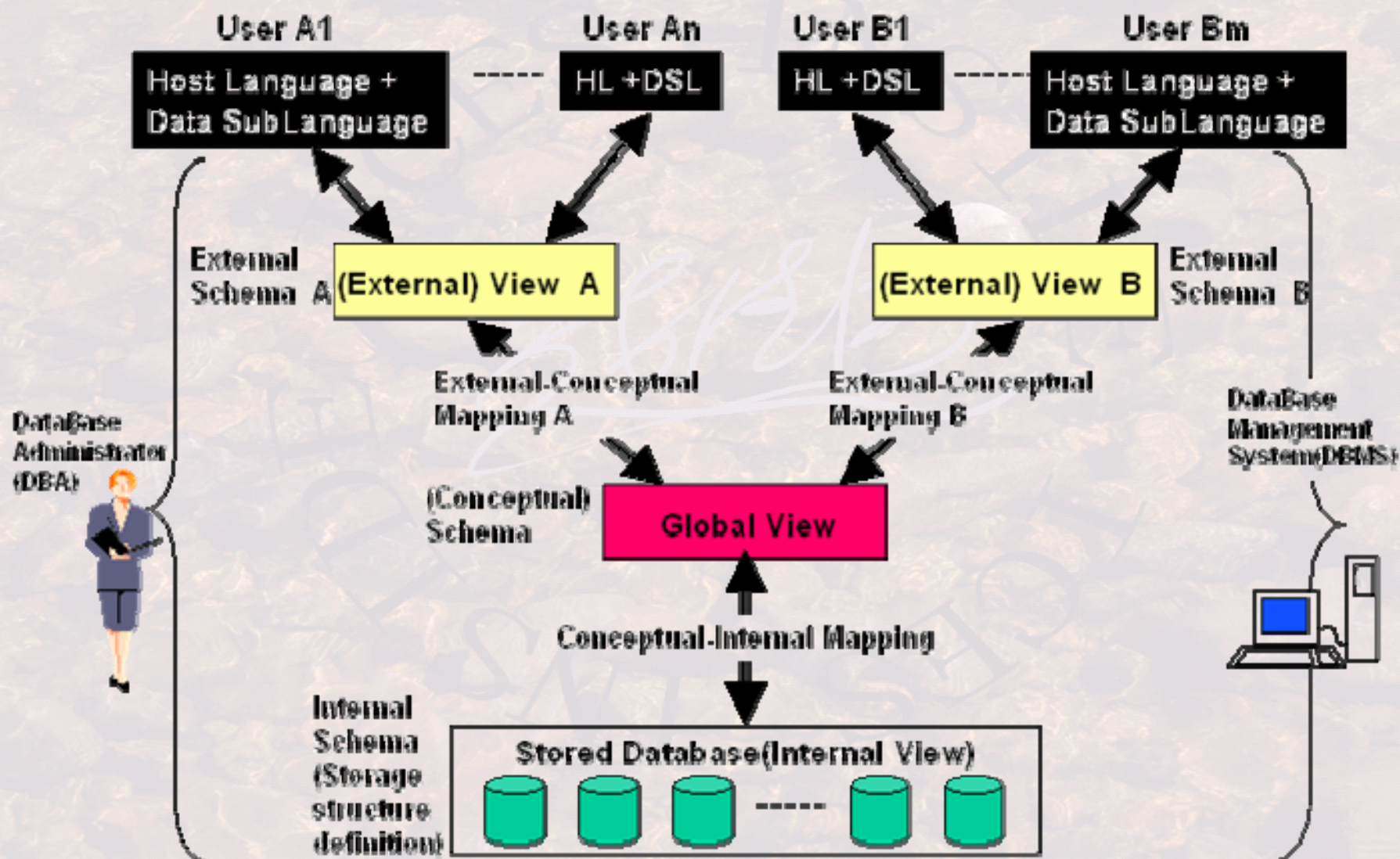
- 将概念模式映射为内模式，从而支持实现数据概念视图向内部视图的转换
- 便于计算机进行存储和处理





# 数据库系统的标准结构

## (4)数据库系统的标准结构?





为什么要按照标准结构进行  
数据库系统的抽象？



# 数据库系统的标准结构

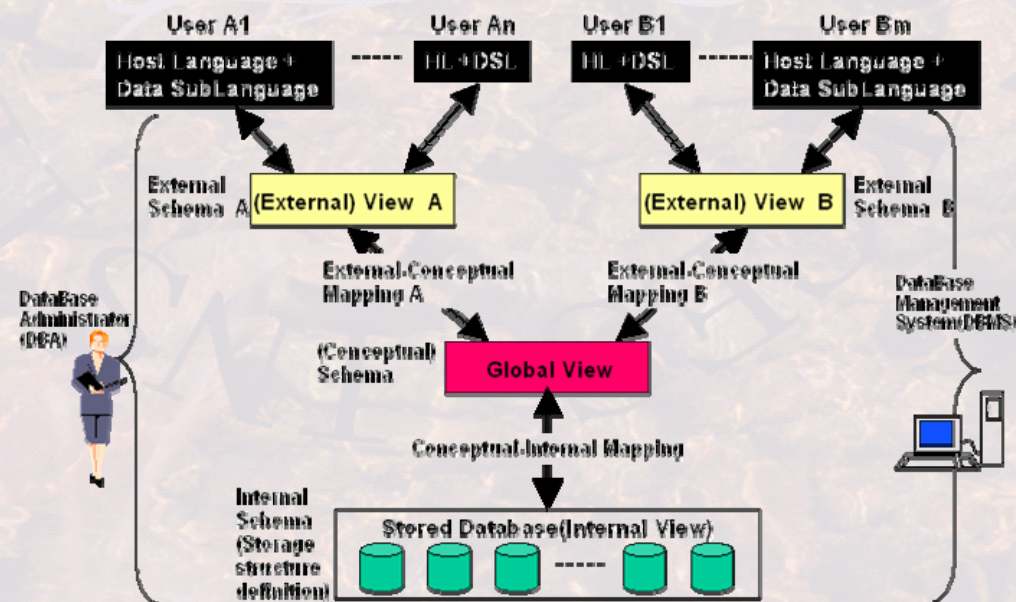
## (5)两个独立性?

### 逻辑数据独立性

当概念模式变化时，可以不改变外部模式(只需改变E-C Mapping)，从而无需改变应用程序

### 物理数据独立性

当内部模式变化时，可以不改变概念模式(只需改变C-I Mapping)，从而不改变外部模式





# 数据模型

战德臣

哈尔滨工业大学 教授.博士生导师

黑龙江省教学名师

教育部大学计算机课程教学指导委员会委员

Research Center on **I**ntelligent  
**C**omputing for **E**nterprises & **S**ervices,  
**H**arbin **I**nstitute of **T**echnology



数据模型vs.模式vs.数据？



## 模式 与 模式的结构：数据模型

### •数据模型

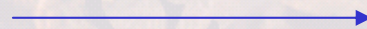
- 规定模式统一描述方式的模型，包括：数据结构、操作和约束
- 数据模型是对模式本身结构的抽象，模式是对数据本身结构形式的抽象

### 比如：

- 关系模型：所有模式都可为抽象表(Table)的形式[数据结构]，而每一个具体的模式都是拥有不同列名的具体的表。对这种表形式的数据有哪些[操作]和[约束]

#### 关系模型：

Table/Relation  
Relation Calculation  
Constraints about Table



#### 模式1：

学生登记表( 学号 char(8), 姓名  
char(10), 性别 Char(2), 出生年月  
datetime, 入学日期 Datetime, 家庭住址  
Char(40) )

#### 模式2：

学生成绩单( 学号 char(8), 姓名  
char(10), 班级 Char(6), 课程 char(40),  
学期 Char(4), 成绩 Number )

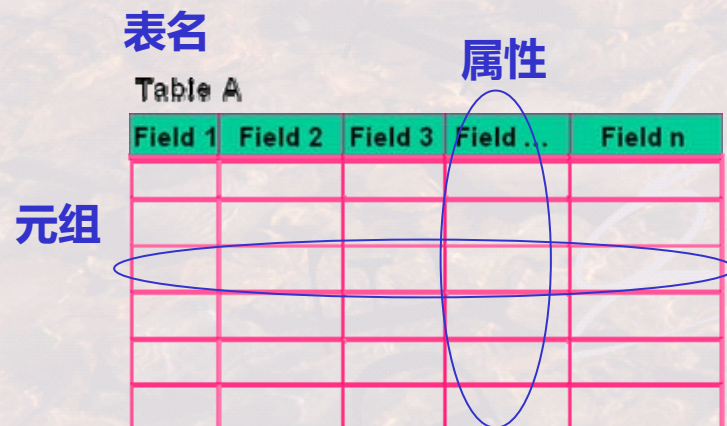


### 三大经典数据模型

- 关系模型：**表**的形式组织数据
- 层次模型：**树**的形式组织数据
- 网状模型：**图**的形式组织数据



### 关系模型的例子



**关系模型  
(表的形式)**

学生登记表( 学号 char(8), 姓名 char(10), 性别 Char(2), 出生年月 datetime, 入学日期 Datetime, 家庭住址 Char(40) )

**关系模型的模式**

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

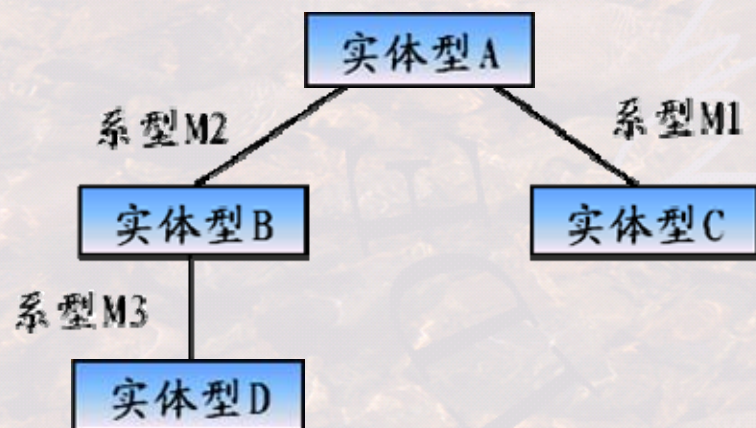
**关系模型的数据**



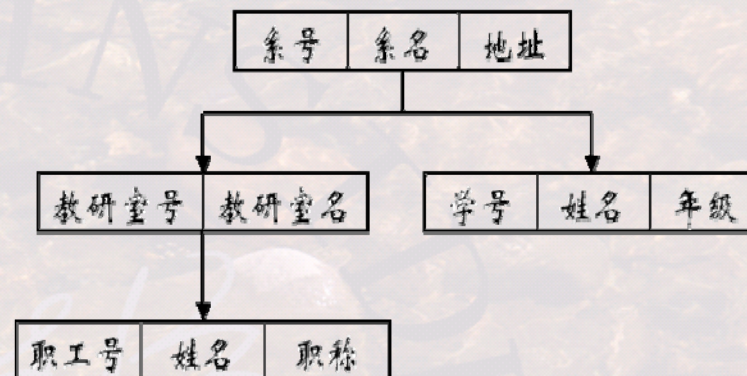
# 数据模型

## (4)层次模型?

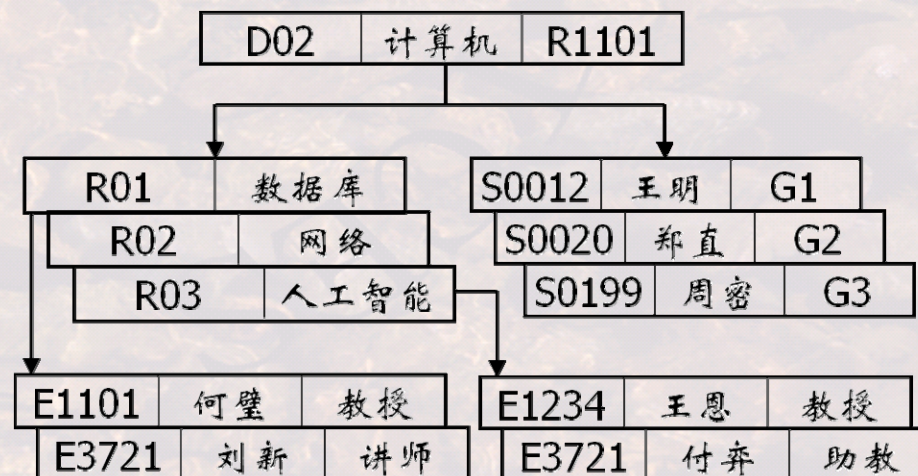
### 层次模型的例子



层次模型  
(树的形式)



层次模型的模式



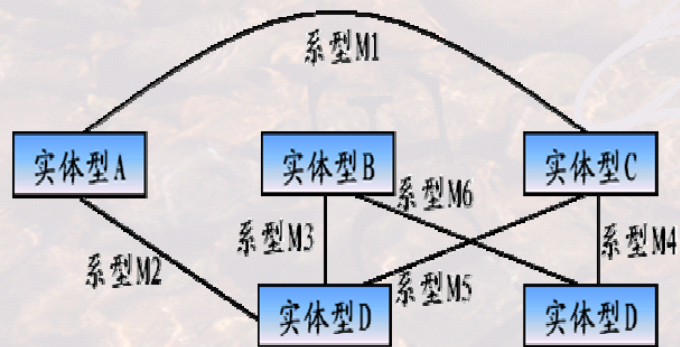
层次模型的数据



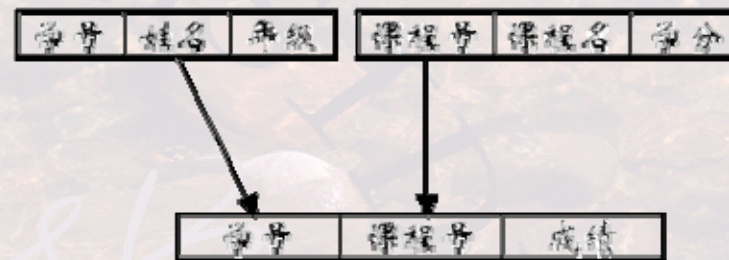
# 数据模型

## (5)网状模型?

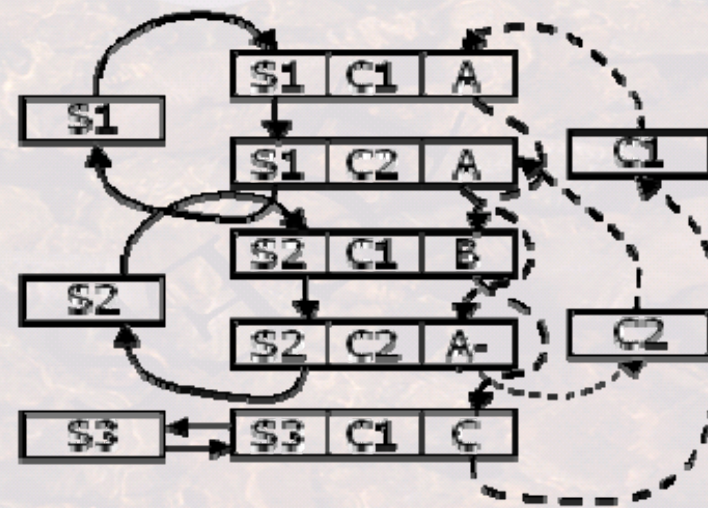
### 网状模型的例子



网状模型  
(图的形式)



网状模型的模式



网状模型的数据



# 数据库系统的演变与发展

战德臣

哈尔滨工业大学 教授.博士生导师

黑龙江省教学名师

教育部大学计算机课程教学指导委员会委员

Research Center on **I**ntelligent  
**C**omputing for **E**nterprises & **S**ervices,  
**H**arbin **I**nstitute of **T**echnology



### ---- 简要发展史：四个阶段

- 第一阶段：数据库技术探索阶段(59-65/67)
  - ❑ 研制成功格式文件系统
  - ❑ 正式提出“Data Base”，并开始进行研究
- 第二阶段：数据库技术确立阶段(65/68-75)
  - ❑ 三大数据库：层次、网状及关系数据库相继提出并进行了深入研究
  - ❑ 商用数据库出现并应用，但多为网状及层次型系统
  - ❑ 数据库研究形成理论基础：关系数据库理论



### ---- 简要发展史：四个阶段(续)

#### ➤ 第三阶段：数据库技术成熟阶段(76-80s前期)

- ❑ 提出了标准化数据库系统结构模型
- ❑ 关系DB系统迅速发展：如SQL, QBE, System R, Ingres等
- ❑ 关系理论日臻完善，包括规范化理论，关系语言，RDB的设计与实现，新型关系模型等；
- ❑ 数据库应用已十分普及，渗透到社会各个方面，出现众多DB的技术分支，DB走向全面成熟，人称70年代为“数据库的年代”

#### ➤ 第四阶段：数据库技术深化发展阶段(85年以来)

- ❑ 数据库方法逐步理论化、数据库设计理论不断完善
- ❑ 新型数据模型、专用数据模型, 专用型、新型数据库系统，不断涌现
- ❑ 数据库技术+其他计算机技术结合 == 面向各行各业的专用数据库



# 数据库系统的演变与发展

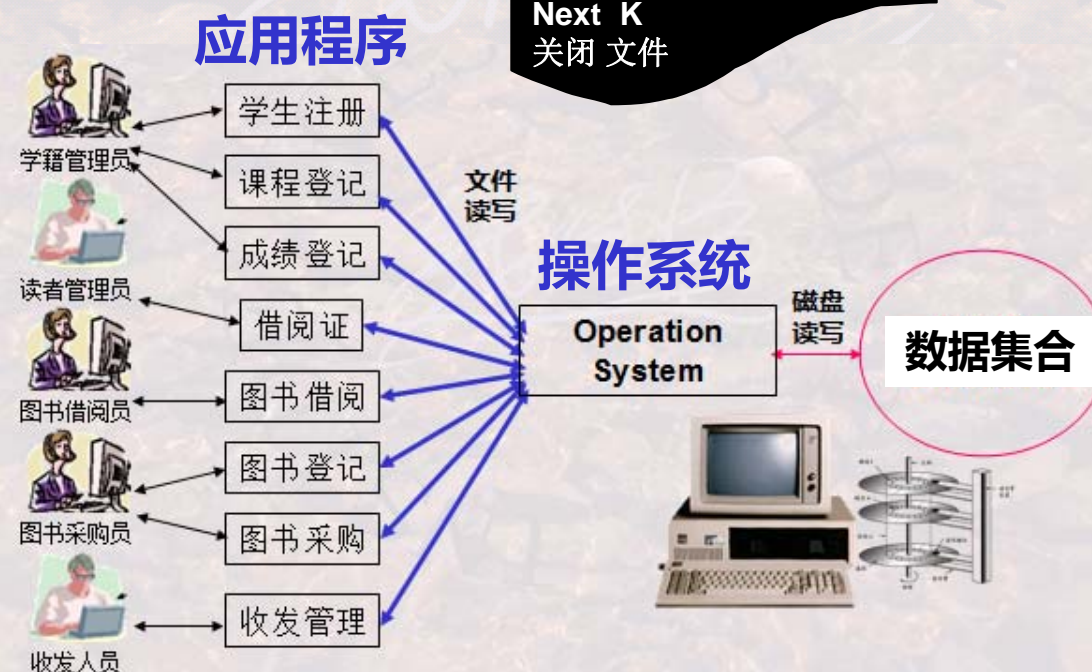
## (2)由文件系统到数据库

### 文件系统的示例

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

定义“学生登记表”文件的数据结构；

```
打开“学生登记表”文件
For K=1 to 最后一条记录
  读第K条记录
  识别出 性别 属性的值
  If 性别 = '男' then
    显示第K条记录
  End if
Next K
关闭 文件
```





# 数据库系统的演变与发展

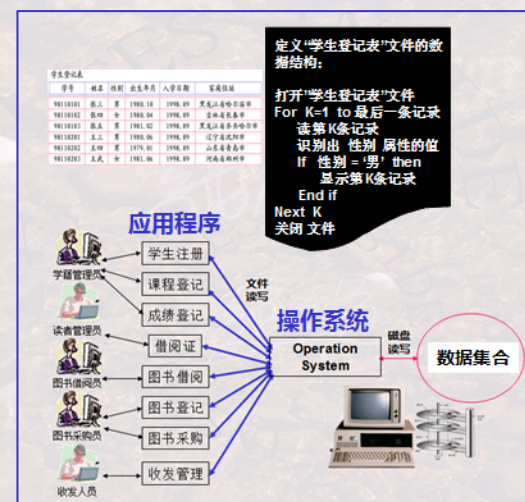
## (2)由文件系统到数据库



### 重要发展：由文件系统到数据库

#### ❖ 文件系统

- 文件存储空间的管理、目录管理、文件读写管理、文件保护、向用户提供操作接口
- 提供了不同的存取方法(索引文件、链接文件、直接存取文件、倒排文件等), 支持对文件的基本操作(增、删、改、查等), 数据存取基本上以记录为单位



- (优点)用户(程序)不必考虑文件存储的物理细节, 解脱了对物理设备存取复杂性处理的负担
- (不足)数据与程序紧密结合, 数据的组织及语义紧密依赖于处理该文件的应用程序, 数据结构发生改变则必须修改应用程序, 文件之间无联系, 文件的记录之间无联系, 共享性差, 冗余度大, 不一致性高



# 数据库系统的演变与发展

## (2)由文件系统到数据库

### 数据库系统的示例

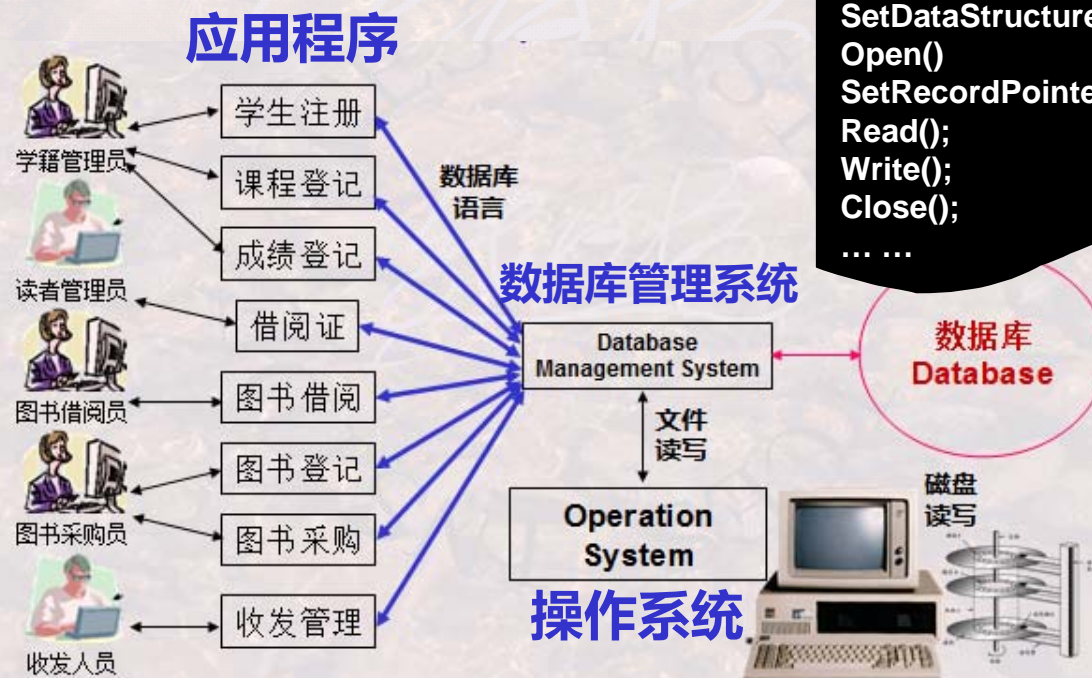
学生登记表

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

读取哪一个表的  
哪一行哪一列

定义表的格式

读取数据的细节  
例如：  
SetDataStructure()  
Open()  
SetRecordPointer()  
Read();  
Write();  
Close();  
... ..





# 数据库系统的演变与发展

## (2)由文件系统到数据库

### 重要发展：由文件系统到数据库

#### ❖ 数据库系统

- 由DBMS统一存取、维护数据组织形式及语义，可较强地独立于应用程序(数据的物理独立性和逻辑独立性)
- 把数据及数据结构的定义和描述从应用程序中分离出去，交给DBMS，使得多个应用程序可共享数据及数据结构的操作，数据存取可以记录为单位，也可以以数据项和记录集合为单位
- 统一的数据控制功能，数据共享程度高：系统可自动检查安全性、完整性和并发正确性
- 整体数据结构化，文件(Table)之间、记录之间相互有关联，数据的冗余度小，易扩充
- 独立于应用程序的高效率查询/统计操作

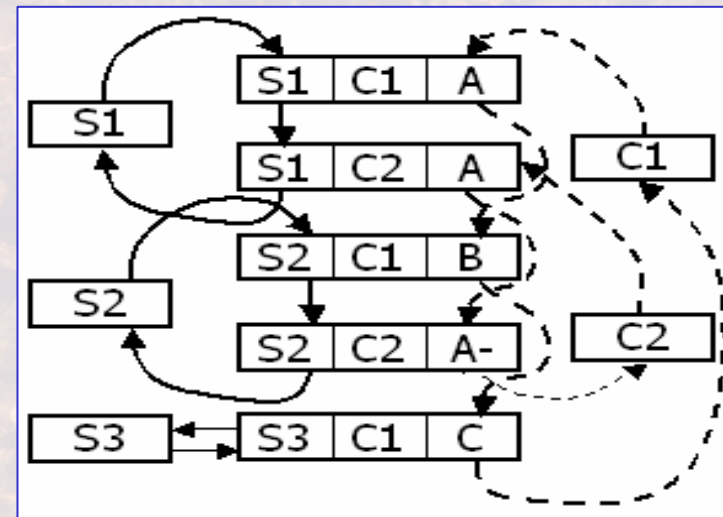
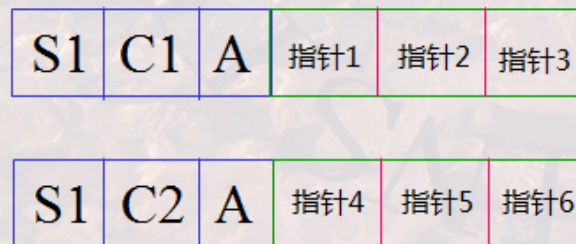




### 重要发展：由层次模型数据库、网状模型数据库到关系数据库

#### ❖ 层次模型与网状模型数据库

- 数据之间的关联关系由复杂的指针系统来维系，结构描述复杂
- 数据检索操作依赖于由指针系统指示的路径
- 逐一记录的操作，不能有效支持记录集合的操作





### 重要发展：由层次模型数据库、网状模型数据库到关系数据库

#### ❖ 关系模型数据库

➤数据之间的关联关系由Table中属性的值来表征，结构描述简单：

##### Table/relation

➤数据检索操作不依赖于路径信息或过程信息，支持非过程化的数据操作

➤有效支持记录集合的操作

➤较为完善的理论基础

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



# 数据库系统的演变与发展

## (3)由层次模型数据库、网状模型数据库到关系数据库

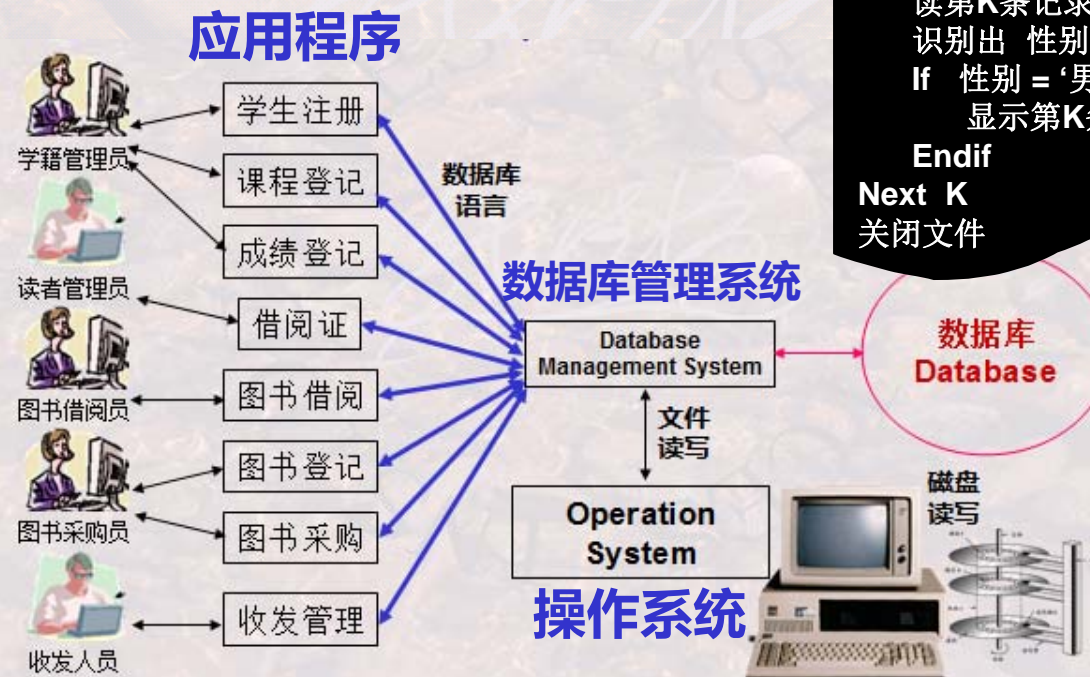
### 关系数据库系统的示例

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

```
Select 学号, 姓名  
From 学生登记表  
Where 性别 = '男';
```

```
打开文件  
For K=1 to 最后一条记录  
  读第K条记录  
  识别出 性别 属性的值  
  If 性别 = '男' then  
    显示第K条记录  
  Endif  
Next K  
关闭文件
```





### 重要发展：由关系数据库到对象关系数据库、面向对象数据库

#### ❖ 关系数据库

- 按行按列形式组织数据：关系的第1范式
- 数据项的不可再分特性
- 关系运算：关系代数、元组演算、域演算--→标准SQL
- 关系数据库设计理论

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



### 重要发展：由关系数据库到对象关系数据库、面向对象数据库

#### ❖ 对象-关系数据库

- 可有效支持不满足关系第1范式的数据项
- 以对象来封装需分解的数据项
- 行对象与列对象；聚集对象与结构对象

列对象

Head: structured type

Students						
sid	name		class	telephone	enrollment	
	lname	fname			cno	major
1	Jones	Allan	2	555-1234	101	No
					108	Yes
2	Smith	John	3	555-4321	105	No
3	Borwn	Harry	2	555-1122	101	Yes
					108	No
4	White	Edward	3	555-3344	102	No
					105	No

行对象

结构对象  
聚集对象

Value: structured value  
collection of values



### 重要发展：由关系数据库到对象关系数据库、面向对象数据库

#### ❖ 面向对象数据库

- 面向对象技术(O-O)与集合/聚集操作技术(SQL)的结合
- 支持复杂的数据类型，数据封装与抽象数据结构
- 支持面向对象的一些特性：类、继承、封装、多态...

列对象

Head: structured type

行对象

Students						
sid	name		class	telephone	enrollment	
	lname	fname			cno	major
1	Jones	Allan	2	555-1234	101	No
					108	Yes
2	Smith	John	3	555-4321	105	No
3	Borwn	Harry	2	555-1122	101	Yes
					108	No
4	White	Edward	3	555-3344	102	No
					105	No

结构对象  
聚集对象

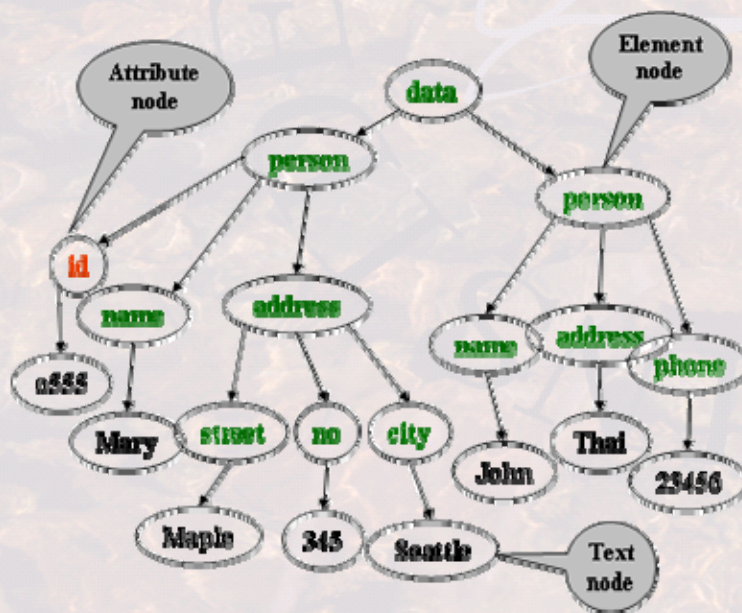
Value: structured value  
collection of values



### 重要发展：由关系数据库到对象关系数据库、面向对象数据库

#### ❖ XML数据库

- 是数据库的另一种形式, 被称为半结构化数据库;
- 数据 与 数据的语义 合并在一起进行存储和处理;
- 面向数据交换而提出, 在互联网世界得到广泛应用.



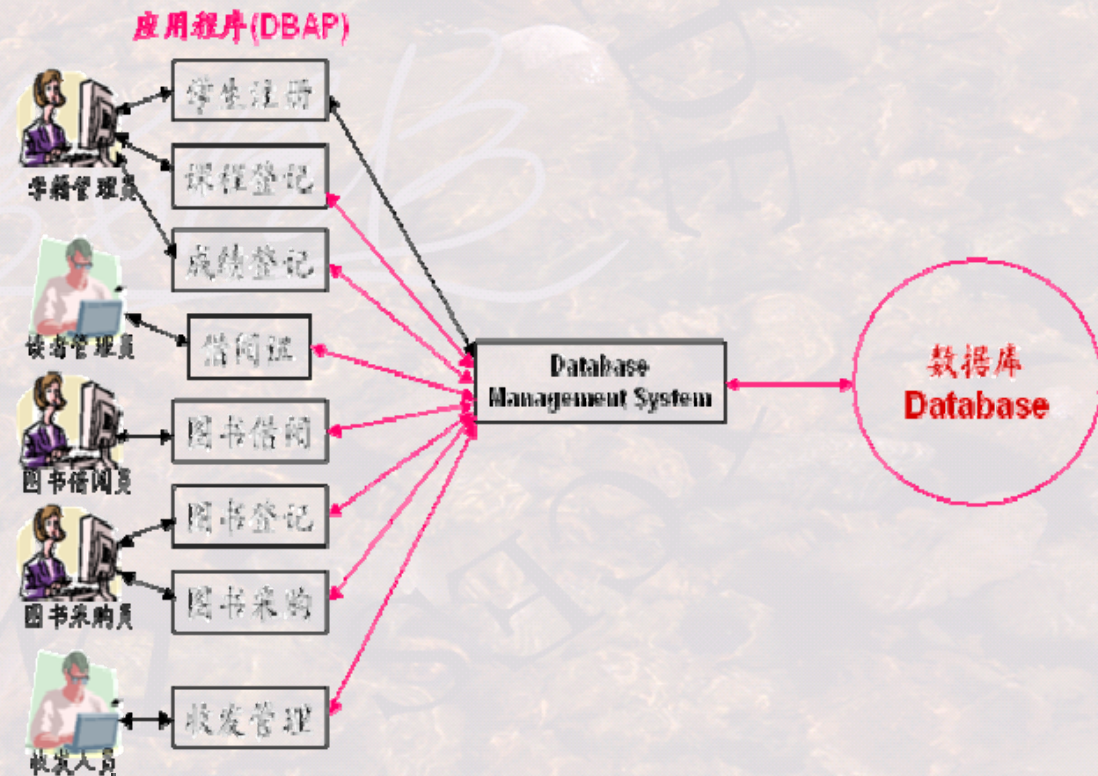
```
<data>
  <person id="o555" >
    <name> Mary </name>
    <address>
      <street>Maple</street>
      <no> 345 </no>
      <city> Seattle </city>
    </address>
  </person>
  <person>
    <name> John </name>
    <address>Thailand
    </address>
    <phone>23456</phone>
  </person>
</data>
```



### 重要发展：由多种多样的数据库到多数据库开放式互连

#### ❖ 多种多样的数据库

- Oracle
- Sybase
- Ingres
- DB 2
- MS Access
- Informix
- .....



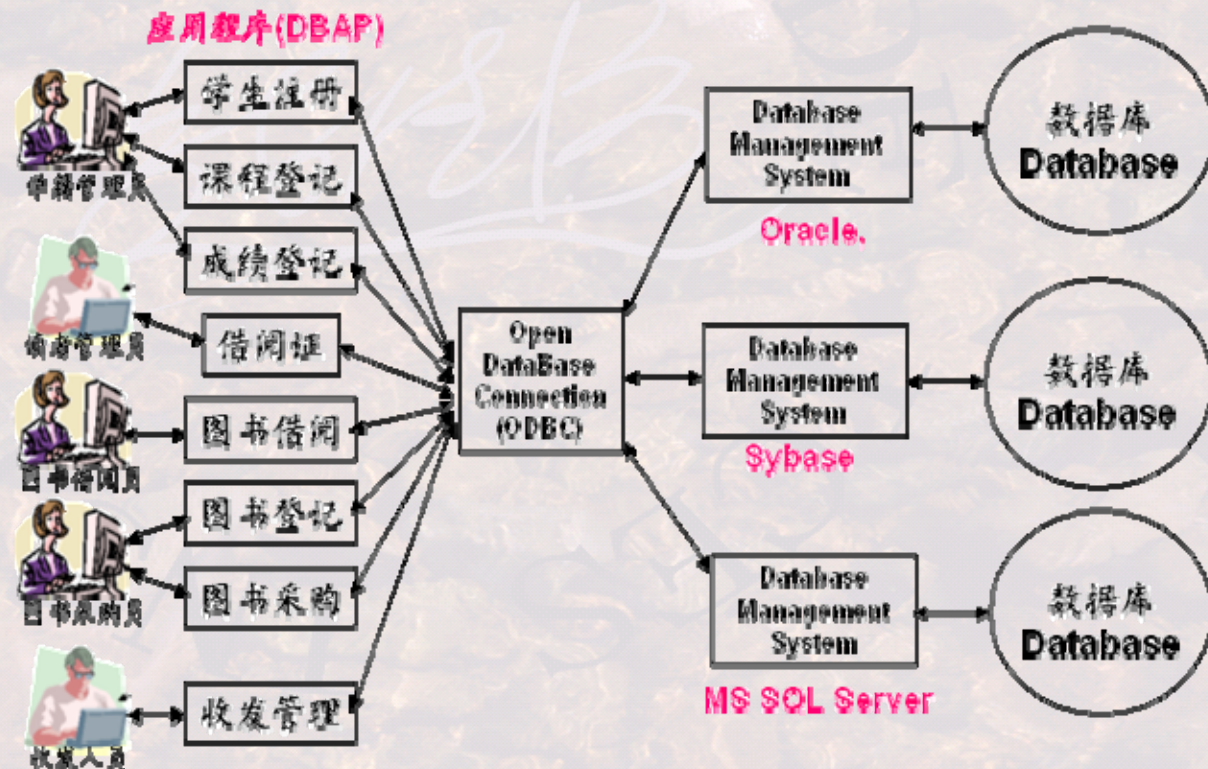


### 重要发展：由多种多样的数据库到多数据库开放式互连

#### ❖ 开放互连多种多样的数据库

➢ ODBC

➢ JDBC





### 重要发展：由普通数据库到与各种先进技术结合所形成的新型数据库

#### ❖ 新型数据库

- **OA**: DB + Management Information System
- **Database Machine**  $\Leftarrow$  DB + Computer Architecture
- **Intelligent Database**  $\Leftarrow$  DB + Artificial Intelligence
- **Distributed Database (DDB)**  $\Leftarrow$  DB + Computer Network。
- **Image Database / Multimedia Database**  $\Leftarrow$  DB + Image processing / Multimedia processing。
- **Temporal Database**  $\Leftarrow$  DB + 时态技术处理。
- **Mobile Database**  $\Leftarrow$  DB + 移动计算技术。
- **Active Database**  $\Leftarrow$  DB + 产生式规则/触发器技术。



### 重要发展：由普通数据库到与各种先进技术结合所形成的新型数据库

#### ❖ 新型数据库

- **Fuzzy Database**  $\Leftarrow$  DB + 模糊处理技术。
- **Real-Time Database**  $\Leftarrow$  DB + 实时处理技术。
- **Engineering Database**  $\Leftarrow$  DB + CAD/CAPP/CAM技术。
- **Geographical Databas**和空间数据库(**Spacial Database**)  $\Leftarrow$  DB + 数字地图、全球定位、空间分析技术。
- **Statistical Database**  $\Leftarrow$  DB + 统计学。
- **Internet Database**  $\Leftarrow$  DB + Internet/WWW(网页/HTML文档)。
- **Data Warehouse/Data Mining**  $\Leftarrow$  DB + OLAP + 统计学。
- **NoSQL**



# 回顾本讲学了什么？

战德臣

哈尔滨工业大学 教授.博士生导师

黑龙江省教学名师

教育部大学计算机课程教学指导委员会委员

Research Center on **I**ntelligent  
**C**omputing for **E**nterprises & **S**ervices,  
**H**arbin **I**nstitute of **T**echnology



# 回顾本讲学习了什么？

