数据库系统基本概念

➢数据库管理系统——从用户角度看DBMS功能

➢数据库定义：定义数据库中Table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

数据库系统基本概念

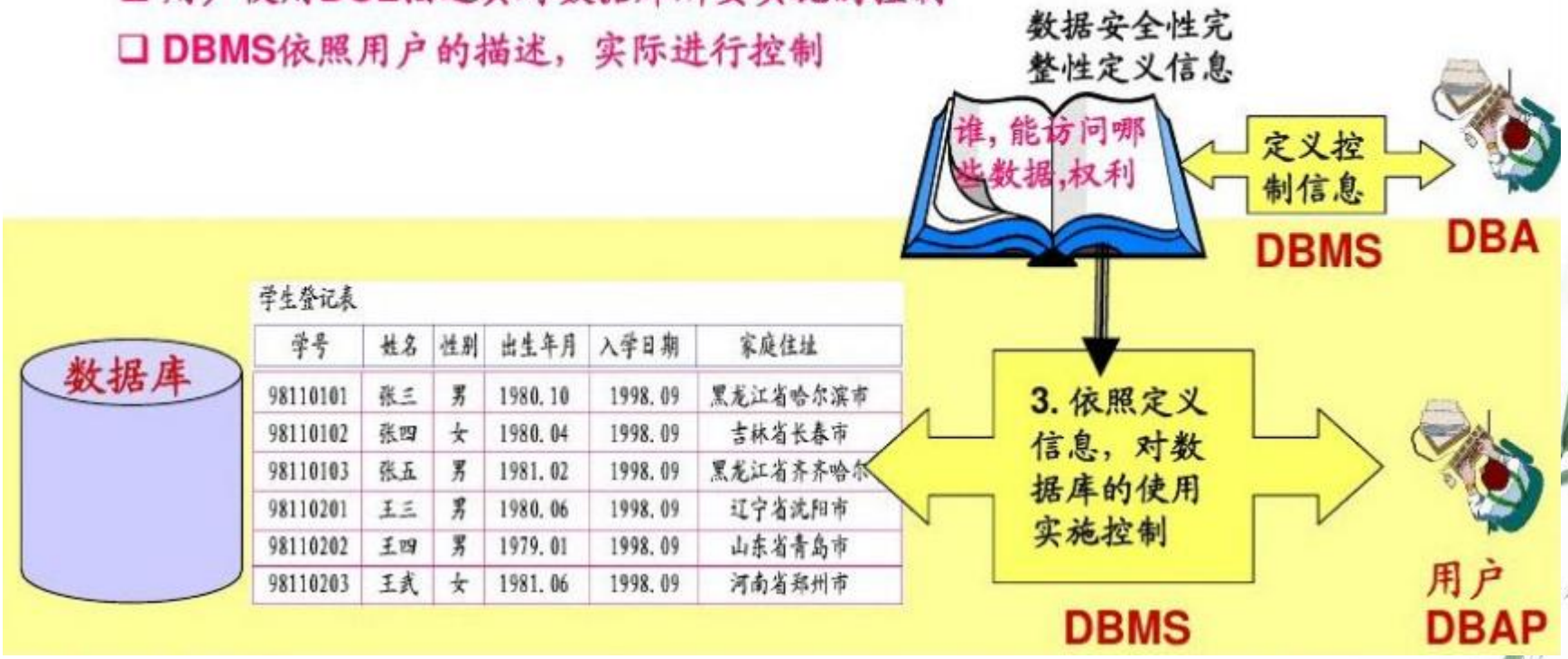
- 数据库管理系统——从用户角度看DBMS功能
  - 数据库操纵：向数据库的Table中增加/删除/更新数据及对数据进行查询、检索、统计等
    - DBMS提供一套数据操纵语言(DML:Data Manipulation Language)给用户
    - 用户使用DML描述其所要进行的增、删、改、查等操作
    - DBMS依照用户的操作描述，实际执行这些操作

数据库系统基本概念

➢数据库管理系统——从用户角度看DBMS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



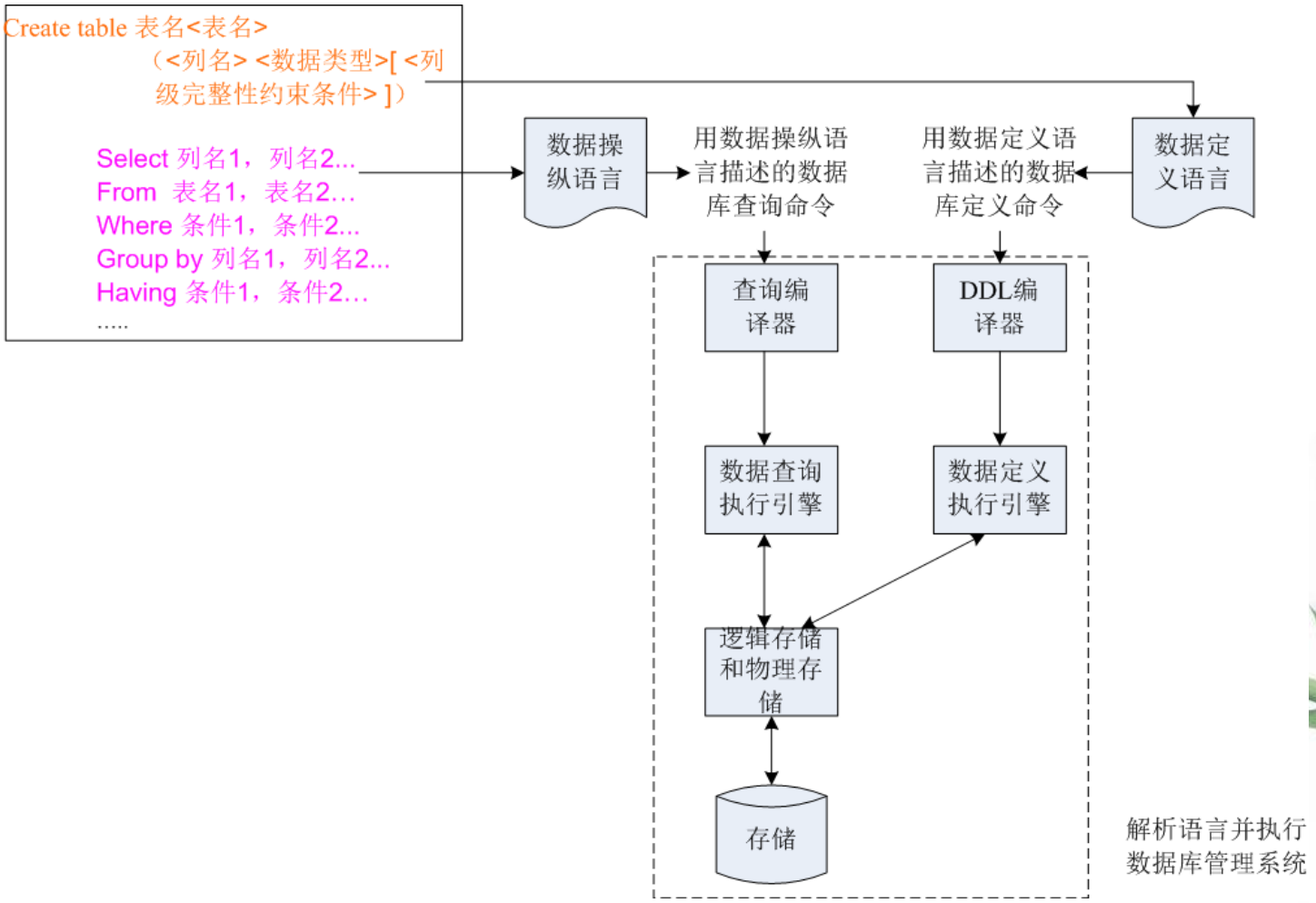
数据库系统基本概念

- 数据库管理系统——从用户角度看DBMS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

数据库系统基本概念

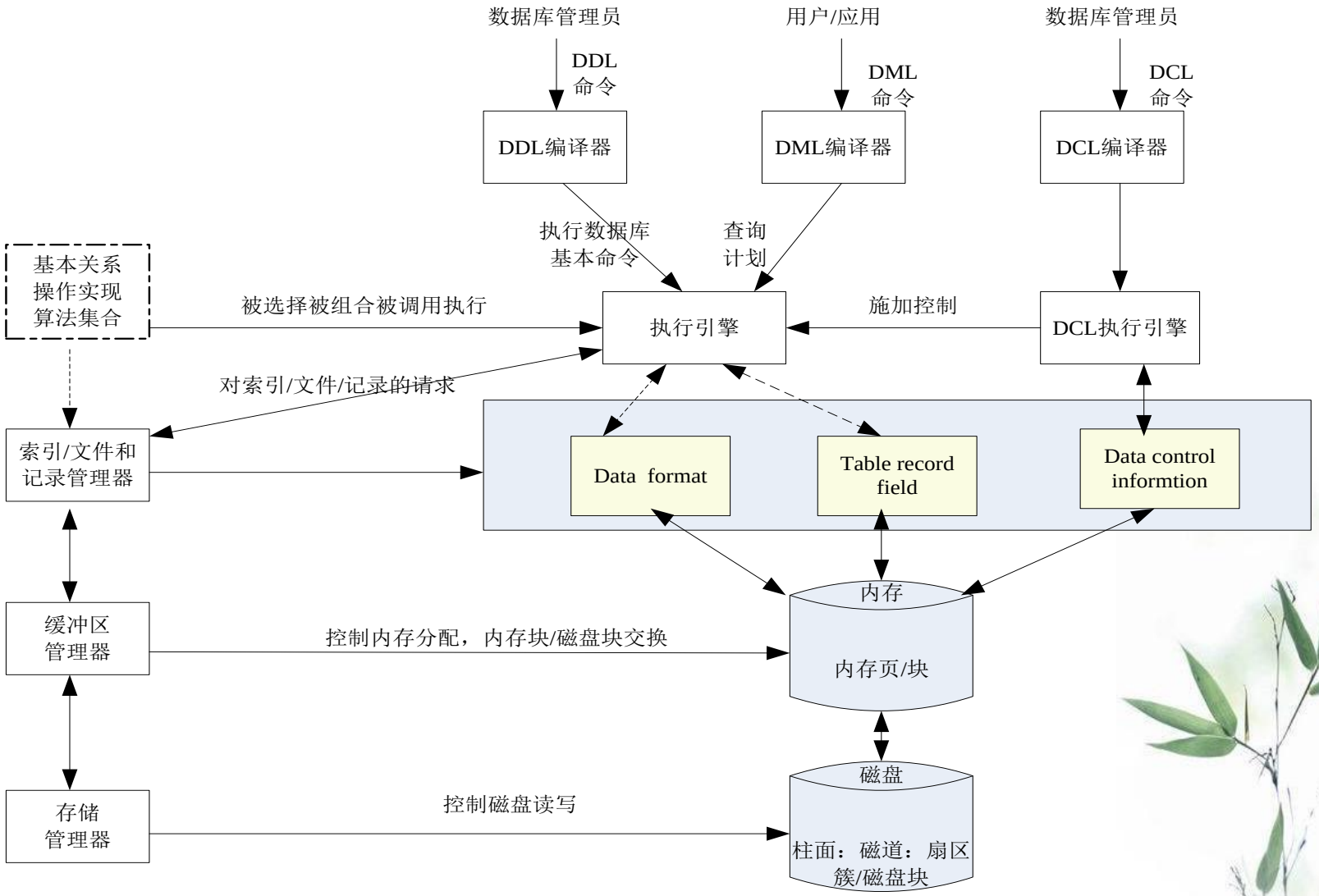
➢数据库管理系统——从系统角度看DBMS功能

形式 → 构造 → 自动化　数据库管理系统的实现



数据库系统基本概念

➢数据库管理系统——从系统角度看DBMS功能



数据库系统基本概念

- 数据库管理系统——从系统角度看DBMS功能

  - DBMS为完成DB管理，在后台运行着一系列程序...
    - 语言翻译处理：将用数据库语言书写的内容，翻译成DBMS可执行的命令。例如：DDL编译器，DML编译器，DCL编译器等；
    - 数据存取：提供数据在磁盘、磁带等上的高效存取手段。例如：存储管理器，缓冲区管理器，索引/文件和记录管理器等；
    - 查询优化：提高数据库检索速度的手段；例如贯穿于数据存取各个阶段的优化程序；
    - 通信控制：提供网络环境下数据库操作的手段

数据库系统基本概念

➢数据库管理系统——从系统角度看DBMS功能

➢DBMS为完成DB管理，在后台运行着一系列程序...

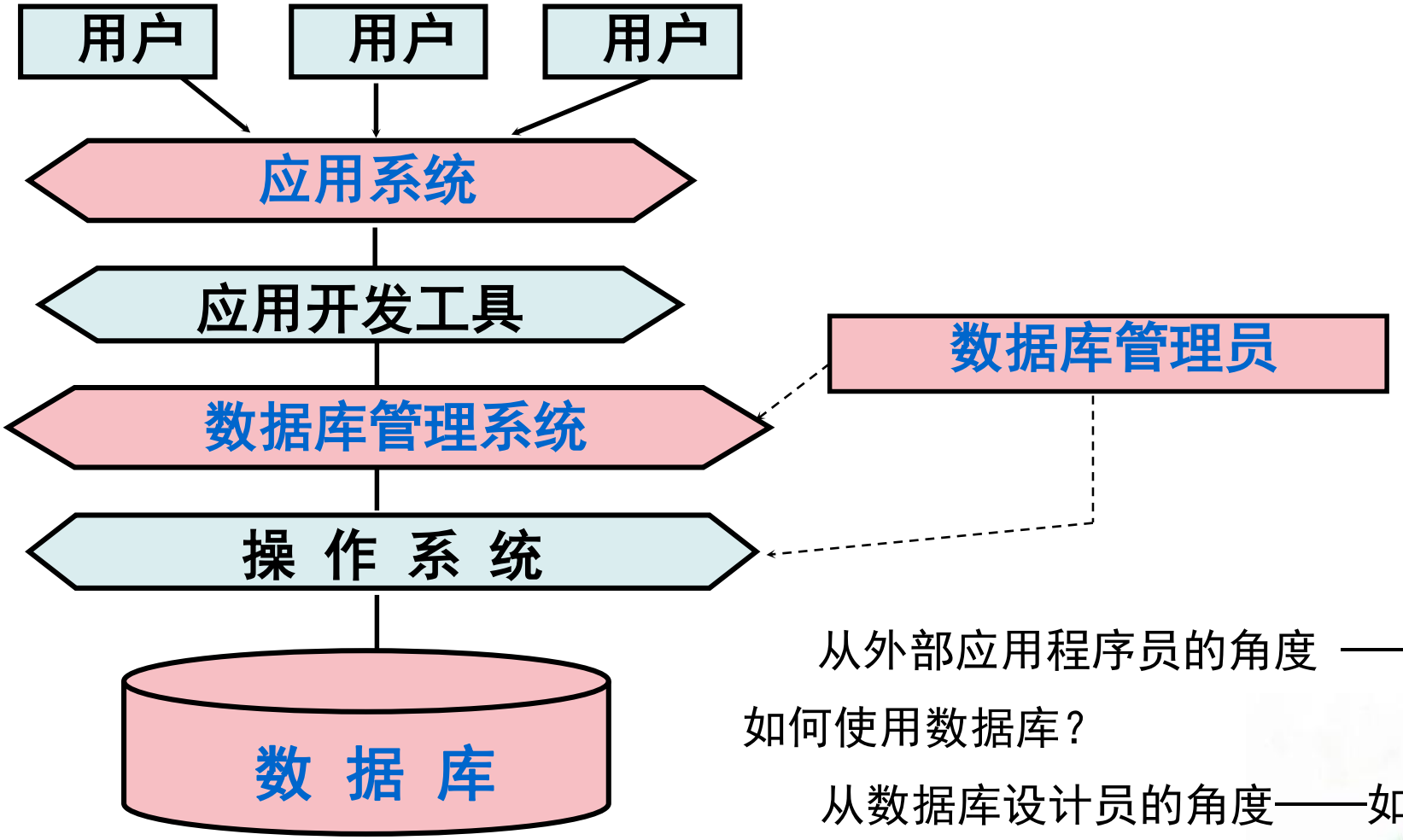
- ❑事务管理：提供提高可靠性并避免并发操作错误的手段
- ❑故障恢复：使数据库自动恢复到故障发生前正确状态的手段
- ❑安全性控制：提供合法性检验，避免非授权非法用户访问数据库的手段
- ❑完整性控制：提供数据及数据操作正确性检查的手段
- ❑数据字典管理：管理用户已经定义的信息
- ❑应用程序接口(API)：提供应用程序使用DBMS特定功能的手段
- ❑备份、运行日志操控等实用程序
- ❑数据库数据装载、重组等实用程序
- ❑数据库性能：统计在运行过程中数据库的各种性能数据，便于优化运行
- ❑... ...

四、数据库系统

- 数据库系统（**Database System，简称DBS**）

  在计算机系统中引入数据库后的系统构成

- 数据库系统的构成
  - 数据库
  - 数据库管理系统（及其开发工具）
  - 应用系统
  - 数据库管理员



数据库系统

从外部应用程序员的角度——如何使用数据库？

从数据库设计员的角度——如何构建数据库？

从内部系统组成的角度——如何实现数据库系统软件？

1.1 数据库系统概述

1.1.1 四个基本概念

1.1.2 数据管理技术的产生和发展

1.1.3 数据库系统的特点

数据管理技术的产生和发展

- DBMS的产生动机
  - 应用需求的推动
  - 计算机硬件的发展
  - 计算机软件的发展

  推动计算机发展，DBMS出现
- 分析DBMS的产生动机
  - 发现问题　　找出文件系统的不足，提出DBMS
  - 分析问题　　模型化、建立DBMS理论
  - 解决问题　　设计实现DBMS

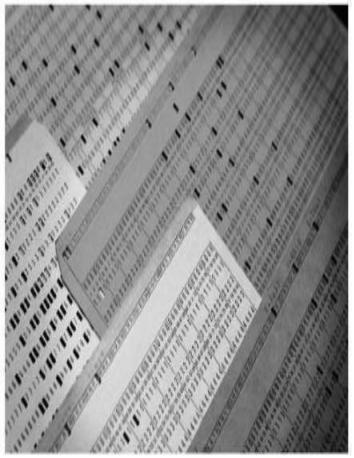
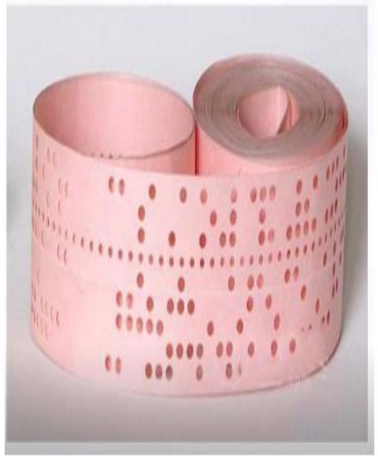
数据管理技术的产生和发展

- 数据管理技术的发展过程
  - **人工管理阶段(20世纪40年代中--50年代中)**
  - **文件系统阶段(20世纪50年代末--60年代中)**
  - **数据库系统阶段(20世纪60年代末--现在)**

注：主要围绕提高数据独立性、降低数据的冗余度、提高数据共享性、提高数据的安全性和完整性等方面来进行改进，使用者能有效地管理和使用数据资源。

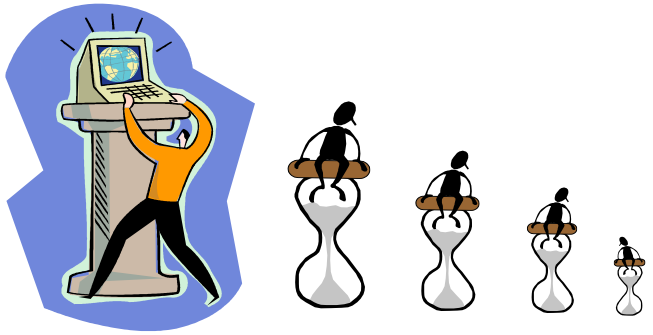
一、人工管理阶段

- 时期
  - 20世纪40年代中--50年代中
- 产生的背景
  - 应用需求 科学计算
  - 硬件水平 无直接存取存储设备
  - 软件水平 没有操作系统
  - 处理方式 批处理

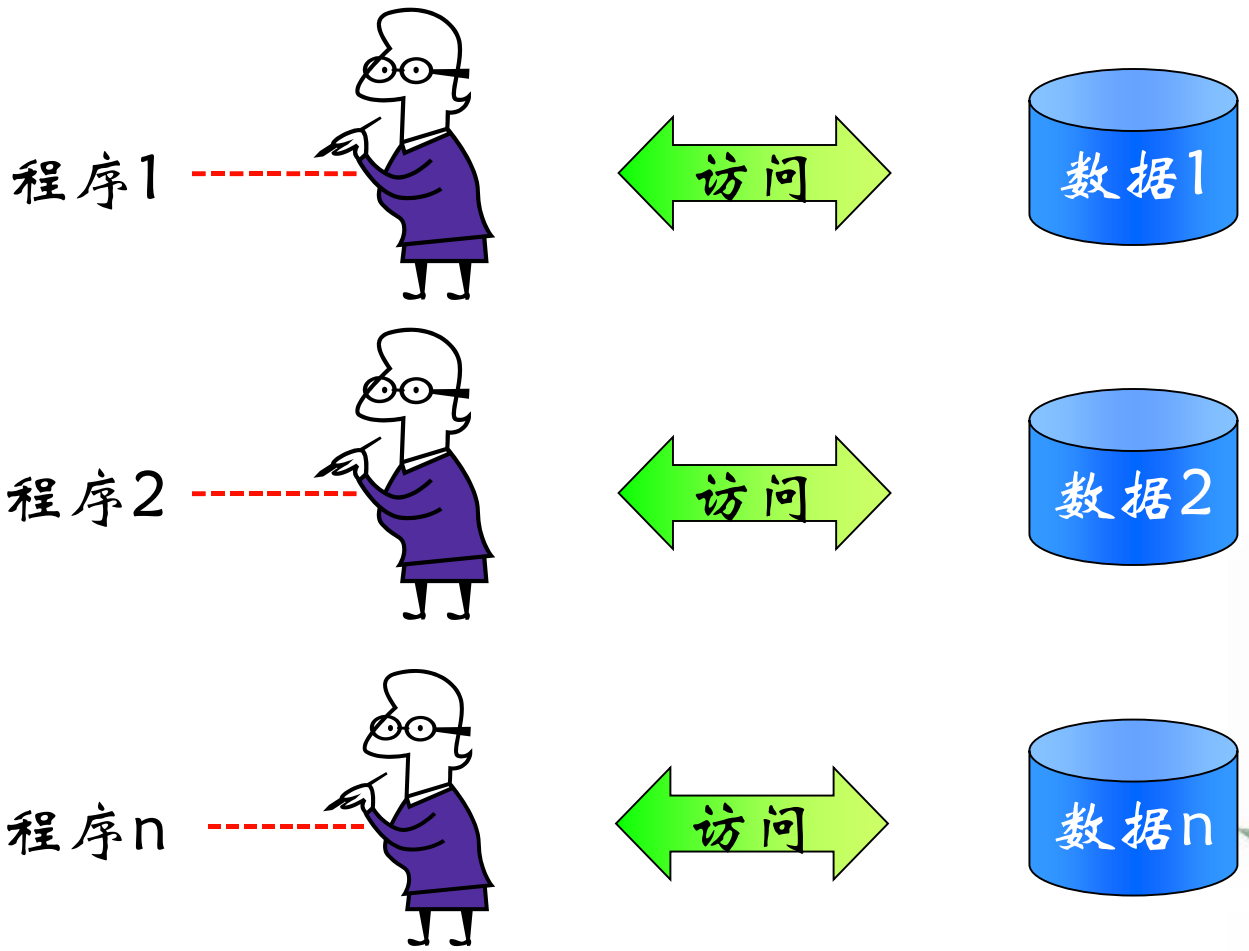




一人工管理阶段

- 背景
  - 计算机主要用于科学计算
    - 数据量小、结构简单，如高阶方程、曲线拟和等
  - 外存为顺序存取设备
    - 磁带、卡片、纸带，没有磁盘等直接存取设备
  - 没有操作系统，没有数据管理软件
    - 用户用机器指令编码，通过纸带机输入程序和数据，程序运行完毕后，由用户取走纸带和运算结果，再让下一用户上机操作



应用程序与数据的对应关系(人工管理阶段)



应用程序与数据的对应关系(人工管理阶段)

对学生成绩进行排序的C程序：

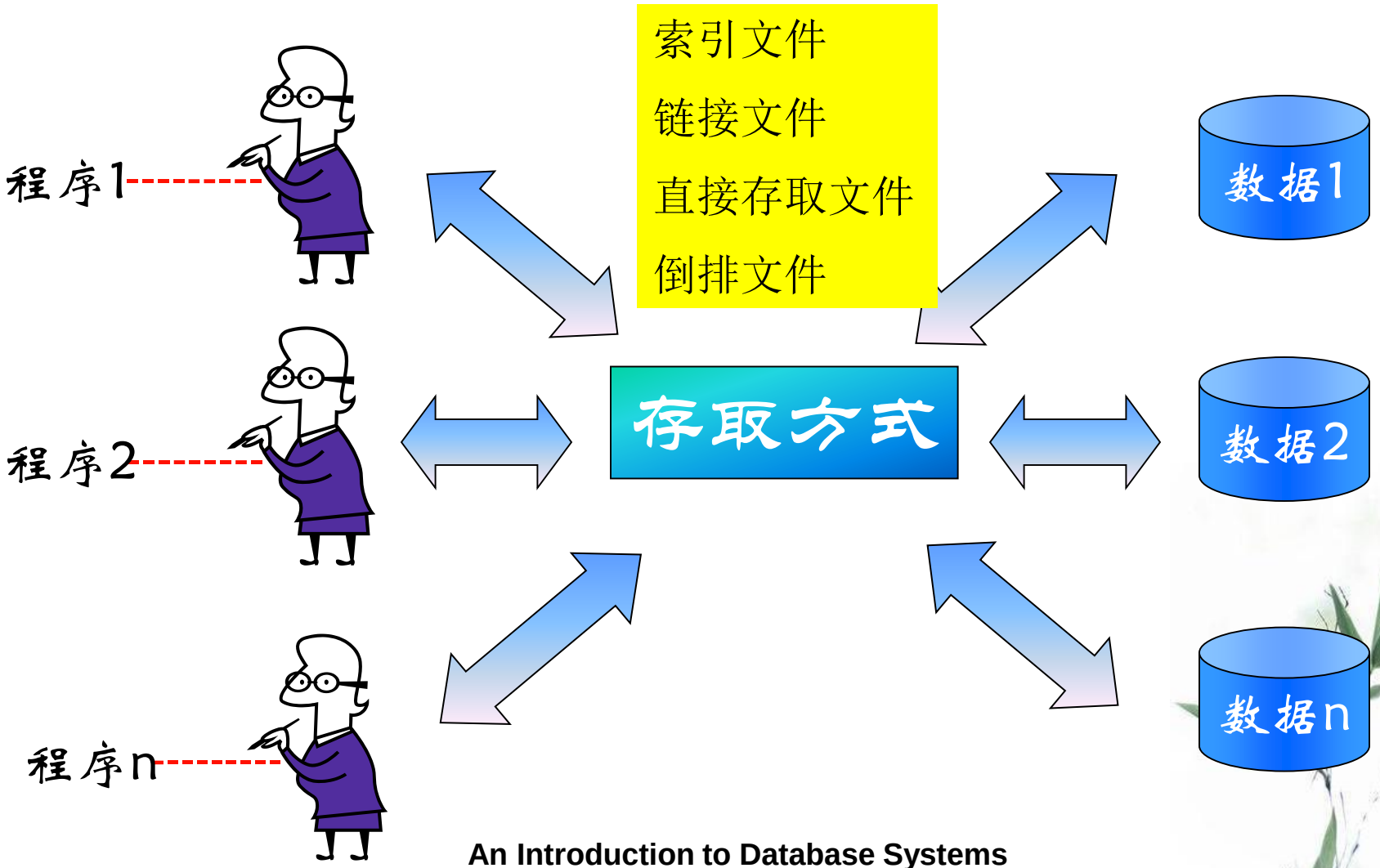
```
#include <stdio.h>
#define N 10
int main()
{
   int x[N]={73,65,92,83,72,64,82,63,58,94};
   int i,j,k,t;
   for(i=0;i<N-1;i++)
   {
      for(j=0;j<N-1-i;j++)
         if (x[j]>x[j+1])
         {
            t=x[j];
            x[j]=x[j+1];
            x[j+1]=t;
         }
   }
   printf("The sorted numbers:\n");
   for(i=0;i<N;i++)
      printf("%5d",x[i]);
   printf("\n");
   return 0;
}
```

- 特点
  - 数据的管理者：用户（程序员），数据不保存
  - 数据面向的对象：某一应用程序
  - 数据的共享程度：无共享、冗余度极大
  - 数据的独立性：不独立，完全依赖于程序
  - 数据的结构化：无结构
  - 数据控制能力：应用程序自己控制

二、文件系统阶段

- 时期
  - 20世纪50年代末--60年代中
- 产生的背景
  - 应用需求 科学计算、管理
  - 硬件水平 磁盘、磁鼓
  - 软件水平 有文件系统
  - 处理方式 联机实时处理、批处理

应用程序与数据的对应关系(文件系统阶段)



应用程序与数据的对应关系(文件系统阶段)

对学生成绩进行排序的C程序：

```
#include <stdio.h>
#define N 10
int main()
{
   int x[N],i,j,k,t;
   FILE *fp;
   fp=fopen("e:\\score.dat","r");   //打开文件
   for(i=0;i<N;i++)
     fscanf(fp,"%d",x+i);    //从文件读数据
   for(i=0;i<N-1;i++)
   {
      for(j=0;j<N-1-i;j++)
         if (x[j]>x[j+1])
         {
            t=x[j];
            x[j]=x[j+1];
            x[j+1]=t;
         }
   }
   printf("The sorted numbers:\n");
   for(i=0;i<N;i++)
      printf("%5d",x[i]);
   printf("\n");
   fclose(fp);     //关闭文件
   return 0;
}
```

- 特点

数据的管理者：文件系统，数据可长期保存

数据面向的对象：某一应用程序

数据的共享程度：共享性差、冗余度大

数据的结构化：记录内有结构，整体无结构

数据的独立性：独立性差，数据的逻辑结构改变必须修改应用程序

数据控制能力：应用程序自己控制

—文件系统阶段

在数据库系统还没有出现的时候，如何实现一个学校管理系统?

劳资科

学号	姓名	系别	补贴

房产科

学号	姓名	性别	系别	住址

学籍科

学号	姓名	系别	学分	学位

人事科

学号	姓名	性别	系别	年龄	学位	出身

思考一下

在数据库系统还没有出现的时候，如何实现一个学校管理系统?

1. 一个完成数据输入、存储、修改、输出、持久有效的系统
2. 存储数据 —— 使用一种数据结构
3. 易于修改数据 —— 这种数据结构便于查找数据和修改数据
4. 持久有效 —— 系统有安全保护措施

- 用**文件系统开发管理应用**

  –开发任务

  举例：完成学校管理系统模块之一：学籍管理模块，包括学生注册、选课、学籍和成绩管理。

  –开发工具及环境

  程序设计语言如C/C++，Windows下的文件系统。

  –数据结构设计

  确定管理对象；抽取对象主要特征；将特征组织起来。

  利用C/C++语言中的“结构”数据类型存放数据。

文件系统实现过程（1）- 数据结构定义

```
struct Student
{       int     nStudNo;
        char    szStudName[20];
        char    cGender;
        int     nAge;
        char    szDept[30];
};
```

```
struct Enrollment
{       int     nStudNo;
        int     nWhichTerm;
        char    cEnrolled;
        char    szMem[30];
};
```

```
struct Course
{   int     nCourseNo;
    char    szCourseName[20];
    char    szDept[30];
};
```

```
struct Score
{       int     nStudNo;
        int     nCourseNo;
        int     nScore;
};
```

注：sz - 数组（Array），n - 整数（Number ），c - 字符（Char）

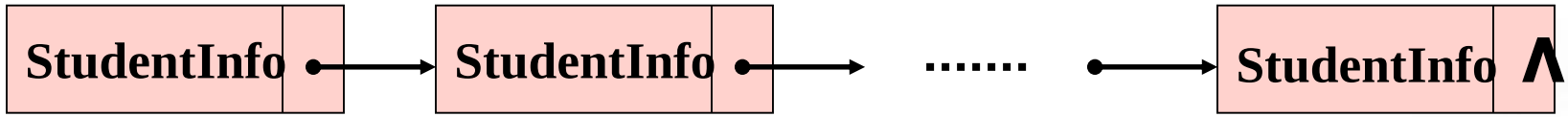
文件系统实现过程（2）

•构造链表

为了管理学生的信息，常常以班级为单位。

如果对集合数据进行添加、修改、排序等操作，一个办法是构造链表。在我们的例子中，至少需要构造四个这样的链表。

以学生基本信息链表为例：



•链表操作

对班级的学生进行增加、删除、修改、查询与排序工作。

相对于链表是对结点进行insert，delete，update，query，sort。

文件系统实现过程（3) - 用户界面设计

学生学籍管理界面

文件系统实现过程（4）

•创建数据存储文件

将链表中的数据以文件形式存盘。使用文件I/O操作函数完成对文件中数据的读写,上例中需要四个数据文件。

程序运行前，需将数据文件中的数据读出，放入程序中的对应链表中，以方便数据的操作。

程序结束运行之前，将链表中的数据存入到对应的数据文件中。

•数据管理操作

最基本的数据操作：增加、删除、修改和查询，简称：增删改查询。其他操作或功能由这四个基本操作组合而来

文件系统的缺陷（1）

- 无法处理超大量数据（如GB级，TB级，PB级）
  - 证券、银行、保险等领域拥有超大量级数据。
  - 内存不够，不能一次读入大量数据。
  - 大数据量下的查询速度存在问题
- 多用户并发访问（Concurrent Access）
  - 前面的学生管理系统只能单机或单用户使用。
  - 多用户的并发访问可能导致多个用户同时存取同一数据（Conflict）。
  - 数据访问冲突导致数据不一致。
  - 多用户并发访问的透明度。

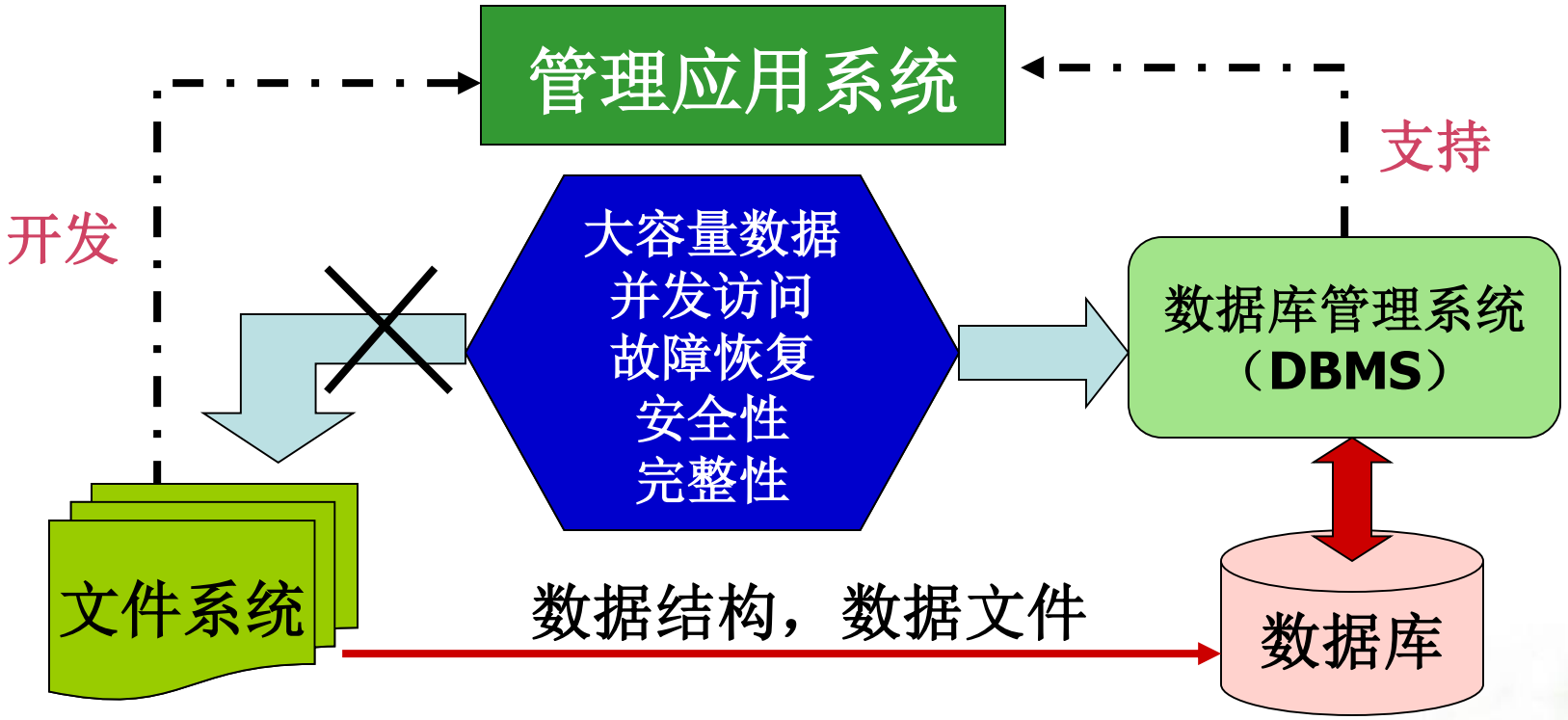
文件系统的缺陷（2）

- 故障情况下的恢复（Crash Recovery）
  - 文件系统需要增加大量代码
- 安全性（Security）
  - 文件系统必需做很大改进，以满足数据安全的要求，例如：不同用户的授权问题。
- 数据的完整性（Integrity）
  - 同一数据可能会出现在多个数据结构中，同时对应地出现在多个数据文件中。
  - 修改一个文件的一个数据，必须同时修改其他文件中的相同的数据，否则就会产生数据的不一致。

如何解决文件系统缺陷

- 解决方案
  - 开发一种比文件系统更加强大的数据管理系统，将数据的结构语义、关联关系、冗余消除等交给该系统管理，并提供一次一集合的数据访问方式。
  - 使用资源抽象、资源共享等虚拟技术，自动保证数据并发共享访问的安全性、隔离性。每个应用对各自的虚拟数据库操作，系统保证虚拟资源到物理资源的映射，保证物理数据库的一致性、完整性
  - 能自动解决共享异常、原子性、完整性问题

数据库诞生



- 抽出五个基本公共功能形成数据库管理系统
- 引起的术语变化：

  结构类型 ⇒ 数据模型（data model）

  具体的某个结构 ⇒ 数据模式（data schema）

  数据文件 ⇒ 数据库

三、数据库系统阶段

- 时期
  - 20世纪60年代末以来
- 产生的背景
  - 应用背景　　大规模管理
  - 硬件背景　　大容量磁盘、磁盘阵列
  - 软件背景　　有数据库管理系统
  - 处理方式　　联机实时处理,分布处理,批处理

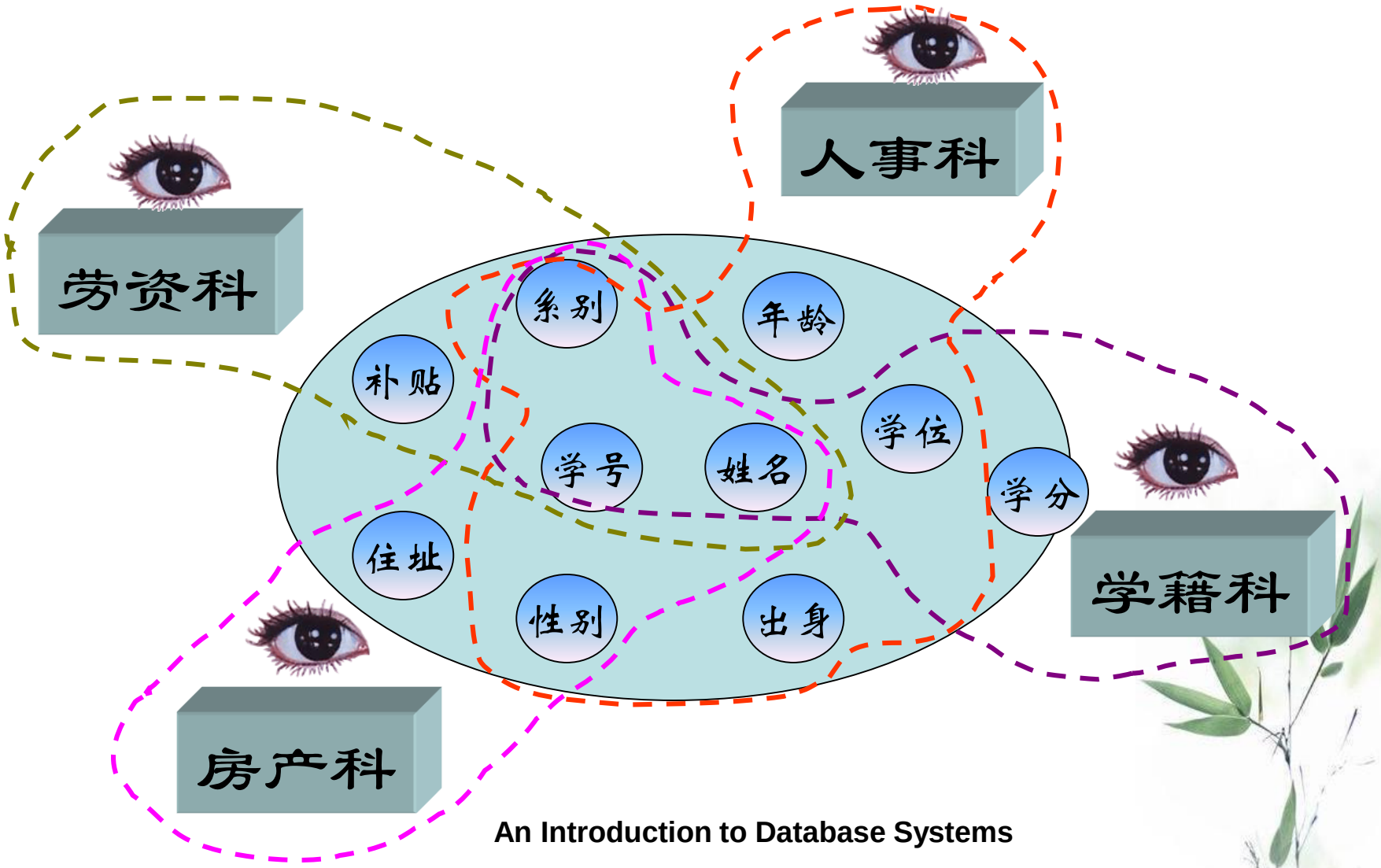
1.1.3 数据库系统的特点

- 数据结构化
- 数据的共享性高，冗余度低，易扩充
- 数据独立性高
- 数据由DBMS统一管理和控制

数据结构化

- 整体数据的结构化是数据库的主要特征之一
- 数据库中实现的是数据的真正结构化
  - 数据的结构用数据模型描述，无需程序定义和解释
  - 整体是结构化的，数据之间具有联系
  - 数据的最小存取单位是数据项

—数据库系统阶段



数据的共享性高，冗余度低，易扩充

- 数据库系统从整体角度看待和描述数据，数据面向整个系统，可以被多个用户、多个应用共享使用
- 数据共享的好处
  - 减少数据冗余，节约存储空间
  - 避免数据之间的不相容性与不一致性
  - 使系统易于扩充

数据独立性高

- 物理独立性
  - 指用户的应用程序与存储在磁盘上的数据库中数据是相互独立的。当数据的物理存储改变了，应用程序不用改变。
- 逻辑独立性
  - 指用户的应用程序与数据库的逻辑结构是相互独立的。数据的逻辑结构改变了，用户程序也可以不变。
- 数据独立性是由DBMS的二级映像功能来保证的

数据由DBMS统一管理和控制

DBMS提供的数据控制功能

– (1)数据的安全性（Security）保护

保护数据，以防止不合法的使用造成的数据的泄密和破坏。

措施：用户标识与鉴定，存取控制，视图，数据加密等

– (2)数据的完整性（Integrity）检查

将数据控制在有效的范围内，或保证数据之间满足一定的关系。

措施：完整性约束条件定义和检查

数据由DBMS统一管理和控制

- DBMS提供的数据控制功能
  - (3)并发（Concurrency）控制

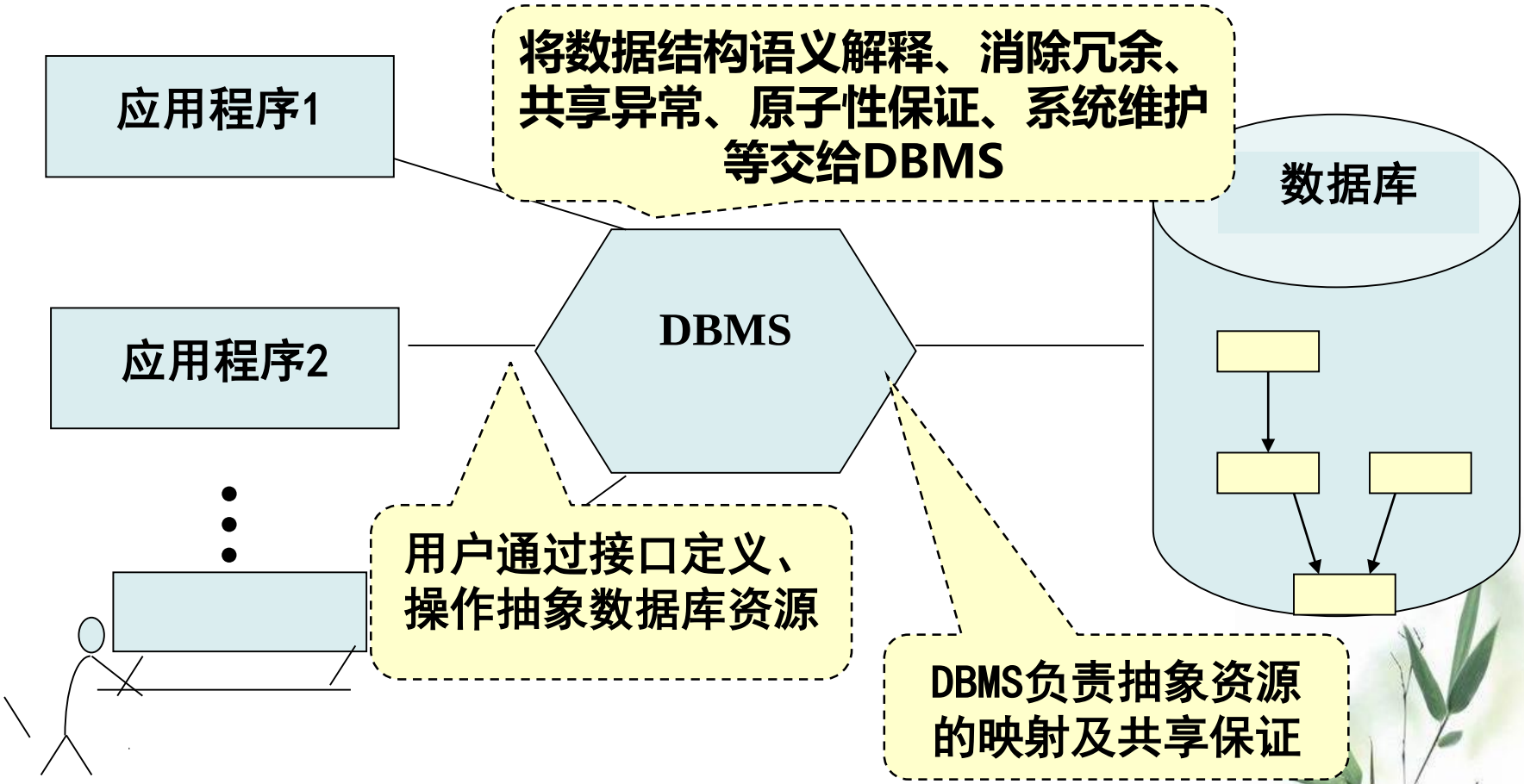
    对多用户的并发操作加以控制和协调，防止相互干扰而得到错误的结果。

    措施：封锁
  - (4)数据库恢复（Recovery）

    将数据库从错误状态恢复到某一已知的正确状态。

    措施：转储，镜像，日志

应用程序与数据的对应关系



数据库系统阶段应用程序与数据之间的对应关系

1.2 数据模型

1.2.1 两大类数据模型

1.2.2 数据模型的组成要素

1.2.3 概念模型

1.2.4 最常用的数据模型

1.2.5 层次模型

1.2.6 网状模型

1.2.7 关系模型

数据模型

- 在数据库中用数据模型这个工具来**抽象、表示和处理**现实世界中的数据和信息。
- 通俗地讲数据模型就是现实世界的模拟。
- 数据模型应满足三方面要求
  - 能比较真实地模拟现实世界
  - 容易为人所理解
  - 便于在计算机上实现

数据抽象

现实世界

- 由实际事物组成，事物之间联系错综复杂
- 事物和事物特性

信息世界

- 现实世界在人脑中的反映
- 事物和事物特性←→实体和实体属性

数据世界

- 信息世界数据化后的产物
- 实体和实体属性←→记录和数据项

现实世界的数据化过程

用户

现实世界

数据世界

计算机

编号	名字	年龄	性别	班级
0008001	王涛	20	男	000501
0008002	胡莉	19	女	000501
0008003	李小昭	20	男	000502

概念化

形式化

信息世界

编号

名字

年龄

学生

性别

班级

- 如何看待信息
  - 信息是现实世界中事物在人们头脑中的一种反映
  - 信息可以准确地反映现实世界中事物（描述）
  - 可以通过对现实进行抽象，形成信息（抽象）

“牛”

•信息的取舍——抽象与具体化

– 现实世界中的事物包含了众多信息，哪些需要描述，哪些问题相关？

- “牛”
- “黑色”的牛
- “四条腿”的牛
- “公牛”而不是母牛
- “肥牛”而不是瘦牛
- 只有“1”头牛，而不是有几头牛
- …

– 数据库设计往往因为忽视了信息之间联系的细致分析而造成设计失误

– 数据库设计能力的高低也体现在信息及其联系的正确分析上，体现在理解现实世界能力的高低

数据模型

- 不同范围的人对现实世界中事物的描述和抽象可能是不同的

描述为

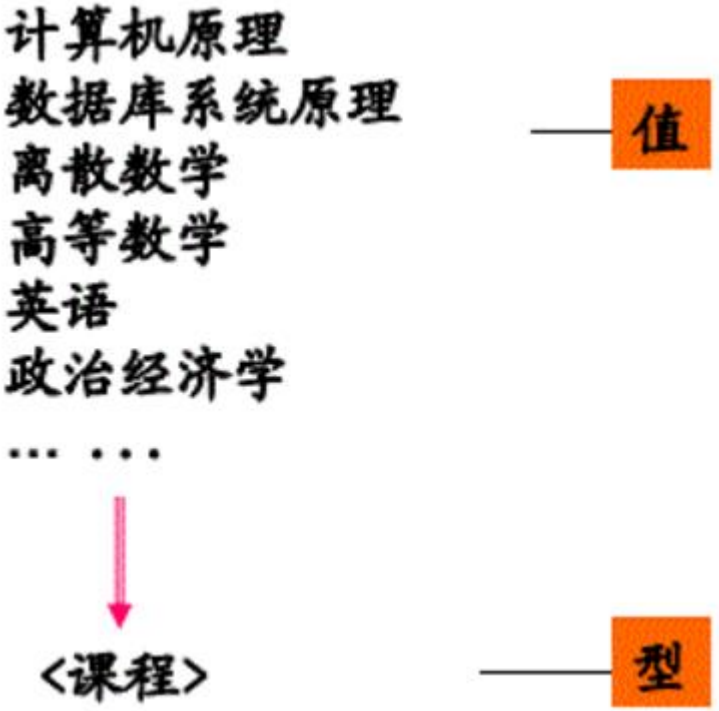
“牛” (中国) 描述为 0100 0010 (计算机)

“Cattle”(英国) 描述为 0100 0001 (计算机)

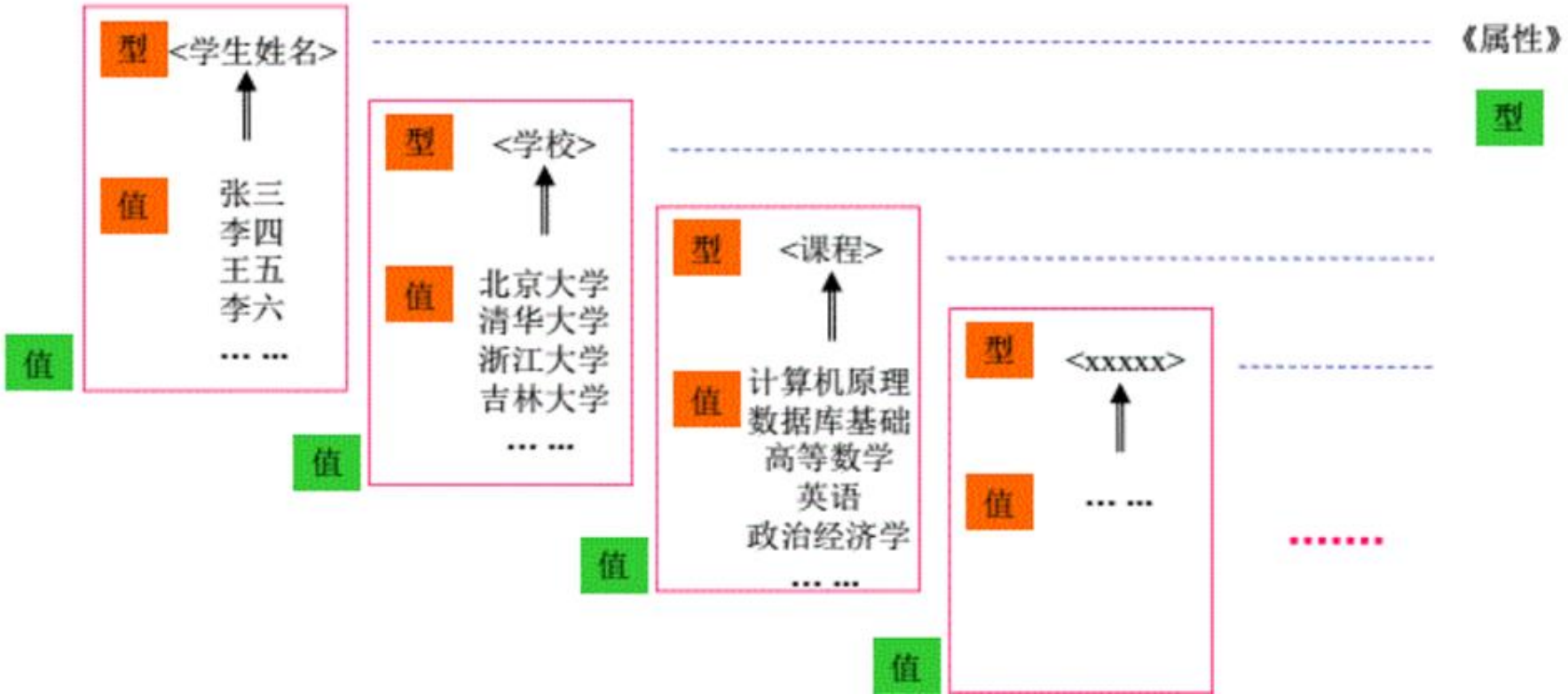
……

- 现实的抽象与描述要遵循统一的数据模型：统一的概念与统一的表示方法

- 基本的抽象示例：“型”与“值”的抽象



- 进一步“型”与“值”抽象
  - 将可无限扩展的内容，或内容暂无法枚举的情况，抽象为可有限描述的概念



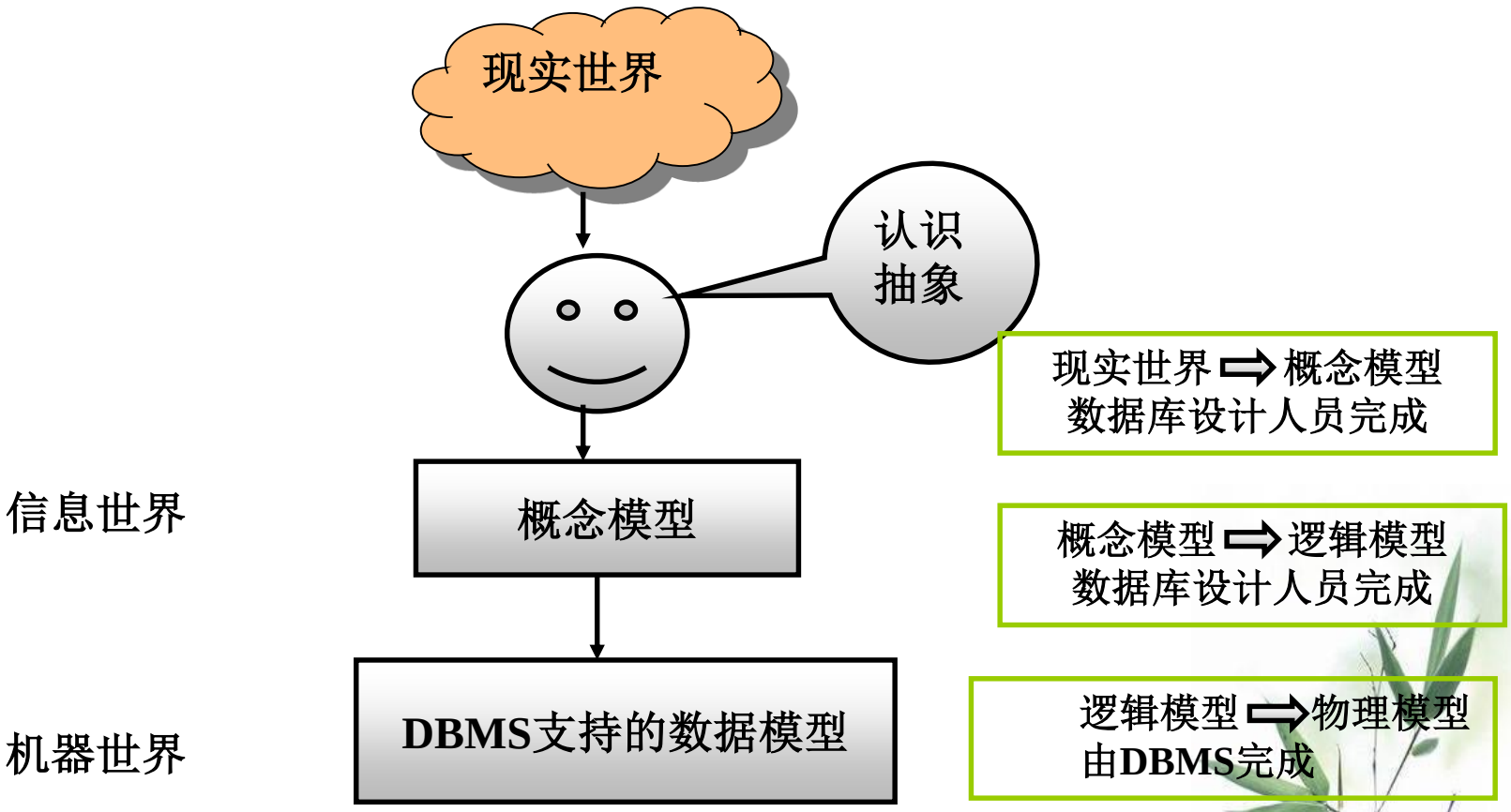
两大类数据模型

- 数据模型与概念模型

➢模型是一组相互关联且已严格定义的概念集合，是用于刻画或描述现实世界、信息世界或计算机世界

➢模型分不同的层次：描述计算机世界的称**数据模型**；描述信息世界或现实世界的称概念数据模型，简称**概念模型**

两大类数据模型 (续)



现实世界中客观对象的抽象过程

现实世界的周杰伦

信息世界的周杰伦（概念设计）

中文姓名：周杰伦
英文姓名：Jay Chow
生日：1979年1月18日
星座：天蝎座
血型：O型
身高：173 厘米
体重：60 公斤
学历：淡江中学音乐
音乐类型：R&B
最爱物品：鸭舌帽

机器世界的周杰伦

- 逻辑设计

```
 create table zjl
( name char(10)
  sex char(1)
  birthday datatime
……..)
```

- 物理设计

1.2 数据模型

1.2.1 两大类数据模型

1.2.2 数据模型的组成要素

1.2.3 概念模型

1.2.4 最常用的数据模型

1.2.5 层次模型

1.2.6 网状模型

1.2.7 关系模型

1.2.2 数据模型的组成要素

- 数据结构
- 数据操作
- 完整性约束条件

一、 数据结构

- 什么是数据结构
  - 描述数据库的组成对象，以及对象之间的联系
- 描述的内容
  - 与数据类型、内容、性质有关的对象
  - 与数据之间联系有关的对象
- 数据结构是对系统静态特性的描述

二、数据操作

- 数据操作
  - 对数据库中各种对象(型)的实例(值)允许执行的操作及有关的操作规则
- 数据操作的类型
  - 查询
  - 更新(包括插入、删除、修改)

数据操作(续)

- 数据模型对操作的定义
  - 操作的确切含义
  - 操作符号
  - 操作规则（如优先级）
  - 实现操作的语言
- 数据操作是对系统动态特性的描述

三、数据的完整性约束条件

- 数据的完整性约束条件
  - 一组完整性规则的集合
  - 完整性规则：给定的数据模型中数据及其联系所具有的制约和储存规则
  - 用以限定符合数据模型的数据库状态以及状态的变化，以保证数据的正确、有效、相容

T1

学号	姓名	性别	系号
0101	张	男	X001
0102	李	女	X001
0203	赵	男	X003

T2

系号	系名
X001	计算机
X002	英语
X003	数学系

T3

学号	课号	成绩
0101	CS145	88
0101	CS148	90
0102	CS180	87
0203	CS145	78

T4

课号	课名
CS145	数据库
CS148	操作系统
CS180	数据结构

1.2 数据模型

1.2.1 两大类数据模型

1.2.2 数据模型的组成要素

1.2.3 概念模型

1.2.4 最常用的数据模型

1.2.5 层次模型

1.2.6 网状模型

1.2.7 关系模型

1.2.3 概念模型

- 概念模型的用途
  - 概念模型用于信息世界的建模
  - 是现实世界到机器世界的一个中间层次
  - 数据库设计人员和用户之间进行交流的语言
- 对概念模型的基本要求
  - 较强的语义表达能力
  - 能够方便、直接地表达应用中的各种语义知识
  - 简单、清晰、易于用户理解

一、信息世界中的基本概念

(1) 实体（Entity）

客观存在并可相互区别的事物称为实体。

可以是具体的人、事、物或抽象的概念。

- 具体的人、事、物
  - 一个学生、一位运动员
  - 一个零件、一件艺术品
- 抽象的概念
  - 一个企业部门
  - 一门课程
  - 一个院系
- 联系
  - 学生的某个选课
  - 部门的一次订货
  - 老师与学院的工作关系

信息世界中的基本概念(续)

(2) 属性（Attribute）

实体所具有的某一特性称为属性。

一个实体可以由若干个属性来刻画。

学生实体：

学号	姓名	性别	出生年月	院系	入学时间

(94002268，张山，男，197605，计算机系，1994)

(3) 码（Key）

唯一标识实体的属性集称为码。

学生实体：

学号	姓名	性别	出生年月	院系	入学时间

key　　key？　X

信息世界中的基本概念(续)

(4) 域（Domain）

属性的取值范围称为该属性的域。

- 学号域：8位整数
- 姓名域：字符串集合
- 学生年龄：整数
- 性别：{男，女}
- 学位：{学士、硕士、博士}

(5) 实体型（Entity Type）

用实体名及其属性名集合来抽象和刻画同类实体称为实体型

- 同一实体型的实体具有共同的特征和性质
- 学生实体型：学生(学号，姓名，性别，出生年月，院系，入学时间)
- 课程实体型：课程(课程编号，课程名称，学时，教材名称)

信息世界中的基本概念(续)

(6) 实体集（Entity Set）

同一类型实体的集合称为实体集

- 05级计算一班全体同学
- 数学专业所有本科课程

信息世界中的基本概念(续)

(7) 联系（Relationship）

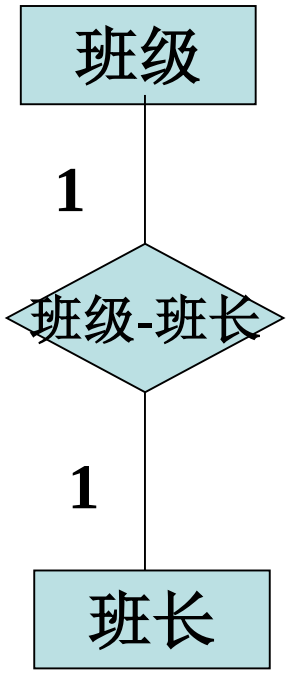
- 现实世界中事物内部以及事物之间的联系在信息世界中反映为实体内部的联系和实体之间的联系。
- 实体内部的联系通常是指组成实体的各属性之间的联系
- 实体之间的联系通常是指不同实体集之间的联系

两个实体型之间的联系

- 一对一联系（1:1）
  - 实例

    一个班级只有一个正班长

    一个班长只在一个班中任职



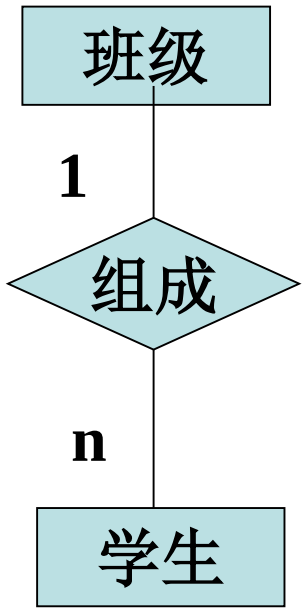
1:1联系

两个实体型之间的联系

- 一对多联系（1：n）
  - 实例

    一个班级中有若干名学生，

    每个学生只在一个班级中学习



1:n联系

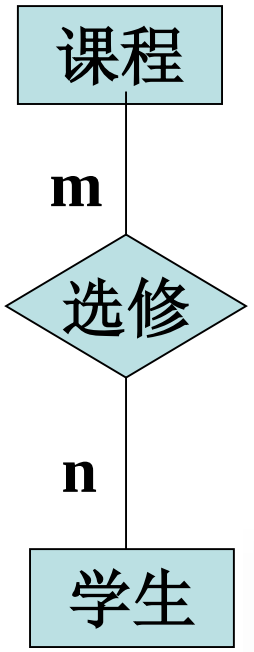
两个实体型之间的联系

- 多对多联系（m:n）
  - 实例

    课程与学生之间的联系：

    一门课程同时有若干个学生选修

    一个学生可以同时选修多门课程



m:n联系

两个以上实体型之间的联系

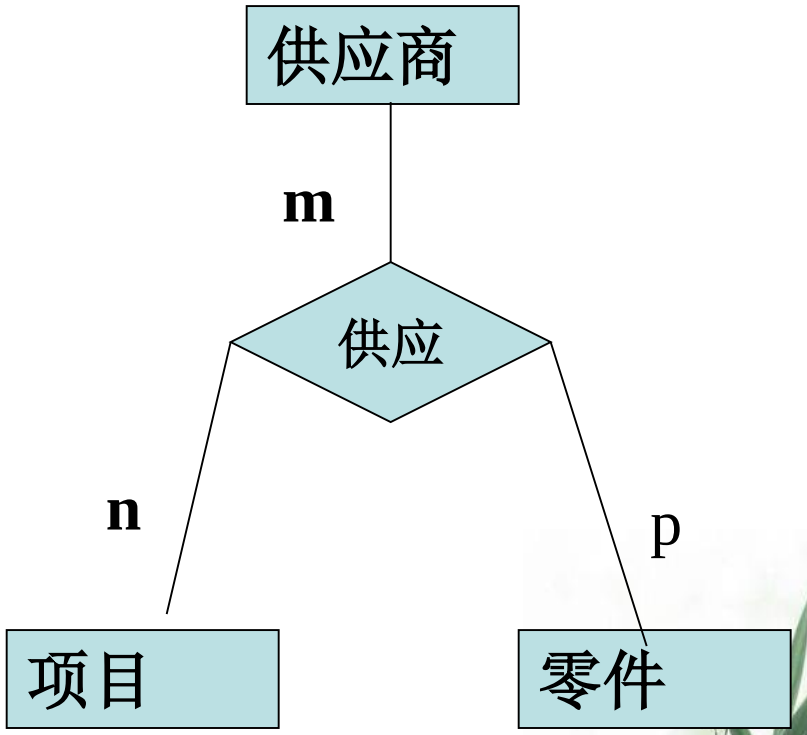
- 两个以上实体型间的多对多联系
  - 实例

供应商、项目、零件三个实体型

一个供应商可以供给多个项目多种零件

每个项目可以使用多个供应商供应的零件

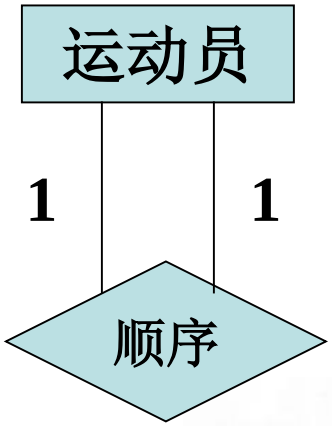
每种零件可由不同供应商供给



两个以上实体型间m:n联系

单个实体型内的联系

- 一对一联系
  - 实例



单个实体型内部
1:1联系

- 多对多联系
- 一对多联系

单个实体型内的联系

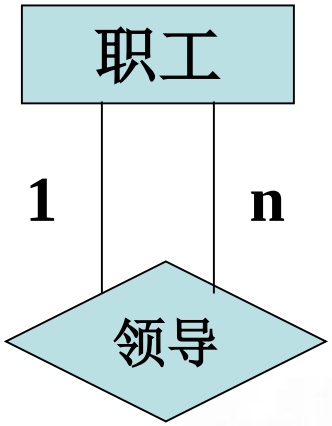
- 一对多联系
  - 实例

    职工实体型内部具有领导与被领导的联系

    某一职工（干部）“领导”若干名职工

    一个职工仅被另外一个职工直接领导

    这是一对多的联系



单个实体型内部
1:n联系

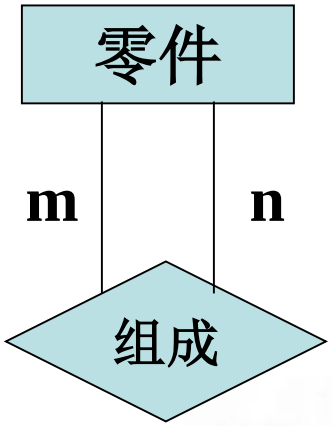
- 多对多联系
- 一对一联系

单个实体型内的联系

- 多对多联系
  - 实例

❖ 一对多联系

❖ 一对一联系



单个实体型内部
m:n联系

- 例如：超市销售管理系统中的采购商品过程中，采购人员（员工）隶属于采购部（部门），部门与员工之间是1:n关系，采购人员可以跟不同供应商采购多件不同商品。由于一个员工负责可以跟多个供应商采购商品采多种商品，一个供应商供应多个员工多种商品，所以员工与供应商之间是多对多关系，商品与供应商之间是多对多关系，员工与商品之间也是对多对关系。用E-R图表示。