

Visual FoxPro 程序设计教程

李岩芳 闫冬梅 何 巍 编著

VF



电子科技大学出版社

Visual FoxPro 程序设计教程

李岩芳 闫冬梅 何 巍 编著

电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书介绍了关系型数据库的基础理论以及应用系统的开发技术。全书共七章,内容包括:数据库系统基础知识、VFP 基础知识、VFP 数据库及操作、程序设计基础、表单设计与应用、报表设计、菜单设计。

本书注重理论与实际操作相结合,通俗易懂,实例丰富,并均上机通过。每章后附有习题,有助于学生检验学习的效果。读者通过本书的学习可以轻松地学会使用 Visual FoxPro 进行数据库应用系统的开发。本书面向 Visual FoxPro 6.0 工作环境,以应用数据库知识为宗旨,可作为高等学校计算机专业和非计算机专业数据库应用技术的教材,同时对从事数据库应用技术开发的初学者也具有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

Visual FoxPro 程序设计教程 / 李岩芳,闫冬梅,何巍编著. —成都:
电子科技大学出版社,2006.7

ISBN 7-81094-909-8

I. V... II. ①李...②闫...③何... III. 关系数据库—数据库管理系统,
Visual FoxPro—程序设计—高等学校—教材
IV. TP311.138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 090472 号

Visual FoxPro 程序设计教程

李岩芳 闫冬梅 何 巍 编著

出 版	电子科技大学出版社(成都市建设北路二段四号 邮编 610054)
责任编辑	张致强
发 行	新华书店
印 刷	安徽省蚌埠广达印务有限公司
开 本	787×1092 1/16 印张 13 字数 326 千字
版 次	2006 年 7 月第一版
印 次	2006 年 7 月第一次印刷
书 号	ISBN 7-81094-909-8 / TP·475
印 数	1—5 000 册
定 价	19.50 元

前 言

面向 21 世纪,信息和数据已经成为很多企事业单位的重要资源之一,用计算机进行数据处理已经成为很多行业日常工作不可缺少的一个环节。作为信息资源管理和利用的基础,数据库技术是计算机软件领域的一个重要的分支。有统计资料表明,目前全世界 80% 的电子计算机主要用于信息处理,而在处理系统软件中,关系型数据库管理系统拥有数以万计的用户群体和最广泛的行业领域。所以,数据库管理系统课程是大专院校学生的一门重要课程。

本书作者有多年开发数据库应用系统和数据库教学的经验,对关系数据库的教学总体把握较为独到,能够结合自身学习过程中遇到的困难,将知识点在恰当的章节中给予讲解。为使本书具有特色,本书的编创人员做了大量的工作。总的说来,本书具有以下特点:

(1)在数据库理论方面,本书力图删繁就简,以保证大部分学生看得懂、学得会。

(2)以应用为目的,数据库编程是一门实践性的课程,理论掌握得再好、再全面,如果不能编写出具有一定用途的数据库应用程序,等于没学。所以本书在编著过程中,始终把握以应用为目的的宗旨,具体表现在:在理论讲解过程中配合实例,如果学生把这些实例都调试通过,就基本上掌握了这门课的精华。

(3)实例引导。学习数据编程的唯一途径就适实践,本书精选了大量实用的实例来引导学生动手实践,通过一个个实例使学生逐步学会数据库应用程序的编写方法。

(4)形象直观的窗口与丰富全面的菜单深受学生欢迎,但也容易使学生忽视对键盘命令的掌握,并且在版本不同、菜单有变化时,学生往往不太适应。因此,本书将命令操作与窗口菜单操作分别介绍,使学生适应逐步升级的开发环境。

本书在编写过程中得到苗语老师的大力支持,谨在此表示衷心的感谢!

计算机发展一日千里,加上作者水平有限,书中难免存在落伍和不妥之处,恳请广大读者批评指正。

编 者

2006 年 7 月

目 录

第1章 数据库系统基础知识	(1)
1.1 数据库基本概述	(1)
1.2 数据模型	(8)
1.3 数据库系统的模式结构	(13)
1.4 关系数据库系统概述	(16)
1.5 数据库应用系统的开发	(20)
本章小结	(26)
习题1	(26)
第2章 VFP 基础知识	(27)
2.1 安装、启动 VFP 6.0	(27)
2.2 VFP 6.0 的主界面及主菜单	(27)
2.3 VFP 的辅助设计工具	(33)
2.4 VFP 的项目管理器	(35)
2.5 VFP 的语言基础	(36)
本章小结	(42)
习题2	(42)
第3章 VFP 数据库及操作	(43)
3.1 数据库操作	(43)
3.2 表结构操作	(50)
3.3 表记录操作	(58)
3.4 排序与索引	(65)
3.5 查 询	(69)
3.6 统计命令	(85)
3.7 视 图	(85)
3.8 与数据库及表相关的命令和函数	(88)
本章小结	(91)
习题3	(91)
第4章 程序设计基础	(92)
4.1 程序文件	(92)
4.2 程序的控制结构	(94)
4.3 过程和自定义函数	(99)
4.4 程序调试	(100)

4.5 面向对象的程序设计	(103)
本章小结	(106)
习题 4	(106)
第 5 章 表单设计与应用	(107)
5.1 表单向导	(107)
5.2 表单设计器	(114)
5.3 表单控件	(116)
5.4 表单集	(160)
5.5 自定义工具栏	(161)
本章小结	(162)
习题 5	(163)
第 6 章 报表设计	(164)
6.1 报表向导	(165)
6.2 报表设计器窗口设计	(174)
6.3 控件使用	(179)
6.4 报表打印	(185)
本章小结	(187)
习题 6	(187)
第 7 章 菜单设计	(188)
7.1 菜单设计器	(188)
7.2 菜单创建实例	(195)
本章小结	(197)
习题 7	(198)
参考文献	(199)

第 1 章 数据库系统基础知识

数据库技术，产生于 20 世纪 60 年代末期，是数据管理的实用技术，是信息社会的重要基础技术之一，是计算机科学领域中发展最为迅速的重要分支；同时，数据库技术与情报检索、人工智能、专家系统、计算机辅助设计、网络通信以及面向对象设计等技术相结合，使计算机应用渗透到了各行各业的各类管理工作中，例如管理信息系统、办公自动化系统、决策支持系统等都是使用了数据库管理系统或数据库技术的计算机应用系统。数据库系统已经成为计算机应用中不可缺少的重要组成部分，因此，学习和掌握数据库系统的理论、技术与方法是全面认识计算机系统的一个重要环节。

1.1 数据库基本概述

1.1.1 信息、数据与数据处理

1. 信息（Information）与数据（Data）

众所周知，现在人类已进入了信息社会，那么到底什么是信息呢？信息与自然界中存在的物质一样，也是一种资源。信息是现实世界事物的存在方式或运动状态的反映。信息伴随物质而存在，并随物质的变化而变化，物质是信息的基础，信息是物质的描述。自然界中的信息千差万别，来源、种类、数量和用途也是千变万化。

数据是描述现实世界事物的符号记录，是指用物理符号记录下来、可以鉴别的信息。在日常生活中，数据无处不在，如文字、图形、图像、声音、学生的档案记录、货物的运输情况……这些都是数据。那么信息与数据又有什么关系呢？我们先来看一个例子。一张桌子就是客观存在的物质，对它的诸如长、宽、高等的描述就是关于这张桌子的信息。然而这样的信息给人的感觉非常模糊，不能给人以准确而深刻的印象。如果将上述信息用具体的数据来表述：这张桌子 1.2 米长、0.6 米宽、0.7 米高。这样一来，这条信息给人的印象就非常清晰而深刻了。由此可见，数据是信息的符号表示，或称载体；信息是数据的内涵，是数据的语义解释。信息和数据是密切相关的，但真正有用的信息往往是通过数据来体现的，所以在某些不需要严格区分的场合，可以把两者不加区别地使用，例如信息处理与数据处理常常是指同一个概念，计算机之间交换数据也可以说成是交换信息。

2. 数据处理

原始信息有些可以直接被应用，这时原始数据表示成数据，称为源数据；而有些则需经过一定的收集、存储、分类、计算、加工、检索、传输，从中推导出新数据，才能变得更加有价值、有意义，得到更加广泛和充分的应用，这些新的数据称为结果数据。这一过程通常

称为数据处理或信息处理。

1.1.2 数据库技术的产生与发展

数据库技术是应数据管理任务的需要而产生的。数据管理是指如何对数据进行分类、组织、编码、储存、检索和维护，它是数据处理的中心问题。计算机的数据管理随着计算机硬件、软件和计算机应用范围的发展而经历了以下四个阶段：人工管理阶段、文件管理阶段、数据库系统阶段和分布式数据库系统阶段。

1. 人工管理阶段

20 世纪 50 年代中期以前，计算机主要用于科学计算。当时的计算机硬件状况是：外存只有纸带、卡片、磁带，没有磁盘等直接存取的存储设备；软件状况是：没有操作系统，没有管理数据的软件，数据处理方式是批处理。

人工管理阶段应用程序与数据之间的对应关系如图 1-1 所示。

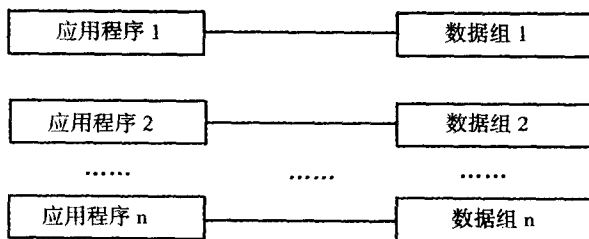


图 1-1 人工管理阶段的应用程序和数据的对应关系

人工管理阶段具有以下几个特点：

(1) 数据不保存。由于当时计算机主要用于科学计算，一般不需要将数据长期保存，只是在计算某一课题时将原始数据与程序一起输入主存，运算处理后将结果数据输出。有时不仅对用户数据如此处置，对系统软件也是这样。

(2) 数据不具有独立性。数据需要由应用程序自己管理，没有相应的软件系统负责数据的管理工作。应用程序中不仅要规定数据的逻辑结构，而且要设计物理结构，包括存储结构、存取方法、输入输出方式等。一旦数据的逻辑结构或物理结构发生变化，相应的程序就要修改，因此程序员负担很重。

(3) 数据不共享。因为一组数据对应一个应用程序，当多个应用程序涉及部分相同的数据时，只能各自定义，无法互相利用、互相参照，因此应用程序之间有大量的冗余数据。

2. 文件管理阶段

20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期，由于计算机硬件设备外存的发展、软件高级语言的出现、操作系统中的文件系统的实现，使得计算机大量应用于管理领域，处理方式上不仅有文件批处理，而且能够联机实时处理。

文件管理阶段应用程序与数据之间的对应关系如图 1-2 所示。

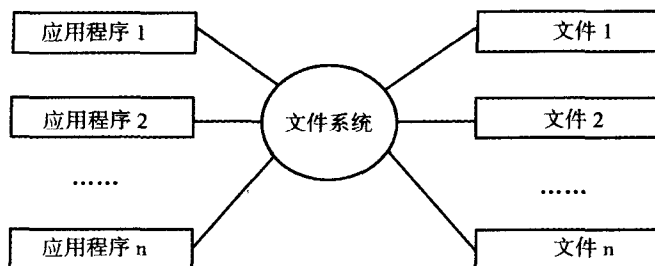


图 1-2 文件管理阶段应用程序与数据之间的对应关系

文件管理阶段具有以下几个特点：

(1) 数据可以长期保存。由于计算机大量用于数据处理，数据文件可以长期保存在外存储器上被多次以记录为基本单位存取，如进行查询、修改、插入、删除等操作，并出现了多种文件组织形式，如顺序文件、索引文件和随机文件等。

(2) 数据管理工作由文件系统这一专门的软件管理。由于程序和数据分开存储，使应用程序与数据之间有了一定的独立性，应用程序只需用文件名访问数据，程序员可以不必过多地考虑物理细节，将精力集中于算法。而且数据在存储上的改变不一定反映在程序上，这一点大大节省了维护程序的工作量。

文件管理阶段对数据的管理虽然有了长足的进步，但数据文件基本上与各自的程序相对应，所以一些根本性问题仍然没有彻底解决，主要表现在以下三个方面：

(1) 数据共享性差，数据冗余度大。在文件系统下，虽然有了程序文件和数据文件的区别，但数据文件基本上与各自的应用程序相对应，即使不同应用程序之间有部分数据相同，因数据不能以记录和数据项为单位共享，只要逻辑结构不同，应用程序必须各自建立自己的数据文件。这样一来，同一数据项就可能不得不输入多次，不仅浪费存储空间，更严重的是，由于不能统一维护，容易造成数据的不一致性。存储数据的不一致性是计算机应用中最常见的错误来源之一。

(2) 数据独立性差，程序维护困难。在文件系统中，数据文件是为某一特定应用服务的，文件、记录和数据项的描述都嵌入在各个应用程序中，数据结构与程序是合为一体的。如果改变数据的逻辑结构或文件的组织方法，必须修改相应的应用程序，有时甚至会导致整个应用程序全部重写。由此数据文件的应用不易扩充、移植，限制了应用程序的改进。同样道理，如果修改应用程序，例如改用另一种程序设计语言来编写程序，也将影响数据文件的结构，此时的数据和程序是相互依赖的。

(3) 数据无集中管理。除了对记录的存取由文件系统承担以外，文件没有统一的管理机制，其安全性与完整性无法保障。各应用程序私有的数据文件之间是彼此孤立、无联系的，不能反映现实世界事物之间的内在联系，应用设计者不能面向应用全局来设计数据结构，只能面向应用局部来设计数据文件，因此数据的维护任务仍然由应用程序来承担。

3. 数据库系统阶段

从20世纪60年代后期开始,计算机硬件和软件技术的飞速发展,使计算机应用于管理的规模更加庞大,需要计算机管理的数据量急剧增长,并且对数据共享的需求日益增强。大容量磁盘(数百兆字节以上)系统的采用,使计算机联机存取大量数据成为可能;软件价格上升,硬件价格相对下降,使独立开发维护系统软件及应用程序所需的成本增加,文件系统的管理方法已无法适应开发应用系统的需要。为了解决数据的独立性问题,实现数据的统一管理,达到数据共享的目的,发展了数据库技术。数据库也是以文件方式存储数据,但它是数据的一种高级组织形式。在应用程序和数据库之间,有一个新的数据管理软件 DBMS,即数据库管理系统。数据库管理系统对数据的处理方式和文件系统不同,它把所有应用程序中使用的数据汇集在一起,并以记录为单位存储起来,以便于应用程序使用。

数据库系统阶段应用程序与数据之间的对应关系如图1-3所示。

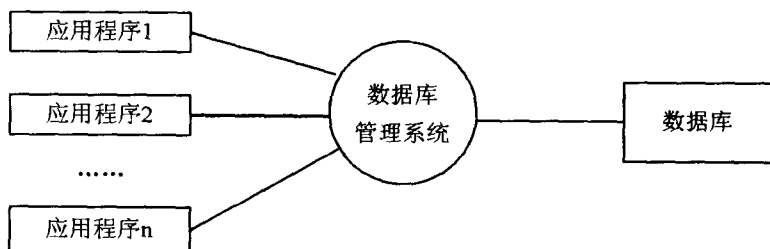


图 1-3 数据库系统阶段应用程序与数据之间的对应关系

数据库系统阶段具有以下几个特点:

(1) 数据结构化。数据的结构化是数据库系统的主要特性之一。数据库系统不仅描述数据实体本身,更重要的是,还要描述数据实体之间存在的联系,这是数据库系统与文件系统之间的本质区别。例如职工的信息档案编号、姓名、性别、出生日期、籍贯、工作时间、政治面貌、工资变动情况、职称变动情况、职务变动情况等,因每个职工的工资变动情况、职称变动情况、职务变动情况存在很大差异,从使用的灵活性上,把一名职工的信息从文件系统的记录内部结构扩大到了数据库系统的四个记录结构之间。这样做也节省了存储空间,如表1-1所示。

(2) 数据冗余度小,共享性高,易扩充。在数据库系统中,以前分散和重复的数据文件被集中于一个单独的逻辑结构中,并且每一个数据项仅在数据库的一个地方出现。数据不再是面向某一特定局部应用,而是面向整个应用系统的。这样就大大减小了数据冗余度,既节约存储空间,减少存取时间,又可避免数据之间的不一致性。数据库的建立,就是为了让所有具有访问权限的用户共享数据,任意多个应用可以同时使用相同的数据文件、记录、数据项值,并且可以在开发新的应用程序时在数据库的逻辑结构内选择相应的数据项或为已有的逻辑结构添加小部分新的数据项,这就便于系统的扩充。

(3) 数据独立性高。数据库系统实现了以下两个方面的数据独立性:

① 物理独立性。物理独立性是指用户的应用程序与存储在磁盘上的数据库是相互独立

的, 当数据的存储结构 (或物理结构) 改变时, 数据的逻辑结构可以不变, 从而应用程序也不必改变。这就是数据和程序的物理独立性, 简称数据的物理独立性。

② 逻辑独立性。逻辑独立性是指用户的应用程序与数据库的逻辑结构是相互独立的, 当系统总体逻辑结构改变时, 通过对映像的相应改变而保持局部逻辑结构不变。应用程序是根据局部逻辑结构编写的, 因而应用程序也就不必改变。这就是数据和程序的逻辑独立性, 简称数据的逻辑独立性。

(4) 统一的数据管理和控制。为了让多种应用程序并发地使用数据库中具有最小冗余度的共享数据, 由数据库管理系统对数据项的增加、删除、修改等进行统一的管理, 减轻编程人员对应用程序的维护和修改, 同时提供数据安全性、数据完整性、并发控制、故障恢复、数据字典等统一管理控制机制, 方便用户以交互命令或程序方式对数据库进行操作。

表 1-1 数据库系统的四个记录结构及详细记录

(a) 数据库系统的四个记录结构

基本信息										
档案编号	姓名	性别	出生日期	籍贯	工作时间	政治面貌	工资	职称	职务	
	工资变动情况									
	档案编号	工资变动时间			变动前工资	变动后工资	变动原因			
	职称变动情况									
	档案编号	职称变动时间			变动前职称	变动后职称	变动原因			
	职务变动情况									
	档案编号	职务变动时间			变动前职务	变动后职务	变动原因			

(b) 数据库系统的四个记录结构的详细记录

基本信息			(6) 数据库系统的四个记录结构的详细记录							
0001	赵明	男	01/01/60	吉林	07/01/82	中共党员	820	教授	处长	
0002	李伟	女	02/02/68	吉林	07/01/90	中共党员	680	副教授	副处长	
工资变动情况										
0001	07/01/83			56	72	转正				
0002	07/01/91			128	138	转正				
0001	01/01/85			72	108	工资改革				
职称变动情况										
0001	07/01/83			见习生	助教	转正				
职务变动情况										
0001	01/01/98			副处长	处长	聘任				

4. 分布式数据库系统阶段

分布式数据库系统是数据库技术和计算机网络技术相结合的产物, 在 20 世纪 80 年代中期已有商品化产品问世。分布式数据库是一个逻辑上统一、地域上分布的数据集合, 是计算机网络环境中各个节点局部数据库的逻辑集合, 同时受分布式数据库管理系统的控制和管理。分布式数据库在逻辑上像一个集中式数据库系统, 实际上数据存储处于不同地点的计算机网络的各个节点上。每个节点都有自己的局部数据库管理系统, 它们有很高的独立性。用户可以由分布式数据库管理系统 (网络数据库管理系统) 通过网络通信相互传输数据。分布式数据库系统有高度透明性, 每台计算机上的用户并不需要了解其所访问的数据究竟在什么地方, 就像在使用集中式数据库一样。

分布式数据库的主要优点如下:

(1) 局部自主及网络透明性。网络上每个节点的数据库系统都具有独立处理本地事务的

能力，而且各局部节点之间也能够互相访问、有效地配合处理更复杂的事务。因此，分布式数据库系统特别适合各个部门的地理位置分散的组织机构，例如银行业务、飞机订票、企业管理等。

(2) 可靠性和可用性。分布式系统比集中式系统有更高的可靠性，在个别节点或个别通信链路发生故障的情况下可以继续工作。一个局部系统发生故障不至于导致整个系统停顿或破坏，只要有一个节点上的数据备份可用，则数据就是可用的。

(3) 使用的高效性。分布式系统分散了工作负荷，缓解了单机容量的压力。数据可以存储在临近的常用节点，如果该节点的数据子集包含了要查询的全部内容，显然比集中式数据库在全集上查找节省时间。

(4) 系统易扩展。分布式数据库系统能够在对现有系统影响较小的情况下实现扩充。分布式数据库系统是物理上分散而逻辑上集中的数据库系统，当扩大系统规模时只需利用计算机网络将地理位置分散而需集中管理和控制的逻辑单位（通常是集中式数据库）连接起来，共同组成一个统一的数据库系统，由此扩大系统规模比集中式系统更加方便、经济和灵活。

分布式数据库管理阶段应用程序与数据之间的对应关系如图 1-4 所示。



图 1-4 分布式数据库阶段应用程序与数据之间的对应关系

1.1.3 数据库、数据库系统、数据库管理系统

数据库、数据库系统和数据库管理系统是与数据库技术密切相关的三个基本概念。

1. 数据库 (DataBase, 简称 DB)

所谓数据库就是长期储存在计算机内有组织的、可共享的数据集合，用于满足各种不同的信息需求并且集合中的数据彼此之间有相互联系。数据库中的数据按一定的数据模型组织、描述和储存，具有较小的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性，并可为各种用户共享。

数据库有两个重要特性：数据结构化和数据共享。数据结构化实质上是将原本不同性质的数据文件经过符合逻辑的编组，从而减少冗余以达到简化、方便数据访问的目的。数据共享是指具有访问权限的所有用户均可访问相同的数据，然而却可以用于不同的目的。

2. 数据库管理系统 (DataBase Management System, 简称 DBMS)

数据库管理系统是一个通用的软件系统。它负责将某个应用中收集并抽取的大量数据科学地组织并将其存储在数据库中，并能高效地处理数据；它是位于用户与操作系统之间的一个数据管理软件；它管理数据库，提供组织、访问和控制等方面的工具。所谓“通用”是指 DBMS 独立于单个的应用，因而可以被任何需要访问数据库的用户使用。

数据库在建立、运用和维护时由数据库管理系统统一管理、统一控制。数据库管理系统使用户能方便地定义数据和操纵数据，并能够保证数据的安全性、完整性、多用户对数据的并发使用及发生故障后的系统恢复。

数据库管理系统在层次结构中的位置如图 1-5 所示。

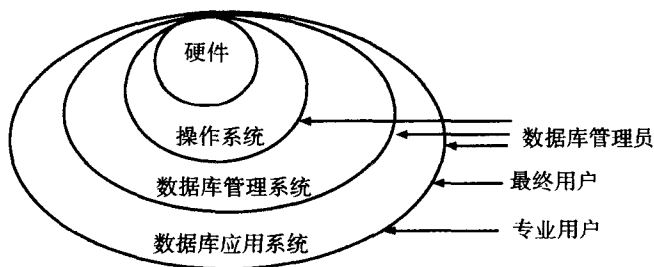


图 1-5 数据库管理系统层次结构图

3. 数据库系统（DataBase System，简称 DBS）

数据库系统是指在计算机系统中引入数据库后的系统构成，是一个应用系统，一般由计算机硬件、存储在存储设备上的数据库、数据库管理系统（及其开发工具）、数据库管理员和用户构成，如图 1-6 所示。应当指出的是，数据库的建立、使用和维护等工作只靠一个 DBMS 远远不够，还要有专门的人员来完成，这些人员称为数据库管理员（DataBase Administrator，简称 DBA）。

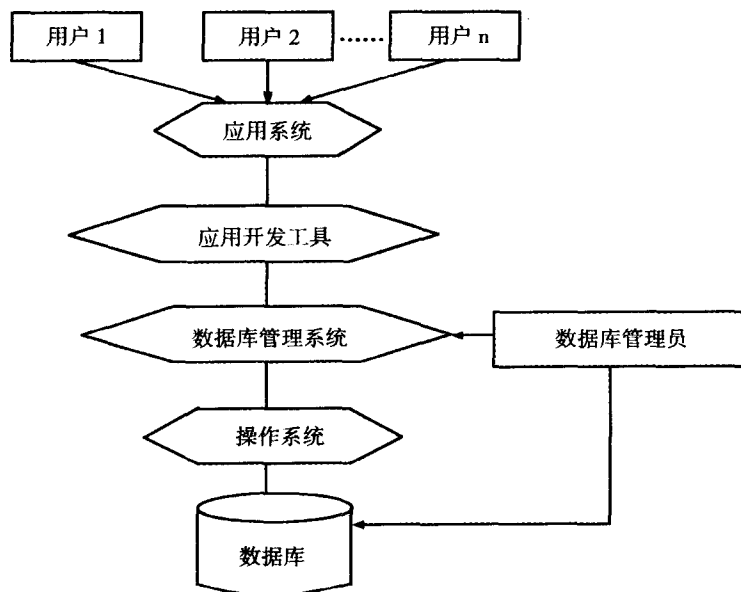


图 1-6 数据库系统示意图

在不引起混淆的情况下，人们常常把数据库系统简称为数据库。它由以下几部分组成：

(1) 硬件系统。运行数据库系统的计算机需要有足够大的内存、足够大容量的磁盘等联机直接存取设备和较高的通道能力以支持对外存的频繁访问，还需要足够数量的脱机存储介质，例如软盘、磁带存放数据库备份。

(2) 数据库集合。系统包括若干个设计合理、满足应用需要的数据库。

(3) 系统软件。数据库管理系统(DBMS)是为数据库的建立、使用和维护而配置的软件。它是数据库系统的核心组成部分，当然也离不开支持其运行的操作系统，例如不仅用数据库管理系统自含的语言开发应用系统，还需要使用其他程序设计语言及工具软件。

(4) 数据库管理员。对于较大规模的数据库系统，必须由人全面负责建立、维护和管理，承担此任务的人员称为数据库管理员(DBA)。数据库管理员的职责包括：定义并存储数据库的内容，监督和控制数据库的使用，负责数据库的日常维护和必要时重新组织和改进数据库。

(5) 用户。数据库系统的用户分为两类：一类是最终用户，主要对数据库进行联机查询或通过数据库应用系统提供的界面来使用数据库，这些界面包括菜单、表格、图形和报表；另一类是专业用户，即应用程序员，主要负责设计应用系统的程序模块，对数据库进行操作。

1.2 数据模型

1.2.1 数据模型的概念

数据，从人们对现实生活中事物特性的认识到计算机数据库里的具体表示要经历三个阶段，即现实世界——概念世界——机器世界。数据模型是现实世界数据特征的抽象，现有的数据库系统都是基于某种数据模型的。

1. 现实世界

人们管理的对象存在于现实世界之中。在现实世界里，事物及事物之间存在着联系，这种联系是客观存在的。例如，职工和部门，职工在部门中就职；图书和读者，读者借阅图书；教师、学生、课程，教师为学生授课，学生选修课程并取得成绩等等。如果管理的对象较多，或者比较特殊，事物之间的联系就可能较为复杂。

2. 概念世界

概念世界也称为信息世界，是现实世界在人们头脑中的反映，是对客观事物及其联系的一种抽象描述。它不是现实世界的简单录像，而是经过选择、命名、分类等抽象过程而产生的。概念模型是从现实世界到机器世界必然经过的中间层次。

3. 机器世界

机器世界也称为存储世界或数据世界。数据库中的数据是有结构的，这种结构反映出事物及事物之间的联系，用数据模型表示，数据模型将概念世界中的实体、实体间的联系进一步抽象成便于计算机处理的方式。按照数据库管理系统所支持的数据模型划分，数据模型分为四种：层次模型、网状模型、关系模型和面向对象模型。按照传统的说法，分为三种数据

模型，即前三种。它们之中，层次模型和网状模型可统称为格式化模型。

1.2.2 数据模型的要素

数据模型不仅管理数据的值，而且要按照模型管理数据间的联系。一个具体数据模型应当反映全局组织数据之间的整体逻辑关系。

数据模型由三部分组成，即数据模型结构、数据操作和完整性约束规则。

模型结构是数据模型最基本的部分，它将确定数据库的逻辑结构，是对系统静态特性的描述。

数据操作提供对数据库的操纵手段。数据操作是对系统动态特性的描述，包括操作及有关的操作规则，主要有检索和更新两大类操作。数据模型必须定义这些操作的确切含义、操作符号、操作规则以及实现操作的语言。

数据完整性规则是一组完整性规则的集合，是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，以保证数据的正确性、有效性和相容性。

1.2.3 概念模型——E-R 模型

E-R 模型简称 E-R 图，它是描述概念世界、建立概念模型的常用的实用工具。通过绘制 E-R 图可以描述组织模式，例如一个企业的整体数据关联模式。它可以进一步转换为任何一种 DBMS 所支持的数据模型。这一过程如图 1-7 所示。

构成 E-R 图的三要素是：

1. 实体 (Entity)

我们把客观存在并可相互区别的事物称为实体。实体可以是实际事物，也可以是抽象事件。例如，一个职工、一个部门属于实际事物，多次订货、借阅若干本图书、一场演出则是比较抽象的事件。

同一类实体的集合称为实体集，例如，全体职工的集合、全馆图书等。我们用命名的实体型表示抽象的实体集，实体型“职工”表示全体职工的概念，并不具体指职工甲或职工乙。以后在不致于引起混淆的情况下，我们所说的实体即指实体集而言。

在 E-R 图中，实体用矩形框表示，框内标注实体名称。

2. 属性 (Attribute)

描述实体的特性称为属性，例如，职工实体用若干属性（职工编号、姓名、性别、出生日期、籍贯、工作时间、职称、职务）来描述。属性的具体取值称为属性值，用以刻画一个具体实体。例如，属性组合（0986、关大伟、男、10/26/48、吉林、07/01/70、教授、处长）在教工名册里就是指一个具体人。又如，图书实体用属性（总编号、分类号、书名、作者、单价）来描述。属性值（098765、TP298、计算机软件技术基础、关大伟、12.50）则具体代

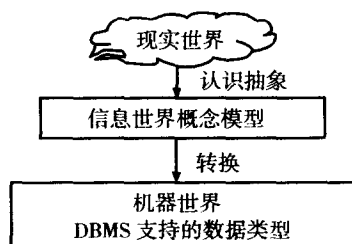


图 1-7 现实世界中客观对象的抽象过程

表一本书。

如果某个属性的值或某几个属性组合的值能够唯一地标识出实体集中的每一个实体，可以选作为关键字。用作唯一标识实体的属性集的关键字，也称为主码。上例中的“职工编号”可作为关键字，由于可能有重名者存在，“姓名”不宜作关键字。图书实体的“总编号”为关键字，“分类号”则不宜。

在E-R图中属性用椭圆形表示，并用连线与实体连接起来。如果属性较多，为使图形更加简明，有时也将实体与其相应的属性另外单独用列表表示。

3. 联系 (Relationship)

实体集之间的对应关系称为联系，它反映现实世界事物之间的相互关联。联系分为两种：一种是实体内部各属性之间的联系，例如，相同职称的人很多，但一个职工当前只有一种职称；另一种是实体之间的联系，例如，一位读者可以借阅若干本图书，同一本书可以相继被几个读者借阅。

在E-R图中实体之间的联系用菱形框表示，框内标注联系名称，用连线将菱形框分别与有关实体相连，并在连线上注明联系类型。

实体间的联系类型是指一个实体集所表示集合中的每一个实体与另一个实体集中多少个实体存在联系。实体间的联系虽然复杂，但都可以分解到少数几个实体间的联系，最基本的是两个实体间的联系。联系抽象化后可归纳为以下三种类型：

(1) 一对一联系(1:1)。设A、B为两个实体集，若A中的每个实体最多和B中的一个实体有联系，反过来，B中的每个实体最多和A中的一个实体有联系，称A对B或B对A是一对一联系(如图1-8所示)。例如，电影院中观众与座位之间、病人与病床之间都是一对一联系。

(2) 一对多联系(1:n)。设A、B为两个实体集，如果A中的每个实体可以和B中的几个实体有联系，而B中的每个实体最多和A中的一个实体有联系，那么A对B属于一对多联系(如图1-9所示)。这类联系较为普遍，例如，班级与学生、学院与专业都是一对多联系。

一对一的联系可以看做一对多联系的一个特殊情况，即 $n=1$ 时的特例。

(3) 多对多联系(m:n)。设A、B为两个实体集，若A中的每个实体可与B中的多个实体有联系，反过来，B中的每个实体也可以与A中的多个实体有联系，称A对B或B对A是多对多联系(如图1-10所示)。例如：一个学生可以选修多门课程，一门课程有多名学生选修，学生和课程间存在多对多联系。图书与读者之间是多对多联系：一位读者可以借阅若干本图书，同一本书可以相继被几个读者借阅。研究人员和科研课题之间是多对多联系：一位研究人员可以参加多个课题组，一个课题组有多位研究人员参加。

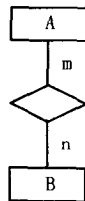
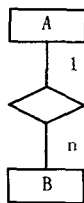
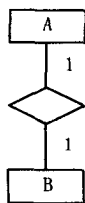


图 1-8 两个实体的一对一关系 图 1-9 两个实体的一对多关系 图 1-10 两个实体的多对多关系

当涉及三个实体同时发生联系时, 应进行认真分析使之真实地反映现实世界, 如图 1-11 所示。

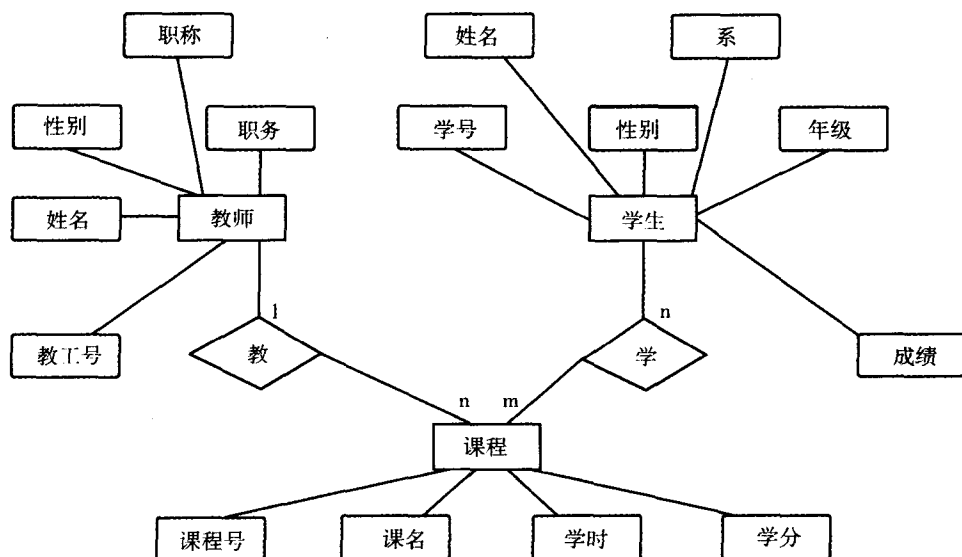


图 1-11 教师、学生、课程多个实体的 E-R 模型

E-R 模型为抽象地描述现实世界提供了一种有力工具, 它所表示的概念模型是各种数据模型的共同基础, 进行数据库设计时必然要用到它。

1.2.4 常用的数据结构模型

20 世纪 70 年代是数据库蓬勃发展的年代。层次系统和网状系统占据了整个商用市场, 而关系系统仅处于实验阶段。在 20 世纪 80 年代, 关系系统逐步代替网状和层次系统而占领了市场。关系模型对数据库的理论和实践产生很大的影响, 成为当今流行的数据库模型。20 世纪 80 年代以来, 面向对象的方法和技术在计算机各个领域, 包括程序设计语言、软件工程、信息系统设计、计算机硬件设计等各方面都产生了深远的影响, 也促进了数据库中面向对象数据模型的研究和发展。

1. 层次模型

用树形结构表示实体及其之间联系的模型称为层次模型。它是由若干个基本层次联系组成的一棵树 (如图 1-12 所示), 该模型有且仅有一个节点无父节点, 此节点即为树的根, 树的每一个节点代表一个记录类型, 根节点以外的节点有且只有一个父节点。上一层记录类型和下一层记录类型间的联系是一对多联系。

用支持层次模型的数据库管理系统建立的数据库简称为层次数据库。层次数据库管理系统是在数据库技术出现的早期推出的, 其典型代表是 IBM 公司的大型商用数据库管理系统 IMS (Information Management Systems)。