

● 21世纪高等学校教材

CHENGXU SHEJI JIAOCHENG

Visual FoxPro 程序设计教程

主编 孟宪平 王剑云 程全洲



上海交通大学出版社

21 世纪高等学校教材

TP311.138
264

Visual FoxPro 程序设计教程

主 编 孟宪平 王剑云 程全洲

上海交通大学出版社

内 容 提 要

《Visual FoxPro 程序设计教程》以 Visual FoxPro6.0 为例,按照使用数据库的逻辑顺序,从数据库的交互式操作、数据库程序设计和数据库应用系统开发等方面组织教学内容。全书主要内容有:数据库系统基础知识、Visual FoxPro 操作基础、Visual FoxPro 的数据与运算、表的基本操作、数据库的基本操作、SQL 语言的应用、查询与视图设计、Visual FoxPro 项目管理器、结构化程序设计、面向对象程序设计基础、表单设计与应用、菜单设计、报表与标签设计、数据库应用系统开发。

本书可作为高等院校大学计算机基础课程的教材,也可供其他读者参考。

本套教材另外配有多媒体课件(PPT格式)与自动考试系统(适用于局域网),实现了理论知识和实际操作技能的全部自动化考核。联系邮箱为: baiwen_sjtu@126.com

图书在版编目(CIP)数据

Visual FoxPro 程序设计教程 / 孟宪平等主编. — 上海:
上海交通大学出版社, 2006
21 世纪高等学校教材
ISBN 7-313-04288-4

I. V... II. 孟... 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125963号

Visual FoxPro

程序设计教程

孟宪平 王剑云 程全洲 主编

上海交通大学出版社出版发行

(上海市番禺路 877 号 邮政编码 200030)

电话: 64071208 出版人: 张天蔚

常熟市文化印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 787mm × 1092mm 1/16 印张: 19.25 字数: 471 千字

2006 年 1 月第 1 版 2006 年 2 月第 3 次印刷

ISBN7-313-04288-4/TP·638 定价: 29.00 元

版权所有 侵权必究

21 世纪高等学校教材

编审委员会

顾 问： 韩正之

执行主任： 百 文

副 主 任：	胡敬群	曹天守	靳全勤	张华隆	蒋凤瑛
	冯 颖	普杰信	程全洲	潘群娜	杨裕根
	徐祖茂	张红梅	宓一鸣	姜献峰	李 敏
	李湘梅	闫洪亮	陈树平	包奇金宝	刘克成
	白丽媛	戴 兵	张占山		

前 言

数据库技术从 20 世纪 60 年代中期产生到今天,已经发展成了以数据建模和 DBMS 核心技术为主、内容丰富的一门学科。微软、IBM 等公司都有自己特色的数据库产品:FoxPro、DB2、ORACLE、SQL Server、SYBASE、MySQL、PostgreSQL 等。数据库已经是各种解决方案的重要组成部分,用来解决数据存储与处理问题。

数据库是数据库管理系统用来存放数据的存储体,在不引起歧义的情况下,也指数据库管理系统 DBMS (DataBase Management System)。

数据库管理系统是处理数据的软件,强调的是数据可以脱离程序而存在,即数据可以通过内在的元数据描述而让人了解其数据所表示的内容。软件就像计算机一样,是一种固定的资产,可随着技术的发展而升级、变化,软件产生的数据,永远是你的资产,它的价值有时比处理它的计算机还高。数据库技术是计算机技术中发展最快的领域之一。数据库的基本概念、理论和技术得到深入开发,有网状、层次、关系、面向对象等数据模型都被用来表述数据。而关系数据库是最实用、应用最广泛的数据库。目前,国内使用的小型关系数据库管理系统中,Visual FoxPro 系统占据了重要的地位,其应用范围很广,是学习、应用关系库管理系统较为理想的对象,许多学校的有关专业都把 Visual FoxPro 列为教学内容,教育主管部门也将 Visual FoxPro 系统纳入了全国计算机等级考试的范围。

本书以 Visual FoxPro 6.0 中文版为对象,介绍数据库系统的基本概念、Visual FoxPro 系统的特点与功能,操作、管理、维护数据库的基本方法,结构化程序设计与面向对象程序设计的基本思想等。

全书共分 11 章。第 1 章介绍数据库系统的基本概念;第 2 章介绍 Visual FoxPro 的特点、功能和基本组成;第 3 章介绍 Visual FoxPro 的数据与运算;第 4 章介绍 Visual FoxPro 数据库与表的基本操作;第 5 章介绍 SQL 语言;第 6 章介绍查询与视图;第 7 章介绍结构化程序设计基础;第 8 章介绍面向对象程序设计的基本思想及表单的设计;第 9 章介绍报表与标签设计;第 10 章介绍菜单设计;第 11 章介绍数据库应用系统开发的一般方法。

本书的编写力求做到概念清晰、取材合理、深入浅出、突出应用。为方便教学以及读者上机操作和应试复习的需要,作者还编写了《Visual FoxPro 程序设计教程上机实验指导》,作为与本书配套的辅助教材。

本书是多位从事数据库教学的高校教师在为各门类专业学生讲授数据库课程的讲义基础上总结而成的比较符合非计算机专业入门学习数据库的需要。相信它会对理解计算机及数据管理与处理技术有很大帮助。

本书由孟宪平、王剑云、程全洲任主编,由包奇金宝、武妍任副主编。参加编写的有:孟宪平、王剑云、程全洲、包奇金宝、武妍、贾大春、吕海莲、王桔洲、王康平等。

由于作者学识水平有限,不足与疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

2005 年 8 月

于同济园

目 录

第1章 数据库系统基础知识	1	第3章 Visual FoxPro 中的数据与运算	33
1.1 数据库的基本概念	1	3.1 Visual FoxPro 的数据类型	33
1.1.1 数据、数据库、数据库系统、 数据库管理系统	1	3.1.1 字符型	33
1.1.2 数据处理技术的发展概况	2	3.1.2 数值型	33
1.2 数据库系统结构	5	3.1.3 货币型	34
1.2.1 数据库系统的组成	5	3.1.4 日期型	34
1.2.2 数据库的三级模式结构	6	3.1.5 日期时间型	34
1.2.3 数据库管理系统的功能	7	3.1.6 逻辑型	34
1.3 数据模型	8	3.1.7 备注型	34
1.3.1 信息的三种世界及其描述	8	3.1.8 通用型	34
1.3.2 概念模型及其表示	9	3.1.9 二进制字符型和二进制备注型	35
1.3.3 数据模型及其表示	11	3.2 Visual FoxPro 的常量与变量	35
1.4 关系数据库	12	3.2.1 常量	35
1.4.1 关系模型的数据结构	13	3.2.2 变量	38
1.4.2 关系运算	15	3.3 Visual FoxPro 的函数	42
1.4.3 关系的完整性约束	16	3.3.1 数值函数	43
第2章 Visual FoxPro 操作基础	18	3.3.2 字符函数	44
2.1 Visual FoxPro 系统简介	18	3.3.3 日期和时间函数	48
2.1.1 Visual FoxPro 6.0 的特点	18	3.3.4 转换函数	49
2.1.2 Visual FoxPro 的启动与退出	19	3.3.5 测试函数	50
2.1.3 Visual FoxPro 的系统组成	20	3.4 Visual FoxPro 的表达式	52
2.1.4 Visual FoxPro 6.0 的文件类型	23	3.4.1 算术表达式	53
2.2 Visual FoxPro 的操作	24	3.4.2 字符表达式	53
2.2.1 Visual FoxPro 操作方式	24	3.4.3 日期和时间表达式	54
2.2.2 Visual FoxPro 辅助设计工具 的使用	24	3.4.4 关系表达式	54
2.2.3 Visual FoxPro 系统环境 的设置	26	3.4.5 逻辑表达式	56
2.2.4 Visual FoxPro 命令概述	28	第4章 数据库及表的基本操作	59
2.2.5 Visual FoxPro 项目管理器 的使用	29	4.1 数据库的基本操作	59
		4.1.1 建立数据库	59
		4.1.2 数据库的打开与关闭	61
		4.1.3 数据库的修改	64
		4.1.4 数据库的删除	64

4.1.5 向数据库添加表	65	5.1 SQL 功能和特点	124
4.2 表的基本操作	66	5.1.1 SQL 主要功能	124
4.2.1 表的创建	66	5.1.2 SQL 的特点	125
4.2.2 在数据库中创建表	69	5.1.3 SQL 的语法规则	125
4.2.3 向表输入记录	73	5.2 SQL 的数据定义功能	126
4.2.4 表的打开与关闭	75	5.2.1 基本表的定义和维护	126
4.2.5 表的删除	77	5.2.2 索引的定义和维护	130
4.3 表的显示与维护	78	5.3 SQL 数据查询功能	131
4.3.1 表结构的显示	78	5.3.1 基本查询	131
4.3.2 表结构的修改	79	5.3.2 有条件查询	132
4.3.3 表记录的显示	80	5.3.3 对查询结果进行处理	134
4.3.4 表记录指针的定位	82	5.3.4 连接查询	136
4.3.5 表记录的修改	83	5.3.5 嵌套查询	137
4.3.6 表记录的添加	86	5.4 数据操纵	140
4.3.7 表记录的删除	89	5.4.1 插入记录	140
4.3.8 表的复制	92	5.4.2 删除记录	141
4.4 表的排序与索引	96	5.4.3 更新记录	141
4.4.1 表的排序	96	第 6 章 数据查询与建立视图	144
4.4.2 索引概述	97	6.1 数据查询	144
4.4.3 建立索引文件	99	6.1.1 利用“查询设计器” 创建查询	144
4.4.4 索引文件的使用	100	6.1.2 运行查询文件	152
4.5 查询	103	6.1.3 保存查询文件和关闭 “查询设计器”	152
4.5.1 顺序查询	104	6.1.4 查询菜单	153
4.5.2 索引查询	105	6.1.5 查询向导	157
4.6 表的统计与计算	107	6.2 视图	161
4.6.1 统计记录个数	107	6.2.1 视图的概念	161
4.6.2 求和	107	6.2.2 视图的类型	162
4.6.3 求平均值	108	6.2.3 创建视图	162
4.6.4 综合计算	109	第 7 章 结构化程序设计基础	168
4.6.5 分类汇总	109	7.1 Visual FoxPro 程序控制结构	168
4.7 多个表的操作	110	7.1.1 顺序结构	168
4.7.1 工作区	110	7.1.2 分支结构	172
4.7.2 表的关联	112	7.1.3 循环结构	177
4.7.3 表的连接	117	7.2 子程序、过程和函数	182
4.7.4 表间的数据更新	118	7.2.1 子程序	182
4.7.5 建立表之间的永久联系	118		
4.7.6 设置参照完整性	120		
第 5 章 关系数据库标准语言——SQL	124		

7.2.2 自定义函数	184	第 9 章 报表与标签设计	231
7.2.3 过程	185	9.1 报表设计与应用	231
7.3 变量的作用域	187	9.1.1 常用报表布局	231
7.4 参数传递方法	189	9.1.2 创建报表方法	232
第 8 章 表单设计与应用	192	9.1.3 报表向导	232
8.1 面向对象的概念	192	9.1.4 报表设计器	238
8.1.1 对象与类	192	9.1.5 使用报表设计器创建快速 报表	240
8.1.2 子类与继承	193	9.1.6 使用报表设计器设计一般 报表	242
8.2 Visual FoxPro 的类	194	9.1.7 数据分组和多级分组报表	247
8.2.1 Visual FoxPro 基类	194	9.1.8 输出报表	251
8.2.2 容器与控件	195	9.2 标签设计	252
8.2.3 事件与方法	196	9.2.1 使用标签向导创建标签	253
8.3 创建表单	197	9.2.2 标签设计器	253
8.3.1 使用表单向导创建表单	198	9.2.3 标签输出	255
8.3.2 使用表单设计器创建、修改及 运行表单	204	第 10 章 菜单设计与应用	256
8.4 表单设计器	206	10.1 菜单设计概述	256
8.4.1 表单设计器环境	206	10.2 “菜单设计器”	257
8.4.2 数据环境	208	10.2.1 “菜单设计器”的启动	257
8.5 管理表单的属性和方法	209	10.2.2 “菜单设计器”窗口	259
8.5.1 常用的表单属性	209	10.3 应用程序菜单设计	262
8.5.2 表单的事件与方法	210	10.4 创建快捷菜单	265
8.5.3 添加新的属性和方法	211	10.5 在顶层表单中添加菜单	266
8.6 常用表单控件	212	第 11 章 数据库应用系统开发	270
8.6.1 常用控件的公共属性	212	11.1 数据库应用系统开发过程	270
8.6.2 标签控件	212	11.1.1 需求分析	270
8.6.3 文本框控件	213	11.1.2 系统设计	270
8.6.4 命令按钮控件	213	11.1.3 系统实现(编码、调试)	271
8.6.5 命令按钮组控件	215	11.1.4 测试	271
8.6.6 编辑框控件	216	11.1.5 系统交付	271
8.6.7 复选框控件	216	11.2 构造 Visual FoxPro 应用程序	271
8.6.8 选项组控件	216	11.2.1 构造 Visual FoxPro 应用程序框架	271
8.6.9 列表框控件	219	11.2.2 连编应用程序	274
8.6.10 组合框控件	221	11.2.3 主程序设计	277
8.6.11 表格控件	222		
8.6.12 计时器控件	227		
8.6.13 页框控件	227		

11.3 程序调试	279	附 录	285
11.3.1 程序错误的分类	279		
11.3.2 Visual FoxPro 调试器	279	附录 1 数据库常用文件类型一览表	285
11.3.3 设置断点	281	附录 2 控件类名称及功能	286
11.3.4 “调试”菜单项	282	附录 3 对象名称及功能	286
11.4 应用系统的发布过程	283	附录 4 数据库常用命令一览表	287
11.4.1 制作发布盘的步骤	283	参考文献	296
11.4.2 安装向导	284		

.

第 1 章 数据库系统基础知识

数据库系统(Database System)是指引进数据库技术的计算机系统。数据库技术是从 20 世纪 60 年代末开始逐步发展起来的计算机软件技术,它的产生推动了计算机在各行各业信息管理中的应用。要学习和使用 Visual FoxPro(VFP),有必要了解和掌握有关数据库的一些基本概念。作为学习的理论先导,本章介绍一些数据库系统基础知识。

1.1 数据库的基本概念

随着计算机应用的不断深入,数据作为一种资源在生活的各领域作用凸现。为了妥善地存储、科学地管理和充分利用这种资源,数据库技术应运而生,并越来越得到广泛的应用。

数据库技术是信息社会的重要基础技术之一,是计算机科学技术领域中发展最为迅速的重要分支。数据库技术是一门综合性技术,涉及程序设计等基础理论知识、数据结构、算法设计、操作系统等相关知识,因此在计算机科学中是将其作为专门的学科来学习和研究的,并以此指导和推动应用。

1.1.1 数据、数据库、数据库系统、数据库管理系统

数据(Data)、数据库(Database,简称 DB)、数据库系统(Database System,简称 DBS)、数据库管理系统(Database Management System,简称 DBMS)是与数据库技术密切相关的 4 个基本概念。

1. 数据

数据实际上是描述事物的符号记录。数据的种类很多,在日常生活中无处不在声音、图像、文字、教工的档案记录、货物的运输情况等,都是数据。人们一般用自然语言描述事物。在计算机中,为了存储和处理这些事物,就需要抽象出对事物的特征组成一条记录描述该事物。例如,在学生档案中,学生的姓名、性别、出生年月、籍贯、所在系、入学时间是能描述学生信息的特征,那么可以这样来描述:李鸣,男,1972.6,江苏,计算机,1990.9。

2. 数据库

收集并抽取出一个应用所需要的大量数据后,将其保存起来供进一步加工处理和抽取有用信息。用于保存数据的方法很多:人工保存、文件保存、数据库保存等,其中数据存放在数据库中保存是最好的方法。

所谓数据库就是长期存储在计算机内、有组织并可共享的数据集合。数据库中的数据按照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,并为各种用户共享。

3. 数据库系统

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,一般由数据库、数据库管理系统(及其开发工具)、应用系统、数据库管理员和用户构成。人们常常把数据库系统简称为

数据库。数据库系统可用图 1-1 表示。数据库系统在整个计算机系统中的地位如图 1-2 所示。

4. 数据库管理系统

收集并抽取一个应用所需要的大量数据后，如何合理、高效地组织这些数据并将其组织在数据库中以及如何处理这些数据呢？数据库管理系统就是完成这个任务的软件系统。它是位于用户与操作系统之间的一层数据管理软件，主要管理数据库的建立、运用和维护，使用户能方便地定义数据和操纵数据，并能保证数据的安全性、完整性、多用户对数据的并发使用以及发生故障后的系统恢复。

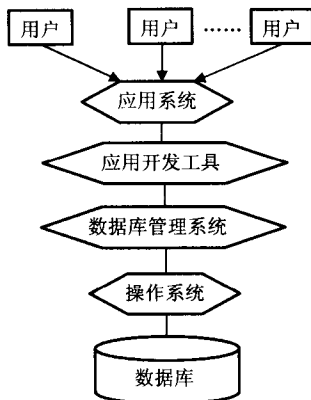


图 1-1 数据库系统

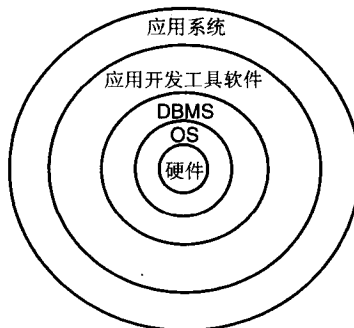


图 1-2 数据库在计算机系统中位置

1.1.2 数据处理技术的发展概况

计算机数据处理就是用计算机来加工、管理和操作各种形式的数据资料。数据处理总是以管理为目的。例如：银行用计算机来处理储蓄业务和账目资金往来业务，人事部门用计算机来建立和管理人事档案等。

数据库系统的核心任务是数据管理，指如何对数据进行分类、组织、编码、存储、检索和维护，它是数据处理的中心问题。并不是一开始就有数据库技术，随着计算机硬件和软件的发展，数据管理技术经历了由低级到高级、由简单到逐步完善的发展历程。

1. 人工管理阶段

20 世纪 50 年代中期以前，计算机主要应用于科学计算，数据量较少，一般不需要长期保存数据。硬件方面，没有磁盘等直接存取的外存储器。软件方面，没有对数据进行管理的系统软件。

在此阶段的特点是：

- (1) 数据不保存。数据用完就撤走。
- (2) 数据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。程序员个人既要设计算法，又要考虑数据的逻辑结构、物理结构以及输入输出方法等问题。
- (3) 数据不共享。程序与数据是一个整体，一个程序中的数据无法被其他程序使用，因此程序与程序之间存在大量的重复数据。
- (4) 数据不具有独立性。数据存储结构一旦有所改变，则必须修改相应程序。应用程序

的设计与维护的负担繁重。

人工管理阶段应用程序与数据之间的对应关系可用图 1-3 表示。

2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期至 60 年代后期, 计算机开始大量用于数据管理。硬件上出现了直接存取的大容量外存储器, 如磁盘、磁鼓等, 这为计算机系统管理数据提供了物质基础。软件方面, 出现了操作系统, 其中包含文件系统, 处理方式上不仅有了文件批处理, 而且能够实现联机实时处理, 这又为数据管理提供了技术支持。

文件系统使计算机在数据管理方面有了长足的进步。时至今日, 文件系统仍是一般高级语言普遍采用的数据管理方式。然而当数据量增加、使用数据的用户越来越多时, 文件系统便不能适应更有效地使用数据的需要了。图 1-4 为文件管理系统示例。

文件系统的特点和存在的不足:

(1) 数据能长期保存, 能进行反复的查询、修改、插入、删除工作。

(2) 由文件系统进行管理, 程序和数据之间由软件提供的存取方法, 如函数调用等方式进行转换, 使数据和程序之间有了一定的独立性。

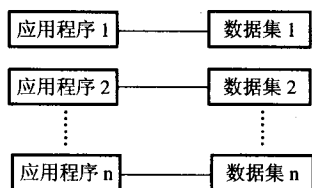


图 1-3 人工管理阶段应用程序与数据之间的对应关系

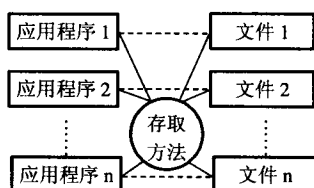


图 1-4 文件管理系统示例

(3) 数据的冗余度大。由于数据文件是根据应用程序的需要而建立的, 当不同的应用程序所需要使用的数据有许多部分相同时也必须建立各自的文件, 数据不能共享, 造成大量重复。同一个数据在不同的文件中所存储的数值不同而造成数据不一致。

(4) 数据独立性差。在文件系统中, 数据和应用程序是互相依赖的, 如果改变数据的组织方式, 就必须修改有关应用程序。不利于系统扩充、系统移植等开发推广工作。

(5) 缺乏对数据的统一控制管理。在同一个应用项目中的各个数据文件没有统一的管理机构, 数据完整性和安全性很难得到保证。数据的保护等均交给应用程序去解决, 使得应用程序的编制相当繁琐。

(6) 不支持对文件的并发访问(concurrent access)。现代计算机系统中, 为了有效地利用计算机资源, 一般允许多个应用程序并发地运行, 如航空售票系统等大型应用。

为了较好地解决文件系统存在的问题, 发展了数据库系统。

3. 数据库系统阶段

20 世纪 60 年代后期, 计算机在管理中应用规模更加庞大, 数据量急剧增加, 数据共享性更强。硬件价格下降, 软件价格上升, 编制和维护软件所需成本相对增加, 其中维护成本更高。在处理方式上, 联机实时处理要求更多, 并开始提出和考虑分布处理。以文件系统作为数据管理手段已经不能满足应用的需求, 因此为解决多用户、多应用共享数据的需求, 使数据尽可能多地应用服务, 就出现了数据库技术, 出现了统一管理数据的专门软件系统——数据库管理系统。

用数据库系统来管理数据具有如下特点：

(1) 数据结构化。在数据库系统中，数据是按照特定的数据模型进行组织的，记录的信息不仅能描述数据本身，亦能表现数据之间的联系。数据库系统实现整体数据的结构化，是数据库系统和文件系统的本质区别。

(2) 数据的共享性好、冗余度低。数据库系统从整体角度看待和描述数据，数据是面向整个系统，数据的共享程度直接关系到数据的冗余度。共享可大大减少数据的冗余，节约存储空间，避免数据之间的不相容性与不一致性。采用人工管理或文件系统管理数据时，由于数据被重复存储，当不同的应用和修改不同的拷贝时，就容易造成数据的不一致性。

(3) 数据独立性高。数据库系统提供了两种映像功能，从而使数据具有物理独立性和逻辑独立性。数据与程序之间的独立性，使得可以把数据的定义和描述从应用程序中分离出去。另外，由于数据的存储由 DBMS 管理，用户不必考虑存取路径等细节，简化了应用程序的编制，大大减少了应用程序的维护和修改。

数据库管理系统保证了数据和操纵数据的应用程序之间的物理独立性和逻辑独立性。其中，物理独立性指的是：当数据的存储结构改变时，由系统提供数据的物理结构与逻辑结构之间的映像功能，保持数据的逻辑结构不变，从而不必修改应用程序；逻辑独立性是指：由系统提供数据的总体逻辑结构和面向某个具体应用的局部逻辑结构之间的映像功能，当数据的总体逻辑结构改变时，能够通过映像来保持逻辑结构不变，从而应用程序也不需要进行修改。

(4) 由数据库管理系统(DBMS)统一管理和控制。由于对数据实行了统一管理，而且所管理的是有结构的数据，因此在使用数据时可以有很灵活的方式。除了管理功能外，为了适应数据的共享环境，DBMS 还必须提供以下几方面的数据控制功能：数据的安全性、数据的完整性、数据的并发控制和数据库恢复等。

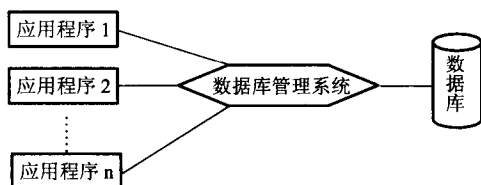


图 1-5 程序与数据的对应关系

数据库管理阶段应用程序与数据之间的关系可用图 1-5 表示。

综上所述，数据库是在数据库管理系统的集中控制之下，按一定的组织方式存储起来的、相互关联的数据集合。在数据库中集中了一个部门或单位完整的数据资源，这些数据能够为多个用户同时共享，且具有冗余度小、独立性和安全性高等特点。

自 20 世纪 70 年代提出关系数据模型和关系数据库后，数据库技术得到了蓬勃发展，应用也越来越广泛。但随着应用的不断深入，占主导地位的关系数据库系统已不能满足新的应用领域的需求。例如，在实际应用中，除了需要处理数字、字符数据的简单应用之外，还需要存储并检索复杂的复合数据(如集合、数组、结构)、多媒体数据、计算机辅助设计绘制的工程图纸和地理信息系统提供的空间数据等。对于这些复杂数据，关系数据库都无法实现对它们的管理。正是实际中涌现出的许多问题，促使数据库技术不断向前发展，涌现出许多不同类型的新型数据库系统。数据库技术与网络通信技术、人工智能技术、面向对象程序设计技术、并行计算技术等相互渗透、相互结合，成为当前数据库的主要特征。

1.2 数据库系统结构

1.2.1 数据库系统的组成

数据库系统是指采用了数据库技术的计算机系统，数据库系统是一种可实际运行的、按照数据库方式存储、维护和向应用系统提供数据或信息支持的系统，是存储介质、处理对象和管理系统的集合体。通常由数据库、硬件、软件和数据库管理员组成。

1. 硬件

运行数据库系统的计算机要有足够大的内存、大容量的磁盘等联机直接存取设备和较高的传输数据的硬件设备，以支持对外存储器的频繁访问；还需要足够数量的脱机存储介质。如外接式硬盘、磁带、光盘等以存放数据库备份。

2. 软件

数据库系统中的软件包括操作系统(OS)、数据库管理系统(DBMS)及数据库应用系统等。

数据库系统的核心是数据库管理系统。它提供数据定义、数据操作、数据库管理和控制等功能。功能的强弱随系统而异，大系统功能较强、较全，小系统功能较弱、较少。

数据库应用系统是指系统开发人员利用数据库系统资源开发出来的、面向某一类实际应用的应用软件系统。它分为两类：

(1) 管理信息系统。这是面向机构内部业务和管理的数据库应用系统。例如，人事管理系统、教学管理系统等。

(2) 开放式信息服务系统。这是面向外部、提供动态信息查询功能，以满足不同信息需求的数据库应用系统。例如，大型综合科技信息系统、经济信息系统和专业的证券实时行情、商品信息系统等。

无论是哪一类信息系统，从实现技术角度而言，都是以数据库技术为基础的计算机应用系统。另外，在开发数据库应用系统时，不仅可以使数据库管理系统自含的程序设计语言，也可以使用其他软件开发工具，如：PowerBuilder, Delphi, Visual Basic, Visual C++等，在这种情况下，软件还包括相应的软件开发工具及其编译系统。

3. 数据库

数据库系统中的数据库是按一定法则存储在计算机外存储器中的大批数据。它不仅包括描述事物的数据本身，而且还包括相关事物之间的联系。它通常由两大部分组成：一是有关应用所需要的业务数据的集合，称为物理数据库，是数据库的主体；二是关于各级数据结构的描述数据，称为描述数据库，通常由一个数据字典系统管理。

4. 数据库系统的有关人员

数据库系统的有关人员主要有3类：最终用户、数据库应用系统开发人员和数据库管理员(Database Administrator)。最终用户指通过应用系统的用户界面使用数据库的人员，他们一般对数据库知识了解不多。数据库应用系统开发人员包括系统分析员、系统设计员和程序员。系统分析员负责应用系统的分析，他们和用户、数据库管理员相配合，参与系统分析；系统设计员负责应用系统设计和数据库设计；程序员则根据设计要求进行编码。数据库管理员是数据管理机构负责对整个数据库系统进行总体控制和维护，以保证数据库系统正常运行的一

组人员，但数据库的内容对数据库管理员是封锁的。

在数据库系统中，硬件、软件和有关人员之间的层次关系如图 1-6 所示。

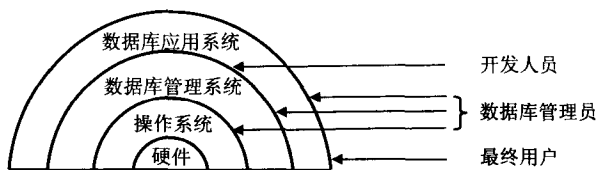


图 1-6 数据库系统层次关系示意图

1.2.2 数据库的三级模式结构

从数据库管理系统看，数据库系统通常采用三级模式结构。这是数据库管理系统内部的系统结构。

数据库系统有一个严谨的体系结构，从而保证其功能得以实现。美国国家标准协会 (American National Standard Institute, ANSI) 的数据库管理系统研究小组于 1978 年提出了标准化的建议，将数据库结构分为三级模式和二级映像，数据库的三级模式结构如图 1-7 所示。

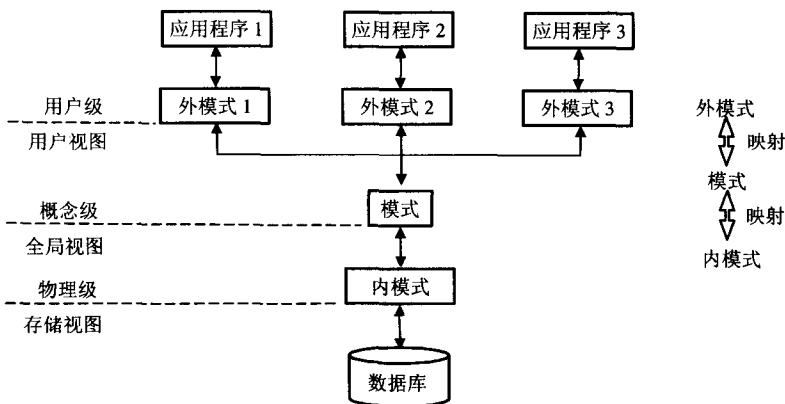


图 1-7 数据库的三级模式结构

1.2.2.1 三种模式

数据库的基本结构是由用户级、概念级和物理级组成的三级结构，分别称为概念模式、外模式和内模式。

1. 模式

模式又称概念模式或逻辑模式，对应于概念级。它是由数据库设计者综合所有用户的数据，按照统一的观点构造的全局逻辑结构，是对数据库中全部数据的逻辑结构和特征的总体描述，是所有用户的公共数据视图(全局视图)。它是由数据库管理系统提供的数据库模式描述语言(Data Description Language, DDL)来描述、定义的，体现、反映了数据库系统的整体观。

2. 外模式

外模式又称子模式,对应于用户级。它是某个或某几个用户所看到的数据库的数据视图,是与某一应用有关的数据的逻辑表示。外模式是从模式导出的一个子集,包含模式中允许特定用户使用的那部分数据。

用户可以通过外模式描述语言来描述、定义对应于用户的数据记录(外模式),也可以利用数据操纵语言(Data Manipulation Language, DML)对这些数据记录进行操作。外模式反映了数据库的用户观。

3. 内模式

内模式又称存储模式,对应于物理级。它是数据库中全体数据的内部表示或底层描述,是数据库最低一级的逻辑描述,它描述了数据在存储介质上的存储方式和物理结构,对应着实际存储在外存储介质上的数据库。内模式由内模式描述语言来描述、定义,它是数据库的存储观。

在一个数据库系统中,只有唯一的数据库,因而作为定义、描述数据库存储结构的内模式和定义、描述数据库逻辑结构的模式,也是唯一的。但建立在数据库系统之上的应用则是非常广泛、多样的,所以对应的外模式不是唯一的,也不可能是唯一的。

1.2.2.2 二级映像

数据库的三级模式是数据在三个级别(层次)上的抽象,使用户能够逻辑地、抽象地处理数据而不必关心数据在计算机中的物理表示和存储。实际上,对于一个数据库系统而言,只有物理级数据库是客观存在的,它是进行数据库操作的基础,概念级数据库中不过是物理数据库的一种逻辑的、抽象的描述(即模式),用户级数据库则是用户与数据库的接口,它是概念级数据库的一个子集(外模式)。

用户应用程序根据外模式进行数据操作,通过外模式/模式映像,定义和建立某个外模式与模式间的对应关系,将外模式与模式联系起来,当模式发生改变时,只要改变其映像,就可使外模式保持不变,对应的应用程序也可保持不变;另一方面,通过模式-内模式映像,定义建立数据的逻辑结构(模式)与存储结构(内模式)间的对应关系,当数据的存储结构发生变化时,只需改变模式-内模式映像,就能保持模式不变,因此应用程序也可以保持不变。

1.2.3 数据库管理系统的功能

数据库管理系统(DBMS)作为数据库系统的核心软件,其主要目标是使数据成为方便用户使用的资源,易于为各种用户共享,并增强数据的安全性、完整性和可用性。

作为数据库系统核心软件的数据库管理系统 DBMS,通过三级模式间的映像转换,为用户实现了数据库的建立、使用和维护操作。因此,DBMS 必须具备相应的功能,主要有以下几项:

1. 数据定义功能

数据定义也称数据库描述,包括定义构成数据库系统的模式、存储模式和外模式;定义外模式和模式之间、模式和存储模式之间的映像;定义有关的约束条件,如为保证数据库中数据具有正确语义而定义的完整性规则,为保证数据库安全而定义的用户口令和存取权限等。

2. 数据操纵功能

数据操纵是 DBMS 面向用户的功能。DBMS 接收、分析和执行用户对数据库提出的各种操作要求, 并完成数据库数据的检索、插入、删除和更新等各种数据处理任务。

3. 数据库运行控制功能

DBMS 运行时的核心工作是对数据库的运行进行管理, 包括访问数据库时的安全性检查、完整性约束条件的检查和执行、数据共享的并发控制, 以及数据库的内部维护(索引、数据字典的自动维护)等。所有访问数据库的操作都要在这些控制程序的统一管理下进行。其目的是为了保证数据库的可用性和可靠性。DBMS 提供数据安全性控制功能(security)、数据完整性控制功能(integrity)、数据并发控制功能(concurrency)、数据库恢复功能(recovery)。

4. 数据字典

数据字典(Data Dictionary, DD)中存放着对实际数据库各级模式所作的定义描述。这些数据是数据库中有关数据的数据, 称之为元数据。对数据库的使用和操作都要通过查阅数据字典来进行。在有些系统中, 把数据字典单独抽出自成系统, 使之成为一个软件工具, 能够提供比 DBMS 更高级的用户和数据库之间的接口。

总之, DBMS 是一个规模很大的程序系统, 它在操作系统的支持下工作, 同时又支持在其基础上开发的应用系统。

目前较流行的数据库管理系统有 Oracle、Sybase、SQL Server、Access、Visual FoxPro 等。其中, Visual FoxPro 是小型数据库管理系统的杰出代表, Visual FoxPro 提供了一个集成化的系统开发环境, 它使数据的组织与操作变得简单方便。它在语言体系方面不仅支持传统的结构化程序设计, 而且支持面向对象程序设计, 并拥有功能强大的可视化程序设计工具。利用可视化的设计工具和向导, 用户可以快速创建表单、菜单、查询和打印报表。目前, Visual FoxPro 是中小型数据库应用系统较为理想的开发工具之一, 也成为非计算机专业首选的数据库教学软件。

1.3 数据模型

数据库是某个企业、组织或部门所涉及的数据的综合, 不仅要反映数据本身的内容, 而且要反映数据之间的联系。由于计算机不可能直接处理现实世界中的具体事物, 所以人们必须事先把具体事物转换成计算机能够处理的数据。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。

1.3.1 信息的三种世界及其描述

信息的三种世界是指现实世界、信息世界和计算机世界。

计算机信息处理的对象是现实生活中的客观事物, 客观事物是信息之源, 是设计和建立数据库的出发点, 也是使用数据库的最后归宿。

客观现实世界在人们头脑中的反映, 称为信息世界, 又称观念世界。客观事物在信息世界中称为实体。反映事务间关系的是实体模型或概念模型。

计算机世界就是信息世界中的信息数据化后对应的产物, 又称数据世界。实体模型在数据世界以数据模型描述。