

21世纪高等学校教材

Visual FoxPro 程序设计教程

(第二版)

主编 武 妍 包奇金宝 程全洲

主审 冷金麟

上海交通大学出版社

21 世纪高等学校教材

Visual FoxPro 程序设计教程

(第二版)

主 编 武 妍 包奇金宝 程全洲

主 审 冷金麟

上海交通大学出版社

内 容 提 要

《Visual FoxPro 程序设计教程》(第二版)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:数据库概论、Visual FoxPro 概述、Visual FoxPro 的数据与运算、数据库及表的操作、关系数据库标准语言——SQL、数据查询与建立视图、Visual FoxPro 程序设计基础、表单设计与应用、报表与标签设计、菜单设计与应用、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。

本套教材另外配有以下资料供用书单位选用:多媒体课件(PPT格式)、源程序、教学网站(网上答疑、发布与提交作业及作业自动判分)和自动考试系统(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 / 武妍, 包奇金宝, 程全洲主编.
—2 版. 上海: 上海交通大学出版社, 2007
21 世纪高等学校教材
ISBN 978-7-313-04288-0

I. V... II. ①武... ②包... ③程... 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

(第二版)

武妍 包奇金宝 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: 韩建民

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: 472 千字

2006 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月第 2 版 2007 年 2 月第 5 次印刷

ISBN 978-7-313-04288-0/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章为数据库概论;第2章为Visual FoxPro概述;第3章为Visual FoxPro的数据与运算;第4章为数据库与表的操作;第5章为SQL语言;第6章为数据查询与建立视图;第7章为Visual FoxPro程序设计基础;第8章为表单设计与应用;第9章为报表与标签设计;第10章为菜单设计与应用;第11章为数据库应用系统开发。

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程序设计上机实验指导》,作为与本书配套的辅助教材。

本书第一版由孟宪平、王剑云和程全洲任主编。

本次修订时广泛听取了用书单位的建议,对结构做了微调并对原有内容做了部分更新。第二版由武妍、包奇金宝、程全洲任主编,由陈巴特尔、王剑云任副主编。参加本次编写的有:武妍、包奇金宝、程全洲、王剑云、董变林、贾大春、邹大祥、陈巴特尔、朱君波、吕海莲、陈明等。冷金麟审阅了本书并提出了很多细致的建议,在此表示感谢。

由于作者学识水平有限,不足与疏漏之处敬请读者批评指正。

编 者

2006年10月

于同济园

目 录

第 1 章 数据库概论	1	第 3 章 Visual FoxPro 的数据与运算	35
1.1 数据库系统的基本概念	1	3.1 Visual FoxPro 的数据类型	35
1.1.1 数据、数据库、数据库系统与数据库管理系统	1	3.2 Visual FoxPro 的常量与变量	36
1.1.2 数据处理技术的发展概况	2	3.2.1 常量	36
1.2 数据库系统结构	5	3.2.2 变量	40
1.2.1 数据库系统的组成	5	3.3 Visual FoxPro 的函数	45
1.2.2 数据库的三级模式结构	6	3.3.1 数值函数	45
1.2.3 数据库管理系统的功能	8	3.3.2 字符函数	47
1.3 概念模型和数据模型	9	3.3.3 日期和时间函数	51
1.3.1 信息的三种世界及其描述	9	3.3.4 转换函数	52
1.3.2 概念模型及其表示	9	3.3.5 测试函数	54
1.3.3 数据模型及其表示	12	3.4 Visual FoxPro 的表达式	56
1.4 关系数据库	13	3.4.1 算术表达式	56
1.4.1 关系模型的数据结构	14	3.4.2 字符表达式	57
1.4.2 关系运算	16	3.4.3 日期和时间表达式	57
1.4.3 关系的完整性约束	17	3.4.4 关系表达式	58
习题	18	3.4.5 逻辑表达式	59
第 2 章 Visual FoxPro 概述	19	习题	61
2.1 Visual FoxPro 系统简介	19	第 4 章 数据库及表的操作	63
2.1.1 Visual FoxPro 6.0 的特点	19	4.1 数据库的基本操作	63
2.1.2 Visual FoxPro 的启动与退出	20	4.1.1 建立数据库	63
2.1.3 Visual FoxPro 的系统组成	21	4.1.2 数据库的打开与关闭	65
2.1.4 Visual FoxPro 辅助设计工具的使用	24	4.1.3 数据库的修改	67
2.1.5 Visual FoxPro 6.0 的文件类型	26	4.1.4 数据库的删除	67
2.2 Visual FoxPro 的操作	27	4.2 表文件的基本操作	68
2.2.1 Visual FoxPro 操作方式	27	4.2.1 自由表文件的创建	68
2.2.2 Visual FoxPro 系统环境的设置	28	4.2.2 数据库表文件的创建	71
2.2.3 Visual FoxPro 命令概述	30	4.2.3 向表文件输入记录	75
2.2.4 Visual FoxPro 项目管理器的使用	31	4.3 表文件的修改	78
习题	34	4.3.1 表文件的打开与关闭	78
		4.3.2 表文件的删除	79

4.3.3 表文件结构的修改	80	5.3.1 基本表的定义和维护	135
4.4 表的显示与维护	85	5.3.2 索引的定义和维护	139
4.4.1 表结构的显示	85	5.4 SQL 数据查询功能	140
4.4.2 表记录的显示	86	5.4.1 简单查询	140
4.4.3 表记录指针的定位	87	5.4.2 多表查询	146
4.4.4 表记录的修改	88	5.5 数据操纵	150
4.4.5 表记录的添加	91	5.5.1 插入记录	150
4.4.6 表记录的删除	94	5.5.2 删除记录	151
4.4.7 表的复制	98	5.5.3 更新记录	151
4.5 表的排序与索引	101	习题	152
4.5.1 表的排序	102	第 6 章 数据查询与建立视图	154
4.5.2 索引概述	102	6.1 数据查询	154
4.5.3 创建索引文件	104	6.1.1 利用“查询设计器”创建查询	154
4.5.4 索引文件的使用	109	6.1.2 运行查询文件	162
4.6 查询	113	6.1.3 保存查询文件和关闭 “查询设计器”	162
4.6.1 顺序查询	113	6.1.4 查询菜单	163
4.6.2 索引查询	115	6.1.5 查询向导	166
4.7 表的统计与计算	116	6.2 视图	169
4.7.1 统计记录个数	116	6.2.1 视图的概念	170
4.7.2 求和	117	6.2.2 视图的类型	170
4.7.3 求平均值	117	6.2.3 创建视图	170
4.7.4 分类汇总	118	习题	174
4.8 多个表文件的操作	119	第 7 章 Visual FoxPro 程序设计基础	176
4.8.1 工作区	119	7.1 Visual FoxPro 的工作方式	176
4.8.2 表文件之间的关联	121	7.2 程序文件的建立和编辑	177
4.8.3 创建表之间的永久关系	127	7.2.1 程序文件的建立	178
4.8.4 设置参照完整性	129	7.2.2 程序文件的运行	180
习题	131	7.3 程序文件中常用的命令	181
第 5 章 关系数据库标准语言——SQL	133	7.3.1 程序开头命令	181
5.1 SQL 语言发展及标准化	133	7.3.2 程序结尾命令	182
5.1.1 SQL 语言的发展	133	7.3.3 非格式输入/输出命令	183
5.1.2 SQL 语言的标准化	133	7.3.4 格式输入/输出命令	184
5.2 SQL 的主要功能和特点	134	7.4 程序的基本结构	186
5.2.1 SQL 的主要功能	134	7.4.1 程序流程图	187
5.2.2 SQL 的特点	134	7.4.2 程序的基本结构	187
5.2.3 SQL 的语法规则	135		
5.3 SQL 的数据定义功能	135		

7.5 分支结构程序	188	8.6.6 编辑框控件	233
7.6 循环结构程序	192	8.6.7 复选框控件	234
7.6.1 当型循环结构	192	8.6.8 选项组控件	234
7.6.2 计数型循环结构	194	8.6.9 列表框控件	237
7.6.3 扫描型循环结构	196	8.6.10 组合框控件	239
7.6.4 循环辅助语句(命令)	198	8.6.11 表格控件	239
7.7 子程序、过程和函数	200	8.6.12 计时器控件	245
7.7.1 子程序	200	8.6.13 页框控件	246
7.7.2 自定义函数	202	习题	248
7.7.3 过程	204	第9章 报表与标签设计	249
7.7.4 变量的作用域	207	9.1 报表设计与应用	249
习题	210	9.1.1 常用报表布局	249
第8章 表单设计与应用	212	9.1.2 创建报表方法	250
8.1 面向对象的概念	212	9.1.3 报表向导	250
8.1.1 对象与类	212	9.1.4 报表设计器	255
8.1.2 子类与继承	213	9.1.5 使用报表设计器创建快速报表	256
8.2 Visual FoxPro 的类	214	9.1.6 使用报表设计器设计一般报表	258
8.2.1 Visual FoxPro 基类	214	9.1.7 数据分组和多级分组报表	263
8.2.2 容器与控件	215	9.1.8 输出报表	267
8.2.3 事件与方法	216	9.2 标签设计	268
8.3 创建表单	217	9.2.1 使用标签向导创建标签	268
8.3.1 使用表单向导创建表单	218	9.2.2 标签设计器	269
8.3.2 使用表单设计器创建、修改及 运行表单	222	9.2.3 标签输出	270
8.4 表单设计器	224	习题	271
8.4.1 表单设计器环境	224	第10章 菜单设计与应用	272
8.4.2 数据环境	226	10.1 菜单设计概述	272
8.5 表单的属性和方法	227	10.2 菜单设计器	273
8.5.1 常用的表单属性	227	10.2.1 菜单设计器的启动	273
8.5.2 表单的事件与方法	228	10.2.2 菜单设计器窗口	274
8.5.3 添加新的属性和方法	228	10.3 应用程序菜单设计	278
8.6 常用表单控件	230	10.4 创建快捷菜单	280
8.6.1 常用控件的公共属性	230	10.5 在顶层表单中添加菜单	281
8.6.2 标签控件	230	习题	282
8.6.3 文本框控件	231	第11章 数据库应用系统开发	284
8.6.4 命令按钮控件	231	11.1 数据库应用系统开发过程	284
8.6.5 命令按钮组控件	233		

11.1.1	需求分析	284	11.3.1	程序错误的分类	292
11.1.2	系统设计	284	11.3.2	Visual FoxPro 调试器	293
11.1.3	系统实现(编码、调试)	285	11.3.3	设置断点	294
11.1.4	系统测试	285	11.3.4	“调试”菜单项	295
11.1.5	系统交付	285	11.4	应用系统的发布过程	295
11.2	构造 Visual FoxPro 应用程序	285	11.4.1	制作发布盘的步骤	296
11.2.1	构造 Visual FoxPro 应用程序框架	285	11.4.2	安装向导	296
11.2.2	连编应用程序	287	参考文献	297	
11.2.3	主程序设计	290			
11.3	程序调试	292			

第 1 章 数据库概论

随着全球信息技术的发展,信息已成为社会各行各业的重要资源和财富,有效地处理信息已经成为一个企业或组织生存和发展的重要基础条件,而数据库技术正是解决该问题的核心技术。数据库技术自 20 世纪 60 年代末产生以来,以其为核心的数据库信息管理系统被广泛地应用于社会经济、事务处理、文化教育等各个领域,极大地推动了信息处理的技术发展。

数据库系统(DataBase System)是指引进数据库技术的计算机系统,是实现有组织、动态地存储大量相关的结构化数据、方便各类用户访问数据库的计算机软/硬件资源的集合。Visual FoxPro 是一种集解释与编译混合的关系型数据库管理系统,具有性能好、速度快、开发工具丰富、图形界面友好等特点,是开发各种管理信息系统的优秀平台。要学习和使用 Visual FoxPro,有必要了解和掌握有关数据库系统的一些基本概念。

1.1 数据库系统的基本概念

随着计算机应用的不断深入,数据作为一种资源在社会的各领域作用凸现。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,并获得越来越广泛的应用。

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以及数据结构、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、数据库系统与数据库管理系统

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

1. 数据

数据是描述事物的符号记录。数据的种类很多,日常生活中无处不在的声音、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来描述它们,但在计算机中,为了存储和处理这些事物,需要抽象出事物的特征组成一条记录以描述该事物。

数据有“型”和“值”之分。数据的型是指数据的结构,而值是型的具体赋值。例如,在学生档案中,学生可以用姓名、性别、出生年月、籍贯、所在系、入学时间等特征来描述,这些特征就是数据的型,而:李鸣,男,1972.6,江苏,计算机,1990.9 则是数据的值。

2. 数据库

收集并抽取出一个应用所需要的大量数据后,需要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。

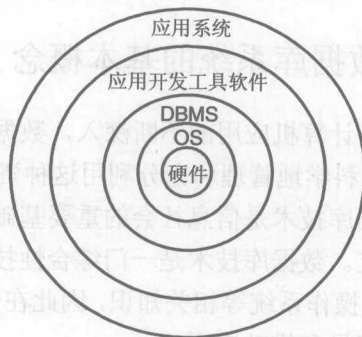
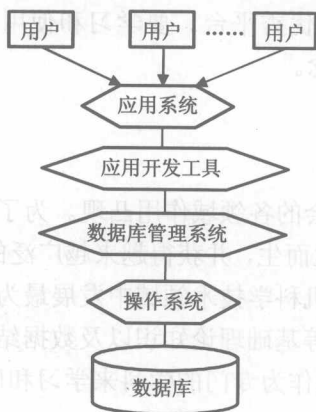
所谓数据库就是存储在计算机内、有组织并可共享的数据集合。数据库中的数据按照一定的数据模型组织、描述和储存，具有可控的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性，可为各种用户所共享。

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技术后的系统构成，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。数据库系统可用图 1-1 表示。

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、高效地在数据库中组织和处理这些数据呢？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、运行和维护，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。数据库管理系统在整个计算机系统中的地位如图 1-2 所示。



1.1.2 数据处理技术的发展概况

数据处理是指对各种形式的数据进行收集、组织、加工、存储、抽取和传播等工作，其目的是从大量杂乱无章的甚至难以理解的数据中抽取并推导出有价值的信息，为进一步的活动提供决策依据。数据管理是指对数据的组织、存储、检索和维护等工作，是数据处理的基本环节。

早期的数据处理采用算盘、计算尺、手摇计算机等各种初级工具，这是手工数据处理方式。进入 20 世纪 40 年代末期，电子计算机的发明使数据处理工作发生了革命性的改变。用电子计算机进行数据处理，不仅加快了数据处理速度，也扩大了数据处理的规模和范围。随着计算机软件和硬件技术的发展，数据处理技术的发展大体经历了以下 3 个阶段。

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。程序运行结束后数据就丢失。
- (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, 随着计算机软硬件技术的飞速发展, 计算机应用领域不断拓宽, 不仅用于科学计算, 而且用于一些非数值数据的处理。在硬件方面出现了磁盘、磁鼓等大容量的存储设备; 软件方面出现了初级操作系统, 有了专门管理数据的软件, 即文件系统; 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。这些都为数据管理提供了技术支持。

在文件系统中, 根据应用程序的需要, 将数据按照一定的规则组织成文件, 并将该文件储存在存储设备上, 应用程序通过文件系统访问文件并对数据进行加工、使用。在该阶段, 应用程序和数据是分离的, 程序和数据之间具备一定的独立性, 不同的应用程序可以通过不同的方式来组织数据。

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, 文件系统便不能满足更有效地使用数据的需要。图 1-4 为文件系统示例。

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) 由文件系统进行数据管理, 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。

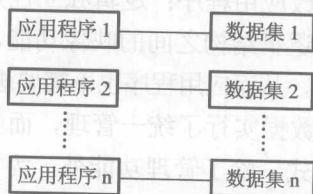


图 1-3 人工管理阶段应用程序与数据之间的对应关系

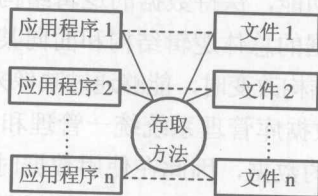


图 1-4 文件系统示例

(3) 数据的冗余度大。在文件系统阶段, 数据文件是依照应用程序的需求而建立的, 不同的应用程序使用不同的数据文件, 同一数据文件不能应用于不同的应用程序。因而, 当不同应用程序需要使用相同数据时必须建立不同的文件, 数据重复量大。

(4) 数据独立性差。在文件系统中, 数据和应用程序是一一对应、相互依赖的。数据的组织形式依赖于应用程序, 它们中任何一方的改变都会要求另外一方进行相应的改变, 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。在文件系统阶段, 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系统资源, 一般允许多个应用程序并发地运行访问同一数据源, 如航空售票系统等。

3. 数据库系统阶段

20 世纪 60 年代后期, 计算机处理能力不断增强, 计算机硬件价格下降, 性价比不断提高, 计算机的应用领域越来越广。在管理领域中, 计算机的应用越来越多, 应用的规模也越来越大, 数据量急剧上升。同时, 对于数据的共享能力要求也越来越多, 文件系统已经不能满足用户的需求。随着软件技术的不断发展, 为了解决多用户共享数据的需求, 数据库技术应运而生, 出现了统一管理数据的专门软件系统——数据库管理系统。

用数据库管理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, 记录的信息不仅能够描述数据本身, 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、冗余度可控。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, 可为所有访问系统的用户所共享, 因此, 从理论上说可以消除冗余。但实际上, 出于提高检索速度等考虑, 常常允许部分冗余存在。这种冗余可由设计者所控制。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, 物理独立性是指: 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) 数据库管理系统统一管理和控制数据。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, 数据库管理系统还提供一些数据控制功能: 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也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,成为当前数据库技术的发展方向。

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及用户组成。

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具有较高的传输速率的硬件设备,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。它负责数据库的建立、使用和维护。提供对数据库中数据资源进行统一管理和控制的功能,并将应用程序和数据库数据联系起来。其功能强弱体现了数据库系统性能的优劣。一般来说,该系统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、较小。

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。所谓管理信息系统,是一个由人、计算机及其他外围设备等组成的能进行信息的收集、传递、存储、加工、维护 and 使用的系统。其主要任务是最大限度的利用现代计算机及网络通讯技术加强企业的信息管理,通过对企业拥有的人力、物力、财力、设备、技术等资源的调查了解,建立正确的数据,加工处理并编制成各种信息资料及时提供给管理人员,以便进行正确的决策,不断提高企业的管理水平和经济效益。因而,管理信息系统在计算机应用方面可以理解为是面向企业内部业务和管理的数据库应用系统。

(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,还包括相应的软件开发工具及其编译系统。

3. 数据库

数据库是指将某一应用相关的数据以一定的组织形式组合在一起并存储在外⤢存储设备上的、能为多个用户共享的、与应用程序相互独立的、可统一管理的数据的集合。它不仅描述了数据本身,还包括了数据相互之间的联系。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)。最终用户是指在DBMS和应用程序的支持下,通过应用系统的用户接口操作使用数据库的终端用户。对于简单用户来说,其主要操作包括数据查询和修改功能,而高级用户则能够通过数据库查询语言访问数据库。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。数据库管理员负责全面管理和控制数据库系统以保证数据库系统正常运行。

1.2.2 数据库的三级模式结构

为了有效地组织和管理数据,保持数据库的逻辑独立性和物理独立性,人们提出了数据库体系结构的概念。数据库体系结构是数据库的一个总的框架,是数据库内部的系统结构。为了建立一个严谨的数据库体系结构,保证数据库功能的实现。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1-6所示。

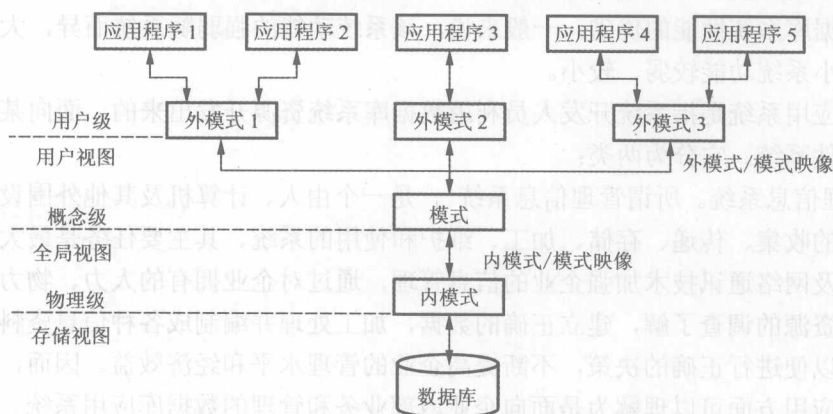


图 1-6 数据库的三级模式结构

1.2.2.1 三级模式

模式是对数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述,它仅涉及数据型的描述,不涉及具体的值。数据模式是数据库的框架,反映的是数据库中数据的结构及其相互关系。数据库的基本结构分为面向用户或应用程序员的用户级、面向建立和维护数据库人员的概念级、面向系统管理员的物理级的三级结构,分别称为外模式、模式和内模式。

1. 模式

模式又称为概念模式或逻辑模式,对应于概念级,是由数据库设计人员根据应用项目的具体情况,对于数据库中全部数据的整体逻辑结构和特征的描述,是所有用户的公共数据视图。模式包含了若干个概念记录类型以及记录间联系、数据的整体性和安全性等要求。概念模式可以看作是现实世界中一个组织或部门中的实体及其联系的抽象模型在具体数据库系统中的实现。一个数据库只能有一个模式。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,是最接近用户的一层。它是用户看到和使用的数据库的局部数据的逻辑结构,是从模式中抽象出来的某一应用所涉及的数据的逻辑结构。一个数据库可以有多个外模式,一个模式可以映射多个外模式,外模式是模式的一个逻辑子集。

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,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,是用户视图。

3. 内模式

内模式也称为存储模式,是对数据库中数据的物理结构和存储方式的描述,是数据在数据库系统中的内部表示,它描述了数据在存储介质上的存储方式或物理结构,对应着实际存储在外存储介质上的数据库。一个数据库中只有一个内模式。

内模式由内模式描述语言来描述、定义,它反映数据库的存储观,是存储视图。

内模式是DBMS管理的最低层,它是物理存储设备上存储数据时的物理抽象。

1.2.2.2 二级映像

数据库的三级模式是数据在三个级别上的抽象,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(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)。为了实现这三个抽象级别的联系和转换,DBMS在三级结构之间提供了两个层次的映像:外模式/模式映像、内模式/模式映像。

外模式/模式映像定义了外模式和模式的对应关系。当用户应用程序根据外模式进行数据操作时,通过外模式/模式映像,相应地对模式实现某种操作。当数据库的模式需要修改时,如增加记录类型或增加数据项,只要对外模式/模式映像进行修改,而外模式和应用程序则可以尽可能保持不变或者对它们做部分调整,从而保持了数据的逻辑独立性。

内模式/模式映像定义了数据的全局逻辑结构和数据存储方式之间的对应关系。当数据的

物理结构发生变化,即数据的内模式发生变化时,只要修改内模式/模式映像即可,而模式尽可能保持不变,当然内模式改变对外模式 and 应用程序的影响就更小,从而保证了数据的物理独立性。

1.2.3 数据库管理系统的功能

数据库管理系统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,通过三级模式间的映像转换,可为用户实现数据库的建立、使用和维护操作。因此,数据库管理系统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。