



普通高等教育“十二五”规划教材

Visual FoxPro 程序设计教程 (第二版)

主 编 何振林 赵 亮

副主编 孟 丽 肖 丽 胡绿慧 王俊杰 李源彬



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十二五”规划教材

Visual FoxPro 程序设计教程

(第二版)

主 编 何振林 赵 亮

副主编 孟 丽 肖 丽 胡绿慧 王俊杰 李源彬



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书是一本关于 Visual FoxPro 入门与数据库开发的指导书。书中对集成开发环境的特性,数据库编程知识,具体的数据库管理系统的设计、创建与开发,从知识、方法与技巧,以及操作和实践等方面,都作了较为详细的介绍。

全书共 12 章,着重介绍 Visual FoxPro 数据库程序设计的基础知识和基本方法,同时加强了结构化程序设计的训练,并深入浅出地介绍了面向对象的程序设计方法,各章知识点、重点突出。

本书内容全面,实例丰富,共有实例 256 题,所有实例程序已上机调试通过,特别适合作为高等学校非计算机类各专业 Visual FoxPro 数据库程序设计的参考教材。同时,也可作为业余爱好者和数据库软件开发人员的参考书。

为配合本书的学习和上机操作,作者还编写了《Visual FoxPro 程序设计教程(第二版)习题集与解答》,全书安排有 481 道选择题、368 道填空题、300 道判断题和 116 道上机题。读者可结合所学内容进行有针对性的训练。

本书配有免费电子教案,读者可以从中国水利水电出版社网站以及万水书苑下载,网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目(CIP)数据

Visual FoxPro 程序设计教程 / 何振林, 赵亮主编

— 2 版. — 北京: 中国水利水电出版社, 2015. 1

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5170-2720-1

I. ①V… II. ①何… ②赵… III. ①关系数据库系统—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP311.138

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第286191号

策划编辑: 寇文杰

责任编辑: 李 炎

封面设计: 李 佳

书 名	普通高等教育“十二五”规划教材 Visual FoxPro 程序设计教程(第二版)
作 者	主 编 何振林 赵 亮 副主编 孟 丽 肖 丽 胡绿慧 王俊杰 李源彬
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	184mm×260mm 16 开本 26.25 印张 664 千字
版 次	2011 年 11 月第 1 版 2011 年 11 月第 1 次印刷 2015 年 1 月第 2 版 2015 年 1 月第 1 次印刷
印 数	0001—3000 册
定 价	54.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前 言

Visual FoxPro 是美国 Microsoft (微软) 公司推出的适用于微型计算机的关系型数据库管理系统。Visual FoxPro 功能强大、操作方便、使用简单、用户界面良好,它不仅是一个比较完善的数据库管理系统,而且是一种面向对象的可视化程序设计语言。对于学习数据库系统知识和面向对象程序设计方法来说,是一个较好的教学与实验环境。目前,全国很多高校特别是非信息类专业,均在数据库程序设计类课程中讲授 Visual FoxPro 数据库管理系统。

Visual FoxPro (简称 VFP, 目前最高版本为 V9.0) 是计算机类专业 C/S (客户/服务器) 结构重要的前端开发工具之一,也是非计算机类专业计算机等级考试(二级)最为普及的课程之一。

Visual FoxPro 数据库管理系统的主要特点如下:

一、Visual FoxPro 提供了一个集成化的系统开发环境,它不仅支持过程式编程技术,而且在语言方面作了强大的扩充,支持面向对象可视化编程技术,并拥有功能强大的可视化程序设计工具,例如数据库设计器、菜单设计器、应用程序生成器等,可实现应用程序的快速开发。利用可视化的设计工具和向导,用户可以快速创建表单、查询和打印报表。

目前,Visual FoxPro 是用户收集信息、查询数据、创建集成数据库系统、进行实用系统开发较为理想的工具软件。

二、Visual FoxPro 数据库系统操作的交互性。交互性,对于初学者是非常有利的,它既有助于初学者尽快掌握 Visual FoxPro 的有关命令,又可以使初学者享受到马上获得命令执行结果而带来的喜悦。然而,这种逐条命令的交互执行模式,却极大限制了计算机“快”特长的发挥。当学习到一定程度的时候,人们就会开始嫌它“太慢”。因此,迫切希望能像其他高级语言那样通过程序的方式来迅速地完成任务。

三、Visual FoxPro 除交互式操作外,同时也提供了程序操作方式。在程序方式下它不但将计算机“快速、准确、精确、记忆”的特点表现得淋漓尽致,而且还提供了一批仅在程序模式下才有效的命令,从而使 Visual FoxPro 的功能更为强大。同时由于 Visual FoxPro 程序语言是一种非过程语言,因此它的源程序非常简洁、易于阅读和编写,这一点是其他高级语言如 C 语言所无法比拟的。

四、Visual FoxPro 既支持面向过程的结构化程序设计,又支持“Visual (可视化)”的面向对象的事件驱动程序设计。

英文“Visual”的意思是“可视的”。在 Visual FoxPro 中引入了控件的概念后,“可视的”Visual FoxPro 就是一种最直观的编程方法,用户在设计应用程序时,无需编程,就可以完成许多步骤和程序的编写。在 Windows 中,控件的身影无处不在,各种各样的按钮、文本框、命令按钮,都是控件的种类,Visual FoxPro 把这些控件模块化,并且每个控件都有若干属性用来控制控件的外观和工作方法。这样用户就可以像在画板上画画一样,随意点几下鼠标,一个按钮就完成了,这些工作在以前的编程语言下是要经过相当复杂的工作的。

五、学习 Visual FoxPro, 可为今后学习大型数据库管理软件(如 SQL Server、Oracle 等)

打下良好的基础。

为了配合教育部计算机基础教学新一轮的“1+X”课程体系改革，编者在结合多年 Visual FoxPro 教学与研发实践的基础上，针对非计算机专业学生初学计算机程序设计的特点，精心设计、组织编写了《Visual FoxPro 程序设计教程（第二版）》这本教材。

全书共由 12 章组成，主要内容有第 1 章“数据库系统基本概论”；第 2 章“数据类型、常量、变量与项目的使用”；第 3 章“数据库与表”；第 4 章“数据表的基本操作”；第 5 章“数据库（表）的使用”；第 6 章“SQL 语言及应用”；第 7 章“Visual FoxPro 程序设计基础”；第 8 章“面向对象程序设计初步”；第 9 章“表单控件、多重表单和表单集”；第 10 章“菜单与工具栏”；第 11 章“报表设计”；第 12 章“应用程序的集成与发布”等。

本书由浅入深、全面而系统地对使用 Visual FoxPro 进行数据库应用程序设计与开发的细节作了透彻的分析，各章知识点、重点突出。

全书共有实例 256 题，这些实例通过循序渐进的详细讲解，让读者能够深入了解本书各章节的全部知识点，掌握 Visual FoxPro 数据库程序设计思想的精髓，学习 Visual FoxPro 程序设计中的各种方法和技巧。其目的，就是让读者动手多做和多看编程实例。

Visual FoxPro 是非常强大和复杂的，实现的功能多种多样，设计的技巧也是不胜枚举，如果只是靠书本来学习 Visual FoxPro，是不可能成为 Visual FoxPro 的编程高手的，必须要多找些资料来学习，特别是看优秀的编程实例。书后，我们给读者列出了二十余种参考书。当然，为了提高自己的能力，读者更方便地是通过互联网来查找这方面的资料。

书中，凡在章节或习题标题上标有“*”者，表示选学或选做内容，或者在学习后续章节后，再回过头来阅读，便于对内容有更好的理解。

为了配合读者学习《Visual FoxPro 程序设计教程（第二版）》，帮助读者全面掌握有关 Visual FoxPro 程序设计的知识以及有效指导读者掌握程序设计的方法和技巧，我们还编写有《Visual FoxPro 程序设计教程（第二版）习题集与解答》，全书安排有 481 道选择题、368 道填空题、300 道判断题和 116 道上机题。读者可结合所学内容进行针对性的训练，对于参加全国二级 Visual FoxPro 程序设计考试的读者来说，也是一本具有实用性、针对性的辅导材料。

本书由何振林、赵亮任主编，孟丽、肖丽、胡绿慧、王俊杰、李源彬任副主编，参加编写的还有张庆荣、罗奕、张勇、杨霖、钱前、何剑蓉、罗维、杜磊、刘平等。

本书在编写过程中，参考了大量的资料，在此对这些资料的作者表示感谢，同时在这里也特别感谢为本书的写作提供帮助的人们。

本书的编写得到了中国水利水电出版社及有关兄弟院校的大力支持，在此一并表示感谢。

由于时间仓促及作者的水平有限，虽经多次教学实践和修改，书中难免存在错误和不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者

2014 年 10 月

目 录

前言

第1章 数据库系统基本概念	1
1.1 数据和信息	1
1.1.1 数据与信息	1
1.1.2 数据处理	2
1.2 数据库系统基本概念	2
1.2.1 数据库	2
1.2.2 数据库管理系统	2
1.2.3 数据库系统的数据模式	3
1.2.4 数据库管理员	4
1.2.5 数据库系统	5
1.2.6 数据库应用系统	5
1.3 数据库技术的发展历史	5
1.3.1 人工管理阶段	5
1.3.2 文件系统阶段	6
1.3.3 数据库系统阶段	7
1.3.4 数据库系统的结构类型*	8
1.4 数据模型	12
1.4.1 数据模型中的三个世界	12
1.4.2 概念模型、逻辑模型和物理模型	13
1.4.3 实体-联系 (E-R) 模型	14
1.4.4 几种常用的数据模型	18
1.5 关系代数	24
1.5.1 关系代数的运算符及分类	24
1.5.2 传统的集合运算	24
1.5.3 专门的关系运算	26
1.6 关系数据库的规范化*	31
1.7 数据库设计*	33
1.8 Visual FoxPro 系统概述	35
1.8.1 Visual FoxPro 的启动与退出	36
1.8.2 Visual FoxPro 窗口的基本组成	36
1.8.3 Visual FoxPro 系统的常用文件类型	37
1.8.4 Visual FoxPro 系统的工作方式	38
1.8.5 Visual FoxPro 命令语法规则	38

第2章 数据类型、常量、变量与项目的使用	41
2.1 数据类型	41
2.2 数据输出命令	42
2.2.1 问号命令	42
2.2.2 反斜杠命令	44
2.3 常量	45
2.4 变量	46
2.4.1 内存变量	47
2.4.2 数组变量	48
2.4.3 字段名变量	50
2.4.4 内存变量的查看	50
2.4.5 内存变量的保存、恢复和清除	51
2.5 运算符与表达式	53
2.5.1 数值运算符	53
2.5.2 字符运算符	54
2.5.3 日期时间运算符	54
2.5.4 关系运算符	55
2.5.5 逻辑运算符	57
2.5.6 名称表达式和宏替换表达式	58
2.5.7 表达式的运算顺序	59
2.6 内部函数	60
2.6.1 数值运算函数	60
2.6.2 常用字符处理函数	62
2.6.3 常用日期和时间类函数	64
2.6.4 常用类型转换类函数	64
2.6.5 测试函数	67
2.6.6 其他函数	70
2.7 Visual FoxPro 的可视化设计工具	71
2.7.1 向导 (Wizard)	71
2.7.2 设计器 (Designer)	73
2.7.3 生成器 (Builder)	73
2.8 项目管理器	74
2.8.1 创建项目	75

2.8.2	项目管理器的使用	76	4.3.5	记录的修改	134
2.8.3	定制项目管理器	78	4.4	删除与恢复记录	139
2.9	在 Visual FoxPro 环境下使用操作系统命令创建用户文件夹	79	4.4.1	逻辑删除表中的记录	139
第 3 章	数据库与表	81	4.4.2	恢复表中逻辑删除的记录	142
3.1	数据库的建立、打开、修改与删除	82	4.4.3	物理删除表中的记录	142
3.1.1	创建数据库	82	4.5	表的过滤	144
3.1.2	打开数据库、设置当前数据库与关闭数据库	84	4.5.1	字段过滤	144
3.2	创建表	87	4.5.2	记录过滤	147
3.2.1	分析和设计表的结构	87	第 5 章	数据库(表)的使用	149
3.2.2	创建数据库表与结构	89	5.1	排序	149
3.2.3	创建自由表	95	5.2	索引	150
3.2.4	将自由表添加到数据库	96	5.2.1	索引的概念	151
3.2.5	修改表的结构	97	5.2.2	索引文件的建立	152
3.2.6	移去和删除数据库表	100	5.2.3	索引的打开、更新、删除与关闭	156
3.3	设置数据库表的属性	101	5.3	数据检索	161
3.3.1	设置库表的长名和注释	102	5.3.1	数据检索	161
3.3.2	设置表中字段的显示标题	103	5.3.2	查询设计器	163
3.3.3	设置表中字段的输入输出掩码	104	5.4	统计与汇总	170
3.3.4	设置表中字段的注释	106	5.4.1	计数命令 COUNT	170
3.3.5	设置表中字段的默认值	106	5.4.2	求和命令 SUM	170
3.3.6	设置表中字段的有效性规则	107	5.4.3	求平均命令 AVERAGE	171
3.3.7	设置表中记录的有效性规则	109	5.4.4	计算命令 CALCULATE	171
3.3.8	设置触发器	110	5.4.5	汇总命令 TOTAL	172
第 4 章	数据表的基本操作	113	5.4.6	记录的更新命令 UPDATE*	173
4.1	表的打开与关闭	113	5.5	表的关联和连接	174
4.1.1	工作区	113	5.5.1	用命令建立关联	175
4.1.2	打开表	114	5.5.2	“数据工作期”窗口建立关联	176
4.1.3	关闭表	116	5.5.3	说明一对多关系的命令	179
4.2	表的操作	116	5.5.4	表之间的联接	180
4.2.1	表结构的显示	116	5.6	永久关系	181
4.2.2	表结构的复制	117	5.7	设置参照完整性	183
4.2.3	复制表	119	5.7.1	参照完整性生成器	183
4.3	记录的操作	121	5.7.2	设置参照完整性的操作步骤	185
4.3.1	输入记录	121	5.8	视图	186
4.3.2	记录的定位	127	5.8.1	视图的概念	186
4.3.3	记录的显示	130	5.8.2	创建本地视图	186
4.3.4	记录的浏览窗口	131	第 6 章	SQL 语言及应用	193
			6.1	SQL 概述	193
			6.1.1	SQL 的特点	193

6.1.2 SQL 的体系结构	194	7.3.3 循环结构	242
6.1.3 SQL 语句的执行	194	7.4 过程与过程调用	248
6.2 SQL 的查询功能	194	7.4.1 过程的建立与调用	249
6.2.1 SELECT-SQL 语句的格式	194	7.4.2 过程文件	251
6.2.2 简单查询	198	7.4.3 存储过程*	253
6.2.3 条件查询	199	7.5 变量的作用域和参数调用	256
6.2.4 排序查询	201	7.5.1 变量的作用域	256
6.2.5 计算查询	202	7.5.2 过程的参数调用	260
6.2.6 分组查询	203	7.6 自定义函数	262
6.2.7 联接查询	204	第 8 章 面向对象程序设计初步	267
6.2.8 空值查询	208	8.1 一个实例	267
6.2.9 嵌套查询	208	8.2 面向对象程序设计的基本概念	270
6.2.10 合并查询	212	8.3 Visual FoxPro 表单程序的工作方式	272
6.2.11 去向查询	212	8.3.1 面向对象的程序设计开发窗口	273
6.3 SQL 的数据操纵功能	213	8.3.2 “表单控件”工具栏	275
6.3.1 插入记录	213	8.3.3 “布局”工具栏	277
6.3.2 更新记录	215	8.3.4 “调色板”工具栏	277
6.3.3 删除记录	215	8.3.5 设置焦点与设置 Tab 键次序	278
6.4 SQL 的数据定义功能	216	8.4 建立表单程序的方法	279
6.4.1 定义表结构	216	8.4.1 建立表单程序的方法	279
6.4.2 修改表结构	219	8.4.2 表单的属性、事件和方法	281
6.4.3 删除表	221	8.4.3 表单的数据环境	287
6.4.4 视图	221	8.4.4 对象的引用与操作	290
第 7 章 Visual FoxPro 程序设计基础	223	8.5 自定义属性与自定义方法	293
7.1 程序文件	223	8.5.1 自定义属性	293
7.1.1 程序文件的建立和编辑	223	8.5.2 自定义方法	294
7.1.2 程序文件的运行	225	第 9 章 表单控件、多重表单和表单集	296
7.2 程序中的常用命令	227	9.1 基本控件	296
7.2.1 注释命令	227	9.1.1 命令按钮控件 (CommandButton)	296
7.2.2 程序中的几个结束命令	227	9.1.2 标签控件 (Label)	300
7.2.3 交互式输入输出命令	228	9.1.3 文本框控件 (TextBox)	301
7.2.4 格式输入命令	231	9.1.4 编辑框控件 (EditBox)	309
7.2.5 文本输出命令	233	9.1.5 线条控件 (LINE)	312
7.2.6 其他命令	234	9.1.6 形状控件 (Shape)	312
7.2.7 一般程序设计的全过程和流程图 的含义	235	9.1.7 图像控件 (Image)	313
7.3 程序的结构与控制命令	236	9.2 选择控件	315
7.3.1 顺序结构	237	9.2.1 命令按钮组控件 (CommandGroup)	315
7.3.2 分支结构	238	9.2.2 选项按钮组控件 (OptionGroup)	318

9.2.3 复选框控件 (CheckBox)	319
9.2.4 微调控件 (Spinner)	321
9.3 复杂控件	323
9.3.1 列表框控件 (ListBox)	323
9.3.2 组合框控件 (ComboBox)	327
9.3.3 计时器控件 (Timer)	330
9.3.4 页框控件 (PageFrame)	331
9.3.5 表格控件 (Grid)	333
9.3.6 容器控件 (Container)	336
9.3.7 Activex 控件	337
9.4 表单集与多重表单	340
9.4.1 表单集	340
9.4.2 多重表单	343
9.5 用户自定义类*	347
9.5.1 基本概念	347
9.5.2 创建新类	350
9.5.3 通过编程定义类	354
第 10 章 菜单与工具栏	357
10.1 设计菜单的一般步骤	357
10.1.1 菜单的类型	357
10.1.2 Visual FoxPro 的系统菜单	359
10.1.3 菜单设计的一般步骤	361
10.2 菜单设计器简介	362
10.2.1 “菜单设计器”窗口简介	362
10.2.2 “显示”菜单	365
10.3 快捷菜单的设计	369
10.3.1 打开快捷菜单设计器	369
10.3.2 为快捷菜单编写代码	370
10.4 自定义工具栏*	371
10.4.1 建立一个工具栏类	371
10.4.2 为表单添加工具栏	372
第 11 章 报表设计	375

11.1 报表的基本组成	375
11.1.1 报表布局	375
11.1.2 报表布局文件	376
11.2 使用“报表向导”创建报表	376
11.3 使用“报表设计器”创建报表	379
11.3.1 “报表设计器”的启动方法	379
11.3.2 创建快速报表	380
11.3.3 “报表设计”工具栏简介	382
11.3.4 报表的数据源	383
11.3.5 报表布局	383
11.3.6 报表控件的使用	386
11.4 打印报表	387
11.5 报表设计举例	389
第 12 章 应用程序的集成与发布	393
12.1 应用程序的一般开发过程	393
12.1.1 应用程序设计的基本过程	393
12.1.2 应用程序组织结构	393
12.1.3 主程序设计	395
12.1.4 主表单设计	396
12.2 利用项目管理器开发应用程序	397
12.2.1 用项目管理器组织文件	397
12.2.2 连编项目	397
12.3 发布应用程序	401
12.3.1 准备工作	401
12.3.2 应用程序的发布	402
12.4 应用系统开发实例——简单成绩 查询系统	403
12.4.1 数据和要求	403
12.4.2 程序设计的过程	404
12.4.3 应用程序的集成	409
12.4.4 系统的编译与发布	409
主要参考文献	411

第1章 数据库系统基本概念



本章学习目标

- 学习了解数据库的基本概念。
- 了解和掌握数据库技术的特点、应用和发展趋势。
- 了解数据库系统的组成及数据库的体系结构。
- 理解 DBMS 的工作模式、主要功能和组成。
- 了解什么是概念模型与数据模型。
- 理解和掌握关系代数运算，包括集合运算及选择、投影、连接运算，数据库规范化理论。
- 了解数据库设计方法和步骤：需求分析、概念设计、逻辑设计和物理设计的相关策略。

数据库技术是有关数据管理的最新技术，各行各业大量的重要数据需要经过数据库才能进行有效组织、存储、处理和共享。通过运用数据库，用户可以将各种信息合理归类和整理，并使其转化为有用的数据。本章的目的就是通过学习数据库系统有关的基本知识，为以后的学习和应用数据库打下重要的基础。

1.1 数据和信息

数据处理的基本问题是数据的组织、存储、检索、维护和加工利用，这些正是数据库系统所要解决的问题。

数据是数据库系统研究和处理的对象。在数据库系统中，人们首先遇到的最基本概念是什么是数据？数据从何而来？它和人们常说的信息有何关系？

1.1.1 数据与信息

信息 (information) 是客观事物在人类头脑中的反映，是对客观事物的某方面特征的描述。信息泛指通过各种方式传播的、可被感受的声音、文字、图像、符号等所表征的某一特定事物的消息、情报或知识。

信息既是客观事物的特征、事物运动变化的反映，又是事物之间相互作用、相互联系的反映。

数据 (data) 是表达信息的某种符号 (比如用数字、文字和图形等)，是信息的一种量化表示。数据反映信息，而信息依靠数据来表达。计算机中不仅能存储数据，还能处理和传输数据。因此，必须把信息转换成计算机能接受的数据。

数据在计算机中是广义的，它不仅指通常意义的数值数据，而且包含文字、声音、图形、图像以及其他信息。

1.1.2 数据处理

数据处理（data processing）有时也称为信息处理，其目的是把所获得的资料和有用的数据来作为决策的依据。它是指对原始数据进行收集、整理、存储、分类、排序、加工、统计和传输等一系列活动的总称。

数据处理的一系列过程中，数据的收集、存储、分类、传输等操作为基本操作，这些基本操作环节称为数据管理，而加工、计算、输出等操作是千变万化的，不同业务有不同的处理。数据管理技术是解决上述基本环节的，而其他环节由应用程序来实现。

由此可见，信息和数据的关系是数据是信息的载体，信息是数据处理的结果。数据是重要的，而将数据处理后得到的有用信息则更加珍贵，对信息的筛选可以产生决策，从而为领导者的决策提供重要依据。

1.2 数据库系统基本概念

在数据库中，经常会遇到数据库、数据库管理系统、数据库应用系统、数据库系统等概念。本节将向读者介绍这些概念的定义和联系。

1.2.1 数据库

数据库（Data Base，简称 DB），通俗地说，就是存储数据的“仓库”。准确地说，数据库是以一定的组织方式存储的相互有关的数据集合。数据库中的数据按一定的结构，以文件的形式存放在磁盘上，这种特殊的磁盘文件称之为数据库文件，简称为数据库。数据库具有数据的结构化、独立性、共享性、冗余量小、安全性、完整性和并发控制等基本特点，便于管理和检索、可随时修改扩充和删除数据、修改存储结构。

在数据库系统中，数据库已成为各类管理系统的核心基础，为用户和应用程序提供了共享的资源。

1.2.2 数据库管理系统

数据库管理系统（Data Base Management System，简称 DBMS）是为了方便数据库建立、使用和维护，并进行统一管理、统一控制的数据管理软件，是数据库系统的核心组成部分。数据库管理系统便于维护用户定义和操作数据，并保证数据的安全性、完整性，多用户对数据并发使用及发生故障后的数据库恢复等。

数据库管理系统基本的功能有 5 个：

（1）数据定义语言（Data Definition Language，DDL）及其编译和解释程序：主要用于定义数据库的结构。

（2）数据操纵语言（Data Manipulation Language，DML）或查询语言及其编译或解释程序：提供了对数据库中的数据存取、检索、统计、修改、删除、输入、输出等基本操作。

（3）数据库运行管理和控制例行程序：是数据库管理系统的核心部分，用于数据的安全性控制、完整性控制、并发控制、通信控制、数据存取、数据库转储、数据库初始装入、数据库恢复和数据的内部维护等，上述操作都是在该控制程序的统一管理下进行的。

(4) 数据字典 (Data Dictionary, DD): 提供了对数据库数据描述的集中管理规则, 对数据库的使用和操作可以通过查阅数据字典来进行。

(5) 通信功能: 数据库管理系统提供了数据库与操作系统之间的联机处理接口, 以及与远程作业输入的接口。此外, 它也是用户和数据库之间的接口。

同时, DBMS 还要能够提供完整性约束检查 (integrity constraint check) 等功能。

DBMS 的工作示意图, 如图 1-1 所示。

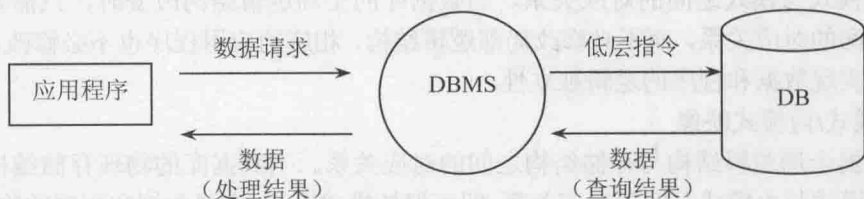


图 1-1 DBMS 的工作示意图

数据库管理系统之所以能完成其管理的主要目标是通过一个所谓的三级结构和两级独立性特点来实现的, 详细内容请参见下节。

1.2.3 数据库系统的数据模式

从数据库管理系统的角度看, 数据库系统可分为三级模式, 从外到内依次为外模式、模式和内模式。内模式即数据的物理存储结构; 概念模式即数据的整体逻辑结构, 又称为“模式”; 外模式即用户数据逻辑结构, 被美国国家标准协会 (ANSI) 下属的标准规划和要求委员会 (SPARC) 称为 SPARC 分级模型。其中数据的整体逻辑结构涉及到所有用户的数据定义, 是全局的数据视图。

1. 模式

模式 (schema) 也称逻辑模式或概念模式, 是对数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述, 是所有用户的公共数据视图。一个数据库只有一个模式。数据库模式以某一种数据模型为基础。

模式是在数据库模式结构的中间层, 既不涉及数据的物理存储细节和硬件环境, 也与具体的应用程序、应用开发工具以及高级程序设计语言无关。DBMS 提供模式定义语言 DDL 来描述模式。定义模式时要定义数据的逻辑结构, 包括记录由哪些数据项构成, 数据项的名字、类型、取值范围, 数据之间的联系, 与数据有关的安全性、完整性要求等。

2. 内模式

内模式 (internal schema) 又称为存储模式, 是对数据库物理结构和存储方式的描述, 是数据在数据库内部的表示方式。它规定了数据在存储介质上的物理组织方式、记录寻址技术、物理存储块的大小、溢出处理方法等。一个数据库只有一个内模式。

3. 外模式

外模式 (external schema) 又称子模式或用户模式, 是数据库用户和数据库系统的接口, 是数据库用户看到的数据视图, 是对数据库中局部数据的逻辑结构和特征的描述, 是与某一应用有关的数据的逻辑表示。外模式通常是模式的子集。一个数据库可以有多个外模式。同一个外模式可以被某一个用户的多个应用所使用, 但一个应用程序只有一个外模式。

4. 两级映像

为了实现三个抽象级别的联系和转换，数据库管理系统在三级结构之间提供了两级映像：外模式/模式映像和模式/内模式映像。映像是一种对应规则，指出映像双方如何进行转换。数据库的三级结构靠映像连接。这样用户在使用时只需关心自己的局部逻辑结构就可以了，而不必关心数据在系统内的表示和存储。

(1) 外模式/模式映像

定义外模式与模式之间的对应关系。当数据库的全局逻辑结构改变时，只需要修改外模式与模式之间的对应关系，而不必修改局部逻辑结构，相应的应用程序也不必修改，可保持外模式不变，实现数据和程序的逻辑独立性。

(2) 模式/内模式映像

定义数据全局逻辑结构与存储结构之间的对应关系。当数据库的物理存储结构改变时，只需要修改模式与内模式之间的对应关系，即可保持模式不变，实现数据和程序的物理独立性。

三级模式和两级映像的示意图，如图 1-2 所示。

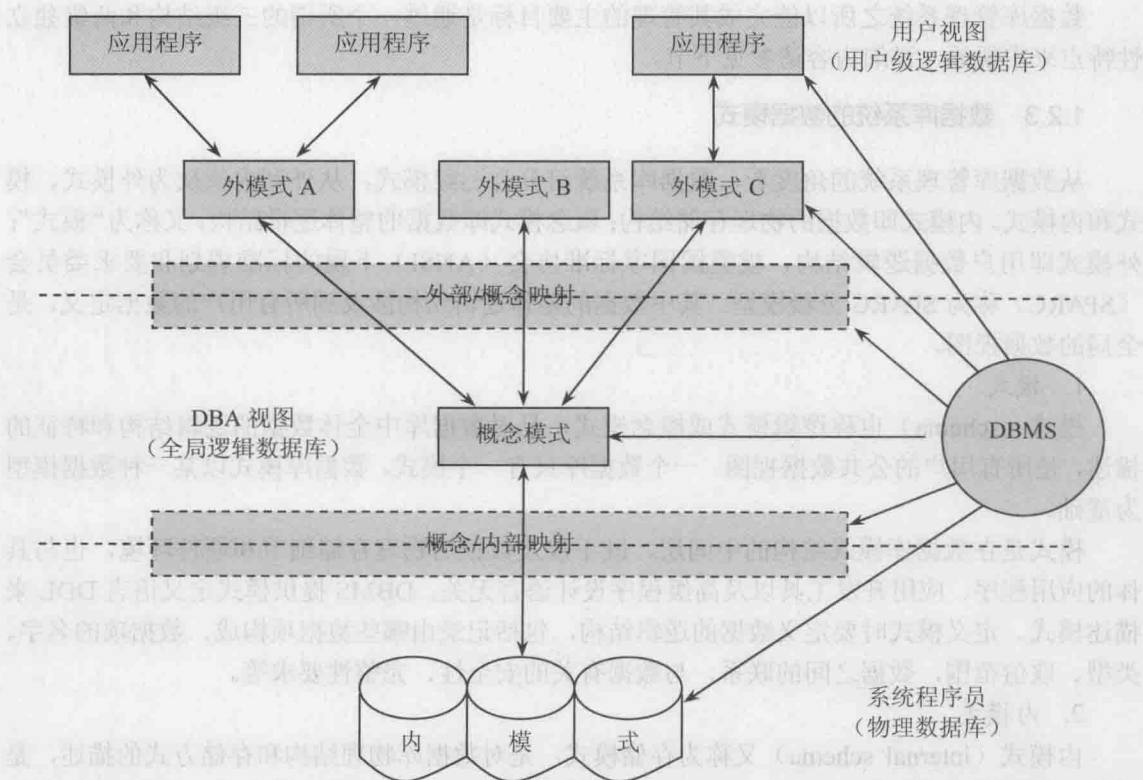


图 1-2 数据库系统的三级模式和两级映像

1.2.4 数据库管理员

由于数据库的共享性，因此对数据库的规划、设计、维护和监视等需要专人管理，称他们为数据库管理员（Data Base Administrator，简称 DBA）。数据库管理员的主要工作如下：

(1) 数据库设计（database design）。该工作是进行数据库模式的设计。由于数据库的

集成与共享性,因此需要专门人员(即 DBA)对多个应用的数据需求作全面的规划、设计与集成。

(2) 数据库维护。DBA 必须对数据库中的数据安全性、完整性、并发控制及系统恢复、数据定期转存等实施控制与维护。

(3) 改善系统性能,提高系统效率。DBA 需随时监视数据库的运行状态,不断调整内部结构,使系统保持最佳状态与最高效率。当效率下降时,DBA 需要采取适当的措施,如进行数据库的重组、重构等。

1.2.5 数据库系统

数据库系统(Data Base System,简称 DBS)是一个采用了数据库技术的计算机系统。DBS 不仅仅是一组对数据库进行管理的软件(即 DBMS),也不仅仅是一个数据库(DB),而是一个实际可运行的,按照数据库方法存储、维护和向应用系统提供数据支持的系统,它是存储介质、处理对象和管理系统的集合体,由计算机硬件系统、操作系统、数据库管理系统及其他软件、数据库、数据库管理员、用户和应用程序等六大部分组成。

1.2.6 数据库应用系统

数据库应用系统(Data Base Application System, DBAS)是在 DBMS 支持下根据实际问题开发出来的数据库应用软件。一个 DBAS 通常由数据库和应用程序两部分组成,它们都需要在 DBMS 支持下开发。例如利用 Visual FoxPro 开发的一个“学生学籍管理系统”就是一个数据库应用系统。

1.3 数据库技术的发展历史

数据库技术是于 20 世纪 60 年代发展起来的一门信息管理自动化的新兴学科,随着计算机应用的不断发展,数据库技术也不断地发展。从数据管理的角度看,数据库技术到目前共经历了人工管理阶段、文件系统阶段及数据库系统阶段等三个阶段。

1.3.1 人工管理阶段

人工管理阶段是指计算机诞生的初期(即 20 世纪 50 年代后期之前),这个时期的计算机主要用于科学计算。从硬件看,没有磁盘等直接存取的存储设备;从软件看,没有操作系统和管理数据的软件,数据处理方式是批处理。数据与应用程序之间的关系如图 1-3 所示。

这个时期数据管理的特点是:

1. 数据不保存

这个时期的计算机主要应用于科学计算,一般不需要将数据长期保存,只是在计算某一课题时将数据输入,用完后不保存原始数据,也不保存计算结果。

2. 没有对数据进行管理的软件系统

程序员不仅要规定数据的逻辑结构,而且还要在程序中设计物理结构,包括存储结构、存取方法、输入输出方式等。因此程序中存取数据的子程序随着存储的改变而改变,数据与程序不具有 consistency。



图 1-3 人工管理阶段数据与程序的关系

3. 没有文件的概念

数据的组织方式必须由程序员自行设计。

4. 一组数据对应于一个程序，数据是面向应用的

即使两个程序用到相同的数据，也必须各自定义、各自组织，数据无法共享、无法相互利用和相互参照，从而导致程序和程序之间有大量重复的数据。

1.3.2 文件系统阶段

文件系统阶段出现于 20 世纪 50 年后后期到 60 年代中期。在这一阶段，数据和程序有了一定的独立性，即数据和程序分开存储，有了数据文件的概念，数据可长期保存在存储器中，可对存储在存储器中的数据多次进行处理，如进行查询、修改、插入、删除等。数据的存取以记录为一个基本单位，并出现多种文件的组织形式，如顺序文件、索引文件、随机文件等，称为文件系统。

文件系统阶段管理数据的方式如图 1-4 所示。

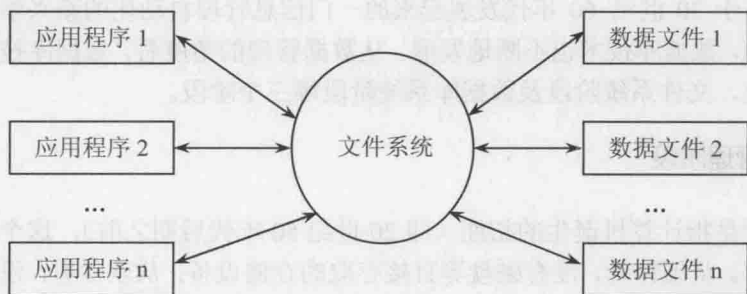


图 1-4 文件系统阶段数据与程序的关系

文件系统阶段的主要特点可概括为如下几点：

1. 数据需要长期保存在外存上供反复使用

由于计算机大量用于数据处理，经常对文件进行查询、修改、插入和删除等操作，所以数据需要长期保留，以便于反复操作。

2. 程序之间有了一定的独立性

操作系统提供了文件管理功能和访问文件的存取方法，程序和数据之间有了数据存取的接口，程序可以通过文件名和数据打交道，不必再寻找数据的物理存放位置，至此，数据有了

物理结构和逻辑结构的区别，但此时程序和数据之间的独立性尚不充分。

3. 文件的形式已经多样化

由于已经有了直接存取的存储设备，文件也就不再局限于顺序文件，还有了索引文件、链表文件等，因而，对文件的访问可以是顺序访问，也可以是直接访问。

4. 数据的存取基本上以记录为单位

文件系统阶段虽然实现了数据的文件级共享，但是依然存在许多缺点，这些缺点主要表现在程序和数据文件相互依存、数据冗余大、数据的不一致性以及不能反映各数据文件间的联系。为了更方便地实现各用户对数据的共享，实现数据和程序的独立性，就进入了数据处理的第三阶段——数据库系统阶段。

1.3.3 数据库系统阶段

数据库系统阶段是从20世纪60年代后期开始的。在这一阶段中，数据库中的数据不再是面向某个应用或某个程序，而是面向整个企业（组织）或整个应用。针对文件系统阶段存在的缺陷，数据库技术主要解决的问题有三个：一是克服程序和文件的相互依存；二是重在表现数据之间的联系；三是尽量减少数据的冗余，以及实现数据的安全性和完整性。即数据库把一个机构中公共的数据综合在一起，放在一个公用的数据库中，并将各数据按照一定的逻辑结构联系在一起，使数据不仅存在于数据库中，而且还能反映出各类数据之间的复杂关系，如图1-5所示。

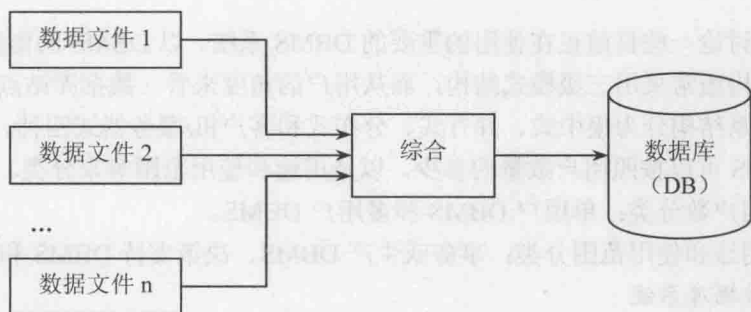


图 1-5 对各应用的数据进行综合形成数据库

应用程序中的用户要访问数据库，可通过某种软件从数据库中提取数据，形成逻辑文件，如图1-6所示。用户在处理个人业务时，不是建立文件，而是从事先经过严密设计的数据库中提取所需要的部分作为应用程序使用的数据文件（非独立存在），即数据库的一个子集，该集合是通过提取从数据库中得到的。

与文件系统阶段相比，数据库系统阶段的主要特点是：

1. 采用复杂的结构化的数据模型

数据库系统不仅要描述数据本身，还要描述数据之间的联系。这种联系是通过存取路径来实现的。

2. 较高的数据独立性

数据和程序彼此独立，数据存储结构的变化尽量不影响用户程序的使用。

3. 最低的冗余度

数据库系统中的重复数据被减少到最低程度，这样，在有限的存储空间内可以存放更多的数据并减少存取时间。

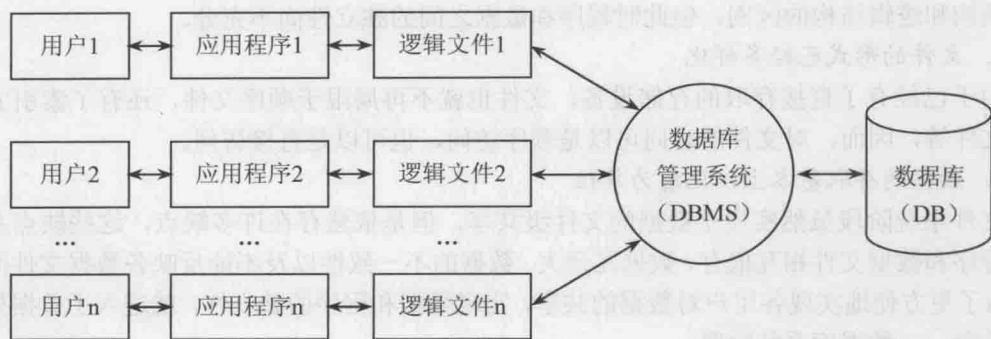


图 1-6 数据库管理系统与程序的关系

4. 数据控制功能

数据库系统具有数据的安全性，以防止数据的丢失和被非法使用；具有数据的完整性，以保护数据的正确、有效和相容；具有数据的并发控制，避免并发程序之间的相互干扰；具有数据的恢复功能，在数据库被破坏或数据不可靠时，系统有能力把数据库恢复到最近某个时刻的正确状态。

1.3.4 数据库系统的结构类型*

本节我们将讨论一些目前正在使用的重要的 DBMS 系统。以 DBMS 的角度看，数据库系统内部的体系结构通常采用三级模式结构，而从用户的角度来看（数据库站点的位置），数据库系统外部的体系结构分为集中式、并行式、分布式和客户机/服务器式四种。

此外，DBMS 可以按照用户数量的多少，以及用途和使用范围等来分类。

（1）根据用户数分类：单用户 DBMS 和多用户 DBMS。

（2）根据用途和使用范围分类：事务或生产 DBMS、决策支持 DBMS 和数据仓库。

1. 集中式数据库系统

集中式数据库系统（centralized DBS），通常是指一台主机带多个用户终端的数据库系统。终端一般只是主机的扩展，它们并不是独立的计算机。终端本身并不能完成任何操作，它们依赖主机完成所有的操作，其工作示意图，如图 1-7 所示。

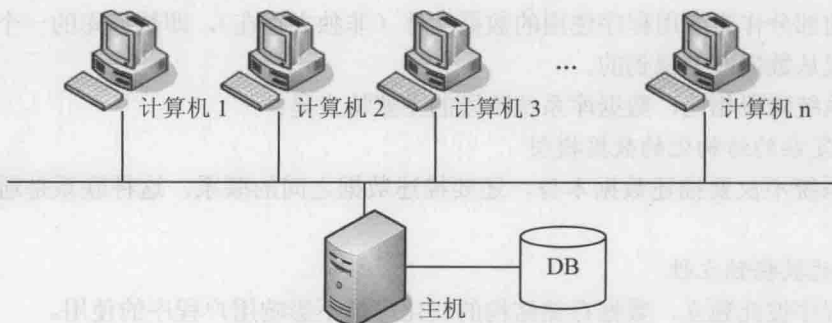


图 1-7 集中式数据库系统结构

在集中式数据库系统结构中，DBMS、DB、应用程序都集中存放在主机上。用户通过终