

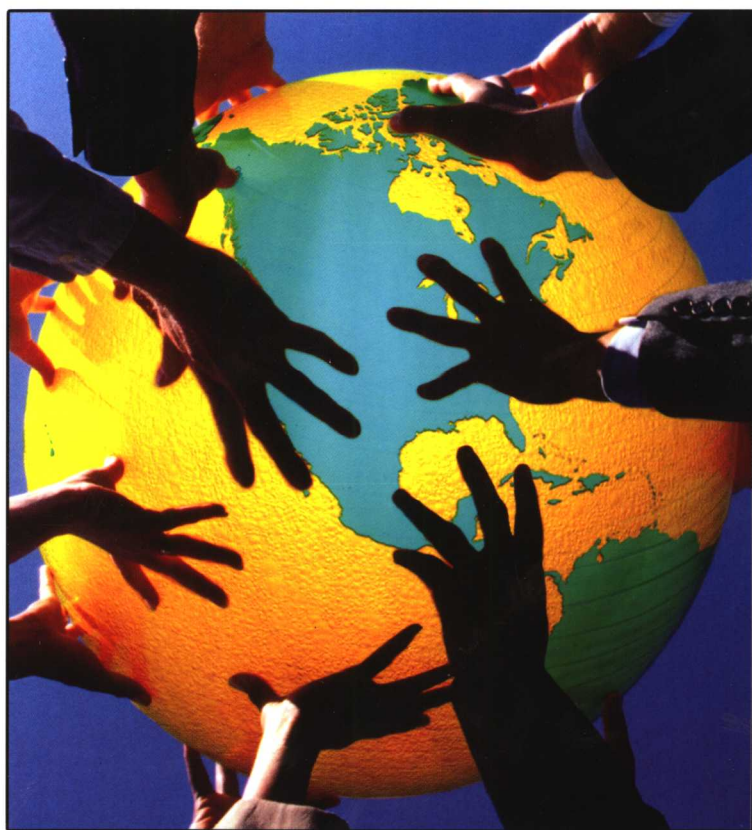
21世纪高等学校计算机基础教育系列教材

21 SHIJI GAODENG XUEXIAO JISUANJI JICHU JIAOYU XILIE JIAOCAI

Visual FoxPro 程序设计

教程

- 王毓珠 主编
- 王毓珠 马希荣
庞大为 编著
- 边莫英 主审



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

21 世纪高等学校计算机基础教育系列教材

Visual FoxPro 程序设计教程

王毓珠 主编

王毓珠 马希荣 庞大为 编著

边莫英 主审

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

Visual FoxPro 程序设计教程 / 王毓珠主编; 马希荣, 庞大为等编著.

—北京: 人民邮电出版社, 2005.2

(21 世纪高等学校计算机基础教育系列教材)

ISBN 7-115-12837-5

I. V... II. ①王...②马...③庞... 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 008135 号

内 容 提 要

本书是一本可视化程序设计语言的教材, 其内容属于教育部关于高等院校计算机基础教育中第二层次——计算机技术, 也是全国计算机等级考试新增的考试科目。本书使用大量的实例诠释系统的理论和功能, 并在章后附有习题, 帮助读者巩固所学的知识。此外为了帮助学生进一步掌握所学内容, 我们还编写了配套的《Visual FoxPro 程序设计习题解答与实验指导》。

全书主要内容包括数据库及其相关知识, Visual FoxPro 数据库及其表的基本操作, 结构化程序设计方法, 面向对象程序设计的思想及其在 Visual FoxPro 中的实现, 数据库应用系统的开发步骤和实例。

本书适合于高校用做数据库应用或可视化程序设计的教材, 也可作为全国计算机等级考试辅导教材。

21 世纪高等学校计算机基础教育系列教材

Visual FoxPro 程序设计教程

◆ 主 编 王毓珠

编 著 王毓珠 马希荣 庞大为

主 审 边莫英

责任编辑 张孟玮

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号

邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

读者热线 010-67129259

北京隆昌伟业印刷有限公司印刷

新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 20

字数: 487 千字

2005 年 2 月第 1 版

印数: 1-5 000 册

2005 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-115-12837-5/TP · 4324

定价: 26.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

前 言

随着计算机的普及和发展,计算机教育已经成为大众关心的话题,特别是接受系统教育的在校学生,计算机课程已成为所有学生的必修课,无论理工农医、文教艺体,不管大学、中学还是小学,学生掌握计算机的知识和操作已作为基本要求。

教育部非常重视高等院校的计算机教学,早在几年前就提出计算机教育的三个层次——计算机文化、计算机技术、计算机应用的教学构思,希望通过三个层次的教学,使学生掌握计算机基本知识,基本技能和实际应用。

“Visual FoxPro 程序设计”是计算机教育中的第二个层次的内容,由于 Visual FoxPro 这个软件本身的特点,它不仅为读者提供了程序设计的工具,同时它的有关数据库理论与实现的内容又为读者解决实际问题、实现计算机应用提供了可行性和实用性,因此可以同时作为计算机程序设计课程和数据库应用课程的通用教材。

本书对内容的组织不同于任何同类教材,是作者经过 20 多年的教学经验总结,并在承担了 21 世纪教学改革项目的基础上研究撰写出的,它体现了四步教学的思路,即基础、操作、程序设计、应用。按这个思路,本书划分为 4 个部分,共 5 章内容。第一部分介绍数据库理论及其相关的知识,介绍 Visual FoxPro 系统关于这些理论的体现及系统的使用和语法规则,为后续的数据库及表的操作学习打下基础。数据库和表的操作是这门课程的核心,前面的内容是操作打基础,而后面的内容提供操作的手段和方法,按照由浅入深、循序渐进的原则,将这部分内容分为两章,在第 2 章介绍 Visual FoxPro 表的基本操作,第 3 章介绍数据库的基本操作。在数据库操作一章重点介绍了 Visual FoxPro 系统引入的数据库概念和数据库管理的思想,介绍了数据完整性约束机制,介绍了使用 Visual FoxPro 系统进行数据查询的方法——使用查询设计器和视图设计器及其 SQL 命令的查询。第三部分介绍程序设计,这一部分将传统的结构化程序设计和现代的面向对象程序设计的内容有机地结合在一起,使学生在掌握基本程序设计语句的基础上,使用面向对象的编程思想和工具,可视化地设计程序来管理数据库,从单纯枯燥的代码编程中解放出来。第四部分通过一个实际开发的实例——学院教师管理系统,介绍使用 Visual FoxPro 系统开发应用程序的步骤和方法,为学生对现有知识的综合应用和将来的实际应用起到了重要的指导作用。

通过对这门课程的学习,使学生掌握数据库及其相关的知识,掌握数据库及其表的基本操作,掌握结构化程序设计的语句和面向对象编程的思想方法,能使用应用系统的开发方法开发小型数据库系统。

本书使用了大量通过实际验证的实例,有效促进内容的吸收,并且为了配合本教材内容的教学,我们还组织编写了《Visual FoxPro 程序设计习题解答与实验指导》,并与教程同步出版,旨在帮助学生尽快掌握 Visual FoxPro 程序设计的基本知识和实际操作。

本书由王毓珠主编,并编写了书中第 2 章、第 3 章、第 4 章的全部内容及第 5 章的部分内容,本书第 1 章由马希荣编写,第 5 章由庞大为编写,全书由王毓珠统稿,由天津市高等学校计算机基础教学指导委员会主任边莫英主审。

本书的出版得到了天津市高等学校计算机教学指导委员会以及天津师范大学教务处和天津师范大学计算机与信息工程学院的大力支持，得到了边奠英老师的指导和帮助。此外张红处长、张勇处长、张克昌老师、郜焕平老师、张桂云老师、曲建民老师、孙华志老师、李新蓉老师、李骊老师、刘元红老师、郑陶然老师、蔡莹老师在本书的编写过程中，提出了宝贵的意见和建议，并且身体力行地提供帮助，在此表示深深的感谢。

编 者

2004 年 10 月

目 录

第 1 章 Visual FoxPro 基础知识	1
1.1 数据库及其相关概念	1
1.1.1 信息、数据与数据处理	1
1.1.2 数据管理技术的发展	2
1.1.3 数据库、数据库管理系统与数据库系统	4
1.1.4 数据模型	9
1.1.5 关系数据库	15
1.2 Visual FoxPro 系统使用与工作方式	19
1.2.1 Visual FoxPro 系统产生与特点	19
1.2.2 Visual FoxPro 的启动和退出	20
1.2.3 Visual FoxPro 的窗口组成及工作方式	20
1.2.4 Visual FoxPro 的主要文件类型及功能介绍	24
1.3 Visual FoxPro 的语法规则	25
1.3.1 常量与变量	25
1.3.2 函数	28
1.3.3 表达式	35
1.3.4 Visual FoxPro 的命令格式	36
1.4 本章小结	37
习题	37
第 2 章 Visual FoxPro 表的基本操作	39
2.1 概述	39
2.1.1 Visual FoxPro 表的相关知识	39
2.1.2 功能介绍方式及命令书写约定	41
2.2 表的建立与显示	44
2.2.1 表结构的建立与修改	44
2.2.2 表记录的输入与显示	48
2.3 表的编辑与维护	53
2.3.1 数据的浏览与编辑	54
2.3.2 记录的追加与插入	63
2.3.3 记录的删除与恢复	66
2.3.4 表的复制与导入导出	71
2.4 表的使用	78

2.4.1 表的打开与关闭	78
2.4.2 表记录顺序的组织	81
2.4.3 表属性的设置	89
2.4.4 表记录的定位检索	93
2.4.5 表数据的计算统计	96
2.4.6 多表操作	99
2.5 本章小结	105
习题	106
第3章 Visual FoxPro 数据库的基本操作	109
3.1 数据库的创建与管理	109
3.1.1 数据库的创建	109
3.1.2 数据库的管理	111
3.2 建立视图与数据查询	128
3.2.1 查询与视图的功能与区别	128
3.2.2 查询文件的建立与运行	130
3.2.3 视图的建立与操作	147
3.3 使用 SQL 语言实现数据库操作	154
3.3.1 SQL 的功能与特点	154
3.3.2 SQL 的数据查询	156
3.3.3 SQL 的数据定义	168
3.3.4 SQL 的数据修改	173
3.4 本章小结	175
习题	175
第4章 Visual FoxPro 程序设计	179
4.1 结构化程序设计	180
4.1.1 程序文件的建立修改与运行调试	180
4.1.2 程序结构与顺序结构程序设计	188
4.1.3 分支结构程序设计	198
4.1.4 循环结构程序设计	202
4.1.5 多模块结构程序设计	206
4.2 面向对象程序设计和可视化设计工具使用	216
4.2.1 面向对象程序设计的基本思想与 Visual FoxPro 的实现方法	216
4.2.2 表单设计	223
4.2.3 菜单设计	249
4.2.4 报表设计	255
4.3 本章小结	267
习题	268

第 5 章 数据库应用系统开发与设计简介	273
5.1 数据库应用系统开发步骤	273
5.1.1 需求分析	273
5.1.2 数据库设计	274
5.1.3 应用程序设计	275
5.1.4 软件测试	278
5.1.5 应用程序发布	278
5.1.6 系统运行和维护	278
5.2 数据库应用系统开发实例	278
5.2.1 需求分析	278
5.2.2 数据库设计	280
5.2.3 应用程序设计	281
5.2.4 运行设计	297
5.3 应用程序的管理与发布	298
5.3.1 应用程序的管理	298
5.3.2 应用程序的发布	305
5.4 本章小结	308
习题	309
参考文献	310

第 1 章

Visual FoxPro 基础知识

1.1 数据库及其相关概念

数据库是数据管理技术，是计算机科学的重要分支。数据库技术主要研究如何科学地组织和管理数据，如何高效地获取和处理数据。由于数据库具有数据结构化、最小冗余度、程序与数据的独立性、易于扩充等优点，因此被广泛用于各个领域的数据处理中。建立一个满足各级部门信息处理要求的行之有效的信息系统，已成为一个企业或组织生存和发展的重要条件。因此，作为信息系统核心和基础的数据库技术得到越来越广泛的应用，数据库技术正在顺应现实的需求而迅速发展。

要了解数据处理的含义，首先要了解什么是信息，什么是数据。

1.1.1 信息、数据与数据处理

信息是对现实世界中各种事物的存在方式或运动形态的反映，它反映的是事物之间的联系。他们可以被认识、理解、加工、传播。能源、物质、信息构成人类社会活动的三大要素。

数据是信息的符号化表示。数据不仅仅是数字，这是对数据的狭义理解。广义的理解是，数据的种类很多，表示数据可以用数字、文字、图形、图像、声音等多种符号。如，学生的档案记录是数据。

数据的形式还不能完全表达其内容，需要经过解释。所以数据和关于数据的解释是不可分的，数据的解释是指对数据含义的说明，数据的含义称为数据的语义，数据与其语义是不可分的。

数据和信息的关系可以表达为：数据是信息的载体，信息是数据的内涵。

数据处理是指对各种形式的数据进行收集、存储、加工、传播等一系列活动的总和。数据处理的主要目的是：通过对大量原始数据进行分析和处理，抽取或推导出对人们有价值的信息，为行动、决策提供依据；同时，利用计算机科学地保存和管理大量复杂的数据，以方便人们充分地利用这些信息资源。

1.1.2 数据管理技术的发展

数据处理的中心问题是数据管理。

数据管理是指对数据的分类、组织、编码、存储、检索和维护。随着计算机软、硬件的发展，数据管理技术经历了人工管理、文件系统和数据库系统三个发展阶段。

1. 人工管理阶段

20 世纪 50 年代以前，计算机主要用于科学计算。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。

人工管理数据具有如下特点：

(1) 数据不保存。

(2) 应用程序管理数据。应用程序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、输入方式等。

(3) 数据不共享。一组数据只能对应一个程序。当多个应用程序涉及某些相同的数据时，由于必须各自定义，无法互相利用、互相参照，因此程序与程序之间有大量的冗余数据。

(4) 数据不具有独立性。数据的逻辑结构或物理结构发生变化后，必须对应用程序做相应的修改。

人工管理阶段应用程序与数据的对应关系如图 1.1 所示。

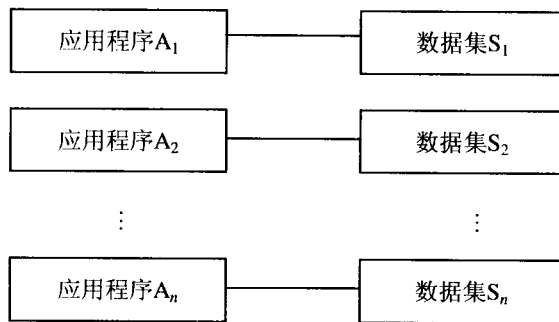


图 1.1 人工管理阶段程序与数据的对应关系图

2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期，这时硬件方面已有了磁盘、磁鼓等直接存取存储设备；软件方面，操作系统中已经有了专门的数据管理软件，一般称为文件系统；处理方式上不仅有了批处理，而且能够联机实时处理。

文件系统管理数据具有如下特点。

(1) 数据可以长期保存。

(2) 由文件系统管理数据。文件系统的数据组织成相互独立的数据文件，可以对文件进行增删改的操作。文件系统实现了记录内的结构性，但整体无结构。程序和数据之间由文件系统提供存取方法进行转换，使应用程序与数据之间有了一定的独立性。

(3) 数据共享性差, 冗余度大。文件系统中, 一个文件基本上对应一个应用程序, 不同的应用程序具有部分相同的数据时, 也必须建立各自的文件, 而不能共享相同的数据。因此, 数据的冗余度大, 浪费存储空间。容易造成数据的不一致性, 给数据的修改和维护带来困难。

(4) 数据独立性差。一旦数据的逻辑结构改变, 必须修改应用程序, 修改文件结构的定义。应用程序的改变, 例如应用程序改用不同的高级语言等, 也将引起文件的数据结构的改变。因此数据与程序之间仍缺乏独立性。

文件系统阶段程序与数据之间的关系如图 1.2 所示。

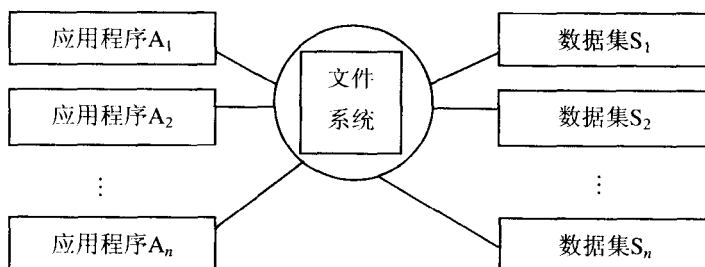


图 1.2 文件系统阶段程序与数据的对应关系图

3. 数据库系统阶段

自 20 世纪 60 年代后期以来, 计算机应用规模越来越大, 数据量急剧增长。这时硬件已有大容量硬盘, 硬件价格下降; 软件价格上升, 为编制和维护系统软件及应用程序所需的成本相对增加, 在各个应用领域如果一旦改变数据结构都要修改应用程序, 代价无法计算; 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。

文件系统管理数据已经不能满足应用的需求, 于是, 为了解决多用户、多应用共享数据的要求, 使数据为尽可能多的应用服务, 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。

这个阶段数据管理的特点为:

(1) 数据结构化。文件系统中, 相互独立的文件的记录内部是有结构的, 但记录之间没有联系。数据库系统则实现了整体数据的结构化, 这是数据库的主要特征之一, 也是数据库系统与文件系统的本质区别。

(2) 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, 数据不再面向某个应用而是面向整个系统, 因此数据可以被多个用户、多个应用共享使用。数据共享可以减少数据冗余, 节约存储空间, 易于扩充。数据共享还能够避免数据之间的不相容性与不一致性。

所谓数据的不一致性是指同一数据不同拷贝的值不一样。在人工管理及文件管理阶段, 由于数据被重复存储, 当不同的应用使用和修改不同的拷贝时就很容易造成数据的不一致性。

(3) 数据独立性高。数据独立性是数据库领域中一个常用的术语, 包括数据的物理独立性和逻辑独立性。数据独立性是由数据库管理系统 (Data Base Management System, 简称

DBMS) 的二级映像功能来保证的。

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中的数据是相互独立的。也就是说,数据在磁盘上的数据库中怎样存储是由 DBMS 管理的,用户程序不需要了解,应用程序要处理的只是数据的逻辑结构,这样当数据的物理存储改变了,应用程序不用改变。

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,也就是说,数据的逻辑结构改变了,用户程序也可以不变。

(4) 数据由系统统一管理和控制。数据库的共享是并发的共享,即多个用户可以同时存取数据库中的数据,甚至可以同时存取数据库中同一数据。当多个用户的并发进程同时存取、修改数据库时,可能会发生相互干扰而得到错误的结果,使得数据库的完整性遭到破坏,因此,必须对多用户的并发操作加以控制和协调。

数据库系统阶段程序与数据之间的关系如图 1.3 所示。

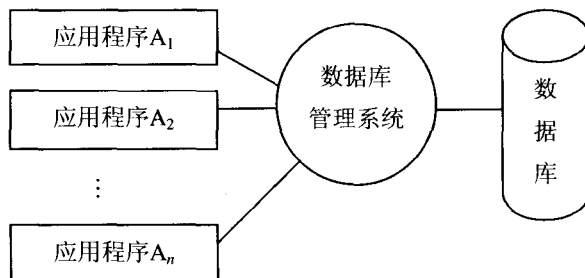


图 1.3 数据库系统阶段程序与数据的对应关系图

1.1.3 数据库、数据库管理系统与数据库系统

1. 数据库的基本概念

数据库(Data Base, 简称 DB)是指按一定结构和组织方式存储在外部存储介质上的、有组织的、可共享的数据集合。它以有效的存取方法为操纵数据的语言提供快速响应,在特定的组织中为多种应用服务。

数据库中的数据具有结构化好、冗余度小、独立性高、共享性高和易于扩充等特点。

2. 数据库管理系统

数据库管理系统是位于用户与操作系统之间的一个数据管理软件。它是数据库系统的核心软件,是用户与数据库的接口。它可以实现对共享数据的组织、管理、存取,实现对数据库的查询与更新。

DBMS 允许一个或多个使用者对数据库中的抽象数据提出请求(包括查询和修改),并以合乎使用者要求的格式提供给使用者。它具有数据定义、数据操纵、数据控制、数据库的建立和维护、数据库组织与管理以及数据通信接口等 6 大功能。

(1) DBMS 的主要功能

① 数据库定义功能

数据库定义功能是指描述数据库结构,定义外模式、模式和内模式,定义数据库的完整

性约束，定义数据库安全性控制。实现数据库定义功能的语言称为数据描述语言（Data Description Language，简称 DDL）。

② 数据操纵功能

数据操纵功能是指实现对数据库数据的检索、插入、修改和删除等数据操纵。实现数据操纵功能的语言称为数据操纵语言（Data Manipulation Language，简称 DML）。

③ 数据控制功能

数据控制功能是指数据库系统运行时执行管理功能，负责对数据库进行统一管理和控制，以保证数据的安全性、完整性、一致性，实现并发控制和故障恢复功能。数据控制管理功能是 DBMS 的核心，主要完成以下工作：

安全性控制 其作用是防止数据库中数据被未经授权用户访问，阻止有意或无意造成数据库中的数据泄密和破坏性改变，使每个用户只能按规定对某些数据以某些方式进行使用和处理。

数据完整性控制 其目的是保护数据库中数据的正确性、有效性和相容性。

并发控制 其基本思想是当一个应用程序对数据库的某个一部分数据对象执行修改操作时，对该数据对象实行封锁，拒绝其他用户对它的并发访问，直至对该对象的修改操作执行完毕。

④ 数据组织、存储和管理功能

确定数据组织方式、文件结构和物理存取方式，实现数据之间联系。

⑤ 数据库建立与维护功能

包括数据库初始数据装入、转换功能，数据库的转储、恢复功能，数据库的重新组织功能等。

⑥ 数据通信接口功能

提供与其他软件系统进行通信的功能，如接受其他 DBMS 或文件系统的数据库，将本系统的数据库转换成其他系统可以接受的格式等。

（2）DBMS 的构成

DBMS 是一个软件系统，主要包括：数据描述语言（DDL），数据操纵/查询语言（DML）以及数据库运行控制程序和实用程序。

数据描述语言 DDL 用于描述数据库的模式、内模式、外模式以及它们之间的映像，定义各种完整性约束和保密限制条件。用户通过使用数据描述语言将数据库的结构以及数据的特性通知相应的 DBMS 从而生成存储数据的框架。

数据操纵语言 DML 提供用户或应用程序访问数据库的接口，负责对各种操纵请求进行语法、语义检查，并执行相应的存取操作。DML 实现对数据库数据的各种基本操作：检索、插入、修改、删除。DML 有两类：一类是本身不能独立使用，嵌入主语言中的称为宿主型的 DML，另一类是可以独立使用的交互式命令语言，称为自主型的或自含型的 DML。

数据库管理程序包括支持数据库系统的全部运行过程各类例行程序，主要有：存取控制例行程序、安全性控制例行程序、完整性控制例行程序、事务管理例行程序、恢复例行程序、监控例行程序。

3. 数据库系统

数据库系统 (Data Base System, 简称 DBS) 是指在计算机系统中引入数据库后的系统构成。大量的经过加工整理的、存储在数据库中的数据, 由数据库管理系统管理, 为多个不同的应用共同使用的数据处理系统, 即称为数据库系统。

(1) 数据库系统组成

数据库系统由 4 部分组成: 硬件系统、系统软件 (包括操作系统和数据库管理系统)、数据库应用系统和各类人员, 如图 1.4 所示。

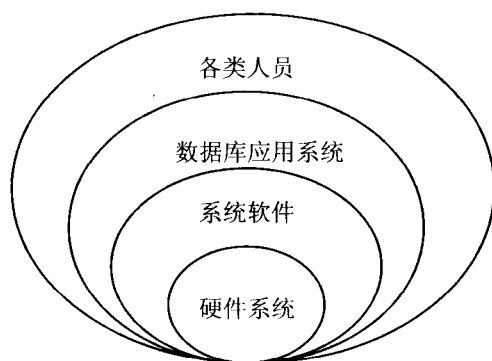


图 1.4 数据库系统组成

① 硬件系统

由于一般数据库系统数据量很大, 加之 DBMS 丰富的强有力的功能使得自身的体积就很大, 因此整个数据库系统对硬件资源提出了一定的要求, 这些要求是:

- 有足够大的内存以存放操作系统、DBMS 的核心模块、数据缓冲区和应用程序。
- 有足够大的直接存取设备存放数据 (例如, 磁盘), 有足够的其他存储设备来进行数据备份。
- 要求计算机有较高的数据传输能力, 以提高数据传送率。

② 系统软件

系统软件主要包括操作系统、数据库管理系统、与数据库接口的高级语言及其编译系统和以 DBMS 为核心的应用开发工具。

操作系统是计算机系统必不可少的系统软件, 也是支持 DBMS 运行必不可少的系统软件; 数据库管理系统是数据库系统不可或缺的系统软件, 它提供数据库的建立、使用和维护功能; 一般来讲, 数据库管理系统的处理能力较弱, 所以需要与数据库接口的高级语言及其编译系统, 以便于开发应用程序; 以 DBMS 为核心的应用开发工具是系统为应用开发人员和最终用户提供的高效率、多功能的应用生成器, 第四代语言等各种软件工具。例如, 报表设计器、表单设计器等。它们为数据库系统的开发和应用提供了有力的支持。当前开发工具已成为数据库软件的有机组成部分。

③ 数据库应用系统

数据库应用系统是为特定应用开发的数据库应用软件, 是对数据库中的数据进行处理和加工的软件, 它面向特定应用。例如, 基于数据库的各种管理软件: 管理信息系统、决策支

持系统和办公自动化等都属于数据库应用系统。

④ 各类人员

参与分析、设计、管理、维护和使用数据库的人员均是数据库系统的组成部分。他们在数据库系统的开发、维护和应用中起着重要的作用。分析、设计、管理和使用数据库系统的人员主要包括：数据库管理员、系统分析员、应用程序员和最终用户。

- 数据库管理员 (DataBase Administrator, 简称 DBA)

数据库是整个企业或组织的数据资源, 因此企业或组织设立了专门的数据资源管理机构来管理数据库, 数据库管理员是这个机构的一组人员, 负责全面管理和控制数据库系统。具体的职责包括:

- 决定数据库的内容和结构。
- 决定数据库的存储结构和存取策略。
- 定义数据库的安全性要求和数据完整性约束条件。
- 监督与控制数据库的使用和运行。
- 数据库系统的改建和重组。

- 系统分析员

系统分析员是数据库系统建设期的主要参与人员, 负责应用系统的需求分析和规范说明, 要和最终用户相结合, 确定系统的基本功能、数据库结构和应用程序的设计以及软硬件的配置, 并组织整个系统的开发。所以系统分析员是一类具有各领域业务和计算机知识的专家, 在很大程度上影响数据库系统的质量和成败。

- 应用程序员

应用程序员根据系统的功能需求负责设计和编写应用系统的程序模块, 并参与对程序模块的测试。

- 最终用户

数据库系统的最终用户是有不同层次的, 不同层次的用户其需求的信息以及获得信息的方式也是不同的。一般可将最终用户分为操作层、管理层和决策层。他们通过应用系统的用户接口使用数据库。常用的接口方式有菜单驱动、表格操作、图形显示、随机查询和对数据库中的数据进行统计, 分析时使用专用的软件和分析决策模型。

(2) 数据库系统结构

① 数据库系统模式的概念

在数据模型中有“型”和“值”的概念。型是指对某一类数据的结构和属性的说明, 值是型的一个具体赋值。模式是数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述, 是“型”的描述, 我们将模式的一个具体值称为模式的一个实例。

考察数据库系统的结构可以有多种不同的层次或不同的角度。从数据库管理系统角度看, 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。

1975 年美国国家标准委员会 (ANSI) 公布了一个关于数据库的标准报告, 提出了数据库的三级模式体系结构, 即 SPARC 分级结构。三级模式是对数据的三个抽象级别, 从外向内包括外模式、模式和内模式, 三级模式之间存在两级映像, 即外模式/模式映像、模式/内模式映像。两级映像功能使数据库系统中的数据具有较高的逻辑独立性和物理独立性。

② 数据库系统的三级模式结构

• 模式

模式也称逻辑模式，是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。定义模式时不仅要定义数据的逻辑结构，而且要定义数据之间的联系，定义与数据有关的安全性、完整性要求。模式不涉及数据物理存储，是数据库管理人员视图。

• 外模式

外模式也称子模式或用户模式，它是数据库用户能够看见和使用的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。一个数据库可以有多个外模式。应用程序都是和外模式打交道，它是数据库用户的数据视图。

外模式通常是模式的子集。外模式是保证数据库安全性的一个有力措施。每个用户只能看见和访问所对应的外模式中的数据，数据库中的其余数据是不可见的。

• 内模式

内模式也称存储模式，它是数据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，一个数据库只有一个内模式，它是系统程序员视图。

例如，记录的存储方式是顺序结构存储、B 树结构存储等；索引按什么方式组织；数据是否压缩，是否加密；数据的存储记录结构有何规定等均属于内模式描述的内容。

模式描述数据的全局逻辑结构，外模式描述数据的局部逻辑结构，内模式描述数据的组织和存储方式；一个数据库只有一个内模式和一个模式，却可以有多个外模式。

③ 数据库的二级映像功能与数据独立性

为了能够在内部实现数据库三个抽象层次的联系和转换，数据库管理系统在这三级模式之间提供了两层映像：外模式/模式映像、模式/内模式映像。正是这两层映像保证了数据库系统中的数据能够具有较高的逻辑独立性和物理独立性。

• 外模式/模式映像

对应于同一个模式可以有任意多个外模式。对于每一个外模式，数据库系统都有一个外模式/模式映像，它定义了该外模式与模式之间的对应关系。当模式改变时，由数据库管理员对各个外模式/模式映像做相应的改变，以保证外模式保持不变。

当数据库的总体逻辑结构改变时，通过改变局部逻辑结构到总体逻辑结构的映像，即修改外模式/模式映像，使局部逻辑结构不变，从而使利用局部结构编写的应用程序不必改变，这就是数据与程序的逻辑独立性，简称数据的逻辑独立性。

例如，如果想对某个表添加一些字段，那么由于外模式没有变，应用程序也不用改变；因为应用程序只访问外模式定义的数据，对于数据的整体结构不关心。这样也使程序员把注意力主要集中在和自己相关的数据上，对数据的整体逻辑结构可以不必过多了解，减轻了编程负担。

• 模式/内模式映像

数据库中只有一个模式，也只有一个内模式，所以模式/内模式映像是惟一的，它定义了数据库全局逻辑结构与存储结构之间的对应关系。当数据库的存储结构改变了，由数据库管理员对模式/内模式映像做相应改变，可以使模式保持不变。

当数据存储结构改变时,通过改变存储结构与逻辑结构之间的映像,即修改模式/内模式映像,可以使数据的逻辑结构不变,从而应用程序也不必改变,这就是数据与程序的物理独立性,简称数据的物理独立性。

在数据库的三级模式结构中,数据库模式即全局逻辑结构是数据库的中心与关键,它独立于数据库的其他层次。因此涉及数据库模式结构时应首先确定数据库的逻辑结构。

④ 数据库系统的外部结构

从最终用户角度看,数据库系统结构又分为单用户结构、主从式结构、分布式结构和客户/服务器结构。

单用户结构 整个数据库系统,包括应用程序、DBMS、数据,都被安装在一台计算机上,由一个用户独占,不同机器之间不能共享数据。

主从式结构 一个主机带多个终端,数据库系统、应用程序、DBMS、数据都存储在主机中,各个用户通过主机终端并发访问数据库,共享数据资源。

分布式结构 数据库中的数据在逻辑上是一个整体,但是物理地分布在计算机网络的不同节点上。网络上每个节点都可以存取和处理本地和异地数据库中的数据。

客户/服务器结构 网络上某个节点的计算机专门执行 DBMS 功能,称为服务器;其他节点的计算机安装 DBMS 的外围开发工具,支持用户应用,称为客户机。客户端的请求被传送到服务器,服务器处理后,只将结果返回给用户。

1.1.4 数据模型

模型是现实世界特征的模拟和抽象。

计算机不能直接处理现实世界中的具体事物,必须把它转换成计算机能够处理的数据。要先建立模型,用数据模型(Data Model)来抽象、表示和处理现实世界中的数据和信息,在此基础上再对数据进行处理。

数据模型是现实世界数据特征的抽象,是数据库中用于提供信息表示和操作手段的形式框架。现实世界中大量信息需要经过抽象,提取其中有意义、有价值的信息,以数据形式表示,数据模型是描述这些数据及其联系的工具。

数据模型应满足三方面要求:一是能比较真实地模拟现实世界;二是容易为人所理解;三是便于在计算机上实现。

数据抽象过程通常经过两步:现实世界→概念世界,概念世界→机器世界。因而根据模型应用的不同目的,数据模型分为两个层次:概念模型和结构模型。

概念模型也称为信息模型,它按用户的观点来对数据和信息建模,主要用于数据库设计。概念模型语义表达能力强,不涉及信息在计算机中的表示,如实体-联系模型、语义网络模型等。

结构模型也称为结构数据模型。它按计算机系统的观点对数据建模,主要用于 DBMS 的实现。它与具体的计算机系统密切相关,它直接面向数据库中数据的逻辑结构。主要的结构数据模型有三种,即网状模型、层次模型和关系模型。20 世纪 80 年代又提出一种新的结构数据模型——面向对象数据模型,它具有更加丰富的表达能力,但是模型比较复杂。