

普通高等教育“十三五”规划教材
全国高等学校计算机基础课程规划教材

新编Visual FoxPro 程序设计应用教程

XINBIAN Visual FoxPro CHENGXU SHEJI YINGYONG JIAOCHENG

孔庆彦 李 涛 郭 丹 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等教育“十三五”规划教材
全国高等学校计算机基础课程规划教材

新编 Visual FoxPro 程序设计应用教程

孔庆彦 李 涛 郭 丹 主 编
王革非 马慧颖 副主编
张晓帆 王 菲 参 编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书本着学生易学、突出应用的思想编写。本书内容包括：数据库与表的基本操作、结构化程序设计、关系数据库标准语言 SQL、表单设计和应用、查询和视图、报表和标签，以及菜单设计等内容。本书力图体现 Visual FoxPro 可视化、数据库理论、结构化程序设计和面向对象程序设计一体的特点，并配有应用实验教程，便于组织实践教学。

本书适合作为高等院校非计算机专业的教材，也可作为高职院校、成人高等教育学校、相关培训班的教材使用，以及数据库程序设计人员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

新编 Visual FoxPro 程序设计应用教程/孔庆彦, 李涛, 郭丹
主编. —北京: 中国铁道出版社, 2017.11
普通高等教育“十三五”规划教材
ISBN 978-7-113-23896-4

I. ①新… II. ①孔… ②李… ③郭… 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 (2017) 第 252067 号

书 名: 新编 Visual FoxPro 程序设计应用教程
作 者: 孔庆彦 李 涛 郭 丹 主编

策 划: 王文欢
责任编辑: 彭立辉
编辑助理: 初 祎
封面设计: 刘 颖
责任校对: 张玉华
责任印制: 郭向伟

读者热线: (010) 63550836

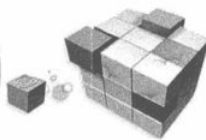
出版发行: 中国铁道出版社 (100054, 北京市西城区右安门西街 8 号)
网 址: <http://www.tdpress.com/51eds/>
印 刷: 虎彩印艺股份有限公司
版 次: 2017 年 11 月第 1 版 2017 年 11 月第 1 次印刷
开 本: 787 mm × 1 092 mm 1/16 印张: 16.5 字数: 359 千
书 号: ISBN 978-7-113-23896-4
定 价: 39.80 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书, 如有印制质量问题, 请与本社教材图书营销部联系调换。电话: (010) 63550836

打击盗版举报电话: (010) 51873659

前 言



为了适应“互联网+”时代新形势下对高级人才的需求，进一步体现计算机基础教学在“互联网+”现代教育中的重要性，推动高等院校计算机基础教学改革和发展，提高教学质量，适应“互联网+”时代新形势下对高级人才的需求，根据计算机基础教学改革分类、分层组织教学的思路，教学内容的知识结构，以及有关“程序设计”课程的教学要求和最新大纲，我们组织从事计算机基础教学工作的一线骨干教师编写了《新编 Visual FoxPro 程序设计应用教程》一书。

本书源于大学计算机基础教育的教学实践，凝聚了一线任课教师的教学经验与科研成果，具有以下特点：

- 充分体现知识内容的基础性和系统性，突出应用，强调技能。
- 知识内容具有先进性和技术性。
- 展示了 Visual FoxPro 可视化、数据库理论、结构化程序设计和面向对象程序设计于一体的特点。
- 本书配有集学习指导、实验、测试练习和常见错误及难点分析为一体的指导书《新编 Visual FoxPro 程序设计与应用实验教程》(孔庆彦、李涛、马慧颖主编)。

本书本着易于学生学习的原则，将整个教材分为 8 章，内容包括：Visual FoxPro 基础、数据库与表的基本操作、结构化程序设计、关系数据库标准语言 SQL、表单设计和应用、查询和视图、报表和标签，以及菜单设计。本书内容深入浅出，循序渐进，选用种类繁多且内容丰富的应用实例，对基本概念、基本技术与方法的阐述力求准确明晰，通俗易懂。

本书以 Visual FoxPro 6.0 版本为基础进行讲解。

本书由孔庆彦、李涛、郭丹任主编，王革非、马慧颖任副主编。张晓帆、王菲参编。编写分工：第 1~4 章由孔庆彦、王革非编写，第 5~8 章由郭丹、李涛、马慧颖编写。全书由孔庆彦、王革非统稿、定稿。本书在编写过程中得到了中国铁道出版社及编者所在学校和单位的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

本书的出版得到哈尔滨商业大学教学改革与教学研究项目资助，项目编号【HSDJY03(Z)】。

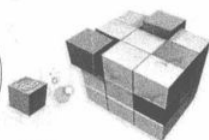
由于时间仓促，编者水平有限，书中难免有疏漏与不妥之处，敬请专家、读者不吝批评指正。

E-mail: KQY@hrbcu.edu.cn。

编 者

2017 年 7 月

目 录



第 1 章 Visual FoxPro 基础..... 1	2.1.3 数据库与表.....51
1.1 数据库系统基础知识概述.....1	2.2 数据库的操作..... 52
1.1.1 数据库系统的基本概念 ...1	2.2.1 创建数据库.....52
1.1.2 数据模型.....6	2.2.2 打开数据库.....53
1.1.3 关系数据库..... 10	2.2.3 设置当前数据库.....54
1.2 Visual FoxPro 操作基础.....13	2.2.4 关闭数据库.....55
1.2.1 Visual FoxPro 简介..... 13	2.2.5 删除数据库.....55
1.2.2 Visual FoxPro 的 安装与启动..... 13	2.3 表的基本操作..... 55
1.2.3 Visual FoxPro 集成 开发环境..... 15	2.3.1 表结构的创建.....55
1.2.4 Visual FoxPro 操作 概述..... 17	2.3.2 表的数据录入.....58
1.3 项目管理器.....19	2.3.3 表的显示.....59
1.3.1 项目文件的操作..... 19	2.3.4 表的修改.....60
1.3.2 项目管理器的组成.....21	2.3.5 表的浏览.....61
1.3.3 项目管理器的使用..... 23	2.3.6 表记录的删除.....61
1.4 Visual FoxPro 数据元素.....25	2.3.7 指针定位.....63
1.4.1 数据类型.....25	2.3.8 表的打开与关闭.....64
1.4.2 常量.....26	2.3.9 表的复制.....65
1.4.3 变量.....27	2.3.10 自由表.....67
1.4.4 函数.....30	2.3.11 工作区与同时 使用多个表.....69
1.4.5 运算符和表达式.....42	2.4 表的索引..... 70
1.4.6 Visual FoxPro 命令概述..... 44	2.4.1 索引概述.....71
课后习题.....45	2.4.2 索引关键字.....71
课后实验.....49	2.4.3 索引文件类型.....71
【实验】 练习表达式..... 49	2.4.4 索引类型.....71
第 2 章 数据库与表的基本操作.....50	2.4.5 索引文件的创建.....72
2.1 数据库与表概述.....50	2.4.6 结构复合索引文件 的使用.....75
2.1.1 数据库.....50	2.4.7 使用索引快速查询.....75
2.1.2 表.....50	2.4.8 删除索引.....76
	2.5 数据完整性..... 76
	2.5.1 实体完整性与主 关键字.....76

2.5.2 域完整性与约束规则	76	3.7.1 调试器界面	119
2.5.3 参照完整性与表之 间的关系	78	3.7.2 调试器菜单	121
课后习题	81	3.7.3 断点的设置	122
课后实验	85	课后习题	124
【实验 2-1】 数据库和表 的创建	85	课后实验	129
【实验 2-2】 表的维护操作	86	【实验 3-1】 顺序结构程序 设计	129
【实验 2-3】 完整性设置	86	【实验 3-2】 选择结构程序 设计	129
第 3 章 结构化程序设计	87	【实验 3-3】 循环结构程序 设计	129
3.1 程序设计概述	87	【实验 3-4】 程序的模块化 设计	129
3.1.1 引例	87	第 4 章 关系数据库标准 语言 SQL	130
3.1.2 结构化程序设计方法	88	4.1 数据查询功能	131
3.1.3 程序的控制结构	88	4.1.1 基于单个表的查询	132
3.1.4 程序文件的创建	89	4.1.2 联接查询	136
3.2 顺序结构	91	4.1.3 嵌套查询	139
3.3 选择结构	92	4.1.4 集合并查询	142
3.3.1 双分支语句	92	4.2 数据定义功能	142
3.3.2 选择结构的嵌套	93	4.2.1 表的定义	142
3.3.3 多分支语句	94	4.2.2 表结构的修改	143
3.4 循环结构	96	4.2.3 表的删除	145
3.4.1 引例	96	4.3 数据操纵功能	145
3.4.2 DO WHILE 语句	96	4.3.1 插入记录	145
3.4.3 FOR 语句	98	4.3.2 更新记录	146
3.4.4 SCAN 语句	99	4.3.3 删除记录	147
3.4.5 LOOP 语句和 EXIT 语句	99	课后习题	147
3.4.6 循环的嵌套	100	课后实验	151
3.5 程序的模块化设计	101	【实验 4-1】 SQL 语言的 查询功能	151
3.5.1 子程序	101	【实验 4-2】 SQL 语言的定义 和更新功能	152
3.5.2 过程	102	第 5 章 表单设计和应用	154
3.5.3 自定义函数	102	5.1 面向对象程序设计基础	154
3.5.4 内存变量的作用域	103	5.1.1 类与对象	154
3.6 实例和常用算法	107		
3.6.1 实例	107		
3.6.2 常用算法	109		
3.7 应用程序的调试	119		

5.1.2	子类与继承性	155	5.3.16	线条控件 (Line)	180
5.1.3	Visual FoxPro 中的类	155	5.3.17	容器控件 (Container)	181
5.1.4	Visual FoxPro 对象 的引用	157	5.3.18	表格控件 (Grid)	181
5.1.5	可视化和面向对象 开发方法的基本 概念	158	5.4	表单的类型	185
5.2	表单设计器及表单设计	159	5.4.1	单文档界面与多 文档界面	185
5.2.1	表单设计器	159	5.4.2	子表单、浮动表单和 顶层表单	186
5.2.2	表单设计的基本 步骤	162	5.4.3	子表单的应用	187
5.3	常用的表单控件	164	5.4.4	隐藏 Visual FoxPro 主窗口	187
5.3.1	表单控件 (Form)	165	5.5	在表单中添加属性和 方法程序	187
5.3.2	标签控件 (Label)	166	5.5.1	在表单中添加属性	187
5.3.3	文本框控件 (Text) ...	166	5.5.2	在表单中添加方法 程序	188
5.3.4	命令按钮控件 (Command)	167	课后习题	188	
5.3.5	命令按钮组控件 (Commandgroup)	168	课后实验	190	
5.3.6	选项按钮组控件 (Optiongroup)	170	【实验 5-1】	标签、文本框 和命令按钮的 应用	190
5.3.7	复选框控件 (Check)	170	【实验 5-2】	页框、列表框 和组合框的应用	190
5.3.8	列表框控件 (List)	172	【实验 5-3】	利用表单向导 创建表单	192
5.3.9	组合框控件 (Combo)	177	【实验 5-4】	利用一对多表单 向导创建表单	192
5.3.10	编辑框控件 (Edit)	177	【实验 5-5】	图形控件和命令 按钮组的用法	193
5.3.11	页框控件 (PageFrame)	177	第 6 章	查询和视图	194
5.3.12	计时器控件 (Timer)	178	6.1	查询	194
5.3.13	微调控件 (Spinner)	179	6.1.1	创建查询文件	194
5.3.14	图像控件 (Image)	180	6.1.2	保存查询文件	200
5.3.15	形状控件 (Shape)	180	6.1.3	运行查询文件	200
			6.1.4	修改查询文件	200
			6.2	视图	201
			6.2.1	视图的概念	201

6.2.2 使用命令操作本地视图	201	7.4 创建标签	235
6.2.3 使用视图设计器 创建本地视图	202	课后习题	238
6.2.4 使用视图	205	课后实验	239
6.2.5 使用数据字典 定制视图	205	【实验 7-1】基于报表向导 创建报表	239
课后习题	206	【实验 7-2】基于一对多 向导创建报表	240
课后实验	208	【实验 7-3】快速报表 创建报表	240
【实验 6-1】基于单表的 查询	208	第 8 章 菜单设计	241
【实验 6-2】基于多表的 查询	208	8.1 菜单设计概述	241
【实验 6-3】视图的创建	208	8.1.1 菜单的组成及设计 原则	242
【实验 6-4】基于视图 的查询	208	8.1.2 菜单设计步骤	242
第 7 章 报表和标签	209	8.1.3 菜单设计器的组成	243
7.1 创建报表	210	8.2 菜单操作	245
7.1.1 快速报表	210	8.2.1 创建菜单的方式	245
7.1.2 用报表向导 创建报表	212	8.2.2 生成菜单程序	247
7.2 使用报表设计器	220	8.2.3 运行菜单	247
7.2.1 报表设计器中 的带区	220	8.2.4 修改菜单	248
7.2.2 报表工具栏	221	8.3 为顶层表单添加菜单	248
7.2.3 报表的数据源	227	8.4 系统菜单	249
7.2.4 报表布局	228	8.4.1 Visual FoxPro 系统 菜单	249
7.2.5 报表设计器设计 报表	229	8.4.2 快速菜单	251
7.3 预览和打印报表	232	8.5 快捷菜单	252
7.3.1 为控件设置打印 选项	232	8.6 SDI 菜单	253
7.3.2 为组设置打印选项	233	8.6.1 创建 SDI 菜单	253
7.3.3 预览报表	234	8.6.2 将 SDI 菜单附加到 表单中	253
7.3.4 打印报表	234	课后习题	254
		课后实验	255
		【实验 8-1】创建菜单	255
		【实验 8-2】创建快捷菜单	255
		【实验 8-3】为顶层表单 添加菜单	255



学习目标

- 理解数据库系统的基本概念、数据模型和关系数据库。
- 掌握 Visual FoxPro 的安装和启动方法。
- 掌握 Visual FoxPro 窗口中各组成部分的作用。
- 了解 Visual FoxPro 的操作方式，能够根据需要设置必要的运行环境。
- 了解项目文件的用途和项目管理器的用法，掌握项目文件的操作。
- 掌握 Visual FoxPro 的数据类型、常量、变量、函数及表达式。
- 了解 Visual FoxPro 命令结构和用法要求。

Visual FoxPro 是基于关系模型的数据库管理系统，采用关系（即二维表格）数据结构，支持完整性约束。本章在阐述数据库系统基础知识的同时，详细讲解了 Visual FoxPro 操作基础和 Visual FoxPro 中的基本组成元素，为学习后续课程奠定了实验基础和基本理论基础。



1.1 数据库系统基础知识概述

人类进入信息时代的重要标志之一就是计算机技术的高速发展。在信息时代，人们对大量的信息进行采集、加工处理和存储，在这一过程中形成了专门的信息处理理论及数据库技术。从某种意义上说，数据库技术正是计算机技术和信息时代相结合的产物，是信息处理或数据处理的核心理。数据库技术的应用范围不断扩大，它不仅应用于事物处理，还应用于社会的各个领域。如今，数据库系统已经成为计算机应用系统的重要组成部分之一。

1.1.1 数据库系统的基本概念

1. 数据、数据库、数据库管理系统

数据（Data）是描述事物的符号记录。用于描述事物的符号可以是数字、文字、图形、图像、声音、语言等。数据具有多种表现形式，若只用数据的表现形式不能完全表达其内容时，还要结合数据的解释。例如，68 是一个数据，可以表示学生的成绩，也可以表示某个物体的重量，还可以表示某人的年龄。数据的解释指明了数据的含义，数据的含义称为数据的语义，数据与语义是不可分的。

计算机中的数据根据存在的时间分为两部分：一部分与程序仅有短时间的交互关系，随着程序的结束而消亡，这类数据一般存放在计算机内存中，称为临时性数据；另一部分数据则对系统起着长久的作用，称为持久性数据。数据库系统中处理的数据就是持久性数据。

软件中的数据是有一定结构的。数据有型和值之分，数据的型给出了数据表示的类型，数据的值给出了符合给定类型的值。随着数据库技术应用和需求的扩大，数据的型也在扩大。在日常生活中，人们用自然语言描述事物，例如，韩雪同学，女，1995年6月生，北京人，2013年入学。在计算机中通常可以这样描述，(韩雪，女，199506，北京，2013)，即把学生的姓名、性别、出生日期、籍贯、入学时间等数据组织在一起，组成一个记录。这样的数据是有结构的，记录是计算机中表示和存储数据的一种方法。

数据库(Database, DB)是长期存储在计算机内、有组织、可共享的大量数据的集合。它具有统一的结构形式，并存放于统一的存储介质内，是多种类型数据的集成。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关系。数据库数据具有永久存储、有组织和可共享3个基本特点。

数据库管理系统(Database Management System, DBMS)是位于用户与操作系统之间的一层数据管理软件，是系统软件，主要用于高效获取和维护数据。它的主要功能包括：

(1) 数据定义功能

数据库管理系统提供数据定义语言(Data Definition Language, DDL)，用于对数据库中的数据对象进行定义。

(2) 数据组织、存储和管理

数据库管理系统要分类组织、存储和管理各种数据，包括数据字典、用户数据、数据的存取路径等。

(3) 数据操作功能

数据库管理系统要提供数据操纵语言(Data Manipulation Language, DML)，用户可以使用数据操纵语言操纵数据，实现对数据库的基本操作，例如查询、插入、删除和修改等。

(4) 数据库的事物管理和运行管理

数据库的创建、运用和维护是由数据库管理系统统一管理、统一控制，以保证数据的安全性、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。

(5) 数据库的创建和维护功能

数据库初始数据的输入、转换，数据库的转储、恢复，数据库的重组织、性能的监视、分析等功能都是由数据库管理系统完成的。

除此之外，数据库管理系统还负责与网络中其他软件系统的通信功能、不同数据库系统之间的数据转换功能、异构数据库之间的互访和互操作功能等。

数据库系统(Database System, DBS)由数据库、数据库管理系统、数据库管理员、计算机应用系统构成，它们共同构成了以数据库为核心的完整运行实体。

(1) 硬件平台及数据库

数据库系统对硬件资源提出了较高的要求, 主要包括:

① 足够的内存, 用以存放操作系统、数据库管理系统的核心模块、数据缓冲区和应用程序。

② 有足够大的磁盘等存储设备用以存放数据库, 有足够的存储空间做数据备份。

③ 有较高的通道能力, 以提高数据传送率。

(2) 软件

数据库系统软件主要包括:

① 数据库管理系统: 负责数据库的创建、使用和维护配置的系统软件。

② 支持数据库管理系统运行的操作系统。

③ 具有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。

④ 以数据库管理系统为核心的应用开发工具。

⑤ 数据库应用系统 (DataBase Application System, DBAS), 为特定应用环境开发的数据库应用系统。

(3) 人员

人员主要包括数据库管理员、系统分析员、数据库设计人员、应用程序员和用户。

① 数据库管理员 (Database Administrator, DBA): 负责对数据库的规划、设计、维护、监控等工作。

② 系统分析员和数据库设计人员: 负责应用系统的需求分析和规范说明, 要和用户及数据库管理员配合, 确定系统的硬件、软件配置, 并参与数据库系统的概要设计。

③ 应用程序员: 负责设计和编写应用系统的程序模块, 并运行调试和安装。

④ 用户: 指最终用户。用户通过应用系统的用户接口使用数据库。

2. 数据库系统的发展

数据库系统的产生和发展与数据库技术的发展是相辅相成的。数据库技术是应数据管理任务的需要而产生的。数据库技术就是数据管理技术, 是对数据的分类、组织、编码、存储、检索和维护的技术。数据库系统的产生和发展与计算机技术及其应用和发展联系在一起。

在应用需求的推动下, 在计算机硬件、软件发展的基础上, 数据管理发展至今, 经历了 3 个阶段: 人工管理阶段、文件系统阶段和数据库系统阶段。

(1) 人工管理阶段

人工管理阶段指 20 世纪 50 年代中期以前, 计算机主要用于科学计算, 硬件设备中没有磁盘等直接存取的外存储器, 软件中没有对数据进行管理的系统程序。在这一阶段, 对数据的管理是由编程人员个人考虑和安排的, 程序和数据是一个整体, 一个程序中的数据无法被其他程序使用, 造成程序之间存在大量的数据重复, 数据的一致性无法保证。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。

③ 数据不共享。

④ 数据不具有独立性。

(2) 文件系统阶段

文件系统阶段发展于 20 世纪 50 年代后期~20 世纪 60 年代中后期, 计算机开始大量应用于数据管理。硬件上使用了直接存取的大容量存储器, 软件上出现了操作系统, 其中就包含了文件管理系统。文件系统阶段是数据库系统发展的初级阶段, 它提供了简单的数据共享与数据管理功能, 但无法提供完整的、统一的管理和数据共享功能, 并且数据的冗余度大。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。

但是, 文件系统仍然存在以下缺点:

① 数据共享性差, 冗余度大。

② 数据独立性差。

文件管理系统的优点及缺点, 体现了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。

(3) 数据库系统阶段

这一阶段是指从 20 世纪 60 年代中期至今。随着计算机硬件和软件技术的飞速发展, 计算机用于管理的数据规模更为庞大、应用越来越广泛、数据量急剧增长、数据的共享要求越来越高, 数据库技术应运而生。与文件系统相比, 数据库系统有一系列特点, 具体表现在以下几方面:

① 数据库系统向用户提供高级的接口。在文件系统中, 用户要访问数据, 必须了解文件的存储格式、记录的结构等。而在数据库系统中, 系统为用户处理了这些具体的细节, 向用户提供非过程化的数据库语言(即通常所说的 SQL 语言), 用户只要提出需要什么数据, 而不必关心如何获得这些数据, 对数据的管理完全由数据库管理系统来实现。

② 查询的处理和优化。查询通常指用户向数据库系统提交的一些对数据操作的请求。由于数据库系统向用户提供了非过程化的数据操纵语言, 因此对于用户的查询请求就由数据库管理系统来完成, 查询的优化处理就成了数据库管理系统的重要任务。

③ 并发控制。文件系统一般不支持并发操作, 这大大限制了系统资源的有效利用。现代的数据库系统都有很强的并发操作机制, 多个用户可以同时访问同一个数据库, 甚至可以同时访问同一个表中的不同记录, 这极大地提高了计算机系统资源的利用率。

④ 数据的完整性约束。凡是数据, 都要遵守一定的约束, 最简单的例子就是数据类型, 例如, 定义成整型的数据就不能是浮点数。由于数据库中的数据是持久和共享的, 因此对于使用这些数据的单位来说, 数据的正确性显得尤为重要。

根据数据库技术的发展, 又可将数据库系统的发展划分为 3 个阶段:

① 层次、网状数据库系统。第一代数据库系统的代表是 1969 年 IBM 公司研制的层次模型的数据库管理系统和 20 世纪 70 年代美国数据系统语言协会(Conference on Data System Language, CODASYL)的下属组织数据库任务组(Database Task Group, DBTG)

提出的关于网状模型的数据库管理系统的信息管理系统 (Information Management System, IMS)。

层次数据库的数据模型是有根的定向有序树。IMS 允许多个 COBOL 程序共享数据库,但其设计是面向程序员的,操作难度较大,只能处理数据之间一对一和一对多的关系。

网状数据库系统的数据模型是网状模型,网状模型对应的是有向图。网状模型可以描述现实世界中数据之间一对一、一对多和多对多的关系,但要处理多对多的关系还要进行转换,操作也不方便。

这两种数据库奠定了现代数据库发展的基础。

② 关系数据库系统 (Relational Database System, RDBS)。第二代数据库系统的主要特征是支持关系数据模型 (数据结构、关系操作、数据完整性)。1970 年 6 月,IBM 公司的 San Jose 研究所的 E.F.Codd 发表了《大型共享数据库的数据关系模型》论文,提出了关系数据库模型的概念,奠定了关系数据库模型的理论基础,使数据库技术成为计算机科学的重要分支,开始对数据库的关系方法和关系规范化的研究。关系方法由于其完美的理论和简单的结构,对数据库技术的发展起到了关键性推动作用。从此一些关系数据库系统陆续出现:1974 年, San Jose 研究所研制成功了关系数据库管理系统 System R,并应用于 IBM 370 系列机上。1984 年, David Marer 所著《关系数据库理论》一书标志着关系数据库理论的成熟。20 世纪 80 年代是关系数据库发展的鼎盛时期。

关系数据库的最大优点:使用非过程化的数据库语言 SQL;具有很好的形式化基础和高度的数据独立性;使用方便,二维表可直接处理多对多的关系。目前,我国应用较多的关系数据库系统有 Oracle、SQL Server、Informix、DB2、Sybase 等。

③ 以面向对象为主要特征的数据库系统。第三代数据库系统产生于 20 世纪 80 年代。随着科学技术的不断发展,各个领域对数据库技术提出了更高的要求,关系型数据库已经不能完全满足需求,于是产生了第三代数据库系统。第三代数据库系统主要有以下特征:

- 支持数据管理、对象管理和知识管理。
- 保持和继承了第二代数据库系统的技术。
- 对其他系统开放,支持数据库语言标准,支持标准网络协议,有良好的可移植性、可联接性、可扩展性和互操作性等。

第三代数据库系统支持多种数据模型,并与诸多新技术相结合(如分布处理技术、并行计算技术、人工智能技术、多媒体技术、模糊技术、网络技术),广泛应用于多个领域(如商业管理、地理信息系统、计划统计、决策支持等),由此也衍生出了多种新的数据库。另外近些年,数据仓库和大数据挖掘技术成为数据库技术的一个发展趋势。

目前,第三代数据库主要有以下几种:

- 分布式数据库:把多个物理分开的、通过网络互连的数据库当作一个完整的数据库。

- 并行数据库：数据库的处理主要通过 cluster（簇）技术把一个大的事务分散到 cluster 中的多个结点去执行，从而提高了数据库的吞吐量和容错性。
- 多媒体数据库：提供了一系列用来存储图像、音频和视频对象类型的数据库，更好地对多媒体数据进行存储、管理和查询。
- 模糊数据库：存储、组织、管理和操纵模糊数据的数据库，可以用于模糊知识处理。
- 时态数据库和实时数据库：适应查询历史数据或实时响应的要求。
- 演绎数据库、知识库和主动数据库：主要与人工智能技术结合解决问题。
- 空间数据库：主要应用于地理信息系统领域。
- Web 数据库：主要应用于 Internet 中。

目前，数据库技术虽然有很大的发展，但有些技术并未成熟，有些理论尚未完善。每隔几年，国际上一些资深的数据库专家就会齐聚一堂，探讨数据库的现状、存在的问题和未来需要关注的新的技术焦点。

3. 数据库系统的基本特点

数据库系统是在文件系统的基础上增加了数据设计、管理、操作等功能，从而使数据库系统具有以下特点：

(1) 数据的集成性

数据库系统的数据集成性主要表现在以下几方面：

- ① 在数据库系统中采用统一的数据结构方式，如在关系数据库中采用二维表作为统一结构方式。
- ② 在数据库系统中按照多个应用的需要组织全局统一的数据结构。
- ③ 数据库系统中的数据模型是多个应用共同的、全局的数据结构。

(2) 数据的高共享性与低冗余性

数据的集成性使得数据可为多个应用所共享，数据共享又可极大地降低数据的冗余性。

(3) 数据的独立性

数据库中的数据独立于应用程序而不依赖于应用程序，使得数据的逻辑结构、存储结构与存取方式的改变不会影响应用程序。

1.1.2 数据模型

1. 数据模型的概念

模型是对现实世界中某个对象特征的模拟和抽象。例如，汽车模型就是对生活中汽车的一种模拟。数据模型（Data Model）也是一种模型，它是对现实世界数据特征的抽象。数据模型用来描述数据、组织数据和操作数据，是数据库系统的核心和基础。

计算机不能直接处理现实世界中的具体事物，人们必须事先把具体事务转换成计算机能够处理的数据，也就是首先要数字化，把现实世界中具体的人、物、活动、概念用数据模型来抽象、表示和处理。根据模型应用的不同目的，将数据模型划分为两

类：第一类是概念模型，也称信息模型，按用户观点对数据和信息建模，用于数据库设计；第二类是逻辑模型和物理模型。逻辑模型主要包括层次模型（Hierarchical Model）、网状模型（Network Model）、关系模型（Relational Model）等。

从现实世界到信息世界和信息世界到数据世界这两个转换过程，是数据不断抽象化、概念化的过程，这个抽象和表达的过程就是依靠数据模型实现的。一个完整的数据模型必须包括数据结构、数据操作及数据完整性约束 3 部分。

（1）数据结构

数据结构描述数据库的组成对象以及对象之间的联系。数据结构描述的内容一类是与对象的类型、内容、性质有关的，例如，关系模型中的域、属性、关系等；一类是与数据之间联系有关的对象，例如，网状模型中的系型。

（2）数据操作

数据操作是指对数据库中各种对象（型）的实例（值）允许执行的操作集合，是系统动态特性的描述。包括操作及有关的操作规则。数据库主要有查询和更新（包括插入、修改和删除）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。

（3）数据完整性约束

数据的完整性约束是一组完整性规则。完整性规则是给定的数据模型中数据及其联系所具有的制约和依存规则，用以限定符合数据模型的数据库状态及状态的变化，以保证数据的正确、有效、相容。例如，在某校管理系统中规定，教授的退休年龄是男职工 65 岁，女职工 60 岁。

2. 信息世界中的基本术语

概念模型用于信息世界的建模，是现实世界到信息世界的第一层抽象，是数据库设计人员进行数据库设计的有力工具，也是数据库设计人员和用户之间进行交流的语言。因此，概念模型一方面应该具有较强的语义表达能力，能够方便、直接地表达应用中的各种语义知识；另一方面它还应该简单、清晰易于用户理解。信息世界涉及的主要概念有：

（1）实体（Entity）

现实世界中的客观事物称为实体。它可以指人，如一名教师；也可以指物，如一本书；还可以指抽象的事件，如一次借书。

（2）属性（Attribute）

属性描述了实体某一方面的特性，如描述教师实体可以用姓名、出生日期、工资等属性。对具体的某一实体，属性有具体的值，如描述某一教师的属性值分别为李利、1966 年 2 月 12 日、2789.89。不同的实体具有不同的属性值。

（3）域（Domain）

实体属性值的取值范围称为属性值的域。

（4）主关键字（Primary Key）

唯一标识实体的属性集称为主关键字。例如，教师实体的教师编号就可以作为教师实体的主关键字。

(5) 实体型 (Entity Type)

具有共同的特征和性质的实体用实体名及其属性名集合来抽象和刻画同类实体,称为实体型。例如,教师(教师编号,姓名,性别,出生日期,所在院系,职称,工作时间)就是一个实体型。

(6) 实体集 (Entity Set)

同一类型实体的集合称为实体集。例如,全体教师就是一个实体集。

(7) 联系 (Relationship)

在现实世界中,事物内部及事物之间是有联系的,这些联系在信息世界中反映为实体内部的联系和实体之间的联系。实体内部的联系通常是指组成实体的各属性之间的联系;实体之间的联系通常是指不同实体集之间的联系。

3. 实体间的联系

实体间的对应关系称为实体间的联系,即一个实体集中可能出现的每一个实体与另一个实体集中若干个实体间存在的联系。实体间的联系有 3 种类型如下:

① 一对一联系 (1:1): 一个实体集中的每一个实体在另一个实体集中有且只有一个实体与之有关系,反之亦然。

② 一对多联系 (1:n): 一个实体集中的每一个实体在另一个实体集中有多个实体与之有关系;反之,另一个实体集中的每一个实体在实体集中最多只有一个实体与之有关系。

③ 多对多联系 (n:m): 一个实体集中的每个实体在另一个实体集中有多个实体与之有关系,反之亦然。

例如,有班长实体集、班级实体集、学生实体集和图书实体集,如表 1-1~表 1-4 所示。其中,表示班长的实体集和表示班级的实体集间的联系就是一对一联系,一个班级只能有一个班长,反之,一个学生只能在一个班级中当班长;表示班级的实体集和表示学生的实体集间就是一对多联系,一个班级中可以有多名学生,但一名学生只能属于一个班级;表示图书的实体集和表示学生的实体集间的联系就是多对多联系,一名学生可以借阅多本图书,反之,一本图书可以由多名学生借阅。

表 1-1 班长实体集

班级编号	班长姓名	班级编号	班长姓名
201601	黎明	201701	海军
201602	李明洋	201702	姚丽

表 1-2 班级实体集

班级编号	班级名称	班级人数
201601	16 计算机 1 班	30
201602	16 计算机 2 班	31
201701	17 计算机 1 班	30
201702	17 计算机 2 班	32

表 1-3 学生实体集

学号	姓名	性别	入学成绩
20160101	黎明	女	480
20160202	刘洋	男	478
20170103	海军	男	500
20170204	姚丽	女	512
20160201	李明洋	男	522
20160202	刘建	男	533

表 1-4 图书实体集

图书编号	书名	册数
007871	计算机原理	2
007872	数据库原理	3
007873	数据结构	3

4. 常用的数据模型

数据模型是对客观事物及其联系的数据描述，反映实体内部和实体之间的关系。在数据库系统中，常用的数据模型有层次模型、网状模型和关系模型。

(1) 层次模型

层次模型是数据库系统中最早出现的数据模型，层次模型是用树形结构表示实体及实体间联系的模型。在这种模型中，数据被组织成由“根”开始的“树”，上级结点与下级结点之间为一对多的关系。图 1-1 所示为层次模型的例子。

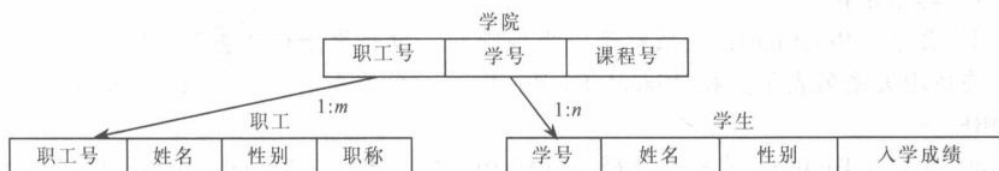


图 1-1 层次模型示例

(2) 网状模型

在现实世界中事物之间的联系更多的是非层次关系，用层次模型表示非树形结构是很不直接的，网状模型可以克服这一弊病。网状模型是用以实体为结点的有向图表示各实体及实体间关系的模型。图 1-2 所示为网状模型的例子。

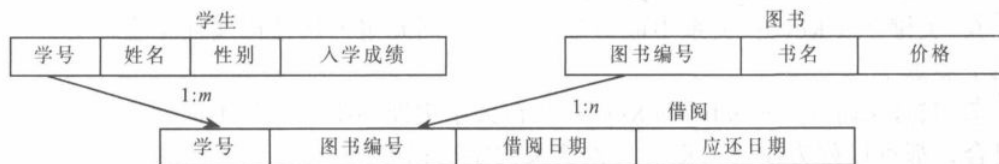


图 1-2 网状模型示例