

高等学校数据库技术课程系列教材

Visual FoxPro

数据库应用与程序设计 (第2版)

郭显娥 杨泽民 主编

任培花 王文军 刘宏英 李艳玲 张叶娥 白宇 参编



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

高等学校数据库技术课程系列教材

Visual FoxPro 数据库 应用与程序设计

Visual FoxPro Shujuku Yingyong yu Chengxu Sheji

(第2版)

郭显娥 杨泽民 主 编
任培花 王文军 刘宏英 李艳玲 张叶娥 白 宇 参 编



高等教育出版社·北京
HIGHER EDUCATION PRESS BEIJING

内容提要

本书根据教育部高等学校非计算机专业计算机基础课程教学指导委员会提出的有关“数据库技术及应用”要求,并配合全国计算机等级考试“Visual FoxPro 二级”考试大纲的要求组织编写,系统全面地介绍了 Visual FoxPro 6.0 的基本内容、使用方法与应用技巧。全书共分 12 章,主要内容有数据库系统基础知识、数据库与表的建立及其操作、查询与视图的设计、SQL 语言的应用、面向过程与面向对象的程序设计方法、表单、菜单与报表的设计以及应用程序的开发等。

本书概念叙述清楚、重点突出、章节安排合理,理论与实践结合紧密,可读性、可操作性强,每章配有详细操作步骤的“应用与实训”,选题经典、规范,读者可轻松、快速地掌握知识点,实现从易到难,边学、边练、边提高的学习过程。

本书既可作为高等学校公共计算机基础课程教材,也可供参加计算机等级考试的考生学习使用,同时亦可供各类管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

Visual FoxPro 数据库应用与程序设计 / 郭显娥, 杨泽民
主编. -- 2 版. -- 北京: 高等教育出版社, 2012. 8
ISBN 978-7-04-035796-7

I. ①V… II. ①郭…②杨… III. ①关系数据库系统-
数据库管理系统-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 (2012) 第 181421 号

策划编辑	饶卉萍	责任编辑	饶卉萍	封面设计	于文燕	版式设计	余 杨
插图绘制	尹文军	责任校对	殷 然	责任印制	毛斯璐		

出版发行	高等教育出版社	网 址	http://www.hep.edu.cn
社 址	北京市西城区德外大街 4 号		http://www.hep.com.cn
邮政编码	100120	网上订购	http://www.landaco.com
印 刷	国防工业出版社印刷厂		http://www.landaco.com.cn
开 本	787mm × 1092mm 1/16	版 次	2009 年 8 月第 1 版
印 张	21		2012 年 8 月第 2 版
字 数	510 千字	印 次	2012 年 8 月第 1 次印刷
购书热线	010-58581118	定 价	28.60 元
咨询电话	400-810-0598		

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 35796-00

前 言

在计算机技术飞速发展、社会信息化进程加快的大背景下，广大工程技术人员、管理人员以及各行各业的人迫切需要掌握数据管理技术以提高工作效率和质量。就高等教育来说，培养高层次的人才需要学习和掌握数据库的基本知识和数据管理的基本方法，以开发适用的数据库应用系统。为了满足这种需求，本书第一版于 2009 年出版并得到了普遍应用。为适应数据库技术日新月异的发展，作者结合多年的教学经验和工程实践，在第 1 版的基础上经过精心策划和反复讨论，进行了修改，力求使教材内容更新，更好地为读者服务。本书可供本、专科及高职高专类学生及社会各类数据库应用人员阅读使用。

本书教材注重观念、理念的更新，删除了一些过时的内容，增加了数据库方面的关键技术，并保持第 1 版的特色：

第一，涵盖 Visual FoxPro 二级考试大纲要求的所有知识点。

第二，融上机指导教材与理论教材为一体。每章都有“应用与实训”，将比较经典的上机题列入其中，既提高了读者的学习兴趣，又培养了读者的动手操作能力。全书的“应用与实训”贯穿起来就是一个完整的应用程序开发案例。

第三，注重实用性。编者整理并分析了近年来 Visual FoxPro 二级考试试题，选出了最有代表性的题目列为习题与例题，为读者参加国家计算机等级二级水平考试提供参考资料。

第四，教材内容大“瘦身”。本书理论叙述简明扼要，大大缩短了理论授课时数，强调应用性，适当增加了上机题量，有助于提高读者的实际应用水平，使读者在熟练“基本操作”，掌握“简单应用”的同时，还具有“综合应用”的能力。

本书由郭显娥、杨泽民任主编，其中第 1、2 章由郭显娥编写，第 3、6 章由任培花编写，第 4、5 章由刘宏英编写，第 7、11 章由王文军编写，第 8、9、10 章由杨泽民、李艳玲编写，第 12 章由张叶娥编写，白宇负责 CAI 课件制作、习题答案的编写与全稿的校对。贾兰兰和部分毕业生进行了程序的调试工作。全书由郭显娥统稿。

在编写本书的过程中，得到了山西大同大学的基金资助与计算机系全体老师的大力支持，在此深表感谢！

本书每章最后配有相应的习题，附录有对应题目的标准答案。书中所有程序设计例题、程序开发实例的代码已经全部调试通过，其代码及程序设计相关文件、电子教案均可下载，网址为：<http://computer.cncourse.com>。要获取本书的 CAI 课件及相关辅助资料，请与作者联系。联系信箱：scjguo@yahoo.com.cn。

敬请各位专家和读者对书中不当和谬误之处批评指正。

编 者

2012 年 5 月

目 录

第 1 章 数据库基础知识与 Visual FoxPro 系统简介 1	第 2 章 Visual FoxPro 基本数据元素34
1.1 数据库基本概念..... 1	2.1 数据类型及其存储方式.....34
1.1.1 数据库..... 1	2.2 常量和变量.....35
1.1.2 数据库系统..... 1	2.2.1 常量.....35
1.1.3 数据库技术的发展..... 3	2.2.2 变量.....36
1.2 数据库管理的实现..... 4	2.3 运算符与表达式.....38
1.2.1 数据模型基本概念..... 4	2.4 常用函数.....39
1.2.2 概念模型..... 5	2.5 应用与实训.....43
1.2.3 数据模型..... 6	2.5.1 基本操作.....43
1.2.4 关系数据模型..... 8	2.5.2 简单应用.....44
1.2.5 关系运算..... 8	2.5.3 综合应用.....46
1.3 关系数据库设计..... 9	本章要点.....47
1.3.1 数据库设计基础..... 9	习题 2.....47
1.3.2 数据库设计规范..... 10	第 3 章 数据库与表50
1.3.3 关系数据库的设计.....11	3.1 数据库的建立与操作.....50
1.4 Visual FoxPro 系统简介.....11	3.1.1 建立数据库.....50
1.4.1 Visual FoxPro 系统的基本功能和特点.....11	3.1.2 数据库设计器.....51
1.4.2 Visual FoxPro 的主界面..... 12	3.1.3 数据库操作命令.....52
1.4.3 Visual FoxPro 的工作方式..... 14	3.2 数据库表.....53
1.4.4 Visual FoxPro 系统环境的设置..... 16	3.2.1 数据库表的创建.....54
1.4.5 Visual FoxPro 的辅助设计工具..... 16	3.2.2 表设计器.....55
1.5 项目管理器..... 19	3.2.3 表数据的输入与浏览.....58
1.5.1 启动项目管理器..... 19	3.2.4 记录的增加与删除.....59
1.5.2 项目管理器的使用..... 20	3.2.5 排序、索引与分类汇总.....61
1.6 应用与实训..... 22	3.2.6 其他操作命令.....66
1.6.1 基本操作..... 22	3.3 数据完整性.....69
1.6.2 简单应用..... 25	3.3.1 实体完整性.....70
1.6.3 综合应用..... 28	3.3.2 域完整性.....70
本章要点..... 30	3.3.3 参照完整性.....70
习题 1..... 31	3.4 自由表.....73
	3.4.1 自由表的建立.....73

3.4.2 将自由表添加到数据库	74
3.4.3 从数据库中移出表	75
3.5 多个表同时使用	76
3.5.1 多工作区的概念	76
3.5.2 使用不同工作区的表	77
3.5.3 表之间的关联	77
3.5.4 使用数据工作期	78
3.6 应用与实训	78
3.6.1 基本操作	78
3.6.2 简单应用	82
3.6.3 综合应用	82
本章要点	85
习题 3	86
第 4 章 关系数据库标准语言 SQL	89
4.1 SQL 概述	89
4.1.1 SQL 的主要特点	89
4.1.2 SQL 的执行方式与常用命令	89
4.2 SQL 的数据定义功能	90
4.2.1 建立表结构	90
4.2.2 修改表结构	93
4.2.3 删除表	94
4.3 SQL 的数据修改功能	95
4.3.1 插入数据	95
4.3.2 删除数据	96
4.3.3 更新数据	96
4.4 SQL 的数据查询功能	97
4.4.1 简单查询	97
4.4.2 嵌套查询	102
4.4.3 连接查询	103
4.4.4 分组及使用库函数查询	104
4.5 应用与实训	106
4.5.1 基本操作	106
4.5.2 简单应用	107
4.5.3 综合应用	109
本章要点	110
习题 4	110

第 5 章 查询与视图	113
5.1 查询设计	113
5.1.1 利用查询向导建立查询	113
5.1.2 利用查询设计器建立查询	113
5.2 视图设计	123
5.2.1 利用视图设计器建立视图	123
5.2.2 视图的维护与使用	126
5.3 应用与实训	127
5.3.1 基本操作	127
5.3.2 简单应用	128
5.3.3 综合应用	129
本章要点	132
习题 5	132
第 6 章 程序设计基础	135
6.1 程序文件	135
6.1.1 程序文件的建立、运行和调试	135
6.1.2 程序文件中的专用命令	138
6.2 程序的控制结构	140
6.2.1 顺序结构	140
6.2.2 分支结构	141
6.2.3 循环结构	143
6.3 多模块程序	146
6.3.1 子程序	146
6.3.2 自定义函数	147
6.3.3 过程	149
6.3.4 变量的作用域	150
6.4 应用与实训	152
本章要点	157
习题 6	158
第 7 章 面向对象程序设计基础	161
7.1 面向对象概念	161
7.1.1 基本概念	161
7.1.2 表单对象	164
7.1.3 对象的引用	165
7.1.4 常用事件与常用方法	165
7.2 自定义类	167
7.2.1 新建类	167
7.2.2 类库管理	170

7.2.3 使用自定义类	171	8.4.12 表格控件	210
7.3 对象的操作	171	8.4.13 页框控件	215
7.3.1 创建对象	172	8.4.14 ActiveX 控件	216
7.3.2 设置对象的属性	172	8.5 应用与实训	217
7.3.3 驱动对象的事件	172	8.5.1 简单应用	217
7.3.4 调用对象的方法	172	8.5.2 综合应用	218
7.4 应用与实训	173	本章要点	223
本章要点	176	习题 8	223
习题 7	176	第 9 章 菜单设计与应用	225
第 8 章 表单设计	179	9.1 Visual FoxPro 系统菜单	225
8.1 创建与管理表单对象	179	9.1.1 菜单结构	225
8.1.1 创建表单	179	9.1.2 系统菜单	225
8.1.2 修改表单	181	9.2 建立应用系统菜单	228
8.1.3 运行表单	182	9.2.1 创建菜单的一般步骤	228
8.2 表单设计器简介	182	9.2.2 创建菜单	228
8.2.1 “表单设计器”工具栏	183	9.2.3 菜单或快捷菜单设计器	234
8.2.2 “表单控件”工具栏	184	9.2.4 常用的菜单设置	236
8.2.3 “布局”工具栏	185	9.2.5 SDI 顶层菜单	239
8.2.4 “调色板”工具栏	186	9.2.6 处理和运行菜单	240
8.2.5 “代码”窗口	186	9.3 应用与实训	241
8.3 设置表单的数据环境	187	9.3.1 简单应用	241
8.3.1 数据环境设计器	189	9.3.2 综合应用	243
8.3.2 向数据环境中添加表或视图	189	本章要点	246
8.3.3 从数据环境中移去表或视图	189	习题 9	246
8.3.4 在数据环境中设置关系	190	第 10 章 报表设计	248
8.3.5 在数据环境中编辑关系	190	10.1 创建报表	248
8.4 常用表单控件	190	10.1.1 使用报表向导创建报表	248
8.4.1 标签控件	191	10.1.2 创建快速报表	249
8.4.2 命令按钮控件	192	10.2 报表设计器及工具栏	252
8.4.3 命令组控件	194	10.2.1 报表设计器	252
8.4.4 文本框控件	195	10.2.2 报表工具栏	254
8.4.5 编辑框控件	197	10.3 设计报表	255
8.4.6 复选框控件	199	10.3.1 报表的数据源或数据环境	255
8.4.7 选项组控件	200	10.3.2 设计报表布局	256
8.4.8 列表框控件	202	10.3.3 调整带区高度	258
8.4.9 组合框控件	205	10.3.4 报表中控件的设置	258
8.4.10 微调控件	207	10.3.5 在报表中添加和使用变量	261
8.4.11 计时器控件	209	10.4 数据分组	261

10.4.1 设置报表的记录顺序	261	12.1.1 上机考试流程	292
10.4.2 添加分组	262	12.1.2 上机考试试题	295
10.5 报表输出	264	12.2 笔试全真模拟试题	297
10.5.1 设置报表的页面	264	附录 1 二级公共基础知识	302
10.5.2 预览报表	264	第一部分 数据结构与算法	302
10.5.3 打印报表	264	附 1.1 算法	302
10.6 应用与实训	264	附 1.2 数据结构的基本概念	302
10.6.1 简单应用	264	附 1.3 线性表及其顺序存储结构	303
10.6.2 综合应用	265	附 1.4 栈和队列	303
本章要点	267	附 1.5 线性链表	304
习题 10	267	附 1.6 树与二叉树	304
第 11 章 应用程序连编及发布	269	附 1.7 查找技术	305
11.1 连编应用程序	269	附 1.8 排序技术	305
11.1.1 利用项目管理器组织应用程序	269	第二部分 程序设计基础	305
11.1.2 连编应用程序	270	附 2.1 程序设计方法与风格	305
11.1.3 主程序设计	274	附 2.2 结构化程序设计	307
11.2 应用程序生成器	276	附 2.3 面向对象的程序设计	308
11.2.1 使用应用程序向导	276	第三部分 软件工程基础	311
11.2.2 设置应用程序生成器	278	附 3.1 软件工程基本概念	311
11.2.3 应用程序生成器的重入	282	附 3.2 结构化分析方法	312
11.3 应用程序的发布	283	附 3.3 结构化设计方法	312
11.3.1 发布应用程序的步骤	283	附 3.4 软件测试	313
11.3.2 准备要发布的应用程序	283	附 3.5 程序的调试	314
11.3.3 定制要发布的应用程序	285	第四部分 数据库设计基础	314
11.3.4 创建发布磁盘	287	附 4.1 数据库系统的基本概念	314
11.4 应用与实训	287	附 4.2 数据模型	315
本章要点	290	附 4.3 关系代数	316
习题 11	290	附 4.4 数据库设计与管理	316
第 12 章 二级仿真试题	292	附录 2 各章习题参考答案	317
12.1 上机全真模拟试题	292		
参考文献			324

第1章 数据库基础知识与 Visual FoxPro 系统简介

本章主要学习数据库理论知识并熟悉 Visual FoxPro 系统环境,涉及的知识点有数据库基本概念、数据模型、数据库设计、Visual FoxPro 系统工作方式、项目管理器的使用。

1.1 数据库基本概念

本节主要介绍数据库的一些相关概念,给出数据库与数据库系统的组成,介绍数据库技术的发展。

1.1.1 数据库

1. 数据

数据(Data)是描述现实世界事物的符号记录,是用物理符号记录的可以鉴别的信息,包括文字、图形、声音等,都是用来描述事物特性的。

2. 数据处理

数据处理是对各种类型的数据进行收集、存储、分类、计算、加工、检索与传输的过程。包括收集原始数据、编码转换、数据输入、数据处理和数据输出等。

3. 数据库

数据库(DataBase, DB)是长期存储在计算机内有组织的、可共享的数据集合。这种集合具有如下特点:

- ① 最小的冗余度。
- ② 应用程序对数据资源共享。
- ③ 数据独立性高。
- ④ 统一管理和控制。

1.1.2 数据库系统

1. 数据库应用系统

数据库应用系统(DataBase Application Systems, DBAS)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。如财务管理系统、人事管理系统等。

2. 数据库管理系统

数据库管理系统(DataBase Management System, DBMS)是用户与操作系统之间的数据管理软件,它的基本功能包括以下几个方面:

- ① 数据定义功能:用户通过数据定义语言对数据库中的数据对象进行定义。
- ② 数据操纵功能:用户可以使用数据操纵语言操纵数据,如查询、插入、删除和修改。

③ 数据库的运行管理功能：数据库在建立、运行和维护时由数据库管理系统统一管理和控制。

④ 数据库的建立和维护功能：包括数据库初始数据的输入、转换功能，数据库的转储、恢复功能等。

3. 数据库系统的组成

数据库系统 (DataBase System, DBS) 由 5 部分组成：硬件、操作系统、数据库管理系统、应用系统和人员。其中，人员包括数据库管理员 (DataBase Administrator, DBA)、系统分析员、数据库设计员、应用程序员和最终用户等。

在数据库系统中，各层次的相互关系如图 1-1 所示。

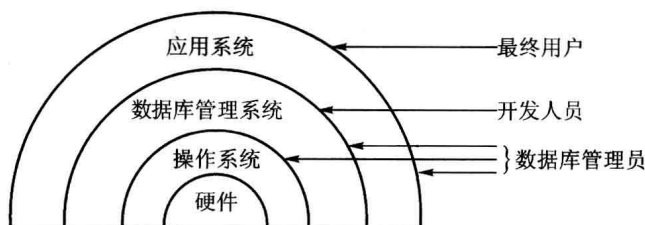


图 1-1 数据库系统各层次的相互关系

4. 数据库系统的结构

数据库系统在总体结构上一般都体现为 3 级模式的结构特征，即外模式、模式和内模式，分别反映了看待数据库的 3 个角度。

① 模式 (Schema)：也称概念模式或逻辑模式，是数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述。

② 外模式 (External Schema)：也称子模式或用户模式，是数据库用户看到的和使用的局部数据的逻辑结构和特征的描述。

③ 内模式 (Internal Schema)：也称存储模式，是数据在数据库系统中的内部表示，即数据的物理结构和存储方式的描述。

数据库系统的 3 级模式结构如图 1-2 所示。

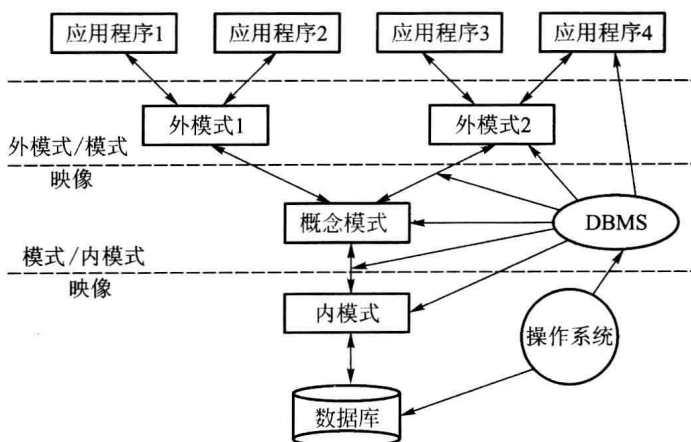


图 1-2 数据库系统的 3 级模式结构

例如，如果把一个话剧团看做一个数据库系统，那么所有演员的集合就是它的模式，它不同于其他话剧团；观众看到的某一场话剧的演员为外模式，它只是全体演员即模式的子集；演员的住宿方式就是内模式了，它表述了演员的物理存在形式。

外模式、模式和内模式之间的关系：数据库系统在3级模式中提供了两次映像，即外模式到模式的映像和模式到内模式的映像，而这两次映像就实现了数据库中数据两个层次的独立性，即物理独立性和逻辑独立性。

1.1.3 数据库技术的发展

随着计算机软件、硬件技术的发展，数据管理技术也在不断地发展。计算机在数据管理方面经历了人工管理、文件系统、数据库系统、分布式数据库系统和面向对象数据库系统等几个阶段的发展。

1. 人工管理阶段

20世纪50年代中期以前，计算机主要用于数值计算，外存储器只有卡片、纸带、磁带，没有像磁盘这样的可以随机访问、直接存取的外部存储设备。软件方面，没有专门管理数据的软件，数据由计算或处理它的程序自行携带。数据的组织和管理完全由程序设计人员手工完成，因此称为“人工管理阶段”。

在人工管理阶段，数据管理具有如下特点：

- ① 数据与程序不具有独立性，一组数据只对应一个程序。
- ② 数据不保存。
- ③ 数据不共享，程序与程序之间存在大量的重复数据，称为数据冗余。

2. 文件系统阶段

20世纪50年代后期至20世纪60年代中期，计算机应用从科学计算扩展开来，同时也开始以“文件”的方式介入数据处理。在这个阶段，磁鼓、磁盘联机的外存储器投入使用，软件方面则出现了高级语言和操作系统。计算机软件的操作系统中已经有了专门管理数据的软件，即所谓的“文件系统”。有了文件系统，数据的增、删、改变得相当容易，数据可长期保存在外存储器中并可多次存取。

在文件系统阶段，数据管理具有如下特点：

- ① 数据可长期保存，数据的存取基本以“记录”为单位。
- ② 应用程序与数据之间有了一定的独立性。
- ③ 数据文件不再只属于一个应用程序。
- ④ 仍有一定的数据冗余。

3. 数据库系统阶段

20世纪60年代后期，计算机硬件与软件环境不断发展，计算机应用领域逐渐扩大，计算机管理的数据量急剧增长，并且对数据共享的需求日益增强，文件系统的数据库管理方法已无法适应应用系统的开发需求。为了实现计算机对数据的统一管理，实现数据共享，“数据库系统”应运而生。

为数据库的建立、使用和维护而配置的软件称为数据库管理系统(DBMS)，Visual FoxPro就是一种在计算机上运行的数据库管理系统软件。

在数据库系统阶段，数据管理具有如下特点：

- ① 提高了数据的共享性。
- ② 减少了数据的冗余度。
- ③ 数据与应用程序完全分开，数据独立性强。

4. 分布式数据库系统

分布式数据库系统是由若干个站集合而成。这些站又称为结点，它们在通信网络中连接在一起。每个结点都是一个独立的数据库系统，它们都拥有各自的数据库、中央处理机、终端，以及各自的局部数据库管理系统。因此，分布式数据库系统可以看做是逻辑上属于同一系统但在物理结构上是分布式的一系列集中式数据库系统的联合。

5. 面向对象数据库系统

面向对象编程（Object-Oriented Programming, OOP）是一种计算机编程架构。OOP 的一条基本原则是计算机程序由具有子程序功能的单元或对象组合而成。OOP 达到了软件工程的 3 个主要目标：重用性、灵活性和扩展性。面向对象数据库吸收了面向对象程序设计方法的核心概念和基本思想，采用面向对象的观点来描述现实世界中实体（对象）的逻辑组织、对象之间的限制和联系等。

1.2 数据库管理的实现

在实现数据库管理的过程中，数据模型起着关键作用。整个数据库技术的发展是沿着数据模型的主线展开的。现有的数据库均基于某种数据模型，因此了解数据模型的基本概念是学习数据库的基础。

1.2.1 数据模型基本概念

1. 数据模型

数据模型是反映实体及实体间联系的数据组织的结构和形式，是数据库管理系统用来表示实体及其联系的方法，是从现实世界到机器世界的一个中间层次。

2. 数据模型的三要素

- ① 数据结构：数据结构是所研究的对象类型的集合，描述系统的静态特性。
- ② 数据操作：是对数据库中各种对象允许执行的操作集合，描述系统的动态特性。
- ③ 数据的约束条件：数据的约束条件是一组完整性规则的集合，以保证数据的正确、有效和相容。

3. 数据模型分类

① 概念数据模型：简称概念模型，是对客观世界中复杂事物的结构描述及它们之间的内在联系的刻画。概念模型主要有 E-R 模型（实体联系模型）、扩充的 E-R 模型、面向对象模型及谓词模型等。

② 逻辑数据模型：又称数据模型，是一种面向数据库系统的模型，它着重于在数据库系统一级的实现。逻辑数据模型主要有层次模型、网状模型、关系模型、面向对象模型等。不同

数据模型对应不同数据库系统，如关系模型对应的是关系数据库系统。

③ 物理数据模型：又称物理模型，是一种面向计算机物理表示的模型。

1.2.2 概念模型

1. 概念模型的相关概念

① 实体 (Entity)：客观存在并相互区别的事物及事物之间的联系。例如，一个学生、一门课程、学生的一次选课、一次考试等都是实体。

② 属性 (Attribute)：实体所具有的某一特性。例如，学生的学号、姓名、性别、出生年份、系、入学时间等。

③ 码 (Key)：唯一标识实体的属性集。例如，学号是学生实体的码。

④ 域 (Domain)：属性的取值范围。例如，学生实体年龄的域为 15~35 之间。

⑤ 实体型 (Entity Type)：实体名及其属性名的集合。例如，学生 (学号，姓名，性别，出生年份，系，入学时间) 就是一个实体型。

⑥ 实体集 (Entity Set)：同型实体的集合称为实体集。如全体学生就是一个实体集。

⑦ 联系 (Relationship)：实体与实体之间以及实体与组成它的各属性间的关系。

2. 实体之间的联系

实体之间的对应关系称为联系，它反映现实世界事物之间的相互关联。实体之间的联系有以下 3 种类型。

① 一对一联系 (1:1)：如果对于实体集 A 中的每一个实体，实体集 B 中至少有一个 (也可以没有) 实体与之联系，反之亦然，则称实体集 A 与实体集 B 具有一对一联系，记为 1:1。例如，一个学生只能有一个学号，而一个学号只能指向一个学生，则学生与学号之间具有一对一联系。

② 一对多联系 (1:n)：如果对于实体集 A 中的每一个实体，实体集 B 中有 n 个实体 ($n \geq 0$) 与之联系，反之，对于实体集 B 中的每一个实体，实体集 A 中至多只有一个实体与之联系，则称实体集 A 与实体集 B 有一对多联系，记为 1:n。例如，一个班级中有若干名学生，而每个学生只在一个班级中学习，则班级与学生之间具有一对多联系。

③ 多对多联系 ($m:n$)：如果对于实体集 A 中的每一个实体，实体集 B 中有 n 个实体 ($n \geq 0$) 与之联系，反之，对于实体集 B 中的每一个实体，实体集 A 中也有 m 个实体 ($m \geq 0$) 与之联系，则称实体集 A 与实体集 B 具有多对多联系，记为 $m:n$ 。例如，一门课程同时有若干个学生选修，而一个学生可以同时选修多门课程，则课程与学生之间具有多对多联系。

3. 概念模型的表示方法

(1) 实体-联系方法 (Entity-Relationship Approach, E-R)

E-R 图提供了表示实体型、属性和联系的方法。E-R 图由以下 3 个要素组成：

① 实体型：用矩形表示，矩形框内写明实体名。

② 属性：用椭圆形表示，并用无向边将其与相应的实体连接起来。

③ 联系：用菱形表示，菱形框内写明联系名，并用无向边分别与有关实体连接起来，同时无向边旁标上联系的类型 (1:1, 1:n 或 $m:n$)。

下面给出一些 E-R 图实例，如图 1-3 所示。

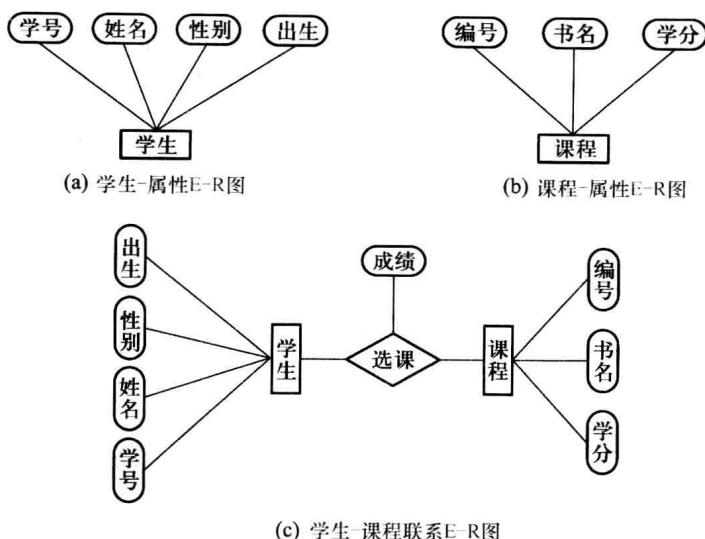


图 1-3 E-R 图实例

(2) 面向对象的 UML (Unified Modeling Language) 方法

UML 方法中用 UML 类图 (对象模型) 表示概念模型, 主要描述系统的静态结构, 包括类和类间的联系。

UML 对象模型实质上是一种扩展的 E-R 模型, 它们之间有许多类似之处 (见表 1-1)。与 E-R 模型相比, UML 模型具有更强的表达能力。

表 1-1 UML 类图与 E-R 图对照表

E-R 图中术语	UML 图中术语
实体集 (Entity Set)	类 (Class)
实体 (Entity)	对象 (Object)
联系 (Relationship)	关联 (Association)
联系元组 (Tuple)	关联元组
实体的基数 (Cardinality)	重复度 (Multiplicity)

1.2.3 数据模型

这里讲的数据模型是在概念级模型 (概念模型) 的基础上形成的, 为计算机上某 DBMS 所支持的数据模型, 主要分为层次模型、网状模型和关系模型 3 种。

数据库技术的发展是根据数据模型的发展来划分的。根据所采用的数据模型不同, 数据库技术的发展可分为如下 3 代:

第一代: 采用层次模型、网状模型的数据库系统。

第二代: 采用关系模型的关系数据库系统。

第三代: 以面向对象模型为主要特征的数据库系统。

1. 层次模型

利用树状结构表示实体及其之间联系的模型称为层次模型。图 1-4 所示是一个层次模型示例, 它体现出实体之间一对多的联系。其特点是:

- ① 有且仅有一个结点无父结点，这个结点称为根结点；
- ② 其他结点有且仅有一个父结点。

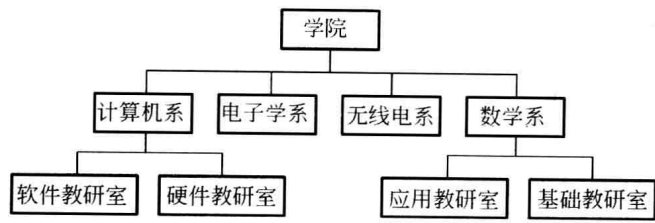


图 1-4 层次模型示例

2. 网状模型

网状模型是一个网络。其特点是：

- ① 允许一个以上的结点无父结点；
- ② 任意一个结点都可以有多于一个的父结点。

该模型体现多对多的联系，和网页上的“超链接数据”模式有类似之处。图 1-5 所示为一个简单的网状模型。

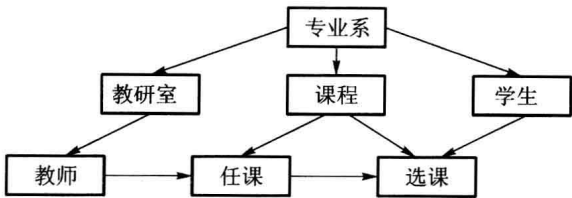


图 1-5 网状模型示例

3. 关系模型

用二维表格表示实体及实体之间联系的模式称为关系模型。关系模型把各种联系都统一描述成一些二维表，即由若干行和若干列组成的表格。每一个这样的二维表格就称为一个关系。

图 1-6 给出了一个简单的关系模型示例。

学号	姓名	性别	出生日期	个人简历	照片
0100111	LiMing	男	01/26/85	memo	Gen
0100112	WangJun	男	11/20/84	memo	Gen
0100136	ZhangYing	女	03/12/84	memo	Gen
0100108	YangHai	男	12/16/83	memo	Gen
0100123	LiGuo	男	10/23/85	memo	Gen
0100156	TianHua	女	01/18/83	memo	Gen
0100168	MaPing	女	07/08/83	memo	Gen

图 1-6 关系模型示例

从模型的三要素角度看，关系模型的内容为：

- ① 数据结构：一张二维表格。

- ② 数据操作：数据表的定义、检索、维护、计算等。
- ③ 数据约束条件：表中列的取值范围即域值的限制条件。

1.2.4 关系数据模型

1. 关系模型的几个常见概念

- ① 关系：一个关系就是一张二维表，每个关系都有一个关系名，即数据表名。
- ② 元组：表中的行称为元组，一行就是一个元组，对应表中的一条记录。
- ③ 属性：表中的列称为属性，即字段。字段名称为属性名，字段值称为属性值。
- ④ 域：属性的取值范围，如分数在 0~100 之间。
- ⑤ 关键字：表中的一个属性（组），它的值可以唯一地标识一个元组。如学号。
- ⑥ 候选码：表中的某一个属性，它的值可以唯一地标识一个元组。一个表中可能有多个候选码，选择一个作为主键，主键的属性称为主属性。
- ⑦ 外关键字：如果一个关系中的属性或属性组并非该关系的关键字，但它们是另外一个关系的关键字，则称其为该关系的外关键字。

2. 关系模型的完整性

关系模型的完整性是指关系中数据与其描述的实际对象状态保持一致的约束条件。它主要包括：

- ① 实体完整性：也称行完整性。用于保证关系（表）中每一行数据唯一且不为空。可通过建立“PRIMARY KEY 约束”（主键）与“UNIQUE 约束”等实现。例如，“学生”关系中的主键“学号”值不能为空，且具有唯一性。
- ② 参照完整性：也称引用完整性，用于限制一个关系中某属性（外键）取值必须是另一关系中主键的有效值，或者是 Null，保证关系（表）之间数据的一致性。可通过创建“FOREIGN KEY”（外键）实施参照完整性约束。如“学生”关系中的“专业号”是外键，其取值必须为“专业”关系中主键“专业号”的某个值，或者为空。
- ③ 用户自定义完整性：是用户根据业务要求自定义的规则或格式约束，其中最主要的是域完整性。域完整性指列的完整性，它规定了属性的取值必须是域中的值。如规定“学生”关系中“性别”的取值只能是“男”或“女”。用户自定义完整性约束可通过“CHECK 约束”、“触发器”等实现。

1.2.5 关系运算

关系的基本运算有两类：传统的集合运算和专门的关系运算。

1. 传统的集合运算

(1) 并（Union）

设有两个关系 R 和 S，它们具有相同的结构。R 和 S 的并是由属于 R 或属于 S 的元组组成的集合，运算符为 $\cup$ 。例如，设学校各班的学生关系为 R1, R2, R3, …，则全校学生关系 T 是： $T = R1 \cup R2 \cup R3 \cup \dots$ 。

(2) 差（Difference）

设有两个关系 R 和 S，它们具有相同的结构。R 和 S 的差是由属于 R 但不属于 S 的元组组

成的集合，运算符为一。例如，设有参加计算机小组的学生关系 R ，参加桥牌小组的学生关系 S ，则参加了计算机小组但没有参加桥牌小组的学生构成关系 $T1$ ，即 $T1=R-S$ 。

(3) 交 (Intersection)

设有两个关系 R 和 S ，它们具有相同的结构。 R 和 S 的交是由既属于 R 又属于 S 的元组组成的集合，运算符为 $\cap$ 。交运算的结果是 R 和 S 的共同元组。

例如，设有参加计算机小组的学生关系 R ，参加桥牌小组的学生关系 S ，求既参加了计算机小组又参加桥牌小组的学生。结果放在关系 $T2$ 中，则 $T2=R\cap S$ 。关系的交可以用关系的差来表示，即 $R\cap S=R-(R-S)$ ，所以上式也可以写成 $T2=R-(R-S)$ 。

2. 专门的关系运算

(1) 选择 (Selection)

从一个关系中选出满足给定条件的记录的操作称为选择或筛选。选择是从行的角度进行的运算，选出满足条件的那些记录构成原关系的一个子集。

在 Visual FoxPro 操作命令中，选择运算使用的短语是：FOR | WHILE <条件式>。

(2) 投影 (Projection)

从一个关系中选出若干指定字段的值的操作称为投影。投影是从列的角度进行的运算，所得到的字段个数通常比原关系少，或者字段的排列顺序不同。

在 Visual FoxPro 操作命令中，投影运算使用的短语是：FIELDS <字段 1>，<字段 2>，...

(3) 连接 (Join)

连接是把两个关系中的记录按一定条件横向拼接，生成一个新的关系。最常用的连接运算是等值连接和自然连接。等值连接是按照字段值对应相等为条件进行的连接。自然连接是一种特殊的等值连接，要求连接的属性名相同，并且在结果中将重复的属性列去掉。

需要明确的是，选择和投影属于单目运算，它们的操作对象只是一个关系。连接则为双目运算，其操作对象是两个关系。

1.3 关系数据库设计

数据库设计是数据库应用的核心，关系数据库的设计应该遵循数据库设计的基本方法与数据库设计规范。

1.3.1 数据库设计基础

1. 数据库设计方法

数据库设计方法常采用规范设计法，主要是将设计分为需求分析、概念设计、逻辑设计和物理设计等几个步骤，并运用规范化的手段和工具完成每个阶段的任务。例如，基于 E-R 模型的数据库设计方法、基于 3NF（第三范式）的设计方法、基于抽象语法规则的设计方法等，都是在数据库设计的各个过程中采用的具体的技术与方法。

2. 数据库设计步骤

按照规范化的设计方法，数据库设计步骤分为 6 个阶段，这个过程也叫数据库的生存周期。