

本书是根据高等教育为了培养非计算机专业学生的计算机应用能力的要求编写的。全书共分 11 章, 内容包括数据库基础知识、数据库组织方法和过程, Visual FoxPro 基础知识, 数据库、表、视图、查询、表单、报表、标签、项目和菜单的设计、建立、维护、调用和应用等相应的操作方法、操作命令和数据库系统的应用软件设计; 每章配有习题。在取材上从实际出发, 围绕数据库的基本概念、基本操作和信息处理的基本功能, 既有完整的理论体系, 又有很强的实用性, 便于教与学。

本书可作为高等学校、职工大学、业余大学、夜大学、函授大学、成人教育学院等本、专科层次的数据库技术、数据库基础等课程或全国计算机等级考试二级培训的教材, 也可作为广大信息处理爱好者及信息技术人员的自学用书。

图书在版编目(CIP)数据

数据库技术/刘秋生, 何有世主编. —北京: 机械工业出版社, 2001. 7
高等学校教材
ISBN 7-111-09057-8

I. 数... II. ①刘... ②何... III. 数据库系统—高等学校—教材 IV. TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 041698 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)
责任编辑: 余茂祚
封面设计: 方 芳
责任印制: 路 琳
中国建筑工业出版社密云印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2001 年 7 月第 1 版·第 1 次印刷
787mm×1092mm $\frac{1}{16}$ ·14.75 印张 ·字数 362 千字
0001—5000 册
定价: 23.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
本社购书热线电话 (010) 68993821、68326677—2527

前 言

数据库系统的概念形成至今不到 40 年。但是,数据库系统随着信息技术的发展日新月异,理论上更加完善,应用极为广泛,软件十分丰富,特别是数据库管理系统软件层出不穷,数据库系统应用软件即信息系统已经成为企业管理必备工具。数据库技术成为当今信息社会的基础技术,是管理类学生必须掌握的基础知识。

本书是高等教育教学用书,是我们在多年从事数据库技术课程的教学实践和教学经验的基础上编写而成的。

本书的主要特点是:

1. 系统性强。从数据库系统的应用着手,认识数据库在信息系统的作用,全面地介绍了数据的收集、传输、存储、加工、维护和使用的的基础知识和基本操作。

2. 突出重点。全书围绕三个中心,分别重点介绍数据库的基础知识、数据库的基本操作和数据库系统应用的程序设计。

3. 实用性强。强调了理论与实践相结合。把学生容易掌握理解的学生学籍管理作为典例,并采用图文并茂的方式便于阅读理解。

4. 内容精练。在内容上作了精心的安排,以目前操作简便,容易掌握、理解,实用性强,应用面广的面向对象的关系型数据库管理系统 Visual FoxPro 6.0 作为数据库系统的开发工具。围绕 Visual FoxPro 6.0 的基本概念、基本操作,由浅入深地、系统地介绍关系型数据库管理系统的功能和数据处理的方法。

5. 适用面广。本书是面向理工类非计算机专业本、专科学生的教学用书,也可以作为计算机专业学生和其他工程技术人员的自学用书。

本书的全体编著人员结合实际科研成果和教学经验,以实用、易懂、突出重点为准绳,在内容上反复提炼,精益求精。文字上反复推敲,语言上立足通俗,采用最简练的语言,介绍较先进的技术。

全书共分 11 章。总课时为 95 学时。其中上机实验课为 32 学时,有条件的情况下,安排多媒体教室上课 30 学时,否则增加上机实验课时,同时还应该适当安排学生利用课余时间独立上机完成数据库操作练习,其余学时为课堂教学。各院校可以根据实际情况按上述比例压缩或增加学时。

本书是由江苏理工大学刘秋生、何有世主编。其中何有世编写了第 9 章、第 11 章,张海斌编写了第 4 章、第 5 章,刘晓松编写了第 7 章中类的设计和应用部分,其余部分和本书的构思由刘秋生完成。刘晓松、顾桂芳和杨治详细地审阅了全稿。徐红梅为组稿、复核、数据组织等工作付出了大量的精力,在此一并表示衷心感谢!

编 者

目 录

前言

第1章 概述 1

1.1 数据与信息 1

1.1.1 数据 1

1.1.2 数据的描述 1

1.1.3 信息 2

1.2 数据库 2

1.2.1 数据库的含义 2

1.2.2 数据库的特性 2

1.2.3 数据库的发展 3

1.3 数据模型 3

1.3.1 层次型数据模型 4

1.3.2 网状型数据模型 4

1.3.3 关系型数据模型 5

1.4 数据库管理系统 8

1.4.1 数据库管理系统的功能 8

1.4.2 几种典型的数据库管理系统 10

1.5 数据库系统 10

1.5.1 数据库系统的组成 10

1.5.2 数据库系统的特征 12

1.5.3 数据库系统的结构 12

习题一 13

第2章 数据库组织 14

2.1 用户需求分析 14

2.1.1 用户类型 14

2.1.2 需求分析任务 14

2.1.3 需求分析方法 15

2.1.4 需求说明书 15

2.2 收集、筛选数据 16

2.2.1 数据收集 16

2.2.2 数据筛选 17

2.3 数据定义 17

2.3.1 数据定义的依据 17

2.3.2 数据定义的内容 18

2.3.3 建立数据字典 19

2.4 数据库设计 20

2.4.1 面向对象的数据库设计的基本概念 21

2.4.2 约束和触发 21

2.4.3 数据库建模 22

2.4.4 子类 25

2.4.5 对约束的建模 26

2.4.6 ODL 设计转换成关系设计 26

习题二 28

第3章 Visual FoxPro V6.0 基础 29

3.1 Visual FoxPro 安装、启动 29

3.1.1 安装前的准备 29

3.1.2 安装过程 29

3.1.3 启动 Visual FoxPro 30

3.2 Visual FoxPro 界面主菜单及 操作方法 31

3.3 Visual FoxPro 操作方式、命 令书写规定 34

3.4 Visual FoxPro 技术指标 35

3.5 Visual FoxPro 数据类型、常数、 变量、表达式 36

3.5.1 Visual FoxPro 数据类型 36

3.5.2 常数 37

3.5.3 变量 38

3.5.4 表达式 40

3.5.5 函数 42

3.6 Visual FoxPro 的基本操作类型 50

习题三 51

第4章 表和索引 53

4.1 创建新表 53

4.1.1 使用表设计器建立新表 53

4.1.2 使用表向导创建表 55

4.1.3 使用命令创建表 57

4.2 打开和关闭表	57	6.1.2 创建视图	80
4.2.1 打开表	57	6.1.3 视图格式修改	85
4.2.2 关闭表	58	6.2 视图的调用	85
4.3 查看表内容	58	6.2.1 打开视图	85
4.3.1 浏览窗口	58	6.2.2 输出视图数据	85
4.3.2 编辑窗口	58	6.2.3 视图数据的修改	86
4.3.3 记录定位	59	6.2.4 视图的关闭	86
4.3.4 调整浏览窗口	59	6.3 查询设计	87
4.4 增加、修改表内容	60	6.3.1 查询设计的概念	87
4.4.1 在表中加入新记录	60	6.3.2 查询设计过程	87
4.4.2 在表中编辑字段	60	6.3.3 创建查询文件	88
4.4.3 记录的删除	61	6.4 查询文件的调用	98
4.4.4 成批修改表内容	62	6.5 查询修改	98
4.5 修改表结构	63	习题六	98
4.6 索引	63	第7章 表单设计	101
4.6.1 索引的种类	63	7.1 对象	101
4.6.2 索引的建立	64	7.1.1 对象	101
4.6.3 打开索引	65	7.1.2 Visual Fox Pro V6.0 的容器和控件	102
4.6.4 索引的维护	66	7.2 表单设计方法	105
习题四	67	7.2.1 表单设计步骤	106
第5章 创建数据库	69	7.2.2 表单设计实例	107
5.1 数据库的创建	69	7.3 表单的创建和维护	108
5.2 数据库的打开和关闭	70	7.3.1 用向导创建表单	108
5.2.1 打开数据库	70	7.3.2 用表单设计器创建表单	111
5.2.2 关闭数据库	70	7.4 表单控件的应用	117
5.3 在数据库中创建表、添加表、移去表	70	7.4.1 控件与数据的关系	118
5.3.1 在数据库中创建新表	71	7.4.2 表单设计时控件的选择和引用	118
5.3.2 添加数据库表	71	7.4.3 表单上控件的应用	119
5.3.3 从数据库中移去表	72	7.5 类的设计与应用	125
5.4 创建表之间的关系	72	7.5.1 类	125
5.5 设置字段属性	74	7.5.2 Visual FoxPro 的基类	125
5.6 设置表属性	76	7.5.3 类的设计与应用	127
5.7 设置参照完整性	77	习题七	130
习题五	79	第8章 报表和标签的设计	132
第6章 视图与查询设计	80	8.1 报表与标签的设计方法	132
6.1 视图设计	80	8.2 报表设计与创建报表文件	133
6.1.1 视图设计过程	80	8.2.1 报表设计	133
		8.2.2 创建报表格式文件	135

8.3 报表格式文件的调用与修改	143	10.2.3 创建快捷菜单	171
8.3.1 报表格式文件的调用	143	10.2.4 创建 SDI 菜单	171
8.3.2 报表格式文件的修改	144	10.2.5 创建用户开发的菜单系统	172
8.4 标签设计与创建标签格式文件	144	10.2.6 定制菜单	176
8.4.1 标签设计	144	10.3 执行菜单文件	177
8.4.2 创建标签格式文件	144	10.4 菜单文件的维护	177
8.5 标签的调用与修改	145	10.5 工具栏应用	178
8.5.1 标签的调用	145	10.5.1 创建工具栏	178
8.5.2 标签格式文件的修改	147	10.5.2 工具栏应用于表单	178
8.6 数值统计	147	习题十	180
8.6.1 计数命令	147		
8.6.2 求和命令	148	第 11 章 程序设计	181
8.6.3 求平均值命令	148	11.1 程序设计基础	181
8.6.4 分类求和	148	11.1.1 建立与编辑程序文件	181
习题八	149	11.1.2 利用设计工具建立程序代码	182
第 9 章 项目设计	150	11.1.3 程序文件的调用	182
9.1 项目管理器的基本功能	150	11.2 顺序程序设计	182
9.1.1 程序和表单的运行	150	11.3 分支程序设计	184
9.1.2 报表预览	151	11.3.1 IF...ENDIF 结构	184
9.1.3 打开数据库和浏览表格	151	11.3.2 DO...CASE 结构	187
9.1.4 使用项目信息对话框	151	11.3.3 如何使用 IF 语句和 DO...CASE 语句	189
9.1.5 折叠和展开项目管理器	154	11.4 循环程序设计	189
9.2 Visual FoxPro 的 APP 文件和 .EXE 文件的建立	154	11.4.1 使用 DO WHILE...ENDDO 结构	190
9.2.1 项目连编	155	11.4.2 使用 FOR...ENDFOR 结构	191
9.2.2 设置主文件	155	11.4.3 使用 SCAN...ENDSCAN 结构	192
9.2.3 加入项目文件	158	11.5 执行外部程序	193
9.2.4 引用可修改的文件	159	11.5.1 子程序格式	193
9.2.5 从命令窗口建立项目	159	11.5.2 子程序调用	194
9.2.6 定制应用程序的运行状态	162	11.5.3 数据传递	197
习题九	163	习题十一	200
第 10 章 菜单设计和工具栏定制	164	附录	201
10.1 菜单设计	164	附录 A 函数表	201
10.1.1 菜单的分类	164	附录 B 文件类型	211
10.1.2 菜单的组成	164	附录 C 控件和对象表	212
10.1.3 菜单的布局	165	附录 D 事件表	213
10.2 创建菜单系统	169	附录 E 方法表	215
10.2.1 创建定制菜单	169	附录 F 属性表	217
10.2.2 菜单设计器的组成和使用方法	170	附录 G 环境配置	224
		附录 H 系统变量	226

第1章 概述

随着计算机科学的深入研究和广泛应用，数据库技术得到了飞速发展，不仅成为信息系统的基本载体，而且推动了现代管理技术的进步。管理现代化的需求给数据库技术提供了广泛的应用途径，也给数据库技术提出了新的课题。数据库技术、管理技术、信息系统相互渗透，促进了企业信息化、全球数字化、资源一体化的发展。

1.1 数据与信息

1.1.1 数据

数据是描述事物特征的特定的符号，是数据库组织和数据处理中最基本的单元。它不仅是我们日常工作中所熟悉的数字，而且还包含了我们在描述事物过程中经常采用的文字、图像、图形、声音等形式，这些也属于数据库中的数据范畴。数据是人们传达思想、进行信息交流的载体。

通过数据将事物的信息及时、正确、全面地描述或记录下来是数据处理过程中的关键。描述一个事物往往涉及许多方面的概念和理论。

描述事物的用途直接影响着事物属性的定义。对于不同的用户，需求不同，侧重点不同，需要的信息自然不同，因此，在描述事物时使用的属性也不相同。例如，我们把人作为描述的对象，首先要确定人的用途是什么，若描述学生，则将会涉及学生的学习情况、政治思想表现、工作能力和学习能力等方面的基本内容；若描述一个职工，则将会涉及职工的工资、保险、工作能力和技术等级等等。当我们要描述一个学生的学习情况时，针对的是一个较具体的数据处理需求，可以通过学生的姓名、学号、专业、年级、开课时间、课程名称、考试类别和考试成绩等属性反映每一位学生的每一门课程的学习成果，这些属性通过采用人们日常交流中所约定的符号而被转换成数据。

数据来源于我们的日常工作和生活，存储于各种媒体中，经过加工、传送为人们的工作、生活服务。

1.1.2 数据的描述

数据的描述是从客观事物出发，经过概念、规则或逻辑推理转换成数据，这一过程经历了三个领域：现实世界、概念世界和数据世界。

1. 现实世界 现实世界是存在于人们头脑之外的客观世界，是不以人的意志为转移的客观实体。事物可分成“对象”与“性质”两大类，又可分为“特殊事物”与“共同事物”两个重要级别。

2. 概念世界 概念世界是通过人们对现实世界中事物的规范、约定在人们头脑中的反映；由一切定义、定理、规则等组成，也称为逻辑世界。事物往往通过各种属性来表达其概念。

3. 数据世界 数据世界是概念世界中信息的数据化，现实世界中的事物及联系在这里用数据模型描述。

1.1.3 信息

信息至今还没有一个精确的定义，通俗的意义是有用的消息，是客观世界的正确反映，是对数据的解释。例如：50 是一个数据，50 元人民币就成了信息。信息通常被定义为：经过加工后的数据，对接收者存在着直接或潜在的价值。这反映了信息的事实性、价值性、可传播性和等级性。由于信息自身的特性，目前无法全面地定义信息。

信息与数据有着密切的联系，也存在着明显的差异。数据是信息的载体，信息是对数据的解释。在信息子系统之间通信时，上级子系统的输出对上级子系统而言是信息；当经过通信设备到达下级子系统时，下级子系统接受的是数据，如图 1-1 所示。数据与信息的关系如表 1-1 所示。

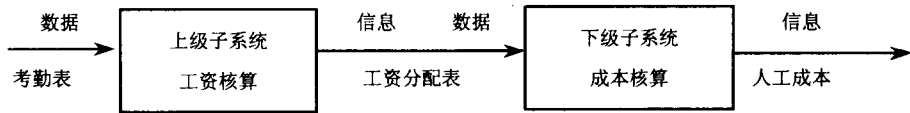


图 1-1 数据与信息的关系

表 1-1 数据与信息的区别

数据	未加工的原材料	用以装载信息的物理符号
信息	加工了的数据	数据的载体

1.2 数据库

1.2.1 数据库的含义

数据库是有用数据的有序集合，从形式上看数据库是数据的仓库，对数据进行组织、存储和管理。

数据库中数据组织的最小单元是数据项，这是独立的不可分隔的处理单元，描述了事物的某一属性。描述一个事物某一用途的全部属性的数据集称为记录，如一个学生一门课程或一个学期的学习成绩等，即记录是由数据项组成；描述一类相同属性事物的记录集称为数据文件，如学生成绩表，在数据文件中数据存取的最小单位是记录，数据文件是由记录组成的，在数据库组织中数据文件被形象地称为表；数据库是由数据文件组成的，在数据库中记载了各张表的特征和表间的联系。一个数据库可以记录、加工、传递知识，网络教育、电子商务、信息系统等无不建立在数据库的基础之上。

1.2.2 数据库的特性

数据库技术自产生以来形成了较完善的理论体系和强大的数据处理功能，数据处理进入数据库技术阶段以前，经历了人工管理阶段、文件管理阶段。数据库具有如下特点。

(1) 数据共享性。一个数据库可以供多种不同的用户使用，如学生成绩数据表，可以供学生、学校和用人单位等多种用户使用。在数据库里，数据与程序独立，提高了数据的使用价值，同时简化了程序设计，提高了程序的灵活性，方便了用户的操作。

(2) 数据的一体化和结构化。数据库按某种模型组织、存储和处理数据，不仅使内部数据之间彼此相关，而且文件之间在结构上也有有机地联系在一起，整个数据库形成一个整体，即数据库的一体化，这样使数据库具有较大的适应性，易于维护与扩充，应用数据灵活方便。

(3) 较少的冗余度。数据库的数据组织是从描述事物的整体出发，数据的冗余大大减少，在数据文件中除了作为表间联系的关键字和为了数据安全、可靠所采取的备份副本之外，存储的数据冗余度保持在尽可能小的程度。

(4) 数据独立性好。数据库系统提供了数据的映射功能，当需要改变存储结构时，逻辑结构可以不改变，从而避免了不必要的程序修改工作。

(5) 对数据进行集中统一的控制。系统提供统一的数据定义、预处理、查询以及维护等手段，并统一控制数据的安全性、完整性、保密性和并发性，使得对数据的应用更加有效和可靠。

1.2.3 数据库的发展

数据处理和数据组织发展到今天经历了手工数据处理阶段、文件数据处理阶段和数据库管理阶段。

1. 手工数据处理 早期的数据处理都是通过手工进行的，因为在计算机发展的初期，计算机主要用于科学计算，既没有专用的软件，也没有大容量的存储设备。在这种环境下，数据处理的数量少、精度低、速度慢，即使部分数据可通过计算机处理，但应用程序与数据之间的依赖性太强，数据不能从程序中独立出来，数据组之间可能造成许多重复和数据冗余。

2. 文件数据处理 这时计算机处理的数据不仅是数值，而且也包含文字，数据与应用程序分别组织存储，由专用程序实现程序与数据之间的统一接口。解决了应用程序与数据之间的一个公共接口问题，使得应用程序采用统一的存取方法操作数据，但只能简单地存放数据，文件之间没有有机的联系，数据的存放依赖于应用程序的使用方法，不同的应用程序仍然很难共享一个数据文件，数据的冗余性较大。

3. 数据库管理 它实现了有组织地、动态地存储大量关联数据，方便了多用户访问，可以使数据充分地共享，同时与应用程序高度独立。

1.3 数据模型

描述事物的另一个重要概念是事物之间存在着相互的联系。正确、全面地描述事物不仅要反映事物的属性，还要反映事物之间的内在关系，数据模型是一种描述数据与数据之间的联系以及有关的语义约束规则的方法。目前使用的数据模型大体可分为两类种型：一类是独立于任何计算机实现的数据模型，如实体—联系模型、语义网络模型等，这类数据模型完全不涉及信息在计算机系统上的表示方式、方法，只用来描述某个特定的企业组织所关心的信息结构，因而又常常被称为信息模型或概念数据模型；另一类数据模型则直接面向数据库中数据的逻辑结构，这是我们常遇到的数据模型。为了与概念数据模型相区别，我们不妨把它们称作为基本数据模型，这也是本书重点讨论的数据模型。

按照著名的数据库专家 E.F.Codd 的理论，一个基本数据库模型实质上是一组向用户提供的规则，这组规则规定数据结构如何组织，以及应当允许进行任何操作。一般来说，一个数据库的基本数据模型至少必须包含以下三个组成部分：数据结构、数据操作和数据的完整性约束。

1. 数据结构 数据结构可以看成是数据集合的描述，它主要包含两部分的内容，一是数据集合的元素，即数据类型、内容、性质；另一个是数据之间的联系。对于不同的联系方式，相应的数据集合中元素的含义也有所不同。按数据之间的联系方式，数据模型可分成层

次型、网状型和关系型三种数据模型。

2. 数据操作 是指对数据库中各对象实例允许执行的操作集合，包括操作以及有关的操作规则。数据库主要有检索和维护两类操作。在数据模型中要定义这些操作的含义、操作符号和操作规则等。

3. 数据的完整性约束 数据的完整性约束是完整性规则的集合。它是给定的数据模型中数据及其联系所具有的约束和依存规则，用于限定符合数据模型的数据库状态以及状态变化，以保证数据正确、有效和相容。

采用不同的数据模型，数据库的数据结构、数据操作和数据的完整性约束也不相同。

1.3.1 层次型数据模型

层次型数据模型是数据库技术中应用最早的、与人们日常生活联系最密切的一种数据模型。它把数据库结构描述成一个有序树的集合，这棵树的每一个结点是由若干数据项组合而成的逻辑记录。

事实上层次型结构描述了管理体系结构中的一种方式，它是从总体到具体的一个细化过程，对总体的描述我们把它作为 0 层，逐步细化分成 1 层、2 层…。上下层之间形成父子关系。在这种结构中，0 层结点没有父结点，其他层只允许有一个父结点，可以有若干个子结点，最底层没有子结点。

在现实世界中，具有层次型联系的事物很多，行政管理机构、产品结构、家族结构、教学体系（如图 1-2 所示学生学籍管理数据模型）等都属于层次型结构。

用层次型数据模型描述的主要特点是自然、直观、结构简单、层次清晰、易于理解。

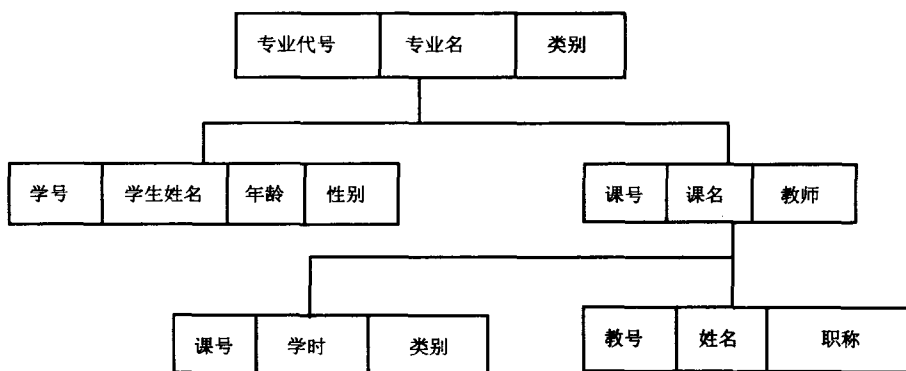


图 1-2 学生学籍管理数据模型

层次型数据模型所能体现的记录联系只限于函数型的，即一对多的联系方式（如学生对课程，教师对学生），在现实世界中事物之间的联系还有多对多的联系，这些复杂的数据联系在层次型中受到限制。另外层次型数据模型中全部数据只能以有序树的形式组织起来，这种单一固定的数据模型使得数据库适应变化的能力弱，同时增加了系统开销。这一缺陷使得它很难适应许多信息系统需求动态变化的应用环境。

1.3.2 网状型数据模型

在事物之间存在的多种对应关系被称为多对多的联系，如制造企业对新产品研制开发工作的组织管理，它不仅受到产品生命周期的影响，同时也受到企业各个职能部门的影响，这项工作同时受到多方面的管理。在这种情况下，采用网状型数据模型是最恰当的方法。

在网状型数据模型中最基本的数据结构仍然是逻辑记录，记录之间用系型来组织，分成单从系型、多从系型和奇异系型三种类型，每一个系型是从一般模式中分离出来的一个二级树，其中只有一个记录处于突出的地位，被称为主记录，其余的记录处于从属地位，被称为从记录。如图 1-3 和图 1-4 所示。在这种方式下记录之间的联系是通过系型实现的，一个系型被定义为记录的一个非空集合。

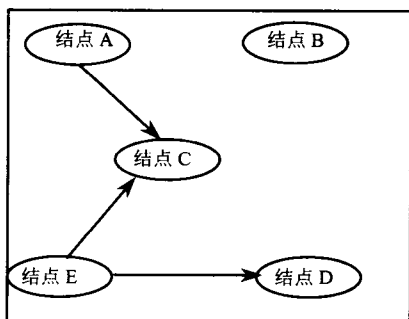


图 1-3 一般网状模型

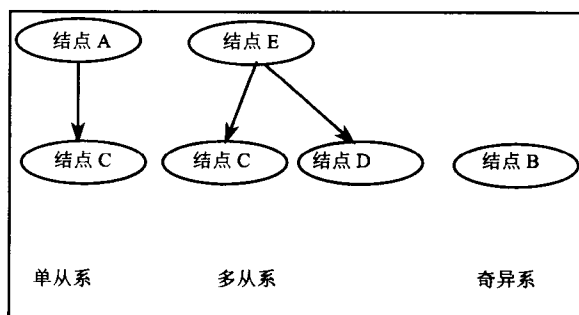


图 1-4 系型的种类

在网状型数据模型中，记录之间的函数性联系隐含着以下一些固有的结构约束。

- (1) 在任何时候任何一个系值中至多只有一个主记录。
- (2) 任何一个记录在同一系型中至多只能参与其中一個系值（但同一记录可以联系到不同系型中的几个系上）。
- (3) 允许用户自由地定义一些专用过程来对数据库的数据进行处理所必需的其他语义约束。

1.3.3 关系型数据模型

从 1970 年起，IBM 公司的高级研究员 E.F.Codd 连续发表了一系列的有关关系型数据模型理论与方法的论文，奠定了关系数据库的基础。

关系型数据模型是建立在数学概念基础之上的，用二维表（如图 1-5 所示）的形式来描述用户的数据和数据之间的联系，符合关系的二维表必须通过规范化处理，关系型数据模型的理论请参考数据库理论。本书重点介绍一般概念。

首先让我们来了解关系型数据模型的主要术语。

关系：一个关系对应于我们平常使用的一张符合某些约定的二维表。

元组：表中的一行数据。

属性：在数据处理中是表中的一列，对于表每列数据还有列名，即表栏名。

域：某一属性取值范围。

关键字：由表中的某一或几个属性组成，能唯一标识每个元组。

分量：元组中的一个属性值。

关系模式：对关系的信息内容及结构的描述。常用格式为：

关系名（属性 1，属性 2，… 属性 n，约束条件）

关系模型具有概念简单、规范化的特点，同时对数据的检索操作结果是从原表中得到一张新表。关系模型结构是由数据结构、关系操作及关系的完整性三部分组成。关系操作有代数方法和逻辑方法两种，前者也称为关系代数，这同我们在高等数学中的集合的并、差、交

和笛卡尔积运算方法相同，还有特殊的投影、选择、联接、除等关系运算；后者也称为关系演算，它通过元组必须满足的谓词公式来表达查询要求。这两种方法在表达能力上是等价的。以下介绍关系代数中的五种基本运算。

关
系

关键字, 字符	字符	数值{0 至 100} 域	
学号	课程号	成绩	← 属性名
信息 99101	计 90901	89	
信息 99102	计 90901	78	
信息 99103	计 90901	93	
信息 99101	数 90801	69	
信息 99102	数 90801	87	
信息 99103	数 90801	83	

元组

属性列

图 1-5 学生成绩关系表

设关系 H：参加跳高学生表（学号、姓名），F：参加跳远学生表（学号、姓名），L：课程表（课程号、课程名、类别）。

参加运算的关系具有相同的用途，且相应的属性取自同一个域，这称为关系的相容性。上述 H 关系与 F 关系是相容的，但与 L 关系不相容。这里仅介绍相容关系的运算。

(1) 并 (Union)：H 关系和 F 关系的并记作 $H \cup F$ ，结果关系 S 与 H 关系或 F 关系具有相同的属性，由两个关系中的元组组成，也就是由参加跳高和跳远的学生组成，即 $S = H \cup F$ ，如表 1-2 所示。

表 1-2 关系运算

H 关系		F 关系		L 关系		
学号	姓名	学号	姓名	课程号	课程名	类别
信息 99101	张俊	信息 99101	张俊	计 90901	计算机应用	考查
信息 99102	王明	信息 99104	王丽	数 90801	数据库技术	考试
信息 99103	刘文					

S = H ∪ F		S = H - F		S = H ∩ F	
学号	姓名	学号	姓名	学号	姓名
信息 99101	张俊	信息 99103	刘文	信息 99101	张俊
信息 99102	王明	信息 99102	王明		
信息 99103	刘文				
信息 99104	王丽				

(2) 差 (difference): H 关系和 F 关系的差记作 $H-F$, 结果关系 S 与 H 关系或 F 关系具有相同的属性, 由 H 关系中的元组去掉在 F 关系中存在的元组组成, 也就是由参加跳高但不参加跳远的学生组成, 即 $S=H-F$, 如表 1-2 所示。

(3) 笛卡尔积 (cartesian product): F 关系和 L 关系的笛卡尔积记作 $F \times L$, 结果关系 S 的属性由 F 关系和 L 关系中的属性组成, 元组为 F 关系中的每一个元组与 L 关系中的每一个元组的组合, 也就是每位参加跳远的学生的每门课程, 即 $S=F \times L$, 如表 1-3 所示。

表 1-3 $S=F \times L$

学号	姓名	课程号	课程名	类别
信息 99101	张俊	计 90901	计算机应用	考查
信息 99101	张俊	数 90801	数据库技术	考试
信息 99104	王丽	计 90901	计算机应用	考查
信息 99104	王丽	数 90801	数据库技术	考试

(4) 投影 (projection): 关系 S 的投影是从 S 中选择若干个属性, 组成新的关系。设关系 S 为 n 目关系, $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{im}$ 分别是它的第 $i_1, i_2, \dots, i_m$ 个属性, 则关系 S 在 $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{im}$ 上的投影是一个 m 目关系, 其属性为 $A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{im}$, 记为

$$\Pi_{i_1, i_2, \dots, i_m} (R) \text{ 或 } \Pi_{A_{i1}, A_{i2}, \dots, A_{im}} (R)$$

例如 $\Pi_{\text{姓名}, \text{课程名}} (F \times L)$ 运算, 即参加跳远学生表关系 F 和课程表关系 L 的笛卡尔积, 运算结果的关系中投影出学生的姓名和课程名属性, 运算结果如表 1-4 所示。

表 1-4 $\Pi_{\text{姓名}, \text{课程名}} (F \times L)$

姓名	课程名
张俊	计算机应用
张俊	数据库技术
王丽	计算机应用
王丽	数据库技术

(5) 选择 (selection): 设 M 是一个命题公式, 则在 S 关系上的 M 选择是由在 S 中挑选满足 M 的所有元组组成的一个新的关系, 这个关系是 S 的一个子集, 记为 $\sigma_M (S)$ 。

其中 M 命题由下列三部分组成:

- 1) 运算对象: 列号、常数、或属性名。
- 2) 算术比较符: $<$ 、 $\leq$ 、 $>$ 、 $\geq$ 、 $\neq$ 、 $=$ 。
- 3) 逻辑运算符: $\wedge$ (与)、 $\vee$ (或)、 $\neg$ (非)。

例如对 F 关系和 L 关系的笛卡尔积 ($F \times L$) 结果关系上的 M 选择, M 命题是类别等于“考试”, 则运算结果 $\sigma_M (F \times L)$ 的关系如表 1-5 所示。

表 1-5 M 关系表

学号	姓名	课程号	课程名	类别
信息 99101	张俊	数 90801	数据库技术	考试
信息 99104	王丽	数 90801	数据库技术	考试

在关系型数据库中，数据的完整性是数据的约束条件，关系完整性分实体完整性、参照完整性和用户定义完整性三类。

(1) 实体完整性：我们用关系来描述实体与实体之间的联系，所以在关系数据库中一个关系对应现实世界的一个实体集，关系中的每一个元组对应一个实体。在关系中用主关键字来唯一地标识一个实体，若一个实体的主关键字值为空或者出现重复值，则不能唯一地标识实体，这和实体独立性相矛盾，关系中的这种约束称为实体的完整性。

(2) 参照完整性：这是用于约定两个关系之间的联系。例如，学生关系 S 和学校专业关系 Z 之间就存在着这种约束。只有当专业存在，这个专业的学生才有可能存在，因此在向学生关系中添加元组时，定义的专业号必须在学校专业关系中首先存在对应的元组。在理论上规定：若 M （如专业号属性）是关系 S （学生）中的一属性组，且 M 是另一个关系 Z （专业）的主关键字，则称 M 为关系 S 对应关系 Z 的外关键字。若 M 是关系 S 对应关系 Z 的外关键字，则 S 中每一个元组在 M 上的值必须满足下面两种情况之一。

1) 取空值（ M 的默认值为空值，表示暂时没有确定。如学生还没有最终确定专业）。

2) 等于 Z 中某个元组的主关键字值（已经确定了专业，这个专业必须存在）。

(3) 用户定义完整性：实体完整性和参照完整性是任何数据库都必须满足的数据约束。同时数据库管理系统还允许用户定义某个具体数据库所涉及的数据必须满足的约束条件，这种约束条件是对数据在语义范畴的描述，由具体应用环境来决定，这就是用户定义的完整性。例如，学生的成绩小于或等于 100；本科学生年龄小于 30；学生的学号必须是 6 位等。

1.4 数据库管理系统

数据库管理系统（Data Base Management System，简称为 DBMS）是指数据库系统对数据进行管理的软件系统，它是数据库系统的核心部分。数据库系统的一切操作，包括查询、维护以及各种控制都是通过 DBMS 进行的。

DBMS 是基于某种数据模型上的。因此，可以把它看成是某种数据模型在计算机系统上的具体实现。根据采用的数据模型不同，DBMS 可分为层次型数据库管理系统（HDBMS）、网状型数据库管理系统（NDBMS）和关系型数据库管理系统（RDBMS），但对于不同的计算机系统，由于缺乏统一的标准，即使相同类型的 DBMS，它们在用户接口、系统功能等方面也常常是不同的。对于相互兼容的相同 DBMS 建立的数据库之间可以直接交换数据；而不同的数据模型的 DBMS 建立的数据库文件之间是不能直接交换数据的。

1.4.1 数据库管理系统的功能

DBMS 是组织、存储和处理数据的规则和实现这些功能的软件。使数据成为一个可管理的资源不仅易于实现共享，也增强了数据的安全性、完整性和可用性，并可提供高度的数据独立性。具体来说，一个比较完善的 DBMS 至少应该具有如下功能。

1. 数据库定义功能 指定义数据库的结构。包括模式、存储模式和子模式，以及每个子模式与模式、模式与存储模式之间的映像；定义数据的完整性约束和保密限制约束条件。这些定义通常由数据库管理员（DBA）或数据所有者按系统提供的数据库定义语言的源形式给出，由 DBMS 自动将其转换成目标形式存入数据词典，供以后进行数据操作或数据控制时查阅使用，某些定义也允许用户查阅。

数据库的定义功能通过数据描述语言（Data Description Language，简称为 DDL）来实

现。数据描述语言可以分为模式描述语言 (Schema DDL)、子模式描述语言 (Subschema DDL) 和数据存储描述语言 (Data Storage Description Language, 简称为 DSDL), 分别描述数据库的模式、子模式和存储模式。

模式 DDL 和子模式 DDL 是描述数据库逻辑结构的工具, 它们的基本功能如下。

1) 标识数据库的各种结构, 对每一个子结构说明其数据结构类型, 并给出唯一的命名。数据子模式的划分是因系统而异的。在网状数据库系统中, 数据子结构的类型包括数据项类型、组项类型、记录类型以及系型等; 而在关系型数据库系统中, 数据子结构则仅仅限于关系和属性两种数据类型。

2) 描述各种数据子结构之间的结构和语义联系, 它包括说明一个较大的数据子结构 (如记录型) 由哪些较小的子结构、以什么样的方式组成, 以及定义一些记录型的主关键字等。

3) 描述每个基本数据项的基本特性, 如类型特性、字符长度、值域、是否允许空值等。

4) 描述安全控制方式和完整性约束条件。

5) 由于子模式是在模式的基础之上定义的, 因此在子模式 DDL 中, 还必须提供定义子模式与模式之间的映像的能力。

2. 数据库操纵功能 包括数据初始装入、对数据的存取和维护操作、数据库结构的维护和重新组织、数据转存等, 系统提供统一的数据操纵语言, 允许用户根据需要在授权的范围内自由地进行上述操作。

数据库的操纵功能是通过数据操纵语言 (Data Manipulation Language, 简称为 DML) 来描述的, 它提供了用户或应用程序访问数据库系统的接口。DML 是一般集合型的操作, 是一种高级的数据处理语言。应用这些语句, 可以让用户很方便地对数据库中的记录进行各种插入、删除、修改、统计和查询处理, 我们将在 Visual FoxPro V6.0 数据库应用开发工具中详细介绍这些语句的应用。

例如:

建立数据库: CREATE DATA [数据库文件名]

建立表文件: CREATE [表文件名]

删除记录: DELETE [范围][FOR /WHILE<条件>]

添加记录: APPEND [FROM [表文件名]]

3. 数据控制功能 DBMS 对数据库的控制主要包括三个方面: 数据安全性控制、数据完整性控制以及在多用户环境下的进发控制等。

数据安全性控制是对数据库的一种保护, 它的作用是防止数据库中的数据未经许可地被用户访问, 并防止用户有意或无意地对数据库造成破坏性修改。

数据完整性控制是 DBMS 对数据库提供保护的另一个重要方面。我们知道, 数据的价值在于它们的正确性, 在于它们正确地表达了现实世界中客体的信息, 而这些客体的各种信息常常是具有某些固定联系的, 这些联系体现为数据本身的内涵和各种关联关系, 与内涵相矛盾的数据显然是无意义的, 因而是必须避免的。完整性控制的目的是保持进入数据库中的存储数据的正确性和有效性, 防止任何操作对数据造成违反其本义的改变。

进发控制的策略包括封锁单位大小的确定, 死锁的预防、检测和解除等。

DBMS 还具有系统缓冲区的管理以及数据存储的某些自适应调节机制等其他控制功能。

4. 数据通信功能 提供与操作系统的联机处理, 与分时系统以及远程作业输入的相应接口, 与网络软件的通信功能等。

1.4.2 几种典型的数据库管理系统

从 20 世纪 80 年代起, 在微机上运行的数据库几乎全是关系型的。本节在表 1-6 中列出目前在小型机和微型机上国内常使用的几种关系型 DBMS, 以供参考。

表 1-6 国内常用的几种 DBMS

名称	产生年代	开发商	操作系统	语言	与外部接口	主要功能、特点	市场开发应用情况
UNIFY	20 世纪 80 年代初	美国 UNIFY 公司	UNIX	SQL	与 C 语言、COBOL 语言有多级接口	①独创的用户接口 ②数据保护功能强 ③响应速度快 ④提供了第四代软件开发工具 ACCELL	应用比较普遍
INGRES	1975 年	美国加州大学伯克利分校电子研究	UNIX	非过程化的 QUEL	可嵌入 C 语言	①语言非过程化 ②有一定的数据保护功能 ③有一定的新型开发工具	应用比较普遍
ORACLE	1980 年	美国 ORACLE 公司	UNIX	标准 SQL	可嵌入 COBOL、PL/1、PASCAL 语言等	①有完善的软件开发工具 ②高度的兼容性 ③具有不同机种间数据共享性 ④有数据保护功能	应用普遍
INFORMIX	1981 年	美国关系数据库系统公司	UNIX	SQL 语言	可嵌入 C 语言	①很强的完整性保护功能 ②模块结构 ③物理数据可分布	应用比较普遍
DB2	20 世纪 80 年代初	美国 IBM 公司	OS2	SQL、PRG	可嵌入 C 语言	①有完善的软件开发工具 ②高度的兼容性 ③具有不同机种间数据共享性 ④有数据保护功能	应用普遍 (多用于金融界)
SYBASE	1987 年	美国 SYBASE 公司	UNIX	SQL	可嵌入 C 语言等	①有完善的软件开发工具 ②高度的兼容性 ③具有不同机种间数据共享性 ④有数据保护功能	应用普遍

1.5 数据库系统

数据库系统是由一个实际能运行的, 按照数据库技术的方法存储、维护和向应用提供数据或信息的系统。

1.5.1 数据库系统的组成

数据系统是由存储媒体、处理对象、处理设备、数据库、DBMS 和人员等组成。它能为我们的管理工作提供用户所需要的信息。

存储媒体是物理存储设备, 这是数据库系统中的基本部件, 需要有足够的容量保存数据库系统中的历史资料和正在处理的正式数据文件。存储设备通常按介质分成半导体的内存储器、磁性和光电的外存储器。

处理对象是数据库系统中组织数据的关键, 是数据库记录和描述的内容。不同的处理对象采用的数据模型和 DBMS 不一样。

DBMS 在上述作了较详细地介绍, 它是基于数据模型对数据库进行管理的软件系统,

在本书主要介绍关系型数据模型的数据库管理系统的使用和应用。

数据库是企业的重要资源，是一种知识，是与一个特定的组织的各种应用相关的全部数据的集合。通常由两大部分组成，一部分是有关应用所需要的工作数据的集合，称为物理数据库，它是数据库的主体；另一部分是关系各级数据结构的描述数据，称为描述数据库，通常由一个数据词典系统管理。在数据库系统中唯独数据库由应用单位创建，并需要不断维护。对数据库必须加以妥善保管，注意安全、完整，经常检查数据的可靠性。

人员是一组熟悉计算机数据处理业务，参与分析、设计、管理、维护和使用数据库的技术人员。他们在数据库系统开发、应用和维护中起到重要作用。分析、设计、管理和使用数据库系统的主要人员为数据库管理员、系统分析员、应用程序员和最终用户。

1. 数据库管理员（Data Base Administer，简称为 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，DBA 则是这个机构的一组人员，负责全面地管理和控制数据库系统。具体的职责包括：

1) 决定数据库中的内容和结构。数据库中要存放哪些数据是由系统需求决定的。为了更好地对数据库系统进行有效的管理和维护，DBA 应该参加或了解数据库设计的全过程，并与用户、应用程序员、系统分析员密切合作，共同协商，搞好数据库设计。

2) 决定数据库的存储结构和存取策略。DBA 应综合各用户的应用要求，和数据库设计人员共同决定数据库的存储结构和存取策略，以求获得较高的存取效率和存储空间利用率。

3) 定义数据的安全性要求和完整性约束条件。DBA 的重要职责是保证数据库的安全性和完整性，即数据不被非法用户所获取，且保证数据库中数据的正确性和数据间的相容性。因此，DBA 负责确定各个用户对数据库的存取权限、数据的保密级别和完整性约束条件。

4) 监视数据库的使用和运行。DBA 还有一个重要职责就是监视数据库运行，及时处理运行过程中出现的问题。当系统发生某些故障时，数据库中的数据会因此或多或少影响计算机系统其他部分的正常运行，为此 DBA 要定义和实施适合的后援和恢复策略，如采用周期性的转存数据和维护日志文档等方法。

5) 数据库的改进和重组。DBA 还负责在系统运行期间监视系统的存储空间利用率、处理效率等性能指标，对运行情况进行记录、统计分析，依靠工作实践并根据实际应用环境不断改进数据库设计。

由于数据库描述的事物在动态地发生着变化，需要不断地对数据库进行维护和管理，因此数据库管理员是系统中必不可少的，对数据库系统的成功应用起到了关键性的作用。

2. 系统分析员 是系统建设期间主要的参与者，负责应用系统的需求分析和规范化说明。他们要和用户相结合，确定系统的基本功能、数据库结构和应用程序的设计、硬件配置，并组织整个系统的开发。所以系统分析员是一类具有应用领域业务知识和计算机知识的专家，他们在很大程序上影响数据库系统的质量和成败。

3. 应用程序员 根据系统的功能需求负责设计和编制应用程序模块，并参与程序模块的调试。

4. 用户 通常是指最终用户。通过数据库系统获取信息或为数据库系统提供原始数据。用户可分成直接用户和间接用户。操作数据库系统的用户称为直接用户，由数据库系统提供服务的用户称为间接用户。间接用户按层次可分成管理层用户和决策层用户。管理层用户是

通过系统了解企业运行情况，并控制企业的运行行为。决策层用户是利用数据库系统提供的信息为规划、计划提供可靠的理论依据。

成功应用数据库系统必须有一支结构合理的系统性队伍。

1.5.2 数据库系统的特征

与手工操作和文件系统相比，数据库系统具有明显的优点，主要如下：

- 1) 查询迅速、准确，而且可以省去大量的纸面文件。
- 2) 数据结构化且统一管理。
- 3) 数据冗余度小。数据库系统从整体来描述数据，不仅面向某个应用而且面向整体应用，从而大大地减少了数据冗余，节约了存储空间，避免了数据之间的不一致性。
- 4) 具有较高的数据独立性。
- 5) 数据的共享性好。
- 6) 具有了对数据的安全性、完整性、进发和恢复的控制功能。

1.5.3 数据库系统的结构

数据库系统的结构分为三级，由外模式、模式和内模式组成，如图 1-6 所示。

外模式也称为子模式或用户模式，是局部数据逻辑结构的描述，是数据库用户所见的数据视图，是数据库系统面向操作用户的最外层，可简单地看成数据库与用户之间的用户窗口，不同的用户具有不同的外模式。

模式，也称为逻辑模式，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，也是内外模式的一种规范化转换机制。

内模式也称为存储模式，是数据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。

数据库系统中存在着两种映像，即外模式与模式之间和模式与内模式之间的映像。

外模式与模式之间的映像是定义某一个外模式和模式之间的对应关系。这些定义通常包含在外模式中。当模式改变时，只要作外模式与模式的映像改变，可以保证外模式不变，不影响用户对数据库的组织方法。

模式与内模式的映像定义数据逻辑结构与数据存储结构之间的对应关系。例如，说明逻辑记录和字段在内部如何表示。当数据库的存储结构改变时，模式与内模式之间的映像也作相应的修改（由数据库管理员完成），使得模式保持不变。

1978 年美国 ANSI/X3/SPARC（美国计算机与信息处理国家标准化委员会规划与需求委员会）DBMS 研究组的研究报告“ANSI/X3/SPARC DBMS Framework of the study Group on DBMS”（简称 SPARC 报告）发表。它标志着数据库技术进入了成熟阶段，SPARC 报告提出了一个标准化的数据库系统模型，对数据库系统的总体结构、特征、各个组成部分以及相应的接口都作了较明确的规定。迄今为止它仍然是数据库技术影响最大的重要文件，在该报告中采用了上述数据库系统结构中的三个模式，以满足最大程度的数据独立性，提供了脱离具体数据库管理系统的数据模式的概念模式，使用数据字典/目录以支持系统内部的数据管理，以及映像功能的一些明确规定等；这些内容都在 DBMS 软件开发中起到了关键的作用。