

高等院校计算机教育系列教材

# 数据库理论 及应用基础

汤庸 叶小平 汤娜 编著

01



清华大学出版社

高等院校计算机教育系列教材

# 数据库理论及应用基础

汤 庸 叶小平 汤 娜 编著

清华大学出版社

北 京

## 内 容 简 介

本书是一本系统介绍数据库系统基本原理方法、数据库新技术发展和数据库实践操作的教科书。全书由基础篇、高级篇和实践篇共 20 章组成。其中,基础篇介绍了数据模型和数据库模式结构、关系运算、SQL 标准语言、关系数据库规范化理论、数据库设计、数据库安全性与完整性、数据库事务处理,以及分布式数据库技术;高级篇介绍了时态数据库技术、实时数据库、主动数据库技术、多媒体数据库技术、数据仓库,以及基于数据库的协同工作;实践篇介绍了数据库设计实例、数据库编程基础、Java 数据库技术、使用 ADO.NET 访问数据库,以及 SQL Server 中的实践操作。

本书可以作为普通高校计算机及相关专业本科生的教科书,也可作为研究生用书;另外,本书经过适当取舍,还可以作为成人教育与自学教材,对于数据库课程的教师和其他科技人员也有一定的参考价值。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

### 图书在版编目(CIP)数据

数据库理论及应用基础/汤庸,叶小平,汤娜编著.—北京:清华大学出版社,2004  
(高等院校计算机教育系列教材)  
ISBN 7-302-08043-7

I. 数… II. ①汤…②叶…③汤… 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(2004)第 006840 号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

策划编辑: 刘建龙

文稿编辑: 杨作梅

封面设计: 陈刘源

印 刷 者: 北京国马印刷厂

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 26.75 字数: 642 千字

版 次: 2004 年 2 月第 1 版 2004 年 2 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08043-7/TP·5822

印 数: 1~5000

定 价: 34.00 元

---

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或 (010)62795704

# 丛 书 序

人类进入新千年时, 计算机科学已经具有一块极其活跃的、崇尚发展与创新的领地, 并成为我们这一时代决定性的先驱技术。计算机是现代文化构成不可或缺的组成部分, 是现代科学技术发展的先导, 并且是世界经济巨量增长的根本引擎。同时, 计算机技术的发展日新月异, 它的快速发展对计算机科学与工程的教育产生了深刻的影响。因此, 计算机教育在世界各国备受重视, 计算机知识与能力已成为 21 世纪人才素质的基本要素之一。

伴随着计算机新技术的不断涌现, 已有技术几年内即变得陈旧。与此同时, 计算机教育也被其所在的专业、文化和社会范围的改变影响着。计算机学科已变得更宽广、内容更丰富, 其应用领域不断飞速增长。因此, 无论在教学体系、教学内容还是教学方法、教学手段上都必须进行深化改革, 与时俱进。CC2001 的出现, 无疑是对计算机学科课程体系一个崭新的完整的引导。我们工科院校无论计算机专业还是非计算机专业的计算机科学与工程的教育应该紧密有机地与工科学生的培养目标相结合, 注重知识、能力、素质教育三方面的综合教育, 加强计算机系统的认知、分析、设计 and 应用能力, 算法设计与分析能力, 程序设计能力以及计算思维能力等方面的培养。

原化工部部属高校计算机教育协作组结合工程教育的特点, 大力开展计算机教育协作与交流, 十年来开展了务实的、全方位的、卓有成效的教学研讨及教研观摩等活动, 极大地促进了交流并推动了各校计算机教育的发展。同时, 协作组不断地扩展, 吸收了许多其他领域的高校参加, 共同为我国计算机高等教育事业的发展与完善进行广泛的交流探索。

目前参加这个协作组的主要高校有:

|          |        |        |          |
|----------|--------|--------|----------|
| 清华大学     | 南京大学   | 天津工业大学 | 中国农业大学   |
| 北京化工大学   | 南京工业大学 | 青岛科技大学 | 郑州大学     |
| 武汉化工学院   | 沈阳化工学院 | 南京师范大学 | 华南理工大学   |
| 河北行政学院   | 南京工程学院 | 淮海工学院  | 北京石油化工学院 |
| 江苏石油化工学院 | 中山大学   |        |          |

在清华大学出版社的大力支持下, 本协作组 2001 年年会决定组织出版一套最新的计算机系列教材, 第一期出版 14 部有关程序设计与软件应用方面的教材。它们是: 《计算机导论》、《C 语言程序设计》、《Visual Basic 6.0 程序设计》、《Java 程序设计》、《面向对象程序设计——Visual C++》、《SQL Server 数据库原理及应用教程》、《C#编程及应用程序开发教程》、《组网技术与配置》、《数据库理论及应用基础》、《现代语音技术基础与应用》、《计算机图形学基础教程》、《Win32 汇编语言实用教程》、《C/C++程序设计教程》和《数据结构教程》等。

本系列教材依据 CC2001 框架,精心策划、准确定位,概念清晰,例题丰富,深入浅出,内容翔实,体系合理,重点突出,是一套面向高等学校计算机和非计算机专业学生的计算机基础与应用系列教材,也可供从事计算机应用和开发的各类人员学习使用。

本系列教材源于十几所全国重点大学和普通高等院校计算机教育的教学改革与实践,凝聚了工作在教学第一线的任课教师的教学经验与研究成果。我们期望本系列教材的出版,并在教学实践中不断完善与更新,为我国高校计算机教育事业做出新的贡献。

编委会

2003 年 12 月

## 编委会名单

**主编：朱群雄**

**编委：张 莉 闵华清 王晓峰**

**邵定宏 刘川来 彭四伟**

**刘 斌 刘新民 张彦铎**

**吕纪国 刘 烨 王相林**

**蔡莲红 孙正兴 冉林仓**

**彭 波 汤 庸**

# 前 言

数据库技术出现于 20 世纪 60 年代末,经过 30 多年的迅速发展,已经成为计算机科学技术领域中最重要学科之一。首先,在数据库领域中,主流与核心技术都具有完整坚实的理论支撑,而在完成数据库从技术到科学的过渡过程中,先后造就了三位图灵(Turing)大奖的获得者: C.W.Bachman, E.F.Codd 和 J.Gray。数据库理论与方法不仅为其自身奠定了必需的理论基础,而且在计算机其他领域中也产生了重要的影响。另外,数据库领域已经形成了一大批实用系统,这些系统作为管理数据最有效的手段,深入到了计算机应用的各个方面,极大地促进了计算机应用的发展。统计说明,数据库技术在计算机应用中所占的比例已经超过了 60%。正是由于数据库技术的重要性日益突出,数据库原理及应用课程不仅是大学计算机及相关专业的必修主干课程,也是其他许多专业学生的选修课程。同时,社会上各类人员对数据库理论与技术的需求也在不断增加。在这种情况下,编写一本具有科学性、系统性和实用性,同时又能较好适应各种不同层面需求的数据库原理与应用教材无疑是必要的。本教材系统地介绍了数据库技术的基本原理、方法和技术,充分地讨论了数据库技术的各种新技术,同时也介绍了数据库技术一些基本的实践操作。

从本书的组织结构框架来看,全书分为三篇共 20 章。

第一篇是基础篇,主要介绍数据库基础理论,包括 9 章。第 1 章介绍数据库系统中各种基本概念、数据模型和数据库模式结构;第 2 章介绍关系数据模型和关系运算;第 3 章介绍数据库标准语言 SQL;第 4 章介绍数据库的查询优化;第 5 章介绍关系数据库规范化理论;第 6 章介绍数据库的设计与管理;第 7 章介绍数据库的安全性、完整性;第 8 章介绍数据库的事务处理;第 9 章介绍分布式数据库技术。

第二篇是高级篇,包括第 10~16 章。第 10 章介绍数据库新技术概述;第 11 章介绍时态数据库技术;第 12 章介绍实时数据库;第 13 章介绍主动数据库技术;第 14 章介绍多媒体数据库技术;第 15 章介绍数据仓库;第 16 章介绍基于数据库的协同工作。

第三篇是实践篇,由 17~20 章组成。第 17 章介绍数据库设计实例;第 18 章介绍数据库编程基础;第 19 章介绍使用 ADO.NET 访问数据库,第 20 章的实验供学生实践。

本书的读者群可以分为三个层面:本科生层面——基础篇部分可以全部讲授,选讲高级篇以拓宽知识面,实践篇可以根据教学中是否有实验课时来具体安排,如果有实验课时,实践篇可作为实验课时的教学内容;如果没有实验课时,则实践篇的内容以学生自我实践为主;研究生层面——讲授基础篇中的若干部分(第 2、4、5、7 章和第 8 章)以及高级篇全部内容,并补充新材料;专科生或社会自学人员层面——讲授基础篇中的部分内容(例如第 1、2、3、6、7 章)和实践篇。

本书力图既考虑到数据库系统的理论基础,又考虑到数据库实用系统的实际应用;既考虑到数据库已经成熟并得到广泛应用的使用技术,又考虑到数据库发展的前沿技术;既考虑到讲述知识原理,又考虑到论述问题的实际背景和讨论思路。然而一本适用教材的编

写并非易事。由于作者水平所限，上述目的是否能完全达到，还需要实践检验；同时对于本书的不足与疏漏之处，也恳请读者指正。

本书由汤庸统筹，第1章～第8章由叶小平编写；第10章～第16章由汤庸编写；第9章、第17章～第20章由汤娜编写。何小桃、王路帮、刘浩钊、许伟权、刘冬宁、谢建勤等参加了高级数据库技术篇和实践篇部分内容编写，黄钊梅、蒋贻全和周风华等参与了部分内容的录入与校对工作。在本书编写过程中，参考了大量国内外相关书籍和文献，其主要部分在书后参考文献中列出，在此一并表示衷心的感谢。

作者

2003年10月于中山大学

# 目 录

## 第一篇 基础篇

|                                    |    |
|------------------------------------|----|
| 第 1 章 数据库系统概论.....                 | 1  |
| 1.1 数据库技术的产生与发展.....               | 1  |
| 1.1.1 数据管理的 4 个发展阶段.....           | 2  |
| 1.1.2 数据库系统在计算机<br>领域中的地位与意义 ..... | 6  |
| 1.1.3 数据库技术的主要研究领域.....            | 7  |
| 1.2 数据库系统基本概念.....                 | 8  |
| 1.2.1 数据 .....                     | 8  |
| 1.2.2 数据库 .....                    | 9  |
| 1.2.3 数据库管理系统 .....                | 10 |
| 1.2.4 数据库系统 .....                  | 12 |
| 1.3 数据模型(一)——概念数据模型 .....          | 14 |
| 1.3.1 模型与数据模型 .....                | 14 |
| 1.3.2 概念数据模型 .....                 | 16 |
| 1.4 数据模型(二)——结构数据模型 .....          | 19 |
| 1.4.1 结构数据模型的构成 .....              | 19 |
| 1.4.2 层次模型 .....                   | 20 |
| 1.4.3 网状模型 .....                   | 22 |
| 1.4.4 关系模型 .....                   | 23 |
| 1.4.5 面向对象模型 .....                 | 24 |
| 1.5 数据库内部体系结构.....                 | 26 |
| 1.5.1 数据库的三级模式(体系)<br>结构 .....     | 26 |
| 1.5.2 数据库的二级映射功能.....              | 28 |
| 1.5.3 三级模式结构和二级功能<br>映射的意义 .....   | 29 |
| 1.6 本章小结 .....                     | 30 |
| 1.7 习题 .....                       | 31 |
| 第 2 章 关系数据模型与关系运算.....             | 32 |
| 2.1 关系数据模型 .....                   | 32 |

|                                      |    |
|--------------------------------------|----|
| 2.1.1 关系的笛卡尔乘积定义.....                | 32 |
| 2.1.2 关系的二维表格描述.....                 | 33 |
| 2.1.3 关系模式与关系实例.....                 | 35 |
| 2.2 关系数据操作.....                      | 36 |
| 2.2.1 关系操作的分类.....                   | 36 |
| 2.2.2 关系代数和关系演算.....                 | 37 |
| 2.2.3 关系数据语言.....                    | 38 |
| 2.2.4 完整性约束 .....                    | 39 |
| 2.3 关系运算(一)——关系代数 .....              | 39 |
| 2.3.1 数据更新基本运算.....                  | 40 |
| 2.3.2 数据查询基本运算.....                  | 41 |
| 2.3.3 关系代数 .....                     | 43 |
| 2.3.4 基本关系代数运算举例.....                | 43 |
| 2.3.5 扩充关系代数运算.....                  | 44 |
| 2.3.6 关系代数运算小结.....                  | 48 |
| 2.4 关系运算(二)——关系演算 .....              | 49 |
| 2.4.1 元组关系演算.....                    | 49 |
| 2.4.2 域关系演算 .....                    | 51 |
| 2.4.3 关系运算的安全性.....                  | 52 |
| 2.4.4 关系代数、元组演算、<br>域演算的等价性.....     | 53 |
| 2.5 三种典型关系数据库语言 .....                | 54 |
| 2.5.1 基于关系代数的语言——<br>ISBL.....       | 54 |
| 2.5.2 基于元组关系演算语言——<br>ALPHA 语言 ..... | 56 |
| 2.5.3 基于域演算的语言——<br>QBE .....        | 58 |
| 2.6 本章小结.....                        | 63 |
| 2.7 习题.....                          | 63 |

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 第 3 章 关系数据库标准语言——SQL..... | 66 |
| 3.1 SQL 语言概述 .....        | 66 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 3.1.1 SQL 的产生、发展及意义.....          | 66 |
| 3.1.2 SQL 语言的特点.....              | 67 |
| 3.1.3 SQL 语言的功能.....              | 68 |
| 3.2 数据定义.....                     | 69 |
| 3.2.1 SQL 的基本数据类型与<br>数据定义语句..... | 69 |
| 3.2.2 基本表的创建、取消与<br>更改.....       | 70 |
| 3.2.3 索引的创建与取消.....               | 72 |
| 3.3 数据查询.....                     | 73 |
| 3.3.1 SQL 的映像语句.....              | 73 |
| 3.3.2 单表查询.....                   | 74 |
| 3.3.3 连接查询.....                   | 77 |
| 3.3.4 嵌套查询.....                   | 78 |
| 3.3.5 查询中的统计计算.....               | 81 |
| 3.4 数据更新.....                     | 83 |
| 3.4.1 数据删除.....                   | 83 |
| 3.4.2 数据插入.....                   | 84 |
| 3.4.3 数据修改.....                   | 84 |
| 3.5 视图管理.....                     | 85 |
| 3.5.1 视图的定义与删除.....               | 86 |
| 3.5.2 视图操作.....                   | 87 |
| 3.6 数据控制.....                     | 88 |
| 3.6.1 授予权限.....                   | 89 |
| 3.6.2 收回权限.....                   | 90 |
| 3.7 嵌入式 SQL.....                  | 91 |
| 3.7.1 主语言语句和 SQL<br>语句的区别.....    | 91 |
| 3.7.2 主语言变量与 SQL<br>变量的区别.....    | 92 |
| 3.7.3 游标语句的使用.....                | 93 |
| 3.7.4 嵌入式 SQL 小结.....             | 94 |
| 3.7.5 动态 SQL.....                 | 95 |
| 3.8 本章小结.....                     | 96 |
| 3.9 习题.....                       | 96 |

## 第 4 章 关系数据库的查询处理 与优化..... 98

|                    |    |
|--------------------|----|
| 4.1 查询处理与查询优化..... | 98 |
|--------------------|----|

|                        |     |
|------------------------|-----|
| 4.1.1 查询处理中的优化问题.....  | 98  |
| 4.1.2 查询优化的必要性.....    | 99  |
| 4.1.3 关系查询优化的可行性.....  | 101 |
| 4.2 查询优化技术.....        | 101 |
| 4.2.1 查询优化器.....       | 102 |
| 4.2.2 关系查询处理过程.....    | 102 |
| 4.3 关系代数等价变换规则.....    | 104 |
| 4.3.1 同类运算间的等价公式.....  | 104 |
| 4.3.2 不同类运算间的等价公式..... | 105 |
| 4.4 查询优化一般准则.....      | 106 |
| 4.5 查询优化一般算法.....      | 107 |
| 4.5.1 语法树.....         | 107 |
| 4.5.2 关系代数表达式优化算法..... | 107 |
| 4.6 本章小结.....          | 113 |
| 4.7 习题.....            | 113 |

## 第 5 章 关系数据库规范化理论..... 115

|                                   |     |
|-----------------------------------|-----|
| 5.1 问题的提出.....                    | 115 |
| 5.1.1 数据冗余及其操作异常.....             | 115 |
| 5.1.2 冗余产生原因分析.....               | 116 |
| 5.1.3 问题解决思路.....                 | 117 |
| 5.2 函数依赖.....                     | 117 |
| 5.2.1 函数依赖基本概念.....               | 118 |
| 5.2.2 键的函数依赖表述.....               | 119 |
| 5.2.3 主属性与非主属性.....               | 120 |
| 5.3 函数依赖集的闭包.....                 | 120 |
| 5.3.1 函数依赖集的闭包.....               | 120 |
| 5.3.2 函数依赖的推理规则.....              | 121 |
| 5.3.3 属性的闭包与 F 逻辑<br>蕴含的充要条件..... | 123 |
| 5.3.4 最小函数依赖集 $F_{min}$ .....     | 124 |
| 5.4 模式分解与算法.....                  | 125 |
| 5.4.1 关系模式分解.....                 | 126 |
| 5.4.2 无损分解.....                   | 126 |
| 5.4.3 保持函数依赖.....                 | 129 |
| 5.5 函数依赖与 2NF、3NF 和 BCNF.....     | 131 |
| 5.5.1 第一范式——1NF.....              | 131 |
| 5.5.2 第二范式——2NF.....              | 132 |
| 5.5.3 第三范式——3NF.....              | 134 |

|                                   |            |                                |            |
|-----------------------------------|------------|--------------------------------|------------|
| 5.5.4 Boyce-Codd 范式——BCNF.....    | 136        | 6.8 习题.....                    | 166        |
| 5.6 多值依赖与 4NF .....               | 138        | <b>第 7 章 数据库的安全性和完整性 .....</b> | <b>167</b> |
| 5.6.1 问题的引入 .....                 | 139        | 7.1 数据库的安全性保护 .....            | 167        |
| 5.6.2 多值依赖基本概念 .....              | 140        | 7.1.1 数据库安全性问题的提出 .....        | 167        |
| 5.6.3 第四范式——4NF .....             | 141        | 7.1.2 数据库安全性保护范围 .....         | 168        |
| 5.7 连接依赖与 5NF .....               | 142        | 7.1.3 操作系统中的安全性保护 .....        | 169        |
| 5.7.1 连接依赖基本概念 .....              | 142        | 7.1.4 数据库管理系统中的安全性保护 .....     | 170        |
| 5.7.2 第五范式——5NF .....             | 143        | 7.1.5 SQL 中的安全性机制 .....        | 172        |
| 5.7.3 规范化问题小结 .....               | 143        | 7.1.6 数据库安全保护的其他措施 .....       | 173        |
| 5.8 本章小结 .....                    | 144        | 7.1.7 数据库的安全标准 .....           | 174        |
| 5.9 习题 .....                      | 145        | 7.2 数据库的完整性 .....              | 176        |
| <b>第 6 章 数据库的设计与管理 .....</b>      | <b>146</b> | 7.2.1 数据库完整性问题的提出 .....        | 176        |
| 6.1 数据库设计概述 .....                 | 146        | 7.2.2 完整性基本概念 .....            | 176        |
| 6.1.1 数据库设计 .....                 | 146        | 7.2.3 完整性约束条件 .....            | 177        |
| 6.1.2 数据库系统生命周期 .....             | 147        | 7.2.4 完整性规则和完整性控制 .....        | 178        |
| 6.2 数据库设计的需求分析 .....              | 147        | 7.2.5 参照完整性控制 .....            | 181        |
| 6.2.1 需求调查 .....                  | 148        | 7.2.6 SQL 中的完整性约束机制 .....      | 182        |
| 6.2.2 需求分析 .....                  | 148        | 7.2.7 触发器 .....                | 183        |
| 6.2.3 数据需求分析说明书 .....             | 149        | 7.3 本章小结 .....                 | 185        |
| 6.3 数据库的概念设计 .....                | 149        | 7.4 习题 .....                   | 186        |
| 6.3.1 数据概念设计概述 .....              | 149        | <b>第 8 章 数据库的事务处理 .....</b>    | <b>187</b> |
| 6.3.2 局部概念模式设计 .....              | 151        | 8.1 数据库事务处理 .....              | 187        |
| 6.3.3 局部概念设计综合为全局概念设计——视图集成 ..... | 155        | 8.1.1 事务概念及基本性质 .....          | 187        |
| 6.4 逻辑设计 .....                    | 157        | 8.1.2 事务基本操作与活动状态 .....        | 188        |
| 6.4.1 逻辑设计基本方法 .....              | 158        | 8.1.3 事务处理 SQL 语句 .....        | 189        |
| 6.4.2 EE-R 图向关系模型转换 .....         | 158        | 8.2 并发控制技术 .....               | 190        |
| 6.4.3 关系模型向 RDBMS 支持的数据模型转换 ..... | 161        | 8.2.1 事务的并发执行 .....            | 190        |
| 6.4.4 数据模型优化 .....                | 161        | 8.2.2 并发操作引发的问题 .....          | 191        |
| 6.4.5 关系视图设计 .....                | 162        | 8.2.3 事务的并发控制 .....            | 193        |
| 6.5 数据库的物理设计 .....                | 162        | 8.2.4 封锁 .....                 | 195        |
| 6.5.1 集簇设计 .....                  | 162        | 8.2.5 封锁粒度 .....               | 196        |
| 6.5.2 索引设计 .....                  | 163        | 8.2.6 封锁协议 .....               | 197        |
| 6.5.3 分区设计 .....                  | 163        | 8.2.7 活锁与死锁 .....              | 202        |
| 6.6 数据库管理 .....                   | 164        |                                |            |
| 6.7 本章小结 .....                    | 165        |                                |            |

|                              |            |                                   |            |
|------------------------------|------------|-----------------------------------|------------|
| 8.3 数据库恢复技术.....             | 203        | 11.1.3 应用期.....                   | 235        |
| 8.3.1 数据库故障分类.....           | 204        | 11.2 时间数据基本概念.....                | 235        |
| 8.3.2 数据库恢复技术.....           | 205        | 11.2.1 时态数据.....                  | 236        |
| 8.3.3 数据库恢复策略.....           | 207        | 11.2.2 时间元素.....                  | 236        |
| 8.3.4 数据库的复制与镜像.....         | 208        | 11.2.3 时间粒度.....                  | 238        |
| 8.4 本章小结.....                | 209        | 11.3 三种时间和四种数据库.....              | 240        |
| 8.5 习题.....                  | 209        | 11.3.1 三种基本时间.....                | 240        |
| <b>第9章 分布式数据库.....</b>       | <b>211</b> | 11.3.2 四种数据库.....                 | 242        |
| 9.1 概述.....                  | 211        | 11.4 时态关系操作.....                  | 246        |
| 9.1.1 分布式数据库的起源.....         | 211        | 11.4.1 时态数据库中的关系<br>操作.....       | 246        |
| 9.1.2 分布式数据库的概念.....         | 213        | 11.4.2 历史数据库中的时态<br>关系操作.....     | 247        |
| 9.1.3 分布式数据库系统的<br>设计原则..... | 215        | 11.5 时态数据库查询语言.....               | 251        |
| 9.2 分布式数据库结构设计技术.....        | 216        | 11.5.1 TempSQL 模型及语言.....         | 251        |
| 9.2.1 数据分片.....              | 216        | 11.5.2 TQuel 模型及语言.....           | 251        |
| 9.2.2 数据重复技术.....            | 219        | 11.5.3 TSQL2 语言.....              | 252        |
| 9.2.3 更新传播.....              | 219        | 11.6 时态数据库软件 TimeDB.....          | 253        |
| 9.3 查询处理.....                | 220        | 11.6.1 TimeDB 基础.....             | 253        |
| 9.4 分布事务管理.....              | 221        | 11.6.2 TimeDB 的时态扩展.....          | 254        |
| 9.4.1 事务的恢复控制.....           | 221        | 11.6.3 TimeDB 与商业 DBMS<br>关系..... | 256        |
| 9.4.2 事务的并发控制.....           | 222        | 11.7 本章小结.....                    | 257        |
| 9.5 本章小结.....                | 223        | 11.8 习题.....                      | 258        |
| 9.6 习题.....                  | 223        |                                   |            |
| <b>第二篇 高级篇</b>               |            |                                   |            |
| <b>第10章 数据库新技术概述.....</b>    | <b>224</b> | <b>第12章 实时数据库.....</b>            | <b>259</b> |
| 10.1 数据模型的新特征.....           | 224        | 12.1 实时应用的数据处理.....               | 259        |
| 10.2 数据库系统的新特征.....          | 225        | 12.2 实时数据库简介.....                 | 259        |
| 10.3 现代数据库系统的范畴.....         | 227        | 12.2.1 实时数据库系统定义.....             | 260        |
| 10.4 现代数据库主要领域.....          | 228        | 12.2.2 实时系统的基本特性.....             | 260        |
| 10.5 现代数据库实现途径.....          | 231        | 12.2.3 实时数据库与时态<br>数据库的区别.....    | 260        |
| 10.6 本章小结.....               | 232        | 12.3 实时数据库的特征.....                | 261        |
| 10.7 习题.....                 | 232        | 12.3.1 RTDB 的数据特征.....            | 261        |
| <b>第11章 时态数据库技术.....</b>     | <b>233</b> | 12.3.2 RTDB 的事务特征.....            | 262        |
| 11.1 起源与发展.....              | 233        | 12.4 实时数据库管理系统.....               | 264        |
| 11.1.1 开创期.....              | 233        | 12.4.1 实时数据库系统结构.....             | 264        |
| 11.1.2 发展期.....              | 234        | 12.4.2 实时数据库执行模型.....             | 265        |
|                              |            | 12.5 实时事务模型.....                  | 266        |

|                              |            |                                  |            |
|------------------------------|------------|----------------------------------|------------|
| 12.5.1 实时事务的建模特性 .....       | 266        | 14.2.2 扩充面向对象模型 .....            | 295        |
| 12.5.2 实时事务的分类 .....         | 267        | 14.2.3 面向对象+关系数据<br>模型 .....     | 296        |
| 12.5.3 实时事务的特性 .....         | 267        | 14.2.4 超媒体 .....                 | 297        |
| 12.5.4 嵌套实时事务模型 .....        | 268        | 14.3 多媒体数据组成与元数据 .....           | 297        |
| 12.6 实时事务调度与并发控制 .....       | 269        | 14.4 多媒体数据库查询 .....              | 298        |
| 12.6.1 实时事务调度 .....          | 270        | 14.4.1 多媒体数据库查询例子 .....          | 298        |
| 12.6.2 实时事务的并发控制 .....       | 270        | 14.4.2 多媒体数据库的查询<br>类型 .....     | 299        |
| 12.7 本章小结 .....              | 271        | 14.4.3 查询过程的选择 .....             | 300        |
| 12.8 习题 .....                | 271        | 14.4.4 多媒体数据库查询<br>语言 .....      | 301        |
| <b>第 13 章 主动数据库技术 .....</b>  | <b>273</b> | 14.5 多媒体数据库管理系统 .....            | 302        |
| 13.1 主动数据库的产生 .....          | 273        | 14.5.1 多媒体数据库视图 .....            | 303        |
| 13.1.1 实际应用的主动性<br>需求 .....  | 273        | 14.5.2 物理存储视图 .....              | 304        |
| 13.1.2 主动数据库简介 .....         | 274        | 14.5.3 概念数据视图 .....              | 304        |
| 13.2 主动数据库体系结构 .....         | 274        | 14.5.4 分布视图 .....                | 307        |
| 13.3 主动数据库的实现途径 .....        | 275        | 14.5.5 过滤视图 .....                | 307        |
| 13.4 主动(ECA)规则 .....         | 276        | 14.5.6 用户视图 .....                | 308        |
| 13.4.1 ECA 规则的构成 .....       | 276        | 14.6 本章小结 .....                  | 308        |
| 13.4.2 ECA 规则描述 .....        | 277        | 14.7 习题 .....                    | 309        |
| 13.4.3 事件 .....              | 278        | <b>第 15 章 数据仓库 .....</b>         | <b>310</b> |
| 13.4.4 条件 .....              | 281        | 15.1 数据仓库简介 .....                | 310        |
| 13.4.5 动作 .....              | 283        | 15.1.1 数据仓库的特征 .....             | 311        |
| 13.5 事件监视器 .....             | 283        | 15.1.2 操作数据库系统与<br>数据仓库的区别 ..... | 312        |
| 13.5.1 事件监视器分类 .....         | 284        | 15.1.3 数据仓库类型 .....              | 313        |
| 13.5.2 事件监视器实现机制 .....       | 284        | 15.2 数据仓库组织与体系结构 .....           | 314        |
| 13.6 一个应用实例 .....            | 285        | 15.2.1 数据仓库体系结构 .....            | 314        |
| 13.6.1 SIDSS 系统的结构 .....     | 285        | 15.2.2 数据仓库的数据组织 .....           | 315        |
| 13.6.2 事件的形式化表示 .....        | 286        | 15.2.3 粒度与分割 .....               | 316        |
| 13.6.3 事件处理器的结构 .....        | 287        | 15.2.4 数据仓库的元数据 .....            | 316        |
| 13.7 本章小结 .....              | 289        | 15.3 如何建立数据仓库 .....              | 317        |
| 13.8 习题 .....                | 289        | 15.3.1 数据仓库的开发流程 .....           | 317        |
| <b>第 14 章 多媒体数据库技术 .....</b> | <b>290</b> | 15.3.2 数据仓库设计 .....              | 318        |
| 14.1 多媒体数据及主要技术 .....        | 290        | 15.3.3 数据抽取模块 .....              | 319        |
| 14.1.1 多媒体数据特征 .....         | 290        | 15.3.4 数据维护模块 .....              | 320        |
| 14.1.2 多媒体数据主要技术 .....       | 292        | 15.4 数据仓库应用 .....                | 320        |
| 14.2 多媒体数据模型 .....           | 294        |                                  |            |
| 14.2.1 扩充关系数据模型 .....        | 295        |                                  |            |

|                                |     |                                         |     |
|--------------------------------|-----|-----------------------------------------|-----|
| 15.4.1 OLAP 技术 .....           | 320 | <b>第 18 章 数据库编程基础</b> .....             | 350 |
| 15.4.2 数据挖掘 .....              | 322 | 18.1 数据库产品的选择 .....                     | 350 |
| 15.5 本章小结 .....                | 323 | 18.1.1 数据库产品介绍 .....                    | 350 |
| 15.6 习题 .....                  | 323 | 18.1.2 影响数据库产品选择的因素 .....               | 351 |
| <b>第 16 章 数据库中的协同工作</b> .....  | 325 | 18.2 数据库系统体系结构的选择 .....                 | 353 |
| 16.1 计算机支持的协同工作 .....          | 325 | 18.2.1 集中式模式 .....                      | 354 |
| 16.1.1 CSCW 与群件 .....          | 325 | 18.2.2 二层 C/S 体系结构 .....                | 355 |
| 16.1.2 CSCW 的三要素 .....         | 326 | 18.2.3 Web 的 B/S 体系结构 .....             | 356 |
| 16.1.3 CSCW 研究内容 .....         | 326 | 18.2.4 三层 C/S 和 B/S 体系结构 .....          | 357 |
| 16.1.4 CSCW 应用及分类 .....        | 328 | 18.2.5 C/S 结构与 B/S 结构的比较 .....          | 361 |
| 16.2 基于 XML 的数据库协同工作 .....     | 329 | 18.3 数据库接口标准 .....                      | 362 |
| 16.2.1 XML 特点与基本要素 .....       | 330 | 18.4 数据库访问技术 .....                      | 364 |
| 16.2.2 XML 与关系数据库的结构关系 .....   | 333 | <b>第 19 章 使用 ADO.NET 访问数据库</b> .....    | 366 |
| 16.2.3 CSCW 在异构数据库转换中的作用 ..... | 334 | 19.1 ADO.NET 的工作原理 .....                | 366 |
| 16.3 工作流技术 .....               | 334 | 19.2 创建连接 .....                         | 373 |
| 16.3.1 工作流的定义 .....            | 334 | 19.2.1 创建连接 .....                       | 373 |
| 16.3.2 工作流中的若干概念 .....         | 335 | 19.2.2 Connection 的属性 .....             | 375 |
| 16.3.3 工作流管理系统的分类 .....        | 336 | 19.2.3 Connection 的方法 .....             | 376 |
| 16.3.4 工作流管理系统 (WFMS) .....    | 337 | 19.3 Command 和 DataReader .....         | 376 |
| 16.3.5 WFMC 工作流参考模型 .....      | 337 | 19.3.1 创建 Command 对象 .....              | 377 |
| 16.3.6 主流工作流软件介绍 .....         | 339 | 19.3.2 Command 对象的属性 .....              | 378 |
| 16.4 本章小结 .....                | 340 | 19.3.3 Command 的方法及 DataReader 对象 ..... | 380 |
| 16.5 习题 .....                  | 341 | 19.4 数据适配器 DataAdapter 对象 .....         | 381 |
| <b>第三篇 实践篇</b>                 |     | 19.4.1 创建 DataAdapter 对象 .....          | 381 |
| <b>第 17 章 数据库设计实例</b> .....    | 342 | 19.4.2 DataAdapter 的属性 .....            | 382 |
| 17.1 需求分析 .....                | 342 | 19.4.3 DataAdapter 的方法 .....            | 383 |
| 17.2 概念设计 .....                | 344 | 19.5 数据集 .....                          | 384 |
| 17.3 逻辑设计 .....                | 345 | 19.5.1 创建数据集 .....                      | 384 |
| 17.4 物理设计 .....                | 347 | 19.5.2 数据集的方法 .....                     | 385 |
| 17.4.1 关系模式的存取方法 .....         | 347 | 19.5.3 数据表及数据行 .....                    | 386 |
| 17.4.2 数据库的存储结构 .....          | 348 | 19.6 显示及更新数据库记录 .....                   | 386 |
| 17.5 安全设计 .....                | 348 | 19.7 本章小结 .....                         | 395 |
|                                |     | 19.8 习题 .....                           | 395 |

---

|                          |     |                            |     |
|--------------------------|-----|----------------------------|-----|
| 第 20 章 实验 .....          | 397 | 20.3 实验三 数据库设计 .....       | 406 |
| 20.1 实验一 熟悉数据库产品环境 ..... | 397 | 20.3.1 规划数据库设计方案 .....     | 406 |
| 20.2 实验二 SQL 语言实验 .....  | 403 | 20.3.2 数据库设计 .....         | 407 |
| 20.2.1 数据库查询环境 .....     | 403 | 20.4 实验四 熟悉 ADO.NET 连接     |     |
| 20.2.2 建立数据库和数据库数据       |     | 数据库的简单编程 .....             | 407 |
| 的插入、修改及删除 .....          | 405 | 20.4.1 ADO.NET 工作原理实践 .... | 407 |
| 20.2.3 数据查询类的 SQL 语句     |     | 20.4.2 ADO.NET 工具实践 .....  | 408 |
| 的高级功能 .....              | 406 | 附录 设计工具资源列表 .....          | 409 |

# 第一篇 基础篇

## 第 1 章 数据库系统概论

本章主要介绍数据库系统这门学科中的一些重要概念、基本特点和主要内容，帮助初学者对于将要学习的课程有一个大致的了解和整体的把握，从而为后面学习奠定一个良好基础。需要指出的是，本章对于整个课程具有基础性的意义，因此它对全面正确认识数据库系统的特征与功能、把握数据库原理与技术都是相当重要的。但由于本章引入的概念和术语较多，内容不免会显得有些单调、抽象和枯燥，可能导致用户对有些知识点一时不能充分理解。这可以看作是很自然的现象，不必过于担心，因为这一章本身对于整个教材内容只具提纲挈领的作用，许多基本的课题将会在以后学习中进一步展开，那时再回过头来思考相应问题，就会有更深入的了解和更充分的认识。

### 1.1 数据库技术的产生与发展

世界上第一台真正意义上的电子计算机在 1946 年诞生于美国宾西法尼亚大学的摩尔学院，其正式名称为 Electronic Numerical Integrator and Computer，简称为 ENIAC。ENIAC 当时主要用于弹道计算、火力表测试及科学研究。随着计算机理论研究的深入和计算机技术的发展，从 20 世纪 50 年代开始，计算机应用由军事和科学研究领域逐渐扩展到行政和企事业部门。这种扩展的重要标志就是计算机的主要应用范围由特定的科学计算转变到一般的数据及事务处理。伴随着这种转变的逐步深入，以数据处理为核心的数据库技术随之发展与成熟起来，成为计算机科学技术与应用中最为广泛和最为重要的领域之一。

所谓数据处理，就是从已有数据出发，经过适当加工处理得到新的所需要的数据。数据加工处理一般分为数据计算和数据管理两部分。数据计算相对简单，而数据管理却比较复杂，是数据处理过程的主要内容与核心部分，因而数据处理在本质上可以看作就是数据管理。一般认为，数据管理主要是指数据的收集、整理、组织、存储、维护、检索和传送等操作，这些操作都是数据处理业务中重要的和必不可少的基本环节。从数据管理角度来看，计算机数据处理技术经历了如下 4 个阶段：

- (1) 人工管理阶段。
- (2) 文件系统阶段。
- (3) 数据库系统阶段。
- (4) 高级数据库阶段。

### 1.1.1 数据管理的 4 个发展阶段

任何数据管理系统的产生与发展以及在实际应用中所能提供的功能都取决于两方面的因素:

- 实际应用的需求,即实践中对数据管理的要求达到什么程度。
- 承载平台的功能,即硬件功能是否强大,软件环境是否完善。

数据管理的 4 个发展阶段可以认为是围绕着这两个方面进行的。

#### 1. 人工管理阶段

自 1946 年计算机问世后,在一段时间内,人们主要利用它进行科学计算,其他方面的工作基本上没有展开。数据的人工管理阶段出现在 1953 年~1955 年之间。在此期间,人们逐步认识到,数据管理中有许多工作是机械的和重复的,而机械的事情当然最适合于机器来做,因此使用计算机管理数据就成为一种自然的考虑与趋势。当时硬件状况是没有可供直接访问的磁盘等存储设备,外存只有卡片机、磁带机;没有键盘,鼠标,只有“开始”、“停止”等简单控制计算机的按钮。在软件环境中,没有通用的操作系统,只有汇编语言;没有数据管理方面的软件,只有数据批处理方式。

人工管理的优点就是使用计算机管理数据,速度加快,效率提高。但其基本特征(现在看来也是其缺陷)就是数据与应用一一对应,基于物理方式存取数据,用户必须掌握数据在计算机中确切的存储地址和存取方式。具体来说就是:

- 数据不保存 由于主要用于科学计算,一般不需要将数据长期保存。计算某一课题时将数据输入,计算完毕之后就将数据撤走,对于用户提供的数据是如此处置,对于系统软件运行过程中产生的数据也是同样办理。
- 应用程序管理数据 由于没有相应软件系统完成数据的管理工作,应用程序不仅要规定好数据的逻辑结构,还要设计出数据物理结构,如存储结构、存取路径和输入方法等。
- 数据无共享 由于数据面向应用程序,一组数据只能对应一个程序。在出现多个不同程序涉及相同数据这一常见现象时,必须各自定义,难以相互参照利用,造成程序之间大量数据冗余。
- 数据不独立 由于应用程序管理数据,当数据的逻辑结果和物理结构变动时,必须对应用程序进行相应改变,使用户的负担相当沉重。

人工管理阶段数据与应用程序间的对应关系如图 1.1 所示。

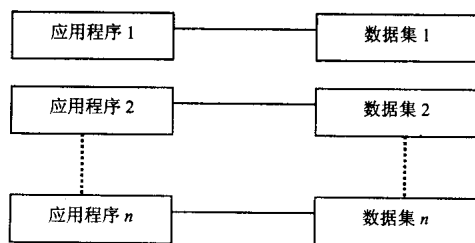


图 1.1 人工管理阶段数据与应用程序间的对应关系

## 2. 文件系统阶段

采用文件系统处理数据是从 20 世纪 50 年代中期到 60 年代中期, 大约 10 年左右。在这一段时期, 计算机不仅用于科学计算, 同时也开始用于信息处理。由于信息量逐渐增加, 数据存储、数据检索和数据维护已经成为实际应用中的迫切需要, 随之而来的就是数据结构和数据管理技术的兴起与发展。在这个阶段, 硬件情形有了很大的改进, 出现了磁盘、磁鼓等直接存储设备。软件方面高级语言和操作系统相继出现; 而且在操作系统中也有了专门的数据管理软件, 一般将其称为文件系统; 数据处理不仅有批处理的作业方式, 还有共享的实时处理方式。

文件系统处理数据具有下述特点:

- 数据长期保存 由于大量使用计算机进行数据处理, 而其中一个关键问题就是需要反复进行查询和更新(插入、删除和修改)等基本操作, 因此数据就以文件形式长期保留在计算机外部存储设备当中。
- 数据组织成相互独立的数据文件 即可以按照文件名访问数据。
- 应用程序与数据文件间存在多对多的关系 即一个应用程序可以使用多个数据文件, 一个数据文件也可以被多个应用程序所使用。
- 具有一定的共享性 然而此时文件共享只是对于某一类应用而言, 范围不够广泛, 距人们对数据处理所期望的共享性尚有距离。

文件系统阶段中应用程序与数据之间的关系如图 1.2 所示。

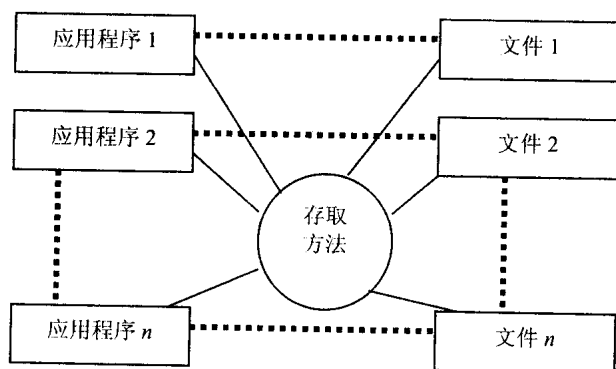


图 1.2 文件系统阶段中应用程序与数据之间的关系

## 3. 数据库系统阶段

进入 20 世纪 60 年代, 随着计算机应用领域的日益拓展, 计算机用于数据管理的规模越来越大, 基于文件系统的数据库管理技术无法满足实际应用广泛而又迫切的需要。在这一时期, 计算机硬件技术得到了飞速发展, 大容量磁盘、磁盘阵列等基本的数据存储技术日益成熟, 有效的存储硬件陆续进入市场, 同时价格却在不断下降; 同时许多厂家和公司竞相投入到数据库管理技术的开发与研制当中, 软件环境迅速完善。在迫切的实际需求和良好的硬、软件环境中, 数据库系统应运而生。

与人工管理和文件系统相比, 数据库系统主要有如下主要特点。

### (1) 数据高度结构化

数据结构化是数据库系统与文件管理系统的根本区别。从整体上讲, 文件系统的数据