

数据库系统基础

高级篇 (第5版)

Fundamentals of Database Systems

Fifth Edition

[美] Ramez Elmasri Shamkant B. Navathe 著
邵佩英 徐俊刚 王文杰 等译



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

TP311.13
457
12高



图灵计算机科学丛书

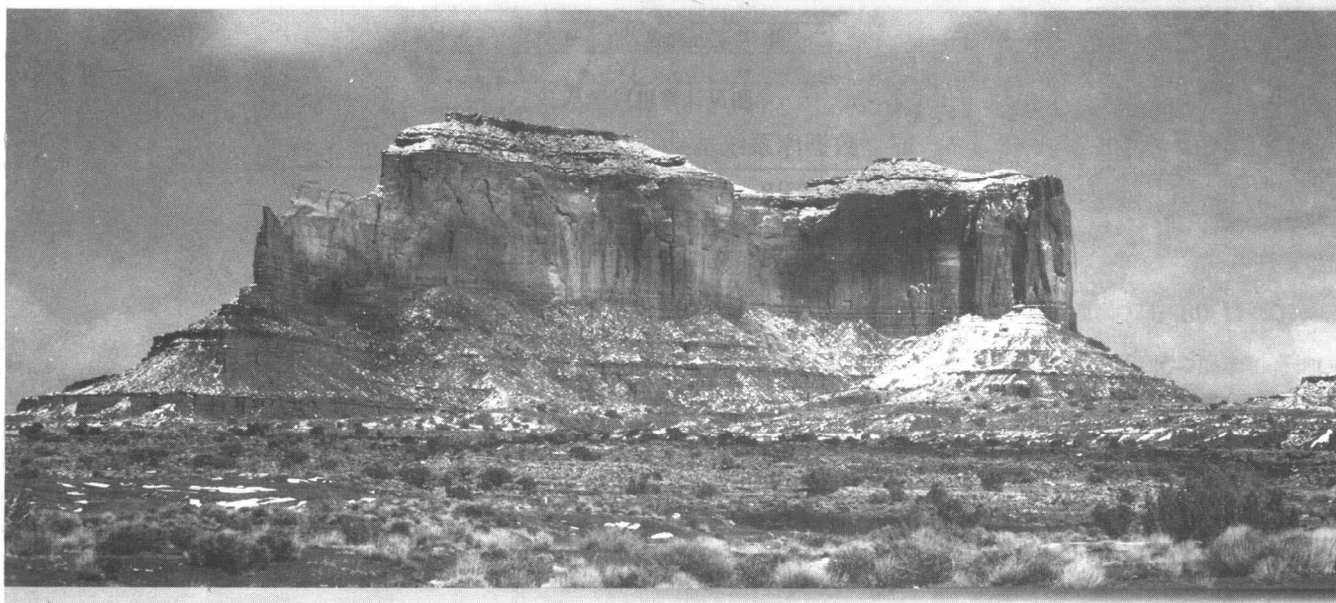
数据库系统基础

高级篇 (第5版)

Fundamentals of Database Systems

Fifth Edition

[美] Ramez Elmasri Shamkant B. Navathe 著
邵佩英 徐俊刚 王文杰 等译



人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

数据库系统基础: 第5版. 高级篇 / (美) 埃尔姆斯里 (Elmasri, R. E.), (美) 内瓦西 (Navathe, S. B.) 著; 邵佩英等译. —北京: 人民邮电出版社, 2008.1
(图灵计算机科学丛书)
ISBN 978-7-115-17160-3

I. 数… II. ①埃…②内…③邵… III. 数据库系统-理论-教材 IV. TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 174735 号

内 容 提 要

本书是一本讲述数据库系统原理的经典教材, 重点强调了数据库的设计与实现。全书分为4部分。第一部分讲述事务处理的概念、并发控制技术和数据库恢复技术; 第二部分讲述面向数据库的概念、语言、设计及对象-关系和扩展-关系系统; 第三部分主要描述了数据库安全和客户-服务器体系结构; 第四部分简要介绍了XML、数据挖掘和数据仓库等几种新兴技术。

本书是高等院校计算机及相关专业本科生、研究生数据库系统课程的理想教材, 也是对相关技术人员非常有价值的参考书。

图灵计算机科学丛书

数据库系统基础: 高级篇 (第5版)

-
- ◆ 著 [美] Ramez Elmasri Shamkant B. Navathe
译 邵佩英 徐俊刚 王文杰等
责任编辑 杨海玲 刘 静
 - ◆ 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>
北京艺辉印刷有限公司印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 19.75
字数: 585千字 2008年1月第1版
印数: 1-4000册 2008年1月北京第1次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2007-1969 号

ISBN 978-7-115-17160-3/TP

定价: 49.00 元

读者服务热线: (010)88593802 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

版 权 声 明

Authorized translation from the English language edition, entitled *Fundamentals of Database Systems, Fifth Edition*, 9780321369574 by Ramez Elmasri and Shamkant B. Navathe, published by Pearson Education, Inc., publishing as Addison Wesley, Copyright © 2007 by Ramez Elmasri and Shamkant B. Navathe.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

CHINESE SIMPLIFIED language edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD. and POSTS & TELECOM PRESS Copyright © 2007.

本书中文简体字版由 Pearson Education Asia Ltd. 授权人民邮电出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

本书封面贴有 Pearson Education（培生教育出版集团）激光防伪标签，无标签者不得销售。
版权所有，侵权必究。

译者序

近几年来,许多出版社影印和翻译了多种数据库系统方面的教材,我们也曾与中国人民大学张坤龙等老师一起翻译了《数据库系统基础》的第3版。凭借多年来从事数据库课程教学的实践经验,我们认为Elmasri和Navathe的《数据库系统基础》是一本出色的、系统的、先进的、实用的数据库课程教科书。它清晰地阐述了数据库系统理论和设计问题,内容极为充实,广泛涵盖了所有涉及数据库系统设计、实现和管理的诸多专题。全书贯穿两个实例COMPANY和UNIVERSITY,引入了最新的现代数据库技术,使得读者能够使用同一个应用来比较不同的方法。我们初步阅读Elmasri和Navathe的《数据库系统基础》第5版时,发现它对全书又做了完善性修改和更新,适时地反映了数据库技术和应用开发的最新发展趋势,而且它新增了一些应用实例使读者可以参与其中,章后练习题和新的实验题又可以让读者获得基于现代数据库的技术,如Oracle、MySQL和SQL Server,以及了解使用PHP和XML的Web数据库编程,获得建造数据库应用系统的实践经验。《数据库系统基础》是从技术角度介绍数据库系统的权威教材,它既适合于研究生使用又适合于本科生使用,更为相关教师提供了足够丰富的数据库课程教学素材。当然,《数据库系统基础》一书也是从事数据库技术研究和应用开发人员的良师益友。

这就是为什么我们要花费大量精力和时间来翻译《数据库系统基础》一书的原因。

《数据库系统基础》一书包括8个部分和5个附录。从第一部分开始,介绍了为更好地掌握数据库设计与实现所需的基本概念,以及数据库系统中用到的概念建模技术。第二部分到第四部分深入讲解了数据库系统基础中最重要的几个方面,包括关系模型的概念、约束、语言、设计和编程,数据库设计理论和方法学,数据存储、索引、查询处理和物理设计。第五部分和第六部分是数据库系统的高级专题,包括:事务处理、并发控制、恢复技术,以及对象和对象-关系数据库,并给出了如何用SQL实现这些概念。第七部分和第八部分作为结束,对诸如数据库安全性,适应高级应用的增强数据模型,分布式数据库及三层客户-服务器体系结构,以及XML、Web数据库、数据挖掘、数据仓库、移动数据库、多媒体数据库、地理信息系统、基因数据管理等新兴技术作了介绍。附录A给出许多可选用的显示ER或EER模式的图形记号,附录B给出磁盘的一些重要物理参数,附录C给出最早的图形化查询语言之一——示例查询(Query-By-Example, QBE)语言的概述,附录D和附录E介绍基于层次数据模型和网状数据模型的传统数据库系统(<http://www.aw.com/elmasri>)。

《数据库系统基础》一书分为“初级篇”和“高级篇”两册:“初级篇”包括第一部分到第四部分及附录,可以作为“数据库导论课程”的教材;“高级篇”包括第五部分到第八部分及附录,可以作为“数据库高级课程”的教材。当然,正如在前言中所述,讲授一门数据库课程有许多种不同的方式,各位教师可根据课程侧重点的不同,以及根据学生的背景和需求组织教学内容。可以跳过那些选择性的章,也可以添加书中其余部分的章节以便充实课程。

本书的翻译和审校由中国科学院研究生院信息学院邵佩英教授、徐俊刚副教授和王文杰副教授共同组织完成。参加翻译的还有(按姓氏笔画为序)裴莹、陈明、丁杰、林欢欢、余清、张坤、张

颖和周良等。全书由邵佩英教授负责统一定稿。由于水平有限，翻译难免存在不当之处，恳请读者批评指正。

本书翻译过程中曾得到中国科学院高能物理所李伯民研究员的关心和指导，得到我院研究生王辉、祝孔强、阚劲松的帮助，在此向他们表示衷心的感谢。

译者
中国科学院研究生院信息学院
2007年10月

前言

*Fundamentals of Database Systems, Fifth Edition*一书^①介绍了在设计、使用 and 实现数据库系统及应用时所需的基本概念，重点强调了数据库建模与设计的基础、数据库管理系统提供的语言和工具，以及系统实现技术。本书主要阐述数据库的高级主题，旨在作为研究生的数据库系统实现课程的教材或教学参考书，故要求阅读本书的读者具备数据库系统的基本概念、术语，数据库概念、建模原则，关系数据模型和关系型DBMS，数据库设计，数据库系统中使用的物理文件结构和存取方法等方面的基础知识。此外，本书假定读者已熟悉基本的程序设计和数据结构的概念，并对基本的计算机组成知识有所了解。

本书从第一部分和第二部分深入讲解了事务处理以及对象和对象-关系数据库的内容，第三部分和第四部分对数据挖掘、XML、安全、Web数据库等新兴技术进行介绍。

以下是第5版的主要特色：

- 本书内容的组织遵循独立性和灵活性原则，可以根据个人需要进行取舍。
- 对每章末尾的习题集进行了更新和扩充。
- 更新了安全、移动数据库、GIS和生物信息学数据管理方面的内容。
- 提供了一个辅助网站 (<http://www.aw.com/elmasri>)，其中包括可以装载到各种类型关系数据库中的数据，以便学生更好地进行实验题。
- 对补充资料进行了重要的修订，包括为教师和学生准备的一组资料，例如PowerPoint幻灯片和书中的图表，以及带有答案的教师指导手册。

与第4版的主要区别

第5版对全书内容的组织结构改动较少，主要改动集中于对单独某一章的改进上。主要改动如下：

- 更新了第7章关于安全的部分。
- 新增了第10章，介绍使用PHP脚本语言的Web数据库编程。
- 修订了第14章中关于新兴数据库技术和应用的内容，以反映移动数据库、地理信息系统和基因数据管理方面的新成就。
- 给出了一种新设计，这种设计增强了书中插图的视觉效果，并对各种属性和实体类型使用了特殊字体，从而增强了可读性和可理解性。

第5版的内容

第一部分讨论事务处理、并发控制和恢复技术，还讨论了如何用SQL实现这些概念。

第二部分全面介绍对象数据库和对象-关系系统。第4章讨论面向对象的概念；第5章详细介绍

^① 在本书翻译出版过程中，为考虑与国内数据库教学内容的接轨，将*Fundamentals of Database Systems, Fifth Edition*分两册翻译出版，一本是您正在阅读的本书，另一本是本书的姊妹篇《数据库系统基础：初级篇》，后者主要对数据库的DBMS的概念、术语和体系结构，ER模型和ER图的概念，数据抽象和语义数据建模的概念，UML类图表示法，基本关系模型，关系代数和关系演算，SQL，规范化，磁盘上组织记录文件的主要方法，文件的索引技术，查询处理与优化，以及物理数据库的设计与调优进行了介绍。——编者注

ODMG对象模型，以及与之相关的ODL和OQL；第6章描述如何扩展关系数据库，使其能够引入面向对象的概念，同时介绍对象-关系系统的特性，并回顾SQL 3标准的一些特性以及嵌套关系数据模型。

第三部分和第四部分讨论了一些高级主题。第7章给出了数据库安全的概述，其中包括使用SQL命令进行授权（GRANT）和取消权限（REVOKE）的自主访问控制模型，以及涉及用户分类和多实例化的强制访问控制模型，还介绍扩展的安全控制措施，如访问控制、推理控制、信息流控制和数据加密，还有隐私，以及尚未解决的安全问题；第8章讨论一些用于高级应用的增强型数据库模型，其中包括主动数据库与触发器，还有时态数据库、空间数据库、多媒体数据库以及演绎数据库；第9章介绍分布式数据库以及三层客户-服务器体系结构；第10章是新增的一章，介绍使用PHP的Web数据库编程；第11章介绍可扩展标记语言（eXtensible Markup Language, XML），其中说明了XML的概念，并将XML模型与传统数据库模型进行了比较；第12章介绍数据挖掘，概述了数据挖掘和知识发现的过程，讨论了关联规则挖掘、分类及聚类算法，并简要介绍了其他方法及商业工具；第13章介绍数据仓库的概念；最后，第14章介绍移动数据库、多媒体数据库、地理信息系统（Geographic Information Systems, GIS）以及生物信息学中的基因（Genome）数据管理。

附录A给出了展示基本的ER或EER模式时还可选用的其他一些图示表示法。如果教师认为必要，可以用这些表示法替代书中所用的表示法。附录B给出了关于磁盘的一些重要的物理参数。附录C概述了QBE图形查询语言。附录D和附录E^①（在本书的辅助网站<http://www.aw.com/elmasris>中也可找到）讨论了基于分层和网状数据模型的遗留数据库系统。这些已经使用了30多年的数据库系统是现今许多商业数据库应用和事务处理系统的基础，要完全取代它们还需要数十年。我们认为，对于学习数据库管理的学生来说，了解这些存在已久的方法也是很重要的。

补充资料

本书的所有使用者均可获得辅助资料。

- 在网站<http://www.aw.com/cssupport>上提供了PowerPoint幻灯片和图。
- 得到确认的教师可以获得习题答案。请访问Addison-Wesley的教师资源中心（<http://www.aw.com/irc>），联系当地的Addison-Wesley销售代表或者发送电子邮件到computing@aw.com以获取如何获得习题答案的信息。

致谢

非常荣幸能够向这么多人致谢，感谢他们对本书的帮助与贡献。首先要感谢本书的编辑Matt Goldstein及Katherine Harutunian。特别要感谢第5版的首席编辑Matt Goldstein所付出的努力及给予的帮助。我们还要感谢Addison-Wesley的那些为第5版做出贡献的人们：Michelle Brown、Gillian Hall、Patty Mahtani、Maite Suarez-Rivas、Bethany Tidd和Joyce Cosentino Wells。我们感谢Gillian Hall完成了本书的内部设计，包括版式、字体和艺术设计方面非常细致的工作，正是她周全的考虑，我们才有了如此美观的书。

我们感谢为本书作出贡献的审稿人：

Hani Abu-Salem, 迪保罗大学

Jamal R. Alsabbagh, 大河谷州立大学

Ramzi Bualuan, 圣母大学

Soon Chung, 赖特州立大学

Sumali Conlon, 密西西比大学

^① 附录D和附录E请在图灵网站（www.turingbook.com）本书主页下载。——编者注

Hasan Davulcu, 亚利桑那州立大学

James Geller, 新泽西理工学院

Le Gruenwald, 俄克拉何马大学

Latifur Khan, 得克萨斯大学达拉斯分校

Herman Lam, 佛罗里达大学

Byung S.Lee, 佛蒙特大学

Donald Sanderson, 东田纳西州立大学

Jamil Saquer, 西南密苏里州立大学

Costas Tsatsoulis, 堪萨斯大学

Jack C. Wileden, 马萨诸塞大学阿默斯特分校

感谢Raj Sunderraman与我们一起完成了本书的实验部分并设计了实验题。旧金山大学的Salman Azar也贡献了部分习题。

Sham Navathe要向他佐治亚理工学院的学生们致谢: Saurav Sahay、Liora Sahar、Fariborz Farahmand、Nalini Polavarapu、Wanxia Xie、Ying Liu以及Gaurav Bhatia。Ed Omiecinski也曾提供了有价值的建议和修正。

我们还要再次感谢曾经审阅本书以及为本书前几版做出过贡献的人们。

- 第1版。Alan Apt (编辑)、Don Batory、Scott Downing、Dennis Heimbinger、Julia Hodges、Yannis Ioannidis、Jim Larson、Dennis McLeod、Per-Ake Larson、Rahul Patel、Nicholas Roussopoulos、David Stemple、Michael Stonebraker、Frank Tompa和Kyu-Young Whang。
 - 第2版。Dan Joraanstad (编辑)、Rafi Ahmed、Antonio Albano、David Beech、Jose Blakeley、Panos Chrysanthis、Suzanne Dietrich、Vic Ghorpadey、Goets Graefe、Eric Hanson、Junguk L.Kim、Roger King、Vram Kouramajian、Vijay Kumar、John Lowther、Sanjay Manchanda、Toshimi Minoura、Inderpal Mumick、Ed Omiecinski、Girish Pathak、Raghu Ramakrishnan、Ed Robertson、Eugene Sheng、David Stotts、Marianne Winslett以及Stan Zdonick。
 - 第3版。Maite Suarez-Rivas和Katherine Harutunian (编辑)、Suzanne Dietrich、Ed Omiecinski、Rafi Ahmed、Francois Bancilhon、Jose Blakeley、Rick Cattell、Ann Chervenak、David W.Embley、Henry A. Etlinger、Leonidas Fcgaras、Dan Forsyth、Farshad Fotouhi、Michael Franklin、Sreejith Gopinath、Goetz Craefe、Richard Hull、Sushil Jajodia、Ramesh K. Karne、Harish Kotbagi、Vijay Kumar、Tarcisio Lima、Ramon A. Mata-Toledo、Jack McCaw、Dennis McLeod、Rokia Missaoui、Magdi Morsi、M.Narayanaswamy、Carlos Ordonez、Joan Peckham、Betty Salzberg、Ming-Chien Shan、Junping Sun、Rajshekhar Sunderraman、Aravindan Veerasamy以及Emilia E.Villareal。
 - 第4版。Maite Suarez-Rivas、Katherine Harutunian、Daniel Rausch以及Juliet Silveri (编辑); Phil Bernhard、Zhengxin Chen、Jan Chomicki、Hakan Ferhatosmanoglu、Len Fisk、William Hankley、Ali R.Hurson、Vijay Kumar、Peretz Shoval、Jason T.L. Wang (审稿人); Ed Omiecinski (协助完成了第27章); 得克萨斯大学阿灵顿分校的贡献者有Hyoil Han、Babak Hojabri、Jack Fu、Charley Li、Ande Swathi以及Steven Wu; 佐治亚理工学院的贡献者有Dan Forsythe、Weimin Feng、Angshuman Guin、Abrar Ul-Haque、Bin Liu、Ying Liu、Wanxia Xie以及Waigen Yee。
- 最后, 我们真诚地感谢我们的家人所给予的支持、鼓励和耐心。

R.E.
S.B.N.

目 录

第一部分 事务处理的概念

第1章 事务处理的概念与理论简介..... 2

1.1 事务处理简介..... 2	
1.1.1 单用户系统与多用户系统..... 2	
1.1.2 事务、读写操作和DBMS缓冲区... 3	
1.1.3 并发控制的必要性..... 4	
1.1.4 恢复的必要性..... 6	
1.2 事务和系统概念..... 6	
1.2.1 事务状态及附加操作..... 7	
1.2.2 系统日志..... 7	
1.2.3 事务的提交点..... 8	
1.3 事务的描述特性..... 8	
1.4 描述基于可恢复性调度的特征..... 9	
1.4.1 事务的调度(历史)..... 9	
1.4.2 描述基于可恢复性调度的特征... 10	
1.5 描述基于可串行性调度的特征..... 11	
1.5.1 串行、非串行和冲突-可串行化 调度..... 11	
1.5.2 测试调度的冲突可串行性..... 14	
1.5.3 可串行性的用途..... 16	
1.5.4 视图等价和视图可串行性..... 17	
1.5.5 调度等价性的其他类型..... 18	
1.6 SQL中的事务支持..... 18	
小结..... 19	
复习题..... 20	
练习题..... 20	
参考文献..... 21	

第2章 并发控制技术..... 22

2.1 并发控制的两阶段加锁技术..... 22	
2.1.1 锁类型与系统锁表..... 22	
2.1.2 通过两阶段加锁保证可串行性... 26	
2.1.3 死锁和饥饿处理..... 27	
2.2 基于时间戳顺序的并发控制..... 29	
2.2.1 时间戳..... 29	
2.2.2 时间戳排序算法..... 30	
2.3 多版本并发控制技术..... 31	
2.3.1 基于时间戳排序的多版本技术... 31	

2.3.2 使用验证锁的多版本两阶段 加锁..... 32	
2.4 确认(乐观的)并发控制技术..... 32	
2.5 数据项粒度和多粒度加锁..... 33	
2.5.1 加锁的粒度级别考虑..... 34	
2.5.2 多粒度级别加锁..... 34	
2.6 索引中使用加锁进行并发控制..... 36	
2.7 并发控制的其他问题..... 37	
2.7.1 插入、删除以及幻像记录..... 37	
2.7.2 交互式事务..... 38	
2.7.3 锁存器..... 38	
小结..... 38	
复习题..... 38	
练习题..... 39	
参考文献..... 39	

第3章 数据库恢复技术..... 41

3.1 恢复概念..... 41	
3.1.1 恢复概述和恢复算法的分类..... 41	
3.1.2 磁盘块的高速缓存(缓冲)..... 42	
3.1.3 先写日志、潜入/非潜入和强制/ 非强制..... 42	
3.1.4 系统日志中的检查点和模糊 检查点..... 43	
3.1.5 事务回滚..... 44	
3.2 基于延迟更新的恢复技术..... 45	
3.2.1 单用户环境下使用延迟更新的 恢复..... 46	
3.2.2 多用户环境下并发执行的延迟 更新..... 46	
3.2.3 不影响数据库的事务活动..... 48	
3.3 基于即时更新的恢复技术..... 48	
3.3.1 单用户环境下基于即时更新的 UNDO/REDO恢复..... 49	
3.3.2 多用户环境下基于即时更新的 UNDO/REDO恢复..... 49	
3.4 镜像分页..... 49	
3.5 ARIES恢复算法..... 50	
3.6 多数据库系统中的恢复..... 53	

3.7 数据库备份和灾难性故障恢复	53
小结	54
复习题	54
练习题	55
参考文献	57

第二部分 对象和对象-关系数据库

第4章 面向对象数据库的概念

4.1 面向对象的概念	61
4.2 对象标识、对象结构和类型构造器	63
4.2.1 对象标识	63
4.2.2 对象结构	63
4.2.3 类型构造器	66
4.3 操作、方法和持久性的封装	67
4.3.1 通过类操作指定对象行为	67
4.3.2 通过命名和可达性指定对象的持久性	69
4.4 类型、类层次和继承	70
4.4.1 类型层次和继承	70
4.4.2 对应于类型层次的外延约束	72
4.5 复杂对象	72
4.5.1 非结构化复杂对象和类型可扩展性	73
4.5.2 结构化复杂对象	73
4.6 其他面向对象的概念	74
4.6.1 多态性(操作符重载)	74
4.6.2 多重继承与选择性继承	75
4.6.3 版本和配置	75
小结	76
复习题	76
练习题	77
参考文献	77

第5章 对象数据库标准、语言和设计

5.1 ODMG对象模型概述	79
5.1.1 对象和文字	79
5.1.2 汇集对象的内置接口	83
5.1.3 原子(用户定义)对象	85
5.1.4 接口、类和继承	86
5.1.5 类外延、码和工厂对象	86
5.2 对象定义语言(ODL)	88
5.3 对象查询语言(OQL)	92
5.3.1 简单OQL查询、数据库入口点和迭代变量	92
5.3.2 查询结果和路径表达式	93
5.3.3 OQL的其他特性	95

5.4 C++语言绑定概述	98
5.5 对象数据库概念设计	99
5.5.1 ODB与RDB概念设计的区别	99
5.5.2 EER模式到ODB模式的映射	100
小结	101
复习题	102
练习题	102
参考文献	102

第6章 对象-关系和扩展-关系系统

6.1 SQL及其对象-关系特性概述	104
6.1.1 SQL标准及其组件	104
6.1.2 SQL-99中的对象-关系支持	105
6.1.3 SQL中一些新操作和特性	109
6.2 数据模型的演变和数据库技术的发展趋势	109
6.3 Informix Universal Server	110
6.3.1 可扩展数据类型	111
6.3.2 支持用户定义例程	112
6.3.3 支持继承	113
6.3.4 支持索引扩展	115
6.3.5 支持外部数据源	115
6.3.6 支持数据刀片应用编程接口	115
6.4 Oracle 8的对象-关系特性	118
6.4.1 Oracle对象-关系特性的一些示例	118
6.4.2 管理大对象以及其他存储特性	119
6.5 扩展类型系统的实现和相关问题	120
6.6 嵌套关系数据模型	120
小结	122
参考文献	122

第三部分 高级主题: 安全性、高级建模和分布式

第7章 数据库的安全性

7.1 数据库安全性问题简介	126
7.1.1 安全性的类型	126
7.1.2 控制措施	127
7.1.3 数据库安全性和DBA	128
7.1.4 访问保护、用户账户和数据库审计	128
7.2 基于授予和收回权限的自主访问控制	129
7.2.1 自主性权限的类型	129
7.2.2 使用视图指定权限	130

7.2.3	收回权限	130
7.2.4	使用GRANT OPTION选项 传播权限	130
7.2.5	一个示例	130
7.2.6	指定权限传播的限定	131
7.3	多级安全性的强制访问控制和基于角 色访问控制	132
7.3.1	自主访问控制与强制访问控制 的比较	134
7.3.2	基于角色的访问控制	134
7.3.3	XML访问控制	135
7.3.4	电子商务和Web的访问控制 策略	135
7.4	统计数据库的安全性简介	136
7.5	流控制简介	137
7.6	加密和公钥构架	138
7.6.1	数据加密标准和高级加密 标准	138
7.6.2	公钥加密	138
7.6.3	数字签名	139
7.7	保密性问题和保护	140
7.8	数据库安全性所面临的挑战	140
7.8.1	数据质量	140
7.8.2	知识产权	140
7.8.3	数据库生存能力	140
小结	.....	141
复习题	.....	141
练习题	.....	142
参考文献	.....	142

第8章 面向高级应用的增强数据模型

8.1	主动数据库概念和触发器	145
8.1.1	主动数据库和Oracle触发器的 一般模型	145
8.1.2	主动数据库的设计和实现	148
8.1.3	STARBURST系统中使用语句 级主动规则的示例	150
8.1.4	主动数据库的潜在应用	151
8.1.5	SQL-99中的触发器	152
8.2	时态数据库概念	152
8.2.1	时间表示法、日历和时间维	153
8.2.2	使用元组版本化在关系数据库 中加入时间	154
8.2.3	使用属性版本化在面向对象 数据库中加入时间	159
8.2.4	时态查询构造与TSQL2语言	160
8.2.5	时间序列数据	161

8.3	空间和多媒体数据库	162
8.3.1	空间数据库概念介绍	162
8.3.2	多媒体数据库概念介绍	163
8.4	演绎数据库介绍	164
8.4.1	演绎数据库概述	164
8.4.2	Prolog/Datalog表示法	165
8.4.3	Datalog表示法	166
8.4.4	子句形式与Horn子句	167
8.4.5	规则解释	168
8.4.6	Datalog程序及其安全性	169
8.4.7	关系操作的使用	171
8.4.8	非递归Datalog查询的估算	172
小结	.....	173
复习题	.....	174
练习题	.....	174
参考文献	.....	177

第9章 分布式数据库和客户-服务器

体系结构

9.1	分布式数据库概念	178
9.1.1	并行与分布式技术	179
9.1.2	分布式数据库的优势	180
9.1.3	分布式数据库的附加功能	181
9.2	分布式数据库设计的数据分片、复制 和分配技术	182
9.2.1	数据分片	182
9.2.2	数据复制和分配	184
9.2.3	分片、分配和复制示例	185
9.3	分布式数据库系统的类型	187
9.4	分布式数据库中的查询处理	189
9.4.1	分布式查询处理的数据传输 代价	189
9.4.2	使用半连接的分布式查询 处理	191
9.4.3	查询和更新分解	191
9.5	分布式数据库中并发控制和恢复概述	193
9.5.1	基于识别数据项副本的分布式 并发控制	194
9.5.2	基于投票方法的分布式并发 控制	195
9.5.3	分布式恢复	195
9.6	三层客户-服务器体系结构概述	195
9.7	Oracle分布式数据库	197
小结	.....	199
复习题	.....	199
练习题	.....	200
参考文献	.....	201

第四部分 新兴技术

第10章 使用PHP进行Web数据库

程序设计.....204

- 10.1 结构化、半结构化以及非结构化数据.....204
- 10.2 一个简单的PHP示例.....207
- 10.3 PHP基本特性概述.....209
 - 10.3.1 PHP变量、数据类型和程序设计结构.....209
 - 10.3.2 PHP数组.....210
 - 10.3.3 PHP函数.....211
 - 10.3.4 PHP服务器变量和表单.....213
- 10.4 PHP数据库程序设计概述.....214
 - 10.4.1 连接数据库.....214
 - 10.4.2 从表单中汇集数据并插入记录.....215
 - 10.4.3 数据库表的检索查询.....216
- 小结.....217
- 复习题.....217
- 练习题.....217
- 实验练习题.....217
- 参考文献.....218

第11章 XML: 可扩展标记语言.....219

- 11.1 XML层次(树)数据模型.....219
- 11.2 XML文档、DTD和XML模式.....221
 - 11.2.1 合式、有效XML文档及XML DTD.....221
 - 11.2.2 XML模式.....222
- 11.3 XML文档和数据库.....226
 - 11.3.1 存储XML文档的方法.....226
 - 11.3.2 从关系数据库中抽取XML文档.....227
 - 11.3.3 断开环以实现从图到树的转换.....230
 - 11.3.4 从数据库抽取XML文档的其他步骤.....230
- 11.4 XML查询.....231
 - 11.4.1 XPath: 在XML中指路径表达式.....231
 - 11.4.2 XQuery: 在XML中指定查询.....232
- 小结.....232
- 复习题.....233
- 练习题.....233
- 参考文献.....233

第12章 数据挖掘概念.....234

- 12.1 数据挖掘技术概述.....234
 - 12.1.1 数据挖掘和数据仓库.....234
 - 12.1.2 数据挖掘是知识发现过程的一部分.....234
 - 12.1.3 数据挖掘和知识发现的目标.....235
 - 12.1.4 数据挖掘期间知识发现的类型.....236
- 12.2 关联规则.....237
 - 12.2.1 市场购物篮模型、支持度与可信度.....237
 - 12.2.2 Apriori算法.....238
 - 12.2.3 采样算法.....239
 - 12.2.4 频繁模式树算法.....239
 - 12.2.5 分区算法.....241
 - 12.2.6 其他类型的关联规则.....242
 - 12.2.7 关联规则的附加考虑.....244
- 12.3 分类.....244
- 12.4 聚类.....246
- 12.5 其他数据挖掘问题的方法.....248
 - 12.5.1 序列模式的发现.....248
 - 12.5.2 时间序列中模式的发现.....248
 - 12.5.3 回归.....249
 - 12.5.4 神经网络.....249
 - 12.5.5 遗传算法.....249
- 12.6 数据挖掘的应用.....250
- 12.7 商业化数据挖掘工具.....250
 - 12.7.1 用户界面.....251
 - 12.7.2 应用编程接口.....251
 - 12.7.3 未来的方向.....251
- 小结.....252
- 复习题.....252
- 练习题.....252
- 参考文献.....254

第13章 数据仓库和OLAP概述.....255

- 13.1 概述、定义和术语.....255
- 13.2 数据仓库的特性.....256
- 13.3 数据仓库的数据模型.....257
- 13.4 构建数据仓库.....261
- 13.5 数据仓库的典型功能.....263
- 13.6 数据仓库和视图.....263
- 13.7 数据仓库中的难题和开放问题.....264
 - 13.7.1 数据仓库实现中的困难.....264
 - 13.7.2 数据仓库的开放问题.....264
- 小结.....265
- 复习题.....265

参考文献	265	14.3.4 GIS的DBMS增强功能	278
第 14 章 新兴的数据库技术及应用	266	14.3.5 GIS标准和操作	279
14.1 移动数据库	266	14.3.6 GIS应用和软件	281
14.1.1 移动计算体系结构	266	14.3.7 GIS未来的工作	282
14.1.2 移动环境的特征	269	14.4 基因组数据管理	283
14.1.3 数据管理问题	270	14.4.1 生物科学和遗传学	283
14.1.4 应用: 间歇同步数据库	270	14.4.2 生物数据的特征	284
14.2 多媒体数据库	271	14.4.3 人类基因组项目和现有的 生物数据库	286
14.2.1 多媒体数据和应用的特征	271	参考文献	289
14.2.2 数据管理问题	272	致谢	291
14.2.3 开放研究问题	273	附录 A ER 模型的可选图形表示法	292
14.2.4 多媒体数据库应用	274	附录 B 磁盘参数	294
14.3 地理信息系统 (GIS)	275	附录 C QBE 语言概述	296
14.3.1 GIS系统组件	276		
14.3.2 GIS中数据的特征	276		
14.3.3 GIS概念数据模型	278		

Part 1

事务处理的概念

本 部 分 内 容

- 第 1 章 事务处理的概念与理论简介
- 第 2 章 并发控制技术
- 第 3 章 数据库恢复技术

事务处理的概念与理论简介

事务的概念为描述数据库处理的逻辑单元提供了一种机制。**事务处理系统** (transaction processing system) 是拥有大型数据库以及允许数百个用户同时执行数据库事务的系统。这些系统包括：机票预订、银行业务、信用卡处理、股票市场、超市收款等。事务处理系统需要为数以百计的并发用户提供高度的可用性和快速的响应时间。本章将给出事务处理系统中所需要的概念，定义事务的概念，即它是用来表示数据库处理的一个逻辑单元，数据库处理必须完整地被执行以保证正确性。然后讨论并发控制问题，这是为了避免各个用户提交的多个事务，以某种方式相互影响而产生错误的结果。另外，还将讨论事务故障的恢复问题。

1.1节简单地讨论了数据库系统中并发控制和恢复的必要性。1.2节介绍事务的概念，并讨论数据库系统中事务处理所涉及的其他概念。1.3节讨论事务的ACID特性，即原子性、一致性、隔离性和持续性或永久性。1.4节介绍执行事务调度（或历史）的概念和调度的可恢复性特征。1.5节讨论并发事务执行的可串行化概念，借助可串行化概念我们可以定义并发事务的正确执行序列（或调度）。1.6节介绍SQL中支持事务概念的工具。

接下来的两章将更为详细地探讨支持事务处理的技术。第2章描述基本的并发控制技术，第3章概要地介绍恢复技术。

1.1 事务处理简介

本节将简要介绍事务的并发执行和从故障事务中恢复的概念。1.1.1节对单用户数据库系统和多用户数据库系统进行比较，并说明在多用户系统中事务如何并发执行。1.1.2节定义事务的概念并描述一个关于事务执行的简单模型，它是基于数据库读写操作的，用于形式化描述并发控制和恢复的概念。1.1.3节借助常见的示例说明多用户系统中并发控制的必要性。最后，1.1.4节讨论事务在执行过程中导致故障的不同方式，以及允许从事务故障中恢复技术的必要性。

1.1.1 单用户系统与多用户系统

对数据库系统进行分类的一个标准是根据能够**并发地** (concurrently) 使用系统的用户数量进行划分。如果在同一时刻只有一个用户能够使用DBMS，那么这个系统就是**单用户** (single-user) 系统；如果多个用户可以同时使用系统，并对数据库进行访问，那么这个系统就是**多用户** (multiuser) 系统。单用户DBMS多数仅限于用在一些个人计算机系统中；而其他大多数DBMS都是多用户的。如同时会有数以百计的旅行代理商和机票预订员同时使用某个机票预订系统。在银行、保险代理、股票交易、超市中使用的系统以及与之类似的其他系统中，通常都会有很多用户并发地向系统提交事务。

多道程序设计 (multiprogramming) 技术使得多个用户可以使用计算机系统同时对数据库进行访问，它允许计算机在同一时间里可执行多个程序或**进程** (process)。如果在系统中只有一个中央处理单元 (CPU)，那么实际上在同一时间它至多只能执行一个进程。因此，**多道程序设计操作系统** (multiprogramming operating systems) 在执行完一个进程的某些命令后就将此进程挂起，然后再执行

下一个进程的一些命令，依次类推。一旦轮到进程再次使用CPU时，它便从挂起点开始恢复执行。因此，进程的并发执行实际上是交替的（interleaved），如同在图1-1中所说明的那样，其中展示的两个进程A和B就是以交替方式并发执行的。当一个进程要进行输入或输出（I/O）操作，如从磁盘中读取一个块时，进程交替可以使CPU始终处于繁忙状态。在等待I/O时间内，CPU将切换到执行另一个进程，而不是处于空闲状态。另外，交替执行也可防止执行时间过长的进程延迟其他进程。

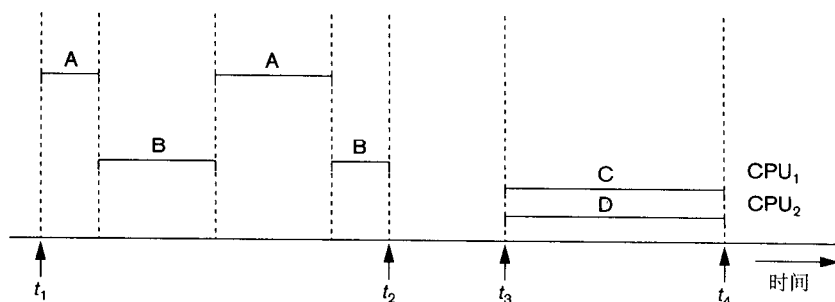


图1-1 并发事务的交替处理与并行处理

如果计算机系统拥有多个硬件处理器（CPU），则可以实现多进程的并行处理（parallel processing），如图1-1所示的两个进程C和D。在数据库中大多数与并发控制相关的理论是根据交替并发（interleaved concurrency）理论开发的，所以我们在本章后续内容中将假定为这种模型。在多用户DBMS中，所存储的数据项是可以被交互式用户或应用程序并发访问的主要资源，这些用户及应用程序会频繁地检索信息和修改数据库。

1.1.2 事务、读写操作和 DBMS 缓冲区

事务（transaction）是一个构成数据库处理逻辑单元的可执行程序。一个事务包括一个或多个数据库访问操作，这些操作包括插入、删除、修改或检索操作。事务所涉及的数据库操作既可以嵌入到应用程序中，也可以通过诸如SQL的高级查询语言交互地指定。指定事务边界的一种方法是在应用程序中使用**开始事务（begin transaction）**和**结束事务（end transaction）**语句显式地指定。在这种情况下，开始事务和结束事务语句间的所有数据库访问操作就可看作是构成了一个事务。如果在一个应用程序中出现多个事务边界，那么该应用就包含多个事务。如果某个事务涉及的数据库操作仅仅对数据进行检索，而不更新数据库，那么这个事务称为**只读事务（read-only transaction）**。

用来解释事务处理概念的数据库模型已经被大大简化。**数据库**基本上可以看作是**命名数据项（named data items）**的一个集合。数据项的大小称为它的**粒度（granularity）**。数据项可以是数据库中某个记录的一个字段，也可以是更大的单元（如一条记录或甚至整个磁盘块），但是这里所讨论的概念与数据项的粒度无关。使用这个简化的数据库模型，事务可能包含的基本数据库访问操作如下：

- **read_item(X)**：将名为X的数据项读入程序变量中。为简化表示，假定程序变量也被命名为X。
- **write_item(X)**：将程序变量X的值写入名为X的数据项中。

从磁盘向主存传送的基本数据单元是一个块（block）。执行read_item(X)命令包括如下步骤：

- (1) 找到包含数据项X的磁盘块地址。
- (2) 将该磁盘块复制到主存中的一个缓冲区（如果该磁盘块不在主存的某个缓冲区内）。
- (3) 将数据项X从缓冲区复制到名为X的程序变量中。

执行write_item(X)命令包括如下步骤：

- (1) 找到包含数据项X的磁盘块地址。
- (2) 将该磁盘块复制到主存中的一个缓冲区（如果该磁盘块不在主存的某个缓冲区内）。