

Mc
Graw
Hill Education

世界著名计算机教材精选

数据库管理系统

原理与设计

[美]

Raghu Ramakrishnan
Johannes Gehrke

著

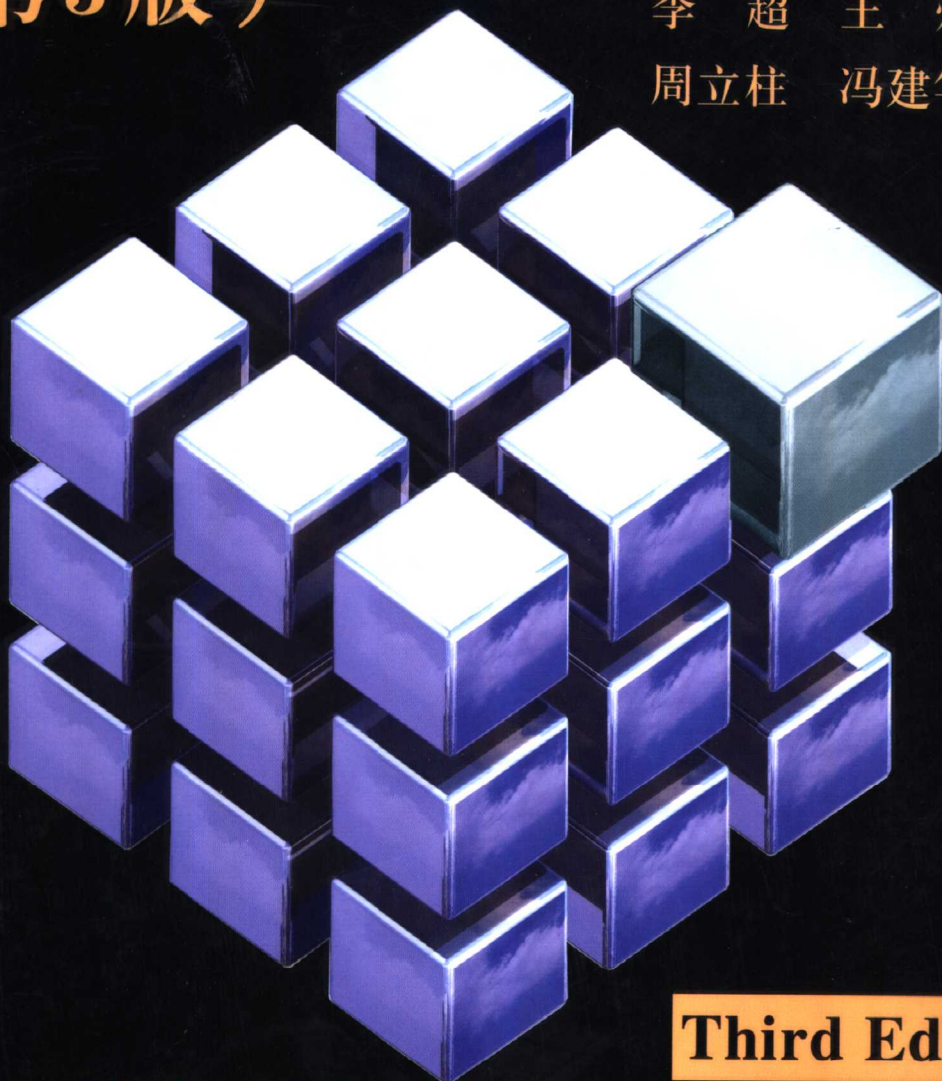
周立柱 张志强
李超 王煜

等译

周立柱 冯建华

审校

(第3版)



Third Edition

DATABASE MANAGEMENT SYSTEMS

清华大学出版社



世界著名计算机教材精选

数据库管理系统 原理与设计

(第3版)

[美] Raghu Ramakrishnan 著
Johannes Gehrke

周立柱 张志强 李超 王煜等 译
周立柱 冯建华 审校

清华大学出版社
北京

Raghu Ramakrishnan, Johannes Gehrke
Database Management Systems, Third Edition

EISBN: 0-07-115110-9

Copyright © 2003 by The McGraw-Hill Companies, Inc.

Original language published by The McGraw-Hill Companies, Inc. All rights reserved. No part of this publication may be reproduced or distributed by any means, or stored in a database or retrieval system, without the prior written permission of the publisher.

Simplified Chinese translation edition is published and distributed exclusively by Tsinghua University Press under the authorization by McGraw-Hill Education (Asia) Co., within the territory of the People's Republic of China only(excluding Hong Kong, Macao SAR and Taiwan). Unauthorized export of this edition is a violation of the Copyright Act. Violation of this Law is subject to Civil and Criminal Penalties.

本书中文简体字翻译版由美国麦格劳-希尔教育出版(亚洲)公司授权清华大学出版社在中华人民共和国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区和中国台湾地区)独家出版发行。未经许可之出口视为违反著作权法,将受法律之制裁。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-2003-7771

本书封面贴有 McGraw-Hill 公司防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

数据库管理系统原理与设计(第3版)/[美]罗摩克里希纳(Ramakrishnan, R.),[美]格尔基(Gehrke, J.)著;周立柱等译. —北京:清华大学出版社,2004

(世界著名计算机教材精选)

书名原文:Database Management Systems, Third Edition

ISBN 7-302-07939-0

I. 数… II. ①罗… ②格… ③周… III. 数据库管理系统—高等学校—教材 IV. TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 001123 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

责任编辑: 龙啟铭

印 刷 者: 北京通州大中印刷厂

装 订 者: 三河市新茂装订有限公司

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 50.5 字数: 1148 千字

版 次: 2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-07939-0/TP·5763

印 数: 1~5000

定 价: 69.00 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

译 者 序

数据库管理系统(DBMS)是管理信息的基本工具,是现代计算环境中的一个核心部分。随着计算机软硬件技术的飞速发展,以及计算机系统在各个行业的广泛应用,数据库管理系统在实践中也得到了广泛的使用。数据库管理系统的原理和实践也是计算机科学与技术课程的有机组成部分,它是计算机科学与技术教育中必不可少的环节。

本书的内容由浅入深,几乎覆盖了现代 DBMS 的所有内容,尤其是关系数据库管理系统。本书结构清晰、组织简洁,可以作为计算机专业本科生、研究生或其他相关人员的数据库入门课程或高级教程的教材。

本书主要分为七大部分,如下表所示。第一部分主要介绍数据库系统、ER 模型和关系模型的相关知识,讲述了如何创建和使用数据库,涵盖了数据库的设计与查询,以及对 SQL 查询语句的深入研究。教师可以根据自己的需要省略某些内容(例如,关系演算、ER 模型或者 SQL 查询语句的某些部分)。但是,这些内容对每个学习数据库知识的学生来说都是很重要的,所以我们建议教师尽可能地详细讲解这些知识。

部分	内 容	侧 重 关 系
一	数据库基础	侧重应用与系统
二	应用程序开发	侧重应用
三	存储与索引	侧重系统
四	查询评估	侧重系统
五	事务管理	侧重系统
六	数据库设计与调整	侧重应用
七	高级主题	侧重应用与系统

在其余的六部分中,每一部分或者侧重应用,或者侧重系统。三个侧重系统的部分都有对本部分内容进行概述的章节,例如,第 8 章是对存储与索引的概述。教师可以单独讲授这些概述章节,也可以将其作为某部分的一章。在侧重应用的课程中,第 8 章可能是惟一涉及到存储和索引的章节,然而在侧重系统的课程中,可以从第 9~11 章中挑出一章来对第 8 章的内容进行补充。数据库设计与调整部分,主要讲述如何为实现安全访问而进行性能调整与设计。这些侧重应用的部分最好是在学生们掌握了数据库系统结构之后再讲授要好一些。

和第 2 版相比,第 3 版的内容做了较大的修改,主要使本书能面向两个侧重点:一个是侧重于应用,另一个是侧重于系统。侧重于应用的入门课程的大纲如下:数据库基础部

分,应用程序开发部分,接着第三、四和五部分的概述章节,以数据库设计与性能调整结束。侧重于系统的入门课程,包括数据库基础部分和侧重系统的部分。对于侧重系统的课程,重要的是编程计划的时间安排(例如,使用 Minibase),这需要早接触系统方面的知识。总之,教师可以根据实际情况,在讲述本书的内容时有所侧重与删减。

本书由清华大学计算机系周立柱教授组织并参加了具体的翻译和审校工作,参加翻译的人员还有张志强、李超和王煜等。周立柱和冯建华对全书进行了最后的审校。

限于译者水平,译文中疏漏和错误难免,欢迎批评指正。

译者
于清华园

前 言

The advantage of doing one's praising for oneself is that one can lay it on so thick and exactly in the right places.

—— Samuel Butler

数据库管理系统(DBMS)是管理信息的基本工具,它得到广泛的使用,同时数据库系统原理和实践也是计算机科学课程的有机组成部分。本书覆盖了现代 DBMS 的基础,尤其是关系数据库系统。作为本科生的数据库入门课程的教材,我们希望以清晰而简洁的方式组织书中的内容。

全书注重“数量”对于教学效果的影响,给出了大量而详细的示例。每一章还有大量的练习(教师可以从网上得到答案),用于巩固学生应用概念,提高解决实际问题的能力。本书丰富的内容,再加上精选的研究性论文就可以支持一门高级课程。与本书配套的软件和编程训练相结合,本书可以用在两种不同的入门级课程中。

(1) **侧重应用的课程**:涵盖了数据库系统的原理,侧重于应用开发。第 3 版新增两章关于数据库的应用与开发(一章是关于数据库后台应用,另一章是关于 Java 和 Internet 应用架构),全书也进行了很大的修改以适应应用类课程的需求。本书还提供实际问题和充足的联机资料(例如,SQL 查询和 Java 应用的代码,联机数据库和解决方案),使讲授这类侧重应用的课程更加容易。

(2) **侧重系统的课程**:侧重于有关系统的知识,要求学生具有良好的 C 和 C++ 的编程经验。Minibase 软件可以用作学生实现关系 DBMS 课程作业的软件基础。该软件的几个核心模块(例如,堆文件、缓冲区管理器、B+树、哈希索引、各种连接算法、并发控制和恢复算法)在文中都有详细的描述,从而使得学生能够使用给定的类接口(C++)来完成项目。

毫无疑问,很多教师会选择讲授介于这两者之间的课程。本书第 3 版提供了模块化的知识组织方式,为混合类型授课提供了方便。同时,本书也为更高级的课程提供了充足的资料。

第 3 版的内容

本书主要分为七大部分,如图 0.1 所示。基础知识部分主要介绍数据库系统、ER 模型和关系模型的相关知识,讲述了如何创建和使用数据库,涵盖了数据库的设计和查询,以及对 SQL 查询语句的深入研究。教师可以根据自己的需要省略某些内容(例如,关系演算、ER 模型或者 SQL 查询语句的某些部分),但是,这些内容对每个学习数据库知识

的学生都是重要的,所以建议教师尽可能地详细讲解这些知识。

部分	内 容	侧 重 关 系
一	数据库基础	侧重应用与系统
二	应用程序开发	侧重应用
三	存储与索引	侧重系统
四	查询评估	侧重系统
五	事务管理	侧重系统
六	数据库设计与调整	侧重应用
七	高级主题	侧重应用与系统

图 0.1 第 3 版的内容组织方式

在其余的六个主要部分中,每一部分或者侧重应用或者侧重系统。三个侧重系统讲解的部分都有对本部分内容进行概述的章节,例如,本书第 8 章是对存储与索引部分的概述。教师可以单独讲授这些章节,也可以将其作为某部分的一章。例如,在侧重应用的课程中,第 8 章可能是惟一涉及到存储和索引的章节,然而在侧重系统的课程中,可以从第 9 章到第 11 章中挑出一章来对第 8 章的内容进行补充。数据库设计与性能调整部分,主要讲述如何为实现安全访问而进行性能调整和设计。这些侧重应用的部分最好是在学生们掌握了数据库系统结构之后讲授,因此放到了本书靠后的部分。

建议课程大纲

本书可以用在两种不同的入门级课程中,一种课程侧重于应用,另一种侧重于系统知识。

侧重于应用的入门课程的课程大纲如下:基础知识部分,应用开发部分,接着第三、四和五部分的概述章节,以数据库设计与调整结束。按照该方法,章节从属依赖关系保持在最低点,可以使讲授者能够很容易调整和添加其他内容。第一部分是基础知识部分,应该最先讲授,在讲授第三、第四和第五部分时,应讲授其概述部分。在第一部分到第四部分的章节中惟一的依赖关系如图 0.2 所示。第一部分的章节应该按图中的顺序讲解。但是,为了尽快开始 SQL 查询内容,我们也可以跳过关系代数和关系演算部分(尽管我们认为这些内容是重要的,并且建议最好在开始 SQL 语句之前讲授)。

侧重于系统的入门课程包括基础知识部分和侧重系统的部分。对于侧重系统的课程,重要的是编程计划的时间安排(例如,使用 Minibase 软件),这需要早接触系统方面的知识。章节之间的依赖和从属关系已被尽量降低,以保证在讲授第 1 章和第 3 章之后能够尽早开始侧重系统的内容学习。

本书提供的充足资料使课程的选择更加多样化。在入门级课程中选择以应用为重点或者以系统为重点将某些内容割舍;实际上,本书提供的资料足以满足对数据库知识全面的学习。扩展部分的内容覆盖范围广,可以作为高级课程的核心内容,满足更深层次的读者需求。

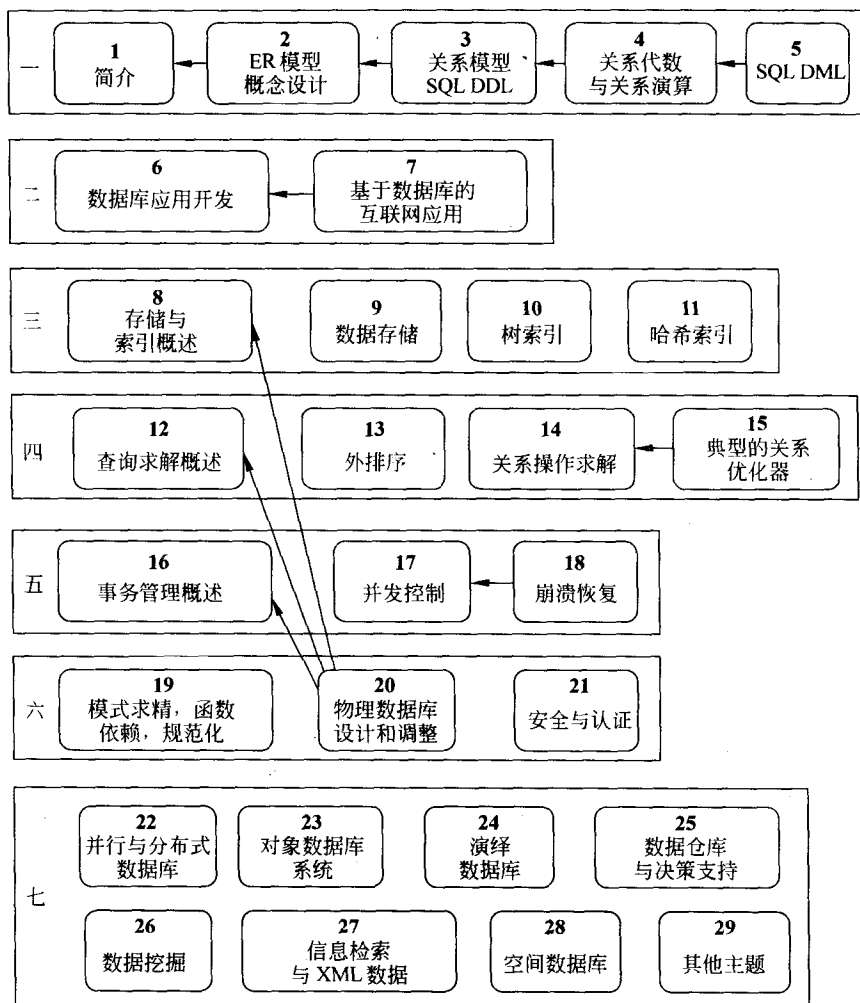


图 0.2 章节组织与相互关系

补充材料

本书提供了大量的联机补充资料：

- **联机章节：**为了在书中给新的内容留出空间，例如应用与开发，知识获取和 XML，我们把讲述 QBE 的章节放到了网上。学生可以从本书的网站上下载这一章的内容。本章的习题的答案包含在答案集中。
- **课程幻灯片：**包括所有章节的 MS Powerpoint、Postscript 和 PDF 格式的讲义的幻灯片都可以从网站上下载。另外，教师还可以从网上得到本书中使用的所有图片(xfig 格式)，根据教学需要进行修改。
- **练习答案：**本书提供了大量有深度的练习题。学生可以通过因特网获得 Postscript 和 PDF 格式的奇数题号的习题答案和每章的幻灯片，教师则可以获

得全部的习题答案。

- **软件:**本书提供两种软件。一种是 Minibase,这是为侧重系统的课程提供的一个小型的关系 DBMS。在第 30 章中,本书提供了以 Minibase 为基础的例题和答案,这些内容仅提供给教师。另一种是,本书提供了书中所有 SQL 和 Java 应用开发习题的代码,如何创建数据库的示例和如何创建商业 DBMS 的方案。同样,学生只能得到奇数题号习题的答案,而教师可以得到全部的答案。
- **教师手册:**提供对每章中内容的注释和小结,使教师在强调或者省略某些内容时有所参考。手册中还包括对联机资料的注释,为布置习题和课程作业提供了很多建议。手册还包括了本书作者教学时使用的考试卷子,当然,这些也仅提供给教师。

其他信息

本书主页的 URL:

<http://www.cs.wisc.edu/~dbbook>

该主页上列出了从第 2 版到第 3 版的内容变动,该主页经常更新,同时含有针对书中所有错误、幻灯片和补充材料的链接。教师可以定期访问该站点,或者在站点上注册,这样就可以得到电子邮件形式的重要更新通知。

致 谢

本书由 CS564 的讲义演变而来,CS564 是 UW-Madison 为本科高年级学生和研究生开设的介绍性的数据库课程。David DeWitt 开设了本课程,同时开发了 Minirel 课程设计,该设计要求学生编写经过精心挑选的关系 DBMS 的某些部分。关于本材料的想法是在讲授 CS564 的过程中形成的,而 Minirel 则促进了 Minibase 的出现。Minibase 更为全面(例如带有查询优化器和可视化软件),同时又尽量保持 Minirel 的实质。Mike Carey 和我共同设计了 Minibase 的许多部分。我的讲义(后来成了本书)受到了 Mike 的讲义和 Yannis Ioannidis 的讲稿幻灯片的影响。

Joe Hellerstein 在 Berkeley 使用了本书的测试版,同时提供了非常宝贵的反馈信息、幻灯片的支持和对本书一些引人入胜的引用。与他一起写面向对象数据库一章实在是一种乐趣。

C. Mohan 提供了非常宝贵的帮助,他耐心地回答了许多在各种商业系统中的实现技术问题,尤其是索引、并发控制和恢复算法。Moshe Zloof 回答了许多关于 QBE 语义和基于 QBE 的商业系统问题。Ron Fagin、Krishna Kulkarni、Len Shapiro、Jim Melton、Dennis Shasha 和 Dirk Van Gucht 审阅了本书,提出了详细的反馈意见,大大改进了本书的内容和表达。Beloit College 的 Michael Goldweber、Wyoming 的 Matthew Haines、SUNY StonyBrook 的 Michael Kifer、Wisconsin 的 Jeff Naughton、Cornell 的 Praveen Seshadri 和 Brown 的 Stan Zdonik 在其数据库课程中也使用了本书的试用版,同时提供了反馈和书中某些错误的报告。尤其是 Michael Kifer 指出了第 2 章中的一个老算法的错误,该算法用来计算最小覆盖,同时为了提高模块性,建议在第 2 章中增加一些 SQL 特

征。Gio Wiederhold 的参考书目(被 S. Sudarshan 转化为 Latex 格式)和 Michael Ley 关于数据库和逻辑编程的联机参考书目对编辑本书各章节的参考书目有很大帮助。Shaun Flisakowshi 和 Uri Shaft 在我使用 Latex 的漫长过程中经常给予我帮助。

我要特别感谢许许多多学生对 Minibase 软件做出的贡献。当我开发第 1 版(其中的大部分都被废弃了,但是它们影响了以后的版本)的时候,Emmanuel Ackaouy、Jim Pruyne、Lee Schumacher 和 Michael Lee 与我一起工作。Emmanuel Ackaouy 和 Bryan So 是我使用该版本教授 CS564 时的助教研究生,他们改进该项目的努力超出了对助教研究生的要求。在 Berkeley,Paul Aoki 使用 Minibase 的一个版本并提供了许多有用的注解。在 CS764(研究生数据库课程)的整个班级中,学生们在我和 Mike Carey 领导的大量的课程项目中开发了当前 Minibase 版本的许多部分。当我第一次使用 Minibase 教授 CS564 时,Amit Shukla 和 Michael Lee 是我的助教研究生,他们进一步开发了该软件。

为开发 Minibase 组件,几个学生跟我工作了很长时间。这些组件包括可视化的缓冲区管理器和 B+ 树的软件包(Huseyin Bektas、Harry Stavropoulos 和 Weiqing Huang);查询优化器和可视界面 visualizer(Stephen Harris、Michael Lee 和 Donko Donjerkovic);基于 Opossum 模式编辑器的 ER 图工具(Eben Haber)和用于规范化的基于 GUI 的工具(Andrew Prock 和 Andy Therber)。另外,Bill Kimmel 将 CS764 课程项目产生的大部分代码进行了综合和修改,它们包括以下部分:存储管理器、缓冲管理程序、文件和存取方法、关系操作和查询计划执行器。Ranjani Ramamurty 在整理和综合不同模块上进一步扩展了 Bill 的工作。Luke Blanshard、Uri Shaft 和 Shaun Flisakowski 把已发布代码的版本组装起来,开发了测试套件和基于 Minibase 软件的练习。Krishna Kunchithapadam 测试了优化器,开发了 Minibase GUI 部分。

很显然,如果没有这么多天才们的贡献,Minibase 软件是不可能产生的。由于该软件是对公众免费使用的,我希望更多的教师能够在讲授面向系统的数据库课程时把大量实现和实验的内容补充到讲义中。

我要感谢许多学生,他们开发和检查了练习的答案,同时对本书的草稿提供了有价值的反馈。按照字母顺序,他们是:X. Bao、S. Biao、M. Chakrabarti、C. Chan、W. Chen、N. Cheung、D. Colwell、C. Fritz、V. Ganti、J. Gehrke、G. Glass、V. Gopalakrishnan、M. Higrins、T. Jasmin、M. Krishnaprasad、Y. Lin、C. Liu、M. Lusignan、H. Modi、S. Narayanan、D. Randolph、A. Ranganathan、J. Reminga、A. Therber、M. Thomas、Q. Wang、R. Wang、Z. Wang 和 J. Yuan。Wisconsin 的 Arcady Grenader、James Harrington 和 Marti Reames 以及 Berkeley 的 Nina Tang 提供了特别详细的反馈。

当我与出版商打交道的时候,Charlie Fischer、Avi Siberschatz 和 Jeff Ullman 给了我非常有价值的建议。从 McGraw-Hill、Betsy Jones 和 Eric Munson 的编辑那里得到了大量的评审意见,对本书给出了指导。无论什么时候对于突然出现的问题,Emily Gray 和 Brad Kosirog 总能及时解决。在 Wisconsin,Ginny Werner 真诚地帮助我处理这些事情。

最后,本书非常耗费时间,在许多方面它带给我家庭的困难比带给我的还多。我的儿子们坦白地表明了他们的观点。那时五岁的 Ketan 说:“爸爸,不要再写那本无聊的书了。你没有任何时间来陪我。”两岁的 Vivek 说:“你还在写书?不陪我玩篮球!”他们所有的不

满都由我的妻子 Apu 来承受。虽然如此,在我埋头写这本书的所有夜晚和周末,她都努力使这个家庭像往常一样的热闹而幸福(更不用提那些当我埋头于成为一个教员的日子)。同样,在所有这些事情中,我都能看到我双亲的影子:我的父亲酷爱学习,我的母亲疼爱我们,这都影响了我。我的兄弟 Kartik 对本书的贡献主要是用电话不时地将我从工作中拉回来,但是如果我不感谢他,那么他会生气的。在这里我要感谢我的家庭,他们使我觉得所做的每一件事情都非常有意义(好极了!我知道我找到了一个合理的理由来感谢 Kartik)。

第 2 版的致谢

当我们准备第 2 版的时候,McGraw-Hill 出版社的 Emily Gray 和 Betsy Jones 进行了大量的审阅并提供了指导和帮助。Jonathan Goldstein 帮助完成了空间数据库的参考书目。下面列出的审阅者在内容和组织上提供了有价值的反馈意见:Ohio 大学的 Liming Cai、Kansas 大学的 Costas Tsatsoulis、Houston 大学的 Kwok-Bun Yue、Wayne 州立大学的 Clear Lake 和 William Grosky、Virginia 大学的 Sang H. Son、Minnesota 大学的 James M. Slack、Twente 大学(荷兰)的 Mankato 和 Herman Balsters、Cincinnati 大学的 Karen C. Davis、Florida 大学的 Joachim Hamer、Tulane 大学的 Fred Petry、Baylor 大学的 Gregory Speegle、Texas A&M 大学的 Salih Yurttas 和 San Francisco 州立大学的 David Chao。

许多人指出了第 1 版中的许多错误。我们要特别感谢下列人士:Portland 州立大学的 Joseph Albert、Wisconsin 大学的 Han-yin Chen、Oregon 研究生院的 Lois Delcambre、Southern Methodist 大学的 Maggie Eich、Curtin 技术大学的 Raj Gopalan、Toronto 大学的 Davood Raflei、South Australia 大学的 Michael Schrefl、Connecticut 大学的 Alex Thomasian 和 Siena 大学的 Scott Vandenberg。

我要特别感谢那些详细回答商业系统是如何支持各种功能的人们,他们是:IBM 公司的 Mike Carey、Bruce Lindsay、C. Mohan 和 James Teng; Informix 公司的 M. Muralikrishna 和 Michael Ubell; Microsoft 公司的 David Campbell、Goetz Graefe 和 Peter Spiro; Oracle 公司的 Hakan Jacobsson、Jonathan D. Klein、Muralidhar Krishnaprasad 和 M. Ziauddin; 以及 Sybase 公司的 Marc Chanliau、Lucien Dimino、Sangeeta Doraiswamy、Roger MacNicol 和 Tirumanjanam Rengarajan。

当 Ketan(今年 8 岁)读了第 1 版中对自己的感谢后,他提出了一个简单问题:“为什么不把这本书献给我们? 为什么不给妈妈?”Ketan,我注意到了这个无法说明的疏漏。Vivek(今年 5 岁)更关心自己的名声:“爸爸,我的名字是不是出现在本书的所有拷贝上? 本书是否在世界上的每一个计算机科学系中人们都使用它?”Vivek,我希望是这样。最后,没有 Apu 和 Keiko 的支持,本次修订是不可能完成的。

第 3 版的致谢

我们感谢 Raghav Kaushik 在 XML 讨论中的贡献和 Alex Thomasian 在并发控制中的贡献。我们还要特别感谢 Jim Melton,他提供了自己一本尚未出版的书籍,内容涉及

到 SQL : 1999 标准中面向对象扩展,同时还为第 3 版草稿检查出错误。Berkeley 的 Marti Hearst 非常慷慨,她提供给我们关于知识获取的幻灯片,Alon Levy 和 Dan Suciu 也乐于让我们采用他们关于 XML 的课程笔记。Mike Carey 则提供给我们关于 Web Services 的资料。

McGraw-Hill 的 Emily Lupash 一直在支持和鼓励我们,她整理了由 Embry-Riddle Aeronautical 大学的 Ming Wang, RPI 的 Cheng Hsu, Massachusettes 大学的 Paul Bergstein, SJSU 的 Archana Sathaye, Purdue 的 Bharat Bhargava, Bradley 的 John Fendrich, Central Michigan 的 Ahmet Ugur, Colorado 的 Richard Osborne, CCNY 的 Akira Kawaguchi, Ben Gurion 的 Mark Last, California 大学的 Vassilis Tsotras, 和 Central Florida 的 Ronald Eaglin 提出的大量修改意见。同时,我们对这些给本书建议的学者表示衷心的感谢,他们的宝贵意见大大地提高了本书修订后的水平。我要感谢 Gloria Schiesl 和 Jade Moran 非常乐观和高效地解决了最后时刻的混乱,他们和 Sherry Kane 一起为我们制定了非常紧凑合理的日程安排。我还要感谢 Michelle Whitaker 对本书的封面和封底设计进行了多次的修改。

在 Raghu 的日记中写道, Ketan 模仿骆驼分享帐篷的示例,认为“只有这样是公平的”——Raghu 把这本书只献给他和 Vivek, 因为“妈妈已经享受到这本书了”。尽管这种说法得到 Vivek 大力热情的支持,再加上溺爱他们的父亲的纵容,然而,这本书仍然献给 Apu, 就像从第 1 版开始一样。

对于 Johannes 来说,没有 Keiko 的支持和鼓励,没有 Elisa 睡着时平静可爱的面庞,本次修订是无法完成的。

目 录

第一部分 数据库基础

第 1 章 数据库系统概述	3
1.1 管理数据	4
1.2 历史回顾	5
1.3 文件系统和数据库管理系统	6
1.4 数据库管理系统的优点	7
1.5 数据库管理系统中数据的描述和存储	8
1.5.1 关系模型	8
1.5.2 数据库管理系统的抽象级别	9
1.5.3 数据独立性	11
1.6 数据库管理系统中的查询	11
1.7 事务管理	12
1.7.1 事务的并发执行	13
1.7.2 未完成的事务和系统崩溃	13
1.7.3 注意要点	14
1.8 数据库管理系统的结构	14
1.9 与数据库打交道的人	15
1.10 复习题	16
第 2 章 实体联系模型	19
2.1 数据库设计与 ER 图	20
2.1.1 其他步骤	20
2.2 实体、属性和实体集	21
2.3 联系和联系集	22
2.4 ER 模型的其他特征	24
2.4.1 码约束	24
2.4.2 参与约束	25
2.4.3 弱实体	25
2.4.4 类层次	27
2.4.5 聚合	29
2.5 用 ER 模型进行概念数据库设计	29
2.5.1 实体对属性	30
2.5.2 实体与联系	31

2.5.3	二元与三元联系	32
2.5.4	聚合与三元联系	33
2.6	大型企业的概念数据库设计	34
2.7	统一建模语言	34
2.8	案例研究:网上书店	35
2.8.1	需求分析	36
2.8.2	概念设计	36
2.9	复习题	37
第3章	关系模型	42
3.1	关系模型简介	43
3.1.1	使用 SQL 创建和修改关系	45
3.2	关系的完整性约束	46
3.2.1	码约束	47
3.2.2	外码约束	48
3.2.3	一般约束	50
3.3	完整性约束的强制执行	50
3.3.1	事务与约束	52
3.4	查询关系数据	53
3.5	逻辑数据库设计:从 ER 模型到关系模型	55
3.5.1	从实体集到关系表	55
3.5.2	从联系集(不包括约束)到关系表	56
3.5.3	转换带码约束的联系集	57
3.5.4	转换带有参与约束的联系集	58
3.5.5	转换弱实体集	60
3.5.6	转换类层次	60
3.5.7	转换带聚合的 ER 图	61
3.5.8	ER 模型到关系模型:更多的示例	62
3.6	视图简介	63
3.6.1	视图、数据独立性和安全	64
3.6.2	视图的更新	64
3.7	删除/修改关系表和视图	67
3.8	案例研究:网上书店	67
3.9	复习题	69
第4章	关系代数和演算	74
4.1	预备知识	74
4.2	关系代数	75
4.2.1	选择和投影	75
4.2.2	集合操作	76
4.2.3	重命名	78

4.2.4	连接	78
4.2.5	除	80
4.2.6	关系代数查询的其他示例	81
4.3	关系演算	85
4.3.1	元组关系演算	86
4.3.2	域关系演算	89
4.4	代数与演算的表达能力	91
4.5	复习题	92
第 5 章	SQL:查询、约束与触发器	96
5.1	概述	97
5.1.1	章节组织	97
5.2	基本 SQL 查询的形式	99
5.2.1	基本 SQL 查询的示例	102
5.2.2	SELECT 命令中的表达式和字符串	103
5.3	UNION、INTERSECT 和 EXCEPT	104
5.4	嵌套查询	107
5.4.1	嵌套查询简介	107
5.4.2	相关嵌套查询	109
5.4.3	集合比较操作	109
5.4.4	有关嵌套查询的其他示例	110
5.5	聚集操作符	111
5.5.1	GROUP BY 和 HAVING 子句	114
5.5.2	聚集查询的其他示例	117
5.6	空值	120
5.6.1	使用空值的比较	121
5.6.2	逻辑连接运算 AND、OR 和 NOT	121
5.6.3	SQL 构造符的作用	121
5.6.4	外连接	122
5.6.5	禁止使用空值	122
5.7	SQL 中的复杂完整性约束	123
5.7.1	单个表上的约束	123
5.7.2	域约束与 DISTINCT 类型	123
5.7.3	断言:多个表上的完整性约束	124
5.8	触发器和主动数据库	125
5.8.1	SQL 的触发器示例	125
5.9	设计主动数据库	127
5.9.1	为什么触发器难以理解	127
5.9.2	约束和触发器	127
5.9.3	触发器的其他用途	128
5.10	复习题	128

第二部分 应用程序开发

第 6 章 数据库应用开发	139
6.1 从应用程序中访问数据库	140
6.1.1 嵌入式 SQL	140
6.1.2 游标	142
6.1.3 动态 SQL	145
6.2 JDBC 简介	146
6.2.1 JDBC 体系结构	147
6.3 JDBC 类和接口	148
6.3.1 JDBC 驱动器管理	148
6.3.2 连接到数据源	148
6.3.3 执行 SQL 语句	150
6.3.4 结果集	151
6.3.5 异常和警告	152
6.3.6 检查数据库元数据	153
6.4 SQLJ	154
6.4.1 编写 SQLJ 代码	155
6.5 存储过程	157
6.5.1 创建一个简单的存储过程	157
6.5.2 调用存储过程	158
6.5.3 SQL/PSM	159
6.6 案例研究:网上书店	160
6.7 复习题	163
第 7 章 Internet 应用	166
7.1 引言	166
7.2 Internet 的一些概念	167
7.2.1 统一资源标识符	167
7.2.2 超文本传输协议 HTTP	168
7.3 HTML 文档	170
7.4 XML 文档	171
7.4.1 XML 简介	172
7.4.2 XML DTD	174
7.4.3 特定领域的 DTD	177
7.5 三层应用体系结构	178
7.5.1 单层和客户-服务器体系结构	178
7.5.2 三层体系结构	180
7.5.3 三层体系结构的优点	181
7.6 展示层	182
7.6.1 HTML 表单	182

7.6.2	JavaScript	184
7.6.3	样式表	185
7.7	中间层	188
7.7.1	CGI:通用网关接口	188
7.7.2	应用服务器	189
7.7.3	Servlet	190
7.7.4	JSP	192
7.7.5	维护状态	193
7.8	案例研究:网上书店	195
7.9	复习题	197

第三部分 存储与索引

第8章	存储与索引概述	207
8.1	外部存储上的数据	208
8.2	文件组织与索引	208
8.2.1	聚簇索引	209
8.2.2	主索引和次索引	210
8.3	索引数据结构	210
8.3.1	基于哈希的索引	211
8.3.2	基于树的索引	212
8.4	不同文件组织的比较	213
8.4.1	代价模型	214
8.4.2	堆文件	214
8.4.3	排序文件	215
8.4.4	聚簇文件	216
8.4.5	具有非聚簇树索引的堆文件	217
8.4.6	具有非聚簇哈希索引的堆文件	218
8.4.7	I/O 代价的比较	219
8.5	索引和性能调整	219
8.5.1	工作负载的影响	220
8.5.2	聚簇索引组织	220
8.5.3	复合搜索码	222
8.5.4	SQL:1999 中的索引规范	225
8.6	复习题	225
第9章	存储数据:磁盘和文件	230
9.1	存储层次	230
9.1.1	磁盘	231
9.1.2	磁盘结构对性能的影响	233
9.2	廉价冗余磁盘阵列(RAID)	233