

Fundamentals of Database Systems
(Fourth Edition)

数据库系统基础

(第四版)

[美] Elmasri 著
Navathe

张伶 杨健康 王宇飞 译

国外经典计算机科学教材

Fundamentals of Database Systems
(Fourth Edition)

数据库系统基础

(第四版)

[美] Elmasri 著
Navathe

张伶 杨健康 王宇飞 译



中国电力出版社

www.infopower.com.cn

Fundamentals of database systems 4th edition (ISBN 0-321-20448-4)

Elmasri, Navathe

Copyright ©2003 by Pearson Education, Inc.

Original English Language Edition Published by Pearson Education, Inc.

All rights reserved.

Translation edition published by PEARSON EDUCATION ASIA LTD and CHINA ELECTRIC POWER PRESS, Copyright © 2006.

本书翻译版由 Pearson Education 授权中国电力出版社在中国境内（香港、澳门特别行政区和台湾地区除外）独家出版、发行。

未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有 Pearson Education 防伪标签，无标签者不得销售。

北京市版权局著作权合同登记号 图字：01-2005-3227 号

图书在版编目（CIP）数据

数据库系统基础（第四版） / （美）内沃斯（Navathe,E.）著；张伶，杨健康，王宇飞译.

—北京：中国电力出版社，2005.8

（国外经典计算机科学教材系列）

书名原文：Fundamentals of Database Systems

ISBN 7-5083-3496-5

I.数... II.①内...②张...③杨...④王... III.数据库系统 IV.TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2005）第 063901 号

丛 书 名：国外经典计算机科学教材系列

书 名：数据库系统基础（第四版）

编 著：（美）Elmasri, Navathe

翻 译：张伶 杨健康 王宇飞

责任编辑：牛贵华

出版发行：中国电力出版社

地址：北京市三里河路6号

邮政编码：100044

电话：（010）88515918

传 真：（010）88518169

印 刷：北京铁成印刷厂

开 本：185×233 1/16

印 张：50 字 数：1229 千字

书 号：ISBN 7-5083-3496-5

版 次：2006 年 1 月北京第 1 版

2006 年 1 月第 1 次印刷

定 价：79.00 元

版权所有 翻印必究

向 Amalia 致以深挚的爱!

R. E.

谨献给我的母亲 Vijaya 和妻子 Aruna,

感谢她们的爱和支持!

S. B. N.

前 言

本书介绍了在设计、使用、实现数据库系统和应用时所需的基本概念。我们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。本书旨在为低年级、高年级或研究生的数据库系统课程（一个或两个学期）提供一本教科书，也可以作为一本参考书。在此假定读者已熟悉基本的程序设计和数据结构概念，并接触过基本的计算机组织。

本书从第 1 部分开始，先提供了一个引言，并介绍了最基本的概念、术语及数据库概念建模原则。第 7、8 部分作为结束，对诸如数据挖掘、XML、安全性、Web 数据库等新兴技术做了介绍。在此之间，我们从第 2 部分到第 6 部分深入地讲解了数据库基础中最重要的概念。

以下是第四版的主要特色：

- 全书内容的组织遵循独立性和灵活性原则，以方便个人学习之需。
- 关于数据建模的讲解既包含 ER 模型，又涉及 UML。
- 增加了有关高级 SQL 的新的一章，其中包括 SQL 程序设计技术方面的内容，如 JDBC 和 SQL/CLI。
- 两个示例贯穿本书始终（名为 COMPANY 和 UNIVERSITY），从而使读者能够使用同一个应用来比较不同的方法。
- 更新了安全、移动数据库、GIS 和基因数据管理方面的内容。
- 新增了有关 XML 和 Internet 数据库的一章。
- 新增了有关数据挖掘的一章。
- 对全书内容作了重要修订，以便为教师和学生提供可靠的资料，另外还提供了一个在线案例研究。

与第三版的主要区别

第四版对全书内容的组织作了一些改动，另外还添加了一些新的重要章节。主要变化如下：

- 将关于文件组织和索引的章节（第三版中的第 5、6 章）移到了第 4 部分，也就是现在的第 13、14 章。第 4 部分的第 15、16 章中仍保留了有关查询处理、优化、物理数据库设计和调优方面的内容（这对应于第三版中的第 18 章和第 16.3~16.4 小节）。
- 第 2 部分中关系模型方面的内容得到了重新组织和更新。第 5 章介绍了关系模型的概念和局限性。关系代数和关系演算合并到了第 6 章，使用 ER-关系和 EER-关系映射进行关系数据库设计的内容放在了第 7 章。第 8、9 章讨论 SQL，并在第 9.3~9.6 节提供了 SQL 程序设计技术的新内容。
- 第 3 部分介绍数据库设计的理论和方法。第 10 章和第 11 章介绍规范化理论，这部分内容与

第三版中的第 14、15 章相对应。第 12 章介绍实际的数据库设计，其内容已更新，添加了更多 UML 的知识。

- 关于事务、并发控制和恢复的章节（第三版中的第 19、20 和 21 章）现在放在了第 5 部分的第 17、18、19 章中。
- 关于面向对象概念、ODMG 对象模型及对象-关系系统的章节现在放在了第 6 部分的第 20、21、22 章中。第 22 章得到了重新组织和更新。
- 第三版中的第 10 章和第 17 章被删掉。有关客户/服务器体系结构的内容融合到了第 2 章和第 25 章当中。
- 有关安全、改进模型（主动模型、时态模型、空间模型、多媒体模型）以及分布式数据库的内容（第三版中的第 22、23、24 章）现在作为第 7 部分的第 23、24、25 章，并且更新了有关安全的那一章。第三版中有关演绎数据库的第 25 章现在融合到了第 24 章，也就是现在的第 24.4 节。
- 第 26 章是有关 XML（eXtended Markup Language，可扩展标记语言）的新的一章，在此介绍了它与访问 Internet 上的关系数据库有何关系。
- 第三版中第 26 章有关数据挖掘和数据仓库的内容现在拆分为两章，并充实、更新了关于数据挖掘的第 27 章。

第四版的内容

第 1 部分描述了要很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 1、2 章介绍了数据库、数据库的典型用户以及 DBMS（数据库管理系统）的概念、术语和体系结构。第 3 章介绍了实体关系（Entity-Relationship，ER）模型和 ER 图的概念，并用以讲解概念数据库设计。第 4 章重点介绍数据抽象和语义数据建模概念，并扩展了 ER 模型以结合这些知识，这样就引出了改进 ER（enhanced-ER，EER）模型和 EER 图。在此所提供的概念包括子类、特化、泛化和 union 类型（类别）。第 3 章和第 4 章还介绍了 UML 类图中用到的表示法。

第 2 部分描述了关系数据模型和关系型 DBMS。第 5 章介绍了基本的关系模型、其完整性约束和更新操作。第 6 章对关系代数的操作做了讲解，并介绍了关系演算。第 7 章讨论使用 ER-关系和 EER-关系映射进行关系数据库设计。第 8 章详细介绍了 SQL 语言，在此包括 SQL 标准（大多数的关系型系统中都实现了此标准）。第 9 章讨论有关 SQL 程序设计的主题，如 SQLJ、JDBC 和 SQL/CLI。

第 3 部分讨论一些有关数据库设计的主题。第 10 章和第 11 章介绍了为关系数据库规范化设计而开发的形式化体系、理论和算法。这些内容包括函数依赖和其他类型的依赖，以及关系的范式等。第 10 章对规范化提供了循序渐进的讲解。第 11 章则给出了关系设计算法，在此还定义了一些类型的依赖，如多值依赖和连接依赖等。第 12 章概要介绍了使用 UML 完成大型和中型应用数据库设计过程中的各个阶段。

第 4 部分先描述了数据库系统中使用的物理文件结构和存取方法。第 13 章介绍了磁盘上组织记录文件的主要方法，包括静态和动态的散列技术。第 14 章介绍了文件索引技术，包括 B 树和 B⁺树数据结构和网格文件。第 15 章介绍了查询处理与优化的基本知识，第 16 章讨论了物理数据库的设计与调优。

第 5 部分讨论了事务处理、并发控制和恢复技术，在此还讨论了这些概念如何用 SQL 实现。

第 6 部分全面介绍了对象数据库和对象-关系系统。第 20 章讨论了面向对象的概念。第 21 章详细介

绍了 ODMG 对象模型以及与之相关的 ODL 和 OQL 语言。第 22 章描述了如何扩展关系数据库使其能够引入面向对象的概念,同时介绍了对象-关系系统的特性、SQL3 标准的一些特性以及嵌套关系数据模型。

第 7 和第 8 部分讨论了一些高级概念。第 23 章概要介绍了数据库安全与授权,其中包括 SQL 中授权 (GRANT) 和取消权限 (REVOKE) 的命令,另外增加了一些安全概念,诸如加密、角色和信息流控制等。第 24 章讨论了高级应用的一些改进数据库模型。其中包括主动数据库与触发器、时态数据库、空间数据库、多媒体数据库以及演绎数据库。第 25 章介绍了分布式数据库以及三层客户/服务器体系结构。第 26 章是有关可扩展标记语言 (XML) 的新增的一章。其中首先讨论了结构化、半结构化和非结构化模型间的区别,然后引出了 XML 的概念,最后将 XML 与传统的数据库模型加以比较。有关数据挖掘的第 27 章得到了扩充和更新。第 28 章介绍数据仓库的概念。最后,第 29 章介绍了移动数据库、多媒体数据库、地理信息系统 (Geographic Information Systems, GIS),以及生物信息领域的基因 (Genome) 数据管理。

附录 A 提供了显示概念 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 C 给出了磁盘的一些重要的物理参数。附录 B、E 和 F 可以在网站上得到。附录 B 是一个新的案例研究,它追踪了一个书店数据库的设计和实现。附录 E 和附录 F 以网络和层次数据库模型为基础讨论了一些早期的数据库系统,这些数据库系统作为现今许多商业数据库应用和事务处理系统的基础,已经使用了三十多年,要完全取代它们还要再等数十年。我们认为,对于学习数据库管理的学生来说,了解这些长期存在的方法是很重要的。在第四版的网站上还可以找到第三版的所有章节。

如何使用本书

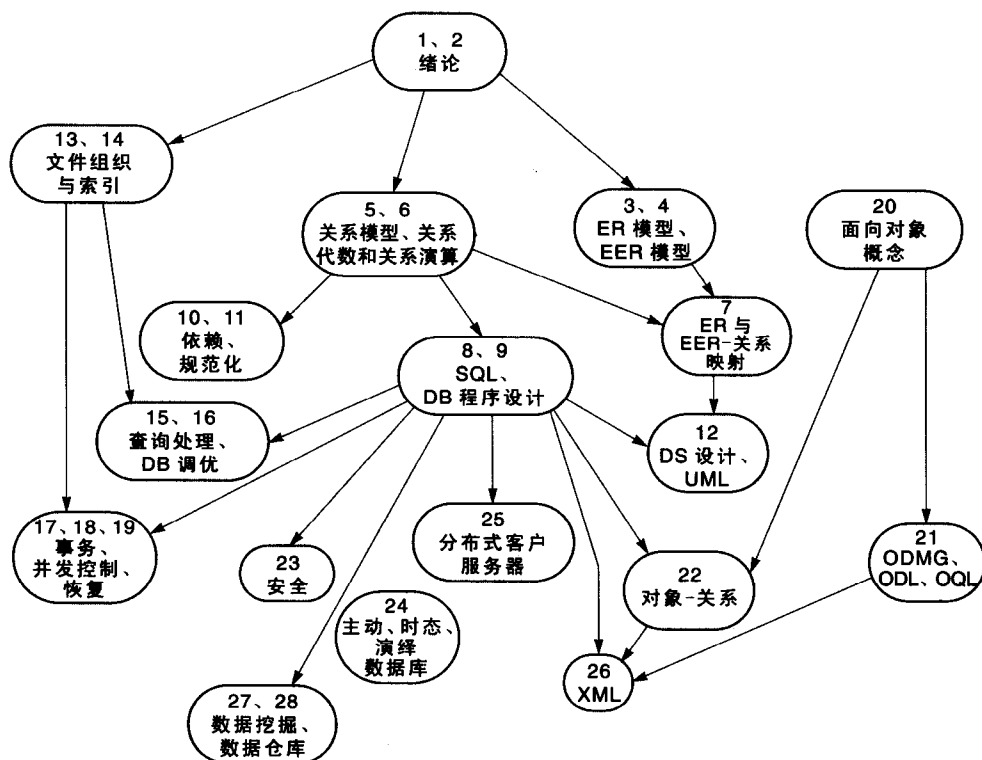
可以采用多种方式讲授一门数据库课程。可以依循本书中第 1~5 部分的章节顺序来讲授数据库系统的入门课程,当然教师也可以根据各人需要来组织授课顺序。根据课程侧重点的不同,教师可以不讲第 1~5 部分中的某些章节,还可以补充书中其他部分(第 6、7、8 部分)中的有用章节。在每章引言的最后,我们列出了哪些小节可以跳过,而只需在某一章中对该主题做不太详细的讨论。我们建议,作为数据库入门课程的教科书,可以选用本书第 1~14 章的内容,同时再根据学生水平和大纲要求,可以从书中选择其他章节的一些内容添加进来。例如,如果强调系统实现技术,那么可以补充第 4、5 部分的各章。

第 3 章和第 4 章介绍了使用 ER 和 EER 模型进行概念建模,这部分内容对于从概念上很好地理解数据库非常重要。不过,对于这两章,可以讲授其中的部分内容或在课程后期介绍,如果课程的侧重点是 DBMS 实现,甚至可以将其跳过。第 13 章和第 14 章介绍的是文件组织和索引,这部分内容同样可以在课程的前期或后期讲授,如果课程的重点是数据库模型和语言,也可将其略过不讲。如果学生以前学过关于文件组织的课程,那么可以把这两章的部分内容留作学生的课后阅读材料,或者留一些练习来复习这些概念。

一个有完整生命周期的数据库设计与实现项目要包括概念设计(第 3、4 章)、数据模型映射(第 7 章)、规范化(第 10 章)和用 SQL 实现(第 9 章)。同时还需要有关特定数据库的附加文档说明。

本书在编写的时候考虑到了可以按照不同的章节次序进行学习。如下所示的这个图展示了章节间的主要依赖关系。由图可知,在介绍性的前两章之后,可以从多个不同的问题角度开始学习。这

个图可能看起来有些复杂，但非常重要的一点是，如果按照如图所示的次序进行学习，知识间的联系会很连贯。如果教师想以其他次序来讲授课程，也可以将这个图作为一个参考。



如果以本书为基础开设一个学期的课程，可将某些章节留作课外阅读资料。第4、第7和第8部分就可以作为这样的阅读作业。也可将本书用作两个学期的教科书。前一门课程“数据库设计/系统导论”面向大二、大三或大四的学生，可以涵盖第1~14章的大多数章节。第二门课程“数据库设计与实现技术”面向大四学生或一年级研究生，则可涵盖第15~28章的内容。在以上两个学期中可以有选择地选用第7、第8部分中的某些章节，除本书之外，如果学生所在学院还有其他介绍DBMS的材料，也可以作为学习内容。

补充材料

本书的补充材料已经做了重大修订。Addison-Wesley的Database Place网站提供了一组可靠的互动参考资料，可以帮助学生更好地学习建模、规范化和SQL。每个教程都要求学生解决一些问题（如编写一个SQL查询、画一个ER图或规范化一个关系），然后根据学生的解答给出有益的反馈。Addison-Wesley的Database Place网站有助于学生掌握所有数据库课程的主要概念。更多详情请访问 aw.com/databaseplace。

此外，本书的所有读者都可以在 www.aw.com/cssupport 网站上获得以下补充材料：

- 附加内容：包括关于一个书店数据库设计与实现的新案例研究，以及未包括在第四版的前几版中的一些章节。

- 一组 PowerPoint 教案。

符合条件的教师可以获得答案手册。请联系当地的 Addison-Wesley 销售代表，或发电子邮件至 aw.cse@aw.com 询问如何获得这个手册。

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，我们想感谢我们的编辑们：Maite SuarezRivas、Katherine Harutunian、Daniel Rausch 和 Juliet Silveri。特别要向第四版主要联系人 Katherine Harutunian 的努力与帮助表示感谢。我们还要向为第四版付出过劳动的所有人表示感谢。感谢以下审阅人所做的贡献：Phil Bernhard，佛罗里达理工大学；Zhengxin Chen，奥马哈（Omaha）Nebraska 大学；Jan Chomicki，Buffalo 大学；Hakan Ferhatosmanoglu，俄亥俄州立大学；Len Fisk，Chico 加利福尼亚州立大学；William Hankley，堪萨斯州立大学；Ali R. Hurson，Penn 州立大学；Vijay Kumar，密苏里-堪萨斯城市大学；Peretz Shoval，以色列 Ben-Gurion 大学；Jason T.L.Wang，新泽西理工学院；以及乔治亚理工大学的 Ed Omiecinski，感谢他对第 27 章所做的工作。

Ramez Elmasri 还要感谢他的学生：Hyoil Han、Babak Hojabri、Jack Fu、Charley Li、Ande Swathi 和 Steven Wu，感谢他们为第 26 章撰写材料。他还要感谢阿灵顿德克萨斯大学对他的支持。

Sham Navathe 要向 Dan Forsythe 以及乔治亚理工大学的以下学生致谢：Weimin Feng、Angshuman Guin、Abrar Ul-Haque、Bin Liu、Ying Liu、Wanxia xie 和 Waigen Yee。

我们还要再次感谢曾经审阅以及为本书前几版做出过贡献的人。为第一版付出过辛劳的人有：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。为第二版做过努力的包括：Dan Joraanstad（编辑）、Rafi Ahmed、Antonio Albano、David Beech、Jose Blakeley、Panos Chrsanthis、Suzanne Dietrich、Vic Ghorpadey、Goets Graefe、Eric Hanson、unguk L. Kim、Roger King、Vram Kouramajian、Vijy Kumar、John Lowther、Sanjay Manchanda、Toshimi Minoura、Inderpal Mumick、Ed Omiecinski、Girish Pathak、Raghu Ramakrishnan、Ed Robertson、Eugene Sheng、David Stotts、Marianne Winslett 和 Stan Zdonick。为第三版做出过贡献的人包括：Suzanne Dietrich、Ed Omiechnski、Rafi Ahmed、Francois Bancilhon、Jose Blakeley、Rick Cattell、Ann Chervenak David W. Embley、Henry A. Etlinger、Leonidas Fegaras、Dan Forsyth、Farshad Fotouhi、Michael Franklin、Sreejith Gopinath、Goetz Craefe、Richard Hull、Sushil Jajodia、Ramesh K. Karne、Harish Kotbag、Vijay Kumar、Tarcisio Lima、Ramon A. Mata-Toledo、Jack McCaw、Dennis McLeod、Rokia Missaoui、Magdi Morsi、M. Narayanaswamy、Carlos Ordenez、Joan Peckham、Betty Salzberg、Ming-Chien Shan、Junping Sun、Rajshekhar Sunderraman、Aravindan Veerasmy 和 Emilia E. Villareal。

最后提到的并不意味着不重要，我们真切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

前 言

第 1 部分 绪论与概念建模

第 1 章 数据库与数据库用户	3
1.1 绪论	4
1.2 一个示例	5
1.3 数据库方法的特点	7
1.4 前台角色	10
1.5 幕后人员	11
1.6 使用 DBMS 方法的优点	12
1.7 数据库应用简史	16
1.8 何时不应使用 DBMS	18
1.9 小结	18
第 2 章 数据库系统概念和体系结构	20
2.1 数据模型、模式和实例	20
2.2 三层模式体系结构和数据独立性	23
2.3 数据库语言和接口	25
2.4 数据库系统环境	27
2.5 DBMS 的集中式与客户/服务器体系结构	30
2.6 数据库管理系统分类	34
2.7 小结	35
第 3 章 使用实体-关系模型进行数据建模	38
3.1 使用高级概念数据模型进行数据库设计	39
3.2 一个示例数据库应用	41
3.3 实体类型、实体集、属性和键	41
3.4 关系类型、关系集、角色和结构约束	47
3.5 弱实体类型	52
3.6 改进 COMPANY 数据库的 ER 图	53
3.7 ER 图、命名约定和设计问题	54
3.8 UML 类图表示法	58
3.9 小结	59

第 4 章 改进实体-关系与 UML 建模	66
4.1 子类、超类和继承	67
4.2 特化与泛化	68
4.3 特化与泛化的约束和特点	71
4.4 采用类别的 union 类型建模	76
4.5 示例 UNIVERSITY 的 EER 模式和 EER 模型的形式化定义	78
4.6 UML 类图中的特化/泛化和继承的表示	81
4.7 度大于 2 的关系类型	82
4.8 数据抽象、知识表示和本体论概念	85
4.9 小结	90
第 2 部分 关系模型：概念、约束、语言、设计和程序设计	
第 5 章 关系数据模型和关系数据库约束	97
5.1 关系模型概念	98
5.2 关系模型约束和关系数据库模式	102
5.3 更新操作与违反约束的处理	109
5.4 小结	111
第 6 章 关系代数和关系演算	116
6.1 一元关系操作：SELECT 和 PROJECT	117
6.2 基于集合的关系代数操作	121
6.3 二元关系操作：JOIN 和 DIVISION	123
6.4 其他关系操作	129
6.5 关系代数中的查询示例	134
6.6 元组关系演算	135
6.7 域关系演算	142
6.8 小结	144
第 7 章 使用 ER-关系以及 EER-关系映射进行关系数据库设计	150
7.1 使用 ER-关系映射的关系数据库设计	150
7.2 将 EER 模型构造映射至关系	156
7.3 小结	159
第 8 章 SQL-99：模式定义、基本约束和查询	161
8.1 SQL 数据库定义和数据类型	162
8.2 SQL 中指定基本约束	166
8.3 SQL 中的模式更改语句	169
8.4 SQL 中的基本查询	170
8.5 更复杂的 SQL 查询	178

8.6	SQL 中的插入、删除和更新语句	191
8.7	SQL 的其他特性	194
8.8	小结	195
第 9 章	SQL 的更多内容：断言、视图和编程技术	199
9.1	将一般约束指定为断言	200
9.2	SQL 中的视图（虚表）	201
9.3	数据库程序设计：问题与技术	204
9.4	嵌入式 SQL、动态 SQL 和 SQLJ	206
9.5	使用函数调用的数据库程序设计：SQL/CLI 和 JDBC	215
9.6	数据库存储过程与 SQL/PSM	222
9.7	小结	224

第 3 部分 数据库设计理论与方法学

第 10 章	函数依赖与关系数据库的规范化	229
10.1	关系模式的非形式化设计原则	230
10.2	函数依赖	238
10.3	基于主键的范式	243
10.4	第二范式与第三范式的一般定义	250
10.5	Boyce-Codd 范式	253
10.6	小结	255
第 11 章	关系数据库设计算法与其他依赖	259
11.1	关系分解的性质	260
11.2	关系数据库模式设计算法	264
11.3	多值依赖与第四范式	270
11.4	连接依赖与第五范式	274
11.5	包含依赖	275
11.6	其他依赖与范式	276
11.7	小结	277
第 12 章	实用数据库设计方法学与 UML 图的使用	280
12.1	组织中信息系统的作用	281
12.2	数据库设计与实现过程	284
12.3	使用 UML 图作为数据库设计规范的辅助工具	298
12.4	基于 UML 的设计工具：Rational Rose	305
12.5	自动化数据库设计工具	310
12.6	小结	312

第 4 部分 数据存储、索引、查询处理和物理设计

第 13 章 磁盘存储、基本文件结构和散列	317
13.1 概述	317
13.2 辅存设备	320
13.3 块缓冲	325
13.4 把文件记录保存在磁盘上	326
13.5 文件操作	329
13.6 无序记录文件（堆文件）	331
13.7 有序记录文件（排序文件）	332
13.8 散列技术	335
13.9 其他主文件组织	342
13.10 使用 RAID 技术的并行磁盘存取	343
13.11 存储局域网	346
13.12 小结	347
第 14 章 文件索引结构	352
14.1 单级有序索引类型	352
14.2 多级索引	361
14.3 使用 B 树和 B*树的动态多级索引	363
14.4 多键索引	375
14.5 其他类型的索引	377
14.6 小结	378
第 15 章 查询处理和优化算法	383
15.1 将 SQL 查询转换为关系代数	385
15.2 外排序算法	385
15.3 选择（SELECT）与连接（JOIN）操作算法	387
15.4 投影（PROJECT）与集合（SET）操作算法	395
15.5 聚集操作和外连接的实现	396
15.6 用流水线组合操作	397
15.7 在查询优化中使用启发式	398
15.8 查询优化中使用选择性与代价估计	406
15.9 ORACLE 中查询优化概述	413
15.10 语义查询优化	414
15.11 小结	415
第 16 章 实际数据库设计与调优	417
16.1 关系数据库中的物理数据库设计	417
16.2 关系系统中数据库调优概述	420

16.3 小结	424
---------------	-----

第 5 部分 事务处理概念

第 17 章 事务处理概念与理论	429
17.1 事务处理简介	429
17.2 事务和系统的概念	435
17.3 事务的必要性质	437
17.4 基于可恢复性确定调度的特征	438
17.5 基于可串行性确定调度的特征	440
17.6 SQL 中的事务处理支持	448
17.7 小结	449
第 18 章 并发控制技术	453
18.1 并发控制的两段加锁技术	453
18.2 基于时间戳排序的并发控制	461
18.3 多版本并发控制技术	463
18.4 确认（乐观）并发控制技术	465
18.5 数据项粒度和多粒度加锁	466
18.6 索引中使用加锁进行并发控制	469
18.7 其他并发控制问题	469
18.8 小结	470
第 19 章 数据库恢复技术	473
19.1 恢复概念	473
19.2 基于延迟更新的恢复技术	477
19.3 基于即时更新的恢复技术	481
19.4 镜像分页	483
19.5 ARIES 恢复算法	484
19.6 多数据库系统中的恢复	486
19.7 数据库备份和灾难性失败恢复	487
19.8 小结	488

第 6 部分 对象与对象-关系数据库

第 20 章 对象数据库的概念	495
20.1 面向对象概念概述	496
20.2 对象标识、对象结构和类型构造器	498
20.3 操作、方法和持久性的封装	503
20.4 类型、类层次结构和继承	506
20.5 复杂对象	509

20.6	其他面向对象的概念	510
20.7	小结	512
第 21 章	对象数据库标准、语言与设计	515
21.1	ODMG 对象模型概述	516
21.2	对象定义语言 ODL	525
21.3	对象查询语言 OQL	530
21.4	C++语言绑定概述	537
21.5	对象数据库概念设计	538
21.6	小结	540
第 22 章	对象-关系和扩展-关系系统	542
22.1	SQL 及其对象-关系特性概述	542
22.2	数据库技术的演变和当前发展趋势	549
22.3	INFORMIX 通用服务器 5	549
22.4	ORACLE 8 的对象-关系特性	558
22.5	扩展类型系统的实现和相关问题	560
22.6	嵌套关系模型	561
22.7	小结	563
第 7 部分 其他主题		
第 23 章	数据库安全和授权	567
23.1	数据库安全问题概述	567
23.2	基于授权和撤回权限的自主访问控制	570
23.3	多级安全的强制访问控制和基于角色的访问控制	573
23.4	统计数据库安全概述	577
23.5	信息流控制简介	578
23.6	加密和公共密钥基础设施	580
23.7	小结	581
第 24 章	面向高级应用的改进数据模型	584
24.1	主动数据库的概念和触发器	585
24.2	时态数据库概念	593
24.3	多媒体数据库	603
24.4	演绎数据库简介	605
24.5	小结	615
第 25 章	分布式数据库和客户/服务器体系结构	621
25.1	分布式数据库的概念	622
25.2	分布式数据库设计的数据分片、复制和分配技术	626

25.3	分布式数据库系统的类型	631
25.4	分布式数据库中的查询处理	634
25.5	分布式数据库中的并发控制与恢复概述	638
25.6	三层客户/服务器体系结构概述	640
25.7	Oracle 的分布式数据库	641
25.8	小结	643

第 8 部分 新兴技术

第 26 章	XML 和 Internet 数据库	651
26.1	结构化、半结构化和非结构化数据	651
26.2	XML 层次（树）数据模型	654
26.3	XML 文档、DTD 和 XML 模式	656
26.4	XML 文档和数据库	662
26.5	XML 查询	668
26.6	小结	670
第 27 章	数据挖掘概念	671
27.1	数据挖掘技术概述	671
27.2	关联规则	674
27.3	分类	682
27.4	聚类	685
27.5	解决其他数据挖掘问题的方法	687
27.6	数据挖掘的应用	689
27.7	商业数据挖掘工具	689
27.8	小结	691
第 28 章	数据仓库和 OLAP 概述	694
28.1	概述、定义与术语	694
28.2	数据仓库的特征	695
28.3	数据仓库的数据建模	696
28.4	构建数据仓库	700
28.5	数据仓库的典型功能	702
28.6	数据仓库与视图	703
28.7	数据仓库中的难题和开放问题	703
28.8	小结	704
第 29 章	新兴的数据库技术及应用	706
29.1	移动数据库	706
29.2	多媒体数据库	712

29.3 地理信息系统	716
29.4 基因组数据管理	721
附录 A ER 模型的可选图形表示法	728
附录 B 数据库设计与应用实现案例研究——见本书网站	
附录 C 磁盘参数	731
附录 D QBE 语言概述	733
D.1 QBE 中的基本检索	733
D.2 QBE 中的分组、聚集和数据库修改	736
选读书目	739