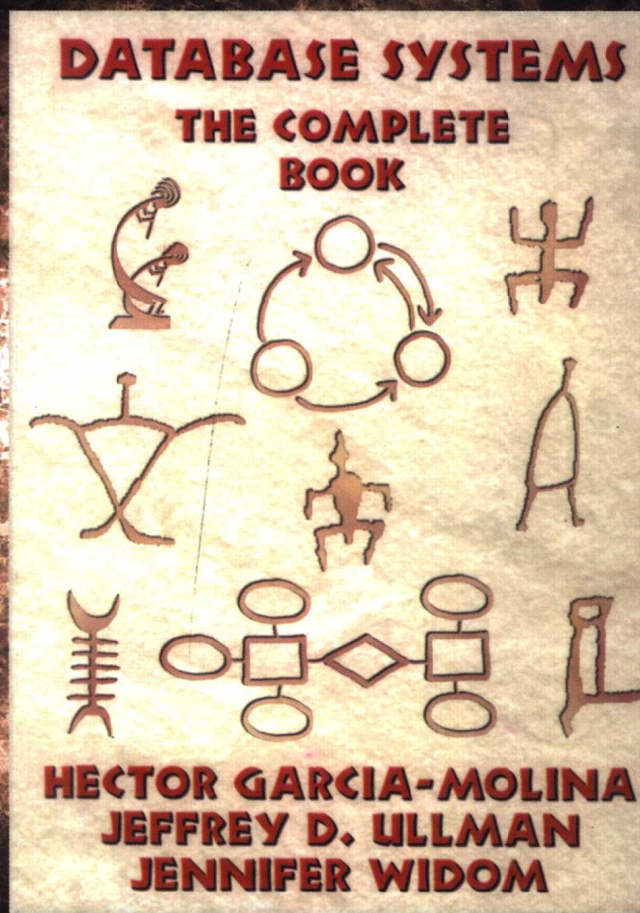


数据库系统全书

(美) Hector Garcia-Molina Jeffrey D. Ullman Jennifer Widom 著
岳丽华 杨冬青 龚育昌 唐世渭 徐其钧 等译

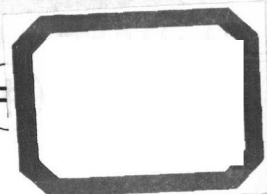


Database Systems
The Complete Book



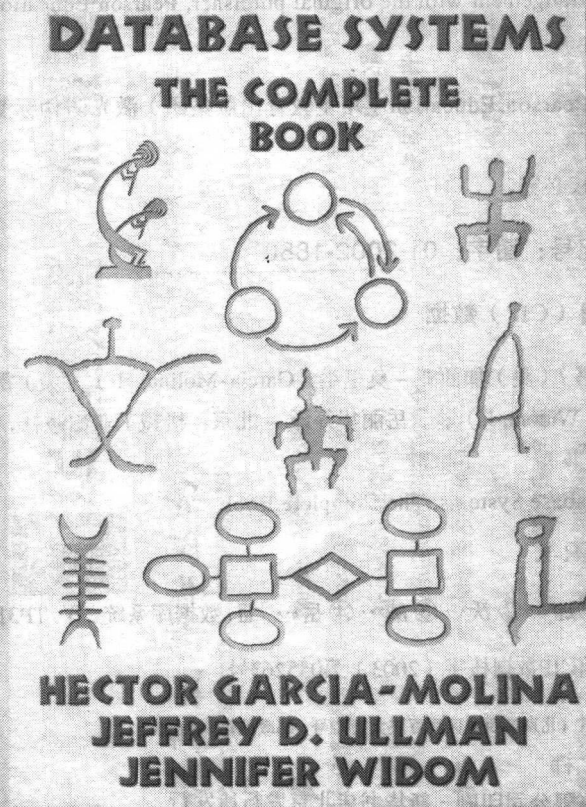
机械工业出版社
China Machine Press

计 算 机 科 学 丛



数据库系统全书

(美) Hector Garcia-Molina Jeffrey D. Ullman Jennifer Widom 著
岳丽华 杨冬青 龚育昌 唐世渭 徐其钧 等译



Database Systems
The Complete Book



机械工业出版社
China Machine Press

本书是斯坦福大学计算机专业数据库系列课程教科书。书中对数据库系统基本原理以及数据库系统实现进行了深入阐述,并对ODL、SQL、关系代数、面向对象查询、事务管理、并发控制等内容展开具体讨论。对该领域内的一些最新技术,诸如数据仓库、数据挖掘、数据立方体系统等,也给予了介绍。

本书适合作为高等院校计算机专业研究生的教材或本科生的教学参考书,也适合作为从事相关研究或开发工作的专业技术人员的高级参考资料。

Simplified Chinese edition copyright © 2002 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and China Machine Press.

Original English language title: Database Systems: The Complete Book, ISBN: 0-13-031995-3, 1st Edition by Hector Garcia-Molina, Jeffrey D. Ullman, Jennifer Widom, Copyright 2002

All rights reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice-Hall, Inc.

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。

本书版权登记号:图字:01-2002-1880

图书在版编目(CIP)数据

数据库系统全书/(美)加西亚-莫里纳(Garcia-Molina, H.), (美)沃尔曼(Ullman, J. D.), (美)威德姆(Widom, J.)著;岳丽华等译.-北京:机械工业出版社,2003.8
(计算机科学丛书)

书名原文:Database Systems: The Complete Book

ISBN 7-111-12541-X

I. 数… II. ①加… ②沃… ③威… ④岳… III. 数据库系统 IV. TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2003)第055263号

机械工业出版社(北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑:蒋 玮

北京瑞德印刷有限公司印刷·新华书店北京发行所发行

2003年10月第1版第1次印刷

787mm×1092mm 1/16·46.5印张

印数:0 001-5 000册

定价:65.00元

凡购本书,如有倒页、脱页、缺页,由本社发行部调换
本社购书热线电话:(010) 68326294

出版者的话

文艺复兴以降，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域中取得了垄断性的优势；也正是这样的传统，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭橥了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短、从业人员较少的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章图文信息有限公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，华章公司就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过几年的不懈努力，我们与Prentice Hall, Addison-Wesley, McGraw-Hill, Morgan Kaufmann等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从它们现有的数百种教材中甄选出Tanenbaum, Stroustrup, Kernighan, Jim Gray等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及收藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力襄助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专诚为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍，为进一步推广与发展打下了坚实的基础。

随着学科建设的初步完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都步入一个新的阶段。为此，华章公司将加大引进教材的力度，在“华章教育”的总规划之下出版三个系列的计算机教材：除“计算机科学丛书”之外，对影印版的教材，则单独开辟出“经典原版书库”；同时，引进全美通行的教学辅导书“Schaum's Outlines”系列组成“全美经典学习指导系列”。为了保证这三套丛书的权威性，同时也为了更好地为学校和老师提供服务，华章公司聘请了中国科学院、北京大学、清华大学、国防科技大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、中国科技大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、中国人民大学、北京航空航天大学、北京邮电大学、中山大学、解放军理工大学、郑州大学、湖北工学院、中国国家信息安全测评认证中心等国内重点大学和科研机构在计算机的各个领域的著名学者组成“专家指导委员会”，为我们提供选题意见和出版监督。

这三套丛书是响应教育部提出的使用外版教材的号召，为国内高校的计算机及相关专业

的教学度身订造的。其中许多教材均已为M. I. T., Stanford, U.C. Berkeley, C. M. U. 等世界名牌大学所采用。不仅涵盖了程序设计、数据结构、操作系统、计算机体系结构、数据库、编译原理、软件工程、图形学、通信与网络、离散数学等国内大学计算机专业普遍开设的核心课程,而且各具特色——有的出自语言设计者之手、有的历经三十年而不衰、有的已被全世界的几百所高校采用。在这些圆熟通博的名师大作的指引之下,读者必将在计算机科学的宫殿中由登堂而入室。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑,这些因素使我们的图书有了质量的保证,但我们的目标是尽善尽美,而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。教材的出版只是我们的后续服务的起点。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正,我们的联系方法如下:

电子邮件: hzedu@hzbook.com

联系电话: (010) 68995264

联系地址: 北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码: 100037

专家指导委员会

(按姓氏笔画顺序)

尤晋元
石教英
张立昂
邵维忠
周克定
郑国梁
高传善
裘宗燕

王 珊
吕 建
李伟琴
陆丽娜
周傲英
施伯乐
梅 宏
戴 葵

冯博琴
孙玉芳
李师贤
陆鑫达
孟小峰
钟玉琢
程 旭

史忠植
吴世忠
李建中
陈向群
岳丽华
唐世渭
程时端

史美林
吴时霖
杨冬青
周伯生
范 明
袁崇义
谢希仁

译者序

数据库系统课程是计算机科学与技术专业的一门必修课程，有一本好的数据库系统课程教材对计算机科学技术专业的教学与学习是非常重要的。

本书是斯坦福大学计算机系Jeffrey D. Ullman教授，Jennifer Widom副教授与Hector Garcia-Molina教授等学者在重新整理其使用多年的数据库课程教材的基础上，精心编辑成的一本适用于20周数据库系统课程教学的教材。Jeffrey D. Ullman教授已从教近40年。自1980年编写了其第一本数据库教材《数据库系统原理》以来，已出版过多本数据库系统方面的教材。本教材主要特点如下：（1）内容全面。与数据库系统相关的内容书中都有讨论。所介绍的语言不仅仅介绍了标准SQL语言、关系代数语言，还介绍了较新的面向对象查询语言OQL和逻辑语言DATALOG。（2）内容深入。如讨论查询处理时，不仅给出了查询逻辑计划与物理计划处理，而且还给出了有关查询计划执行时的多种处理算法，这些在一般的数据库系统书中是不常见到的。（3）举例多、习题多。书中通过反复举例和在每一小节（而不是每一章）之后给出大量标有难度的习题，可以有效地引导学生循序渐进地深入掌握教学内容。（4）在讨论一些重要的结论时，不仅陈述了该结论，而且还给出了该结论的证明，这反映了Ullman教授扎实的数学背景的渊源，为维护数据库理论的严格性提供了范例。

本书是Ullman教授把斯坦福大学季度学制中的本科生数据库基础课（CS145）和本科生高年级数据库系统实现课（CS245）合二为一，以适应学期学制教学而准备的教材。我国大学基本上都实行学期学制，数据库课程的学时一般都在60学时以上。随着教学手段的改进（如使用多媒体教学），大大节省了板书时间，使得教学内容的扩展成为可能。因此本书的大部分内容可以在一学期中完成。如果不需要对数据库系统的某个方面做深入讨论，可以省略某些内容而不影响教学的系统性。数据库系统课程教学中需要给学生足够多的、难易程度合适的实验练习，在Ullman教授的Web主页上还给出了与本书配合的课程实验内容，这为使用本书作为数据库系统课程教学提供了非常大的帮助。

本书的翻译组织安排如下，岳丽华负责翻译审校了1-8章，第11章及前言，龚育昌负责翻译审校了9-10章，其余章节由杨冬青、唐世渭、徐其钧诸位老师负责翻译审校。

另外参加翻译工作的人员还有：周英华、刘晓红、陆岚、杨洋、柳建平、杨晓宁、韦鹏、齐冀、陈安、杨良怀、王爱华、王腾蛟、叶茂盛、赵绍军、赵畅、高桂英。

限于译者的水平，译文中难免有错误与不足之处，欢迎读者批评指正。

译者
2003年5月

前言

在斯坦福，因为执行的是一年四学期制，所以数据库引论课被分为两门课程。第一门课程是CS145，该课程中只要求学生学会使用数据库系统，而不必做关于DBMS实现方面的实验。CS145课是CS245的预修课。CS245是介绍DBMS实现。学生若想进一步学习数据库方向课程，则可以学CS345（此课是理论课）、CS346（该课是DBMS实现实验课），以及CS347课程（该课介绍事务处理及分布式数据库）。

从1997年开始，我们已经出版了两本配套的书。《数据库系统基础教程》是为CS145课程编写。《数据库系统实现》是为CS245课程以及部分CS346课程编写。由于很多学校实行学期制，或者是将这两门数据库引论课组合成一门引论课程，因此，我们感到有必要将上述两本书合成一本书。同时，数据库系统的发展迫使要开出新的课程以介绍很多新课题。这样，我们加入了一些新的内容，大多是与应用程序设计领域相关。如对象关系数据、SQL/PSM（存储程序）、SQL/CLI（C/SQL接口标准）和JDBC（与JAVA/SQL相同）等。

如何使用该书

我们建议用两个学季来讲该书。如果你遵照斯坦福方法，则在第一学季中讲前十章内容，在第二学季讲后十章内容。如果你想在一学季中讲完本书，则要省略一些章节不讲。

通常，我们建议第2~7章，11~13章，以及17~18章应该给定较高的优先数，而这些章中有一些可以跳过不讲。

若如同我们在CS145课程中所做的那样，你想给学生一个真实的数据库应用设计和实现项目作业，则应该对书的讲解顺序做某些调整，使SQL的介绍较早开始。虽然学生在做数据库设计时需要规范化知识，但你可以推迟有关函数依赖的介绍。

预备知识

我们曾经将此书作为本科生和一年级研究生都选的课程教材。该课程的正规的预修条件是将其作为二年级课程，在此之前已学习过：（1）数据结构、算法、离散数学。（2）软件系统、软件工程和程序设计语言等。所有这些内容中最重要的是学生至少要对如下内容有基本的理解：代数表达式和代数定律、逻辑、基本的数据结构（如查询树和图）、面向对象程序设计概念和程序设计环境。可是我们相信最合适的知识基础是在修完典型的计算机专业课程体系三年级后。

习题

本书几乎在每一节都包括了一些扩充练习，我们用感叹号对难题做了标记，对最难的习题用双感叹号做了标记。

有些习题标有星号，对这些习题我们将努力通过该书的网页提供有关该题的解法，以方便读者访问。这些解是公开有效的，并且可用于自测。注意，在有些情况下，习题B是你对另

一习题A的修改和改造，于是如果A的某一部分有解，则你也应该能解出B的对应部分。

WWW网上支持

本书的主页地址是：

<http://www-db.stanford.edu/~ullman/dscb.html>

这里有对加星号习题的解的勘误表及书的备份。同时还有与课程CS145和CS246 相关的作业、课程实现及考卷等内容。

致谢

有很多人曾帮助过我们，他们或是提供了本书及它的后续版内容的最初材料，或者是提供了本书或其他基于网页材料的勘误表。我们对所有这些帮助过我们的人表示感谢。他们是：

Marc Abromowit, Joseph H. Adamski, Brad Adelberg, Gleb Ashimov, Donald Aingworth, Jonathan Becker, Margaret Bentiez, Larry Bonham, Phillip Bonnet, David Brokaw, Ed Burns, Karen Buter, Christopher Chan, Sudarshan Chawathe, Per Christensen, Ed Chang, Surajit Chaudhuri, Ken Chen, Rada Chirkova, Nitin Chopra, Bobbie Cochrane, Arturo Crespo, Linda DeMichiel, Tom Dienstbier, Pearl D'Souza, Oliver Duschka.

还有Xavier Faz, Greg Fichtenholtz, Bar Fisher, Jarl Friis, John Fry, Chiping Fu, Tracy Fujieda, Manish Godara, Meredith Goldsmith, Luis Gravano, Gerard Guillemette, Rafael Hernandez, Antti Hjelt, Ben Holtzman, Steve Huntsberry, Leonard Jacobson, Thulasiraman Jeyaraman, Dwight Joe, Seth Katz, Yeong-Ping Koh, Gyorgy Kovacs, Phillip Koza, Brian Kulman, Sang Ho Lee, Olivier Lobry, Lu Chao-Jun, Arun Marathe, Le-Wei Mo, Fabian Modoux, Peter Mork, Mark Mortensen.

还有Ramprakash Narayanaswami, Hankyung Na, Marie Nilsson, Torbjorn Norbye, Chang-Min Oh, Mehul Patel, Bert Porter, Limbek Reka, Prahash Ramanan, Ken Ross, Tim Roughgarden, Mema Roussopoulos, Richard Scherl, Catherine Tornabene, Anders Uhl, Jonathan Ullman, Mayank Upadhyay, Vassilis Vassalos, Qiang Wang, Kristian Widjaja, Janet Wu, Sundar Yamunachari, Takeshi Yokukawa, Min-Sig Yun, Torben Zahle, Sandy Zhang。当然书中的错误是我们的。

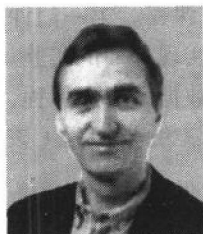
H. G.-M

J. D. U.

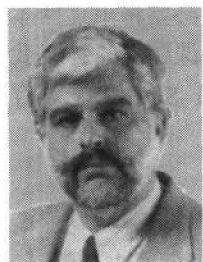
J. W.

斯坦福，加州

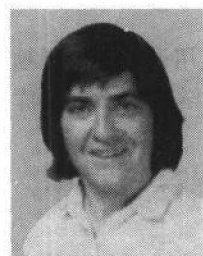
作者简介



Hector Garcia-Molina是斯坦福大学计算机科学与电气工程系的Leonard Bosack和Sandra Lerner教授。他在数据库系统、分布式系统和数字图书馆领域中发表了大量论文。他的研究兴趣包括分布式计算系统、数据库系统和数字图书馆。



Jeffrey D. Ullman是斯坦福大学的Stanford W. Ascherman计算机科学教授。他作为作者或合作者出版了15本著作，发表了170篇技术论文，其中包括《A First Course in Database Systems》(Prentice Hall 出版社, 1997) 和《Elements of ML Programming》(Prentice Hall 出版社, 1998)。他的研究兴趣包括数据库理论、数据库集成、数据挖掘和利用信息基础设施进行教育。他获得了Guggenheim Fellowship等多种奖励，并被推选进入国家工程院。他还被授予1996年Sigmod贡献奖和1998年Karl V. Karstrom杰出教育家奖。



Jennifer Widom是斯坦福大学计算机科学与电气工程系的副教授。她是多个编辑委员会和程序委员会的成员，在计算机科学会议和杂志上发表了許多文章。她还是《A First Course in Database Systems》的作者之一。她的研究兴趣包括半结构化数据的数据库系统和XML、数据仓库以及主动数据库系统。

目 录

出版者的话	
专家指导委员会	
译者序	
作者简介	
前言	

第1章 数据库系统世界	1
1.1 数据库系统的发展	1
1.1.1 早期的数据库管理系统	1
1.1.2 关系数据库系统	2
1.1.3 越来越小的系统	3
1.1.4 越来越大的系统	4
1.1.5 客户-服务器和多层体系结构	4
1.1.6 多媒体数据	5
1.1.7 信息集成	5
1.2 数据库管理系统概述	6
1.2.1 数据定义语言命令	6
1.2.2 查询处理概述	6
1.2.3 存储器和缓冲区管理器	8
1.2.4 事务处理	8
1.2.5 查询处理器	9
1.3 数据库系统研究概述	9
1.3.1 数据库设计	10
1.3.2 数据库程序设计	10
1.3.3 数据库系统实现	11
1.3.4 信息集成概述	12
1.4 小结	12
1.5 参考文献	12

第2章 实体-联系数据模型	15
2.1 E/R模型的要素	15
2.1.1 实体集	15
2.1.2 属性	16
2.1.3 联系	16
2.1.4 实体-联系图	16
2.1.5 E/R图实例	17
2.1.6 二元E/R联系的多样性	17
2.1.7 多路联系	18

2.1.8 联系中的角色	18
2.1.9 联系的属性	19
2.1.10 多路联系到二元联系的转换	20
2.1.11 E/R模型中的子类	21
2.1.12 习题	22
2.2 设计原则	24
2.2.1 忠实性	24
2.2.2 避免冗余	24
2.2.3 简单性考虑	25
2.2.4 选择正确的联系	25
2.2.5 选择正确的元素种类	26
2.2.6 习题	27
2.3 约束的建模	28
2.3.1 约束的分类	29
2.3.2 E/R模型中的键	29
2.3.3 E/R模型中键的表示	30
2.3.4 单值约束	31
2.3.5 引用完整性	31
2.3.6 E/R图中的引用完整性	31
2.3.7 其他类型的约束	32
2.3.8 习题	32
2.4 弱实体集	33
2.4.1 弱实体集的来源	33
2.4.2 弱实体集的要求	34
2.4.3 弱实体集的符号	35
2.4.4 习题	35
2.5 小结	35
2.6 参考文献	36
第3章 关系数据模型	37
3.1 关系模型的基础	37
3.1.1 属性	37
3.1.2 模式	37
3.1.3 元组	38
3.1.4 域	38
3.1.5 关系的等价描述	38
3.1.6 关系实例	38
3.1.7 习题	39

3.2 从E/R图到关系设计	39	3.7.6 范式间的联系	76
3.2.1 实体集到关系的转化	40	3.7.7 习题	76
3.2.2 E/R联系到关系的转化	41	3.8 小结	77
3.2.3 组合关系	42	3.9 参考文献	78
3.2.4 处理弱实体集	43	第4章 其他数据模型	81
3.2.5 习题	45	4.1 面向对象概念的复习	81
3.3 子类结构到关系的转化	46	4.1.1 类型系统	82
3.3.1 E/R方式转化	46	4.1.2 类与对象	82
3.3.2 面向对象的方法	47	4.1.3 对象标识	82
3.3.3 使用空值组合关系	48	4.1.4 方法	82
3.3.4 各种方法的比较	48	4.1.5 类的层次	83
3.3.5 习题	48	4.2 ODL简介	83
3.4 函数依赖	49	4.2.1 面向对象设计	83
3.4.1 函数依赖的定义	50	4.2.2 类声明	84
3.4.2 关系的键	50	4.2.3 ODL中的属性	84
3.4.3 超键	52	4.2.4 ODL中的联系	85
3.4.4 找出关系中的键	52	4.2.5 反向联系	86
3.4.5 习题	53	4.2.6 联系的多重性	87
3.5 函数依赖的规则	54	4.2.7 ODL中的方法	88
3.5.1 分解/结合规则	54	4.2.8 ODL中的类型	89
3.5.2 平凡函数依赖	55	4.2.9 习题	90
3.5.3 计算属性的闭包	55	4.3 ODL中的其他概念	91
3.5.4 为什么能用闭包算法	57	4.3.1 ODL中的多路联系	92
3.5.5 传递规则	58	4.3.2 ODL中的子类	92
3.5.6 函数依赖的闭包集合	59	4.3.3 ODL中的多继承	93
3.5.7 投影函数依赖	59	4.3.4 范围	94
3.5.8 习题	60	4.3.5 ODL中键声明	94
3.6 关系数据库模式设计	61	4.3.6 习题	96
3.6.1 异常	62	4.4 从ODL设计到关系设计	96
3.6.2 分解关系	62	4.4.1 从ODL属性到关系属性	97
3.6.3 Boyce-Codd范式	63	4.4.2 类中的非原子类型属性	97
3.6.4 分解为BCNF	65	4.4.3 集合类型属性的表示	98
3.6.5 从分解中恢复信息	68	4.4.4 其他类型构建器的表示	99
3.6.6 第三范式	69	4.4.5 ODL中联系的表示	100
3.6.7 习题	71	4.4.6 如果没有键会怎样?	102
3.7 多值依赖	71	4.4.7 习题	102
3.7.1 属性独立及伴随其产生的冗余	71	4.5 对象关系模型	103
3.7.2 多值依赖的定义	72	4.5.1 从关系到对象关系	104
3.7.3 多值依赖的推论	73	4.5.2 嵌套关系	104
3.7.4 第四范式	74	4.5.3 引用	105
3.7.5 分解到第四范式	75	4.5.4 面向对象与对象关系的比较	106

4.5.5 ODL设计到对象关系设计的转化	107	5.4.2 聚集操作符	140
4.5.6 习题	107	5.4.3 分组	140
4.6 半结构化数据	107	5.4.4 分组操作符	141
4.6.1 为何需要半结构化数据模型	108	5.4.5 扩展的投影操作符	142
4.6.2 半结构化数据表示	108	5.4.6 排序操作符	143
4.6.3 信息集成与半结构化数据	109	5.4.7 外连接	143
4.6.4 习题	110	5.4.8 习题	144
4.7 XML及其数据模型	110	5.5 关系的约束	145
4.7.1 语义标签	111	5.5.1 作为约束语言的关系代数	145
4.7.2 格式规范的XML	111	5.5.2 引用完整性约束	146
4.7.3 文档类型定义(DTD)	112	5.5.3 其他的约束举例	147
4.7.4 使用DTD	113	5.5.4 习题	148
4.7.5 属性列表	114	5.6 小结	149
4.7.6 习题	115	5.7 参考文献	149
4.8 小结	116	第6章 数据库语言SQL	151
4.9 参考文献	116	6.1 SQL中的简单查询	151
第5章 关系代数	119	6.1.1 SQL中的投影	152
5.1 一个数据库模式的例子	119	6.1.2 SQL中的选择	154
5.2 关系代数操作	120	6.1.3 字符串比较	155
5.2.1 关系代数基础	121	6.1.4 日期和时间	156
5.2.2 关系中的集合操作	121	6.1.5 空值和涉及空值的比较	157
5.2.3 投影	122	6.1.6 布尔值UNKNOWN	158
5.2.4 选择	123	6.1.7 输出排序	159
5.2.5 笛卡儿积	124	6.1.8 习题	159
5.2.6 自然连接	124	6.2 多个关系上的查询	160
5.2.7 θ 连接	125	6.2.1 SQL中的积和连接	161
5.2.8 使用组合操作生成查询	126	6.2.2 避免属性歧义	161
5.2.9 重命名	127	6.2.3 元组变量	162
5.2.10 依赖的和非依赖的操作	128	6.2.4 多关系查询的解释	163
5.2.11 关系代数表达式中的线性符号	129	6.2.5 查询的并、交、差	165
5.2.12 习题	129	6.2.6 习题	166
5.3 包上的关系操作	134	6.3 子查询	167
5.3.1 为什么采用包	134	6.3.1 产生标量值的子查询	167
5.3.2 包的并、交、差	135	6.3.2 含有关系的条件表达式	168
5.3.3 包的投影操作	136	6.3.3 含有元组的条件表达式	169
5.3.4 包的选择	137	6.3.4 关联子查询	170
5.3.5 包的笛卡儿积	137	6.3.5 FROM子句中的子查询	171
5.3.6 包的连接	137	6.3.6 SQL的连接表达式	171
5.3.7 习题	138	6.3.7 自然连接	172
5.4 关系代数的扩展操作	139	6.3.8 外连接	173
5.4.1 消除重复	139	6.3.9 习题	174

6.4 全关系操作	176	7.2.2 基于属性的 CHECK 约束	209
6.4.1 消除重复	176	7.2.3 基于元组的 CHECK 约束	210
6.4.2 交、并、差中的重复	176	7.2.4 习题	211
6.4.3 SQL 中的分组和聚集	177	7.3 修改约束	212
6.4.4 聚集操作符	177	7.3.1 给约束命名	212
6.4.5 分组	178	7.3.2 修改表上约束	212
6.4.6 HAVING子句	179	7.3.3 习题	213
6.4.7 习题	180	7.4 模式层的约束和触发器	214
6.5 数据库更新	181	7.4.1 断言	214
6.5.1 插入	181	7.4.2 事件-条件-动作规则	216
6.5.2 删除	183	7.4.3 SQL中的触发器	216
6.5.3 更新	183	7.4.4 替换触发器 (Instead of Triggers)	219
6.5.4 习题	184	7.4.5 习题	219
6.6 SQL中的关系模式定义	185	7.5 小结	221
6.6.1 数据类型	185	7.6 参考文献	221
6.6.2 简单表定义	186	第8章 SQL 的系统特征	223
6.6.3 修改关系模式	186	8.1 编程环境下的 SQL	223
6.6.4 默认值	187	8.1.1 阻抗不匹配问题	224
6.6.5 索引	187	8.1.2 SQL/宿主语言接口	224
6.6.6 索引选择简介	188	8.1.3 DECLARE节	225
6.6.7 习题	190	8.1.4 使用共享变量	225
6.7 视图定义	191	8.1.5 单元组选择语句	226
6.7.1 视图声明	191	8.1.6 游标	226
6.7.2 视图查询	192	8.1.7 游标修改	229
6.7.3 重命名属性	193	8.1.8 防止并发更新	229
6.7.4 视图更新	193	8.1.9 卷型游标	230
6.7.5 涉及视图的查询解释	195	8.1.10 动态SQL	231
6.7.6 习题	197	8.1.11 习题	232
6.8 小结	197	8.2 模式中的存储过程	233
6.9 参考文献	198	8.2.1 创建PSM函数和过程	233
第7章 约束和触发器	201	8.2.2 PSM中的简单语句格式	234
7.1 键和外键	201	8.2.3 分支语句	235
7.1.1 主键声明	201	8.2.4 PSM中的查询	236
7.1.2 用UNIQUE声明键	202	8.2.5 PSM中的循环	236
7.1.3 强制键约束	203	8.2.6 For 循环	238
7.1.4 外键约束声明	203	8.2.7 PSM的异常处理	238
7.1.5 维护引用完整性	204	8.2.8 使用PSM函数和过程	240
7.1.6 延迟约束检查	205	8.2.9 习题	240
7.1.7 习题	207	8.3 SQL 环境	242
7.2 属性和元组上的约束	208	8.3.1 环境	242
7.2.1 非空值约束	208	8.3.2 模式	242

8.3.3 目录	243	9.1.4 修改结果的类型	273
8.3.4 SQL 环境中的客户和服务端	244	9.1.5 复杂输出类型	274
8.3.5 连接	244	9.1.6 子查询	275
8.3.6 会话	245	9.1.7 习题	276
8.3.7 模块	245	9.2 OQL 表达式的其他格式	278
8.4 使用调用层接口	245	9.2.1 量词表达式	278
8.4.1 SQL/CLI 简介	246	9.2.2 聚集表达式	279
8.4.2 处理语句	247	9.2.3 分组表达式	279
8.4.3 从查询结果中取数据	248	9.2.4 HAVING 子句	281
8.4.4 向查询传递参数	250	9.2.5 并、交和差操作	281
8.4.5 习题	250	9.2.6 习题	282
8.5 Java 数据库连接	250	9.3 OQL 中对象的赋值与创建	283
8.5.1 JDBC 简介	250	9.3.1 宿主语言变量的赋值	283
8.5.2 JDBC 中的创建语句	251	9.3.2 集合元素的提取	283
8.5.3 JDBC 中的游标操作	252	9.3.3 获取集合的每一个成员	283
8.5.4 参数传递	252	9.3.4 OQL 中的常量	284
8.5.5 习题	253	9.3.5 创建新对象	285
8.6 SQL 中的事务	253	9.3.6 习题	286
8.6.1 可串行性	253	9.4 SQL 中的用户定义类型	286
8.6.2 原子性	255	9.4.1 在 SQL 中定义类型	286
8.6.3 事务	256	9.4.2 用户定义类型中的方法	287
8.6.4 只读事务	257	9.4.3 用 UDT 声明关系	288
8.6.5 读脏数据	258	9.4.4 引用	288
8.6.6 其他隔离级别	259	9.4.5 习题	290
8.6.7 习题	260	9.5 对象关系数据上的操作	290
8.7 SQL 中的安全机制和用户认证	261	9.5.1 引用的跟随 (Following Reference)	290
8.7.1 权限	261	9.5.2 访问 UDT 类型元组的属性	291
8.7.2 创建权限	262	9.5.3 生成器和转换器函数	292
8.7.3 检查权限的处理	263	9.5.4 UDT 类型联系的排序	293
8.7.4 授权	264	9.5.5 习题	294
8.7.5 授权图	265	9.6 小结	295
8.7.6 销权	266	9.7 参考文献	295
8.7.7 习题	268	第 10 章 逻辑查询语言	297
8.8 小结	269	10.1 一种关系逻辑	297
8.9 参考文献	270	10.1.1 谓词和原子	297
第 9 章 面向对象查询语言	271	10.1.2 算术原子	297
9.1 OQL 简介	271	10.1.3 Datalog 规则和查询	298
9.1.1 一个面向对象的电影例子	271	10.1.4 Datalog 规则的意义	299
9.1.2 路径表达式	271	10.1.5 扩展谓词和内涵谓词	300
9.1.3 OQL 中 Select-From-Where 表 达式	273	10.1.6 Datalog 规则应用于包	301
		10.1.7 习题	302

10.2 从关系代数到Datalog	302	11.3.7 习题	338
10.2.1 交	302	11.4 有效使用二级存储器	339
10.2.2 并	302	11.4.1 计算的I/O模型	339
10.2.3 差	303	11.4.2 二级存储器中的数据排序	340
10.2.4 投影	303	11.4.3 归并排序	341
10.2.5 选择	303	11.4.4 两趟多路归并排序	342
10.2.6 积	305	11.4.5 更大型关系的多路归并	343
10.2.7 连接	305	11.4.6 习题	344
10.2.8 用 Datalog 模拟多重操作	306	11.5 加速二级存储的访问	345
10.2.9 习题	307	11.5.1 按柱面组织数据	346
10.3 Datalog 的递归编程	308	11.5.2 使用多个磁盘	346
10.3.1 递归规则	309	11.5.3 磁盘镜像	347
10.3.2 计算递归Datalog 规则	309	11.5.4 磁盘调度和电梯算法	348
10.3.3 递归规则中的非	313	11.5.5 预取和大规模缓冲	350
10.3.4 习题	315	11.5.6 对策略和折中的小结	351
10.4 SQL 中的递归	316	11.5.7 习题	352
10.4.1 在SQL 中定义IDB关系	316	11.6 磁盘故障	353
10.4.2 分层非	318	11.6.1 间断性故障	353
10.4.3 有问题的递归SQL表达式	319	11.6.2 校验和	353
10.4.4 习题	321	11.6.3 稳定存储	354
10.5 小结	322	11.6.4 稳定存储的错误处理能力	354
10.6 参考文献	322	11.6.5 习题	355
第11章 数据存储	325	11.7 从磁盘崩溃中恢复	355
11.1 Megatron 2002数据库系统	325	11.7.1 磁盘的故障模型	355
11.1.1 Megatron 2002实现细节	325	11.7.2 镜像冗余技术	356
11.1.2 Megatron 2002如何执行查询	326	11.7.3 奇偶块	356
11.1.3 Megatron 2002有什么问题	327	11.7.4 一种改进: RAID 5	359
11.2 存储器层次	327	11.7.5 多个盘崩溃时的处理	359
11.2.1 高速缓冲存储器	327	11.7.6 习题	361
11.2.2 主存储器	328	11.8 小结	363
11.2.3 虚拟存储器	329	11.9 参考文献	364
11.2.4 二级存储器	329	第12章 数据元素的表示	365
11.2.5 三级存储器	330	12.1 数据元素和字段	365
11.2.6 易失和非易失存储器	332	12.1.1 关系数据库元素的表示	365
11.2.7 习题	332	12.1.2 对象的表示	366
11.3 磁盘	332	12.1.3 数据元素的表示	366
11.3.1 磁盘结构	332	12.2 记录	368
11.3.2 磁盘控制器	334	12.2.1 定长记录的构造	368
11.3.3 磁盘存储特性	334	12.2.2 记录首部	370
11.3.4 磁盘访问特性	335	12.2.3 定长记录在块中的放置	371
11.3.5 块的写操作	338	12.2.4 习题	371
11.3.6 块的修改	338	12.3 块和记录地址的表示	372

12.3.1 客户-服务器系统	372	13.3.5 B树的插入	411
12.3.2 逻辑地址和结构地址	373	13.3.6 B树的删除	413
12.3.3 指针混写	374	13.3.7 B树的效率	415
12.3.4 块返回磁盘	376	13.3.8 习题	416
12.3.5 被固定的记录和块	377	13.4 散列表	417
12.3.6 习题	378	13.4.1 辅存散列表	418
12.4 变长数据和记录	379	13.4.2 散列表的插入	418
12.4.1 具有变长字段的记录	379	13.4.3 散列表的删除	419
12.4.2 具有重复字段的记录	380	13.4.4 散列表索引的效率	419
12.4.3 可变格式记录	381	13.4.5 可扩展散列表	419
12.4.4 不能装入一个块中的记录	382	13.4.6 可扩展散列表的插入	420
12.4.5 BLOBS	383	13.4.7 线性散列表	421
12.4.6 习题	383	13.4.8 线性散列表的插入	422
12.5 记录的修改	384	13.4.9 习题	423
12.5.1 插入	384	13.5 小结	425
12.5.2 删除	385	13.6 参考文献	425
12.5.3 更新	386	第14章 多维索引和位图索引	427
12.5.4 习题	386	14.1 需要多维的应用	427
12.6 小结	387	14.1.1 地理信息系统	428
12.7 参考文献	387	14.1.2 数据立方体	428
第13章 索引结构	389	14.1.3 SQL多维查询	428
13.1 顺序文件上的索引	389	14.1.4 使用传统索引执行范围查询	430
13.1.1 顺序文件	390	14.1.5 利用传统索引执行最邻近查询	430
13.1.2 稠密索引	390	14.1.6 传统索引的其他限制	431
13.1.3 稀疏索引	391	14.1.7 多维索引结构综述	432
13.1.4 多级索引	392	14.1.8 习题	432
13.1.5 重复查找键的索引	393	14.2 多维数据的类散列结构	433
13.1.6 数据修改期间的索引维护	395	14.2.1 网格文件	433
13.1.7 习题	398	14.2.2 网格文件的查找	434
13.2 辅助索引	399	14.2.3 网格文件的插入	434
13.2.1 辅助索引的设计	399	14.2.4 网格文件的性能	435
13.2.2 辅助索引的应用	400	14.2.5 分段散列函数	436
13.2.3 辅助索引的间接性	401	14.2.6 网格文件和分段散列的比较	438
13.2.4 文档检索和倒排索引	403	14.2.7 习题	438
13.2.5 习题	405	14.3 多维数据的树形结构	440
13.3 B树	406	14.3.1 多键索引	440
13.3.1 B树的结构	406	14.3.2 多键索引的性能	441
13.3.2 B树的应用	409	14.3.3 kd树	441
13.3.3 B树中的查找	410	14.3.4 kd树的操作	442
13.3.4 范围查询	410	14.3.5 使kd树适合辅存	444