

重点大学计算机专业系列教材

高级数据库系统 及其应用

谢兴生 主编



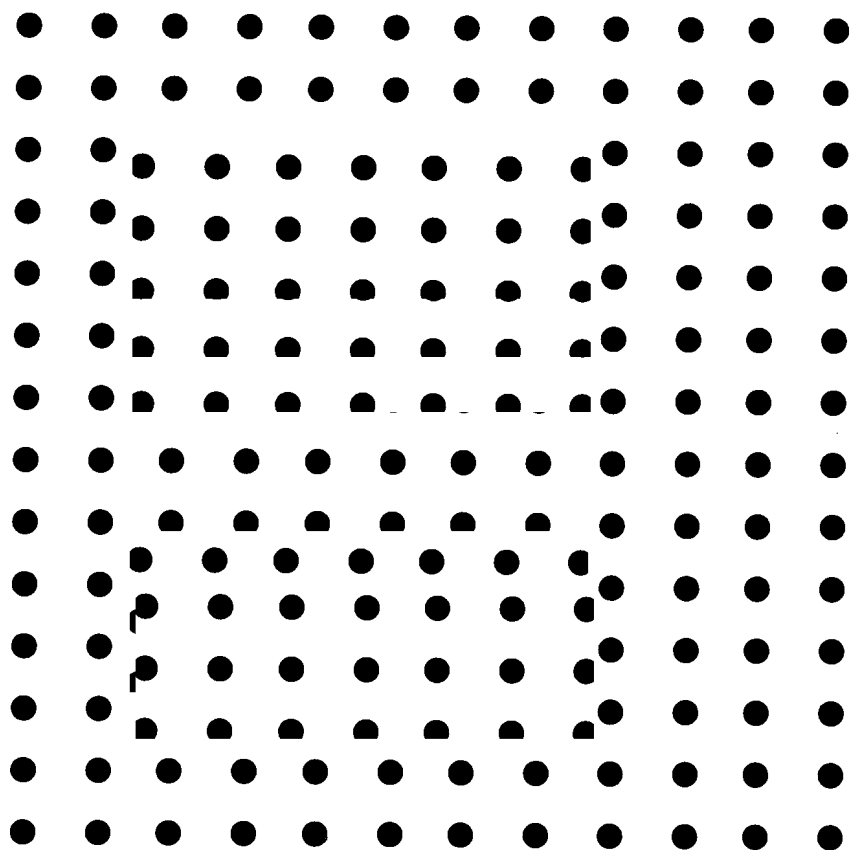
清华大学出版社



重点大学计算机专业系列教材

高级数据库系统及其应用

谢兴生 主编



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

数据库技术是现代信息系统开发与应用中一项极为重要的基础技术。本书全面介绍数据库的基本原理、技术体系、实现方法和发展动态。全书包括4个部分共14章。第1部分介绍数据库系统基础,涵盖数据库技术的基本原理、体系结构和应用方面的主题;第2部分介绍数据库系统实现,涵盖关系数据库在系统实现方面的相关主题知识;第3部分介绍对象数据及Web数据库方面的相关主题知识;第4部分涉及数据库的一些高级主题,介绍数据仓库、数据挖掘和演绎数据库方面的相关主题知识。

本书概念清晰、知识体系完整,内容组织合理实用,并且适度地介绍了数据库技术的发展趋势和最新动态。

本书可作为高等院校计算机及信息技术相关专业研究生和高年级本科生的教材,同时也可作为数据库研究和开发人员的参考书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

高级数据库系统及其应用/谢兴生主编. —北京:清华大学出版社,2010.1

(重点大学计算机专业系列教材)

ISBN 978-7-302-21075-7

I. 高… II. 谢… 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(2009)第168916号

责任编辑:索梅 顾冰

责任校对:焦丽丽

责任印制:何芊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦A座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京季蜂印刷有限公司

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:28.5 字 数:694千字

版 次:2010年1月第1版 印 次:2010年1月第1次印刷

印 数:1~3000

定 价:38.00元

本书如存在文字不清、漏印、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)62770177 转 3103 产品编号:025292-01

出版说明

随着国家信息化步伐的加快和高等教育规模的扩大,社会对计算机专业人才的需求不仅体现在数量的增加上,而且体现在质量要求的提高上,培养具有研究和实践能力的高层次的计算机专业人才已成为许多重点大学计算机专业教育的主要目标。目前,我国共有 16 个国家重点学科、20 个博士点一级学科、28 个博士点二级学科集中在教育部部属重点大学,这些高校在计算机教学和科研方面具有一定优势,并且大多以国际著名大学计算机教育为参照系,具有系统完善的教学课程体系、教学实验体系、教学质量保证体系和人才培养评估体系等综合体系,形成了培养一流人才的教学和科研环境。

重点大学计算机学科的教学与科研氛围是培养一流计算机人才的基础,其中专业教材的使用和建设则是这种氛围的重要组成部分,一批具有学科方向特色优势的计算机专业教材作为各重点大学的重点建设项目成果得到肯定。为了展示和发扬各重点大学在计算机专业教育上的优势,特别是专业教材建设上的优势,同时配合各重点大学的计算机学科建设和专业课程教学需要,在教育部相关教学指导委员会专家的建议和各重点大学的大力支持下,清华大学出版社规划并出版本系列教材。本系列教材的建设旨在“汇聚学科精英、引领学科建设、培育专业英才”,同时以教材示范各重点大学的优秀教学理念、教学方法、教学手段和教学内容等。

本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本组织原则和特点。

1. 面向学科发展的前沿,适应当前社会对计算机专业高级人才的培养需求。教材内容以基本理论为基础,反映基本理论和原理的综合应用,重视实践和应用环节。
2. 反映教学需要,促进教学发展。教材要能适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向。在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。
3. 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材建设的重点依然是专业基础课和专业主干课;特别注意选择并安排了一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现重点大学

计算机专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

4. 主张一纲多本,合理配套。专业基础课和专业主干课教材要配套,同一门课程可以有多本具有不同内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化的关系;基本教材与辅助教材以及教学参考书的关系;文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

5. 依靠专家,择优落实。在制订教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主编。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

教材编委会

前言

数据库技术主要研究如何存储、使用和管理数据,是计算机科学技术中发展最快,也是应用为最广泛的技术之一。在信息技术高速发展的今天,数据库技术可以说已经渗透到信息技术的各个领域,成为现代计算机信息系统和应用系统开发的一项核心技术。

作为计算机专业及信息类相关专业的核心课程,国内外已出版了大量数据库方面的教科书。此外,还有为数更多的、与数据库技术相关的各种技术丛书。各类技术丛书由于偏重于某方面主题,或偏重于特定的数据库系统,一般不适合作为教科书。目前已有的数据库方面教科书,大致可分为三类:一是“导论、入门或基础”类,这类书适合本科入门教育;二是较为深入的数据库实现技术介绍,这类教材以国外一些知名大学教科书的中译本占主导,主要面向高年级本科生或研究生的提高教育。三是面向某些数据库专门技术的专深内容介绍,适合数据库研究方向的高级研究人员或高级开发人员使用。

本书作者从事高校研究生数据库课程教学多年。由于没有找到满意的国内教材,之前也是选用国外某知名大学教科书的中译本作为教材。可能由于译者需要尽可能忠实于原著,不便加入译者个人见解或修正等原因,学生总是抱怨书本内容太艰涩,阅读或理解起来太费劲。教师也觉得内容有些散,知识体系的主线脉络不够清晰,内容的深入与实用的结合也显得不足,从而使内容显得抽象、难懂。另外,由于研究生已修课程差别很大,有些学生以前可能完全没有接触过数据库方面知识,如何兼顾这类学生也给教师选择教材和教学带来了额外的困难。

本书作者正是出于以上因素和考虑,在综合参考多本国内外数据库课程教科书和一些数据库技术丛书的基础上,结合近些年一些较新的研究成果,编写了这本面向高等院校研究生或高年级本科生教学使用的、难度适中的教材。本书也适合希望深度、系统化理解和使用数据库系统的高级技术研发人员。

本书的使用前提

本书假设读者具备以下基本知识：

- 具备一定的数据结构和计算机操作系统方面基础知识；
- 具备一定的计算机高级语言及其应用知识。

本书的内容与结构编排

第 1 部分 数据库系统基础，共包括 3 章。

第 1 章“数据库系统导论”。本章中“数据模型”和“数据库体系结构”部分，是本书的主线和知识体系框架，是所有读者都要精读的部分。“数据库系统的发展与演化综述”部分以体系结构的完善和演化为主线，介绍了数据库系统二十多年来的演化过程，以及较新的发展情况和发展趋势。这部分内容综合程度较高，难度较大，读者可先跳过或先粗略过一遍，等全书其他部分内容基本学完后再回头细读。

第 2 章“关系模型和关系数据库”。是数据库系统应用的最基础部分，介绍关系模型的基本概念、关系模型语言和关系数据库应用等基本知识。这部分介绍以概念为主，辅以适度的具体应用小实例来说明。之前未接触过数据库的读者，应细读本章。已有一定数据库基础的读者，可跳过本章，但仍建议浏览一遍，梳理一下关系数据库的基本概念和知识体系。

第 3 章“数据库设计”。这部分是数据库应用的高层次环节，是数据库应用系统设计必备知识。有别于其他教科书，本书对这部分知识采用了一种更自然的特殊编排：DB 设计综述→结合应用实例片段的循序渐进介绍各种概念模型→汇合实例片段产生一个较完整的实例概念模式→映射 DB 概念模式到 DB 逻辑模式→用数据规范理论求精 DB 逻辑模式和反馈改进概念模式设计。整章基本只用一个实例贯穿，注重实用、强调关键，比如，在规范理论介绍方面，不介绍很少用到且难懂的 5NF，突出介绍 3NF 和 BCNF。

第 2、第 3 章一般都不作为教学重点，以学生自学阅读为主。

第 2 部分 关系数据库系统实现，共包括 6 章。

本部分以一定的深度和广度，覆盖当前主流数据库系统→关系数据库系统(RDBMS)→在实现方面的相关主题，它们是本书的主体部分，也是课程教学的重点部分。其中，第 4 章“数据存储与组织”、第 5 章“数据库索引技术”介绍存储管理方面主题；第 6 章“关系操作符赋值”、第 7 章“查询处理与优化”介绍查询处理方面的主题；第 8 章“事务并发控制”、第 9 章“数据库恢复技术”介绍事务管理方面的主题。

第 3 部分 对象数据库和 Web 数据库，共包括 2 章。

与关系模型只支持固定的一些基本数据类型相比，对象模型具有更强的表达能力，可以直接表达任意复杂对象，支持任意复杂数据类型处理。对象数据库标准 ODMG 是对象数据库系统健壮发展的基石；遵循 ODMG 3.0 标准的对象-关系数据库系统，已逐渐成为近几年以及今后 DBMS 发展的重要方向。我们将在第 10 章“对象数据库系统”中较详细介绍 ODMG 3.0 标准，并讨论“纯面向对象数据库系统”和“对象-关系数据库系统”应用和实现的相关主题。

Internet 的广泛应用给 DB 系统发展带来了重要影响，数据库与 Web 结合是当代电子商务/动态网站技术的基石。目前，几乎所有 DBMS 开发商都在他们的产品中增加了更适合在 Internet 上部署的特性。我们将在第 11 章“Web 数据库”，介绍与 Web 应用相关的一些基本

概念,讨论从 Web 存取 DB 的典型体系结构;还将介绍与 XML、互联网文本搜索处理方面的知识。

第 10、第 11 章偏重于提供简明且翔实丰富的相关主题知识,知识信息量大且相对完整,适合学生自学阅读,建议不作为教学重点。

第 4 部分 其他高级主题部分,共包括 3 章。

数据库的其他高级主题很多、范围也非常广泛,限于篇幅,我们只选择那些已在主流商业 DBMS 产品中实现的一些实用性主题,或数据库系统当前发展的热点主题。

随着数据库应用的深入和数据资料积累增多,对大量数据进行分析 and 探索,以支持管理决策这类应用,已迅速发展为拥有巨大市场的 IT 产业。当前几乎所有主流 RDBMS 生产商,都已在其产品中增加了支持数据分析的功能特性,或增加了专门的分析处理工具。第 12 章“数据仓库与决策支持系统”介绍 OLAP 和数据仓库方面的相关主题。第 13 章“数据挖掘”部分讨论从大数据集中探索发现有趣、意外趋势或数据模式的数据挖掘相关主题,这类数据分析探索通常难以只用一个或几个查询来捕获。

关系模型不能表达递归语义,这使得 DBMS 在处理包含递归语义的复杂数据结构,如描述复杂设备装置结构时,会面临极大的困难。第 14 章“演绎数据库”简要介绍可支持递归查询处理的一些理论基础,集中讨论隐含在递归查询中的基本思想,并概要性简述 SQL-99 中支持这些思想的新特性。在此基础上,再讨论可有效处理递归查询的一些重要实现和优化技术。

第 12~14 章目标是为读者提供拓展性的阅读素材,一般不作为课程正式教学内容。

本书的特色

- 注重核心概念讲解和知识体系的完整性、一致性。本书的主要内容,基本上可通过“数据模型”、“DBMS 体系结构及其发展演化”这两条主线贯穿起来,知识体系、主线脉络清晰。
- 提供了关于当前主流商业 DBMS 实现的一定深度覆盖,弱化各种替代选项的广泛覆盖。例如,本书详细讨论了关系数据模型、B+ 树、SYSTEM R 风格的查询优化、基于封锁的并发控制、两阶段提交协议、ARIES 恢复算法,以及 ODMG 对象模型和 ORDBMS。省略或只简要提及一些相关的、不太重要或已过时的技术主题,如层次或网状模型、B+ 树变体、语义查询优化、视图序列化、阴影页恢复算法和三阶段提交协议等。
- 虽然本书主体内容篇幅集中在 RDBMS 的设计、调优和实现方面,然而,其中的许多主题并不局限于 RDBMS,如缓冲区管理等。有些方法或思想稍加延伸扩展,就可应用到对象数据库系统实现,或一些其他高级特性的实现中。
- 注意内容的深入与实用的紧密结合。通过 2.1 节“关系数据模型”、第 3 章“数据库设计”和第 11 章“Web 数据库”,读者可获得数据库常规应用的较深入知识。透过第 10 章的“对象数据库”和第 12~14 章的其他高级主题部分,读者能找到数据库高级应用方面的主题知识。
- 对于以学生阅读为主的非教学部分,一方面,以概念讲解配合实例说明为主,如第 2、3 章、第 10、第 11 章;另一方面,力求以较小的篇幅,提供简明且翔实的主题知识。比如,第 10 章,仅用不到 20 页篇幅几乎覆盖了 ODMG 3.0 手册近 200 页内容;第 11

章用十几页篇幅覆盖了网络数据库开发应用的基本知识。

- 注重反映数据库的最新技术；注重用全新的观点和视角认识新旧问题，分析问题的本质，并给读者留下一定的思考空间，如 1.4 节的“数据库系统的发展与演化”介绍。

致谢

我很乐意在此感谢对本书编写过程中有过直接或间接参与的所有人。

首先我要感谢我的一些同事和好友，感谢他们为本书提出的许多修改意见和为校对花费的心血。其次，还要特别感谢清华大学出版社为本书出版提供了很多方面的帮助。另外，我还要特别感谢我的妻子在本书编写的整个漫长过程中，为我提供的强有力后援支持。

本书的很多主题内容选择和编排，受益于过去几年我教过的学生提出的意见。还特别要感谢中国科技大学 08010 班的研究生们，他们作为本书手稿的最早读者，指出了很多疏漏和错误。

作 者

2009 年 5 月于合肥

第 1 部分 数据库系统基础

第 1 章 数据库系统导论	3
1.1 数据模型	3
1.1.1 数据模型定义与分类	3
1.1.2 一些典型数据模型特点综述	5
1.2 数据库方法特点与应用简史	8
1.3 数据库系统体系结构	11
1.3.1 DB 数据的三层抽象模型	11
1.3.2 一种典型的 DBMS 实现体系结构	11
1.3.3 五层 DBMS 体系结构模型	13
1.4 数据库系统的发展与演化	16
1.4.1 五层模型体系结构的发展综述	16
1.4.2 层次模型与事务特性	18
1.4.3 体系结构变体	20
1.4.4 可靠性与可适应性	24
1.4.5 结论与展望	25
习题 1	25
第 2 章 关系模型与关系数据库	27
2.1 关系数据模型	27
2.1.1 关系模型基础	27
2.1.2 关系模型的约束及其表达	29
2.1.3 关系数据库	33
2.2 关系操作与关系查询语言	34
2.2.1 关系代数	35
2.2.2 关系演算	40

2.3 SQL 语言	43
2.3.1 用 DDL 定义数据库	44
2.3.2 用 DML 操纵数据库	45
2.3.3 视图	53
2.4 应用关系数据库	55
2.4.1 DB 存储过程与 SQL/PSM	55
2.4.2 在通用编程语言中嵌入 SQL 命令	57
2.4.3 基于 API 接口访问数据库: ODBC 和 JDBC	61
习题 2	66
第 3 章 数据库设计	68
3.1 ER 数据模型	69
3.1.1 实体类型、实体集、属性和键	69
3.1.2 关系、关系类型和关系集	71
3.1.3 ER 模型的其他特性	72
3.2 EER 数据模型	76
3.2.1 EER 模型核心概念的形式定义	77
3.2.2 子类、超类与类层次结构	77
3.2.3 特化与泛化	78
3.2.4 利用 union 子类建模	80
3.2.5 值集属性与复合结构属性的建模表示	81
3.2.6 EER 与 UML 类图比较	82
3.2.7 EER 作为知识表示模型	85
3.2.8 为大型企业/组织进行 DB 概念设计	86
3.3 逻辑数据库设计: 映射 ER/EER 模式到关系模式	86
3.3.1 映射常规实体集到关系表	87
3.3.2 映射关系集到关系表	87
3.3.3 映射弱实体集	89
3.3.4 映射带有聚集关系的 ER 图	90
3.3.5 映射 EER 扩展结构	90
3.3.6 ER 模型至关系模型映射小结	93
3.4 关系模式求精与规范化	93
3.4.1 模式求精问题	93
3.4.2 函数依赖	95
3.4.3 基本规范范式	101
3.4.4 无损分解与依赖保持分解	104
3.4.5 分解与规范化关系模式	106
3.4.6 多值依赖与第四范式	108
习题 3	111

第 2 部分 关系数据库系统实现

第 4 章 数据存储与组织管理	117
4.1 物理存储介质	117
4.1.1 存储介质的层次.....	117
4.1.2 磁盘的物理特性.....	118
4.1.3 磁盘故障及其处理策略.....	120
4.1.4 磁盘块存取的优化.....	123
4.2 磁盘空间管理	125
4.2.1 磁盘空间管理器.....	125
4.2.2 利用 OS 管理磁盘空间	126
4.2.3 跟踪自由块.....	126
4.3 文件的页组织	127
4.3.1 堆文件.....	127
4.3.2 排序文件.....	128
4.3.3 索引文件.....	129
4.4 页表示格式	130
4.4.1 定长记录.....	130
4.4.2 变长记录.....	130
4.5 记录表示格式	132
4.5.1 定长记录的字段表示.....	133
4.5.2 变长记录的字段表示.....	133
4.5.3 跨页记录管理技术.....	134
4.5.4 巨型字段/对象管理技术	135
4.5.5 指针字段管理技术——指针混写.....	136
4.6 DB 元信息及其存储管理	137
4.7 缓冲区管理	138
4.7.1 DB 缓冲池与缓冲区管理器	138
4.7.2 缓冲区置换策略.....	139
4.7.3 DBMS 与 OS 的缓冲区管理对比	140
习题 4	141
第 5 章 数据库索引技术	143
5.1 几种文件组织方式的特性对比分析	143
5.1.1 文件的记录组织方式.....	143
5.1.2 各种文件组织方式的特性分析.....	144
5.2 索引技术基础	146
5.2.1 索引技术综述.....	146

5.2.2	顺序索引及其特性	147
5.2.3	创建索引语句	150
5.3	B+树索引	150
5.3.1	B+树概述	150
5.3.2	B+树操作	151
5.3.3	B+树的效率与实用化	156
5.4	散列索引	160
5.4.1	静态散列存储表	160
5.4.2	可扩展的动态散列	161
5.4.3	线性散列	163
5.5	位图索引	166
5.5.1	位图索引的结构	166
5.5.2	位图索引的应用	167
5.5.3	压缩位图	167
5.5.4	压缩位图的游程解码操作	168
5.5.5	位图索引的维护	169
5.6	多维空间索引	169
5.6.1	多维空间索引技术综述	169
5.6.2	网格文件	176
5.6.3	R 树	179
5.6.4	k-d 树与四叉树	181
习题 5		183
第 6 章	关系操作符赋值	189
6.1	外部排序	190
6.1.1	一种简单的两路归并排序	190
6.1.2	多路归并排序	191
6.1.3	两阶段多路归并排序	192
6.1.4	最小化外部排序时间	193
6.2	关系操作符赋值实现基础	195
6.2.1	关系操作符赋值实现的三个基本操作	195
6.2.2	存取路径	195
6.2.3	代价计算模型	196
6.2.4	关系操作符赋值的实现算法分类	196
6.2.5	迭代器技术	197
6.2.6	主存散列表技术	198
6.2.7	本章查询用例说明	199
6.3	RDBMS 系统的目录信息	200
6.3.1	存储在 DB 系统目录中的信息	200

6.3.2	DB 系统目录组织结构	201
6.4	选择操作符赋值	201
6.4.1	简单扫描方法	202
6.4.2	利用排序特性进行选择赋值	202
6.4.3	利用索引进行选择赋值	202
6.4.4	一般的选择条件处理	204
6.5	投影与消除重复操作赋值	206
6.5.1	基于排序实现消除重复投影	206
6.5.2	基于散列实现消除重复投影	207
6.5.3	排序与散列算法比较	207
6.5.4	利用索引来执行消除重复投影	208
6.6	连接操作赋值	208
6.6.1	嵌套循环连接	208
6.6.2	基于索引的嵌套循环连接	210
6.6.3	排序-归并连接	211
6.6.4	散列连接	213
6.6.5	一般连接条件处理	215
6.7	集合操作的赋值实现	216
6.7.1	集合操作一趟实现算法	216
6.7.2	包运算的一趟实现算法	217
6.7.3	实现集合并与集合差的两趟算法	218
6.8	聚合操作符的赋值实现	218
6.9	各类代数操作符赋值实现小结	219
6.9.1	缓冲区的影响	219
6.9.2	各类代数操作符赋值实现小结	220
习题 6		221
第 7 章	查询处理与优化	223
7.1	查询处理简介	223
7.1.1	查询预编译简介	224
7.1.2	从语法树生成初步的逻辑查询计划	225
7.1.3	将查询基本块转化为关系代数表达式	226
7.2	查询优化综述	227
7.2.1	查询赋值计划	227
7.2.2	流水线赋值	228
7.2.3	操作符的迭代器接口与存取方法	229
7.2.4	IBM System R 优化器	229
7.3	关系代数等价规则	229

7.3.1	选择	230
7.3.2	投影	230
7.3.3	叉积与连接	230
7.3.4	选择、投影和连接	230
7.3.5	其他等价规则	231
7.4	基于等价和启发式规则的查询优化	231
7.4.1	下推选择与下推投影	231
7.4.2	利用索引改进计划	233
7.5	作为中间结果的操作符输出大小估计	234
7.5.1	选择输出的大小估计	235
7.5.2	连接大小的估计	236
7.5.3	消除重复操作的大小估计	238
7.5.4	其他操作符的结果大小估计	238
7.6	基于代价的枚举与优化	238
7.6.1	枚举候选计划	239
7.6.2	单关系查询优化	240
7.6.3	多关系查询优化	242
7.7	处理嵌入子查询	247
7.8	Oracle 优化器简介	249
7.8.1	基于规则的优化器	249
7.8.2	Oracle 基于代价的优化器	250
7.8.3	如何设定 Oracle 优化器的工作模式	251
7.9	查询处理小结	252
	习题 7	253
第 8 章	事务并发控制	256
8.1	事务并发执行管理概述	256
8.1.1	事务的概念与基本特性	256
8.1.2	调度的基本概念	257
8.1.3	事务的并发执行	258
8.1.4	优先图	260
8.1.5	视可串行化	260
8.2	基于封锁的并发控制	261
8.2.1	严格两阶段封锁协议	261
8.2.2	一般两阶段封锁协议	262
8.2.3	封锁管理	263
8.3	死锁及其处理	265
8.3.1	预防死锁	266
8.3.2	死锁检测	266

8.3.3 基于封锁的并发控制性能	268
8.4 扩展封锁处理技术	269
8.4.1 动态数据库与幻象问题	269
8.4.2 B+树的并发控制	270
8.4.3 多粒度封锁	272
8.5 基于优化的并发控制	273
8.5.1 基于有效确认的并发控制	273
8.5.2 基于时间戳的并发控制	275
8.5.3 三种并发机制比较	278
8.6 SQL-92 的事务支持*	279
8.6.1 事务的基本特征	279
8.6.2 事务与约束	280
习题 8	282
第 9 章 数据库恢复技术	284
9.1 DB 恢复问题及其处理概述	284
9.1.1 故障类型	284
9.1.2 故障恢复策略	285
9.1.3 数据存取的有关概念	286
9.1.4 事务写操作相关问题	286
9.2 数据库日志	288
9.2.1 日志技术概述	288
9.2.2 基于 WAL 规则的日志	289
9.2.3 检查点技术	289
9.3 ARIES 日志管理技术	290
9.3.1 ARIES 简介	290
9.3.2 ARIES 的检查点记录	294
9.4 基于 ARIES 日志的系统崩溃恢复	294
9.4.1 分析阶段	295
9.4.2 Redo 阶段	297
9.4.3 Undo 阶段	298
9.4.4 重启时再次崩溃处理	299
9.4.5 其他相关算法以及 ARIES 的并发控制特性	300
9.5 转储备份与恢复	301
9.5.1 静态转储与动态转储	301
9.5.2 利用检查点的备份恢复	301
9.6 再论脏读与回滚管理*	302
9.6.1 读未提交数据的事务	302
9.6.2 回滚管理	304
习题 9	305

第3部分 对象数据库和 Web 数据库

第 10 章 对象数据库	311
10.1 关系数据库的局限性	311
10.2 面向对象数据模型	312
10.2.1 对象模型概述	312
10.2.2 对象	313
10.2.3 直接量	315
10.2.4 对象类型	316
10.2.5 继承	318
10.2.6 数据库操作	320
10.2.7 封锁和并发控制	321
10.2.8 事务模型	321
10.3 对象定义语言	321
10.4 对象查询语言	323
10.4.1 OQL 综述	323
10.4.2 OQL 语言简介	325
10.5 C++ 语言绑定与 OODBMS 实现	331
10.5.1 OODBMS 概述	332
10.5.2 C++ 语言绑定综述	333
10.5.3 C++ODL	337
10.5.4 C++OML	340
10.5.5 C++OQL	343
10.6 对象-关系数据库系统	344
10.6.1 嵌套关系表	345
10.6.2 复杂数据类型	346
10.6.3 继承	348
10.6.4 引用类型	349
10.6.5 复杂类型查询	351
10.6.6 函数、过程和方法	352
10.6.7 ADT 及其封装	353
10.6.8 新型关系数据库	354
10.6.9 实现 ORDBMSS 面临的一些新挑战	358
10.7 OODBMS 与 ORDBMSS 对比	361
习题 10	362
第 11 章 Web 数据库	365
11.1 Web 技术	366