

重点大学计算机专业系列教材

数据库系统基础教程

叶小平 汤庸 汤娜 左亚尧 刘海 编著



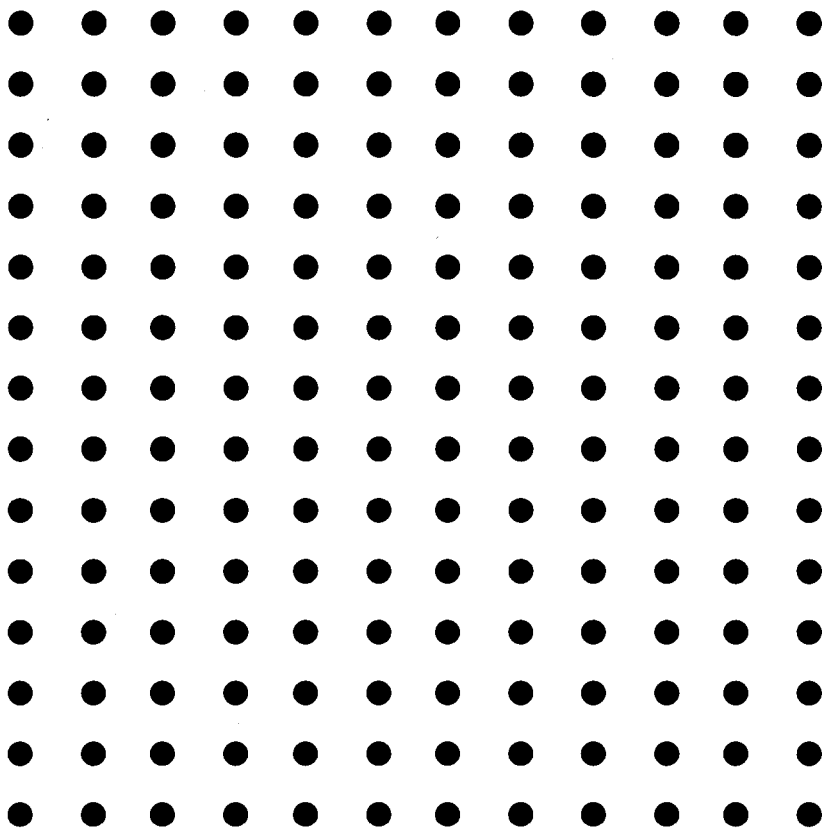
清华大学出版社

TP311.132
13
2007

重点大学计算机专业系列教材

数据库系统基础教程

叶小平 汤庸 汤娜 左亚尧 刘海 编著



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是关于数据库系统原理与技术的基础教科书。全书共分为 14 章,前 8 章为数据库系统的经典内容,主要介绍数据库学科领域中基本的概念、原理、技术和方法;接着 4 章分别讲述分布式数据库、对象关系数据库、面向对象数据库和 XML 数据库;最后两章分别概述现代数据库的新技术与新学科和主流数据库应用平台之一——Oracle 以及相关数据库实验。

本书作者在编写过程中尽力使其体现经典内容与现代技术的有机融合,其中,经典内容讲述注重逻辑性和系统性,前沿技术论述注重技术背景和相互关联,各章都有知识点总结,并且配有适量习题,具有较强的可读性。本书另外配有学习指导书和教学课件,可供教学选用。本书可以作为大学计算机专业或相关专业的数据库系统与技术课程基础教材,也可供有关科技人员和自学人士学习参考。

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 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

数据库系统基础教程/叶小平等编著. —北京:清华大学出版社,2007.3

(重点大学计算机专业系列教材)

ISBN 978-7-302-14263-8

I. 数… II. 叶… 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(2006)第 149579 号

责任编辑:丁 岭 李 晔

责任校对:李建庄

责任印制:李红英

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

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175

邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015

客户服务:010-62776969

印 刷 者:北京市昌平环球印刷厂

装 订 者:三河市溧源装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:30.75

字 数:761 千字

版 次:2007 年 3 月第 1 版

印 次:2007 年 3 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00 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:024374-01

INTRODUCTION

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。书稿完成后要真实实行审稿程序, 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

数据库技术自 20 世纪 60 年代后期产生以来,在三十多年的发展进程中,不仅形成了相对完整的理论体系,成为现代计算机信息处理系统的重要基础与技术核心,同时也开发出了一大批应用十分广泛的高效实用系统,形成了“哪里有计算机,哪里就有数据库”的崭新局面。进入新世纪,数据库技术与网络技术、智能技术等计算机新技术、新领域相互渗透、彼此融合,更加展现出旺盛的生命力和强劲的发展势头。由于数据库技术的学科重要性和实际应用性日益突出,数据库系统及应用技术越来越得到人们的重视。正如人们所说,“不久以前,还只有专业人员才能直接与数据库管理系统打交道。然而,随着微型计算机数据管理系统的到来,情形发生了惊人变化。实际上,现在所有人(包括家用计算机的主人、小型商业人口以及大公司中的终端用户)都可能是微型计算机数据库管理系统的潜在用户,如同最近大量的微型计算机所有者认为电子制表软件是一个基本工具一样,现在许多人员都认为数据库管理系统是基本工具^[13]”。有鉴于此,编写能够较好满足上述需求并且适应于数据库理论与应用新技术发展的数据库系统理论与技术的教科书十分必要,本书正是在这样的背景下组织编写的。从知识组织框架考虑,本书可以分为 3 个部分共 14 章。

第一部分是数据库的经典内容,这可能也是任何一本数据库基础教材都需要讲述的主体和重点。这一部分包括 8 章:第 1 章“数据库系统绪论”,主要介绍数据库系统中各种基本概念、数据模型和数据库模式结构,使学习者对将要学习的课程有一个大概的认识与整体把握;第 2 章“关系数据模型与关系运算”,主要介绍关系数据模型构建,讨论两种基本关系运算——关系代数与关系演算;第 3 章“关系数据库语言 SQL”,主要介绍关系数据库标准语言 SQL 的基本内容和应用;第 4 章“关系数据库的查询优化处理”,主要介绍关系数据库的查询优化原理与实现技术,这是关系数据库的基本优势之一;第 5 章“关系模式设计基础”,主

要介绍关系数据模式规范化理论;第6章“数据库的设计与管理”,主要介绍数据库设计、实现与管理技术;第7章“数据库的安全性和完整性”,主要介绍数据库安全性与完整性基本概念和相应技术;第8章“数据库事务管理”,主要介绍数据库事务概念与性质,以及事务在并发执行和故障处理中的基本应用。

第二部分是数据库技术中比较深入的内容。作者选择了对象数据库和与网络相关的数据库技术等内容。这一部分共有4章:第9章“C/S系统与分布式数据库”,主要介绍分布环境下数据库的管理和应用技术;第10章“对象关系数据库”,主要介绍基于面向对象方法的关系数据库扩充;第11章“面向对象数据库”,主要介绍不同于关系数据模型的面向对象数据模型及其相应数据库技术;第12章“XML数据库”,主要介绍两种基于XML的数据库技术——使能XML(XML-enabled)数据库和原生(native)XML数据库技术。

第三部分为现代数据库技术概述与Oracle简介及数据库实验。这一部分共有2章:第13章“现代数据库技术概述”,主要对有别于经典数据库情形的有关技术进行概要介绍,为以后的深入学习与应用提供必要线索;第14章“Oracle与数据库实验”,主要介绍关系数据库主流平台Oracle的基本概念与主要技术,并基于Oracle数据库设计了基本实验,为学习者打下一定的系统使用基础。

参与本书编写的人员大多是长期从事数据库技术及应用研究和教学的老师,在编写过程中注重突出下述特点:

基本原理与具体应用的平衡。一般来说,有意义的、可以广泛应用的技术通常都有必要的理论原理支持;同时,相应的理论原理也是理解、掌握、改进和推广具体技术的必不可少的前提。数据库系统课程作为理论原理和具体应用密切交融的学科,如何掌握好理论与应用的平衡显得比较突出。“具体技术很容易过时,而基本原理、概念和技术可以起到相对持久的作用。在掌握了基本原理、概念和技术之后,读者不难通过阅读手册或培训材料较快熟悉产品,并以宽阔的视野分析和评价产品^[16]”。

现代数据库技术叙述进行了必要的调整。从当前研究和应用情况考虑,特别是从数据库系统的底层来看,对象数据库系统代表未来数据库发展的趋势和方向,是“经典”与“未来”的桥梁,从“对象关系数据库”相关技术就可比较清楚地看到这一点,因此本书选取了对象数据库作为现代数据库技术的基本代表。面向网络是新世纪计算机技术与应用的重要特征,为了跟进数据库与网络技术日益结合的发展势头,我们选取了分布式数据库和XML数据库这两个与网络密切相关的数据库新技术予以介绍。其他非经典的数据库技术也非常重要,由于学时限制,我们将其浓缩为一章(第13章),这基本上是考虑到对其原理的理解和技术的掌握毕竟需要进行较为专门的学习与训练,而这主要是相关后续课程的基本任务。

对数据库的应用训练做了必要划分。数据库系统与应用技术的实际训练无疑非常基本和必要,正因为如此,如果将其与数据库理论放在一起,有可能“理论”和“应用”都达不到预期要求。我们在教改过程中对此做了必要处理,就是在基础课程中以原理和技术为主,着重讲好典型数据库平台的使用与实验,较为详细的设计、应用实验都划分

到另外一个部分——数据库实验教程，这样，可以使这两个方面都得到必要的强化，有助于解决理论与应用的平衡问题。本书选取了数据库主流平台之一的 Oracle 数据库作为介绍重点，并围绕 Oracle 设计了若干基本实验。

作为数据库系统基础教材，本书既注重介绍数据库系统基本原理，又兼顾数据库技术的实际应用；既注重基础理论原理的完整性和科学性，又加强了有关基本概念的实际背景介绍；既讲授知识，又努力探讨问题提出与解决的思路。按照作者的教学经验，如果侧重于数据库基础和原理，可以重点讲授前 8 章，选讲第 10 章和第 11 章，这些大约需要 45~50 学时，其他章节可以作为学生的自学内容，若是需要开设有关数据库实验，可以参考第 14 章。如果侧重于数据库技术和应用，可以重点讲授前 8 章（带*内容可以不讲，只供有兴趣的学生自学），数据库实验也可以参考本书的姊妹篇：《数据库系统实验指导教程》（清华大学出版社，2006），在此种情况下，前 8 章大约需要 35 学时左右，基本实验大约需要 15 学时左右。如果是使用者自学，前 8 章和第 14 章是基本内容。本书可作为大学本科计算机及信息科学与技术专业的基础教材，也可供有关人员自学参考。本书配有相应课件供教师教学时参考，另外还编写了学习指导书，提供全书的要点复习和全部习题参考解答以及其他有助于读者自学的内容。

编写一本合适的基础教材并非易事，限于作者水平和能力，本书不足与疏漏之处在所难免，有关编写初衷也未必能够充分体现，这些都要请有关专家学者和广大使用者不吝指教。

在本书编写过程中，参考了较多的国内外相关专著、教材与文献资料，其主要部分在书末参考文献中都已列出，在此我们对相关作者一并表示衷心感谢。在本书的编写过程中，研究生胡苏、李顺古、陈铠原、刘博和陈达君等参与了部分文字工作，在此也表示感谢。

作 者

2007 年 1 月于中山大学

CONTENTS

目录

第1章 数据库系统绪论	1
1.1 数据与数据管理	1
1.1.1 数据	2
1.1.2 数据管理	3
1.2 数据库与数据库系统	7
1.2.1 数据库	7
1.2.2 数据库管理系统	7
1.2.3 数据库系统	9
1.2.4 数据库系统主要研究领域	10
1.3 数据模型	11
1.3.1 模型与数据模型	11
1.3.2 概念数据模型	13
1.3.3 结构数据模型	16
1.4 数据库体系结构	22
1.4.1 数据模式	22
1.4.2 数据库的三级模式结构	23
1.4.3 数据库的二级映射功能	25
1.4.4 三级模式结构和二级映射功能的意义	25
1.5 数据库技术在计算机领域中的地位和意义	26
1.5.1 数据库在计算机领域中的学科地位	26
1.5.2 数据库在计算机应用领域中发挥的作用	27
1.5.3 数据库保持强劲发展势头	27
1.5.4 数据库是一个国家或民族信息现代化的重要标志	27
本章知识点总结	28
习题1	30

第 2 章 关系数据模型与关系运算	32
2.1 关系数据模型	32
2.1.1 关系与关系表	32
2.1.2 关系数据结构	35
2.1.3 关系数据操作	36
2.1.4 关系数据完整性约束	39
2.2 关系代数	40
2.2.1 基于更新的基本运算	40
2.2.2 基于查询的基本运算	41
2.2.3 关系代数(系统)	43
2.2.4 关系代数组组合运算	44
*2.3 关系演算	49
2.3.1 元组关系演算	49
2.3.2 域关系演算	51
2.3.3 关系运算的安全性	52
2.3.4 关系代数、元组演算、域演算的等价性	53
*2.4 三种典型的关系数据库语言	54
2.4.1 基于关系代数的语言——ISBL	54
2.4.2 基于元组关系演算语言——ALPHA 语言	56
2.4.3 基于域演算的语言——QBL	58
本章知识点总结	63
习题 2	64
第 3 章 关系数据库语言 SQL	66
3.1 SQL 概述	66
3.1.1 SQL 的产生与主要标准	66
3.1.2 SQL 语言功能特征	68
3.1.3 SQL 语言基本组成	69
3.1.4 SQL 语句与数据类型	70
3.2 数据定义	71
3.2.1 SQL 模式定义	72
3.2.2 基本表定义	72
3.2.3 索引定义	75
3.3 数据查询	76
3.3.1 SQL 的映像语句	77
3.3.2 单表查询	78

3.3.3	多表查询	82
3.3.4	查询中的函数与表达式	87
3.4	数据更新	90
3.4.1	数据删除	90
3.4.2	数据插入	91
3.4.3	数据修改	92
3.5	视图管理	92
3.5.1	视图定义	93
3.5.2	视图操作	95
3.6	数据控制	96
3.6.1	授予权限	97
3.6.2	收回权限	98
3.7	嵌入式 SQL	99
3.7.1	主语言语句与 SQL 语句	100
3.7.2	主语言变量与 SQL 变量	101
3.7.3	游标语句使用	102
3.7.4	嵌入式 SQL 的 C 程序实例	103
3.7.5	动态 SQL	106
	本章知识点总结	108
	习题 3	109
第 4 章	关系数据库的查询优化处理	111
4.1	查询处理与查询优化	111
4.2	查询优化技术	114
4.2.1	手动优化与自动优化	114
4.2.2	查询优化器	114
4.3	关系代数等价变换规则	116
4.3.1	同类运算间的等价公式	117
4.3.2	不同类运算间的等价公式	117
4.4	查询的优化策略和算法	119
	本章知识点总结	124
	习题 4	125
第 5 章	关系模式设计基础	127
5.1	模式设计与数据冗余	127
5.1.1	数据冗余与操作异常	128
5.1.2	冗余产生原因分析	128

5.1.3	问题的解决思路	129
5.2	函数依赖	130
5.2.1	函数依赖的基本概念	130
5.2.2	函数依赖集的闭包	132
*5.2.3	Armstrong 公理系统	134
5.2.4	最小函数依赖集 F_{\min}	139
*5.3	模式分解与算法	140
5.3.1	关系模式分解	141
5.3.2	无损分解	141
5.3.3	保持函数依赖	145
5.4	数据依赖与关系模式范式	146
5.4.1	函数依赖与范式	146
5.4.2	多值依赖与 4NF	154
*5.4.3	连接依赖与 5NF	157
	本章知识点总结	159
	习题 5	161
第 6 章	数据库的设计与管理	163
6.1	数据库设计概述	163
6.1.1	数据库设计	163
6.1.2	数据库系统的生命周期	164
6.2	数据库规划与需求分析	164
6.2.1	设计规划	164
6.2.2	需求分析	165
6.2.3	需求分析说明书	166
6.3	数据库概念设计	166
6.3.1	数据概念设计概述	166
6.3.2	局部概念模式设计	168
6.3.3	全局概念设计——视图集成	172
6.4	逻辑设计	175
6.4.1	逻辑设计基本方法	175
6.4.2	EE-R 图向关系模型转换	175
6.4.3	关系模式优化	178
6.5	数据库的物理设计	180
6.5.1	集簇设计	180
6.5.2	索引设计	181
6.5.3	分区设计	181

6.6 数据库的建立与管理	182
本章知识点总结	183
习题 6	184
第 7 章 数据库的安全性和完整性	185
7.1 数据库的安全性保护	185
7.1.1 数据库安全性问题的提出	185
7.1.2 数据库安全性的保护范围	186
7.1.3 操作系统中的安全性保护	187
7.1.4 DBMS 中安全性保护	188
7.1.5 SQL 中的安全性机制	190
7.1.6 数据库安全保护的其他措施	193
7.1.7 数据库的安全标准	194
7.2 数据库的完整性	195
7.2.1 完整性概念	196
7.2.2 完整性控制	200
7.2.3 SQL 中完整性约束机制	203
7.2.4 主动完整性约束机制——触发器	207
本章知识点总结	209
习题 7	209
第 8 章 数据库事务管理	211
8.1 事务与事务管理	211
8.1.1 事务概念及 ACID 性质	211
8.1.2 事务基本操作与活动状态	213
8.1.3 SQL 对事务管理的支持	214
8.2 并发控制技术	215
8.2.1 事务的并发执行	215
8.2.2 并发操作引起的不一致问题	217
8.2.3 并发操作的正确性准则	219
8.2.4 并发控制基本技术	221
8.2.5 封锁协议	223
8.2.6 活锁与死锁	228
8.3 数据库故障恢复技术	229
8.3.1 数据库故障分类	230
8.3.2 数据库恢复技术	231
8.3.3 故障恢复策略	234

8.3.4 数据库的复制与镜像	235
本章知识点总结	236
习题 8	237
第 9 章 C/S 系统与分布式数据库	238
9.1 分布计算与客户机/服务器系统	238
9.1.1 分布计算基本概念	239
9.1.2 客户机/服务器系统	240
9.2 分布式数据库系统	244
9.2.1 分布式数据库的基本概念	244
9.2.2 分布式数据库的模式结构	245
9.2.3 分布式数据库管理系统	248
9.2.4 分布式数据库系统	250
9.3 分布式数据存储	251
9.3.1 数据分片	252
9.3.2 数据冗余	254
9.4 分布式查询处理	256
9.4.1 半连接优化策略	256
9.4.2 连接优化策略	258
9.5 分布式事务管理	259
9.5.1 事务的恢复控制	259
9.5.2 事务并发控制	261
本章知识点总结	262
习题 9	263
第 10 章 对象关系数据库	264
10.1 对象关系数据模型	265
10.1.1 关系模型扩充——后关系模型	265
10.1.2 后关系模型扩展——对象关系数据模型	269
10.1.3 E-R 图扩充——对象联系图	271
10.2 对象关系数据库管理系统	273
10.3 ORDB 中的数据定义	275
10.3.1 数据类型与表的定义	275
10.3.2 继承性定义	277
10.3.3 引用的定义	279
10.4 ORDB 中的数据查询	281
10.4.1 嵌套与元组变量设置	281

10.4.2	路径表达式	282
10.4.3	关系与对象关系相互转换	283
10.4.4	函数的定义和使用	283
10.4.5	复合数据类型表中的数据插入与查询	284
	本章知识点总结	285
	习题 10	286
第 11 章	面向对象数据库	287
11.1	面向对象数据库系统	287
11.1.1	面向对象数据模型	288
11.1.2	面向对象的数据库管理系统	289
11.1.3	面向对象的数据库系统	291
11.2	持久化程序设计语言	291
11.2.1	阻抗失配与对象持久性	291
11.2.2	持久性 C++ 系统——ODMG 标准	293
11.3	ODMG 数据建模	294
11.3.1	对象与文字	294
11.3.2	类型	297
11.4	ODMG 定义语言 ODL	301
11.4.1	对象创建	301
11.4.2	数据库模式创建	302
11.5	ODMG 查询语言 OQL	305
11.5.1	SELECT 语句	305
11.5.2	集合运算与量词使用	307
11.5.3	对象赋值与元素提取	309
	本章知识点总结	310
	习题 11	311
第 12 章	XML 数据库	313
12.1	XML 概述	313
12.1.1	XML 与 HTML 的比较	314
12.1.2	XML 基本组成	315
12.2	XML 文档结构与 DTD	316
12.2.1	XML 文档结构	316
12.2.2	XML 文档的基本成分	318
12.2.3	XML 文档类型定义 DTD	321
12.3	Schema	322

12.3.1	Schema 概述	323
12.3.2	名空间	324
12.3.3	数据类型	326
12.3.4	元素顺序、属性值枚举和注释	331
12.3.5	对于 API 支持	332
12.4	XML 数据库	333
12.4.1	使能 XML 数据库	333
12.4.2	原生 XML 数据库	336
12.5	XML 数据查询	339
12.5.1	W3C 查询数据模型	339
12.5.2	Xpath 简介	340
12.5.3	XML 查询语言 XQuery	342
	本章知识点总结	350
	习题 12	351
第 13 章	现代数据库技术概述	353
13.1	现代数据库系统的范畴	353
13.2	时态数据库	354
13.2.1	时态数据库的发展阶段	355
13.2.2	时态数据库的基本概念	357
13.2.3	时态关系模型及语言	359
13.2.4	时态应用开发	363
13.2.5	热点课题与方向	367
13.3	知识库系统	368
13.3.1	知识库系统概论	368
13.3.2	知识库系统原理	372
13.3.3	知识库系统体系结构	378
13.4	空间数据库	379
13.4.1	空间数据库概述	380
13.4.2	空间数据模型	381
13.4.3	空间索引	387
13.4.4	空间数据库系统结构	390
13.4.5	时空数据库	391
13.5	数据仓库技术	393
13.5.1	数据仓库简介	393
13.5.2	构建数据仓库	396
13.5.3	数据仓库的应用技术	402

本章知识点总结	407
习题 13	407
第 14 章 Oracle 与数据库实验	408
14.1 Oracle 简介与安装	408
14.1.1 Oracle 简介	408
14.1.2 Oracle 安装	409
14.1.3 Oracle 9i 数据库的体系结构	414
14.1.4 Oracle 数据库实验的基本设计	415
14.2 数据库环境、SQL 语言与 Oracle 数据字典	415
14.2.1 数据库产品环境(实验 1)	415
14.2.2 SQL 语言基础(实验 2)	428
14.2.3 Oracle 数据字典(实验 3)	431
14.3 PL/SQL 编程与 Oracle 编程接口	432
14.3.1 PL/SQL 编程(实验 4)	432
14.3.2 Oracle 的编程接口(1)——ADO.NET(实验 5)	437
14.3.3 Oracle 的编程接口(2)——JDBC(实验 6)	439
14.4 数据库管理	441
14.4.1 Oracle 的存储过程与触发器(实验 7)	441
14.4.2 系统安全管理(实验 8)	446
14.4.3 事务与锁(实验 9)	452
14.4.4 Oracle 数据库的备份与恢复(实验 10)	461
14.4.5 Oracle 与 XML(实验 11)	466
14.5 附录	467
参考文献	471