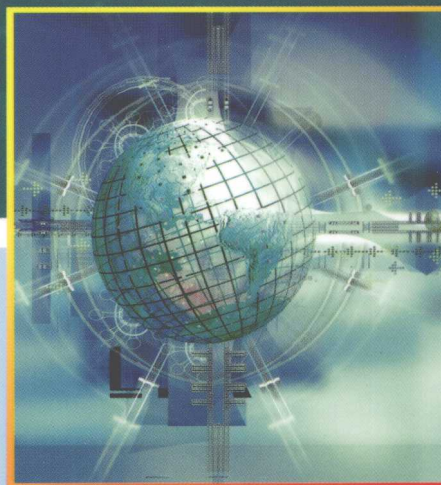


数据库系统原理与实践

DATABASE PRINCIPLES AND PRACTICE

张海威 袁晓洁 主 编

王 鑫 汪陈应 副主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

普通高等学校计算机科学与技术专业规划教材

数据库系统原理与实践

张海威 袁晓洁 主 编

王 鑫 汪陈应 副主编

王敏辉 孙博实 参 编

中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

本书是一本全面介绍数据库系统理论、技术和数据库应用程序开发方法的教科书。全书由四部分构成,分为基础篇、设计篇、系统篇 and 开发篇。基础篇主要介绍数据库的基本概念、数据库系统结构、基本数据模型、关系数据库和关系数据库语言 SQL;设计篇以关系型数据库为例,介绍了关系数据库规范化理论、关系数据库的设计;系统篇介绍了关系数据库的安全性机制、完整性控制机制、并发控制机制和数据库恢复技术;开发篇介绍了 SQL 的两类扩展语言——嵌入式 SQL 和 Transact-SQL、两类数据库应用程序访问接口——ODBC 和 JDBC,以及基于 ADO.NET 框架的数据库应用程序开发方法。

本书内容丰富,剪系统性强,举例翔实,注重理论联系实际,适合作为高等院校计算机科学与技术、信息管理与信息系统等专业学生的数据库课程教材,也可以作为数据库领域技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数据库系统原理与实践/张海威,袁晓洁主编. --
北京:中国铁道出版社,2011.1
普通高等学校计算机科学与技术专业规划教材
ISBN 978-7-113-12070-2

I. ①数… II. ①张… ②袁… III. ①数据库系统—
高等学校—教材 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 200395 号

书 名:数据库系统原理与实践

作 者:张海威 袁晓洁 主编

策划编辑:秦绪好

读者热线电话:400-668-0820

责任编辑:周海燕

封面制作:李 路

封面设计:付 巍

版式设计:于 洋

责任校对:孙 萌

责任印制:李 佳

出版发行:中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街8号 邮政编码:100054)

印 刷:北京华正印刷有限公司

版 次:2011年1月第1版 2011年1月第1次印刷

开 本:787mm×1092mm 1/16 印张:18.75 字数:432千

印 数:3 000册

书 号:ISBN 978-7-113-12070-2

定 价:29.00元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社计算机图书批销部联系调换

普通高等学校计算机科学与技术专业规划教材

编
审
委
员
会

主 任：蒋宗礼（北京工业大学）

副主任：王志英（国防科技大学）

杨 波（济南大学）

委 员：（按姓氏音序排列）

常会友（中山大学）

李仲麟（华南理工大学）

陈俊杰（太原理工大学）

刘腾红（中南财经政法大学）

陈 明（中国石油大学）

罗军舟（东南大学）

陈芙蓉（贵州大学）

王国仁（东北大学）

陈志国（河南大学）

王命延（南昌大学）

顾乃杰（中国科技大学）

吴 跃（电子科技大学）

胡 亮（吉林大学）

袁晓洁（南开大学）

黄国兴（华东师范大学）

岳丽华（中国科技大学）

姜守旭（哈尔滨工业大学）

张 莉（北京航空航天大学）

本书责任编辑：岳丽华（中国科技大学）

计算机学科虽然是一门年轻的学科，但它已经成为一门基础技术学科，在各个学科发展中扮演着重要的角色。因此，社会产生了对计算机科学与技术专业人才的巨大需求。目前，计算机科学与技术专业已成为我国理工专业中规模最大的专业，为高等教育发展做出了巨大贡献。近些年来，随着国家信息化建设的推进，作为核心技术的计算机技术，更是占有重要的地位。信息化建设不仅需要更先进、更便于使用的先进计算技术，同时也需要大批的建设人才。瞄准社会需求准确定位，培养计算机人才，是计算机科学与技术专业及其相关专业的历史使命，也是实现专业教育从劳动就业供给导向型向劳动就业需求导向型转变的关键，从而也就成为提高高等教育质量的关键。

教材在人才培养中占有重要地位，承担着“重要的责任”，这就确定了“教材必须高质量”这一基本要求。社会对计算机专业人才需求的多样性和特色，决定了教材建设的针对性，从而也造就了百花齐放、百家争鸣的局面。

关于高质量教材建设，教育部在提高本科教育质量的文件中都提出了明确要求。教高〔2005〕1号（2005年1月7日）文件指出，“加强教材建设，确保高质量教材进课堂。要大力锤炼精品教材，并把精品教材作为教材选用的主要目标。”“要健全、完善教材评审、评价和选用机制，严把教材质量关。”为了更好地落实教育部的这些要求，我们按照教育部高等学校计算机科学与技术教学指导委员会发布的《高等学校计算机科学与技术专业发展战略研究报告暨专业规范（试行）》所构建的计算机科学与技术专业本科教育的要求，组织了这套教材。

作为优秀教材的基础，我们首先坚持高标准，以对教育负责的精神去鼓励、发现、动员、选拔优秀作者，并且有意识地培育优秀作者。优秀作者保证了“理论准确到位，既有然，更有所以然；实践要求到位、指导到位”等要求的实现。

其次是按照人才培养的需要适当强调学科形态内容。粗略地讲：计算机科学的根本问题是“什么能被有效地自动计算”，科学型人才强调学科抽象和理论形态的内容；计算机系统工程的根本问题应该是“如何低成本、高效地实现自动计算”，工程型人才强调学科抽象和设计形态的内容；计算机应用的根本问题是“如何方便、有效地利用计算机系统进行计算”，应用型人才的培养偏重于技术层面的内容，强调学科设计形态的内容，在进一步开发基本计算机系统应用的层面上体现学科技术为主的特征。教材针对不同类型人才的培养，在满足基本知识要求的前提下，强调不同形态的内容。

第三是重视知识的载体作用，促进能力培养。在教材内容的组织上，体现大学教育的学科性和专业性特征，参考《高等学校计算机科学与技术专业发展战略研究报告暨专业规范（试行）》示例性课程大纲，覆盖其要求的基本知识单元。叙述上力争引导读者进行深

入分析，努力使读者在知其然的基础上，探究其所以然。通过加强对练习和实践的引导，进一步培养学生的能力，促使相应课程在专业教育总目标的实现中发挥作用。

第四是瞄准教学需要，提供更多支持。近些年来，随着计算机技术、网络技术等在教学上的应用，教学手段、教学方式不断丰富，教材的立体化建设对丰富教学资源发挥了重要作用。通常，除主教材外，还要配套教学参考书、实验指导书、电子讲稿，有的还提供网络教学服务，等等。

第五是面向主要读者，强调教材的写作特征，努力做到叙述清晰易懂，语言流畅，深入浅出，有吸引力而不晦涩；追求描述的准确性，强调用词和描述的一致性，语言表达的清晰性和叙述的完整性；分散难点，循序渐进，防止多难点、多新概念的局部堆积。

我们相信，这套教材一定能够在培养社会需要的计算机专业人才上发挥重要作用，希望大家广为选用，并在使用中提出宝贵建议，使其内容不断丰富。

普通高等学校计算机科学与技术专业规划教材编审委员会

2008年1月

数据库技术产生于 20 世纪 60 年代末 70 年代初,其主要目的是有效地管理和存取大量的数据资源。数据库技术主要研究如何存储、使用和管理数据。经历近半个世纪的发展,数据库技术领域具备了坚实的理论基础,出现了大量日趋成熟的商业产品,数据库技术已经涉及越来越广泛的应用领域。目前,无论是电子商务平台、办公自动化软件,还是科学数据分析工具,几乎都离不开后台数据库的有效支持。作为一名软件开发人员,必须掌握数据库系统的基本原理,同时应具备应用主流数据库产品进行数据库设计和系统开发的能力。

数据库是计算机科学的一个重要分支。自从教育部在 1983 年将数据库系统原理列为计算机软件专业四年制本科的必修课程,并制定了教学大纲之后,数据库系统方面的教材随着数据库技术的发展逐步更新。教育部高等学校计算机科学与技术专业教学指导分委员会于 2009 年通过了“数据库系统课程教学实施方案”,进一步明确了数据库课程的教学内容。本书按照应用型和工程型数据库人才培养体系安排全书内容,覆盖了规范要求的全部知识点。

本教材的编写分为基础篇、设计篇、系统篇和开发篇:

- 基础篇主要介绍数据库的基本概念、数据库系统的结构和数据模型等基础知识,针对目前大量管理信息系统采用关系数据库模型,重点介绍了关系数据库和关系数据库标准语言 SQL。本篇是学习数据库技术的入门知识,认真学习掌握该篇内容,对于进一步深入学习数据库系统的知识,培养开发管理信息系统的能力起着重要的作用。
- 设计篇介绍关系数据库的设计理论和数据库系统的开发过程,主要培养读者根据特定的应用,构造正确的关系数据库模式,并在该模式基础上,构建数据库及其应用系统的能力。本篇为数据库设计的必备知识,深入学习该类知识并加强实践训练,对于开发良好的管理信息系统起着关键的作用。
- 系统篇主要介绍数据库管理系统(DBMS)中的安全性控制、完整性控制、并发控制和数据库恢复等技术的核心设计思想和实现机制。本篇内容是数据库管理员(DBA)的必备知识,深入了解本篇知识对于维护数据库系统的安全良好运行起着重要的作用。
- 开发篇介绍了两类面向实际应用的 SQL 扩展语言——嵌入式 SQL 和 Transact-SQL,讲解了两类数据库访问接口 ODBC 和 JDBC 以及基于这两类接口的数据库应用程序设计方法,并介绍了微软公司基于 .NET 平台的数据库访问组件 ADO.NET,以及使用 ADO.NET 开发数据库应用程序的方法。本篇知识有助于读者了解数据库应用程序开发的具体过程,掌握数据库应用程序的开发方法和手段。

全书紧密围绕教学大纲安排内容,注重理论联系实际,能够使读者在掌握数据库系统基本原理以及数据库设计方法之后,进一步了解各类数据库应用程序的开发方法。书中关于应用程序开发的实例,涵盖了数据库应用程序全部核心功能的程序代码,易于读者掌握。因此,本书可以作为数据库系统入门与应用的参考教材。

在本书的编写过程中,中国科学技术大学的岳丽华教授详细审阅了全部书稿,对全书的

架构、内容的组织和不妥之处提出了宝贵意见和修改建议。南开大学数据库与信息系统实验室的部分研究生参与了本书示例设计、程序调试和文稿校对等工作，在此向他们表示衷心的感谢。

在本书的编写过程中，参阅了国内外许多数据库原理、数据库应用程序设计等方面的书籍和参考文献，从中吸收了新的思想、新的内容和新的方法，力求在全书内容安排上有所突破和创新。然而由于能力和水平有限，可能有许多错误和不足之处，敬请读者予以指正。

编 者

2010 年于南开大学

第一篇 基础篇

第 1 章 数据库系统概述	2
1.1 数据管理	2
1.2 数据库技术的发展	4
1.2.1 数据库的史前时代	4
1.2.2 数据库的诞生与发展	5
1.3 数据库系统的结构	9
1.3.1 三级模式结构	9
1.3.2 两级映像和数据独立性	11
1.4 数据库管理系统	11
1.5 数据库系统的组成	13
小结	14
思考与练习题	15
第 2 章 数据模型	16
2.1 数据模型描述	16
2.2 概念模型	17
2.3 逻辑模型	20
2.3.1 层次模型	20
2.3.2 网状模型	21
2.3.3 关系模型	22
2.3.4 其他数据模型	24
小结	26
思考与练习题	26
第 3 章 关系数据库	28
3.1 关系数据模型	28
3.1.1 关系模型的结构	29
3.1.2 关系模型的形式化定义	30
3.1.3 关系的键	31
3.1.4 关系模式	32
3.1.5 E-R 模型转换为关系模型	33
3.2 完整性约束	34
3.2.1 实体完整性	34
3.2.2 参照完整性	34
3.2.3 用户定义完整性	36

3.3	关系代数.....	36
3.3.1	关系代数的基本运算.....	37
3.3.2	附加的关系代数运算.....	40
3.3.3	关系数据库产品.....	42
	小结.....	45
	思考与练习题.....	45
第4章	关系数据库语言 SQL	48
4.1	SQL 概述.....	48
4.1.1	SQL 的发展历史.....	48
4.1.2	SQL 的特点.....	49
4.1.3	SQL 的组成.....	50
4.1.4	SQL 对三级模式的支持.....	50
4.2	SQL 数据定义功能.....	51
4.2.1	模式的定义.....	52
4.2.2	表的定义.....	53
4.2.3	SQL 数据类型.....	55
4.3	SQL 数据查询功能.....	56
4.3.1	单表查询.....	61
4.3.2	连接查询.....	62
4.3.3	嵌套查询.....	65
4.3.4	集合查询.....	68
4.4	SQL 数据更新功能.....	69
4.4.1	插入数据.....	69
4.4.2	修改数据.....	70
4.4.3	删除数据.....	71
4.5	建立和使用视图.....	72
4.5.1	定义视图.....	72
4.5.2	查询视图.....	73
4.5.3	修改视图.....	73
4.5.4	视图的作用.....	74
4.6	索引的建立与删除.....	75
4.6.1	索引的建立.....	75
4.6.2	索引的删除.....	75
4.7	查询处理和查询优化.....	76
4.7.1	查询处理步骤.....	76
4.7.2	查询执行算法.....	77
4.7.3	查询优化技术.....	79
	小结.....	82
	思考与练习题.....	83

第二篇 设计 篇

第 5 章 关系规范化理论	88
5.1 规范化的必要性	88
5.1.1 问题的提出	88
5.1.2 解决的方法	90
5.1.3 关系模式的规范化	91
5.2 函数依赖	91
5.2.1 关系模式的表示	91
5.2.2 函数依赖的基本概念	92
5.2.3 函数依赖集的闭包	93
5.2.4 函数依赖集的推理规则	93
5.2.5 属性集闭包	94
5.2.6 最小函数依赖集	95
5.3 关系的范式	96
5.3.1 关系模式的码	96
5.3.2 第一范式 (1NF)	97
5.3.3 第二范式 (2NF)	98
5.3.4 第三范式 (3NF)	100
5.3.5 BCNF (Boyce-Codd NF)	101
5.4 多值依赖与第四范式	101
5.4.1 多值依赖的发现	101
5.4.2 多值依赖的定义	102
5.4.3 第四范式 (4NF)	103
5.5 关系模式的分解	104
5.5.1 无损连接分解	104
5.5.2 保持函数依赖	107
小结	108
思考与练习题	108
第 6 章 数据库设计	111
6.1 数据库设计概述	111
6.1.1 数据库设计的任务和特点	111
6.1.2 数据库设计的方法和步骤	112
6.2 需求分析	113
6.2.1 需求分析的任务	113
6.2.2 需求收集	114
6.2.3 需求分析	114
6.2.4 需求分析的结果	116
6.3 概念模型设计	116
6.3.1 基本概念	116

6.3.2	二元联系	117
6.3.3	实体集的键	118
6.3.4	弱实体集	118
6.3.5	超类和子类	119
6.3.6	E-R 模型设计原则	120
6.4	关系模型设计	121
6.4.1	E-R 模型到关系模型的转换	122
6.4.2	关系模型设计实例	123
6.5	存储结构设计	123
6.5.1	物理结构设计概述	123
6.5.2	存取方法选择	124
6.5.3	存储结构的确定	125
6.6	数据库的实现和维护	125
6.6.1	数据库的实施	125
6.6.2	数据库的维护	126
	小结	127
	思考与练习题	128

第三篇 系 统 篇

第 7 章	数据库安全性	132
7.1	安全性概述	132
7.1.1	安全性定义	132
7.1.2	安全性措施	132
7.2	用户管理	133
7.3	角色和权限	133
7.3.1	权限	134
7.3.2	授权与回收	134
7.4	视图机制	137
7.5	数据加密	138
7.5.1	替换方法	138
7.5.2	置换方法	138
7.6	审计	139
	小结	140
	思考与练习题	140
第 8 章	数据库完整性	142
8.1	完整性基本概念	142
8.2	完整性约束	142
8.2.1	完整性控制机制	142
8.2.2	完整性约束条件分类	143
8.2.3	完整性约束的定义方法	144

8.3	实体完整性	144
8.3.1	实体完整性定义	144
8.3.2	实体完整性检查和违规处理	145
8.4	参照完整性	145
8.4.1	参照完整性定义	145
8.4.2	参照完整性检查和违规处理	146
8.5	用户定义完整性	148
8.5.1	属性上约束条件的定义	148
8.5.2	元组上约束条件的定义	149
8.5.3	用户定义完整性检查和违规处理	149
8.6	完整性约束命名语句	149
8.7	触发器	150
8.7.1	触发器的三要素	150
8.7.2	SQL 中的触发器	150
8.7.3	触发器的结构	151
8.7.4	触发器的修改与删除	154
	小结	155
	思考与练习题	155
第 9 章	并发控制	157
9.1	事务	157
9.1.1	事务的概念	157
9.1.2	事务的特性	158
9.2	并发事务的调度	160
9.3	锁及封锁协议	164
9.3.1	封锁的概念	164
9.3.2	两阶段封锁协议	164
9.4	封锁粒度	166
9.5	封锁产生的问题	167
9.5.1	活锁问题	167
9.5.2	死锁问题	168
	小结	170
	思考与练习题	170
第 10 章	数据库恢复技术	173
10.1	恢复技术概述	173
10.1.1	数据库的数据存取	173
10.1.2	主要数据库恢复技术	174
10.2	故障类型	175
10.3	基于日志的恢复技术	175
10.3.1	日志的结构	175

10.3.2 检查点	176
10.3.3 基于日志的恢复	178
10.4 备份与恢复	180
10.5 故障恢复策略	181
小结	181
思考与练习题	182

第四篇 开 发 篇

第 11 章 嵌入式 SQL	186
11.1 嵌入式 SQL 的处理	186
11.2 宿主变量	187
11.3 数据库连接	187
11.4 游标的使用	188
11.5 错误处理	190
11.6 动态 SQL	190
11.6.1 SQL 语句主变量	190
11.6.2 动态参数	191
11.6.3 动态游标	191
11.7 程序实例	192
小结	194
思考与练习题	194
第 12 章 Transact-SQL	197
12.1 基本概念	197
12.2 语句块	198
12.3 变量和常量	198
12.3.1 变量	198
12.3.2 常量	203
12.4 流程控制	205
12.4.1 选择结构	205
12.4.2 循环结构	207
12.4.3 其他流程控制语句	208
12.5 存储过程	208
12.5.1 存储过程的优点	208
12.5.2 存储过程的分类	209
12.5.3 创建存储过程	209
12.5.4 执行存储过程	211
12.6 游标	212
12.6.1 游标的基本概念	212
12.6.2 游标的基本操作	212

12.6.3	有关游标的全局变量	215
12.6.4	游标使用实例	216
小结	.....	217
思考与练习题	.....	217
第 13 章	ODBC 编程	219
13.1	基本概念	219
13.2	ODBC 数据源	221
13.3	ODBC 编程接口	222
13.3.1	句柄	222
13.3.2	连接函数	223
13.3.3	SQL 执行函数	223
13.3.4	结果集访问函数	224
13.4	开发步骤	225
13.5	程序实例	225
小结	.....	229
思考与练习题	.....	230
第 14 章	JDBC 编程	231
14.1	基本概念	231
14.2	JDBC 驱动程序	233
14.2.1	基于 JDBC-ODBC 桥的驱动程序	233
14.2.2	基于本地 API 的驱动程序	233
14.2.3	基于网络协议的驱动程序	234
14.2.4	基于本地协议的驱动程序	234
14.3	DriverManager 类	234
14.3.1	加载驱动程序	235
14.3.2	建立数据库连接	235
14.4	JDBC 的主要接口	236
14.4.1	Connection 接口	236
14.4.2	Statement 接口	237
14.4.3	PreparedStatement 接口	241
14.4.4	CallableStatement 接口	243
14.4.5	ResultSet 接口	246
14.5	程序实例	248
小结	.....	250
思考与练习题	.....	250
第 15 章	ADO.NET 编程	252
15.1	基本概念	252
15.2	ADO.NET 对象模型	254
15.2.1	Connection 对象	255
15.2.2	Command 对象	257

15.2.3	DataReader 对象	260
15.2.4	DataAdapter 对象	262
15.3	使用 DataSet	264
15.3.1	DataSet 对象	264
15.3.2	DataTable 对象	267
15.3.3	DataRow 对象	269
15.3.4	DataColumn 对象	270
15.4	开发步骤	272
15.4.1	连接到数据源	272
15.4.2	执行命令	272
15.4.3	设置数据集保存数据	272
15.4.4	访问数据集进行各类操作	273
15.4.5	关闭数据库连接	275
15.5	程序实例	275
	小结	280
	思考与练习题	280
	参考文献	283

第 1 章

数据库系统概述

数据库是计算机科学的一个重要分支。如何对数据进行有效的管理是数据库领域研究的主要问题。人类社会进入信息时代以来,随着个人计算机、互联网和通信工具的普及与应用,每天都会产生大量的数据。各种信息系统是存储和处理这些数据的主要工具。目前,无论是电子商务平台、办公自动化软件,还是科学数据分析工具,几乎都离不开后台数据库的有效支持。作为一名软件开发人员,必须掌握数据库系统的基本原理,同时具备应用主流数据库产品进行数据库设计和系统开发的能力。

本章从数据管理的基本概念入手,介绍数据库技术的发展历史,给出数据库管理系统和数据库应用系统的组成结构。通过本章的学习,读者可以对数据库系统的全貌有一个概括的了解。

1.1 数据管理

数据(data)是数据库存储和处理的基本对象,它记录了通过观察、测量和实验而获得的信息。数据的表现形式多种多样,不仅包括常见的数字和文本,图形、图像、音频、视频等信息都可以保存为数据。在日常生活中,人们往往认为数据就是信息,但在计算机科学中,数据和信息既有联系又有区别。数据是信息的符号表示,是信息的载体;信息则是数据的内涵,是对数据含义的具体解释。例如,1234.56是数据,而“银行账户有¥1234.56元存款”是信息。从计算机的角度看,数据是与程序相对应的概念,程序是对数据进行操作的一组指令,而任何形式的数据都可以表示为磁盘上存储的一系列二进制数位。

通过对已有数据进行处理和分析还可以发现新的信息。由于信息是构成知识的原材料,我们自然希望数据和信息越多越好,但现代社会面临的问题不是数据匮乏,而是数据爆炸。例如,在天文学领域,随着众多先进天文仪器的投入使用,观测所获得的数据量正以惊人的速度迅猛增长。目前哈勃太空望远镜每天大约产生50亿字节的数据,致力于寻找外星智慧生命的“凤凰计划”日夜不停地使用84英尺射电望远镜收集来自外太空的大量数据。在生物学领域,人类基因组计划测定了30亿个碱基对的组成,有海量的基因数据需要记录和处理。人类社会活动所产生的数据量同样不容忽视。企业在商品生产和流通的每个环节都需要记录有价值的数据,银行要对每笔业务生成的相关数据进行管理等。由此可见,有必要研制