

计算机科学与技术系列教材

数据库原理与技术

主 编 尹为民 金银秋
副主编 曾 慧 李石君 朱三元
邓宏涛 孙扬波



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

TP311.13

283D

2007

计算机科学与技术系列教材

数据库原理与技术

主 编 尹为民 金银秋
副主编 曾 慧 李石君 朱三元
邓宏涛 孙扬波



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数据库原理与技术/尹为民,金银秋主编. —武汉:武汉大学出版社,
2007.6

计算机科学与技术系列教材

ISBN 978-7-307-05533-9

I. 数… I. ①尹… ②金… II. 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(2007)第 052104 号

责任编辑:黄金文 责任校对:王建 版式设计:支笛

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:wdp4@whu.edu.cn 网址:www.wdp.com.cn)

印刷:华中科技大学印刷厂

开本:787×1092 1/16 印张:19.625 字数:467千字

版次:2007年6月第1版 2007年6月第1次印刷

ISBN 978-7-307-05533-9/TP·243

定价:33.00元(本书含配套光盘)

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请与当地图书销售
部门联系调换。

计算机科学与技术系列教材

编 委 会

主 任:何炎祥,武汉大学计算机学院院长,教授

副 主 任:康立山,中国地质大学(武汉)计算机学院院长,教授

陆际光,中南民族大学计算机科学学院院长,教授

编 委:(以姓氏笔画为序)

王江晴,中南民族大学计算机科学学院副院长,教授

王春枝,湖北工业大学计算机学院副院长,教授

牛冀平,黄冈师范学院计算机系主任,副教授

石曙东,湖北师范学院计算机科学与技术系主任,教授

朱 英,桂林电子工业学院计算机系副教授

孙扬波,湖北中医学院信息技术系信息管理与信息系统教研室主任

刘腾红,中南财经政法大学信息学院副院长,教授

陈少平,中南民族大学电信学院副院长,教授

杜友福,长江大学计算机科学学院院长,教授

陆 迟,江汉大学数学与计算机科学学院计算机系主任,副教授

闵华松,武汉科技大学计算机科学与技术学院副院长,副教授

陈佛敏,咸宁学院信息工程学院计算机系主任,副教授

陈建新,孝感学院计算机科学系主任,副教授

李禹生,武汉工业学院计算机与信息工程系副主任,教授

李晓林,武汉工程大学计算机科学与工程学院副院长,副教授

张焕国,武汉大学计算机学院教授

张唯佳,湖北省信息产业厅信息化推进处处长

余敦辉,湖北大学数学与计算机科学学院计算机系副主任

肖 微,湖北警官学院信息技术系副教授

钟 珞,武汉理工大学计算机科学与技术学院院长,教授

钟阿林,三峡大学电气信息学院计算机系主任

姜洪溪,襄樊学院电气信息工程系副主任,副教授

桂 超,湖北经济学院计算机与电子科学系副主任,副教授

黄求根,武汉科技学院计算机科学学院院长,教授

阎 菲,湖北汽车工业学院计算中心主任,副教授

韩元杰,桂林电子工业学院计算机系教授

谢坤武,湖北民族学院信息工程学院计算机系主任,副教授

戴光明,中国地质大学(武汉)计算机学院副院长,教授

魏中海,华中农业大学理学院计算机系副教授

执行编委:黄金文,武汉大学出版社副编审



前 言



数据库原理课程不仅是大学计算机及相关专业的必修主干课程,也是其他许多专业学生的选修课程。同时,随着数据库系统的深入发展各类人员对数据库理论与技术的需求也在不断增加。因此,需要编写一本既有原理又具应用,同时又能较好地适应新技术发展的数据库教材。

编写本书的指导思想是帮助学生掌握数据库系统的基本原理、技术和方法,了解现代数据库系统的特点及发展趋势,接受用所学知识解决实际问题的基本训练,培养学生研究和设计数据库系统的能力,为后续专业课程及开发应用打下良好的基础。本书具有如下特点:

- 既注重有重点地介绍数据库的基本原理和方法,又补充现代数据库系统的主要技术及新知识。力求既讲述知识,又介绍探讨问题的思路。

- 缩减传统数据库系统的部分内容,突出数据库理论与实践紧密结合的特征,结合应用实例讲解,突出能力训练。

- 本书根据教学的知识点、要点及层次,结合实践的特点来组织内容。对部分难点配以直观的图示和具体的示例,并配有光盘课件以方便教学。其配套辅导书,针对典型例题及难点进行分析与解答,包含学习要点指导、测试题,具体的实习任务及指导等。

从本书的组织结构框架来看,全书内容分两部分共计九章:

第一部分,基础篇。包括数据库基础知识和关系数据库设计。含第一章~第五章,主要介绍关系数据库系统的基本概念、基本技术和方法;介绍关系数据库理论与数据库设计方法、实现技术,并通过一个应用实例的需求分析和具体设计,讲解关系数据库设计、开发的过程。

第二部分,系统篇。包括数据库管理与保护,现代数据库系统和新技术。含第六章~第九章。主要介绍关系数据库管理系统,描述数据库的安全和完整性控制技术及其事务管理,介绍现代数据库系统的特点及知识,讨论其新技术。

主编本书的有武汉大学的尹为民老师、中南财大信息学院的金银秋老师,副主编有曾慧、李石君、邓宏涛、朱三元以及孙扬波老师。尹为民主持了书稿实题、编写了本书的第二章、第三章并负责全书的统稿;金银秋参与了本书的立题、大纲的讨论和审稿工作,编写了本书的第一章、第四章内容,曾慧编写了本书的第五章及应用实例的分析与设计;李石君编写了本书第九章的内容;尹为民、邓宏涛、朱三元及孙扬波共同编写了本书的第六章、第七章及第八章。

本书的初稿及讲义,包括多媒体课件已多次用于本科生、双学位等“数据库原理”课程的教学。本书的知识结构更新及开放的实习是数据库原理课程教改项目的内容,该套书亦属精品课程建设项目的一部分。

在编写本书的过程中得到了武汉大学计算机学院、中南财大信息学院有关领导、同行们的指导与大力支持;本书在编写过程中参考了许多相关书籍及文献资料,在此谨向被引用资料的作者、给予帮助的同行表示感谢。

本书存在的不足或疏漏之处,恳请广大读者批评指正。

作者

2007年1月 于武汉大学

目 录

第一部分 基础篇

第一章 数据库系统概论	3
1.1 引言.....	3
1.1.1 基本概念.....	3
1.1.2 数据管理的发展历程.....	5
1.2 数据模型.....	8
1.2.1 信息的三个世界.....	8
1.2.2 概念模型.....	11
1.2.3 数据模型的组成及分类.....	13
1.2.4 基本数据模型.....	15
1.2.5 数据模型的新特征.....	20
1.3 数据库系统结构.....	21
1.3.1 数据库系统的三级模式结构.....	21
1.3.2 数据抽象——三级数据库.....	24
1.3.3 数据库系统的组成.....	24
1.3.4 数据库系统的特点.....	26
1.3.5 数据库系统的分类.....	27
1.4 本章小结.....	30
习题 一.....	31
第二章 关系数据库	32
2.1 关系数据库的基本概念.....	32
2.1.1 关系及其性质.....	32
2.1.2 关系模式与关系数据库.....	35
2.2 关系模型及其描述.....	36
2.2.1 关系模型的特点及组成.....	36
2.2.2 关系数据操作.....	36
2.2.3 关系的完整性.....	37
2.3 关系代数.....	39
2.3.1 集合运算.....	40
2.3.2 关系运算.....	41
2.3.3 扩充的关系运算.....	46



2.4	关系演算	49
2.4.1	元组关系演算	49
2.4.2	域关系演算	50
2.4.3	域关系演算语言 QBE	51
2.5	本章小结	54
	习题二	55
第三章	关系数据库语言 SQL (SQL3)	59
3.1	SQL 的特征	59
3.1.1	SQL 的主要标准	59
3.1.2	SQL 的功能特点	59
3.1.3	SQL 的基本组成	60
3.1.4	SQL 的数据类型	61
3.1.5	SQL 环境	61
3.2	SQL 的数据定义	63
3.2.1	SQL 模式的定义与撤消	63
3.2.2	表的建立和删除	63
3.2.3	表的扩充和修改	65
3.2.4	域定义	66
3.2.5	索引的建立与删除	67
3.3	SQL 的数据查询	68
3.3.1	单表查询	68
3.3.2	表达式与函数的使用	70
3.3.3	多表查询	73
3.3.4	自然连接与外连接	78
3.3.5	SQL 中的空值处理	80
3.3.6	递归合并查询	81
3.4	SQL 的数据更新	83
3.4.1	插入数据	83
3.4.2	修改数据	83
3.4.3	删除数据	84
3.4.4	构造数据类型	85
3.5	视图 (View)	86
3.5.1	视图的概念及作用	86
3.5.2	创建与使用视图	86
3.5.3	更新视图	89
3.6	嵌入式 SQL	90
3.6.1	嵌入式 SQL 概述	90
3.6.2	嵌入式 SQL 的工作原理	91
3.6.3	嵌入式 SQL 的程序组成	94

3.6.4 嵌入式 SQL 的使用技术	96
3.6.5 动态 SQL	98
3.7 SQL 编程与扩充	100
3.7.1 SQL 模块	100
3.7.2 数据库中间件	102
3.8 本章小结	103
习题三	103
第四章 关系数据库理论	106
4.1 函数依赖	106
4.1.1 问题的提出	106
4.1.2 函数依赖的定义	107
4.1.3 函数依赖的分类	107
4.1.4 候选码的形式定义	108
4.2 关系模式的规范化	109
4.2.1 关系与范式	109
4.2.2 第一范式 (1NF)	109
4.2.3 第二范式 (2NF)	109
4.2.4 第三范式 (3NF)	111
4.2.5 BC 范式 (BCNF)	112
4.2.6 多值依赖与第 4 范式	112
4.3 数据依赖的公理系统	115
4.3.1 Armstrong 公理	115
4.3.2 公理的完备性	116
4.3.3 函数依赖集的等价	118
4.3.4 属性闭包的计算	119
4.3.5 最小函数依赖集	120
4.4 关系模式的分解	122
4.4.1 等价模式分解的定义	122
4.4.2 无损连接性与依赖保持性	123
4.4.3 模式分解的算法	126
4.4.4 多值依赖公理系统	129
4.5 规范化的问题	130
4.6 本章小结	131
习题四	131
第五章 数据库设计	134
5.1 数据库设计概述	134
5.1.1 数据库设计的特点、目标和方法	134
5.1.2 数据库设计的内容和步骤	136



5.2	数据库规划	138
5.3	系统定义	138
5.4	需求分析	139
5.4.1	需求分析的任务	139
5.4.2	需求分析的方法	139
5.4.3	数据流图	140
5.4.4	数据字典	142
5.5	概念结构设计	146
5.5.1	概念结构设计的方法和步骤	146
5.5.2	E-R 图的扩展描述	147
5.5.3	局部视图设计	152
5.5.4	视图的集成	153
5.6	逻辑结构设计	155
5.6.1	逻辑结构设计的步骤	155
5.6.2	E-R 模型向关系模型的转换	155
5.6.3	模型的优化	159
5.6.4	子模式设计	160
5.7	数据库物理设计	161
5.7.1	物理设计的内容和要求	161
5.7.2	存取方法与存储结构	161
5.7.3	性能评价	163
5.8	数据库实施与维护	164
5.9	应用实例——录像出租公司数据库设计	164
5.9.1	应用的需求描述	164
5.9.2	数据库规划	165
5.9.3	系统定义	166
5.9.4	需求收集和分析	167
5.9.5	概念结构设计	173
5.9.6	逻辑结构设计	179
5.9.7	物理结构设计	181
5.10	本章小结	183
	习题五	184

第二部分 系统篇

第六章	数据库管理系统	187
6.1	DBMS 简介	187
6.1.1	DBMS 的特点与功能	187
6.1.2	DBMS 的基本组成	188
6.1.3	DBMS 运行环境	189



6.1.4 用户访问数据库的工作过程	189
6.2 关系数据库的查询优化	190
6.2.1 查询处理与查询优化	190
6.2.2 查询优化的一般策略	193
6.2.3 关系代数表达式的等价规则	194
6.2.4 关系代数表达式的优化算法	196
6.2.5 查询优化的一般步骤	197
6.3 关系 DBMS 的发展	199
6.3.1 关系 DBMS 的发展阶段	199
6.3.2 关系 DBMS 的发展趋势	200
6.3.3 关系 DBMS 产品的选择	201
6.4 本章小结	202
习题六	202
第七章 数据库的安全性与完整性	204
7.1 概述	204
7.1.1 安全性与完整性的基本概念	204
7.1.2 安全标准	206
7.2 数据库的安全性控制	210
7.2.1 用户标识和鉴别	210
7.2.2 存取控制方法	210
7.2.3 存取控制的实施	212
7.2.4 视图机制	216
7.2.5 数据加密和跟踪审计	217
7.3 数据库的完整性控制	217
7.3.1 数据库的完整性	217
7.3.2 完整性约束的设计	219
7.4 触发器	222
7.4.1 触发器机制	222
7.4.2 SQL 触发器规则	223
7.4.3 SQL 触发器设计	226
7.5 本章小结	228
习题七	228
第八章 事务管理	230
8.1 事务的基本概念	230
8.1.1 事务 (Transaction)	230
8.1.2 事务的状态	231
8.1.3 事务的特性	232
8.1.4 更新事务的执行与恢复	232

8.2	数据库恢复概述	232
8.3	恢复的实现技术	233
8.3.1	数据转储	234
8.3.2	登记日志文件	235
8.4	故障恢复	236
8.4.1	故障的种类及恢复策略	236
8.4.2	具有检查点的恢复技术	238
8.4.3	数据库镜像	240
8.4.4	远程备份系统	241
8.5	SQL对事务管理的支持	242
8.6	事务的并发控制	244
8.6.1	并发控制的概念	244
8.6.2	封锁与封锁协议	246
8.6.3	活锁和死锁	249
8.6.4	并发调度的可串行性	249
8.6.5	基于时间戳的协议	252
8.6.6	封锁的粒度	254
8.7	本章小结	256
	习题八	256

第九章	现代数据库系统	258
9.1	现代数据库系统概述	258
9.1.1	数据库系统的发展	258
9.1.2	现代数据库系统简介	260
9.1.3	现代应用对数据库系统的要求	261
9.1.4	数据库系统的研究领域	263
9.2	对象关系数据库系统	264
9.2.1	概述	264
9.2.2	面向对象的数据模型	264
9.2.3	对象关系数据模型	266
9.2.4	对象关系数据库系统	267
9.3	分布式数据库系统	268
9.3.1	什么是分布式数据库系统	268
9.3.2	分布式数据库系统的模式结构	269
9.3.3	分布式数据库管理系统	270
9.4	网络数据库系统	271
9.4.1	基于C/S模式的数据库系统	272
9.4.2	基于B/S模式的数据库系统	274
9.5	网格环境下的数据库系统	276
9.5.1	网格的概念与组成	276



9.5.2 网格数据库研究的内容.....	276
9.5.3 网格数据库技术.....	277
9.6 本章小结.....	278
习题九.....	279
附录	280
附录 A 层次模型与网状模型.....	280
A.1 层次模型.....	280
A.2 网状模型.....	283
附录 B PL / SQL.....	284
附录 C ODBC 与 JDBC.....	286
C.1 ODBC.....	286
C.2 JDBC.....	288
附录 D 主要的关系 DBMS 产品.....	290
D.1 Oracle 介绍.....	290
D.2 SQL Server.....	294
D.3 DB2 简介.....	295
D.4 MySQL 简介.....	296
D.5 国产数据库产品简介.....	297
参考文献	298

第一部分 基础篇



第一章 数据库系统概论

本章主要描述数据库系统的有关基本概念、三级模式结构及系统的组成、特点。介绍基本数据模型、概念模型表示以及数据库系统的分类。

1.1 引言

数据库技术产生于 20 世纪 60 年代末,当时的“软件危机”促使人们对软件设计的反思,于是数据库技术作为一门软件学科应运而生。它的出现使得计算机应用渗透到工农业生产、商业、行政管理、科学研究、工程技术以及国防军事等各个领域。20 世纪 80 年代微型机的出现、现代网络的产生,使得数据库技术得到了广泛的应用和普及。现在,数据库系统的建设规模、数据库描述信息量的大小以及网络应用的程度已成为衡量一个部门信息化程度的重要标志。

那么,什么是数据库?什么是数据库系统?数据库理论与技术是怎样发展而来的?这就是本节要介绍的内容。

1.1.1 基本概念

1. 信息与数据

现代社会是信息的社会,信息以惊人的速度增长。因此,如何有效地组织和利用它们成为急需解决的问题。数据库系统的目的就是为了高效地管理及共享大量的信息。而信息与数据是分不开的。

数据是描述事物的符号记录,也是数据库中存储、用户操纵的基本对象。数据不仅是数值,还可以是文字、图形、图像、声音、视频等。数据是信息的符号表示。例如描述新生信息,可用一组数据“2007(年),武汉大学计算机学院研究生及本科新生,共 18(个班),700(人)”。这些符号被赋予了特定的语义,具体描述了信息,因此它们就具有了传递信息的功能。

信息是具有一定含义的、经过加工处理的、对决策有价值的数。它是对现实世界事物存在方式或运动状态的反映,它是人类共享的一切知识及客观加工提炼出的各种消息的总和。

信息与数据的关系可以归纳为:数据是信息的载体,信息是数据的内涵。即数据是信息的符号表示,而信息通过数据描述,又是数据语义的解释。尽管两者在概念上不尽相同,但通常使用时并不严格去区分它们。

2. 数据库

“数据库”这个名词起源于 20 世纪中叶,当时美军因作战指挥需要建立了一个高级军事情报基地,把收集到的各种情报存储在计算机中,并称之为“数据库”。起初人们只是简单地



将数据库看做一个电子文件柜，即将它当成是一个存储数据文件的仓库或容器。后来随着数据库技术的产生，人们引申并沿用了该名词，给“数据库”这个名词赋予了更深层的含义。

那么，数据库到底是什么呢？可以简单归纳为：

数据库 (Data Base, DB) 是按一定结构组织并长期存储在计算机内的、可共享的大量数据的有机集合。

说明：

① 数据库中的数据是按一定的结构——数据模型来进行组织的，即：数据间有一定的联系，以及数据有语义解释。数据与对数据的解释是密不可分的，如：1998，若描述一个人的出生日期，表示 1998 年；若描述一根钢丝的长度则表示 1998 米。

② 数据库的存储介质通常是硬盘，也用磁带、光盘等，故可大量地、长期地存储及高效地使用。

③ 数据库中的数据能为众多用户所共享，能方便地为不同的应用服务。

④ 数据库是一个有机的数据集成体，它由多种应用的数据集成而来，故具有较少的冗余、较高的数据独立性。

3. 数据库管理系统

数据库管理系统 (Data Base Management System, DBMS) 是管理和维护数据库的系统软件，是数据库和用户之间的一个接口，其主要作用是在数据库建立、运行和维护时对数据库进行统一管理和控制。

说明：

从操作系统角度：DBMS 是使用者，它建立在操作系统的基础之上，需要操作系统提供底层服务。如：创建进程、读写磁盘文件、CPU 和内存管理等。

从数据库角度：DBMS 是管理者，是数据库系统的核心，是为数据库的建立、使用和维护而配置的系统软件，负责对数据库进行统一的管理和控制。

从用户角度：DBMS 是工具或桥梁，是位于操作系统与用户之间的一层数据管理软件。用户发出的或应用程序中的各种操作数据库的命令，都要通过 DBMS 来执行。

DBMS 的主要功能有：对用户提供的数据库定义、建立、操纵和维护功能；对数据库系统提供事务运行、安全控制、组织与存储管理功能。常用的 DBMS 有：Oracle、SQL Server、DB2、SyBase、FoxPro、Access 等。

4. 数据库系统

数据库系统 (Data Base System, DBS) 是实现有组织地、动态地存储大量关联数据、方便多用户访问的计算机软件、硬件和数据资源组成的系统。

在一般计算机系统中引入数据库技术后即形成数据库系统，故可以说数据库系统是具有管理数据库功能的计算机系统。可简化表示为：

DBS = 计算机系统 (硬件、软件平台、人) + DBMS + DB

数据库系统包含了数据库、数据库管理系统、软件、硬件支撑环境和人；数据库管理系统在操作系统 (OS) 支持下，对数据库进行管理与维护，并提供用户对数据库的操作接口。

数据库、数据库管理系统、数据库系统之间的关系如图 1-1 所示。