

数据库技术新进展

李昭原 主编
罗晓沛 主审



清华大学出版社

数据库技术新进展

李昭原 主编
罗晓沛 主审

清华大学出版社

(京)新登字 158 号

内 容 简 介

本书较全面地介绍了 90 年代的数据库技术新进展,概述了数据库技术的发展过程、现状和趋势,阐述了数据库技术的新内容:面向对象数据库、分布式数据库、并行数据库、知识库系统、主动数据库、模糊数据库、多媒体数据库、工程数据库等新的概念和新的技术原理。本书还介绍了 90 年代流行的客户/服务器数据库的体系结构和数据库应用快速开发工具的基本特征和典型工具,以及数据库标准化和数据库安全技术。最后介绍当前流行的关系数据库管理系统 ORACLE、DB2、SYBASE、INFORMIX、INGRES 的新技术和新产品。各章专题既具有独立性,自成体系,而全书又具有系统性和连贯性。

本书内容丰富,包含了 90 年代国内外数据库技术最新成果。可作为高等院校和科研院所的计算机专业、计算机应用专业以及各类管理专业的研究生、本科高年级学生和教师的教学参考书;也可作为从事数据库研究、应用和工程开发的科技人员、开发人员以及管理人员的工作参考书。

版权所有,翻印必究。

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

数据库技术新进展/李昭原主编. —北京:清华大学出版社, 1997, 4
ISBN 7-302-02445-6

I. 数…… II. 李…… III. 数据库-技术-进展 IV. TP311. 13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 02705 号

出版者:清华大学出版社(北京清华大学校内,邮编 100084)

印刷者:北京丰华印刷厂

发行者:新华书店总店北京科技发行所

开本:787×1092 1/16 印张:34 字数:829 千字

版次:1997 年 5 月第 1 版 1997 年 5 月第 1 次印刷

书号:ISBN 7-302-02445-6/TP·1233

印数:0001—4000

定价:39.00 元

《数据库技术新进展》编委会名单

名誉主编：罗晓沛 施伯乐

主 编：李昭原

编 委：（以姓氏笔划为序）

马应章 电子部华北计算所

王 珊 中国人民大学信息学院

李昭原 北京航空航天大学计算机系

何新贵 国防科工委系统所

罗文化 复旦大学计算机系

唐世渭 北京大学计算机系

徐洁磐 南京大学计算机系

作 者：（按章节顺序排列）

王 珊、周傲英、楼荣生、罗文化、郑振楣、郭 敏、
李建中、马玉书、徐洁磐、范 明、何新贵、罗晓沛、
邵佩英、李隆江、唐世渭、杨冬青、刘 瑞、李昭原、
马应章、刘启原、邓 昶

致 谢

本书的编写和出版得到下列公司的大力支持，特此致谢！

ORACLE 软件系统有限公司



国际商业机器中国有限公司

IBM DB2

SYBASE 软件（北京）有限公司



INFORMIX 软件中国有限公司

INFORMIX

华润资讯科技（北京）有限公司

CA INGRES

前 言

数据库技术的相关著作和教材,国内已出版多种,但较全面和系统地反映 90 年代数据库技术新进展的内容、特点的书还甚为鲜见。在 1992 年召开的全国数据库教学研讨会上,很多从事多年数据库教学工作的同志一致倡议集体编写一本较系统地介绍数据库技术新进展的教材,并委托北京航空航天大学负责筹划和组织,1994 年第五届全国数据库教学研讨会成立了“数据库技术新进展”编委会,并组织编写了大纲和落实作者,经过两年的努力,本书已编写完成,不久即可与读者见面。

本书共分十四章内容。第一章概述数据库技术的进展;第二章至第九章分别论述了新一代数据库:面向对象数据库、分布式数据库、并行数据库、知识库系统、主动数据库、模糊数据库、多媒体数据库、工程数据库等新型数据库的新概念和新技术原理;第十章介绍了客户/服务器结构的数据库系统;第十一章介绍了新一代的数据库应用开发工具;第十二章介绍了数据库标准化技术的发展;第十三章介绍了数据库安全技术的发展;第十四章介绍了当前流行的关系数据库系统 ORACLE、DB2、SYBASE、INFORMIX、INGRES 等的新技术与新产品。各章专题具有独立性,自成体系,而全书又注意系统性、连贯性,并形成一体。

本书由北京航空航天大学李昭原主编,中国科技大学研究生院罗晓沛主审,参加编写的人员有:中国人民大学王珊(第一章);复旦大学周傲英、楼荣生、罗文化(第二章);武汉大学郑振楣、郭敏(第三章);黑龙江大学李建中(第四章);石油大学马玉书、南京大学徐洁磐、郑州大学范明(第五章);国防科工委系统所何新贵(第六、七章);中国科技大学研究生院罗晓沛、邵佩英(第八章);北京航空航天大学李隆江(第九章);北京大学唐世渭、杨冬青(第十章);北京航空航天大学刘瑞、李昭原(第十一章);电子部华北计算所马应章(第十二章);中软总公司刘启原(第十三章);北京航空航天大学李昭原、邓映、莫炼等(第十四章)。

编委会名誉主编罗晓沛教授、施伯乐教授、教学研讨会负责人罗文化教授等都对本书的编写工作给予了积极支持和指导。编委会成员也都各尽其职,对本书出版作了积极贡献。在此,表示衷心的感谢。在本书编写过程中也得到了各有关公司的积极支持。SYBASE 中国有限公司杨孝如先生、IBM 中国有限公司黄国威先生、ORACLE 中国有限公司黄玮女士、INFORMIX 中国有限公司王焰先生、华润资讯科技(北京)有限公司张一飞先生在本书第十四章的编写过程中提供了大量材料,提出了许多宝贵意见。在此表示衷心的感谢。

北京航空航天大学研究生徐玮、莫炼等作了大量的画图、排版等工作,对他们辛勤的劳动表示感谢。

本书采用统一大纲,分散编写,集中交流,集思广议与统编相结合的编写方式,力

• IV •

求全面、系统，但由于时间短促，内容广泛，作者分散，并限于本人水平，可能有许多不完善不妥当之处，请同行专家和读者批评指正。

李昭原

目 录

第 1 章 数据库技术的发展	1
1.1 概 述	1
1.1.1 数据库发展阶段的讨论	1
1.1.2 第一代数据库	1
1.1.3 第二代数据库——关系数据库系统	3
1.1.4 新一代数据库技术的研究和发展	7
1.2 数据库新技术	12
1.2.1 数据模型的发展	12
1.2.2 数据技术与其它相关技术相结合	17
1.2.3 面向应用领域的数据库新技术	20
1.3 关系数据库系统的发展	23
参考文献	26
第 2 章 面向对象数据库	28
2.1 概述	28
2.1.1 面向对象方法	28
2.1.2 面向对象数据库	29
2.2 面向对象数据库的基本概念	30
2.2.1 对象、界面、封装	30
2.2.2 对象类、方法、多态	31
2.2.3 继承、操作重载、滞后联编	32
2.2.4 持久性、对象标识	33
2.2.5 并发控制、一致性、事务	33
2.2.6 OODB 语言、持久性语言、阻抗失配	35
2.3 面向对象程序设计语言	35
2.3.1 Smalltalk	36
2.3.2 C++	42
2.4 对象的存储和管理	46
2.4.1 实例的存储结构	46
2.4.2 类对象的结构	48
2.4.3 数据库模式的结构	48
2.4.4 聚集	49
2.4.5 实例存取方法	50
2.5 面向对象数据库系统的并发控制	53
2.5.1 面向对象特征的影响	53

2.5.2	多粒度加锁	54
2.5.3	长事务管理	57
2.6	面向对象数据库系统的模式进化	59
2.6.1	单模式修改的分类	60
2.6.2	单模式修改的约束语义与实现	61
2.6.3	方法的有效性	63
2.6.4	模式版本化	64
2.7	现有的面向对象数据库系统及其比较	64
2.7.1	IRIS	65
2.7.2	O2	65
2.7.3	ORION	66
2.8	未来的研究发展方向	66
	参考文献	68
第3章	分布式数据库	69
3.1	概 述	69
3.2	分布式数据库数据分片、重复和分配技术	72
3.2.1	数据分片	72
3.2.2	数据重复和分配	74
3.3	分布式数据库分类及发展	75
3.4	分布式查询处理概要	76
3.4.1	分布式查询处理的传输代价	76
3.4.2	分布式查询用半联接处理	78
3.4.3	查询和更新的分解	78
3.5	分布式并发控制及恢复概要	80
3.5.1	基于数据项特定副本的分布式并发控制	81
3.5.2	基于投票的分布式并发控制	82
3.5.3	分布式恢复	82
3.6	异构型分布式数据库	83
3.6.1	异构数据库系统的背景	83
3.6.2	异构型分布式数据库体系结构	84
3.6.3	异构型分布式数据库的集成技术	86
3.6.4	联邦数据库概述	87
3.6.5	联邦数据库基本功能	87
3.6.6	联邦数据库数据共享	88
3.6.7	小结	101
	参考文献	102
第4章	并行关系数据库技术	104
4.1	概述	104
4.2	支持并行数据库的并行结构	104

4.3	关系数据库系统的固有并行性	105
4.4	实现关系查询并行化的数据流方法	106
4.5	并行数据库的物理组织	109
4.5.1	一维数据划分	109
4.5.2	多维数据划分	111
4.5.3	传统物理存储结构的并行化	114
4.6	新的并行数据操作算法	115
4.6.1	基于嵌套循环的并行 JOIN 算法	115
4.6.2	基于 SORT-MERGE 的并行 JOIN 算法	115
4.6.3	基于 HASH 的并行 JOIN 算法	116
4.6.4	数据分布的均匀性与并行 JOIN 算法	117
4.6.5	数据的初始划分与并行 JOIN 算法	118
4.7	查询优化技术	119
4.7.1	基于左线性树的查询优化算法	119
4.7.2	基于右线性树的查询优化算法	121
4.7.3	基于片段式右线性树的查询优化方法	122
4.7.4	基于浓密树的查询优化算法	123
4.7.5	基于操作森林的查询优化算法	124
4.7.6	有关查询优化的其它研究成果	125
4.8	需要进一步研究的问题	126
	参考文献	127
第 5 章	知识库系统	132
5.1	概述	132
5.1.1	数据库与人工智能	132
5.1.2	数据库的智能化和智能化数据库	132
5.1.3	知识库系统及其发展	134
5.1.4	知识与知识表示	136
5.1.5	知识库、知识库管理系统与知识库系统	137
5.1.6	知识库语言	139
5.2	知识库系统原理	140
5.2.1	知识库系统的一阶谓词逻辑表示	141
5.2.2	数据库、演绎数据库及知识库	144
5.2.3	基于证明论的知识库系统	147
5.2.4	基于模型论的知识库系统	148
5.3	几个典型的实验知识库系统	151
5.3.1	NAIL! 系统	151
5.3.2	LDL 系统	154
5.4	知识库系统的应用	157
5.4.1	知识库在 CAD 中的应用	157

5.4.2 知识库在智能决策支持系统中的应用	165
5.4.3 专家数据库系统	169
5.5 知识库系统的发展趋势	170
5.5.1 扩大知识的表示与知识处理(推理)的范围	171
5.5.2 非经典逻辑、非精确推理、模糊逻辑的知识库系统	172
5.5.3 知识库语言的改进与扩充	173
5.5.4 知识库演绎算法、优化算法和知识库校验算法研究	175
5.5.5 智能用户接口与泛关系用户接口	177
5.5.6 知识获取与知识学习	177
5.5.7 知识库系统结构的发展趋势	179
参考文献	181
第6章 主动数据库	183
6.1 概述	183
6.1.1 应用需求	183
6.1.2 主动数据库的发展和现状	184
6.2 主动数据库模型	186
6.2.1 事件驱动概念	186
6.2.2 主动数据库的一般模型	187
6.3 事件表达式	188
6.3.1 基本事件	188
6.3.2 事件运算和事件表达式	190
6.4 主动数据库语言	192
6.4.1 数据库语言和程序设计语言的关系	192
6.4.2 主动数据库程序设计语言	193
6.5 主动数据库管理系统	195
6.5.1 主动数据库管理系统的功能	195
6.5.2 主动数据库管理系统的结构	195
6.6 主动数据库的实现	196
6.6.1 主动数据库的实现途径	196
6.6.2 事件监视器的实现机制	197
6.6.3 事件监视器的执行模式	197
6.7 面向主动对象的数据库系统	199
6.7.1 面向对象数据库的不足	199
6.7.2 面向主动对象的数据库模型	199
参考文献	204
第7章 模糊数据库	206
7.1 概述	206
7.2 模糊数据库的特性	207
7.2.1 数据的模糊性	207

7.2.2	数据间联系的模糊性.....	208
7.2.3	约束条件的模糊性.....	208
7.2.4	数据上操作的模糊性.....	209
7.2.5	查询语言的模糊性.....	209
7.2.6	子模式和用户视图的模糊性.....	210
7.2.7	模糊数据的冗余性.....	210
7.2.8	数据间依赖关系的模糊性.....	211
7.3	模糊数据模型.....	212
7.3.1	模糊关系数据模型.....	212
7.3.2	模糊网络数据模型.....	221
7.3.3	模糊层次数据模型.....	225
7.3.4	模糊实体-联系数据模型.....	226
7.3.5	面向对象的模糊数据模型.....	228
7.3.6	模糊逻辑数据模型.....	232
7.3.7	模糊演绎数据库模型.....	237
7.3.8	模糊知识库模型.....	237
7.3.9	组合数据模型.....	238
	参考文献.....	238
第 8 章	多媒体与多媒体数据管理.....	241
8.1	概述.....	241
8.1.1	多媒体与多媒体技术.....	241
8.1.2	多媒体计算机系统.....	244
8.1.3	多媒体数据处理.....	246
8.1.4	多媒体数据管理.....	249
8.1.5	多媒体的关键技术.....	250
8.2	多媒体数据管理技术.....	252
8.2.1	多媒体数据的特征.....	252
8.2.2	数据管理准备.....	252
8.3	多媒体数据库技术.....	254
8.3.1	多媒体数据库的特征.....	254
8.3.2	媒体独立性概念.....	256
8.3.3	数据建模.....	256
8.3.4	多媒体数据库管理系统(MDBMS).....	259
8.4	超文本/超媒体技术(hypertext/hypermedia).....	264
8.4.1	超媒体概念与本质.....	264
8.4.2	超媒体组成.....	265
8.4.3	超媒体系统的体系结构.....	267
8.4.4	超媒体的特征及与其它信息管理技术区别.....	268
8.4.5	典型超媒体系统.....	269

8.5 当前多媒体数据管理系统概况	270
8.6 多媒体技术的应用	271
参考文献	271
第9章 工程数据库	272
9.1 概述	272
9.2 工程数据建模—— IDEF 方法	273
9.2.1 IDEF0 方法	273
9.2.2 IDEF1 方法	275
9.3 工程数据的交换与共享—— STEP 标准	279
9.3.1 STEP 标准概述	279
9.3.2 EXPRESS 语言	280
9.3.3 标准数据访问接口 SDAI	289
9.4 工程数据库管理系统	296
9.4.1 语言联编映射	297
9.4.2 SDAI 向支撑系统的映射	298
9.4.3 亚超类实例的联接	299
9.4.4 长事务	299
9.4.5 版本管理	301
参考文献	304
第10章 客户/服务器结构的数据库系统	305
10.1 概述	305
10.1.1 客户/服务器体系结构	305
10.1.2 数据库系统的体系结构	305
10.2 客户/服务器结构数据库系统	308
10.2.1 对客户/服务器结构数据库系统的需求	308
10.2.2 客户/服务器结构的 DBMS 的功能划分	309
10.2.3 单服务器系统和多服务器的系统	311
10.3 客户/服务器结构的数据库系统实现技术	313
10.3.1 开放的数据库访问接口	313
10.3.2 存储过程(stored procedure)	316
10.3.3 分布数据管理	317
10.4 客户/服务器结构数据库系统的优点	318
参考文献	320
第11章 新一代数据库应用快速开发工具	321
11.1 概述	321
11.1.1 数据库应用开发工具的发展	321
11.1.2 应用生成器与第四代语言的基本特征	323
11.1.3 新一代客户/服务器前端工具的基本特征	326
11.2 新一代快速开发工具的典型代表 PowerBuilder	328

11.2.1	什么是 PowerBuilder.....	328
11.2.2	PowerBuilder 集成开发环境.....	332
11.2.3	PowerBuilder 的面向对象机制.....	340
11.2.4	PowerBuilder 开发实例.....	344
11.3	联结 SYBASE 的 FoxPro 快速开发工具.....	353
11.3.1	SYBASE-FoxPro*AG 的体系结构.....	354
11.3.2	SYBASE-FoxPro*AG 的技术特点.....	355
11.3.3	SYBASE-FoxPro*AG 的技术原理.....	355
11.3.4	SYBASE-FoxPro*AG 的关键技术.....	358
	参考文献.....	360
第 12 章	数据库标准化技术.....	361
12.1	概述.....	361
12.1.1	数据库标准化工作回顾.....	361
12.1.2	通用的数据库技术标准.....	361
12.1.3	正在制定中的 OODB 标准.....	363
12.1.4	制造行业数据管理技术标准.....	365
12.2	数据管理参考模型.....	367
12.2.1	模型概述.....	367
12.2.2	信息系统中的数据管理需求.....	368
12.2.3	数据级对及相关处理的概念.....	370
12.2.4	数据管理参考模型.....	371
12.3	信息资源词典系统(IRDS)框架.....	374
12.3.1	IRDS 框架概述.....	374
12.3.2	IRDS 的数据内容.....	375
12.3.3	IRDS 的设施.....	376
12.3.4	IRDS 的接口.....	377
12.4	IRDS 服务接口.....	378
12.4.1	IRDS 服务接口概述.....	378
12.4.2	IRDS 的概念和设施.....	379
12.4.3	抽象数据结构.....	380
12.4.4	服务的概念和设施.....	381
12.4.5	服务的数据结构.....	381
12.4.6	服务的格式及描述.....	382
12.5	数据库语言 SQL.....	383
12.5.1	SQL 概述.....	383
12.5.2	SQL92 增强的特征.....	384
12.5.3	SQL 92 支持数据库互操作的功能设施.....	385
12.5.4	SQL 语句分类.....	389
12.6	SQL 调用级接口(SQL/CLI).....	393

12.6.1	CLI 概述.....	393
12.6.2	返回代码.....	394
12.6.3	诊断区.....	394
12.6.4	CLI 的例程.....	394
12.7	SQL 持久存储模块(SQL/PSM)	397
12.7.1	PSM 概述.....	397
12.7.2	处理过程.....	398
12.7.3	其它特征.....	398
12.7.4	SQL/PSM 的 SQL 语句.....	399
12.8	远程数据库访问(RDA)	400
12.8.1	RDA 概述.....	400
12.8.2	RDA 模型.....	400
12.8.3	服务.....	402
12.8.4	协议.....	403
12.8.5	应用语境.....	404
12.8.6	SQL 专门化.....	405
12.9	对象数据库标准(ODMG-93).....	405
12.9.1	ODMG-93 概述.....	405
12.9.2	对象模型.....	407
12.9.3	对象定义语言 ODL.....	408
12.9.4	对象查询语言 OQL.....	408
12.9.5	C++ 联编.....	409
12.10	标准数据访问接口(SDAI)	409
12.10.1	SDAI 概述.....	409
12.10.2	SDAI 程序设计环境.....	410
12.10.3	SDAI 操作.....	411
12.10.4	SDAI 状态模型.....	413
	参考文献.....	413
第 13 章	数据库安全.....	415
13.1	概述.....	415
13.1.1	数据库系统的安全性.....	415
13.1.2	数据库安全相关的标准.....	416
13.1.3	对数据库的安全的威胁(threat)	419
13.2	数据库的安全控制的基本概念.....	421
13.2.1	内部安全和外部安全的关系.....	421
13.2.2	用户管理、标识和鉴别.....	421
13.2.3	防止和杜绝非授权的数据访问、存取控制问题.....	421
13.2.4	防止通过推论导出数据项、导出数据问题.....	422
13.2.5	保证数据库数据的一致性与相关的技术问题.....	422

13.2.6	事务处理的相关问题.....	422
13.2.7	数据日志文件和恢复系统中的安全机制.....	423
13.2.8	数据操作的并发性.....	424
13.2.9	数据的语义上的完整性.....	424
13.2.10	敏感机要数据的管理.....	424
13.2.11	多级保护体制.....	425
13.2.12	限界(confinement).....	425
13.3	安全控制.....	426
13.3.1	信息流控制(flow control).....	426
13.3.2	推论控制(inference control).....	427
13.3.3	存取控制(access control).....	428
13.4	安全模型.....	429
13.4.1	哈里森-罗佐-厄尔曼存取矩阵模型.....	430
13.4.2	贝尔-拉帕丢拉(Bell-La Padula)模型.....	433
13.4.3	基于角色的存取控制(RBAC)模型.....	436
	参考文献.....	441
第 14 章	当前流行的关系数据库管理系统.....	442
14.1	Oracle 数据库新技术新产品.....	442
14.1.1	概述.....	442
14.1.2	增强了对企业联机事务处理的支持.....	443
14.1.3	增强了对企业分布式处理的支持.....	449
14.1.4	增强了对企业数据仓库技术的支持.....	451
14.1.5	Oracle Intranet 方案.....	452
14.2	IBM DB2 数据库新技术新产品.....	462
14.2.1	概述.....	462
14.2.2	DB2 家族产品 (DB2 Family).....	464
	参考文献.....	482
14.3	SYBASE 数据库新技术新产品.....	483
14.3.1	概述.....	483
14.3.2	SYBASE 的客户/服务器体系结构.....	484
14.3.3	SYBASE 的服务器系列产品.....	485
14.3.4	SYBASE 开放互连、互操作产品系列.....	492
14.3.5	SYBASE 的工具系列.....	495
14.3.6	SYBASE 的最新技术成果——SYBASE System 11 产品介绍.....	501
14.4	INFORMIX 数据库新技术新产品.....	503
14.4.1	概述.....	503
14.4.2	INFORMIX 动态可伸缩体系结构 DSA.....	506
14.4.3	INFORMIX 互连体系结构.....	510
14.4.4	INFORMIX 应用开发工具.....	513

14.5 INGRES 数据库新技术新产品.....	517
14.5.1 概述.....	517
14.5.2 INGRES 可缩放性和可适应性.....	518
14.5.3 INGRES 分布处理技术.....	520
14.5.4 INGRES 异构环境的开放性互联.....	525
14.5.5 INGRES Server 对象管理功能.....	526
14.5.6 INGRES 面向对象的可视开发工具 OpenROAD.....	527