

何新贵 唐常杰 李 霖 刘云生 著

特种数据库 技术

数
据
库
丛
书

科学出版社

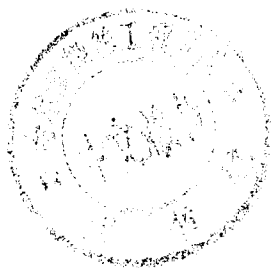
TP311.13
H56-2

454224

数据库丛书

特种数据库技术

何新贵 唐常杰 李霖 刘云生 著



00454224

科学出版社

2000

内 容 简 介

JS/51/19

本书共分为五章,包括时态数据库技术、移动数据库技术、主动数据库技术、模糊数据库技术和实时数据库技术。每章介绍了各自领域的基本概念、基本理论和处理技术,以及国内外有关学者对相应领域的最新研究成果等。此外,本书对各领域的发展历史也做了简单介绍,并展望了未来可能的发展方向 and 前景。

本书可作为有关工程和研究人员的技术参考书,也可作为研究生的教学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

特种数据库技术/何新贵等著.-北京:科学出版社.
2000
(数据库丛书)
ISBN 7-03-007794-6

I. 特… II. 何… III. 数据库系统,特种
IV. TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 32111 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号
邮政编码:100717

新蕾印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

2000 年 1 月第 一 版 开本:787×1092 1/16
2000 年 1 月第一次印刷 印张:16
印数:1—3 000 字数:355 000

定价:24.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈兰各〉)

《数据库丛书》是我国数据库专家学者团结协作、合力撰写的。一套系列著作，它比较全面地反映了国际数据库技术的丰富内容与发展，对我国数据库科技工作者多年来的主要研究成果，具有较高的理论水平和学术价值。

数据库是计算机科学技术中发展最快的领域之一，也是应用最广泛的技术之一。是计算机信息系统与应用系统的构成基础。相信《数据库丛书》的编辑出版，必将有助于推动我国数据库技术的研究与发展，促进我国数据库技术的普及与提高，加快数据库应用的推广与深入，为我国社会经济、信息化作出贡献。

張致祥

一九八六年六月

《数据库丛书》编委会

主 编	萨师煊			
副主编	罗晓沛	王 珊		
编 委	王能斌	施伯乐	郑怀远	童 颖
	唐世渭	周立柱	徐秋元	周龙骧
	徐洁磐	郑振楣	何新贵	马应章
	李建中	张大洋	董继润	瞿兆荣
	张作民	何守才	姚卿达	唐常杰
	冯玉才	尹良瑛	杨冬青	邵佩英
	李昭原	周傲英	于 戈	马玉书
	刘启原			

序

数据库是计算机领域发展最快的学科之一,因为它既是一门非常实用的技术,也是一门涉及面广、研究范围宽的学科。因此,它吸引了理论研究、系统研制和应用开发等不同方面众多的学者、专家和技术人才致力于其研究和实践。

数据库系统所管理、存储的数据是各个部门宝贵的信息资源。在信息化时代来临、Internet高速发展的今天,信息资源的经济价值和社会价值越来越明显。建设以数据库为核心的信息系统和应用系统,对于提高企业的效益、改善部门的管理、改进人们的生活均具有实实在在的意义。正因为数据库技术与经济、社会的发展和信息化建设有着密切的关系,这门学科才获得了巨大的源动力和深厚的应用基础。

数据库系统已从第一代网状、层次数据库系统发展到第二代关系数据库系统和第三代以面向对象为主要特征的数据库系统。数据库技术与网络通信技术、面向对象技术、并行计算技术、多媒体技术、人工智能技术等互相渗透,互相结合,成为当前数据库技术发展的主要特征。它使数据库领域中新的技术内容层出不穷,新的学科分支不断涌现,形成了新一代数据库系统的大家族。与传统的数据库相比,当今数据库的整体概念、技术内容、应用领域,甚至某些原理都有了重大的发展和变化。

面对如此丰富的学术内容和技术方法,如此广阔的研究方向和应用领域,从事数据库研究、开发和应用的科技人员和攻读数据库方向的研究生都迫切希望有一套丛书能系统而全面地介绍数据库学科的多个分支和相关领域。

《数据库丛书》的编写宗旨是把当前数据库学科各个分支的最新学术成果介绍给读者,以促进国内的学术研究;同时,又介绍数据库技术的发展过程,各分支之间的内在联系及在数据库大家族中的位置,以促进数据库和计算机科学的其他领域技术的结合。

本丛书由各分册组成,包括《数据库进展》、《分布式数据库》、《分布式数据库管理系统实现技术》、《并行关系数据库管理系统引论》、《数据仓库技术与联机分析处理》等。本丛书的每一分册涉及数据库学科的一个或几个分支。其中《数据库进展》则与其他分册有所不同,是本丛书的总纲、指南和补充,是给本丛书穿针引线、铺垫基础,从而使丛书成为一个各部分既相互独立又相互联系的整体。

《数据库丛书》是开放的,故丛书的分册将随着数据库学科的发展而不断补充。

本丛书各分册的主编和作者,多是长期从事数据库各分支领域研究工作的专家、学者。他们学术造诣高深,实践经验丰富,书中许多内容是他们长期研究的成果。本丛书不仅反映了国际数据库技术的最新成果和发展方向,也展示了我国数据库工作者的学术成果和研究深度,具有较高的理论水平和学术价值。它的出版是我国数据库学术界的一件大喜事。我向本丛书的所有作者和编委的辛勤工作表示崇高的敬意。

萨师煊

1998年1月

前 言

“信息化社会”和“知识经济”现已成为人们经常议论的一些话题,各家对它们的看法各有不同。但从一个从事数据库研究的学者的观点来看,我认为它们至少意味着下列几点:首先,信息(数据作为其载体)和知识在整个社会中无处不在,并且已把它们联在一个全球性的网络之中,供亿万人交流和共享,其中包括在各种媒介间流动着的和在某些媒体中存储着的各种信息和知识,在此要特别强调的是各种计算机系统在信息和知识的存储、处理和传播中的重要作用;第二,各种信息或知识正在对社会的进步起着越来越大的主导和促进作用,这在一定意义上意味着谁能占有有效的信息和先进的知识,谁就将主导社会,谁就能引导世界潮流,谁在这方面落后,谁就要“挨打受欺负”;第三,既然“科学技术是第一生产力”,那么各种信息和知识就应是这个第一生产力中的第一要素,就是社会进步的一种原动力。

“数据(仓)库”和“知识库”是存储各种信息和知识的一种电子媒体。操作系统、网络、计算机语言和数据库已成为支撑当代各种计算机应用最基本的四大支柱,而网络和数据库技术则是其中发展最快、影响最广的两门计算机技术,现在已经可以看到,它们的发展和普及正在深刻地改变着整个社会。

中国计算机学会数据库专业委员会(原数据库学组)几年前在科学出版社的支持下发起要出版一套《数据库丛书》,其主要目的,一方面是为了适应信息化社会对数据库技术越来越广泛而迫切的需求,另一方面也是为了给那些准备要进入数据库领域做研究的技术人员和学生们提供一套引路书。本套丛书除了包括较传统的数据库理论和技术以及各种主流数据库技术之外,还包括至今尚未十分成熟、尚无完善的商品化产品,但在学术研究中却很热门,因而发展较快的一些先进数据库技术,例如,数据仓库、并行数据库、实时数据库、时态数据库、空间数据库、主动数据库、模糊数据库以及移动数据库等技术。这些数据库技术大多处于数据库研究的前沿,由于很有应用前景,吸引了国内外很多学者(包括作者们在内)正在从事这些方面的研究。在本丛书中,有关“并行数据库”和“数据仓库”等现代数据库技术已经独立成书,余下的内容学会责成我来把它们组织成一本书,因为不太好取名,在同行们的建议下几经思考和修改才起了一个《特种数据库技术》的书名。本来计划的内容比现在的还多一些,后来由于著述人员变动,削减了一些内容。如今本书主要包括“时态数据库技术”、“移动数据库技术”、“主动数据库技术”、“模糊数据库技术”和“实时数据库技术”五大部分,分为五章叙述。第一章“时态数据库技术”由唐常杰主笔,第二章“移动数据库技术”由李霖主笔,第五章“实时数据库技术”由刘云生主笔,剩下的两章由何新贵主笔。五个部分成稿之后由何新贵进行了统稿,并在部分技术内容、章节的安排和叙述的风格等方面略作了一些调整和修改。

本书的作者们都分别在各自的领域中做过不少得到国内外学者们承认和赞许的工作,这些已充分反映在本书的正文和参考文献中。此外,为了全书内容的先进性、系统性和完整性,本书还包括了国内外有关学者们对相应领域的主要贡献和最新研究成果,对各领

域的发展过程也作了简单介绍,并根据作者们的见解展望了未来可能的发展方向和应用前景。但是,由于本书涉及的内容很广、很新,技术发展很快,内容不妥和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

在成书过程中曾得到周兴铭院士、罗晓沛教授、王珊教授和赵刚等同志很多具体的指导和帮助,他们为本书的出版做出了重要贡献,在此对他们表示最衷心的感谢。

何新贵

1999年春于北京

目 录

第一章 时态数据库技术	1
1.1 绪论	1
1.1.1 对时态数据库的客观需求和分类	1
1.1.2 时态数据库技术的发展	2
1.1.3 建立 TDB 模型的方法论	4
1.1.4 时间量子和时间区间	5
1.2 历史关系数据库模型	5
1.2.1 基本概念和术语	5
1.2.2 数学模型	6
1.2.3 历史关系代数	7
1.3 TempSQL 模型	10
1.3.1 概念和术语	10
1.3.2 查询语言 TempSQL	11
1.3.3 查询数据库的历史记录	13
1.3.4 若干需要深入研究的课题	13
1.4 双时态数据模型及其查询语言 TQuel	14
1.4.1 关于股票的实例	15
1.4.2 TQuel 的查询语句	16
1.4.3 TQuel 的时态语义	18
1.5 对象历史模型	19
1.5.1 数学模型	19
1.5.2 局部性约束和“回避坏子列”的约束	23
1.5.3 对象历史的射影和粘合	24
1.5.4 区间查询及其范式	25
1.5.5 对象历史模型的优缺点	25
1.6 时态数据库管理系统的实现技术	26
1.6.1 TDBMS 实现的主要环节	26
1.6.2 TDBMS 实现中的困难	27
1.6.3 HBase 的一史三制、分存统取方法	27
1.6.4 时态索引技术	33
1.6.5 时态连接	35
参考文献	36
第二章 移动数据库技术	37
2.1 绪论	37

2.1.1	移动通信技术的发展	37
2.1.2	移动计算与移动数据库	38
2.1.3	移动数据库的典型应用	40
2.1.4	移动数据管理与分布数据管理的关系	43
2.1.5	移动数据库的研究目标与意义	43
2.1.6	移动数据库系统的分类	44
2.2	移动数据库的关键技术	44
2.2.1	复制与缓存技术	45
2.2.2	数据广播	50
2.2.3	移动查询处理	58
2.2.4	移动事务处理	62
2.2.5	Agent 技术	64
2.2.6	其他技术	68
2.3	商品化数据库的移动计算产品介绍	69
2.4	移动数据库的三级复制体系结构	71
2.4.1	移动数据库的系统模型	71
2.4.2	三级复制(TTR)体系结构	72
2.4.3	TTR 体系结构的应用	78
2.5	小结	79
	参考文献	79
第三章	主动数据库技术	81
3.1	绪论	81
3.1.1	数据库的被动服务与主动服务	81
3.1.2	实际应用中的主动性需求	81
3.1.3	主动数据库技术的发展	83
3.2	主动数据库	85
3.2.1	主动性的描述	85
3.2.2	主动数据库的描述	86
3.3	事件空间	87
3.3.1	基本事件	87
3.3.2	事件运算	89
3.3.3	事件表达式和事件空间	90
3.4	主动数据库语言	91
3.4.1	数据库语言的特征	91
3.4.2	主动数据库的程序设计语言	92
3.5	主动数据库管理系统	94
3.5.1	主动功能	94
3.5.2	体系结构	94
3.5.3	实现技术	95

3.6	面向主动对象的数据库	98
3.6.1	面向对象的世界观	98
3.6.2	面向主动对象的数据库	99
3.6.3	主动性与面向对象方法相结合的优点	101
3.7	主动模糊数据库	103
3.7.1	模糊的数据	103
3.7.2	模糊的事件	103
3.7.3	模糊的条件	104
3.7.4	主动模糊数据库系统	104
3.8	主动知识库系统	105
3.8.1	主动知识库系统的定义	105
3.8.2	基于主动知识库的专家系统的功能	106
3.8.3	基于主动知识库的专家系统的结构与实现	107
3.9	主动程序设计语言和软件的主动性	108
3.9.1	软件的主动性概念	108
3.9.2	主动程序设计语言	108
3.9.3	主动程序设计及其实现	110
3.9.4	小结	111
	参考文献	111
第四章	模糊数据库技术	114
4.1	绪论	114
4.1.1	客观世界的模糊性	114
4.1.2	模糊数据库的发展	115
4.1.3	模糊数学基础	116
4.2	模糊数和运算	127
4.2.1	模糊数的表示	128
4.2.2	模糊整数和模糊实数	130
4.2.3	模糊复数	131
4.2.4	模糊字符和模糊字符串	131
4.2.5	模糊布尔量	132
4.2.6	模糊结构类型	133
4.2.7	模糊算术运算	135
4.2.8	模糊关系运算	138
4.2.9	模糊字符串运算	140
4.2.10	模糊逻辑运算	141
4.2.11	模糊表达式和模糊函数	142
4.2.12	各种模糊数间的语义距离	143
4.3	模糊数据库的特性	145
4.3.1	数据的模糊性	145

4.3.2	数据间联系的模糊性	145
4.3.3	约束条件的模糊性	146
4.3.4	数据上操作的模糊性	146
4.3.5	查询语言的模糊性	147
4.3.6	子模式和用户视图的模糊性	147
4.3.7	模糊数据的冗余性	148
4.3.8	数据间函数依赖关系的模糊性	148
4.4	模糊数据模型	149
4.4.1	模糊关系数据模型	149
4.4.2	模糊网络数据模型	158
4.4.3	模糊层次数据模型	162
4.4.4	模糊实体-联系数据模型	162
4.4.5	面向对象的模糊数据模型	164
4.4.6	模糊逻辑数据模型	168
4.4.7	模糊演绎数据库模型	173
4.4.8	模糊知识库模型	173
4.4.9	组合数据模型	174
4.5	模糊数据库语言	174
4.5.1	语言的模糊模型	175
4.5.2	模糊程序设计语言	176
4.5.3	模糊关系型数据库的语言	178
4.5.4	面向对象的模糊数据库语言	182
4.6	模糊数据库管理系统	185
4.6.1	系统的功能	185
4.6.2	系统的结构	189
4.6.3	系统的接口	195
4.6.4	系统的实现问题	196
4.6.5	模糊演绎数据库管理系统	197
4.6.6	模糊数据库应用系统开发环境	198
4.6.7	小结	199
	参考文献	199
第五章	实时数据库技术	204
5.1	绪论	204
5.1.1	数据库与实时系统	204
5.1.2	传统数据库与 RTDB	205
5.2	实时数据库的特征	206
5.2.1	RTDB 的数据特征	206
5.2.2	RTDB 的事务特征	207
5.3	实时数据库管理系统	208

5.3.1	实时数据模型	208
5.3.2	实时数据库管理系统的体系结构	212
5.3.3	实现一个 RTDBMS 的几个关键问题	214
5.4	实时事务模型	216
5.4.1	嵌套的实时事务模型	216
5.4.2	实时事务的特性	218
5.4.3	实时事务的分类	222
5.5	实时事务调度	223
5.5.1	优先级分派	224
5.5.2	决定调度策略的基本因素	225
5.5.3	典型的调度方法	226
5.6	实时数据库的并发控制	229
5.6.1	锁式并发控制	229
5.6.2	时标排序	233
5.6.3	乐观并发控制	234
5.7	小结	235
	参考文献	236

第一章 时态数据库技术

1.1 绪 论

1.1.1 对时态数据库的客观需求和分类

现实世界是四维的世界,真实的事件无不打上时间的烙印。伴随着物理流(例如人力、物力、财力的流动)的信息流包含着事件的时态信息(Temporal Information),其中包括时刻信息(Instant Information)、时间区间信息(Interval Information)和相对时间信息(之前、之后、重叠)等等。

传统的数据管理系统(层次、网状和关系数据库)对时态数据未作专门的处理和对待,而只作为一般的属性值,作为用户定义时间进行存储和管理。传统数据库只反映了一个对象的发展全过程中在某一个时刻的状态(快照),不联系其过去和未来。

数据库的广泛应用从两个方面提出了管理时态信息的要求。

1) 要求管理被处理事件的历史性信息,例如与自然灾害(地震、气象、水文、洪涝等)有关的历史资料,人事、财务、金融方面的历史资料,这些数据反映了事物发生发展的过程,有助于(例如通过数据采掘、知识发现技术等)揭示事物发展的本质规律。

2) 要求管理数据库系统中元事件的时态信息,例如数据库被查删改的时刻,时间区间。多用户系统中对锁定排队以及资源竞争协调的时标等,这些数据有助于提高数据库系统的可靠性和效率。

本节将用直观的例子,阐述实际应用对时态数据库的特殊需求,分析时态数据库建模的特殊困难,以及由此而引入的特殊术语和概念。

1. 时态数据库的分类

按 S. Sripada 和 R. Snodgrass 的意见,时态数据库(简称 TDB)按功能可分为三类:

1) 历史数据库,被管理对象的生命周期称为有效时间(Valid Time),对象的历史由 DBMS 内部机制处理。

2) 事务数据库,数据库本身被查删改的时间称为事务时间(Transaction Time),其历史由 DBMS 内部机制处理。

3) 双时态数据库,既能管理对象的历史,又能管理数据库本身被查删改的历史。

2. 历史数据库的时间维

传统的关系数据库是{属性} $\times$ {元组}的二维结构。表 1.1 记录了学院的当前院长姓名信息。它只是一个快照,不能反映被管理对象的历史。以“年”为时间粒度,将 1994 年、1997 年、1999 年(Now)的三个快照放在一起,如图 1.1,构成一个有时间维的三维数据库。似乎这样,管理对象历史的问题就此迎刃而解了。

表 1.1

学 院	院 长
信息学院	李 明
电力学院	王 宏

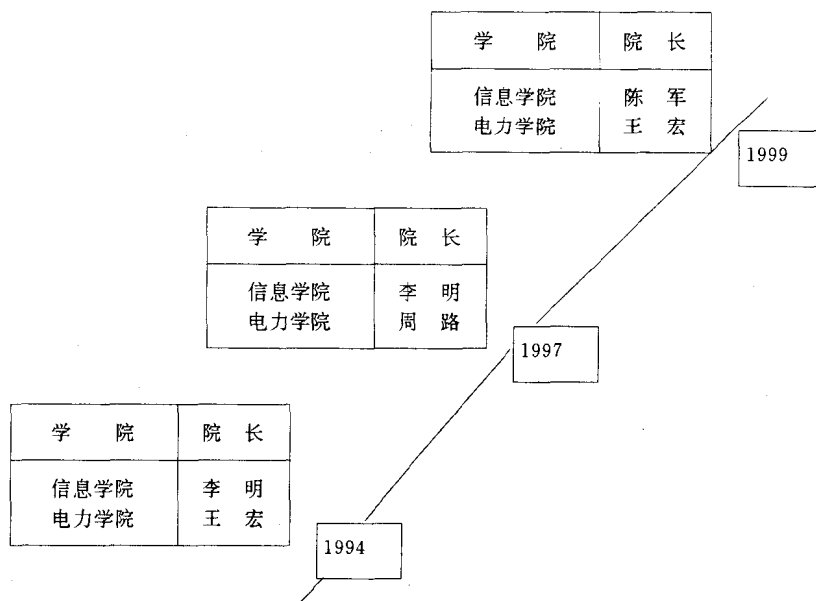


图1.1 带时间维的三维数据库

3. 时态管理的困难

图 1.1 中把多个快照(即在不相同时刻保存的数据库的备份)放在一起构成了历史。长期以来,在没有使用时态数据库的年代里,企业及机关管理历史性数据都是这样保存的。管理人员为三个问题感到困惑:

1) 取多大的时间间隔保存快照? 如果间隔太大,则不足以保证数据的准确详实,如果间隔太小,则数据冗余多,占存储空间大。以一个城市银行为例,每天作一备份,每份占磁盘(或磁带)空间 1000Mb。当某一事件涉及三个月账务历史时,搜索空间将接近 100Gb。

2) 传统关系数据库中,一个表的多个快照,不能简单地同时装入内存,并简单地使用传统的选择、投影、连接运算进行操作比较。因为同一元组同一属性下的值在不同快照中可能不同,必须作较复杂的、非通用的编程。

3) 传统数据库中,对数据库本身历史的维护支持不足,一般只有供恢复回退用的事务日志(Transaction log),缺乏相应的事务查询命令(例如快速地查出谁对某一字段作了超过十次的修改)。

1.1.2 时态数据库技术的发展

正是为了解决现实生活提出的上述这些问题,研究者提出了各种各样的时态数据库模型。基于上述朴素的哲学观和应用需求,人们开始了对时态信息的研究。

1970 年,G. Wiederhold 和 J. F. Fries 研制的医疗系统在处理时态信息方面作了最早的尝试,Kahn Ketal 于 1977 年在 Artificial Intelligence 上发表的“Mechanizing Temporal Knowledge”反应了早期关于时态信息的基础性研究工作。

80 年代初,数据库技术的日渐成熟和大容量高速存储设备的发展为时态技术和数据库技术的融合创造了条件。根据 E. Mckenzie 的报告,其中 1982~1986 年有 80 多篇关于

时态数据库的论文发表,其中 J. Ben Zvi, J. Clifford 和 S. Ginsburg 三位学者独自在时态数据库方面作了有特色的先驱性工作:

J. Ben Zvi 于 1979~1982 年对时态数据库作了开创性研究,他的博士论文(加州大学洛杉矶分校,1982)总结了他的一系列工作。Ben Zvi 的贡献突出在下列几点:

1) 首先提出了时态数据库模型,引入了时间间隔(Time Period),后来被研究者改称为时间区间。

2) 1979~1982 年,正是关系数据库规范型热点时期,Ben Zvi 突破思想禁区,研究非 1NF 的 TDB。

3) 以时间区间作字段值,更新了人们认为数据库字段值只能是一个数或串的旧观念。

4) 引入了后来被称为双时态的概念,即用有效时间表示被管理对象在库中生命周期,用事务时间表示数据库本身的历史。

5) 引入了时态索引结构。

上述成果都是开创性的工作,影响了 TDB 领域中一代后来者的思路,尽管 1982 年后 Ben Zvi 在 TDB 领域消声匿迹了,但他对 TDB 的贡献功不可没。

J. Clifford 于 1982 年在纽约大学的博士论文“A Logical Frame Work for the Temporal Semantics and Natural Language Querying of Historical Database”及相关文章,对历史数据库作了开创性工作。它注意到了被管理对象的生命周期(Lifespan),研究了在关系、元组、字段值上加时态信息的技术细节,引入了历史关系模型、历史关系代数,研究了历史数据库中投影、选择、连接的特殊要求和特殊规律,研究了历史关系模型与传统关系模型的兼容性,即当把区间缩小为一点(Now, Now)时历史数据库即退化为传统快照数据库,且相应的时态代数运算退化为传统快照关系运算。

美国南加利福尼亚大学的 S. Ginsburg 教授原是形式语言,特别是上下文无关文法研究的先驱者。他于 1983 年提出对象历史模型(Object History)。该模型与其他几十个 TDB 模型有显著不同的风格。对象历史最初以可计算对象的历史为研究背景,例如银行账目、支票账户、税务、发票历史、证卷经纪人数据。Ginsburg 工作的特色在于:

1) 深刻分析了基于可计算元组的对象历史的特殊要求和特殊规律,提出了基于记录、事件驱动的代数结构模型。

2) 研究内容(包括提出的问题、分析建模和成果表现)与其他 TDB 模型完全不交叉,对象历史模型强调了计算规律,强调了历史+现状→未来的机制。

3) 揭示了一系列出人意料的结果,包括关于对象历史中的若干判定性问题等难度很大的结果。

4) 问题提出和解决都接近应用,特别是金融系统的各种应用。

后来的研究者提出了近百种为数据库管理系统增加时态信息处理能力的方案,经过十多年竞争性研究,逐渐归并为十多种模型,其中有 13 种被收入世界第一本关于时态数据库专著“Temporal Database——Theory, Design and Implementation”^[1]。下面列出这 13 种模型的代表性人物及其代表性著作:

① Time Relational Model,该模型是 Ben Zvi 在 1979~1982 年在博士论文中提出,是 TDB 领域的先驱性研究工作,它开创了对时态数据库、时态查询语言的研究。

- ② HRDM (Historical Relational Data Model). J. Clifford, 1982.
- ③ Temp SQL. Shashi. K. Gadia & J. H. Vaishnav, 1985.
- ④ IXRM (Interval-Extended Relational Model). Nikos A. Lorentzos, 1987.
- ⑤ TRM 及 TSQL (Temporal Extensions to the Relational Model). S. B. Navathe, 1987.
- ⑥ HSQL (Historical Query Language). N. L. Sarda 1987.
- ⑦ TQuel. R. Snodgrass, 1985.
- ⑧ TRC (Temporal Relational Calculus). Abdullah Tansel, 1992.
- ⑨ TEER (Temporal Query Language for Enhanced Entity Relationship Model). R. Elmasri, 1985.
- ⑩ TDM (Temporal Data Model Based On Time Sequence). Arie Segev & Arie Shoshani, 1988.
- ⑪ OODAples (Object Oriented Aples). U. Dayal, 1989.
- ⑫ Object History. S. Ginsburg, Tanaka, 唐常杰等, 1983.
- ⑬ Temporal Deductive Databases. Marianne Baudinet J. Chomicki 等, 1989.

文献[1]中列出了十多年来时态数据库研究的 500 余篇的文献目录, 这些文献的总篇幅近万页, 文献作者遍及美国、欧洲、中国、日本、印度、土耳其。最主要的研究集体集中在美国纽约大学、依阿华州立大学、加州大学伯克利分校、南加利福尼亚大学、亚利桑那大学。

上述 13 个 TDB 模型从不同的需求、不同的观点出发, 各自独立地建立了一套术语、概念、数学模型, 并形成了一套各自独立的理论体系。本篇采用近年文献上渐趋统一的术语和概念, 以较有特色且较易理解的几个模型为代表, 从直观的例子出发, 介绍时态数据库的基本思想, 在实现工作这一部分, 结合作者自己的工作, 介绍了 TDB 实现的特殊技术。

TDB 模型的研究者们在十几年之前就建立了多个严格的数学模型, 有的还设计了查询语言, 并从理论上检查其完全性和表达能力, 以及算法复杂度, 有的甚至开发出了实验原型系统, 为 TDB 走向实际应用开通了航道。

1.1.3 建立 TDB 模型的方法论

上述有些模型从一系列抽象的定义出发, 概念难、符号多, 描述非常形式化, 推理十分严格。展现在读者面前的是一座竣工之后拆去脚手架的建筑物, 读者不易看出斧凿之迹, 也难理解作者当初的思路。我们主张从观察和需求出发, 先确定对 TDB 模型的要求, 再建模满足这种要求, 力求在介绍 TDB 模型的同时, 让读者了解建立一个数学模型的技巧。

我们认为实际应用需要一个历史数据库模型, 它应能够:

- 1) 描述被管理对象在生命周期中的状态。
- 2) 它是传统关系数据库的扩展, 传统关系数据库是它的特例, 当生命周期 $[t_1, t_2]$ 缩小为一个时刻 $\{Now\}$ 时, 它是被管理对象的一个快照, 即传统关系数据库。
- 3) 传统关系数据库的操作如选择、投影、连接等都在这里有所扩展, 而当生命周期缩为 $[Now, Now]$ 时, 这些运算与传统关系数据库的运算兼容。