

# 数据库技术：现状与研究方向

姚卿达 陶成庆 董祖明 刘慧红

(中山大学软件研究所)

数据库技术的研究,可追溯到六十年代C.W. Bachman提出数据图,而七十年代F.Codd提出了关系数据库理论和模型,尔后数据库技术成为计算机科学的重要分支。三十年来,数据库的研究一直是热门课题,数据库系统也随之更替、发展而趋于完善。

第一代数据库系统是七十年代广为流行的网状和层次数据库系统,这种系统使用记录汇集上的数据定义语言和数据操纵语言来提供重要的DBMS功能,其代表是:IMS, CODASYL的DBTG等。

第二代数据库系统是关系数据库,其研究始于E.F.Codd的有关关系理论基础的论文,发展至今,已取代了第一代数据库,并且已极大程度地商品化了。它的最大的优点是使用了非过程数据操纵语言并有高度的数据独立性。第二代数据库系统的典型代表是:DB2, INGRESS, ORACLE, NON-STOP SQL, RDB/VMS, 还有在微机上使用最广泛的dBASE系列。

迄今, DB技术已取得了辉煌的成就,但是仍需要发展,仍有许多课题值得研究。关系数据库系统对于相当多的应用是不合适的,例如, CASE(计算机辅助软件工程)以及HYPERTEXT(超文本), CAD(计算机辅助设计)等,这就需要我们扩大数据库研究范围。1990高级DBMS功能委员会[DBMS91]在“第三代数据库系统宣言”中提出了第三代数据库系统的三条基本原则以及13个命题,这对今后的数据库系统的开发是有指导或参考意义的。

由于计算机科学的发展和应用的需要,使DB与AI技术有机结合,智能化数据库或知识库的研究成了当今主流,美国斯坦福大学J.D.Ullman教授的名著“Principle of Database and Knowledge-base System”(1988-1989)比较全面和系统地总结了八十年代数据库理论和技术研究成果。

下面我们综合国内外近几年的一些发展动态,总结数据库技术的当前情况和研究方向。

## 一、国际数据库的发展动向

VLDB(Very Large DataBase)是最重要的数据库国际会议,近几届的VLDB都集中讨论了新一代数据库的发展方向,总结出未来数据库系统研究的两个重要趋势:新的应用领域将推动数据库管理系统(DBMS)功能的完善;硬件发展带来数据库研究的新课题。为了适应新的应用领域,研制第三代数据库系统也是今后的一个课题。

### 1. 新的应用领域将推动数据库管理系统(DBMS)功能的完善

自八十年代以来,从不同的计算机应用领域提出了许多数据库的非传统应用的课题,这些数据库技术的新的应用领域包括CASE, CIM(集成制造系统)、图像处理、空间数据库、语义信息检索等,相应的课题有多媒介数据,空间数据、时态数据、HYPERTEXT、复杂对象、知识等的管理。为了适应这类应用的需要,提出不少新的数据类型、系统结构和新的概念,经过几年的

发展，逐步形成了几个大的发展方向：

### ●知识库(KB)和演绎数据库(DDB)

a) 知识库是数据库技术与人工智能技术相结合的产物，是当今DB技术研究和发展的热门课题，主要讨论知识库管理系统的开发方法、完整性约束、基于逻辑的数据语言和知识库管理中的一些优化问题等。

对于知识库管理系统的开发，日本的高级数据库工程ICOT从逻辑程序设计的观点出发，采取两种不同的方法：一是结合内涵数据库和外延数据库形成多层次的系统，二是构造支持归一检索(RETRIEVE BY UNIFICATION)的集成知识模式(INTEGRATED KNOWLEDGE MODE)，相应地构成分布式和并行结构的两种知识库管理系统。

完整性约束方面的主要问题是：用基于知识的方法解决约束检验的有效性问题和完整性约束的相容问题，另外，有的研究者提议利用逻辑程序设计及关系数据库系统方面的最新成就来建立一种新型的基于逻辑数据语言CDL，这种语言改进了PROLOG的控制模式，丰富了数据对象和构造。

对于知识库还存在非单调知识进化这一重要而复杂的问题，它也是超大型数据库及知识库的基础研究，目前已有一些在程序设计语言、数据库以及人工智能中处理该问题的方法。

b) 演绎数据库系统是一种具有演绎推理能力的数据库系统，它已经进入了实现与应用的阶段，虽然演绎数据库的理论基础已相当成熟，但现在的难题是演绎数据库管理系统(DDBMS)的实现问题，期望在十年内，DDBMS能象RDBMS(关系数据库管理系统)一样成为一种被广泛应用的标准数据库系统。

关于演绎数据库管理系统总体实现的三种流行方法是：PROLOG方法、传统的DBMS+演绎层方法、专用软件实现。PROLOG方法应该成为最主要的方向，因为它把数据库程序设计在形式上逻辑地完全而且自然地

统一了起来。对于第二种方法，也是用PROLOG来实现对传统DBMS的功能扩充，这正如Ullman所说的：“过去是PROLOG，未来仍是PROLOG”。

### ●面向对象数据库(OODB)

OODB是为了满足各种新的数据库应用的需要而产生的数据库技术，诸如多媒介数据、空间数据、复杂对象、HYPERTEXT、知识、时态数据等的管理，这些应用要求数据库能处理非常复杂的数据；能适度地演化，并能提供由交互式系统支配的高性能。

从目前的情况来看，OODB与关系数据库(RDB)的关系不同于七十年代初关系数据库与网状数据库的关系。后者的争论是在同一主要领域(事务处理)，是用RDB还是用网状数据库，是谁取代谁的问题；前者则是在肯定RDB基本适合事务处理的前提下，对某些非传统的应用，用OODB补其不足，是相辅相成的关系。

目前，面向对象数据库系统(OODBS)从实验到理论均受到广泛的关注，并且对此系统的定义一直有相当大的争论，虽然现在基本上已对OODB的方向加以肯定，但是它仍存在缺陷：一是缺乏通用的数据模型，二是缺乏强有力的理论框架。

计算机的工作者们为OODB的发展做了许多工作，为了给出OODB定义，M. Ackinson等人发表了《面向对象数据库宣言》一文，提出了OODB系统应该具备的特性：一是一个DBMS的特性，即：持久性、辅存管理、并发性、恢复和即席查询的功能；二是面向对象系统的特性：复杂对象、对象标识、封装性、类型或类、继承性、结合滞后联编的复载、可扩充性及计算完备性。

OODB核心系统的一些技术问题也已基本解决，诸如数据模型、数据语言、查询处理、对象管理、消息管理、事务管理、物理结构等都找到了具体的解决办法并有了实践的经验。当前已出现了一些商品化的OOD-

BMS, 但这并不意味它们已被广泛使用。设计OODBMS系统结构有三种方法: 第一, 在现有的关系数据库、面向记录的数据模型的顶上加一层面向对象的数据模型; 第二, 修改现有的关系数据库系统, 使之支持面向对象的数据模型; 第三, 建立全新的系统, 支持面向对象的数据模型。

### ●可扩充的数据库(EDB)

数据库技术应用的领域愈来愈广泛, 与OODB相类似, 对于数据管理进行扩充的要求也是由新应用领域提出来的。CASE, CIM和空间信息处理等应用需要新的对象种类, 而在这些领域中关于一个小的原始对象集合还没得到定义, 可扩充的DBMS看来是唯一的解决办法。

一般认为, 可扩充的数据库提出的是一种可扩充的DBMS结构, 它应能支持新的应用, 还要能够利用新的技术, 例如, 要能对查询语言增加新的数据类型, 对系统增加新的存取方法或运算方法等。

对于构造这种可扩充的体系结构, 有两种主要的方案: 一是建立一个完整DBMS, 包括语法分析器、查询优化器、存取方法、事务管理等, 然后支持用户对这种功能完全的DBMS进行扩充。U.C. Berkeley的POSTGRES, CCA的PROSE, IBM的STARBU-RST等采用的是这种方案; 二是工具箱方法, 即提供一个构造好的模块集, 使高级用户可以利用这个集合中的模块去构造符合自己需要的系统, 威斯康辛大学的EXODUS等就是采用这种方案。

## 2. 硬件发展所带来的数据库研究的新课题

硬件方面近几年正发生了“技术的转折”, 性能价格比逐步增长。为了使数据库系统继续作为一项有生命力的研究领域, 须使客户的需求的增长至少同硬件价格下降的速度一样快; 另外, 可充分利用便宜资源来满足用户需求, 例如, 以前由于资源昂贵而无法实现的决策支持系统应用, 现在已显示

出可行性。

可写光盘的出现和使用使得大容量信息存储成为可能, 这将对多媒介数据库、时态数据库等提供了物质基础。时态数据库不但记载数据和该数据有效时间, 而且还保存作为历史数据的过期数据, 可以保留与未来有关的数据, 由于数据在时间维展开了, 所以数据量大增, 这对于光盘之前的各种磁盘是无法承受的。

由于内存芯片集成度的提高和价格的下降, 单机内存容量已可扩充到100兆字节以上。大容量内存的出现使得DBMS可在内存中对整个关系或部分关系按连接属性散列, 再进行连接, 这样可以获得好的性能。多机系统的内存容量使得在其上建立数据库成为可能, 内存数据库消除了传统数据库的I/O瓶颈问题。

出现了容量加大的小型温盘, 这种3.5英寸的温盘价格低, 体积小, 可以以磁盘组的形式供大型数据库使用, 可以在它上面增加磁盘操作的并行性, 以缓解I/O瓶颈问题。采用多副本有利于容错等。

数据库的并行处理也得到了重视, 由于微机和计算机网络的性能大幅度提高, 并行处理由原来的多机共享内存和磁盘发展为多计算机通过高速网相联, 既可单独处理信息又可相互协作。同时, 由于硬件价格的下降, CLIENT/SERVER正成为数据库系统的标准结构。数据库的处理和应用程序的处理趋向于由不同的计算机系统来担任。处理数据库的计算机系统称为数据服务器(DATA SERVER), 其实就是近几年一直在研究发展的数据库机, 其本身可以由多台计算机构成的并行处理系统, 处理应用程序的主机与数据服务器通过计算机网相联。这两者(client和server)之间的界面如何划分以及数据服务器的结构问题是当今正在研究的课题。

由硬件的发展而带来的三个瓶颈(I/O, CPU, 内存)的突破, 将极大地影响DBMS的实现技术以至数据库理论的发展。

除了上面所介绍的重点研究方向外, 另外还有一些发展方向, 如第四代语言, 分布式数据库等, 在这里就不予详述了。

### 3. 第三代数据库系统

我们在开发房地产户籍管理系统时发现, 房地产权户籍档案除了可用记录表示的数据之外, 还有文本, 契约, 工程图, 图象形式的凭证等, 封装在一个档案袋里, 采用第一代或第二代数据库系统都很难处理这些复杂的资料。寻求具有高级功能并适于各种应用场合的DBMS几乎是每一个人的要求。这里将高级DBMS功能委员会[DBMS91]在“第三代数据库系统宣言”中提出的第三代数据库系统的三条基本原则以及13个命题列出, 高级DBMS功能委员会的成员来自加州大学伯克利分校, IBM研究所, Tandem计算机公司, 威斯康辛大学, GTE实验室, DEC公司和ORACLE公司, 有一定的代表性, 这些原则和命题对今后的数据库系统的开发是有指导或参考意义的。

三条原则:

原则1. 除传统的数据管理服务外, 第三代DBMS将支持更加丰富的对象结构和规则。

原则2. 第三代DBMS必需包含第二代DBMS。

原则3. 第三代DBMS必需对其它子系统开放。

从上述原则导出如下13个命题。

一关于对象和规则管理的命题:

- 1.1 第三代DBMS必需有一个丰富的类型系统(用于构造多种数据类型和结构)。
- 1.2 允许组织继承性层次。
- 1.3 支持函数(包括数据库过程和方法)和封装。
- 1.4 只有用户定义的主码用不上时记录的唯一性标识符(UID)才能由DBMS赋值。
- 1.5 规则(触发器、约束)将成为未来系统的一个主要特征, 它们应独立于特定的函数与/或汇集。

一关于增加DBMS功能的命题:

- 2.1 从本质上说, 所有对数据库的程序性存取都应当通过非过程性的高级存取语言进行。
  - 2.2 说明汇集至少应有两种方法, 一是枚举成员, 二是使用查询语言来说明隶属关系。
  - 2.3 可修改视图是必不可少的。
  - 2.4 数据模型对性能问题几乎是无能为力, 而且也不应出现在数据模型中。
- 一关于开放性系统的命题:
- 3.1 第三代DBMS必需从多种高级语言(HLL)中可以存取。
  - 3.2 以某种持久性程序设计语言取代某些程序设计语言是个好主意, 后者将在单一DBMS基础上通过编译器的扩充和一个多少有些复杂的运行时系统而得到支持。
  - 3.3 不论好坏, SQL是一种星际数据语言。
  - 3.4 查询及其结果应当是顾客和服务员间最低级的通讯。

## 二、国内数据库技术的发展动态

我国的数据库研究起步较晚, 但发展较快, 这主要得益于与国际数据库学术界的交流和我国计算机界赢得对数据库理论与技术进行的不断深入的研讨。我国的数据库发展趋势总的说来是顺应国际趋势的, 但国内仍有一些自己的特点。从1977年起, 我国就开始举办全国数据库学术大会, 至今已召开了九次。该会对促进我国数据库的发展起到了很大的作用, 大会收到的论文数量和质量逐步提高, 论文议题也越来越接近国际水平。纵观近几届的全国数据库学术大会, 可以看到国内的数据库技术发展动态如下:

### 1. 继续发展现有的关系数据库系统

关系数据库是一种用户友好的数据库, 具有灵活的用户视图, 较高的数据独立性和较深的理论基础。近几年来, 关系数据库在我国的各个领域得到了日益广泛的使用, 反映很好, 并在以下一些方向取得了一定成果:

(1) 关系数据库的理论研究已取得了较大的进展。对数据依赖, 泛关系, 无环数据库, 空值, 视图更新, 并发控制, 查询优化, 智能数据库, 自然语言接口等研究为完善数据库的实际应用起到了指导作用。

(2) 在现有的关系数据库的基础上建立一个新层次, 如加上一个演绎推理机制以得到演绎数据库。将因果关系加入到关系数据库的语义结构中, 得到一个可反映信息之间因果, 果因关系的动态系统, 该系统较适用于管理中的动态分析。

(3) 时态数据库是既支持有效时间又支持事务时间的数据库, 在RDB中强调时态属性的语义特性的表示, 现已研究出时态DB模型TempMod, 图形模型等。对查询操作的研究亦取得一些进展, 例如, 在图形模型上通过弱演绎技术减少查询操作的复杂性。另外, 对时态数据库的异常表现从模式更新, 数据纠正和时间推移等三个方面加以分析, 提出使用模式时态逻辑, 演绎概念模型以及事件计数等方法处理时态信息, 并从物理实现角度提出了一个处理时态信息的逻辑框架——内部事务版本控制模型。从第九届全国数据库会议来看, 时态数据库在关系数据库的分支中是一个较热门的课题, 关于它的论文有4篇。

## 2. 分布式数据库的研究

分布式数据库是一种建立在计算机网络之上的集成数据库, 是一个较新的领域, 涉及的知识面较广, 目前尚在迅速发展之中, 我国在这方面的研究亦取得不少进展。

(1) 并发控制, 提出基于两段锁方法, 乐观法和Thomas R.H.的大多数一致算法相结合的冗余副本分布式数据库的集成并发控制算法, 采用一种Active并发控制机制, 达到分布事务管理目标的统一, 保证集成控制策略的性能最优化; 在分布式数据库管理系统UNIFY的环境中, 提出局部级并行处理的算法, 即如何在场点内部利用多机资源对连接操作作并行处理; 还提出了一种分布数据

库并发控制死锁检测算法。这种算法依赖于等待图, 其代价仅与等待图中冲突边的个数成正比。

(2) 查询处理: 分布查询处理是分布式数据库的重要组成部分, 对它的研究也取得了可喜的进展。DQS/SEIS是一个在国内外尚属首创的分布系统, 它以国家经济信息系统为应用背景, 能够完成任意局部和全局场地的数据库查询。该系统建于大型机和远程通讯之上, 支持非关系形式的层次数据库模型结构; 其他的查询处理, 如: SHM提出一个用于查询实现的带说明性语义的层次数据库模型, 给出所实现的全局查询分解算法。

面对分布式系统现存的众多的查询算法, 中山大学软件研究所提出了一种基于状态转换的分布查询算法, 它将人工智能的部分思想引入到分布式查询算法中, 由于它与分布式计算机环境无关, 同时考虑了分布环境的并行处理, 因而是较为一般的; 另外, 它将查询处理看成是状态转换, 因而所建议的算法是动态的, 从而是较好的。

## 3. 面向对象的数据库OODB

在当今十分重视OODB发展的国际趋势下, 我国的OODB研究也取得了很大的进展, 单是第九届数据库会议上就有这方面的论文27篇, 所涉及的内容有查询语言, 并发控制, 应用, 文件管理, 数据模型等。武汉测绘科技大学开发了一个基于空间地理数据的面向对象的空间数据库管理系统SPOB-ASE, 它是一个实验系统, 主要讨论矢量形式的空间数据, 以行政区划作为空间对象的组织单位, 引入面向对象的语义数据模型作为数据模型, 并根据对空间数据处理的要求提出了广义实体类的概念。该系统以湖北省行政区划图为运行实例, 这标志着我国的OODB从理论走向实用。

## 4. 知识库和演绎数据库

数据库与人工智能的结合是当今计算机科学中的一个必然趋势。我们在上面已经详述了知识库和演绎数据库的国际发展动态,

这里就只简略介绍我国的发展特色。

我国的知识库研究很重视实验,如复旦大学计算机科学系的数据语义智能表示系统ER-ANALY,华东计算技术研究所的知识库管理系统HPS-KBSI等。前一个系统为用户提供了一个ER图到数据库范式的自动转换机制。这样用户不必操心语义问题,而从常用的ER图设计中直接得到数据库范式(包括3NF, BCNF, 4NF)。同时在理论上解决了ER图语义提取的分析原理及闭包算法, 3NF, BCNF和4NF生成算法的优化问题,在应用上解决了ER图编辑,修改等问题,以及关系模式在dBASE-III上的自动生成。知识库管理系统HDS-KBSI是在MICRO VAX II上开发的,是知识获取,知识管理和推理机构三个部分的有机结合,它扩充了PROLOG,使其成为知识库管理的推理子系统,实现了推理子系统和库管理系统INGRES的联结以及DEMO谓词和语义完整性维护。

另外,还研究了将知识库系统引入决策支持系统DSS的思想方法,提出问题处理子系统设计思想。

演绎数据库方面分析了查询优化,自然语言接口,非冗余推理的并行改进算法等问题,对非确定型演绎数据库的涵义进行了研究。

中山大学软件所的最新研究“面向对象的知识数据库模型”是一个新颖的数据库模型,它以面向对象方法为基本框架,吸收语义数据模型丰富的语义构造机制,引进演绎数据模型的规则表示、存贮以及演绎推理机制,综合而成。概括而言就是OO+AI+DB。目标是从数据模型入手,从根本上增强数据库存贮和处理复杂对象和知识的能力,增强其结构和行为的建模能力和语义表达能力,并可作演绎推理,以支持新的应用并作为新一代智能数据库系统的基础。

### 5. 数据库设计及应用

近几年,数据库技术在我国各行各业的

应用越来越多,给我国的管理工作带来了计算机化的趋势,在银行,海关,工业,国防,航天,公安边防,商业,医疗,对外贸易,教育,医疗等领域起着越来越重要的作用。

微机的出现和迅速发展,使得计算机走出了狭小的应用范围,进入了人们生产和生活的各个领域,使得计算机不再神秘,“电脑面向人人,人人使用电脑”的口号开始在国内实现。

数据库应用的首要技术是数据库设计和数据库应用系统(或MIS)的分析与设计,能对给定的应用环境,构造(设计)出能被DBMS产品所接受的最优的数据模型,然后据此建立数据库及其应用系统。

我国数据库工作者在八十年代后期提出过多种数据库设计方法,最近几年仍不断有些新的方法提出,归纳起来有如下方面:

- ①对E-R方法的改进或完善;
- ②对传统的结构化分步法,多级法的改进;
- ③计算机辅助设计工具或系统的研制;
- ④结合某种应用环境提出的专用设计法;
- ⑤模式的获取与转换;
- ⑥刚开始研究的智能设计方法;
- ⑦与MIS设计方法(如结构化法SASD, Jackson-JSP和JSD,面向对象法,原型化方法)相结合的数据库设计。

从使用DBMS情况来看,我国的数据库应用大多是在微机上开发的,而且主要在dBASE系列DBMS软件支持下运行,如dBASE II, dBASE III, FoxBase PLUS, CLIPPER等;另外较多使用的是ORACLE。由于dBASE系列软件有其自己的特点,如易学,普及面广,加之国内的大多数信息管理系统是用dBASE系列程序语言设计的,因此,在很长的一段时间内,它仍将是大部分用户用以开发信息管理软件的首选工具,但这并不就是说dBASE系列软件将是国内信息

管理系统的工业标准,真正的工业标准我们认为将是ORACLE,这是因为dBASE系列软件的最大一个缺陷就是它的可移植性,虽然所有的用dBASE系列开发的管理程序可以在IBM的个人兼容机上运行,但是一旦将其所有的功能移植到大中型机上的时候,所有的程序将需要重写,这对软件的可重用性是一个重大的挑战,无疑带来了大量的重复劳动。利用ORACLE就不再有这个问题,因为ORACLE已成为大中型机的工业标准,大中型机上大量的信息管理程序是用ORACLE开发的,它已成为大中型机上信息管理系统的工业标准,用它开发的各种管理程序可以不加修改地在不同的大中型机上运行,有识之士已经充分认识到这一点,例如最新的dBASE IV就已经包括SQL,也就是说,dBASE系列已经向ORACLE靠近,这对微机上的ORACLE将是一个巨大的和潜在的挑战。

目前,随着计算机管理水平的提高,我国的计算机信息管理系统从微机逐步转向中小型机或以中小型机为依托,并从单机开始转向网络。这是计算机应用发展的必然趋势,这也为我国的计算机信息管理系统的开发带来了新的要求,即:不能从一个单一的角度来看待一个系统,不仅要看到系统的本身,而且还要看到它与其他系统的联系。

另一个值得注意的问题是,由于国内各部门各单位各自为阵,造成了大量系统的重复开发,有关部门应该采取相应的措施,建立统一的信息管理系统。

随着我国对计算机管理的越来越重视,将会在全国范围内掀起一个管理工作计算机化的热潮,先是各单位,各部门实现计算机管理,然后在系统内实现联网,最后实现全国联网。

### 三、今后的研究方向

通过上面对国内外数据库技术发展动态的论述,我们不难看出今后的研究方向应该是:

#### 1. 数据库技术与人工智能技术相结合

(1) 增加演绎和推理的能力,建立较为理想的演绎数据库理论体系,引入非一阶逻辑,开发在商业上具有竞争能力的实用系统。

(2) 从知识数据库的角度来对传统DBMS进行扩充,实现智能化和可扩充性的双重目标。

(3) 支持对复杂对象的处理,与面向对象程序设计语言相结合,发展OODBMS的开发工具和OODB的设计工具,解决OODB与传统数据库的集成问题。

(4) 把演绎数据库与面向对象数据库以及可扩充的数据库结合起来研究。

(5) AI+OO+DB是一个发展方向。

#### 2. 发展数据库技术的传统领域和应用

(1) 扩展数据库系统的数据组织,使数据不仅反映静态,而且反映动态方面的信息,提高自适应能力,增加信息的语义模型。

(2) 提高系统的灵活性,使数据和程序在全范围可移植。

(3) 适应目前各单位,各部门分别开发系统的现状。

(4) 分布式DBMS的商业化研究,使其具有实用性,强健性。

(5) 新的数据库设计—特别是CADB和智能化设计—方法研究。

#### 3. 发展新一代的DBMS

(1) 开发在商业上具有竞争能力的新一代DBMS。

(2) 高级DBMS功能委员会提出了第三代数据库系统的三条基本原则以及13个命题,对于新一代DBMS开发是有指导或参考意义的。

我国的数据库技术虽然取得了很大的进展,但与国际上还有很大差距。理论研究还不够深入,实际应用不广泛和水平重复,还没有拥有自己版权的成功DBMS等。这些都要求我国的计算机工作者进一步努力,加强研究,缩短差距,继续为我国的计算机事

业的发展作出贡献。

### 参考文献

[ABDDMZ89] Atkinson, M., Bancilhon, F., Dewitt, D., Ditrich, K., Maier, D., Zdonik, S., The Object-Oriented Database System Manifesto, DOOD/89 89.12. 中译文见《计算机科学》1990.3

[Bill77] Biller, H., Neuhold, E.J., Semantics of Data Bases, The Semantics of Data Models Readings in Artificial Intelligence and Databases 77.3

[Brod90] Brodie, M.L., 未来的智能信息系统: AI与DB技术的结合, 计算机科学89.3

[CADB89] 数据库进展, 厦门大学出版社, 1989.9

[CADB90] 第九届全国数据库学术会议论文集, 复旦大学出版社, 1990.9

[DBMS91] 高级DBMS功能委员会, 第三代数据库系统宣言, 计算机科学91.1

[ErJS90] 余金山, 演绎数据库系统的研究与发展, 《计算机科学》90.3

[Gal84] Gallaire, H., Logic and Databases, A Deductive Approach, Readings in Artificial Intelligence and Databases 89.

[Hull] Hull, R., King R. Semantic Database Modeling, Survey, Application, and Research Issues, ACM Computing Surveys Vol.19 No.3 87.9

[Ker86] Kerschberg Edited, Expert Database Systems, Benjamin Cummings Publishing Company, Inc.86.

[LLoyd83] LLoyd, J.W., 演绎数据库系统导引, 计算机科学 87.1

(接第72页)

称为MINIX, 它的C语言源程序只有12,000多行, 可在PC机上运行, 又可以提供源程序供学生分析, 这反映了操作系统教学的一个新方向。

### 四、几点建议

鉴于以上分析, 笔者对操作系统的教学有如下建议:

1. 在教材编写上突破Madnick和Donovan的体系, 将UNIX等系统的最新发展反映在教材编写上;
2. 教材中要加强操作系统的用户接口和实例教

[Laguna88] 拉古纳海滩讨论会, 数据库管理系统研究的未来方向, 计算机科学 88.

[Leve86] Levesque, H.J., Knowledge Representation and Reasoning, Readings in Artificial Intelligence and Databases 89.

[Potter88] Potter, W.D., Trueblood, R. P., Traditional, Semantic, and HyperSemantic Approaches to Data Modeling, COMPUTER Vol.21 No.6 88.6

[Reiter82] Reiter, R., Towards a Logical Reconstruction of Relational Database Theory, Readings in Artificial Intelligence and Databases 89.

[ShaSX87] 萨师焯、姚卿达等, 数据库技术的发展——第12届国际VLDB会议评价, 《计算机科学》87.2

[ShaSX89] 萨师焯等, 面向新的应用领域的数据库技术(VLDB'88), 计算机科学90.2

[ShiBL87] 施伯乐, 关系数据库的理论进展, 《计算机科学》87.2

[ShiBL90] 施伯乐等, 数据库理论及其新领域, 高等教育出版社90.9

[Ullm87] Ullman, J.D., 数据库理论的过去和未来, 计算机科学88.

[Ullm90] Ullman, J.D., Principles of Database and Knowledgebase System, 1989.

[XuJP87] 徐洁磐, 演绎数据库及其研究现状, 计算机科学87.1

[YaoQD87] 姚卿达, 数据库设计, 高等教育出版社, 1987.4

[YaoQD89a] 姚卿达 纪岳, 数据模型智能化扩充研究(一), 中山大学学报Vol.28 No.3 89.3

[YaoQD89c] 姚卿达 纪岳, 数据模型智能化扩充研究(二), 计算机科学89.3

学: 用户接口部分要对现在流行的 UNIX 等系统加以分析和归纳, 使之系统化, 实例教学则要对现有系统加以精简和抽象。

3. 在有条件的情况下采用计算机辅助教学, 即研制或采用国外的教学操作系统, 让学生自己动手学习和使用;

4. 教学与科研、应用相结合, 摆脱从书本到书本的教学模式, 根据当前计算机发展水平不断改进教学方法。