



教育部师范教育司组织编写
中学教师进修高等师范本科(专科起点)教材

专升本

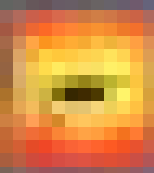
数据库系统概论

聂瑞华 主编

聂瑞华 阮宏一 编著



高等教育出版社

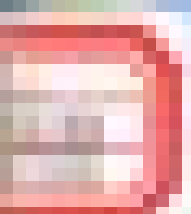


清华大学出版社
Tsinghua University Press

数据库系统概论

第4版 王珊

清华大学出版社 北京



清华大学出版社
Tsinghua University Press

教育部师范教育司组织编写
中学教师进修高等师范本科（专科起点）教材

数据库系统概论

聂瑞华 主编

聂瑞华 阮宏一 编著

高等教育出版社

内容提要

本书是教育部师范教育司组织编写的中学教师进修高等师范本科(专科起点)专业教材。全书分为共九章,本书完整地叙述了数据库系统的基本概念、基本原理、基本方法与技术,介绍了流行的 Visual FoxPro 数据库系统及其应用。主要内容包括:数据库系统概述、数据模型、关系数据库系统、关系数据库的标准语言——SQL、关系数据库理论、数据库安全保护、数据库设计、数据库管理系统的设计与实现、FoxPro 数据库管理系统。

本书理论联系实际,理论体系完整,概念清晰,强调应用。本书可作为高等学校计算机有关专业数据库课程的教材,适合多种层次(本科或专科)、多种培养目标的人员的学习需要,也可供从事计算机软件工作的科技人员和工程技术人员以及其他有关人员参阅。

图书在版编目(CIP)数据

数据库系统概论/聂瑞华主编;聂瑞华,阮宏一编著.
—北京:高等教育出版社,2001.6(2003重印)
中学教师进修高等师范本科(专科起点)教材
ISBN 7-04-009614-5

I. 数… II. ①聂…②聂…③阮… III. 数据库系统—
师范大学—教材 IV. TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 10506 号

责任编辑 肖子东 封面设计 张楠 责任印制 宋克学

数据库系统概论

聂瑞华 主编

出版发行	高等教育出版社	购书热线	010-64054588
社 址	北京市东城区沙滩后街 55 号	免费咨询	800-810-0598
邮政编码	100009	网 址	http://www.hep.edu.cn
传 真	010-64014048		http://www.hep.com.cn
经 销	新华书店北京发行所		
印 刷	北京人卫印刷厂		
开 本	787×960 1/16	版 次	2001年6月第1版
印 张	14.5	印 次	2003年4月第2次印刷
字 数	270 000	定 价	15.60 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

前 言

数据库技术是计算机技术的重要分支，也是应用很广、实用性很强的一门技术。它的出现极大地促进了计算机应用向各行各业的渗透，其应用也从一般管理扩大到计算机辅助设计、网络与通信、人工智能、多媒体技术以及科学计算等领域，从而使数据库领域中的新技术层出不穷，相互渗透、相互结合成为当代数据库技术发展的主要特征。因此，数据库课程也就成为高校计算机教学中的主干课程，成为计算机专业、各类管理专业学生的必修课或选修课程。该课程还常作为许多在职人员计算机业务进修或培训的科目。

本书分为二部分，共九章。

由第一章至第六章构成基础部分。第一章数据库系统概述，从数据管理技术进展角度着手，阐述了数据库技术发展过程中各阶段的主要特征，信息、数据、数据处理的概念，数据库存储结构的方式、文件组织形式及其特点，数据库技术的新发展趋势。第二章数据模型，叙述了数据模型的概念、组成内容及数据模型的分类。介绍了三大经典数据模型——层次数据模型、网状数据模型、关系数据模型的模型结构及其特点。第三章关系数据库系统，对关系模型的概念，关系数据库系统各类查询语言定义和各自特点，对关系运算和关系代数的概念、特点与计算方法等进行了着重介绍。第四章关系数据库的标准语言——SQL，SQL是目前广泛应用的关系数据库语言，因此详细介绍了SQL的查询、定义、操作及控制等语句成分和应用举例。第五章关系数据库理论，讲述了函数依赖的有关概念，2NF、3NF、BCNF规范化过程与方法，模式的分解等内容。第六章数据库安全保护，重点叙述了数据库的安全性、数据库的完整性和并发控制的有关概念与内容，对产生死锁的条件和消除死锁的常用方法、数据库的恢复技术和方法作了介绍。

由第七章至第九章构成设计部分。第七章数据库设计，重点介绍了用工程化方法设计关系数据库的步骤、方法和关键技术，对数据库应用系统设计的全过程有一个清晰的认识，以达到能够设计小型数据库应用系统的目的。第八章数据库管理系统的设计与实现，对DBMS的基本概念和基本原理、DBMS的系统结构、语言处理、数据存取、缓冲区管理等内容与方法作了叙述，介绍了数据库的物理组织形式。第九章FoxPro数据库管理系统，重点介绍了Visual Fox-

Pro 数据库系统的组成、程序设计的主要语句和编程技术等基本知识，结合实际给出了编写应用系统的实例。

本书以数据库基础理论、数据库管理系统（DBMS）和数据库应用技术为前提，以目前关系数据库系统作为讨论的主要内容，内容全面、知识结构科学合理，系统地阐述了数据库系统及其与应用有关的基本概念、基本理论和方法技术。适合多种层次、多种培养目标的人员学习需要。

本书由华南师范大学聂瑞华副教授任主编，负责全书的统编，并编写了第一、二、三、六、八章。湖北教育学院阮宏一副教授编写了第四、五、七、九章。华东师范大学徐国定教授作为主审审核全书。本书在编写过程中，得到许多同行、同事及领导的大力支持和鼓励，在此表示衷心的感谢！

由于水平有限，书中难免有不妥之处，恳请同行及广大读者批评指正。

编 者
2000年10月

目 录

第一章 数据库系统概述	(1)
1.1 数据管理技术的进展	(1)
1.1.1 数据管理概述	(1)
1.1.2 人工管理阶段	(2)
1.1.3 文件系统阶段	(4)
1.1.4 数据库系统阶段	(5)
1.1.5 数据库技术的发展	(9)
1.2 信息、数据与数据处理	(10)
1.2.1 数据与信息	(10)
1.2.2 数据处理	(12)
1.3 数据库存储结构	(12)
1.3.1 数据的外存组织	(12)
1.3.2 基本文件组织	(14)
1.3.3 索引结构	(18)
1.4 数据库系统结构	(20)
1.4.1 数据库系统的三级模式	(21)
1.4.2 数据独立性	(22)
1.5 数据库系统的组成	(23)
1.5.1 数据库	(23)
1.5.2 数据库系统用户	(23)
1.5.3 数据库系统软件	(24)
1.5.4 数据库系统硬件	(25)
1.6 数据库技术新发展与展望	(25)
1.6.1 分布式数据库系统	(26)
1.6.2 客户机/服务器数据库系统	(26)
1.6.3 面向对象数据库系统	(27)
习题一	(28)

第二章 数据模型	(30)
2.1 数据模型概述	(30)
2.1.1 数据模型概念	(30)
2.1.2 数据模型	(31)
2.2 数据模型的分类	(34)
2.3 层次数据模型	(35)
2.3.1 模型结构	(35)
2.3.2 IMS 的层次联系与特点	(36)
2.4 网状数据模型	(37)
2.4.1 模型结构	(37)
2.4.2 DBTG 网状数据模型及转换方法	(40)
2.5 关系数据模型	(41)
2.5.1 关系数据模型的基本要素	(42)
2.5.2 关系模型结构及其特点	(43)
习题二	(46)
第三章 关系数据库系统	(47)
3.1 关系模型的基本概念	(47)
3.1.1 关系模式	(50)
3.1.2 关系数据库	(50)
3.1.3 视图	(50)
3.2 关系数据库系统查询语言	(52)
3.2.1 ISBL 语言	(53)
3.2.2 QUEL 语言	(53)
3.2.3 QBE 语言	(54)
3.2.4 SQL 语言	(56)
3.3 关系运算	(58)
3.4 关系代数	(60)
3.4.1 传统的集合运算	(61)
3.4.2 专门的关系运算	(63)
习题三	(66)
第四章 关系数据库的标准语言——SQL	(68)
4.1 SQL 概述	(68)

4.1.1 SQL 的发展及标准化	(68)
4.1.2 SQL 的主要特点	(68)
4.2 SQL 的数据定义功能	(70)
4.2.1 定义、修改和删除基本表	(70)
4.2.2 索引的建立和删除	(72)
4.3 SQL 的数据操纵功能	(72)
4.3.1 SELECT 语句	(74)
4.3.2 INSERT 语句	(89)
4.3.3 DELETE 语句	(90)
4.3.4 UPDATE 语句	(91)
4.4 视图	(92)
4.4.1 定义视图	(92)
4.4.2 查询视图	(94)
4.4.3 更新视图	(94)
4.5 SQL 的数据控制功能	(95)
4.6 嵌入式 SQL	(98)
习题四	(101)
第五章 关系数据库理论	(103)
5.1 问题的提出	(103)
5.2 函数依赖	(104)
5.2.1 函数依赖	(104)
5.2.2 函数依赖的逻辑蕴含	(106)
5.3 函数依赖的公理系统	(107)
5.3.1 Armstrong 推导公理	(107)
5.3.2 闭包的计算	(108)
5.3.3 依赖集的等价	(109)
5.4 关系模式的规范形式	(111)
5.4.1 第一范式到第三范式	(111)
5.4.2 Boyce - codd 范式 (BCNF)	(113)
5.4.3 多值依赖与第四范式	(114)
5.5 关系模式的规范方法	(118)
5.5.1 分解的无损连接性和函数依赖的保持性	(118)
5.5.2 分解的无损连接性和函数依赖的保持性的算法	(121)

5.5.3 关系模式分解算法	(125)
习题五	(127)
第六章 数据库安全保护	(129)
6.1 数据库的安全性	(129)
6.1.1 数据库安全性与系统保护机制	(130)
6.1.2 授权机制	(133)
6.1.3 数据加密与跟踪审查	(134)
6.2 完整性	(135)
6.2.1 完整性约束分类	(135)
6.2.2 完整性检验	(136)
6.3 并发控制	(137)
6.3.1 基本概念	(138)
6.3.2 封锁	(139)
6.3.3 死锁及消除的方法	(142)
6.4 数据库的恢复	(143)
6.4.1 故障的类型	(143)
6.4.2 数据库的后备与日志文件	(145)
6.4.3 恢复过程	(146)
习题六	(147)
第七章 数据库设计	(148)
7.1 数据库设计概述	(148)
7.1.1 数据库设计问题	(148)
7.1.2 数据库设计步骤	(149)
7.2 需求分析	(150)
7.2.1 应用领域的调查分析	(150)
7.2.2 数据的收集与分析	(153)
7.2.3 系统文档的建立	(155)
7.3 概念设计	(155)
7.3.1 局部信息结构设计	(157)
7.3.2 全局信息结构设计	(159)
7.4 逻辑设计	(162)
7.4.1 模型转换	(162)

7.4.2 模式优化	(166)
7.5 物理设计	(167)
7.5.1 确定数据的存储结构	(167)
7.5.2 确定数据的存取方法	(168)
7.6 实施与维护	(169)
7.6.1 数据库结构的建立	(169)
7.6.2 应用程序设计	(170)
7.6.3 组织数据入库与调试	(170)
7.6.4 运行与维护	(171)
习题七	(172)
第八章 数据库管理系统的设计与实现	(173)
8.1 DBMS 概述	(173)
8.1.1 DBMS 的目标	(173)
8.1.2 DBMS 的基本功能	(175)
8.1.3 DBMS 与应用开发环境	(176)
8.2 DBMS 的系统结构	(177)
8.2.1 DBMS 的程序模块组成	(177)
8.2.2 DBMS 的层次结构	(178)
8.3 语言处理	(179)
8.4 数据存取层	(182)
8.5 缓冲区管理	(183)
8.6 数据库的物理组织	(184)
习题八	(186)
第九章 FoxPro 数据库管理系统	(187)
9.1 Visual FoxPro 概述	(187)
9.1.1 简介	(187)
9.1.2 Visual FoxPro 6 的操作方式	(187)
9.1.3 VFP 6 的用户界面	(189)
9.1.4 项目管理器	(191)
9.1.5 VFP 6 帮助系统的使用	(194)
9.2 Visual FoxPro 的语言基础	(195)
9.2.1 数据、常量和变量	(195)

9.2.2	标准函数	(198)
9.2.3	表达式	(199)
9.3	Visual FoxPro 程序设计基础	(201)
9.3.1	程序文件的建立、修改和执行	(201)
9.3.2	程序的基本结构	(203)
9.4	应用系统的开发	(210)
9.4.1	设计应用系统方案	(210)
9.4.2	准备工作	(212)
9.4.3	建立项目管理器	(213)
9.4.4	建立数据库	(214)
9.4.5	创建表单	(215)
9.4.6	报表设计	(216)
9.4.7	菜单设计	(217)
9.4.8	主程序设计	(219)
9.4.9	连编	(220)
习题九	(221)
参考文献	(222)

第一章 数据库系统概述

学习目标:

通过本章的学习, 学生了解数据管理技术在其发展过程中各阶段的主要特征, 理解信息、数据、数据处理的概念以及相互之间关系, 掌握数据库存储结构的方式、文件组织形式及其特点, 理解数据库系统中的有关概念及其组成内容。在此基础上, 进而了解数据库技术的新的发展趋势。

1.1 数据管理技术的进展

数据库技术是计算机领域发展最快的技术之一, 是数据管理的最新技术, 在许多领域得以广泛应用。它与多媒体技术、网络技术、面向对象技术、人工智能技术等相结合、互相渗透, 成为当代计算机技术发展的主要特征。

1.1.1 数据管理概述

随着计算机技术的蓬勃发展, 在计算机的三大主要应用(科学计算、过程控制和数据处理)领域中, 数据处理迅速上升为计算机应用的主要方面。数据库技术产生于 20 世纪 60 年代中期, 是数据管理的最新技术, 也是计算机科学的重要分支, 它的出现极大地促进了计算机应用向各行各业的渗透。计算机应用从科学计算、过程控制进入数据处理, 计算机已成为人们日常工作中处理数据的得力助手和有效工具。

数据管理是数据处理的中心问题。数据处理(或称为信息处理)实际上就是利用计算机对各种形式的数据进行处理。它包括: 数据采集、整理、编码和输入, 有效地把数据组织到计算机中, 由计算机对数据进行一系列存储、加工、计算、分类、检索、传输、输出等操作过程。其目的是从大量的原始数据中抽取和推导出对人们有价值的信息, 以作为行动和决策的依据。数据管理则是指对数据进行组织、分类、编码、存储、检索和维护等操作。

在信息社会中, 信息是一种维持生产活动、经济活动和社会活动必不可少的资源。数据处理实质上是从原始数据提取信息的加工过程。数据处理方式可分为人工方式(人工数据处理阶段, 1800 年以前)、机械辅助方式(机械辅助

阶段，1800~1890年)、机电穿孔卡片方式(机电阶段，1890~1946年)、电子计算机方式(电子阶段，1946年以后)。数据管理的任务是对数据进行收集、组织、控制、存储、选取、维护等，它可以从两个方面来概括：一是侧重于组织业务的管理，负责制订并执行整个组织中关于数据的定义、组织、保护与有效使用的政策、过程、实践和计划；二是侧重于技术，负责实现以数据作为资源的集中控制管理。在数据处理的一系列活动中，数据收集、存储、分类、传输等操作为基本操作，这些基本操作环节称为数据管理。但是加工、计算、输出等操作是千变万化的，不同业务有不同的处理。数据管理技术解决了上述基本环节的要求，而其他环节是由应用程序实现的。随着计算机硬件和软件技术的不断发展，数据管理技术大致经历了下列三个阶段：

- (1) 人工管理阶段(20世纪50年代中期以前)。
- (2) 文件系统阶段(20世纪50年代后期至60年代中期)。
- (3) 数据库系统阶段(从20世纪60年代后期开始至今)。

1.1.2 人工管理阶段

20世纪50年代中期以前，计算机主要用于科学计算。在早期的数据管理系统中，数据处理过程如图1.1所示，即主要面向批处理，注意力集中于处理功能，而数据起辅助作用。这样的数据处理系统是面向单个数据处理应用的，因为尽管系统中可以包含多个处理功能，但开发者往往是一次一个地开发应用

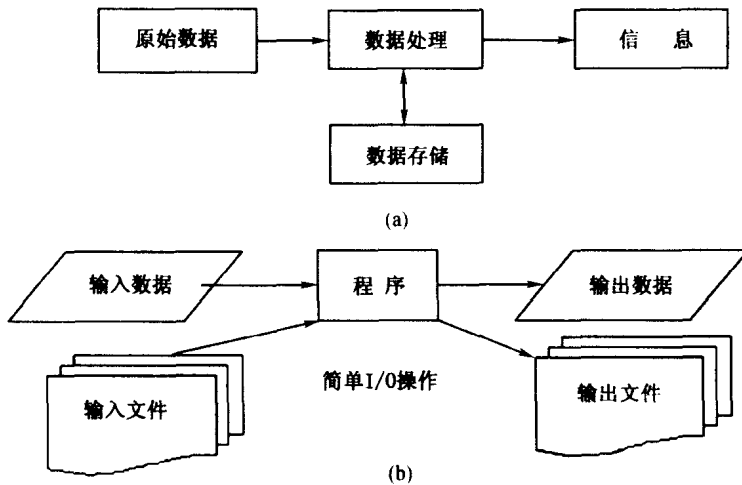


图 1.1 数据处理过程

程序来满足用户的单个应用要求。系统所提供的数据管理功能仅仅是一些简单的 I/O 操作。在这一阶段，对硬件来说，外存只有磁带、卡片、纸带，没有磁盘等直接存取的存储设备；对软件来说，无操作系统支持，没有管理数据的软件，数据处理方式是批处理方式。使用计算机对数据进行管理时，设计人员除考虑应用程序、数据的逻辑定义和组织外，还必须考虑数据在存储设备内的存储方式和地址。

在这一阶段，数据管理的特点是：

(1) 数据不保存。因为计算机主要用于科学计算，不要求保存数据。每次计算机先将程序和数据输入主存，计算结束后，将结果输出，计算机不保存程序和数据。对用户数据不仅如此处置，而且有时对系统软件也是这样的。

(2) 没有管理数据的软件系统，数据缺乏独立性。程序员编写程序时要安排数据的物理存储，没有软件系统对数据进行管理。程序员不仅要规定数据的逻辑结构，而且还要在程序中设计物理结构，包括存储结构，存取方法，输入输出方式等。由于程序和数据混为一体，一旦数据的物理存储改变，就必须要重新编写程序，即数据与程序不具有独立性，程序员的工作量大、繁琐、程序难以维护。

(3) 数据面向程序。数据是面向应用程序的，每个程序都有属于自己的一组数据，程序与数据相结合，互相依赖。即使应用程序之间涉及某些相同的数据，也要各自定义，程序之间的数据不能共享，因此数据就会重复存储，导致冗余度很大。

数据与程序之间的关系如图 1.2 所示。

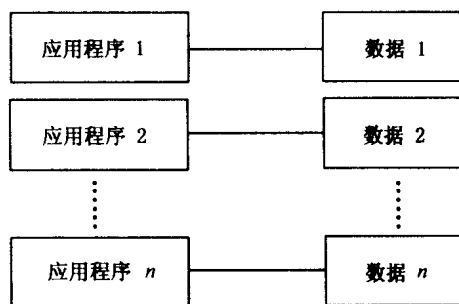


图 1.2 数据与程序的关系

(4) 无法施加统一标准。在一个组织中，一定有关于数据命名、格式、存取限制等各种标准。在这一时期，数据的组织方式须由程序员自行设计，很

难实施统一标准，这种不统一性也阻碍了数据的独立和可共享性。

1.1.3 文件系统阶段

在 20 世纪 50 年代后期至 60 年代中期，这一阶段计算机外存已有了磁鼓、磁盘等存储设备，软件有了操作系统。直接存取存储设备的出现使人们研制出专门的文件管理系统，人们在操作系统的支持下，设计开发了这种专门管理数据的计算机软件，称为文件系统。

这一时期，计算机已不仅仅用于科学计算，还大量用于数据管理。处理方式上不仅有文件批处理，而且能够联机实时处理。这一阶段的数据管理的特点是：

(1) 以文件的形式保存数据。由于计算机大量用于数据处理，数据需要长期保留在外存上反复处置，经常对其进行查询、修改、插入和删除等操作。因此，在文件系统中，按一定的规则将数据组织为一个文件，存放在外存储器中长期保存。

(2) 数据的物理结构与逻辑结构有了区别，但比较简单。系统将数据的逻辑结构和物理结构分离，文件的逻辑结构与存储结构由系统进行转换，由存取方法实现逻辑结构与物理结构之间的映射。应用程序只涉及数据的逻辑结构，系统决定数据的物理结构，两者之间可以有差别。这样，当物理结构改变时，不会导致应用程序的修改，其适用性得以提高。此外，应用程序员不必关心数据的物理存储细节，数据在存储上的改变不一定反映在程序上，这样可以大大节省维护程序的工作量，而且效率也得到提高。

(3) 文件形式多样化。由于已有了直接存取存储设备，方便了数据的存储和查找，文件系统提供了多种文件组织形式，如顺序文件、索引文件、链接文件和倒排文件等。

(4) 数据的存取基本上以记录为单位。

与人工管理阶段相比，文件系统提供了物理数据独立性，使应用程序与数据的物理存储结构分离，并通过数据的抽取、排序、合并等为应用提供新的文件，从而使数据共享成为可能等优点，但仍然存在以下问题：文件中的数据没有结构，文件之间没有有机的联系，仍不能表示复杂的数据结构，数据在数据文件中只是简单地存放；不能实现数据的普通共享，只能实现文件级而不能在记录级或数据项级实现数据的共享；数据面向应用，独立性较差，仍然存在数据重复存储的问题，数据冗余度大，并且容易造成数据的不一致性，给数据的修改和维护带来了困难。

文件系统中程序与数据之间的关系如图 1.3 所示。

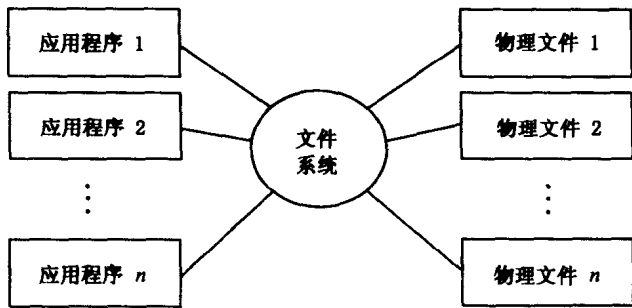


图 1.3 文件系统阶段程序与数据之间的关系

1.1.4 数据库系统阶段

从 20 世纪 60 年代末期开始，随着计算机技术与产业的迅速发展，计算机广泛地应用于企业管理，数据量急剧增加，数据管理的规模越来越大，数据共享的要求越来越高。同时磁盘技术取得了重大进展，大容量和快速存取磁盘的出现为数据库技术的发展提供了物质条件。在处理方式上，联机实时处理要求增多，并开始提出和考虑分布处理。对于这些要求，用文件系统的数据库管理方法不能满足，这就导致了一种新的、先进的数据库技术的出现——数据库系统。数据库系统克服了以前所有数据库管理方式的缺点，并提供了一种更高的数据库管理方式，如图 1.4 所示。数据库系统能对所有的数据实行集中统一的管理，使数据存储独立于使用数据的应用程序，以实现数据共享，大量地消去数据冗余，因此节省了存储空间。

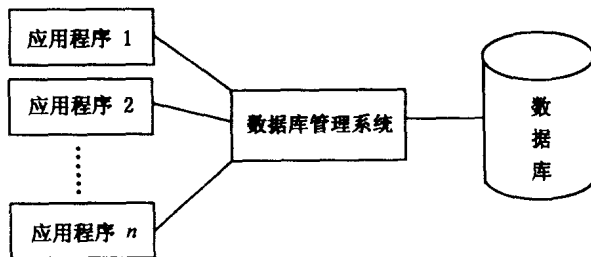


图 1.4 数据库系统阶段程序与数据之间的关系

数据库系统对数据库管理的观点是将数据视为资源，以便统一管理、控制、共享使用。数据库系统管理方式具有如下特点：