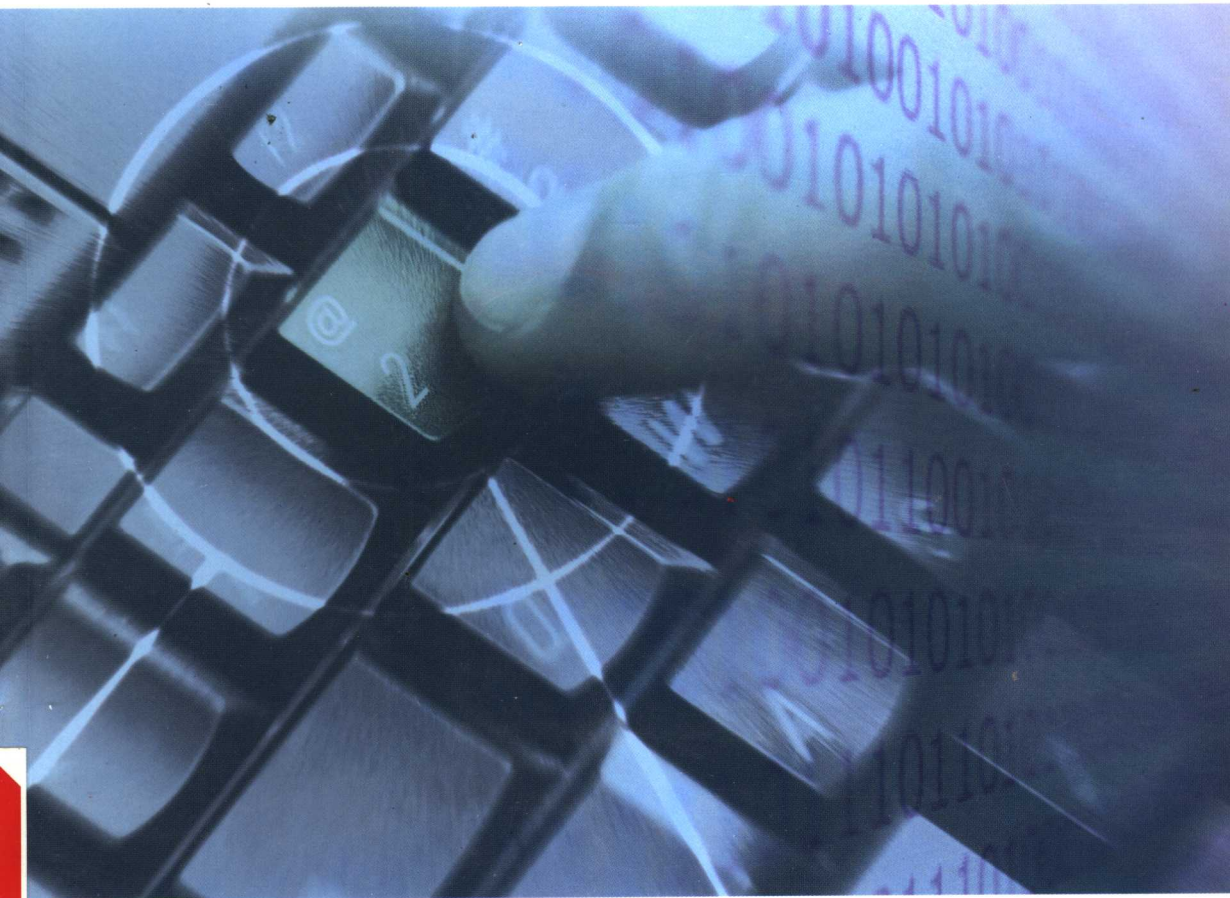


21 世纪高等院校教材

数据库系统原理与应用

陶树平 主编

李华伦 等 编



科学出版社

www.sciencep.com

TP 311.13

274

21 世纪高等院校教材

数据库系统原理与应用

陶树平 主编

李华伦等 编



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了数据库系统的原理与应用。全书分为原理(第1~8章)和应用(第9~14章)两大部分。原理部分侧重介绍数据库系统的基本概念、关系模型与关系数据库的设计、结构化查询语言 SQL、数据库系统的实现技术、分布式和多媒体数据库系统、数据仓库与数据挖掘以及其他一些新型数据库系统;应用部分包括 Delphi 7.0 概述、Delphi 7.0 的编程语言 Object Pascal 以及常用组件介绍, Delphi 7.0 应用程序设计基础, Delphi 7.0 数据库应用程序设计, Delphi 7.0 的异常处理与程序调试。

本书可作为高等院校计算机、通信、电子、信息、管理、经济、机械、建筑等专业的本科生教材或参考书,亦可供相关专业的工程、科技人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

数据库系统原理与应用/陶树平主编,李华伦等编. —北京:科学出版社, 2005

(21世纪高等院校教材)

ISBN 7-03-012978-4

I. 数… II. ①陶… ②李… III. 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 (2004) 第 019905 号

责任编辑:巴建芬 贾瑞娜/责任校对:钟 洋

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2005年1月第一版 开本: B5 (720×1000)

2005年1月第一次印刷 印张: 34

印数: 1—4 000 字数: 700 000

定价: 44.00元 (含光盘)

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈环伟〉)

前 言

随着计算机技术和网络技术的快速发展、互联网在全球的普及以及计算机技术在国民经济各个领域的广泛应用，在高等院校的本科教育中迫切需要加强对学生的计算机文化基础、计算机技术基础和计算机应用基础的教学，培养高等院校学生的综合素质和创新能力。在当今瞬息万变的信息化社会中，数据库技术已经成为不可缺少的工具。在高等院校中，不仅是计算机科学与技术专业，如电子与信息、通信、管理、经济、财会等专业同样也都需要全面、深入地学习和掌握数据库系统的原理和应用方面的知识。此外，由于多媒体数据库系统、分布式数据库系统、面向对象数据库系统、数据仓库与数据挖掘系统等新型数据库系统的实用化，如机械、建筑、汽车等工程类的专业也急切地需要掌握数据库技术，以对工程数据进行有效管理。因此，目前“数据库系统原理与应用”已成为高等院校各专业一门重要的专业基础课程，它担负着全面系统地介绍数据库系统的专业知识，培养学生掌握数据库应用系统的开发技术、提高学生综合素质和创新能力的重任。

本教材的编写宗旨是：针对不同专业对数据库技术教学的要求和特点，在吸取现有计算机专业和非计算机专业有关教材优点的基础上新编一本反映当代数据库技术的最新成就、培养学生实际开发数据库应用系统能力、加强对学生科学思维与创新能力培养、反映教学改革成果且具有明显特色的“数据库系统原理与应用”课程的教材，使学生全面地掌握数据库技术的基本原理、数据库的基本操作、数据库应用程序的开发方法和数据库领域的最新成就，为实际应用打下坚实的基础。

本教材分为原理（第1~8章）和应用（第9~14章）两大部分。第1章介绍数据库系统的基本概念，包括数据库系统的定义、数据管理技术的发展、数据模型和数据库系统的体系结构等；第2章介绍关系模型与关系数据库系统的设计，包括关系模型的基本概念、关系代数、关系演算、关系模式的规范化设计和关系数据库的设计过程；第3章介绍结构化查询语言SQL，包括SQL的基本概念、SQL的数据定义操作、数据查询操作、数据更新操作、视图操作和嵌入式SQL等；第4章介绍数据库系统的实现技术，包括数据库管理系统的组成、数据库的存储技术、查询处理与优化技术、事务管理与并发控制技术、数据库的完整性与安全性技术等；第5章介绍分布式数据库系统，包括分布式数据库系统的基本概念、分布式数据库系统的数据分布、分布式查询处理与查询优化、分布

式事务管理、分布式数据库系统的目录管理与安全性控制等；第6章介绍多媒体数据库系统，包括多媒体数据库系统的基本概念、多媒体数据库的数据模型、多媒体数据库的同步机制以及多媒体数据压缩技术等；第7章介绍数据仓库与数据挖掘，包括数据仓库的数据模型、数据仓库系统的体系结构与实现技术、数据仓库的设计、数据挖掘中常用的方法、数据挖掘的过程、数据挖掘系统的结构、几种典型的数据挖掘类型以及数据挖掘的应用等；第8章介绍其他一些新型数据库系统，包括知识库系统、并行数据库系统、主动数据库系统和 Web 数据库系统等；第9章是 Delphi 7.0 概述，包括 Delphi 7.0 的发展、特点、安装、集成开发环境和 Delphi 7.0 的项目及其文件类型；第10章介绍 Delphi 7.0 的编程语言——Object Pascal，包括 Object Pascal 的词法、数据类型、语句、过程与函数和 Object Pascal 的面向对象编程；第11章介绍 Delphi 7.0 的常用 VCL 组件，包括可视化组件库 VCL 概述以及按钮类、文本类、列表类、分组类、图形类等可视化组件；第12章介绍 Delphi 7.0 应用程序设计基础，包括在应用程序中常用的窗体、菜单、对话框、多文档界面 (MDI) 和打印程序等的设计方法；第13章介绍 Delphi 7.0 数据库应用程序的设计，包括数据库应用程序的开发工具、数据访问组件、数据控制组件、Delphi 7.0 中的 SQL 查询、数据库的维护以及数据库应用程序的设计实例等；第14章介绍 Delphi 7.0 的异常处理与程序调试，包括异常的基本概念、Delphi 7.0 的异常处理、Delphi 7.0 的集成调试环境和程序的调试方法等。Delphi 7.0 的功能非常强大，在本教材中仅重点介绍了与数据库应用相关的部分，关于 Delphi 7.0 的多媒体应用程序设计以及网络应用程序设计等内容，读者可参阅有关文献。

本教材具有以下特点：

1) 内容新颖，力求反映当代数据库技术的最新成就。为使学生全面地掌握数据库技术的基本知识和基本操作，本教材内容的选择力求能够反映当代数据库技术的最新成就和教学内容课程体系改革的成果。本教材在原理部分不仅介绍了传统的关系数据库系统的基本知识和基本原理，而且阐述了具有广阔发展空间的新型数据库系统的关键技术，包括分布式数据库系统、多媒体数据管理系统、数据仓库与数据挖掘以及知识库系统、主动数据库系统、并行数据库管理系统以及 Web 数据库等。

2) 强化应用，注重将数据库原理与应用相结合。在本教材的应用部分以美国 Borland 公司最新推出的数据库应用程序开发工具 Delphi 7.0 为背景，介绍数据库应用系统的开发方法和技术。Delphi 7.0 是将可视化技术、面向对象技术与数据库技术相结合的产物。由于它具有可视化的开发环境、简洁易用的编程语言、功能强大的组件、可扩充的数据库访问引擎、强大的多媒体和 Internet 应用编程功能，因此目前非常流行。在当前数据库技术飞速发展和普及的今天，学习

和掌握 Delphi 7.0 不仅可以便捷地开发数据库应用程序,而且从中可以学到许多新型的应用程序开发工具和目前流行的开发技术,提高数据库系统的应用能力和接受不断涌现的新技术、新方法的能力。

3) 习题多样,便于教学使用和加强对学生基本技能的培养。本教材中配有多种形式的习题,包括简答题、选择题、填空题、上机实践题和探索题等,便于教学使用和加强对学生基本技能的培养。特别是在探索题中提出了一些可供学生思考和研究的问题,为学生提供了广阔的分析、研究和实践的空间,有助于培养和提高学生的科学思维 and 创新能力。

4) 配有光盘,便于教师在教学中使用。本教材配有精心制作的 CAI 光盘,便于教师在教学中使用。光盘内容与教材紧密结合,各部分分别按章节组织内容。教师可借助本光盘演示讲解书本中的教学内容,学生可用本光盘辅助学习和上机实践,巩固在书本中的学习内容,并能够适应多媒体教学以及远程教育的需求。

本教材由同济大学陶树平教授担任主编,并编写了第 1~10 章;李华伦编写了第 11~14 章;李岩、周军参加了第 11~14 章初稿的编写。李华伦精心制作了 CAI 光盘。在本教材的编写过程中得到上海交通大学左孝凌教授的热情关心和指导,在此致以衷心的感谢。

由于作者水平所限,加之数据库技术发展迅速、本教材涉及的知识面比较广,书中错误和不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编 者

2004 年 9 月

目 录

前言

第 1 章 数据库系统的基本概念	(1)
1.1 数据库系统的定义	(2)
1.2 数据管理技术的发展	(4)
1.3 数据模型	(6)
1.4 数据库系统的结构	(15)
1.5 数据库管理系统	(20)
1.6 数据库语言	(22)
1.7 数据库管理员与数据库用户	(23)
1.8 本章小结	(26)
习题与实践	(27)
第 2 章 关系模型和关系数据库的设计	(30)
2.1 关系模型的基本概念	(31)
2.2 关系代数	(35)
2.3 关系演算	(42)
2.4 关系模式的规范化设计	(45)
2.5 关系数据库的设计过程	(55)
2.6 本章小结	(65)
习题与实践	(66)
第 3 章 结构化查询语言 SQL	(73)
3.1 SQL 的基本概念	(74)
3.2 SQL 的数据定义操作	(76)
3.3 SQL 的数据查询操作	(81)
3.4 SQL 的数据更新操作	(86)
3.5 SQL 的视图操作	(89)
3.6 嵌入式的 SQL	(91)
3.7 本章小结	(96)
习题与实践	(97)
第 4 章 数据库系统的实现技术	(101)
4.1 数据库管理系统的功能与总体结构	(102)
4.2 数据库的存储技术	(107)

4.3	查询处理与优化技术·····	(116)
4.4	事务管理与并发控制技术·····	(124)
4.5	数据库的完整性与安全性技术·····	(137)
4.6	本章小结·····	(147)
	习题与实践·····	(148)
第5章	分布式数据库系统 ·····	(151)
5.1	分布式数据库系统的基本概念·····	(152)
5.2	分布式数据库系统中的数据分布·····	(156)
5.3	分布式查询处理与查询优化·····	(159)
5.4	分布式事务管理·····	(165)
5.5	分布式数据库系统的目录管理与安全性控制·····	(175)
5.6	本章小结·····	(182)
	习题与实践·····	(183)
第6章	多媒体数据库系统 ·····	(185)
6.1	多媒体数据库系统的基本概念·····	(186)
6.2	多媒体数据库的数据模型·····	(191)
6.3	多媒体数据库系统的同步机制·····	(197)
6.4	多媒体数据压缩技术·····	(202)
6.5	本章小结·····	(205)
	习题与实践·····	(206)
第7章	数据仓库与数据挖掘 ·····	(208)
7.1	数据仓库与数据挖掘概述·····	(209)
7.2	数据仓库的数据模型与数据组织·····	(217)
7.3	数据仓库系统的体系结构与实现技术·····	(227)
7.4	数据仓库的设计·····	(232)
7.5	数据挖掘中常用的方法·····	(238)
7.6	数据挖掘的过程与数据挖掘系统的结构·····	(242)
7.7	数据挖掘的功能与类型·····	(244)
7.8	数据挖掘的应用·····	(260)
7.9	本章小结·····	(265)
	习题与实践·····	(266)
第8章	其他一些新型数据库系统 ·····	(268)
8.1	知识库系统·····	(269)
8.2	主动数据库系统·····	(275)
8.3	并行数据库系统·····	(277)

8.4	Web 数据库系统	(282)
8.5	本章小结	(292)
	习题与实践	(294)
第 9 章	Delphi 7.0 概述	(296)
9.1	Delphi 7.0 的发展	(297)
9.2	Delphi 7.0 的特点	(298)
9.3	Delphi 7.0 的安装	(299)
9.4	Delphi 7.0 集成开发环境的组成	(306)
9.5	Delphi 7.0 的项目及其文件类型	(316)
9.6	本章小结	(322)
	习题与实践	(323)
第 10 章	Delphi 7.0 的编程语言——Object Pascal	(326)
10.1	Object Pascal 概述	(327)
10.2	Object Pascal 的词法	(327)
10.3	Object Pascal 的数据类型	(334)
10.4	Object Pascal 的语句	(339)
10.5	Object Pascal 的过程与函数	(344)
10.6	Object Pascal 的面向对象编程	(347)
10.7	本章小结	(353)
	习题与实践	(354)
第 11 章	Delphi 7.0 的常用 VCL 组件	(356)
11.1	可视化组件库 VCL 概述	(357)
11.2	在窗体中使用组件的方法	(359)
11.3	文本类组件	(363)
11.4	按钮类组件	(374)
11.5	列表类组件	(378)
11.6	分组类 (容器) 组件	(384)
11.7	图形类组件	(386)
11.8	本章小结	(389)
	习题与实践	(390)
第 12 章	Delphi 7.0 应用程序设计基础	(392)
12.1	窗体设计	(393)
12.2	菜单设计	(403)
12.3	对话框设计	(411)
12.4	打印程序设计	(422)

12.5 本章小结	(430)
习题与实践	(431)
第 13 章 Delphi 7.0 数据库应用程序设计	(433)
13.1 数据库应用程序概述	(434)
13.2 Delphi 7.0 访问数据库的机制及其组件	(441)
13.3 数据库查询与操纵	(456)
13.4 数据库应用程序设计示例	(465)
13.5 本章小结	(500)
习题与实践	(501)
第 14 章 Delphi 7.0 异常处理和程序调试	(504)
14.1 异常处理概述	(505)
14.2 异常处理结构	(514)
14.3 程序调试概述	(517)
14.4 程序调试的主要工具与方法	(520)
14.5 本章小结	(528)
习题与实践	(529)
参考文献	(531)

第 1 章 数据库系统的基本概念

本章要点

数据库技术经过 30 多年的发展，其应用已遍及各个领域，成为 21 世纪信息化社会的核心技术之一。本章在阐述数据库系统的定义、发展和数据模型等基本概念的基础上，进一步较详细地介绍了数据库系统的体系结构、数据库管理系统、数据库语言、数据库管理员和数据库用户等基本知识。通过本章的学习，学生应准确地理解数据库、数据库管理系统、数据库系统、数据库语言、数据模型等基本概念以及数据库系统的体系结构等数据库系统的基本知识，为学习后继各章打下基础。

- 数据库系统的定义
- 数据管理技术的发展
- 数据模型
- 数据库系统的结构
- 数据库管理系统
- 数据库语言
- 数据库管理员与数据库用户
- 本章小结

1.1 数据库系统的定义

数据库技术是计算机科学技术中发展最快、应用最广泛的领域之一，它是计算机信息系统与应用程序的核心技术和重要基础。自从 20 世纪 50 年代中期计算机的应用由科学计算扩展到数据处理，数据库技术的重要性就日益被人们所认识。时至今日，数据库技术已经形成了较为完善的理论体系和实用技术，成为计算机科学技术的一个重要的分支。

以下将介绍一些与数据库系统相关的基本概念，包括：数据与信息、数据库、数据库管理系统以及数据库系统等。

1.1.1 数据与信息

当今信息化社会中的关键技术是信息技术（information technology, IT），而信息系统在信息技术中占有重要的地位，它是数据库技术最直接的应用领域。在信息技术领域，数据和信息是两个重要的基本概念，它们之间既有联系又有区别。

数据是数据库系统存储、处理和研究的对象，它是指描述客观事物的数、字符以及所有能输入计算机并被计算机程序处理的符号的集合。因此，在计算机科学技术中，数据的含义是十分广泛的，它不仅可以是数值，其他诸如字符、图形、图像乃至声音等都可以视为数据。数据集中的每一个个体称为数据元素，它是数据的基本单位。

信息在管理和决策中起着主导作用，是管理和决策的依据，是一种重要的战略资源。在信息技术中，信息通常是指“经过加工而成为有一定的意义和价值且具有特定形式的数据，这种数据对信息的接收者的行为有一定的影响”。

信息具有以下一些基本特征：

1) 时间性。即信息的价值与时间有关，它有一定的生存期，当信息的价值变为零时，则其生命结束。

2) 事实性。即信息需是正确的、能够反映现实世界事物的客观事实，而不是虚假的或主观臆造的。

3) 明了性。即信息中所含的知识能够被接收者所理解。

4) 完整性。即信息需详细到足够的程度，以便信息的接收者能够得到所需要的完整信息。

5) 多样性。即信息的定量化程度、聚合程度和表示方式等都是多样化的。可以是定量的也可以是定性的，可以是摘要的也可以是详细的，可以是文字的也可以是数字、表格、图形、图像、声音等表示形式。

6) 共享性。即信息可以广泛地传播, 为人们所共享。

7) 模糊性。即由于客观事物的复杂性、人类掌握知识的有限性和对事物认识的相对性, 信息往往具有一定的模糊性或不确定性。

由上可知, 数据是信息的素材, 是信息的载体; 而信息则是对数据进行加工的结果, 是对数据的解释, 是数据的内涵。这里指出, 尽管数据与信息概念是有区别的, 但在某些场合人们通常并不去严格地区分它们。

1.1.2 数据库系统的基本术语

数据库、数据库管理系统和数据库系统是数据库技术中最基本的术语, 它们之间既有联系又有区别。

1. 数据库

数据库 (database, DB) 是统一管理的相关数据的集合。这些数据以一定的结构存放在存储介质 (一般为磁盘) 中。其基本特点是: 数据能够为各种用户共享、具有最小冗余度、数据对程序的独立性以及由数据库管理系统统一管理和控制等。数据库本身不是独立存在的, 它是组成数据库系统的一部分。

2. 数据库管理系统

数据库管理系统 (database management system, DBMS) 是对数据库进行管理的软件, 它是数据库系统的核心。数据库管理系统位于用户与操作系统之间, 为用户或应用程序提供访问数据库的方法, 包括数据库的建立、更新、查询、统计、显示、打印及各种数据控制。

3. 数据库系统

数据库系统 (database system, DBS) 是实现有组织地、动态地存储大量关联数据、方便用户访问的计算机软件、硬件、数据和人员组成的系统, 它由数据库、数据库管理系统、数据库管理员、数据库应用程序和用户五个部分组成。

在数据库系统中, 数据库是存放在计算机硬件中的相关联的、满足应用需求的数据, 是数据库系统处理的对象; 数据库管理系统是对数据库进行管理的软件, 它是数据库系统的核心; 数据库管理员是对数据库进行规划、设计、协调、维护和管理的工作人员, 其主要职责是决定数据库的结构和信息内容、决定数据库的存储结构和存取策略、定义数据库的安全性要求和完整性约束条件以及监控数据库的使用与运行; 数据库应用程序是使用数据库语言开发的、能够满足数据处理需求的应用程序; 用户是数据库系统的使用和操作人员, 用户可以通过数据库管理系统直接操纵数据库, 或者通过数据库应用程序来操纵数据库。

数据库系统的五大部分及其相互关系如图 1-1 所示。

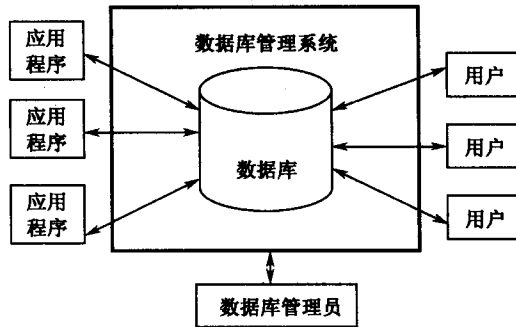


图 1-1 数据库系统的组成

1.2 数据管理技术的发展

数据库技术是随着使用计算机进行数据管理的不断进展而产生和发展的。数据管理是计算机的一个重要的应用领域。所谓数据管理是指数据的收集、整理、存储、维护、查询、传输、显示和打印等操作，是数据处理的基本内容。数据管理的基本任务是通过制定一系列的标准、规范，使用一定的工具，实现对数据资源的管理，以最大限度地提高数据的共享程度，降低数据的冗余度。

数据管理的特点是：所涉及的数据量大，数据需要长期保存，而且数据需能为多个应用程序所共享。按照数据管理所使用的硬件、存储技术和软件，可将数据管理技术的发展划分为四个阶段，即人工管理阶段、文件系统阶段、数据库阶段和高级数据库阶段。

1.2.1 人工管理阶段

在 20 世纪 50 年代中期以前，计算机的外部设备只有磁带机、卡片机和纸带穿孔机等，没有可以直接存取的磁盘设备，计算机主要用于科学计算，数据处理采取批处理的方式。

该阶段数据管理技术的主要特点是：没有专门用于数据管理的软件，所涉及的数据在相应的应用程序中进行管理，当计算需要将数据读入，计算结束后数据不保存；没有文件的概念，数据的存储和组织方式由应用程序设计者自行安排；数据与程序之间不具有独立性，如果数据的存储结构变化，则程序需要作相应的修改。

1.2.2 文件系统阶段

在20世纪50年代后期至60年代后期,磁盘和磁鼓等外部存储设备的出现和操作系统中提供的文件管理功能,使得计算机在信息管理方面的应用得到了迅速的发展,数据管理技术也提高到一个新的水平。

该阶段数据管理技术的主要特点是:数据可以长期保存,用户可使用文件系统对数据进行增、删、改、查等操作;数据可以建立顺序文件、链接文件和索引文件等,可以采用顺序、随机等方式进行访问;数据与程序之间具有一定的独立性,数据可以重复使用;实现了文件的按名存取,即用户可以通过操作系统按名对文件进行打开、读取、写入和关闭等操作,用户不必关心数据的物理存储位置。

文件系统虽然改善了数据管理的方式,但仍然存在无法描述数据之间的联系、数据冗余以及不一致性等缺陷。此外,这种方式编写应用程序仍然很不方便,而且不能完全实现数据独立于程序,即文件结构的变更将导致应用程序需要做相应的修改。

1.2.3 数据库阶段

针对文件系统的不足,在20世纪60年代末到70年代发展起来的数据库技术进一步克服了文件系统的缺陷,提供了对数据进行管理的更有效、更方便的功能。

数据库系统的主要特征是统一管理和共享数据。在数据库系统中,大量的、互相关联的数据存储在数据库中,这些数据由数据库管理系统来进行统一的管理,并可以被多个应用程序所共享。

在该时期,1968年美国IBM公司研制开发的层次型信息管理系统(information management system, IMS)、1968年美国数据系统语言协会(conference on data system language, CODASYL)发布的数据库工作组(database task group, DBTG)关于网状数据库的报告以及1970年E. F. Codd提出的关系模型是数据库技术发展史上具有里程碑意义的重大事件,这些研究成果大大促进了数据管理技术的发展和应。

该阶段数据管理技术的主要特点是:使用规范的数据模型表示数据结构,数据库中的数据具有结构化的特点;具有较高的逻辑数据独立性,减少了数据冗余,实现了数据共享;数据库管理系统提供了数据库的创建、操纵以及对数据库的各种控制功能;用户界面友好,便于使用。

1.2.4 高级数据库阶段

自 20 世纪 80 年代以来,以分布式数据库和面向对象数据库技术为代表,使数据管理技术进入了高级数据库阶段。此后,随着数据管理应用领域的不断扩大,如知识库、多媒体数据库、工程数据库、统计数据库、模糊数据库、主动数据库、空间数据库、并行数据库、面向对象数据库以及数据仓库等新型数据库系统如雨后春笋般大量涌现,为数据管理和信息的共享与利用带来了极大的方便。

该阶段的特点是数据库技术与各种新技术的综合与交叉。例如:分布式数据库是数据库技术与通信和网络技术相结合的产物;面向对象数据库是数据库技术与面向对象技术相结合的产物;多媒体数据库是数据库技术与多媒体技术相结合的产物;知识库是数据库技术与人工智能技术相结合的产物;并行数据库是数据库技术与并行技术相结合的产物;模糊数据库是数据库技术与模糊数学理论相结合的产物等。

当前,数据库技术发展的现状是:在数据模型方面,关系模型与面向对象模型并存,关系模型仍然为主流数据模型,将两者相结合而产生的关系-对象模型具有广宽的应用前景;在数据分布方面,集中式数据库与分布式数据库并存,分布式应用越来越广;在数据处理方式方面,出现了并行数据库且日益显示出其巨大的威力;在数据库外部连接方面,强调开放性、互联性和与 Internet 的连接,产生了 Web 数据库和许多与网络应用相关的新技术,使数据库的应用提高到一个新的阶段。

1.3 数据模型

1.3.1 数据模型及其分类

数据模型 (data model) 是对数据及数据间逻辑联系的表示形式,用来表示数据库的整体逻辑结构,通常由数据结构、数据操作和数据的约束条件三部分组成。其中,数据结构是所研究的对象类型的集合,这些对象是数据库的组成成分,如数据项、记录、域、属性、元组等,是对数据库系统静态特性的描述;数据操作是对数据库中的各种对象的值允许执行的操作的集合,是对数据库系统动态特性的描述;数据的约束条件是数据完整性规则的集合,用以限定数据库的状态和状态的变化,以保证数据的正确性、有效性和相容性。

按照对现实问题抽象的不同层次,数据模型可以分为概念数据模型、逻辑数据模型和物理数据模型三种类型。

(1) 概念数据模型

概念数据模型 (conceptual data model) 是现实世界的第一层抽象,是面向现

实世界、面向用户的数据模型，与具体的计算机和数据库管理系统无关。概念数据模型注重于对现实世界复杂数据的结构描述及其相互之间内在联系的刻画，强调其语义表达能力和便于用户和数据库设计人员之间的交流。E-R模型是概念数据模型的一种典型代表。

(2) 逻辑数据模型

逻辑数据模型 (logic data model) 是一种面向数据库逻辑结构的数据模型，它涉及具体的计算机和数据库管理系统。这类数据模型具有严格的形式化定义，以便在计算机系统中实现。层次数据模型、网状数据模型、关系数据模型和面向对象数据模型都是属于逻辑数据模型的范畴。

(3) 物理数据模型

物理数据模型 (physical data model) 是一种面向计算机物理表示的数据模型，它给出了数据在计算机中存储的物理结构。

1.3.2 E-R 模型

E-R数据模型是实体-联系 (entity-relationship) 数据模型的缩写，它是由 Peter Chen 于 1976 年首先提出的一种概念数据模型。

E-R数据模型的基本思想是：首先设计一个概念模型，它是现实世界中实体及其联系的一种信息结构，并不依赖于具体的计算机系统，与存储组织、存取方法、效率等无关，然后再将概念模型转换为计算机上某个数据库管理系统所支持的逻辑数据模型。因此，概念模型是现实世界到计算机世界的一个中间层。在 E-R 模型中只有实体、联系和属性三种基本成分，所以简单易懂、便于交流。

1. E-R 模型的基本概念

在 E-R 模型中有一些基本概念，它们是实体、属性、联系和 E-R 模型。

(1) 实体

实体 (entity) 是可区别且可被识别的客观存在的事、物或概念，它是一个数据对象。例如，一本书、一个学生、一个产品、一个部门等都是一个实体。具有共性的实体可划分为实体集 (entity set)。实体的内涵用实体类型 (entity type) 表示。

(2) 属性

属性 (attribute) 是实体所具有的特性或特征。一个实体可以有多个属性，例如一本书有书名、作者、分类号、ISBN 号、出版社、定价、主题词等属性；一个大学生有学生的姓名、学号、性别、出生年月、所属学校、院、系、班级、健康情况等属性；一个产品有产品的名称、型号、生产厂、生产日期、单价等属性。