

名师策划 名师主理 教改结晶 教材精品



新世纪电子信息与自动化系列课程改革教材

丛书主编 邹逢兴

# 数据库原理与技术

陆勤 编著



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

新世纪电子信息与自动化系列课程改革教材

# 数据库原理与技术

陆 勤 编著

中国水利水电出版社

## 内 容 提 要

本书按照非计算机专业计算机课程基本要求中所规定的数据库技术基础课程的教学内容,并参考教育部制定的计算机基础教学主要课程的教学大纲编写而成,全书共分9章,主要内容包括:数据库的基本概念及数据模式、SQL语言、关系数据库系统及其查询优化、数据库系统设计与维护,特别为读者在SQL Server 2000平台进行数据库应用系统设计实验提供指导内容。每一章后都留有思考题与习题。

本书内容翔实,注意理论与实例相结合。深入浅出,通俗易懂,实用性强。

本书配有PowerPoint制作的电子教案,教师可根据教学实际情况随意修改。如有需要,可以从中国水利水电出版社网站(<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>)下载。

## 图书在版编目(CIP)数据

数据库原理与技术 / 陆勤编著. —北京:中国水利水电出版社, 2007

新世纪电子信息与自动化系列课程改革教材

ISBN 978-7-5084-4694-3

I. 数… II. 陆… 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(2007)第092476号

书 名	数据库原理与技术
作 者	陆 勤 编著
出版 发行	中国水利水电出版社(北京市三里河路6号 100044) 网址: <a href="http://www.waterpub.com.cn">www.waterpub.com.cn</a> E-mail: <a href="mailto:mchannel@263.net">mchannel@263.net</a> (万水) <a href="mailto:sales@waterpub.com.cn">sales@waterpub.com.cn</a> 电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京蓝空印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16开本 13.5印张 355千字
版 次	2007年7月第1版 2007年7月第1次印刷
印 数	0001—4000册
定 价	19.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 新世纪电子信息与自动化系列课程改革教材

## 编审委员会

### 顾问:

冯博琴 (西安交通大学教授, 第一届国家级教学名师)  
蔡自兴 (中南大学教授, 第一届国家级教学名师)  
蔡惟铮 (哈尔滨工业大学教授, 第一届国家级教学名师)

### 主任委员:

邹逢兴 (国防科学技术大学教授, 第一届国家级教学名师)

### 副主任委员:

刘甘娜 (大连海事大学教授, 教育部非计算机专业计算机基础课程  
教学指导分委员会委员)  
胡德文 (国防科学技术大学教授, 国家杰出青年科学基金获得者)  
龚沛曾 (同济大学教授, 国家级精品课程负责人)  
王移芝 (北京交通大学教授, 国家级精品课程负责人)

### 委员:

孙即祥	陈怀义	叶湘滨	马宏绪	张湘平	高 政
李 革	刁节涛	卢启中	潘孟春	陆 勤	黄爱民
宋学瑞	李云钢	陈立刚	彭学锋	徐晓红	杨益强
陈贵荣	王成友	史美萍	李 迅	徐 欣	王 浩

# 新世纪电子信息与自动化系列课程改革教材

## 总 序

电子信息与自动化系列课程是专业适用面很广的课程系列。随着电子信息时代的到来,特别是进入 21 世纪之后,我国各级各类本科院校相当多的理工科专业都或多或少地开设了该系列课程中的课程。因此,提高该系列课程的教学水平、教学质量,对于提高我国高等教育水平和质量,增强当代大学生应用先进的信息技术解决专业领域问题的能力和业务素质,具有特殊的意义。而教材是课程内容和课程体系的知识载体,对课程改革和建设既有龙头作用,又有推动作用,所以要提高课程教学水平和质量,关键是要有高水平、高质量的教材。

正是基于上述认识,中国水利水电出版社推动成立了“新世纪电子信息与自动化系列课程改革教材”编审委员会,在经过近两年时间的深入调查研究的基础上,策划提出了本系列教材的编写、出版计划。

本系列教材总的定位是面向各级各类高等院校的本科教学,重点是一般本科院校的教学。整个教材系列大体分为电子信息与通信、计算机基础教育和测控技术与自动化三类,共约 50 本主体教材,它们既自成体系,具有信息类学科的系统性、完整性,又有相对独立性。参加本系列教材编写的作者全部是一些重点大学长期从事相关课程教学的教授、副教授,大多是所在单位的学科学术带头人或学术骨干,不少还是全国知名专家教授、国家级教学名师和教育部有关“教指委”专家、国家级精品课程负责人等,他们不仅有丰富的教学经验,而且有丰富的相关领域的科研经验,对有关课程的内涵、特点、内容相关性及应用等都有较深刻的认识和切身体验。这对编写、出版好本系列教材是十分有利的条件。

本系列教材在编写时均遵循了以下指导思想:

### (1) 正确处理先进性和基础性的关系,努力实现两者的统一。

作为进入新世纪的新编信息类教材,既注意在原有同类教材的基础上推陈出新,努力反映学科技术的最新成就,使之具有鲜明的时代特征和先进水平,又注重符合教学规律、教学特点,突出基本原理、基本知识、基本方法和基本技术技能的阐述,着力培养学生应用基础知识分析、解决问题的创新思维能力和将来独立获取、掌握新知识,跟踪相关学科技术发展的能力。

### (2) 正确处理理论与实践的关系,切实贯彻理论与实践紧密结合的原则。

本系列教材绝大多数都是理论与实际结合紧密、实用性很强的课程教材,因此特别强调从应用的角度组织内容,在重视理论系统性的同时,尤其突出实践性、应用性,使学生学了以后懂得有什么用、怎么用。在教材内容阐释时,积极引入“案例”,将基本知识单元、知识点的讲解融入典型案例的解决和研究过程中,以培养学生解决工程实际问题的能力作为突破口。

### (3) 遵循“宽编窄用”的内容选取原则和模块化的内容组织原则。

凡教育部课程“教指委”制定了教学基本内容及要求的课程,所编教材均覆盖基本内容,

满足基本要求；其他教材的内容选取也都尽量符合多数学校和国内外同行专家的共识。在此基础上再改革创新，努力从继承与发展的结合上来准确把握（取舍）内容。模块化的内容组织主要有利于适应不同专业、不同层次、不同学时数的教学组织和安排。

**（4）努力贯彻素质教育与创新教育的思想，尽量采用“问题牵引”、“任务驱动”的编写方式，融入启发式教学方法。**

各知识单元尽量以实际问题、工程实例引出相关知识点，在启发学生分析、解决问题及实例的过程中，讲清原理和概念，提炼解决问题的思路和方法，着力培养学生的创新思维意识、习惯和能力，提高学生思考、分析、解决工程实际问题的素质和能力。

**（5）注重内容编排的科学严谨性和文字叙述的准确生动性，务求好教好学。**

在内容组织上，除条理清晰、逻辑严谨外，还尽量做到重点突出、难点分散、循序渐进，使学生易于理解。在文字叙述上，不仅概念准确、语言流畅，而且力求富有启发性、互动性、感染性、思想性，重视运用形象思维方法和通俗易懂语言，深入浅出地叙述复杂概念，说明难点问题。

**（6）立足于形成立体配套的教材体系，以适应现代化教育教学方法手段的需要。**

每本教材编写出版后都配套制作有 PowerPoint 电子教案，可从中国水利水电出版社网站上免费下载。大部分主教材出版后还将相继出版配套的辅助教材（包括教学辅导、习题解答、实验教程等），有的还将推出相应的多媒体教学资源库、CAI 课件和课程网站，为教师备课、教学和学生自主性、个性化学习提供更多更好的支持。

总之，本系列教材是近年来各位作者及所在学校、学科课程教学改革和科学研究成果的结晶，在内容上、体系上、模式上有一定创新。我相信，它的出版将对推动我国高校电子信息与自动化系列课程的改革发挥积极的作用。

但是，由于电子信息与自动化类学科的内涵十分丰富，课程覆盖面很广，在组织策划本系列教材时难免有挂一漏万和不妥之处，所编教材质量也未必都能如愿，恳请广大读者多提宝贵意见，以使本系列教材渐趋合理、完善。

邹逢兴

2005年6月

# 前 言

本书按照非计算机专业计算机课程基本要求中所规定的数据库技术基础课程的教学内容，并参考教育部制定的计算机基础教学主要课程的教学大纲编写而成。

全书共分9章，第1章为数据库系统概论，介绍数据管理技术发展史、数据库系统的基本概念及数据模型等。第2章至第5章分别介绍关系数据库的关系运算基础理论、关系数据库语言SQL、关系系统的查询优化及关系数据库系统的规范化设计方法。第6章介绍数据库系统实现技术，包括数据库的并发控制机制、数据库安全性的实现、数据库完整性控制和数据库的恢复等主要内容。第7章和第8章分别介绍了数据库应用系统设计方法及数据库应用系统设计实验指导。第9章介绍了SQL Server 2000数据库管理系统的使用方法。另外，每一章后都留有思考题与习题，主要习题的答案在附录给出，以便读者参考。

本书可用作高等学校非计算机专业本科学生数据库技术基础课程的教材，旨在培养学生运用数据库技术进行数据库应用系统设计的能力。一般情况下，课堂讲授学时数应安排40~50学时，集体上机实践时间应安排20~30学时，可根据具体条件适当增减教学内容和学时数。多上机实践是学好本书内容的重要保障，希望读者通过学习本书，尽快掌握数据库应用系统设计的基本技能。

本书由陆勤编著。作者特别感谢邹逢兴教授对本书的出版所给予的巨大帮助。

由于作者水平有限，书中难免存在错误或不当之处，敬请读者批评指正。

编者

2007年5月

# 目 录

总序

前言

<b>第 1 章 数据库系统概论</b> .....	1
1.1 数据管理技术发展史 .....	2
1.1.1 人工管理阶段 .....	2
1.1.2 文件系统管理阶段 .....	2
1.1.3 数据库系统管理阶段 .....	3
1.2 数据库系统 .....	5
1.2.1 数据库系统概念 .....	5
1.2.2 数据库结构 .....	7
1.2.3 数据库系统 .....	8
1.2.4 数据库系统语言 .....	9
1.2.5 数据库系统运行管理与控制软件 .....	11
1.3 数据模型 .....	11
1.3.1 实体—联系模型 .....	12
1.3.2 关系模型 .....	14
1.3.3 层次模型 .....	16
1.3.4 网状模型 .....	17
思考题与习题 .....	18
<b>第 2 章 关系运算</b> .....	19
2.1 关系代数 .....	20
2.1.1 传统的集合运算 .....	20
2.1.2 专门的关系运算 .....	22
2.2 关系演算 .....	26
2.2.1 元组关系演算 .....	26
2.2.2 域关系演算 .....	27
思考题与习题 .....	28
<b>第 3 章 关系数据库语言 SQL</b> .....	31
3.1 SQL 语言概述 .....	32
3.2 数据查询 .....	33
3.2.1 简单查询 .....	34
3.2.2 复杂查询 .....	41



3.3	数据库结构操作.....	48
3.4	数据更新.....	49
3.5	数据库视图操作.....	51
3.6	建立与删除索引.....	56
3.7	数据库安全性.....	56
	思考题与习题.....	59
<b>第4章</b>	<b>关系系统查询优化.....</b>	<b>65</b>
4.1	关系系统及其查询优化.....	66
4.2	查询优化的一般准则.....	68
4.3	关系代数等价变换规则.....	69
4.4	关系系统优化的一般步骤.....	70
	思考题与习题.....	71
<b>第5章</b>	<b>关系数据库的规范化设计.....</b>	<b>73</b>
5.1	问题的提出.....	74
5.2	函数依赖.....	76
5.3	范式的定义.....	77
5.4	关系模式规范化方法.....	80
5.5	关系模式的分解算法.....	84
5.5.1	逻辑蕴涵和函数依赖集合的闭包.....	84
5.5.2	无损连接分解算法.....	85
5.5.3	关系的规范化分解算法基础.....	86
5.5.4	BCNF 和 3NF 算法.....	89
	思考题与习题.....	91
<b>第6章</b>	<b>数据库系统实现技术.....</b>	<b>93</b>
6.1	数据库的并发控制机制.....	94
6.1.1	事务.....	94
6.1.2	事务的并发执行.....	97
6.1.3	封锁.....	98
6.1.4	并发调度的可串行性.....	105
6.1.5	两段锁协议.....	107
6.1.6	封锁粒度.....	110
6.2	数据库安全性的实现.....	112
6.2.1	数据库安全性的含义.....	112
6.2.2	安全性控制的一般方法.....	112
6.3	数据库完整性控制.....	116
6.3.1	数据库完整性的含义.....	116
6.3.2	完整性规则的组成.....	117

6.3.3	完整性约束条件的分类 .....	118
6.4	数据库的恢复 .....	119
6.4.1	数据库恢复的含义 .....	119
6.4.2	数据库系统的主要故障 .....	119
6.4.3	数据库恢复的原理及其策略 .....	121
6.4.4	数据库的故障和恢复的实现技术 .....	124
	思考题与习题 .....	126
<b>第 7 章</b>	<b>数据库应用系统设计 .....</b>	<b>129</b>
7.1	数据库应用系统设计概述 .....	130
7.2	数据库应用系统规划 .....	130
7.3	数据库应用系统分析 .....	130
7.3.1	详细调查 .....	130
7.3.2	系统分析 .....	131
7.4	数据库应用系统设计 .....	132
7.5	数据库应用系统实现 .....	133
	思考题与习题 .....	135
<b>第 8 章</b>	<b>数据库应用系统设计实验指导 .....</b>	<b>137</b>
	思考题与习题 .....	143
<b>第 9 章</b>	<b>SQL Server 2000 数据库管理系统简介 .....</b>	<b>145</b>
9.1	关于 SQL Server .....	146
9.2	SQL Server 2000 的主要组件 .....	146
9.3	SQL Server 的主要数据库类型 .....	147
9.4	SQL Server 系统表简介 .....	148
9.5	Transact-SQL 程序设计 .....	149
9.5.1	变量 .....	149
9.5.2	流程控制命令 .....	150
9.5.3	用户自定义函数 .....	154
9.6	运用 SQL Server 管理数据库 .....	155
9.6.1	企业管理器 .....	155
9.6.2	创建数据库 .....	158
9.6.3	表操作 .....	163
9.6.4	视图 .....	167
	思考题与习题 .....	173
<b>附录</b>	<b>本书部分习题参考解答 .....</b>	<b>175</b>
<b>参考文献</b>	.....	<b>203</b>



# 第 1 章

## 数据库系统概述

本章重点介绍数据库的有关知识,包括数据管理技术发展简史、关于数据库系统的基本概念、常见的三种数据模型的特点。要求了解数据库的三个发展阶段及各阶段的主要特点,掌握有关数据库的基本概念、数据库系统的组成及各部分的主要功能。重点掌握实体、属性定义和实体型之间的联系类型及特点。了解三种数据模型的特点及区别,为后面各章的学习打下基础。

## 1.1 数据管理技术发展史

数据库技术是计算机科学中发展最快的领域之一，也是应用最广的技术之一，它已成为计算机信息系统与应用系统的核心技术和重要基础。数据作为表达信息的一种量化符号，正在成为人们处理信息时重要的操作对象。数据处理是对数据进行收集、整理、排序、加工、统计和传输等一系列操作。数据处理的目的是从海量信息中，提取出有用的数据信息，作为决策依据。数据管理是指对数据的组织、编码、分类、存储、检索和维护。计算机的出现及其硬件、软件的迅速发展，加之数据库理论和技术的发展，为数据管理进入一个革命性阶段提供了有力的支持。根据数据和应用程序的相互依赖关系、数据共享以及数据的操作方式，数据管理的发展可以分为三个具有代表性的阶段，即人工管理阶段、文件系统管理阶段和数据库系统管理阶段。

### 1.1.1 人工管理阶段

20 世纪 50 年代中期以前，计算机硬件和软件发展处于刚刚起步阶段，没有大容量的存储设备，在进行科学计算时，必须把程序和要计算的数据通过打孔的纸带送入计算机中。

人工管理阶段数据管理具有如下特点：

(1) 数据由人工保存和管理。当时计算机主要用于科学计算，对于数据保存的需求尚不迫切，没有专用的软件对数据进行管理。

(2) 一组数据只能面向一个应用程序，不能实现多个程序共享数据。每个应用程序都包括数据的存储结构、存取方法、输入方式等，程序员不仅要编写程序，还要安排数据的物理存储，因此工作负担重。由于数据是面向程序的，一组数据只能对应一个程序。即使多个应用程序涉及某些相同的数据时，也必须各自定义，因此程序之间有大量的冗余数据。

(3) 不同程序间不能直接交换数据，数据没有任何独立性。由于程序依赖于数据，因而如果数据的类型、格式、输入/输出方式等逻辑结构或物理结构发生变化，就必须对应用程序做出相应的修改。

图 1.1 表述了人工管理阶段应用程序与数据之间的对应关系。

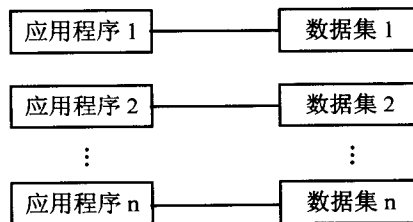


图 1.1 人工管理阶段应用程序与数据之间的对应关系

### 1.1.2 文件系统管理阶段

20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期，计算机硬件的发展出现了磁带、磁鼓等直接存取设备。软件的发展为操作系统提供了文件管理系统。一个应用程序对应一组文件，不同的应用系统之间可

以经过转化程序共享数据。多个应用程序可以共享一组文件，但多个应用程序不能同时访问共享文件组，图 1.2 表述了文件系统管理阶段应用程序与数据之间的对应关系。

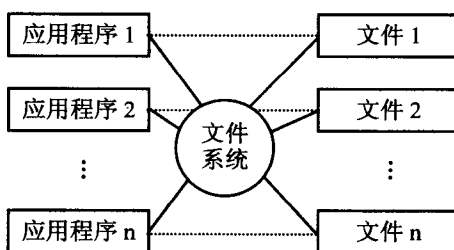


图 1.2 文件系统管理阶段应用程序与数据之间的对应关系

文件系统管理数据具有如下特点：

(1) 数据可以文件形式长期保存下来。用户可随时对文件进行查询、修改和增删等处理。

(2) 文件系统可对数据的存取进行管理。程序员只与文件名打交道，不必明确数据的物理存储，大大减轻了程序员的负担。

(3) 文件形式多样化。有顺序文件、倒排文件、索引文件等，因而对文件的记录可顺序访问，也可随机访问，更便于存储和查找数据。

(4) 程序与数据间有一定独立性。由专门的软件即文件系统进行数据管理，程序和数据间由软件提供的存取方法进行转换，数据存储发生变化不一定影响程序的运行。

与人工管理阶段相比，文件系统管理阶段对数据的管理有了很大的进步，但一些根本性问题仍未得到彻底解决，主要表现在以下三个方面：

(1) 数据冗余度大。各数据文件之间没有有机的联系，一个文件基本上对应于一个应用程序，数据不能共享。

(2) 数据独立性低。数据和程序相互依赖，一旦改变数据的逻辑结构，必须修改相应的应用程序。而应用程序发生变化，如改用另一种程序设计语言来编写程序，也需要修改数据结构。

(3) 数据一致性差。由于相同数据的重复存储、各自管理，在进行更新操作时，容易造成数据的不一致性。

### 1.1.3 数据库系统管理阶段

主要是指 20 世纪 60 年代后期以后，计算机硬件和软件又有了新的发展，硬件有了大容量的磁盘，软件出现了解决数据共享的数据库管理系统 (Database Management System, DBMS)。通过数据库管理系统管理大量的数据，不仅实现了数据的永久保存，而且真正解决了数据的方便查询和一致性维护问题，并且能严格保证数据的安全。图 1.3 表述了数据库管理系统阶段应用程序与数据之间的对应关系。

用数据库系统来管理数据具有如下特点：

(1) 具有面向各种应用的数据组织和结构。文件系统中，每个文件面向一个应用程序。而现实生活中，一个事物或实体，含有多方面的应用数据。例如，一个学生的全部信息，包括学生的学籍和成绩信息，还有学生健康方面的信息。这些不同的数据将对应于教务部门和健康部门的不同应用。

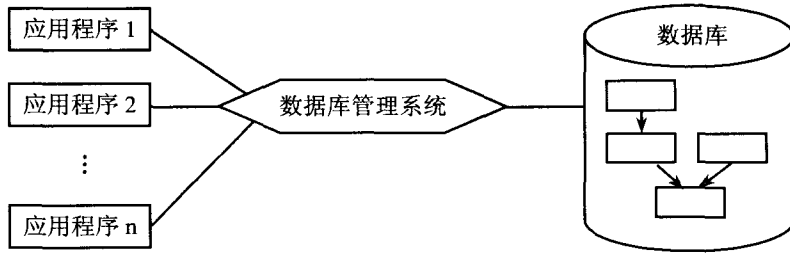


图 1.3 数据库管理系统阶段应用程序与数据之间的对应关系

对学生的全部信息，如果采用文件系统，至少要建立两个独立的文件，都要存储学生的姓名、学号、年龄、性别等学生的基本信息。如果采用数据库系统管理，在数据库设计的时候，就要考虑学生信息的各种应用。设计面向多种应用的数据结构，如学生的学籍数据、学生的健康数据等，使整个实体的多方面应用的数据具有整体的结构化描述，同时也要为数据针对不同应用的存取方式提供各种灵活性。

(2) 具有高度的数据独立性。数据结构可分为数据的物理存储结构和数据的逻辑结构。数据的物理存储结构是指数据在计算机物理存储设备（硬盘）上的存储结构。在数据库中，数据在磁盘上的存储结构是由 DBMS 来管理和实现的，用户或应用程序不必关心。

数据的逻辑结构又分为局部逻辑结构和全局逻辑结构。而且不同的应用程序只与自己局部数据的逻辑结构相关。例如，教务部门只关心学生的学习成绩和选课数据，健康部门只关心学生的健康数据。

(3) 实现数据的高度共享并保证数据的完整性和安全性。由数据库管理系统管理的数据可以提供多个用户或应用程序同时并发访问同一个数据库中的数据记录或同一个数据项，并要保证数据的安全性、完整性和一致性。

为确保数据库数据的正确有效和数据库系统的正常运行，数据库管理系统提供下述四个方面的数据控制功能：

(1) 数据的安全性 (Security) 控制。防止不合法使用数据造成数据的泄露和破坏，保证数据的安全和机密。

例如，系统提供口令检查或其他手段来验证用户身份，防止非法用户使用系统；也可以对数据的存取权限进行限制，只有通过检查后才能执行相应的操作。

(2) 数据的完整性 (Integrity) 控制。系统通过设置一些完整性规则以确保数据的正确性、有效性和相容性。

1) 正确性是指数据的合法性，如年龄属于数值型数据，只能含 0, 1, ..., 9, 不能含字母或特殊符号。

2) 有效性是指数据是否在其定义的有效范围内，如月份只能用 1~12 之间的正整数表示。

3) 相容性是指表示同一事实的两个数据应相同，否则就不相容，如一个人不能有两个性别。

(3) 并发 (Concurrency) 控制。多用户同时存取或修改数据库时，防止相互干扰而提供给用户不正确的数据，并使数据库受到破坏。

(4) 数据恢复 (Recovery)。当数据库被破坏或数据不可靠时，系统有能力将数据库从错误状态恢复到最近某一时刻的正确状态。

综上所述，数据库实现了将有组织的、大量的数据长期存储在计算机内，供多用户共享，具有

最小数据冗余度和较高的数据独立性。DBMS 在数据库建立、运行和维护时对数据库进行统一控制,以保证数据的完整性、安全性,并在多用户同时使用数据时进行并发控制,在发生故障后对系统进行恢复。

## 1.2 数据库系统

### 1.2.1 数据库系统概念

数据库系统中的数据是一些已被规格化和结构化且相互关联的数据集合,这些数据中不存在有害的或无意义的冗余;数据的组织与存储结构与使用这些数据的程序相互独立;数据库中的数据可同时为多个应用程序服务;数据库中的数据定义、输入、修改和检索等所有操作均按一种公用的且可控的方式进行。一个数据库系统实际上由三部分内容组成,它们是数据库、多种应用和数据库管理系统。这三部分之间的相互关系如图 1.4 所示。

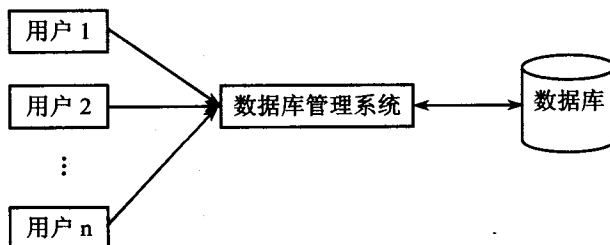


图 1.4 数据库系统组成

(1) 数据库。相互关联的且具有最小冗余的数据在其中按照一定物理组织结构存放,并且从用户和数据库管理系统角度来看,这些数据又是按一定逻辑结构组织的。这种物理组织结构和逻辑组织结构在最大程度上与用户所编制的应用程序相互独立。

(2) 多种应用。数据库中的数据,在数据库管理系统的控制与管理之下,可以同时为多种不同的应用程序提供服务,即可以为多个不同目的用户服务,各用户所操作使用的数据可以是相互交叉的。用户的操作方式既可以按以数据输入/输出和数据维护为主的数据流量较大的批处理方式进行;也可以按以查询为主的数据流量较小的联机处理方式进行,必要时还可以通过编程来完成对数据库中数据的各种操作。

(3) 数据库管理系统。它一方面负责对数据库中的数据进行管理和维护;一方面为用户操作数据库中的数据提供一种公用的操作方法,接收用户的操作命令,帮助完成有关的对数据库的操作并保障数据库的安全。

根据对数据库的定义以及数据库系统基本组成及作用的描述,一个数据库系统应该具有以下五个基本特点:

(1) 由于数据库系统是从整体角度考虑数据的组织,因此它必须有能够描述能够反映客观事物及其相互联系的复杂数据模型,使它能够对数据本身及相互间的各种关系进行充分描述,这也是人们为什么要采用数据库系统来进行数据管理的主要原因之一。目前数据库系统共提供了四种数据模型,它们是层次数据模型、网状数据模型、关系数据模型和对象数据模型,一种类型数据库系统

通常只提供其中一种数据模型描述方法，即只支持其中一种数据模型的数据逻辑组织结构。

(2) 数据库中数据的独立性。为了说明这一点，首先介绍两个概念：

- 1) 数据在物理存储设备上的组织结构被称为数据的物理组织。
- 2) 数据在用户或应用程序面前所表现出的组织结构被称为数据的逻辑组织。

一种数据的逻辑组织，可以采用不同的物理组织来实现，物理组织的好坏影响着系统的性能和效率。在运行阶段中，由于性能的要求或存储设备的改变，而引起数据物理组织的改变，这种改变称为数据的再组织。用户在编制应用程序时，则是根据数据的逻辑组织对数据进行操作的。因此数据物理组织的变化，不会影响数据的逻辑组织，因而也就不会影响已有的应用程序，这种情况被称为数据的物理独立性。

数据的逻辑独立性是指当数据的逻辑组织发生变化时，如数据模型中增加了新的记录类型，某一记录类型中增加了新的数据项等，原有应用程序的执行不受影响或影响最小。数据的独立性，包括物理和逻辑的独立性，都是由数据库管理系统进行维护的。

(3) 数据共享。由于数据库是从整体的角度对数据进行组织的，并在保证数据一致性的情形之下，使数据库中的数据为尽可能多的用户提供应用服务。这些用户所使用的数据可以是交叉的，即数据可以共享。如果数据不能共享，数据库中则必然会出现大量的冗余数据，这样不仅造成存储空间的浪费，更主要的是由此可能带来数据不一致的隐患。

(4) 数据库系统的安全性、可靠性与完整性。一个数据库系统的可靠性体现在它的软件系统运行故障率很小以及在数据库系统由于各种意外而出现故障时，数据库中的数据损失最小；安全性是指数据库系统对其所存储的数据的保护能力，能够有效地防止数据被有意无意地泄露或篡改，控制数据的授权访问等。而数据库系统的完整性则是指在多用户操作数据情况下，数据能够保持一致性。这些特性可以从以下几个方面进行说明：

1) 安全性控制。安全性控制主要指的是数据库的保密性。并不是每个用户都能够存取数据库中所有数据的，负责人和全体工作人员允许掌握的数据范围显然是有区别的，数据库系统把各用户存取数据的权利分成若干等级，如教学人员作为一个用户可以登录学生的成绩，而学生作为一个用户则仅可以查阅成绩而无法对它进行修改或删除。通过对各个用户授予不同的使用权限，以确保数据库免遭损害和被非法使用，通常采用口令密码以及数据库中数据访问授权等方法对使用者操作数据的合法权进行检验，以实现数据库数据安全性的保护控制。

2) 完整性控制。所谓完整性包括数据的正确性、有效性和相容性。正确的数据不一定是有效的。如若用两位阿拉伯数字来表示月份，当输入 14 来代表月份时显然是无效的。数据库系统应提供尽可能多的检验措施，以确保数据库中的数据满足用户所要求的各种约束条件。

3) 并发控制。在多用户操作使用数据库系统的情况下，不同用户并行地操作数据库就可能引起对数据库的干扰，从而使得数据库中的数据发生不一致的问题。如当甲用户从数据库中预定了仅剩的一张机票之后，若在数据库尚来不及将剩余的机票数改为零时，乙用户又请求订票时怎么办？显然对这种并发的操作要采取某种控制措施，最常用的方法是封锁技术，以排除和避免这种错误的发生，保证数据库中数据的操作能够正确执行。

4) 故障的发现与恢复。由于数据库系统在运行过程中很难保证不产生故障、出现异议或受到破坏，而且往往这些情况发生的时间都是随机的，如断电、用户误操作等，而重建一个数据库往往要花费很大的精力和代价，有时甚至是不可能的，因此数据库系统应提供应急保护措施，一旦系统的软硬件发生故障或用户误操作导致系统异常时，系统应能够以尽量小的代价，尽快地恢复数据库



的内容和系统的正常运行。

(5) 良好的人机接口与性能,任何数据库系统最终都是要和用户打交道,系统所具有的各种功能最终都需要由用户来进行操作使用。简单易学、操作简便和用户界面友好是任何一个数据库系统所必须的。此外系统的响应速度、单位时间内数据的吞吐量也是衡量数据库性能的重要指标。

### 1.2.2 数据库结构

在数据库技术中,为了提高数据库中数据的逻辑独立性和物理独立性,采用了分级(层)方法,将数据库中数据的组织结构划分成多个级(层)。根据美国国家标准协会(ANSI)所提出的报告,数据库的数据组织结构可以分为三个相互关联的层次,它们分别是物理层、逻辑层和视图层。

(1) 物理层抽象。这是最低层次的抽象,描述数据实际上是如何存储的。物理层详细描述复杂的低层数据结构,是开发DBMS的数据库供应商应该研究的事情。

(2) 逻辑层抽象。这是比物理层稍高层次的抽象,描述数据库中存储什么数据以及这些数据间存在什么关系。因而整个数据库可通过少量相对简单的结构来描述。虽然简单的逻辑层结构的实现涉及到复杂的物理层结构,但逻辑层的用户不必知道这种复杂性。逻辑层抽象是由数据库管理员和数据库应用开发人员使用的,它们必须确定数据库中应该保存哪些信息。

(3) 视图层抽象。这是最高层次的抽象,但只描述整个数据库的某个部分。尽管在逻辑层使用了比较简单的结构,但由于数据库的规模巨大,所以仍存在一定程度的复杂性。数据库系统的多数用户并不需要关心所有的信息,而只需要访问数据库的一部分。视图抽象层的定义正是为了使用户与系统的交互更简单。系统可以为同一数据库提供多个视图,而视图又保证了数据的安全性。

如果你是一个最终用户,你根本就不关心数据存储和维护的细节。但是如果你是一个数据库管理员,那么有些细节上的东西你就必须要清楚。数据库管理系统可以为不同的用户提供不同的视图,也就使他们所看到的数据库是不一样的。这就需要进行数据抽象,以形成这些不同的视图。

根据前面讨论的数据抽象层次的不同,数据库模式又可分为:

- (1) 物理模式,也称为“内模式”。
- (2) 逻辑模式,通常简称为“模式”。
- (3) 子模式,也称为“外模式”。

通常,数据库管理系统支持一个物理模式、一个逻辑模式和多个子模式。

由于一个数据库是采用上述的三级模式结构方式对其中的数据组织进行描述的,从而较好地保证了数据的逻辑独立性和物理独立性,方便了用户对数据库中数据的操作使用,减少了数据冗余。这三层模式之间的相互关系如图1.5所示。由于数据库中数据实际上是按照物理层数据模式进行存储的,而概念层数据模式和用户层数据模式都只是对物理层数据模式描述数据的一种逐级(层)的逻辑抽象,用户在对数据库进行操作时,都必须通过数据库管理系统来完成从用户层数据模式到概念层数据模式、概念层数据模式到物理层数据模式之间这两种映射,当然这两种映射是由管理系统自动完成的,对用户是透明的。

数据库系统具有三级模式(模式、外模式、内模式)、二级映像(外模式/模式映像和模式/内模式映像)的体系结构。

模式描述的是数据的全局逻辑结构,外模式描述的是数据的局部逻辑结构。对应于同一个模式可以有任意多个外模式。对于每一个外模式,数据库系统都有一个外模式/模式映像,它定义了该外模式与模式之间的对应关系。