



数据库原理及应用

刘玉宝	主 编
祝海英	副主编
陈 立	主 审
陈玉明	

内 容 提 要

本书是以高等院校培养应用型本科人才的发展目标而编写的,介绍了数据库系统原理与应用以及数据库系统开发技术。全书共分为十章,主要内容包括:数据库系统概述、关系数据库系统理论基础、SQL Server 2000 的使用、数据库安全及维护、数据库系统设计、数据库访问技术介绍、使用 C#和 ADO.NET 操作数据库、使用 C#开发 Windows 数据库应用程序、基于 C#和 ASP.NET 的 Web 数据库应用程序、数据库新技术概述。本书在讲述理论的同时与 SQL Server 2000 有机结合,使理论与实践同步,同时介绍了使用 C#和 ASP.NET 开发数据库应用程序的技术。

本书内容丰富、结构合理、实用性强、理论叙述严谨、应用能力的培养目标明确。读者学完本门课程后,能够具备数据库应用系统的独立开发能力。书中的开发实例均是作者的实际研发项目,具有较高的参考价值和实用价值。

本书可作为各大学、专科院校计算机及信息专业的教科书,也可作为高职高专学校在校生的教科书,同时也适合具有同等文化程度的读者自学以及从事数据库应用程序开发人员参考之用。

本书配有电子教案,授课教师可以根据需要任意修改。书中全部案例源码及电子教案均可由中国水利水电出版社网站下载,网址为 www.waterpub.com.cn/softdown/。

图书在版编目(CIP)数据

数据库原理及应用 / 刘玉宝主编. —北京:中国水利水电出版社, 2006

(21 世纪高等院校计算机科学与技术规划教材)

ISBN 7-5084-3797-7

I. 数… II. 刘… 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 (2006) 第 048186 号

书 名	数据库原理及应用
作 者	刘玉宝 主编 祝海英 陈 立 副主编 陈玉明 主审
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: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机) 68331835 (营销中心) 82562819 (万水) 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	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 19.5 印张 473 千字
版 次	2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	28.00 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

前 言

数据库技术是数据管理的最新技术,是计算机科学的重要分支。自 20 世纪 60 年代中期产生到今天,已经应用于社会生产和生活的各个领域。其发展速度之快、应用之广泛是其他计算机科学技术分支所不能比拟的。目前数据库技术已成为信息系统和应用软件系统的核心技术和重要基础,而且围绕数据库技术现已形成了一个巨大的软件产业,即数据库管理系统和各类应用软件的设计与发行。

本书是组织了多年讲授数据库原理与数据库应用技术的一线教师,结合自己的教学经验和教学体会,整理和丰富了教学讲义而编写的。本书的特点在于能够把数据库系统原理和 SQL Server 2000 及其 C#、ASP.NET 有机结合起来,理论叙述严谨,应用能力培养目标明确,使读者在学习过程中做到理论与实践相结合,并且掌握使用最新的软件开发工具开发数据库应用程序的技能;内容叙述力求简单明了、深入浅出,在数据库技术应用相关章节尽量避免冗长的理论叙述,而侧重于技术的应用与程序开发能力的培养,使学生学完本课程后能具备数据库应用程序开发能力,快速适应实际工作。

全书共分为十章和两个附录,参考学时为 56~72 学时。使用者可以根据实际情况进行适当的取舍。

第 1 章数据库系统概述,主要介绍了数据库的基本概念,数据库技术的发展,数据库系统的组成与结构,数据模型的概念与分类。

第 2 章关系数据库系统理论基础,主要介绍了关系模型,关系数据结构及形式化定义,关系代数,关系数据库标准语言 SQL 以及关系规范化理论等。

第 3 章 SQL Server 2000 的使用,主要介绍了 SQL Server 2000 系统的组成及基本特性,SQL Server 2000 的安装方法,Transact-SQL 语句的使用,SQL Server 2000 数据库管理,表的管理与使用,视图的创建与管理,索引的创建与管理,存储过程与触发器的使用。

第 4 章数据库安全及维护,主要介绍了数据库安全性控制原理,使用 SQL Server 2000 实现数据库安全性控制;数据库完整性控制原理,使用 SQL Server 2000 实现数据库完整性约束;数据库恢复技术,使用 SQL Server 2000 实现数据库的备份与恢复以及并发控制等。

第 5 章数据库系统设计,主要介绍了数据库系统设计的内容和特点,数据库的设计步骤、需求分析、概念结构设计、逻辑结构设计、物理结构设计以及数据库的实施和维护等。

第 6 章数据库访问技术介绍,主要介绍了 ODBC 工作原理及使用方法,ADO 模型的层次结构,使用 ADO 技术访问数据库的方法,ADO.NET 的体系结构的组成及工作原理。

第 7 章使用 C#和 ADO.NET 操作数据库,主要介绍了数据提供程序的选择,SqlConnection 的使用,OleDbConnection 的使用,OracleConnection 的使用,数据的获取,DataReader 的使用以及 DataSet 和 DataAdapter 的使用等。

第 8 章使用 C#开发 Windows 数据库应用程序,主要介绍了简单数据绑定,复杂数据

绑定, 数据源的类型, DataGrid 的使用以及 Windows 应用程序开发实例等。

第 9 章基于 C# 和 ASP.NET 的 Web 数据库应用程序, 主要介绍了 Web 窗体的建立方法, 数据绑定到 DataGrid 的方法, DataGrid 中分页显示数据的实现, 使用 DataGrid 操作数据的方法以及 Web 程序开发实例等。

第 10 章数据库新技术概述, 主要介绍了分布式数据库的概念、特点和体系结构, 面向对象数据库的理论和实现方法, 数据仓库技术以及数据挖掘技术等。

附录 A ASP.NET 简介和附录 B C# 语言简介介绍了 ASP.NET 和 C# 语言的基本应用, 以便于读者在学习过程中查阅和参考。

全书内容丰富、结构合理、实用性强。其中第 8、9 章的两个程序实例是作者实际的研发项目, 具有较高的参考价值和实用价值; 第 10 章和附录 A 附录 B 的内容可以根据实际情况进行取舍, 对 ASP.NET 和 C# 语言不熟悉的读者还可以仔细研读附录 A 和附录 B 的内容, 并且在此基础上查阅相关的书籍, 以达到更好的学习效果。

本书由刘玉宝担任主编, 祝海英、陈立担任副主编, 参加编写的人员还有孙玉钰、李颖昉、李纯莲、边晶、王献荣。其中第 2、3 章由刘玉宝编写, 第 4 章由祝海英编写, 第 7、8 章由陈立编写, 第 1、5 章由孙玉钰编写, 第 9、10 章由李颖昉编写, 附录 B 由李纯莲编写, 附录 A 由边晶编写, 第 6 章由王献荣编写, 最后由刘玉宝统一定稿。全书由陈玉明教授担任主审。

在本书编写的过程中得到了单位的领导和同仁的热情帮助和支持, 在此表示衷心的感谢!

本书的编写参考了广大同行专家的著作和成果, 在此对他们表示衷心的感谢!

对那些在互联网上为数据库技术的普及与发展做出贡献的同行们, 同样表示真诚的谢意!

由于时间仓促, 加之作者的水平有限, 书中难免有疏漏和不足之处, 恳请同行专家和广大读者批评指正。

编 者

2006 年 1 月

目 录

前言

第1章 数据库系统概述	1
1.1 基本概念	1
1.1.1 数据	1
1.1.2 数据库	2
1.1.3 数据库管理系统	2
1.1.4 数据库系统	2
1.2 数据库技术的发展	3
1.2.1 人工管理阶段	3
1.2.2 文件系统阶段	4
1.2.3 数据库系统阶段	4
1.3 数据库系统的组成与结构	5
1.3.1 数据库系统的组成	5
1.3.2 数据库系统结构	6
1.4 数据模型	8
1.4.1 数据模型的概念	8
1.4.2 概念模型	8
1.4.3 层次模型	10
1.4.4 网状模型	10
1.4.5 关系模型	11
本章小结	12
习题	12
第2章 关系数据库系统理论基础	13
2.1 关系模型概述	13
2.2 关系数据结构及形式化定义	14
2.2.1 关系的数学定义	14
2.2.2 关系的性质	15
2.2.3 关系模式	15
2.3 关系的完整性	16
2.3.1 实体完整性 (Entity Integrity)	16
2.3.2 参照完整性 (Referential Integrity)	17
2.3.3 用户定义完整性	17

2.4	关系代数	17
2.4.1	传统的集合运算	18
2.4.2	专门的关系运算	18
2.5	关系数据库标准语言 SQL	24
2.5.1	SQL 语言基本知识	24
2.5.2	数据定义命令	26
2.5.3	数据查询语言	28
2.5.4	数据更新语言	36
2.5.5	视图	38
2.5.6	数据控制	43
2.6	关系规范化理论	44
2.6.1	问题的提出	44
2.6.2	关系的规范化	46
	本章小结	51
	习题	51
第 3 章	SQL Server 2000 的使用	53
3.1	SQL Server 2000 的特性	53
3.1.1	SQL Server 关系数据库发展简史	53
3.1.2	SQL Server 的特点	53
3.2	安装 SQL Server 2000	54
3.2.1	安装 SQL Server 2000 对用户环境的要求	54
3.2.2	安装 SQL Server 2000	55
3.3	SQL Server 2000 系统的组成	57
3.3.1	数据库	57
3.3.2	SQL Server 工具和实用程序	58
3.4	Transact-SQL 语言简介	59
3.4.1	概述	59
3.4.2	Transact-SQL 语句类型	60
3.4.3	Transact-SQL 语言编程基础	72
3.5	SQL Server 数据库管理	79
3.5.1	文件和文件组	79
3.5.2	创建数据库	80
3.5.3	查看数据库信息	84
3.5.4	管理数据库	85
3.5.5	删除数据库	89
3.6	表的管理与使用	89
3.6.1	SQL Server 数据类型	89

3.6.2	数据库中表的创建	91
3.6.3	数据库中表的删除	93
3.6.4	数据库中表的修改	93
3.6.5	查看表的属性	95
3.6.6	表的重命名	95
3.6.7	编辑维护表格数据	96
3.7	视图及其应用	100
3.7.1	视图的创建和查询	100
3.7.2	视图的修改和删除	103
3.7.3	通过视图修改数据	104
3.8	索引的创建与管理	105
3.8.1	创建索引	106
3.8.2	查看、修改和删除索引	108
3.9	存储过程与触发器	109
3.9.1	存储过程的使用与管理	109
3.9.2	触发器的使用与管理	111
本章小结		113
习题		113
第4章	数据库安全及维护	115
4.1	数据库安全性	115
4.1.1	安全性概述	115
4.1.2	数据库安全性控制	116
4.1.3	SQL Server 2000 实现数据库安全性	118
4.2	数据库的完整性	126
4.2.1	完整性约束条件	126
4.2.2	完整性控制	128
4.2.3	SQL Server 2000 实现数据库完整性	129
4.3	数据库恢复技术	137
4.3.1	事务的基本概念	137
4.3.2	故障的种类	138
4.3.3	转储和恢复	139
4.3.4	日志文件	141
4.3.5	SQL Server 2000 实现数据库的备份与恢复	142
4.4	并发控制	147
4.4.1	并发控制概述	147
4.4.2	封锁	149
本章小结		153

习题	153
第 5 章 数据库设计	154
5.1 数据库设计概述	154
5.1.1 数据库设计内容	154
5.1.2 数据库设计的特点	155
5.2 数据库设计步骤	155
5.2.1 需求分析	156
5.2.2 概念结构设计	160
5.2.3 逻辑结构设计	167
5.2.4 物理结构设计	170
5.2.5 数据库的实施和维护	172
本章小结	174
习题	175
第 6 章 数据库访问技术介绍	176
6.1 ODBC 的使用	176
6.1.1 ODBC 概述	176
6.1.2 ODBC 数据源的配置	177
6.2 ADO 的使用	180
6.2.1 ADO 技术概述	180
6.2.2 使用 ADO 技术访问数据库举例	182
6.3 ADO.NET 简介	185
6.3.1 ADO.NET 技术的设计目标	185
6.3.2 ADO.NET 的体系结构	186
6.3.3 ADO.NET 数据对象介绍	192
本章小结	193
习题	194
第 7 章 使用 C#和 ADO.NET 操作数据库	195
7.1 数据库的连接	195
7.1.1 SqlConnection 的使用	197
7.1.2 OleDbConnection 的使用	198
7.1.3 OdbcConnection 的使用	199
7.1.4 OracleConnection 的使用	200
7.2 数据的获取	203
7.2.1 创建 Command 对象	203
7.2.2 执行命令	203
7.2.3 参数化查询	208
7.2.4 执行存储过程	210

7.3	DataReader 的使用	212
7.3.1	DataReader 简介	212
7.3.2	使用 DataReader 读取数据	214
7.3.3	在 DataReader 中使用多个结果集	215
7.4	DataSet 和 DataAdapter 的使用	217
7.4.1	DataSet 简介	217
7.4.2	DataAdapter 简介	217
7.4.3	利用 DataSet 和 DataAdapter 访问数据	218
7.4.4	类型和无类型 DataSet	220
7.5	性能	221
	本章小结	222
	习题	222
第 8 章	使用 C# 开发 Windows 数据库应用程序	223
8.1	数据绑定	223
8.1.1	简单数据绑定	224
8.1.2	复杂数据绑定	225
8.2	数据源的类型	226
8.2.1	数组作为数据源	226
8.2.2	数据表作为数据源	226
8.2.3	数据集作为数据源	227
8.2.4	数据视图作为数据源	227
8.3	DataGrid 的使用	228
8.4	应用实例	230
	本章小结	237
	习题	237
第 9 章	基于 C# 和 ASP.NET 的 Web 数据库应用程序	238
9.1	Web 程序设计基础	238
9.1.1	建立 Web 窗体	238
9.1.2	数据绑定到 DataGrid	239
9.1.3	DataGrid 中分页的实现	241
9.2	使用 DataGrid 操作数据	241
9.3	应用实例	242
9.3.1	网站中的几个文件	244
9.3.2	客户端部分	246
9.3.3	网站服务端部分	247
	本章小结	262
	习题	262

第 10 章 数据库新技术概述	263
10.1 分布式数据库	263
10.1.1 分布式数据库系统的概念	264
10.1.2 分布式数据库系统的特点	265
10.1.3 分布式数据库系统的体系结构	265
10.1.4 分布式数据库系统的发展前景	267
10.2 面向对象数据库	267
10.2.1 面向对象数据模型	267
10.2.2 面向对象数据库建模	271
10.2.3 对象-关系数据库	274
10.3 数据仓库	275
10.3.1 数据仓库的定义与特征	275
10.3.2 数据仓库系统的体系结构	277
10.3.3 数据仓库的数据库模式	278
10.3.4 数据仓库工具	279
10.4 数据挖掘技术	281
10.4.1 数据挖掘的主要功能	281
10.4.2 数据挖掘的方法及工具	281
10.4.3 数据挖掘的实施步骤	282
10.4.4 数据挖掘应用现状	282
10.4.5 数据挖掘中存在的问题	283
本章小结	283
习题	284
附录 A ASP.NET 简介	285
附录 B C#简介	293
参考文献	301

第 1 章 数据库系统概述

主要内容

- 数据库的基本概念
- 数据库技术的发展
- 数据库系统的组成与结构
- 数据模型的概念与分类

在计算机的三大主要应用领域，即科学计算、数据处理和过程控制中，数据处理是其中的重要方面。数据库技术作为数据处理中的一门技术，是于 20 世纪 60 年代末 70 年代初产生和发展起来的。

数据库技术是计算机数据管理技术发展的新阶段，其所研究的问题就是如何科学地组织和存储数据，如何高效地获取和处理数据。

作为数据管理的主要技术，数据库技术目前已广泛应用于各个领域，在事务处理、情报检索、人工智能、专家系统、计算机辅助设计等方面都表现出了其强大的功能，成为了计算机系统的重要组成部分。近年来，数据库技术还和计算机网络技术的发展相互渗透、相互促进，使得它成为了当今计算机领域发展迅速、应用广泛的一门技术。

1.1 基本概念

数据库技术涉及许多基本概念，主要包括：数据、数据处理、数据库、数据库管理系统以及数据库系统等。

1.1.1 数据

数据是指人们用来反映客观世界而记录下来的可以鉴别的数字、字母或符号，可以存储在某一媒体上。所以数据的概念包括两方面的含义：一是描述事物特性的数据内容，也就是我们常说的信息，二是存储在某一媒体上的数据形式，即符号。数据是承载信息的物理符号或称之为载体，而信息是数据的内涵。我们用一定的符号表示信息，而符号可以是多种多样的，而采用什么符号完全是人为规定的，例如某人的出生日期是 1977 年 4 月 21 日，当然也可以将该形式改写为 04/21/77，但其含义并没有改变。因此同一信息可以有不同的数据表示方式，而同一数据也可以有不同的解释。

现在数据已经有了更广泛的含义，除了数字、字母、文字和其他特殊字符组成的文本形式的数据，图形、图像、动画、影像、声音（包括语音、音乐）等多媒体数据也已成为了计算机的处理对象。

1.1.2 数据库

在社会飞速发展的今天，人们需要处理的数据量急剧增加，过去的手工管理已经远远不能满足人们对于信息的渴求，借助计算机软件技术来保存和管理复杂的大量的数据正是数据库技术应运而生的原因。

数据库是指长期存储在计算机内、有组织、可共享、可以表现为多种形式的数据集合。

数据库中的数据具有如下特点：

- 按一定的数据模型组织、描述和存储。
- 具有较小的冗余度。
- 具有较高的数据独立性和易扩展性。
- 可被用户共享。

更加直观地，我们可以把数据库理解为存放数据的仓库。只不过这个仓库是在计算机的大容量存储器上，比如硬盘。数据库中的数据按一定的格式存放，便于查找。

1.1.3 数据库管理系统

数据库管理系统（DataBase Management System，简称 DBMS）是位于用户与操作系统之间的一层数据管理软件，正如使用高级语言需要解释/编译程序的支持一样，使用数据库语言也需要一个特定的支持软件，这就是“数据库管理系统”。

数据库管理系统的主要任务是科学有效地组织和存储数据、高效地获取和管理数据、接受和完成用户提出的访问数据的各种请求。

数据库管理系统的主要功能包括以下几个方面：

（1）数据定义功能。提供数据定义语言 DDL（Data Definition Language），用户通过它可以方便地对数据库中的数据对象进行定义。例如对数据库、表、索引进行定义。

（2）数据操纵功能。提供数据操纵语言 DML（Data Manipulation Language），用户通过它可以实现对数据库的基本操作。例如对表中数据的查询、插入、删除和修改等。

在微机数据库管理系统中，DDL 和 DML 通常合二为一，构成一体化的语言。

（3）数据库运行控制功能。包括并发控制（即处理多个用户同时使用某些数据时可能产生的问题）、安全性检查、完整性约束条件的检查和执行、数据库的内部维护（例如索引的自动维护）等。这是数据库管理系统的核心部分。数据库在建立、运用和维护时所有操作都要由这些控制程序统一管理、统一控制，以保证数据的安全性、完整性、多用户对数据的并发使用及发生故障后的系统恢复。

（4）数据库的建立和维护功能。包括数据库初始数据的输入、转换功能，数据库的转储、恢复功能，数据库的重新组织功能和性能监视、分析功能等。这些功能通常是由一些实用程序完成的。它是数据库管理系统的一个重要组成部分。

1.1.4 数据库系统

数据库系统（DataBase System，DBS）是指拥有数据库技术支持的计算机系统，一般由数据库、数据库管理系统（及其开发工具）、应用系统、数据库管理员和用户构成。数据库系统可以实现有组织地、动态地存储大量相关数据，提供数据处理和信息资源共享服务。

与文件系统相比，数据库系统具有以下特点：

(1) 数据的结构化。同一数据库中的数据整体上按照一定的结构形式存储，但数据文件之间相互有联系。

(2) 最小的冗余度。数据库系统中的数据是集成化的，只是在逻辑存储上存在重复，而在物理存储上不存在。实现数据共享后，将消除不必要的重复，但有时可保留少量冗余以提高查询效率。

(3) 数据的共享。不同的用户可以使用同一数据库资源，这样节约了存储空间。

(4) 数据与程序独立。数据按照某种规则，以能反映数据之间内在联系的形式组织在库文件中，数据不会受到应用程序变化的影响，数据的变动也不会影响应用程序。

(5) 数据的安全性和完整性。数据安全指数据的保密，数据的完整性指数据的正确性、有效性和相容性。数据库系统提供了管理和控制数据的各种操作命令及程序设计语言，使用户控制数据库，例如设置口令来保证数据安全，防止数据被破坏或窃取。

1.2 数据库技术的发展

数据库技术是数据处理中的一门技术，数据处理是指对各种类型的数据进行收集、存储、分类、计算或加工、检索、传输、维护的一系列操作。这样的操作可以达到两个目的，第一是从大量的、原始的数据中抽取、推导出对人们有价值的信息以作为行动和决策的依据；第二是为了借助计算机科学地保存和管理复杂的、大量的数据，以便人们能够方便而充分地利用这些宝贵的信息资源。

随着计算机硬件、软件技术和计算机应用范围的发展，数据处理的主要工作已不再是计算，而是进行管理。多年来数据库管理技术大致经历了人工管理阶段、文件系统阶段和数据库系统阶段。

1.2.1 人工管理阶段

20 世纪 50 年代以前，计算机主要用于数值计算。这一时期的数据，数据量小，无结构，由用户直接管理，且数据间缺乏逻辑组织，由于是面向应用程序的，数据缺乏独立性，应用程序与其处理的数据结合成一个整体。程序与数据的关系如图 1-1 所示。

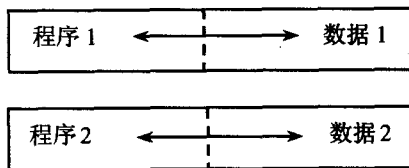


图 1-1 人工管理阶段程序与数据的关系

硬件：外存只有纸带、卡片、磁带，并没有磁盘等直接存取的存储设备。

软件：实际上，当时还未形成软件的整体概念，这一时期，没有操作系统，没有管理数据的软件。

特点：

- (1) 数据不保存。
- (2) 应用程序管理数据。应用程序承担设计数据逻辑结构和物理结构的任务。
- (3) 数据不能共享。一组数据只能对应一个程序。
- (4) 数据不具有独立性。数据的逻辑或物理结构改变，应用程序随之改变。

1.2.2 文件系统阶段

在 20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期，文件系统阶段程序与数据的关系如图 1-2 所示。

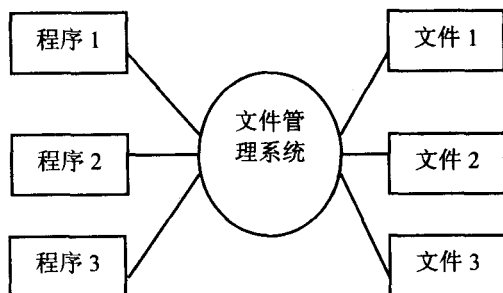


图 1-2 文件系统阶段程序与数据的关系

硬件：磁盘、磁鼓等直接存取存储设备。

软件：操作系统中有了专门的数据管理软件——文件系统。

特点：

- (1) 数据可以长期保存。
- (2) 由文件系统进行数据管理。数据按文件名访问，按记录进行存取，可以对文件进行修改、插入和删除操作。
- (3) 数据共享性差，冗余度大。
 - 1) 一个文件对应一个应用程序。
 - 2) 不同的应用程序具有部分相同的数据时，也必须建立各自的文件而不能共享相同的数据。
- (4) 数据独立性差。

1.2.3 数据库系统阶段

20 世纪 60 年代后期至今，数据库系统阶段程序与数据的关系如图 1-3 所示。

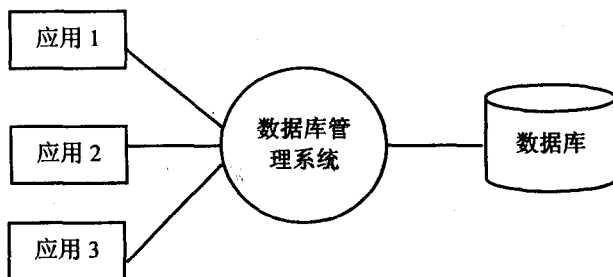


图 1-3 数据库系统阶段程序与数据的关系

硬件：大容量磁盘，价格下降。

软件：价格上升，编制、维护系统软件及应用程序的成本相对增加，因此出现了统一管理数据的专门软件——数据库管理系统。

特点：

(1) 数据结构化。数据库系统与文件系统是有根本区别的。对于文件系统来讲，相互独立的文件的记录内部是有结构的，而数据库系统主要实现整体数据的结构化。

(2) 数据的共享性高、冗余度低、易扩充。

1) 数据可以被多个用户、多个应用共享使用。

2) 数据共享可以大大减少数据冗余、节约存储空间。

3) 数据共享还能够避免数据之间的不相容性与不一致性，所谓的不一致性是指同一数据的不同拷贝值不一样。

(3) 数据独立性高。数据独立性主要从物理独立性和逻辑独立性两个方面体现。从物理独立性角度讲，用户的应用程序与存储在磁盘上的数据库是相互独立的。从逻辑独立性角度讲用户的应用程序与数据库的逻辑结构是相互独立的，即数据的逻辑结构改变了，用户程序也可以不变。

(4) 数据由 DBMS 统一管理和控制。DBMS 提供以下几个方面的数据控制功能：

1) 数据库的安全性 (Security) 保护。保护数据以防止不合法的使用造成的数据的泄密和破坏。

2) 数据的完整性 (Integrity) 检查。数据的完整性是指数据的正确性和一致性。完整性检查将数据控制在有效的范围内，或保证数据之间满足一定的关系。

3) 并发 (Concurrency) 控制。当多个用户的并发进程同时存取、修改数据库时，可能会发生相互干扰而得到错误的结果或使得数据库的完整性遭到破坏，因此必须对多用户的并发操作加以控制和协调。

4) 数据库恢复 (Recovery)。当计算机系统遭遇硬件故障、软件故障、操作员误操作或恶意破坏时，可能导致数据错误或全部、部分丢失，此时要求数据库具有恢复功能。所谓的数据库恢复是指 DBMS 将数据库从错误状态恢复到某一已知的正确状态，即完整性状态。

1.3 数据库系统的组成与结构

1.3.1 数据库系统的组成

数据库系统是指引进数据库技术后的计算机系统。数据库系统一般由支持数据库运行的软硬件、数据库、数据库管理系统、数据库管理员和用户等部分组成，如图 1-4 所示。

(1) 硬件与软件。与数据库系统密切相关的硬件主要有 CPU 及存储设备等，要求系统有较高的通道能力，以提高数据传输率。数据库系统的软件主要包括 DBMS，支持 DBMS 运行的操作系统，具有数据库接口的机器语言编译系统，便于开发应用程序，以 DBMS 为核心的应用开发工具以及为特定应用环境开发的数据库应用系统。

(2) 数据库管理系统 (DBMS)：一个以统一的方式管理、维护数据库中数据的一系列软件的集合。

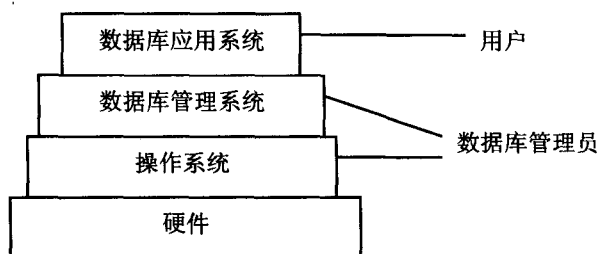


图 1-4 数据库系统的组成

(3) 数据库系统 (DBS): 指在计算机系统中引进数据库后的系统构成。

(4) 数据库管理员 (DataBase Administrator, DBA)。负责建立、维护和管理数据系统的人员。具体职责包括决定数据库中的信息内容和结构, 决定数据库的存储结构和存取策略, 定义数据的安全性要求和完整性约束条件, 监控数据库的使用、运行和数据库的改进、重组重构。大型数据库通常由专业人员设计, 还要有专职的数据库管理员进行管理。

(5) 用户。数据库系统的用户分为以下两类: 最终用户和专业用户。最终用户包括偶然用户、简单用户和复杂用户。专业用户主要是应用系统开发人员。

1.3.2 数据库系统结构

从数据库最终用户的角度看, 数据库结构分为集中式、分布式、客户/服务器和并行结构等, 但从数据库管理系统的角度看, 数据库系统通常采用三级模式结构, 这是数据库管理系统内部的系统结构。

数据库的三级模式组织结构, 即 SPARC 分级结构, 是美国国家标准委员会 (ANSI) 所属的标准计划和要求委员会 (Standards Planning And Requirements Committee, SPARC) 在 1975 年公布的关于数据库标准报告中提出的。

1. 模式的概念

模式 (Schema) 是数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述, 它仅仅涉及“型”的描述, 不涉及具体的“值”。其中型是数据模型中对某一类数据结构和属性的说明, 而值是型的一个具体赋值。模式具有如下特点:

- 模式的一个具体描述称为模式的一个实例。
- 模式是相对稳定的, 而实例是相对变动的。
- 模式反映的是数据的结构及其联系, 而实例反映的是数据库某一时刻的状态。

2. 数据库系统的三级模式结构

数据库系统的三级模式结构是指数据库系统是由外模式、模式、内模式三级构成, 如图 1-5 所示。

(1) 模式。模式 (Schema) 也称逻辑模式或概念模式, 是数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述, 是所有用户的公共数据视图, 是数据库系统模式结构的中间层。一个数据库只有一个模式。模式是数据项值的框架。数据库系统模式通常还包含访问控制、保密定义、完整性检查等方面的内容。

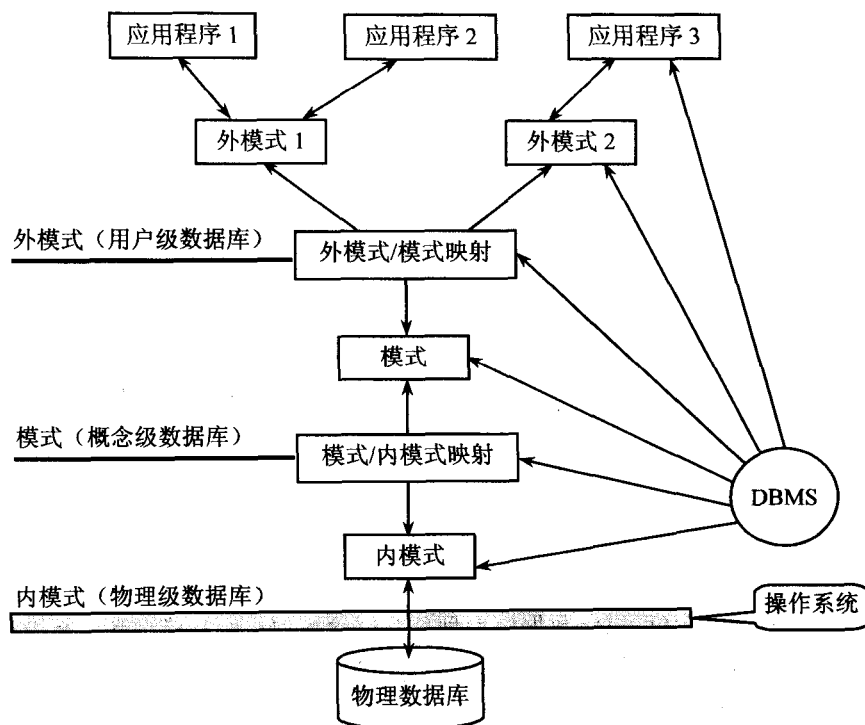


图 1-5 数据库系统的三级模式结构

(2) 外模式。外模式也称为子模式或用户模式，它是数据库用户（程序员和最终用户）能够看见和使用的局部数据的逻辑结构和特征的描述，是数据和用户的数据视图，是与某一应用有关的数据的逻辑表示。

外模式一般是模式的子集。一个模式可以有多个外模式。一个应用程序只能使用一个外模式。外模式是保证数据库安全性的一个有力措施。

(3) 内模式。内模式也称存储模式，是数据库在物理存储器上具体实现的描述，是数据在数据库内部的表示方法，也是对数据物理结构和存储方式的描述。一个数据库只有一个内模式。

3. 数据库的二级映像功能与数据独立性

数据库的三级模式是对数据的三个抽象级别。为了能够在内部实现这三个抽象层次的联系和转换，数据库管理系统在这三级模式之间提供了两层映像，即外模式/模式映像和模式/内模式的映像，使得数据具有了较高的逻辑独立性和物理独立性。

(1) 外模式/模式映像。对于每一个外模式，数据库管理系统都有一个外模式/模式映像，它定义了外模式与模式之间的对应关系。当模式改变时，由数据库管理员对各个外模式/模式映射做相应的改变，这里的映射是把用户数据库与概念数据库联系起来，从而使外模式保持不变，这就保证了数据库的逻辑独立性。

(2) 模式/内模式的映像。数据库只有一个模式，也只有一个内模式，所以模式/内模式的映射是惟一的，这种映射把概念数据库与物理数据库联系起来，定义了数据全局逻辑结构与存储结构之间的对应关系。当数据库的存储结构改变了，由数据库管理员对模式/内模式的