



工业和信息化普通高等教育“十三五”规划教材立项项目

21世纪高等学校计算机规划教材

COMPUTER

数据库原理及应用 (SQL Server 2012)

DataBase Concepts and Applications

■ 王丽艳 霍敏霞 吴雨芯 主编
■ 杨雪梅 李静毅 邓秋菊 副主编

- 理论知识简明扼要、通俗易懂
- 配有上机实验，提高实践能力
- PPT 课件 + 习题 + 答案 + 代码



 中国工信出版集团

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育
21世纪高等学校计算

COMPUTER

数据库原理及应用 (SQL Server 2012)

DataBase Concepts and
Applications

■ 王丽艳 霍敏霞 吴雨芯 主编
■ 杨雪梅 李静毅 邓秋菊 副主编



人民邮电出版社
北京

图书在版编目(CIP)数据

数据库原理及应用: SQL Server 2012 / 王丽艳, 霍敏霞, 吴雨芯主编. — 北京: 人民邮电出版社, 2018.3

21世纪高等学校计算机规划教材
ISBN 978-7-115-47475-9

I. ①数… II. ①王… ②霍… ③吴… III. ①关系数据库系统—高等学校—教材 IV. ①TP311.138

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第017932号

内 容 提 要

本书可分为三部分。第一部分是基础篇,由第1章~第4章构成,主要包括数据库概述、关系数据库、数据库操作和数据表操作等内容。第二部分是应用篇,由第5章~第9章组成,主要包括数据库设计、综合实例、视图、索引与游标、数据库安全保护和SQL程序设计等内容。第三部分是实验篇,包括10个实验,涉及数据库操作的相关内容。书后有附录,其中,附录A是SQL Server 2012常用关键字,附录B包括本书用到的读者信息表、图书信息表和图书借阅信息表,附录C是常用的聚合函数。

本书提供了大量案例,有助于读者更好地理解概念和掌握知识,同时各章还配有习题,便于读者巩固所学内容。

本书可作为高等院校计算机专业及信息管理专业本科生的数据库教材,也可作为计算机爱好者和计算机应用人员学习数据库的参考书。

-
- ◆ 主 编 王丽艳 霍敏霞 吴雨芯
 - 副 主 编 杨雪梅 李静毅 邓秋菊
 - 责任编辑 张 斌
 - 责任印制 沈 蓉 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 三河市潮河印业有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
 - 印张: 16.25 2018年3月第1版
 - 字数: 435千字 2018年3月河北第1次印刷
-

定价: 49.80元

读者服务热线: (010) 81055256 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

随着信息技术的迅猛发展,数据库技术已经广泛应用于各种类型的数据处理系统中。数据库技术与操作系统一起构成了信息处理的平台。了解并掌握数据库知识已经成为各类科技人员和管理人员的基本要求。现在,“数据库原理与技术”课程已经成为普通高校计算机专业和相关专业学生的一门重要的专业课程,甚至成为核心课程。

在数据库技术教学中,我们发现专业基础知识不能脱离实践,否则无法做到学以致用。本书以基本理论为基础,以图书馆管理系统为例,理论与实践相结合,一方面详细阐述 SQL Server 2012 和数据库的基本知识,另一方面注重数据库的实际开发与应用,有效地培养了学生动手能力。全书分为三部分:第一部分为基础篇,介绍数据库的基本原理和 SQL 语句,其中,第 1 章介绍数据库系统基础知识,第 2 章介绍关系数据库的有关内容,第 3 章介绍数据库操作,第 4 章介绍数据表的操作;第二部分为应用篇,其中,第 5 章介绍数据库设计各阶段的内容,第 6 章介绍图书馆管理系统的开发过程,第 7 章介绍视图、索引和游标的使用,第 8 章介绍数据库的完整性和安全性控制,第 9 章介绍 SQL 程序设计的有关内容,如变量、流程控制语句、函数、存储过程和触发器等定义与使用;第三部分为实验篇,包括 10 个实验,将理论与实践结合起来,提高读者的动手能力。

本书内容深入浅出、循序渐进,既讲述了数据库的原理,又突出了数据库实际应用技术。本书提供了大量的例题,有助于读者理解概念、巩固知识、掌握要点。

本书编写分工如下:第 1 章、第 2 章由王丽艳编写,第 3 章、第 4 章由霍敏霞编写,第 5 章、第 7 章由杨雪梅编写,第 6 章由吴雨芯编写,第 8 章由邓秋菊编写,第 9 章由李静毅编写。各章编者除编写各章内容外,也负责编写了章后习题和对应的实验。

在本书编写过程中,重庆邮电大学移通学院计算机系教研室的同仁给予了许多帮助,在此表示感谢。同时,余立平也积极参与了相关工作并对本书的编写提供了帮助,另外,本书编写过程中参阅了大量文献和资料,在此对相关作者表示感谢。

由于编者水平和时间有限,书中难免有疏漏和不足之处,恳请读者批评指正,以便及时修订和补充。

编者

2017 年 11 月

教学建议

教学章节	教学要求	课时
第1章 数据库概述	了解: 数据和信息的概念及数据管理技术发展三个阶段, 数据库管理系统的主要功能、组成 掌握: 数据库系统的组成, 数据库管理系统对数据的存取和选择原则, 数据库系统体系结构	2
第2章 关系数据库	了解: 数据模型的概念和组成 掌握: 关系模型的数据结构、操作和完整性的内容, 关系代数, 规范化理论	6
第3章 数据库基本操作	掌握: SQL 的功能及特点, SQL Server 2012 常用对象、组成、命名规则, 数据库基本操作	4
第4章 数据表基本操作	掌握: CREATE、DROP、ALTER 语句的应用, SELECT 语句的应用, INSERT 语句的应用, UPDATE 语句的应用, GRANT、DENY、REVOKE 等语句的应用	8
第5章 数据库设计	了解: 数据库设计的特点; 需求分析内容、方法和步骤; 概念结构设计的必要性和方法; 逻辑结构设计任务; 物理结构设计; 数据库实施的主要工作; 库维护与运行 掌握: E-R 模型的绘制; 数据库设计过程; E-R 图向关系模型转换的方法	3
第6章 综合实例——图书馆管理系统	掌握: 管理信息系统设计过程, SQL Server 数据库连接	1
第7章 视图、索引与游标	了解: 索引的创建、管理和维护, 游标的分类和使用 掌握: 视图的创建、修改、查看和删除	3
第8章 数据库安全保护	了解: 数据库的安全性概念及保护措施, 数据库的完整性概念及保证数据完整性方法, 事务特性及数据库的并发性, 数据库备份与恢复方法 掌握: 并发处理措施	2
第9章 SQL 程序设计	了解: T-SQL 基础知识 掌握: 函数, 存储过程和触发器的定义和使用方法	3
实验1~实验10	掌握: SQL Server 2012 的安装和使用方法, 数据库及数据表的有关操作	16
总课时	第1章~第9章建议课时	32
	实验1~实验10建议课时	16

目 录 CONTENTS

第 1 章 数据库概述 1

1.1 数据管理技术.....	1
1.1.1 信息与数据.....	1
1.1.2 数据管理技术的发展阶段.....	2
1.2 数据库系统.....	3
1.3 数据库管理系统.....	4
1.3.1 DBMS 的主要功能.....	4
1.3.2 DBMS 的组成.....	5
1.3.3 DBMS 对数据的存取过程.....	6
1.3.4 DBMS 的选择原则.....	6
1.4 数据库系统的体系结构.....	7
1.4.1 内部体系结构.....	7
1.4.2 外部体系结构.....	9
本章小结.....	11
习题 1.....	11

第 2 章 关系数据库 13

2.1 数据模型.....	13
2.1.1 数据模型的概念及组成.....	13
2.1.2 数据模型分类.....	14
2.2 关系模型.....	16
2.2.1 关系的数据结构.....	16
2.2.2 关系的操作.....	19
2.2.3 关系的完整性.....	19
2.3 关系代数.....	19
2.3.1 传统的集合运算.....	20
2.3.2 专门的关系运算.....	22
2.3.3 关系代数的应用.....	26
2.4 规范化理论.....	27
2.4.1 函数依赖.....	28
2.4.2 范式.....	29

本章小结.....	32
习题 2.....	32

第 3 章 数据库基本操作..... 35

3.1 SQL 概述.....	35
3.1.1 SQL 简介.....	35
3.1.2 SQL 数据库结构.....	35
3.1.3 SQL 的功能.....	36
3.1.4 SQL 的特点.....	37
3.1.5 SQL 语法的约定.....	38
3.1.6 SQL 常用的数据类型.....	38
3.2 SQL Server 2012.....	41
3.2.1 SQL Server 2012 常用对象.....	41
3.2.2 SQL Server 2012 的组成.....	42
3.2.3 SQL Server 2012 系统数据库.....	42
3.2.4 SQL Server 2012 的命名规则.....	43
3.3 数据库操作.....	44
3.3.1 创建数据库.....	44
3.3.2 删除数据库.....	47
3.3.3 修改数据库.....	48
3.3.4 数据库重命名.....	49
3.3.5 查看数据库信息.....	50
本章小结.....	50
习题 3.....	51

第 4 章 数据表基本操作 52

4.1 数据表的定义.....	52
4.1.1 创建数据表.....	52
4.1.2 删除数据表.....	54
4.1.3 修改数据表.....	55
4.2 数据操作.....	55
4.2.1 数据查询.....	55

4.2.2 数据更新	69	5.7 数据库的运行与维护	104
4.3 数据控制	72	本章小结	104
4.3.1 GRANT	72	习题 5	105
4.3.2 DENY	73	第 6 章 综合实例——图书馆	
4.3.3 REVOKE	73	管理系统	107
本章小结	73	6.1 管理信息系统概述	107
习题 4	73	6.2 需求分析	108
第 5 章 数据库设计	76	6.2.1 功能需求	108
5.1 数据库设计概述	76	6.2.2 系统用例图	108
5.1.1 数据库设计的特点	77	6.2.3 功能结构图	108
5.1.2 数据库设计方法	77	6.2.4 系统数据流图	109
5.1.3 数据库设计的基本步骤	78	6.2.5 数据字典	110
5.2 需求分析	81	6.3 数据库设计	112
5.2.1 需求分析的任务	81	6.3.1 系统 E-R 图	112
5.2.2 需求分析的内容和方法	81	6.3.2 数据表设计	114
5.2.3 需求分析的步骤	82	6.4 系统开发环境	116
5.3 概念结构设计	87	6.5 系统设计与实现	116
5.3.1 概念结构	87	6.5.1 登录模块	116
5.3.2 E-R 模型	87	6.5.2 读者信息管理模块	117
5.3.3 概念结构设计的方法与步骤	90	6.5.3 图书类别管理和图书信息管理	
5.3.4 数据抽象与局部 E-R 图设计	91	模块	118
5.3.5 全局 E-R 图设计	94	6.5.4 新书订购管理模块	119
5.3.6 优化全局 E-R 图	95	6.5.5 图书借阅管理模块	120
5.4 逻辑结构设计	95	6.5.6 系统维护模块	121
5.4.1 E-R 图向关系模型的转换	96	6.6 SQL Server 数据库的连接	121
5.4.2 数据模型的优化	98	6.6.1 JDBC 驱动连接 SQL Server	
5.4.3 设计用户外模式	99	2012	121
5.5 数据库的物理设计	99	6.6.2 ODBC 数据源连接 SQL	
5.5.1 数据库物理设计的内容和		Server 2012	124
方法	100	本章小结	126
5.5.2 确定数据库的物理结构	100	习题 6	127
5.5.3 评价物理结构	102	第 7 章 视图、索引与游标	128
5.6 数据库的实施	102	7.1 视图	128
5.6.1 数据的载入和应用程序的		7.1.1 视图概述	128
调试	103	7.1.2 创建视图	129
5.6.2 数据库的试运行	103		

7.1.3 修改视图	133	8.3.6 封锁粒度	175
7.1.4 查看视图信息	133	8.4 数据库维护	176
7.1.5 使用视图修改数据	134	8.4.1 数据库故障	176
7.1.6 删除视图	135	8.4.2 数据库恢复技术	178
7.2 索引	136	本章小结	182
7.2.1 索引的含义和特点	136	习题 8	182
7.2.2 索引的分类	136	第 9 章 SQL 程序设计	185
7.2.3 索引的设计原则	138	9.1 T-SQL 基础	185
7.2.4 创建索引	138	9.1.1 常量	185
7.2.5 管理和维护索引	141	9.1.2 变量	186
7.3 游标	145	9.1.3 运算符和表达式	188
7.3.1 游标的概念	145	9.1.4 流程控制语句	190
7.3.2 游标的作用及特点	146	9.2 函数	192
7.3.3 游标的类型	146	9.2.1 系统标准函数	192
7.3.4 游标的基本操作	148	9.2.2 自定义函数	193
7.3.5 游标的运用	151	9.2.3 删除函数	195
本章小结	155	9.3 存储过程	196
习题 7	155	9.3.1 存储过程的分类	197
第 8 章 数据库安全保护	157	9.3.2 用户自定义存储过程的定义、 调用与管理	198
8.1 数据库安全性	157	9.4 触发器	206
8.1.1 安全性概述	157	9.4.1 触发器的定义	206
8.1.2 用户标识与鉴别	158	9.4.2 触发器的作用	206
8.1.3 存取控制	158	9.4.3 触发器的类型	206
8.1.4 数据审计和加密	160	9.4.4 DML 触发器	207
8.1.5 角色与权限控制	161	9.4.5 DDL 触发器	210
8.1.6 SQL Server 2012 的安全 机制	163	9.4.6 触发器管理	211
8.2 数据库完整性	164	本章小结	212
8.2.1 数据库完整性概述	164	习题 9	212
8.2.2 SQL Server 2012 的完整性	166	实验 1 SQL Server 2012 安装 和配置	214
8.3 并发控制	168	实验 2 数据库的基本操作	225
8.3.1 事务	168	实验 3 表数据的基本操作	228
8.3.2 并发控制概述	169	实验 4 数据简单查询	231
8.3.3 封锁与封锁协议	171		
8.3.4 活锁与死锁	173		
8.3.5 两段锁协议	174		

实验 5 数据高级查询.....	233	实验 10 触发器.....	245
实验 6 E-R 图设计与关系模式 转换.....	235	附录.....	247
实验 7 视图和索引.....	237	附录 A SQL Server 2012 常用关键字	247
实验 8 数据库备份与恢复.....	239	附录 B 数据库有关信息表.....	249
实验 9 存储过程	242	附录 C 聚合函数	251
		参考文献.....	252

第1章 数据库概述

教学目标

- 了解数据和信息的概念，以及数据管理技术发展的3个阶段。
- 掌握数据库系统的组成。
- 了解数据库管理系统的主要功能、组成。
- 掌握数据库管理系统对数据的存取和选择原则。
- 掌握数据库系统体系结构。

数据库是20世纪60年代后期发展起来的一项管理数据的重要技术，利用数据库可以为用户提供及时、准确的信息，满足用户的各种需求。作为信息技术主要支柱之一的数据库技术在各个领域有着广泛应用，发挥着重要作用。随着信息技术的飞速发展，信息量急剧增长，如何高效地组织、存储和管理数据成为人们必须面对的问题。

本章将主要介绍数据库的有关概念、数据管理技术的发展过程、数据库系统、数据库管理系统以及数据库系统的体系结构等内容，为读者学习后面章节奠定基础。

1.1 数据管理技术

1.1.1 信息与数据

信息是人脑对现实世界事物存在方式或运动状态的反映。信息是客观存在的，有意识地对信息进行采集、加工，可以形成各种消息或指令，为人们的判断和决策提供依据。

数据是用来记录信息的可识别的符号集合，是信息的具体表现形式。早期的计算机系统主要用于科学计算，处理的数据是数值型数据，例如整数、实数等。随着计算机的应用领域的不断扩大，需要进行存储和处理的对象越来越复杂，表示这些对象的数据种类也更加丰富，如文本、图像、音频、视频等都是数据。

数据的表示形式并不一定能完全表达其内容，有时需要通过解释才能明确其具体的含义。例如15，当解释为人的年龄时就表示15岁，当解释为某门课程的成绩时就表示15分。数据和数据的解释是不可分割的，数据的解释也称为数据的语义，因此数据和数据的语义是不可分的。

数据和信息是两个相互联系,但又相互区别的概念。数据是信息的具体表现形式或称载体。信息是经过加工处理的数据,是人们消理解了的数据,是数据的内涵,是数据的语义解释。

1.1.2 数据管理技术的发展阶段

数据管理是利用计算机软、硬件技术对数据进行分类、组织、编码、保存和检索的过程,目的在于充分、有效地发挥数据的作用。数据管理技术的优劣,将直接影响数据处理的效率。

数据管理技术的发展与计算机软、硬件的发展有密切关系,大致经历了人工管理、文件管理和数据库管理等3个阶段。

1. 人工管理阶段

20世纪50年代中期以前,计算机的主要应用是进行科学计算。在人工管理阶段,硬件方面,数据存储设备主要是纸带、卡片和磁带,没有磁盘等直接存储设备;软件方面,没有操作系统,没有管理数据的专门软件。此时数据需要人工管理。

在人工管理阶段,数据管理的特点如下。

- (1) 数据不保存。
- (2) 系统没有专门的软件对数据进行管理。
- (3) 数据不共享。数据面向程序,一组数据只对应一个程序,存在大量的冗余数据。

(4) 数据不具有独立性,加重了程序员的负担。

该阶段程序和数据之间的关系如图1.1所示。



图 1.1 人工管理阶段程序与数据的关系

2. 文件管理阶段

20世纪50年代后期到60年代中期,计算机技术有了很大的发展:硬件方面,已经有了磁盘、磁鼓等直接存储设备,数据以文件的形式长期保存;软件方面,出现了操作系统,并且有了专门的数据管理软件,即文件系统(操作系统中的文件管理功能)进行数据管理。

在文件管理阶段,数据管理的特点如下。

- (1) 数据以文件形式长期存在。
- (2) 由文件系统管理数据。在文件管理阶段,利用“按文件名访问,按记录进行存取”的管理技术,对文件中的数据进行修改、插入和删除操作。

(3) 应用程序和数据之间有了一定的独立性,但文件仍然是面向应用的,数据的冗余度较大,给数据的修改和维护带来困难。

该阶段程序与数据之间的关系如图1.2所示。

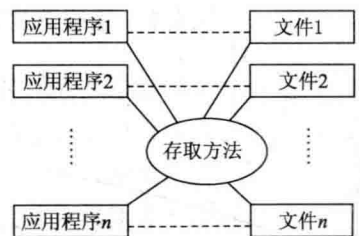


图 1.2 文件管理阶段程序和数据的关系

3. 数据库管理阶段

20世纪60年代末以来,随着数据处理规模的扩大,以及计算机软件、硬件技术的不断发展,以文件系统作为数据管理手段已经不能满足应用的需求,出现了数据库技术和统一管理数据的专门软件系统——数据库管理系统。

在数据库管理阶段,数据管理的特点如下。

- (1) 数据库能够根据不同的需求按照不同的方法组织数据,以最大限度地提高用户或应用程序

访问数据的效率。

(2) 数据共享性高,降低数据冗余。

(3) 数据具有较高的独立性。数据与应用程序相互独立,降低了应用程序的开发代价。

(4) 提供了一套完整的安全机制来保证数据的安全和可靠。

该阶段应用程序与数据之间的对应关系如图 1.3 所示。

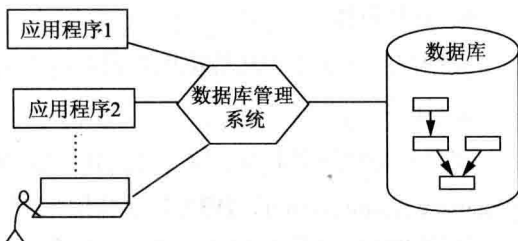


图 1.3 数据库管理阶段程序与数据关系

1.2 数据库系统

数据库系统 (Database System, DBS) 是指在计算机系统中引入数据库后的系统,一般由计算机系统、数据库、数据库管理系统、应用程序和用户等几部分组成。数据库系统各组成部分的关系如图 1.4 所示。

1. 计算机系统

计算机系统由硬件系统和软件系统组成。

(1) 硬件:指存储和运行数据库系统的硬件设备,包括中央处理器 (Central Processing Unit, CPU)、内存、大容量存储设备、输入/输出设备和外部设备等。数据库中的数据量一般都比较,而且数据库管理系统自身的规模也比较大,因此,它必须要有足够大的内存以存放数据库管理系统、操作系统等,而且还要有足够大的硬盘空间来存放数据库数据以及进行数据的备份。

(2) 必需的软件:指计算机正常运行所需的操作系统和各种驱动程序。

2. 数据库

数据库 (Database, DB) 就是“存放数据的仓库”。数据库是长期存储在计算机内、有组织的、可共享的大量数据的集合。数据库具有如下特点。

(1) 数据实现集中管理,实现数据共享,减少了数据的冗余度。

(2) 数据库不仅能表示数据本身,还要能表示数据与数据之间的联系。

(3) 数据独立性高。数据独立性是指应用程序不会因数据的物理表示方式和访问技术的变化而改变,即应用程序不依赖于任何特定的物理表示方式和访问技术。

3. 数据库管理系统

数据库管理系统 (Database Management System, DBMS),位于应用程序和操作系统之间。它是一种操纵和管理数据库的大型软件,用于建立、使用和维护数据库。DBMS 对数据库进行统一的管理和控制,以保证数据库的安全性和完整性。DBMS 是数据库系统的核心。

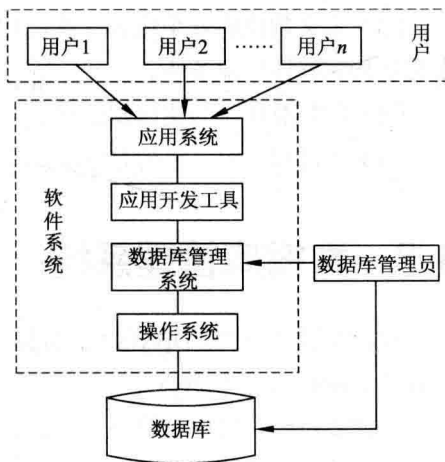


图 1.4 数据库系统

4. 应用程序

应用程序介于用户和数据库管理系统之间。它将用户的操作转换成一系列的命令执行。

5. 用户

用户是指使用数据库的人，他们可以对数据库进行存储、维护等操作，主要包括数据库管理员 (Database Administrator, DBA)、数据库分析员、数据库设计员、应用程序员和最终用户。

数据库管理员是专门负责建立、配置、管理和维护数据库的人员，可以是个人，也可以是一个团队，DBA 应熟悉计算机的软硬件系统，具有较为全面的数据处理能力，熟悉本单位的业务、数据及其流程。特别对于大型的数据库系统，DBA 极其重要。

DBA 的主要职责如下。

- (1) 帮助终端客户使用数据库系统。
- (2) 参与数据库系统的设计与建立。
- (3) 定义数据的安全性和完整性约束条件，负责分配各个用户对数据库的存取权限、数据的保密级别和完整性约束条件。
- (4) 监控数据库的使用和运行。
- (5) 改进和重组、重构数据库。

1.3 数据库管理系统

数据库管理系统 (DBMS) 是数据库系统的重要组成部分，是用户与数据库的接口。应用程序需要通过 DBMS 才能和数据库“打交道”。目前较为流行的数据库管理系统有 SQL Server 和 Oracle 等。

操作系统统一管理计算机资源，数据库管理系统借助操作系统完成对硬件的访问，并且通过数据库管理系统，用户可以逻辑、抽象地处理数据，不用关心数据在计算机中的具体存储方式，以及计算机处理数据的过程细节。一切具体而烦琐的工作由 DBMS 完成。

1.3.1 DBMS 的主要功能

1. 数据定义功能

DBMS 提供数据定义语言对数据库中的数据对象 (如模式、视图、表等) 进行定义。

2. 数据组织、存储和管理

为了提高数据的存取效率，数据库管理系统要分类组织、存储和管理各种数据。数据库管理系统要确定组织数据的文件结构和存取方式，以及实现数据之间的联系。

3. 数据操纵功能

DBMS 提供数据操纵语言完成数据的查询、插入、删除和修改等操作。

4. 数据库的运行管理

DBMS 提供数据库控制功能，完成对数据库中数据的安全性控制、完整性控制、多用户环境下的并发控制等，确保数据库中的数据的有效性和数据库系统的正常运行。

5. 数据库的建立和维护功能

数据库的建立和维护功能包括数据库初始数据装载转换、数据库转储、介质故障恢复、数据库

的重组、性能监视分析等。这些通过数据库管理系统中的一些实用程序实现。

6. 其他功能

除上述功能外, DBMS 还具备与网络中其他软件系统的通信、两个 DBMS 系统的数据转换、异构数据库之间的互访和互操作等功能。

1.3.2 DBMS 的组成

根据功能和应用需求, 数据库管理系统通常由以下几部分组成。

1. 数据库语言

数据库语言是给用户提供的语言, 包括两个子语言: 数据定义语言和数据操纵语言。SQL 语言就是一个集数据定义和数据操纵语言为一体的典型数据库语言。关系数据库系统产品绝大多数提供 SQL 语言作为标准数据库语言。

(1) 数据定义语言

数据定义语言 (Data Definition Language, DDL) 包括数据库模式定义和数据库存储结构与存取方法定义两方面。为了对数据库中数据进行存取, 数据定义语句必须正确描述数据及数据之间的联系。DBMS 根据这些数据定义从物理记录导出全局逻辑记录, 从而导出应用程序所需记录。

(2) 数据操纵语言

数据操纵语言 (Data Manipulation Language, DML) 用来表示用户对数据库的操作请求, 是用户与 DBMS 之间的接口。一般对数据库的主要操作包括: 查询数据库中的信息、向数据库插入新的信息、从数据库删除信息以及修改数据库中的某些信息等。

2. 例行程序

从程序的角度看, DBMS 是由许多程序组成的一个软件系统。每个程序都有自己的功能, 它们互相配合完成 DBMS 的一项或多项工作。这些程序就是数据库管理系统的例行程序。例行程序因系统而异, 一般包括以下几个部分。

(1) 语言翻译处理程序

语言翻译处理程序包括数据定义语言翻译程序、数据操纵语言处理程序、终端命令解释程序和数据库控制命令解释程序等, 其中, DDL 翻译程序把各级源模式翻译成各级目标模式; DML 处理程序将应用程序中的 DML 语句转换成可执行程序, 实现对数据库的检索、插入、删除等操作。

(2) 系统运行控制程序

DBMS 提供了一系列的运行控制程序, 负责数据库系统运行过程中的控制与管理, 主要包括系统的初启程序、文件读写与维护程序、存取路径管理程序、缓冲区管理程序、安全性控制程序、完整性检查程序、并发控制程序事务管理、程序运行日志管理程序和通信控制程序等。

(3) 公用程序

公用程序包括定义公用程序和维护公用程序。定义公用程序包括信息格式定义、概念模式定义、外模式定义和保密定义公用程序等。维护公用程序包括数据装入、数据库更新、重组、重构、恢复、统计分析、工作日记转储和打印公用程序等。

1.3.3 DBMS 对数据的存取过程

在数据库系统中, DBMS 与操作系统、应用程序等协同工作, 共同完成各种数据存取操作。DBMS 对数据的存取通常包括以下步骤。

- (1) 用户使用某种特定的数据操纵语言向 DBMS 发出存取请求。
- (2) DBMS 接受请求并将该请求转换成机器代码指令。
- (3) DBMS 依次检查外模式、外模式/模式映像、模式、模式/内模式映像及存储结构定义。
- (4) DBMS 对存取数据库执行必要的存取操作。
- (5) 从对数据库的存取操作中接受结果。
- (6) 对得到的结果进行必要处理, 如格式转换等。
- (7) 将处理的结果返回给用户。

上述存取过程中还包括安全性控制、完整性控制等。在应用程序运行时, DBMS 将开辟一个缓冲区, 用于数据的传输和格式的转换。

DBMS 的工作方式和存取数据的过程分别如图 1.5 和图 1.6 所示。

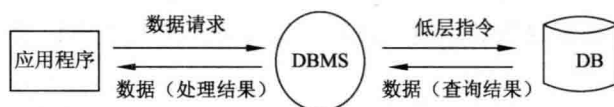


图 1.5 DBMS 工作方式

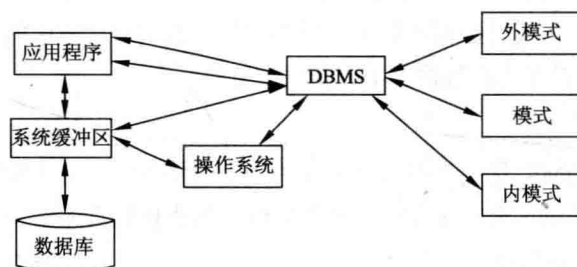


图 1.6 DBMS 存取数据的过程

1.3.4 DBMS 的选择原则

用户选择数据库管理系统时, 应考虑以下几个方面。

- (1) 构造数据库的难易程度。
- (2) 程序开发的难易程度。
- (3) 数据库管理系统的性能分析。
- (4) 对分布式应用的支持。
- (5) 并行处理能力。
- (6) 可移植性和可扩展性。
- (7) 数据完整性约束。
- (8) 并发控制功能。
- (9) 容错能力。

1.4 数据库系统的体系结构

数据库系统的体系结构是数据库系统的一个总的框架，分为内部体系结构和外部体系结构两种。内部体系结构是从数据库管理系统的角度来看数据库系统，而外部体系结构是从数据库最终用户角度来看数据库系统。

1.4.1 内部体系结构

美国国家标准协会 (American National Standards Institute, ANSI) 的数据库管理系统小组提出标准化建议，将数据库结构分为 3 级：面向用户或应用程序员的用户级、面向建立和维护数据库人员的概念级和面向系统程序员的物理级，其中，用户级对应外模式，概念级对应模式，物理级对应内模式，使不同级别的用户对数据库形成不同的视图。

1. 3 级模式

(1) 模式

模式 (Schema) 也称逻辑模式 (Logical Schema) 或概念模式 (Conceptual Schema)，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。模式实际上是数据库数据在逻辑层次上的视图。它不涉及数据的物理存储细节和硬件环境，也与具体的应用程序、开发工具及高级程序设计语言无关。

一个数据库只有一个模式。DBMS 提供模式定义语言 (模式 DDL) 来定义模式，定义模式时不仅要定义数据的逻辑结构，还要定义数据之间的联系以及数据有关的安全性、完整性要求。

(2) 外模式

外模式 (External Schema) 也称子模式 (Subschema) 或用户模式 (User Schema)。它是对用户感兴趣的局部数据的描述，是数据库各个用户的数据视图。

外模式通常是模式的子集，它是数据库整体数据结构的子集或局部重构。由于不同的用户看待数据的方式不同，对数据的要求也不同，所以不同用户的外模式的描述是不同的。一个数据库可以有多个外模式，同一外模式可以为某一用户的多个应用系统所使用，但一个应用程序只能使用一个外模式。

DBMS 提供外模式描述语言 (外模式 DDL) 来定义外模式。

(3) 内模式

内模式 (Internal Schema) 也称存储模式 (Storage Schema) 或物理模式 (Physical Schema)，是对数据物理结构和存储方式的描述，是数据在数据库内部的表示方式。

一个数据库只有一个内模式。DBMS 提供内模式描述语言 (内模式 DDL) 来定义内模式。内模式对一般用户是透明的。用户通常不需要关心内模式的具体实现细节，但它的设计会直接影响到数据库的性能。

2. 2 级映像

数据库的 3 级模式是对数据的 3 个抽象级别。它使用户能逻辑地处理数据，不必关心数据在计算机内部的存储方式，把数据的具体组织交给了 DBMS 管理。为了能够在系统内部实现这 3 级抽象

层次的联系和转换, DBMS 在这 3 级模式之间提供了 2 级映像: 外模式/模式映像和模式/内模式映像, 如图 1.7 所示。所谓映像是一种对应规则, 它体现出映像双方如何进行转换。这两级映像保证了数据库系统中的数据具有较高的逻辑独立性和物理独立性。

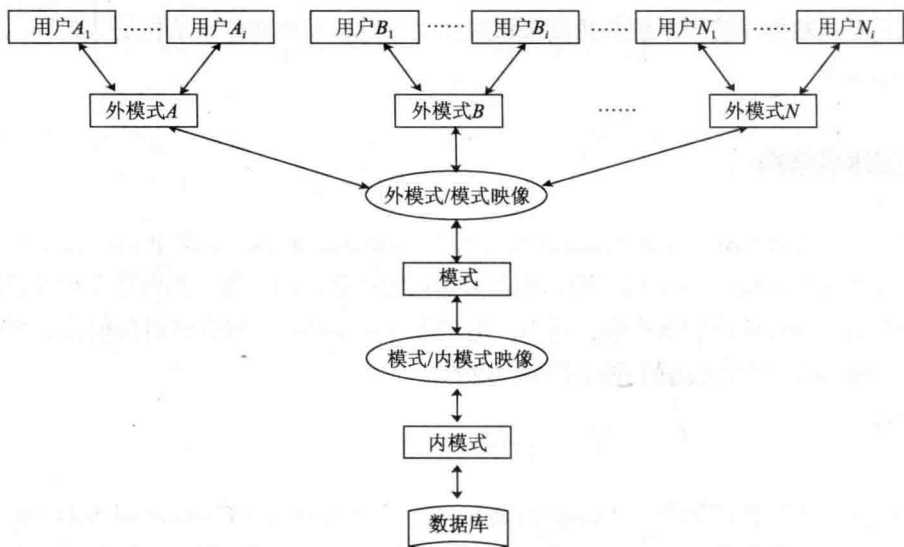


图 1.7 3 级模式结构与 2 级映像

(1) 外模式/模式映像

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, 对应于同一个模式来说可以有任意多个外模式。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。这些映像定义通常包含在各自外模式的描述中。

当模式改变时(例如, 增加新的关系、新的属性、改变属性的数据类型等), 由数据库管理员对各个外模式/模式的映像作相应的修改, 可以使外模式保持不变。应用程序是依据数据的外模式编写的, 因此, 当数据库的外模式/模式的映像发生改变时, 不会影响到应用程序。这保证了数据与程序的逻辑独立性, 简称数据的逻辑独立性。

(2) 模式/内模式映像

数据库中只有一个模式, 也只有一个内模式, 所以模式/内模式映像是唯一的。它定义了数据全局逻辑结构与存储结构之间的对应关系。该映像定义通常包含在模式描述中。

当数据库的存储结构发生改变(例如, 选用了另一种存储结构), 由数据库管理员对模式/内模式映像作相应改变, 可以使模式保持不变, 同时使用该数据库的应用程序也不必改变。这保证了数据与程序的物理独立性, 简称数据的物理独立性。

3 级模式与 2 级映像使数据库系统具有如下优点。

① 保证数据的独立性。外模式与模式分开, 保证了数据的逻辑独立性, 模式与内模式分开, 保证了数据的物理独立性。

② 简化了用户接口。用户按照外模式编写应用程序或输入命令, 不需要了解数据库内部的存储结构, 使用户使用数据库更为方便。