

数据库原理



及应用

SHUJUKU YUANLIJI YINGYONG

主 编 / 秦秀媛 邢 婷

副主编 / 李占宣 郭 鑫

层次递进 任务驱动
案例经典 图文并茂

数据库原理



及应用

SHUJUKU YUANLIJI YINGYONG

主 编 / 秦秀媛 邢 婷
副主编 / 李占宣 郭 鑫

西南交通大学出版社

• 成 都 •

图书在版编目 (C I P) 数据

数据库原理及应用 / 秦秀媛, 邢婷主编. —成都:
西南交通大学出版社, 2016.10
ISBN 978-7-5643-5068-0

I. ①数… II. ①秦… ②邢… 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 (2016) 第 239778 号

数据库原理及应用

主编 秦秀媛 邢婷

责任编辑 穆丰
封面设计 墨创文化

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

发行部电话 028-87600564 028-87600533
邮政编码 610031
网 址 <http://www.xnjdcbs.com>

印 刷 成都中铁二局永经堂印务有限责任公司
成 品 尺 寸 185 mm × 260 mm
印 张 21.25
字 数 532 千
版 次 2016 年 10 月第 1 版
印 次 2016 年 10 月第 1 次
书 号 ISBN 978-7-5643-5068-0
定 价 60.00 元

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

21 世纪数据库技术得到了飞速的发展,数据库的应用遍布企业资源计划(ERP)、地理信息系统(GIS)、客户关系管理(CRM)、联机分析与处理系统(OLAP)等,并已深入到信息、工业、商业、金融等各个领域。数据库技术是计算机软件的一个重要分支,数据库课程是计算机及相关领域和信息管理领域一门重要的专业课程。

本教材根据数据库原理的最新发展,结合数据库原理及应用的教学需要,以两个典型的数据库应用系统项目的设计过程为主线,结合大量的应用实例,系统地介绍数据库系统的基本原理、方法及应用技术。教材强调在 IT 知识经济环境下数据库原理所表现出的新特点,注重项目驱动式教学,强调理论与实践相互渗透、技术与应用有机结合。

本教材采取面向任务的方法,针对目标,选准学生能接触到或容易理解的项目作为对象,用功能模块的形式说明任务,进而将任务细化到具体模块,引起学生的兴趣,树立信心,激发学习的积极性,从而达到学以致用,突出重点、实用的目的。在编写时,由此及彼,由表及里,由浅入深,先掌握基本应用,然后做理论讲解和知识扩展延伸,扩大知识面,加深学生对知识的理解深度,拓宽其解决问题的思路。这样既有利于教材的完整性和知识运用的系统性,也有利于学生循序渐进和受到较为逼真的系统训练,使学生将来进入工作时胸有成竹。最后落实到具体操作,教材结合一些切合实际的题目,指导学生动手设计,用实践检验对知识的掌握程度,达到融会贯通、举一反三和触类旁通的目的。

本套教材由 3 部分组成:一是教材本身,二是实验、开发案例与习题解答;三是配套电子课件和素材。

本套教材特色如下:

(1) 在主教材中,引入“网上书店系统”和“高校管理系统”开发项目,从建库、建表到数据库需求分析、设计、实现等贯穿教材始终。

(2) 针对相关章节内容,在章尾适当加入案例,以期对本章重点内容进行升华。

(3) 在主教材配套的实验指导与习题解答中,引入完整的“调研网站系统”开发项目,以期读者对数据库设计过程有一个完整具体的领会。

(4) 在引入数据库开发项目的同时,结合相关章节具体内容适当引入数据库应用实例,从而使教学内容达到理论与实践的协调统一。

(5) 在主教材配套的素材中附“网上书店系统”和“调研网站系统”的全部源代码。使读者在学完本书以后,得到一次完整具体的数据库应用系统开发设计的训练,进而可以参照本系统开发其他的应用系统。

本书以 SQL Server 2014 为平台,结合应用型普通高校数据库课程的具体要求,深入浅出地介绍数据库原理的有关知识、方法和具体的应用。全书共 7 章:第 1 章介绍数据库管理系统、数据库原理、数据模型与数据库体系结构等基本概念;第 2 章介绍关系数据库的运算方法;第 3 章介绍 SQL Server 2014 数据库应用基础;第 4 章介绍关系数据库标准语言 SQL;

第5章介绍关系数据库设计理论；第6章介绍数据库设计的方法、原则与技术；第7章介绍数据库恢复、并发控制、安全性、完整性等数据库管理与保护内容。各章后均附有本章小结、习题、案例等内容。本书的配套教材《数据库原理及应用实验指导与习题解析》，提供了教材各章的习题参考答案、实验指导、相关章节习题集、数据库应用系统开发案例等内容。本教材配套的教学素材中附有全部源代码和教学课件等内容。

本教材是黑龙江省高等教育教学改革项目：基于“成果为本”的金融信息化人才培养方案的研究（项目编号JG2014010925）、全国教育科学“十二五”规划单位资助教育部规划课题“新型城镇化背景下黑龙江教育发展研究”子课题：“互联网+”背景下金融信息化专业方向建设研究（项目编号FHB130455—202）研究成果之一。

本书集中了黑龙江财经学院、哈尔滨广厦学院、哈尔滨金融学院等有关教师和科研人员编写。本书由秦秀媛、邢婷主编，李占宣、郭鑫为副主编，参加编写的人员有文雪巍、温振宏。其中，第1和第3章由李占宣编写；第2和第5章由邢婷编写；第4和第6章由秦秀媛编写；第7章由文雪巍、温振宏编写。

在本书编写过程中，黑龙江财经学院副院长于长福教授、教务处长庾莉教授、财经信息工程系主任葛雷教授等给予了大力支持与帮助，在此一并表示感谢。

由于作者水平有限，时间仓促，书中不妥之处，敬请读者和专家批评指正。

编 者

2016年05月

目 录

第 1 章 数据库系统概述	1
1.1 数据库基本概念	1
1.2 数据管理的发展	13
1.3 数据模型	18
1.4 数据库体系结构	34
1.5 数据库技术的发展	41
1.6 本章小结	44
习 题	44
第 2 章 关系数据库	46
2.1 关系数据库概述	46
2.2 关系模型概述	46
2.3 关系数据结构	48
2.4 关系的完整性	52
2.5 关系代数	54
2.6 本章小结	63
习 题	63
第 3 章 Microsoft SQL Server 数据库基础	66
3.1 SQL Server 2014 基础	66
3.2 Transact-SQL 简介	79
3.3 存储过程	92
3.4 触发器	96
3.5 本章小结	109
习 题	110
第 4 章 关系数据库标准语言 SQL	111
4.1 SQL 语言概述	111
4.2 网上书店数据库	113
4.3 数据定义功能	114
4.4 SQL 数据操作功能	127
4.5 SQL 数据查询功能	131

4.6	SQL 数据控制功能	147
4.7	视图	151
4.8	嵌入式 SQL	157
4.9	本章小结	169
	习 题	169
第 5 章	关系数据库设计理论	171
5.1	基本概念	171
5.2	范式	180
5.3	函数依赖的公理系统	195
5.4	模式分解	201
5.5	本章小结	212
	习 题	213
第 6 章	数据库设计	216
6.1	数据库设计概述	216
6.2	需求分析	222
6.3	数据库概念设计	228
6.4	数据库逻辑设计	252
6.5	数据库物理设计	266
6.6	数据库实施与维护	271
6.7	本章小结	286
	习 题	287
第 7 章	数据库管理	288
7.1	数据库管理概述	288
7.2	数据库恢复技术	289
7.3	并发控制	298
7.4	安全性	309
7.5	完整性	324
7.6	本章小结	331
	习 题	331
	参考文献	334

第1章 数据库系统概述

主要内容

本章主要介绍数据库的基本概念、数据管理的发展过程、数据库系统组成、数据模型、数据库系统结构以及数据库新技术等内容。通过本章的学习使读者从中领悟到为什么要应用数据库以及使用数据库技术所带来的重要意义，本章是后续章节的准备和基础。

学习目标

- 理解数据库相关概念及数据库的作用。
- 了解数据管理技术的发展阶段及各阶段的特点。
- 掌握数据库系统的组成、各部分的功能及其相互之间的关系。
- 理解并掌握数据库体系的三级模式结构、两级映像及数据独立性概念及其作用。
- 掌握数据模型的概念及其组成，重点掌握概念模型。
- 了解数据库系统发展的特点及主流数据库技术的发展趋势。

信息资源已成为社会各行各业的重要资源和财富，作为实施有效信息处理的信息系统已成为一个企业或组织生存和发展的基础条件。由于数据库技术是信息系统的核心和基础，因而得到快速的发展和越来越广泛的应用。数据库技术主要研究如何科学地组织和存储数据、高效地获取和处理数据，这些是数据管理的最新技术，是计算机科学与技术的重要分支。数据库技术可以为各种用户提供及时的、准确的、相关的信息，满足用户各种不同的需要。

对于一个国家来说，数据库建设的规模、数据库信息量的大小和使用频度已成为衡量这个国家信息化程度的标志。数据库技术的出现极大地促进了计算机应用向各行各业的渗透。所以，数据库课程不仅是计算机科学与技术专业、信息管理与信息系统专业的重要课程，也是许多非计算机专业的选修课程。

1.1 数据库基本概念

在系统介绍数据库以及数据库的作用之前，首先了解一下与数据库相关的术语和基本概念，主要有数据与信息、数据管理与数据库、数据库管理系统与信息系统以及数据库系统等。

1.1.1 数据库（DB）

1. 数据

数据是记录信息的物理符号，是表达和传递信息的工具。尽管信息有多种表现形式，可以通过手势、眼神、声音或图形等方式表达，但数据是信息的最佳表现形式。由于数据能够书写，因而它能够被记录、存储和处理，并从中挖掘出更深层的信息。

在现代计算机系统中,凡是能为计算机所接受和处理的各种字符、数字、图形、图像及声音等都可称为数据。因此,数据泛指一切可被计算机接受和处理的符号。数据可分为数值型数据(如工资、成绩等)和非数值型数据(如姓名、日期、声音、图形、图像等)。数据可以被收集、存储、处理(加工、分类、计算等)、传播和使用。

数据有“型”和“值”之分。数据的型是指数据的结构,而数据的值是指数据的具体取值。数据的结构指数据的内部构成和对外联系。数据受数据类型和取值范围的约束。

数据类型是针对不同的应用场合设计的。数据类型不同,数据的表示形式、存储方式及数据能进行的操作和运算各不相同。在使用计算机处理数据时,应当特别重视数据类型,为数据选择合适的类型。数据的取值范围亦称数据的值域,为数据设置值域是保证数据的有效性 & 避免数据输入或修改时出现错误的重要措施。

数据有定性表示和定量表示之分。例如,在表示职工的年龄时,可以用“老”“中”“青”定性表示,也可以用具体岁数定量表示。由于数据的定性表示是带有模糊因素的粗略表示方式,而数据的定量表示是描述事物的精确表示方式,所以在计算机软件设计中,应尽可能地采用数据的定量表示方式。

数据应具有载体和多种表现形式。数据是对客观物体或概念的属性的记录,它必须有一定的物理载体。当数据记录在纸上时,纸张是数据的载体;当数据记录在计算机的外存上时,硬盘、软盘或磁带就是数据的载体。数据具有多种表现形式,它可以用报表、图形、语音及不同的语言符号表示。

数据的表现形式还不能完全表达其内容,需要经过解释,所以数据和关于数据的解释是密不可分的。例如,15 是一个数据,可以是一个人的年龄,可以是幼儿的体重,也可以是日期,还可以是学校的专业数。数据的解释是指对数据含义的说明,数据的含义称为数据的语义,数据与其语义是密不可分的。

日常生活中,人们通常用自然语言来描述数据。例如,可以这样来描述某高校计算机系的一位同学的信息:邢波同学,男,1980 年 2 月生,黑龙江哈尔滨市人,1997 年入学。在计算机中通常这样来描述:

(邢波,男,198002,黑龙江哈尔滨,计算机系,1997)

把学生的姓名、性别、出生年月、出生地、所在系、入学年份等组织在一起,组成一条记录。这里的学生记录就是描述学生的数据,这样的数据是有结构的,记录是计算机中表示和存储数据的一种格式。

2. 信息

信息泛指通过各种方式传播的,可被感受的数字、文字、图像和声音等符号所表征的某一事物新的消息、情报和知识。它是观念性的东西,是人们头脑对现实事物的抽象反映,与载体无关。必须指出的是,在许多不严格的情况下,对数据和信息两个概念不进行区分而是混为一谈。

信息的内容是关于客观事物或思想方面的知识,即信息的内容能反映已存在的客观事实,能预测未发生事物的状态和能用于指挥、控制事物发展的决策。信息是有用的,它是人们活动的必需知识,利用信息能够克服工作中的盲目性,增加主动性和科学性,可以把事情办得更好。信息能够在空间和时间上被传递,在空间上传递信息称为信息通信,在时间上传递信息称为信息存储。信息需要一定的形式表示,信息与其表示符号是不可分离的。

信息对于人类社会的发展有着重要的意义,它可以提高人们对事物的认识,减少人们活动的盲目性;信息是社会机体进行活动的纽带,社会的各个组织通过信息网相互了解并协同工作,使整个社会协调发展;社会越发展,信息的作用就越突出;信息又是管理活动的核心,要想把事务管理好,就需要掌握更多的信息,并利用信息进行工作。

总之,信息和数据是有区别的。数据是一种符号象征,它本身是没有意义的,而信息是有意义的知识,但数据经过加工处理后就能成为有意义的信息,也就是说数据处理把数据和信息联系在一起,下式可以简单明确地表明三者之间的关系:

信息=数据+数据处理

3. 数据处理

围绕着数据所做的工作均称为数据处理。数据处理是指对数据的收集、组织、整理、加工、存储和传播等工作。

数据处理包含数据管理、数据加工和数据传播。数据管理主要任务是收集信息,将信息用数据表示并按类别组织、保存,其目的是在需要的时候,为各种应用和数据处理提供数据。数据加工主要任务是对数据进行变换、抽取和运算,通过数据加工会得到更有用的数据,以指导或控制人的行为或事物的变化趋势。数据传播是指在空间或时间上以各种形式传播信息,而不改变数据的结构、性质和内容,数据传播会使更多的人得到并理解信息,从而使信息的作用充分发挥出来。

4. 数据管理

在数据处理中,最基本的工作是数据管理工作。数据管理是其他数据处理的核心和基础。

在实际工作中数据管理的地位很重要。工作中有许多人从事各种行政管理工作,实际上这些管人、管财、管物或管事的工作就是数据管理工作。而人、财、物和事又可统称为事务。在事务管理中,事务以数据的形式被记录和保存。例如,在财务管理中,财务科通过对各种账目的记账、对账或查账等来实现对财务数据的管理。传统的数据管理方法是人工管理方式,即通过手工记账、算账和保管账的方法实现对各种事务的管理。计算机的发展为科学地进行数据管理提供了先进的技术和手段,目前许多数据管理工作都利用计算机进行,而数据管理也成了计算机应用的一个重要分支。

数据管理工作应包括以下3项内容:

- (1) 组织和保存数据,即将收集到的数据合理地分类组织,将其存储在物理载体上,使数据能够长期地保存。
- (2) 数据维护,即根据需要随时进行插入新数据、修改原数据和删除失效数据的操作。
- (3) 提供数据查询和数据统计功能,以便快速地得到需要的正确数据,满足各种使用要求。

5. 数据库

数据库(DataBase, DB)是一个长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的、统一管理的大量数据的集合。数据库中的数据按一定的数据模型组织、描述和存储,具有较小的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性,并可为用户共享。数据库的概念实际上包括两层含意:其一为数据库是一个实体,它是能够合理保管数据的“库”,用户在该“库”中存放要管理的

事务的数据及事务间联系，“数据”和“库”两个概念结合成为“数据库”；其二为数据库是数据管理的新方法和技术，它能够更合理地组织数据、更方便地维护数据、更严密地控制数据和更有效地利用数据。

概括地讲，数据库中数据的性质具有永久存储、数据整体性、数据共享性三个特点。

数据整体性指数据库是一个单位或一个应用领域的通用数据处理系统，它存储的是属于企业和事业部门、团体和个人的有关数据的集合。数据库中的数据是从全局观点出发建立的，它按一定的数据模型进行组织、描述和存储，其结构基于数据间的自然联系，从而可提供一切必要的存取路径，且数据不再针对某一应用，而是面向全组织，具有整体的结构化特征。

数据共享性指数据库中的数据是为众多用户所共享其信息而建立的，已经摆脱了具体程序的限制和制约。不同的用户可以按各自的用法使用数据库中的数据；多个用户可以同时共享数据库中的数据资源，即不同的用户可以同时存取数据库中的同一个数据。数据共享性不仅满足了各用户对信息内容的要求，同时也满足了各用户之间信息通信的要求。

1.1.2 数据库管理系统

数据库管理系统是提供数据库管理的计算机系统软件，信息系统是实现某种具体功能的应用软件。数据库管理系统为信息系统的设计提供了方法、手段和工具，利用数据库管理系统可以更快、更好地设计和实施信息系统。

1. DBMS

数据库管理系统（DataBase Management System, DBMS）是负责数据库的定义、建立、操纵、管理和维护的一种计算机软件，是数据库系统的核心部分。数据库管理系统是位于用户与操作系统之间的一层数据管理软件，它提供了对数据库资源进行统一管理和控制的功能，使数据结构和数据存储具有一定的规范性，提高了数据库应用的简明性和方便性。DBMS 是一种系统软件，也就是数据库语言本身，常用的有 SQL-Server、Oracle 等数据库版本软件。DBMS 为用户管理数据提供了一整套命令，利用这些命令可以实现对数据库的各种操作，如数据结构的定义，数据的输入、输出、编辑、删除、更新、统计和浏览等。

DBMS 的工作模式如下图 1.1 所示：



图 1.1 DBMS 的工作模式

- (1) 接受应用程序的数据请求和处理请求；
- (2) 将用户的数据请求（高级指令）转换成复杂的机器代码（底层指令）；
- (3) 实现对数据库的操作；
- (4) 从数据库的操作中接受查询结果；
- (5) 对查询结果进行处理（格式转换）；
- (6) 将处理结果返回给用户。

2. IS

信息系统（Information System, IS）是由人、硬件、软件和数据资源组成的复合系统，目的是及时、正确地收集、加工、存储、传递和提供信息，实现组织中各项活动的管理与控制。

在组织内部存在着各种各样的信息流。基于计算机和各类通信技术，集组织内部各类信息流为一个系统，并用于对组织内部的各项业务活动进行管理、调节和控制的信息处理网络中，称为一个组织的信息系统。可以是企业的产、供、销、库存、计划、管理、预测、控制的综合系统，也可以是机关的事务处理、战略规划、管理决策、信息服务等的综合系统。

信息系统的数据存放在数据库中，数据库技术为信息系统提供了数据管理的手段，DBMS 为信息系统提供了系统设计的方法、工具和环境。学习数据库及 DBMS 的基本理论和设计方法，其目的就是要掌握数据库系统的设计、管理和应用，以便能够胜任信息系统的设计、开发与应用工作。

1.1.3 数据库系统（DBS）

数据库系统（DataBase System，简称 DBS）是指在计算机系统中引入数据库后的系统。一般由数据库、数据库管理系统（及其开发工具）、应用系统、数据库管理员构成。应当指出的是，数据库的建立、使用和维护等工作只靠一个 DBMS 是远远不够的，还要有专门的人员来完成，这类人员被称为数据库管理员（DataBase Administrator, DBA）。

在不引起混淆的情况下常常把数据库系统简称为数据库。数据库系统可以用图 1.2 表示。

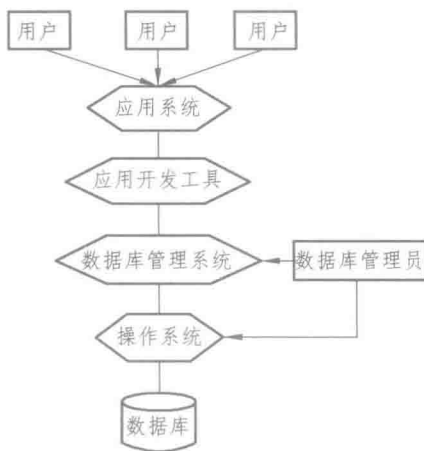


图 1.2 数据库系统

1.1.4 数据库系统组成

数据库系统的组成如图 1.3 所示，它一般是由数据库、硬件支撑环境、软件系统和人员组成。

1) 硬件支撑环境

硬件是存储数据库和运行 DBMS 的物质基础。数据库系统对硬件的要求是有足够大的内

存以存放操作系统、DBMS 例行程序、应用程序、数据库表等；有大容量的直接存取的外存储器，供存放数据和系统副本；有较强的数据通道能力以提高数据处理速度。有些数据库系统还要求提供网络环境。

2) 软件系统

软件系统主要包括：

(1) DBMS：数据库系统的核心，用于数据库的建立、使用和维护。

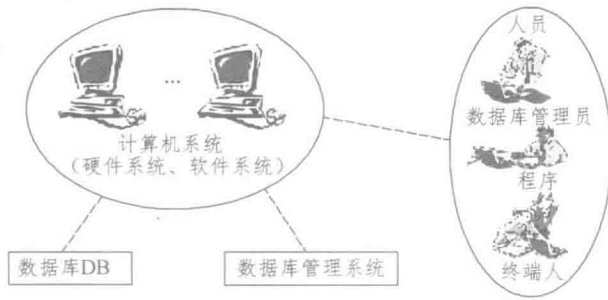


图 1.3 数据库系统 (DBS)

(2) 支持 DBMS 运行的操作系统。

DBMS 向操作系统申请所需的软/硬件资源，并接受操作系统的控制和调度，操作系统是 DBMS 与硬件之间的接口。

(3) 具有与数据库接口的高级语言及其编译系统。

为开发数据库应用系统，需要各种高级语言及其编译系统。高级语言必须具有与数据库的接口，由其编译系统来识别和转换高级语言中存取数据库的语句，以实现数据库的访问。

(4) 以 DBMS 为核心的应用开发工具软件。

应用开发工具软件是系统为应用开发人员和最终用户提供的功能强、效率高的一组开发工具集。这些开发工具基本上都是可视化的第四代语言开发工具，具有友好的图形用户界面，支持客户机/服务器运行模式，具有较高的应用系统开发效率。

(5) 为某种应用环境开发的数据库应用程序软件。

应用程序是数据库系统的批处理用户和终端用户借助应用程序、终端命令，通过 DBMS 访问数据库的应用软件。

3) 数据库

数据库是一个单位或组织需要管理的全部相关数据的集合，它是长期存储在计算机内、有组织的、可共享的统一管理数据集合。它是数据库系统的基本成分，通常包括两部分内容：

(1) 物理数据库：其中存放按一定的数据实际存储的所有应用需要的工作数据。

(2) 数据字典：数据字典 (Data Dictionary, DD) 中存放关于数据库中各级模式的描述信息，包括所有数据的结构名、意义、描述定义、存储格式、完整性约束、使用权限等信息。由于数据字典包含了数据库系统中的大量描述信息而不是用户数据，因此也称其为“描述信息库”。

(3) 在结构上数据字典也是一个数据库，为了区分物理数据库中的数据和数据字典中的数据，通常称数据字典中的数据为元数据，组成数据字典文件的属性称为元属性。数据字典是 DBMS 存取和管理数据的基本依据，主要由系统管理和使用。

(4) 在关系数据库系统中, 数据字典通常主要包括表示数据库文件的文件、表示数据库中属性的文件、视图定义文件、授权关系文件、索引关系文件等。

4) 人员

数据库系统的人员由软件开发人员、软件使用人员及软件管理人员组成。他们既有不同的数据抽象级别, 又具有不同的数据视图, 因而其职责也有所区别。

(1) 软件开发人员: 包括系统分析员、系统设计员及程序设计员, 他们主要负责数据库系统的开发设计、程序编制、系统高度和安装工作。

(2) 软件使用人员: 即数据库最终用户, 用户通过接口使用数据库。对于简单用户, 主要工作是对数据库数据进行查询和修改, 而高级用户能够直接使用数据库查询语言访问数据库。

(3) 软件管理人员: 软件管理人员称为数据库管理员 (DataBase Administrator, DBA), 他们负责全面地管理和控制数据库系统。其主要职责如下:

- ① 参与数据库系统的设计与建立。
- ② 对系统的运行实行监控。
- ③ 定义数据的安全性要求和完整性约束条件。
- ④ 负责数据库性能的改进和数据库的重组及重构工作。

(4) 数据库管理员 (DataBase Administrator, DBA)。在数据库系统环境下, 有两类共享资源。一类是数据库, 一类是数据库管理系统软件。因此需要专门的管理机构来监督和管理数据库系统。DBA 则是这个机构的一个 (组) 人员, 负责全面管理和控制数据库系统。具体职责包括:

- ① 决定数据库中的信息内容和结构。

数据库中要存放哪些信息, DBA 要参与决策。因此 DBA 必须参加数据库设计的全过程, 并与用户、应用程序员、系统分析员密切合作共同协商, 搞好数据库设计。

- ② 决定数据库的存储结构和存取策略。

DBA 要综合各用户的应用要求, 和数据库设计人员共同决定数据的存储结构和存取策略, 以求获得较高的存取效率和存储空间利用率。

- ③ 定义数据的安全性要求和完整性约束条件。

DBA 的重要职责是保证数据库的安全性和完整性。因此 DBA 负责确定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。

DBA 还有一个重要职责就是监视数据库系统的运行情况, 及时处理运行过程中出现的问题。比如系统发生各种故障时, 数据库会因此遭到不同程度的破坏, DBA 必须在最短的时间内将数据库恢复到正确状态, 并尽可能不影响或少影响计算机系统其他部分的正常运行。为此, DBA 要定义和实施适当的后备和恢复策略。如周期性的转储数据、维护日志文件等。

- ⑤ 数据库的改进和重组重构。

DBA 还负责在系统运行期间监视系统的空间利用率、处理效率等性能指标, 对运行情况进行记录、统计分析, 依靠工作实践并根据实际应用环境, 不断改进数据库设计。不少数据库产品都提供了对数据库运行状况进行监视和分析的工具, DBA 可以使用这些软件完成这项工作。

另外, 在数据库运行过程中, 大量数据不断删除、插入、更新, 时间一长, 会影响系统

的性能。因此, DBA 要定期对数据库进行重组, 以提高系统性能。

当用户的需求增加和改变时, DBA 还要对数据库进行较大的改变, 包括修改部分设计, 及数据库的重构造。

(5) 用户。用户是指最终用户 (End User)。最终用户通过应用系统的用户接口使用数据库。常用的接口方式有浏览器、菜单驱动、表格操作、图形显示、报表书写等。

最终用户可以分为三类: 偶然用户、简单用户、复杂用户。

偶然用户, 不经常访问数据库, 但每次访问数据库时往往需要不同的数据库信息, 比如企业或组织机构的高中级管理人员。

简单用户, 主要工作是查询和更新数据库, 比如银行的职员、机票预定人员、旅馆总台服务员。

复杂用户, 工程师、科学家、经济学家、科技工作者等; 要求直接使用数据库语言访问数据库, 甚至能够基于数据库管理系统的 API 编制自己的应用程序。

5) 数据库管理系统

DBMS 是数据库系统中对数据进行管理的软件系统, 它是数据库系统的核心组成部分。对数据库的一切操作, 包括定义、查询、更新及各种控制, 都是通过 DBMS 进行的。

(1) DBMS 接受应用程序的数据请求和处理请求, 然后将用户的数据请求 (高级指令) 转换成复杂的机器代码 (低层指令) 实现对数据库的操作, 并接受对数据库操作而得到的查询结果, 同时对查询结果进行处理 (格式转换), 最后将处理结果返回给用户。

DBMS 总是基于某种数据模型的, 因此可以把 DBMS 看成是某种数据模型在计算机系统上的具体实现。根据数据模型的不同, DBMS 以分为层次型、网状型、关系型、面向对象型等。

在不同的计算机系统中, 由于缺乏统一的标准, 即使相同种类数据模型的 DBMS, 在用户接口、系统功能等方面也经常是不相同的。

用户对数据库进行操作, 是由 DBMS 将操作从应用程序带到外模式、模式, 再导向内模式, 进而通过操作系统操纵存储器中的数据。同时, DBMS 为应用程序在内存开辟一个数据库的系统缓冲区, 用于数据的传输和格式转换。而三级模式结构的定义存放在数据字典中。如图 1.4 所示是用户访问数据库的一个示意图, 从中可以看出 DBMS 所起的核心作用。

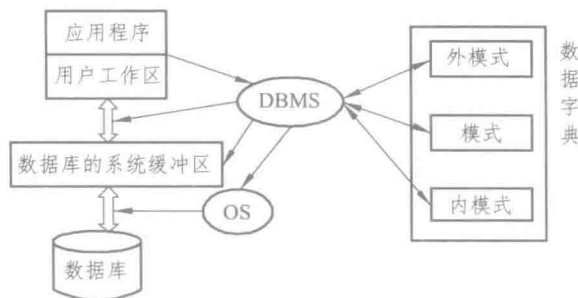


图 1.4 用户访问数据的过程

(2) DBMS 的主要目标是使数据作为一种可管理的资源来, 其主要功能如下:

数据定义: DBMS 提供数据定义语言 (Data Definition Language, DDL), 供用户定义数据库的三级模式结构、两级映像以及完整性约束和保密限制等约束。

数据操纵：DBMS 提供数据操纵语言（Data Manipulation Language, DML），供用户实现对数据的操作。

数据库的运行管理：数据库的运行管理功能是 DBMS 的运行控制、管理功能，包括多用户环境下的并发控制、安全性检查和存取权限控制、完整性检查和执行、运行日志的组织管理、事务的管理和自动恢复，即保证事务的原子性。这些功能保证了数据库系统的正常运行。

数据组织、存储与管理：DBMS 要分类组织、存储和管理各种数据，包括数据字典、用户数据、存取路径等，需确定以何种文件结构和存取方式在存储级上组织这些数据，如何实现数据之间的联系。数据组织和存储的基本目标是提高存储空间利用率，选择合适的存取方法提高存取（如随机查询、顺序查询、增加、删除、修改）效率。

数据库的保护：数据库中的数据是信息社会的战备资源，所以对数据的保护至关重要。DBMS 对数据库的保护通过 4 个方面来实现：数据库的恢复、数据库的并发控制、数据完整性控制、数据安全性控制。DBMS 的其他保护功能还有系统缓冲区的管理以及数据存储的某些自适应调节机制等。

数据库的维护：这一部分包括数据库的数据载入、转换、转储、数据库的重组与重构以及性能监控等功能，这些功能分别由各个实用程序来完成。

通信：DBMS 具有与操作系统的联机处理、分时系统及远程作业输入的相应接口，负责处理数据的传送。对网络环境下的数据库系统，还应包括 DBMS 与网络中其他软件系统的通信功能以及数据库之间的互操作功能。

（3）DBMS 由数据和元数据、存储管理器、查询处理器、事务管理器、模式更新、查询和更新等部分组成，如图 1.5 所示。

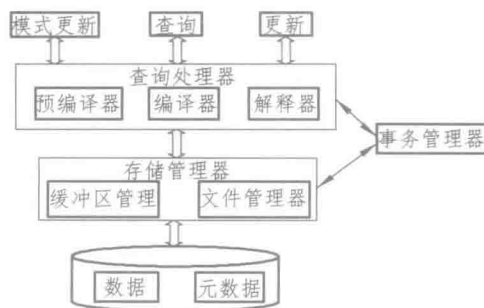


图 1.5 DBMS 的主要组成部分

数据和元数据：数据是 DBMS 管理的对象，元数据是有关数据结构的信息，简单地说是描述数据的数据即数据字典。在关系数据库管理系统（Relational DataBase Management System, RDBMS）中，数据是由用户添加到基本表中的数据，元数据是描述有关基本表名、列名、数据类型等数据库对象的数据。

输入：对 DBMS 的输入操作包括查询、更新和模式更新。

查询是针对数据的操作，有两种方式：一种方式是通过 DBMS 查询界面，另一种方式是通过应用程序界面查询。

更新是针对数据的更新，像查询一样，更新也可通过两种方式执行。一种方式是通过 DBMS 的更新界面，另一种方式是通过应用程序界面。

模式更新是对元数据的更新,对这些操作有严格的限制,只有经过授权的人才能执行模式更新。这些授权的人一般是 DBA。

查询处理器:既负责处理查询又负责处理更新和模式更新请求。查询处理器包括编译器、解释器和预编译器。编译器负责对查询和更新语句进行优化并且转换成可执行的低层命令。解释器负责编译或解释模式更新,并且将其记在元数据中。预编译器完成嵌入在宿主语言中的查询语句。

存储管理器:存储管理器是根据获得的请求信息,从数据存储器中获得信息或修改数据存储器中的信息。在一个简单的数据库系统中,存储管理器实际上就是操作系统的文件系统。但有时为了提高效率,DBMS 通常直接控制存储在磁盘上的数据。

存储管理器由文件管理器和缓冲区管理器组成。文件管理器负责跟踪磁盘上文件的位置或根据内存管理器中的请求获得数据块,数据块中含有缓冲区管理器所要求的文件。磁盘通常划分成一个个连续存储的数据块,每个数据块大小从 4 KB 到 16 KB 不等。缓冲区管理负责内存的管理,它通过文件管理器从磁盘上获取数据块,并且在内存中选择用于存储这些数据块的内存位置。缓冲区管理器可以把磁盘上的数据块保存一段时间,当内存紧张时,可以释放这些数据块,然后利用释放出来的空间保存新的数据块。

事务管理器:事务管理器负责系统的完整性工作,必须确保同时运行的查询语句不互相影响,即使是系统由于种种原因突然失败,系统也不会丢失任何数据。

事务管理器与查询处理器互相影响,因为事务管理器必须知道当前查询所操作的数据以避免操作之间的冲突,并且还可以拖延某些查询或操作的执行使得冲突不会发生。

事务管理器还与存储管理器互相影响,因为为了保护数据,模式更新经常涉及存储数据变化的日志文件的存储。通过正确地排列这些操作的顺序,日志文件中将会包含这些被改变的记录,以便当系统失败后,可以通过日志文件来恢复系统中的数据。

事务管理器具有原子性、一致性、独立性和持久性的属性。原子性表示整个事务要么都执行、要么都不执行。一致性的含义表示无论系统处于何种状态,都能保证数据库中的数据处于一致状态;独立性表示两个或多个事务可以同时运行而不互相影响;持久性表示事务一经完成,即使系统出现故障,也要保证事务的结果不能丢失。

1.1.5 数据库应用系统开发项目

设计一个管理系统可称之为开发一个项目,本书以“网上书店系统”为例来讲述如何开发一个项目以及数据库系统开发应用。

1. 网上书店系统

网上书店系统采用结构化设计思想,首先将整个系统划分为两大子系统,即用户使用的前台购书子系统和管理员使用的后台管理子系统,然后再将这两个子系统划分为若干个模块,如用户注册、图书查询、在线购书、图书管理、订单管理和用户管理等。网上书店系统基本功能模块如图 1.6 所示。

前台购书系统主要包括的功能模块分别为:用户信息管理功能包括新用户注册、用户登录和修改用户信息;购物车功能包括向购物车添加图书、删除图书和更改图书数量等;图书查询功能包括按图书价格查询和按图书类型查询等;订单管理功能包括购书生成订单和用户查询订单等。