



高等学校“十二五”规划教材·计算机类

数据库系统

——基础、设计及应用

姚普选 编著



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校“十二五”规划教材·计算机类

数据库系统

——基础、设计及应用

姚普选 编著



TP311.13-43
210



北航

C1630557

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书系统地介绍了数据库系统的基础知识、设计方法以及应用技术,内容包括数据库系统基本概念,关系数据库基础知识,创建数据库的一般方法,SQL语言及其使用方法,数据库完整性与安全性知识,数据库应用程序设计的一般方法以及事务管理基础知识。

本书将知识讲解与实验指导融为一体,着重于讲解数据库系统的核心知识和常用技术,对于学习和实验过程中所涉及的语言(SQL语言等)与软件(SQL Server等)的介绍也力求准确、清晰,便于读者的学习和运用。

本书适用于高等院校本科生数据库课程的教学,也可供数据库爱好者或工程技术人员自学与参考。

图书在版编目(CIP)数据

数据库系统:基础、设计及应用/姚普选编著.

—西安:西安电子科技大学出版社,2013.2

高等学校“十二五”规划教材·计算机类

ISBN 978-7-5606-3004-5

I. ①数… II. ①姚… III. ①数据库系统 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第021208号

策 划 李惠萍

责任编辑 买永莲 李惠萍

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 西安文化彩印厂

版 次 2013年2月第1版 2013年2月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张16.5

字 数 389千字

印 数 1~3000册

定 价 28.00元

ISBN 978-7-5606-3004-5 / TP

XDUP 3296001-1

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

前 言

数据库课程是计算机基础教育的重点。作为高等院校的学生,具备基本的数据库系统知识,掌握一定程度的数据库操纵技术,无论对于现在的学习还是将来的工作,都是必不可少的。

数据库入门看起来不难,但要学好却不容易。就现状而言,因为可供选用的数据库产品种类繁多,不同的产品受限于生产厂商、计算机平台以及各种社会和商业因素,往往在理念、形式以及使用方法上都有较大差别,给学习和使用带来了困难。加之数据库系统本身的内容不断增加而所能安排的学时却不断减少,使得这门原本应该不断增加学时和内容的课程却渐次收缩。有鉴于此,笔者在自己编写的多本相关教材及长期教学实践的基础上,参考教育部高等学校计算机基础课程教学指导委员会的“计算机基础课程教学基本要求”,编写了本书。

本书以 SQL Server 为背景,由浅入深地介绍学习数据库课程必须理解的数据库系统基础知识以及使用数据库技术必须掌握的常用方法,力图使读者在有限的时间之内,对该课程的主要知识和技能有一个清晰、完整的理解和把握。本书中,重要的或者较为复杂的概念和方法往往先在简单的例子中加以运用,引起读者的注意。然后在某个章节中详细讲解,进一步加深读者的印象。这样,既有了便于学习的效果,又避免了因刻意分散重点、难点而形成的相关内容割裂开来,不便查阅、不易形成完整印象的弊病。本书注重知识和技能的有机结合,兼顾课堂教学、实践环节以及不同领域读者的实际需求,尽力避免因强调某些方面而忽略其他方面可能造成的整体上的缺失。

本书将基础知识的讲解与实验环节的指导融为一体,每章中除了详尽的讲解之外,还包括了循序渐进的实验方法说明和精心安排的习题。全书包括以下几部分内容:

第 1 章为数据库系统,介绍了数据库系统的诞生和发展、功能与特点、组成与体系结构等基础知识;安排了观察已有数据库并简单地操纵其中数据的实验。

第 2 章为关系数据模型,介绍了数据模型的概念,概念模型的设计方法,关系理论以及关系模型的设计方法,函数依赖、多值依赖以及关系规范化方法;安排了依照关系规范化方法进行数据库设计和实施的实验。

第 3 章为数据库设计与创建,介绍了数据库设计和创建的一般过程,SQL Server 数据库管理系统的功能、特点以及创建数据库的一般方法;安排了在 SQL Server 中创建数据库的实验。

第 4 章为 SQL 语言,介绍了 SQL 语言的功能与特点,SQL 数据定义、数据查询和数据操纵的一般方法;安排了使用 SQL 语言创建数据库以及操纵数据的实验。

第 5 章为数据库完整性与安全性,介绍了数据库完整性的概念以及实施数据库完整性的一般方法,触发器的概念与使用方法,数据库安全性的概念以及实施数据库安全性的一般方法;安排了实施数据库完整性、定义和使用触发器以及实施数据库安全管理的实验。

第 6 章为数据库应用程序,介绍了嵌入式与动态 SQL 的概念,存储过程的概念与使用方法,数据库应用程序的一般概念和设计方法;安排了定义和使用存储过程、编写程序访问数据库并操纵其中数据的实验。

第 7 章为事务管理,介绍了事务的概念和基本操作,数据库并发访问控制的一般方法以及封锁机制的概念与方法;安排了定义和使用事务、制造和检测死锁以及数据库备份和还原的实验。

本书可作为高等院校数据库课程的教材,也可作为数据库爱好者以及从事相关工作的工程技术人员的参考书。采用本书作为教材的数据库课程以 48~56 (包括上机时数)学时为宜。学时较少时,可以少讲或不讲事务处理和数据库应用程序两章中的某些内容。本书中每章都配备了内容丰富的习题,不同类型的读者可按自己的需求选做。

数据库技术博大精深且仍处于不断发展变化之中,受篇幅、时间、读者定位、使用环境以及笔者水平等种种限制,一本书所涵盖的内容及所表达的思想总会有所局限,因而笔者希望传达给读者的信息是否到位或者是否得体,还要经过读者的检验,望广大读者批评指正。

姚普选

2012 年 10 月

目 录

第 1 章 数据库系统	1	2.5.5 域关系演算.....	48
1.1 数据库的概念.....	1	2.6 数据依赖与关系规范化	49
1.2 数据库系统组成与结构.....	4	2.6.1 函数依赖.....	49
1.2.1 数据库系统组成.....	4	2.6.2 基于主键的范式和 BC 范式.....	51
1.2.2 数据库系统的三级模式结构.....	6	2.6.3 多值依赖和第四范式.....	53
1.2.3 数据库系统体系结构.....	8	2.6.4 关系规范化的过程与原则.....	55
1.3 数据库管理系统.....	11	实验 2 关系规范化	56
1.3.1 数据库管理系统的功能.....	11	习题	63
1.3.2 常见的数据库管理系统.....	12	第 3 章 数据库设计与创建	65
实验 1 观察 SQL Server 数据库	14	3.1 数据库设计方法.....	65
习题 1	22	3.2 数据库设计过程.....	68
第 2 章 关系数据模型	24	3.2.1 数据库设计的需求分析.....	69
2.1 数据模型的概念.....	24	3.2.2 数据库概念设计.....	73
2.1.1 实体与数据.....	24	3.2.3 数据库的逻辑设计.....	76
2.1.2 数据之间的联系.....	26	3.3 SQL Server 数据库系统	79
2.1.3 数据模型的构造与分类.....	27	3.3.1 SQL Server 中的数据库管理.....	79
2.2 概念模型.....	28	3.3.2 SQL Server 数据库中的表.....	82
2.3 逻辑数据模型.....	30	3.3.3 SQL Server 的数据库对象.....	84
2.3.1 关系数据模型.....	30	3.4 创建 SQL Server 数据库	86
2.3.2 层次数据模型.....	31	3.4.1 通过图形用户界面创建数据库.....	86
2.3.3 网状数据模型.....	32	3.4.2 通过图形用户界面创建数据库	
2.4 关系及关系约束.....	33	中的表.....	89
2.4.1 关系.....	33	3.4.3 创建数据库关系图.....	92
2.4.2 关系的性质.....	35	3.4.4 创建索引.....	95
2.4.3 主键和外键.....	36	实验 3 创建数据库	98
2.4.4 关系模式.....	38	习题 3	101
2.4.5 关系完整性约束.....	39	第 4 章 SQL 语言	103
2.5 关系运算.....	40	4.1 SQL 语言的功能与特点.....	103
2.5.1 传统的集合运算.....	41	4.1.1 SQL 语言的诞生与发展.....	103
2.5.2 专门的关系运算.....	42	4.1.2 SQL 语言的功能与特点.....	104
2.5.3 扩充的关系代数运算.....	45	4.1.3 SQL 语句及书写规则.....	106
2.5.4 元组关系演算.....	47		

4.2 数据定义.....	107	5.5.4 SQL Server 权限管理.....	169
4.2.1 数据库的创建与删除.....	107	5.5.5 SQL Server 数据库角色.....	173
4.2.2 基表及索引的定义与删除.....	109	实验 5 数据库完整性与安全性.....	177
4.3 数据查询.....	111	实验 5.1 实施数据完整性.....	179
4.3.1 单表查询.....	111	实验 5.2 创建并使用触发器.....	181
4.3.2 聚合函数与分组查询.....	114	实验 5.3 实现数据库安全管理.....	183
4.3.3 连接查询.....	115	习题 5.....	184
4.3.4 子查询.....	120		
4.3.5 集合查询.....	122	第 6 章 数据库应用程序	186
4.4 SQL 语言的数据更新.....	124	6.1 程序设计方法.....	186
4.5 SQL 语言的视图.....	126	6.2 嵌入式与动态 SQL.....	188
实验 4 SQL 语句的使用.....	128	6.2.1 嵌入式 SQL 的使用.....	189
实验 4.1 创建数据库.....	129	6.2.2 动态 SQL 的概念.....	191
实验 4.2 数据查询与数据操纵.....	132	6.3 存储过程.....	193
实验 4.3 连接查询与嵌套查询.....	133	6.3.1 存储过程的特点.....	193
习题 4.....	135	6.3.2 创建存储过程.....	194
		6.3.3 系统存储过程.....	196
第 5 章 数据库完整性与安全性	137	6.4 数据库接口.....	199
5.1 数据库完整性的概念.....	137	6.5 MFC 的 ODBC 类.....	201
5.1.1 数据库完整性的几种情况.....	138	6.5.1 连接数据源的 CDatabase 类.....	202
5.1.2 完整性约束条件及完整性控制.....	139	6.5.2 表示记录集的 CRecordset 类.....	203
5.2 DBMS 中的数据完整性.....	140	6.5.3 操纵数据的 3 个类.....	205
5.2.1 实体完整性控制.....	141	6.6 数据库应用程序.....	206
5.2.2 引用完整性的定义.....	142	实验 6 数据库应用程序.....	209
5.2.3 引用完整性的检查和违约处理.....	144	实验 6.1 实现存储过程.....	210
5.2.4 用户定义的完整性.....	145	实验 6.2 编写程序访问数据库.....	212
5.2.5 完整性约束的命名与修改.....	147	习题 6.....	212
5.3 触发器.....	148		
5.3.1 定义触发器.....	149	第 7 章 事务管理	214
5.3.2 触发器的使用.....	151	7.1 事务的概念.....	214
5.4 数据库安全性控制.....	154	7.1.1 引入事务处理的必要性.....	214
5.4.1 数据库安全的概念.....	154	7.1.2 事务的特点.....	216
5.4.2 数据库安全控制的方法.....	155	7.2 事务的基本操作.....	217
5.4.3 SQL 语言的自主存取控制方法.....	158	7.2.1 启动事务.....	217
5.5 SQL Server 安全机制.....	160	7.2.2 提交事务.....	218
5.5.1 SQL Server 安全体系结构.....	161	7.2.3 回滚事务.....	219
5.5.2 SQL Server 身份验证模式.....	162	7.2.4 设置事务保存点.....	220
5.5.3 SQL Server 数据库账户.....	166	7.3 封锁机制.....	221

7.3.1 并发操作可能出现的问题.....	221	实验 7.3 数据备份与还原.....	237
7.3.2 锁的概念.....	223	习题 7.....	240
7.3.3 封锁协议.....	224		
7.4 封锁的问题及解决方法.....	226	附录 1 BNF 范式.....	241
7.5 数据库恢复技术.....	228	附录 2 SQL Server 流程控制语言.....	243
7.5.1 数据库故障的种类.....	229	附录 3 Web 数据库.....	247
7.5.2 数据库恢复技术.....	230	附 3.1 Web 网的工作方式.....	247
7.5.3 数据库恢复方法.....	231	附 3.2 Web 数据库的结构与工作方式.....	249
实验 7 事务管理与数据库备份.....	233	附 3.3 Web 数据库的访问.....	251
实验 7.1 实现事务.....	234	参考文献.....	256
实验 7.2 检测死锁.....	235		

第1章 数据库系统



数据库技术是使用计算机进行数据处理的主要技术,广泛应用于人类社会的各个方面。在以大批量数据的存储、组织和使用为其基本特征的仓库管理、销售管理、财务管理、人事档案管理以及企事业单位的生产经营管理等事务处理的活动中,都要使用称之为DBMS(DataBase Management System, 数据库管理系统)的软件来构建专门的数据库系统,并在DBMS的控制下组织和使用数据,从而执行管理任务。不仅如此,在情报检索、专家系统、人工智能、计算机辅助设计等各种非数值计算领域以及基于计算机网络的信息检索、远程信息服务、分布式数据处理、复杂市场的多方面跟踪监测等方面,数据库技术也都得到了广泛应用。时至今日,基于数据库技术的管理信息系统、办公自动化系统以及决策支持系统等,已经成为大多数企业、行业或地区从事生产活动乃至日常生活的重要基础。

1.1 数据库的概念

现代社会中,需要管理和利用的数据资源越来越庞杂。例如,一所大学要将描述学生、课程、教师以及学生选课、教师授课等各种事物的数据有机地组织起来,以便随时查询、更新和抽取,从而指导日常教学;一个商贸公司要将描述商品、客户、雇员和订单的数据组织起来,用于指导经营活动;对于个人来说,日常生活中的相关数据,如通讯录、家庭财产、工作中备忘备查的人和事等,也都需要组织起来,才能更好地加以利用。为了有效地收集、组织、存储、处理和利用来自于生产活动和日常生活中的各种数据,数据库技术应运而生并成为当今数据处理的主要技术。

简单地说,数据库是按照一定的方式来组织、存储和管理数据的“仓库”。在事务处理过程中,常常需要把某些相关的数据放进这种“仓库”,并根据管理的需要进行相应的处理。数据库是由称之为DBMS的软件来统一管理的。用户根据自己的业务需求选择某种适用的DBMS(如Microsoft SQL Server、MySQL等),按照它所提供的操作界面来创建数据库并随时存取或更新其中的数据。一般来说,一个数据库是基于相应业务所涉及的多个部门或个人之间的所有数据而构建的,其中的数据自然要为每个部门或个人用户所共享。当然,不同部门和个人之间需要存放和操纵的数据的范围可以有所不同。

【例 1-1】 一所大学的数据库。

大学需要存储和处理教师、学生、课程等各方面的相关数据,这些数据存储于通过某种DBMS创建的数据库中,并分别由人事部门、教务部门、学生管理部门以及学术评议部



门根据自己的业务来存取和操纵相关范围内的数据，如图 1-1 所示。

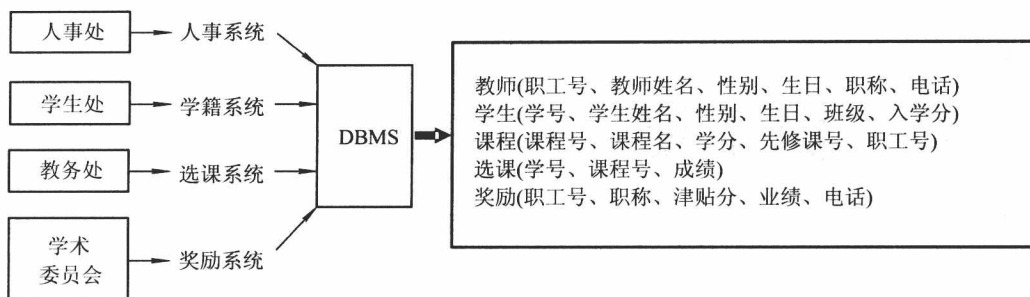


图 1-1 某大学的数据库系统

目前，数据库系统基本上都是按照“关系数据模型”来组织数据的。这种方式将满足所有下属部门业务需求的数据存放在多个称之为“关系”的数据表中，相关人员通过 DBMS 来存取、查询或更新(插入、删除或修改)其中的数据。例如，将学生、课程和选课的相关数据分别存放在如图 1-2 所示的三个表中。

学号	学生姓名	性别	生日	班级	入学分
10100131	张卫	男	1990-1-1	材料82	656
10600101	王袁	女	1990-1-10	能动81	668
10600110	郑坤	男	1905-6-1	材料82	
10800101	李玉	女	1989-7-1	自控81	678
10800102	林乾	男	1989-12-2	自控81	699
10800103	方平	男	1990-3-3	自控81	673

(a) “学生”表

课程号	课程名	学分	先修课	职工号
030100	组合数学	5	040001	4382
030102	计算全息	5	040100	6903
120011	英语写作	6	020001	9091
250012	数据库技术	12	050002	4273
250102	Java程序设计	4	050002	8586

(b) “课程”表

学号	课程号	成绩
10800101	030100	86
10800101	250012	91
10800101	250102	82
10800102	250012	80
10800102	250102	73
10800103	030100	70
10800103	250012	80

(c) “选课”表

图 1-2 数据库中的表



这三个表中,有些数据项(栏目、列)是同名且存放相同类型数据的,可用于建立表和表之间的联系,如图 1-3 所示。

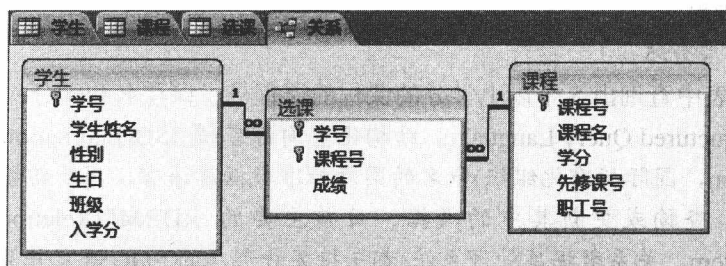


图 1-3 数据库中三个表之间的联系

1. 数据库中的表

数据库(特指按照关系模型创建的数据库)的基本成分是一些存放数据的表。数据库中的表从逻辑结构上看相当简单,它是由若干行和列简单交叉形成的,不能表中套表。它要求表中每个单元都只包含一个数据,可以是字符串、数字、货币值、逻辑值、时间等较为简单的数据。

表中的一行称为一条记录。记录的集合即表的内容。一条记录的内容是描述一类事物中的一个具体事物的一组数据,如一个学生的学号、姓名、入学分等。一般地,一条记录由多个数据项构成,数据项的名称、顺序、数据类型等由表的标题决定。表名以及表的标题是相对固定的,而表中记录的数量则是经常变化的。

注:数据库中的表与 Excel 中的“工作表”虽外形相似,却是不同的。工作表可看做单元格的集合,每个单元格都可以随意存放不同类型的数据,也可以使用公式求得数据。而数据库表中的每条记录都是相同结构的,每个单元格都受标题的约束,只能存放符合条件的数据。

表与表之间可以通过彼此都具有的相同的字段(列)联系起来。例如,“学生”表和“选课”表都有“学号”字段,选课表的一条记录就可联系到学生表的一条记录。这样就不必在选课表中重复包含学生的其他信息,减少了数据冗余。

2. 数据库系统的功能

数据库系统是将累积了一定数量的记录管理起来,以便再利用的数据处理系统。具有如下功能:

(1) 输入记录。规定了表的格式或者说创建了表的结构之后,就可以按照这种规定来“填充”表中的数据了。DBMS 提供相应的输入方式(操作命令或图形用户界面),使得用户可以方便地输入每条记录。例如,在 Microsoft SQL Server 中,打开类似于图 1-2 中的“学生”表即可逐个输入每个学生的记录。

(2) 输出报表。报表是按照某种条件筛选记录之后形成的记录的集合,可以打印成文本、形成电子文档或者作为某种数据处理系统的加工对象。DBMS 提供输出报表的各种方式,用户可以按照需求选择不同的内容以及输出格式。例如,可以逐行打印出某个班级所有学生某门课程的成绩。

(3) 查询。按照 DBMS 规定的格式设置查询条件即可找出符合条件的记录。例如,在

Microsoft SQL Server 中，输入一个 SQL 语言的查询语句作为操作命令：

```
SELECT 课程号, 课程名, 学分
FROM 课程
WHERE 学分>5
```

即可在“课程”表中查询出 5 个以上学分的课程的课程号、课程名和学分。

注：SQL(Structured Query Language, 结构化查询语言)是 ISO(International Organization for Standardization, 国际标准化组织)命名的国际标准数据库语言，用于组织、管理关系数据库以及存取、查询或更新其中的数据。目前主要的 RDBMS(Relationship DataBase Management System, 关系数据库管理系统)都支持某种形式的 SQL 语言并且大部分产品都遵守 ANSI SQL89 标准。

(4) 修改记录。现实世界中的事物是不断变化的，相应数据库中的数据也应该随之而变。例如，一所大学中每年都有毕业的学生和新入学的学生，数据库中的学生表就应该随时调整。因此，相关人员应该按照 DBMS 所提供的方法(SQL 语言的数据操纵语句或图形化用户操作界面)来进行调整。

1.2 数据库系统组成与结构

数据库系统是一种由有组织地、动态地存储大量关联数据，方便用户访问的计算机软件 and 硬件资源组成的系统。在数据库系统中，存储于数据库中的数据与应用程序是相互独立的。数据是按照某种数据模型组织在一起并保存在数据库文件中的。数据库系统对数据的完整性、唯一性、安全性提供统一而有效的管理手段，同时对用户提供管理和控制数据的各种简单明了的操作命令或者程序设计语言。用户使用这些操作命令或者通过编写程序来向数据库发出查询、修改、统计等各种命令，以得到满足不同需要的数据。

从不同的角度考察，数据库系统有不同的结构。从 DBMS 的角度看，数据库系统通常采用三级模式结构。从数据库最终用户角度看，数据库系统分为集中式(单用户或主从式)结构、客户/服务器结构、分布式结构和并行结构。

1.2.1 数据库系统组成

数据库系统是一种按照数据库方式存储、管理数据并向用户或应用系统提供数据支持的计算机应用系统，是存储数据的介质、数据处理的对象和管理系统的集合体。它通常包括存储数据的数据库、操纵数据的应用程序以及数据库管理员等，且需在 DBMS 软件的支持下工作，如图 1-4 所示。

1. 数据库

数据库是一个单位或组织按照某种特定方式存储在计算机内的数据的集合，如工厂中的产品数据、政府部门的计划统计数据、医院中的病人与病历数据等。这个数据集合按照能够反映出数据的自然属性、实际联系以及应用处理的要求的方式

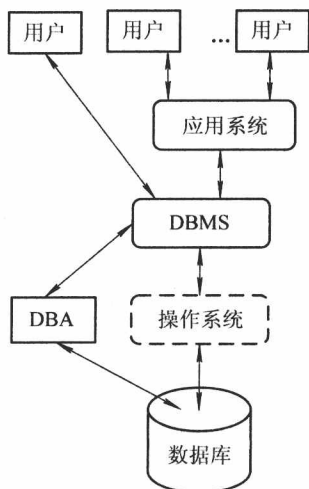


图 1-4 数据库系统



组织成一个有机的整体进行存储,并提供给该组织或单位内的所有应用系统(或人员)共享。

应该注意的是:数据库中的数据是一种处理用的中间数据,称为业务数据,它与输入/输出数据不同。当然,可以将输入数据转变为业务数据存入数据库中,也可以从数据库中的数据推导产生输出数据。

数据库通常由两大部分组成:一是有关应用所需要的业务数据的集合,称为物理数据库,它是数据库的主体;二是关于各级数据结构的描述数据,称为描述数据库,通常由一个数据字典系统管理。

运行数据库系统的计算机要有足够大的内存储器、大容量磁盘等联机存储设备以及高速的数据传输设备,以支持对外存储器的频繁访问,还需要有足够数量的脱机存储介质,如外接式硬盘、磁带、可擦写式光盘等存放数据库备份。

2. DBMS 及其软件支持系统

DBMS(数据库管理系统)是数据库系统的核心。DBMS 一般是通用软件,由专门的厂家提供。DBMS 负责统一管理和控制数据库,执行用户或应用系统交给的定义、构造和操纵数据库的任务,并将执行的结果提供给用户或应用系统。

DBMS 是在操作系统(可能还包括某些实用程序)支持下工作的。因为计算机系统的硬件和软件资源是由操作系统统一管理的,故当 DBMS 执行分配内存、创建或撤销进程、访问磁盘等操作时,必须通过系统调用请求操作系统为其服务。操作系统从磁盘取出来的是物理块,对物理块的解释则是由 DBMS 完成的。

数据库系统中的软件通常还包括应用程序。数据库应用程序是通过 DBMS 访问数据库中的数据并向用户提供服务的程序,简单地说,它是允许用户插入、删除和修改并报告数据库中数据的程序。这类程序是由程序员通过程序设计语言或某些软件开发工具(如 Power Builder、Delphi、Visual Basic、Visual C++ 等),按照用户的要求编写的。

DBMS 将数据和操纵数据的程序隔离开来,程序必须与 DBMS 接口才能对数据库中的数据进行查询、插入、删除、更新等操作。因而可以由 DBMS 来集中实施安全标准,以保证数据的一致性和完整性。另外,用户不必考虑数据的存储结构,可以将注意力集中在数据本身的组织和使用上。

3. 人员

开发、管理和使用数据库系统的人员主要有数据库管理员(DBA)、系统分析员、数据库设计人员、应用程序员和最终用户。

(1) 数据库管理员(DataBase Administrator, DBA)。对于较大规模的数据库系统来说,必须有人员全面负责建立、维护和管理数据库系统,承担这种任务的人员称为 DBA。DBA 是控制数据整体结构的人,负责保护和控制数据,使数据库能为任何有权使用的人所共享。DBA 的职责包括:定义并存储数据库的内容,监督和控制数据库的使用,负责数据库的日常维护,必要时重新组织和改进数据库等。

DBA 负责维护数据库,但对数据库的内容不负责。而且,为了保证数据的安全性,数据库的内容对 DBA 应该是封锁的。例如,对于职工记录类型中的工资数据项,DBA 可以根据应用的需要将该数据项类型由 6 位数字型扩充到 7 位数字型,但是不能读取或修改任一职工的工资值。



(2) 系统分析员和数据库设计人员。系统分析员负责应用系统的需求分析和规范说明,要与用户及 DBA 配合,确定系统的软件和硬件配置,并参与数据库的概要设计。

数据库设计人员负责确定数据库中的数据,并在用户需求调查和系统分析的基础上,设计出适用于各种不同种类的用户需求的数据库。在很多情况下,数据库设计人员是由 DBA 担任的。

(3) 应用程序员。应用程序员具备一定的计算机专业知识,可以编写应用程序来存取并处理数据库中的数据。例如,库存盘点、工资等处理通常都是由这类人员完成的。

(4) 最终用户。最终用户指的是为了查询、更新以及产生报表而访问数据库的人员,数据库主要是应他们的需求而存在的。最终用户可分为以下三类:

- 偶然用户:这类用户主要包括一些中层或高层管理者或其他偶尔浏览数据库的人员。他们通过终端设备,使用简便的查询方法(命令或菜单项、工具按钮)来访问数据库。他们对数据库的操作以数据检索为主,例如,询问库存物资的金额、某个人的月薪等等。

- 简单用户:这类用户较多,银行职员、旅馆总台服务员、航空公司订票人员等都属于这类用户,其主要职责就是经常性地查询和修改数据库。他们一般都是通过应用程序员设计的应用系统(程序)来使用数据库的。

- 复杂用户:包括工程师、科技工作者、经济分析专家等资深的最终用户。他们对自己工作范围内的相关知识了解得较全面,且熟悉 DBMS 的各种功能,能够直接使用数据库语言,甚至有能编写自己的程序来访问数据库,完成复杂的应用任务。

典型的 DBMS 会提供多种存取数据库的工具,简单用户很容易掌握它们的使用方法,偶然用户只需会用一些常用的工具即可,资深用户则应尽量掌握大部分 DBMS 工具的使用方法,以满足自己的复杂需求。

1.2.2 数据库系统的三级模式结构

从 DBMS 的角度看,数据库系统有一个严谨的体系结构,从而保证其功能得以实现。根据 ANSI/SPARS(美国标准化协会和标准计划与需求委员会)提出的建议,数据库系统是三级模式和二级映像结构的,如图 1-5 所示。

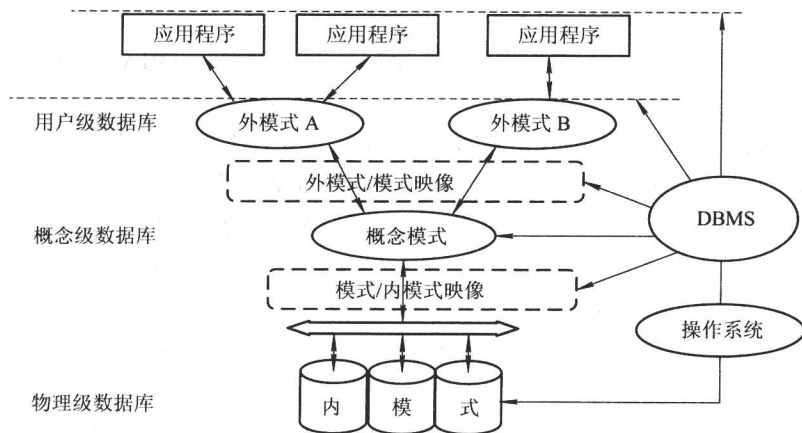


图 1-5 数据库系统的三级模式结构



1. 三种模式

数据库的基本结构是由用户级、概念级和物理级组成的三级结构,分别称为概念模式、外模式和内模式。

(1) 概念模式。概念模式简称模式,是数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述,即数据库所采用的数据模型。一个数据库只有一个概念模式,它是由数据库设计者综合所有用户数据,按照统一的观点构造而成的。在定义模式时,不仅要定义数据的逻辑结构,例如,数据记录的数据项组成,数据项的名字、类型、取值范围等,而且要定义数据之间的联系,定义与数据有关的安全性、完整性要求。DBMS 提供了模式描述语言 DDL(参见 1.4 节)来定义概念模式。

概念模式是数据库系统模式的中间层,既不涉及数据库物理存储细节和硬件环境,也与具体的应用程序以及所使用的程序设计语言或应用开发工具无关。它由数据库管理员(DBA)统一组织管理,故又称为 DBA 视图。

(2) 外模式。外模式又称为子模式,是数据库用户(包括应用程序员和最终用户)能够看到和使用的局部数据的逻辑结构和特征的描述,是数据库用户的数据视图,是与具体的应用有关的数据的逻辑表示。

外模式通常是概念模式的子集,一个数据库可以有多个外模式。外模式的描述随用户的应用需求、处理数据的方式的不同而不同,即使是来自模式中的同样的数据,在外模式中的结构、类型、长度、保密级别等都可以不同。另外,同一外模式也可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 提供了子模式描述语言(参见 1.4 节)来定义外模式。

(3) 内模式。内模式又称为存储模式,是数据的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。例如,记录是顺序存储还是按 B 树结构或按 hash(散列)方式存储;索引按什么方式组织;数据是否压缩存储,是否加密;数据的存储记录结构有什么规定等。DBMS 提供了内模式描述语言(参见 1.4 节)来定义内模式。

一个数据库只有一个内模式。从形式上来看,一个数据库就是存放在外存储器上的许多物理文件的集合。

无论哪一级模式都只是处理数据的一个框架,按这些框架填入的数据才是数据库的内容。以外模式、概念模式或物理模式为框架的数据库分别称为用户数据库、概念数据库和物理数据库。物理数据库是实际存放在外存储器里的数据,而概念数据库和用户数据库只不过是物理数据库的抽象的逻辑描述而已。用户数据库是概念数据库的部分抽取;概念数据库是物理数据库的抽象表示;物理数据库是概念数据库的具体实现。

2. 二级映像

数据库系统的三级模式是数据的三个抽象级别,而数据实际上只存在于物理层。在一个基于三层模式结构的 DBMS 中,每个用户实际上只需要关注自己的外模式。因此,DBMS 必须将外模式中的用户请求转换成概念模式中的请求,然后再将其转换成内模式中的请求,并根据这一请求完成在数据库中的操作。例如,如果用户的请求是检索数据,则先要从数据库中抽取数据,然后转换成与用户的外部视图相匹配的格式。

为了实现三个层次之间的联系和转换,DBMS 提供了两层映像:外模式/模式映像和模



式/内模式映像。

注：所谓映像是用来指定映像的双方如何进行数据转换的规则。

(1) 外模式/模式映像。一个模式可以对应多个外模式，每个外模式在数据库系统中都有一个外模式/模式映像，它定义了这个外模式和模式之间的对应关系。映像的定义通常包含在各自外模式的描述中。当模式改变(如增加新的关系、属性、改变属性的数据类型等)时，DBA 会相应地改变各个外模式/模式映像，使得外模式保持不变，从而依据外模式编写的应用程序不必修改，这就保证了数据与程序的逻辑独立性。

(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，故模式/内模式映像是最唯一的，它定义了数据库全局逻辑结构与存储结构之间的关系。模式/内模式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时，DBA 会相应地改变模式/内模式映像，使得模式保持不变，也不必修改应用程序，这就保证了数据与程序的物理独立性。

用户根据外模式来操纵数据库时，数据库系统通过外模式/模式映像使用户数据库与概念数据库相联系，又通过模式/内模式的映像与物理数据库相联系，从而使用户实际使用物理数据库中的数据。实际的转换工作是由 DBMS 完成的。

1.2.3 数据库系统体系结构

数据库的三级模式结构对最终用户和程序员是透明的，他们见到的只是数据库的外模式和应用程序。从最终用户的角度来看，数据库系统分为单用户结构、主从式结构、客户/服务器结构和分布式结构。下面结合计算机体系结构的发展过程，介绍数据库系统的几种常见体系结构。

1. 分时系统环境下的集中式数据库系统

数据库技术诞生于分时计算机系统流行之际，因而早期的数据库系统是以分时系统为基础的。从数据库的应用来看，数据是一个企业或事业单位的共享资源，数据库系统要面向全单位提供服务；从技术条件来看，数据库系统要求较高的 CPU 运算速度和较大容量的内存和外存，而当时只有价格昂贵的大中型机或高档小型机才能满足要求。所以，早期的数据库只能集中建立在本单位的主要计算机上，用户通过终端或远距离终端分时访问数据库系统。在这种系统中，不但数据是集成的，数据的管理也是集成的，数据库系统的所有功能，从各种各样的用户接口到 DBMS 的核心都集中在 DBMS 所在的计算机上，终端只是人-机交互的设备，不分担数据库系统的处理功能，如图 1-6 所示。

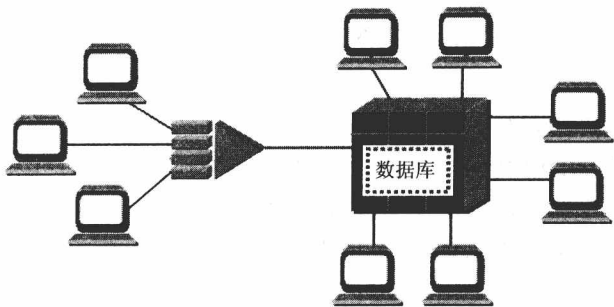


图 1-6 分时系统环境下的集中式数据库系统



2. 微型计算机上的单用户数据库系统

进入 20 世纪 70 年代之后,微型计算机出现并迅速普及,由于微机在性能价格比上的优势,将计算机处理能力集中在少数大中型机或高档小型机上不再是经济合理的方案,因而数据库也移植到了微机上。1979 年,Ashton-Tate 公司开发出了 dBASE 数据库管理系统,由于极为成功的促销策略,dBASE 系统的用户和数量迅速增长,开创了微机数据库技术应用的先河。此后,其他厂商纷纷将自己的产品从大型机移植到微机上,如 Oracle、Ingres 等,同时,有些厂商也专门为微机开发数据库产品,如 Paradox 等。

在一段时间内,大量的 PC(Personal Computer,个人计算机)和工作站涌入了各个单位和部门,计算机处理能力分散化成为一种倾向。在这种基于 PC 的数据库系统中,各个组成部分(数据库、DBMS 和应用程序等)都装配在一台计算机上,由一个用户独占,不同计算机之间难以共享数据。

3. 网络环境下的客户/服务器数据库系统

20 世纪 80 年代中后期,计算机网络开始普及,局域网(Local Area Network, LAN)将独立的计算机连接起来,网络上的计算机之间可以互相通信,共享各种用途的服务器,如打印服务器、文件服务器等。这就导致了客户/服务器结构的数据库系统的开发。

客户/服务器系统是在微机—局域网环境下,合理划分任务,进行分布式处理的一种应用系统结构,是解决微机大量使用却又无力承担所有处理任务这一矛盾的一种方案。在这种系统中,通过网络连接在一起的各种不同种类的计算机以及其他设备分为两个独立的部分,即“前端”的客户机和“后台”的服务器,如图 1-7 所示。

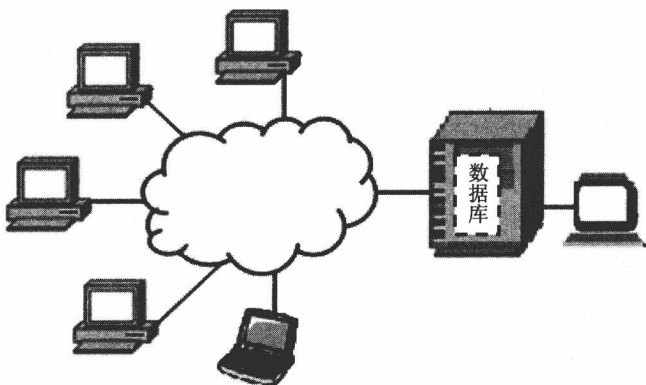


图 1-7 网络环境下的客户/服务器系统

客户机是完整的、可以独立运行的计算机(不是无处理能力的“终端”)。典型地,它是一个用户机,提供了用户接口和本地处理的能力。当客户机请求访问它本身不具备的功能(如数据库存取)时,它就连接到提供了这种功能的服务器上。服务器可以向客户机提供各种服务,如打印、存档以及数据库存取等。服务器可以是专用的服务器、小型机、大中型机或功能较强的个人计算机。服务器提供在分时环境下通常由大中型机或高档小型机所提供的功能,即数据库管理、客户之间的信息共享,以及高层次的网络管理和安全保障等。

数据库是客户/服务器系统的一个重要应用领域。一般由客户机处理数据库的接口部