



高职高专电子信息类“十二五”规划教材

数据库原理及应用

吕林霞 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专电子信息类“十二五”规划教材

数据库原理及应用

主 编 吕林霞

副主编 岐艳芳

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书按照工学结合的总体思路,基于 SQL Server 2005 数据库管理系统,以实际岗位项目开发任务为驱动组织编写,系统地介绍了数据库系统的基本原理与组成,数据库系统分析、设计、实现与维护,以及数据库应用系统的开发。

全书共 14 章,主要内容包括数据库的概念、关系数据库和数据库设计,SQL Server 2005 数据库管理系统简介,数据库的创建和管理,数据表的创建和管理,数据查询,数据库编程,索引,视图,存储过程,触发器,备份和恢复,安全管理,游标、事务和并发控制,以及数据库应用系统的开发。

本书可作为高职高专院校计算机软件技术、计算机网络技术及相关专业学生的教材,也可作为初学者学习数据库知识的入门教材和数据库应用系统开发人员的学习参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数据库原理及应用 / 吕林霞主编. —西安:西安电子科技大学出版社, 2011.9

高职高专电子信息类“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5606-2659-8

I. ① 数… II. ① 吕… III. ① 数据库系统—高等职业教育—教材 IV. ① TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 164043 号

策 划 杨丕勇

责任编辑 雷鸿俊 杨 柳 杨丕勇

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 2011 年 9 月第 1 版 2011 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 21

字 数 497 千字

印 数 1~3000 册

定 价 32.00 元

ISBN 978-7-5606-2659-8/TP·1299

XDUP 2951001-1

如有印装问题可调换

前 言

本书遵循高职高专的办学方向,按照“工学结合、职业导向、能力本位”的理念,以岗位技能培养为核心的课程目标组织编写。针对高职高专应用型、技能型人才的培养目标和特点,本着“理论够用,注重实践”的原则精心组织教材内容,突出学生动手能力的训练和岗位技能的培养,注重提升学生数据库技术的应用能力。

本书通俗易懂、注重实用,旨在让学生在有限的时间内,掌握数据库技术的基本原理、基本操作技能和设计方法。教材全程以 SQL Server 2005 产品实例贯穿,以学生成绩管理系统项目为导向,按照行业和职业能力要求,结合专业岗位要求,构筑与岗位要求紧密结合的、以工作过程为导向的内容,保证其针对性与适用性,力求实现理论与实践紧密结合、交融推进,使“教、学、做”融为一体,着力提高学生数据库技术的应用能力和创新能力,逐步向岗位目标靠近。

本书从理论到实践、从知识模块到综合应用,体现由浅入深、循序渐进的特点,各章节前后呼应、承上启下,结构紧凑、系统合理,内容简明精炼、详略得当,案例丰富,图文并茂。书中基于 SQL Server 2005 数据库管理系统,通过具体项目实例,系统地介绍数据库系统的基本原理与组成,数据库系统分析、设计、实现与维护,以及数据库应用系统开发。全书共 14 章。第 1 章介绍数据库基础,包括数据库的概念、关系数据库和数据库设计;第 2 章介绍 SQL Server 2005 数据库管理系统;第 3 章介绍数据库的创建和管理;第 4 章介绍数据表的创建和管理;第 5 章介绍数据查询;第 6 章介绍数据库编程;第 7 章介绍索引;第 8 章介绍视图;第 9 章介绍存储过程;第 10 章介绍触发器;第 11 章介绍备份和恢复;第 12 章介绍安全管理;第 13 章介绍游标和其他概念,包括游标、事务和并发控制;第 14 章介绍数据库应用系统开发。全书按照工学结合、项目引导、任务驱动的总体思想选取教材内容,有利于培养和提升学生数据库技术的应用能力,缩短学生与工作岗位之间的距离,促进工学结合。

本书由吕林霞担任主编,岐艳芳担任副主编,刘瑞玲、唐占红参与了编写。其中,第 1、2、3、5 章由吕林霞编写,第 6、9、10、11 章由岐艳芳编写,第 4、13、14 章由刘瑞玲编写,第 7、8、12 章由唐占红编写。全书由吕林霞负责统稿。

由于作者水平和经验有限,书中难免存在疏漏和不足,恳请广大读者批评指正。

编 者

2011 年 6 月

目 录

第 1 章 数据库基础	1	1.9 数据库运行和维护	33
1.1 数据库系统	1	习题 1	33
1.1.1 数据库系统的基本概念	1	实训 1	34
1.1.2 数据管理技术的发展	2	第 2 章 SQL Server 2005 简介	36
1.1.3 数据库系统的组成	4	2.1 SQL Server 2005 功能简介	36
1.1.4 数据库系统的体系结构	5	2.2 SQL Server 2005 的安装	37
1.2 关系数据库	7	2.2.1 SQL Server 2005 的版本	37
1.2.1 关系数据库的基本概念	7	2.2.2 SQL Server 2005 的安装环境要求	38
1.2.2 关系代数	8	2.2.3 SQL Server 2005 的安装过程	39
1.3 数据库设计的步骤	14	2.3 SQL Server Management Studio	
1.4 数据库需求分析	16	管理工具	43
1.4.1 需求分析的任务和步骤	16	2.3.1 SQL Server Management Studio 的	
1.4.2 需求调查的方法	17	启动	44
1.4.3 编写需求规格说明书	17	2.3.2 SQL Server Management Studio 的	
1.4.4 学生成绩管理系统数据库		工作界面	45
需求分析	18	2.3.3 附加学生成绩管理系统数据库	47
1.5 数据库概念结构设计	19	2.3.4 创建一个查询	48
1.5.1 概念结构设计任务	19	2.4 SQL Server 2005 帮助文档	49
1.5.2 实体与联系	19	习题 2	50
1.5.3 实体联系模型	20	实训 2	50
1.5.4 E-R 模型设计的步骤	21	第 3 章 数据库的创建和管理	52
1.5.5 学生成绩管理系统数据库概念		3.1 SQL Server 数据库简介	52
结构设计	21	3.1.1 系统数据库	52
1.6 数据库逻辑结构设计	24	3.1.2 数据库存储结构	53
1.6.1 逻辑结构设计任务	24	3.2 数据库的创建	54
1.6.2 E-R 模型向关系模型的转化	25	3.2.1 使用 SQL Server Management Studio	
1.6.3 关系的规范化	26	创建数据库	55
1.6.4 学生成绩管理系统数据库		3.2.2 使用 CREATE DATABASE 语句	
逻辑结构设计	28	创建数据库	56
1.7 数据库物理结构设计	29	3.2.3 使用模板创建数据库	58
1.7.1 物理结构设计任务	29	3.3 数据库的管理	60
1.7.2 确定数据库的物理结构	29	3.3.1 打开数据库	60
1.7.3 学生成绩管理系统数据库		3.3.2 查看数据库信息	60
物理结构设计	30	3.3.3 扩充数据文件和事务日志文件的	
1.8 数据库实施	33	容量	61

3.3.4 收缩数据库	66	5.3 单表查询	108
3.3.5 更改数据库的名称	69	5.3.1 SELECT 子句	108
3.3.6 删除数据库	70	5.3.2 WHERE 子句	111
3.3.7 分离和附加数据库	71	5.3.3 ORDER BY 子句	115
习题 3	74	5.3.4 聚合函数	116
实训 3	74	5.3.5 GROUP BY 子句	117
第 4 章 数据表的创建和管理	75	5.4 连接查询	118
4.1 数据表概述	75	5.4.1 连接谓词	119
4.1.1 数据表的基本概念	75	5.4.2 JOIN 连接	120
4.1.2 数据类型	76	5.5 子查询	124
4.1.3 列的属性	78	5.5.1 使用 IN 的子查询	124
4.2 创建数据表	79	5.5.2 使用比较运算符的子查询	126
4.2.1 使用 SQL Server Management Studio 创建数据表	79	5.5.3 使用 EXISTS 的子查询	127
4.2.2 使用 CREATE TABLE 语句 创建数据表	80	5.5.4 相关子查询	129
4.3 数据表管理	81	5.5.5 INSERT、DELETE、UPDATE 语句中的子查询	130
4.3.1 查看数据表	81	5.5.6 使用 UNION 运算符组合多个 查询结果	132
4.3.2 修改数据表	83	5.5.7 INTO 子句	133
4.3.3 删除数据表	85	习题 5	134
4.4 数据的完整性	86	实训 5	135
4.4.1 数据完整性概述	86	第 6 章 数据库编程	136
4.4.2 约束概述	86	6.1 Transact-SQL 语言概述	136
4.4.3 约束的创建	87	6.2 Transact-SQL 基础知识	137
4.4.4 默认值	93	6.2.1 Transact-SQL 语法约定	137
4.4.5 规则	97	6.2.2 数据库对象的引用规则	137
4.5 数据表中数据的操作	98	6.2.3 标识符	138
4.5.1 插入记录	99	6.2.4 注释	138
4.5.2 修改记录	101	6.2.5 常量	139
4.5.3 删除记录	101	6.2.6 变量	139
习题 4	102	6.2.7 运算符	141
实训 4	103	6.2.8 运算符优先级	144
第 5 章 数据查询	105	6.3 流程控制语句	144
5.1 SQL	105	6.4 批处理	150
5.1.1 SQL 概述	105	6.5 函数	151
5.1.2 SQL 的特点	105	6.5.1 内部函数	151
5.1.3 SQL 的分类	106	6.5.2 用户自定义函数	160
5.2 SELECT 语句	106	6.6 编程技术应用	164
5.2.1 SELECT 语句的语法格式	106	习题 6	167
5.2.2 SELECT 语句的执行方式	107	实训 6	168

第 7 章 索引	170	9.1.1 存储过程的概念	191
7.1 索引概述	170	9.1.2 存储过程的优点	191
7.1.1 索引的概念	170	9.1.3 存储过程的种类	192
7.1.2 索引的作用	170	9.2 创建和执行存储过程	193
7.1.3 索引的分类	171	9.2.1 创建存储过程	193
7.1.4 索引与约束的关系	171	9.2.2 执行存储过程	194
7.2 创建索引	171	9.2.3 存储过程的参数	195
7.2.1 使用 SQL Server Management Studio 创建索引	172	9.3 存储过程的返回值	199
7.2.2 使用 CREATE INDEX 语句 创建索引	173	9.3.1 使用 RETURN 语句传回值	199
7.3 管理索引	174	9.3.2 使用 SELECT 语句传回值	201
7.3.1 查看索引	174	9.4 管理存储过程	202
7.3.2 删除索引	176	9.4.1 查看存储过程	202
7.4 索引的应用	177	9.4.2 修改存储过程	204
习题 7	178	9.4.3 删除存储过程	205
实训 7	178	9.4.4 重命名存储过程	205
第 8 章 视图	179	9.5 系统存储过程和扩展存储过程	206
8.1 视图概述	179	9.5.1 系统存储过程	206
8.1.1 视图的概念	179	9.5.2 扩展存储过程	206
8.1.2 视图的作用	179	9.5.3 CLR 集成	208
8.2 创建视图	180	9.6 存储过程的应用	209
8.2.1 使用 SQL Server Management Studio 创建视图	180	9.6.1 数据表的操作	209
8.2.2 使用 CREATE VIEW 语句 创建视图	182	9.6.2 数据库安全管理	212
8.3 管理视图	184	习题 9	214
8.3.1 查看视图	184	实训 9	215
8.3.2 修改视图	184	第 10 章 触发器	216
8.3.3 删除视图	186	10.1 触发器概述	216
8.4 利用视图操作数据	186	10.1.1 触发器的概念	216
8.4.1 查询操作	186	10.1.2 触发器的分类	216
8.4.2 插入操作	187	10.1.3 插入表和删除表	217
8.4.3 修改操作	187	10.2 DML 触发器	218
8.4.4 删除操作	188	10.2.1 创建 DML 触发器	218
8.5 视图的应用	188	10.2.2 修改 DML 触发器	224
习题 8	189	10.2.3 删除 DML 触发器	225
实训 8	190	10.3 DDL 触发器	225
第 9 章 存储过程	191	10.3.1 DDL 触发器概述	225
9.1 存储过程概述	191	10.3.2 创建 DDL 触发器	226
		10.3.3 修改 DDL 触发器	228
		10.3.4 删除 DDL 触发器	229
		10.4 管理触发器	229
		10.4.1 查看触发器	229

10.4.2 禁用或启用触发器	231	12.5.1 数据库用户的分类	266
10.4.3 设置触发器的执行顺序	233	12.5.2 权限类型	267
10.5 触发器的应用	233	12.5.3 权限管理	268
习题 10	236	12.6 角色管理	272
实训 10	237	12.6.1 服务器角色	272
第 11 章 备份和恢复	239	12.6.2 数据库角色	274
11.1 备份和恢复概述	239	习题 12	279
11.1.1 数据库备份的概念	239	实训 12	279
11.1.2 数据库恢复的概念	240	第 13 章 游标和其他概念	280
11.1.3 备份类型	240	13.1 游标的概念	280
11.1.4 备份设备	241	13.2 定义游标	280
11.2 备份数据库	244	13.3 游标的使用	282
11.2.1 完整备份	244	13.3.1 打开游标	282
11.2.2 差异备份	246	13.3.2 读取游标	283
11.2.3 事务日志备份	247	13.3.3 关闭与释放游标	285
11.2.4 文件和文件组备份	248	13.3.4 使用游标	285
11.3 恢复数据库	249	13.4 事务	287
11.3.1 使用 SQL Server Management Studio 恢复数据库	249	13.4.1 事务的概念	287
11.3.2 使用 RESTORE DATABASE 语句恢复数据库	251	13.4.2 事务的分类	287
11.4 数据导入和导出	252	13.5 并发控制	291
11.4.1 导出数据	252	13.5.1 并发问题	291
11.4.2 导入数据	254	13.5.2 锁定	292
习题 11	256	习题 13	294
实训 11	256	实训 13	295
第 12 章 安全管理	257	第 14 章 数据库应用系统开发	296
12.1 SQL Server 2005 的安全机制	257	14.1 JSP 运行环境安装与配置	296
12.2 SQL Server 2005 的身份验证模式	257	14.1.1 JSP 概述	296
12.3 登录账户管理	259	14.1.2 JSP 运行环境安装与配置	296
12.3.1 系统管理员登录账户	259	14.2 JDBC 数据库访问	298
12.3.2 使用 SQL Server Management Studio 管理登录账户	259	14.3 学生成绩管理系统开发	300
12.3.3 使用 Transact-SQL 语句管理 登录账户	263	14.3.1 系统开发过程概述	300
12.4 数据库用户管理	264	14.3.2 系统功能分析	301
12.4.1 使用 SQL Server Management Studio 管理数据库用户	264	14.4 学生成绩管理系统的实现	301
12.4.2 使用 Transact-SQL 语句管理 数据库用户	265	14.4.1 系统登录	302
12.5 权限管理	266	14.4.2 系统管理模块	304
		14.4.3 成绩登记模块	316
		14.4.4 成绩查询模块	323
		习题 14	326
		实训 14	326
		参考文献	327



第1章 数据库基础

【技能目标】

了解设计数据库的基本步骤；学会设计数据库的基本方法；学会按照用户的需求设计数据库及建立数据库模型。

【知识目标】

掌握数据库的基本概念；了解数据管理技术的发展；了解数据库系统的组成；掌握数据库系统的体系结构；掌握关系模型的概念；掌握关系代数运算；掌握数据库设计的基本步骤；掌握需求分析的方法和步骤；掌握利用 E-R 图描述数据库概念模型的方法；掌握将 E-R 模型转化为关系模型的方法；掌握关系数据库规范化理论；学会关系模式的分解；掌握数据库物理结构设计的方法。

1.1 数据库系统

1.1.1 数据库系统的基本概念

1. 数据

描述事物的符号称为数据(Data)。数据有多种表现形式，可以是数字，也可以是文字、图形、图像、声音和语言等。

2. 信息

对数据进行加工处理或解释之后得到的对客观事物产生影响的数据称为信息。如可用一组数据(李锐，男，1989-3-6，2009-9-1)描述一个学生，根据预先定义好的语义，可得到信息：李锐是个男生，1989年3月6日出生，2009年9月1日入学。

3. 数据库

所谓数据库(DataBase, DB)，是指长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的数据集合。数据库中的数据按一定的数据模型组织、描述和储存，具有较小的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性，并可为各种用户共享。

4. 数据库管理系统

数据库管理系统(DataBase Management System, DBMS)是数据库系统的核心软件之一，是位于用户与操作系统之间的一层数据管理软件。它在操作系统的支持下帮助用户建立、使用和维护数据库。数据库管理系统的功能主要包括数据定义功能、数据操纵功能、数据库的运行管理功能、数据库的建立和维护功能。



(1) 数据定义功能。

DBMS 提供了数据定义语言(Data Definition Language, DDL), 用于方便地定义数据库中的数据对象, 如可以定义数据表、视图、存储过程、触发器等。

(2) 数据操纵功能。

DBMS 提供了数据操纵语言(Data Manipulation Language, DML), 用于实现对数据库的基本操作, 如查询、插入、修改和删除等。

(3) 数据库的运行管理功能。

数据库在建立、使用和维护时由 DBMS 统一管理、统一控制, 以保证数据的安全性、完整性、并发控制和故障后的系统恢复。

(4) 数据库的建立和维护功能。

DBMS 提供了一些实用程序, 实现包括数据库的初始数据的输入、转换功能, 数据库的转储、恢复功能, 数据库的重组织功能和性能监视、分析功能等。

5. 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。

1.1.2 数据管理技术的发展

随着计算机技术的发展, 计算机大量地用于信息管理。数据管理是指对数据进行组织、存储、使用和维护等处理。数据库技术就是一种科学地组织和存储数据, 高效地获取和维护数据, 安全地共享数据的数据管理技术。数据管理技术经历了从低级到高级的三个阶段, 即人工管理阶段、文件系统阶段和数据库系统阶段。

1. 人工管理阶段

20 世纪 50 年代中期以前, 计算机主要用于科学计算。当时没有磁盘等直接存取的存储设备, 没有操作系统, 也没有专门的管理数据的软件。数据包含在程序中, 数据的输入、输出和使用都是由程序来控制的。

这一阶段的数据管理有如下特点:

(1) 数据不保存。由于当时计算机主要用于科学计算, 因此一般不需要将数据长期保存, 数据在使用时随程序一起进入计算机, 用完后就撤走。

(2) 应用程序管理数据。没有软件对数据进行管理, 由应用程序自己管理, 应用程序中不仅要规定数据的逻辑结构, 而且要设计物理结构, 包括存储结构、存取方法、输入方式等, 程序员负担很重。

(3) 数据不能共享。数据是面向应用的, 一组数据只能对应一个程序。当多个应用程序涉及某些相同的数据时, 由于必须各自定义, 无法互相利用、互相参照, 因此会造成大量的数据冗余。

(4) 数据不具有独立性。数据的逻辑结构或物理结构发生改变后, 必须对应用程序做相应的修改, 这进一步加重了程序员的负担。

人工管理阶段是数据管理的最低级阶段。人工管理阶段应用程序与数据之间的关系如图 1-1 所示。



图 1-1 人工管理阶段应用程序与数据之间的关系

2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期, 计算机大量地用于管理。当时出现了磁盘、磁鼓等直接存取存储设备, 操作系统中已经有了专门的数据管理软件, 即文件系统, 通过文件系统来管理数据。数据被组织成独立的数据文件, 与程序分离。

这一阶段的数据管理有如下特点:

(1) 数据可以长期保存。计算机大量用于数据处理, 需要将数据长期保留在计算机中, 进行查询、修改、插入和删除等操作。

(2) 文件系统管理数据。文件系统将数据组织成相互独立的数据文件, 程序和数据之间由文件系统提供存取方法进行转换, 使应用程序与数据之间有了一定的独立性, 程序员不必过多地考虑物理细节, 同时数据在存储上的改变不一定反映在程序上, 从而大大节省了维护程序的工作量。

此阶段的文件系统仍存在以下缺点:

(1) 数据共享性差, 冗余度大。在文件系统中, 一个数据文件对应于一个应用程序, 数据文件仍然是面向应用的。当多个应用程序具有部分相同数据时, 必须建立各自的数据文件, 无法共享, 因此同样会造成大量的数据冗余。

(2) 数据独立性差。在文件系统中, 数据文件是面向应用的, 一旦数据文件的逻辑结构发生改变, 必须修改应用程序; 应用程序的改变, 例如改用不同的高级语言, 也将引起数据文件的改变, 因此数据与程序之间仍缺乏独立性。

文件系统阶段应用程序与数据之间的关系如图 1-2 所示。

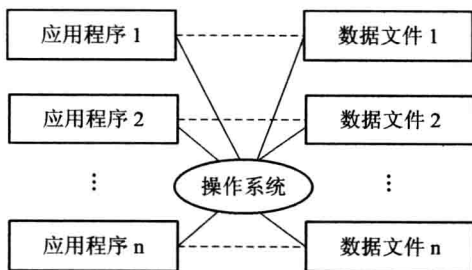


图 1-2 文件系统阶段应用程序与数据之间的关系

3. 数据库系统阶段

20 世纪 60 年代后期以来, 计算机用于管理的规模越来越大, 具有了大容量磁盘, 为解



决多用户、多应用共享数据的需求,出现了统一管理数据的专门软件即系统数据库管理系统,数据管理技术达到了数据库系统阶段。

数据库系统阶段的特点如下:

(1) 数据结构化。数据不再面向某一应用,而是面向全组织,具有整体的结构化。不仅数据结构化,而且存取数据的方式也很灵活,可以存取数据库中某一个数据项、一组数据项、一个记录或一组记录。而在文件系统中,存取的最小单位是记录,粒度不能细到数据项。

(2) 数据的共享性高,冗余度低,易扩充。由于数据不再面向应用,而是面向整个系统,因此可以被多个用户、多个应用共享使用。数据共享大大减少了冗余,避免了数据之间的不一致性。同时由于数据是面向全局的,容易增加新的应用,使得系统弹性大,易扩充。

(3) 数据由 DBMS 统一管理和控制。数据库管理系统提供了数据的安全性保护、完整性检查、并发控制和数据库恢复等功能,实现了数据共享及对数据的统一管理和控制。

(4) 数据独立性高。数据由数据库管理系统统一管理,一方面,若数据的存储由 DBMS 来管理,用户程序不必了解,应用程序只需处理数据的逻辑结构,这样当数据的物理存储改变时,应用程序不必改变;另一方面,当数据的逻辑结构发生改变,而针对某一应用的逻辑结构没有改变时,应用程序也可以不变,因此数据与程序之间具有较高的独立性。

数据库系统阶段的数据管理技术达到了一个全新的高级阶段。数据库系统阶段应用程序与数据之间的对应关系如图 1-3 所示。

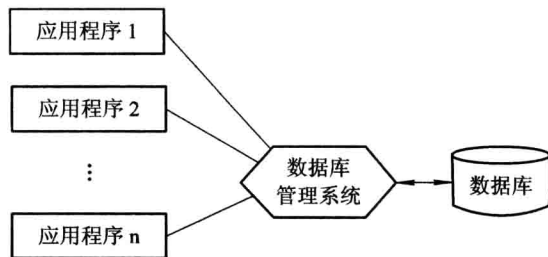


图 1-3 数据库系统阶段应用程序与数据之间的关系

1.1.3 数据库系统的组成

数据库系统一般由数据库,数据库管理系统、开发工具及应用系统,数据库系统用户和计算机设备等组成。

1. 数据库

在数据库系统中,数据库是与一个特定组织的各项应用相关的全部数据的集合。数据库中的数据以文件的形式存储,具有集中性和共享性。所谓集中性是指把数据库看成性质不同的数据文件的集合,其中的数据冗余很小;所谓共享性是指多个应用程序使用不同的语言,为了不同的应用目的可同时存取数据库中的数据。

2. 数据库管理系统、开发工具及应用系统

数据库管理系统对数据库中的数据资源进行统一管理和控制,是为数据库的建立、使



用和维护配置的系统软件。高级语言及其编译系统和应用开发工具主要用于建立在数据库基础之上的应用程序。应用系统是为特定应用环境开发的数据库应用系统。

3. 数据库系统用户

数据库系统用户分为数据库系统分析人员和数据库设计人员、数据库管理员、应用程序员及用户。

(1) 数据库系统分析人员和数据库设计人员负责应用系统的需求分析，确定数据库中的数据及设计数据库。

(2) 数据库管理员(DataBase Administrator, DBA)是全面负责建立、维护和管理数据库系统的人员。DBA 负责定义并存储数据库内容，监督和控制数据库的使用，完成数据库日常维护，必要时重新组织和改进数据库。

(3) 应用程序员负责设计和编写应用程序，并进行调试和安装。

(4) 用户是指使用应用程序访问数据库的人员，他们利用数据库系统完成日常的工作。

4. 计算机设备

运行数据库系统的计算机必须有足够大的内存，以存放操作系统、DBMS 的核心模块和应用程序等。同时要有足够大的磁盘等直接存取设备存放数据库和较高的传输数据的硬件设备，还要有脱机存储介质，如可擦写光盘、移动硬盘等，以存放数据库的备份。

1.1.4 数据库系统的体系结构

从数据库管理系统角度看，通常数据库系统的体系结构采用的是三级模式结构，在三级模式之间提供两级映射功能，如图 1-4 所示。

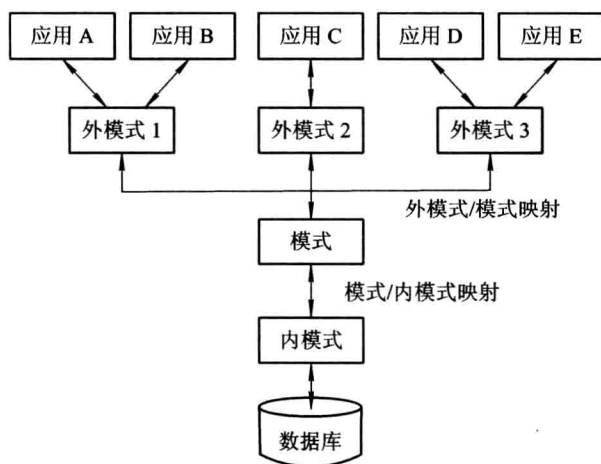


图 1-4 数据库系统的体系结构

1. 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由外模式、模式和内模式三级构成。

1) 外模式

外模式也称为子模式或用户模式，是数据库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,是与某一应用有关的数据的逻辑表示。外模式是模式的子集。一个数据库可以有多个外模式,不同的用户应用需求不同,其外模式也不相同。

外模式是保证数据库安全性的一个有力措施。每个用户只能看见和访问所对应的外模式中的数据,数据库中的其余数据是不可见的。DBMS 提供外模式描述语言(子模式 DDL)来进行外模式定义。

2) 模式

模式也称为逻辑模式,是对数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述。它是数据库系统三级模式结构的中间层,它既不涉及数据的物理存储和硬件环境,也与具体的应用程序、所用的应用开发工具无关。一个数据库只有一个模式,它以某一个数据模型为基础,充分考虑了所有用户的需求,并将这些需求有机地结合成一个逻辑整体。

定义模式时不仅要定义数据的逻辑结构,例如数据记录由哪些数据项构成,数据项的名字、类型、取值范围等,还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 提供模式描述语言(模式 DDL)来进行模式定义。

3) 内模式

内模式也称为存储模式,是数据库中数据的物理结构和特征的描述,是数据在数据库内部的表示方式。如记录的存储方式是顺序存储、按照 B 树结构存储还是按 hash 方法存储,索引按照什么方式组织等。DBMS 提供内模式描述语言(内模式 DDL)来定义内模式。

2. 数据库的两级映射功能与数据独立性

为了实现三级模式之间的联系和转换,数据库管理系统在这三级模式之间提供了两级映射:外模式/模式映射和模式/内模式映射。正是这两级映射保证了数据库中的数据具有较高的逻辑独立性和物理独立性。

1) 外模式/模式映射

外模式是局部数据的逻辑结构和特征的描述,模式是数据的全局逻辑结构和特征的描述。一个数据库只有一个模式,可以有多个外模式。对于每一个外模式,数据库系统都有一个外模式/模式映射,它定义了外模式与模式之间的对应关系。这些映射定义通常包含在各自外模式的定义中。

当模式改变时,由数据库管理员对各个外模式/模式映射作相应改变,可以使外模式保持不变。应用程序是依据外模式编写的,从而应用程序不必修改,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/内模式映射

一个数据库只有一个模式,也只有一个内模式,所以数据库系统只有一个模式/内模式映射,它定义了模式与内模式之间的对应关系,即数据全局逻辑结构和特征与存储结构之间的对应关系。该映射定义通常包含在模式的定义中。

当内模式改变时,即数据的存储结构改变时,由数据库管理员对模式/内模式映射作相应改变,可以使模式保持不变,从而应用程序不必修改,保证了数据与程序的物理独立性,简称数据的物理独立性。

数据库的三级模式结构和两级映射功能,使得数据的定义和描述与程序分离,因而具有较高的逻辑独立性和物理独立性。



1.2 关系数据库

1.2.1 关系数据库的基本概念

1. 数据库的基本模型

数据库的基本模型有三种：层次模型、网状模型和关系模型。

层次模型是数据库系统中最早出现的数据模型，它用树形结构来表示各类实体及实体之间的联系。现实世界中许多实体之间的联系就是一种自然的层次关系，如行政机构、家族关系等。采用层次模型作为数据的组织方式的数据库就是层次数据库。

网状模型采用网状结构组织数据，即数据节点之间的关联关系形成一个网状结构。网状模型可以表示现实世界中许多实体之间的非层次关联关系。层次模型是网状模型的一个特例。采用网状模型作为数据的组织方式的数据库就是网状数据库。

关系模型采用二维表格结构来组织数据。采用关系模型作为数据组织方式的数据库就是关系数据库。目前数据库设计主要采用关系数据库。

目前较为流行的关系数据库管理系统有 Oracle、DB2、Sybase、MySQL、SQL Server、Access、Visual Foxpro 等。

2. 关系模型及关系数据库

关系模型由关系数据结构、关系操作和关系完整性约束三部分组成。

1) 关系数据结构

关系模型中的数据的基本逻辑结构是二维表，它由行和列组成。数据表包含若干行和若干列。表中的一行称为一个元组或记录，表中的一列称为一个属性或字段。一张二维表就是一个关系。

关系数据库是一些相关表和其他对象的集合。一个关系数据库包含多个数据表。

图 1-5 所示是学生成绩管理系统数据库中的学生表和选课表。图 1-5(a)所示是学生表，图 1-5(b)所示是选课表。

sno	sname	ssex	indate	borndate	semail	stelephone	saddress	classno
200901101101	李锐	男	2009-9-1 0:00...	1989-3-6 0:00...	lirui@sina.com	2362198	甘肃省兰州市城关区中山路355号	09011011
200901101102	李嘉成	男	2009-9-1 0:00...	1988-12-26...	lijacheng@163.com	2875341	陕西省延安市中心街882号	09011011
200901101201	陈雨欣	女	2009-9-1 0:00...	1989-4-23...	chenyuxin@163.com	2895046	河南省开封市鼓楼区魏都路88号	09011012
200901101202	张文涛	男	2009-9-1 0:00...	1989-2-16...	NALE	2850719	陕西省西安市大雁塔东雁塔路19号	09011012
200903101102	贺迎春	女	2009-9-1 0:00...	1989-7-18...	heyinchun@163.com	2886350	甘肃省兰州市城关区天水路18号	09031011
200903101105	高峰	男	2009-9-1 0:00...	1989-4-20...	gaofeng@sina.com	2885048	陕西省宝鸡市金台区东风路89号	09031011
200903101106	张辉	男	2009-9-1 0:00...	1989-6-5 0:00...	zhanghui@163.com	2832078	河南省洛阳市洛龙区龙门路109号	09031011
200903101107	王纯	女	2009-9-1 0:00...	1988-11-28...	439547218@qq.com	2863094	甘肃省白银市平川区魏家村	09031011
200903101202	史瑞东	男	2009-9-1 0:00...	1989-5-25...	186453219@qq.com	2865187	甘肃省兰州市城关区雁儿湾路658号	09031012
200903101206	杨丹	女	2009-9-1 0:00...	1989-8-18...	NALE	2883325	甘肃省天水市麦积区石佛乡黄新村	09031012
200903101209	吴小军	男	2009-9-1 0:00...	1990-7-27...	171906046@qq.com	2861352	青海省西宁市城西区五四大街94号	09031012
200903102103	徐子茹	女	2009-9-1 0:00...	1990-2-13...	849513798@qq.com	2866335	宁夏银川市兴庆区中山北街599号	09031021

sno	cno	result
200903101102	03105	90
200903101102	03201	85
200903101102	03202	80
200903101102	03203	84
200903101102	03205	78
200903101105	03105	93
200903101105	03201	80
200903101105	03202	90
200903101105	03205	88
200903101105	03208	95
200903101105	03311	94
200903102103	03105	94
200903102103	03203	90

(a)

(b)

图 1-5 学生成绩管理系统数据库学生表和选课表

学生表中有 12 条记录，有 sno(学号)、sname(姓名)、ssex(性别)、indate(入学日期)、



borndate(出生日期)等字段。选课表中有 13 条记录,有 sno(学号)、cno(课程号)、result(成绩)三个字段。

2) 关系操作

关系模型中的数据操作就是关系操作。关系操作是集合操作,操作对象和操作结果都是关系。关系模型中常用的关系操作包括并、交、差、笛卡尔积、选择、投影、连接、除等查询操作和插入、修改、删除操作两大部分。用关系运算来表达查询要求的方式称为关系代数。关系数据库中用 SQL 语言实现关系的查询、增加、修改和删除操作。

3) 关系完整性约束

关系模型中的关系操作必须满足完整性约束。关系模型中有以下四类完整性约束。

(1) 实体完整性。实体完整性保证关系数据库中每个表中的记录都是唯一的。数据库中的表对应着现实世界中的一类事物,每个事物都是可以区别的。实体完整性通过定义主键约束来实现,如学生表中每个学生的记录是唯一的,不允许有相同的记录,学生表中常以学号作为主键。

(2) 参照完整性。参照完整性保证相互关联的数据表之间的数据保持一致。参照完整性反映了现实世界中事物之间的相互联系。参照完整性通过定义外键约束来实现,如学生选课表中学生的学号必须是学生表中已有的学生的学号,即只有学生表中已有的学生才能选课,其中选课表中的学号字段是选课表的外键,它的取值要参照学生表中的学号。

(3) 域完整性。域完整性保证数据表的列必须满足某种特定的数据类型或约束,如课程表中学分列必须是数值型。

(4) 用户定义完整性。用户定义完整性是针对某一具体关系数据库的约束条件。它保证数据表字段或字段之间根据具体数据库要求必须满足某种限制条件,如学生选课表中成绩取值必须是大于等于 0 和小于等于 100 之间的数。

1.2.2 关系代数

关系代数是使用关系运算来表达查询的,是一种抽象的查询语言。关系代数用到的运算符包括四类:集合运算符、专门的关系运算符、比较运算符和逻辑运算符,如表 1-1 所示。

表 1-1 关系代数运算符

集合运算符	含义	关系运算符	含义	比较运算符	含义	逻辑运算符	含义
$\cup$	并	σ	选择	$>$	大于	$\neg$	非
$-$	差	π	投影	$\geq$	大于等于	$\wedge$	与
$\cap$	交	$\bowtie$	连接	$<$	小于	$\vee$	或
$\times$	笛卡尔积	$\div$	除	$\leq$	小于等于		
				$=$	等于		
				$\neq$	不等于		

关系代数运算分为传统的集合运算和专门的关系运算两类。



1. 传统的集合运算

传统的集合运算是二目运算, 包括并、差、交、笛卡尔积四种运算。

设关系 R 和 S 具有相同的目 n (即都有 n 个属性), 且相应属性取自同一个域, 则可以定义并、差、交运算。

1) 并

R 和 S 的并是一个 n 目关系, 由所有属于 R 或属于 S 的元组组成, 记作:

$$R \cup S = \{t | t \in R \vee t \in S\}$$

2) 差

R 和 S 的差是一个 n 目关系, 由所有属于 R 而不属于 S 的元组组成, 记作:

$$R - S = \{t | t \in R \wedge t \notin S\}$$

3) 交

R 和 S 的交是一个 n 目关系, 由所有既属于 R 又属于 S 的元组组成, 记作:

$$R \cap S = \{t | t \in R \wedge t \in S\}$$

4) 笛卡尔积

设 R 和 S 分别为 n 目和 m 目关系, 则 R 和 S 的笛卡尔积是一个 $n+m$ 目的关系, 其每个元组的前 n 列是关系 R 的一个元组, 后 m 列是关系 S 的一个元组。若 R 有 k_1 个元组, S 有 k_2 个元组, 则 R 和 S 的笛卡尔积有 $k_1 \times k_2$ 个元组。记作:

$$R \times S = \{t_r t_s | t_r \in R \wedge t_s \in S\}$$

【例 1-1】如图 1-6 所示, 图 1-6(a)、图 1-6(b) 表示两个关系 R 和 S , 它们都具有三个属性列 A 、 B 、 C , 图中列出了 R 和 S 集合运算的结果。图 1-6(c) 是 R 和 S 的并, 图 1-6(d) 是 R 和 S 的差, 图 1-6(e) 是 R 和 S 的交, 图 1-6(f) 是 R 和 S 的笛卡尔积。

R			S		
A	B	C	A	B	C
a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₂	c ₃
a ₂	b ₂	c ₂	a ₂	b ₂	c ₂
a ₃	b ₁	c ₂	a ₂	b ₂	c ₁

R ∪ S		
A	B	C
a ₁	b ₁	c ₁
a ₂	b ₂	c ₂
a ₃	b ₁	c ₂
a ₁	b ₂	c ₃
a ₂	b ₂	c ₁

R - S		
A	B	C
a ₁	b ₁	c ₁
a ₃	b ₁	c ₂

R ∩ S		
A	B	C
a ₂	b ₂	c ₂

R × S					
R.A	R.B	R.C	S.A	S.B	S.C
a ₁	b ₁	c ₁	a ₁	b ₂	c ₃
a ₁	b ₁	c ₁	a ₂	b ₂	c ₂
a ₁	b ₁	c ₁	a ₂	b ₂	c ₁
a ₂	b ₂	c ₂	a ₁	b ₂	c ₃
a ₂	b ₂	c ₂	a ₂	b ₂	c ₂
a ₂	b ₂	c ₂	a ₂	b ₂	c ₁
a ₃	b ₁	c ₂	a ₁	b ₂	c ₃
a ₃	b ₁	c ₂	a ₂	b ₂	c ₂
a ₃	b ₁	c ₂	a ₂	b ₂	c ₁

图 1-6 传统集合运算举例