



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数据库原理及应用 ——SQL Server

(第3版)

□ 主编 沈祥玖 相伟
□ 副主编 曹梅红 李艳

高等教育出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

数据库原理及应用—— SQL Server

Shujuku Yuanli ji Yingyong——SQL Server

(第3版)

主编 沈祥玖 相伟

副主编 曹梅红 李艳

高等教育出版社·北京

内容提要

本书针对应用型本科学生的特点,总结并精选作者多年从事教学和实际应用开发的经验,以实际应用例子作为任务驱动,由浅入深,理论结合实际,全面讲述 SQL Server 2008 关系数据库系统的特点及应用开发技术,讲解简明扼要、条理清楚,应用例子贯穿始终,简单易学。

本书可作为应用型本科和高职高专学生学习数据库原理与应用的教材,也可作为技术培训教材和自学参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数据库原理及应用:SQL Server / 沈祥玖, 相伟主编. —3 版. —北京: 高等教育出版社, 2018.9

ISBN 978-7-04-050276-3

I. ①数… II. ①沈… ②相… III. ①关系数据库系统—高等学校—教材 IV. ①TP311.132.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 170194 号

策划编辑 刘娟
插图绘制 于博

责任编辑 刘娟
责任校对 李大鹏

封面设计 张申申
责任印制 刘思涵

版式设计 童丹

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100120
印 刷 天津嘉恒印务有限公司
开 本 787mm × 1092mm 1/16
印 张 18
字 数 440 千字
购书热线 010-58581118
咨询电话 400-810-0598

网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.hepmall.com.cn>
<http://www.hepmall.com>
<http://www.hepmall.cn>
版 次 2007 年 8 月第 1 版
2018 年 9 月第 3 版
印 次 2018 年 9 月第 1 次印刷
定 价 33.90 元

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换
版权所有 侵权必究
物 料 号 50276-00

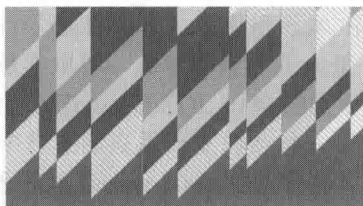
数据库原理 及应用

—SQL Server

(第3版)

沈祥玖 相伟

- 1 计算机访问<http://abook.hep.com.cn/1860320>, 或手机扫描二维码、下载并安装 Abook 应用。
- 2 注册并登录, 进入“我的课程”。
- 3 输入封底数字课程账号(20位密码, 刮开涂层可见), 或通过 Abook 应用扫描封底数字课程账号二维码, 完成课程绑定。
- 4 单击“进入课程”按钮, 开始本数字课程的学习。



数据库原理及应用

—SQL Server
(第三版)

进入课程

数据库原理及应用—SQL Server (第3版) 数字课程与纸质教材一体化设计, 紧密配合。数字课程涵盖电子教案、真题解析、源代码等内容, 充分运用多种媒体资源, 极大地丰富了知识的呈现形式, 拓展了教材内容。在提升课程教学效果的同时, 为学生学习提供思维与探索的空间。

课程绑定后一年为数字课程使用有效期。受硬件限制, 部分内容无法在手机端显示, 请按提示通过计算机访问学习。

如有使用问题, 请发邮件至 abook@hep.com.cn。



扫描二维码
下载 Abook 应用

<http://abook.hep.com.cn/1860320>

前 言

本书是《数据库原理及应用——Access (第2版)》的修订版,并被列入“十一五”国家级规划教材。自第一版出版以来,受到了广大读者的热情关注,在多所高校教学中获得好评。为进一步提高教材质量,适应目前不断发展的教学需求,作者对该版教材进行了全面的修订和升级。在章节编排和教学内容上进行了重新编写,采用新版本 SQL Server 2008 数据库系统作为教学数据库,更符合教学时间和教学规律,各章都增加了大量 Transact-SQL 应用案例,这些案例代码都在查询中运行通过。突出了 Transact-SQL 的编程能力培养。针对应用型本科学生的特点,总结并精选作者多年从事教学和实际应用开发的经验,以实际应用例子作为任务驱动,由浅入深,理论结合实际,全面讲述 SQL Server 2008 关系数据库系统的特点及应用开发技术,特别是作者开发的“高校学生成绩管理信息系统”作为实例教学系统。本书所配套的 PPT 课件、电子教案、习题参考答案、省级课程教学网站(211.64.127.215)、课程设计案例、上机实训、MOOC 等,为教师教学和学生学习了提供了立体化的教学资源。这些内容都可以从省级课程教学网站(211.64.127.215)和高等教育出版社网站下载。

本书以适用于初学者为目的进行编排,知识难度控制在初学者能接受的范围内,对于哪些内容可以了解,哪些必须掌握,哪些是较深入的应用等都给出了明确的说明。讲解简明扼要、条理清楚,应用例子贯穿始终,尽量简单易学,以适合初学者。

全书共分 12 章,第 1~2 章主要讲述关系数据库的基本概念和基本知识;第 3~10 章通过一个典型的数据库应用实例,主要讲述 SQL Server 2008 数据库系统的特点和安装,数据库和数据表的建立,Transact-SQL 基础,数据查询,视图,数据更新,存储过程与触发器的建立和使用,数据库的安全性,完整性设计以及数据库的备份和还原,数据库设计理论。第 11 章通过一个实例给出了 Java 连接数据库的技术以及基于 Java 语言开发数据库应用系统的过程。第 12 章为数据库上机指导。全书用一个例子贯穿始终,内容涵盖安装、使用、管理和维护等各个层面的知识,充分展示了 SQL Server 2008 数据库应用开发的便捷、灵活、易学易懂特点,是数据库应用与开发的基础。

本书由沈祥玖、相伟任主编,曹梅红、李艳任副主编,其中第 1、2、5、10 章由沈祥玖编写,第 3、4 章由相伟编写,第 6 章由焦怵怵编写,第 7、8、9 章由张岳编写,第 11 章由司冠南编写,第 12 章的实验 1~5 由曹梅红编写,第 12 章的实验 6~8 由李艳编写,全书由沈祥玖最后定稿。

由于作者水平有限,书中难免存在不足之处,恳请读者批评指正。作者的电子邮箱地址是 jnjtsxj@163.com

沈祥玖

目 录

第1章 数据库概述 / 1

本章学习目标	1
1.1 引言	1
1.1.1 数据、数据库、数据库管理系统和数据库系统	1
1.1.2 数据管理的发展	2
1.1.3 数据库技术的研究领域	2
1.2 数据模型	3
1.2.1 三种主要的数据模型	3
1.2.2 关系数据模型的三要素	4
1.2.3 概念模型	5
1.3 数据库系统的结构	7
1.3.1 数据库系统的模式结构	7
1.3.2 数据库系统的体系结构	8
1.3.3 数据库管理系统	8
本章小结	10
习题 1	10

第2章 关系数据库 / 11

本章学习目标	11
2.1 关系模型的基本概念	11
2.1.1 关系	11
2.1.2 关系数据结构	13
2.1.3 关系的完整性	14
2.2 关系代数	15
2.2.1 传统的集合运算	16
2.2.2 专门的关系运算	18

本章小结	20
习题 2	21

第3章 SQL Server 2008 概述 / 23

本章学习目标	23
3.1 SQL Server 2008 的体系结构	23
3.1.1 SQL Server 2008 的客户机/服务器结构	23
3.1.2 SQL Server 2008 的查询语言——交互式 SQL	24
3.2 SQL Server 2008 的新特性	24
3.3 SQL Server 2008 的安装	25
3.3.1 SQL Server 2008 的安装版本	25
3.3.2 SQL Server 2008 的安装步骤	26
本章小结	39
习题 3	39

第4章 可视化方式下数据库对象的操作 / 41

本章学习目标	41
4.1 数据库的创建	41
4.1.1 数据库的结构	41
4.1.2 系统数据库	43
4.1.3 创建数据库	44
4.1.4 查看数据库信息	45
4.1.5 修改数据库	47
4.1.6 删除数据库	48
4.2 数据表的创建	49
4.2.1 数据类型	49

4.2.2	创建表结构	52
4.2.3	查看和修改表结构	54
4.2.4	删除表	56
4.3	创建数据库关系图	56
4.4	数据更新	57
4.5	视图	59
4.5.1	视图的概念	59
4.5.2	创建视图	60
4.5.3	更新视图	63
	本章小结	63
	习题 4	63

第 5 章 Transact-SQL 基础及应用 / 65

	本章学习目标	65
5.1	SQL 语言的发展	65
5.2	Transact-SQL 的语法规则	67
5.3	数据定义	72
5.4	Transact-SQL 简单查询	77
5.4.1	最简单的 SELECT 语句	77
5.4.2	带条件的查询	83
5.4.3	模糊查询	86
5.4.4	函数的使用	88
5.4.5	查询结果排序	89
5.4.6	使用分组	90
5.5	Transact-SQL 高级查询	93
5.5.1	连接查询	93
5.5.2	子查询	94
5.6	视图	97
5.6.1	视图的概念	97
5.6.2	创建视图	98
5.6.3	查询视图	99
5.7	数据操纵	100
5.7.1	向表中插入数据	100
5.7.2	修改表中数据	101
5.7.3	删除表中数据	101
	本章小结	102

习题 5	102
------	-----

第 6 章 数据库的完整性设计 / 104

	本章学习目标	104
6.1	完整性概述	104
6.2	使用约束实施数据库的完整性	105
6.2.1	PRIMARY KEY 约束	105
6.2.2	UNIQUE 约束	106
6.2.3	DEFAULT 约束	107
6.2.4	CHECK 约束	108
6.2.5	FOREIGN KEY 约束	109
6.3	使用规则	112
6.3.1	创建规则	112
6.3.2	绑定规则	112
6.3.3	解除规则绑定	113
6.3.4	删除规则	113
6.4	使用默认值	113
6.4.1	创建默认值	114
6.4.2	绑定默认值	114
6.4.3	解除绑定	114
6.4.4	删除默认值	115
	本章小结	115
	习题 6	115

第 7 章 存储过程和触发器 / 117

	本章学习目标	117
7.1	存储过程	117
7.1.1	存储过程概述	117
7.1.2	存储过程的类型	118
7.1.3	创建存储过程	118
7.1.4	查看存储过程信息	123
7.1.5	修改存储过程	125
7.1.6	删除存储过程	125
7.2	触发器	126
7.2.1	触发器概述	126

7.2.2 创建触发器	127
7.2.3 管理触发器	132
7.2.4 修改触发器	133
7.2.5 删除触发器	134
本章小结	134
习题 7	135

第 8 章 数据库的安全性 / 136

本章学习目标	136
8.1 SQL Server 的安全性机制	136
8.2 管理服务器的安全性	137
8.2.1 服务器登录账号	137
8.2.2 设置安全性身份验证模式	138
8.2.3 创建登录账号	139
8.2.4 拒绝登录账号	142
8.2.5 删除登录账号	144
8.2.6 特殊账户 sa	145
8.2.7 服务器角色	145
8.3 SQL Server 数据库的安全性	148
8.3.1 添加数据库用户	148
8.3.2 修改数据库用户	150
8.3.3 删除数据库用户	152
8.3.4 特殊数据库用户	152
8.3.5 固定数据库角色	153
8.3.6 创建自定义数据库角色	154
8.3.7 增删数据库角色成员	156
8.4 表和列级的安全性	156
8.4.1 权限简介	156
8.4.2 授权	157
8.4.3 权限收回	162
8.4.4 权限拒绝	162
本章小结	162
习题 8	163

第 9 章 数据库备份与还原 / 164

本章学习目标	164
--------	-----

9.1 备份概述	164
9.1.1 备份的概念及恢复模式	164
9.1.2 备份类型	166
9.1.3 备份设备	166
9.2 备份数据库	167
9.2.1 创建磁盘备份设备	167
9.2.2 使用 SQL Server Management Studio 进行数据库备份	169
9.2.3 使用 T-SQL 语句创建数据库备份	173
9.3 还原数据库	174
9.3.1 数据库还原	174
9.3.2 利用 SQL Server Management Studio 还原数据库	175
9.3.3 利用 T-SQL 语句还原数据库	177
9.4 SQL Server 2008 数据转换概述	177
9.4.1 数据导入	177
9.4.2 数据导出	181
本章小结	184
习题 9	185

第 10 章 关系数据库理论和设计 / 186

本章学习目标	186
10.1 关系数据库理论	186
10.1.1 函数依赖	186
10.1.2 范式	187
10.1.3 关系模式的规范化	188
10.2 数据库设计	191
10.2.1 数据库设计的任务与内容	191
10.2.2 数据库的设计方法	192
10.2.3 数据库设计的步骤	192
10.3 数据库新技术	194
10.3.1 数据库技术与其他技术的结合	194
10.3.2 数据仓库	194
本章小结	195

习题 10	195
-------	-----

第 11 章 数据库应用 (Java) 程序

开发实例 / 196

本章学习目标	196
--------	-----

11.1 Java 连接数据库技术	196
-------------------	-----

11.1.1 JDBC 简介	196
----------------	-----

11.1.2 Connection 接口	198
----------------------	-----

11.1.3 Statement 接口	199
---------------------	-----

11.1.4 ResultSet 接口	200
---------------------	-----

11.2 学生管理系统的设计	202
----------------	-----

11.2.1 系统的需求	202
--------------	-----

11.2.2 系统的模块划分	203
----------------	-----

11.2.3 数据库的逻辑结构设计	204
-------------------	-----

11.3 学生管理系统的编程与实现	207
-------------------	-----

11.3.1 连接数据库的实现	207
-----------------	-----

11.3.2 登录模块的设计与实现	208
-------------------	-----

11.3.3 系统主界面的设计与实现	209
--------------------	-----

11.3.4 学生信息管理模块的设计与实现	212
-----------------------	-----

11.3.5 选课管理模块的设计与实现	218
---------------------	-----

11.3.6 成绩管理模块的设计与实现	222
---------------------	-----

11.3.7 成绩查询模块的设计与实现	224
---------------------	-----

11.3.8 系统管理模块的设计与实现	226
---------------------	-----

本章小结	228
------	-----

习题 11	228
-------	-----

第 12 章 上机实验指导 / 230

12.1 实验一 SQL Server 2008 的安装	230
------------------------------	-----

12.1.1 实验目的与要求	230
----------------	-----

12.1.2 实验准备	230
-------------	-----

12.1.3 实验内容	230
-------------	-----

12.2 实验二 数据库、表的创建和管理	231
----------------------	-----

12.2.1 实验目的与要求	231
----------------	-----

12.2.2 实验准备	231
-------------	-----

12.2.3 实验内容	231
-------------	-----

12.2.4 注意事项	237
-------------	-----

12.2.5 思考题	238
------------	-----

12.3 实验三 表数据的操作	238
-----------------	-----

12.3.1 实验目的与要求	238
----------------	-----

12.3.2 实验准备	238
-------------	-----

12.3.3 实验内容	238
-------------	-----

12.3.4 注意事项	240
-------------	-----

12.3.5 思考题	240
------------	-----

12.4 实验四 数据库的简单查询和连接查询	240
------------------------	-----

12.4.1 实验目的与要求	240
----------------	-----

12.4.2 实验准备	241
-------------	-----

12.4.3 实验内容	241
-------------	-----

12.4.4 注意事项	244
-------------	-----

12.4.5 思考题	244
------------	-----

12.5 实验五 高级查询实验	244
-----------------	-----

12.5.1 实验目的与要求	244
----------------	-----

12.5.2 实验准备	244
-------------	-----

12.5.3 实验内容	245
-------------	-----

12.5.4 注意事项	250
-------------	-----

12.5.5 思考题	250
------------	-----

12.6 实验六 数据安全性实验	250
------------------	-----

12.6.1 实验目的与要求	250
----------------	-----

12.6.2 实验准备	250
-------------	-----

12.6.3 实验内容	250
-------------	-----

12.6.4 注意事项	265
-------------	-----

12.6.5 思考题	265
------------	-----

12.7 实验七 完整性约束的实现	265
-------------------	-----

12.7.1 实验目的与要求	265
----------------	-----

12.7.2 实验准备	266
-------------	-----

12.7.3 实验内容	266
-------------	-----

12.8 实验八 数据库备份和恢复实验	267
---------------------	-----

12.8.1 实验目的与要求	267
----------------	-----

12.8.2 实验准备	267
-------------	-----

12.8.3 实验内容	268
-------------	-----

12.8.4 注意事项	274
-------------	-----

12.8.5 思考题	274
------------	-----

参考文献 / 275

第1章 数据库概述



电子教案：
第1章 数据库概述

本章学习目标

本章主要讲述数据库和数据模型的有关概念、数据库技术的发展与研究领域以及数据库系统的结构。通过本章的学习，读者应该掌握以下内容。

- (1) 数据库和数据模型的基本概念。
- (2) 数据模型的三要素。
- (3) 概念模型表示方法。
- (4) 数据库技术的发展过程与研究领域。
- (5) 数据库系统的模式结构与体系结构。
- (6) DBMS 的功能与组成。

1.1 引言

1.1.1 数据、数据库、数据库管理系统和数据库系统

数据、数据库、数据库管理系统和数据库系统是4个密切相关的基本概念。

1. 数据

数据(Data)是描述事物的符号记录。学生的学号、姓名、年龄、照片等档案记录,货物的运输情况等都是数据。数据的表示形式多样,可以是文字、数字、图形、图像、声音等,它们都可以经过数字化后存入计算机。

2. 数据库

数据库(DataBase, DB)指长期存储在计算机内、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,并可为各种用户共享。

3. 数据库管理系统

数据库管理系统(DataBase Management System, DBMS)指位于用户与操作系统之间的一层数据管理软件。数据库在建立、运用和维护时由数据库管理系统统一管理、统一控制。数据库管理系统使用户能方便地定义数据和操纵数据,并能够保证数据的安全性、完整性,以及多用户对数据的并发使用和发生故障后的系统恢复。

4. 数据库系统

数据库系统 (DataBase System, DBS) 指在计算机系统中引入数据库后构成的系统, 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 (DataBase Administrator, DBA) 和用户五部分构成。

1.1.2 数据管理的发展

数据管理是指如何对数据分类、组织、编码、存储、检索和维护, 是数据处理的中心问题。数据管理经历了人工管理、文件系统和数据库系统 3 个阶段。

1. 人工管理阶段

在 20 世纪 50 年代中期以前, 计算机主要用于科学计算。当时的硬件状况是, 外存只有纸带、卡片、磁带, 没有磁盘等直接存取的存储设备。软件状况是, 没有操作系统, 没有管理数据的软件; 数据处理方式是批处理。

2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期, 计算机的应用范围逐渐扩大, 计算机不仅用于科学计算, 而且还大量用于管理。这时硬件上已有了磁盘、磁鼓等直接存取的存储设备。软件方面, 操作系统中已经有了专门的数据管理软件, 一般称为文件系统; 处理方式上不仅有了文件批处理, 而且能够联机实时处理。

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更为庞大, 应用越来越广泛, 数据量急剧增长, 同时多种应用、多种语言互相覆盖地共享数据集合的要求越来越强烈。这时硬件方面已经有了大容量磁盘。并且硬件价格不断下降, 软件价格不断上升, 这使得编制和维护系统软件及应用程序所需的成本相对增加。在处理方式上, 更多的要求联机实时处理, 并开始提出和考虑分布式处理。

在这种背景下, 以文件系统作为数据管理手段已经不能满足应用的需求。为了解决多用户、多应用共享数据的需求, 使数据尽可能多地为应用服务, 数据库管理系统作为数据库技术和统一管理数据的专门的软件系统应运而生。

数据库技术从 20 世纪 60 年代中期产生至今仅仅几十年的历史, 但其发展速度之快, 使用范围之广是其他技术所不及的。20 世纪 60 年代末出现了第一代数据库——层次数据库、网状数据库, 20 世纪 70 年代出现了第二代数据库——关系数据库。目前关系数据库已逐渐淘汰了层次数据库和网状数据库, 成为当今最为流行的商用数据库。

1.1.3 数据库技术的研究领域

当前, 数据库研究的范围有以下 3 个领域。

1. 数据库管理系统软件的研制

数据库管理系统 DBMS 是数据库系统的基础。DBMS 的研制包括研制 DBMS 本身及以 DBMS 为核心的一组相互联系的软件系统。研制的目标是扩大功能, 提高性能和提高用户的生

产率。

2. 数据库设计

数据库设计的主要任务是在 DBMS 的支持下,按照应用的要求,为某一部门或组织设计一个结构合理、使用方便、效率较高的数据库及其应用系统。其中主要的研究方向包括数据库设计方法、设计工具和设计理论的研究,数据模型和数据建模的研究,计算机辅助数据库设计方法及其软件系统的研究,数据库设计规范和标准的研究等。

3. 数据库理论

数据库理论的研究主要集中于关系的规范化理论、关系数据理论等。近年来,随着人工智能与数据库理论的结合以及并行计算机的发展,数据库逻辑演绎和知识推理、并行算法等理论研究,以及演绎数据库系统、知识库系统和数据仓库的研制都已成为新的研究方向。

1.2 数据模型

数据模型就是对现实世界的模拟。由于计算机不可能直接处理现实世界中的具体事物,所以人们必须事先把具体事物转换成计算机能够处理的数据。在数据库中用数据模型这个工具抽象、表示和处理现实世界中的数据和信息。根据模型应用的不同目的,可以将这些模型划分为两类,它们分属于两个不同的层次。第一类模型是概念模型,也称为信息模型,它是按用户的观点对数据和信息进行建模。另一类模型是数据模型,主要包括网状模型、层次模型和关系模型等,它是按计算机系统的观点对数据进行建模。

1.2.1 三种主要的数据库模型

将现实世界的事物抽象为概念模型后,要将其用计算机来表示,还必须将概念模型转化为可以在计算机中进行表示的数据模型。目前最常用的数据模型有层次模型、网状模型和关系模型。其中层次模型和网状模型统称为非关系模型。

1. 层次模型

层次模型是数据库系统中最早出现的数据模型,它用树形结构表示各类实体以及实体间的联系。层次模型数据库系统的典型代表是 IBM 公司的 IMS (Information Management Systems) 数据库管理系统,这是一个曾经广泛使用的数据库管理系统。

在数据库中,对满足以下两个条件的数据模型称为层次模型。

- (1) 有且仅有一个结点无双亲,这个结点称为“根结点”。
- (2) 其他结点有且仅有一个双亲,但可以有多多个后继。

若用图形来表示,层次模型像一棵倒立的树。结点层次(level)从根开始定义,根为第一层,根的孩子称为第二层,根称为其孩子的双亲,同一双亲的孩子称为兄弟。

图 1-1 给出了一个系的简单层次模型。

层次模型对具有一对多的层次关系的描述非常自然、直观、容易理解,这是层次数据库的突出优点。

2. 网状模型

在数据库中，对满足以下两个条件的数据模型称为网状模型。

(1) 允许一个以上的结点无双亲。

(2) 一个结点可以有多个的双亲，也可以有多个后继。

网状模型数据库的典型代表是 DBTG 系统，也称 CODASYL 系统。这是 20 世纪 70 年代数据库系统语言研究会（Conference On Data Systems Language, CODASYL）下属的数据库任务组（Data Base Task Group, DBTG）提出的一个系统方案。若用图形表示，网状模型像一个网络。图 1-2 给出了一个抽象的简单的网状模型。

自然界中实体型间的联系更多的是非层次关系，用层次模型表示非层次结构是很不直接的，网状模型则可以克服这一弊病。

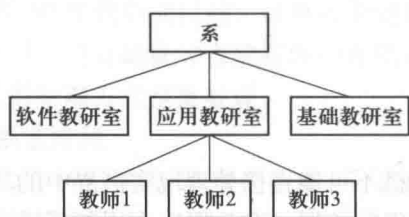


图 1-1 简单层次模型

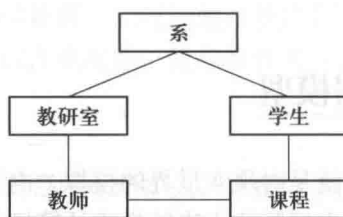


图 1-2 简单的网状模型

3. 关系模型

关系模型是目前最重要的一种模型。美国 IBM 公司的研究员 F. E. Codd 于 1970 年发表了题为《大型共享系统的关系数据库的关系模型》的论文，文中首次提出了数据库系统的关系模型。20 世纪 80 年代以来，计算机厂商新推出的数据库管理系统几乎都支持关系模型，非关系系统的产品也大都加上了关系接口。数据库领域当前的研究工作大都是以关系模型为基础的。本书的重点也将放在关系数据模型上。在本章只简单勾画一下关系模型。

1.2.2 关系数据模型的三要素

关系数据模型由 3 个要素组成：数据结构、数据操纵和完整性约束。

1. 数据结构

数据结构用于描述系统的静态特性，是所研究的对象类型的集合。数据模型按其数据结构的的不同可以分为层次模型、网状模型和关系模型。

2. 数据操纵

数据操纵用于描述系统的动态特性，是指对数据库中各种对象的实例允许执行的操作的集合。

3. 完整性约束

数据的完整性约束是一组完整性规则的集合。完整性规则是对给定的数据及其联系所具有的制约和存储规则的定义，用以限定相关数据符合数据库状态以及状态的变化，以保证数据的正确、有效和相容。

1.2.3 概念模型

概念模型是现实世界到机器世界的一个中间层次。现实世界的事物反映到人脑中，人们把这些事物抽象为一种既不依赖于具体的计算机系统又不为某一 DBMS 支持的概念模型，然后再把概念模型转换为计算机上某一 DBMS 支持的数据模型。

1. 概念模型的主要概念

实体 (Entity): 客观存在并相互区别的事物及其之间的联系。例如，一个学生、一门课程、学生的一次选课等都是实体。

属性 (Attribute): 实体所具有的某一特性。例如，学生实体的属性包括学号、姓名、性别、出生年份、系、入学时间等。

码 (Key): 唯一标识实体的属性集。例如，学号是学生实体的码，它可以唯一标识一个学生。

域 (Domain): 属性的取值范围。例如，年龄的域为大于 15 小于 35 的整数，性别的域为 (男, 女)。

实体型 (Entity Type): 用实体名及其属性名集合来抽象和刻画同类实体。例如，学生 (学号, 姓名, 性别, 出生年份, 系, 入学时间) 就是一个实体型。

实体集 (Entity Set): 同型实体的集合称为实体集。例如，全体学生就是一个实体集。

联系 (Relationship): 实体与实体之间以及实体与组成它的各属性间的关系。现实世界中的联系大体有 3 种类型：一对一的联系 (1:1)，一对多的联系 (1:n)，多对多的联系 (m:n)。

2. 概念模型的表示方法——E-R 图

概念模型的表示方法很多，最常用的是实体-联系方法 (Entity-Relationship Approach)。该方法是用 E-R 图来描述现实世界的概念模型。E-R 图提供了表示实体型、属性和联系的方法。

(1) 实体型：用矩形表示，矩形框内写明实体名。图 1-3 表示了学生实体和课程实体。

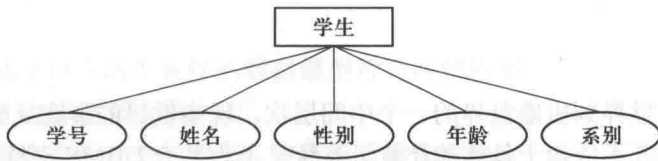


图 1-3 实体图

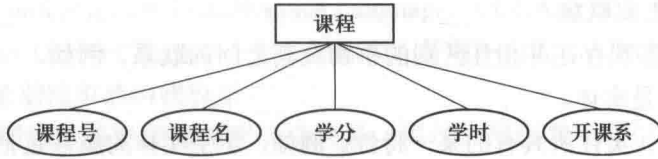
(2) 属性：用椭圆形表示，并用无向边将其与相应的实体连接起来。如学生实体有学号、姓名、性别、年龄、系别 5 个属性，课程有课程号、课程名、学分、学时、开课系 5 个属性，表示形式如图 1-4 所示。

(3) 联系：用菱形表示，菱形框内写明联系名，并用无向边分别与有关实体连接起来。同时在无向边旁标上联系的类型 (1:1、1:n 或 m:n)。若实体之间的联系也有属性，则也要用无向边将属性与相应联系连接起来。如图 1-5 所示，分别给出了 3 种联系类型的例子。

综上所述，可以将学生选课的概念模型用 E-R 图表示出来，如图 1-6 所示。其中学生实体包括学号、姓名、性别、年龄、系别 5 个属性，课程实体包括课程号、课程名、学分、学时、开课系 5 个属性。一个学生可以选修多门课程，一门课程也可以被多个学生选修，学生和课程之间的选课联系是多对多的联系。

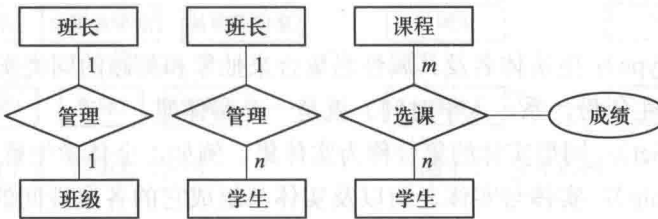


(a) 学生实体及属性



(b) 课程实体及属性

图 1-4 实体及属性图



(a) 1:1

(b) 1:n

(c) m:n

图 1-5 联系类型图

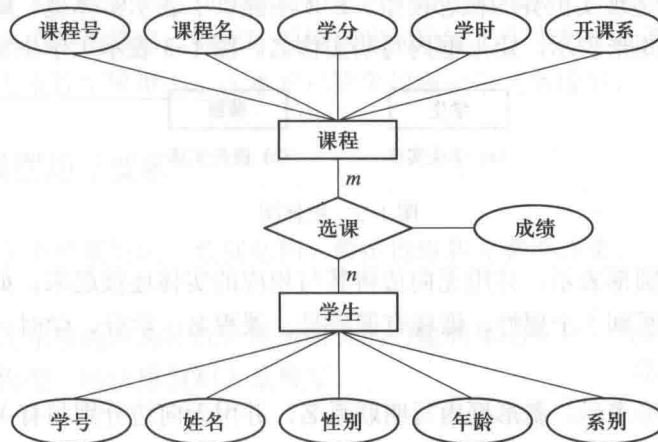


图 1-6 学生选课的 E-R 图

(1) 关系模型的数据结构。一个关系模型的数据结构也称为逻辑结构，是一张二维表，它由行和列组成。每一行称为一个元组，每一列称为一个字段。通常在关系模型中将表称为关系。

(2) 关系模型的数据操纵与完整性约束。关系模型的数据操纵主要包括查询、插入、删除和更新数据。这些操作必须满足关系的完整性约束条件。关系的完整性约束条件包括三大类：实体完整性、参照完整性和用户定义的完整性。其具体含义将在后面章节介绍。

(3) 关系模型的存储结构。关系模型中，实体及实体间的联系都用表来表示，这是关系模型的逻辑结构。在数据库的物理组织中，表以文件形式存储，每一个表通常对应一种文件结构，因此关系模型的存储结构是文件。

(4) 关系模型的优缺点。关系模型与非关系模型不同，它是建立在严格的数学概念的基础上的。

关系模型的概念单一，无论是实体还是实体之间的联系都用关系来表示，对数据检索的结果也用关系来表示。所以结构简单、清晰，用户易懂易用。

关系模型的存取路径对用户透明，从而具有更高的数据独立性，更好的安全保密性，也简化了程序员的工作和数据库开发建立的工作。所以关系数据模型诞生以后发展迅速，深受用户的喜爱。

当然，关系数据模型也有缺点。其中最主要的缺点是，由于存取路径对用户透明，查询效率往往不如非关系数据模型。因此，为了提高性能，必须对用户的查询请求进行优化，这增加了开发数据库管理系统的负担。

1.3 数据库系统的结构

从数据库管理系统角度看待数据库结构可以发现数据库系统采用三级模式结构。从数据库最终用户角度看，数据库系统的结构分为单用户结构、主从式结构、分布式结构和客户机/服务器结构。

1.3.1 数据库系统的模式结构

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是由外模式、模式和内模式三级组成。

(1) 外模式。外模式也称子模式或用户模式，它是对数据库用户（包括应用程序员和最终用户）看见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，是与某一应用有关的数据的逻辑表示。一个数据库可以有多个外模式。

(2) 模式。模式也称逻辑模式，是数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述，是所有用户的公用数据视图。一个数据库只有一个模式。

(3) 内模式。内模式也称存储模式，它是对数据物理和存储结构的描述，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。

2. 数据库的二级映像与数据独立性

数据库系统在这三级模式之间提供了两层映像：外模式/模式映像和模式/内模式映像。正是这两层映像保证了数据库系统的数据能够具有较高的逻辑独立性和物理独立性。

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。对应于同一个模式可以有任意多个外模式。对于每一个外模式，数据库系统都有一个外模式/模式映像，它定义了该外模式与模式之间的对应关系。当模式改变时（例如，增加新的数据类型、新的数据项、

新的关系等),由数据库管理员对各个外模式/模式的映像作相应改变,可以使外模式保持不变,从而使得应用程序不必修改,保证了数据的逻辑独立性。

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。当数据库的存储结构改变时(例如,采用了更先进的存储结构),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,从而保证了数据的物理独立性。

1.3.2 数据库系统的体系结构

从最终用户角度来看,数据库系统分为单用户结构、主从式结构、分布式结构和客户机/服务器结构。

1. 单用户结构

单用户结构是一种早期的最简单的结构。在这种结构中,整个数据库系统(包括应用程序、DBMS、数据)都装在一台计算机上,由一个用户独占,不同机器之间不能共享数据。

2. 主从式结构

主从式结构是指一个主机带有多个终端的多用户结构。在这种结构中,数据库系统(包括应用程序、DBMS、数据)都集中存放在主机上,所有处理任务都由主机来完成,各个用户通过主机的终端并发地存取数据库,共享数据资源。

3. 分布式结构

分布式结构是指数据库中的数据在逻辑上是一个整体,但物理地分布在计算机网络的不同结点上。网络中的每个结点都可以独立处理本地数据库中的数据,执行局部应用;同时也可以存取和处理多个异地数据库中的数据,执行全局应用。

4. 客户机/服务器结构

主从式数据库系统中的主机和分布式数据库系统中的每个结点机是一个通用计算机,既执行 DBMS 功能又执行应用程序。

随着工作站功能的增强和广泛使用,人们开始把 DBMS 功能和应用分开,网络中某个(些)结点上的计算机专门用于执行 DBMS 功能,称为数据库服务器,简称服务器,其他结点上的计算机安装 DBMS 的外围应用开发工具,支持用户的应用,称为客户机,这就是客户机/服务器结构的数据库系统。

在客户机/服务器结构中,客户端的用户请求被传送到数据库服务器,数据库服务器进行处理后,只将结果返回给用户(而不是整个数据),从而显著减少了网络上的数据传输量,提高了系统的性能、吞吐量和负载能力。另一方面,客户机/服务器结构的数据库往往更加开放。客户机与服务器一般都能在多种不同的硬件和软件平台上运行,可以使用不同厂商的数据库应用开发工具,使得应用程序具有更强的可移植性,同时也可以减少软件维护开销。

1.3.3 数据库管理系统

数据库管理系统是数据库系统的核心,是为数据库的建立、使用和维护而配置的软件。它