

● 普通高等教育“十三五”规划教材
(计算机专业群)

数据库系统

原理与应用

主 编 沈祥玖 张 岳
副主编 兰 莉 焦怏怏
主 审 张广渊



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十三五”规划教材——计算机专业群

数据库系统原理与应用

主 编 沈祥玖 张 岳

副主编 兰 莉 焦忼忼

主 审 张广渊



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

· 北京 ·

内 容 提 要

本书是《数据库原理与应用——SQL Server 2005》(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)的升级版。自第一版出版以来,受到了广大读者的广泛关注,在多所高校的教学实践中取得好评。为进一步提高教材的质量,适应目前不断发展的教学需求,我们对第一版教材进行了全面的修订。

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 数据库应用开发便捷、灵活、易学易懂的特点,是数据库应用与开发的基础。

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,也可作为相关技术培训教材和自学参考书。

本书所配套的 PPT 课件、习题参考答案、课程设计案例、上机实训、MOOC 等,可以从省级课程教学网站(211.64.127.215)和中国水利水电出版社及万水书苑下载,网址为:<http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目(CIP)数据

数据库系统原理与应用 / 沈祥玖, 张岳主编. -- 北京: 中国水利水电出版社, 2016.8
普通高等教育“十三五”规划教材. 计算机专业群
ISBN 978-7-5170-4544-1

I. ①数… II. ①沈… ②张… III. ①关系数据库系
统一高等学校—教材 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第162507号

策划编辑: 石永峰 责任编辑: 李 炎 加工编辑: 夏雪丽 封面设计: 李 佳

书 名	普通高等教育“十三五”规划教材——计算机专业群 数据库系统原理与应用 SHUJYUKU XITONG YUANLI YU YINGYONG
作 者	主 编 沈祥玖 张 岳 副主编 兰 莉 焦朴朴 主 审 张广渊
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn 电话: (010) 68367658 (营销中心)、82562819 (万水)
经 售	全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	三河市铭浩彩色印装有限公司
规 格	184mm×260mm 16开本 14印张 348千字
版 次	2016年8月第1版 2016年8月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	30.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社营销中心负责调换
版权所有·侵权必究

前 言

本书是《数据库原理与应用——SQL Server 2005》(普通高等教育“十一五”国家级规划教材)的升级版。自第一版出版以来,受到了广大读者的广泛关注,在多所高校的教学实践中获得好评。为进一步提高教材的质量,适应目前不断发展的教学需求,我们对第一版教材进行了全面的修订。在章节编排和教学内容上进行了重新编写,更符合教学规律,增加了大量 T-SQL 应用案例,这些案例代码都在实际操作中运行通过。突出了 T-SQL 的编程能力培养。以新版本 SQL Server 2008 数据库系统作为教学数据库,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,以实际应用实例作为任务驱动,由浅入深,理论结合实际,全面讲述了 SQL Server 2008 关系数据库系统的特点及应用开发技术。特别是以作者开发的“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、习题参考答案、课程设计案例、上机实训、MOOC 等,为老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)和中国水利水电出版社及万水书苑下载,网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>和 <http://www.wsbookshow.com>。

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、条理清晰,应用实例贯穿始终,尽量简单易学,以适合初学者。

全书共分 11 章,第 1~2 章主要讲述了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,主要讲述了 SQL Server 2008 数据库系统的特点和安装、数据库和数据表的建立、T-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。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 数据库应用开发便捷、灵活、易学易懂的特点,是数据库应用与开发的基础。

本书由沈祥玖、张岳任主编,兰莉(菏泽公路局)、焦怵怵任副主编,张广渊教授主审。其中第 1、2、5、10 章由沈祥玖编写,第 3、4 章由兰莉编写,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,全书由沈祥玖教授最后统稿,参加本书编写和录入工作的还有李艳、徐硕博老师,在此一并表示感谢。

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。

沈祥玖

2016 年 5 月 15 日于济南

E-mail: jnjtsxj@163.com

目 录

前言	
第 1 章 数据库概述	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	12
2.1 关系模型的基本概念	12
2.1.1 关系	12
2.1.2 关系数据结构	14
2.1.3 关系的完整性	15
2.2 关系代数	17
2.2.1 传统的集合运算	17
2.2.2 专门的关系运算	19
本章小结	22
习题 2	22
第 3 章 SQL Server 2008 概述	25
3.1 SQL Server 2008 的体系结构	25
3.1.1 SQL Server 2008 的客户机/服务器结构	25
3.1.2 SQL Server 2008 的查询语言——交互式 SQL	25
3.2 SQL Server 2008 的新特性	26
3.3 SQL Server 2008 的安装	27
3.3.1 SQL Server 2008 的安装版本	27
3.3.2 SQL Server 2008 的安装步骤	28
本章小结	40
习题 3	41
第 4 章 可视化方式下数据库对象的操作	42
4.1 数据库的创建	42
4.1.1 数据库的结构	42
4.1.2 系统数据库	44
4.1.3 创建数据库	45
4.1.4 查看数据库	47
4.1.5 修改数据库	48
4.1.6 删除数据库	49
4.2 数据表的创建	50
4.2.1 数据类型	50
4.2.2 创建表结构	53
4.2.3 查看和修改表结构	55
4.2.4 删除表	56
4.3 创建数据库关系图	56
4.4 数据更新	58
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 T-SQL 基础及应用	65
5.1 SQL 语言的发展	65
5.2 T-SQL 的语法规则	66
5.3 数据定义	71
5.4 T-SQL 简单查询	76
5.4.1 最简单的 SELECT 语句	76
5.4.2 带条件的查询	81

5.4.3 模糊查询	84	习题 6	110
5.4.4 函数的使用	86	第 7 章 存储过程和触发器	112
5.4.5 查询结果排序	87	7.1 存储过程	112
5.4.6 使用分组	88	7.1.1 存储过程概述	112
5.5 T-SQL 高级查询	90	7.1.2 存储过程的类型	113
5.5.1 连接查询	90	7.1.3 创建存储过程	113
5.5.2 子查询	92	7.1.4 查看存储过程信息	117
5.6 视图	94	7.1.5 修改存储过程	119
5.6.1 视图的概念	94	7.1.6 删除存储过程	119
5.6.2 创建视图	95	7.2 触发器	120
5.6.3 查询视图	96	7.2.1 触发器概述	120
5.7 数据操纵	96	7.2.2 创建触发器	121
5.7.1 向表中插入数据	96	7.2.3 管理触发器	125
5.7.2 修改表中数据	98	7.2.4 修改触发器	126
5.7.3 删除表中数据	98	7.2.5 删除触发器	127
本章小结	98	本章小结	127
习题 5	99	习题 7	128
第 6 章 数据库的完整性设计	100	第 8 章 数据库的安全性	129
6.1 完整性概述	100	8.1 SQL Server 的安全性机制	129
6.1.1 域完整性	100	8.1.1 操作系统的安全性	129
6.1.2 实体完整性	100	8.1.2 服务器的安全性	129
6.1.3 参照完整性	100	8.1.3 数据库的安全性	130
6.2 使用约束实施数据库的完整性	101	8.1.4 表和列级的安全性	130
6.2.1 PRIMARY KEY 约束	101	8.2 管理服务器的安全性	130
6.2.2 UNIQUE 约束	102	8.2.1 服务器登录账号	130
6.2.3 DEFAULT 约束	103	8.2.2 设置安全性身份验证模式	131
6.2.4 CHECK 约束	104	8.2.3 创建登录账号	132
6.2.5 FOREIGN KEY 约束	105	8.2.4 拒绝登录账号	135
6.3 使用规则	107	8.2.5 删除登录账号	137
6.3.1 创建规则	107	8.2.6 特殊账户——sa	137
6.3.2 绑定规则	108	8.2.7 服务器角色	138
6.3.3 解除规则绑定	108	8.3 SQL Server 数据库的安全性	140
6.3.4 删除规则	108	8.3.1 添加数据库	140
6.4 使用默认值	109	8.3.2 修改数据库用户	142
6.4.1 创建默认值	109	8.3.3 删除数据库用户	143
6.4.2 绑定默认值	109	8.3.4 特殊数据库用户	144
6.4.3 解除默认值绑定	110	8.3.5 固定数据库角色	144
6.4.4 删除默认值	110	8.3.6 创建自定义数据库角色	145
本章小结	110	8.3.7 增删数据库角色成员	147

8.4 表和列级的安全性	147	10.2 数据库设计	180
8.4.1 权限简介	147	10.2.1 数据库设计的任务与内容	180
8.4.2 授权	148	10.2.2 数据库设计的方法	180
8.4.3 权限收回	152	10.2.3 数据库设计的步骤	181
8.4.4 权限拒绝	152	10.3 数据库新技术	182
本章小结	153	10.3.1 数据库技术与其他技术的结合	182
习题 8	153	10.3.2 数据仓库	183
第 9 章 数据库备份与还原	155	本章小结	183
9.1 备份概述	155	习题 10	184
9.1.1 备份的概念及恢复模式	155	第 11 章 数据库应用 (Java) 程序开发实例	185
9.1.2 备份类型	156	11.1 Java 连接数据库技术	185
9.1.3 备份设备	157	11.1.1 JDBC 简介	185
9.2 备份数据库	158	11.1.2 Connection 接口	187
9.2.1 创建磁盘备份设备	158	11.1.3 Statement 接口	188
9.2.2 使用 SQL Server Management Studio 进行数据库备份	159	11.1.4 ResultSet 接口	189
9.2.3 使用 T-SQL 语句创建数据库备份	163	11.2 学生管理系统的设计	191
9.3 还原数据库	164	11.2.1 系统的需求	191
9.3.1 利用 SQL Server Management Studio 还原数据库	164	11.2.2 系统的模块划分	192
9.3.2 利用 T-SQL 语句还原数据库	166	11.2.3 数据库的逻辑结构设计	193
9.4 SQL Server 2008 数据转换	166	11.3 学生管理系统的编程与实现	197
9.4.1 数据导入	166	11.3.1 连接数据库的实现	197
9.4.2 数据导出	169	11.3.2 登录模块的设计与实现	198
本章小结	173	11.3.3 系统主界面的设计与实现	198
习题 9	173	11.3.4 学生信息管理模块的设计与实现	201
第 10 章 关系数据库理论和设计	175	11.3.5 选课管理模块的设计与实现	205
10.1 关系数据库理论	175	11.3.6 成绩管理模块的设计与实现	208
10.1.1 函数依赖	175	11.3.7 成绩查询模块的设计与实现	211
10.1.2 范式	176	11.3.8 系统管理模块的设计与实现	212
10.1.3 关系模式的规范化	177	本章小结	214
		习题 11	214
		参考文献	216

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：

- 数据库和数据模型的基本概念
- 数据模型的三要素
- 概念模型的表示方法
- 数据库技术的发展过程与研究领域
- 数据库系统的模式结构与体系结构
- 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四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、多用户对数据的并发使用以及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三个阶段。

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;在处理方式上,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应增加;在处理方式上,更多地要求联机实时处理,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,使数据为尽可能多的应用服务,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。60 年代末出现了第一代数据库——层次数据库、网状数据库,70 年代出现了第二代数据库——关系数据库。目前关系数据库系统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系统。

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三个领域:

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。一类模型是概念模型,也称信息模型,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、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,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,但可以有多个后继。

若用图形来表示,层次模型像是一棵倒立的树。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。

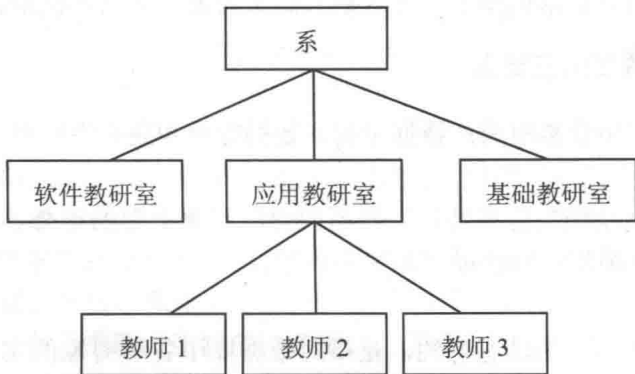


图 1-1 系的简单层次模型

层次模型对具有一对多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，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) 一个结点可以有多于一个的双亲，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 年代数据系统语言研究会（Conference On Data Systems Language, CODASYL）下属的数据库任务组（Database Task Group, DBTG）提出的一个系统方案。若用图形表示，网状模型像是一个网络。

图 1-2 给出了一个抽象的简单的网状模型。

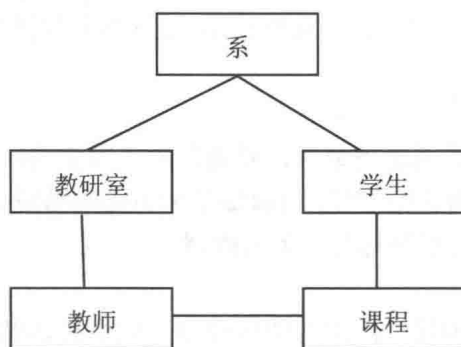


图 1-2 简单的网状模型

自然界中实体之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。

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 E.F.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

关系数据模型由三个要素组成：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构造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事物之间的联系。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,它可以唯一地标识一个学生。

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三种类型: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

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)。该方法是使用 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。

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

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、系别五个属性,课程有课程号、课程名、学分、学时、开课系别五个属性,表示形式如图 1-4 所示。

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,分别给出了三种联系类型的例子。

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、系别五个属性,课程实体包括课程号、课程名、学分、学时、开课系别五个属性。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。

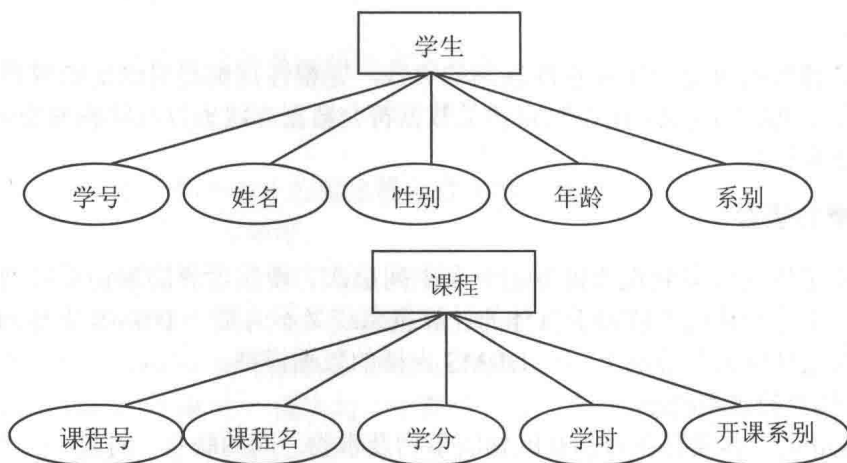


图 1-4 实体及属性图

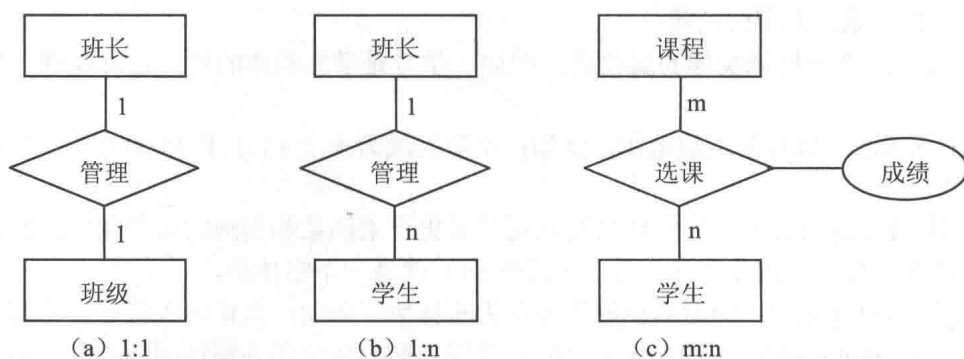


图 1-5 联系类型图

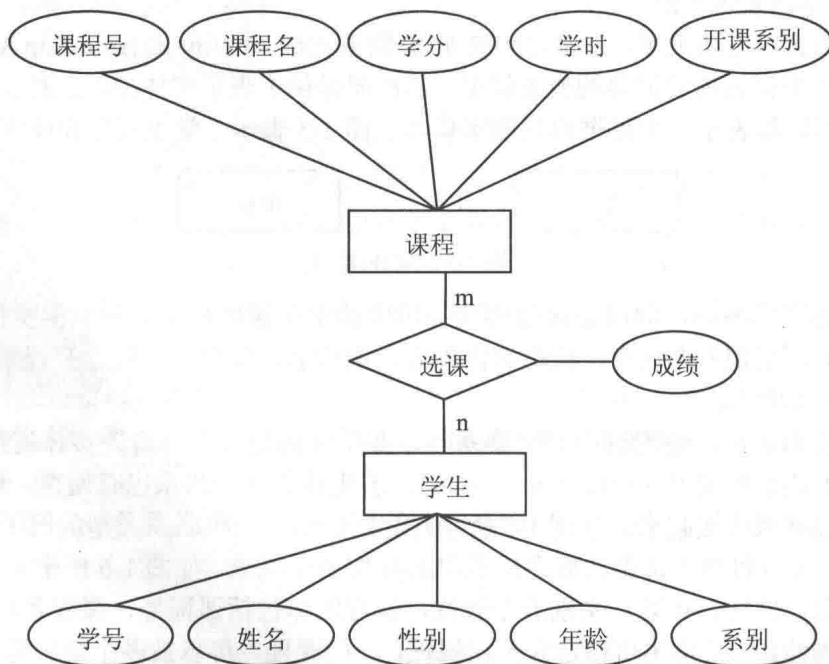


图 1-6 学生选课的 E-R 图

(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

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，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。它建立在操作系统的基础上，是位于操作系统与用户之间的一层数据管理软件，负责对数据库

进行统一的管理和控制。用户发出的或应用程序中的各种操作数据库中数据的命令,都要通过数据库管理系统来执行。数据库管理系统还承担着数据库的维护工作,能够按照数据库管理员所规定的要求,保证数据库的安全性和完整性。

1. DBMS 的功能

由于不同 DBMS 要求的硬件资源、软件环境是不同的,因此其功能与性能也存在差异,但一般说来,DBMS 的功能主要包括以下 6 个方面。

(1) 数据定义功能。数据定义包括定义构成数据库结构的外模式、模式和内模式,定义各个外模式与模式之间的映射,定义模式与内模式之间的映射,定义有关的约束条件等。例如,为保证数据库中数据具有正确语义而定义的完整性规则,为保证数据库安全而定义的用户口令和存取权限等。

(2) 数据操纵功能。数据操纵包括对数据库中数据的检索、插入、修改和删除等基本操作。

(3) 数据库运行管理功能。对数据库的运行进行管理是 DBMS 运行时的核心部分,包括对数据库进行并发控制、安全性检查、完整性约束条件的检查和执行、数据库的内部维护(如索引、数据字典的自动维护)等。所有访问数据库的操作都要在这些控制程序的统一管理下进行,以保证数据的安全性、完整性、一致性以及多用户对数据库的并发使用。

(4) 数据组织、存储和管理功能。数据库中需要存放多种数据,如数据字典、用户数据、存取路径等。DBMS 负责分门别类地组织、存储和管理这些数据,确定以何种文件结构和存取方式物理地组织这些数据,如何实现数据之间的联系,以便提高存储空间利用率以及提高随机查找、顺序查找、增/删/改等操作的时间效率。

(5) 数据库的建立和维护功能。建立数据库包括数据库初始数据的输入与数据转换等。维护数据库包括数据库的转储与恢复、数据库的重组与重构造、性能的监视与分析等。

(6) 数据通信接口功能。DBMS 需要提供与其他软件系统进行通信的功能。例如,提供与其他 DBMS 或文件系统的接口,从而能够将数据转换为另一个 DBMS 或文件系统能够接收的格式,或者接收其他 DBMS 或文件系统的数据库。

2. DBMS 的组成

为了提供上述 6 方面的功能,DBMS 通常由以下 4 个部分组成。

(1) 数据定义语言及其翻译处理程序。DBMS 一般都提供数据定义语言(Data Definition Language, DDL)供用户定义数据库的外模式、模式、内模式、各级模式间的映射及有关的约束条件等。用 DDL 定义的外模式、模式和内模式分别称为源外模式、源模式和源内模式。各种模式翻译程序负责将它们翻译成相应的内部表示,即生成目标外模式、目标模式和目标内模式。

(2) 数据操纵语言及其编译(或解释)程序。DBMS 提供了数据操纵语言(Data Manipulation Language, DML)实现对数据库的检索、插入、修改及删除等基本操作。DML 分为宿主型 DML 和自主型 DML 两类。宿主型 DML 本身不能独立使用,必须嵌入主语言中,例如嵌入 C、COBOL、FORTRAN 等高级语言中。自主型 DML 又称为自含型 DML,它们是交互式命令语言,语法简单,可以独立使用。

(3) 数据库运行控制程序。DBMS 提供了一些负责数据库运行过程中的控制与管理的系统运行控制程序,包括系统初启程序、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、运行日志管理程序等，它们在数据库运行过程中监视着对数据库的所有操作，控制管理数据库资源，处理多用户的并发操作等。

(4) 实用程序。DBMS 通常还提供一些实用程序，包括数据初始装入程序、数据转储程序、数据库恢复程序、性能监测程序、数据库再组织程序、数据转换程序、通信程序等。数据库用户可以利用这些实用程序完成数据库的建立与维护，以及数据格式的转换与通信。

本章小结

本章主要讲述了数据库及数据模型的有关概念及知识，通过本章的学习，读者应该理解数据库的基本概念、数据库的三级模式结构和二级映像功能；掌握数据模型的三要素和 E-R 图的使用；熟悉 DBMS 的功能。

习题 1

一、选择题

1. () 是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、使用和维护时由其统一管理、统一控制。

- A. DBMS B. DB C. DBS D. DBA

2. () 是长期存储在计算机内，有组织、可共享的数据集合。

- A. Data B. Information
C. DB D. DBS

3. 文字、图形、图像、声音、学生的档案记录、货物的运输情况等，这些都是 ()。

- A. Data B. Information
C. DB D. 其他

4. 数据库应用系统是由数据库、数据库管理系统 (及其开发工具)、应用系统、() 和用户构成。

- A. DBMS B. DB C. DBS D. DBA

二、填空题

1. 数据库就是长期存储在计算机内_____、_____的数据集合。
2. 数据管理技术经历了_____、_____和_____三个发展阶段。
3. 数据模型通常都是由_____、_____和_____三个要素组成。
4. 目前最常用的数据模型有_____、_____和_____。20 世纪 80 年代以来，_____逐渐占主导地位。

三、简答题

1. 常用的三种数据模型的数据结构各有什么特点？