

21世纪高等学校计算机**专业**实用规划教材

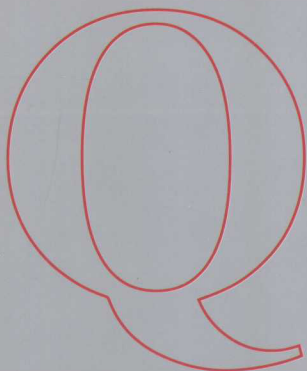
数据库原理与应用教程

——基于SQL Server 2012



S

杨俊生 编著



Q



L



清华大学出版社

21世纪高等学校计算机**专业**实用规划教材

数据库原理与应用教程

——基于SQL Server 2012

杨俊生 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

数据库原理与应用是计算机专业基础课程,包括两部分内容:第一部分是数据库原理,主要介绍数据模型、关系数据模型、关系运算、SQL、数据规范化以及数据库设计;第二部分讲解数据库 SQL Server 2012 的使用,包括数据库的创建、用户权限管理、表管理、数据查询、索引和视图、Transact-SQL 程序设计以及数据导入导出和数据库的备份还原。

本书基于作者多年使用数据库的经验和教学体会,全面而又深入地讲解了关系数据库的原理和使用。本书编写过程中,力求做到概念清晰准确,内容深入浅出,面向实际应用。

本书可以作为高等院校计算机专业本科学生的数据库课程教材,也可供计算机相关应用人员参考。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数据库原理与应用教程:基于 SQL Server 2012/杨俊生编著. —北京:清华大学出版社,2016
21 世纪高等学校计算机专业实用规划教材
ISBN 978-7-302-44017-8

I. ①数… II. ①杨… 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 123385 号

责任编辑:付弘宇 薛 阳

封面设计:何凤霞

责任校对:梁 毅

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 装 者:北京密云胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:18.5 字 数:461 千字

版 次:2016 年 8 月第 1 版 印 次:2016 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.50 元

产品编号:069258-01

前 言

计算机软件技术经过多年发展,已经应用于各行各业,数据可用性直接关系到企业的生存与发展,而数据库管理系统作为一种有效的数据存储方式已经变得越来越重要。

关系数据库理论历经多年已变得非常成熟,数据库的应用也变得异常重要,任何一个软件项目几乎都离不开数据库。随着计算机技术的快速发展,数据库技术也在突飞猛进,已经成为应用广泛、实用性极强的一种技术。当前应用技术中,如在线事务系统、在线分析系统、决策支持系统、财务系统、办公自动化系统等,无不是以数据库技术为支撑,可以说,数据库应用无处不在,掌握数据库技术,现在已经成为每个 IT 人士必备的技能。

本书从数据库原理部分入手,全面而又深入地分析数据库的基础理论,再结合流行的关系数据库系统 SQL Server 2012 讲解数据库系统的使用,来印证数据库原理内容。

本书结合作者多年从事数据库管理系统使用经验,以及多年从事数据库相关课程培训和教学经验,从实际出发,系统地介绍了数据库的原理和使用,全书分为两个部分,共 15 章。

第一部分:讲解数据库原理,包括 6 章,从第 1 章到第 6 章。第 1 章介绍数据库基本概念,包括数据管理技术的发展、数据模型等内容;第 2 章讲解关系数据模型,包括关系数据结构、关系运算和完整性约束,其中关系运算尤其是专门关系运算是重点内容;第 3 章介绍 SQL 基本语法;第 4 章讲解数据库完整性约束的具体实现;第 5 章讲解数据之间的依赖关系,并重点讲解关系的规范化;第 6 章介绍数据库设计过程及数据库实施维护内容。

第二部分:讲解 SQL Server 2012 的使用,包括 9 章,从第 7 章到第 15 章。第 7 章讲解 SQL Server 2012 数据库安装、数据库创建等内容;第 8 章讲解 SQL Server 2012 数据库用户管理和权限控制;第 9 章讲解表的管理,包括表结构维护、表数据操作和事务处理等内容;第 10 章讲解数据查询,包括单表查询、连接查询和子查询;第 11 章讲解索引和视图的使用;第 12、13 章讲解 Transact-SQL 程序设计,包括基础语法和命名程序的编写;第 14 章介绍数据导入导出工具的使用;第 15 章主要讲解数据库的维护,包括分离和附加、备份和还原。

在本书的写作过程中得到了清华大学出版社的大力支持,在此向清华大学出版社表示感谢,其次还要感谢我的家人在我写作过程中的默默支持。

鉴于作者才学有限,书中难免存在不足之处,欢迎同行、专家及读者批评指正。联系方式: yangjs@dlut.edu.cn。

目 录

| | |
|-------------------|----|
| 第 1 章 数据库系统概述 | 1 |
| 1.1 基本概念 | 1 |
| 1.2 数据管理技术 | 2 |
| 1.3 数据模型 | 3 |
| 1.3.1 数据模型组成 | 3 |
| 1.3.2 数据模型分类 | 4 |
| 1.3.3 概念模型 | 4 |
| 1.3.4 逻辑模型 | 5 |
| 1.4 数据库管理系统结构 | 7 |
| 1.4.1 三级模式 | 7 |
| 1.4.2 二级映像 | 8 |
| 1.5 数据库系统组成 | 8 |
| 小结 | 9 |
| 习题 | 9 |
| 第 2 章 关系数据库 | 10 |
| 2.1 关系概述 | 10 |
| 2.1.1 关系定义 | 10 |
| 2.1.2 关系数据结构及基本概念 | 11 |
| 2.2 关系运算 | 13 |
| 2.2.1 关系操作概述 | 13 |
| 2.2.2 传统关系运算 | 13 |
| 2.2.3 专门关系运算 | 15 |
| 2.3 完整性约束 | 23 |
| 2.3.1 实体完整性 | 24 |
| 2.3.2 参照完整性 | 24 |
| 2.3.3 用户定义的完整性 | 24 |
| 2.4 小结 | 24 |
| 习题 | 25 |
| 第 3 章 SQL | 26 |

| | | |
|--------------|----------------|-----------|
| 3.1 | SQL 概述 | 26 |
| 3.1.1 | SQL 的产生与发展 | 26 |
| 3.1.2 | SQL 特点 | 26 |
| 3.1.3 | SQL 分类 | 27 |
| 3.2 | 数据定义语句 | 28 |
| 3.2.1 | 基本表操作 | 28 |
| 3.2.2 | 索引操作 | 30 |
| 3.2.3 | 视图操作 | 31 |
| 3.3 | 数据操纵语句 | 32 |
| 3.3.1 | 插入数据 | 32 |
| 3.3.2 | 修改数据 | 33 |
| 3.3.3 | 删除数据 | 34 |
| 3.4 | 查询语句 | 34 |
| 3.4.1 | 单表查询 | 35 |
| 3.4.2 | 连接查询 | 38 |
| 3.4.3 | 嵌套查询 | 42 |
| 3.4.4 | 集合查询 | 44 |
| 3.5 | 权限控制语句 | 45 |
| 3.5.1 | 权限授予 | 46 |
| 3.5.2 | 权限回收 | 46 |
| 3.6 | 事务控制语句 | 47 |
| | 小结 | 47 |
| | 习题 | 47 |
| 第 4 章 | 数据完整性约束 | 49 |
| 4.1 | 实体完整性 | 49 |
| 4.2 | 参照完整性 | 51 |
| 4.3 | 用户定义的完整性 | 53 |
| 4.3.1 | 非空约束 | 53 |
| 4.3.2 | 唯一约束 | 54 |
| 4.3.3 | 检查约束 | 55 |
| 4.4 | 完整性约束命名 | 56 |
| | 小结 | 57 |
| | 习题 | 58 |
| 第 5 章 | 关系规范化 | 59 |
| 5.1 | 函数依赖 | 59 |
| 5.2 | 规范化 | 61 |
| | 小结 | 64 |

| | |
|----------------------------|------------|
| 习题 | 65 |
| 第 6 章 数据库设计 | 66 |
| 6.1 数据库设计概述 | 66 |
| 6.2 概念结构设计 | 67 |
| 6.3 逻辑结构设计 | 69 |
| 6.4 物理结构设计 | 70 |
| 6.5 数据库实施与维护 | 71 |
| 小结 | 71 |
| 习题 | 72 |
| 第 7 章 数据库基础 | 73 |
| 7.1 SQL Server 2012 介绍 | 73 |
| 7.2 安装数据库 | 73 |
| 7.3 常用工具介绍 | 84 |
| 7.4 数据库组成 | 86 |
| 7.5 查看数据库 | 88 |
| 7.6 创建数据库 | 90 |
| 7.7 修改数据库 | 94 |
| 7.7.1 修改数据库文件和文件组 | 94 |
| 7.7.2 修改数据库选项 | 96 |
| 7.8 删除数据库 | 98 |
| 小结 | 98 |
| 习题 | 98 |
| 第 8 章 数据库安全 | 100 |
| 8.1 SQL Server 2012 身份验证模式 | 100 |
| 8.2 登录账号 | 101 |
| 8.2.1 查看登录 | 102 |
| 8.2.2 创建登录 | 103 |
| 8.2.3 修改登录 | 104 |
| 8.2.4 删除登录 | 105 |
| 8.3 数据库用户 | 106 |
| 8.3.1 查看数据库用户 | 106 |
| 8.3.2 创建数据库用户 | 106 |
| 8.3.3 删除数据库用户 | 108 |
| 8.4 架构 | 109 |
| 8.4.1 查看架构 | 109 |
| 8.4.2 创建架构 | 110 |

| | | |
|--------------|-------------------|------------|
| 8.4.3 | 删除架构 | 111 |
| 8.5 | 权限 | 112 |
| 8.5.1 | 权限分类 | 112 |
| 8.5.2 | 权限授予回收 | 113 |
| 8.5.3 | 查看权限 | 115 |
| 8.6 | 角色 | 115 |
| 8.6.1 | 固定服务器角色 | 115 |
| 8.6.2 | 固定数据库角色 | 118 |
| 8.6.3 | 用户自定义角色 | 120 |
| | 小结 | 120 |
| | 习题 | 121 |
| 第 9 章 | 表的管理 | 122 |
| 9.1 | 数据类型 | 122 |
| 9.1.1 | 数字类型 | 122 |
| 9.1.2 | 字符类型 | 123 |
| 9.1.3 | 日期类型 | 124 |
| 9.1.4 | 二进制类型 | 124 |
| 9.2 | 表操作 | 124 |
| 9.2.1 | 查看表 | 124 |
| 9.2.2 | 创建表 | 126 |
| 9.2.3 | 修改表 | 129 |
| 9.2.4 | 删除表 | 131 |
| 9.3 | 数据操作 | 132 |
| 9.3.1 | 插入数据 | 132 |
| 9.3.2 | 修改数据 | 134 |
| 9.3.3 | 删除数据 | 134 |
| 9.4 | 事务处理 | 135 |
| 9.4.1 | 事务基本概念 | 135 |
| 9.4.2 | SQL Server 中的事务模式 | 136 |
| 9.5 | 完整性约束 | 138 |
| 9.5.1 | 主键约束 | 138 |
| 9.5.2 | 外键约束 | 139 |
| 9.5.3 | 唯一约束 | 141 |
| 9.5.4 | 检查约束 | 142 |
| 9.5.5 | 非空约束 | 143 |
| 9.5.6 | 查看约束 | 144 |
| 9.5.7 | 约束操作 | 146 |
| | 小结 | 147 |

| | |
|------------------------|------------|
| 习题 | 147 |
| 第 10 章 数据查询 | 149 |
| 10.1 基础知识 | 149 |
| 10.2 单表查询 | 150 |
| 10.2.1 基本查询 | 151 |
| 10.2.2 分组查询 | 155 |
| 10.2.3 数据排序 | 157 |
| 10.3 连接查询 | 158 |
| 10.3.1 内连接 | 159 |
| 10.3.2 外连接 | 161 |
| 10.3.3 自连接 | 162 |
| 10.3.4 交叉连接 | 163 |
| 10.4 子查询 | 164 |
| 10.4.1 单行子查询 | 165 |
| 10.4.2 多行子查询 | 166 |
| 10.4.3 关联子查询 | 166 |
| 10.4.4 编写包含子查询的 DML 语句 | 168 |
| 10.5 高级查询 | 168 |
| 10.5.1 集合操作 | 168 |
| 10.5.2 CASE 语句 | 170 |
| 小结 | 171 |
| 习题 | 171 |
| 第 11 章 索引和视图 | 173 |
| 11.1 索引 | 173 |
| 11.1.1 了解索引 | 173 |
| 11.1.2 查看索引 | 174 |
| 11.1.3 创建索引 | 176 |
| 11.1.4 修改索引 | 180 |
| 11.1.5 删除索引 | 183 |
| 11.2 视图 | 183 |
| 11.2.1 查看视图 | 184 |
| 11.2.2 创建视图 | 185 |
| 11.2.3 修改视图 | 187 |
| 11.2.4 删除视图 | 188 |
| 小结 | 188 |
| 习题 | 189 |

| | | |
|---------------|--------------------------|-----|
| 第 12 章 | Transact-SQL 程序设计 | 190 |
| 12.1 | 常量与变量 | 190 |
| 12.1.1 | 常量 | 190 |
| 12.1.2 | 变量 | 190 |
| 12.2 | 运算符 | 193 |
| 12.3 | 常用函数 | 194 |
| 12.3.1 | 常用统计函数 | 194 |
| 12.3.2 | 常用数学函数 | 194 |
| 12.3.3 | 常用字符串函数 | 196 |
| 12.3.4 | 常用日期函数 | 197 |
| 12.3.5 | 数据类型转换函数 | 199 |
| 12.4 | 流程控制 | 199 |
| 12.4.1 | 语句注释 | 199 |
| 12.4.2 | 语句块 | 199 |
| 12.4.3 | 选择控制语句 IF···ELSE | 200 |
| 12.4.4 | 循环控制语句 WHILE | 200 |
| 12.4.5 | 跳转语句 GOTO | 201 |
| 12.4.6 | RETURN 语句 | 201 |
| 12.4.7 | 调度执行语句 WAITFOR | 202 |
| 12.5 | 游标 | 202 |
| 12.5.1 | 声明游标 | 203 |
| 12.5.2 | 使用游标 | 203 |
| | 小结 | 206 |
| | 习题 | 206 |
| 第 13 章 | 存储过程、函数和触发器 | 207 |
| 13.1 | 存储过程 | 207 |
| 13.1.1 | 存储过程的类型及功能特点 | 207 |
| 13.1.2 | 创建存储过程 | 207 |
| 13.1.3 | 修改存储过程 | 210 |
| 13.1.4 | 执行存储过程 | 210 |
| 13.1.5 | 查看存储过程 | 211 |
| 13.1.6 | 删除存储过程 | 213 |
| 13.1.7 | 存储过程的消息反馈 | 214 |
| 13.2 | 函数 | 215 |
| 13.2.1 | 标量函数 | 216 |
| 13.2.2 | 内联表值函数 | 218 |
| 13.2.3 | 多语句表值函数 | 220 |

| | | |
|---------------|-----------------------|------------|
| 13.2.4 | 查看函数 | 221 |
| 13.2.5 | 删除函数 | 223 |
| 13.3 | 触发器 | 224 |
| 13.3.1 | DML 触发器 | 224 |
| 13.3.2 | DDL 触发器 | 227 |
| 13.3.3 | 查看触发器 | 229 |
| 13.3.4 | 删除触发器 | 232 |
| 13.3.5 | 启用和禁用触发器 | 233 |
| 小结 | | 234 |
| 习题 | | 235 |
| 第 14 章 | 数据导入导出 | 236 |
| 14.1 | 数据导入导出介绍 | 236 |
| 14.2 | 使用 SQL Server 导入和导出向导 | 236 |
| 14.2.1 | 从其他 SQL Server 数据库导入 | 236 |
| 14.2.2 | 从 Oracle 数据库导入 | 240 |
| 14.2.3 | 从平面文件导入 | 244 |
| 14.2.4 | 从 Excel 文件导入 | 248 |
| 14.2.5 | 导出数据到平面文件 | 252 |
| 14.2.6 | 导出数据到 Excel 文件 | 255 |
| 14.2.7 | 导出数据到 Oracle 数据库 | 258 |
| 14.3 | 使用 BCP 命令 | 263 |
| 14.3.1 | 导入数据 | 263 |
| 14.3.2 | 导出数据 | 266 |
| 14.4 | 使用 BULK INSERT 语句 | 268 |
| 小结 | | 271 |
| 习题 | | 271 |
| 第 15 章 | 数据库维护 | 272 |
| 15.1 | 分离和附加数据库 | 272 |
| 15.1.1 | 分离数据库 | 272 |
| 15.1.2 | 附加数据库 | 273 |
| 15.2 | 备份和还原数据库 | 274 |
| 15.2.1 | 基本概念 | 274 |
| 15.2.2 | 备份数据库 | 275 |
| 15.2.3 | 查看备份信息 | 278 |
| 15.2.4 | 还原数据库 | 279 |
| 小结 | | 282 |
| 习题 | | 283 |

1.1 基本概念

在众多计算机相关的科学技术中，数据库技术得到了快速发展并被广泛应用到各个领域，是计算机信息系统的核心部分。时至今日，数据库技术已经有了完善的理论体系支撑和众多成熟的数据库管理系统产品，已然成为计算机科学技术的一个重要的分支。

下面介绍几个与数据库系统相关的概念，包括信息、数据、数据库、数据库管理系统、数据库系统。

1. 信息

信息 (Information) 是显示世界事物的存在方式或运动状态的反映。信息具有可感知、可存储、可加工、可传递和可再生等自然属性。

信息指含有一定含义的数据，或者说人类可以直接理解的内容。例如一条短信就是信息，一封信也是信息。

2. 数据

数据 (Data) 是人们用于描述客观事物及其活动的抽象符号表示，是人们相互之间进行思想文化交流的工具。

一提到数据，大多数人头脑中的第一反映是数字，比如整数、浮点数等，早期的数据处理确实大都是数字，而当今计算机技术飞速发展，数据已远远不是数字那么简单，还包括文字 (Text)、图形 (Graph)、图像 (Image)、语音 (Audio)、视频 (Video) 等，这些都是数据。

数据可以是数字、字符、日期、图形、图像、声音以及视频等。

3. 数据库

数据库 (DataBase, DB) 是存放数据的仓库。只不过这个仓库是在计算机存储设备上，而且是按一定的格式存放的。严格地讲，数据库是长期存储在计算机内、有组织的、可共享的大量数据的集合。数据库数据具有永久存储、有组织和可共享三个特点。

数据库本身不是独立存在的，它是数据库系统的一部分。

4. 数据库管理系统

科学地组织和存储数据，高效地获取和维护数据，完成这个任务的是一个软件系统——数据库管理系统 (DataBase Management System, DBMS)。数据库管理系统是位于应用和操作系统之间的数据管理软件。数据库管理系统和操作系统一样是计算机的基础软件，负责数据库的建立、数据库中的数据更新、检索、统计等。

5. 数据库系统

数据库系统 (DataBase System, DBS) 是指计算机系统引入数据库后的系统, 一般由数据库、数据库管理系统、应用系统、数据库管理员和数据库用户构成。

数据库系统中操作系统是基础, 是其他部分赖以存在的基础。数据库是存放在计算机硬件上的满足用户需求的数据, 其中的数据由数据库管理系统负责更新和检索, 而应用系统是为用户处理数据的系统, 通过 SQL 与数据库管理系统交互, 并通过数据库管理系统完成数据的访问。数据库管理员是数据库的维护人员, 负责数据库环境的规划、数据库的设计、数据库的运行维护、数据库的性能优化等工作。而数据库用户是数据库系统的使用和操作人员, 用户可以通过数据库管理系统访问数据, 也可以通过应用系统访问数据。

1.2 数据管理技术

数据库技术是随着计算机应用对数据管理的要求不断发展的, 所谓的数据管理包括数据的收集、整理、存储、查询等操作, 是数据处理的基本内容。数据管理技术一直伴随着计算机相关软硬件技术的变化而变化, 主要经历了以下三个阶段。

1. 人工管理阶段

20 世纪 50 年代中期前, 计算机主要用于科学计算。

当时计算机上没有操作系统, 没有管理数据的专门软件, 也没有像磁盘这样的设备来存储数据, 程序和数据在一起。

通过大量的分类、比较和表格绘制的机器运行数百万穿孔卡片来进行数据的处理, 其运行结果在纸上打印出来或者制成新的穿孔卡片。而数据管理就是对所有这些穿孔卡片进行物理的储存和处理。

人工管理数据的特点如下。

- (1) 数据不保存: 用时输入, 用完撤走。
- (2) 应用程序管理数据: 由程序规定数据的逻辑结构, 而且要设计物理结构。
- (3) 数据不共享: 由于程序和数据不能相互独立, 无法共享。
- (4) 数据不具有独立性: 程序和数据一一对应, 数据只属于特定程序。

2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期到 20 世纪 60 年代中期, 硬件方面有了磁盘、磁鼓等直接存取存储设备; 在软件方面, 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。程序可以通过文件系统操作数据 (如图 1-1 所示), 但是数据共享和并发访问没有办法解决。

文件系统阶段的特点如下。

- (1) 数据可长期保存。数据存储于磁盘或磁鼓等设备上。
- (2) 有文件系统管理数据, 程序和数据间有了一定的独立性。
- (3) 数据共享性差, 冗余度大。数据独立存储, 但多个程序访问同一数据缺少并发控制, 会导致数据混乱。
- (4) 数据独立性差, 文件为应用服务, 如果数据结构变化, 必须修改程序。

3. 数据库管理系统阶段

数据库技术最初产生于 20 世纪 60 年代后期, 有专门的软件控制对数据文件的访问,

解决了数据共享和并发访问的问题。程序通过数据库管理系统访问数据，如图 1-2 所示。

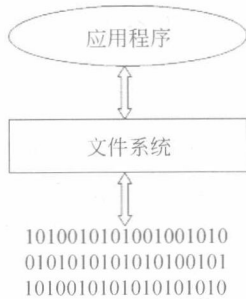


图 1-1 文件系统阶段数据操作

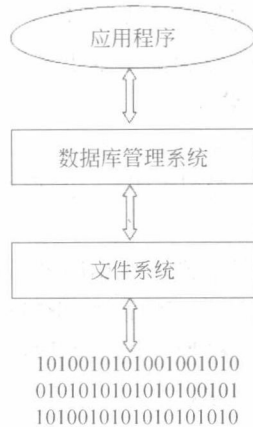


图 1-2 数据库管理系统阶段数据操作

与人工管理和文件系统相比，数据库管理系统有以下几个特点。

1) 数据结构化

实现整体数据的结构化。数据库中的数据不再面向某一个应用，而是面向全组织。

2) 数据的共享性高，冗余度低，易扩充

数据可被多个用户、多个应用共享使用。

3) 数据独立性高

数据独立性包括物理独立性和逻辑独立性：物理独立性指用户的应用程序和数据库中的数据是相互独立的，数据在磁盘上的存储由数据库管理系统管理，应用程序不需了解；逻辑独立性指应用程序和数据库的逻辑结构相互独立，数据库的逻辑结构变化，程序可以不变。数据独立性由数据库的二级映像来保证。

4) 数据由数据库管理系统管理和控制

数据库管理系统是统一的数据访问接口，数据完全由数据库管理系统来管理和控制。

1.3 数据模型

1.3.1 数据模型组成

1. 数据模型概念

一张地图、一个建筑设计沙盘、一架精致的航模飞机都是具体模型，可以使人联想到真实生活中的事物。

模型是现实世界事物特征的模拟和抽象，而数据模型是对现实世界数据特征的抽象。数据库不仅要反映数据本身的内容，而且要反映数据之间的联系。数据模型是数据库的数学形式框架，是用来描述数据的一组概念和定义，包括数据的描述、联系、语义以及一致性概念的工具。

(1) 数据的静态特征，包括对数据结构和数据间关系的描述。

(2) 数据的动态特征, 一组定义在数据上的操作、操作符、运算规则及语言等。

(3) 数据的完整性约束, 这是一组规则, 数据库中的数据必须满足这组规则。

现有的数据库系统都是基于某种数据模型的, 数据模型是数据库系统的核心和基础。

2. 数据模型要素

数据模型描述系统的静态特性、动态特性和完整性约束条件。数据模型通常由数据结构、数据操作和完整性约束三个部分组成。

1) 数据结构

数据结构是用于描述数据库系统的静态特征。在数据库领域中, 通常按照数据结构的类型来命名数据模型, 进而对 DBMS 进行分类, 如层次结构、网状结构和关系结构的数据模型分别称为层次模型、网状模型和关系模型, 相应的数据库分别称为层次数据库、网状数据库和关系数据库。

2) 数据操作

数据操作是对系统动态特性的描述。主要的数据库操作包括检索(查询)和更新(插入、修改和删除)两大类, 数据模型必须定义这些操作的确切含义、操作符号、操作规则以及实现操作的语言。

3) 完整性约束

完整性约束是一组完整性规则的集合。是指在给定的数据模型中数据及其联系所具有的约束条件和存储规则。

1.3.2 数据模型分类

数据模型应满足三方面要求: 一是能比较真实地模拟现实世界; 二是容易为人所理解; 三是便于在计算机上实现。

开发数据库应用系统需要使用不同的模型: 概念模型、逻辑模型和物理模型。

根据模型应用的不同目的, 可以将这些模型划分为两类: 第一类是概念模型, 第二类是逻辑模型和物理模型。

概念模型: 也称为信息模型, 它是按用户的观点来对数据和信息建模, 主要用于数据库设计。

逻辑模型: 逻辑模型由概念模型转换而来, 是由计算机中某一 DBMS 支持的数据模型。常用的数据结构模型有层次模型、网状模型和关系模型, 每一种数据结构模型都有相应的 DBMS 支持。

物理模型: 是数据最底层的抽象, 是描述数据在系统内部的表示方式和存取方法, 在磁盘上的存储方式和存取方法。物理模型的具体实现与具体的 DBMS 相关。

1.3.3 概念模型

概念模型用于信息世界的建模, 是现实世界到信息世界的第一层抽象, 是数据库设计人员进行数据库设计的有力工具, 也是数据库设计人员和用户之间进行交流的工具, 因此概念模型一方面应该具有较强的语义表达能力, 能够方便、直接地表达应用中的各种语义知识, 另一方面它还应该简单、清晰、易于用户理解。

1. 信息世界的基本概念

(1) 实体 (Entity): 现实世界中的客观事物称为实体, 是现实世界中任何可区分、可识别的事物, 也可以是抽象的概念或联系, 例如, 一个职工、一个学生、一个部门、一辆车、老师和院系的工作关系。

(2) 属性 (Attribute): 实体的特征称为属性。例如, 公司的公司名称、法人、注册资金、注册地址等都是公司实体的属性。

(3) 码 (Key): 唯一标识实体的属性或属性集称为码。例如, 学号是学生实体的码, 每个学号都对应到一个学生。

(4) 域 (Domain): 属性的取值范围称为该属性的域。例如, 学生性别的域为 (男,女), 年龄的域为 1~150。

(5) 实体型 (Entity Type): 具有相同属性的实体必然具有共同的特征, 用实体名及其属性名集合来抽象和刻画同类实体, 称为实体型。例如, 学生 (学号、姓名、性别…) 就是一个实体型。

(6) 实体集 (Entity Set): 同一类型实体的集合。例如, 全体学生。

(7) 联系 (Relationship): 实体之间的对应关系, 反映现实世界事物之间的相互关联关系。

2. 实体联系

1) 一对一联系

实体集 A 中的每个实体, 实体集 B 中至多有一个实体与之联系, 反之亦然, 记为 $1:1$ 。例如, 班级和班长的关系, 一个班级一个班长, 一个班长只能属于一个班级, 又如班级和导师的关系。

2) 一对多联系

实体集 A 中的每个实体, 实体集 B 中有 N 个实体与之联系, 反之对于实体集 B 中的每个实体, 实体集 A 中至多有一个实体与之对应, 记为 $1:N$ 。例如, 班级和班级同学的关系、院系和教师的关系。

3) 多对多联系

实体集 A 中的每个实体, 实体集 B 中有 M 个实体与之联系, 反之对于实体集 B 中的每个实体, 实体集 A 中有 N 个实体与之对应, 记为 $M:N$ 。例如, 课程和学生的关系、任课教师和学生的关系。

3. 概念模型表示方法

实体-联系 (Entity Relationship, E-R) 图是用来反映实体之间联系的模型。建立概念模型时, 实体要逐一命名以示区别, 并描述它们之间的各种联系。

E-R 图是概念模型的直观描述工具。矩形代表实体, 椭圆形代表属性, 菱形表示实体间联系, 如图 1-3 所示。

1.3.4 逻辑模型

逻辑模型又称数据结构模型, 或直接称为数据模型, 是数据库中实体及其联系的抽象描述。到目前为止, 相继出现层次模型、网状模型、关系模型和对象模型。

1. 层次模型

20 世纪 60 年代末, 最早出现和使用的数据模型是一种树状结构模型, 如图 1-4 所示。

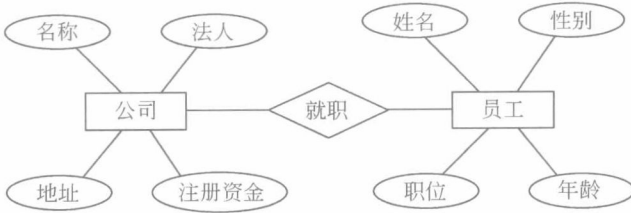


图 1-3 实体-联系图

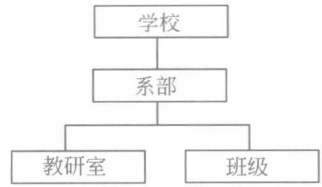


图 1-4 层次模型

条件:

- ① 只有一个根节点（无父节点）;
- ② 其他节点有且仅有一个父节点。

限制: 可表达 1:1、1:N 的实体联系, M:N 的实体联系必须分解方能表达。M:N 联系分解方法有两种: 冗余节点法和虚拟节点法。

层次模型的数据操纵与完整性约束: 数据操纵主要有查询、插入、删除和更新。进行插入、删除和更新操作时要满足层次模型的完整性约束。插入数据时如果没有相应的双亲节点不能插入子女节点值, 进行删除操作时, 如果删除双亲节点, 则相应的子女节点也被删除。

2. 网状模型

20 世纪 70 年代, 层次模型之后出现的是一个图结构模型, 如图 1-5 所示。

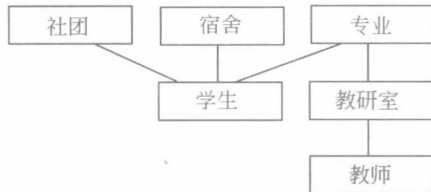


图 1-5 网状模型

条件: ① 可有一个以上根节点（无父节点）; ② 至少有一个节点有多于一个的父节点。

限制: 技术实现困难。

3. 关系模型

主导数据模型, 有坚实的理论基础, 是简单的二维表结构。概念模型中的每个实体和实体之间的联系都可以转换为对应的二维表形式。

每个二维表称做一个关系, 表头即所有列的标题称为关系的型(结构), 其内容称做关系的值。关系中的每一行数据(记录)称做一个元组, 每一列数据称做一个属性, 列标题称做属性名。

班级和学生的关系(通过主外键来表达)如图 1-6 所示。