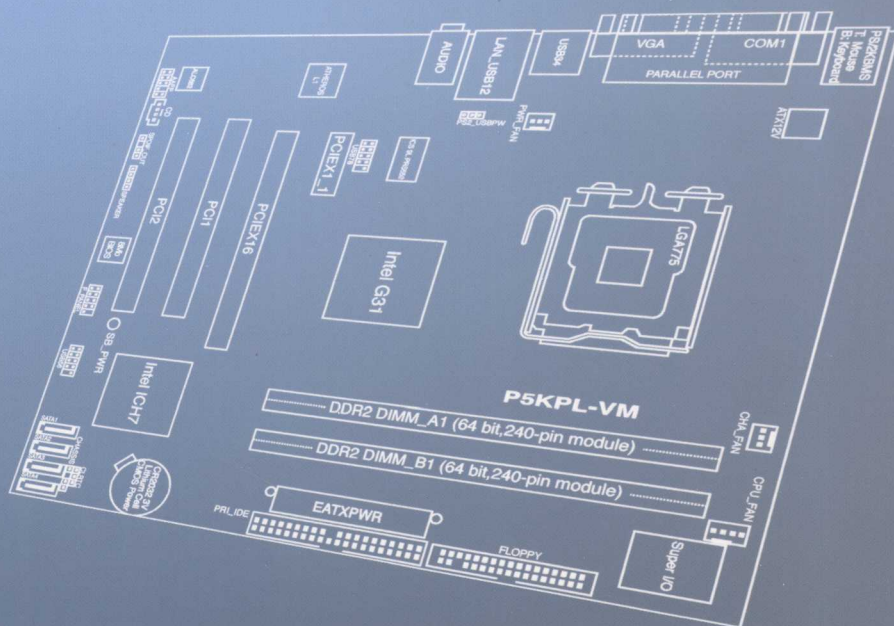




银领工程

数据库 技术基础

王珊 李盛恩 张坤龙



高等教育出版社
Higher Education Press

银领工程

主要内容

数据库技术基础

王珊 李盛恩 张坤龙

高等教育出版社

内容提要

本书从开发实际项目的需要出发,以学生选课系统为具体应用实例,详细介绍了数据库系统的基本概念和开发技术。本书例题丰富、图文并茂,使读者能较快掌握基本的数据库系统开发技术。

本书介绍了实体-联系模型,包括基本模型和扩充模型;重点介绍了 SQL 语言,并通过大量的例子,以图示的方式,详细说明了单表查询、多表查询的 SQL 语句书写方法;采用全新的方法对分组、聚集函数、嵌套查询等难点进行了解释,方便读者理解和掌握;着重介绍了事务管理的概念和数据库管理技术;为了突出应用,书中给出了用 Delphi 和 JSP 开发的实例学生选课管理系统,分别采用 ODBC 和 JDBC 数据库互连技术,帮助读者了解开发一个实际系统的全过程。

本书可以作为培养计算机专业应用型人才的高等学校的教学用书,也可以供计算机从业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

数据库技术基础/王珊,李盛恩,张坤龙. —北京:
高等教育出版社,2008.10

ISBN 978-7-04-025024-4

I. 数… II. ①王…②李…③张… III. 数据库系
统一教材 IV. TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 136277 号

策划编辑 冯 英 责任编辑 郭福生 封面设计 张 志 责任绘图 黄建英
版式设计 余 杨 责任校对 俞声佳 责任印制 毛斯璐

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
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京未来科学技术研究所
有限责任公司印刷厂

开 本 787×1092 1/16
印 张 18.75
字 数 450 000

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2008 年 10 月第 1 版
印 次 2008 年 10 月第 1 次印刷
定 价 25.80(含光盘)

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 25024-00

前 言

数据库技术是计算机科学技术中发展最快、应用最广泛的技术之一。数据库管理系统(DBMS)是国家信息基础设施的重要组成部分,是国家信息安全的核心之一。数据库系统已成为计算机信息系统与应用系统的核心技术和重要基础。因此,“数据库技术基础”是高职高专计算机方向的重要基础课程。

本书系统阐述了数据库系统的基础知识和基本的使用方法。以数据库技术的应用为基本目标,讲述数据库的基本概念时与实际应用开发紧密结合。

全书共 11 章,具体内容安排如下。

章	主 题	内容划分
1	数据库系统概论	基础部分
2	实体-联系模型	
3	关系模型和关系数据库	
4	结构化查询语言 SQL	
5	数据库管理	系统管理部分
6	事务管理	
7	Transact-SQL	应用开发部分
8	客户/服务器结构的数据库系统	
9	数据库互连方法	
10	开发实例——客户/服务器结构数据库	
11	开发实例——浏览器/服务器结构数据库	

基础部分包括第 1~4 章,详细讲解数据库系统的基本概念和基础知识。重点讲解关系数据库和 SQL 语言。

系统管理部分包括第 5 章和第 6 章,重点介绍进行数据库管理时需要了解的基本概念、基本知识和方法。

应用开发部分包括第 7~11 章。其中,前 3 章介绍开发应用系统时需要掌握的知识、工具和方法,例如数据库编程语言 Transact-SQL、客户/服务器结构的数据库系统、ODBC 和 JDBC 数据库互连方法等。后两章给出了使用 Delphi 和 JSP 分别开发客户/服务器结构和浏览器/服务器结构的学生选课管理系统实例。通过实例的示范,帮助读者掌握开发数据库应用系统的技术。

本书每章的前面有学习目标。每章的最后有小结和习题。使学生明确学习的要求和重点。带有*号的章节可以作为选讲内容。

为了满足学校的教学要求,本书提供辅助学习光盘,光盘中的内容主要包括以下几个部分:

- (1) 教材的重点与难点分析。
- (2) 电子词典:方便查找重要词汇。
- (3) 电子笔记。

- (4) 课后习题练习软件。
- (5) 综合测试软件: 提供自动组卷和手动组卷两种测试方案。
- (6) 示例程序下载: 提供第 11 章代码和书中例题以及创建实验环境的源代码。
- (7) 资源链接: 提供高职高专的重要资源链接。

光盘内容设计合理, 使用方便, 是教师和学生的辅助学习资料。

本书由山东建筑大学李盛恩教授执笔。天津大学的张坤龙副教授和何英华老师负责学习光盘的开发。王珊教授、李盛恩教授、张坤龙副教授共同进行了大纲和内容的讨论以及光盘内容的讨论。全书由王珊教授定稿。山东建筑大学的徐俊丽和邢国波老师完成了第 10 章和第 11 章两个应用系统的开发工作, 在此表示感谢。

在本书的编写过程中, 我们努力突出实践性和基础性, 力求做到讲解原理深入浅出, 语言通俗易懂, 例题丰富, 图文并茂, 使读者既能较快地掌握实际的开发技术, 又能掌握扎实的基础知识。

由于学识浅陋, 书中必有许多不足之处, 恳请读者批评指正。

主 编	王 珊
副主编	李盛恩
参 审	张坤龙 何英华
审 校	徐俊丽 邢国波
责任编辑	王 珊
封面设计	王 珊
版式设计	王 珊
插图绘制	王 珊
文字录入	王 珊
校对	王 珊
印制	王 珊
发行	王 珊
印刷	王 珊
装订	王 珊
封面	王 珊
封底	王 珊
书脊	王 珊
内页	王 珊
插图	王 珊
文字	王 珊
表格	王 珊
公式	王 珊
代码	王 珊
参考文献	王 珊
附录	王 珊
索引	王 珊
后记	王 珊
前言	王 珊
目录	王 珊
第一章	王 珊
第二章	王 珊
第三章	王 珊
第四章	王 珊
第五章	王 珊
第六章	王 珊
第七章	王 珊
第八章	王 珊
第九章	王 珊
第十章	王 珊
第十一章	王 珊
第十二章	王 珊
第十三章	王 珊
第十四章	王 珊
第十五章	王 珊
第十六章	王 珊
第十七章	王 珊
第十八章	王 珊
第十九章	王 珊
第二十章	王 珊
第二十一章	王 珊
第二十二章	王 珊
第二十三章	王 珊
第二十四章	王 珊
第二十五章	王 珊
第二十六章	王 珊
第二十七章	王 珊
第二十八章	王 珊
第二十九章	王 珊
第三十章	王 珊
第三十一章	王 珊
第三十二章	王 珊
第三十三章	王 珊
第三十四章	王 珊
第三十五章	王 珊
第三十六章	王 珊
第三十七章	王 珊
第三十八章	王 珊
第三十九章	王 珊
第四十章	王 珊
第四十一章	王 珊
第四十二章	王 珊
第四十三章	王 珊
第四十四章	王 珊
第四十五章	王 珊
第四十六章	王 珊
第四十七章	王 珊
第四十八章	王 珊
第四十九章	王 珊
第五十章	王 珊
第五十一章	王 珊
第五十二章	王 珊
第五十三章	王 珊
第五十四章	王 珊
第五十五章	王 珊
第五十六章	王 珊
第五十七章	王 珊
第五十八章	王 珊
第五十九章	王 珊
第六十章	王 珊
第六十一章	王 珊
第六十二章	王 珊
第六十三章	王 珊
第六十四章	王 珊
第六十五章	王 珊
第六十六章	王 珊
第六十七章	王 珊
第六十八章	王 珊
第六十九章	王 珊
第七十章	王 珊
第七十一章	王 珊
第七十二章	王 珊
第七十三章	王 珊
第七十四章	王 珊
第七十五章	王 珊
第七十六章	王 珊
第七十七章	王 珊
第七十八章	王 珊
第七十九章	王 珊
第八十章	王 珊
第八十一章	王 珊
第八十二章	王 珊
第八十三章	王 珊
第八十四章	王 珊
第八十五章	王 珊
第八十六章	王 珊
第八十七章	王 珊
第八十八章	王 珊
第八十九章	王 珊
第九十章	王 珊
第九十一章	王 珊
第九十二章	王 珊
第九十三章	王 珊
第九十四章	王 珊
第九十五章	王 珊
第九十六章	王 珊
第九十七章	王 珊
第九十八章	王 珊
第九十九章	王 珊
第一百章	王 珊

王 珊
2008 年初夏
于中国人民大学

目 录

第1章 数据库系统概论	1
1.1 学习目标	1
1.2 数据库系统的定义	1
1.3 数据库系统的特点	4
1.4 数据库系统的结构	7
1.4.1 体系结构	8
1.4.2 三级模式	9
1.5 数据库管理系统	10
1.5.1 发展过程	10
1.5.2 基本功能	12
1.5.3 组成模块	12
1.5.4 层次结构	13
1.5.5 主要产品介绍	14
1.6 小结	16
习题	17
第2章 实体-联系模型	18
2.1 学习目标	19
2.2 基本的实体-联系模型	19
2.2.1 基本概念	19
2.2.2 几点说明	25
*2.3 扩充的实体-联系模型	27
2.3.1 IsA 联系	28
2.3.2 part-of 联系	29
2.4 小结	30
习题	31
第3章 关系模型和关系数据库	32
3.1 学习目标	32
3.2 关系模型	32
3.2.1 关系	32
3.2.2 基本操作	33
3.2.3 约束条件	38
3.3 实体-联系模型向关系模型的转换	38
3.4 关系数据库实例	40

3.5 小结	41
习题	41
第4章 结构化查询语言 SQL	43
4.1 学习目标	43
4.2 SQL 概述	43
4.2.1 SQL 的产生与发展	43
4.2.2 SQL 的组成	44
4.2.3 SQL 的特点	44
4.3 单表查询	45
4.3.1 SELECT 语句简介	47
4.3.2 选择列	47
4.3.3 选择行	51
4.3.4 排序	55
4.3.5 聚集函数	56
4.3.6 分组	59
4.3.7 选择分组	61
4.4 多表查询	62
4.4.1 交叉连接	62
4.4.2 条件连接	65
4.4.3 外连接	69
4.5 集合操作	71
4.6 嵌套查询	75
4.6.1 基本概念	76
4.6.2 带有 IN 谓词的子查询	78
4.6.3 带有比较运算符的子查询	79
4.6.4 带有 SOME 或 ALL 谓词的子查询	80
4.6.5 带有 EXISTS 谓词的子查询	81
4.6.6 子查询在 DML 语句中的应用	86
4.7 小结	87
习题	88

第5章 数据库管理91	6.4 并发控制130
5.1 学习目标.....91	6.4.1 并发带来的问题.....131
5.2 视图.....91	6.4.2 封锁技术.....133
5.2.1 建立视图.....91	6.4.3 隔离级别.....136
5.2.2 删除视图.....93	6.5 小结.....137
5.2.3 查询视图.....93	习题.....138
5.2.4 更新视图.....94	第7章 Transact-SQL140
5.2.5 视图的作用.....97	7.1 学习目标.....140
5.3 索引.....98	7.2 Transact-SQL 的基本概念.....140
5.3.1 索引的基本概念.....98	7.2.1 常量.....141
5.3.2 索引的建立和维护.....101	7.2.2 变量.....142
5.4 安全性.....102	7.2.3 运算符.....144
5.4.1 登录名与用户.....102	7.2.4 常用函数.....146
5.4.2 权限.....105	7.2.5 流程控制语句.....150
5.4.3 授权.....106	7.3 游标.....155
5.4.4 收回权限.....107	7.3.1 使用游标读取数据.....155
5.4.5 角色.....108	7.3.2 使用游标修改数据.....158
5.4.6 一个实例.....111	7.4 存储过程.....159
5.4.7 权限审核.....111	7.4.1 创建存储过程.....159
5.5 完整性.....112	7.4.2 调用存储过程.....162
5.5.1 实体完整性.....112	7.4.3 管理存储过程.....163
5.5.2 参照完整性.....113	7.4.4 系统存储过程.....164
5.5.3 属性值限制.....114	7.5 触发器.....165
5.5.4 元组级限制.....115	7.5.1 创建触发器.....165
5.5.5 完整性修改.....115	7.5.2 管理触发器.....169
5.5.6 空值的处理.....116	7.6 小结.....170
5.6 系统表.....118	习题.....171
5.7 小结.....119	第8章 客户/服务器结构的数据库系统172
习题.....120	8.1 学习目标.....172
第6章 事务管理122	8.2 数据库系统体系结构概述.....172
6.1 学习目标.....122	8.2.1 主/从式结构的数据库系统.....172
6.2 事务的概念.....122	8.2.2 分布式结构的数据库系统.....173
6.2.1 定义事务的 SQL 语句.....122	8.2.3 客户/服务器结构的数据库系统.....174
6.2.2 事务的特性.....124	8.3 客户/服务器的一般概念.....175
6.3 恢复技术.....125	8.3.1 客户/服务器的工作模式.....175
6.3.1 故障的种类.....125	8.3.2 客户/服务器的主要技术特征.....175
6.3.2 应对措施.....126	
6.3.3 恢复过程.....129	

8.3.3 客户/服务器结构的组成	176	10.2 Delphi 简介	210
8.3.4 客户/服务器结构中的 服务器类型	176	10.2.1 Delphi 的安装与启动	210
8.4 客户/服务器结构的数据库系统	177	10.2.2 Delphi 的集成开发环境	212
8.4.1 客户/服务器数据库系统 的功能划分	177	10.3 学生信息管理系统	213
8.4.2 客户/服务器数据库系统实例	178	10.4 系统主窗口	214
8.4.3 客户/服务器数据库系统的 优点	179	10.5 登录窗口	221
8.5 三(多)层结构	179	10.5.1 登录窗口布局设计	221
8.5.1 两层客户/服务器结构的 局限性	179	10.5.2 访问数据库	222
8.5.2 三(多)层体系结构	180	10.5.3 登录窗口主要功能实现	227
8.6 小结	182	10.6 学生信息管理功能	230
习题	183	10.6.1 创建窗口	230
第 9 章 数据库互连方法	184	10.6.2 数据初始化	233
9.1 学习目标	184	10.6.3 数据更新	235
9.2 数据库互连原理	184	10.6.4 数据插入	236
9.3 ODBC 简介	185	10.6.5 数据删除	239
9.3.1 ODBC 原理概述	185	10.6.6 其他辅助功能的实现	240
9.3.2 ODBC 驱动程序的分类	189	10.7 数据查询	241
*9.4 ODBC 的工作流程	192	10.8 小结	244
9.4.1 建立和释放 ODBC 环境	193	习题	244
9.4.2 建立和释放 ODBC 连接	194	第 11 章 开发实例——浏览器/服务器 结构数据库	245
9.4.3 连接和断开数据源	195	11.1 学习目标	245
9.4.4 分配和释放语句句柄	195	11.2 JSP 简介	245
9.4.5 执行 SQL 语句	197	11.3 JSP 的运行环境	246
9.4.6 结果集处理	198	11.3.1 相关软件介绍	246
9.5 JDBC 简介	201	11.3.2 J2SDK 的安装	247
9.5.1 JDBC 原理概述	201	11.3.3 Tomcat 的安装	251
9.5.2 JDBC 驱动程序的分类	202	11.4 登录窗口	254
9.6 JDBC 的工作流程	203	11.4.1 登录安全	254
9.6.1 一般的查询流程	203	11.4.2 登录页面设计	256
9.6.2 一般的更新流程	206	11.5 连接数据库	261
9.7 小结	208	11.5.1 使用 JDBC	261
习题	208	11.5.2 登录验证设计	263
第 10 章 开发实例——客户/服务器 结构数据库	210	11.6 数据维护	265
10.1 学习目标	210	11.6.1 数据维护主页面	265
		11.6.2 数据添加页面	266
		11.6.3 数据保存页面	268
		11.6.4 数据修改页面	270

11.6.5 数据删除页面	272	11.8.3 主页面的实现	279
11.7 数据查询	273	11.9 小结	282
11.8 菜单	275	习题	282
11.8.1 主工作区和标题区的实现	275	附录 创建实例数据库 S_C_SC	283
11.8.2 菜单的定义	275	参考文献	289
10.2.1 创建数据库	173		
10.2.2 创建用户	173		
10.2.3 创建表空间	173		
10.2.4 创建表	173		
10.2.5 创建索引	173		
10.2.6 创建视图	173		
10.2.7 创建序列	173		
10.2.8 创建触发器	173		
10.2.9 创建存储过程	173		
10.2.10 创建包	173		
10.2.11 创建同义词	173		
10.2.12 创建数据库链接	173		
10.2.13 创建数据库快照	173		
10.2.14 创建数据库备份	173		
10.2.15 创建数据库恢复	173		
10.2.16 创建数据库迁移	173		
10.2.17 创建数据库克隆	173		
10.2.18 创建数据库复制	173		
10.2.19 创建数据库归档	173		
10.2.20 创建数据库闪回	173		
10.2.21 创建数据库审计	173		
10.2.22 创建数据库安全	173		
10.2.23 创建数据库性能	173		
10.2.24 创建数据库可用性	173		
10.2.25 创建数据库兼容性	173		
10.2.26 创建数据库兼容性	173		
10.2.27 创建数据库兼容性	173		
10.2.28 创建数据库兼容性	173		
10.2.29 创建数据库兼容性	173		
10.2.30 创建数据库兼容性	173		
10.2.31 创建数据库兼容性	173		
10.2.32 创建数据库兼容性	173		
10.2.33 创建数据库兼容性	173		
10.2.34 创建数据库兼容性	173		
10.2.35 创建数据库兼容性	173		
10.2.36 创建数据库兼容性	173		
10.2.37 创建数据库兼容性	173		
10.2.38 创建数据库兼容性	173		
10.2.39 创建数据库兼容性	173		
10.2.40 创建数据库兼容性	173		
10.2.41 创建数据库兼容性	173		
10.2.42 创建数据库兼容性	173		
10.2.43 创建数据库兼容性	173		
10.2.44 创建数据库兼容性	173		
10.2.45 创建数据库兼容性	173		
10.2.46 创建数据库兼容性	173		
10.2.47 创建数据库兼容性	173		
10.2.48 创建数据库兼容性	173		
10.2.49 创建数据库兼容性	173		
10.2.50 创建数据库兼容性	173		
10.2.51 创建数据库兼容性	173		
10.2.52 创建数据库兼容性	173		
10.2.53 创建数据库兼容性	173		
10.2.54 创建数据库兼容性	173		
10.2.55 创建数据库兼容性	173		
10.2.56 创建数据库兼容性	173		
10.2.57 创建数据库兼容性	173		
10.2.58 创建数据库兼容性	173		
10.2.59 创建数据库兼容性	173		
10.2.60 创建数据库兼容性	173		
10.2.61 创建数据库兼容性	173		
10.2.62 创建数据库兼容性	173		
10.2.63 创建数据库兼容性	173		
10.2.64 创建数据库兼容性	173		
10.2.65 创建数据库兼容性	173		
10.2.66 创建数据库兼容性	173		
10.2.67 创建数据库兼容性	173		
10.2.68 创建数据库兼容性	173		
10.2.69 创建数据库兼容性	173		
10.2.70 创建数据库兼容性	173		
10.2.71 创建数据库兼容性	173		
10.2.72 创建数据库兼容性	173		
10.2.73 创建数据库兼容性	173		
10.2.74 创建数据库兼容性	173		
10.2.75 创建数据库兼容性	173		
10.2.76 创建数据库兼容性	173		
10.2.77 创建数据库兼容性	173		
10.2.78 创建数据库兼容性	173		
10.2.79 创建数据库兼容性	173		
10.2.80 创建数据库兼容性	173		
10.2.81 创建数据库兼容性	173		
10.2.82 创建数据库兼容性	173		
10.2.83 创建数据库兼容性	173		
10.2.84 创建数据库兼容性	173		
10.2.85 创建数据库兼容性	173		
10.2.86 创建数据库兼容性	173		
10.2.87 创建数据库兼容性	173		
10.2.88 创建数据库兼容性	173		
10.2.89 创建数据库兼容性	173		
10.2.90 创建数据库兼容性	173		
10.2.91 创建数据库兼容性	173		
10.2.92 创建数据库兼容性	173		
10.2.93 创建数据库兼容性	173		
10.2.94 创建数据库兼容性	173		
10.2.95 创建数据库兼容性	173		
10.2.96 创建数据库兼容性	173		
10.2.97 创建数据库兼容性	173		
10.2.98 创建数据库兼容性	173		
10.2.99 创建数据库兼容性	173		
10.2.100 创建数据库兼容性	173		

第1章 数据库系统概论

由于科学计算的需要,人们发明了电子计算机系统。随着技术的进步,计算机被应用于各个领域,远到探索宇宙的航天器,近到人们日常使用的手机。计算机应用可大致分为科学计算、数据处理与过程控制3大类,其中数据处理占了很大的比重。

数据处理广泛存在于商业应用系统中,例如银行储蓄系统、火车票售票系统、证券交易系统等。这些系统产生了大量的数据,需要进行有效的处理。数据处理包括数据的采集、存储、检索、加工和应用等若干环节。经过数据处理,可以产生各种有用的信息。

数据的存储和检索是两个非常重要的环节,它们合称为数据管理,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。

数据库系统是最新的数据管理手段,是构成各类信息系统的基石。本章介绍数据库系统的基本概念、特点和结构。

1.1 学习目标

学完本章后,读者应具备以下能力:

- 理解数据库系统的概念、特点和结构。
- 了解数据库管理系统的发展和功能。

1.2 数据库系统的定义

我们经常听到数据库一词,并且会很自然地把它理解为存放数据的仓库。实际上,通常所说的数据库是指数据库系统(Database System),它由3部分组成:数据库(Database, DB)、数据库管理系统(Database Management System, DBMS)和数据库应用(Database Application),这3部分之间的关系如图1.1所示。

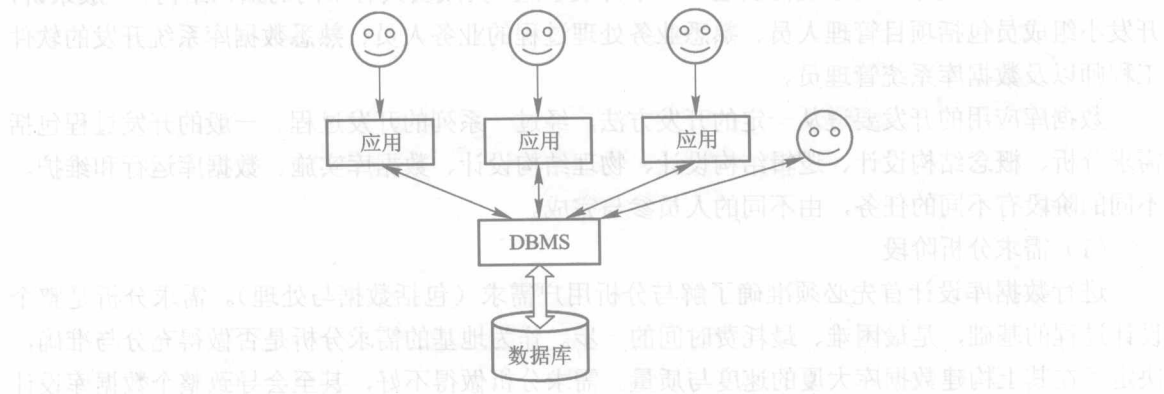


图 1.1 数据库系统的组成

1. 数据库

数据库用于存储数据，数据分为用户数据和系统数据。例如，在学生数据库中，每个学生的信息是用户数据，而描述结构（如学生信息由哪些数据项构成，每个数据项的数据类型等）的数据叫做系统数据，系统数据又叫做元数据。

在计算机系统中，数据库表现为一个或多个操作系统的文件。对大型数据库，这些文件占用的存储空间非常可观，可以达到 TB 级，而对小型数据库，如个人通讯录，可能只占用几个 KB。

特别要注意的是，数据库并不是简单的文件叠加，而是由数据库管理系统将之作为一个整体进行管理，其内部有着复杂的存储结构。

2. 数据库管理系统

数据库管理系统是一类重要的、复杂的系统软件，由若干程序组成，主要包括数据库引擎、各种管理程序、开发工具等。数据库管理系统完成对数据库的一切操作，同时提供面向应用的接口，供应用程序调用。

数据库管理系统的开发需要大量的人力和物力，技术含量非常高，可向数据库厂商购买数据库产品。由于数据库和数据库管理系统之间的联系非常紧密，所以可以把它们看成一个密不可分整体，简称数据库。

3. 数据库应用

数据库应用是数据库系统中最活跃的部分，一般由企业根据自身的业务需要，由软件工程师开发。

数据库应用种类繁多，每一种应用都是实际需求的反映。例如，常见的银行业务管理系统用于完成一般客户的存款和取款业务，火车票订票系统可以供多处售票点使用，有条不紊地完成火车票的发售工作。

开发一个数据库应用系统需要组织一个开发小组，其成员具有不同的知识结构。一般来讲，开发小组成员包括项目管理人员、熟悉业务处理过程的业务人员、熟悉数据库系统开发的软件工程师以及数据库系统管理员。

数据库应用的开发要遵从一定的开发方法，经过一系列的开发过程。一般的开发过程包括需求分析、概念结构设计、逻辑结构设计、物理结构设计、数据库实施、数据库运行和维护。不同的阶段有不同的任务，由不同的人员参与完成。

(1) 需求分析阶段

进行数据库设计首先必须准确了解与分析用户需求（包括数据与处理）。需求分析是整个设计过程的基础，是最困难、最耗费时间的一步。作为地基的需求分析是否做得充分与准确，决定了在其上构建数据库大厦的速度与质量。需求分析做得不好，甚至会导致整个数据库设计返工重做。

(2) 概念结构设计阶段

概念结构设计是整个数据库设计的关键，它通过对用户需求进行综合、归纳与抽象，形成一个独立于具体 DBMS 的概念模型。

(3) 逻辑结构设计阶段

逻辑结构设计是将概念结构转换为某个 DBMS 所支持的数据模型，并对其进行优化。

(4) 数据库物理设计阶段

数据库物理设计是为逻辑数据模型选取一个最适合应用环境的物理结构（包括存储结构和存取方法）。

(5) 数据库实施阶段

在数据库实施阶段，设计人员运用 DBMS 提供的数据库语言及其宿主语言，根据逻辑设计和物理设计的结果建立数据库，编制与调试应用程序，组织数据库入库，并进行试运行。

(6) 数据库运行和维护阶段

数据库应用系统经过试运行后即可投入正式运行。在数据库系统运行过程中必须不断地对其进行评价、调整与修改。

设计一个完善的数据库应用系统是不可能一蹴而就的，它往往是上述 6 个阶段的不断反复。需要指出的是，上述设计步骤既是数据库设计的过程，也包括了数据库应用系统的设计过程。在设计过程中把数据库的设计和对数据库中数据处理的设计紧密结合起来，将这两个方面的需求分析、抽象、设计、实现在各个阶段同时进行，相互参照，相互补充，以完善两方面的设计。事实上，如果不了解应用环境对数据的处理要求，或没有考虑如何去实现这些处理要求，就不可能设计一个良好的数据库结构。

4. 数据库用户

数据库的主要用户包括数据库管理员、系统分析员和数据库设计人员、应用程序员和最终用户。

(1) 数据库管理员

数据库管理员 (Database Administrator, DBA) 负责数据库系统的全面管理工作。大型的数据库系统一般由多个管理员组成的管理机构负责管理和控制。数据库管理员主要负责决定数据库中的信息内容和结构、决定数据库的存储结构和存取策略、定义数据的安全性要求和完整性约束条件、监控数据库的使用和运行、进行数据库的改进和重组重构。

数据库管理人员使用数据库管理系统提供的各种实用程序完成管理任务。

(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，确定系统的硬件软件配置，并参与数据库系统的概要设计。

数据库设计人员负责数据库中数据的确定、数据库各级模式的设计。一般情况下，数据库设计人员由数据库管理员兼任。

(3) 应用程序员

应用程序员负责设计和编写应用系统的程序模块，并进行调试和安装。

(4) 最终用户

最终用户是一些机构的工作人员,例如,银行的职员、民航的售票人员,他们通过应用系统使用数据库。

1.3 数据库系统的特点

数据管理经过了人工管理、文件系统和数据库系统3个发展阶段。在不同的阶段,数据管理的方式有很大的不同。

在人工管理阶段,数据由人管理。例如,可以把数据制成穿孔卡片,由读卡机将数据读入计算机,由特定的程序进行处理。在文件系统阶段,人们把数据存放在文件中,文件系统提供对文件内容的读写操作,然后采用某种编程语言编写应用程序。在数据库系统阶段,数据被存放在数据库中,数据库管理系统负责操纵数据库中的数据,采用许多更先进的开发工具建立应用系统,开发工作效率大大提高。

下面通过一个学生学籍管理系统来比较文件系统和数据库系统的差异,从而阐述数据库系统的特点。

假设一个学生的信息包括学号、姓名、性别、年龄、专业和奖励,部分学生的情况如表1.1所示。学籍管理系统至少具有能录入一个学生的全部信息,并根据学号找到一个学生的全部信息等功能。

表 1.1 学生信息一览表

学号	姓名	性别	年龄	专业	奖励
20050001	史玉明	女	20	计算机	2005: 校奖学金, 2006: 国家奖学金
20050100	李 明	男	21	机 械	2006: 校优秀学生
20050234	张 翔	男	21	化 工	
...	...	...	...	...	...

1. 采用文件系统实现学籍管理

首先要解决的问题是如何存储数据。一种可行的方式是把每个学生都具备的信息存放在基本信息文件中,采用定长记录方式。每个记录包括学号、姓名、性别、年龄、专业、开始位置和长度字段。奖励情况存放在另外一个文件中,采用变长记录形式,每条记录以字符串的形式存放一个学生的全部奖励情况。两个文件的结构和内容如表1.2所示。请读者注意,文件系统管理的文件是流式文件,或者说,文件是无结构的,只是一些字节流。因此,表1.2是文件的逻辑结构,其中包括学生的基本信息——学号、姓名、性别、年龄、专业,还包括对文件结构的描述——每条记录的开始位置和长度。这种结构出现在程序员的脑海中,体现在应用程序中。

表 1.2 学生基本信息文件和奖励文件的结构和内容

学号	姓名	性别	年龄	专业	开始位置	长度	奖 励
20050001	史玉明	女	20	计算机	0	30	2005: 校奖学金, 2006: 国家奖学金
20050100	李 明	男	21	机 械	30	15	2006: 校优秀学生
20050234	张 翔	男	21	化 工	45	0	
...	...	...	...	...	...	...	

在确定了存储学生数据的方式之后, 需要编写程序来实现数据的录入功能和查询功能。

录入功能的基本过程包括从键盘读入学生信息, 把奖励记录写到奖励文件, 把基本信息写到学生基本信息文件。特别要注意的是, 为了能正确表达学生基本信息文件中一条记录和奖励文件中记录的对应关系, 要把奖励情况在文件中的开始位置和长度保存到学生基本信息文件中。假设每次都把新录入的学生的奖励记录写到奖励文件的文件尾, 则两个文件中记录之间的对应关系如表 1.2 所示。

查询功能采用顺序查找方法。首先从学生基本信息文件中读入第 1 条记录, 然后比较学号字段的值是否和要查找的学号相同, 如果相同, 则根据位置字段和长度字段的值到奖励文件中读出一个字符串, 查找过程结束; 如果不相同, 则从学生基本信息文件中读入下条记录, 继续处理。

2. 采用数据库系统实现学籍管理

首先要在数据库中建立两个表: STUDENT_INFO 存放学生的基本信息, REWARD_PUNISHMENT 存放学生的奖励记录, 可以向数据库管理系统发布两条命令来完成表的建立, 如图 1.2 所示。

<pre>CREATE TABLE STUDENT_INFO(SID CHAR(8), SNAME CHAR(10), GENDER CHAR(2), AGE SMALLINT, MAJOR CHAR(20));</pre>	<pre>CREATE TABLE REWARD_PUNISHMENT(SID CHAR(8), DETAILS VARCHAR(2000));</pre>
---	---

图 1.2 学生基本信息和奖励记录的结构

建立好表结构后, 向数据库管理系统提交下面的两条插入命令就可以把基本信息和奖励记录保存到表 STUDENT_INFO 和 REWARD_PUNISHMENT 中, 完成录入功能。

```
INSERT INTO STUDENT_INFO(SID, SNAME, GENDER, AGE, MAJOR)
VALUES('20050001', '史玉明', '女', 20, '计算机') --插入学生的基本信息
INSERT INTO REWARD_PUNISHMENT(SID, DETAILS)
VALUES('20050001', '2005 校奖学金, 2006 国家奖学金') --插入学生获得的奖励
```

查询功能可以用一条检索语句实现:

```
SELECT A.SID, SNAME, GENDER, AGE, MAJOR, DETAILS
FROM STUDENT_INFO A LEFT JOIN REWARD_PUNISHMENT B ON A.SID = B.SID
WHERE A.SID = '20050001'
```

3. 数据库系统的特点

从上面的实例中可以看出, 无论采用文件系统或者是数据库系统都可以实现数据管理功能。使用文件系统时, 程序员要关注记录的结构和不同文件中记录之间的联系, 使用文件系统提供的 fopen (打开)、fread (读)、fwrite (写)、fseek (移动读写位置)、fclose (关闭文件) 等操作编程, 工作量大, 开发速度慢。数据库系统提供了功能更强大的操作, 如检索操作只需要

一条语句就可以实现,使得程序员的开发效率大大提高。

与人工管理和文件系统相比,数据库系统的特点主要体现在以下几个方面。

(1) 数据结构化

实现整体数据的结构化,是数据库的主要特征之一,也是数据库系统与文件系统的本质区别。在文件系统中,文件中的记录内部具有结构,不同文件中的记录之间也能建立联系,但是,记录的结构和记录之间的联系被固化在程序中,需要由程序员加以维护。这种工作模式加重了程序员的工作负担,也不利于结构的变动。

在数据库系统中,记录的结构和记录之间的关系由数据库管理系统维护。CREATE 语句描述记录的结构,数据库管理系统把它作为系统数据保存在数据库中,记录之间的联系由 JOIN 操作实现,从而减轻了程序员的工作量,提高了工作效率。

在数据库系统中,不仅数据是结构化的,而且存取数据的方式也很灵活,可以存取数据库中的某一个数据项、一组数据项、一个记录或一组记录。而在文件系统中,数据的最小存取单位是记录,粒度不能细到数据项。

(2) 数据的共享性高,冗余度低,易扩充

在文件系统中,一个文件仅供某一个应用使用,不能实现数据的共享,因为在很多操作系统中,文件被某个程序使用期间,不允许其他程序使用,即使操作系统允许多个程序同时使用一个文件,要实现数据共享也有很多麻烦。

例如,假设还有一个应用需要使用学生信息,但同表 1.1 相比,多了一个籍贯数据项。那么怎样解决这个问题?

一种解决方法是再设计一个学生基本信息文件,其结构比表 1.2 增加了一个籍贯字段,文件中的每个记录增加了描述籍贯的值。这种方法显然不可取,因为同一个学生的信息在学籍管理和新应用中各出现了一次,造成了数据冗余,既浪费了存储空间,也带来了不一致问题(指同一数据不同副本的值不一样)。

另外一种解决办法是两个应用共用表 1.2 中的两个文件,但要增加描述籍贯的数据项,需要写程序修改原来的文件内容,同时还要修改学籍管理中的录入和查询模块。因为这两个模块能否正确运行和文件结构有密切的关系。

在数据库系统中很容易实现数据共享。解决上述问题只需要通过一条命令告诉数据库管理系统,表 STUDENT_INFO 增加了一个籍贯数据项,然后,录入每个学生的籍贯。对学籍管理的录入和查找功能不需要做任何改变,新应用也可以使用表 STUDENT_INFO 和 REWARD_PUNISHMENT。

由于数据库系统从整体角度看待和描述数据,不但存储数据,还存储数据的结构,数据不再面向某一个应用而是面向整个系统,因此数据可以被多个用户、多个应用共享使用。数据共享可以大大减少数据冗余,节约存储空间。数据共享还能够避免数据之间的不相容性与不一致性。

(3) 数据独立性高

数据独立性是数据库领域中的一个常用术语,包括数据的物理独立性和数据的逻辑独立性。

物理独立性是指用户的应用程序与存储在磁盘上的数据库中的数据是相互独立的。也就是

说,数据在磁盘上的数据库中怎样存储是由 DBMS 管理的,用户程序不需要了解,应用程序要处理的只是数据的逻辑结构,这样当数据的物理存储改变了,应用程序不用改变。

逻辑独立性是指用户的应用程序与数据库中数据的逻辑结构是相互独立的,也就是说,数据的逻辑结构改变了,用户程序也可以不变。

由于数据与程序间的独立性,把数据的定义从程序中分离出去,加上数据的存取又由 DBMS 负责,从而简化了应用程序的编制,大大减少了应用程序的维护和修改。

数据独立性是由 DBMS 的二级映像功能来保证的,具体将在下面讨论。

(4) 数据由 DBMS 统一管理和控制

数据库的共享是并发的 (Concurrency) 共享,即多个用户可以同时存取数据库中的数据,甚至可以同时存取数据库中的同一个数据。

为此, DBMS 还必须提供以下几方面的数据控制功能:

- 数据的安全性 (Security) 保护。数据的安全性是指保护数据,以防止不合法的使用造成数据的泄密和破坏。使每个用户只能按规定对某些数据以某些方式进行使用和处理。

- 数据的完整性 (Integrity) 检查。数据的完整性指数据的正确性、有效性和相容性。完整性检查将数据控制在有效的范围内,或保证数据之间满足一定的关系。

- 并发 (Concurrency) 控制。当多个用户的并发进程同时存取、修改数据库时,可能会发生相互干扰而导致错误的结果或使得数据库的完整性遭到破坏,因此必须对多用户的并发操作加以控制和协调。

- 数据库恢复 (Recovery)。计算机系统的硬件故障、软件故障、操作员的失误以及故意的破坏也会影响数据库中数据的正确性,甚至造成数据库的部分或全部数据的丢失。DBMS 具有将数据库从错误状态恢复到某一已知的正确状态 (亦称为完整状态或一致状态) 的功能,这就是数据库的恢复功能。

数据库系统的出现使信息系统从以加工数据的程序为中心转向围绕共享的数据库为中心的新阶段。这样既便于数据的集中管理,又有利于应用程序的研制和维护,提高了数据的利用率和相容性,提高了决策的可靠性。

目前,数据库已经成为现代信息系统的不可分离的重要组成部分。具有数百万甚至数十亿字节信息的数据库已经存在于科学技术、工业、农业、商业、服务业和政府部门的信息系统。20 世纪 80 年代以后,不仅在大型机上,在多数微机上也配置了 DBMS,使数据库技术得到了更加广泛的应用和普及。

1.4 数据库系统的结构

考察数据库系统的结构可以有多种不同的层次或不同的角度。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/服务器结构。这是数据库系统外部的体系结构。从数据库管理系统角度看,数据库系统通常采用三级模式结构,这是数据库管理系统内部的系统结构。

1.4.1 体系结构

根据计算机的系统结构不同,目前数据库系统主要可分成集中式、客户/服务器(浏览器/应用服务器/数据库服务器)、并行式和分布式等几种。

1. 集中式数据库系统

集中式数据库系统的 DBMS、数据库和应用程序都在一台计算机上。在小型机和大型机上的集中式数据库系统一般是多用户系统,即多个用户通过各自的终端运行不同的应用系统,共享使用数据库。微型计算机中的数据库系统一般是单用户的。

2. 客户/服务器数据库系统

DBMS、数据库驻留在服务器上,而应用程序放置在客户机上(微型计算机或工作站),客户机和服务器通过网络进行通信。在这种结构中,客户机负责业务数据处理流程和应用程序的界面,当要存取数据库中的数据时就向服务器发出请求,服务器接受客户机的请求后进行处理,并将客户要求的数据返回客户机。

当前,随着 Internet 技术的应用,客户/服务器两层结构已经发展为三层或多层结构。

三层结构一般是指浏览器/应用服务器/数据库服务器结构。用户界面采用统一的浏览器方式,应用服务器上安装应用系统或应用模块,数据库服务器上安装 DBMS 和数据库。

二层或三层结构把数据库系统的功能进行合理的分配,减轻了数据库服务器的负担,从而使服务器有更多的能力完成事务处理和数据访问控制,支持更多的用户,提高系统的性能。

3. 并行数据库系统

随着数据库中数据量的增加,以及要求事务处理的数量和处理速度的提高(每秒达数千个事务),传统的计算机体系结构已不能胜任这种要求,必须使用并行计算机。并行数据库系统是在并行计算机上运行的具有并行处理能力的数据库系统,是数据库技术与并行计算技术相结合的产物。并行计算机系统有共享内存型、共享磁盘型、非共享型以及混合型。并行计算技术利用多处理机并行处理产生的规模效益来提高系统的整体性能,为数据库系统提供了一个良好的硬件平台。并行数据库系统发挥了多处理机的优势,采用先进的并行查询技术和并行数据分布与管理技术,具有高性能、高可用性、高扩展性等优点。

4. 分布式数据库系统

分布式数据库由一组数据组成,这组数据物理上分布在计算机网络的不同结点上,逻辑上却属于同一个系统。网络中的每个结点具有独立处理的能力(称为场地自治),可以执行局部应用,这时只访问本地数据。也可以执行全局应用,此时,通过网络通信子系统访问多个结点上的数据。

分布式数据库适应了企业部门分布的组织结构,可以降低费用,提高系统的可靠性和可用性,具有良好的可扩展性。