



21世纪高等院校规划教材

SQL Server 数据库及应用

(第二版)

主 编 贾振华

副主编 杨伟东 李 丹



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

21 世纪高等院校规划教材

SQL Server 数据库及应用

（第二版）

主 编 贾振华

副主编 杨伟东 李 丹



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书在保留第一版特色的基础上进行了全新的修订和补充,同时参考了各学校使用后的反馈意见。书中使用的 SQL Server 版本从 2005 升级到 2008,增加了数据库原理基础知识和数据库应用开发实例。

本书共 12 章,主要内容有:数据库基础知识概述和 SQL Server 2008 的安装与配置、SQL Server 2008 的常用工具、T-SQL 基础、数据库的基本操作、数据表的基本操作、数据查询、SQL Server 安全管理、数据完整性、视图、索引、存储过程和触发器以及数据库的维护等,最后给出了一个具体数据库应用开发实例。

本书力求概念清楚、重点突出、章节安排合理、理论与实践结合紧密。在理论叙述中仅介绍必备的数据库理论基础知识,数据库管理系统以实用、够用为主,应用案例起到了穿针引线的作用,把理论、数据库系统与应用程序开发很好地融合在一起。本书各章均有学习目标和小结,便于读者掌握知识要点。各章后均有适量的各种类型习题,便于进一步理解和掌握各章所学到的知识和内容,同时也便于组织教学。

本书主要面向数据库初学者,适合作为各类院校专业、非专业数据库系统与应用教材,也可作为社会培训班的教材或计算机用户的工作参考书。

本书配有免费电子教案,读者可以从中国水利水电出版社网站以及万水书苑下载,网址为: <http://www.waterpub.com.cn/softdown/>或 <http://www.wsbookshow.com>。

图书在版编目(CIP)数据

SQL Server数据库及应用 / 贾振华主编. — 2版

— 北京:中国水利水电出版社,2012.11

21世纪高等院校规划教材

ISBN 978-7-5170-0321-2

I. ①S… II. ①贾… III. ①关系数据库系统—数据
库管理系统—高等学校—教材 IV. ①TP311.138

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第263338号

策划编辑:雷顺加

责任编辑:陈洁

封面设计:李佳

书 名	21 世纪高等院校规划教材 SQL Server 数据库及应用 (第二版)
作 者	主 编 贾振华 副主编 杨伟东 李 丹
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
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水) 北京科水图书销售中心 (零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 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 19 印张 480 千字
版 次	2008 年 1 月第 1 版 2008 年 1 月第 1 次印刷 2012 年 11 月第 2 版 2012 年 11 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	34.00 元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

再版前言

本书第一版是普通高等教育“十一五”国家级规划教材。第二版对第一版进行了全新的修订和补充,参考了各学校使用后的反馈意见,在保留第一版特色的基础上,升级了 SQL Server 版本 2005 到 2008,增加了数据库原理基础知识和数据库应用开发实例,使得本书既具有 SQL Server 数据库的管理与应用,也具有数据库理论的必备基础知识和数据库应用程序开发过程和技术内容。另外,每章后面给出了适量的选择题、填空题、简答题和应用题,便于读者对知识的理解与掌握,也便于教师组织教学。

本书是作者多年从事数据库教学和开发的积累与总结,结合数据库基础知识,涵盖了 SQL Server 2008 开发、分析和管理的各个方面。本书采取理论和实践相结合的方式,一方面详细阐述了数据库的基本原理,另一方面注重数据库的实际开发与应用。书中最后一章给出一个具体的图书管理系统开发实例,应用实例为读者提供了真实的数据库应用场景,有助于读者从实际应用的角度出发,使读者在学习了本书之后,能够快速掌握数据库的相关知识并能够使用 SQL Server 2008 进行数据库的开发。在每一章的开始概述了本章的作用和主要知识点。正文中结合所讲述的关键技术和难点,穿插了大量极富实用价值的示例,易于阅读和理解。书中出现的代码都通过了作者的调试。

本书共 12 章,各章具体内容简述如下:

第 1 章介绍数据库系统基本概念和关系数据库理论。

第 2 章介绍 SQL Server 2008 的安装和配置。

第 3 章介绍 SQL Server 2008 数据库的创建和管理,包括数据库的创建、修改、删除、分离/附加、备份、删除、增缩等操作。

第 4 章介绍数据表的创建、修改和删除以及约束的定义和删除。

第 5 章介绍表中数据操作,使用 INSERT 语句插入新数据、使用 UPDATE 语句更新数据、使用 DELETE 语句删除数据、使用 SELECT 语句从一个或多个表中获取数据。

第 6 章介绍视图的创建与使用。

第 7 章介绍索引的创建与使用。

第 8 章介绍 T-SQL 语言基础,包括变量、函数、批处理和流程控制。

第 9 章介绍存储过程、触发器的创建和使用。

第 10 章介绍游标和事务的创建与使用。

第 11 章介绍安全性管理与维护。

第 12 章介绍图书馆管理系统的开发过程,包括需求分析、系统设计、数据库设计、系统功能实现。

数据库及应用课程内容十分丰富,建议教学课时 64 学时,各章的建议学时列表如下:

理论与上机实验课时分配建议

章节	理论学时	实践学时	章节	理论学时	实践学时
第1章	8	0	第7章	2	1
第2章	2	1	第8章	4	4
第3章	2	1	第9章	4	2
第4章	2	2	第10章	2	2
第5章	6	4	第11章	4	2
第6章	2	1	第12章	2	4
合计			64	40	24

上表中的课时仅为计划内的授课学时，在具体教学实施过程中，根据教学要求与实际情况，自行调整各章的授课学时，另外可适当安排一定学时的课外上机练习或实训。

本书由北华航天工业学院贾振华任主编，河北工业大学杨伟东、东北林业大学李丹任副主编，负责制定教材大纲、规划各章节内容并完成全书的修改和统稿工作。本书第1、2、8章由贾振华编写，第4~6章由杨伟东编写，第3、7章由李丹编写，第9~11章由张春娥编写，第12章由杨丽娟、姚志强编写，此外，参与本书资料搜集、整理和编写工作的还有王欢、徐晶明、李杰、庄连英、赵辉、李瑛等人，在此，对他们表示衷心感谢。

为更好满足教学要求，教材中示例数据库、所有例题源码、案例源码、电子教案（PPT）都可以从中国水利水电出版社网站上下载，也可以与本书作者联系获取更多的教学资料。

本书在编写过程中，参考了大量的相关技术资料 and 程序开发源码资料，在此向资料的作者深表谢意。特别感谢李伟红老师在第一版中所做的工作，同时感谢关心和支持本书编写工作的学校领导、老师和同学。

最后感谢中国水利水电出版社的领导和相关同志对本书作者给予的帮助和支持。

尽管做了最大的努力，由于编者水平和时间有限，书中难免有错误和疏漏之处，敬请各位同行和读者不吝赐教，以便及时修订和补充。来信请至电子信箱 jjazhenhualf@126.com，我们将不胜感激。

编者

2012年8月

目 录

再版前言

第1章 数据库系统概论	1	2.4.1 使用 SQL Server Management Studio	44
本章学习目标	1	2.4.2 配置管理器	47
1.1 数据库基础知识	1	2.5 SQL Server 2008 服务器	48
1.1.1 数据库基本概念	1	2.5.1 创建服务器组	48
1.1.2 数据管理技术发展	2	2.5.2 注册服务器	49
1.1.3 数据模型	5	2.5.3 配置服务器	50
1.1.4 数据库系统的体系结构	10	本章小结	51
1.2 关系数据库	12	习题二	51
1.2.1 关系数据模型	12	第3章 数据库的创建和管理	52
1.2.2 关系的完整性约束	13	本章学习目标	52
1.2.3 关系运算	15	3.1 SQL Server 数据库的结构	52
1.2.4 关系数据库的规范化	19	3.1.1 SQL Server 2008 数据库和文件	52
1.3 关系数据库的设计	21	3.1.2 SQL Server 数据库与系统表	53
1.3.1 数据库设计概述	21	3.2 创建数据库	54
1.3.2 需求分析	23	3.2.1 使用 SSMS 创建数据库	55
1.3.3 概念结构设计	23	3.2.2 使用 T-SQL 语句创建数据库	57
1.3.4 逻辑结构设计	24	3.3 修改数据库	61
1.3.5 物理结构设计	24	3.3.1 打开数据库	61
1.3.6 数据库的实施与维护	25	3.3.2 修改数据库属性	63
1.4 T-SQL 语言简介	25	3.3.3 数据库更名	66
本章小结	26	3.3.4 收缩数据库	66
习题一	28	3.4 删除数据库	69
第2章 SQL Server 2008 概述	32	3.4.1 使用 SSMS 删除数据库	69
本章学习目标	32	3.4.2 使用 T-SQL 语句删除数据库	70
2.1 SQL Server 2008 简介	32	3.5 附加与分离数据库	70
2.2 SQL Server 2008 新增性能与体系结构	33	3.5.1 使用 SSMS 进行数据库的附加与分离	70
2.2.1 SQL Server 2008 新增性能	33	3.5.2 使用 T-SQL 语句分离和附加数据库	72
2.2.2 SQL Server 2008 体系结构	34	3.6 应用举例	73
2.3 SQL Server 2008 的安装	35	3.6.1 确定“数据库”	73
2.3.1 SQL Server 2008 的环境需求	35	3.6.2 使用 T-SQL 语句创建“数据库”	73
2.3.2 SQL Server 2008 的安装	36	本章小结	74
2.3.3 卸载 SQL Server 2008	43	习题三	76
2.4 SQL Server 2008 的常用工具	44		

第4章 数据表的创建和管理	78
本章学习目标	78
4.1 数据类型	78
4.1.1 精确数字类型	79
4.1.2 近似数字类型	80
4.1.3 日期和时间类型	80
4.1.4 字符串类型	81
4.1.5 Unicode 字符串类型	81
4.1.6 二进制字符串类型	82
4.1.7 其他系统数据类型	82
4.1.8 用户自定义数据类型	83
4.2 创建表	85
4.2.1 使用 SSMS 创建表	85
4.2.2 使用 T-SQL 语句创建表	88
4.3 创建、修改和删除约束	91
4.3.1 非空约束	91
4.3.2 主键约束	91
4.3.3 唯一性约束	93
4.3.4 检查约束	95
4.3.5 默认约束	96
4.3.6 外键约束	97
4.4 表结构的修改	98
4.4.1 使用 SSMS 增加、删除和修改字段	99
4.4.2 使用 T-SQL 语句增加、删除和修改字段	99
4.5 查看数据表	100
4.5.1 查看数据表属性	100
4.5.2 查看数据表中的数据	101
4.5.3 查看数据表与其他数据库对象的依赖关系	101
4.5.4 使用系统存储过程查看表的信息	102
4.6 删除数据表	103
4.6.1 使用 SSMS 删除数据表	103
4.6.2 使用 T-SQL 语句删除数据表	104
本章小结	105
习题四	106
第5章 表中数据的操作	110
本章学习目标	110
5.1 插入数据	110

5.1.1 使用 SSMS 插入数据	110
5.1.2 使用 T-SQL 语句插入数据	110
5.2 更新数据	112
5.2.1 使用 SSMS 更新数据	112
5.2.2 使用 T-SQL 语句更新数据	112
5.3 删除数据	112
5.3.1 使用 SSMS 删除数据	112
5.3.2 使用 T-SQL 语句删除数据	113
5.3.3 使用 T-SQL 语句清空数据	114
5.4 数据查询	114
5.4.1 SELECT 语句概述	114
5.4.2 查询特定列的信息	115
5.4.3 INTO 子句	118
5.4.4 FROM 子句	119
5.4.5 WHERE 子句	120
5.4.6 GROUP BY 子句	124
5.4.7 HAVING 子句	125
5.4.8 ORDER BY 子句	126
5.4.9 COMPUTE 和 COMPUTE BY 子句	127
5.4.10 连接查询	129
5.4.11 子查询	134
5.4.12 联合查询	137
本章小结	138
习题五	140
第6章 视图的创建与使用	143
本章学习目标	143
6.1 概述	143
6.1.1 视图的概念	143
6.1.2 视图的优点	143
6.2 创建视图	144
6.2.1 使用 SSMS 创建视图	144
6.2.2 使用 T-SQL 语句创建视图	146
6.3 查看视图	149
6.3.1 使用 SSMS 查看视图信息	149
6.3.2 使用系统存储过程查看视图信息	149
6.4 修改视图	151
6.4.1 使用 SSMS 修改视图	152
6.4.2 使用 T-SQL 语句修改视图	152

6.5 使用视图	153	8.4 运算符	178
6.5.1 插入数据	153	8.4.1 算术运算符	178
6.5.2 更新数据	155	8.4.2 赋值运算符	178
6.5.3 删除数据	156	8.4.3 按位运算符	178
6.6 删除视图	156	8.4.4 比较运算符	178
6.6.1 使用 SSMS 删除视图	156	8.4.5 逻辑运算符	178
6.6.2 使用 T-SQL 语句删除视图	156	8.4.6 字符串串联运算符	179
本章小结	157	8.4.7 一元运算符	179
习题六	158	8.4.8 运算符的优先级	179
第7章 索引的创建与使用	159	8.5 系统内置函数	180
本章学习目标	159	8.5.1 配置函数	180
7.1 索引概述	159	8.5.2 系统函数	180
7.1.1 索引的概念	159	8.5.3 数学函数	182
7.1.2 索引的优点	159	8.5.4 字符串函数	183
7.1.3 索引的分类	160	8.5.5 日期和时间函数	184
7.2 创建索引	161	8.5.6 元数据函数	185
7.2.1 使用 SSMS 创建索引	163	8.6 用户定义函数	185
7.2.2 使用 T-SQL 语句创建索引	165	8.6.1 标量值函数	186
7.3 查看索引	167	8.6.2 内联表值函数	189
7.3.1 使用 SSMS 查看索引信息	167	8.6.3 多语句表值函数	191
7.3.2 使用系统存储过程查看索引信息	167	8.6.4 修改用户定义函数	192
7.4 修改索引	168	8.6.5 删除用户定义函数	193
7.4.1 使用 SSMS 修改索引	168	8.7 流程控制语句	193
7.4.2 使用 T-SQL 语句修改索引	168	8.7.1 BEGIN...END 语句块	193
7.5 删除索引	168	8.7.2 IF...ELSE 语句	193
7.5.1 使用 SSMS 删除索引	168	8.7.3 WHILE...CONTINUE...BREAK 语句	194
7.5.2 使用 T-SQL 语句删除索引	169	8.7.4 GOTO 语句	195
本章小结	169	8.7.5 WAITFOR 语句	195
习题七	170	8.7.6 RETURN 语句	196
第8章 T-SQL 语言	172	8.7.7 TRY...CATCH 语句	196
本章学习目标	172	本章小结	196
8.1 批处理	172	习题八	198
8.1.1 批处理使用规则	172	第9章 存储过程与触发器	200
8.1.2 批处理错误处理	173	本章学习目标	200
8.1.3 批处理示例	173	9.1 存储过程	200
8.2 注释	173	9.1.1 存储过程概述	200
8.3 常量和变量	174	9.1.2 创建存储过程	201
8.3.1 常量	174	9.1.3 执行存储过程	205
8.3.2 变量	175		

9.1.4 查看存储过程·····	207	11.2.2 备份设备·····	255
9.1.5 修改存储过程·····	208	11.2.3 备份数据库·····	256
9.1.6 删除存储过程·····	209	11.2.4 数据库的还原·····	258
9.2 触发器·····	210	11.3 数据导入和导出·····	260
9.2.1 触发器概述·····	210	11.3.1 导入数据·····	260
9.2.2 创建触发器·····	211	11.3.2 导出数据·····	263
9.2.3 查看触发器·····	216	本章小结·····	263
9.2.4 修改触发器·····	216	习题十一·····	266
9.2.5 删除触发器·····	217	第 12 章 图书馆管理系统 ·····	268
本章小结·····	218	本章学习目标·····	268
习题九·····	220	12.1 需求分析·····	268
第 10 章 游标和事务 ·····	222	12.1.1 系统功能要求·····	268
本章学习目标·····	222	12.1.2 性能要求·····	269
10.1 游标·····	222	12.2 系统分析·····	269
10.1.1 游标概述·····	222	12.2.1 角色分析·····	269
10.1.2 游标的使用·····	223	12.2.2 系统流程图·····	269
10.1.3 使用游标修改数据·····	228	12.3 系统设计·····	271
10.2 事务·····	229	12.3.1 系统功能与结构·····	271
10.2.1 事务概述·····	229	12.3.2 系统构建环境·····	272
10.2.2 管理事务·····	230	12.4 数据库设计·····	272
10.2.3 使用事务·····	231	12.4.1 数据库概念设计·····	273
本章小结·····	234	12.4.2 数据库逻辑结构设计·····	274
习题十·····	235	12.4.3 数据库的实施·····	276
第 11 章 SQL Server 的安全管理与维护 ·····	236	12.5 系统实现·····	277
本章学习目标·····	236	12.5.1 登录模块的实现·····	277
11.1 SQL Server 2008 的安全管理·····	236	12.5.2 图书添加模块的实现·····	278
11.1.1 SQL Server 2008 登录身份 验证模式·····	237	12.5.3 图书信息查询模块的实现·····	281
11.1.2 登录账户管理·····	238	12.5.4 图书借阅模块的实现·····	284
11.1.3 数据库用户管理·····	241	12.5.5 图书归还模块的实现·····	286
11.1.4 架构管理·····	244	12.5.6 图书借阅查询模块的实现·····	288
11.1.5 数据库角色·····	245	本章小结·····	290
11.1.6 权限管理·····	249	习题十二·····	291
11.2 数据库的备份和还原·····	254	附录 AWLT 数据库结构 ·····	292
11.2.1 概述·····	254	参考文献 ·····	296

第 1 章 数据库系统概论

本章学习目标

数据库技术作为数据管理的实现技术,已成为计算机应用技术的核心。随着计算机技术、通讯技术、网络技术的迅猛发展,人类社会进入了信息社会时代。建立一个行之有效的管理信息系统已成为每个企业或组织生存和发展的重要条件。从某种意义上而言,数据库的建设规模、数据库信息量的大小和使用频度,已成为衡量一个国家信息化程度的重要标志。SQL Server 是目前广为使用的大型数据库管理系统,本书以 SQL Server 2008 为背景,介绍数据库的基本操作和数据库应用系统开发方法。

作为学习的理论前导,本章介绍一些数据库系统的基础知识。通过本章的学习,读者应该:

- 理解数据库的基本术语和概念
- 了解数据库管理技术的发展过程
- 掌握数据库系统的组成
- 掌握关系数据库
- 掌握关系数据库的规范化理论
- 掌握数据库设计过程

1.1 数据库基础知识

1.1.1 数据库基本概念

以下介绍数据库中常用的一些术语和基本概念。

1. 数据

数据(Data)是描述事物的符号记录,可以用数字、文字、声音、图形、图像等多种形式表示,它们都可以经过数字化后存入计算机中。

用数据描述现实世界中的对象可以是实在的事物,如描述一个学生的情况可用学号、姓名、性别、年龄、系别等,则可以这样描述:

(B1051211, 丁小玲, 女, 20, 计算机系)

这里的学生记录就是数据。对于这条记录,了解其含义的人将得到如下信息:丁小玲是计算机系学生,女,今年 20 岁;而不了解其含义的人则无法理解其包含的信息。也可以是抽象的事物,如学生选修课程可用学生姓名、课程名、成绩等描述:

(柳文艳, 数据库原理与应用, 95)

含义为:柳文艳同学选修了数据库原理与应用课程,考试成绩 95 分。

由上可见,数据的形式本身还不能完全表达其内容,需要经过语义解释。因此数据和关

于数据的解释是不可分的,数据的解释是对数据含义的说明,数据的含义称为数据的语义,数据与其语义是不可分的。

2. 数据库

通俗地讲,数据库(DataBase)是存放数据的仓库,只不过数据是按一定的存储格式存放在计算机存储设备上。

严格地讲,数据库是长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的大量数据的集合。数据库中的数据按一定的数据模型进行组织、描述和储存。它可为各种用户共享,具有尽可能小的冗余度和较高的数据独立性和易扩展性,使得数据存储性能最优、操作最容易,并且具有完善的自我保护和数据恢复能力。

3. 数据库管理系统

数据库管理系统(DataBase Management System, DBMS)是一种操纵和管理数据库的大型软件,位于计算机系统中用户与操作系统之间的一层数据管理软件,它是数据库系统的核心组成部分,用户在数据库系统中的一切操作,包括数据定义、查询、更新及各种控制,都是通过DBMS进行的。DBMS把用户抽象的逻辑数据处理、转换成计算机中的具体的物理数据,这给用户带来很大的方便。DBMS的主要功能有以下几个方面:

(1) 数据定义功能。DBMS提供数据定义语言(Data Define Language, DDL),用户通过它可以方便地对数据库中的数据对象进行定义。

(2) 数据操纵功能。DBMS提供数据操纵语言(Data Manipulation Language, DML),实现对数据库的基本操作,包括插入、删除、修改和查询等。

(3) 数据库的事务管理和运行管理。数据库在建立、运行和维护时由数据库管理系统统一管理 and 统一控制。DBMS通过对数据的安全性控制、数据的完整性控制、多用户环境下的并发控制以及数据库的恢复,来确保数据正确有效和数据库系统的正常运行。

(4) 数据库的建立和维护功能。它包括数据库初始数据的装载、转换功能,数据库的转储、恢复、重组织,系统性能监视、分析等功能。这些功能通常是由一些实用程序和管理工具完成的。

(5) 数据通信。DBMS提供与其他软件系统进行通信的功能,实现用户程序与DBMS之间的通信,通常与操作系统协调完成。

4. 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,一般由数据库、数据库管理系统(及其开发工具)、应用系统、数据库管理员和用户构成,如图1-1所示。数据库管理员(DataBase Administrator, DBA)是专门从事数据库的建立、使用和维护等工作的数据库专门人才,他们在数据库系统中起着非常重要的作用。在一般不引起混淆的情况下,常常把数据库系统简称为数据库。

1.1.2 数据管理技术发展

数据库技术即数据管理技术,是对数据的分类、组织、编码、存储、检索和维护的技术。数据库技术的发展是和计算机技术及其应用的发展联系在一起的。数据管理技术大致经历了如下三个阶段: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,其他工作还没有展开。当时的计算

机硬件状况是：外部存储器只有磁带、卡片和纸带等，还没有磁盘等字节存取存储设备。软件状况是：只有汇编语言，没有操作系统和管理数据的软件。数据处理的方式基本上是批处理。

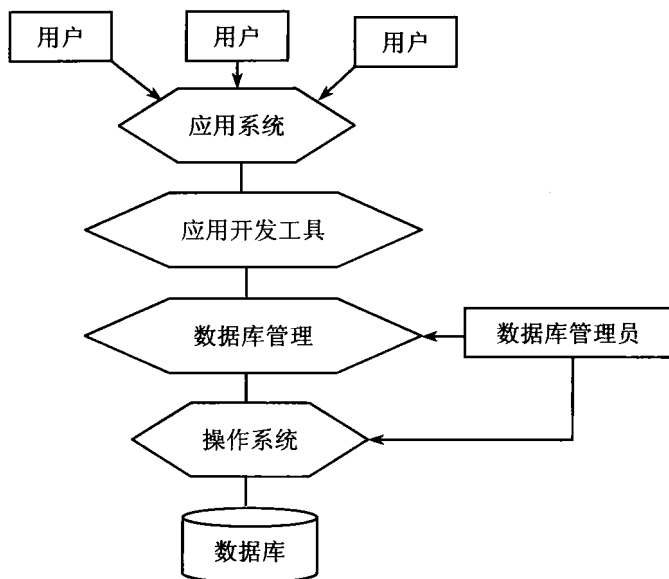


图 1-1 数据库系统

人工管理阶段的特点是：数据不保存、数据无专门软件进行管理、数据不共享（冗余度大）、数据不具有独立性（完全依赖于程序）、数据无结构。

2. 文件系统阶段

从 20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期，计算机不仅用于科学计算，还大量应用于信息管理。大量的数据存储、检索和维护成为紧迫的需求。在硬件方面，有了磁盘、磁鼓等直接存储设备；在软件方面，出现了高级语言和操作系统，且操作系统中有了专门管理数据的软件，一般称之为文件系统；在处理方式方面，不仅有批处理，也有联机实时处理。

文件系统管理数据的特点：数据可以长期保存、由文件系统管理数据、程序与数据有一定的独立性、数据共享性差（冗余度大）、数据独立性差、记录内部有结构（但整体无结构）。

为了解决多用户、多应用共享数据，使数据为尽可能多的应用服务，文件系统已不能满足应用需求，一种新的数据管理技术——数据库技术应运而生。

3. 数据库系统阶段

20 世纪 60 年代后期，计算机硬件、软件有了进一步的发展。计算机应用于管理的规模更加庞大，数据量急剧增加。硬件方面出现了大容量磁盘，使计算机联机存取大量数据成为可能；硬件价格下降，而软件价格上升，使开发和维护系统软件的成本增加。文件系统的数据管理方法已无法适应开发应用系统的需要。为解决多用户、多个应用程序共享数据的需求，出现了统一管理数据的专门软件系统，即数据库管理系统。用数据库系统来管理数据比文件系统具有明显的优点，从文件系统到数据库系统，标志着数据管理技术的飞跃。

数据库系统管理数据的特点如下：

（1）数据结构化。数据库系统实现整体数据的结构化，这是数据库的主要特征之一，也是数据库系统与文件系统的根本区别。

有了数据库系统后，数据库中的任何数据都不属于任何具体应用。数据是公共的，结构是全面的。它是在对整个组织的各种应用（包括将来可能的应用）进行全局考虑后建立起来的总的数据库结构。它是按照某种数据模型，将全组织的各种数据组织到一个结构化的数据库中，整个组织的数据不是一盘散沙，可表示出数据之间的关联。

例如，要建立学生成绩管理系统，系统包含学生（学号、姓名、性别、系别、年龄）、课程（课程号、课程名）、成绩（学号、课程号、成绩）等数据，分别对应三个文件。

因为文件系统只表示记录内部的联系，而不涉及不同文件记录之间的联系。若采用文件处理方式，要想查找某个学生的学号、姓名、所选课程的名称和成绩，必须编写一段不是很简单的程序来实现。

而采用数据库方式，数据库系统不仅描述数据本身，还描述数据之间的联系，上述查询可以非常容易地联机查到。

（2）数据共享性高、冗余少，易扩充。数据库系统从全局角度看待和描述数据。数据不再面向某个应用程序，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。这样便减少了不必要的数据冗余，节约了存储空间，同时也避免了数据之间的不相容性与不一致性。

由于数据面向整个系统，是有结构的数据，不仅可被多个应用共享使用，而且容易增加新的应用，这就使得数据库系统弹性大，易于扩充，可以适应各种用户的要求。

（3）数据独立性高。数据的独立性是指数据的逻辑独立性和数据的物理独立性。

数据的逻辑独立性是指用户的应用程序与数据库的逻辑结构是相互独立的，即当数据的总体逻辑结构改变时，数据的局部逻辑结构不变。由于应用程序是依据数据的局部逻辑结构编写的，所以应用程序不必修改，从而保证了数据与程序间的逻辑独立性。

例如，在原有的记录类型之间增加新的联系，或在某些记录类型中增加新的数据项，均可确保数据的逻辑独立性。

数据的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数据是相互独立的，即当数据的存储结构改变时，数据的逻辑结构不变，从而应用程序也不必改变。

例如，改变存储设备和增加新的存储设备，或改变数据的存储组织方式，均可确保数据的物理独立性。

（4）有统一的数据控制功能。数据库为多个用户和应用程序所共享，对数据的存取往往是并发的，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。为确保数据库中数据的正确有效和数据库系统的正常运行，数据库管理系统提供下述四方面的数据控制功能。

① 数据的安全性（Security）控制。数据的安全性是指保护数据以防止不合法使用，造成数据的泄露和破坏，保证数据的安全和机密，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。

例如，系统提供口令检查或其他手段来验证用户身份，防止非法用户使用系统；也可以对数据的存取权限进行限制，只有通过检查后才能执行相应的操作。

② 数据的完整性（Integrity）控制。数据的完整性是指系统通过设置一些完整性规则，以确保数据的正确性、有效性和相容性。完整性控制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。

有效性是指数据是否在其定义的有效范围，如月份只能用 1-12 之间的正整数表示。

正确性是指数据的合法性，如年龄属于数值型数据，只能包含 0, 1, ..., 9，不能包含字母或特殊符号。

相容性是指表示同一事实的两个数据应相同，否则就不相容，如一个人不能有两个性别。

③ 并发 (Concurrency) 控制。多用户同时存取或修改数据库时，可能会发生相互干扰而提供给用户不正确的数据，并使数据库的完整性受到破坏，因此必须对多用户的并发操作加以控制和协调。

④ 数据恢复 (Recovery)。计算机系统出现各种故障是很正常的，数据库中的数据被破坏、被丢失也是可能的。当数据库被破坏或数据不可靠时，系统有能力将数据库从错误状态恢复到最近某一时刻的正确状态。

数据库系统阶段，程序与数据之间的关系可用图 1-2 表示。

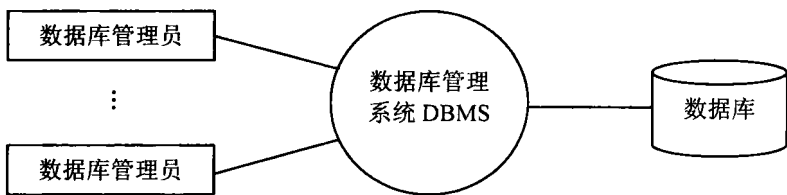


图 1-2 数据库系统阶段应用程序与数据之间的对应关系

从文件系统管理发展到数据库系统管理是信息处理领域的一个重大变化。

在文件系统阶段，人们关注的是系统功能的设计，因此程序设计处于主导地位，数据服从于程序设计；而在数据库系统阶段，数据的结构设计成为信息系统首先关心的问题。

数据库技术经历了以上三个阶段的发展，已有了比较成熟的数据库技术，但随着计算机软硬件的发展，数据库技术仍需不断向前发展。

1.1.3 数据模型

数据模型是对现实世界数据特征的抽象，是现实世界的模拟。现实生活中的模型，人们都很熟悉，如一组建筑设计沙盘、一艘精致的军舰模型等，看到模型就会想到生活中的具体事物。数据模型是现实世界中数据和信息在数据库中的抽象与表示。

数据模型应满足三方面要求：一是能比较真实的模拟现实世界；二是容易为人理解；三是便于计算机实现。在数据库系统中针对不同的使用对象和应用目的，采用不同的数据模型。

1. 两类数据模型

数据模型的种类很多，不同的数据模型提供的模型化数据和信息的方法不同。根据模型应用的目的不同，可以将这些模型分为两类，它们分别属于不同的层次。第一类是概念模型，第二类是逻辑模型和物理模型。

第一类概念模型 (Conceptual Model)，也称信息模型，是按用户的观点对数据和信息进行抽象，主要用于数据库设计。

第二类中的逻辑模型主要包括层次模型 (Hierarchical Model)、网状模型 (Network Model)、关系模型 (Relational Model)、面向对象模型 (Object Oriented Model) 和对象关系模型 (Object Relational Model) 等。它是按照计算机系统的观点对数据建模，主要用于 DBMS 的实现。

第二类中的物理模型是对数据最低层的抽象，它描述数据在计算机系统内部的表示方式

和存取方法，以及在存储设备上的存储方式和存取方法，是面向计算机系统的。物理模型由 DBMS 实现。

从事物的客观特性到计算机里的具体表示经历了三个数据领域：现实世界、信息世界和机器世界。

（1）现实世界：现实世界的数据就是客观存在的各种报表、图表和查询格式等原始数据。

（2）信息世界：信息世界是现实世界在人们头脑中的反映，人们用符号、文字记录下来。在信息世界中，数据库常用的术语是实体、实体集、属性和码等。

（3）机器世界：机器世界是按计算机系统的观点对数据建模。换句话说，对于现实世界的问题如何表达为信息世界的问题，而信息世界的问题又如何具体的机器世界表达。机器世界中数据描述的术语有字段、记录、文件和记录码等。

为了把现实世界中的具体事物抽象、组织为某一 DBMS 支持的数据模型，常常首先将现实世界抽象为信息世界，然后将信息世界转换为机器世界，如图 1-3 所示。

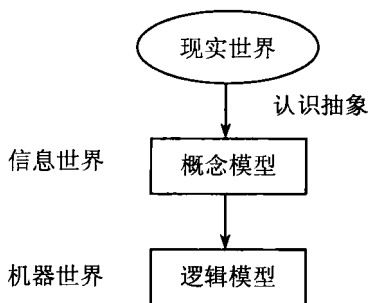


图 1-3 现实世界中客观对象的抽象过程

首先把现实世界中的客观对象抽象为某一种信息结构，这种信息结构不依赖于具体的计算机系统，不是某一个 DBMS 支持的数据模型，而是概念级的模型。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。从现实世界到概念模型的转换是由数据库设计人员完成的；从概念模型到逻辑模型的转换可以由数据库设计人员完成，也可以用数据库设计工具辅助设计人员完成；从逻辑模型到物理模型的转换通常由 DBMS 完成的。

2. 数据模型的组成要素

数据模型由数据结构、数据操作、数据约束三部分组成。

（1）数据结构：数据模型中的数据结构主要描述数据的类型、内容、性质以及数据间的联系等。数据结构是数据模型的基础，数据操作和约束都建立在数据结构上。不同的数据结构具有不同的操作和约束。

（2）数据操作：数据模型中的数据操作主要描述在相应的数据结构上的操作类型和操作方式。

（3）数据约束：数据模型中的数据约束主要描述数据结构内数据间的语法、词义联系、它们之间的制约和依存关系，以及数据动态变化的规则，以保证数据的正确、有效和相容。

3. 概念模型

概念模型是按用户的观点对数据和信息进行抽象，主要用于数据库设计，它是对现实世界的第一层抽象，是用户和数据库设计人员进行交流的工具，也是数据库设计人员进行交流的语言。因此概念模型一方面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；另一方面它还要简单、清晰、易于理解。“实体—联系方法”是表示概念模型最常用的方法。

在信息世界中涉及的概念主要有：

(1) 实体 (Entity)。也称为实例，对应现实世界中可区别于其他对象的事物。实体可以是具体的人、事、物，也可以是抽象的概念或联系。例如，学校中的每个学生、企业中的每个职工、医院中的每个手术、部门的一次会议等都是实体。

(2) 属性 (Attribute)。每个实体都有用来描述实体特征的一组性质或特征，称之为属性。一个实体由若干个属性来描述，如学生实体可由学号、姓名、性别、出生年月、所在系别、入学年份等属性组成。

(3) 实体集 (Entity Set)。实体集是具有相同类型及相同性质实体的集合。例如学校所有学生的集合可定义为“学生”实体集，“学生”实体集中的每个实体均具有学号、姓名、性别、出生年月、所在系别、入学年份等性质。

(4) 实体型 (Entity Type)。实体型是实体集中每个实体所具有的共同性质的集合，用实体名及其属性名集合来抽象和刻画同类实体型。例如“学生”实体型为：学生 {学号，姓名，性别，年龄，身份证号，所在院系，入学时间}。实体是实体型的一个实例，在含义明确的情况下，实体、实体型通常互换使用。

(5) 码 (Key)。实体型中的每个实体包含唯一标识它的一个或一组属性，这些属性称为实体型的码，如“学号”是学生实体型的码。

有些实体型可以有几组属性充当码，选定其中一组属性作为实体型的主码，其他的作为候选码。

(6) 域 (Domain)。属性的取值范围称为该属性的域。例如，姓名的域为字符串集合，年龄的域为整数，性别的域为 (男，女)。

(7) 联系 (Relationship)。在现实世界中，事物内部及事物之间是有联系的，这些联系在信息世界中反映为实体 (型) 内部的联系和实体 (型) 之间的联系。实体内部的联系通常是指组成实体的各属性之间的联系。实体之间的联系通常是指不同实体集之间的联系。

两个实体型之间的联系可以分为三类：一对一联系 (1:1)、一对多联系 (1:n)，以及多对多联系 (m:n)。

① 一对一联系 (1:1)：若对实体集 A 中的每一个实体，在实体集 B 中至多有一个实体与之联系，反之亦然，则称实体集 A 与实体集 B 具有一对一联系。例如，一个学校只有一个校长，一个校长只能属于一个学校，则学校和校长之间具有一对一联系，如图 1-4 (a) 所示。

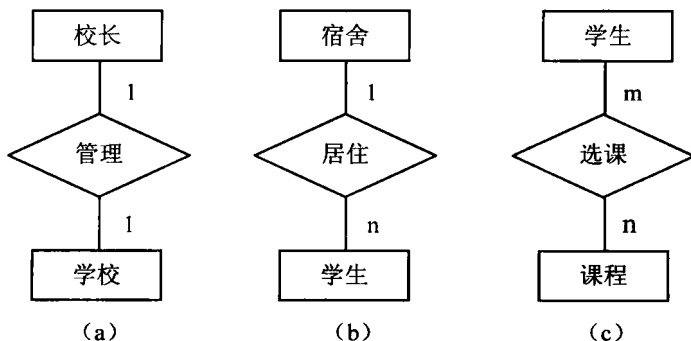


图 1-4 实体型间的联系

②一对多联系 (1:n): 若对实体集 A 中的每一个实体, 在实体集 B 中有几个实体 ($n \geq 0$) 与之联系, 反之, 对于实体集 B 中的每一个实体, 实体集 A 中至多有一个实体与之联系, 则称实体集 A 与实体集 B 具有一对多联系。例如, 一间宿舍由多名学生居住, 一个学生只能住一间宿舍, 则宿舍房间和学生之间是一对多联系, 如图 1-4 (b) 所示。

③多对多联系 (m:n): 若对实体集 A 中的每一个实体, 在实体集 B 中有几个实体 ($n \geq 0$) 与之联系, 反之, 对于实体集 B 中的每一个实体, 实体集 A 中有几个实体 ($m \geq 0$) 与之联系, 则称实体集 A 与实体集 B 具有多对多联系。例如, 一个学生可以选择多门课程, 而一门课程可以被多名学生选修, 则学生和课程之间具有多对多联系, 如图 1-4 (c) 所示。

4. 概念模型的一种表示方法: 实体-联系方法

概念模型的表示方法很多, 其中最为著名的是 1976 年 P. P. S. Chen 提出的实体-联系方法 (Entity-Relationship Approach)。该方法用 E-R 图来描述现实世界的概念模型, 称为实体-联系模型, 简称 E-R 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。

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。

例如, 学生实体具有学号、姓名、性别、出生年月、所在系别、入学年份等属性组成, 用 E-R 图表示如图 1-5 所示。

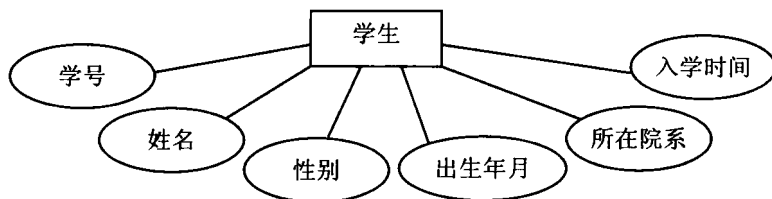


图 1-5 学生实体及属性

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)。如图 1-4 所示。如果一个联系也有属性, 则这些属性也要用无向边与该联系连接起来。

例如, 某工厂的物资管理的 E-R 图如图 1-6 所示, 图中清楚地描述了物资管理所涉及的实体、属性及实体之间的联系。用“零件数量”来描述联系“组成”的属性, 表示某产品由多少个零件组成。

5. 最常用的数据模型

根据具体数据存储需求的不同, 数据库可以使用多种类型的数据模型。较常见的有层次模型、网状模型和关系模型, 以及表示现实复杂问题的面向对象的模型。其中层次模型和网状模型统称为非关系模型。

(1) 层次模型 (Hierarchical Model)。层次模型是数据库系统中最早出现的数据模型, 典型的采用层次模型的数据库系统是美国 IBM 公司于 1968 年推出的 IMS (Information Management System) 数据库管理系统, 这个系统在 20 世纪 70 年代在商业上得到广泛应用。

层次模型是用树型结构来表示各类实体及实体间的联系。这种模型描述数据的组织形式像一棵倒置的树, 它由节点和连线组成, 其中节点表示实体。根节点只有一个, 向下分支, 是一种一对多的关系。层次模型的查询效率很高, 曾得到广泛应用, 但它只能表示一对多联系,