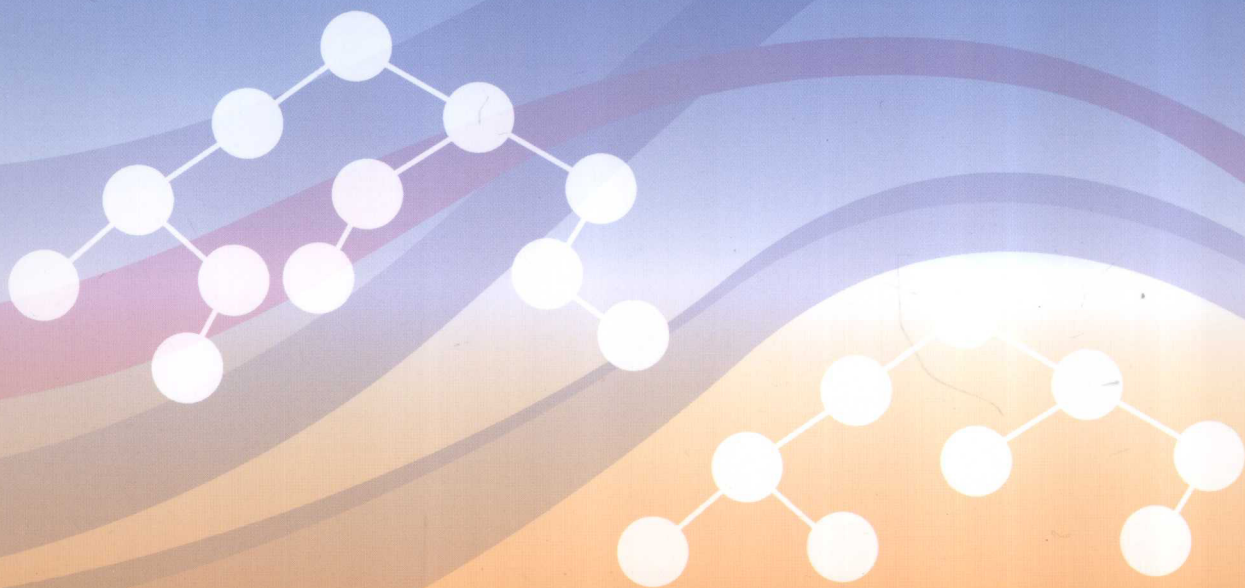


高等学校计算机专业规划教材

# 数据库技术与应用

## (MySQL版)



李 辉 编著

清华大学出版社

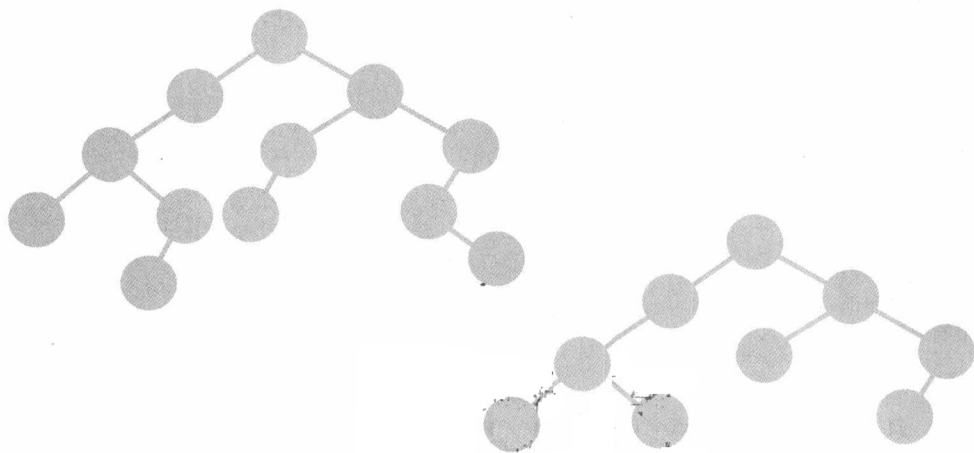


高等学校计算机专业规划教材

# 数据库技术与应用

## (MySQL版)

李 辉 编著



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书全面系统地讲述了数据库技术和应用,全书共15章,内容包括数据库系统基础知识、关系数据库系统及MySQL安装与使用、使用SQL管理数据库和表、视图和索引、数据完整性约束和表维护语句、触发器与事件、存储过程与存储函数、访问控制与安全管理、事务与MySQL的多用户并发控制、MySQL数据库备份与还原、数据库设计方法、PHP的MySQL数据库编程、数据库应用系统开发实例,以及非关系型数据库——NoSQL。本书还以MySQL为背景,介绍了数据库技术的实现,包括数据库和数据表的维护、查询与统计、视图管理、存储过程和触发器的管理、用户管理、约束和默认管理、数据库的备份和还原、存储过程等内容,使读者可以充分利用MySQL平台深刻理解数据库技术的原理,达到理论和实践紧密结合的目的。

本书内容循序渐进,深入浅出,概念清晰,条理性强,每一章节都给出了一些实例,为加强对数据库技术的实践能力的提升。本书附录部分还给出了15个上机实验任务,努力做到数据库知识点实践全覆盖,并增添了数据库目前应用极其热门的新领域,即NoSQL,并以MongoDB为对象进行案例讲解。

本书既可作为本科相关专业“数据库技术及应用”课程的配套教材,也可以供参加数据库类考试的人员、数据库应用系统设计人员、工程技术人员及其他相关人员参阅。对于非计算机专业的本科学士,如果希望学到关键、实用的数据库技术,也可采用本书作为教材。

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

数据库技术与应用:MySQL版/李辉编著. —北京:清华大学出版社,2016  
高等学校计算机专业规划教材  
ISBN 978-7-302-43567-9

I. ①数… II. ①李… 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081863号

责任编辑:龙启铭  
封面设计:何凤霞  
责任校对:焦丽丽  
责任印制:刘海龙

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](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62770175-4608

印刷者:清华大学印刷厂

装订者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

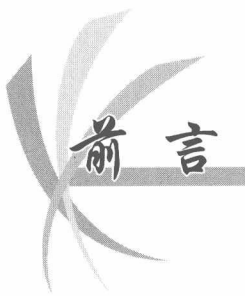
开 本:185mm×260mm 印 张:17.25 字 数:395千字

版 次:2016年7月第1版 印 次:2016年7月第1次印刷

印 数:1~2000

定 价:39.50元

产品编号:068051-01



MySQL 目前成为了全球最受欢迎的数据库管理系统之一,比如淘宝、百度、新浪已经将部分业务数据迁移到 MySQL 数据库中,MySQL 的应用前景可观。MySQL 具有开源、免费、体积小、易于安装、性能高效、功能齐全等特点,因此 MySQL 非常适合于教学。

本书是作者在长期从事数据库课程教学和科研的基础上,为满足“数据库技术及应用”课程的教学需要而编写。全书分 15 章内容,分别从数据库系统基础知识、关系数据库系统、MySQL 数据库应用基础、使用 SQL 管理数据库表、视图和索引、存储过程和触发器、事务和锁、数据库备份和恢复、数据库安全性、数据库设计、数据库服务器端编程以及 PHP 的 MySQL 数据库编程等进行讲述。

传统的关系数据库具有不错的性能。在互联网领域,MySQL 成为了绝对靠前的应用王者。随着互联网 Web 2.0 网站的兴起,传统的关系数据库暴露了很多难以克服的问题,而非关系型的数据库则由于其本身的特点得到了非常迅速的发展。本书还增加了对 NoSQL 知识的介绍,解决大规模数据集合多重数据种类带来的挑战,尤其是大数据应用难题。

本书内容循序渐进、深入浅出。为方便教学和学习,本书在最后部分专门给出了上机实验的内容,能够很好地帮助学习者巩固所学概念。

本书既可作为本科相关专业“数据库技术及应用”课程的配套教材,同时也可以供参加数据库类考试的人员、数据库应用系统开发设计人员、工程技术人员及其他相关人员参阅。对于非计算机专业的本科学生,如果希望学到关键、实用的数据库技术,也可采用本书作为教材。

本书在编写过程中,虽然希望能够为读者提供最好的教材和教学资源,但由于水平和经验有限,错误之处难免,同时还有很多做得不够的地方,恳请各位专家和读者予以指正,并欢迎同行进行交流。来信请发至 [lihui@cau.edu.cn](mailto:lihui@cau.edu.cn)。



## 第 1 章 数据库系统基础知识

/1

1.1	数据库系统的概述	1
1.1.1	数据库系统的基本概念	1
1.1.2	计算机数据管理技术的产生和发展	4
1.1.3	数据库系统的特点	5
1.1.4	数据库系统的组成	7
1.2	数据模型	8
1.2.1	概念模型	9
1.2.2	数据模型的要素	11
1.2.3	基本数据模型	12
1.3	数据库系统结构	14
1.3.1	数据库系统的三级模式结构	14
1.3.2	数据库的二级映射功能与数据独立性	15
1.3.3	C/S 与 B/S 结构	16
1.4	本章小结	17
1.5	习题	17

## 第 2 章 关系数据库系统

/18

2.1	关系模型的数据结构	18
2.2	关系完整性约束	20
2.2.1	域完整性	20
2.2.2	实体完整性	20
2.2.3	参照完整性	21
2.2.4	用户定义的完整性	23
2.3	关系操作	23
2.4	关系代数	24
2.4.1	关系定义	24
2.4.2	关系运算	26
2.5	本章小结	31
2.6	习题	31



### 第 3 章 MySQL 安装与使用 /32

3.1	MySQL 简介 .....	32
3.2	MySQL 服务器与端口 .....	34
3.2.1	MySQL 服务器 .....	34
3.2.2	端口号 .....	34
3.3	MySQL 的安装 .....	34
3.4	启动和停止 MySQL 服务器 .....	46
3.4.1	通过系统服务管理器启动、停止 MySQL 服务器 .....	46
3.4.2	在命令提示符下启动、停止 MySQL 服务器 .....	46
3.5	连接和断开 MySQL 服务器 .....	47
3.6	基于客户端工具 Navicat 操作 MySQL .....	50
3.6.1	下载与安装 .....	51
3.6.2	界面操作使用 .....	51
3.6.3	在 Navicat 中运行 SQL 语句 .....	55
3.7	本章小结 .....	56
3.8	习题 .....	56

### 第 4 章 使用 SQL 管理数据库和表 /57

4.1	SQL 的基本知识特点 .....	57
4.2	数据库管理 .....	58
4.3	SQL 的数据表定义功能 .....	60
4.3.1	常见的数据类型 .....	60
4.3.2	用 SQL 定义数据库表 .....	64
4.4	SQL 的数据操纵功能 .....	67
4.4.1	插入数据记录 .....	67
4.4.2	修改数据记录 .....	68
4.4.3	删除数据记录 .....	69
4.4.4	使用 TRUNCATE 清空表数据 .....	70
4.5	SQL 的数据查询功能 .....	70
4.5.1	查询语句 SELECT 的基本结构 .....	70
4.5.2	单表查询 .....	71
4.5.3	连接查询 .....	83
4.5.4	嵌套查询 .....	89
4.6	jxgl 数据库表 .....	92
4.7	本章小结 .....	94
4.8	习题 .....	94



## 第 5 章 视图和索引 /96

5.1	视图概述	96
5.1.1	视图的优势	97
5.1.2	视图的工作机制	97
5.2	视图定义和管理	97
5.2.1	创建视图	97
5.2.2	删除视图	99
5.2.3	查看视图定义	99
5.2.4	修改视图定义	100
5.3	更新视图数据	101
5.4	对视图的进一步说明	102
5.5	索引概述	102
5.5.1	索引的分类	104
5.5.2	索引的定义和管理	105
5.5.3	设计原则和注意事项	109
5.6	本章小结	111
5.7	习题	111

## 第 6 章 数据完整性约束和表维护语句 /112

6.1	数据完整性约束	112
6.1.1	定义数据完整性	112
6.1.2	命名完整性约束	117
6.1.3	更新完整性约束	118
6.2	表维护语句	118
6.3	本章小结	121
6.4	习题	121

## 第 7 章 触发器与事件 /122

7.1	触发器的概念及管理	122
7.1.1	触发器的概念	122
7.1.2	创建触发器	122
7.1.3	删除触发器	124
7.1.4	使用触发器	124
7.2	事件的概念与管理	126
7.2.1	事件的概念	126
7.2.2	创建事件	127
7.2.3	修改事件	128

7.2.4	删除事件	128
7.3	本章小结	128
7.4	习题	129
<b>第 8 章 存储过程与存储函数 /130</b>		
8.1	存储过程	130
8.1.1	创建存储过程	130
8.1.2	存储过程体	132
8.1.3	调用存储过程	136
8.1.4	修改存储过程	137
8.1.5	删除存储过程	137
8.2	存储函数	138
8.2.1	创建存储函数	138
8.2.2	调用存储函数	139
8.2.3	删除存储函数	139
8.3	本章小结	140
8.4	习题	140
<b>第 9 章 访问控制与安全管理 /141</b>		
9.1	用户账号管理	141
9.1.1	创建用户账号	141
9.1.2	删除用户	142
9.1.3	修改用户账号	143
9.1.4	修改用户口令	143
9.2	账户权限管理	144
9.2.1	权限的授予	144
9.2.2	权限的转移与限制	148
9.2.3	权限的撤销	149
9.3	本章小结	149
9.4	习题	150
<b>第 10 章 事务与 MySQL 的多用户并发控制 /151</b>		
10.1	事务	151
10.1.1	事务的概念	151
10.1.2	事务的 ACID 特性	152
10.1.3	MySQL 事务控制语句	154
10.1.4	事务的隔离性级别	154
10.2	MySQL 的并发控制	156





10.2.1	并发概述	156
10.2.2	锁的概述	157
10.2.3	MyISAM 表的表级锁	158
10.2.4	InnoDB 表的行级锁	159
10.2.5	死锁	160
10.3	本章小结	161
10.4	习题	161
<b>第 11 章</b>	<b>MySQL 数据库备份与还原</b>	<b>/162</b>
11.1	备份与还原概述	162
11.2	通过文件备份和还原	163
11.3	通过命令 MYSQLDUMP 备份还原	164
11.3.1	备份	164
11.3.2	还原	166
11.4	表的导入和导出	167
11.5	本章小结	170
11.6	习题	170
<b>第 12 章</b>	<b>数据库设计方法</b>	<b>/171</b>
12.1	数据库设计概述	171
12.1.1	数据库设计的内容	171
12.1.2	数据库设计的步骤	171
12.2	系统需求分析	173
12.2.1	需求分析的任务	173
12.2.2	需求分析的方法	174
12.2.3	数据流图	175
12.2.4	数据字典	176
12.3	概念结构设计	178
12.3.1	概念结构设计的必要性	179
12.3.2	概念模型的特点	179
12.3.3	概念结构设计的方法与步骤	179
12.3.4	数据抽象和局部 E-R 模型设计	181
12.3.5	全局 E-R 模型设计	183
12.4	逻辑结构设计	184
12.4.1	关系模式规范化	186
12.4.2	模式评价与改进	188
12.5	物理结构设计	189
12.6	数据库实施	189



12.6.1	建立实际数据库结构	189
12.6.2	数据导入数据库	189
12.6.3	应用程序编码与调试	190
12.6.4	数据库试运行	190
12.6.5	整理文档	191
12.7	数据库运行和维护	191
12.7.1	维护数据库的安全性与完整性	191
12.7.2	监测并改善数据库性能	191
12.7.3	重新组织和构造数据库	191
12.8	本章小结	191
12.9	习题	192
<b>第 13 章 PHP 的 MySQL 数据库编程 /193</b>		
13.1	PHP 简介	193
13.2	PHP 编程基础	194
13.3	使用 PHP 进行 MySQL 数据库编程	195
13.3.1	编程步骤	195
13.3.2	建立与 MySQL 数据库服务器的连接	196
13.3.3	选择数据库	198
13.3.4	执行数据库操作	199
13.3.5	关闭与数据库服务器的连接	207
13.4	本章小结	208
13.5	习题	208
<b>第 14 章 数据库应用系统开发实例 /209</b>		
14.1	需求描述	209
14.2	系统分析与设计	209
14.3	数据库设计与实现	211
14.4	系统实现	211
14.5	本章小结	215
14.6	习题	215
<b>第 15 章 从关系型到非关系型数据库 /217</b>		
15.1	NoSQL 概述	217
15.2	NoSQL 数据库的优势比较	217
15.2.1	关系型数据库的优势	217
15.2.2	关系型数据库的劣势	218
15.2.3	NoSQL 数据库的优势	219



15.3	NoSQL 数据库的类型 .....	219
15.3.1	键值存储 .....	220
15.3.2	面向文档的数据库 .....	221
15.3.3	面向列的数据库 .....	221
15.4	NoSQL 数据库选用原则 .....	222
15.5	NoSQL 的 CAP 理论 .....	222
15.5.1	NoSQL 系统是分布式系统 .....	222
15.5.2	CAP 理论阐述 .....	223
15.6	MongoDB 概述 .....	224
15.6.1	选用 MongoDB 原因 .....	224
15.6.2	MongoDB 的优势和不足 .....	225
15.6.3	基本概念 .....	227
15.7	MongoDB 数据库安装配置 .....	227
15.7.1	下载 .....	227
15.7.2	配置 .....	228
15.7.3	启动数据库 .....	230
15.7.4	MongoVUE 图形化管理工具 .....	234
15.7.5	MongoVUE 的安装启动 .....	234
15.7.6	借助 MongoVUE 工具对数据库操作 .....	239
15.8	本章小结 .....	243
15.9	习题 .....	243

## 附录 实验 /244

实验 1	概念模型(E-R 图)绘制 .....	244
实验 2	关系的完整性理解与应用 .....	245
实验 3	MySQL 数据库数据表的创建与修改管理 .....	246
实验 4	MySQL 数据库表的数据插入、修改、删除操作 .....	248
实验 5	MySQL 数据库表数据的查询操作实验 .....	249
实验 6	MySQL 数据库索引创建与管理操作 .....	250
实验 7	MySQL 数据库视图创建与管理 .....	251
实验 8	MySQL 数据库存储过程与函数的创建管理 .....	252
实验 9	MySQL 数据库触发器创建与管理 .....	254
实验 10	MySQL 数据库的安全机制管理 .....	255
实验 11	MySQL 数据库的备份与恢复 .....	255
实验 12	MySQL 日志管理 .....	256
实验 13	MySQL 性能优化 .....	257
实验 14	使用 PHP 访问 MySQL 数据库 .....	258
实验 15	数据库设计 .....	259

## 参考文献 /261

现代计算机已经不仅仅应用在科学计算上,而且广泛应用在各种事务管理工作中,例如高考志愿填报系统、电子商务平台、QQ 好友管理系统、火车票订票系统等各种信息的管理和处理。在这些应用领域中要涉及大量的信息存储、不同需求的数据统计与查询,例如,京东电商平台不仅能查询到各种商品的信息,而且能够实现网上的订购,并能够对消费者的购买行为进行大数据分析,向消费者推荐可能感兴趣的热销商品,这就需要用一种软件工具来有效管理大量的信息,这些从客观上导致了数据库技术的产生和蓬勃的发展。

对于一个国家来说,数据库的建设规模、数据库信息量的大小和使用频率已成为衡量这个国家信息化程度的重要标志。因此,数据库已经成为现代信息系统中非常重要的组成部分。

作为人文、社会、经济、管理等专业的学生,应该了解和学习大型数据库的知识和基本操作,培养运用数据库的技能,以适应将来信息化处理工作的需求。现实世界中的事物必须先转换成计算机能够处理的数据,这需要采用数据模型来表示和抽象现实世界中的数据与信息。

### 1.1 数据库系统的概述

在介绍数据库系统之前,首先介绍一些最常用的数据库术语和基本概念。

#### 1.1.1 数据库系统的基本概念

数据、数据库、数据库管理系统和数据库系统是与数据库技术密切相关的 4 个基本概念,在学习数据库之前,必须对这几个概念有一个深刻的认识。

##### 1. 数据

数据(data)是数据库中存储的基本对象。在大多数人脑中数据的第一个反应就是数字。其实数字只是最简单的一种数据,是对数据的一种传统和狭义的理解。广义的理解是,数据的种类很多,文字、图形、图像、声音、学生的档案记录、货物的运输情况等都是数据。

可以对数据做如下定义:描述事物的符号记录称为数据。描述事物的符号可以是数字,也可以是文字、图形、图像、声音、语言等。数据有多种表现形式,它们都可以经过数字化后存入计算机。

为了了解世界,交流信息,人们需要描述这些事物。在日常生活中直接用自然语言

(如汉语)进行描述。在计算机中,为了存储和处理这些事物,就要抽出对这些事物感兴趣的特征,然后组成一个记录来描述。例如,在学生档案中,如果人们最感兴趣的是学生的姓名、性别、年龄、出生年月、籍贯、所在系别、入学时间,那么可以这样描述:

(秦一超,男,17,2001.08,安徽阜阳,会计系,2016)

因此,这里的学生记录就是数据。对于上面这条学生记录,了解其含义的人会得到如下信息:秦一超是一名大学生,2001年8月出生,男,安徽阜阳人,2016年考入会计系,而不了解其语义的人则可能无法准确理解其含义。可见,数据库的形式还不能完全表达其内容,需要经过解释。所以数据和关于数据的解释是不可分的,数据的解释是指对数据含义的说明,数据的含义称为数据的语义,数据与其语义是不可分的。

## 2. 数据处理

数据处理也称信息处理,就是将数据转化为信息的过程。数据处理的内容主要包括数据的收集、整理、存储、加工、分类、维护、排序、检索和传输等一系列活动。数据处理的目的是从大量的数据中,根据数据自身的规律及其相互作用关系,通过分析、归纳、推理等科学方法,利用计算机技术、数据库等手段提取有效的信息资源,为进一步分析、管理和决策提供依据。

## 3. 数据库

数据库(Database, DB)是指长期存储在计算机内的、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散性,并可为各种用户共享。概括地讲,数据库数据具有永久存储、有组织和可共享三个特点。

数据库可以形象地理解为存放数据的仓库,也就是存放在计算机存储设备上的相关数据的集合。数据库中的数据是按一定的格式存放的。

## 4. 数据库管理系统

数据库管理系统(Database Management System, DBMS)负责对数据库进行管理和维护,它是数据库系统中的主要软件系统。数据库管理系统是位于用户与操作系统之间的一种数据管理软件。它的主要功能包括以下几个方面:

(1) 数据定义功能。DBMS 提供数据定义语言(Data Definition 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 还提供数据操纵语言(Data Manipulation Language, DML),用户可以使用 DML 操纵数据以实现对数据库的基本操作,如查询、插入、删除和修改等。

(3) 数据库的运行管理。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,以保证数据的安全性、完整性、多用户对数据的并发使用及发生故障后的系统恢复等。

(4) 数据库的建立和维护功能。这包括数据库初始数据的输入、转换功能,数据库的转储、恢复功能,数据库的重组功能以及性能监视、分析功能等。这些功能通常是由一些实用程序完成的。

数据库管理系统是数据库系统的一个重要组成部分。典型的商用数据库管理系统有

Oracle、DB2、MySQL、SQL Server、Informix、Sybase、FoxPro 等。其中 MySQL 具有开源、免费、体积小、便于安装且功能强大等特点。本书将在第 3 章介绍 MySQL 的安装与使用。

### 5. 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。应当指出的是,数据库的建立、使用和维护等工作只靠一个 DBMS 远远不够,还要有专门的人员来完成,这些人则称为数据库管理员(Database Administrator, DBA)。

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。数据库系统可以用图 1-1 来表示。数据库系统在整个计算机系统中的地位如图 1-2 所示。

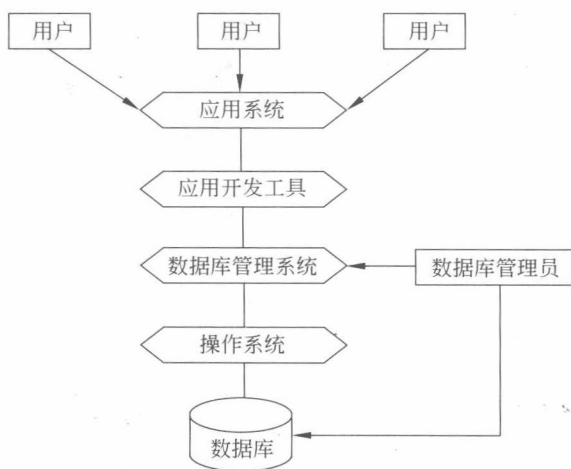


图 1-1 数据库系统构成示意图

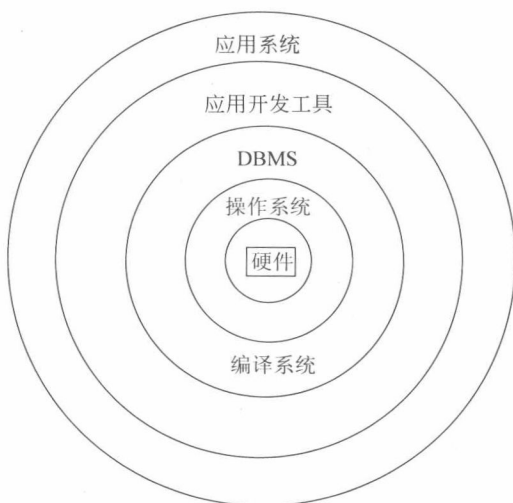


图 1-2 数据库在计算机系统中的地位

## 1.1.2 计算机数据管理技术的产生和发展

数据库技术是应数据管理任务的需要而产生的。在应用需求的推动下,在计算机硬件、软件发展的基础上,数据管理技术经历了人工管理、文件系统、数据库系统三个阶段。

### 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。这个阶段的数据处理是通过手工进行的,计算机中没有专门的数据管理软件,也没有磁盘之类的存储设备来存储数据。人工管理数据具有如下特点:

(1) 数据不保存。由于当时的计算机主要用于科学计算,因而一般不需要将数据长期保存,只是在计算某一题目时将数据输入,用完就撤走。

(2) 应用程序管理数据。数据需要由应用程序自己管理,没有相应的软件系统负责数据的管理工作。应用程序中不仅要规定数据的逻辑结构,而且要设计物理结构,包括存储结构、存取方法、输入方式等,因此程序员负担很重。

(3) 数据不共享。数据是面向应用的,一组数据只能对应一个程序。当多个应用程序

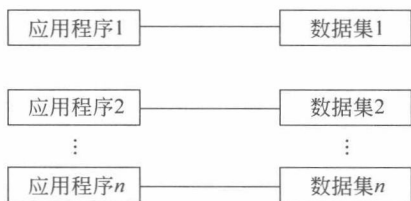


图 1-3 人工管理阶段应用程序与数据之间的对应关系

涉及某些相同的数据时,由于必须各自定义,无法互相利用、互相参照,因此程序与程序之间有大量的冗余数据。

(4) 数据不具有独立性。数据的逻辑结构或物理结构发生变化后,必须对应用程序做相应的修改,这就进一步加重了程序员的负担。

在人工管理阶段,程序与数据之间的一一对应关系可用图 1-3 表示。

### 2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期,随着计算机硬件和软件的快速发展,出现了用于专门管理数据的软件,即文件系统。在文件系统数据管理阶段,数据按一定的规则组成一个文件,应用程序通过文件系统对文件中的数据进行存取和加工。文件系统对数据的管理,实际上是通过应用程和数据之间的接口实现的。

文件系统提供了应用程序和数据之间的一种公共接口,使得应用程序可以采用统一的存取方法来操作数据。

用文件系统管理数据具有如下特点:

(1) 数据可以长期保存。由于计算机大量用于数据处理,数据需要长期保留在外存上反复进行查询、修改、插入和删除等操作。

(2) 由文件系统管理数据。由专门的软件即文件系统进行管理,文件系统把数据组织成相互独立的数据文件,利用“按文件名访问,按记录进行存取”的管理技术,可以对文件进行修改、插入和删除等操作。文件系统实现了记录内的结构性,但整体无结构。程序和数据之间由文件系统提供存取方法进行转换,使应用程序与数据之间有了一定的独立性,程序员可以不必过多地考虑物理细节,而将精力集中于算法,并且数据在存储上的改变不一定反映在程序上,大大节省了维护程序的工作。但是,文件系统仍存在一些

缺点。

(3) 数据共享性差,冗余度大。在文件系统中,一个文件基本上对应于一个应用程序,即文件仍然是面向应用的。当不同的应用程序具有部分相同的数据时,也必须建立各自的文件,而不能共享相同的数据,因此数据的冗余度大,浪费存储空间。同时,由于数据的重复存储、各自管理,容易造成数据的不一致性,给数据的修改和维护带来了困难。

(4) 数据独立性差。文件系统中的文件是为某一特定应用服务的,文件的逻辑结构对该应用程序来说是优化的,因此要想对现有的数据再增加一些新的应用会很困难,系统不容易扩充。一旦数据的逻辑结构改变,必须修改应用程序,修改文件结构的定义。应用程序的改变(例如,应用程序改用不同的高级语言等),也将引起文件的数据结构的改变。因此,数据与程序之间仍缺乏独立性。

可见,文件系统仍然是一个不具有弹性的无结构的数据集合,即文件之间是孤立的,不能反映现实世界事物之间的内在联系。在文件系统阶段,程序与数据之间的关系如图 1-4 所示。

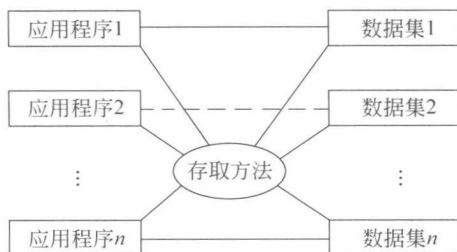


图 1-4 文件系统阶段应用程序与数据之间的关系

### 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越来越大,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。为解决多用户、多应用共享数据的需求,使数据为尽可能多的应用服务,出现了数据库系统。在应用程序和数据库之间有了一个新的数据库管理软件,即数据库管理系统 DBMS。

#### 1.1.3 数据库系统的特点

与人工管理和文件系统相比,数据库系统的特点主要有以下几个方面。

##### 1. 数据结构化

数据库在描述数据时不仅要描述数据本身,还要描述数据之间的联系。在文件系统中,尽管其记录内部已有了某些结构,但记录之间没有联系。数据库系统实现了整体数据的结构化,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本质区别。在数据库系统中,数据不再针对某一应用,而是面向全组织,具有整体的结构化。

##### 2. 数据的共享性高,冗余度低,易扩充

数据库系统从整体角度来看待和描述数据,数据不再只是面向某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。

由于数据面向整个系统,是有结构的数据,不仅可以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

数据独立性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



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发生了改变,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。

数据独立性是由 DBMS 的二级映射功能来保证的。

数据与程序的独立,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开发,大大减少了应用程序的维护和修改。

#### 4. 数据由 DBMS 统一管理和控制

数据由 DBMS 统一管理和控制,用户和应用程序通过 DBMS 访问和使用数据库。数据库的共享是并发的共享,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:

(1) 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使用造成数据的泄密和破坏。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。

(2) 数据的完整性(Integrity)检查。数据的完整性是指数据的正确性、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。

(3) 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得到错误的结果,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。

(4) 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,甚至造成数据库部分或全部数据的丢失。DBMS 必须具有将数据库从错误状态恢复到某一已知的正确状态的功能,这就是数据库的恢复功能。

数据库管理阶段应用程序与数据之间的对应关系可用图 1-5 表示。

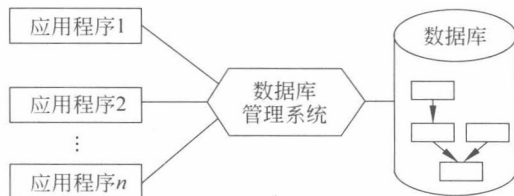


图 1-5 数据库系统阶段应用程序与数据之间的对应关系

综上所述,数据库是长期存储在计算机内有组织的、大量的、共享的数据集合。它可以供各种用户共享,具有最小的冗余度和较高的数据独立性。DBMS 在数据库建立、运用和维护时对数据库进行统一控制,以保证数据的完整性、安全性,并在多用户同时使用数据库时进行并发控制,在发生故障后对系统进行恢复。

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,转向以共享的数据库为中心的新的阶段。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,从而提高了数据的利用率和相容性,提高了决策的可靠性。