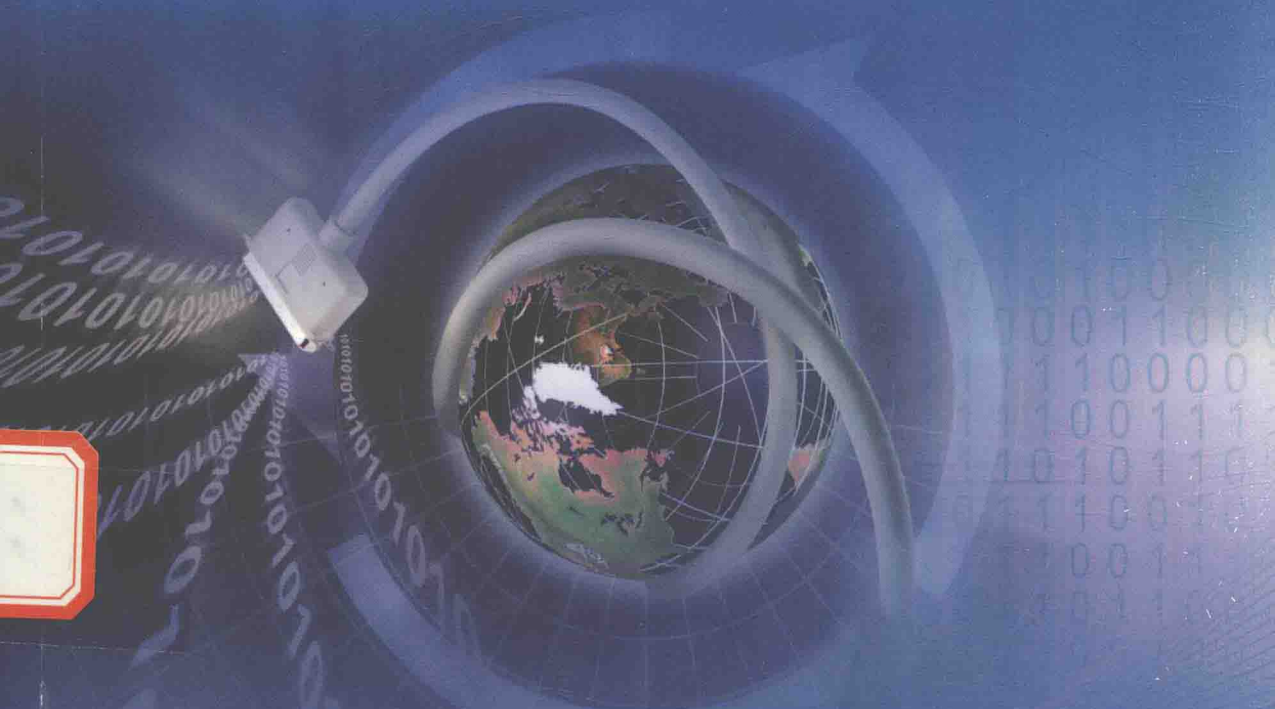


大学应用型课程专业（精品）系列教材 喻世友◎主编

大学应用型课程专业（精品）系列教材·计算机应用类 杨智◎主编

数据库 系统原理与设计

薄 宏 主编 / 成海秀 苑俊英 副主编



中山大學出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

大学应用型课程专业（精品）系列教材 喻世友◎主编

大学应用型课程专业（精品）系列教材·计算机应用类 杨智◎主编

数据库 系统原理与设计

薄 宏 主编 / 成海秀 苑俊英 副主编



中山大学出版社
SUN YAT-SEN UNIVERSITY PRESS

· 广州 ·

版权所有 翻印必究

图书在版编目 (CIP) 数据

数据库系统原理与设计/薄宏主编; 成海秀, 苑俊英副主编. —广州: 中山大学出版社, 2015. 8

[大学应用型课程专业 (精品) 系列教材/喻世友主编; 大学应用型课程专业 (精品) 系列教材·计算机应用类/杨智主编]

ISBN 978 - 7 - 306 - 05375 - 6

I. ①数… II. ①薄… III. ①数据库系统 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 170653 号

出版人: 徐 劲

责任编辑: 黄浩佳

封面设计: 曾 斌

责任校对: 廖丽玲

责任技编: 何雅涛

出版发行: 中山大学出版社

电 话: 编辑部 020 - 84111996, 84113349, 84111997, 84110779

发行部 020 - 84111998, 84111981, 84111160

地 址: 广州市新港西路 135 号

邮 编: 510275 传 真: 020 - 84036565

网 址: <http://www.zsup.com.cn> E-mail: zdchs@mail.sysu.edu.cn

印 刷 者: 虎彩印艺股份有限公司

规 格: 787mm × 1092mm 1/16 16 印张 370 千字

版次印次: 2015 年 8 月第 1 版 2015 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 38.00 元

如发现本书因印装质量影响阅读, 请与出版社发行部联系调换

大学应用型课程专业（精品）系列教材 编委会

主 编 喻世友

委 员 （按姓氏拼音排序）

陈功玉 陈剑波 陈天祥 丁建新 方海云 冯 原 何江海
黄静波 黎颂文 廖俊平 孙 立 王丽荣 卫建国 杨 智
喻世友 赵过渡

大学应用型课程专业（精品）系列教材·计算机应用类 编委会

主 编 杨 智

副主编 苑俊英

编 委 （按姓氏拼音排序）

薄 宏 陈海山 曹惠茹 成海秀 戴宏明 洪维恩 卢洪斌
谭志国 温泉思 杨 智 苑俊英 张鉴新 钟晓婷

本书编委会

主 编 薄 宏

副主编 成海秀 苑俊英

编 委 （按姓氏拼音排序）

薄 宏 成海秀 苑俊英

前 言

数据库是计算机学科的一个重要分支，是计算机相关专业一门必修的核心课程。数据库技术是计算机科学技术中发展最快领域之一，也是应用最广的技术之一，是计算机信息系统与应用系统的核心技术和重要基础，是任何一个组织和企业信息化建设得以顺利发展的关键条件。学习数据库技术，关键是学习一个企业或组织内部数据库的建立、部署和维护，学习如何利用现有数据为用户提供服务、以及如何保证数据库的安全性等一系列技术及应用。

在应用型人才培养模式下，数据库技术及应用课程的教学过程应该注重学生实践能力的培养。在现有数据库技术下，教师在课堂上如何组织教学，如何安排教学内容，采用什么样的教学方法，对教学效果起着举足轻重的作用。所以，编者根据自身的实践及教学经验，以自己研发的在线考试系统为例，介绍数据库相关技术，以及如何使用数据库技术完成在线考试系统的数据库设计及创建过程。通过教材内数据库技术的介绍，以及案例的设计与实现，要求读者能根据实际应用环境，构建相应的数据库系统，并保证数据库达到用户所需的性能。

本书为广东省教育厅“育苗工程（自然科学）”之“计算思维与应用型本科人才培养结合下的计算机专业基础课程建设”项目成果之一。

本书共包括 11 章。其中，第 1 章数据库概述，主要介绍数据库技术的基础知识，包括数据库中基本概念、数据库管理技术的发展过程、几种主要的数据模型以及数据库体系结构组成等内容；第 2 章关系数据库，主要介绍关系模型的基本概念、数据库的完整性、集合运算和关系运算；第 3 章关系数据库的标准语言，是数据库设计的核心技术，主要介绍关系数据库语言 SQL 及其功能；第 4 章数据库的完整性，主要介绍 RD-BMS 完整性实现的机制，包括完整性约束的定义、检查和违背完整性约束时应采取的动作；第 5 章关系数据库的规范化，主要介绍关系数据库的规范化理论，讨论如何设计一个好的关系模式；第 6 章数据库的安全性，主要介绍了数据库的安全性机制，主要防止非法用户和非法操作；第 7 章数据库设计，主要介绍数据库设计的方法和步骤，重点要求读者在前序数据库技术的基础上，灵活运用所学方法和思想，设计符合实际需求的关系数据库应用系统；第 8 章关系数据库的查询优化与处理；第 9 章数据库恢复技术，主要介绍事务及事务的特点、故障种类和恢复的策略；第 10 章并发控制，主要介绍在多线程系统中，对同一时刻并发执行多个事务的控制及处理机制；第 11 章其它数据库技术概述，主要介绍了 JDBC 编程、数据仓库、数据挖掘和分布式数据库等数据库技术。

本书由薄宏、成海秀和苑俊英编写，主要编写人员和分工如下：第 1 章、第 8 章至第 11 章由成海秀编写；第 2 章至第 6 章由薄宏编写；第 3 章的存储过程、第 4 章的触发器、第 7 章、第 11 章的 JDBC 编程由苑俊英编写。全书由薄宏进行统稿和定稿，由苑俊英进行统一审校，书中在线考试系统的数据库设计由苑俊英项目团队提供。

在本书编写过程中，中山大学信息科学与技术学院的杨智教授提出了很多宝贵的建议和意见，在此表示衷心感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏，恳请读者批评指正。本书还配有教学课件和部分参考代码，有需要的读者可与作者联系。

编者

2015年7月

1.3.3.2	软件平台	18
1.3.3.3	相关人员	18
1.3.4	数据库管理系统 (DBMS) 的组成	19
1.4	本章小结	20
	习题1	20
第2章	关系数据库	22
2.1	关系模型的基本术语及概念	22
2.1.1	基本术语	23
2.1.1.1	二维表	23
2.1.1.2	关系	23
2.1.1.3	关系的数学定义	25
2.1.2	关系的概念	26
2.1.3	关系的性质	26
2.1.3.1	同一关系的属性名具有不可重复性	26
2.1.3.2	同一属性的数据具有同质性	26
2.1.3.3	关系中元组的位置具有顺序无关性	26
2.1.3.4	关系中列的位置具有顺序无关性	27
2.1.3.5	关系具有元组无冗余性	27
2.1.3.6	关系中每个属性都必须是不可再分的基本数据项	27
2.1.4	关系模式	27
2.1.5	关系数据库	28
2.2	关系完整性	29
2.2.1	实体完整性	30
2.2.2	参照完整性	30
2.2.3	用户定义的完整性	31
2.3	关系代数	32
2.3.1	传统的集合运算	33
2.3.2	专门的关系运算	35
2.3.2.1	选择 (Selection)	35
2.3.2.2	投影 (Projection)	38
2.3.2.3	连接 (Join)	39
2.3.2.4	除 (Division)	40
2.4	本章小结	44
	习题2	44
第3章	关系数据库标准语言——SQL	47
3.1	SQL 概述	47
3.1.1	SQL 的产生与发展	47
3.1.2	SQL 的特点	47

3.2	数据的定义	48
3.2.1	模式的定义与删除	48
3.2.2	基本表的定义、删除与修改	49
3.2.3	索引的定义与删除	53
3.3	数据查询	54
3.3.1	单表查询	55
3.3.1.1	查询表中指定字段	55
3.3.1.2	查询行	56
3.3.1.3	排序	58
3.3.1.4	分组	58
3.3.2	联接查询	60
3.3.3	嵌套查询	61
3.3.4	集合查询	65
3.3.5	SELECT 语句的书写规范	66
3.4	数据的更新	67
3.4.1	数据的插入	67
3.4.2	数据的修改	68
3.4.3	数据的删除	68
3.5	视图	70
3.5.1	视图的定义	70
3.5.2	视图的查询	71
3.5.3	视图的更新	71
3.5.4	视图的作用	71
3.6	存储过程	72
3.6.1	存储过程的概念、优点与分类	72
3.6.2	创建存储过程	73
3.6.3	查看存储过程	74
3.6.4	重新命名存储过程	74
3.6.5	删除存储过程	75
3.6.6	执行存储过程	75
3.6.7	修改存储过程	75
3.7	本章小结	76
	习题3	76
第4章	数据库的完整性	79
4.1	实体完整性	80
4.1.1	实体完整性	80
4.1.2	实体完整性检查和违约处理	81
4.2	参照完整性	81

4.2.1	参照完整性定义	83
4.2.2	参照完整性检查和违约处理	83
4.3	用户定义的完整性	85
4.3.1	限制字段取值的约束条件	86
4.3.2	记录上约束条件的定义	87
4.3.3	约束条件的检查和违约处理	88
4.4	完整性约束命名子句	88
4.5	触发器	89
4.5.1	触发器的概念及作用	89
4.5.2	SQL Server 触发器概述	90
4.5.3	DML 触发器的创建和应用	91
4.5.4	DDL 触发器的创建和应用	97
4.5.5	查看、修改和删除触发器	100
4.6	本章小结	102
	习题 4	102
第 5 章	关系数据库的规范化	106
5.1	为什么要规范化	106
5.1.1	规范化理论相关的基本概念	106
5.1.2	异常问题	107
5.2	函数依赖	110
5.2.1	函数依赖的定义	110
5.2.2	多值依赖	113
5.2.3	关系的码	116
5.3	范式	117
5.3.1	范式的概念	117
5.3.2	第一范式 (1NF)	118
5.3.3	第二范式 (2NF)	119
5.3.4	第三范式 (3NF)	121
5.3.5	BC 范式 (BCNF)	122
5.3.5.1	BCNF 的定义	122
5.3.5.2	分解成 BCNF 模式的算法	123
5.3.6	规范化小结	125
5.4	关系模式分解	126
5.4.1	模式分解的三条准则	126
5.4.2	无损连接分解	127
5.4.3	保持函数依赖的分解	128
5.5	本章小结	130
	习题 5	131

第 6 章 数据库的安全性	132
6.1 数据库安全性概述	132
6.1.1 对数据库安全的威胁	132
6.1.2 数据库安全技术标准	133
6.1.2.1 TCSEC 标准	133
6.1.2.2 ITSEC 标准	134
6.1.2.3 CC 标准	135
6.1.2.4 我国的国家标准	136
6.2 数据库安全性控制	136
6.2.1 用户标识与鉴别	137
6.2.2 存取控制	138
6.2.3 授权与回收	139
6.2.4 数据库角色	140
6.2.5 自主存取控制与强制存取控制	142
6.3 视图机制	143
6.4 审 计	144
6.5 数据加密	145
6.5.1 数据加密的原理	146
6.5.2 数据库加密方法	147
6.5.3 数据库的密码系统	148
6.6 统计数据库安全性	150
6.7 本章小结	151
习题 6	151
第 7 章 数据库设计	153
7.1 数据库设计概述	153
7.1.1 数据库设计的任务	153
7.1.2 数据库设计的特点	153
7.1.3 数据库设计的基本步骤	154
7.2 需求分析	157
7.2.1 需求分析的任务	157
7.2.2 收集需求分析的步骤与方法	158
7.2.3 需求分析的方法	159
7.2.4 数据字典	161
7.2.5 需求分析的结果	163
7.3 概念结构设计	164
7.3.1 概念结构设计的方法和步骤	165
7.3.2 局部视图设计	166
7.3.3 全局视图设计	168

7.4	逻辑结构设计	170
7.4.1	逻辑结构设计的步骤	170
7.4.2	E-R图向关系模型的转换	171
7.4.2.1	一个实体型转换为一个关系模式	171
7.4.2.2	实体间的联系根据联系的类型进行转换	171
7.4.3	关系模型的优化	172
7.4.4	分解	172
7.4.5	设计用户子模式	173
7.5	物理结构设计	174
7.5.1	存取方法的选择	175
7.5.2	确定数据库的物理结构	176
7.5.3	物理结构的评价	177
7.6	数据库实施	177
7.6.1	数据库实施	177
7.6.2	数据库试运行	178
7.7	数据库运行和维护	178
7.8	本章小结	179
	习题7	180
第8章	关系数据库的查询优化与处理	181
8.1	关系数据库系统的查询处理	181
8.1.1	关系数据库查询处理步骤	181
8.1.2	实现查询操作的算法	182
8.1.2.1	选择操作的实现算法	182
8.1.2.2	连接操作的实现算法	183
8.2	关系数据库系统的查询优化	185
8.2.1	查询优化概述	185
8.2.2	代数优化	186
8.2.3	物理优化	189
8.2.3.1	基于启发式规则的存取路径选择优化	190
8.2.3.2	基于代价的存取路径选择优化	190
8.3	本章小结	192
	习题8	192
第9章	数据库恢复技术	193
9.1	数据库恢复概述	193
9.1.1	事务的概念和特性	193
9.1.2	故障的种类	194
9.1.2.1	事务内部的故障	194
9.1.2.2	系统故障	195

9.1.2.3 介质故障	195
9.1.2.4 计算机病毒	195
9.2 恢复的实现技术与恢复策略	196
9.2.1 数据转储	196
9.2.2 登记日志文件	197
9.2.2.1 日志文件的格式和内容	197
9.2.2.2 日志文件的作用	197
9.2.2.3 登记日志文件	198
9.2.3 恢复策略	198
9.3 具有恢复点的恢复技术	199
9.4 数据库镜像	201
9.5 本章小结	201
习题9	201
第10章 并发控制	202
10.1 并发控制概述	202
10.2 封锁	204
10.2.1 封锁的概念	204
10.2.2 活锁	205
10.2.3 死锁	206
10.3 并发调度的可串行性	207
10.3.1 可串行化调度	207
10.3.2 冲突可串行化调度	208
10.4 两段封锁协议	209
10.5 封锁的粒度	210
10.5.1 多粒度封锁	211
10.5.2 意向锁	211
10.6 本章小结	212
习题10	212
第11章 其他数据库技术概述	213
11.1 JDBC 编程	213
11.1.1 JDBC API	213
11.1.2 JDBC 编程步骤	216
11.2 面向对象数据模型	220
11.2.1 UML 定义的类型图	223
11.2.2 利用 ROSE 建模操作	225
11.3 数据仓库	226
11.3.1 数据仓库的概念	226
11.3.2 数据仓库和数据集市	227

11.3.3	数据仓库系统的体系结构	229
11.3.4	联机分析 (OLAP) 技术概述	230
11.3.5	SQL Server 中的数据仓库组件	232
11.4	数据挖掘	233
11.4.1	数据挖掘技术概述	233
11.4.2	数据挖掘的定义	233
11.4.3	数据挖掘的过程模型和常用技术	234
11.4.4	目前数据挖掘的主要应用	235
11.5	分布式数据库	235
11.5.1	分布式数据库系统概述	235
11.5.2	分布式数据存储	236
11.5.3	分布式数据的查询处理	237
11.5.4	分布式数据库系统中的事务处理	237
11.5.4.1	分布式数据库系统的并发控制	238
11.5.4.2	分布式数据库系统的恢复控制	239
11.6	本章小结	240
习题 11	240
参考文献	242

第 1 章 数据库概述

数据库是数据管理的最新技术，是计算机学科的一个重要分支。21 世纪的今天，在这个信息爆发的时代，信息资源已经成为各行各业各个部门的重要资源和财富。建立一个满足各级部门信息处理要求的信息化系统，成为一个组织或企业生存发展的关键条件。因此，作为信息系统核心和基础的数据库技术得到越来越广泛的使用，从小型的数据库应用到大型的信息系统，从联机事务处理到联机分析处理，从商业领域（如银行、证券行业、销售部门、医院等）到政府部门（如公安部、教育部等）等，越来越多的领域采用数据库技术来存放和处理其相关的信息资源。

随着信息时代的发展，数据库产生了一些新的应用领域，主要包括多媒体数据库、移动数据库、空间数据库、信息检索系统、分布式信息检索和专家决策系统等。

本章介绍数据库技术的基础知识，包括数据库中的四个重要概念、数据库管理技术的发展进程、几种主要的数据模型以及数据库体系结构组成等。读者可以从中学了解到使用数据库技术的原因及其重要性。

1.1 数据库系统概述

1.1.1 数据库的四个重要概念

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四个重要概念，熟练掌握这些基本概念对数据库技术和后续知识的学习极为重要。

1.1.1.1 数据（Data）

信息是人类赖以生存的三大支柱之一，各种各样的信息只有通过数据进行表示才能够进行采集、传输、储存与处理。

信息是人们对现实世界中的事物的状态和特征的描述，它是各种客观事物的存在方式、运动形态和具体特征及其联系等要素，通过人脑抽象后形成的概念和描述。例如学生资料、教职工资料、选课情况等是与学校运营相关的信息。要对现实世界中的各种信息进行采集、传输、储存与处理，必须通过数据这个载体进行描述和表示。

数据作为信息的表达方式和载体，是数据库中存储的基本对象，它是描述事物各种信息的符号记录。其中符号可以是数字，也可以是文本、图形、图像、音视频等。数据有多种表现形式，但是它们都必须经过数字化处理后存放在计算机里面。

1.1.1.2 数据库（DataBase, DB）

数据库，简单地讲就是存放数据的仓库，它是长期存放在计算机内有组织（结构）的、可以共享的大量数据集合。数据库中的数据按照一定的结构（数据模型）进行组织、描述和存储，具有较小的冗余度、较高的数据独立性和较强的扩展性，并且能够实

各种用户共享数据。

概括地讲，数据库中的数据具有三个基本特点：有组织、可共享和可长期储存。

1.1.1.3 数据库管理系统 (DataBase Management System, DBMS)

数据有组织地储存在计算机里的数据库中，但是如何科学有效地组织和存储这些数据，高效地维护和获取这些数据呢？这就需要通过计算机的一个系统软件——数据库管理系统来做这些事情。

数据库管理系统是位于用户和操作系统之间的一个数据管理软件，是建立、使用、管理和维护数据库，并对其中的数据进行统一管理和控制的软件，它在计算机系统中的地位如图 1-1 所示。通过该软件，可以方便用户对数据进行定义和操纵，确保数据库数据的安全性、完整性和多用户使用数据库数据时的并发性，并在系统发生意外的时候进行数据库的恢复工作等。数据库管理系统是数据库系统的一个重要组成部分，它具有以下几个方面功能：

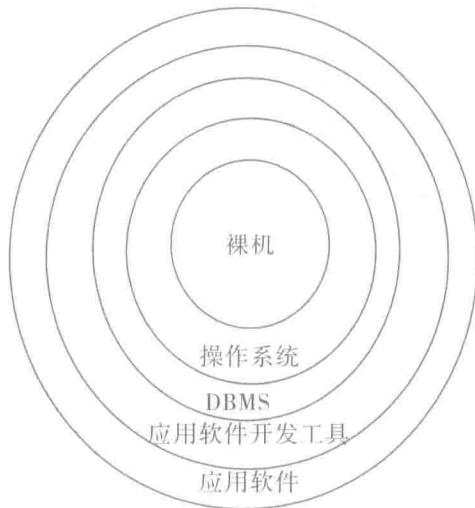


图 1-1 数据库管理系统在计算机系统中的地位

1. 数据定义

数据库管理系统提供了数据定义语言 (Data Definition Language, DDL)，用户通过 DDL 可以很方便地对所用到的数据库的各种对象进行定义，如对数据库、基本表、视图、触发器等进行定义。

2. 数据操纵

数据库管理系统还提供了数据操纵语言 (Data Manipulation Language, DML)，用户可以通过 DML 实现对数据库的基本操纵，如对数据库中的数据进行增、删、改、查等操作。

3. 组织、储存和管理数据

数据库管理系统要对各种数据进行分类组织、管理和储存，其中包括用户数据、用户字典、数据的存取路径等，并且还要确定存放数据库数据的文件结构的种类、数据的

存取方式（顺序查找、Hash 查找、索引查找等）、数据之间进行联系的方式，进而提高数据的存取效率和存储空间的利用率。

4. 数据库的建立和维护

数据库的建立和维护主要包括数据库初始数据的输入、转换，数据的转储与恢复，数据库的重组、性能监视和性能分析等功能。通常是使用一些相关的应用程序和管理工具来实现这些功能。

5. 事务管理和运行管理

数据库事务管理和运行管理是数据库管理系统的核心。数据库管理系统利用数据控制语言（Data Control Language, DCL）、事务管理语言（Transact Management Language, TML）和系统运行控制程序对数据库的建立和维护进行统一的管理和控制，以保证数据的完整性、安全性、多用户共享数据的并发性和系统发生故障时的系统恢复。

6. 其他功能

主要包括数据库管理系统与其他软件系统之间的数据通信功能、不同的数据库管理系统之间的数据转换功能以及异构数据库之间的互操作和互访功能。

1.1.1.4 数据库系统（DataBase System, DBS）

数据库系统就是指引入了数据库后的计算机系统，一般由数据库、数据库管理系统（及其开发工具）、应用系统和数据库管理员构成。其系统组成如图 1-2 所示。

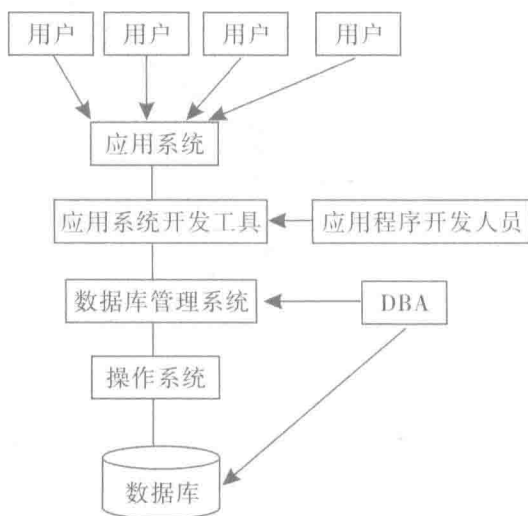


图 1-2 数据库系统的组成

1.1.2 数据管理技术的发展

数据库技术是随着数据管理的需要而产生的。

计算机和网络技术的发展，极大地促进了数据库技术的快速发展和广泛应用。在数据管理的应用需求的推动和计算机软硬件发展的基础上，数据管理技术的发展主要经历了人工管理、文件系统管理、数据库系统管理三个发展阶段。