

高等学校计算机教育规划教材

数据库 技术及应用

胡 燕 主编
罗 可 主审

<http://www.tup.com.cn>



清华大学出版社

高等学校计算机教育规划教材

数据库 技术及应用

胡 燕 主编 / 周松林 凌咏红 等编著 / 罗 可 主审

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

数据库技术及应用是数据分析与信息处理领域中的课程,涉及计算机系统与平台、数据分析与信息处理两个知识领域的内容。

本书系统介绍了数据库的基本原理和 SQL 语言的使用,详细介绍了数据库应用系统设计过程,并通过实例开发了完整的 C/S 模式和 B/S 模式的小型数据库应用系统,实践一个数据库开发的全过程。本书还初步介绍了数据库保护技术、分布式数据库系统、面向对象数据库系统以及数据库技术的发展与展望。

全书概念清楚,内容丰富,每章配有小结和习题,便于讲授与学习。

本书可作为各高等院校非计算机专业计算机基础教学的教材,也可供从事计算机工程与应用的广大科技工作者参考。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

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。

本书防伪标签采用特殊防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

数据库技术及应用 / 胡燕主编. —北京:清华大学出版社, 2005.10

(高等学校计算机教育规划教材)

ISBN 7-302-11912-0

I. 数… II. 胡… III. 数据库系统-高等学校-教材 IV. TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 112885 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

责任编辑: 张瑞庆

封面设计: 常雪影

印 刷 者: 北京季蜂印刷有限公司

装 订 者: 北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185×260 印张: 14.75 字数: 352 千字

版 次: 2005 年 10 月第 1 版 2005 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-11912-0/TP·7729

印 数: 1~5000

定 价: 19.00 元

编 委 会

名誉主任：陈火旺

主 任：何炎祥

副 主 任：王志英 杨宗凯 卢正鼎

委 员：（按姓氏笔画为序）

王更生 王忠勇 刘先省 刘腾红 孙俊逸

芦康俊 李仁发 李桂兰 杨健沾 陈志刚

陆际光 张焕国 张彦铎 罗 可 金 海

钟 珞 贵可荣 胡金柱 徐 苏 康立山

薛锦云

丛书策划：张瑞庆 汪汉友

本书主审：罗 可

前言

FOREWORD

本书详细介绍了数据库的基本原理和 SQL 语言的使用、数据库应用系统设计过程,实践一个数据库开发的全过程,并初步介绍了数据库技术最新的应用领域及其发展与展望。全书共分 10 章。第 1 章介绍了数据库基础知识,综述了数据库、数据库管理系统和数据库系统等基本概念,详细介绍了数据库系统的内部体系结构和外部体系结构,包括三级模式结构和常用的 C/S 模式、B/S 模式;第 2 章介绍了常用的实体联系模型和关系数据模型;第 3 章和第 4 章论述了 SQL 语言基础及嵌入式 SQL 语句的使用;第 5 章和第 6 章讨论了数据库应用系统设计的基本过程,并在此基础上通过学生管理系统开发了完整的 C/S 模式和 B/S 模式的小型数据库应用系统,实践一个数据库开发的全过程;第 7 章简单论述了数据库保护技术;第 8 章和第 9 章对当前比较流行的分布式数据库和面向对象数据库进行了介绍;第 10 章介绍了数据库技术的发展,包括多媒体数据库、数据仓库与数据挖掘、实时数据库和专家数据库。

本书可作为各高等院校非计算机专业计算机基础教学的教材,讲授学时为 40~60。通过本课程的学习,使学生了解计算机信息管理技术的发展及应用,掌握数据库的基本原理和 SQL 语言的使用,学习以数据库为核心、基于网络环境的信息系统开发的基本过程、设计方法与规范,并通过具体的开发工具的使用,初步掌握代表当前先进开发思想的面向对象技术、组件技术及可视化编程,为今后利用计算机处理信息以及不断跟踪和掌握计算机应用技术打下基础。

本书也可供从事计算机工程与应用工作的科技工作者参考。

全书的编写由胡燕、周松林、凌咏红、钟珞、郑巧仙、李文华、段翠萍、牛志梅、李强、张德超合作完成,是集体智慧的结晶。其中,本书的第 1 章和第 7 章由凌咏红编写,第 2 章由胡燕、李强编写,第 3 章由段翠萍编写,第 4 章由郑巧仙、钟珞编写,第 5 章由周松林、钟珞编写,第 6 章由李文华编写,第 8 章由牛志梅编写,第 9 章由郑巧仙编写,第 10 章由周松林、张德超编写。全书由胡燕统一定稿。

本书的大纲及书稿由罗可教授审阅,并提出了许多宝贵意见。本书的出

著的教材,也有部分已经出版教材的更新和修订版本。这套教材由国内 30 余所知名高校从事计算机教学和科研工作的一线教师、专家教授编写,并由相关领域的知名专家学者审读全部书稿,多数教材已经经受了教学实践的检验,适用于本科教学,部分教材可用于研究生学习。

我们相信通过高水平、高质量的编写和出版,这套教材不仅能够得到大家的认可和支持,也一定能打造成一套既有时代特色,又特别易教易学的高质量的系列教材,为我国计算机教材建设及计算机教学水平的提高,为计算机教育事业的发展和高素质人才的培养作出我们的贡献。

《高等学校计算机教育规划教材》编委会

2005 年 7 月

序 言

PREFACE

随着信息社会的到来,我国的高等学校计算机教育迎来了大发展时期。在计算机教育不断普及和高等教育逐步走向大众化的同时,高校在校生的人数也随之增加,就业压力随之加大。灵活应用所学的计算机知识解决各自领域的实际问题已经成为当代大学生必须具备的能力。为此,许多高等学校面向不同专业的大学生开设了相关的计算机课程。

时代的进步与社会的发展对高等学校计算机教育的质量提出了更高、更新的要求。抓好计算机专业课程以及计算机公共基础课程的教学,是提高计算机教育质量的关键。现在,很多高等学校除计算机系(学院)外,其他系(学院)也纷纷开设了计算机相关课程,在校大学生也必须学习计算机基础课程。为了适应社会的需求,满足计算机教育的发展需要,培养基础宽厚、能力卓越的计算机专业人才和掌握计算机基础知识、基本技能的相关专业的复合型人才迫在眉睫。为此,在进行了大量调查研究的基础上,通过借鉴国内外最新的计算机科学与技术学科和计算机基础课程体系的研究成果,规划了这套适合计算机专业及相关专业人才培养需要的、适用于高等学校学生学习的《高等学校计算机教育规划教材》。

“教育以人为本”,计算机教育也是如此,“以人为本”的指导思想则是将“人”视为教学的主体,强调的是“教育”和“引导”,而不是“灌输”。本着这一初衷,《高等学校计算机教育规划教材》注重体系的完整性、内容的科学性和编写理念的先进性,努力反映计算机科学技术的新技术、新成果、新应用、新趋势;针对不同学生的特点,因材施教、循序渐进、突出重点、分散难点;在写作方法上注重叙述的逻辑性、系统性、适用性、可读性,力求通俗易懂、深入浅出、易于理解、便于学习。

本系列教材突出计算机科学与技术学科的特点,强调理论与实践紧密结合,注重能力和综合素质的培养,并结合实例讲解原理和方法,引导学生学会理论方法的实际运用。

本系列教材在规划时注重教材的立体配套,教学资源丰富。除主教材外,还配有电子课件、习题集与习题解答、实验上机指导等辅助教学资源。有些课程将开设教学网站,提供网上信息交互、文件下载,以方便师生的教与学。

《高等学校计算机教育规划教材》覆盖计算机公共基础课程、计算机应用技术课程和计算机专业课程。既有在多年教学经验和教学改革基础上新编

版得到了武汉理工大学、武汉大学、华中科技大学、国防科技大学、湖北大学、武汉化工学院、黄石理工学院、长江大学等高校教师和清华大学出版社的大力支持，作者在此一并致以衷心的感谢。

由于作者的水平有限，书中难免有疏漏、欠妥、错误之处，敬请读者批评指正。

作 者

2005 年 6 月

目 录

CONTENTS

第 1 章 数据库基础知识	1
1.1 数据库基本概念	2
1.1.1 数据与信息	2
1.1.2 数据库、数据库管理系统与数据库系统	3
1.1.3 数据库技术的产生与发展	4
1.1.4 数据库技术的特点	6
1.2 数据库系统的组成和结构	7
1.2.1 数据库系统的组成	7
1.2.2 数据库系统的结构	10
1.3 数据库管理系统	16
1.3.1 DBMS 的主要功能	16
1.3.2 DBMS 的组成	17
1.3.3 数据字典	17
1.3.4 常用的几种 DBMS	19
本章小结	22
习题 1	23
第 2 章 数据模型	24
2.1 数据模型的基本概念	24
2.1.1 从现实世界向机器世界的转换	24
2.1.2 数据模型的定义	25
2.1.3 数据模型的组成元素	26
2.1.4 概念模型	27
2.1.5 常用的几种数据模型	28
2.2 实体联系模型	30
2.2.1 定义和术语	30
2.2.2 实体间的联系	31
2.2.3 E-R 图	32
2.3 关系数据模型	33
2.3.1 关系模型定义和术语	33
2.3.2 关系模型的特点	35
2.3.3 关系模式的规范化	35

2.3.4 关系代数	37
2.4 E-R 模型与关系模型的转换	38
2.4.1 转换原则	38
2.4.2 转换实例	39
本章小结	41
习题 2	41
第 3 章 SQL 语言基础	42
3.1 SQL 语言特点和使用环境	42
3.1.1 SQL 语言产生的历史	42
3.1.2 SQL 语言的特点和基本概念	43
3.1.3 SQL 语言的组成	44
3.2 数据库对象操作语句	45
3.2.1 SQL 数据库的体系结构	45
3.2.2 定义基本表	46
3.2.3 定义视图	48
3.3 数据库的读写语句	49
3.3.1 SQL 查询	49
3.3.2 数据更新	58
3.4 SQL 数据控制	61
3.4.1 授权	61
3.4.2 回收权限	61
本章小结	62
习题 3	62
第 4 章 嵌入式 SQL 语言	63
4.1 嵌入式 SQL 的一般形式	63
4.2 嵌入式 SQL 语句与主语言之间的通信	64
4.3 不用光标的嵌入式 SQL 语句	65
4.4 光标的概念和使用	70
4.4.1 光标的概念	70
4.4.2 光标的使用	71
4.5 动态 SQL 简介	76
4.6 存储过程和触发器	79
4.6.1 存储过程的概念和使用	79
4.6.2 触发器的概念和使用	83
本章小结	85
习题 4	85
第 5 章 数据库应用系统设计	86
5.1 数据库应用系统设计的基本过程	86
5.1.1 数据库设计的任务和内容	86

5.1.2	数据库设计的特点	87
5.1.3	数据库设计的基本步骤	88
5.2	系统需求分析	89
5.2.1	需求分析的任务	89
5.2.2	需求分析的方法	90
5.3	概念结构设计	91
5.3.1	概念模型的特点	91
5.3.2	概念结构设计的方法和步骤	91
5.4	逻辑结构设计	95
5.4.1	逻辑结构设计的任务和步骤	95
5.4.2	E-R 图向关系模型的转化	96
5.4.3	数据模型的优化	96
5.4.4	用户模式的设计	97
5.5	物理结构设计	98
5.5.1	确定物理结构	98
5.5.2	评价物理结构	100
5.6	数据库的实施与维护	100
5.6.1	数据库实施	100
5.6.2	数据库运行与维护	101
	本章小结	102
	习题 5	102
第 6 章	数据库应用开发技术	104
6.1	数据库访问的核心技术	104
6.1.1	ADO.Net 的数据访问架构	104
6.1.2	ADO.Net 的数据更新机制	106
6.2	基于简单客户/服务器体系结构的设计与实现	108
6.2.1	C/S 体系结构简介	108
6.2.2	服务端设计与实现	109
6.2.3	客户端设计与实现	110
6.3	基于多层客户/服务器体系结构的设计与实现	129
6.3.1	三层体系结构简介	129
6.3.2	数据访问层设计与实现	131
6.3.3	业务逻辑层设计与实现	134
6.3.4	客户端设计与实现	135
	本章小结	136
	习题 6	136
第 7 章	数据库保护	137
7.1	数据库安全性	137
7.1.1	安全性控制的一般方法	139
7.1.2	存取控制	141

7.2 数据库完整性	143
7.2.1 数据库完整性的含义	143
7.2.2 完整性规则的组成	144
7.2.3 完整性约束条件的分类	144
7.3 事务处理	146
7.3.1 事务的概念	146
7.3.2 事务的特性	146
7.4 并发控制	146
7.4.1 并发控制的基本概念	146
7.4.2 封锁	148
7.4.3 两段锁协议	150
7.5 数据库恢复	150
7.5.1 故障的种类	150
7.5.2 数据备份	152
7.5.3 日志文件	153
7.5.4 恢复策略	154
本章小结	155
习题 7	155
第 8 章 分布式数据库系统	156
8.1 分布式数据库系统简介	156
8.1.1 分布式数据库系统定义	156
8.1.2 分布式数据库系统特点	158
8.1.3 分布式数据库系统产生与发展	159
8.1.4 分布式数据库系统的分类	160
8.2 分布式数据库系统的结构	161
8.2.1 分布式数据库系统模式结构	161
8.2.2 分布式数据库管理系统	163
8.2.3 分布式数据库系统的体系结构	163
8.3 数据分布	164
8.3.1 数据分片的原则和分片方法	164
8.3.2 数据分配的原则和方法	167
8.3.3 分布透明性	168
8.4 分布式查询处理和优化	170
8.4.1 分布式查询处理的分类与层次结构	170
8.4.2 查询分解和数据本地化	172
8.4.3 分布式查询优化	173
8.5 分布式事务管理	174
8.5.1 分布式事务的基本特征和管理目标	174
8.5.2 分布式事务的恢复技术	176
8.6 分布式并发控制	177

8.7 分布式数据库的应用与发展	180
8.7.1 分布式数据库系统应用程序设计	180
8.7.2 分布式数据库系统存在的问题及发展展望	181
本章小结	182
习题 8	182
第 9 章 面向对象数据库系统	184
9.1 面向对象数据库系统简介	184
9.1.1 关系数据库的缺点与面向对象数据库的兴起	184
9.1.2 面向对象方法	187
9.2 面向对象数据库模型的核心概念	188
9.2.1 对象与类	189
9.2.2 继承	194
9.2.3 重载与联编	195
9.2.4 对象与嵌套	196
9.3 面向对象数据库语言	197
9.4 面向对象数据库的模式演进	198
9.5 对象-关系数据库	200
本章小结	202
习题 9	203
第 10 章 数据库技术的发展	204
10.1 多媒体数据库	204
10.1.1 多媒体数据的定义	204
10.1.2 多媒体数据的特点	205
10.1.3 多媒体数据库管理系统	206
10.2 数据仓库与数据挖掘	207
10.2.1 数据仓库的基本特征	207
10.2.2 数据仓库的结构	209
10.2.3 数据挖掘技术	210
10.3 实时数据库	211
10.3.1 实时数据库与时间的关系	211
10.3.2 实时数据库和实时数据库管理系统的功能特征	212
10.3.3 实时数据库系统的主要技术	213
10.3.4 RTDBMS 的体系结构	214
10.4 专家数据库	215
10.4.1 专家数据库的用户要求的功能和研究目标	215
10.4.2 专家数据库的系统结构	216
本章小结	217
习题 10	217
参考文献	218

随着信息技术的推广和应用,信息化建设已经成为一个企业生存、发展、壮大的重要条件,也已成为建立办事高效、运转协调、行为规范的政府管理体制的重要环节,信息资源正逐步成为各个企业、组织、机构的重要财富,信息技术对我国国民经济、国家安全、人民生活和社会进步正发挥着越来越重要的作用。

数据库技术是信息系统的核心和基础,它提供了最全面、最准确、最基本的信息资源,对这些资源的管理和应用,成为人们科学决策的依据。没有数据库技术做支撑,发展信息技术就是“无源之水,无本之木”,可以说哪里有信息处理,哪里就有数据库技术的应用。

数据库技术是计算机科学的重要分支,虽然从产生至今只有 40 多年的历史,但已经得到了迅猛的发展,并日益成熟,同时数据库技术与网络通信、分布处理、并行计算、人工智能以及面向对象设计等技术相结合,使数据库的应用范围得到了迅速扩大,数据库系统已经成为计算机应用中不可缺少的部分。

数据库技术对当今社会产生了重大影响,正以令人惊喜的速度广泛、深入地发展着,从小型单项的数据处理系统到大型信息系统,从联机事务处理(OLTP)到联机分析处理(OLAP),从一般企业管理信息系统(MIS)到企业资源计划(ERP)、供应链管理和客户关系管理(CRM),从计算机辅助设计制造(CAD/CAM)到计算机集成制造系统(CIMS),从普通的办公自动化系统(OS)到电子政务系统,以及地理信息系统(GIS)和各类电子商务系统(EB)、决策支持系统(DSS)、数据仓库和数据挖掘等。数据库技术能高效率、低成本、高效益地处理生产、流通、分配、交换、消费各个环节中的问题,使商家更具竞争力。人们纷纷意识到数据库是个宝库,可以产生巨大的财富,越来越多的新应用领域采用数据库来存储和处理信息资源。

数据库应用已遍及生活中的各个角落,例如:学校的教学管理系统、图书馆的图书借阅系统、车站及航空公司的售票系统、电信局的计费系统、超

市售货系统、银行的业务系统、工厂管理信息系统等，在互联网上，使用搜索引擎、在线购物甚至是访问网站地址都与数据库有关。每一个现代人的生活几乎都离不开数据库，如果没有数据库，很多事情都会变得非常棘手，也许根本无法做得到，难以想象没有数据库技术人们的生活会倒退成什么样子。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度已成为衡量这个国家信息化发达程度的重要标志之一，而信息化对于加快国家产业结构调整、促进经济增长和提高人民生活质量，具有明显的倍增效应和带动作用。

数据库技术已经成为先进信息技术的重要组成部分，是现代计算机信息系统和计算机应用系统的基础和核心。因此，掌握数据库技术是全面认识计算机系统的重要环节，也是适应信息化时代的重要基础。

1.1 数据库基本概念

1.1.1 数据与信息

在数据处理中，最常用到的基本概念就是数据和信息。

1. 数据

数据（data）是数据库的基本组成内容，是对客观世界所存在的事物的一种表征，人们总是尽可能地收集各种各样的数据，然后对其进行加工处理，从中抽取并推导出有价值的信息，作为指导日常工作和辅助决策的依据。

数据的概念在数据处理领域中已大大地拓宽了，不仅仅是指传统意义的由 0~9 组成的数字，而是所有可以输入到计算机中并能被计算机处理的符号的总称。

在计算机中可表示数据的种类很多，除了数字以外，文字、图形、图像、声音都可以通过扫描仪、数码摄像机、数字化仪等具有模/数转换功能的设备进行数字化，所以这些都是数据。如：超市商品的价格、学生的基本情况、员工的照片、罪犯的指纹、播音员朗诵的佳作、气象卫星云图……，都可以是数据。

可以对数据做如下定义：描述事物的符号记录称为数据。

数据是数据库中存储的基本对象，也是数据库用户操作的对象。数据应按照需求进行采集并有结构地存入数据库中。

2. 信息

在信息社会，网络与数据库技术的发展使得信息可以随时随地地获取，信息技术的发展加快了信息传递的速度和时效性，扩大了业务范围的覆盖面和信息的交换量，为企业进行信息的实时处理、做出快速准确的决策提供了极其有利的条件。

“信息”这个词经常挂在人们嘴边，那么什么是信息呢？

所谓信息，是以数据为载体的对客观世界实际存在的事物、事件和概念的抽象反映。具体说是一种被加工为特定形式的数据，是通过人的感官（眼、耳、鼻、舌、身）或各种仪器仪表和传感器等感知出来并经过加工而形成的反映现实世界中事物的数据。

例如：气象部门通过“今年 11 月份武汉的日平均气温为摄氏 20 度”的数据，分析得出“今年是个暖冬”的信息。

数据和信息是两个互相联系、互相依赖但又互相区别的概念。数据是用来记录信息的可识别的符号，是信息的具体表现形式。数据是信息的符号表示或载体，信息则是数据的内涵，是对数据的语义解释。只有经过提炼和抽象之后，具有使用价值的数据才能成为信息。

3. 数据处理

数据要经过处理才能变为信息。数据处理是将数据转换成信息的过程，是指对信息进行收集、整理、存储、加工及传播等一系列活动的总和。数据处理的目的是从大量的、杂乱无章的甚至是难于理解的原始数据中，提炼、抽取人们所需要的有价值、有意义的数据（信息），作为科学决策的依据。

可用下式简单的表示信息、数据与数据处理的关系：

$$\text{信息} = \text{数据} + \text{数据处理}$$

数据是原料，是输入，而信息是产出，是输出结果。数据处理的真正含义应该是为了产生信息而处理数据。数据、数据处理、信息的关系如图 1-1 所示：

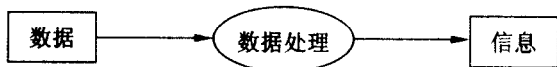


图 1-1 数据、数据处理、信息的关系

数据的组织、存储、检查和维护等工作是数据处理的基本环节，这些工作一般统称为数据管理。

1.1.2 数据库、数据库管理系统与数据库系统

1. 数据库

数据库（database，DB）可以直观的理解为存放数据的仓库，只不过这个仓库是建立在计算机的大容量存储器上（如硬盘）。数据不仅需要合理地存放，还要便于经常查找，因此相关的数据及其数据之间的联系必须按一定的格式有组织地存储；数据库不仅仅是创建者本人使用，还可以供多个用户从不同的角度共享，即多个不同的用户，为了达到不同的应用目的，使用多种不同的语言，同时存取数据库，甚至同时存取同一块数据。

可以认为：数据库是长期存储在计算机内的、有结构的、大量的、可共享的数据集合。

如教务处学籍管理数据库中有组织地存放了学生基本情况、课程情况、学生选课情况、开课情况、教师情况等内容，可供教务处、各系教学办、班主任、任课教师、学生等共同使用。

数据库技术使数据能按一定格式组织、描述和存储，并且具有较小的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性，并可为多个用户所共享。

数据库是一个企业、组织或机构中各种应用所需要保存和处理的数据集合，各部门应根据工作需要建立符合密级要求、门类齐全、内容准确、更新及时的数据库。

2. 数据库管理系统

为了方便数据库的建立、运用和维护，人们研制了一种数据管理软件——数据库管

理系统 (database management system, DBMS)。

数据库管理系统是位于用户与操作系统之间的一层数据管理软件, 在数据库建立、运用和维护时对数据库进行统一控制、统一管理, 使用户能方便地定义数据和操纵数据, 并能够保证数据的安全性、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。数据库管理系统是整个数据库系统的核心。

数据库管理系统是对数据进行管理的系统软件, 用户在数据库系统中做的一切操作, 包括数据定义、查询、更新及各种控制, 都是通过 DBMS 进行的, 常见的 DB2、Oracle、Sybase、Infomix、MS SQL Server、MySQL、FoxPro、Access 等软件都属于 DBMS 的范畴。

3. 数据库系统

基于数据库的计算机应用系统称为数据库系统 (database system, DBS), 主要包括:

- 支持数据库系统的计算机硬件环境;
- 以数据为主体的数据库;
- 管理数据库的系统软件 DBMS;
- 支持数据库系统的操作系统环境;
- 数据库系统开发工具;
- 开发成功的数据库应用软件;
- 管理和使用数据库系统的人。

它们之间的关系如图 1-2 所示。

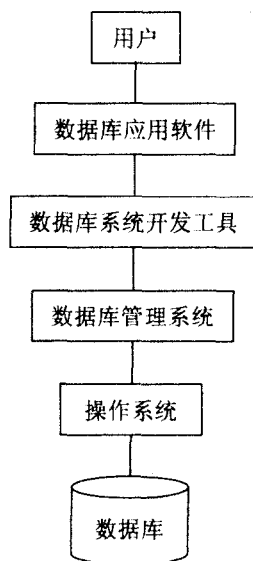


图 1-2 数据库系统

1.1.3 数据库技术的产生与发展

数据管理技术的发展经历了人工管理、文件系统和数据库系统 3 个阶段。

1. 人工管理阶段

20 世纪 50 年代中期以前为人工管理阶段, 是计算机数据管理的初级阶段。

这一阶段计算机主要用于科学计算, 硬件中的外存只有卡片、纸带、磁带, 没有磁盘等直接存取设备; 软件只有汇编语言, 没有操作系统, 更无统一的管理数据的软件; 对数据的管理完全在程序中进行, 数据处理的方式基本上是批处理。程序员编写应用程序时, 要考虑具体的数据物理存储细节, 即每个应用程序中都还要包括数据的存储结构、存取方法、输入方式、地址分配等, 如果数据的类型、格式或输入输出方式等逻辑结构或物理结构发生变化, 必须对应用程序做出相应的修改, 因此程序员负担很重。另外, 数据是面向程序的, 一组数据只能对应一个程序, 很难实现多个应用程序共享数据资源, 因此程序之间有大量的冗余数据。

2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期至 60 年代中期, 随着计算机软硬件的发展, 出现了文件系统, 负责对数据进行管理。

这一阶段, 计算机已大量用于信息管理。硬件有了磁盘、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; 操作系统中有了专门管理数据的软件, 一般称