

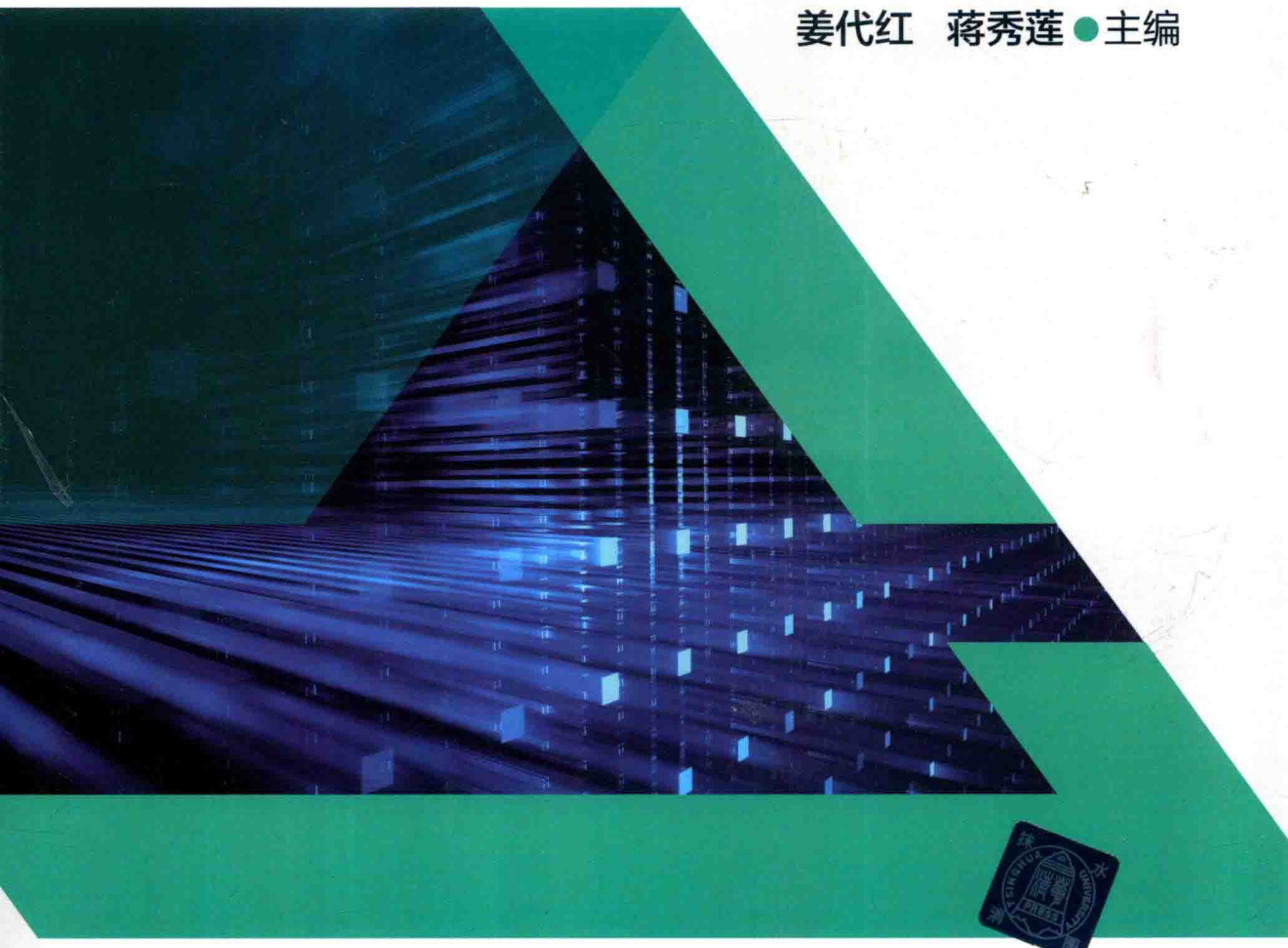
江苏省高等学校精品教材
“十二五”江苏省高等学校重点教材



数据库原理及应用

(第2版)

姜代红 蒋秀莲 ● 主编



清华大学出版社

数据库原理及应用

(第2版)

姜代红 蒋秀莲 ● 主编



清华大学出版社

内 容 简 介

本书是江苏省高等学校精品教材和“十二五”江苏省高等学校重点教材(编号:2015-1-072)。全书突出基础性、新颖性、实用性、操作性,系统全面、深入浅出、实例丰富,以关系数据库系统为核心,将数据库基本原理、方法和应用技术相结合。本书主要内容包括数据库系统概述、关系数据库、关系数据库标准语言 SQL、关系规范化理论、数据库设计、数据库保护技术、SQL Server 2012 的应用、数据库应用系统开发和数据库技术新进展等。每章均配有小结并附有适量的习题,便于读者巩固所学知识。书后所附习题答案可以帮助读者检验学习和练习效果。此外,本书配有教学课件及数据库应用系统开发源程序。

本书可作为高等院校计算机科学与技术、软件工程、信息管理与信息系统、信息与计算科学以及相关专业的本科生教材,也可作为从事计算机软件工作的科技人员和工程技术人员以及其他相关人员的参考书。

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

数据库原理及应用/姜代红,蒋秀莲主编. —2版. —北京:清华大学出版社,2017
ISBN 978-7-302-46525-6

I. ①数… II. ①姜… ②蒋… III. ①数据库系统 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 025624 号

责任编辑:苏明芳
封面设计:刘超
版式设计:牛瑞瑞
责任校对:王云
责任印制:杨艳

出版发行:清华大学出版社

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

社总机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课件下载:<http://www.tup.com.cn>, 010-62788903

印刷者:北京富博印刷有限公司

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:20.5 字数:485千字

版次:2010年12月第1版 2017年5月第2版 印次:2017年5月第1次印刷

印数:1~3500

定价:45.00元

地址:北京清华大学学研大厦A座

邮编:100084

邮购:010-62786544

前 言

本书是江苏省高等学校精品教材，也是“十二五”江苏省高等学校重点教材。第1版本着强化基础、紧密联系实际应用、为教学和社会及产业服务的原则，以数据库应用实例贯穿于各章节，将数据库基本原理、技术与应用三者有机结合起来，突出实践应用。本次修订继续保留和强化这些特色，同时进一步优化内容，淘汰旧知识、补充新技术，从知识内容优选、示例更新等多个方面进行修订，完善理论教学内容、充实实验指导，形成理论与应用相结合的一体化教材。

本书的主要特点是突出基础性和应用性，以基于数据库的应用能力培养为主要目标，通过实例，帮助学生理解抽象的理论知识；通过应用设计，提高学生解决实际问题的能力；通过大量习题，检查学生对基本知识的掌握程度。

本书较为全面地介绍了数据库系统的基本概念、基本原理和应用技术。全书共9章。第1章是数据库系统概述，主要介绍了数据库技术的产生与发展、数据库技术相关概念、数据库系统的体系结构、数据模型等；第2章是关系数据库，阐述了关系模型的3个方面，即关系数据结构、关系数据操作和关系完整性约束；主要讲解了关系数据模型有关的定义、概念和性质，关系代数和三类关系完整性约束；第3章是关系数据库标准语言SQL，以丰富的示例生动、具体地讲解了SQL语言的数据定义、数据查询、数据操作、视图及数据控制，这些内容是数据库应用的重要基础；第4章是关系规范化理论，主要讲解函数依赖、范式和模式设计方法等关系模式规范化理论；第5章是数据库设计，通过实例着重讲解了需求分析、概念结构设计、逻辑结构设计、物理结构设计及数据库的实施和维护；第6章是数据库保护技术，主要讨论数据库的安全性保护、完整性保护、并发控制和恢复；第7章是SQL Server 2012的应用，主要介绍了数据库管理软件的基本知识，通过实例介绍了T-SQL语言、数据查询、数据完整性、规则和索引、视图和用户定义函数、存储过程、触发器和游标，最后讲述了数据库连接技术；第8章是数据库应用系统开发，主要介绍了网络环境下数据库应用的两种主要形式，即客户/服务器(C/S)模式和浏览器/服务器(B/S)模式以及开发环境与开发工具。此外，还以教学管理系统为例，将其实现与数据库技术的教学实施结合在一起；第9章是数据库技术新进展，主要介绍了分布式数据库、面向对象数据库、数据仓库及数据挖掘技术。

本书由姜代红、蒋秀莲主持编写并统稿。第1章和第6章由姜代红编写，第2章由蒋秀莲编写，第3章和第7章由刘风华编写，第4章由王建颖编写，第5章由鞠训光、乔淑云编写，第8章由孙宁编写，第9章由李子龙编写。

很多老师对这次教材的编写给予了很大帮助，尤其是第1版的编者及承担本课程教学工作的程红林、胡局新等老师，他们对本教材的再版提出了很多建设性意见和建议，在此一并表示感谢。

在本书的修订过程中，我们参阅和借鉴了相关参考文献及资料，吸收了许多同仁和专家的宝贵经验，在此深表谢意！

衷心感谢清华大学出版社的编辑们，正是他们的辛勤工作，才使得本书修订得以顺利出版。

由于编写时间仓促及水平有限，书中难免存在不妥之处，我们诚恳地希望读者和同行批评指正。

编 者

2016年10月

目 录

第 1 章 数据库系统概述.....	1
1.1 数据库技术的产生与发展.....	1
1.1.1 数据和数据管理技术.....	1
1.1.2 数据管理技术的发展.....	2
1.1.3 数据库系统的 3 个发展阶段.....	6
1.2 数据库系统的基本概念.....	7
1.2.1 数据库.....	7
1.2.2 数据库管理系统.....	7
1.2.3 数据库系统.....	7
1.3 数据库系统的特点.....	8
1.4 数据模型.....	10
1.4.1 数据模型的类型.....	10
1.4.2 数据模型的基本组成.....	11
1.4.3 概念数据模型.....	11
1.4.4 逻辑数据模型.....	14
1.5 数据库系统的体系结构.....	19
1.5.1 三级模式结构.....	19
1.5.2 两级映像与数据独立性.....	21
1.6 数据库管理系统.....	21
1.6.1 DBMS 的主要功能.....	22
1.6.2 DBMS 的组成.....	23
1.6.3 DBMS 的工作模式和用户存取数据的过程.....	23
1.7 常用数据库管理系统简介.....	24
1.8 本章小结.....	28
习题 1.....	29
第 2 章 关系数据库.....	32
2.1 关系数据模型.....	32
2.1.1 基本概念.....	32
2.1.2 关系模型的形式化定义.....	34
2.1.3 关系的性质.....	36
2.1.4 关系的键.....	37
2.2 关系的完整性约束.....	38

2.3	关系代数	40
2.3.1	传统的集合运算	41
2.3.2	专门的关系运算	43
2.3.3	关系代数运算的应用举例	47
2.4	关系演算*	48
2.4.1	元组关系演算	48
2.4.2	域关系演算	53
2.5	本章小结	59
	习题 2	59
第 3 章	关系数据库标准语言 SQL	64
3.1	SQL 语言简介	64
3.1.1	SQL 语言发展简史	64
3.1.2	SQL 语言的主要特点	64
3.1.3	SQL 语言的主要功能	65
3.1.4	SQL 数据库的三级模式结构	66
3.2	SQL 的数据定义	67
3.2.1	数据类型	67
3.2.2	定义数据库	70
3.2.3	定义基本表	74
3.2.4	定义索引	79
3.3	SQL 的数据查询	81
3.3.1	SQL 查询语句的格式	81
3.3.2	单表查询	82
3.3.3	连接查询	91
3.3.4	嵌套查询	95
3.3.5	集合查询	102
3.4	SQL 的数据操作	104
3.4.1	插入数据	104
3.4.2	修改数据	106
3.4.3	删除数据	107
3.5	视图	108
3.5.1	视图的定义	108
3.5.2	修改视图	111
3.5.3	删除视图	111
3.5.4	视图查询	112
3.5.5	视图更新	112
3.5.6	视图的作用	114

3.6 数据控制.....	115
3.6.1 授权.....	116
3.6.2 回收授权.....	117
3.7 本章小结.....	119
习题 3.....	119
第 4 章 关系规范化理论.....	124
4.1 规范问题的提出.....	124
4.1.1 规范化理论的主要内容.....	124
4.1.2 不合理的关系模式存在的数据冗余和异常现象.....	124
4.2 函数依赖.....	126
4.2.1 函数依赖的定义.....	126
4.2.2 完全函数依赖和部分函数依赖.....	126
4.2.3 传递函数依赖.....	127
4.2.4 超键、候选键、主键.....	127
4.3 范式和规范化方法.....	128
4.3.1 第一范式 (1NF).....	128
4.3.2 第二范式 (2NF).....	129
4.3.3 第三范式 (3NF).....	130
4.3.4 BCNF.....	130
4.3.5 多值依赖与第四范式.....	132
4.3.6 关系模式的规范化.....	134
4.4 数据依赖的公理系统.....	135
4.4.1 函数依赖的逻辑蕴含与函数依赖集的闭包.....	135
4.4.2 函数依赖的推理规则-Armstrong 公理系统.....	135
4.4.3 属性集的闭包及其算法.....	137
4.4.4 候选键的计算.....	138
4.4.5 函数依赖推理规则的完备性.....	139
4.4.6 函数依赖集的等价、覆盖和最小函数依赖集.....	140
4.5 关系模式的分解.....	142
4.5.1 模式分解的定义.....	142
4.5.2 分解的无损连接性.....	142
4.5.3 分解的保持函数依赖性.....	143
4.5.4 关系模式分解的算法.....	144
4.6 本章小结.....	145
习题 4.....	145
第 5 章 数据库设计.....	149
5.1 数据库设计概述.....	149

5.1.1	数据库设计的定义、内容和特点	149
5.1.2	数据库设计方法概述	150
5.1.3	数据库设计的基本步骤	151
5.2	需求分析	153
5.2.1	需求分析的任务	153
5.2.2	需求分析的方法	155
5.2.3	需求分析的常用工具	155
5.2.4	需求分析实例	157
5.3	概念结构设计	160
5.3.1	概念结构设计的定义	160
5.3.2	概念结构设计的方法和步骤	161
5.3.3	局部视图设计	163
5.3.4	集成全局视图	165
5.4	逻辑结构设计	167
5.4.1	逻辑结构设计任务和步骤	167
5.4.2	E-R图向关系模型的转换	168
5.4.3	逻辑结构的优化	169
5.4.4	设计用户子模式	171
5.5	物理结构设计	172
5.5.1	确定数据库的物理结构	172
5.5.2	评价物理结构	173
5.6	数据库的实施和维护	173
5.6.1	数据的载入和应用程序的调试	174
5.6.2	数据库的试运行	174
5.6.3	数据库的运行和维护	175
5.7	本章小结	175
	习题5	176
第6章	数据库保护技术	179
6.1	数据库的安全性	179
6.1.1	计算机系统的安全性	179
6.1.2	数据库的安全性	179
6.1.3	安全性控制的一般方法	180
6.1.4	数据库的安全标准	183
6.1.5	SQL Server 2012的安全性控制	185
6.2	数据库的完整性	193
6.2.1	完整性约束条件的类型	193
6.2.2	完整性控制机制的功能	195

6.2.3	完整性规则的组成	195
6.2.4	SQL Server 2012 的数据完整性控制	196
6.3	并发控制	197
6.3.1	事务的基本概念	197
6.3.2	并发操作引发的问题	199
6.3.3	封锁及封锁协议	201
6.3.4	封锁出现的问题和解决方法	206
6.3.5	SQL Server 2012 的并发控制机制	208
6.4	数据库的恢复	209
6.4.1	数据库故障的类型	209
6.4.2	数据库恢复技术	210
6.4.3	数据库恢复策略	212
6.5	本章小结	213
	习题 6	214
第 7 章	SQL Server 2012 应用	217
7.1	SQL Server 2012 简介	217
7.1.1	SQL Server 2012 的新功能与优势	217
7.1.2	SQL Server 2012 的组成	218
7.1.3	SQL Server 2012 的版本	222
7.2	使用 SQL Server Management Studio 管理数据库	222
7.2.1	SQL Server 数据库的文件组成	223
7.2.2	数据库的创建	225
7.2.3	数据库的修改	226
7.2.4	数据库的删除	227
7.2.5	数据库表的创建与管理	227
7.2.6	修改表	229
7.2.7	查看表	229
7.2.8	删除表	231
7.2.9	在数据库表中添加、修改和删除数据	231
7.2.10	索引	231
7.2.11	数据查询	232
7.3	T-SQL 编程基础	232
7.3.1	T-SQL 程序结构	233
7.3.2	变量	235
7.3.3	流程控制语句	237
7.3.4	SQL Server 程序设计举例	241
7.4	游标	242

7.4.1	游标类型	243
7.4.2	游标的管理	244
7.5	存储过程	249
7.5.1	存储过程的基本概念	249
7.5.2	创建存储过程	250
7.5.3	修改和删除存储过程	254
7.5.4	删除存储过程	254
7.6	触发器	255
7.6.1	触发器的基本概念	255
7.6.2	DML 触发器类型	256
7.6.3	DML 触发器的工作原理	256
7.6.4	创建触发器	257
7.6.5	管理触发器	259
7.7	数据库连接技术	261
7.7.1	ODBC 技术	261
7.7.2	JDBC 技术	263
7.7.3	SQL 与宿主语言	268
7.8	本章小结	269
	习题 7	269
第 8 章	数据库应用系统开发	273
8.1	数据库访问技术	273
8.1.1	数据库系统的体系结构	273
8.1.2	JDBC 技术	275
8.2	MyEclipse 开发环境介绍	275
8.2.1	MyEclipse 的安装	275
8.2.2	MyEclipse IDE 的组成	275
8.2.3	使用 MyEclipse 开发 Web 程序的一般步骤	277
8.3	教学管理系统的设计	278
8.3.1	开发背景	278
8.3.2	系统分析	278
8.3.3	系统设计	278
8.4	教学管理系统的实现	282
8.4.1	创建教学管理系统项目	282
8.4.2	数据库连接模块的实现	282
8.4.3	用户登录模块的实现	286
8.4.4	学生信息管理模块的实现	287
8.4.5	教师信息管理模块的实现	289

8.4.6 课程信息管理模块的实现	290
8.4.7 成绩信息管理模块的实现	291
8.5 本章小结	292
习题 8	292
第 9 章 数据库技术新进展	294
9.1 分布式数据库	294
9.1.1 分布式数据库概述	294
9.1.2 分布式数据库系统的体系结构	295
9.1.3 分布式数据库系统的发展前景	296
9.2 面向对象数据库	296
9.3 XML 数据库	297
9.4 数据仓库	299
9.4.1 数据仓库概述	299
9.4.2 数据仓库系统的体系结构	299
9.4.3 数据仓库的数据库模式	300
9.4.4 数据仓库工具	302
9.5 数据挖掘技术	303
9.5.1 数据挖掘的概述	303
9.5.2 数据挖掘的实施步骤	303
9.5.3 数据挖掘常用的基本技术	304
9.6 数据库技术的研究及发展	306
9.7 本章小结	307
习题 9	307
参考文献	309
参考答案	311
第 1 章 数据库系统概述	311
第 2 章 关系数据库	311
第 3 章 关系数据库标准语言 SQL	312
第 4 章 关系规范化理论	312
第 5 章 数据库设计	313
第 6 章 数据库保护技术	313
第 7 章 SQL Server 2012 应用	314
第 8 章 数据库应用系统开发	314
第 9 章 数据库技术新进展	314

第 1 章 数据库系统概述

数据库是计算机科学的一个重要分支。数据库技术诞生于 20 世纪 60 年代末，历经多年，数据库技术及其应用得到了迅猛的发展，已形成较为完整的理论体系。本章主要介绍数据管理技术的发展、数据模型和数据库系统的基本概念等，为后续各章的学习打下基础。

1.1 数据库技术的产生与发展

1.1.1 数据和数据管理技术

数据库系统的目标是高效地管理和共享大量的信息，而信息和数据是分不开的。

1. 数据

数据 (Data) 是数据库中存储的基本对象。由于早期的计算机系统主要用于科学计算，处理的数据基本都是整数、浮点等数值型数据，因此，人们头脑中对数据的第一个反应就是数字，其实数字只是数据最简单的一种形式，在现代计算机系统中数据的种类非常丰富，例如文本、图像、声音、视频等都是数据。

数据的定义是用来记录信息的可识别的符号组合，是信息的具体表现形式，例如，一个学生的信息可以用一组数据“20160509244，张三，男，18，软件工程”来表示。数据必须和语义相结合才有实际意义。上面这组数据表示的信息是一个姓名为张三的学生，学号为 20160509244，性别为男，年龄为 18 岁，专业为软件工程。

数据的表现形式是多样的，可以用多种不同的数据形式表示同一个信息。例如，“2016 年股市将上涨 60%”“二零一六年股市将上涨 60%”“2016 年股市将上涨百分之六十”，这 3 种不同的数据表现形式所表达的信息并无不同。

信息是客观世界中各种事物的特征或运动状态在人脑中的反映，体现了人们对事物的认识和理解程度。信息与数据是分不开的，它们既有联系，又有区别。数据是信息的符号表示 (或称为载体)，信息则是数据的内涵，是对数据语义的解释。

数据库领域中，通常处理的是像学生信息这样的数据，它是有结构的，称之为结构化数据。正因为如此，通常对数据、信息不作严格区分。

2. 数据管理技术

数据管理指数据的收集、整理、组织、存储、检索和维护等操作处理过程，是数据处理的核心任务。

数据处理 (也称信息处理) 指从某些已知的数据出发，推导整理出一些新的数据，使

其表示出一些新的信息的过程，涉及数据的收集、管理、加工直至产生新信息的全过程。如图 1-1 (a) 所示，通过数据处理，产生如图 1-1 (b) 所示的汇总信息量，从中可以看到，男生人数为 4 人，女生人数为 2 人。

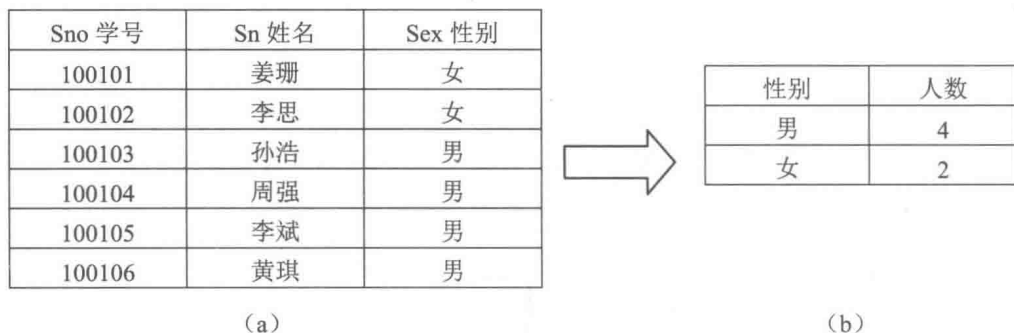


图 1-1 数据处理过程

数据处理与数据管理相联系，数据管理技术的优劣将直接影响数据处理的效率。

1.1.2 数据管理技术的发展

计算机数据处理的速度和规模是人工方式或机械方式无可比拟的，随着数据处理量的增长，数据管理技术应运而生。随着计算机硬件、软件及计算机应用的发展，数据管理经历了人工管理、文件系统管理和数据库系统 3 个发展阶段。

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，数据管理处于人工管理阶段，数据处理的方式是批处理。

当时计算机硬件存储设备主要有磁带、卡片、纸带等，还没有磁盘等直接存取的存储设备；软件也处于初级阶段，没有操作系统和管理数据的专门软件。数据的组织和管理完全靠程序员手工完成，因此也称为手工管理阶段，该阶段数据的管理效率很低，主要特点如下：

(1) 不保存数据。因计算机主要用于科学计算，不要求将数据长期保存，只是在每次计算时，将数据和程序输入计算机内存中，然后进行计算，最后将计算结果输出，所以计算机中不保存数据和程序。

(2) 应用程序管理数据。数据需要由应用程序管理，每个应用程序不仅要考虑数据的逻辑结构，还要考虑设计其物理结构，包括数据的存储结构、存取方法和输入方式等，使得程序员的工作量很大。

(3) 数据不共享，冗余度大。每个程序都有自己的一组数据，程序与数据融为一体，相互依赖。当多个应用程序涉及某些相同的数据时，势必造成数据重复存储的现象，这种现象称为数据冗余。因此，程序之间有大量的冗余数据。

(4) 程序与数据不具有独立性。程序依赖于数据，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，必须对应用程序做相应的修改，因此，数据与程序不具有独立性。

在人工管理阶段，程序与数据之间是一一对应关系，如图 1-2 所示。

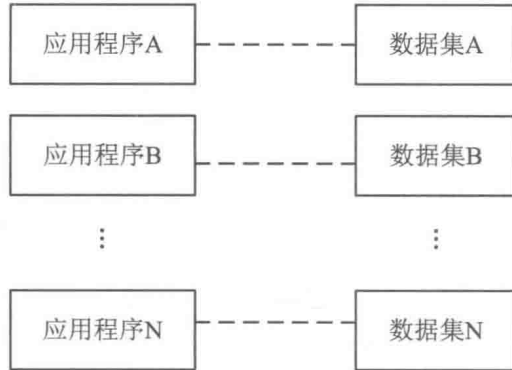


图 1-2 人工管理阶段程序与数据间的关系

2. 文件系统管理阶段

20 世纪 50 年代后期到 20 世纪 60 年代中期，数据管理进入文件系统阶段，数据处理方式上不仅有批处理，而且能够联机实时处理。

计算机得到了广泛应用，这时的计算机不仅用于科学计算，还用于信息管理。在硬件方面，已经有了磁盘、磁鼓等直接存取的存储设备；在软件方面，有了操作系统和专门用于管理数据的应用软件（即文件系统）。该阶段的特点如下：

(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，以供进行查询、修改、插入和删除等操作。

(2) 文件系统管理数据。文件系统把数据组织成内部有一定结构的记录，并以文件的形式存储在存储设备上，这样，程序只与存储设备上的文件交互，不必关心数据的物理存储（存储位置、结构等），而由文件系统提供的存取方法实现数据的存取，从而实现按文件名访问，按记录进行存取。

(3) 程序与数据之间有一定的独立性。由于程序通过文件系统对数据文件中的数据进行读取和处理，使得程序和数据之间具有设备独立性，即当改变存储设备时，不必改变应用程序。程序员不需要考虑数据的物理存储，而将精力集中于算法程序设计上，大大减少了维护程序的工作量。

在文件系统管理阶段，程序与数据之间的关系如图 1-3 所示。

尽管文件系统有上述优点，但仍存在以下缺点：

(1) 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，不能共享相同的数据，这就会造成同一个数据重复存储，因此数据冗余度大，浪费存储空间。同时，相同数据的重复存储、各自管理，可能造成数据的不一致性，给数据的修改和维护带来困难。

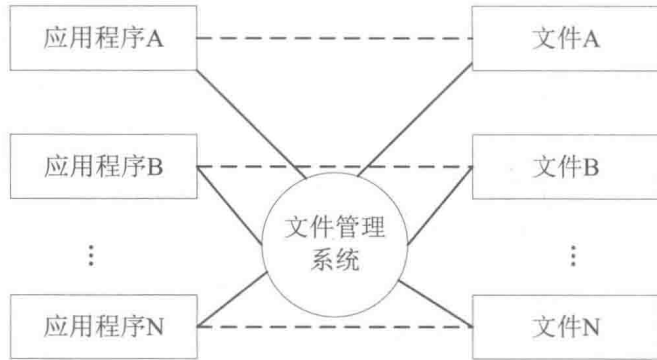


图 1-3 文件系统管理阶段程序和数据间的关系

(2) 数据独立性差。文件系统中的文件是为某个特定应用服务的，文件的逻辑结构是针对具体的应用来设计和优化的，因此，对现有的数据增加一些新的应用是很困难的，系统扩充性较差。一旦数据的逻辑结构发生变化，就必须修改应用程序和文件结构的定义；而如果应用程序发生变化，如改用另一种程序设计语言来编写程序，也将引起文件数据结构的改变。

可见，在文件系统中，数据与文件之间缺乏联系，不能反映现实世界事物之间的内在联系。为了解决这些问题，产生了数据库技术。

3. 数据库系统管理阶段

20 世纪 60 年代后期以来，计算机用于管理数据的规模更为庞大，应用越来越广泛，数据量也急剧增长，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。

在计算机硬件方面，出现了大容量、存取快速的磁盘。同时软件价格上升，硬件价格下降，编制和维护系统软件及应用程序所需的成本相对增加；其中维护的成本更高，在处理方式上，联机实时和分布式处理的应用更多。

在这种背景下，以文件系统作为数据管理手段已经不能满足应用的需求。为满足多用户、多个应用程序共享数据的需求，使数据为尽可能多的应用服务，数据库技术应运而生，出现了统一管理数据的专门软件系统，即数据库管理系统（DataBase Management System, DBMS）。

数据库管理系统是数据管理技术发展的一个重大变革，将过去在文件系统中的以程序设计为核心、数据服从程序设计的数据库管理模式改变为以数据库设计为核心、应用程序设计退居次位的数据管理模式，如图 1-4 所示。

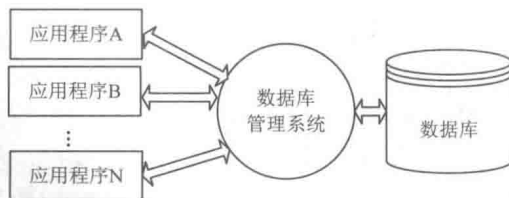


图 1-4 数据库系统管理阶段程序和数据间的关系

通过以上介绍,可对数据管理技术3个阶段的特点加以分析比较,如表1-1所示。

表 1-1 数据管理技术 3 个阶段的比较

要素 \ 阶段	人工管理阶段	文件系统管理阶段	数据库系统管理阶段
时间	20 世纪 50 年代中期	20 世纪 50 年代后期~ 20 世纪 60 年代中期	20 世纪 60 年代后期至今
应用背景	科学计算	科学计算、管理	大规模管理
硬件背景	无直接存取的存储设备	磁盘、磁鼓	大容量磁盘
软件背景	没有操作系统	有操作系统(文件系统)	有 DBMS
处理方式	批处理	批处理、联机实时处理	批处理、联机实时处理、分布处理
数据保存方式	数据不保存	以文件的形式长期保存,但无结构	以数据库形式保存,有结构
数据管理	考虑安排数据的物理存储位置	与数据文件名打交道	对所有数据实行统一、集中、独立的管理
数据与程序	数据面向程序	数据与程序脱离	数据与程序脱离,实现数据的共享
数据的管理者	用户	文件系统	DBMS
数据面向的对象	某一应用程序	某一应用程序	现实世界
数据的共享程度	无共享	共享性差	共享性高
数据的冗余度	冗余度极大	冗余度大	冗余度小
数据的独立性	不独立,完全依赖于程序	独立性差	具有高度的物理独立性和一定的逻辑独立性
数据的结构化	无结构	记录内有结构,整体无结构	整体结构化,用数据模型描述
数据的控制能力	应用程序控制	应用程序控制	由 DBMS 提供数据的安全性、完整性、并发控制和恢复能力

数据管理技术进入数据库系统阶段,起到奠基作用的是 20 世纪 60 年代末的 3 个里程碑事件,标志着数据库技术已发展到成熟阶段,并具有坚实的数学理论基础。

(1) 1968 年,美国 IBM 公司研制、开发出世界上第一个商品化的数据库管理系统 IMS (Information Management System),它是一个典型的层次数据库系统。

(2) 1969 年,美国数据系统语言协会 CODASYL (Conference on Data System Language) 下属的数据库任务组 DBTG (DataBase Task Group) 发表了一系列研究数据库方法的 DBTG 报告,提出了网状数据模型。

(3) 1970 年,美国 IBM 公司 San Jose 研究实验室的研究员 E.F.Codd 发表了题为《大型共享数据库的数据关系模型》的论文,文中提出了数据库的关系模型,定义了关系数据库的基本概念,引进了规范化理论,奠定了关系数据库的坚实理论基础,并一直沿用至今。

20 世纪 90 年代,面向对象技术迅猛发展,人们也提出面向对象的数据库,用于存储复杂的数据对象。虽然面向对象数据库在存储空间数据和媒体数据时具有一定的优势,却