



教育部高等学校管理科学与工程类学科专业  
教学指导委员会推荐教材

# 数据库系统 应用教程

DataBase System  
Application Course

王 成 主 编  
王 铁 安佳慧 副主编

教育部高等学校管理科学与  
工程类学科专业教学指导委员会推荐教材

# 数据库系统 应用教程

主 编 王 成  
副主编 王 铁 安佳慧  
参 编 岑 磊 赵文厦

机械工业出版社

本书系统地阐述了数据库的基础理论、基本技术和方法。全书共分7章,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、关系数据库规范化理论、数据库设计、数据保护以及数据库实验。本书每章后均有习题,并提供了参考答案。

本书结构完整、内容精炼、实用性强,可作为高等学校非计算机专业数据库课程的教材,也可作为从事数据库系统研究和开发人员的参考书。

## 图书在版编目(CIP)数据

数据库系统应用教程/王成主编. —北京:机械工业出版社,2012.8  
教育部高等学校管理科学与工程类学科专业教学指导委员会推荐教材  
ISBN 978-7-111-40037-0

I. ①数… II. ①王… III. ①数据库系统—高等学校—教材  
IV. ①TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第241376号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

总策划:邓海平 张敬柱

策划编辑:易敏 责任编辑:易敏 崔利平

版式设计:霍永明 责任校对:纪敬

封面设计:张静 责任印制:乔宇

三河市宏达印刷有限公司印刷

2013年1月第1版第1次印刷

184mm×260mm·14.5印张·335千字

标准书号:ISBN 978-7-111-40037-0

定价:33.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294

机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649

机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203

封面无防伪标均为盗版

教育部高等学校管理科学与工程类学科专业  
教学指导委员会推荐教材

编 审 委 员 会

主 任：齐二石

委 员（按拼音排序）：

|     |     |     |     |     |     |     |      |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 陈友玲 | 程 光 | 池仁勇 | 戴庆辉 | 邓修权 | 丁荣贵 | 杜 纲 | 方庆琯  |
| 冯海旗 | 甘卫华 | 高举红 | 顾 问 | 郭 伏 | 韩同银 | 何 桢 | 洪 军  |
| 侯云先 | 胡奇英 | 贾铁军 | 蒋祖华 | 雷家骕 | 雷 明 | 李 华 | 刘炳辉  |
| 刘正刚 | 鲁建厦 | 吕建军 | 罗 党 | 马寿峰 | 马义中 | 马志强 | 梅 强  |
| 宁 凌 | 戚安邦 | 綦振平 | 邱菀华 | 沈 江 | 宋明顺 | 宋 伟 | 宋宇辰  |
| 苏 秦 | 孙明波 | 唐楚生 | 田 军 | 王长峰 | 王 成 | 王福林 | 王建民  |
| 王金凤 | 王雷震 | 王 谦 | 王淑英 | 王 旭 | 吴爱华 | 吴凤祥 | 相里六续 |
| 向 阳 | 肖 明 | 许映秋 | 薛恒新 | 杨 铭 | 余晓流 | 张勤生 | 张 新  |
| 赵喜仓 | 郑永前 | 周宏明 | 周 泓 | 周 宁 | 周跃进 | 朱永明 |      |

秘 书 长：王 媛

副秘书长：邓海平 张敬柱

# 序

当前,我国已成为全球第二大经济体,且经济仍维持着较高的增速。如何在发展经济的同时,建设资源节约型、环境友好型的和谐社会;如何走从资源消耗型、劳动密集型的粗放型发展模式,转变为“科技进步,劳动者素质提高,管理创新”型的低成本、高效率、高质量、注重环保的精益发展模式,就成为摆在我们面前的一个亟待解决的课题。应用现代科学方法与科技成就来阐明和揭示管理活动的规律,以提高管理的效率为特征的管理科学与工程类学科,无疑是破解这个难题的一个重要手段和工具。因此,尽快培养一大批精于管理科学与工程理论和方法,并能将其灵活运用于实践的高层次人才,就显得尤为迫切。

为了提升人才育成质量,近年来教育部等相关部委出台了一系列指导意见,如《高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》等,以此来进一步深化高等学校的教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质创新型人才的需要。教育部高等学校管理科学与工程类专业教学指导委员会(以下简称教指委)也积极采取措施,组织专家编写出版了“工业工程”、“工程管理”、“信息管理与信息系统”、“管理科学与工程”等专业的系列教材,如由机械工业出版社出版的“21世纪工业工程专业规划教材”就是其中的成功典范。这些教材的出版,初步满足了高等学校管理科学与工程学科教学的需要。

但是,随着我国国民经济的高速发展和国际地位的不断提高,国家和社会对管理学科的发展提出了更高的要求,对相关人才的需求也越来越广泛。在此背景下,教指委在深入调研的基础上,决定全面、系统、高质量地建设一批适合高等学校本科教学要求和教学改革方向的管理科学与工程类学科系列教材,以推动管理科学与工程类学科教学和教材建设工作的健康、有序发展。为此,在“十一五”后期,教指委联合机械工业出版社采用招标的方式开展了面向全国的优秀教材遴选工作,先后共收到投标立项申请书300多份,经教指委组织专家严格评审、筛选,有60多种教材纳入了规划(其中,有20多种教材是国家级或省级精品课配套教材)。2010年1月9日,“全国高等学校管理科学与工程类学科系列规划教材启动会”在北京召开,来自全国50多所著名大学和普通院校的80多名专家学者参加了会议,并对该套教材的定位、特色、出版进度等进行了深入、细致的分析、研讨和规划。

本套教材在充分吸收先前教材成果的基础上,坚持全面、系统、高质量的建设原则,从完善学科体系的高度出发,进行了全方位的规划,既包括学科核心课、专业主干课教

材，也涵盖了特色专业课教材，以及主干课程案例教材等。同时，为了保证整套教材的规范性、系统性、原创性和实用性，还从结构、内容等方面详细制定了本套教材的“编写指引”，如在内容组织上，要求工具、手段、方法明确，定量分析清楚，适当增加文献综述、趋势展望，以及实用性、可操作性强的案例等内容。此外，为了方便教学，每本教材都配有 CAI 课件，并采用双色印刷。

本套教材的编写单位既包括了北京大学、清华大学、西安交通大学、天津大学、南开大学、北京航空航天大学、南京大学、上海交通大学、复旦大学、西安电子科技大学等国内的重点大学，也吸纳了安徽工业大学、内蒙古科技大学、中国计量学院、石家庄铁道大学等普通高校；既保证了本套教材的较高的学术水平，也兼顾了普适性和代表性。这套教材以管理科学与工程类各专业本科生及研究生为主要读者对象，也可供相关企业从业人员学习参考。

尽管我们不遗余力，以满足时代和读者的需要为最高出发点和最终落脚点，但可以肯定的是，本套教材仍会存在这样或那样不尽如人意之处，诚恳地希望读者和同行专家提出宝贵的意见，给予批评指正。在此，我谨代表教指委、出版者和各位作者表示衷心的感谢！

教育部高等学校管理科学与工程类学科专业教学指导委员会主任



# 前 言

数据库技术是计算机科学的重要分支,也是计算机领域中应用最广泛、发展最迅速的技术之一。当今,信息资源已成为社会的重要财富和资源。建立一套行之有效的信息系统已成为企业或组织生存和发展的重要条件。作为信息系统核心和基础的数据库技术由此得到越来越广泛的应用,从小型事务处理系统到大型信息系统,从联机事务处理到联机分析处理,从传统的数据管理到空间数据库、工程数据库等特定应用领域,数据库的应用几乎遍及社会的各个领域。对于一个国家来说,数据库建设规模的大小、数据库信息量的大小和使用频度的高低已成为衡量这个国家信息化程度的重要标志。

目前很多高校都开设了数据库课程,并将其作为一门基础必修课。了解和掌握有关数据库的基础知识并具备一定的实践能力,已经不仅仅是针对计算机专业学生所提出的要求。本书主要是为高校非计算机专业学生学习数据库课程而编写的,是在作者多年的数据库课程教学和数据库系统开发工作基础之上完成的。

本书简洁而又精炼地介绍了数据库的基础理论、基本技术和方法,如关系数据库理论、关系规范化理论、数据库设计理论、关系数据库标准语言、数据库保护等,并在每章后有针对性地设置了习题,便于学生通过练习进一步加深和巩固所学知识。同时,为了配合数据库课程的实验教学,编者围绕基本理论编写了数据库实验内容,以 SQL Server 为实验环境,设计了创建数据库、数据更新、简单查询、复杂查询、视图操作、Transact-SQL 程序设计、存储过程与触发器、数据库备份与恢复、数据转换、数据库安全性与授权、SQL Server 管理、数据库设计等实验项目。通过对这些实验项目的学习,学生能较为全面地掌握 SQL Server 的主要功能和操作方法,具备一定的实践应用能力。

本书分七章,主要内容如下:

第1章是数据库系统概述,介绍了数据管理技术的产生和发展、数据库的基本概念、数据模型的分类以及数据库的一些新技术。

第2章主要介绍了关系数据库的基本理论,包括关系数据结构、关系完整性和关系操作的概念,关系操作中主要介绍了关系代数。

第3章主要介绍了关系数据库标准语言——SQL,包括 SQL 的基本概念、SQL 数据定义、数据查询、数据更新、视图和数据控制等命令。

第4章主要介绍了关系规范化理论,包括数据依赖、范式、关系模式规范化以及函数依赖公理。

第5章主要介绍了数据库设计理论,包括数据库设计的原则和方法、数据库设计的步

骤，并列举了相关的示例。

第6章主要介绍了数据保护，包括数据的安全性、完整性、并发控制、数据恢复以及数据库复制与数据库镜像。

第7章主要介绍了数据库实验，以 SQL Server 为环境，介绍了实验操作内容。读者在掌握了 SQL 基础后，可以独立完成实验内容。

本书可作为高等学校非计算机专业数据库课程的教材，也可作为数据库系统研究和开发人员的参考书。

本书由王成任主编，王铁、安佳慧任副主编。其中王成编写了第3章和第5章，王铁编写了第4章和第6章，安佳慧编写了第1章和第2章，岑磊、赵文厦编写了第7章和习题参考答案，最后由王成进行了统稿。

由于时间比较仓促，加之编者水平有限，如有不当之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

序

前言

|                              |    |
|------------------------------|----|
| 第 1 章 数据库系统概述 .....          | 1  |
| 1.1 数据管理技术 .....             | 1  |
| 1.1.1 数据管理技术的产生和发展 .....     | 1  |
| 1.1.2 数据库系统的基本概念 .....       | 4  |
| 1.1.3 数据库技术的发展及研究领域 .....    | 6  |
| 1.2 数据模型 .....               | 7  |
| 1.2.1 数据模型的组成要素 .....        | 8  |
| 1.2.2 数据模型的分类 .....          | 8  |
| 1.2.3 概念模型及表示方法 .....        | 9  |
| 1.2.4 主要的逻辑模型 .....          | 12 |
| 1.3 数据库系统结构 .....            | 17 |
| 1.3.1 数据库系统模式的概念 .....       | 17 |
| 1.3.2 数据库系统的三级模式结构 .....     | 17 |
| 1.3.3 数据库的二级映像功能与数据独立性 ..... | 19 |
| 1.3.4 数据库系统的体系结构 .....       | 20 |
| 1.4 数据库新技术 .....             | 22 |
| 1.4.1 数据模型的发展 .....          | 22 |
| 1.4.2 数据库技术与其他相关技术结合 .....   | 23 |
| 1.4.3 面向应用领域的数据库新技术 .....    | 23 |
| 1.5 小结 .....                 | 24 |
| 习题 .....                     | 24 |
| 第 2 章 关系数据库 .....            | 26 |
| 2.1 关系模型概述 .....             | 26 |
| 2.1.1 关系模型的数据结构 .....        | 26 |
| 2.1.2 关系操作 .....             | 26 |
| 2.1.3 完整性约束 .....            | 27 |
| 2.2 关系数据结构 .....             | 27 |
| 2.2.1 关系 .....               | 27 |

|                          |    |
|--------------------------|----|
| 2.2.2 关系模式 .....         | 30 |
| 2.2.3 关系数据库 .....        | 31 |
| 2.3 关系的完整性 .....         | 31 |
| 2.3.1 实体完整性 .....        | 32 |
| 2.3.2 参照完整性 .....        | 32 |
| 2.3.3 用户定义的完整性 .....     | 33 |
| 2.4 关系代数 .....           | 34 |
| 2.4.1 传统集合运算 .....       | 34 |
| 2.4.2 专门的关系运算 .....      | 37 |
| 2.5 小结 .....             | 42 |
| 习题 .....                 | 42 |
| 第3章 关系数据库标准语言——SQL ..... | 45 |
| 3.1 SQL 概述 .....         | 45 |
| 3.2 数据定义 .....           | 48 |
| 3.2.1 基本表的定义、修改与删除 ..... | 48 |
| 3.2.2 索引的建立与删除 .....     | 51 |
| 3.3 数据查询 .....           | 52 |
| 3.3.1 单表查询 .....         | 52 |
| 3.3.2 连接查询 .....         | 60 |
| 3.3.3 嵌套查询 .....         | 64 |
| 3.3.4 集合查询 .....         | 72 |
| 3.4 数据更新 .....           | 73 |
| 3.4.1 插入数据 .....         | 73 |
| 3.4.2 修改数据 .....         | 74 |
| 3.4.3 删除数据 .....         | 75 |
| 3.5 视图 .....             | 75 |
| 3.5.1 定义视图 .....         | 76 |
| 3.5.2 查询视图 .....         | 78 |
| 3.5.3 更新视图 .....         | 79 |
| 3.5.4 视图的作用 .....        | 80 |
| 3.6 数据控制 .....           | 81 |
| 3.6.1 授权 .....           | 82 |
| 3.6.2 收回权限 .....         | 83 |
| 3.7 小结 .....             | 84 |
| 习题 .....                 | 84 |
| 第4章 关系数据库规范化理论 .....     | 87 |
| 4.1 数据依赖 .....           | 87 |
| 4.1.1 函数依赖 .....         | 87 |

|                                  |     |
|----------------------------------|-----|
| 4.1.2 函数依赖对关系模式的影响 .....         | 91  |
| 4.2 范式与关系模式规范化 .....             | 92  |
| 4.2.1 第一范式 .....                 | 93  |
| 4.2.2 第二范式 .....                 | 95  |
| 4.2.3 第三范式 .....                 | 96  |
| 4.2.4 Boyce-Codd 范式 .....        | 98  |
| 4.2.5 多值依赖与第四范式 .....            | 98  |
| 4.3 关系模式规范化 .....                | 101 |
| 4.3.1 关系模式分解的步骤 .....            | 101 |
| 4.3.2 关系模式分解的等价标准 .....          | 102 |
| 4.4 函数依赖公理 .....                 | 105 |
| 4.5 小结 .....                     | 108 |
| 习题 .....                         | 108 |
| 第5章 数据库设计 .....                  | 110 |
| 5.1 数据库设计概述 .....                | 110 |
| 5.1.1 数据库设计的原则 .....             | 110 |
| 5.1.2 数据库设计方法 .....              | 111 |
| 5.2 数据库设计步骤 .....                | 113 |
| 5.2.1 需求分析阶段 .....               | 114 |
| 5.2.2 概念结构设计阶段 .....             | 120 |
| 5.2.3 逻辑结构设计阶段 .....             | 127 |
| 5.2.4 物理结构设计阶段 .....             | 132 |
| 5.2.5 数据库实施阶段 .....              | 135 |
| 5.2.6 运行和维护阶段 .....              | 137 |
| 5.3 PowerDesigner 数据建模 .....     | 138 |
| 5.3.1 PowerDesigner 概述 .....     | 138 |
| 5.3.2 PowerDesigner 的功能 .....    | 139 |
| 5.3.3 PowerDesigner 的模型文件 .....  | 139 |
| 5.3.4 PowerDesigner 数据建模实例 ..... | 140 |
| 5.4 小结 .....                     | 148 |
| 习题 .....                         | 148 |
| 第6章 数据保护 .....                   | 150 |
| 6.1 安全性 .....                    | 150 |
| 6.1.1 数据库安全性概述 .....             | 150 |
| 6.1.2 数据库安全控制的一般方法 .....         | 150 |
| 6.2 完整性 .....                    | 152 |
| 6.2.1 完整性约束条件 .....              | 153 |
| 6.2.2 完整性控制 .....                | 155 |

|                             |     |
|-----------------------------|-----|
| 6.3 并发控制 .....              | 158 |
| 6.3.1 并发控制概述 .....          | 158 |
| 6.3.2 并发操作的调度 .....         | 160 |
| 6.3.3 封锁 .....              | 161 |
| 6.4 数据恢复 .....              | 163 |
| 6.4.1 故障的种类及恢复 .....        | 163 |
| 6.4.2 恢复的实现技术 .....         | 164 |
| 6.5 数据库复制与数据库镜像 .....       | 165 |
| 6.5.1 数据库复制 .....           | 165 |
| 6.5.2 数据库镜像 .....           | 167 |
| 6.6 小结 .....                | 168 |
| 习题 .....                    | 168 |
| 第7章 数据库实验 .....             | 170 |
| 7.1 创建数据库 .....             | 170 |
| 7.2 数据更新 .....              | 173 |
| 7.3 简单查询 .....              | 175 |
| 7.4 复杂查询 .....              | 177 |
| 7.5 视图操作 .....              | 178 |
| 7.6 Transact-SQL 程序设计 ..... | 179 |
| 7.7 存储过程与触发器 .....          | 181 |
| 7.8 数据库备份与恢复 .....          | 182 |
| 7.9 数据转换 .....              | 183 |
| 7.10 数据库安全性与授权 .....        | 185 |
| 7.11 SQL Server 管理 .....    | 185 |
| 7.12 数据库设计 .....            | 186 |
| 习题参考答案及部分实验内容 .....         | 188 |
| 参考文献 .....                  | 217 |

数据库，简单地说就是数据的仓库，即数据存放的地方。我们周围有许多数据库的例子，如通讯录是一个小型的数据库，图书馆则是一个典型的大型数据库；当人们进行股票交易、银行取款、订购车票、查询资料等活动时，都需要与数据库打交道。数据库系统已经成为人们提高工作效率和管理水平的重要手段，也是企业提高竞争力的有力武器。

数据库技术产生于 20 世纪 60 年代中期，是数据管理的最新技术，是计算机科学的重要分支。当今的信息化社会，信息资源已经成为各行各业的重要财富和资源，针对各行业或组织设计的信息系统已经成为其发展的重要基础条件。数据库技术是信息系统的核心和基础，因而得到了快速的发展和越来越广泛的应用。对于一个国家来说，数据库建设规模的大小、数据库信息量的大小和使用频度的高低已成为衡量这个国家信息化程度的重要标志。

本章主要介绍数据管理技术的发展过程、数据模型的分类、数据库系统的结构以及数据库的新技术，从中可以学习到为什么要使用数据库技术以及数据库技术的重要性。本章内容是后面各章节的准备和基础。

## 1.1 数据管理技术

### 1.1.1 数据管理技术的产生和发展

数据管理技术是应数据管理任务的需要而产生的，数据管理是指对数据进行收集、组织、编码、存储、检索和维护等活动。随着计算机硬件和软件的发展，数据管理技术经历了人工管理、文件系统和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。硬件存储设备主要有磁带、卡片机、纸带机等，还没有磁盘等直接存取的存储设备；软件方面也处于初级阶段，没有操作系统和管理数据的工具；数据的处理方式是批处理，数据的组织和管理完全靠程序员手工完成，因此称为“人工管理阶段”。这个阶段数据的管理效率很低，其特点如下：

##### (1) 数据不保存

该时期的计算机主要用于科学计算，一般不需要将数据长期保存，只是在计算某一课题时将数据输入，用完后不保存原始数据，也不保存计算结果。

## (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。所以程序员在编写应用程序时,不但要规定数据的逻辑结构而且还要设计物理结构,设计任务繁重。

## (3) 数据不共享,冗余数据多

数据是面向应用程序的,一组数据只能对应一个程序。当多个应用程序涉及某些相同的数据时,必须各自定义,无法相互利用、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,这更增加了程序员的负担。

人工管理阶段应用程序与数据之间的对应关系如图 1-1 所示。

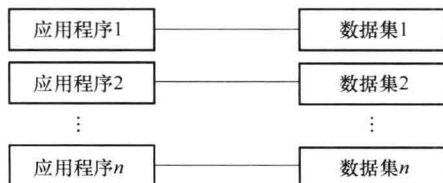


图 1-1 人工管理阶段应用程序与数据的对应关系

## 2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期,计算机得到广泛应用。硬件已经有了磁盘、磁鼓等直接存取的存储设备;软件方面,操作系统中已经有了专门的数据管理软件,一般称为文件系统;处理方式上不但能进行批处理,而且能够实现联机实时处理。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,以供查询、更新等操作。

### (2) 由文件系统管理数据

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、插入和删除操作。文件系统实现了记录内的结构化,但整体无结构。程序和数据之间的对话由文件系统的存取方法提供转换,使得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,而且数据在存储上的改变不一定反映在程序上,节省了维护程序的工作量。

### (3) 数据共享性差,冗余度大

在文件系统中,一个(或一组)文件对应一个应用程序,文件是面向应用的。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,因此数据冗余度大,浪费存储空间。同时可能造成数据的不一致性,给数据维护带来困难。

### (4) 数据独立性差

文件系统文件是为某个特定应用服务的,文件的逻辑结构对该应用程序来说是最优的,因此想对现有的数据增加一些新的应用是很困难的,系统扩充性不好。一旦数据的

逻辑结构发生变化,就必须修改应用程序。数据和应用程序之间缺乏独立性。

文件系统阶段应用程序与数据之间的对应关系如图 1-2 所示。

### 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更为庞大,应用越来越广泛,数据量急剧增长,同时多种应用、

多种语言共享数据集合的要求越来越强烈。这时硬件已有了大容量的磁盘,硬件价格下降;在处理方式上,联机实时处理要求更多,并开始提出和考虑分布处理。在这样的背景下,以文件系统作为数据管理手段已经不能满足应用的需求,为解决多用户、多应用共享数据的需求,出现了统一管理数据的专门软件系统——数据库管理系统。

从文件系统到数据库系统,是数据管理技术的一个飞跃。用数据库系统来管理数据具有如下特点:

#### (1) 数据结构化

数据结构化是数据库系统与文件系统的根本区别。文件系统阶段只考虑同一文件记录内部数据项之间的联系,而不同文件的记录之间是没有联系的,也就是说,从整体上看数据是无结构的。数据库实现了整体数据的结构化,它把文件系统中的简单记录结构变成了记录和记录之间的联系所构成的结构化数据。在描述数据的时候,不仅要描述数据本身,还要描述数据之间的联系。

#### (2) 数据的共享性好,冗余度低

数据的共享程度直接关系到数据的冗余度。文件系统中,一个文件基本上对应一个应用程序,文件是面向应用的,不能共享相同的数据,因此冗余度大。数据库中的数据考虑所有用户的数据需求,是面向整个系统组织的,而不是面向某个具体应用的,减少了数据的冗余。

#### (3) 数据独立性高

数据独立性是指数据库中的数据与应用程序之间不存在依赖关系,而是相互独立的。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数据是相互独立的。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,也就是说数据的逻辑结构改变了,用户程序可以不变。数据独立性是由数据库管理系统的二级映像功能保证的。

#### (4) 数据由数据库管理系统统一管理和控制

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,这要求数据不仅要由数据库管理系统进行统一的管理,同时还要进行统一的控制。具体的控制功能包括数据的安全性保护、数据的完整性检查、数据的并发控制和数据库的恢复。

数据库系统阶段应用程序与数据之间的对应关系如图 1-3 所示。

数据管理技术三个阶段的特点及其比较如表 1-1 所示。

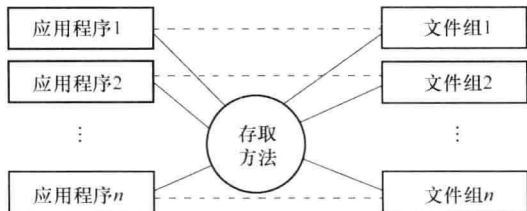


图 1-2 文件系统阶段应用程序与数据的对应关系

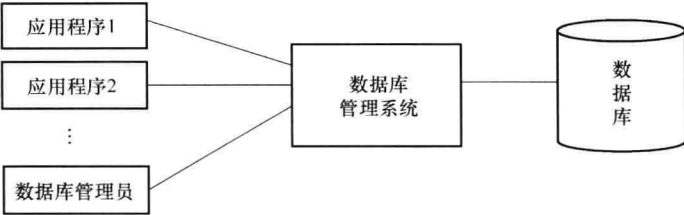


图 1-3 数据库系统阶段应用程序与数据的对应关系

表 1-1 数据管理技术三个阶段的比较

| 阶段<br>要素 | 人工管理阶段          | 文件系统阶段                 | 数据库系统阶段                        |
|----------|-----------------|------------------------|--------------------------------|
| 时间       | 20 世纪 50 年代中期以前 | 20 世纪 50 年代后期到 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）            | 有数据库管理系统                       |
| 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   | 人               | 文件系统                   | 数据库管理系统                        |
| 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  | 应用程序自己控制        | 应用程序自己控制               | 由数据库管理系统提供数据的安全性、完整性、并发控制和恢复能力 |

1.1.2 数据库系统的基本概念

1. 数据（Data）

数据是数据库中存储的基本对象，它有多种表现形式。大多数人头脑中的第一反应是数据就是数字，其实数字只是最简单的一种数据，数据还包括文字、图形、图像、声音、

语言等，它们可以经过数字化后存入计算机。

数据是指描述事物的符号记录。这些符号可以是文字、图形、声音、图像等。

数据的含义称为数据的语义，数据与其语义是不可分的。例如，学生档案表中有一个记录的描述如下：

（王一，男，1985-7-2，黑龙江，管理科学与工程系）

这个记录就是数据。对于了解其含义的人会得到这样的信息：姓名是王一，性别为男，1985年7月2日出生，黑龙江人，在管理科学与工程系读书；不了解其语义的人则无法理解其含义。可见，数据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。

## 2. 数据库（DataBase，DB）

数据库是一个长期存储在计算机内，有组织的、可共享的、统一管理的数据集合。它是一个按数据结构来存储和管理数据的计算机软件系统，具有较小的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性，可以为各种用户共享。

数据的长期存储、有组织和可共享是数据库的三个基本特点。

## 3. 数据库管理系统（DataBase Management System，DBMS）

数据库管理系统是为数据库的建立、使用和维护而配置的系统软件。它建立在操作系统的基础上，对数据库进行统一的管理和控制，是位于用户与操作系统之间的一个数据管理软件，是数据库系统的重要组成部分。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 提供数据操纵语言（Data Manipulation Language，DML），用户可以使用它操纵数据来完成对数据库的基本操作，如查询、插入、删除、修改等。

### （3）数据库的运行管理功能

数据库在建立、运行和维护时由数据库管理系统统一进行管理和控制，从而保证数据的安全性、完整性、并发控制及故障发生后的系统恢复。

### （4）数据库的建立和维护功能

数据库初始数据的输入、转换功能，数据库的转储、恢复功能，数据库的重新组织功能、分析功能等这些功能通常是由一些实用程序完成的。

## 4. 数据库管理员（DataBase Administrator，DBA）

数据库管理员是负责管理和维护数据库服务器的人员。数据库管理员负责全面地管理和控制数据库系统，其主要工作有以下几个方面：

### （1）DBA 应参与数据库和应用系统的设计

数据库管理员是用户，他们对系统应用的现实世界非常了解，能够提出更合理的要求和建议，所以有 DBA 参与系统及数据库的设计可以使其设计更合理。

### （2）DBA 应参与决定数据库的存储结构和存取策略的工作

数据库管理员要综合各用户的应用要求，和数据库设计员共同决定数据的存储结构和