

普通高等教育“十三五”规划教材

# Access 2010 数据库程序设计

ACCESS 2010  
SHUJUKUCHENGXUSHEJI

主 编 纪澍琴 于雪晶  
副主编 刘 威 俞炫昊 梁银山



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

普通高等教育“十三五”规划教材

# Access 2010 数据库程序设计

主 编 纪澍琴 于雪晶

副主编 刘 威 俞炫昊 梁银山



中国水利水电出版社

[www.waterpub.com.cn](http://www.waterpub.com.cn)

## 内 容 提 要

本书是根据教育部高等教育司组织制订的《高等学校文科类专业大学计算机教学基本要求》编写的。本书介绍了数据库原理和基本概念,并结合 Microsoft Access 2010 详细介绍了数据库应用各方面的知识。全书共分 10 章,内容包括:数据库基础知识,Access 2010 基础,数据库和表的建立和操作,使用查询,制作窗体,创建与打印报表,使用宏,模块和 VBA 程序设计,VBA 应用实例和设计高校教学管理系统。

本书从易学性和实用性入手,每部分都联系实例进行讲解,图文并茂、循序渐进,注重实际操作技能的训练,并在最后一章用一个完整的实例详细讲解了如何使用 Access 开发数据库应用程序。本书适合作为高等学校文科专业的数据库应用技术课程的教学用书,也可作为各大中专院校、职业院校和各类培训学校的 Access 数据库应用教材和参加全国计算机等级考试(二级 Access)的参考书。

本书配套有《Access 2010 数据库程序设计实践教程》,书中以一个完整的案例和详尽细致的实验步骤帮助读者进行操作训练,并配有大量的习题和答案供读者参考选用。

## 图书在版编目(CIP)数据

Access 2010数据库程序设计 / 纪澍琴, 于雪晶主编

— 北京: 中国水利水电出版社, 2016.2

普通高等教育“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5170-4087-3

I. ①A… II. ①纪… ②于… 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025927号

策划编辑: 石永峰

责任编辑: 石永峰/宋俊娥

封面设计: 李 佳

|      |                                                                                                                            |
|------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 书 名  | 普通高等教育“十三五”规划教材<br>Access 2010 数据库程序设计                                                                                     |
| 作 者  | 主 编 纪澍琴 于雪晶<br>副主编 刘 威 俞炫昊 梁银山                                                                                             |
| 出版发行 | 中国水利水电出版社<br>(北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038)<br>网址: www.waterpub.com.cn<br>E-mail: mchannel@263.net (万水)<br>sales@waterpub.com.cn |
| 经 售  | 电话: (010) 68367658 (发行部)、82562819 (万水)<br>北京科水图书销售中心(零售)<br>电话: (010) 88383994、63202643、68545874<br>全国各地新华书店和相关出版物销售网点     |
| 排 版  | 北京万水电子信息有限公司                                                                                                               |
| 印 刷  | 三河市铭浩彩色印装有限公司                                                                                                              |
| 规 格  | 184mm×260mm 16开本 24印张 543千字                                                                                                |
| 版 次  | 2016年2月第1版 2016年2月第1次印刷                                                                                                    |
| 印 数  | 0001—2000册                                                                                                                 |
| 定 价  | 48.00元                                                                                                                     |

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

# 前 言

数据库应用技术是计算机应用的一个重要方向,学习和掌握数据库的基本知识,利用数据库系统进行数据处理是高等院校特别是文科学生必备的能力之一。

Access 是一个小型的关系数据库管理系统,它可以有效地组织、管理和共享数据库中的数据,具有界面友好、易学易用、功能完备、接口灵活等特点,被广泛地应用于各种数据库管理软件的开发。

本书作者根据数据库应用的基本特点,结合初学者的实际情况,按照《高等学校文科类专业大学计算机教学基本要求》和《全国计算机等级考试大纲》的要求,精心策划和组织内容,以 Access 2010 版本作为软件环境编写了此书。

全书共分 10 章:

第 1 章重点介绍了数据库技术的发展、数据库的基本概念、关系数据库、数据库设计及管理基础和 SQL 语言。

第 2 章介绍了 Access 2010 基础,包括 Access 2010 的简介、特点,Access 2010 所包含的各种数据库对象,Access 2010 的基本操作环境和数据库的创建。

第 3~7 章分别对创建表、查询、窗体、报表和宏等内容进行了重点介绍,上述章节也是 Access 的基本功能所在。

第 8 章通过大量的实例介绍了 Access 的编程语言 VBA,使用 VBA 编程环境可以让 Access 数据库应用系统更加灵活,功能更加强大。

第 9 章是 VBA 应用实例介绍,通过程序流程控制、过程调用、计时器和 ADO 数据库编程等具体实例,从分析和设计两个方面加以阐述,旨在使读者可以更加快速和熟练地进行较复杂的应用数据库的分析和设计。

第 10 章为了使学能够更好地使用 Access 开发数据库软件,理解和掌握数据库设计和开发的流程,以高校教学管理系统为例详细介绍了数据库应用软件的开发过程。

考虑到普通高等学校文科学生的特点,本书以应用为目的,以一个完整的数据库应用案例为引导,通过大量的实例讲解,图文并茂,简明扼要,阐述由浅入深,层次分明。

为了便于教师使用本教材进行实验教学和方便学生的学习,我们还编写了与本教材配套的《Access 2010 数据库程序设计实践教程》,书中以一个完整的案例和详尽细致的实验步骤帮助读者进行操作训练,并配有大量的习题和答案供读者参考选用。

本书由纪澍琴、于雪晶任主编,刘威、俞炫昊和梁银山任副主编。第 1 章至第 7 章由纪澍琴编写,第 8 章至第 9 章由于雪晶编写,第 10 章由俞炫昊编写。参加本书大纲讨论及

部分章节编写的还有张守伟、杨海波、陈天亨、周丽娟、张淑华、段丽霞、李季和孟庆霞等。全书由纪澍琴统稿。在本书的编写和出版过程中得到了中国水利水电出版社的大力支持和帮助，在此一并致谢！

由于时间紧迫、作者水平有限，书中难免有不足之处，恳请专家、教师及读者多提宝贵意见。

编者

2015 年 12 月

# 目 录

## 前言

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 数据库设计基础              | 1  |
| 1.1 数据库的基本概念               | 1  |
| 1.1.1 数据和数据处理              | 1  |
| 1.1.2 数据管理技术的发展            | 2  |
| 1.1.3 数据库系统                | 4  |
| 1.1.4 数据库管理系统的基本功能         | 5  |
| 1.1.5 数据库系统的特点             | 5  |
| 1.1.6 数据库系统的内部体系结构         | 6  |
| 1.2 数据模型                   | 8  |
| 1.2.1 数据模型的基本概念            | 8  |
| 1.2.2 概念模型                 | 9  |
| 1.2.3 E-R 模型               | 10 |
| 1.2.4 逻辑数据模型               | 11 |
| 1.3 关系数据库                  | 14 |
| 1.3.1 关系模型的组成              | 14 |
| 1.3.2 关系代数                 | 14 |
| 1.3.3 关系完整性约束              | 18 |
| 1.4 SQL 基本命令               | 18 |
| 1.4.1 SQL 简介               | 18 |
| 1.4.2 SQL 基本语句             | 19 |
| 1.5 数据库设计与管理               | 22 |
| 1.5.1 数据库规范化设计             | 22 |
| 1.5.2 数据库设计的步骤             | 25 |
| 1.5.3 数据库的管理               | 26 |
| 1.5.4 Access 数据库应用系统设计实例   | 27 |
| 习题一                        | 31 |
| 第 2 章 Access 2010 基础       | 34 |
| 2.1 Access 2010 简介         | 34 |
| 2.2 Access 2010 的新特点       | 34 |
| 2.3 Access 2010 的数据库对象     | 36 |
| 2.4 Access 2010 的开发环境和基本操作 | 38 |

|                         |    |
|-------------------------|----|
| 2.4.1 启动 Access 2010    | 38 |
| 2.4.2 退出 Access 2010    | 38 |
| 2.4.3 Access 2010 的操作界面 | 38 |
| 2.4.4 Access 2010 的选项卡  | 41 |
| 2.4.5 Access 2010 的导航窗格 | 43 |
| 2.5 创建数据库               | 45 |
| 习题二                     | 48 |
| 第 3 章 表                 | 49 |
| 3.1 建立表                 | 49 |
| 3.1.1 表结构               | 49 |
| 3.1.2 创建表               | 50 |
| 3.1.3 设置字段属性            | 56 |
| 3.1.4 向表中输入数据           | 63 |
| 3.2 主键和索引               | 67 |
| 3.2.1 主键                | 67 |
| 3.2.2 索引                | 67 |
| 3.3 建立表间关系              | 69 |
| 3.3.1 表间关系的概念           | 69 |
| 3.3.2 建立表间关系            | 69 |
| 3.3.3 关系选项              | 71 |
| 3.3.4 编辑关系              | 72 |
| 3.3.5 删除关系              | 72 |
| 3.4 获取外部数据              | 73 |
| 3.5 维护表                 | 77 |
| 3.5.1 表的相关操作            | 77 |
| 3.5.2 修改表的结构            | 79 |
| 3.5.3 编辑表的内容            | 79 |
| 3.5.4 调整表的外观            | 81 |
| 3.6 操作表                 | 85 |
| 3.6.1 查找数据              | 85 |
| 3.6.2 替换数据              | 87 |

|                         |     |                      |     |
|-------------------------|-----|----------------------|-----|
| 3.6.3 排序记录              | 87  | 4.9.3 用 SQL 语句实现各种查询 | 150 |
| 3.6.4 筛选记录              | 91  | 习题四                  | 151 |
| 习题三                     | 96  | 第 5 章 窗体             | 154 |
| 第 4 章 查询                | 99  | 5.1 窗体概述             | 154 |
| 4.1 查询概述                | 99  | 5.1.1 窗体的概念和作用       | 154 |
| 4.1.1 查询的功能             | 99  | 5.1.2 窗体的类型          | 154 |
| 4.1.2 查询的类型             | 100 | 5.1.3 窗体的视图          | 156 |
| 4.1.3 查询的视图             | 100 | 5.2 创建窗体             | 159 |
| 4.2 使用查询向导创建查询          | 102 | 5.2.1 自动、快速创建窗体      | 160 |
| 4.2.1 简单查询向导            | 102 | 5.2.2 使用“窗体向导”创建窗体   | 163 |
| 4.2.2 交叉表查询向导           | 106 | 5.2.3 使用“空白窗体”创建窗体   | 167 |
| 4.2.3 查找重复项查询向导         | 109 | 5.2.4 创建图表窗体         | 168 |
| 4.2.4 查找不匹配项查询向导        | 112 | 5.3 窗体的设计            | 170 |
| 4.3 操作已创建的查询            | 115 | 5.3.1 窗体设计工具         | 171 |
| 4.3.1 运行已创建的查询          | 115 | 5.3.2 窗体中的控件         | 172 |
| 4.3.2 编辑查询中的字段          | 115 | 5.3.3 窗体中常用控件的使用     | 174 |
| 4.3.3 编辑查询中的数据源         | 116 | 5.3.4 控件的命名          | 187 |
| 4.3.4 调整查询的列宽           | 116 | 5.3.5 窗体和控件的属性       | 188 |
| 4.3.5 使用查询的结果           | 117 | 5.4 窗体的美化            | 191 |
| 4.4 查询条件                | 117 | 5.4.1 设置控件的格式属性      | 191 |
| 4.5 选择查询                | 120 | 5.4.2 设置窗体的格式属性      | 192 |
| 4.5.1 创建选择查询            | 121 | 5.4.3 添加当前日期和时间      | 193 |
| 4.5.2 查询中的计算功能          | 124 | 5.4.4 控件的尺寸统一与对齐     | 194 |
| 4.6 交叉表查询               | 130 | 习题五                  | 196 |
| 4.7 参数查询                | 131 | 第 6 章 报表             | 198 |
| 4.7.1 单参数查询             | 131 | 6.1 报表概述             | 198 |
| 4.7.2 多参数查询             | 132 | 6.1.1 报表的功能          | 198 |
| 4.8 操作查询                | 134 | 6.1.2 报表的类型          | 199 |
| 4.8.1 认识操作查询            | 134 | 6.1.3 报表的视图          | 200 |
| 4.8.2 保护数据              | 134 | 6.1.4 报表的组成          | 203 |
| 4.8.3 生成表查询             | 134 | 6.2 创建报表             | 204 |
| 4.8.4 追加查询              | 136 | 6.2.1 使用“报表”自动创建报表   | 204 |
| 4.8.5 更新查询              | 138 | 6.2.2 使用“报表向导”创建报表   | 205 |
| 4.8.6 删除查询              | 139 | 6.2.3 使用“空报表”创建报表    | 208 |
| 4.9 SQL 查询              | 141 | 6.2.4 使用“报表设计”创建报表   | 208 |
| 4.9.1 使用 SQL 语句修改查询中的条件 | 141 | 6.2.5 创建图表报表         | 213 |
| 4.9.2 创建 SQL 查询         | 142 | 6.2.6 使用“标签”创建报表     | 216 |

|                     |     |                          |     |
|---------------------|-----|--------------------------|-----|
| 6.3 报表中的排序、分组和计算    | 219 | 8.2 VBA 面向对象程序设计         | 262 |
| 6.3.1 记录排序          | 219 | 8.2.1 对象和类               | 262 |
| 6.3.2 记录分组          | 221 | 8.2.2 属性、事件和方法           | 262 |
| 6.3.3 使用计算控件        | 222 | 8.3 VBA 编程基础             | 265 |
| 6.4 创建子报表           | 225 | 8.3.1 编码规则               | 265 |
| 6.5 报表的美化           | 228 | 8.3.2 数据类型               | 265 |
| 6.5.1 应用“主题”        | 228 | 8.3.3 常量、变量              | 268 |
| 6.5.2 添加背景图案        | 229 | 8.3.4 运算符和表达式            | 271 |
| 6.5.3 添加页码          | 231 | 8.3.5 标准函数               | 274 |
| 6.5.4 添加分页符         | 231 | 8.3.6 数组                 | 279 |
| 6.5.5 添加日期和时间       | 231 | 8.4 VBA 程序的流程控制          | 280 |
| 6.5.6 添加直线和矩形       | 232 | 8.4.1 语句                 | 280 |
| 6.6 打印报表和创建多级列表     | 233 | 8.4.2 选择结构               | 281 |
| 习题六                 | 234 | 8.4.3 循环结构               | 285 |
| 第7章 宏               | 236 | 8.5 子过程与函数过程             | 288 |
| 7.1 宏概述             | 236 | 8.5.1 过程的调用              | 288 |
| 7.1.1 宏的概念          | 236 | 8.5.2 参数传递               | 290 |
| 7.1.2 宏的分类          | 237 | 8.6 VBA 常用的操作            | 291 |
| 7.1.3 宏设计器          | 238 | 8.7 VBA 数据库编程            | 296 |
| 7.1.4 宏设计选项卡        | 239 | 8.7.1 数据库引擎及其接口          | 296 |
| 7.1.5 常用的宏操作        | 240 | 8.7.2 数据访问对象 DAO         | 297 |
| 7.2 创建宏             | 241 | 8.7.3 ActiveX 数据对象       | 299 |
| 7.2.1 创建操作序列宏       | 241 | 8.7.4 数据库数据访问和处理的特殊函数    | 301 |
| 7.2.2 创建宏组          | 243 | 8.8 VBA 程序运行错误处理与调试      | 303 |
| 7.2.3 创建条件宏         | 245 | 8.8.1 VBA 程序运行错误处理       | 303 |
| 7.2.4 创建嵌入宏         | 246 | 8.8.2 VBA 程序的调试          | 303 |
| 7.3 编辑宏             | 249 | 习题八                      | 305 |
| 7.4 运行和调试宏          | 250 | 第9章 VBA 应用实例             | 309 |
| 7.4.1 宏的运行          | 250 | 9.1 程序流程控制               | 309 |
| 7.4.2 宏的调试          | 250 | 9.1.1 选择结构               | 309 |
| 习题七                 | 252 | 9.1.2 循环结构               | 313 |
| 第8章 模块与 VBA 程序设计    | 254 | 9.2 过程调用                 | 319 |
| 8.1 模块与 VBA 简介      | 254 | 9.3 计时器                  | 323 |
| 8.1.1 VBA 简介        | 254 | 9.4 ADO 数据库编程实例          | 325 |
| 8.1.2 VBA 的开发环境 VBE | 254 | 习题九                      | 328 |
| 8.1.3 模块            | 258 | 第10章 Access 2010 数据库应用系统 | 329 |
| 8.1.4 创建和运行模块       | 261 |                          |     |

|                       |     |                          |     |
|-----------------------|-----|--------------------------|-----|
| 10.1 系统分析与设计 .....    | 329 | 10.5.4 创建查询修改窗体 .....    | 358 |
| 10.2 数据库的设计 .....     | 330 | 10.6 编码实现 .....          | 362 |
| 10.2.1 数据库的需求分析 ..... | 330 | 10.6.1 公用模块 .....        | 362 |
| 10.2.2 数据库的结构设计 ..... | 330 | 10.6.2 登录窗体的代码 .....     | 364 |
| 10.3 系统功能概述 .....     | 333 | 10.6.3 数据录入窗体的代码 .....   | 365 |
| 10.4 创建表和索引 .....     | 334 | 10.6.4 查询修改窗体的代码 .....   | 367 |
| 10.4.1 创建表 .....      | 334 | 10.7 系统的调试及发布 .....      | 368 |
| 10.4.2 创建主键和关系 .....  | 336 | 10.7.1 系统分析与调试 .....     | 368 |
| 10.5 设计窗体 .....       | 338 | 10.7.2 数据库启动选项设置 .....   | 370 |
| 10.5.1 创建切换面板 .....   | 338 | 10.7.3 生成 ACCDE 文件 ..... | 372 |
| 10.5.2 创建登录窗体 .....   | 345 | 习题十 .....                | 373 |
| 10.5.3 创建数据录入窗体 ..... | 347 | 参考文献 .....               | 374 |

# 第 1 章 数据库设计基础

数据库技术是计算机领域的一个重要的分支。在信息技术日益普及的今天，人们的工作、学习和生活都已离不开数据库，数据库技术已经深入到人类社会的各个方面，并且随着计算机技术和互联网的迅猛发展，数据库技术的应用领域也在不断扩大，如企业管理、工程管理、数据统计、多媒体信息系统等领域都在利用数据库技术。

本章主要介绍数据库的基本概念和基本理论知识。

## 1.1 数据库的基本概念

数据库可以直观地理解为存放数据的仓库，只不过这个仓库是在计算机的大容量存储器上。数据库技术研究的问题就是如何科学地组织、存储和管理数据，如何高效地获取和处理数据。

### 1.1.1 数据和数据处理

#### 1. 数据和信息

数据是描述现实世界事物的物理符号，包括数值、字符、文字、图形、图像、声音和其他的特殊符号。数据是信息的载体，是信息的具体表示形式。

信息是指现实世界事物存在方式或运动状态的反映。具体地说，信息是一种被加工成特定形式的数据，这种数据形式对接收者来说是有意义的。不经过加工处理的数据只是一种原始材料，它的价值只在于记录了客观世界的事实。只有经过提炼和加工，原始数据才发生了质的变化，产生一定的意义。

数据与信息既有联系，又有区别。一方面，数据是信息的符号表示或载体，信息则是数据的内涵，是数据所包含的意义。另一方面，数据具有任意性，可用多种不同的数据形式来表示一种同样的信息，而信息不随表示它的数据形式不同而改变。例如，一个城市的天气预报情况是一条信息，而描述该信息的数据形式可以是文字、图像或声音等。

#### 2. 数据处理

数据处理是指将数据转换成信息的过程，包括对数据的收集、存储、加工或计算、打印各类报表、传输等的一系列活动。其目的之一是从大量原始数据中抽取、推导出对人们有价值的信息，然后利用信息作为行动和决策的依据；另一目的是为了借助计算机科学地保存和管理复杂的、大量的数据，以使人们能够方便而充分地利用这些宝贵的信息资源。

例如，全校大一学生《大学计算机基础》的考试成绩记录了考生的考试情况（属于原始数据），对考试成绩分班统计（属于数据处理）的结果，可以作为任课教师教学评价的依据之一（属于信息），或者对考试成绩按不同的题型得分进行分类统计（属于数据处理），

可得出试题分布和难易程度的分析报告（属于信息）。

### 1.1.2 数据管理技术的发展

计算机对数据的管理是指对数据的组织、分类、编码、存储、检索和维护提供操作手段。随着计算机软硬件技术和计算机应用范围的发展，数据管理技术也在不断地改进，大体上经历了 4 个阶段：人工管理阶段、文件系统阶段、数据库系统阶段和分布式数据库系统阶段。

#### 1. 人工管理阶段

20 世纪 50 年代以前，计算机主要用于数值计算。在硬件方面，外存储器只有卡片、纸带和磁带，存储信息容量小，存取速度慢。软件方面没有系统软件和管理数据的软件，程序员不但要负责处理数据还要负责组织数据。程序员直接与物理设备打交道，从而使程序与物理设备高度相关，一旦物理存储发生变化，程序必须全部修改，程序没有任何独立性，如图 1-1（a）所示。

此阶段数据管理的主要特点是：

- （1）程序之间不能共享数据。程序代码与数据同处于一个程序中，即一组数据对应一个程序，一个程序不能使用另一个程序中的数据。
- （2）程序复杂。由于没有专门的软件对数据进行管理，因此在程序中必须定义数据存储结构，需要编写数据存取方法和输入输出方式等程序。
- （3）数据量小且无法长期保存。程序运行时，人工进行数据输入，输入数据和运行结果都保存在内存中，随着程序运行结束，这些数据自动消失，很难实现大数据量处理的任务。
- （4）数据重复输入量大。当一个程序用到另一个程序处理结果时，需要重新输入这些数据。一个程序多次运行也可能导致人工重复输入数据。

#### 2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期至 60 年代中期，计算机软、硬件有了很大发展。外存储器有磁鼓和磁盘等直接存取设备，存储信息容量和存取速度得到很大改进；软件方面有了操作系统和文件系统，程序通过文件系统访问数据文件，如图 1-1（b）所示。

此阶段数据管理的主要特点是：

- （1）程序之间可以共享数据，且易于长期保存。程序代码和数据可以分别存储在各自文件中，在一个程序中输入数据或运行结果可以保存到数据文件中，供其他程序使用。即一组数据可以在多个程序中使用。
- （2）程序代码有所简化。数据存储结构、存取方法等都由文件系统负责处理，程序中通过文件名即可存取数据文件中的数据。
- （3）数据冗余度大。数据文件通常是非结构化文件，如顺序文件、随机文件等，都没有列标识，不便于多个程序员使用。通常一个数据文件对应一个程序员编写的一组程序，因此，多个程序员的相同数据可能出现重复存储问题。
- （4）程序对数据依赖性较强。改变数据文件中数据项的位置或宽度后，可能需要修改程序代码。

(5) 专业性较强。对数据文件访问(存取、分类、检索和维护等)通常需要编写程序,因此,使用计算机的人员要具有很强的计算机专业知识。

### 3. 数据库系统阶段

20 世纪 60 年代后期至 70 年代后期,计算机系统有了进一步发展,外存储器有了大容量磁盘,存取数据的速度明显提高而且价格下降,这就有可能克服文件系统管理数据时的不足,而去满足和解决实际应用中多个应用程序共享数据的要求,从而使数据能为尽可能多的应用程序服务,这就出现了数据库这样的数据管理技术,如图 1-1 (c) 所示。数据库技术日趋成熟,出现了许多数据库管理系统。例如,在微型计算机上流行 dBASE 系列数据库管理系统,在大、中、小型计算机上使用 Oracle 数据库管理系统等。

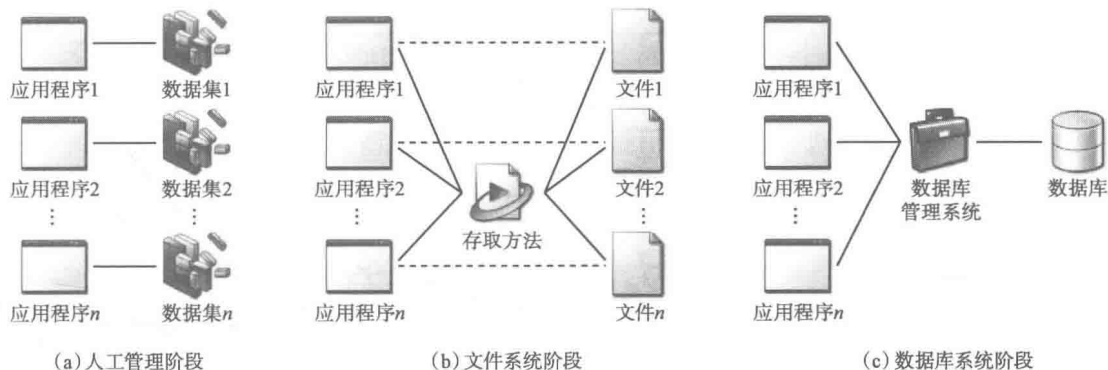


图 1-1 各个数据管理阶段中应用程序和数据之间的对应关系

此阶段数据管理的主要特点是:

- (1) 数据集中式管理, 高度共享。
- (2) 数据结构化并与程序分离。
- (3) 数据冗余度小, 并具有一定的一致性和完整性等。

数据管理在数据库系统阶段, 经历了层次数据库和网状数据库阶段, 到了 20 世纪 70 年代, 出现了关系数据库系统, 并逐渐取代了前两种系统, 占据了数据库领域的主导地位, 成为当今较为流行的数据库系统。

### 4. 分布式数据库系统阶段

20 世纪 80 年代初期至今, 随着计算机网络技术的发展, 一个部门的多台计算机进行连接构成局域网, 甚至跨地区、跨国别的多台计算机进行连接构成广域网或 Internet 网, 网络技术的发展为分布式数据库系统提供了良好的运行环境。

分布式数据库可以将数据存放在多台计算机上, 可以在不同位置访问数据库中的数据。目前支持分布式数据库的数据库管理系统有 Access、SQL Server、Oracle 和 Sybase 等。

分布式数据库比集中式数据库的功能更加强大, 主要特点是:

- (1) 数据局部自治与集中控制相结合, 具有很强的可靠性和可用性。
- (2) 强大数据共享和并发控制能力, 使数据的使用价值更高, 应用范围更大。
- (3) 数据一致性和安全性控制措施更加完善。

### 1.1.3 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之后组成的系统, 它可以实现有组织地、动态地存储大量相关数据, 提供数据处理和信息资源共享服务。它由系统硬件平台、系统软件平台、数据库、数据库管理系统、应用软件、应用界面和相关人员组成, 如图 1-2 所示。

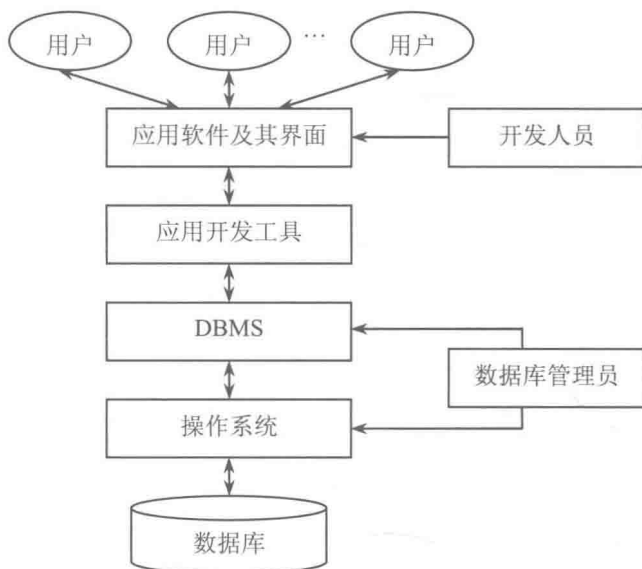


图 1-2 数据库系统的组成

#### 1. 数据库 (DataBase, DB)

数据库是数据的集合, 是长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的数据的集合。数据库中的数据按一定的数据模型组织、描述和存储, 具有很小的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性, 可为各种用户共享。数据库不仅包含描述事物的数据本身, 也包含数据之间的联系。

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

数据库管理系统是数据库系统的核心, 是一种系统软件, 数据库中的数据组织、操纵、维护、控制、保护和数据服务等功能都是由数据库管理系统来完成的。数据库管理系统是位于用户与操作系统之间的数据管理软件。

#### 3. 相关人员

数据库系统中的相关人员包括数据库管理员 (DataBase Administrator, DBA)、应用程序开发人员和最终用户。

(1) 数据库管理员。由于数据库的共享性, 因此对数据库的规划、设计、维护和监视等需要有专人管理, 他们被称为数据库管理员。数据库管理员主要负责数据库的设计和安装数据库管理系统, 通过数据库管理系统建立和维护数据库, 制定安全策略, 保障计算机软硬件系统的正常运行。

(2) 应用程序开发人员。主要工作是按照应用领域的业务人员要求,利用数据库系统资源开发符合业务要求的应用程序。有些简单的应用程序,可以由非计算机专业人员开发,但一些较复杂或者大型的应用程序,通常由计算机专业人员开发。

(3) 用户。通常是应用领域的人员,如教务管理系统的教师和学生,电子商务系统的商家和客户等。

#### 1.1.4 数据库管理系统的基本功能

数据库管理系统管理的对象主要是数据库,其基本功能包括:

(1) 数据定义。通过 DBMS 提供的数据定义语言(Data Definition Language, DDL)可以定义数据库、数据库表、视图和索引等数据库中的相关信息。

(2) 数据操纵。通过 DBMS 提供的数据操纵语言(Data Manipulation Language, DML)可以对数据库中的数据进行插入、修改和删除。

(3) 数据查询。通过数据查询语言(Data Query Language, DQL)可以对数据进行查询、排序、汇总和表连接等操作。

(4) 数据库运行管理和控制。这是 DBMS 的核心部分,DBMS 提供的数据库控制语言(Data Control Language, DCL)负责数据库并发控制(协调多个用户对数据库同时操作,并确保数据一致性),安全性(密码和权限)检查,完整性约束条件(数据的正确性)检查和执行,数据库内部资料(如索引、数据字典)自动维护等。所有数据库的各种操作都要在 DBMS 的统一控制和管理下进行操作,以确保数据的安全性、完整性以及对数据库的并发使用。

(5) 数据组织、存储和管理。DBMS 要对数据字典(存放数据库结构的描述信息,如表中字段名和数据类型等)、用户数据和存取路径等信息进行分类组织、存储和管理,确定文件结构和存取方式,实现数据之间的联系,以便节省存储空间和提高数据处理速度。

(6) 数据库维护。数据库维护主要包括数据更新和转换(实现与其他软件的数据转换),数据库转存和恢复,数据库重新组织、结构维护和性能监视等。

(7) 数据通信。DBMS 要经常与操作系统打交道,进行信息交换,因此,必须提供与操作系统的联机处理、分时处理和远程作业传输接口。

#### 1.1.5 数据库系统的特点

数据库系统脱胎于文件系统,两者都以数据文件的形式组织数据,但数据库系统由于引入了 DBMS,与文件系统相比,它具有以下 4 个特点:

(1) 数据的结构化。在数据库系统中,数据是面向整体的,不但数据内部组织有一定的结构,而且数据之间的联系也按一定的结构描述出来,所以数据整体具有结构化的特点。

(2) 数据的高共享性,低冗余性,易扩充性。数据库系统是面向整体的,因此数据不但可以被多个用户共享使用,从而大大减少了冗余度,而且可以很容易地增加新的功能,以适应用户新的要求。

(3) 数据的高独立性。通过数据库系统提供的二级映像功能,使得数据既具有物理独

立性，又具有逻辑独立性。处理数据时，数据的逻辑结构与物理结构是相互独立的。数据的存储与使用数据的程序之间相互独立，即当改变数据存储结构时程序应尽量不受影响，若程序修改时，也不要求数据结构做较大的改变。

(4) 数据的统一管理和控制。数据库管理系统在数据库建立、运用和维护时对数据进行统一控制，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。

数据的完整性是指确保数据库中数据的正确性、有效性和兼容性。正确的数据不一定是有效的，因此系统必须能够进行检验，并能够对数据进行统一的控制。安全性是指数据库在使用中，数据要被多个用户共享，就必须对数据加以保护，防止数据的意外丢失与破坏。因此，需要设置用户的使用权限以防止数据的非法使用。并发控制是控制多个应用的并发访问所产生的干扰，以保证其正确性。另外，一旦数据库遭到破坏，系统应有能力将其恢复到可用状态。

### 1.1.6 数据库系统的内部体系结构

数据库系统在体系结构上通常都具有相同的特征，即采用三级模式结构，并提供二级映像功能。

#### 1. 数据库系统的三级模式结构

数据库系统的三级模式结构是指数据库系统是由外模式、概念模式和内模式三级构成的。数据按外模式的描述提供给用户，按内模式的描述存储在磁盘中，而概念模式提供了一种约束其他两级的相对稳定的中间观点，它使得这两级的任何一级的概念都不受另外一级的牵制。3个级别的数据结构与应用程序以及数据库的联系如图 1-3 所示。

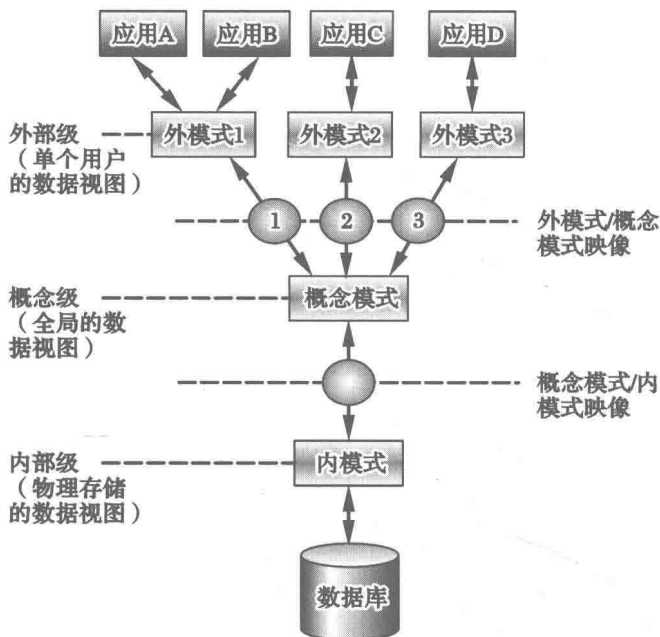


图 1-3 数据库系统三级模式的结构

### (1) 外模式。

外模式也称为子模式，属用户级数据库，是用户与数据库系统的接口，是用户用到的那部分数据（局部数据）的逻辑结构和特征的描述，又称用户视图，是与某一应用有关的数据的逻辑表示。

一个数据库可以有多个外模式。如果不同的用户 in 应用需求、看待数据的方式、对数据保密的要求等方面存在差异，则他们的外模式描述就是不同的。另一方面，同一外模式也可以为某一用户的多个应用系统所使用，但一个应用程序只能使用一个外模式。

### (2) 概念模式。

概念模式也称为模式，是概念级数据库，是数据库中全部数据的整体逻辑结构的描述，是所有用户的公共数据视图，又称 DBA 视图。它是数据库系统模式结构的中间层，不涉及存储结构、访问技术细节和硬件环境，也不涉及具体的应用程序以及开发工具，由若干个概念记录类型组成。概念模式不但要描述概念记录类型，还要描述记录之间的联系、所允许的操作、数据的一致性、安全性和其他数据控制方面的要求。

一个数据库只有一个概念模式。它以某一种数据模型为基础，统一综合考虑了所有用户的需求，并将这些需求有机地结合成一个逻辑整体。

### (3) 内模式。

内模式也称为存储模式，属物理级数据库，内模式是数据物理结构和存储结构的描述，是数据在数据库内部的表示方式，又称内部视图。例如，记录的存储方式，索引按何种方式组织，数据是否压缩存储、是否加密，数据的存储记录格式有何规定等。

一个数据库只有一个内模式，它仍独立于具体的存储设备。

## 2. 数据库系统的二级映像功能与数据独立性

数据库系统的三级模式是数据的三个抽象级别，它把数据的具体组织留给 DBMS 管理，使用户能抽象地处理数据，而不必关心数据在计算机中的表示和存储方式。这三级结构之间往往差别很大，为实现这 3 个抽象级别的转换，DBMS 在这三级结构之间提供了两层映像：外模式/概念模式映像和概念模式/内模式映像。正是这两层映像保证了数据库系统中的数据能够具有较高的逻辑独立性和物理独立性。

### (1) 概念模式/内模式映像保证了数据的物理独立性。

数据库只有一个概念模式，也只有一个内模式，所以概念模式/内模式映像是唯一的。这个映像存在于概念级和内部级之间，用于定义数据全局结构和存储结构之间的对应关系，该映像一般放在内模式中描述。有时也称为“模式/内模式映像”。

当数据库的内模式要作修改，即数据库的存储设备和存储方法有所变化，那么概念模式/内模式映像也要作出相应的修改，但概念模式很可能仍然保持不变。也就是对内模式的修改尽量不影响概念模式，当然对于外模式 and 应用程序的影响更小，这样就称数据库达到了数据的物理独立性。

### (2) 外模式/概念模式映像保证了数据的逻辑独立性。

对应于同一个概念模式可以有任意多个外模式。对于每一个外模式，数据库系统都有一个外模式/概念模式映像，这个映像存在于外部级和概念级之间，用于定义外模式和概念

模式间的对应关系, 这些映像定义通常包含在各自的外模式描述中。

如果数据库的整体逻辑结构(即概念模式)要作修改, 那么外模式/概念模式映像也要作相应的修改, 但外模式很可能仍然保持不变。也就是对概念模式的修改尽量不影响外模式, 当然对于应用程序的影响就更小, 这样就称数据库达到了数据的逻辑独立性。

## 1.2 数据模型

模型是对现实世界特征的模拟和抽象。数据模型也是一种模型, 只不过它模拟的对象是数据。在数据库技术中, 用数据模型这个工具来抽象、表示和处理现实世界的数据和信息。

### 1.2.1 数据模型的基本概念

怎样把现实世界中的事物及事物之间的联系在数据库中用数据描述出来, 是数据库技术中的一个基本问题。由于计算机不可能直接处理现实世界中的具体事物, 因此必须把现实世界中存在的具体事物转换成计算机能够处理的数据。数据库中的数据模型可以将复杂的现实世界的要求反映到计算机数据库中的物理世界, 这种反映是一个逐步转化的过程, 是从现实世界开始, 经历信息世界而至计算机世界的过程, 三个世界及其关系如图 1-4 所示。



图 1-4 三个世界及其关系

(1) 现实世界。客观存在的事物及其相互间的联系构成现实世界。在现实世界中, 人们通过事物的特征找出事物之间的差别, 以便区分事物, 而事物之间又存在着某种必然的联系。例如, 出版社、作者和书都是客观事物, 出版社与书通过出版相联系; 作者与书通过编写相联系。

(2) 信息世界。信息世界是客观世界在人们头脑中的反映, 是人们对客观事物及其联系的抽象描述和概念化。从本质上来看, 信息世界是抽象化的现实世界。在信息世界中, 人们将客观事物视为实体, 如上述的出版社、作者和书都是实体; 将事物的特性视为属性, 如出版社的地址是出版社实体的一个属性。

(3) 计算机世界。计算机世界是在信息世界基础上致力于其在计算机物理结构上的描述, 现实世界的要求只有在计算机世界中才得到真正的物理实现, 而这种实现是通过信息世界逐步转化得到的。

表示实体及实体之间联系的模型称为数据模型。数据模型按不同的应用层次分成 3 种类型, 分别是概念数据模型、逻辑数据模型和物理数据模型。