



高等学校计算机类“十三五”规划教材

Access 数据库设计

◎主 编 杨文莲 吴俊峰 张 菁
◎副主编 陶 冶 王 颖 张思佳

ACCESS SHUJUKU SHEJI



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高等学校计算机类“十三五”规划教材

Access 数据库设计

主 编 杨文莲 吴俊峰 张 菁

副主编 陶 冶 王 颖 张思佳

参 编 周 磊 刘 威 张 鑫

奚海波 王建彬



西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书遵循教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会(2013—017)制定的《大学计算机基础课程教学基本要求》中关于“数据库技术与应用”课程的教学要求,同时紧扣教育部考试中心颁布的《全国计算机等级考试二级 Access 数据库程序设计考试大纲》而编写。

本书主要介绍关系数据库管理系统的基础知识以及关系数据库应用系统的开发技术,主要包括数据库基础知识、Access 2010 概述、数据库的创建与管理、表的创建与操作、查询、窗体、报表、宏、模块与 VBA 编程基础、VBA 数据库编程、Access 数据库应用系统开发实例等。

本书适合作为高等学校非计算机专业本科、专科学生的教材,也可作为 Access 使用者、学习者与开发人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

Access 数据库设计 / 杨文莲, 吴俊峰, 张菁主编. — 西安: 西安电子科技大学出版社, 2018.9
ISBN 978-7-5606-5008-1

I. ① A… II. ① 杨… ② 吴… ③ 张… III. ① 关系数据库系统 IV. ① TP311.138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 163980 号

策划编辑 高 樱

责任编辑 秦媛媛 阎彬

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西利达印务有限责任公司

版 次 2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 16.5

字 数 389 千字

印 数 1~3000 册

定 价 36.00 元

ISBN 978-7-5606-5008-1 / TP

XDUP 5310001-1

***** 如有印装问题可调换 *****

前 言

本书遵循教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会(2013—2017)制定的《大学计算机基础课程教学基本要求》中关于“数据库技术与应用”课程的教学要求,同时紧扣教育部考试中心最新颁布的《全国计算机等级考试二级 Access 数据库程序设计考试大纲》而编写。

数据库技术是由计算机支撑的信息系统的核心和基础,其核心内容是利用计算机系统进行数据(信息)处理,它促进了计算机应用向各行各业的渗透。“数据库技术及应用”课程是大学计算机基础教学核心课程之一,其教学目标是:培养学生利用数据库技术对信息进行管理、加工和表达的能力,加强学生使用 DBMS 产品和数据库应用开发工具的能力以及对事物数据化、数据交叉复用价值的理解能力。本课程以数据库原理和技术为核心,践行“学以致用”的理念,着眼于加强计算思维能力的培养,将数据库模型抽象能力、数据存储、数据操纵、SQL 语言等具有计算思维特征的数据库理论方法在“技术”层面或在“操作”过程中体现出来,全程体现基于计算思维能力的教学要求和课程目标。

本书介绍了数据库基础知识,并详细介绍了 Microsoft Access 2010 数据库技术及应用,包含 Access 数据库的创建与管理、表的创建与操作、查询、窗体、报表、宏、模块与 VBA 编程基础、VBA 数据库编程、Access 数据库应用系统开发实例等。

本书可以作为大学本科非计算机专业学生学习数据库基础理论的教材。本书具有标准、严谨、实用等特点,适合参加国家计算机二级考试的考生使用,也可作为高等院校或培训班的教材使用。本书以“学生管理系统.accd”中的数据表作为操作数据并贯穿全书始终,所有的应用实例都在 Microsoft Access 2010 环境中运行通过。

本书的配套教材《Access 数据库设计实验及习题解答》为各章补充了大量的习题及其解答,帮助学生温习和巩固所学到的知识。为实验案例和实验习题

录制了总计 84 条的视频讲解，见《Access 数据库设计实验及习题解答》一书的附录 2。本书的配套电子教案用 PowerPoint 编辑制作，可作为教学辅助工具。

本书由大连海洋大学杨文莲、吴俊峰、张菁、陶冶、王颖、张思佳、周磊、刘威、张鑫、奚海波、王建彬编写，由杨文莲统稿并对全书内容进行了校对。

由于时间仓促以及作者水平有限，书中可能还有不妥之处，恳请广大读者批评指正。作者 E-mail: lotusyangwl@163.com。

编 者

2018 年 4 月

目 录

第 1 章 数据库基础知识	1	2.3.6 模块	36
1.1 数据库系统概述	1	2.4 SharePoint 网站	37
1.1.1 数据与信息	1	本章小结	37
1.1.2 数据管理技术的发展	2	习题	37
1.1.3 数据库系统的组成	4	第 3 章 数据库的创建与管理	39
1.1.4 数据库系统的体系结构	6	3.1 数据库模板	39
1.2 关系数据库基本原理	8	3.1.1 Web 数据库模板	40
1.2.1 关系模型的基本概念	8	3.1.2 客户端数据库模板	40
1.2.2 数据模型	9	3.2 创建数据库	41
1.2.3 实体联系模型	12	3.2.1 利用本地模板创建数据库	41
1.2.4 关系运算	13	3.2.2 利用 Office.com 上的模板 创建数据库	43
1.3 关系规范化理论	17	3.2.3 创建空白数据库	44
1.3.1 函数依赖	18	3.3 数据库的操作与维护	45
1.3.2 关系模式的规范化	19	3.3.1 打开数据库	45
1.3.3 关系完整性	20	3.3.2 保存与关闭数据库	46
本章小结	21	3.3.3 压缩和修复数据库	47
习题	21	3.3.4 备份数据库	48
第 2 章 Access 2010 概述	22	3.3.5 查看和编辑数据库属性	50
2.1 Access 2010 简介	22	本章小结	51
2.1.1 Access 2010 的功能	22	习题	51
2.1.2 Access 2010 的运行环境	22	第 4 章 表的创建与操作	52
2.1.3 Access 2010 的启动与退出	22	4.1 创建表	52
2.2 Access 2010 的工作界面	25	4.1.1 使用模板创建表	53
2.2.1 Backstage 视图	25	4.1.2 在数据表视图中创建表	53
2.2.2 功能区	26	4.1.3 在数据表设计视图中创建表	54
2.2.3 快速访问工具栏	27	4.2 设置表结构	56
2.2.4 导航窗格与工作区	29	4.2.1 字段的命名规则	56
2.3 Access 2010 的数据库对象	30	4.2.2 字段的数据类型	57
2.3.1 表	31	4.2.3 字段的属性	58
2.3.2 查询	31	4.2.4 表结构修改	62
2.3.3 窗体	34	4.3 表的基本操作	62
2.3.4 报表	35	4.3.1 向表中录入数据	62
2.3.5 宏	36		

4.3.2 表的复制、删除与重命名.....	63	5.6.1 SQL 概述.....	107
4.3.3 表内容的编辑	64	5.6.2 数据定义	109
4.3.4 查找与替换	65	5.6.3 数据操纵	111
4.3.5 筛选与排序	66	5.6.4 数据查询	111
4.4 调整表的外观	71	5.6.5 分组查询	113
4.4.1 调整行高和列宽	71	5.6.6 查询的排序	114
4.4.2 隐藏列与显示隐藏列.....	71	5.6.7 合并查询	114
4.4.3 冻结列与取消冻结列.....	72	5.6.8 创建子查询	115
4.4.4 文本格式设置	73	本章小结.....	116
4.4.5 设置数据表格式	73	习题	116
4.5 表间关系.....	73	第 6 章 窗体	117
4.5.1 创建索引	74	6.1 窗体概述.....	117
4.5.2 创建关系	76	6.1.1 窗体的作用	117
4.5.3 参照完整性	79	6.1.2 窗体的类型	118
本章小结.....	79	6.1.3 窗体的视图	121
习题.....	80	6.1.4 窗体的组成	123
第 5 章 查询	81	6.1.5 窗体的属性	123
5.1 查询概述.....	81	6.2 创建窗体.....	125
5.1.1 查询的概念	81	6.2.1 快速创建窗体.....	126
5.1.2 查询的类型	82	6.2.2 创建图表窗体.....	128
5.1.3 查询的条件	83	6.2.3 使用“空白窗体”按钮 创建窗体	129
5.2 创建选择查询	88	6.2.4 使用向导创建窗体	131
5.2.1 使用查询向导	88	6.2.5 创建主/子窗体	132
5.2.2 使用设计视图	91	6.3 设计窗体.....	135
5.2.3 在查询中进行计算	94	6.3.1 窗体的设计视图	135
5.3 创建交叉表查询.....	95	6.3.2 窗体的控件	137
5.3.1 交叉表查询概述	96	6.3.3 窗体的控件属性	138
5.3.2 使用向导创建交叉表查询.....	96	6.3.4 常用控件介绍	141
5.3.3 使用“设计视图”创建 交叉表查询	98	6.4 修饰窗体.....	149
5.4 创建参数查询	99	6.4.1 主题的应用	150
5.4.1 单参数查询	99	6.4.2 窗体的布局	151
5.4.2 多参数查询	100	本章小结.....	153
5.5 创建操作查询	101	习题	154
5.5.1 生成表查询	102	第 7 章 报表	155
5.5.2 删除查询	103	7.1 报表概述.....	155
5.5.3 更新查询	105	7.1.1 报表的组成	155
5.5.4 追加查询	106	7.1.2 报表的类型	156
5.6 SQL 查询	106	7.1.3 报表的视图	156

7.2 创建报表.....	156	9.3 VBA 程序设计基础.....	193
7.2.1 使用“报表”工具创建报表.....	157	9.3.1 VBA 书写规则.....	193
7.2.2 使用“报表向导”创建报表.....	157	9.3.2 数据类型和数据库对象.....	193
7.2.3 使用“报表设计”创建报表.....	159	9.3.3 常量与变量.....	197
7.2.4 使用“空报表”工具创建报表.....	160	9.3.4 运算符和表达式.....	199
7.2.5 使用“标签”向导创建报表.....	162	9.3.5 常用标准函数.....	201
7.3 报表排序和分组.....	164	9.4 VBA 流程控制语句.....	204
7.3.1 记录排序.....	164	9.4.1 赋值语句.....	204
7.3.2 记录分组.....	165	9.4.2 条件语句.....	204
7.4 使用计算控件.....	167	9.4.3 循环语句.....	209
7.4.1 报表添加计算控件.....	167	9.5 数组.....	215
7.4.2 报表统计计算.....	169	9.5.1 静态数组.....	215
7.4.3 报表常用函数.....	171	9.5.2 动态数组.....	216
本章小结.....	173	9.6 面向对象程序设计的基本概念.....	217
习题.....	173	9.6.1 集合和对象.....	217
第 8 章 宏	174	9.6.2 属性和方法.....	217
8.1 宏概述.....	174	9.6.3 事件和事件过程.....	217
8.1.1 宏的概念.....	174	9.7 过程调用和参数传递.....	218
8.1.2 常用的宏操作.....	174	9.7.1 过程调用.....	218
8.1.3 宏的类型.....	176	9.7.2 参数传递.....	220
8.1.4 宏工具.....	177	9.8 VBA 常用操作.....	223
8.2 创建宏.....	178	9.8.1 打开和关闭操作.....	223
8.2.1 创建独立宏.....	178	9.8.2 输入和输出操作.....	225
8.2.2 创建嵌入式宏.....	179	9.8.3 VBA 编程验证数据.....	227
8.2.3 创建宏组.....	179	9.8.4 计时事件.....	228
8.2.4 创建条件宏.....	180	9.8.5 鼠标和键盘事件处理.....	229
8.3 宏的运行与调试.....	182	9.8.6 数据文件读写.....	230
8.3.1 运行宏.....	182	9.8.7 用代码设置 Access 选项.....	234
8.3.2 调试宏.....	183	本章小结.....	234
本章小结.....	183	习题.....	234
习题.....	184	第 10 章 VBA 数据库编程	236
第 9 章 模块与 VBA 编程基础	185	10.1 VBA 数据库编程技术简介.....	236
9.1 VBA 的编程环境.....	185	10.1.1 数据库引擎及其体系结构.....	236
9.2 VBA 模块简介.....	191	10.1.2 数据库访问接口.....	237
9.2.1 标准模块.....	191	10.1.3 数据访问对象(DAO).....	237
9.2.2 类模块.....	191	10.1.4 ActiveX 数据对象(ADO).....	239
9.2.3 VBA 代码编写模块过程.....	191	10.2 VBA 数据库编程技术.....	242
9.2.4 将宏转换为模块.....	192	10.2.1 数据访问对象 DAO 的 编程套路.....	242
9.2.5 在模块中执行宏.....	192		

10.2.2	ActiveX 数据对象(ADO)的编程套路	244	11.3	数据库设计	249
10.2.3	数据处理中的几个函数	246	11.3.1	创建数据表	249
	本章小结	247	11.3.2	创建表之间的关系	250
	习题	247	11.4	查询设计	251
第11章 Access 数据库应用系统			11.5	系统窗体的创建	252
	开发实例	248	11.6	报表的设计	254
11.1	应用系统的开发过程	248	11.7	系统的运行	254
11.2	需求分析及模块设计	248		本章小结	255
			参考文献		256

第 1 章 数据库基础知识

大数据时代改变了人类原有的生存和发展模式，也改变了人类认识世界的方式和价值的判断方式。以数据库技术为基础的信息存储、查询和挖掘的手段，可以有效地将大量信息进行收集、加工、分析与处理，使得决策更为精准，释放更多数据价值。数据库技术是由计算机支撑的信息系统的核心和基础，其核心内容是利用计算机系统进行数据(信息)处理，它促进了计算机应用向各行各业的渗透。本章主要介绍数据管理技术的发展、数据模型和关系数据库的基本概念等内容，为后面各章节的学习奠定基础。

1.1 数据库系统概述

1.1.1 数据与信息

1. 数据

数据指描述事物的符号记录。文字、图形、图像、声音、学生的档案记录、货物的运输情况等都是数据。它们经过数字化后可以存入计算机。

数据是数据库中存储的基本对象，数据与其语义(数据的含义)是密不可分的。数据有一定的结构，有型与值之分。数据的型给出了数据表示的类型，如整型、实型、字符型等，而数据的值给出了符合给定型的值，如整型值 190。

2. 信息

信息是一种已经加工为特定形式的数据，这种数据形式对接收者来说是具有确定意义的，它不但对人们当前和未来活动产生影响，而且对接收者的决策具有实际价值。

3. 信息与数据的联系

数据是信息的符号表示，或称载体；信息是数据的内涵，是数据的语义解释。数据是符号化的信息，信息是语义化的数据。数据与信息的关系如图 1.1 所示。

4. 数据处理

数据处理是指对各种类型的数据进行采集、存储、分类、计算、检索、加工及传输的过程。数据处理的目的是从大量的原始数据中抽取和导出有价值的信息，有价值的信息可以作为决策的依据。信息、数据、数据处理的关系也可以简单表示为：信息 = 数据 + 数据处理。

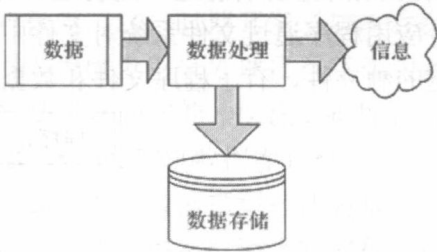


图 1.1 数据与信息的关系

1.1.2 数据管理技术的发展

在计算机应用领域，通过计算机数据处理对信息进行管理已成为主要的应用，如测绘制图管理、仓库管理、财会管理、交通运输管理、技术情报管理、办公室自动化等。

数据处理的核心问题是数据管理。数据管理指的是对数据的分类、组织、编码、存储、检索和维护等。在计算机软、硬件发展的基础上，在应用需求的推动下，数据管理技术得到了很大的发展，它经历了人工管理、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，计算机存储设备只有磁带、卡片和纸带，软件方面没有操作系统和专业的数据管理软件，编程要定义数据的逻辑结构和物理结构，当数据物理结构发生变化时需要重新编制程序，即数据的组织和管理完全依靠程序员手工完成。数据和应用程序之间的关系如图 1.2 所示。

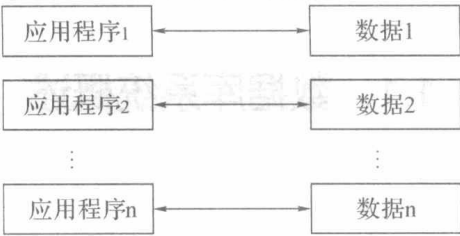


图 1.2 人工管理阶段数据与程序的依赖关系

上述数据和应用程序之间的关系导致人工管理阶段有如下几个特点：应用程序管理数据，数据不共享，用户负责数据的组织、存储结构等细节，数据完全面向特定的应用程序，数据与程序之间没有独立性。

2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期到 60 年代中期，计算机的应用范围逐渐扩大，不仅用于科学计算，还用于管理，并开始大量地用于数据处理工作。这时硬件上已有了磁盘、磁鼓等直接存取的存储设备，软件方面出现了高级语言和操作系统。操作系统中文件管理模块(即输入输出控制模块)的重要功能之一是管理外存储器中的数据，一般称为文件系统。

应用程序通过文件系统对文件中的数据进行存取和加工。此时，程序和数据之间有了一定的独立性，有了程序文件和数据文件之分，如图 1.3 所示。

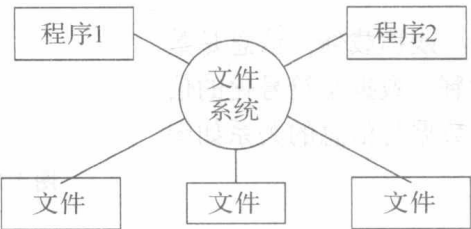


图 1.3 文件系统阶段程序与文件的关系

文件系统管理数据的主要特点：

- (1) 数据可以组织成文件长期保存在计算机中，供应用程序反复使用。

(2) 数据由文件系统统一管理。在文件系统的支持下，应用程序通过文件名访问数据文件，程序员不必过多地考虑数据存储等物理细节。

(3) 数据共享性差，冗余度大。在文件系统中，一个(或一组)数据文件基本上对应于一个应用程序，数据文件之间没有联系，同一数据项可能重复出现在多个文件中。

(4) 数据独立性差。在文件系统阶段，数据和程序可以分开存储，数据与程序之间有了一定的独立性，但文件系统中的文件是为某一特定应用服务的，数据仍高度依赖于程序。

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、多种语言互相覆盖地共享数据集合的要求越来越强烈。这时硬件有大容量磁盘，硬件价格下降，软件价格上升，为编制和维护系统软件及应用程序所需的成本相对增加。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，于是为解决多用户、多应用共享数据的需求，使数据为尽可能多的应用服务，出现了数据库技术和统一管理数据的专门软件系统——数据库管理系统(DBMS)。数据库管理系统通过对数据库的操作来管理数据，克服了文件系统的缺陷，提供了对数据更高级、更有效的管理。这个阶段的程序和数据的联系通过数据库管理系统来实现，如图 1.4 所示。

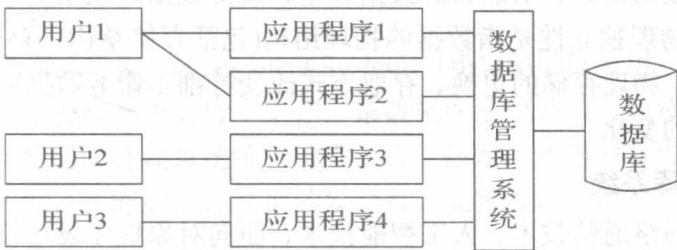


图 1.4 数据库系统阶段数据与程序的关系

20 世纪 60 年代产生了第一个数据库管理系统，主要用于大型而复杂的冒险事业，例如阿波罗登月计划。这一时期可以视为一个试验性的“概念证明”时期，在这个时期证明了用 DBMS 管理大量数据的可行性，而且在 20 世纪 60 年代后期，随着数据库任务组(DBTG)的成立，在数据库管理标准化问题上进行了第一次尝试。

20 世纪 70 年代数据库管理系统的使用已成为商业行为。这一时期开发了层次数据库管理和网状数据库管理两种数据库管理系统，它们在很大程度上用来处理日益复杂的数据结构，这些数据结构采用传统的文件处理方法进行管理是极其困难的。层次数据库管理和网状数据库管理这两种数据库管理模型被普遍认为是第一代 DBMS(数据库管理系统)。

20 世纪 80 年代关系数据模型普及到了整个商业领域。关系数据模型被认为是第二代 DBMS。在关系模型中，所有数据均以表的形式来表示。因此，关系模型为非编程人员提供了轻松的数据访问，克服了第一代系统的主要缺陷之一，而且关系模型已被证实非常适合于客户/服务器计算、并行处理和图形用户界面。关系模型产生了一种“自动传播”的数据库，来取代之前的“标准传播”数据库。目前流行的 DBMS 均为关系型数据库系统，如 Oracle、Sybase 的 PowerBuilder 及 IBM 的 DB2、微软的 SQLServer 等，还有一些小型的数据库，如 Visual FoxPro 和 Access 等也属此类。

20 世纪 90 年代, 多媒体数据(包括图形、声音和视频)变得日益普及。为了处理这些日益复杂的数据, 在 20 世纪 80 年代后期, 面向对象数据库应运而生, 这种数据库被认为是第三代数据库。因为组织机构必须管理大量的结构化和非结构化数据, 所以关系数据库和面向对象数据库都极为重要。事实上, 有些供应商正在开发组合的对象-关系 DBMS, 这种 DBMS 可以管理两种数据: 结构化数据和非结构化数据。

数据库系统的主要特点是:

(1) 数据以数据库文件组织形式长期保存, 数据库中的数据是有结构的, 这种结构由数据库管理系统所支持的数据模型表现出来。

(2) 数据由数据库管理系统统一管理和控制。数据库管理系统负责数据库的建立、使用和维护, 并提供数据保护和控制功能。

(3) 数据的共享性高, 冗余度小。数据库系统采用面向全局的观点组织数据库中的数据, 而不是只考虑某一部门的局部应用, 因此, 数据库中的数据能够满足多用户、多应用的不同需求。数据共享可以大大减少冗余, 节约存储空间, 还能够避免数据之间的不相容性与不一致性。

(4) 数据独立性高。在数据库系统中, 应用程序与数据的逻辑结构和物理存储结构无关, 数据具有较高的逻辑独立性和物理独立性。数据的逻辑独立性是指数据库总体逻辑结构的改变, 如修改数据模式、增加新的数据类型、改变数据间联系等, 不需要相应地修改应用程序。数据的物理独立性是指数据的物理结构(包括存储结构、存取方式等)的改变, 如存储设备的更换、物理存储的更换、存取方式改变等都不影响数据库的逻辑结构, 从而不会引起应用程序的变化。

4. 新一代数据库系统

数据库技术与网络通信技术、人工智能技术、面向对象程序设计技术、并行计算技术等互相渗透、互相结合, 成为当前数据库技术发展的主要特征。数据库技术与其他学科的内容相结合, 是新一代数据库技术的一个显著特征。在结合中涌现出各种新型的数据库系统, 例如: 数据库技术与分布处理技术相结合, 出现了分布式数据库; 数据库技术与并行处理技术相结合, 出现了并行数据库; 数据库技术与人工智能相结合, 出现了演绎数据库、知识库和主动数据库; 数据库技术与多媒体处理技术相结合, 出现了多媒体数据库; 数据库技术与模糊技术相结合, 出现了模糊数据库; 数据库技术与 Internet/Web 技术相结合出现了数据仓库、数据挖掘、数字图书馆、电子商务和电子政务系统等。

1.1.3 数据库系统的组成

数据库系统(DataBase System, DBS)是指在计算机系统中引入数据库后的系统。数据库系统是在计算机硬件、软件系统的支持下, 由用户、数据库管理系统、存储在存储设备上的数据和数据库应用程序构成的数据处理系统。

数据库系统要求硬件平台具有较大的内存空间, 用于存放操作系统、DBMS 核心模块、缓冲数据与应用程序; 数据库系统应有足够大的磁盘空间, 用于存放数据库与数据备份; 数据库系统要有较高的通道能力, 提高数据传送率。数据库系统一般由数据库、数据库管理系统(及开发工具)、应用系统、数据库管理员和用户构成, 如图 1.5 所示。

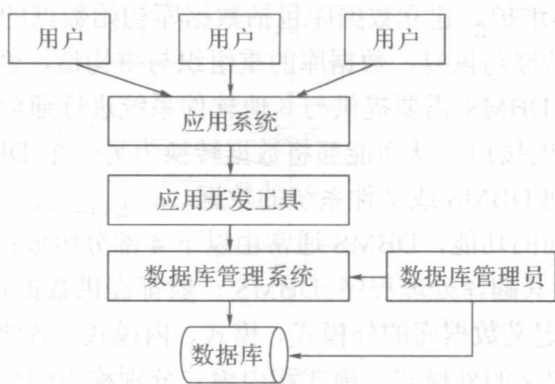


图 1.5 数据库系统组成示意图

1. 数据库

数据库(DataBase, DB)指长期存储在计算机内有组织的、可共享的数据集合。数据库中的数据按一定的数据模型组织、描述和存储，具有较小的冗余度、较高的数据独立性和易扩展性，并可为各种用户共享。

数据库中不仅包括描述事物的数据本身，还包括相关事物之间的联系。对数据库中数据的增加、删除、修改和检索等操作，均由数据库管理系统统一管理和控制。

2. 数据库管理系统

数据库管理系统(DataBase Management System, DBMS)指位于用户与操作系统之间的一层数据管理软件，在操作系统支持下工作，是数据库系统的核心组成部分。数据库在建立、运用和维护时由数据库管理系统统一管理、统一控制。数据库管理系统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。

不同 DBMS 要求的硬件资源、软件环境是不同的，因此其功能与性能也存在差异，但一般来说，DBMS 的功能主要包括以下 6 个方面：

- (1) 数据定义。数据定义包括定义构成数据库结构的外模式、模式和内模式，定义各个外模式与模式之间的映射，定义模式与内模式之间的映射，定义有关的约束条件(例如为保证数据库中数据具有正确语义而定义的完整性规则，为保证数据库安全而定义的用户口令和存取权限等)。
- (2) 数据操纵。数据操纵包括对数据库数据的检索、插入、修改和删除等基本操作。此外，数据操纵还具有简单的算术运算和统计功能，以及强大的程序控制功能。
- (3) 数据库运行管理。对数据库的运行进行管理是 DBMS 运行时的核心部分，包括对数据库进行并发控制、安全性检查、完整性约束条件的检查和执行数据库的内部维护(如索引、数据字典的自动维护)等。所有访问数据库的操作都要在这些控制程序的统一管理下进行，以保证数据的安全性、完整性、一致性以及多用户对数据库的并发使用。
- (4) 数据组织、存储和管理。数据库中需要存放多种数据，如数据字典、用户数据、存取路径等，DBMS 负责分门别类地组织、存储和管理这些数据，确定以何种文件结构和存取方式物理地组织这些数据，如何实现数据之间的联系，以便提高存储空间利用率以及提高随机查找、顺序查找、增、删、改等操作的时间效率。

(5) 数据库的建立和维护。建立数据库包括数据库初始数据的输入与数据转换等。维护数据库包括数据库的转储与恢复、数据库的重组与重构造、性能的监视与分析等。

(6) 数据通信接口。DBMS 需要提供与其他软件系统进行通信的功能。例如, 提供与其他 DBMS 或文件系统的接口, 从而能够将数据转换为另一个 DBMS 或文件系统能够接受的格式, 或者接收其他 DBMS 或文件系统的数据库。

为了提供上述 6 方面的功能, DBMS 通常由以下 4 部分组成:

(1) 数据定义语言及其翻译处理程序。DBMS 一般都提供数据定义语言(Data Definition Language, DDL)供用户定义数据库的外模式、模式、内模式、各级模式间的映射、有关的约束条件等。用 DDL 定义的外模式、模式和内模式分别称为源外模式、源模式和源内模式, 各种模式翻译程序负责将它们翻译成相应的内部表示, 即生成目标外模式、目标模式和目标内模式。

(2) 数据操纵语言及其编译(或解释)程序。DBMS 提供了数据操纵语言(Data Manipulation Language, DML)实现对数据库的检索、插入、修改、删除等基本操作。DML 分为宿主型 DML 和自主型 DML 两类。宿主型 DML 本身不能独立使用, 必须嵌入主语言中, 例如嵌入 C、COBOL、FORTRAN 等高级语言中。自主型 DML 又称为自含型 DML, 它们是交互式命令语言, 语法简单, 可以独立使用。

(3) 数据库运行控制程序。DBMS 提供了数据控制语言(Data Control Language, DCL), 即数据库运行过程中控制与管理数据库运行的控制程序, 包括系统初启程序、文件读写与维护程序、存取路径管理程序、缓冲区管理程序、安全性控制程序、完整性检查程序、并发控制程序、事务管理程序、运行日志管理程序等, 它们在数据库运行过程中监视着对数据库的所有操作, 控制管理数据库资源, 处理多用户的并发操作等。

(4) 实用程序。DBMS 通常还提供一些实用程序, 包括数据初始装入程序、数据转储程序、数据库恢复程序、性能监测程序、数据库再组织程序、数据转换程序、通信程序等。数据库用户可以利用这些实用程序完成数据库的建立与维护, 以及数据格式的转换与通信。

3. 数据库应用系统

数据库应用系统(DataBase Application Systems, DBAS)是利用数据库系统资源, 为特定应用环境开发的应用软件, 如人事管理系统、财务管理系统等。

4. 数据库管理员

数据库管理员(DataBase Administrator, DBA)是负责数据库的建立、使用和维护的专门人员。

1.1.4 数据库系统的体系结构

数据库系统的体系结构分为外部级、概念级和内部级三级, 每一级都有对应的模式, 所以数据库的体系结构称为三级模式结构。数据库的外部级、概念级和内部级三级之间往往差别很大。为了实现三级结构的联系和转换, DBMS 提供了两层映射: 模式/内模式映射和外模式/模式映射, 如图 1.6 所示。

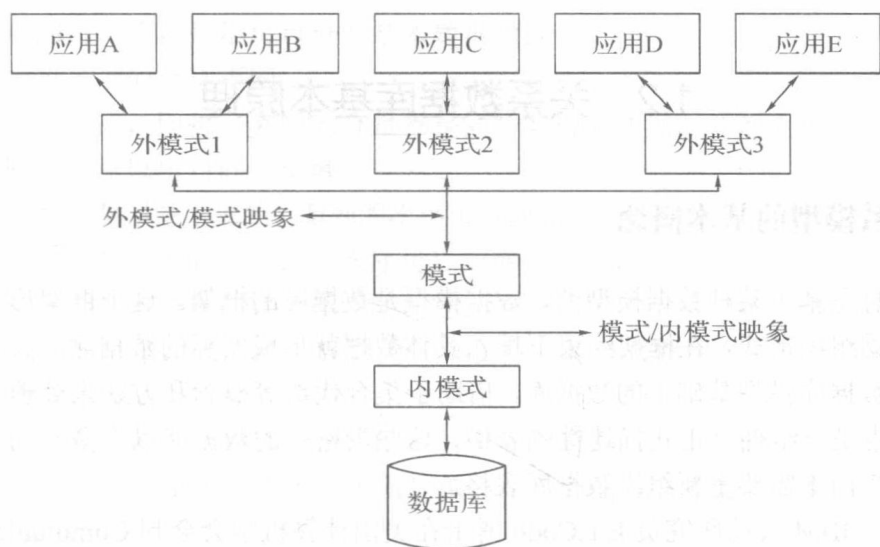


图 1.6 数据库系统三级模式

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、模式和内模式三级组成。

- (1) 外模式。外模式也称子模式或用户模式，它是数据库用户(包括应用程序员和最终用户)看见和使用的局部数据的逻辑结构和特征的描述，是数据库用户的数据视图，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。
- (2) 概念模式。概念模式简称为模式，是数据库中全部数据的整体逻辑结构和特征的描述，是所有用户的公用数据视图。一个数据库只有一个模式。
- (3) 内模式。内模式也称存储模式或物理模式，它是数据库在物理存储方面的描述，它定义所有的内部记录类型、索引和文件的组织方式，以及数据控制方面的细节。一个数据库只有一个内模式。

2. 数据库的二级映射功能与数据独立性

数据库系统的三级模式是对数据三个级别的抽象，它把数据的具体物理实现留给物理模式，使得全局设计者不必关心数据库的具体实现与物理背景；通过两级映射建立了模式间的联系与转换，使得概念模式与外模式虽然并不物理存在，但也能通过映射获得实体。同时，两级映射也保证了数据库系统的数据能够具有较高的逻辑独立性和物理独立性。

模式描述的是数据的全局逻辑结构，外模式描述的是数据的局部逻辑结构。对应于同一个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/模式映射，定义了该外模式与模式之间的对应关系。当模式改变时(例如，增加新的数据类型、新的数据项、新的关系等)，由数据库管理员对各个外模式/模式的映射作相应改变，可以使外模式保持不变，从而应用程序不必修改，保证了数据的逻辑独立性。

数据库中只有一个模式，也只有一个内模式，所以模式/内模式映射是唯一的，它定义了数据全局逻辑结构与存储结构之间的对应关系。当数据库的存储结构改变时(例如，采用了更先进的存储结构)，由数据库管理员对模式/内模式映射作相应改变，可以使模式保持不变，从而保证了数据的物理独立性。

1.2 关系数据库基本原理

1.2.1 关系模型的基本概念

数据库总是基于某种数据模型的，数据模型是数据库的框架。这个框架形式化地描述数据库的数据组织形式，在框架约束下填入具体数据就形成实际的数据库。关系数据库是建立在关系数据库模型基础上的数据库，借助于集合代数等概念和方法来处理数据库中的数据，同时也是一组拥有正式描述性的表格，这些表格中的数据能以许多不同的方式被存取或重新召集而不需要重新组织数据库表格。

1970 年，IBM 公司研究员 E.F.Codd 博士在美国计算机学会会刊 Communication of the ACM 上发表了题为“A Relational Model of Data for Shared Data Banks”(“大型共享数据银行的关系模型”)的文章，该文中首次提出数据库系统的关系模型，开创了数据库关系方法和关系数据理论研究的基础，为关系型数据库奠定了理论模型。20 世纪 80 年代以来，计算机厂商新推出的数据库管理系统(DBMS)几乎都支持关系模型，非关系系统的产品也大都加上了关系接口。数据库领域当前的研究工作都是以关系方法为基础的。

数据模型是现实世界数据特征的抽象，是按计算机系统的观点对数据建模，主要用于 DBMS 的实现，依赖于特定的 DBMS 系统。将现实世界的具体事物抽象、组织为某一 DBMS 支持的数据模型，其过程为：通过人的思维对现实世界进行认识与抽象，形成概念模型，再转化为数据模型。

基本数据模型有层次模型、网状模型、关系模型和面向对象模型。本书主要讨论关系模型。关系模型中数据的逻辑结构是一张二维表，由行和列组成，其示例如表 1-1 所示。

表 1-1 学生基本信息表

学号	姓名	学院编号	行政班	性别	出生日期	生源地	入学分数
1101170215	赵海涛	01	生科 2013-2	女	1995/7/14	天津	547
1210120115	钱宁宁	10	法学 2013	女	1994/12/15	辽宁大连	478
1210130201	孙诗诗	10	海技 2013-2	女	1994/12/24	山东济南	496
1302120101	李意缘	02	船舶 2014-2	男	1995/1/28	黑龙江齐齐哈尔	492
1302120205	周振楠	02	船舶 2014-2	男	1995/1/29	黑龙江佳木斯	488
1302120209	武海洋	02	船舶 2014-3	男	1995/1/30	黑龙江佳木斯	484
1302120315	郑依峰	02	航海 2013-2	男	1995/2/5	辽宁铁岭	460
1302130203	储宪罡	02	航海 2014-3	男	1995/2/10	辽宁铁岭	440
1302130204	魏岩峰	02	航海 2014-2	男	1995/2/11	辽宁盘锦	478

关系及相关概念如下。

(1) 关系，关系与 E-R 模型中的实体集对应。关系就是一张二维表。每个关系都有一个关系名。关系具有以下性质：