



普通高等教育“十二五”规划教材

ACCESS

数据库技术及应用

冯伟昌 编著



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

Access 数据库技术及应用

冯伟昌 编著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书是按照教育部高等教育司组织制定的《高等学校文科类专业大学计算机教学基本要求》中有关数据库技术的教学基本要求编写的。以 Microsoft Access 2003 关系数据库为背景,以作者精心设计的“教学管理”数据库案例贯穿全书,系统介绍了数据库基础知识、Access 2003 数据库的七大对象和数据库安全知识。教学案例中精选的十个基本表,覆盖了双字段组合和三字段组合主键,其表间关联复杂但表述清晰、层次分明、结构严谨,突破了现有教材教学案例的瓶颈制约,彰显了主键与表间关系的重要性。重点章节中挑选的具有极强实用性和连贯性的教学例题,从不同角度、深度挖掘了查询、窗体、报表和宏对象设计的操作技巧。根据各章的重要程度安排了相应的实验项目,练习内容丰富且重点明确。

本书的突出特色是:教学案例数据翔实逼真,基本表结构设计严谨,表间关系复杂但层次分明;例题设计新颖、脉络清晰,内容循序渐进、环环相扣、深度和广度兼备、贴近实战应用,既展示了 Access 的应用精髓,又有极强的操作性和实用性;实验内容丰富,练习重点明确。

本书配套光盘提供了全部教学案例数据、每个实验项目的初始环境与参考结果及全书教学课件。

本书适合作为普通高等学校文科各专业学生数据库应用课程的教材,也可作为教师教学的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

Access 数据库技术及应用 / 冯伟昌编著. —北京: 科学出版社, 2011
(普通高等教育“十二五”规划教材)
ISBN 978-7-03-030708-8

I. ①A… II. ①冯… III. ①关系数据库—数据库管理系统,
Access—高等学校—教材 IV. ①TP311.138

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 057973 号

责任编辑: 匡 敏 潘斯斯 张丽花 / 责任校对: 刘小梅
责任印制: 张克忠 / 封面设计: 耕者设计工作室

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

北京市文林印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销



*

2011 年 5 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2011 年 5 月第一次印刷 印张: 24 1/2 插页: 1

印数: 1—5 000 字数: 624 000

定价: 49.00 元(含光盘)

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前 言

作为计算机软件的一个重要分支，数据库技术一直是备受信息技术界关注的一个重点。尤其是在信息技术高速发展的今天，数据库技术已成为现代计算机信息系统和应用系统开发的核心技术。数据库技术主要研究如何存储、使用和管理数据，是计算机技术中发展最快、应用最广泛的技术之一，其应用范围已深入到生产和生活的各个领域。

为了适应全球信息化进程快速发展的现状，培养和提高学生使用数据库技术的实际应用能力，作者按照教育部高等教育司组织制定的《高等学校文科类专业大学计算机教学基本要求》中有关数据库技术的教学基本要求编写了本书。围绕如何加强高等学校学生计算机应用能力的培养问题，结合 Access 数据库应用软件操作方便、直观且功能强大的特点，在教学中如何设计教材结构，如何组织教学内容，如何选择教学例题，如何编排实验项目和实验题目，以及采用何种方法与手段才能为学生提供最佳的操作环境演示和足够丰富的实验模拟数据等，这一系列问题的根源可归结为：要将“案例教学”成功引入课堂，其前提条件是要有一个好的教学案例系统。

作者在近几年从事数据库程序设计语言的教学过程中，深切感受到一个好的教学案例系统对于讲好这类课的重要性，从而萌生了开发一个不仅好用而且实用的案例系统的想法，最终下定决心并投入时间实现了该想法，这就是贯穿本书全程的“教学管理”数据库教学案例系统。其突出特点如下。

(1) 选题贴近用户。“教学管理”数据库系统与学生的学习、管理工作关系密切，每个学生都可以对号入座，将自身融入其中，从而减少了题材的生疏感，使学生更能专注于软件功能的挖潜和拓展。

(2) 结构严谨可靠。为数据库精心设计了 10 个基本表，覆盖了双字段组合和三字段组合主键，表间关联复杂但表述清晰、层次分明、结构严谨，突破了现有教材教学案例的瓶颈。

(3) 数据翔实可信。数据原型来源于一所高等学校（已经过技术处理）。采集了 1375 名学生信息，他们分布于 4 个年级、22 个不同专业、39 个不同班级之中（根据专业特点，最大的班采集学生数达 40 人，最小的班学生数也有 20 人）；收集了 59 个不同专业的人才培养方案和数千门的课程信息；录入了 1195 名学生的 621 门不同课程的 43955 条成绩记录；录入了 466 名教师讲授的 578 门课程的授课信息。正是基于这样丰富、全面的数据，为用户搭建起了一个场面宏大、逼真、能够“真枪实弹”演练的实战舞台，为用户深度挖掘 Access 的应用潜能提供了丰富的题材资源。

(4) 例题构思连贯。数据库管理工作的重点和难点是如何快速实现各种条件的数据查询、统计和汇总。作者仅在“查询设计”一章中就精心设计了 25 个具有极强实用性和连贯性的教学例题，从不同角度、正反例结合，深度解析实用操作技巧，大大拓宽了学生的视野，真正将“案例教学”引入课堂。

本书共分 10 章，内容结构安排如下：

第 1 章：数据库系统概述。主要介绍了数据库、数据模型、关系数据库系统的基本概念以及 Access 的主要特点和 Access 2003 的 7 个数据对象。重点讲述了与查询应用密切相关的关系运算，给出了应用 Access 实现的各种关系运算示例结果。

第 2 章：数据库操作。主要介绍了数据库设计的一般方法与步骤、使用向导创建数据库、

自定义创建数据库、数据库的版本转换、数据库的压缩与修复等内容。本章紧密联系教学实际，给出了“教学管理”数据库中各个关系实体模型的设计思路。

第3章：表操作。重点章节。主要介绍了表的多种创建方法、字段属性设置技巧、数据的输入方法、表的维护、主键和索引、表间关系的建立与修改、表的各种高级操作、数据的导入与导出等内容。本章通过精心设计并创建完成的“教学管理”数据库中的10个基本表，深度讲解了主键的作用及其创建方法（覆盖了三字段主键）、10个基本表间复杂关系网的创建过程、表的高级操作技巧、使用子表的操作技巧等，该章内容操作性极强。

第4章：查询设计。重点、难点、精华章节。主要介绍了查询的作用、类型与工具以及创建选择查询、重复项查询、不匹配项查询、参数查询、交叉表查询，以及四种动作查询的设计方法与操作技巧等内容。从掌握 Access 应用程序的程度来说，其查询对象的应用程度就能表明一个用户使用 Access 的水平。在数据量足够大的“教学管理”数据库支撑下，根据讲授内容精心设计了25个循序渐进、环环相扣的例题，既包含大场面、大气魄的恢弘巨作，又不乏小陷阱、小机关的经典反例。一切从实战角度出发，深度挖掘了 Access 查询对象的设计精髓。

第5章：窗体设计。重点、特色章节。主要介绍了窗体的类型与结构、使用向导创建窗体、使用设计视图创建窗体等内容。结合18个实用例题，重点讲授了数据透视表、主子窗体设计、主要控件属性设置、汇总统计函数设计、子窗体控件设计及窗体信息快速检索等的使用和设计技巧，该章内容操作性极强。

第6章：报表设计。主要介绍了报表的类型与结构、创建报表的各种方法、报表的页面设置与打印输出等内容。重点讲解了使用向导创建分组报表（到二级分组）、使用图表向导创建图表报表、使用标签向导创建实用标签报表、使用设计视图创建和修改各种报表，以及打印设置的方法和技巧。

第7章：页设计。主要介绍了数据访问页的作用、存储与调用方式、数据访问页的创建方法与编辑技巧。

第8章：宏设计。重点、特色章节。主要介绍了宏的作用、宏与宏组的定义、宏的创建与编辑、宏的运行方法，以及宏与窗体对象和查询对象的综合调用设计等内容。重点讲解了宏组与条件宏的创建使用技巧、宏的各种运行方法、宏与窗体对象和查询对象的综合调用设计，该章内容操作性极强。

第9章：模块与 VBA。重点、特色章节。主要介绍了面向对象的基本概念、VBA 编程环境、模块、VBA 编程基础、程序基本结构、过程调用、程序的调试与出错处理等内容。重点讲解了数据类型、常量、变量、运算符与表达式、各类函数的使用方法与技巧，三种基本结构的设计特点，Sub 子过程和函数过程的设计、参数运用及调用方法，程序调试工具的使用方法和程序出错处理技巧等，具有很强的实用性和可操作性。

第10章：数据安全。主要介绍了设置数据库密码、建立用户级安全机制、管理安全机制和编码/解码数据库等内容。

本书在编写过程中，得到了张磊教授、郝兴伟教授、冯烟利教授的热情指导，得到了教研室精品课程项目组全体同仁的大力支持，在此一并表示衷心的感谢。

由于时间紧迫以及作者水平有限，书中难免有不足之处，恳请读者批评指正。

作者

2011年2月

目 录

前言	
第 1 章 数据库系统概述	1
1.1 数据库的基本概念	2
1.1.1 数据和信息	2
1.1.2 数据处理技术的发展概况	2
1.1.3 数据库的定义	5
1.1.4 数据库管理系统	5
1.1.5 数据库系统	6
1.2 数据模型	6
1.2.1 组成要素	6
1.2.2 实体模型	7
1.2.3 常用数据模型	8
1.3 关系数据库系统	11
1.3.1 关系模型的组成	11
1.3.2 关系运算	13
1.3.3 关系数据库管理系统	16
1.4 Access 2003 概述	17
1.4.1 Access 的发展历程	17
1.4.2 Access 的特点	18
1.4.3 Access 的数据对象	19
习题 1	22
第 2 章 数据库操作	24
2.1 数据库设计概述	24
2.1.1 数据库设计的一般步骤	25
2.1.2 “教学管理”数据库中关系 的设计过程	26
2.2 启动 Access	32
2.3 创建 Access 数据库	33
2.3.1 使用向导创建数据库	33
2.3.2 自定义创建数据库	36
2.4 打开与关闭数据库	37
2.4.1 打开数据库	38
2.4.2 关闭数据库	39
2.5 数据库的版本转换	39
2.5.1 从低版本到高版本转换	39
2.5.2 从高版本到低版本转换	41
2.6 数据库的压缩与修复	41
习题 2	42
实验 1 创建 Access 数据库	43
第 3 章 表操作	44
3.1 表概述	44
3.1.1 表结构的组成	44
3.1.2 “教学管理”数据库实例用 表设计	46
3.2 表的创建	51
3.2.1 使用表向导创建表	51
3.2.2 通过直接输入数据方式创 建表	53
3.2.3 使用设计器创建表	55
3.2.4 字段的属性设置	57
3.3 表中数据的输入	62
3.4 表的维护	67
3.4.1 打开/关闭表	67
3.4.2 修改表结构	67
3.4.3 编辑表内容	68
3.4.4 调整表外观	69
3.5 主键和索引	74
3.5.1 主键	74
3.5.2 索引	77
3.6 表间关系的建立与修改	81
3.6.1 创建表间关系的前提条件	83
3.6.2 创建表间关系	83
3.6.3 设置参照完整性	88
3.6.4 删除或修改表间关系	89
3.6.5 查看表间关系	90
3.7 表的综合操作	92
3.7.1 复制表操作	92
3.7.2 删除表操作	93

3.7.3	重命名表操作	93	4.5.4	创建删除查询	155
3.7.4	查找或替换数据操作	93	4.6	查询的综合应用举例	157
3.7.5	排序记录操作	95	4.6.1	手动建立数据表间关联的操作方法	157
3.7.6	筛选记录操作	97	4.6.2	多字段分组汇总及新字段设计技巧	161
3.7.7	使用子表操作	99	4.6.3	多字段重复值查找设计	163
3.8	数据的导入与导出	102	4.6.4	创建含通配符的参数查询	165
3.8.1	数据的导入	102	4.6.5	使用“设计视图”手动创建交叉表查询	167
3.8.2	数据的导出	104	4.6.6	查询对象与其他对象的交叉调用设计	174
习题 3		105	4.7	SQL 查询	174
实验 2	数据表的建立与数据的输入	107	4.7.1	SQL 语言简介	174
实验 3	数据表的常规操作	107	4.7.2	创建 SQL 查询	175
实验 4	数据表的高级操作	107	4.7.3	SQL 视图	175
第 4 章	查询设计	109	习题 4		175
4.1	查询概述	109	实验 5	选择查询的设计及应用	176
4.1.1	查询的作用	109	实验 6	参数查询与交叉表查询的设计及应用	178
4.1.2	查询的类型	110	实验 7	动作查询的设计及应用	179
4.1.3	查询工具	110	实验 8	查询综合设计	181
4.1.4	运行查询	115	第 5 章	窗体设计	183
4.1.5	修改查询	115	5.1	认识窗体	183
4.1.6	查询准则	115	5.1.1	窗体的类型	183
4.2	创建选择查询	116	5.1.2	窗体的结构	186
4.2.1	使用“简单查询向导”创建选择查询	116	5.2	使用向导创建窗体	187
4.2.2	使用“设计视图”创建选择查询	121	5.2.1	使用“自动创建窗体”创建窗体	187
4.2.3	使用“查找重复项查询向导”创建重复项查询	138	5.2.2	使用“自动窗体”创建窗体	191
4.2.4	使用“查找不匹配项查询向导”创建不匹配项查询	140	5.2.3	使用“数据透视表向导”创建窗体	194
4.3	创建参数查询	141	5.2.4	使用“窗体向导”创建窗体	196
4.3.1	创建含单个参数的参数查询	142	5.3	使用“设计视图”创建窗体	202
4.3.2	创建含多个参数的参数查询	143	5.3.1	窗体的“设计视图”窗口	202
4.4	使用“交叉表查询向导”创建交叉表查询	145	5.3.2	窗体控件的分类与操作	205
4.5	创建动作查询	149	5.3.3	在设计视图中创建窗体	210
4.5.1	创建生成表查询	150	5.4	窗体设计综合举例	228
4.5.2	创建追加查询	152	5.4.1	计算型文本框的设计方法	228
4.5.3	创建更新查询	154			

5.4.2	切换面板窗体设计	230	7.2.3	使用“设计视图”创建和编辑数据访问页	272
5.4.3	设计使用命令按钮打开数据库对象的实用窗体	236	7.2.4	数据访问页的美化设计	280
5.4.4	设置启动窗体	236	习题 7	285	
习题 5	237	实验 13	数据访问页设计	285	
实验 9	使用向导创建窗体	238	第 8 章	宏设计	288
实验 10	使用设计视图创建与修改窗体	240	8.1	宏概述	288
实验 11	窗体综合设计	241	8.1.1	宏与宏组的定义与用法	288
第 6 章	报表设计	243	8.1.2	常用宏介绍	289
6.1	认识报表	243	8.2	宏的创建与编辑	290
6.1.1	报表的类型	243	8.2.1	序列宏的创建	290
6.1.2	报表的结构	245	8.2.2	宏组的创建	292
6.2	创建报表	246	8.2.3	条件宏的创建	293
6.2.1	使用“自动创建报表”创建报表	246	8.3	宏的运行方法	296
6.2.2	使用“报表向导”创建报表	247	8.3.1	通过“工具” “宏” “运行宏”命令	296
6.2.3	使用“设计视图”创建和修改报表	252	8.3.2	创建单独的宏组菜单	297
6.2.4	报表的排序、分组和计算	254	8.3.3	创建单独的宏组工具栏	297
6.2.5	使用“图表向导”创建图表报表	257	8.3.4	通过窗体中按钮控件的单击事件运行宏	298
6.2.6	使用“标签向导”创建标签报表	258	8.4	宏综合设计举例	300
6.3	报表的页面设置与打印输出	261	8.4.1	条件宏与窗体对象的综合应用设计	300
6.3.1	报表的页面设置	261	8.4.2	宏与窗体对象、查询对象的综合应用设计	307
6.3.2	报表的打印输出	262	习题 8	314	
习题 6	262	实验 14	宏的创建及其应用	316	
实验 12	报表设计	264	实验 15	宏与窗体、查询对象的综合设计	317
第 7 章	页设计	267	第 9 章	模块与 VBA	319
7.1	数据访问页简述	267	9.1	面向对象的基本概念	319
7.1.1	数据访问页的作用	267	9.2	VBA 编程环境 (VBE)	323
7.1.2	数据访问页的存储与调用方式	267	9.3	模块	324
7.2	数据访问页的创建与编辑	269	9.3.1	标准模块	324
7.2.1	使用“自动创建数据页”创建数据访问页	269	9.3.2	类模块	324
7.2.2	使用“数据页向导”创建数据访问页	270	9.3.3	将宏转化为模块	325
			9.3.4	创建新过程	326
			9.4	VBA 编程基础	329
			9.4.1	数据类型	329

9.4.2	常量	329			
9.4.3	变量	330			
9.4.4	数组	331			
9.4.5	数据库对象变量	332			
9.4.6	表达式	332			
9.4.7	标准函数	335			
9.5	程序基本结构	340			
9.5.1	编码规则	340			
9.5.2	顺序结构	340			
9.5.3	分支结构	343			
9.5.4	循环结构	347			
9.6	过程调用	351			
9.6.1	带参数的 Sub 子过程	351			
9.6.2	带参数的自定义函数	353			
9.7	程序的调试与出错处理	355			
9.7.1	程序的错误类型	355			
9.7.2	出错处理	355			
9.7.3	VBA 程序调试	358			
习题 9		362			
实验 16	VBA 编程基础	364			
实验 17	VBA 综合编程	365			
第 10 章	数据安全	368			
10.1	设置数据库密码	368			
			10.1.1	设计和使用密码	368
			10.1.2	撤消密码	369
			10.2	用户级安全机制	370
			10.2.1	常用名词解释	370
			10.2.2	“设置安全机制向导”的 使用方法	371
			10.2.3	打开已建立安全机制数据库	373
			10.2.4	删除数据库中已建立的安全 机制	375
			10.3	管理安全机制	375
			10.3.1	增加账户	375
			10.3.2	删除账户	376
			10.3.3	更改账户权限	377
			10.3.4	打印用户和组账户列表	377
			10.4	编码/解码数据库	378
			习题 10		379
			部分习题参考答案		380
			参考文献		381
			附录 A	第 4 章查询设计例题关系图	插页
			附录 B	第 5 章窗体设计例题关系图	插页

第 1 章 数据库系统概述

一年多来，从 IT 界到一些国家首脑，都高度关注传感网、物联网与智慧地球的发展动态，认为这是继 20 世纪 80 年代 PC 机、90 年代因特网（Internet，又称互联网）、移动通信网之后，将引发 IT 业突破性发展的第三次 IT 产业化浪潮。在展开讲述数据库系统概念之前，有必要简要介绍一下“物联网”概念。

顾名思义，物联网就是“物物相连的互联网”，英文名称为“The Internet of Things”，是指通过射频识别（RFID）、红外感应器、全球定位系统、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。

在物联网时代，通过在各种各样的日常用品上嵌入一种短距离的移动收发器，人类在信息与通信世界里将获得一个新的沟通维度，从任何时间任何地点的人与人之间的沟通连接扩展到人与物和物与物之间的沟通连接。

有人将 2010 年称为中国的物联网元年。请看以下典型事例：

(1) 2009 年 8 月，温家宝总理在无锡视察时指出：“要在激烈的国际竞争中，迅速建立中国的传感信息中心或‘感知中国’中心”。目前无锡正举全市之力推进“感知中国”中心规划建设进程，努力打造 6 个千亿级新兴主导产业，欲以物联网领先中国。

(2) 2010 年 3 月 5 日，温家宝总理在《政府工作报告》中，将“加快物联网的研发应用”明确纳入重点产业振兴。重点产业振兴是 2010 年“加快转变经济发展方式，调整优化经济结构”的首要任务。物联网走进《政府工作报告》，物联网已经被提升到国家战略。

(3) 2010 年 1 月 23 日，海尔集团推出了世界首台“物联网冰箱”。海尔的“物联网冰箱”不仅可以储存食物，而且可以通过与网络连接，实现了冰箱与冰箱里的食品进行“对话”的功能。譬如，它知晓储存其中的食物的保质期、食物特征、产地等信息，并会及时将信息反馈给消费者，让消费者做出必要的反应。同时，海尔“物联网冰箱”能与超市相连，让消费者足不出户就知道超市货架上的商品信息，它还能够根据主人放入及取出冰箱内食物的习惯，制定合理的膳食方案，给消费者提供健康、营养的生活方案。这一切曾经在科幻小说中描述的场景，已经真切地出现在现实生活中。这就是继互联网之后，物联网将给我们生活带来的变化，它为全球消费者创造了一种颠覆性的生活方式。

从本质上讲，物联网是国民经济和社会的深度信息化。其深度体现在“信息与通信技术水平更高，信息技术、通信技术与其他技术（如传感技术等）的融合更深入，信息化涉及的领域、对象更多（从计算机、手机扩展到轮胎、牙刷等），信息基础设施更完善，数据更海量，信息互联互通更广泛深入，信息处理能力更高，信息化为人类生产、生活作出的贡献更大”。

谈物联网的用意是想提醒人们：我们早已进入信息时代！现正从“E 社会”（Electronic Society，信息社会的初级阶段）向“U 社会”（Ubiquitous Society，信息社会的高级阶段）大踏步迈进。面对物联网时代将要处理的海量数据，数据库技术作为信息系统的核心技术和基础会更加引人注目，必将迎来更大的发展机遇。

1.1 数据库的基本概念

早期的计算机主要用于科学计算，当计算机应用于生产管理、商业财贸、情报检索等领域时，它面对的是数量惊人的各种类型的数据。为了有效地管理和利用这些数据，就产生了数据库技术。

1.1.1 数据和信息

数据是数据库系统研究和处理的对象，本质上讲是描述事物的符号记录。数据用类型和值来表示。在现实世界中，数据类型不仅有数字符号、文字符号，而且还有图形、图像、声音等。

信息是加工过的数据，这种数据对人类社会实践、生产及经营活动能产生决策性影响。也就是说，信息是一种数据，是经过数据处理后对决策者有用的数据。

所有的信息都是数据，而只有经过提炼和抽象之后，对决策者具有使用价值的信息才能成为信息。经过加工所得到的信息仍以数据的形式表现，此时的数据是信息的载体，是人们认识信息的一种媒体。

1.1.2 数据处理技术的发展概况

数据处理也称为信息处理。所谓数据处理，实际上就是利用计算机对各种类型的数据进行加工处理。它包括对数据的采集、整理、存储、分类、排序、维护、加工、统计和传播等一系列操作过程。数据处理的目的是从人们收集的大量原始数据中，获得人们所需要的资料并提取有用的数据成分，作为行为和决策的依据。

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，它主要经历了人工管理、文件系统和数据库系统 3 个发展阶段。

1. 人工管理阶段

20 世纪 50 年代中期以前，计算机主要用于数值计算。在这一阶段，外存储器还只有卡片机、纸带机、磁带机，没有像硬盘一样可供客户快速、随机存储的外存储器；软件方面，没有操作系统和数据管理软件支持，数据处理方式基本是批处理。在这一管理方式下，应用程序与数据之间不可分割，当数据有所变动时程序则随之改变，数据的独立性差；另外，各程序之间的数据不能相互传递，缺少数据的共享性。在人工管理阶段，应用程序与数据的关系如图 1.1 所示。

人工管理阶段数据处理的特点如下。

(1) 数据不保存。这一阶段处理数据的过程，是将数据与其对应的程序一同输入内存，通过应用程序对数据进行加工处理后输出处理结果，计算任务完成，随着应用程序的释放，数据也将从内存中释放。

(2) 应用程序与数据之间缺少独立性。应用程序与数据之间相互依存，不可分割，设计应用程序时不仅要设计数据处理的算法、数据的逻辑结构，还要指明数据在存储器上的存储地址，当数据有所变动时应用程序则随之改变，编程效率很低。

(3) 数据不能共享。由于数据与应用程序不具有独立性，一个应用程序只能对应一组数据，各程序之间的数据不能相互传递，若多个应用程序需要使用同一组数据，仍然需要逐个进行数据定义，不能进行相互调用。数据不能共享，造成应用程序之间的大量数据冗余。

2. 文件系统阶段

20 世纪 50 年代后期至 60 年代中后期，硬件方面，磁鼓、磁盘等联机的外存储器的研制成功并投入使用；软件方面，高级语言和操作系统软件出现，计算机的应用不仅仅用于科学计算，同时也开始以“文件”的方式介入数据处理。

在这一阶段，数据被组织成数据文件，这种数据文件可以脱离应用程序而独立存在，数据文件可长期保存在硬盘中多次存取。由于使用专门的文件管理系统实施数据管理，应用程序与数据文件之间具有一定的独立性，同时数据的逻辑结构与物理结构之间也具有一定的相对独立性。文件系统阶段应用程序与数据的关系如图 1.2 所示。



图 1.1 人工管理阶段应用程序与数据的关系

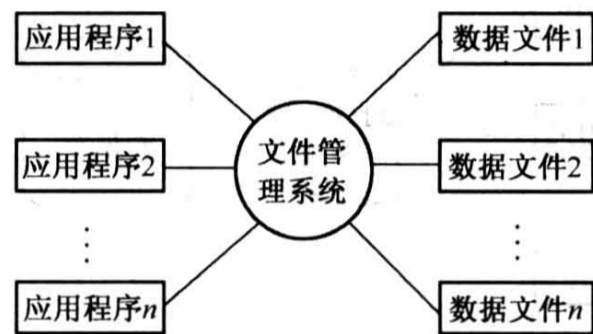


图 1.2 文件系统阶段应用程序与数据的关系

文件系统阶段数据处理的特点如下。

(1) 数据可长期保存。由于外存储器的出现，使得数据处理过程中用到的数据可以以文件形式长期保存在硬盘上，供用户反复调用和进行更新操作。

(2) 应用程序与数据之间有了一定的独立性。在文件系统阶段，操作系统提供了文件管理功能和访问文件的存取方法，应用程序与数据之间有了数据存取接口，应用程序可以通过文件名对数据进行访问，不必再寻找数据的物理位置，至此，数据有了物理结构与逻辑结构的区别，因此比人工管理阶段前进了一大步。但此时，应用程序是基于特定的物理结构和特定的存取方法进行程序访问的，数据文件与应用程序仍彼此依赖，它们之间的独立性只是相对的“设备独立性”。

(3) 数据文件形式多样化。由于有了直接存取的存储设备，文件的形式不局限于顺序文件，还有了随机文件等，因此对数据文件的访问可以是顺序访问，也可以是随机访问。

(4) 数据文件不再只属于一个应用程序。在文件系统阶段，一个数据文件可被多个应用程序使用，一个应用程序也可使用多个数据文件。由于应用程序对数据的访问基于物理结构和特定的存取方法，因此应用程序对数据的依赖不能从根本上改变。

(5) 仍有一定的数据冗余。由于数据文件的设计很难满足多个用户的不同需求，大多数情况下，仍是一个应用程序对应一个数据文件，同样的数据会出现在不同的应用程序中。

(6) 数据的不一致性。由于有一定的数据冗余，在进行数据更新时，可能导致同样的数据在多个应用程序中的不一致问题。

3. 数据库系统阶段

在 20 世纪 60 年代后期，计算机性能得到很大提高，人们为了克服文件系统的不足，开

发出一种软件系统，称之为数据库管理系统（DataBase Management System, DBMS），从而将传统的数据库管理技术推向一个新阶段，即数据库系统阶段。

一般来说，数据库系统由计算机软、硬件资源组成。它实现了有组织地、动态地存储大量的相关联数据，方便多用户访问。它与文件系统的重要区别是数据的充分共享、交叉访问及应用程序的高度独立性。通俗地讲，数据库系统可把日常一些表格、卡片等数据有组织地集合在一起，输入到计算机，然后通过计算机处理，再按一定要求输出结果。所以，数据库相对文件系统来说，主要解决了以下3个问题。

- (1) 有效地组织数据，主要指对数据进行合理设计，以便计算机存取。
- (2) 将数据方便地输入到计算机中。
- (3) 根据用户的要求将数据从计算机中抽取出来（这是人们处理数据的最终目的）。

数据库也是以文件方式存储数据的，它把所有应用程序中使用的数据汇集在一起，并以记录为单位存储起来，便于应用程序查询和使用。其关系如图1.3所示。

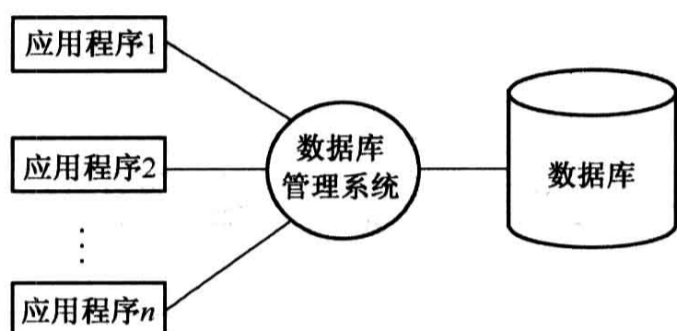


图 1.3 数据库系统阶段应用程序与数据的关系

数据库系统与文件系统的区别是，数据库对数据的存储是按照同一结构进行的，不同的应用程序都可以直接操作这些数据（体现了应用程序的高度独立性）。数据库系统，而不是应用程序，对数据的完整性、唯一性和安全性提供一套有效的管理手段（体现了数据的充分共享性）。数据库系统还提供管理和控制数据的各种简单操作命令，使用户编写程序时容易掌握（体现了操作的方便性）。

数据库系统的出现是计算机数据处理技术的重大进步，它具有以下特点。

(1) 实现数据共享。数据共享允许多个用户同时存取数据而互不影响。数据共享包括3个方面：首先，所有用户可以同时存取数据；其次，数据库不仅可以为当前的用户服务，也可以为将来的新用户服务；最后，可以使用多种语言完成与数据库的接口设计。

(2) 实现数据独立。所谓数据独立，是指应用程序不随数据存储结构的改变而改变。数据独立包括两个方面：物理数据独立和逻辑数据独立。

物理数据独立是当数据的存储格式和组织方法改变时，不影响数据库的逻辑结构，从而不影响用户设计的应用程序，即用户的应用程序无须修改。

逻辑数据独立是当数据库逻辑结构变化时（如数据定义的修改、数据间联系的变更等），也不会影响到用户的应用程序。

数据独立性提高了数据处理系统的稳定性，从而提高了程序维护的效率。

(3) 减少了数据冗余度。在数据库系统中，用户的逻辑数据文件和具体的物理数据文件不必一一对应，存在着“多对一”的重叠关系，有效地节约了存储资源。

(4) 避免了数据的不一致性。由于数据只有一个物理备份，所以数据的访问不会出现不一致的情况。

(5) 加强了对数据的保护。数据库中加入了安全保密机制，可以防止对数据的非法存取。由于进行集中控制，故有利于控制数据的完整性。数据库系统还采取了并发访问控制，保证了数据的正确性。

4. 数据库技术的新进展

20 世纪 80 年代以来, 数据库技术经历了从简单应用到复杂应用的巨大变化, 数据库系统的发展呈现出百花齐放的局面。目前在新技术内容、应用领域和数据模型 3 个方面都取得了很大进展。

数据库技术与其他学科的有机结合是新一代数据库技术的一个显著特征, 出现了各种新型的数据库。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技术相结合, 出现了知识库和主动数据库系统。
- 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, 出现了模糊数据库等。

数据库技术应用到其他领域中, 出现了数据仓库、工程数据库、统计数据库、时态数据库、空间数据库、时空数据库、实时数据库、内存数据库、科学数据库, 以及 Web 数据管理、流数据管理、无线传感器网络数据管理等多种数据库技术, 扩大了数据库的应用领域。

1.1.3 数据库的定义

数据库是利用信息技术和方法管理数据的成果。数据库 (DataBase, DB) 顾名思义是存放数据的仓库, 可以把数据库简单地定义为“人们为解决特定的任务, 以一定的组织方式存储在计算机中的相关数据的集合”。

所谓数据库, 是指长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的数据集合。数据库中的数据按照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张性, 并可以为各种用户共享。

1.1.4 数据库管理系统

在收集、整理出一个系统所需要的数据之后, 如何合理地组织与存储数据, 如何高效地处理这些数据都是必须解决的问题, 这些问题都可以交给数据库管理系统来解决。

数据库管理系统 (DataBase Management System, DBMS) 是数据库系统的一个重要组成部分, 是操纵和管理数据库的软件系统, 在计算机软件系统的体系结构中, 数据库管理系统位于用户和操作系统之间, 如 Access、Visual FoxPro、SQL Server、Oracle 等都是常用的数据库管理系统。数据库管理系统负责数据库在建立、使用、维护时的统一管理和统一控制。数据库管理系统使用户能方便地定义数据和操纵数据; 能够保证数据的安全性、完整性; 能够保证多用户对数据的并发使用以及发生错误后的系统恢复。

数据库管理系统 (DBMS) 的功能包括以下几点。

(1) 数据库定义功能。DBMS 提供数据定义语言 (Data Definition Language, DDL), 使得用户通过它可以方便地对数据库结构进行定义和描述。

(2) 数据操纵功能。DBMS 提供数据操纵语言 (Data Manipulation Language, DML), 实现对数据库的数据增加、修改、删除、检索等操作。

(3) 数据库运行控制功能。包括数据的完整性控制、数据的安全性控制、数据库的恢复等。

(4) 数据组织、存储和管理功能。DBMS 实现分类组织、存储和管理各种数据, 包括数据字典、用户数据、存取路径等。

1.1.5 数据库系统

数据库系统 (DataBase System, DBS) 是指安装和使用了数据库技术的计算机系统。数据库系统由硬件系统、数据库、数据库管理系统、应用系统、数据库管理员 (DataBase Administrator, DBA) 和数据库的终端用户组成。可以说数据库系统是一个结合体。

通常情况下,把数据库系统简称为数据库,数据库系统组件之间的关系如图1.4所示。

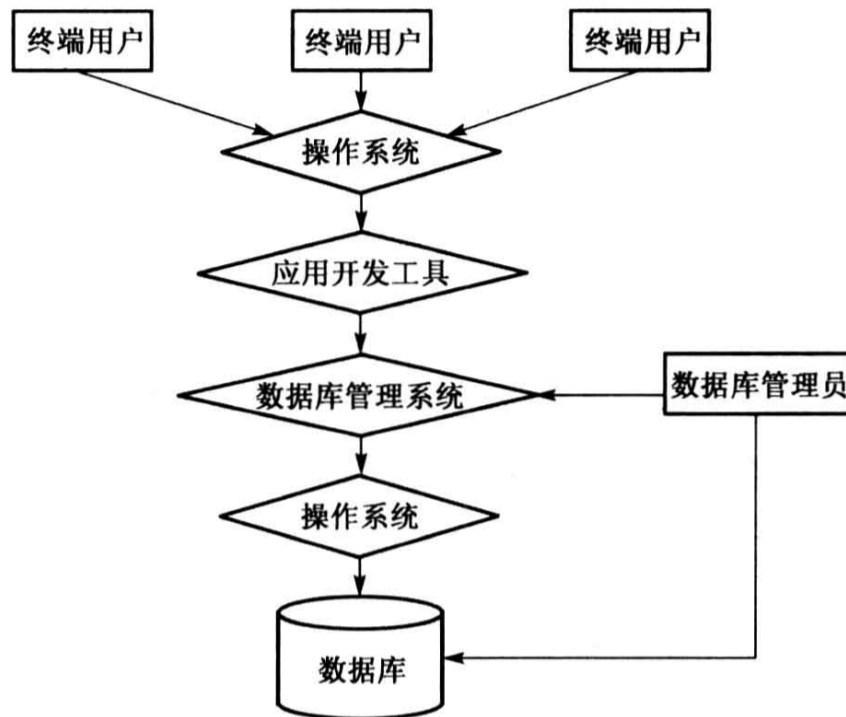


图 1.4 数据库系统组成示意图

1.2 数据模型

在数据库系统中,对现实世界中数据的抽象、描述以及处理等都是通过数据模型来实现的。数据模型是数据库系统设计中用于提供信息表示和操作手段的形式构架,是数据库系统实现的基础。

数据模型应满足以下 3 个方面的要求。

- (1) 能够比较真实地模拟现实世界。
- (2) 容易被人理解。
- (3) 便于在计算机系统中实现。

1.2.1 组成要素

数据模型由数据结构、数据操作和完整性规则 3 部分组成。

1. 数据结构

数据结构用于描述系统的静态特性。研究的对象包括两类:一类是与数据类型、内容、性质有关的对象,另一类是与数据之间的联系有关的对象。

数据结构是描述一个数据模型性质最重要的方面,因此常按数据结构的类型命名数据模型,如网状结构、层次结构和关系结构的数据模型分别命名为网状模型、层次模型和关系模型。

2. 数据操作

数据操作是指对数据库中各种对象(型)的实例(值)允许执行的操作的集合,包括操

作及其有关的操作规则。数据库的操作主要包括查询和更新两大类，数据模型必须定义操作的确切含义、操作符号、操作规则和实施操作的语言。

3. 完整性规则

数据模型中数据及其联系所具有的制约和依存的规则是一组完整性规则，这些规则的集合构成数据的约束条件，以确保数据的正确性、有效性和相容性。

数据模型应该反映和规定此数据模型必须遵守的基本完整性约束条件，还要提供约束条件的机制，以反映具体的约束条件是什么。

1.2.2 实体模型

计算机所管理的对象是对现实世界中客观事物的抽象，要实现这种管理，首先必须观察和了解客观事物，从观测中得到大量描述具体事物的数据（即获得描述客观事物的实体模型）。但是这些数据是无法送入计算机的，必须进一步整理和归类，进行数据的规范化（以得到数据模型），然后才能将规范化数据送入计算机的数据库中保存起来。

实体模型与数据模型是对客观事物及其相互联系的两种抽象描述。数据库的核心问题是数据模型。为了得到正确的数据模型，首先要充分了解客观事物，抽象出正确的实体模型。

客观事物在人们头脑中的反映称为实体。反映实体之间联系的模型称为实体模型。在实体模型中，需要用到以下几个术语。

1. 实体（Entity）

实体是客观事物在人们头脑中的反映。实体可以是实际的事物，也可以是抽象的事物。例如，学生、课程等都属于实际的事物；教学计划、学生选课等都是抽象的事物。

2. 属性（Attribute）

实体有许多特性，这些描述实体的特性称为属性。例如，“学生”实体用学号、姓名、性别、专业代码、出生日期、籍贯、电话、备注等属性来描述，而“课程”实体用课程代码、课程名称、开课学院代码、学分、考核方式等属性来描述。

3. 实体型（Entity Type）

实体型就是对实体的型的描述，通常用实体名和属性名的集合来表示实体型。

如“学生”实体的实体型表示为：学生（学号、姓名、性别、专业代码、出生日期、籍贯、电话、备注）。

而“课程”实体的实体型表示为：课程（课程代码、课程名称、开课学院代码、学分、考核方式）。

4. 实体集（Entity Set）

性质相同的同类实体的集合称为实体集。对于学生实体来说，全体学生就是一个实体集。

5. 实体值（Entity Value）

实体值是实体的具体实例，是属性值的集合。例如，学生于钦鹏的实体值为：06040140301、于钦鹏、男、0401、1988-2-9、福建省莆田市、13500000033、略。

6. 实体联系（Entity Relationship）

在描述实体模型中的实体、属性以及实体之间的联系时，用得最多的实用工具是 E-R 图，

即实体关系图，也被称为 E-R 模型（实体联系模型），如图 1.5 所示。E-R 模型包括 3 个组成要素。

(1) 实体（集）。用矩形框表示，框内标注实体名称。

(2) 属性。用椭圆形表示，并用连线与实体集联系起来。

(3) 实体之间的联系。用菱形框表示，框内标注联系名称，用连线将菱形框分别与有关实体集相连，并在连线上注明联系类型。

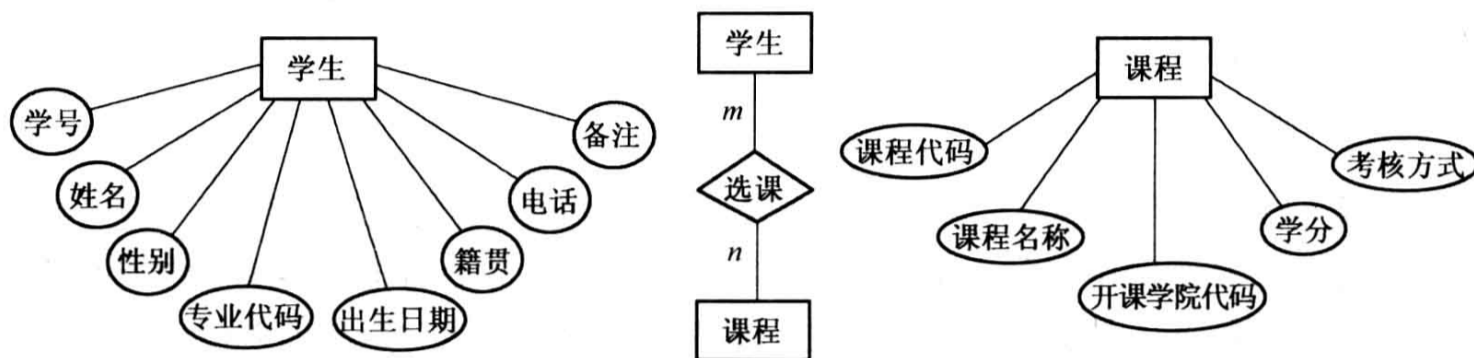


图 1.5 E-R 图示例

建立实体模型的一个重要任务就是要找出实体集之间的联系。在数据库设计中，常用的两个实体集之间的联系有以下 3 种。

(1) 一对一联系 (1:1)。设 A、B 为两个实体集。若 A 中的每个实体至多和 B 中的一个实体有联系，反过来，B 中的每个实体至多和 A 中的一个实体有联系，称 A 对 B 或 B 对 A 是一对一联系。例如，电影院中观众与座位之间、乘车旅客与车票之间、医院病人与病床之间等都是 一对一联系。

(2) 一对多联系 (1:n)。如果 A 实体集中的一个实体可以和 B 实体集中的多个实体有联系，而 B 中的一个实体只和 A 中的一个实体有联系，那么称 A 对 B 是一对多联系。例如，专业与教师之间、班级与学生之间等都是 一对多联系。

(3) 多对多联系 (m:n)。若 A 实体集中的一个实体可以和 B 实体集中的多个实体有联系，反过来，B 中的一个实体也可以和 A 中的多个实体有联系，则称 A 对 B 或 B 对 A 是多对多联系。例如，学生与课程之间、专业与课程之间等都是多对多联系。

两个实体集之间的 3 种联系如图 1.6 所示。

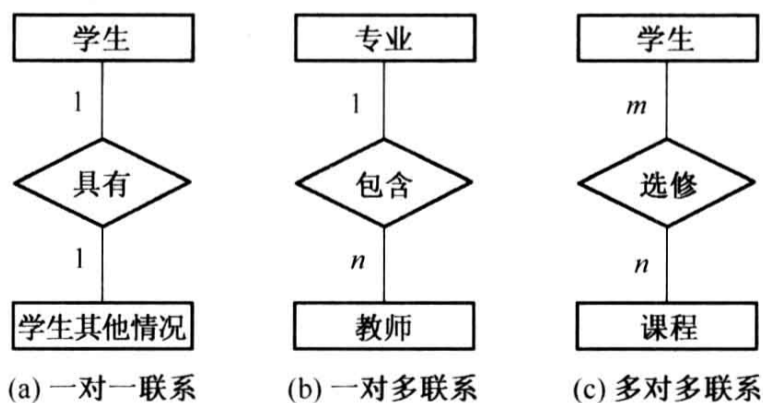


图 1.6 三种联系示例

1.2.3 常用数据模型

数据模型是数据库系统的基石，任何一个数据库管理系统都是基于某种数据模型的，即根据不同的数据模型可以开发出不同的数据库管理系统。常用的数据模型有 3 种：层次模型、网状模型和关系模型。另外，面向对象的数据模型发展也很迅速。