



工业和信息化普通高等教育  
“十三五”规划教材

湖南省哲学社会科学基金项目  
(17YBQ032) 研究成果

# Access 数据库 系统设计与应用教程 (第2版)

李勇帆 廖瑞华 ◎ 主编  
张卓林 李里程 胡恩博 ◎ 副主编

*Application of  
Access Database*



中国工信出版集团



人民邮电出版社  
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息化普通高等教育  
“十三五”规划教材

湖南省哲学社会科学基金项目  
(17YBQ032) 研究成果

# Access 数据库 系统设计与应用教程 (第2版)

李勇帆 廖瑞华 ◎ 主编

张卓林 李里程 胡恩博 ◎ 副主编

*Application of  
Access Database*

人民邮电出版社

北京

Access数据库系统设计与应用教程 / 李勇帆, 廖瑞华主编. — 2版. — 北京: 人民邮电出版社, 2019.12  
ISBN 978-7-115-50323-7

I. ①A… II. ①李… ②廖… 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(2018)第277209号

## 内 容 提 要

本书是根据教育部高等教育司组织制定的《高等学校计算机课程教学大纲(2018年版)》、教育部考试中心颁布的《全国计算机等级考试 Access 数据库程序设计考试大纲(2018年版)》,结合当前数据库技术的新发展和“Access 数据库系统设计与应用”课程教学的实际情况编写而成的。

全书内容共9章,包括数据库系统设计基础、Access 数据库系统及其创建与管理、数据库系统的表设计、数据库系统的查询设计、数据库系统的窗体设计、数据库系统的报表设计、数据库系统的宏设计、数据库系统的VBA编程与数据库应用系统开发实例—教学管理系统。为便于教与学以及学生参加计算机等级考试,本书配有辅助教材《Access 数据库系统设计上机指导与测试(第2版)》和多媒体CAI教学课件。

本书适合作为高等学校数据库应用技术课程的教材,也可作为计算机等级考试的培训教材和办公人员的自学用书。

- 
- ◆ 主 编 李勇帆 廖瑞华
  - 副 主 编 张卓林 李里程 胡恩博
  - 责任编辑 邹文波
  - 责任印制 陈 犇
  
  - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号  
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn  
网址 <http://www.ptpress.com.cn>  
三河市祥达印刷包装有限公司印刷
  
  - ◆ 开本: 787×1092 1/16  
印张: 18.25 2019年12月第2版  
字数: 477千字 2019年12月河北第1次印刷
- 

定价: 54.80 元

读者服务热线: (010)81055256 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京东工商广登字 20170147 号

## 第2版前言

当今数字信息时代是一个以智力资源的占有和配置、知识生产与分配及使用为重要因素的知识经济时代,信息就像空气一样,充塞在人们工作、生活的每个角落,信息数据的管理直接渗透到经济、文化和社会的各个领域,数据库技术迅速改变着人们的工作和生活。因此,社会对大学生的数据库程序设计与应用能力也有新的、更高的要求。能精通数据库系统及其管理技术,掌握数据库管理系统的基本理论与知识,会设计与开发诸如信息管理系统、客户关系管理系统、电子商务系统、智能信息系统、教学管理系统、企业资源计划系统等各类数据库管理系统,是当今知识经济时代大学生应该具备的基本素质。为了适应新时期大学计算机基础课程——“数据库程序设计与应用”的教学要求,我们认真总结了多年来的教学实践,根据“2017年湖南省社科基金项目——智能机器人在中小学 STEAM 与创客教育中的应用研究(17YBQ032)”的研究成果组织编写了本套教材。

本套教材分主教材《Access 数据库系统设计与应用教程(第2版)》和辅助教材《Access 数据库系统设计上机指导与测试(第2版)》两本。

主教材共分9章,具体内容如下:

第1章为数据库系统设计基础,介绍数据管理技术的发展历程、数据库系统的组成、数据库中的数据模型与三级模式结构,以及关系数据库结构的特性、数据库系统设计的基本方法与流程等;

第2章为 Access 数据库系统及其创建与管理,在简要介绍 Access 数据库管理系统的特性与功能,历史版本及其功能特性变化,安装、启动与退出,数据库窗口和对象,以及 Access 2016 数据库的新功能及应用的基础上,重点介绍如何创建数据库系统、操作数据库窗口、维护数据库和数据库系统的安全管理等;

第3章为数据库系统的表设计,重点介绍数据库系统中表的创建、表记录的编辑与维护、表间关系的建立及表对象的编辑等;

第4章为数据库系统的查询设计,主要讲解数据库系统查询概述,以及如何创建选择查询、参数查询、交叉表查询、汇总查询、操作查询及 SQL 查询等内容;

第5章为数据库系统的窗体设计,主要讲解数据库系统窗体的类型与视图、如何快捷创建窗体、如何利用设计视图创建窗体,以及常用的窗体控件、窗体的属性

及修饰、创建系统控制窗体等；

第 6 章为数据库系统的报表设计，重点介绍数据库系统中报表的概念与视图、快捷创建报表、报表的设计、如何使用计算控件及创建其他报表等内容；

第 7 章为数据库系统的宏设计，主要讲解宏的定义、宏的创建、宏的操作、宏的运行与调试、宏与事件、宏组及应用、条件宏等内容；

第 8 章为数据库系统的 VBA 编程，在简要介绍数据库系统 VBA 的编程环境的基础上，详细介绍面向对象程序设计、VBA 模块、VBA 编程基础、程序控制结构、VBA 过程及 VBA 程序运行错误处理、利用 VBA 进行数据库程序设计等内容；

第 9 章为数据库应用系统开发实例，以教学管理系统为例，详细介绍数据库管理系统的需求分析与系统设计、功能模块设计与实现。

辅助教材与主教材紧密配合，由上机实验和基础知识测试题两部分构成。

本套教材力求内容新颖、注重应用，重视操作能力和综合应用能力的培养。学习者只要按照教材给出的步骤，按图索骥，边学习边上机实践操作，便能很快地掌握数据库管理系统的基本理论与知识，熟悉面向应用的程序开发流程与方法，并能独立地设计与开发实用的数据库管理系统。

本书由享受国务院政府特殊津贴、首届湖南省普通高等学校教学名师李勇帆教授和廖瑞华副教授担任主编，张卓林、李里程、胡恩博担任副主编，参与本书编写工作的人员还有赵晋琴、彭剑、王玉辉、胡英、谢强、李俊英、朱珏钰、李兵、袁启、王尧哲等。其中，第 1 章由李勇帆、李里程、廖瑞华编写，第 2 章由张卓林、李里程、袁启编写，第 3 章由王玉辉编写，第 4 章由胡英、赵晋琴编写，第 5 章由廖瑞华和李兵编写，第 6 章由李俊英、朱珏钰编写，第 7 章由王尧哲编写，第 8 章由李里程和谢强编写，第 9 章由胡恩博编写，最后由李勇帆统稿定稿。另外，参加本书讨论及资料收集的还有田祖伟、杨建良、谭敬德、胡伟、肖杰、曾玢石、肖升、李卫东、李理达、张景桂、邢志芳、李卫民、傅红普、彭剑、张剑、伍智平、汤希伟、周辉、张燕丽、李科峰、姜华、刘济源、苏静、陈茜及杨辉等。同时，在教材的策划和编写过程中，我们还广泛听取了不同地区、不同高校的数据库程序设计与应用课程教育专家、资深教师的意见和建议，在此一并致谢。

由于时间仓促，加之编者水平有限，书中难免存在疏漏和不足之处，敬请广大读者批评指正，以便再版时修订完善。

李勇帆

2019 年 10 月

# 目 录

<b>第1章 数据库系统设计基础</b> .....	1
1.1 数据库系统的组成与技术发展.....	1
1.1.1 数据管理技术的发展历程.....	1
1.1.2 数据库系统的组成.....	3
1.1.3 数据库系统的三级模式结构.....	4
1.1.4 大数据时代数据库技术的新发展.....	6
1.2 数据库中的数据模型.....	8
1.2.1 数据模型的基本构成.....	9
1.2.2 数据库设计的概念模型.....	9
1.3 关系数据库.....	12
1.3.1 关系数据库的基本术语.....	13
1.3.2 关系的性质.....	13
1.3.3 关系模型的完整性约束.....	14
1.3.4 关系代数.....	14
1.4 数据库系统设计.....	16
1.4.1 数据库系统设计的基本方法.....	17
1.4.2 数据库系统设计的需求分析.....	17
1.4.3 数据库系统的概念结构设计.....	18
1.4.4 数据库系统的逻辑结构设计.....	21
1.4.5 数据库系统的物理设计.....	24
1.4.6 数据库系统设计的实施.....	25
1.4.7 数据库系统的运行和维护.....	26
本章小结.....	26
思考与练习.....	27
<b>第2章 Access 数据库系统及其创建与管理</b> .....	28
2.1 Access 数据库管理系统概述.....	28
2.1.1 Access 的特性与功能.....	28
2.1.2 Access 的历史版本及其功能特性变化.....	29
2.1.3 Access 2016 的新功能及应用.....	31
2.1.4 Access 的安装、启动与退出.....	34
2.1.5 Access 的数据库窗口.....	35
2.1.6 Access 的对象.....	37
2.2 数据库系统的创建.....	39
2.2.1 数据库系统的创建方法.....	39
2.2.2 更改默认数据库系统文件夹.....	42

2.2.3 查看数据库系统属性	42
2.3 数据库系统的打开与关闭	43
2.4 数据库系统的窗口操作	44
2.4.1 操作导航窗格	44
2.4.2 在导航窗格中操作数据库对象	45
2.4.3 切换数据库视图	47
2.5 维护数据库系统	48
2.5.1 备份与还原数据库	48
2.5.2 压缩与修复数据库	49
2.5.3 拆分数据库	50
2.6 数据库系统的安全	51
2.6.1 设置数据库系统密码	51
2.6.2 数据库系统的解密	52
2.6.3 信任数据库系统中禁用的内容	52
本章小结	53
思考与练习	53
<b>第 3 章 数据库系统的表设计</b>	<b>54</b>
3.1 数据库系统中表的创建	54
3.1.1 数据库系统中表的组成	54
3.1.2 创建与修改表的结构	55
3.1.3 输入表的记录	58
3.1.4 字段属性的设置	61
3.1.5 建立查阅列表字段	66
3.2 数据库系统中表记录的编辑与维护	69
3.2.1 定位、查找与替换表记录	69
3.2.2 插入、删除与修改表记录	70
3.2.3 排序表记录	71
3.2.4 筛选表记录	73
3.2.5 修饰表记录	75
3.3 建立数据库系统表间关系	78
3.3.1 表间关系	78
3.3.2 主键	78
3.3.3 索引	79
3.3.4 创建、编辑表间关系	80
3.3.5 使用子数据表	83
3.4 数据库系统表对象的编辑	84
3.4.1 表的重命名、复制与删除	85
3.4.2 表数据的导入与导出	85
本章小结	90
思考与练习	91

<b>第 4 章 数据库系统的查询设计</b> .....	92
4.1 数据库系统查询概述 .....	92
4.1.1 查询的功能 .....	92
4.1.2 查询的类型 .....	93
4.1.3 查询的视图 .....	94
4.1.4 查询的条件 .....	94
4.2 创建选择查询 .....	101
4.2.1 利用查询向导创建 .....	101
4.2.2 利用查询设计视图创建 .....	105
4.2.3 在查询中添加计算字段 .....	108
4.3 创建参数查询 .....	110
4.3.1 单参数查询 .....	110
4.3.2 多参数查询 .....	111
4.4 创建交叉表查询 .....	112
4.4.1 使用交叉表查询向导创建 .....	113
4.4.2 使用查询设计视图创建 .....	114
4.5 创建汇总查询 .....	115
4.6 创建操作查询 .....	116
4.6.1 创建生成表查询 .....	116
4.6.2 创建删除查询 .....	117
4.6.3 创建更新查询 .....	118
4.6.4 创建追加查询 .....	119
4.7 SQL 查询 .....	119
4.7.1 SQL 语言概述 .....	120
4.7.2 在 Access 中使用 SQL .....	120
4.7.3 使用 SQL 进行数据定义 .....	121
4.7.4 使用 SQL 进行查询 .....	122
4.7.5 使用 SQL 进行数据更新 .....	126
4.8 使用 SQL 创建特定查询 .....	127
本章小结 .....	128
思考与练习 .....	129
<b>第 5 章 数据库系统的窗体设计</b> .....	130
5.1 数据库系统的窗体概述 .....	130
5.1.1 数据库系统窗体的类型 .....	130
5.1.2 数据库系统窗体的视图 .....	132
5.2 数据库系统窗体的快速创建 .....	133
5.2.1 利用“窗体”工具创建窗体 .....	133
5.2.2 利用窗体向导创建窗体 .....	133
5.2.3 使用“模式对话框”工具创建窗体 .....	135
5.2.4 使用“空白窗体”按钮创建窗体 .....	135

5.2.5	创建数据透视图和数据透视表窗体	136
5.3	利用设计视图创建数据库系统的窗体	137
5.3.1	数据库系统窗体的设计视图	137
5.3.2	使用设计视图创建窗体的一般步骤	139
5.4	常用数据库系统的窗体控件	142
5.4.1	常用窗体控件的分类	142
5.4.2	常用窗体控件的功能	142
5.4.3	操作与布局控件	145
5.4.4	常用控件示例	147
5.5	数据库系统窗体的属性及修饰	154
5.5.1	数据库系统窗体的属性	155
5.5.2	数据库系统窗体的修饰	156
5.6	数据库系统控制窗体的创建	159
5.6.1	创建数据库系统的切换面板	159
5.6.2	创建数据库系统的导航窗体	162
5.6.3	设置数据库系统的启动窗体	164
	本章小结	164
	思考与练习	165
<b>第 6 章</b>	<b>数据库系统的报表设计</b>	<b>166</b>
6.1	数据库系统报表概述	166
6.1.1	数据库系统报表的概念	166
6.1.2	数据库系统报表的视图	167
6.2	数据库系统报表的快速创建	168
6.2.1	利用“报表”工具创建报表	168
6.2.2	利用“报表向导”创建报表	169
6.2.3	利用“空报表”工具创建报表	170
6.3	数据库系统报表的设计	172
6.3.1	数据库系统报表的设计区	173
6.3.2	使用设计视图创建数据库系统报表	174
6.3.3	报表排序和分组	176
6.3.4	报表布局	179
6.4	数据库系统计算控件的操作	181
6.4.1	添加计算控件	181
6.4.2	数据库系统报表常用函数的应用	182
6.5	数据库系统报表的创建	183
6.5.1	创建数据库系统的标签报表	183
6.5.2	创建数据库系统的图表报表	184
	本章小结	186
	思考与练习	187

<b>第7章 数据库系统的宏设计</b> .....	188
7.1 数据库系统中宏的定义 .....	188
7.2 数据库系统中宏的创建 .....	189
7.2.1 宏的设计窗口 .....	190
7.2.2 数据库系统中宏的操作 .....	190
7.2.3 数据库系统中宏的类型 .....	192
7.3 数据库系统中宏的运行与调试 .....	192
7.3.1 数据库系统中宏的运行 .....	192
7.3.2 数据库系统中宏的调试 .....	193
7.4 数据库系统中的宏与事件 .....	194
7.4.1 什么是事件 .....	194
7.4.2 通过事件触发宏 .....	194
7.5 数据库系统中的宏组 .....	195
7.5.1 什么是数据库系统中的宏组 .....	195
7.5.2 数据库系统中宏组的创建 .....	195
7.6 数据库系统中的条件宏 .....	196
7.6.1 什么是条件宏 .....	197
7.6.2 创建条件宏 .....	197
7.7 数据库系统中宏的应用 .....	198
本章小结 .....	201
思考与练习 .....	202
<b>第8章 数据库系统的VBA编程</b> .....	203
8.1 数据库系统的VBA编程环境 .....	203
8.1.1 什么是VBA .....	203
8.1.2 VBA编程环境 .....	203
8.2 面向对象程序设计概述 .....	205
8.2.1 类和对象 .....	205
8.2.2 属性和方法 .....	206
8.2.3 事件和事件过程 .....	206
8.2.4 利用VBA编写程序的一个例子 .....	207
8.3 VBA模块 .....	209
8.3.1 类模块 .....	209
8.3.2 标准模块 .....	209
8.3.3 将宏转换为模块 .....	209
8.4 VBA编程基础 .....	210
8.4.1 变量 .....	210
8.4.2 变量的作用域与生存期 .....	211
8.4.3 常量的补充说明 .....	213
8.4.4 数组 .....	214
8.4.5 VBA语句的书写规则 .....	215

8.4.6	注释语句与赋值语句	215
8.4.7	输入与输出	217
8.4.8	内置对象 DoCmd	218
8.5	程序控制结构	221
8.5.1	选择结构	221
8.5.2	循环结构	225
8.5.3	Goto 型控制结构	229
8.6	VBA 过程	230
8.6.1	Sub 过程的创建和调用	230
8.6.2	Function 过程的创建和调用	231
8.6.3	参数传递	233
8.7	VBA 程序运行错误处理	234
8.8	VBA 数据库编程	236
8.8.1	数据库引擎及其接口	236
8.8.2	ADO 对象模型	237
8.8.3	利用 ADO 访问数据库	238
8.8.4	数据库编程实例	246
	本章小结	253
	思考与练习	253
<b>第 9 章 数据库应用系统开发实例——教学管理系统</b>		<b>255</b>
9.1	需求分析	255
9.2	系统设计	256
9.2.1	系统设计概述	256
9.2.2	系统功能设计	256
9.2.3	数据库设计	257
9.3	功能模块设计与实现	257
9.3.1	用户登录窗体	257
9.3.2	主界面窗体	259
9.3.3	院系信息管理窗体	262
9.3.4	专业信息管理窗体	263
9.3.5	课程信息管理窗体	264
9.3.6	教师信息管理窗体	266
9.3.7	班级信息管理窗体	267
9.3.8	学生信息管理窗体	268
9.3.9	授课信息管理窗体	269
9.3.10	成绩录入窗体	272
9.3.11	选课信息管理窗体	275
9.3.12	成绩查询窗体	279
	本章小结	281
	思考与练习	281
<b>参考文献</b>		<b>282</b>

# 第 1 章

## 数据库系统设计基础

数据库技术是现代信息科学与技术的重要组成部分，是计算机数据处理与信息管理的核心，是软件学科的一个独立的分支，主要研究和解决计算机信息处理过程中大量数据有效地组织和存储的问题，研究在数据库系统中减少数据存储冗余、实现数据共享、保障数据安全，以及高效地检索数据和处理数据的基本方法。在当今大数据时代，随着管理信息系统在各行各业中的广泛应用，对于当代大学生来说，应用和开发管理信息系统已经不仅仅是计算机专业的学生必须掌握的技能，对非计算机专业的学生同样重要。数据库程序设计的基础知识正是应用和开发管理信息系统的基础。

### 本章学习目标：

- 了解数据库管理技术的发展阶段，了解数据库的三级模式和二级映射功能，了解 3 种数据模型的优缺点；
- 熟悉 E-R 模型的相关知识，初步了解数据库设计方法；
- 掌握数据库系统的相关概念，掌握数据模型的三要素，掌握关系数据模型的相关概念；
- 掌握关系运算的常用操作，掌握大数据时代数据库技术的新发展。

## 1.1 数据库系统的组成与技术发展

### 1.1.1 数据管理技术的发展历程

数据管理技术是对数据进行分类、组织、编码、输入、存储、检索、维护和输出的技术。数据管理的水平是和计算机硬件、软件的发展相适应的。随着计算机技术的发展和数据管理规模的扩大，数据管理技术的发展大致经历了 3 个阶段：人工管理阶段、文件系统阶段和数据库系统阶段。

#### 1. 人工管理阶段

人工管理阶段（20 世纪 50 年代中期以前）的计算机主要用于科学计算。这个阶段没有像磁盘这样的可直接存取的外存储设备，没有操作系统和数据管理方面的软件，数据完全由程序设计人员有针对性地设计程序进行管理，而且在编写应用程序时，要全面考虑数据的定义、存储结构、存取方法和输入方式等。这一阶段数据管理的特点如下。

- ① 数据不保存。仅仅在计算某个项目时才输入数据，计算完就退出，对数据不做长期保存。
- ② 应用程序管理数据。数据没有专门的软件进行管理，需要应用程序自行进行管理，应用程

序还要规定数据的逻辑结构和物理结构 (包括存储结构、存取方法、输入/输出方式等)。程序员必须花费大量精力在数据的物理布置上, 因此程序员负担很重。

③ 数据无独立性。数据作为输入程序的组成部分, 和程序一起提供给计算机进行运算。程序员对数据的存储结构、存取方法及输入/输出格式有绝对的控制权, 要修改数据必须修改程序, 因为数据无法独立存在。

④ 数据不能共享。一组数据对应一个程序。不同应用的数据之间是相互独立、彼此无关的。数据不但高度冗余, 而且不能共享。

人工管理阶段数据与程序的关系如图 1-1 所示。

## 2. 文件系统阶段

在文件系统阶段 (20 世纪 50 年代中期到 60 年代中期), 计算机的应用范围从科学计算扩大到信息管理, 硬件方面有了磁盘、磁鼓等能对数据进行直接存取的设备; 软件方面出现了高级语言和操作系统。操作系统中有了专门的数据管理软件, 即文件系统。这一阶段数据管理的特点如下。

① 数据可以长期保存在外存储设备上。计算机需要对数据进行反复地查询、修改、增删等处理, 数据长期存储在外存储设备上。

② 由文件系统管理数据。数据放在相互独立的数据文件中, 由文件系统统一管理。应用程序通过文件系统对存放在文件中的数据进行操作 (如数据查询、修改、插入、删除)。程序员可以将更多的精力集中在算法上, 而不必过多地考虑物理细节。

③ 数据共享性差, 冗余度大。在文件系统中, 文件是面向应用的, 即一个文件和一个应用程序基本上是一一对应的, 这就不便于数据的共享, 同时增加了数据的冗余度, 浪费了存储空间。

④ 数据独立性差。文件系统中的数据文件依赖于应用程序的存在而存在, 程序和数据之间的依赖关系并未根本改变, 数据与程序之间仍缺乏独立性。

文件系统阶段数据与程序之间的关系如图 1-2 所示。



图 1-1 人工管理阶段数据与程序的关系

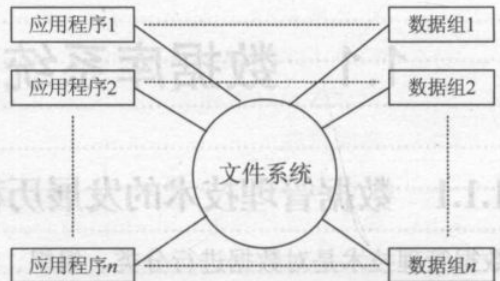


图 1-2 文件系统阶段数据与程序的关系

## 3. 数据库系统阶段

在数据库系统阶段 (20 世纪 60 年代后期至今), 计算机的软硬件得到了进一步的发展, 已出现了容量大、速度高的磁盘; 需要管理的数据量急剧增加, 联机实时处理的要求更多, 数据管理技术得到了很大提高, 应用程序和数据的联系通过数据库管理系统 (Data Base Management System, DBMS) 来实现。这一阶段数据管理的特点如下。

① 数据结构化。在数据库系统中, 数据按一定的模式组织与存储, 即按一定的数据模型组织数据, 最大限度地减小数据的冗余度。

② 数据的共享性高, 冗余度低, 易扩充。数据库从整体的观点来看待和描述数据; 面向整个

系统,减小了数据的冗余,节约存储空间,缩短存取时间,避免数据之间的不相容和不一致;面向不同的应用,存取相应的数据库的子集。当需求改变或增加时,只要重新选择数据子集或者加上一部分数据,便可以满足更多、更新的要求,保证了系统的易扩充性。

③ 数据独立性高。处理数据时用户所面对的是简单的逻辑结构,不涉及具体的物理存储结构。数据的存储和使用数据的程序彼此独立,数据存储结构的变化一般不影响用户对程序的使用,用户对程序的修改也不要求数据结构做大的改动。

④ 数据的安全性。设置数据的使用权限可以防止数据的非法使用和丢失;当数据库被破坏时,系统可以把数据库恢复到可用的状态。

⑤ 数据的完整性。系统采用一些完整性检验以确定数据符合某些规则,保证数据库中的数据始终是正确的。

数据库能实现有组织地、动态地存储大量有关联的数据,能处理复杂的数据对象和对象之间的关系。

数据库系统阶段数据与程序之间的关系如图 1-3 所示。

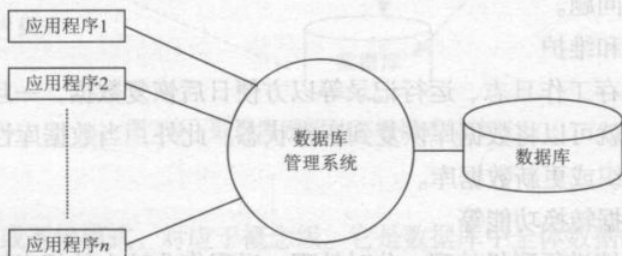


图 1-3 数据库系统阶段数据与程序的关系

## 1.1.2 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构成,一般由数据库、数据库管理系统及其开发工具、数据库应用系统、数据库管理人员和用户、硬件平台和软件平台组成。我们通常将数据库系统简称为数据库。

### 1. 数据库

不论是什么数据,都可以经过数字化后存入计算机中。将数据按一定的数据模型组织起来,使其具有较小的冗余度、较高的独立性和较好的易扩展性,并可为一定范围内的各用户共享,这种数据的集合我们称其为数据库(DataBase, DB)。简而言之,数据库是长期存储在计算机内的、有组织的、可共享的数据集合。数据库不仅能反映数据本身的内容,还能反映数据之间的联系。有关数据模型的概念可参见本章 1.2 节。

### 2. 数据库管理系统

数据库管理系统(DataBase Management System, DBMS)是指负责数据库存取、维护和管理

的系统软件,它是数据库系统的核心组成部分。它的基本功能有:数据定义功能,数据存取功能,数据库的组织、存储和管理,数据库运行管理,数据库的建立和维护,通信功能和数据转换功能等。

#### (1) 数据定义功能

DBMS 提供数据定义语言(Data Definition Language, DDL),用户通过 DDL 可以方便地对数据库中的数据对象进行定义,包括数据结构、数据的完整性约束条件和访问控制条件等。

## (2) 数据存取功能

DBMS 提供数据操纵语言 (Data Manipulation Language, DML) 实现对数据库的操作。基本操作包括检索、插入、删除和修改数据等。

## (3) 数据库的组织、存储和管理

数据库中物理存在的数据包括两部分: 一部分是元数据, 即描述数据的数据, 主要是数据库系统的三级模式, 即外模式、模式、内模式 (具体参见本章 1.1.3 小节), 它们构成数据字典 (Data Dictionary, DD) 的主体, DD 由 DBMS 管理、使用; 另一部分是原始数据, 它们构成物理存在的数据库, DBMS 一般提供多种文件组织方法, 供数据库设计人员选用。数据一旦按某种组织方法装入数据库, 其后对它的检索和更新都由 DBMS 的专门程序完成。

## (4) 数据库运行管理

数据库运行管理是数据库管理系统的核心部分。我们知道, 数据库最大的优势在于允许多个用户并发地访问数据库, 充分实现共享。相应地, DBMS 必须提供并发控制机制、访问控制机制和数据完整性约束机制, 从而避免多个读写操作并发执行可能引起的冲突, 如数据失密或安全性、完整性被破坏等一系列问题。

## (5) 数据库的建立和维护

DBMS 一般都会保存工作日志、运行记录等以方便日后恢复数据, 一旦数据库出现故障, 使用这些历史和维护信息就可以将数据库恢复到正常状态。此外, 当数据库性能下降, 或系统软硬件设备变化时也能重新组织或更新数据库。

## (6) 通信功能和数据转换功能等

DBMS 有与操作系统进行联机处理、分时处理、远程作业输入的相应接口, 还有与网络中其他软件进行通信的功能。此外, DBMS 还具有与其他 DBMS 或文件系统进行数据转换的功能。

### 3. 数据库应用系统

数据库应用系统 (DataBase Application System, DBAS) 是指用户为了解决某一类信息处理的实际需求而利用数据库系统开发的软件系统, 如利用 Access 开发的图书管理系统、教务管理系统、工资管理系统等。

### 4. 数据库管理员和用户

数据库管理员 (DataBase Administrator, DBA) 是指负责监督和管理数据库系统的专门人员或者管理机构。用户是指通过应用程序使用数据库的人员, 最终用户无须自己编写应用程序。

### 5. 硬件平台和软件平台

数据库系统对硬件平台的要求是: 计算机要有足够大的内存和外存, 有较高的通道能力, 以保证数据库系统能正常运行。

数据库系统的软件主要包括数据库管理系统、操作系统、具有与数据库接口的高级语言及其编译系统、以数据库管理系统为核心的应用开发工具、数据库应用系统等。其中, 操作系统是支持 DBMS 运行的系统, 没有合适的操作系统, DBMS 就无法正常运转。数据库管理系统包括 SQL Server、Oracle、Access 等, 应用开发工具包括 C++、Java、Visual Basic.NET、Delphi 等, 通过这些工具, 应用程序的开发人员就可以开发出合乎用户需求的应用系统。

## 1.1.3 数据库系统的三级模式结构

数据库系统中数据的高度独立性来自于数据库系统的三级模式结构和二级映像功能。数据库的三级模式为模式、外模式和内模式, 与之对应的是三级模式结构, 即全局逻辑结构、局部逻辑

结构和物理存储结构。数据库系统的三级模式结构如图 1-4 所示。

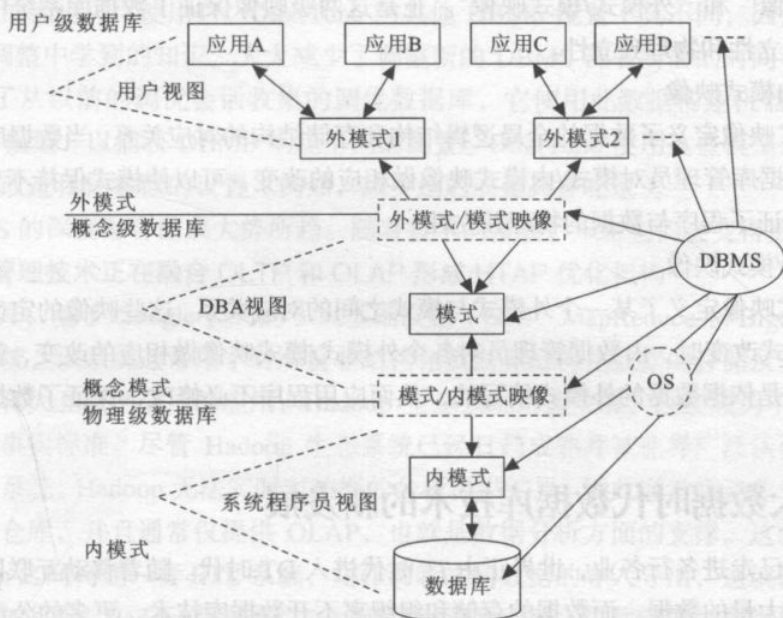


图 1-4 数据库系统的三级模式结构

### 1. 模式

模式又称概念模式或逻辑模式，对应于概念级。它是数据库中全体数据的逻辑结构和特征的描述，是所有用户的公共数据视图。模式与具体的应用程序无关，也不涉及数据的物理存储细节。

模式是数据库数据在逻辑级上的视图。数据库模式以某一种数据模式作为基础，综合考虑了所有用户的需求，同时将这些需求统一起来形成了一个逻辑整体。它是由数据库管理系统提供的数据库模式描述语言来描述和定义的，体现和反映了数据库系统的整体观，一个数据库只有一个模式。

### 2. 外模式

外模式又称子模式或用户模式，是用户和程序员看到并使用的局部数据逻辑结构和特征。不同的用户因其需求不同，看待数据的方式不同，因此不同用户的外模式的描述也不相同，一个数据库可以有若干个外模式。

### 3. 内模式

内模式又称存储模式或物理模式，是对数据物理结构和存储方式的描述，也是数据在存储介质上的保存方式。一个数据库只有一个内模式，是以数据模型为基础的。模式综合考虑所有用户的需求，并将其结合成有机逻辑整体。

在一个数据库系统中，只有唯一的数据库，因而作为定义、描述数据库存储结构的内模式和定义、描述数据库逻辑结构的模式，也是唯一的，但建立在数据库系统之上的应用却是非常广泛、多样的，所以对应的外模式不是、也不可能是唯一的。

在数据库的三级模式中，逻辑模式是数据库的中心与关键，它独立于数据库的其他层次，所以我们在设计数据库模式结构时，应首先确定数据库的逻辑模式。

### 4. 三级模式间的映像

数据库系统的三级模式是对数据的 3 个抽象级别。它把数据库的具体组织留给了数据库管理系统管理，使用户能够从逻辑上处理数据，而不必关心数据在计算机中的具体表示形式和存储方

式。为了实现 3 个抽象级别的联系和转换,数据库系统在三级模式中提供了两个层次的映像,即“模式/内模式映像”和“外模式/模式映像”。正是这两级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) 模式/内模式映像

模式/内模式映像定义了数据的全局逻辑结构和存储结构的对应关系。当数据库的存储结构发生变化时,由数据库管理员对模式/内模式映像做相应的改变,可以使模式保持不变,从而应用程序不必改变,保证了程序与数据的物理独立性。

### (2) 外模式/模式映像

外模式/模式映像定义了某一个外模式与模式之间的对应关系。这些映像的定义通常包含在外模式当中。当模式改变时,由数据管理员对各个外模式/模式映像做相应的改变,就可以使外模式不变。应用程序是依据数据的外模式编写的,从而应用程序不必修改,保证了数据与程序的逻辑独立性。

## 1.1.4 大数据时代数据库技术的新发展

当今大数据已走进各行各业,世界正由 IT 时代进入 DT 时代。随着移动互联网、物联网的发展,企业正产生大量的数据。而数据的存储和组织离不开数据库技术,更多的公司意识到了数据能够为公司带来商业利益,如何管理和利用好数据已经变得越来越重要。数据库作为 IT 技术架构的核心,新技术层出不穷。随着物联网及人工智能时代的到来,数据库技术迎来高速发展期,DBMS 与 AI (Artificial Intelligence) 的结合,HTAP 以及时序数据库将解决企业海量数据增长带来的各种需求问题。在当今大数据时代,数据库技术有以下 3 大新发展。

### 1. 数据库管理技术正在与 AI 融合

由于 DBMS 的发展越来越快,功能越来越多,需要优化的参数也相对更多,而各个公司的应用场景不同,对数据库的要求也各有特点。传统 DBMS 对管理人员要求专业性高,成本也很高,DBMS 可以处理大量的数据和复杂的负载工作,但是却难以管理,因为它们具有数百个配置选项,用于控制诸如缓存的内存量以及将数据写入存储器等。

基于这些原因,一些 DBMS 与 AI 的结合相继出现,如图 1-5 所示。例如,Oracle 提出的自治数据库的概念以及 OtterTune。OtterTune 是亚马孙和卡内基梅隆大学一起开发的机器学习自动化调整 DBMS 的系统,并公布其设计论文和开源项目,重点解决 DBMS 长期存在的一些问题:一是对管理人员专业性要求高;二是管理成本高;三是无法实现配置资源最优化等问题。

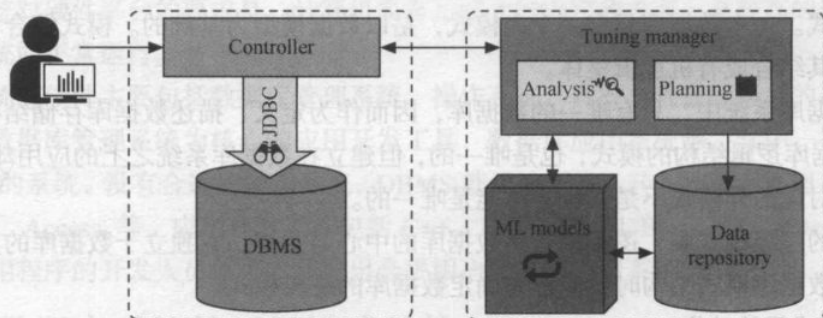


图 1-5 数据库管理技术正在与 AI 融合

大量的应用案例表明:OtterTune 可以自动为 DBMS 的配置选项找到最好的设置方法。