全国信息化计算机应用技术资格认证指定教材

数据库技术基础教程

全国信息化计算机应用技术资格认证管理中心　组编

主　编　柏万里　侯梦雅

副主编　吴　铬　李红霞

封园鹏　吴　昂

北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书是全国信息化计算机应用技术资格认证（CCAT）项目的指定教材，属于工程师级认证体系。CCAT资格认证项目设立的目的除了培养学生掌握相应专业的理论知识，注重学员动手能力、创新能力的训练外，还注重培养和提高学员的企业管理能力，为社会和企业培养既懂技术又懂管理的复合型人才，以改变人才培养中存在的重理论轻实践、重文凭轻能力的缺陷。

本书内容分为数据库基本原理和数据库管理系统软件 Visual FoxPro 6.0 两部分，共 11 章。前两章介绍了数据库基本概念、关系数据库基本理论；后 9 章介绍了软件 Visual FoxPro 6.0，主要内容有 Visual FoxPro 集成化开发环境、语言元素、数据库与表、查询与视图、程序设计、表单设计、菜单与工具栏设计、建立报表和标签、程序发布等。

本书在叙述上简练清楚、循序渐进、概念清晰、内容翔实、通俗易懂。书中包含大量实用的命令、函数和程序实例，实例与知识点结合恰当，例题分析透彻。本书既可作为高职高专教材，也可作为职业培训教材。

版权专有　侵权必究

图书在版编目（CIP）数据

数据库技术基础教程/柏万里，侯梦雅主编；全国信息化计算机应用技术资格认证管理中心组编．—北京：北京理工大学出版社，2007.4

全国信息化计算机应用技术资格认证指定教材

ISBN 978－7－5640－0819－2

Ⅰ．数…　Ⅱ．①柏…　②侯…　③全…　Ⅲ．数据库系统－资格考核－教材　Ⅳ．TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2007）第 040646 号

出版发行/ 北京理工大学出版社

社　　址/ 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮　　编/ 100081

电　　话/（010）68914775（办公室）68944990（批销中心）68911084（读者服务部）

经　　销/ 全国各地新华书店

印　　刷/ 北京国马印刷厂

开　　本/ 787 毫米×1092 毫米　1/16

印　　张/ 18.25

字　　数/ 421 千字

版　　次/ 2007 年 4 月第 1 版　　2007 年 4 月第 1 次印刷

印　　数/ 1～4000 册　　责任校对/ 张　宏

定　　价/ 35.00 元　　责任印制/ 吴皓云

图书出现印装质量问题，本社负责调换

目　录

第 1 章　数据库系统基础 …… 1
1.1　信息、数据与数据处理 …… 1
1.2　数据库技术的发展 …… 2
1.3　数据库系统的组成 …… 6
1.4　数据库体系结构 …… 7
1.5　数据库系统的分类 …… 9
1.6　概念模型 …… 10
1.7　数据模型 …… 15
1.8　数据库设计概述 …… 19

第 2 章　关系数据库理论基础 …… 24
2.1　关系的数学定义 …… 24
2.2　关系的性质 …… 25
2.3　关系运算 …… 26
2.4　关系的规范化 …… 31

第 3 章　Visual FoxPro 6.0 数据库管理系统概述 …… 38
3.1　Visual FoxPro 的发展 …… 38
3.2　Visual FoxPro 6.0 的特点 …… 38
3.3　Visual FoxPro 6.0 的安装与启动和退出 …… 40
3.4　Visual FoxPro 6.0 的操作界面 …… 43
3.5　Visual FoxPro 6.0 的文件类型 …… 47
3.6　Visual FoxPro 6.0 的命令结构和特点 …… 48
3.7　Visual FoxPro 的设计工具 …… 50

第 4 章　Visual FoxPro 语言基础 …… 54
4.1　数据类型 …… 54
4.2　常量 …… 54
4.3　变量 …… 57
4.4　数组 …… 61
4.5　运算表达式 …… 62
4.6　函数 …… 65

第 5 章 数据库与表 …… 69
5.1 Visual FoxPro 中数据库的概念 …… 69
5.2 创建数据库与表 …… 71
5.3 管理数据库与表 …… 77
5.4 显示和修改表中的记录 …… 80
5.5 表的索引 …… 85
5.6 表之间的关系 …… 94
5.7 排序 …… 98

第 6 章 查询与视图 …… 100
6.1 查询和视图的基本概念 …… 100
6.2 查询 …… 100
6.3 视图 …… 114
6.4 SQL 简介 …… 118

第 7 章 Visual FoxPro 程序设计 …… 127
7.1 程序的形式 …… 127
7.2 程序文件的新建和运行 …… 127
7.3 基本程序结构 …… 135
7.4 多模块程序设计 …… 143
7.5 数组在程序设计中的应用 …… 151

第 8 章 表单 …… 155
8.1 面向对象程序设计基础 …… 155
8.2 创建表单 …… 159
8.3 表单的管理 …… 174
8.4 表单控件 …… 177
8.5 多表单应用程序 …… 201
8.6 程序举例 …… 203

第 9 章 菜单与工具栏 …… 211
9.1 Visual FoxPro 系统菜单 …… 211
9.2 建立菜单 …… 212
9.3 为顶层表单添加菜单 …… 222
9.4 创建快捷菜单 …… 223
9.5 创建工具栏 …… 225
9.6 协调菜单与自定义工具栏 …… 229

第 10 章　报表与标签……230
10.1　报表概述……230
10.2　创建报表……231
10.3　数据分组和多栏报表……250
10.4　创建标签……256
10.5　报表的预览和打印……259

第 11 章　项目管理和程序发布……261
11.1　项目文件的建立与修改……261
11.2　项目管理器……263
11.3　项目管理器的使用……265
11.4　发布程序……270

前　言

为贯彻中共中央、国务院《关于进一步加强人才工作的决定》，培养高层次、高技能和复合型的社会急需人才，全国信息化计算机应用技术资格认证管理中心受人事部中国高级公务员培训中心和教育部全国高等学校计算机教育研究会的委托，组织编写了全国信息化计算机应用技术资格认证（简称“CCAT 资格认证”）项目的指定教材。CCAT 资格认证项目是全国性的 IT 培训认证项目，其主要特色是为社会培养动手能力和管理能力兼备的人才。该培训认证与在国际上享有盛誉的瑞士管理论坛（Swiss Management Forum，简称“SMF”）已实现了国际互认。本书属于 CCAT 资格认证项目中工程师级认证体系。

数据库技术产生于 20 世纪 60 年代末，发展至今已有 30 多年的历史。数据库技术作为数据管理的最有效的手段，它的出现极大地促进了计算机应用的发展，目前基于数据库技术的计算机应用已成为计算机应用的主流。本书从数据库的基本原理出发，介绍了数据模型、关系的概念、关系的运算、规范化理论及数据库系统设计。然后，通过一个有效的关系数据库管理系统——Visual FoxPro 6.0，介绍了 Visual FoxPro 系统的基本操作方法和应用系统设计。

Visual FoxPro 是为数据库结构和应用程序开发而设计的功能强大的面向对象的开发工具之一。无论是组织信息、运行查询、创建集成的关系型数据库系统，还是为最终用户编写功能全面的数据管理应用程序，Visual FoxPro 都可以提供管理数据所需的工具，可以在应用程序或数据库开发的任何一个领域中提供帮助。

本教材共分 11 章。第 1 章数据库系统基础，主要介绍了信息与数据处理、数据库技术的发展、数据库系统的组成、数据库体系结构、数据库系统分类、概念模型、数据模型、数据库设计概述；第 2 章关系数据库理论基础，主要介绍了关系的数学定义、关系的性质、关系运算、关系的规范化；第 3 章 Visual FoxPro 6.0 数据库管理系统概述，主要介绍了 Visual FoxPro 的发展、Visual FoxPro 6.0 的特点、Visual FoxPro 6.0 的安装与启动和退出、 Visual FoxPro 6.0 操作界面、 Visual FoxPro6.0 的文件类型、Visual FoxPro 6.0 的命令结构和特点、Visual FoxPro 的设计工具；第 4 章 Visual FoxPro 语言基础，主要介绍了数据类型、常量、变量、数组、运算表达式、函数；第 5 章数据库与表，主要介绍了 Visual FoxPro 中数据库的概念、创建数据库与表、管理数据库与表、显示和修改表中的记录、表的索引、表之间的关系、排序；第 6 章查询与视图，主要介绍了查询和视图的基本概念、查询、视图、SQL 简介；第 7 章 Visual FoxPro 程序设计，主要介绍了程序的形式、程序文件的新建和运行、基本程序结构、多模块程序设计、数组在程序设计中的应用；第 8 章表单，主要介绍了面向对象程序设计基础、创建表单、表单的管理、表单控件、多表单应用程序、程序举例；第 9 章菜单与工具栏，主要介绍了 Visual FoxPro 系统菜单、建立菜单、为顶层表单添加菜单、创建快捷菜单、创建工具栏、协调菜单与自定义工具栏；第 10 章报表和标签，主要介绍了报表概述、创建报表、数据分组和多栏报表、创建标签、报表的预览和打印；第 11 章项目管理和发布程序，主要介绍了项目文件的建立与修改、项目管理器窗口、项目管理器的使用和发布程序。

本书编写特点如下：

1. 作者是在多年从事数据库技术教学和科研的基础上编写的本书。

2. 本书在叙述上简练清楚、循序渐进、概念清晰、内容翔实、通俗易懂。

3. 书中包含大量实用的命令、函数和程序实例，实例与知识点结合恰当，例题分析透彻，习题安排合理，所有程序代码都经过上机验证。

本书是 CCAT 资格认证指定教材，适用于社会各界人士以及在校学生参加“全国信息化计算机应用技术资格认证”考试的需求，尤其适用于高等院校、大中专学校等进行课程置换，作为相关课程的教材，同时也可作为数据库及应用培训教程或相关从业人员的自学用书。

本书由柏万里、侯梦雅任主编，对全书进行统稿、审稿和定稿，吴铬、李红霞、封园鹏、吴昂担任副主编。具体分工如下：柏万里编写第 1 章、第 7 章；吴铬编写第 2 章、第 11 章；封园鹏编写第 3 章、第 5 章；吴昂编写第 4 章、第 6 章；李红霞编写第 8 章；侯梦雅编写第 9 章、第 10 章。

由于作者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在缺点和错误，敬请读者及各位专家批评指正。

编者

第 1 章　数据库系统基础

随着现代科学技术的发展，人类逐步从电子时代向信息化时代迈进，甚至可以说现在是一个信息爆炸的时代，因此对信息的管理已经成为人们广泛重视的一个问题。在日常生活和工作的各个方面都存在着大量信息管理的需求，以前人们利用手工统计和管理，这难以满足人们对海量数据的存储与管理，利用计算机则可以大大提高信息的获取及使用效率。摆在信息管理系统开发者面前的问题是：如何利用计算机对信息元素进行合理搭配与组合，如何提高信息的获取和使用效率？也就是以什么样的数据结构来组织数据。例如一个学校的学生成绩系统，如果学生的姓名、学号、班级、各科成绩等信息杂乱地堆积在一起，无序输入到计算机中，它们之间没有建立关联。那么，查询者需要花费很长时间在计算机中查找一个学生的信息，显然，这种方式不是我们所想要的。

数据库（DB）技术正是建立信息管理系统、实现信息管理的重要手段，在管理信息系统或计算机应用技术中，已发展成为一个重要的学科分支。它是在 20 世纪 60 年代末，作为数据处理中的一门技术发展起来的。数据库是所有存储在计算机内的相关数据的全体构成的集合。数据库系统（DBS）是实现有组织地、动态地存储大量的相关数据，方便多用户访问的计算机软、硬件资源组成的系统。数据库技术是研究数据库的结构、存储、设计和使用的一门软件学科。

利用数据库技术实现的系统越来越多。例如：管理信息系统（MIS）、联机事务处理（OLTP）、联机分析处理（OLAP）、计算机集成制造系统（CIMS）、办公信息系统（OIS）、地理信息系统（GIS）等。

1.1　信息、数据与数据处理

信息与数据是我们日常生活中听到较多的两个词语，那么它们究竟如何表示，又如何区分？如果信息可以用数据来表示，那么又如何进行数据处理呢？

1.1.1　信息与数据

信息是现实世界中各种事物的存在方式、运动形态以及它们之间的相互联系等诸要素在人脑中的反映，通过人脑的抽象后形成概念。

数据一般是指信息的一种符号化表示方法，就是说用一定的符号表示信息，而采用什么符号，完全是人为规定。所以数据的概念包括两方面含义：一是数据的内容是信息，二是数据的表现形式是符号。

我们在日常生活中接触到大量数据，如银行账目数据、学校的教学管理数据、企业的生产管理和产品销售数据等。这些数据都是人们生活中所离不开的，它们可以被视为人类社会

中一种极其重要的资源。

这些数据之所以有价值，就是因为这些数据是表现信息、载荷信息的物理符号。简单地说，数据是向人们提供关于现实世界的各种事实，反映了客观事物的物理状态。例如，某一国家的汽车产量是 30 万辆，30 万辆是一个数据，同时它又表示了这个国家生产汽车的能力。

1.1.2 信息与数据的关系

信息是用数据来表示的，但两者是不可分离而又有一些区别的概念。一方面并非任何数据都能表达信息，信息是数据的内涵，是对数据的语义解释；另一方面，数据是信息的符号表示或载体，是信息的具体表现。数据是承载信息的物理符号或称之为载体，而信息是数据的内涵。

两者的区别是：数据可以表示信息，但不是任何数据都能表示信息，同一数据也可以有不同的解释。信息是抽象的，同一信息可以有不同的数据表示方式。

1.1.3 数据处理

所谓数据处理，就是对各种形式的数据进行收集、组织、存储、加工与传播等。

对数据进行综合推导，得出新的数据，这些新的数据则表达了新的信息。例如，在商品生产中，生产管理者根据某种商品历年销售数量及最近的市场需求调查，获得了许多数据，再对这些数据进行加工，就得出了有关商品的市场预测信息。生产管理者就可以根据这些信息进行分析和评价，做出对该产品是增产、减产还是停产的决策，并指挥生产部门的生产活动。这种从收集数据，到加工成信息，进行评价和决策，再指挥实践活动，从而产生新的数据的循环过程称为信息循环。

诸如此类围绕信息所做的一系列工作称为信息处理。因为信息是用数据表示的，所以对信息的处理又具体地体现在对数据的处理上。通过对原始数据（尚未作评价的各种信息）的处理，产生新的数据（新的信息），作为结果。这一处理包括对数据的收集、记录、分类、排序、存储、计算、加工、传输、制表和递交等，这就是数据处理的概念。经过处理的数据是精炼的数据，是能够反映事物或现象的本质和特征及其内在联系的数据。

1.2 数据库技术的发展

数据管理随着计算机软硬件的发展及电子数据处理技术的发展经历了人工管理、文件系统、数据库系统 3 个阶段。

1.2.1 人工管理阶段

人工管理阶段主要是指 20 世纪 50 年代中期以前的这段时间，此时的计算机还很简陋，

连完整的操作系统都没有。因此，数据只能放在卡片上或其他介质上，由人来手工管理。人工管理方式如图 1.1 所示。

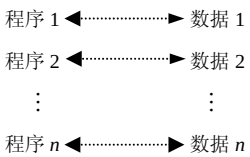


图 1.1　人工管理方式

人工管理阶段的特点如下：

① 数据和程序一一对应，即一组数据对应一个程序。数据面向应用，独立性差。由于各应用程序处理的数据之间可能会有一定的关系，这样，程序与程序之间就会有大量的数据冗余。

② 数据不保存。因为该阶段计算机主要用于科学计算，所以一般不需要将数据长期保存，只在计算某一课题时将数据输入，之后将其删除。

③ 没有软件系统对数据进行管理。程序员不仅规定数据的逻辑结构，而且在程序中还要设计物理结构，它包括存储结构的存取方法，输入输出方式等，即数据对程序不具有独立性，一旦数据在存储器上的物理地址发生改变，就需相应改变用户程序。

1.2.2　文件系统阶段

文件系统主要是指 20 世纪 50 年代后期到 20 世纪 60 年代中期的这段时间，此时的计算机已经有了操作系统。在操作系统基础之上建立的文件系统已经成熟并广泛应用。因此，人们自然想到用文件把大量的数据存储在磁盘这种介质上，以实现对数据的永久保存和自动管理以及维护。文件系统管理方式如图 1.2 所示。

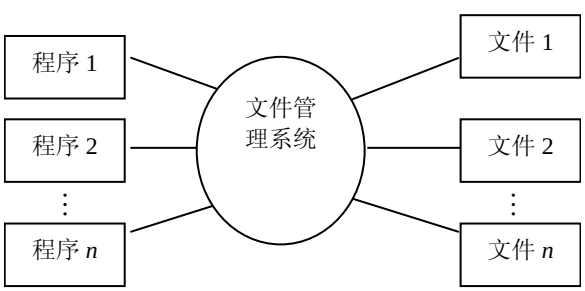


图 1.2　文件管理方式

在数据库管理系统出现以前，把需要管理的数据存放在永久性的系统文件中，同时为了能够操作这些文件里的数据，系统里还有针对这些文件编写的应用程序。如学校为了保存所有学生的信息，可能包括如下应用程序：

① 创建新学员的程序。

② 处理某学员的各种信息程序。

③ 查询学员各种信息的程序。

④ 产生每学年学生情况变化的程序。

这种典型的文件处理系统是传统的操作系统所能支持的。随着学生数量的增多，需求不断增长，新的数据文件和应用程序就会不断地加入到系统中来。例如学生的评语与奖学金评

定等。虽然文件处理系统给数据管理带来了极大的方便，但是在文件处理系统中存储信息的弊端也是显而易见的。这些弊端主要表现在以下 7 个方面。

（1）数据冗余和不一致

数据冗余是指相同的信息可能在不同的地方（文件）重复存储，如某个学生的地址和姓名既可能在由学生基本信息组成的文件里出现，也可能在由学生住宿信息组成的文件中出现；数据冗余还可能导致数据不一致，即同一数据的不同副本不一致，如某个学生地址的更改可能只是在学生基本信息文件里得到反映而在系统的其他文件中没有得到反映。

（2）数据访问困难

由于数据使用者的要求不断变化，需要不断地增加和修改程序才能满足新的要求。如学校的管理人员今天可能需要所有的男生的清单，明天又可能需要所有居住地区为南昌的学生清单。传统的文件处理环境不能支持以一种方便而有效的方式去获得所需数据，这就需要开发通用的、能对变化的需求做出更快反应的数据检索系统。

（3）数据孤立

由于数据分散在不同的文件中，这些文件又可能具有不同的格式，而且数据和数据之间的联系很难表达。因而编写新的且检索恰当数据的应用程序是很困难的。

（4）完整性问题

文件中所存储数据的值必须满足某种一致性约束。例如学生成绩永远不会低于预定的值“0”。开发者通过在不同的应用程序中加入适当的代码来体现系统中的这些约束。但当新的约束加入系统时，很难通过修改程序来体现这些新的约束。尤其是当约束涉及到不同文件中的多个数据项时，问题就变得更加复杂了。因此，如何表达和实现一致性约束就成为迫在眉睫的问题。

（5）原子性问题

计算机系统也常常会发生故障，一旦故障发生并被检测到，数据就应恢复到故障发生前的状态。例如，假设某学生要从 A 班转到 B 班，可是在程序的执行过程中发生了系统故障，很可能该学生刚从 A 班转出还没来得及转入 B 班，系统就死机了。这就造成了数据的不一致。显然，为了保证数据状态的一致性，这里的转入、转出两个操作要么都发生要么都不发生，也就是说，转班这个操作必须是原子的——它要么全部发生要么根本不发生（具有不可分割性）。

（6）并发访问异常

许多系统允许多个用户同时访问数据，在这样的环境中由于并发更新操作相互影响，可能就会导致数据的不一致。假设 A 同学的学分是 70 分，B 和 C 两门课的老师几乎同时给 A 同学加了学分。然后将结果写回，如果两次加分的程序并发执行，且两门课的学分不同，如分别是 2 分和 3 分，到底是 2 分还是 3 分要看哪个程序后写回结果而定，而实际上这两个结果都是错误的。由于数据可能被多个不同的应用程序访问，而这些程序间事先又没有协调管理，因而可能会出现并发访问异常问题。

（7）安全性问题

并非系统的所有用户都可以访问所有的数据。例如在学生成绩系统中，学生只需要看到数据文件中的学生信息，绝对不允许进行登分、修改个人基本信息。由于应用程序总是会随时加入到系统中来，这样的安全性约束在文件处理系统中难以实现。

1.2.3　数据库系统阶段

数据库系统阶段是从 20 世纪 60 年代后期开始至今，这一时期，管理规模更庞大，从而数据量急剧增长，共享性要求更强。

数据库系统的目标就是解决上面提到的在文件处理系统中存在的问题。为了解决这些问题，数据库系统产生了，并且提出了很多新的概念和算法，加速了数据库系统的发展。

数据库技术的特点如下：

① 采用复杂的、结构化的数据模型，它不仅描述数据本身，还描述它们之间的关系，这种联系是和数据的存储路径相一致的。

② 有较高的数据独立性。在使用数据库时，应用程序对存储结构和存取方法有较高的独立性。

③ 具有共享性。数据库管理系统（Database Management System，DBMS）是由一个互相关联的数据的集合和一组用于访问这些数据的程序组成的，这个数据集合通常称作数据库（Database，DB）。数据库管理系统有时也通俗地称为数据库系统，因此我们通常所说的数据库系统主要是指 DBMS，而不是指存放数据的具体数据库。

设计数据库管理系统的目的是为了管理大量的数据。对数据的管理既涉及到数据存储结构的定义，又涉及到数据操作机制的提供。另外，数据库管理系统还必须保证所存储数据的安全性。如果数据被多用户共享，那么系统还必须设法避免多用户操作时可能产生的异常结果，这就是并发控制。

可以把数据库管理系统看成是一个仓库，在仓库里放着数据，还有一个仓库的保管员，这个保管员负责数据的搬进、整理和搬出。这样仓库、数据和保管员就组成了一个“数据库管理系统”，这里的仓库是“文件”，保管员是“管理软件”。仓库＋数据就是数据库。

这个保管员要做的事情很多，要检查输入的数据是否合法（数据的定义问题），如何摆放最好（数据的组织问题），如何更快地找到用户所需要的数据并提取出来（数据的存取路径和操作问题），数据如何不被坏人提走（数据的安全性问题）等。有些时候可能会有多个人来提货，为了提高效率就可以一次拿几张单子，顺路把需要的数据都取出来（涉及到并发控制问题）。保管员所做的这些事情就是数据库管理系统需要做的事情。

另外一点需要注意的是我们口语中常说的“数据库系统”在大多数时候都是指 DBMS，但是严格地来说，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，一般由数据库、数据库管理系统（及其开发工具）、应用系统、数据库管理员（Database Administrator，DBA）和用户构成，即

DBS = DB + DBMS + APPLICATION + DBA + USER

应当指出的是，数据库的建立、使用和维护等工作只靠一个 DBMS 远远不够，还要有专门的人员来完成，这些人就是数据库管理员。

1.3 数据库系统的组成

从上面一节中我们已经知道了数据库系统是由数据库、数据库管理系统、支持数据库系统运行的软硬件、应用程序、数据库管理员和用户等组成，如图 1.3 所示。

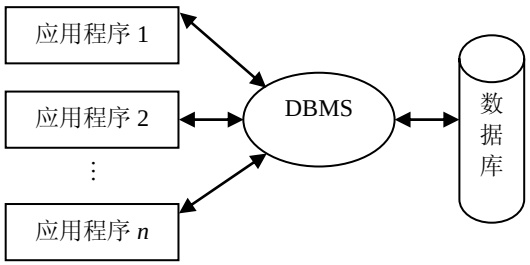


图 1.3 数据库系统方式

1.3.1 数据库

数据库可以理解为是一个结构化的相关数据集合。数据库是依照某种数据模型组织起来并存放二级存储器中的数据集合。这种数据集合具有如下特点：尽可能不重复，以最优方式为某个特定组织提供多种应用服务，其数据结构独立于使用它的应用程序，对数据的增、删、改和检索由统一软件进行管理和控制。主要是通过汇总各个数据库用户的文件，除去不必要冗余，然后使各个文件相互联系，从而形成整体数据结构。联系是数据库的重要特点，至于怎样实现这种联系，取决于数据库类型，类型不同，联系手段也不一样。

1.3.2 数据库系统硬件

数据库系统硬件与一般计算机硬件一样也包括中央处理器 CPU、内存储器、输入输出设备等基本设备，但为了满足数据存储的要求它还应包括外存储器、数据通道等各种存储、处理和传输数据的硬件设备。

由于目标是进行数据的存储及管理操作，因此数据库系统对存储器的要求比起其他方面要大得多，它一方面需要容量大的内存以存放操作系统、数据库管理系统例行程序、应用程序（包括用户工作区）数据库表、目录和系统缓冲区等。另一方面在外存方面，需要大量的可直接存取的存储设备用以存储大量的数据。此外还要求系统有较高的通信能力，以提高数据的传输速度。

1.3.3 数据库系统软件

数据库系统的软件包括以下几类：

① 操作系统（OS）。

② 各种语言，如 Pascal，C 语言等高级语言。

③ 应用程序，它是用户根据自己的应用需要而编写的。

④ 数据库管理系统。

1.3.4　数据库系统用户

管理、开发和使用数据库系统的人员主要包括以下 4 类。

1. 应用程序员

这类用户主要负责编写应用程序用以数据库与普通用户之间进行沟通。这种程序一般是某种程序设计语言与专门的数据操作语句的混合体，它们可以根据用户的要求对数据库中的数据进行各种操作，并以输出结果显示给用户。这些程序通过向 DBMS 发出相应的请求来执行。

2. 系统程序员

负责安装 DBMS、调整 DBMS 与操作系统及其他部件的接口，设立维护 DBMS 及相关软件的工具，平衡用户间的资源，进行系统性能监视与调整及系统能力规划等。

3. 数据库管理员（Database Administrator，DBA）

数据库管理员是支持数据库系统的专业技术人员。DBA 必须熟悉企业全部数据的性质和用途。他是面向应用的，对用户需求有充分的认识，对系统性能也非常关切，因而要求他兼有系统程序员和运筹家的品质和知识。DBA 是控制数据整体结构的人，负责保护和控制数据，使数据能被任何有权使用的人有效使用。

总之，DBA 承担创建、监控和维护整个数据库结构的责任。DBA 负责维护数据库，但为了保证数据的安全性，数据库内容对 DBA 是封锁的。例如，DBA 知道职工记录类型中含有工资数据项，他可以根据应用的需要将该数据项类型由 7 位扩充到 8 位，但是他不能读取或修改任一职工的工资数据。由于职责重要和任务复杂，DBA 一般是由业务水平较高，资历较深的人员担任。

4. 操作员

负责与用户交换信息，保持系统的联机运行，确定系统问题，执行数据库重新组织，参与设备与故障的恢复过程，以及运行日志的管理。

1.4　数据库体系结构

为了有效地组织、管理数据，人们为数据库设计了一个严谨的体系结构。目前，尽管实际应用中的数据库系统软件多种多样，但它们都具有三级模式和二级映射的结构特征。

1.4.1　数据库系统的层次

数据库管理系统的一个主要作用就是隐藏关于数据存储和维护的某些细节，而为用户提供数据在不同层次上的抽象视图，这就是数据抽象，即不同的使用者从不同的角度去观察数

据库中的数据所得到的结果。对用户来说，了解数据库中用来表示数据的复杂的数据结构没有太大的必要。数据库管理系统通过 3 个层次的抽象来向用户屏蔽复杂性，简化系统的用户界面。这 3 个层次也称为三级模式结构，由内模式、模式和外模式组成。三级模式结构如图 1.4 所示。

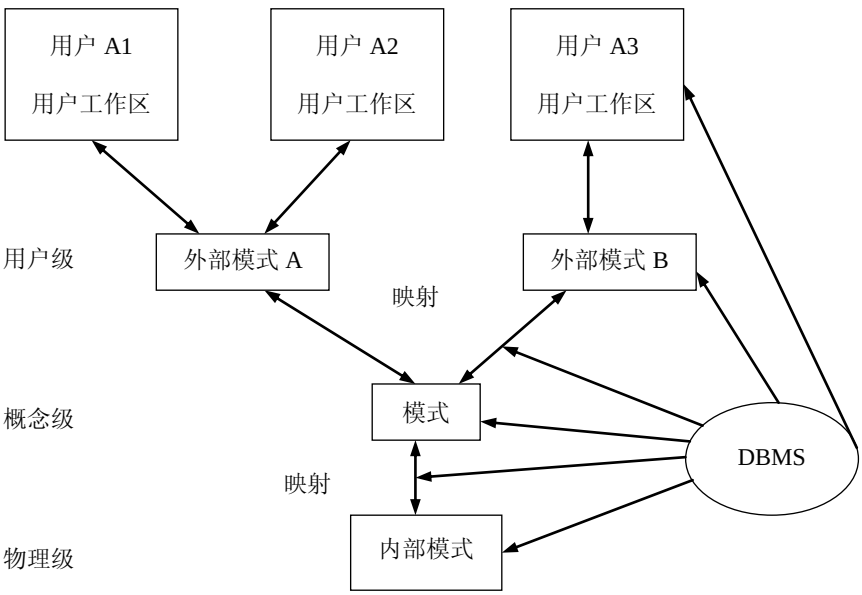


图 1.4　数据库系统体系结构

1. 内模式（物理级）

物理层次的抽象，描述数据实际上是如何存储的。物理层详细描述复杂的底层数据结构，是开发 DBMS 的数据库供应商应该研究的事情。

2. 模式（概念级）

比物理层稍高层次的逻辑层抽象，描述数据库中存储什么数据以及这些数据间存在什么关系。整个数据库可通过少量相对简单的结构来描述。虽然简单的逻辑层结构的实现涉及复杂的物理层结构，但逻辑层的用户不必知道这种复杂性。逻辑层抽象是由数据库管理员和数据库应用开发人员使用的，他们必须确定数据库中应该保存哪些信息。

3. 外模式（用户级）

最高层次的视图层抽象，但只描述整个数据库的某个部分。尽管在逻辑层使用了比较简单的结构，但由于数据库的规模巨大，所以仍存在一定程度的复杂性。数据库系统的多数用户并不需要关心所有的信息，而只需要访问数据库的一部分。视图抽象层的定义正是为了使用户与系统的交互更简单。系统可以为同一数据库提供多个视图，而视图又保证了数据的安全性。

通过以上三级模式结构，可以从 3 种不同的观点出发去观察数据库中的数据，这就是 3 种不同的数据观：外部数据观、概念数据观和内部数据观，它们之间的差别在于对数据有不同的看法和理解。

1.4.2　数据库系统层次间的映射

数据库系统 3 个层次间的联系是通过二级映射来完成的。

（1）模式与外模式的映射

模式与外模式的映射定义了某个外模式和模式的对应关系。对应同一个模式，可以有任意多个外模式。当模式发生改变时，只要改变其映射以保证外模式保持不变。

（2）模式与内模式的映射

模式与内模式的映射定义了数据的逻辑结构和存储结构之间的对应关系，它说明逻辑记录和字段在内部是如何表示的。当数据的存储结构发生变化时，改变模式与内模式的映射就能使模式改变。

正是通过这两种映射，换来了用户使用数据库的方便，最终把用户对数据库的逻辑操作转成对数据库的物理操作。

现举例说明 3 种不同数据观及其关系。假定有一个学生成绩管理数据库，其中包含所有学生的详细情况，这就是概念数据观，是整体数据库的逻辑表示。假定有不同用户要求使用数据库，但他们使用的角度不同。第一个用户 A 要求作学籍处理，只希望有学号、姓名、性别和年龄这几个数据，则他的数据观就局限于这个数据范围，即整体数据库的某个局部，并称为用户 A 的逻辑层。

同样，第二个用户 B 要求作语文成绩处理时，就只要求取得每一个职工的编号、姓名和语文成绩就可以了，它是用户 B 的逻辑层。当然，我们还可根据别的用户的要求提出更多的外部数据观。

不同用户的逻辑层是 A、B 两个不同用户看待和理解数据库的方法。它们与概念数据观之下的数据有一个对应关系，称为映射。这就表明逻辑层是视图层数据库的一个推导，而不是简单复制。

视图层下的数据在计算机存储设备中的物理存储形成了内部数据观，又称存储数据观。在视图层与物理层之间同样也有一个映射，实现两者的对应和转换。

3 种模式之间的映射由软件完成。这些软件是数据库管理系统（DMBS）的主要组成部分之一。

1.5　数据库系统的分类

从用户角度来看，数据库系统分为单用户结构、主从式结构、分布式结构和客户服务器结构。

1.5.1　单用户数据库系统

单用户的数据库系统是最早期的最简单的数据库系统。在单用户系统中，整个数据库系统包括应用程序、DBMS、数据等都装在一台计算机上，由一个用户独占，不同的机器间不能共享数据。