

3  
计算机科学  
与技术丛书

徐洁磐 王银根 编著

# 数据库系统导论

科学技术文献出版社重庆分社

TP311.13  
XJQ/1

# 数据库系统导论

徐洁磐 王银根 编著



科学技术文献出版社重庆分社

018516

## 内 容 简 介

本书较全面系统地介绍了数据库系统的基本知识和几个典型的数据库系统,重点突出关系数据库,包括关系模型系统、关系数据库管理系统、层次模型系统、网络模型系统、关系数据库规范化理论,引入和介绍了数据库设计与数据库管理的概念,较全面反映了近年来数据库技术的发展。

全书讲述透彻,条理清晰,宜作大专院校教材,也可供工程技术人员参考。

### 数据库系统导论

徐洁磐 王银根 编著

责任编辑 陈育真

科学技术文献出版社重庆分社

重庆市市中区胜利路132号

全国各地新华书店

中共重庆市委机关印刷厂

出版  
发行

经销  
印刷

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 9.625 字数: 22万

1989年12月第1版

1989年12月第1次印刷

科技新书目: 207—330

印数: 1—3500

ISBN7-5023-1032-0/TP·28 定价: 3.40元

## 计算机科学与技术丛书编委会成员

|      |     |        |
|------|-----|--------|
| 名誉主任 | 邹海明 | 华中工学院  |
| 主任   | 徐洁磐 | 南京大学   |
| 副主任  | 王攻本 | 北京大学   |
|      | 左孝凌 | 上海交通大学 |

|     |           |          |
|-----|-----------|----------|
| 委 员 | (以姓氏笔画为序) |          |
|     | 庄心谷       | 西北电讯工程学院 |
|     | 李 勇       | 国防科技大学   |
|     | 李盘林       | 大连工学院    |
|     | 陈 禹       | 中国人民大学   |
|     | 陈增武       | 浙江大学     |
|     | 张太行       | 华中工学院    |
|     | 杨文龙       | 北京航空学院   |
|     | 杨祥金       | 南京工学院    |
|     | 郑人杰       | 清华大学     |
|     | 周冠雄       | 华中工学院    |
|     | 胡铭曾       | 哈尔滨工业大学  |
|     | 侯广坤       | 中山大学     |
|     | 洪声贵       | 辽宁大学     |
|     | 袁开榜       | 重庆大学     |
|     | 徐君毅       | 复旦大学     |
|     | 董继润       | 山东大学     |
| 秘 书 | 朱树春       | 南京大学     |

## 序 言

计算机科学与技术丛书是由计算机教育学会主编的，它以推广和普及计算机应用、培训计算机人才为其主要目标。

丛书以三个面向为宗旨。**面向基础**，为大专院校提供教材，为工程技术人员提供更新知识、扩大知识面的参考书；**面向应用**，为各行业从事计算机应用的工程技术人员提供实用的设计和编程范例，以资借鉴；**面向提高**，介绍计算机技术发展的新动向，以便及时了解其国内外最新技术。

丛书编委会认为，本丛书力求做到：理论联系实际，既有一定的基础理论知识，又有应用理论解决实际问题的方法和实例，普及与提高相结合，有一定的先进技术，又着眼于为当前应用服务，以满足各层次人员学习和运用计算机的需要。

本丛书力求做到内容新颖，重点突出，科学性强，条理清楚，叙述严谨，简单易懂，以适应自学的要求。

参加本丛书编写的作者，都是在计算机教学、科研、开发与应用第一线工作的同志，既有一定的理论基础，又有丰富的实践经验。相信本丛书会得到广大读者的欢迎。我们真诚地希望广大读者对丛书提出批评和监督，以利我们改进工作，更好地为读者服务。

计算机科学与技术丛书编委会

## 前 言

近年来,数据库技术在我国渐渐普及,数据库应用在我国日益广泛,有关数据库的书籍也日渐增多。但是从目前看来,总体水平尚不够高,如何引导我国数据库应用水平逐渐提高以适应我国经济建设发展需要,这是计算机应用中的一个重要问题。本书正是为此目的而编写的,在书中力求做到以下几点:

1. 较全面地介绍数据库系统的各方面知识,使读者对数据库系统有一个完整的了解。

2. 适应近年来数据库技术发展的变化,重点突出关系数据库,引入与介绍数据库设计与数据库管理的概念。

3. 对数据库中的基本概念、基本思想与方法作深刻的介绍,使读者对数据库技术的本质有所了解,能适应与掌握多种数据库管理系统以及设计多种应用系统。

4. 内容深入浅出,文字浅显易懂,适合于自学,也适合于做教材。

本书在编写过程中得到朱树春老师的支持,承蒙他审阅了全稿,并提了很多宝贵意见,在此表示感谢。

作 者

1989年1月

# 目 录

|                                            |      |
|--------------------------------------------|------|
| <b>第一章 数据库的基本概念</b> .....                  | (1)  |
| 1.1 数据处理的发展 .....                          | (1)  |
| 1.2 数据管理技术的发展 .....                        | (3)  |
| 1.3 数据库及其特点 .....                          | (6)  |
| 1.4 数据库系统的结构 .....                         | (14) |
| 1.5 数据库系统的构成 .....                         | (22) |
| <b>第二章 三个世界与两种模型</b> .....                 | (40) |
| 2.1 三个世界假设 .....                           | (40) |
| 2.2 两种模型 .....                             | (47) |
| <b>第三章 关系模型系统</b> .....                    | (61) |
| 3.1 关系模型数据库系统介绍 .....                      | (61) |
| 3.2 关系模型数学理论之一——关系代数 .....                 | (65) |
| 3.3 关系模型数学理论之二——关系演算 .....                 | (79) |
| 3.4 关系模型系统特点 .....                         | (88) |
| 3.5 关系数据库的存储结构 .....                       | (89) |
| <b>第四章 几个关系数据库管理系统介绍</b> .....             | (92) |
| 4.1 关系数据库管理系统及其数据语言 .....                  | (92) |
| 4.2 关系数据库管理系统SYSTEM R 及其数<br>据语言 SQL ..... | (94) |

|            |                                          |       |
|------------|------------------------------------------|-------|
| 4.3        | 关系数据库管理系统 INGRES 及其数据<br>查询语言 QUEL ..... | (116) |
| <b>第五章</b> | <b>层次模型系统</b> .....                      | (126) |
| 5.1        | 层次模型数据库系统简介 .....                        | (126) |
| 5.2        | IMS的数据模型 .....                           | (129) |
| 5.3        | IMS的数据操纵功能 .....                         | (139) |
| 5.4        | IMS中数据模型的描述 .....                        | (143) |
| 5.5        | IMS中的数据操纵语言 DL/1 .....                   | (149) |
| 5.6        | IMS 中的物理存贮结构 .....                       | (152) |
| <b>第六章</b> | <b>网络模型系统</b> .....                      | (157) |
| 6.1        | 网络模型数据库系统简介 .....                        | (157) |
| 6.2        | DBTG 系统 .....                            | (163) |
| 6.3        | 网络模型的物理存贮结构 .....                        | (187) |
| <b>第七章</b> | <b>关系数据库规范化理论</b> .....                  | (189) |
| 7.1        | 引言 .....                                 | (189) |
| 7.2        | 规范化理论 .....                              | (194) |
| 7.3        | 规范化所引起的一些问题 .....                        | (213) |
| <b>第八章</b> | <b>数据库的安全性与完整性</b> .....                 | (216) |
| 8.1        | 数据库的安全性保护 .....                          | (216) |
| 8.2        | 数据库的完整性保护 .....                          | (220) |
| <b>第九章</b> | <b>数据库设计</b> .....                       | (225) |
| 9.1        | 数据库设计概述 .....                            | (225) |

|             |                       |              |
|-------------|-----------------------|--------------|
| 9.2         | 概念模型设计 .....          | (233)        |
| 9.3         | 逻辑结构设计 .....          | (245)        |
| 9.4         | 数据库的物理设计 .....        | (253)        |
| 9.5         | 数据库的实施与维护 .....       | (258)        |
| 9.6         | 数据字典 .....            | (261)        |
| <b>第十章</b>  | <b>数据库管理</b> .....    | <b>(270)</b> |
| 10.1        | DBA 的组织 .....         | (270)        |
| 10.2        | 数据库的性能评价和监视 .....     | (284)        |
| <b>第十一章</b> | <b>数据库的发展概况</b> ..... | <b>(295)</b> |

# 第一章 数据库的基本概念

众所周知，世界上第一台电子数字计算机的出现，主要是为了解决科学研究中的数值计算问题。因此，数值计算是计算机的第一个应用领域。随着计算机软、硬件技术的发展，计算机的应用冲出了数值计算的领域，向各个非数值计算的领域渗透、发展。60年代末70年代初出现的数据库技术使得计算机应用渗透到工农业生产、商业、交通、行政管理、科学研究、工程技术和国防等每一个部门。

数据库能够有效、合理地存储各种数据，为有关应用准确、快速地提供有用的信息，是数据处理的重要工具，是管理信息系统（MIS）、办公自动化（OA）系统和决策支持系统（DSS）等应用系统的核心部分。因此，我们有必要学习和掌握数据库系统的原理和技术，用以解决各种计算机应用中的实际问题。

## 1.1 数据处理的发展

数据是人类社会赖以生存和发展的一项重要资源，人们的社会活动和日常生活都离不开数据；农民从事农业生产需要土质、产量、肥料价格、气候情况等数据；工厂制定生产计划需要市场需求、材料来源、生产能力等有关数据；在日

常生活中需要天气、物价、亲友的通信地址及电话号码、日程安排等数据。总之，人们的一切活动时刻都在和大量的各种数据打交道。

数据的记录、整理、保存和加工等一系列工作总称为数据处理。原始社会人们用石块、贝壳、木棍等来计数或记事是数据处理的最原始形式。随着社会生产和文明的日益发展，数据处理在人类的整个社会活动中正在起着越来越重要的作用，数据处理技术也从低级向高级发展。它大致分为手工处理、机械处理和电子处理三个阶段。

从原始社会到十九世纪末，由于社会生产力和科学技术的限制，数据处理处于低级的手工处理阶段。在这一阶段中虽然先后发明了算盘，基于齿轮结构的六位加法器，计算尺和微分机等计算工具，创立了簿记制度，发明了对数和二进制系统等，在改善计算工具和改革计算方法方面取得了一系列成就。但是，总的说来，这一时期的数据处理使用较低级的计算工具，精确度差，处理能力低，且离不开手工操作，效率低。

1890年，美国中央统计局的H. Hollerith为了编制人口统计表的需要，发明了卡片制表机，使数据处理跨入了机械处理阶段。Hollerith发明的卡片制表机由穿孔机、验孔机、分类机、卡片整理机、复孔机和制表机等几部分组成，能以半自动方式进行卡片的穿孔、校验、分类、整理和制表等工作。这是数据处理的一次重大突破。与手工阶段相比，一部分手工操作由机械所代替，因此，无论在数据处理能力和效率上都有很大提高，但其效率受到机械设备性能的限制。

1946年第一台电子计算机 ENIAC 的诞生，标志着一个崭新的数据处理阶段——电子处理阶段的开始。电子计算机

以它自动、快速的处理，大容量的数据存储，灵活的输入/输出，彻底改变了数据处理效率低，手工操作多，可靠性差与当时社会生产力的发展不相适应的落后状态。随着计算机硬件和软件的发展，特别是大容量磁盘存储器的生产和应用，使计算机不仅能进行各类数值计算，同时还能进行文字和图象等各种数据处理，使数据处理技术获得突飞猛进的发展。今后我们所谈的数据处理均指电子数据处理。

## 1.2 数据管理技术的发展

数据管理技术与数据处理方式有着密切联系，且直接影响着数据处理的效率。在数据处理的手工阶段和机械阶段其数据管理技术也是手工的。但是，在计算机进入数据处理领域后，原来的那套手工管理方式已不能适应计算机自动处理数据的需要了。而且，随着需要管理的数据量的急速增长，如果仍然沿用原来那套手工管理方式，不仅需要耗费大量的人力，而且很难使这些数据发挥应有的作用。计算机数据管理技术的发展经历了三个阶段。

1. 无管理阶段 从第一台电子计算机诞生到50年代末以前，并无统一的数据管理软件，对数据的管理完全由各个程序员在其程序中进行管理。程序员在编制其课题程序时，必须考虑数据的逻辑定义和组织，数据存放的存储设备、物理存储方式和地址分配，并通过物理地址来存取数据，表示处理流程的程序与其处理对象—数据相互结合成一个整体。两者紧密地相互依赖，数据的管理仍然是分散的，计算机在数据管理中还没有发挥应有的作用。因此，严重地影响了计

算机的使用效率。

2. 文件管理方式 随着计算机硬件性能的改进和软件的发展, 先前那种由一个应用程序独享一台计算机的全部资源的情况, 显然是一种极大的浪费, 于是出现了多道程序和分时系统。这时如果仍然让用户自己来安排其数据的存储设备, 物理存储方式和物理地址分配, 显然就会造成灾难性的后果。因此, 出现了文件管理系统, 作为应用程序和数据文件的接口。应用程序通过文件进行数据文件的建立、存取、修改和撤消等操作。计算机以文件形式来管理数据是计算机在数据管理中直接发挥作用的开始, 是数据管理技术的重大发展, 文件系统允许各个应用程序所建立的文件可以共享。但是在实际上由于各应用程序根据其自身的需要建立相应的数据文件, 尽管这些数据文件中包含了别的应用程序(用户)所需的数据, 而实际上, 这些文件中的数据很难为别的用户或应用程序所使用。因此, 文件系统所管理的基本上是分散的、相互独立的数据文件。以此为基础的数据处理存在以下缺点:

(1) 数据冗余度大: 由于一个数据文件只为某个特定的应用程序服务, 不同的应用程序使用相互独立的数据文件, 因此, 相同的数据同时出现在几个数据文件中几乎是不可避免的。例如, 职工的姓名、所在部门、工资等数据会同时出现在人事档案和工资文件中。而在一所大学中, 教师的姓名、所在系等数据则可能同时出现在人事档案、教务档案、科研档案和工资等文件中。这种数据大量重复的现象, 称为冗余, 它降低了存储空间的有效利用率。

(2) 易造成数据的不一致性: 由于同一数据重复存储在由不同的应用程序(用户)使用和维护的文件中, 不能保证

其更新的同时性和正确性，以致造成同一数据在不同的文件中有不同的值。比如，某个教师因为某项科研工作有重大贡献而被晋升工资一级，但人事部门忘了通知财务部门，从而造成该教师的工资在人事档案和财务科的工资文件中具有不同的值。

（3）程序与数据的相互依赖，简称数据依赖。在文件管理方式下，数据文件由使用它的应用程序建立，一旦应用程序改变，原来的数据文件也必须相应改变，否则就无法使用。反之，如果数据文件存放的存储设备，存储方式和存取方法改变，则使用这些数据文件的应用程序也必须作相应修改，否则，应用程序就无法运行。这就是说，数据文件依赖于应用程序而存在，否则，就失去其存在的意义；反之亦然。

程序与数据的相互依赖给程序的维护增加了困难。也难于对数据文件进行修改和扩充，如果必须修改原有的数据文件，就只好建立新的数据文件；而这样又会使原有的应用程序失效。这就是建立在文件系统上的各个应用系统难于修改、扩充的根本原因。

这些缺点在规模较大的应用系统中尤其明显。美国在60年代执行阿波罗登月计划时委托Rockwell公司研制了一个基于磁带文件的零部件生产计划管理系统，共用了18盘磁带，其中60%的数据是冗余数据，只能以批处理方式工作，维护十分困难。该系统的状况曾一度成为实现阿波罗计划的严重障碍。

3. 数据库方式 针对数据的文件管理方式存在的上述缺点，计算机软件工作者经过长期不懈的努力，提出了数据库的概念。数据库技术为数据管理提供一种较完善的高级

管理方式。它克服了文件系统方式下分散管理的弱点，对所有的数据实行统一、集中的管理，使数据的存储独立于使用它的程序，从而实现数据共享。这样也就克服了文件管理方式的缺点。

日益增多的数据管理是促使数据库技术产生的客观需要，而计算机工业的飞速发展，计算机内外存容量的日益扩大，价格大幅度下降，可靠性越来越高，则是实现数据库的物质基础。

### 1.3 数据库及其特点

数据库(database)是计算机软件的一个重要分支，是在60年代后期发展起来的数据管理新技术。从1968年9月美国IBM公司发表其研制成功的信息管理系统(IMS—Information Management System)的第一个版本，1969年10月美国的CODASYL(Conference on Data System Language—数据库系统语言协会)组织发表第一个DBTG(Data Base Task Group)报告和美国IBM公司的研究员 E. F. Codd 于1970年开始发表一系列关系数据库(Relational Data Base)的论文以来，提出关系数据库的方法到今天还不到20年的时间，但数据库技术却有了惊人的发展。几乎成为各种计算机应用系统的核心部分。

#### 1.3.1 什么是数据库系统

大家都知道一个仓库系统是物资保管系统。其总的目的是保存和管理这些物资，并能根据其服务对象的要求随时提供它们。因此，一个仓库系统不管其规模大小，都有四个基

本部分：物资、库房、管理机构和服务对象。

数据库系统的情况与仓库系统的情况相类似，不过保管的对象不再是具体的物资而是数据。一个数据库系统就其本质来说是一个计算机化的记录保管系统。数据库本身则是一大批计算机化的数据文件的仓库。数据库系统包括四个主要组成部分：数据集合、硬件、软件 and 用户，如图 1-1 所示。

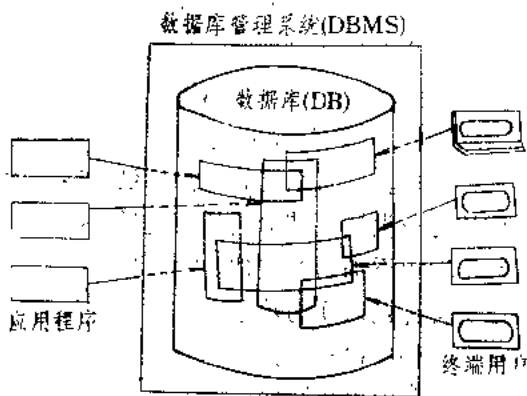


图1-1 数据库系统示意图

1. 数据集合 数据集合是某一组织中各种应用所需数据的集成，并为所有这些应用所共享。所谓“集成”是指若干不同性质数据文件的统一化，以完全地或部分地消除这些文件中的冗余。例如，一个数据库可能同时包含职工文件（姓名，地址，部门，工资等）和业务档案文件（姓名，部门，完成项目，评价等）。在这两个文件中，姓名、部门这两项数据是重复的，因而存在冗余数据，在构造数据库时，应该尽可能减少这种冗余。

所谓共享是指数据库中的个别数据片可以为若干不同的用户（应用程序）所共同使用，并且用于不同的目的。集成

化是实现共享的基础。

2. 硬件 正如仓库系统中需要堆放物资的库房一样，在数据库系统中需要有存放数据文件的大容量存储器。这种大容量存储器目前主要是硬磁盘。此外，还需要相应的设备控制器、I/O通道和中央处理机等。它们构成了数据库系统的硬件。

3. 软件 它是物理数据库本身（也就是实际上存储的数据）和系统的用户之间的界面，称为数据库管理系统（Database Management System—DBMS）。其作用类似于仓库系统中的管理机构。DBMS负责处理用户（应用程序）存取数据库的各种请求。它向系统的用户提供对数据库中数据进行各种操作的统一设施。其中包括下述操作：

- 向数据库中添加新的文件；
- 向已有文件插入新的数据；
- 从已有文件中检索数据；
- 在已有文件中更新数据；
- 从已有文件中删除数据；
- 从数据库中永久地取消现有文件。

DBMS使用户在使用数据库时无需考虑数据库的物理存储结构，它向用户提供数据库的高层次的观点。DBMS还负责数据库的维护，保护数据库中数据不受破坏等。我们将在1.5.2节中较详细地讨论它的功能和组成。

4. 用户 它是系统的服务对象。一般而言，一个数据库系统有三类用户：应用程序设计员，终端用户和数据库管理员（database administrator—DBA）。应用程序设计员用各种高级程序设计语言编写使用数据库的应用程序。在应用程序中根据需向DBMS发出适当的请求，由DBMS对数据