

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材

工程数据库技术

郑怀远 主编



机械工业出版社

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材

工 程 数 据 库 技 术

郑怀远 王家华 主编



机 械 工 业 出 版 社

(京)新登字 054 号

内 容 简 介

本书较全面、扼要地介绍了工程数据库系统的基本原理、工程数据库的设计技术及其应用举例。主要内容包括：工程数据库的概念、分类、现状与未来；传统数据库系统的数据模型和语言；工程数据库系统的数据模型和语言；工程数据库系统的系统结构和特殊需求；工程数据库的各种设计方法及过程；工程数据库管理系统应用实例等。

本书主要作为企事业单位的广大非计算机专业的工程技术人员培训教材和参考书，也可作为计算机专业科技人员从事工程数据库研究、设计、使用的入门参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

工程数据库技术/郑怀远主编. —北京：机械工业出版社，1995. 12

计算机辅助设计 (CAD) 应用工程统一培训教材

ISBN 7-111-04816-4

I. 工… II. 郑… III. 工程数据库-数据库系统-技术培训-教材 IV. TP392

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (95) 第 11674 号

出 版 人 马九荣 (北京市百万庄南街 1 号 邮政编码 100037)

责任编辑：韩中光 李尔斌 版式设计：李松山 责任校对：李尔斌

封面设计：林波 责任印制：金嘉楠

密云县印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

1995 年 12 月第 1 版 · 1995 年 12 月第 1 次印刷

787mm×1092mm/16 · 13.5 印张 · 336 千字 · 216 页

0 001—5000 册

定价 16.00 元

编 审 委 员 会

主任委员：石定环

副主任委员：路继广 石教英 唐泽圣 陈贤杰 周全胜

韩中光

委 员：王豪才 冯辛安 刘永贤 孙林夫 陆 皓

周 济 周嘉玉 赵汝嘉 胡树根 贾昌传

黄陆光 葛巧琴 蔡 青

序 言

计算机辅助设计(CAD)是随着计算机、外围设备及其软件的发展而形成的一门新技术。经过最近 20 多年的发展,CAD 技术在国外工业发达国家已被广泛应用于机械、电子、航空、航天、汽车、船舶、轻工、纺织、建筑及工程建设等各个领域,成为提高产品与工程设计水平、降低消耗、缩短产品开发与工程建设周期、大幅度提高劳动生产率和产品质量的重要手段;CAD 技术及其应用水平已成为衡量一个国家的科技现代化和工业现代化水平的重要标志之一。

自 80 年代开始,CAD 技术应用工作在我国逐步得到了开展,经过“七五”的努力,取得了明显的效益。采用 CAD 技术以后,工程设计行业提高工效 3~10 倍,航空、航天部门的科研试制周期缩短了 1~3 年;机械行业的科研和产品设计周期缩短了 $1/3 \sim 1/2$,提高工效 5 倍以上。特别是近两年以来,我国在 CAD 技术的开发和应用方面,取得了较大的进展。但是,从总体水平上来看,我国的 CAD 技术开发和应用水平与国外工业发达国家相比,存在着较大的差距;各地、各行业的 CAD 技术应用,发展很不平衡,特别是在 CAD 技术应用的广度和深度上,以及在 CAD 技术对促进生产力发展的重要作用的认识上,都存在着亟待解决的问题。

1991 年,国家科委、原国务院电子办、国家技术监督局、原机电部、建设部、原航空航天部、国家教委、中国科学院等八个部委联合向国务院提交了《关于大力协同开展我国“计算机辅助设计(CAD)应用工程的报告》。经国务院有关领导批示,国务院于 1992 年以国办通[1992]13 号文批复了该报告,同意由国家科委牵头,原国务院电子办、国家技术监督局协助,会同国家计委、国家教委、国防科工委、原国务院生产办、建设部、原机电部、原航空航天部、中国科学院等部门联合组成 CAD 应用工程协调指导小组,协调指导开展这项工作。CAD 应用工程的总体目标是,到 2000 年,我国 CAD 科研开发及应用水平达到国外中等发达国家 90 年代中后期水平。

众所周知,人才培养是开展 CAD 应用工程的重要环节之一。只有

广大工程技术人员掌握了 CAD 技术,才有可能使之转化为生产力,促进 CAD 应用工程向纵深发展。80 年代初期,美国从事 CAD/CAM 的技术人员已达 30 万人,日本有 20 万人。据有关部门的调查分析,到 2000 年,我国必须分别培养出 10 万 CAD 技术研究开发人才、50 万操作应用人才和 250 万普及型人才,才能满足 CAD 技术开发与应用的需求。因此,CAD 应用工程协调指导小组把 CAD 技术人才培养工作放在 CAD 应用工程“先行一步”的战略位置来抓;并把建立全国 CAD 应用培训网络、开展 CAD 技术培训工作纳入了国家“八五”科技攻关项目,有组织、有计划、有步骤地开展 CAD 技术培训工作,满足 CAD 应用工程的需要。到目前为止,已分别建立了北京、上海(工程设计)、杭州、南京、东北(沈阳、大连)、武汉、西安、成都、华南(广州、深圳)九个培训中心,并以此辐射建立了 80 多个二级培训基地和三级培训点,全国 CAD 应用工程培训网络初具规模;在组建培训网络的同时,已组织举办了 400 期 CAD 技术培训班,培训了在职职工约 1 万多名。

通过几年来的 CAD 培训实践,大家感到,有一套适合工程技术人员 CAD 应用培训的统一教材,是全面、深入开展 CAD 培训工作,提高培训质量的关键。因此,经 1993 年的全国 CAD 应用工程第一次培训工作会议讨论,决定委托机械部科技信息研究院机电产品设计信息中心统一组织有关专家、教授编写一套 CAD 培训教材,即《计算机辅助设计(CAD)应用工程统一培训教材》,并由机械工业出版社公开出版、发行。

从广义上说,CAD 涉及的技术内容非常广泛。但是,CAD 技术应用培训应以普及、学以致用为原则。因此,本套教材以广大工程技术人员为对象,以深入浅出、理论联系生产实际为编写原则。参加本套教材编写工作的近 50 多名作者,大都是在 CAD 技术推广、应用中具有丰富的教学经验和实践经验的专家、学者。

全套教材共分八个分册。通过《CAD 基础及应用》、《计算机绘图》、《工程数据库技术》、《计算机辅助工艺设计(CAPP)》、《CAD/CAM 技术概论》等五个分册,力图让广大读者比较全面、系统地学习、掌握 CAD 的基本知识和应用方法;通过《机械 CAD》、《电子设计自动化技术》、《工程 CAD》三个分册,力图让机械、电子、工程设计与建设行业的读者进一步掌握 CAD 的应用技术。希望广大读者在实践中了解和学

0152-16

· 习本套教材;更希望 CAD 技术能在我国各行业的实际应用中发挥应有的作用!

国家科委工业科技司 国家教委科技司
《计算机辅助设计(CAD)应用工程统一培训教材》编委会

1994 年 8 月

前 言

关系、网状、层次等传统数据库系统历经 30 多年的发展和应用而趋于成熟。但近 10 年来新出现的面向对象的数据库系统以及与此相关应用于工程领域的工程数据库系统正在迅速发展和完善,亟待推广应用,并在应用中探索进一步开发需求。因为成熟的在市场销售的工程数据库系统尚不多,而且其奠基的数据模型也在不断变化,因此,相应的大学用和培训用教材也就特别缺乏。本教材基本上参考了在我们教学和科研以及工厂工作实践中自己编写的书和积累的资料。本书的应用对象主要是非计算机专业的大学生或相应的工程技术人员,有的部分计算机专业相应人员也可参考。

第 1 章叙述了数据库和工程数据库的概念,作为基本入门。无论是传统数据库还是面向对象的数据库均是工程数据库的基础。甚至知识库或基于知识的数据库也是它的基础之一。

第 2 章为传统数据库模型和语言,它是工程数据库系统的基础。其中第 1 节 E—R 模型作为传统数据库的概念模型,其它各节叙述了三种传统数据库的数据模型、语言和系统结构方面的一些问题。

第 3 章为工程数据库系统的几种数据模型,及异种模型工程数据库间产品数据交换标准中的数据定义语言 EXPRESS。这些模型都是我们在实际中用过的。其中面向对象的数据模型预期将成为工程数据库的数据模型标准。

第 4 章为工程数据库的系统结构,及工程数据库系统两个特殊需求即长事务管理和版本管理。

第 5 章为工程数据库的设计,包括设计方法和设计过程,其中 IDEF_{1x} 信息视图设计方法是建立在扩展 E—R 模型(即 IDEF_{1x} 模型)基础上的,该方法是我们在工程实践中采用过的。信息视图往往是工程数据库的数据模型。为传统库的概念模型。

第 6 章是工程数据库管理系统的二个实例。被称为系统使能器(System Enabler)的公用数据服务软件 CDF(Common Data Facility)是 IBM 公司为 CIMS 中全局共享工程数据库服务而开发的工程数据

(库)管理系统,它是基于 AER(属性—实体—联系)数据模型的,并向 OAER(对象 AER)过渡。第二个实例是 TORNADO,这是为 CAD/CAM 应用系统开发的基于网状模型的工程数据库管理系统,也可用到 CIMS 中作为项目工程数据库或私有工程数据库的管理系统。

第 7 章为工程数据库管理系统实例之三即 AutoCAD 数据库。AutoCAD 是极为流行、可用于微机的 CAD 软件。虽然从数据库系统角度看,AutoCAD 数据库不能说是一个完整的工程数据库管理系统,但是从广大工程技术人员易于得到它,掌握它的使用,即从推广应用 CAD 的角度看,作为一个实例是合适的。

参加本书编写的有东北大学的王家华(第 1 章),杜海传(第 2 章),王国仁(第 3 章),李韬(第 4 章),翟秉仁(第 5 章),王元斌(第 6 章)及同济大学的陈福生(第 7 章)。清华大学周立柱教授审定了全稿。

根据读者对象不同,本书作为教材,内容可做相应的取舍。

由于本书参考资料,多半取自我们自己教学、科研、工厂生产实践,我们水平又有限,疏漏、不确切、错误之处敬请广大读者批评指正,不胜感激。

编者

1995 年 2 月

目 录

序言

前言

第 1 章 数据库和工程数据库的概念 1

1.1 引论 1

1.2 基本术语 2

1.3 数据库系统的特点 5

1.4 数据库系统的结构与语言 8

1.5 数据库技术的进展 13

1.6 工程数据库系统 18

第 2 章 传统数据库模型和语言 26

2.1 E—R 模型 26

2.2 三种基本数据模型 29

2.3 层次数据库 34

2.4 网状模型数据库系统 43

2.5 关系数据库 52

2.6 关系规范化 65

第 3 章 工程数据库系统的数据

模型与语言 74

3.1 扩展的 E—R 模型 74

3.2 语义关联模型 79

3.3 非一范式数据模型和语言 86

3.4 产品定义语言 EXPRESS 95

3.5 面向对象的数据模型 112

第 4 章 工程数据库系统结构 121

4.1 工程数据库的系统结构 121

4.2 工程数据库的物理组织 123

4.3 工程数据库系统的事务管理和版本管理 127

第 5 章 工程数据库的设计 133

5.1 工程数据的特点 133

5.2 工程数据库的设计方法 134

5.3 IDEF_{1x}模型 136

5.4 工程数据库设计过程 143

第 6 章 工程库用的数据库管理

系统实例 152

6.1 CDF 系统的基本概念 152

6.2 CDF 系统的数据服务功能描述 156

6.3 CDF 系统的应用编程接口 164

6.4 CDF 的数据字典 166

6.5 TORNADO 数据库管理系统 169

第 7 章 工程数据(库)管理系统实例

之三—AutoCAD 数据库 174

7.1 引言 174

7.2 AutoCAD 的数据语言 176

7.3 AutoCAD 与高级语言的接口 183

7.4 AutoCAD 与 dBASE 的接口 195

7.5 AutoLISP 直接存取图形数据库 200

第1章 数据库和工程数据库的概念

1.1 引论

我们今天生活在信息社会中，信息是一种财富，已经被人们广泛地认识和承认，企业或个人都能从一些信息中得到利益。数据是和信息相关而又有区别的另一个概念。数据只有经过合理地加工，才能产生有用的信息，信息也只能依赖于数据才能存在。因此，数据是企业的重要资源。

一个生产单位或者一个政府部门为了正常运行，每天都要产生和处理大量的数据，我们称这种数据为运行数据。例如：

产品数据，产品的产量、质量数据以及产品设计图等。

帐目数据，现金的收入与支出，原材料的购入与消耗等。

计划数据，工业生产总值、农业生产总值等计划数据。

这些数据开始记录在各种单据上，经过进一步的汇总和处理，然后记录在各种台帐上，以备以后的查询和统计。随着时间的推移，这种数据的积累越来越多，要查阅某一专门需要的数据变得越来越困难，对数据的进一步处理将是更困难的，以致不能充分及时地利用已有的数据资源。

随着计算机技术的发展，计算机的应用已从初期的以科学计算为主逐渐发展为以数据处理为主的事务管理方面。50年代末期到60年代中期，产生了程序设计语言和对应的文件系统。数据可以用穿孔卡片的方式输入计算机，作为数据文件存储在磁带、磁鼓和磁盘等介质上，并能利用计算机进行分类统计等计算。这时期的计算机系统已能进行工资计算、库存管理等单项应用。数据处理已经由单纯手工处理上升到电子数据处理的水平，数据处理技术产生了质的飞跃。但是文件系统有许多不能令人满意之处，其中最重要一点是：“数据不能共享。”每个应用程序要有自己专用的输入数据。各种应用的数据同驻在一个计算机中却不能共用，造成了数据的大量冗余、不一致等，不能满足不断增长的数据处理的需要。

60年代末期产生了数据库技术。1969年IBM公司宣布了它在数据库管理系统方面的成果IMS，一个层次数据库管理系统。其后，把它作为商品投放市场。DBTG数据库任务组从1969年开始发表了大量的网状数据库研究成果。1970年E. F. Codd发表了《大型共享数据库中数据的关系模型》一文，奠定了关系数据库的基础。数据库技术已经得到了广泛的应用，但仍然是计算机科学中一个非常重要的研究领域。

什么是数据库呢？数据库是以一定的组织方式存储在计算机中按着某种规则相互联系的数据的集合。它可为有关用户所共享。图1-1给出了一个企业数据库的示意图。图中A、B和C代表用户A、B和程序C所需要的数据，重叠部分表示数据被共享。由于数据共享减少了数据冗余。管理数据库的程序称为数据库管理系统。市场上销售的数据库管理系统有各种各样的，目前使用较多的是DB2，INGRES，ORACLE，SYBASE和IMS等大型数据库系统以及应用在微机上的dBASEⅢ、Informix等。随着数据库技术的发展，数据库的应用已经渗透到

人们生产生活的各个领域。数据库应用最成熟的领域是一般的信息管理。上面提到的数据库管理系统主要应用在这个领域，被称为商用数据库。应用在过程控制方面的数据库往往具有实时性质，属于实时数据库这一类，应用在计算机辅助工程设计、工程制造方面的数据库称为工程数据库。应用于计算机集成制造系统的工程数据库称集成型工程数据库。后者是在前两者基础上发展起来的。

过程控制中应用的实时数据库要保存和读取过程控制中产生和需要的实时数据，这要在给定的约束时间内完成。因此需要针对具体应用环境，对现有数据库技术进行改造，在保证数据库相容性的前提下，尽量简化事务处理的措施，以减少所需要的时间；尽可能采用多处理器技术加快系统的响应时间，以满足实时控制的需求。

为了对企业中产品设计与产品制造数据进行管理，使设计环境能和制造环境交换数据，导致了对工程数据库技术的研究。工程数据库要能处理图形数据，包括对图形的显示、存储、检索和修改，工程数据库还要能方便地表示复杂的产品结构。因此工程数据库处理的对象要比一般商用数据库复杂得多，除了能处理一般数据库支持的整数、实数、逻辑值和字符串数据外，还必须进一步能处理矢量、集合和矩阵等，要包括处理这些对象的运算符。此外必须进一步研究适合产品设计过程特点的设计事务处理技术。目前，一些适合某些工程特点的工程数据库产品也正在投放市场，其中著名的有 IBM 公司的公用数据软件系统 CDF，EDS 公司的 INFOMANAGER 以及 CDC 公司的 EDL 等。AutoCAD 的数据库是一个运行在微机上的工程数据库系统。完全适合工程特点的数据库系统尚在研究之中。

从数据库管理系统处理的对象分类，可以把数据库分为面向值的数据库、面向对象的数据库以及知识库系统。面向对象的数据库系统支持抽象的数据类型，处理复杂的对象并且有版本控制机构，能够满足工程数据库的一些要求。知识库处理的对象是以谓词和规则表示的知识，在工程数据库中也有某些应用。在本章的后边部分将予以讨论。

1.2 基本术语

为了便于以后的讨论，我们简单地介绍一下有关的术语。

1.2.1 计算机中数据表示

1. 二进制表示 在计算机内部的数不能用数字直接表示，而是用物理器件的状态表示数，并要求这些状态容易识别，如电路的电压，磁体的极性。十进制数要求有十个状态，因此是难以实现和难以辨别，于是产生了二进制数。二进制数只有 0, 1 二种状态，因此可用电压的高和低，磁体的 N 极和 S 极表示。这样的二种状态很容易测量和识别。一位十进制数 X 可以用 4 位二进制数表示，其表达式为

$$X = a_3 \cdot 2^3 + a_2 \cdot 2^2 + a_1 \cdot 2 + a_0$$

其中 a_i 为 0 或 1。例如 0 为 0000，2 为 0010，9 为 1001 等。这里一个二进制数中的一位称为

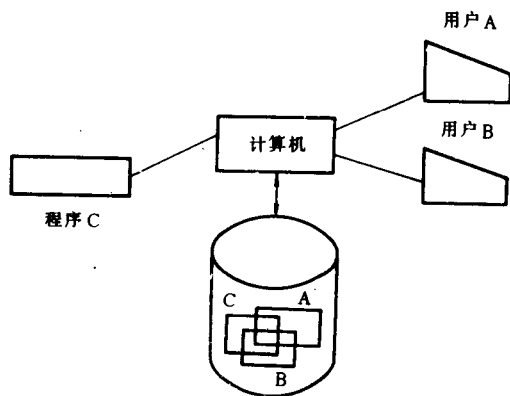


图 1-1 数据库示意图

比特位或者位。

2. 字符数据 西文字符包括数字、字母及特殊字符。在计算机中它们用二进制数的编码表示。广泛使用的编码标准是 ASCII (美国信息交换标准), 在这个编码中, 字符用八位二进制数表示。例如, 字母 A 被表示为 01000001, 写成对应的十六进制形式为 41, B 为 42 等等, 数字 0~9 表示成十六进制的 30~39。这里八位二进制数被称为一个字节, 即用一个字节表示一个字符或数字。也有的机器使用 EBCDIC 码, 在这种编码中数字 0~9 用十六进制的 F0~F9 表示, 字符 A 用十六进制的 C1 表示等。中文由于文字多, 需要用 16 位二进制数表示, 即二个字节。我国已制订了中文编码的国家标准 GB2312—80, 现在已经广泛使用。

1.2.2 外部存储设备

计算机由中心处理机, 内部存储器和外部存储器及其它外部设备组成。中心处理机完成运算功能。内部存储器是由集成电路构成的存储介质, 一般较小, 仅存储正在运行的程序及少量待处理的数据。大量的程序和数据要存储在外存储器上。其它的外部设备包括键盘、打字机、显示器等都是为了人和计算机交换信息。外存储器主要包括磁带机和磁盘机, 它们都是用磁介质存储数据的。磁带机为顺序存储设备, 存储在磁带机上的数据只能从磁带头部开始, 顺序地逐个读数据, 直至读到需要的数据。磁盘机为随机存储设备, 它可以直接读到需要的数据, 也可以顺序地逐个读数据。外部存储设备上数据的读写是由一个称为操作系统的软件负责的。它通常读一个固定长度的数据而不管其具体内容。这个定长的数据称为物理块或者物理记录。

现在利用激光技术制成的光盘也开始使用。

1.2.3 文件与文件组织

1.2.3.1 字段、记录 and 文件

1. 字段 字段是由一个数或若干个字符组成的可命名的数据单元。它是有意义的最小数据单元。例如, 零件名称是一个字段, 它是由若干个字符组成。零件重量也是一个字段, 它由一个实数构成。字段有时称为数据项, 有时也和以后介绍的关系数据库的属性混用。

2. 记录 记录是若干字段的有意义的组合体, 是数据的基本单元, 记录有名字。它是客观世界中一个实体类型的定义, 又称记录类型。例如, 一个零件记录类型可以由字段零件名与字段零件重量组成。与记录类型对应的是记录具体值, 它表示客观世界中的一个实体。例如, (螺栓、50) 是一个零件记录具体值。记录具体值有时也简称记录。因此记录这个术语究竟指的是什么意义还要根据上下文确定。

3. 文件 文件是给定记录类型的记录具体值的有名集合。在文件里每个记录有相同的数据项。记录类型的结构在文件中没有明显的描述, 而是反应在操作这个文件的应用程序中。为了了解某个文件的结构, 除非是阅读有关应用程序的源代码, 否则是很难弄清楚。因此文件不能在多个应用之间共享。

操作系统为每个文件维护一个目录, 其中包括文件的名字, 在外存储器上的开始地址以及文件所占用的物理块等信息。使用文件前要先“打开”文件, 把目录中的信息读到内存, 以备读写文件时使用。当结束使用时要“关闭”文件, 以把对文件所作的改变, 如新占用的物理块等信息写进目录中。如果不关闭文件, 那么对文件所作的改变将丢失。

1.2.3.2 串行文件 串行文件是按记录到达的顺序存储数据的文件。串行文件要有相同的记录结构和记录长度。要插入一个记录进这种文件, 只要把要插入的记录写到文件末尾, 又称

追加记录。这种文件读操作有二种方式：按记录顺序号读和按数据项内容读。如果要读取一个串行文件的第 n 个记录，则先要计算第 n 个记录的开始地址：文件开始地址 + $(n-1) \times$ 记录长度，然后计算该记录占用哪些物理块。这些是由程序设计语言的文件系统负责处理的，用户不必考虑。按记录号读取可以很快读取需要的记录。若按给定的数据项内容读，需要从第一个记录开始，逐个记录地检查，直至读到需要的记录。这种方式读操作是很慢的。为了改进这种方式的响应速度，通常为这种文件增加索引。有索引的串行文件称为索引文件，它被广泛地应用在数据库的系统中。索引的概念将在后面介绍。

1.2.3.3 顺序文件 顺序文件是按记录中某一数据项的值升序或降序组织的数据文件。这个排序的数据项被称为关键字，它应唯一地确定文件中的一个记录。如在一个零件文件中，记录由零件号，零件名和零件重量三个数据项组成。现按零件号升序的方式组织文件。字段零件号是关键字。这种文件可以从开始顺序地读，也可以采用二分法查找。

根据关键字值，用二分法查找需要的记录。对于上述零件文件，零件号最小的记录一定是在文件的开始，零件号最大的记录一定处于文件的末尾。查找时首先查找位于文件中间的记录，用该记录的关键字值与给定值比较，若大于给定值，则需要的记录可能在文件的前半部分；若小于给定值，则可能在文件的后半部分。然后再“二分”记录可能存在的那半部分，重复这个过程，直至找到需要的记录，或者证明需要的记录不存在。这种方法比顺序查找快得多。

插入一个记录进顺序文件是困难的，我们不能因为要把一个记录插入正确位置而把其后边的记录逐个后移，这样效率很低。通常把要插入的记录放进一个临时区域中，在适当的时机把临时区域中的记录合并到顺序文件中。

1.2.3.4 索引顺序文件 索引顺序文件由索引和被索引的文件二部分构成。这很象一本书的目录和书的正文一样。书的目录由一些目录项组成，每个目录项由章或节的标题和该标题所在页的页号组成。我们在查阅书中的特定内容时只要根据标题找到相应的页号，然后翻到指定的页即可以找到需要的内容。索引顺序文件是将顺序文件分成许多组，每组含有规定数量的记录。每组对应一个索引项。索引项有两部分：关键字值和指针组成。前者为一组中最后一个记录的关键字值，后者为该组的第一个记录的开始地址。该顺序文件所有组的索引项构成了索引。一个索引顺序文件如图 1-2 所示。

索引顺序文件既可顺序查找，又可随机查找。如果我们欲查找序号为 02-03 的零件，首先在索引中查找。因为它大于 02-01 小于 03-01，因此按指针 4 在顺序文件中的第二组中顺序查找，当查到该组中第二个记录时，匹配给定的关键字值。索引可以有多级，当索引变得足够大时，可为索引建立索引。索引顺序文件要建立在随机存取设备上。

1.2.3.5 散列文件 散列文件有时又称为直接文件或随机文件。在散列文件中的记录应有一个字段唯一地确定一个记录，这个字段就是我们前边定义过的主关键字。在散列文件中，我们是根据关键字的值来确定记录的地址。这要求把关键字值变换成地址数，这个变换被称为散列函数。假设图 1-2 的零件文件至多有 200 种零件。我们可以确定一个散列函数

$$f(x) = x \bmod 240$$

式中的 $\bmod$ 为求余函数，数值 240 是在 200 个记录的基础上留出 20% 的余量，为了减少下文讨论的“冲突”。对于每给定的一个关键字值 x ，则有一个确定的地址与之对应。有时会发生多个 x 值对应同一个地址的情况。如果把上式中的 240 改成 200，我们则会发现零件 01-02 与

03-02 将占有同一个地址。这种情况称之为冲突。我们需要解决这个问题,当写一个记录时,

发现地址已被某个记录占用,那么该记录将写在其它地方,然后在前一记录中用指针指向后一记录。当查找时将沿指针查找后边的记录。

散列文件可以取得最快的查找速度,但这取决于散列函数优劣,好的散列函数产生冲突的概率应该是极小的。

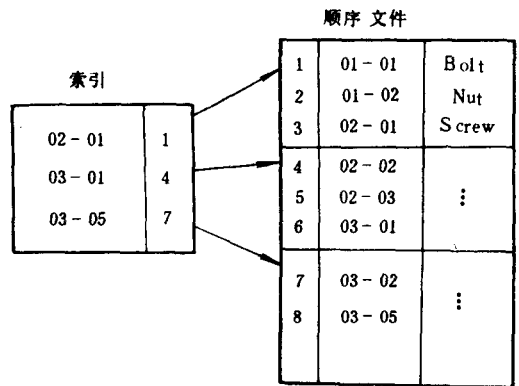


图 1-2 索引顺序文件

1.3 数据库系统的特点

数据库系统自产生以来受到人们普遍的重视,在理论上得到了广泛的研究,在实践上得到了普遍的应用,主要是因为它具有许多显著的优点,它的应用已经产生了巨大的经济效益。下面讨论它的一些主要特点。

1.3.1 数据共享性

应用数据库系统的主要目的之一是为了在企业内部获得充分的数据共享。在没有使用数据库的电子数据处理中,造成一个数据多处录入的局面。例如,销售部门产生的销售合同数据除了自用之外,要供运输部门装运使用,以及财务部门结算使用。这些部门的处理系统即使都在一台计算机上,数据也不能共享使用,必须经多次重复输入,造成数据的冗余。在企业中需要数据共享的情况相当普遍,几乎每一个与生产相关的部门都要为其余的部门提供它的数据。因而数据冗余是大量的,造成了存储空间浪费,增加了录入工作量。

由于同一数据的多次录入,增加了出错的机会,使一个数据在不同的系统内可能有不同的值。企业的数据是企业内现实状况的反映,情况变化了,相应的数据必须作相应的更新。如一个用户可能对所订的合同作某些修改,包括品种的改变、数量的增减,供货日期的变更等。因此计算机内存的数据必须作相应的修改以反映这种变化。但是同一数据在不同部门的副本难以同时修改,因此在某一时间间隔内同一数据在不同的系统内可能有不同的值,即产生了一致性。

数据库系统的应用,可以显著地减少数据的冗余。数据库技术原则上要求“数据库中一个数据只录入一次”。对于客观世界中一个数据,数据库中只有一个副本与之对应。当客观世界中某一事物发生变化时,只须更新数据库中对应的副本,就能准确地反映客观现实。因此,数据库技术可以将数据不一致性降低到最小程度。

为了达到数据共享的目的,必须对企业的数据进行科学地分析,合理地组织之后存储到外部存储设备上。企业中的数据从抽象的观点看,可分为二类:①客观实体,它们代表了企业中的客观对象,如职工、产品、零件和原材料等;②联系实体,它们反映了客观世界中客观实体之间的相互联系。例如,职工 A 生产了产品 B 的数量为 N 件,产品 B 由 M 个零件 D 组成等。这些都属于联系实体。这二类数据表达了客观世界中的现实状态。数据库设计工作是企业现有数据而不是针对某一特定应用对数据进行分析并组织。这种分析不是由设计者主观地进行,而是依赖我们将要讨论的某些科学原则进行。一个企业的数据库不论是由谁来设计,只要是按着规则正确地进行,设计的结果本质上应是相同的。这不仅能够取得数据

充分共享,而且将取得数据独立性。一个随心所欲的不正确的设计不仅达不到预期的目的,而且会造成应用程序开发工作量的浪费,甚至带来灾难。

1.3.2 数据独立性

数据独立性是数据库技术要达到的最主要的目标之一。数据独立性是指建立在数据库系统上的应用程序不依赖于它们处理的数据的存储方式和存取方法。早期的文件系统是数据依赖的。这意味一个特定的应用决定了数据在辅助存储器上的存储方式以及应用程序存取这些数据的方法。进而数据的组织结构以及存取它们的方法必然反映在应用程序的逻辑中。例如,为了性能,某些应用需要顺序文件的组织形式,那么其应用程序要知道该文件的记录结构以及明显地使用二分法查找的存取方法。

具有上述性质的应用是数据依赖的。如果为了新的应用改变数据结构,如增加某些数据项,或者为了改进性能,采用了散列文件的存储方式,那么数据的这种改变不影响应用程序是不可能的。为了使原来的应用程序继续使用,就必须修改原来的应用程序。这种修改的工作量是相当大的,特别是由于某种原因需要一个不是原程序开发者来修改此程序,那么这种工作将是极为困难的。

无论如何,在数据库系统中允许应用程序数据依赖的性质存在是极端不理想的,有如下两个主要原因。

(1) 不同的应用可能需要同一数据的不同表示。例如,假定一个企业在建立它的集成数据库之前,它有两个应用:A和B,每个应用都有一个数据文件包含数据项“金额平衡”。进一步假定应用A要求该数据项是用十进制表示的,应用B要求该数据项是以二进制表示的。现在假定数据库系统能提供数据存储方式和应用程序需要的表示之间的数据转换,则可以将这两个文件集成起来,消去重复的数据。在这里数据存储的形式不是针对哪一个具体应用的,即数据独立于具体应用程序。

(2) 在应用环境中,随着时间的推移,用户的要求可能改变,因此必须改变相应的数据存储结构或者存取方法,或者两者均需要改变以响应需求的变化。但是,现存的应用程序不应被迫强制修改。例如,企业采用新的标准;确定用新的更高级设备替换已落后的存储设备等。对于文件系统,这些变化必然地引起对应的应用程序作相应的改变,这需要大量的维护工作。据估计对于一个大的项目,这种维护工作量大约需要总工作量的25%左右。显然这是一个巨大的资源浪费。

现在我们可以定义数据独立性为应用程序对于数据的存储结构和存储策略改变的免疫能力。这意味应用程序不依赖于特定的存储结构和存取策略。我们将详细地讨论应用程序可能遇到的存储结构的改变。

为了便于下面的讨论,我们进一步地探讨字段、记录和文件的概念。在概念上可以把它们进一步分为逻辑的或物理的。对于字段、记录和文件存储在数据库中的形式,我们分别称为物理字段、物理记录和物理文件。对于字段、记录和文件提供给应用程序和终端用户的形式,我们分别称为逻辑字段、逻辑记录和逻辑文件。逻辑字段、逻辑记录和逻辑文件只含有最本质的数据,不含有任何存储细节。对于早期的文件系统,字段、记录和文件的物理和逻辑形式是相同的;对于数据库系统来说,它们一般是不相同的。物理字段、物理记录和物理文件通常带有某些存储特征,如指针和索引项等。因此它们又分别称为存储字段、存储记录和存储文件。应用程序可能遇到的一些存储结构变化如下:

1. 数值数据的表示 一个数值存储字段是以算术形式存储的。如采用缩合十进制 (Packed decimal) 方式, 每个字节存放二位十进制数。如采用分区十进制 (Zoned decimal) 方式, 则每个字节仅存放一位十进制数。可以由一种方式改变为另一种方式以满足性能上的需要。如把分区方式改为缩合方式将加快运算的速度。

2. 字符数据表示 一个字符串存储字段可以用 EBCDIC 码和 ASCII 码中的任何一种表示。

3. 数值数据的单位 数值字段中的单位可能改变, 如推广法定计量单位的过程中把一些变量单位改成法定计量单位。

4. 数据编码 在某些情况下存储用骗码值表示数据是合理的。例如在一个应用中零件颜色字段可以取的字符串值为‘红’, ‘深绿’, ‘浅绿’, ‘蓝’……。但是如果我们用数字 1 代表红, 2 代表深绿, 3 代表浅绿, 4 代表蓝等等。这样既节约存储空间又便于数据的录入操作。

5. 数据具体化 根据存储字段的值构造逻辑字段的值并把它提供给应用程序或用户的过程称为数据具体化。在正常情况下, 一个逻辑字段对应唯一的存储字段。对于这种情形的数据具体化被定为直接的。在一些偶然的情况下, 逻辑字段没有一个单一的存储副本与之对应, 而它的值是借助于一组存储字段的值进行计算得出的。对于这种情形数值具体化称为间接的。

6. 构造存储记录 二个现存的存储记录类型可以结合成一个存储记录类型。例如, 记录类型 (partno, color) 和 (partno, weight) 可以集成为记录类型 (partno, color, weight)。这种情况通常出现在把某些现存的应用集成到一个数据库系统中。这意味应用的逻辑记录可能由存储记录的某个子集构成, 而该存储记录的其它部分对于这个应用是不可见的。

7. 构造存储文件 一个给定的存储文件可以用许多方法在存储器上实现。例如, 一个存储文件可以完全包含在一个存储卷内 (例如一个磁盘包)、或者它可以分散在几个不同的卷内。它可以按某个存储字段值排序, 它可以是索引文件或者是一个散列文件或者是一个普通的串行文件。这些因素除了影响应用的性能外并不妨碍应用程序的使用。

上面我们罗列的一些方面表明数据库能够生长而不影响现存应用, 允许数据库的存储结构改变而不损害现有应用是提供数据独立性的主要原因。例如, 通过增加新的字段类型扩充现存记录类型应是可能的, 比如, 把一个“unit cost” (单位成本) 字段加进零件的存储记录中。这个新字段对于先前的应用将是不可见的。数据库中还应该允许加入新的实体类型和联系类型, 同样不应该影响现存的应用程序。

1.3.3 数据完整性

数据的完整性要求是为了保证数据库中的数据总是最准确的。在数据库中表示同一事实的二个副本之间的不一致性是缺少完整性的一个例子。但是, 即使是完全消除了重复的数据, 数据库中仍然可能含有不正确数据。比如我们没有办法让数据库系统判断用户输入的一个职工年龄数据 25 是否正确。

完整性的丧失可能由于各种原因。如果计算机硬件系统的任何部位的失效, 包括中央处理机, 数据通道, 外部存储设备等; 终端人员输入了错误数据; 程序员设计了一个有错误的程序等都可能引起数据库中出现错误数据或出现数据不一致性。因此我们需要能够检测这些情况并改正所出现的错误。

为了保证数据库中存储数据的完整性, 必须能够用管理数据库的软件提供的定义语言规