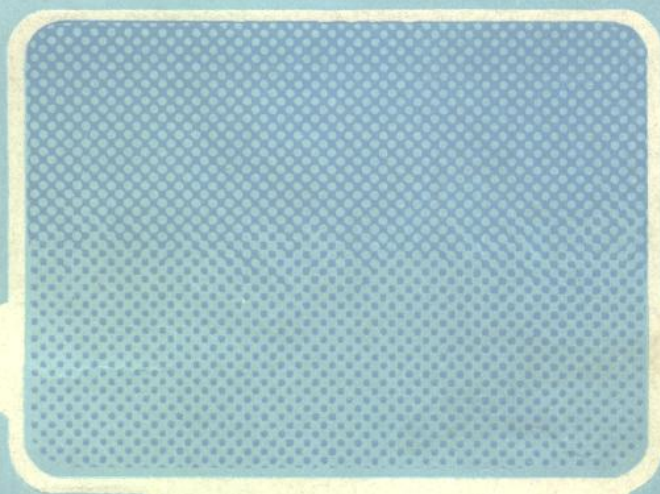




# 数据库设计

桂子后 编



上海科学技术文献出版社



# 数 据 库 设 计

桂子后 编

上海科学技术文献出版社

2P50/13

## 数据库设计

桂子后 编

\*

上海科学技术文献出版社出版发行  
(上海市武康路2号)

新华书店经销

商务印书馆上海印刷厂印刷

\*

开本 850×1168 1/32 印张 12.75 字数 346,000

1989年9月第1版 1989年9月第1次印刷

印数: 1—4,200

ISBN 7-80513-365-4/T·124

定价: 7.90元

《科技新书目》189-259

## 前 言

自计算机发明后的四十年来,计算机一直用于处理数据,但数据库的概念和技术却是近十多年才真正开始发展起来的。近年来,该学科有了很显著的进展,世界各国都给予了很大重视,许多大学都开设了数据库方面的课程,有关专业会议也每年召开多次,发表不少文献资料和专门著作。

60年代末,当第一个数据库管理系统出现时,企业界面临一个十分重要的转折点。人们从此不再需要直接连接应用程序和数据文件,实现了多个程序共享数据的数据结构方法,数据不再是为各项孤立应用服务的个别信息,而是一种可以超越组织和机构界限的统一的有用资源。

70年代,数据处理专业人员广泛地采纳了数据库管理系统。起初是层次的,后来是网状的,继而开发了关系技术,而如今,80年代中叶,管理人员正在寻求提高信息管理系统(MIS)机构效率的途径,关系技术正处在一个可能替代的地位。

在数据库管理的商业兴趣日益浓厚的同时,普遍感到的是在这方面的合格人才的严重缺少。现在在发达国家从事数据库领域专业工作的人数已超过传统的从事编译和操作系统的人数,但并非每一个在这方面工作的人员都有解决复杂问题的能力,出现系统不适用的情况是很普通的事。选择资料更难于收集资料,不少的人仍对数据库技术有神秘感,觉得难以掌握。

为适应目前的发展趋势,满足人们对数据库技术书籍的需要,作者参考了国内外的文献资料和专门著作编写了本书。本书力图把数据库管理领域的知识以一种适合教学和参考引用的结构形式组织内容,把一些从资料中发展的概念应用到实际中去,为结合形式化和可应用性,以一种工程学的态度对待数据库的组织问

题。

本书的具体目标是提出一些方法,讨论对各种方案的选择准则,和与数据库设计实践有关的原理和概念。没有完整地描述真实系统,也没有对各种系统作全面评价和比较。虽然始终引用许多实际系统,采用了特殊的和真实的例子说明陈述的观点。举出的资料为读者理解、识别和评价数据库方法及其含义提供了基础。数据库设计包括理解数据意义和理解选择的系统,这些系统可能是有助于实现数据库管理系统或传统的文件系统。

本书内容共分三个部分,第一部分包括第一章和第二章,第二部分包括第三章、第四章和第五章,第三部分是第六章。

作为基础,在第一章介绍了一些基本的定义和支持数据库系统的环境;在第二章介绍了直接支持数据库系统的文件系统的基本组织形式。

第二部分提供了数据库设计方法的综合介绍,在第三章提出了构造数据库模型的方法,这种模型集中了共享数据库的多种应用的要求;在第四章介绍了模式,这是一种以机器可读的方式描述模型的方法;在第五章从形式模型导出的方法开始,随后描述了具有代表性的比较成熟和正常使用的数据库系统的设计特点。把它们作为数据库设计的实现阶段的可选的方案和成功的例子。本章主要考虑适合于多应用类型的综合数据库管理系统,因其提供了数据库系统实现问题的较好折衷。

第三部分讨论了数据库系统的安全问题,提出有关安全性的三个方面:可靠性、保护和完整性。按理这些问题也是数据库设计中的重要实现问题,但因与使用的操作系统紧密相关,故单独进行了讨论。第六章更多地是在事务处理的环境中分析问题。在一般的数据库原理和设计书籍中,系统的安全问题往往不列为讨论重点,本书对此作了适当的强调。

目前,计算机软件方面的课程更多地增加了文件和数据库方面的内容。本书能很好地满足这些课程的要求,特别是能符合数据库管理系统设计的课程内容。

本书适用的读者范围包括：从事数据库管理系统设计的人员和从事数据库教学的教师；学完计算机原理和程序设计方面课程的大专院校学生和研究生；希望把自己的实践经验在理论上提高一步的应用软件设计人员和应用系统设计人员等等。对于数据库管理领域外的有兴趣的工程技术人员，本书也可作为一本比较详细的参考书。

上海市计算技术研究所的严洪范研究员为全书审稿，提出了宝贵意见，在此谨致深切谢意。

作 者

1987 年 10 月于上海

# 目 录

|                         |            |
|-------------------------|------------|
| <b>第一章 导 论 .....</b>    | <b>1</b>   |
| 1-1 基本定义.....           | 1          |
| 1-2 操作系统分类.....         | 16         |
| 1-3 基本硬件的选择.....        | 21         |
| 1-4 基本硬件参数.....         | 28         |
| 1-5 存贮块和缓冲区.....        | 38         |
| 1-6 存贮体系结构.....         | 46         |
| <b>第二章 基本文件组织 .....</b> | <b>53</b>  |
| 2-1 引 言.....            | 53         |
| 2-2 流水文件.....           | 57         |
| 2-3 顺序文件.....           | 61         |
| 2-4 索引顺序文件.....         | 66         |
| 2-5 索引文件.....           | 76         |
| 2-6 直接文件.....           | 82         |
| 2-7 多环文件.....           | 98         |
| <b>第三章 数据库结构 .....</b>  | <b>111</b> |
| 3-1 结构定义.....           | 111        |
| 3-2 视图模型.....           | 116        |
| 3-3 关系的语义.....          | 121        |
| 3-4 模型构造块.....          | 129        |
| 3-5 关系运算.....           | 148        |
| 3-6 数据库模型的设计.....       | 163        |
| <b>第四章 模 式 .....</b>    | <b>178</b> |
| 4-1 定义数据库元素.....        | 179        |
| 4-2 模式及其用途.....         | 188        |

|            |                       |            |
|------------|-----------------------|------------|
| 4-3        | 定义数据库的结构 .....        | 195        |
| 4-4        | 模式的变换 .....           | 205        |
| 4-5        | 子模式 .....             | 212        |
| 4-6        | 结构、模式和使用 .....        | 218        |
| <b>第五章</b> | <b>数据库实现 .....</b>    | <b>223</b> |
| 5-1        | 数据库实现问题 .....         | 224        |
| 5-2        | 关系演算实现 .....          | 231        |
| 5-3        | 关系代数实现 .....          | 247        |
| 5-4        | 层次型数据库 .....          | 252        |
| 5-5        | 有网络能力的数据库 .....       | 263        |
| 5-6        | 内部连接的层次系统 .....       | 287        |
| <b>第六章</b> | <b>数据库系统的安全 .....</b> | <b>298</b> |
| 6-1        | 可靠性 .....             | 298        |
| 6-2        | 冗 余 .....             | 303        |
| 6-3        | 事务处理可靠性 .....         | 311        |
| 6-4        | 活动登录 .....            | 320        |
| 6-5        | 恢复概述 .....            | 327        |
| 6-6        | 保护的组成部分 .....         | 336        |
| 6-7        | 访问键的组织结构 .....        | 348        |
| 6-8        | 密码术 .....             | 356        |
| 6-9        | 完整性与锁 .....           | 367        |
| 6-10       | 死 锁 .....             | 380        |
|            | 参考文献 .....            | 391        |

# 第一章 导 论

当非正式谈论数据库时，可把数据库看作是建立在计算机硬件和程序基础上的相关数据的集合。用计算机硬件贮存数据，而用程序操作数据。“相关”是指这些数据代表一个专门部门，例如，一个公司、一个学校或一个研究部门所掌握的知识。这些数据可能是相关的，因为它用于处理某确定范围的问题，例如，和许多医院职工有关的一种疾病。应当把这些数据组织、处理，以产生一些有用信息。

在数据库中数据的组织必须能正确而有效地表达数据的含义。在传统的程序设计中尽量使数据结构适合程序的需要，而在数据库中许多程序常共享一些数据。因此，不能简单地决定数据库中的数据组织。

本章讨论一些基本定义和数据库系统的支持环境。从定义一个文件开始讨论数据库，因为文件是组织数据库的主要物理实体。随后讨论使用一个数据库时所进行的一些基本操作。并发展了一种数据管理的分类方法，它为以后所有章节提供一种概念的框架。我们将从程序设计学中取出熟悉的概念列入这些分类说明中，目的是把已有的程序设计经验和推荐的数据库管理技术的方法结合在一起。在第2节讨论了操作系统的分类，第3至第6节讨论了基本硬件系统及其参数。

读者可能从本章中读不到新的内容，但是在本章中建立的一些基本概念能帮助读者阅读以后各章的内容。

## 1-1 基本定义

本节叙述了文件、计算、数据的层次视图、描述和连接固定等基本定义。

### 1-1-1 文 件

数据库是大量相关数据的集合，而数据被存贮在一个或多个文件中。如果把一个数据库设置在单独一台计算机上，则可以通过这台计算机访问所有的数据文件。如果把一个数据库分布在几台计算机上，则可以从相互连接的计算机中的任一访问这些文件。数据输入、贮存和加工处理以及信息输出是由计算机操作系统的一些进程完成的。图 1-1 给出一个数据库的示意图。

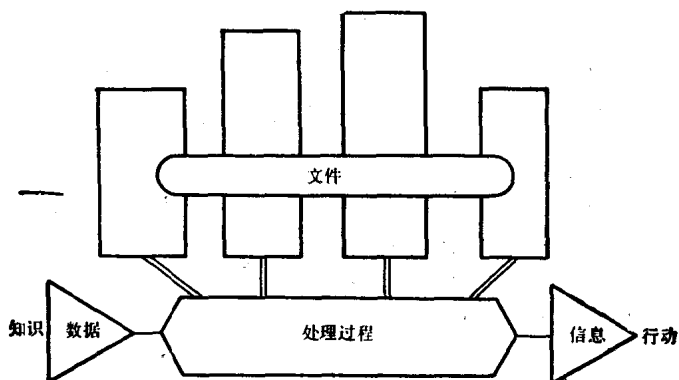
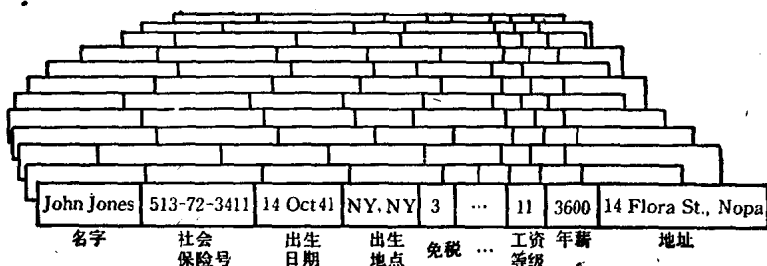


图 1-1 一个数据库

文件被定义为存放在计算机次级存贮设备上的相同类型记录的集合。目前典型的次级存贮设备是磁盘机。记录被定义为包含基本数据项的相关数据属性的集合，在第二章中介绍更加正式和详细的定义。典型的数据项是一个数值，它是关于一个对象或一个事件描述的一部分，由计算过程使用。图 1-2 给出一个工资单文件的示意图。

#### (1) 文件大小

本书集中讨论适合使用大型外部文件的题目，因此涉及的数据库系统也是大型的。这就限制了可用算法的种类。在使用一个数据库时可以在远离用户的地方输入数据，而数据本身可包含适合多种目的的信息。处理的数据量范围可以从适当大到极大。如



|            |             |           |          |    |     |          |      |                    |
|------------|-------------|-----------|----------|----|-----|----------|------|--------------------|
| John Jones | 513-72-3411 | 14 Oct 41 | NY, NY   | 3  | ... | 11       | 3600 | 14 Flora St., Nopa |
| 名字         | 社会<br>保险号   | 出生<br>日期  | 出生<br>地点 | 免税 | ... | 工资<br>等级 | 年薪   | 地址                 |

图 1-2 一个工资单文件

何度量一个文件的大小取决于计算机硬件和在一定环境中所可能给出的对运行的约束条件。

“大型”是指数据量要达到单个人即使借助于计算机系统的帮助也不可能单独处理的程度。实际上能达到多少数量取决于数据的复杂性和应用的复杂性。举一个大型数据库的例子以见一斑，这是一个有 6,000 名职工的制造公司，它集中的有关职工的数据和产品数据共达到 21 种记录类型和超过 80 万个记录 {Jardine<sup>[99]</sup>}。

一个“极大型”数据库是一个现代化企事业部门的基本组成部分，它需要用许多存贮设备存贮大量的数据，并需要由许多人连续使用它，不能暂停或关闭，否则将影响该企业的运行和职工的福利。

如何定义一个极大型数据库，要牵涉到两个活动。一个是对数据库内容的更新，另一个是对数据库内容的复制。当一个数据库容量达到极大时，会出现这样的现象，即使用两次更新处理的平均间隔时间还不足以完成一次复制。这样，第一次更新后的副本还没有被复制出来，第二次又要更新了，结果使得不可能知道这种数据库的确切内容。

极大型数据库例子是用于有 500 万用户的电话公司的数据库 (Kerr<sup>[101]</sup>)。

更大的数据库可能是社会安全管理系统和其它国家系统。

定时地复制文件内容是很重要的工作，因为它可以为周期分析数据、提高系统可靠性和核查数据提供依据。为了避免复制时出问题，在复制文件时禁止修改文件。这是对我们将要讨论的系统加上的一种设计约束条件。

## (2) 文件组织

文件不仅以其大小而且以其组织相区分。文件组织不同会使存贮和检索文件记录的操作在性能上有很大差别。在第二章中详细分析讨论六种基本的文件组织的组织形式。在一个数据库中经常使用一种以上的文件组织形式。

## (3) 输入和输出

当读文件和写文件时，在计算机系统的内存和外存之间要传送数据。当读输入或写输出时，数据进入或离开计算机系统。一个数据库系统关心的是保留在系统范围内的数据。写到磁带上的数据，随着磁带被卸下保存，便脱离了系统，但当磁带被重新装上后再读时，它仍然是数据库的一部分。但对取出的数据，可能为了修改而访问过它，当它再次进入系统时，必须把它作为新的输入数据，因为不能保证它的前后一致性。

常用的存放文件的设备有固定磁盘(盘组不可卸下)、磁鼓(现已很少使用)、活动磁盘(盘组可以取下调换)，装在计算机上的不可卸下的主磁带和磁盘，保存在远处保管库中的存档磁带和磁盘。有时在卡片叠中保存了当需要时可装入系统的主目录。

用作输入数据的设备目前常用的是联机终端、读卡机、纸带输入机、磁带机和磁盘机。

用作输出的设备目前常用的是穿卡机、各种打印机、缩微胶片输出机、纸带穿孔机、磁带机和磁盘机。

图 1-3 给出读、写文件和输入或输出数据的示意图。

在许多计算机系统中没有很清楚地说明读写文件和输入、输出数据的区别。本书也不打算讨论输入输出的问题，因为这个题目就象数据库问题本身一样复杂。当讨论数据库时可以认为操作系统已提供了包括联机终端访问的合适的输入输出能力。

本书也不讨论以输入、输出设备为基础的文件组织。因为这些方法倾向于把数据看作连续的字符流。例如，在 PL/1 语言中定义的流文件和在其它系统中定义的类似的文件组织是基于对连续文本的读和写的文件。但众所周知，连续的文本流对通信是重要的，而对数据操作是不合适的，所以不适用于数据库情况。

最后要强调的一点是“文件”这个名词也不是指贮存组成文件的数据的硬件设备。

### 1-1-2 对数据库的“计算”

在上一小节中考虑了数据库的一些静态特征，即如何以文件、记录和数据项贮存数据。从本节起将以动态观点考察一个数据库。我们知道在分析操作系统时已研究过程序设计结构的动态行为。本章中使用术语“计算”指使用数据库时对数据库进行的操作 (Tsichritizis<sup>[152]</sup>)。对数据集进行的大多数“计算”的概念是简单的，这里将区分下列四种与使用数据库有关的计算：

① 建立数据集；② 在数据集中更新修改数据元素；③ 在数据集中检索数据；④ 减少大数据量到可使用地步。

在数据库的应用中将使用所有以上四种计算，但某一类应用可能会强调其中的一种或几种计算。

在图 1-4 绘出了上述四种计算的作用。可以注意到只有第四种计算才真正使用了计算机的计算能力来简化数据并产生有用信息。

建立一个数据库通常包括数据收集、数据编码和数据输入，这些操作常常是数据库操作中最费钱的部分。

更新数据库包括插入新数据、根据需要改变存贮的数据、删除

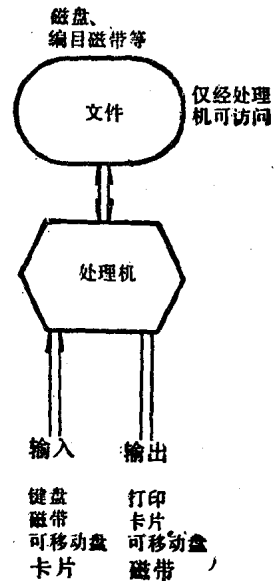


图 1-3 文件与输入输出

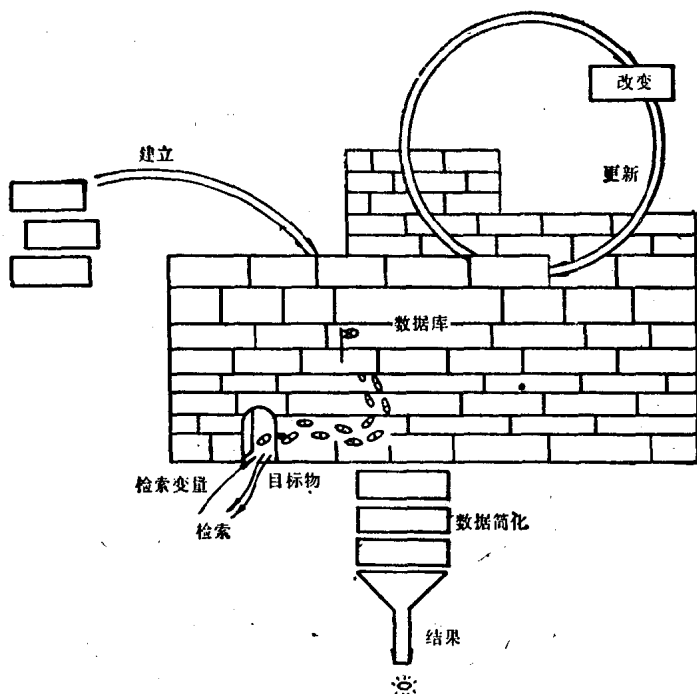


图 1-4 对数据库的操作

无效的或过时的数据。更新操作在各种类型的应用中有很大的不同。静态数据库不接受对它的更新，可以用这种数据库对历史资料作回顾性研究，在这种库中数据收集先于数据分析。一个动态的或易失性的数据库可以为订票系统一类的应用项目服务。

数据检索包括取出一个专门元素以获得一个存贮的数据值或一个关系。或者收集一系列有关的元素以获得考虑某些关系的数据。当数据被连接时会自行显示这种关系。为了取出指定的数据记录，将使用一个搜索变量，把它输入数据库。当这个搜索变量和数据库记录中的一个关键字段(键)相一致(匹配)时，检索得以成功进行。有时称搜索变量为搜索键或搜索关键字。在英文中键和钥匙都用一个字 KEY 表示，但在计算技术中使用的“键”的概念与普通日常生活中的“钥匙”的概念正好相反。一个人想从一座房子

中取物时,他使用一把钥匙打开房间的门锁,这里钥匙和锁正好是互补的关系,但是在数据库中是让一个变量和专门记录中的关键字相符合一致以取得所要求的数据。

当有关数据的数量超过请求者处理能力时,需要进行数据紧缩。在一个静止型数据库中这种操作占了支配地位。在动态数据库中进行数据紧缩的主要目的是为了周期地生成摘要和趋势分析报告。当要求得到的信息遍布整个数据库时,必须访问数据库的大部分内容才能得到一份数据摘要。通常统计摘要、年度业务工作报告或图形数据表示是频繁使用数据紧缩技术的典型例子。数据紧缩功能是极为重要的一项数据库性能,当设计一个数据库时总要求它具备这项性能。

在特殊问题中对数据库进行计算的概念性描述通常只有几行字。而实现的过程也可能只要一页流程图便可画出,并能在短时间内设计好相应的程序。尽管如此,要使一个数据库系统投入运行还要消耗大量时间和金钱。

#### 进程和进程节

当某个用户对数据库请求进行某项“计算”后,操作系统可以通过调度把该任务分成许多不同的进程,这些进程可能请求不同的资源,因而可以平行地执行。不同类型的操作系统对它所管理的进程提出不同的要求,在本章第2节中打算简单叙述经常遇到的操作系统类型。进程的调度和执行,进而对指定的“计算”任务的调度和执行决定了数据库系统的性能。可把一个进程按其本身完成的功能分成许多节,而节又是程序步的集合。在每一节中,操作系统不必为进程操心。当一个进程终止后,要开始另一个新进程时,会提出新的资源请求,例如,请求从一个文件得到数据、要求分配新的存贮空间等等。这时,操作系统必须进行干预,例如,当请求从一个文件读一个记录时,操作系统必须保证当前没有另外一个进程正在修改这个记录。能提供这种交互能力的进程节称为临界节。在图1-5中简略画出一个进程的节和临界节。

在本书中将不考虑在同一或相邻数据库中同时进行的活动对

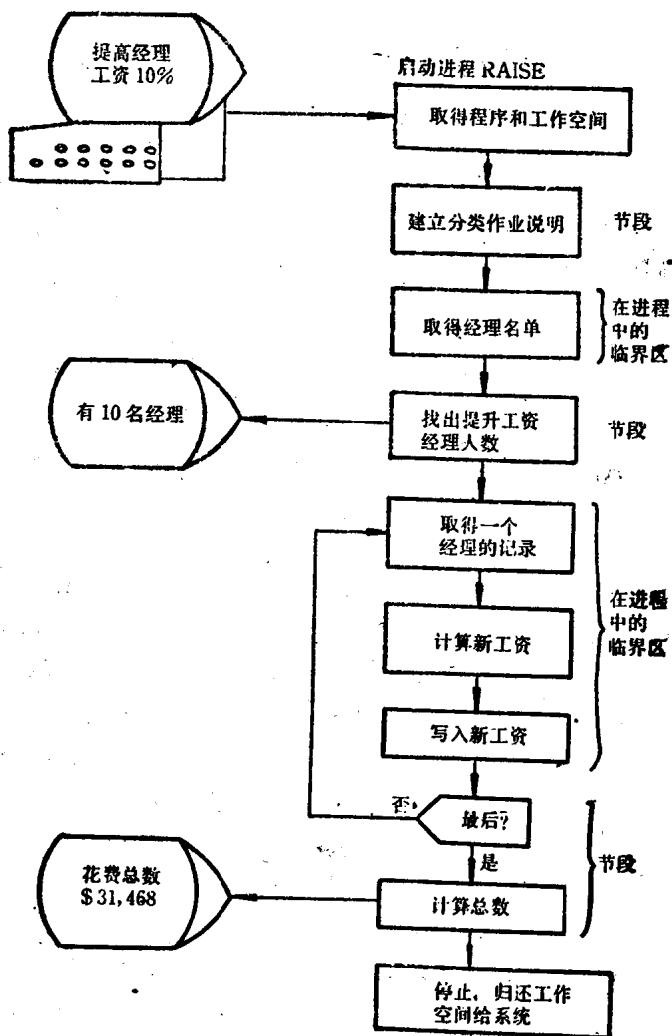


图 1-5 进程的节

进程节的影响。在第六章中将讨论如何解决平行临界节之间互相干扰的问题。

### 1-1-3 数据的层次视图

一开始接触数据库问题会遇到两种极端观点。一是综合观点,把数据库看作是一个包括人、组织和通讯的总的系统的一个组成部分。另一种是微观观点,把数据库看作是计算机工艺提供的硬件位和字节的集合。本书讨论的题目介于这两种极端观点之间,即把一个数据库看作是描述现实世界子集的数据的结构化表示,并用文件、记录和记录间的联系来实现这种表示。图 1-6 提出一种金字塔形结构,它的底边的宽度象征了为获取信息所要求的基础的广度。

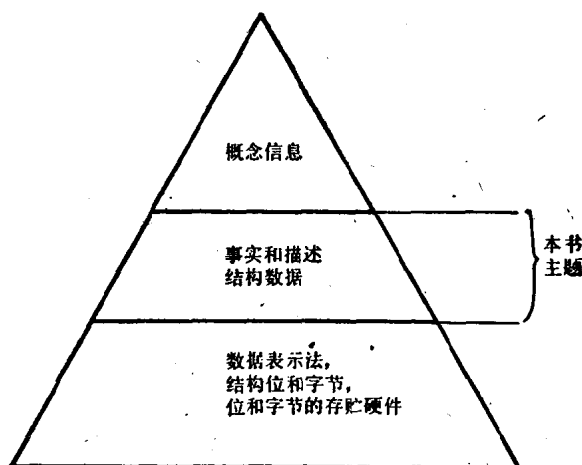


图 1-6 数据库的层次

我们认为,可把数据库的实现技术和被存贮的数据值所提供的信息重要性两者分开讨论。事实上,本书较少涉及具体的数据值,但这并不表示从事信息处理系统的人可以忽视这些问题。事实上,如果从事计算机领域工作的人忽视手头所有任务的细节或这些任务对社会和人类环境能作的贡献将会是十分不称职的。很多专门著作处理了用于企事业、政府部门和决策方面的信息的使