



新世纪高等学校计算机系列教材

数据库 原理与设计

(第二版)

◎ 张龙祥 黄正瑞 龙军 编著

图书在版编目(CIP)数据

数据库原理与设计 / 张龙祥, 黄正瑞, 龙军 编著. — 2版. — 北京: 人民邮电出版社, 2007.9

新世纪高等学校计算机系列教材

Ⅰ. 数... Ⅱ. 张... Ⅲ. 黄... Ⅳ. TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第088083号

数据库原理与设计

主要内容

(第二版)

本书全面系统地介绍了数据库系统的基本原理、设计方法、实现技术和应用。全书共分10章,主要内容包括:数据库系统概论、数据模型、数据库系统体系结构、数据库语言、数据库查询处理、数据库事务处理、数据库恢复技术、数据库安全与保密、数据库性能优化、数据库应用系统开发。本书可作为高等院校计算机专业及相关专业的教材,也可供从事数据库工作的工程技术人员参考。

张龙祥 黄正瑞 龙军 编著

新世纪高等学校计算机系列教材

(第二版) 数据库原理与设计

◆ 编著 张龙祥 黄正瑞 龙军

责任编辑 李鑫

◆ 封面设计 北京人民邮电出版社出版

地址 北京市丰台区右安门内大街22号 邮编 100061

网址 <http://www.ptpress.com.cn>

印刷 北京人民邮电出版社印刷厂

发行 北京人民邮电出版社发行部

◆ 开本: 787×1092 1/16

印张: 21.75

字 219千字 2007年9月第2版

印 36001—38000册 2007年9月第1次印刷

人民邮电出版社

北京 定价: 48.80元

客服热线: (010) 67170982 邮购热线: (010) 67170923

图书在版编目 (CIP) 数据

数据库原理与设计 / 张龙祥, 黄正瑞, 龙军编著. —2 版. —北京: 人民邮电出版社, 2007.9
(新世纪高等学校计算机系列教材)

ISBN 978-7-115-16401-8

I. 数... II. ①张...②黄...③龙... III. 数据库系统—高等学校—教材 IV. TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 088083 号

内 容 提 要

本书是为满足新世纪高等学校数据库教学的需要而编写的教材。本书较全面地介绍数据库系统的基本原理、设计和应用技术, 内容包括数据库基础知识、关系数据模型、关系数据库语言 SQL、数据库管理系统、关系数据库设计理论基础、非关系数据模型、关系数据库设计、数据库的完整性与安全性、网络数据库系统、分布式数据库系统、面向对象数据库系统和数据仓库。

本书以奠定数据库理论基础、培养数据库开发能力为目标, 既讲原理, 又讲设计与应用, 重视学习数据库的基本原理和数据库实用技术, 以实用为本, 学以致用, 反映数据库技术的最新进展。本书叙述严谨, 循序渐进, 并且配有例题和习题。

本书可作为高等院校计算机类专业、信息管理类专业本科高年级学生及研究生的教材, 也可供与计算机相关专业的技术人员使用。

新世纪高等学校计算机系列教材 数据库原理与设计 (第二版)

- ◆ 编 著 张龙祥 黄正瑞 龙 军
责任编辑 张 鑫
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
河北省邮电印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
- ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 21.75
字数: 519 千字
印数: 36 001—39 000 册

2007 年 9 月第 2 版

2007 年 9 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16401-8/TP

定价: 29.80 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223



随着社会经济生活日益增长的需要, 计算机科学技术的迅速发展进步, 数据库技术的发展越来越快, 新的 DBMS 产品和各种数据库设计及应用工具不断涌现。

本书以大学本科教学为目标, 从加强基础理论、培养实际应用能力出发, 精选介绍常用的数据库技术的核心内容, 以实用为主。因此, 在修订中基本上保持了与原版相同的叙述内容与风格, 即以当前流行的关系数据库技术为中心, 以数据库语言 SQL 为重点, 着重介绍基于关系数据模型的集中式数据库和网络数据库的原理、设计和应用, 同时适当介绍分布式数据库系统、面向对象数据库系统、对象—关系数据库系统和数据仓库的基本概念和技术。

在计算机网络环境下使用数据库系统是当前数据库应用的主流方式。可扩展标记语言 (XML) 与数据库密切相关, 已经共同成为了当代 Internet/Intranet 上提供数据服务的技术基础。为此在本书第 9 章网络数据库系统中专门增加了一节“XML 与数据库”, 介绍 XML 的基本概念及其与关系数据库的相互作用, 包括 XML 数据类型、XML 数据在关系数据库中的存储和查询等。

随着 Microsoft 公司的 .NET 平台的发布, ASP 升级为 ASP.NET, 相应的 ADO 在 .NET 平台下升级为 ADO.NET, 为 ASP.NET 程序的开发提供了更为便利的数据库访问方法。对此在本书第 9 章增加了有关内容的介绍。

在修订中删除了一些相对过时的内容, 如早期的一些数据库设计方法 (如 3NF 方法、LRA 方法), 全关系 DBMS 的评价原则等。

编 者

2007 年 5 月

数据库技术是计算机科学技术中发展最快的领域之一。数据库系统已在当代的社会生活中获得了广泛的应用,渗透到工农业生产、商业、行政管理、科学研究、教育、工程技术和国防军事等各行各业,而且围绕数据库技术已形成了一个巨大的软件产业,即数据库管理系统和各类工具软件的开发与经营。

本书以当前流行的关系数据库技术为中心,以数据库语言 SQL 为重点,着重介绍基于关系数据模型的集中式数据库和网络数据库的原理、设计和应用,同时适当介绍分布式数据库系统、面向对象数据库系统、对象—关系数据库系统和数据仓库的基本概念和技术。

在计算机网络环境下使用数据库系统已经是当前的数据库应用的主流方式,为此本书专列一章(第 9 章)讨论网络数据库系统,包括客户机/服务器系统和浏览器/服务器系统。

本书介绍的 SQL 内容以最新的国际标准 SQL3 为准,着重介绍 SQL3 标准的核心部分和重要的扩充内容,尤其是对面向对象概念的支持。这些新扩充内容目前尚未被 DBMS 产品所完全支持。

本书的内容编排向未来的 2002 计算机教学大纲靠拢,以奠定数据库理论基础、培养数据库开发能力为目标,强调理论与实践紧密结合,数据库原理与设计应用并重,既有数据库基本原理的严谨叙述,又详细说明数据库设计的方法和过程。

本书的参考学时为 54~74 学时。本书逻辑隐含三大部分:

第一部分由第 1 章~第 4 章构成,介绍数据库系统的基础知识与应用;

第二部分由第 5 章~第 9 章构成,介绍数据库系统的设计与网络应用;

第三部分由第 10 章~第 12 章构成,介绍分布式数据库系统、面向对象数据库系统和数据仓库。

第一部分和第二部分可作为必修内容(其中个别内容也可作为选修内容),第三部分为选修内容,在实际教学中可以根据情况选用。

本书由张龙祥、黄正瑞、龙军合作编写。第 4 章、第 5 章和第 7 章由黄正瑞编写,第 9 章和第 12 章由龙军编写,编写大纲和其余各章由张龙祥编写,最后由张龙祥统编全书。

在本书的编写过程中得到了全国高等学校计算机教育研究会和

全国计算机继续教育研究会的指导与支持，特在此表示衷心的感谢。

数据库技术的发展十分迅速，加之作者的水平有限，书中难免存在缺点和错误，殷切希望同行专家和读者批评指正。

编 者

2002 年 5 月

目 录

第1章 基础知识	1
1.1 数据库系统	2
1.1.1 信息与数据管理	2
1.1.2 数据库系统的组成	4
1.1.3 数据库系统的作用及优越性	5
1.2 数据模型	7
1.2.1 信息的三个世界	7
1.2.2 数据模型的特性及分类	8
1.2.3 层次数据模型	9
1.2.4 网状数据模型	10
1.2.5 关系数据模型	11
1.2.6 数据模型的相互转换和比较	12
1.3 数据库系统的构造	13
1.3.1 数据库系统结构	13
1.3.2 数据库概念模式	14
1.3.3 数据库外模式	15
1.3.4 数据库内模式	16
1.3.5 数据库管理员	16
1.3.6 数据库系统的体系结构	17
1.4 数据库管理系统	18
1.4.1 什么是数据库管理系统	18
1.4.2 数据描述语言	19
1.4.3 数据操作语言	21
1.4.4 数据库管理例行程序	21
1.4.5 数据库管理系统的工作过程	23
小结	24
习题1	24
第2章 关系数据模型	25
2.1 关系数据模型的基本概念与术语	25
2.1.1 关系、元组、属性和域	25
2.1.2 关键字	26
2.1.3 关系模型的数据操作	27

2.1.4	数据操作语言	28
2.1.5	完整性约束	28
2.2	关系代数	29
2.2.1	一般的集合运算	29
2.2.2	专门的关系运算	30
2.2.3	扩充的关系运算	33
2.2.4	五种基本操作的实现	34
2.3	关系演算	35
2.3.1	元组关系演算	35
2.3.2	域关系演算	37
2.4	关系运算的安全限制	37
2.5	关系代数表达式的优化	40
2.5.1	优化的一般策略	40
2.5.2	关系代数表达式的等价代换规则	41
2.5.3	关系代数表达式的优化算法	42
小结		44
习题 2		45
第 3 章	关系数据库语言 SQL	47
3.1	SQL 组成	48
3.1.1	关系与表	48
3.1.2	SQL 的数据类型	49
3.1.3	SQL 的语句类型	51
3.2	SQL 的数据定义	52
3.2.1	表的建立和删除	52
3.2.2	表的扩充与修改	54
3.2.3	视图 (View)	55
3.2.4	索引	56
3.2.5	数据库模式的创建与删除	57
3.3	SQL 的数据查询	58
3.3.1	单表查询	58
3.3.2	多表查询	61
3.3.3	表达式与函数的使用	64
3.3.4	相关子查询	68
3.3.5	关系代数运算	70
3.4	SQL 的数据操纵	73
3.4.1	插入数据	73
3.4.2	修改数据	74
3.4.3	删除数据	75

3.5 SQL 的数据控制	76
3.6 嵌入式 SQL	77
3.6.1 概述	77
3.6.2 内嵌 SQL 语句的 C 程序组成	78
3.6.3 无游标的操作	80
3.6.4 带游标的查询操作	80
3.7 构造数据类型、域定义与动态 SQL	83
3.7.1 构造数据类型	83
3.7.2 域定义	85
3.7.3 动态 SQL	86
小结	88
习题 3	88
第 4 章 数据库管理系统	90
4.1 数据库管理系统和操作系统的相互关系	90
4.1.1 三种可能的配置方案	90
4.1.2 DBMS 对操作系统的要求	91
4.2 数据库管理系统的层次结构	91
4.3 数据的物理存储与管理	95
4.3.1 外存上的页面编址	95
4.3.2 系统缓冲区作为存储接口	97
4.3.3 页面替换策略	98
4.4 数据存取管理	98
4.4.1 记录在数据页面上的存储	98
4.4.2 记录编址	100
4.4.3 数据库文件结构	101
4.4.4 主关键字的存取路径结构	104
4.4.5 数据记录集合的存取路径结构	107
4.5 事务处理	110
4.5.1 事务	110
4.5.2 事务的状态	111
4.5.3 更新事务的执行与恢复	112
4.6 并发控制	113
4.6.1 并发控制的概念	113
4.6.2 可串行化的判断	116
4.6.3 封锁机制与两段式调度协议	118
4.7 关系运算的实现算法	122
4.8 关系数据库管理系统 SQL Server	125
小结	129

习题 4	130
第 5 章 关系数据库设计理论基础	132
5.1 关系模式及其评价	132
5.1.1 关系模式	132
5.1.2 关系模式的评价	133
5.2 函数依赖	134
5.2.1 函数依赖的定义	134
5.2.2 函数依赖的逻辑蕴涵	135
5.2.3 关键字	136
5.3 函数依赖公理体系	136
5.3.1 Armstrong 公理	137
5.3.2 Armstrong 公理的完备性	138
5.3.3 闭包的计算	139
5.3.4 函数依赖集的等价和最小集	140
5.4 关系模式的分解	142
5.4.1 分解的无损连接性	142
5.4.2 分解的函数依赖保持性	146
5.5 关系模式的规范化	146
5.5.1 第一范式 (1NF)	147
5.5.2 第二范式 (2NF)	147
5.5.3 第三范式 (3NF)	148
5.5.4 BCNF	148
5.5.5 分解算法	150
5.6 多值依赖和第四范式	153
5.6.1 多值依赖的定义	153
5.6.2 多值依赖公理	155
5.6.3 第四范式 (4NF)	156
5.7 连接依赖和第五范式	157
5.7.1 连接依赖	157
5.7.2 第五范式 (5NF)	158
小结	159
习题 5	160
第 6 章 非关系数据模型	163
6.1 实体—联系模型	163
6.1.1 基本概念	163
6.1.2 E-R 图	164
6.1.3 实体间的依赖	169

6.1.4 组合关键字	170
6.1.5 扩充 E-R 模型	171
6.2 实体—联系模型转换为关系模式	172
6.3 面向对象数据模型	175
6.3.1 对象	175
6.3.2 类	175
6.3.3 继承	176
6.3.4 对象标识	177
6.4 基于逻辑的数据模型	178
6.4.1 基于一阶谓词的数据模型	178
6.4.2 逻辑数据库	179
小结	181
习题 6	181
第 7 章 关系数据库设计	182
7.1 信息系统及其与数据库的关系	182
7.2 数据库设计的内容与数据库生命周期	183
7.2.1 数据库设计的含义	183
7.2.2 数据库设计的目标	184
7.2.3 数据库设计的一般过程	184
7.3 关系数据库设计方法	185
7.3.1 数据需求分析	185
7.3.2 概念结构设计	189
7.3.3 逻辑结构设计	195
7.3.4 物理结构设计	198
7.4 数据库设计评价	202
7.4.1 数据库设计评价准则	202
7.4.2 一个通用的分析方法	203
7.4.3 设计策略	204
7.5 用 UML 设计关系数据库模式	206
小结	207
习题 7	207
第 8 章 数据库的完整性与安全性	209
8.1 概述	209
8.2 数据的完整性约束	210
8.2.1 完整性的语义约束和检查	211
8.2.2 SQL 中的完整性约束	212
8.3 数据库的安全性	215

8.3.1	DBMS 安全模型	215
8.3.2	视图与安全性	215
8.3.3	访问控制	216
8.3.4	数据密码	218
8.3.5	跟踪审计	220
8.3.6	统计数据库的安全性	221
8.4	数据库的故障与恢复	221
8.4.1	数据库的故障类型	222
8.4.2	恢复机制	222
8.4.3	事务级故障的恢复	225
8.4.4	系统级与介质级故障的恢复	226
8.4.5	SQL 对恢复操作的支持	227
小结		229
习题 8		230
第 9 章	网络数据库系统	231
9.1	基于客户机/服务器模式的数据库系统	231
9.1.1	客户机/服务器系统的组成	232
9.1.2	三层结构的客户机/服务器系统	233
9.2	服务器数据库的建立	234
9.2.1	数据库的建立	234
9.2.2	用户注册与授权	238
9.2.3	数据源的建立	242
9.2.4	数据库设计	242
9.3	服务器数据操纵	243
9.3.1	流程控制语言	243
9.3.2	触发器	245
9.3.3	存储过程	248
9.4	数据库访问接口	250
9.4.1	固有调用	250
9.4.2	ODBC	250
9.4.3	JDBC	252
9.5	SQL 会话期与调用级接口 CLI	253
9.5.1	SQL 的会话期	253
9.5.2	调用级接口 SQL/CLI	253
9.6	客户端应用系统	255
9.7	基于浏览器/服务器模式的数据库系统	255
9.7.1	浏览器/服务器模式	255
9.7.2	浏览器/服务器系统的工作原理和过程	257

9.7.3	浏览器/服务器系统的工作方式	257
9.7.4	浏览器/服务器系统的实施方案	258
9.7.5	Internet/Interanet 信息系统多层体系结构	259
9.8	ASP 的数据库访问技术	261
9.8.1	ASP 文件	261
9.8.2	服务器组件	263
9.8.3	访问服务器数据库	264
9.8.4	ASP.NET 中的数据库访问	265
9.9	JSP 的数据库访问技术	268
9.10	XML 与数据库	270
9.10.1	XML 概述	270
9.10.2	XML 存储	273
9.10.3	XML 查询	275
9.10.4	XML 与数据交换	276
	小结	276
	习题 9	277
第 10 章	分布式数据库系统	279
10.1	概述	279
10.1.1	什么是分布式数据库系统	279
10.1.2	分布式数据库系统的目标与优点	281
10.2	分布式数据库的模式结构	282
10.2.1	数据分布	282
10.2.2	模式结构	283
10.3	分布式数据库管理系统	285
10.3.1	分布式数据库管理系统的功能与组成	285
10.3.2	分布式数据库管理系统的主要技术问题	286
10.4	分布式查询处理	287
10.4.1	分布式查询的处理过程与特点	287
10.4.2	基于半连接的分布式查询处理	288
10.5	分布式事务模型	289
10.6	并发控制	290
	小结	291
	习题 10	292
第 11 章	面向对象数据库系统	293
11.1	概述	293
11.1.1	面向对象数据库系统的功能要求	294
11.1.2	面向对象数据库系统的实现途径	294

11.2 面向对象数据模型	294
11.2.1 对象结构	295
11.2.2 对象间的联系	295
11.2.3 对象标识	296
11.2.4 对象参照完整性约束	297
11.3 面向对象数据库语言	297
11.3.1 对象的持久性	298
11.3.2 ODMG-93	299
11.4 面向对象数据库管理系统	301
11.4.1 面向对象数据库管理系统的基本构造	301
11.4.2 存储结构	302
11.4.3 方法的实现	303
11.4.4 长事务	303
11.4.5 版本管理	304
11.5 对象—关系数据库系统	304
11.5.1 对象—关系数据库系统的特征	304
11.5.2 SQL3	307
小结	311
习题 11	311
第 12 章 数据仓库	312
12.1 概述	312
12.1.1 数据仓库的产生	312
12.1.2 数据仓库的定义	313
12.1.3 数据仓库系统的主要特征	314
12.2 数据仓库构造	314
12.2.1 数据仓库系统结构	314
12.2.2 数据仓库模型	316
12.2.3 元数据	318
12.3 联机分析处理 OLAP	319
12.3.1 OLAP 数据模型	319
12.3.2 OLAP 基本操作	320
12.3.3 OLAP 实现技术	321
12.4 数据仓库的开发	323
12.4.1 数据仓库开发的流程	323
12.4.2 构造数据仓库的过程	324
12.4.3 执行信息系统	325
12.5 数据挖掘	326
12.5.1 什么是数据挖掘	326

12.5.2 数据挖掘的主要目标与特点	327
12.5.3 数据挖掘模型	328
小结	329
参考文献	330

第1章 基础知识

人们以各种形式记录、存储、处理、传递、利用信息，信息资源是人类社会活动的重要组成部分，是人类赖以生存、发展、进步的物质基础。随着科学技术的不断发展，人们掌握和处理的信息越来越多，要想充分地开发与利用这些

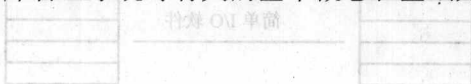
信息资源，就必须对大量的信息进行识别、存储、处理与传递。众所周知，人脑在信息的识别、信息的分析与综合、推理和联想等方面有很强的能力，但在记忆信息、快速处理信息方面的能力较弱，因此要从大量而又经常变化的信息中提取一些关键信息并不容易。以电子计算机为基础的数据库技术，具有信息存储量大、处理速度快、传输速度快、逻辑推理严密、重复性高且不会疲劳，能够有效合理地存储各种信息，能为有关应用准确快速地提供有用信息等特点，正好弥补了人类加工处理信息等方面的能力的不足，使其很快成为了信息处理的工具。

自从20世纪60年代末出现数据库技术以来，它已经渗透到了工农业生产、商业、行政管理、科学研究、工程技术和国防军事等各个部门，它是管理信息系统(MIS)、办公自动化系统(OA)、决策支持系统(DSS)等各类应用系统的核心部分。

计算机技术的迅速进步和应用要求的日益广泛深入，促使数据库技术获得了迅猛的发展。20世纪70年代曾经被称为数据库的年代，数据库技术得到了蓬勃的发展和迅速的推广应用。20世纪70年代以来，数据库技术的应用已经从常规的商用数据处理扩展到许多新的应用领域，如地球观测系统、电子商务、地理信息系统、协同设计、数字出版、多媒体应用等。20世纪80年代以来的计算机网络技术和面向对象的程序设计方法的迅速发展，新的计算机环境对数据库系统给出了新的支持，新的应用对数据库系统提出了新的要求，因而在传统的层次数据库、网状数据库、关系数据库的基础上产生了多种新型数据库系统，如分布式数据库系统、演绎数据库系统、图形图像数据库系统、工程数据库系统、统计数据库系统、面向对象数据库系统、多媒体数据库系统、主动数据库系统、并行数据库系统、智能数据库系统、移动数据库系统等。

人们把早期的层次数据库系统与网状数据库系统称为第一代数据库系统，把当今流行的关系数据库系统称为第二代数据库系统。当前正在发展的热点是新型的第三代乃至第四代数据库系统。然而这些数据库系统大都建立在基本的数据库技术的基础上，因此很有必要掌握和学习基本的数据库系统的原理和技术，作为进一步学习各类数据库系统的坚实基础，并用以解决各种计算机应用中的实际问题。

本章是对数据库系统的一个概括叙述，主要介绍数据库、数据模型、数据库系统、数据库管理系统等有关的基本概念和基础知识。



1.1 数据库系统

1.1.1 信息与数据管理

人类社会错综复杂，其中存在着各种各样的事物、事物的属性、事物之间的联系以及人们对各种事物的管理活动。所有的管理活动都离不开信息，农民从事农业生产需要土质、产量、肥料价格、气候情况等信息；工厂制定生产计划需要市场需求、材料来源、生产能力等有关信息；在日常生活中需要天气、物价、亲友的通信地址及电话号码、日程安排等信息。总之，人们的一切活动时时刻都和大量的各种信息打交道，所有的这些信息构成了信息世界。人类社会的一切活动都离不开对信息的处理，由于信息世界中的绝大部分信息都可以用数据来表示，因此信息处理实际上也可以说是数据处理。从数据处理技术发展的历史来看，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 19 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。这一阶段主要使用的计算工具有算盘、基于齿轮结构的六位加法器、计算尺和微分机等。该阶段的特点是计算工具低级、精确度差、处理能力低，并且离不开手工操作。

1890 年，美国中央统计局的 H.Hollorith 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。此卡片制表机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。与手工阶段相比，一部分手工操作由机械所代替，因此在数据处理的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。电子计算机以其自动、快速的处理，大容量的数据存储，灵活的输入/输出，彻底改变了以往数据处理效率低、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，特别是高速中央处理器和大容量磁盘存储器的应用，使计算机不仅能进行各类数值计算，还能进行文字和图像等各种数据处理，使数据处理技术获得突飞猛进的发展。本书所讨论的数据处理均指电子数据处理。

数据管理是指对数据的组织、存储、检索和维护等工作，它是数据处理的核心。随着计算机软件与硬件的发展，数据管理技术也经历了三个阶段。

1. 人工管理阶段

20 世纪 50 年代中期以前属于人工管理阶段，它是计算机数据管理的初级阶段。该阶段的主要特点是数据在外存的物理结构与用户观点的逻辑结构完全一致，计算机系统仅提供基本的输入/输出操作，而没有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。程序员在编制应用程序时，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的数据，相互结合成一个整体。此阶段数据的逻辑结构与物理结构之间的关系如图 1.1 所示。

数据的物理结构是应用程序员根据要求设计的，因此用户要花费很大精力去考虑具体的物理细

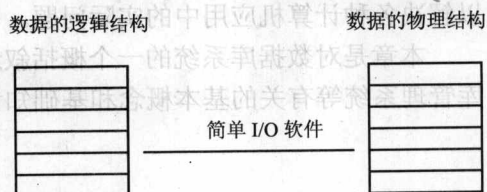


图 1.1 人工管理阶段的特征