

21世纪高等学校规划教材 | 软件工程

数据库程序设计 与开发

丁锋 何英昊 单世民 编著



清华大学出版社

013066740

TP311.13
523

21世纪高等学校规划教材 | 软件工程



数据库程序设计与开发

丁锋 何英昊 单世民 编著

清华大学出版社



北航

C1674600

TP311.13

523

017830810

野工补建 | 林林收账对半等高5世世1S

内 容 简 介

本书共 10 章,包括数据库设计过程、Oracle 数据库体系结构、SQL 语言、Oracle 数据类型、Oracle 中的数据库对象管理、PL/SQL 基础、事务管理与并发控制、数据备份与传输技术、Oracle 数据库安全管理和数据库程序开发案例。

每一章节都为读者设定了学习目标,并且将详细的知识讲解与具体的 Oracle Database 11g 操作实践结合起来,使学习数据库的过程充满乐趣。每章末尾在对本章内容进行小结的同时,还给出了需要进一步思考的问题,便于读者深入理解数据库知识,做到举一反三,融会贯通。

本书可以作为高等院校数据库课程教材或供数据库领域工作人员参考的工具书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

数据库程序设计与开发/丁锋,何英昊,单世民编著.--北京:清华大学出版社,2013

21 世纪高等学校规划教材·软件工程

ISBN 978-7-302-31841-5

I. ①数… II. ①丁… ②何… ③单… III. ①关系数据库系统—程序设计—高等学校—教材 ②关系数据库系统—系统开发—高等学校—教材 IV. ①TP311.13

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 066309 号

责任编辑:索 梅 薛 阳

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:沈 露

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京嘉实印刷有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:19

字 数:463 千字

版 次:2013 年 8 月第 1 版

印 次:2013 年 8 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:34.50 元

产品编号:051336-01

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和教学方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn



前言

数据库技术经过数十年的发展,已经形成了一定的行业标准;与此同时,新技术层出不穷,对新技术的应用更是日新月异。经过紧锣密鼓的修订与调整,这本教材终于与大家见面了。本书在章节安排上,考虑到高等院校数据库教学的实际需要,充分满足 32 学时或 64 学时的课程要求,同时数百个操作过程演示对实验环节提供全方位的支持。本书以 Oracle Database 11g 为例,深入浅出,通过边讲解边实践的方式,将理论知识与实践环节融会贯通。

本书作者丁锋毕业于大连理工大学,获得工学博士学位,多伦多大学访问学者(2007—2008),北京交通大学中国产业安全研究中心在站博士后,长期从事数据库和信息安全领域的一线工作。本书在形成过程中以单世民、赵明砚等人出版的《数据库程序设计教程——综合运用 PowerDesigner, Oracle 与 PL/SQL Developer》(清华大学出版社出版,21 世纪高等学校规划教材·软件工程)为蓝本,同时关注业内研究前沿,并参考 Oracle. com 公布的最新资料,力争做到与业界同步。

随着 2011 年和 2012 年几起涉及数据库应用的重大网络安全事件的发生,数据库安全被推到了风口浪尖,成为业内人士和大众关注的焦点。考虑到近年国家一系列信息安全方面的政策、法规和标准的出台,数据库的安全已经成为行业技术关注的重点。公安部已经明确将数据库安全纳入到信息安全等级保护范围。《信息系统安全等级保护测评要求》(GB/T 28448—2012)和《信息系统安全等级保护测评过程指南》(GB/T 28449—2012)对数据库安全进行了明确要求。本书结合数据库安全技术的发展和业界的实际需要,将数据库安全提升到了一个新的高度,通过增加一个完整的章节对数据库的安全管理进行讲述。

将理论知识与实际操作结合起来是本书的一大特色。通过实例讲解,将数据库的理论和实际操作过程呈现给读者。对数据库体系中涉及的重要知识点,作者结合近年的数据库教学经验,进行认真翔实的实际操作演示,通过大量直观的界面展现,为读者亲自动手演练铺平道路。衷心祝愿大家的数据库学习之旅轻松愉快!

目 录

第 1 章 数据库设计过程	1
1.1 概述	1
1.2 需求分析	3
1.2.1 数据流图基本概念	3
1.2.2 数据流图绘制	4
1.2.3 数据流图与程序框图	6
1.2.4 需求分析示例	6
1.2.5 数据字典	7
1.2.6 使用 PowerDesigner 绘制数据流图	8
1.3 概念结构设计	12
1.3.1 概念结构设计方法	12
1.3.2 自底向上的概念结构设计方法	13
1.3.3 使用 PowerDesigner 绘制概念数据模型	18
1.4 逻辑结构设计	22
1.4.1 E-R 图向关系模型的转换	22
1.4.2 逻辑模型到数据库特定模型的转换	24
1.4.3 子模式设计	25
1.4.4 使用 PowerDesigner 建立逻辑模型	25
1.5 物理结构设计	26
1.5.1 物理结构设计的工作内容	27
1.5.2 使用 PowerDesigner 建立物理模型	27
1.6 数据库实施及数据库的运行与维护	29
1.7 本章小结	29
习题 1	29
第 2 章 Oracle 数据库体系结构	31
2.1 概述	31
2.2 实例的组成	32
2.2.1 内存结构	32
2.2.2 后台进程	33
2.3 实例的启动	34
2.4 连接数据库实例	35

2.4.1	专用服务器模式	36
2.4.2	共享服务器模式	37
2.4.3	两种工作模式的讨论	38
2.5	数据库使用的文件	39
2.6	Oracle 存储的逻辑结构	39
2.6.1	表空间	40
2.6.2	段	41
2.6.3	区(盘区)	41
2.6.4	数据块	42
2.7	数据逻辑结构与数据文件的关系	43
2.8	表空间的创建	43
2.9	本章小结	45
习题 2		45
第 3 章	SQL	47
3.1	SQL 简述	47
3.2	数据定义语言	48
3.2.1	建立数据表	48
3.2.2	更改数据表	50
3.2.3	删除数据表	52
3.3	数据操纵语言	52
3.3.1	插入数据命令	52
3.3.2	更新数据命令	54
3.3.3	删除数据命令	55
3.4	数据检索命令	56
3.4.1	基本语法	57
3.4.2	选择查询结果属性列	58
3.4.3	选择查询结果数据行	60
3.4.4	查询结果排序	66
3.4.5	聚集计算	68
3.4.6	分组查询	69
3.4.7	多表查询	71
3.4.8	子查询	76
3.4.9	集合查询	82
3.5	Oracle 中的特殊对象与高级 SQL 命令	83
3.5.1	DUAL 表	83
3.5.2	INSERT ALL 语句和 INSERT FIRST 语句	85
3.5.3	MERGE 语句	89
3.6	SQL 函数	92

3.6.1	NULL 和单行函数	92
3.6.2	字符函数	93
3.6.3	数值函数	95
3.6.4	日期函数	96
3.6.5	类型转换函数	97
3.6.6	分支函数	98
3.6.7	MS SQL Server 与 Oracle 常用 SQL 函数对应关系	99
3.7	SQL 高级查询技术	101
3.7.1	TOP-N 查询	101
3.7.2	层次查询	101
3.7.3	分析函数	104
3.8	本章小结	109
	习题 3	109
第 4 章	Oracle 数据类型	111
4.1	概述	111
4.2	字符类型	112
4.2.1	CHAR	112
4.2.2	VARCHAR2	114
4.2.3	NCHAR 和 NVARCHAR2	116
4.3	数值类型	116
4.3.1	NUMBER 类型	116
4.3.2	BINARY_FLOAT 和 BINARY_DOUBLE 类型	120
4.4	二进制类型	120
4.5	日期和时间类型	122
4.6	ROWID 类型和 UROWID 类型	126
4.7	LONG 数据类型	126
4.8	大对象技术	127
4.8.1	LOB 类型的特点	128
4.8.2	LOB 的存储	128
4.8.3	使用大对象数据类型	129
4.8.4	DBMS_LOB 包	137
4.9	本章小结	139
	习题 4	139
第 5 章	Oracle 中的数据库对象管理	140
5.1	Oracle 中的基础数据库对象	140
5.1.1	数据表与堆表	141
5.1.2	索引与 B* 树索引	142

5.1.3	视图与关系视图	144
5.2	Oracle 中的数据表	147
5.2.1	索引组织表	147
5.2.2	外部表	150
5.2.3	临时表	153
5.2.4	对象表	156
5.2.5	嵌套表	157
5.2.6	聚簇表	160
5.3	Oracle 中的视图	162
5.3.1	物化视图	162
5.3.2	对象视图	164
5.4	Oracle 中的索引	164
5.4.1	反转键索引	164
5.4.2	位图索引	165
5.4.3	基于函数的索引	166
5.5	联合索引与跳跃查询	167
5.6	索引的压缩	169
5.7	Oracle 序列	170
5.7.1	序列的创建与删除	170
5.7.2	序列的使用	172
5.7.3	序列的 CACHE 使用方式	174
5.8	Oracle 同义词	175
5.9	Oracle 数据字典	177
5.9.1	数据字典分类	180
5.9.2	数据字典的组成	181
5.9.3	常用的静态数据字典	181
5.9.4	常用的动态数据字典	182
5.10	其他常用数据库对象	183
5.11	本章小结	183
习题 5		183
第 6 章	PL/SQL 基础	185
6.1	PL/SQL 概览	185
6.1.1	客户端/服务器架构中的 PL/SQL	185
6.1.2	PL/SQL 程序的代码组织方式	186
6.1.3	PL/SQL 代码块分类	187
6.1.4	第一个 PL/SQL 示例程序	188
6.2	PL/SQL 中的变量	189
6.2.1	PL/SQL 数据类型	189

6.2.2	PL/SQL 的语言规则与约定	190
6.2.3	变量声明	191
6.2.4	锚定变量类型	192
6.2.5	变量初始化	192
6.2.6	变量生存范围	195
6.3	PL/SQL 与 SQL	197
6.3.1	在 PL/SQL 程序中使用查询语句	197
6.3.2	在 PL/SQL 程序中使用 DML	198
6.4	流程控制结构	200
6.4.1	IF 语句	201
6.4.2	CASE 语句	204
6.4.3	LOOP 循环(无条件循环)	206
6.4.4	WHILE 循环	207
6.4.5	FOR 循环	208
6.4.6	嵌套循环	210
6.4.7	CONTINUE 循环跳转控制	211
6.4.8	GOTO 程序跳转	213
6.5	错误处理	214
6.5.1	错误与异常	215
6.5.2	异常的分类	215
6.5.3	异常的处理	217
6.5.4	SQLCODE 和 SQLERRM	220
6.5.5	复合异常处理	221
6.5.6	异常的引发	222
6.5.7	异常的传播	223
6.5.8	RAISE_APPLICATION_ERROR	224
6.6	本章小结	226
	习题 6	226
第 7 章	事务管理与并发控制	227
7.1	事务基本概念	227
7.2	事务控制语句	228
7.3	Oracle 中事务的原子性	230
7.4	事务的隔离级别	232
7.5	悲观锁定与乐观锁定	234
7.6	本章小结	235
	习题 7	235

第 8 章 数据备份与传输技术	236
8.1 备份与恢复	236
8.1.1 备份分类	236
8.1.2 恢复分类	237
8.1.3 备份与恢复方法	237
8.2 RMAN	238
8.2.1 RMAN 基本概念	238
8.2.2 RMAN 基本应用	239
8.3 闪回操作	246
8.3.1 闪回数据库	247
8.3.2 闪回命令	248
8.3.3 回收站	249
8.4 数据泵	252
8.4.1 EXPDP	253
8.4.2 IMPDP	254
8.5 SQL * Loader	255
8.6 本章小结	257
习题 8	257
第 9 章 Oracle 数据库安全管理	258
9.1 安全管理流程	258
9.2 安全策略	259
9.2.1 系统安全策略	259
9.2.2 数据安全策略	261
9.2.3 用户安全策略	261
9.2.4 口令管理策略	261
9.2.5 审计策略	262
9.3 管理用户、权限和资源	263
9.3.1 权限和角色	263
9.3.2 概要文件管理系统资源	264
9.4 审计准则	264
9.4.1 保持审计过的信息可管理	265
9.4.2 审计可疑的数据库活动的准则	266
9.4.3 审计正常的数据库活动的准则	266
9.5 Oracle 数据库的审计功能	267
9.5.1 审计跟踪信息内容	268
9.5.2 设置审计选项	269
9.5.3 关闭审计选项	271

9.5.4	启用和禁用数据库审计.....	271
9.5.5	从审计跟踪中清除审计记录.....	272
9.5.6	保护审计跟踪.....	272
9.6	细粒度审计	272
9.7	本章小结	273
习题 9		273
第 10 章	数据库程序开发案例	274
10.1	系统需求描述.....	274
10.1.1	系统整体业务流程.....	274
10.1.2	生产计划管理.....	274
10.1.3	分解鉴定管理.....	275
10.1.4	工艺文件管理.....	275
10.1.5	机车档案管理.....	276
10.2	需求分析.....	276
10.2.1	功能界定.....	276
10.2.2	运行环境.....	276
10.2.3	系统功能分析.....	277
10.3	数据库设计.....	278
10.3.1	数据库设计命名约定.....	278
10.3.2	概念结构设计.....	278
10.3.3	逻辑结构设计.....	279
10.3.4	数据视图设计.....	281
10.3.5	存储过程设计.....	282
10.4	本章小结.....	286
习题 10		286
附录 A	订单处理系统设计方案.....	287
参考文献		290

第1章

数据库设计过程

本章学习目标：

- 理解并掌握数据库设计过程；
- 理解并掌握概念模型及其绘制方法；
- 理解并掌握逻辑模型及其生成方法；
- 理解并掌握物理模型及其生成方法；
- 掌握 PowerDesigner 的基本使用方法。

当前,绝大多数的应用系统都属于数据库应用程序,都离不开数据库系统的支持。数据库设计方案的优劣对于应用程序的效率至关重要。数据库设计过程就是针对具体的应用环境,设计优化的逻辑模式,并根据所采用的数据库系统产品设计物理结构,进而建立数据库作为应用系统开发基础的过程。

本章以订单处理系统为例,讲解了数据库设计过程的步骤以及在设计过程中可能遇到的问题,并结合数据库设计过程对 PowerDesigner 的使用方法进行了讲解。通过本章的学习,读者可以熟悉和掌握数据库设计的基本过程,并可以利用 PowerDesigner 形成规范的设计方案。

1.1 概述

数据库设计过程就是一个针对具体问题提出解决方案的过程,可以按照提出问题、分析问题、解决问题的过程实现。进一步的,由于针对的是数据库设计方案这一具体目标,规范化的数据库设计过程又分为更为详细的六个步骤(阶段),包括需求分析、概念结构设计、逻辑结构设计、物理结构设计、数据库实施、数据库运行和维护。

在这六个阶段中,前五个阶段是设计方案的完成过程,最后一个阶段则主要是数据库管理员(DBA)的职责范围。需要注意,数据库设计不是一劳永逸的,需要在实际应用中不断地进行细化和调整,是一个不断迭代的过程。数据库设计的总体过程如图 1.1 所示。

为易于理解和掌握数据库设计,本章将以简化设计的订单处理系统为例讲解数据库设计的各个过程。此系统的应用场景简要描述如下。

现有一个公司希望为其客户订购行为建立一个数据库。一个客户可以有一份或多份订

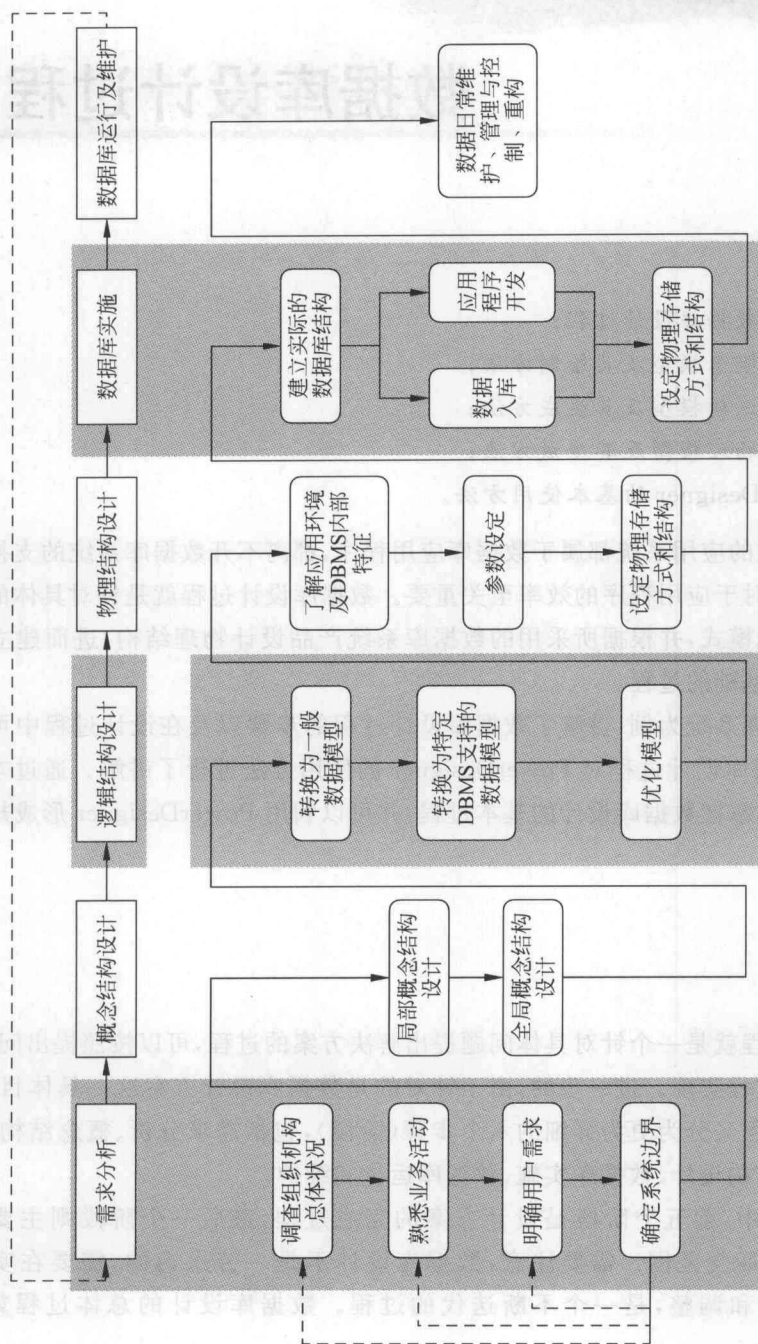


图 1.1 数据库设计过程总图

单,订单包含有若干订单细节项目,每个订单细节项目对应一种商品并注明商品的名称、数量、单价以及送货地点和时间。每份订单可以对应一张发票,并可以通过多种方式来支付购买款,如支票、信用卡或现金等。订单由用户通过网络系统生成,并在格式检查、产品目录检查及客户信息验证后进行提交,不合格的订单将被注明原因后直接退回。

订单提交完毕之后,系统根据库存情况审核订单。如果库存中有足够数量的订单产品,则产生相应的出货单,然后直接从库存中发货,并交由物流系统进行处理(配送信息记录在送货单中,一份订单根据订单细节的要求可能对应多份送货单),同时出具发票。发货的方式可以有多种;如果订单中的某一商品库存中没有足量的存货,则将订单留存,并产生相应的进货单,补充库存,并在补充库存后将可满足订单进行发货处理。

1.2 需求分析

需求分析的任务是详细调查现实世界的对象,了解所要解决的问题领域的业务流程,明确用户的各种需求。需要注意的是数据库设计的需求分析和软件工程的需求分析的侧重点有所不同。对于软件工程而言,需求分析的任务是从软件开发的角度出发,以软件的功能需求为核心内容,分析经济、技术、法律可行性及用户操作可行性,确定系统的功能及数据处理的要求。相对而言,数据库设计更加侧重于从数据处理的角度出发提出设计方案。

数据库设计过程中的需求分析的重点是调查、收集与分析用户在数据管理中的信息要求(即用户需要从数据库中获得信息的内容与性质)、处理要求(对数据处理功能、方式及响应时间的要求)、安全性与完整性要求(针对应用的数据约束)。

在需求分析过程中,分析和表达用户的需求的常用方法是自顶向下的结构化分析方法(Structured Analysis, SA)。SA方法从最上层的系统组织机构入手,采用逐层分解的方式分析系统,并用数据流图和数据字典描述系统。

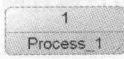
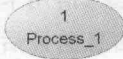
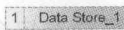
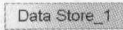
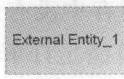
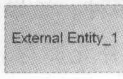
1.2.1 数据流图基本概念

数据流图是描绘系统的逻辑模型。它只描绘数据流在系统中流动和处理的情况,是逻辑系统的图形表示。数据流图用抽象模型的概念,按照软件内部数据传递、变换的关系,自顶向下逐层分解,找到满足功能要求的所有可实现的软件。在组织方式上,数据流图以分层的形式反映结构关系,以易于理解的方式清楚地表达了整个系统。

数据流图去掉了具体的组织机构、工作场所、物质流等,只剩下信息和数据存储、流动、使用以及处理等抽象数据。通过把系统对各种业务的处理过程联系起来,数据流图将系统的数据存储、流动及处理形成总体,可反映出数据流之间的概括情况。

数据流图常用的符号体系有两种,分别是 Gane&Sarson 和 Yourdon。两种体系的符号表示方法及对应关系如表 1.1 所示。

表 1.1 数据流图符号表示体系

概 念	Gane&Sarson	Yourdon
数据处理		
数据流		
数据存储		
外部实体		
数据分解/合并		

如表 1.1 所示,数据流图使用以下四种基本的组成元素以及数据的分解/合并节点。

- 数据源点或数据终点(外部实体):数据源点和终点表示数据的外部来源和去处。它通常是系统之外的人员或组织,不受系统控制。
- 数据处理:数据处理是对数据进行的操作,它把流入的数据流转换为流出的数据流。
- 数据存储:数据存储是存储数据的工具,数据存储名应与它的内容一致。
- 数据流:数据流由一组确定的数据组成。数据流可以从处理流向处理,也可以从处理流进、流出数据存储,还可以从源点流向处理或从处理流向终点。

1.2.2 数据流图绘制

相应的,数据流图的绘制过程就是通过需求的描述及问题的分析,识别数据流图的四种组成成分,并不断细化设计方案的过程。具体的步骤如图 1.2 所示。

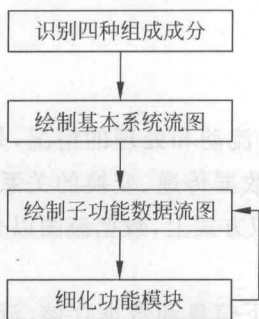


图 1.2 数据流图的绘制过程

首先,需要从问题描述中识别出四种基本组成成分。然后,根据组成成分识别的结果绘制系统的基本系统流图,即数据流图的顶层图(第 0 层)。在绘制顶层图的过程中,最重要的就是确定系统的功能范围(系统边界)。在仍未清晰理解系统的情况下应设计稍大的系统功能范围,并在后续的设计过程中逐步求精。

将系统边界内部作为一个整体,则与此整体进行交互的数据流就是系统的输入数据流或输出数据流。将输入与输出用数据处理符号连接起来并且加上输入数据来源和输出数据去向就可形成顶层数据流图(基本系统流图)。一般来说,在系统功能明确的情况下,可以忽略顶层数据流图而直接绘制功能级数据流图。

功能级数据流图是数据流图绘制工作的主要内容,需要在不断细化的迭代分析与设计中完成。功能级数据流图的迭代设计在分析人员满意数据处理的细分程度时停止。在将基本系统模型细化为系统的功能级数据流图时,可以从系统输入端到输出端,逐步将数据的来