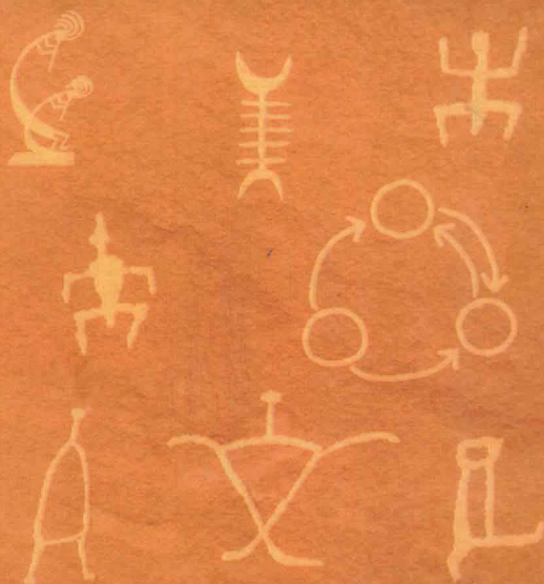


经 典 原 版 书 库

数据库系统实现

(英文版)

DATABASE SYSTEM IMPLEMENTATION



HECTOR GARCIA-MOLINA
JEFFREY D. ULLMAN
JENNIFER WIDOM

Hector Garcia-Molina
(美) Jeffrey D. Ullman
Jennifer Widom

著

(斯坦福大学)



机械工业出版社
China Machine Press

Prentice Hall

经典原版书库

(英文版)

数据库系统实现

Database System Implementation

江苏工业学院图书馆
藏书章

Hector Garcia-Molina
(美) Jeffrey D. Ullman 著
Jennifer Widom

(斯坦福大学)



机械工业出版社
China Machine Press

English reprint edition copyright © 2002 by PEARSON
EDUCATION ASIA LIMITED and CHINA MACHINE PRESS.

Database System Implementation by Hector Garcia-Molina, Jeffrey
D. Ullman and Jennifer Widom, Copyright © 2000. All rights reserved.
Published by arrangement with Pearson Education, Inc..

本书英文影印版由美国Prentice Hall公司授权机械工业出版社在
中国大陆境内独家出版发行, 未经出版者许可, 不得以任何方式抄袭、
复制或节录本书中的任何部分。

版权所有, 侵权必究。

本书版权登记号: 图字: 01-2001-5017

图书在版编目 (CIP) 数据

数据系统实现 (英文版) / (美) 加西亚 - 莫利纳 (Garcia-
Molina, H), (美) 沃尔曼 (Ullman, J.D.), (美) 威德姆 (Widom, J.)
著. - 北京: 机械工业出版社, 2002.1

(经典原版书库)

ISBN 7-111-09161-2

I. 数… II. ①加… ②沃… ③威… III. 数据库系统-英文
IV. TP311.13

中国版本图书馆CIP数据核字 (2001) 第051440号

机械工业出版社 (北京市西城区百万庄大街22号 邮政编码 100037)

责任编辑: 华章

北京市密云县印刷厂印刷 · 新华书店北京发行所发行

2002年1月第1版第1次印刷

880mm × 1230mm 1/32 · 21.25印张

印数: 0 001-3 000册

定价: 42.00元

凡购本书, 如有倒页、脱页、缺页, 由本社发行部调换

出版者的话

文艺复兴以降，源远流长的科学精神和逐步形成的学术规范，使西方国家在自然科学的各个领域取得了垄断性的优势；也正是这样的传统，使美国在信息技术发展的六十多年间名家辈出、独领风骚。在商业化的进程中，美国的产业界与教育界越来越紧密地结合，计算机学科中的许多泰山北斗同时身处科研和教学的最前线，由此而产生的经典科学著作，不仅擘划了研究的范畴，还揭橥了学术的源变，既遵循学术规范，又自有学者个性，其价值并不会因年月的流逝而减退。

近年，在全球信息化大潮的推动下，我国的计算机产业发展迅猛，对专业人才的需求日益迫切。这对计算机教育界和出版界都既是机遇，也是挑战；而专业教材的建设在教育战略上显得举足轻重。在我国信息技术发展时间较短、从业人员较少的现状下，美国等发达国家在其计算机科学发展的几十年间积淀的经典教材仍有许多值得借鉴之处。因此，引进一批国外优秀计算机教材将对我国计算机教育事业的发展起积极的推动作用，也是与世界接轨、建设真正的世界一流大学的必由之路。

机械工业出版社华章图文信息有限公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年始，华章公司就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过几年的不懈努力，我们与Prentice Hall, Addison-Wesley, McGraw-Hill, Morgan Kaufmann等世界著名出版公司建立了良好的合作关系，从它们现有的数百种教材中甄选出Tanenbaum, Stroustrup, Kernighan, Jim Gray等大师名家的一批经典作品，以“计算机科学丛书”为总称出版，供读者学习、研究及收藏。大理石纹理的封面，也正体现了这套丛书的品位和格调。

“计算机科学丛书”的出版工作得到了国内外学者的鼎力襄助，国内的专家不仅提供了中肯的选题指导，还不辞劳苦地担任了翻译和审校的工作；而原书的作者也相当关注其作品在中国的传播，有的还专诚为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近百个品种，这些书籍在读者中树立了良好的口碑，并被许多高校采用为正式教材和参考书籍，为进一步推广与发展打下了坚实的基础。

随着学科建设的初步完善和教材改革的逐渐深化，教育界对国外计算机教材的需求和应用都步入一个新的阶段。为此，华章公司将加大引进教材的力度，在“华章教育”的总规划之下出版三个系列的计算机教材：针对本科生的核心课程，剔抉外版菁华而成“国外经典教材”系列；对影印版的教材，则单独开辟出“经典原版书库”；定位在高级教程和专业参考的“计算机科学丛书”还将保持原来的风格，继续出版新的品种。为了保证这三套丛书的权威性，同时也为了更好地为学校和老师服务，华章公司聘请了中国科学院、北京大学、清华大学、国防科技大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、中国科技大学、哈尔滨工业大学、西安交通大学、中国人民大学、北京航空航天大学、北京邮电大学、中山大学、解放军理工大学、郑州大学、湖北工学院、中国国家信息安全测评认证中心等国内重点大学和科研机构在计算机的各个领域的著名学者组成“专家指导委员会”，为我们提供选题意见和出版监督。

“经典原版书库”是响应教育部提出的使用原版国外教材的号召，为国内高校的计算机教学度身订造的。在广泛地征求并听取丛书的“专家指导委员会”的意见后，我们最终选定了这30多种篇幅内容适度、讲解鞭辟入里的教材，其中的大部分已经被M.I.T.、Stanford、U.C. Berkley、C.M.U.等世界名牌大学采用。丛书不仅涵盖了程序设计、数据结构、操作系统、计算机体系结构、数据库、编译原理、软件工程、图形学、通信与网络、离散数学等国内大学计算机专业普遍开设的核心课程，而且各具特色——有的出自语言设计者之手、有的历三十年而不衰、有的已被全世界的几百所高校采用。在这些圆熟通博的名师大作的指引之下，读者必将在计算机科学的宫殿中由登堂而入室。

权威的作者、经典的教材、一流的译者、严格的审校、精细的编辑，这些因素使我们的图书有了质量的保证，但我们的目标是尽善尽美，而反馈的意见正是我们达到这一终极目标的重要帮助。教材的出版只是我们的后续服务的起点。华章公司欢迎老师和读者对我们的工作提出建议或给予指正，我们的联系方式如下：

电子邮件：hzedu@hzbook.com

联系电话：(010) 68995265

联系地址：北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码：100037

专家指导委员会

(按姓氏笔画顺序)

尤晋元	王珊	冯博琴	史忠植	史美林
石教英	吕建	孙玉芳	吴世忠	吴时霖
张立昂	李伟琴	李师贤	李建中	杨冬青
邵维忠	陆丽娜	陆鑫达	陈向群	周伯生
周克定	周傲英	孟小峰	岳丽华	范明
郑国梁	施伯乐	钟玉琢	唐世渭	袁崇义
高传善	梅宏	程旭	程时端	谢希仁
裘宗燕	戴葵			

About the Authors



Hector Garcia-Molina is the Leonard Bosack and Sandra Lerner Professor in the Computer Science and Electrical Engineering Departments at Stanford University. He has published extensively in the fields of database systems, distributed systems, and digital libraries. His research interests also include distributed computing systems, database systems, and digital libraries.



Jeffrey D. Ullman is the Stanford W. Ascherman Professor of Computer Science at Stanford University. He is the author or co-author of 15 books and 170 technical publications, including *A First Course in Database Systems* (Prentice Hall 1997) and *Elements of ML Programming* (Prentice Hall 1998). His research interests include database theory, database integration, data mining, and education using the information infrastructure. He has received numerous awards such as the Guggenheim Fellowship and election to the National Academy of Engineering. He also received the 1996 Sigmod Contribution Award and the 1998 Karl V. Karstrom Outstanding Educator Award.



Jennifer Widom is an Associate Professor in the Computer Science and Electrical Engineering Departments at Stanford University. She has served on numerous editorial boards and program committees, she has published widely in computer science conferences and journals, and is co-author of *A First Course in Database Systems* (Prentice Hall 1997). Her research interests include database systems for semistructured data and XML, data warehousing, and active database systems.

Preface

This book was designed for CS245, the second course in the database sequence at Stanford. Here, the first database course, CS145, covers database design and programming, for which the book *A First Course in Database Systems* by Jeff Ullman and Jennifer Widom, Prentice-Hall, 1997, was written. The CS245 course then covers implementation of a DBMS, notably storage structures, query processing, and transaction management.

Use of the Book

We're on a quarter system at Stanford, so the principal course using this book — CS245 — is only ten weeks long. In the Winter of 1999, Hector Garcia-Molina used a “beta” version of this book, and covered the following parts: Sections 2.1–2.4, all of Chapters 3 and 4, Sections 5.1 and 5.2, Sections 6.1–6.7, Sections 7.1–7.4, all of Chapter 8, Chapter 9 except for Section 9.8, Sections 10.1–10.3, Section 11.1, and Section 11.5.

The balance of Chapters 6 and 7 (query optimization) is covered in an advanced course, CS346, where students implement their own DBMS. Other portions of the book that are not covered in CS245 may appear in another advanced course, CS347, which talks about distributed databases and advanced transaction processing.

Schools that are on the semester system have the opportunity to combine the use of this book with its predecessor: *A First Course in Database Systems*. We recommend using that book in the first semester, coupled with a database-application programming project. The second semester could cover most or all of the content of this book. An advantage to splitting the study of databases into two courses is that students not planning to specialize in DBMS construction can take only the first course and be able to use databases in whatever branch of Computer Science they enter.

Prerequisites

The course on which the book is based is rarely taken before the senior year, so we expect the reader to have a fairly broad background in the traditional areas

VIII

of Computer Science. We assume that the reader has learned something about database programming, especially SQL. It is helpful to know about relational algebra and to have some familiarity with basic data structures. Likewise, some knowledge of file systems and operating systems is useful.

Exercises

The book contains extensive exercises, with some for almost every section. We indicate harder exercises or parts of exercises with an exclamation point. The hardest exercises have a double exclamation point.

Some of the exercises or parts are marked with a star. For these exercises, we shall endeavor to maintain solutions accessible through the book's Web page. These solutions are publicly available and should be used for self-testing. Note that in a few cases, one exercise B asks for modification or adaptation of your solution to another exercise A . If certain parts of A have Web-published solutions, then you should expect the corresponding parts of B to have solutions as well.

Support on the World-Wide Web

The book's home page is

<http://www-db.stanford.edu/~ullman/dbsi.html>

Here you will find solutions to starred exercises, errata as we learn of them, and backup materials. We hope to make available the notes for each offering of CS245 and relevant portions of other database courses, as we teach them, including homeworks, exams, and solutions.

Acknowledgements

Thanks go to Brad Adelberg, Karen Butler, Ed Chang, Surajit Chaudhuri, Rada Chirkova, Tom Dienstbier, Xavier Faz, Tracy Fujieda, Luis Gravano, Ben Holzman, Fabien Modoux, Peter Mork, Ken Ross, Mema Roussopolous, and Jonathan Ullman for assistance gathering material and/or discovering errors in earlier drafts of this work. Remaining errors are ours, of course.

H. G.-M.
J. D. U.
J. W.
Stanford, CA

教学支持说明

本书系我社获全球最大的教育出版集团——美国Pearson Education Group独家授权之英文影印/简体中文版。

Pearson Education旗下的国际知名教育图书出版公司Prentice Hall，以其高品质的计算机类出版物而享誉全球教育界、工商界、技术界，成为全美及全球高校采用率最高的教材。为秉承Prentice Hall出版公司对于教材类产品的一贯教学支持，我社特获独家授权英文影印/简体中文版的《教师指导手册》，向采纳本书作为教材的教师免费提供。

获取相关《教师指导手册》的教师烦请填写如下情况调查表，以确保此教学辅导材料仅为教师获得。

情况调查表如下所示：



证 明

兹证明_____大学_____系/院_____学年（学期）开设的

课程，采用机械工业出版社出版的英文影印/简体中文版_____（作

者/书名）作为主要教材。任课教师为_____，学生_____个班共_____人。

任课教师需要与本书配套的教师指导手册。

电话：_____

E-mail：_____

传真：_____

联系地址：_____

邮编：_____

系/院主任：_____（签字）

（系/院办公室章）

年____月____日



同时本书还配有其他教学辅导资料，相关事宜敬请访问Pearson Education, Prentice Hall, Addison Wesley的相关网站：<http://www.pearsoned.com>, <http://www.prenhall.com>, <http://www.aw.com>.



China Machine Press

机械工业出版社

Tel: 8610-68995261

华章教育

8610-68326677-2803

Fax: 8610-68311602

E-mail: hzedu@hzbook.com



Pearson Education Beijing Office

培生教育出版集团北京办事处

Tel: 8610- 6891 7488 /6891 6659

Fax: 8610-68917499

E-mail: service@pearsoned.com.cn

计算机科学丛书

-
- | | |
|----------------------|----------------------------|
| 《编译原理及实践》 | Louden 著/冯博琴 等译/39.00元 |
| 《UNIX环境高级编程》 | Stevens 著/尤晋元 等译/55.00元 |
| 《分布式操作系统：概念与实践》 | Galli 著/尤晋元 等译/ |
| 《分布式系统设计》 | Jie Wu 著/高传善 等译/30.00元 |
| 《现代操作系统》 | Tanenbaum 著/陈向群 等译/40.00元 |
| 《UNIX操作系统设计》 | Bach 著/陈葆珏 等译/33.00元 |
| 《UNIX编程环境》 | Kernighan 等著/陈向群 等译/24.00元 |
| 《C语言解析》(原书第4版) | Pohl 著/麻志毅 等译/48.00元 |
| 《C程序接口与实现》 | Hanson 著/ |
| 《C程序设计教程》(原书第2版) | Deitel 等著/薛万鹏 等译/33.00元 |
| 《C++程序设计教程》(原书第2版) | Deitel 等著/薛万鹏 等译/22.00元 |
| 《编码的奥秘》 | Petzold 著/陆丽娜 等译/24.00元 |
| 《编码的奥秘》(原书第2版) | Petzold 著/陆丽娜 等译/ |
| 《C++核心：软件工程方法》 | Shtern 著/李师贤 等译/ |
| 《Java 程序设计导引》 | Liang 著/王镁 等译/ |
| 《Java 语言解析》 | Pohl 著/ |
| 《Java 程序设计教程》(原书第3版) | Deitel 著/袁兆山 等译/ |
| 《大型C++软件设计》 | Lakos 著/李师贤 等译/ |
| 《C++语言的设计和演化》 | Stroustrup 著/裘宗燕 译/48.00元 |
| 《C++编程思想》 | Eckel 著/刘宗田 等译/39.00元 |
| 《C++编程思想》(第2版) | Eckel著/刘宗田 等译/ |
| 《Java编程思想》 | Eckel 著/京京工作室 译/39.00元 |
| 《Java编程思想》(第2版) | Eckel 著/京京工作室 译/ |
| 《电子商务》 | Schneider 等著/成栋 译/28.00元 |
| 《多媒体应用程序的面向对象设计》 | Guzdial 著/ |
| 《计算机文化》(原书第3版) | Parsons 著/朱海滨 等译/50.00元 |
| 《图论导引》(原书第2版) | West 著/ |
| 《专家系统原理与编程》(原书第3版) | Giarratano 著/印鉴 等译/49.00元 |
| 《神经网络》 | Haykin 著/史忠植 等译/ |
| 《人机接口》 | Raskin 著/ |
| 《设计模式：可复用面向对象软件的基础》 | Gamma 等著/吕建 等译/35.00元 |

- 《软件工程: JAVA语言实现》(原书第4版)
 《软件工程: 实践者的研究方法》(原书第4版)
 《软件需求》
 《数据库系统导论》(原书第7版)
 《数据仓库》(原书第2版)
 《数据挖掘: 概念与技术》
 《数据库系统概念》(原书第3版)
 《数据库系统实现》
 《数据库设计》
 《数据库管理系统基础》
 《事务处理: 概念与技术》
 《数字逻辑: 应用与设计》
 《嵌入式计算机系统设计原理》
 《并行程序设计》
 《最新网络技术基础》
 《计算机网络与因特网》(原书第2版)
 《计算机网络》(原书第2版)
 《光纤通信技术》
 《高性能通信网络》(原书第2版)
 《数据通信与网络》
 《ISDN、B-ISDN与帧中继和ATM》(原书第4版)
 《计算机网络实用教程》
 《计算机网络实用教程实验手册》
 《网络》(原书第2版)
 《TCP/IP详解 卷1: 协议》
 《TCP/IP详解 卷2: 实现》
 《TCP/IP详解 卷3: TCP事务协议、HTTP、NNTP和UNIX域协议》
 《Internet技术基础》(原书第2版)
 《数据通信与网络教程》(原书第2版)
 《密码学导引》
 Schach 著/袁兆山 等译/38.00元
 Pressman 著/梅宏 等译/48.00元
 Wiegers 著/陆丽娜 等译/19.00元
 Date 著/孟小峰 等译/66.00元
 Inmon 著/王志海 等译/25.00元
 Jiawei Han等著/范明 等译/39.00元
 Silberschatz 等著/杨冬青 等译/49.00元
 Molina 等著/杨冬青 等译/45.00元
 Stephens 等著/何玉洁 等译/35.00元
 Pratt 等著/陆洪毅 等译/20.00元
 Gary 等著/孟小峰 等译/
 Yarbrough著/朱海滨 等译/49.00元
 Wolf 著/孙玉芳 等译/
 Wilkinson 著/陆鑫达 等译/
 Palmer 著/严伟 译/20.00元
 Comer 著/徐贤良 等译/40.00元
 Peterson 等著/叶新铭 等译/49.00元
 Mynbaev 等著/吴时霖 等译/40.00元
 Walrand 等著/史美林 等译/
 Forouzan 等著/潘伦 等译, 吴时霖校/48.00元
 Stallings 著/程时端 等译/48.00元
 Dean 著/陶华敏 等译/65.00元
 Dean 著/陶华敏 等译/15.00元
 Ramteke 著/侯春萍 等译/
 Stevens 著/范建华 等译, 谢希仁校/45.00元
 Wright/Stevens著/陆雪莹 等译, 谢希仁校/78.00元
 Stevens 著/胡谷雨 等译, 谢希仁校/35.00元
 Comer 著/袁兆山 等译/18.00元
 Shay 著/高传善 等译/40.00元
 Garrete 著/

《分布计算的信息安全》
《计算机信息处理》(原书第7版)
《信息系统原理》(原书第3版)

Bruce 著/
Mandell 等著/尤晓东 等译/38.00元
Stair 等著/张靖 等译/42.00元

国外经典教材

《编译原理》
《Linux操作系统内核实习》
《操作系统原理与实践》(原书第2版)
《现代操作系统》(原书第2版)
《C++程序设计语言》(原书第3版, 特别版)
《C程序设计语言》(原书第2版)

《程序设计实践》
《程序设计语言: 概念与结构》(原书第2版)
《计算理论导引》
《离散数学及其应用》(原书第4版)
《组合数学》(原书第3版)
《人工智能》
《神经网络设计》
《软件工程: 实践者的研究方法》(原书第5版)
《数据结构、算法与应用: C++语言描述》
《数据结构与算法分析: C语言描述》
(原书第2版)
《数据库系统原理》(原书第4版)
《数据库原理、编程与性能》(原书第2版)
《并行计算机体系结构》
《结构化计算机组成》
《可扩展并行计算: 技术、结构与编程》
《计算机图形学的算法基础》(第2版)
《数据通信与网络》(第2版)

Aho 著/李建中等译/
Nutt 著/陆丽娜 等译/29.00元
Nutt著/尤晋元 等译/
Tanenbaum 著/陈向群 等译/
Stroustrup 著/袁宗燕 译/
Kernighan/Ritchie 著/徐宝文 等译
/28.00元
Kernighan/Pike 著/袁宗燕 译/20.00元
Sethi 著/袁宗燕 等译/
Sipser 著/张立昂 等译/30.00元
Rosen 著/袁崇义 等译/75.00元
Brualdi 著/冯舜玺 等译/38.00元
Nilsson 著/郑扣根 等译/30.00元
Hagan 等著/戴葵 等译/
Pressman 著/梅宏 等译/
Sahni著/戴葵 等译/49.00元
Weiss 著/冯舜玺 等译/

Siblerschatz 等著/杨冬青等译/
O'Neil 等著/周傲英 等译/55.00元
Culler/等著/李晓明 等译/
Tanenbaum 著/刘卫东 等译/46.00元
Hwang/等著/陆鑫达 等译/49.00元
Rogers 著/石教英 等译/55.00元
Forouzan 等著/吴时霖 等译/68.00元

经典原版书库

-
- | | |
|-------------------------------------|-------------------------|
| 《UNIX环境高级编程》(英文版) | Stevens 著/39.00元 |
| 《现代操作系统》(英文版·第2版) | Tanenbaum 著/48.00元 |
| 《程序设计语言:概念与结构》(英文版·第2版) | Sethi 著/39.00元 |
| 《C程序设计语言》(英文版·第2版) | Kernighan/Ritchie 著/ |
| 《C++语言的设计和演化》(英文版) | Stroustrup 著/29.00元 |
| 《程序设计实践》(英文版) | Kernighan/Pike 著/22.00元 |
| 《C++编程思想》(英文版·第2版) | Eckel 著/58.00元 |
| 《Java编程思想》(英文版·第2版) | Eckel 著/69.00元 |
| 《离散数学及其应用》(英文版·第4版) | Rosen 著/59.00元 |
| 《组合数学》(英文版·第3版) | Brualdi 著/35.00元 |
| 《人工智能》(英文版) | Nilsson 著/45.00元 |
| 《设计模式:可复用面向对象软件的基础》(英文版) | Gamma 等著/ |
| 《软件工程:Java语言实现》(英文版·第4版) | Schach 著/51.00元 |
| 《软件工程:实践者的研究方法》(英文版·第4版) | Pressman 著/68.00元 |
| 《系统分析与设计》(英文版) | Satzinger 等著/60.00元 |
| 《数据结构、算法与应用——C++语言描述》(英文版) | Sahni 著/66.00元 |
| 《数据库系统导论》(英文版·第7版) | Date 著/65.00元 |
| 《数据库系统概念》(英文版·第3版) | Silberschatz 等著/65.00元 |
| 《数据库系统实现》(英文版) | Garcia-Molina 等著/ |
| 《高级计算机体系结构》(英文版) | Hwang 著/59.00元 |
| 《计算机体系结构:量化研究方法》(英文版·第2版) | Patterson 等著/88.00元 |
| 《计算机组织和设计:硬件/软件方法》(英文版·第2版) | Hennessy 等著/80.00元 |
| 《并行计算机体系结构》(英文版·第2版) | Culler 等著/88.00元 |
| 《可扩展并行计算:技术、结构与编程》(英文版) | Hwang 等著/69.00元 |
| 《结构化计算机组成》(英文版·第4版) | Tanenbaum 著/38.00元 |
| 《计算机图形学的算法基础》(英文版·第2版) | Rogers 等著/ |
| 《通信网络基础》(英文版·第2版) | Walrand 著/32.00元 |
| 《计算机网络》(英文版·第2版) | Peterson 等著/65.00元 |
| 《高性能通信网络》(英文版·第2版) | Walrand 等著/64.00元 |
| 《网络互连:网桥、路由器、交换机和互连协议》
(英文版·第2版) | Perlman 著/36.00元 |

《数据通信与网络》(英文版)

Forouzan 等著/59.00元

《ISDN、B-ISDN与帧中继和ATM》(英文版·第4版)

Stallings 著/35.00元

《TCP/IP详解 卷1: 协议》(英文版)

Stevens 著/39.00元

《TCP/IP详解 卷2: 实现》(英文版)

Wright/Stevens 著/69.00元

《TCP/IP详解 卷3: TCP事务协议、HTTP、
NNTP和UNIX域协议》(英文版)

Stevens 著/28.00元

《Internet技术基础》(英文版·第3版)

Comer 著/

Table of Contents

1	Introduction to DBMS Implementation	1
1.1	Introducing: The Megatron 2000 Database System	2
1.1.1	Megatron 2000 Implementation Details	2
1.1.2	How Megatron 2000 Executes Queries	4
1.1.3	What's Wrong With Megatron 2000?	5
1.2	Overview of a Database Management System	6
1.2.1	Data-Definition Language Commands	6
1.2.2	Overview of Query Processing	8
1.2.3	Main-Memory Buffers and the Buffer Manager	8
1.2.4	Transaction Processing	9
1.2.5	The Query Processor	10
1.3	Outline of This Book	11
1.3.1	Prerequisites	11
1.3.2	Storage-Management Overview	12
1.3.3	Query-Processing Overview	13
1.3.4	Transaction-Processing Overview	13
1.3.5	Information Integration Overview	13
1.4	Review of Database Models and Languages	14
1.4.1	Relational Model Review	14
1.4.2	SQL Review	15
1.4.3	Relational and Object-Oriented Data	18
1.5	Summary of Chapter 1	19
1.6	References for Chapter 1	20
2	Data Storage	21
2.1	The Memory Hierarchy	22
2.1.1	Cache	22
2.1.2	Main Memory	23
2.1.3	Virtual Memory	24
2.1.4	Secondary Storage	25
2.1.5	Tertiary Storage	27
2.1.6	Volatile and Nonvolatile Storage	28
2.1.7	Exercises for Section 2.1	29