

国外著名高等院校
信息科学与技术优秀教材



C算法

(第一卷 基础、数据结构、排序和搜索)
(第三版)

Algorithms THIRD EDITION IN C

〔美〕Robert Sedgewick 著
周良忠 译
朱 洪 审校

中文版



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材

C 算法(第一卷 基础、数据结构、排序和搜索)
(第三版)

[美] Robert Sedgewick 著

周良忠 译

朱 洪 审校

人 民 邮 电 出 版 社

图书在版编目 (CIP) 数据

C 算法. 第 1 卷, 基础、数据结构、排序和搜索/ (美) 塞奇威克 (Sedgewick, R.) 著. 周良忠译. —北京: 人民邮电出版社, 2004.6

国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材

ISBN 7-115-12276-8

I. C... II. ①塞...②周... III. C 语言—程序设计算法理论—高等学校—教材 IV. TP312
中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 045342 号

版 权 声 明

Simplified Chinese Edition Copyright © 2004 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS.

Algorithms In C: Part 1-4 Fundamentals, data structures, sorting, searching

ISBN: 0-201-31452-5

by Robert Sedgewick

Copyright ©1998

All Rights Reserved.

Published by arrangement with Addison Wesley, Pearson Education, Inc.

The edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative of Hong Kong and Macau).

本书封面贴有 Pearson Education 出版集团激光防伪标签, 无标签者不得销售。

国外著名高等院校信息科学与技术优秀教材

C 算法 (第一卷 基础、数据结构、排序和搜索) (第三版)

◆ 著 [美] Robert Sedgewick
译 周良忠
审 校 朱 洪
责任编辑 陈冀康

◆ 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>
读者热线 010-67132705
北京汉魂图文设计有限公司制作
北京朝阳展望印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销

◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 34.75
字数: 849 千字 2004 年 6 月第 1 版
印数: 1-4 000 册 2004 年 6 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记 图字: 01-2002-4130 号

ISBN 7-115-12276-8/TP·3974

定价: 54.00 元

本书如有印装质量问题, 请与本社联系 电话: (010) 67129223

内 容 提 要

《C 算法》介绍了当今最重要的算法，共分 3 卷，本书是第 1 卷。第 1 卷分 4 部分、共 16 章。第一部分“基础知识”（第 1~2 章）介绍了基本算法分析原理。第二部分“数据结构”（第 3~5 章）讲解算法分析中必须掌握的数据结构知识。主要包括基本数据结构、抽象数据结构、递归和树。第三部分“排序”（第 6~11 章）按章节顺序分别讨论了基本排序方法（如选择排序、插入排序、冒泡排序、希尔排序等）、快速排序方法，归并和归并排序方法、优先队列与堆排序方法、基数排序方法以及特殊目的排序方法，并比较了各种排序方法的性能特征。第四部分“搜索”（第 12~16 章）在进一步讲解符号表、树等抽象数据类型的基础上，重点讨论哈希方法、基数搜索以及外部搜索方法。

书中提供了用 C 语言描述的完整算法源程序，并且配有丰富的插图和练习。可作为高等院校相关专业的教材和补充读物，也可供自学之用。

译者的话

将数据结构和算法比作计算机科学的基石毫不为过,追求程序的高效是永恒的主题。Robert Sedgewick 以三卷 *Algorithms in C* 宏大篇幅对算法的意义进行了全新的诠释(第三卷尚未出版)。算法已不再是纯粹的运算实现,它已经发展成一门设计艺术!新版 *Algorithms in C* 不仅浓缩了过去几十年间应用于计算机科学领域的最重要、最高效算法,而且紧紧抓住算法的性能特征进行讨论。权威的资料、层次分明的讲解、丰富的配套练习,正是全世界无数院校将它作为算法首选教科书的原因。

本书为三卷本 *Algorithms in C* 的第一卷,主要包括基础知识、数据结构、排序和搜索 4 部分内容。为了便于教师因材施教,全书内容安排层次性清晰、重点突出。与传统参考书相比,主要有如下特点:

- 各章内容相对独立,可以单独阅读,或者根据实际教学需要,选择性地组合讲解。
- 为所有重要算法提供了可靠的实现代码。
- 配套插图丰富,并提供了详细的注释,使学习效果事半功倍。
- 提供了大量练习。更重要的是,作者将这些练习按不同层次、不同学习目的,将这些练习分类。
- 详尽的参考文献,并综述各部分内容的主要参考文献。

在翻译过程中,我感觉最深刻的还有两点。第一点,作者所提供的所有源码尽量保持统一的风格、尽量使用抽象数据类型,因此,用其他高级编程语言来改写这些程序可以轻松实现。第二点,全书将算法分析与数据结构的讲解融为一体。这种相得益彰的讲授方式的优势不言而喻。

作为译者,也作为读者,面对这些优秀的算法,我毫不犹豫地将它们运用到我的编程实践中。在应用实践中,有以下几点体会:

- 应用某一算法前,建议先掌握其性能特征,确保选择的算法不一定是最快的,但必须是最优的。
- 要透彻理解课文中讲解的算法原理,最好的办法是完成每一章后面的相关练习。

为了方便读者的学习,本书提供了英中对照的索引,并按字母顺序排列。

在我国, *Algorithms in C* 的英文影印版已经用作许多高校的算法和数据结构教学的参考书。因此,为广大师生和自学者早日奉上中文版无疑具有重要的意义,也使我感觉到责任的重大。但由于水平有限,且时间仓促,错误在所难免,希望广大读者不吝指正。我的联系 E-mail: web_zhou@21cn.com。

译者

2003 年 6 月

前言

本书旨在综述当今程序员使用的最重要的计算机算法，同时为越来越多需要学习这些算法的人讲解基本技术。本书可以用作学习计算机科学的第二、第三或第四门课程的教科书，供那些掌握了基本编程技能并熟悉了计算机系统，但还未学习计算机科学或着计算机应用的高阶领域专业课程的学生来选修。本书也可以作为从事计算机系统或应用程序开发的自学教材或参考书，因为它包含有用算法的实现以及这些算法性能特征的详细信息。本书讲解全面，也是一本合适的算法导论书。

我全部重写了新版内容，添加了 1 000 多个新练习、100 多幅新图以及许多新程序。我还为所有插图和程序添加了详细的注释。这些新材料既包含了一些新主题，还对许多经典算法提供了更全面的解释。整本书还添加了一个重点内容，即抽象数据类型，使得这些程序更加通用、更适应于现代面向对象编程环境。阅读过本书旧版的读者在新版中可以学到大量新知识；所有读者都可以阅读到丰富的教学材料，通过它们可以快速掌握一些重要概念。

由于添加了大量新材料，所以将新版分为二卷，每一卷都与旧版篇幅相当，本书为第一卷。这一卷包括基本概念、数据结构、排序算法以及搜索算法；第二卷在本书基本抽象和方法的基础上讲解高级算法和应用。在新版本中，几乎所有基础知识和数据结构的材料都是新的。

本书所面向的对象并不仅仅是程序员和计算机专业的学生。几乎每个计算机的使用者都希望计算机能够进行得更快或者能够解决更大的问题。本书中的算法代表过去 50 年的知识发展水平，针对各种不同的应用，在高效使用计算机中不可或缺。从物理学上的 N -体模拟 (N -body simulation) 问题到分子生物学中的基因序列问题，这里描述的基本方法已成为科学研究中的核心要素；而且从数据库系统到因特网搜索引擎，它们已成为现代软件系统的核心部分。随着计算机的应用范围越来越广泛，本书介绍的一些基本方法的影响也随之增大。对于那些有志于掌握这些基本算法，并且灵巧地利用它们作为将来所从事的计算机应用的基本工具的学生和专业人员，本书的目标就是作为他们实现理想的宝贵资源。

讨论范围

本书分 16 章，共 4 部分：基础知识、数据结构、排序和搜索。这里的描述是为了让读者对尽可能广泛的基本算法的基本性质有一个大概的了解。这里描述了从二项式队列到 patricia trie 等精巧方法，它们都与计算机科学核心中的基本范例相关。第二卷包括另外 4 部分，涉及串、几何体、图以及高级主题。我编撰这两本书的目的是，从不同的领域将这些基本方法汇集起来，为读者提供已知的通过计算机解决问题的最佳方法。

如果你选修过计算机学科中的一到两门预备课程，或者有过与之相当的编程经验，则

会从本书受益最大。这些选修课程可以是一门高级编程语言,如 C、Java 或 C++,也可以是讲述编程系统基本概念的课程。因而,本书面向那些熟悉现代编程语言以及现代计算机系统基本特征的读者。对正文中讲解的知识,读者通过参考文献可以进一步详细了解。

大部分支撑本书分析结果的数学内容都是独立的(或者作为超出了本书的讨论范围而标记出来),因此,学习本书需要很少的数学预备知识,当然,深厚的数学造诣对学习过程无疑是有益的。

如何在课程中使用

根据老师的教学方法上的差异以及学生的预备知识的多寡,讲授本书的方式可以灵活多变。这里描述的算法多年来得到了广泛的应用,而且代表着熟练程序员以及计算机科学学生的核心知识面。本书包含了很多的数据结构方面的基本内容,因此,可以用于数据结构课程的教学。本书也对算法进行了相当详细的讨论,并提供了足够的高级内容,因此,也可以用于算法课程的教学。一些老师可能希望重点讲解实现以及实际应用上的问题,另外一些老师可能希望重点讨论分析和理论概念。

在本书的主页上,可以找到用于授课的整套幻灯片、示例编程作业布置、学生使用的交互练习以及其他一些材料。

数据结构和算法的基本课程可以重点讲解第二部分中的基本数据结构以及第三、四部分中在实现里的运用。算法设计和分析课程可以重点讲解第一部分和第 5 章中的基本内容,然后学习第三部分和第四部分中的算法,学习这些算法是如何达到好的渐近性能的。软件工程课程可以忽略数学和高级算法内容,重点讲解如何在大型程序或系统中集成书中提供的实现。算法课程对于所有这些内容,可以采取综述、简介的方式来讲授。

近几年,全球很多院校使用本书的旧版本作为计算机科学的第二或第三门课程教材,同时也作为其他课程的辅助阅读内容。在普林斯顿大学,我们的教学经验是,本书所囊括的内容可以作为主修课的计算机科学导论,在算法分析、系统编程以及理论计算机科学等后续课程上可以进一步深入,同时,还为其他学科中不断增长的学生群体提供丰富的技能,他们可以将这些技术立即完美地付之于实践。

书中的练习分为几类(在新版本中,大部分练习为新添加的)。有些练习是为了测试读者对课文内容的理解,只是要求读者完成一个例子,或者应用正文中描述的概念。有些练习包括实现代码和算法的综合,或者通过试验研究比较算法的变种,并学习其性质。还有一些练习提供了许多重要而详细的信息,这些信息不适合于在正文中讲解。每位读者阅读和思考这些练习都会有收获。

算法的实用

任何希望更高效使用计算机的人都可以将本书作为参考书,或者用于自学。具有编程经验的人在全书各章节都可以找到特定主题的有用信息。虽然在某些情况下,某一章中的

算法可能借用前面章节的方法，但在很大程度上，读者可以独立阅读各章节。

本书的目标就是学习那些可能运用于实践的算法。它提供了足够的信息，读者可以胸有成竹地运行、调试程序，并且获得有效算法来解决实际问题，或者为应用程序提供功能。书中提供了所讨论方法的完整实现代码，描述了一系列相关联的例程中的运算。因为我们提供的是实际代码，而不是伪码，所以这些程序可以直接运用于实践。在本书的主页可以下载所有程序源代码。

实际上，在整本书中，为每个算法都展示了实际应用，并且配制了相关的数百幅说明图示。通过这种直观的演示说明，许多算法变得浅显易懂。

书中详细讨论了这些算法的特征和它们可以发挥作用的场合。算法分析和理论计算机科学的联系虽然不是重点内容，但也在本书中安排了适当的篇幅进行讲解。适当的时候会引用试验和分析结论，来说明优先选择某些算法的原因。必要的时候，书中还会描述所讨论的实际算法与纯理论结论之间的关系。本书自始至终地综合、归纳和探讨了算法及其实现的性能特征的专门信息。

编程语言

所有实现都使用 C 语言写成。任何语言都有优缺点，我们选用 C 语言，是因为它得到了广泛应用，而且提供了实现所需要的功能。这些程序很容易被转换成其他现代编程语言，因为其中使用的 C 独特结构很少。我们尽可能使用标准 C 约定，但这本书不是一本学习 C 语言编程的参考书。

新版本中添加了许多新程序，同时重写了许多旧程序，主要是为了让它们更容易用作抽象数据类型实现。针对这些程序，程序的大量的比较测试讨论贯穿于全书中。

本书的旧版本提供了用 Pascal、C++ 和 Modula-3 写成的一些基本程序。这些程序在网站上可以下载使用；新程序的代码以及用新语言（如 Java）编写的代码也作了适当的增补。

本书的目的是以尽可能简单、直接的形式讲解算法。尽可能保持一致的风格，让相似的程序看起来比较统一。对于本书中的许多算法，不管用何种语言写成，它们均保持相似性。举一个突出的例子，快速排序（quicksort）能进行快速排序，不管是用 Algol-60、Basic、Fortran、Smalltalk、Ada、Pascal、C、PostScript、Java，还是用其他编程语言和环境来实现，它仍被认为是一种高效的排序方法。

我们尽量提供雅致、紧凑、可移植的实现，但要考虑到它们的效率问题，因此，我们尽量在编制实现的各个阶段留意代码的性能特征。第 1 章按这种方式为算法开发了高效的 C 实现，列举了一个详细的示例，并且为余下各章节的学习打好基础。

致谢

很多旧版读者为我提供了有用的反馈。特别是，普林斯顿大学和布朗大学的数百名学生多年使用本书的初稿，并提出了宝贵意见。特别感谢 Trina 和 Tom Freeman 对初版的付梓

给予的帮助;感谢 Janet Incerpi 在利用早期原始数字化计算机排版硬件和软件生成初版样稿时付出的创造性劳动和智慧;感谢 Marc Brown 参与算法可视化表示的研究工作,使得本书能配备如此多的精美插图;感谢 Dave Hanson 尽心解答所有与 C 语言有关的问题。还要感谢为本书的不同版本提供详细评论的诸多读者,他们有:Guy Almes, Jon Bentley, Marc Brown, Jay Gischer, Allan Heydon, Kennedy Lemke, Udi Manber, Dana Richards, John Reif, M. Rosenfeld, Stephen Seidman, Michael Quinn 和 Willian Ward。

为了新版本的问世,我有幸与 Addison-Wesley 出版社的 Peter Gordon 和 Debbie Lafferty 合作,从本书的一般更新到大量重写,他们始终予以耐心的指导。也很荣幸能与 Addison-Wesley 出版社的其他几位专业人士合作。根据这一项目的高定位,对于他们来讲,这本书的编辑工作意味着不同寻常的挑战,我由衷敬佩他们坚韧不拔的精神。

编写此书时,我喜获两位新导师,我尤其要表达对他们的感激之情。第一位是 Steve Summit,他从技术上仔细审查了手稿的早期版本,并提出了数千条详细意见,尤其是对程序提出的宝贵意见。Steve 准确理解了我为读者提供雅致、有效以及高效实现的意图,他的意见不仅帮助我在实现代码间保持一致性,而且帮助我切实改进了许多程序。第二位是 Lyn Dupre,他也对原稿提出了数千条详细意见,它们的宝贵价值不仅在于帮助我更正和避免语法上的错误,而且更重要的是,帮助我找到一种一致、连贯的编写风格,这有助于组织书中的大量技术材料。能有幸聆听 Steve 和 Lyn 的教诲,实在是荣幸之至,他们的付出对本书的顺利编撰至关重要。

我在这里所写的很多内容来自于我在斯坦福大学的导师 Don Knuth 的讲授和著作。虽然 Don 对这本书没有直接影响,但在本书可以处处感觉到他的影响,因为正是他将算法的研究置于科学的殿堂之中,从而使得编写这样的书成为可能。我的朋友和同事 Philippe Flajolet 在算法分析发展成一门成熟研究科学的过程中是主力,他对本书也有相似的影响。

深深感谢普林斯顿大学、布朗大学以及法国国家信息与自动化研究院 (INRIA) 的支持,我在这些地方完成了本书的大部分工作。也感谢美国国防部防御分析研究所 (The Institute for Defense Analyses) 和 Xerox Palo Alto 研究中心的支持,我在访问这些单位期间完成了本书的部分工作。本书的许多部分与美国国家科学基金会和海军研究办公室的大力支持的研究有关。最后,我要感谢 Bill Bowen、Aaron Lemonick 和 Neil Rudenstine 在普林斯顿大学建立相关学术环境中给予的支持,使我在完成其他工作职责之外,仍然能够在这样的学术环境中准备本书的撰写。

Robert Sedgewick

法国 Marly-le-Roi 市, 1983 年 2 月

美国新泽西州普林斯顿, 1990 年 1 月

美国罗得岛州詹姆斯敦, 1997 年 8 月

关于书中练习

对书中练习进行分类充满了不确定因素，因为读者的知识水平和经验参差不齐。尽管如此，提供一定的指导是适宜的，所以许多练习带有 4 种符号中的一种，帮助读者决定如何使用这些练习。

测试对知识理解程度的练习标有一个空心三角形，如下所示：

▷57. 把 EASY QUESTION 键入一个初始为空的二项式队列，写出得到的二项式队列。

最通常的情况是，这些练习与正文中的示例直接相关。它们没有特殊的难度，但完成这些练习后，可以帮助你进一步掌握正文中没能理解的结论或概念。

为正文中的知识点添加了新的、值得进一步思考的信息时，这样的练习标有一个空心圆，如下所示：

○20. 编写一个程序，使用分离链在大小为 $N/100$ 的表中插入 N 个随机整数，然后求最短表与最长表的长度，分别取 $N=10^3, 10^4, 10^5$ 和 10^6 。

这种练习鼓励你思考一些与正文中的材料有关的重要概念，或者回答阅读正文时可能碰到的问题。即使你没有时间来完成这些练习，这些练习可能也值得阅读。

对读者来说具有挑战性的练习标有一个黑圆点，如下所示：

●46. 设实现归并排序时在随机位置分解文件，而不是在准确的中间位置分解。通过这种方法来排序 N 个元素，平均需要多少次比较？

这类练习可能需要相当多的时间来完成，根据读者的经验多少而有所不同。一般而言，最佳途径是分成几个不同的阶段来完成。

还有少数相当难的练习（与其他大部分练习相比而言），它们标有两个黑色圆点，如下所示：

●●29. 证明由 N 个随机位串生成的 trie 高度约为 $2\lg N$ 。

这些练习与研究文献中解决的问题相似，但根据本书提供的材料，可以从尝试解决文献中的那些问题得到乐趣（也许能完美解决）。

根据读者的编程能力和数学背景，这些注释定位适中。那些需要专业编程知识和数学分析的练习是不证自明的。鼓励所有读者通过实现算法来测试对它们的理解。还有一种类似于此的练习对于熟练程序员或学过编程课程的学生来说简单易懂，但对于未曾从事过编程的人来说，可能工作量相当大：

23. 修改程序 1-4，生成介于 0 到 $N-1$ 之间的随机整数对，而不是从标准输入读取，同时一直循环到 $N-1$ 次集合并运算执行完成。分别在 $N=10^3, 10^4, 10^5$ 以及 10^6 的情况下运行此程序，而且打印出对应每个 N 值生成的边总数。

同理，我也建议所有读者认真解答证明算法性质的分析基础知识的练习。对于那些离散数

学专业的科学家或学生来说, 这些练习并不难, 但对于不精通数学分析的人来说, 这些练习可能需要较大的工作量:

13. 由加权快速集合并算法生成的具有 2^n 个节点的最坏情况树中, 计算从某节点到根的平均距离。

读者需要消化吸收的练习太多, 我希望在这本书中提供足够的练习, 激励读者对感兴趣的知识有更宽广的理解, 而不只是对正文内容走马观花。

目 录

第一部分 基础知识

第1章 导论	2
1.1 算法	2
1.2 问题示例: 连通性 (connectivity)	4
练习	7
1.3 并集—查找算法	7
练习	17
1.4 展望	18
练习	19
1.5 小结	19
第2章 算法分析原理	22
2.1 实现与试验分析	22
练习	25
2.2 算法分析	25
练习	27
2.3 函数增长	27
练习	32
2.4 O 记号	32
练习	35
2.5 基本递推式	36
练习	38
2.6 算法分析示例	39
练习	43
2.7 保证、预测与限制	44
练习	46
第一部分参考文献	47

第二部分 数据结构

第 3 章 基本数据结构 49

3.1 基石 50

 练习 57

3.2 数组 57

 练习 63

3.3 链表 64

 练习 69

3.4 基本表处理 70

 练习 77

3.5 表的内存分配 77

 练习 80

3.6 串 80

 练习 84

3.7 复合数据结构 84

 练习 92

第 4 章 抽象数据类型 93

4.1 抽象对象与对象集合 95

 练习 97

4.2 下推栈 ADT 97

 练习 99

4.3 栈 ADT 客户程序示例 99

 练习 104

4.4 栈 ADT 实现 105

 练习 108

4.5 创建新 ADT 109

 练习 111

4.6 FIFO 队列及广义队列 111

 练习 117

4.7 重复项和索引项 118

 练习 121

4.8 一级 ADT 122

 练习 130

4.9 ADT 应用示例 131

练习	134
4.10 展望	135
第5章 递归和树	136
5.1 递归算法	136
练习	141
5.2 分治	142
练习	155
5.3 动态规划	156
练习	160
5.4 树	163
练习	168
5.5 二叉树的数学性质	169
练习	171
5.6 树遍历	172
练习	175
5.7 递归二叉树算法	177
练习	181
5.8 图遍历	182
练习	187
5.9 展望	188
第二部分参考文献	189

第三部分 排序

第6章 基本排序方法	191
6.1 游戏规则	192
练习	195
6.2 选择排序	196
练习	197
6.3 插入排序	198
练习	199
6.4 冒泡排序	200
练习	201
6.5 基本排序的性能特征	201
练习	206
6.6 希尔排序	206

练习	212
6.7 其他数据类型的排序	214
练习	217
6.8 索引与指针排序	218
练习	223
6.9 链表的排序	223
练习	225
6.10 键索引计数	226
练习	228
第 7 章 快速排序	229
7.1 基本算法	229
练习	233
7.2 快速排序的性能特征	233
练习	236
7.3 栈大小	236
练习	239
7.4 小子文件	239
练习	240
7.5 三元素中值法划分	242
练习	245
7.6 重复键	245
练习	246
7.7 串和向量	248
练习	249
7.8 选择	249
练习	251
第 8 章 归并和归并排序	253
8.1 二路归并	254
练习	255
8.2 抽象就位归并	255
练习	256
8.3 自顶向下归并	257
练习	259
8.4 基本算法的改进	259
练习	261

8.5 自底向上归并排序	261
练习	265
8.6 归并排序的性能特征	265
练习	266
8.7 归并排序的链式实现	267
练习	269
8.8 回顾递归	270
练习	271
第9章 优先队列与堆排序	272
练习	274
9.1 基本实现方法	274
练习	276
9.2 堆数据结构	277
练习	278
9.3 堆的算法	278
练习	284
9.4 堆排序	285
练习	291
9.5 优先队列 ADT	292
练习	295
9.6 索引项的优先队列	295
练习	298
9.7 二项式队列	298
练习	306
第10章 基数排序	307
10.1 位 (bit)、字节 (byte) 和字 (word)	308
练习	310
10.2 二分快速排序	310
练习	314
10.3 MSD 基数排序	315
练习	321
10.4 三路基数快速排序	321
练习	325
10.5 LSD 基数排序	325
练习	329

10.6 基数排序的性能特征	329
练习	332
10.7 亚线性时间排序	332
练习	335
第 11 章 特殊目的排序方法	336
11.1 巴切奇偶归并排序	337
练习	341
11.2 排序网络	341
练习	347
11.3 外部排序	349
练习	353
11.4 排序归并的实现	353
练习	358
11.5 并行排序归并	359
练习	361
第三部分参考文献	362

第四部分 搜索

第 12 章 符号表和二叉搜索树	365
12.1 符号表抽象数据类型	366
练习	369
12.2 键索引搜索	370
练习	372
12.3 顺序搜索	372
练习	376
12.4 二分搜索	377
练习	381
12.5 二叉搜索树 (BST)	381
练习	387
12.6 BST 的性能特征	388
练习	390
12.7 符号表的索引实现	392
练习	394
12.8 在 BST 根部的插入	395