

# 数据结构、算法与应用

(Java语言描述)

Data Structures, Algorithms,  
And Applications In Java

[美] Sartaj Sahni 著  
孔芳高伟 译



中国水利水电出版社  
www.waterpub.com.cn

# 数据结构、算法与应用 (Java 语言描述)

[美] Sartaj Sahni 著

孔 芳 高 伟 译

中国水利水电出版社

## 内 容 提 要

本书涵盖了“数据结构和算法”的核心知识，使用 Java 语言描述，并对每种数据结构和算法的设计提供了多个实际应用。

本书共由三部分组成。第 1 部分包括第 1~4 章，回顾了 Java 编程概念及分析和测量程序性能的方法。第 2 部分包括第 5~17 章，深入研究了主要的数据结构。其中，第 5~7 章是本书研究的主干，探讨了表示数据的各种方法——数组、链表和模拟指针，其余章节论及了数据结构的其它表示方法。第 3 部分包括第 18~22 章，探讨了常见算法的设计方法。

本书条理清晰，内容翔实。书中的算法都有完整的 Java 程序，且程序结构清晰、构思精巧。本书是高等院校“数据结构”课程的理想教材，也是读者自学数据结构的极好读物。

© 2005 by Silicon Press

Translation rights of Data Structures, Algorithms, and Applications in Java, Setond Edition is arranged with the Permission of Silicon Press.

北京市版权局著作权合同登记号：图字 01-2004-6050 号

## 图书在版编目 (CIP) 数据

数据结构、算法与应用：Java 语言描述 / (美) 萨尼 (Sahni, S.) 著；孔芳等译，—北京：中国水利水电出版社，2007

书名原文：Data Structures, Algorithms, And Applications In Java

ISBN 978-7-5084-4568-7

I. 数… II. ①萨…②孔… III. ①数据结构②算法分析  
③JAVA 语言—程序设计 IV. TP311.12 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 054808 号

书 名	数据结构、算法与应用 (Java 语言描述)
作 者	[美] Sartaj Sahni 著
译 者	孔 芳 高 伟 译
出版 发行	中国水利水电出版社 (北京市三里河路 6 号 100044) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: mchannel@263.net (万水) sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 63202266 (总机)、68331835 (营销中心)、82562819 (万水) 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	北京万水电子信息有限公司
印 刷	北京市天竺颖华印刷厂
规 格	787mm×1092mm 16 开本 39.5 印张 973 千字
版 次	2007 年 6 月第 1 版 2007 年 6 月第 1 次印刷
印 数	0001—4000 册
定 价	65.00 元

凡购买我社图书，如有缺页、倒页、脱页的，本社营销中心负责调换  
版权所有·侵权必究

# 前 言

数据结构和算法的研究是计算机科学与工程的基础。精通这些领域对于开发有效利用计算机资源的计算机程序来说是必需的。因此，所有计算机科学与工程专业课都包括针对这些研究领域的一门或多门课程。通常，第一门编程课程向学生介绍基本的数据结构（比如堆栈和队列）和基本的算法（比如针对排序和矩阵代数的算法）。第二门编程课程讨论较多的是数据结构和算法。接下来的一两门课程通常致力于数据结构和算法的研究。

本科计算机科学与工程专业课中科目的激增已迫使许多大学和学院将教学内容整合为较少的几门课程。例如，美国佛罗里达大学只提供一学期一门的本科生数据结构和算法课程。学习该课程的学生要求已经上过一学期的 Java 编程课和一学期的离散数学/结构课。

本书适用于用一门课统一介绍以及用两门或多门课分开介绍数据结构和算法的教学计划。本书分为 3 部分。第 1 部分由第 1 至 4 章组成，是对 Java 编程概念以及程序性能分析和测量方法的回顾。熟悉 C 语言编程的学生看过第 1 章后，应该能够了解 C 和 Java 之间的区别和联系。虽然第 1 章不是 Java 的初级读本，但它论述了大多数的 Java 构造，许多学生对这些构造可能已经感到陌生了。这些概念包括文档注释、参数传递、重载方法、递归、类、继承及抛出和捕获异常。在第 1 章及贯穿本书的其余章节，我们遵照与 Java 的包中使用的相同的命名约定——类和接口名称以大写字母开始，常量（或 final 数据成员）的名称是大写的，所有的其他名称以小写字母开始。第 2 章和第 3 章复习了程序性能的分析方法——操作计数、步骤计数和渐近符号（ $O$ 、 $\Omega$ 、 $\Theta$  和  $o$ ）。第 4 章回顾了试验性能测量方法。这一章还简要讨论了缓存对运行时间测量结果的影响。第 2 章中的应用探讨了通常在编程入门课程中研究的基本问题——简单的排序方法，如冒泡、选择、插入和秩（或计数）排序；顺序搜索；使用 Horner 规则的多项式求值；以及矩阵操作，如矩阵加、转置和乘。第 3 章研究了二叉搜索。虽然第 2 至 4 章的主要目的是研究性能分析和测量方法，但这几章也可确保所有学生都能熟悉一组基本算法。

第 5 章至 17 章为本书的第 2 部分。这些章对数据结构进行了深入研究，其中第 5 章和 7 章是主干，研究了表示数据的各种方法——数组、链表和模拟指针。通过各种表示方法，这三章逐步阐明了表示线性表数据结构的 Java 类。通过展示试验数据，比较了不同的表示方案在表示线性表方面的有效性。其余各章利用第 5 章至 7 章的表示方法阐明了其他数据结构的表示方法，如数组和矩阵（第 8 章）、堆栈（第 9 章）、队列（第 10 章）、字典（第 11、15 和 16 章）、二叉树（第 12 章）、优先级队列（第 13 章）、比赛树（第 14 章）和图（第 17 章）。

在对数据结构的处理中，我们力求与包 `java.util` 中类似或相同的结构保持兼容。例如，作为第 15 章主题的线性表数据结构就是以类 `java.util.ArrayList` 为模板的。线性表类的公共方法与 `ArrayList` 的相应方法使用相同的名称。而且，我们的实现在功能上等价于 `ArrayList` 的相应

方法——我们的方法有相同的参数，返回相同的值和抛出相同的异常。因为我们的类和 Java 的类具有兼容性，所以可以用 `java.util` 中相应类替换本书中开发的任何类，而不影响应用程序的正确性。

本书的第 3 部分包括第 18 章至 22 章（第 21 章和 22 章可从本书的 Web 站点获得），研究了常见的算法设计方法。我们研究的方法是贪婪（第 18 章）、分而治之（第 19 章）、动态规划（第 20 章）、回溯法（第 21 章）及分支界限法（第 22 章）。第 19.4 节提供了两个下限证明（一个针对最值问题，另一个针对排序）；还介绍了针对机器调度（第 13.6.2 节）、装箱（第 14.5 节）和 0/1 背包问题（第 18.3.2 节）的近似算法。第 13.6.2 节非正式地介绍了一些 NP-难问题。

本书的特色就是强调应用。几个实际应用说明了本书所阐述的每种数据结构和算法设计方法的使用方法。各章的最后一节基本上都是该章前面所研究的数据结构或设计方法的应用。不过在许多情况下，在某一章的前面也会介绍其他一些应用。这些应用涉及不同领域——排序（冒泡、选择、插入、秩、堆、合并、快速、箱、基数和拓扑排序）；矩阵代数（矩阵加、转置和乘）；电子设计自动化（查找电路中的网、线路路由选择、组件堆栈折叠、开关箱路由、信号放大器的布置、交叉分布和底板排序）；压缩和编码（LZW 压缩和哈夫曼编码）；计算几何（凸包和最近的一对点）；模拟（机械工厂模拟）；图像处理（组件编号）；娱乐数学（汉诺塔、平铺有缺陷的棋盘和迷宫中的老鼠）；调度（LPT 调度）；优化（装箱、集装箱装载、0/1 背包和矩阵乘链表）；统计（柱状图、查找最大和最小值及查找第  $k$  个最小值）；图形算法（生成树、分量、最短路径、最大集团、双向图覆盖和旅行售货员）。处理这些应用无须预先了解其应用领域。本书论及的材料是独立的，学生可以体会到这些应用领域需要的是什么。

通过这些应用与更基本的数据结构和算法—设计方法的处理更紧密地联系在一起，我们希望学员能对这一主题有个更深刻的了解。若想获得进一步的提高，可以做一做书中和相关 Web 站点上的 800 多个习题。

## Web 站点

本书 Web 站点的 URL 是 <http://www.cise.ufl.edu/~sahni/dsaaaj>。

从该 Web 站点中，你可以获得书中的所有程序及示例数据和生成的输出。示例数据并不是对指定程序的良好测试，而只是用于运行程序以及将生成的输出与指定的输出进行比较。

Web 站点上还包括了几个抽象数据类型、数据结构实现和应用的动画。这些动画是由 Christopher Bobo 开发的。该 Web 站点上还提供了每章中练习的答案、答案的代码、示例测试和这些测试的答案、其他应用以及正文中某些内容的进一步讨论。

## 本书的使用方法

使用本书来进行数据结构和/或算法的教学有若干种方式。教师应根据学生的背景、对应用的偏重程度和该科目的学期或季度数来作决定。下面给出了几种可能的课程大纲。我们建议

学生编写和调试几个程序，从一组短的程序开始，然后随着课程的进展，逐渐转移到大程序。学生看书应与课堂上讲授的主题保持同步。

两季度计划——季度 1

一周复习，数据结构和算法

周	主题	阅读
1	复习 Java 和程序性能	第 1-4 章；留作业 1
2	基于数组的表示	第 5 章；交作业 1
3	链表表示	第 6.1-6.4 节；留作业 2
4	箱排序、模拟指针和等价类	第 6.5.1 和 7.1-7.6 和 7.7.1 节；交作业 2
5	数组和矩阵	第 8 章；考试
6	堆栈和队列	第 9 和 10 章；留作业 3
7	跳表和散列表	第 11 章；交作业 3
8	二叉树和其他树	第 12.1-12.8 节；留作业 4
9	并查应用；堆和堆排序	第 12.9.2、13.1-13.4 和 13.6.1 节；交作业 4
10	左倾树、哈夫曼编码和比赛树	第 13.5、13.6.3 节和第 14 章

两季度计划——季度 2

数据结构和算法

周	主题	阅读
1	二叉搜索树；AVL 树或红黑树；柱状图	第 15 和 16 章；留作业 1
2	图	第 17.1-17.7 节；交作业 1
3	图	第 17.8 和 17.9 节；留作业 2
4	贪婪方法	第 18.1-18.3.5；交作业 2
5	贪婪方法和分而治之	第 18.3.6 和 19.1 节；留作业 3
6	分而治之的应用	第 19.2 节；考试
7	解决周期、下限和动态规划	第 19.3、19.4 和 20.1 节；交作业 3
8	动态规划应用	第 20.2.1 和 20.2.2 节；留作业 4
9	动态规划应用	第 20.2.3-20.2.5 节；交作业 4
10	回溯法和分支界限法	第 21 和 22 章

一学期计划

两周复习，数据结构课程

周	主题	阅读
1	复习 Java	第 1 章；留作业 1
2	复习程序性能	第 2-4 章
3	基于数组的表示	第 5 章；交作业 1



续表

周	主题	阅读
4	链表表示	第 6.1-6.4 节; 留作业 2
5	箱排序、模拟指针和等价类	第 6.5.1、7.1-7.6 和第 7.7.1 节
6	数组和矩阵	第 8 章; 交作业 2; 第一次考试
7	堆栈和队列; 一两个应用	第 9 和 10 章; 留作业 3
8	跳表和散列表	第 11 章
9	二叉树和其他树	第 12.1-12.8 节; 交作业 3
10	并查应用	第 12.9.2 节; 留作业 4; 第二次考试
11	优先级队列、堆排序和哈夫曼编码	第 13 章
12	比赛树和装箱	第 14 章; 交作业 4
13	二叉搜索树; AVL 或红黑树; 柱状图	第 15 和 16 节; 留作业 5
14	图	第 17.1-17.7 节
15	图; 最短路径	第 17.8、17.9、18.3.5 和 20.2.3 节; 交作业 5
16	最小成本生成树; 合并排序和快速排序	第 18.3.6、19.2.2 和 19.2.3 节

## 一学期计划

## 一周复习, 数据结构和算法课程

周	主题	阅读
1	复习程序性能	第 1-4 章
2	基于数组的表示	第 5 章; 留作业 1
3	链表表示和模拟指针	第 6 和 7 章
4	数组和矩阵	第 8 章; 交作业 1
5	堆栈和队列; 一或两个应用	第 9 和 10 章; 留作业 2
6	跳表和散列表	第 11 章; 交作业 2; 第一次考试
7	二叉树和其他树	第 12.1-12.8 节; 留作业 3
8	并查应用; 堆和堆排序	第 12.9.2、13.1-13.4 和 13.6.1 节
9	左倾树、哈夫曼编码和比赛树	第 13.5、13.6.3 节和第 14 章; 交作业 3
10	二叉搜索树; AVL 或红黑树; 柱状图	第 15 和 16 章; 留作业 4; 第二次考试
11	图	第 17.1-17.7 节
12	图和贪婪方法	第 17.8、17.9、18.1 和 18.2 节; 交作业 4
13	集装箱装载、0/1 背包、最短路径和生成树	第 18.3 节; 留作业 5
14	分而治之法	第 19 章
15	动态规划	第 20 章; 交作业 5
16	回溯法和分支限界法	第 21 和 22 章

## 致 谢

如果没有许多人提供帮助以及提出意见和建议，本书不可能面世。我深深地感谢参与本书第一版审阅工作的以下人员，他们宝贵的意见提高了书稿质量。

Gorge Ledin	Sonoma State University
David Poplawski	Michigan Tech
Lily Hou	Carnegie Mellon University
Archer Harris	James Madison University
Gregory Speegle	Baylor University
Eleni Stroulia	University of Alberta
Ho Kuen Ng	San Jose State University

还要特别感谢参加我的数据结构和算法课程的学生，他们提供了宝贵的反馈并帮助改正了书稿中的错误。另外，我还要感谢 University of Florida 的各位同仁对本书所作的贡献：Chris Bobo、Joachim Hammer、Gayathri Venkataraman 和 Liang Zhong。

Sartaj Sahni  
Gainesville  
2004 年 6 月



## 关于本书

本书第一版非常畅销，第二版在第一版的基础上增加了新内容。本书全面介绍了基本的数据结构，是高等院校“数据结构”课程的理想教材。本书作者 Sartaj Sahni 从简单介绍开始，提供了直观的讨论和实际的应用，因此本书非常适合于学生阅读。

实际应用是本书的特色。Sahni 博士对所讨论的每种数据结构和算法设计方法都提供了几种应用，并采用了以下主题的例子：排序、压缩和编码以及图像处理。通过将概念与应用相结合，可激发学生的学习热情和兴趣。Sahni 博士是一名优秀的对称理论和实践信息工作者，这就体现在本书的学术概念以及培养学生的兴趣上。

本书中的市场开发 (market-developed) 教学法补充了一些概念，并给学生提供了大量练习。书中约有 1000 道练习题，包括综合和简单的编程问题以及项目。此外，本书还有一个关联 Web 站点，其中包含了书中的所有程序、动画、示例数据、生成的输出、某些练习的答案和带答案的示例测试。

### 关于作者

Sartaj Sahni 是美国佛罗里达大学的著名教授，也是计算机信息科学与工程系主任。他是欧洲科学院、IEEE、ACM、AAAS 和美国明尼苏达州超级计算机学院的成员。Sahni 博士是 1997 年 IEEE Computer Society Taylor L. Booth Education Award、2003 年 IEEE Computer Society W. Wallace McDowell Award 和 2003 年 ACM Karl Karlstorm Outstanding Educator Award 的获得者。Sahni 取得坎普尔印度理工学院的工科学士学位，以及美国康奈尔大学的计算机科学硕士和博士学位。Sahni 已经发表了 250 多篇研究论文，并编著了 15 部书籍。他的研究出版物涉及高效算法的设计与分析、并行计算、互连网络、设计自动化和医学算法。

本书由孔芳（苏州大学）、高伟（清华同方）主译，沈金河审校。参与翻译工作的人员还有欧阳宇、杨中民、郭蓓、张波、谢君英、盛海燕、易磊、唐美艳、代菊容、李蕾、李秋霞、赵岗善。

译者

2007 年 1 月

# 目 录

前言

致谢

关于本书

第 1 章 Java 综述.....	1	1.11 重访 Currency.....	23
1.1 简介.....	2	1.12 定义一个异常类.....	25
1.2 Java 程序结构.....	2	1.13 泛型方法.....	26
1.2.1 独立运行的程序和 Applet.....	2	1.13.1 Comparable 接口.....	26
1.2.2 包.....	3	1.13.2 泛型方法 abc.....	27
1.2.3 引入类和包.....	4	1.13.3 java.lang.Comparable 接口.....	28
1.2.4 超类和子类.....	4	1.13.4 Operable 接口.....	28
1.3 Java 编译器和虚拟机.....	5	1.13.5 Zero 和 CloneableObject 接口.....	28
1.4 文档注释.....	6	1.13.6 MyInteger 封装类.....	29
1.5 数据类型.....	7	1.13.7 使用数据类型和方法作为参数.....	29
1.6 方法.....	8	1.14 垃圾收集.....	33
1.6.1 参数.....	8	1.15 递归.....	33
1.6.2 重载方法.....	9	1.15.1 递归函数.....	33
1.7 异常.....	10	1.15.2 归纳.....	34
1.7.1 抛出一个异常.....	10	1.15.3 递归方法.....	35
1.7.2 处理异常.....	11	1.16 测试和调试.....	39
1.8 自定义数据类型.....	12	1.16.1 什么是测试.....	39
1.8.1 Currency 类.....	12	1.16.2 设计测试数据.....	41
1.8.2 Currency 的数据成员.....	13	1.16.3 调试.....	43
1.8.3 Currency 的方法成员.....	14	1.17 参考资料和选择性读物.....	44
1.8.4 Currency 的构造函数.....	14	第 2 章 性能分析.....	45
1.8.5 创建 Currency 的实例.....	15	2.1 什么是性能.....	45
1.8.6 Currency 的存取器（获取）方法... 15		2.2 空间复杂度.....	46
1.8.7 Currency 的存取器（设置）方法... 16		2.2.1 空间复杂度的组成.....	46
1.8.8 调用方法和访问数据成员.....	17	2.2.2 范例.....	49
1.8.9 Currency 的输出和算术方法.....	18	2.3 时间复杂度.....	51
1.8.10 main 方法.....	19	2.3.1 时间复杂度的组成.....	51
1.9 访问修饰符.....	21	2.3.2 运算计数.....	52
1.10 继承和方法重写.....	21	2.3.3 最佳、最差和平均运算计数.....	56

2.3.4 步骤计数 .....	61	5.7 java.util.ArrayList 类 .....	128
<b>第 3 章 渐近表示法 .....</b>	<b>73</b>	5.8 参考资料和选择性读物 .....	129
3.1 简介 .....	73	<b>第 6 章 线性列表——链表表示 .....</b>	<b>130</b>
3.2 渐近表示法 .....	75	6.1 单向链表和链 .....	131
3.2.1 O 表示法 .....	75	6.1.1 表示形式 .....	131
3.2.2 $\Omega$ 和 $\Theta$ 表示法 .....	77	6.1.2 ChainNode 类 .....	132
3.3 渐近数学 (可选) .....	79	6.1.3 Chain 类 .....	133
3.3.1 O 表示法 .....	79	6.1.4 对 ADT LinearList 的扩展 .....	137
3.3.2 $\Omega$ 表示法 .....	81	6.1.5 ExtendedChain 类 .....	138
3.3.3 $\Theta$ 表示法 .....	82	6.1.6 性能测量 .....	139
3.3.4 o 表示法 .....	84	6.2 循环列表和头节点 .....	144
3.3.5 属性 .....	84	6.3 双向链表 .....	146
3.4 复杂度分析范例 .....	86	6.4 链表术语表 .....	147
3.5 实用的复杂度 .....	89	6.5 应用 .....	148
3.6 参考资料和选择性读物 .....	91	6.5.1 箱排序 .....	148
<b>第 4 章 性能测量 .....</b>	<b>92</b>	6.5.2 基数排序 .....	151
4.1 简介 .....	92	6.5.3 凸包 .....	153
4.2 选择实例规模 .....	92	<b>第 7 章 线性列表——模拟指针 .....</b>	<b>158</b>
4.3 开发测试数据 .....	93	7.1 需要模拟指针 .....	158
4.4 建立试验 .....	93	7.2 模拟指针 .....	159
4.5 缓存管理 .....	98	7.3 内存管理 .....	160
4.5.1 一个简单的计算机模型 .....	98	7.3.1 SimulatedSpace1 类 .....	161
4.5.2 遗漏缓存对运行时间的影响 .....	99	7.3.2 SimulatedSpace2 类 .....	162
4.5.3 矩阵乘法 .....	99	7.3.3 评价模拟内存管理 .....	162
4.6 参考资料和选择性读物 .....	102	7.4 与垃圾收集比较 .....	163
<b>第 5 章 线性列表——数组表示形式 .....</b>	<b>103</b>	7.5 模拟链 .....	164
5.1 数据对象和结构 .....	104	7.5.1 SimulatedChain 类 .....	164
5.2 线性列表数据结构 .....	105	7.5.2 性能测量 .....	165
5.2.1 抽象数据类型 LinearList .....	105	7.6 内存管理链 .....	167
5.2.2 LinearList 接口 .....	105	7.7 应用程序——并查问题 .....	168
5.2.3 LinearListAsAbstractClass 抽象类 .....	106	7.7.1 等价类 .....	168
5.3 数组表示形式 .....	108	7.7.2 应用程序 .....	169
5.3.1 表示形式 .....	108	7.7.3 第一个并查解决方案 .....	171
5.3.2 改变一维数组的长度 .....	109	7.7.4 第二个并查解决方案 .....	171
5.3.3 类 ArrayLinearList .....	110	<b>第 8 章 数组和矩阵 .....</b>	<b>175</b>
5.3.4 ArrayLinearList 的 Iterator .....	114	8.1 数组 .....	175
5.4 矢量表示形式 .....	121	8.1.1 抽象数据类型 .....	175
5.5 在单个数组中的多个列表 .....	124	8.1.2 对一个 Java 数组进行索引 .....	176
5.6 性能测量 .....	126	8.1.3 行优先和列优先的映射 .....	176

8.1.4	数组的数组表示形式	178	10.3	数组表示	244
8.1.5	行优先和列优先的表示形式	178	10.3.1	表示方法	244
8.1.6	不规则的二维数组	179	10.3.2	ArrayQueue 类	246
8.2	矩阵	180	10.4	链式表示	249
8.2.1	定义和操作	180	10.5	应用	252
8.2.2	Matrix 类	182	10.5.1	有轨电车的重新安排	252
8.3	特殊矩阵	186	10.5.2	线路路由	254
8.3.1	定义和应用程序	186	10.5.3	图像组件编号	257
8.3.2	对角线矩阵	188	10.5.4	机械工厂模拟	260
8.3.3	三对角线矩阵	190	10.6	参考资料和选择性读物	272
8.3.4	三角形矩阵	190	<b>第 11 章</b>	<b>跳表和散列表</b>	<b>273</b>
8.3.5	对称矩阵	191	11.1	字典	273
8.4	稀疏矩阵	194	11.2	抽象数据类型	275
8.4.1	目的	194	11.3	线性表表示	276
8.4.2	使用单线性表的表示	195	11.4	跳表表示(可选)	278
8.4.3	使用多线性表的表示	202	11.4.1	理想情形	278
8.4.4	性能测量	204	11.4.2	插入和删除	279
<b>第 9 章</b>	<b>堆栈</b>	<b>208</b>	11.4.3	分配层级	280
9.1	定义和应用	208	11.4.4	类 SkipNode	280
9.2	抽象数据类型	210	11.4.5	类 SkipList	281
9.3	数组表示	211	11.4.6	SkipList 方法的复杂度	285
9.3.1	实现为子类	211	11.5	散列表表示	285
9.3.2	类 arrayStack	213	11.5.1	理想散列	285
9.3.3	性能测量	214	11.5.2	散列函数和散列表	287
9.4	链式表示	217	11.5.3	线性探查法	290
9.4.1	类 DerivedLinkedStack	217	11.5.4	使用链表的散列	295
9.4.2	类 LinkedStack	217	11.6	一个应用——文本压缩	300
9.4.3	性能测量	218	11.6.1	LZW 压缩	301
9.5	应用	219	11.6.2	LZW 压缩的实现	302
9.5.1	括号匹配	219	11.6.3	LZW 解压缩	306
9.5.2	汉诺塔	220	11.6.4	LZW 解压缩的实现	306
9.5.3	重排有轨电车	222	11.6.5	性能评估	309
9.5.4	开关箱路由	227	11.7	参考资料和选择性读物	311
9.5.5	离线等价类问题	229	<b>第 12 章</b>	<b>二叉树和其他树</b>	<b>312</b>
9.5.6	迷宫中的老鼠	232	12.1	树	312
9.6	参考资料和选择性读物	241	12.2	二叉树	315
<b>第 10 章</b>	<b>队列</b>	<b>242</b>	12.3	二叉树的属性	316
10.1	定义和应用	242	习题		318
10.2	抽象数据类型	243	12.4	二叉树的表示	318

12.4.1 基于数组的表示 .....	318	14.3.3 重新进行比赛 .....	378
12.4.2 链接表示 .....	319	14.3.4 类 CompleteWinnerTree .....	378
12.5 常见的二叉树操作 .....	320	14.4 失败树 .....	379
12.6 二叉树遍历 .....	320	14.5 应用 .....	381
12.7 ADT BinaryTree .....	325	14.5.1 使用首次适应法的容器装包 .....	381
12.8 类 LinkedBinaryTree .....	326	14.5.2 使用下一适应法的容器装包 .....	385
12.9 应用 .....	329	14.6 参考资料和选择性读物 .....	388
12.9.1 信号放大器的布置 .....	329	<b>第 15 章 二叉搜索树 .....</b>	<b>389</b>
12.9.2 并查 (Union-Find) 问题 .....	334	15.1 定义 .....	390
12.10 参考资料和选择性读物 .....	343	15.1.1 二叉搜索树 .....	390
<b>第 13 章 优先级队列 .....</b>	<b>344</b>	15.1.2 可索引二叉搜索树 .....	391
13.1 定义和应用 .....	344	15.2 抽象数据类型 .....	392
13.2 抽象数据类型 .....	345	15.3 二叉搜索树的操作及其实现 .....	393
13.3 线性表 .....	346	15.3.1 BinarySearchTree 类 .....	393
13.4 堆 .....	347	15.3.2 搜索 .....	393
13.4.1 定义 .....	347	15.3.3 插入一个元素 .....	394
13.4.2 插入元素到最大堆 .....	348	15.3.4 删除一个元素 .....	395
13.4.3 从最大堆中删除元素 .....	348	15.3.5 二叉搜索树的高度 .....	397
13.4.4 最大堆的初始化 .....	349	15.4 有重复记录的二叉搜索树 .....	399
13.4.5 MaxHeap 类 .....	350	15.5 索引的二叉搜索树 .....	400
13.5 左倾树 .....	354	15.6 应用 .....	401
13.5.1 基于高度和基于宽度的最小 和最大左倾树 .....	354	15.6.1 柱状图 .....	401
13.5.2 插入到最大 HBLT .....	356	15.6.2 最优容器装包 .....	404
13.5.3 从最大 HBLT 中删除 .....	356	15.6.3 交叉分配 .....	406
13.5.4 合并两棵最大 HBLT .....	356	<b>第 16 章 平衡搜索树 .....</b>	<b>413</b>
13.5.5 初始化 .....	358	16.1 AVL 树 .....	414
13.5.6 MaxHBLT 类 .....	358	16.1.1 定义 .....	414
13.6 应用 .....	362	16.1.2 AVL 树的高度 .....	415
13.6.1 堆排序 .....	362	16.1.3 AVL 树的表示 .....	415
13.6.2 机器调度 .....	363	16.1.4 AVL 搜索树的搜索 .....	415
13.6.3 哈夫曼编码 .....	366	16.1.5 AVL 搜索树的插入 .....	415
13.7 参考资料和选择性读物 .....	371	16.1.6 从 AVL 搜索树中删除 .....	418
<b>第 14 章 比赛树 .....</b>	<b>373</b>	16.2 红黑树 .....	421
14.1 优胜树及其应用 .....	373	16.2.1 定义 .....	421
14.2 抽象数据类型 WinnerTree .....	377	16.2.2 红黑树的表示 .....	423
14.3 优胜树的实现 .....	377	16.2.3 红黑树的搜索 .....	423
14.3.1 表示 .....	377	16.2.4 红黑树的插入 .....	423
14.3.2 初始化一棵优胜树 .....	378	16.2.5 从红黑树中删除 .....	427
		16.2.6 实现的考虑和复杂度 .....	430

16.3 伸展树 .....	432	17.9.2 连通图和连通分量 .....	474
16.3.1 引言 .....	432	17.9.3 生成树 .....	476
16.3.2 伸展操作 .....	432	<b>第 18 章 贪婪方法 .....</b>	<b>479</b>
16.3.3 分摊复杂度 .....	434	18.1 最优化问题 .....	479
16.4 B-树 .....	436	18.2 贪婪方法 .....	480
16.4.1 索引顺序存取法 (ISAM) .....	436	18.3 应用 .....	483
16.4.2 m-叉搜索树 .....	436	18.3.1 集装箱装载 .....	483
16.4.3 m 叉排序 B-树 .....	438	18.3.2 0/1 背包问题 .....	485
16.4.4 B-树的高度 .....	439	18.3.3 拓扑排序 .....	487
16.4.5 搜索 B-树 .....	439	18.3.4 二分覆盖 .....	490
16.4.6 插入元素到 B-树 .....	440	18.3.5 单源最短路径 .....	493
16.4.7 从 B-树中删除 .....	442	18.3.6 最小生成树 .....	497
16.4.8 节点结构 .....	445	18.4 参考资料和选择性读物 .....	507
16.5 参考资料和选择性读物 .....	446	<b>第 19 章 分而治之 .....</b>	<b>508</b>
<b>第 17 章 图 .....</b>	<b>447</b>	19.1 方法 .....	508
17.1 定义 .....	447	19.2 应用 .....	515
17.2 应用和更多的定义 .....	449	19.2.1 缺陷棋盘 .....	515
习题 .....	451	19.2.2 归并排序 .....	517
17.3 属性 .....	452	19.2.3 快速排序 .....	522
17.4 ADT Graph .....	453	19.2.4 选择 .....	528
17.5 不带权值的图的表示 .....	454	19.2.5 最近顶点对 .....	530
17.5.1 邻接矩阵 .....	455	19.3 求解递归等式 .....	538
17.5.2 链式邻接表 .....	456	19.4 复杂度下界 .....	540
17.5.3 数组邻接表 .....	457	19.4.1 最小最大问题的下界 .....	541
17.6 带权图的表示形式 .....	458	19.4.2 排序的下界 .....	542
17.7 类的实现 .....	459	<b>第 20 章 动态规划 .....</b>	<b>544</b>
17.7.1 不同的类 .....	459	20.1 方法 .....	544
17.7.2 邻接矩阵类 .....	460	20.2 应用 .....	546
17.7.3 到类 Chain 的扩展 .....	463	20.2.1 0/1 背包问题 .....	546
17.7.4 链表类 .....	464	20.2.2 矩阵乘法链 .....	550
17.8 图的搜索方法 .....	466	20.2.3 所有对最短路径 .....	555
17.8.1 广度优先搜索 .....	466	20.2.4 带负值的单源最短路径 .....	558
17.8.2 广度优先搜索的实现 .....	468	20.2.5 不相交网子集 .....	562
17.8.3 Graph.bfs 的复杂度分析 .....	468	20.3 参考资料和选择性读物 .....	568
17.8.4 深度优先搜索 .....	470	<b>第 21 章 回溯法 .....</b>	<b>569</b>
17.8.5 深度优先搜索的实现 .....	471	21.1 方法 .....	569
17.8.6 Graph.dfs 的复杂度分析 .....	471	21.2 应用 .....	574
17.9 重访的应用 .....	472	21.2.1 集装箱装载 .....	574
17.9.1 查找路径 .....	472	21.2.2 0/1 背包问题 .....	581

21.2.3	最大集团 .....	584	22.2.1	集装箱装载 .....	598
21.2.4	旅行售货员 .....	587	22.2.2	0/1 背包问题 .....	605
21.2.5	电路板排列 .....	589	22.2.3	最大集团 .....	607
<b>第 22 章</b>	<b>分支限界法 .....</b>	<b>595</b>	22.2.4	旅行售货员 .....	609
22.1	方法 .....	595	22.2.5	电路板排列 .....	612
22.2	应用 .....	598			



# 第 1 章 Java 综述

本书介绍数据结构、算法以及解决很多现实问题的计算机程序。程序开发流程要求我们使用有效的方式表示数据，开发合适的、能够作为计算机程序来实现的逐步流程（或算法）。有效的数据表示需要数据结构方面的专业知识，而开发合适的流程则需要算法设计方法方面的专业知识。

在着手学习数据结构和算法设计方法前，必须精通 Java 编程，擅长计算机程序分析。通常，通过学习 Java 和数据结构课程，就可以获得这些基本技能。本书的前 4 章是对这些技能的综述，其中大部分内容你应该已经很熟悉。

第 1 章讨论 Java 语言的一些特性。不过，本章不打算作为 Java 入门知识，我们不会介绍诸如赋值语句、if 语句和循环语句这样的基本结构。本章将介绍你应当了解的下列 Java 语句特性：

- 文档注释。
- 基本数据类型的初始值。
- Java 中的参数传递。
- 方法的重载（Overload）。
- 抛出、处理和定义异常。
- 类和接口。
- public、protected 和 private 类成员。
- 继承和方法重载（overriding）。
- 编写泛型（generic）方法。
- 递归方法。

本书中的很多代码，特别是有关数据结构的代码都是泛型代码，也就是说，它们可以与任何数据类型一起使用，而不仅仅是 Java 的一种基本数据类型。尽管针对 int 这样的基本数据类型开发代码更容易，但我们并没有这样做，因为本书强调的是代码重用和应用程序开发。我们的应用程序能够不加改变地使用泛型代码。要编写泛型代码，就必须定义诸如 Computable 和 Operable 这样的 Java 接口。你必须熟悉第 1.13 节中提供的接口，才能读懂其余章节中的代码实例。

在后续章节中，根据需要还介绍了在 Java 综述中没有涉及的其他一些 Java 特性。第 1 章也包括了下列应用程序代码：

- 二次函数求根。
- 生成 n 项的全部排列。
- 找到 n 个元素中的最大值。

第 1 章还介绍了如何测试和调试程序的一些小技巧。本书的 Web 网址是：<http://www.mhhe.com/sahnijava>，上面提供了使用 Java 调试器 jdb 的一个调试实例。

## 1.1 简介

在查看一段计算机程序时，我们会提出这样一些问题：

- 这段程序是否正确？
- 这段程序的易读性及代码的可理解性如何？
- 是否为程序编写了文档？
- 程序是否易于修改？
- 运行这段程序需要多少内存？
- 运行这段程序需要多长时间？
- 代码通用性如何？是否不用修改就可以对各种输入情况进行处理？
- 代码是否可以在多种类型计算机上编译和运行？或者在不同计算机上运行时间，是否需要程序进行修改？

其中一些问题的相对重要性取决于应用环境。例如，如果我们编写只运行一次就可以废弃的程序，那么程序正确性、内存和时间需求，以及在单一计算机上编译和运行代码的效率就是应该主要考虑的问题。不管应用环境如何，一段程序最重要的属性就是正确性。一段不正确的程序，无论运行如何快，如何通用，文档如何完善，都是毫无用处的（除非已经将其改正）。尽管我们没有明确讲述实现程序正确性的技术，但是我们提供了非正式的正确性试验，并隐含说明了有益于编写正确代码的编程习惯。我们的目的是讲授可使你能够开发正确的、一流的和高效的解决方案的技术。

在开始学习这些技术之前，我们必须回顾 Java 语言的一些基本内容，测试和调试程序的技术以及分析和测量程序性能的技术。本章着重于前两个方面。第 2 章到第 4 章介绍性能分析和测量技术。

## 1.2 Java 程序结构

### 1.2.1 独立运行的程序和 Applet

每一个 Java 程序都是一个类，每个类可能包含数据和方法（或函数）成员。尽管一个 Java 类也可能包含那些其自身类的成员，但这里先不涉及这方面内容，到第 5 章的时候再介绍。一个独立运行的 Java 程序必须有个名称为 `main` 的方法，一个 `applet` 必须有一个名为 `init` 的方法。独立运行的程序可以通过输入命令来执行（或运行）。

`java ProgramName`

其中 `ProgramName` 是独立的 Java 程序的名称。在执行一个独立运行的 Java 程序时，它的 `main` 方法被调用。Java `applet` 必须嵌入到超文本标记语言文件中（Hypertext Markup Language, HTML），并通过 `applet` 查看程序或 Web 浏览器的执行情况。在执行一个 Java `applet` 时，它的 `init` 方法被调用。