



国外经典教材·计算机科学与技术



Data Structures in Java

Java 数据结构

Thomas A. Standish 著
刘颖 朱剑平等译



清华大学出版社

Java 数据结构

Thomas A. Standish 著
刘颖 朱剑平等译

清华大学出版社
北 京

Simplified Chinese edition copyright ©2004 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Data Structures in Java 1st by Thomas A. Standish, Copyright ©2003

EISBN: 020130564x

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Addison-Wesley.

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

本书中文简体翻译版由 Addison-Wesley 授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字 01-2003-1777 号

版权所有,翻印必究。举报电话: 010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有 Pearson Education (培生教育出版集团) 激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

Java 数据结构/斯坦迪什(Standish, T. A.) 著;刘颖等译. —北京:清华大学出版社, 2004. 9

书名原文: Data Structures in Java

ISBN 7-302-09116-1

I. J... II. ①斯...②刘... III. ①JAVA 语言—程序设计 ②数据结构 IV. ①TP312 ②TP311.12

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 074269 号

出 版 者: 清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社总机: 010-62770175

地 址: 北京清华大学学研大厦

邮 编: 100084

客户服务: 010-62776969

责任编辑: 常晓波

封面设计: 立日新

印 刷 者: 世界知识印刷厂

装 订 者: 三河市金元装订厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185 × 260 印张: 32.25 字数: 795 千字

版 次: 2004 年 9 月第 1 版 2004 年 9 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-09116-1/TP·6430

印 数: 1 ~ 5000

定 价: 56.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或 (010)62795704

出版说明

近年来,我国的高等教育特别是计算机学科教育,进行了一系列大的调整 and 改革,急需一批门类齐全、具有国际先进水平的计算机经典教材,以适应当前我国计算机科学的教学需要。通过使用国外先进的经典教材,可以了解并吸收国际先进的教学思想和教学方法,使我国的计算机科学教育能够跟上国际计算机教育发展的步伐,从而培育出更多具有国际水准的计算机专业人才,增强我国计算机产业的核心竞争力。为此,我们从国外知名的出版集团 Pearson 引进这套“国外经典教材·计算机科学与技术”教材。

作为全球最大的图书出版机构, Pearson 在高等教育领域有着不凡的表现,其下属的 Prentice Hall 和 Addison Wesley 出版社是全球计算机高等教育的龙头出版机构。清华大学出版社与 Pearson 出版集团长期保持着紧密友好的合作关系,这次引进的“国外经典教材·计算机科学与技术”教材大部分出自 Prentice Hall 和 Addison Wesley 两家出版社。为了组织该套教材的出版,我们在国内聘请了一批知名的专家和教授,成立了一个专门的教材编审委员会。

教材编审委员会的运作从教材的选题阶段即开始启动,各位委员根据国内外高等院校计算机科学及相关专业的现有课程体系,并结合各个专业的培养方向,从 Pearson 出版的计算机系列教材中精心挑选针对性强的题材,以保证该套教材的优秀性和领先性,避免出现“低质重复引进”或“高质消化不良”的现象。

为了保证出版质量,我们为这套教材配备了一批经验丰富的编辑、排版、校对人员,制定了更加严格的出版流程。本套教材的译者,全部来自于对应专业的高校教师或拥有相关经验的 IT 专家。每本教材的责编在翻译伊始,就定期不间断地与该书的译者进行交流与反馈。为了尽可能地保留与发扬教材原著的精华,在经过翻译、排版和传统的三审三校之后,我们还请编审委员或相关的专家教授对文稿进行审读,以最大程度地弥补和修正在前面一系列加工过程中对教材造成的误差和瑕疵。

由于时间紧迫和受全体制作人员自身能力所限,该套教材在出版过程中很可能还存在一些遗憾,欢迎广大师生来电来信批评指正。同时,也欢迎读者朋友积极向我们推荐各类优秀的国外计算机教材,共同为我国高等院校计算机教育事业贡献力量。

清华大学出版社

国外经典教材·计算机科学与技术

编审委员会

主任委员:

孙家广

清华大学教授

副主任委员:

周立柱

清华大学教授

委员(按姓氏笔画排序):

王成山

天津大学教授

王 珊

中国人民大学教授

冯少荣

厦门大学教授

冯全源

西南交通大学教授

刘乐善

华中科技大学教授

刘腾红

中南财经政法大学教授

吉根林

南京师范大学教授

孙吉贵

吉林大学教授

阮秋琦

北京交通大学教授

何 晨

上海交通大学教授

吴百锋

复旦大学教授

李 彤

云南大学教授

杨宗源

华东师范大学教授

沈钧毅

西安交通大学教授

邵志清

华东理工大学教授

陈 纯

浙江大学教授

陈 钟

北京大学教授

陈道蓄

南京大学教授

周伯生

北京航空航天大学教授

孟祥旭

山东大学教授

姚淑珍

北京航空航天大学教授

徐佩霞

中国科学技术大学教授

徐晓飞

哈尔滨工业大学教授

秦小麟

南京航空航天大学教授

钱培德

苏州大学教授

曹元大

北京理工大学教授

龚声蓉

苏州大学教授

谢希仁

中国人民解放军理工大学教授

序 言

本书是计算机科学专业的中级课程——计算机科学 2(或简称 CS2)的推荐参考材料。它不仅包括了 ACM 的 *Curriculum '78* (1984 年修订版^①)推荐的材料,还包括了由 ACM 的 *Report of the Joint Curriculum Task Force* ^{②③④}和 IEEE 计算机协会所提出的新的 *Computing Curricula 1991* 中推荐的材料。*Curricula 1991* 是以一种称为“知识单元”(KU)的格式出现在 *Curricula 1991 Report* 中的。因此,本书也支持这种涉及数据结构的计算机中级课程所推荐的 KU。

另外,*Curricula '91* 还规定了一些它所提倡的“重现概念(recurring concepts)”。所谓重现概念是指一些贯穿于计算机科学始终的中心思想——比如递归、模块、抽象级别、效率和权衡。在本书中,这些重现概念将被当作积分器使用,进而从概念上把所有的材料联系在一起,并帮助揭示其内在的统一性和相互关系。

因此,本书既适用于经过修订的 *Curriculum '78 CS2* 传统课程,同时随着我们对计算机科学课程不断改进以适应下个世纪的挑战,本书也适合在从 *Curriculum '78* 到新的 *Curricula '91* 的过渡过程中使用。

学习 Java™编程语言的前提条件

我们假设使用本书的读者已经掌握了 Java 编程的一般知识。熟悉 Java 的语句(比如赋值、for 语句、if 语句、while 循环、do-while 循环和 switch 语句)和 Java 的块结构及控制流。也知道如何使用 `System.out.print` 和 `System.out.println` 进行输出。

另外,还应当了解 Java 的基本数据类型——整型、浮点型、双精度型、字符型和布尔型——以及 Java 的参考类型——数组和类实例。同时也应当掌握 `String` 和 `StringBuffer` 的基本知识。

最后,还需要初步了解声明和简单的类与方法的使用。

如果不满足这些前提条件的话仍然可以使用本书,不过首先要学习“附录 A——Java 要点回顾”,其内容是本书基础的简单 Java 核心特性,另外还应阅读“第 2 章——面向对象编程导论”来从更高的角度正确认识面向对象语言编程的实质。具有 C 或 C++ 背景的学生对于适应本书用来提出数据结构概念的简单 Java 特性应当没有太大困难。

① E. B. Koffman, D. Stemple, and C. E. Wardle, “Recommended Curriculum for CS2, 1984,” *Communications of the ACM* 28:8 (August 1985), pp. 815 ~ 818.

② A. B. Tucker, B. H. Bames, et al, *Computing Curricula 1991: Report of the ACM/IEEE - CS Joint Curriculum Task Force*. Association for Computing Machinery, New York, ACM Order Number 201910 (Dec. 17, 1990).

③ A. Joe Turner, “Introduction to the Joint Task Force Report,” *Communications of the ACM* 34:6 (June 1991), pp. 68 ~ 70.

④ A. B. Tucker, “Computing Curricula 1991,” *Communications of the ACM* 34:6 (June 1991), pp. 70 ~ 84.

通向数学基础和软件工程的途径

在本书中,没有过多介绍数学基础和软件工程的知识,相关部分被放置在附录 B 和 C 中。(相反,作者早期的相关书籍 *Data Structures, Algorithms and Software Principles* (Pascal 语言)和 *Data Structures, Algorithms and Software Principles in C* (均出自 Addison-Wesley)都以完整的章节对数学基础和软件工程进行了论述。)因为这些早期书籍所涉及的范围(在主要章节序列中整合了这些主题)过于宽泛,无法在一个学期或一季的课程中介绍,所以我们需要一本比较简短、范围更加集中的数据结构书籍。而本书专注于核心数据的结构概念,把较少的重心放置在关于数学基础和软件工程的完整讨论上。

对于软件工程方面的主题,本书包括了第 2 章对面向对象编程优点的介绍,第 5 章对模块和数据抽象概念的介绍,以及附录 C 关于小规模编程的软件工程关键概念和技巧的介绍。对数学基础的介绍则基于作为这种语言的算法效率标志的 O 表示法的使用。虽然在“附录 B——表示效率的语言”中以一种直观的、非正式的方式介绍了表示效率的语言,并且从头到尾对其加以使用,但是本书并不包含对作者前两本书籍的衍生和考证。

补充材料

- 教师手册

从网上可以获取一份 Adobe PDF 格式的教师手册。获取方式请联系当地 Addison-Wesley 代表。

- 实验室手册

从网上还可以获取一份 Adobe PDF 格式的实验室手册,该手册包含了本书所附的实验室练习。获取方式请联系当地 Addison-Wesley 代表。

- 从互联网获取源代码

本书中出现的 Java 1.1 样例程序可以从网上下载,供个人非商业性使用。请访问 Web 站点来下载这些程序:

<http://www.awl.com/cseng/titles/0-201-30564-X>

请按照网页上的步骤把文件下载到自己的计算机上。该网站还包含了本书中所有程序的 Java 1.0 版本,以方便那些还没有升级到 Java 1.1 的读者。

致 谢

作者感谢 Addison-Wesley 的计算机科学编辑们,是他们建议作者撰写此书并使之成型。Susan Hartman 发起了这个计划,显示出她巨大的编辑才华,并且在许多重要的方面鼓励了作者。计算机科学主编 Lynne Doran Cote 热心地支持了这个计划。Susan Hartman 的助手 Julie Dunn 为这个计划提供了极好的支持并使之按时完成。

作者还要感谢参与本书设计和制作的许多优秀而专业的 Addison-Wesley 工作人员。Patricia Unubun 是一名非常优秀的制作编辑。Molly Taylor 作为制作助理提供了极大的帮助。Tom Ziolkowski 为行销策略做出了巨大的贡献。Lisa Ziccardi 为行销材料提供了帮助。Jennifer Newburg 建立并提供了在线访问程序和指导材料的网络服务器。Diana Coe 设计了封面。另外, Alwyn Velasquez 为本书的设计做了杰出的工作。Jackie Davies 完成了本书的排版工作, 并帮助作者认识了制作系统的复杂性。Adrienne Rebello 出色地完成了审稿和校对工作。

作者也对那些提出改进建议的 UC Irvine 的同事和学生们表示感谢。特别是 Sandra Irani 从教师的角度给出了很有帮助的反馈。下面这些学生和助教在发现错误和建议改进方面提供了相当大的帮助: Shao Liu、Jolly Lin、David Otaguro、Matthew Smith、John King 和 Craig Proctor。作者还要特别感谢 Dan Halem, 他帮助把本书使用的程序从 Java 1.0 翻译成 Java 1.1, 然后在 JDK 1.1.1 环境下测试运行, 以确保它们能正常工作。

最后, 作者和 Addison-Wesley 要感谢下面这些在本书的制作过程中贡献了他们经验和知识的校阅者: Virginia 科学学院的 N. Dwight Barnette、Fayetteville 的 Arkansas 大学的 Daniel Berleant、Huntsville 的 Alabama 大学的 William Cohen、Texas A & M 大学的 Walter C. Daugherty、Arizona 大学的 Stuart Reges、Manoa 的 Hawaii 大学的 Jan Stelovsky, 以及 Syracuse 大学和 Onondaga 社区学院的 Elaine Wenderholm。

作者特别感激妻子 Elke 对自己的奉献和鼓励, 没有她, 也不会有这本书。

T.A.S. Laguna Beach, California

目 录

第 1 章 准备旅行	1
1.1 我们要去哪儿	1
本章计划	1
1.2 数学、科学和工程学合而为一	2
1.3 寻找计算机科学中的持久原则	5
1.4 软件系统结构的原则	6
1.5 效率与权衡	9
1.6 软件工程原则	9
1.7 数学方法	10
1.8 关于编程符号的一些注释	11
练习	13
1.9 后续内容简介	14
1.10 本章小结	16
第 2 章 面向对象编程导论	18
2.1 介绍	18
本章计划	20
2.2 绘制矩形 Applet	21
2.2.1 学习内容	21
2.2.2 复习题	32
2.2.3 练习	32
2.3 DrawShapes Applet	32
2.3.1 学习内容	32
2.3.2 复习题	47
2.3.3 练习	47
2.4 结论	48
2.4.1 学习内容	48
2.4.2 复习题	49
2.4.3 练习	50
2.5 陷阱	50
2.6 提示和技巧	50
2.7 参考资料	51
2.8 本章小结	51

第 3 章 链式数据表示	53
3.1 介绍	53
本章计划	54
3.2 什么是指针	55
3.2.1 学习内容	55
3.2.2 链式表示的两个实例	55
3.3 使用 Java 的隐式指针	57
3.3.1 学习内容	57
3.3.2 复习题	61
3.3.3 练习	61
3.4 指针图例表示法	61
3.4.1 学习内容	61
3.4.2 复习题	64
3.4.3 练习	64
3.5 线性链表	65
3.5.1 学习内容	65
3.5.2 在链表中插入新的次节点	65
3.5.3 声明 Java 链表类	68
3.5.4 在链表中搜索某节点项	71
3.5.5 删除链表的末端节点	73
3.5.6 在链表中插入新的末端节点	75
3.5.7 如何打印链表	77
3.5.8 把所有东西合在一起	77
3.5.9 现在还要做什么	78
3.5.10 复习题	79
3.5.11 练习	79
3.6 其他链式数据结构	80
3.6.1 学习内容	80
3.6.2 复习题	82
3.6.3 练习	82
3.7 陷阱	82
3.8 提示与技巧	82
3.9 参考资料	84
3.10 本章小结	84
第 4 章 递归	86
4.1 介绍	86
本章计划	86
4.2 递归地思考	87

4.2.1	学习内容	87
4.2.2	如何递归累加	87
4.2.3	调用树与调用轨迹	91
4.2.4	递归连乘	93
4.2.5	逆转链表与数组	95
4.2.6	逆转数组	98
4.2.7	归纳思想	99
4.2.8	复习题	100
4.2.9	练习	101
4.3	常见陷阱——无穷回归	103
4.3.1	学习内容	103
4.3.2	复习题	104
4.3.3	练习	104
4.4	一个指数级运行时间的递归算法	105
4.4.1	学习内容	105
4.4.2	汉诺塔	105
4.4.3	复习题	108
4.4.4	练习	108
4.5	陷阱	108
4.6	提示与技巧	109
4.7	参考资料	109
4.8	本章小结	109
第 5 章	模块化与数据抽象	111
5.1	介绍	111
	本章计划	113
5.2	优先队列——一种抽象数据类型	114
5.2.1	学习内容	114
5.2.2	优先队列 ADT 接口	114
5.2.3	复习题	117
5.2.4	练习	118
5.3	优先队列的两种实现	118
5.3.1	学习内容	118
5.3.2	利用已排序链表实现优先队列	119
5.3.3	利用未排序数组实现优先队列	121
5.3.4	复习题	123
5.3.5	练习	124
5.4	在优先队列中填入新型对象	124
5.4.1	学习内容	124

5.4.2 复习题	129
5.4.3 练习	129
5.5 程序设计中的模块化与信息隐藏	129
5.5.1 学习内容	129
5.5.2 复习题	131
5.6 陷阱	131
5.7 提示与技巧	132
5.8 参考资料	132
5.9 本章小结	132
第 6 章 线性数据结构——堆栈与队列	135
6.1 介绍	135
本章计划	136
6.2 堆栈的一些背景知识	137
6.2.1 学习内容	137
6.2.2 复习题	139
6.2.3 练习	140
6.3 堆栈与队列的 ADT	140
6.3.1 学习内容	140
6.3.2 堆栈类与队列类的接口	142
6.3.3 复习题	143
6.3.4 练习	143
6.4 使用堆栈 ADT 检查括号对称性	143
6.4.1 学习内容	143
6.4.2 复习题	148
6.4.3 练习	148
6.5 利用堆栈 ADT 计算后缀表达式	149
6.5.1 学习内容	149
6.5.2 复习题	153
6.5.3 练习	153
6.6 实现堆栈 ADT	153
6.6.1 学习内容	153
6.6.2 顺序堆栈表示	154
6.6.3 链式堆栈表示	155
6.6.4 复习题	157
6.6.5 练习	157
6.7 Java 如何利用堆栈实现递归方法调用	157
6.7.1 学习内容	157
6.7.2 复习题	162

6.7.3 练习	162
6.8 队列 ADT 的实现	162
6.8.1 学习内容	162
6.8.2 顺序队列表示	162
6.8.3 链式队列表示	165
6.8.4 比较链式队列表示与顺序队列表示	167
6.8.5 复习题	168
6.8.6 练习	168
6.9 其他队列应用	169
6.9.1 学习内容	169
6.9.2 操作系统中的队列	169
6.9.3 在模拟试验中使用队列	171
6.9.4 复习题	173
6.9.5 练习	173
6.10 陷阱	173
6.11 提示与技巧	173
6.12 参考资料	174
6.13 本章小结	174
第 7 章 链表、字符串和动态内存分配	176
7.1 引言和动机	176
本章计划	176
7.2 表	177
7.2.1 学习内容	177
7.2.2 表的 ADT	177
7.2.3 顺序表表示	178
7.2.4 单向链表表示	179
7.2.5 比较顺序和链式表示	180
7.2.6 其他链表表示	182
7.2.7 循环链表	182
7.2.8 双向链表	182
7.2.9 带有头节点的链表	183
7.2.10 复习题	183
7.2.11 练习	183
7.3 广义表	184
7.3.1 学习内容	184
7.3.2 复习题	187
7.3.3 练习	187
7.4 广义表的应用	188

7.4.1	学习内容	188
7.4.2	复习题	190
7.4.3	练习	190
7.5	字符串	191
7.5.1	学习内容	191
7.5.2	Java 中的只读字符串	191
7.5.3	Java 中的 String Buffer	192
7.5.4	在文本文件和字处理程序中的字符串表示方法	196
7.5.5	复习题	198
7.5.6	练习	198
7.6	动态内存分配	198
7.6.1	学习内容	198
7.6.2	可用空间列表和垃圾收集	200
7.6.3	堆和动态内存分配	203
7.6.4	最先适配	204
7.6.5	最佳适配	205
7.6.6	分段存储与合并	205
7.6.7	压缩以对应分配失败	206
7.6.8	比较各种应用中堆的使用	208
7.6.9	引用计数	209
7.6.10	复习题	210
7.6.11	练习	210
7.7	陷阱	210
7.8	揭示与技巧	211
7.9	参考资料	211
7.10	本章小结	214
第 8 章	树与图	215
8.1	介绍	215
	本章计划	217
8.2	树——基本概念与术语	219
8.2.1	学习内容	219
8.2.2	复习题	220
8.2.3	练习	221
8.3	二叉树	221
8.3.1	学习内容	221
8.3.2	复习题	222
8.3.3	练习	222
8.4	顺序二叉树表示	223

8.4.1	学习内容	223
8.4.2	复习题	224
8.4.3	练习	225
8.5	应用——堆与优先队列	225
8.5.1	学习内容	225
8.5.2	转化成顺序表示	229
8.5.3	堆操作性能的一些相关事实	232
8.5.4	复习题	233
8.5.5	练习	233
8.6	遍历二叉树	233
8.6.1	学习内容	233
8.6.2	利用链接二叉树表示的遍历	235
8.6.3	复习题	238
8.6.4	练习	238
8.7	二叉搜索树	238
8.7.1	学习内容	238
8.7.2	二叉搜索树的一些著名性能优势	244
8.7.3	复习题	249
8.7.4	练习	249
8.8	AVL 树及其性能	250
8.8.1	学习内容	250
8.8.2	利用插入与轮转构造 AVL 树	254
8.8.3	轮转算法的平衡因子与说明	256
8.8.4	AVL 树的著名性能	257
8.8.5	复习题	258
8.8.6	练习	258
8.9	2-3 树	258
8.9.1	学习内容	258
8.9.2	B-树——广义的 2-3 树	261
8.9.3	复习题	262
8.9.4	练习	262
8.10	级数树	262
8.10.1	学习内容	262
8.10.2	复习题	263
8.10.3	练习	263
8.11	应用——哈夫曼编码	263
8.11.1	学习内容	263
8.11.2	复习题	267
8.11.3	练习	267

8.12	图——基本概念与术语	267
8.12.1	学习内容	267
8.12.2	一些正式定义	269
8.12.3	路径、环路与邻接	269
8.12.4	连通性与子图	269
8.12.5	邻接点集与度	270
8.12.6	复习题	271
8.12.7	练习	271
8.13	图的表示	271
8.13.1	学习内容	271
8.13.2	复习题	274
8.13.3	练习	274
8.14	图的搜索	274
8.14.1	学习内容	274
8.14.2	复习题	278
8.14.3	练习	278
8.15	拓扑排序	278
8.15.1	学习内容	278
8.15.2	复习题	281
8.15.3	练习	281
8.16	陷阱	281
8.17	提示与技巧	282
8.18	参考资料	282
8.19	本章小结	283
第9章	散列和 Table ADT	288
9.1	介绍	288
	本章计划	290
9.2	Table ADT	291
9.2.1	学习内容	291
9.2.2	复习题	292
9.2.3	练习	292
9.3	通过简单的示例介绍散列技术	292
9.3.1	学习内容	292
9.3.2	复习题	298
9.3.3	练习	298
9.4	冲突、负载因子和集群	298
9.4.1	学习内容	298
9.4.2	冲突	299

9.4.3	von Mises 的概率讨论	299
9.4.4	负载因子和集群	301
9.4.5	复习题	303
9.4.6	练习	304
9.5	使用开放定址的散列算法	304
9.5.1	学习内容	304
9.5.2	基本群集和它消失的两个示例	305
9.5.3	保证探测序列会覆盖整个表	310
9.5.4	性能公式	311
9.5.5	比较理论和经验结果	313
9.5.6	复习题	314
9.5.7	练习	314
9.6	选择散列函数	316
9.6.1	学习内容	316
9.6.2	除余法	317
9.6.3	其他的散列函数方法	317
9.6.4	复习题	318
9.6.5	练习	318
9.7	使用 Table ADT 的查找方法比较	318
9.7.1	学习内容	318
9.7.2	复习题	321
9.7.3	练习	321
9.8	陷阱	321
9.9	提示与技巧	322
9.10	参考资料	322
9.11	本章小结	323
第 10 章	排序	327
10.1	介绍	327
	本章计划	328
10.2	背景知识	330
10.2.1	学习内容	330
10.2.2	复习题	333
10.2.3	练习	333
10.3	优先队列排序方法	333
10.3.1	学习内容	333
10.3.2	一些预设	334
10.3.3	优先队列排序	334
10.3.4	SelectionSort	336