

数据结构与抽象

Java语言描述

弗兰克·M. 卡拉诺 (Frank M. Carrano)

罗得岛大学

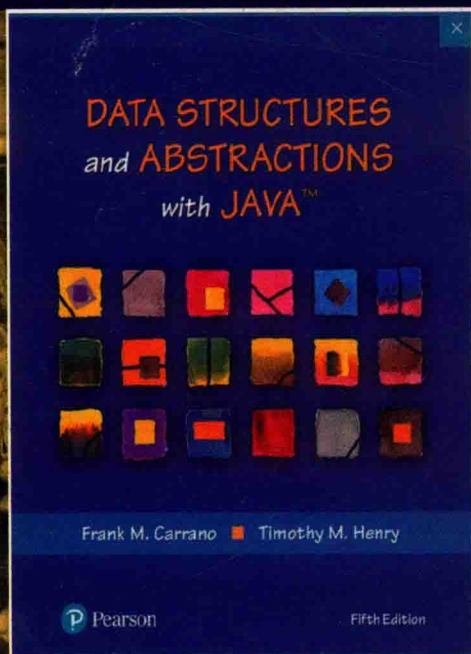
[美]

蒂莫西·M. 亨利 (Timothy M. Henry)

著 幸运伟 译

新英格兰理工学院

经典数据结构教材新版，以Java语言与数据结构两条知识主线贯穿始终



Data Structures and Abstractions with Java

Fifth Edition



机械工业出版社
China Machine Press

计 算 机 科 学 从 书

原书第5版

数据结构与抽象

Java语言描述

弗兰克·M. 卡拉诺 (Frank M. Carrano)

罗得岛大学

[美]

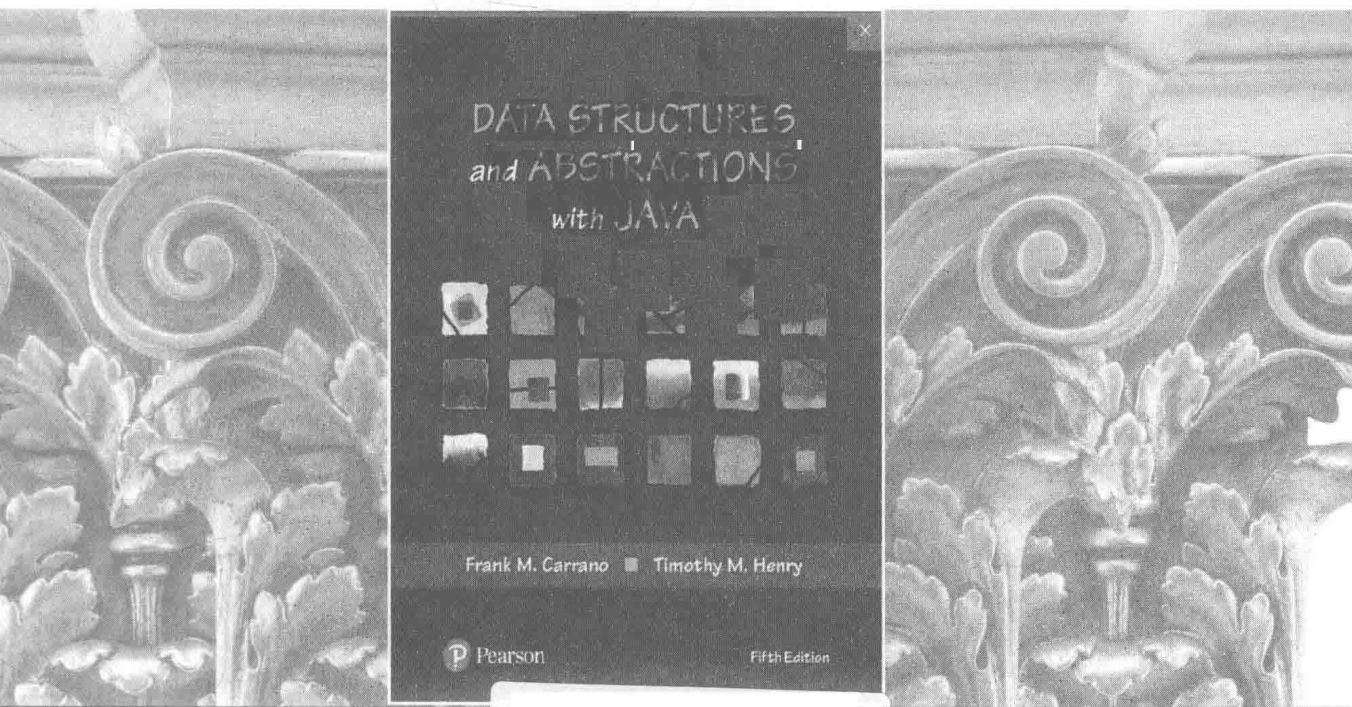
蒂莫西·M. 亨利 (Timothy M. Henry)

著 幸运伟 译

新英格兰理工学院

Data Structures and Abstractions with Java

Fifth Edition



机械工业出版社
China Machine Press

图书在版编目 (CIP) 数据

数据结构与抽象: Java 语言描述 (原书第 5 版) / (美) 弗兰克·M. 卡拉诺 (Frank M. Carrano), (美) 蒂莫西·M. 亨利 (Timothy M. Henry) 著; 辛运韩译. —北京: 机械工业出版社, 2019.8

(计算机科学丛书)

书名原文: Data Structures and Abstractions with Java, Fifth Edition

ISBN 978-7-111-63637-3

I. 数… II. ① 弗… ② 蒂… ③ 辛… III. ① 抽象数据结构 - 高等学校 - 教材 ② JAVA 语言 - 程序设计 - 高等学校 - 教材 IV. ① TP311.12 ② TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 200653 号

本书版权登记号: 图字 01-2018-6313

Authorized translation from the English language edition, entitled *Data Structures and Abstractions with Java, Fifth Edition*, 978-0134831695 by Frank M. Carrano, Timothy M. Henry, published by Pearson Education, Inc., Copyright © 2019, 2015, 2012 and 2007 Pearson Education, Inc.

All rights reserved. No part of this book may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying, recording or by any information storage retrieval system, without permission from Pearson Education, Inc.

Chinese simplified language edition published by China Machine Press, Copyright © 2019.

本书中文简体字版由 Pearson Education (培生教育出版集团) 授权机械工业出版社在中华人民共和国境内 (不包括香港、澳门特别行政区及台湾地区) 独家出版发行。未经出版者书面许可, 不得以任何方式抄袭、复制或节录本书中的任何部分。

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

本书介绍数据结构及其 Java 实现, 内容分为 30 章, 涵盖的 ADT 有包、栈、队列等线性结构以及二叉树、查找树等层次结构和图结构, 给出了对应于各 ADT 规范说明的 Java 类, 分别基于数组方式和指针方式实现了类中的主要操作。书中还介绍了排序、查找相关算法, 描述了字典、散列等概念和实现方式, 介绍了评价算法效率的复杂度概念, 以及使用迭代和递归方式实现算法的基本思路。

本书可作为相关专业数据结构课程的教材使用, 也可供专业技术人员参考。

出版发行: 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: 朱秀英

责任校对: 李秋荣

印刷: 北京瑞德印刷有限公司

版次: 2019 年 10 月第 1 版第 1 次印刷

开本: 185mm × 260mm 1/16

印张: 47.75

书号: ISBN 978-7-111-63637-3

定价: 139.00 元

客服电话: (010) 88361066 88379833 68326294
华章网站: www.hzbook.com

投稿热线: (010) 88379604
读者信箱: hzjsj@hzbook.com

版权所有·侵权必究

封底无防伪标均为盗版

本书法律顾问: 北京大成律师事务所 韩光 / 邹晓东

保留字

保留字也称为**关键字**。不能重新定义保留字，它们的含义不能改变。尤其是不能将保留字用作变量名、方法名或是类名。`null` 都是字面值而不是保留字。但对我们而言，可以将它们看作保留字。

<code>abstract</code>	<code>assert</code>	<code>boolean</code>	<code>break</code>	<code>byte</code>
<code>case</code>	<code>catch</code>	<code>char</code>	<code>class</code>	<code>const</code>
<code>continue</code>	<code>default</code>	<code>do</code>	<code>double</code>	<code>else</code>
<code>enum</code>	<code>extends</code>	<code>false</code>	<code>final</code>	<code>finally</code>
<code>float</code>	<code>for</code>	<code>goto</code>	<code>if</code>	<code>implements</code>
<code>import</code>	<code>instanceof</code>	<code>int</code>	<code>interface</code>	<code>long</code>
<code>native</code>	<code>new</code>	<code>null</code>	<code>package</code>	<code>private</code>
<code>protected</code>	<code>public</code>	<code>return</code>	<code>short</code>	<code>static</code>
<code>strictfp</code>	<code>super</code>	<code>switch</code>	<code>synchronized</code>	<code>this</code>
<code>throw</code>	<code>throws</code>	<code>transient</code>	<code>true</code>	<code>try</code>
<code>void</code>	<code>volatile</code>	<code>while</code>	<code>_</code> (下划线)	

运算符优先级

下面的列表中，同一行的运算符有相同的优先级。表中越往下，优先级越低。当运算的次序不受括号控制时，较高优先级运算符的计算先于较低优先级运算符的计算。当运算符有相同优先级时，二元运算符按自左至右的次序进行，而一元运算符按自右至左的次序进行。

一元运算符 <code>+</code> 、 <code>-</code> 、 <code>++</code> 、 <code>--</code> 、 <code>!</code> 、 <code>~</code>	高 ↓ 低
一元运算符 <code>new</code> 和 (类型)	
二元运算符 <code>*</code> 、 <code>/</code> 、 <code>%</code>	
二元运算符 <code>+</code> 、 <code>-</code>	
二元 (移位) 运算符 <code><<</code> 、 <code>>></code> 、 <code>>>></code>	
二元运算符 <code><</code> 、 <code>></code> 、 <code><=</code> 、 <code>>=</code>	
二元运算符 <code>==</code> 、 <code>!=</code>	
二元运算符 <code>&</code>	
二元运算符 <code>^</code>	
二元运算符 <code> </code>	
二元运算符 <code>&&</code>	
二元运算符 <code> </code>	
三元 (条件) 运算符 <code>?:</code>	
赋值运算符 <code>=</code> 、 <code>*=</code> 、 <code>/=</code> 、 <code>%=</code> 、 <code>+=</code> 、 <code>-=</code> 、 <code><<=</code> 、 <code>>>=</code> 、 <code>>>>=</code> 、 <code>&=</code> 、 <code>^=</code> 、 <code> =</code>	

2020/10/10

文艺复兴以来，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；也正是这样的优势，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，还揭示了学术的源变，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和发展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到积极的推动作用，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公司较早意识到“出版要为教育服务”。自1998年开始，我们就将工作重点放在了遴选、移译国外优秀教材上。经过多年的不懈努力，我们与 Pearson、McGraw-Hill、Elsevier、MIT、John Wiley & Sons、Cengage 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 Andrew S. Tanenbaum、Bjarne Stroustrup、Brian W. Kernighan、Dennis Ritchie、Jim Gray、Afred V. Aho、John E. Hopcroft、Jeffrey D. Ullman、Abraham Silberschatz、William Stallings、Donald E. Knuth、John L. Hennessy、Larry L. Peterson 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、研究及珍藏。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相助，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，有的还专门为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近500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。其影印版“经典原版书库”作为姊妹篇也被越来越多实施双语教学的学校所采用。

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。随着计算机科学与技术专业学科建设的不断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将步入一个新的阶段，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。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：

华章网站：www.hzbook.com

电子邮件：hzsj@hzbook.com

联系电话：(010) 88379604

联系地址：北京市西城区百万庄南街1号

邮政编码：100037



时隔三年多，这本书又一次摆上案头。看着崭新的书，一方面敬佩原作者 Frank M. Carrano 和 Timothy M. Henry 严谨的治学态度和勤奋的工作精神，一方面也激励译者不能懈怠，要以更加认真的工作态度完成第 5 版的翻译工作。

一如既往，第 5 版也是个厚重的大部头。相比于第 4 版，主体内容没有太多的变化，仍然是 Java 语言与数据结构两条知识主线贯穿始终。本版的修订主要集中在三个方面。

第一方面，是章节次序做了调整，相关的主题集中介绍。这样，学习时内容连贯，也可以相互对比。比如，栈和队列都是受限的线性表，属于线性结构，通常情况下是依次介绍的。在第 4 版中，这两部分内容并不是连续的，其间还穿插介绍了递归和排序的内容。很明显，第 5 版的安排更加合理了。再比如，排序的方法比较多，按照效率来分，通常分为两大类，第 5 版中将排序方法也调整到了连续的章节中。

第二方面，是将递归的内容拆分为两章，先介绍基础知识，后介绍使用递归求解问题的方法。递归不是一个直观的概念，要想在程序中正确使用递归求解问题，深入理解概念是必不可少的环节。第 5 版加强了这些内容的介绍，帮助读者递归地思考问题，同时还介绍了递归程序的效率分析。

第三方面，是增加了侧重于游戏、电子商务及财务方面的新练习和程序设计项目。学习了数据结构的知识之后，可以通过练习和程序设计项目来检验学习的效果。第 4 版中，在每章的最后都有数量不等的练习题和程序设计题目，在此基础上，第 5 版又增加了结合实际应用的题目。以这些题目作为切入点，可以逐步过渡到大的应用项目的开发。

第 5 版中，语言更加准确简捷，给出的图更加清晰明确。读者可以选择按序学习各章的内容，也可以先学习 ADT 的部分，再学习各 ADT 的实现部分。作者对章节的安排方便了读者的学习过程。作为教师，讲授的次序也可以自主安排。

为了让读者对全书内容有个大致的了解，下面简略地介绍一下全书的内容。

全书介绍了包、栈、队列、线性表、字典、树、堆及图等数据结构。每种数据结构都在连续的两三章中介绍。前一章专门介绍与每种结构相关的 ADT 的规范说明，包括数据属性及相关操作。使用具体实例说明这些操作的含义及操作的结果，帮助读者理解其定义。定义的接口也与规范说明放在同一章中，这一章的内容基本上不涉及实现的细节。接下来的一章或两章中，着重介绍对所讨论 ADT 的实现过程，并对每种实现进行效率分析。对有些重要且应用广泛的数据结构，还给出了问题求解实例。

树和图是非常重要的数据结构，树又衍生出二叉树、查找树等结构。它们的概念与实现，既来源于树，又有别于树，所以单独成章、重点介绍。图是本书介绍的最后一种结构，除了像其他 ADT 一样介绍了基本操作的实现之外，还着重介绍了图的几个应用，包括遍历、拓扑排序及最短路径问题。各类算法的实现，有很多是使用递归完成的。本书使用两章的篇幅介绍了递归的概念，及如何编写递归程序。

数据的存储方式可分为两大类：一类使用数组，包括向量；另一类使用指针，即链式实现。本书对各个 ADT 均给出基于数组及基于链的两种实现方式，并针对每种实现的适用性

做了介绍和对比。

除此之外，本书还介绍了排序、查找、散列等概念及相应的实现过程。它们是常用的方法，也是数据结构课程的重要组成部分。针对数据的不同存储方式，适用的排序和查找方法及其实现过程不尽相同，本书也一一做了介绍。

算法的效率是重要的衡量指标，作者介绍了算法分析的大 O 表示。书中实现的每个算法都使用这些技术进行了效率分析，特别介绍了递归方法的效率分析。

本书将 Java 语言的相关内容组织成插曲及附录，在插曲中介绍了泛型、异常、迭代器、可变对象及不可变对象、克隆等内容，在附录中介绍了 Java 的基本语法，以及编写 Java 程序时要注意的方面。同时还给出了词汇表，方便读者查询。附录中的内容属于 Java 语言的基本知识，插曲中的内容是更深入的部分。这些主题比较独立，熟悉这些内容的读者可以略过它们，也可以在涉及相关内容时作为参考而有选择地阅读。这样可以减轻读者的学习难度，也避免了顾此失彼。作者特别注重知识的衔接，在每章的最前面，列出学习本章时应该先学习哪些先修章节，这为读者画出了一个清晰的学习路线图。

译者在翻译过程中，尽可能地保持了原书的风格，包括排版格式。除了正文中的内容全部翻译外，也翻译了伪语言描述的算法中的英文语句，以帮助读者理解伪语言。

本书非常适合作为大学本科数据结构课程的教材使用。书中内容图文并茂，讲解条理清晰。在内容介绍过程中，配合讲解的内容穿插相关的问题并要求读者回答，帮助读者自行检查对知识的掌握程度。每章最后都有数目不等的练习及项目，教师可选择使用。本书提供了大量的代码，并对代码进行了详细的介绍，这些代码对学生理解课程内容非常有益。有些未全部实现的类及方法作为课后练习及项目，要求学生完成，书中提供的这些代码成为必要的参考及基础。

在此，非常感谢机械工业出版社华章公司给译者提供的翻译机会。在翻译过程中，译者不仅学习了作者的编写思想，更感受到作者的敬业精神。书中反映出的作者的认真态度，使译者在翻译过程中不敢有丝毫的懈怠。译者还要特别感谢朱劼、张梦玲等编辑。翻译过程中，译者始终得到华章公司温莉芳副总经理、朱劼主任的大力支持和全方位的帮助。责任编辑严格把关，与译者多次探讨重要概念、术语的确切含义及合适的用辞。正是各位编辑的认真负责，才让本书顺利地 and 读者见面。

本书由辛运韩翻译。翻译过程中，得到了南开大学计算机学院多位老师的支持和帮助，包括徐敬东教授、刘晓光教授、王刚教授、杨巨峰教授等，由于篇幅所限，恕译者不能一一列出全部人的姓名，在此一并表示衷心的感谢。还要特别感谢国防科技大学计算机学院熊岳山教授、东南大学计算机学院姜浩教授、北京理工大学网络服务中心陈朔鹰主任，正是他们为译者提出的众多非常好的建议，帮助译者顺利完成了本书的翻译。

虽然译者在翻译时非常认真努力，期望以尽量高的水平将本书呈现给读者，但限于译者的水平，很多地方并不能完全体现作者的原意。第 5 版的翻译中也尽量改正了第 4 版翻译中的错误，但书中仍难免有错误之处，敬请广大读者指正。您的任何意见和建议都能帮助进一步完善本书。

感谢尊敬的读者选择了本书。

译者

2019 年 7 月于南开津南园

欢迎使用第 5 版，本书可作为数据结构课程的教材，例如 CS-2 课程。

作者集 30 余年讲授本科生计算机科学的教学经验，时刻谨记师生的需求来写作本书。作者想让本书适合读者阅读，这样学生学得更容易，老师教得更有效果。为此，本书将资料分为一个个的小部分——我们称之为“段”，这样容易理解且方便学习。模仿现实世界情形的一些例子作为新素材的背景，帮助学生理解抽象概念。使用很多简单的图来解释及阐述复杂的思想。

这次修订重点关注各种数据结构的规范说明和实现的设计决策，并强调安全可靠的程序设计实践。

本书的组织结构

本书本着让教学和学习更容易的宗旨来组织、排列及划分所讨论的主题，主要包括：

- 每次将读者的注意力集中在一个概念上。
- 为读者提供灵活的阅读次序。
- 明确区分抽象数据类型（ADT）的规范说明及其实现。
- 将 Java 的相关内容独立为 Java 插曲，读者可以根据需要选择阅读。

为此，我们将内容分为 30 章，每章由带编号且每次只涉及一个概念的小段组成。每章涉及 ADT 的规范说明及用法或者其实现方式。你可以选择学习一种 ADT 的规范说明，然后研究其实现方式，也可以在考虑实现问题之前学习几种 ADT 的规范说明及用法。本书的组织方式方便你按喜欢的次序选择阅读章节。

我们使用 Java 插曲来介绍与 Java 相关的内容，从而明确地将涉及数据结构的内容与 Java 的具体问题区分开来。这些插曲根据需要穿插在本书的章节之间。不过，我们的关注点是数据结构而不是 Java。从后面的目录中你可以看到这些插曲的标题，以及它们在章节之间的位置。

本版的新内容

第 5 版加强了第 4 版的内容，承袭了原有版本适合入门级学生的教学方法，保留了以前版本中的形式。根据读者的建议及我们自己的愿望，我们对本书做了全面修订，使内容更清晰和准确。本版中的主要修订如下：

- 增加了讨论更多递归内容的一章（第 14 章），介绍语法、语言及回溯。
- 继续介绍安全可靠的编程实践。
- 增加了新的设计决策、注、安全说明及程序设计技巧。
- 在大部分章节中，增加了侧重于游戏、电子商务及财务的新练习和程序设计项目。
- 调整了某些主题的次序。
- 完善了术语、描述和用词，以便于理解。
- 修改了插图，使之更容易阅读和理解。

- 将“自测题”改名为“学习问题”，并将答案移至网站中，鼓励小组一起讨论答案。
- 书中包含了关于 Java 类的附录，而不是将其放在网站中。
- 减少了书中的 Java 代码数量。
- 确保所有的 Java 代码兼容 Java 9。

联系我们

欢迎使用本书的师生联系我们。非常感谢您的意见、建议及校正。我们的联系方式如下：

- 电子邮件：carrano@acm.org 或 timhenry@acm.org
- Twitter：twitter.com/makingCSreal
- 网站：www.makingCSreal.com 和 timothyhenry.net
- Facebook：www.facebook.com/makingCSreal

如何学习本书

本书讨论的内容涉及数据的不同组织方法，以便所给的应用程序能以高效的方式访问并处理数据。这些内容是你未来进一步学习计算机科学知识所不可或缺的，因为它们是用来创建复杂、可靠的软件所必需的基础知识。不论你是对设计视频游戏感兴趣，还是对设计机器人控制手术的软件感兴趣，学习数据结构都是成功的必经之路。即使你现在不学完本书的全部内容，以后也可能遇到相关话题。我们希望你能享受阅读本书的过程，希望本书能成为你未来课程学习的有用参考资料。

读过前言后，你应该读导论，从而快速了解本书要讨论哪些内容，以及开始学习之前你必须了解 Java 的哪些方面。序言中讨论了类的设计及 Java 接口的使用。本书从头至尾使用了接口。附录 A、B 和 C 讨论了 javadoc 注释、Java 类和继承。Java 插曲贯穿于书中，涵盖所需的 Java 高级特性。注意，在封二给出了 Java 保留字及运算符优先级，封三给出了基本数据类型及 Unicode 字符编码。

请一定要浏览前言的其他部分，了解有助于你学习的特点。

提高学习效率的特点

每章的开头是先修章节列表和读完本章要达成的学习目标。贯穿全书的其他教学要素如下：



注 重要的思想用突出显示的段落来表示或概括，意味着要与上下文一起阅读。



安全说明 这个特点介绍并突出显示进行安全可靠的程序设计的方方面面。



问题求解 大的示例以“问题求解”形式给出。提出问题，然后讨论、设计并实现解决方案。



设计决策 为了让读者明了制订一个方案时所做的设计选择，“设计决策”要素一一说明这样的选择，以及具体示例所做选择背后的关系。这些讨论常出现在“问题求解”部分。



示例 说明新概念的众多示例。



程序设计技巧 提出改善或方便程序设计的建议。



学习问题 每章都提出了学习问题，它们与正文混在一起，强化刚介绍的概念。学习问题有助于读者理解本书内容，因为回答它们需要深思。建议在查阅网站中给出的答案前，先和其他人讨论这些问题及其答案。

练习和程序设计项目 求解每章最后的练习和程序设计项目可获得更多的练习机会。很遗憾，我们不能为读者提供这些练习和程序设计项目的答案，只有采用本教材的教师可从出版商那里得到部分答案。要想获得这些练习和项目的帮助，请联系你的老师。

教师及学生资源

从出版商的网站 pearsonhighered.com/carrano 中，可得到下列资料：

- 本书中出现的 Java 代码。
- 本书出版后发现的印刷错误的链接。
- 下面描述的在线内容的链接。

关于配套网站资源，大部分需要访问码，访问码只有原英文版提供，中文版无法使用。

教师资源[⊖]

采用本书的教师可访问 pearsonhighered.com/carrano，登录 Pearson 的教师资源中心（Instructor Resource Center, IRC），得到下列受保护的资料：

- 教师指南。
- PPT 课件，附带用于所有图像的 ADA 兼容的描述文本。
- 教师答案手册。
- 实验手册和解决方案。
- 给教师的 Java 源代码。
- 书中的图。
- 测试用例库。

请联系 Pearson 销售代表获取教师访问码，从 pearsonhighered.com/relocator 可得到联系方式。

学生资源[⊖]

登录出版商的网站 pearsonhighered.com/carrano，可得到下列资料：

- Java 基础（补充材料 1）。
- 文件输入输出（补充材料 2）。
- 词汇表（补充材料 3）。

⊖ 关于本书教辅资源，只有使用本书作为教材的教师才可以申请，需要的教师请联系机械工业出版社华章公司，电话 010-88378991，邮箱 wanguang@hzbook.com。——编辑注

⊖ 中文版的补充材料可以从华章公司网站 (www.hzbook.com) 下载。

- 学习问题答案（补充材料 4）。

注意，从 docs.oracle.com/javase/9/docs/api/ 可得到 Java 类库文档。

内容概要

本书的读者应当已经学完了程序设计课程，学习过 Java 就更好了。附录和在线补充材料涵盖了我們假定读者已经了解的 Java 的基本内容。可以使用这些资料来复习，或者作为从另一种程序设计语言转向 Java 的基础。

- **导论**：首先为将要研究的数据组织做准备，看一些日常的例子。
- **序言**：序言讨论了类的设计。我们讨论的主题包括前置条件、后置条件、断言、接口和统一建模语言（UML）。设计是我们要讲述的一个重要方面。
- **第 1 ~ 3 章**：将包作为抽象数据类型（ADT）来介绍。明确地将包的规范说明、使用及实现分为几章来介绍。例如，第 1 章给出了包的规范说明，并提供了几个使用示例。这一章还介绍了 ADT 集合（set）。第 2 章涵盖了使用数组的实现方式，而第 3 章介绍了结点链表，并将其用在包的类定义中。

采用类似的方式，本书中在讨论其他各种 ADT 时也将规范说明与实现分开。可以选择先阅读 ADT 规范说明及用法的章节，之后再阅读实现 ADT 的章节；或者可以按章节出现的次序来阅读，学习了每个 ADT 的规范说明及用法之后马上学习它们的实现。前言后面的先修章节列表能帮助你制订本书的学习计划。

第 2 章不仅仅介绍了 ADT 包的简单实现，还介绍了首先关注核心方法的类的实现过程。当定义类时，先实现并测试这些核心方法，稍后再完成其他方法的定义，这种方式很有效。第 2 章还介绍了安全可靠的程序设计的概念，展示如何在代码中增加这层保护。

- **Java 插曲 1 和 Java 插曲 2**：Java 插曲 1 介绍了泛型，故我们可以将它用在第一个 ADT（即包）中。这个插曲紧接在第 1 章之后。Java 插曲 2 介绍了异常，它紧接在第 2 章之后。使用这些内容来实现 ADT 包。
- **第 4 章**：本章介绍算法的效率和复杂度，这个话题在后面的章节中都有涉及。
- **第 5 和 6 章**：第 5 章讨论栈，给出使用的示例。第 6 章使用数组、结点链表和向量来实现栈。
- **Java 插曲 3**：该插曲展示程序员如何写新的异常类。为此，介绍了如何派生一个已有的异常类。该插曲还介绍了 finally 块。
- **第 7 和 8 章**：第 7 章讨论队列、双端队列和优先队列，而第 8 章讨论它们的实现。第 8 章还介绍了循环链表及双向链表，用到了程序员定义的类 `EmptyQueueException`。
- **第 9 章**：接下来，介绍作为问题求解工具的递归，以及它与栈的关系。递归与算法效率也是贯穿全书一再讨论的话题。
- **第 10 ~ 12 章**：接下来的三章介绍 ADT 线性表。抽象地讨论集合（collection），然后使用数组和结点链表来实现它。
- **Java 插曲 4 和第 13 章**：Java 迭代器所涉及的内容是标准接口 `Iterator`、`Iterable` 和 `ListIterator`。第 13 章则展示实现这些 ADT 线性表的迭代器方法，讨论并实现了 Java 迭代器接口 `Iterator` 和 `ListIterator`。
- **第 14 章**：这个新章节介绍了更多的递归内容，包括语言、语法和回溯。
- **Java 插曲 5**：该插曲提供了所介绍的排序方法要用到的 Java 概念，介绍标准接口

Comparable、泛型方法、限定的类型参数和通配符。

- **第 15 和 16 章：**接下来的两章讨论不同的排序技术及与它们相关的复杂度。考虑这些算法的迭代及递归实现版本。
- **Java 插曲 6：**该插曲讨论可变和不可变对象，这是与前几章关于排序的内容及下一章关于有序表的内容相关的话题。
- **第 17 和 18 章及 Java 插曲 7：**继续线性表的讨论，第 17 章介绍有序表，讨论两种可能的实现方法及它们的效率。第 18 章展示如何使用线性表作为有序表的超类（或父类），并讨论超类的一般设计原则。虽然继承是在附录 C 中概括的，但继承的相关内容（包括保护访问、抽象类及抽象方法）在第 18 章之前的 Java 插曲 7 中介绍。
- **第 19 章：**接下来讨论使用数组或链表保存线性表或有序表的查找策略。这些讨论是后续章节的良好基础。
- **Java 插曲 8：**开始下一章之前，快速学习该插曲中所涉及的多个泛型数据类型的内容是有必要的。
- **第 20 ~ 23 章：**第 20 章讨论 ADT 字典的规范说明及使用。第 21 章介绍使用链表或数组实现字典。第 22 章介绍散列方法，而第 23 章使用散列来实现字典。
- **第 24 和 25 章：**第 24 章讨论树及可能的应用。在树的几个应用示例中介绍二叉查找树及堆。第 25 章介绍二叉树和一般树的实现。
- **Java 插曲 9：**Java 插曲 9 讨论克隆。我们克隆一个数组、一个结点链表及一个二叉结点，还讨论了有序表的克隆。虽然这些内容很重要，但可作为选修内容，因为它们不是后续章节所必需的。
- **第 26 ~ 28 章：**第 26 章重点讨论二叉查找树的实现。第 27 章展示如何使用数组来实现堆。第 28 章介绍平衡查找树，还介绍 AVL 树、2-3 树、2-4 树、红黑树及 B 树。
- **第 29 和 30 章：**最后，我们讨论图，学习几个应用及两种实现方式。
- **附录 A ~ 附录 C：**附录中是 Java 内容的补充。如前所述，附录 A 涉及程序设计风格和注释，介绍了 javadoc 注释，定义了本书中使用的标签。附录 B 讨论了 Java 类，而附录 C 扩展了这个话题，讨论组成与继承。

先修章节

每一章和附录都假定读者肯定已经学习了之前的内容。下表列出这些先修章节，数字表示章号，字母表示附录，每个 Java 插曲编号前面冠以“JI”。读者可以用这些信息制订本书的学习计划。

章号	章名	先修章节
序言	设计类	补充材料 1, A, B, C
第 1 章	包	序言, C
Java 插曲 1	泛型	序言
第 2 章	使用数组实现包	序言, 1
Java 插曲 2	异常	补充材料 1, B, C
第 3 章	使用链式数据实现包	1, 2, JI2
第 4 章	算法的效率	B, 2, 3
第 5 章	栈	序言, 1, JI2

(续)

章号	章名	先修章节
第 6 章	栈的实现	2, 3, 4, 5
Java 插曲 3	再论异常	C, JI2
第 7 章	队列、双端队列和优先队列	序言, 5
第 8 章	队列、双端队列和优先队列的实现	2, 3, 6, 7
第 9 章	递归	B, 2, 3, 4, 5
第 10 章	线性表	导论, B, 序言, JI2, 1
第 11 章	使用数组实现线性表	序言, 2, 4, 10
第 12 章	使用链式数据实现线性表	3, 8, 10, 11
Java 插曲 4	迭代器	JI2, 10
第 13 章	ADT 线性表的迭代器	11, 12, JI4
第 14 章	使用递归求解问题	5, 9
Java 插曲 5	再论泛型	JI1
第 15 章	排序简介	3, 4, 9, JI5
第 16 章	更快的排序方法	4, 9, JI5, 15
Java 插曲 6	可变及不可变对象	C, 10
第 17 章	有序表	4, 9, 10, 12, JI6
Java 插曲 7	继承和多态	序言, C, 6
第 18 章	继承和线性表	C, 10, 11, 12, 17, JI7
第 19 章	查找	4, 9, 10, 11, 12, 17
Java 插曲 8	三论泛型	B, JI5
第 20 章	字典	10, JI4, 13, 19, JI8
第 21 章	字典的实现	3, 4, 10, 11, 12, JI4, 19, 20
第 22 章	散列简介	20, 21
第 23 章	使用散列实现字典	4, 11, 12, JI4, 20, 21, 22
第 24 章	树	5, 9, 12, JI4, 19
第 25 章	树的实现	C, JI2, 5, 7, 12, 24
Java 插曲 9	克隆	JI5, JI6, 17, 25, B, C
第 26 章	二叉查找树的实现	C, 9, 20, 24, 25
第 27 章	堆的实现	2, 11, 24
第 28 章	平衡查找树	24, 25, 26
第 29 章	图	5, 7, 24
第 30 章	图的实现	5, 7, 10, JI4, 13, 20, 24, 29
附录 A	文档和程序设计风格	Java 的一些知识
附录 B	Java 类	补充材料 1
附录 C	从其他类创建类	B
补充材料 1	Java 基础	程序设计语言知识
补充材料 2	文件输入输出	序言, JI2, 补充材料 1

致谢

衷心感谢以下审稿人认真阅读第 4 版, 直言不讳地提出意见和建议, 从而大大改进了我们的工作:

Prakash Duraisamy——迈阿密大学

David Gries——康奈尔大学

Hakam Alomari——迈阿密大学
Jack Pope——北亨内平社区学院
Anna Rafferty——卡尔顿大学

特别感谢 Pearson 教育集团在本书漫长的修订期间对我们的支持和帮助：执行项目经理 Tracy Johnson、项目管理助理 Meghan Jacoby、管理内容制作人 Scott Disanno 和内容制作人 Lora Friedenthal。长期合作的文字编辑 Rebecca Pepper 确保本书清楚、正确，且语言无误。非常感谢大家！

除了前面提到的人之外，还要感谢其他许多人提供的帮助。Tim Henry 为本版制作了 PPT 课件。俄克拉荷马城市大学的 Charles Hoot 教授编写了实验手册，阿克伦大学的 Kathy Liszka 教授编写了测试问题集，Joe Erickson 和 Jesse Grabowski 提供了很多程序设计项目的答案。再次感谢本书之前版本的审稿人。

第 4 版审稿人：

Tony Allevato——弗吉尼亚理工学院暨州立大学
Mary Boelk——马凯特大学
Suzanne Buchele——西南大学
Kevin Buffardi——弗吉尼亚理工学院暨州立大学
Jose Cordova——路易斯安那门罗大学
Greg Gagne——威斯敏斯特学院
Victoria Hilford——休斯敦大学
Jim Huggins——凯特林大学
Shamim Kahn——哥伦布州立大学
Kathy Liszka——阿克伦大学
Eli Tilevich——弗吉尼亚理工学院暨州立大学
Jianhua Yang——哥伦布州立大学
Michelle Zhu——南伊利诺伊大学

第 3 版审稿人：

Steven Andrianoff——圣文德大学
Brent Baas——拉托诺大学
Timothy Henry——新英格兰理工学院
Ken Martin——北佛罗里达大学
Bill Siever——西北密苏里州立大学
Lydia Sinapova——辛普森学院
Lubomir Stanchev——印第安纳大学
Judy Walters——中北学院
Xiaohui Yuan——北得克萨斯大学

第 2 版审稿人：

Harold Anderson——曼利斯特学院
Razvan Andonie——华盛顿中心大学
Tom Blough——伦斯勒理工学院

Chris Brooks——旧金山大学
 Adrienne Decker——纽约州立大学布法罗分校
 Henry Etlinger——罗切斯特理工学院
 Derek Harter——得克萨斯 A&M 大学
 Timothy Henry——新英格兰理工学院
 Robert Holloway——威斯康星大学麦迪逊分校
 Charles Hoot——俄克拉荷马城市大学
 Teresa Leyk——得克萨斯 A&M 大学
 Robert McGlenn——南伊利诺伊大学卡本代尔校区
 Edward Medvid——玛丽蒙特大学
 Charles Metzler——旧金山城市学院
 Daniel Zeng——亚利桑那大学
 第 1 版审稿人：
 David Boyd——瓦尔多斯塔州立大学
 Dennis Brylow——普渡大学
 Michael Crowell——产业培训师 / 顾问
 Matthew Dickerson——明德学院
 Robert Holloway——威斯康星大学麦迪逊分校
 John Motil——加州州立大学北岭分校
 Bina Ramamurthy——纽约州立大学布法罗分校
 David Surma——瓦尔帕莱索大学

还要感谢在前几版写作过程中帮助过我们的很多人。他们是：Alan Apt, Steve Armstrong, James Blanding, Lianne Dunn, Bob Englehardt, Mike Giacobbe, Toni Holm, Charles Hoot, Brian Jepson, Rose Kernan, Christianna Lee, Patrick Lindner, John Lovell, Vince O'Brien, Patty Roy, Walt Savitch, Ben Schomp, Heather Scott, Carole Snyder, Chirag Thakkar, Camille Trentacoste, Nate Walker, Xiaohong Zhu。

最后，感谢我们的家人和朋友 Doug、Joanne、Tita、Bobby、Ted、Nancy、Sue、Tom、Bob、Maybeth、Marge 和 Lorraine 给了我们远离计算机时的生活。

谢谢你们每一个人，谢谢你们的专业和鼓励。

Frank M. Carrano
 Timothy M. Henry

目 录

Data Structures and Abstractions with Java, Fifth Edition

出版者的话	
译者序	
前言	
导论 组织数据	1
序言 设计类	3
封装	3
规范说明方法	5
注释	5
前置条件和后置条件	5
断言	6
Java 接口	7
写一个接口	8
实现一个接口	9
接口作为数据类型	11
派生一个接口	12
接口内的命名常量	13
选择类	14
标识类	15
CRC 卡	15
统一建模语言	16
重用类	18
练习	19
项目	19
第 1 章 包	22
什么是包	22
包的行为	23
规范说明一个包	23
一个接口	28
使用 ADT 包	30
像使用自动贩卖机一样使用 ADT	33
ADT 集合	34
Java 类库: 接口 Set	35
本章小结	35
练习	36
项目	37
Java 插曲 1 泛型	40
泛型数据类型	40
接口中的泛型	40
泛型类	41
第 2 章 使用数组实现包	44
使用定长数组实现 ADT 包	44
模拟	44
一组核心方法	45
实现核心方法	46
让实现安全	52
测试核心方法	54
实现更多的方法	57
删除项的方法	59
使用变长数组实现 ADT 包	67
变长数组	67
包的新实现	69
使用数组实现 ADT 包的优缺点	71
本章小结	72
程序设计技巧	72
练习	73
项目	74
Java 插曲 2 异常	75
基础	75
处理异常	77
延缓处理: throws 子句	77
现在处理: try-catch 块	78
多个 catch 块	79
抛出异常	80

第 3 章 使用链式数据实现包	83
链式数据	83
添加到开头形成一个链表	84
ADT 包的链式实现	85
私有类 Node	85
类 LinkedBag 的框架	87
定义一些核心方法	88
测试核心方法	91
方法 getFrequencyOf	92
方法 contains	93
从链表中删除一项	94
方法 remove 和 clear	95
有设置和获取方法的类 Node	98
使用链表实现 ADT 包的优缺点	101
本章小结	101
程序设计技巧	101
练习	102
项目	102
第 4 章 算法的效率	104
动机	104
算法效率的衡量	105
统计基本操作	107
最优、最差和平均情况	109
大 O 表示	109
程序结构的复杂度	112
图示化效率	113
实现 ADT 包的效率	115
基于数组的实现	115
链式实现	117
两种实现的比较	118
本章小结	118
练习	118
项目	121
第 5 章 栈	123
ADT 栈的规范说明	123
使用栈来处理代数表达式	127
问题求解：检查中缀代数表达式中 平衡的分隔符	128
问题求解：将中缀表达式转换为 后缀表达式	132
问题求解：计算后缀表达式的值	136
问题求解：计算中缀表达式的值	137
程序栈	139
Java 类库：类 Stack	140
本章小结	141
程序设计技巧	141
练习	141
项目	143
第 6 章 栈的实现	146
链式实现	146
基于数组的实现	149
基于向量的实现	152
Java 类库：类 Vector	153
使用 Vector 实现 ADT 栈	154
本章小结	155
练习	156
项目	156
Java 插曲 3 再论异常	158
程序员定义的异常类	158
继承和异常	162
finally 块	163
第 7 章 队列、双端队列和优先 队列	166
ADT 队列	166
问题求解：模拟排队	169
问题求解：计算股票售出的资本 收益	174
Java 类库：接口 Queue	177
ADT 双端队列	177
问题求解：计算股票售出的资本 收益	180
Java 类库：接口 Deque	181
Java 类库：类 ArrayDeque	182
ADT 优先队列	183
问题求解：跟踪指派	184