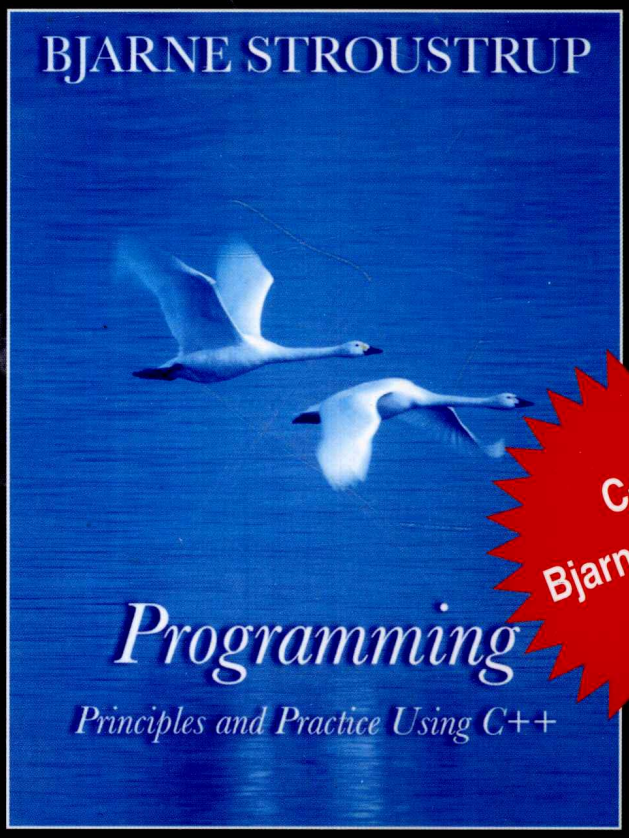
HZ BOOKS
华章教育
PEARSON

计 算 机 科 学 丛 书

C++程序设计原理与实践

(美) Bjarne Stroustrup 著 王刚 刘晓光 吴英 李涛 译



C++之父
Bjarne Stroustrup
的最新力作

Programming
Principles and Practice Using C++

机械工业出版社
China Machine Press

本书是C++之父Bjarne Stroustrup的最新力作。书中广泛地介绍了程序设计的基本概念和技术，包括类型系统、算术运算、控制结构、错误处理等；介绍了从键盘和文件获取数值和文本数据的方法以及以图形化方式表示数值数据、文本和几何图形；介绍了C++标准库中的容器（如向量、列表、映射）和算法（如排序、查找和内积）的设计和使用。同时还对C++思想和历史进行了详细的讨论，很好地拓宽了读者的视野。

本书语言通俗易懂、实例丰富，可作为大学计算机、电子工程、信息科学等相关专业的教材，也可供相关专业人员参考。

本书版权登记号：图字：01-2009-1608

图书在版编目(CIP)数据

C++程序设计原理与实践/(美)斯特劳斯特鲁普(Stroustrup, B.)著；王刚等译. —北京：机械工业出版社，2010.6

(计算机科学丛书)

书名原文：Programming: Principles and Practice Using C++

ISBN 978-7-111-30322-0

Ⅰ.C… Ⅱ.①斯… ②王… Ⅲ.C语言－程序设计 Ⅳ.TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第061970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：李俊竹

北京京北印刷有限公司印刷

2010年6月第1版第1次印刷

184mm×260mm　41.75印张

标准书号：ISBN 978-7-111-30322-0

定价：108.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

客服热线：(010) 88378991；88361066

购书热线：(010) 68326294；88379649；68995259

投稿热线：(010) 88379604

读者信箱：hzjsj@hzbook.com

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，从他们现有的数百种教材中甄选出Andrew S. Tanenbaum，Bjarne Stroustrup，Brain 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，有的还专程为其书的中译本作序。迄今，“计算机科学丛书”已经出版了近两百个品种，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。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，我们的联系方法如下：

华章网站：www.hzbook.com
电子邮件：hzjsj@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

华章教育
华章科技图书出版中心

译者序

程序设计是打开计算机世界大门的金钥匙，它使五彩斑斓的软件对你来说不再是“魔术”。C++ 语言则是学习掌握这把金钥匙的有力武器，它优美、高效，从大洋深处到火星表面，从系统核心到高层应用，从掌中的手机到超级计算机，到处都有 C++ 程序的身影。本书适合那些从未有过程序设计经验的初学者，如果你愿意努力学习，本书能帮助你理解使用 C++ 语言进行程序设计的基本原理及大量实践技巧。你所学到的思想，大多数也都可直接用于其他程序设计语言。本书不是初学程序设计语言的简单入门教材，它的目标是能让读者学到基本的实用程序设计技术，因此也可以作为程序设计方面的“第二本书”。基于这样一个目标，注重实践是本书的明显特点。它希望教会你编写真正能被他人所使用的“有用的程序”，而非“玩具程序”。因此，除了基本的 C++ 程序特性之外，本书还介绍了大量的求解实际问题的程序设计技术：如语法分析器程序的设计、图形化程序设计、利用正则表达式处理文本、数值计算程序设计以及嵌入式程序设计等。在其他大多数程序设计入门书籍中，是找不到这些内容的，像调试技术、测试技术等其他程序设计书籍着墨不多的话题，本书也有详细的介绍。程序设计远非遵循语法规则和阅读手册那么简单，而在于理解基本思想、原理和技术，并进行大量实践。本书阐述了这一理念，为读者指引了明确的方向，教会读者如何才能达到编写有用的、优美的程序这一最终目标。

本书的作者 Bjarne Stroustrup 是 C++ 语言的设计者和最初的实现者，也是《The C++ Programming Language》(Addison-Wesley 出版社)一书的作者。他现在是德州农工大学计算机科学首席教授，美国国家工程院的会员和 AT&T 院士。在进入学术界之前，他在 AT&T 贝尔实验室工作多年。他是 ISO C++ 标准委员会的创始人之一。本书是他在 C++ 程序设计领域奉献给广大读者的又一经典著作。

本书分为五个部分。第一部分介绍基本的 C++ 程序设计知识，包括第一个“Hello, World!”程序，对象、类型和值，运算，错误处理，函数，类等内容，以及一个计算器程序实例。第二部分介绍输入和输出，首先介绍了输入/输出流的基本概念和格式化输出方法，然后第 12 ~ 16 章重点介绍了图形/GUI 类和图形化程序设计。第三部分介绍数据结构和算法，重点介绍了向量、自由内存空间、数组、模板和异常、容器和迭代器以及算法和映射。第四部分希望拓宽读者的视野，介绍了程序设计语言理念和历史、文本处理技术、数值计算、嵌入式程序设计技术及测试技术，此外还较为详细地介绍了 C 语言与C++ 的异同。第五部分为附录，包括 C++ 语言概要、标准库概要、Visual Studio 简要入门、FLTK 安装以及 GUI 实现等内容。

本书的序、第 0 章、8 ~ 11 章、23 ~ 25 章、27 章、附录、术语表由王刚翻译，第 4、5、22、26 章由刘晓光翻译，第 1 ~ 3 章、17 ~ 21 章由吴英翻译，第 6 ~ 7 章、12 ~ 16 章由李涛翻译。翻译大师经典，难度超乎想象。接受任务之初，诚惶诚恐；翻译过程中，如履薄冰；完成后，忐忑不安。虽然竭尽全力，但肯定还有很多错漏之处，敬请读者批评指正。

译者

2010 年 4 月于南开大学

前 言

“该死的鱼雷！全速前进。”

——海军上将 Farragut

程序设计是这样一门艺术，它将问题求解方案描述成计算机可以执行的形式。程序设计中很多工作都花费在寻找求解方案以及对其求精上。通常，只有在真正编写程序求解一个问题的过程中才会对问题本身理解透彻。

本书适合于那些从未有过编程经验但愿意努力学习程序设计的初学者，它能帮助你理解使用C++ 语言进行程序设计的基本原理并获得实践技巧。我的目标是使你获得足够多的知识和经验，以便能使用最新最好的技术进行简单有用的编程工作。达到这一目标需要多长时间呢？作为大学一年级课程的一部分，你可以在一个学期内完成这本书的学习（假定你有另外四门中等难度的课程）。如果你是自学的话，不要期望能花费更少的时间完成学习（一般来说，每周15个小时，共14周是合适的学时安排）。

三个月可能看起来是一段很长的时间，但要学习的内容很多，写第一个简单程序之前，就要花费一个小时。而且，所有学习过程都是渐进的：每一章都会介绍一些新的有用的概念，并通过从实际应用中获取的例子来阐述这些概念。随着学习进程的推进，你通过程序代码表达思想的能力——也就是让计算机按你的期望工作的能力，会逐渐稳步地提高。我从不会说：“先学习一个月的理论知识，然后看看你是否能使用这些理论吧。”

为什么要学习程序设计呢？因为计算机文化是建立在软件之上的。如果不理解软件，那么你将退化到只能相信“魔术”的境地，并且将被排除在很多最为有趣、最具经济效益和社会效益的领域之外。当谈论程序设计时，我所想到的是整个计算机程序家族，从带有GUI（图形用户界面）的个人计算机程序，到工程计算和嵌入式系统控制程序（如数码相机、汽车和手机中的程序），以及文字处理程序等，在很多日常应用和商业应用中都能看到这些程序。程序设计与数学有些相似，如果认真去做的话，它会是一种非常有用的智力训练，可以锻炼我们的思考能力。然而，由于计算机能做出反馈，程序设计又不像大多数数学形式那么抽象，因而对更多人来说更容易接受。可以说，程序设计是一条能够打开你的眼界，将世界变得更美好的途径。最后，程序设计非常有趣。

为什么学习C++这门程序设计语言呢？学习程序设计不可能不借助一门程序设计语言，而C++直接支持现实世界中的软件所使用的那些关键概念和技术。C++是使用最为广泛的程序设计语言之一，其应用领域几乎没有局限。从大洋深处到火星表面，到处都能发现C++程序的身影。C++是由一个开放的国际标准组织全面考量、精心设计的。在任何一种计算机平台上都能找到高质量的和免费的C++实现。而且，你用C++所学到的程序设计思想，大多数都可直接用于其他程序设计语言，如C、C#、Fortran以及Java。最后一个原因，我喜欢C++适合编写优美、高效的代码这一特点。

本书不是初学程序设计的简单入门教材，我写此书的用意也不在此。我为本书设定的目标

是:能让你学到基本的实用编程技术的最简单的书籍。这是一个雄心勃勃的目标,因为很多现代软件所依赖的技术,不过才出现短短几年时间。

我的基本假设是,你希望编写供他人使用的程序,并愿意认真负责地、较高质量地完成这个工作;也就是说,我假定你希望达到专业水准。因此,我为本书选择的主题覆盖了开始学习实用编程技术所需要的内容,而不只是那些容易讲授和容易学习的内容。如果某种技术是你做好基本编程工作所需要的,那么本书就会介绍它,同时展示用以支持这种技术的编程思想和语言工具,并提供相应的练习,期望你通过做这些练习来熟悉这种技术。但如果你只想了解"玩具程序",那么你能学到的将远比我所提供的少得多。另一方面,我不会用一些实用性很低的内容来浪费你的时间,本书介绍的内容都是你在实践中几乎肯定会用到的。

如果你只是希望直接使用别人编写的程序,而不想了解其内部原理,也不想亲自向代码中加入重要的内容,那么本书不适合你。请考虑是否采用另一本书或另一种程序设计语言会更好些。如果这大概就是你对程序设计的看法,那么请同时考虑一下你从何得来的这种观点,它真的满足你的需求吗?人们常常低估程序设计的复杂程度和它的重要性。我不愿看到你不喜欢程序设计,只是因为你的需求与我所描述的部分软件之间不匹配。信息技术世界中还有很多部分是不要求程序设计知识的,那些领域可能适合你。本书面向的是那些确实希望编写和理解复杂计算机程序的人。

考虑到本书的结构和注重实践的特点,它也可以作为程序设计方面的第二本书,适合那些已经了解一点 C++ 的人,和那些会用其他语言编程,现在想学习 C++ 的人。如果你属于其中一类,我不好估计你学习这本书要花费多长时间。但我可以给你的建议是,多做练习。因为你在学习中常见的一个问题是习惯用熟悉的、旧的方式编写程序,而不是在适当的地方采用新技术,多做练习会帮助你解决这个问题。如果你曾经按某种更为传统的方式学习过 C++,那么在进行到第 7 章之前,你会发现一些令你惊奇的和有用的内容。除非你的名字是 Stroustrup,否则你会发现我在本书中所讨论的内容不是"你父辈的 C++"。

学习程序设计要靠编程实践。在这一点上,程序设计与其他需要实践学习的技能是相似的。你不可能仅仅通过读书就学会游泳、演奏乐器或者开车,你必须进行实践。同样,不读程序、不写程序就不可能学会程序设计。本书给出了大量代码实例,都配合有说明文字和图表。你需要通过读这些代码来理解程序设计的思想、概念和原理,并掌握用来表达这些思想、概念和原理的程序设计语言的特性。但有一点很重要,仅仅读代码是不能学会编程实践技巧的。为此,你必须进行编程练习,通过编程工具熟悉编写、编译和运行程序。你需要亲身体验编程中会出现的错误,学习如何修改它们。总之,在学习程序设计的过程中,编写代码的练习是不可替代的。而且,这也是乐趣所在!

另一方面,程序设计远非只是遵循一些语法规则和阅读手册那么简单。本书的重点不在于 C++ 的语法,而在于理解基础思想、原理和技术,这是一名好程序员所必备的。只有设计良好的代码才有机会成为一个正确、可靠和易维护的系统的一部分。而且,"基础"意味着延续性:当现在的程序设计语言和工具演变甚至被取代后,这些基础知识仍会保持其重要性。

那么计算机科学、软件工程、信息技术等又如何呢?它们都属于程序设计范畴吗?当然不是!但程序设计是一门基础性的学科,是所有计算机相关领域的基础,在计算机科学领域占有重要的地位。本书对算法、数据结构、用户接口、数据处理和软件工程等领域的重要概念和技术进行了简要介绍。但本书不能取代对这些领域全面、均衡的学习。

代码可以很有用，同样也可以很优美。本书会帮你了解优美的代码意味着什么，并帮你掌握构造优美代码的原理和实践技巧。祝你学习顺利！

致学生

到目前为止，我在德州农工大学已经用本书的初稿教过1000名以上的大一新生，其中60%曾经有过编程经历，而剩余40%从未见过哪怕一行代码。大多数学生的学习是成功的，所以你也可以成功。

你不一定是在某门课程中来学习本书，我认为本书会广泛用于自学。然而，不管你学习本书是作为课程的一部分还是自学，都要尽量与他人协作。程序设计有一个不好的名声——它是一种个人活动，这是不公正的。大多数人在作为一个有共同目标的团体的一份子时，工作效果更好，学习得更快。与朋友一起学习和讨论问题不是作弊！而是取得进步最有效，同时也是最快乐的途径。如果没有特殊情况的话，与朋友一起工作会促使你表达出你的思想，这正是测试你对问题理解和确认你的记忆的最有效的方法。你没有必要独自解决所有编程语言和编程环境中的难题。但是，请不要自欺欺人，不去完成那些简单练习和大量的习题(即使没有老师督促你，你也不应这样做)。记住，程序设计(尤其)是一种实践技能，需要通过实践来掌握。如果你不编写代码(完成每章的若干习题)，那么阅读本书就纯粹是一种无意义的理论学习。

大多数学生，特别是那些爱思考的好学生，有时会对自己努力工作是否值得产生疑问。当(不是如果)你产生这样的疑问时，休息一会儿，重新阅读这篇前言，阅读一下第1章(“计算机、人和程序设计”)和第22章(“思想和历史”)。在那里，我试图阐述我在程序设计中发现了哪些令人兴奋的东西，以及为什么我会认为程序设计是能为世界带来积极贡献的重要工具。如果你对我的教学理念和一般方法有疑问，请阅读第0章(“致读者”)。

你可能会对本书的厚度感到担心。本书如此之厚的一部分原因是，我宁愿反复重复一些解释说明或增加一些实例，而不是让你自己到处找这些内容，这应该令你安心。另外一个主要原因是，本书的后半部分是一些参考资料和补充资料，供你想要深入了解程序设计的某个特定领域(如嵌入式系统程序设计、文本分析或数值计算)时查阅。

还有，学习中请耐心些。学习任何一种重要的、有价值的新技能都要花费一些时间，而这是值得的。

致教师

本书不是一门传统的计算机科学的101课程，而是一本关于如何构造能实际工作的软件的书。因此本书省略了很多计算机科学系学生按惯例要学习的内容(图灵完全、状态机、离散数学、乔姆斯基文法等)。硬件相关的内容也省略了，因为我假定学生从幼儿园时代就已经通过不同途径使用过计算机了。本书也不准备涉及一些计算机科学领域最重要的主题。本书是关于程序设计的(或者更一般地，是关于如何开发软件的)，因此关注的是少量主题的更深入的细节，而不是像传统计算机课程那样讨论很多主题。本书试图只做好一件事，计算机科学不是一门课程可以囊括的。如果本书(本课程)被计算机科学、计算机工程、电子工程(很多我们最早的学生都是电子专业的)、信息科学或者其他相关专业所采用，我希望这门课程能和其他一些课程一起进行，共同形成对计算机科学的完整介绍。

请阅读第0章，那里有对我的教学理念、一般教学方法等的介绍。请在教学过程中尝试将这

些观点传达给你的学生。

资源

本书网站的网址为 www. stroustrup. com/Programming，其中包含了各种使用本书讲授和学习程序设计所需的辅助资料。这些资料可能会随着时间推移不断改进，但对于初学者，现在可以找到下面一些资料：

- 基于本书的讲义的幻灯片。
- 一本教师指南。
- 本书中使用的库的头文件和实现。
- 本书中实例的代码。
- 某些习题的解答。
- 可能有用的一些链接。
- 勘误表。

欢迎随时提出对这些资料的改进意见。

致谢

我要特别感谢我已故的同事和联合导师 Lawrence“Pete” Peterson，很久以前，在我还未感受到教授初学者的惬意时，是他鼓励我承担这项工作，并提供了很多能令课程成功的教学经验。没有他，这门课程的首次尝试就会失败。他参与了这门课程最初的建设，本书就是为这门课程所著。他还和我一起反复讲授这门课程，汲取经验，不断改进课程和本书。在本书中我使用的“我们”这个字眼，最初的意思就是指“Pete 和我”。

我要感谢那些直接或间接帮助过我撰写本书的学生、助教以及德州农工大学讲授 ENGR 112 课程的教师，以及 Walter Daugherity，他曾讲授过这门课程。还要感谢 Damian Dechev、Tracy Hammond、Arne Tolstrup Madsen、Gabriel Dos Reis、Nicholas Stroustrup、J. C. van Winkel、Greg Versoonder、Ronnie Ward 和 Leor Zolman，他们对本书初稿提出了一些建设性意见。感谢 Mogens Hansen 为我解释引擎控制软件。感谢 Al Aho、Stephen Edwards、Brian Kernighan 和 Daisy Nguyen，他们帮助我在夏天躲开那些分心的事来完成本书。

感谢 Addison-Wesley 公司为我安排的审阅人：Richard Enbody、David Gustafson、Ron McCarty 和 K. Narayanaswamy，他们基于自身讲授 C++ 课程或者大学计算机科学系 101 课程的经验，对本书提出了宝贵的意见。还要感谢我的编辑 Peter Gordon 为本书提出的很多有价值的意见以及他极大的耐心。我非常感谢 Addison-Wesley 公司为本书组织的制作团队的同仁，他们为本书的高质量出版做出了很多贡献，他们是：Julie Grady（校对）、Chris Keane（排版）、Rob Mauhar（插图）、Julie Nahil（制作编辑）和 Barbara Wood（文字编辑）。

另外，我本人对本书代码的检查很不系统，Bashar Anabtawi、Yinan Fan 和 Yuriy Solodkyy 使用微软 C++ 7.1 版(2003)和 8.0 版(2005)以及 GCC 3.4.4 版检查了所有代码片段。

我还要感谢 Brian Kernighan 和 Doug McIlroy 为程序设计类书籍的撰写定下了非常高的标准，以及 Dennis Ritchie 和 Kristen Nygaard 为实用编程语言设计提供的非常有价值的经验。

目 录

第一部分 基本知识

第二部分 输入和输出

第三部分 数据结构和算法

第四部分 拓宽视野

第五部分 附 录[⊖]

⊖ 本书附录部分的内容请读者登录华章网站(www.hzbook.com)下载。——编辑注

第0章 致 读 者

“当实际地形与地图不符时，相信实际地形。”

——瑞士军队谚语

本章汇集了多种信息，目的是使你对本书剩余部分的内容有初步了解。你可以略过本章，直接阅读后面你感兴趣的部分。对教师来说，可以立即发现很多有用的内容。如果没有一个好的老师指导你学习本书，请不要试图阅读并理解本章的所有内容，只要阅读“本书结构”一节和“讲授和学习本书的方法”一节的第一部分即可。当你已经能自如编写和执行小程序时，可能需要回过头来重读本章。

0.1 本书结构

本书由四个部分和若干个附录组成：

- *第一部分：基本知识*，介绍了程序设计的基本概念和技术，以及开始编写代码需要了解的一些C++语言和库的知识。这部分包括类型系统、算术运算、控制结构、错误处理，以及函数和用户自定义类型的设计、实现和使用等内容。
- *第二部分：输入/输出*，介绍了如何从键盘和文件获取数值和文本数据，以及如何生成相应的输出到屏幕和文件。然后介绍了如何以图形化方式表示数值数据、文本和几何图形，以及如何从图形用户界面(graphical user interface，GUI)获取输入数据。
- *第三部分：数据结构和算法*，关注C++标准库中的容器和算法框架(标准模板库，standard template library，STL)。展示了容器(如向量、列表和映射)是如何(用指针、数组、动态内存、异常和模板)实现的以及如何使用它们。还展示了标准库算法(如排序、查找和内积)如何设计及使用。
- *第四部分：拓宽视野*，通过对C++思想和历史的讨论，通过一些实例(如矩阵运算、文本处理、测试以及嵌入式系统程序设计)，以及通过C语言的一个简单描述，为我们呈现了程序设计的一个全景。
- *第五部分：附录*，提供了一些不适合作为教学但很有用的内容，如C++语言和标准库的概要介绍，以及集成开发环境(integrated development environment，IDE)和图形用户界面库(GUI库)的入门简介等。

不幸的是，现实世界中的程序设计并不能真正分为完全独立的四个部分。因此，这种划分仅仅是对本书内容的一种粗略分类。我们认为这是一种有用的分类方法(这是显然的，否则我们不会采用它)，但现实情况往往与这种简洁的分类法相悖。例如，我们很快就会用到输入操作，但对C++标准I/O流(input/output stream，输入/输出流)的完整介绍却出现在本书比较靠后的部分。书中有些地方在提出某个概念时需要先介绍另外一些内容，而这与全书的布局不符，对此，我们会在此处简明介绍这些内容，以便更好地提出概念，而不是仅仅指出这些内容的完整介绍在书中什么地方。刻板的分类法更适合于手册而不是教材。

本书内容的顺序是由程序设计技术决定的，而不是程序设计语言特性，参见0.2节。附录A是按语言特性组织的。