



国外经典教材·计算机科学与技术

PEARSON
Prentice
Hall

Engineering Problem Solving with C Third Edition

工程问题C语言求解(第三版)

Delores M. Etter 著
朱剑平 付宇光 译



清华大学出版社

国外经典教材·计算机科学与技术

工程问题 C 语言求解

(第三版)

Delores M. Etter 著
朱剑平 付宇光 译

清华大学出版社
北 京

Simplified Chinese edition copyright © 2005 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

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

Original English language title: Engineering Problem Solving with C, 3rd by Delores M. Etter, Copyright © 2005

EISBN: 0-13-142971-x

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

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 Prentice Hall 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：01-2004-6477

版权所有，翻印必究。举报电话：010-62782989 13501256678 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

工程问题 C 语言求解：第三版 / 埃特尔 (Etter, D. M.) 著；朱剑平，付宇光译。—北京：清华大学出版社，2005.5

书名原文：Engineering Problem Solving with C

ISBN 7-302-10793-9

I. 工… II. ①埃… ②朱… ③付… III. C 语言—程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 031456 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：北京市清华园胶印厂

装 订 者：北京鑫海金澳胶印有限公司

发 行 者：新华书店总店北京发行所

开 本：185×260 印张：26.75 字数：660 千字

版 次：2005 年 5 月第 1 版 2005 年 5 月第 1 次印刷

书 号：ISBN 7-302-10793-9/TP·7176

印 数：1~3000

定 价：49.80 元

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學需要。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

阮秋椅

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

工程师使用计算机解决各种问题，从计算简单函数直到解非线性方程组。而 C 已经成为很多工程师、科学家所选择的语言，这不仅是因为 C 有着功能强大的命令及数据结构，还因为 C 容易用于系统级操作。由于 C 是新手工程师在工作中很可能遇到的一种语言，因此最好能为他们介绍 C 语言的计算。而本书就是为介绍工程问题求解而编写的，本书的目标如下。

- 建立一种统一的工程问题求解方法论。
- 展现 C——这种很多实践工程师、科学家所选择的语言——的基本功能。
- 通过各种有趣的工程示例及应用展现出使用 C 的问题求解过程。

为了达成这些目标，第 1 章介绍了 5 步法，本书其他部分将一直用这种方法解决工程问题。第 2 章~第 7 章展现了工程问题求解中的 C 基本功能。第 8 章介绍了使用 C++ 的面向对象编程。面向对象编程在很多工程和科学领域正逐渐流行起来，大家可能在工作中也见过这种编程方式。在所有这些章节中，给出了来自很多不同工程领域、科学学科的大量示例。我们使用 5 步法及 ANSI C（以及第 8 章中的 ANSI C++）开发出这些示例的解决方案。ANSI C 是美国国家标准化组织开发出来的标准。

对第三版的修改

本版的新主题是海洋及其在与地球环境复杂交互作用中的角色，或者叫生物圈。地球环境中的复杂交互涉及到海洋与供水系统、陆地与种类众多的陆地地貌、与太阳交界的大气。在我们所居住的这个生物圈内，有很多令人着迷、极具挑战性的问题有待工程师和科学家们去解决。与环境的交互作用影响着我们的身体健康、经济状况、安全问题及生活方式。由于海洋在生物圈内具有的重要地位，于是本书使用它作为要讨论的主题，这样在解决问题的同时不仅帮助大家学习 C 语言，还有助于学到更多海洋方面的知识。

本书封面也与这个新主题结合起来：封面上是在南极洲威德尔海处拍摄的一张合成孔径雷达（synthetic aperture radar, SAR）照片。照片中能明显看出两个较大的、被称为漩涡的螺旋状图案。威德尔海地区的海水环流对极地的热传送是很重要的。

每章开头是一幅海洋照片，接着是对海洋相关主题的讨论。然后，每一章还增加了一个相关应用部分，这样除了学到 C 的所有关键特征之外，还会了解到海水组成、海浪的交互作用、冰山跟踪、飓风、海洋表面水温、海啸及洋面风等知识。

每章还添加了一些新问题。这些新问题涵盖了本书的所有 4 类问题——实践题、修改题、简答题及编程题。

相关网站给出了适用于教师及学生的其他参考材料、支持材料等。

预备知识

本书没有假定读者以前有过计算机经验。在数学方面的预备知识也只要求大学代数学及三角学。当然, 如果学生已经学过其他计算机语言或软件工具, 则可以更快地通读初始材料。

课程结构

这些章节中选用的材料是想作为一个学期工程计算课程的基础。这些章节包含了数学计算、字符数据、控制结构、函数、数组、指针、结构等方面的基本主题。具有其他计算机语言背景的学生应该能在一个学期内学完这些材料。仅使用本书的必修章节也可以设计出一门仅介绍 C 的最简课程(目录中标出了哪些是选修章节)。本书及其推荐章节有 3 种使用方式。

- **C 语言介绍。**很多大学一年级课程除语言之外还会向学生介绍几种计算机工具。对这些课程, 我们建议涵盖第 1 章~第 5 章的必修章节。这些材料向学生介绍了 C 的基本功能, 使他们能够利用数学计算、字符数据、控制结构、函数、数组等编写出真正的程序。
- **使用 C 进行问题求解。**在专门致力于教会学生掌握 C 语言的一个学期课程中, 我们建议涵盖第 1 章~第 7 章的所有必修章节。这些材料涉及了 C 语言的所有基本概念, 其中包括数学计算、字符数据、控制结构、函数、数组、指针及结构。
- **使用 C 进行问题求解及数值技术。**本书的很多章节涉及了常见的数值技术, 比如线性插值、线性模型、寻找多项式的根、方程组的解等。这些内容与讨论 C 语言的章节可以被一起讲授, 这种紧密的联系适用于那些需要在课程论文中使用数值技术的学生。涵盖的内容应该包括第 1 章~第 7 章的所有部分。

很多学生会有兴趣阅读一些 C++ 的额外的面向对象特征。我们建议这些学生在阅读第 8 章之前先阅读第 1 章~第 7 章的所有必修章节。

问题求解方法论

对工程和科学问题求解的强调, 贯穿于本书。第 1 章介绍了使用计算机解决工程问题的 5 步法。

1. 清楚地陈述问题。
2. 描述输入/输出信息。
3. 动手做出一个简单示例。
4. 开发算法并将其转化为计算机程序。
5. 用各种数据测试解决方案。

为了再次加强问题求解技能的培养, 每当解决一个完整工程问题的同时, 都会清楚地标出其中的每一步。另外, 还利用分解图、伪代码及流程图展现了自顶向下设计法及逐步求精法。

工程和科学应用

本书通篇的重点都放在如何结合现实工程和科学的这些示例与问题上。展现各类工程应用的示例有：

- 速度的计算
- 氨基酸分子量
- 风洞
- 臭氧测量
- 探空火箭轨道
- 缝合包装
- 木料再生
- 关键路径分析
- 气象气球
- 仪器可靠性
- 系统稳定性
- 组件可靠性
- 飞行模拟器风速
- 分子量
- 语言信号分析
- 地表导航
- 电路分析
- 电厂数据
- 加密
- 温度分布
- 地震监测

另外，每章开头都讨论了新主题的某一方面，稍后又将会解决与海洋引论相关的某个问题。这些问题针对如下应用。

- 海水的结冰温度
- 海浪的交互作用
- 冰山跟踪
- 飓风分级
- 南半球厄尔尼诺震荡数据
- 海啸分析
- 洋面风向

ANSI C

本书给出的语句及开发出的所有程序都使用美国国家标准化组织（ANSI）开发的 C 标准。利用 ANSI C，学生可以学习编写能从一台计算机系统转移至另一计算机系统上的可

移植代码。

软件工程概念

工程师和科学家们期望能开发、实现用户友好的、可重用的计算机解决方案。学习软件工程技术是成功开发出这种计算机解决方案的关键。程序开发一直强调可读性及文档化。因此,本书中还将讨论软件工程范畴中的其他主题,其中包括软件生命周期、可移植性、维护、模块性、递归、抽象、可重用性、结构化编程、验证及确认等。

4 类问题

学习任何新技能都要求进行难度层次各不相同的实践。本书使用 4 类练习以培养学生的问题求解技能。第 1 类练习是实践题。这类题是一些与刚讲述材料相关的简答题。大多数章节的后面会直接跟有一组实践题,这样学生们就能判定自己是否已经准备好继续学习下一章节。

修改题的设计是为了使学生对“问题解决案例”部分中开发的程序具有动手经验。“问题解决案例”中利用 5 步法开发了完整的 C 程序。修改题则要求学生以不同的数据集运行程序,测试他们对程序运行方式的理解、对工程变量相互关系的理解等。这类练习还要求学生程序进行简单的修改,然后再运行程序测试所做的改变。本书末尾给出了某些修改题的选择性解答。

每章末尾有两组问题。简答题包含是非题、多项选择题、匹配题、语法题、填空题、内存快照题、程序输出题及程序片断分析题。本书末尾给出了所有简答题的完整解答。

各章最后一组题目(除了第 1 章)是编程题。这是一类与各种工程应用相关的新问题。难度层次从非常直观的题目直到较大的项目作业。每道题目要求学生开发出一个完整的 C 程序或函数。相关网站上给出了其中很多问题的工程数据集。

学习及编程上的帮助

风格告诉学生如何编写符合良好软件规范的 C 程序;调试注解能帮助学生认识常见的错误以便不再犯这种错误。每章小结中都含有风格及调试注解的摘要,另外还有该章的关键术语清单,以及一个新语句的 C 语句概要。这些都使得本书更容易用做一本参考手册。本书末尾的词汇表中罗列了这些关键术语的总清单(包括术语定义)。

可选的数值技术

本书也讨论了工程问题求解中常用的数值技术,其中包括插值、线性模型(回归)、寻找方程根及方程组的解。本书同样还介绍了矩阵概念,并且用几个例子展示了矩阵的用法。本书给出的所有这些内容都假定读者只具有三角学及大学代数学的知识背景。

MATLAB 与可视化

对理解并培养出创造性工程师所必需的直觉而言,问题及其解决方案相关信息的可视化是一个关键部分。因此,本书始终给出了大量试验数据以展现特定问题求解时所必需的信息之间的关系。所有这些试验数据都是利用 MATLAB 生成的。MATLAB 是用于数值计

算、数据分析及可视化的一种强大集成环境。本书还带有一个附录以说明如何根据文本文件中存储的数据生成一次简单试验，这里的文本文件可以由字处理程序生成，也可以由 C 程序生成。

附录

为了进一步增强参考价值，附录中包含了大量的重要话题。附录 A 讨论了 ANSI C 标准库中的组件。附录 B 给出了 ASCII 字符代码。附录 C 说明了如何使用 MATLAB 根据 ASCII 文件生成试验数据，这里允许学生用 C 程序生成 ASCII 文件，然后再用 MATLAB 布置试验值。最后，附录 D 给出了本书用到的参考文献清单。

相关网站

Pearson Education 的 Web 服务器上有一个相关网站。该网站含有本书的相关信息。例如，其中给出了所有问题的解答（仅用于教师）及用于测试很多问题的数据文件。该网站还包含一组完整的 PowerPoint 幻灯片，它能辅助教师准备讲义材料。

非技术性技能

21 世纪的工程师除了在工程项目中学到的技术技能外，还需要很多其他技能及能力。本书第 1 章简略地讨论了其中一些对工程师而言非常重要的非技术性技能。具体而言，本书讨论了：如何培养口头及书面交流技能；如何理解由想法至成品过程中需要的设计/处理/制造路径；如何理解国际市场；综合相对于分析的同等重要性；工程解决方案中道德规范及其他社会关系的重要性，等等。尽管本书主要致力于教授问题求解技能及 C 语言，但仍然试图将这些非技术性话题纳入到书中的很多问题及讨论中。

致 谢

很多人对本书做出了显著的贡献。学生们总是“什么能用”、“什么不能用”的最佳裁判。我要感谢那些开始学习本书但从未用过计算机的学生给出的反馈，感谢那些已经了解其他语言的大学本科生，感谢那些希望使用 C 进行研究分析的研究生。所有这些学生的意见和建议极大地改进了本书。

一次建设性的、关键的评审对课本质量的提高极其重要。有很多审阅者做出了这种关键性的指导，其中包括：Murali Narayanan（堪萨斯州立大学）、Kyle Squires（亚利桑那州立大学）、Amelia Regan（加州大学伊尔文分校）、Hyeong-Ah Choi（乔治·华盛顿大学）、George Friedman（伊利诺斯大学香普兰分校）、D. Dandapani（科罗拉多大学斯普林分校）、Karl Math-ias（奥本大学）、William Koffke（维拉诺瓦大学）、Paul Heinemann（宾夕法尼亚州立大学）、A. S. Hodel（奥本大学）、Armando Barreto（佛罗里达国际大学）、Arnold Robbins（乔治亚计算技术学院）、Avelino Gonzalez（中央佛罗里达大学）、Thomas Walker（维吉尼亚工艺学院暨州立大学）、Christopher Skelly（Insight Resource 公司）、Betty Barr（休斯敦大学）、John Cordero（南加州大学）、A. R. Marundarajan（Cal Poly, Pomona）、Lawrence Genalo（爱荷华州立大学）、Karen Davis（辛辛那提大学）、Petros Gheresus（通用汽车学院）、Leon Levine（加州大学洛杉矶分校）、Harry Tyrer（哥伦比亚市密苏里大学）、Caleb Drake（芝加哥市伊利诺斯大学）、John Miller（迪尔伯恩市密歇根大学）、Elden Heiden（新墨西哥州立大学）、Joe Hootman（北达科他大学）及 Nazeih Botros（南伊利诺斯大学）。

Prentice Hall 的杰出团队对本书的写作始终给予了很大帮助。该团队包括 Marcia Horton、Alan Apt、Toni Holm、Heather Scott、Lakshmi Bala-subramanian、Xiaohong Zhu 及 Camille Trentacoste。我想感谢 Jeanine Ingber（新墨西哥大学），感谢她作为第 2 版合著者时所做的贡献，她做的很多工作仍然保留在第 3 版中。最后，我还想感谢 Yingzi Du（美国海军军官学校），感谢她对第 3 版中新材料作出的仔细评审。

DELORES M. ETTER
美国海军军官学校电子工程系
安纳波利斯，马里兰州

目 录

第 1 章 工程问题求解	2
1.1 21 世纪的工程	3
1.2 计算系统：硬件与软件	9
1.3 一种工程问题求解方法论	22
1.4 海洋与生物圈的交互	25
第 2 章 简单的 C 程序	36
2.1 程序结构	37
2.2 常量和变量	40
2.3 赋值语句	46
2.4 标准输入输出	54
2.5 数值方法：线性插值	59
2.6 问题解决案例：海水的凝固温度	62
2.7 数学函数	66
2.8 字符函数	70
2.9 问题解决案例：速度计算	72
2.10 系统限制	76
第 3 章 控制结构和数据文件	86
3.1 算法开发	87
3.2 条件表达式	93
3.3 选择语句	95
3.4 循环结构	102
3.5 问题解决案例：波的相互作用	108
3.6 数据文件	115
3.7 数值技术：线性建模*	125
3.8 问题解决案例：臭氧测量*	128
第 4 章 函数模块化编程	142
4.1 模块性	143

* 可选章节

4.2	程序员自定义函数	146
4.3	问题解决案例: 冰山跟踪	156
4.4	随机数	161
4.5	问题解决案例: 仪器可靠性	166
4.6	数值技术: 多项式的根*	171
4.7	问题解决案例: 系统稳定性*	175
4.8	宏*	180
4.9	递归*	183
第 5 章	数据和矩阵	196
5.1	一维数组	197
5.2	问题解决案例: 飓风类别	204
5.3	问题解决案例: 分子重量	209
5.4	统计度量	213
5.5	问题解决案例: 语音信号分析	218
5.6	排序算法	223
5.7	查找算法	225
5.8	二维数组	228
5.9	问题解决案例: 地域导航	235
5.10	矩阵和向量*	239
5.11	数值技术: 方程组求解*	244
5.12	问题解决案例: 电路分析*	249
5.13	多维数组*	254
第 6 章	指针	266
6.1	地址和指针	267
6.2	数组元素的指针	275
6.3	问题解决案例: 厄尔尼诺—南方涛动数据	280
6.4	函数引用中的指针	282
6.5	问题解决案例: 地震事件检测	285
6.6	字符字符串	290
6.7	动态内存分配*	294
6.8	快速排序算法*	298
第 7 章	结构化编程	308
7.1	结构	309
7.2	使用包含结构的函数	314

7.3 结构数组	316
7.4 问题解决案例：海啸分析	318
7.5 动态数据结构*	322
第 8 章 C++介绍	340
8.1 面向对象编程	341
8.2 C++程序结构	342
8.3 输入和输出	343
8.4 C++程序示例	347
8.5 问题解决案例：洋面风向	350
8.6 类	354
8.7 数值技术：复数根	359
附录 A ANSI C 标准库	370
附录 B ASCII 字符编码	385
附录 C 利用 MATLAB 根据文本文件绘出数据图	389
附录 D 参考资料	392
词汇表	393

工程问题 C 语言求解

(第三版)



第 1 章

海洋：与生物圈的交互

生物圈这个词代表地球上的生命以及维系生命的那些复杂的交互。地球环境中的复杂交互涉及到海洋与供水系统、陆地及种类众多的陆地地貌，以及与太阳交界的大气。在我们居住的这个生物圈内，有很多令人着迷、极具挑战性的问题有待于工程师和科学家去解决。与环境的交互作用影响着我们的身体健康、经济状况、安全问题及生活方式。由于海洋在生物圈内占据如此重要的地位，因此我们选用它作为本书新版的主题。本书的重点是教授大家学习 C 语言以解决工程问题，不过我们所解决问题也能帮助大家学到更多生物圈及其与海洋交互等方面的知识。通览本书之后，除了能学习 C 的所有关键特征之外，还会了解到海水组成、海浪的交互作用、冰山跟踪、潮汐、海啸、洋面风及飓风。除此之外，我们还将解决一些有着传统工程原理（空间学、机械学、化学、电学、土木学、环境学）及计算（计算机科学与计算机工程）基础的问题。

工程问题求解

本章大纲

- 1.1 21 世纪的工程
- 1.2 计算系统：硬件与软件
- 1.3 一种工程问题求解方法论
- 1.4 海洋与生物圈的交互
- 总结（关键术语、问题、推荐阅读材料）

目标

本章将介绍：

- 近代做出的突出工程成就
- 不断变化的工程环境及成功适应这种环境所必需的非技术性技巧
- 从硬件、软件两方面阐述的计算机系统
- 本书通篇都将使用的一种 5 步问题求解技术

1.1 21 世纪的工程

工程师们在解决实际问题时会用到多个学科的科学原理，其中包括计算机科学、数学、物理学、生物学及化学等。正是这种学科多样性及实际问题的挑战性才使得工程如此引人入胜且回报丰厚。本节将展现近代一些突出的工程成就，同时还将论及 21 世纪工程师所必需的一些非技术性技巧及技能。

近代工程成就

自从 20 世纪 50 年代末开发出计算机后，近代涌现了很多重要的工程成就。1989 年，美国国家工程院（National Academy of Engineering）选出了近 25 年中它认为最重要的十大工程成就[1]*。这些成就表明了工程的综合学科特征，并且展示了工程在提供诸多有趣且

* 附录 D 收录了本文中的参考资料