

Programming Challenges
The Programming Contest Training Manual

挑战编程

程序设计竞赛训练手册

Steven S. Skiena 著
Miguel A. Revilla

刘汝佳 译



清华大学出版社



Springer



Programming Challenges
The Programming Contest Training Manual

挑战编程

程序设计竞赛训练手册

Steven S. Skiena 著
Miguel A. Revilla

刘汝佳 译



清华大学出版社
北京

 Springer

English reprint edition copyright © 2009 by Springer-Verlag and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

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

Original English language title: Programming Challenges: The Programming Contest Training Manual by Steven S. Skiena, Miguel A. Revilla, Copyright © 2009.

All Rights Reserved.

This edition has been authorized by Springer-Verlag (Berlin/Heidelberg/New York) for sale in the People's Republic of China only and not for export therefrom.

本书影印版由 Springer-Verlag 授权给清华大学出版社出版发行。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

挑战编程:程序设计竞赛训练手册/(美)斯基纳(Skiena, S. S.), (西)雷维拉(Revilla, M. A.)著;刘汝佳译. —北京:清华大学出版社, 2009.7

书名原文: Programming Challenges: The Programming Contest Training Manual

ISBN 978-7-302-19797-3

I. 挑… II. ①斯… ②雷… ③刘… III. 程序设计 IV. TP311.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 045370 号

责任编辑:龙啟铭

责任校对:徐俊伟

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:北京市人民文学印刷厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×230 印 张:20.25 字 数:450 千字

版 次:2009 年 7 月第 1 版 印 次:2009 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00 元

本书如存在文字不清、漏印、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)62770177 转 3103 产品编号:030502-01

译者序

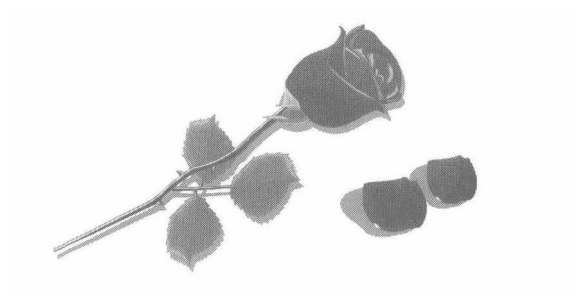
不管对初出茅庐的新人还是身经百战的老手，用“挑战”一词形容程序设计竞赛是再合适不过的了。酷爱编程的人们往往喜欢挑战，但大多数程序员对各种程序设计竞赛却是“敬而远之”，为什么会这样呢？原因在于，学习编程语言和软件开发的知识只是接受这些挑战的必要而非充分条件。要想在程序设计竞赛中脱颖而出，还需要更多的知识和技能。而这些知识和技能，却是很难在传统的课堂和教科书中学到的。

本书的目标读者便是那些已经具备初步的编程技能，对程序设计竞赛充满好奇，希望有机会武装自己、接受编程挑战的人，以及他们的老师和教练（甚至父母）。即使不参加任何竞赛，从本书的编程挑战中学到的东西，也会对程序员的职业生涯产生重要影响，更不用说这些挑战本身就是充满乐趣、引人入胜的。

本书文字精练、通俗易懂。尽管每一章都涉及一个不同的领域，但篇幅却短得甚至可以一口气读完。另外，所有题目均附有难度、流行度等客观评价系数，并可以在线提交。写出程序并不意味着完善的解决了难题，只有通过了评测系统的严格把关才能让人信服。

全书由刘汝佳主译，并得到王希、杨锐、尹淳兴、邱前皓等的大力协助。感谢两位作者算法大师 Steven S. Skiena 教授和在线评测系统 UVaOJ 的创立者 Miguel A. Revilla 教授邀请译者完成本书的翻译工作，提供了书的源程序和插图，并讨论书中的一些细节；感谢清华大学出版社的龙啟铭编辑，他对工作认真负责的态度和严谨的科学作风令人钦佩。尽管我们付出了许多努力，但译文中难免有翻译不当之处，敬请批评指正。

仅以此书献给我们的妻子们 Renee 和 Carmela，以及孩子们 Bonnie，Emilio 还有 Miguel。和书中的难题相比，抽出时间来陪伴这些我们所爱的人更具挑战。



前 言

计算机编程能给人带来很多特殊的快乐。付出总会有回报，亲手做出一个有用的东西并看着它成功运转时，你为之满足；灵光一现，于是轻松解决一个困扰你多年的问题时，你为之兴奋；对美的执着追求能让一名普通黑客成为艺术家，而吝啬已然成为了一种美德，尤其是从那些经过锤炼后的精巧算法和简洁代码中榨取最后一滴“性能之油”。

国际编程竞赛题目中的游戏、谜题和挑战是体验这些快乐的绝佳途径，同时还能提高你的算法能力和编程技巧。本书包含了百余个历届比赛中出现的题目，并讨论了解决这些题目所需的理论和思维方式。读者可以在两个在线评测系统中提交其中任何一道题目的程序，并获得即时的自动评分。若能将评测系统和本书有机结合，你会亲身体会到：迎接挑战和提升编程水平是一件多么新奇、刺激的事啊！

本书可用于自学、讲授算法、编程类创新课程以及比赛的训练。

致读者

本书中的题目选自 Valladolid 大学在线评测系统 (<http://uva.onlinejudge.org/>) 中的上千道编程题目。到目前为止，该系统已经评测了来自 27 000 个注册用户的超过一百万份提交。我们只选择了精品中的精品，即那些最好玩、最刺激和最有趣的题目。

我们把这些题目分成若干个类别，然后提供了足够的教学材料（主要是数学和算法）来帮助你解决它们。书中配备了很多参考程序来更好地讲解重要的概念。阅读本书并尝试解决这些题目，你会对回溯法、动态规划等算法技巧以及数论、计算几何等高级话题有更加具体和深刻的理解。即使不参加编程竞赛，关注这些东西也是十分有益的。

多数题目都很生动。它们展示了计算机科学和数学中令人着迷的话题，有时还会以搞笑故事的面目出现。它们往往涉及一些有意思的领域来深入学习研究，因此在合适的时候，我们总是给出注解和进一步的阅读材料。

我们发现，主要接受项目开发和软件工程方面训练的人们通常忽视了算法的重要性。类似地，理论派算法研究者往往低估了把算法转化为程序的难度，也不清楚编程智慧如何化繁为简。

基于上述原因，本书的第一个部分主要关注编程技巧，包括数据类型和库函数的合理运用。这些是书中第二部分那些以算法为主线，难度更大章节的基础。要想成为一名全能的问题求解大师，必须同时精通这两个部分。

致教师

本书被设计为以下三种类型的课程教材：

- 偏重编程的算法课程。
- 偏重算法的编程课程。
- 训练学生参加 ACM/ICPC(ACM 国际大学生程序设计竞赛) 或 IOI(国际信息学奥林匹克) 的选修课。

这样的课程对所有相关人士来说都是愉快的。学生的潜能很容易被比赛本身的刺激所激发，并且每次提交通过一道题目时都将得到增强。最直白的程序可能会被测试系统返回“超时”信息，于是学生会很自然地寻找更有效的解法。正确的洞察力会让一个十余行的小程序取代一大片杂乱无章的代码。最优秀的学生甚至自愿尝试更多的题目来获得快感。

讲授这样的课程也是愉快的。很多题目十分精巧，尽管在算法和编程本质上并无特殊之处，但题目却令人耳目一新。对于这样的问题，要找到最佳解法需要洞察力和灵感。寻找这些题目的解法是令人兴奋的，而当我们所教的学生独立找到解法时，我们会更加兴奋。

从教育学的角度讲，本书的特点包括：

- 作为标准算法教材的补充—— 尽管本书体系完整，写作时仍然考虑到大多数学生已有了一些算法基础。本书是作为传统算法课程的补充教材来设计（与定价）的，它用具体实现补充抽象描述，用实践经验补充理论体系。另外，它还涉及一些多数标准教材中都没有提到的有趣主题。
- 提供经典算法的完整实现—— 很多学生在把抽象的算法描述转化成能正确运行的代码时困难重重。为了帮助他们，我们精心编写了书中所讨论的所有重要算法的程序。这些程序只用到 C 语言的一个子集，因此 C++ 和 Java 程序员也能轻易看懂。书中的不少习题都只需适当修改这些例程即可解决，从而为初学者提供了一条宽敞的入门之路。
- 内置课程管理系统—— 我们已经打造了一个特别的课程管理系统，使得管理一门这样的课程易如反掌。所有测试和评分都是自动进行的，你完全不必操心！用我们的网站 <http://www.programming-challenges.com> 可以轻松管理花名册、布置作业、查看学生的程序和分数，甚至还能检测到疑似作业！
- 帮助程度参差不齐的学生—— 本书在题目选择时有意覆盖了一个较宽的难度范围。多数题目适合初学者，而其他题目即使对于备战国际竞赛的选手来说也是富有挑战的。我们为多数题目提供了解题提示。

为了帮助学生挑选适合自己的题目，我们给每道题目标注了三种类型的难度值。题目的流行度 (A, B, 或 C) 是指有多少人提交过此题，而成功率 (low 表示低, high 表示高) 是指这些人中正确解决此题的比率。最后，题目的等级 (从 1 到 4, 大致表示从新手到高水平读者) 表示解题者应具有的水平等级。

致竞赛选手与教练

本书尤其适合作为高中和大学的编程竞赛培训材料。我们为数学和算法中的重要主题提供方便的总结和参考，还配备了合适的挑战题目来帮助你掌握这些内容。

自动评测系统像 ACM/ICPC 中的真人裁判一样检查所提交程序的正确性。只要你拥有该系统的个人账号，你就可以提交 C、C++、Pascal 或 Java 程序，然后等待系统告诉你这个程序是对还是错。系统还会为你保存一份统计信息，让你有机会与成千上万的其他用户进行对比。

为了帮助竞赛选手，我们请到了三个重要编程比赛——ACM 国际大学生程序设计竞赛 (ICPC)、国际信息学奥林匹克 (IOI)、TopCoder 编程挑战赛——的决赛选手分享经验，并把这些成功的秘密写在附录中。我们还介绍了这三项赛事的历史和参赛方法，最大限度地帮助你施展才华。

大约有 80% 的 ACM/ICPC 决赛选手用 Valladolid 在线评测系统进行训练。ICPC 全球总决赛常常在夏威夷这样令人神往的异国他乡举行，这无疑为选手们提供了额外的精神动力。加油吧！

相关网站

本书有两个配套网站。书中的所有题目均可在 <http://www.programming-challenges.com> 提交，该网站还提供了一些辅助材料，包括书中所有程序的电子版以及帮助教师们把书中的材料融入课堂的课程笔记。

本书中的所有题目（以及很多其他题目）也可以在 Valladolid 大学在线评测系统 <http://uva.onlinejudge.org/> 中提交。书中的所有习题均同时标注两个评测系统的 ID 号，供读者选择。

致谢

本书的成书在很大程度上归功于那些欣然授权把他们设计的竞赛题目用在本书和在线评测系统中的人们。本书中的题目由来自四大洲的至少 17 位命题者提供，尤其是 Gordon Cormack 和 Shahriar Manzoor，就好比 Sam Loyd 和 H. E. Dudeney¹ 一样！

作者和题目的完整列表见附录，但我们要在这里特别感谢如下的竞赛组织者：Gordon Cormack (38 题), Shahriar Manzoor (28), Miguel Revilla (10), Pedro Demasi (8), Manuel Carro (4), Rujia Liu(刘汝佳) (4), Petko Minkov (4), Owen Astrakan (3), Alexander Denisjuk (3), Long Chong(龙翀) (2), Ralf Engels (2), Alex Gevak (1), Walter Guttman (1), Arun Kishore (1), Erick Moreno (1), Udvranto Patik (1) 以及 Marcin Wojciechowski (1)。其中的部分题目由第三方设计，我们已在附录中向他们致谢。

¹ 译者注：两位都以提出了大量有趣但富有挑战性的数学谜题而著称。

其中一些题目的原作者已经难以考证。我们想尽办法找到每道题目的原作者，并得到了能代表作者发言的人授权。如有疏漏，在敬请原谅的同时还希望能告知我们，以便在致谢中补充。

在线评测系统项目是许多人辛勤劳动的结晶。Ciriaco García 是评测系统软件的主要开发人员，也是项目的核心支持人员。Fernando P. Nájera 开发了一系列辅助工具，使得评测系统更加友好。Carlos M. Casas 维护测试数据，确保它们在正确的前提下既公平又严格。José A. Caminero 和 Jesús Paúl 负责检查和完善题目描述，并测试参考程序。我们还要特别感谢 Miguel Revilla, Jr, 他建立并维护着 <http://www.programming-challenges.com>。

本书曾作为 Stony Brook 2002 年春季学期的一门课程的教材。该课程由 Vinhthuy Phan 和 Pavel Sumazin 任教，并修改了诸多错误。我们今年很棒的两支参赛队伍的成员 (Larry Mak, Dan Ports, Tom Rothamel, Alexey Smirnov, Jeffrey Versoza 和 Charles Wright) 帮忙评阅了手稿，感谢他们的兴趣和反馈。Haowen Zhang 仔细阅读了手稿，测试了书中的程序，并简化了代码，为本书的修改做出了重要贡献。

感谢 Springer-Verlag 的 Wayne Yuhasz, Wayne Wheeler, Frank Ganz, Lesley Poliner 和 Rich Putter。没有他们的帮助，本书无法从手稿最终变成出版物。我们还要感谢 Gordon Cormack, Lauren Cowles, David Gries, Joe O'Rourke, Saurabh Sethia, Tom Verhoeff, Daniel Wright 和 Stan Wagon。他们认真仔细的评阅极大地提高了最终成品的质量。Fulbright Foundation 和 Valladolid 大学应用数学与计算系为两位作者面对面交流和一起工作提供了必要的支持。Citigroup CIB, 通过 Peter Remch 和 Debby Z. Beckman 所做出的努力，为 Stony Brook 大学的 ACM ICPC 产生了深远的影响。它的参与促成了本书的写作。

Steven S. Skiena
Stony Brook, NY

Miguel A. Revilla
Valladolid, Spain

目 录

译者序

前言

第 1 章 入门	1
1.1 初识自动评测系统	1
1.1.1 评测系统反馈	1
1.2 挑选你的武器	3
1.2.1 程序设计语言	3
1.2.2 如何阅读本书的程序	4
1.2.3 标准输入输出	5
1.3 编程提示	6
1.4 基本数据类型	8
1.5 关于习题	10
1.6 习题	11
1.6.1 $3n + 1$ 问题 (3n+1 Problem)	11
1.6.2 扫雷 (Minesweeper)	12
1.6.3 旅行 (The Trip)	13
1.6.4 液晶显示屏 (LC-Display)	14
1.6.5 图形化编辑器 (Graphical Editor)	15
1.6.6 解释器 (Interpreter)	16
1.6.7 将军 (Check the Check)	17
1.6.8 澳大利亚投票 (Australian Voting)	19
1.7 提示	20
1.8 注解	20
第 2 章 数据结构	22
2.1 基本数据结构	22
2.1.1 栈	22
2.1.2 队列	23
2.1.3 字典	25
2.1.4 优先队列	26

2.1.5 集合	26
2.2 库函数	27
2.2.1 C++ 标准模板库	27
2.3 程序设计实例：纸牌大战	28
2.4 准备行动	29
2.5 字符串输入输出	30
2.6 赢得战争	32
2.7 测试与调试	33
2.8 习题	35
2.8.1 快乐的跳跃者 (Jolly Jumper)	35
2.8.2 扑克牌型 (Poker Hands)	35
2.8.3 罢工 (Hartals)	36
2.8.4 解密 (Crypt Kicker)	37
2.8.5 完美洗牌术 (Stack'em Up)	38
2.8.6 Erdős 数 (Erdős Numbers)	41
2.8.7 比赛记分板 (Contest Scoreboard)	42
2.8.8 Yahtzee 游戏 (Yahtzee)	43
2.9 习题	45
2.10 注解	45
第 3 章 字符串	47
3.1 字符编码	47
3.2 字符串的表示	49
3.3 程序设计实例：公司更名	49
3.4 模式查找	51
3.5 字符串操作	52
3.6 程序的完成	54
3.7 字符串库函数	54
3.8 习题	56
3.8.1 WERTYU 键盘 (WERTYU)	56
3.8.2 寻找单词 (Where's Waldorf?)	57
3.8.3 公共排列 (Common Permutation)	58
3.8.4 解密 II (Crypt Kicker II)	59
3.8.5 自动评测脚本 (Automated Judge Script)	60
3.8.6 文件碎片 (File Fragmentation)	62
3.8.7 Doublet 序列 (Doublets)	63

3.8.8	Fmt 程序 (Fmt)	63
3.9	提示	65
3.10	注解	65
第 4 章	排序	66
4.1	排序的应用	66
4.2	排序算法	67
4.3	程序设计举例: 给绅士排名	69
4.4	与排序相关的库函数	71
4.5	给绅士排名	72
4.6	习题	75
4.6.1	Vito 家族 (Vito' s Family)	75
4.6.2	煎饼堆 (Stacks of Flapjacks)	75
4.6.3	过桥 (Bridge)	76
4.6.4	最长打盹时间 (Longest Nap)	77
4.6.5	鞋匠的烦恼 (Shoemaker' s Problem)	79
4.6.6	CDVII 高速公路 (CDVII)	80
4.6.7	龟壳排序 (ShellSort)	81
4.6.8	足球 (Football (aka Soccer))	82
4.7	提示	84
4.8	注解	85
第 5 章	算术与代数	86
5.1	机器算术	86
5.1.1	整数库函数	86
5.2	高精度整数	87
5.3	高精度算术	88
5.4	进制及其转换	94
5.5	实数	96
5.5.1	如何处理实数	97
5.5.2	分数	97
5.5.3	十进制实数	98
5.6	代数	98
5.6.1	多项式运算	98
5.6.2	多项式求根	99
5.7	对数	100
5.8	实数函数库	101

5.9 习题	101
5.9.1 小学生算术 (Primary Arithmetic)	101
5.9.2 反转相加 (Reverse and Add)	102
5.9.3 考古学家的烦恼 (The Archeologist's Dilemma)	103
5.9.4 仅由 1 组成的数 (Ones)	104
5.9.5 乘法游戏 (A Multiplication Game)	104
5.9.6 多项式的系数 (Polynomial Coefficients)	105
5.9.7 Stern-Brocot 代数系统 (The Stern-Brocot Number System)	105
5.9.8 两两之和 (Pairsumonious Numbers)	106
5.10 提示	107
5.11 注解	108
第 6 章 组合数学	109
6.1 基本计数技巧	109
6.2 递推关系	110
6.3 二项式系数	111
6.4 其他计数序列	113
6.5 递归与数学归纳法	115
6.6 习题	116
6.6.1 斐波那契计数 (How Many Fibs?)	116
6.6.2 土地分割 (How Many Pieces of Land?)	116
6.6.3 数数 (Counting)	117
6.6.4 括号表达式 (Expressions)	118
6.6.5 完全树标号 (Complete Tree Labeling)	119
6.6.6 牧师数学家 (The Priest Mathematician)	119
6.6.7 自描述序列 (Self-describing Sequence)	120
6.6.8 数轴行走 (Steps)	121
6.7 提示	122
6.8 注解	122
第 7 章 数论	123
7.1 素数	123
7.1.1 寻找素数	123
7.1.2 素数的个数	124
7.2 整除性	125
7.2.1 最大公约数	125
7.2.2 最小公倍数	127

7.3	模算术	127
7.4	同余	129
7.4.1	同余运算	129
7.4.2	求解线性同余式	130
7.4.3	不定方程	131
7.5	数论函数库	131
7.6	习题	132
7.6.1	开灯与关灯 (Light, More Light)	132
7.6.2	Carmichael 数 (Carmichael Numbers)	132
7.6.3	欧几里德问题 (Euclid Problem)	133
7.6.4	阶乘与整除 (Factovisors)	134
7.6.5	四素数之和 (Summation of Four Primes)	134
7.6.6	Smith 数 (Smith Numbers)	135
7.6.7	弹珠 (Marbles)	135
7.6.8	重新打包 (Repackaging)	136
7.7	提示	137
7.8	注解	137
第 8 章	回溯法	138
8.1	回溯法	138
8.2	构造所有子集	140
8.3	构造所有排列	141
8.4	程序设计举例: 八皇后问题	143
8.5	搜索中的剪枝	144
8.6	习题	147
8.6.1	棋盘上的象 (Little Bishops)	147
8.6.2	15 数码游戏 (15-Puzzle Problem)	148
8.6.3	队伍 (Queue)	149
8.6.4	服务站 (Servicing Stations)	150
8.6.5	拔河 (Tug of War)	150
8.6.6	伊甸园 (Garden of Eden)	151
8.6.7	色彩缤纷游戏 (Color Hash)	153
8.6.8	拼接正方形 (Bigger Square Please...)	154
8.7	提示	156
8.8	注解	156

第 9 章 图遍历	157
9.1 图的不同属性	157
9.2 图的数据结构	158
9.3 图的遍历: 宽度优先	162
9.3.1 宽度优先遍历	162
9.3.2 遍历的应用	163
9.3.3 寻找路径	164
9.4 图的遍历: 深度优先	165
9.4.1 寻找环	166
9.4.2 连通分量	167
9.5 拓扑排序	168
9.6 习题	170
9.6.1 双着色 (Bicoloring)	170
9.6.2 摆弄轮子 (Playing With Wheels)	171
9.6.3 导游 (The Tourist Guide)	173
9.6.4 斜线迷宫 (Slash Maze)	174
9.6.5 递变阶梯 (Edit Step Ladders)	175
9.6.6 立方体之塔 (Tower of Cubes)	176
9.6.7 从黄昏到拂晓 (From Dusk till Dawn)	177
9.6.8 汉诺塔卷土重来! (Hanoi Tower Troubles Again!)	179
9.7 提示	179
第 10 章 图算法	181
10.1 图论	181
10.1.1 度的性质	181
10.1.2 连通性	182
10.1.3 图中的回路	182
10.1.4 平面图	183
10.2 最小生成树	183
10.3 最短路	186
10.3.1 Dijkstra 算法	186
10.3.2 每对结点之间的最短路	188
10.4 网络流和二分图匹配	191
10.5 习题	195
10.5.1 斑点 (Freckles)	195
10.5.2 项链 (The Necklace)	195

10.5.3	消防站 (Fire Station)	197
10.5.4	铁路 (Railroads)	198
10.5.5	战争 (War)	199
10.5.6	导游 (Tourist Guide)	201
10.5.7	丰盛的晚餐 (The Grand Dinner)	202
10.5.8	命题者的难题 (The Problem With the Problem Setter)	203
10.6	提示	205
第 11 章	动态规划	206
11.1	慎用贪心法	206
11.2	编辑距离	207
11.3	重建路径	211
11.4	编辑距离的变种	212
11.5	程序设计举例: 电梯优化	214
11.6	习题	218
11.6.1	越大越聪明? (Is Bigger Smarter?)	218
11.6.2	不同的子序列 (Distinct Subsequences)	219
11.6.3	重量和力量 (Weights and Measures)	219
11.6.4	单向 TSP(Unidirectional TSP)	220
11.6.5	切割小木棍 (Cutting Sticks)	221
11.6.6	渡船装载 (Ferry Loading)	222
11.6.7	筷子 (Chopsticks)	223
11.6.8	搬家大冒险: 第四部 (Adventures in Moving: Part IV)	224
11.7	提示	225
11.8	注解	225
第 12 章	网格	226
12.1	矩形网格	226
12.1.1	遍历	227
12.1.2	对偶图及其表示	228
12.2	三角形网格和六边形网格	229
12.2.1	三角形网格	229
12.2.2	六边形网格	230
12.3	程序设计举例: 西餐碟的重量	232
12.4	给圆打包	234
12.5	经度和纬度	236
12.6	习题	236

12.6.1	棋盘上的蚂蚁 (Ant on a Chessboard).....	236
12.6.2	独轮车 (The Monocycle).....	237
12.6.3	六角星 (Star).....	239
12.6.4	蜜蜂 Maja(Bee Maja).....	240
12.6.5	抢劫案 (Robbery).....	241
12.6.6	(2/3/4)- 维立方体? ((2/3/4)-D Sqr/Rects/Cubes/Boxes?).....	242
12.6.7	Dermuba 三角 (Dermuba Triangle).....	243
12.6.8	航线 (Airlines).....	244
12.7	提示.....	246
第 13 章	几何.....	247
13.1	直线.....	247
13.2	三角形和三角学.....	250
13.2.1	直角三角形和勾股定理.....	251
13.2.2	三角函数.....	251
13.2.3	解三角形.....	252
13.3	圆.....	253
13.4	程序设计举例: 超高速飞行.....	255
13.5	三角函数库.....	257
13.6	习题.....	259
13.6.1	狗拿地鼠 (Dog and Gopher).....	259
13.6.2	绳子王国的危机! (Rope Crisis in Ropeland!).....	260
13.6.3	圆桌骑士 (The Knights of the Round Table).....	260
13.6.4	巧克力片饼干 (Chocolate Chip Cookies).....	261
13.6.5	生日蛋糕 (Birthday Cake).....	262
13.6.6	最大/最小的盒子 (The Largest/Smallest Box ...).....	263
13.6.7	要算积分吗? (Is This Integration?).....	264
13.6.8	它有多大? (How Big Is It?).....	265
13.7	提示.....	266
第 14 章	计算几何.....	277
14.1	线段及其相交.....	277
14.2	多边形及旋转方向.....	278
14.3	凸包.....	270
14.4	三角剖分: 算法与相关问题.....	274
14.4.1	Van Gogh 算法.....	274
14.4.2	面积计算.....	276