

世界著名计算机教材精选

面向计算科学与工程 MATLAB 编程

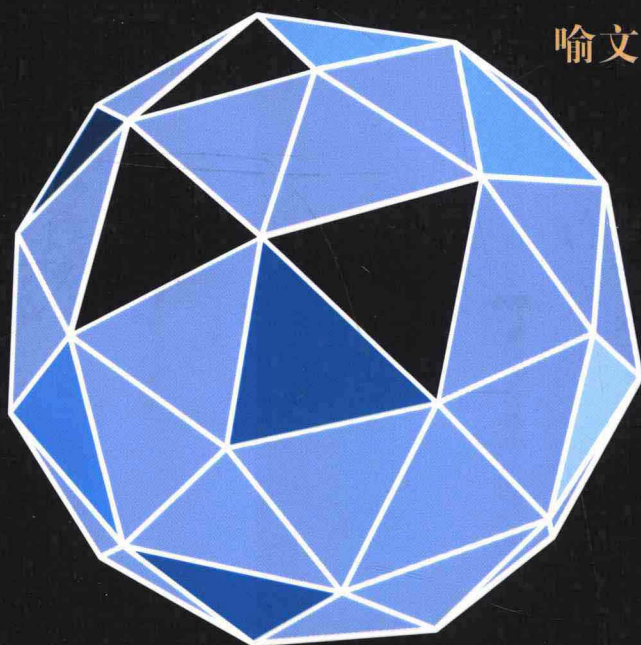
Charles F. Van Loan

K.-Y. Daisy Fan

著

喻文健 马昱春

等译



**INSIGHT THROUGH COMPUTING:
A MATLAB INTRODUCTION TO COMPUTATIONAL
SCIENCE AND ENGINEERING**

清华大学出版社



世界著名计算机教材精选

面向计算科学与工程 MATLAB 编程

Charles F. Van Loan 著
K. -Y. Daisy Fan
喻文健 马昱春 等译

清华大学出版社
北 京

Insight Through Computing: A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering

Copyright © 2010, Society for Industrial and Applied Mathematics.

Published by Tsinghua University Press with permission.

Chinese edition copyright © 2011 by Tsinghua University Press.

All rights reserved.

本书为英文版 *Insight Through Computing: A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering* 的简体中文翻译版,由 SIAM 出版社授权清华大学出版社出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字:01-2011-6893 号

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

面向计算科学与工程学的 MATLAB 编程/(美)范洛恩(Van Loan, C. F.), (美)法恩(Fan, K.-Y. D.)著;喻文健,马昱春等译. --北京:清华大学出版社,2012.12

世界著名计算机教材精选

书名原文: *Insight Through Computing: A MATLAB Introduction to Computational Science and Engineering*
ISBN 978-7-302-30041-0

I. ①面… II. ①范… ②法… ③喻… ④马… III. ①MATLAB 软件—教材 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 212008 号

责任编辑:龙启铭

封面设计:傅瑞学

责任校对:焦丽丽

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

印装者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:22.25

字 数:542 千字

版 次:2012 年 12 月第 1 版

印 次:2012 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:49.00 元

产品编号:042344-01

译者序

计算科学与工程是计算机专业或者计算数学专业的一个分支,其重要性日益增强,逐渐成为适合于各种理工科专业的一个独特专业方向。在这一背景下,美国工业与应用数学学会(SIAM)出版社出版了本书。本书一方面对 MATLAB 编程进行了系统的讲解,通过大量的实例介绍如何有效地使用 MATLAB 求解问题。另一方面,它特别强调“计算直觉(Insight through computing)”,即对解决问题的一般策略、计算过程及方法的共性的强调,这些对于从事计算科学与工程方面工作的人来说是至关重要的。

本书也是美国康奈尔大学近年来在课程建设方面的一项成果,它将 MATLAB 编程技术和科学与工程中的计算方法有机地结合起来。作为计算机专业及其他理工科专业的编程基础课教材,它强调科学计算有关的概念并培养编程技巧,同时利用 MATLAB 软件和大量实例介绍基于计算机的问题求解方法,不但内容生动,而且理论与实践结合紧密。通过这本书的学习,可很好地培养学生的算法思维,以及科学计算所需的洞察力(这里称为“计算直觉”)。归纳起来,本书具有下列优点:

- **理念先进、高屋建瓴。**作者 Charles F. Van Loan 教授是科学计算领域的著名专家,曾任康奈尔大学计算机系主任,其代表作是与 G. H. Golub 合著的 *Matrix Computation* (《矩阵计算》) 一书。本书是作者的最新著作,融合了近年来讲授“Introduction to Computer Programming”课程的教学经验。
- **理论联系实际的典范。**每一节先阐述一个问题,然后介绍求解该问题所需的新的 MATLAB 编程语言功能。求解完问题之后,还会给出若干“讨论点”,介绍计算科学与工程领域中的一些相关内容。
- **精心设计、培养“计算直觉”。**通过实例问题、讨论知识点,以及超过 300 个作业中的问题,培养读者有关离散化、维度增加、不精确、可视化、随机性和复杂性等的“计算直觉”,为计算科学与工程领域的其他课程打下坚实的基础。
- **将数学与编程有机地结合。**本书中,编程技术与数学之间的交织、互动可增强学生在数值与几何两方面的思辨、推理能力。
- **辅助教学材料丰富,**包括视频、程序代码与数据、演示课件,均在互联网上免费共享,网址为: <http://www.cs.cornell.edu/insight/>。

也基于上述考虑,我们很高兴地将它翻译出来,介绍给国内的读者。

本书是多位老师共同努力的结晶。第 1、7、8、9 章和附录 A、B、D 由喻文健翻译,第 2~6 章、第 10~13 章以及附录 C 的翻译由高岳、张檬、周梦宇、白如冰、朱臻垚、高录军、章涛和李巍完成,马昱春负责翻译了第 14、15 章。最后,喻文健负责全书的统稿。在翻译本书的过程中,我们力求忠实、准确地反映原著的风格和内容。对于某些没有确定中文译法的术语,按自己的理解进行了翻译,并在书后附上中英文术语对照表。鉴于译者水平和时间所限,难免会有错误和不足之处,敬请广大读者不吝指正。

译者

于北京 清华园

前 言

正如书名所示,本书既是对 MATLAB 编程语言的介绍,又讨论科学与工程中的一般计算问题。我们面向的读者是大学工科专业(包括计算机科学)或理科专业(包括数学)的一年级新生。由于这些学生所具有的基础知识,我们并不回避三角函数以及微积分-I 中的各种基本的近似符号。事实上,它有一点违背自由式教育中不要将初级编程与连续数学混合的观念,自由式教育主要是强调使不同的思维模式得到认可。但是,有必要浪费这个将数字化思维与连续性思维进行对比的机会吗?

我们的方法很简单。在每一节的开始提出一个问题,它以某个更大的计算问题为背景。经过仔细的推理得到问题的解,在这个过程中我们介绍所需要的 MATLAB 新知识。这之后是一个简略的“讨论点”(talking point),它强调那个更大问题的某些方面。这种教学模式是基于“第一门编程课应通过例子教学”的理念。每一节的“高潮”是产生一个可运行的 MATLAB 脚本程序以及(通常情况下)一些 MATLAB 函数。每节后面的练习题包括主要与 MATLAB 程序功能和编程有关的“M 问题”,还有更多的一些“P 问题”用于加深对计算知识的掌握。

我们使用 MATLAB 编程环境是因为它对于初学编程者的友好性,而且因为它支持“在实验与计算想法之间快乐游戏”的思想。这个思想是培养计算直觉与洞察力的核心。

Playing with programs builds computational intuition.

这里说的直觉是一种方向感,它无异于那种让你即使没有地图也能在家的附近不迷路的能力,其关键是你以前对这些地方熟悉。如果直觉是对方向的感觉,则计算直觉(computational intuition)就是对计算方向的感觉。拥有这种能力的人将能够在面对 21 世纪的科学与工程问题时游刃有余。要达到这一点需要 5 种关键的感知能力,它们也是我们通过例子和问题努力培养的。

(1) 对几何图形的视觉能力:对于计算专家来说,可视化能力是非常重要的。当然,计算机图形学扮演着极重要的角色,但它提供的可视化工具仍无法替代用几何元素进行思维的好处。因此,熟悉正弦与余弦、多边形与多面体、测量与逼近等是至关重要的。

(2) 能听到“组合爆炸”的听觉能力:许多设计与优化问题包含参数的指数级增长的巨大搜索空间。了解这种复杂性并提供必要的手段,以智能启发式方法处理它是非常重要的。

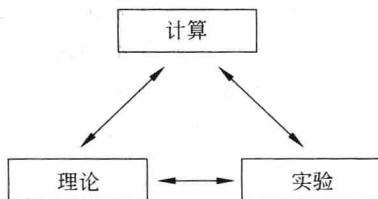
(3) 了解随机性的味觉能力:当前的科学与工程问题往往需要考虑过程中的随机成分,了解随机性并具备用计算机搜集和解释统计数据的能力是必不可少的。

(4) 对维度的嗅觉能力:进行三维仿真比二维仿真的计算量大得多,这是彰显出许多计算科学家重要性的“残酷”现实。而只有认识到这一点,才能准确了解计算机如何帮助人们理解现实的物理世界。而且,从数组、矩阵角度进行思考的能力对于高效、高性能的计算是很关键的。

(5) 感知有限、不准确与近似的触觉能力:浮点运算中存在舍入误差,计算机显示也是

有限精度的,求导需通过差分来近似,正弦函数可用多项式来代替,实验室中得到的数据可能只有三位准确的有效数字,类似这些都是计算科学中司空见惯的事情,从事这方面工作的人应该习惯于面对这些不确定性。在连续与离散之间的“平衡木”上需要有稳健的步法。

一方面,要重点培养上述 5 种感知能力,另一方面,在体验精彩的计算过程的同时,我们还需要了解它的局限,以及它与其他方法的联系。在计算、理论与实验之间融会贯通,是尤为重要的。



上图中三角形的每个顶点代表了一种科研的风格,通过它我们可看到一类更广阔的科学问题。在三角形中间能产生出的成果依赖于“沿着它的边流动”的思想。一个用数学语言表达的好的理论,可通过计算机程序的形式加以实现,即使只为了验证它的正确性。运行程序进行仿真则可能引出一个物理实验,然后,实验可能揭示出数学模型中的一个缺失参数,进而重复这个循环过程。

也存在一种有趣的反方向动态过程。由于经费预算或安全性的原因,物理实验可能受到很大的限制,因此转而进行计算机仿真。编写计算机程序进行仿真的过程能起到澄清问题细节的效果,它可能提出新的数学表达诉求,从而创造出新的数学物理模型,导致对初始实验设置的一些修改。上述过程可以这样迭代地重复下去。

在思考这些关键的互动过程时,我们想起伟大的数学家 Richard Hamming,他在 20 世纪 60 年代曾说过:“计算的目的是洞察力,而非数字。”我们毫无疑问赞同这个观点。第一门编程课程需传递的信息应该是“通过计算培养洞察力”,而不是“通过计算获得结果”。新一代计算科学家与工程师需要广泛而创新地思考,我们希望本书对这一点有所贡献。

致 谢

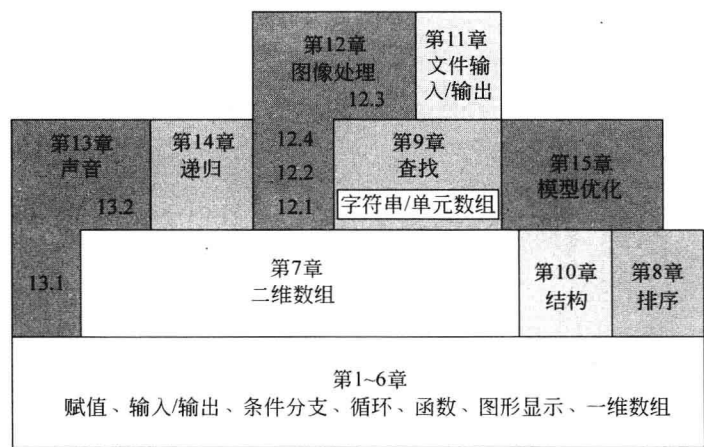
本书源自作者多年来在康奈尔大学讲授课程 CS 100M(现在的 CS 1112)的经验与体会。我们感谢该课程的多位研究生助教,他们的辛勤工作让我们有时间改进课程讲义、设计有趣的作业。特别地,感谢 Tim Condon 先生共同撰写了附录 C。

从更大范围来说,我们有幸隶属于康奈尔大学的两大学术机构:工程学院和计算与信息科学学院。如果你想同时得到同事们与学生们的激励与活力,位置非常重要。在这方面,我们得到了最好的支持。

K. -Y. Daisy Fan
Charles F. Van Loan

编程主题

本书的计算主题很容易与一门典型编程入门课的编程主题相匹配。下图显示的“编程方块”说明了本书中包括的编程主题。每个方块依赖于它下方的方块。第 1 到第 7 章内容是编程的基础知识(白色块),包括控制语句、函数与一维和二维数组。第 8、第 9 和第 14 章介绍几个算法主题(深灰色块),例如排序、二分和递归。数据结构思想、字符串以及文件处理(浅灰色块)在第 9、第 10 和第 11 章讨论。应用问题和更高级的例子出现在第 12、第 13 和第 15 章(黑色块)。



一旦完成了前 6 章,再根据课程需要相当灵活地安排剩下的主题。事实上,对前面几章也可以做一些使用上的调整。对于循环的介绍分在 3 个章节之中:第 2 章介绍简单的循环,第 3 章介绍嵌套循环,第 4 章介绍包含向量的循环。如果需要先了解向量,则第 4 章可安排在第 3 章前面。如果想尽可能早地介绍过程抽象,可在学习完第 2 章的简单循环后就可以转到 5.1 节。

软 件

对于培养初次编程者的计算直觉来说,与给出的程序和模型问题“一起游戏”是重要的一个环节。通过这种“游戏”可以检验对程序的理解,从需要仔细学习的思想中引出问题,并且(希望能)激发在计算科学与工程领域中的更多探索。这样做的一个好的起点是每节练习题中的“M 问题”,它通常需要对给定的程序代码做些修改。本书包含超过 120 个 MATLAB 脚本与函数,所有这些都提供电子版。

如果一幅图的说明效果胜过 1000 个词,那么一段视频呢? MatTV 是一系列短视频(每个 3~9 分钟),其内容涵盖了各种具体的 MATLAB 语言功能与编程工具。通常,这些视频帮助复习与演示 MATLAB 语言的语法或规则。

“游戏”所需程序(电子版)的可获得,以及 MatTV 中对 MATLAB 有关主题的生动介绍,与本书中丰富的叙述、讨论形成互补。对于学生的首次编程课经历来说,所有这 3 部分都是绝对必须的。请享受这里计算科学与工程的游戏场吧!

如何获得 M 文件、观看 MatTV?

所有的 M 文件与视频都从下述网站获得:

www.siam.org/books/ot117

要观看视频,你需要使用康奈尔大学的 NetID 或作为访客用户登录。如果是访客用户,仅需要在第一次创建访客账号(guest account),而在后续观看视频时使用访客账号的用户名与密码登录。

使用 M 文件——设置路径

在你的存储设备上建立一个目录(文件夹)来存放这些下载下来的文件,为了保持文件的组织结构还包括子目录的创建。MATLAB 要执行这些程序时首先要知道在哪里找到它们。下面是两种选择。

(1) 将 MATLAB 的当前目录设置为你要执行的文件所在的目录。在 MATLAB 窗口中,当前目录的地址显示在顶部靠近中间文本框中。可以在这个文本框中输入目录的名字,或者单击它旁边的“...”按钮,通过浏览窗口找到这个目录。这种方法适合于在学校机房中使用 MATLAB,而你的程序在移动存储设备上的情况。

(2) 将你的目录加入 MATLAB 的查找路径(search path)。在 MATLAB 中,选择菜单项 File→Set Path,然后单击 Add with Subfolders(带子目录增加)按钮。然后通过文件浏览窗口,可以找到想要增加的目录,并改变它在查找路径中的优先级别。MATLAB 首先在当前目录中查找,然后根据查找路径中各个目录的级别查找命令。对于你自己的计算机上有 MATLAB 的情况,这种方法是很方便的。

MatTV 视频列表

- (1) The MATLAB Desktop: 如何使用与管理 MATLAB 桌面。
- (2) Script: 如何编写与运行 MATLAB 脚本程序。

(3) Input, Output, Help: 如何使用 input 命令, 如何使用 fprintf 命令产生带格式的输出, 以及如何使用帮助功能。

(4) Conditional Statement: 如何使用条件语句, 包括 elseif 语句, 也包括对关系与逻辑运算符, 以及“短路”模式, 的讨论。

(5) Nested ifs: 如何嵌套使用条件语句, 以及这种嵌套与 elseif 语句的关系。

(6) Path: 如何设置 MATLAB 的命令查找路径。

(7) The for-Loop: 如何设计一个 for 循环。

(8) The while-Loop: 如何设计一个 while 循环。

(9) Troubleshooting Loops: 避免有关循环的常见错误。

(10) Creating Arrays: 如何创建存放数值的数组。

(11) Array Addressing: 如何访问子数组。

(12) Basic Mathematical Operations on Arrays: 如何写一个简单的命令, 对向量的所有元素执行数学运算。

(13) Script: 如何编写与运行生成简单图形的 MATLAB 脚本程序。

(14) User-Defined Function: 如何定义、调用你自己的函数。

(15) Executing a Function: 函数是如何执行的, 以及内存中发生什么事情?

(16) Figure Editor: 如何通过图形编辑器窗口编辑图形的格式。

(17) Debugging: 如何在文本编辑窗口使用 MATLAB 调试工具。

(18) Characters & Strings: 如何将字符串当成字符数组使用, 如何基于 ASCII 码用字母进行“计算”。

(19) Cell Arrays: 如何创建与使用单元数组, 重点是与字符串有关的功能。

(20) Structure: 如何创建一个结构, 一种使用带名字的域组织数值的“超级变量”。

(21) Structure Arrays: 如何创建与使用结构数组。

(22) Vectorized Logical Operations: 如何创建与使用逻辑数组。

目 录

第 1 章 从公式到程序	1
1.1 立即上手	2
问题描述	2
编程求解	2
讨论点：误差与更多误差	6
MATLAB 知识回顾与扩展	7
练习题	10
1.2 检查与评价	12
问题描述	12
编程求解	12
讨论点：布尔运算	17
MATLAB 知识回顾与扩展	18
练习题	21
第 2 章 极限与误差	23
2.1 分割圆盘	24
问题描述	24
编程求解	24
讨论点：考虑边界	28
MATLAB 知识回顾与扩展	28
练习题	29
2.2 多边形内外	30
问题描述	30
编程求解	31
讨论点：如何循环	34
MATLAB 知识回顾与扩展	34
练习题	35
第 3 章 用分数近似	38
3.1 $22/7$ 与计数	39
问题描述	39
编程求解	39
讨论点：运行很久的程序	43
MATLAB 知识回顾与扩展	44

练习题.....	44
3.2 不尽完美.....	46
问题描述.....	46
编程求解.....	47
讨论点：显式公式对比隐式公式	49
MATLAB 知识回顾与扩展	49
练习题.....	49
第 4 章 离散对比连续	51
4.1 点连成线.....	52
问题描述.....	52
编程求解.....	52
讨论点：粒度与数组	59
MATLAB 知识回顾与扩展	59
练习题.....	63
4.2 从青色到品红色.....	64
问题描述.....	64
编程求解.....	65
讨论点：插值	68
MATLAB 知识回顾与扩展	69
练习题.....	70
4.3 三分之一加三分之一不等于三分之二.....	71
问题描述.....	71
编程求解.....	71
讨论点：再论芝诺	75
MATLAB 知识回顾与扩展	75
练习题.....	75
第 5 章 抽象	77
5.1 矩形的变形.....	78
问题描述.....	78
编程求解.....	78
讨论点：谁需要微积分	85
MATLAB 知识回顾与扩展	85
练习题.....	86
5.2 椭圆形周长.....	88
问题描述.....	88
编程求解.....	89
讨论点：清晰、效率以及抽象层次	93

MATLAB 知识回顾与扩展	94
练习题	95
5.3 Betsy Ross 问题	96
问题描述	96
编程求解	97
讨论点：自顶向下的设计	101
MATLAB 知识回顾与扩展	101
练习题	101
第 6 章 随机性	104
6.1 数的安全性	105
问题描述	105
编程求解	105
讨论点：伪随机数的生成	111
MATLAB 知识回顾与扩展	111
练习题	113
6.2 骰子与罗盘	115
问题描述	115
编程求解	115
讨论点：随机网络冲浪者	119
MATLAB 知识回顾与扩展	119
练习题	119
6.3 混沌中的有序	120
问题描述	120
编程求解	121
讨论点：反复求平均是基本的	123
MATLAB 知识回顾与扩展	123
练习题	124
第 7 章 第二维度	125
7.1 从这里到那里	126
问题描述	126
编程求解	126
讨论点：马尔可夫链与不动向量	129
MATLAB 知识回顾与扩展	129
练习题	132
7.2 等值线与横截面	134
问题描述	134
编程求解	134

讨论点：网格生成	136
MATLAB 知识回顾与扩展	137
练习题	137
7.3 给它降温	138
问题描述	138
编程求解	138
讨论点：在一个网格上进行模拟	140
MATLAB 知识回顾与扩展	141
练习题	141
第 8 章 重排序	144
8.1 剪切与处理	145
问题描述	145
编程求解	145
讨论点：数据移动	147
MATLAB 知识回顾与扩展	148
练习题	149
8.2 大小放置	152
问题描述	152
编程求解	153
讨论点：测量性能	156
MATLAB 知识回顾与扩展	157
练习题	158
第 9 章 查找	159
9.1 蛋白质中的模式	160
问题描述	160
编程求解	161
讨论点：线性查找、线性时间	165
MATLAB 知识回顾与扩展	165
练习题	167
9.2 罗马数电话簿	168
问题描述	168
编程求解	169
讨论点：二分查找与现实中的电话簿	174
MATLAB 知识回顾与扩展	175
练习题	176
9.3 改变正负号	178
问题描述	178

编程求解	179
讨论点：你永远无法确切知道	182
MATLAB 知识回顾与扩展	183
练习题	183
第 10 章 点、多边形与圆	185
10.1 多远	186
问题描述	186
编程求解	186
讨论点：数据抽象	190
MATLAB 知识回顾与扩展	191
练习题	192
10.2 被两次围住	193
问题描述	193
编程求解	193
讨论点：计算机图形学中的相交问题	196
MATLAB 知识回顾与扩展	197
练习题	197
10.3 不完美	198
问题描述	198
编程求解	199
讨论点：近似度的度量	205
MATLAB 知识回顾与扩展	205
练习题	206
第 11 章 文本文件处理	208
11.1 纬度与日照	209
问题描述	209
编程求解	209
讨论点：在线数据集	216
MATLAB 知识回顾与扩展	216
练习题	217
11.2 百万附近	218
问题描述	218
编程求解	218
讨论点：M 字节、G 字节、T 字节和 P 字节	228
MATLAB 知识回顾与扩展	228
练习题	229

第 12 章 矩阵：第二部分	231
12.1 保存自己的彩虹	232
问题描述	232
编程求解	232
讨论点：颜色映射图	236
MATLAB 知识回顾与扩展	236
练习题	237
12.2 了解拐角处	238
问题描述	238
编程求解	238
讨论点：复杂的渲染	242
MATLAB 知识回顾与扩展	242
练习题	242
12.3 7×5 矩阵	243
问题描述	243
编程求解	244
讨论点：字体设计	249
MATLAB 知识点回顾与扩展	249
练习题	250
12.4 处理这幅图	250
问题描述	250
编程求解	252
讨论点：jpeg、gif 以及其他格式	257
MATLAB 知识回顾与扩展	257
练习题	258
第 13 章 声音文件处理	260
13.1 敲钟声	260
问题描述	260
编程求解	262
讨论点：分段问题	264
MATLAB 知识回顾与扩展	264
练习题	265
13.2 拨号 N 的噪声	265
问题描述	265
编程求解	267
讨论点：信号和噪声	271
MATLAB 知识回顾与扩展	272
练习题	272

第 14 章 分而治之	273
14.1 模式中的模式	273
问题描述	273
编程求解	274
讨论点: 递归式网格生成	276
MATLAB 知识回顾与扩展	277
练习题	277
14.2 N 与 $N/2$	279
问题描述	279
编程求解	280
讨论点: 微小的 $\log N$	287
MATLAB 知识回顾与扩展	287
练习题	287
14.3 寻找出问题的地方	288
问题描述	288
编程求解	289
讨论点: 启发式方法	292
MATLAB 知识回顾与扩展	293
练习题	293
第 15 章 最优化	294
15.1 最短路径	294
问题描述	294
编程求解	296
讨论点: 理论与实践	300
练习题	300
15.2 最好的单车	301
问题描述	301
编程求解	303
讨论点: 设计过程	307
练习题	308
15.3 很像行星轨道	308
问题描述	308
编程求解	309
讨论点: 计算机科学和计算机工程	313
练习题	314
附录 A 美化图形显示	315
A.1 缩放坐标轴	315
A.2 设置并标记坐标轴的刻度	316

A. 3	“花哨”的标记	317
A. 4	对齐文字	318
A. 5	“冻结”坐标轴缩放比例	319
A. 6	字体	320
A. 7	希腊字母符号	321
A. 8	数学符号	322
A. 9	图例	323
A. 10	标记符的大小	325
A. 11	线的宽度	326
A. 12	窗口颜色	326
A. 13	图画窗口的位置	327
附录 B 有关数学结论		329
附录 C MATLAB、Java 与 C		333
附录 D 自测题		337