

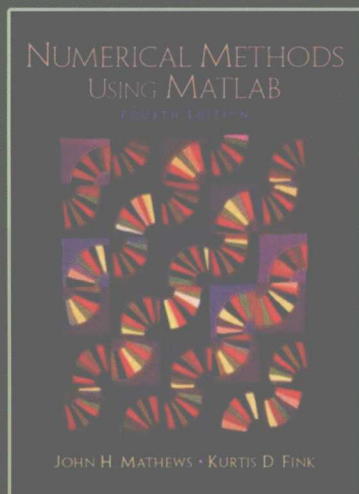
国外计算机科学教材系列

PEARSON

数值方法

(MATLAB版) (第四版)

Numerical Methods Using MATLAB
Fourth Edition



[美] John H. Mathews 著

Kurtis D. Fink

周璐 陈渝 钱方 等译

李晓梅 审校



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

国外计算机科学教材系列

数值方法

(MATLAB 版) (第四版)

Numerical Methods Using MATLAB
Fourth Edition

[美] John H. Mathews 著
Kurtis D. Fink

周 璐 陈 渝 钱 方 等译
李晓梅 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING



内 容 简 介

本书介绍了数值方法的理论及实用知识,并讲述了如何利用MATLAB软件实现各种数值算法,以便为读者今后的学习打下坚实的数值分析与科学计算基础。教师可以根据不同的学习对象和学习目的选择相应章节,形成理论与实践相结合的学习策略。书中每个概念均以实例说明,同时还包含大量习题,范围涉及多个不同领域。通过这些实例进一步说明数值方法的实际应用。本书强调利用MATLAB进行数值方法的程序设计,可提高读者的实践能力并加深对数值方法理论的理解。

本书适合作为大专院校计算机、工程和应用数学专业的教材和参考书。

Authorized translation from the English language edition, entitled Numerical Methods Using MATLAB, Fourth Edition, ISBN: 9780130652485 by John H. Mathews, Kurtis D. Fink, published by Pearson Education, Inc, publishing as Prentice Hall, Copyright © 2004 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 PEARSON EDUCATION ASIA LTD., and PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY. Copyright © 2010.

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和Pearson Education培生教育出版亚洲有限公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

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。

版权贸易合同登记号 图字:01-2004-2242

图书在版编目(CIP)数据

数值方法: MATLAB版: 第四版 / (美)马修斯(Mathews, J. H.), (美)芬克(Fink, K. D.)著; 周璐等译.
北京: 电子工业出版社, 2010.4

(国外计算机科学教材系列)

书名原文: Numerical Methods Using MATLAB, Fourth Edition

ISBN 978-7-121-10473-2

I. 数… II. ①马… ②芬… ③周… III. ①电子计算机-数值计算-教材 ②计算机辅助计算-软件包, MATLAB-教材 IV. TP301.6 TP391.75

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第036671号

策划编辑: 马 岚

责任编辑: 马 岚

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编: 100036

开 本: 787 × 1092 1/16 印张: 34 字数: 870千字

印 次: 2010年4月第1次印刷

定 价: 55.00元

凡所购买电子工业出版社的图书有缺损问题, 请向购买书店调换; 若书店售缺, 请与本社发行部联系。联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

出版说明

21世纪初的5至10年是我国国民经济和社会发展的关键时期,也是信息产业快速发展的关键时期。在我国加入WTO后的今天,培养一支适应国际化竞争的一流IT人才队伍是我国高等教育的重要任务之一。信息科学和技术方面人才的优劣与多寡,是我国面对国际竞争时成败的关键因素。

当前,正值我国高等教育特别是信息科学领域的教育调整、变革的重大时期,为使我国教育体制与国际化接轨,有条件的高等院校正在为某些信息学科和技术课程使用国外优秀教材和优秀原版教材,以使我国在计算机教学上尽快赶上国际先进水平。

电子工业出版社秉承多年来引进国外优秀图书的经验,翻译出版了“国外计算机科学教材系列”丛书,这套教材覆盖学科范围广、领域宽、层次多,既有本科专业课程教材,也有研究生课程教材,以适应不同院系、不同专业、不同层次的师生对教材的需求,广大师生可自由选择 and 自由组合使用。这些教材涉及的学科方向包括网络与通信、操作系统、计算机组织与结构、算法与数据结构、数据库与信息处理、编程语言、图形图像与多媒体、软件工程等。同时,我们也适当引进了一些优秀英文原版教材,本着翻译版本和英文原版并重的原则,对重点图书既提供英文原版又提供相应的翻译版本。

在图书选题上,我们大都选择国外著名出版公司出版的高校教材,如Pearson Education培生教育出版集团、麦格劳-希尔教育出版集团、麻省理工学院出版社、剑桥大学出版社等。撰写教材的许多作者都是蜚声世界的教授、学者,如道格拉斯·科默(Douglas E. Comer)、威廉·斯托林斯(William Stallings)、哈维·戴特尔(Harvey M. Deitel)、尤利斯·布莱克(Uyless Black)等。

为确保教材的选题质量和翻译质量,我们约请了清华大学、北京大学、北京航空航天大学、复旦大学、上海交通大学、南京大学、浙江大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学、西安交通大学、国防科学技术大学、解放军理工大学等著名高校的教授和骨干教师参与了本系列教材的选题、翻译和审校工作。他们中既有讲授同类教材的骨干教师、博士,也有积累了几十年教学经验的老教授和博士生导师。

在该系列教材的选题、翻译和编辑加工过程中,为提高教材质量,我们做了大量细致的工作,包括对所选教材进行全面论证;选择编辑时力求达到专业对口;对排版、印制质量进行严格把关。对于英文教材中出现的错误,我们通过作者联络和网上下载勘误表等方式,逐一进行了修订。

此外,我们还将与国外著名出版公司合作,提供一些教材的教学支持资料,希望能为授课老师提供帮助。今后,我们将继续加强与各高校教师的密切联系,为广大师生引进更多的国外优秀教材和参考书,为我国计算机科学教学体系与国际教学体系的接轨做出努力。

电子工业出版社

教材出版委员会

- | | | |
|----|-----|---|
| 主任 | 杨芙清 | 北京大学教授
中国科学院院士
北京大学信息与工程学部主任
北京大学软件工程研究所所长 |
| 委员 | 王 珊 | 中国人民大学信息学院院长、教授 |
| | 胡道元 | 清华大学计算机科学与技术系教授
国际信息处理联合会通信系统中国代表 |
| | 钟玉琢 | 清华大学计算机科学与技术系教授
中国计算机学会多媒体专业委员会主任 |
| | 谢希仁 | 中国人民解放军理工大学教授
全军网络技术研究中心主任、博士生导师 |
| | 尤晋元 | 上海交通大学计算机科学与工程系教授
上海分布计算技术中心主任 |
| | 施伯乐 | 上海国际数据库研究中心主任、复旦大学教授
中国计算机学会常务理事、上海市计算机学会理事长 |
| | 邹 鹏 | 国防科学技术大学计算机学院教授、博士生导师
教育部计算机基础课程教学指导委员会副主任委员 |
| | 张昆藏 | 青岛大学信息工程学院教授 |

译者序

本书是一本优秀的数值分析基础教材,由美国著名的数学教授 John H. Mathews 与 Kurtis D. Fink 博士编写,适合作为数学、计算机、物理和工程专业的本科生入门教材。本书首先对微积分基础知识以及误差分析基础进行了回顾,作为全书的出发点。在接下来的各章中,依次介绍了方程和方程组的数值求解、插值与多项式逼近、曲线拟合、数值微分与积分、微分方程和偏微分方程的数值解、数值优化以及特征值等问题。本书在第三版的基础上又增加了部分内容,内容更加全面。

本书内容丰富,覆盖了数值分析的各个方面,而且采用的例子贴近工程和科学计算的实际应用,读者不仅能够很快了解数值方法的理论,还能够很容易地将这些方法应用到实际中。另一方面,本书没有使用过于繁难的推导和分析,而是以基本微积分知识为基础,这样就使得阅读本书时不会有畏难情绪。同时,本书提供了大量经过验证的 MATLAB 源代码,可以直接用于工程计算。

参加本书翻译工作的有周璐、陈渝、钱方、都志辉、甘四清、周健、谢劲松和王月龙等人。全书由李晓梅教授审校。

由于本书的覆盖范围广,且译者的水平有限,虽然我们已尽了最大努力,译文中还是难免会有不当和疏漏之处,恳请读者提出宝贵意见。

前 言

本书主要介绍数值分析方面的基础知识,适用于数学、计算机、物理及工程专业的本科生。本书要求读者熟悉微积分知识,并接受过结构化编程的训练。本书提供了丰富的教学内容,可以满足一个学期甚至一个学年的课程量,教师们可以根据自己的需要对内容进行适当的剪裁。

对于各个专业领域的学生而言,数值方法都是非常有用的。这一指导思想贯穿于本书的各个章节中,因此本书提供了丰富的范例与典型问题,帮助读者从理论与实践两方面提高数值分析的技能。本书尽可能地以图形和图表形式显示计算结果,以便读者更好地了解数值逼近的效果。本书利用 MATLAB 程序实现数值算法。

本书的重点在于帮助读者理解数值方法如何工作以及有哪些限制。由于需要兼顾理论、误差分析以及可读性,达到这个目标并不容易。在本书中,对每种方法都给出了以微积分基本结论为基础的推导,并进行了适当的误差分析,以使读者易于理解。通过这些学习,读者能够更好地理解微积分知识。采用 MATLAB 编程的计算机习题,为学生提供了锻炼科学计算编程能力的机会。

在本书中,简单的数值练习题可以用计算器或者掌上电脑完成,而较复杂的习题需要借助于 MATLAB 子程序。如何指导学生上机进行数值计算由各个教师完成,他们可以根据现有的计算机资源布置适当的教学任务。本书鼓励使用 MATLAB 子程序库,它们可以帮助学生实现计算机实验题中的数值分析组件。

本书的这个版本在第 5 章最后增加了一节,讨论贝塞尔曲线。对讨论数值优化的第 8 章也进行了扩充,介绍了单变量和多变量最优函数的直接方法和基于导数的方法。应作者的要求,书中的 MATLAB 程序可由 <http://math.fullerton.edu/mathews/numerical.html> 下载得到^①。同时,教师用的习题解答手册也可以从出版商处获得(详见本书最后所附“教学支持说明”)。

笔者以前认为,无论使用哪种编程语言都可以学习这门课程。但后来笔者发现大多数学生(除计算机专业的学生外)都需要学习新的编程语言。MATLAB 现在已经成为工程和应用数学必不可少的工具,它的最新版本也加强了编程方面的功能。因此笔者希望本书的 MATLAB 程序能使书中的内容更易掌握,使学习更为有效。

致谢

笔者对参与编辑、出版本书各个版本的所有人员表示感谢!笔者(John Mathews)首先要感谢加利福尼亚州立大学 Fullerton 分校的学生们。同时,感谢我的同事 Stephen Goode, Mathew Koshy, Edward Sabotka, Harris Schultz 和 Soo Tang Tan 在本书第一版中给予的支持;感谢 Russell Egbert, William Gearhart, Ronald Miller 和 Greg Pierce 对本书第二版的建议。笔者还要感谢加利福尼亚州立大学 Fullerton 分校数学系主任 James Friel 的鼓励。

^① 根据作者在网站上公布的勘误表,中译本已做了相应修改。——译者注

许多评阅人对本书第一版提出了有效建议,包括 Lander 学院的 Walter M. Patterson III, 中康涅狄格州立大学的 George B. Miller, 阿克伦大学的 Peter J. Gingo, 阿拉斯加大学 Fairbanks 分校的 Michael A. Freedman, 加利福尼亚大学洛杉矶分校的 Kenneth P. Bube。对于本书的第二版,笔者向 Rutgers 大学的 Richard Bumby, 美国陆军的 Robert L. Curry, 佛罗里达大学的 Bruce Edwards 以及 Temple 大学的 David R. Hill 致谢。

对本书的第三版,笔者向 George Mason 大学的 Tim Sauer, Oklahoma 大学的 Gerald M. Pitstick 和 Victor De Brunner, 西弗吉尼亚大学的 George Trapp, Alabama 大学 Huntsville 分校的 Tad Jarik, 北卡罗莱纳州立大学的 Jeffrey S. Scroggs, 科罗拉多州立大学的 Kurt Georg 以及南伊利诺伊大学 Carbondale 分校的 James N. Craddock 表示感谢。

本书第四版的评阅人是 Akron 大学的 Kevin Kreider, 华盛顿大学圣路易斯分校的 Demetrio Labate, 弗吉尼亚理工学院的 Lee Johnson 和路易斯安娜大学 Lafayette 分校的 Azmy Ackleh。笔者对这些评阅人所付出的努力和提出的建议,表示深深的感谢。

恳请读者对本书不吝赐教,联系地址如下:

John H. Mathews
Mathematics Department
California State University
Fullerton, CA 92634
mathews@fullerton.edu

Kurtis D. Fink
Department of Mathematics
Northwest Missouri State University
Maryville, MO 64468
kfink@mail.nwmissouri.edu

目 录

第 1 章 预备知识	1
1.1 微积分回顾	1
1.1.1 极限和连续性	1
1.1.2 可微函数	3
1.1.3 积分	5
1.1.4 级数	6
1.1.5 多项式求值	7
1.1.6 习题	9
1.2 二进制数	10
1.2.1 二进制数	10
1.2.2 序列与级数	12
1.2.3 二进制分数	13
1.2.4 二进制移位	15
1.2.5 科学计数法	15
1.2.6 机器数	15
1.2.7 计算机精度	16
1.2.8 计算机浮点数	17
1.2.9 习题	17
1.3 误差分析	19
1.3.1 截断误差	20
1.3.2 舍入误差	20
1.3.3 舍去和舍入	21
1.3.4 精度损失	21
1.3.5 $O(h^n)$ 阶逼近	23
1.3.6 序列的收敛阶	25
1.3.7 误差传播	25
1.3.8 数据的不确定性	28
1.3.9 习题	29
1.3.10 算法与程序	31
第 2 章 非线性方程 $f(x) = 0$ 的解法	32
2.1 求解 $x = g(x)$ 的迭代法	33
2.1.1 寻找不动点	33

2.1.2	不动点迭代的图形解释	36
2.1.3	绝对误差和相对误差考虑	38
2.1.4	习题	39
2.1.5	算法与程序	40
2.2	定位一个根的分类方法	40
2.2.1	波尔查诺二分法	42
2.2.2	试值法的收敛性	45
2.2.3	习题	48
2.2.4	算法与程序	49
2.3	初始近似值和收敛判定准则	49
2.3.1	检测收敛性	50
2.3.2	有问题的函数	53
2.3.3	习题	54
2.3.4	算法与程序	54
2.4	牛顿-拉夫森法和割线法	54
2.4.1	求根的斜率法	54
2.4.2	被零除错误	58
2.4.3	收敛速度	59
2.4.4	缺陷	60
2.4.5	割线法	61
2.4.6	加速收敛	64
2.4.7	习题	66
2.4.8	算法与程序	68
2.5	埃特金过程、斯蒂芬森法和米勒法(选读)	69
2.5.1	埃特金过程	70
2.5.2	米勒法	71
2.5.3	方法之间的比较	72
2.5.4	习题	76
2.5.5	算法与程序	77
第3章	线性方程组 $AX = B$ 的数值解法	79
3.1	向量和矩阵简介	79
3.1.1	矩阵和二维数组	82
3.1.2	习题	84
3.2	向量和矩阵的性质	85
3.2.1	矩阵乘	86
3.2.2	特殊矩阵	87
3.2.3	非奇异矩阵的逆	87
3.2.4	行列式	88

3.2.5	平面旋转	89
3.2.6	MATLAB 实现	91
3.2.7	习题	91
3.2.8	算法与程序	93
3.3	上三角线性方程组	93
3.3.1	习题	96
3.3.2	算法与程序	97
3.4	高斯消去法和选主元	97
3.4.1	选主元以避免 $a_{pp}^{(p)} = 0$	102
3.4.2	选主元以减少误差	102
3.4.3	病态情况	104
3.4.4	MATLAB 实现	105
3.4.5	习题	106
3.4.6	算法与程序	108
3.5	三角分解法	109
3.5.1	线性方程组的解	110
3.5.2	三角分解法	111
3.5.3	计算复杂性	114
3.5.4	置换矩阵	115
3.5.5	扩展高斯消去过程	116
3.5.6	MATLAB 实现	117
3.5.7	习题	119
3.5.8	算法与程序	120
3.6	求解线性方程组的迭代法	121
3.6.1	雅可比迭代	122
3.6.2	高斯 - 赛德尔迭代法	124
3.6.3	收敛性	126
3.6.4	习题	128
3.6.5	算法与程序	129
3.7	非线性方程组的迭代法:赛德尔法和牛顿法(选读)	130
3.7.1	理论	132
3.7.2	广义微分	133
3.7.3	接近不动点处的收敛性	134
3.7.4	赛德尔迭代	135
3.7.5	求解非线性方程组的牛顿法	136
3.7.6	牛顿法概要	137
3.7.7	MATLAB 实现	138
3.7.8	习题	140
3.7.9	算法与程序	143

第 4 章 插值与多项式逼近	145
4.1 泰勒级数和函数计算	146
4.1.1 多项式计算方法	151
4.1.2 习题	151
4.1.3 算法与程序	154
4.2 插值介绍	155
4.2.1 习题	159
4.2.2 算法与程序	160
4.3 拉格朗日逼近	161
4.3.1 误差项和误差界	164
4.3.2 精度与 $O(h^{N+1})$	166
4.3.3 MATLAB 实现	167
4.3.4 习题	169
4.3.5 算法与程序	171
4.4 牛顿多项式	171
4.4.1 嵌套乘法	172
4.4.2 多项式逼近、节点和中心	172
4.4.3 习题	177
4.4.4 算法与程序	178
4.5 切比雪夫多项式(选读)	179
4.5.1 切比雪夫多项式性质	179
4.5.2 最小上界	181
4.5.3 等距节点	181
4.5.4 切比雪夫节点	182
4.5.5 龙格现象	183
4.5.6 区间变换	183
4.5.7 正交性	184
4.5.8 MATLAB 实现	186
4.5.9 习题	187
4.5.10 算法与程序	188
4.6 帕德逼近	188
4.6.1 连分式	191
4.6.2 习题	192
4.6.3 算法与程序	194
第 5 章 曲线拟合	195
5.1 最小二乘拟合曲线	195
5.1.1 求最小二乘曲线	196
5.1.2 幂函数拟合 $y = Ax^M$	199

5.1.3	习题	200
5.1.4	算法与程序	202
5.2	曲线拟合	203
5.2.1	$y = Ce^{Ax}$ 的线性化方法	203
5.2.2	求解 $y = Ce^{Ax}$ 的非线性最小二乘法	205
5.2.3	数据线性化变换	207
5.2.4	线性最小二乘法	208
5.2.5	矩阵公式	209
5.2.6	多项式拟合	210
5.2.7	多项式摆动	211
5.2.8	习题	213
5.2.9	算法与程序	215
5.3	样条函数插值	216
5.3.1	分段线性插值	216
5.3.2	分段三次样条曲线	217
5.3.3	三次样条的存在性	218
5.3.4	构造三次样条	219
5.3.5	端点约束	220
5.3.6	三次样条曲线的适宜性	225
5.3.7	习题	227
5.3.8	算法与程序	229
5.4	傅里叶级数和三角多项式	230
5.4.1	三角多项式逼近	234
5.4.2	习题	237
5.4.3	算法与程序	238
5.5	贝塞尔曲线	239
5.5.1	伯恩斯坦多项式的性质	239
5.5.2	贝塞尔曲线的性质	241
5.5.3	习题	245
5.5.4	算法与程序	246
第 6 章	数值微分	247
6.1	导数的近似值	247
6.1.1	差商的极限	247
6.1.2	中心差分公式	249
6.1.3	误差分析和步长优化	251
6.1.4	理查森外推法	254
6.1.5	习题	257
6.1.6	算法与程序	260

6.2	数值差分公式	261
6.2.1	更多的中心差分公式	261
6.2.2	误差分析	262
6.2.3	拉格朗日多项式微分	264
6.2.4	牛顿多项式微分	266
6.2.5	习题	268
6.2.6	算法与程序	270
第7章	数值积分	271
7.1	积分简介	272
7.1.1	习题	278
7.2	组合梯形公式和辛普森公式	280
7.2.1	误差分析	283
7.2.2	习题	287
7.2.3	算法与程序	290
7.3	递归公式与龙贝格积分	291
7.3.1	龙贝格积分	294
7.3.2	习题	299
7.3.2	算法与程序	301
7.4	自适应积分	302
7.4.1	区间细分	302
7.4.2	精度测试	303
7.4.3	算法与程序	307
7.5	高斯-勒让德积分(选读)	308
7.5.1	习题	312
7.5.2	算法与程序	314
第8章	数值优化	315
8.1	单变量函数的极小值	315
8.1.1	分类搜索方法	316
8.1.2	利用导数求极小值	321
8.1.3	习题	329
8.1.4	算法与程序	331
8.2	内德-米德方法和鲍威尔方法	332
8.2.1	内德-米德方法	333
8.2.2	鲍威尔方法	336
8.2.3	习题	342
8.2.4	算法与程序	342
8.3	梯度和牛顿方法	343
8.3.1	最速下降法(梯度方法)	343

8.3.2	牛顿方法	345
8.3.3	习题	351
8.3.4	算法与程序	351
第 9 章	微分方程求解	353
9.1	微分方程导论	353
9.1.1	初值问题	355
9.1.2	几何解释	355
9.1.3	习题	356
9.2	欧拉方法	358
9.2.1	几何描述	359
9.2.2	步长与误差	360
9.2.3	习题	363
9.2.4	算法与程序	364
9.3	休恩方法	365
9.3.1	步长与误差	366
9.3.2	习题	369
9.3.3	算法与程序	370
9.4	泰勒级数法	371
9.4.1	习题	375
9.4.2	算法与程序	375
9.5	龙格 - 库塔方法	376
9.5.1	关于该方法的讨论	377
9.5.2	步长与误差	378
9.5.3	$N=2$ 的龙格 - 库塔方法	380
9.5.4	龙格 - 库塔 - 费尔伯格方法	382
9.5.5	习题	386
9.5.6	算法与程序	387
9.6	预报 - 校正方法	388
9.6.1	亚当斯 - 巴什福斯 - 莫尔顿方法	389
9.6.2	误差估计与校正	389
9.6.3	实际考虑	390
9.6.4	米尔恩 - 辛普森方法	390
9.6.5	误差估计与校正	391
9.6.6	正确的步长	392
9.6.7	习题	397
9.6.8	算法与程序	398
9.7	微分方程组	399
9.7.1	数值解	399

9.7.2	高阶微分方程	401
9.7.3	习题	402
9.7.4	算法与程序	403
9.8	边值问题	406
9.8.1	分解为两个初值问题:线性打靶法	407
9.8.2	习题	411
9.8.3	算法与程序	412
9.9	有限差分方法	412
9.9.1	习题	417
9.9.2	算法与程序	418
第 10 章	偏微分方程数值解	419
10.1	双曲型方程	421
10.1.1	波动方程	421
10.1.2	差分公式	421
10.1.3	初始值	422
10.1.4	达朗贝尔方法	423
10.1.5	给定的两个确定行	423
10.1.6	习题	427
10.1.7	算法与程序	427
10.2	抛物型方程	428
10.2.1	热传导方程	428
10.2.2	差分公式	428
10.2.3	克兰克-尼科尔森法	432
10.2.4	习题	435
10.2.5	算法与程序	436
10.3	椭圆型方程	437
10.3.1	拉普拉斯差分方程	437
10.3.2	建立线性方程组	438
10.3.3	导数边界条件	440
10.3.4	迭代方法	442
10.3.5	泊松方程和亥姆霍茨方程	445
10.3.6	改进	446
10.3.7	习题	447
10.3.8	算法与程序	448
第 11 章	特征值与特征向量	450
11.1	齐次方程组:特征值问题	450
11.1.1	背景	450
11.1.2	特征值	452

11.1.3	对角化	455
11.1.4	对称性的优势	457
11.1.5	特征值范围估计	458
11.1.6	方法综述	458
11.1.7	习题	459
11.2	幂方法	460
11.2.1	收敛速度	463
11.2.2	移位反幂法	463
11.2.3	习题	468
11.2.4	算法与程序	468
11.3	雅可比方法	469
11.3.1	平面旋转变换	470
11.3.2	相似和正交变换	470
11.3.3	雅可比变换序列	471
11.3.4	一般步骤	472
11.3.5	使 d_{pq} 和 d_{qp} 为零	473
11.3.6	一般步骤小结	473
11.3.7	修正矩阵的特征值	474
11.3.8	消去 a_{pq} 的策略	474
11.3.9	习题	477
11.3.10	算法与程序	478
11.4	对称矩阵的特征值	479
11.4.1	Householder 法	479
11.4.2	Householder 变换	481
11.4.3	三角形形式归约	483
11.4.4	QR 法	485
11.4.5	加速移位	486
11.4.6	习题	489
11.4.7	算法与程序	490
附录 A	MATLAB 简介	491
	部分习题答案	498
	中英文术语对照	521