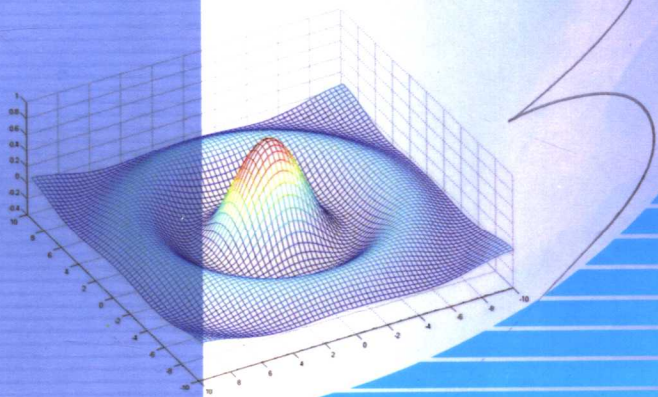


数值分析及其 MATLAB实现

(MATLAB 6.X, 7.X版)

(附学习光盘)

■ 任玉杰 著



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

0241

143D

2007

数值分析及其 MATLAB 实现

(MATLAB 6. X, 7. X 版)

(附学习光盘)

任玉杰 著

高等教育出版社

内容简介

本书介绍了数值分析的理论及实用知识,通过大量的例题详细地讲述了如何利用 MATLAB 软件实现各种数值算法,并将数值解与对应的符号解在同一图形窗口中实现可视化显示,以便读者实际动手实现算法及观察不同数值算法的实际计算效果。本书正文主要内容有:插值与拟合,数值微分与数值积分,常微分方程(组)和(非)线性方程(组)的数值解法,矩阵的特征值与特征向量的计算及这些数值方法的 MATLAB 程序和 MATLAB 符号计算的方法,以便为读者今后的学习和工作打下坚实的数值分析与科学计算的基础。为了使读者快速地掌握 MATLAB 软件的使用,本书附有一张学习 MATLAB 光盘,其内容包括 MATLAB 软件快速入门和作图的电子版教材和多媒体教学软件,另外还附有本书中的大部分 MATLAB 程序源代码和彩色图形供读者使用。

本书不仅适用于数学、计算机、物理及工程等专业的高年级本科生及研究生,而且也是科研人员 and 工程技术人员学习用 MATLAB 数学软件解决数值计算和对应的符号计算问题的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数值分析及其 MATLAB 实现:MATLAB6. X,7. X
版/任玉杰编. —北京:高等教育出版社,2007.3
ISBN 978-7-04-018459-4

I. 数… II. 任… III. ①数值计算-高等学校-
教材②计算机辅助计算-软件包,MATLAB6. X,7. X
-高等学校-教材 IV. O241 TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 021616 号

| | | | |
|------|----------------|------|-------------------------------------------------------------------|
| 出版发行 | 高等教育出版社 | 购书热线 | 010-58581118 |
| 社 址 | 北京市西城区德外大街 4 号 | 免费咨询 | 800-810-0598 |
| 邮政编码 | 100011 | 网 址 | http://www.hep.edu.cn |
| 总 机 | 010-58581000 | | http://www.hep.com.cn |
| 经 销 | 蓝色畅想图书发行有限公司 | 网上订购 | http://www.landaco.com |
| 印 刷 | 北京市白帆印务有限公司 | | http://www.landaco.com.cn |
| | | 畅想教育 | http://www.widedu.com |
| 开 本 | 787×960 1/16 | 版 次 | 2007 年 3 月第 1 版 |
| 印 张 | 55.5 | 印 次 | 2007 年 3 月第 1 次印刷 |
| 字 数 | 1 050 000 | 定 价 | 59.00 元(含光盘) |

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18459-00



随着计算机的发展与普及,继实验方法、理论方法之后,科学计算已成为科学实践的第三手段。它在物理、化学、力学、生命科学、天文学、经济科学及社会科学等等各个领域得到了广泛的应用,成为科学研究领域中不可缺少的重要组成部分。因为数值分析与计算机软件 MATLAB 是进行科学计算的有力工具,所以它们已逐渐成为研究生和本科生的必修课。因此,编著一本适合我国的教学体系,将 MATLAB 与数值分析有机的结合,从而达到培养学生科学计算能力,使学生能够适应将来的工作和科研环境的教材已势在必行。本书采用 MATLAB 6.X,7.X 版作为数值分析算法的编程工具,主要介绍数值分析方面的知识,注重科学计算能力和科学探索精神的培养,适用于数学、计算机、物理、工程等专业的低年级本科生及研究生。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,教师可以根据自己的需要对内容进行适当的裁减。本书中数值分析的理论部分可以在理论课讲授,而利用 MATLAB 程序实现数值算法部分可以在计算机实验课中供学生使用。

本书是根据作者二十余年的教学和科研经验,集思广益,广泛吸取国内外一些相关教材之所长,在此基础上把教学内容、教学体系、教学手段改革和科学研究思想融为一体的改革教材。它显示了如下几方面的新的探索。

1. 对本书中每一种数值算法都编写了 MATLAB 程序和对应的例题,建立健全了数值分析机械化 MATLAB 软件操作平台,使数值解法实现机械化。在目前的计算机软件 MATLAB 的数值分析函数库中有一些数值计算程序,但是它们大多数是变步长的,并且对许多具体的数值算法及其图形显示没有程序,需要人们去开发,使该软件逐步完善。作者从便于学生通过 MATLAB 软件来学习数值分析的数学理论、方法和应用的角度,针对本书中介绍的每种具体数值算法,编写了大量的具有人性化和一般化的 MATLAB 数值算法程序和图形可视化程序的软件包,并且通过实例详细地介绍了这些软件包的使用方法。通过数值的和图形的结果分析,并将其与符号解比较,讲解数值分析的基本原理和算法。另外,读者可以方便地调用这些软件包,并根据读者自己的需要,输入不同的参数、函数、数据等,通过可视化图形修改和调节算法,免除了编程序和调程序的苦恼,节省了读者的宝贵时间。这些程序有的运行结果可以全部展示数值计算的全过

II 前 言

程,有的显示给用户必要的提示,有的输出数值解及其误差限或误差估计公式,有的还可以在同一坐标系中展示给读者符号解和几种数值解的图形,供读者分析、比较不同数值算法间的优劣,选择最佳算法,从而达到科学计算之目的。本书中有大量的程序目前在其他书籍中尚未见到,实属作者首创,并且首次公开出版,填补了有些数值方法目前还没有 MATLAB 的计算程序和作图程序的空白,具有科研和实用价值。

2. 打破了传统的数值分析(计算方法)教学体系,创造性地采用数值解法、解析解法和图形可视化显示并举的全新的写作手法,建立了一套崭新的数值分析教学体系。因为数值分析(计算方法)是一种在计算机上使用的解数学问题的数值近似解的方法,它的计算对象是那些在理论上解,而无法用手工计算的数学问题。因此,判断一种数值算法的优劣,数值算法的数值解与其精确解的误差是否达到要求,如何在计算机上实现具体的算法等工作是十分重要的,有时也是非常困难的。为了解决这些难题,本书将计算机软件 MATLAB 融入数值分析(计算方法)各个教学内容之中,采用了一种数值解和符号解及其对应的图形比较的全新的写作手法,根据国家教委“突出重概念、重方法、重应用、重能力培养”的要求,在本书每章,首先简单介绍与本章相关的 MATLAB 符号解法,然后重点详细地讲述数值分析的基本概念、基本理论和方法及其如何用 MATLAB 软件实现,再通过实际算例将几种数值算法,符号解法及其图形和数表进行实际计算效果比较,让学生从理论上和几何直观上观察同一种算法取不同参数时对实际计算效果的影响,比较和分析不同算法在计算同一问题时实际计算效果的优劣等,从而筛选出最佳算法,实现科学计算。通过各种计算方法可视化和图表化,直观明了,使学生对每种数值算法的优缺点有一种直观的了解,易懂难忘。这种教学体系有益于学生掌握数值分析的主要内容和基本算法,能够分析、理解、改进、甚至构造新的数值算法,并在计算机上用 MATLAB 软件实现,向学生传授一套完整地、科学地解决一类问题的方法,在学习的过程中培养学生一种科学探索的思想,使学生能够适应将来的工作和科研环境需要。这是对数值分析课程教学模式改革的一种有益的尝试。

3. 在计算手段的处理上,根据不同的教学内容和教学目的,本书采取了计算机计算和手工计算各有侧重的策略。在介绍基本概念、基本理论和算法原理及其步骤等内容时,采用了以手工计算为主,计算机计算为辅的策略。在介绍如何用 MATLAB 软件实现各种具体算法时,以计算机计算为主、手工计算为辅,实现科学计算。

4. 在内容安排上,本书除了详细地介绍了数值分析的内容之外,还对每一种算法都编写了 MATLAB 程序,并介绍了与对应数值算法进行比较的 MATLAB 符号解的工具,配备了对应的例题,详细地介绍每种算法和程序的用法,增加了

上机实验环节。本书在描述计算机的计算过程时,尽可能地采用图形和表格的形式,并给出误差估计,以便对数值解进行可视化和算法优劣的解释。本书的大部分例题采取一题多解,将几种数值算法的实际计算效果与精确解比较,以此开阔读者的解题思路,有利于读者在众多的数值算法中筛选最佳算法。为了使学理解理解和掌握理论和方法,作者编写了大量的图形显示程序和输出表格形式数据的程序,通过计算机输出的可视化图形和表格形式数据,加强几何直观,加深学生对基本理论和算法原理的理解。另外,本书增加了应用性的例题和习题及编写其 MATLAB 程序的方法,增加了上机实验环节,它们为学生提供了锻炼科学计算编程能力的机会,能够帮助他们从理论与实践两个方面提高数值分析的技能。总之,本书提供了丰富的教学内容,有利于拓宽学生的知识视野,教师可以根据自己的需要对内容进行适当的裁减。

5. 本书是以计算机软件 MATLAB(6.X,7.X 版)为操作平台,为了使某些读者快速地掌握 MATLAB 软件的使用,本书为读者提供了一张学习 MATLAB 和浏览本书中的程序及图形的光盘。光盘含有用可视化图形和文字介绍的 MATLAB 基本操作和作图等内容的 Word 文档电子书及其多媒体教学软件。另外,光盘中还附有本书中的 MATLAB 程序包和图形供读者使用。光盘主要内容为:第一篇 MATLAB 快速入门多媒体辅助教学软件(用 Microsoft PowerPoint 2000 制作);第二篇 MATLAB 快速入门电子版(用 Microsoft Word 2000 制作)。第一篇和第二篇制作精细,图文并茂,可以帮助读者快速掌握 MATLAB 软件(如, MATLAB 界面和各种窗口的功能和使用、矩阵和数组的运算、平面和空间图形的制作及符号运算等等);第三篇 数值分析及 MATLAB 实现的 MATLAB 程序源代码的电子版(用 Microsoft Word 2000 制作),展示了 MATLAB 程序在工作空间中的原貌,供读者浏览,与书中程序对照使用;第四篇 书稿中各章的图形电子版(用 Microsoft Word 2000 制作),以彩图的形式展示了书中图形的原貌,补救了本书黑白图形的不足,供读者浏览,与书中图形对照使用。

相应的,本书对教师也提出了更高的要求:不但能讲授知识,而且会应用计算机软件,还要改进教学方法,能够进行创新性研究。这当然有利于教师科研能力和教学水平的提高。

本书是大连轻工业学院教授任玉杰博士独立设计和完成,由高等教育出版社全额资助出版。在编著本书的过程中得到了高等教育出版社徐可、王强、李艳馥、宋瑞才和编校及有关的工作人员,清华大学数学科学院姜启源教授、谢金星教授、谭泽光教授、余正光教授,上海交通大学数学系王维克教授、王承国教授和乐经良教授,作者的博士生导师大连理工大学应用数学系张鸿庆教授和硕士生导师滕素珍教授、大连轻工业学院校长余加祐、党委书记张杰威和林茂全、副校长李长吾和安庆大、教务处处长马铁成和院长陶学恒等各级领导和师生及有关

IV 前 言

同行的热情支持。本书的主审人清华大学姜启源教授、谢金星教授和北京师范大学何青教授花费了大量的时间对书稿进行了非常认真的审查,并提出了许多宝贵的意见和建议。他们的意见和建议使本书增色不少,在高等教育出版社有关工作人员的辛勤劳动和精心编校下本书得以正式出版,在此,作者表示衷心的感谢!

21 世纪的改革教材应该多模式、多品种,本书只是对其中的一种模式所做的初步探索和尝试,在可读性强、实现数学机械化以及培养学生数学应用能力和科学计算能力等方面,作者虽然也做了一些努力,但仍感觉差距很大。真诚地欢迎同行、读者和专家提出不同的见解,并希望广大读者对教材中的错误、缺点和不足之处提出批评和指正。最后,我们也真诚地欢迎对本教材有兴趣的同行参加试用。

任玉杰

网址:<http://jsff.dlil.edu.cn/>

2004 年 7 月 7 日于大连



| | |
|-------------------------------------------|----|
| 第一章 误差与范数 | 1 |
| 1.1 误差的来源 | 1 |
| 1.1.1 误差分析的重要性 | 1 |
| 1.1.2 误差的来源 | 3 |
| 习题 1.1 | 5 |
| 1.2 误差和有效数字 | 5 |
| 1.2.1 绝对误差和绝对误差限 | 5 |
| 1.2.2 相对误差和相对误差限 | 6 |
| 1.2.3 有效数字 | 7 |
| 1.2.4 有效数字与误差的关系 | 9 |
| 习题 1.2 | 12 |
| 1.3 误差估计的基本方法 | 12 |
| 1.3.1 误差估计的运算 | 12 |
| 1.3.2 数值的稳定性 | 15 |
| 习题 1.3 | 18 |
| 1.4 数值计算中应注意的问题 | 18 |
| 1.4.1 避免两个相近的数相减 | 19 |
| 1.4.2 避免绝对值太小的数作除数或除数的绝对值远小于被除数的绝对值 | 21 |
| 1.4.3 避免大数“吃掉”小数的现象 | 22 |
| 1.4.4 注意简化计算程序,减少运算次数 | 23 |
| 习题 1.4 | 23 |
| 1.5 向量和矩阵的范数 | 23 |
| 1.5.1 向量范数与 MATLAB 命令 | 24 |
| 1.5.2 矩阵范数与 MATLAB 命令 | 25 |
| 1.5.3 条件数与误差估计及其 MATLAB 命令 | 28 |
| 习题 1.5 | 29 |
| 第二章 非线性方程(组)的数值解法 | 31 |
| 2.1 求方程(组)的根及其 MATLAB 命令 | 31 |

目 录

| | | |
|-------|------------------------------|-----|
| 2.1.1 | 方程的概念 | 31 |
| 2.1.2 | 求解方程(组)的 solve 命令 | 32 |
| 2.1.3 | 求解多项式方程(组)的 roots 命令 | 35 |
| 2.1.4 | 求解方程(组)的 fsolve 命令 | 36 |
| | 习题 2.1 | 38 |
| 2.2 | 搜索根的方法及其 MATLAB 程序 | 39 |
| 2.2.1 | 作图法及其 MATLAB 程序 | 39 |
| 2.2.2 | 逐步搜索法及其 MATLAB 程序 | 44 |
| | 习题 2.2 | 47 |
| 2.3 | 二分法及其 MATLAB 程序 | 47 |
| 2.3.1 | 二分法 | 47 |
| 2.3.2 | 二分法的 MATLAB 程序 | 51 |
| | 习题 2.3 | 57 |
| 2.4 | 迭代法及其 MATLAB 程序 | 58 |
| 2.4.1 | 迭代法的基本思想 | 58 |
| 2.4.2 | 迭代法的 MATLAB 程序 1 | 58 |
| 2.4.3 | 迭代法的几何解释 | 62 |
| 2.4.4 | 迭代法的收敛性 | 63 |
| 2.4.5 | 迭代法的 MATLAB 程序 2 | 71 |
| | 习题 2.4 | 78 |
| 2.5 | 迭代过程的加速方法及其 MATLAB 程序 | 78 |
| 2.5.1 | 加权迭代法 | 78 |
| 2.5.2 | 加权迭代法的 MATLAB 程序 | 79 |
| 2.5.3 | 艾特肯(Aitken)加速方法 | 81 |
| 2.5.4 | 艾特肯加速方法的 MATLAB 程序 | 82 |
| | 习题 2.5 | 84 |
| 2.6 | 牛顿(Newton)切线法及其 MATLAB 程序 | 84 |
| 2.6.1 | 牛顿切线法 | 84 |
| 2.6.2 | 牛顿切线法的收敛性及其 MATLAB 程序 | 85 |
| 2.6.3 | 牛顿切线法的 MATLAB 程序 | 91 |
| 2.6.4 | 求 \sqrt{c} 的方法及其 MATLAB 程序 | 96 |
| 2.6.5 | 牛顿切线法的缺陷 | 99 |
| 2.6.6 | 牛顿切线法的加速及其两种 MATLAB 程序 | 112 |
| | 习题 2.6 | 118 |
| 2.7 | 割线法及其 MATLAB 程序 | 119 |

| | | |
|------------|-------------------------------------|------------|
| 2.7.1 | 割线法 | 119 |
| 2.7.2 | 割线法的 MATLAB 程序 | 120 |
| | 习题 2.7 | 124 |
| 2.8 | 抛物线法及其 MATLAB 程序 | 125 |
| 2.8.1 | 抛物线法 | 125 |
| 2.8.2 | 抛物线法的 MATLAB 程序 | 127 |
| | 习题 2.8 | 130 |
| 2.9 | 求解非线性方程组的牛顿法及其 MATLAB 程序 | 130 |
| 2.9.1 | 求解二元非线性方程组的牛顿法及其 MATLAB 程序 | 130 |
| 2.9.2 | 求解 n 元非线性方程组的牛顿法及其 MATLAB 程序 | 137 |
| 2.9.3 | 求解 n 元非线性方程组的拟牛顿法及其 MATLAB 程序 | 141 |
| | 习题 2.9 | 142 |
| 第三章 | 解线性方程组的直接方法 | 145 |
| 3.1 | 方程组的逆矩阵解法及其 MATLAB 程序 | 145 |
| 3.1.1 | 逆矩阵、行列式及其 MATLAB 命令 | 145 |
| 3.1.2 | 方程组的逆矩阵解法及其 MATLAB 程序 | 146 |
| 3.1.3 | 线性方程组有解的判定条件及其 MATLAB 程序 | 148 |
| | 习题 3.1 | 151 |
| 3.2 | 三角形方程组的解法及其 MATLAB 程序 | 153 |
| 3.2.1 | 三角形方程组的解法 | 153 |
| 3.2.2 | 解三角形方程组的 MATLAB 程序 | 155 |
| | 习题 3.2 | 156 |
| 3.3 | 高斯(Gauss)消元法和列主元消元法及其 MATLAB 程序 | 156 |
| 3.3.1 | 高斯消元法及其 MATLAB 程序 | 156 |
| 3.3.2 | 列主元消元法及其 MATLAB 程序 | 161 |
| | 习题 3.3 | 163 |
| 3.4 | LU 分解法及其 MATLAB 程序 | 163 |
| 3.4.1 | 判断矩阵 LU 分解的充要条件及其 MATLAB 程序 | 163 |
| 3.4.2 | 直接 LU 分解法及其 MATLAB 程序 | 165 |
| 3.4.3 | 含交换矩阵的 LU 分解法及其 MATLAB 程序 | 169 |
| 3.4.4 | 判断正定对称矩阵的方法及其 MATLAB 程序 | 171 |
| 3.4.5 | 正定对称矩阵的楚列斯基(Cholesky)分解及其 MATLAB 程序 | 173 |
| | 习题 3.4 | 175 |
| 3.5 | 求解线性方程组的 LU 方法及其 MATLAB 程序 | 176 |
| 3.5.1 | 求解线性方程组的楚列斯基分解法及其 MATLAB 程序 | 176 |

目 录

| | |
|------------------------------------------------------|------------|
| 3.5.2 求解线性方程组的直接 LU 分解法及其 MATLAB 程序 | 177 |
| 3.5.3 求解线性方程组的选主元的 LU 方法及其 MATLAB 程序 | 178 |
| 习题 3.5 | 183 |
| 3.6 误差分析及其两种 MATLAB 程序 | 184 |
| 3.6.1 误差分析 | 184 |
| 3.6.2 求 P 条件数和讨论 $AX=b$ 解的性态的 MATLAB 程序 | 188 |
| 3.6.3 用 P 范数讨论 $AX=b$ 的解和 A 的性态的 MATLAB 程序 | 189 |
| 习题 3.6 | 193 |
| 第四章 解线性方程组的迭代法 | 195 |
| 4.1 迭代法和敛散性及其 MATLAB 程序 | 195 |
| 4.1.1 迭代法的思想 | 195 |
| 4.1.2 迭代法敛散性的判别及其 MATLAB 程序 | 197 |
| 4.1.3 与迭代法有关的 MATLAB 命令 | 198 |
| 习题 4.1 | 203 |
| 4.2 雅可比(Jacobi)迭代及其 MATLAB 程序 | 204 |
| 4.2.1 雅可比迭代 | 204 |
| 4.2.2 雅可比迭代的收敛性及其 MATLAB 程序 | 206 |
| 4.2.3 雅可比迭代的两种 MATLAB 程序 | 208 |
| 习题 4.2 | 212 |
| 4.3 高斯-塞德尔(Gauss-Seidel)迭代及其 MATLAB 程序 | 213 |
| 4.3.1 高斯-塞德尔迭代 | 213 |
| 4.3.2 高斯-塞德尔迭代的收敛性 | 214 |
| 4.3.3 高斯-塞德尔迭代的两种 MATLAB 程序 | 215 |
| 习题 4.3 | 221 |
| 4.4 解方程组的超松弛迭代法及其 MATLAB 程序 | 222 |
| 4.4.1 超松弛迭代法 | 222 |
| 4.4.2 超松弛迭代法收敛性及其 MATLAB 程序 | 223 |
| 4.4.3 超松弛迭代法的 MATLAB 程序 | 225 |
| 习题 4.4 | 234 |
| 第五章 矩阵的特征值与特征向量的计算 | 237 |
| 5.1 直接计算特征值和特征向量的 MATLAB 程序 | 237 |
| 5.1.1 矩阵的特征值和特征向量 | 237 |
| 5.1.2 矩阵的对角化 | 240 |
| 5.1.3 实对称矩阵 | 241 |
| 5.1.4 计算特征值和特征向量的 MATLAB 程序 | 243 |

| | |
|--------------------------------------------------------|------------|
| 习题 5.1 | 245 |
| 5.2 幂法及其 MATLAB 程序 | 245 |
| 5.2.1 幂法 | 245 |
| 5.2.2 幂法的 MATLAB 程序 | 250 |
| 习题 5.2 | 254 |
| 5.3 反幂法和位移反幂法及其 MATLAB 程序 | 254 |
| 5.3.1 反幂法 | 254 |
| 5.3.2 原点位移反幂法 | 255 |
| 5.3.3 原点位移反幂法的两种 MATLAB 程序 | 257 |
| 习题 5.3 | 266 |
| 5.4 雅可比方法及其 MATLAB 程序 | 266 |
| 5.4.1 雅可比方法 | 267 |
| 5.4.2 实用的雅可比方法及其计算步骤 | 268 |
| 5.4.3 雅可比方法的 MATLAB 程序 | 275 |
| 习题 5.4 | 281 |
| 5.5 豪斯霍尔德 (Householder) 方法及其 MATLAB 程序 | 281 |
| 5.5.1 豪斯霍尔德方法及其 MATLAB 程序 | 281 |
| 5.5.2 矩阵约化为上豪斯霍尔德矩阵及其 MATLAB 程序 | 283 |
| 5.5.3 实对称矩阵的三对角化及其 MATLAB 程序 | 290 |
| 习题 5.5 | 291 |
| 5.6 QR 方法及其 MATLAB 程序 | 292 |
| 5.6.1 QR 方法及其收敛性 | 292 |
| 5.6.2 QR 方法的 MATLAB 程序 | 295 |
| 5.6.3 带原点位移的 QR 方法 | 303 |
| 5.6.4 位移的 QR 方法计算实矩阵的特征值及其 MATLAB 程序 | 304 |
| 5.6.5 最末元位移 QR 方法计算实对称矩阵特征值及其 MATLAB 程序 | 307 |
| 5.6.6 求根位移 QR 方法计算实对称矩阵 A 的特征值及其 MATLAB 程序 | 329 |
| 习题 5.6 | 345 |
| 5.7 广义特征值问题及其 MATLAB 程序 | 346 |
| 5.7.1 $AX = \lambda BX$ 型的广义特征值和特征向量 | 347 |
| 5.7.2 用 MATLAB 计算 $AX = \lambda BX$ 型的广义特征值和特征向量 | 348 |
| 5.7.3 $ABX = \lambda X$ 型的广义特征值和特征向量 | 351 |
| 习题 5.7 | 353 |
| 第六章 函数的插值方法 | 354 |
| 6.1 插值问题及其误差 | 354 |

VI 目 录

| | | |
|-------|------------------------------|-----|
| 6.1.1 | 插值多项式的唯一性和插值余项 | 354 |
| 6.1.2 | 与插值有关的 MATLAB 函数 | 356 |
| | 习题 6.1 | 361 |
| 6.2 | 拉格朗日(Lagrange)插值及其 MATLAB 程序 | 361 |
| 6.2.1 | 线性插值及其 MATLAB 程序 | 361 |
| 6.2.2 | 抛物线插值及其 MATLAB 程序 | 364 |
| 6.2.3 | n 次拉格朗日插值及其 MATLAB 程序 | 367 |
| 6.2.4 | 事后估计方法 | 370 |
| 6.2.5 | 拉格朗日多项式和基函数的 MATLAB 程序 | 371 |
| 6.2.6 | 拉格朗日插值及其误差估计的 MATLAB 程序 | 372 |
| | 习题 6.2 | 373 |
| 6.3 | 牛顿(Newton)插值及其 MATLAB 程序 | 374 |
| 6.3.1 | 差商及其计算 | 374 |
| 6.3.2 | 牛顿插值 | 376 |
| 6.3.3 | 牛顿插值多项式、差商和误差公式的 MATLAB 程序 | 378 |
| 6.3.4 | 牛顿插值及其误差估计的 MATLAB 程序 | 381 |
| 6.3.5 | 牛顿插值法的 MATLAB 综合程序 | 383 |
| | 习题 6.3 | 385 |
| 6.4 | 埃尔米特(Hermite)插值及其 MATLAB 程序 | 386 |
| 6.4.1 | 埃尔米特插值多项式 | 386 |
| 6.4.2 | 误差估计 | 388 |
| 6.4.3 | 埃尔米特插值多项式和误差估计的 MATLAB 程序 | 390 |
| | 习题 6.4 | 392 |
| 6.5 | 分段插值及其 MATLAB 程序 | 392 |
| 6.5.1 | 高次插值的振荡 | 392 |
| 6.5.2 | 分段插值和分段线性插值 | 395 |
| 6.5.3 | 分段线性插值的 MATLAB 程序 | 398 |
| 6.5.4 | 作有关分段线性插值图形的 MATLAB 程序 | 401 |
| 6.5.5 | 用 MATLAB 计算有关分段线性插值的误差 | 404 |
| | 习题 6.5 | 408 |
| 6.6 | 分段埃尔米特插值及其 MATLAB 程序 | 408 |
| 6.6.1 | 分段埃尔米特插值函数 | 408 |
| 6.6.2 | 分段埃尔米特插值的 MATLAB 程序 | 416 |
| 6.6.3 | 作有关分段埃尔米特插值图形的 MATLAB 程序 | 419 |
| 6.6.4 | 用 MATLAB 计算有关分段埃尔米特插值的误差 | 422 |

| | |
|---------------------------------------|------------|
| 习题 6.6 | 429 |
| 6.7 三次样条及其 MATLAB 程序 | 429 |
| 6.7.1 三次样条函数 | 430 |
| 6.7.2 三次样条函数的存在性 | 432 |
| 6.7.3 端点约束条件 | 435 |
| 6.7.4 用一阶导数计算的几种样条函数 | 436 |
| 6.7.5 用二阶导数计算的几种样条函数 | 446 |
| 6.7.6 用 MATLAB 计算三次样条 | 450 |
| 6.7.7 几种作三次样条有关图像的 MATLAB 程序 | 454 |
| 6.7.8 用 MATLAB 计算有关分段三次样条的误差 | 459 |
| 习题 6.7 | 466 |
| 6.8 高元插值及其 MATLAB 程序 | 467 |
| 6.8.1 meshgrid 命令的功能和调用格式 | 468 |
| 6.8.2 单调数据点上的二元插值及其 MATLAB 程序 | 470 |
| 6.8.3 三元插值及其 MATLAB 程序 | 476 |
| 习题 6.8 | 479 |
| 第七章 函数逼近与曲线(面)拟合 | 481 |
| 7.1 曲线拟合、误差及其 MATLAB 程序 | 481 |
| 习题 7.1 | 483 |
| 7.2 曲线拟合的线性最小二乘法及其 MATLAB 程序 | 484 |
| 习题 7.2 | 489 |
| 7.3 函数 $r_k(x)$ 的选取及其 MATLAB 程序 | 490 |
| 习题 7.3 | 495 |
| 7.4 多项式拟合及其 MATLAB 程序 | 495 |
| 习题 7.4 | 500 |
| 7.5 拟合曲线的线性变换及其 MATLAB 程序 | 501 |
| 习题 7.5 | 507 |
| 7.6 函数逼近及其 MATLAB 程序 | 507 |
| 习题 7.6 | 512 |
| 7.7 三角多项式逼近及其 MATLAB 程序 | 512 |
| 习题 7.7 | 517 |
| 7.8 随机数据点上的二元拟合及其 MATLAB 程序 | 517 |
| 习题 7.8 | 526 |
| 7.9 随机数据点上的 n 元拟合及其 MATLAB 程序 | 527 |
| 习题 7.9 | 530 |

| | |
|----------------------------------------------|-----|
| 第八章 数值微分 | 531 |
| 8.1 用 MATLAB 求各阶(偏)导数和(全)微分 | 531 |
| 8.1.1 用 MATLAB 符号计算一元函数的导数和微分 | 531 |
| 8.1.2 用 MATLAB 符号计算多元函数的偏导数和全微分 | 534 |
| 习题 8.1 | 537 |
| 8.2 一阶导数的数值计算及其 MATLAB 程序 | 538 |
| 8.2.1 差商求导及其 MATLAB 程序 | 538 |
| 8.2.2 中心差商公式求导及其 MATLAB 程序 | 540 |
| 8.2.3 理查森(Richardson)外推法求导及其 MATLAB 程序 | 547 |
| 8.2.4 牛顿多项式求导及其 MATLAB 程序 | 555 |
| 8.2.5 diff 函数在数值求导中的应用 | 561 |
| 习题 8.2 | 563 |
| 8.3 高阶导数的数值计算及其 MATLAB 程序 | 564 |
| 8.3.1 插值或拟合求高阶数值导数方法及其 MATLAB 程序 | 565 |
| 8.3.2 高阶泰勒数值导数方法及其 MATLAB 程序 | 570 |
| 习题 8.3 | 573 |
| 8.4 数值梯度和数值偏导数的计算及其 MATLAB 程序 | 573 |
| 8.4.1 梯度和偏导数的数值计算及其 MATLAB 程序 | 574 |
| 8.4.2 计算雅可比矩阵及其行列式的 MATLAB 程序 | 577 |
| 习题 8.4 | 582 |
| 第九章 数值积分 | 584 |
| 9.1 积分的 MATLAB 符号计算 | 584 |
| 9.1.1 定积分的 MATLAB 符号计算 | 584 |
| 9.1.2 变限积分的 MATLAB 符号计算 | 587 |
| 习题 9.1 | 589 |
| 9.2 数值积分的思想及其 MATLAB 程序 | 589 |
| 9.2.1 数值积分的基本思想 | 590 |
| 9.2.2 矩形公式 | 590 |
| 9.2.3 矩形公式的 MATLAB 程序 | 591 |
| 习题 9.2 | 594 |
| 9.3 插值型数值积分及其 MATLAB 程序 | 594 |
| 9.3.1 梯形公式及其误差分析 | 594 |
| 9.3.2 梯形公式的 MATLAB 程序 | 598 |
| 9.3.3 辛普森(Simpson)公式及其误差分析 | 602 |
| 9.3.4 辛普森数值积分的 MATLAB 程序 | 603 |

| | | |
|------------|-------------------------------------------------------------------|------------|
| 9.3.5 | 牛顿 - 科茨 (Newton-Cotes) 公式及其误差分析 | 608 |
| 9.3.6 | 牛顿 - 科茨数值积分和误差分析的 MATLAB 程序 | 615 |
| 9.3.7 | 利用三次样条求表格型数值积分的 MATLAB 方法 | 623 |
| 9.3.8 | 利用拉格朗日插值等方法求表格型数值积分的 MATLAB 方法 | 625 |
| | 习题 9.3 | 632 |
| 9.4 | 龙贝格 (Romberg) 公式及其 MATLAB 程序 | 634 |
| 9.4.1 | 递归公式和龙贝格公式 | 634 |
| 9.4.2 | 龙贝格积分的 MATLAB 程序 | 637 |
| | 习题 9.4 | 642 |
| 9.5 | 自适应积分及其 MATLAB 程序 | 642 |
| | 习题 9.5 | 645 |
| 9.6 | 高斯 (Gauss) 型积分公式及其 MATLAB 程序 | 645 |
| 9.6.1 | 代数精度 | 645 |
| 9.6.2 | 在 $[-1, 1]$ 上的高斯 - 勒让德 (Gauss-Legendre) 积分公式及其 MATLAB 程序 | 647 |
| 9.6.3 | 在 $[a, b]$ 上的高斯 - 勒让德积分公式及其 MATLAB 程序 | 653 |
| 9.6.4 | 拉道 (Radau) 积分公式和洛巴托 (Lobatto) 积分公式及其 MATLAB 程序 .. | 656 |
| | 习题 9.6 | 673 |
| 9.7 | 反常积分的计算及其 MATLAB 程序 | 675 |
| 9.7.1 | 无穷积分的符号计算及其 MATLAB 程序 | 675 |
| 9.7.2 | 无穷积分的近似计算及其 MATLAB 程序 | 678 |
| 9.7.3 | 无界函数反常积分的符号计算及其 MATLAB 程序 | 698 |
| 9.7.4 | 无界函数反常积分的近似计算及其 MATLAB 程序 | 701 |
| | 习题 9.7 | 708 |
| 9.8 | 多重积分的计算及其 MATLAB 程序 | 709 |
| 9.8.1 | 二重积分的符号计算及其 MATLAB 程序 | 709 |
| 9.8.2 | 二重积分的梯形公式及其 MATLAB 程序 | 712 |
| 9.8.3 | 矩形域上的辛普森公式及其 MATLAB 程序 | 717 |
| 9.8.4 | 一般域上二重积分的数值计算及其 MATLAB 程序 | 721 |
| 9.8.5 | 三重积分的计算及其 MATLAB 程序 | 724 |
| | 习题 9.8 | 729 |
| 第十章 | 常微分方程 (组) 求解 | 731 |
| 10.1 | 常微分方程 (组) 的 MATLAB 符号求解 | 731 |
| 10.1.1 | 用 MATLAB 求常微分方程 (组) 的通解 | 732 |
| 10.1.2 | 用 MATLAB 求常微分方程 (组) 的特解 | 734 |

X 目 录

| | |
|----------------------------------------------|-----|
| 10.1.3 线性常微分方程组的 MATLAB 解法 | 737 |
| 习题 10.1 | 738 |
| 10.2 求初值问题的数值解的基本思想 | 739 |
| 10.2.1 数值微分法的基本思想 | 740 |
| 10.2.2 数值积分法的基本思想 | 741 |
| 10.2.3 泰勒 (Taylor) 多项式逼近法基本思想 | 741 |
| 习题 10.2 | 742 |
| 10.3 欧拉 (Euler) 方法及其 MATLAB 程序 | 742 |
| 10.3.1 向前欧拉公式及其误差估计 | 742 |
| 10.3.2 向前欧拉方法的三种 MATLAB 程序 | 746 |
| 10.3.3 向后欧拉公式及其误差分析 | 761 |
| 10.3.4 向后欧拉方法的 MATLAB 程序 | 763 |
| 习题 10.3 | 767 |
| 10.4 改进的欧拉方法及其 MATLAB 程序 | 768 |
| 10.4.1 梯形公式及其误差估计 | 768 |
| 10.4.2 梯形公式的两种 MATLAB 程序 | 768 |
| 10.4.3 改进的欧拉公式 | 773 |
| 10.4.4 改进的欧拉公式的 MATLAB 程序 | 774 |
| 习题 10.4 | 778 |
| 10.5 龙格 - 库塔 (Runge-Kutta) 方法 | 779 |
| 10.5.1 龙格 - 库塔方法的基本思想 | 779 |
| 10.5.2 二阶龙格 - 库塔方法及其 MATLAB 程序 | 780 |
| 10.5.3 三阶龙格 - 库塔方法及其 MATLAB 程序 | 784 |
| 10.5.4 四阶龙格 - 库塔方法及其 MATLAB 程序 | 788 |
| 10.5.5 自适应龙格 - 库塔方法及其 MATLAB 程序 | 792 |
| 习题 10.5 | 801 |
| 10.6 线性多步法及其 MATLAB 程序 | 802 |
| 10.6.1 线性多步法一般形式及其截断误差 | 802 |
| 10.6.2 亚当斯 (Adams) 显式公式及其 MATLAB 程序 | 803 |
| 10.6.3 亚当斯隐式公式及其 MATLAB 程序 | 808 |
| 10.6.4 米尔恩 (Milne) 公式及其 MATLAB 程序 | 814 |
| 10.6.5 汉明 (Hamming) 公式及其 MATLAB 程序 | 820 |
| 10.6.6 预测 - 校正系统及其 MATLAB 程序 | 825 |
| 习题 10.6 | 829 |
| 10.7 一阶 (高) 阶微分方程 (组) 的数值解及其 MATLAB 程序 | 830 |