

工程设计与分析系列

MATLAB

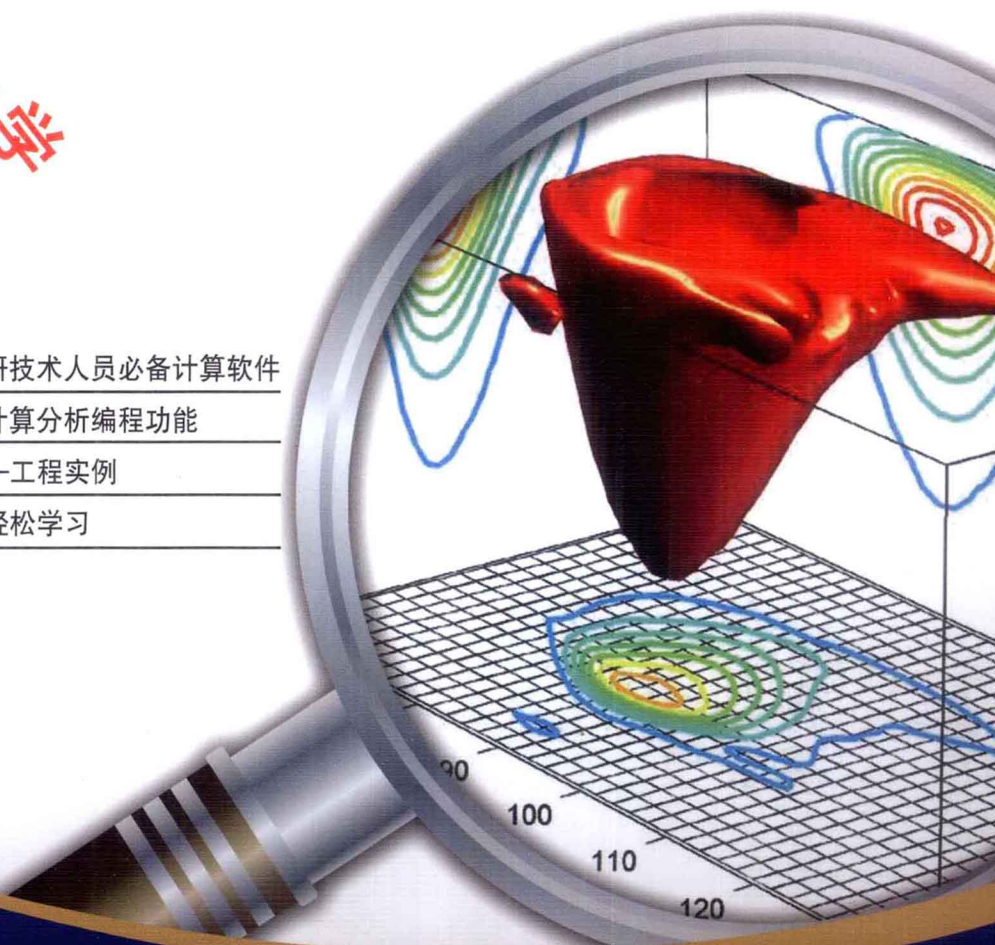
科学计算及分析

唐培培 戴晓霞 谢龙汉 编著

视频教学



- ★ MATLAB——全球科研技术人员必备计算软件
- ★ MATLAB——超强的计算分析编程功能
- ★ 基础知识—实训实例—工程实例
- ★ 实例操作视频教学，轻松学习



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

工程设计与分析系列

MATLAB 科学计算及分析

唐培培 戴晓霞 谢龙汉 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

MATLAB 是适合多学科、多种工作平台的功能强大、界面友好且开放性很强的交互式大型优秀应用软件, 特别适合科学计算、数值分析、数字信号处理、自动控制及工程应用等。本书从应用角度出发, 通过大量的实例结合科学计算中的重要问题, 从 MATLAB 的基础知识出发, 详细地讲解了 MATLAB 图形处理及图形用户界面, Simulink 动态系统仿真, 线性方程组求解, 非线性方程(组)求解, 矩阵特征值求解、优化、统计, 微分方程数值解, 有限元方法编程, 以及与 C 语言的接口等, 并在每章中都有非常丰富的综合实例。

本书适合广大 MATLAB 初学者及相关领域的科研人员, 特别是进行大量科学计算的人员使用。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 科学计算及分析 / 唐培培, 戴晓霞, 谢龙汉编著. —北京: 电子工业出版社, 2012.1

(工程设计与分析系列)

ISBN 978-7-121-14893-4

I. ①M… II. ①唐…②戴…③谢… III. ①计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. ①TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字

策划编辑: 许存权

责任编辑: 徐 静 特约编辑:

印 刷: 北京市李史山胶印厂

装 订:

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: 28.75 字数: 736 千字

印 次: 2012 年 1 月第 1 次印刷

册 数: 4 000 册 定价: 59.00 元(含 DVD 光盘 1 张)



凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 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 zlt@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

近年来,随着科学技术的快速发展,科学计算正日益受到关注,发展越来越快,已经成为当今科学研究的三大基本手段之一。MATLAB 作为一个功能强大的科学计算平台,提供了用于解决有关工程、科学、计算和机械学科等方面诸多问题的强大而丰富的功能,几乎能满足所有的计算需求,因而已经成为最受欢迎的科学计算工具之一。

作为科学计算的重要工具, MATLAB 自从诞生以来得到了快速的发展,其应用领域已经拓展到了各个行业,其功能也得到了不断完善,到目前为止已经发展到了 MATLAB R2009a,它提供的丰富的应用工具箱,使应用范围更加广泛,功能也越来越强大。同时, MATLAB 还为外部程序提供了多种功能完整的接口来和外部程序或其他程序语言进行沟通,从而大大增强了它的计算能力。

MATLAB 操作简单,易于入门,已经成为不同专业的学生、科研及工程技术人员不可或缺的工具,而且得到了广泛的认可,甚至很多专业已经把 MATLAB 作为基本的计算工具。为了更好地了解 MATLAB 系统,并将其应用到各个不同的领域,解决越来越复杂的科学计算问题,作者结合最新版的 MATLAB 编写了本书,希望对读者能够有所帮助。本书旨在全面系统地介绍 MATLAB 在科学计算中的功能,使其成为不同专业学生、科研及工程技术人员的重要科学计算工具。在编写过程中,本书突出了如下特点:

① 内容系统全面。本书全面详尽地讲述了 MATLAB 基础及科学计算功能,重点讲述了 MATLAB 的程序设计基础、图形处理和图形用户界面、Simulink 仿真模块、线性方程组、非线性方程(组)、矩阵特征值问题、微分方程(组)、拟合和插值、最优化、变换及分析、概率及统计分析、数值积分和复变函数、偏微分方程有限元求解等领域的应用,内容广泛,覆盖了科学计算的主要内容,并且在每章中都提供了丰富的实例,使读者更加容易理解各个知识点。

② 直观易懂。本书以图解实例的形式介绍基础知识和实例操作,所有的知识点和操作流程都尽可能集中在各个实例中,直观易懂,使用户能够在最短的时间内获取最多的知识。

③ 先进性。以最新的 MATLAB R2009a 为蓝本进行讲解,并参阅了国内外大量的成功教材,一切从满足读者的需求出发。

④ 结构清晰,讲解详尽。本书采用“基础知识—各小节实例—综合实例”的循序渐进的讲解方法,一步步地提高读者掌握 MATLAB 知识的能力,而且每个知识点和实例都进行了尽可能详细地讲解,使用户学习起来轻松自如。

⑤ 多媒体示范。本书的配套光盘中提供了所有实例的视频操作  动画演示,用户可以在观看录像过程中增强对知识点的理解。

本书共 16 章,按内容可以分为两大部分。第 1 部分(第 1~4 章)为 MATLAB 基础知识,依次介绍了 MATLAB 的程序设计基础、图形处理和图形用户界面、Simulink 仿真模块。

第 1 章 绪论。介绍 MATLAB 在科学计算中的优势, MATLAB 的丰富强大的功能模

块, 以及 MATLAB 的工作环境和常用的输入/输出操作, 在这章的最后给出了 MATLAB 的安装方法。

第 2 章 MATLAB 程序设计。介绍 MATLAB 程序设计的基础知识, 包括 MATLAB 的基本数据类型, 循环控制语句, M 函数, 以及 MATLAB 调试方法。

第 3 章 绘图与界面。介绍 MATLAB 的二维、三维绘图功能, 以及图形用户界面的创建和相关组件的属性。

第 4 章 Simulink 仿真。介绍 MATLAB 的仿真模块的基本功能, 建模仿真的基本方法, 子函数及其封装技术, S 函数模块及其应用。

第 2 部分 (第 5~12 章) 介绍 MATLAB 在科学计算中的应用, 分别介绍了在线性方程组、非线性方程 (组)、矩阵特征值问题、微分方程 (组)、拟合和插值、最优化、变换及分析、概率及统计分析、数值积分和复变函数、偏微分方程有限元求解等各个专业分支的 MATLAB 求解方法, 以及 C 语言与 MATLAB 接口。

第 5 章 线性方程组求解。针对两种不同类型的线性方程组, 给出了两种求解方法。一种是直接法, 用来求解低阶稠密矩阵方程组; 另一种是迭代法, 一般是用来求解大型稀疏矩阵的重要方法, 主要介绍了 Jacobi 迭代法、Gauss-Seidel 迭代法、超松弛迭代法、共轭梯度法、Bicg 迭代法和 Bicgstab 迭代法等。

第 6 章 非线性方程 (组) 求解。常见的求解非线性方程 (组) 的方法是迭代法。本章主要介绍了二分法、牛顿法、割线法、拟牛顿法, 以及 Halley 迭代法。

第 7 章 矩阵特征值求解。介绍了常见的求解矩阵特征值和特征矢量的计算方法, 包括幂法、反幂法、QR 方法、对称 QR 方法、Jacobi 方法、二分法。

第 8 章 微分方程 (组) 求解。介绍了常微分方程初值问题在 MATLAB 中的求解方法, 主要介绍了单步法, 如 Euler 方法、改进的 Euler 方法, 线性多步法, 如 Adams 外插法、Adams 内插法, 以及偏微分方程求解中的差分法, 常微分方程组的数值求解等。

第 9 章 拟合与插值。介绍对于给定的数据, 如何利用 MATLAB 实现数据的拟合与插值, 实现利用 MATLAB 解决数据插值和拟合问题。

第 10 章 优化。介绍最优化中的几个重要问题的实现方法, 包括方程求根、线性规划、整型规划、0-1 规划、无约束规划、有约束规划, 以及二次规划, 并且比较系统地介绍了 MATLAB 中解决这些问题的关键函数。

第 11 章 变换及分析。介绍 MATLAB 在信号处理方面的功能, 包括基本 Fourier 变换及逆变换、离散 Fourier 变换、快速 Fourier 变换及逆变换、Laplace 变换及逆变换、Z 变换及逆变换, 最后还介绍了滤波器的设计。

第 12 章 概率及统计分析。介绍了概率统计中的几个重要概率密度及分布函数、随机变量的数字特征和随机数的生成、参数估计和假设检验、线性回归分析, 以及统计图形的绘制。

第 13 章 数值积分及复变函数。介绍了一些常见的数值积分方法, 以及在 MATLAB 中的实现, 包括中点公式、Newton-Cotes 公式、Gauss 公式、三角形上的求积公式, 以及 MATLAB 中提供的求积函数。同时, 本章还给出了复变函数在 MATLAB 中的处理方法, 包括复变函数的极限、求导, 以及积分、复变函数的 Taylor 级数展开、复变函数的图像绘制, 以及留数的求解方法及其应用。

第 14 章 有限元分析法。介绍在 MATLAB 工作环境下，利用 MATLAB 提供的偏微分方程工具箱，实现用有限元方法求解偏微分方程数值解。

第 15 章 工程实例。结合第 14 章给出的有限元求解偏微分方程的方法，列举了几个用有限元方法求解偏微分方程的实例。

第 16 章 C 语言与 MATLAB 接口。介绍了 MATLAB 中用来调用 C 函数和 FORTRAN 子程序的 MEX 文件实现方法，使用 MATLAB 引擎实现 MATLAB 执行运算并向 C 程序或 FORTRAN 程序返回结果的过程，以及创建和访问标准 MATLAB MAT 文件以实现数据交流的实现方法。

本书主要由杭州师范大学唐培培博士、戴晓霞博士，华南理工大学谢龙汉博士共同完成，参加本书编写和光盘开发的还有林伟、魏艳光、林木议、王悦阳、林伟洁、林树财、郑晓、吴苗、李翔、莫衍、朱小远、耿煜、尚涛、邓奕、张桂东、鲁力、刘文超、刘新东等。由于时间仓促，书中难免有疏漏之处，请读者谅解。读者可通过电子邮件 wjktpp@yahoo.com.cn 与我们交流。

编 者

目 录

第1部分 基础知识

第1章 绪论	1	2.2.3 字符数据	51
1.1 MATLAB 科学计算概述	1	2.2.4 逻辑数据类型	54
1.2 MATLAB 科学计算的优势	3	2.2.5 日期和时间	56
1.3 MATLAB 工作环境	4	2.2.6 单元数组和结构体	57
1.3.1 桌面平台的菜单	4	2.3 数组与矩阵	59
1.3.2 桌面平台的工具栏	17	2.3.1 创建数组	59
1.3.3 桌面组件	18	2.3.2 数组运算	61
1.3.4 属性设置	19	2.3.3 数组处理函数	63
1.3.5 工作空间常用命令	24	实例 2-1 判断数组元素是否 在另一数组中出现	70
1.4 功能模块	24	2.3.4 矩阵及其运算	71
1.4.1 基础工具	24	实例 2-2 简单线性方程组求解	72
1.4.2 控制	26	2.3.5 特殊矩阵	73
1.4.3 实时目标系统	27	实例 2-3 利用特殊矩阵快速构造 矩阵	74
1.4.4 应用接口	28	2.3.6 稀疏矩阵及函数	75
1.4.5 数学与金融	28	实例 2-4 稀疏矩阵函数的巧用	76
1.4.6 信号通信处理及系统开发	30	2.4 控制语句	78
1.4.7 测试测量	30	2.4.1 for 循环语句	78
1.4.8 其他工具箱	31	2.4.2 while 循环语句	79
1.5 数据输入/输出与文件操作	31	2.4.3 if-else-end 语句	79
1.5.1 数据输入与输出	31	2.4.4 switch-case 语句	80
1.5.2 文件的打开与关闭	34	2.4.5 try-catch 语句	81
1.5.3 二进制文件的读写操作	35	实例 2-5 判断矢量单调性	81
1.5.4 文本文件的读写操作	37	2.5 M 函数	83
1.5.5 数据文件定位	38	2.5.1 M 函数构造规则	83
1.6 在线帮助系统	39	2.5.2 输入/输出参数	84
1.7 MATLAB 的学习方法	41	2.5.3 函数调用	85
1.8 MATLAB 的安装方法	41	2.5.4 用 Feval 进行函数运算	85
第2章 MATLAB 程序设计	46	实例 2-6 矢量单调性 (包含子函数 调用)	87
2.1 程序基础	46	2.6 程序调试	89
2.2 数据类型和运算	48		
2.2.1 常量和变量	48		
2.2.2 数值数据	49		

实例 2-7 程序调试实例	90	实例 3-3 稀疏矩阵排列图	129
2.7 MATLAB 编程技巧	93	实例 3-4 交互式用户界面设计	130
2.8 综合实例	94	实例	130
实例 2-8 汉诺塔问题	94	第 4 章 Simulink 仿真	132
实例 2-9 结构体的处理	95	4.1 Simulink 概述	132
第 3 章 绘图与界面	98	4.2 Simulink 模块库	134
3.1 二维绘图	98	4.2.1 公共模块库	134
3.1.1 plot 函数及设置	98	4.2.2 功能模块库	134
实例 3-1 绘制二维图应用实例	101	4.3 创建 Simulink 模型	135
3.1.2 子图	102	4.3.1 建立或打开仿真结构图	135
3.1.3 特殊二维图形	103	4.3.2 菜单与工具栏功能	137
3.2 三维绘图	105	4.3.3 模块处理	137
3.2.1 三维曲线图	105	4.3.4 线的处理	139
3.2.2 特殊三维图形	106	4.3.5 运行仿真	140
实例 3-2 绘制三维图应用实例	108	实例 4-1 仿真结构图应用实例	144
3.3 打印和导出图形	109	4.4 子系统与封装	146
3.3.1 用菜单打印和导出	110	4.4.1 子系统	147
3.3.2 命令行打印和导出	112	实例 4-2 子系统设计应用实例	147
3.4 图形用户界面	113	4.4.2 封装	149
3.4.1 图形用户界面	113	实例 4-3 封装设计应用实例	151
3.4.2 GUI 如何工作	114	4.5 Simulink 模型调试	153
3.4.3 创建 GUIs 途径	115	4.5.1 Simulink 调试器	153
3.5 用 GUIDE 创建 GUI	116	4.5.2 命令行调试	155
3.5.1 新建一个 GUI	116	4.6 S 函数	156
3.5.2 添加组件	117	4.6.1 S 函数模块	157
3.5.3 GUI 的存储	120	4.6.2 S 函数工作原理	159
3.5.4 GUI 的编程	121	4.6.3 M 文件 S 函数的编写	160
3.6 菜单和工具栏	124	4.6.4 M 文件 S 函数模板	160
3.6.1 菜单的创建	124	实例 4-4 S 函数应用实例	163
3.6.2 工具栏的创建	126	4.7 综合实例	165
3.7 组件	128	实例 4-5 食饵—捕食者模型	165
3.7.1 组件类型	128	实例 4-6 S 函数种群竞争模型	165
3.7.2 组件属性	129	实例 4-7 动画演示单摆运动	168
3.8 综合实例	129		

第 2 部分 MATLAB 在科学计算中的应用

第 5 章 线性方程组求解	172	5.1.1 Gauss 消去法	173
5.1 直接解法	173	实例 5-1 Gauss 消去法应用实例	174

5.1.2 选主元 Gauss 消去法	175	实例 6-6 牛顿法求解非线性 方程组	198
实例 5-2 选主元 Gauss 消去法应用 实例	175	实例 6-7 Halley 迭代法求解非线性 方程组	200
5.1.3 Cholesky 分解法	177	第 7 章 矩阵特征值求解	202
实例 5-3 Cholesky 分解法应用 实例	178	7.1 非对称特征值问题	202
5.2 迭代法	179	7.1.1 幂法	202
5.2.1 Jacobi 迭代法	179	实例 7-1 幂法实例	203
实例 5-4 Jacobi 迭代法应用实例	179	7.1.2 反幂法	204
5.2.2 Gauss-Seidel 迭代法	180	实例 7-2 反幂法实例	205
实例 5-5 Gauss-Seidel 迭代法应用 实例	180	7.1.3 QR 方法	207
5.2.3 超松弛迭代法	181	实例 7-3 QR 方法实例	207
实例 5-6 超松弛迭代法应用实例	182	7.2 对称特征值问题	209
5.2.4 共轭梯度法	182	7.2.1 对称 QR 法	209
实例 5-7 共轭梯度法应用实例	183	实例 7-4 对称 QR 方法实例	209
5.2.5 Bicg 迭代法	184	7.2.2 Jacobi 方法	211
实例 5-8 Bicg 迭代法应用实例	184	实例 7-5 Jacobi 方法实例	212
5.2.6 Bicgstab 迭代法	185	7.2.3 二分法	215
实例 5-9 Bicgstab 迭代法应用 实例	186	实例 7-6 二分法实例	215
5.3 综合实例	186	7.3 综合实例	218
实例 5-10 Dirichlet 问题中的线性 方程组求解问题	186	实例 7-7 病态实阵的特征值问题	218
实例 5-11 两点边值问题差分法 线性方程组求解问题	188	实例 7-8 二点边值问题差分离散 矩阵特征值实例	218
第 6 章 非线性方程 (组) 求解	191	第 8 章 微分方程 (组) 求解	221
6.1 二分法	191	8.1 单步法	221
实例 6-1 二分法应用实例	192	8.1.1 显式 Euler 方法	221
6.2 迭代法	193	实例 8-1 显式 Euler 方法实例	222
6.2.1 牛顿法	193	8.1.2 改进的 Euler 方法	223
实例 6-2 牛顿法应用实例	194	实例 8-2 改进的 Euler 方法实例	224
6.2.2 割线法	195	8.1.3 Runge-Kutta 方法	225
实例 6-3 割线法应用实例	195	实例 8-3 Runge-Kutta 方法实例	226
6.2.3 拟牛顿法	196	8.2 线性多步法	228
实例 6-4 拟牛顿法应用实例	196	8.2.1 Adams 外插法	228
6.2.4 Halley 迭代法	197	实例 8-4 Adams 外插法实例	229
实例 6-5 Halley 迭代应用实例	197	8.2.2 Adams 内插法	231
6.3 综合实例	198	实例 8-5 Adams 内插法实例	232
		8.3 有限差分法	234
		8.3.1 网格剖分	235
		8.3.2 数值微分	235

8.3.3 差分分解	236	实例 10-4 一维搜索实例	284
实例 8-6 差分法边值问题实例	236	10.7.2 黄金分割法	286
8.4 常微分方程组求解	237	实例 10-5 黄金分割法实例	287
实例 8-7 微分方程组实例	238	10.7.3 牛顿法	288
8.5 综合实例	239	实例 10-6 牛顿法无约束非线性规划 实例	288
实例 8-8 一维抛物型方程差分法 求解	239	10.8 有约束非线性规划	289
实例 8-9 二维波动方程求解	242	实例 10-7 有约束非线性规划 实例	291
第 9 章 拟合与插值	246	10.9 二次规划	292
9.1 插值运算	246	实例 10-8 二次规划实例	293
9.1.1 一维插值	246	10.10 综合实例	294
实例 9-1 一维插值实例	250	实例 10-9 运输问题	294
9.1.2 二维插值	251	实例 10-10 供应与选址问题	296
实例 9-2 二维插值实例	252	实例 10-11 连续投资问题	298
9.2 曲线拟合	253	第 11 章 变换及分析	302
9.2.1 多项式最小二乘拟合	254	11.1 Fourier 变换	302
实例 9-3 多项式拟合实例	254	11.1.1 基本 Fourier 变换	303
9.2.2 曲线拟合工具箱	255	实例 11-1 函数的 Fourier 变换	303
实例 9-4 曲线拟合工具箱应用 实例	259	11.1.2 基本 Fourier 变换逆变换	304
9.3 综合实例	261	实例 11-2 函数的 Fourier 逆变换	305
实例 9-5 温度曲线问题	261	11.1.3 离散 Fourier 变换	306
实例 9-6 根据山区地形选点海拔 确定地貌	261	11.1.4 快速 Fourier 变换	307
实例 9-7 流量与供水量问题	263	11.2 Laplace 变换	309
第 10 章 优化	266	11.2.1 Laplace 变换	309
10.1 方程求根	266	实例 11-3 函数的 Laplace 变换	310
10.2 一维最小值问题	269	11.2.2 Laplace 逆变换	311
10.3 多维最小值问题	269	实例 11-4 函数的 Laplace 逆变换	312
10.4 线性规划	271	11.2.3 Laplace 变换与 LTI 系统	312
10.4.1 线性规划问题及数学模型	271	11.3 Z 变换	313
10.4.2 线性规划求解	272	11.3.1 Z 变换	313
实例 10-1 线性规划实例	273	11.3.2 Z 逆变换	314
10.5 整型规划	274	11.3.3 Z 变换与离散 LTI 系统	315
实例 10-2 整型规划实例	275	11.4 滤波器的设计	317
10.6 0-1 规划	279	11.5 综合实例	319
实例 10-3 0-1 规划实例	280	实例 11-5 滤波器的设计	319
10.7 无约束非线性规划	282	实例 11-6 滤波器的应用	322
10.7.1 一维搜索	282	第 12 章 概率及统计分析	325
		12.1 概率密度函数与分布函数	325

12.2 随机变量的数字特征	329	13.2.1 复变函数的极限求导和 积分	364
12.2.1 数学期望	329	13.2.2 复变函数的 Taylor 展开	365
12.2.2 方差与标准差	330	13.2.3 复变函数图像	366
12.2.3 协方差与相关系数	332	13.2.4 留数	366
12.2.4 中心矩	333	实例 13-2 复变函数留数的计算及 应用	367
12.2.5 分布函数的统计量	334	13.3 综合实例	368
12.3 逆分布函数及随机数生成	335	实例 13-3 复变函数洛朗展开	368
12.3.1 逆分布函数	335	实例 13-4 三角形上的积分实例	369
12.3.2 随机数生成	336	第 14 章 有限元分析法	371
实例 12-1 随机数生成	337	14.1 网格生成	371
12.4 参数估计	338	14.1.1 网格生成工具	372
实例 12-2 参数估计实例	341	14.1.2 数据保存	373
实例 12-3 统计图实例	345	实例 14-1 网格生成实例	374
12.5 假设检验	346	14.2 协调元	375
12.5.1 单个正态总体均值的检验	346	实例 14-2 协调元实例	376
实例 12-4 单个正态总体均值假设 检验实例	348	14.3 非协调元	378
12.5.2 两个正态总体均值差的 检验	348	实例 14-3 非协调元实例	378
实例 12-5 两个正态总体均值差 假设检验实例	349	14.4 离散格式	380
12.6 回归分析	350	14.5 构造线性方程组	381
12.6.1 一元线性回归分析	350	实例 14-4 构造线性方程组实例	381
实例 12-6 一元线性回归分析实例	351	14.6 线性方程组求解及误差分析	384
12.6.2 多元线性回归分析	352	实例 14-5 线性方程组求解及误差 分析实例	384
实例 12-7 多元线性回归分析 实例	352	14.7 综合实例	386
12.7 综合实例	353	实例 14-6 变系数泊松方程有限元 求解	386
实例 12-8 岩石成分分析模型	353	实例 14-7 求解 Helmholtz 方程	388
实例 12-9 榭寄生问题	354	第 15 章 工程实例	390
第 13 章 数值积分及复变函数	356	15.1 特征值问题求解	390
13.1 数值积分	356	15.1.1 网格生成	390
13.1.1 中点公式	357	15.1.2 离散格式	391
13.1.2 Newton-Cotes 公式	357	15.1.3 线性方程组特征值问题求 解及误差	392
13.1.3 Gauss 求积公式	359	15.1.4 程序实现	393
13.1.4 三角形上的求积公式	360	实例 15-1 特征值问题求解程序	393
13.1.5 MATLAB 提供的求积函数	361	15.2 对流扩散方程求解	395
实例 13-1 数值积分公式比较	363	15.2.1 网格生成	396
13.2 复变函数	364		

15.2.2	离散格式	397	16.1.2	编写编译连接 C-MEX 函数 的方法	419
15.2.3	线性方程组求解及误差	397	16.1.3	C-MEX 函数的编写方法	421
15.2.4	程序实现	398	实例 16-1	MEX 函数实例	423
实例 15-2	对流扩散方程 求解程序	398	16.2	MATLAB 引擎	425
15.3	热传导方程求解	403	实例 16-2	MATLAB 引擎实例	428
15.3.1	网格生成	403	16.3	与 MAT 文件交换数据	430
15.3.2	离散格式	404	实例 16-3	MAT 程序实例	435
15.3.3	线性方程组的求解及误差	405	16.4	综合实例	438
15.3.4	程序实现	405	实例 16-4	素数判断	438
实例 15-3	热传导方程 求解程序	405	实例 16-5	在 C 语言中调用 MEX 函数	439
第 16 章	C 语言与 MATLAB 接口	411	实例 16-6	实现双精度型实数矩阵乘法 功能	442
16.1	从 MATLAB 中调用 C 函数	411			
16.1.1	访问 MATLAB 数组	411			

第1部分 基础知识

第1章 绪 论

本章主要介绍 MATLAB 在科学计算中的优势, 以及 MATLAB 工作环境中的桌面平台的菜单、工具栏、组件、属性设置及常用命令。同时, 简要介绍了 MATLAB 丰富强大的功能模块, 常用的数据输入/输出处理, 以及文件操作。MATLAB 提供的丰富的在线帮助系统使得用户更加容易学习 MATLAB, 再加上 MATLAB 强大的功能模块, 使得 MATLAB 在科学计算中起着越来越重要的作用。



本章内容

- ✎ MATLAB 桌面平台
- ✎ MATLAB 功能模块
- ✎ 数据输入/输出
- ✎ 文件操作
- ✎ 在线帮助
- ✎ MATLAB 安装方法

1.1 MATLAB 科学计算概述

科学计算是伴随电子计算机的出现而迅速发展并获得广泛应用的新兴交叉学科, 是数学及计算机应用于高科技领域的必不可少的纽带和工具。通常实际的问题, 可以根据物理的定律或假设, 导出反应此现象的数学公式或模型。透过数学分析与计算, 再经由计算机计算之后, 可以模拟、估计与预测此物理现象。

科学计算大致可以分为以下几个步骤:

第 1 步 建立数学模型。通过对实际问题进行数学抽象得到一个数字模型, 这个模型必须简单、合理、真切地反映实际问题的本质。因此, 在这个过程中应当深入了解实际问题, 通过数学、实验、观察和分析相结合, 建立优质的数学模型。

第 2 步 设计高效的计算方法。通过对数学模型的分析, 针对不同的问题设计高效的算法。在这个过程中需要考虑算法的计算量, 以及计算所需要的存储空间等问题, 在计算中时间与空间是相互矛盾的两个量, 如何在这两者之间取舍是设计算法时需要考虑的问题。

第3步 分析计算方法。对第2步给出的算法进行理论分析,如算法的收敛速度、误差估计、稳定性等。算法的理论分析是科学计算的基础,它已经成为数学中的一个重要分支。

第4步 程序设计。根据设计的算法,编写高效的程序,并在计算机上运行,来验证第3步所做的理论分析的正确性及所用的计算方法的有效性。

第5步 计算模型问题。将设计的程序应用于第1步建立的数学模型,并将得到的数值结果与实际问题相比较,以考证所建立的数学模型的合理性。当对建立的数学模型考证完毕,就可以进行预测和评估,并得出相应的结论。

计算机的快速发展使得人们越来越广泛地使用计算机来模拟客观的现实世界,从而预测和估计未来的趋势或者模拟在实验中无法重复或进行的自然社会现象。因而科学计算已经成为科学活动的前沿,它已上升成为一种主要的科学手段。事实上计算的兴起已形成其与实验、理论鼎足而立之势,此三者已成为科学研究方法上相辅相成而又相对独立、可以互相补充替代而又彼此不可或缺的三个主要方法。

MATLAB 是 MathWorks 公司开发的集算法开发、数据可视化、数据分析,以及数值计算于一体的一种高级科学计算语言和交互式环境。它为满足工程计算的要求应运而生,经过不断发展,目前已成为国际公认的优秀数学应用软件之一。MATLAB 不仅可以处理代数问题和数值分析问题,而且还具有强大的图形处理及仿真模拟等功能,它能很好地帮助工程师及科学家解决实际的技术问题。

作为一种数学应用软件, MATLAB 的发展与数值计算的发展密切相关。20 世纪 70 年代中期,时任美国新墨西哥大学计算机系主任的 Cleve Moler 教授出于减轻学生编程负担的动机,为学生设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口,并以 MATLAB 作为该接口程序的名字,意为矩阵实验室 (Matrix Laboratory),此即用 FORTRAN 编写的萌芽状态的 MATLAB。经过几年的校际流传,在 Little 的推动下,由 Little、Moler、Steve Bangert 合作,于 1984 年成立了 MathWorks 公司,把 MATLAB 正式推向市场,并开始了对 MATLAB 工具箱等的开发设计。从那时起, MATLAB 的内核采用 C 语言编写,而且除原有的数值计算能力外,还新增了数据图视功能。

1993 年, MathWorks 公司推出了基于个人计算机的 MATLAB 4.0 版本, 1995 年推出了 MATLAB 4.2c 版本,从 1997 年春的 5.0 版起,后历经 5.1、5.2、5.3 等多个版本的不断改进,2000 年 10 月底推出了全新的 MATLAB 6.0 正式版 (Release 12), 其在核心数值算法、界面设计、外部接口、应用桌面等诸多方面有了极大的改进。这时的 MATLAB 支持各种操作系统,它可以运行在十几个操作平台上,其中比较常见的有基于 Windows 9X/NT、OS/2、Macintosh、Sun、UNIX、Linux 等平台的系统。现在的 MATLAB 已不再是一个简单的矩阵实验室了,它已经演变成一种具有广泛应用前景的全新计算机高级编程语言。2001 年, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.x 版本, 6.x 版在继承和发展其原有的数值计算与图形可视能力的同时,推出了 Simulink,打通了 MATLAB 进行实时数据分析、处理和硬件开发的道路。2006 年 9 月, MATLAB R2006b 正式发布,从那时开始, MathWorks 公司将每年进行两次产品发布,时间分别在每年的 3 月和 9 月,而且每次发布都会包含所有的产品模块。目前, MATLAB 的最新版本是 2009 年 3 月 6 日发布的 MATLAB R2009a。本书是基于 MATLAB R2009a 编写的。

1.2 MATLAB 科学计算的优势

MATLAB 不仅是一种直观、高效的高级语言，同时又是一个科学计算的平台。它功能强大、简单易学、编程效率高，深受广大科技工作者的欢迎，这是由于应用 MATLAB 系统进行科学计算有非常大的优势。

首先，MATLAB 提供了一种高级语言和多种开发工具，可以迅速开发和分析算法和应用。由于 MATLAB 语言支持矢量和矩阵操作，以矩阵作为其语言系统的最基本要素，从而极大地简化了线性运算，矩阵和矢量操作是科学计算的基础，从而大大提高了科学计算的效率。因为 MATLAB 语言不需要执行低级管理任务，如声明变量、指定数据类型、分配内存，而且有许多情况下，MATLAB 不需要使用“for”循环，而是通常只用一行 MATLAB 代码代替多行 C 或 C++ 代码，因此可以比传统语言更快地编程和开发算法。同时，MATLAB 提供了传统编程语言的所有功能，包括数学运算符、流程控制、数据结构、面向对象的编程和调试功能。

为快速执行繁重的矩阵和矢量计算，MATLAB 采用处理器优化程序库，对通用标量计算，MATLAB 使用 JIT (Just In Time) 汇编技术生成机器代码。这种技术可以用于大多数平台，提供了相当于传统编程语言的执行速度。

MATLAB 带有多种开发工具，帮助有效实现算法，包括 MATLAB Editor (提供了标准编辑和调试功能，如设置断点和单步执行)、M-Lintcode Checker (分析代码，推荐改动方案，改善性能和维护能力)、MATLAB Profiler (记录执行每行代码所用的时间)、Directory Reports (扫描一个目录下的所有文件，报告代码效率、文件差异、文件相关性和代码覆盖范围)。

其次，MATLAB 具有丰富的应用功能，大量实用的辅助工具箱适合不同专业研究方向及工程需求的用户使用。MATLAB 系统由两部分组成，即 MATLAB 主程序、Simulink 动态系统仿真及辅助工具箱，它们构成了 MATLAB 的强大功能。

MATLAB 内核是 MATLAB 系统的核心内容，包括 MATLAB 语言系统、MATLAB 开发环境、MATLAB 图形系统、MATLAB 数学函数库，以及 MATLAB 应用程序接口等。MATLAB 语言系统从本质上讲是以矩阵的存储和运算为基础的，几乎所有的操作都可以归结为矩阵的运算，同时 MATLAB 语言系统也具有结构化程序设计语言的一切特点。MATLAB 开发环境有基本开发环境与辅助开发环境。其中，基本开发环境包括启动和退出 MATLAB、MATLAB 桌面系统、MATLAB 函数调用系统，以及帮助系统。辅助开发环境包括工作空间、路径和文件管理系统、数据交换系统、M 文件编辑调试系统、M 文件优化系统、源控制处理系统，以及记事本系统。MATLAB 系统提供了强大的图形操作功能，可以方便地将分析数据可视化，GUI 的推出充分展现了 MATLAB 在图形用户界面处理中的应用。MATLAB 数学函数库涵盖了几乎所有的常用数学函数，这些函数以两种不同的形式存在，一种是内部函数，另一种是 M 函数。MATLAB 的应用程序接口可以让 MATLAB 语言同其他高级语言（如 C 语言、FORTRAN 语言等）进行数据交换，从而大大提高运行速度。

MATLAB 的强大功能很大程度上源于它所包含的众多辅助工具箱。工具箱分为辅助功能性工具箱和专业性功能箱。辅助功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、可视建模

仿真功能及文字处理功能等。而专业性工具箱是由不同领域的专家学者编写的针对性很强的专业性函数库，如数学优化工具箱、金融建模和分析工具箱、控制系统设计和分析工具箱等。正由于这些强大的专业性工具箱，使得 MATLAB 在科学计算的各个领域有着非常广泛的应用。

MATLAB 系统提供的 Simulink 模块大大地增强了 MATLAB 的功能，使得用户能对真实世界的动力学系统建模、模拟和分析，通过分析用户很容易构建出符合特定要求的模型，并对模型进行分析和模拟。

上述 MATLAB 的几个强大优势使得 MATLAB 在科学计算中起着非常重要的作用，在后续章节中将分别展开介绍这些功能。

1.3 MATLAB 工作环境

MATLAB 的界面制作地非常简单易懂，为了使大家对 MATLAB 有一个初步的认识，本节主要介绍了 MATLAB 的工作环境，包括 MATLAB 桌面平台的菜单、工具栏、组件、属性及常用命令。本书主要是基于 MATLAB R2009a 来编写的，需要说明的是，MATLAB 各个版本之间的变化不大，主要的变化是增加一些工具箱等，而在界面内容、形式、使用风格、主要功能等方面则几乎没有变化。

1.3.1 桌面平台的菜单

下面简要介绍一下 MATLAB 桌面平台的菜单操作，它主要有 7 个菜单。

1. File（文件）菜单

单击 MATLAB 桌面平台上的 File 菜单，弹出菜单如图 1-1 所示。

New 选项后面有个箭头表明 New 是一个子菜单，用鼠标单击 New 选项上弹出 New 子菜单，共有 6 个选项，如图 1-2 所示。

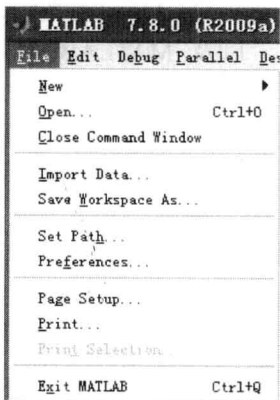


图 1-1 File 菜单



图 1-2 New 子菜单

选择 New 子菜单中的选项 Blank M-File，将新建一个空白 M 文件并打开 M 文件编辑调试器，如图 1-3 所示。

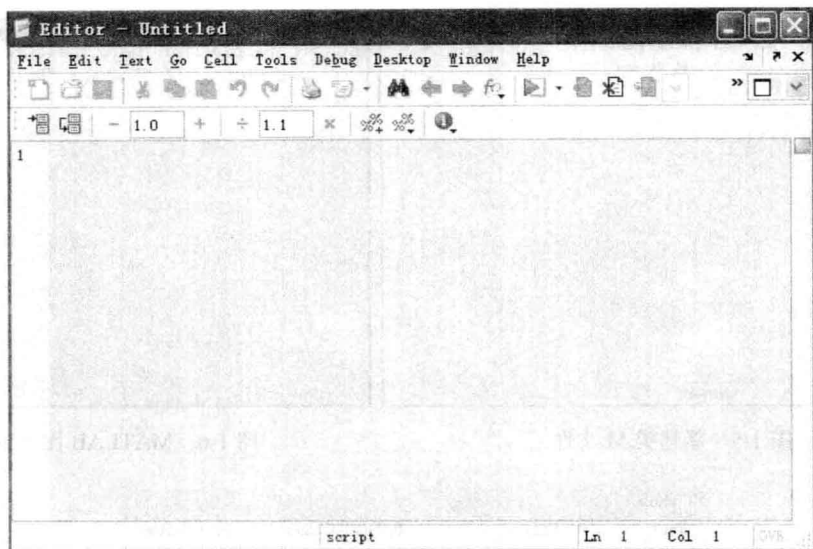


图 1-3 M 文件编辑调试器

选择 New 子菜单中的选项 Function M-File, 则将新建一个函数 M 文件并在打开的 M 文件编辑器中给出 M 函数的一般框架, 如图 1-4 所示。

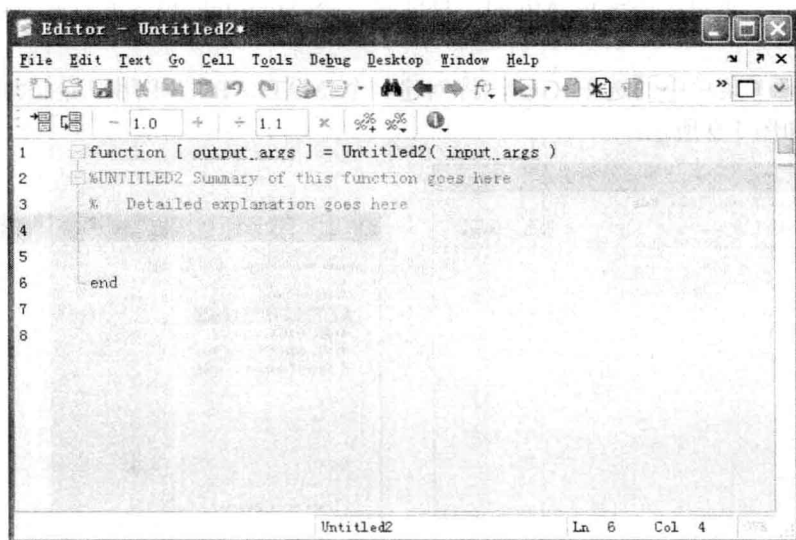


图 1-4 新建函数 M 文件

选择 New 子菜单中的选项 Class M-File, 将新建一个类 M 文件并在打开的 M 文件编辑器中给出类 M 文件的一般框架, 如图 1-5 所示。

选择 New 子菜单中的选项 Figure, 则将创建一个图形并打开图形窗口, 如图 1-6 所示。

选择 New 子菜单中的选项 Variable, 将创建一个名为 unnamed、类型为 double、值为 0 的变量。可以用 whos 命令查看, 如图 1-7 所示。