

计算 | 编程 | 仿真 | 算法 | 应用

M A T L A B P R O G R A M M I N G G U I D E

MATLAB

编程指南

付文利 刘刚◎编著

Fu Wenli Liu Gang

资深作者编著，图书质量更有保证

资深MATLAB工程师执笔，系统总结MATLAB编程经验

提供配套源码，便于读者动手实践

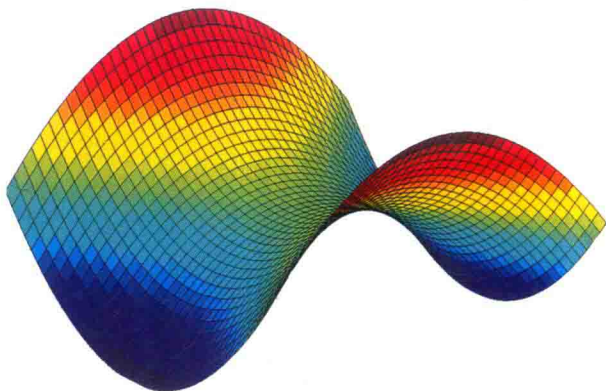
理论联系实践，本书提供源代码下载，方便读者学习使用

内含丰富实例，利于读者二次开发

提供了大量MATLAB编程实例，读者可以据此二次开发

提供配套课件，便于教师备课使用

配套提供了完整的教学课件资料，便于广大教师备课使用





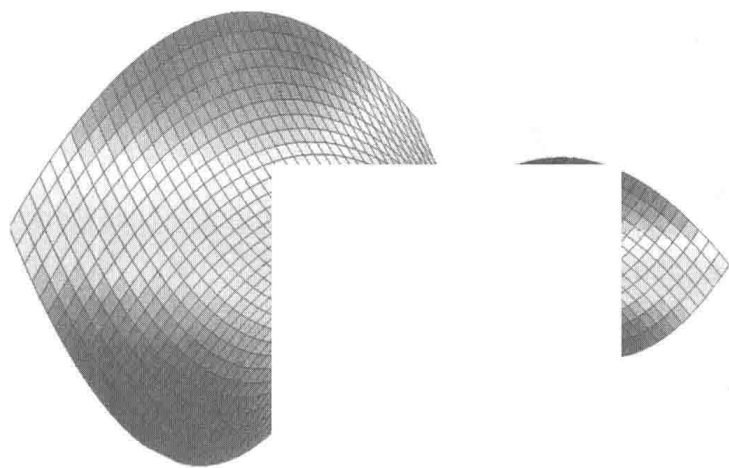
MATLAB PROGRAMMING GUIDE

MATLAB

编程指南

付文利 刘刚◎编著

Fu Wenli Liu Gang



清华大学出版社
北京

内 容 简 介

MATLAB 是适合多学科、多工作平台、开放性很强的大型科学应用软件。本书以 MATLAB R2016a 软件为基础,全面阐述 MATLAB 的功能及编程方法,帮助读者尽快掌握 MATLAB 的应用技巧。

全书共分为 22 章,从 MATLAB 简介开始,详细介绍了数组、矩阵、符号运算、MATLAB 绘图、数据分析、微积分方程、MATLAB 优化、函数、程序设计、图形用户界面、Simulink 仿真系统及其建模应用、工具箱等内容。此外,本书还详细介绍了神经网络、信号处理和图形处理等工具箱的应用;附录中给出了 MATLAB 基本命令和 Simulink 基本模块的介绍,便于读者使用和研究。为了使用户能够更好地操作 MATLAB,本书中示例的命令已记录在 M 文件及其他相关文件中,读者可以将相关的目录设置为工作目录,直接使用 M 文件进行操作,以便快速掌握 MATLAB 的使用方法。

本书是一本全面的 MATLAB 综合性参考图书。本书深入浅出,实例丰富,内容翔实,既可以作为高等院校理工科的本科生、研究生的教材,也可作为广大科研工程技术人员的参考用书。

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

MATLAB 编程指南/付文利,刘刚编著. —北京:清华大学出版社,2017

(科学与工程计算技术丛书)

ISBN 978-7-302-46739-7

I. ①M… II. ①付… ②刘… III. ①Matlab 软件—程序设计—指南 IV. ①TP317-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 048631 号

责任编辑:盛东亮

封面设计:李召霞

责任校对:时翠兰

责任印制:李红英

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

课件下载: <http://www.tup.com.cn>,010-62795954

印 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:49.5

字 数:1168 千字

版 次:2017 年 12 月第 1 版

印 次:2017 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:110.00 元

产品编号:072491-01

致力于加快工程技术和科学研究的步伐——这句话总结了 MathWorks 坚持超过三十年的使命。

在这期间, MathWorks 有幸见证了工程师和科学家使用 MATLAB 和 Simulink 在多个应用领域中的无数变革和突破: 汽车行业的电气化和不断提高的自动化; 日益精确的气象建模和预测; 航空航天领域持续提高的性能和安全指标; 由神经学家破解的大脑和身体奥秘; 无线通信技术的普及; 电力网络的可靠性, 等等。

与此同时, MATLAB 和 Simulink 也帮助了无数大学生在工程技术和科学研究课程里学习关键的技术理念并应用于实际问题中, 培养他们成为栋梁之才, 更好地投入科研、教学以及工业应用中, 指引他们致力于学习、探索先进的技术, 融合并应用于创新实践中。

如今, 工程技术和科研创新的步伐令人惊叹。创新进程以大量的数据为驱动, 结合相应的计算硬件和用于提取信息的机器学习算法。软件和算法几乎无处不在——从孩子的玩具到家用设备, 从机器人和制造体系到每一种运输方式——让这些系统更具功能性、灵活性、自主性。最重要的是, 工程师和科学家推动了这些进程, 他们洞悉问题, 创造技术, 设计革新系统。

为了支持创新的步伐, MATLAB 发展成为一个广泛而统一的计算技术平台, 将成熟的技术方法(比如控制设计和信号处理)融入令人激动的新兴领域, 例如深度学习、机器人、物联网开发等。对于现在的智能连接系统, Simulink 平台可以让您实现模拟系统, 优化设计, 并自动生成嵌入式代码。

“科学与工程计算技术丛书”系列主题反映了 MATLAB 和 Simulink 汇集的领域——大规模编程、机器学习、科学计算、机器人等。我们高兴地看到“科学与工程计算技术丛书”支持 MathWorks 一直以来追求的目标: 助您加速工程技术和科学研究。

期待着您的创新!

Jim Tung
MathWorks Fellow

PREFACE

To Accelerate the Pace of Engineering and Science. These eight words have summarized the MathWorks mission for over 30 years.

In that time, it has been an honor and a humbling experience to see engineers and scientists using MATLAB and Simulink to create transformational breakthroughs in an amazingly diverse range of applications: the electrification and increasing autonomy of automobiles; the dramatically more accurate models and forecasts of our weather and climates; the increased performance and safety of aircraft; the insights from neuroscientists about how our brains and bodies work; the pervasiveness of wireless communications; the reliability of power grids; and much more.

At the same time, MATLAB and Simulink have helped countless students in engineering and science courses to learn key technical concepts and apply them to real-world problems, preparing them better for roles in research, teaching, and industry. They are also equipped to become lifelong learners, exploring for new techniques, combining them, and applying them in novel ways.

Today, the pace of innovation in engineering and science is astonishing. That pace is fueled by huge volumes of data, matched with computing hardware and machine-learning algorithms for extracting information from it. It is embodied by software and algorithms in almost every type of system—from children's toys to household appliances to robots and manufacturing systems to almost every form of transportation—making those systems more functional, flexible, and autonomous. Most important, that pace is driven by the engineers and scientists who gain the insights, create the technologies, and design the innovative systems.

To support today's pace of innovation, MATLAB has evolved into a broad and unifying technical computing platform, spanning well-established methods, such as control design and signal processing, with exciting newer areas, such as deep learning, robotics, and IoT development. For today's smart connected systems, Simulink is the platform that enables you to simulate those systems, optimize the design, and automatically generate the embedded code.

The topics in this book series reflect the broad set of areas that MATLAB and Simulink bring together: large-scale programming, machine learning, scientific computing, robotics, and more. We are delighted to collaborate on this series, in support of our ongoing goal: to enable you to accelerate the pace of your engineering and scientific work.

I look forward to the innovations that you will create!

Jim Tung
MathWorks Fellow

作为数值计算、符号运算和模型仿真等多种功能的实现工具, MATLAB 这一强大的科学计算软件越来越受到业界的广泛认可, 它已成为信号处理、通信原理、自动控制等专业基础课程的首选实验平台。

目前, 许多高校开设了 MATLAB 相关课程, 广大师生迫切需要一本有效学习 MATLAB 课程的优秀教材; 大量的 MATLAB 研究工作者也需要一本書籍作为各类 MATLAB 培训和 MATLAB 相关应用开发的参考书。

本书基于 MATLAB R2016a, 详细讲解了 MATLAB 的基础知识和核心内容。全书力求从实用的角度出发, 通过大量经典案例, 对 MATLAB 的功能、操作和相关应用做了详细介绍, 使读者快速掌握 MATLAB 的各种应用。

1. 本书特点

(1) 由浅入深, 循序渐进: 本书以初、中级读者为对象, 首先从 MATLAB 基本知识讲起, 再以各种 MATLAB 应用案例帮助读者尽快掌握 MATLAB 的应用技能。

(2) 步骤详尽、内容新颖: 本书结合作者多年的 MATLAB 使用经验与实际工程应用案例, 将 MATLAB 的各种经典功能、使用技巧详细地讲解给读者。本书在讲解过程中步骤详尽、内容新颖, 讲解过程辅以相应的图片, 使读者在阅读时一目了然, 从而快速把握书中所讲内容。

(3) 实例典型, 轻松易学: 通过学习经典应用案例的具体操作是掌握 MATLAB 使用方法最好的方式。本书通过综合应用案例, 透彻、详尽地讲解了 MATLAB 的各种应用。

2. 本书内容

本书面向初、中级读者, 在介绍 MATLAB 编程环境基础上, 详细讲解了 MATLAB 计算、仿真及应用的基础知识和核心内容。书中各章均提供了大量的针对性案例, 并辅以插图和注释, 供读者实战练习, 快速掌握数学建模的 MATLAB 应用。

全书共 22 章, 可分为四部分。

第一部分为 MATLAB 基础知识, 主要介绍 MATLAB 特点、向量运算、矩阵和字符串运算、数组的操作、数值运算、MATLAB 符号方程求解等内容。具体的章节安排如下:

- 第 1 章 MATLAB 概述;
- 第 2 章 MATLAB 基础;
- 第 3 章 数组;
- 第 4 章 矩阵;
- 第 5 章 符号运算。

前言

第二部分为 MATLAB 数据处理, 主要介绍二维绘图、三维绘图、曲线拟合、多种求积算法、最小二乘最优问题、随机数、统计图表的绘制、M 文件、参数传递等内容。具体的章节安排如下:

- 第 6 章 MATLAB 二维绘图;
- 第 7 章 MATLAB 三维绘图;
- 第 8 章 数据分析;
- 第 9 章 微积分方程;
- 第 10 章 MATLAB 优化;
- 第 11 章 概率和数理统计;
- 第 12 章 函数。

第三部分为 MATLAB 程序和 GUI 设计, 主要介绍程序结构和控制语句、免疫算法、小波分析算法、GUI 对象的创建、人工神经网络的基本原理、三种常见的专业神经网络 GUI 设计等内容。具体的章节安排如下:

- 第 13 章 MATLAB 程序设计;
- 第 14 章 经典智能算法的 MATLAB 实现;
- 第 15 章 图形用户界面;
- 第 16 章 神经网络 GUI 设计。

第四部分为 Simulink 应用和 MATLAB 工具箱, 主要介绍 Simulink 系统仿真、子系统操作方法、模型调试、神经网络工具箱、随机信号处理、图像处理工具箱在图像分割中的应用等内容。具体的章节安排如下:

- 第 17 章 Simulink 基础;
- 第 18 章 Simulink 子系统;
- 第 19 章 Simulink 仿真与调试;
- 第 20 章 神经网络工具箱;
- 第 21 章 信号处理工具箱;
- 第 22 章 图像处理工具箱。

3. 读者对象

本书适合于 MATLAB 初学者和期望提高 MATLAB 应用能力的读者, 具体的读者对象如下:

- ★ MATLAB 爱好者;
- ★ 初学 MATLAB 的技术人员;
- ★ 大中专院校的教师和在校生;
- ★ 相关培训机构的教师和学员;

- ★ 参加工作实习的“菜鸟”；
- ★ 广大科研工作人员。

4. 读者服务

为了方便解决本书疑难问题,如果读者在学习过程中遇到与本书有关的技术问题,可以发邮件到邮箱 caxart@126.com,或者访问博客 <http://blog.sina.com.cn/caxart>,编者会尽快给予解答。

另外,本书所涉及的素材文件(程序代码)已经上传到清华大学出版社网站本书页面,读者可以从网上下载。

本书主要由付文利、刘刚编著。此外,王广、张岩、温正、林晓阳、任艳芳、唐家鹏、孙国强、高飞等也参与了本书的编写工作,在此一并表示感谢。

虽然作者在本书的编写过程中力求叙述准确、完善,但由于水平有限,书中欠妥之处在所难免,希望读者能够及时指出,共同促进本书质量的提高。

最后再次希望本书能为读者的学习和工作提供帮助!

编著者

2017年12月

第一部分 MATLAB 基础知识

第 1 章	MATLAB 概述	3
1.1	MATLAB 简介	3
1.2	MATLAB 的特点及应用领域	4
1.3	MATLAB R2016a 的工作环境	5
1.3.1	操作界面	6
1.3.2	命令行窗口	6
1.3.3	命令历史记录窗口	10
1.3.4	输入变量	11
1.3.5	当前文件夹窗口和路径管理	13
1.3.6	搜索路径	14
1.3.7	工作区窗口和数组编辑器	16
1.3.8	变量的编辑命令	17
1.3.9	存取数据文件	18
1.4	MATLAB R2016a 的帮助系统	19
1.4.1	纯文本帮助	19
1.4.2	演示帮助	21
1.4.3	帮助导航	23
1.4.4	帮助文件窗口	23
1.4.5	帮助文件索引窗	23
	本章小结	24
第 2 章	MATLAB 基础	25
2.1	基本概念	25
2.1.1	MATLAB 数据类型概述	25
2.1.2	整数类型	26
2.1.3	浮点数类型	28
2.1.4	复数	29
2.1.5	无穷量(Inf)和非数值量(NaN)	30
2.1.6	数值类型的显示格式	31
2.1.7	确定数值类型的函数	31
2.1.8	常量与变量	32
2.1.9	标量、向量、矩阵与数组	33

目录

2.1.10	字符串	33
2.1.11	运算符	34
2.1.12	命令、函数、表达式和语句	36
2.2	向量运算	37
2.2.1	向量的生成	37
2.2.2	向量的加减和数乘运算	39
2.2.3	向量的点、叉积运算	39
2.3	矩阵运算	41
2.3.1	矩阵元素的存储次序	42
2.3.2	矩阵元素的表示及相关操作	42
2.3.3	矩阵的创建	45
2.3.4	矩阵的代数运算	51
2.4	字符串运算	57
2.4.1	字符串变量与一维字符数组	57
2.4.2	对字符串的多项操作	58
2.4.3	二维字符数组	60
	本章小结	61
第3章	数组	62
3.1	MATLAB 中的数组	62
3.2	数组的创建	62
3.2.1	创建空数组	63
3.2.2	创建一维数组	63
3.2.3	创建二维数组	64
3.2.4	创建三维数组	65
3.2.5	创建低维标准数组	69
3.2.6	创建高维标准数组	70
3.3	数组的属性	71
3.3.1	数组结构	71
3.3.2	数组大小	71
3.3.3	数组维度	72
3.3.4	数组数据类型	73
3.3.5	数组内存的占用	74
3.4	创建特殊数组	74
3.4.1	0-1 数组	74

3.4.2	对角数组	75
3.4.3	随机数组	76
3.4.4	魔方数组	77
3.5	数组操作	77
3.5.1	数组的保存和装载	77
3.5.2	数组索引和寻址	78
3.5.3	数组的扩展和裁剪	80
3.5.4	数组形状的改变	85
3.5.5	数组运算	88
3.5.6	数组的查找	91
3.5.7	数组的排序	92
3.5.8	高维数组的降维操作	93
3.6	多维数组及其操作	94
3.6.1	多维数组的属性	94
3.6.2	多维数组的操作	95
3.7	关系运算和逻辑运算	97
3.7.1	关系运算	97
3.7.2	逻辑运算	98
3.7.3	常用函数	101
	本章小结	102
第 4 章	矩阵	103
4.1	矩阵的基本特征参数	103
4.1.1	矩阵的基本参数	103
4.1.2	条件数、矩阵的稳定性	104
4.1.3	特征值和特征向量的基本概念	106
4.2	矩阵的生成	106
4.2.1	实数值矩阵输入	107
4.2.2	复数矩阵输入	107
4.2.3	符号矩阵的生成	108
4.2.4	大矩阵的生成	109
4.3	矩阵运算	109
4.3.1	矩阵分析	109
4.3.2	矩阵特征值和特征向量的计算	113
4.4	矩阵分解	117

目录

4.4.1	Cholesky 分解	118
4.4.2	使用 Cholesky 分解求解方程组	119
4.4.3	不完全 Cholesky 分解	119
4.4.4	LU 分解	120
4.4.5	不完全 RU 分解	122
4.4.6	QR 分解	122
4.4.7	操作 QR 分解结果	124
4.4.8	奇异值分解	124
4.5	常用的数学函数	125
4.5.1	三角函数	126
4.5.2	指数和对数函数	127
4.5.3	复数函数	129
4.6	稀疏矩阵技术	131
4.6.1	基本稀疏矩阵	131
4.6.2	稀疏矩阵的函数	134
	本章小结	137
第 5 章	符号运算	138
5.1	符号运算的基本概念	138
5.1.1	符号对象	138
5.1.2	创建符号对象与函数命令	140
5.1.3	符号常量	142
5.1.4	符号变量	142
5.1.5	符号表达式、符号函数与符号方程	144
5.1.6	函数命令 <code>findsym()</code>	148
5.1.7	数组、矩阵与符号矩阵	150
5.2	符号运算的基本内容	151
5.2.1	符号变量代换及其函数 <code>subs()</code>	151
5.2.2	符号对象转换为数值对象的函数	153
5.2.3	符号表达式的化简	154
5.2.4	符号运算的其他函数	159
5.2.5	两种特定的符号运算函数	161
5.3	符号微积分运算及应用	163
5.3.1	MATLAB 符号极限运算	163
5.3.2	符号函数微分运算	166

5.3.3	符号函数积分运算	167
5.3.4	符号卷积	169
5.3.5	符号积分的变换	170
5.4	符号矩阵及其运算	172
5.4.1	符号矩阵的建立与访问	173
5.4.2	符号矩阵的基本运算	177
5.4.3	符号矩阵的化简	182
5.4.4	符号矩阵的微分与积分	185
5.4.5	符号矩阵的 Laplace 变化	186
5.5	MATLAB 符号方程求解	187
5.5.1	符号代数方程求解	187
5.5.2	符号微分方程求解	191
5.6	符号函数图形计算器	194
5.6.1	符号函数图形计算器的界面	194
5.6.2	符号函数图形计算器的输入框操作	195
5.6.3	符号函数图形计算器的按钮操作	195
	本章小结	197

第二部分 MATLAB 数据处理

第 6 章	MATLAB 二维绘图	201
6.1	数据图像绘制简介	201
6.1.1	离散数据可视化	201
6.1.2	连续函数可视化	204
6.2	二维图形的基本绘图命令	206
6.2.1	二维图形绘制步骤	206
6.2.2	二维图形基本绘图命令 plot	208
6.2.3	快速方程式画图 (fplot, ezplot)	211
6.3	二维图形的修饰	213
6.3.1	色彩、线型和点型	213
6.3.2	坐标轴的调整	215
6.3.3	刻度和分格线	217
6.3.4	设置坐标框	218
6.3.5	图形标识	219
6.3.6	图案填充	222
6.4	子图绘制法	225

目录

6.5 特殊图形的绘制	227
6.5.1 特殊坐标图形的绘制	227
6.5.2 特殊二维图形的绘制	231
6.6 二维绘图的实际应用	239
本章小结	244
第7章 MATLAB 三维绘图	245
7.1 三维绘图基础	245
7.1.1 三维绘图基本步骤	245
7.1.2 三维绘图基本命令	246
7.1.3 三维坐标标记及图形标记	249
7.2 三维网格曲面	250
7.2.1 绘制三维曲面	250
7.2.2 栅格数据的生成	255
7.2.3 网格曲面的绘制命令	258
7.2.4 隐藏线的显示和关闭	260
7.3 三维阴影曲面的绘制	261
7.3.1 带有等高线的阴影曲面绘制	262
7.3.2 具有光照效果的阴影曲面绘制	262
7.4 三维图形的控制	263
7.4.1 设置视角位置	263
7.4.2 设置坐标轴	265
7.5 三维图形特殊处理	266
7.5.1 透视、裁剪和镂空	266
7.5.2 色彩控制	268
7.5.3 照明和材质处理	271
7.5.4 简洁绘图指令	273
7.6 特殊三维图形	275
7.6.1 螺旋线	275
7.6.2 抛物面	277
7.6.3 柱状图	278
7.6.4 柱体	279
7.6.5 饼状图	281
7.6.6 双曲面	281
7.6.7 三维等高线	282

7.6.8	三维离散序列图	284
7.6.9	其他图形	284
7.7	三维绘图的实际应用	285
	本章小结	293
第 8 章	数据分析	294
8.1	插值	294
8.1.1	一维插值命令及实例	294
8.1.2	二维插值命令及实例	297
8.1.3	样条插值	298
8.2	曲线拟合	300
8.2.1	多项式拟合	300
8.2.2	加权最小方差(WLS)拟合原理及实例	301
8.3	曲线拟合图形界面	303
8.3.1	曲线拟合	303
8.3.2	绘制拟合残差图形	305
8.3.3	进行数据预测	305
8.4	傅里叶分析	306
8.4.1	离散傅里叶变换	306
8.4.2	FFT 和 DFT	308
8.5	图像数据分析处理	310
	本章小结	317
第 9 章	微积分方程	318
9.1	微分方程的基础及其应用	318
9.1.1	微分方程的概念	318
9.1.2	常微分方程的解	319
9.1.3	微分方程的数值解法	325
9.1.4	偏微分方程的数值解	326
9.2	积分方程的基础及其应用	331
9.2.1	积分的有关理论	331
9.2.2	数值积分的 MATLAB 应用	335
9.2.3	高斯积分的 MATLAB 应用	341
9.2.4	反常积分的 MATLAB 应用	342
9.2.5	重积分的 MATLAB 应用	349

目录

9.3	多种求积算法的分析比较	352
9.3.1	牛顿-科茨求积公式及其 MATLAB 实现	352
9.3.2	复化求积公式及其 MATLAB 实现	354
9.3.3	龙贝格求积公式及其 MATLAB 实现	357
9.3.4	高斯-勒让德求积公式及其 MATLAB 实现	358
9.3.5	各种求积公式的分析比较	360
9.4	MATLAB 求方程极值解	362
9.4.1	一元函数的极限	362
9.4.2	多元函数的极值	364
	本章小结	366
第 10 章	MATLAB 优化	367
10.1	常见优化问题	367
10.1.1	无约束非线性优化	367
10.1.2	有约束规划	376
10.1.3	目标规划	379
10.1.4	最大最小化问题	385
10.1.5	线性规划	388
10.1.6	二次规划	391
10.1.7	多目标规划	393
10.1.8	非线性方程的优化解	397
10.2	最小二乘最优问题	400
10.2.1	约束线性最小二乘	400
10.2.2	非线性数据(曲线)拟合	402
10.2.3	非负线性最小二乘	403
10.3	代数方程的求解	403
	本章小结	405
第 11 章	概率和数理统计	406
11.1	随机数的产生	406
11.1.1	二项分布随机数	406
11.1.2	泊松分布随机数	407
11.1.3	均匀分布随机数	408
11.1.4	正态分布随机数	409
11.1.5	其他常见分布随机数	409

11.2	概率密度函数	411
11.2.1	常见分布的密度函数作图	411
11.2.2	通用函数计算概率密度函数值	415
11.2.3	专用函数计算概率密度函数值	416
11.3	随机变量的数字特征	417
11.3.1	平均值、中值	417
11.3.2	数学期望	419
11.3.3	协方差及相关系数	420
11.3.4	矩和协方差矩阵	421
11.3.5	数据比较	421
11.3.6	方差	423
11.3.7	常见分布的期望和方差	425
11.4	参数估计	425
11.4.1	常见分布的参数估计	426
11.4.2	点估计	428
11.4.3	区间估计	429
11.5	假设检验	430
11.5.1	方差已知时的均值假设检验	430
11.5.2	正态总体均值假设检验	431
11.5.3	分布拟合假设检验	433
11.6	方差分析	435
11.6.1	单因子方差分析	435
11.6.2	双因子方差分析	437
11.7	统计图表的绘制	437
	本章小结	443
第 12 章 函数		444
12.1	M 文件	444
12.1.1	M 文件概述	444
12.1.2	变量	445
12.1.3	脚本文件	447
12.1.4	函数文件	447
12.1.5	函数调用	449
12.2	函数类型	452
12.2.1	匿名函数	452