

宝典丛书

100万

MATLAB

科学计算与可视化仿真

宝典

8年MATLAB使用经验的总结。

全程实例解说MATLAB在数值仿真中的应用。

配套光盘中代码+视频多媒体教学, 大幅提高学习效率。

MATLAB中文论坛 (www.iLoveMatlab.cn) 强烈推荐本书。



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

刘正君 编著

宝典丛书

MATLAB 科学计算与可视化仿真宝典

刘正君 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书共 27 章,分为 4 个部分,详细讲解 MATLAB 的计算和数据表现功能,介绍利用 MATLAB 对科学问题进行计算与仿真,并针对部分专业问题,给出利用 MATLAB 进行模拟程序和仿真结果。

本书第 1 部分包括第 1~6 章,介绍 MATLAB 基本知识:数据类型、向量与矩阵的定义、表达式、程序结构与优化、文件处理。同时,还给出一些实用经验促进读者更好地利用该软件。第 2 部分包括第 7~15 章,详细介绍基本科学问题的求解方法,如线性方程组、超越方程、数据拟合与插值、最值问题、随机数、微分方程组、积分运算、数学变换、特殊函数等。第 3 部分包括第 16~18 章,具体介绍二维和三维图形的绘制、用户图形界面设计等。第 4 部分包括第 19~27 章,具体介绍混沌、分形、元胞自动机、光学现象、机械运动、常用算法等方面的编程知识。

本书写作结构清晰,图形与程序结合,实例丰富,实用性强。通过实例详细地对实际问题进行了剖析并讲解如何用程序实现。

本书适合有一定数学基础和专业知识、对 MATLAB 不熟悉的人士,以及利用 MATLAB 进行数值模拟研究的人员参考使用,也可作为学校或研究机构及企业中利用 MATLAB 进行数值计算的教程,或自学 MATLAB 的读者的参考用书。

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 科学计算与可视化仿真宝典 / 刘正君编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.4
(宝典丛书)

SBN 978-7-121-08579-6

I. M… II. 刘… III. 计算机辅助计算 - 软件包, MATLAB IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 044866 号

责任编辑: 于 兰

印 刷: 北京东光印刷厂

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

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: 42.75 字数: 1231

印 次: 2009 年 4 月第 1 次印刷

定 价: 89.00 元(含光盘一张)

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@sphai.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@sphai.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

序

美国 The MathWorks 公司推出的 MATLAB 语言一直是国际科学界应用和影响最广泛的三大计算机数学语言之一。MATLAB 语言有其他基础程序语言无法比拟的优势和适用面。近 10 年来,随着 MATLAB 语言和 Simulink 仿真环境在各学科领域中日益广泛的应用,我国的科研工作者和教育工作者也逐渐将 MATLAB 和 Simulink 语言作为首选的计算工具。

随着科技的不断进步和发展,科研工作者在从事研究的过程中深刻体会到仿真实验的重要性以及数据交换运算的优越性。无疑 MATLAB 在这方面具有天生的优势,我们可以认为只要能用数据描述的对象必然可以使用 MATLAB 进行分析和研究,并且一旦熟悉相关工具箱函数以后,一系列的复杂运算和让人头痛的编程工作已经不能再困扰我们。

正是由于 MATLAB 所具有的强大运算功能和广泛的适用性,使得 MATLAB 以极快的速度在扩展自己的应用功能。MathWorks 公司近几年不断推出新版本软件,每个新版本都有令人惊叹的新工具和新功能,这又使得更多人对这款软件趋之若鹜。然而面对具有如此超强功能的一款“巨型”软件,即便是从事多年 MATLAB 研究的专家也只能对其庞大的功能“望洋兴叹”,对初学者来说,要掌握这门工具语言几乎成为一项“不可能完成的任务”。

市面上虽然充斥着各种介绍 MATLAB 语言的书籍,但熟悉 MATLAB 语言的人都知道,专业书籍大多只能对某个方向或领域的相关内容做出较为详细的阐述,当遇到基础运算和操作的问题,以及一些边缘算法时,很多有多年经验的研究人员也不得不查阅基础书籍或者求助于 MATLAB 的帮助文档。但是我们都知 MATLAB 帮助文档是英文的,这对于很多国内的学习者来说是一大“拦路虎”。而那些基础的书籍基本上只能是对基础函数做一些概念性的介绍,不能全面细致地帮助我们解决实际问题。

刘正君博士组织编写的《MATLAB 科学计算与可视化仿真宝典》,正是可以帮助您解决各种研究和应用中实际问题的最佳参考资料。作者多年从事 MATLAB 的应用研究工作,在图像加密、光学变换、光束整形、混沌、分形、元胞自动机等领域有着丰富的经验,同时在 MATLAB 技术论坛长期解决各类学习者在使用 MATLAB 技术时遇到的各种问题,非常了解广大使用者在应用时所面临的各种难题。

《MATLAB 科学计算与可视化仿真宝典》一书,从最基础的 MATLAB R2008a 版本安装方法和一些基本操作知识入手,全面详细地介绍了数值及其科学计算的基础知识、数据可视化仿真操作及科学编程等内容。全书每个知识点都配以实例解说相关功能和操作,是专业学习和研究者值得参考的经典书籍,同时该书也非常适合初学者作为入门引导。在此, MATLAB 中文论坛向广大读者隆重推荐此书。

张延亮

MATLAB 中文论坛创始人 (www.iLoveMatlab.cn)

于新加坡南洋理工大学

作者简介



刘正君，毕业于哈尔滨工业大学光学专业，理学博士。主要研究方向包括图像加密、光学变换、光束整形、混沌、分形、元胞自动机等。MATLAB 论坛技术版的版主，有大量 MATLAB 程序编写经验，以及使用 MATLAB 技术近 8 年时间的积累，尤其对数值计算和可视化等方面有深入研究。

前 言

MATLAB R2008a 在 2008 年 3 月正式发布，该版本对很多工具箱中的函数进行了更新和补充。在该版本中，解决了 MATLAB 几个长期以来固有的弊端，同时加入一些重要的功能，如完全实现面向对象编程、支持 Handle 类型、引入命名空间的管理等。这次更新是非常富有战略眼光的，也代表了 MATLAB 的一次历史性转型。

MATLAB 是一款适合不同专业的人士解决问题的软件，其最大特色在于其根据需要不断扩充工具箱。即使不是专业软件开发人员，也可以调用 MATLAB 中的工具箱进行计算，再借助通用数据类型交换数据，从而利用 MATLAB 强大的科学计算功能。

随着科学的发展，使用数值仿真来验证定理或者结论的方式已经成为一种重要的手段。它具有快速、节省成本及灵活多变等特点。而 MATLAB 已经在数值仿真任务中占有统治地位。同时它的版本每年更新两次，及时扩充自身的功能，应用专业领域广泛。这一点是很多同类软件无法比拟的。

MATLAB 软件是基于 C 语言和 FORTRAN 语言编写的。但是 MATLAB 对很多功能都已经进行了函数化：一个复杂的计算任务，在 MATLAB 中常常用一条语句就可以实现。同时对于初学者，该软件很容易入门。伴随着使用者对问题研究的深入，可以积累 MATLAB 程序，常用的程序段可以写成函数文件的形式，有一定数目的程序文件之后，就可以建立自己的“工具箱”。本书编写从简单问题入手，逐步扩展到专业问题的求解。本书对于 MATLAB 函数的介绍采用统一格式进行，同时给出大量实例帮助读者理解函数的功能。

熟练应用 MATLAB 需要一定时间，读者在安装好 R2008a 版本后可以运行本书给出的程序，通过修改参数查看输出变化以了解 MATLAB 函数的功能。另外，需要注意的一点是本书介绍的少部分函数属于 MATLAB R2008a 特有的，较低版本因缺少相应函数会出现错误提示。为了节省读者输入程序的时间，本书的配套光盘中提供了 MATLAB 代码，为程序代码实现高效率复用提供便利条件。

主要内容

本书全面地讲解 MATLAB 数值计算和数据可视化仿真方面的功能，全书分为 4 个部分，共 27 章。具体内容如下所示。

第 1 部分 基础篇 包括第 1~6 章。本部分首先介绍 MATLAB R2008a 版本的安装方法和一些基本操作知识。对于新手来说，了解基本操作是非常重要的。总体来说，该版本保持了以前版本的大部分功能，熟悉以前版本的读者可以很快习惯这个版本的使用。接下来介绍数据类型、向量和矩阵的使用，它们是编程的基础。随后介绍不同类型的表达式，它们是进行数值计算的纽带。接下来介绍程序结构与优化设计，讲解主要的程序结构、程序加速与调试方面的知识。最后介绍不同类

型文件的处理方法，其中还包括文件批量处理的方法。

第 2 部分 科学计算 包括第 7~15 章。本部分介绍一些 MATLAB 求解高等数学知识方面的函数功能。首先介绍线性方程组与超越方程的求解方法，解方程在很多问题中都会遇到，通过本部分读者可以了解不同类型方程的解法。然后介绍数据拟合与插值的 MATLAB 实现，它们是数据处理的常用工具。随后介绍最值问题的解法，因为很多问题的最优结果往往是最大值或者最小值，这部分内容可以帮助读者找到最佳答案。接下来介绍随机数的使用，它们是一些经典算法的基础，如蒙特-卡罗算法、随机布朗运动等。然后介绍微分方程组的求解和一些积分表达式的计算，它们是高等数学的基石。最后介绍常用数学变换的 MATLAB 实现，以及一些特殊函数的 MATLAB 计算方法。

第 3 部分 数据可视化仿真 包括第 16~18 章。本部分主要介绍图形的绘制与编辑、用户图形界面设计方面的知识。首先介绍二维图形的绘制，其中包括绘图函数的功能介绍、图形对象的编辑方法、特殊图形的绘制、多图的布局方法、基本图像处理函数介绍、制作动画的方法，以及图形的保存等知识。随后介绍三维图形绘制方面的知识，如基本函数的介绍、彩色图的绘制与编辑、无色网格曲面的绘制、视角与光照效果的设置、图形的注释等知识。通过这些内容，读者可以掌握常见图形的绘制。最后介绍基本的用户图形界面设计，利用这方面的知识读者可以进行人机交互操作，辅助研究动态过程。

第 4 部分 科学问题编程 包括第 19~27 章。本部分介绍不同专业问题的编程实现。首先介绍基本的建模知识，学习它们可以辅助求解专业问题。然后介绍混沌方面部分现象的模拟，如离散与微分方程中的分岔混沌现象的计算、混沌吸引子、Lyapunov 指数等。接下来介绍分形图形的几种绘制方法，如递归、迭代函数系统、L 系统等。另外，元胞自动机方面的基础知识，如奇偶规则、砂堆规则等，晶体生长的模拟，几种光学现象的模拟，如鱼眼效果、全息、干涉现象等，几种机械运动的仿真，如凸轮与连杆的运动等，MATLAB 在经济学中的应用等都在本部分中给予了详细的介绍。在本部分的最后介绍了几种常用算法原理和程序实现。

本书特色

- ◆ 本书是 MATLAB 论坛技术版版主多年实战经验的总结。
- ◆ 全程实例解说 MATLAB 数值计算和数据可视化功能，提高读者实用经验。
- ◆ 本书以 MATLAB R2008a 版本为例介绍其在数值模拟中的应用，覆盖不同专业问题的解法。
- ◆ 本书点面兼顾，覆盖更多专业的问题。
- ◆ 配套的光盘可以免去读者烦琐输入代码的工作，提高学习效率。
- ◆ 较多过程模拟采用动画方式，使其生动形象。

读者对象

本书是有数值计算编程需求但对编程不熟悉的人士，以及利用 MATLAB 求解复杂科学问题研究人员的参考书目。本书既可以作为学校或培训机构及企业利用 MATLAB 进行数值计算的教程，也可作为读者自学 MATLAB 的参考用书。

本书约定

本书的附图和运行结果可能会与读者实例环境中的操作界面或结果略有差别，这可能是由于操作系统平台、MATLAB 版本不同而导致的，在此特别说明，一切以实际环境为准。

分工与致谢

本书由刘正君博士编著，其中南京师范大学的博士生陈玲玲为第 27 章的编写提供了大量素材，姚新军负责前期的策划与后期质量监控，本书由成都易为科技有限责任公司审校。参与工作的同志有：黄中林、张强林、王晓、王斌、万雷、吴艳、王呼佳、夏慧军、张赛桥、陶林、赵会春、余松、李晓宁、赵滕伦、李佳等。本书的出版得到以下基金的资助：国家自然科学基金（10674038，10604042）、国家基础研究项目（2006CB302901）、中国博士后科学基金（20080430913）、哈尔滨工业大学优秀青年教师培养计划（HITQNJS.2008.027）。作者在此特别感谢家人的大力支持。

由于时间和水平有限，书中不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

目 录

第 1 部分 基础篇	1
第 1 章 MATLAB 科学计算基础	2
1.1 认识 MATLAB.....	2
1.2 安装说明.....	4
1.3 初学者如何开始使用 MATLAB.....	5
1.4 如何获取帮助.....	6
1.4.1 本地帮助.....	6
1.4.2 网上求助.....	7
1.5 路径设定与转换.....	7
1.6 偏好设置.....	9
1.7 添加工具箱.....	12
1.8 小结.....	13
第 2 章 理解 MATLAB 的数据类型	14
2.1 double 型数据.....	14
2.2 字符串.....	15
2.2.1 字符串的定义.....	15
2.2.2 字符串操作函数.....	16
2.3 cell 结构.....	24
2.3.1 图形化表示 cell 的内容.....	25
2.3.2 检查变量是否为 cell 结构.....	25
2.4 结构型.....	26
2.5 8 位整型数据.....	28
2.6 不同数据类型之间的转化.....	28
2.7 变量与常量.....	30
2.8 小结.....	31
第 3 章 向量与矩阵运算	32
3.1 向量的定义.....	32
3.2 向量运算函数.....	34
3.2.1 判断矩阵是否为向量.....	34
3.2.2 向量的长度.....	35
3.2.3 向量的外积.....	35
3.2.4 向量的内积.....	35
3.2.5 求解线性趋势项.....	36
3.2.6 反转向量顺序.....	37

3.3	集合的定义及相关运算	38
3.3.1	集合的交集	38
3.3.2	集合中元素的判断	39
3.3.3	两个集合的差集	39
3.3.4	集合异或运算	40
3.3.5	集合的并集	40
3.3.6	去除重复的元素	41
3.4	矩阵生成方法	42
3.5	特殊矩阵的生成	43
3.6	矩阵计算的基本函数	44
3.6.1	大小及索引问题	44
3.6.2	矩阵整形	46
3.6.3	对角矩阵	48
3.6.4	矩阵旋转与移动	48
3.6.5	矩阵大小的增减	51
3.6.6	矩阵的本征值	52
3.7	高维数组	53
3.7.1	计算数组维数	53
3.7.2	删除单独的维数	54
3.7.3	移动数组维的顺序	54
3.7.4	改变数组的维数	55
3.7.5	计算高维函数的离散形式	55
3.8	小结	56
第 4 章	表达式	57
4.1	算术表达式	57
4.2	关系表达式	58
4.3	逻辑运算	59
4.3.1	基本运算	59
4.3.2	腐蚀与膨胀运算	64
4.4	符号计算	65
4.4.1	变量的定义	65
4.4.2	赋值函数的使用	69
4.4.3	符号微积分	70
4.5	多项式运算	73
4.5.1	多项式的定义	73
4.5.2	特殊函数与特殊多项式	73
4.5.3	多项式的运算	77
4.6	卷积与相关	80
4.6.1	计算二维离散卷积	80
4.6.2	计算线相关系数	81

4.7	表达式的应用技巧	82
4.7.1	符号表达式转化为字符串	82
4.7.2	对变量的调用	82
4.7.3	含变化参数的符号计算	83
4.7.4	用函数实现赋值	83
4.7.5	调用 maple 函数来计算	83
4.7.6	符号表达式的转化	83
4.7.7	数值型矩阵转化为符号矩阵	84
4.7.8	复合函数的应用	84
4.7.9	建立抽象函数	84
4.8	小结	85
第 5 章	程序结构与优化	86
5.1	条件语句	86
5.2	switch 语句	89
5.3	循环结构	90
5.4	递归结构	93
5.5	人机交互函数	95
5.6	程序加速	97
5.7	程序注释	99
5.8	常见错误的调试	100
5.8.1	语法错误	100
5.8.2	非语法错误	102
5.9	小结	104
第 6 章	文件处理	105
6.1	脚本文件	105
6.2	函数文件	107
6.2.1	函数的定义	107
6.2.2	输入输出参数的控制	108
6.2.3	使用内联函数	111
6.2.4	分段函数	113
6.2.5	子函数和私有函数	115
6.3	函数文件与脚本文件的比较	116
6.4	数据文件	117
6.4.1	常用的数据文件读入函数	117
6.4.2	常用数据的写入函数	121
6.5	图片文件	125
6.5.1	读入多种格式的图片文件	125
6.5.2	把数据写到一个图片文件	126
6.5.3	把矩阵保存为图片文件	127
6.5.4	打印当前图形文件	127

6.6	视频和音频文件	127
6.7	文件批处理结构	129
6.7.1	改变 MATLAB 的当前路径	129
6.7.2	复制文件	130
6.7.3	删除文件	130
6.7.4	保存命令窗中的会话内容	131
6.7.5	指定路径下的所有文件名	131
6.7.6	编辑一个文件	132
6.7.7	文件各个部分的信息	132
6.7.8	建立完整的文件名	132
6.7.9	列出内存中的函数名	133
6.7.10	建立新的文件夹	133
6.7.11	记录当前路径信息	133
6.7.12	删除一个路径	133
6.7.13	显示 M 文件的全部内容	134
6.7.14	列出当前路径下的内容	134
6.7.15	基本结构	134
6.7.16	无规则文件名的处理	135
6.8	小结	135
第 2 部分 科学计算		137
第 7 章 线性方程组		138
7.1	基础 MATLAB 函数	138
7.1.1	矩阵的 cholesky 分解	139
7.1.2	矩阵的不完全 cholesky 分解	139
7.1.3	提取矩阵的对角元素	139
7.1.4	求本征值和本征向量	140
7.1.5	矩阵的基本运算	140
7.1.6	矩阵的 LU 分解	141
7.1.7	矩阵的不完全 LU 分解	141
7.1.8	矩阵范数的计算	141
7.1.9	计算伪逆矩阵	142
7.1.10	矩阵的 QR 分解	142
7.1.11	计算矩阵的秩与迹	142
7.2	矩阵求逆法	143
7.3	消元法	147
7.4	矩阵分解算法	152
7.5	迭代法	159
7.6	共轭梯度法解方程组	163
7.7	小结	166

第 8 章 超越方程的求解	167
8.1 函数解法	167
8.1.1 求解一般方程	167
8.1.2 求解非线性方程	171
8.1.3 求解多元非线性方程	174
8.1.4 求解多项式的根	177
8.1.5 fminbnd 函数	179
8.2 数值方法	180
8.2.1 二分法	180
8.2.2 抛物线法	182
8.2.3 牛顿法	184
8.2.4 正割法	187
8.2.5 Steffenson 法	189
8.3 小结	189
第 9 章 数据拟合与插值	191
9.1 拟合基础	191
9.2 最小二乘拟合	193
9.3 多项式拟合	198
9.4 非线性拟合	202
9.5 Lagrange 插值	204
9.6 Hermite 插值	206
9.7 样条插值	208
9.8 二维插值	215
9.8.1 网格节点插值法	216
9.8.2 散乱节点插值	216
9.9 小结	218
第 10 章 最值问题的求解	219
10.1 极值计算	219
10.1.1 连续情况	219
10.1.2 离散情况	223
10.2 最值	226
10.2.1 离散数据的最值	227
10.2.2 连续函数的最小值	228
10.3 利用极值画包络线	241
10.4 小结	244
第 11 章 随机数的应用	245
11.1 随机数的产生	245
11.1.1 一般的随机函数调用格式	245
11.1.2 生成其他分布的随机函数	246
11.1.3 随机排序函数类型	249

11.1.4	计算概率密度函数的 MATLAB 函数	250
11.1.5	累积概率值	251
11.1.6	逆累积分布函数	252
11.2	随机数的使用	253
11.2.1	Galton 板实验	253
11.2.2	赌徒输光问题	254
11.3	统计量的计算	255
11.3.1	单值参数	256
11.3.2	多值参数	259
11.4	回归分析	260
11.4.1	线性回归	260
11.4.2	非线性回归	263
11.5	小结	266
第 12 章	微分方程组的计算	267
12.1	极限	267
12.2	全导数	268
12.3	dsolve 函数	269
12.4	ode 系列函数	270
12.4.1	odeset 函数	270
12.4.2	函数 ode15i	272
12.4.3	举例说明	272
12.5	打靶法	283
12.6	时滞微分方程	288
12.7	偏微分方程	289
12.8	利用微分算积分	295
12.9	小结	296
第 13 章	积分运算	297
13.1	级数求和	297
13.1.1	symsum 函数	297
13.1.2	taylor 函数	298
13.1.3	傅里叶级数	299
13.2	离散积分的计算	300
13.2.1	函数法	300
13.2.2	累加法	310
13.3	奇异积分计算	315
13.4	小结	316
第 14 章	数学变换运算	317
14.1	分数傅里叶变换	317
14.2	菲涅尔变换	324
14.3	Hartley 变换	326

14.4	离散正/余弦变换	328
14.5	分数随机变换	332
14.6	汉克尔 (Hankel) 变换	335
14.7	小波变换	338
14.7.1	管理小波函数	338
14.7.2	计算一维小波变换	339
14.7.3	实现逆离散小波变换	341
14.7.4	实现二维离散小波变换	342
14.7.5	实现二维逆小波变换	343
14.8	小结	344
第 15 章	特殊函数	345
15.1	Bessel 函数	345
15.2	Hermite 函数	350
15.3	阶乘函数与 Gamma 函数	352
15.4	Beta 函数	355
15.5	其他特殊数学函数	358
15.6	小结	361
第 3 部分	数据可视化仿真	363
第 16 章	二维数据可视化	364
16.1	基本命令	364
16.1.1	曲线绘制的基本函数	364
16.1.2	特殊图形的函数	370
16.1.3	符号绘图	381
16.2	图形编辑	385
16.2.1	应用句柄	385
16.2.2	鼠标控制	388
16.2.3	图形注释	390
16.2.4	字体设定	393
16.3	自定义特殊图形样式	393
16.3.1	用特殊字符标注刻度	393
16.3.2	用特殊图案填充条状图	394
16.3.3	自定义网格	395
16.3.4	画箭头	396
16.3.5	多值函数的绘制	398
16.4	基本图形的绘制	398
16.4.1	线段和弧线	398
16.4.2	矩形	399
16.4.3	正 N 边形和圆	400
16.4.4	弯曲的圆管	401
16.4.5	封闭图形的填充	402

16.5	多图布局	403
16.5.1	subplot 函数	403
16.5.2	axes 函数	404
16.5.3	图上图	405
16.6	图像处理函数	405
16.7	动画的绘制	409
16.7.1	制作动画的方法	410
16.7.2	保存动画	410
16.7.3	实例	411
16.8	图形的保存	413
16.9	小结	414
第 17 章	三维数据可视化	415
17.1	基本函数	415
17.1.1	函数 meshgrid	415
17.1.2	三维曲线	416
17.1.3	三维网格图	417
17.1.4	用 ezmesh 绘制三维网格图	418
17.1.5	带有等高线的网状图	420
17.1.6	带有等高线的网状图	421
17.1.7	带有“围裙”的网状图	422
17.1.8	三维曲面图	422
17.1.9	基于数学表达式的三维曲面	423
17.1.10	带有等高线的曲面	425
17.1.11	带有光照效果的曲面	426
17.1.12	三维表面法向	427
17.1.13	三维等高线	428
17.1.14	流水效果的曲面	429
17.1.15	颜色表示高度值的图形	429
17.1.16	三维饼图	432
17.1.17	螺旋体坐标	433
17.1.18	单位球体的坐标	434
17.1.19	椭球体表面坐标	435
17.1.20	函数 slice	435
17.2	彩色图及颜色条	436
17.2.1	控制着色方式	436
17.2.2	图片亮度的控制	437
17.2.3	绘制色轴	438
17.2.4	指定色轴的刻度	438
17.2.5	图形的映像数据表	439
17.2.6	设置颜色渲染属性	440

17.2.7 透明度的设置	440
17.2.8 单色网格曲面	441
17.3 视角与光照	443
17.3.1 改变三维图形的视角	443
17.3.2 灯光效果设置	445
17.4 图形的注释	446
17.5 小结	448
第 18 章 用户图形界面设计	449
18.1 菜单设计	449
18.1.1 函数及使用说明	449
18.1.2 回调函数设计	453
18.2 自定义工具条	453
18.2.1 图形编辑功能	453
18.2.2 个性化图标	458
18.2.3 参数设置	459
18.3 控件设计	460
18.3.1 基本函数	460
18.3.2 控件基础	461
18.3.3 回调函数设计	462
18.4 对话框	470
18.4.1 图形窗口	470
18.4.2 错误对话框	471
18.4.3 帮助对话框	471
18.4.4 输入对话框	471
18.4.5 列表对话框	472
18.4.6 消息对话框	473
18.4.7 版面对话框	474
18.4.8 打印对话框	474
18.4.9 问题对话框	475
18.4.10 文件检索对话框	475
18.4.11 写入文件而显示的检索框	475
18.4.12 颜色设置对话框	476
18.4.13 字体设置	477
18.4.14 警告对话框	477
18.4.15 计算进度条窗口	477
18.5 实例	478
18.6 小结	480
第 4 部分 科学问题编程	481
第 19 章 MATLAB 建模基础	482
19.1 抽象模型	482