

MATLAB R2016a

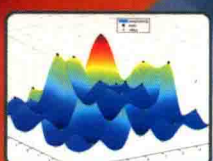
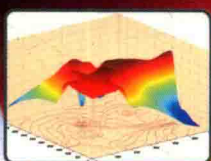
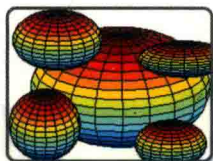
完全自学一本通

刘浩 韩晶 编著



附赠
近 150 页
超值电子书

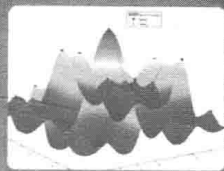
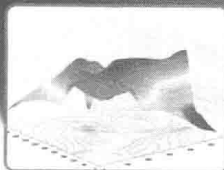
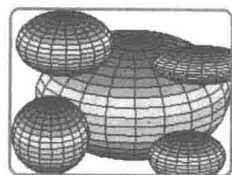
内容全面，涵盖 MATLAB R2016a 大部分功能，采用“基础知识 + 实用案例”的结构模式，实例丰富、讲解详尽，以练促学，提高实战技能。



MATLAB R2016a

完全自学一本通

刘浩 韩晶 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书面向 MATLAB 的初中级读者，在介绍 MATLAB R2016a 集成环境的基础上，对 MATLAB 使用中常用的知识和工具进行了详细的介绍，书中各章均提供了大量有针对性的算例，供读者实战练习。

根据内容的侧重点不同，全书分为 4 部分共 24 章：第 1~5 章为基础部分；第 6~10 章为数学应用部分；第 11~19 章为工程应用部分；第 20~24 章为知识拓展部分，由于篇幅受限，此部分内容为电子书形式。

电子书及随书附赠的相关素材请到 <http://www.fecit.com.cn/files/download/30090.rar> 下载。

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，用户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。

本书结构严谨、内容全面、图文并茂、实例丰富，既适合信号处理、通信工程、自动控制、机械电子、自动化、电力电气等专业的本科生、研究生、教师和科技工作者学习使用，也可以作为广大 MATLAB 爱好者的自学用书。

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 R2016a 完全自学一本通 / 刘浩, 韩晶编著. -- 北京: 电子工业出版社, 2016.12
ISBN 978-7-121-30090-5

I. ①M… II. ①刘… ②韩… III. ①Matlab 软件 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 247093 号

责任编辑：姜 伟

文字编辑：赵英华

印 刷：三河市华成印务有限公司

装 订：三河市华成印务有限公司

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：42 字数：1075.2 千字

版 次：2016 年 12 月第 1 版

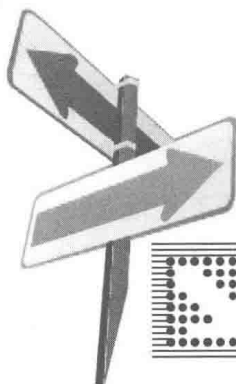
印 次：2016 年 12 月第 2 次印刷

定 价：79.80 元

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

本书咨询联系方式：(010) 88254161~88254167 转 1897。



前言

MATLAB R2016a 是 2016 年最新发行的 MATLAB 版本，它为数据分析与处理提供了强大的工具。目前，MATLAB 已经在很多领域取得了成功应用。在这些领域的成功应用表明，MATLAB 所代表的数据分析处理手段在科学、工程等方面将发挥重要的作用。

本书针对 MATLAB R2016a 在部分与数学高度相关领域内的应用，引导读者掌握 MATLAB 的应用。

1. 本书特点

- 由浅入深，循序渐进：本书以初、中级读者为对象，首先从 MATLAB 的基础知识讲起，辅以 MATLAB 在工程中的应用案例，帮助读者尽快掌握 MATLAB 进行科学计算及工程分析的技能。
- 步骤详尽，内容新颖：本书结合作者多年 MATLAB 使用经验与实际工程应用案例，对 MATLAB 软件的使用方法与技巧进行详细讲解。本书内容新颖，讲解过程辅以相应的图片，使读者在阅读时一目了然，从而快速掌握书中所讲内容。
- 实例典型，轻松易学：通过学习实际工程应用案例的具体操作是掌握 MATLAB 最好的方式。本书通过应用案例，透彻、详尽地讲解了 MATLAB 在各方面的应用。

2. 本书内容

本书分为 4 部分共 24 章，面向 MATLAB 的初、中级读者。在介绍 MATLAB R2016a 集成环境的基础上，对 MATLAB 使用中常用的知识和工具进行详细的介绍，书中各章均提供大量有针对性的算例，供读者实战练习。

(1) 第 1~5 章为基础部分，讲解 MATLAB R2016a 概述、MATLAB 基础知识、数组与矩阵、MATLAB 编程基础及数据可视化等。

第 1 章：MATLAB R2016a 概述

第 2 章：MATLAB 基础知识

第 3 章：数组与矩阵

第 4 章：MATLAB 编程基础

第 5 章：数据可视化

(2) 第 6~10 章为数学应用部分，讲解数据分析、符号数学计算和概率统计等。

第 6 章：数据分析

第 7 章：符号数学计算

第 8 章：概率统计

第 9 章：数学建模函数

第 10 章：经典智能算法

(3) 第 11~19 章为工程应用部分，讲解偏微分方程、优化、图像处理、信号处理、小波分析、神经网络等工具箱，Simulink 仿真基础及应用，Stateflow 建模与应用等。

第 11 章：偏微分方程工具箱

第 13 章：图像处理工具箱

第 15 章：小波分析工具箱

第 17 章：Simulink 仿真应用

第 19 章：神经网络工具箱

第 12 章：优化工具箱

第 14 章：信号处理工具箱

第 16 章：Simulink 仿真基础

第 18 章：Stateflow 建模与应用

(4) 第 20~24 章为知识拓展部分，讲解句柄图形对象、图形用户界面、文件读取 I/O、MATLAB 编译器和外部接口应用介绍等内容。由于篇幅受限，此部分内容为电子书形式，请到 <http://www.fecit.com.cn/files/download/30090.rar> 下载。

第 20 章：句柄图形对象

第 21 章：图形用户界面

第 22 章：文件读取 I/O

第 23 章：MATLAB 编译器

第 24 章：外部接口应用介绍

3. 读者对象

本书适合于 MATLAB 初学者和期望提高 MATLAB 数据分析及 Simulink 建模仿真工程应用能力的读者，具体说明如下：

- ★ 初学 MATLAB 的技术人员
- ★ 大中专院校的教师和在校生
- ★ 参加工作实习的“菜鸟”

- ★ 广大科研工作人员
- ★ 相关培训机构的教师和学员
- ★ MATLAB 爱好者

4. 读者服务

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

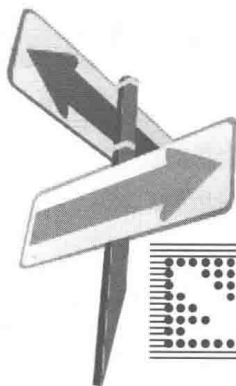
5. 本书作者

本书由刘浩、韩晶编著，其中第 1~8 章、第 17~24 章由刘浩编写，第 9~16 章由韩晶编写，另外丁金滨、白明辉、吕小军、武立军、张辉、丁学英、王伟、何嘉扬、徐玉霞、王淑明、王俊峰、王菁、白羽为本书的编写提供了大量的素材及技术支持，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，希望读者和同仁能够及时指出，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！

编者



目录

第 1 篇

第 1 章 MATLAB R2016a 概述..... 1

1.1 MATLAB R2016a 简介 2

1.1.1 MathWorks 及其产品概述 2

1.1.2 MATLAB 与其他数学软件..... 2

1.1.3 MATLAB 的主要特点 3

1.1.4 MATLAB 的系统组成 3

1.1.5 MATLAB 应用程序简介..... 4

1.1.6 MATLAB R2016a 新特性 5

1.2 MATLAB R2016a 的目录结构..... 6

1.3 MATLAB R2016a 的工作环境..... 7

1.3.1 菜单/工具栏..... 8

1.3.2 命令行窗口 9

1.3.3 工作区..... 9

1.4 MATLAB R2016a 的通用命令... 10

1.5 MATLAB R2016a 的文件管理... 11

1.5.1 当前文件夹浏览器和路径管理器..... 11

1.5.2 搜索路径及其设置 12

1.6 MATLAB R2016a 的帮助系统... 13

1.6.1 纯文本帮助 13

1.6.2 演示 (Demos) 帮助..... 14

1.6.3 帮助导航浏览器 15

1.7 MATLAB 使用初步..... 15

1.8 本章小结 16

第 2 章 MATLAB 基础知识 17

2.1 数据类型 18

2.1.1 数值类型 18

2.1.2 逻辑类型 22

2.1.3 字符和字符串 24

2.1.4 函数句柄 26

2.1.5 结构体类型..... 28

2.1.6 数组类型 31

2.1.7 单元数组类型..... 32

2.1.8 map 容器类型..... 35

2.2 基本矩阵操作 39

2.2.1 矩阵和数组的概念及其区别... 39

2.2.2 矩阵的构造..... 40

2.2.3 矩阵大小及结构的改变..... 44

2.2.4 矩阵下标引用..... 45

2.2.5 矩阵信息的获取..... 47

2.2.6 矩阵的保存和加载..... 52

2.3 运算符 58

2.3.1 算术运算符..... 58

2.3.2 关系运算符..... 59

2.3.3 逻辑运算符..... 61

2.3.4 运算优先级..... 62

2.4 字符串处理函数 62

2.4.1 字符串的构造..... 63

2.4.2 字符串比较函数..... 64

2.4.3 字符串查找和替换函数..... 64

2.4.4 字符串——数值转换..... 66

2.5 本章小结 66

第 3 章 数组与矩阵 67

3.1 数组运算 68

3.1.1 数组的创建和操作..... 68

3.1.2 数组的常见运算..... 71

3.2 矩阵操作 74

3.2.1 创建矩阵 74

3.2.2 改变矩阵大小..... 79

3.2.3 重构矩阵 81

3.3 矩阵元素的运算 81

CONTENTS

3.3.1	矩阵的加减运算	82	4.4.7	error 和 warning 指令	125
3.3.2	矩阵的乘法运算	83	4.5	脚本和函数	125
3.3.3	矩阵的除法运算	84	4.5.1	脚本	125
3.3.4	矩阵的幂运算	85	4.5.2	函数	126
3.3.5	矩阵元素的查找	85	4.5.3	M 文件的一般结构	127
3.3.6	矩阵元素的排序	86	4.5.4	匿名函数、子函数、私有函数 与私有目录	129
3.3.7	矩阵元素的求和	87	4.5.5	重载函数	131
3.3.8	矩阵元素的求积	88	4.5.6	eval 和 feval 函数	131
3.3.9	矩阵元素的差分	88	4.5.7	内联函数	134
3.4	矩阵运算	89	4.5.8	向量化和预分配	136
3.4.1	矩阵分析	89	4.5.9	函数的函数	137
3.4.2	矩阵分解	94	4.5.10	P 码文件	138
3.4.3	特征值和特征向量	101	4.6	M 文件中变量的检测与传递	139
3.5	稀疏矩阵	102	4.6.1	输入/输出变量检测指令	139
3.5.1	稀疏矩阵的存储方式	103	4.6.2	“可变数量”输入/输出变量	140
3.5.2	稀疏矩阵的生成	103	4.6.3	跨空间变量传递和赋值	142
3.5.3	稀疏矩阵的运算	107	4.7	MATLAB 程序的调试	144
3.6	本章小结	108	4.7.1	程序调试的基本概念	144
第 4 章	MATLAB 编程基础	109	4.7.2	直接调试法	145
4.1	M 文件编辑器	110	4.7.3	使用调试函数进行调试	146
4.2	变量	112	4.7.4	工具调试法	149
4.2.1	变量的命名	112	4.7.5	程序的性能优化技术	150
4.2.2	变量的类型	113	4.8	本章小结	151
4.2.3	MATLAB 默认的特殊变量	113	第 5 章	数据可视化	153
4.2.4	关键字	114	5.1	图形绘制	154
4.3	MATLAB 的控制流	114	5.1.1	离散数据及离散函数	154
4.3.1	顺序结构	114	5.1.2	连续函数	154
4.3.2	if-else-end 分支结构	115	5.1.3	图形绘制示例	155
4.3.3	switch-case 结构	117	5.1.4	图形绘制的基本步骤	157
4.3.4	try-catch 结构	119	5.2	二维图形绘制	157
4.3.5	for 循环结构	120	5.2.1	plot 指令	157
4.3.6	while 循环结构	121	5.2.2	格栅	162
4.4	控制程序流的其他常用指令	122	5.2.3	文字说明	162
4.4.1	return 指令	122	5.2.4	线型、标记和颜色	165
4.4.2	input 和 keyboard 指令	123	5.2.5	坐标轴设置	168
4.4.3	yesinput 指令	123	5.2.6	图形叠绘	169
4.4.4	pause 指令	123	5.2.7	子图绘制	170
4.4.5	continue 指令	124	5.2.8	交互式绘图	171
4.4.6	break 指令	124			



5.2.9	双坐标轴绘制	172	7.2	符号对象和符号表达式	212
5.2.10	fplot 绘图指令	173	7.2.1	符号对象的创建命令	212
5.2.11	ezplot 绘图指令	175	7.2.2	符号对象的创建示例	213
5.2.12	特殊坐标轴绘图	175	7.2.3	符号计算中的运算符和函数	216
5.2.13	二维特殊图形函数	177	7.2.4	符号对象的类别识别函数	220
5.3	三维图形绘制	182	7.2.5	符号表达式中的变量确定	222
5.3.1	曲线图绘制	182	7.2.6	符号精度计算	223
5.3.2	网格图绘制	183	7.3	符号表达式操作	224
5.3.3	曲面图绘制	184	7.3.1	符号表达式显示	224
5.3.4	光照模型	185	7.3.2	符号表达式合并	225
5.3.5	绘制等值线图	186	7.3.3	符号表达式展开	225
5.4	四维图形可视化	187	7.3.4	符号表达式嵌套	226
5.4.1	用颜色描述四维	187	7.3.5	符号表达式分解	227
5.4.2	其他函数	188	7.3.6	符号表达式化简	228
5.5	本章小结	189	7.4	符号表达式替换	229
第 2 篇			7.4.1	subs 替换函数	230
第 6 章	数据分析	191	7.4.2	subexpr 替换函数	231
6.1	多项式及其函数	192	7.5	符号函数的操作	232
6.1.1	多项式的表达式和创建	192	7.5.1	复合函数操作	232
6.1.2	多项式求根	193	7.5.2	反函数操作	233
6.1.3	多项式的四则运算	194	7.6	符号微积分	233
6.1.4	多项式的导数、积分与估值	196	7.6.1	符号表达式的极限	234
6.1.5	多项式运算函数及操作指令	197	7.6.2	符号表达式的微分	235
6.1.6	有理多项式	198	7.6.3	符号表达式的积分	236
6.2	数据插值	199	7.6.4	符号表达式的级数求和	237
6.2.1	一维插值	199	7.6.5	符号表达式的泰勒级数	238
6.2.2	二维插值	203	7.7	符号积分变换	239
6.3	函数的极限	204	7.7.1	傅里叶变换及其反变换	239
6.3.1	极限的概念	204	7.7.2	拉普拉斯变换及其反变换	240
6.3.2	求极限的函数	204	7.7.3	Z 变换及其反变换	241
6.4	函数数值积分	206	7.8	符号代数方程求解	242
6.4.1	数值积分问题的数学表述	206	7.9	符号微分方程求解	245
6.4.2	一元函数的数值积分	207	7.10	符号分析可视化	247
6.4.3	多重数值积分	208	7.10.1	funtool 分析界面	247
6.5	本章小结	209	7.10.2	taylortool 分析界面	250
第 7 章	符号数学计算	211	7.11	本章小结	251
7.1	MATLAB 符号计算概述	212	第 8 章	概率统计	253
			8.1	产生随机变量	254
			8.1.1	二项分布的随机数据的产生	254

8.1.2	正态分布的随机数据的产生	254	9.4	本章小结	287
8.1.3	常见分布的随机数产生	255	第 10 章	经典智能算法	289
8.2	概率密度计算	256	10.1	粒子群算法的 MATLAB 实现	290
8.2.1	通用函数概率密度值	256	10.1.1	基本原理	290
8.2.2	专用函数概率密度值	258	10.1.2	程序设计	291
8.3	累积概率分布	259	10.1.3	经典应用	298
8.3.1	通用函数累积概率值	259	10.2	遗传算法的 MATLAB 实现	302
8.3.2	专用函数累积概率值	260	10.2.1	基本原理	302
8.4	统计特征	261	10.2.2	程序设计	305
8.4.1	平均值、中值	261	10.2.3	经典应用	310
8.4.2	数据比较	262	10.3	蚁群算法概述	315
8.4.3	期望	263	10.3.1	基本原理	316
8.4.4	方差和标准差	263	10.3.2	程序设计	317
8.4.5	协方差与相关系数	264	10.3.3	经典应用	319
8.5	统计作图	265	10.4	本章小结	326
8.5.1	正整数频率表	265	第 3 篇		
8.5.2	累积分布函数图形	265	第 11 章	偏微分方程工具箱	327
8.5.3	最小二乘拟合直线	266	11.1	偏微分方程 (PDE) 工具箱介绍	328
8.5.4	绘制正态分布概率图形	267	11.1.1	偏微分方程常见类型介绍	328
8.5.5	样本数据的盒图	268	11.1.2	偏微分方程工具箱简介	334
8.5.6	参考线绘制	268	11.2	求解偏微分方程示例	336
8.5.7	样本概率图形	270	11.2.1	求解椭圆方程	336
8.5.8	正态拟合直方图	271	11.2.2	求解抛物线方程	340
8.6	本章小结	272	11.2.3	求解双曲线方程	343
第 9 章	数学建模函数	273	11.2.4	求解特征值方程	348
9.1	曲线拟合函数	274	11.3	本章小结	351
9.1.1	多项式拟合	274	第 12 章	优化工具箱	353
9.1.2	加权最小方差 (WLS) 拟合原理及实例	275	12.1	优化工具箱及最优化问题介绍	354
9.1.3	非线性曲线拟合	277	12.1.1	优化工具箱常用函数	354
9.2	参数估计函数	278	12.1.2	最优化问题	357
9.2.1	常见分布的参数估计	279	12.2	线性规划	360
9.2.2	点估计	281	12.2.1	线性规划函数	360
9.2.3	区间估计	282	12.2.2	线性规划问题的应用	362
9.3	参数传递	283			
9.3.1	输入和输出参数的数目	283			
9.3.2	可变数目的参数传递	284			
9.3.3	返回被修改的输入参数	285			
9.3.4	全局变量	286			

12.3 无约束非线性规划	369	13.5.1 像素值及统计	422
12.3.1 基本数学原理介绍	370	13.5.2 图像分析	425
12.3.2 无约束非线性规划函数	371	13.5.3 图像调整	428
12.3.3 无约束非线性规划问题的 应用	374	13.5.4 图像平滑	432
12.4 二次规划	374	13.6 图像区域处理	434
12.4.1 二次规划函数 quadprog	374	13.6.1 区域设置	434
12.4.2 二次规划问题的应用	376	13.6.2 区域滤波	436
12.5 有约束最小化	377	13.6.3 区域填充	436
12.5.1 有约束最小化函数 fmincon	377	13.7 形态学操作	437
12.5.2 有约束最小化应用	381	13.7.1 图像膨胀	437
12.6 目标规划	381	13.7.2 图像腐蚀	438
12.6.1 目标规划函数 fgoalattain	381	11.7.3 形态学重建	439
12.6.2 目标规划应用	384	13.8 颜色处理	439
12.7 最大最小化	388	13.8.1 显示颜色	439
12.7.1 最大最小化函数 fminimax	388	13.8.2 减少颜色	440
12.7.2 最大最小化应用	389	13.8.3 转换颜色	441
12.8 本章小结	391	13.9 本章小结	441
第 13 章 图像处理工具箱	393	第 14 章 信号处理工具箱	443
13.1 MATLAB 图像处理基础知识	394	14.1 MATLAB 信号处理基础 知识	444
13.1.1 MATLAB 图像表达方式	394	14.1.1 连续信号及其实现	444
13.1.2 MATLAB 支持的图像文件格 式	395	14.1.2 离散信号及其实现	444
13.1.3 MATLAB 图像类型	396	14.1.3 离散信号基本运算	448
13.1.4 MATLAB 图像类型转换	399	14.1.4 离散系统概念	451
13.1.5 MATLAB 图像数据读/写	401	14.1.5 Z 变换定义与性质	452
13.2 图像显示	402	14.1.6 离散傅里叶变换	452
13.2.1 标准图像显示技术	402	14.2 统计信号处理	453
13.2.2 特殊图像显示技术	404	14.2.1 相关性与协方差	453
13.3 图像运算	407	14.2.2 频谱分析	455
13.3.1 代数运算	407	14.2.3 窗函数	456
13.3.2 空间变换	409	14.2.4 功率谱估计	458
13.3.3 图像配准	412	14.2.5 现代谱估计	460
13.4 图像数据变换	413	14.2.6 时频分析	461
13.4.1 二维傅里叶变换	413	14.2.7 特殊变换方法	462
13.4.2 离散余弦变换	418	14.2.8 重新采样	465
13.4.3 其他变换	420	14.3 IIR 滤波器	466
13.5 图像分析与增强	421	14.3.1 IIR 滤波器优势	466
		14.3.2 经典滤波器设计过程	466
		14.3.3 经典法 IIR 滤波器设计	466

14.3.4	直接法 IIR 滤波器设计	472	15.3	小波分析在图像处理中的 应用	520
14.4	FIR 滤波器	474	15.3.1	基于小波变换的图像局部 压缩	520
14.4.1	窗函数法 FIR 滤波器设计 ..	474	15.3.2	二维小波变换的图像压缩 ..	522
14.4.2	约束最小二乘法 FIR 滤波器 设计	476	15.3.3	图像压缩中阈值的确定与作 用命令	525
14.4.3	其他设计方法	477	15.3.4	基于小波包变换的图像 压缩	526
14.5	参数建模	477	15.3.5	小波变换用于图像去噪	527
14.5.1	时域建模	478	15.3.6	小波分析用于图像增强	531
14.5.2	频域建模	479	15.3.7	图像钝化与锐化	533
14.6	特殊波形发生函数	480	15.3.8	小波分析用于图像融合	535
14.6.1	频率扫描余弦函数	480	15.3.9	小波分析用于图像分解	536
14.6.2	Sinc 函数	481	15.4	本章小结	539
14.6.3	高斯震荡正弦脉冲	482	第 16 章	Simulink 仿真基础	541
14.6.4	三角脉冲	482	16.1	Simulink 概述	542
14.6.5	三角波	483	16.1.1	Simulink 的基本概念	542
14.6.6	方形脉冲	484	16.1.2	Simulink 的工作环境与 启动	544
14.6.7	方波	484	16.1.3	Simulink 模型的特点	545
14.6.8	脉冲序列	485	16.1.4	Simulink 模块的组成	547
14.6.9	压控振荡波	486	16.1.5	Simulink 中的数据类型	549
14.7	GUI 工具	486	16.1.6	Simulink 中的模块和 模块库	551
14.7.1	信号处理综合工具	487	16.1.7	Simulink 常用工具	557
14.7.2	波形查看器	488	16.1.8	Simulink 的实例演示	558
14.7.3	谱分析查看器	488	16.2	Simulink 模型创建	560
14.7.4	滤波器可视化工具	489	16.2.1	Simulink 模块的基本操作 ..	561
14.7.5	滤波器设计与分析工具	490	16.2.2	模型和模型文件	564
14.7.6	滤波处理工具	491	16.2.3	创建模型的基本步骤和 技巧	565
14.8	本章小结	492	16.3	过零检测和代数环	569
第 15 章	小波分析工具箱	493	16.3.1	过零检测	569
15.1	小波分析	494	16.3.2	代数环	571
15.1.1	小波分析概述	494	16.4	本章小结	572
15.1.2	傅里叶变换和小波变换	495	第 17 章	Simulink 仿真应用	573
15.1.3	多分辨分析	498	17.1	子系统的创建和封装	574
15.1.4	小波包分析	501			
15.1.5	几种常用的小波	505			
15.1.6	小波应用演示示例	507			
15.2	小波工具箱介绍	508			
15.2.1	小波工具箱的启动	508			
15.2.2	一维连续小波分析工具	510			
15.2.3	一维离散小波分析工具	514			



17.1.1	子系统介绍	574	第 19 章	神经网络工具箱	617
17.1.2	创建子系统	576	19.1	神经网络 MATLAB 工具箱 ...	618
17.1.3	封装子系统	577	19.1.1	通用神经网络工具箱函数 ...	619
17.2	仿真模型的分析	580	19.1.2	感知器 MATLAB 函数	622
17.2.1	模型状态的确定	580	19.1.3	线性神经网络函数	624
17.2.2	线性化的数学描述	582	19.1.4	BP 神经网络函数	627
17.2.3	平衡点分析	584	19.1.5	径向基神经网络函数	628
17.2.4	微分方程的求解算法	585	19.1.6	自组织神经网络函数	634
17.3	运行仿真	586	19.2	神经网络 Simulink 工具箱	639
17.3.1	启动仿真	586	19.3	经典应用	644
17.3.2	仿真的配置	589	19.3.1	函数逼近	644
17.3.3	优化仿真过程	594	19.3.2	数据拟合	655
17.4	模型调试	597	19.4	本章小结	660
17.4.1	Simulink 调试器	597			
17.4.2	命令行调试及设置断点	598			
17.5	Simulink 实例应用	599			
17.6	本章小结	603			
第 18 章	Stateflow 建模与应用	605			
18.1	Stateflow 基础	606			
18.1.1	Stateflow 的定义	606			
18.1.2	状态图编辑器	606			
18.1.3	Stateflow 流程图	608			
18.2	并行机制	611			
18.2.1	设置状态关系	611			
18.2.2	并行状态活动顺序配置	612			
18.3	Stateflow 的对象	613			
18.3.1	真值表	613			
18.3.2	图形函数	613			
18.4	本章小结	616			

第 1 篇

第 1 章 MATLAB R2016a 概述



知识要点

MATLAB R2016a 是 MathWorks 公司发布的最新版的集算法开发、数据可视化、数据分析及数值计算于一体的高级技术计算语言和交互式环境。本章将介绍 MATLAB R2016a 的最新特性、MATLAB 界面功能及如何对界面的各部分进行操作。

 学 习 要 求	学习目标	了解	理解	应用	实践
	知识点				
	MATLAB 产品及发展历史	√			
	MATLAB R2016a 的新特性	√			
	MATLAB R2016a 的目录结构	√			
	MATLAB R2016a 的工作环境			√	√
	MATLAB R2016a 的文件管理		√	√	√
	MATLAB R2016a 的帮助系统		√		√



1.1 MATLAB R2016a 简介

MathWorks 公司创立于 1984 年，总部位于美国马萨诸塞州内迪克，在全球 15 个国家有 2 200 名员工，是领先的为工程师和科学家提供数学计算软件的供应商，旗下的产品包括 MATLAB 产品家族、Simulink 产品家族及 PolySpace 产品家族。

1.1.1 MathWorks 及其产品概述

MATLAB 是矩阵实验室 (Matrix Laboratory) 的简称，是一种用于算法开发、数据可视化、数据分析及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境。MATLAB 的应用范围非常广，包括信号和图像处理、通信、控制系统设计、测试和测量、财务建模和分析，以及计算生物学等众多应用领域。附加的工具箱 (单独提供的专用 MATLAB 函数集) 扩展了 MATLAB 的使用环境，以解决这些应用领域内特定类型的问题。

Simulink 是一个用于对动态系统进行多域建模和模型设计的平台。它提供了一个交互式图形环境，以及一个自定义模块库，并可针对特定应用加以扩展，可应用于控制系统设计、信号处理和通信及图像处理等众多领域。

PolySpace 提供代码验证，可确保消除源代码中的溢出、除零、数组访问越界及其他运行错误。此类产品可以证明源代码中不存在某些运行错误，使工程师能够选择并跟踪嵌入式软件质量的指标和阈值，帮助软件团队更好地定义质量目标，并更快地实施。该软件已经在汽车、航空、国防及工业自动化和机械行业中得到广泛应用。

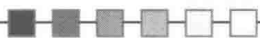
目前，经常使用的 MATLAB 软件集成了 MATLAB 和 Simulink 两大模块，也是本书即将介绍的内容；而 PolySpace 是独立于 MATLAB 软件之外的，需要单独安装。

1.1.2 MATLAB 与其他数学软件

除 MATLAB 外，其他广泛应用的数学软件很多，著名的有 Mathematica 和 Maple。

Mathematica 是一个综合的数学软件环境，具有数值计算、符号推导、数据可视化和编程等多种功能，在符号计算领域有很高的知名度。整个 Mathematica 软件分为两大部分：Kemel 和 FrontEnd。Kemel 是软件的计算中心，而 FrontEnd 负责与用户的交流，两者有一定的独立性。Mathematica 的表达式含义十分丰富，几乎包含了一切要处理的对象。

Maple 是当今世界上较优秀的几款数学软件之一。它以友善的使用环境、强大的符号处理、精确的数值计算、灵活的图形显示、高效的编程功能为越来越多的教师、学生和科研人员所喜爱，并成为他们进行数学处理的首选工具。由于 Maple 软件原是为符号计算而设计的，因此在数值计算与绘图方面的运算速度要比 MATLAB 慢。Maple 的帮助系统是用英语写的，这给英文差的人们带来了不便。



MATLAB 作为和 Mathematica、Maple 并列的三大数学软件之一，强项就是其强大的矩阵计算及仿真能力。每次 MathWorks 公司发布 MATLAB 的同时，也会发布仿真工具 Simulink。

在欧美国家，很多大公司将产品投入实际使用之前都会进行仿真试验，他们主要使用的仿真软件就是 Simulink。MATLAB 提供了自己的编译器，全面兼容 C++ 及 Fortran 两大语言。因此 MATLAB 成为工程师、科研工作者最好的语言、最好的工具。

1.1.3 MATLAB 的主要特点

MATLAB 以其良好的开放性和运行的可靠性，已经成为国际控制界公认的标准计算软件，在国际上 30 多个数学类科技应用软件中，MATLAB 在数值计算方面独占鳌头。

(1) 计算功能强大。

(2) 绘图非常方便。在 Fortran 和 C 语言里，绘图都很不容易，但在 MATLAB 里，数据的可视化非常简单。而且，MATLAB 还具有较强的编辑图形界面的能力。

(3) 功能强大的工具箱是 MATLAB 的另一特色。MATLAB 包含两个部分：核心部分和各种可选的工具箱。核心部分有数百个核心内部函数。其工具箱又分为两类：功能性工具箱和学科性工具箱。

功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能及与硬件实时交互功能。功能性工具箱用于多种学科。

学科性工具箱的专业性比较强，如 control、signal processing、communication 等。这些工具箱都是由该领域内学术水平很高的专家编写的，所以用户无须编写自己学科范围内的基础程序，而直接进行高、精、尖的研究即可。

除内部函数以外，MATLAB 的所有核心文件和工具箱文件都是可读可写的源文件，用户可以通过对源文件的修改及加入自己的文件构成新的工具箱。

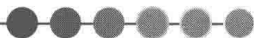
(4) 帮助功能完整：自带的帮助功能是非常强大的帮助手册。

1.1.4 MATLAB 的系统组成

MATLAB 系统由 MATLAB 开发环境、MATLAB 数学函数库、MATLAB 语言、MATLAB 图形处理系统和 MATLAB 应用程序接口 (API) 五大部分构成。

1. MATLAB 开发环境

MATLAB 开发环境是一套方便用户使用 MATLAB 函数和文件的工具集，其中许多工具是图形化用户接口。它是一个集成化的工作区，可以让用户输入、输出数据，并提供了 M 文件的集成编译和调试环境。它包括 MATLAB 桌面、命令行窗口、M 文件编辑调试器、MATLAB 工作区和在线帮助文档等。



2. MATLAB 数学函数库

MATLAB 数学函数库包括了大量的计算算法，从基本运算（如加法）到复杂算法（如矩阵求逆、贝济埃函数、快速傅里叶变换等），体现了其强大的数学计算功能。

3. MATLAB 语言

MATLAB 语言是一个高级的基于矩阵/数组的语言，包括程序流控制、函数、脚本、数据结构、输入/输出、工具箱和面向对象编程等特色。用户既可以用它来快速编写简单的程序，也可以用它来编写庞大复杂的应用程序。

4. MATLAB 图形处理系统

图形处理系统使得 MATLAB 能方便地图形化显示向量和矩阵，而且能对图形添加标注和打印。它包括强力的二维及三维图形函数、图像处理 and 动画显示等函数。

5. MATLAB 程序接口

MATLAB 程序接口可以使 MATLAB 方便地调用 C 和 Fortran 程序，以及在 MATLAB 与其他应用程序间建立客户/服务器关系。

1.1.5 MATLAB 应用程序简介

应用程序（也称工具箱）是 MATLAB 的重要部分，它是 MATLAB 强大功能得以实现的载体和手段，是对 MATLAB 基本功能的重要扩充。

提示

MATLAB 会不定时更新应用程序，读者可到 <http://www.mathworks.com/products> 中了解 MATLAB 应用程序的最新动态。

应用程序又可以分为功能性应用程序和学科应用程序。功能性应用程序用来扩充 MATLAB 的符号计算、可视化建模仿真，以及与硬件实时交互等功能，能用于多种学科；学科应用程序是专业性比较强的应用程序，控制工具箱、信号处理与通信工具箱等都属于此类。

在 MATLAB R2016a 版本中应用程序如图 1-1 所示。下面将科学计算中常用的应用程序所包含的主要内容进行简单介绍。

1. 样条工具箱

- 分段多项式和 B 样条。
- 样条的构造。
- 曲线拟合及平滑。
- 函数微积分。

2. 优化工具箱

- 线性规划和二次规划。

- 求函数的最大值和最小值。
- 多目标优化。
- 约束条件下的优化。
- 非线性方程求解。

3. 偏微分方程工具箱

- 二维偏微分方程的图形处理。
- 几何表示。
- 自适应曲面绘制。
- 有限元方法。

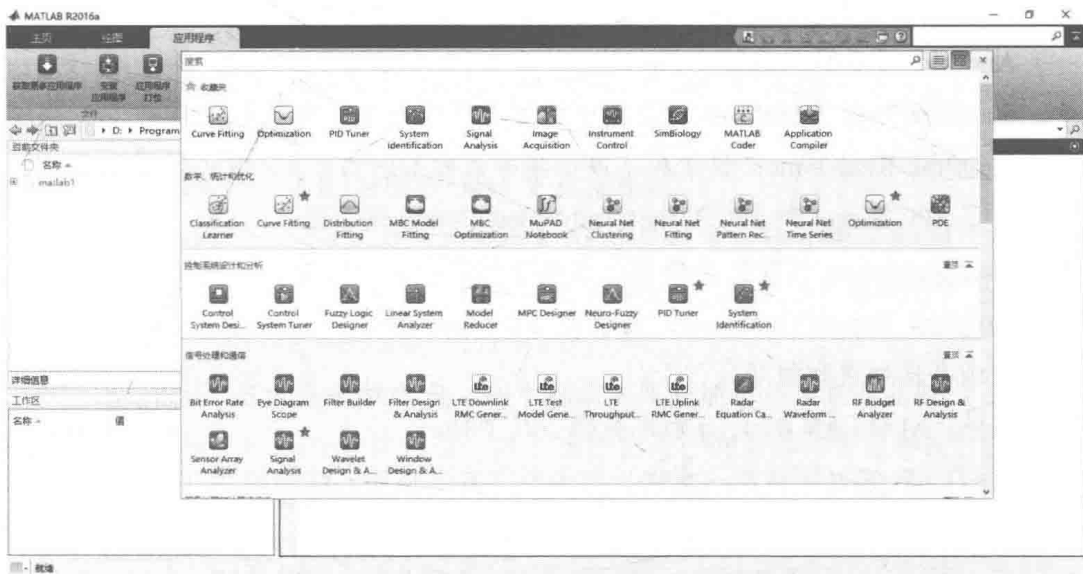


图 1-1 展开的工具箱

1.1.6 MATLAB R2016a 新特性

MATLAB R2016a 包括 MATLAB 和 Simulink 产品的新功能，以及其他产品的更新和补丁修复。

(1) MATLAB 产品系列的新功能如下：

- **Optimization Toolbox:** 混合整数线性规划 (MILP) 求解器。
- **Statistics Toolbox:** 使用每个主题的多个测量值反复测量数据建模。
- **Image Processing Toolbox:** 使用 MATLAB Coder 为 25 个函数生成 C 代码，为 5 个函数增加了 GPU 加速功能。
- **Econometrics Toolbox:** 状态空间模型、缺失数据情况下自校准的卡尔曼滤波器，以及 ARIMA/GARCH 模型性能增强。
- **Financial Instruments Toolbox:** 对偶曲线构建，用于计算信用敞口和敞口概况的