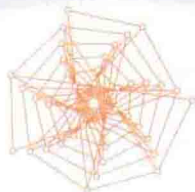




工程软件应用精解

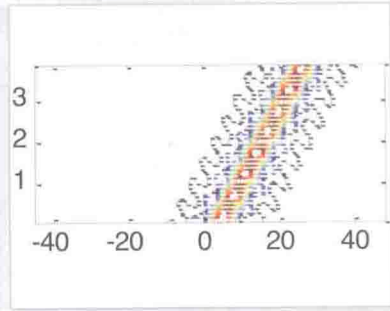
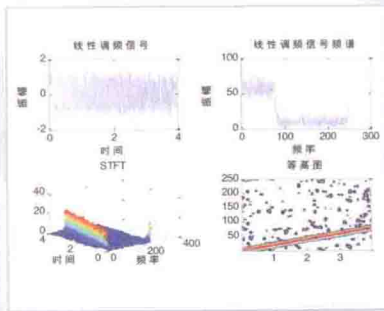
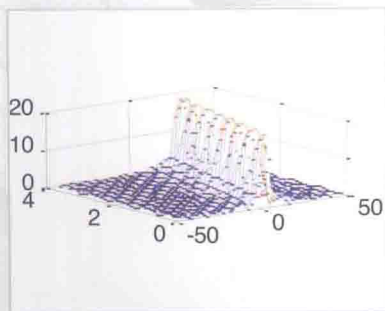


MATLAB

信号处理

超级学习手册

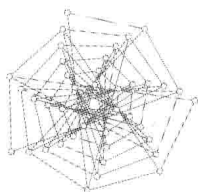
MATLAB技术联盟 史洁玉 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工程软件应用精解



MATLAB

信号处理

超级学习手册

MATLAB技术联盟 史洁玉 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

MATLAB信号处理超级学习手册 / 史洁玉编著. — 北京: 人民邮电出版社, 2014. 9
ISBN 978-7-115-35816-5

I. ①M… II. ①史… III. ①Matlab软件—应用—数字信号处理—手册 IV. ①TN911.72-62

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第148237号

内 容 提 要

MATLAB 凭借其数值计算与图形可视化功能的完美结合, 在数字信号处理领域得到了广泛的应用。本书以 MATLAB R2013a 版本为基础, 系统地讨论了数字信号处理的基本理论、基本分析方法、基本算法和设计方法, 涉及了数字信号处理的各个方面, 是一本比较全面的信号处理参考书。

本书共分为 12 章, 全面系统地阐述了数字信号处理的相关知识, 其中前 9 章包括 MATLAB 基础入门、离散时间信号及系统的介绍、Z 变换、傅里叶变换、IIR 滤波器设计、FIR 滤波器设计、自适应滤波器设计、小波分析、随机信号处理等, 后 3 章则介绍了时频分析、高阶谱分析以及 MATLAB 的一些简单应用。

本书的特点是内容全面丰富, 叙述深入浅出, 在讲解上述内容的同时, 给出了大量简单而实用的例子。本书既可作为电子工程、计算机工程、信号处理以及通信工程等专业的本科生和研究生的参考书, 也可供广大工程技术人员参考。

-
- ◆ 编 著 MATLAB 技术联盟 史洁玉
责任编辑 王峰松
责任印制 彭志环 焦志炜
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京鑫正大印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 29.75
字数: 706 千字
印数: 1—3 000 册
 - 2014 年 9 月第 1 版
2014 年 9 月北京第 1 次印刷
-

定价: 69.00 元

读者服务热线: (010)81055410 印装质量热线: (010)81055316

反盗版热线: (010)81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

前 言

MATLAB 是 Cleve Moler 博士和他的同事共同开发的一款软件，意为矩阵 (MATRIX) 和实验室 (LABORATORY) 的组合。MATLAB 属于自身开放式结构的软件，基于这一特点，我们可以在使用过程中比较容易地扩充 MATLAB 的功能，使得 MATLAB 产品自身也得到不断完善。

MATLAB 作为一种新兴的应用于科学计算领域的高级语言，具有编程简便、计算功能强大、语言简单、运行效率高等特性，同时拥有便捷强大的绘图功能，明显优越于其他编程语言。目前，该软件已得到了国际的公认，并被广泛应用于科学实践与实际工程计算中。

MATLAB 自身也在随着科学的发展不断的更新和改进，在今后的科学研究和工程应用中将会发挥越来越大的作用。MATLAB 现在已经广泛应用于数值分析、矩阵计算、符号计算、图形处理、图像处理、动态仿真、信号处理、声音处理、系统建模等领域中。本书将通过大量的例子全面、系统地介绍应用 MATLAB R2013a 进行数字信号处理的方法。

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 使用基础讲起，接着叙述数字信号处理的基本理论，每个章节都有 MATLAB 实例分析，最后综合介绍 MATLAB 的一些实际应用。
- 内容翔实，涉及广泛。本书内容基本涉及数字信号处理的各个方面，内容新颖。本书在讲解的过程中，合理安排章节，既注重理论研究，又加强实际应用，使读者能快速掌握书中内容。
- 实例经典，轻松易学。学习实际工程应用案例的具体操作是掌握 MATLAB 最好的方式。本书的后 3 章通过综合应用案例，透彻详尽地讲解了 MATLAB 的实际应用。

2. 本书内容

本书基于 MATLAB R2013a，讲解了 MATLAB 的基础知识和在数字信号处理中的应用。本书主要分为两个部分：基础知识部分和综合应用部分，其中基础知识部分包括第 1~9 章，综合应用部分包括第 10~12 章。

第 1 章 简单介绍了 MATLAB 的基本知识，包括 MATLAB 的语言特点、系统安装、操作界面等，对 MATLAB 的基本操作进行了简单介绍。

第 2 章 讲解了信号处理中的时间信号与系统，着重叙述了信号在 MATLAB 中的运算和时域分析。

第 3 章 详细介绍了 Z 变换的基本原理和性质，同时举例说明 Z 变换在离散系统中的应用。

2 前言

第4章 详细介绍了傅里叶变换的形式、性质及其应用，还介绍了 Gabor 变换。

第5章 介绍了数字信号处理理论的重要部分——IIR 滤波器的基本结构，分析了滤波器的设计方法。

第6章 详尽介绍了 FIR 滤波器的结构、特点、设计方法，并与 IIR 滤波器的性能相比较。

第7章 主要介绍了其他类型的滤波器，如维纳滤波器、卡尔曼滤波器、自适应滤波器。

第8章 集中讨论了随机信号处理方法，简单介绍了基本理论，着重解析了随机信号的频谱分析和系统处理模型。

第9章 初步涉及了小波分析的内容，着重讲述了小波包分解和信号去噪，并与傅里叶变换做比较。

第10章 系统介绍了时频分析理论，主要介绍了魏格纳-威利变换和希尔伯特-黄变换，具体分析了调频信号和调频信号的时频分析。

第11章 介绍了高阶谱分析的基本原理，主要分析了高阶谱的参数估计和非参数估计法，并利用高阶谱进行 DOA 估计和时延估计。

第12章 综合信号处理的各种方法，详尽介绍了 MATLAB 在瞬时混合盲信号分离、语音信号分析、雷达信号分析方面的应用。

注：本书中用到的所有程序代码和数据，请到作者的博客下载。

3. 读者对象

本书适合于 MATLAB 初学者和期望提高数字信号处理工程应用能力的读者，具体说明如下：

- | | |
|--------------|---------------------|
| ★ 信号处理的从业人员 | ★ 初学 MATLAB 的技术人员 |
| ★ 大中专院校的师生 | ★ 相关培训机构的教师和学员 |
| ★ MATLAB 爱好者 | ★ 初级和中级 MATLAB 从业人员 |

4. 本书作者

本书由 MATLAB 技术联盟史洁玉编著，另外，孔玲军、李昕、刘成柱、孙国强、代晶、贺碧蛟、石良臣、柯维娜等人为本书的编写提供了大量的帮助，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。

5. 读者服务

若读者朋友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 book_hai@126.com，或者访问博客 <http://blog.sina.com.cn/tecbook>，编者会尽快给予解答，我们将竭诚为您服务。

编者

目 录

第 1 章	MATLAB 入门	1
1.1	MATLAB 概述	1
1.1.1	什么是 MATLAB	1
1.1.2	MATLAB 语言特点	2
1.1.3	MATLAB 系统	4
1.2	MATLAB 基本操作	5
1.2.1	MATLAB 用户界面	5
1.2.2	变量及赋值	5
1.2.3	绘图命令	6
1.2.4	MATLAB 程序的结构流	8
1.3	M 文件	8
1.4	本章小结	9
第 2 章	时间信号与系统	10
2.1	离散序列	10
2.1.1	单位取样序列	10
2.1.2	单位阶跃序列	12
2.1.3	矩形序列	13
2.1.4	正弦序列	13
2.1.5	实指数序列	14
2.1.6	复指数序列	15
2.1.7	周期序列	16
2.2	信号的产生	18
2.2.1	方波函数	18
2.2.2	随机函数	19
2.2.3	三角波函数	19
2.2.4	sinc 函数	20
2.2.5	线性调频函数	20
2.2.6	diric 函数	21
2.2.7	rectpuls 函数	22
2.2.8	tripuls 函数	23

2 目录

2.2.9	pulstran 函数	23
2.2.10	gauspuls 函数	24
2.3	信号在 MATLAB 中的运算	25
2.3.1	信号的时移、反折和尺度变换	25
2.3.2	信号的加法和乘法运算	26
2.3.3	信号的奇偶分解	29
2.3.4	信号的积分和微分	30
2.4	连续时间系统的时域分析	32
2.4.1	连续时间系统求解	32
2.4.2	连续时间系统数值求解	32
2.4.3	连续时间系统符号求解	35
2.4.4	连续时间系统卷积求解	35
2.5	离散时间信号中的运算	37
2.5.1	离散时间系统响应	37
2.5.2	离散时间系统的冲激响应和阶跃响应	38
2.5.3	离散时间信号的卷积和运算	39
2.6	离散时间系统	41
2.6.1	离散时间系统的含义	41
2.6.2	离散时间系统的描述方法	42
2.6.3	采样定理	43
2.7	本章小结	49
第 3 章	Z 变换	50
3.1	Z 变换	50
3.1.1	Z 变换的定义	50
3.1.2	Z 变换的收敛域	51
3.2	Z 反变换	52
3.3	Z 变换的性质	54
3.4	Z 变换在离散系统中的应用	57
3.4.1	Z 域系统函数的零点分析	58
3.4.2	Z 域系统函数的频域分析	62
3.4.3	Z 域系统差分函数求解	65
3.5	本章小结	68
第 4 章	傅里叶变换	69
4.1	傅里叶变换的形式	69
4.2	序列的傅里叶变换	70
4.2.1	周期序列的离散傅里叶级数	70
4.2.2	非周期序列和周期序列的关系	71

4.2.3	有限长序列的线性卷积和圆周卷积	73
4.2.4	有限长序列的傅里叶表示	73
4.3	离散傅里叶变换	75
4.3.1	傅里叶级数和傅里叶变换	75
4.3.2	离散傅里叶级数的性质	78
4.3.3	离散傅里叶变换的性质	79
4.3.4	频率抽样	80
4.4	快速傅里叶变换	84
4.4.1	按时间抽取的 FFT 算法	84
4.4.2	按频率抽取的 FFT 算法	87
4.4.3	快速傅里叶变换的 MATLAB 实现	88
4.5	Chirp Z 变换	92
4.6	傅里叶变换的应用	94
4.6.1	离散傅里叶反变换	94
4.6.2	线性卷积的 FFT 求法	99
4.6.3	相关系数的快速求法	101
4.7	离散余弦变换	102
4.8	Gabor 变换	103
4.8.1	Gabor 变换的定义	103
4.8.2	Gabor 变换的一般求法	104
4.8.3	Gabor 变换的解析理论	105
4.9	本章小结	108
第 5 章	IIR 滤波器的设计	109
5.1	数字滤波器概述	109
5.1.1	数字滤波器的分类	110
5.1.2	数字滤波器的设计步骤	123
5.2	常用模拟低通滤波器的设计	124
5.2.1	确定系统函数的极点	124
5.2.2	几种模拟低通滤波器的设计	124
5.3	根据模拟滤波器设计 IIR 滤波器	142
5.3.1	脉冲响应不变法	142
5.3.2	双线性变换法	146
5.4	从模拟滤波器低通模型到数字滤波器	150
5.4.1	低通变换	150
5.4.2	高通变换	151
5.4.3	带通变换	152
5.4.4	带阻变换	153
5.5	从低通数字滤波器到各种数字滤波器的频率变换	154

4 目录

5.5.1 低通—低通	155
5.5.2 低通—高通	155
5.5.3 低通—带通	158
5.5.4 低通—带阻	158
5.6 本章小结	159
第6章 FIR 滤波器设计	160
6.1 FIR 滤波器的结构	160
6.1.1 直接型结构	161
6.1.2 级联型结构	161
6.1.3 频率抽样型结构	161
6.1.4 快速卷积型结构	166
6.2 线性相位 FIR 滤波器的特性	167
6.2.1 相位条件	167
6.2.2 线性相位滤波器的分类	168
6.2.3 线性相位滤波器的零点特性	175
6.3 基本窗函数 FIR 滤波器的设计	176
6.3.1 窗函数的基本原理	176
6.3.2 矩形窗	179
6.3.3 汉宁窗	182
6.3.4 汉明窗	188
6.3.5 布莱克曼窗	191
6.3.6 凯塞窗	193
6.3.7 窗函数设计法	195
6.4 频率采样 FIR 滤波器的设计	197
6.4.1 设计方法	197
6.4.2 约束条件	198
6.4.3 误差设计	198
6.5 FIR 数字滤波器的最优设计	204
6.5.1 最小均方误差准则	205
6.5.2 最大误差最小化准则	205
6.5.3 契比雪夫最佳一致逼近	206
6.6 FIR 与 IIR 数字滤波器的比较	210
6.7 本章小结	211
第7章 其他滤波器	212
7.1 维纳滤波器	212
7.1.1 维纳滤波器的基本原理	212
7.1.2 维纳滤波器的实现	218

7.2 卡尔曼滤波器	222
7.2.1 卡尔曼滤波器的基本原理	222
7.2.2 扩展卡尔曼滤波器和无迹卡尔曼滤波器	225
7.3 自适应滤波器	244
7.3.1 自适应滤波器的基本原理	244
7.3.2 格型自适应滤波器	249
7.3.3 LS 自适应滤波器	261
7.4 本章小结	262
第 8 章 随机信号处理	263
8.1 随机信号处理概述	263
8.1.1 随机信号的基本定义	263
8.1.2 离散随机信号的统计描述	264
8.1.3 平稳随机序列及其数字特征	266
8.1.4 平稳随机序列的功率谱	267
8.1.5 随机序列的各态历经性	268
8.1.6 特定的随机序列	268
8.1.7 随机信号处理 MATLAB 的基本应用	268
8.2 随机信号的频谱分析	271
8.2.1 非参量类方法	273
8.2.2 参量类方法	280
8.2.3 Subspace Methods 子空间法	282
8.2.4 谱分析的综合应用	284
8.3 随机信号系统处理模型	293
8.3.1 AR(1) 模型	293
8.3.2 AR(2) 模型	294
8.3.3 AR(p) 模型	294
8.3.4 MA 模型	300
8.3.5 ARMA 模型	303
8.4 本章小结	310
第 9 章 小波分析	311
9.1 信号的小波变换	311
9.1.1 信号的连续小波变换	312
9.1.2 信号的离散小波变换	313
9.1.3 信号的小波包	314
9.1.4 常用的小波函数	316
9.2 信号分析	318
9.2.1 信号的重构	318

9.2.2 提升小波在信号中的应用	321
9.3 信号去噪	327
9.3.1 小波阈值去噪	327
9.3.2 小波去噪阈值的选取规则	331
9.4 小波分析与傅里叶分析的比较	332
9.5 本章小结	334
第 10 章 时频分析工具箱	335
10.1 时频分析	335
10.1.1 时频分析的基本理论	336
10.1.2 短时傅里叶变换	336
10.1.3 窗函数以及窗函数宽度对时间—频率分辨率的影响	339
10.1.4 Gabor 展开	342
10.1.5 小波变换	345
10.2 魏格纳—威利变换	347
10.2.1 Wigner 分布的定义	348
10.2.2 WVD 的性质	349
10.2.3 WVD 的弊端	350
10.2.4 Wigner 分布的实现	351
10.2.5 Wigner 分布中交叉项的行为	353
10.3 希尔伯特—黄变换	355
10.3.1 HHT 方法基本定义	355
10.3.2 EMD 分解方法	356
10.3.3 希尔伯特—黄变换的特点	367
10.4 时频分析应用	368
10.4.1 跳频信号的时频分析	368
10.4.2 调频信号的时频分析	370
10.5 本章小结	379
第 11 章 高阶谱分析	380
11.1 高阶谱和累量简介	380
11.1.1 高阶谱	380
11.1.2 累量的定义	381
11.1.3 平稳随机过程累量的定义	382
11.1.4 累量的性质	382
11.2 高阶谱及其定义	383
11.2.1 高阶谱定义	383
11.2.2 高阶谱的性质	383
11.2.3 高阶谱估计	384

11.3 高阶谱的简单应用.....	406
11.3.1 DOA 估计.....	407
11.3.2 时延估计.....	411
11.4 本章小结.....	415
第 12 章 MATLAB 在信号处理中的应用	416
12.1 瞬时混合盲信号的分离.....	416
12.1.1 盲信号分离方法.....	416
12.1.2 主成分分析 (PCA)	421
12.1.3 独立分量分析.....	427
12.1.4 盲信号处理应用实例	432
12.1.5 盲信号时频域分离方法.....	438
12.2 语音信号分析	439
12.2.1 语音信号处理方法的基础.....	439
12.2.2 语音信号处理方法的应用.....	440
12.3 雷达信号处理	443
12.3.1 雷达信号处理的方法基础.....	443
12.3.2 雷达散射截面信号处理.....	448
12.3.3 合成孔径雷达信号的处理方法	452
12.4 本章小结.....	461
参考文献.....	462

第 1 章 MATLAB 入门

MATLAB 是一种用于数值计算、可视化及编程的高级语言和交互式环境。使用 MATLAB，用户可以分析数据、开发算法、创建模型和应用程序。

MATLAB 借助编程、工具和内置数学函数，可以探求多种方法，比电子表格或其他传统编程语言更快地求取结果。它是一种功能强大的科学计算软件。在使用之前，读者应该对它有一个整体的了解。本章主要介绍 MATLAB 的基本知识，如主要特点、系统安装、基本操作等。

学习目标：

1. 理解 MATLAB 的特点。
2. 熟悉 MATLAB 各种平台的窗口。
3. 熟练掌握 MATLAB 的各种基本操作。
4. 熟悉 MATLAB 中 M 文件的操作。

1.1 MATLAB 概述

MATLAB 是由美国 MathWorks 公司发布的主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中，为科学研究、工程设计以及必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案。

1.1.1 什么是 MATLAB

MATLAB 提供了一个高性能的数值计算和图形显示的科学与工程计算软件环境。这种易于使用的 MATLAB 环境，是由数值分析、矩阵运算、信号处理和图形绘制等组成。在这种环境下，问题和解答的表达形式（程序）几乎和它们的数学表达式完全一样，而不像传统的编程那样繁杂。

MATLAB 的基本数据单位是矩阵，它的指令表达式与数学、工程中常用的形式十分相似，故用 MATLAB 来解算问题要比用 C、FORTRAN 等语言完成相同的事情简捷得多，并且 MATLAB 也吸收了像 Maple 等软件的优点，使其成为一个强大的数学软件。

MATLAB 在新的版本中也加入了对 C、FORTRAN、C++、Java 的支持。用户可以直接调用它们，也可以将自己编写的实用程序导入到 MATLAB 函数库中方便自己以后调用。此外，许多的 MATLAB 爱好者还编写了一些经典的程序，用户可以直接进行下载使用。它的主要特性包括：

- (1) 界面用于数值计算、可视化和应用程序开发的高级语言。
- (2) 可实现迭代式探查、设计及问题求解的交互式环境。
- (3) 用于线性代数、统计、傅里叶分析、筛选、优化、数值积分以及常微分方程求解的数学函数。
- (4) 用于数据可视化的内置图形以及用于创建自定义绘图的工具。
- (5) 用于改进代码质量和可维护性，并最大限度地发挥性能的开发工具。
- (6) 用于构建自定义图形界面应用程序的工具。
- (7) 可实现基于 MATLAB 的算法与外部应用程序和语言（如 C、Java、.NET 以及 Microsoft Excel）集成的函数。

MATLAB 的一个重要特色就是其工具箱已经成为一个系列产品——MATLAB 主工具箱和各种工具箱（Toolbox）。

功能型工具箱主要用来扩充 MATLAB 的数值计算、符号运算、图形建模仿真、文字处理以及与硬件实时交互等功能，能够用于多种学科。领域型工具箱是学科专用工具箱，其专业性很强，比如控制系统工具箱（Control System Toolbox）、信号处理工具箱（Signal Processing Toolbox）、财政金融工具箱（Financial Toolbox）等。

1.1.2 MATLAB 语言特点

MATLAB 是所有 MathWorks 公司产品的基石，它包括了数值计算 2-D 和 3-D 图形、语句以及单一易使用环境下的语言能力。MATLAB 系统主要由 5 部分构成：MATLAB 语言、MATLAB 工作环境、MATLAB 图形处理、MATLAB 数学函数库、MATLAB 应用编程接口（API）。

MATLAB 具有用法简单、灵活、程式结构性强、延展性好等优点，已经逐渐成为科技计算、视图交互系统和程序中的首选语言工具。特别是它在线性代数、数理统计、自动控制、数字信号处理、动态系统仿真等方面表现突出，已经成为科研工作人员和工程技术人员进行科学研究和生产实践的有利武器。

1. 以矩阵和数组为基础的运算

MATLAB 是一个高级的矩阵/阵列语言，它包含控制语句、函数、数据结构、输入输出和面向对象编程特点。MATLAB 以矩阵为基础，不需要预先定义变量和矩阵（包括数组）的维数，可以方便地进行矩阵的算术运算、关系运算和逻辑运算等。而且 MATLAB 有特殊矩阵专门的库函数，可以高效地求解诸如信号处理、图像处理、控制等问题。

2. 语言简洁、使用方便

MATLAB 程序书写形式自由，被称为“草稿式”语言，这是因为 MATLAB 函数名和表达更接近人们书写计算公式的思维表达方式，编写 MATLAB 程序犹如在草稿纸上排列公式与求解问题，因此可以快速验证工程技术人员的算法。

此外，MATLAB 还是一种解释性语言，不需要专门的编译器。具体地说，MATLAB 运行时可直接在命令行输入 MATLAB 语句，系统立即进行处理，完成编译、链接和运行的全过程。利用丰富的库函数避开繁杂的子程序编程任务，压缩了一切不必要的编程工作。

【例 1-1】 MATLAB 求解下列方程，并求解矩阵 A 的特征值。 $Ax=b$ ，其中：

$A = \begin{bmatrix} 32 & 13 & 45 & 67 \end{bmatrix}$

```

23 79 85 12
43 23 54 65
98 34 71 35
b= 1
    2
    3
    4

```

解为: $x=A \backslash b$, 设 A 的特征值组成的向量 e , $e=eig(A)$ 。

只需要在 MATLAB 窗口中输入如下几行代码:

```

A=[32 13 45 67; 23 79 85 12;43 23 54 65;98 34 71 35];
b=[1;2;3;4];
x=A\b
x=
    0.1809
    0.5128
   -0.5333
    0.1862
e=eig(A)
e=
   193.4475
    56.6905
   -48.1919
   -1.9461

```

可见 MATLAB 的程序极其简短。更为难能可贵的是, MATLAB 具有一定的智能水平, 比如上面的解方程, MATLAB 会根据矩阵的特性选择方程的求解方法, 所以用户根本不用怀疑 MATLAB 的准确性。

3. 强大的科学计算和数据处理能力

MATLAB 是一个包含大量计算算法的集合, 拥有 600 多个工程中要用到的数学运算函数, 可以方便地实现用户所需的各种计算功能。

函数中所使用的算法都是科研和工程计算中的最新研究成果, 而且经过了各种优化和容错处理。在通常情况下, 可以用它来代替底层编程语言, 如 C 和 C++。在计算要求相同的情况下, 使用 MATLAB 的编程工作量会大大减少。

MATLAB 的这些函数集包括从最简单最基本的函数到诸如矩阵、特征向量、快速傅里叶变换的复杂函数。函数所能解决的问题大致包括矩阵运算和线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程组的求解、符号运算、傅里叶变换和数据的统计分析、工程中的优化问题、稀疏矩阵运算、复数的各种运算、三角函数和其他初等数学运算、多维数组操作以及建模动态仿真等。

4. 强大的图形处理功能

MATLAB 具有非常强大的以图形化显示矩阵和数组的能力, 同时它能给这些图形增加注释并且可以对图形进行标注和打印。

MATLAB 的图形技术包括二维和三维的可视化、图象处理、动画等高层次的专业图形

的高级绘图函数,例如图形的光照处理、色度处理以及四维数据的表现等,又包括一些可以让用户灵活控制图形特点的低级绘图命令,可以利用 MATLAB 的句柄图形技术创建图形用户界面。

同时对一些特殊的可视化要求,例如图形对话等, MATLAB 也有相应的功能函数,保证了用户不同层次的要求。另外新版本的 MATLAB 还着重在图形用户界面 (GUI) 的制作上做了很大的改善,对这方面有特殊要求的用户也可以得到满足。

5. 应用广泛的模块集合——工具箱

MATLAB 的一个重要特色就是具有一套程序扩展系统和一组称之为工具箱的特殊应用子程序,每一个工具箱都是为某一类学科专业和应用而定制的。

MATLAB 包含两个部分,核心部分和各种可选的工具箱。核心部分中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、文字处理功能以及和硬件实时交互功能,而学科性工具箱专业性比较强,如 Control Toolbox、Signal Processing Toolbox、Communication Toolbox 等。

此外,用户可以直接使用工具箱学习、应用和评估不同的方法而不需要自己编写代码。

目前, MATLAB 已经把工具箱延伸到了科学研究和工程应用的诸多领域,如数据采集、数据库接口、概率统计、样条拟合、优化算法、偏微分方程求解、神经网络、小波分析、信号处理、图像处理、系统辨识、控制系统设计、LMI 控制、健壮控制、模型预测、模糊逻辑、金融分析、地图工具、非线性控制设计、实时快速原型及半物理仿真、嵌入式系统开发、定点仿真、DSP 与通信、电力系统仿真等,都在工具箱 (Toolbox) 家族中有了自己的一席之地。

6. 具有可扩充性强的应用程序接口

MATLAB 不仅有着丰富的库函数,在进行复杂的数学运算时可以直接调用,而且用户还可以根据需要方便地编写和扩充新的函数库。

通过混合编程,用户可以方便地在 MATLAB 环境中调用其他用 FORTRAN 或者 C 语言编写的代码。

7. 源程序的开放性

开放性也许是 MATLAB 最受人们欢迎的特点。除内部函数以外,所有 MATLAB 的核心文件和工具箱文件都是可读可改的源文件,用户可通过对源文件的修改以及加入自己的文件构成新的工具箱。

8. 实用的程序接口和发布平台

新版本的 MATLAB 可以利用 MATLAB 编译器和 C/C++ 数学库和图形库,将自己的 MATLAB 程序自动转换为独立于 MATLAB 运行的 C 和 C++ 代码,允许用户编写可以和 MATLAB 进行交互的 C 或 C++ 语言程序。另外, MATLAB 网页服务程序还容许在 Web 应用中使用自己的 MATLAB 数学和图形程序。

1.1.3 MATLAB 系统

MATLAB 系统主要包括 5 个部分:桌面工具和开发环境、数学函数库、语言、图形处理与外部接口。其中,桌面工具包括 MATLAB 桌面和命令窗口,编辑器,调试器,代码分

析器和用于浏览帮助、工作空间、文件的浏览器。

MATLAB 的函数库包括大量的算法,从初等函数到复杂的高等函数。MATLAB 语言是一种基于矩阵和数组的高级语言,具有程序流控制、函数、数据结构、输入输出和面向编程等特色。在图形处理中, MATLAB 具有方便的数据可视化功能。同时, MATLAB 语言具有能够和一些高级语言进行交互的函数库。

1.2 MATLAB 基本操作

本节主要介绍 MATLAB 一些入门知识,包括 MATLAB 桌面和窗口, MATLAB 命令格式、数据格式、数据文件和变量管理, MATLAB 的变量, MATLAB 的程序设计方法, MATLAB 作图方法,在线帮助的使用和程序文件、目录的管理等。

1.2.1 MATLAB 用户界面

启动 MATLAB,单击 MATLAB 图标,进入到用户界面,如图 1-1 所示。

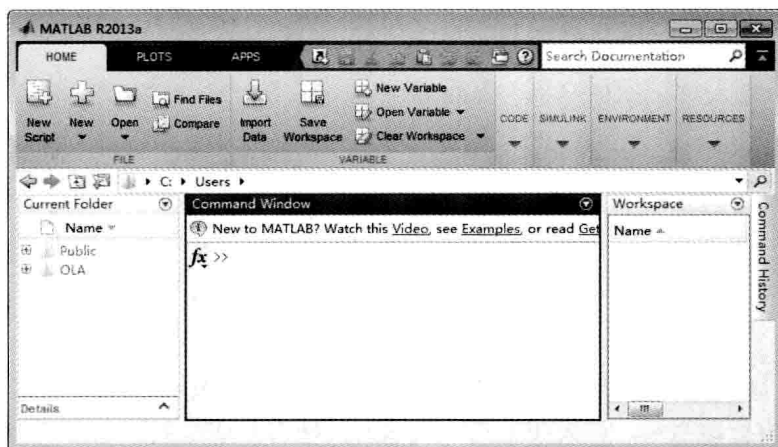


图 1-1 工作界面

进入到 MATLAB 命令窗 (MATLAB Command Window),在命令窗内,可以输入命令、编程、进行计算。

使用 Help 命令,在搜索栏输入 fft,会出现如图 1-2 所示的画面。从图中可以很快知道一些函数的用法。在 MATLAB 中也提供了 M 文件的编辑窗口,如图 1-3 所示。

1.2.2 变量及赋值

在 MATLAB 中,变量由字母、数和下画线组成。第一个字符必须是字母,一个变量最多由 31 个字符组成,并区分大小写。下面是 MATLAB 中表示特殊量的字符: pi (圆周率)、eps (最小浮点数)、Inf (正无穷大)、NaN (表示 0/0 或 inf-inf 等不定值)、i, j (虚数单位)。