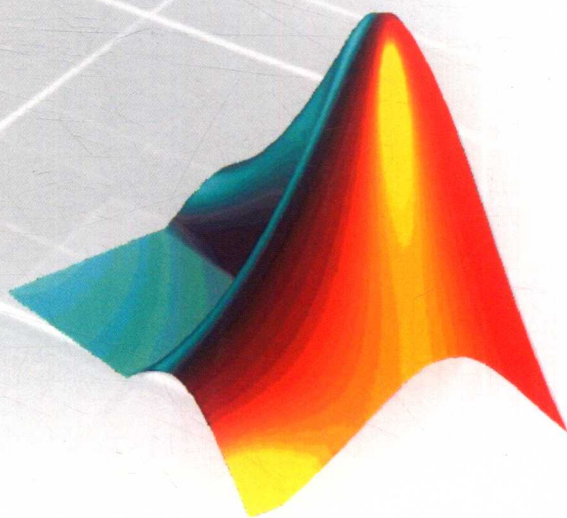




普通高校“十三五”规划教材



MATLAB基础与应用

(第3版)

张 平 吴云洁 夏 洁 袁少强 董小萌 编著

非
外
借



北京航空航天大学出版社
BEIHANG UNIVERSITY PRESS



普通高校“十三五”规划教材

MATLAB 基础与应用

(第3版)

张 平 吴云洁 夏 洁 袁少强 董小萌 编著



北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书在介绍 MATLAB 基本知识及运算规则的同时,侧重控制与仿真领域的应用和图形、图像编辑等方面内容,如矩阵运算、符号运算、图形功能、控制系统分析与设计、Simulink 仿真及 MATLAB 与 Simulink 综合应用等;详细给出了 MATLAB 的基本语句、运算功能和常用命令表,特别给出了很多应用实例,包括控制与仿真及较为复杂的综合应用,重点介绍了 MATLAB 与 ADAMS 软件在虚拟样机建模、设计与仿真验证方面的联合应用。本书所有实例都已经作者亲自验证通过。

本书既可作为各高校控制、自动化、电子等相关专业教材或教学参考书,也可供相关专业人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 基础与应用 / 张平等编著. -- 3 版. -- 北京 :
北京航空航天大学出版社, 2018. 8
ISBN 978-7-5124-2747-1

I. ①M… II. ①张… III. ①Matlab 软件—高等学校
—教材 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 156408 号

版权所有,侵权必究。

MATLAB 基础与应用(第 3 版)

张 平 吴云洁 夏 洁 袁少强 董小萌 编著
责任编辑 冯 颖

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(邮编 100191) <http://www.buaapress.com.cn>

发行部电话:(010)82317024 传真:(010)82328026

读者信箱:goodtextbook@126.com 邮购电话:(010)82316936

北京时代华都印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:787×1 092 1/16 印张:16.25 字数:416 千字

2018 年 9 月第 1 版 2018 年 9 月第 1 次印刷 印数:3 000 册

ISBN 978-7-5124-2747-1 定价:39.90 元

前言

MATLAB 软件环境是美国新墨西哥大学的 Cleve Moler 博士首创的,其全称为 MATrix LABoratory(矩阵实验室)。MATLAB 是以 20 世纪七八十年代流行的 LINPACK(线性代数计算)和 ESPACK(特征值计算)软件包为基础发展起来的。MATLAB 软件随着 Windows 环境的发展而迅速发展,其充分利用了 Windows 环境的交互性、多任务功能和图形功能,开发了矩阵的智能和数学可视化表示方式,创建了一种建立在 C 语言基础上的 MATLAB 专用语言,使得矩阵运算、数值运算、数据与图形显示等变得极为简单易行。MATLAB 语言是一种更为抽象的高级数学应用语言,它一方面与 C 语言类似,另一方面又更为接近人的抽象思维,通用性强,便于学习和编程。同时,MATLAB 软件环境还具有很好的开放性,用户可以根据自己的需求,利用 MATLAB 提供的基本工具,灵活地编制和开发自己的程序,开创新的应用;可以自行编制程序,添加新的计算工具箱。

MATLAB 从诞生起,就得到国外许多高校师生、科技人员的关注。Moler 博士等一批数学家和软件专家成立了 Mathworks 软件开发公司,对 MATLAB 进行了大规模的扩展与改进。大批美国和其他国家的学者都对 MATLAB 进行了自主开发,以工具箱的形式加入 MATLAB 总体环境。目前在控制应用领域也已经有多种专用工具箱,如有限元分析、控制系统、系统辨识、信号处理、鲁棒控制、 μ 分析与综合、模糊控制、神经网络、小波分析、定量反馈理论、多变量频域设计、实时化等。同时,增加了强大的符号运算功能、图形处理功能等,使 MATLAB 的应用更为广泛、深入。近几十年来,MATLAB 已逐步成为国内外大学的通用计算工具,成为工业领域、航空航天领域工程师必不可少的研究与计算工具。MATLAB 软件包目前已在国内大多数高等院校、研究所得得到广泛、深入的应用。

MATLAB 的发展极为迅速,每年更新两次版本,本书内容基于 MATLAB R2017a 版本。每一个新版本都对原有版本进行了不同程度的改进;MATLAB 6.0 版本增加了航空航天计算模块,改善了实时化计算模块;MATLAB 7.0 以上版本提供了 MATLAB 与其下层实时仿真计算机 DSPACE 的无缝链接,具备了由 MATLAB 语言直接转为 C 代码进行实时仿真的功能,使 MATLAB 在工程设计和实现方面具有了实用性和竞争优势,受到广大工程设计人员和单位的重视。

本书第二版所用的版本是 MATLAB R2006a,到现在已历经了 10 年的更新。与 2015 年前的版本相比,MATLAB R2017a 版本的很多指令都有了较大程度的更改和简化,如矩阵的加法、减法、除法,都变为直接使用 +、-、*、/ 和 \ 符号,需要重新介绍。同时,新的版本几乎涵盖了旧版本的全部内容,在新版本下可以打开使用旧版本编辑的软件。

今天,MATLAB 已经走出了校园,深入到工业生产、科学研究等各个领域,成为世界范围内公认的可可靠性高的高级计算机编程语言,成为众多新型项目开发和产品研制的首选软件虚拟环境,也成为很多专业领域科技人员必须掌握的一门计算机技术。

本书介绍了 MATLAB 控制与仿真工具箱的基础知识和基本应用,为学生掌握、运用 MATLAB 语言打下基础。大学本科、专科学生在校学习期间,可以通过学习本书内容、辅助

其更好地完成高等数学、微积分、线性代数、微分方程、数值运算、时域仿真和频谱分析等课程的课内外习题。控制工程与自动化类专业的本科生、研究生以及工程研究与技术人员还可利用其进行系统分析、设计、仿真等方面更深入的学习和研究。在掌握本书内容的基础上,用户还可利用它进行二次开发,自主编程,从而进行更为广泛、深入的研究和工程设计工作。

本书重点讲述了 MATLAB 的矩阵运算、符号运算、图形功能、控制系统分析与设计、Simulink 仿真和实时化等方面的内容。每章都详细介绍了 MATLAB 的基本语句与运算功能,给出了简单的应用例题以说明该语句的应用,以及 MATLAB 指令表和应用说明。部分章节给出了较为复杂的应用例题,说明利用基本语句的再次开发过程。本书中还给出了很多控制理论与仿真方面的综合应用例题,丰富了 MATLAB 软件的应用。另外,还开发了 MATLAB 与 ADAMS 软件在虚拟样机方面的联合应用,进一步扩展了 MATLAB 的应用领域。本书在讲解中力求概念清楚,通俗易懂。

本书只涉及 MATLAB 在 Windows 环境下的应用,用户可自行扩展至 Unix、Macintosh 等多种计算机操作系统。

本书程序源代码、习题答案、课件等资料均可通过扫描本页的二维码→关注“北航理工图书”公众号→回复“2747”获得。如有疑问请发送邮件至 goodtextbook@126.com 或拨打 010-82317036 联系图书编辑。

本书在 MATLAB 中文论坛设有专门的交流版块,供同行们畅所欲言,相关链接如下:

交流版块:<https://www.ilovematlab.cn/forum-271-1.html>

程序源代码下载地址:<https://www.ilovematlab.cn/thread-554432-1-1.html>

勘误地址:<https://www.ilovematlab.cn/thread-554433-1-1.html>

本书由北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院自动控制系教师编写完成。其中第 1 章由张平编写,欧阳光协助;第 2 章由吴云洁编写,李国飞协助;第 3 章由夏洁编写,周锐协助;第 4 章由袁少强编写,毛亦舟协助;第 5 章由张平、董小萌编写,熊笑协助。作者希望本书可以成为读者在学习、研究和工程技术开发过程中友好而实用的辅助工具,也衷心希望读者朋友们可以将您的使用意见和改进建议反馈给我们,作者邮箱 zhp@buaa.edu.cn、xiaj@buaa.edu.cn。

作 者

2018 年 5 月 30 日于北京



北航理工图书

目 录

第 1 章 MATLAB 入门与基本运算

.....	1
1.1 MATLAB 环境与文件管理	1
1.2 基本数据定义与变量管理	3
1.2.1 建立与查询数据	3
1.2.2 在线查询与功能演示	6
1.3 变量、数组与函数	7
1.3.1 变 量	7
1.3.2 注释和标点	8
1.3.3 复数表示	8
1.3.4 数学函数	9
1.4 数据的输入与输出	10
1.4.1 利用 M 文件生成数据	10
1.4.2 save 与 load 指令	10
1.4.3 低级文件的输入与输出	11
1.5 数组与矩阵运算	13
1.5.1 矩阵的表示与块操作	13
1.5.2 矩阵的运算	17
1.5.3 矩阵函数	21
1.6 M 函数与 M 文件	22
1.6.1 M 函数与 M 函数文件	22
1.6.2 M 文件	24
1.7 多项式运算	26
1.7.1 求根及其逆运算	26
1.7.2 加法、减法与乘法	26
1.7.3 微分与赋值运算	27
1.7.4 有理多项式	28
1.8 控制语句与逻辑运算	30
1.8.1 for 循环	30
1.8.2 while 循环	32
1.8.3 条件语句	32
1.8.4 关系运算和逻辑运算	33
1.8.5 字符运算	36

1.9 曲线拟合与插值运算	39
1.9.1 曲线拟合	39
1.9.2 插值运算	40
1.10 符号运算	45
1.10.1 符号表达式	45
1.10.2 符号表达式的运算	49
1.10.3 微分和积分	54
1.10.4 符号表达式画图	56
1.10.5 符号表达式的简化	57
1.10.6 可变精度算术运算	58
1.10.7 符号方程求解	60
1.10.8 线性代数和符号矩阵	63
1.11 本章小结	67
习 题	67

第 2 章 图形与可视化

2.1 二维绘图的 plot 指令	69
2.2 图形修饰与控制	71
2.2.1 坐标轴的调整	71
2.2.2 文字标示	72
2.2.3 网格控制	73
2.2.4 图例注解	73
2.2.5 图形的保持	74
2.2.6 图形窗口的分割	74
2.2.7 图形的填充	75
2.2.8 交互式绘图操作	76
2.3 特殊坐标二维图形	77
2.3.1 对数坐标图形	77
2.3.2 极坐标图形	78
2.4 特殊二维图形	78
2.4.1 函数图形	78
2.4.2 饼 图	79
2.4.3 条形图	80
2.4.4 梯形图	80

2.4.5 概率分布图	81	3.5 频率响应分析	148
2.4.6 向量图	81	3.5.1 连续系统频率特性	149
2.4.7 函数绘图	82	3.5.2 离散系统频率特性	154
2.5 三维图形	83	3.5.3 时间延迟系统的频率特性	156
2.5.1 基本三维图形	84	3.6 根轨迹分析	157
2.5.2 改变视角	85	3.6.1 常规根轨迹	158
2.5.3 特殊三维图形	86	3.6.2 广义根轨迹	158
2.6 三维数据的二维图	95	3.6.3 零度根轨迹	160
2.7 其他图形函数	97	3.7 状态反馈设计	161
2.8 图形窗编辑功能	99	3.7.1 连续系统的状态反馈设计	162
2.8.1 图形窗菜单	99	3.7.2 离散系统的状态反馈设计	164
2.8.2 快捷工具栏	101	3.8 最优二次型设计	164
2.8.3 二维图形的交互编辑示例	101	3.8.1 连续系统的最优二次型设计	165
2.9 图形用户界面设计	102	3.8.2 离散系统的最优二次型设计	166
2.9.1 图形窗口的生成	102	3.8.3 对输出加权的最优二次型设计	166
2.9.2 菜单的实现	104	3.8.4 线性二次型 Gauss 最优设计	166
2.9.3 对话框的实现	107	3.9 系统辨识与降阶	167
2.9.4 控件设计技术	108	3.9.1 系统辨识	167
2.10 图形用户界面(GUI)的应用	111	3.9.2 控制系统的模型降阶	169
2.10.1 控件管理工具	114	3.10 仿真例题	171
2.10.2 控件编程设计	116	3.10.1 线性系统离散化及其频率特性和	171
2.11 动态图形与动画	122	响应	171
2.12 本章小结	123	3.10.2 太阳光源跟踪系统的根轨迹设计	176
习 题	125	3.11 本章小结	182
第3章 线性系统分析与设计	127	习 题	183
3.1 概 述	127	第4章 Simulink 仿真环境	185
3.2 线性系统的描述	127	4.1 Simulink 概述	185
3.2.1 连续系统的数学描述	128	4.2 Simulink 仿真环境及其模型库	185
3.2.2 离散系统的数学描述	133	4.3 方框图模型的建立和仿真	194
3.3 模型之间的转换	134	4.4 Simulink 仿真环境使用说明	198
3.3.1 线性系统模型之间的转换	134	4.4.1 菜单功能	198
3.3.2 连续系统与离散系统之间的转换	138	4.4.2 方框图模型的装饰	201
3.4 时间响应分析	142	4.4.3 模块属性的改变	202
3.4.1 脉冲响应	143	4.4.4 演示示波器	203
3.4.2 对任意输入的响应	145		
3.4.3 阶跃响应	147		

4.5 仿真方法及计算步长的选择 ...	205	5.2 证明欧拉矩阵为 Hermit 矩阵	229
4.5.1 仿真方法的选择	205	5.3 基于符号语言的线性系统离散化	230
4.5.2 计算步长的选择	206	5.4 系统二次型最优设计与仿真 ...	232
4.5.3 Simulink 中对仿真方法及步长的		5.5 与 ADAMS 联合的虚拟样机设计	
设置	207	应用	236
4.6 模块组与模块封装	210	5.5.1 系统的初步设计	236
4.6.1 模块组的形成	210	5.5.2 机械系统的建模与分析	237
4.6.2 模块封装	212	5.5.3 控制系统设计与仿真	240
4.7 Simulink 仿真实例	215	5.5.4 ADAMS 模型导入 Simulink 环境	
4.7.1 Simulink 的 Demo 演示实例	215		242
4.7.2 多速率计算机控制系统仿真 ...	217	5.5.5 Simulink 与 ADAMS 联合仿真及结果	
4.7.3 仿真结构图参数化	221		247
4.7.4 与 M 函数的组合仿真	222	5.6 本章小结	249
习 题	226	后 记	250
第 5 章 MATLAB 综合应用实例		参考文献	251
.....	228		
5.1 大量数据的处理	228		

第 1 章 MATLAB 入门与基本运算

本章首先介绍 MATLAB 的基本概念,包括工作空间、目录、路径和文件管理方式、帮助和例题演示功能等;之后重点介绍数组、矩阵和函数的运算规则、命令和调用方式,列举可能得到的结果;由于目前 MATLAB 符号工具箱的应用日益广泛,其强大的符号推导证明功能在工程科技领域具有特殊的辅助作用,故本章最后专门对符号工具箱及其运算进行介绍,并适当结合例题,帮助读者理解和运用。

1.1 MATLAB 环境与文件管理

本书的软件界面与程序用例均采用 MATLAB R2017a 版本。不同版本中的 M 文件没有区别,用户可以自行编制或直接运行本书的例题程序(M 文件)。低于本版本的 Simulink 仿真方框图可以直接打开,但由于它目前不支持中文,所以当低版本的 Simulink 仿真方框图含有中文时,可能无法打开,用户如果将中文修改为英文字符则无问题。需要注意的是,如果打开的 Simulink 仿真方框图是空的(白板),那么请一定不要保存,否则该图将变成空的。

MATLAB R2017a 需要在 Microsoft Windows 7 以上版本环境下启动运行,全部安装需要 10G 左右的存储空间(如果存储空间不够,可以少安装工具箱)。MATLAB 可以在 Windows 环境下直接安装,但由于占用空间较大,安装时需要启动虚拟光驱。用户启动光盘中的 Setup 安装程序,指定存放 MATLAB 的路径,选择自己需要的工具箱(一般不需要安装所有的工具箱,以减少所需的存储空间),之后程序可以自动完成安装过程。安装完成后,可以直接在桌面上创建快捷方式,如图 1.1(a)所示。应用时在 Windows 环境下直接双击该标记启动 MATLAB。双击后首先出现 MATLAB 的启动页面,如图 1.1(b)所示,然后进入 MATLAB 的功能界面,如图 1.2 所示。

功能界面包含 MATLAB 的三个顶层管理标签:HOME、PLOTS、APPS。

HOME 标签中包括基本管理功能(如搜索文件、建立一个新文件、打开一个已经存在的文件、输入数据、将数据存入工作空间或从工作空间清除数据等),以及 Simulink 工具箱的打开、页面分层显示、help 和学习 MATLAB 等图标,便于用户学习使用。

HOME 标签下的菜单栏中有一个 Layout 按钮。可以选择在当前的工作页面上要显示的功能,如图 1.3 所示。其中单击 Default 按钮可以打开如图 1.2 所示的 MATLAB 的功能界面(默认),进行文件和路径管理。功能界面中间是指令窗口(也称工作空间),按照 Layout 当前选择:左侧显示当前目录下的各个文件以及每个文件的详细解释;运行程序时,右侧显示各个数组变量的变化过程。

HOME 标签下的菜单栏中还有一个 Preferences 按钮,用户可以自行定义数据长度、显示



图 1.1 MATLAB 快捷图标与启动页面

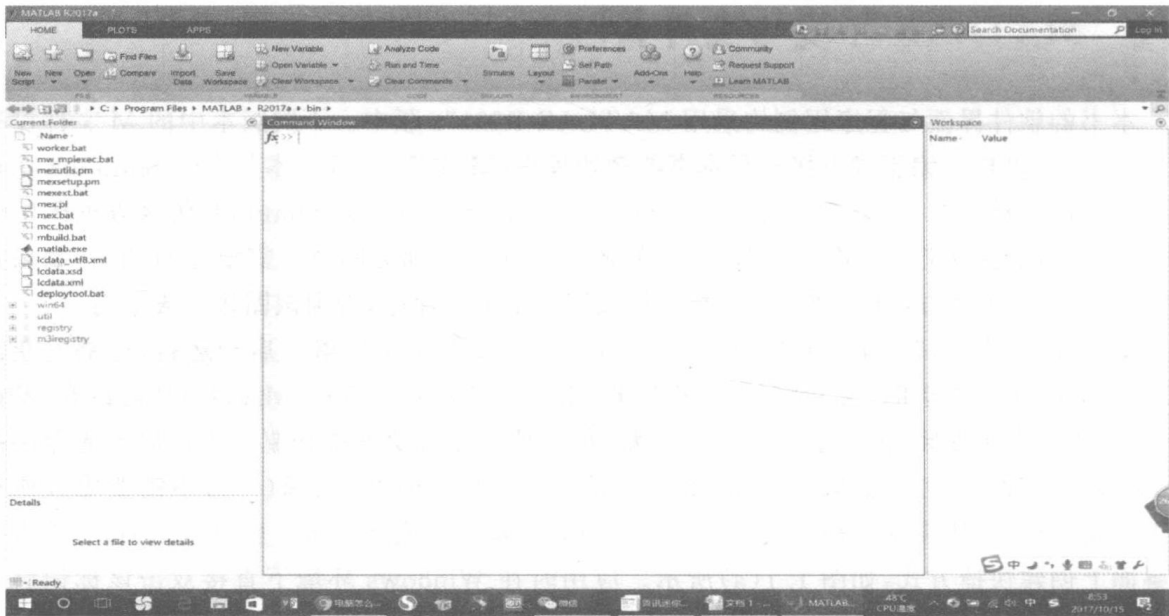


图 1.2 MATLAB 功能界面

的紧凑度、日期以及数据的显示格式与长度、矩阵的长度与宽度等,还可以选择文档中语句的颜色等。

PLOTS 标签中主要是绘图功能,包括各种绘图工具。虽然也可以给出变量直接绘图,但对于复杂系统的仿真,需要创建系统方框图,将绘图指令直接加在方框图中更为直接方便。一般用户使用的绘图工具都是和系统建模联系在一起的。

APPS 标签中包括多种应用工具箱,如最优控制、系统辨识、曲线拟合等。用户还可以自行添加新的应用程序和工具箱。这些工具箱可以直接打开,设置参数并进行运算或仿真,有的工具箱还含有默认的参数,如 PID 控制工具箱默认设置为 $K_p=1$ 。用户可以自行设置参数。但这些工具箱都是标准格式和参数,如果用户的系统更为复杂,则需要经常在仿真程序中调用工具箱,在主页上直接使用的可能性比较小。

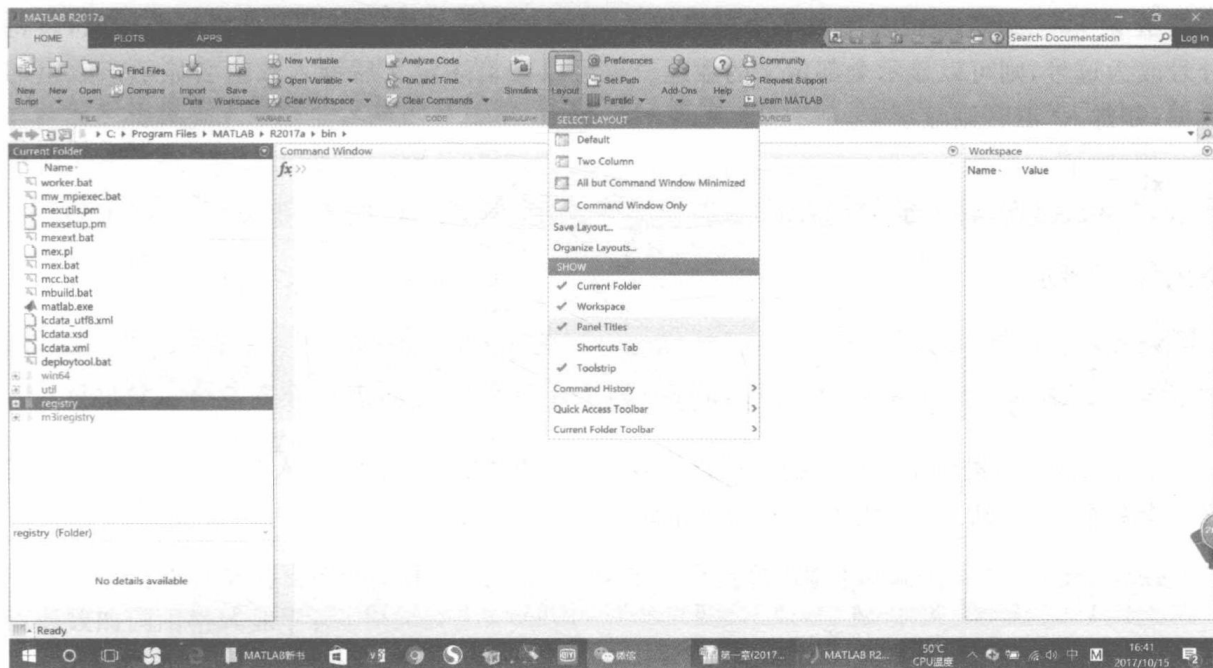


图 1.3 改变 MATLAB 工作空间上显示项目的选项

图 1.3 的第一层和第二层菜单中间是操作和目录选择,用户可以自行选择需要运行的程序的目录,在下面的主页中可以看到目录下的全部文件,从而方便用户选择应用。

依据当前 Layout 选择, MATLAB 工作空间左上方显示 Current Folder, 给出了当前目录下的全部文件, 用户可以选择打开; 左下方是 Detail 栏目, 显示所打开的文件的具体描述。用户可及时查询已存在的文件和运行的结果。

如果用户不需要这么多的界面功能, 则可分别关闭, 仅保留 Current Folder 即可, 可以随时寻找需要的文件, 也可以只保留指令窗口, 利用图 1.3 中第二层菜单进行操作和运算。

MATLAB 启动后, 直接进入 MATLAB\bin 子目录, MATLAB 一般不允许在 bin 子目录下建立自己的文件路径, 用户需要返回 MATLAB R2017a 根目录下建立自己的子目录。为了避免与 MATLAB 自身的工作程序混淆, 最好在根目录下建立自己的子目录。在 MATLAB 环境下, 用户可以选择执行扩展名为 .m (MATLAB 语言) 和 .mex (C 语言) 的文件, 以及扩展名为 .mdl 或 .xml (Simulink 方框图) 的图形文件。

1.2 基本数据定义与变量管理

启动 MATLAB 直接进入 MATLAB 的指令窗口, 即 MATLAB 的基本工作空间。在这里用户可以利用所有 MATLAB 指令进行运算, 创建自己的变量、文件、图形等。

1.2.1 建立与查询数据

1. 建立数据

键入指令“ $x=5$; $x1=[0.2 \ 1.11 \ 3]$; $y1=[1 \ 2 \ 3; \ 4 \ 5 \ 6]$,”可以建立数 x 、一

维数组 $x1$ 和二维矩阵 $y1$ 。上述指令中的分号“;”表示不在工作空间上显示定义的数组,若将分号改为逗号,则可以显示全部定义的数组。也可以在上述定义后键入数组名显示该数组的数据,如键入“ $x1$,”则显示

```
x1 =  
    0.2000    1.1100    3.0000
```

键入“ $y1$,”显示

```
y1 =  
     1     2     3  
     4     5     6
```

MATLAB 还提供了一些简捷方式以有规律地产生数组。例如,键入“ $xx=1:10$,”表示建立一个数组,从 1 到 10,间隔为 1,获得如下结果:

```
xx =  
     1     2     3     4     5     6     7     8     9    10
```

又如,键入“ $xx=-2:0.5:1$,”表示定义数组 xx 从 -2 到 1,间隔为 0.5,获得如下结果:

```
xx =  
 -2.0000 -1.5000 -1.0000 -0.5000         0    0.5000    1.0000
```

MATLAB 指令 `linspace` 可以给出等距离数据的定义。指令“ $x=\text{linspace}(d1,d2,n)$ ”即为定义数组 x 从 $d1$ 到 $d2$,等距离取 n 个点。例如,键入指令“ $xx=\text{linspace}(-1,1,10)$,”表示定义一个数组从 -1 到 +1,均匀取 10 个点,可获得如下结果:

```
xx =  
Columns 1 through 7  
 -1.0000 -0.7778 -0.5556 -0.3333 -0.1111    0.1111    0.3333  
Columns 8 through 10  
  0.5556    0.7778    1.0000
```

MATLAB 指令 `logspace` 可以定义对数坐标的数组。指令“ $x=\text{logspace}(d1,d2,n)$ ”即为定义数组 x 从 10^{d1} 到 10^{d2} ,等距离取 n 个点。例如,键入指令“ $xx=\text{logspace}(-1,1,10)$,”定义一个数组从 10^{-1} 到 10^{+1} ,均匀取 10 个点,获得如下结果:

```
xx =  
Columns 1 through 7  
  0.1000    0.1668    0.2783    0.4642    0.7743    1.2915    2.1544  
Columns 8 through 10  
  3.5938    5.9948   10.0000
```

MATLAB 以列的形式显示结果。上例中由于结果超出指令窗的屏幕范围,第一行中给出了数组 xx 的 1~7 列,第二行为数组 xx 的 8~10 列。

2. who 和 whos 指令

如果用户想查看工作空间中都有哪些变量名,则可以使用 `who` 命令来完成。例如,键入“`who`”,显示结果如下:

```
Your variables are:
```

```
x      x1      xx      y1
```

如果用户想了解这些变量的具体细节,则可以使用 `whos` 命令来查看,如键入“`whos`”,显示结果如下:

Name	Size	Bytes	Class
x	1x1	8	double
x1	1x3	24	double
xx	1x10	80	double
y1	2x3	48	double

可见这一命令将列出当前工作空间中全部变量的变量名(Name)、大小(Size)、字节数(Bytes)以及数组维数(Double Array)。

3. exist 指令

如果用户想查询当前的工作空间下是否存在一个变量,则可以调用 `exist()` 函数来完成。该函数的调用格式如下:

```
i = exist('A');
```

式中,A 为要查询的变量名。

返回值 `i` 表示 `A` 存在的形式:

`i=0` 表示 `A` 不存在;

`i=1` 表示在当前工作空间下存在一个名为 `A` 的变量;

`i=2~8` 给出了变量作为文件、函数等的各种信息。

还可以利用 `help` 指令查询,键入“`help exist`”即可。如果 `A` 是一个变量、数组或矩阵,则也可以直接键入 `A`;如果该变量存在,则显示其内容;如果该变量不存在,则给出改变量不存在的信息。

4. clear 和 clc 指令

用户可以调用 `clear` 指令来删除一些不再使用的变量,从而使得整个工作空间更简洁。例如,指令“`clear x1 y1`”将删除 `x1` 和 `y1` 变量。但应当注意,在这一命令下 `x1` 与 `y1` 之间不能加逗号,否则该命令就会被错误地解释成删除 `x1` 变量,然后开始下一个语句(其内容为 `y1`),而该语句也将被错误地解释成将 `y1` 变量的内容显示出来,这样 `y1` 变量就不会被删除了。

如果用户想删除整个工作空间中所有的变量,则可以使用 `clear` 命令,在该命令后面不用加任何参数。应当特别注意,一旦使用 `clear` 命令,MATLAB 工作空间中的全部变量将被无条件删除!系统不会要求你确认这个命令,所有变量都被直接清除且不能恢复!

一般来讲,如果需要运行一个较为复杂的文件,最好在文件开头利用 `clear` 命令清空工作空间,否则可能会有以前遗留的一些变量与你定义的变量冲突(如产生维数不同、名字相同的数组),从而影响计算结果。

`clc` 指令用于清除工作空间中所有的指令和结果。

5. format 指令

在 MATLAB 的工作空间中显示数值结果,需要遵循一定的规则。在默认的情况下,当结

果是整数时,MATLAB 将它作为整数显示;当结果是实数时,MATLAB 以小数点后 4 位的精度近似显示。如果结果中的有效数字超出了这一范围,则 MATLAB 以类似于计算器的计数法来显示结果。用户可以通过键入适当的 MATLAB 命令来选择数值格式,从而取代默认格式。例如,键入取数指令“a=215/6”,在 MATLAB 工作空间中将显示如下结果:

```
a =  
35.8333
```

表 1.1 中给出了不同命令下的数据显示结果。

表 1.1 数据格式命令说明

命 令	数据显示	说 明
Format long	35.83333333333336	16 位
Format short e	35.833e+01	5 位加指数
Format long e	35.83333333333334e+01	16 位加指数
Format short g	35.833	仅用 5 位数表示
Format long g	35.8333333333333	用 15 位数表示
Format hex	4041eaaaaaaaaab	十六进制
Format bank	35.83	2 个十进制位
Format +	+	正、负或零
Format rat	215/6	有理数近似
Format short	35.8333	默认显示

需要注意的是,在选择不同的数据格式时,MATLAB 并不改变数字的大小,只改变显示形式。一旦键入了上述某个指令,则在工作空间内的所有数据均表示为上述格式。利用 help format 命令还可以获得关于数据格式的更为详细的信息。

1.2.2 在线查询与功能演示

MATLAB 的指令繁多,为了帮助用户找到命令,MATLAB 通过其在线帮助功能提供帮助。这些功能有三种形式:help 命令、lookfor 命令以及交互使用 help 菜单条。

1. help 命令

如果知道要寻求帮助的标题,使用 help 命令是获得帮助最简单的方式。只要这个标题存在,键入 help 标题,就能显示关于该标题的帮助信息。例如,需了解求平方根(指令 sqrt)的功能和使用方式,键入“help sqrt”,将会显示

```
sqrt - 平方根
```

此 MATLAB 函数返回数组 X 中每个元素的平方根。对于数组 X 中的负元素或复数元素,sqrt(X)生成复数结果:

```
B = sqrt(X)  
See also nthroot, realsqrt, sqrtm  
Reference page for sqrt  
Other functions named sqrt
```

上面的解释表明, MATLAB R2017a 已经部分使用中文进行指令的解释, 在给出本条指令的同时, 还给出了与其相关的其他指令, 便于用户进行深入查询。

2. lookfor 命令

lookfor 命令可以根据关键词提供帮助。用户给出需要查询的关键词, MATLAB 自行搜索所有 MATLAB help 标题, 以及 MATLAB 搜索路径中 M 文件的第一行, 返回结果包含所指定关键词的所有项。用户可以只给出关键词, 不必是 MATLAB 命令。例如, 解 riccati 方程不是 MATLAB 命令, 键入“lookfor riccati”, 可以得到所有解 riccati 方程的命令和解释:

- are——Algebraic Riccati Equation solution.
- dric——Discrete Riccati equation residual calculation.
- ric——Riccati residual calculation.
- dareiter——Discrete - time algebraic Riccati equation solver.
- Aresolv——Continuous algebraic Riccati equation solver (eigen & schur).
- daresolv——Discrete algebraic Riccati equation solver (eigen & schur).
- driccond——Discrete Riccati condition numbers.
- riccond——Continuous Riccati equation condition numbers.
- care——Solve continuous - time algebraic Riccati equations.
- dare——Solve discrete - time algebraic Riccati equations.
- gcare——Generalized solver for continuous algebraic Riccati equations.
- gdare——Generalized solver for discrete algebraic Riccati equations.

1.3 变量、数组与函数

1.3.1 变 量

像其他计算机语言一样, MATLAB 也有变量名规则。变量名必须是不含有空格的单个词, 变量命名规则如下:

- 变量名区分字母大小写, 如 Items、items、itEms 及 ITEMS 都是不同的变量;
- 变量名必须以字母打头, 之后可以是任意字母、数字或下划线, 如 x51483, a_b_c_d_e;
- 许多标点符号在 MATLAB 中具有特殊含义, 所以变量名中不允许使用这些标点符号, 如“,”“;”“.”等。

除了这些命名规则, MATLAB 还有一些特殊变量, 见表 1.2。

表 1.2 MATLAB 特殊变量表

特殊变量	取 值
ans	用于结果的默认变量名
pi	圆周率
eps	计算机的最小数, 如 2.2204e-016
flops	浮点运算数
Inf	无穷大, 如 1/0

续表 1.2

特殊变量	取 值
NaN	不定量,如 0/0
i(和)j	$i=j=\sqrt{-1}$
nargin	所用函数的输入变量数目
nargout	所用函数的输出变量数目
realmin	最小可用正实数
realmax	最大可用正实数

表 1.2 中的特殊变量在启动 MATLAB 之后自动赋予表中的取值。如果用户定义了相同名字的变量,原始特殊取值将会丢失,直至清除所有变量或重新启动 MATLAB。一般来讲,应当尽量避免重新定义特殊变量。

1.3.2 注释和标点

一段程序中,如果某一行出现百分号%,则其后所有的文字均为注释语句。但注释语句不能转行,如果注释语句太长,则另起一行时前面也要加%。例如键入

```
x=4.5      % 第一次赋值
```

表示%注释 x=4.5 是本程序第一次赋值。

多条命令可以放在同一行,中间用逗号或分号隔开。用逗号要求显示结果,用分号不要求显示结果。例如键入

```
x=4.5; y=5, f=1.9
```

则要求不显示 x,显示 y 和 f。获得如下结果:

```
y =
    5
f =
    1.9000
```

在 PC 机上运行时,可以随时按下 Ctrl+C 键中断 MATLAB 的运行。

1.3.3 复数表示

MATLAB 对复数不需要特殊处理,用 i、j 和 sqrt(-x)(X 是任意整数、实数)表示。复数的数学运算可以写成与实数同样的形式。例如键入

```
a=1-2i, b=sqrt(-2), c=a+b
```

显示

```
a =
    1.0000 - 2.0000i
b =
    0 + 1.4142i
c =
    1.0000 - 0.5858i
```

MATLAB 还可以用 `real`、`imag`、`abs`、`angle` 指令来表示一个复数的实部、虚部、幅值和相角。对于上面给出的变量 `a`，如果键入“`real(a)`”，则结果如下：

```
ans =  
1
```

键入 `imag(a)`，结果为

```
ans =  
- 2
```

键入 `abs(a)`，结果为

```
ans =  
2.2361
```

键入 `angle(a)`，结果为

```
ans =  
- 1.1071
```

得到 `a` 的实部为 1，虚部为 -2 ，幅值（实部与虚部的平方和开方）为 2.236 1 和幅角（`arctan`，即虚部/实部）为 $-1.107\ 1\ \text{rad}$ 。

1.3.4 数学函数

MATLAB 所支持的常用数学函数见表 1.3。注意：MATLAB 只对弧度操作。

表 1.3 常用数学函数

命 令	说 明	命 令	说 明
<code>Abs(x)</code>	绝对值或复数的幅值	<code>gcd(x,y)</code>	整数 <code>x</code> 和 <code>y</code> 的最大公约数
<code>Acos(x)</code>	反余弦	<code>imag(x)</code>	复数虚部
<code>Acosh(x)</code>	反双曲余弦	<code>lcm(x,y)</code>	整数 <code>x</code> 和 <code>y</code> 的最小公倍数
<code>Angle(x)</code>	四象限内去复数相角	<code>log(x)</code>	自然对数
<code>Asin(x)</code>	反正弦	<code>log10(x)</code>	常用对数
<code>Asinh(x)</code>	反双曲正弦	<code>real(x)</code>	复数实部
<code>Atan(x)</code>	反正切	<code>rem(x,y)</code>	除后余数； <code>rem(x,y)</code> 给出 <code>x/y</code> 的余数
<code>Atan2(x,y)</code>	四象限内反正切	<code>round(x)</code>	四舍五入到最接近的整数
<code>atanh(x)</code>	反双曲正切	<code>sign(x)</code>	符号函数；返回自变量的符号。例如 <code>sign(1.5)=1</code> ， <code>sign(-2.4)=-1</code> ， <code>sign(0)=0</code>
<code>ceil(x)</code>	对 $+\infty$ 方向取整数		
<code>conj(x)</code>	复数共轭		
<code>cos(x)</code>	余弦	<code>sin(x)</code>	正弦
<code>cosh(x)</code>	双曲余弦	<code>sinh(x)</code>	双曲正弦
<code>exp(x)</code>	指数函数 e^x	<code>sqrt(x)</code>	平方根
<code>fix(x)</code>	对零方向取整	<code>tan(x)</code>	正切
<code>floor(x)</code>	对 $-\infty$ 方向取整数	<code>tanh(x)</code>	双曲正切