

建模与仿真技术

JIANMO YU FANGZHEN JISHU

董 钢 涂敦兰 ● 编著



西南交通大学出版社

普通高等教育“十三五”应用型人才培规划教材

建模与仿真技术

董 钢 涂敦兰 编著



西南交通大学出版社

· 成 都 ·

图书在版编目 (C I P) 数据
建模与仿真技术 / 董钢, 涂敦兰编著. —成都:
西南交通大学出版社, 2017.6
ISBN 978-7-5643-5431-2

I. ①建… II. ①董… ②涂… III. ①Matlab 软件 -
应用 - 建立模型②Matlab 软件 - 应用 - 系统仿真 IV.
①O22②TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2017) 第 096402 号

建模与仿真技术

董 钢 涂敦兰 编著

责任编辑 穆 丰

封面设计 何东琳设计工作室

出版发行 西南交通大学出版社
(四川省成都市二环路北一段 111 号
西南交通大学创新大厦 21 楼)

邮政编码 610031

发行部电话 028-87600564

官网 <http://www.xnjdcbs.com>

印刷 四川森林印务有限责任公司

成品尺寸 185 mm × 260 mm
印张 8.25
字数 183 千
版次 2017 年 6 月第 1 版
印次 2017 年 6 月第 1 次
定价 25.00 元
书号 ISBN 978-7-5643-5431-2

课件咨询电话: 028-87600533

图书如有印装质量问题 本社负责退换

版权所有 盗版必究 举报电话: 028-87600562

前 言

统计计算是力求把统计思想、数值计算步骤以及在计算机上的实现结合起来,使学习者掌握用统计方法解决实际问题的全过程。

本书使学生能够把统计推导、数值计算和计算机上实现有机地结合起来,从而掌握用统计方法解决实际问题的全过程。本书的内容以基础入门为主,不要求学生有程序设计方面的先修课程经验。

但是如果具有以下知识点学习会更轻松:一门程序设计语言(C/VB/其他);高等数学知识;线性代数知识;熟悉 Windows;熟练的键盘操作能力。

MATLAB 是一种广泛应用于工程计算及数值分析领域的功能强大的计算机高级语言,它集科学计算、图像处理于一身,并提供了丰富的图形界面设计方法。它的特点是语法结构简单、数值计算高效、图形功能完备,特别适合于非计算机专业的编程人员完成日常数值计算、科学实验数据处理、图形图像生成等通用性任务时使用,因而在统计、信号处理、自动控制、图像处理、人工智能及计算机通信等领域得到了广泛应用。现在,在全球各高等院校, MATLAB 已成为大学生必须掌握的基本技能之一。

本书系统讲解 MATLAB 基本环境和操作要旨、数值计算、符号计算、计算结果可视化及编程精要;举例阐述 MATLAB 精华工具 Simulink 的仿真功能;剖析 MATLAB 界面编辑器的用法和图形用户界面(GUI)的制作要求;介绍 MATLAB 和 Word 集成一体的 Notebook 环境;举例展现 MATLAB 在数学、经济、通信、控制中的应用。

通过 MATLAB 语言实验课程的学习,学生应能够熟练掌握 MATLAB 的基本编程方法,能运用其进行诸如数值计算、科学实验数据处理、算法设计与验证、图形图像生成以及 Simulink 的系统仿真等方面的工作,并能够熟练地将 MATLAB 应用于本专业的学习和研究中,解决相关课程中的数学计算、图形绘制、建模与仿真等问题,提高科学计算与研究的效率,从而具备利用 MATLAB 进行计算机处理、解决实际问题的能力。

编 者

2017 年 5 月

目 录

情景一	MATLAB 操作基础	1
1.1	MATLAB 概述	1
1.2	MATLAB 的运行环境与安装	3
1.3	MATLAB 集成环境	3
1.4	MATLAB 帮助系统	7
情景二	MATLAB 矩阵及其运算	8
2.1	Matlab 的工作环境	8
2.2	变量和数据操作	9
2.3	MATLAB 矩阵	11
2.4	MATLAB 运算	14
2.5	矩阵分析	17
2.6	矩阵的超越函数	20
2.7	字符串	20
2.8	结构数据和单元数据	21
2.9	稀疏矩阵	22
2.10	MATLAB 常用数学函数	23
2.11	矩阵的运算与分解	34
情景三	MATLAB 程序设计	36
3.1	M 文件	36
3.2	程序控制结构	37
3.3	函数文件	51
3.4	程序举例	53
3.5	程序调试	54
情景四	MATLAB 文件操作	55
4.1	文件的打开与关闭	55

4.2	文件的读写操作	55
4.3	数据文件定位	56
情景五	MATLAB 绘图	57
5.1	二维数据曲线图	57
5.2	其他二维图形	62
5.3	隐函数绘图	63
5.4	三维图形	64
5.5	图形修饰处理	67
5.6	图像处理与动画制作	69
情景六	MATLAB 数据分析与多项式计算	71
6.1	数据统计处理	71
6.2	数据插值	74
6.3	曲线拟合	82
6.4	离散傅立叶变换的实现	83
6.5	多项式计算	84
情景七	MATLAB 解方程与函数极值	88
7.1	线性方程组求解	88
7.2	非线性方程数值求解	92
7.3	常微分方程初值问题的数值解法	93
7.4	函数极值	94
情景八	MATLAB 数值积分与微分	96
8.1	数值积分	96
8.2	数值微分	98
情景九	MATLAB 符号计算	100
9.1	符号对象	100
9.2	符号微积分	102
9.3	级数	104
9.4	符号方程求解	104
情景十	MATLAB 图形句柄	105
10.1	图形对象及其句柄	105
10.2	图形对象属性	105
10.3	图形对象的创建	106

情景十一	MATLAB 图形用户界面设计	108
11.1	菜单设计	108
11.2	对话框设计	108
11.3	图形用户界面设计工具	109
情景十二	Simulink 动态仿真集成环境	112
12.1	Simulink 操作基础	112
12.2	系统仿真模型	112
12.3	系统的仿真	114
12.4	使用命令操作对系统进行仿真	115
12.5	子系统及其封装技术	116
12.6	S 函数的设计与应用	118
情景十三	在 Word 环境下使用 MATLAB	120
13.1	Notebook 操作基础	120
13.2	单元的使用	120
13.3	输出格式控制	122

情景一 MATLAB 操作基础

1.1 MATLAB 概述

1.1.1 MATLAB 简介

MATLAB 是 MathWorks 公司于 1982 年推出的一套高性能的数值计算和可视化数学软件，被誉为“巨人肩上的工具”。

由于使用 MATLAB 编程运算与人进行科学计算的思路和表达方式完全一致，所以用 MATLAB 编写程序就犹如在演算纸上排列公式及求解问题。因此，MATLAB 又被称为演算纸式的科学算法语言。

经过十几年的完善和扩充，MATLAB 现已发展成线性代数课程的标准计算工具。由于它不需定义数组的维数，并给出了矩阵函数、特殊矩阵专门的库函数，使之在求解诸如信号处理、建模、系统识别、控制、优化等领域的问题时，显得更为简捷、高效、方便，这是其他高级语言所不能比拟的。

1.1.2 MATLAB 的发展

1984 年，MATLAB 第 1 版（DOS 版）；

1992 年，MATLAB 4.0 版；

1994 年，MATLAB 4.2 版；

1997 年，MATLAB 5.0 版；

1999 年，MATLAB 5.3 版；

2000 年，MATLAB 6.0 版；

2001 年，MATLAB 6.1 版；

2002 年，MATLAB 6.5 版；

2004 年，MATLAB 7.0 版；

2006 年，MATLAB 7.2 版；

2007 年，MATLAB 7.3 版；

2008 年，MATLAB 7.6 版；

2009 年，MATLAB 7.9 版；

2010 年，MATLAB 7.11 版；

2011 年，MATLAB 7.13 版；

2012 年，MATLAB 8.0 版；

2013 年, MATLAB 8.2 版;

2014 年, MATLAB 8.4 版;

2015 年, MATLAB 8.6 版;

2016 年, MATLAB 9.0 版;

1.1.3 MATLAB 的主要功能

1. 数值计算和符号计算功能

MATLAB 以矩阵作为数据操作的基本单位, 提供了十分丰富的数值计算函数。MATLAB 和著名的符号计算语言 Maple 相结合, 使得 MATLAB 具有符号计算功能。

2. 绘图功能

MATLAB 提供了两个层次的绘图操作: 一种是对图形句柄进行的低层绘图操作, 另一种是建立在低层绘图操作之上的高层绘图操作。

3. 编程语言

MATLAB 具有程序结构控制、函数调用、数据结构、输入输出、面向对象等程序语言特征, 而且简单易学、编程效率高。

4. MATLAB 工具箱

MATLAB 包含两部分内容: 基本部分和各种可选的工具箱。MATLAB 包括被称作工具箱 (TOOLBOX) 的各类应用问题的求解工具。它可用来求解各类学科问题, 包括信号处理、图像处理、控制系统辨识、神经网络等。随着 MATLAB 版本的不断升级, 其所含的工具箱的功能也越来越丰富。

MATLAB 工具箱分为两大类: 功能性工具箱和学科性工具箱。

1.1.4 初识 MATLAB

例 1-1 在同一坐标系中绘出正弦曲线 $y=\sin x$ 和余弦曲线 $y=\cos x$ 在 $[0, 2\pi]$ 上的图形。

```
x=[0: 1/180: 2*pi]; % 输入自变量 x 的行矩阵
```

```
f1=sin(x); %输出因变量 f1 的行矩阵
```

```
f2=cos(x); %输出因变量 f2 的行矩阵
```

```
plot(x, f1, x, f2); %调用绘图命令一次画出两条曲线。
```

例 1-2 求方程 $3x^4+7x^3+9x^2-23=0$ 的全部根。

```
p=[3, 7, 9, 0, -23]; %建立多项式系数向量
```

```
x=roots(p)%求根
```

例 1-3 求积分

```
quad('x.*log(1+x)', 0, 1)。
```

例 1-4 求解线性方程组: $Ax=b$ 。

其中 $A=[2, -3, 1;$

8, 3, 2;

45, 1, -9];

b=[4; 2; 17];

解 $x=\text{inv}(A)*b$

注意：线性方程组的解也可写成 $x=A\backslash b$ 。

1.2 MATLAB 的运行环境与安装

1.2.1 MATLAB 的运行环境

硬件环境：

- (1) CPU：奔腾Ⅲ以上；
- (2) 内存：1 G 以上；
- (3) 硬盘：40 G 以上；
- (4) CD-ROM：驱动器和鼠标。

软件环境：

- (1) Windows 98/NT/2000 或 Windows XP；
- (2) 其他软件根据需要选用

1.2.2 MATLAB 的安装

安装 MATLAB 6.5 软件，需运行系统自带的安装程序 `setup.exe`，一般只要用鼠标双击安装图标，就会启动安装程序，而只需按照安装提示正确输入（或粘贴）安装序列号后点击“确认”键，并按提示修改安装路径（或默认安装到 C 盘）就能完成安装。

安装完毕后，在“开始”→“程序”→“Matlab.exe”菜单中，双击 Matlab 图标，即可运行程序。

1.3 MATLAB 集成环境

1.3.1 启动与退出 MATLAB 集成环境

1. MATLAB 系统的启动

与一般的 Windows 程序一样，启动 MATLAB 系统有 3 种常见方法：

- (1) 使用 Windows “开始”菜单。
- (2) 运行 MATLAB 系统启动程序 `matlab.exe`。
- (3) 利用快捷方式。

启动 MATLAB 后，将进入 MATLAB 6.5 集成环境。MATLAB 6.5 集成环境包括 MATLAB 主窗口、命令窗口（Command Window）、工作空间窗口（Workspace）、命令历史窗口（Command History）、当前目录窗口（Current Directory）和启动平台窗口（Launch

Pad)。

当 MATLAB 安装完毕并首次启动时，展现在屏幕上的界面为 MATLAB 的默认界面，如图 1-1 所示。

2. MATLAB 系统的退出

要退出 MATLAB 系统，也有 3 种常见方法：

- (1) 在 MATLAB 主窗口 File 菜单中选择 Exit MATLAB 命令。
- (2) 在 MATLAB 命令窗口输入 Exit 或 Quit 命令。
- (3) 单击 MATLAB 主窗口的“关闭”按钮。

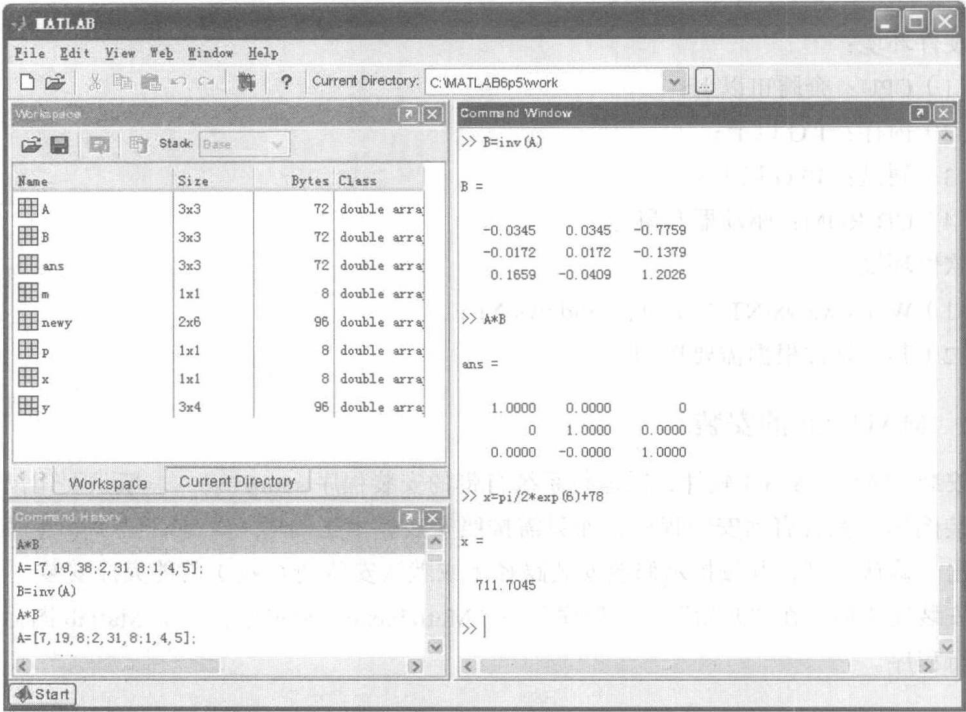


图 1-1 MATLAB 默认界面

1.3.2 主窗口

MATLAB 主窗口是 MATLAB 的主要工作界面。主窗口除了嵌入一些子窗口外，还包括菜单栏和工具栏。

1. 菜单栏

在 MATLAB 6.5 主窗口的菜单栏，共包含 File、Edit、View、Web、Window 和 Help 6 个菜单项。

- (1) File 菜单项：实现有关文件的操作。
- (2) Edit 菜单项：用于命令窗口的编辑操作。
- (3) View 菜单项：用于设置 MATLAB 集成环境的显示方式。

(4) Web 菜单项：用于设置 MATLAB 的 Web 操作。

(5) Window 菜单项：主窗口菜单栏上的 Window 菜单，只包含一个子菜单 Close all，用于关闭所有打开的编辑器窗口，包括 M-file、Figure、Model 和 GUI 窗口。

(6) Help 菜单项：Help 菜单项用于提供帮助信息。

2. 工具栏

MATLAB 6.5 主窗口的工具栏共提供了 10 个命令按钮。这些命令按钮均有对应的菜单命令，但比菜单命令使用起来更快捷、方便。

1.3.3 命令窗口

命令窗口是 MATLAB 的主要交互窗口，用于输入命令并显示除图形以外的所有执行结果。

MATLAB 命令窗口中的“>>”为命令提示符，表示 MATLAB 正在处于准备状态。在命令提示符后键入命令并按下回车键后，MATLAB 就

会解释执行所输入的命令，并在命令后面给出计算结果。

一般来说，一个命令行输入一条命令，命令行以回车结束。但一个命令行也可以输入若干条命令，各命令之间以逗号分隔，若前一命令后带有分号，则逗号可以省略。

例如：

```
p = 15, m = 35
```

```
p = 15; m = 35
```

在编程中，逗号表示换列，相当于一个空格；分号表示换行，分号与回车的作用都是换行。

如果一个命令行很长，一个物理行之内写不下，可以在第一个物理行之后加上 3 个小黑点并按下回车键，然后接着下一个物理行继续写命令的其他部分。3 个小黑点称为续行符，即把下面的物理行看作该行的逻辑继续。

在 MATLAB 里，有很多的控制键和方向键可用于命令行的编辑。

1.3.4 工作空间窗口

工作空间是 MATLAB 用于存储各种变量和结果的内存空间。在该窗口中显示工作过程中所有变量的名称、大小、字节数和变量类型说明，可对变量进行观察、编辑、保存和删除。

如果想要把工作空间中的变量及其数据存成文件，只需键入命令：Save filename.mat variablename，不写变量名将会把工作空间中全部数据保存到用户所指定的文件内。

1.3.5 当前目录窗口和搜索路径

1. 当前目录窗口

当前目录是指 MATLAB 运行文件时的工作目录，只有在当前目录或搜索路径下的文

件、函数可以被运行或调用。

在当前目录窗口中可以显示或改变当前目录，还可以显示当前目录下的文件并提供搜索功能。

将用户目录设置成当前目录也可使用“cd”命令。例如，将用户目录 c:\mydir 设置为当前目录，可在命令窗口输入命令：

```
cd c:\mydir
```

2. MATLAB 的搜索路径

当用户在 MATLAB 命令窗口输入一条命令后，MATLAB 按照一定次序寻找相关的文件。基本的搜索过程是：

- (1) 检查该命令是不是一个变量。
- (2) 检查该命令是不是一个内部函数。
- (3) 检查该命令是否当前目录下的 M 文件。
- (4) 检查该命令是否 MATLAB 搜索路径中其他目录下的 M 文件。

用户可以将自己的工作目录列入 MATLAB 搜索路径，从而将用户目录纳入 MATLAB 系统统一管理。设置搜索路径的方法有：

(1) 用 path 命令设置搜索路径。例如，将用户目录 c:\mydir 加到搜索路径下，可在命令窗口输入命令：

```
path(path, 'c:\mydir')
```

(2) 用对话框设置搜索路径

在 MATLAB 的“File”菜单中选“Set Path”命令或在命令窗口执行“pathtool”命令，将出现搜索路径设置对话框。可通过“Add Folder”或“Addwith Subfolder”命令按钮将指定路径添加到搜索路径列表中，在修改完搜索路径后，需要保存搜索路径。

1.3.6 命令历史记录窗口

在默认设置下，历史记录窗口中会自动保留自软件安装起所有用过的命令的历史记录，并且还标明了使用时间，从而方便用户查询。通过双击命令还可进行历史命令的再运行。如果要清除这些历史记录，可以选择“Edit”菜单中的“Clear Command History”命令。

1.3.7 启动平台窗口和“Start”按钮

MATLAB 6.5 的启动平台窗口可以帮助用户方便地打开和调用 MATLAB 的各种程序、函数和帮助文件。

MATLAB 6.5 主窗口左下角有一个“Start”按钮，单击该按钮会弹出一个菜单，选择其中的命令可以执行 MATLAB 产品的各种工具，并且可以查阅 MATLAB 包含的各种资源。

1.4 MATLAB 帮助系统

1.4.1 帮助窗口

进入帮助窗口可以通过以下 3 种方法：

- (1) 单击 MATLAB 主窗口工具栏中的 Help 按钮。
- (2) 在命令窗口中输入 “helpwin” “helpdesk” 或 “doc”。
- (3) 选择 “Help” 菜单中的 “MATLAB Help” 选项。

1.4.2 帮助命令

MATLAB 帮助命令包括 “help” “lookfor” 以及模糊查询。

1. “help” 命令

在 MATLAB 6.5 命令窗口中直接输入 “help” 命令将会显示当前帮助系统中所包含的所有项目，即搜索路径中所有的目录名称。同样，可以通过输入 “help” 加函数名来显示该函数的帮助说明。

2. “lookfor” 命令

“help” 命令只搜索出那些关键字完全匹配的结果，“lookfor” 命令可搜索范围内的 M 文件进行关键字搜索，条件比较宽松。

“lookfor” 命令只对 M 文件的第一行进行关键字搜索。若在 lookfor 命令后加上 “-all” 选项，则可对 M 文件进行全文搜索。

3. 模糊查询

MATLAB 6.0 以上的版本提供了一种类似模糊查询的命令查询方法，用户只需要输入命令的前几个字母，然后按 “Tab” 键，系统就会列出所有以这几个字母开头的命令。

1.4.3 演示系统

在帮助窗口中选择演示系统 (Demos) 选项卡，然后在其中选择相应的演示模块，或者在命令窗口输入 “Demos”，或者选择主窗口 “Help” 菜单中的 “Demos” 子菜单，可打开演示系统。

1.4.4 远程帮助系统

在 MathWorks 公司的主页 (<http://www.mathworks.com>) 上可以找到很多有用的信息，国内的一些网站也有丰富的信息资源。

情景二 MATLAB 矩阵及其运算

2.1 Matlab 的工作环境

2.1.1 Matlab 的命令窗口计算输入

在 MATLAB 命令窗口下进行基本数学运算，只需在提示号“>>”之后直接输入运算式，并按下“Enter”键即可。例如在命令窗口中键入：

```
(10*19+2/4-34)/2*3,
```

回车后可得：

```
ans = 234.7500
```

MATLAB 会将运算结果直接存入一变数 `ans`，代表 MATLAB 运算后的答案，并在命令视窗上显示其数值。如果在上述的例子结尾加上分号“;”，则计算结果不会显示在命令视窗上，要得知计算值只需键入该变数名即可。

2.1.2 Matlab 的数字格式

MATLAB 可以将计算结果以不同的精确度的数字格式显示，我们可以在命令视窗上的功能选单上的“Options”下选“Numerical Format”，或者直接在命令视窗键入各个数字显示格式的指令。例如在命令窗口键入：

```
format short （这是默认的）
```

MATLAB 利用键盘上“↑”“↓”二个游标键可以将所执行过的指令调回来重复使用。按下“↑”则前一次指令重新出现，之后再按“Enter”键，即再执行前一次的指令。而“↓”键的功用则是往后执行指令。其他在键盘上的几个键如“→”“←”“Delete”“Insert”其功能则显而易见，试用即知，无须多加说明。当要暂时执行作业系统（例如 Dos）的指令且还要执行 MATLAB 指令时，可以利用“!”加上原作业系统的指令，例如“!dir, !format a:”。

2.1.3 Matlab 的退出

“Ctrl+C”（即同时按下 Ctrl 及 C 两个键）可以用来中止 MATLAB 执行中的工作。

有三种方法可以结束 MATLAB：

- （1）在命令窗口输入“exit”；
- （2）在命令窗口输入“quit”；
- （3）直接关闭 MATLAB 的命令视窗（Command Window）。

2.2 变量和数据操作

2.2.1 变量与赋值

1. 变量命名

在 MATLAB 6.5 中, 变量名是以字母开头, 后接字母、数字或下划线的字符序列, 最多 63 个字符。变量名区分字母的大小写。

注意事项: (1) 变量名的大小写是要区分的。(2) 变量名的第一个字符必须为英文字母, 而且不能超过 31 个字符。(3) 变量名可以包含下连字符、数字, 但不能包含空格符、标点。(4) 为读取方便, 变量名应尽量采用首写字母为大写的英文单词, 且避免和库函数名冲突。

2. 赋值语句

(1) 变量 = 表达式。

(2) 表达式。

其中, 表达式是用运算符将有关运算量连接起来的式子, 其结果是一个矩阵。

MATLAB 书写表达式的规则与“手写算式”差不多相同。如果一个指令过长可以在结尾加上“...”(代表此行指令与下一行连续), 例如键入:

```
3*...
```

```
6                %求 3 与 6 的乘积
```

运行可得结果:

```
ans = 18
```

例 2-1 计算表达式的值, 并显示计算结果。

在 MATLAB 命令窗口输入命令:

```
x = 1+2i;
```

```
y = 3-sqrt(17);
```

```
z = (cos(abs(x+y))-sin(78*pi/180))/(x+abs(y))
```

其中“pi”和“i”都是 MATLAB 预先定义的变量, 分别代表圆周率 π 和虚数单位。

输出结果是:

```
z = -0.3488 + 0.3286i
```

2.2.2 预定义变量

在 MATLAB 工作空间中, 还驻留有几个由系统本身定义的变量。例如, 用 pi 表示圆周率 π 的近似值, 用 i, j 表示虚数单位。预定义变量有特定的含义, 在使用时, 应尽量避免对这些变量重新赋值。

ans: 预设的计算结果的变量名;

eps: 正极小值 $\text{eps} = 2.2204\text{e-}16$;

pi: 内建的 π 值;

inf 或 ∞ 值: 无限大;
NaN: 无法定义一个数目 (1/0);
i 或 j: 虚数单位 $i=j=\sqrt{-1}$;
nargin: 函数输入参数个数;
nargout: 函数输出参数个数;
realmax: 最大的正实数;
realmin: 最小的正实数;
flops: 浮点运算次数。

2.2.3 内存变量的管理

1. 内存变量的删除与修改

MATLAB 工作空间窗口专门用于内存变量的管理。在工作空间窗口中可以显示所有内存变量的属性。当选中某些变量后,再单击“Delete”按钮,就能删除这些变量。当选中某些变量后,再单击“Open”按钮,将进入变量编辑器。通过变量编辑器可以直接观察变量中的具体元素,也可修改变量中的具体元素。

“clear”命令用于删除 MATLAB 工作空间中的变量。“who”和“whos”这两个命令用于显示在 MATLAB 工作空间中已经驻留的变量名清单。“who”命令只显示出驻留变量的名称,“whos”在给出变量名的同时,还给出它们的大小、所占字节数及数据类型等信息。

2. 内存变量文件

利用 MAT 文件可以把当前 MATLAB 工作空间中的一些有用变量长久地保留下来,其扩展名是.mat。MAT 文件的生成和装入由“save”和“load”命令来完成的,其常用格式为:

save 文件名[变量名表] [-append] [-ascii]

load 文件名[变量名表] [-ascii]

其中,文件名可以带路径,但不需带扩展名.mat,命令隐含对.mat 文件进行操作的含义。变量名表中的变量个数不限,只要内存或文件中存在即可,变量名之间以空格分隔。当变量名表省略时,会保存或装入全部变量。“-ascii”选项使文件以 ASCII 格式处理,省略该选项时文件将以二进制格式处理。“save”命令中的“-append”选项可将变量追加到已有 MAT 文件中。

2.2.4 MATLAB 常用数学函数

MATLAB 提供了许多数学函数,函数的自变量规定为矩阵变量,运算法则是将函数逐项作用于矩阵的元素上,因而运算的结果是一个与自变量同维数的矩阵。

函数使用说明:

(1) 三角函数以弧度为单位计算。

(2) abs 函数可以求实数的绝对值、复数的模、字符串的 ASCII 码值。