



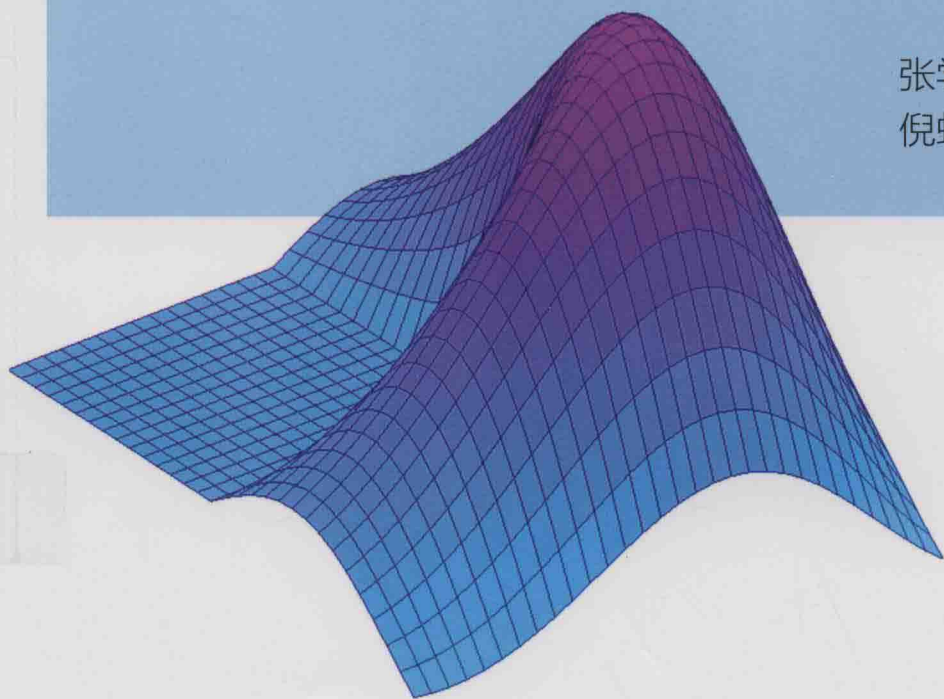
“十三五”普通高等教育本科规划教材

MATLAB

基础及应用

(第三版)

张学敏 主 编
倪虹霞 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



“十三五”普通高等教育本科规划教材

MATLAB

基础及应用

(第三版)

主 编 张学敏
副主编 倪虹霞
编 写 吕晓丽 姜 航



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为“十三五”普通高等教育本科规划教材。

MATLAB 是集数学计算、图形处理和程序设计于一体的科学计算软件。本书以全新的编排方式,由浅入深、循序渐进地介绍了 MATLAB 7 的数值计算功能、符号运算功能、数据可视化、图形处理、程序设计、句柄图形和图形用户界面等内容,同时给出了 MATLAB 在电路、信号与系统、数字信号处理、图像处理、自控原理及电力系统仿真方面的应用实例。这些实例令 MATLAB 的学习更加直观、方便,条理更加清晰,也为读者灵活运用 MATLAB 处理实际问题、掌握 MATLAB 的应用技巧提供了思路。

本版书中重点章节后均附有习题,同时书后附带的光盘中配有全书示例的相关代码及习题答案。

本书可作为普通高等院校理工科学生学习 MATLAB 语言的教材和参考书,也可作为广大科技工作者和爱好 MATLAB 语言的学习者们的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 基础及应用/张学敏主编. —3 版. —北京:中国电力出版社,2018.4

“十三五”普通高等教育本科规划教材

ISBN 978-7-5198-1892-0

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 066836 号

出版发行:中国电力出版社

地 址:北京市东城区北京站西街 19 号(邮政编码 100005)

网 址:<http://www.cepp.sgcc.com.cn>

责任编辑:张富梅(010-63412548 10317085@qq.com)

责任校对:李 楠

装帧设计:王英磊 赵姗姗

责任印制:吴 迪

印 刷:北京雁林吉兆印刷有限公司

版 次:2009 年 1 月第一版 2018 年 4 月第三版

印 次:2018 年 4 月北京第十五次印刷

开 本:787 毫米×1092 毫米 16 开本

印 张:20.5

字 数:501 千字

定 价:49.80 元

版 权 专 有 侵 权 必 究

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

前 言

本书自 2012 年 2 月第二版起到此次再版期间，应读者的要求，部分章节内容均有或多或少的补充或修改。本书是以 MATLAB7.1 版为基础展开介绍的，由于 MATLAB 版本的不断更新，其工作环境界面在形式上也随之有所变化。鉴于新版本的出现，本次再版增加了对 MATLAB R2014a 版的工作环境介绍一节。事实上，无论哪个版本，MATLAB 工作环境的四个经典窗口（命令窗口、命令历史窗口、工作空间窗口和当前路径窗口）均没变，无论安装哪个版本，只要读者反复练习，勤于实践，即使遇到不是自己经常使用的版本，也会很快适应的。为了进一步满足广大读者的需求，本次再版还在以下几个方面做了补充。

（1）第二章第三节矩阵的乘、除法运算在介绍上与线性代数课程相对应，尤其矩阵的除法运算，围绕求解一个三元一次线性方程组的方式展开，更易理解。

（2）第七章第二节关于图形用户界面的向导设计，除了三个图形在控件作用下，均画在同一个坐标轴里的情况，补充了将三个图形分别画在三个不同的坐标轴里的情形，这样更便于观察，也利于读者在使用图形用户界面 GUI 时根据实际情况灵活选择。

（3）第十一章增加了第七节 MATLAB 在通信原理课程中的应用，将 MATLAB 的应用又做了进一步延展。

另外，本书的 PPT 文档及书中例题可在中国电力出版社网站下载使用（<http://jc.cepp.sgcc.com.cn>）。

本书的编者希望读者继续提出宝贵的意见和建议，让我们在学习 MATLAB 的过程中共同进步！来信请发送至 ccitzhxm@126.com。

编 者

2018 年 2 月

第一版前言

MATLAB (Matrix Laboratory) 是美国 MathWorks 公司于 20 世纪 80 年代开发的一种可视化科学计算软件, 是界面友好且开放性很强的大型优秀应用软件。它将矩阵运算、数值分析、图形处理、图形用户界面和编程技术有机结合在一起, 为用户提供了一个强有力的工程问题分析、计算及程序设计的工具。在发达国家, MATLAB 早已在工程院校普及。在中国, 学习和使用 MATLAB 的人也越来越多, 很多理工科高等院校开设了 MATLAB 课程, 它已成为广大读者在数值分析、数字信号处理、自动控制理论以及工程应用等方面的首选工具。

作者在多年从事 MATLAB 教学的基础上, 编写了本教材, 在编写过程中还精心选择了具有代表性的例题, 通过这些例题可以帮助读者理解 MATLAB 的基本命令并熟悉 MATLAB 的使用, 从而进一步满足广大读者学习 MATLAB 的需要。

本书是按以下的指导思想来组织的:

(1) 前十章是 MATLAB 语言的基础知识。MATLAB 语言的内容极其丰富, 本书不可能涵盖 MATLAB 的所有内容, 但通过这部分内容的学习, 可以帮助读者了解 MATLAB 语言的基本内容框架, 为读者体会 MATLAB 神奇魅力的探索之路上提供前进的路标。

(2) 最后一章是 MATLAB 的综合应用, 主要是在电路、信号与系统、数字信号处理、图像处理和电力系统仿真上的应用。这部分内容充分体现了 MATLAB 的科学计算能力和数据可视化特点。在数字信号处理应用方面充分使用了 MATLAB 的信号处理工具箱 (MATLAB 中有许多应用在不同领域的工具箱, 它们是用 MATLAB 基本语句编成的子程序集), 应用工具箱可以进一步简化编程, 为解决复杂问题提供高效的办法。在电力系统仿真应用方面充分利用了动态系统仿真工具 Simulink。

(3) 对应用部分涉及的相关内容, 本书不再做理论推导, 而是直接利用教材上的现有结论来重点讨论如何利用这些结论和 MATLAB 编程解决实际问题, 通过可视化结果来加深对理论的理解。

(4) 读者不要忽视本书“提示”部分内容, 它是所在章节的相关内容的补充, 也是学习 MATLAB 的关键之处。

本书由孟祥萍教授主审。全书共分十一章, 第一、第七章由姜航老师编写; 第二、第十和第十一章及附录 A 和附录 B 由张学敏老师编写; 第三、第四、第五章由吕晓丽老师编写; 第六、第八、第九章由倪虹霞老师编写。刘春雷协助完成全书的版式设计工作。

本书主要介绍 MATLAB 7 的使用方法和技巧, 同时兼顾 MATLAB 6.x 版本。书中列举的大量实例, 可以帮助读者在最短的时间内熟悉 MATLAB, 并开发和设计自己的 MATLAB 程序。

如果本书能为您学习 MATLAB 带来帮助, 将是作者的无限欣慰。作为本书的作者, 我们衷心期望您能为本书提出宝贵的意见和建议。例如: 哪些章节还需要进一步修改? 还应增加哪些内容? 哪部分内容还需更详尽一步? 您可以通过以下的 E-mail 与我们联系, ccitzhxm@126.com。

编 者

第三版前言

本书第一版出版以后，有很多读者希望本教材能提供相应的习题，以便于读者自学练习。在教材编写之初，编者也考虑过习题部分，但由于 MATLAB 语言作为一门工具类课程，仅凭有限的习题是不能把握其精髓的，需要学习者在熟悉相关内容后，自主做大量的练习，这是非常必要的。考虑到读者的需求，本书在第二版增加了习题。这些习题是编者在学习和使用 MATLAB 的过程中的总结和提炼。习题主要分布在第二章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第十章和第十一章，第二版教材主要特点如下：

- (1) 第六、第七、第八、第十、第十一章习题原创性强，特色鲜明；
- (2) 习题后附有习题求解的参考代码；
- (3) 第十章增加了 Simulink 的典型实例；
- (4) 第十一章增加了在自控原理课程中的应用内容；
- (5) 配有例题和习题的 MATLAB 代码光盘；
- (6) 在出版社网站 (<http://jc.cepp.sgcc.com.cn>) 挂有本教材的 PPT 课件。

限于编者水平，书中难免会有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者联系方式：ccitzhxm@126.com。

编 者

2012 年 1 月

目 录

前言

第一版前言

第二版前言

第一章 MATLAB 概述	1
第一节 MATLAB 简介	1
第二节 MATLAB 应用开发环境	3
第三节 MATLAB 帮助系统	14
第四节 MATLAB R2014a 版本简介	18
第二章 数组的运算基础	25
第一节 数组的创建	25
第二节 标量—数组的运算	29
第三节 数组—矩阵的运算	29
第四节 标准数组	41
第五节 数组的大小	43
第六节 矩阵和数组的关系运算和逻辑运算	45
习题	48
第三章 字符串	49
第一节 字符串数组的建立	49
第二节 单元数组的建立	51
第三节 结构数组的建立	54
第四节 数值与字符串的相互转换	55
第五节 字符串函数	59
第四章 MATLAB 数值运算基础	61
第一节 多项式运算	61
第二节 数据插值	65
第三节 数据分析	68
习题	72
第五章 MATLAB 符号运算	75
第一节 创建符号变量	75
第二节 符号表达式的建立、化简和替换	77
第三节 符号微积分	85
第四节 符号方程求解	91

第五节 符号数学的简易绘图函数	94
习题	100
第六章 图形处理功能	102
第一节 二维平面图形的绘制	102
第二节 三维平面图形的绘制	113
第三节 坐标轴的控制和图形标注	122
第四节 句柄图形	126
习题	136
第七章 MATLAB 的图形用户界面 GUI	141
第一节 GUI 设计工具简介	141
第二节 GUI 向导设计	149
第三节 GUI 程序设计	155
习题	162
第八章 图像、视频和声音	165
第一节 图像	165
第二节 影片	168
第三节 图像和影片的相互转换	169
第四节 声音	170
习题	171
第九章 MATLAB 程序设计基础	175
第一节 M 文件介绍	175
第二节 M 文件程序流程控制	180
第三节 M 文件调试	192
第四节 函数句柄	194
第十章 Simulink 基础	196
第一节 Simulink 概述	196
第二节 Simulink 基本模块简介	197
第三节 Simulink 电力系统模块简介	203
第四节 Simulink 建模方法和步骤	208
第五节 Simulink 仿真运行及结果分析	211
第六节 Simulink 典型模块使用的简单示例	217
习题	232
第十一章 MATLAB 的综合应用	235
第一节 MATLAB 在“电路”中的应用	235
第二节 MATLAB 在“电力系统”中的应用	239
第三节 MATLAB 在“信号与系统”中的应用	253
第四节 MATLAB 在“数字信号处理”中的应用	258
第五节 MATLAB 在“图像处理”中的应用	265

第六节	MATLAB 在自动控制原理中的应用	278
第七节	MATLAB 在通信原理中的应用	285
习题		296
附录 A	MATLAB 函数命令索引表	302
附录 B	图形对象属性表	307
参考文献		318

第一章 MATLAB 概述

第一节 MATLAB 简介

MATLAB 是一种高效的科学及工程计算语言,它将计算、可视化和编程等功能集于一体,广泛地应用于数学分析、计算、自动控制、系统仿真、数字信号处理、图像处理、数理统计、人工智能、通信工程和金融系统等领域。

一、MATLAB 的发展历史

MATLAB 是 Matrix Laboratory (矩阵实验室) 的缩写,它是以线性代数软件包 LINPACK 和特征值计算软件包 EISPACK 中的子程序为基础发展起来的一种开放性程序设计语言。20 世纪 80 年代初期, Cleve Moler 和 John Little 采用 C 语言改写了 MATLAB 内核,不久他们便成立了 Mathworks 软件开发公司,并将 MATLAB 正式推向市场。经过几十年的发展和完善, MATLAB 成为国际认可的最优化的科技应用软件。

MATLAB 软件从 1984 年推出的第 1 个版本到目前发布的 MATLAB R201x, 工作环境界面有了很大的改进和增补,增加了许多新功能和更为有效的处理方法。

二、MATLAB 的主要特点

MATLAB 是一个交互式系统(写程序与执行命令同步),这一点在命令窗口(Command Window)表现最为突出。当用户在命令窗口提示符后输入表达式或调入 M 文件,按 Enter 键后, MATLAB 会很快将运算结果以数据或可视化图形的形式显示出来,为用户解决许多工程实际问题提供了方便,特别是那些包含了大矩阵或数组的工程计算,采用 MATLAB 编程解决工程问题比采用仅支持标量和非交互式的编程语言(如 C 语言和 Fortran 语言)更加方便、高效。

MATLAB 的一个重要特色就是它有一套程序扩展系统和一组称为工具箱 (Toolboxes) 的特殊应用子程序。工具箱是 MATLAB 函数的子程序库,每一个工具箱都是为某一类学科专业定制的,主要包括信号处理、控制系统、神经网络、模糊逻辑、小波分析和电力系统仿真等方面的应用。

MATLAB 版本无论如何更替,其人性化的、简洁明了的四个窗口仍然存在,它们是命令窗口 (Command Window)、工作空间窗口 (Work Space)、命令历史记录 (Command History) 窗口和当前路径窗口 (Current Directory)。本书 MATLAB 的工作环境是 MATLAB 7.1 版本,从 MATLAB 7.1 版本开始,添加和修改了一些内核数值算法,除了支持双精度类型的数组运算外,还能支持其他数据类型的数学运算,比如符号型。

MATLAB 7 的其他新特性如下。

1. 开发环境

(1) 新的用户界面环境和开发环境,使用户可以更方便地控制多个文件和图形窗口,用户可以按照自己的习惯来定制桌面环境,还可以为常用的命令定义快捷键。

(2) 功能更强的数组编辑器和工作空间浏览器,使用户可以更方便地浏览、编辑图形化

变量。

(3) 更强大的 M 文件编辑器, 用户可以选择执行 M 文件中的部分内容等。

2. 编程

(1) 支持函数嵌套、有条件中断点。

(2) 可以用匿名函数来定义单行函数等。

3. 数值处理

(1) 整数算法, 方便用户处理更大的整数。

(2) 单精度算法、线性代数、FFT 和滤波, 方便用户处理更大的单精度数据等。

4. 图形化

(1) 新的绘图界面窗口, 使用户可以不必通过输入 M 函数代码而直接在绘图界面窗口中交互式地创建并编辑图形。

(2) 用户可以直接从图形窗口中生成 FIG 文件, 可以多次重复地执行用户自定义的作图。

(3) 更强大的图形标注和处理功能。

(4) 数据探测工具, 用户可以在图形窗口中方便地查询图形上某一点的坐标值。

(5) 功能更强大的图形句柄等。

5. 图形用户界面

(1) 面板和分组按钮使得用户可以对用户界面的控件进行分组。

(2) 用户可以直接在 GUIDE 中访问 ActiveX 控件。

总的来说, MATLAB 7.x 是对 MATLAB 版本演进过程中的又一次改进, 基本操作及功能并没有显著变化, 几乎所有用 MATLAB 6.x 编写的代码都可以不加修改地在 MATLAB 7.x 中运行。MATLAB 7.x 新增和改进的大部分特性都是为了使用户在利用 MATLAB 解决问题时取得更高的工作效率。

三、MATLAB 的基本组成

MATLAB 系统包括 5 个主要部分。

(1) MATLAB 语言: 一种高级矩阵语言, 带有独特的数据结构、输入输出、流程控制语句、函数及面向对象的特点。它集计算、数据可视化和程序设计于一体, 并能将问题和解决方案以用户熟悉的数学符号表示出来。

(2) MATLAB 数学函数库: 一个包含大量数学函数的集合, 包括最简单、最基本的加法、减法、正弦、余弦等函数到矩阵的转置、分解和信号的快速傅里叶变换等较复杂的函数。

(3) 工作环境: 一个集成了许多应用程序和工具的工作空间。这些工具可以方便用户使用 MATLAB 的函数和文件, 包括命令窗口、命令历史窗口、工作空间窗口、编辑器和调试器、路径搜索和在线帮助文档等。

(4) 图形处理: 用 MATLAB 可以将向量和矩阵以图形的形式表示出来, 并且可以对图形进行标注和打印。低层次的作图包括直角坐标作图、极坐标作图和符号图形等, 高层次的作图包括三维数据可视化、图像处理、动画等。

(5) MATLAB 应用程序接口 (API): 这是一个库, 它允许用户编写可以和 MATLAB 进行交互的 C 或 Fortran 语言程序。比如, 从 MATLAB 中调用 C 和 Fortran 程序、输入和输出数据, 以及与其他应用程序之间建立关系。

第二节 MATLAB 应用开发环境

在本书第二版和第一版中,均有关于 MATLAB 安装的介绍,鉴于安装应用软件对于读者来说,只要按照安装提示一步一步操作即可,此版省略了这部分内容的介绍。现在读者使用的电脑配置大多符合安装条件要求。本节仅介绍 MATLAB 7.1 的工作环境界面,使读者掌握 MATLAB 7.1 软件的基本操作方法。

MATLAB 7.x 的工作界面主要由菜单栏、工具栏、当前目录窗口、工作空间窗口、历史命令窗口和命令窗口组成,如图 1-1 所示。

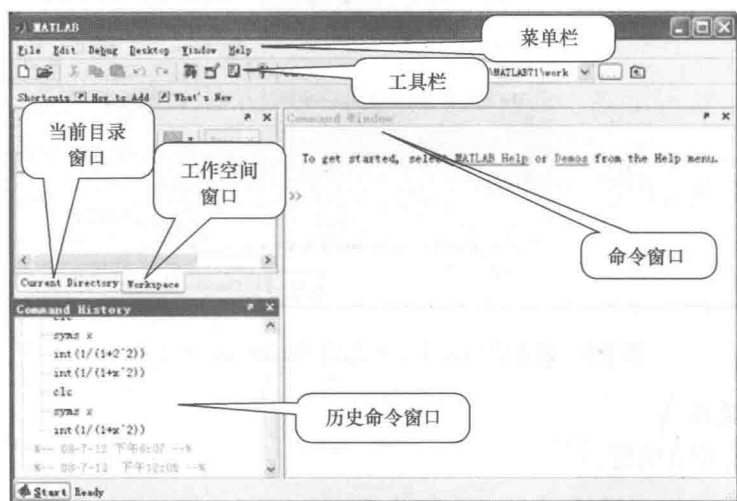


图 1-1 MATLAB 7 工作界面

一、菜单栏和工具栏

MATLAB 7.x 的菜单栏和工具栏与 Windows 程序的界面类似,用户只要稍加实践就可以掌握其功能和使用方法。菜单栏的内容会随着在命令窗口中执行不同命令而作出相应改变,这里只简单介绍默认情况下的菜单栏和工具栏。

1. File 菜单

- Import Data: 向工作空间导入数据;
- Save Workspace As: 将工作空间的变量存储在某一文件中,文件的扩展名为 mat;
- Set path: 搜索路径设置对话框;
- Preferences: 环境参数设置对话框,比如可以设置 MATLAB 界面各个窗口字体大小、颜色等参数,如图 1-2 所示。

2. Edit 菜单

主要用于复制、粘贴等操作,与一般的 Windows 程序类似,在此不作详细介绍。

3. Debug 菜单

用于程序的调试。

4. Desktop 菜单

用于设置主窗口中需要打开的窗口和对窗口进行布局。

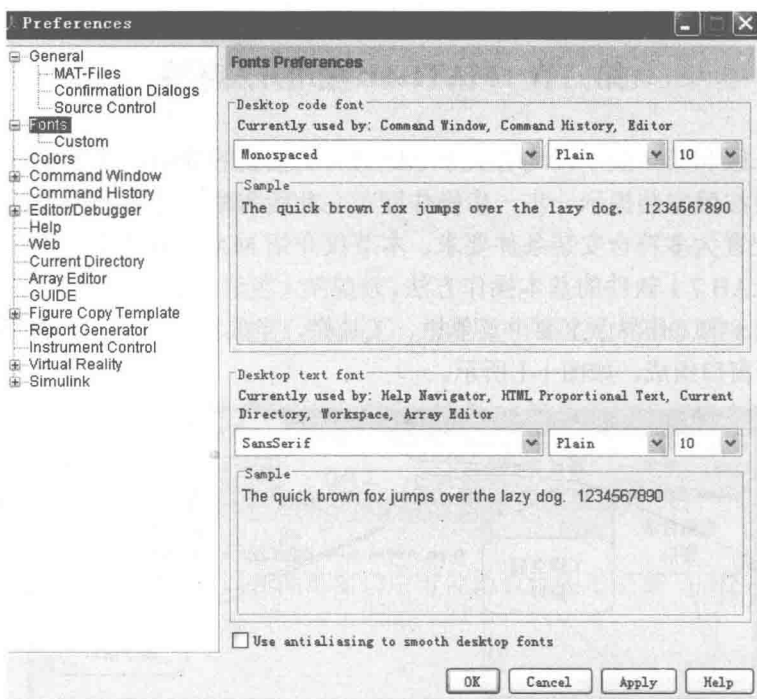


图 1-2 设置字体大小、颜色的 Preferences 对话框

5. Window 菜单

列出所有当前打开的窗口。

6. Help 菜单

用于选择打开不同的帮助系统。

下面介绍“工具栏”中部分按钮的功能。

：进入 Simulink 工作环境；

：打开图形用户界面设计窗口；

：打开帮助系统；

Current Directory: C:\Program Files\MATLAB71\work ...  :

设置当前目录。

单击主窗口左下角的【Start】按钮，可以直接打开各种 MATLAB 7 工具，如图 1-3 所示。单击各菜单可以浏览其内部内容，实际上，这是对安装者所安装的 MATLAB 的一个完整介绍。

二、命令窗口

MATLAB 的命令窗口如图 1-4 所示，其中“>>”为运算提示符，表示 MATLAB 处于准备状态。当在提示符后输入运算表达式或一段程序后，按 Enter 键，MATLAB 会给出计算结果

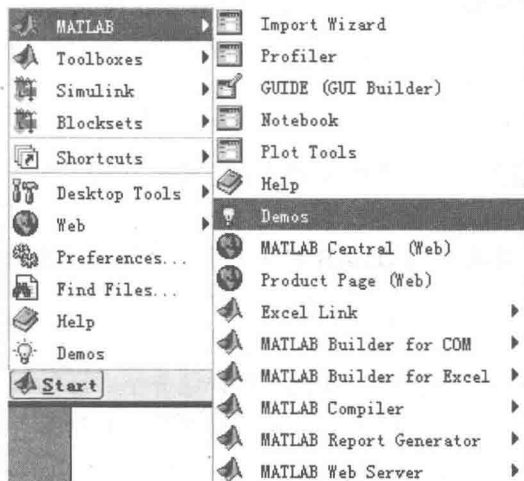


图 1-3 Start 按钮下的各种工具

或程序执行结果，并再次进入准备状态。

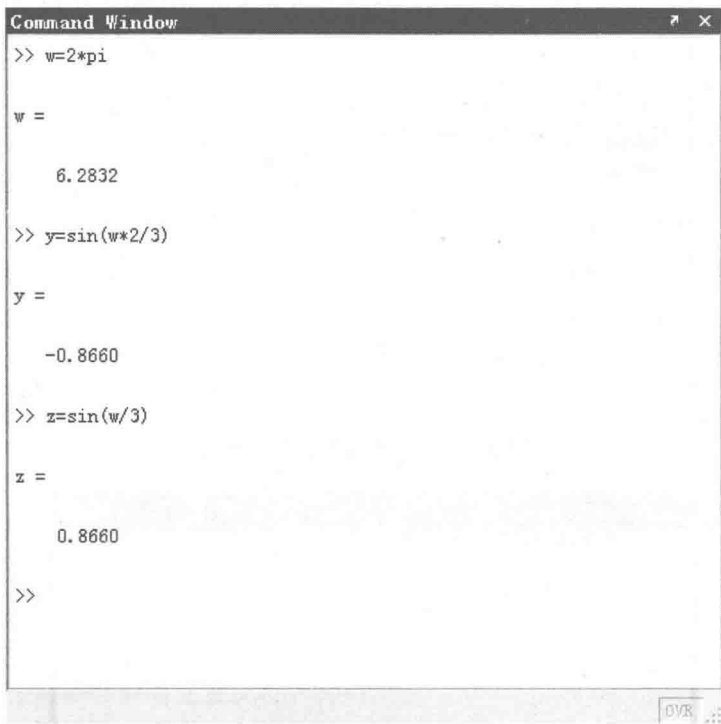


图 1-4 命令窗口

图 1-4 命令窗口里显示的数据是 MATLAB 的默认数据格式（format short），在此顺便给出 MATLAB 数据的不同显示格式，见表 1-1。

表 1-1 MATLAB 数值显示格式

格 式		对 应 结 果	
命 令	含 义	4/3	1.2345e-6
format short	短格式	1.3333	0.0000
format short e	短格式 e 方式	1.3333e+000	1.2345e-006
format short g	短格式 g 方式	1.3333	1.2345e-006
format long	长格式	1.33333333333333	0.00000123450000
format long e	长格式 e 方式	1.33333333333333e+000	1.234500000000000e-006
format long g	长格式 g 方式	1.33333333333333	1.234500000000000e-006
format hex	十六进制格式	3ff5555555555555	3eb4b6231abfd271
format rat	分数格式	4/3	1/810045

若要以 format long 的数据格式重新显示数据，则图 1-4 命令窗口中的内容变为如图 1-5 所示的内容。

另外，单击命令窗口右上角的  按钮，可以使命令窗口脱离主窗口而成为一个独立的窗口，如图 1-6 所示。



图 1-5 显示长型数据的命令窗口



图 1-6 独立的命令窗口

若在命令窗口中选中某一表达式，然后单击鼠标右键，则弹出如图 1-7 所示的上下文菜单，通过不同的命令可以对选中的表达式进行相应的操作。

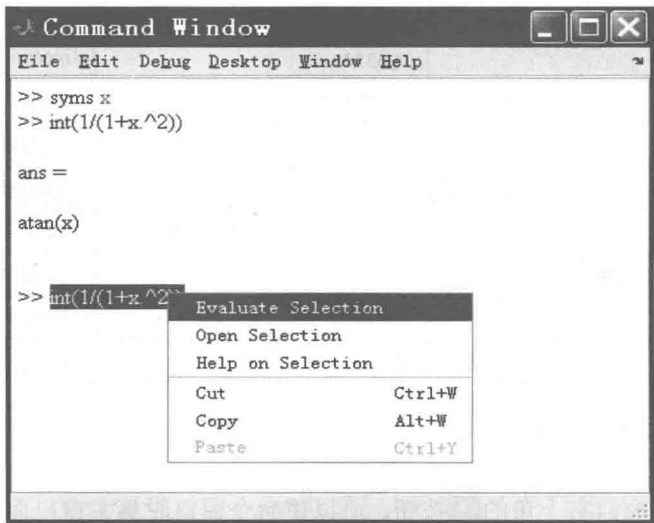


图 1-7 命令窗口的上下文菜单

三、工作空间窗口

在工作空间窗口中将显示目前内存中所有的 MATLAB 变量的变量名、变量值、字节数以及类型等信息，不同的变量分别对应不同的变量名图标，如图 1-8 所示。

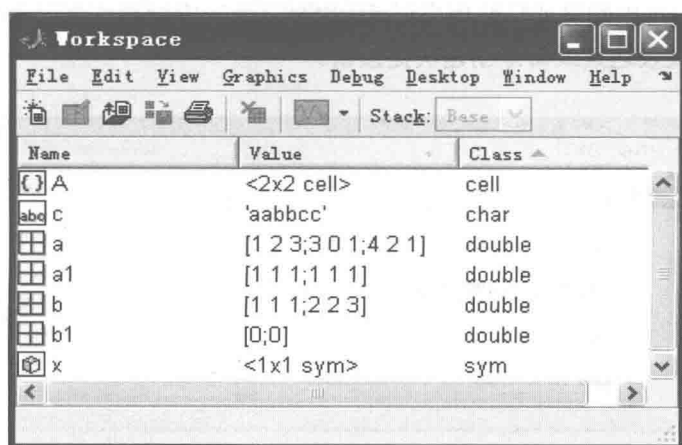


图 1-8 工作空间窗口中变量

下面介绍 Workspace 窗口中部分按钮的功能。

- ➕：向工作空间添加新的变量；
- 📂：打开在工作空间中选中的变量；
- 📄：向工作空间中导入数据文件；
- 💾：保存工作空间中的变量；
- ✖：删除工作空间中的变量；
- 📈：绘制工作空间中的变量，可以用不同的绘制命令来绘制变量，如图 1-9 所示。

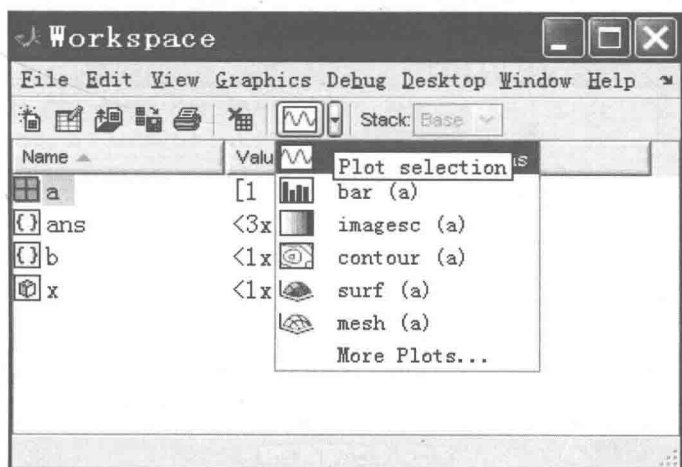


图 1-9 工作空间中不同的绘制变量命令

四、命令历史窗口

该窗口主要用于记录 MATLAB 所有执行过的命令，在默认设置下，该窗口会保留自安

装以来使用过的所有命令的历史记录，并标明使用的时间。同时，用户可以通过双击某一历史命令来重新执行该命令。与命令窗口类似，该窗口也可以成为一个独立的窗口。

在该窗口中选中某个表达式，然后单击鼠标右键，弹出如图 1-10 所示的上下文菜单。通过上下文菜单，用户可以删除或粘贴历史记录；也可以为选中的表达式或命令创建一个 M 文件；还可以为某一段表达式或命令创建快捷按钮。

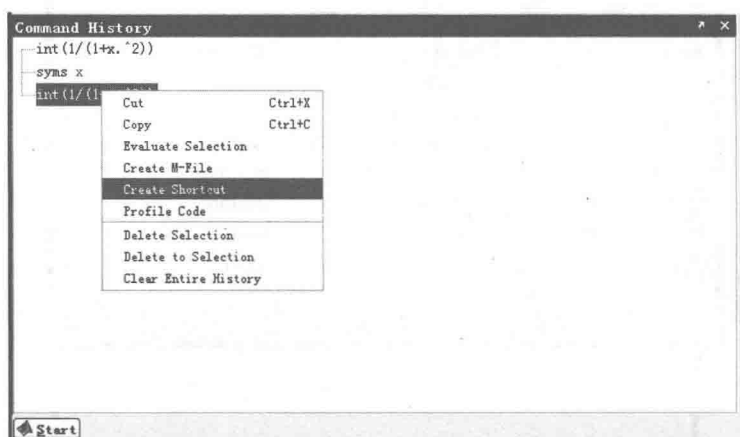


图 1-10 历史命令窗口的上下文菜单

下面以创建表达式的快捷键为例，对上述内容加以演示。

(1) 在命令历史窗口选中表达式 $\text{int}[1/(1+x.^2)]$ ，单击鼠标右键后，再选择图 1-10 中的 Create Shortcut 命令，弹出如图 1-11 所示的“快捷键设置”对话框。



图 1-11 “快捷键设置”对话框

(2) 按照图 1-11 进行快捷键的设置，快捷键命名为 Exml，然后单击 Save 按钮，注意观察工具栏 Shortcuts 栏的变化，如图 1-12 所示。