



普通高等教育“十三五”规划教材
电子信息科学与工程类专业 规划教材

MATLAB

应用与实验教程

(第3版)

◆ 贺超英 编著

Electronic Information
Science and Engineering



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

电子信息科学与工程类专业规划教材

MATLAB 应用与实验教程

(第3版)

贺超英 编著

王少喻 唐 杰 沈细群 刘 亮 参编

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书以 MATLAB 7.11 版为蓝本,重点讲述了 MATLAB 的功能及其在电气与电子信息类相关专业领域中的应用。全书共分 9 章,主要内容包括:MATLAB 系统环境, MATLAB 应用基础, MATLAB 绘图, MATLAB 数值计算与符号计算, Simulink 仿真工具箱, 控制系统工具箱, 信号处理工具箱, 通信工具箱, 以及 SimPowerSystem 工具箱。每章后面都配有实验指导, 紧扣教学内容, 使读者能够通过上机操作及时有效地掌握该章的主要内容。本书配有电子教案、例题源程序等丰富的教学资源, 以帮助读者快速掌握并应用 MATLAB。

本书可作为普通高等院校理工科专业本科生“MATLAB 应用”课程的教材, 也可供广大科技工作者阅读使用。

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 应用与实验教程 / 贺超英编著. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2017.6

电子信息科学与工程类专业规划教材

ISBN 978-7-121-31027-0

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 043438 号

责任编辑: 竺南直 特约编辑: 郭 莉

印 刷: 北京季蜂印刷有限公司

装 订: 北京季蜂印刷有限公司

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: 19.25 字数: 554 千字

版 次: 2010 年 1 月第 1 版

2017 年 6 月第 3 版

印 次: 2017 年 6 月第 1 次印刷

定 价: 39.90 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, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@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: davidzhu@phei.com.cn。

前言

MATLAB 是 MathWorks 公司推出的一套高性能的数值计算和可视化软件,其强大的计算和图形功能使其在科学计算和工程领域赢得了众多的用户。经过许多专家、工程师在自己相关领域的扩充, MATLAB 成为了一个多领域、多学科、多功能的优秀科技应用软件,从而被广泛地应用于各领域和学科的研究与仿真。MATLAB 具有几十个工具箱,涉及信号处理、自动控制、图像处理、最优化方法、小波分析等许多学科,国内外许多大专院校对各理工科专业都开设了“MATLAB 应用”课程。该课程是电气、自动化和电子等电子信息类、机械类本科专业的专业基础课,它的任务主要是使学生掌握并利用 MATLAB 这一先进工具进行系统的设计、分析、仿真和计算,从而解决工程、科学计算和自动化、数字信号处理、通信、数学等学科中的许多问题。

全书共分 9 章,第 1 章介绍 MATLAB 的系统环境和软件的使用,使读者对 MATLAB 有一个感性认识;第 2 章介绍 MATLAB 数据的表示和基本运算,以及 M 函数的编写和程序控制流,使读者能够迅速地入门并能进行基本的编程运算;第 3 章介绍 MATLAB 的绘图功能;第 4 章介绍 MATLAB 强大的数值计算功能和符号计算功能,这是 MATLAB 重要的科学计算功能;第 5 章介绍 Simulink 仿真工具箱,使读者对 MATLAB 强大的仿真功能有一个基本了解,并能进行基本系统的仿真;第 6~9 章分别介绍控制系统工具箱、信号处理工具箱、通信工具箱和 SimPowerSystems 工具箱,将 MATLAB 和相关专业知识结合起来,使读者能够运用 MATLAB 进行系统的建模、分析、仿真、计算等。

软件的更新日新月异,本书第 1 版以 MATLAB 7.5 版为蓝本,第 2 版在第 1 版的基础上更新到 MATLAB 7.11 版,重点扩充了第 3 章和第 8 章的内容,增加了绘图工具绘制图形和图形用户界面设计的内容,以及通信工具箱和 Simulink 仿真工具箱链接的各模块库和模块子集的介绍。本次修订中,第 1 章增加了专门介绍 MATLAB 8.5(R2015a)版操作界面的一节,第 9 章增加了三个关于异步电动机、直流电动机、变压器系统仿真的实验,并提供了参考仿真框图。因为 MATLAB 7.11 版已经具备了满足广大用户学习的功能,因此本次修订中每章内容都可以在 MATLAB 7.11 版和 MATLAB 8.5(R2015a)版下运行。

本书每章后面都配有实验指导,紧扣教学内容,使读者能够及时有效地地上机操作掌握该章的主要内容。为了便于教师教学和读者自学,每章结尾还给出了相应的实验参考程序,这些程序都已经过上机仿真验证。

本书第 1 章、第 2 章、第 6 章、第 9 章由贺超英编写,第 3 章、第 8 章由王少喻编写,第 4 章由唐杰编写,第 5 章由沈细群编写,第 7 章由刘亮编写。全书由贺超英负责统稿,由贺超英、王少喻、唐杰、沈细群、刘亮统一修订。本书在编写及修订过程中,得到了唐勇奇教授和朱俊杰教授的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

为了方便教师教学,本书配有电子教学课件、例题源程序等丰富的教学资源,读者可以登录华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)注册下载。

由于作者水平有限,书中难免出现错误或不妥之处,欢迎广大读者批评指正。

作者

本书变量符号说明

按国家规范，一般变量用斜体表示，矩阵、向量(矢量)用黑斜体表示，考虑到本书主要内容以 MATLAB 及其应用程序为主，为保持正文中符号的正斜体与程序中尽量一致，本书中凡涉及 MATLAB 语言调用格式或程序中的变量符号均使用程序字体。

目 录

第 1 章	MATLAB 系统环境	1
1.1	什么是 MATLAB	1
1.2	MATLAB 7.11 操作界面	3
1.3	MATLAB 8.5 (R2015a) 操作界面	6
1.4	MATLAB 帮助系统	9
1.4.1	MATLAB 的帮助命令	9
1.4.2	帮助窗口	11
第 2 章	MATLAB 应用基础	13
2.1	变量及其操作	13
2.2	MATLAB 数组与矩阵运算	18
2.2.1	冒号表达式	18
2.2.2	矩阵的建立	19
2.2.3	矩阵的拆分	20
2.2.4	MATLAB 数据的运算	21
2.2.5	特殊矩阵	25
2.3	数学函数	26
2.4	M 文件	26
2.4.1	脚本文件	26
2.4.2	函数文件	27
2.5	程序控制结构	30
2.5.1	顺序结构	30
2.5.2	选择结构	31
2.5.3	循环结构	33
2.6	实验一 MATLAB 运算基础	34
2.6.1	实验目的	34
2.6.2	实验内容	35
2.6.3	实验参考程序	35
2.7	实验二 M 函数与 M 文件的编写与应用	36
2.7.1	实验目的	36
2.7.2	实验内容	37
2.7.3	实验参考程序	37
2.8	实验三 选择与循环结构程序设计	38
2.8.1	实验目的	38
2.8.2	实验内容	38
2.8.3	实验参考程序	39

第3章	MATLAB 绘图	42
3.1	二维图形	42
3.1.1	基本的绘图命令	42
3.1.2	轴的形式与刻度设置	43
3.1.3	图形的标注、网格及图例说明	45
3.1.4	绘制二维图形的其他函数	49
3.2	三维图形	52
3.2.1	绘制三维曲线的基本函数	52
3.2.2	三维曲面	53
3.3	使用绘图工具绘制图形	55
3.4	使用向导创建图形用户界面	56
3.5	实验四 绘图函数的应用	64
3.5.1	实验目的	64
3.5.2	实验内容	64
3.5.3	实验参考程序	65
第4章	MATLAB 数值计算与符号计算	67
4.1	曲线拟合与插值运算	67
4.2	数值微积分	71
4.2.1	数值微分	71
4.2.2	数值积分	72
4.3	线性方程组求解	74
4.3.1	直接解法	74
4.3.2	迭代解法	76
4.4	常微分方程的数值求解	78
4.5	MATLAB 符号计算	80
4.5.1	符号计算基础	80
4.5.2	符号导数及其应用	87
4.5.3	符号积分	89
4.5.4	符号方程求解	90
4.6	级数	92
4.7	实验五 数值工具箱与符号工具箱的应用	93
4.7.1	实验目的	93
4.7.2	实验内容	93
4.7.3	实验参考程序	94
第5章	Simulink 仿真工具箱	97
5.1	Simulink 建模的基本知识	97
5.1.1	Simulink 简介	97
5.1.2	Simulink 下常用模块库简介	98
5.1.3	Simulink 下其他工具箱模块库	102

5.2	Simulink 建模与仿真	103
5.2.1	建立 Simulink 模型	103
5.2.2	建模实例	107
5.3	使用命令操作对系统进行仿真	110
5.4	Simulink 仿真的应用实例演示	112
5.5	子系统及其封装技术	117
5.5.1	子系统的建立	118
5.5.2	模块封装方法	118
5.6	S 函数的设计与应用	121
5.6.1	用 MATLAB 语言编写 S 函数	121
5.6.2	S 函数的应用	123
5.7	实验六 Simulink 仿真应用	127
5.7.1	实验目的	127
5.7.2	实验内容	127
5.7.3	实验参考程序	128
第 6 章	控制系统工具箱	132
6.1	线性系统模型	132
6.1.1	连续系统的传递函数模型(tf 对象)	132
6.1.2	连续系统的零极点增益模型(zpk 对象)	133
6.1.3	连续系统的状态空间模型(ss 对象)	134
6.1.4	线性离散时间系统的数学模型	135
6.1.5	模型的转换	136
6.1.6	部分分式展开	138
6.1.7	模型的连接	138
6.1.8	模型的属性	141
6.2	控制系统的时域分析	145
6.2.1	阶跃响应和冲激响应	145
6.2.2	控制系统的根轨迹分析方法	150
6.3	控制系统的频域分析	155
6.3.1	函数 bode	156
6.3.2	函数 nyquist	156
6.3.3	其他常用频域分析函数	158
6.4	控制系统仿真实例分析	161
6.5	实验七 线性系统分析与设计	179
6.5.1	实验目的	179
6.5.2	实验内容	179
6.5.3	实验参考程序	179
第 7 章	信号处理工具箱	183
7.1	信号及其表示	183

7.1.1	工具箱中的信号产生函数	183
7.1.2	离散时间信号的表示	189
7.1.3	几种常用离散时间信号的表示	189
7.2	信号的基本运算	190
7.2.1	信号的相加与相乘	190
7.2.2	序列移位与周期延拓运算	191
7.2.3	序列翻转与序列累加运算	192
7.2.4	两序列的卷积运算	192
7.2.5	两序列的相关运算	193
7.2.6	信号的能量和功率	193
7.3	线性时不变系统	193
7.3.1	二次分式模型的系统描述及转换函数	194
7.3.2	线性时不变系统的响应	194
7.4	傅里叶变换	197
7.4.1	傅里叶变换形式	197
7.4.2	MATLAB 中的傅里叶变换函数	198
7.5	IIR 数字滤波器的设计方法	200
7.5.1	冲激响应不变法	200
7.5.2	双线性变换法	201
7.5.3	IIR 数字滤波器的频率变换设计法	201
7.6	FIR 数字滤波器设计	205
7.6.1	窗函数设计法	205
7.6.2	频率抽样法	208
7.6.3	MATLAB 的其他相关函数	209
7.7	信号处理的图形用户界面工具	213
7.7.1	主窗口	213
7.7.2	SPTool 菜单功能介绍	214
7.7.3	信号浏览器	218
7.7.4	滤波器浏览器	220
7.7.5	频谱浏览器	220
7.7.6	滤波器设计器	221
7.8	实验八 数字信号处理实验	221
7.8.1	实验目的	221
7.8.2	实验内容	222
7.8.3	实验参考程序	222
第 8 章	通信工具箱	227
8.1	MATLAB 信源编/解码方法	229
8.1.1	标量量化	229
8.1.2	预测量化	231

8.2	差错控制编/解码方法	233
8.3	调制与解调	237
8.4	误码率分析界面	242
8.5	通信模块集	246
8.5.1	随机数据源	250
8.5.2	噪声发生器	253
8.5.3	序列发生器	255
8.5.4	压缩和扩展	257
8.5.5	编码和解码	259
8.5.6	差错参数设置编/解码	261
8.5.7	具体实例	263
8.6	实验九 通信系统仿真实验	267
8.6.1	实验目的	267
8.6.2	实验内容	267
8.6.3	实验参考程序	268
第9章	SimPowerSystems 工具箱	274
9.1	SimPowerSystems 工具箱模块库简介	274
9.2	仿真应用实例	278
9.3	实验十 SimPowerSystems 工具箱应用	291
9.3.1	实验目的	291
9.3.2	实验内容	291
9.3.3	实验参考仿真框图	291
	参考文献	297

第1章 MATLAB 系统环境

1.1 什么是 MATLAB

MATLAB 这一名称由 matrix 和 laboratory 两词的前三个字母组合而成,意即矩阵实验室,是一门高级计算机编程语言,具有强大的数值计算功能和仿真功能。现在,在全球各高等院校, MATLAB 已经成为线性代数、自动控制理论、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真、图像处理等许多课程的基本教学工具,成为大学生和研究生必须掌握的基本编程语言。图1.1 描述了 MATLAB 的主要结构和功能。

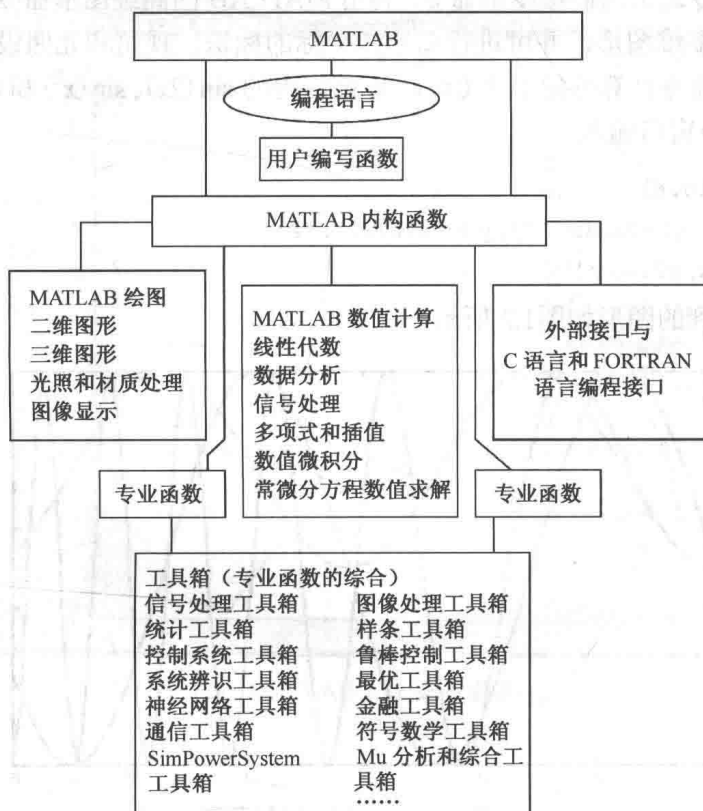


图 1.1 MATLAB 的主要结构和功能

MATLAB 的内构函数提供了丰富的数值(矩阵)运算处理功能和广泛的符号运算功能,是基于矩阵运算的处理工具。即使是一个常数,如 $Y = 5$, MATLAB 也将其视为一个 1×1 的矩阵。数值运算功能包括矩阵运算、多项式和有理分式运算、数据统计分析、数值积分、优化处理等。符号运算即用字符串进行数学分析,允许变量不赋值而参与运算,用于解代数方程、复合导数、积分、二重积分、有理函数、微分方程、泰列级数展开、寻优等,可求得解析符号解。

例如, 用一个简单命令求解如下线性系统:

$$3x_1 + x_2 - x_3 = 3.6$$

$$x_1 + 2x_2 + 4x_3 = 2.1$$

$$-x_1 + 4x_2 + 5x_3 = -1.4$$

在 MATLAB 命令窗口输入

```
A=[3 1 -1;1 2 4;-1 4 5];b=[3.6;2.1;-1.4];
```

```
x=A\b
```

程序运行结果为

```
x=
```

```
1.4818
```

```
-0.4606
```

```
0.3848
```

MATLAB 提供了两个层次的图形命令: 一种是对图形句柄进行的低级图形命令, 另一种是建立在低级图形命令之上的高级图形命令。利用 MATLAB 的高级图形命令可以轻而易举地绘制二维、三维乃至多维图形, 并可进行图形和坐标的标识、视角和光照设计、色彩精细控制等。例如, 用简短命令计算并绘制在 $0 \leq x \leq 6$ 范围内的 $\sin(2x)$, $\sin(x^2)$ 和 $(\sin(x))^2$ 。

在 MATLAB 命令窗口输入

```
x=linspace(0,6)
```

```
y1=sin(2*x),y2=sin(x.^2),y3=(sin(x)).^2;
```

```
plot(x,y1,x,y2,x,y3)
```

运行命令语句得到的图形如图 1.2 所示。

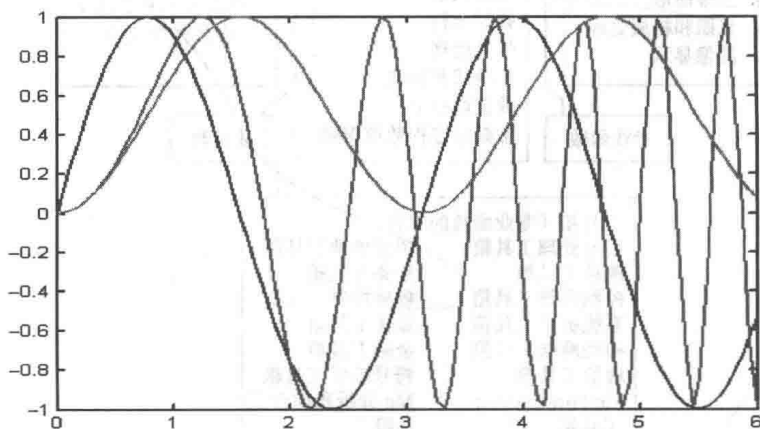


图 1.2 函数 $\sin(2x)$, $\sin(x^2)$ 和 $(\sin(x))^2$ 的图形

MATLAB 除了命令行的交互式操作以外, 还能以程序方式工作。使用 MATLAB 可以很容易地实现 C 或 FORTRAN 语言的几乎全部功能, 包括 Windows 图形用户界面设计。

此外, MATLAB 还有许多工具箱用以扩展其功能。工具箱分为两大类: 基本工具箱和专业工具箱。基本工具箱主要用来扩充其符号计算功能、可视建模仿真功能及文字处理功能等。专业工具箱如控制系统工具箱、信号处理工具箱、神经网络工具箱、最优工具箱、金融工具箱等, 主要用来进行相关专业领域的研究。

1.2 MATLAB 7.11 操作界面

用户在购买到正版 MATLAB 7.11 后,可以按照相关的说明进行安装。安装完成后,启动 MATLAB 7.11,进入 MATLAB 桌面集成环境,如图 1.3 所示。MATLAB 7.11 桌面集成环境中包括菜单栏、工具栏和 4 个主要窗口。菜单栏中包含 File, Edit, Debug, Parallel, Desktop, Window 和 Help 共 7 个菜单项。工具栏共提供 12 个命令按钮和一个当前路径列表框。4 个主要窗口为: (1) 命令窗口(Command Window); (2) 工作空间管理窗口(Workspace); (3) 命令历史窗口(Command History); (4) 当前目录窗口(Current Folder)。

此外,还有编辑窗口、图形窗口和其他种类的窗口,在 MATLAB 桌面集成环境左下角,还有一个“Start”按钮。

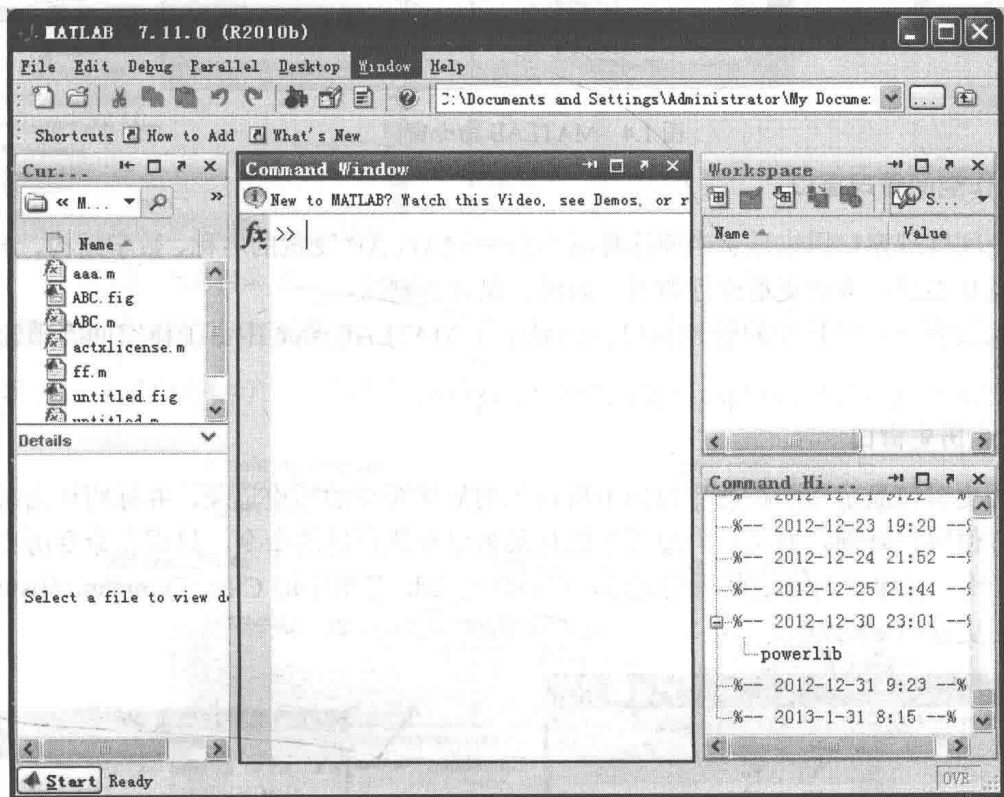


图 1.3 MATLAB 7.11 桌面集成环境

1. 命令窗口

MATLAB 7.11 桌面的中间窗口为命令窗口。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。在默认设置下,命令窗口自动显示于 MATLAB 界面中,如果用户只想调出命令窗口,也可以选择 Desktop→Desktop Layout→Command Window Only 命令,如图 1.4 所示。MATLAB 命令窗口中的“>>”为命令提示符,表示 MATLAB 正处于准备状态。在命令提示符后输入命令并按下回车键后, MATLAB 就会执行所输入的命令,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。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个小黑点为续行符,即把下面的物理行看成是该行的逻辑继续。

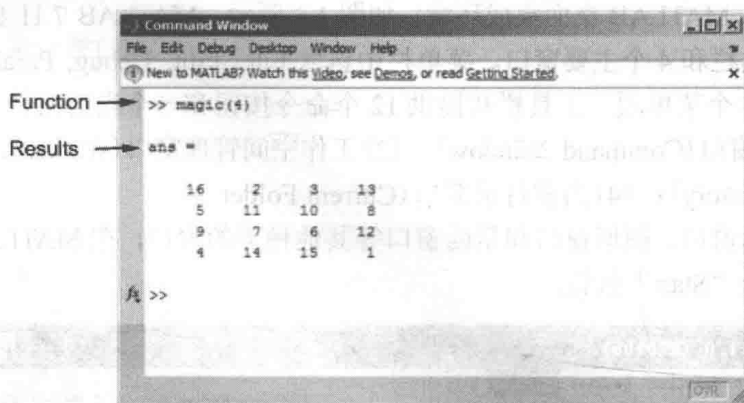


图 1.4 MATLAB 命令窗口

2. 工作空间管理窗口

工作空间管理窗口用来显示当前计算机内存中 MATLAB 变量的名称、数学结构、该变量的字节数及其类型,可对变量进行观察、编辑、保存和删除。

在默认设置下,工作空间管理窗口自动显示于 MATLAB 界面中。工作空间管理窗口如图 1.5 所示。

3. 命令历史窗口

命令历史窗口显示用户在命令窗口中所输入的每条命令的历史记录,并标明使用时间,这样可以方便用户查询。如果用户想再次执行某条已经执行过的命令,只需在命令历史窗口中双击该命令。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。命令历史窗口如图 1.6 所示。

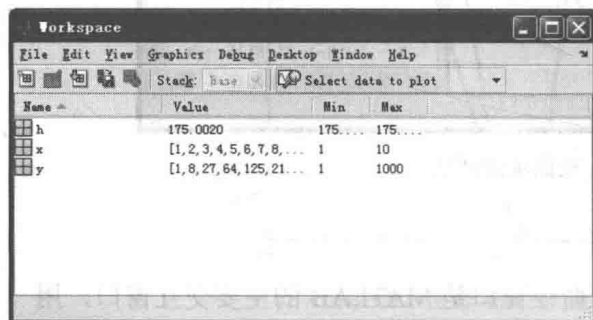


图 1.5 工作空间管理窗口

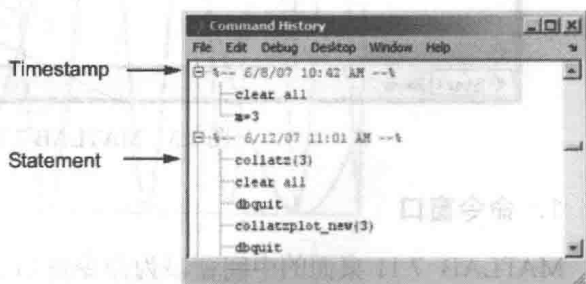


图 1.6 命令历史窗口

4. 当前目录窗口

在默认设置下,当前目录窗口自动显示于 MATLAB 桌面中,用户也可以选择 Desktop→Current Folder 命令调出或隐藏该命令窗口。当前目录窗口显示当前用户工作所在的路径。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。当前目录窗口如图 1.7 所示。

为建立新的 M 文件,有以下 3 种方法启动 MATLAB 文件编辑器。

① 菜单操作。从 MATLAB 主窗口的 File 菜单中选择 New 菜单项,再选择 M-file 命令,屏幕上将出现 MATLAB 文本编辑器窗口。

② 命令操作。在 MATLAB 命令窗口输入命令 `edit`,启动 MATLAB 文本编辑器后,输入 M 文件的内容并存盘。

③ 命令按钮操作。单击 MATLAB 主窗口工具栏上的“New M-File”命令按钮,启动 MATLAB 文本编辑器后,输入 M 文件的内容并存盘。

1.3 MATLAB 8.5(R2015a)操作界面

安装完成 MATLAB 8.5 后,启动并进入 MATLAB 8.5 桌面集成环境,默认布局如图 1.10 所示。

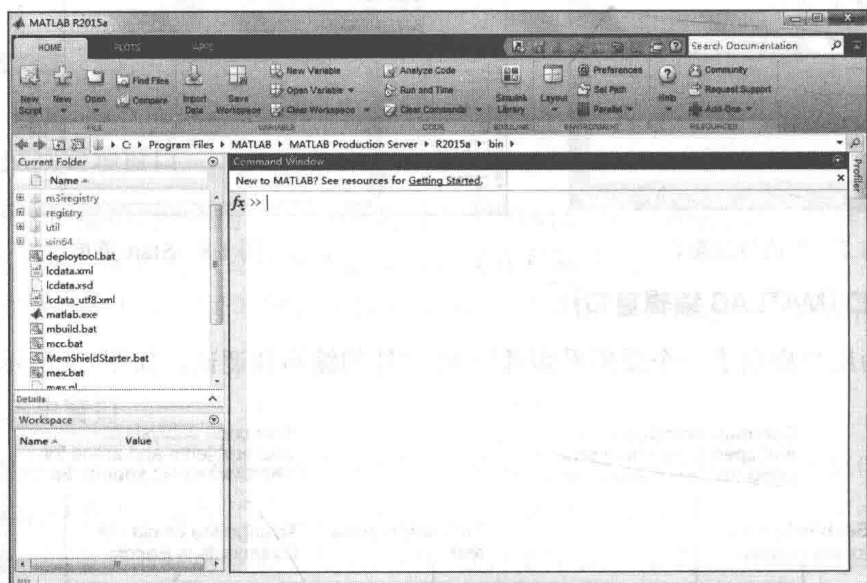


图 1.10 MATLAB 8.5 桌面集成环境

MATLAB 8.5 桌面集成环境包括如下三个面板(对应 MATLAB 7.11 桌面集成环境中的窗口):

当前文件夹(Current Folder): 选择进入文件(Access your files);

命令窗口(Command Window): 在命令提示符(>>)后面输入命令(Enter commands at the command line, indicated by the prompt (>>));

工作空间(Workspace): 放置用户创建的或从文件中导入的数据(Explore data that you create or import from files)。

MATLAB 8.5 的界面更加人性化,将所有工具(包括菜单和命令)集成在三个工具条中:主屏幕(HOME)、绘图(PLOTS)、应用程序(APPS)。

默认布局中是主屏幕(HOME)工具条,下面集成有文件(FILE)、变量(VARIABLE)、代码(CODE)、仿真(SIMULINK)、环境(ENVIRONMENT)、资源(RESOURCES)工具集。文件(FILE)工具集中包括新建脚本(New Script)、新建(New)、打开(Open)、查找文件(Find Files)、比较(Compare)等工具;变量(VARIABLE)工具集中包括输入数据(Import Data)、保

存工作空间(Save Workspace)、新建变量(New Variable)、打开变量(Open Variable)、清除工作空间(Clear Workspace)等工具; 代码(CODE)工具集中包括分析代码(Analyze Code)、运行和计时(Run and Time)、清除命令(Clear Commands)等工具; 仿真(SIMULINK)工具集中包括仿真模块库(Simulink Library)工具; 环境(ENVIRONMENT)工具集中包括布局(Layout)、环境设置(Preferences)、设置路径(Set Path)、并行设置(Parallel)等工具; 资源(RESOURCES)工具集中包括帮助(Help)、MATLAB 社区(Community)、需求支持(Request Support)、更多应用更新(Add-Ons)等工具。

绘图(PLOTS)工具条下集成了所有的绘图命令, 在未选择变量时, 绘图命令呈灰色, 如图 1.11 所示, 在命令窗口里定义变量, 比如 x, z , 如图 1.12 所示:

```
>> x=0.1:0.01:2*pi;  
>> z=sin(x).^2+cos(x).^3;
```

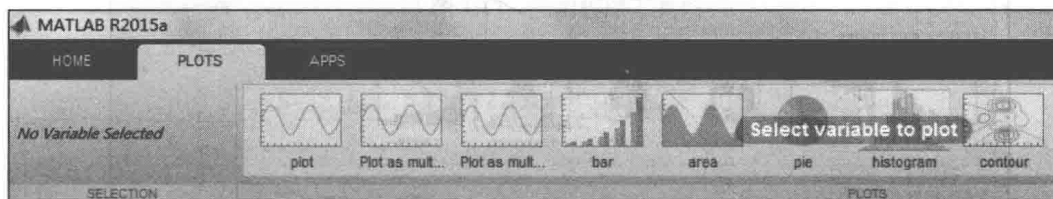


图 1.11 绘图工具条

在工作空间里选择变量 x, z , 则绘图命令突出显示, 如图 1.13 所示, 单击选中需要的绘图命令, 比如 `area` 命令, 则绘制对应图形, 如图 1.14 所示。单击右边向下的小三角形, 可以看到其他的绘图命令, 如图 1.15 所示。再往下拖动滚动条, 可以看到相关工具箱的绘图命令, 如图 1.16 所示。

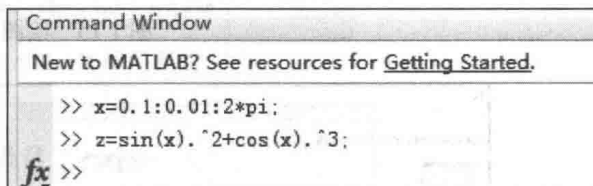


图 1.12 命令窗口里定义变量

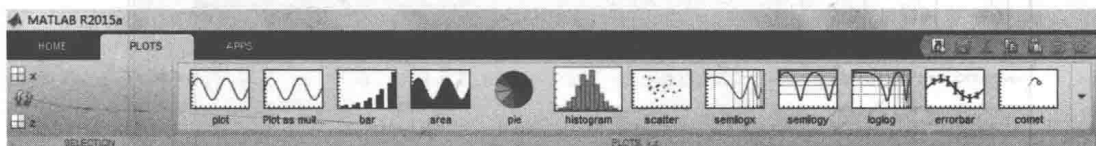


图 1.13 给定变量选择绘图命令

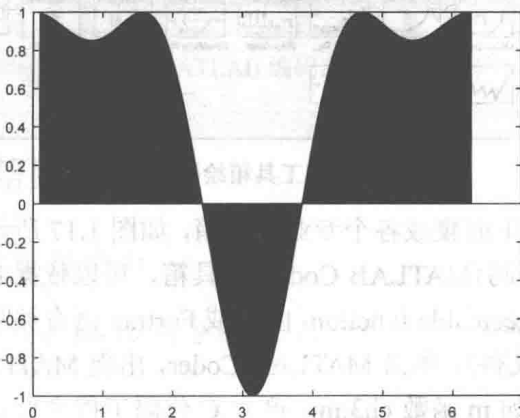


图 1.14 area 绘图命令绘制的图形