

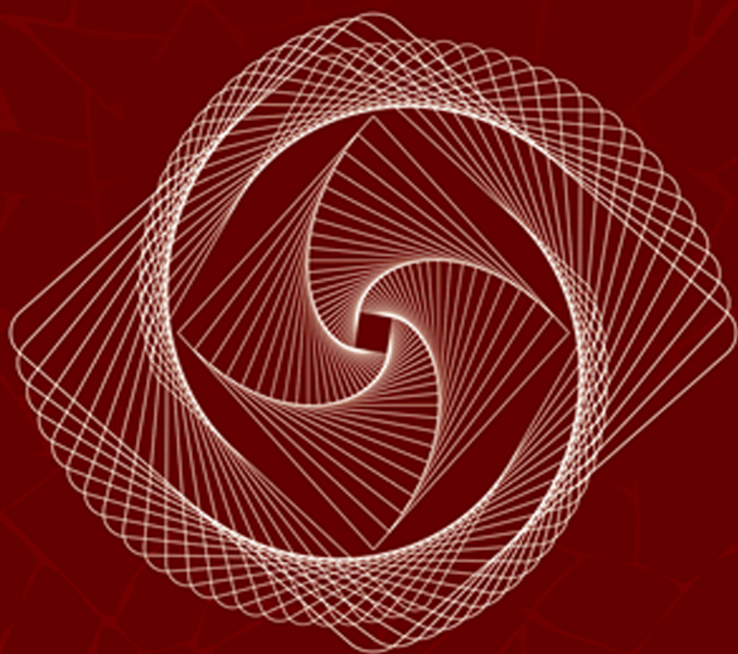


应用型本科教材

计算机仿真技术

——MATLAB 在电类专业课程中的应用

主编◎刘美丽



北京理工大学出版社

BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

计算机仿真技术

——MATLAB 在电类专业课程中的应用

主 编 刘美丽
副主编 渠秋会 付 晨 宋晓娟

内 容 简 介

本书分为基础篇、应用篇和实验篇3个部分,共10章。1~4章为基础篇,主要讲述 MATLAB 的基础知识、基本运算、图形表示以及 Simulink 仿真模块等;5~9章为应用篇,涵盖了 MATLAB 在高等数学、电路、控制系统、信号与系统和数字信号处理中的应用;第10章为实验篇,几乎涵盖了每章的知识点,有相应的程序和仿真结果可供学习者参考。

本书最显著的特点是例题丰富、新颖、涉及的知识面广,这有助于学习者理解、掌握和巩固基础知识。每章后面还配有相应的练习题,可以有针对性地帮助学习者巩固所学内容。

本书可作为应用型本科院校通信工程、电子信息工程、电气工程及其自动化等相关类专业在校生的教材或参考书,也可作为相关工程技术人员学习参考。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

计算机仿真技术: MATLAB 在电类专业课程中的应用/刘美丽主编. —北京:北京理工大学出版社, 2020. 5

ISBN 978 - 7 - 5682 - 8421 - 9

I. ①计… II. ①刘… III. ①计算机仿真 - Matlab 软件 - 高等学校 - 教材 IV. ①TP391. 9

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 073906 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 三河天利华印刷装订有限公司

开 本 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 21.25

字 数 / 500 千字

版 次 / 2020 年 5 月第 1 版 2020 年 5 月第 1 次印刷

定 价 / 56.00 元

责任编辑 / 钟 博

文案编辑 / 钟 博

责任校对 / 刘亚男

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

MATLAB 作为一个面向科学与工程领域的计算软件，具有编程简单、数据可视化、可操作性强等特点，其语言是一种高效的以矩阵运算为基础的交互式程序语言。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功能集成在一个视窗环境中，为科学研究、工程设计以及有效数值计算等众多科学领域提供了一种较为全面的解决方案，深受各行各业的青睐。尤其在大学校园里，它不仅作为本科生和研究生进行数值计算、图形图像处理及相关领域研究的辅助工具，也成为高校教师的教学和科研的重要工具。本书围绕 MATLAB 在不同学科及研究领域的应用，结合典型例题及丰富的图形实例进行讲解，是一本全新的 MATLAB 应用图书。

本书主要面向具备高等数学、线性代数、电路理论、控制系统、信号与系统、电磁场等课程基础的各电类专业的学生，不同专业的学生可选学相应部分的内容，也可选择感兴趣的部分作为扩充知识。本书分为基础篇、应用篇和实验篇 3 个部分。第 1~4 章为基础篇，主要讲述 MATLAB 的基础知识、基本运算、图形表示以及 Simulink 仿真模块；第 5~9 章为应用篇，涵盖了 MATLAB 在高等数学、电路、控制系统、信号与系统和数字信号处理中的应用；第 10 章为实验篇，几乎涵盖了各章的知识点，有相应的程序和仿真结果供学习者参考。本书最显著的特点是例题丰富、新颖、涉及的知识面广，这有助于学习者理解、掌握和巩固基础知识。每章后面还配有相应的练习题，可以有针对性地帮助学习者巩固所学内容。本书的内容结构具有两大特点——覆盖面广、实用性强。因此，本书可以作为高等院校相关课程的教材，有助于学生掌握本专业的相关知识和设计工作。

本书的主编和副主编均从事 MATLAB 课程教学和设计多年，有丰富的实践经验。其中，山东交通学院的刘美丽老师负责统筹和规划，并编写了第 4、6、7、8 章，渠秋会老师负责编写第 1、2、9、10 章，付晨老师负责编写第 3 章，宋晓娟老师负责编写第 5 章。诚挚地感谢齐建超老师的多方面帮助。

编者参阅了大量的论文、专著，基本都列入参考文献中，如有遗漏深表歉意！在此向所有的作者们表示真诚的谢意！

由于本书涉及知识面较广，而作者学识有限，难免有疏漏和不足之处，恳请读者批评指正。

编 者

2019 年 08 月

基础篇

第 1 章 MATLAB 概述	(3)
1.1 MATLAB 简介	(3)
1.1.1 MATLAB 的发展	(3)
1.1.2 MATLAB 的特点	(4)
1.2 MATLAB 的启动与退出	(5)
1.2.1 启动	(5)
1.2.2 退出	(5)
1.3 MATLAB 的工作环境	(6)
1.3.1 界面布局	(6)
1.3.2 命令窗口	(6)
1.3.3 工作空间窗口	(6)
1.3.4 历史命令窗口	(7)
1.3.5 图形窗口	(7)
1.4 MATLAB 的常用命令	(9)
1.5 MATLAB 帮助系统	(10)
习题 1	(11)
第 2 章 基本语法	(12)
2.1 变量和赋值语句	(12)
2.2 数组及其赋值	(13)
2.3 矩阵的表示	(16)
2.3.1 一般矩阵的表示	(16)
2.3.2 特殊矩阵的表示	(16)
2.4 常用运算符和函数	(20)



2.4.1	常用运算符	(20)
2.4.2	常用函数	(20)
2.4.3	MATLAB 预定义变量	(21)
2.5	关系和逻辑运算	(22)
2.5.1	关系运算	(22)
2.5.2	逻辑运算	(23)
2.6	基本绘图方法	(23)
2.6.1	二维图形基本绘图函数	(23)
2.6.2	二维图形的修饰	(27)
2.6.3	其他二维图形绘图函数	(32)
2.6.4	三维曲线的绘制	(33)
2.6.5	多条曲线的绘制	(34)
2.6.6	三维曲面的绘制	(37)
	习题 2	(39)
第 3 章 MATLAB 基本编程		(40)
3.1	M 文件及其建立	(40)
3.1.1	M 命令文件	(41)
3.1.2	M 函数文件	(42)
3.1.3	M 文件中的变量	(43)
3.2	基本程序语句结构	(43)
3.2.1	顺序语句	(43)
3.2.2	循环语句	(44)
3.2.3	条件语句	(48)
3.2.4	多分支选择语句	(52)
	习题 3	(53)
第 4 章 Simulink 仿真模块		(54)
4.1	Simulink 模型简介	(54)
4.1.1	Simulink 的特点	(54)
4.1.2	Simulink 的启动和退出	(55)
4.1.3	模型的创建	(56)
4.1.4	Simulink 仿真的基本步骤	(57)
4.2	Simulink 模块库界面	(57)
4.2.1	Simulink 的公共模块库	(58)
4.2.2	Simulink 的专业模块库	(58)
4.3	Simulink 基本模块	(59)
4.4	Simulink 模型的构建	(65)
4.4.1	Simulink 库浏览器的基本操作	(65)



4.4.2	模块的基本操作	(65)
4.4.3	模块参数和属性的设置	(68)
4.5	Simulink 仿真参数的设置	(69)
4.5.1	“Solver” 选项	(70)
4.5.2	“Data Import/Export” 选项	(71)
4.5.3	“Diagnostics” 选项	(72)
4.5.4	运行仿真	(73)
习题 4	(75)

应用篇

第 5 章	MATLAB 在高等数学中的应用	(79)
5.1	基本运算	(79)
5.1.1	预定义变量	(79)
5.1.2	复数运算	(79)
5.1.3	向量运算	(82)
5.1.4	矩阵的基本运算	(84)
5.2	线性代数	(87)
5.2.1	行列式的计算	(87)
5.2.2	矩阵的特殊运算	(88)
5.2.3	解线性方程组	(96)
5.2.4	向量组的线性相关性	(100)
5.2.5	方阵的特征值与特征向量	(102)
5.3	初等函数问题	(103)
5.3.1	函数的绘制	(103)
5.3.2	常用的数学函数	(107)
5.4	导数与积分的数值计算	(113)
5.4.1	求极限	(114)
5.4.2	微分与导数的求解	(115)
5.4.3	积分的数值计算	(119)
5.4.4	级数的求和	(125)
5.4.5	常微分方程	(128)
5.5	多项式运算	(131)
5.5.1	多项式基本运算	(131)
5.5.2	多项式求值	(132)
5.5.3	多项式求根	(132)
5.5.4	多项式求导	(134)
5.5.5	方阵的特征多项式	(135)



5.5.6	分式的部分展开	(136)
5.6	插值与拟合	(137)
5.6.1	插值	(137)
5.6.2	拟合	(139)
	习题5	(140)
第6章	MATLAB在电路中的应用	(142)
6.1	电阻电路	(142)
6.1.1	一般电阻电路	(142)
6.1.2	含受控源的电阻电路	(145)
6.2	动态电路	(149)
6.2.1	一阶动态电路	(149)
6.2.2	二阶动态电路	(154)
6.2.3	初值常微分方程的求解	(157)
6.3	正弦稳态电路	(158)
6.3.1	简单正弦稳态电路的分析与计算	(158)
6.3.2	含受控源的正弦稳态电路的分析与计算	(160)
6.3.3	叠加定理在正弦稳态电路中的应用	(161)
6.4	频率响应	(163)
6.4.1	一阶低通电路	(163)
6.4.2	谐振电路	(165)
	习题6	(171)
第7章	MATLAB在控制系统中的应用	(173)
7.1	控制系统模型及其转换	(173)
7.1.1	线性时不变系统的传递函数模型	(174)
7.1.2	线性时不变系统的零极点增益模型	(174)
7.1.3	线性时不变系统的状态空间模型	(175)
7.1.4	离散系统模型及变换函数	(176)
7.1.5	模型之间的转换	(178)
7.1.6	环节的连接方式	(183)
7.2	拉氏变换、特征根及部分分式展开	(185)
7.2.1	拉氏变换	(185)
7.2.2	特征多项式和特征多项式的根	(186)
7.2.3	部分分式展开	(187)
7.2.4	控制系统模型属性	(188)
7.3	时域分析	(190)
7.4	根轨迹分析	(201)
7.5	频域分析	(205)



7.6 稳定性分析	(214)
7.6.1 直接求根法	(215)
7.6.2 零极点模型法	(216)
7.6.3 零极点分布图法	(218)
7.6.4 根轨迹法	(220)
7.6.5 频域法	(221)
7.6.6 李雅普诺夫稳定性	(224)
7.7 控制系统的设计与校正	(225)
习题7	(233)
第8章 MATLAB在信号与系统中的应用	(234)
8.1 信号的表示及其图形绘制	(234)
8.2 信号的时域分析	(247)
8.2.1 信号的基本运算	(247)
8.2.2 零输入响应和零状态响应	(252)
8.2.3 冲激响应和阶跃响应	(256)
8.2.4 卷积积分和相关函数	(257)
8.2.5 离散系统的时域分析	(262)
8.3 信号的频域分析	(270)
8.3.1 基本傅里叶分析	(270)
8.3.2 连续系统的频域分析	(277)
8.3.3 复频域分析	(280)
8.3.4 系统的零极点与稳定性	(283)
习题8	(288)
第9章 MATLAB在数字信号处理中的应用	(289)
9.1 基本信号的表示及可视化	(289)
9.2 MATLAB在采样与波形发生中的应用	(291)
9.3 MATLAB在数字滤波器中的应用	(292)
习题9	(296)

实验篇

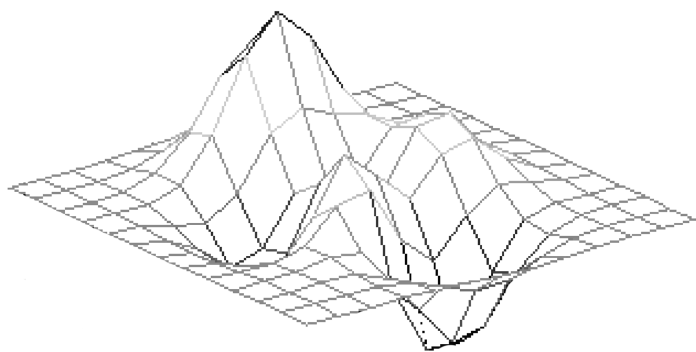
第10章 MATLAB实验	(299)
10.1 MATLAB环境及命令窗口的使用	(299)
10.1.1 实验目的	(299)
10.1.2 实验内容	(299)
10.2 MATLAB的数学运算	(301)



10.2.1	实验目的	(301)
10.2.2	实验内容	(301)
10.3	MATLAB 程序设计	(306)
10.3.1	实验目的	(306)
10.3.2	实验内容	(306)
10.4	MATLAB 的计算可视化和 GUI 设计	(310)
10.4.1	实验目的	(310)
10.4.2	实验内容	(310)
10.5	MATLAB 在电路中的应用——线性时不变系统的响应	(315)
10.5.1	实验目的	(315)
10.5.2	实验内容	(315)
10.6	MATLAB 在信号与系统中的应用	(323)
10.6.1	实验目的	(323)
10.6.2	实验内容	(323)
参考文献		(327)



基础篇



第 1 章

MATLAB 概述

MATLAB 是一款功能十分强大的软件，其语言是一种以矩阵运算为基础的交互式程序语言。随着 MATLAB 的应用范围进一步拓展，MATLAB 以超群的风格与性能风靡全世界，成功地应用于各个工程学科的研究领域。本章主要介绍 MATLAB 的发展和特点，以及 MATLAB 的安装和工作环境等。

1.1 MATLAB 简介

MATLAB 是由美国 Math Works 公司于 1984 年正式推出的计算机软件，MATLAB 源于“Matrix Laboratory”一词，即“矩阵实验室”，其最初专门用于矩阵数值计算。与 Basic、Fortran 以及 C 语言相比较，MATLAB 语言的语法规则更简单，编程的逻辑更贴近人的思维方式，用 MATLAB 写程序有如在便笺上列公式和求解，因而 MATLAB 语言被称为“科学便笺式的科学计算语言”。MATLAB 除了能进行常用的矩阵代数运算外，还提供了非常广泛和灵活的处理数据集的数组运算功能，而且具有数据可视化功能。

经过多年的发展与不断完善，MATLAB 现已成为国际公认的最优秀的科学计算与数学应用软件之一，其内容涉及高等数学、电路、控制系统、信号与系统、数字信号处理等方面。

1.1.1 MATLAB 的发展

1984 年，Cleve Moler 和 John Little 成立了 Math Works 公司，发行了 MATLAB 1.0 版本 (DOS 版本 1.0)，正式把 MATLAB 推向市场。经过几年的发展和不断完善，MATLAB 逐步发展成为集数值处理、图像处理、符号计算、文字处理、数学建模、实时控制、动态仿真和信号处理为一体的数学应用软件。1992 年，MATLAB 4.0 版本被发行。1994 年，MATLAB 4.2c 版本扩充了 MATLAB 4.0 版本的功能，在图形界面设计方面提供了新的方法。1996 年，



MATLAB 5.0 版本被推出，允许更多的数据结构，如单元数据、多维矩阵、对象与类等，MATLAB 语言也成为一种更方便编程的语言。1999 年，Math Works 公司推出 MATLAB 5.3 版本，该版本在很多方面进一步改进了 MATLAB 语言的功能。2000 年 10 月底，Math Works 公司推出了全新的 MATLAB 6.0 版本，在核心数值算法、界面设计、外部接口、应用桌面等诸多方面有了极大的改进。接下来的版本在继承和发展其原有的数值计算和图形可视能力的同时，推出了 Simulink，打通了 MATLAB 进行实时数据分析、处理和硬件开发的道路。

2004 年 7 月，Math Works 公司推出了 MATLAB 7.0 版本，使该软件发展到一个新的阶段，其中集成了 MATLAB 7.0 编译器、Simulink 6.0 图形仿真器及很多工具箱，在编程环境、代码效率、数据可视化、文件 I/O 等方面都进行了全面的升级。R2012 版本的 MATLAB 与 Office 2010 风格相同。

现在的 MATLAB 语言已经演变成为一种具有广泛应用前景的全新的计算机高级编程语言，MATLAB 的功能也越来越强大，会不断根据科研需求提出新的解决方法。

1.1.2 MATLAB 的特点

1. 编程效率高

MATLAB 是以解释的方式工作的，输入算式立即得到结果，无须编译，即它对每条语句解释后立即执行，若有错误也立即作出反应，便于编程者修改。MATLAB 还提供了丰富的基本库函数，编写程序时可以直接调用，大大减少了编程和调试的工作量。

2. 变量及运算符具有“多功能性”

MATLAB 中每个变量代表一个矩阵，它可以有 $n \times m$ 个元素。矩阵的行数、列数无须定义，若要输入一个矩阵，在用其他语言编程时必须定义矩阵的阶数，而用 MATLAB 语言则不必有阶数定义语句，输入数据的列数就决定了它的阶数。MATLAB 中所有的运算，包括加、减、乘、除、函数运算都对矩阵和复数有效。

3. 界面使用方便

MATLAB 把编辑、编译、连接、执行、调试等多个步骤融为一体，具有良好的交互功能。MATLAB 程序编写过程与人进行科学计算的思路和书写方式相近，其语法贴近人的思维方式，程序易读易写，方便科技人员交流。

4. 具有强大而简易的作图功能

MATLAB 能根据输入数据自动确定坐标绘图，也能绘制多种坐标（极坐标、对数坐标等）图，还能绘制三维坐标中的曲线和曲面，设置不同的颜色、线型、视角等。如果数据齐全，通常只需一条命令即可出图。

5. 智能化程度高

MATLAB 在作图时能够自动选择最佳坐标，在进行数值积分时自动按精度选择步长，在程序调试时能自动检测错误并能提示程序错误。其智能化程度高，大大方便了用户，提高了效率。

6. 功能丰富，可扩展性强

MATLAB 包括基本部分和专业扩展部分。基本部分包括矩阵的运算、代数和超越方程的求

解、数据处理、傅里叶变换和数值积分等。扩展部分称为工具箱，用于解决某一方面的专门问题，或提供解决实际某一问题的新算法。MATLAB 现在已经有控制系统、信号处理、图像处理、系统辨识、模糊集合、神经网络、小波分析等十余个工具箱，并且还在继续发展中。

7. 语法简单，内涵丰富

与其他高级语言相比较，MATLAB 语言的语法更加简单。MATLAB 语言最基本的语句结构是赋值语句，其一般形式为

$$\text{变量名列表} = \text{表达式}$$

其中，等号左边的变量名列表为 MATLAB 语言的语句返回值，等号右边是表达式的定义，可以是 MATLAB 语言允许的矩阵运算，也可以是 MATLAB 语言的函数调用。

1.2 MATLAB 的启动与退出

1.2.1 启动

启动 MATLAB R2016b。MATLAB R2016b 的主界面如图 1-2-1 所示，它表示 MATLAB 系统已建立，用户可与 MATLAB 系统进行交互操作。

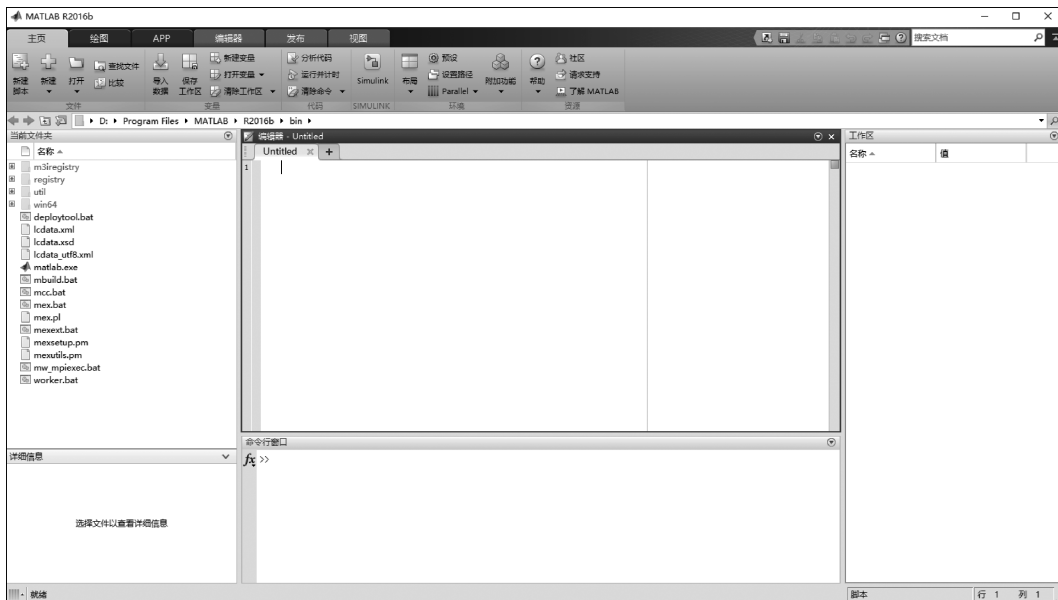


图 1-2-1 MATLAB R2016b 的主界面

1.2.2 退出

完成 MATLAB 系统操作后，单击主界面菜单项“File”中的“Exit”按钮或者按快捷键



“Ctrl + Q”即可退出，也可在命令窗口中输入“quit”，按 Enter 键退出。

1.3 MATLAB 的工作环境



通常情况下，MATLAB 的工作环境主要由界面布局、命令窗口（Command Window）、工作空间窗口（Workspace）、历史命令窗口（Command History）和图形窗口（Figure）等组成。本节简单介绍这些窗口的使用方法。

1.3.1 界面布局

MATLAB R2016b 的操作界面与 Windows 的窗口界面类似，有工具栏和菜单项“File”“Edit”“Debug”“Desktop”“Window”和“Help”等可以选择。

默认打开的窗口包括命令窗口、历史命令窗口、工作空间窗口和当前路径窗口（Current Directory）。此外，还有编译窗口（Editor）、图形窗口和帮助窗口（Help）等其他种类的窗口。

1.3.2 命令窗口

在默认设置下，MATLAB R2016b 操作界面的右侧窗口即命令窗口。该窗口自动显示于 MATLAB 的操作界面中，如果用户想调出命令窗口，可以单击命令窗口右上角的箭头图标“”，则单独弹出命令窗口；如果用户想要再把命令窗口放回界面，则单击右上角的箭头图标“”就会恢复系统默认位置。

命令窗口是和 MATLAB 编译器连接的主要窗口。“>>”为运算提示符，表示 MATLAB 处于准备状态。MATLAB 具有良好的交互性，当在提示符后输入一段正确的表达式时，只需按 Enter 键，命令窗口中就会直接显示运算结果。

例如，计算一个圆的体积，假设圆的半径为 10，那么只需在命令窗口中输入如下式：

```
>> area = pi * 10^2
```

按 Enter 键出现如下结果：

```
area =  
    314.1593  
  
>>
```

同时 MATLAB 的提示符“>>”不会消失，这表明 MATLAB 继续处于准备状态。

1.3.3 工作空间窗口

在默认设置下，工作空间窗口（如图 1-3-1 所示）自动显示于 MATLAB 操作界面中，用户也可以选择“Desktop”/“Workspace”命令调出或隐藏该窗口。

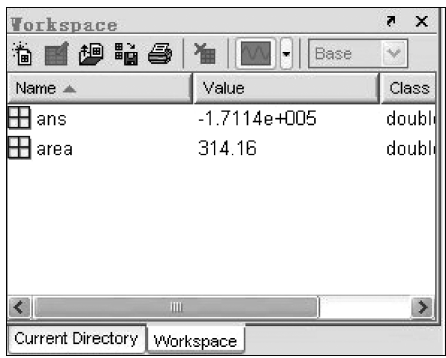


图 1-3-1 工作空间窗口

工作空间窗口是 MATLAB 的重要组成部分，例如表达式“x = 10”产生了一个名为 x 的变量，而且这个变量 x 被赋予 10 的值，这个值被存储在计算机的内存中。工作空间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，在 MATLAB 中不同的变量类型对应不同的变量名图标。

1.3.4 历史命令窗口

在默认设置下，历史命令窗口（如图 1-3-2 所示）自动显示于 MATLAB 操作界面中，用户也可以选择“Desktop” / “Command History”命令调出或隐藏该窗口。

历史命令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执行过的命令，只需在历史命令窗口中双击该命令；如果用户需要从历史命令窗口中删除一条或多条命令，只需选中这些命令，并单击鼠标右键，在弹出的快捷菜单中选择“Delete Selction”命令。

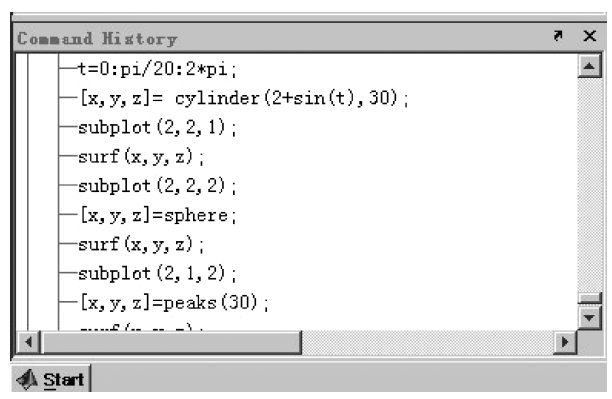


图 1-3-2 历史命令窗口

1.3.5 图形窗口

MATLAB 语言的绘图函数和工具将所绘制的图形在图形窗口中显示，该窗口与 MATLAB 的主窗口分离。图形窗口主要用于显示用户所绘制的图形。通常只要执行了任何一种绘图命