

MATLAB  
SIMULATION APPLICATION  
——Advanced Mathematics

# MATLAB仿真应用

## ——高等数学

刘衍民 曾庆雨 编著

MATLAB



西安电子科技大学出版社  
<http://www.xduph.com>

# MATLAB 仿真应用

——高等数学

刘衍民 曾庆雨 编著

西安电子科技大学出版社

## 内 容 简 介

本书从理论和应用两个角度出发,对 MATLAB 基础知识、MATLAB GUI 设计以及高等数学知识的 GUI 仿真设计进行了比较全面的介绍,既强调 MATLAB GUI 仿真的方法和技术,又立足于高等数学问题的应用。书中有关函数、极限与连续的 MATLAB GUI 设计,导数与微分的 MATLAB 实现及 GUI 设计,积分的 MATLAB GUI 设计以及空间解析几何的 MATLAB 计算及 GUI 设计的例题都是作者在长期科研和教学中总结的具有代表性的案例。通过这些案例,可以充分培养学生使用 MATLAB 综合设计和理解高等数学知识的能力,同时对丰富实践教学、促进学科发展以及培养学生理论联系实际的能力具有很好的指导作用。

本书共分为 10 章,第 1~4 章介绍 MATLAB 的基本知识,第 5、6 章介绍 MATLAB GUI 的仿真设计方法,第 7~10 章介绍 MATLAB GUI 仿真设计在高等数学中的应用。

本书适合数学与应用数学、统计学、计算机相关专业等理工科专业的本科生或研究生作为教材使用,可供理工科类高等数学课程的教师作为辅助教材使用,也可供其他领域的学生、学者及科技人员参考。

### 图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 仿真应用:高等数学/刘衍民,曾庆雨编著. —西安:西安电子科技大学出版社,2017.3

ISBN 978-7-5606-4402-8

I. ① M… II. ① 刘… ② 曾… III. ① Matlab 软件—应用—高等数学 IV. ① O13-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 039792 号

策 划 毛红兵

责任编辑 刘炳桢 毛红兵

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路 2 号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西天意印务有限责任公司

版 次 2017 年 3 月第 1 版 2017 年 3 月第 1 次印刷

开 本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印 张 25

字 数 596 千字

印 数 1~1000 册

定 价 60.00 元

ISBN 978-7-5606-4402-8/O

**XDUP 4694001-1**

\*\*\*如有印装问题可调换\*\*\*

# 前 言

高等数学作为一门基础科学，具有高度的抽象性、严密的逻辑性和广泛的应用性。抽象性和计算性是数学最基本、最显著的特点，有了高度抽象和统一，我们才能深入地揭示其本质规律，才能使之得到更广泛的应用。严密的逻辑性是指在数学理论的归纳和整理中，无论是概念和表述，还是判断和推理，都要运用逻辑的规则，遵循思维的规律。所以说，数学也是一种思想方法，学习数学的过程就是思维训练的过程。人类社会的进步与数学这门科学的广泛应用是分不开的。尤其是到了现代，电子计算机的出现和普及使得数学的应用领域更加广泛，现代数学正成为科技发展的强大动力，同时也深入地渗透到了社会科学领域。

在学习高等数学的过程中，学生普遍反映极限和积分等知识点抽象，其根本原因在于从确定的数过渡到无限接近但不相等、从静态到动态的过程，本就是一个难点。长期以来，在教学方面，只依靠传统的教学模式——粉笔加黑板加老师所阐述的无限接近，这不仅单调乏味，而且影响了学生个性发展，扼杀了学生的创造才能。然而运用 MATLAB GUI 仿真，不仅能提高学生的学习效率，更能开阔学生的视野、培养学生良好的思维品质，且它可以不受时间和空间、宏观和微观的限制，图形逼真、直观。

本书例题丰富、图文并茂。全书共分为 10 章：第 1 章“MATLAB 简介”，介绍了 MATLAB 的特点、基本功能和使用界面；第 2 章“MATLAB 的基本使用方法”，主要介绍了 MATLAB 的数据类型、基本矩阵操作、运算符和字符串的基本操作等内容；第 3 章“MATLAB 中符号函数的运用”，主要介绍了符号表达式的基本运算、符号函数的图形绘制、符号函数微积分以及符号方程的求解；第 4 章“MATLAB 绘图”，主要介绍了 MATLAB 二维绘图、三维绘图和特殊图形的绘制方法，为 GUI 仿真打下基础；第 5 章“句柄图形”，主要介绍了 MATLAB 图形系统、图形对象的创建、句柄图形对象的基本操作以及句柄图形对象的基本属性等，是建立 GUI 的基础；第 6 章“MATLAB GUI 设计”，介绍了 GUI 设计原则与步骤，以及 GUI 界面设计工具和 GUI 的建立实例；第 7 章“函数、极限与连续的 MATLAB GUI 设计”，介绍了函数、极限与连续的 MATLAB 求解及其 GUI 设计；第 8 章“导数与微分的 MATLAB 实现及 GUI 设计”，介绍了导数与微分的 MATLAB 求解及其 GUI 设计；第 9 章“积分的 MATLAB GUI 设计”，介绍了积分的 MATLAB 求解及其 GUI 设计；第 10 章“空间解析几何的 MATLAB 计算及 GUI 设计”，介绍了空间解析几何的 MATLAB 求解及其 GUI 设计。通过对前 4 章的学习，了解 MATLAB 的基本知识；通过对第 5、6 章的学习，了解 MATLAB GUI 仿真的方法；通过对第 7~10 章的学习，使读者深入理解高等数学知识在宏观和微观上的联系，从而理解数学知识的内在本质。

本书是多人智慧的结晶，刘衍民、曾庆雨担任主编，参与编写和资料整理的人员还有刘向虎、张转周、吴祥标、李红英、徐梅、郑波、田娅、杨玉林、赵洋等。在本书的编写

过程中,编者参考了大量的文献和资料,由于篇幅所限,没有全部列入参考文献中,在此对这些资料和文献的作者深表谢意。同时,本书的出版得到了西安电子科技大学出版社领导和编辑的大力支持和帮助,在此一并表示感谢。

本书得到了国家自然科学基金(71461027, 71471158)、贵州省自然科学基金(黔科合KY[2014]295)、遵义市创新人才团队(遵市科合[2015]38号)、贵州省优秀青年科技人才培养项目专项基金(黔科合人字[2015]06)、贵州省科技厅联合基金(黔科合LH字[2015]7050号,黔科合LH字[2016]7028号)、贵州省专业综合改革试点项目(黔高教发2015[337]号)、遵义市15851精英工程项目资助计划(2013, 2014, 2015年度)、贵州省创新人才团队资助项目(黔科合平台人才[2016]5619)、遵义师范学院教研项目(15-29)、2016年贵州省教育厅省级本科教学工程(教学内容与课程体系改革)项目的支持。

由于编者水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。欢迎读者通过电子邮箱 yanmin7813@163.com 与编者进行更多的交流和探讨。

编者  
2016年11月

# 目 录

第 1 章 MATLAB 简介.....1	2.7.3 数制变换.....38
1.1 MATLAB 的主要特点及构成.....1	习题 2.....42
1.2 MATLAB 的基本功能.....2	第 3 章 MATLAB 中符号函数的运用.....43
1.3 MATLAB 基本程序元素.....3	3.1 符号运算与数值运算.....43
1.4 MATLAB 的发展与更新.....6	3.1.1 符号变量与表达式的创建.....43
1.5 MATLAB 桌面操作环境.....7	3.1.2 寻找变量与求值.....44
习题 1.....8	3.2 符号表达式的基本运算.....45
第 2 章 MATLAB 的基本使用方法.....9	3.2.1 符号表达式的化简.....45
2.1 MATLAB 数据类型.....9	3.2.2 符号表达式的替换.....49
2.2 基本矩阵操作.....10	3.3 符号函数的图形绘制.....50
2.2.1 数值矩阵的生成.....10	3.3.1 符号函数的简单绘制.....50
2.2.2 符号矩阵的生成.....11	3.3.2 符号函数的等高线绘制.....52
2.2.3 大型矩阵的生成.....12	3.3.3 符号函数的曲面网格和 表面图的绘制.....54
2.2.4 多维数组的创建.....13	3.4 符号函数微积分.....57
2.2.5 特殊矩阵的生成.....14	3.4.1 符号表达式求极限.....57
2.3 运算符和特殊符号.....15	3.4.2 符号表达式的微积分.....58
2.4 字符串.....19	3.4.3 级数.....61
2.5 字符串函数与测试.....25	3.4.4 符号积分变换.....63
2.5.1 字符串与数值交换.....25	3.5 符号方程的求解.....68
2.5.2 一般字符串函数.....26	3.5.1 代数方程的求解.....68
2.5.3 字符串测试函数.....29	3.5.2 微分方程求解.....69
2.6 字符串操作.....30	3.5.3 复合方程.....70
2.6.1 字符串的连接.....30	3.5.4 反函数.....71
2.6.2 字符串的比较.....31	习题 3.....72
2.6.3 字符串的查找.....34	第 4 章 MATLAB 绘图.....73
2.6.4 字符串大小写变换.....36	4.1 MATLAB 二维绘图.....74
2.7 字符串与数值之间的变换.....36	4.1.1 基本绘图命令.....74
2.7.1 各形式数值转换成字符串.....36	4.1.2 图形的一些属性设置.....77
2.7.2 字符串转换为各形式的数值.....38	

4.1.3 在同一窗口内的绘图方法.....	80	第 6 章 MATLAB GUI 设计.....	162
4.2 MATLAB 三维绘图.....	81	6.1 GUI 简介.....	162
4.2.1 三维网格曲面.....	82	6.1.1 GUI 设计原则与步骤.....	162
4.2.2 三维阴影曲面.....	83	6.1.2 GUIDE 界面.....	163
4.2.3 三维图形属性的设置.....	85	6.1.3 GUIDE 组件及属性.....	165
4.3 MATLAB 特殊绘图.....	90	6.2 利用 GUIDE 创建 GUI.....	188
4.3.1 极坐标图.....	90	6.2.1 GUI 界面设计工具.....	188
4.3.2 条形图.....	90	6.2.2 通过 GUIDE 创建 GUI 的实例.....	195
4.3.3 面积图.....	92	6.3 利用底层代码创建 GUI.....	202
4.3.4 饼形图.....	93	6.3.1 界面设计.....	202
4.3.5 等高线图.....	95	6.3.2 新建 GUI 的完整 M 文件.....	204
4.3.6 火柴杆图.....	97	习题 6.....	210
4.3.7 圆柱体图.....	98	第 7 章 函数、极限与连续的	
4.3.8 球面图.....	98	MATLAB GUI 设计.....	211
4.3.9 对数/半对数图.....	99	7.1 映射与函数及 MATLAB 求解.....	211
习题 4.....	100	7.1.1 映射与集合的基本概念.....	211
第 5 章 句柄图形.....	101	7.1.2 函数的概念.....	213
5.1 MATLAB 图形系统.....	101	7.1.3 具有某些特性的函数.....	216
5.2 图形对象的创建.....	102	7.2 函数、数列的极限及 MATLAB	
5.3 句柄图形对象的基本操作.....	106	求解.....	227
5.3.1 获取对象属性值.....	106	7.2.1 函数、数列极限的概念.....	227
5.3.2 设置对象属性值.....	107	7.2.2 函数、数列极限存在的条件.....	233
5.3.3 对象的查找、复制及删除.....	111	7.2.3 函数、数列极限的 MATLAB	
5.3.4 改变对象的堆放顺序及控制		符号求解.....	234
程序执行.....	114	7.3 函数的连续性及其 MATLAB 求解.....	238
5.4 句柄图形对象的基本属性.....	116	7.3.1 函数的连续性.....	238
5.5 对象属性.....	119	7.3.2 连续函数的性质.....	240
5.5.1 根对象.....	119	7.3.3 初等函数的连续性.....	244
5.5.2 图形窗口对象.....	123	7.3.4 有界性与最大值/最小值定理.....	245
5.5.3 坐标轴(axes)对象.....	131	7.3.5 零点定理与介值定理.....	247
5.5.4 核心对象.....	136	7.4 函数的 MATLAB GUI 设计.....	249
5.5.5 uicontrol 对象.....	149	7.4.1 函数极限的 MATLAB GUI 设计.....	249
5.6.6 组对象.....	153	7.4.2 函数零点的 MATLAB GUI 设计.....	252
5.5.7 按钮组与面板.....	153	习题 7.....	255
5.5.8 自定义菜单与右键菜单.....	155	第 8 章 导数与微分的 MATLAB	
5.5.9 工具栏与工具栏按钮.....	159	实现及 GUI 设计.....	257
5.5.10 uitable 对象.....	160	8.1 导数与微分及其 MATLAB 实现.....	257
习题 5.....	161	8.1.1 导数与微分的概念和应用.....	257
		8.1.2 导数与微分的 MATLAB 实现.....	259

8.2 高阶导数与高阶微分的 MATLAB 实现 .....	265	第 10 章 空间解析几何的 MATLAB 计算及 GUI 设计 .....	351
8.2.1 高阶导数与高阶微分的定义和运用 .....	265	10.1 向量的基本概念、运算及 MATLAB 实现 .....	351
8.2.2 高阶导数与高阶微分的 MATLAB 实现 .....	267	10.1.1 向量的基本概念 .....	351
8.3 隐函数的导数及其 MATLAB 实现 .....	272	10.1.2 向量的模与方向角 .....	357
8.3.1 隐函数求导法 .....	272	10.1.3 向量的数量积、向量积和混合积 .....	361
8.3.2 对数求导法 .....	275	10.2 曲面、平面及其方程的 MATLAB 实现 .....	363
8.3.3 参变量函数的导数 .....	276	10.2.1 曲面方程的概念 .....	363
8.4 导数与微分的 MATLAB GUI 程序设计 .....	280	10.2.2 旋转曲面、柱面、二次曲面以及曲面相交 .....	364
8.4.1 MATLAB GUI 设计在微分学的应用 1——导数与微分 .....	280	10.2.3 平面的点法式方程和一般方程 .....	372
8.4.2 MATLAB GUI 设计在微分学的应用 2——导数与微分的综合运用 .....	285	10.2.4 平面的夹角 .....	375
习题 8 .....	293	10.3 空间曲线、空间直线及其方程的 MATLAB 实现 .....	376
<b>第 9 章 积分的 MATLAB GUI 设计 .....</b>	<b>296</b>	10.3.1 空间曲线的一般方程和参数方程 .....	376
9.1 积分简介及不定积分的 MATLAB 实现 .....	296	10.3.2 空间曲线在坐标面上的投影 .....	381
9.1.1 积分简介 .....	296	10.3.3 空间直线的一般方程、对称式方程和参数方程 .....	382
9.1.2 不定积分的 MATLAB 实现 .....	298	10.3.4 两直线的夹角、直线与平面的夹角 .....	384
9.2 定积分简介及其 MATLAB 程序 .....	301	10.4 空间几何体在 MATLAB GUI 设计中的应用 .....	385
9.2.1 定积分简介 .....	301	习题 10 .....	390
9.2.2 定积分的 MATLAB 实现 .....	302	<b>参考文献 .....</b>	<b>392</b>
9.3 反常积分的 MATLAB 实现 .....	328		
9.3.1 无穷积分的 MATLAB 实现 .....	328		
9.3.2 无界函数积分的 MATLAB 实现 .....	340		
9.4 定积分的 MATLAB GUI 设计 .....	345		
习题 9 .....	349		



# 第 1 章 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软件, 它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体, 构成了一个使用方便、界面友好的用户环境。

MATLAB 的含义是矩阵实验室(Matrix Laboratory), 其基本元素是无须定义维数的矩阵。MATLAB 自问世以来, 就以强大的数值计算能力著称。它进行数值计算的基本单位是复数数组(或称阵列), 这使得 MATLAB 高度“向量化”。经过十几年的完善和扩充, MATLAB 现已发展成为线性代数课程的标准工具。由于 MATLAB 不需定义数组的维数, 并给出矩阵函数、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、优化等方面的问题时, 显得简捷、高效、方便。

MATLAB 本身也可认为是一种面向科学与工程计算的高级语言, 它的语句比 Basic、C 语言等更加接近人们所熟悉的数学公式的表达方式, 所以它的编程效率高, 易学易懂。MATLAB 提供了大量的图形功能, 能很方便地将计算结果用图形显示出来, 是一种将数据结构、编程特性以及图形用户界面完美地结合到一起的软件。MATLAB 的核心是矩阵和数组, 在 MATLAB 中所有数据都是以数组的形式来表示和存储的。

## 1.1 MATLAB 的主要特点及构成

### 1. MATLAB 的主要特点

MATLAB 之所以具有强大的功能, 得益于它包含了被称做工具箱(Toolbox)的各类应用问题的求解工具。工具箱实际上是对 MATLAB 进行扩展应用的一系列 MATLAB 函数(称为 M 文件), 可用于求解各类学科的问题, 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, 因此, 应用范围也越来越广泛, 成为涉及数值分析的各类工程师不可或缺的工具。

MATLAB 的特点主要包括:

- (1) 代码、数据文件的集成管理环境。
- (2) 算法设计开发的交互式工具。
- (3) 用于线性代数、统计、傅里叶分析、滤波器设计、优化和数值计算的基本数学函数。
- (4) 2D 和 3D 数据可视化。
- (5) 创建自定义工程师图形界面的工具。
- (6) 可与第三方算法开发工具(如 C/C++, FORTRAN, Java, COM, Microsoft Excel 等)集成开发基于 MATLAB 的算法。

## 2. MATLAB 的构成

MATLAB 系统由开发环境、MATLAB 数学函数库、MATLAB 语言、图形处理系统和 MATLAB 应用程序接口(API)五大部分构成。图 1.1 为 MATLAB R2010b 的主界面。

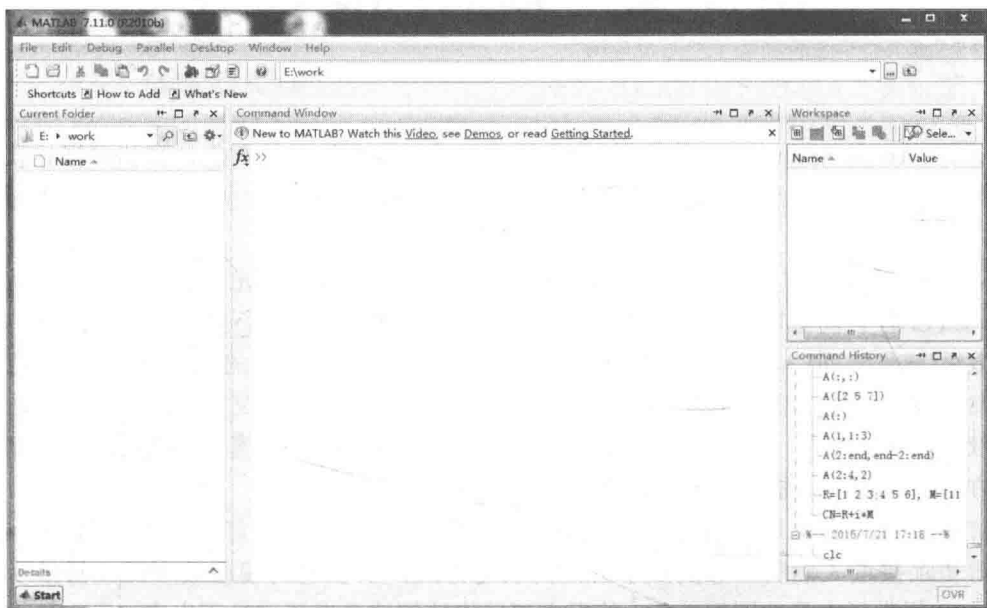


图 1.1 MATLAB R2010b 的主界面

(1) 开发环境：由一系列工具组成。这些工具方便用户使用 MATLAB 的函数和文件，其中许多工具采用的是图形用户界面，包括 MATLAB 桌面、命令窗口、命令历史窗口、M 文件编辑器、工作空间和在线帮助文档。

(2) MATLAB 数学函数库：包括了从实现基本运算(如加法、正弦函数等)到实现复杂算法的大量函数，如矩阵求逆、贝塞尔函数、快速傅里叶变换等。

(3) MATLAB 语言：是一个高级的基于矩阵/数组的语言，它有程序流控制、函数、数据结构、输入/输出和面向对象编程等特色。用户既可以用它来快速编写简单的程序，也可以用它来编写庞大复杂的应用程序。

(4) 图形处理系统：图形处理系统使得 MATLAB 能方便地图形化显示向量和矩阵，而且能对图形添加标注和打印，它包括二维及三维图形函数、图像处理 and 动画显示函数等。

(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。

## 1.2 MATLAB 的基本功能

MATLAB 主要功能包括以下七个方面：

### 1. 数学计算功能

MATLAB 的数学计算功能是 MATLAB 的重要组成部分，也是最基础的部分，包括矩阵运算、数值运算及其他各种算法。

## 2. 图形化显示功能

MATLAB 可以将数值计算的结果通过图形化的界面显示出来, 包括 2D 和 3D 界面。

## 3. M 语言编程功能

用户可以在 MATLAB 中使用 M 语言编写脚本文件或者函数来实现用户所需要的功能, 而且 M 语言语法简单, 便于学习和使用。

## 4. 编译功能

MATLAB 可以通过编译器将用户自己编写的 M 文件或者函数生成函数库, 支持 Java 语言编程, 提供 COM 服务和 COM 控制, 输入/输出各种 MATLAB 及其他标准格式的数据文件。这些功能使得 MATLAB 能够同其他高级编程语言混合使用, 大大提高了实用性。

## 5. 图形用户界面开发功能

利用图形化的工具创建图形用户界面开发环境(GUIDE), 支持多种界面元素, 如按钮(Push Button)、单选按钮(Radio Button)、复选框(Check Boxes)、滑块(Sliders)、文本编辑框(Edit Box)和 ActiveX 控件, 并提供界面外观、属性、行为响应等设置方式来实现相应的功能。

## 6. Simulink 建模仿真功能

Simulink 是 MATLAB 的重要组成部分, 可以用来对各种动态系统进行建模、分析和仿真。它包含了强大的功能和模块, 而且利用简单的图形拖动、连线等操作构建出系统框图模型。同时, Simulink 与基于有限状态机理论的 Stateflow 紧密集成, 可以针对任何能用数学来描述的系统进行建模。

## 7. 自动代码生成功能

自动代码生成工具主要有 Real-Time Workshop 和 Stateflow Coder, 通过自动代码生成工具可以直接将 Simulink 与 Stateflow 建立的模型转化为简洁可靠的程序代码, 代码生成的过程都是自动完成的, 极大地方便了用户。

# 1.3 MATLAB 基本程序元素

## 1. 变量

程序中, 为了方便操作内存中的值, 需要给内存中的值设定一个标签(或名称), 这个标签称之为变量。在 MATLAB 中, 变量不需事先声明, MATLAB 遇到新的变量名时, 会自动建立变量并分配内存。给变量赋值时, 如果变量不存在, 会创建它; 如果变量存在, 会更新它的值。

变量的命名规则如下:

- (1) 以字母开头, 由字母、数字或下划线组成。
- (2) 区分大小写。
- (3) 可任意长, 但仅使用前 N 个字符。N 与硬件有关, 由函数 `namelengthmax` 返回, 一般  $N = 63$ 。
- (4) 不能使用关键字作为变量名。
- (5) 避免使用函数名作为变量名。

如果变量采用了函数名，则该函数失效。如在命令行中键入：

```
>> clear =3;
>> clear
clear =
    3
```

则 clear 函数失效，不能清除基本工作空间里的变量。又如

```
>> i = 3;
>> 1+2*i
ans =
    7
```

则虚数单位 i 失效。

与变量有关的函数见表 1.1。

表 1.1 常见预设函数

函数名	函数说明
clear	移除工作空间里的数据项，释放内存
clearvars	从内存中清除变量
isvarname	检查输入的字符串是否为有效的变量名
genvarname	采用字符串构建有效的变量名
ans	当未指定输出变量时，临时存储最近的答案
namelengthmax	返回最大的标识符长度
assignin	指派变量到基本工作空间或当前空间

**【注】：**

- ① clear: 移除工作空间的变量，而 clc 清空命令窗口的输出。
- ② clearvars: 可以清除内存中的某些或全部变量，也可以保留指定的变量。

例如：

```
>>a = 1;
>>b = 1;
>> clearvars-except b %清除工作空间中除变量 b 以外的所有其他变量
>> a
??? undefined function or variable 'a'.
>> b
b =
    1
```

MATLAB 将变量存储在一块内存区域中，该区域称为基本工作空间。脚本文件(没有输入/输出参数、不带 function 关键字、由一系列命令语句组成的 M 文件)或命令行创建的变量，都存在基本工作空间中。函数不使用基本工作空间，每个函数都有自己的函数空间。

在函数空间中生成的变量，只在函数空间中有效；在基本工作空间中生成的变量，只在基本工作空间中有效。若需要在函数空间中指派变量到基本工作空间，可使用 assignin

函数:

`assignin(workspace, 'varname', varvalue)`

指派变量 `varname` 到 `workspace` 表示的空间中,且变量 `varname` 的值初始化为 `varvalue`。  
`workspace` 取值为 'base', 表示基本工作空间; 取值为 'caller', 表示当前回调函数空间。

不能在基本工作空间中指派变量到函数空间。

变量有以下三种基本类型:

(1) 局部变量。每个函数都有自己的局部变量, 这些变量只能在定义它的函数内部使用。当函数运行时, 它的变量保存在自己的工作空间里, 一旦函数退出, 这些局部变量将不复存在。如果要获取函数局部变量的值, 可以在函数内部设置断点。

脚本没有单独的工作空间, 只能共享脚本调用者的工作空间。当从命令行调用时, 脚本变量存在于基本工作空间内; 当从函数调用时, 脚本变量存在于函数空间内。

(2) 全局变量。在函数或基本工作空间内, 用 `global` 声明的变量为全局变量。例如, 声明变量 `a` 为全局变量:

`global a`

声明了全局变量的函数或基本工作空间, 共享该全局变量, 都可以给它赋值。如果函数的子函数要使用全局变量, 也必须用 `global` 声明。全局变量要放在函数开始处声明。为增强程序的逻辑性、可读性和封装性, 应谨慎使用全局变量。

(3) 永久变量。永久变量用 `persistent` 声明, 只能在 M 文件函数中定义和使用, 只允许声明它的函数存取。当声明它的函数退出时, MATLAB 不会从内存中清除它。例如, 声明变量 `a` 为永久变量:

`persistent a`

最好在函数开始处声明永久变量。声明后, 默认初始值为空矩阵 `[]`。

## 2. 特殊值

一些函数返回重要的特殊值, 这些值可以在 M 文件中使用, 见表 1.2。

表 1.2 特殊值

函数	函数说明
<code>eps</code>	浮点数相对精度, MATLAB 计算时的容许误差
<code>intmax</code>	本计算机能表示的 8 位、16 位、32 位、64 位的最大整数
<code>intmin</code>	本计算机能表示的 8 位、16 位、32 位、64 位的最小整数
<code>realmax</code>	本计算机能表示的最大浮点数
<code>realmin</code>	本计算机能表示的最小浮点数
<code>pi</code>	3.141 592 653 589 7...
<code>i, j</code>	虚数单位
<code>inf</code>	无穷大。当 $n > 0$ 时, $n/0$ 的结果是 <code>inf</code> ; 当 $n < 0$ 时, $n/0$ 的结果是 <code>-inf</code>
<code>NaN</code>	非数, 无效数值。比如 $0/0$ 或 $\text{inf}/\text{inf}$ , 结果为 <code>NaN</code>
<code>computer</code>	MATLAB 运行平台。比如当返回字符串 <code>PCWIN</code> 时, 操作系统为 Microsoft Windows
<code>version</code>	MATLAB 版本字符串。比如 7.8.0.347(R2009a)

【注】: `eps` 为 MATLAB 进行数学运算(如平方、开方、求正弦)时, 计算结果所容许的

误差。因为浮点数的计算存在容许误差，因此，在比较浮点数的值是否相等，或查找数组中某个浮点值时，要考虑这个容许误差。例如，查找数组  $a$  中是否存在 1.01 这个元素，不要采用以下方法：

```
Find(a==1.01)
```

而应该考虑容许误差：

```
find(abs(a-1.01)<=eps)
```

### 3. 关键字

MATLAB 为程序语言保留的一些字，称为关键字。变量名不能为关键字。

MATLAB 所有的关键字有 break、case、catch、continue、else、elseif、end、for、function、global、if、otherwise、persistent、return、switch、try、while、classdef、parfor、spmd。

查看或检查关键字用 iskeyword 函数。例如：

```
>> iskeyword('if')
```

```
ans =
```

```
1
```

## 1.4 MATLAB 的发展与更新

现在，MATLAB 仍处于不断的发展中，每年 MathWorks 公司都会定期发布 MATLAB 的新版本，每个新版中都会推出新的性能，并对上个版本中的瑕疵进行修改。以 MATLAB R2012b 为例：MATLAB R2012b 在 R2010b 的基础上更新了多个产品模块，添加了新的特性，包括 MATLAB、Simulink 和 Polyspace 产品的新功能，以及对 77 种其他产品的更新和补丁修复。

(1) MATLAB 统一了用于一维、二维与三维数值积分的函数并提升了基本数学和内插函数的性能。

(2) MATLAB Compiler: 可以下载 MATLAB Compiler Runtime(MCR)，简化编译后的程序和组件的分发。

(3) Image Processing Toolbox: 通过亮度指标优化进行自动图像配准。

(4) Statistics Toolbox: 增强了使用线性、广义线性和非线性回归进行拟合、预测和绘图的界面。

(5) System Identification Toolbox: 标识连续时间传递函数。

(6) HDL Coder: 可替代 Simulink HDL Coder 的新产品，添加了直接从 MATLAB 生成 HDL 代码的功能。

(7) HDL Verifier: 可替代 EDA Simulator Link 的新产品，添加了 Altera FPGA 在线支持。

(8) MATLAB Coder: 可从用户定义的系统对象生成代码并自动生成动态共享库。

(9) Embedded Coder: AUTOSAR 4.0 兼容性，减少了数据副本，将代码生成报告与 Simulink 网络视图联系起来。

(10) Computer Vision System Toolbox: Viola-Jones 对象检测、MSER 特征检测和 CAMShift 跟踪。

(11) Communications System Toolbox: USRP 无线电支持、LTE MIMO 信道模型以及

LDPC、Turbo 解码器和其他算法的 GPU 支持。

(12) Simulink: 从目标硬件(包括 LEGO、MINDSTORMS、NXT 和 BeagleBoard)上的 Simulink 直接运行模型。

(13) SimMechanics: 具有新的三维可视化功能的第二代多体建模和仿真技术。

(14) Real-Time Windows Target: 使用 Simulink 标准模式实时执行 Windows 中的模型。用户可以登录网站 <http://www.mathworks.com/> 了解 MATLAB 的最新信息。

## 1.5 MATLAB 桌面操作环境

MATLAB 的用户界面包含了主菜单、工具栏以及四个主要窗口, 对这些窗口和工具的认识是掌握 MATLAB 的基础。另外, 掌握 MATLAB 的搜索路径和帮助系统, 是我们更好地运用 MATLAB 所不可或缺的。

### 1. MATLAB 主菜单

- (1) File: 实现有关文件的操作。
- (2) Edit: 用于命令窗口的编辑操作。
- (3) Debug: 用于调试 MATLAB 程序。
- (4) Desktop: 用于设置工作空间和工具栏的显示项。
- (5) Window: 用于设置 Array Editor 的显示项。
- (6) Help: 用于提供帮助信息。

### 2. MATLAB 工具栏

如图 1.2 所示, MATLAB 工具栏中主要包括新建文件、打开文件、剪切、复制和粘贴等常用工具, 同时可显示 MATLAB 的当前路径。用户可以通过工具栏来改变当前目录路径。

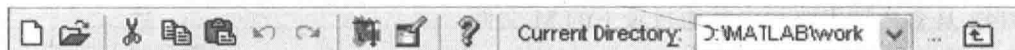


图 1.2 工具栏

### 3. MATLAB 的主要窗口

启动 MATLAB 后, 将显示包括命令窗口、工作空间窗口、命令历史窗口、当前路径窗口和主菜单组成的操作桌面(主窗口)。MATLAB 设定了几种特定的窗口布局方式, 可以在 Desktop 菜单中通过窗口布局(Desktop Layout)进行设定, 其中缺省方式为 Default。

#### 1) 命令窗口(Command Window)

MATLAB 是交互式的语言, 输入命令即给出运算结果。而命令窗口则是 MATLAB 的主要交互窗口, 用于输入和编辑命令行等信息, 并显示结果(图形除外)。当命令窗口中出现提示符“>>”时, 表示 MATLAB 已经准备好, 可以输入命令、变量或运行函数。提示符总是位于行首。在每个指令行输入后要按回车键, 才能使指令被 MATLAB 执行。

#### 2) 工作空间 Workspace 窗口

工作空间用于保存 MATLAB 变量的信息。在工作空间中可以对变量进行观察、编辑、保存和删除。保存在工作空间中的自定义变量, 直到使用了“clear”命令清除工作空间或关闭了 MATLAB 系统才被清除。在命令窗口中键入“whos”命令, 可以显示出保存在工

作空间中的所有变量的名称、大小、数据类型等信息，如果键入“who”命令，则只显示变量的名称。

### 3) 命令历史(Command History)窗口

命令历史窗口记录用户每一次启动 MATLAB 的时间以及在命令窗口运行过的所有指令。命令历史窗口中的指令可以被复制到命令窗口重新运行。如果要清除掉这些记录，可以选择“Edit”菜单中的“Clear Command History”选项。

### 4) 当前路径(Current Directory)窗口

当前路径窗口也称为当前目录窗口(见图 1.3)，用于显示或改变当前目录。当前目录指的是 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及函数才可以被运用或调用。如果没有特殊指明，数据文件也将储存在当前目录下。如果要建立自己的工作目录，在运行文件前必须将该文件所在目录设置为当前目录。

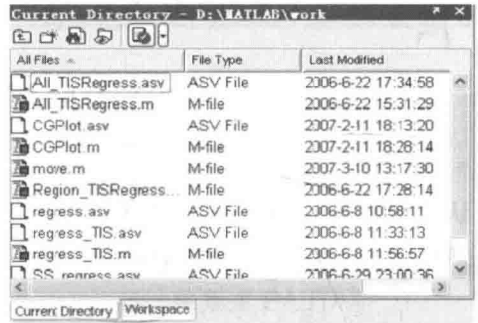


图 1.3 当前目录

## 4. MATLAB 的搜索路径

搜索路径的设置是决定程序是否正确运行的关键之一。当用户在命令窗口中输入一条命令后，MATLAB 按照一定次序寻找相关的文件。

基本的搜索过程为：

- (1) 是否为一个变量；
- (2) 是否为一个内部函数；
- (3) 是否为当前目录下的 M 文件；
- (4) 是否为搜索路径中其他目录下的 M 文件。

## 5. MATLAB 帮助系统

进入帮助窗口可以通过以下三种方法：

- (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。

【注】查看源代码的命令为：>>open。

## 习 题 1

1. 阐述 MATLAB 的功能。
2. 认识并了解 MATLAB 的各窗口，查看其中的菜单及工具栏的内容。
3. 查看 MATLAB 的当前路径。
4. 在命令窗口中输入 helpwin，熟悉帮助命令。



## 第2章 MATLAB 的基本使用方法

本章从最基本的数据类型出发, 介绍 MATLAB 的常用命令及其基本用法。

### 2.1 MATLAB 数据类型

MATLAB 的数据类型主要分为以下三类:

- (1) 数组: 字符类型、数值类型、单元类型、结构类型、Java 类、函数句柄。
- (2) 数值类型: 整数、单精度类型、双精度类型。
- (3) 结构类型: 用户类。

数字为数学运算的最基本对象。在 MATLAB 中, 数字的数据类型有各种有符号整数型、无符号整数型、双精度型和单精度型。

MATLAB 支持 8 位、16 位、32 位和 64 位的有符号和无符号数据类型。

#### 1. 整数类型

整数类型如表 2.1 所示。

表 2.1 整数类型

数据类型名称	数据类型范围	转换函数
有符号 8 位整数	$-2^7 \sim 2^7 - 1$	Int8()
有符号 16 位整数	$-2^{15} \sim 2^{15} - 1$	Int16()
有符号 32 位整数	$-2^{31} \sim 2^{31} - 1$	Int32()
有符号 64 位整数	$-2^{63} \sim 2^{63} - 1$	Int64()
无符号 8 位整数	$0 \sim 2^8 - 1$	Uint8()
无符号 16 位整数	$0 \sim 2^{16} - 1$	Uint16()
无符号 32 位整数	$0 \sim 2^{32} - 1$	Uint32()
无符号 64 位整数	$0 \sim 2^{64} - 1$	Uint64()

上述整数数据类型除了定义范围不同外, 都具有相同的性质。由于 MATLAB 默认的数据类型为双精度型, 因此在定义整型变量时, 需指定变量的数据类型。

#### 2. 浮点数类型

REALMAX('double')和 REALMAX('single')分别返回双精度浮点和单精度浮点的最大值; REALMIN('double')和 REALMIN('single')分别返回双精度浮点和单精度浮点的最小值。浮点数类型如表 2.2 所示。