

- 合理、完善的知识体系结构
- 内容丰富，重点突出，应用性强
- 免费提供相关程序源代码下载
- 深入、详细剖析 MATLAB 工程应用技术

MATLAB
工程应用书库

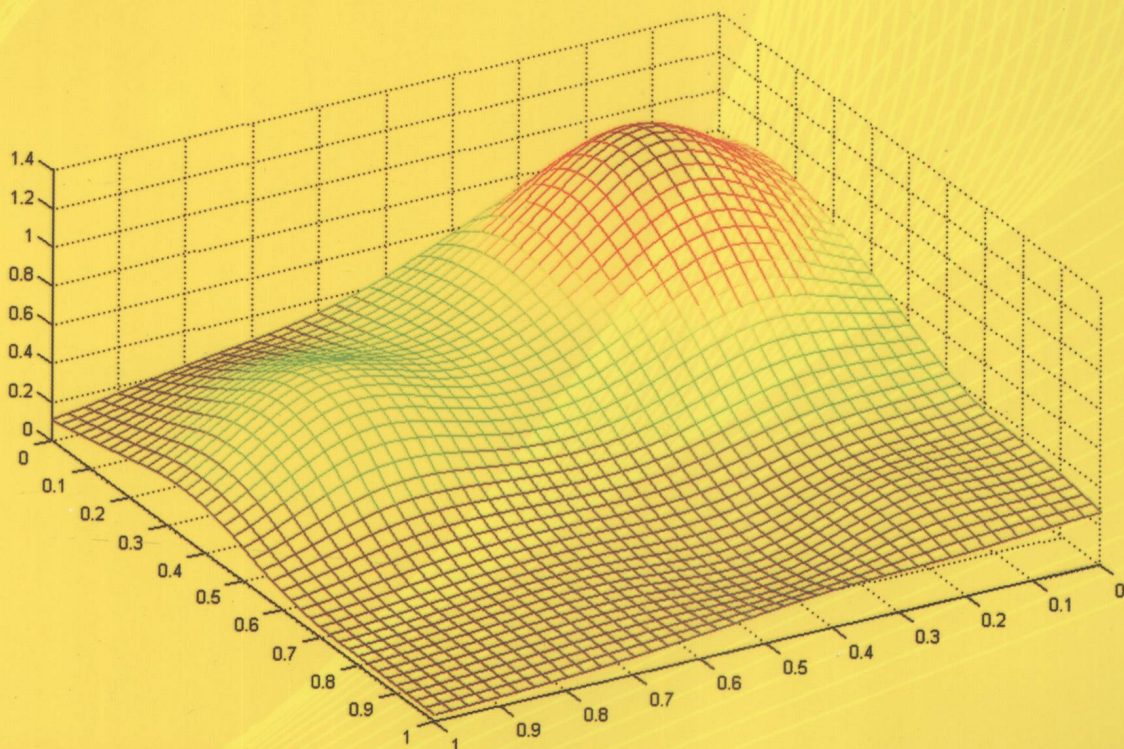
MATLAB

通信工程仿真



网上提供源代码下载
www.cmpbook.com

张德丰 等编著



tlab 中文论坛提供技术支持
www.iLoveMatlab.cn



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



MATLAB 工程应用书库

MATLAB 通信工程仿真

张德丰 等编著



机械工业出版社

本书系统地介绍了使用 MATLAB 进行通信工程仿真的方法, 主要内容包括 MATLAB 概述、MATLAB 的基本操作、MATLAB 程序设计、MATLAB 绘图功能、通信系统与仿真基础、Simulink 介绍、通信模块分析、通信系统建模、模拟和数字通信系统的建模与仿真、通信系统综合应用等内容。

本书可作为理工科各专业本科生、研究生以及应用 MATLAB 的相关科研人员学习 MATLAB 通信工程仿真的教材或参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 通信工程仿真 / 张德丰等编著. —北京: 机械工业出版社, 2010.1
(MATLAB 工程应用书库)

ISBN 978-7-111-29323-1

I. M… II. 张… III. 通信工程—系统仿真—软件包, MATLAB
IV. TN914

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 233729 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 丁 诚 吴鸣飞

责任编辑: 吴鸣飞

责任印制: 洪汉军

三河市国英印务有限公司印刷

2010 年 1 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm×260mm · 25.75 印张 · 605 千字

0001—4000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-29323-1

定价: 46.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

前言



MATLAB 是当今最优秀的科技应用软件之一，它以强大的科学计算与可视化功能、简单易用、开放式可扩展环境，特别是所附带的 30 多种面向不同领域的工具箱支持，使得它在许多科学领域中成为计算机辅助设计和分析、算法研究和应用开发的基本工具和首选平台。MATLAB 具有其他高级语言难以比拟的一些优点，如编写简单、编程效率高、易学易懂等，因此 MATLAB 语言也被通俗地称为演算纸式科学算法语言。MATLAB 广泛应用于控制、通信、信号处理及科学计算等领域，并且已经被认可为能够有效提高工作效率、改善设计手段的工具。因此，掌握了 MATLAB 就好比掌握了开启这些专业领域大门的钥匙。

Simulink 是 MATLAB 其中的一个工具包，其建模与一般程序建模相比更为直观，操作也更为简单，不必记忆各种命令、参数的用法，只要用鼠标就能够完成非常复杂的工作。Simulink 不但支持线性系统仿真，还支持非线性系统仿真；不但支持连续系统仿真，还支持离散系统甚至混合系统仿真；不但自身功能非常强大，而且还是一个开放性体系，用户可以自己开发模块来增强 Simulink 自身的功能。对于同一个系统模型，利用 Simulink 可以采用多个不同的采样速率，不但能够实时地显示计算结果，还能够显示模型所表示实物的实际运动形式。

随着 MATLAB 与 Simulink 通信、信号处理专业函数库和专业工具箱的成熟，它们逐渐为广大通信技术领域的专家、学者和工程师所熟悉，在通信理论研究、算法设计、系统设计、建模仿真和性能分析验证等方面的应用也越来越广泛。本书以 MATLAB 的基础为入门，先介绍 MATLAB 的强大功能，然后进一步让读者对通信系统有一个基本概念，从系统建模原理和仿真的数值计算方法入手，以图文的巧妙与紧密结合，让读者对通信系统由一个从量到质的认识。

本书以实际工程为背景，重点通过专业技术与大量示例相结合的形式，详细地介绍了 MATLAB/Simulink 通信系统建模与仿真设计的方法和技巧。全书共分 10 章：第 1 章为 MATLAB 概述，包括 MATLAB 简介、MATLAB 的基础与入门知识等内容；第 2 章介绍 MATLAB 的基本操作，包括 MATLAB 中的数据及变量类型、MATLAB 数值矩阵运算、MATLAB 多项式及其运算等内容；第 3 章介绍 MATLAB 程序设计，包括 M 文件及其使用方法、程序结构等内容；第 4 章介绍 MATLAB 绘图功能，包括 MATLAB 二维图形绘制与 MATLAB 的三维绘图等内容；第 5 章介绍通信系统与仿真基础，包括通信系统的组成、通信系统模型的分类等内容；第 6 章介绍 Simulink，包括 Simulink 的启动及其模块库简介、Simulink 建模与仿真方法等内容；第 7 章介绍通信模块分析，包括信息论基础介绍、信道模型分析内容；第 8 章介绍通信系统建模，包括信源编码与译码、调制与解调分析等内容；第 9 章介绍模拟和数字通信系统的建模与仿真，包括滤波器的模型分析、通信系统的基本模型分析等内容；第 10 章介绍通信系统综合应用及 MATLAB 延伸，包括 MATLAB/Simulink 在通信系统的综合应用与 Stateflow 的原理与应用等内容。

本书可以作为理工科各专业本科生、研究生以及应用 MATLAB 的相关科研人员学习

MATLAB 通信工程仿真的教材或参考书。

参加本书编写的有张德丰、周品、许华兴、王旭宝、王孟群、邓恒奋、卢国伟、卢焕斌、伍志聪、庄文华、庄浩杰、许业成、何沛彬、何佩贤、张水兰、张坚、李勇杰、李秋兰、李美妍、陈运英、陈景棠、梁家科、黄达中、陈楚明、林健锋、梁劲强、林振满。

由于作者水平有限，书中疏漏之处在所难免。在此，诚恳地期望得到各领域的专家和广大读者的批评指正。

编 者

目 录

前言

第 1 章 MATLAB 概述	1
1.1 MATLAB 简介	1
1.1.1 MATLAB 发展历程	1
1.1.2 MATLAB 组成	1
1.1.3 MATLAB 主窗口	3
1.1.4 MATLAB 命令窗口	3
1.1.5 MATLAB 工作空间窗口	5
1.1.6 命令历史窗口	5
1.1.7 Start 菜单	6
1.2 MATLAB 的基础准备及入门	6
1.2.1 MATLAB 基本操作	6
1.2.2 MATLAB 绘图	10
1.2.3 MATLAB 常用命令	13
1.2.4 MATLAB 帮助窗口	15
1.2.5 MATLAB 演示系统	17
1.2.6 当前目录浏览器窗口	17
第 2 章 MATLAB 的基本操作	19
2.1 MATLAB 中的数据及变量类型	19
2.1.1 常量和变量	19
2.1.2 数据类型	20
2.1.3 数值计算应用实例	24
2.2 MATLAB 数值矩阵运算	24
2.2.1 数值矩阵的创建	24
2.2.2 数值矩阵的矩阵算法	29
2.2.3 数值矩阵的数组算法	32
2.2.4 矩阵的特殊运算	35
2.3 MATLAB 多项式及其运算	45
2.3.1 多项式求值	45
2.3.2 多项式求根	46
2.3.3 部分分式展开	47
2.3.4 多项式乘除	47
2.3.5 多项式的微积分	48
2.4 字符串变量和符号矩阵	49
2.4.1 字符串变量和函数求值	49

2.4.2	符号变量	53
2.4.3	符号矩阵的创建方法	57
2.4.4	符号矩阵的运算	58
2.4.5	符号矩阵运算中的几个特有命令的应用	60
2.5	MATLAB 在复变函数中的应用	65
2.5.1	复数的基本概念	65
2.5.2	复变量的函数	65
2.5.3	复数的生成及其矩阵创建	67
2.5.4	复数的几何意义	68
2.5.5	MATLAB 在复数运算中的应用	69
第3章	MATLAB 程序设计	73
3.1	M 文件及其使用方法	73
3.1.1	M 文件	73
3.1.2	脚本文件	73
3.1.3	函数文件	75
3.1.4	函数调用和变量传递	76
3.1.5	数据导入与导出	82
3.1.6	示例分析	86
3.2	程序结构	95
3.2.1	顺序结构	95
3.2.2	循环结构	95
3.2.3	分支结构	98
3.2.4	程序终止控制语句	100
3.2.5	程序异常处理语句	101
3.3	程序流控制语句	101
3.3.1	echo 指令	102
3.3.2	input 指令	102
3.3.3	pause 指令	102
3.3.4	keyboard 指令	103
3.3.5	break 指令	103
3.3.6	错误控制	103
3.4	函数类型	104
3.4.1	主函数	104
3.4.2	子函数	105
3.4.3	私有函数	106
3.4.4	嵌套函数	106
3.4.5	重载函数	110
3.5	MATLAB 程序调试	111
3.5.1	调试方法	111



3.5.2 调试工具	111
第4章 MATLAB 绘图功能	114
4.1 二维图形绘制	114
4.1.1 绘制二维曲线的常用函数	114
4.1.2 二维图形处理	118
4.1.3 文字在图形中显示	124
4.1.4 图形的图例和颜色条	125
4.1.5 绘制二维图形的其他函数	127
4.1.6 向量图	131
4.1.7 饼图	133
4.1.8 等高线图	134
4.1.9 带形图	135
4.2 MATLAB 的三维绘图	135
4.2.1 三维图形的基本函数	135
4.2.2 三维曲面图绘制	136
4.2.3 透明度作图	140
4.2.4 立体可视化	141
4.2.5 三维饼图	144
4.2.6 三维图的镂空	144
4.2.7 光照处理	145
4.2.8 三维向量图	146
4.2.9 三角网目图	147
4.2.10 三维图的裁剪	148
4.2.11 其他三维图形绘制	149
4.3 三维图形高级绘图功能	150
4.3.1 视点处理	150
4.3.2 色彩处理	152
4.3.3 图像的旋转	159
第5章 通信系统与仿真基础	161
5.1 通信系统概述	161
5.2 通信系统的组成	162
5.2.1 信源	162
5.2.2 信道	163
5.2.3 信宿	163
5.2.4 发送与接收设备	164
5.3 通信系统模型的分类	164
5.3.1 按信源分类	164
5.3.2 按信号特征分类	164
5.3.3 按传输媒介分类	165

5.4 通信系统仿真的方法	166
5.4.1 动态系统模型的状态方程求解法	166
5.4.2 蒙卡罗法	169
5.4.3 混合法	172
5.5 MATLAB/Simulink 建模与仿真原理	175
5.5.1 概述	175
5.5.2 Simulink 主要特点	176
5.5.3 Simulink 仿真工作原理	177
5.5.4 静态系统的 MATLAB 仿真	178
5.5.5 动态系统的 MATLAB 仿真	180
5.6 应用 S 函数编写 Simulink 的常用模块	184
5.6.1 信源模块	184
5.6.2 信号传输模块	186
5.6.3 信宿模块	188
5.7 Simulink 与 MATLAB 的交互	190
第 6 章 Simulink 介绍	194
6.1 Simulink 的启动及其模块库简介	194
6.1.1 Simulink 的启动	194
6.1.2 Simulink 模块库简介	194
6.2 Simulink 建模与仿真方法	196
6.2.1 模型建立	196
6.2.2 模块的参数设置	199
6.2.3 仿真参数的设置	201
6.2.4 仿真结果输出	202
6.3 设置仿真性能与计算精度	202
6.3.1 MATLAB 加速计算介绍	202
6.3.2 Simulink 仿真加速设计	205
6.3.3 Simulink 精度提高设计	206
6.4 创建 Simulink 子系统及其封装	206
6.4.1 创建子系统	207
6.4.2 条件执行子系统	209
6.4.3 子系统的封装	214
6.5 S 函数及 M 文件 S 函数的模板介绍	218
6.5.1 S 函数简介	218
6.5.2 S 函数工作原理	223
6.5.3 M 文件 S 函数的模板	224
第 7 章 通信模块分析	229
7.1 信息论基础介绍	229
7.1.1 信息的度量	229

7.1.2 信道容量的计算	231
7.2 信源模型	234
7.2.1 确定信源	234
7.2.2 伪随机码源	235
7.2.3 统计信源	242
7.3 信道模型分析	246
7.3.1 加性高斯白噪声信道分析	246
7.3.2 带限加性噪声信道分析	248
7.3.3 离散时间信道指标的定量计算分析	248
7.4 信号观测设备分析	250
7.4.1 离散的眼图示波器分析	251
7.4.2 星座图观测仪分析	253
7.4.3 离散信号轨迹观测设备分析	255
7.4.4 误码率计算器	256
7.5 信号参数分析	257
7.5.1 信号直流分量和交流分量分析	257
7.5.2 信号能量和功率分析	258
7.5.3 信号的频域参数分析	258
7.5.4 离散时间信号的统计参数分析	271
第8章 通信系统建模	273
8.1 信源编码与译码	273
8.1.1 信源编码	273
8.1.2 信源译码	280
8.2 调制与解调分析	282
8.2.1 调制的通带与基带分析	282
8.2.2 模拟调制与解调分析	282
8.2.3 数字调制与调制分析	289
8.3 数字信号基带传输分析	291
8.3.1 数字基带信号的码型介绍	292
8.3.2 码型的功率谱分布	298
8.3.3 基带传输的误码率	301
8.4 载波提取分析	304
8.4.1 幅度键控分析	304
8.4.2 相移键控分析	305
8.4.3 频移键控分析	307
8.4.4 正交幅度调制	307
8.5 扩频通信系统的性能仿真	310
8.5.1 直接序列扩频系统	311
8.5.2 跳频扩频系统	314

8.6 通信系统性能指标	317
第9章 模拟和数字通信系统的建模与仿真	321
9.1 滤波器的模型分析	321
9.1.1 滤波器的类型、参数指标分析	321
9.1.2 滤波器相关函数及模拟介绍	322
9.1.3 滤波器的相关实现	326
9.2 通信系统的基本模型分析	330
9.2.1 模拟通信系统基本模型分析	331
9.2.2 数字通信系统基本模型分析	332
9.3 模拟通信系统的建模与仿真分析	333
9.3.1 调幅广播系统的仿真分析	333
9.3.2 调频立体声广播信号结构	336
9.3.3 彩色电视信号的构成和频谱仿真分析	336
9.4 数字信号建模与仿真	342
9.4.1 采样定理的原理仿真	342
9.4.2 PCM 编码与解码	344
9.4.3 DPCM 编码与解码	352
9.4.4 增量调制	354
9.5 常用的随机分布	357
9.5.1 均匀分布随机数	357
9.5.2 指数随机数	358
9.5.3 χ^2 分布	358
9.5.4 Γ 分布	361
9.5.5 瑞利分布	361
9.5.6 F 分布	362
9.5.7 t 分布	363
9.6 仿真数据的处理	364
9.6.1 插值	364
9.6.2 拟合	365
第10章 通信系统综合应用及 MATLAB 延伸	368
10.1 跳频技术在通信系统中的应用	368
10.1.1 蓝牙跳频系统各部分分析	368
10.1.2 接收信号部分分析	370
10.1.3 误码部分分析	372
10.1.4 谱分析	373
10.2 设计通信系统发射机	373
10.2.1 利用直接序列扩频技术设计发射机	373
10.2.2 利用 IS-95 前向链路技术设计发射机	374
10.2.3 利用 OFDM 技术设计发射机	378

10.3 设计通信系统接收机	381
10.3.1 利用直接序列扩频技术设计发射机	381
10.3.2 利用 IS-95 前向链路技术设计接收机	381
10.3.3 利用 OFDM 技术设计接收机	382
10.4 通信系统的 MATLAB 实现	382
10.5 Stateflow 原理与应用	390
10.5.1 Stateflow 概述	390
10.5.2 Stateflow 在 Simulink 中的应用	391
10.5.3 Stateflow 常用命令	392
10.5.4 Stateflow 相关操作	392
10.5.5 Stateflow 仿真实例分析	396
参考文献	400



第1章 MATLAB 概述



MATLAB 是由 MathWorks 公司开发的一种主要用于数值计算及可视化图形处理的工程语言，是当今最优秀的科技应用软件之一。它将数值分析、矩阵运算、图形图像处理、信号处理和仿真等诸多强大的功能集成在较易使用的交互计算机环境之中，为科学研究、工程应用提供了一种功能强、效率高的编程工具。

1.1 MATLAB 简介

1.1.1 MATLAB 发展历程

MATLAB 由 Matrix（矩阵）和 Laboratory（试验室）两词的前 3 个字母组合而成。20 世纪 70 年代后期，时任美国新墨西哥大学计算机系主任的 Cleve Moler 博士讲授线性代数课程时，发现应用其他高级编程语言极为不方便，为了减轻学生编程负担，于是 Cleve Moler 博士和他的同事构思并为学生设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口，这就是用 FORTRAN 编写萌芽状态的 MATLAB。之后几年，MATLAB 作为免费软件在大学里被广泛使用，深受大学生的欢迎。

MATLAB R 系列是从 2006 年开始发布的，MathWorks 公司在技术层面上实现了一次飞跃。从那以后产品发布模式也发生了改变，每年的 3 月和 9 月进行两次产品发布，产品及版本的命名方式为“R+年份+代码”，对应上下半年的代码分别是 a 和 b。每一次发布都包含所有的产品模块，如产品的 new feature、bug fixes 和新产品模块的推出。例如，MATLAB R2008a 是 MathWorks 公司 2008 年 3 月份推出的产品。目前最新版本是 MATLAB R2009b。

1.1.2 MATLAB 组成

MATLAB 作为 MathWorks 产品家族的核心，它主要由 5 大部分组成，分别为 MATLAB 语言（the MATLAB Language）、MATLAB 工作环境（the MATLAB Working Environment）、MATLAB 数学函数库（the MATLAB Math Library）、MATLAB 应用程序接口（the MATLAB Application Interface）和图形句柄系统（Handle Graphics）。下面对它们分别进行介绍。

1. MATLAB 语言

MATLAB 语言是一种以矩阵（Matrix）和阵列（Array）为基本编程单元，拥有完整的控制语句、数据结构、函数编写与调用格式和输出功能，具有面向对象程序设计特征的高级程序语言。使用 MATLAB 语言不但可以方便快捷地完成小规模算法验证、程序开发和调试工作，而且可以进行大规模、高效的复杂应用程序设计。

2. MATLAB 工作环境

简单来说，MATLAB 工作环境就是一系列实用工具的集合，它不但包括了各种操作工作空间

中变量的工具和管理数据输入输出的方法，而且包括了开发调试 M 文件和 MATLAB 应用程序的集成环境，使用起来极为方便。关于 MATLAB 工作环境下一节将展开讨论，在此先不作介绍。

3. MATLAB 数学函数库

MATLAB 数学函数库是大量的各种形式的数学函数和算法的集合，它不仅包括了最基本的初等函数，如 sum、sine、cosine 和复数运算等，而且包含了大量复杂的高级函数和算法，如贝塞尔（Bessel）函数，快速傅里叶变换和矩阵求逆等。用户在编写自己的 MATLAB 程序时，可以轻松地调用这些函数和算法，从而极大地方便了算法的开发。所有这些函数按类别分别存放在 MATLAB 工具箱目录下的 8 个子目录中，如表 1-1 所示。

表 1-1 MATLAB 数学函数库的分类和组织

目录名	函数功能
elmat	对矩阵和矩阵元素的操作
elfun	初等数学函数
matfun	矩阵函数——数值线性代数
funfun	功能函数和 ODE 求解
specfun	专门数学函数
sparfun	稀疏矩阵函数
datafun	数值分析和傅里叶变换
polyfun	插值和多边形近似

4. MATLAB 应用程序接口

MATLAB 的外部接口使得 MATLAB 可与外部设备和程序实现数据交互和程序移植，可以扩充 MATLAB 强大的数值计算和图形显示功能，从而弥补了其执行效率较低的缺点，同时增强了其他应用程序进行软件开发的功能，提高了软件开发效率。MATLAB 接口工具不仅使得 MATLAB 可以十分方便地与其他应用程序交换数据和信息，还实现了与其他程序函数和算法的交互。所以，通过 MATLAB 接口编程，可以充分利用现有资源，能更容易地编写出功能强大、结构简洁的应用程序。MATLAB 主要提供了 MEX 文件、MAT 文件、MATLAB 计算引擎、COM 和 DDE、Web 服务、硬件接口和 Excel 生成器、Java 生成器和 .NET 生成器等形式的接口。

5. 图形句柄系统

Handle Graphics 为 MathWorks 公司的注册商标，是 MATLAB 的图形系统。它在包含了大量高级的 2D 和 3D 数据可视化、图形显示、动画生成和图像处理命令的同时，还提供了许多低级的图形命令，允许用户按照自己的需求显示图形和定制应用程序图形用户接口，既方便又灵活。具体的函数分为 5 大类，分别放置在 MATLAB 工具箱下 5 个不同的目录内，如表 1-2 所示。

表 1-2 MATLAB 图形函数的分类和组织

目录名	函数功能
graph2d	二维图形函数
graph3d	三维图形函数

(续)

目 录 名	函 数 功 能
graphics	图形句柄函数
uitools	图形用户界面工具
specgraph	专门图形函数



1.1.3 MATLAB 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。

当选择不同的子窗口时,菜单栏包含不同的菜单项。例如,当选择命令窗口时,菜单栏包含 File、Edit、Debug、Desktop、Window 和 Help 共 6 个菜单项。File 菜单实现有关文件的操作;Edit 菜单用于命令窗口的编辑操作;Debug 菜单用于程序调试;Desktop 菜单用于设置 MATLAB 集成环境的显示方式;Window 菜单用于关闭所有打开的编辑器窗口或选择活动窗口;Help 菜单用于提供帮助信息。

MATLAB 7.X 主窗口的工具栏共提供了 12 个命令按钮和一个当前路径列表框。这些命令按钮有对应的菜单命令,但使用起来比菜单命令更快捷、方便。

1.1.4 MATLAB 命令窗口

MATLAB 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 命令窗口不仅可以内嵌在 MATLAB 的工作界面,而且还可以以独立窗口的形式浮动在界面上。选中命令窗口,再选择 Desktop 菜单中的 Undock Command Window 命令,就可以浮动命令窗口,如图 1-1 所示。

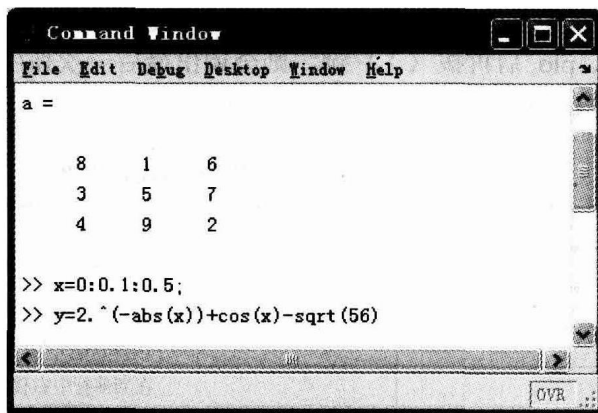


图 1-1 浮动的 MATLAB 命令窗口

如果希望重新将命令窗口嵌入 MATLAB 的工作界面中,可以使用浮动命令窗口 Desktop 菜单中的 Dock Command Window 命令。

MATLAB 命令窗口中的“>>”为命令提示符,表示 MATLAB 正在处于准备状态。在命令提示符后输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：

```
a=12, m=23
a=12; m=23
```

两个命令行都是合法的，第一个命令行执行后显示 a 和 m 的值；第二个命令行因命令 $a=12$ 后面带有分号， a 的值不显示，而只显示 m 的值。

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做该行的逻辑继续。例如：

```
x=1-1/2+1/3-1/4+1/5-1/6+1/7- ...
1/8+1/9-1/10+1/11-1/12;
```

是一个命令行，但占用两个物理行，第一个物理行以续行符结束，第二个物理行是上一行的继续。

在 MATLAB 里，有很多的控制键和方向键可用于命令行的编辑。如果能熟练使用这些键将大大提高操作效率。例如，当将命令 $x_1 = (\log(3) + \sqrt{5})/2$ 中的函数名 $\sqrt{}$ 输入成 srt 时，由于 MATLAB 中不存在 srt 函数，MATLAB 将会给出错误信息：

```
??? Undefined command/function 'srt'.
```

重新输入命令时，用户不用输入整行命令，而只需按向上方向（ $\uparrow$ ）键调出刚才输入的命令，再在相应的位置输入 q 并按下回车键即可。在回车时，光标可以在该命令行的任何位置，没有必要将光标移动到该命令行的末尾。反复使用（ $\uparrow$ ）键，可以回调以前输入的所有命令行；还可以只输入少量的几个字母，再按（ $\uparrow$ ）键就可以调出最后一条以这些字母开头的命令。例如，输入 plo 后再按（ $\uparrow$ ）键，则会调出最后一次使用的以 plo 开头的命令行。表 1-3 介绍了 MATLAB 命令行编辑中常用的控制键及其功能。

表 1-3 命令行编辑中常用的控制键及其功能

键 名	功 能
$\uparrow$	前寻式调回已输入过的命令
$\downarrow$	后寻式调回已输入过的命令
$\leftarrow$	在当前行中左移光标
$\rightarrow$	在当前行中右移光标
PgUp	前寻式翻滚一页
PgDn	后寻式翻滚一页
Home	将光标移到当前行行首
End	将光标移到当前行末尾
Del	删除光标右边的字符
Backspace	删除光标左边的字符
Esc	删除当前行全部内容

1.1.5 MATLAB 工作空间窗口

MATLAB 工作空间是 MATLAB 用于存储各种变量和结果的内存空间。工作空间窗口是 MATLAB 集成环境的重要组成部分，它与 MATLAB 命令窗口一样，不仅可以内嵌在 MATLAB 的工作界面，还可以以独立的形式浮动在界面上，浮动的工作空间窗口如图 1-2 所示。在该窗口中显示工作窗口中所有变量的名称、取值和变量类型说明，可对变量进行观察、编辑、保存和删除。

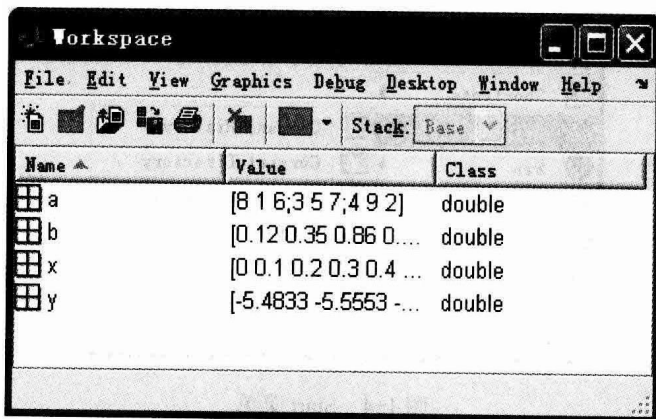


图 1-2 浮动的工作空间窗口

1.1.6 命令历史窗口

MATLAB 的命令历史记录窗口可以内嵌在 MATLAB 的主窗口，也可以浮动在主窗口上，浮动的命令历史记录窗口如图 1-3 所示。在默认设置下，历史记录窗口中会自动保留自安装起所有用过的命令的历史记录，并且还说明了使用时间，从而方便用户查询，而且通过双击命令可再次运行历史命令。如果要清除这些历史记录，可以单击【Edit】菜单下的【Clear Command History】命令。

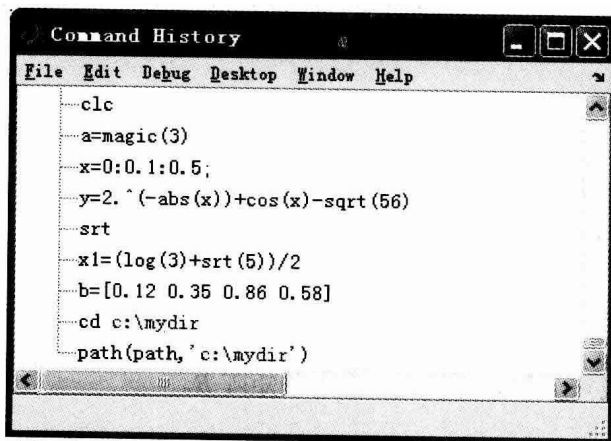


图 1-3 浮动的命令历史记录窗口