

MATLAB仿真与应用系列丛书

本书提供源代码下载

# MATLAB

## Simulink建模与仿真

张德丰 编著



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

MATLAB 仿真与应用系列丛书

# MATLAB/Simulink 建模与仿真

张德丰 编著

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

## 内 容 简 介

本书从应用角度出发,系统地介绍了 MATLAB/Simulink 的建模与仿真。结合 MATLAB/Simulink 的使用,通过典型示例,全面系统地阐述了 MATLAB/Simulink 建模与仿真在通信系统和自动系统中的应用。全书共分为 8 章,内容包括 MATLAB 介绍、MATLAB 界面设计、Simulink 仿真环境、MATLAB/Simulink 建模与仿真、时/频域分析法、模拟及数字通信系统的建模与仿真、经典/现代/智能控制系统设计与仿真、MATLAB/Simulink 仿真与建模在实际中的应用等。各章首先通过理论来阐述其原理及概念,再通过典型示例来加深读者对这些概念的理解,同时也把理论应用到实际过程中。

本书具有内容广、示例典型、实用性强、简单易懂等特点。可作为计算机仿真、计算机应用、信息处理、机械电子等大专院校学生和研究生教材,也可供计算机仿真及相关领域工程技术和研究人员参考。

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/Simulink 建模与仿真 / 张德丰编著.—北京:电子工业出版社,2009.6  
(MATLAB 仿真与应用系列丛书)

ISBN 978-7-121-08986-2

I. M... II. 张... III. ①计算机辅助计算—软件包, Matlab、Simulink—应用—系统建模  
②计算机辅助计算—软件包, Matlab、Simulink—应用—系统仿真 IV. TP391.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 087151 号

策划编辑:陈韦凯

责任编辑:康霞

印刷:北京东光印刷厂

装订:三河市万和装订厂

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:23.75 字数:608 千字

印次:2009 年 6 月第 1 次印刷

印数:4 000 册 定价:42.00 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。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

# 丛书编委会

**主任：**张德丰

**副主任：**周 品 胡丽华

**委员：**（按姓氏字母的先后顺序排列）

蔡结衡 陈运英 邓恒奋 卢焕斌 栾颖 林振满

刘志为 王孟群 王旭宝 伍志聪 张坚 张水兰

# 丛书序言

MATLAB 一词是 Matrix Laboratory (矩阵实验室) 的缩写。20 世纪 70 年代后期, 时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教授为减轻学生编程负担, 为学生设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口, 此即用 Fortran 编写的萌芽状态的 MATLAB。此后, MATLAB 软件的功能便不断得到丰富和发展。

在欧美大学里, 诸如应用代数、数理统计、自动控制、数字信号处理、模拟与数字通信、时间序列分析、动态系统仿真等课程的教科书把 MATLAB 作为一项重要学习内容。这几乎成了 20 世纪 90 年代以后教科书与旧版书籍的区别性标志。

在国际学术界, MATLAB 已经被确认为准确、可靠的科学计算标准软件。MATLAB 将数值分析、矩阵运算、信号处理、图形功能和系统仿真融为一体, 使用户在易学易用的环境中求解问题, 如同书写数学公式一样, 避免了传统的复杂专业编程。

本套丛书是编委会经过对多所高等院校和知名企业进行调研, 在与各高校教师和数十位不同领域工程师广泛交流的基础上编写的。编委会成员都是来自计算机教学的一线教师和就职于各知名企业的工程师, 具有非常丰富的教学和实践经验。

本套丛书是以 MATLAB R 2008 为平台来讲解各学科知识的, 也适合其他 MATLAB 版本, 具有如下主要特点:

(1) 突出技术, 全面针对实际应用。在选材上, 根据实际应用的需要, 坚决舍弃现在用不上、将来也用不上的内容。在保证学科体系完整的基础上不过度强调理论的深度和难度, 注重应用型人才的专业技术和工程实用技术的培养。此系列丛书从内容上讲, 跨度较大, 从 MATLAB 在基础层面的应用到专业工具箱的高层次的应用, 这样可以满足不同领域和不同层次读者的需要, 读者可以根据自己的水平自主选用。

(2) 本套丛书采用“任务驱动”的编写方式, 采取“提出问题——介绍解决问题的方法——归纳总结, 培养寻找答案的思维方法”的模式。以实际问题引导出相关的原理和概念, 在讲述实例的过程中将知识点融入, 通过分析归纳, 介绍解决工程实际问题的思想和方法, 最后进行概括总结, 使书中内容层次清晰, 脉络分明, 可读性和操作性强。同时引入案例学习和启发式学习方法, 便于激发学习兴趣。

(3) 内容安排上力求由浅入深, 循序渐进; 表述清晰, 通俗易懂; 讲求效率, 内容经过多次提炼和升华, 突出规律和学习技巧, 是思维化的直接体现。

(4) 充分体现案例学习模式。在本系列丛中读者会发现, 凡是讲解一个问题都以一个案例为主线进行阐述, 这是本系列丛书作者多年来在教学第一线的经验总结。案例学习引人入胜, 易理解, 易掌握, 能使读者举一反三, 技术掌握扎实。

我们力争使这套丛书在可读性、指导性和实用性上达到最优; 但肯定会有不尽人意之处, 诚挚接受广大读者的批评、指正。同时也希望与读者在本套丛书的学习、应用上相互交流, 来信可发往 [zhangdf@foshan.net](mailto:zhangdf@foshan.net)。

编委会  
2009年3月

# 前 言

MATLAB 语言由于其语法的简洁性,代码接近于自然数学描述方式,以及具有丰富的专业函数库等诸多优点,吸引了众多科学研究工作者,越来越成为科学研究、数值计算、建模仿真,以及学术交流的事实标准。Simulink 作为 MATLAB 语言上的一个可视化建模仿真平台,起源于对自动控制系统的仿真需求,它采用方框图建模的形式,更加贴近于工程习惯。Simulink 是基于 MATLAB 的框图设计环境,可以用来对各种动态系统进行建模、分析和仿真,它的建模范围广泛,可以针对任何能够用数学来描述的系统进行建模,如航空航天动力学系统、卫星控制制导系统、通信系统、船舶及汽车等,其中包括了连续、离散、条件执行、事件驱动、单速率、多速率和混杂系统等。Simulink 提供了利用鼠标拖动的方法建立系统框图模型的图形界面,而且 Simulink 还提供了丰富的功能块以及不同的专业模块集合,利用 Simulink 几乎可以做到不用写一行代码完成整个动态系统的建模工作。

随着 MATLAB/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更加广泛。Simulink 可视化仿真工具能够以非常直观的方框图方式形象地对通信系统进行建模,并以“实时”和动画的方式来将模型仿真结果(如波形、频谱、数据曲线等)显示出来,更便于对通信系统的物理概念和运行过程的直观理解,所以近年来在通信工程专业中得到了广大师生的重视和广泛应用,在理论教学、课程实践环节以及理论和技术前沿的研究中发挥了重要作用。

目前, MATLAB/Simulink 的应用已经远远超越了数值计算和控制系统仿真等传统领域,在几乎所有理工学科中形成了为数众多的专业工具库和函数库,已成为科学研究和工程设计中日常计算和仿真试验的工具。

全书共分为 8 章。第 1 章介绍了 MATLAB 软件的特点、绘图及程序设计等内容;第 2 章介绍了 MATLAB 图形用户界面设计,创建图形用户界面,GUI 示例等内容;第 3 章介绍了 Simulink 的应用, Simulink 模块库,子系统与模块封装技术, Simulink 模型的实时代码生成等内容;第 4 章介绍了 MATLAB 编程仿真的方法, Simulink 仿真的数据结构和编程调用技术,声卡在 MATLAB/Simulink 仿真模型中的应用等内容;第 5 章介绍了时域响应分析,时域稳定性分析,频域的频率特性等内容;第 6 章介绍了通信系统的模型,模拟信号的数字化,数字通信系统的建模仿真应用等内容;第 7 章介绍了经典控制系统设计与仿真,现代控制系统设计与仿真,智能控制系统设计与仿真等内容;第 8 章介绍了飞机偏航阻尼器设计,飞行器控制系统应用解析等内容。

各章通过精心设计的应用实例来帮助读者理解和掌握 MATLAB/Simulink 建模与仿真在通信系统和控制系统中的应用。全书内容深入浅出、图文并茂,各章节之间既相互联系又相对独立,读者可根据自己的需要选择阅读。本书既可作为计算机仿真、计算机应用、信息处理、机械电子等大专院校学生和研究生教材,也可供计算机仿真及其相关领域工程技术和研究人员参考。

由于时间仓促、作者水平和经验有限,书中错漏之处在所难免,敬请读者指正。

作 者  
2009 年 3 月

# 目 录

第 1 章	MATLAB 介绍 .....	1
1.1	MATLAB 相关简介 .....	1
1.1.1	MATLAB 发展历程 .....	1
1.1.2	MATLAB 软件的特点 .....	2
1.1.3	MATLAB 组成 .....	2
1.2	MATLAB 操作界面 .....	4
1.2.1	MATLAB 主窗口 .....	4
1.2.2	MATLAB 命令窗口 .....	4
1.2.3	MATLAB 工作窗口 .....	5
1.2.4	当前目录窗口和搜索路径 .....	6
1.2.5	命令历史窗口 .....	7
1.2.6	Start 菜单 .....	7
1.3	MATLAB 的示例 .....	7
1.3.1	命令行程序 .....	7
1.3.2	MATLAB 绘图 .....	9
1.3.3	M 文件 .....	9
1.3.4	GUI 举例 .....	11
1.3.5	Simulink 系统仿真 .....	11
1.4	MATLAB 数值计算 .....	11
1.4.1	MATLAB 的数值类型 .....	12
1.4.2	MATLAB 的矩阵运算 .....	14
1.5	关系运算及逻辑运算 .....	22
1.5.1	关系运算符与逻辑运算符 .....	22
1.5.2	运算符优先级 .....	23
1.5.3	关系和逻辑函数 .....	24
1.5.4	关系与逻辑运算示例 .....	24
1.6	符号运算 .....	25
1.7	MATLAB 常用绘图命令 .....	27
1.8	MATLAB 程序设计 .....	29
1.8.1	程序类型 .....	29
1.8.2	程序流程控制 .....	30
1.8.3	程序设计原则 .....	33
第 2 章	MATLAB 界面设计 .....	35
2.1	MATLAB 图形用户界面设计 .....	35
2.1.1	图形用户界面简介 .....	35
2.1.2	图形用户界面对象的结构 .....	35

2.1.3	启动图形用户界面.....	36
2.1.4	布局编辑器.....	36
2.1.5	GUIDE 模板介绍.....	36
2.2	创建图形用户界面.....	37
2.2.1	图形用户界面的设计原则.....	37
2.2.2	图形用户界面创建.....	38
2.3	GUI 编程.....	42
2.3.1	GUI 的 M 文件.....	42
2.3.2	GUI 的控制响应编程.....	44
2.3.3	使用 GUI 句柄结构.....	47
2.4	GUI 示例.....	49
<b>第 3 章</b>	<b>Simulink 仿真环境.....</b>	<b>53</b>
3.1	简介.....	53
3.2	Simulink 的应用.....	53
3.2.1	Simulink 运行方法及其编辑窗口.....	53
3.2.2	Simulink 功能.....	56
3.2.3	Simulink 仿真设置.....	57
3.3	Simulink 模块库.....	62
3.3.1	连续 (Continuous) 模块库.....	63
3.3.2	非连续 (Discontinuous) 模块库.....	64
3.3.3	离散 (Discrete) 模块库.....	65
3.3.4	数学运算 (Math Operations) 模块库.....	67
3.3.5	接收器 (Sinks) 模块库.....	69
3.3.6	输入源 (Sources) 模块库.....	71
3.4	Simulink 功能模块的处理.....	73
3.4.1	Simulink 模块参数设置.....	73
3.4.2	Simulink 模块基本操作.....	74
3.4.3	Simulink 模块间连线处理.....	75
3.5	Simulink 模型示例.....	75
3.5.1	模型操作.....	75
3.5.2	模型创建.....	77
3.6	Simulink 模型调试.....	81
3.6.1	图形调试器基础.....	82
3.6.2	使用图形调试器调试模型.....	83
3.6.3	使用命令行方式调试模型.....	86
3.7	子系统与模块封装技术.....	90
3.7.1	子系统.....	90
3.7.2	封装模块.....	92
3.7.3	自定义模块库.....	96
3.8	S 函数.....	96



3.8.1	S 函数基本概念 .....	97
3.8.2	S 函数工作原理 .....	98
3.8.3	用 M 文件编写 S 函数 .....	100
3.8.4	用 C MEX 文件编写 S 函数 .....	109
3.8.5	S 函数创建器的使用 .....	115
3.9	Simulink 模型的实时代码生成 .....	120
3.9.1	Real-Time Workshop 介绍 .....	120
3.9.2	Simulink 模型的一般实时程序生成方法与示例 .....	124
3.9.3	Simulink 模型实时代码生成方法与示例 .....	131
<b>第 4 章</b>	<b>MATLAB/Simulink 建模与仿真 .....</b>	<b>135</b>
4.1	MATLAB 编程仿真的方法 .....	135
4.1.1	简介 .....	135
4.1.2	静态系统的 MATLAB 仿真 .....	136
4.1.3	连续动态系统的 MATLAB 仿真 .....	140
4.1.4	离散动态系统的 MATLAB 仿真 .....	155
4.1.5	基于数据流和基于时间流的仿真技术 .....	157
4.2	Simulink 仿真的数据结构和编程调用技术 .....	159
4.2.1	Simulink 中数据流的向量和矩阵形式 .....	159
4.2.2	Simulink 中数据结构的转换 .....	160
4.2.3	Simulink 与 MATLAB 的交互 .....	166
4.2.4	编程调用仿真模型 .....	171
4.3	Simulink 在通信与电子系统仿真中的关键问题 .....	173
4.3.1	系统仿真速率的选择和设计 .....	173
4.3.2	串/并转换和混合速率系统仿真 .....	175
4.3.3	应用 Simulink 求解方程 .....	176
4.3.4	多种计算机仿真方法在一个数学模型的实现 .....	178
4.4	声卡在 MATLAB/Simulink 仿真模型的应用 .....	179
4.4.1	MATLAB 与声卡的接口函数 .....	179
4.4.2	Simulink 与声卡的接口模块 .....	181
<b>第 5 章</b>	<b>时/频域分析法 .....</b>	<b>183</b>
5.1	时域分析法简介 .....	183
5.2	时域响应分析 .....	183
5.2.1	典型输入 .....	183
5.2.2	线性系统时域响应解析 .....	184
5.2.3	时域响应性能指标 .....	186
5.2.4	MATLAB/Simulink 在时域分析中的应用 .....	187
5.2.5	一阶和二阶系统时域响应分析 .....	192
5.2.6	高阶系统的时域分析 .....	201
5.3	时域稳定性分析 .....	204
5.3.1	稳定性概念 .....	204

5.3.2	稳定性判据.....	205
5.3.3	稳态误差解析.....	208
5.3.4	MATLAB 在稳定性分析中的应用.....	212
5.4	频域分析法简介.....	214
5.5	频域的频率特性.....	214
5.5.1	频率特性的概念.....	214
5.5.2	频率响应曲线.....	215
5.6	频域频率响应分析.....	222
5.6.1	系统品质分析.....	222
5.6.2	稳定性分析.....	225
<b>第 6 章</b>	<b>模拟及数字通信系统的建模与仿真.....</b>	<b>233</b>
6.1	通信系统的模型.....	233
6.1.1	模拟通信系统基本模型.....	234
6.1.2	数字通信系统基本模型.....	234
6.2	通信系统性能指标.....	236
6.3	通信系统建模的要素.....	239
6.4	模拟通信系统的建模仿真应用.....	241
6.4.1	调幅的包络检波和相干解调性能仿真对比.....	241
6.4.2	单边带调幅系统的建模仿真.....	244
6.4.3	彩色电视系统的建模仿真.....	249
6.5	模拟信号的数字化.....	256
6.5.1	采样定理的原理仿真.....	256
6.5.2	PCM 编码和解码.....	257
6.5.3	DPCM 编码和解码.....	259
6.6	数字通信系统的建模仿真应用.....	262
6.6.1	二进制传输的错误率仿真.....	262
6.6.2	基带传输码型设计.....	265
6.6.3	带限基带传输系统的仿真.....	271
6.7	仿真结果的数据处理.....	278
<b>第 7 章</b>	<b>经典/现代/智能控制系统设计与仿真.....</b>	<b>287</b>
7.1	经典控制系统设计与仿真.....	287
7.1.1	控制系统设计的概述.....	287
7.1.2	控制系统的波特图设计.....	288
7.1.3	PID 控制器设计.....	300
7.2	现代控制系统设计与仿真.....	310
7.2.1	控制系统设计的概述.....	310
7.2.2	极点配置与观测器设计.....	310
7.2.3	线性二次型最优控制器设计.....	319
7.2.4	鲁棒控制系统设计.....	324
7.3	智能控制系统设计与仿真.....	331

7.3.1	神经控制系统设计简介.....	332
7.3.2	神经网络工具箱.....	332
7.3.3	神经控制系统设计与仿真示例.....	341
<b>第 8 章</b>	<b>MATLAB/Simulink 仿真与建模在实际中的应用.....</b>	<b>349</b>
8.1	飞机偏航阻尼器设计.....	349
8.1.1	数学模型及 MATLAB 描述.....	349
8.1.2	校正前系统性能分析.....	351
8.1.3	校正设计.....	352
8.1.4	校正后系统性能分析.....	356
8.2	飞行器控制系统应用解析.....	357
8.2.1	飞行器控制系统数学模型.....	358
8.2.2	飞行器控制系统解析内容.....	359
8.2.3	校正装置优化设计.....	360
8.2.4	频域性能分析.....	363
<b>参考文献</b> .....		<b>365</b>

# 第 1 章 MATLAB 介绍

本章主要对 MATLAB 的基本知识做全面介绍,向读者展示 MATLAB 软件的特点,以及它的强大功能,将读者引入 MATLAB 的环境中。

## 1.1 MATLAB 相关简介

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。它拥有强大的科学计算、可视化、简单易用、开放式可扩展环境等功能,特别是所附带的 30 多种支持面向不同领域的工具箱,使得它在许多科学领域中成为计算机辅助设计、分析、算法研究和应用开发的基本工具。

MATLAB 语言被通俗地称为演算纸式科学算法语言,在控制、通信、信号处理及科学计算等领域中得到了广泛的应用,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软件。

### 1.1.1 MATLAB 发展历程

MATLAB 名字由 Matrix (矩阵) 和 Laboratory (实验室) 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,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,这里就是用 Fortran 编写萌芽状态的 MATLAB。以后几年, MATLAB 作为免费软件在大学里被广泛使用,深受大学生的欢迎。

1984 年, John Little、Cleve Moler 和 Steve Bangert 合作成立了 MathWorks 公司,专门从事 MATLAB 软件的开发,并把 MATLAB 正式推向市场。从那时起, MATLAB 的内核采用 C 语言编写,而且除原有的数值计算能力外,还新增了数据图视功能。1993 年, MathWorks 公司推出 MATLAB 4.0 版本; 1995 年, MathWorks 公司推出 MATLAB 4.2C 版 (For Win3.X)。4.X 版在继承和发展其原有数值计算和图形可视能力的同时,增加了一些功能: ①推出 Simulink; ②开发出基于 Word 处理平台的 Notebook; ③推出符号计算工具包; ④开发了与外部进行直接数据交换的组件,打通了 MATLAB 进行实时数据分析、处理和硬件开发的道路。1997 年, MathWorks 公司推出 MATLAB 5.0; 2000 年 10 月推出了 MATLAB 6.0; 2002 年 8 月,推出了 MATLAB 6.5,从此 MATLAB 拥有了强大的、成系列的交互式界面。2004 年 7 月,又进一步发展了 MATLAB 7.0,在 MATLAB 7.0 中,仿真模块发展到了 Simulink 6.0。

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又一次飞跃。从此以后产品发布模式也将改变,将在每年的 3 月和 9 月进行两次产品发布,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。每一次发布都会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。MATLAB R2008a 是 MathWorks

公司 2008 年 3 月份推出的新产品。

### 1.1.2 MATLAB 软件的特点

MATLAB 集计算、可视化及编程于一身。在 MATLAB 中，无论是问题的提出还是结果的表达都采用我们习惯的数学描述方法，而不需要用传统的编程语言进行前后处理。这一特点使 MATLAB 成为了数学分析、算法开发及应用程序开发的良好环境。MATLAB 是 MathWorks 产品家族中所有产品的基础。MATLAB 的主要特点如下。

#### 1. 强大的科学计算功能

MATLAB 拥有 500 多种数学、统计及工程函数，可使用户立刻实现强大的数学计算功能。由各领域的专家学者们开发的数值计算程序，使用了安全、成熟、可靠的算法，从而保证了最大的运算速度和可靠的运算结果。

#### 2. 直观灵活的语言

MATLAB 不仅是一套打包好的函数库，同时也是一种高级的、面向对象的编程语言。使用 MATLAB 可事半功倍地开发自己的程序。MATLAB 自身的许多函数，实际上也包括所有的工具箱函数，都是用 M 文件实现的。

#### 3. 先进的可视化工具

MATLAB 提供了功能强大的、交互式的二维和三维绘图功能。可创建富有表现力的彩色图形。可视化工具包括：曲面渲染 (Surface Rendering)、线框图、伪彩图、光源、三维等高线图、图像显示、动画、体积可视化等。

#### 4. 开放性、可扩展性强

M 文件是可见的 MATLAB 程序，所以我们可以查看源代码。开放的系统设计使我们能够检查算法的正确性，修改已存在的函数，或者加入自己的新部件。

#### 5. 便捷的绘图功能

MATLAB 的绘图功能是十分方便的，它有一系列绘图函数 (命令)，例如，线性坐标、对数坐标、半对数坐标及极坐标。只需调用不同的绘图函数 (命令)，即可在图上标出图题、XY 轴标注，格 (栅) 绘制也需要调用相应的命令，简单易行。另外，在调用绘图函数时调整自变量可以绘出不同颜色的点、线、复线或多重线。这种为科学研究着想的设计是通用的编程语言所不能及的。

#### 6. 众多面向领域应用的工具箱和模块集

MATLAB 的工具箱加强了对工程及科学中特殊应用的支持。工具箱和 MATLAB 一样是完全用户化的，可扩展性强。将某个或某几个工具箱与 MATLAB 联合使用，可以得到一个功能强大的计算组合包，满足用户的特殊要求。

### 1.1.3 MATLAB 组成

MATLAB 作为 MathWorks 产品家族的核心，它主要由五大部分组成，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)、图形句柄系统 (Handle Graphics) 和 MATLAB 应用程序接口 (the MATLAB Application Interface)。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) 为基本编程单元的，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的，具有面向对象程序设计特征的高级程序语言。读者不但可以利用它方便快捷地完成小规模算法验证、程序开发和调试工作，而且可以使用它进行大规模、高效的复杂应用程序设计。

## 2. MATLAB 工作环境

MATLAB 工作环境简单来说就是一系列实用工具的集合，它不但包括了操作各种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 工作环境第 2 章将展开讨论，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 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，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
graphics	图形句柄函数
uitools	图形用户界面工具
specgraph	专门图形函数

## 1.2 MATLAB 操作界面

### 1.2.1 MATLAB 主窗口

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。

### 1.2.2 MATLAB 命令窗口

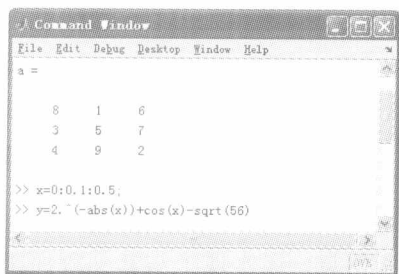


图 1-1 浮动的 MATLAB 命令窗口

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。MATLAB 命令窗口不仅可以内嵌在 MATLAB 的工作界面上，而且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。

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。有时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  $x1 = (\log(3) + \sqrt{5})/2$  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【↑】键调出刚才输入的命令，再在相应的位置输入 `q` 并按回车键即可。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 ↑ 键，可以回调以前输入的所有命令；还可以只输入少量的几个字母，再按 ↑ 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 ↑ 键，则会调出最后一次使用的以 `plo` 开头的命令。表 1-3 介绍了 MATLAB 命令行编辑的常用控制键及其功能。

表 1-3 MATLAB 命令行编辑中常用的控制键及其功能

键 名	功 能
↑	前寻式调回已输入过的命令
↓	后寻式调回已输入过的命令
←	在当前行中左移光标
→	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

### 1.2.3 MATLAB 工作窗口

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。

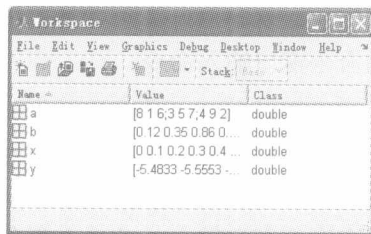


图 1-2 浮动的工作空间窗口



## 1.2.4 当前目录窗口和搜索路径

MATLAB 系统本身包含了数目繁多的文件，再加上用户自己开发的文件，更是数不胜数。如何管理和使用这些文件是十分重要的。为了对文件进行有效地组织和管理，MATLAB 有严谨的目录结构，不同类型的文件放在不同的目录下，而且通过路径来搜索文件。

### 1. 当前目录窗口

当前目录是指 MATLAB 运行时的工作目录，只有在当前目录或搜索路径下的文件、函数才可以被运行或调用。如果没有特殊指明，数据文件也将存放在当前目录下。为了便于管理文件和数据，用户可以将自己的工作目录设置成当前目录，从而使用户的操作都在当前目录中进行。

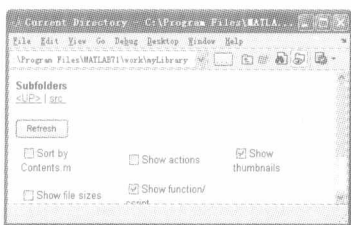


图 1-3 浮动的当前目录窗口

当前目录窗口也称为路径浏览器，它可以内嵌在 MATLAB 的主窗口，也可以浮动在主窗口上，浮动的当前目录窗口如图 1-3 所示。在当前目录窗口中可以显示或改变当前目录，还可以显示当前目录下的文件并提供搜索功能。通过目录下拉列表框可以选择已经访问过的目录；单击右侧的[...]按钮，可以打开路径选择对话框，用户可以设置或添加路径。

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，可在命令窗口中输入命令：

```
>> cd c:\mydir;
```

### 2. MATLAB 的搜索路径

如前所述，MATLAB 的文件是通过不同的路径来进行组织和管理的。当用户在 MATLAB 命令窗口输入一条命令后，MATLAB 按照一定次序寻找相关的文件。基本的搜索过程如下：

- ① 检查该命令是不是一个变量；
- ② 检查该命令是不是一个内部函数；
- ③ 检查该命令是不是当前目录下的 M 文件；
- ④ 检查该命令是不是 MATLAB 搜索路径中其他目录下的 M 文件。

假定建立一个变量 examp，同时在当前目录下建立了一个 M 文件 examp.m，如果在命令窗口输入 examp，按照上面介绍的搜索过程，应该在屏幕上显示变量 examp 的值。如果没有建立 examp 变量，则执行 examp.m 文件。

用户可以将自己的工作目录列入 MATLAB 搜索路径，从而将用户目录纳入 MATLAB 系统统一管理。设置搜索路径的方法有以下几种。

#### (1) 用 path 命令设置搜索路径

使用 path 命令可以把用户目录临时纳入搜索路径。例如，将用户目录 C:\mydir 加到搜索路径下，可在命令窗口输入命令：

```
>> path(path,'c:\mydir');
```

#### (2) 用用户对话框设置搜索路径

单击 MATLAB 的【File】菜单下的【Set Path】命令或在命令窗口输入 pathtool 命令，将出现搜索路径设置【Set Path】对话框，如图 1-4 所示。

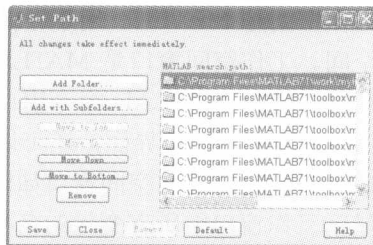


图 1-4 MATLAB 搜索路径设置对话框