

COMPUTER

高等院校计算机技术



“十二五”规划教材

信号处理与系统分析 综合实验教程

◎ 林丽莉 赵忠伟 沈文丽 茅力群 王秀萍 编著



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS

浙江大学出版社

013028346

TN911.7
138

信号处理与系统分析

综合实验教程

林丽莉 赵忠伟 沈文丽 茅力群 王秀萍 编 著



 ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社



北航 C1635073

TN911.7
138

010305834P

图书在版编目(CIP)数据

信号处理与系统分析综合实验教程 / 林丽莉等编著.
—杭州: 浙江大学出版社, 2013.3
ISBN 978-7-308-10713-6

I. ①信… II. ①林… III. ①信号处理—实验—高等学校—教材 IV. ①TN911.7-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 241475 号

信号处理与系统分析综合实验教程

林丽莉 赵忠伟 沈文丽 茅力群 王秀萍 编 著

责任编辑 吴昌雷
封面设计 刘依群
出版发行 浙江大学出版社
(杭州市天目山路 148 号 邮政编码 310007)
(网址: <http://www.zjupress.com>)
排 版 杭州中大图文设计有限公司
印 刷 杭州杭新印务有限公司
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 12.75
字 数 318 千
版 印 次 2013 年 3 月第 1 版 2013 年 3 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-308-10713-6
定 价 27.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江大学出版社发行部邮购电话 (0571)88925591

前 言

本书是浙江工商大学正在开展的“信号与信息处理”课程群建设中反映实验教学体系改革和实践的配套实验教材，主要目的是通过实验促进理论学习，进而响应教育部关于进一步提高高等学校实验室建设和管理水平，推进实验教学改革，保证教学质量的号召。

在“信号与信息处理”课程群建设过程中，我们理顺了课程体系，强化了实验和实训课程内容，主旨是帮助学生加深理解该课程群中“信号与系统”、“数字信号处理”和“数字语音信号处理”3门主干课程的基本概念、内容和方法，增强学生的软、硬件仿真能力。这3门主干课程相互关联，其共同点是：概念抽象，数学公式繁杂，消化和吸收有一定难度。在多年的教学过程中，编者也深切感受到，缺乏实际应用背景的理论学习对学生而言是枯燥而艰难的，不易激发并保持长久的学习兴趣。通过实验环节的培养，可加深学生对基础理论、基本概念的理解，同时使抽象的概念和理论形象化、具体化，加强学生的感性认识，提高其实践能力。进而使学生对“信号与信息处理”课程群中的系列课程有更深入的理解，并对工程应用背景形成初步认识。因此，我们在实践教学改革的基础上编写了本实验教材，全书分为基于MATLAB的软件仿真部分和基于实验箱的硬件仿真部分。

随着计算机及数学工具软件的发展与普及，利用软件实现信号与系统的仿真及实践已成为主流。本书实验分两大部分：

基于MATLAB的软件仿真部分，主要包括：MATLAB基础知识、系统的时域分析实验、信号的卷积仿真实验、信号的调制与解调实验、信号的频域分析、信号的采样与恢复仿真实验、系统结构分析实验、快速傅立叶变换（FFT）实验、FIR滤波器仿真实验、IIR滤波器仿真实验、语音信号的短时分析、语音识别基础，共12个实验。

基于实验箱的硬件仿真部分，主要包括：常用信号分类与观察、阶跃响应与冲激响应、连续时间系统的模拟、有源无源滤波器、抽样定理与信号恢复、信号卷积实验、信号频谱分析、系统极点对系统性能的影响、FDM频分复用传输系统，共9个实验。该硬件实验平台在基础性、实用性、全面性、简洁性和扩展性上都得到了很好的

体现，便于教师组织、实施，丰富了实验教学手段。

本书将理论与实践相结合，重在锻炼学生分析问题和解决问题的实际能力，培养学生基本实验技能。在编写过程中参考了国内一些高校的有关实验内容。在实验内容的编排上，除了理论验证性实验，还安排了综合性和设计性实验。

本书实验内容丰富，条理清楚，深入浅出，可作为电子信息工程、通信工程、信息工程、自动控制工程、电气自动化等相关专业学生的实验教材或自学材料，并可根据实际情况进行取舍。

本书经过集体讨论，最后分工执笔。在软件仿真部分，林丽莉编写了实验一和八，沈文丽编写了实验二、四、七，赵忠伟编写了实验三、五、六，茅力群编写了实验九、十，王秀萍编写了实验十一、十二。硬件仿真部分实验主要由武汉凌特电子有限公司提供。

本书是在浙江工商大学信息与电子工程学院各级领导的大力支持下完成的，要特别感谢学院副院长董黎刚教授。另外也要感谢叶天语老师参与了教材编写的前期准备工作。感谢浙江工商大学信电学院将本教材列入了教学改革项目并资助出版。

由于编者学识有限，时间紧迫，书中难免存在错误与不妥之处，敬请读者赐教。

编者

2012年9月

目 录

软件仿真篇

实验一	MATLAB 基础知识	3
实验二	系统的时域分析实验	20
实验三	信号的卷积仿真实验	29
实验四	信号的调制与解调实验	38
实验五	信号的频域分析	47
实验六	信号的采样与恢复仿真实验	55
实验七	系统结构分析实验	63
实验八	快速傅立叶变换 (FFT) 实验	76
实验九	FIR 滤波器仿真实验	85
实验十	IIR 滤波器仿真实验	98
实验十一	语音信号的短时分析	110
实验十二	语音识别基础	126

硬件仿真篇

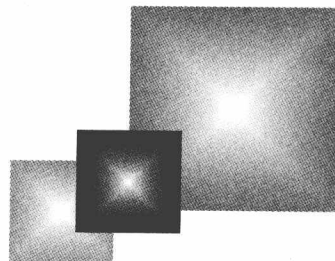
实验一	常用信号分类与观察	143
实验二	阶跃响应与冲激响应	147
实验三	连续时间系统的模拟	151
实验四	有源无源滤波器	156
实验五	抽样定理与信号恢复	164

实验六	信号卷积实验	169
实验七	信号频谱分析	174
实验八	系统极点对系统频响的影响	176
实验九	FDM 频分复用传输系统	180

附 录

附录 1	信号与系统综合实验概述	187
附录 2	实验注意事项	197
参考文献		198

软件仿真篇



实验一

MATLAB 基础知识

一、实验目的

- (1) 了解 MATLAB 的特点和主要功能。
- (2) 掌握 MATLAB 软件的安装和启动。
- (3) 熟悉 MATLAB 的运行环境和基本操作命令。
- (4) 掌握 MATLAB 数据对象的特点和基本运算规则。

二、实验类型

验证性。

三、实验原理

MATLAB 是一种科学计算软件，专门以矩阵的形式处理数据。MATLAB 集成了高性能的数值计算和可视化功能，并提供了大量的内置函数，其应用范围非常广，包括：数据分析、数值和符号计算、建模与仿真、算法开发、工程与科学绘图、控制系统设计、航天工业、汽车工业、生物医学工程、语音信号处理、图像与数字信号处理、财务与金融分析等众多应用领域。附加的工具箱（单独提供专用 MATLAB 函数集）扩展了 MATLAB 环境，以解决这些应用领域内特定类型的问题。

1. MATLAB 简介

MATLAB 名字由 MATrix 和 LABoratory 两词的前三个字母组合而成。20 世纪 70 年代后期，时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教授出于减轻学生编程负担的目的，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 语言编写的萌芽状态的 MATLAB。1984 年，Little、Moler、Steve Bangert

合作成立了 MathWorks 公司正式把 MATLAB 推向市场。到 20 世纪 90 年代, MATLAB 已成为国际控制界的标准计算软件。MATLAB 1.0 (DOS 版本), 发行于 1984 年, 到目前为止已经累计发布了 35 个版本, 当前的最新版本是 2012 年 3 月份发布的 MATLAB 7.14。经历了近 30 年的发展与竞争, MATLAB 已成为国际公认的最优秀的工程应用开发环境之一, 深受广大科技工作者的欢迎。

MATLAB 系统由 MATLAB 开发环境、MATLAB 数学函数库、MATLAB 语言、MATLAB 图形处理系统和 MATLAB 应用程序接口 (API) 五大部分构成。MATLAB 语法规则简单易学, 用户不用花太多时间即可掌握其编程技巧。另外, MATLAB 还具有功能丰富和完备的数学函数库及工具箱, 大量繁杂的数学运算和分析可通过调用 MATLAB 函数直接求解, 大大提高了编程效率, 其程序编译和执行速度远远超过了传统的 C 语言和 FORTRAN 语言。在图形处理方面, MATLAB 可以给数据以二维、三维乃至四维的直观表现, 并在图形色彩、视角、品性等具有较强的渲染和控制能力, 使科技人员对大量原始数据的分析变得轻松。概括而言, MATLAB 具有以下特色: ①语言简洁, 编程效率高; ②交互性好, 使用方便; ③强大的绘图能力, 便于数据可视化; ④学科众多、领域广泛的工具箱; ⑤开放性好, 易于扩充; ⑥与 C 语言和 FORTRAN 语言有良好的接口。

MATLAB 将高性能的数值计算和符号计算功能、强大的绘图功能、程序设计语言功能以及为数众多的应用工具箱集成在一起, 其核心是一个基于矩阵运算的快速解释处理程序。它提供了一个开放式的集成环境, 以交互式操作接收用户输入的各种命令, 然后输出计算结果, 达到用户的操作要求。MATLAB 具有以下基本功能: ①数值和符号计算功能; ②图形处理及可视化功能; ③可视化建模集动态仿真功能; ④程序设计语言功能; ⑤扩展功能。

2. MATLAB 的安装

本书以 MATLAB 7.10 为例介绍 MATLAB 的功能。MATLAB 7.10 发布于 2010 年, 很好地融合了 MATLAB 的各种功能, 可以满足用户的各项需求。

MATLAB 既可在 PC 单机环境下安装使用, 也可以在网络环境下安装使用。下面介绍 MATLAB 7.10 在 PC 机单机环境下, 基于 Microsoft Windows 7 操作系统的安装和使用情况。

MATLAB 7.10 对系统的基本要求如下: ①操作系统: Microsoft Windows XP/ Windows Vista/ Windows 7; ②Intel 处理器(1.0G 上); ③内存 1024MB 以上; ④显卡 32 位以上。

在系统满足上述要求的情况下, 即可进行 MATLAB 7.10 的安装, 安装过程如下。

(1) 将 MATLAB R2010a 的安装盘放入光驱, 系统将自动运行安装程序并进入如图 1.1 所示的初始界面; 也可以使用网上下载的 MATLAB 7.10 安装程序, 由于上传的文件一般为压缩格式, 所以首先要解压缩后, 再单击安装图标开始安装。

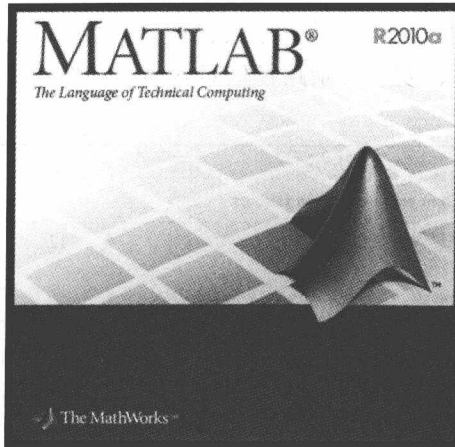


图 1.1 MATLAB R2010a 软件安装初始界面

(2) 安装程序自动打开 MathWorks Installer 界面, 选择 Install without using the Internet 选项, 单击“Next”按钮继续安装。

(3) 安装程序自动进入 License Agreement 对话框, 用户在询问是否同意使用协议的问句下选择“同意(Yes)”选项, 然后单击“Next”按钮继续安装。

(4) 用户认可 Mathworks 公司的软件协议后, 进入 File Installation Key 对话框, 在相应信息栏中输入产品序列号, 如图 1.2 所示。单击“Next”按钮继续安装。

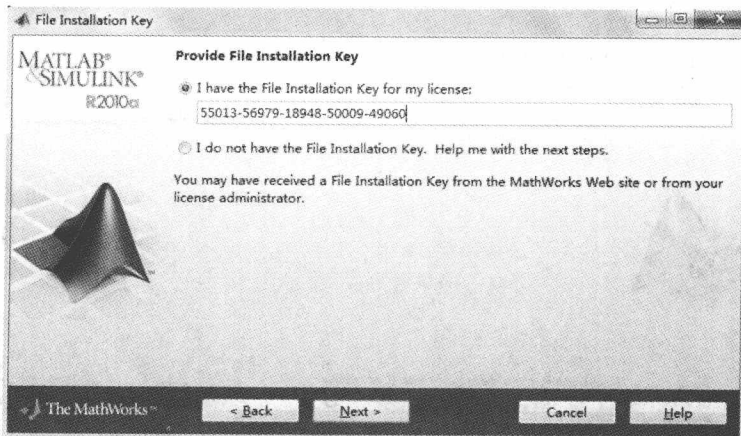


图 1.2 MathWorks 输入安装序列号界面

(5) 进入 Folder Selection 界面。单击右侧的“Browse”可以浏览、选择并改变 MATLAB 的安装路径与子目录。在此对话框中可以看到安装 MATLAB 7.10 所需的磁盘空间(约为 5993MB), 单击“Next”继续。

(6) 进入 Installation Type 对话框, 可以选择典型安装(Typical), 也可以选择用户个性化安装(Custom)。选择后者的情况下, 用户可以手动选择只安装自己所需要的工具包。单击“Next”继续。

(7) 在选择典型安装的情况下，安装程序会自动打开 MATLAB 7.10 安装内容确认对话框(图 1.3)，MATLAB 的组件、安装目录路径信息均显示在图中。

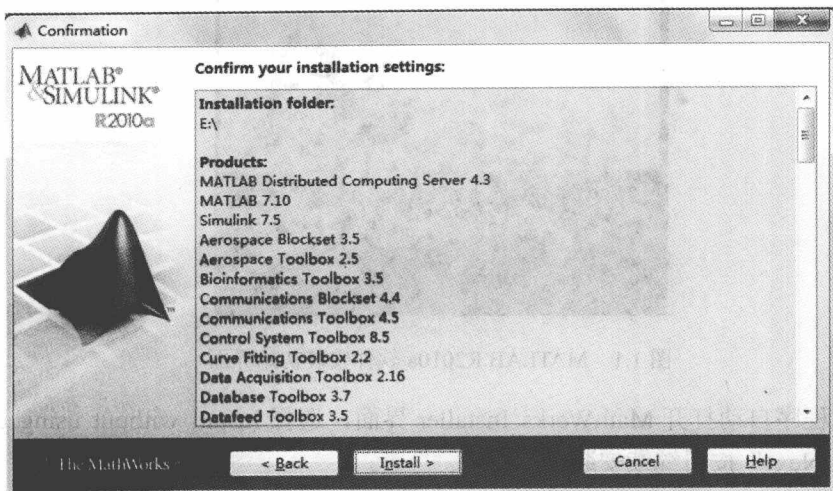


图 1.3 MATLAB 7.10 安装目录路径与组件确认界面

(8) 安装完成时，弹出如图 1.4 所示的 MATLAB 7.10 安装成功的提示界面，选择激活软件（Activate MATLAB）选项，单击“Next”继续。

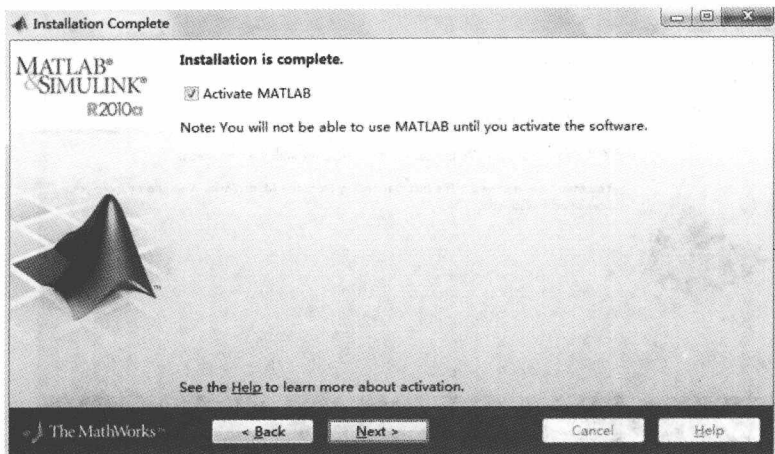
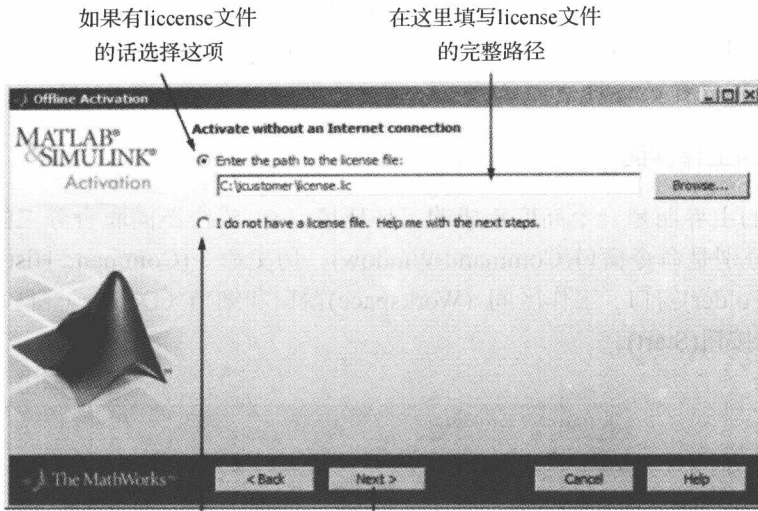


图 1.4 安装完成的提示界面

(9) 页面进入 MathWorks Software Activation 对话框，选择 Activate manually without the Internet 选项，单击“Next”继续。

(10) 在 Offline Activation 对话框中相应栏中输入 license 文件的位置，如图 1.5 所示，单击“Next”继续。



如果有license文件的话选择这项

在这里填写license文件的完整路径

如果没有license文件的话，选择这项 单击“Next”

图 1.5 Offline Activation 界面

(11) 软件激活完成后有激活完成提示界面出现，可选择 Start MATLAB 选项启动程序。

3. MATLAB 的启动与退出

MATLAB 的启动有如下通用方式。

(1) 单击“开始”→“程序”→“MATLAB”→“R2010a”→“MATLAB R2010a”，如图 1.6 所示，即可启动并打开 MATLAB 命令窗口。



图 1.6 从开始菜单打开 MATLAB 7.10

(2) 双击 MATLAB 快捷方式，即可启动并打开 MATLAB 命令窗口。

退出 MATLAB 很简单，只需单击命令窗口的“关闭”按钮即可，也可以在 MATLAB 命令窗口内输入 quit 或者 exit 命令。

4. MATLAB 的工作界面

MATLAB 的主界面是一个高度集成的工作环境，有 5 个不同职责分工的窗口，如图 1.7 所示。它们分别是命令窗口(Command Window)、历史命令(Command History)窗口、当前目录(Current Folder)窗口、工作区间 (Workspace)窗口和细节 (Details) 窗口。除此之外，左下角还有开始按钮(Start)。

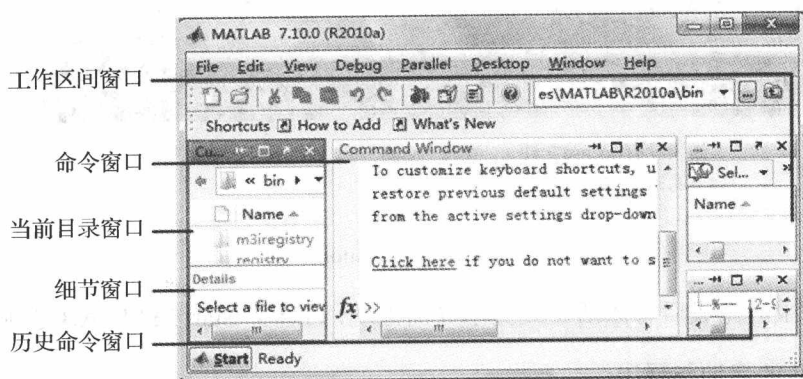


图 1.7 MATLAB7.10 主界面

命令窗口顾名思义是可以在此输入命令的窗口，但实际上，可输入的对象除 MATLAB 命令之外，还包括函数、表达式、语句以及 M 文件名或 MEX 文件名等，为叙述方便，我们将这些可输入的对象统称为语句。MATLAB 的工作方式之一是：在命令窗口中输入语句，然后由 MATLAB 逐句解释执行并在命令窗口中给出结果。命令窗口可显示除图形以外的所有运算结果。

历史命令窗口是 MATLAB 用来存放曾在命令窗口中使用过的语句。它借用计算机的存储器来保存信息。其主要目的是为了便于用户追溯、查找、执行曾经用过的语句，节省编程时间。例如，若要重新执行某条前面已经执行过的语句，在历史命令窗口中找到该语句直接双击即可；若要重新执行多条函数语句，使用“Shift”或“Ctrl”键配合鼠标左键选中多条函数语句，然后右击，在弹出的快捷菜单中选择 Evaluate Selectionw 命令即可；若要将重新执行的多条语句生成 M 文件，使用“Shift”或“Ctrl”键配合鼠标左键选中多条函数语句，然后右击，在弹出的快捷菜单中选择 Create M-File 命令，此时系统将启动编辑器并打开一个包含选中函数语句的 M 文件，该文件可以直接运行。

MATLAB 借鉴 Windows 资源管理器管理磁盘、文件夹和文件的思想，设计了当前目录窗口。利用该窗口可组织、管理和使用所有 MATLAB 文件和非 MATLAB 文件，例如新建、复制、删除和重命名文件夹和文件。甚至还可利用此窗口打开、编辑和运行 M 程序文件以及载入 MAT 数据文件等。当然，其核心功能还是设置当前目录。

工作空间窗口的主要目的是为了观察、编辑、提取和保存 MATLAB 中用到的变量。

从该窗口中可以得到变量的名称、数据结构、字节数、变量的类型甚至变量的值等多项信息。工作空间的物理本质就是计算机内存中的某一特定存储区域的可视化。

5. MATLAB 窗口操作命令

针对 MATLAB 各窗口在应用中所需的多种设置，可用菜单、对话框去解决，也可用命令去设置，这是 MATLAB 针对不同的应用需求提供的两套并行解决方案。例如，当用户在命令窗口中与系统采用交互的行编辑方式执行命令时，用菜单和对话框比较方便；当用户需要编写一个程序，并将所需的设置动作体现在程序中时，采用命令设置的方式比较方便。下面以列表形式给出与 MATLAB 基本操作有关的命令，这些命令可分成如表 1.1~表 1.4 所示的 4 组。

表 1.1 工作空间管理命令

命 令	示 例	说 明
save	save data1	将当前工作空间中的变量存储到 MATLAB 格式的二进制文件（即 MAT 文件）中
load	load data1	将 MAT 文件中的数据载入到工作空间
who	who	查询当前工作空间中的变量
whos	whos	查询当前工作空间中的变量，并给出其大小、类型和字节数等信息
clear	clear A	删除工作空间中的全部或部分变量（使用该命令时应谨慎）

表 1.2 与命令窗口相关的操作命令

命 令	示 例	说 明
format	format bank format compact	设定命令窗口显示内容的格式，与表 1.3 所列格式结合使用
echo	echo on ,echo off	用来控制是否在命令窗口中显示正在执行的 MATLAB 语句，on 表示肯定，off 表示否定
more	more(10)	规定命令窗口中每个页面的显示行数
clc	clc	清除命令窗口的显示内容，并将光标置于起始点
clf	clf	清除图形窗口中的图形内容
cla	cla	清除当前坐标内容
close	close all	关闭当前图形窗口，加参数 all 则关闭所有图形窗口

表 1.3 目录文件管理命令

命令	示例	说明
pwd	pwd	显示当前目录的名称
cd	cd d:\xt_mat\04	把 cd 命令后所指定的目录变成当前目录
mkdir	mkdir xt_mat	在当前文件夹下建立一子文件夹
dir	dir	显示当前或指定目录下的文件或子目录清单
what	what	显示当前工作目录下 M、MAT、MEX 这 3 类文件清单
which	which inv.m	显示某个文件的完整路径名
type	type file1.m	显示完整路径或相对路径下某个文件的内容或注释
delete	delete object.m	从硬盘上删除文件和图形对象（使用该命令时应谨慎）

表 1.4 帮助命令

命令	示例	说明
help	help mkdir	提供 MATLAB 命令、函数和 M 文件的使用和帮助信息
lookfor	lookfor Z	根据用户提供的关键字去查找相关函数的信息，常用来查找具有某种功能而不知道准确名字的命令
helpwin	helpwin graphics	打开帮助窗口显示指定的主题信息

6. MATLAB 7.10 菜单项命令

菜单条中有“File(文件)”、“Edit(编辑)”、“Debug(调试)”、“Parallel(并行)”、“Desktop(桌面)”、“Window(窗口)”、“Help(帮助)”等 7 个菜单项。

(1) “File(文件)”可以新建和打开各种不同的文件，如 M 文件，Simulink 仿真库等等，而且可以把已经编辑好的文件存档。

(2) “Edit(编辑)”可以撤销或者重复执行刚进行过的操作，以及复制、粘贴、剪切和删除等。

(3) “Debug(调试)”设置调试选项，可以进行单步调试，以及断点清除。

(4) “Parallel(并行)”用于各子界面格局管理。

(5) “Desktop(桌面)”设置工作区显示窗口。

(6) “Window(窗口)”菜单项下拉后有“关闭所有窗口”的子项。也可以分别激活命令窗口、历史命令窗口、当前目录窗口和工作空间窗口。

(7) “Help(帮助)”是一些使用 MATLAB 的帮助信息，以及一些演示样例 demos。此外，还有一些产品信息，及相关专利信息。

MATLAB 的工具栏以图标方式为用户提供了 MATLAB 的常用命令及操作，和其他软件类似，同学们可自行了解。菜单条及工具栏图标如图 1.8 所示。