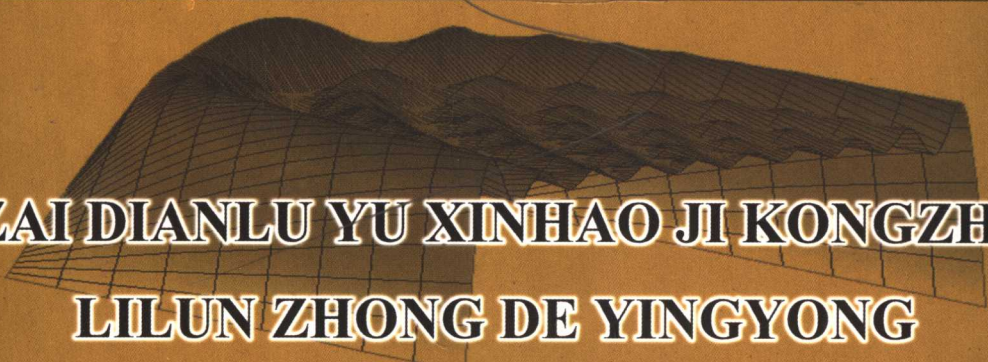
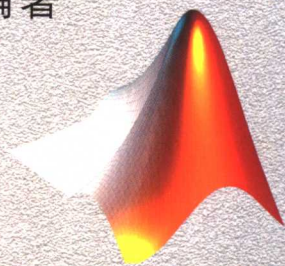


普通高等教育重点学科规划教材·电子信息类

MATLAB 在电路与 信号及控制理论中的应用

陈晓平 李长杰 毛彦欣 编著

MATLAB



ZAI DIANLU YU XINHAO JI KONGZHI
LILUN ZHONG DE YINGYONG

中国科学技术大学出版社

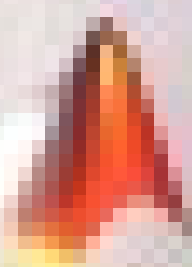
清华大学出版社 清华大学出版社

MATLAB 6.0 应用

MATLAB 6.0 应用

清华大学出版社

MATLAB



THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS
THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

THE UNIVERSITY OF CHICAGO PRESS

TP312/2848

2008

◆普通高等教育重点学科规划教材·电子信息类◆

MATLAB 在电路与信号 及控制理论中的应用

陈晓平 李长杰 毛彦欣 编著

中国科学技术大学出版社

· 合 肥 ·

内 容 简 介

MATLAB 是集数学运算、图形处理和程序设计于一体的著名计算软件,本书以 MATLAB 7.x 高版本做讲述平台,用通俗易懂的文笔,深入浅出地介绍了 MATLAB 的基本内容、基本计算、图形表示以及仿真集成环境 Simulink。在此基础上,利用 MATLAB 强大、便利的计算编程功能,将 MATLAB 应用在电路、信号与系统、自动控制原理、控制系统分析与设计等领域。通过具体的实例,使读者不仅能够掌握 MATLAB 的编程基础与技巧,而且能够加深对电路、信号与系统、自动控制原理、控制系统分析与设计等领域基本知识的理解。

本书示例丰富,语言简洁,重点突出,可作为高等院校理工科电类专业学生学习 MATLAB 语言的入门教材,也可作为相关专业科研人员、工程技术人员学习 MATLAB 软件的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 在电路与信号及控制理论中的应用/陈晓平,李长杰,毛彦欣编著. —合肥:中国科学技术大学出版社,2008.3

ISBN 978-7-312-02192-3

I. M… II. ①陈… ②李… ③毛… III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB
IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 008604 号

责任编辑:张善金

出版者:中国科学技术大学出版社

地址:安徽省合肥市金寨路 96 号 邮编:230026

网址:<http://www.press.ustc.edu.cn>

电话:发行 0551-3602905 邮购 3602906

印刷者:中国科学技术大学印刷厂

发行者:中国科学技术大学出版社

经销者:全国新华书店

开本:787mm×960mm 1/16

印张:18.75

字数:408 千

版次:2008 年 3 月第 1 版

印次:2008 年 3 月第 1 次印刷

印数:1—4000 册

定价:25.00 元



前 言

MATLAB 是一个高效率的数值计算可视化软件。它集数值分析、矩阵运算、程序设计、系统建模和图形显示于一体,具有功能强大、使用方便、界面友好的用户环境。随着计算机在各个领域的深入应用, MATLAB 语言已经成为广大科研工作者进行科学研究和工程实践的必备工具。

本书作为 MATLAB 语言的入门教程,以《MATLAB 及其在电路与控制理论中的应用》(中国科学技术大学出版社,2004 年 9 月第 1 版)教材为基础,将该教材中的 MATLAB 5.x 版本更新为 MATLAB 7.x 高版本做讲述平台,全面介绍了 MATLAB 语言的特点。由于本书主要面向电类专业的高年级学生,而此时的学生已经修完了电类课程中的电路理论、信号与系统、自动控制原理、控制系统分析与设计等,因此在书中除了讲述 MATLAB 的基础知识、基本计算、图形表示外,还重点介绍了 MATLAB 在电路、信号与系统、自动控制原理、控制系统分析与设计等领域中的应用,使读者不仅能够掌握 MATLAB 的编程基础与技巧,而且能加深对电路、自动控制原理、控制系统分析与设计等领域基本知识的理解,提高对 MATLAB 的实际应用水平。

MATLAB 7.x 中的仿真集成环境 Simulink 工具箱,是进行系统分析与设计的有力工具。一般来说,在一个实际系统设计制作之前,应该首先对系统进行仿真与分析,并根据仿真结果对系统的相关参数进行适当的调整,以期达到设计目的。Simulink 工具箱可以轻松实现对系统的仿真与设计,缩短系统开发的时间。通过本书相关章节的学习,读者可以初步掌握 Simulink 工具箱的基本使用方法。为了使读者能够直观地理解 MATLAB 在上述领域中的实际应用,本书给出了丰富多彩的应用实例。这些应用实例从多个角度,深入浅出地介绍了由实际问题转化为



MATLAB 语言描述时的建模方法和编程技巧,通过举一反三和深入领会,读者可以快速地了解应用 MATLAB 的水平。

参加本书编写工作的有江苏大学电气信息工程学院陈晓平教授(第 1、4 章)、李长杰副教授(第 2、5 章)、毛彦欣老师(第 3 章)。本书在编写过程中,得到了江苏大学电气信息学院领导和同事们的大力支持;西安交通大学闫相国教授、江苏大学李正明教授在百忙中抽出时间认真审阅了本书的全部内容,并提出了许多宝贵的建议,在此一并表示衷心的感谢!

由于 MATLAB 语言涉及面宽,而编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者和同行专家批评指正。

编 者

2008 年 1 月



目 录

前言	(i)
----------	-------

第 1 章 MATLAB 简介及基本特性	(1)
----------------------------	-------

1.1 MATLAB 7 工作界面简介	(1)
1.1.1 MATLAB 7 的窗口	(1)
1.1.2 MATLAB 7 的主菜单及开始菜单	(7)
1.1.3 MATLAB 7 的工具栏及常用的操作命令和快捷键	(14)
1.2 MATLAB 7 的数学运算	(16)
1.2.1 算术运算	(16)
1.2.2 标点符号的使用	(17)
1.2.3 复数运算	(19)
1.2.4 数组与矩阵构造	(19)
1.2.5 下标	(21)
1.2.6 矩阵操作	(22)
1.2.7 特殊矩阵	(23)
1.2.8 矩阵运算	(27)
1.2.9 矩阵的关系和逻辑运算	(32)
1.2.10 数学函数	(33)
1.3 MATLAB 的编程	(34)
1.3.1 MATLAB 变量与数据格式	(34)
1.3.2 MATLAB 程序结构	(36)
1.4 MATLAB 的曲线图	(44)
1.4.1 函数 plot	(44)
1.4.2 图形的修饰	(47)
1.4.3 坐标轴的定制	(48)
1.4.4 图形窗口分割	(49)



1.4.5 特殊的二维图形函数.....	(50)
1.5 MATLAB 的符号运算.....	(52)
1.5.1 符号对象和符号表达式.....	(52)
1.5.2 符号表达式的基本操作.....	(53)
1.5.3 符号微积分	(56)
1.5.4 符号方程的求解	(57)
第 2 章 MATLAB 在电路中的应用	(59)
2.1 电阻电路	(59)
2.2 动态电路	(66)
2.3 正弦稳态电路	(78)
2.4 频率响应	(89)
2.5 二端口网络	(98)
2.5.1 二端口网络六套参数间关系的 MATLAB 实现	(98)
2.5.2 二端口网络转移函数的 MATLAB 实现	(99)
第 3 章 MATLAB 在信号与系统中的应用	(106)
3.1 信号的基本操作	(106)
3.2 线性时不变系统	(115)
3.3 连续时间系统的时域分析.....	(117)
3.4 连续时间信号与系统的频域分析.....	(124)
3.5 连续时间系统的复频域分析.....	(139)
3.6 离散时间系统的时域分析.....	(145)
3.7 离散时间系统的 z 域分析.....	(149)
第 4 章 MATLAB 在自动控制系统中的应用	(154)
4.1 控制系统工具箱函数	(154)
4.2 控制系统的数学描述与建模.....	(158)
4.2.1 微分方程	(158)
4.2.2 传递函数	(161)
4.2.3 模型之间的转换	(165)
4.3 控制系统的稳定性分析.....	(169)
4.4 控制系统的时间响应分析.....	(175)



4.4.1 阶跃响应	(175)
4.4.2 冲激响应	(184)
4.4.3 对任意输入的响应	(189)
4.5 控制系统的频率响应分析	(192)
4.5.1 对数频率特性图 (波特图)	(192)
4.5.2 极坐标图 (奈奎斯特图)	(197)
4.5.3 频率响应	(206)
4.6 控制系统的根轨迹分析	(208)
4.6.1 零极点图	(209)
4.6.2 根轨迹	(210)
4.6.3 根轨迹增益检测	(211)
第 5 章 SIMULINK 仿真初步	(217)
5.1 SIMULINK 概述	(217)
5.1.1 SIMULINK 的启动	(217)
5.1.2 SIMULINK 的模块库介绍	(220)
5.1.3 一个简单 SIMULINK 模型的建立	(237)
5.2 SIMULINK 功能模块的处理	(242)
5.3 SIMULINK 的连线处理	(247)
5.4 SIMULINK 自定义功能模块	(249)
5.5 SIMULINK 的仿真方法	(255)
5.5.1 设置仿真参数和选择解法器	(255)
5.5.2 系统仿真的启动	(261)
5.5.3 Scope 使用方法简介	(262)
5.6 SIMULINK 仿真应用举例	(267)
参考文献	(292)



第 1 章 MATLAB 简介及基本特性

MATLAB 是美国 Mathworks 公司开发的大型数学计算软件,它提供了强大矩阵处理和绘图功能,并具有界面友好的用户环境。由于 MATLAB 可信度高、灵活性好、使用方便、人机界面直观、输出结果可视化,因而在世界范围内被科学工作者、工程师和在校学生广泛使用。MATLAB 带有一些强大的具有特殊功能的工具箱,而且随着近年来它的版本不断升级,所含的“工具箱”功能越来越丰富,工具越来越多,应用范围也越来越广,涵盖了当今几乎所有工业、电子、医疗、建筑等各领域,已经成为国际上最流行的软件之一。现在的 MATLAB 不仅仅是一个“矩阵实验室”(Matrix Laboratory),而且已经成为一种实用的全新的计算机高级编程语言,可以说是工程技术人员的必备软件。本章以 MATLAB 7x 高版本做讲述平台,系统介绍 MATLAB 的基本内容。

1.1 MATLAB 7 工作界面简介

MATLAB 具有功能强大的编程语言和交互式计算机环境。MATLAB 语言可以被认为是一种解释性语言,用户可以在 MATLAB 的命令空间中键入一个命令就可以直接进行数字运算,也可以应用 MATLAB 语言编写应用程序,运行程序及跟踪调试程序。MATLAB 软件会对命令和程序的各条语句进行翻译,然后在 MATLAB 环境中对它进行处理,最后返回结果。

本书以 MATLAB 7.x 版本做为讲述平台,全面系统地介绍其语言特点及其应用。

1.1.1 MATLAB 7 的窗口

启动 MATLAB 7 后,出现 MATLAB 7 的工作界面即主窗口,如图 1.1 所示。

在图 1.1 的 MATLAB 7 工作界面中,默认打开的窗口包括有:① 命令窗口(Command Window);② 命令历史窗口(Command History);③ 当前目录窗口(Current Directory);④ 工作间管理窗口(Workspace)。除此之外, MATLAB 7 还包括有:文本编辑窗口(File Editor)、图形窗口(Figure Window)和帮助窗口(Help)等。本节将简要说明这些窗口的使用方法。

1. 命令窗口 (Command Window)

在默认设置下,命令窗口自动显示于 MATLAB 7 工作界面的右侧“Command Window”,

如图 1.1 所示。命令窗口是用户和 MATLAB 进行交互的主要场所。MATLAB 命令窗口的最上一行是系统初始提示信息。如果 MATLAB 运行在英文的 Windows 平台上, 那么 MATLAB 命令窗口的第二行就会出现 MATLAB 环境提示符号“>”和光标位置符。MATLAB 具有良好的交互性, 当在提示符后输入一段正确的运算式时, 只需按回车键 (Enter), 命令窗口中就会直接显示运算结果。例如, 要计算一个半径为 10 的圆面积, 只需在命令窗口中输入: $S=\pi*10^2$, 按下回车键, 就可得到运算结果为: $S=314.1593$ 。

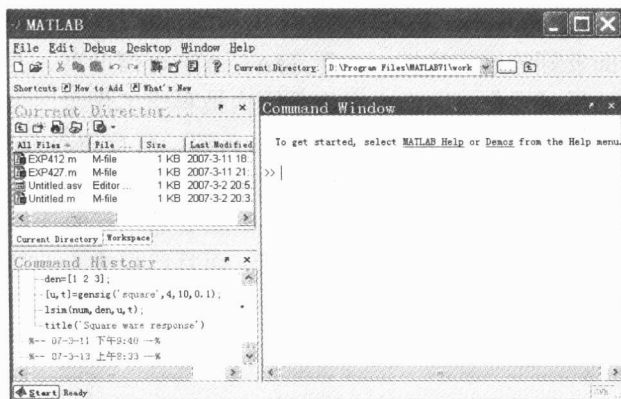


图 1.1 MATLAB 7 的工作界面

2. 命令历史窗口 (Command History)

在默认设置下, 命令历史窗口自动显示于 MATLAB 7 工作界面的左下侧 “Command History”, 如图 1.1 所示。命令历史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, 并且标明使用时间, 这样可以方便用户的查询。如果用户想再次执行某条已经执行过的命令, 那么只需要在命令历史窗口中双击该命令; 如果用户需要从命令历史窗口中删除一条或多条命令, 则只需要选中这些命令, 并且单击鼠标右键弹出快捷菜单, 从中选择 Delete Selection 命令即可。

3. 当前目录窗口 (Current Directory)

在默认设置下, 当前目录窗口自动显示于 MATLAB 7 工作界面的左上侧 “Current Directory”, 如图 1.1 所示。当前目录窗口显示着当前用户工作所在的路径, 它不仅可以显示当前目录下的文件, 而且还可以提供搜索。通过上面的目录选择下拉菜单, 用户可以轻松地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, 在这里用户可以设置和添加路径, 也可以通过此窗口最上面一行超链接来改变路径。



4. 工作间管理窗口 (Workspace)

在默认设置下,工作间管理窗口自动显示于 MATLAB 7 工作界面的左上侧“Workspace”,与当前目录窗口在同一位置,可通过“Workspace”或“Current Directory”的按钮来进行选择,工作间管理窗口如图 1.2 所示。工作间管理窗口是 MATLAB 的一个重要组成部分,例如,表达式 $x=80$ 产生了一个名为 x 的变量,而且这个变量 x 被赋值 80,这个值就被存储在计算机的内存中。工作间管理窗口就是用来显示当前计算机内存中 MATLAB 7 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。工作间管理窗口有自己的工具条,按钮的功能从左至右依次为:新建变量、打开选择的变量、载入数据文件、保存、打印和删除等。

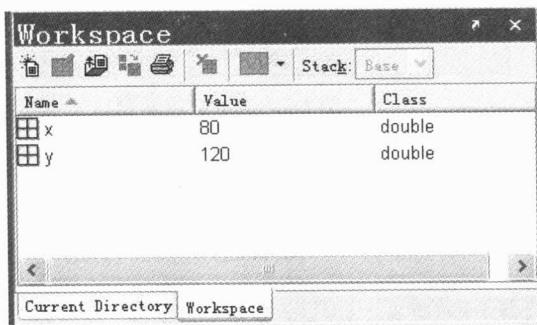


图 1.2 工作间管理窗口

5. 文本编辑窗口 (File Editor)

MATLAB 程序编制有两种方式。一种称为行命令方式,这就是在命令窗口一行一行地输入程序,计算机每次对每一行命令做出反应,像计算器那样,这非常适用于编写短小简单的程序。对于编写大型复杂的程序应采用 M 文件编程方式,这就是把程序编写成一个有多行语句组成的文件,其文件名的后缀为 M,故也称为 M 文件。MATLAB 提供了 M 文件的专用编辑/调试器,即文本编辑器。在这一编辑器中,会以不同颜色表示不同的内容,这分成五种:命令、关键字、不完整字符串、完整字符串及其他文本。这样可容易发现输入错误,缩短调试时间。当程序编写完后,可让 MATLAB 来执行这个文件,显示运行结果。

启动文本编辑器的方法有多种:

(1) 在命令窗口中键入: `edit` 并按下回车键,即可启动文本编辑器。

(2) 在图 1.1 的 MATLAB 7 工作界面中的 File 菜单中选择 `New→M-file` 命令,即可启动文本编辑器。



(3) 在图 1.1 的 MATLAB 7 工作界面中上方最左边的按钮 是用来打开编辑器空白页的, 即启动新的文本编辑器的。左边第 2 个按钮 是用来打开原有 M 文件的。
被打开的文本编辑器如图 1.3 所示。

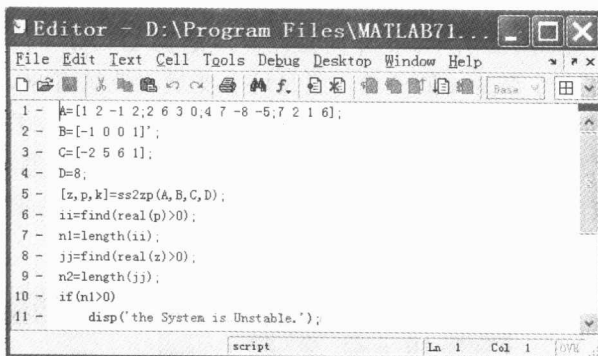


图 1.3 文本编辑器窗口

6. 图形窗口 (Figure Window)

通常, 只要执行了任一种绘图命令, MATLAB 就会自动产生图形窗口, 以后的绘图都在

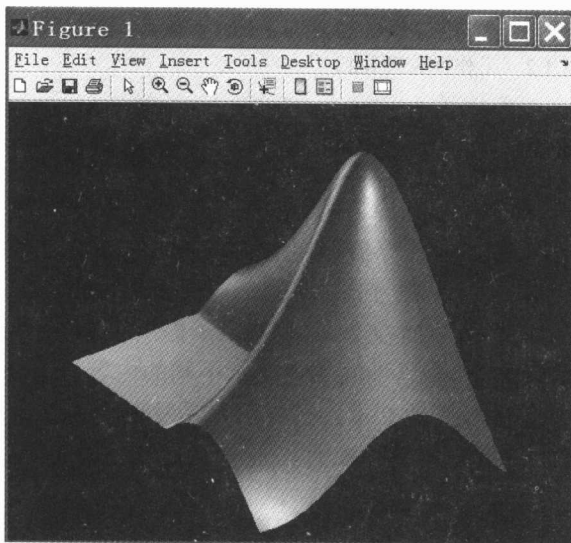


图 1.4 MATLAB 的图形窗口和标志图形

这一个图形窗口中进行。如果想再建一个或几个图形窗口, 则可以键入 `figure`, MATLAB 会新建一个图形窗口, 并自动给它依次排序。如果要人为地规定新图为图 3, 那么可以键入 `figure(3)`。如果要调看已经存在的图形窗口 `n`, 也可键入 `figure(n)`。

在命令窗口中键入 `figure`, 得出的是空白图形窗口。如果键入 `logo`, 即可生成 MATLAB 的标志图形, 如图 1.4 所示。图形窗口上的按钮, 可以用来对图形进行修改或注释。



7. 帮助窗口 (Help)

MATLAB 的命令及函数很多, 很难记住。为了帮助用户找到命令、函数及它们的作用, MATLAB 提供多种形式的在线帮助功能。通过这一功能, 用户可以容易地获得想查询的各个函数的有关信息。MATLAB 7 的帮助窗口非常全面, 几乎包括该软件的所有内容。可以选择如下 4 种方式进入 MATLAB 7 的帮助系统。

(1) 选择 MATLAB 主窗口中的菜单 Help→MATLAB Help 命令 (实际上选择 Help 下拉菜单中的前 4 项命令中的任何一项, 均可进入帮助窗口)。

(2) 直接按快捷键 F1, 系统将弹出帮助窗口。

(3) 选择 MATLAB 主窗口中的 ? 按钮, 可以进入帮助窗口。

(4) 在命令窗口中直接输入 helpwin、helpdesk 或 doc 命令, 可进入帮助窗口。值得注意的是, 当用户输入 helpwin 命令时, 弹出的帮助窗口与其他几种情况稍有不同, 用户可以自己观察其中的区别。

系统自动弹出帮助窗口, 覆盖原来的默认窗口设置, 如图 1.5 所示。关闭帮助窗口, 系统又将回复原来的设置情况。

在联机帮助系统中, 左侧部分为帮助导向界面, 右侧为帮助显示界面。

帮助导向界面下侧的 4 个标签分别为帮助主题 (Contents)、帮助索引 (Index)、帮助查询 (Search) 和联机演示 (Demos)。下面分别介绍其使用方法。

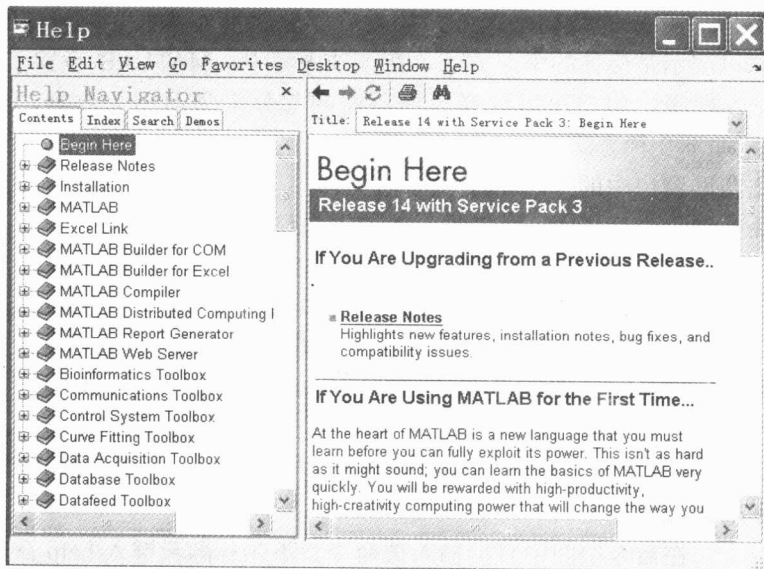


图 1.5 联机帮助窗口



1) 帮助主题 (Contents)

单击“Contents”按钮，将显示 MATLAB 的帮助内容，如图 1.5 所示。在 MATLAB 7 弹出的帮助窗口中，窗口的左侧是相当于一个目录系统，列举了 MATLAB 7 的帮助系统所包含的各项主要内容。单击其中的任意一项，窗口的右侧将显示该项内容的具体解释。初始状态时，右侧显示的内容是关于帮助系统的一些介绍，指导用户对帮助系统进行充分的运用。

2) 帮助索引 (Index)

单击“Index”按钮，出现 Index 选项卡，在 Search index for 文本框中输入用户需要查找的内容，右边的窗口中会显示关于该内容的相关信息。如果用户想知道“loglog”函数的用法，可以在 Search index for 文本框中输入 loglog 命令，按回车键确认后，右侧窗口中立刻显示出相关的信息，如语法、描述和其相关的函数等。

3) 帮助查询 (Search)

单击“Search”按钮，在 Search for 下拉列表框中选择或输入文件名，如在本例中输入函数名 loglog，单击 Go 按钮，就会在右侧窗口中输出关于文件 loglog 的相关信息。注意：虽然使用帮助索引 (Index) 和帮助查询 (Index) 都可以得知某个具体函数的使用方法，但是这两者还是有区别的。在使用帮助索引 (Index) 时，左侧显示的信息是按字母排列的，这些信息很多与 loglog 函数并无关系。而使用帮助查询 (Search) 时，右侧显示的是与 loglog 函数相关的一些信息，使用这些信息比上例中使用“Index”所查询的信息要丰富一些。

4) 联机演示 (Demos)

MATLAB 除了常规的帮助系统外，还设立了联机演示系统。对于初学者来说，查看 MATLAB 的联机演示是最佳的学习方法。在该项内容中，MATLAB 设置了许多关于各个工具箱内容的现成程序，用户可以选择自己所需的部分来学习相关内容。要进入联机演示 (Demos) 可用如下 3 种方法：

- (1) 单击帮助窗口中的“Demos”按钮。
- (2) 在命令窗口中运行“intro”进入 MATLAB 的联机演示界面。
- (3) 在 MATLAB 主窗口的菜单中选择 Help→Demos 进入联机演示界面。

联机演示窗口包含有两个部分，左边的部分是项目栏，用户可以用鼠标来选择所需演示的项目，右边是对此项目的文字说明。双击左边项目栏的具体内容或者单击该内容，再单击右边说明框中的“Run this demo”按钮，MATLAB 将会弹出新的窗口进行联机演示操作。

当用户对 MATLAB 有了一定了解后，可以通过在命令窗口中直接输入命令来获得相关的帮助信息，这种获取方式比联机帮助更为快捷。在命令窗口中获取帮助信息的主要命令为 help 和 lookfor 函数。

Help 命令 在命令空间中直接输入该命令。不带标题只键入 help 命令可以列出所有标题，帮助用户找到所需的确切标题。如果要对某一个命令或函数进行



查询，直接在 help 后跟上该命令或函数名即可。

Lookfor 命令 提供了根据关键字查询的方式。Lookfor 通过搜索所有 MATLAB help 标题以及 MATLAB 搜索路径中 M 文件的第一行，返回所包含关键字的那些项。

1.1.2 MATLAB 7 的主菜单及开始菜单

打开 MATLAB 7 主窗口后，即弹出其 6 个主菜单及一个开始菜单，如图 1.1 所示。对于它们的功能如下所述：

1. File 主菜单项

单击 File 主菜单项或同时按下“Alt+F”组合键，弹出如图 1.6 所示的 File 下拉菜单。其中，带下划线的字母表示快捷键，即按下该字母也可执行相同的功能。对此，各项功能如下：

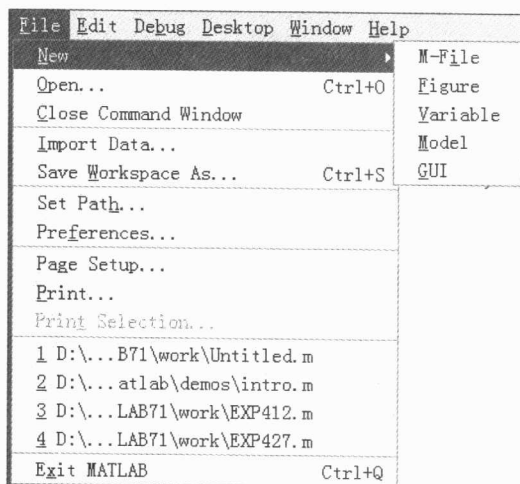


图 1.6 “File”菜单项

(1) New: 该选项包括 M-File、Figure、Variable、Model 和 GUI 等五个选项。其中单击 M-File 选项是打开 M 文件编辑器；单击 Figure 选项是打开一个空白的图形窗口；单击 Variable 选项是打开工作间管理窗口；单击 Model 选项是打开创建新模型的窗口；单击 GUI 选项是打开创建新的图形用户界面的对话框。

(2) Open: 该选项用来打开 MATLAB 的.m 文件、.fig 文件、.mat 文件、.mdl 文件、.cdr 文件等，也可通过快捷键“Ctrl+O”来实现此项操作。

(3) Close Command Window: 该选项用来关闭当前的活动窗口。

(4) Import data: 该选项用于从其他文件中的数据导入到 MATLAB 的工作空间, 即单击该选项后将弹出对话框, 提示用户选择文件的路径和位置。

(5) Save Workspace As: 该选项用来打开一个存储 MAT 文件的对话框, 用户将要保存的工作空间命名以后进行存储。

(6) Set Path: 该选项用于打开设置路径对话框, 通过该对话框用户可以更改 MATLAB 执行命令时的搜索路径。

(7) Preferences: 该选项用于设置命令窗口的属性。

(8) Page Setup: 该选项用于打开页面对话框, 在这个对话框中用户可以设置页面的布局、页面的页眉、页面中所用的字体等。

(9) Print: 该选项用来设置打印参数, 打印选定的页面内容。

(10) Print Selection: 该选项用来打印命令窗口内选定的内容。打印的方法是先选定命令窗口中的要打印的内容, 然后单击该选项, 打开打印对话框, 确定打印参数后打印。

(11) Exit MATLAB: 该选项用来关闭 MATLAB, 用快捷键 “Ctrl+Q” 也可以关闭 MATLAB。

2. Edit 主菜单项

单击 Edit 主菜单项或同时按下 “Alt+E” 组合键, 弹出如图 1.7 所示的 Edit 下拉菜单。对此, 各项功能如下:

Edit	Debug	Desktop	Window	Hel
Undo				Ctrl+Z
Redo				
Cut				Ctrl+W
Copy				Alt+W
Paste				Ctrl+Y
Paste to Workspace...				
Select All				
Delete				Ctrl+D
Find...				
Find Files...				
Clear Command Window				
Clear Command History				
Clear Workspace				

图 1.7 “Edit” 菜单项