

MATLAB 语言程序设计

5.2 版

谈振藩 谈 葑 编

哈尔滨工程大学出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 语言程序设计 / 谈振藩编. — 哈尔滨: 哈尔滨工程大学出版社, 1999.12

ISBN 7-81007-988-3

I.M… II.谈… III.计算机辅助计算—软件包, MATLAB—程序设计 IV.TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (1999) 第 65110 号

内 容 简 介

该书详细介绍了 MATLAB (5.2 版) 语言的程序设计技巧, 讲解深入, 应用实例丰富, 实用性强, 可作为理工科大学各专业教师、研究生、本科生及广大工程技术人员学习 MATLAB 语言的参考书。

全书 13 章分为三部分, 第 1 章至第 7 章是 MATLAB 应用基础; 第 8 章至第 12 章较深入地讨论了 MATLAB 中的绘图工具。第 13 章讨论了动态仿真工具 SIMULINK。

哈尔滨工程大学出版社出版发行
哈尔滨市南通大街 145 号 哈工程大学 11 号楼
发行部电话: (0451) 2519328 邮编: 150001
新 华 书 店 经 销
黑 龙 江 省 教 委 印 刷 厂 印 刷

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 14.5 字数 330 千字

2000 年 1 月第 1 版 2000 年 1 月第 1 次印刷

印数: 1—5 000 册

定价: 18.00 元

地址: 哈尔滨市南岗区和兴路 147 号 邮编: 150080

如发现印、装质量问题, 请与本厂质量科联系调换。

前 言

MATLAB 自 70 年代末诞生, 80 年代初进入软件市场以来, 已经成为世界各国在科学分析和计算领域的主流软件。MATLAB 以矩阵作为基本运算单元, 编程语法简单, 语句接近数学公式, 开放式系统设计易于扩充, 绘图功能强且灵活方便。由于它具有这些突出的优点, 因而受到了各方面专家学者及工程技术人员的欢迎。

SIMULINK 是 MATLAB 中一个重要的工具箱。它提供了对连续、离散或两者混合的线性或非线性动态系统进行仿真的工具。用户可以用鼠标在建模窗口中形象地创建仿真模型, 仿真结果可以实时地显示在屏幕上, 使仿真过程方便而又快捷。

MATLAB 的早期版本在 90 年代初已进入我国, 现已在大学和研究机构中获得越来越广泛的应用。但是国内介绍 MATLAB 应用方面的参考书并不多见, 而近年来 MATLAB 的版本更新加快, 新的 5.2 版在 5.0 和 4.2 版基础上又有不少变化。为此, 作者根据多年应用 MATLAB 的经验, 参考了部分中英文书籍及 5.2 版软件中提供的参考资料编写了此书。

全书共 13 章, 可以分成三部分。第 1 章至第 7 章是 MATLAB 的应用基础, 对初次使用该语言的人可以作为入门的向导。第 8 章至第 12 章较深入地讨论了 MATLAB 中的绘图工具。其中第 8、9、10 三章是关于二维和三维绘图及色彩的使用等方面的内容; 第 11 章、第 12 章中较详细地介绍了 MATLAB 底层绘图工具——句柄绘图和图形用户界面(GUI)。这是目前中文参考书中较少涉及的内容。作为本书第三部分的第 13 章, 讨论了动态系统仿真工具: SIMULINK。书中在介绍这些内容的同时, 给出了大量的应用实例。例中的程序都可以在 5.2 版软件环境中正常运行。分析和运行这些程序可以帮助读者更快地掌握各种命令和函数的用法。

本书可以作为理工科大学有关专业教师、研究生、本科生及广大工程技术人员学习 MATLAB 语言的参考书。

在成书过程中哈尔滨工程大学自动化学院的研究生丁玉军、王蓓蕾、施旭燕、程倩容、熊晓旭等同学做了大量文字和插图加工工作, 在此表示谢意。由于编者水平所限, 书中如有不足之处, 敬请读者批评指正。

编 者

1999.10

目 录

第 1 章 绪 论	1
1.1 MATLAB 语言简介	1
1.2 程序结构和运行	3
1.3 文件管理与在线帮助	7
第 2 章 数的表示与运算	13
2.1 矩阵的输入与表示	13
2.2 语句和变量	14
2.3 数和算术表达式	15
2.4 复数	16
2.5 常用数学函数	16
2.6 关系和逻辑运算	17
2.7 输出格式	18
2.8 字符、字符串及字符串变量	20
第 3 章 矩阵、数组及多项式	23
3.1 矩阵运算	23
3.2 数组运算	25
3.3 创建矩阵及矩阵变换	27
3.4 矩阵函数	32
3.5 多项式	36
第 4 章 控制语句	41
4.1 for-else 语句	41
4.2 while 语句	42
4.3 if 和 break 语句	42
4.4 menu 语句	43
4.5 switch-case 语句	44
4.6 try-catch 语句	45
4.7 其它控制语句	45
第 5 章 数据输入与输出	48
5.1 工作区变量存取	48

5.2	文件打开与关闭	49
5.3	格式化输入与输出	50
5.4	字符串转换	54
5.5	无格式输入和输出	54
5.6	文件定位	56
5.7	读写函数应用实例 (exmp505.m)	58
第 6 章	函数	61
6.1	库函数	61
6.2	自定义函数	63
6.3	全局变量	65
6.4	建立专用函数工具箱	66
第 7 章	数值分析及常微分方程	68
7.1	数值分析	68
7.2	有限差分	71
7.3	极值点与零点	72
7.4	数值积分	74
7.5	解常微分方程	75
第 8 章	二维绘图	80
8.1	plot 命令	80
8.2	对数坐标曲线	82
8.3	plotyy 命令	82
8.4	加图形标志及格栅	84
8.5	坐标轴控制	86
8.6	图形保持	88
8.7	子图及多绘图窗口	89
8.8	图形变焦	90
8.9	专用二维绘图函数	90
第 9 章	三维绘图	94
9.1	三维曲线	94
9.2	网格透视图	97
9.3	多面体与表面填充	101
9.4	等值线图	106
9.5	动画	109
第 10 章	图形色彩的使用	111
10.1	调色盘	111

10.2	调色盘的建立与修改	113
10.3	色彩的使用	115
第 11 章	句柄图形	119
11.1	图形对象	119
11.2	图形对象的句柄	120
11.3	图形对象的控制	122
11.4	图形对象的属性	123
11.5	几个具体问题	142
11.6	综合应用实例	144
第 12 章	图形用户界面	147
12.1	菜单用户界面	147
12.2	控制框	153
12.3	隐含菜单	162
12.4	回调函数	163
12.5	对话框	167
12.6	用户界面屏幕设计向导	170
第 13 章	系统仿真工具 SIMULINK	173
13.1	系统建模和仿真演示	173
13.2	标准模块	176
13.3	仿真参数	180
13.4	仿真中数据的输入与输出	182
13.5	子系统和子系统封装	185
附录	MATLAB 函数索引	190
参考文献	221

第 1 章 绪 论

1.1 MATLAB 语言简介

MATLAB 是 Matrix Laboratory 两个英文字的字头组合词。该语言是美国波士顿附近的一个称为 MathWorks 公司生产的软件。

MATLAB 语言最初是 70 年代末由 Cleve Moler 博士在新墨西哥大学和斯坦福大学教学时编写的，当时主要是用于“矩阵理论”和“数据分析”等课程的计算工具。原程序是由 Fortran 语言写成的软件包：Linpack, Eispack 等，这些软件包使应用人员免去大量经常重复的矩阵运算和基本数学运算等繁琐的编程工作。经过逐步发展，到了 1983 年推出了第二代 MATLAB 语言，其内核改用速度更快的 C 语言编写，而且增加了绘图功能，使计算结果可以直接在 MATLAB 环境下用曲线和图形等可视形式表示出来。从此该软件工具正式推向市场。

1990 年推出了以方块图为基础的控制系统仿真工具，名叫 SIMULINK。这一仿真工具“镶嵌”在 MATLAB 语言中，它使控制工程师可以直接在计算机屏幕上用鼠标构造系统方块图进行仿真，并提供了控制系统中常用的各种环节的模块库。这就大大方便了系统工程师们的研究和开发工作。

1993 年推出的 4.0 版在原来 3.x 版的基础上，作了较大的改进，并推出了配合 Microsoft Windows 环境下的微机版本，绘制曲线和命令执行可以在不同窗口进行。目前用于 PC 机 Microsoft Windows 环境的 MATLAB 语言已发展到 5.2 版，真正实现了 32 位运算，速度更快，功能更完善，界面更友好，并且提供了 Internet 搜索引擎 (Search Engine)，可协助使用者寻找帮助。目前 MATLAB 语言已经成为科学计算、系统仿真、图像信号处理和声音信号处理的主流软件。

MATLAB 语言的主要特点包括：

(1) 语句接近数学公式，编程极其方便

MATLAB 中的语句非常接近常用的数学公式，有些函数的符号与数学中常用的符号一致，如 $y = \sin(x)$ ， $y = \log(x)$ 等等。这给使用者带来极大的方便。

(2) 矩阵是基本运算单元

MATLAB 中的变量可以是标量、矢量和矩阵。一个标量可以看成 1×1 的矩阵，而一个矢量实际上是一个 $n \times 1$ 或 $1 \times n$ 的矩阵，因此，从这一点上可以说 MATLAB 是以矩阵作为基本运算单元的。而且，在 MATLAB 中，变量的类型不需要说明。

(3) 开放式系统设计

MATLAB 中的大量函数，既可以在程序中作为语句使用，也可以在 MATLAB 环境

下用作指令并执行。各种工具箱中的函数可以链装，可以由使用者更改，也可以在工具箱中增加新的函数，作为语句和命令使用。

(4) 绘图功能灵活方便

MATLAB 中的绘图功能直接在 MATLAB 环境下实现，因此，计算结果可以直接在同一程序运行中绘出曲线。根据需要可以绘成二维或三维图形，比例尺、标题、标记等在程序运行结束后还可以改变。

(5) 在线帮助，易于自学

如果对某命令或函数的用法有疑问，可以在 MATLAB 环境下，直接获得现场帮助。5.2 版 MATLAB 中还以 HTML 形式的文件，提供了详细的参考资料供查询。

(6) 速度相对较慢

与 C 语言和汇编语言相比，MATLAB 程序的运行速度较慢，从 5.0 版本开始，MATLAB 语言提供了 C++ 语言的编译器和 C 语言函数库。通过它们，使用户编写的 MATLAB 语言可以编译成 C 语言可执行程序，从而大大加快了运算速度。

MATLAB 语言由于为各种科学计算提供了强大的矩阵运算环境，编程语句又接近数学公式，所以一推向市场就受到了科技工作者的热烈欢迎。各个领域的科学家和工程师们纷纷使用这一语言开发出本专业专用的各种工具箱 (Toolbox)。在 5.2 版本的软件中提供的工具箱有：

Communications	通讯
Control System	控制系统
Financial	财政金融
Frequency Domain System Identification	频率域系统辨识
Fuzzy Logical	模糊逻辑
Higher-Order Spectral Analysis	高阶频谱分析
Image Processing	图像处理
LMI Control	线性矩阵不等式控制
Mapping	地图绘制
MPC Tools	模型预测控制
Mu-Analysis and Synthesis	μ 分析和综合
Neural Network	神经网络
Optimization	优化
Partial Differential Equation	偏微分方程
QFT Control Design	定量反馈控制设计
Robust Control	鲁棒控制
Signal Processing	信号处理
Splines	样条
Statistics	统计学
Symbolic Math	符号数学工具
System Identification	系统辨识
Wavelet	小波

从上面列出的工具箱可以看出，他们都是和信息及控制有关的工具箱。实际上，MATLAB 开发的工具箱不止于此，在航空航天业、汽车制造业、建筑业和医学工程等方面都开发了相应的专用工具箱。此外，还有大量的与 MATLAB 有关的第三方软件和硬件产品。需要了解这方面情况的读者可以直接与 MathWorks 公司联系。

通信地址: The MathWorks, Inc.
 24 Prime Park Way , Natick , MA 01760-1500
 USA
 电 话: (508) 647-7000
 传 真: (508) 647-7101
 E-mail 地址:

新 闻	news-notes@mathworks.com
技术支持	support@mathworks.com
建 议	suggest@mathworks.com
销售、价格信息	info@mathworks.com
因特网网址	http://www.mathworks.com

1.2 程序结构和运行

本节将以一个简单的程序实例说明用 MATLAB 语言编写程序的结构和运行、调试程序的方法。

例 1-1 绘制二阶系统频率特性 (exmp101.m)

假如有一个二阶系统，其传递函数为 $G(s)$

$$G(s) = \frac{k}{(t_1s + 1)(t_2s + 1)}$$

要求用 MATLAB 画出其对数频率特性，即波德图。把 $G(s)$ 的分子与分母写成多项式形式为

$$G(s) = \frac{k}{t_1t_2s^2 + (t_1 + t_2)s + 1}$$

用 MATLAB 编写程序，令 $k = 1$ ， $t_1 = 0.2$ ， $t_2 = 0.04$ 程序为

```
%
k=1; t1=0.2; t2=0.04;
b1=t1*t2; b2=t1+t2; b3=1;
%
w=logspace(-1, 3);
clf;
[m, ph]=bode(k, [b1 b2 b3], w); %计算频率特性
```

```

mag = 20*log10(m);
subplot(211), semilogx(w , mag, 'r-'); %绘制幅频特性
axis([0.1 1000 -100 0]);
title('BODE PLOT');
ylabel('MAGNITUDE(db) '); grid;
subplot(212), semilogx(w, ph, 'b-'); %绘制相频特性
axis([0.1 1000 -200 0]);
ylabel('PHASE(deg) ');
xlabel('FREQUENCY(rad/sec) ');
grid;hold;

```

画出的曲线如图 1-1 所示。

考察一下该例的 MATLAB 程序，可以初步看出它的基本特征为：

- (1) 每一句以分号 ‘;’ 结束。
- (2) 一行中既可以放入一句，也可以放入多句。句前可以有空格，也可以没有。等号前后的空格都不起作用。
- (3) % 后面是说明语句，说明语句也可以放在行尾。
- (4) 变量和函数直接引用，不需要说明。
- (5) 程序的开始和结束都不需要标记。
- (6) 计算结果直接绘制成曲线，不需要退出计算环境。

这些特征使得编程过程既简便又易于掌握，因而，受到使用者的欢迎。

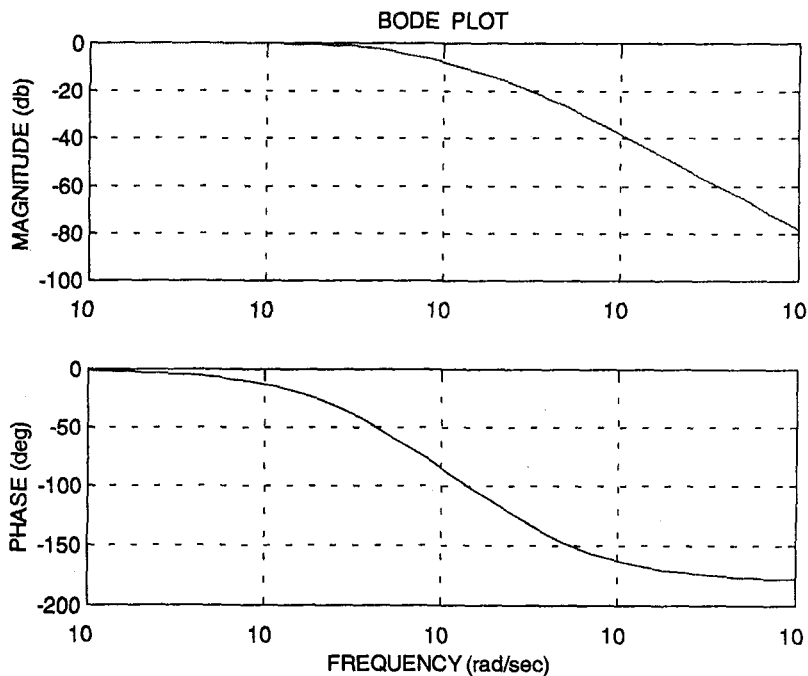


图 1-1 二阶系统对数频率特性

为了运行这一程序，首先要把它写成一个文本文件 `exmpl01.m`，并存在某一目录下，然后在 MATLAB 环境下运行它，就可以得到如图 1-1 所示的曲线。为了帮助初学者详细了解这一过程，我们把它分解成以下步骤。

建立工作目录 (Working Directory)

如果在 Windows 中已设定了 MATLAB 的快捷启动方式，这时可以双击 MATLAB 图标，进入 MATLAB 环境，这时屏幕上出现 MATLAB 的命令窗口 (Command Window)，如图 1-2 所示。如果 Microsoft Windows 是英文版的，窗口会出现提示符 ‘>>’ 和闪动的光标，如果是中文视窗，则仅出现光标，而没有提示符。

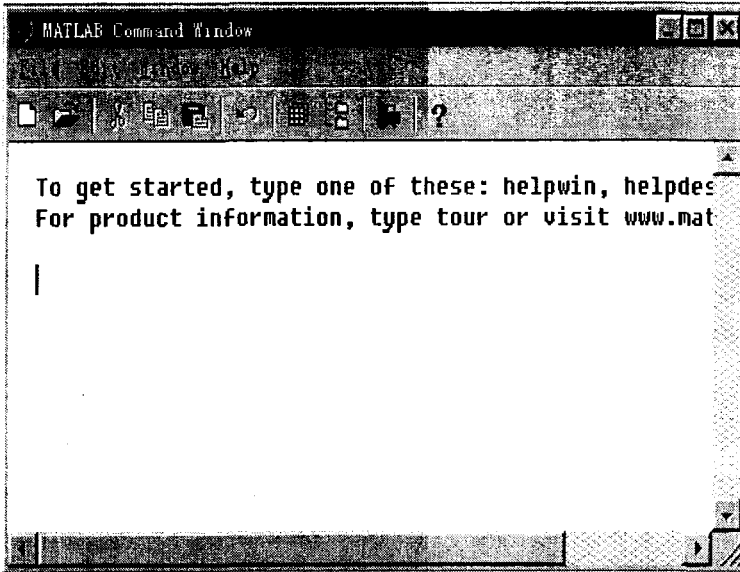


图 1-2 命令窗口

这时 MATLAB 自动把工作目录设定在 MATLAB 中的 `bin` 目录下。该目录有许多系统文件，如果我们自己也编一个文件保存，则该文件自动保存在这一目录中。这时自编的文件和系统文件混在一起，不利于文件的有效管理，因此，建议在进入 MATLAB 环境前建一个自己的工作目录。此目录最好远离 MATLAB 的所有系统文件。例如，MATLAB 在 C 盘下路径为 `c:\matlab`，我们可以在 Windows 中建立目录 `workshop`，路径为 `c:\workshop`。

进入工作目录

建立了工作目录 `c:\workshop` 后，在 MATLAB 命令窗口下键入 `cd c:\workshop`，再回车就进入了工作目录。这时，如果用 `dir` 命令可以查看，此目录下的文件列表，也可以点击窗口工具条中的 Path Browser 图标，打开一个对话框，并在子窗口 Current 中键入路径名 `c:\workshop`。这样也可以改变工作目录。不过此法不如上面的方法简单。

编辑和保存 M 文件

MATLAB 中可执行的文件和原文件是同一个以 `m` 为扩展名的文件。该文件原则上可以用任何一种文本编辑器编辑，由于 5.0 以上的 PC 版 MATLAB 在安装时已建立了与 Windows 下已有的 Word 编辑器的联系，因此只要在命令窗口 ‘File’ 的下拉菜单中

选择打开 (Open) 或新建 (New), 即自动进入编辑器窗口, 如图 1-3 所示; 也可以点击工具栏的新建图标, 或打开文件图标进入编辑器窗口, 把光标移到此窗口中即可键入前例的程序。需要注意的是, MATLAB 区分字母大小写, 而且 MATLAB 中所有的系统命令和函数名都用小写字母。程序输入完成后, 在编辑器窗口的下拉菜单 File 中保存 (Save 或 Save as), 也可以直接在工具栏中点击存盘图标。这时该文件将以指定的名称和扩展名.m 保存在工作目录中。

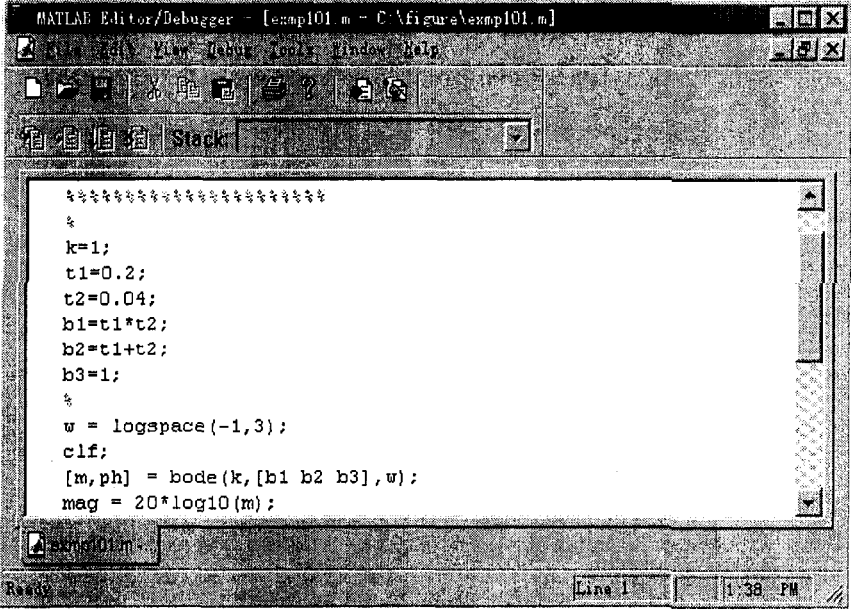


图 1-3 编辑器窗口

运行程序

把当前窗口移到命令窗口中即可运行上述程序。可以在窗口的下拉菜单 File 中选择 Run Script 项来运行, 也可以在窗口中直接键入 exmp101 命令运行。注意: 运行文件时键入的文件名不要带扩展名.m。

调试程序

如果程序正确, 则输出结果。如果程序中有绘图操作, 则程序运行中直接打开一个绘图窗口显示图形。如果程序出错, 则在命令窗口中输出出错信息, 根据出错信息分析出错原因, 再回到编辑器窗口中修改文本文件。然后重复上述(3) ~ (4)的操作, 直到运行成功为止。

对一个比较简单的程序, 根据出错信息反复修改文件, 一般都可以运行成功。但是对于一个比较复杂的程序, 运行时间较长, 查找错误也较困难, 所以 5.0 版以上的 MATLAB 还提供了调试程序的工具 “Debugger”。在调试中, 为了查找错误, 常常需要查看工作区 (Workspace) 中变量的细节, 这有助于诊断出错的原因。在 MATLAB 环境中, 系统设定一个存储空间在运行时作为所有变量的存储区, 称为工作区。工作区中的所有变量及其类型、大小等可以用下列命令来操作:

who 列写工作区中变量名称

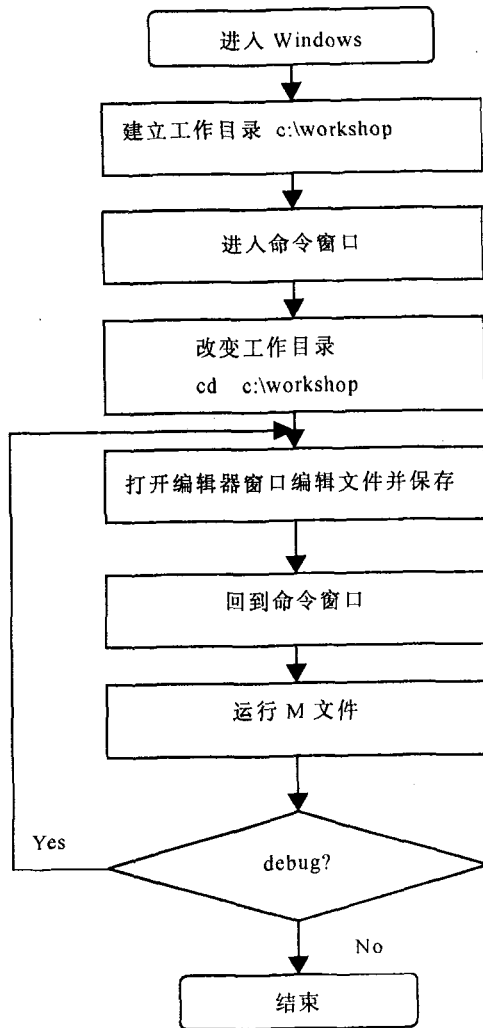


图 1-5 编辑和运行程序的流程图

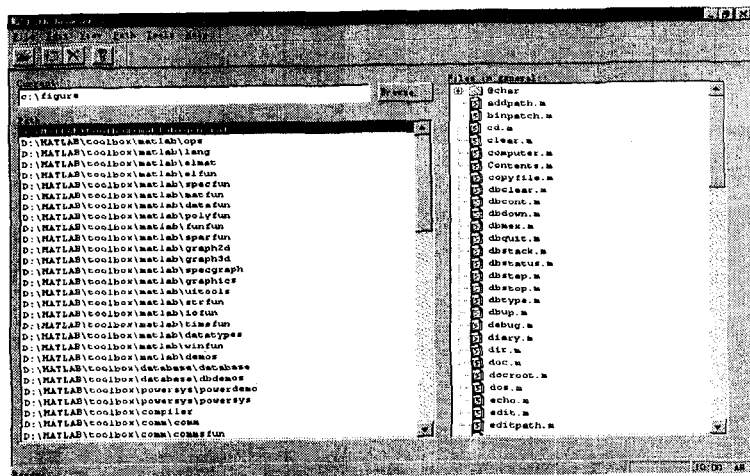


图 1-6 文件路径浏览器窗口

Remove from Path	删除浏览器或搜索路径
Open	打开文件
About	关于路径浏览器信息

要增加路径时，可以在左上方的 Current 栏中键入路径名，然后按“增加路径”图标，在左下方的路径中就出现指定的路径，同时右部窗口中出现该子目录下的文件树列表。

MATLAB 中提供了一些文件管理的命令：

what	显示指定目录下的文件列表
type	列出 M 文件
lookfor	通过关键字搜索相关命令或函数
path	改变搜索路径
cd	改变当前工作目录
dir	目录或文件名列表
delete	删除文件
getenv	获得环境变量值
!	执行操作系统命令

读者可以用 help 命令查询这些命令的细节。

在后面的函数一章中将详细介绍如何添加搜索路径的操作方法。

在线帮助

MATLAB 5.2 版提供了多种获得帮助信息的方法：

help 命令

在窗口中键入 help 命令时，窗口中列出所有帮助标题 (topic)，它们实际上是存储所有命令或函数的子目录名称。标题的多少取决于安装工具箱多少，但 MATLAB 最基本的部分应包括下列标题：

matlab\general	General purpose commands.
matlab\ops	Operators and special characters.
matlab\lang	Programming language constructs.
matlab\elmat	Elementary matrices and matrix manipulation.
matlab\elfun	Elementary math functions.
matlab\specfun	Specialized math functions.
matlab\matfun	Matrix functions - numerical linear algebra.
matlab\datafun	Data analysis and Fourier transforms.
matlab\polyfun	Interpolation and polynomials.
matlab\funfun	Function functions and ODE solvers.
matlab\sparfun	Sparse matrices.
matlab\graph2d	Two dimensional graphs.
matlab\graph3d	Three dimensional graphs.

matlab\specgraph	Specialized graphs.
matlab\graphics	Handle graphics.
matlab\uitools	Graphical user interface tools.
matlab\strfun	Character strings.
matlab\iofun	File input/output.
matlab\timefun	Time and dates.
matlab\datatypes	Data types and structures.
matlab\demos	Examples and demonstrations.

如果在命令窗口再键入关于某一标题 `dirname` 的帮助命令:`help dirname`, 则窗口中列出这一标题下的所有命令函数的名称及简介。如果在命令窗口中直接键入某一函数 `funname` 的帮助命令:`help funname`, 则窗口中列出该命令函数的详细解释, 包括其格式、参数、用法等。在调试程序时, 有时常用此命令核对函数的用法是否正确。

helpwin 命令

在命令窗口中键入 `helpwin` 命令, 或在下拉菜单 `Help` 下选 `Help Windows` 项, 或直接用鼠标双击窗口的“?”图标, 都可以打开一个帮助窗口, 如图 1-7 所示。

窗口中列出了所有帮助标题, 与键入 `help` 命令时一样, 只不过此时显示在另一窗口中。如果双击任一标题, 则窗口中列出该标题下的所有命令, 与 `help funname` 的结果一样。窗口的上部是几个功能键, 其功能如下:

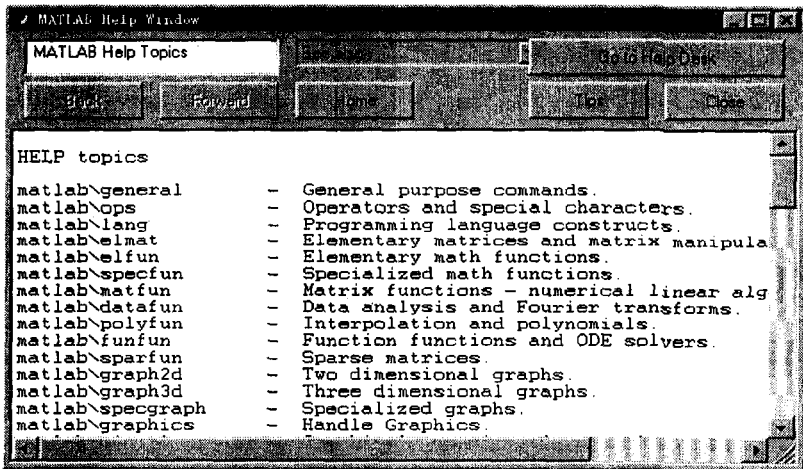


图 1-7 帮助窗口

- | | |
|---------------------|--------------|
| Back, Forward, Home | 向前, 向后, 退回主页 |
| Go to Help Desk | 打开帮助桌面窗口 |
| Tips | 关于 help 的提示 |
| Close | 关闭帮助窗口 |

窗口的左上方有个子窗口, 左部可以键入需要提供帮助的命令函数或标题, 右部是 `see also` 下拉菜单, 该子窗口中提供与所选标题或函数相关的附加信息。

helpdesk 命令

在命令窗口中键入 helpdesk 命令，或在下拉菜单 Help 下选 Helpdesk 项，或在上述帮助窗口中选 Go to Help Desk 项时，则打开了另一个窗口，叫帮助桌面窗口，如图 1-8 所示。

它提供了一部分参考资料，并以超文本方式进行搜索。如果使用者可以联网，它还可以在 Internet 上搜索站点，寻求帮助信息。

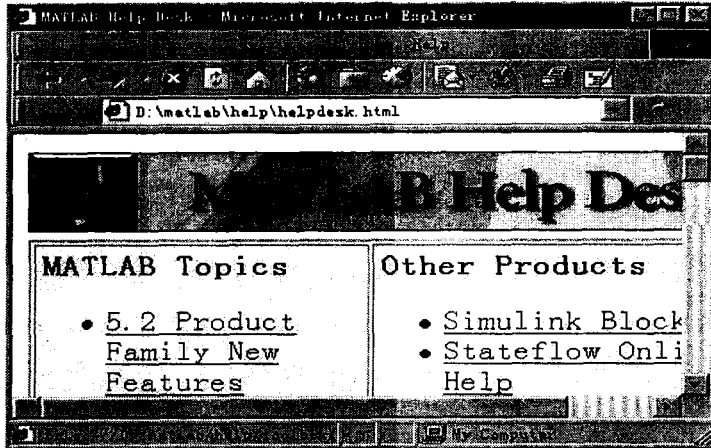


图 1-8 帮助桌面窗口

Lookfor 命令

该命令提供了按关键词查询命令或函数的功能。例如，我们想知道 MATALAB 中解 riccati 方程有那些工具，可以键入 lookfor riccati，这时会输出以下结果：

```
lookfor riccati
DAREITER Discrete-time algebraic Riccati equation solver.
ARESOLV Continuous algebraic Riccati equation solver
        (eigen & schur).
DARESOLV Discrete algebraic Riccati equation solver
        (eigen & schur).
DRICCOND Discrete Riccati condition numbers.
CARE Solve continuous-time algebraic Riccati equations.
DARE Solve discrete-time algebraic Riccati equations.
ARE Algebraic Riccati Equation solution.
DRIC Discrete Riccati equation residual calculation.
RIC Riccati residual calculation.
```

对于初学者，除了充分利用帮助信息外，还可以利用软件系统中提供的游览 (Tour) 和演示 (Demo) 窗口。只要在命令窗口中键入 tour 或 demo 命令即可。这两个窗口的内容差不多，游览窗口偏重于介绍性质，而演示窗口中不但介绍 MathWorks 公司的各