



21世纪高等院校教材

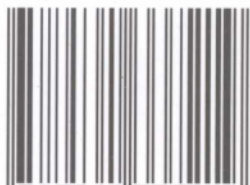
MATLAB 及其在 大学物理课程中的应用

钞曦旭 杨万民 唐纯青 编著

陕西师范大学出版社

责任人 郭建刚
封面设计 徐 明

ISBN 7-5613-3721-3



9 787561 337219 >

ISBN 7-5613-3721-3/O · 108

定价: 31.00元

21 世纪高等院校教材

MATLAB 及其在大学物理课程中的应用

钞曦旭 杨万民 唐纯青 编著

陕西师范大学出版社

图书代号:JC6N1269

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 及其在大学物理课程中的应用/钞曦旭,杨万民,唐纯青编著. —西安:陕西师范大学出版社, 2006.12

ISBN 7-5613-3721-3

I. M... II. ①钞...②杨...③唐... III. 物理学—计算机辅助计算—软件包, MATLAB—高等学校—教学参考资料 IV. 04-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 144877 号

MATLAB 及其在大学物理课程中的应用

钞曦旭 杨万民 唐纯青 编著

责 任 人	郭建刚
封面设计	徐 明
出版发行	陕西师范大学出版社
社 址	西安市陕西师大 120 信箱(邮政编码:710062)
网 址	http://www.snuph.com
印 刷	陕西丰华印务有限公司
开 本	787×960 1/16
印 张	20.75
插 页	2
字 数	332 千
版 次	2006 年 12 月第 1 版
印 次	2006 年 12 月第 1 次
书 号	ISBN 7-5613-3721-3/O · 108
定 价	31.00 元

读者购书、书店添货或发现印刷装订问题,请与本社教材中心联系、调换。

电 话:(029)85307864 85233753 85307864

E-mail:if-centre@snuph.com

前 言

近几十年来,计算机技术的广泛应用已深入地影响到社会的各个方面,大大加快了社会的变革进程。计算机的应用离不开计算语言,而计算语言本身也处于不断的发展之中。从上世纪 80 年代起,出现了如 MATLAB、MATHEMATICA、MATHCAD 和 MAPLE 等科学计算语言(也称为数学软件)。这些计算语言效率高,可视化和推理能力强,且各有所长,正在迅速地取代 FORTRAN 和 BASIC 语言,成为广大科学工作者的重要工具。

MATLAB 是 MathWorks 公司于 1984 年推出的一套高性能科学计算和可视化数学软件,也是目前最流行的科学计算语言之一。由于使用 MATLAB 编程运算与手工计算的思路和表达方式完全一致,所以不像学习其它高级语言(如 BASIC、FORTRAN 和 C 等)那样难于掌握。经过二十来年的完善和扩充, MATLAB 的功能已大大增强,可用来求解各类学科的问题,包括物理、数学、信号与图像处理、系统辨识、神经网络等。随着 MATLAB 版本的不断升级,其所含工具箱的功能越来越丰富,应用范围也越来越广。

物理模型的建立及其数学处理在大学物理学的教学中占有重要地位,而 MATLAB 在这方面具有独特的优势。因此,利用 MATLAB 这一先进的科学计算语言来辅助大学物理学的教学工作必将大大提高教学效率。另外,考虑到 MATLAB 起点低、功能强、易学易用以及兼有数值运算和符号运算功能的优点,让大学物理学专业及相关专业的学生在低年级阶段就初步掌握这门科学计算语言,并在整个专业课学习过程中不断反复使用是完全必要和可行的。

本书是专门为学习物理学专业以及开设物理基础课的相关专业的大学生编写的,也可作为未学过 MATLAB 的有关专业硕士生以及物理基础课的教师使用和参考。全书共分六章。第一章介绍 MATLAB 基础知识;第二章介绍高等数学中的 MATLAB 命令函数;第三到第六章按

照大学物理课程的教学顺序依次介绍 MATLAB 在力学、热物理学、电磁学及光学和量子物理中的应用。

本书在物理题目的选取上,注意结合现行教材的内容,意在将计算语言和物理课程的学习结合起来,起到相辅相成的作用。在程序的编写中,我们注重了趣味性和互动性,希望读者在学习计算语言的同时,有兴趣利用这些程序进行物理内容的学习,通过改变物理公式中的有关参数以及计算结果的可视化来深入理解物理规律的内涵。对教师而言,这些程序本身就可以作为电子课件使用。当然,大学物理课程内容非常丰富,不可能全部覆盖,所以只选择了大学物理学课程中有代表性的内容作为编程实例。另外,我们也考虑到大学物理学以线性物理为主,所以对符号计算的应用给予了足够的重视。对于物理教材上所涉及的非线性物理部分,则用数值分析方法给出了可视化结果。

本书的编写工作得到了陕西师范大学教务处和评建办的大力支持,并获得校教材出版基金的资助。陕西师范大学物理学与信息技术学院担任相关物理课程教学的老师以及作者的学生们也给予了很多的帮助和鼓励,在此一并表示诚挚的感谢。由于作者水平所限,难免有错误和遗漏之处,敬请读者批评指正。

编 者

2006 年 10 月

目 录

第 1 章 MATLAB 基础

§ 1-1 MATLAB 的语言特点及操作界面	1
1.1.1 MATLAB 语言的发展及特点	1
1.1.2 MATLAB 7.0 操作界面简介	2
1.1.3 MATLAB 的帮助系统	5
1.1.4 常用命令和技巧	7
1.1.5 MATLAB 的搜索路径与扩展	8
§ 1-2 MATLAB 的文字处理工具 Notebook	8
1.2.1 Notebook 的安装与启动	8
1.2.2 Notebook 的使用及注意事项	10
§ 1-3 数组与矩阵	12
1.3.1 数据、变量、算符、函数与表达式	12
1.3.2 数组的构造	15
1.3.3 数组的运算	16
1.3.4 矩阵的创建	18
1.3.5 矩阵的运算	23
1.3.6 导入数据	25
§ 1-4 符号对象的创建与基本运算	28
1.4.1 符号对象及其创建	28
1.4.2 符号与数值之间的转换	29
1.4.3 符号矩阵的基本运算	33
§ 1-5 M 文件设计	36
1.5.1 M 文件编辑器	36
1.5.2 M 脚本文件和 M 函数文件	37
1.5.3 控制结构	40
1.5.4 函数变量及辅助函数	47
1.5.5 程序的调试	50
1.5.6 函数句柄	51

§ 1-6 图形绘制

1.6.1 绘制二维图形的一般步骤	53
1.6.2 二维特殊图形绘制	59
1.6.3 三维图形的绘制	63
1.6.4 三维特殊图形的绘制	64
1.6.5 直角坐标、柱坐标、球坐标之间的转换	67

§ 1-7 动态图形制作与图形编辑

1.7.1 动态图形的制作	68
1.7.2 图形窗的图形编辑功能	71
思考与练习	75

第 2 章 高等数学问题的 MATLAB 解法

§ 2-1 微积分与级数的基本运算

2.1.1 函数的极限与极值	78
2.1.2 微分	80
2.1.3 级数求和与泰勒级数	83
2.1.4 积分与积分变换	85

§ 2-2 代数方程和常微分方程的解法

2.2.1 多项式	90
2.2.2 线性代数方程(组)	91
2.2.3 非线性代数方程(组)	93
2.2.4 常微分方程(组)的数值解法	97
2.2.5 常微分方程(组)的符号解法	102

§ 2-3 数据统计与曲线拟合

2.3.1 概率分布及数据分析函数	104
2.3.2 参数估计和假设检验	108
2.3.3 曲线拟合与插值	112

§ 2-4 偏微分方程的 GUI 解法

2.4.1 偏微分方程的基本类型和边界条件	116
2.4.2 利用 GUI 求解偏微分方程的一般步骤	118
思考与练习	122

第 3 章 MATLAB 在力学中的应用

§ 3-1 运动学与动力学

3.1.1	单位换算及数学用表的制作	125
3.1.2	质点运动学	127
3.1.3	动力学	132
§ 3-2	运动的守恒定律	
3.2.1	动量守恒定律与机械能守恒定律	136
3.2.2	角动量守恒与质点在有心力场中的运动	139
§ 3-3	机械振动	
3.3.1	简谐振动	145
3.3.2	简谐振动的合成	148
3.3.3	阻尼振动	153
3.3.4	受迫振动 共振	154
3.3.5	非线性振子 混沌现象	156
§ 3-4	波动	
3.4.1	简谐波	158
3.4.2	波的叠加 驻波	159
3.4.3	波包	161
3.4.4	孤波	163
3.4.5	多普勒效应	165
§ 3-5	用拉格朗日方程求解力学问题	
3.5.1	滑轮组	167
3.5.2	耦合弹簧振子	169
	思考与练习	171
第 4 章 MATLAB 在热物理学中的应用		
§ 4-1	气体的物态方程	
4.1.1	理想气体的物态方程	173
4.1.2	范德瓦尔斯方程	174
§ 4-2	凝聚态物质	
4.2.1	分子相互作用力的林纳德-琼斯模型	176
4.2.2	晶体中的键	178
4.2.3	分形	180
§ 4-3	分子的速度分布与位能分布	
4.3.1	麦克斯韦气体分子速率与速度分布	183
4.3.2	分子按位能的分布	187

§ 4-4 热力学第一定律对气体的应用	
4.4.1 热力学第一定律对理想气体的应用	189
4.4.2 热力学第一定律对实际气体的应用	193
4.4.3 气体的冷却与液化	194
§ 4-5 固体的热力学性质	
4.5.1 固体热容量的三种模型	198
4.5.2 顺磁性固体的热力学性质	202
4.5.3 负温度状态	205
§ 4-6 理想气体的热力学性质	
4.6.1 单原子理想气体的热力学性质	207
4.6.2 双原子理想气体的热力学性质	208
§ 4-7 热传导过程的 PDETOOL 解法	
4.7.1 受热金属块的热传导	211
4.7.2 放射性棒的热扩散	213
思考与练习	215
第 5 章 MATLAB 在电磁学中的应用	
§ 5-1 电相互作用和真空中的静电场	
5.1.1 静电场中库仑力的计算	217
5.1.2 静电场场强的计算	219
§ 5-2 静电场的环路定理和电位	
5.2.1 电位分布的计算	224
5.2.2 电位梯度与电场强度	227
§ 5-3 带电粒子在电场和磁场中的运动	
5.3.1 带电粒子在电场中的运动	237
5.3.2 带电粒子在电磁场中的运动	239
§ 5-4 电流和磁场	
5.4.1 毕奥-萨伐尔定律	242
5.4.2 安培定律	251
§ 5-5 简单电路	
5.5.1 直流电路解法示例	253
5.5.2 交流电路的复数解法	255
5.5.3 旋转磁场	261
§ 5-6 电磁场定解问题的 PDETOOL 求解	

5.6.1 静电学	263
5.6.2 静磁学	266
思考与练习	270

第6章 MATLAB 在光学与量子物理中的应用

§ 6-1 光的干涉	
6.1.1 光波的相干叠加	272
6.1.2 光的双缝干涉	273
6.1.3 光的双孔干涉	277
6.1.4 牛顿环	279
§ 6-2 光的衍射	
6.2.1 夫琅禾费衍射	281
6.2.2 光栅衍射的光强分布	286
6.2.3 菲涅耳衍射	288
§ 6-3 普朗克黑体辐射	
6.3.1 辐射场的内能密度与频率的关系	291
6.3.2 辐射场的内能与维恩位移定律	292
§ 6-4 一维定态问题	
6.4.1 线性谐振子波函数和位置概率密度分布	294
6.4.2 无限深势阱波函数和位置概率密度分布	297
§ 6-5 氢原子核外电子的径向分布和角分布	
6.5.1 核外电子的径向概率密度分布	300
6.5.2 氢原子核外电子概率密度分布随角度的变化	302
6.5.3 简并波函数的线性组合	304
思考与练习	307

附 录

附录 A 基本物理常量	309
附录 B MATLAB 主要命令函数注释	310
主要参考书目	324

第 1 章 MATLAB 基础

§ 1-1 MATLAB 的语言特点及操作界面

1.1.1 MATLAB 语言的发展及特点

MATLAB 是 MathWorks 公司于 1984 年推出的一套科学计算软件, MATLAB 的意思是矩阵实验室 (Matrix Laboratory)。1993 年, MATLAB 的第一个 Windows 版本问世, 并于年底推出了 MATLAB 4.1 版本, 首次开发了符号运算工具箱。1997 年, MathWorks 公司又推出 MATLAB 5.0 版本。相对于 4.x 版本而言, 5.0 版本功能强大, 计算速度快, 编程简洁直观, 用户界面友好, 可以说是一次飞跃。2001 年初, 该公司开发出 MATLAB 6.0(R12)正式版, 次年 7 月 MATLAB 6.5(R13)问世, 它使用了 JIT 程序加速器, 用户界面也有了很大的改观。目前, MATLAB 的最新版本是 2004 年推出的 MATLAB 7.0。该版本在编程、计算、数据获取和运行以及图形处理等方面又有许多重要改进。

经过 20 余年的研究开发, MATLAB 功能得到很大的增强, 它的各种工具箱可以满足各学科对计算和图形处理的不同要求, 因而在全世界得到广泛的应用, 被称为第四代计算语言。近年来, MATLAB 在国内也日益受到青睐, 正在被广泛地应用于科学研究、工程计算和理、工科的教学工作中。

简要地讲, MATLAB 语言具有下列主要特点:

(1) 简单易学。MATLAB 允许用户以数学形式的语言编写程序, 更接近于书写计算公式的思维方式, 其操作和功能函数指令就是以平常计算机和数学书上的一些英文单词表达的, 初学者很容易掌握。另外, MATLAB 程序文件是一个纯文本文件, 扩展名为“.m”(故称为 M 文件)。它允许用任何字处理软件进行编写和修改, 配有健全的调试系统, 人机交互性强, 程序调试简单方便。因此, 即使对 C 语言不太熟悉的用户也可利用它强大的帮助系统在较短时间里掌握其基本用法。

(2) 功能强大。MATLAB 不仅在数值计算上有着其他同类软件不可及的绝对优势, 而且具有符号运算功能, 用户可以很方便地处理矩阵的变换与运算、微积分运算、多项式运算、线性与非线性方程求解、插值与拟合等问题。MATLAB 的另一优势在于它无与伦比的绘图功能, 不仅可以绘制一般的线图、条形图、饼图、散点图等二维、三维图形, 还可绘制极坐标图、玫瑰花图等特殊图形。在科学计算结果的

可视化方面, MATLAB 更具独特的优越性, 可以绘制矢量图、等值线图、流线图、表面图、切片图等丰富多彩的图形, 也可进行动画和用户图形界面(GUI)的制作, 为物理学的教学提供了极大的方便。

(3) **可扩展性强。** MATLAB 本身就像一个解释系统, 对其中函数程序的执行以一种解释执行的方式进行, 形成一个开放的系统。用户可以方便地看到源程序, 并可通过调用和修改来开发自己的程序。MATLAB 还可以方便地与 FORTRAN、MAPLE 和 C 等语言接口, 最大限度地利用了各种资源来扩充自己的功能。此外, 利用 MATLAB 编译器和运行时服务, 还可以生成独立的可执行程序。

1.1.2 MATLAB 7.0 操作界面简介

MATLAB 的安装只要按照对话框提示的要求一步一步完成就可以了, 这里不再赘述。

(1) MATLAB 7.0 对计算机的要求

MATLAB 7.0 对计算机硬件的要求是:

- CPU: Pentium III, IV, Xeon, Pentium M, AMD Athlon, Athlon XP, Athlon MP;
- 光驱: 至少为 24 速光驱;
- 内存: 至少 256MB, 推荐 512MB 以上;
- 硬盘: 至少预留 345MB 的硬盘空间 (根据需要安装的东西而定);
- 显卡: 256 色以上。

MATLAB 7.0 对计算机软件的要求是:

- Microsoft Windows NT 4.0 (Service Pack 5 or 6), Windows 2000 (Service Pack 3 or 4), Windows XP;

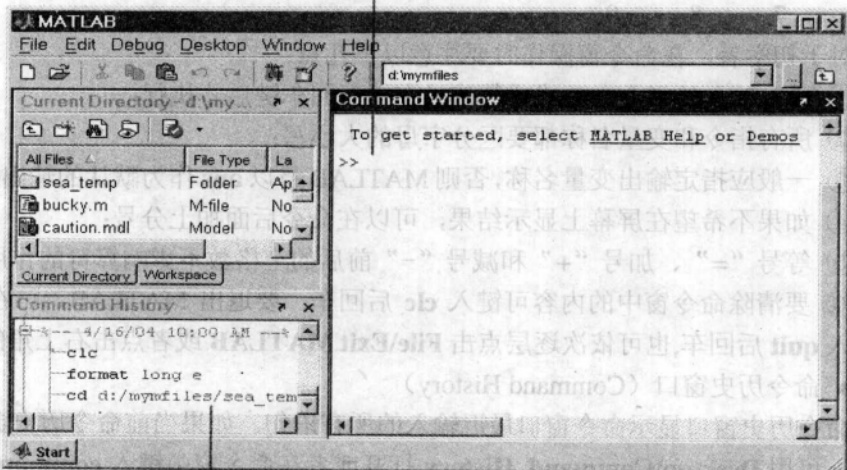
- Microsoft Word 2000/XP, 用以使用 MATLAB Notebook;
- Adobe Acrobat Reader 3.0, 用以阅读和打印 MATLAB 的 PDF 帮助信息;
- Netscape Navigator 4.0 及其以上, 或 Microsoft Internet Explorer 4.0 及其以上。

(2) 操作界面

安装好 MATLAB 软件后, 点击计算机桌面上的快捷键图标  就可以启动 MATLAB, 查看它的操作界面。MATLAB 的操作界面由几个管理文件、变量和与 MATLAB 相关的应用程序的工具组成。第一次启动时, 其操作界面如图 1-1-1 所示。用户可以根据需要改变操作界面的外观设置, 包括移动、缩放和关闭某些工具窗口等。

操作界面上有三个默认窗口, 它们分别是命令窗口 (Command Windows)、命

在命令窗的提示符后键入MATLAB函数



命令历史窗保留着你运行过的MATLAB函数的记录

图 1-1-1 MATLAB 的操作界面

命令历史窗口 (Command History) 和可以进行当前工作目录窗口 (Current Directory) 与工作空间浏览器窗口 (Workspace) 切换的一个共用窗口。界面的左下角有启动按钮 “Start”，可以通过点击启动按钮，或同时按下 **Alt** 键和 **S** 键来查看 “Start” 菜单中的内容。

● 命令窗口 (Command Windows)

在命令窗口中可以进行数值计算、关系运算和逻辑运算或者调用 MATLAB 的各种函数指令和程序。如果想要单独显示命令窗口，可以依次逐层点击 **Desktop\Desktop Layout\Command Window only**。命令窗口中的 “>>” 符号是输入函数的提示符，在提示符后面输入数据和运行函数。

例如，要计算表达式 $2\cos\pi/3 + 53i - 2^2 \div 30$ 的值，在提示符 “>>” 后键入：

```
2*cos(pi/3)+53*i-2^2/30
```

然后，按下 **Enter** 键，MATLAB 便返回上述表达式的值：

```
ans=0.8667 +53.0000i
```

其中，ans 是 answer 的缩写，是默认的输出变量名。

再例如，要创建一个 3×3 的矩阵 **A**，三行的元素分别为 1,2,3; 4,5,6; 7,8,9。在提示符后键入 **A=[1 2 3;4 5 6;7 8 9]** (元素和元素之间用空格或逗号分隔，行与行之间用分号分隔。) 后回车，MATLAB 便返回矩阵 **A** 的值：

```
A = 1   2   3
     4   5   6
     7   8   9
```

对于初学者,在命令窗操作时要注意以下几点:

- ① 所有输入的指令、公式或数值只在按下回车键后才执行;
- ② 所有指令和变量名称都要区分字母的大小写;
- ③ 一般应指定输出变量名称,否则 MATLAB 将以 **ans** 作为默认的输出变量名;
- ④ 如果不希望在屏幕上显示结果,可以在命令后面加上分号;
- ⑤ 等号“=”、加号“+”和减号“-”前后的空格数不影响算符的作用;
- ⑥ 要清除命令窗中的内容可键入 **clc** 后回车;要退出 MATLAB,可在命令窗中键入 **quit** 后回车,也可依次逐层点击 **File\Exit MATLAB** 或者点击右上角的 。

● 命令历史窗口 (Command History)

命令历史窗口显示命令窗口最近输入的所有语句。如果当前命令历史窗口没有显示,可用 **Desktop\Command History** 打开或者在命令窗中键入 **commandhistory** 命令打开。命令历史窗的另一个功能是将其中的语句复制到命令窗口或其他窗口。如果要运行历史窗口中的某个语句,只要选定后双击便可执行,而无需在命令窗中另外重复键入该语句。

● 当前工作目录窗口 (Current Directory)

当前工作目录浏览器可用来搜索、查看、打开、查找和改变 MATLAB 相关的路径和文件。如果该窗口没有显示,可以通过 **Desktop\Current Directory** 打开或者在命令窗中键入 **filebrowser** 来打开。

将鼠标选定目录浏览器窗口中的文件名并单击右键,可以完成下列任务:

- ① 查看和改变路径;
- ② 创建、重命名、剪切、复制、删除路径与文件;
- ③ 打开、运行和查看文件的内容;
- ④ 获取源控制特性。

● 工作空间窗口

工作空间窗口是 MATLAB 的重要组成部分,该窗口显示目前内存中所有的变量名、数学结构、字节数以及类型,且不同的变量类型分别对应不同的变量名图标。工作空间中的这些变量可以通过使用函数、运行 M 文件和载入已经存在的工作空间来添加。用 **who** 函数可以列出当前工作空间中的所有变量;用 **whos** 函数列出变量名及其大小和类型;用 **which** 函数确定文件的位置。

在工作空间窗口上有一工具条,可以用来建立新变量、载入数据文件、保存和

打印文件, 以及利用保存在该窗口中的数组绘制各种图形。双击该窗口中的变量图标, 会弹出数组编辑器 (Array Editor), 利用该编辑器中的下拉菜单选项可以更方便地进行数组的编辑和图形绘制。

● 启动按钮

打开 MATLAB 主界面后, 单击 “Start” 按钮便可显示出一个菜单。利用该菜单及其子菜单中的选项, 用户可以直接打开 MATLAB 的相关工具。

1.1.3 MATLAB 的帮助系统

完善的帮助系统是 MATLAB 的又一个突出优点。MATLAB 的帮助系统大体分为联机帮助系统、命令窗口查询帮助系统和联机演示系统三类, 读者在学习过程中掌握和利用这些帮助系统将会是非常有益的, 下面, 我们对三类帮助系统分别予以介绍。

(1) 联机帮助系统

进入联机帮助系统的方法有四种: 一是点击主界面上的 ? 按钮; 二是点击 help, 选定并点击下拉菜单中的相关选项, 或者点击 Start 按钮, 选定 help; 三是在命令窗口中键入 helpwin, helpdesk 或 doc; 最后, 也是最简单的方法就是使用快捷键 F1。

在打开联机帮助系统后可以看到如图 1-1-2 所示的帮助浏览器窗口, 它包括帮助向导和帮助页面两部分。其中, 帮助向导含有一个工具栏, 可用来显示帮助主题, 它有四个按钮: 帮助主题 (Contents)、帮助索引 (Index)、查询帮助 (Search) 和演示帮助 (Demos)。

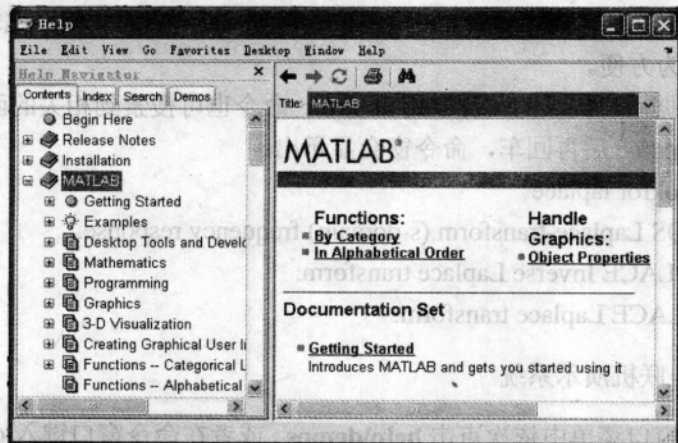


图 1-1-2 帮助浏览器

图 1-1-3 (2) 命令窗口查询帮助系统

除了帮助浏览器外，还可以通过在命令窗中键入查询指令来获得帮助，这些指令分为 **help** 系列、**lookfor** 命令和其他常用命令。

- **help** 系列的帮助命令有 **help**、**help+函数(类)名**、**helpwin** 及 **helpdesk**。其中，后两个是用来调用联机帮助窗口的。

在命令窗口中键入 **help** 再回车，就会得到当前帮助系统包含的所有项目，即搜索路径中所有的目录名称。

在命令窗口中键入“**help+函数类名**”后再回车，便可得到该类函数的所有信息。例如，键入 **help matfun**，可以得到矩阵函数（Matrix functions）的所有信息，包括矩阵分析、线性方程、矩阵函数等详细内容。

如果知道函数的名称，可在命令窗口中键入“**help+函数名**”后再回车，便得到该函数的有关信息。例如，键入 **help sin** 后再回车，命令窗会有如下显示：

```
>> help sin
```

```
SIN Sine.
```

```
SIN(X) is the sine of the elements of X.
```

```
See also asin, sind.
```

```
Overloaded functions or methods (ones with the same name in other directories)
```

```
help sym/sin.m
```

```
Reference page in Help browser
```

```
doc sin
```

- 若要获取指定函数的帮助，也可使用 **doc** 函数，在命令窗中键入 **doc+函数名** 后回车。例如，键入 **doc sin** 后回车就得到 **sin** 函数的文档。比较而言，**doc** 函数用起来更为方便。

- 根据用户提供的关键字用 **lookfor** 命令也可搜索到相关的函数。例如，键入 **lookfor laplace** 后再回车，命令窗会显示出：

```
>> lookfor laplace
```

```
FREQS Laplace-transform (s-domain) frequency response.
```

```
ILAPLACE Inverse Laplace transform.
```

```
LAPLACE Laplace transform.
```

(3) 联机演示系统

在主窗口菜单中依次点击 **help/demos**，或者在命令窗口键入 **demos** 都可以打开联机演示系统，进入 MATLAB 帮助系统的主演示页面，如图 1-1-3 所示。