

第 1 章

计算机仿真技术及 MATLAB 简介

本章知识点:

- 计算机仿真技术的概念
- MATLAB 的功能及应用
- MATLAB 的操作环境

基本要求:

- 掌握计算机仿真技术的基本原理
- 掌握 MATLAB 软件的功能
- 熟悉 MATLAB 的软件操作环境

能力培养目标:

通过本章的学习,掌握计算机仿真的基本概念及 MATLAB 软件的功能,熟悉软件操作环境。



计算机仿真技术简介 1

1.1 计算机仿真技术



计算机仿真技术简介 2

计算机仿真技术是一门崭新的综合性信息技术,它通过专用软件整合图像、声音、动画等,将三维的现实环境、物体模拟成多维表现形式的计算机仿真,再由数字媒介作为载体传播给人们。

计算机仿真已成为系统仿真的一个重要分支,系统仿真很大程度上指的就是计算机仿真。计算机仿真技术的发展与控制工程、系统工程及计算机工程的发展有着密切的联系。一方面,控制工程、系统工程的发展,促进了仿真技术的广泛应用;另一方面,计算机的出现以及计算机技术的发展,又为仿真技术的发展提供了强大的支撑。计算机仿真一直作为一种必不可少的工具,在减少损失、节约经费开支、缩短开发周期、提高产品质量等方面发挥着重要的作用。

对于需要研究的对象,计算机一般是不能直接认知和处理的,这就要求为之建立一个既能反映所研究对象的实质,又易于被计算机处理的数学模型。关于研究对象、数学模型和计算机之间的关系,可以用图 1-1 来表示。

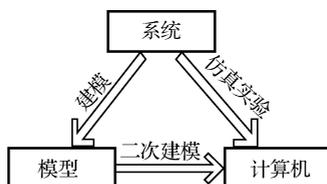


图 1-1 计算机仿真技术原理图

数学模型将研究对象的实质抽象出来, 计算机再来处理这些经过抽象的数学模型, 并通过输出这些模型的相关数据来展现研究对象的某些特质, 当然, 这种展现可以是三维立体的。由于三维显示更加清晰直观, 已为越来越多的研究者所采用。通过对这些输出量的分析, 就可以更加清楚地认识研究对象。通过这个关系还可以看出, 数学建模的精准程度是决定计算机仿真精度的最关键因素。从模型这个角度出发, 可以将计算机仿真的实现分为三个大的步骤: 模型的建立、模型的转换和模型的仿真实验。

(1) 模型的建立

对于所研究的对象或问题, 首先需要根据仿真所要达到的目的抽象出一个确定的系统, 并且要给出这个系统的边界条件和约束条件。在此之后, 需要利用各种相关学科的知识, 把所抽象出来的系统用数学表达式描述出来, 描述的内容就是所谓的“数学模型”。这个模型是进行计算机仿真的核心。系统的数学模型根据时间关系, 可划分为静态模型、连续时间动态模型、离散时间动态模型和混合时间动态模型; 根据系统的状态描述和变化方式, 可划分为连续变量系统模型和离散事件系统模型。

(2) 模型的转换

所谓模型的转换, 即是对上一步抽象出来的数学表达式通过各种适当的算法和计算机语言转换成为计算机能够处理的形式, 这种形式所表现的内容, 就是所谓的“仿真模型”。这个模型是进行计算机仿真的关键。

(3) 模型的仿真实验

将上一步得到的仿真模型载入计算机, 按照预先设置的实验方案来运行仿真模型, 得到一系列的仿真结果, 这就是所谓的“模型的仿真实验”。具备了上面的条件之后, 仿真实验是一个很容易的事情。但是, 应该如何来评价这个仿真的结果呢? 这就需要来分析仿真实验的可靠性。而 MATLAB 仿真软件的强大使各种科学实验得以实现。

1.2 MATLAB 功能简介



MATLAB 发展过程

MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件, 是用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境, 主要包括 MATLAB 和 Simulink 两大部分。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化, 以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中, 代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

MATLAB 和 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。它在数学类科技应用软件中在数值计算方面首屈一指。MATLAB 可以进行矩阵运算、绘制函数和数据、实现算法、创建用户界面、连接其他编程语言的程序等, 主要应用于工程计算、控制设计、信号处理与通信、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。MATLAB 具有以下六个特点:

(1) 编程效率高

用 MATLAB 编写程序犹如在演算纸上排列出公式与求解问题, MATLAB 语言也可通俗地称为演算纸式的科学算法语言。由于它编写简单, 所以编程效率高, 易学易懂。

(2) 用户使用方便

MATLAB 语言把编辑、编译、连接和执行融为一体, 其调试程序手段丰富, 调试速度快, 需要的学习时间少。它能在同一画面上进行灵活操作, 快速排除输入程序中的书写错误、语法错误以至语意错误, 从而加快用户编写、修改和调试程序的速度。

(3) 扩充能力强

高版本的 MATLAB 语言有丰富的库函数,在进行复杂的数学运算时可以直接调用,而且 MATLAB 的库函数同用户文件在形成上一样,所以用户文件也可作为 MATLAB 的库函数来调用。因而,用户可以根据自己的需要方便地建立和扩充新的库函数,以便提高 MATLAB 的使用效率和扩充它的功能。

(4) 语句简单、内涵丰富

MATLAB 语言中最基本、最重要的成分是函数,其一般形式为 $(a,b,c\dots)=\text{fun}(d,e,f\dots)$,即一个函数由函数名,输入变量 $d,e,f\dots$ 和输出变量 $a,b,c\dots$ 组成,同一函数名 F ,不同数目的输入变量(包括无输入变量)及不同数目的输出变量,代表着不同的含义。这不仅使 MATLAB 的库函数功能更丰富,而且大大减少了需要的磁盘空间,使得 MATLAB 编写的 M 文件简单、短小而高效。

(5) 高效方便的矩阵和数组运算

MATLAB 语言像 BASIC、FORTRAN 和 C 语言一样规定了矩阵的一系列运算符,它不需定义数组的维数,并给出矩阵函数、特殊矩阵专门的库函数,使之在求解诸如信号处理、建模、系统识别、控制、优化等领域的问题时,显得大为简捷、高效、方便,这是其他高级语言所不能比拟的。

(6) 方便的绘图功能

MATLAB 的绘图是十分方便的,它有一系列绘图函数(命令),使用时只需调用不同的绘图函数(命令),在图上标出图题、XY 轴标注、网格绘制也只需调用相应的命令,简单易行。另外,在调用绘图函数时调整自变量可绘出不变颜色的点、线、复线或多重线。



MATLAB 编程播放音乐



MATLAB 画图

1.3 MATLAB 在工业工程中的应用

MATLAB 主要功能有四种:①数值计算和符号计算功能,它是以矩阵作为数据操作的基本单元的;②绘图功能;③编程语言;④MATLAB 工具箱,它是控制系统首选的,被大量应用于工业工程当中。包括 MATLAB 优化工具箱在钢结构截面优化中的应用、MATLAB 在声音信号采集与小波降噪中的应用、在 Visual C++中不依赖 MATLAB 环境调用其函数的方法、VB 调用 MATLAB 的方法及其在故障诊断中的应用、MATLAB 在 RBF 神经网络模型中的应用、基于 MATLAB 的 RBF 神经网络在建筑物沉降预测中的应用、应用 MATLAB 优化工具箱处理非线性不等式约束的最小二乘平差问题、基于 MATLAB 的 BP 神经网络在大气环境质量评价中的应用、MATLAB 在平面机构运动解析法分析中的应用、基于 OPC 和 MATLAB 的模糊 PID 在 DCS 中的应用、可靠度指标优化算法在岩土工程可靠度研究中的应用等, MATLAB 可以在很多工业工程应用新技术的过程中起到重要作用。

MATLAB 在工业
工程中的应用MATLAB 在陀螺仪
仿真中的应用

三足机器人

MATLAB 仿真-3D
运动轨迹

1.4 工程和科学问题的求解



工程和科学问题的求解

牛顿环

MATLAB 科学计算环境具有强大的计算绘图能力, 提供大量的函数库、工具箱, 几乎涵盖了所有的工程计算领域, 被誉为“演算纸”式的工程计算工具。MATLAB 集成了几乎所有的科学研究和工程计算要用的算法, 非常便于进行科学计算, 而且默认的数据结构是双精度数组, 能实现高精度的科学计算; MATLAB 将高性能的数值计算和可视化集成在一起, 并提供大量的内置函数及开放的程序和数据接口, 因而广泛地应用于科学计算、控制系统与信息处理等领域的分析、仿真和设计工作; MATLAB 包含各种能够进行常规运算的工具箱, 如常用的矩阵代数运算、数组运算、方程求根、优化计算, 以及函数求导积分符号运算, 同时还提供了编程计算的编程特性, 通过编程解决一些复杂的工程问题。在 MATLAB 中可以绘制二维、三维图形, 使输出结果可视化。这些强大的功能为科学计算带来了方便。MATLAB 语言是一种解释执行的脚本语言, 简单易学, 使用 MATLAB 软件进行科学计算, 能够极大地加快科研人员进行研究开发的进度, 减少在编写程序和开发算法方面所消耗的时间和经费支出, 从而获得最大的效能。

1.5 MATLAB 环境介绍



MATLAB 的有趣程序图案

MATLAB 为用户提供了全新的桌面操作环境, 了解并熟悉这些桌面操作环境是使用 MATLAB 的基础, 下面介绍 MATLAB 的启动、主要功能菜单、命令窗口、工作空间、文件管理和帮助管理等。

1.5.1 MATLAB 的启动和退出

以 Windows 操作系统为例, 进入 Windows 后, 选择“开始”→“所有程序”→“Matlab R2013a”, 便可进入如图 1-2 所示的 MATLAB 主窗口。如果安装时选择在桌面生成快捷图标, 也可以双击快捷图标直接启动。

退出 MATLAB 系统的方式: 用鼠标单击窗口右上角的关闭图标。

1.5.2 MATLAB 主菜单及功能

(1) New Script

新建脚本文件, 用来建立 MATLAB 调用函数, 简化主程序复杂度以及便于对程序的修改。

(2) New

单击 New 主菜单项, 弹出如图 1-3 所示的 New 下拉菜单。想要建立什么模型双击即可, 其中有脚本文件、函数、例子、类、系统、GUI、Simulink 等, 如图 1-3 所示。

(3) OPEN

打开一个 MATLAB 文件。

(4) Import Data

用于从其他文件导入数据, 单击后弹出对话框, 选择导入文件的路径和位置, 如图 1-4 所示。



图 1-2 MATLAB 主窗口

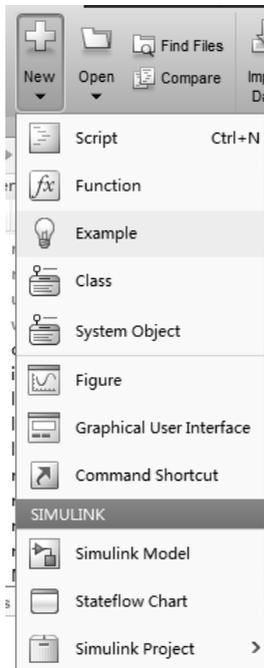


图 1-3 下拉菜单

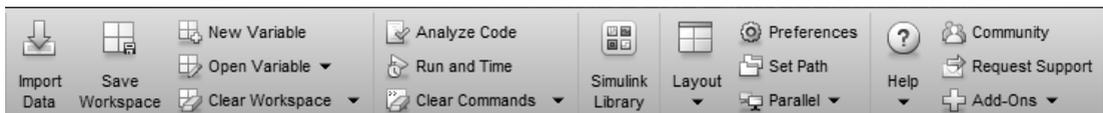


图 1-4 导入数据

(5) Save Workspace

用于把工作空间的数据存放到相应的路径文件中。

(6) New Variable

新建一个变量用于工作空间的数据存放和修改。

(7) Open Variable

在工作空间中打开一个变量。

(8) Clear Workspace

清空工作空间。

(9) Analyze Code

分析 MATLAB 代码。

(10) Run and Time

运行程序和设置断点。

1.6 帮助功能

在学习 MATLAB 编程时,软件中自带的帮助系统可以很快地帮助我们解决问题。MATLAB 为用户提供了很多种帮助信息,如 MATLAB 在线帮助、MATLAB 帮助窗口、MATLAB 中自带的 PDF 文件等。学习使用 MATLAB 的帮助系统命令可以让读者在学习 MATLAB 编程时半功倍,从而极大地提高学习效率。MATLAB 软件系统中常用的帮助命令如表 1-1 所示。下面将详细介绍 MATLAB 的帮助系统。

表 1-1 MATLAB 软件系统中常用的帮助命令

帮助命令	功能说明
help	获得在线帮助
demo	运行 MATLAB 的演示程序
lookfor	查看指定关键字的所有相关指令
who	列出当前工作空间中的变量
what	列出当前目录或指定目录下的 M\MAT 和 MEX 文件
helpwin	运行帮助窗口
helpdesk	运行 HTML 格式的帮助面板 helpdesk

1.6.1 在线帮助桌面系统

在线帮助桌面系统是 MATLAB 提供的帮助系统中功能最强、查找范围最广的帮助系统,可以访问 MATLAB 软件系统中自带的帮助系统,也可以通过互联网访问网络上的大量资源。打开 MATLAB 界面,选择 Desktophelp 命令或在命令窗口中输入 DOC 命令,即可打开在线帮助桌面。查询时只需要在 Help Navigator 窗口中输入关键字,然后按 Enter 键即可快速查询有关关键词的帮助信息。例如,需要查询差分函数 diff,则在图 1-5 中输入 diff 后,按 Enter 键即可得到图 1-6 中有关 diff 的所有信息。

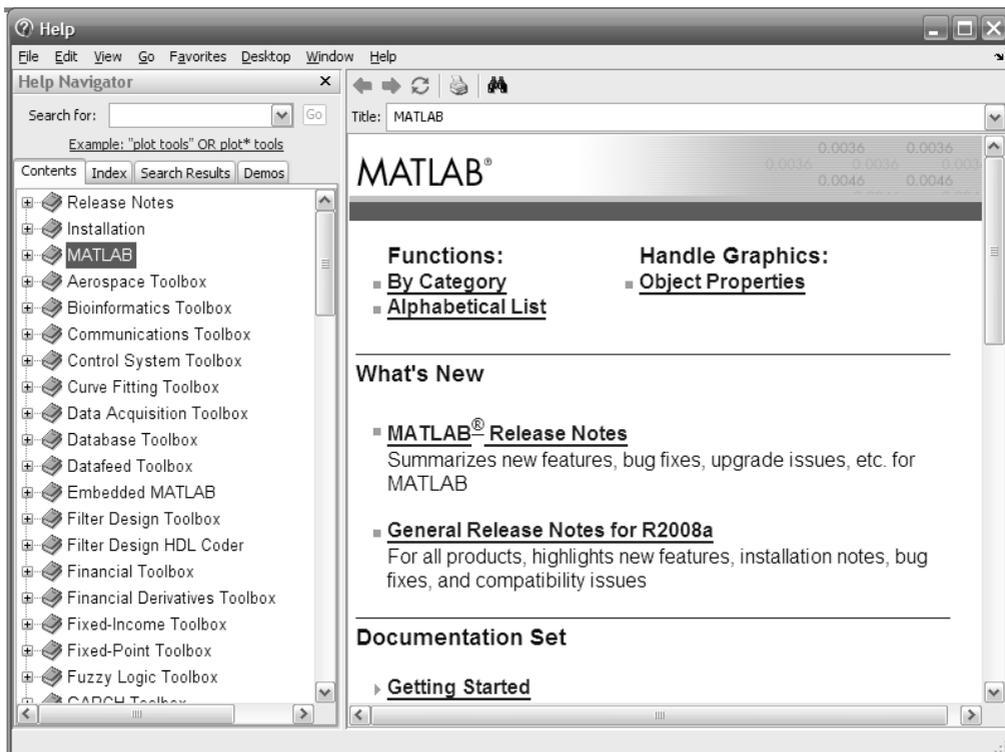


图 1-5 在线帮助桌面系统

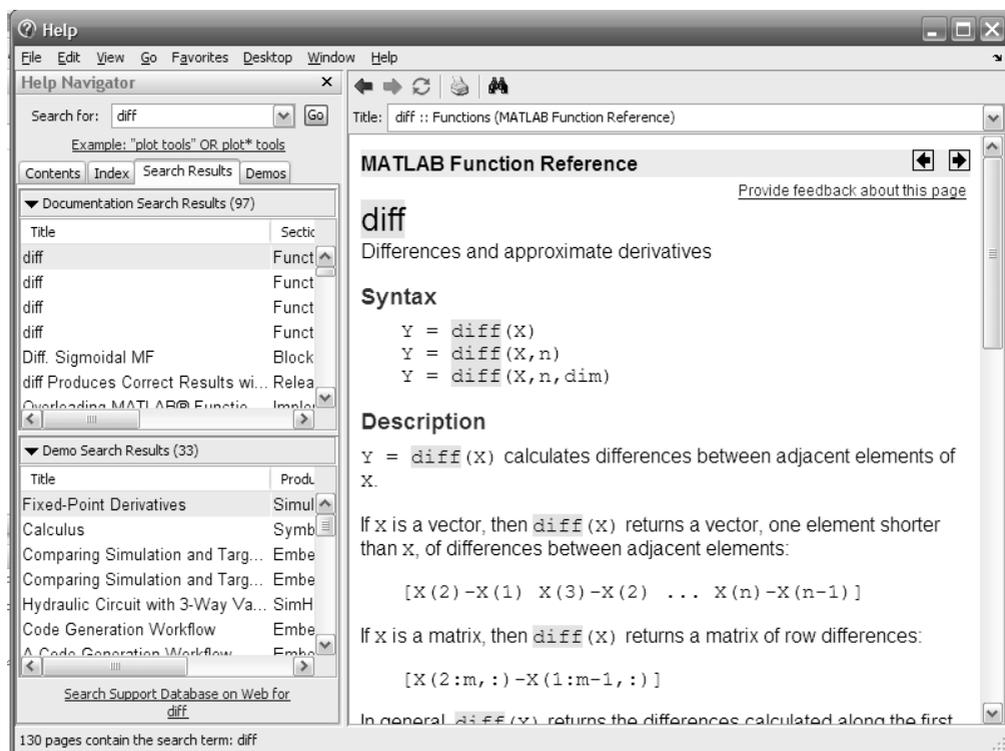


图 1-6 diff 所有信息

1.6.2 命令查询系统

在 MATLAB 的命令窗口中直接输入命令即可获得相应的帮助, 在学习 MATLAB 函数的过程中常用的有以下几种帮助命令。

(1) help 命令

help 命令是最常用的在线帮助命令, 使用 help 命令可以查询所有 MATLAB 函数的信息。

help 命令的调用格式如下所述。

help: 通过输入 help 命令, 罗列出 MATLAB 此版本下所有帮助项目的根目录索引。

help 函数名: 显示出该函数的信息。

help 帮助主题: 获取指定主题的帮助信息。

help 命令, 运行不带任何限制的 help 命令。在 Command Window 窗口中输入 help 命令, 结果如下:

```
>> help
HELP topics:
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\scribe            - Annotation and Plot Editing.
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\imagesci          - Image and scientific data input/output.
MATLAB\iofun             - File input and output.
MATLAB\audiovideo        - Audio and Video support.
MATLAB\timefun           - Time and dates.
...                      ...
```

下面还有很多 MATLAB 的分类信息, 这里不再一一列出, 详细情况读者可以在 MATLAB 中自己查询。

(2) help 函数名

此查询命令是最简单的。如查询画图函数 plot, 结果如下:

```
>> help plot
PLOT   Linear plot.
PLOT(X,Y) plots vector Y versus vector X. If X or Y is a matrix,
```

then the vector is plotted versus the rows or columns of the matrix, whichever line up. If X is a scalar and Y is a vector, disconnected line objects are created and plotted as discrete points vertically at X.

PLOT(Y) plots the columns of Y versus their index.

If Y is complex, PLOT(Y) is equivalent to PLOT(real(Y),imag(Y)).

In all other uses of PLOT, the imaginary part is ignored.

Various line types, plot symbols and colors may be obtained with PLOT(X,Y,S) where S is a character string made from one element from any or all the following 3 columns:

b	blue	.	point	-	solid
g	green	o	circle	:	dotted
r	red	x	x-mark	-.	dashdot
c	cyan	+	plus	--	dashed
m	magenta	*	star	(none)	no line
y	yellow	s	square		
k	black	d	diamond		
w	white	v	triangle (down)		
^	triangle (up)				
<	triangle (left)				
>	triangle (right)				
p	pentagram				
h	hexagram				

For example, PLOT(X,Y,'c+') plots a cyan dotted line with a plus at each data point; PLOT(X,Y,'bd') plots blue diamond at each data point but does not draw any line.

.....
Reference page in Help browser
doc plot

(3) lookfor 指令

如果要查看包含指定关键词的所有指令，可以使用 lookfor 指令。如查询包含数学函数差分的有关指令，结果如下：

```
>> lookfor diff
cir      - Cox-Ingersoll-Ross (CIR) mean-reverting square root diffusion class file.
diffusion - Diffusion rate class file of stochastic differential equations.
drift    - Drift rate class file of stochastic differential equations.
hwv     - Hull-White/Vasicek (HWV) mean-reverting Gaussian diffusion class file.
sde     - Stochastic differential equation (SDE) class file.
sdeddo   Stochastic differential equation (SDE) from Drift and Diffusion objects.
sdeld    - Stochastic differential equation (SDE) from linear drift rate.
sdemrd   - Stochastic differential equation (SDE) from mean-reverting drift rate.
xregmodswitch - Model that switches between a number of different models
setdiff  - Set difference.
diff     - Difference and approximate derivative.
polyder  - Differentiate polynomial.
createOptionsStruct - Create options structure for different solvers
createProblemStruct - Create problem structure for different solvers
```

dde23 - Solve delay differential equations (DDEs) with constant delays.
dodesd - Solve delay differential equations (DDEs) with general delays.
deval - Evaluate the solution of a differential equation problem.
ode113 - Solve non-stiff differential equations, variable order method.
ode15i - Solve fully implicit differential equations, variable order method.
ode15s - Solve stiff differential equations and DAEs, variable order method.
ode23 - Solve non-stiff differential equations, low order method.
ode23s - Solve stiff differential equations, low order method.
ode23tb - Solve stiff differential equations, low order method.
ode45 - Solve non-stiff differential equations, medium order method.
odeextend - Extend solution of initial value problem for differential equations.
diffuse - Diffuse reflectance.
cast - Cast a variable to a different data type or class.
diff2asv - Compare file to autosaved version if it exists
... ..

列出的帮助信息还有很多，由于篇幅所限，只列出上面一部分内容，读者可以通过实际操作感受 MATLAB 强大的帮助系统。

1.6.3 联机演示系统

MATLAB 中还有两个介绍 MATLAB 功能演示和漫游程序的帮助命令，即 `demo` 和 `tour`。这两个帮助系统包含了大量的案例，可以直观地为读者展示 MATLAB 强大的功能特点。这里只介绍 `demo` 命令，因为 `tour` 命令和 `demo` 命令一样，没有什么大的区别，对 `tour` 帮助系统感兴趣的读者可以参考相关资料。

直接在 Command Window 窗口中输入 `demo` 命令，即可很轻松地打开 MATLAB 演示系统，如图 1-7 所示。

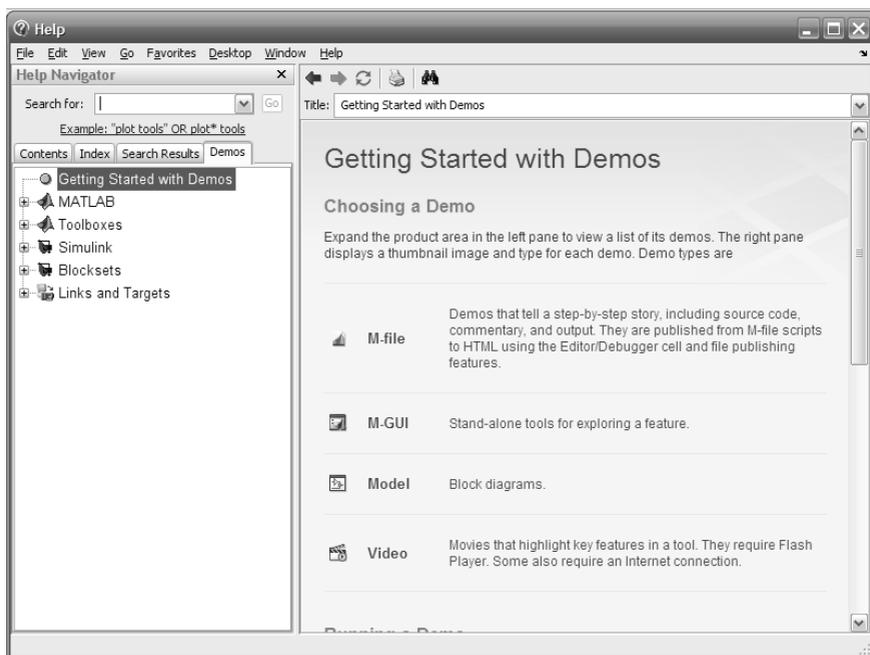


图 1-7 demo 命令窗口

例如，要查询三维画图函数的演示程序，则在图 1-7 中的 Help Navigator 窗口中输入 3-D Plots，然后按 Enter 键即可看到查询结果，如图 1-8 所示。

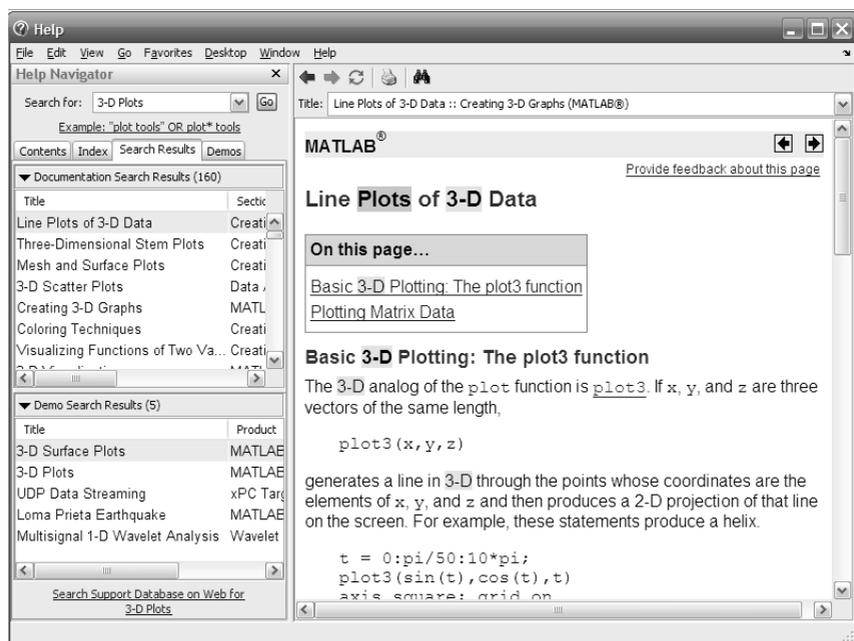


图 1-8 3-D Plots 函数

所有有关 3-D Plots 函数的程序和实例演示全部展示给读者，读者可以很轻松地学习 MATLAB 的相关编程，效率得到了极大提高。在演示系统中显示的 3-D Plots 画图案例中有如下程序：

```
t = 0:pi/50:10*pi;
plot3(sin(t),cos(t),t)
axis square; grid on
```

把上述程序输入 Command Window 中，按 Enter 键即可得到三维图形展示，如图 1-9 所示。读者也可以查询自己感兴趣的函数，在以后的学习中可以很快地提高自己的 MATLAB 编程能力。

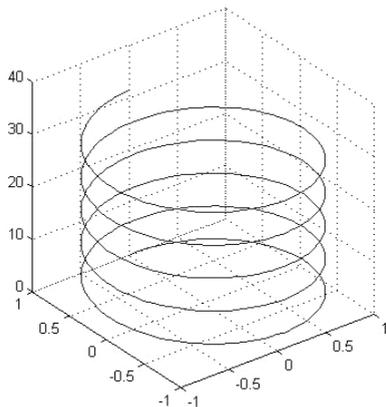


图 1-9 螺旋函数

习题

- 1-1 与其他计算机语言相比，MATLAB 语言突出的特点是什么？
- 1-2 MATLAB 系统由哪些部分组成？
- 1-3 MATLAB 操作桌面有几个窗口？如何使某个窗口脱离桌面成为独立窗口？又如何将脱离出去的窗口重新放置到桌面上？
- 1-4 如何启动 M 文件编辑/调试器？
- 1-5 在 MATLAB 中有几种获得帮助的途径？