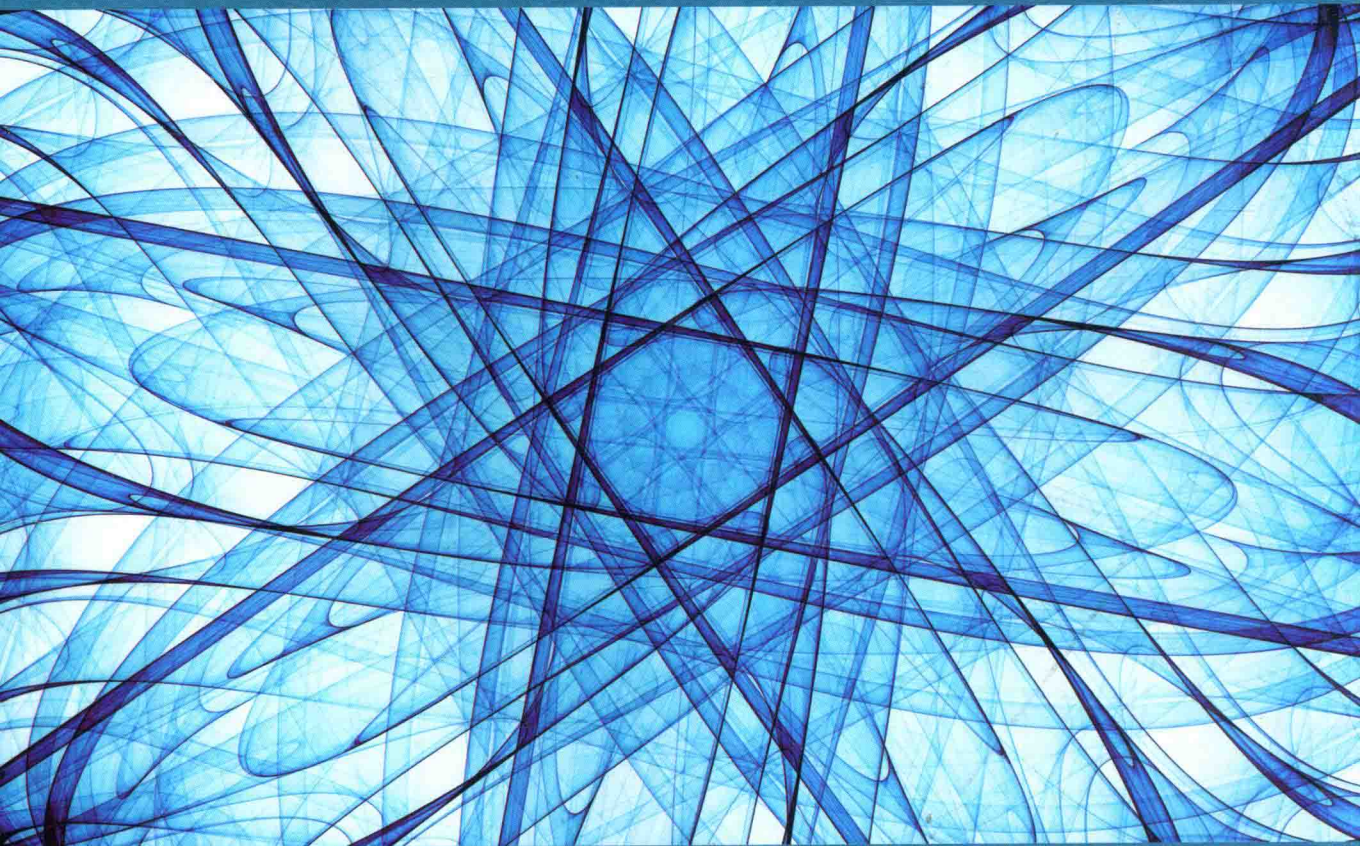


MATLAB

在电气工程中的综合应用

王少夫◎主编

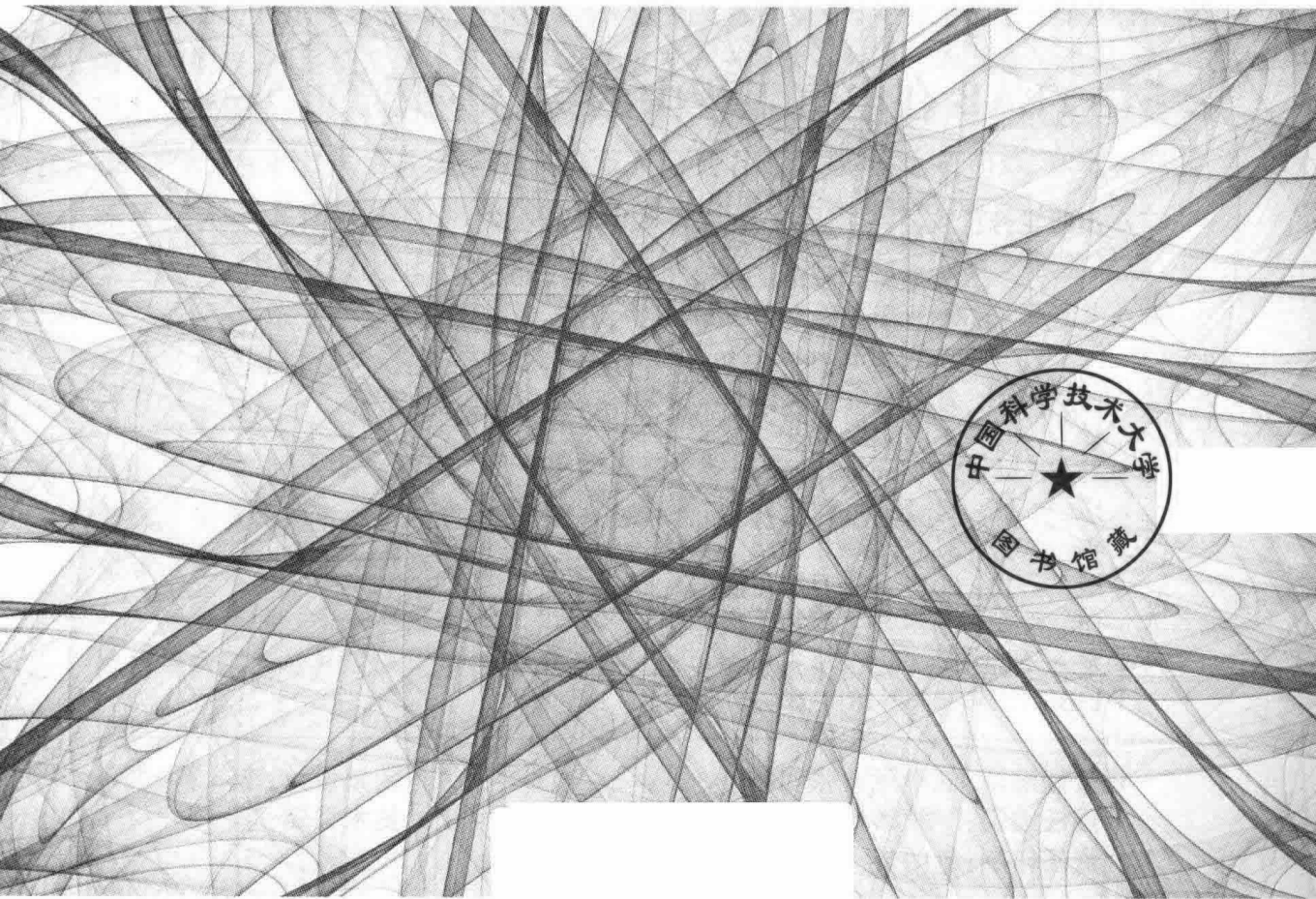


北京师范大学出版集团
BEIJING NORMAL UNIVERSITY PUBLISHING GROUP
安徽大学出版社

MATLAB

在电气工程中的综合应用

主 编 王少夫



图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 在电气工程中的综合应用/王少夫主编. —合肥:安徽大学出版社, 2019. 2
ISBN 978-7-5664-1811-1

I. ①M… II. ①王… III. ①Matlab 软件—应用—电工技术 IV. ①TM—39
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 052480 号

MATLAB 在电气工程中的综合应用

王少夫 主编

出版发行: 北京师范大学出版集团
安徽大学出版社
(安徽省合肥市肥西路 3 号 邮编 230039)
www. bnupg. com. cn
www. ahupress. com. cn

印 刷: 合肥鸿祈印务有限公司
经 销: 全国新华书店
开 本: 184mm×260mm
印 张: 14. 75
字 数: 315 千字
版 次: 2019 年 2 月第 1 版
印 次: 2019 年 2 月第 1 次印刷
定 价: 45. 00 元

ISBN 978-7-5664-1811-1

策划编辑: 刘中飞 张明举
责任编辑: 张明举
责任印制: 赵明炎

装帧设计: 李 军
美术编辑: 李 军

版权所有 侵权必究

反盗版、侵权举报电话: 0551—65106311

外埠邮购电话: 0551—65107716

本书如有印装质量问题, 请与印制管理部联系调换。

印制管理部电话: 0551—65106311

前 言

MATLAB 是 Mathworks 公司于 1984 年开发的科学计算软件,最初主要用于矩阵数值的计算,随着它的内容不断扩充,功能逐渐强大,应用范围也越来越广泛。目前,MATLAB 主要应用于电力电子、自动控制、信号处理、图像处理、神经网络、模式识别、小波分析、数理统计、生物信息等专业领域,已经发展成为一种十分有效的工具,能轻松地解决工程设计领域中遇到的数学问题,使用者可以从烦琐的计算中解放出来。本书是作者总结 MATLAB 在电气工程中的应用经验编写而成,是一本实践性很强的图书。

本书由浅入深地介绍了 MATLAB 运算及仿真操作,并针对电子电路分析、自动控制理论、电机及其控制、电力电子以及电力系统分析等工程问题进行举例。本书既突出了理论的物理知识,又能使读者在实践中掌握相关工程研究的基本概念、基本方法和基本应用,使之达到学以致用目的。另外,电子电路、自动控制原理、电机及其控制、电力电子以及电力系统分析是电气工程专业的主干课程。将 MATLAB 仿真引入上述课程的教学与实验环节,可以加深学生对相关原理、公式的理解,激发学生的学习兴趣,帮助学生有效掌握相关课程知识,并为其他课程学习奠定基础。

在本书编写过程中,坚持以培养学生分析问题、解决问题的能力为中心思想。在应用方面,强调各个章节所用内容的完整性和典型性;在内容的设置方面,充分体现了电气工程专业的特色;在案例来源方面,既突出实用性和可借鉴性,又凸显对读者分析问题和解决问题能力的培养。

本书在编写的过程中参考了相关文献,在此向这些文献的作者表示感谢,并感谢安徽科技学院给予出版经费的支持。由于编者水平有限,书中难免有不妥之处,恳请专家和读者批评指正!

编 者

2018 年 12 月

目 录

第 1 部分 基础篇

第 1 章 MATLAB 简介	3
1.1 MATLAB 特点	3
1.2 MATLAB 基本操作入门	3
1.3 MATLAB 命令和窗口	8
1.4 MATLAB 指令行的操作	16
1.5 MATLAB 在线帮助系统	19
第 2 章 MATLAB 基本语法	21
2.1 基本概念	21
2.2 基本运算	21
2.3 MATLAB 的数据类型	22
2.4 MATLAB 的常用函数	24
2.5 MATLAB 的标点符号	26
2.6 常用操作命令和键盘技巧	27
第 3 章 MATLAB 数值计算	28
3.1 矩阵的构建	28
3.2 矩阵的元素	30
3.3 矩阵与数组运算	33
3.4 矩阵关系运算与逻辑运算	42
3.5 各种运算符的优先级	43
3.6 基本统计处理	44
3.7 多项式运算	47

第 4 章 MATLAB 符号计算	51
4.1 符号计算基础	51
4.2 符号微积分	54
4.3 符号积分变换	57
4.4 符号表达式的操作	58
4.5 MATLAB 在微积分中的应用	62
第 5 章 MATLAB 图形制作	74
5.1 函数 plot	74
5.2 函数 ezplot	76
5.3 函数 ezpolar	79
5.4 函数 polar	80
5.5 函数 ezcontour	81
5.6 函数 fplot 和其他画图函数	81
5.7 对曲线的进一步处理	82
5.8 画多重线的方法	86
5.9 图形窗口的分割	90
5.10 空间图形的制作	91
5.11 高级图形处理	96
5.12 MATLAB 动画	110
第 6 章 MATLAB 程序设计	118
6.1 M 文件简介	118
6.2 程序控制结构	124
6.3 人机交互命令	129
6.4 程序设计举例	132

第 2 部分 应用篇

第 7 章 MATLAB 的仿真环境 Simulink	139
7.1 Simulink 概述	139
7.2 Simulink/Power System 工具箱及操作	139

7.3	MATLAB S 函数	146
7.4	应用举例	149
第 8 章	MATLAB 在电子电路中的应用	151
第 9 章	MATLAB 在自动控制中的应用	165
9.1	控制系统稳定性判据	165
9.2	控制系统的频域分析	168
9.3	控制系统的 PID 控制器设计	171
第 10 章	MATLAB 在电机及其控制中的应用	175
10.1	直流发电机	175
10.2	直流电动机	178
10.3	三相同步电机	180
10.4	三相异步电机	185
第 11 章	MATLAB 在电力电子中的应用	188
11.1	晶闸管在 MATLAB 中的实现	188
11.2	可关断晶闸管	190
11.3	IGBT 在 MATLAB 中的实现	193
11.4	晶闸管三相桥式整流器	195
11.5	PWM 逆变器	198
11.6	交流调压器	200
11.7	直流斩波器	202
第 12 章	MATLAB 在电力系统中的应用	208
12.1	电感特性	208
12.2	变压器特性	210
12.3	简易电力系统 Simulink 仿真	215
12.4	电力混沌振荡系统	218
参考文献	226

第

1

部分

基础篇

MATLAB在电气工程中的综合应用

MATLAB ZAI DIANQI GONGCHENG ZHONG DE ZONGHE YINGYONG

第 1 章 MATLAB 简介

MATLAB 是 Matrix Laboratory 的缩写,它是一种数值计算和图形图像处理工具软件,它的特点是语法结构简明、数值计算高效、图形功能完备、易学易用。它在矩阵代数、数值计算、数字信号处理、神经网络控制、动态仿真等领域都有广泛的应用。历经多年的发展和竞争,已成为国际认可(IEEE)的最优化的科技应用软件。

由于 MATLAB 提供了一个人机交互的数学系统环境,并以矩阵作为基本的数据结构,可以大大节省编程时间。在各类大学中,MATLAB 受到了师生的欢迎和重视。由于它将使他们从繁琐且重复的计算中解放出来,使他们能有更多的精力投入到对数学基本含义的理解上,因此,熟练运用 MATLAB 已成为大学生必须掌握的基本技能。在设计研究单位和工业部门,MATLAB 也已成为必备软件和标准软件。

1.1 MATLAB 特点

MATLAB 具有以下特点:

- (1)友好的工作平台和编程环境;
- (2)简单易用的程序语言;
- (3)强大的科学计算及数据处理能力;
- (4)出色的图形处理功能;
- (5)具有丰富的模块集和工具箱以及系统级的仿真。

1.2 MATLAB 基本操作入门

本节介绍如何以不同方式进入和退出 MATLAB、MATLAB 的命令和窗口环境、MATLAB 命令行操作和演示程序等。为了能够更快地理解和掌握 MATLAB 执行命令的方式,还将介绍一些简单的例子,通过这些例子可以很快体会到 MATLAB 对计算和图形的操作确实方便快捷。

1.2.1 MATLAB 启动方法

在 Windows98/2000XP 环境下,常用如下两种方法启动 MATLAB。

方法一:用快捷方式启动。

(1)启动 Windows;

(2)双击 MATLAB 图标,进入 MATLAB 的命令窗口,此窗口也称作工作窗口(见图 1-1)。

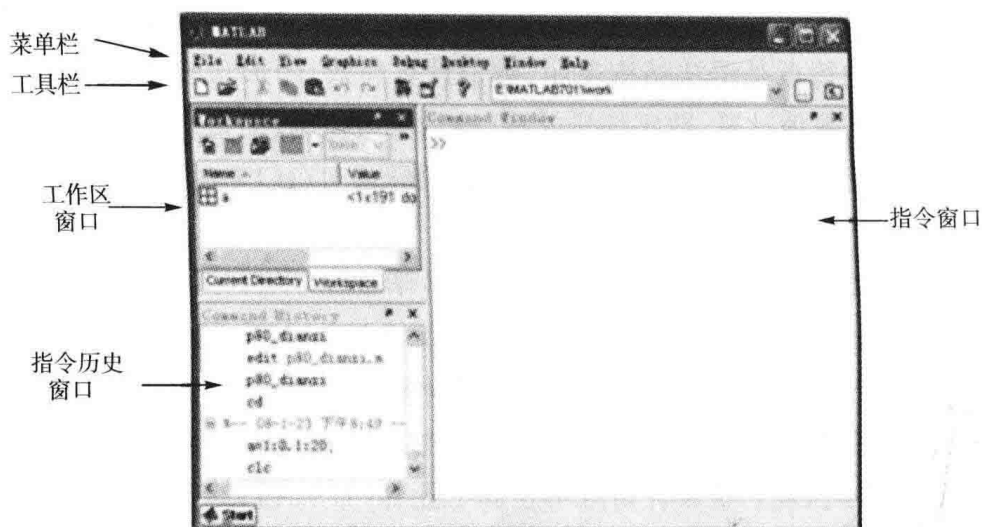


图 1-1 MATLAB 的命令窗口

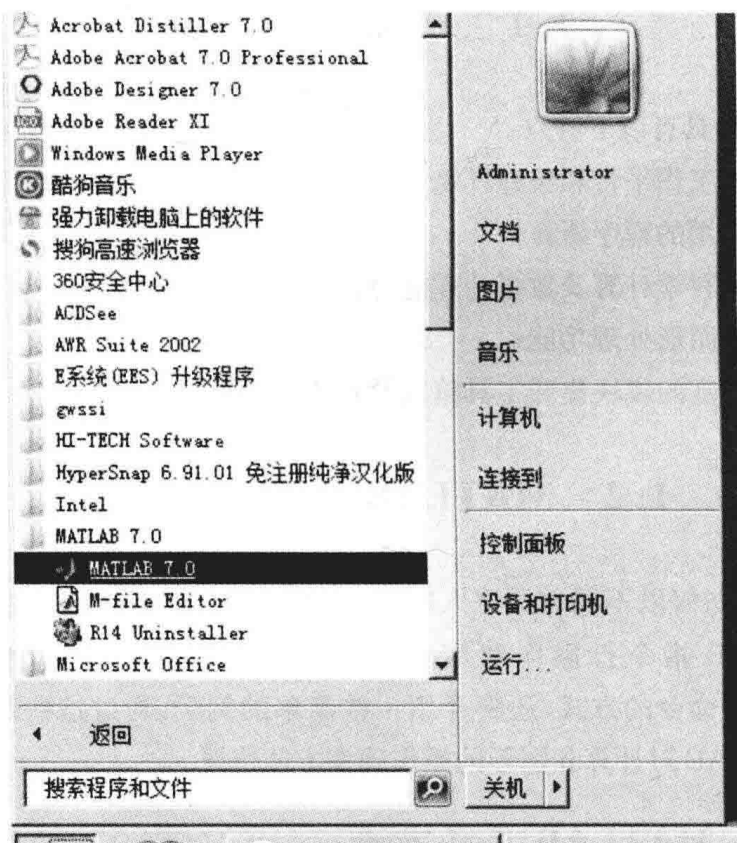


图 1-2 从开始菜单进入 MATLAB 的命令窗口

方法二:以菜单方式启动 MATLAB

(1)启动 Windows;

(2)单击[开始];

(3)依次选择[程序],见图 1-2,进入 MATLAB 的命令窗口。

说明:MATLAB 命令窗口上方的两行文字是初始提示信息。可以在第三行键入命令。

1.2.2 MATLAB 退出方法

有多种退出 MATLAB 的方式,常用如下五种方法退出 MATLAB:

方法一:在 MATLAB 命令窗口的“File”菜单下选择“Exit MATLAB”;

方法二:使用快捷键“Ctrl+q”;

方法三:在 MATLAB 的命令窗口输入“Quit”或“exit”命令;

方法四:用鼠标单击 MATLAB 命令窗口右上角的;

方法五:用鼠标单击 MATLAB 命令窗口左上角的.

1.2.3 MATLAB 应用实例

为了能够更快地理解和掌握 MATLAB 执行命令的方式,下面介绍一些简单的例子,通过这些例子可以很快体会到 MATLAB 对进行计算和图形操作方便快捷。

在 MATLAB 的命令窗口中分别输入下面几个例子的程序。

【例 1.1】 输入命令:

```
>> v=eye(3,4) %3×4 对角线为 1 的矩阵。
```

运行后输出结果如下:

```
v=1  0  0  0
    0  1  0  0
    0  0  1  0
```

【例 1.2】 输入命令:

```
>> s1='Hello';s2='every';s3='student';
s=[s1,',',s2,',',s3],ss=s(1:5)
```

运行后输出结果如下:

```
s = Hello,every student
ss = Hello
```

【例 1.3】 输入命令:

```
>>clc
clear all;
n=3;dphi=(-1;0.01:1)*n*2*pi;
%清除变量,条纹的最高阶数,相差向量
I0=4;%一条缝的光强
i=I0*cos(dphi/2).^2;%干涉的相对强度
figure
subplot(2,1,1)
plot(dphi,i,'Linewidth',2);grid on;axis tight
set(gca,'XTick',(-n:n)*2*pi);%设置水平
刻度
```

```
fs=14;
title('光的干涉强度分布','FontSize',fs)
xlabel('相差\Delta\it\phi','FontSize',fs);
ylabel('相对强度\itI/I_0','FontSize',fs);
subplot(2,1,2)
c=linspace(0,1,64)';%颜色的范围
colormap([c,0*c,0*c]);%形成红色色图
image(i*16);%画条纹
axis off,title('光的双缝干涉条纹','FontSize',
fs)
```

运行后输出如图 1-3 所示。

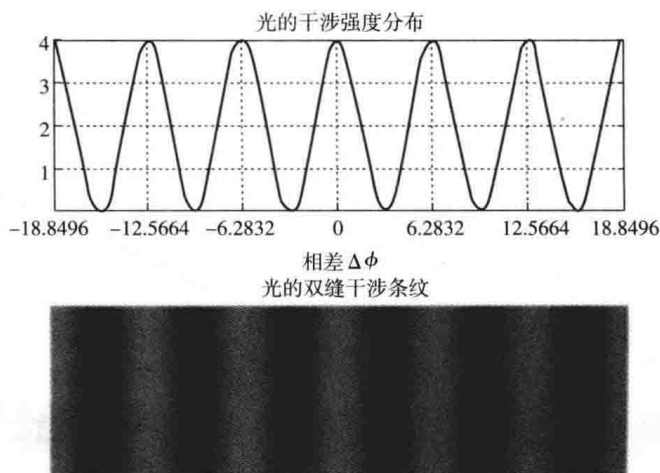


图 1-3 例 1.3 的图形

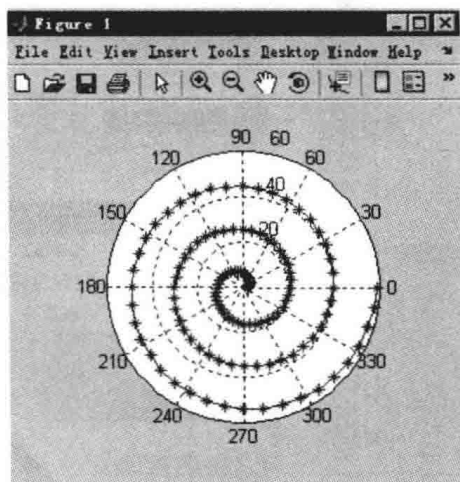


图 1-4 例 1.4 的图

【例 1.4】 输入命令:

```
>>t=0:pi/20:6*pi;a=2;b=3;
r=a+b*t;
```

```
polar(t,r,'- *');
```

运行后输出如图 1-4 所示。

【例 1.5】 作下面函数的图形。

$$z = \frac{\sin \sqrt{x^2 + y^2}}{\sqrt{x^2 + y^2}}, -7.5 \leq x \leq 7.5, -7.5 \leq y \leq 7.5。$$

解:用以下程序实现:

```
>>x=-7.5:0.05:7.5;y=x;
[X,Y]=meshgrid(x,y);
R=sqrt(X.^2+Y.^2)+eps;
```

```
Z=sin(R)./R;
mesh(X,Y,Z)
shading interp;
```

运行后输出如图 1-5 所示。

【例 1.6】 作动画。

解:用以下程序实现:

```
>>[x,y]=meshgrid(-3:0.1:3,
-2:0.1:2);
z=sin(x.^2)+cos(y.^2);
axis([-3 3 -2 2 -0.7 1.5])
surf(x,y,z);shading interp;
```

```
[az,el]=view
view(az+180,el)
for i=1:10:360, view(az+i,30),
pause(0.1), end
```

运行后输出如图 1-6 所示。

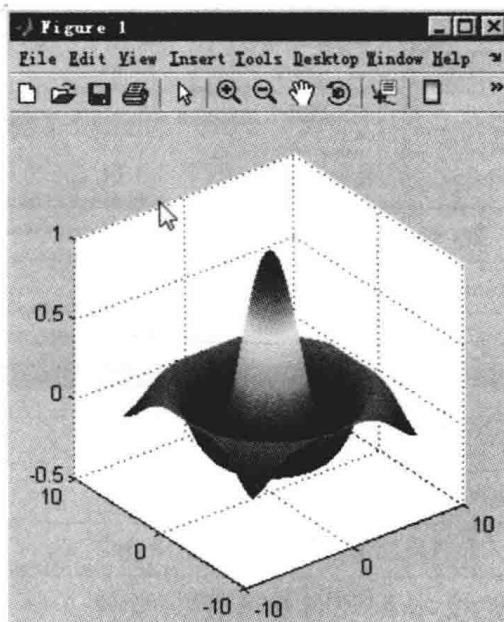


图 1-5 例 1.5 的图

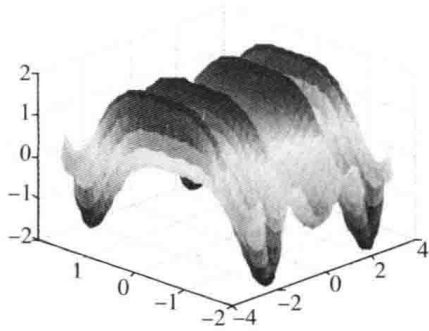


图 1-6 例 1.6 的图

1.3 MATLAB 命令和窗口

MATLAB 是一个标准的 Windows 界面,可以利用菜单中的命令完成对命令窗口的操作。它的使用方法与 Windows 的一般应用程序相同,其窗口如图 1-7 所示。下面对菜单进行介绍。

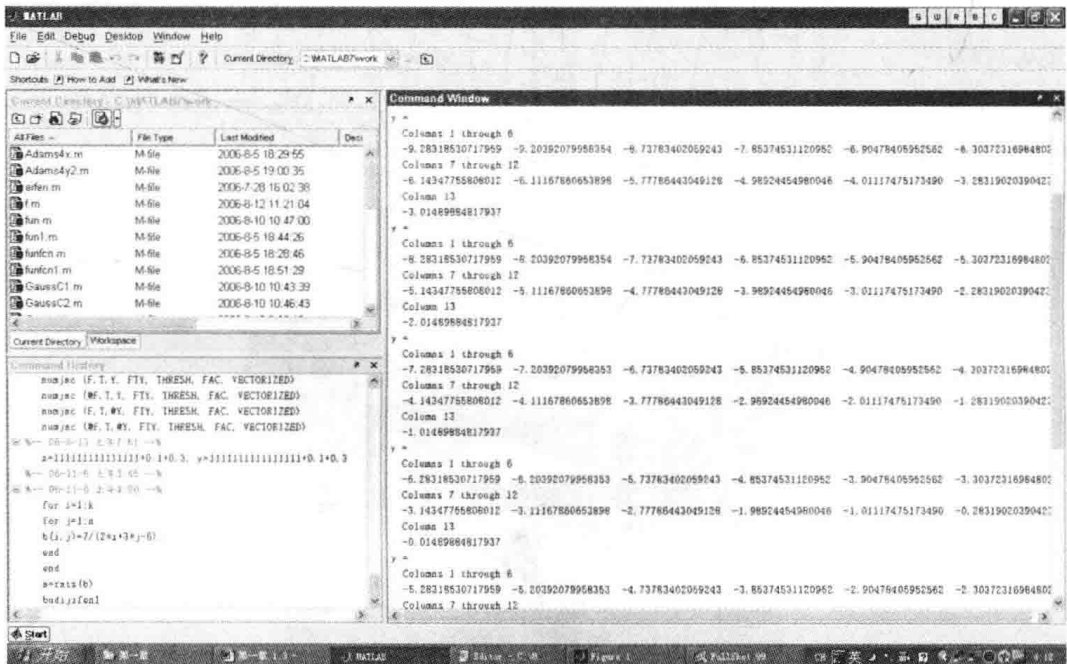


图 1-7 MATLAB 窗口

1.3.1 M 文件

M 文件有两种类型:文本 M 文件和函数 M 文件。

1.3.1.1 文本 M 文件

一个比较复杂的程序常常要做反复的调试,这时不妨建立一个文本文件把它储存起来,方便随时调用。建立文本文件可以在 File 菜单中选择 New,再选择 M-

file,这时 MATLAB 将打开一个文本编辑窗口,在这里输入命令和数据。储存时文件名遵循 MATLAB 变量命名的原则,但必须以 m 为扩展名,其一般形式为: < M 文件名>.m。

1.3.1.2 函数 M 文件

函数 M 文件是另一类 M 文件,可以根据需要建立自己的函数文件,它们能够像库函数一样方便地调用,从而极大地扩展 MATLAB 的能力。如果对于一类特殊的问题,建立起许多函数 M 文件,就能最终形成独立的工具箱。

函数 M 文件的第一行有特殊的要求,其形式为

function <因变量>= <函数名>(<自变量>)

其他各行为从自变量计算因变量的语句,并最终将结果赋予因变量。而这个 M 文件的文件名必须是<函数名>.m。

函数 M 文件中的变量一般是局部变量,它们的变量名独立于目前的工作区和其他的函数。对于 5.0 以上的版本,在工作区和函数的定义中可以用 global 命令把某些变量说明为全局变量。当 MATLAB 执行到 M 文件名的语句时,它首先搜索当前工作区中的变量和内建的命令,然后搜索有无内部函数以此命名,最后在搜索路径的目录中寻找以此命名的 M 文件。

一般情况下 MATLAB 不显示 M 文件中的内容,不过命令 echo on 可以让 MATLAB 显示 M 文件中的命令,并且用命令 echo off 关闭显示。在 M 文件中还可以引用其他 M 文件,包括递归地引用自己。

1.3.2 File 菜单

File 菜单的内容如表 1-1 所示。

表 1-1 File 菜单的使用

菜单命令	功 能
New	建立 M 文件、建立图形、建立 Simulink 模块
Open	打开已知文件
Open Selection	打开指定文件
Run Script	运行已有的 M 文件
Load Workspace	将文件中的内容放入 MATLAB 的工作区中
Show Workspace As	将 MATLAB 工作区中的内容放入文件
Show Workspace	显示 MATLAB 工作区
Show Graphics Property Editor	显示图形属性编辑器
Show GUI Layout Tool	显示 GUI 界面布局管理器

续表

菜单命令	功 能
Set Path	设置工作路径
Preferences	定义工作环境
Print Setup	打印设置
Print	打印
Print Selection	打印指定的文件
Exit MATLAB	退出 MATLAB

1.3.2.1 New 选项

File 菜单下的子菜单 New 有三个选项,下面分别介绍它们的功能。

(1) “M-file”选项。

该选项是子菜单 New 的三个选项之一。用“M-file”新建一个 M 文件,该命令将打开 MATLAB 的 M 文件编辑/调试器,参看图 1-8。通过它们,可以创建和编辑 M 文件,调试 MATLAB 程序。所谓的 M 文件就是用 MATLAB 语言编写的程序,保存在一个以 .m 为后缀文件名的文件中,可以在 MATLAB 工作窗口运行其文件名调用此程序。

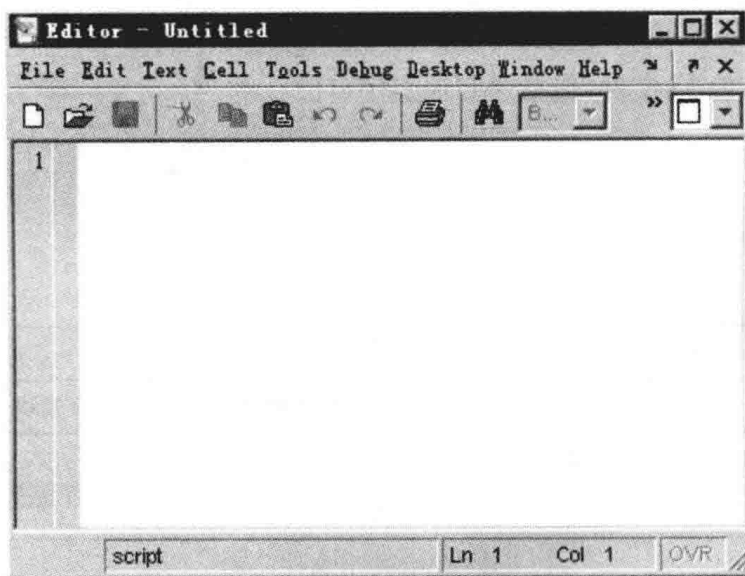


图 1-8 M 文件编辑/调试器

(2) “Figure”选项。

在 MATLAB 命令窗口执行 New -“Figure”命令可以产生一个图形窗口,参见图 1-9。执行一次 close 命令,关闭一个当前的图形窗口;若要关闭所有的窗口,可使用 close all 命令。