



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

1/3
9

MATLAB的工程应用

(第四章)

方禾

电子信息楼424

fanghe@suda.edu.cn

2022/9/27



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

主要内容及学时安排

第1章 MATLAB 概述	1. Matlab简介与开发环境 了解Matlab的系统结构、特点，掌握Matlab的环境设置、菜单及工具栏。 2. 简单实例及帮助系统 了解Matlab的简单示例，掌握Matlab的帮助系统的使用。	2
第2章 MATLAB 的基本运 算	1. 数据类型 掌握Matlab的常用数据类型。 2. 矩阵和数组运算 掌握数组和矩阵的创建及算术运算。 3. 字符串、时间日期 掌握Matlab的字符串的创建及字符串函数，掌握Matlab的日期和时间的表示格式及函数。 4. 结构体、元胞数组 掌握结构体和元胞数组的创建及使用。 5. 多维数组，关系运算和逻辑运算 了解多维数组的创建及使用，掌握Matlab的关系运算和逻辑运算。 6. 多项式计算 掌握多项式的求根和求值、算术运算以及拟合、插值。	7

第3章 数 据的可 视 化	1. 二维绘图 掌握二维图形的绘制。 2. 特殊图形和坐标的绘制 掌握Matlab特殊图形和坐标的绘制，设置曲线绘制方式、坐标轴和图形注释的方法。 3. Matlab的图形窗口 掌握Matlab的窗口界面及图形输出。 4. 基本三维绘图 掌握三维图形的绘制。	3
第4章 符 号运算	1. 符号对象 掌握符号对象的创建和使用。 2. 符号对象的运算 掌握对象的基本运算，符号表达式的变换，符号微积分、极限和级数。	2
第5章程 序设计和 M文件	1. 程序设计 熟悉程序的基本结构，掌握程序控制语句的使用和设计方法。 2. M文件 掌握M文件的创建和使用。	4
第6章 MATLAB 高级图形 设计	1. 可视化界面环境 了解Matlab可视化图形界面开发环境Guide的构成及应用。 2. 句柄图形 主要掌握图形窗口各对象的属性及含义。 3. 控件 掌握Matlab的10种基本控件及各控件的常用属性。 4. 菜单 了解Matlab菜单编辑器的使用。	1



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.1 符号对象的创建和使用

4.2 符号对象的运算

4.3 符号表达式的变换

4.4 符号微积分、极限和级数

4.5 符号积分变换

4.6 符号方程的求解

4.7 符号函数的可视化



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

- ▶ 符号运算的对象是非数值的符号对象，对于像公式推导和因式分解等抽象的运算都可以通过符号运算来解决。
- ▶ **MATLAB 2006b**对应的是**Symbolic Math Toolbox 3.1.5**。
- ▶ 符号工具箱能够实现微积分运算、线性代数、表达式的化简、求解代数方程和微分方程、不同精度转换和积分变换，符号计算的结果可以以图形化显示，**MATLAB**的符号运算功能十分完整和方便。



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

► 符号运算的特点:

- (1) 符号运算以推理解析的方式进行, 计算的结果不受计算累积误差影响;
- (2) 符号计算可以得出完全正确的封闭解和任意精度的数值解;
- (3) 符号计算命令调用简单;
- (4) 符号计算所需要的时间较长。



4.1 符号对象的创建和使用

- ▶ 创建符号对象都可以使用**sym**和**syms**函数来实现。
- ▶ 1. **sym**函数
- ▶ **S=sym(s,参数)** %由数值创建符号对象
- ▶ **S=sym('s',参数)** %由字符串创建符号对象
- ▶ 当被转换的**s**是数值时，参数可以是'**d**'、'**f**'、'**e**'或'**r**' 四种格式，当被转换的'**s**'是字符串时，参数可以是'**real**'、'**rational**'和'**positive**'三种格式



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

参数	作用
d	返回最接近的小数
f	返回浮点型数值
r	返回最接近的有理数型数值
e	返回最接近的带浮点估计误差的有理数型
real	限定为实型符号变量
rational	限定为有理数型
integral	限定为整数型
positive	限定为正实型符号变量



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

2. syms函数

- ▶ `syms(s1, s2, s3, ..., 参数)`
- ▶ 或 `syms s1, s2, s3, ..., 参数` %创建多个符号变量
- ▶ `syms`与`sym`的关系是: `syms(s1, s2, s3, ..., 参数)` 等同于 `s1=sym('s1', 参数)`, `s2=sym('s2', 参数)`.....

3. class函数

- ▶ `s=class(x)` %返回对象x的数据类型



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

► 符号常量是不含变量的符号表达式，用sym函数来创建；符号变量使用sym和syms函数来创建。

► 例如：

```
>> a1=sym(sin(2)) %用数值创建符号常量
```

```
>> a2=sym(sin(2),'f') %用十六进制浮点表示
```

```
>> a1=sym('a','real') %用字符串创建符号变量
```

练习



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.1.3 符号表达式

► 符号表达式是由符号常量和符号变量等构成的表达式，使用sym和syms函数来创建。

► 例 分别使用sym和syms函数创建符号表达式。

```
>> syms a b c x
```

```
>> f1=a*x^2+b*x+c
```

```
f1 =
```

```
a*x^2+b*x+c
```

```
>> f2=sym( 'y^2+y+1' )           %创建符号表达式 (str2sym代替sym)
```

```
f2 =
```

```
y^2+y+1
```

```
>> f3=str2sym(' sin(z)^2+cos(z)^2=1' )    %创建符号方程
```

```
f3 =
```

```
sin(z)^2+cos(z)^2=1
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.1.4 符号矩阵

- ▶ 符号矩阵的元素是符号对象，符号矩阵可以用`sym`和`syms`函数来创建。

- ▶ `sym('s', [n,m])` % 自动生成n行m列的符号矩阵

```
>> A=str2sym('[a,b;c,d]')
```

```
A =
```

```
[ a, b]
```

```
[ c, d]
```

```
>> A1=sym('b',[2 3])
```

```
A1 =
```

```
[b1_1, b1_2, b1_3]
```

```
[b2_1, b2_2, b2_3]
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.2 符号对象的运算

4.2.1 符号对象的基本运算

► 1. 算术运算

(1) “+”, “-”, “*”, “\”, “/”, “^”

(2) “.*”, “./”, “.\”, “.^”

(3) “'”, “.'”

► 2. 关系运算

只有运算符“==”、“~=”分别对符号对象进行“相等”、“不等”的比较。

► 3. 三角函数、双曲函数和相应的反函数

三角函数包括sin、cos和tan，双曲函数包括sinh、cosh和tanh



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

- ▶ 4. 指数和对数函数
- ▶ 5. 复数函数
- ▶ 6. 矩阵代数命令

例：

```
>> A=str2sym(' [a, b; c, d]');
```

```
>> B=str2sym(' [1, 2; 3, 4]');
```

```
>> C=A+B
```

```
C =
```

```
[ a+1, b+2]
```

```
[ c+3, d+4]
```

练习



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.2.2 任意精度的算术运算

- ▶ 1. 符号工具箱的算术运算方式
 - ▶ (1) 数值型
 - ▶ (2) 有理数型
 - ▶ (3) **VPA**型 %任意精度运算，比较灵活，可以设置任意有效精度，当保留的有效位数增加时，运算的时间和使用的内存也会增加



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

2. 不同类型对象的转换

(1) 获得VPA型对象

► `digits(n)` %设定n位有效位数的精度

► `S=vpa(s,n)` %将s按n位有效位数计算得出符号对象S

例:

```
>> digits                            %显示默认精度
```

```
Digits = 32
```

```
>> q=str2sym('sqrt(2)')
```

```
q =
```

```
sqrt(2)
```

```
>> q=vpa(q)                        %按默认精度计算并显示
```

```
q =
```

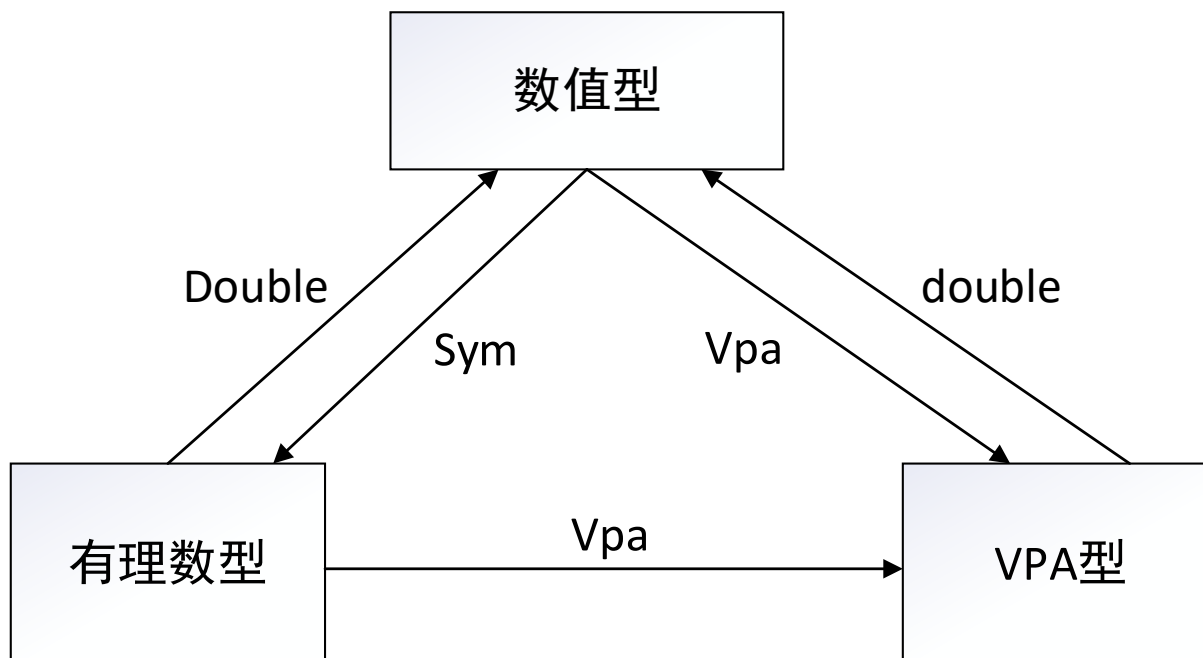
```
1.4142135623730950488016887242097
```

(2) 获得数值型对象

► `n=double(s)` %将符号对象s转换为双精度数值对象n



► (3) 不同类型对象转换关系





蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.3 符号表达式的变换

4.3.1 符号表达式中的自由符号变量

1. 自由符号变量的确定

► 以下原则来选择一个自由符号变量：

符号表达式中的多个符号变量，按以下顺序来选择自由符号变量：首先选择 x ，如果没有 x ，则选择在字母表顺序中最接近 x 的字符变量，如果字母与 x 的距离相同，则在 x 后面的优先；

字母 pi 、 i 和 j 不能作为自由符号变量；

大写字母比所有的小写字母都靠后。

2. symvar函数

► `symvar(S, n)` %确定符号对象 S 中的 n 个自由符号变量

练习



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

► 例：已知符号对象 $f=ax^2+bx+c$ ，得出自由符号变量

```
syms a b c x y z;
```

```
>> f=a*x^2+b*x+c
```

```
f =
```

```
a*x^2 + b*x + c
```

```
>> symvar(f)
```

```
ans =
```

```
[a, b, c, x]
```

```
>> symvar(f,2)
```

```
ans =
```

```
[c, x]
```

```
>> g=x+i*y-j*z;
```

```
>> symvar(g)
```

```
ans =
```

```
[x, y, z]
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.3.2 符号表达式的化简

- ▶ 多项式的符号表达式有多种形式，例如，
- ▶ $f(x)=x^3+6x^2+11x-6$ 可以表示为：
- ▶ 合并同类项形式： $f(x)=x^3+6x^2+11x-6$
- ▶ 因式分解形式： $f(x)=(x-1)(x-2)(x-3)$
- ▶ 嵌套形式： $f(x)=x(x(x-6)+11)-6$



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

1. collect函数

- ▶ collect函数用来将符号表达式中同类项合并:
- ▶ $S = \text{collect}(s, \text{符号变量})$ %将s中符号变量的同次幂合并

2. expand函数

- ▶ expand函数将符号表达式中的各项进行展开，展开成多项式和的形式，多用于多项式、三角函数、指数函数和对数函数的展开。



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

例:

```
>> syms x t  
>> f1=(x-1)*(x-2)*(x-3);
```

```
>> g1=collect(f1)  
g1 =
```

```
-6+x^3-6*x^2+11*x
```

```
>> g1=expand(f1)
```

```
g1 =  
-6+x^3-6*x^2+11*x
```

%按x合并同类项

%多项式展开

```
>> syms x y;
```

```
>> f=cos(x-y)
```

```
f =
```

```
cos(x - y)
```

```
>> g=expand(f)
```

```
g =
```

```
cos(x)*cos(y) + sin(x)*sin(y)
```

%多项式展开



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

3. horner函数

- horner函数将符号表达式化简成嵌套的形式。

4. factor函数

- factor函数将符号多项式进行因式分解，将多项式分解成低阶多项式相乘，如果不能分解则返回原来的符号多项式。

```
>> syms x t
```

```
>> f1=x^3-6*x^2+11*x-6;
```

```
>> g1=horner(f1)           %转换为嵌套形式
```

```
g1 =
```

```
-6+(11+(-6+x)*x)*x
```

```
>> g12=factor(f1)
```

```
g12 =
```

```
(x-1)*(x-2)*(x-3)
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

5. **pretty**函数

pretty函数将符号表达式给出排版形式的输出结果。

6. **simplify**函数

simplify函数是一个功能强大的函数，利用各种形式的代数恒等式对符号表达式进行化简，包括求和、分解、积分、幂、三角、指数、对数、**Bessel**以及超越函数等方法来简化表达式。

7. **simple**函数

找出字符最少的简化表达式，**simple** 函数适用于三角函数化简。



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

例:

```
>> syms x y
```

```
>> f2=cos(x)^2+sin(x)^2;
```

```
>> g2=simplify(f2)
```

```
g2 =
```

```
1
```

```
>> f3=exp(x)*exp(y);
```

```
>> g3=simplify(f3)
```

```
g3 =
```

```
exp(x + y)
```

练习



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.3.4 计算反函数和复合函数

- ▶ 1. 反函数
- ▶ 函数 $f(x)$ 存在一个反函数 $g(\cdot)$, $g(f(x))=x$, 则 g 和 f 互为反函数
- ▶ $g=\text{finverse}(f,v)$ %对 $f(v)$ 按指定自变量 v 求反函数

例:

```
>> syms x y
```

```
>> f=5*sin(x)+y;
```

```
>> g1=finverse(f)           %对x求反函数
```

```
g1 =
```

```
asin(x/5 - y/5)
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

► 2. 复合函数

► MATLAB 7.3提供了**compose**函数可以求出**f(x)**和**g(y)**的复合函数**f(g(y))**。

► **compose(f,g,x,y,z)** %计算**f**和**g**的复合函数

例：

```
>> syms x y t v n
```

```
>> f=x+y;
```

```
>> g=t*v;
```

```
>> y1=compose(f,g)            %以x为符号变量求复合函数
```

```
y1 =
```

```
t*v+y
```

```
>> y4=compose(f,g,y,t,'n')    %以n代替t求复合函数f(g(n))
```

```
y4 =
```

```
x+n*v
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.3.5 多项式符号表达式

1. 多项式符号表达式的通分

► $[N, D] = \text{numden}(s)$ %提取多项式符号表达式 s 的分子和分母

2. 符号表达式与多项式的互换

► $c = \text{sym2poly}(s)$ %将符号表达式 s 转换为行向量 c

► $r = \text{poly2sym}(c, v)$ %将行向量 c 转换为符号表达式 r

例: $\frac{1}{x-1} + \frac{1}{x+1} + 3$

```
>> f1=str2sym(' 1/(x-1)+1/(x+1)+3' );
```

```
>> [N1,D1] = numden(f1)
```

N1 =

$2*x+3*x^2-3$



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.4.1 符号表达式的微积分

► 1. 微分

► `diff(f, t, n)` %计算f对符号变量t的n阶微分

例 计算符号表达式 $f = \sin(ax) + y^2 \cos(x)$ 的微分。

```
>> syms a x y
```

```
>> f=sin(a*x)+y^2*cos(x);
```

```
>> dfdx=diff(f)           %对默认自由变量x求一阶微分
```

```
dfdx =
```

```
cos(a*x)*a-y^2*sin(x)
```

```
>> dfdy2=diff(f, y, 2) %对符号变量y求二阶微分
```

```
dfdy2 =
```

```
2*cos(x)
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

► 2. 积分

► `int(f, t, a, b)` %计算符号变量t的积分

► 说明：f为符号表达式；t为积分符号变量，可以省略，当t省略时则指默认自由符号变量；a和b是为积分上下限[a b]，可以省略，省略时计算的是不定积分。

例： $f = \int_0^{2\pi} \int_0^a r^2 \sin^2 \phi dr d\phi$

```
>> syms a r phi
```

```
>> g=r^2*(sin(phi))^2;
```

```
>> f=int(int(g, r, 0, a), phi, 0, 2*pi)
```

```
f =
```

```
2*sin(a*x)*a*pi+2*y^2*cos(x)*a*pi
```

练习



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.4.2 符号表达式的极限

► 极限: `limit(f, x, a)`

► 例 使用`limit`函数计算符号表达式的极限, $e^{-t}\sin(t)$.

```
>> syms t
```

```
>> f1=exp(-t)*sin(t);
```

```
>> ess=limit(f1, t, inf)           %计算趋向无穷大的极限
```

```
ess =
```

```
0
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

例 使用limit函数计算符号表达式的极限, $\frac{1}{t}$.

```
>> f2=1/t
```

```
>> limitf2_l=limit(f2,'t','0','left') %计算趋向0的左极限
```

```
limitf2_l =
```

```
-Inf
```

```
>> limitf2_r=limit(f2,'t','0','right') %计算趋向0的右极限
```

```
limitf2_r =
```

```
Inf
```

```
>> limitf2=limit(f2) %计算趋向0的极限
```

```
limitf2 =
```

```
NaN
```

左右极限不相等, 极限不存在表示为NaN



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.4.3 符号表达式的级数

- ▶ 1. 级数求和
- ▶ **`symsum(s,x,a,b)`**
- ▶ %计算表达式s当x从a到b的级数和
- ▶ 2. **`taylor`**级数
- ▶ **`taylor(f,x,n,x0)`**
- ▶ %求泰勒级数以符号变量x在x0点展开n项



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.5 符号积分变换

4.5.1 Fourier变换

► $F = \text{fourier}(f, t, w)$ %求以 t 为符号变量 f 的fourier变换 F

► $f = \text{ifourier}(F, w, t)$ %求以 w 为符号变量的 F 的fourier反变换 f

例 使用fourier和ifourier函数对符号表达式 $\sin(x)$ 进行积分变换。

```
>> syms x
```

```
>> f1=sin(x);
```

```
>> ff1=fourier(f1)      %fourier变换
```

```
ff1 =
```

```
i*pi*(-dirac(w-1)+dirac(w+1))
```

```
>> if1=ifourier(ff1)    %fourier反变换
```

```
if1 =
```

```
sin(x)
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.5.2 Laplace变换

- ▶ **F=laplace(f,t,s)** %求以t为变量f的Laplace变换F
- ▶ **f=ilaplace(F,s,t)** %求以s为变量的F的Laplace反变换f

例:

```
>> syms t w s
```

```
>> f2=t;
```

```
>> lf1=laplace heaviside(t)) %对单位阶跃函数求laplace变换
```

```
lf1 =
```

```
1/s
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.5.3 Z变换

- ▶ **F = ztrans (f,n, z)** %求以n为变量的f的Z变换F
- ▶ **f=iztrans(F,z,n)** %求以z为变量的F的z反变换f

例:

```
>> syms k n z t
```

```
>> zf1=ztrans(heaviside(t),n,z)%对单位阶跃函数求Z变换
```

```
zf1 =
```

```
heaviside(t)*z/(z-1)
```



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.6 符号方程的求解

4.6.1 代数方程的求解

► 一般的代数方程包括线性方程、非线性方程和超越方程。当方程不存在解析解又无其他自由参数时，**MATLAB**提供了**solve**函数得出方程的数值解。

► **solve('eqn','v')** %求方程关于指定变量**v**的解

► **solve('eqn1','eqn2',... 'v1','v2',...)** %求方程组关于指定变量解

► 例：
$$\begin{cases} \frac{1}{x} + \frac{1}{y} = a \\ \frac{1}{x} + \frac{1}{z} = b \\ \frac{1}{y} + \frac{1}{z} = c \end{cases}$$

```
>> syms x y z a b c;
```

```
>> [x,y,z]=solve('1/x+1/y=a','1/x+1/z=b','1/y+1/z=c')
```

x =

2/(b-c+a)

y =

2/(-b+c+a)

z =

-2/(-b-c+a)

% 错误



蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

```
>> syms x y z a b c;  
>> eqn1=1/x+1/y==a  
eqn1 =  
1/x + 1/y == a
```

```
>> eqn2=1/x+1/z==b  
eqn2 =  
1/x + 1/z == b
```

```
>> eqn3=1/y+1/z==c  
eqn3 =  
1/y + 1/z == c
```

```
>> [x,y,z]=solve(eqn1,eqn2,eqn3)
```



4.6.2 微分方程的求解

- ▶ `dsolve('eqn','cond','v')` %求解微分方程
- ▶ `dsolve('eqn1,eqn2,...','cond1,cond2,...','v1,v2,...')` %求解微分方程组
- ▶ 说明:
- ▶ `eqn`和`eqn1,eqn2,...`是符号常微分方程，方程组最多可允许12个方程，方程中D表示微分，则D2、D3分别表示二阶、三阶微分，y的一阶导数 dy/dx 或 dy/dt 表示为Dy;
- ▶ `cond`是初始条件，可省略，应写成' $y(a)=b,Dy(c)=d$ '的格式，当初始条件少于微分方程数时，在所得解中将出现任意常数符C1，C2.....，解中任意常数符的数目等于所缺少的初始条件数，是微分方程的通解；`v1,v2,...`是符号变量，表示微分自变量，可省略，如果省略则默认为符号变量t。



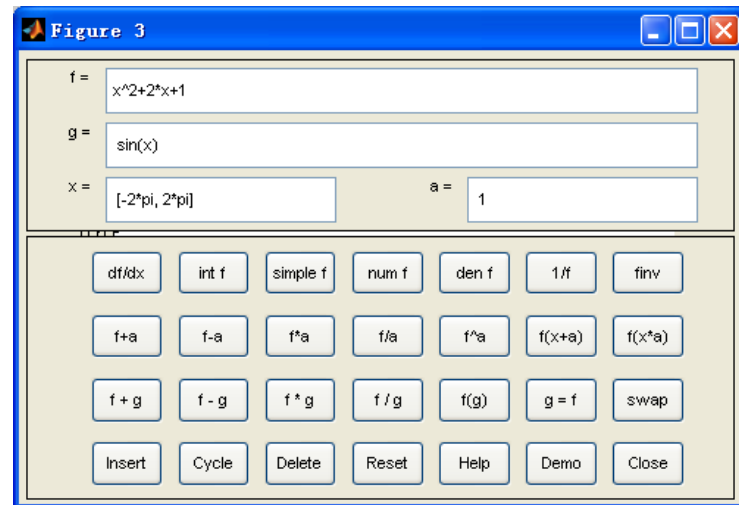
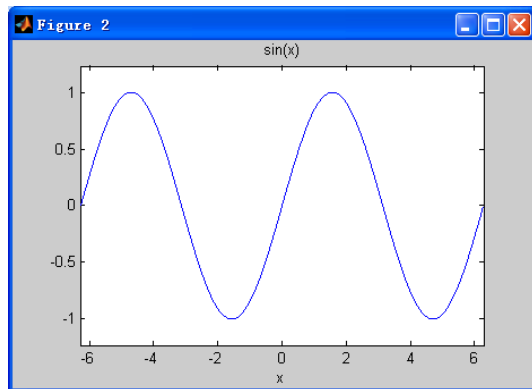
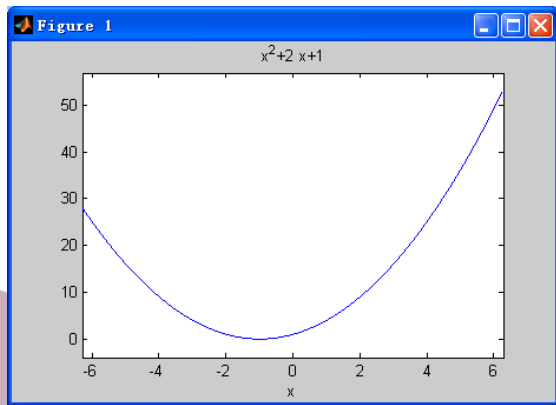
蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.7 符号函数的可视化

4.7.1 符号函数计算器

- 在命令窗口中输入命令“funtool”，就会出现该符号函数计算器，由两个图形窗口（Figure 1、Figure 2）和一个函数运算控制窗口（Figure 3）共三个窗口组成。



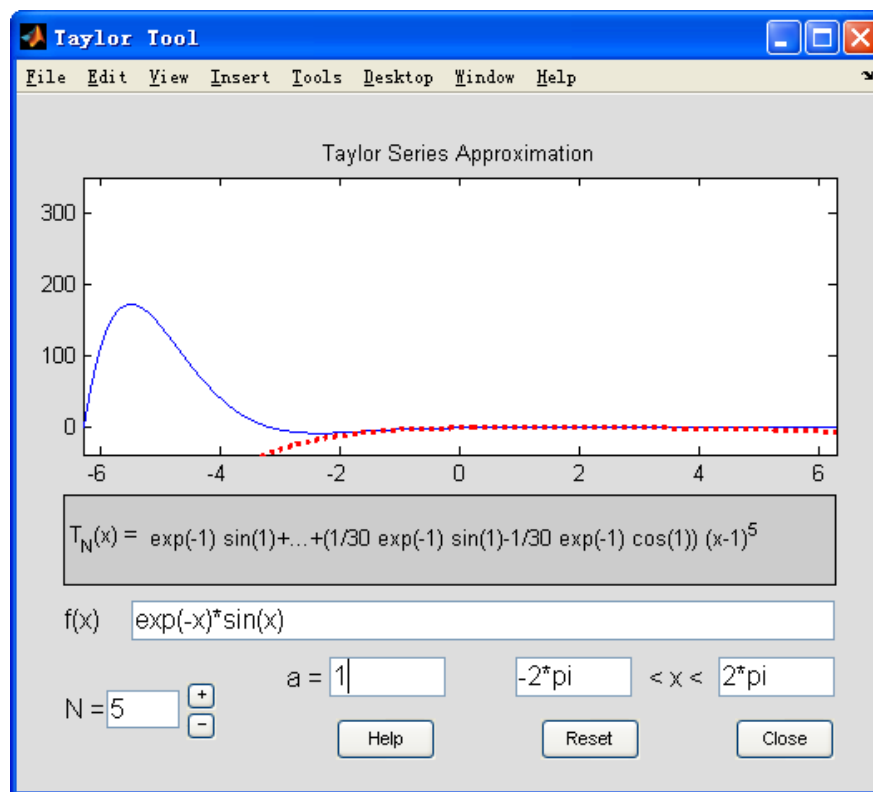


蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

4.7.2 泰勒级数计算器

- 在命令窗口中输入命令 “**taylorlortool**”。





蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

练习:

► (4) 运行以下命令后变量C的值是 **A**

```
>> A=sym([5 5;6 6]);
```

```
>> B=sym([1 2;3 4]);
```

```
>> C=A.*B
```

A. [5, 10]

[18, 24]

B. [18, 24]

C. [5*1, 5*2]

[6*3, 6*4]

D. $\begin{bmatrix} 5 & 10 \\ 18 & 24 \end{bmatrix}$





蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

练习:

► 确定下面各符号表达式中的自由符号变量:

► $1/(\log(t)+\log_{10}(w*t))$
 $\exp(-a*result)$

\sqrt{t}/y

$10*i+x*j$

答案: **w**

y

x

result





蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

练习：

- 对符号表达式 $f = \cos x + \sqrt{-\sin^2 x}$ ，分别使用 `collect`、`expand` 和 `simplify` 函数化简。

答案：

```
f=str2sym('cos(x)+sqrt(-sin(x)^2)')  
collect(f)  
expand(f)  
simplify(f)
```





蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

练习:

► 积分表达式 $\int_0^{\pi/2} \cos(x) dt dx$ 的实现使用下面的 **B** 命令。

A. `int(int(cos(x)),0,pi/2)`

B. `int(int(cos(x),'t'),0,pi/2)`

C. `int(int(cos(x)),'t',0,pi/2)`

D. `int(int(cos(x),'t',0,pi/2))`





蘇州大學

SOOCHOW UNIVERSITY

练习：

- 求符号微分方程 $\frac{dy}{dx} + y \tan x = \cos x$ 的通解和当 $y(0)=2$ 的特解。

答案：

```
y=dsolve('Dy+y*tan(x)=cos(x)')
```

```
y=dsolve('Dy+y*tan(x)=cos(x)','y(0)=2')
```



UNTO A FULL GROWN MAN



fanghe@suda.edu.cn



苏州大学电子信息学院

School of Electronic & Information Engineering