

主 编 王继强
副主编 滕 聪 宋 浩

数学软件

Mathematical Softwares



经济科学出版社
Economic Science Press

014040807

0245
80

数学软件

主 编 王继强
副主编 滕 聪 宋 浩



经济科学出版社



北航

C1728059

0245
80

708030710

图书在版编目 (CIP) 数据

数学软件/王继强, 宋浩主编. —北京: 经济科学出版社, 2014. 3

ISBN 978 - 7 - 5141 - 4400 - 0

I. ①数… II. ①王…②宋… III. ①数学 - 应用软件 - 高等学校 - 教材 IV. ①0245

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2014) 第 042126 号

责任编辑: 柳 敏 李晓杰

责任校对: 靳玉环

版式设计: 齐 杰

责任印制: 李 鹏

数学软件

主 编 王继强

副主编 滕 聪 宋 浩

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http: //jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京欣舒印务有限公司印装

710 × 1000 16 开 14 印张 280000 字

2014 年 3 月第 1 版 2014 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5141 - 4400 - 0 定价: 22.00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191502)

(版权所有 翻印必究)

前 言

数学软件是处理数学计算问题的应用软件，也是组成许多其他应用软件的基本构件，它为利用计算机解决现代科学技术诸领域中提出的数学计算问题提供技术手段。

MATLAB、LINGO、1stOpt、TeX 是众多数学软件中最为流行的四款，其中 MATLAB 是主要面对科学计算、算法开发、数据可视化、数据分析以及交互式程序设计的高科技计算环境，代表了当今国际科学计算软件的先进水平；LINGO 是交互式线性通用优化求解器，是构建和求解优化模型的功能全面的工具；1stOpt 是国内科研人员独立开发，拥有完全自主知识产权的一套数学优化分析综合工具软件包，号称是世界领先的非线性曲线拟合、综合优化分析计算软件平台；TeX 是一种数学学术论文排版系统，适用于制作高印刷质量的数学类科技文档。

本书是编者们的长期教学经验与科研成果的结晶，全书共分四章，分别介绍了 MATLAB、LINGO、1stOpt、TeX 四款软件的基础知识和基本应用。每章末均附有一定数量的练习题，可作为学习效果的检验。本书各章之间具有较强的独立性，读者在使用时可根据需要自行取舍。

本书实例丰富、通俗易懂，有助于初学者在短时间内轻松上手。本书既可作为国内高等院校各专业数学软件、应用软件、数学实验、数学建模等系列课程的教材，也可作为本科生与研究生自学数学软件的参考书籍。

本书是山东省教学改革项目“经济数学课程建设与实践教学的改革与探索”、山东财经大学教学改革立项项目“数学建模与实验实践教学改革创新”及优质课程《运筹学》的研究成果之一。本书由王继强任主编，宋浩、滕聪任副主编，主编和副主编共同统筹和审核全书，刘伟、姜计荣、苏园、周锋波、陈传国参与了编写工作。

本书的编写参考了众多国内外介绍数学软件的文献资料，我们在此表

示衷心感谢。如有读者需要本书中的程序源文件，可以通过电邮 sdcdmcm@126.com 索取。

鉴于编者学识浅薄，若书中有不妥之处，恳请广大读者不吝指正。

编者

2014 年 1 月

1. ①数...

目 录

第 1 章	MATLAB 软件	1
1.1	概述	1
1.2	基本应用	5
1.3	M 文件编程	69
1.4	建模实例	77
	习题 1	81
第 2 章	LINGO 软件	88
2.1	简介	88
2.2	引例	92
2.3	应用举例	96
2.4	LINGO 与外部文件之间的数据传递	117
2.5	建模实例	123
	习题 2	133
第 3 章	1stOpt 软件	142
3.1	简介	142
3.2	引例	144
3.3	语法	145
3.4	应用举例	147
3.5	建模实例	173
	习题 3	179

第4章 TeX 软件	183
4.1 简介	183
4.2 工作环境	186
4.3 一篇简单的文档	187
4.4 基本格式	191
4.5 数学公式	197
4.6 排版	208
习题4	212
参考文献	216

第 1 章 MATLAB 软件

MATLAB 软件是最重要的数学软件之一，作为一种高级计算机编程语言，它最初是为解决有关矩阵的计算问题而开发的。随着版本的不断提高，MATLAB 已逐渐发展为集符号运算、数值计算、图形处理、计算机仿真、数字信号处理等多种功能于一体的科学计算软件包。

1.1 概 述

1. 简介

MATLAB 是美国 MathWorks 公司 (<http://www.mathworks.com/>) 推出的一套高效能的科学计算软件。

1980 年，美国新墨西哥州立大学计算机系主任 Clever Moler 为帮助学生解决线性代数课程中的矩阵计算问题，编写了 Matrix Laboratory（矩阵实验室），后简称为 MATLAB。1984 年，Little、Moler 和 Steve Bangert 三人合作成立了 MathWorks 公司，正式把 MATLAB 1.0 推向市场。至 2013 年，MATLAB 的版本已升级到 8.1 版。

MATLAB 将矩阵计算、绘制函数图像、数值分析、非线性动态系统的建模与仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中，为科学研究、工程计算、控制设计、信号处理与通讯、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等诸多领域提供了一个全面解决方案，是当今世界上首屈一指的标准科学计算软件。

MATLAB 功能强大，主要有：应用代数、数值分析、数理统计、时间序列分析、数值和符号计算、工程与科学绘图、数字图像处理、数字信号处理、通讯系统设计、经济分析、化学和生物学计算、电子学、自动控制理论、仿真等。

MATLAB 为用户提供了许多方便实用的工具箱,主要有:主工具箱、控制系统工具箱、通讯工具箱、财政金融工具箱、系统辨识工具箱、模糊逻辑工具箱、高阶谱分析工具箱、图象处理工具箱、线性矩阵不等式工具箱、模型预测控制工具箱、 μ 分析工具箱、神经网络工具箱、优化工具箱、偏微分方程工具箱、鲁棒控制工具箱、信号处理工具箱、样条工具箱、统计工具箱、符号数学工具箱、动态仿真工具箱、系统辨识工具箱、小波工具箱等。

本章将介绍 MATLAB 7.0 的基本功能.

2. 工作环境

MATLAB 7.0 安装并启动后, 进入如下工作界面 (见图 1-1):

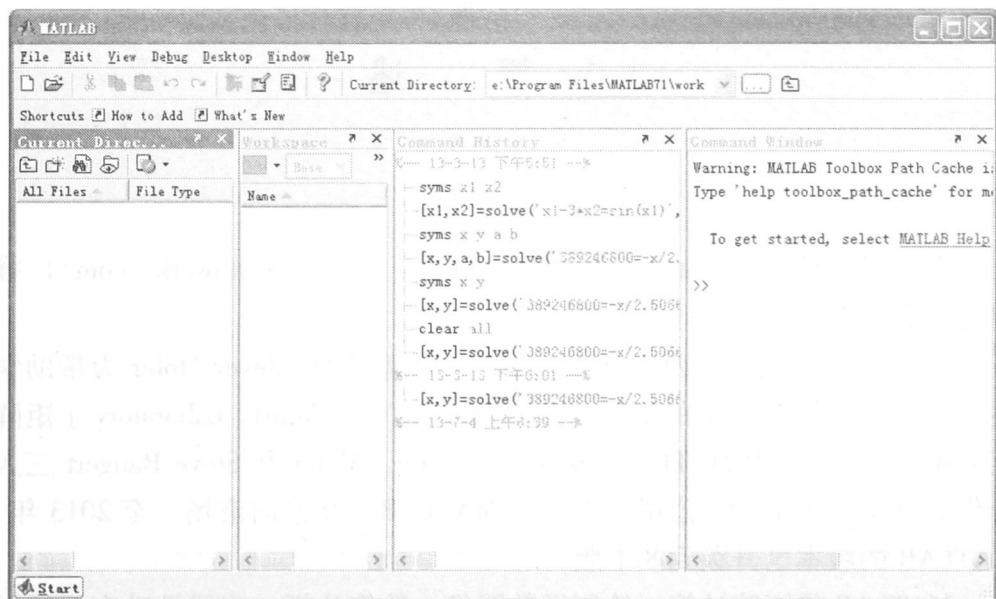


图 1-1 MATLAB 工作界面

MATLAB 的工作界面包括主窗口、当前目录 (Current Directory) 窗口、工作区 (Workspace) 窗口、命令历史 (Command History) 窗口和命令窗口 (Command Window)。主窗口主要包括标题栏、菜单栏和工具栏, 可以对文件进行编辑和管理等; 在当前目录窗口中可以选择当前工作目录; 工作区用于存储和显示所有内存变量及其属性; 命令历史窗口用于存储已经执行过的所有命令; 命令窗口用于输入和返回计算结果, “>>” 为

命令提示符，表示 MATLAB 正处于准备工作状态。在命令窗口中，输入命令后，直接回车即可执行。如

```
>> 2 + 3
ans =
    5
>> a = 2
a =
    2
>> b = 3;
>> a + b    % 求和
ans =
    5
```

在上述命令中，“ans”为缺省变量，“%”后的内容为注释语句，MATLAB 不予执行；命令末尾有“;”时，命令仍执行，但不显示执行结果；另外，如需重复执行某条命令，不必重新输入，只需按键盘上的“↑”键或“↓”键，即可回调出该条命令。

上例表明，MATLAB 的命令计算形式如同在一张演算纸上布列公式和求解问题一样高效，因此 MATLAB 被科学和工程界称为“演算纸式”的计算语言。

在 MATLAB 中，用户除了可以在命令窗口中的“>>”提示符下输入程序，回车执行外，还可以利用 Editor（编辑器）建立 M 文件，然后在命令窗口中的“>>”提示符下键入 M 文件的主文件名，回车执行。如为求半径为 2 的圆的面积，可点击主窗口工具栏中的“New M - File”按钮，打开编辑器，输入程序：

```
r = 2;
S = pi * r^2
```

将上述程序保存为当前工作目录中的 area.m 文件。在命令窗口中执行程序：

```
>> area    % 主文件名
S =
    12.5664
```

需要指出的是，MATLAB 默认的工作目录为 C:\Program Files\MATLAB71\work，用户可以为 MATLAB 定制新的工作目录，只需在主窗口中

点击按钮  进行修改即可。当用户在命令窗口中输入一条命令并回车后，MATLAB 将到当前的工作目录中搜索相关文件并执行。

3. 变量、函数与数据

在 MATLAB 中，变量的命名以字母开头，后接字母、数字或下划线，字母区分大小写。

MATLAB 系统预定义的变量：

ans	缺省变量
pi	圆周率
inf	无穷大
NaN	不定量, 如 $0/0$
eps	计算机的最小正数 2^{-52}
i, j	虚数单位

变量的操作：

sym	定义一个符号变量
syms	定义一个以上符号变量
clear	清除工作区中的所有变量
who	显示所有变量
whos	显示所有变量及其大小、占字节数和类型等信息
clc	清除命令窗口所有内容

MATLAB 提供了许多数学函数，主要有：

abs(x)	绝对值
sqrt(x)	平方根
round(x)	四舍五入取整
rem(x, y)	余数
gcd(x, y)	最大公约数(greatest common divisor)
lcm(x, y)	最小公倍数(least common multiple)
max(x)	最大值
min(x)	最小值
sum(x)	求和
log10(x)	常用对数
log(x)	自然对数
exp(x)	自然指数

sign(x)	符号函数
sin(x)、cos(x)、tan(x)、cot(x)、sec(x)、csc(x)	三角函数
asin(x)、acos(x)、atan(x)	反三角函数
sinh(x)、cosh(x)、tanh(x)、coth(x)	双曲函数

此外, MATLAB 还提供了一些有用的系统命令, 如

```
>> clock      % 显示当前日期和时间
```

```
ans =
```

```
1.0e+003*
```

```
2.0140  0.0010  0.0220  0.0090  0.0210  0.0440
```

```
>> calendar(2013,7) % 显示月历,参数缺省则显示当前月历
```

```
Jul 2013
```

S	M	Tu	W	Th	F	S
0	1	2	3	4	5	6
7	8	9	10	11	12	13
14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27
28	29	30	31	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

数据的输出格式:

```
format short      5 位(缺省)
```

```
format short e    5 位 + 科学计数法
```

```
format long       16 位
```

```
format long e     16 位 + 科学计数法
```

如

```
>> format long e
```

```
>> a=1234567890
```

```
a =
```

```
1.2345678900000000e+009
```

1.2 基本应用

1. 基本数学计算

MATLAB 能较方便快捷地完成一些基本的数学计算问题, 如

```
>> 31 + 50 / 17
ans =
    33.9412
>> 6^3
ans =
    216
>> sqrt(3)      % 求 3 的算术平方根
ans =
    1.7321
>> abs(-2)      % 求 2 的绝对值
ans =
     2
>> sin(pi/2)
ans =
     1
>> exp(1)
ans =
    2.7183
>> r=2; S=pi* r^2
S =
    12.5664
```

2. 矩阵运算

例1 输入矩阵 $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 2 & 3 & 1 \\ 3 & 1 & 2 \end{bmatrix}$.

```
>> A = [1,2,3;2,3,1;3,1,2] % 逗号可省略
```

```
A =
```

```

     1     2     3
     2     3     1
     3     1     2
```

例2 输入行向量 $[1, 2, 3]$ 和列向量 $\begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$.

```
>> [1 2 3],[3;2;1]
```

```
ans =
```

```
1      2      3
```

```
ans =
```

```
3
```

```
2
```

```
1
```

例3 输入向量 $\theta = \left[0, \frac{\pi}{4}, \frac{\pi}{2}\right]$, 求 $\sin\theta$.

```
>> theta = [0 pi/4 pi/2];
```

```
>> sin(theta)
```

```
ans =
```

```
0      0.7071      1.0000
```

例4 输入2阶单位矩阵、3阶幺矩阵(元素全为1的矩阵)和2×3阶零矩阵.

```
>> eye(2), ones(3), zeros(2,3)
```

```
ans =
```

```
1      0
```

```
0      1
```

```
ans =
```

```
1      1      1
```

```
1      1      1
```

```
1      1      1
```

```
ans =
```

```
0      0      0
```

```
0      0      0
```

例5 输入以1, 2, 3为基础元素的范德蒙德(Vandermonde)矩阵.

```
>> vander([1 2 3])
```

```
ans =
```

```
1      1      1
```

```
4      2      1
```

```
9      3      1
```

例 6 输入矩阵 $A = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 2 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$, 求 A 的行数和列数、 $|A|$ 、 A 的行最

简形、 $r(A)$ 、 $tr(A)$ 、 A 的特征多项式.

```
>> A = [1 1 1; 2 1 0; 0 0 1]
```

```
A =
```

```
    1    1    1
    2    1    0
    0    0    1
```

```
>> size(A)      % 行、列数
```

```
ans =
```

```
    3    3
```

```
>> det(A)      % 行列式
```

```
ans =
```

```
   -1
```

```
>> rref(A)      % 行最简形
```

```
ans =
```

```
    1    0    0
    0    1    0
    0    0    1
```

```
>> rank(A)      % 秩
```

```
ans =
```

```
    3
```

```
>> trace(A)     % 迹
```

```
ans =
```

```
    3
```

```
>> poly(A)      % 特征多项式
```

```
ans =
```

```
    1.0000   -3.0000    1.0000    1.0000
```

例 7 输入矩阵 $A = \begin{bmatrix} -1 & 3 \\ 2 & 1 \end{bmatrix}$, $B = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 0 & -1 \end{bmatrix}$, 求 $2A$ 、 $2A - 3B$ 、 AB 、

A^3 、 A^T 、 A^{-1} 、广义逆矩阵、 $A^{-1}B$.

```
>> A = [-1 3; 2 1], B = [1 2; 0 -1]
```

```
A =  
    -1     3  
     2     1  
  
B =  
     1     2  
     0    -1  
  
>> 2 * A  
ans =  
    -2     6  
     4     2  
  
>> 2 * A - 3 * B  
ans =  
    -5     0  
     4     5  
  
>> A * B  
ans =  
    -1    -5  
     2     3  
  
>> A^3  
ans =  
    -7    21  
    14     7  
  
>> A'           % 转置  
ans =  
    -1     2  
     3     1  
  
>> inv(A)       % 逆矩阵  
ans =  
   -0.1429    0.4286  
    0.2857    0.1429  
  
>> pinv(A)      % 广义逆矩阵  
ans =  
   -0.1429    0.4286
```

```
0.2857    0.1429
>> A\B      % A^(-1)B
```

```
ans =
```

```
-0.1429    -0.7143
```

```
>> A*B      % A*A^(-1)B
0.2857    0.4286
```

注：广义逆矩阵，亦称为伪逆矩阵（pseudo-inverse matrix），在线性方程组求解中有用处，其定义为：设 A 为 $m \times n$ 矩阵，若存在 $n \times m$ 矩阵 B ，使 $ABA = A$ ，则称 B 为 A 的一个广义逆矩阵。显然，可逆矩阵的广义逆矩阵即为其逆矩阵。

例 8 求矩阵 $A = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 2 \\ 2 & 1 & 2 \\ 2 & 2 & 1 \end{bmatrix}$ 的特征值和特征向量，并求一正交矩阵

Q ，使 $Q^{-1}AQ$ 为对角矩阵。

```
>> A = [1 2 2; 2 1 2; 2 2 1];
```

```
>> [vec, val] = eig(A)      % 特征值和特征向量
```

```
vec =
```

```
0.6206    0.5306    0.5774
```

```
0.1492   -0.8027    0.5774
```

```
-0.7698    0.2722    0.5774
```

```
val =
```

```
-1.0000         0         0
```

```
0   -1.0000         0
```

```
0         0    5.0000
```

```
>> Q = orth(A)      % 正交矩阵
```

```
Q =
```

```
-0.5774   -0.0000    0.8165
```

```
>> -0.5774   -0.7071   -0.4082
```

```
-0.5774    0.7071   -0.4082
```

```
>> inv(Q)*A*Q      % 验证 Q 的正确性
```

```
ans =
```

```
5.0000   -0.0000   -0.0000
```

```
-0.0000   -1.0000    0.0000
```

```
-0.0000    0.0000   -1.0000
```