

第一章 MATLAB 软件初步

§ 1.1 导 言

MATLAB 是 MATrix LABoratory 的缩写,是由美国 MathWorks 公司开发的工程计算软件.迄今 MATLAB 已推出了 5.3 版.当今数学类科技应用软件可分为两类,一类是数值计算型,如 MATLAB, Xmath, Gauss 等.这类软件擅长数值计算,对处理大批数据效率高.另一类是数学分析型软件,如 Mathematica, Maple 等.这类软件以符号计算见长,能给出解析解和任意精度解.其缺点是处理大量数据时效率低.

现在, MATLAB 已经发展成为适合多学科的功能强大的大型软件.在欧美等高校, MATLAB 已经成为线性代数、数理统计、数值分析、优化技术、自动控制、数字信号处理、图像处理、时间序列分析、动态系统仿真等高级课程的基本教学工具,成为大学生、研究生和博士生必须掌握的基本技能.同时 MATLAB 也被研究单位和工业部门广泛应用,使科学研究和解决各种具体问题的效率大大提高.

MATLAB 集成环境主要包括五个部分: MATLAB 语言、MATLAB 工作环境、句柄图形、MATLAB 数学函数库和 MATLAB API (application program interface). MATLAB 语言是以数组为基本数据单位,包括控制流语句、函数、数据结构、输入输出及面向对象等特点的高级语言,具有以下主要特点:

1)运算符和库函数极其丰富,语言简洁,编程效率高. MATLAB 除了提供和 C 语言一样的运算符外,还提供广泛的矩阵和向量运算符.利用其运算符和库函数可使其程序相当简短,两三行语句就可实现几十行甚至几百行 C 或 FORTRAN 编写的程序功能.

2)既具有结构化的控制语句(如 for 循环、while 循环、break 语句、if 语句和 switch 语句)又有面向对象的编程特性.

3)图形功能强大.它既包括对二维和三维数据可视化、图像处理、动画制作等高层次的绘图命令,也包括可以完全修改图形局部及编制完整图形界面的、低层次的绘图命令.

4)功能强大的工具箱.工具箱可分为两类:功能性工具箱和学科性工具箱.功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处

理功能以及与硬件实时交互的功能。而学科性工具箱是专业性比较强的，如优化工具箱、统计工具箱、控制工具箱、小波工具箱、图像处理工具箱、通信工具箱等。

5)易于扩充。除内部函数外，所有 MATLAB 的核心文件和工具箱文件都是可读可改的源文件，用户可修改源文件和加入自己的文件，它们可以与库函数一样被调用。

§ 1.2 安装和启动

1.2.1 安装 Windows 操作平台)

- 1)将源光盘插入光驱；
- 2)在光盘的根目录下找到 MATLAB 的安装文件 `setup.exe`；
- 3)鼠标双击该安装文件，按提示逐步安装；
- 4)安装完成后，在程序栏里便有了 MATLAB 选项

1.2.2 启动

在“开始”→“程序”→“Matlab”中单击 MATLAB，便出现 MATLAB Command Window(即命令窗口)。

§ 1.3 MATLAB 环境

MATLAB 既是一种语言，又是一个编程环境。这一节将集中介绍 MATLAB 提供的编程环境。作为一个编程环境，MATLAB 提供了很多方便用户管理变量、输入输出数据以及生成和管理 M 文件的工具。所谓 M 文件就是用 MATLAB 语言编写的、可在 MATLAB 中运行的程序。下面将分别介绍 MATLAB 的命令窗口、工作区、程序编辑 / 调试器和帮助系统。

1.3.1 命令窗口

命令窗口是用户与 MATLAB 进行交互的主要场所。

标题栏：在命令窗口的最上面显示“MATLAB Command Window”字样的一栏。

菜单栏：在标题栏下面，含“File(文件)”、“Edit(编辑)”、“Help(帮助)”三项。

工具栏：在菜单栏下面，显示了 9 个工具按钮。熟练使用工具按钮可使工

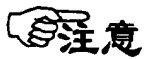
作更快捷、更方便。

命令编辑区 命令窗口的空白区域 用于输入和显示计算结果。可以在该区域键入各种 MATLAB 命令进行各种操作，键入数学表达式进行计算。例如 当键入变量赋值命令 $x = 4.5$ 并回车，将在命令行的下面显示：

```
x =  
4.5
```

再输入求 πx 的三角正弦函数值的表达式 $Y = \sin(\pi * x)$ 并回车 将显示：

```
Y =  
1
```



若在表达式后面跟分号“;”将不显示结果 这对有大量输出数据的程序特别有用，因为写屏将花费大量系统资源来进行十进制和二进制之间的转换，用分号关掉不必要的输出将会使程序运行速度成倍甚至成百倍的提高。

例如

键入：

```
x = 6;  
z = 9;  
2 * x + y - 3 * z
```

输出：

```
ans =  
- 11
```



1) 当不指定输出变量时，MATLAB 将计算值赋给缺省变量 `ans` (`answer` 的缩写)。

2) 在 MATLAB 里，有很多控制键和方向键可用于命令行的编辑。

例如 当漏敲命令 `ho = (1 + sqrt(5))/2` 的字符“r”时 将会给出错误信息：

```
Undefined function or variable 'sqrt'.
```

这时你不用重新键入整行命令，而只需按 \uparrow 键 就会再显示刚才键入的命令。在相应的位置键入“r”接着按回车即可正常运行。

反复使用 \uparrow 键 可以回调以前键入的所有命令行。表 1.1 给出了 MAT-

LAB的控制键及其作用 .

表 1.1 命令窗口的控制键功能

键	相应快捷键	功能
↑	ctrl - p	重调前一行
↓	ctrl - n	重调下一行
←	ctrl - b	向左移一个字符
→	ctrl - f	向右移一个字符
ctrl→	ctrl - r	向右移一个字
ctrl←	ctrl - l	向左移一个字
Home 键	ctrl - a	移动到行首
End 键	ctrl - e	移动到行尾
Esc 键	ctrl - u	清除一行



提示

若一个表达式在一行写不下，可换行，但必须在行尾加上三个英文句号。

例如 可键入：

$$s = (1/2 + 1/3 + 1/4 + \sin(3 * x + y)) * \cos(x) \dots \\ - 1/8 + 1/10 + 1/20$$

运算符 =、+、- 前后的空格不影响计算结果。

变量命名规则：

- 1)以字母开头 后面可跟字母 数字和下短线；
- 2)大小写字母有区别；
- 3)不超过 31 个字符

例如 xie23_1, a, A 和 Arui32r 这四个都是变量。

特殊变量名：

- ans 用于结果的缺省变量名
- pi 圆周率
- eps 计算机的最小数 当和 1 相加就产生比 1 大的数
- inf 无穷大 如 1/0
- NaN 不定量 如 0/0
- i 或 j $i = j = -1$ 的开方

realmin 最小可用正实数
realmax 最大可用正实数

1.3.2 MATLAB 工作区

工作区 (workplace) 接受 MATLAB 命令的内存区域 存储着命令窗口输入的命令和创建的所有变量值。

每打开一次 MATLAB 都会自动建立一个工作区 刚打开的 MATLAB 工作区中只有 MATLAB 提供的几个常量 如 pi(3.1415926...)虚数单位 i 等 运行 MATLAB 的程序或命令时,产生的所有变量被加入到工作区,除非用特殊的命令删除某变量 否则该变量在关闭 MATLAB 之前一直保存在工作区,工作区在 MATLAB 运行期间一直存在 关闭 MATLAB 后 工作区自动消除。

可以随时查看工作区中的变量名及变量的值。

who 或 whos 显示当前工作区中的所有变量

clear 清除工作区中的所有变量

clear (变量名) 清除指定的工作区变量

工作区中的所有变量可以保存到一个文件中,便于以后使用。

save (文件名) 将当前工作区的变量储存在一个 MAT-文件中

load (文件名) 调出一个 MAT-文件

quit ↵ 或单击右上角的 ' × '按钮 退出工作区

1.3.3 MATLAB 的程序编辑器

MATLAB 提供了一个内置的具有编辑和调试功能的程序编辑器,编辑器窗口也有菜单栏和工具栏,使编辑和调试程序非常方便.当你来解决一个具体的问题 要求执行的命令数比较多 或要改变变量的值后 重新执行一系列的命令时 在 MATLAB 命令编辑区键入命令 逐行执行 就非常麻烦,此时可进入程序编辑器编写 MATLAB 程序即 M 文件.M 文件包含两类:命令文件和函数文件 都可被别的 M 文件调用。

1. M 文件的建立

1)进入程序编辑器 (MATLAB Editor/Debug):从“File”菜单中选择“New”及“M-file”项或单击“New M-file”按钮;

2)输入程序:在“MATLAB Editor/Debug”窗口输入 MATLAB 程序;

3)保存程序:单击“save”按钮 出现一个对话框 在文件名一框中键入一个文件名 单击“保存”按钮。

一个 M 文件便保存在磁盘上了,便于修改、调用、运行和今后访问。

2. 命令 M 文件及其运行

命令文件没有输入参数，也不返回输出参数，只是一些命令行的组合。命令 M 文件中的命令可以访问 MATLAB 工作区中的所有变量，而且其中的所有变量也成为工作区的一部分。命令文件运行结束，命令文件产生的变量保留在工作区，直至关闭 MATLAB 或用命令删除。下面是一个命令文件的例子。程序：

```
% 文件名 example.m
x = 4; y = 6; z = 2;
items = x + y + z
cost = x * 25 + y * 22 + z * 99
average_cost = cost/items
```

当这个文件在程序编辑窗口输入并以名为 example.m 的 M 文件存磁盘后，只需简单地在 MATLAB 命令编辑窗口键入 example 即可运行，并显示同命令窗口输入命令一样的结果。



在 M 文件中对程序的注释是以符号 ‘%’ 开始直到该行结束的部分，程序执行时会自动忽略。

上例运行结果如下

```
example
items =
    12
cost =
    430
average_cost =
    35.8333
```


用户可以重复打开 example.m 文件，改变 x, y, z 的值，保存文件并让 MATLAB 重新执行文件中的命令。若你把 example.m 文件放在自己的工作目录下，那么在运行 example.m 之前，应该先使该目录处于 MATLAB 的搜索路径上，可以选择 ‘File’ 菜单下的 ‘Set Path’ 项，打开路径浏览器把该目录永久地保存在 MATLAB 的搜索路径上，也可在运行该程序前临时让 MATLAB 搜索该目录，键入 path(path, ‘c:\mypath’) 假定 example.m 保存在 c 盘 mypath 目录下。

3. 函数 M 文件及其调用

在 MATLAB 编辑窗口还可建立函数 M 文件，我们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，从而可扩展 MATLAB 的功

能.如果对于一类特殊的问题,建立起许多函数 M 文件 就能形成工具箱.函数 M 文件的第一行有特殊的要求 其形式必须为

```
function [输出变量列表] = 函数名(输入变量列表)
函数体语句;
```

 **注意** 函数 M 文件的文件名必须与其函数名相同.

例如,一个只有两行的函数 M 文件:

```
function f = fun(x)
f = 100 * (x(2) - x(1)^2)^2 - (1 - x(1))^2;
```

一旦该函数文件建立,在 MATLAB 的命令窗口或别的 M 文件里 就可用下列命令调用:

```
x = [23];
f = fun(x)
```

结果为

```
f =
    99
```

又如:

```
function[F,G] = fun2(x)
F = 2 * x(1)^2 + 2 * x(2)^2 - 2 * x(1) * x(2) - 4 * x(1) - 6 * x(2);
G = [x(1) + 5 * x(2) - 5 2 * x(1)^2 - x(2); -x(1) - x(2)];
```

可用下列命令调用,

```
x1 = [4 5];
[F1, G1] = fun2(x1)
```

结果为

```
F1 =
    -4
G1 = 24    27
    -4    -5
```



1) 输出变量如果多于 1 个 则应该用方括号括起来 输入变量应该用逗号隔开；当函数无输出参数时，输出参数项空缺或者用空的中括号表示。如：

```
function printresults(x )或
function [] = printresults(x)
```

2) 函数 M 文件不能访问工作区中的变量，它的所有变量均为局部变量，只有输入、输出变量才保留在工作区。



提示

在编辑器窗口的“ View ”菜单里有两个很有用的命令：“Evaluate Selection”和“ Auto Indent Selection”。当选定编辑器里的文件的一部分后 再选择“ Evaluate Selection ”项 ,MATLAB 会计算所选部分的值，并在命令窗口里显示结果。当选定文件的一部分后，再选择“ Auto Indent Selection”项，程序编辑器会根据程序的逻辑关系自动编排格式，这样程序看起来就更清楚了。

4. 文件管理

what	返回当前目录下 M, MAT, MEX 文件的列表
dir	列出当前目录下的所有文件
cd	显示当前的工作目录
type test	在命令窗口下显示 test.m 的内容
delete test	删除 M 文件 test.m
which test	显示 M 文件 test.m 所在的目录

1.3.4 MATLAB 的帮助系统

MATLAB 5.0 里有以下几种方法获得帮助：帮助命令、帮助窗口、MATLAB 帮助台、在线帮助页或直接链接到 MathWorks 公司（对于已联网的用户）。

1. 帮助命令

帮助命令是查询函数语法的最基本方法，查询信息直接显示在命令窗口。

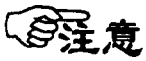
help 函数名 ↵ 可寻求关于某函数的帮助。

例如 键入：

```
help sqrt ↵
```

显示：

```
SQRT square root. ...
```



帮助文本中的函数名 `SQRT` 是大写的 以突出函数名 但在使用函数时 应用小写 `sqrt`.

MATLAB 按照函数的不同用途分别将其存放于不同的子目录下.

`help` 子目录标题 可显示某一类的所有函数或命令.

例如 键入:

```
help graph2d ↵
```

将显示:

```
Two dimensional graphs.  
Elementary X-Y graphs.  
plot          -Linear plot.  
loglog        -Log - log scale plot.  
semilogx      -Semi - log scale plot.  
semilogy      -Semi - log scale plot.
```

命令 `help` 将显示帮助的所有子目录标题.

```
lookfor 关键词 ↵
```

它是通过搜索所有 **MATLAB** 下的 `help` 子目录标题与 **MATLAB** 搜索路径中 **M** 文件的第一行, 返回包含所指定关键词的那些项. 最重要的是关键词不一定为命令.

例如 键入:

```
lookfor complex ↵
```

显示:

```
CONJ          Complex conjugate.  
IMAG          Complex imaginary part.  
REAL          Complex real part. ...
```

`demo` 可浏览例子和演示,

`help demos` 将给出所有的演示题目.

2 帮助窗口

帮助窗口给出的信息与帮助命令给出的信息内容一样, 但在帮助窗口给出的信息按目录编排 比较系统 更容易浏览与之相关的其他函数. 在 **MATLAB** 命令窗口中有三种方法进入帮助窗口:

1) 双击菜单条上的问号按钮;

2)键入 helpwin 命令；

3 选取帮助菜单里的“ Help Window” 项

§ 1.4 数组和函数

MATLAB 中最基本的数据对象就是数组或矩阵. 标量可看作是 1×1 型的矩阵. 向量可看作是 $1 \times n$ 或 $n \times 1$ 的矩阵. 一维数组是向量, 二维数组便是矩阵. 还有三维甚至更高维的数组. 标量运算是数学的基础. 然而, 当需要对多个数执行同样的运算时, 采用数组或矩阵运算将非常简洁和方便.

1.4.1 创建矩阵

1. 直接定义

键入：

```
A = [1 2 3;4 5 6]
```

输出：

```
A =  
    1    2    3  
    4    5    6
```

这里 A 为一个 2 行 3 列的数组或矩阵. 空格或逗号用于分隔某一行的元素. 分号表示开始新的一行.

键入：

```
A(2,3) = 0 %将第 2 行 第 3 列的元素置为 0.
```

输出：

```
A =  
    1    2    3  
    4    5    0
```

2. 一维数组的简单构造

前面我们通过键入矩阵或数组中的每个元素来输入一个矩阵或数组, 当数组中的元素有成百上千时, 怎么办呢? 对于一维数组有两种简单的输入格式.

例如,

```
x = 0 : 0.1 : 1    % 从 0 到 1 增量为 0.1.
```

```
x = linspace(0, pi, 11)    % 11 个从 0 到 pi 的等间隔数.
```

在 MATLAB 中这两种创建数组的方式是最常见的.

上述数组创建形式所得到的数组的元素之间是线性分隔的特殊情况，当需要对数分隔的数组时，MATLAB 提供了函数 `logspace`。

格式：`x = logspace(first, last, n)`

创建从 10 的 `first` 次方开始到 10 的 `last` 次方结束，有 `n` 个元素的对数分隔行向量 `x`。

有时所需的数组不具有易于描述的线性或对数分隔关系，这时使用数组编址和表达式结合的功能可避免每次一个地输入数组元素。例如，

键入：

```
a = 1:5; b = 1:2:9; c = [b a]
```

输出：

```
1 3 5 7 8 1 2 3 4 5
```

创建的数组 `c` 由 `b` 中元素和 `a` 中元素构成。又如

键入：

```
d = [a(1:2:5) 1 0 1]
```

输出：

```
d =
```

```
1 3 5 1 0 1
```

上述所创建的数组都是行向量，如何创建列向量呢？可使用转置算子（`'`）把行向量变成列向量。如

键入：

```
a = 1:4; % 表示从 1 到 4 增量为 1 的行向量
```

```
b = a' % 表示向量的转置
```

输出：

```
b =
```

```
1
```

```
2
```

```
3
```

```
4
```

有两种转置的符号：

1) 当数组是复数时，`(')` 产生的是复数共轭转置；

2) `(.')` 只对数组转置，但不进行共轭。

3. 一维数组的操作

键入：

```
x = [0 .1 * pi .2 * pi .3 * pi .4 * pi .5 * pi .6 * pi .7 * pi .8 * pi .9 * pi pi] ;
```

```
y = sin(x)
```

输出：

```
y =
```

```
Columns 1 through 7
```

```
0 0.3090 0.5878 0.8090 0.9511 1.0000 0.9511
```

```
Columns 8 through 11
```

```
0.8090 0.5878 0.3090 0.0000
```

在MATLAB 中 数组元素用下标访问 如 y(2) 是 y 的第 2 个元素 .例如 键

入：

```
y(3) % 表示 y 的第 3 个元素
```

输出：

```
ans =
```

```
0.5878
```

为了同时访问一块元素 ,MATLAB用冒号来表示 .

键入：

```
x(1:5)
```

输出：

```
0 0.3142 0.6283 0.9425 1.2566
```

键入：

```
y(3:-1:1)
```

输出：

```
ans =
```

```
0.5878 0.3090 0
```

3:-1:1 表示从 3 开始减 1 计数 到 1 为止 .又如

键入：

```
x(2:2:7)
```

输出：

```
0.3142 0.9425 1.5708
```

2:2:7 表示从 2 开始加 2 计数 到 7 为止 .再如

键入：

```
y([8 2 9 1])
```

输出：

```
ans =  
    0.8090 0.3090 0.5878 0
```

这里是按照数组[8 2 9 1]提供的次序来提取 y 数组中的元素。

4. 矩阵的剪裁与拼接

从一个矩阵中取出若干行列 构成新矩阵称为剪裁 冒号‘:’是非常重要的剪裁工具.例如,

键入：

```
A = [1 2 3;4 5 6;7 8 9];  
A(3, :) % A 的第 3 行
```

输出：

```
ans =  
    7    8    9
```

键入：

```
A(:, 1) % A 的第 1 列
```

输出：

```
ans =  
    1  
    4  
    7
```

键入：

```
B = A(2:3, :) % A 的第 2,3 行
```

输出：

```
B =  
    4    5    6  
    7    8    9
```

键入：

```
C = A(1:2, [1 3]) % A 的第 1,2 行 第 1,3 列
```

输出：

```
C =  
    1    3  
    4    6
```

还有 A(1:2:3, 3 :-1:1) 想想将输出什么？

将几个矩阵接在一起称为拼接，左右拼接行数要相同，上下拼接列数要相

同.例如,

键入:

```
D = [C, zeros(2,1)]
```

输出:

```
D =  
    1    3    0  
    4    6    0
```

键入:

```
E = [D; eye(2) .ones(2,1)]
```

输出:

```
E =  
    1    3    0  
    4    6    0  
    1    0    1  
    0    1    1
```

$A(:)$ 逐列提取 A 中的所有元素作为一个列向量.

$A(i)$ 把 A 看作列向量 $A(:)$ 提取其中第 i 个元素.



提示

$A(r, c)$ 提取 A 中由索引向量 r 定义的行和由索引向量 c 定义的列所构成的 A 的子数组.

$A(r, :)$ 提取 A 中由索引向量 r 定义的行, 和全部列所构成的 A 的子数组.

$A(:, c)$ 提取 A 中由全部行和由索引向量 c 定义的列所构成的 A 的子数组.

1.4.2 数组运算

1. 标量-数组运算

标量与数组的加、减、乘、除和点乘方 ($.$ ^ $)$ 是对数组的每个元素进行运算, 得到同样大小的数组. 例如,

键入:

```
a = 1:5; 3 * a - 5
```

输出:

```
ans = -2 1 4 7 10
```

键入：

```
a.^2
```

输出：

```
ans = 1 4 9 16 25
```

2. 数组-数组运算

当两个数组具有相同大小时，加、减、点乘（*）、点除（/）和点乘方运算（.^）是按元素对元素方式进行的。例如，

键入：

```
g = [1 2 3; 5 6 7; 8 9 10];
```

```
h = [1 1 1; 2 2 2; 3 3 3];
```

```
g.*h
```

输出：

```
ans =
```

```
1 2 3
10 12 14
24 27 30
```



提示

设 $a = [a_1 \ a_2 \ a_3]$, $b = [b_1 \ b_2 \ b_3]$, $c =$ 标量

标量加法 $a + c = [a_1 + c \ a_2 + c \ a_3 + c]$;

标量乘法 $a * c = [a_1 * c \ a_2 * c \ a_3 * c]$;

数组加法 $a + b = [a_1 + b_1 \ a_2 + b_2 \ a_3 + b_3]$;

数组乘法 $a .* b = [a_1 * b_1 \ a_2 * b_2 \ a_3 * b_3]$;

数组右除 $a ./ b = [a_1/b_1 \ a_2/b_2 \ a_3/b_3]$;

数组左除 $a .\ b = [b_1/a_1 \ b_2/a_2 \ b_3/a_3]$;

数组求幂 $a.^c = [a_1^c \ a_2^c \ a_3^c]$;

$c.^a = [c^a_1 \ c^a_2 \ c^a_3]$;

$a.^b = [a_1^b_1 \ a_2^b_2 \ a_3^b_3]$;

1.4.3 矩阵的运算

MATLAB 提供了下列矩阵运算

+ 加法；-减法；'转置运算；* 乘法；^ 乘幂；\ 左除；/ 右除

除除法外其他运算都与线性代数中定义的一样。这里只介绍一下除法运

设 A 是可逆矩阵,

1) $AX = B$ 的解是 A 左除 B , 即 $X = A \setminus B$ 意为用 A^{-1} 左乘以 B .

2) $XA = B$ 的解是 A 右除 B , 即 $X = B/A$ 意为用 A^{-1} 右乘以 B .



1) 当 A 为方阵, $p > 1$ 为整数时, A^p 表示 A 自乘 p 次;

2) 当 A 和 P 均为矩阵时 不能计算 A^P .

1.4.4 函数

1. 常用的数学函数

单变量数学函数的自变量可以是数组 此时 输出的是各元素的函数值构成的同规格数组. 例如,

输入:

```
a = [1 2 3; 4 5 6]; sin(a)
```

输出:

```
ans =  
    0.8415    0.9093    0.1411  
   -0.7568   -0.9589   -0.2794
```

MATLAB 中的常用数学函数有

三角函数 正弦 $\sin(x)$ 双曲正弦 $\sinh(x)$ 反正弦 $\text{asin}(x)$ 反双曲正弦 $\text{asinh}(x)$ 余弦 $\cos(x)$ 正切 $\tan(x)$ 余切 $\cot(x)$ 正割 $\sec(x)$ 余割 $\csc(x)$ 等.

指数函数: $\exp(x)$ 自然对数 $\log(x)$ 常用对数 $\log_{10}(x)$ 以 2 为底的对数 $\log_2(x)$ 平方根 $\text{sqrt}(x)$ 等.

整值函数 朝零方向取整 $\text{fix}(x)$ 朝 $-\infty$ 方向取整 $\text{floor}(x)$ 朝 $+\infty$ 方向取整 $\text{ceil}(x)$ 四舍五入到最接近的整数 $\text{round}(x)$ 符号函数 $\text{sign}(x)$ 等.

其他数学函数 绝对值或复数的幅值 $\text{abs}(x)$ 等

2. 数组特征及矩阵操作函数

$\text{size}(A)$ 返回一个二元素向量, 第一个元素为 A 的行数 第二个元素为 A 的列数

$\text{size}(A, 1)$ 返回 A 的行数

$\text{size}(A, 2)$ 返回 A 的列数

$\text{length}(A)$ 返回 $\max(\text{size}(A))$

`flipud(A)` 矩阵作上下翻转

`fliplr(A)` 矩阵作左右翻转

`diag(A)` 提取 A 的对角元素 返回列向量

`diag(v)` 以向量 `v` 作对角元素创建对角矩阵

最大值 `max` 最小值 `min` 求和 `sum` 求平均值 `mean` 按升序排列 `sort` 等函数 只有当它们作用于向量时才有意义,它们也可作用于矩阵,此时产生一个行向量,行向量的每个元素是函数作用于矩阵相应列向量的结果.例如,键入:

```
a = [-4.5,9,7,-2.8,3.5,9.5,5.4,7.3];
```

```
min(a) [m,im] = min(a) [M,iM] = max(a) [ra,ir] = sort(a)
```

输出:

```
ans =
```

```
-4.5000
```

```
m =
```

```
-4.5000
```

```
im =
```

```
1
```

```
M =
```

```
9.5000
```

```
iM =
```

```
6
```

```
ra =
```

```
-4.5000 -2.8000 3.5000 5.4000 7.0000 7.3000  
9.0000 9.5000
```

```
ir =
```

```
1 4 5 7 3 8 2 6
```

3. 矩阵函数

`d = eig(A)` `[v,d] = eig(A)` 特征值与特征向量

`det(A)` 行列式计算

`inv(A)` 矩阵的逆

`orth(A)` 正交化

`poly(A)` 特征多项式

`rank(A)` 矩阵的秩

`trace(A)` 矩阵的迹 (对角元素之和)