



# MATLAB基础

谭 忠

厦门大学数学科学学院



## 课程目的

帮助同学们掌握常用的数学软件，培养学生运用数学软件分析和解决数学问题和实际问题的能力。通过对实际问题的数学处理和计算机求解，完成建模和求解的任务，是同学们真正体验到数学及计算机的实际应用。



## 课程安排

- 一、MATLAB 概述
- 二、MATLAB 矩阵和数组
- 三、MATLAB 数值运算
- 四、MATLAB 绘图
- 五、MATLAB 程序设计



## 1 MATLAB 概述

最常用的三大数学软件：

- MATLAB (Matrix Laboratory 矩阵实验室)
- Mathematica
- Maple



## MATLAB的特点

- 强大的数值计算和符号计算功能
- 强大的图形处理能力
- 高级但简单的程序环境
- 丰富的MATLAB工具箱



## MATLAB功能

- 数值计算功能
- 符号运算功能
- 数据可视化功能
- 数据图形文字统一处理功能
- 建模仿真可视化功能



命令行窗口是MATLAB的主要交互窗口，用于输入命令并显示除图形以外的所有执行结果。

在>>(命令提示符)后键入命令，并按下enter键后，Matlab 就会解释执行所输入的命令，并在命令后面给出计算结果。



# MATLAB 概述

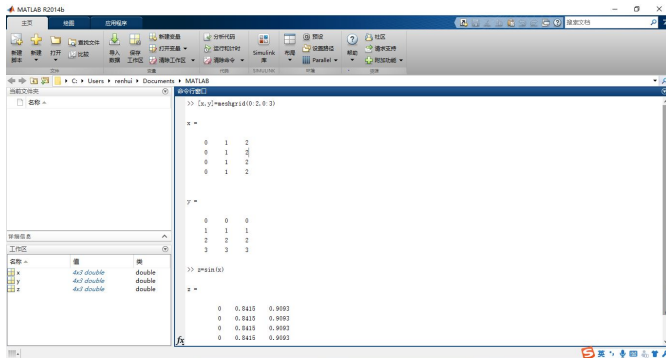
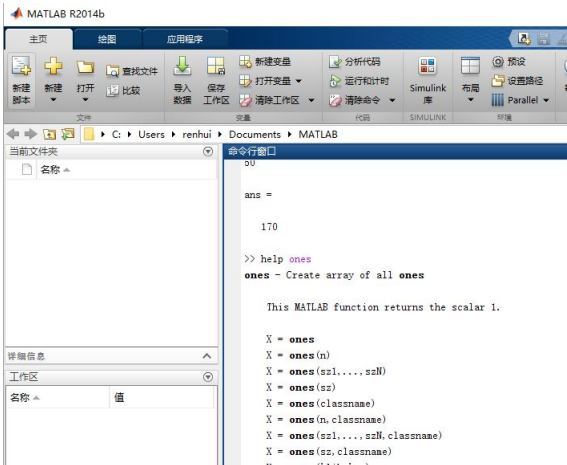


Figure 1: MATLAB主界面





# MATLAB 概述





## 命令行的输入规则：

- 命令行后以分号结尾，表示不显示运行结果  
命令行后无符号或以逗号结尾，表示显示运行结果；
- 一个命令行可以输入若干条命令，各命令之间以逗号或分号隔开；
- 如果一个命令行很长，需要换行时，要加续行符（三



个小黑点...);

- 标点符号一定要在英文状态下输入;
- 若需要在命令行后加注释, 注释以%开始。

历史命令窗口: 可以复制、运行历史命令。

当前目录浏览器窗口:

工作区: 显示所有MATLAB工作空间中的变量名、数据结构、类型、大小和字节数。



帮助命令：

help： 显示指定命令的简短使用说明

例： >> help ones

doc： 以网页形式显示指定命令的帮助页

例： >> doc ones



常用操作指令：

clc：清除命令窗口

clf：清除当前图形；

clear：清除工作空间的变量和函数。



## 变量与赋值

MATLAB提供了丰富的矩阵运算处理功能，是基于矩阵运算的处理工具。

变量:矩阵    运算:矩阵的运算。

例如： $C = A + B$ ， $A, B, C$ 都是矩阵,是矩阵的加运算。即使一个常数， $Y=5$ ，MATLAB也看做是一个 $1 \times 1$ 的矩阵。



变量命名原则：

- 1.以字母开头
- 2.后面可以跟字母、数字和下划线
- 3.长度不超过63个字符
- 4.变量名区分字母的大小写



## 2 MATLAB 矩阵与数组

### 2.1 创建矩阵：直接输入法：

- 所有输入必须在英文状态下；
- 矩阵元素用矩阵构造符[ ]括住；
- 用逗号或空格分隔矩阵的列；
- 用分号或者回车符分隔矩阵的行。





调用函数创建特殊矩阵：

在MATLAB中还提供了一些特殊矩阵的生成函数，  
如：

- zeros：产生全0矩阵。
- ones：产生全1矩阵。
- eye：产生单位矩阵。



- `rand`: 产生 $0\sim 1$ 间均匀分布的随机矩阵。
- `randn`: 产生均值为0，方差为1的标准正态分布随机矩阵。
- `magic`: 产生魔方矩阵。 %魔方矩阵又称幻方，是有相同的行数和列数，并在每行每列、对角线上的和都相等的矩阵。



这几个函数的调用格式相似，下面以产生零矩阵的zeros函数为例进行说明。其调用格式是：

<code>zeros(m)</code>	产生 $m \times m$ 零矩阵
<code>zeros(m,n)</code>	产生 $m \times n$ 零矩阵
<code>zeros(size(A))</code>	产生与矩阵A同样大小的零矩阵



## 2.2 矩阵间的连接(例1)

1)水平方向连接:  $C=[A \ B]$ 或 $C=[A,B]$ ;

2)竖直方向连接:  $C=[A;B]$ 。

注意: 矩阵水平连接时, 量矩阵的行数要匹配, 即行数要相等; 矩阵竖直连接时, 量矩阵的列数要匹配, 即列数要相等。



3)除了使用矩阵连接符[], 还可以使用MATLAB提供的矩阵连接函数执行矩阵的连接: (例2)



# MATLAB 矩阵与数组



函数	功能
cat	指定方向连接
horzcat	水平方向连接
vertcat	竖直方向连接
repmat	通过对现有矩阵复制和粘贴操作重组矩阵
blkdiag	以对角阵的方式重组矩阵



## 2.3改变矩阵形状（例3）

在MATLAB中，除了用来改变矩阵大小的函数外，还提供了一些改变矩阵形状的函数，这些函数只是改变矩阵内元素的排列状态，而不增减矩阵元素的个数。下表列出了常用改变矩阵形状的函数。



# MATLAB 矩阵与数组



函数	功能
reshape	按指定的行列数排列矩阵 reshape(A,2,6)
rot90	逆时针旋转矩阵 $90^\circ$
fliplr	以垂直方向为轴将矩阵旋转 $180^\circ$
flipud	以水平方向为轴将矩阵旋转 $180^\circ$
flipdim	以指定方向为轴旋转矩阵





## 2.4 向量

1) 向量是行数或列数为1的特殊矩阵，其一般显示为  $1 \times n$  或  $n \times 1$  矩阵。生成一维向量的一般调用格式为：

$$x = (a:n:b)$$



其中， $a$  表示向量的起始值， $b$ 表示向量将要终止的值， $n$  为该向量数列的公差，即向量中某一数与其前一个数的差值。

公差 $n$  可以省略，在省略情况下，公差为1.

在生成向量时，从起始值 $a$ 开始，以公差 $n$ 依次递增，直到生成向量的最后一个值等于终止值 $b$ 或与 $b$  最为接近为止。



若 $n$ 大于0，一般来说要求 $a$ 小于 $b$ ，否则将生成一个空矩阵。

$a$ 大于 $b$ ， $n$ 小于0，可生成递减的等差向量。

2)生成向量除以上介绍的这种常用调用格式外，MATLAB还提供了一些函数，如下表所示：（例4）



# MATLAB 矩阵与数组



函数格式	功能
$\text{ linspace}(a, b)$	生成一个100个数（包含a、b）的行向量
$\text{ linspace}(a, b, n)$	生成一个n个数（包含a、b）的行向量
$\text{ logspace}(a, b)$	在[a,b]区间生成50个差值相等的数，并返回50个以10为底的幂组成的行向量
$\text{ logspace}(a, b, n)$	在[a,b]区间生成n个差值相等的数，并返回n个以10为底的幂组成的行向量
$\text{ logspace}(a, \pi)$	在[a, $\pi$ ]区间生成50个差值相等的数，并返回50个以10为底的幂组成的行向量

以上生成的都是行向量，要想得到列向量，只需在生成向量的命令行后加上“'”就可以了，如： $\text{ logspace}(2,3,10)'$ 。



## 2.5 矩阵元素的寻访

矩阵作为存储各种数据的基本单位，是若干相关元素的有序集合，为方便用户访问矩阵中的一个或多个元素，MATLAB引入了元素下标的概念。利用这些下标用户可以方便地访问矩阵中的任何元素，对其进行提取或赋值操作。



1)双下标寻访：在矩阵A中 $A_{23}$ 表示矩阵A的第二行、第三列的元素。

2)单下标寻访：在矩阵A中 $A_8$ 表示矩阵A的第8个元素。使用线性下标时，系统默认矩阵的所有元素按照列从上到下、行从左到右排成一行。

当矩阵很大时，这种计算显得比较繁琐，事实上，在MATLAB中还提供了双下标和单下标的转换函数：



sub2ind:用双下标计算出单下标;

ind2sub:用单下标计算出双下标。

3)寻访多个元素:(例5)

在MATLAB中仅仅对单个元素操作是不够的,往往需要对矩阵中整行、整列元素进行操作,这时就需要实现对多个元素的寻访操作。下表是寻访矩阵中多个元素的常用调用格式:



# MATLAB 矩阵与数组



调用格式	返回值
$A(:, j)$	返回二维矩阵A中第j列元素
$A(i, :)$	返回二维矩阵A中第i行元素
$A(:, j : k)$	返回二维矩阵A中第j列, 第j+1列, 直到第k列列向量组成的矩阵
$A(i : k, :)$	返回二维矩阵A中第i行, 第i+1行, 直到第k行行向量组成的矩阵
$A(i : k, j : l)$	返回二维矩阵A中行数在第i行到第k行、 列数在第j列到底l列的所有元素组成的矩阵
$A(:, :)$	返回矩阵A本身
$A(:)$	将矩阵A中的每列合并成一个长的列向量
$A(j : k)$	返回一个行向量, 其中的元素为A(:)中的从第j个元素到第k个元素
$A([j_1 j_2 \dots])$	返回一个行向量, 其中的元素为A(:)中的从第 $j_1, j_2 \dots$ 个元素





## 2.6 矩阵信息的获取

### 1) 获取矩阵的数据结构

MATLAB提供了判断矩阵本身数据结构的一些函数，如下表所示：



# MATLAB 矩阵与数组



函数	功能
isempty	判断矩阵是否为空矩阵
isscalar	判断矩阵是否为标量
isvector	判断矩阵是否为向量
issparse	判断矩阵是否为稀疏矩阵

这些函数的返回值为0和1,0表示假，1表示真。



## 2) 获取矩阵的尺寸信息（例6）

矩阵的尺寸信息，主要是指矩阵最长维的大小、矩阵维数、元素个数和指定维的长度。为确定矩阵的尺寸信息，MATLAB提供了四个函数：（例7）



# MATLAB 矩阵与数组



函数	功能
length	得到矩阵最长维长度
ndims	得到矩阵的维数
numel	得到矩阵的元素个数
size	得到矩阵指定维的长度



## 3 MATLAB数值运算

- 矩阵基本运算
- 关系运算与逻辑运算
- 运算符优先级



## 3.1矩阵的基本运算（例8）

矩阵的基本运算包括矩阵的加/减、矩阵乘除以及矩阵的幂运算。需要特别注意的是，MATLAB 中，矩阵基本运算还分为按矩阵运算和按位运算，这两种运算有着本质的不同。

### 1)矩阵的加/减



矩阵的加/减定义为对应元素的加/减，MATLAB中的加减运算的书写格式与算数加/减相同。

$$C = A \pm B$$

在做两矩阵加减运算时，矩阵的维数必须一致。否则运算失败。

矩阵与标量的加减：矩阵的每个元素都与该标量相加。



## 2)矩阵乘法

$$C = A * B$$

A的列数与B的行数相同

一般来说矩阵乘法不具有交换性,  $A * B \neq B * A$ ,  
对于标量 $x$ , 矩阵的相乘是可交换的,  $A * x = x * A$ 。





## 3) 矩阵的除法

线性代数中并没有矩阵除法，只有矩阵逆运算。矩阵除法是MATLAB从逆矩阵的概念引申来的。MATLAB中除法有两种算子，即右除算子和左除算子：

运算符	名称	说明
/	右除	$AB=C$ ，则 $A=C/B$ .
\	左除	$AB=C$ ，则 $B=A\backslash C$ .



- 如果 $a$ 、 $b$ 为标量，那么 $a/b$ 与 $b \backslash a$ 是等价的。对于矩阵 $A$ 、 $B$ ，通常 $A/B$ 与 $B \backslash A$ 是不同的。 $A/B$ 得到的是 $X * B = A$ 的解，而 $B \backslash A$ 得到的是 $B * X = A$ 的解。
- MATLAB在进行矩阵除法运算时，对右除 $A/B$ ，要求 $A$ 与 $B$ 列数相等；对左除 $B \backslash A$ ，要求 $A$ 与 $B$ 行数相等。



- 若A、B为方阵，B可逆，则A/B等价于 $A * inv(B)$ ， $B \setminus A$ 等价于 $inv(B) * A$ 。

## 4) 矩阵的幂运算

$$C = A^n$$

这里A是方阵，n是标量。



MATLAB还允许将矩阵作为指数，标量作为底数进行求幂运算：

$$C = x.^A$$

其中 $x$ 为标量， $A$ 为矩阵（不一定是方阵）。

幂运算的底数和指数不能同时为矩阵，否则将显示出错误信息。



## 5) 矩阵按位运算

运算法则：矩阵中所有元素按单个元素进行计算。

MATLAB中绝大部分函数都适用于按位计算，只有专门说明的几个除外，就是\*、/、\、^。这几个运算符都是按矩阵运算的运算符，其运算法则符合线性代数中的矩阵运算，为避免混淆，对于按位的乘、左除、右除以及幂运算需要在运算符前加一个（.）作为前导符。



.*	按位乘
./	按位右除
.\	按位左除
.^	按位幂

参与按位运算的两个操作数（矩阵或向量）必须是同阶的。



## 3.2关系运算符与逻辑运算符

### 1) MATLAB支持的关系运算符（例9）

指令	含义	指令	含义
>	大于	<=	不大于
<	小于	==	等于
>=	不小于	~=	不等于



上表中的比较运算符都是双操作运算符，两个操作数是大小相同的数组，或者其中一个为标量。例如： $A > \alpha$ ，其意义是A中所有元素分别于 $\alpha$ 作比较。





## 2) MATLAB支持的逻辑运算符（例10）

指令	含义	指令	含义
&	逻辑与	xfor	异或
	逻辑或	bitand(A,B)	数位逻辑与
&&	先决与	bitor(A,B)	数位逻辑或
	先决或	bitcmp(A,n)	数位逻辑非
~	逻辑非	bitxor(A,B)	数位异或



## 3) 关系逻辑函数

MATLAB定义了一类以“逻辑数组”为返回值的  
关系逻辑函数：



# MATLAB数值运算



指令	含义
<code>xor(A,B)</code>	A,B元素相同为0，不同为1
<code>any(A)</code>	只要A中有非0元为1，否则为0
<code>all(A)</code>	A中元素全非0时为1，否则为0
<code>isequal(A,B)</code>	A,B对应元素相等为1，否则为0
<code>ismember(A,B)</code>	A的元素属于B，相应位置为1， 否则为0



# MATLAB数值运算



any、all不是按位运算算子，且只对向量进行逻辑运算。当操作数为矩阵时，any、all对矩阵的列向量进行运算，其返回值是一横向量形式

isequal(A,B)的返回值是逻辑值而不是矩阵。

ismember(A,B) A,B维数可以不等。



## 3.3运算符优先级

MATLAB的的表达式包含多种运算符：数学运算符、关系运算符、逻辑运算符，这些运算符的优先级各不相同。熟悉各种运算符的优先级，所编程序才能准确表达原意。



# MATLAB数值运算



优先级	运算符					
1	括号()					
2	转置 .'	共轭转置 '	矩阵幂 ^			
3	代数正 +	代数负 -	逻辑否 ~			
4	按位乘 .*	按位左除 .\	按位右除 ./	矩阵左除 \	矩阵右除 /	矩阵乘 *
5	加 +	减 -				
6	冒号:					
7	小于 <	大于 >	等于 =	不小于 >=	不大于 <=	不等于 ~=
8	与 &					
9	或					
10	先决与 &&					



级别1优先级最高，级别11优先级最低。

具有相同优先级的运算符，按从左至右的次序执行。



### 3.4矩阵特征量

线性代数中有一些矩阵特征量刻画矩阵某方面的性质，如行列式、秩、特征值以及矩阵的逆。

1)矩阵的行列式(只能求方阵的行列式)（例11）

$$\det(A)$$





## 2) 矩阵的逆

非奇异矩阵 $A$ ，其逆矩阵 $A^{-1}$ 是满足以下条件的矩阵： $AA^{-1} = A^{-1}A = I$ （ $I$ 为单位矩阵）。

$$\text{inv}(A)$$

应用：求 $Ax=b$ 的解。（例12）

3) 矩阵的秩（例13）： $\text{rank}(A)$ 。



#### 4) 矩阵特征值（例13）

MATLAB中函数`eig`用于求矩阵特征值和特征向量：

- $D = eig(A)$ ，返回值D为N个特征值（可能重复）组成的向量.
- $[V, D] = eig(A)$ 返回值D为n阶对角阵，对角线上的元素为A的特征值；V为 $N \times N$ 矩阵，其第i列为特征值D(i,i)对应的特征向量.