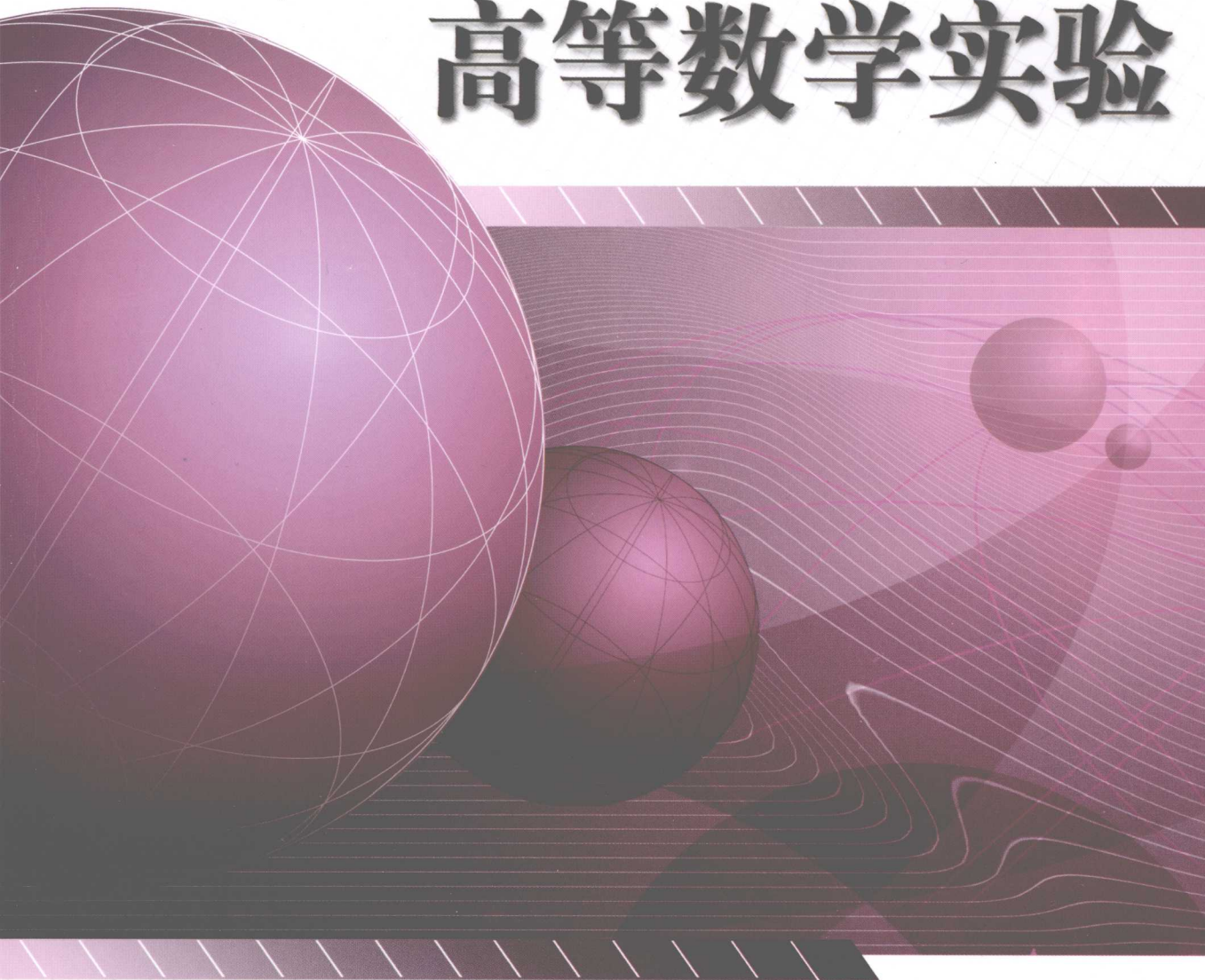


高等学校教材

# MATLAB

## 高等数学实验



电子工业出版社  
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

章栋恩  
徐美萍

马玉兰  
李双

编著

高等学校教材

# MATLAB 高等数学实验

章栋恩 马玉兰  
徐美萍 李 双 编著

电子工业出版社  
Publishing House of Electronics Industry  
北京·BEIJING

## 内 容 简 介

本书是高等数学的实验教材, 全书共分 1 个准备实验和 22 个数学实验, 其中微积分部分涉及一元函数微分学、积分学、无穷级数、常微分方程; 线性代数部分包含向量、矩阵、行列式、线性方程组、矩阵特征值与特征向量及二次型; 概率统计部分有统计数据概括、统计推断、回归分析、方差分析; 综合实验是投入产出模型、线性规划、非线性规划、层次分析法的实际应用。通过本教材的学习, 能使學生较熟练地使用 MATLAB 软件解决实际应用和计算问题, 并学会运用所学知识建立数学模型、解决一些综合性问题的方法。

本书可作为高等学校信息与计算科学专业及其他各专业的数学实验课教材, 也是一般工程技术人员、经济管理人员学习 MATLAB 软件的入门书籍。

未经许可, 不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有, 侵权必究。

### 图书在版编目 (CIP) 数据

Matlab 高等数学实验 / 章栋恩等编著. —北京: 电子工业出版社, 2008.11

高等学校教材

ISBN 978-7-121-07459-2

I. M… II. 章… III. 高等数学—算法语言—应用软件—高等学校—教材 IV. O245

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 151214 号

责任编辑: 许菊芳

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 17 字数: 381 千字

印 次: 2008 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 29.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010)88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010)88258888。

# 前 言

20世纪90年代以来,大学数学教学改革的最主要成果是数学实验课和数学建模课的创建、开设和不断完善。其主要背景是计算机技术的飞速发展。

中科院院士、北京大学姜伯驹教授曾经指出:“应当试验组织数学实验课程,在教师的指导下,探索某些理论的或应用的课题。学生的新鲜想法借助数学软件可以迅速实现,在失败与成功中得到真知。这种方式变被动的灌输为主动的参与,有利于培养学生的独立工作能力和创新精神”。实践证明,数学实验课是学生把数学理论知识应用于实践的一种教学模式。数学实验课教学能够把数学直观、形象思维与逻辑思维结合起来,能把抽象的数学公式、定理通过实验得到验证和应用,从而激发学生的学习兴趣。

本教材是为国内一般院校开设数学实验课而编写的。本书内容分为五个部分,其中微积分部分涉及一元函数微分学、积分学、无穷级数、常微分方程;线性代数部分包含向量、矩阵、行列式、线性方程组、矩阵特征值与特征向量及二次型;概率统计部分有统计数据概括、统计推断、回归分析、方差分析;综合实验是投入产出模型、线性规划、非线性规划、层次分析法的实际应用。

通过本教材的学习,使学生能够深入理解高等数学、线性代数和概率统计课程中的基本概念和基本理论,较熟练地使用MATLAB软件,培养学生运用所学知识建立数学模型,并使用计算机解决实际问题的能力。

由于各专业对数学的要求不同及安排的数学实验课的学时数不等,所以书中各部分内容之间相互独立,综合实验部分的各个实验之间也是相对独立的,教师可根据学生情况和学时数选取全部或部分实验进行教学。

教材中使用的数学软件MATLAB以6.0及以下的版本为准,书中程序均在个人计算机上调试通过。

参加本书编写的有章栋恩、马玉兰、徐美萍和李双。其中准备实验部分由章栋恩编写,微积分部分由马玉兰、徐美萍编写,线性代数部分由徐美萍编写,概率统计部分由李双编写,综合实验部分由章栋恩编写。

本书由北京市自然科学基金资助项目(批准号:1052007)和北京市教委骨干教师基金项目(批准号:PXM2007-014213-044566;批准号:19004811009)资助。

编者

2008年1月

## 反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396；(010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail : dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路173信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

# 目 录

准备实验	MATLAB 软件操作	(1)
0.1	MATLAB 软件的启动	(1)
0.2	MATLAB 常用命令、符号	(2)
0.3	数组及其运算	(6)
0.4	MATLAB 文件与编程	(9)
0.5	符号运算初步	(13)
0.6	MATLAB 作图初步	(15)
0.7	MATLAB 帮助系统	(18)
0.8	实验作业	(19)
实验一	一元函数的图形	(20)
	实验目的	(20)
1.1	学习 MATLAB 命令	(20)
1.2	实验内容	(24)
1.3	实验作业	(33)
实验二	极限与连续	(35)
	实验目的	(35)
2.1	学习 MATLAB 命令	(35)
2.2	实验内容	(36)
2.3	实验作业	(43)
实验三	导数	(44)
	实验目的	(44)
3.1	学习 MATLAB 命令	(44)
3.2	实验内容	(44)
3.3	实验作业	(48)
实验四	导数应用	(50)
	实验目的	(50)

4.1	学习 MATLAB 命令 .....	(50)
4.2	实验内容 .....	(51)
4.3	实验作业 .....	(59)
<b>实验五</b>	<b>一元函数积分学 .....</b>	<b>(61)</b>
	实验目的 .....	(61)
5.1	学习 MATLAB 命令 .....	(61)
5.2	实验内容 .....	(62)
5.3	实验作业 .....	(69)
<b>实验六</b>	<b>空间图形的画法 .....</b>	<b>(70)</b>
	实验目的 .....	(70)
6.1	学习 MATLAB 命令 .....	(70)
6.2	实验内容 .....	(73)
6.3	实验作业 .....	(78)
<b>实验七</b>	<b>多元函数微分学 .....</b>	<b>(80)</b>
	实验目的 .....	(80)
7.1	学习 MATLAB 命令 .....	(80)
7.2	实验内容 .....	(82)
7.3	实验作业 .....	(89)
<b>实验八</b>	<b>多元函数积分学 .....</b>	<b>(90)</b>
	实验目的 .....	(90)
8.1	学习 MATLAB 命令 .....	(90)
8.2	实验内容 .....	(91)
8.3	实验作业 .....	(100)
<b>实验九</b>	<b>无穷级数 .....</b>	<b>(102)</b>
	实验目的 .....	(102)
9.1	学习 MATLAB 命令 .....	(102)
9.2	实验内容 .....	(103)
9.3	实验作业 .....	(112)
<b>实验十</b>	<b>常微分方程 .....</b>	<b>(114)</b>
	实验目的 .....	(114)
10.1	学习 MATLAB 命令 .....	(114)

10.2	实验内容 .....	(115)
10.3	实验作业 .....	(126)
<b>实验十一</b>	<b>向量、矩阵与行列式 .....</b>	<b>(127)</b>
	实验目的 .....	(127)
11.1	学习 MATLAB 命令 .....	(127)
11.2	实验内容 .....	(128)
11.3	实验作业 .....	(138)
<b>实验十二</b>	<b>矩阵的秩与向量组的最大无关组 .....</b>	<b>(140)</b>
	实验目的 .....	(140)
12.1	学习 MATLAB 命令 .....	(140)
12.2	实验内容 .....	(140)
12.3	实验作业 .....	(145)
<b>实验十三</b>	<b>线性方程组 .....</b>	<b>(146)</b>
	实验目的 .....	(146)
13.1	学习 MATLAB 命令 .....	(146)
13.2	实验内容 .....	(146)
13.3	实验作业 .....	(155)
<b>实验十四</b>	<b>矩阵的特征值与特征向量, 相似变换, 二次型 .....</b>	<b>(156)</b>
	实验目的 .....	(156)
14.1	学习 MATLAB 命令 .....	(156)
14.2	实验内容 .....	(157)
14.3	实验作业 .....	(165)
<b>实验十五</b>	<b>统计数据的概括 .....</b>	<b>(166)</b>
	实验目的 .....	(166)
15.1	学习 MATLAB 命令 .....	(166)
15.2	实验内容 .....	(173)
15.3	实验作业 .....	(176)
<b>实验十六</b>	<b>统计推断 .....</b>	<b>(178)</b>
	实验目的 .....	(178)
16.1	学习 MATLAB 命令 .....	(178)
16.2	实验内容 .....	(180)



16.3 实验作业 .....	(187)
<b>实验十七 回归分析 .....</b>	<b>(189)</b>
实验目的 .....	(189)
17.1 实验准备 .....	(189)
17.2 学习 MATLAB 命令 .....	(191)
17.3 实验内容 .....	(192)
17.4 实验作业 .....	(205)
<b>实验十八 方差分析 .....</b>	<b>(208)</b>
实验目的 .....	(208)
18.1 学习 MATLAB 命令 .....	(208)
18.2 实验内容 .....	(209)
18.3 实验作业 .....	(214)
<b>实验十九 列昂惕夫投入产出模型 .....</b>	<b>(216)</b>
实验目的 .....	(216)
19.1 实验理论与内容 .....	(216)
19.2 实验作业 .....	(220)
<b>实验二十 线性规划 .....</b>	<b>(222)</b>
实验目的 .....	(222)
20.1 实验理论与内容 .....	(222)
20.2 实验作业 .....	(233)
<b>实验二十一 非线性规划 .....</b>	<b>(236)</b>
实验目的 .....	(236)
21.1 实验理论与内容 .....	(236)
21.2 实验作业 .....	(246)
<b>实验二十二 层次分析法 .....</b>	<b>(249)</b>
实验目的 .....	(249)
22.1 实验理论 .....	(249)
22.2 实验内容 .....	(253)
22.3 实验作业 .....	(260)

# 准备实验 MATLAB 软件操作

## 0.1 MATLAB 软件的启动

启动 MATLAB 以后，就进入 MATLAB 的桌面。图0.1为 MATLAB 6.5 的默认桌面。第一行为菜单行，第二行为工具栏。下面是三个最常用窗口：右边最大的是指令窗口（Command Window），左上方前台为工作空间（Workspace），后台为当前目录（Current Directory），左下方为指令历史（Command History），左下角还有一个开始（Start）按钮，用于快速启动演示（Demo）、帮助（Help）和桌面工具等。

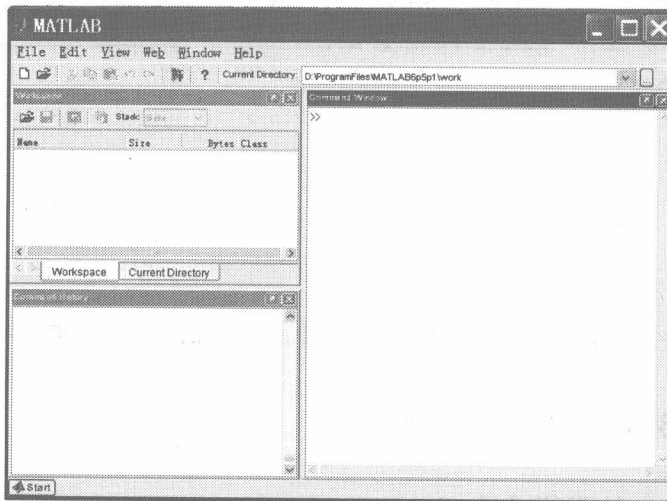


图 0.1 MATLAB 6.5 的默认桌面

### 0.1.1 窗口

窗 口	功 能
指令窗口（Command Window）	MATLAB 进行操作的主要窗口，窗口中的>>为指令输入的提示符，其后输入指令，按回车键（Enter）就执行运算，并输出运算结果
工作空间（Workspace）	列出内存中 MATLAB 工作空间的所有变量的变量名（Name）、值（Value）、尺寸（Size）、字节数（Bytes）和类型（Class）

(续表)

窗 口	功 能
当前目录 (Current Directory)	用鼠标单击可以切换到前台。看到该窗口列出当前目录的程序文件 (.m) 和数据文件 (.mat)
指令历史 (Command History)	窗口列出在指令窗口执行过的 MATLAB 指令行的记录

## 0.1.2 菜单和工具栏

菜单和工具栏类似于 Word 软件。

菜单/工具栏	使用 说明
File:New:M-file <sup>①</sup>	新建 M 文件
File:Import	导入数据文件 (Mat 文件)
File:Save workspace as	将工作空间所有变量和数据保存为数据 Mat 文件
File:Set path	设置 MATLAB 文件搜索路径
File:Preference	设置 MATLAB 选项, 如数据显示格式, 字体等
Desktop:Desktop Layout	窗口布局选择, 一般使用默认 (Default)
Current Directory	设置 MATLAB 当前目录

【例1】 在命令窗口输入:

```
a=1;b=2;c=a+b*pi
```

输出:

```
c=
7.2832
```

可以看到, 在工作空间和指令历史窗口, 对变量 a, b, c 和运算指令都有相应的记录。

## 0.2 MATLAB 常用命令、符号

### 0.2.1 命令窗口中的常用命令

命 令	含 义
clf	清除图形窗口
clc	清除命令窗中显示内容
clear	清除 MATLAB 工作内存中的变量
who	列出 MATLAB 工作内存中驻留的变量名清单
whos	列出 MATLAB 工作内存中驻留的变量名清单以及属性
help	帮助命令

① 菜单名中间的冒号表示选中上一级菜单 (冒号前面的菜单) 之后再选择下一级菜单 (冒号后面的菜单) ——编者注。

(续表)

命 令	含 义
edit	打开 M 文件编辑器
↑(↓)	向前(后)调出已输入过的指令
format	定义输出格式(默认值), 等效于 format short
format short	输出用带 4 位小数值的有效数字表示
format long	输出用 15 位数字表示
format short e	输出用 5 位科学计数法表示
format long e	输出用 15 位科学计数法表示
format rat	输出用近似有理数表示
format compact	显示变量之间不加空行(紧凑格式)
format loose	显示变量之间加空行
demo	浏览 MATLAB 软件基本功能
funtool	打开函数简单操作的可视化交互界面, 显示三个可操作图形窗口(见图 0.2)
Taylortool	打开可视化函数图形器, 观察不同次的泰勒多项式逼近函数的状态(详见实验九)

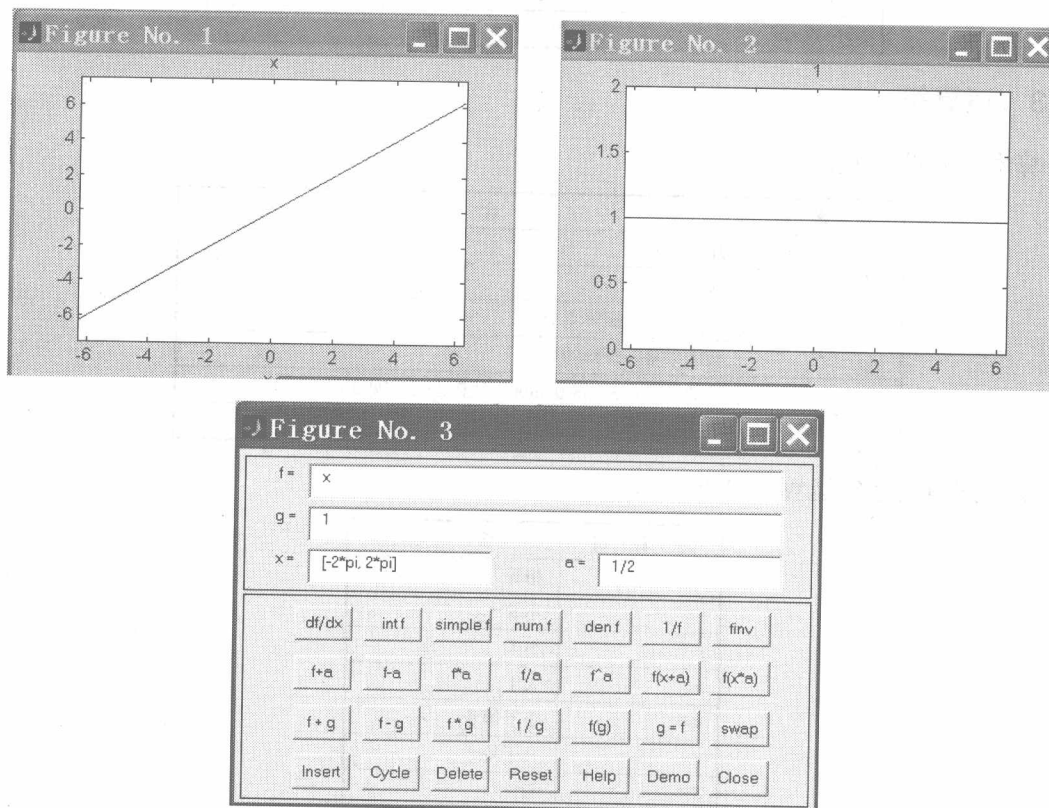


图 0.2 函数可视化交互界面

## 0.2.2 变量命名规则

变量名的第一个字符必须是英文字母，最多包含 31 个字符（包括英文字母、数字和下划线），变量中不得包含空格和标点符号，不得含有加减号。变量名和函数名区别字母的大小写，如 `matrix` 和 `Matrix` 表示两个不同的变量。要防止它与系统的预定义变量名（如 `i`, `j`, `pi`, `eps` 等）、函数名（如 `who`, `length` 等），保留字（如 `for`, `if`, `while`, `end` 等）冲突。

变量赋值用“=”（等于号）。

有一些变量永久驻留在工作内存中，不能再重新赋值。这些变量见下表。

变 量	含 义
<code>ans</code>	计算结果的默认变量名
<code>pi</code>	圆周率
<code>inf</code> 或 <code>Inf</code>	无穷大
<code>eps</code>	机器零阈值
<code>Flops</code>	浮点运算次数
<code>NaN</code> 或 <code>nan</code>	非数字

## 0.2.3 运算符

算术运算符见下表。

运 算 符	含 义
<code>+</code>	加
<code>-</code>	减
<code>*</code>	数之间乘，矩阵乘
<code>^</code>	数的乘幂，矩阵的幂
<code>\</code>	数的左除， <code>2\1</code> 得 0.5000，矩阵左除（见实验十三）
<code>/</code>	数的右除， <code>2/1</code> 得 2，矩阵右除

关系运算与逻辑运算符见下表。

运 算 符	含 义
<code>==</code>	相等
<code>~=</code>	不等
<code>&lt;</code>	小于
<code>&gt;</code>	大于
<code>&lt;=</code>	小于等于
<code>&gt;=</code>	大于等于
<code>&amp;</code>	与
<code> </code>	或
<code>~</code>	非

## 0.2.4 命令行中的特殊符号

名称	符号	含义
等号	=	赋值
空格		输入量与输入量之间的分隔符； 数组元素分隔符
逗号	,	输入量与输入量之间的分隔符； 数组元素分隔符
句点	.	数值运算中的小数点； 结构域的存取
分号	;	不显示计算结果命令的结尾标志； 数组行与行之间的分隔符
冒号	:	生成一维数值数组； 单下标索引时，表示全部元素构成的长列； 多下标索引时，表示所在维上的全部元素
注释号	%	在它后面的文字、命令等不被执行，用于注释
单引号对	' '	字符串标记符
单撇号	'	矩阵转置
方括号	[ ]	输入数组标记符
圆括号	( )	用于紧随函数名后； 用于运算式中的结合与次序
续行号	...	用于长表达式的续行

## 0.2.5 基本初等函数

函数类别	函数名称
三角函数	$\sin(x)$ $\cos(x)$ $\tan(x)$ $\cot(x)$ $\sec(x)$ $\csc(x)$
反三角函数	$\operatorname{asin}(x)$ $\operatorname{acos}(x)$ $\operatorname{atan}(x)$ $\operatorname{acot}(x)$ $\operatorname{asec}(x)$ $\operatorname{acsc}(x)$
双曲函数	$\sinh(x)$ $\cosh(x)$ $\tanh(x)$ $\operatorname{coth}(x)$ $\operatorname{sech}(x)$ $\operatorname{csch}(x)$
反双曲函数	$\operatorname{asinh}(x)$ $\operatorname{acosh}(x)$ $\operatorname{atanh}(x)$
$x$ 的平方根	$\operatorname{sqrt}(x)$
以 $e$ 为底的 $x$ 指数	$\operatorname{exp}(x)$
以 $e$ 为底的 $x$ 的对数	$\operatorname{log}(x)$
以 10 为底的 $x$ 的对数	$\operatorname{log10}(x)$

## 0.2.6 几个特殊的函数

函数名	含义
$\operatorname{round}(x)$	四舍五入函数，取最接近 $x$ 的整数
$\operatorname{floor}(x)$	取整函数，取不超过 $x$ 的最大整数

(续表)

函数名	含义
ceil(x)	取整函数, 取不小于 $x$ 的最小整数
fix(x)	取 $x$ 的整数部分
abs(x)	取 $x$ 的绝对值 (模)
real(z)	取复数 $z$ 的实部
imag(z)	取复数 $z$ 的虚部
angle(z)	取复数 $z$ 的辐角
conj(z)	取复数 $z$ 的共轭
mod(m,n)	输出 $m$ 除以 $n$ 的余数

【例2】 输入:

```
x=1.2; y=exp(x)*sin(x)^2, z=fix(y)
```

执行后输出:

```
y=  
2.8842  
z=  
2
```

## 0.3 数组及其运算

### 0.3.1 数组的输入与分析

最常用的数组是双精度数值数组。一维数组是向量, 二维数组是矩阵。一维数组可以视为二维数组的特例。

输入、分析各种数组的技巧可以从下面的例子中学习。

1. 输入:

```
clear; a=[1,2,3;4,5,6;7,8,9] % 输入3行3列矩阵a, 逗号可以用空格代替
```

输出:

```
a=  
1 2 3  
4 5 6  
7 8 9
```

2. 输入:

```
b=0:3:10 % 构造一维等差数组, 初值: 增量: 终值
```

输出:

```
b=
0    3    6    9
```

3. 输入:

```
b=0:5 % 增量 1 可以省略
```

输出:

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

4. 输入:

```
b=10:-3:0 % 输入递减等差数列
```

输出:

```
b=
10    7    4    1
```

5. 输入:

```
b=linspace(0,10,4) % 将区间[0,10]等分为 4-1=3 份
```

输出:

```
b=
0    3.3333    6.6667    10.0000
```

6. 输入:

```
length(b) % 查询一维数组 b 的长度 (元素的个数)
```

输出:

```
ans=
4
```

7. 输入:

```
size(a) % 查询二维数组 a 的尺寸, a 是 3 行 3 列的矩阵
```

输出:

```
ans=
3    3
```

8. 输入:

```
b(3) % 查询、提取 b 的第 3 个元素
```

输出:



```
ans=  
6.6667
```

### 9. 输入:

```
a(3,2) % 查询、提取 a 的第 3 行, 第 2 列的元素
```

输出:

```
ans=  
8
```

### 10. 输入:

```
a(:) % 将 a 的所有元素按单下标顺序排列为列向量, 注意排列方式是先  
第 1 列, 再第 2 列……, 与通常的情况相反
```

输出:

```
ans=  
1  
4  
7  
2  
5  
8  
3  
6  
9
```

### 11. 输入:

```
a(4) % 查询、提取将 a 的所有元素按单下标顺序排列后的第 4 个元素
```

输出:

```
ans=  
2
```

数组的部分元素可以按其编址提取和拼接, 例如:

```
b([1,end]) % 提取 b 的首和尾元素  
c=a([1 3],[2 3]) % 提取 a 的第 1, 3 行, 第 2, 3 列  
d=a(2,1:3) % 提取 a 的第 2 行的 1 至 3 列  
d1=a(2,:) % 提取 a 的整个第 2 行  
e=[a;d1] % 数组 a 与数组 d 拼接  
e(3,4)=15 % 修改 e 的 3 行 4 列元素的值为 15, e 的其余元素不变
```

请输入以上命令, 自己观察输出结果, 体会命令的功能。