

# 基于MATLAB的 大学数学实验

吴松林 方 玲 ⊙ 主编  
付诗禄 田艳芳 ⊙ 参编  
但 琦 ⊙ 主审

清华大学出版社

# 基于MATLAB的 大学数学实验

吴松林 方玲◎主编

付诗禄 田艳芳◎参编



本书的编写具有以下特点:

(1) 突出实践性。本书以MATLAB为实验平台, 结合大学数学课程, 将MATLAB与高等数学、线性代数、概率论与数理统计三门课程有机结合, 通过MATLAB软件实现数学实验, 使学生在学习理论知识的同时, 能够动手实践, 提高解决实际问题的能力。

(2) 注重对学生能力的培养。本书在编写过程中, 注重培养学生的数学建模能力、数据处理能力和编程能力。通过大量的实验案例, 使学生能够掌握MATLAB的基本操作和编程方法, 并能将其应用于实际问题中。

本书可作为高等院校理工科专业数学实验课程的教材, 也可供从事数学研究的科研人员参考。

本书由清华大学出版社出版, 定价为XX元。如有需要, 请向清华大学出版社或各省市新华书店订购。

本书的电子版可以在清华大学网站上免费下载, 下载路径为: <http://ftp.mup.tsinghua.edu.cn>。网上定价: 清华大学出版社。

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书基于通用编程平台 MATLAB,编写了 26 个大学数学实验,其中涉及“高等数学”(依托同济《高等数学》第六版)的基础实验有 9 个,“线性代数”(依托同济《线性代数》第五版)的基础实验有 4 个,“概率论与数理统计”的基础实验有 7 个,最后安排了 6 个综合实验。

本书适用对象广泛,可作为高等院校的数学实验教材,也可供学习大学数学的学生作为课外读物或动手实验的参考书。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

基于 MATLAB 的大学数学实验/吴松林,方玲主编. —北京:清华大学出版社,2018

ISBN 978-7-302-49548-2

I. ①基… II. ①吴… ②方… III. ①MATLAB 软件—应用—高等数学—实验—高等学校—教材  
IV. ①O13-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 026087 号

责任编辑:刘颖  
封面设计:傅瑞学  
责任校对:赵丽敏  
责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

印 装 者:三河市铭诚印务有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×230mm 印 张:19.25 字 数:421 千字

版 次:2018 年 2 月第 1 版 印 次:2018 年 2 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:45.00 元

产品编号:078548-01

# 前言

## Foreword

数学实验是结合所学数学知识,运用现代计算机技术和软件包解决实际问题的一门数学实践课。通过数学实验,不仅可以让学生理解教材中所学知识,还可以了解解决实际问题常用的数学方法,提高学数学和用数学的兴趣、意识和能力。数学实验对培养学生实事求是的科学态度、掌握科学研究的方法有着其他教育方式不可替代的作用,是教学过程必不可少的一个实践性环节。

本书以 MATLAB 为实验平台,配套大学数学三门主干课程(高等数学、线性代数、概率论与数理统计)的知识体系组织实验内容,全书共有 3 篇 5 章 26 个实验。预备篇(第 1 章)介绍 MATLAB 入门;基础篇(第 2~4 章)主要包括与高等数学、线性代数、概率论与数理统计三门课程相关的 20 个实验;提高篇(第 5 章)有 6 个综合实验。

本书的编写具有以下特点:

(1) 突出实验内容与大学数学基础课程体系的联系。实验内容与学生所学知识紧密联系,学生通过对本书实验内容的操作,可以加深对所学知识的理解,巩固所学知识,体验使用数学知识解决问题的乐趣。

(2) 注重对学生应用意识和实践能力的培养。以“用数学”为指导思想,在实验内容的编写上,除了教学生如何解决问题,还强调问题分析全过程的展示,力求训练学生运用数学方法解决问题的能力。

本书可作为高等学校理工科数学实验课的教材和参考书。此外,对于想参加大学生数学建模竞赛的同学,想在高等数学、线性代数、概率论与数理统计教学中加强实验环节的学校和教师,本书也是很好的辅助教材。

实验 23 中所用的数据可以在清华大学出版社的网站上下载,下载路径为 <ftp://ftp.tup.tsinghua.edu.cn/理工分社/数学相关资料/>《基于 MATLAB 的

《大学数学实验》数据包。

参编本书的作者吴松林、方玲、付诗禄、田艳芳均是工作在大学数学教学一线的教师。第1、4章由吴松林编写，第2章由付诗禄、田艳芳编写，第3章由方玲编写，第5章由吴松林、方玲编写。全书由吴松林负责统稿和定稿。在教材的编写和审定过程中，但琦教授主审了该教材。

由于编者水平有限，书中难免有不足和疏漏之处，恳请读者和同行专家批评指正。

编者

2017年10月

# 目录

## Contents

### 预备篇

#### 第 1 章 MATLAB 实验平台 \ 3

### 基础篇

#### 第 2 章 高等数学 \ 19

实验 1 函数的图像和性质 .....	19
实验 2 一元函数的极限与连续 .....	37
实验 3 一元函数微分学及其应用 .....	47
实验 4 一元函数积分学及其应用 .....	69
实验 5 常微分方程及应用 .....	78
实验 6 向量代数与空间解析几何 .....	88
实验 7 多元函数微分学 .....	101
实验 8 多元函数积分学 .....	117
实验 9 无穷级数 .....	134

#### 第 3 章 线性代数 \ 146

实验 10 矩阵与行列式 .....	146
实验 11 秩与线性相关性 .....	160
实验 12 线性方程组的求解 .....	164
实验 13 特征值与二次型 .....	172

#### 第 4 章 概率论与数理统计 \ 179

实验 14 随机事件及其概率 .....	179
----------------------	-----

实验 15	随机变量的概率分布 .....	185
实验 16	随机变量的数字特征 .....	189
实验 17	常见分布的随机数 .....	194
实验 18	统计作图、参数估计和假设检验 .....	201
实验 19	回归分析 .....	212
实验 20	方差分析 .....	221

由于编者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,恳请读者和同行专家批评指正。

## 提高篇

### 第 5 章 综合实验 \ 231

实验 21	斐波那契数列的通项公式 .....	231
实验 22	微分方程的三个典型案例 .....	237
实验 23	罐容表标定的积分模型 .....	247
实验 24	投资理财决策模型 .....	265
实验 25	线性代数的四个典型案例 .....	276
实验 26	蚊虫的概率和距离分类模型 .....	293

MATLAB 实验平台



# 预备篇

## | 第 1 章 MATLAB 实验平台 |

### 预备实验 MATLAB 入门

#### 实验目的

- 1. 了解 MATLAB 的基本概况。
- 2. 掌握 MATLAB 的基本操作、基本命令、基本编程设计。

#### 实验环境

##### 1.1 MATLAB 的进入与运行方式

MATLAB 是一套数值计算软件,分为桌面和两个工具箱。





# MATLAB 实验平台

MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件,是众多大学生最常用、最喜欢、最实用的软件。

MATLAB 由 matrix 和 laboratory 两个词的前 3 个字母组合而成,意为矩阵工厂(矩阵实验室),主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。它将数值分析、矩阵计算、数据可视化以及非线性动态系统的建模和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、工程设计以及必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案。它有如下的主要特点:

- (1) 高效的数值计算及符号计算功能,能使用户从繁杂的数学运算中解脱出来;
- (2) 具有完备的图形处理功能,实现计算结果和编程的可视化;
- (3) 友好的用户界面及接近数学表达式的自然化语言,使学者易于学习和掌握;
- (4) 功能丰富的函数和应用工具箱(如信号处理工具箱、通信工具箱等),为用户提供了大量方便实用的处理工具。

## 预备实验 MATLAB 入门

### 实验目的

1. 了解 MATLAB 的基本情况;
2. 掌握 MATLAB 的基本操作、基本命令、基本编程语句。

### 实验命令及内容

#### 1.1 MATLAB 的进入与运行方式

MATLAB 是一套数值计算软件,分为总包和若干个工具箱,可以实现数值分析、优化、

统计、微分方程数值解、信号处理、图像处理等若干领域的计算和图形显示功能。它将不同数学分支的算法以函数的形式分类成库,使用时直接调用这些函数并赋予实际参数就可以解决问题,快速而且准确。

MATLAB 建立在向量、数组和矩阵的基础上,使用方便,人机界面直观,输出结果可视化,深受用户欢迎,应用范围十分广泛。

### 1.1.1 MATLAB 的进入与界面

当你在计算机中成功地安装了 MATLAB 后,在 Windows 桌面上就会出现 MATLAB 图标。双击此图标,就进入 MATLAB 的界面。

MATLAB 的界面上共有五个窗口(参见图 0-1),它们是:

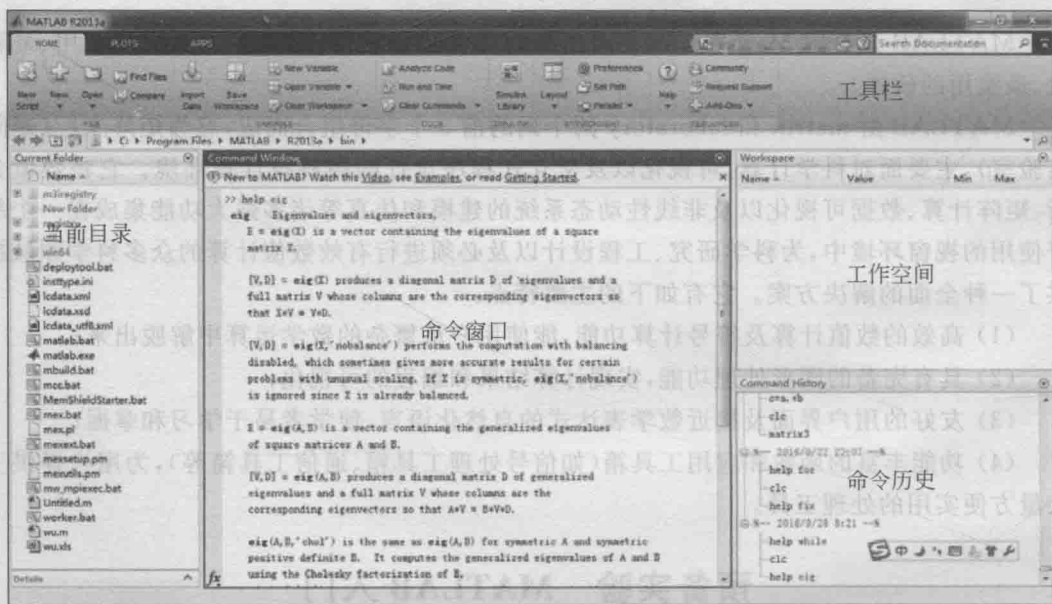


图 0-1 MATLAB 的主要界面

#### 1. 工具栏

该窗口中显示 MATLAB 主要菜单,包括命令文件的新建、存储,调试程序代码,路径的设置,命令的帮助等。

#### 2. 命令窗口(Command Window)

在命令窗口中可以直接输入命令行,以实现计算或绘图功能。

#### 3. 工作空间(Workspace)

该窗口中显示当前 MATLAB 的内存中使用的变量的信息,包括变量名、变量数组大小、变量字节大小和变量类型。

在工作空间窗口中选定某个变量后,双击变量名,将打开数组编辑器窗口(Array Editor),显示该变量具体内容,该显示主要用于数值型变量。也可以在数组编辑器修改该数据。

#### 4. 命令历史(Command History)

该窗口显示所有执行过的命令。利用该窗口,一方面可以查看曾经执行过的命令,另一方面,可以重复利用原来输入的命令,这只需在命令历史窗口中直接双击某个命令,就可执行该命令行。

#### 5. 当前目录(Current Directory)

该窗口显示当前工作目录下所有文件的文件名、文件类型和最后修改时间。可以在该窗口上方的小窗口中修改工作目录。

### 1.1.2 MATLAB 的运行方式

MATLAB 提供了两种运行方式:命令行运行方式和 M 文件运行方式。

命令行运行方式通过直接在命令窗口中输入命令行来实现计算或作图功能。但这种方式在处理比较复杂的问题和大量数据时相当困难。

而 M 文件运行方式则是先在一个以 m 为扩展名的 M 文件中输入一系列数据和命令,然后让 MATLAB 执行这些命令。MATLAB 的 M 文件有两种类型:脚本 M 文件和函数 M 文件。现在先介绍脚本 M 文件,函数 M 文件将在下一节中介绍。

一个比较复杂的程序常常要作反复的调试,这时可以建立一个脚本 M 文件并将其储存起来,以便随时调用计算。脚本 M 文件就是命令的简单叠加。建立 M 文件的方法是:在 MATLAB 窗口中单击 File 菜单,然后依次选择 New->M-File,打开 M 文件编辑窗口,在该窗口中输入程序文件,再以 m 为扩展名存储。要运行该 M 文件,只需在 M 文件编辑窗口的 Debug 菜单中选择 Run 即可。

## 1.2 变量与函数

### 1.2.1 变量

MATLAB 中变量的命名规则是:

- (1) 变量名必须是不含空格的单个词;
- (2) 变量名区分大小写;
- (3) 变量名最多不超过 19 个字符;
- (4) 变量名必须以字母打头,之后可以是任意字母、数字或下划线,变量名中不允许使用标点符号。

除了上述命名规则, MATLAB 还有几个特殊变量,见表 0-1。

表 0-1 特殊变量表

特殊变量	取 值
ans	用于结果的缺省变量名
pi	圆周率
eps	计算机的最小数,当它和 1 相加时就产生一个比 1 大的数
fllops	浮点运算数
inf	无穷大,如 1/0
NaN	不定量,如 0/0
i, j	$i=j=\sqrt{-1}$
realmin	最小可用正实数
realmax	最大可用正实数

### 1.2.2 数学运算符及标点符号

MATLAB 中的运算符见表 0-2。

表 0-2 数学运算符表

运算符	说 明
+	加法运算,适用于两个数或两个同阶矩阵相加
-	减法运算
*	乘法运算
*	点乘运算
/	点除运算
^	乘幂运算
\	反斜杠表示左除

MATLAB 中标点符号的含义是:

(1) MATLAB 的每条命令后,若为逗号或无标点符号,则显示命令的结果;若命令后为分号,则禁止显示结果。

(2) “%”后面所有文字为注释。

(3) “...”表示续行。

### 1.2.3 数学函数

MATLAB 所支持的部分常用函数见表 0-3。

例 1 求  $y = \sin x$  在  $x = \frac{\pi}{5}$  时的值。

表 0-3 常用基本函数

函 数	名 称	函 数	名 称
sin(x)	正弦函数	asin(x)	反正弦函数
cos(x)	余弦函数	acos(x)	反余弦函数
tan(x)	正切函数	atan(x)	反正切函数
abs(x)	绝对值	max(x)	最大值
min(x)	最小值	sum(x)	元素的总和
sqrt(x)	开平方	exp(x)	以 e 为底的指数
log(x)	自然对数	log10(x)	以 10 为底的对数
sign(x)	符号函数	fix(x)	取整

程序代码:

```
y=sin(pi/5)
```

运行结果:

```
y=0.5875
```

#### 1.2.4 函数 M 文件

MATLAB 的内部函数是有限的,有时为了研究某一个函数的各种性态,需要为 MATLAB 定义新函数,为此必须编写函数 M 文件。函数 M 文件是文件名后缀为 m 的文件,这类文件的第一行必须是一特殊字符 function 开始,格式为:

```
function 因变量名=函数名(自变量名)
```

下面各行行为从自变量计算因变量的语句,并最终将结果赋给因变量。函数 M 文件的文件名必须与函数名完全一致。

函数 M 文件与前面介绍的脚本 M 文件主要有以下差异:

- (1) 函数 M 文件的文件名必须与函数名相同。
- (2) 脚本 M 文件没有输入参数与输出参数,而函数 M 文件有输入与输出参数。对函数进行调用时,可以按少于函数 M 文件规定的输入与输出变量个数,但不能多于函数 M 文件规定的输入与输出变量个数。
- (3) 脚本 M 文件运行产生的所有变量都是全局变量,而函数 M 文件的所有变量除特别声明外,都是局部变量。

**例 2** 设函数  $f(x) = \sqrt{(x-20)^2 + 100^2} + \sqrt{(x-120)^2 + 120^2}$ 。

- (1) 求在 20,45 处的函数值;

(2) 作图。

在 M 文件编辑窗口输入下列两行：

```
function yy=f(x)
yy=sqrt((x-20).^2+100^2)+sqrt((x-120).^2+120^2);
```

以 f.m 将文件存盘并退出编辑状态,然后重新回到 MATLAB 命令窗口。这时可用指令

(1)  $x=[20\ 45];$

$f(x)$

(2)  $x=20:120;$

$y=f(x);$

$plot(x,y)$

运行结果如下：

(1)  $ans=256.2050\ 244.5874$

(2) 函数  $f(x)=\sqrt{(x-20)^2+100^2}+\sqrt{(x-120)^2+120^2}$  的曲线见图 0-2。

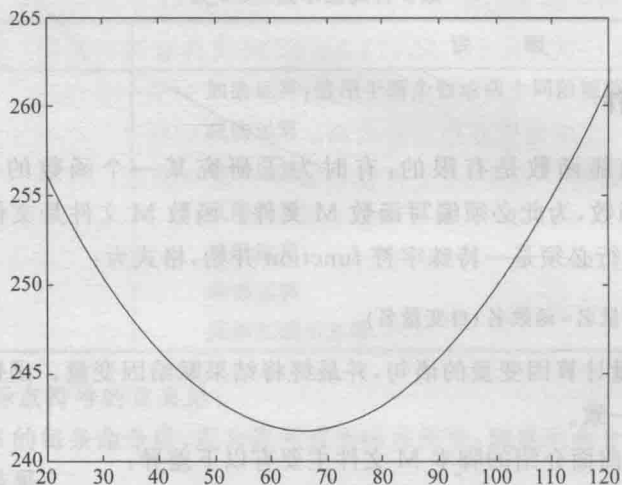


图 0-2 函数的曲线

## 1.3 数组

### 1.3.1 数组的建立

简单数组的输入方法见表 0-4。

表 0-4 简单数组的建立

MATLAB 命令	说 明
<code>x=[a b c d e f]</code>	创建包含指定元素的行向量
<code>x=first:last</code>	创建从 first 开始,加 1 计数,到 last 结束的行向量
<code>x=first:increment:last</code>	创建从 first 开始,加 increment 计数,到 last 结束的行向量
<code>linspace(first,last,n)</code>	创建从 first 开始,到 last 结束,有 n 个元素的行向量

程序代码:

```
x=[1 2 3 4 5 8 7 18]
y=1:7
z=3:2:9
v=[y z]
u=linspace(2,9,11)
```

运行结果:

```
x= 1 2 3 4 5 8 7 18
y= 1 2 3 4 5 6 7
z= 3 5 7 9
v= 1 2 3 4 5 6 7 3 5 7 9
u= 2.0000 2.7000 3.4000 4.1000 4.8000 5.5000 6.2000 6.9000
    7.6000 8.3000 9.0000
```

### 1.3.2 数组元素的访问

为了访问数组元素(分量),可对数组元素进行编址:

(1) 访问一个元素:数组元素可以用下标访问,如  $x(i)$  表示数组  $x$  的第  $i$  个元素。

如接上段命令编制程序:

```
x(4)
```

运行结果:

```
ans=4
```

(2) 访问一块元素:访问矩阵的某些元素或子块

$x(a:b:c)$  表示访问数组  $x$  的从第  $a$  个元素开始,以步长为  $b$  到第  $c$  个元素(但不超过  $c$ ), $b$  可以为负数, $b$  缺省时为 1。

如接上段命令编制程序:

```
y=x(2:2:7),z=u(9:-2:1)
```



运行结果:

```
y= 2    4    8
z= 7.6000    6.2000    4.8000    3.4000    2.0000
```

(3) 直接使用元素编址序号  $x([a \ b \ c \ d])$  表示提取数组  $x$  的第  $a, b, c, d$  个元素构成一个新的数组  $[x(a) \ x(b) \ x(c) \ x(d)]$ 。

如编制程序:

```
m=x([8 2 4 1])
```

运行结果:

```
m=18 2 4 1
```

### 1.3.3 数组的方向

前面例子中的数组都是一行数列,称之为行向量。数组也可以是列向量,它的数组操作和运算与行向量是一样的,唯一的区别是结果以列形式显示。

产生列向量有两种方法:直接产生和转置产生。

如编制程序:

```
c=[1; 2; 3; 4],b=c'
```

运行结果:

```
c=
     1
     2
     3
     4
b=1  2  3  4
```

**说明** 以空格或逗号分隔的元素指定的是不同列的元素,而以分号分隔的元素指定了不同行的元素。当数组  $b$  是复数时,转置( $b'$ )产生的是复数共轭转置,而点转置( $b.'$ )只对数组转置,不进行共轭。对于实数来说, $b'$ 和 $b.'$ 是等效的。

### 1.3.4 数组的运算

#### 1. 标量-数组运算

数组对标量的加、减、乘、除、乘方是数组的每个元素对该标量施加相应的加、减、乘、除、乘方运算。

设  $a=[a_1, a_2, \dots, a_n]$ ,  $c$  为一标量,则:

$$a+c=[a_1+c, a_2+c, \dots, a_n+c]$$