

高德宝 野金花 张彩霞 主编

数学软件及应用

Mathematics software and its application



国防工业出版社

National Defense Industry Press

数学软件及应用

高德宝 野金花 张彩霞 主编



国防工业出版社
National Defense Industry Press

·北京·

内 容 简 介

本书是基于最新版本的 MATLAB 2014A、LINGO12 和 IBM SPSS 20.0 编写的,全书分为三篇,总计十八章,由浅入深地介绍了这三个软件的基础入门和部分功能应用。第一章到第五章介绍了如何利用 MATLAB 软件绘制图形、程序设计和计算应用高等数学问题等;第七章至第十一章讲解了如何利用 LINGO 软件求解各种运筹学模型;第十二章至十八章描述了 SPSS 的一些统计分析功能,例如相关分析、均值比较、方差分析和聚类分析等。

本书可作为高等院校的应用数学、信息与计算科学、金融数学或统计学专业的数学软件教材或参考书,也可作为其他非数学专业师生的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

数学软件及应用/高德宝,野金花,张彩霞主编.—北京:国防工业出版社,2016.1
ISBN 978-7-118-10557-5

I. ①数... II. ①高... ②野... ③张... III. ①数学-应用软件 IV. ①O245

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 273142 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

涿中印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15¼ 字数 350 千字

2016 年 1 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 35.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

数学软件即处理数学问题的应用软件。它为计算机解决现代科学技术各领域中所提出的数学问题提供求解工具。数学软件及应用是数学理论与实践应用的一条重要纽带,它是一门理论联系实际较为活跃的软件学科之一。多数应用数学的理论都比较繁琐或难于理解,即使数学专业的本科生也难以将多数的应用理论理解透彻,甚至难以达到应用实践的程度。而像 LINGO 与 SPSS 这样的数学软件,不需要过多的求解理论与过程就能解决问题。学习这门课程,对于培养学生的应用数学能力、提高数学素养,使学生更好地适应将来所从事的工作。

考虑到研究性教学与案例性教学在高校的普及与推广和本科学生的实际水平需求,本书囊括了 MATLAB、LINGO、SPSS 三个数学软件的基础入门知识和一些实践应用,它们分别是科学计算、运筹学和统计分析三个领域的权威软件。在保证教材内容体系完整的基础上,尽可能地减少了课程内容,降低了授课难度,使得学生自主学习即可以领悟大部分内容,有教师讲解或辅导时能更好地理解全部内容。

本教材是黑龙江八一农垦大学的立项教材,由黑龙江八一农垦大学理学院有多年教学经验的教师共同编写。编写分工情况是:第一章至第五章由张彩霞编写;第六章至第十一章由高德宝编写;第十二章至第十八章由野金花编写。全书由高德宝统稿。

参加编写本书和审稿的老师为本书的出版付出了很多宝贵的时间与艰辛的努力,尽管如此,本书难免还会存在错误或不妥之处,希望广大读者批评指正。

编者
2015年5月



第一篇 MATLAB 2014 基础

第一章 MATLAB 概述 / 2

- 1.1 MATLAB 的功能简介 / 2
- 1.2 MATLAB 的界面 / 2
- 1.3 MATLAB 的帮助系统 / 3
 - 1.3.1 文档帮助 / 3
 - 1.3.2 演示帮助 / 4
 - 1.3.3 命令帮助 / 4
- 1.4 MATLAB 的操作基础 / 6
 - 1.4.1 常量与变量 / 6
 - 1.4.2 数据类型 / 9
 - 1.4.3 数值数据显示格式的设置 / 14
 - 1.4.4 运算符与运算 / 15
 - 1.4.5 常用的数学函数 / 19

第二章 数值计算与符号计算 / 23

- 2.1 矩阵分析 / 23
- 2.2 多项式的运算 / 32
- 2.3 符号计算 / 34
- 2.4 符号方程求解 / 37
 - 2.4.1 代数方程求解 / 38
 - 2.4.2 常微分方程求解 / 39
- 2.5 概率与数字特征的计算 / 40

第三章 MATLAB 绘图功能基础 / 44

- 3.1 二维图形 / 44
- 3.2 三维图形 / 48

第四章 MATLAB 程序设计基础 / 56

4.1 MATLAB 程序设计结构 / 56

4.1.1 顺序结构 / 56

4.1.2 条件选择结构 / 58

4.1.3 循环结构 / 61

4.1.4 错误控制结构 / 64

4.2 层次分析法 / 65

4.3 数据的输入/输出 / 68

第五章 Notebook 的应用 / 71

5.1 Notebook 的启动与菜单命令 / 71

5.2 Notebook 的使用 / 73

参考文献 / 76

第二篇 运筹学案例的 LINGO 软件求解

第六章 LINGO 软件的使用简介 / 78

6.1 LINGO 软件的基本使用方法 / 78

6.2 LINGO 软件基本用法的注意事项 / 83

6.2.1 在建立模型时需注意的几方面问题 / 83

6.2.2 在程序编写时需注意的问题 / 84

6.3 用 LINGO 建模语言求解数学优化模型 / 84

6.3.1 集合定义段 / 87

6.3.2 数据输入段 / 90

6.3.3 初始化段 / 91

6.3.4 程序计算段 / 91

6.3.5 目标约束段 / 95

6.4 LINGO 软件与其他软件交换数据 / 96

6.4.1 通过文本文件输入数据 / 98

6.4.2 通过 Excel 文件输入数据 / 99

第七章 线性规划与目标规划案例的 LINGO 求解 / 101

7.1 线性规划案例求解 / 101

7.2 目标规划案例求解 / 108

第八章 运输问题模型的 LINGO 求解 / 115

8.1 产销平衡的运输问题 / 115

8.2 产销不平衡的运输问题 / 118

8.3 转运问题 / 121

第九章 整数规划模型的 LINGO 求解 / 127

9.1 整数规划问题 / 127

9.2 0-1 规划问题 / 134

第十章 非线性规划模型的 LINGO 求解 / 141

第十一章 图与网络优化模型的 LINGO 求解 / 146

11.1 最短路问题 / 146

11.2 TSP 问题 / 149

11.3 最大流问题 / 151

11.4 最小费用流问题 / 153

11.5 最小生成树问题 / 155

参考文献 / 158

第三篇 统计分析软件 SPSS 初步

第十二章 SPSS 概述 / 160

12.1 SPSS 的功能 / 160

12.2 SPSS 的启动界面 / 160

12.3 SPSS 20.0 的帮助系统 / 162

12.3.1 联机帮助 / 162

12.3.2 帮助教程 / 162

12.3.3 个案研究 / 163

12.3.4 统计辅导 / 163

第十三章 数据文件的建立与管理 / 165

13.1 数据文件的建立与读取 / 165

13.1.1 数据文件的结构 / 165

13.1.2 数据的录入 / 167

13.1.3 从 txt 文件读取数据 / 168

13.1.4 从 Excel 文件读取数据 / 171

13.1.5 保存数据文件 / 172

13.2 数据文件的编辑 / 173

13.2.1 插入、删除变量或个案 / 173

13.2.2 根据已有变量建立新变量 / 173

13.2.3	个案选择 / 175
13.2.4	数据的定位 / 177
13.2.5	个案加权 / 178
13.2.6	数据标准化 / 178
13.2.7	对个案内的值计数 / 179
13.2.8	数据转置 / 181
13.3	数据文件的整理 / 181
13.3.1	个案排序 / 181
13.3.2	个案排秩 / 182
13.3.3	合并文件 / 183
13.3.4	拆分文件 / 186
第十四章	数据的描述性分析 / 188
14.1	描述性统计 / 188
14.2	频率分析 / 190
14.3	探索分析 / 193
第十五章	统计绘图 / 197
15.1	条形图 / 197
15.1.1	简单条形图 / 198
15.1.2	复式条形图 / 199
15.1.3	堆积面积图 / 200
15.2	3D 条形图 / 201
15.3	线图 / 203
15.3.1	简单线图 / 203
15.3.2	多线线图 / 204
15.3.3	垂直线图 / 205
15.4	饼图 / 206
第十六章	回归分析与相关分析 / 208
16.1	线性回归分析 / 208
16.2	曲线估计 / 213
16.3	相关分析 / 217
第十七章	均值比较与方差分析 / 221
17.1	均值比较 / 221
17.1.1	单样本 t 检验 / 221
17.1.2	两独立样本 t 检验 / 222

17.1.3 两配对样本 t 检验 / 224

17.2 方差分析 / 225

17.2.1 单因素方差分析 / 225

17.2.2 双因素方差分析 / 227

第十八章 聚类分析 / 229

参考文献 / 235

第一篇

MATLAB 2014 基础



MATLAB 是英文“Matrix Laboratory”的缩写,中文意思为“矩阵实验”。MATLAB 于 20 世纪 70 年代诞生,经过 40 多年的发展与完善,它已成为一种高效的科学计算语言体系。现今,MATLAB 已成为国际公认的标准计算软件并且被广泛地应用于科学计算、数据分析、算法开发、工程绘图和仿真等很多不同的领域。

本篇以 Windows 操作系统下的 MATLAB R2014a 为蓝本,基于相关的数学知识和受于篇幅限制,仅对 MATLAB 的一些基础知识进行简单介绍。

第一章 MATLAB 概述

1.1 MATLAB 的功能简介

MATLAB 的功能十分丰富而强大,在数学领域且使用频率较高的功能主要有以下几个方面。

1. 数值计算和符号计算功能

MATLAB 的基本数据单位是矩阵。MATLAB 的指令与表达式接近于书写形式,这使得矩阵运算变得非常简洁、方便与高效。当然,数据的加、减、乘、除以及数学函数的运算均是特殊的矩阵运算。MATLAB 本身有超过 500 种数学、统计、科学及工程领域的函数,用户可随意调用。

MATLAB 的符号计算功能是通过调用 MATLAB 的符号工具箱实现的,它可以解决在高等应用数学和工程计算领域中经常遇到的符号计算问题。

2. 智能化的绘图功能

MATLAB 具有强大的图形绘制功能。它可以在多种坐标系下绘制二维曲线、三维曲线或三维曲面。另外,它可使工程计算的结果可视化,使原始数据的关系更加清晰明了。它还能够利用图形或动画直观、形象地描述或演示数据的动态变化过程。

3. 高效的程序设计语言体系

MATLAB 的程序设计系统是一个人一机界面友好、编程效率高的高级语言体系。它的命令表达方式简单易懂。这个程序设计语言体系包括程序控制语句、函数调用、数据结构、输入输出和面向对象编程等结构。

4. 文字处理功能

Notebook 是 MATLAB 提供的同时具有 Word 文字处理功能和 MATLAB 本身一些功能的工作环境,在这个工作环境中可以进行文字处理、数值计算、绘制图形和工程设计等。

5. 功能丰富的工具箱

MATLAB 的功能包括基本功能和工具箱功能两大部分。MATLAB 有 30 多个工具箱,它们在各自所属的学科领域具有专门的功能。另外,工具箱具有良好的可扩展性,它可以被任意增减。

1.2 MATLAB 的界面

在 Windows 操作系统下有两种常见的启动 MATLAB 软件的方法。

(1) 单击 Windows 开始菜单,依次选择“所有程序→MATLAB R2014a”或“所有程序

→MATLAB →R2014a→MATLAB R2014a”即可启动 MATLAB 软件。

(2) 如果用户在桌面上建立了快捷方式,也可双击快捷方式启动 MATLAB 软件。

当启动 MATLAB 时,会弹出如图 1-1 所示的 MATLAB 系统默认的启动界面。利用“界面转换栏”可以在“主页”“绘图”和“应用程序”3 个界面之间相互转换。在“主页”这个界面主要有 3 个窗口:当前工作夹、工作区和命令行窗口。“当前工作夹”是指 MATLAB 当前所访问的文件所在的文件夹。在“工作区”中可以浏览用户已经创建的或已经导入的数据。在“命令行窗口”中的命令行提示符“>>”之后,用户可以输入创建变量命令或调用函数命令的程序代码。其余两个界面的布局与“主页”界面的布局基本一致。



图 1-1 MATLAB 的启动界面

1.3 MATLAB 的帮助系统

MATLAB 本身自带一个比较完备和十分友善的帮助系统。这个系统包括文档帮助、演示帮助和命令帮助等,无论是初学者还是高级用户都可以从这些帮助中更快捷、准确地了解与掌握 MATLAB 的各种使用方法。



1.3.1 文档帮助

单击图 1-1 启动界面工具栏中的“?”按钮或在“帮助”下拉单中选择“文档”,就会弹出如图 1-2 所示的“文档帮助”窗口。

在“文档帮助”窗口中的“搜索文档”框内输入关键词进行查询,即可获得相关信息。

在“文档帮助”窗口中的所有帮助目录都是一级目录,单击这些目录会有下一级的目录弹出,依次进行下去就会得到具体的帮助信息。



图 1-2 “文档帮助”窗口



1.3.2 演示帮助

在“帮助”下拉菜单中选择“示例”,就会弹出如图 1-3 所示的“演示帮助”窗口。

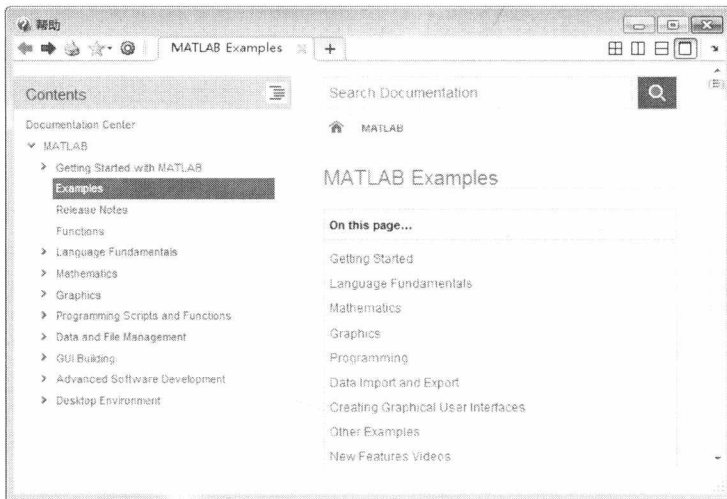


图 1-3 “演示帮助”窗口

单击左侧目录的“Examples”,在右侧的目录中单击相应的目录就会转到一些能演示的案例,然后选择其中一个就能进行动画播放演示。



1.3.3 命令帮助

命令帮助是指在命令行窗口中输入帮助命令来获取相关函数或软件信息的帮助。这些帮助命令主要有 help、lookfor 和 help funname。

1. help 命令

help 是最常用的帮助命令。在命令行提示符后输入 help 后回车,将会显示当前帮助系统中所包含的所有项目以及搜索路径中所有的目录名称。例如:

```
> > help
```

帮助主题:

```
matlabhdlcoder\matlabhdlcoder - (没有目录文件)
matlab\testframework          - (没有目录文件)
matlabxl\matlabxl             - MATLAB Builder EX
matlab\demos                   - Examples.
matlab\graph2d                 - Two dimensional graphs.
matlab\graph3d                 - Three dimensional graphs.
matlab\graphics                - Handle Graphics.
matlab\plottools               - Graphical plot editing tools
matlab\scribe                  - Annotation and Plot Editing.
matlab\specgraph               - Specialized graphs.
matlab\uitools                 - Graphical user interface components and tools
toolbox\local                  - General preferences and configuration information.

matlab\optimfun                - Optimization and root finding.
matlab\codetools               - Commands for creating and debugging code
matlab\datafun                 - Data analysis and Fourier transforms.
...                             ...

build\xpblocks                 - (没有目录文件)
build\xpcobsolete              - (没有目录文件)
xpc\xpcedemos                  - (没有目录文件)
```

注:省略号是由作者所加,为节省篇幅而略掉大部分内容。以下的省略号内容相同,不再叙述。

2. lookfor 命令

当用户希望查找某个函数的功能,但不知道其准确名称而仅知道关键词时,可以用 lookfor 命令进行查找。例如查找三角余弦函数的用法如下:

```
> > lookfor cos
```

```
acos - Inverse cosine, result in radians.
acosd - Inverse cosine, result in degrees.
acosh - Inverse hyperbolic cosine.
acsc - Inverse cosecant, result in radian.
acscd - Inverse cosecant, result in degrees.
acsch - Inverse hyperbolic cosecant.
cos - Cosine of argument in radians.
...
slsincos - This is a private mask helper file for sine and cosine blocks in
...
...
```

enginetradeoff_cost - Compute controller cost based on sensor accuracy, actuator response, and
 enginetradeoff_demopad - Engine Design and Cost Tradeoffs
 sdorectifier_cost -

3. help funname 命令

如果用户知道函数的确切名称,这时可以用 help funname 命令查找函数的具体用法。使用示例如下:

```
>> help cos
cos - Cosine of argument in radians
```

This MATLAB function returns the cosine for each element of X.

```
Y = cos(X)
```

cos 的参考页

另请参阅 [acos](#), [acosd](#), [cosd](#), [cosh](#)

名为 cos 的其他函数

[fixedpoint/cos](#), [symbolic/cos](#)

1.4 MATLAB 的操作基础

本节主要介绍 MATLAB 的常量与变量、数据类型、数值的输出格式、运算符与运算、字符串的处理等,是应用 MATLAB 软件的基础。

注: MATLAB 的程序语句与命令必须在英文状态下输入,解释说明内容除外。



1.4.1 常量与变量

1. 常量

MATLAB 软件本身固有一些常量,这些常量的表示符号及其功能描述如表 1-1 所示。

表 1-1 常量符号及其功能描述

常量符号	功能描述
j 或 i	虚数单位,即 $i^2 = j^2 = -1$
pi	圆周率 $\pi = 3.1415926\dots$
eps	浮点数的相对误差 $\text{eps} = 2.2204 \times 10^{-16}$
INF 或 inf	无穷大,包括 $+\infty$, $-\infty$
realmax	机器能处理的最大正实数
realmin	机器能处理的最小正实数
NaN 或 nan	不确定的值,包括 $0/0$, ∞/∞

其中:eps 为计算机的浮点运算精度,当某个数的绝对值小于 eps 时,机器认为这个数是 0。

当在 MATLAB 中输入 eps、pi、realmax、realmin 时就会获得这些常数的数值,例如:

```
>> eps
ans =
    2.2204e-16
>> pi
ans =
    3.1416
>> realmin
ans =
    2.2251e-308
>> realmax
ans =
    1.7977e+308
```

其中:2.2204e-16 即 2.2204×10^{-16} ,其他类似;ans 是最新计算结果的赋值变量。

2. 变量

变量是在程序运行过程中其值可以改变的量,变量由变量名来表示。在 MATLAB 中变量名的命名有自己的规则,可以归纳成如下几条。

- (1) 变量名必须以字母开头,且只能由英文字母、数字或者下划线等 3 类符号组成。
- (2) 变量名区分字母的大小写。
- (3) 变量名不能超过 63 个字符。
- (4) 关键字不能作为变量名。

MATLAB 有 20 个系统关键字,它们分别是 break、case、catch、classdef、continue、else、elseif、end、for、function、global、if、otherwise、parfor、persistent、return、spmd、switch、try 和 while。

- (5) 最好不要用表 1-1 中的特殊常量符号做变量名。

另外,在 MATLAB 的工作空间中,还驻留了几个由系统本身定义的变量,称为预定义变量。常见的预定义变量及其功能描述如表 1-2 所示。

当然,预定义变量符号最好也不要作为其他用途的变量名。

变量按其使用的有效范围可分为局部变量、全局变量和永久变量。

局部变量是在函数中定义的变量,仅在函数空间中有效。当调用函数时,这些局部变量会被分配给存储空间。当函数调用结束时,这些局部变量就会被删除。局部变量不必特别定义,只要给出变量名,MATLAB 会自动建立。

全局变量是在 MATLAB 的全部工作空间中有效的变量,它可以为几个函数提供共享变量。当在一个工作空间内改变该变量的值时,该变量在其他工作空间内的值也会改变。定义全局变量时需用 global 命令。

表 1-2 常见预定义变量及其功能描述

预定义变量	功能描述
ans	最新计算结果的赋值变量
nargin	函数输入参数个数
nargout	函数输出参数个数
lasterr	存放最新的错误信息
lastwarn	存放最新的警告信息

永久变量只允许定义它的函数存取。当定义它的函数退出时, MATLAB 不会从内存中将其清除,下次调用该函数时,将使用永久变量被保留的当前值。只有退出 MATLAB 或清除定义它的函数时,永久变量才能从内存中被清除。定义永久变量时需用 persistent 命令。

变量的赋值语句有两种格式:

(1) 变量 = 表达式。

(2) 表达式。

若表达式后面有英文符号“;”,则不显示变量及其值,否则显示。

例 1 局部变量与全局变量的定义与赋值举例。

```
> > clear all; % 清除用户原先定义的变量
> > a=3;% 定义局部变量并赋值
> > b=4
b =
    4
> > a+b;
> > a+b
ans =
    7
> > if=4 % 当用关键字作为变量符号时,系统会给出错误信息
if=4
|
```

错误: 等号左侧的表达式不是用于赋值的有效目标。

```
> > global MAXB MINB % 定义两个全局变量,中间用空格隔开
> > MAXB=3.14;
> > MINB=2.71827;
> > who% 查看内存变量列表
```

您的变量为:

```
MAXB MINB a b
```

```
> > whos% 查看内存变量的详细信息
```

Name	Size	Bytes	Class	Attributes
MAXB	1x1	8	double	global
MINB	1x1	8	double	global
a	1x1	8	double	
b	1x1	8	double	

其中:语句“clear all;”是清除内存中的所有内存变量,同时恢复固有常量的值;“a = 3;”表示给变量“a”赋值“3”;其余的语句类同。由于永久变量只能在函数中定义,这里无法举例,但其定义方法与全局变量的定义方式类似。

MATLAB 是以矩阵为基本运算单元的,即便是实数, MATLAB 也是将其视作 1×1 矩阵,而数组被视作 $1 \times n$ 矩阵。

例 2 数组与矩阵的赋值举例。

```
> > clear
> > ar=[1,3,4,6]
```