

 MATLAB应用技术丛书

MATLAB

数学建模与仿真

◎ 周品 赵新芬 编著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

MATLAB 应用技术丛书

MATLAB 数学建模与仿真

周品 赵新芬 编著



国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书着重介绍 MATLAB 在数学方面主要使用命令和内容,读者在学习了本书之后,能很快掌握 MATLAB 在数学方面的主要功能,并能用 MATLAB 去解决实际中遇到的问题。本书目的是培养学生运用所学知识建立数学模型,使用计算机解决实际问题的能力,从而培养学生的综合应用能力和创新素质。本书包括高等数学、线性代数、计算方法、数理探究实验和数学建模实验等仿真实验,并通过对一些物理过程进行数值模拟,加深了对物理学知识和规律的理解,其中所选择的数学建模实例大多取自美国和我国近年来大学生数学建模比赛的试题。

本书可作为理工科各专业的高年级本科生、研究生以及其他专业科技人员学习 MATLAB 数学实验、建模、仿真方面的教材或参考书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 数学建模与仿真/周品,赵新芬编著. —北京:国防工业出版社,2009.4
(MATLAB 应用技术丛书)
ISBN 978-7-118-06214-4

I. M... II. ①周...②赵... III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 018525 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)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 24 $\frac{3}{4}$ 字数 569 千字

2009 年 4 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—4000 册 定价 39.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422

发行邮购:(010)68414474

发行传真:(010)68411535

发行业务:(010)68472764

前 言

计算机技术的迅猛发展使得数学在自然科学、工程技术、经济管理乃至人文社会科学中越来越成为解决实际问题的有力工具。这对于现有的数学教材体系本身构成了巨大冲击,要求数学教学改革的呼声日益高涨。在这种背景下,数学实验建模课应运而生。它将在数学教育改革中扮演重要的角色。

人类的进步离不开科学研究和实验,数学是一门基础科学理论,也是一种非常有用的技术。有识之士指出:“今天,在技术科学中最有用的数学研究领域是数值分析和数学建模”,“一切科学与工程技术人员的教育必须包括越来越多的数学和计算科学的内容。数学建模和相伴的计算正成为工程设计过程中的关键工具。科学家正日益依赖于计算方法以及在解释结果的精度和可靠性方面有充分的经验。”“说到底,高技术是数学技术。”

20世纪90年代以来的大学数学课程教学改革的主要背景是计算机技术的迅猛发展,而数学建模和数学实验成为推动这项改革的火车头。随着数学运算软件(如MATLAB、Mathematica、Maple、SAS、SPSS等)的广泛使用,计算机已经成为工程师应用数学解决工程问题的主要运算工具。同时,工程专业的学生对数学教育的需求重点正在从手工演绎和运算能力的培养转变到结合计算机软件进行建模、求解和论证能力的培养。然而,我国1950年以来形成的大学数学教学体系未能及时适应这一转变,以致一些经过四年系统数学教育的学生不知道如何运用数学解决实践中的问题。

数学建模实验是将数学方法和计算机知识结合起来,用于解决实际生活中存在问题的一门方法实验课;是继本科生在掌握了高等数学、工程数学、运筹学及数学建模理论部分等基本数学理论和基本建模方法后,使用主流数学软件,通过较其他流行语言更为方便的计算机编程求解众多领域数学建模问题的计算机实践课。通过本门课的学习,可使学生将所学的数学知识和其他专业知识很好地应用到解决实际问题中去,强调利用计算机及各种资料解决实际问题动手能力的培养,扩大受益面,为学生

所学专业服务,给课程设计、毕业论文提供强有力的方法论指导,提高了学生的综合素质。

计算机的发明产生了深远的影响,一个重要方面是对数学计算的影响。许多过去难以计算的问题今天能够得以完成,这使得数学技术和数学建模的地位越来越重要。

吴文俊院士指出:“任何数学都要讲究逻辑推理,但这只是问题的一个方面,更重要的是用数学去解决问题,解决日常生活中、其他科学中出现的数学问题。学校给的数学题目都是有答案的,已知什么,求证什么,都是很清楚的,题目也是一定做得出的。但是来到了社会上,所面对的问题大多是预先不知道答案的,甚至不知道是否会有答案。这就要求培养学生培养创造能力,学会处理各种实际数学问题的方法。”

开设数学建模课正是为学习“用数学”、加强动手能力、训练创新思维所做的一种有益尝试。数学建模是一种有用的学习手段:通过对特定例子的计算和观察,可帮助我们直观地理解非常抽象的数学内容,了解它的应用背景,化枯燥为有趣,激发学习数学的兴趣。数学建模是一种有效的科研方法:将一堆数据可视化,或者选择有代表性的特定实例进行观察,从中发现和归纳有意义的规律并进行理论论证,这种研究方法广泛地被科学工作者采用。

通过数学建模课的学习,我们应该掌握必要的实验手段,学习有用的实验设计方法和思想,激发学习数学的兴趣,体会数学技术的重要性,注重创新思维的训练,提高自身的数学素养,为未来将面对的科学研究和生产实践奠定必要的基础。

MATLAB 是 Matrix Lab 的缩写,有数学演算纸之称,是一款功能强大的数学软件。用它能轻松地进行各种数学计算和符号演算,绘制多种可视化图形。MATLAB 指令和相应的数学表达很类似,符合我们的习惯。例如,学习 MATLAB 的基本矩阵运算指令几乎是将线性代数的有关内容重述一遍,只不过其表达略有不同而已。这种表达上的匹配性,一方面可使读者很快入门 MATLAB,而另一方面,在学习各类数学课程(如高等数学、线性代数和概率统计)或专业课程(如自动控制)时,如果运用 MATLAB 进行计算,也可加深对课程内容的理解,提高学习的兴趣。而这正是数学建模的主要目的之一。

全书共分为 16 章。第 1 章介绍了 MATLAB 入门,包括 MATLAB 的安装及使用、向量与矩阵运算等;第 2 章介绍了特殊函数与图形,包括预备知识、建模与计算实验等;第 3 章介绍了线性方程组,包括线性方程组求解、投入产出分析和基因遗传等;第 4 章介绍了函数和方程,包括求方程近似解的简单方法和最小二乘法、方程根的近似计算等;第 5 章介绍了定积分的近似计算,包括矩形法、梯形法和抛物线法、计算定积分近似值等;第 6 章介绍了常微分方程,包括 Euler 法和刚性方程组、产品销售量的增长和导弹系统的改进等;第 7 章介绍了 MATLAB 符号运算,包括符号矩阵算术操作、基本初等运算等;第 8 章介绍了随机模拟和统计分析,包括计算机模拟、零件参数设计等;第 9 章介绍了数据建模,包括插值、拟合和回归分析、异常数据的处理和线性化等;第 10 章介绍了线性规划与非线性规划,包括线性规划与非线性规划基本知识、建模与计算实验等;第 11 章介绍了矩阵的特征值与特征向量,包括求矩阵特征值与特征向量的迭代法原理、建模与计算实验等;第 12 章介绍了整数线性规划,包括整数线性规划基本理论、0-1 型整数线性规划等;第 13 章介绍了图与网络优化,包括图与网络、建模与计算实验等;第 14 章介绍了古典密码与破译,

包括建模与计算实验等;第 15 章介绍了动态规划,包括动态规划的基本知识、逆序算法和 MATLAB 程序、建模与计算实验等;第 16 章介绍了部分智能优化算法,包括遗传算法与优化问题、人工神经网络、粒子群算法等内容。

本书可作为理工科各专业的高年级本科生、研究生以及其他专业科技人员学习 MATLAB 数学实验、建模、仿真方面的教材或参考书。

本书力求内容丰富、图文并茂、文字流畅,使之成为一本学习和使用 MATLAB 数学建模与仿真方面有价值的参考书。由于作者水平有限,错误或疏漏之处在所难免,敬请读者批评指正。

作者

2009 年 1 月

目 录

第 1 章	MATLAB 入门	1
1.1	MATLAB 的安装及使用	1
1.1.1	MATLAB 的安装	1
1.1.2	MATLAB 基本用法	2
1.2	向量与矩阵运算	7
1.2.1	向量及矩阵的生成	7
1.2.2	矩阵操作	17
1.2.3	矩阵的基本运算	18
1.3	MATLAB 编程	38
1.3.1	脚本文件和函数文件	38
1.3.2	程序流程控制	40
1.3.3	函数调用和参数传递	48
1.3.4	内联函数	53
1.3.5	利用函数句柄执行函数	55
1.3.6	程序的调试	57
1.4	MATLAB 中的图形	62
1.4.1	二维作图	62
1.4.2	三维作图	70
1.4.3	统计回归图	73
1.5	在线帮助和文件管理	75
1.5.1	在线帮助	75
1.5.2	文件和目录管理	76
第 2 章	特殊函数与图形	78
2.1	预备知识	78
2.1.1	绘图简介	78
2.1.2	相关 MATLAB 命令	78

2.2	建模与计算实验	81
第3章	线性方程组	86
3.1	预备知识	86
3.2	计算实验:线性方程组求解	89
3.3	建模实验:投入产出分析和基因遗传	99
3.3.1	投入产出分析	99
3.3.2	基因遗传	101
第4章	函数和方程	103
4.1	预备知识	103
4.1.1	求方程近似解的简单方法	103
4.1.2	最小二乘法	107
4.2	计算实验:方程根的近似计算	111
4.2.1	二分法求根	111
4.2.2	牛顿迭代法求根	113
4.2.3	用 MATLAB 中的内部函数求根	115
4.3	建模实验:路程估计问题	116
第5章	定积分的近似计算	119
5.1	预备知识	119
5.1.1	矩形法	119
5.1.2	梯形法	120
5.1.3	抛物线法	120
5.1.4	三种算法的误差估计	121
5.1.5	相关的 MATLAB 命令	122
5.2	计算实验:计算定积分近似值	125
5.2.1	矩形法计算定积分近似值	125
5.2.2	编程用矩形法计算定积分的近似值	127
5.2.3	编程用梯形法计算定积分的近似值	127
5.3	建模实验:奶油蛋糕	128
5.3.1	导数、单调性与极值	128
5.3.2	奶油蛋糕	129
第6章	常微分方程	135
6.1	预备知识	135
6.1.1	微分方程的相关知识	135

6.1.2	解常微分方程的 MATLAB 命令	139
6.2	计算实验:欧拉法和刚性方程组	147
6.2.1	欧拉法	147
6.2.2	刚性方程组	150
6.3	建模实验:产品销售量的增长和导弹系统的改进	152
6.3.1	产品销售量的增长	152
6.3.2	导弹系统的改进	153
第 7 章	MATLAB 符号运算	158
7.1	符号对象	158
7.1.1	符号对象的定义	158
7.1.2	计算精度和数据类型转换	160
7.1.3	符号矩阵和符号函数	161
7.2	符号矩阵算术操作	164
7.3	基本初等运算	166
7.4	符号微积分	178
7.5	积分变换	184
7.6	Taylor 级数	188
7.7	其他	191
7.8	便捷函数作图	197
7.8.1	函数曲线图	197
7.8.2	函数曲面图	199
7.9	符号计算局限性和 Maple 调用	202
7.9.1	符号计算局限性	202
7.9.2	Maple 的调用	204
第 8 章	随机模拟和统计分析	219
8.1	预备知识	219
8.1.1	概率和统计的相关知识	219
8.1.2	概率和统计的 MATLAB 指令	226
8.2	计算实验:计算机模拟	234
8.2.1	蒙特卡洛方法	234
8.2.2	产生模拟随机数的计算机命令	242
8.2.3	连续系统和离散系统的计算机模拟	244
8.3	建模实验:零件参数设计	249
第 9 章	数据建模	255
9.1	预备知识	255

9.1.1	插值、拟合和回归分析的相关知识	255
9.1.2	插值、拟合和回归分析的 MATLAB 指令	258
9.2	计算实验:异常数据的处理和线性化	267
9.2.1	异常数据的处理	267
9.2.2	线性化最小二乘拟合	268
9.3	建模实验:人口预测问题和海底测量	268
9.3.1	人口预测问题	268
9.3.2	海底测量	272
第 10 章	线性规划与非线性规划	276
10.1	预备知识	276
10.1.1	线性规划与非线性规划的相关知识	276
10.1.2	线性规划与非线性规划的 MATLAB 指令	279
10.2	建模与计算实验	281
10.2.1	线性规划	281
10.2.2	非线性规划	282
10.3	补充知识:线性规划单纯形算法	286
第 11 章	矩阵的特征值与特征向量	294
11.1	预备知识	294
11.1.1	方阵特征方程的求解法	294
11.1.2	计算特征值和特征向量的迭代法	294
11.1.3	求方阵特征值的有关命令	299
11.2	建模与计算实验	300
第 12 章	整数线性规划	306
12.1	预备知识	306
12.1.1	整数线性规划的相关知识	306
12.1.2	整数线性规划 MATLAB 参考程序	308
12.2	0-1 型整数线性规划	311
12.2.1	整数线性规划的相关知识	311
12.2.2	整数线性规划 MATLAB 指令及参考程序	312
12.3	建模与计算实验	316
第 13 章	图与网络优化	322
13.1	预备知识	322
13.1.1	图与网络的基本知识	322

13.1.2	Kruskal 算法与 Dijkstra 算法的 MATLAB 程序	324
13.2	建模与计算实验	327
第 14 章	古典密码与破译	330
14.1	预备知识	330
14.1.1	数学知识	330
14.1.2	MATLAB 命令	331
14.2	建模与计算实验	332
14.2.1	代替密码	332
14.2.2	Hill 密码	334
第 15 章	动态规划	338
15.1	预备知识	338
15.1.1	基本思想与逆序解法的直观问题	338
15.1.2	动态规划的基本概念及其数学描述	339
15.2	逆序算法和 MATLAB 程序	340
15.2.1	逆序算法	340
15.2.2	动态规划逆序算法的 MATLAB 程序	341
15.3	建模与计算实验	343
15.3.1	生产计划问题	343
15.3.2	最短路径问题	347
15.3.3	资源(设备)分配问题	348
15.3.4	复杂系统可靠性问题	350
15.3.5	任务均衡问题	352
第 16 章	部分智能优化算法	354
16.1	遗传算法与优化问题	354
16.1.1	预备知识	354
16.1.2	建模与计算实验	361
16.2	人工神经网络	364
16.2.1	预备知识:人工神经网络基本概念介绍	364
16.2.2	MATLAB 命令与计算举例	367
16.3	粒子群算法	373
16.3.1	粒子群算法简介	373
16.3.2	算法流程及参数	374
16.3.3	建模与计算实验	375
附录	377
参考文献	383

第1章 MATLAB 入门

MATLAB 是当今国际很流行的科学计算软件。信息技术、计算机技术发展到今天,科学计算在各个领域得到了广泛的应用。在许多方面诸如控制论、时间序列分析、系统仿真、图像信号处理等产生了大量的矩阵及其相应的计算问题。自己去编写大量的繁杂的计算程序,不仅会消耗大量的时间和精力,减缓工作进程,而且往往质量不高。美国 MATHWORK 软件公司推出的 MATLAB 软件就是为了给人们提供一个方便的数值计算平台而设计的。

MATLAB 是一个交互式的系统,它的基本运算单元是不需指定维数的矩阵,按照 IEEE 的数值计算标准(能正确处理无穷数 Inf(Infinity)、无定义数 NaN(not-a-number)及其运算)进行计算。系统提供了大量的矩阵及其他运算函数,可以方便地进行一些很复杂的计算,而且运算效率极高。MATLAB 命令和数学中的符号、公式非常接近,可读性强,容易掌握,还可以利用它所提供的编程语言进行编程完成特定的工作。除基本部分外, MATLAB 还根据各专门领域中的特殊需要提供了许多可选的工具箱,如应用于自动控制领域的 Control System 工具箱和神经网络中的 Neural Network 工具箱等。

1.1 MATLAB 的安装及使用

1.1.1 MATLAB 的安装

MATLAB 有各种版本,早期有 MATLAB 1.0 for 386 的 DOS 版本,后来逐步发展。MATLAB 还有许多附加的部分,最常见的部分称为 Slimulink,是一个用做系统仿真的软件包,它可以让你定义各种部件,定义各自对某种信号的反映方式及与其他部件的连接方式。最后选择输入信号,系统会仿真运行整个模拟系统,并给出统计数据。Slimulink 有时是作为 MATLAB 的一部分提供的,称为 MATLAB with Slimulink 版本。MATLAB 还有许多工具箱,它们是根据各个特殊领域的需要,用 MATLAB 自身的语言编写的程序集,使用起来非常方便。用户可以视工作性质和需要购买相应的工具箱。常见的工具箱见表 1-1。

表 1-1 常见的工具箱

Signal Process	信号处理	System Identification	系统辨识
Optimization	优化	Neural Network	神经网络
Control System	自动控制	Spline	样条
Symbolic Math	符号代数	Image Process	图像处理
Nonlinear Control	非线性控制	Statistics	统计

1.1.2 MATLAB 基本用法

从 Windows 中双击 MATLAB 图标, 会出现 MATLAB 命令窗口(Command Window), 在一段提示信息后, 出现系统提示符“>>”。MATLAB 是一个交互系统, 在提示符后键入各种命令, 通过上下箭头可以调出以前打入的命令, 用滚动条可以查看以前的命令及其输出信息。

如果对一条命令的用法有疑问, 可以用 Help 菜单中的相应选项查询有关信息, 也可以用 help 命令在命令行上查询, 您可以试一下 help、help help 和 help eig(求特征值的函数命令)。

下面先从输入简单的矩阵开始掌握 MATLAB 的功能。

1. 输入简单的矩阵

输入一个小矩阵的最简单方法是用直接排列的形式。矩阵用方括号括起来, 元素之间用空格或逗号分隔, 矩阵行与行之间用分号分开。例如输入:

```
>>A=[1 2 3;4 5 6;7 8 0]
```

系统会回答:

```
A=
```

```
1    2    3
4    5    6
7    8    0
```

表示系统已经接受并处理了命令, 在当前工作区中建立了矩阵 A。

大的矩阵可以分行输入, 用回车键代替分号, 如:

```
>>A=[1 2 3
```

```
4 5 6
```

```
7 8 0]
```

结果和上式一样, 也是

```
A=
```

```
1    2    3
4    5    6
7    8    0
```

2. 矩阵元素

MATLAB 的矩阵元素可以是任何数值表达式。如:

```
>>x=[-1.3 sqrt(3) (1+2+3)*4/5]
```

结果:

```
x=
```

```
-1.3000    1.7321    4.8000
```

在括号中加注下标, 可取出单独的矩阵元素。如:

```
>>x(5)=abs(x(1))
```

结果:

```
x=
```

```
-1.3000    1.7321    4.8000         0    1.3000
```

注：结果中自动产生了向量的第5个元素，中间未定义的元素自动初始为零。

大的矩阵可把小的矩阵作为其元素来完成，如：

```
>>A=[A:[10 11 12]]
```

结果：

```
A=
```

```
     1     2     3
     4     5     6
     7     8     0
    10    11    12
```

小矩阵可用“:”从大矩阵中抽取出来，如：

```
>>A=A(1:3,:);
```

即从 A 中取前三行和所有的列，重新组成原来的 A 。

3. 语句和变量

MATLAB 的表述语句、变量的类型说明由 MATLAB 系统解释和判断。MATLAB 语句通常形式为

变量 = 表达式

或者使用其简单形式为

表达式

表达式由操作符或其他特殊字符、函数和变量名组成。表达式的结果为一个矩阵，显示在屏幕上，同时保存在变量中以备用。如果变量名和“=”省略，则具有 `ans` 名(意思指回答)的变量将自动建立。例如：

键入 1900/81

结果为：

```
ans =
```

```
23.4568
```

需注意的问题有以下几点：

(1) 语句结束键入回车键，若语句的最后一个字符是分号，即“;”，则表明不输出当前命令的结果。

(2) 如果表达式很长，一行放不下，可以键入“...”(三个点，但前面必须有个空格，目的是避免将形如“数 2...”理解为“数 2.”与“..”的连接，从而导致错误)，然后回车。

(3) 变量和函数名由字母加数字组成，但最多不能超过 63 个字符，否则系统只承认前 63 个字符。

(4) MATLAB 变量字母区分大小写，如 A 和 a 不是同一个变量，函数名一般使用小写字母，如 `inv(A)`不能写成 `INV(A)`，否则系统认为未定义函数。

4. who 和系统预定义变量

输入 `who` 命令可检查工作空间中建立的变量，如：

```
>>Who
```

系统输出为：

Your variables are:

```
A      ans      x
```

这里表明三个变量已由前面的例子产生了。

但列表中列出的并不是系统全部的变量，系统还有以下内部变量：

```
eps, pi, Inf, NaN
```

变量 `eps` 在决定诸如矩阵的奇异性时，可作为一个容许差，容许差的初值为 1.0 到 1.0 后计算机所能表示的下一个最大浮点数，IEEE 在各种计算机、工作站和个人计算机上使用这个算法。用户可将此值置为任何其他值(包括 0 值)。MATLAB 的内部函数 `pinc` 和 `rank` 以 `eps` 为默认的容许差。

变量 `pi` 是 π ，它是用 `imag(log(-1))` 建立的。

`Inf` 表示无穷大。如果您想计算 $1/0$ ，即输入

```
>>S = 1/0
```

结果会是

```
Warning: Divide by zero.
```

```
S =
```

```
Inf
```

具有 IEEE 规则的机器，被零除后，并不引出出错条件或终止程序的运行，而产生一个警告信息和一个特殊值在计算方程中列出来。

变量 `NaN` 表示它是个不定值，由 `Inf/Inf` 或 `0/0` 运算产生。

要了解当前变量的信息请键入 `whos`，屏幕将显示：

Name	Size	Bytes	Class
A	4×3	96	double array
S	1×1	8	double array
ans	1×1	8	double array
x	1×5	40	double array

```
Grand total is 19 elements using 152 bytes
```

从 `Size` 及 `Bytes` 项目可以看出，每一个矩阵实元素需 8B 的内存。4×3 的矩阵使用 96B，全部变量的使用内存总数为 152B。自由空间的大小决定了系统变量的多少，如计算机上有虚拟内存的话，其可定义的变量个数会大大增加。

5. 数和算术表达式

MATLAB 中数的表示方法和一般的编程语言没有区别。如：

```
3          -99          0.0001
9.63972    1.6021E-20    6.02252e23
```

在计算中使用 IEEE 浮点算法其舍入误差是 `eps`。浮点数表示范围是 $10^{-308} \sim 10^{308}$ 。

数学运算符有：

```
+      加
-      减
*      乘
/      右除
```

\ 左除

^ 幂

这里 $1/4$ 和 $4\backslash 1$ 有相同的值, 都等于 0.25 (注意比较: $1/4 = 4$)。只有在矩阵的除法时左除和右除才有区别。

6. 复数与矩阵

在 MATLAB 中输入复数首先应该建立复数单位:

```
i = sqrt(-1)及 j = sqrt(-1)
```

之后复数可由下面语句给出:

```
Z = 3+4i (注意: 在 4 与 i 之间不要留有任何空间!)
```

输入复数矩阵有两个方便的方法, 如:

```
A = [1 2; 3 4]+i*[5 6; 7 8]
```

和

```
A = [1+5i 2+6i; 3+7i 4+8i]
```

两式具有相等的结果。但当复数作为矩阵的元素输入时, 不要留有任何空间, 如 $1+5i$, 如在“+”号左右留有空格, 就会被认为是两个分开的数。

不过实际使用复数时并没有这么麻烦, 系统有一个名为 `startup.m` 的 MATLAB 命令文件, 建立复数单位的语句也放在其中。当 MATLAB 启动时, 此文件自动执行, i 和 j 将自动建立。

7. 输出格式

任何 MATLAB 语句执行结果都可在屏幕上显示, 同时赋给指定的变量, 没有指定变量时赋给 `ans`。数字显示格式可由 `format` 命令来控制(Windows 系统下的 MATLAB 系统的数字显示格式可以由 File 菜单中的 Preferences 菜单改变)。Format 仅影响矩阵的显示, 不影响矩阵的计算与存储(MATLAB 以双精度执行所有的运算)。

首先, 如果矩阵元素是整数, 则矩阵显示就没有小数, 如 $x = [-1\ 0\ 1]$ 结果为

```
x =
```

```
-1    0    1
```

如果矩阵元素不是整数, 则输出形式见表 1-2(用命令: `format` 格式进行切换)。

表 1-2 format 命令

格式	中文解释	说明
<code>format</code>	短格式(默认格式)	Default, Same as SHORT
<code>format short</code>	短格式(默认格式)	Scaled fixed point format with 5 digits(只显示五位十进制数)
<code>format long</code>	长格式	Scaled fixed point format with 15 digits
<code>format short e</code>	短格式 e 方式	Floating point format with 5 digits
<code>format long e</code>	长格式 e 方式	Floating point format with 15 digits
<code>format short g</code>	短格式 g 方式	Best of fixed or floating point format with 5 digits
<code>format long g</code>	长格式 g 方式	Best of fixed or floating point format with 15 digits
<code>format hex</code>	16 进制格式	Hexadecimal format

(续)

格式	中文解释	说 明
format +	+格式	The symbols +,- and blank are printed for positive,negative and zero elements.Imaginary parts are ignored
format bank	银行格式	Fixed format for dollars and cents
format rat	有理数格式	Approximation by ratio of small integers
format compact	压缩格式	Suppress extra line-feeds
format loose	自由格式	Puts the extra line-feeds bank in

例如:

```
>>x = [4/3 1.2345e-6]
```

在不同的输出格式下的结果为

短格式	1.3333	0.0000
短格式 e 方式	1.3333e+000	1.234e-006
长格式	1.3333333333333333	0.000001234500000
长格式 e 方式	1.3333333333333333e-000	1.234500000000000e-006
有理数格式	4/3	1/810045
16 进制格式	3ff5555555555555	3eb4b6231abfd271
+格式	+	+

对于短格式, 如果矩阵的最大元素比数 999999999 大, 或者比数 0.0001 小, 则在打时将加入一个普通的长度因数。如 $y=1.e20*x$, 意为 x 被 10^{20} 乘, 结果为

```
y =
```

```
1.0e+020 *
```

```
1.3333      0.0000
```

“+”格式是显示大矩阵的一种紧凑方法, “+”、“-”和空格显示正数、负数和零元素。

最后 format compact 命令压缩显示的矩阵, 允许更多的信息显示在屏幕上。

8. Help 求助命令和联机帮助

Help 求助命令很有用, 它对 MATLAB 大部分命令提供了联机求助信息。您可以从 Help 菜单中选择相应的菜单, 打开求助信息窗口查询某条命令, 也可以直接用 help 命令。

```
>>help
```

得到 help 列表文件, 键入“help 指定项目”, 如:

```
>>help eig
```

则提供特征值函数的使用信息。

```
>>help[
```

显示如何使用方括号等。

```
>>help help
```

显示如何利用 help 本身的功能。

还有, 键入 lookfor<关键字>: 可以从 M 文件的 help 中查找有关的关键字。