



# MATLAB

## 基础及在经济学 与管理科学中的应用

王 翼 王歆明 编著



机械工业出版社  
CHINA MACHINE PRESS

# MATLAB 基础及在经济学 与管理科学中的应用

王翼 王歆明 编著



机械工业出版社

本书为经济学类和管理学类专业的本科高年级的选修课教材。它在本科阶段学习的数学课程和应用之间架起一座桥梁,使得学生可以将本科阶段学习的数学通过 MATLAB 语言方便地应用到高年级的专业课程中。

本书由两部分组成:第 1 部分包括第 1~5 章,讲述 MATLAB 的基础知识,主要内容有 MATLAB 的基本特征;如何应用 MATLAB;如何编写脚本文件和用户自定义函数;MATLAB 的程序设计;符号运算和二维、三维图形的绘制。第 2 部分包括第 6~12 章,讲述 MATLAB 在经济学与管理科学中的应用,主要内容有数据分析与可视化;预测方法;线性规划;静态最优化与比较静态分析;动态最优化;线性二次型动态最优化问题和动态规划等问题的 MATLAB 求解。

本书中所有的程序都在 MATLAB 2007a 上得以运行,这些程序在 MATLAB 的新版本 2008a 上同样可以运行。

#### 图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 基础及在经济学与管理科学中的应用/王翼,王歆明编著. —北京:机械工业出版社,2009.7

ISBN 978-7-111-27580-0

I. M… II. ①王…②王… 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 115763 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:张宝珠 吴超莉

责任印制:洪汉军

北京瑞德印刷有限公司印刷(三河市胜利装订厂装订)

2009 年 8 月·第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.5 印张·403 千字

0001-3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-27580-0

定价:29.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

销售服务热线电话:(010) 68326294 68993821

购书热线电话:(010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话:(010) 88379753 88379739

封面无防伪标均为盗版

# 前 言

数学现在已经成为经济学和管理科学教学与研究的重要工具。经济学家和管理科学家用数学来更严格地阐述、更精炼地表达他们的观点和理论，用数学模型来分析各个变量之间的相互依存关系。数理分析的方法已经成为这一领域主要的研究方法。可以说，学好数学是学好经济学和管理科学的必要条件。这个必要性在于，这个领域内许多概念需要用数学来定义，所研究的系统的行为也要通过建立数学模型进行研究。建立数学模型以后，很多已有的数学研究成果都可以用来对系统进行分析和研究，得到有用的结论。运用数学模型进行分析，使得逻辑更加严谨，并且清楚地阐明一个结论的适用范围，给出一个理论结论成立的确切条件。利用数学有利于得到不是那么直观就能得到的结果。因此，不了解相关的数学知识，就很难准确理解概念的内涵，也就无法对相关的问题进行推理和讲解。理解概念是学习一门学科、分析某一问题的前提。因而如果想学好经济学和管理科学，并从事研究工作，就需要掌握必要的数学知识和技能。

经济学和管理科学相关专业的学生，在大学本科阶段学习了很多数学课程，包括高等数学、线性代数、概率统计等，这些课程为本科生学习后续的经济学和管理科学的课程打下了一个较好的数学基础。学好了这些数学课程，会觉得后续课程学起来相对容易，可以提高学习后续课程的效率，但是有些学生在应用这些数学工具时常常因为其复杂的数学计算而不能得心应手，因此使得专业教师在教学中也不敢放手应用这些数学工具。有的学生虽然能够较好地运用所学的数学工具，但是由于运用这些数学工具分析具体的经济系统或管理系统时，常需要大量的数学推演和复杂的数值计算，耗费大量时间，使得这些数学工具的应用受到了很大的限制。例如，如果对一组参数进行分析需要大量的计算时间，就不可能对多组参数进行分析对比，而通过多组参数的对比，分析参数变化对所研究的系统的影响，对于深刻理解所学的内容是非常重要的，因此要使经济学和管理科学相关专业的学生，在大学本科阶段学习的数学课程能够很好地应用，真正有助于专业课的学习，就需要借助于强有力的数学软件。本书为经济学类和管理学类专业的本科高年级的选修课教材。它在本科阶段学习的数学课程和应用之间架起一座桥梁，使得学生可以将本科阶段学习的数学通过 MATLAB 语言方便地应用到高年级的专业课程中。

MATLAB 是具有很强的数值计算、符号运算、仿真和图形显示功能的计算机数学语言。它含有大量的函数，特别适用于经济学和管理科学的教学与研究，也方便用户自己编制程序。有许多著名的经济学家的教学与研究工作都采用 MATLAB 语言。MATLAB 语言在管理科学中也有广泛的应用。MATLAB 不能代替数学，但学了高等数学、线性代数、概率统计等数学课程以后，再掌握了 MATLAB 就是如虎添翼，可以应用自如了。

本书的编写力求由浅入深和循序渐进，引导读者逐步掌握 MATLAB 在经济学与管理科学中的应用，使得读者在学习专业课程时能得心应手地面对所遇到的数学问题。读者在学习过程中，既应用了数学工具，又不必花过多的时间用于数学演算。

本书用一定的篇幅介绍有关微分方程、差分方程、静态最优化和动态最优化的内容。这部分内容在本科的数学课程中讲得很少或根本没有接触，但在后续的专业课程中会用到，是学好高级经济学和高级管理科学不可缺少的数学知识。同时，学习这部分内容也有利于毕业论文的撰写和为攻读硕士或进一步参加研究工作奠定基础。

本书由两部分组成：第 1 部分包括第 1~5 章，讲述 MATLAB 的基础知识，主要内容有 MATLAB 的基本特征；如何应用 MATLAB；如何编写脚本文件和用户自定义函数；MATLAB 的程序设计；符号运算和二维、三维图形的绘制。掌握了这部分内容，读者可以顺利完成很多复杂的计算，如矩阵运算、解代数方程和微分方程等。

第 2 部分包括第 6~12 章，讲述 MATLAB 在经济学与管理科学中的应用，主要内容有数据分析与可视化；预测方法；线性规划；静态最优化与比较静态分析；动态最优化；线性二次型动态最优化问题和动态规划等问题的 MATLAB 求解。这部分内容侧重于问题的 MATLAB 求解，涉及算法的推导，读者可参见参考文献中介绍的有关专著。

为了使读者能够学以致用，书中列举了一些经济学和管理科学本科教材中的一些常见实例，希望读者能够举一反三，在学习专业课程的过程中更多地应用 MATLAB 解决实际问题。这样不仅可以节省大量的数学演算时间、提高学习效率，而且可以提高学习的质量。例如，在有参数的一些实际问题中，可以应用 MATLAB 方便地对于多组参数求解，然后分析对比参数的变化对所研究系统的影响，从而可以加深对系统本质的认识，没有 MATLAB 的帮助就不可能做到这一点。

本书是一本入门级的教程，仅涉及 MATLAB 中最重要的基础知识和经济学与管理科学的教学与研究中最基本的数学问题的 MATLAB 求解，如常用的矩阵运算、解代数方程、解微分方程、线性规划、动态规划、静态最优化和动态最优化。需要更深入了解 MATLAB 的读者可以参看有关 MATLAB 程序设计的专著，这里我们特别向读者推荐 Gilat Amos 的著作《Matlab: An Introduction with Applications》（见参考文献[16]）。由于该书作者对 MATLAB 的深刻理解和丰富的教学经验，使得他的这本著作成为一本很好的教材，同时也非常适合自学。

本书中所有的程序都在 MATLAB 2007a 上得以运行，这些程序在 MATLAB 的新版本 2008a 上同样可以运行。

在本书的编写过程中得到了幸运伟教授的帮助，在此表示衷心的感谢。

由于作者水平所限，书中错误和不当之处，恳请读者批评指正。

作者

# 目 录

## 前言

## 第 1 部分 MATLAB 基础

<b>第 1 章</b>	<b>MATLAB 概述</b>	<b>1</b>
1.1	MATLAB 的基本特征	1
1.2	开始应用 MATLAB	2
1.2.1	MATLAB 交互式会话	2
1.2.2	表达式和运算符	4
1.2.3	数值显示格式	4
1.2.4	内置数学函数	4
1.2.5	赋值操作	5
1.2.6	向量和矩阵的相关运算	5
1.3	MATLAB 二维图形绘制	11
1.3.1	绘制二维图形的基本命令	11
1.3.2	MATLAB 绘图命令的选项	14
1.3.3	便捷绘图函数 <code>fplot</code> 和 <code>ezplot</code>	16
1.3.4	图形的注释与修饰	18
1.3.5	交互式图形绘制函数	20
1.4	应用 MATLAB 解方程和方程组	21
1.4.1	求多项式的根	21
1.4.2	求非线性方程的根	22
1.4.3	求线性代数方程组的解	23
1.4.4	求微分方程的解析解	28
1.4.5	求微分方程初值问题的数值解	30
1.4.6	求微分方程边值问题的数值解	32
1.5	MATLAB 的其他窗口	35
1.6	MATLAB 的帮助系统	36
1.6.1	帮助命令	36
1.6.2	帮助窗口	36
1.6.3	Demos 演示	37
<b>第 2 章</b>	<b>MATLAB 文件</b>	<b>38</b>
2.1	脚本文件	38
2.1.1	编写脚本文件	38

2.1.2	脚本文件内变量的输入 .....	39
2.1.3	输出命令 .....	41
2.1.4	输入和输出数据 .....	46
2.2	用户定义函数和函数文件 .....	48
2.2.1	函数文件的基本结构 .....	49
2.2.2	函数 inline .....	51
2.2.3	匿名函数 .....	53
2.2.4	局部变量和全局变量 .....	54
2.2.5	MATLAB 函数的调试 .....	55
<b>第 3 章</b>	<b>MATLAB 程序设计 .....</b>	<b>56</b>
3.1	关系运算和逻辑运算 .....	56
3.1.1	关系操作符和逻辑操作符 .....	56
3.1.2	矩阵的逻辑运算 .....	57
3.1.3	常用的 MATLAB 内置函数 .....	58
3.2	通过条件语句实现的转移结构 .....	59
3.2.1	if-end 结构 .....	59
3.2.2	if-else-end 结构 .....	61
3.2.3	if-elseif-else-end 结构 .....	62
3.3	通过 switch-case 语句实现的分支结构 .....	64
3.4	循环结构 .....	65
3.4.1	for-end 循环 .....	65
3.4.2	while-end 循环 .....	66
3.4.3	嵌套循环结构 .....	68
3.4.4	应用循环结构求非线性函数的多个根 .....	69
3.4.5	综合应用 .....	71
3.5	MATLAB 程序的调试 .....	75
3.5.1	直接调试 .....	75
3.5.2	工具调试 .....	75
<b>第 4 章</b>	<b>符号运算 .....</b>	<b>77</b>
4.1	符号对象和符号表达式 .....	77
4.1.1	创建符号对象 .....	77
4.1.2	创建符号表达式 .....	77
4.1.3	findsym 命令和默认符号变量 .....	78
4.2	符号表达式的简化与变形 .....	79
4.2.1	应用 collect、expand 和 factor 命令 .....	79
4.2.2	变量替换 .....	81
4.2.3	应用 simplify 和 simple 命令简化符号表达式 .....	82
4.2.4	pretty 命令 .....	83
4.2.5	可视化符号分析 .....	83

4.3	矩阵的符号运算	87
4.3.1	矩阵的符号运算举例	87
4.3.2	符号矩阵的关系运算	89
4.3.3	线性代数方程组的符号解	89
4.4	符号微分和符号积分	92
4.4.1	符号微分	92
4.4.2	<i>Jacobi</i> 矩阵的计算	93
4.4.3	符号积分	94
4.5	代数方程和微分方程的符号解	95
4.5.1	应用 <i>solve</i> 命令求代数方程和方程组的符号解	96
4.5.2	应用 <i>dsolve</i> 命令求微分方程和方程组的符号解	98
4.6	直接调用 <i>Maple</i> 的命令	100
<b>第 5 章</b>	<b>MATLAB 的三维图形</b>	<b>101</b>
5.1	三维曲线	101
5.2	网状图和曲面图	102
5.3	特殊三维图形的绘制	106
5.3.1	绘制等高线	106
5.3.2	绘制等高线在 $x$ - $y$ 平面上的投影	106
5.3.3	三维相图	109

## 第 2 部分 MATLAB 在经济和管理科学中的应用

<b>第 6 章</b>	<b>数据分析与可视化</b>	<b>111</b>
6.1	经济学和管理科学中数据的统计分析	111
6.1.1	最大值、最小值和排序	111
6.1.2	统计数据集中趋势的度量	112
6.1.3	统计数据离散趋势的度量	113
6.1.4	随机变量 $X$ 和 $Y$ 的协方差和相关系数	114
6.1.5	数据的统计函数	114
6.2	经济学和管理科学中数据的可视化	117
6.2.1	散点图	117
6.2.2	数据的直方图分析	118
6.2.3	附加正态密度曲线的直方图	123
6.2.4	条形图	123
6.2.5	饼状图	125
6.2.6	时间序列图	127
6.2.7	阶梯状图	128
<b>第 7 章</b>	<b>预测方法——回归分析法</b>	<b>130</b>
7.1	回归分析与曲线拟合	130
7.1.1	用多项式拟合数据点	130



7.1.2	用其他函数拟合数据点 .....	134
7.2	应用曲线拟合图形界面完成拟合工作 .....	137
7.3	在预测中的应用 .....	139
7.3.1	预测的基本概念 .....	139
7.3.2	回归分析预测法 .....	140
7.3.3	相关系数和置信区间 .....	143
7.3.4	多元线性回归分析法 .....	147
<b>第 8 章</b>	<b>线性规划</b> .....	<b>150</b>
8.1	线性规划问题引论 .....	150
8.1.1	线性规划问题的实例 .....	150
8.1.2	线性规划的图解法 .....	151
8.1.3	线性规划的基本定理 .....	153
8.1.4	对偶线性规划和影子价格 .....	154
8.2	应用 MATLAB 解线性规划问题 .....	155
8.2.1	MATLAB 函数 linprog 处理的线性规划问题的标准形式 .....	155
8.2.2	应用函数 linprog 解线性规划问题 .....	156
8.2.3	线性二次规划问题 .....	164
8.3	利润最大化问题 .....	164
8.4	投资问题 .....	167
8.4.1	投资的最优分配问题 .....	167
8.4.2	风险投资中的线性规划问题 .....	169
8.4.3	证券的投资组合问题 .....	172
8.5	运输问题 .....	173
8.5.1	运输问题的一般描述 .....	173
8.5.2	化为可直接应用函数 linprog 的线性规划问题 .....	174
8.5.3	应用函数 linprog 解运输问题的实例 .....	174
8.5.4	产销不平衡的运输问题 .....	175
<b>第 9 章</b>	<b>静态最优化与比较静态分析</b> .....	<b>178</b>
9.1	经济学与管理科学中的静态最优化问题 .....	178
9.1.1	利润最大化问题 .....	178
9.1.2	效用最大化问题 .....	178
9.1.3	资金使用问题 .....	178
9.2	无约束静态最优化问题 .....	179
9.2.1	无约束静态最优化问题的一阶必要条件 .....	179
9.2.2	求解无约束静态最优化问题 .....	179
9.3	应用 MATLAB 求解利润最大化问题及比较静态分析 .....	181
9.3.1	利润最大化问题的解 .....	181
9.3.2	利润最大化问题的比较静态分析 .....	181
9.4	约束静态最优化问题 .....	183
9.4.1	有等式约束的静态最优化问题 .....	183

9.4.2	有不等式约束的静态最优化问题	183
9.4.3	求解约束静态最优化问题	184
9.5	应用 MATLAB 求解效用最大化问题及比较静态分析	186
<b>第 10 章</b>	<b>动态最优化</b>	<b>192</b>
10.1	动态最优化问题	192
10.1.1	经济和管理系统的跨期最优化问题	192
10.1.2	动态最优化问题——跨期最优化问题的一般提法	193
10.2	最大值原理——最优解满足的一阶必要条件	194
10.2.1	连续时间动态最优化问题的最大值原理	194
10.2.2	离散时间动态最优化问题的最大值原理	196
10.3	动态最优化问题的求解步骤	197
10.3.1	由连续时间最大值原理导出的连续时间动态最优化问题的求解步骤	197
10.3.2	由离散时间最大值原理导出的离散时间动态最优化问题的求解步骤	199
10.4	应用 MATLAB 解动态最优化问题的实例	202
<b>第 11 章</b>	<b>线性二次型动态最优化问题</b>	<b>214</b>
11.1	应用 MATLAB 解连续时间线性二次型动态最优化问题	214
11.1.1	问题的提法	214
11.1.2	应用函数 lqr 解线性二次型动态最优化问题	215
11.2	应用 MATLAB 解离散时间线性二次型动态最优化问题	217
11.2.1	离散的线性二次型动态最优化问题	217
11.2.2	应用函数 dlqr 解离散时间线性二次型动态最优化问题	217
11.2.3	离散的跟踪问题	218
11.2.4	生产-库存-销售系统的管理问题	220
11.2.5	应用 MATLAB 解离散的跟踪问题的实例	223
11.3	宏观经济的计量经济模型及其控制	225
<b>第 12 章</b>	<b>动态规划</b>	<b>228</b>
12.1	解多阶决策问题的动态规划法	228
12.1.1	多阶决策过程	228
12.1.2	动态规划的基本方程——Bellman 方程	230
12.1.3	目标函数有贴现因子时的 Bellman 方程	233
12.2	随机动态规划	237
12.2.1	随机动态规划的提法	237
12.2.2	随机动态规划的 Bellman 方程	238
12.3	应用线性二次型逼近法和配置法解动态规划问题	238
12.3.1	求动态规划问题的近似解的配置法	239
12.3.2	可以用配置法求解的几个实例	239
12.3.3	最优经济增长问题	240
12.3.4	应用配置法解最优经济增长问题	242
<b>附录</b>	<b>部分 MATLAB 符号、命令和函数</b>	<b>245</b>
<b>参考文献</b>		<b>250</b>

# 第 1 部分 MATLAB 基础

## 第 1 章 MATLAB 概述

本章介绍 MATLAB 的基本特征和一些简单的应用。MATLAB 具有丰富的内置函数，其应用都非常简单。读者学习完本章后，可以方便地进行很多常见的数学运算，如求逆矩阵、计算矩阵的行列式、求矩阵的特征值和特征向量、解线性代数方程组、解线性微分方程组等。MATLAB 很快就会变成读者的得力助手。

### 1.1 MATLAB 的基本特征

MATLAB 是一门非常受欢迎的技术计算语言，它向用户提供了一个强有力的交互式的计算环境。它有强大的数学计算能力、数据分析和处理能力，以及卓越的绘图和数据可视化能力。它具有丰富的内置函数和各种工具箱，并且允许用户开发算法，扩充工具箱的功能，因而，MATLAB 特别受到经济学界和管理学界人士的欢迎。在经济学和管理科学领域内，很多专家的研究工作是使用 MATLAB 完成的，很多大学的高级经济学课程和管理科学课程的教学也依赖于 MATLAB。特别是在课程中引入动态分析方法以后，需要大量的数学计算，包括大量的矩阵运算、解微分方程和差分方程、解静态和动态最优化问题等。这时 MATLAB 就成了学习这些课程的有力工具。不仅如此，MATLAB 也是经济学家和管理学家进行研究工作的有力工具。

MATLAB 具有以下几个主要特征：

(1) MATLAB 具有出色的数值计算能力。MATLAB 的英文全称是 Matrix Laboratory，它最初是一款专门用于矩阵运算的软件。矩阵是 MATLAB 的基本运算单元，这使得计算程序更接近于平时书写的计算公式，因而，程序简单易读，提高计算效率。用户可以只用有限的几行程序，执行一个十分复杂的算法。例如，可以只用短短的 3 行代码解一个有多个未知数的线性代数方程组。

(2) MATLAB 具有丰富的内置函数。用户可以用现成的内置函数解很多复杂问题，如解线性代数方程组，解微分方程、最优化和很多复杂的矩阵运算（求矩阵的行列式和逆矩阵等）。用户可以仅用函数完成求矩阵的特征值和特征向量的复杂计算。

(3) MATLAB 具有丰富的绘图能力，使得计算结果可视化。MATLAB 可以方便地绘制二维和三维图形，实现各种专业数据的可视化显示，使得用户可以从大量数据中找到内在规律，掌握数据所包含的内在本质信息。

(4) MATLAB 易于学习，编程简单，应用方便。

## 1.2 开始应用 MATLAB

### 1.2.1 MATLAB 交互式会话

用户应用 MATLAB 是通过交互式的相互作用进行的，称为交互式会话。

双击桌面上的 MATLAB 图标，弹出 MATLAB 窗口，如图 1-1 所示。它包含几个子窗口，右边的窗口是命令窗口。命令窗口是用户与 MATLAB 交互作用的工具，用户可以在这里以交互模式输入变量、运行程序，显示除图形以外的一切运行结果。打开 MATLAB 以后，在命令窗口中出现命令提示符“>>”，这时用户输入简单的命令，按〈Enter〉键即可完成运算。

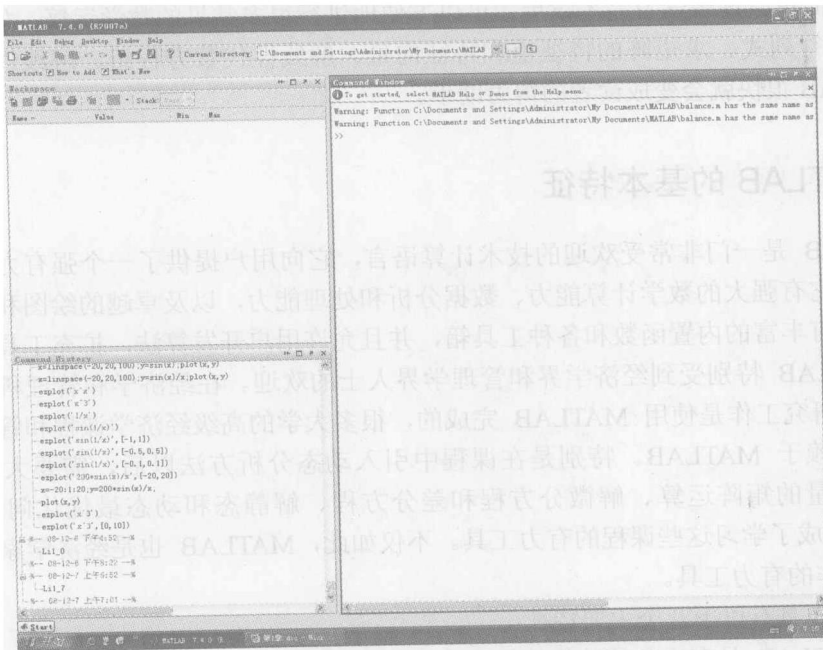


图 1-1 MATLAB 7.4.0 (R2007a) 窗口

例如，在命令窗口中输入以下内容：

```
>>s=2+3
s=
    5
>>
```

运算结束后又出现命令提示符“>>”，用户可以输入新的命令。计算结果存在变量  $s$  内，可以随时调用。

```
>>s
s=
```

再举一个例子：

```
>>sin(pi/4)
ans=
0.7071
```

这里，pi 是 MATLAB 的预置变量，代表圆周率。

```
>>pi
ans=
3.1416
```

ans 是计算结果的默认的变量名。

命令窗口是 MATLAB 最重要，也是应用最频繁的窗口。对于在命令窗口工作再作以下几点说明：

(1) 在命令中，空格不参加运算；在程序中，空格可以用来增加可读性。例如， $3x+4y=5$  可以写成  $3x+4y=5$  看起来更美观。

(2) 几条命令可以写在同一行内，用逗号分开，按〈Enter〉键后命令从左至右顺序执行。

(3) 在命令窗口内不能返回前面的行进行修改及再重新执行。

(4) 可以用键盘上的〈↑〉键调出前面的命令。

(5) 如果某一行命令太长，可以用 3 个句点“...”，然后按〈Enter〉键，在下一行编程。在 MATLAB 中“...”称为续行号，用于连接较长的单行未完指令。

例如：

```
>> 0.7854-(0.7854)^3/(1*2*3)+0.785^5/(1*2*3*4*5)...
-(0.785)^7/(1*2*3*4*5*6*7)
ans=
0.7071
```

(6) 命令后面用分号“;”时，执行命令后，命令的输出不显示。当命令执行结果是显然的或已知的时候，可以在命令后面输入分号，不显示命令执行的结果。当命令执行的结果太长时，也可以在命令后面输入分号，不显示命令执行的结果，而选取其他方式显示执行的结果，如采用图形显示。

(7) 变量名可以由字母、数字和下画线组成，最长不超过 63 个字符，而且必须以字母为首，字母区分大、小写。特殊变量，如 ans（计算结果的默认变量名）、pi（圆周率）、eps（计算机的最小数）、inf（无限大）、NaN 或 nan（不定量）、i 或 j（ $\sqrt{-1}$ ）不用作变量名。

(8) 如果一个变量已经存在，则输入这个变量后按〈Enter〉键，就显示这个变量的值。

(9) 由%开始的行是注解，不参加运算。%也可以在一行 MATLAB 命令的后面，不影响命令的执行。由%引出的注释可以对程序进行说明，从而提高程序的可读性。

(10) 命令窗口在工作一段时间以后，可以用 clc 命令清除命令窗口，这时以前执行的命令还存在，执行的结果也可以调用，只是显示被清除了。

## 1.2.2 表达式和运算符

MATLAB 中表达式的书写规则与手写方式非常接近，并且按照与常规相同的优先级从左至右执行，即指数运算级别最高，乘除运算次之，加减运算最低。需要时，可以用括号改变运算次序，即圆括号最优先，并且先从里面的圆括号开始执行。

运算符+、-、\*、/、\和^分别表示加、减、乘、右除、左除和幂。例如： $2^3 + 3(4+7)$  写为

```
>>s=2^3+3*(4+7)
s=
    41
```

或者

```
>>2^3+3*(4+7)
ans=
    41
```

由此看出，MATLAB 可以方便地进行算术运算，其功能和操作与普通的计算器类似。

## 1.2.3 数值显示格式

MATLAB 命令的执行结果赋值给指定的变量并显示在屏幕上，没有指定变量时，赋值给 ans。MATLAB 总是以双精度执行所有运算，而结果的显示则由 format 命令控制。format short 命令控制显示包含 4 位小数的十进制数；format long 命令控制显示包含 15 位小数的十进制数。默认格式为短格式 format short。例如：

```
>>4/3
ans=
    1.3333
>> format long
>> 4/3
ans=
    1.3333333333333333
```

MATLAB 用符号 e 代表对 10 的幂操作，如  $5.3268 \times 10^3$  显示为 5.3268e+03。

## 1.2.4 内置数学函数

MATLAB 中有丰富的内置函数，这里列举几个最常用的函数。

- abs(x): 标量的绝对值，向量的长度。
- sqrt(x): 开平方。
- real(z): 复数 z 的实部。
- imag(z): 复数 z 的虚部。
- conj(z): 复数 z 的共轭复数。
- sign(x): 符号函数。当  $x > 0$  时， $\text{sign}(x)=1$ ；当  $x=0$  时， $\text{sign}(x)=0$ ；当  $x < 0$  时，

$\text{sign}(x)=-1$ 。

- $\exp(x)$ : 表示  $e^x$ 。
- $\log(x)$ : 以  $e$  为底的对数, 数学中常记为  $\ln x$ 。
- $\log_{10}(x)$ : 以 10 为底的对数, 数学中常记为  $\lg x$ 。
- $\sin(x)$ : 正弦函数。
- $\cos(x)$ : 余弦函数。
- $\tan(x)$ : 正切函数。

## 1.2.5 赋值操作

一个变量命名后, 可以给它赋值。等号“=”是给变量赋值的符号。赋值符号运用的格式为

变量名=一个数值或一个可计算的表达式

可计算的表达式可以包含数值和前面已经赋值的变量。当按〈Enter〉键时, 赋值符号右边的值就赋给了赋值符号左边的变量, 并且 MATLAB 在下一行显示该变量和赋给它的值。例如:

```
>>x=16
x=
16
>>x=4*x+6
x=
70
```

在这个例子中, 方程式  $x=4*x+6$  的含义是: 4 乘以已经赋值 16 的变量  $x$  再加 6, 所得结果赋予  $x$ , 而不是方程式  $x=4x+6$ , 该方程式的解是  $x=-2$ 。在 MATLAB 中, 以连接的两个等号“==”作为等式中的等号。一个已经赋值的变量可以通过赋值操作赋予新的值。

MATLAB 有几个事先已赋值的变量:

pi: 圆周率。

eps: 两个数的最小的差, 它等于  $2^{-52}$ 。

inf: 无穷大。

NaN 或 nan: 不定数, 如  $0/0$ 。

$i$  或  $j$ : 表示  $\sqrt{-1}$ 。

## 1.2.6 向量和矩阵的相关运算

### 1. 创建向量和矩阵

在数学中, 我们常遇到标量、向量和矩阵。在 MATLAB 中, 用 (1 2 3) 表示行向量; (1;2;3) 表示列向量; (1 2 3 ;4 5 6;7 8 9) 表示矩阵。一般来说, 矩阵按行输入, 元素之间用空格隔开, 行与行之间用“;”隔开。行向量和列向量分别作为只有一行的矩阵和只有一列的矩阵, 也可以用逗号代替空格分隔元素。例如:

```

>>[1 2 3]
ans=
    1     2     3
>>[1;2;3]
ans=
    1
    2
    3
>>[1 2 3;4 5 6;7 8 9]
ans=
    1     2     3
    4     5     6
    7     8     9
>>[1,2,3;4,5,6;7,8,9]
ans=
    1     2     3
    4     5     6
    7     8     9

```

或者

```

>>[1 2 3
    4 5 6
    7 8 9]
ans=
    1     2     3
    4     5     6
    7     8     9

```

除了按上面的方法列出向量的所有元素外，还有以下特殊命令可以用来创建一维数组（向量），格式为

```
variable_name=[m:q:n]
```

式中， $m$  是起始值（第 1 个元素）； $n$  是终止值（最后的元素）； $q$  是增量。例如：

```

>>a=[1:3:13]
a=
    1     4     7    10    13

```

如果只给出起始值和终止值，即  $\text{variable\_name}=[m:n]$ ，则默认增量为 1。例如

```

>>b=[-2:5]
b=
   -2   -1    0    1    2    3    4    5

```

增量可以是负值，例如：

```
>>c=[6:-1:0]
```



```
c=
    6    5    4    3    2    1    0
```

还可以用函数 `linspace` 创建数组，格式为

```
variable_name=linspace(xi,xf,n)
```

式中，`xi` 是起始值；`xf` 是终止值；`n` 是项数，例如：

```
>>d=linspace(0,8,6)
d=
    0    1.6000    3.2000    4.8000    6.4000    8.0000
```

矩阵的元素可以是表达式，例如：

```
>>a=6;b=3;c=4;D=[b,a*c,cos(pi/3);c^2,sqrt(c^2/a),14]
D=
    3.0000    24.0000    0.5000
   16.0000    1.6330   14.0000
```

前面介绍创建向量的方法可以用于产生矩阵的行，例如：

```
>>A=[1:2:11;0:5:25;linspace(10,60,6);1 2 3 4 5 6]
A=
    1     3     5     7     9    11
    0     5    10    15    20    25
   10    20    30    40    50    60
    1     2     3     4     5     6
```

## 2. 常用的矩阵运算

矩阵的加、减、乘、乘方的运算符与标量相同，如  $A+B$ ， $A-B$ ， $A*B$ ， $A^2$  分别表示矩阵  $A+B$ ，矩阵  $A-B$ ，矩阵  $A$  乘  $B$  和矩阵  $A$  的二次方。

$B/A$  表示矩阵右除，对应于方程  $xA=B$  的解，要求  $A$  的列数与  $B$  的列数相等。当  $A$  为可逆方阵时， $B/A=BA^{-1}$ ，在 `MATLAB` 中也可以表示为 `B*inv(A)`。 $A\B$  表示矩阵左除，对应于方程  $Ax=B$  的解，要求  $A$  的行数与  $B$  的行数相等。当  $A$  为可逆方阵时， $A\B=A^{-1}B$ ，也表示为 `inv(A)*B`。

`MATLAB` 关于向量和矩阵的内置函数有以下几种。

- `min(A)`：表示向量  $A$  的元素的最小值。如果  $A$  是矩阵，则是由每列的最小元素构成的行向量。
- `max(A)`：表示向量  $A$  的元素的最大值。如果  $A$  是矩阵，则是由每列的最大元素构成的行向量。
- `median(A)`：表示向量  $A$  的元素的中位数。如果  $A$  是矩阵，则对每列求中位数，返回一个行向量。
- `sum(A)`：表示向量  $A$  的元素的总和。如果  $A$  是矩阵，则对每列求和，返回一个行向量。
- `mean(A)`：表示向量  $A$  的元素的平均值。如果  $A$  是矩阵，则对每列求平均值，返回一个列向量。