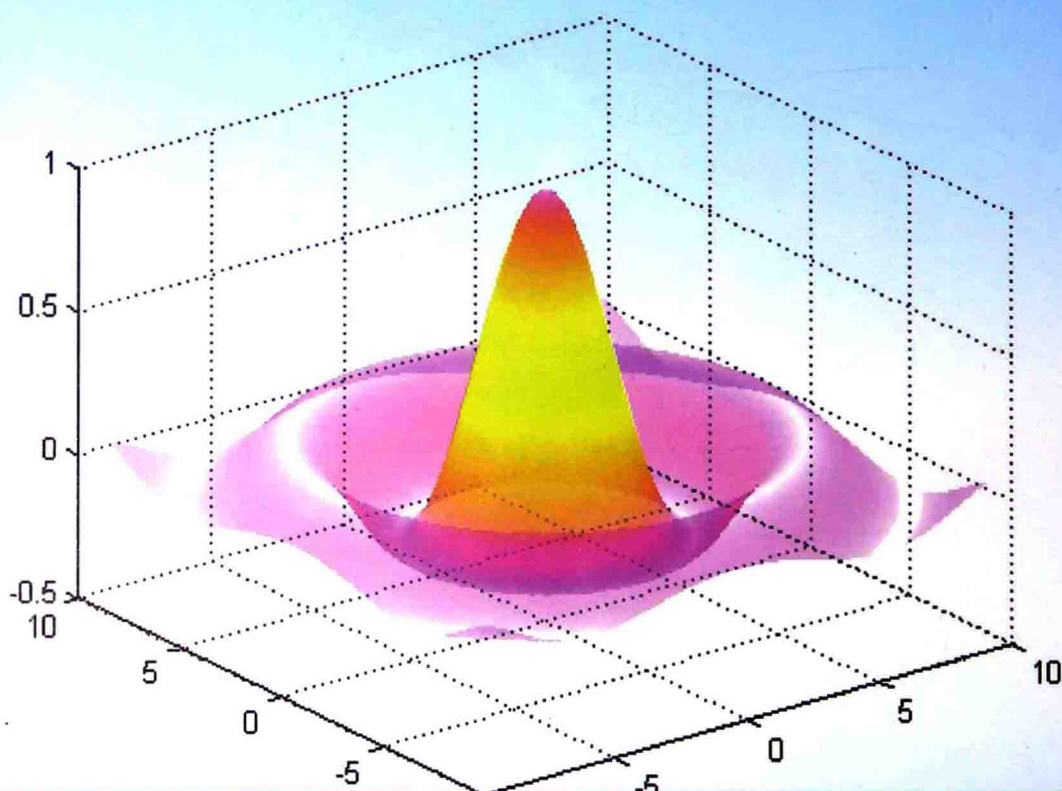


◆ 高等院校精品教材



MATLAB

实用教程

周明华 主编



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

● 高等院校精品教材

MATLAB 实用教程

主 编 周明华

副主编 邬学军 周 凯 李春燕



ZHEJIANG UNIVERSITY PRESS
浙江大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 实用教程 / 周明华主编. — 杭州:浙江大学出版社,2013.12

ISBN 978-7-308-12624-3

I. ①M… II. ①周… III. ①Matlab 软件—高等学校—教材 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 292280 号

MATLAB 实用教程

周明华 主编

责任编辑 石国华

封面设计 刘依群

出版发行 浙江大学出版社

(杭州天目山路 148 号 邮政编码 310007)

(网址: <http://www.zjupress.com>)

排 版 杭州星云光电图文制作工作室

印 刷 富阳市育才印刷有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 13.5

字 数 354 千

版 印 次 2013 年 12 月第 1 版 2013 年 12 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-308-12624-3

定 价 28.00 元

版权所有 侵权必究 负责调换

浙江大学

—88925591; <http://zjdxcbbs.tmall.com>

前 言

MATLAB 是美国 MathWorks 公司 20 世纪 80 年代推出的优秀数学软件,其方便而简单的编程语言、强大的计算和卓越的数据可视化能力、丰富的应用工具箱获得了广大科技工作者的普遍好评。MATLAB 软件内容非常丰富,包罗万象,涉及许多行业。本书重点介绍 MATLAB 的计算功能,同时也对 MATLAB 的符号运算做一介绍。编写的基本思路是围绕大学数学中的一些最常用的方法展开,首先描述清楚相应的数学问题,然后给出解法及 MATLAB 语言命令,读者学习后马上可以用来解决相应的实际问题。

我们从 2002 年起就在浙江工业大学理科专业开设了 MATLAB 课程,编写了课程讲义,深受学生的欢迎,使用效果良好。经过实际教学过程的多次使用,我们对讲义的教学内容、顺序做了适当的合理调整,使学生们学起来比较轻松,读起来更加顺畅。本书对涉及的高等数学、线性代数、概率统计、优化方法等大学数学中的一些基本内容,除了一些常识性的数学知识外都做了比较清晰的介绍,以便读者更好地学习掌握。本书的特点是读起来轻松,用起来方便。本书适用于理工科专业的学生作为教材和参考书。

第 1 章介绍 MATLAB 基础知识及入门,包括 MATLAB 的特点、界面、常用命令与功能键。第 2 章介绍 MATLAB 的数值计算、矩阵及其运算,包括数组及类型、数组的常见运算。第 3 章介绍 MATLAB 的程序设计,包括 M 文件介绍、程序结构、子函数与局部函数、程序调试与优化。第 4 章介绍 MATLAB 的图形绘制,包括二维、三维图形的绘制以及图形处理技术。第 5 章介绍数值计算,包括数值微分与数值积分和微分方程数值解。第 6 章介绍插值与拟合,包括常见的插值方法及实现、线性拟合和非线性拟合。第 7 章介绍符号运算,包括符号矩阵、符号微积分、符号方程以及符号绘图。第 8 章介绍 MATLAB 在概率统计中的应用,包括数字特征、统计量的一般计算、参数估计以及假设检验。第 9 章介绍 MATLAB 在优化中的应用,包括线性优化、二次优化和非线性优化。每章后面均附有习题以方便学生练习,更好地掌握所学内容。

本书第 1~4 章由周明华编写,第 5~7 章由邬学军、周凯编写,第 8、9 章由李春燕编写,最后由周明华统稿完成。本书经过几年的试用终于正式出版,在编写过程中得到浙江工业大学理学院和之江学院的大力支持,得到了邸继征教授、杨志民教授的帮助,还得到了浙江工业大学理学院应用数学系历届学生的帮助,指出了使用过程中的错误,何建林同学和李阿明同学仔细阅读过部分章节,提出了很好的建设性意见和建议,在此一并表示感谢。由于水平有限,编写中错误与不当之处在所难免,敬请同行与广大读者不吝赐教。

本书得到浙江工业大学优秀教材基金的资助。

编 者

2013 年 7 月 8 日

目 录

第 1 章	MATLAB 简介	1
1.1	MATLAB 的特点	1
1.1.1	简单易学	1
1.1.2	代码短小高效	1
1.1.3	强大的计算功能	1
1.1.4	强大的图形表现能力	2
1.1.5	扩展功能	2
1.2	MATLAB 界面	2
1.3	MATLAB 的常用命令与功能键	3
1.3.1	MATLAB 的常用命令	3
1.3.2	常用功能键	4
1.3.3	MATLAB 的帮助系统	4
第 2 章	数值计算、矩阵及其运算	5
2.1	变 量	5
2.2	常 量	5
2.3	数字变量	6
2.3.1	数字变量的生成及运算	6
2.3.2	数值型变量的数据格式	7
2.4	向量(数值型一维数组)	8
2.4.1	向量的生成和调用	8
2.4.2	向量的运算	10
2.5	矩阵(数值型二维数组)	11
2.5.1	矩阵的生成与基本操作	11
2.5.2	矩阵的基本运算	19
2.6	字符型数组、单元型数组、结构型数组	26
2.6.1	字符型数组	26
2.6.2	单元型数组	27
2.6.3	结构型数组	28
2.7	多项式及其运算	30
2.7.1	多项式的创建方法	30
2.7.2	多项式运算	31

2.8 矩阵的函数运算	33
2.8.1 矩阵基本函数运算	33
2.8.2 矩阵的变换与分解	37
2.8.3 齐次线性方程组的通解	40
习 题	41
第3章 程序设计	44
3.1 M 文件介绍	44
3.1.1 M 文件的特点与形式	44
3.1.2 命令式文件	45
3.1.3 函数式文件	45
3.2 程序结构	47
3.2.1 顺序结构	47
3.2.2 循环语句	48
3.2.3 选择语句	49
3.2.4 分支语句	50
3.3 函数变量及变量作用域	51
3.4 子函数与局部函数	54
3.5 程序调试与优化	54
3.5.1 人机交互命令	54
3.5.2 调试程序的基本技巧	57
习 题	61
第4章 图形绘制	62
4.1 二维图形的绘制	62
4.1.1 二维图形绘制的基本命令	62
4.1.2 极坐标和对数坐标系中图形的绘制	69
4.1.3 双纵坐标二维图形的绘制	71
4.1.4 简易二维函数图形绘制命令	72
4.1.5 二维特殊函数图形的绘制	74
4.2 三维图形的绘制	79
4.2.1 绘制空间曲线基本命令	79
4.2.2 绘制空间曲面基本命令	81
4.2.3 三维特殊函数图形的绘制	85
4.3 图形处理技术	91
4.3.1 图形的标注	92
4.3.2 图形的控制	95
4.3.3 空间曲线曲面绘制例子	104
习 题	109

第 5 章 数值计算	111
5.1 数值微分与数值积分	111
5.1.1 数值微分	111
5.1.2 数值积分	112
5.2 微分方程数值解	114
5.2.1 欧拉方法	115
5.2.2 Runge-Kutta 方法	117
5.3 非线性方程数值解	124
5.3.1 单个非线性方程的解法	124
5.3.2 非线性方程组解法	130
习 题	133
第 6 章 插值与拟合	134
6.1 插 值	134
6.1.1 Lagrange 插值	134
6.1.2 分段低次插值	135
6.1.3 Hermite 插值	139
6.2 多项式拟合和线性拟合	140
6.2.1 多项式拟合	140
6.2.2 线性拟合	146
6.3 非线性拟合	149
习 题	153
第 7 章 符号运算	154
7.1 符号矩阵	154
7.2 符号微积分	158
7.3 符号方程	162
7.4 符号绘图	165
习 题	169
第 8 章 MATLAB 在概率统计中的应用	172
8.1 数字特征	172
8.1.1 样本均值	172
8.1.2 样本的累和、累积及数据比较	175
8.1.3 样本的方差、标准差、偏度和峰度	176
8.1.4 协方差和相关系数	178
8.2 常用随机变量分布的一般计算	180
8.2.1 数学期望与方差	180
8.2.2 概率密度函数	181
8.2.3 分布函数(概率累积函数)	184

8.2.4	分位点函数(逆概率累积函数).....	185
8.2.5	随机数生成函数.....	187
8.3	参数估计	187
8.4	假设检验	190
8.4.1	单个正态总体均值 μ 的检验	190
8.4.2	两个正态总体均值差的检验(t 检验)	192
8.4.3	秩和检验.....	194
习 题		195
第 9 章	MATLAB 在优化中的应用	196
9.1	线性优化	196
9.2	二次优化	198
9.3	非线性优化	200
9.3.1	无约束非线性优化.....	200
9.3.2	有约束非线性优化.....	202
习 题		205
参考文献		207

MATLAB 简介

MATLAB 是由美国 MathWorks 公司开发的一个集强大的科学计算、完美的可视化功能、完善的自我帮助系统的开放交互式的大型软件,它现在已广泛地应用于数学、物理、化工、机电、图像信号处理、金融、生物医药、海洋科学、航天军工、语音处理以及社会科学等各个领域,种类繁多且不断扩展的工具箱使得 MATLAB 软件无所不能。它可以进行强大的科学计算,如数据采集、数据分析、数学建模、算法开发、并行计算、桌面和 Web 部署等。它可进行仿真和基于模型的设计,如系统设计和仿真,物理建模,离散事件仿真,快速原型建立,嵌入式代码生成,HDL 代码生成、确认验证和测试。涉及的行业或领域有:航空和国防、汽车、生物技术和医药、通信、电子和半导体、能源生产、金融服务、工业自动化和机械、计算机和办公设备、消费品、地球和海洋科学、仪器仪表、医疗设备、化工和石油、金属材料和采矿、纸浆和纸张、食品和饮料、铁路、船舶和其他交通运输、公用事业和能源。

1.1 MATLAB 的特点

MATLAB 软件主要由主程序、Simulink 仿真系统以及 MATLAB 工具箱三部分组成。其中 MATLAB 主程序包括 MATLAB 语言、工作环境、句柄图形、数学函数库和应用程序接口五个部分;Simulink 用于动态仿真的交互式系统,允许用户在屏幕上绘制框图来模拟一个系统,并能动态地控制系统;MATLAB 工具箱则用 MATLAB 基本语句编写各种子程序集和函数库,用于解决某一方面的特定问题或实现某一类的新算法,它是开放性的,可以应用,也可以根据具体要求进行扩展。MATLAB 语言是以数组为基本单位,包括控制流程语句、函数、数据结构、输入输出以及面向对象的高级语言。

MATLAB 作为被广泛应用于各个领域的高级软件是由它具有的鲜明特点决定的,其主要特点有:

1.1.1 简单易学

学过一门计算机语言后即可掌握它,无需事先定义变量、组数。

1.1.2 代码短小高效

由于其语法简单,符合人们的科学思维方式,允许用户以数学形式编写程序,它的操作和功能函数指令就是以平时计算机和数学书上的一些简单的英文单词表达的,与其他计算机语言相比,它用解释方式工作,无需像 C 语言和 FORTRAN 语言那样对源程序要先进行编译连接再形成可执行文件,键入程序立即得出结果。用户只要明确问题,组合调用已有程序即可实现。

1.1.3 强大的计算功能

由基本的核心部分和应用用于各领域的各种工具箱所组成,它对于数值计算、数据处理特别方

便有效。MATLAB 有强大的矩阵处理能力,它可进行多项式运算、微积分运算,也可解决常微分方程、偏微分方程、插值与拟合和一般的计算数学问题。此外,MATLAB 开发了众多的工具箱用来处理各种专门的研究领域或研究方向中的各种算法,为普及应用带来极大的方便,它们有统计工具箱、优化工具箱、偏微分方程工具箱、样条工具箱等传统的数学工具箱,还有生物信息工具箱、通信工具箱、金融工具箱、金融时间序列工具箱、金融衍生品工具箱、模糊逻辑工具箱、神经网络工具箱、遗传算法工具箱、虚拟现实工具箱、信号处理工具箱、图像处理工具箱、小波工具箱等交叉学科的工具箱。随着现代科学技术的快速发展,MATLAB 的工具箱还在不断地扩展。

1.1.4 强大的图形表现能力

MATLAB 软件从简单的点、线、面的描绘,到对图形的着色、消隐、光照处理、渲染及多角度处理等功能作了深入的开发。从空间上讲,它能绘制常用的二维图形和三维图形甚至四维表现图;从形式上讲,它能作一般的曲线图、条形图、散点图、流线图、三维矢量图等工程实用图形。这样,MATLAB 在绘图时提供了丰富多彩的绘图模式,更好地体现了数学运算的直观和形象。

1.1.5 扩展功能

MATLAB 最重要的特点之一就是其可扩展性,这个特点使得用户能够自由地开发自己的应用程序。这些年来,许多使用 MATLAB 的数学家、工程师和科学家已经开发出相当多的不同应用领域的应用程序。扩展功能包括用户自编 M 文件,解一些较复杂的问题,完善后有些成为 MATLAB 的工具箱;另一种扩展指的是 MATLAB 与其他语言转换,如 C、FORTRAN、Maple 等,使得 MATLAB 发挥更好的作用。

1.2 MATLAB 界面

20 世纪 70 年代,美国新墨西哥大学计算机系主任 Clever Moler 为了方便教线性代数而编写了一些程序,所用语言为 FORTRAN,1983 年与 John Little 合作用 C 语言开发第二代专业版 MATLAB。1984 年 MathWorks 公司成立,将 MATLAB 推向市场。1993 年初,第一个 Windows 版本 3.5 问世;1993 年 11 月,推出 4.1,首次开发符号运算工具箱,购买了加拿大滑铁卢大学的 Maple 的使用权;1997 年,5.0 版本问世,真正 32 位运算,界面友好,计算速度快,图形功能强大;2000 年,6.0 版问世,计算速度快,界面更友好,图形处理效果更加方便;2004 年,MATLAB 7.0 问世,此后,每年均进行修改完善,最新的版本是 2012b。

现在的 MATLAB 界面如图 1.2.1 所示。

其中中间这块是命令窗口(Command Window),左边是显示当前的文件夹(Current Directory)内容,右上部分是工作空间(Workspace),右下部分显示历史命令(Command History)。

命令窗口是执行 MATLAB 命令或调用函数的主窗口,我们可以把要执行的命令打在(或复制在)该窗口的“>>”前,然后回车,MATLAB 就会执行该命令并返回结果;当前的文件夹显示 MATLAB 所指向的文件夹的所有文件名,双击文件名即可打开该文件;工作空间则显示存放在内存中的内存变量以及一些简单属性;历史命令窗口显示自 MATLAB 运行以来所执行的所有命令,双击可以再次执行该命令。此外,点击 MATLAB 命令窗工具条上的 New File 图标 ,就可打开 MATLAB 文件编辑器,用户即可在空白窗口中编写程序,这将在第 3 章作详细介绍。

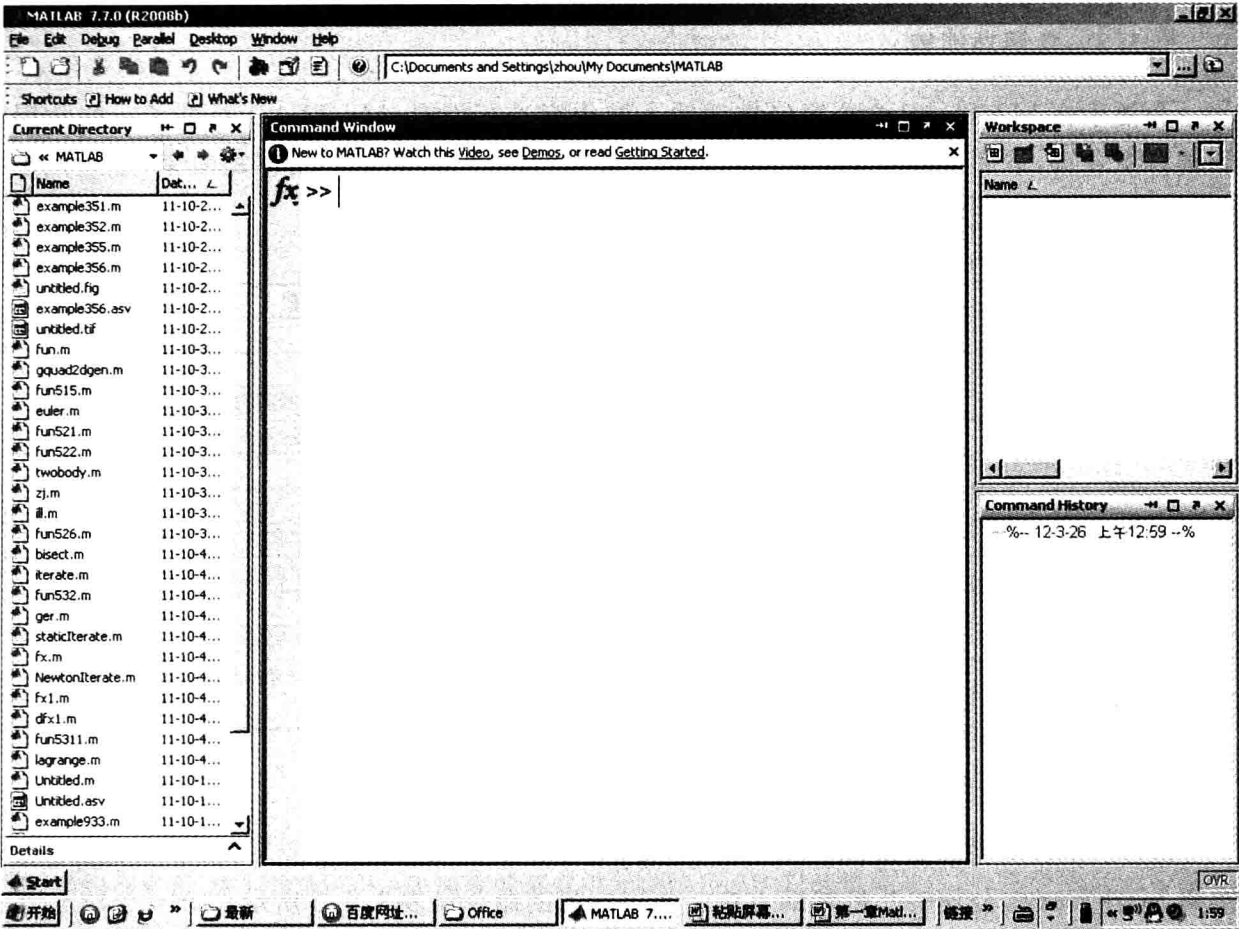


图 1.2.1 MATLAB 界面

1.3 MATLAB 的常用命令与功能键

1.3.1 MATLAB 的常用命令

我们可以在 MATLAB 命令窗口中直接键入命令,表 1.3.1 给出了部分常用命令及其功能简介。

表 1.3.1 部分常用命令及其功能简介

命令名称	功能简介
clear	清除内存中所有的或指定的变量和函数
cd	显示和改变当前工作目录
clc	清除命令窗口显示的所有内容
clf	清除当前图形窗口
close	关闭当前图形窗口
home	擦除命令窗口中所有显示的内容,并将光标移到命令窗口左上角
pack	整理工作空间内存
quit,exit	退出 MATLAB
type	显示所指定的文件的内容
pathtool	设置系统的搜索路径,以使系统能够访问该目录中的文件
format	设置输出格式

至于更多的命令及它们的功能在以后章节中陆续介绍。

1.3.2 常用功能键

为便于在 MATLAB 命令窗口中对输入的内容进行编辑, MATLAB 提供了一些常用编辑键和组合键, 掌握这些常用的功能键可以提高编程效率, 起到事半功倍的效果, 希望大家花一定的时间训练, 其命令和用法如表 1.3.2 所示。

表 1.3.2 编辑键和组合键

编辑键	组合键	功能
↑	Ctrl+p	恢复前一行
↓	Ctrl+n	恢复下一行
←	Ctrl+b	光标向左移动一个字符
→	Ctrl+f	光标向右移动一个字符
Home	Ctrl+a	光标移动至行首
End	Ctrl+e	光标移动至行尾
Delete	Ctrl+d	删除光标后一个字符
Backspace	Ctrl+h	删除光标前一个字符
Esc	Ctrl+u	清除当前行
Ctrl+←	Ctrl+l	光标向左移动一个单词
Ctrl+→	Ctrl+r	光标向右移动一个单词
	Ctrl+k	删除至行尾

1.3.3 MATLAB 的帮助系统

MATLAB 的帮助系统提供帮助命令、帮助窗口、MATLAB 帮助台、在线帮助页或直接链接到 MathWorks 公司等几种帮助方法。常用的帮助命令如表 1.3.3 所示。

表 1.3.3 常用帮助命令

命令名称	功能简介
help	获得在线帮助
helpwin	打开帮助窗口
demo	运行 MATLAB 演示程序
lookfor	按指定的关键字查找相关的 M 文件
who	列出当前工作内存中的变量
whos	列出当前工作内存中的变量的详细信息
what	列出当前目录或指定目录下的 M 文件、MAT 文件和 MEX 文件
which	显示指定函数和文件的路径
exist	检查指定名字的变量或函数是否存在

help 是 MATLAB 最常用的帮助命令, 它可以查询所有 MATLAB 函数的用法, 并能提供绝大多数 MATLAB 命令的使用方法的联机说明。直接输入 help 加所要求助的主题词或指令名称, 即可获得 MATLAB 在线帮助。特别是, 如果对 help 命令的使用不熟悉, 可以在命令窗口键入: help help, 并按 Enter 键, 即可获得有关 help 的详尽的帮助信息。

helpwin 命令用于打开 MATLAB 的帮助文件窗口, 在命令窗口直接键入 helpwin, 将出现帮助窗口。

demo 命令是介绍 MATLAB 功能的演示程序, 执行该命令后, 系统将显示一个帮助窗口, 可以选择需要演示的主题, 在浏览器里演示。

lookfor 命令通过搜索所有 MATLAB 下的 help 子目录标题与 MATLAB 搜索路径中 M 文件的第一行, 返回包括所指定关键词的那些项, 关键词不一定是命令。此命令在查找不知道确切名字的具有某种功能的命令或函数时极为有用。

who 和 whos 的作用是列出在 MATLAB 工作内存中驻留的变量名, whos 命令同时给出变量的详细信息, 如变量的维数、大小以及所占用的字节和类型。

数值计算、矩阵及其运算

数值计算、矩阵运算是 MATLAB 最基本的功能,也是最重要的功能之一。本章主要介绍 MATLAB 的数据类型、常量与变量、向量产生及其运算、矩阵及其运算、多项式及其运算。

MATLAB 定义了基本运算单位——数组,从维数上它们可分为单变量、一维数组(向量)、二维数组(矩阵)、高维数组;从类型上可分为数值型数组、字符型数组、单元型数组、结构型数组。数值型数组主要包括数字变量、数值型一维数组(向量)、数值型二维数组(矩阵)、数值型高维数组。下面将主要根据数据类型展开介绍。

2.1 变 量

与任何计算机语言一样,MATLAB 也定义了各类变量,主要有数值型变量、字符型变量、单元型变量、结构型变量,它们是 MATLAB 运算的基本单元,MATLAB 对变量要求很低,其变量有如下特点:

1. 无需事先声明。
 2. 无需事先指定变量类型,自动根据赋予的值确定变量类型。
 3. 如果变量还存在,再赋予变量新值时,该变量以新的变量类型代替老的变量类型。
- 变量需要取名,变量名应满足下列规则:

1. 区分大小写。
2. 变量名 ≤ 31 位。
3. 变量名可包含:字母、数字、下划线,但不能用标点符号。
4. 全局变量 global,要慎用。

2.2 常 量

MATLAB 的数据类型中有一类预先定义好的常量,它们用专门的字符串来表示。这些专门的字符串和含义如表 2.2.1 所示。

表 2.2.1 MATLAB 专用常量名及其含义

常量名	常量值或含义	常量名	常量值或含义
i,j	虚数单位 $\sqrt{-1}$	Realmax	最大的正浮点数 10^{308}
pi	圆周率 π	Realmin	最小的正浮点数 10^{-323}
eps	10^{-52}	Inf	无穷大
NaN	not a number 的缩写,表示不是常数		

注 1:定义变量时应尽量避免使用上述专用的常量名,以免不知不觉中改变了这些专用常量的值。

注 2:如果已经用专用常量名定义了新变量,则此时该专用常量名已经改变为新变量的含义,如果希望该字符串恢复 MATLAB 原来所赋予的含义,则可通过命令“clear 常量名”得到恢复,当然重新启动 MATLAB 也可恢复所有专用常量的含义。

【例 2.2.1】

```
>>pi                %调用专用常量圆周率  $\pi$ 
ans=
    3.1416
>>pi=5              %专用常量 pi 的值改变为 5
ans=
    5
>>clear pi          %恢复专用常量 pi 的值为圆周率  $\pi$ 
>>pi
ans=
    3.1416
```

注:“%”用来对该行命令或文件进行注释,运行时不参与运算,相当于 C 语言中的“/* */”功能。在后面各章中我们将普遍采用。

2.3 数字变量

MATLAB 数组类型主要有数值型数组、字符型数组、单元型数组、结构型数组。数值型数组主要包括数字变量、数值型一维数组(向量)、数值型二维数组(矩阵)、数值型高维数组。

2.3.1 数字变量的生成及运算

数字变量是用于表示数值的变量,运算简单方便,可直接在命令窗口键入进行运算,如要求 $\frac{(2\sqrt{3}-5)^2}{3}$ 的值,则可在命令窗口键入:

```
>>(2*sqrt(3)-5)^2/3
ans=
    0.7863
```

“ans”是一个缺损变量名,指当前的计算结果,暂时存放在内存中,它会被以后类似的操作所刷新。用户如果想把此结果赋给指定变量 t ,则可在命令窗口键入:

```
>>t=(2*sqrt(3)-5)^2/3
t=
    0.7863
```

此时内存中有变量 t 可供调用。

数字变量的四则运算主要有:加“+”、减“-”、乘“*”、除“/”、乘方“^”、开平方“sqrt”等,它们在运算中的优先次序是:“^, sqrt”、“* , /”、“+ , -”。

2.3.2 数值型变量的数据格式

MATLAB 的所有数值计算都是通过双精度进行的,在内存中也是双精度的,但是其显示可以有不同的格式,显示不改变变量值的精度。

默认情况下以整型、保留小数点后 4 位的浮点型或短型科学格式显示。

在 MATLAB 的命令中通常用 format 命令在数据的不同显示格式之间切换。具体说明如下:

- ♣format 默认格式,与 format short 同。
- ♣format short 短型格式,只显示 5 位。表 2.3.1 以非负数为例进行说明。

表 2.3.1 短型格式显示及说明

变量值 x	显示格式	例	
		变量值	显示
$0.0001 < x \leq 1000$ 的小数	整数部分按原格式,小数部分显示后 4 位	999.9123892	999.9124
		0.0018	0.0018
$x > 1000$ 或 $x \leq 0.0001$ 的小数	短型科学格式即 format short e 格式,	1000.01	1.0000e+003
		0.0009	9.0000e-004
$x < 10^9$ 的整数	按原格式显示	891	891
		999999999	999999999
$x \geq 10^9$ 的整数	短型科学格式	1000000001	1.0000e+009
		1258053282187	1.2581e+012

- ♣format long 长格式,显示 15 位。表 2.3.2 以非负数为例进行说明。

表 2.3.2 长型格式显示及说明

变量值 x	显示格式	例	
		变量值	显示
x 为小数,或 $x \geq 10^9$ 的整数	长型科学格式即 format long e 格式	999.9123892	9.999123892000000e+002
		21873213212398130.0018	2.187321321239813e+016
		2891263912937317	2.891263912937317e+015
		891	891
$x < 10^9$ 的整数	按原格式显示	999999999	999999999

♣format short e 短型科学格式,对任意小数采用 e 格式,只显示 4 位小数。对于整数,显示格式与用 format short 格式时相同。

♣format long e 长型科学格式,对任意小数采用 e 格式,只显示 15 位小数。对于整数,显示格式与用 format long 格式时相同。

♣format short g 最优化短格式,最大显示 5 位数据,系统会根据数据的大小及形式采用比较好的显示数据的方式,如略去小数点后面的零等等,表 2.3.3 是一些具体例子。

表 2.3.3 format short g 显示例子

变量值 x	显示	变量值 x	显示
5.866e1	58.66	9821783.2138	9.8218e+006
0.2300	0.23	98217367	98217367

♣format long g 最优化长格式,最大显示 15 位数据,显示规则与 format short g 基本相同。

♣format hex 十六进制格式。显示双精度数的十六进制形式,如 sqrt(2) 则显示 3ff6a09e667f3bcd。

♣format bank 货币银行格式。保留小数点后两位,但不采用四舍五入规则。如输入 1.414,23 则分别显示 1.41,23.00。

♣format rat 有理格式。对变量值进行最小整数比的逼近。输入 0.9,0.283,9.2873,则

分别显示 $9/10$, $238/1000$, $1681/181$ 。

♣ **format+** 显示变量值的符号,如变量值为正则输出“+”号,如变量值为负则输出“-”号,如变量值是 0 则输出空格。如输入 $0.1, -9.87, 0$, 则分别显示 +、-、空格。

注:以上是 MATLAB 的主要显示格式,需强调的是,这些命令仅仅是显示结果而已,并不会改变变量在内存中的值,若希望只计算而不显示结果则可在计算式后面输入分号“;”。

【例 2.3.1】 计算 $a = \sin(\ln 2)$, $b = a^2$, (1) 只计算但不显示结果; (2) 用 format long e 格式显示 b 的结果。

```
>>a=sin(log(2));           %只计算但不显示结果
>>format long e           %要求用 format long e 格式显示结果
>>b=a^2                   %调用 a 并以 format long e 格式显示 b
b=
4.082715126283491e-001
```

2.4 向量(数值型一维数组)

由于数值型数组的地位非常重要,我们在本节介绍数值型一维数组的生成以及基本运算。为方便与线性代数的说法一致,这里的数值型一维数组就是线性代数中指的欧氏向量。

2.4.1 向量的生成和调用

1. 直接生成法

MATLAB 中的数组用中括号表示。格式: $[]$, 中括号内元素之间用空格或逗号分隔。空格(逗号)用于分列。

【例 2.4.1】 产生一维数组 $C = (1, 2, 3, 4)$ 。

```
>>c=[1,2,3,4]
c=
```

```
1 2 3 4
```

2. 利用冒号直接生成

♣ $x = x_0 : \text{step} : x_n$ %产生以 x_0 为始值,步长为 step,终值不超过 x_n 的数值型一维数组 x 。

【例 2.4.2】

```
>>a=1:3:14
```

```
a=
```

```
1 4 7 10 13
```

```
>>b=20:-1:15.5
```

```
b=
```

```
20 19 18 17 16
```

```
>>b=20:2:15.5
```

```
b=
```

```
Empty matrix:1-by-0
```

```
>>a=1:pi^2
```

```
a=
```

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

说明:(1) x_n 是该数值型一维数组最后一个分量的界限,不一定是最后一个数;

(2)当 $x_0 < x_n$ 时要求 $\text{step} > 0$; 当 $x_0 > x_n$ 时,要求 $\text{step} < 0$;

(3) step 省略时, $\text{step} = 1$ 。

3. 线性等分向量的生成

♣ $y = \text{linspace}(x_1, x_2)$ %生成始值为 x_1 , 步长为 $(x_2 - x_1)/99$, 终值为 x_2 的 100 维向量 y

$$y(i) = x_1 + \frac{i-1}{99}(x_2 - x_1) \quad (i=1, 2, \dots, 100)$$

♣ $y = \text{linspace}(x_1, x_2, n)$ %生成始值为 x_1 , 步长为 $(x_2 - x_1)/(n-1)$, 终值为 x_2 的 n 维向量 y

$$y(i) = x_1 + \frac{i-1}{n-1}(x_2 - x_1) \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

【例 2.4.3】

```
>>a=linspace(0,1,11)
```

```
a=
```

```
0,0.1,0.2,...,0.9,1
```

4. 对数等分向量生成

♣ $y = \text{logspace}(x_1, x_2)$ %生成 50 维向量 y ,

$$y(i) = 10^{x(i)} \quad (i=1, 2, \dots, 50)$$

$$\text{其中}, x(i) = x_1 + \frac{i-1}{49}(x_2 - x_1) \quad (i=1, 2, \dots, 50)$$

♣ $y = \text{logspace}(x_1, x_2, n)$ %生成 n 维向量 y

$$y(i) = 10^{x(i)} \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

$$\text{其中}, x(i) = x_1 + \frac{i-1}{n-1}(x_2 - x_1) \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

【例 2.4.4】

```
>>logspace(0,4,5)
```

```
ans=
```

```
1 10 100 1000 10000
```

5. 向量的调用

向量生成以后作为内存变量存放在内存中,如果计算中需要用到该向量的部分或者全部,则需要调用。

(1) 确定向量长度

♣ $\text{length}(x)$ %计算向量 x 的长度,即向量分量的个数。

【例 2.4.5】 用对数等分 $y = \text{logspace}(0, 98)$ 生成向量 y , 并验证 y 的维数(长度)是 50。

```
>>y=logspace(0,98);
```

```
n=length(y)
```

```
n=
```

```
50
```