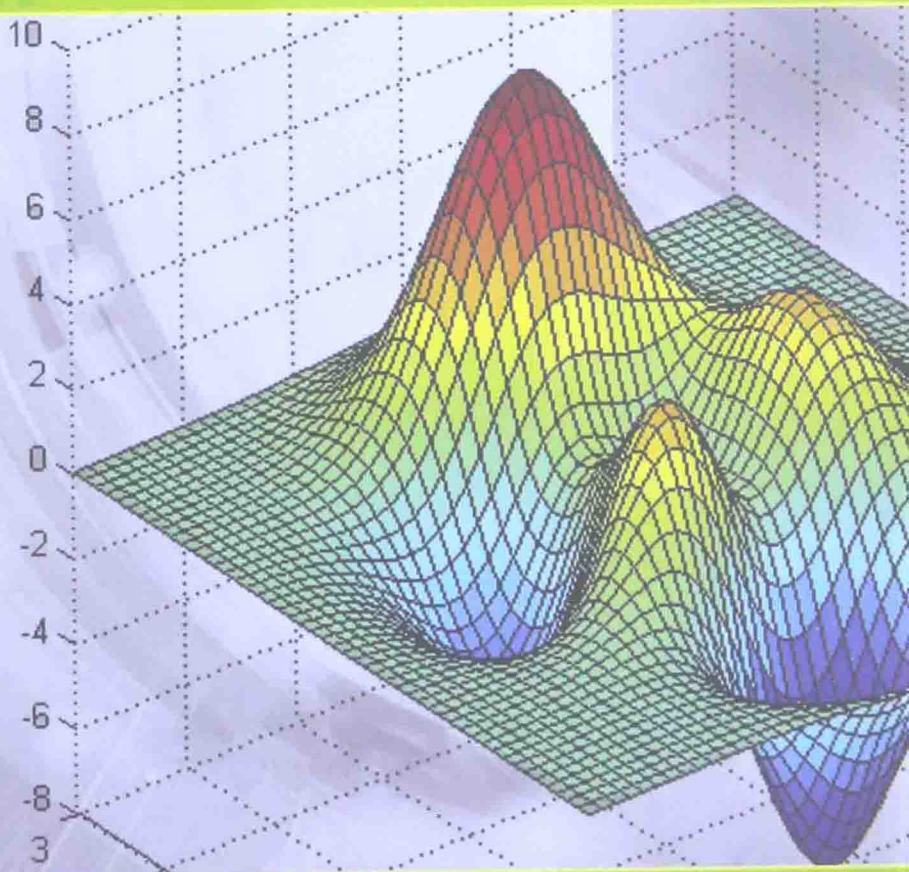


MATLAB

与测绘数据处理

王建民 谢锋珠 编著



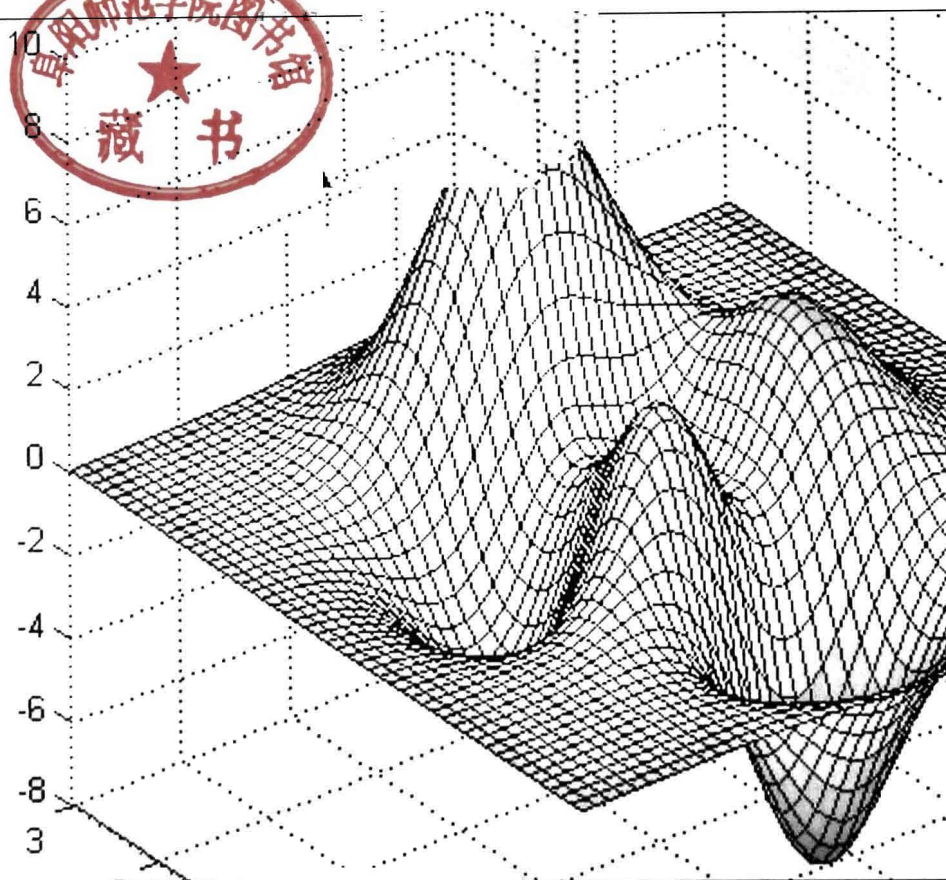
WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

MATLAB

与测绘数据处理

王建民 谢锋珠 编著



WUHAN UNIVERSITY PRESS
武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 与测绘数据处理/王建民,谢锋珠编著. —武汉:武汉大学出版社,2015.3

ISBN 978-7-307-15139-0

I. M… II. ①王… ②谢… III. 测绘—计算机辅助计算—Matlab 软件 IV. P209

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 021784 号

责任编辑:胡 艳 责任校对:汪欣怡 版式设计:马 佳

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件: cbs22@whu.edu.cn 网址: www.wdp.com.cn)

印刷:武汉中远印务有限公司

开本: 720 × 1000 1/16 印张:15.25 字数:272 千字 插页:1

版次: 2015 年 3 月第 1 版 2015 年 3 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-15139-0 定价:30.00 元

版权所有,不得翻印;凡购我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

伴随着计算机编程语言的发展，测量数据处理软件也在不断的更新，以适应新的信息化要求。最早的平差软件由 Fortran 和 Basic 语言编写，并且是在 DOS 时代以命令行的形式来运行。目前以 C++、Java 为主流语言编写的测量数据处理软件，不仅适应 Windows 系统，并能在 Unix 下运行。测绘软件体系呈现规模化和系统化，是从事测绘事业的工程技术人员和科研人员贡献的结果。

编写测量数据处理程序，不仅要有扎实的测量数据处理理论知识和对编程语言的驾驭能力，还需要掌握数值计算方法，并能用相应的语言实现其算法。在测量平差计算中，需要进行大量的矩阵运算，比如矩阵求逆，开发者需要编写矩阵求逆独立程序，并反复调试，确保正确，类似的计算占据了整个程序代码很大的比例，借助 MATLAB 强大的数值计算能力和丰富的可视化表达方式，开放的程序接口能够极大地提高测量数据处理的效率和能力。

MATLAB 是 Matrix Laboratory 两个词的组合，意为矩阵工厂或矩阵实验室，其强大的矩阵运算能力很适合测量数据处理计算模型。MATLAB 功能强大、简单易学、编程效率高，它把科学计算、结果的可视化和编程集成在一起，深受广大科技工作者的欢迎。在欧美各高等院校，MATLAB 成为大学生、硕士生以及博士生必须掌握的基本技能。

本书主要由两大部分构成：

第一部分主要介绍 MATLAB 编程基础，由 6 个章节组成，重点讲述了与测量数据处理相适应的 MATLAB 基础知识、矩阵基本运算、方程组求解、插值和拟合、参数假设检验等数值计算方法，它们在测量数据处理中有着广泛的应用。第 1 章介绍 MATLAB 的特点、安装、开发环境，重点强调 MATLAB 基础指令和基础操作。第 2 章介绍 MATLAB 矩阵表示、运算，是后继章节的基础，其中矩阵运算、线形方程组求解是测绘数据处理的数学基础。第 3 章介绍基本的数值计算方法、基础的数据分析方法、缺失数据分析、数据求和、随机数据产生、假设检验，以及数值计算中的插值和拟合问题。第 4 章介绍 MATLAB 编程的控制语句、M 脚本文件和 M 函数文件的编写方法及基本的输入输出语句。第 5 章介绍 MATLAB 基本的二维和三维图形绘制方法。第 6 章

介绍 MATLAB 可视化界面设计方法和常用控件的使用。

第二部分也由 6 个章节组成, 介绍工程测量中常用测量数据处理方法。第 7 章介绍测量基础计算, 有坐标正反算、图幅编号计算、导线平差。第 8 章主要介绍便于程序编写的间接平差原理、水准网平差及 MATLAB 程序设计。第 9 章介绍导线网平差及 MATLAB 程序设计。第 10 章介绍坐标换带和坐标转换及其 MATLAB 程序设计。第 11 章介绍常见的插值方法在测量数据处理中的应用。地统计插值方法近年在测量数据处理中得到重视和应用, 第 12 章介绍了其基本原理和可视化程序设计方法。

本书未能全面系统地讲解 MATLAB 编程, 着重讲述用 MATLAB 解决工程测量数据处理方面的程序编写, 可作为测绘专业本科生学习测绘编程的教材或参考书籍。本书由王建民和谢锋珠编写, 其中第 1 章, 第 5~6 章、第 11~12 章由谢锋珠编写, 其他章节由王建民编写。由于时间和水平有限, 书中难免存在不少问题, 恳请读者给予批评和指正。

作 者

2014 年 10 月

目 录

第 1 章 MATLAB 简介	1
1.1 MATLAB 运行环境	2
1.1.1 MATLAB 工具箱	2
1.1.2 MATLAB 窗口	2
1.2 MATLAB 基础操作	7
1.2.1 MATLAB 常用指令	7
1.2.2 变量、运算符和表达式	9
第 2 章 MATLAB 矩阵及其基本运算	12
2.1 矩阵的表示	12
2.1.1 数值矩阵的生成	12
2.1.2 利用文件建立矩阵	13
2.1.3 多维数组的创建	14
2.1.4 符号矩阵的生成	15
2.1.5 特殊矩阵的生成	16
2.2 矩阵运算	18
2.2.1 算术运算	18
2.2.2 关系运算	19
2.2.3 逻辑运算	20
2.2.4 矩阵的转置与旋转	21
2.2.5 方阵的行列式	22
2.2.6 矩阵的逆与伪逆	23
2.2.7 矩阵的秩与迹	24
2.2.8 矩阵特殊运算	24
2.2.9 矩阵大小和元素个数	27
2.3 线性方程组的求解	28
2.3.1 求线性方程组的精确解	28

2.3.2	方程组的最小二乘解	31
2.3.3	欠定方程组的通解	32
第3章 数据分析与数值计算		35
3.1	数据预处理	35
3.1.1	处理缺失数据	35
3.1.2	异常数据处理	36
3.2	最大最小值	37
3.2.1	求向量的最大值和最小值	37
3.2.2	求矩阵的最大值和最小值	38
3.2.3	两个向量或矩阵对应元素的比较	38
3.3	数据求和(积)	39
3.3.1	数据求和	39
3.3.2	数据求积	40
3.3.3	数据排序	41
3.4	随机数的产生	41
3.4.1	正态分布的随机数据的产生	41
3.4.2	常见分布的随机数产生	42
3.4.3	通用函数求各分布的随机数据	43
3.5	随机变量的数字特征	43
3.5.1	平均值、中值	43
3.5.2	期望和方差	44
3.5.3	协方差与相关系数	45
3.6	假设检验	46
3.6.1	U 检验法	46
3.6.2	t 检验法	47
3.6.3	χ^2 检验	48
3.6.4	F 检验	49
3.6.5	正态分布检验	50
3.7	插值与拟合	52
3.7.1	一维插值	52
3.7.2	二维数据插值	54
3.7.3	griddata 插值	57
3.7.4	数据网络化	58

3.7.5 多项式拟合	59
3.7.6 曲线拟合工具箱 cftool	61
第4章 MATLAB 编程基础	65
4.1 控制语句	65
4.1.1 循环结构	65
4.1.2 分支结构	66
4.1.3 try-catch 结构	68
4.2 M 文件	69
4.2.1 M 脚本文件	69
4.2.2 M 函数文件	70
4.3 MATLAB 的函数类别	72
4.3.1 主函数与子函数	72
4.3.2 函数句柄	73
4.4 MATLAB 的输入与输出语句	75
4.4.1 输入语句	75
4.4.2 输出语句	75
4.4.3 错误消息显示命令	75
第5章 绘图与图形处理	76
5.1 二维基本图形的绘制	76
5.1.1 基本平面图形命令	76
5.1.2 绘制图形的辅助操作	82
5.2 三维图形	88
5.2.1 绘制三维曲线的基本函数	88
5.2.2 三维曲线、面	89
5.2.3 三维等高线	91
5.3 通用图形函数	94
5.3.1 图形对象句柄	94
5.3.2 图形窗口的控制	97
第6章 用户界面 GUI 设计	100
6.1 图形用户界面设计工具	100
6.1.1 界面设计工具和启动	100

6.1.2 图形用户界面设计工具	102
6.1.3 用户界面控制	106
6.2 控件对象及属性	107
6.2.1 控件对象	107
6.2.2 控件属性	108
6.3 GUI 程序设计	111
6.4 对话框设计	115
6.4.1 公共对话框	115
6.4.2 MATLAB 专用对话框	117
第7章 测量基础计算及程序设计	121
7.1 角度与弧度互换	121
7.1.1 角度转换为弧度	121
7.1.2 弧度转换为角度	122
7.2 坐标正反计算	122
7.2.1 坐标正算及程序	122
7.2.2 坐标反算及程序	124
7.3 交会定点	125
7.3.1 前方交会及程序	125
7.3.2 后方交会及程序	126
7.4 图幅编号计算	127
7.4.1 地形图编号	127
7.4.2 图幅编号计算程序	129
7.5 普通导线简易平差及程序设计	133
7.5.1 附和导线的简易平差	133
7.5.2 附和导线程序设计	136
第8章 高程控制网平差及程序设计	150
8.1 间接平差基本原理	150
8.1.1 参数求解	150
8.1.2 精度评价	152
8.2 水准网误差方程	152
8.3 水准网平差程序设计	154
8.3.1 观测数据的组织	155

8.3.2 水准网平差 MATLAB 代码	157
第 9 章 导线网平差及程序设计	161
9.1 导线网误差方程的列立	161
9.1.1 边长观测误差方程	161
9.1.2 方向观测值误差方程的列立	162
9.1.3 误差方程式的改化	164
9.2 平面网误差椭圆	165
9.2.1 位差的极值与极值方向	165
9.2.2 误差椭圆	166
9.3 导线网平差数据组织	167
9.3.1 数据文件组织	167
9.3.2 导线网平差程序主要变量	168
9.3.3 导线网平差代码	169
9.3.4 导线网平差算例	182
第 10 章 坐标换带、转换及程序设计	184
10.1 坐标换带及程序设计	184
10.1.1 坐标换带方法	184
10.1.2 坐标换带程序设计	186
10.2 坐标转换及程序设计	192
10.2.1 七参数坐标转换模型	193
10.2.2 七参数转换程序设计	195
10.2.3 四参数坐标转换模型	198
10.2.4 四参数转换程序设计	199
第 11 章 空间插值及程序设计	201
11.1 空间插值概述	201
11.1.1 空间插值的分类	201
11.1.2 插值方法选择的原则	203
11.2 常用空间插值方法	204
11.2.1 最近邻法	204
11.2.2 算术平均值	205
11.2.3 距离反比插值	206

11.2.4 全局多项式插值 210

11.2.5 局部多项式插值 213

第 12 章 变形观测分析、预报及程序设计 218

12.1 变形观测分析与预报概述 218

12.1.1 静态变形分析 218

12.1.2 动态变形分析 218

12.1.3 变形预测 219

12.2 监测数据线性回归分析法 219

12.2.1 一元线性回归模型 219

12.2.2 多元线性回归模型 221

12.3 监测数据非线性曲线预测模型 224

12.4 时间序列预测常用方法 226

12.4.1 一次指数平滑法 226

12.4.2 二次指数平滑法 230

参考文献 233

第1章 MATLAB 简介

MATLAB 是 Matrix Laboratory 两个词的组合，意为矩阵工厂或矩阵实验室。它是由美国 Mathworks 公司发布的，主要面对科学计算、结果的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、科学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，并在很大程度上摆脱了传统非交互式程序设计语言(如 C、Fortran)的编辑模式，代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

MATLAB 功能强大、简单易学、编程效率高，深受广大科技工作者的欢迎。在欧美各国高等院校，MATLAB 已经成为大学生、研究生、博士生必须掌握的基本技能。

MATLAB 的特点主要有以下几方面：

1. 数值计算和符号计算

MATLAB 的数值计算功能包括矩阵运算、多项式和有理分式运算、数据统计分析、数值积分、优化处理等。

2. 图形处理

MATLAB 提供了两个层次的图形命令：一种是对图形句柄进行的低级图形命令，另一种是建立在低级图形命令之上的高级图形命令。利用 MATLAB 的高级图形命令，可以轻而易举地绘制二维、三维乃至四维图形，并可进行图形和坐标的标识、视角和光照设计、色彩精细控制等工作。

3. 工具箱

MATLAB 的一个重要特色就是具有一套程序扩展系统和一组称之为“工具箱”的特殊应用子程序。工具箱是 MATLAB 函数的子程序库，每一个工具箱都是为某一类学科专业和应用而定制的，主要包括信号处理、控制系统、神经网络、模糊逻辑、小波分析和系统仿真等方面的应用。

4. 程序接口

新版本的 MATLAB 可以利用 MATLAB 编译器和 C/C++ 数学库和图形库，

将自己的 MATLAB 程序自动转换为独立于 MATLAB 运行的 C 和 C++ 代码。允许用户编写可以和 MATLAB 进行交互的 C 或 C++ 语言程序。另外, MATLAB 网页服务程序还允许在 Web 应用中使用自己的 MATLAB 数学和图形程序。MATLAB 还可以实现和 VC++、VB、C# 混合编程。

1.1 MATLAB 运行环境

MATLAB 只有在适当的外部环境中才能正常运行。在 PC 机上安装 MATLAB 时, 需要注意正确选取 MATLAB 组件。

1.1.1 MATLAB 工具箱

具体安装由安装向导来完成, 应注意的是, 在安装过程中, 安装向导会提示用户选取要安装的组件, 其中必须选取的组件是 MATLAB(核心组件, 基本工具箱)。

常用通用工具箱: Symbolic Math(符号计算工具箱)。

其他通用工具箱: Simulink(仿真工具箱)、Optimization(优化工具箱)、MATLAB Compiler、MATLAB C/C++ Math Library、MATLAB C/C++ Graphic Library(用于编译 MATLAB 程序)。

常用专业工具箱: Control System(控制工具箱)、Signal Processing(信号处理工具箱)、Image Processing(图像处理工具箱), 等等。

1.1.2 MATLAB 窗口

点击桌面快捷方式或运行 MATLAB 安装目录的快捷启动图标启动程序, 指向位于 MATLAB 安装目录下的 \ bin \ win32 文件夹中的执行程序 MATLAB.exe。

启动后的 MATLAB 操作界面默认情况下有 3 个上层窗口, 如图 1.1.1 所示。

MATLAB 常用窗口主要有:

1. 命令窗口(Command Window)

命令窗口是 MATLAB 中最基本的窗口, 该窗口是运行各种 MATLAB 指令的最主要窗口。在该窗口内, 可以键入各种 MATLAB 指令、函数、表达式, 并显示除图形外的运算结果。如“>>”为指令行提示符, 提示其后语句为输入指令。“ans”为 answer 的英文缩写。

在指令窗口运行过的指令可以用 ↑、↓ 键再次调出运行。缺省情况下,

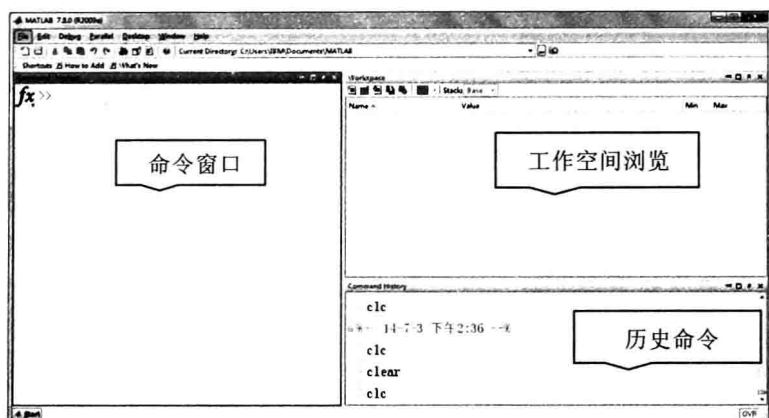


图 1.1.1 启动后界面

该窗口位于 MATLAB 桌面的右侧。

2. 历史指令窗口 (Command History)

历史指令窗口位于 MATLAB 操作桌面的右下侧。历史指令窗口记录用户在 MATLAB 指令窗口曾经输入过的所有指令行，并且有具体时间标识，通过双击选中历史指令，可以再次执行，也可以将选中的历史指令复制、删除、粘贴和生成 M 文件命令。

3. 工作空间浏览器 (Workspace Browser)

工作空间浏览窗口中记录已有的内存变量名及其对应的数据大小和类型，还可以在工作空间浏览器中查阅、保存、编辑内存变量或删除内存变量，另外，也可以将外部文件中的数据导入工作空间生成新的内存变量。

选中变量，单击右键打开菜单项(图 1.1.2)，可以对选中变量进行相应的操作，包括选择适当绘图指令，使变量可视化显示。在缺省情况下，当前目录浏览器位于 MATLAB 桌面的左上方的前台。

4. 用户目录和工作目录

在缺省情况下，当前目录浏览器位于 MATLAB 桌面左上方的后台。点击标签 (Current Directory) 即可在前台看到当前目录浏览器。

一般来说，MATLAB 会提供一个临时目录作为默认当前工作目录，如 C:\Users\计算机名\Documents\MATLAB。用户最好创建自己的用户目录(例如创建文件夹 D:\MyMATLABDir)来存放自己创建的程序文件。建立自己的用户目录后，需要修改当前工作目录为用户目录，那么，MATLAB 将会把所有相关的数据和文件都存放在同一目录下，方便用户管理。修改当

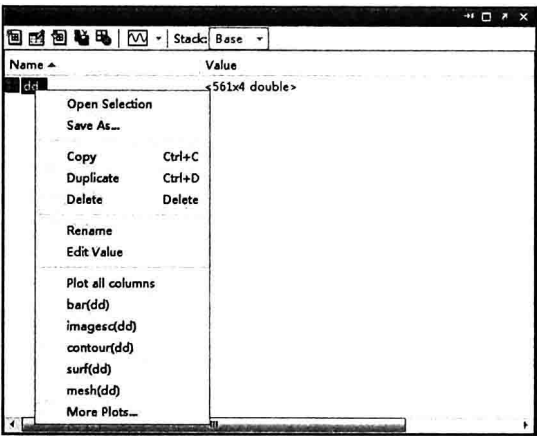


图 1. 1. 2 工作空间浏览器

前工作目录的方法如下：

- (1)利用 MATLAB 桌面上的当前工作目录设定区进行修改。
- (2)利用指令设置，如“cd D: \MyMATLABDir”设置“D: \MyMATLABDir”为当前工作目录。

当前工作目录设置只在当前 MATLAB 环境下有效，重新启动 MATLAB，系统自动恢复到原来默认的当前工作目录，需要再次进行设置。

5. 内存数组编辑器 (Array Editor)

在工作空间浏览器中双击选中的变量，调出内存数组编辑器 (图 1. 1. 3) 中打开该变量，然后编辑该变量。

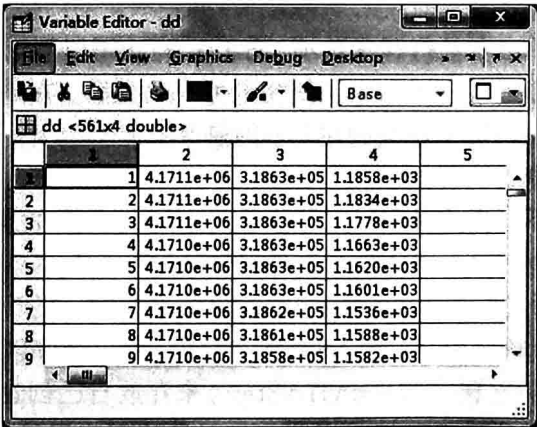


图 1. 1. 3 内存数组编辑器

6. MATLAB 搜索路径

MATLAB 工作时, 根据 MATLAB 搜索路径, 依次从各目录上搜索所需调用的文件、函数、数据。当用户有多个目录需要同时与 MATLAB 交换信息时, 必须将这些目录添加到 MATLAB 搜索路径上, 使得这些目录中的文件可以被调用。

菜单项 File: Set Path 或 `pathtool` 指令可以调出搜索路径设置对话框, 用户可添加自己经常用到的目录到搜索路径。如果希望永久修改搜索路径, 则应在修改结束后, 选择 `save`。如果用户需要在程序体中添加搜索路径, 可利用以下指令:

(1) `path(path, 'D:\MyMATLABDir')`: 将 D:\MyMATLABDir 添加到搜索路径尾端。

(2) `path('D:\MyMATLABDir', path)`: 将 D:\MyMATLABDir 添加到搜索路径首端。

`path` 指令只在当前 MATLAB 环境下有效, 重新启动 MATLAB, 需要重新设置。

7. M 文件编辑 (Editor)

对于简单的或一次性的问题, 可以通过在指令窗口直接输入一组指令行去求解。当所需指令较多或需要重复使用一段指令时, 就要用到 M 脚本编程。

MATLAB 下拉菜单项 File: New: M-File 可以新建一个 M 文件, 而菜单项 File: Open, 则可以打开一个 M 文件。打开的 M 文件编辑器如图 1.1.4 所示。菜单项 Debug 可以完成调试功能。



图 1.1.4 M 文件编辑/调试器

8. 帮助导航/浏览器 (Help Navigator/Browser)

帮助导航/浏览器详尽展示由超文本写成的在线帮助，打开帮助导航/浏览器的方法如下：

- (1) 点击 MATLAB 窗口上的“?”按钮。
- (2) 点击在命令窗口输入 helpdesk 或 helpbrowser，回车。
- (3) 利用下拉菜单 View: help 或 Help: MATLAB help。
- (4) 在 MATLAB 的命令前，按下 F1 键，调出需要帮助的命令 (图 1.1.5)。

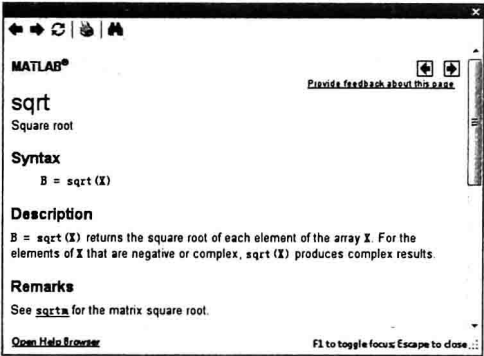


图 1.1.5 帮助窗口

9. 开始按钮

开始按钮作为一个快捷按钮，可以打开前面提到的所有窗口，如图 1.1.6 所示。



图 1.1.6 开始按钮