

MATLAB 语言应用系列书

MATLAB 科学图形构建 基础与应用 (6.x)

闻 新 周 露 张 鸿 编著



科学出版社

MATLAB 语言应用系列书

MATLAB 科学图形构建 基础与应用(6.x)

闻 新 周 露 张 鸿 编著

科 学 出 版 社

2002

内 容 简 介

MATLAB 语言是一种简单、高效、功能极强的高级语言, 具有极高的编程效率。

本书重点介绍了数据的可视化技术与技巧, 如在直角坐标系或极坐标系中绘制直线、条形图、柱状图、轮廓线、表面网格图技术等, 介绍了在 MATLAB 中完成动画的制作方法; 介绍了在 MATLAB 中利用句柄图形可以更精确地控制 MATLAB 显示数据的方式, 以及 MATLAB 面向对象的图形系统。引导读者利用句柄图形定义一个图形对象集, 包括直线、表面和文本等, 甚至可以创建具有非常专业的用户界面的基于 MATLAB 的应用程序。

考虑到便于读者学习, 本书根据作者应用 MATLAB 的经验并结合大量的实例, 还概要地介绍了 MATLAB 6.x 的主要功能、函数命令、一些使用技巧以及比较复杂的数值计算和 M 文件程序的编写方法。

本书理论与实际并重, 内容丰富, 通俗易懂, 并附有大量的应用实例, 是学习 MATLAB 科学绘图的不可多得的参考教材。

本书可作为高等院校计算机、电子工程、控制工程、信息与通信科学、数学、机械工程和生物医学工程等专业师生的参考教材, 对从事上述领域工作的广大工程技术人员具有重要的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 科学图形构建基础与应用 (6.x) / 闻新,
周露, 张鸿编著. —北京: 科学出版社, 2002

(MATLAB 语言应用系列书)

ISBN 7-03-010406-4

I. M… II. ①闻… ②周… ③张… III. 图像识别-
软件包, MATLAB 6.x IV. TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 027951 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码 100717

<http://www.sciencep.com>

双青印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002 年 6 月第 一 版 开本 787×1092 1/16

2002 年 6 月第一次印刷 印张 21 1/4

印数 1-5 000 字数: 500 000

定价: 29.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换<环伟>)

前 言

MATLAB 仿真软件自 1984 年由美国的 MathWorks 公司推出以来, 已引起了越来越多人的注目。1993 年后又相继推出了 MATLAB 4.x、MATLAB 5.x、MATLAB 6.x 等基于 Windows 系统的版本, 从而充分利用了 Windows 系统资源。MATLAB 现已成为国际上公认的最优秀的数值计算和仿真分析软件。该软件包的主要特点有: 1) 它是一种解释性语言, 它采用了工程技术的计算语言, 而且几乎与数学表达式相同, 语言中的基本元素是矩阵, 可以提供各种矩阵的运算和操作, 并且具有符号计算、数学和文字统一处理、离线和在线计算等功能; 2) 具有较强的绘图功能, 计算结果和编程可视化; 3) 具有很强的开放性, 针对不同的应用学科, 在 MATLAB 软件平台之上, 推出了三十多个应用的工具箱。

MATLAB 的这些特点使它推出不久, 很快成为应用学科计算机辅助分析、设计、仿真和教学不可缺少的软件, 并已应用在生物医学工程、信号分析、语音处理、图像识别、航天航海工程、统计分析、计算机技术、控制和数学等领域中。

本书内容主要由五大部分组成 (这五大部分内容归纳成 9 章):

(1) MATLAB 编程基础

在本书的开始, 叙述了 MATLAB 数值矩阵的各种运算、功能函数的使用方法、矩阵分解、线性方程的求解、多项式运算、数据分析和数值信号处理等功能。在此基础上主要讨论了 MATLAB 符号矩阵的运算、分解和微积分及微分方程的求解等内容。此外还叙述了 M 文件程序结构、数据结构、变量定义和程序流控制、函数调用、数据的输入输出等内容。

(2) MATLAB 数据的可视化技术

通过例程, 首先介绍数据的可视化技术与技巧, 如在直角坐标系或极坐标系中绘制直线、条形图、柱状图、轮廓线、表面网格图技术等, 然后介绍在 MATLAB 中完成动画的制作方法。同时, 还描述如何控制图形的颜色和阴影、坐标轴的标注, 以及图形显示的外观。让读者了解, 在 MATLAB 中, 一些高级命令实际上就是这些例程的封装, 可以自动地控制图形特性, 如坐标轴比例尺、线条颜色等。教会读者, 借助 MATLAB, 没有必要去掌握繁杂的底层属性, 异彩缤纷的 MATLAB 数据图形同样可以展现在我们面前。

(3) MATLAB 的句柄图形技术

介绍在 MATLAB 中利用句柄图形 (handle graphics) 可以更精确地控制 MATLAB 显示数据的方式, 或者开发用户自定义的图形命令, 以及 MATLAB 面向对象的图形系统。引导读者利用句柄图形定义一个图形对象集, 包括直线、表面、文本等, 同时介绍一种操纵这些对象属性的机制, 以使用户能按自己的需要获取相应的结果。

(4) 创建交互的 GUI 技术

GUI 即图形用户界面 (graphics user interface), 是将计算机程序以图形化的方式与

用户进行交互的一种机制。介绍在 MATLAB 中, 利用句柄图形也可以操纵菜单、按钮、文本框等其它可视化组件。使读者学会利用这些组件, MATLAB 就可以从用户那里获取各种输入, 并在其内部进行适当的处理。介绍如何利用句柄图形, 将 GUI 组件添加到任意一个 M 文件中, 或者定义自己的 MATLAB 运行环境, 甚至可以创建具有非常专业的用户界面的基于 MATLAB 的应用程序。

(5) MATLAB 中的图形机制

介绍在 MATLAB 中, 句柄图形是所有高级图形函数的基础, 指导读者创建用于 MATLAB 图形操作的 M 文件可以调用这些高级函数。

通过本书的阅读, 可以帮助初学者入门, 帮助已经有一定基础者步入高手行列, 而对是高手的读者则可以帮助他们获得更多的信息, 也可将此书作为工具手册查阅。

在本书编写过程中, 北京航空航天大学的朱民雄教授给予了很多关心和帮助, 作者在中国空间技术研究院 501 部指导的研究生李翔和北京科技大学的王玉锋协助完成了大量的程序调试和仿真验证工作, 在此, 向他们表示衷心的感谢。此外, 还要感谢科学出版社的鞠丽娜老师, 感谢她为作者出版本书创造了机会和为编辑出版工作付出的辛勤劳动。由于作者的水平所限, 书中尚存在一些不足和错误之处, 恳请读者批评指正。

作者

2002 年 3 月于北京

目 录

第一章 MATLAB 简介	1
1.1 概述	1
1.2 MATLAB 的运行环境	2
1.2.1 MATLAB 的运行方式	2
1.2.2 MATLAB 中的窗口	4
1.3 MATLAB 的帮助系统	9
1.3.1 命令行帮助	9
1.3.2 联机帮助	11
1.3.3 演示帮助	11
1.4 MATLAB 软件包的构成和应用概述	12
1.4.1 MATLAB 软件包的构成	13
1.4.2 MATLAB 的应用	21
第二章 MATLAB 数值计算功能	25
2.1 矩阵与数组运算	25
2.1.1 矩阵的建立	25
2.1.2 矩阵和数组运算指令对照汇总	29
2.2 矩阵与数组函数	33
2.2.1 基本数组函数	33
2.2.2 基本矩阵函数	33
2.2.3 几个易混淆的两种函数运算	36
2.3 关系运算和逻辑运算	38
2.3.1 关系运算	38
2.3.2 逻辑运算	39
2.4 矩阵的分解	40
2.4.1 三角分解	40
2.4.2 正交分解	41
2.4.3 特征值分解	41
2.4.4 奇异值分解	42
2.5 多项式	43
2.5.1 多项式的表达和创建	43
2.5.2 多项式的运算	44
2.6 数据分析	46
2.6.1 基本统计函数指令	46
2.6.2 协方差阵和相关阵	47
2.6.3 有限差分 and 导数	47
2.6.4 数据滤波	50

2.7 数值分析	51
2.7.1 数值积分	51
2.7.2 微分方程的数值解	53
第三章 符号运算	56
3.1 字符串	58
3.1.1 字符数组	58
3.1.2 字符的 ASCII 码转换	59
3.1.3 创建二维的字符数组	60
3.1.4 字符串中的单元数组	61
3.1.5 字符数组与单元数组间的转换	62
3.1.6 字符串比较	62
3.1.7 判断字符串是否相等	63
3.1.8 通过字符的运算来比较字符	64
3.1.9 字符串中字符的分类	65
3.1.10 查找与替换	65
3.1.11 字符串和数值的相互转换	66
3.2 符号矩阵的运算	68
3.2.1 符号矩阵的创建	68
3.2.2 符号矩阵的加、减、乘和除运算	68
3.2.3 符号矩阵的逆和除运算	70
3.2.4 符号矩阵的幂运算	71
3.2.5 符号矩阵的综合运算指令	72
3.2.6 符号变量替换	73
3.2.7 符号矩阵的分解	73
3.2.8 符号微积分	75
3.2.9 符号代数方程的求解	77
3.2.10 符号微分方程的求解	78
3.3 符号函数绘图	81
第四章 MATLAB 的程序设计	83
4.1 MATLAB 程序设计入门	83
4.1.1 编辑程序和 M 文件的形式	83
4.1.2 MATLAB 的命令文件	84
4.1.3 MATLAB 的函数文件	85
4.2 参数与变量	87
4.2.1 参数	87
4.2.2 局部变量与全局变量	91
4.3 数据类型	92
4.4 程序结构	94
4.4.1 顺序结构	94
4.4.2 循环结构	94
4.4.3 分支结构	96
4.5 程序流控制语句	99

4.5.1 echo 指令	99
4.5.2 input, yesinput 指令	99
4.5.3 pause 指令	100
4.5.4 keyboard 指令	100
4.5.5 break 指令	100
4.6 函数调用及变量传递	101
4.6.1 函数调用	101
4.6.2 参数传递	102
4.7 MATLAB 的输入与输出语句	105
4.7.1 输入语句	105
4.7.2 输出语句	105
第五章 MATLAB 图形绘制基础	107
5.1 二维绘图	107
5.1.1 plot	107
5.1.2 Figure 和 Subplot	110
5.1.3 绘图指令的开关控制	111
5.1.4 标题与坐标轴的操作	114
5.2 三维绘图	117
5.2.1 mesh	117
5.2.2 3D 图形的颜色、光线来源及图上标点的设定	119
5.2.3 透视与视角的设置	122
第六章 特殊图形的绘制	125
6.1 条形图和区域图的绘制	125
6.1.1 条形图的绘制	125
6.1.2 区域图的绘制	129
6.2 饼图的绘制	130
6.3 柱状图的绘制	135
6.3.1 笛卡儿坐标系下的柱状图	135
6.3.2 极坐标系下的柱状图	137
6.4 离散数据的图形绘制	138
6.4.1 二维火柴杆图的绘制	138
6.4.2 stem 函数和 plot 函数绘制图形的组合	141
6.4.3 三维火柴杆图	142
6.4.4 阶梯图	144
6.5 方向和速度矢量图	145
6.5.1 罗盘图	146
6.5.2 绘制羽毛状图	147
6.5.3 二维箭头图	149
6.5.4 三维箭头图	150
6.6 轮廓图	151
6.6.1 创建简单的轮廓图	151
6.6.2 轮廓图的标注	153

6.6.3 轮廓图的填充	155
6.6.4 单个轮廓线的绘制	155
6.6.5 极坐标系下轮廓图的绘制	156
6.7 交互式图形绘制	160
6.8 动画的绘制	161
6.8.1 电影动画	162
6.8.2 程序动画	164
第七章 MATLAB 高级绘图功能	167
7.1 柱形图	167
7.2 彗星图	169
7.2.1 二维彗星图	169
7.2.2 三维彗星图	170
7.3 带状图	171
7.4 散点图	172
7.4.1 二维散点图	172
7.4.2 三维散点图	173
7.5 切片图	174
7.5.1 在任意角度上切片	175
7.5.2 非平面切面图	178
7.6 瀑布图	179
7.7 三角形网格图和三角形表面图	180
7.7.1 三角形网格图	180
7.7.2 三角形表面图	181
7.8 流图	182
7.8.1 流线图	182
7.8.2 流沙图	183
7.8.3 流锥图	184
7.8.4 流带图	189
7.8.5 切片流线图	194
7.8.6 流管图	196
7.8.7 卷曲图	198
7.8.8 切片等值线图	200
第八章 MATLAB 绘图实例	202
第九章 MATLAB 图形用户界面设计技术	260
9.1 图形对象和图形对象的句柄	260
9.1.1 图形对象与图形对象的结构关系	260
9.1.2 图形对象句柄——标识	262
9.2 GUI 设计工具	263
9.2.1 认识 GUI	264
9.2.2 菜单编辑器	267
9.2.3 对象属性检查器	269

9.2.4 位置调整工具	269
9.2.5 对象浏览器	270
9.2.6 运用 GUI 工具的设计实例	272
9.3 菜单设计	275
9.3.1 界面菜单的设计	275
9.3.2 函数 Uimenu 对象的属性	279
9.4 控件	287
9.4.1 控件对象类型	287
9.4.2 控件建立	289
9.4.3 控件属性	293
9.4.4 控件属性设置	300
9.5 对话框	303
9.5.1 公共对话框	303
9.5.2 一般对话框	313
9.6 GUI 的编程	320
9.6.1 全局变量与用户数据属性	321
9.6.2 脚本式 M 文件	324
9.6.3 函数式 M 文件	326
主要参考文献	329

第一章 MATLAB 简介

1.1 概 述

MATLAB 仿真软件自 1984 年由美国的 Math Works 公司推出以来,已越来越引人注目,1993 年后又相继推出了 MATLAB 4.x, MATLAB 5.x 和 MATLAB 6.x 等基于 Windows 系统的版本,可以充分利用 Windows 系统资源。MATLAB 现已成为国际上公认的最优秀的数值计算和仿真分析软件。其软件包的主要特点有:

(1) 编程效率高

它是一种面向科学与工程计算的高级语言,允许用数学形式的语言编写程序,且比 Basic, Fortran 和 C 等语言更加接近我们书写计算公式的思维方式,用 MATLAB 编写程序犹如在演算纸上排列出公式与求解问题。因此, MATLAB 语言也可通俗地称为演算纸式科学算法语言。由于它编写简单,所以编程效率高,易学易懂。

(2) 用户使用方便

MATLAB 语言是一种解释执行的语言(在没被专门的工具编译之前),它灵活、方便,其调试程序手段丰富,调试速度快,需要学习时间少。人们用任何一种语言编写程序和调试程序一般都要经过四个步骤:编辑、编译、连接以及执行和调试。各个步骤之间是顺序关系,编程的过程就是在它们之间作瀑布型的循环。MATLAB 语言与其它语言相比,较好地解决了上述问题,把编辑、编译、连接和执行融为一体。它能在同一画面上进行灵活操作快速排除输入程序中的书写错误、语法错误以至语意错误,从而加快了用户编写、修改和调试程序的速度,可以说在编程和调试过程中它是一种比 VB 还要简单的语言。

具体地说, MATLAB 运行时,如直接在命令行输入 MATLAB 语句(命令),包括调用 M 文件的语句,每输入一条语句,就立即对其进行处理,完成编译、连接和运行的全过程。又如,将 MATLAB 源程序编辑为 M 文件,由于 MATLAB 磁盘文件也是 M 文件,所以编辑后的源文件就可直接运行,而不需进行编译和连接。在运行 M 文件时,如果有错,计算机屏幕上会给出详细的出错信息,用户经修改后再执行,直到正确为止。所以可以说, MATLAB 语言不仅是一种语言,广义上讲是一种该语言开发系统,即语言调试系统。

(3) 扩充能力强

高版本的 MATLAB 语言有丰富的库函数,在进行复杂的数学运算时可以直接调用,而且 MATLAB 的库函数同用户文件在形式上一样,所以用户文件也可作为 MATLAB 的库函数来调用。因而,用户可以根据自己的需要方便地建立和扩充新的库函数,以便提高 MATLAB 使用效率和扩充它的功能。另外,为了充分利用 Fortran, C 等语言的资源,包括用户已编好的 Fortran, C 语言程序,通过建立 ME 或 MEX 调文件的形式,混合编

程,方便地调用有关的 Fortran, C 语言的子程序。

(4) 语句简单,内涵丰富

MATLAB 语言中最基本最重要的成分是函数,其一般形式为「a, b, c...」= fun (d, e, f, ...), 即一个函数由函数名, 输入变量 d, e, f, ...和输出变量 a, b, c...组成, 同一函数名 F, 不同数目的输入变量(包括无输入变量)及不同数目的输出变量, 代表着不同的含义(有点像面向对象中的多态性。这不仅使 MATLAB 的库函数功能更丰富, 而且大大减少了需要的磁盘空间, 使得 MATLAB 编写的 M 文件简单、短小而高效)。

(5) 高效方便的矩阵和数组运算

MATLAB 语言像 Basic, Fortran 和 C 语言一样规定了矩阵的算术运算符、关系运算符、逻辑运算符、条件运算符及赋值运算符, 而且这些运算符大部分可以毫无改变地照搬到数组间的运算, 有些如算术运算符只要增加“.”就可用于数组间的运算, 另外, 它不需定义数组的维数, 并给出矩阵函数、特殊矩阵专门的库函数, 使之在求解诸如信号处理、建模、系统辨识、控制、优化等领域的问题时, 显得大为简捷、高效、方便, 这是其它高级语言所不能比拟的。在此基础上, 高版本的 MATLAB 已逐步扩展到科学及工程计算的其它领域。因此, 不久的将来, 它一定能名符其实地成为“万能演算纸式的”科学算法语言。

(6) 方便的绘图功能

MATLAB 的绘图是十分方便的, 它有一系列绘图函数(命令), 例如线性坐标、对数坐标, 半对数坐标及极坐标, 均只需调用不同的绘图函数(命令), 在图上标出图题、XY 轴标注, 格(栅)绘制也只需调用相应的命令, 简单易行。另外, 在调用绘图函数时调整自变量可绘出不变颜色的点、线、复线或多重线。这种为科学研究着想的设计是通用的编程语言所不及的。总之, MATLAB 语言的设计思想可以说代表了当前计算机高级语言的发展方向。我们相信, 在不断的使用中, 读者会发现它的巨大潜力。

1.2 MATLAB 的运行环境

1.2.1 MATLAB 的运行方式

MATLAB 提供了两种运行方式, 即命令行方式和 M 文件方式。两种运行方式各有特点, 下面给予分别介绍。

(1) 命令行方式

直接在命令窗口输入命令行来实现计算或作图功能。例如, 输入矩阵 A 和 B 的和, 其中

$$A = \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & 4 \end{bmatrix}, \quad B = \begin{bmatrix} 2 & 3 \\ 4 & 5 \end{bmatrix}$$

首先打开 MATLAB 界面, 如图 1.1 所示。

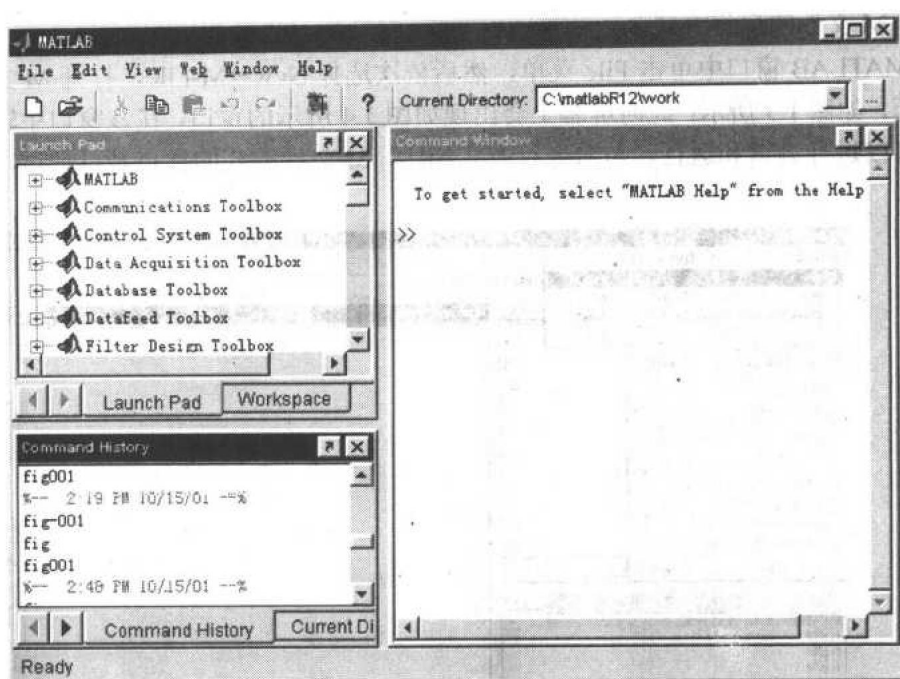


图 1.1 MATLAB 界面

在命令窗口输入下面命令行

```
A=[1 2;3 4];  
B=[2 3;4 5];  
C=A+B
```

其运算结果如图 1.2 所示。

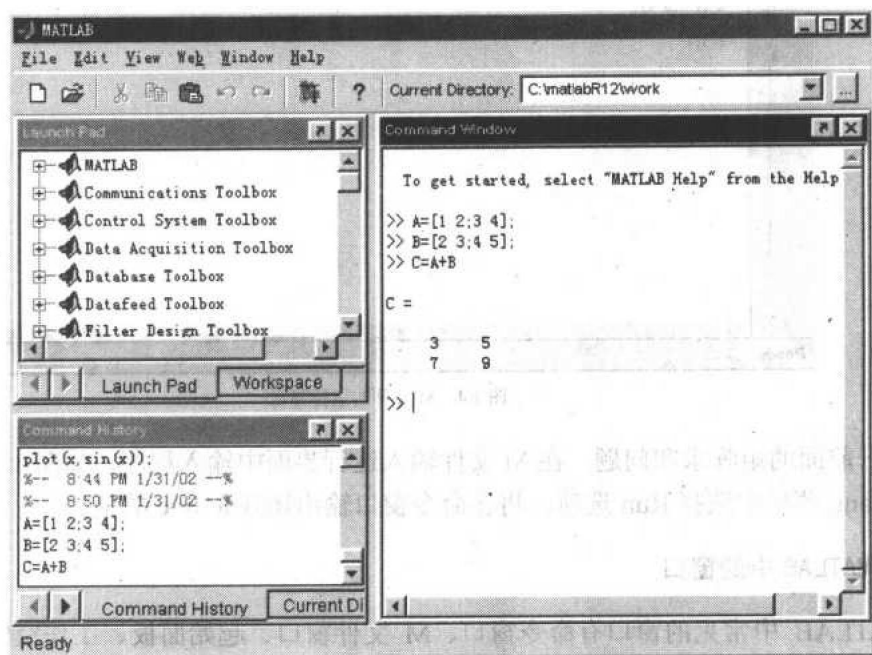


图 1.2 命令行运行方式

(2) M 文件的运行方式

在 MATLAB 窗口中单击 File 菜单, 然后依次选择 New→M-File, 打开 M 文件输入运行界面, 如图 1.3 所示; 此时屏幕上会出现如图 1.4 所示的窗口, 在该窗口中输入程序文件, 可以进行调试和运行。与命令行方式相比, M 文件方式的优点是可调试, 可重复应用。

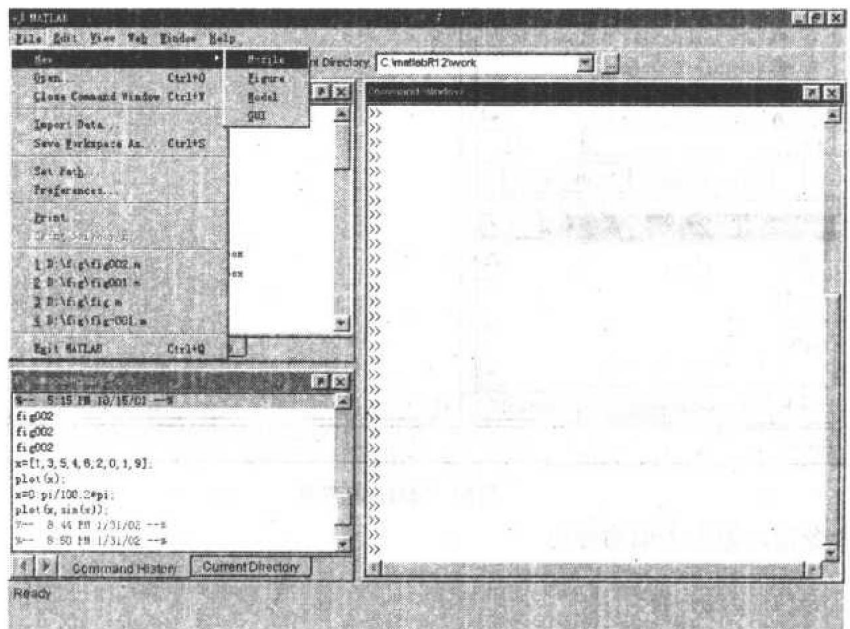


图 1.3 打开 M 文件的过程

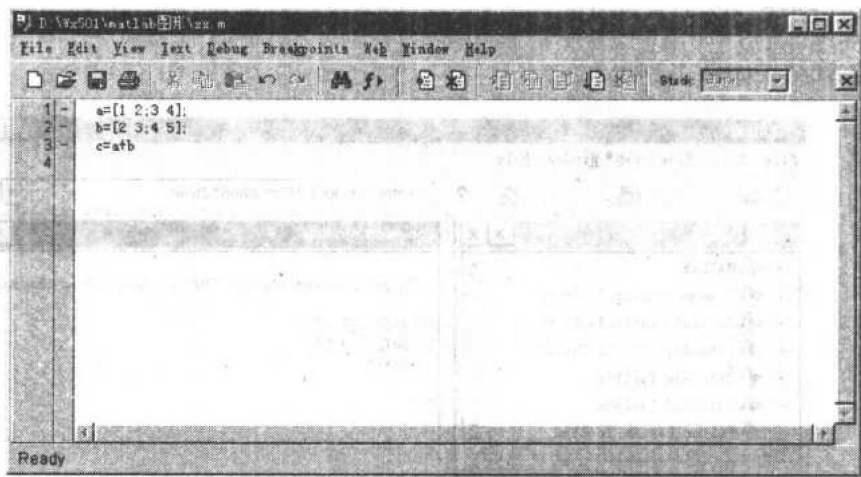


图 1.4 M 文件的运行界面

对于前面的矩阵求和问题, 在 M 文件输入运行界面中输入程序, 如图 1.4 所示, 然后在 Debug 菜单中选择 Run 选项, 将在命令窗口输出矩阵 $a+b=c$ 的值。

1.2.2 MATLAB 中的窗口

MATLAB 中常见的窗口有命令窗口、M 文件窗口、起始面板、工作空间窗口、命令历史窗口、当前路径窗口和图形窗口等。

(1) 命令窗口

命令窗口如图 1.1 所示。在该窗口中可以输入命令行，实现计算或绘图功能。命令窗口中有一些常用的功能键，利用它们可以使操作更简便快捷。常见的功能如表 1.1 所示。

表 1.1 命令窗口常用功能键

功能键	功能	功能键	功能
↑, Ctrl-P	重新调入上一命令行	Home, Ctrl-A	光标移到行首
↓, Ctrl-N	重新调入下一命令行	End, Ctrl-E	光标移到行尾
←, Ctrl-B	光标左移一个字符	Esc	清除命令键
→, Ctrl-F	光标右移一个字符	Del, Ctrl-D	删除光标处字符
Ctrl+←	光标左移一个字	Backspace	删除光标左边字符
Ctrl+→	光标右移一个字	Ctrl-K	删除至行尾

(2) M 文件窗口

M 文件窗口如图 1.4 所示。有关 M 文件的编制参见第四章的内容。利用 Edit 菜单中的选项，可以对 M 文件进行编辑；利用 Debug 和 Breakpoints 菜单中的选项，可以进行调试；利用 Breakpoints 菜单中的选项，可以设置和取消断点；利用 Debug 菜单中的选项，可以确定运行方式，如逐行运行、运行至光标处等，单击“run”选项，进行运行。

(3) 起始面板

起始面板如图 1.5 所示。该窗口中显示 MATLAB 总包和工具箱，其中总包含有和安装的工具的帮助、演示、GUI 工具和产品主页等 4 个方面的内容，分别用 、、、 表示。如果用户希望查看某个工具箱或以上 4 个方面的内容，则在起始面板中双击对应的图形则可以很快得到相关信息。

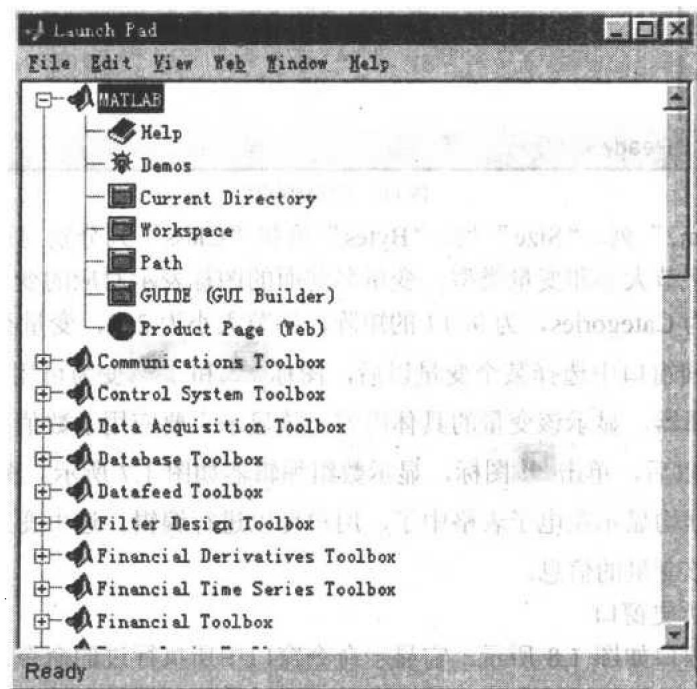


图 1.5 起始面板窗口

(4) 工作空间窗口

工作空间窗口中列出数据的变量信息, 包括变量名、变量数组大小、变量字节大小和变量类型。

在命令窗口输入命令行

```
load cities
```

```
load wind
```

则工作空间窗口中将显示这两个数据系统的变量信息, 如图 1.6 所示。

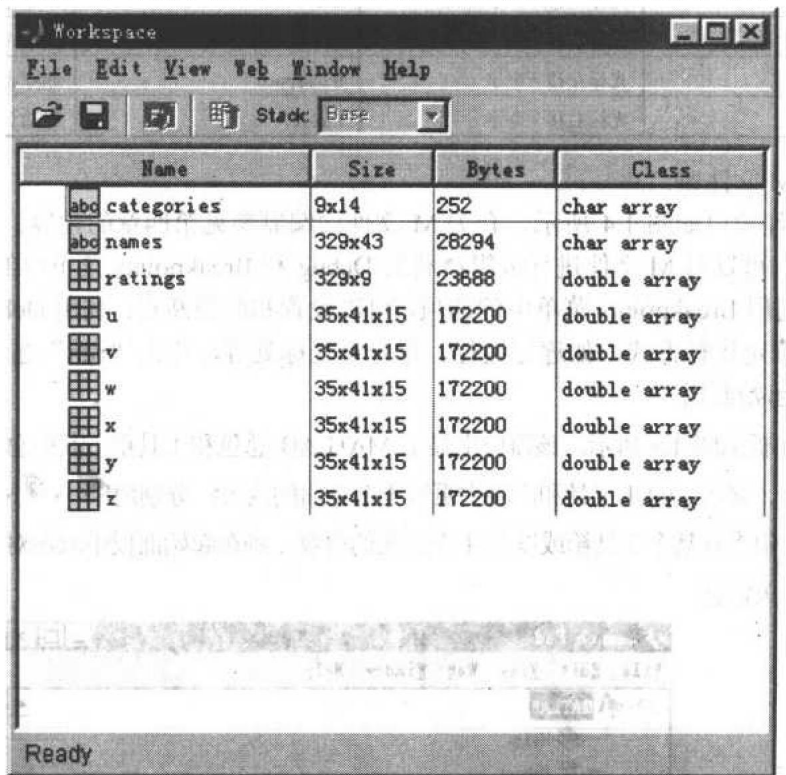


图 1.6 工作空间窗口

图中“Name”列、“Size”列、“Bytes”列和“Class”列分别对应变量的名称、变量数组大小、变量字节大小和变量类型。变量名前面的图标表示对应的变量类型。如第一个变量的变量名为 Categories, 为 9×14 的矩阵, 字节大小为 252, 变量类型为字符型。

在工作空间窗口中选择某个变量以后, 图标  和  变为可用, 单击  图标, 将打开数组编辑器, 显示该变量的具体内容。该显示主要应用于数值型变量。例如, 选择 ratings 变量以后, 单击  图标, 显示数组编辑器如图 1.7 所示。图中 ratings 变量的行和列上的数据均显示在电子表格中了, 用户可以进行编辑。选中变量以后, 单击  图标, 将删除该变量的信息。

(5) 命令历史窗口

命令历史窗口如图 1.8 所示, 它显示命令窗口中所执行过的命令。利用该窗口, 一方面可以查看曾经执行过的命令; 另一方面, 可以重复利用原来输入的命令。可以从命令历史窗口中直接通过双击某个命令行来执行该命令行, 也可以通过拖拉或复制操作

将命令行复制到命令行窗口后再回车执行。

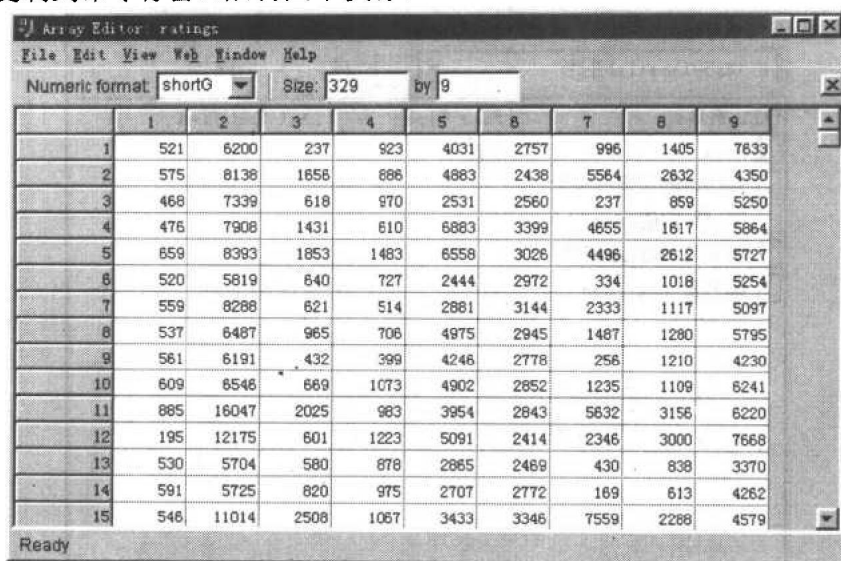


图 1.7 数组编辑器

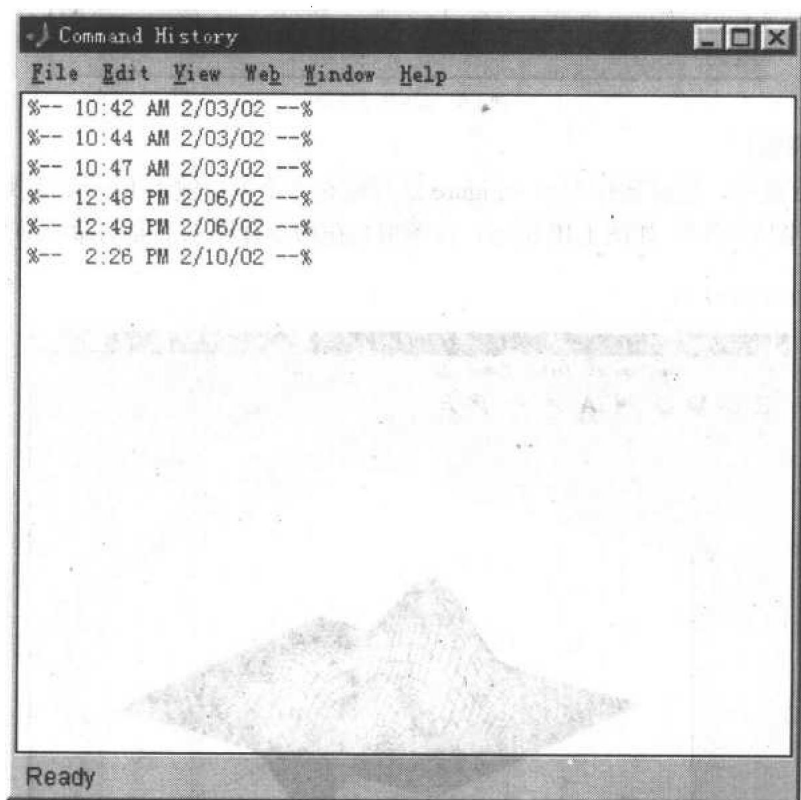


图 1.8 命令历史窗口

(6) 当前目录窗口

当前目录窗口如图 1.9 所示，该窗口中显示当前目录下所有文件的文件名、文件类型和最后修改时间。