

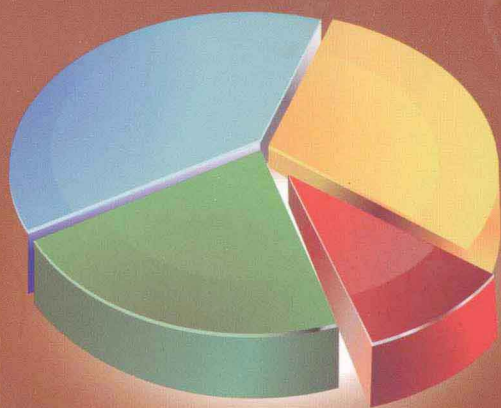


普通高等教育“十二五”规划教材

Experimental and modeling
of Economic Mathematics

经济数学 实验与建模 (第2版)

吴礼斌 等编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

普通高等教育“十二五”规划教材

经济数学实验与建模

(第2版)

吴礼斌 李柏年 闫云侠 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书是依据全国经济与管理类高等教育数学课程教学改革的研究成果,以及“十二五”国家级规划教材建设要求编写的。

本书共分9章,第1章是MATLAB软件的基础知识介绍,第2章~第9章分别是MATLAB绘图、微积分运算、线性代数、概率分布与统计推断、数据分析、回归分析、优化方法和建模实例。每章中的实验按背景知识与实验的内容编写,其中包括经济问题的简单数学模型的建立。

本书文字简明通顺、背景知识信息量大、渗透现代数学思想与数学模型方法,突出解决实际问题过程中的数学建模与使用软件命令进行模型求解的方法,很有启发性。

本书可以作为信息与计算科学、经济管理类专业、本科生实验课程的教材,也可作为数学建模竞赛,相关科研和教学人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

经济数学实验与建模/吴礼斌等编著. —2版. —北京:
国防工业出版社, 2013. 6
ISBN 978-7-118-08777-2

I. ①经... II. ①吴... III. ①经济数学—高等学校—教材 IV. ①F224.0

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第113308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 16 $\frac{3}{4}$ 字数 381千字

2013年6月第2版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 38.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店: (010)88540777

发行邮购: (010)88540776

发行传真: (010)88540755

发行业务: (010)88540717

前 言

2007年9月,我们出版了《数学实验与建模》一书,同年以该书为申报材料基础,申报安徽省高等学校“十一五”省级规划教材选题《经济数学实验与建模》,获得立项。之所以在原书名前要加上“经济”二字,一是突出经济数学的特点,二是体现财经院校的财经管理学科优势,三是包含经济数学教学实践成果。我们按照规划教材建设的要求,对原书作了修订,增加了线性代数的实验与建模。实例主要介绍经济问题中的数学模型,这样使本书的特色更加鲜明。

计算机技术和网络技术的飞速发展将我们带入了信息时代,科学技术的进步在改变着我们的生活方式的同时,也改变着我们的思维方式和科学研究手段。

数学实验以问题为载体,应用数学知识建立数学模型,以计算机为手段,以数学软件为工具,以学生为主体,通过实验解决实际问题。数学实验是数学模型方法的初步实践,而数学模型方法是用数学模型解决实际问题的一般数学方法,它根据实际问题的特点和要求,做出合理的假设,使问题简化,并进行抽象概括建立数学模型,然后研究求解所建的数学模型方法与算法,利用数学软件求解数学模型,最后将所得的结果运用到实践中。

经济数学实验与建模通过将经济数学知识、数学建模与计算机应用三者融为一体。通过实验课程的教学,可提高学生学习的积极性,增强学生对数学的应用意识,并培养学生用所学的数学知识、经济学知识和计算机技术去认识问题和解决问题的能力。学生通过自己动手建立模型,体验解决实际问题的全过程,不仅了解了数学软件的使用,也培养了科学精神与创新精神。

本书编写时力求做到以下几点。

(1) 数学软件命令的介绍符合学生的知识水平,浅显易懂。本书以 MATLAB 数学软件为平台,将数学理论介绍与软件命令介绍有机地结合,使学生学会数学软件的使用方法,培养学生运用软件求解实际问题的能力。

(2) 注重数学实验背景知识介绍。实验背景知识介绍可以开拓学生的知识面,开阔学生的视野,增强学生对实验目的的认识,这就有利于调动学生的积极性,提高学生的学习的兴趣。

(3) 适应财经类院校学生的学习特点。财经类院校学生的学习特点不同于工科院校,他们要解决的是经济管理中的定量分析问题,因此本书设计的数学实验问题主

要是经济领域中的定量分析问题。

(4) 与数学建模教学相结合,促进学生的个性发展。数学建模教学能培养学生解决实际问题的能力,发挥学生的创造性。本教材中涉及到建立经济领域中的简单数学模型问题,以期开阔学生的眼界,培养学生的科学精神和创新精神。

本书的第1章、第2章、第4章、第8章和第9章由吴礼斌撰写,第3章由杨凌撰写,第6章、第7章和第9章由李柏年撰写,第5章由闫云侠撰写,最后由吴礼斌统一审阅定稿。在编写过程中,李柏年教授提出了本书写作的指导思想和写作大纲,各成员通力合作,才得以完成本书。

由于编著者水平有限,书中难免有不足之处,恳请读者批评指正。在这里也期望我们的真诚努力,艰苦探索,能让读者学有所得,学有所用。

编著者
2013年4月

目 录

第 1 章 MATLAB 基础	1
1.1 MATLAB 简介	1
1.1.1 MATLAB 概述	1
1.1.2 MATLAB 的特点与主要功能	1
1.1.3 MATLAB7.11 启动界面与常用窗口简介	2
1.1.4 MATLAB 的联机帮助	8
1.2 变量与 MATLAB 命令(函数)	9
1.2.1 变量类型	9
1.2.2 MATLAB 命令(函数)	11
1.3 操作符与运算符	13
1.3.1 操作符	13
1.3.2 运算符	14
1.3.3 运算符的优先级	15
1.4 数组与矩阵运算	15
1.4.1 一维数组的输入与运算	16
1.4.2 二维数组与矩阵运算	18
1.4.3 高维数组	23
1.5 符号运算介绍	24
1.5.1 符号对象建立	24
1.5.2 符号运算函数	25
1.6 M 文件与编程	26
1.6.1 M 文件编辑/调试器窗口(Editor/Debugger)	26
1.6.2 M 文件	26
1.6.3 MATLAB 的编程	27
1.7 MATLAB 通用操作实例	30
习题 1	34
第 2 章 MATLAB 绘图	35
实验 2.1 一元函数的作图	35
2.1.1 实验背景知识介绍	35
2.1.2 实验内容	37
2.1.3 练习	45
实验 2.2 二元函数的作图	46

2.2.1 实验背景知识介绍	46
2.2.2 实验内容	48
2.2.3 练习	56
第3章 微积分运算	58
实验 3.1 微积分的基本运算	58
3.1.1 实验背景知识介绍	58
3.1.2 实验内容	61
3.1.3 练习	68
实验 3.2 方程(组)的解法	68
3.2.1 实验背景知识介绍	68
3.2.2 实验内容	70
3.2.3 练习	74
实验 3.3 微分方程的求解	74
3.3.1 实验背景知识介绍	74
3.3.2 实验内容	77
3.3.3 练习	86
实验 3.4 插值与拟合	87
3.4.1 实验背景知识介绍	87
3.4.2 实验内容	90
3.4.3 练习	97
第4章 线性代数	99
实验 4.1 矩阵的运算	99
4.1.1 实验背景知识介绍	99
4.1.2 实验内容	101
4.1.3 练习	108
实验 4.2 线性方程组	109
4.2.1 实验背景知识介绍	109
4.2.2 实验内容	110
4.2.3 练习	114
实验 4.3 投入产出模型	114
4.3.1 实验背景知识介绍	114
4.3.2 实验内容	117
4.3.3 练习	120
第5章 概率分布与统计推断	121
实验 5.1 随机变量的概率分布	121
5.1.1 实验背景知识介绍	121
5.1.2 实验内容	124
5.1.3 练习	128
实验 5.2 样本数据的统计特征	128

5.2.1	实验背景知识介绍	128
5.2.2	实验内容	132
5.2.3	练习	135
实验 5.3	参数估计与假设检验	135
5.3.1	实验背景知识介绍	135
5.3.2	实验内容	141
5.3.3	练习	146
实验 5.4	随机模拟	147
5.4.1	试验背景知识介绍	147
5.4.2	实验内容	147
5.4.3	练习	152
第 6 章	数据分析	154
实验 6.1	数据的排序及应用	154
6.1.1	实验背景知识介绍	154
6.1.2	实验内容	155
6.1.3	练习	163
实验 6.2	判别分析	166
6.2.1	实验背景知识介绍	166
6.2.2	实验内容	170
6.2.3	练习	176
实验 6.3	综合评价	180
6.3.1	实验背景知识介绍	180
6.3.2	实验内容	182
6.3.3	练习	187
第 7 章	回归分析	190
实验 7.1	一元回归模型	190
7.1.1	实验背景知识介绍	190
7.1.2	实验内容	195
7.1.3	练习	201
实验 7.2	多元线性回归模型	202
7.2.1	实验背景知识介绍	202
7.2.2	实验内容	205
7.2.3	练习	212
第 8 章	优化方法	214
实验 8.1	线性规划问题的求解	214
8.1.1	实验目的	214
8.1.2	实验背景知识介绍	214
8.1.3	实验内容	217
8.1.4	练习	223

实验 8.2 非线性规划问题	224
8.2.1 实验背景知识介绍	224
8.2.2 实验内容	226
8.2.3 练习	231
实验 8.3 动态规划	231
8.3.1 实验背景知识介绍	231
8.3.2 实验内容	237
8.3.3 练习	242
第 9 章 建模实例	244
9.1 饮酒驾车的数学模型	244
9.1.1 问题重述	244
9.1.2 模型假设	244
9.1.3 符号说明	245
9.1.4 模型的分析与建立	245
9.1.5 问题的解答	249
9.2 彩票中的数学	252
9.2.1 问题重述	252
9.2.2 符号说明	254
9.2.3 问题的分析与模型的建立	254
参考文献	258

第 1 章 MATLAB 基础

本章主要介绍 MATLAB 软件的一些入门知识,包括 MATLAB 界面及其基本操作、变量与函数、运算符与操作符、数值数组的输入与输出、符号运算、M 文件与编程等内容,为读者学习后面各章打下软件基础。

1.1 MATLAB 简介

1.1.1 MATLAB 概述

MATLAB 源于 Matrix Laboratory,即矩阵实验室,是由美国 Mathworks 公司发布的主要面对科学计算、数据可视化、系统仿真,以及交互式程序设计的高科技计算环境。自 1984 年该软件推向市场以来,历经近 30 年的发展与竞争,现已成为适合多学科、多种工作平台的功能强大的大型软件。在国际学术界,MATLAB 已经被确认为是准确、可靠的科学计算标准软件。在许多国际一流学术期刊上,都可以看到 MATLAB 的应用文章。在欧美各高等院校,MATLAB 已经成为线性代数、数字信号处理、金融数据分析、动态系统仿真等课程的基本教学工具,成为大学生必须掌握的基本技能。MATLAB 软件的官方网站为 <http://www.mathworks.com>,中国网站为 <http://www.mathworks.cn>。

1.1.2 MATLAB 的特点与主要功能

从 2006 年以来,MATLAB 在每年的 3 月与 9 月推出当年的 a 版本与 b 版本。在 MATLAB 当前版本的命令行窗口中只要输入 `whatsnew`,就会在 MATLAB 的帮助浏览器中显示比上一个版本增加的新功能。尽管 MATLAB 的功能越来越强大,但它的一些基本特点与功能变化不大。本书采用 MATLAB 7.11(2010b)版本介绍其特点与主要功能。

(1) 交互式命令环境。一般输入一条命令,立即就可得出该命令的执行结果。

(2) 数值计算功能。以矩阵作为基本单位,但无需预先指定维数(动态定维);按照 IEEE 的数值计算标准进行计算;提供丰富的数值计算函数,方便计算,提高效率;命令与数学中的符号、公式非常接近,可读性强,容易掌握。

(3) 符号运算功能。具有强大的符号计算功能,能进行代数式与微积分运算等。

(4) 绘图功能。提供了丰富的绘图命令,能实现一系列可视化操作。

(5) 编程功能。具有程序结构控制、函数调用、数据结构、输入/输出(I/O)、面向对象等程序语言特征,而且简单易学、编程效率高。

(6) 丰富的工具箱。工具箱实际上是用 MATLAB 的基本语句编成的各种子程序集,用于解决某一方面的专门问题或实现某一类的新算法。工具箱可分为功能型工具箱和领

域型工具箱。功能型工具箱主要用来扩充 MATLAB 的符号计算功能、图形建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互功能,能用于多种学科。领域型工具箱专业性很强,如控制系统工具箱(Control System Toolbox)、信号处理工具箱(Signal Processing Toolbox)、符号数学工具箱(Symbolic Math Toolbox)、统计工具箱(Statistics Toolbox)、优化工具箱(Optimization Toolbox)、金融工具箱(Financial Toolbox)、小波分析工具箱(Wavelet Toolbox)、神经网络工具箱(Neural Network Toolbox)等。

1.1.3 MATLAB7.11 启动界面与常用窗口简介

1. 启动界面

在安装有 MATLAB 7.11 的计算机上,有以下三种启动方法:①双击 Windows 桌面上的快捷图标 ;②从“开始”菜单的“程序”子菜单中选择“MATLAB 2010b”;③在 MATLAB 目录中搜索到可执行程序的“MATLAB.exe”,双击该程序使之启动。启动后的界面如图 1.1 所示。

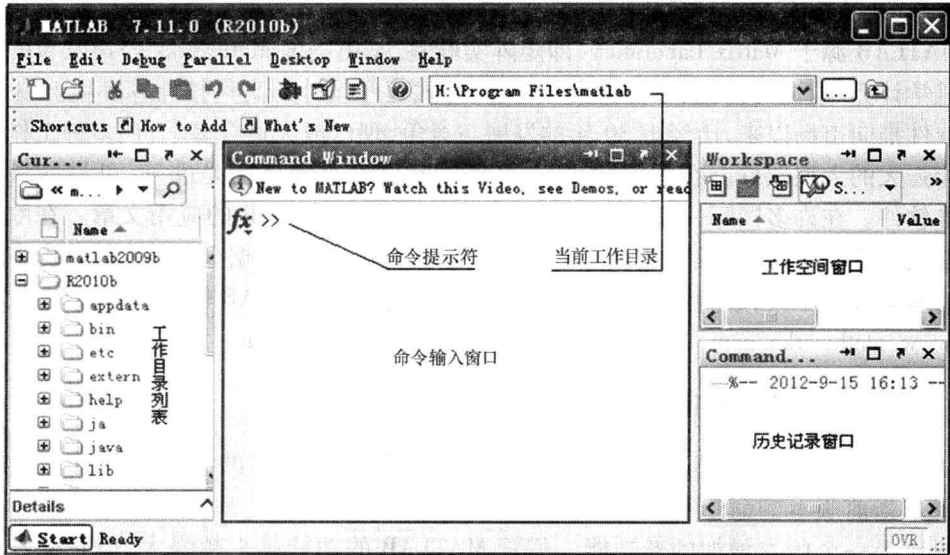


图 1.1 MATLAB7.11 的默认操作界面

图 1.1 包括以下几个部分:菜单项;工具栏;“Command Window”命令窗口(指令窗口);“Workspace”工作空间管理窗口;“Command History”历史命令记录窗口(指令的历史记录);“Current Directory”当前路径列表窗口(当前目录选项)。

(1) 主菜单包括“File”、“Edit”、“Debug”、“Parallel”、“Desktop”、“Window”和“Help”菜单。

① “File”(文件)菜单(图 1.2)。文件菜单除了具有 Windows 一般应用程序所具有的“新建”、“打开”、“关闭”、“退出”、“打印”选项外,还包括如下选项:

- “Import Data...”导入有关数据;
- “Save Workspace As ...”保存工作平台;
- “Set Path...”设置当前工作路径;

- “Preferences...”设置部分 MATLAB 工作环境的交互性；
- “Exit MATLAB”退出 MATLAB。也可单击图 1.1 所示窗口右上角的“×”退出。

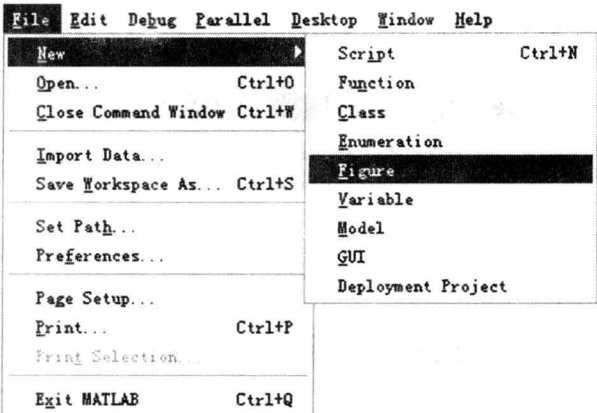


图 1.2 “File”(文件)的下拉菜单

② “Edit”(编辑)菜单(图 1.3)。编辑菜单除了具有 Windows 一般应用程序所具有的“撤消操作”、“重复操作”、“复制”、“粘贴”、“全选”等选项外,还包括常用的如下选项：

- “Clear Command Window”清除指令窗口；
- “Clear Command History”清除指令的历史记录；
- “Clear Workspace”清除工作空间。

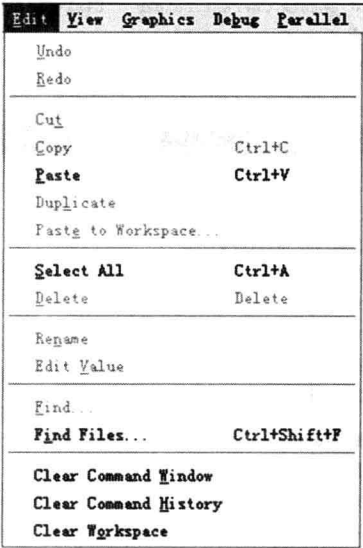


图 1.3 “Edit”(编辑)的下拉菜单

③ “Debug”(调试)菜单(图 1.4)。调试菜单包括在程序调试时打开 M 文件、单步执行等选项。

④ “Parallel”(并行运算)菜单(图 1.5)。并行运算菜单用于并行处理等。

⑤ “Desktop”(桌面)菜单(图 1.6)。为了改动 MATLAB 工作环境的外观,桌面菜单

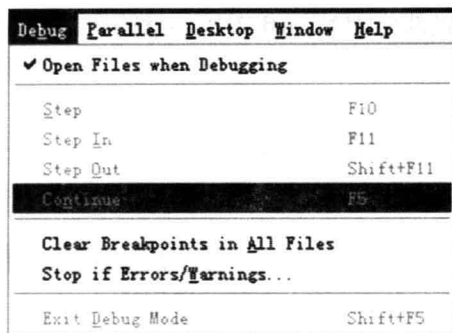


图 1.4 “Debug”(调试)下拉菜单

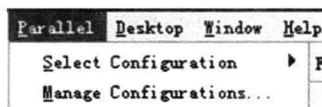


图 1.5 “Parallel”(并行运算)下拉菜单

可以决定是否显示界面上摆布的一些窗口(界面布局)。可以对菜单中的每个选项操作一下,看分别会出现怎样的界面布局效果。

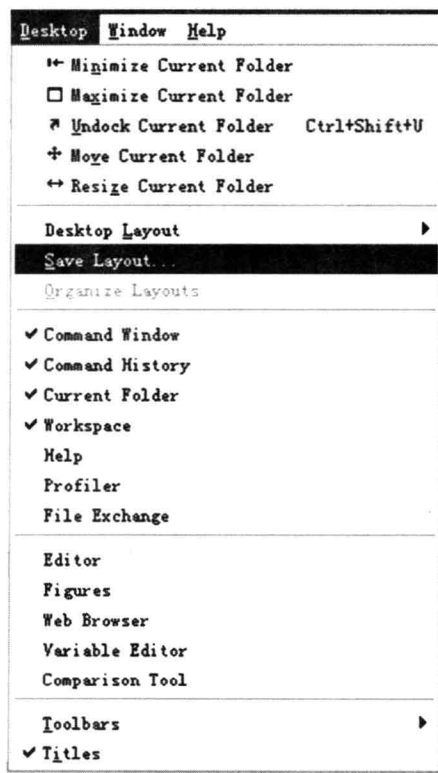


图 1.6 “Desktop”(桌面)下拉菜单

⑥ “Window”(窗口)菜单(图 1.7)。窗口菜单用于显示当前打开的 M 文件的文件名以及在已打开的窗口之间进行切换。

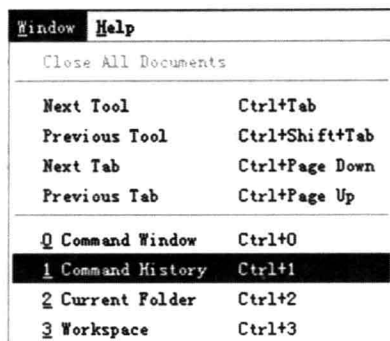


图 1.7 “Window”(窗口)的下拉菜单

⑦ “Help”(帮助)菜单(图 1.8) 帮助菜单能为用户提供进入各类帮助系统的方法,通过菜单项打开帮助窗口,将显示各部分所需要的帮助信息。

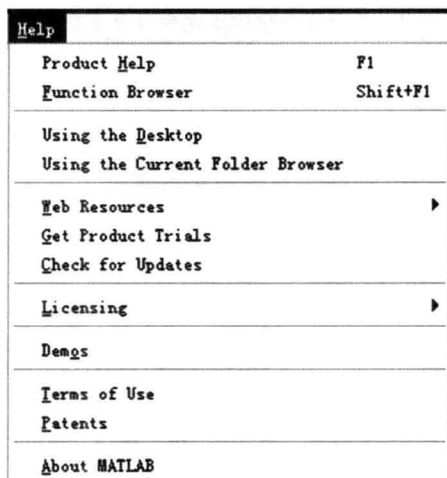


图 1.8 “Help”(帮助)的下拉菜单

2. 常用窗口简介

(1) Command Window(命令窗口):命令窗口是对 MATLAB 进行操作的主要载体,默认的情况下,启动 MATLAB 时就会打开命令窗口,显示形式如图 1.1 所示。一般来说, MATLAB 的所有函数和命令都可以在命令窗口中执行。在 MATLAB 命令窗口中,命令不仅可以由菜单操作来实现,也可以由命令行操作来执行。

例如,在命令窗口中输入 $y = \sin(\pi/6)$, 然后按【Enter】键,则会得到输出 $y = 0.5000$ (图 1.9)。其中“>>”符号所在的行可输入命令,没有“>>”符号的行显示结果。

注:在 MATLAB 命令行操作中,有一些键盘按键可以提供特殊而方便的编辑操作。例如,【↑】可用于调出前一个命令行,【↓】可调出后一个命令行,这样避免了重新输入的麻烦。当然下面讲到的历史窗口也具有此功能。

(2) Command History(历史命令记录窗口):该窗口记录着用户每一次开启 MATLAB 的时间,以及每一次开启 MATLAB 后,在 MATLAB 指令窗口中运行过的所有指令行(图 1.9)。这些指令行记录可以被复制到指令窗口中再运行,从而减少了重新输入的麻烦。

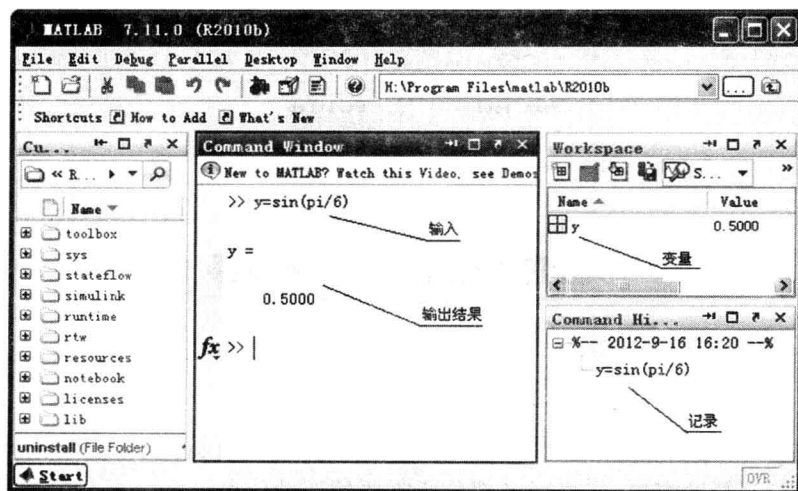


图 1.9 命令窗口中输入命令与命令执行结果

选中该窗口中的任一指令记录,然后单击鼠标右键,则可根据菜单进行相应操作。或者双击某一行命令,也可在命令窗口中执行该命令(图 1.10)。

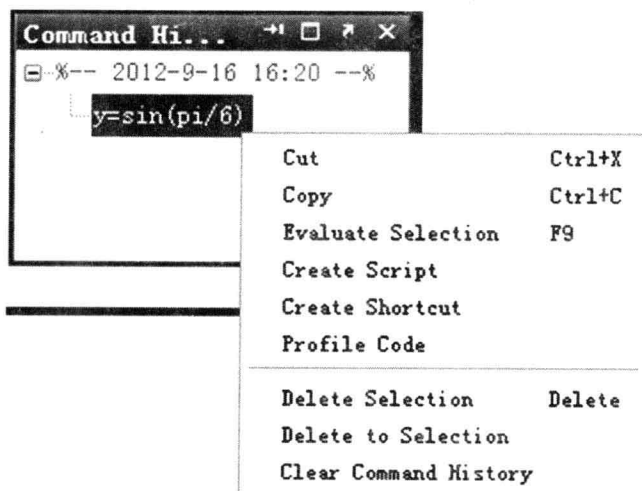


图 1.10 历史命令窗口的操作

(3) Workspace(工作空间管理窗口):在工作空间管理窗口中将显示所有目前保存在内存中的 MATLAB 变量的变量名及其对应的数据结构、字节数以及类型,而不同的变量类型分别对应不同的变量名图标(图 1.11)。选中一个变量,单击鼠标右键则可根据菜单进行相应的操作(图 1.11)。如在弹出的快捷菜单中执行 Save As...命令,则可把当前工作空间中选中的变量保存为外存中的数据文件。

(4) Current Folder(当前文件夹目录窗口):在当前文件夹目录窗口中可显示或改变当前目录,还可以显示当前目录下的文件夹,包括文件名、文件类型、最后修改时间以及该文件的说明信息等并提供搜索功能(图 1.12)。

MATLAB 只执行当前目录或搜索路径下的命令、函数与文件。当前目录是指 MAT-

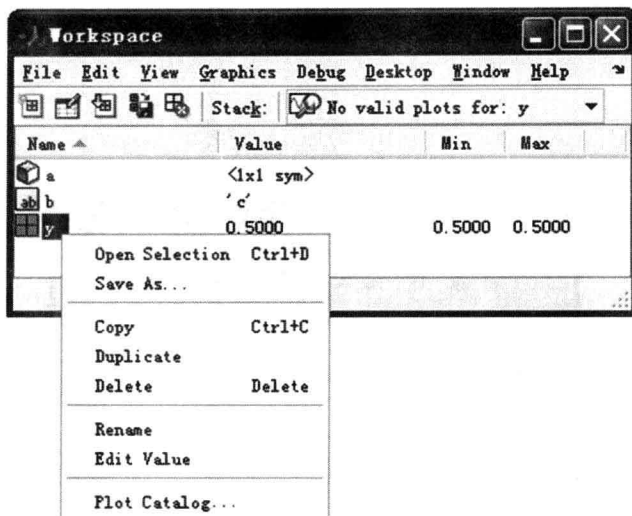


图 1.11 工作空间管理窗口的操作

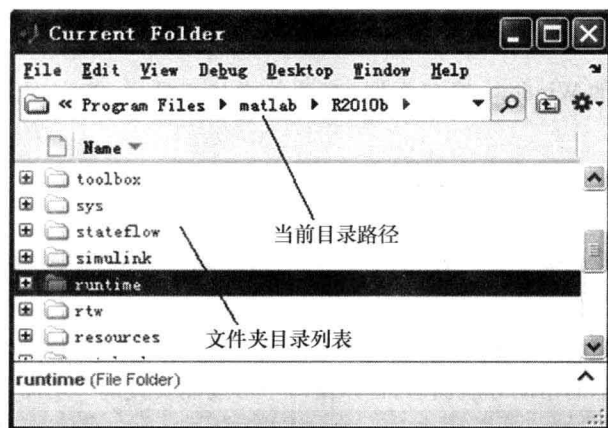


图 1.12 当前目录浏览器窗口

LAB 运行文件时的工作目录,在当前目录窗口中可以显示或改变当前目录,还可以显示当前目录下的文件并进行搜索。当用户在 MATLAB 命令窗口输入一条命令后, MATLAB 按照一定次序寻找相关的文件。基本的搜索过程:①检查该命令是不是一个变量;②检查该命令是不是一个内部函数;③检查该命令是否当前目录下的 M 文件;④检查该命令是否是 MATLAB 搜索路径中其他目录下的 M 文件。

用户可以将自己的工作目录列入 MATLAB 搜索路径,从而将用户目录纳入 MATLAB 系统统一管理。用对话框设置搜索路径的操作过程:在 MATLAB 的“File”菜单中选择“Set Path”或在命令窗口执行“pathtool”命令,将出现搜索路径设置对话框通过“Add Folder”或“Add with Subfolder”按钮将指定路径添加到搜索路径列表中。在修改完搜索路径后,需要将其保存。

(5) Figure (图形窗口):在命令窗口输入 figure,可产生一个与命令窗口隔离的图形窗口。如在命令窗口输入如下命令:

```
T=0:pi/100:2*pi;
Y=sin(T);
plot(T,Y)
grid on
```

则在图形(Figure 1)窗口中绘制正弦曲线图形,如图 1.13 所示。

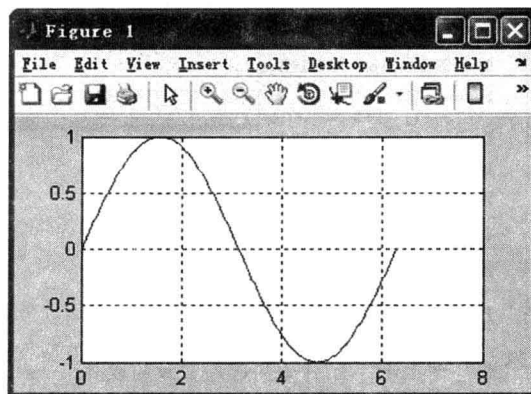


图 1.13 图形窗口

图形窗口和其他 Windows 窗口类似,有菜单栏与工具栏,能实现图形的编辑、修饰、存储等功能。

1.1.4 MATLAB 的联机帮助

MATLAB 和其他高级语言一样,具有完善的帮助系统。MATLAB 提供了相当丰富的帮助信息,同时也提供了获得帮助的方法。首先,可以通过桌面平台的“Help”菜单来获得帮助,也可以通过工具栏的帮助选项获得帮助。如在“Help”菜单下选择“Product Help”项(图 1.4),则进入如图 1.14 所示的帮助导航窗口,在该窗口中可按需要查询一切命令的帮助信息。

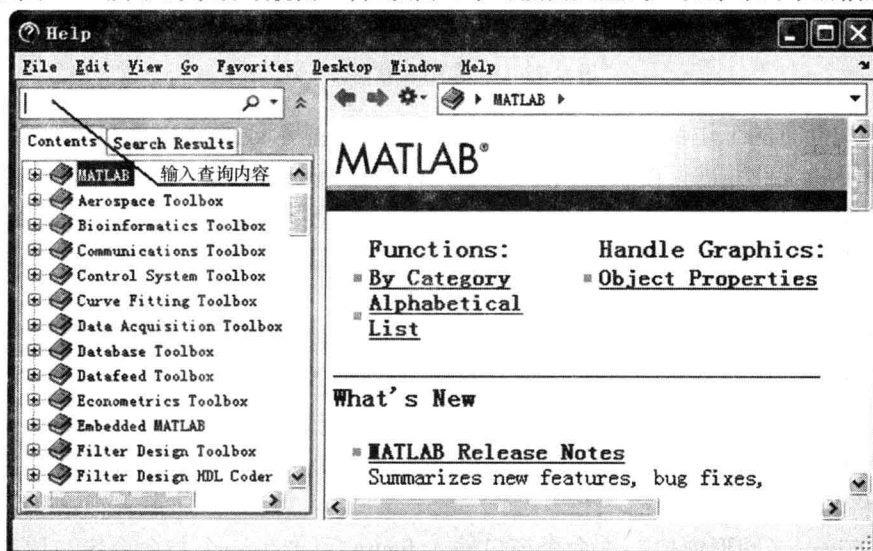


图 1.14 帮助导航/浏览器窗口