

徐赵东 郭迎庆 著



MATLAB语言在 建筑抗震工程中的应用



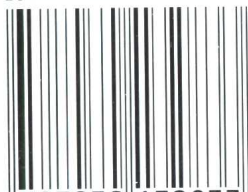
科学出版社
www.sciencep.com

TU-0313.0101

MATLAB

语言在建筑抗震工程中的应用

ISBN 7-03-013283-1



9 787030 132833 >

ISBN 7-03-013283-1

定价：30.00 元

MATLAB 语言在建筑抗震 工程中的应用

徐赵东 郭迎庆 著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书主要包括:对 MATLAB 语言的数值计算、符号计算 Simulink 工具箱、神经网络工具箱和模糊工具箱的介绍,以及利用这些工具箱对建筑结构抗震工程中的一些实际问题进行研究分析和编程计算。本书侧重于介绍 MATLAB 语言在建筑结构抗震工程中的实际应用,涉及科学计算、动态仿真、图形处理、神经网络和模糊控制。

本书可供土木工程、力学和机械工程领域的科研人员参考,亦可作为高等院校相关专业的研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 语言在建筑抗震工程中的应用/徐赵东,郭迎庆著. —北京:科学出版社,2004

ISBN 7-03-011713-1

I. M… II. ①徐…②郭… III. 混凝土结构-结构设计-高等学校-教材
IV. TU370.4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 059351 号

责任编辑:童安齐 / 责任校对:陈玉英
责任印制:吕春珉 / 封面设计:东方上林工作室

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>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2004 年 5 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2004 年 5 月第一次印刷 印张:15 1/2

印数:1—3 000 字数:300 000

定价:30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈路通〉)

前 言

我国是一个多发地震的国家,地震给人民的生命和国家的经济财产带来了巨大的损失。为充分减小地震灾害,必须加强对建筑结构的抗震分析研究。建筑结构是一个庞大而又复杂的非线性结构,要想对其进行精确的动力反应分析和抗震设计,必须依靠计算机来处理。然而,不同的计算语言直接影响着编程的繁琐和解决问题的快慢程度,因此,寻求一门合适的编程语言对处理实际的工程问题是非常重要的。

MATLAB 语言是美国 MathWorks 公司自 20 世纪 80 年代中期推出的数学软件,它优秀的数值计算能力和卓越的数据可视化能力使其很快在数学软件中脱颖而出。经过 MathWorks 公司的不断完善,时至今日,MATLAB 已经发展成为适合多学科、多种工作平台的功能强劲的大型软件。在欧美等高校中,MATLAB 已经成为线性代数、自动控制理论、数理统计、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真、模糊逻辑控制、神经网络技术等高级课程的基本教学工具,成为攻读学位的大学生、硕士生和博士生必须掌握的基本技能。在设计研究单位和工业部门,MATLAB 被广泛地用于研究和解决各种具体问题。在国内,近几年 MATLAB 已经在自动控制、数学计算等许多工程领域开始推广。作者坚信,在未来的 10 年内,MATLAB 将盛行于各个工程领域。

一种语言之所以能如此迅速地普及,显示出如此旺盛的生命力,是因为它有其不同于其他语言的特点。正如同 FORTRAN 和 C 等高级语言使人们摆脱了需要直接对计算机硬件资源进行操作一样,被称为第四代计算机语言的 MATLAB,利用其丰富的函数资源使编程人员从繁琐的程序代码中解放出来。作者认为,MATLAB 语言的最突出特点就是简洁。MATLAB 语言用直观的、符合人们思维习惯的代码,代替了 C 语言和 FORTRAN 的冗长代码,因而给用户带来了最直观的最简洁的程序开发环境。

运用这么一个新兴而又强大的计算语言解决建筑抗震工程领域的一些实际问题是一种前沿性工作,很多科研人员和学生都耳闻或领略到 MATLAB 语言强大的计算和编程能力,然而却不知道怎样应用这门语言和工具箱函数来解决实际问题,尤其是对于建筑结构抗震工程中的疑难问题。为此作者撰写了此书,希望能为土木工程专业的学生、教师和科研人员在 MATLAB 语言和建筑结构抗震工程中的实际问题之间架起一座桥梁,提供一些研究思路和编程帮助。

本书的主要内容包括:对 MATLAB 语言的数值计算、符号计算 Simulink 工具箱、神经网络工具箱和模糊工具箱的介绍,以及利用这些工具箱对建筑结构抗震

工程中的一些实际问题进行研究分析和编程计算。本书侧重于介绍 MATLAB 语言在建筑结构抗震工程中的实际应用,涉及科学计算、动态仿真、图形处理、神经网络和模糊控制。

本书作者运用 MATLAB 语言解决建筑结构工程中的实际问题已有 7 年时间,书中的重点部分吸纳了作者在硕士、博士和博士后阶段的部分研究成果。作者在撰写过程中得到了东南大学吕志涛院士、李爱群教授、程文灏教授、孟少平教授、单健教授、叶继红教授,西安建筑科技大学赵鸿铁教授,西安交通大学沈亚鹏教授,同济大学邸龙博士,以及东南大学土木工程学院和建筑工程系各位领导的大力支持和热情帮助,在此表示深深的谢意。

本书得到东南大学混凝土及预应力混凝土教育部重点实验室资金的资助,在此表示感谢。

由于作者水平有限,时间仓促,书中难免存在缺点或不足之处,敬请各位专家和广大读者批评指正。

目 录

前言

第 1 章 MATLAB 语言简介	1
1.1 MATLAB 语言的发展	1
1.2 MATLAB 的安装	1
1.3 MATLAB 的编程环境	3
1.3.1 MATLAB 的工作空间	3
1.3.2 MATLAB 的命令窗口	5
1.3.3 MATLAB 的程序编辑器	6
1.3.4 MATLAB 的路径浏览器	6
1.3.5 MATLAB 帮助信息的获取	7
第 2 章 MATLAB 语言的数值计算功能	9
2.1 矩阵	9
2.1.1 矩阵的表示法	9
2.1.2 矩阵的运算	11
2.2 数组	16
2.2.1 数组的基本运算	16
2.2.2 数组的关系和逻辑运算	16
2.2.3 多维数组的生成	17
2.2.4 常用函数	18
2.3 多项式	19
2.3.1 多项式的定义	19
2.3.2 多项式的运算	19
2.4 数据的统计和分析	22
2.5 双重函数	25
2.6 M 文件的编写和调试	26
2.6.1 全局变量和局部变量	27
2.6.2 程序流程控制	27
2.6.3 M 文件的调试	30
2.7 MATLAB 图形处理和数据可视化	35
2.7.1 二维图形的绘制	35
2.7.2 三维图形的绘制	38
2.7.3 特殊图形的绘制	41

第 3 章 MATLAB 语言的符号计算功能	49
3.1 符号计算基本知识	49
3.1.1 符号变量的定义	49
3.1.2 符号表达式和符号方程的定义	49
3.1.3 符号矩阵的定义	50
3.1.4 数值变量向符号的转化	50
3.1.5 符号运算的基本操作命令	51
3.2 符号微积分及极限运算	55
3.2.1 符号微积分运算	55
3.2.2 符号极限运算	57
3.2.3 符号级数运算	58
3.3 线性代数运算	61
3.4 解方程(组)	63
3.4.1 代数方程(组)求解	63
3.4.2 微分方程(组)求解	64
3.5 符号函数的可视化	66
3.5.1 二维符号函数曲线的绘制	66
3.5.2 三维符号函数曲线的绘制	68
第 4 章 Simulink 工具箱	72
4.1 Simulink 简介	72
4.2 Simulink 模型的创建	72
4.2.1 Simulink 的启动	72
4.2.2 Simulink 模型编辑器的启动	74
4.2.3 Simulink 模块库简介	74
4.2.4 Simulink 模型的创建	83
4.3 子系统的创建	88
第 5 章 神经网络工具箱	92
5.1 神经网络工具箱简介	92
5.2 使用图形用户界面 GUI 创建神经网络	92
5.2.1 图形用户界面 GUI 简介	92
5.2.2 Network/Data Manager 窗口	92
5.2.3 图形用户界面 GUI 应用实例	99
5.3 神经网络工具箱命令行函数	101
5.3.1 神经网络工具箱函数列表	102
5.3.2 神经网络工具箱常用函数介绍	105
5.4 神经网络工具箱与 Simulink 的接口	121

5.4.1	神经网络工具箱模块库的启动	121
5.4.2	神经网络工具箱模块简介	123
第6章	模糊逻辑工具箱	125
6.1	模糊逻辑工具箱简介	125
6.2	使用图形用户界面 GUI 创建模糊推理系统	126
6.2.1	图形用户界面 GUI 简介	126
6.2.2	模糊推理系统编辑器(Fuzzy)	126
6.2.3	隶属函数编辑器(Mfedit)	128
6.2.4	模糊规则编辑器(Ruleedit)	129
6.2.5	模糊规则观察器(Ruleview)	130
6.2.6	曲面观察器(Surfview)	132
6.2.7	图形用户界面 GUI 应用实例	133
6.3	模糊逻辑工具箱的命令行函数	137
6.3.1	模糊逻辑工具箱的基本函数列表	137
6.3.2	模糊逻辑工具箱常用函数介绍	139
6.4	模糊逻辑工具箱与 Simulink 的接口	150
6.4.1	模糊逻辑工具箱模块库的启动	150
6.4.2	模糊逻辑工具箱模块库中模块简介	150
6.4.3	模糊逻辑工具箱与 Simulink 工具箱结合使用实例	152
第7章	振型分解法求解结构的地震反应	155
7.1	概述	155
7.2	结构的动力特性	155
7.2.1	力学模型和运动方程	155
7.2.2	动力特性的求解	157
7.2.3	MATLAB 程序求解	159
7.3	振型分解法	159
7.4	MATLAB 程序及实例分析	162
第8章	时程分析法求解结构的地震反应	166
8.1	时程分析法	166
8.1.1	恢复力模型	166
8.1.2	拐点处理	168
8.1.3	结构计算模型	170
8.2	弹性时程分析程序设计与实例	172
8.3	弹塑性时程分析程序设计与实例	176
第9章	地震过程中结构的动态仿真	189
9.1	地震作用下结构动态系统状态空间描述	189

9.1.1	结构振动控制	189
9.1.2	控制系统状态空间描述	190
9.2	结构动态系统的 Simulink 仿真	190
9.3	实例分析	192
9.4	仿真演示	193
第 10 章	神经网络技术在建筑抗震中的应用	199
10.1	神经网络的主要模型	199
10.2	神经网络对结构地震反应的预测	200
10.2.1	基于 Levenberg-Marquart 算法的神经网络	200
10.2.2	地震反应的预测及试验验证	202
10.2.3	神经网络实时控制	209
10.3	仿真演示	209
第 11 章	模糊控制技术在建筑抗震中的应用	214
11.1	模糊逻辑控制技术	214
11.1.1	模糊逻辑控制技术在建筑抗震中的应用	214
11.1.2	模糊逻辑控制器的基本原理	214
11.1.3	模糊逻辑控制器的设计	215
11.2	加入磁流变阻尼器结构的半主动控制	218
11.2.1	磁流变阻尼器对结构的半主动控制	218
11.2.2	双态控制和三态控制	219
11.3	加入磁流变阻尼器结构的模糊逻辑全态控制	220
11.3.1	输入量、输出量的选取及基本论域的确定	221
11.3.2	模糊论域、量化因子和比例因子的选取	222
11.3.3	确定隶属函数	222
11.3.4	编写规则库	222
11.3.5	选择解模糊判决方法	224
11.4	实例计算	225
11.4.1	M 文件应用实例	225
11.4.2	图形用户界面应用实例	228
	参考文献	237

第 1 章 MATLAB 语言简介

1.1 MATLAB 语言的发展

在 20 世纪 70 年代,美国新墨西哥大学的计算机科学系主任 Cleve Moler 博士,在给学生讲授线性代数课程时,发现用其他高级语言编程极为不便,便亲自运用 FORTRAN 语言编写了 EISPACKHE(基于特征值计算的软件包)和 LINPACK(线性代数软件包)程序库的接口程序。Cleve Moler 给这个接口程序起名为 MATLAB,其为矩阵(matrix)和实验室(laboratory)两个英文单词的前三个字母的组合。此后,MATLAB 在多所大学里作为教学辅助软件使用,并作为面向大众的免费软件广为流传。

80 年代,Cleve Moler 等用 C 语言开发了 MATLAB 第二代专业版,这一代的 MATLAB 语言同时具备了数值计算和数据图示化的功能。1984 年 Cleve Moler 和 John Little 成立了 MathWorks 公司,正式把 MATLAB 推向市场,并继续进行 MATLAB 的研究和开发。1993 年,MathWorks 公司推出了 MATLAB 4.0 版本。1997 年,MathWorks 公司推出了基于 Windows 9x 操作系统的 MATLAB 5.0 版本。后来,MATLAB 又升级到 5.2 版本、5.3 版本。MATLAB 5.x 与 4.x 版本比较,在界面和功能上都有了很大的进展,其帮助信息采用超文本格式和 PDF 格式,在 Netscape 3.0 或 IE 3.0 及以上版本、Acrobat Reader 中可以方便地浏览。目前,MATLAB 已经升级到 6.x 版本,功能得到了进一步扩充,对于图形的处理,可以用相应的编辑工具实现任何图形的编辑;用户界面更为友好,也更符合用户的习惯;新增了与 Java 语言的接口;它还对绝大多数工具箱进行了功能扩充,使新老用户从中得到更大的益处。

MATLAB 功能强大,适合多学科、多部门的要求,已广泛地应用于数值计算、图形处理、符号计算、数学建模、小波分析、系统辨识、实时控制和动态仿真等研究领域,是科学研究、工程设计和运算的得力助手。经多年的国际竞争,MATLAB 已经占据了数值型软件市场的主导地位。

1.2 MATLAB 的安装

下面以 MATLAB 6.5 版本为例,介绍 MATLAB 的安装过程。

(1) 将 MATLAB 6.5 的光盘放入光驱内,将会自动进入到 MATLAB 的安装

界面(如图 1.1 所示),或可通过用鼠标双击  图标来进入到 MATLAB 的安装界面。

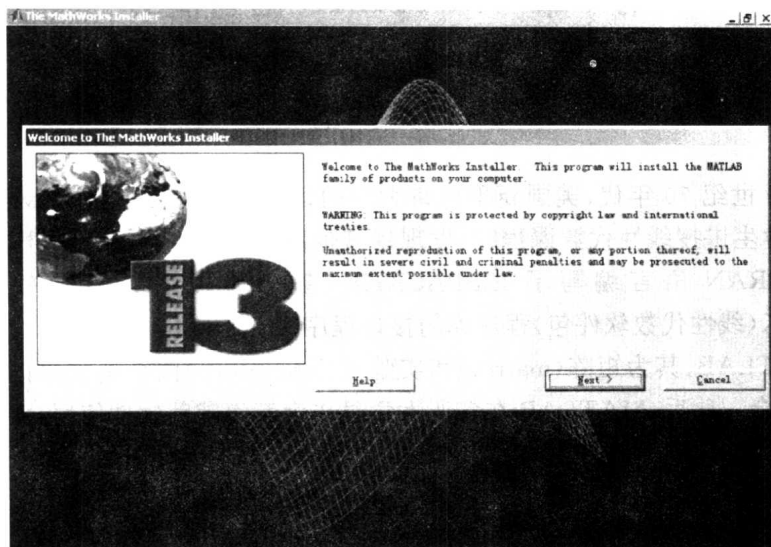


图 1.1 MATLAB 的安装界面

(2) 用鼠标点击  按钮,进入到如图 1.2 所示的界面,用户输入序列号,并点击  按钮。

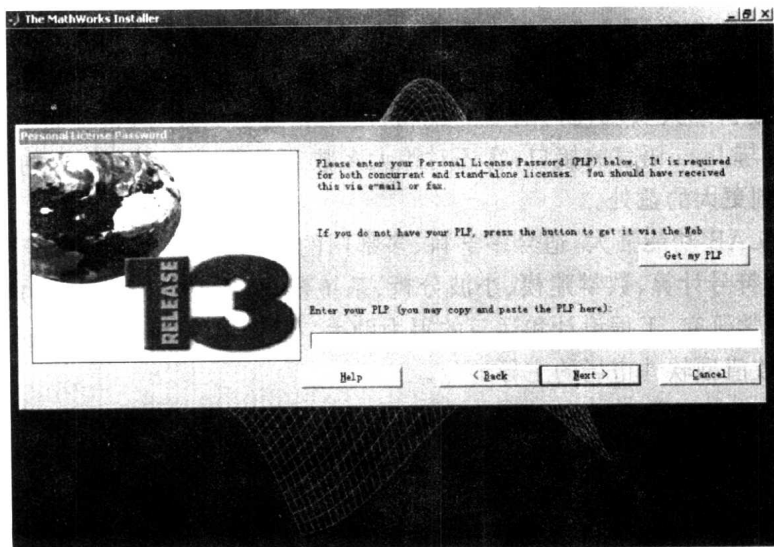


图 1.2 MATLAB 安装过程的提示信息

(3) 根据安装程序的提示继续进行安装,用户将进入到如图 1.3 所示的界面。在图 1.3 所示的安装信息界面中,用户可选择安装路径及所需安装的 MATLAB 提供的各个工具箱。

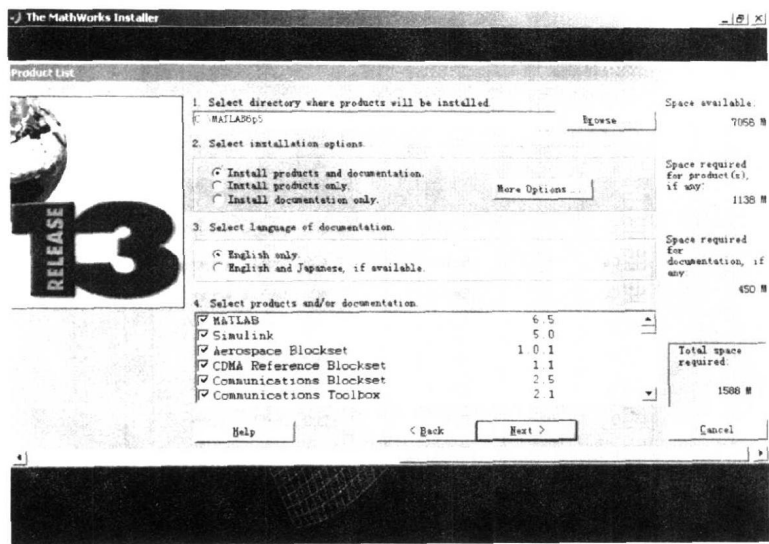


图 1.3 MATLAB 安装过程中路径及工具箱的选择界面

当根据安装程序提供的安装信息,安装完 MATLAB 后,需重新启动计算机才能运行 MATLAB。

1.3 MATLAB 的编程环境

MATLAB 的编程环境为广大用户提供了很多便于管理变量、输入输出数据以及生成和管理 M 文件的工具。下面将就几个常用的窗口做一简单介绍。

1.3.1 MATLAB 的工作空间

在 MATLAB 中,工作空间(workspace)是一个重要的概念。工作空间指运行 MATLAB 的程序或命令所生成的所有变量和 MATLAB 提供的常量构成的空间。MATLAB 每打开一次,就会自动建立一个工作空间,工作空间在 MATLAB 运行期间一直存在,关闭 MATLAB 后工作空间自动消失。刚打开 MATLAB 时工作空间中只有 MATLAB 提供的几个常量,当运行 MATLAB 程序时,程序中的变量将被加入到工作空间中。只有用户用特定的命令才可删除某一变量,否则该变量在关闭 MATLAB 之前一直存在。由此可见,在一个程序中的运算结果以变量的形式保存在工作空间中,该变量还可被别的程序继续利用。用户可用命令对工作空间

中的变量进行显示、保存或删除等操作。如可在命令窗口直接键入 who 和 whos 命令可以看到目前工作空间的所有变量；用 save 命令可保存工作空间的变量；用 clear 可删除工作空间里的变量。用户也可使用 MATLAB 的变量浏览器对工作空间的变量进行操作，如图 1.4 所示。

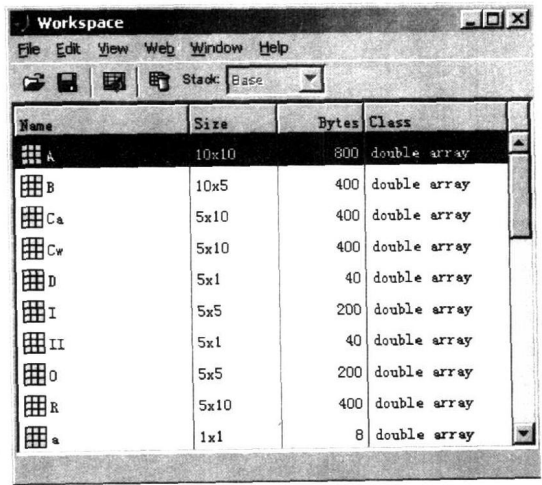


图 1.4 MATLAB 的变量浏览器

图 1.4 中的     四个按钮的作用分别是打开 MATLAB 的某一数据文件，将工作空间的所有变量保存到 MATLAB 一个数据文件中，显示被选定的变量(如图 1.5 所示)，删除被选定的变量。

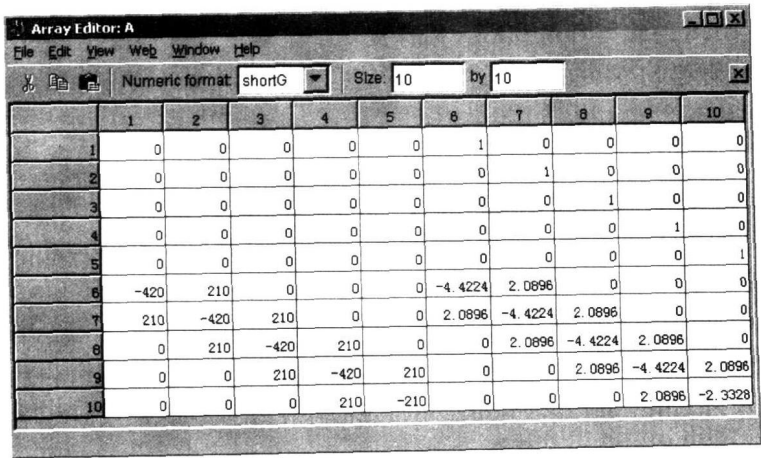


图 1.5 工作空间中变量 A 的显示窗口

此外,用户可在 MATLAB 的变量浏览器窗口应用鼠标右键来对选定的变量进行操作,如显示、绘图、拷贝、保存、删除、重命名等,如图 1.6 所示。

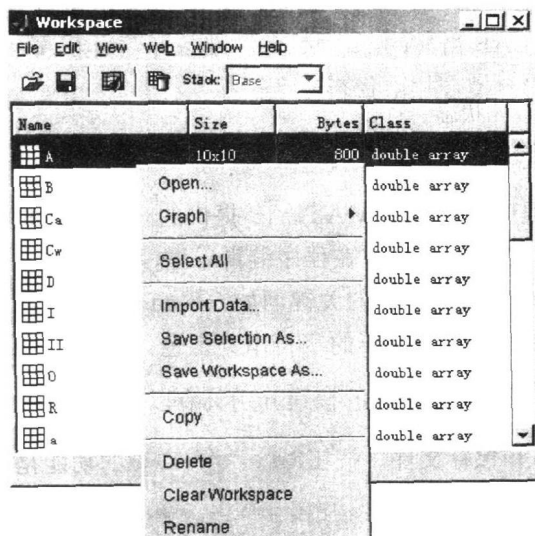


图 1.6 MATLAB 的变量浏览器

1.3.2 MATLAB 的命令窗口

MATLAB 的命令窗口是 MATLAB 的重要组成部分,是用户和 MATLAB 交互的工具。在 MATLAB 启动后,MATLAB 的命令窗口就被打开了,如图 1.7 所示。用户可在该窗口,直接运行某一已编制好的 MATLAB 程序,也可直接进行一些简单的程序编制和运行,但该程序的各语句,只能保存在 MATLAB 的工作空间

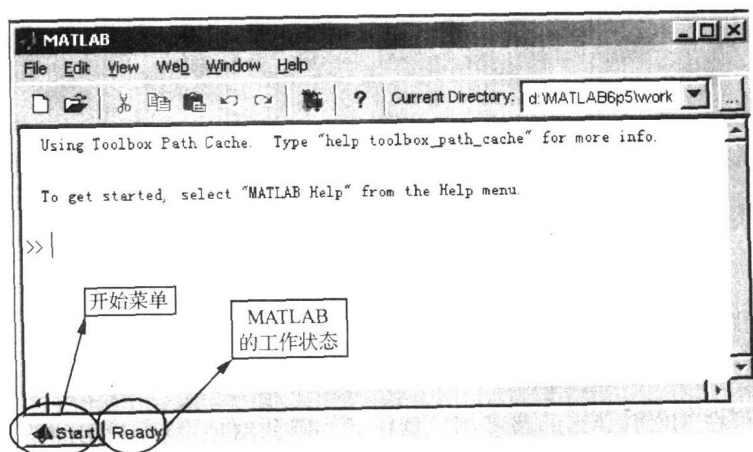
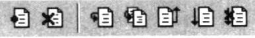


图 1.7 MATLAB 的命令窗口

中。

通过 MATLAB 的开始菜单,用户可以打开 MATLAB 的参数设置界面、MATLAB 的某一工具箱、帮助信息窗口以及示例演示窗口等。需要注意的是,“Ready”表示 MATLAB 当前的工作状态为“准备好”,当 MATLAB 正在运行某一程序时,会显示为“Busy”,即“忙状态”。

1.3.3 MATLAB 的程序编辑器

MATLAB 的程序编辑器是 MATLAB 提供的一个内置的具有编辑和调试功能的程序编辑器,如图 1.8 所示。在程序编辑器里,不同的文本内容分别用不同颜色的字体显示。其中 MATLAB 的关键词如 for,end 等为蓝色,注释语句为绿色,未输完的字符串为红色,输入完毕的字符串为褐色,其他文本为黑色,这样更加醒目,便于调试。程序编辑器窗口上的按钮分别具有以下功能。按钮  是进行新建文件、打开文件和保存文件。按钮  的功能是在文件编辑时进行剪切、复制、粘贴、撤销及重做。按钮  主要是在程序的调试时使用,其功能将在以后的章节中进行详细介绍。

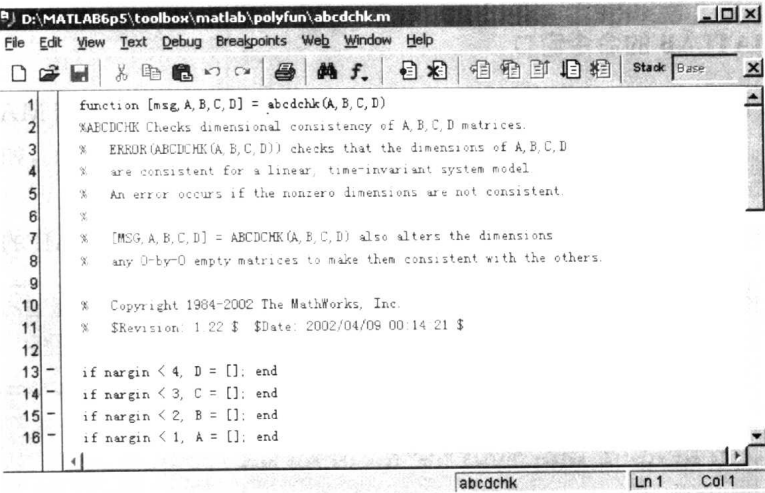


图 1.8 MATAB 的程序编辑器窗口

1.3.4 MATLAB 的路径浏览器

用户可在 MATLAB 的路径浏览器中添加新的路径,删除没用的路径,以及修改已有的路径,如图 1.9 所示。

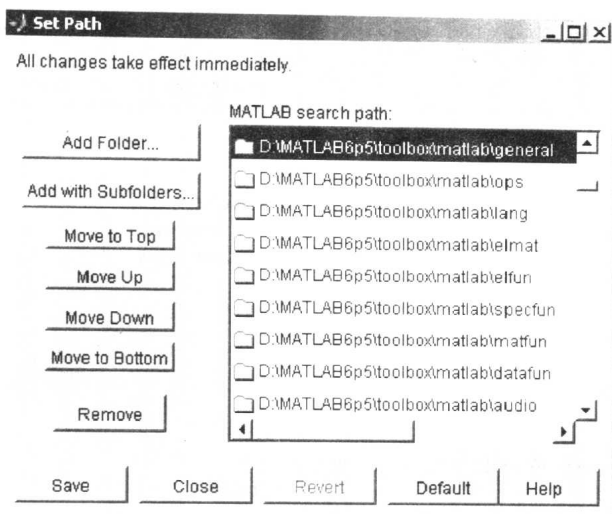


图 1.9 MATLAB 的路径浏览器窗口

1.3.5 MATLAB 帮助信息的获取

MATLAB 给用户提供了强大的在线帮助功能,用户可通过两种方式来获取帮助信息。

1. 在 MATLAB 命令窗口获取帮助信息

在 MATLAB 命令窗口中直接输入帮助命令(help)来获取需要的信息。help 的调用格式如下:

help	列出 MATLAB 的所有帮助主题
helpwin	打开 MATLAB 的帮助主题窗口
helpdesk	打开 MATLAB 的帮助工作台
help help	打开有关如何使用帮助信息的帮助窗口
help 函数名	查询函数的相关信息

例 在 MATLAB 命令窗口键入命令:

```
>>help sum
```

运行结果如图 1.10 所示。

2. 由帮助菜单获取帮助信息

用户可通过点击 MATLAB 命令窗口上的按钮 **?** 和 help 命令,或从开始菜单中点击 help 命令来打开帮助窗口,如图 1.11 所示。