

MATLAB语言

及其在道路工程中的应用

芮勇勤 王惠勇 编著



東北大學出版社
Northeastern University Press

MATLAB 语言及其在道路工程中的应用

芮勇勤 王惠勇 编著

东北大学出版社

• 沈 阳 •

© 芮勇勤 王惠勇 2009

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 语言及其在道路工程中的应用 / 芮勇勤, 王惠勇编著. —沈阳: 东北大学出版社, 2009.4

ISBN 978-7-81102-673-3

I. M… II. ①芮… ②王… III. 道路工程—计算机辅助计算—软件包, MATLAB
IV. U41—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 047438 号

内 容 摘 要

本书根据目前我国交通领域道路工程中计算机应用现状而编写, 具有较强的可操作性和实践应用特点。全书分 4 篇共 14 章, 第一篇 MATLAB 语言基础: MATLAB 语言概述, MATLAB 语言基本语法, MATLAB 语言的其他函数库; 第二篇 MATLAB 语言应用: 在普通物理、力学中的应用, 在公路工程质量监理中的应用, 在公路工程测量中的应用, 在公路工程横、纵断面设计与路面设计中的应用, 在公路路基工程计算中的应用, 在公路施工及其管理中的应用, 在道路工程有限元中的应用; 第三篇 MATLAB 语言提高: 句柄图形与处理, 创建 GUI 界面, 应用程序接口; 第四篇 MATLAB 语言工具箱: MATLAB 语言工具箱简介等。

本书取材于实际, 针对交通等基础道路工程应用分析、计算机应用分析与研究领域的工程实践问题, 对从事岩土工程设计和施工的读者是一本颇有实用价值的工具书, 既可供公路工程及相关专业设计、施工、科研、监理等单位的工程技术人员参考, 也可作为高等院校有关专、本科生和研究生的选修课教材。

出 版 者: 东北大学出版社出版

地址: 沈阳市和平区文化路 3 号巷 11 号

邮编: 110004

电话: 024—83680267 (社务室) 83687331 (市场部)

传真: 024—83680265 (办公室) 83687332 (出版部)

网址: <http://www.neupress.com>

E-mail: neuph@neupress.com

印 刷 者: 沈阳中科印刷有限责任公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm×260mm

印 张: 13.25

字 数: 330 千字

出版时间: 2009 年 4 月第 1 版

印刷时间: 2009 年 4 月第 1 次印刷

责任编辑: 王兆元

责任校对: 铁 力

封面设计: 唐敏智

责任出版: 杨华宁

ISBN 978-7-81102-673-3

定 价: 26.00 元

前 言

MATLAB 在公路设计、研究、施工建设中占有重要的地位。随着高等级公路向西部重岭山丘纵深发展,使得在公路修建中出现了大量分析和评价问题。随着计算机科学技术的迅猛发展和普及,现今高等学校学生需要了解、掌握的信息越来越多,极大地推动了与课堂教学并重的新的教育思想和教学方法——计算机辅助教学,渴望完善传统教学,又丰富并提高现代化的教学体制改革。

本书是 MATLAB 语言及其在道路工程中的应用技术读物。MATLAB 语言作为线性系统的一种分析和仿真工具,已经成为研究和解决各种具体工程问题的一种标准软件,成为国际公认的最优秀的科技应用软件之一,各著名大学已经把其列入工程类专业课的教学计划之中,并且成为大学生、研究生的必修课程和在实验环境中必须掌握的基本工具。本书内容包括 MATLAB 语言基础篇、MATLAB 语言应用篇、MATLAB 语言提高篇和 MATLAB 语言工具箱篇四部分。

MATLAB 语言基础篇: MATLAB 语言作为一种编程语言和可视化工具,具有非常强大的功能,它可以解决工程科学计算和数学学科中的许多问题。本篇简要介绍 MATLAB 语言概述、MATLAB 语言基本语法、MATLAB 语言的其他函数库,以及具体使用方法。MATLAB 语言及其应用功能强大,界面友好,语言自然。

MATLAB 语言应用篇: 编写目的在于提高公路工程中有计算、分析技术水平与普及应用,旨在向读者充分介绍 MATLAB 语言 6.5 以上版本(包括 7.0 版本)的各种通用功能,帮助读者通过应用 MATLAB 语言的各种功能来提高自己的工作能力。本篇重点介绍了公路工程中 MATLAB 语言的编程方法和步骤。介绍包括在普通物理、力学中的应用,在公路工程质量监理中的应用,在公路工程测量中的应用,公路工程横、纵断面设计与路面设计、公路施工及其管理,在道路工程有限元中的应用等相关内容的程序编制及计算示例。

MATLAB 语言提高篇：MATLAB 语言引用句柄进行高级图形处理和绘图、创建 GUI 界面及 MATLAB 语言应用程序接口，使 MATLAB 语言工程应用的功能越来越丰富，具有更广阔的应用范围。由目前的偏重于自动控制领域向土木工程分析、图像处理以及岩土与结构工程问题计算与分析等方面不断发展，并很快成为土木工程应用学科中的计算机辅助分析、设计、仿真、教学等必备的应用软件。

MATLAB 语言工具箱篇：MATLAB 语言深受用户欢迎，近年来，随着 MATLAB 语言版本的不断升级，它所包含的应用工具箱功能越来越丰富，应用范围也越来越广泛，已经由最初的偏重于自动控制领域向信号处理、图像处理以及工程问题求解等领域不断发展，并很快成为应用学科中的计算机辅助分析、设计、仿真和教学等方面不可缺少的基础软件。

本书作者在分析、总结各行业领域相关教学研究成果的基础上，结合自己多年的工程实践，进行了 MATLAB 语言在道路工程中的应用开发和在课程教学中的试应用，取得了一系列研究成果。本书内容图文并茂，出版和使用适应面向 21 世纪的现代化教学与实践模式，必将大大地促进 MATLAB 语言在课程教学、工程实践中的应用水平。

本书系统性强、简明实用，可以作为土木工程，特别是公路与城市道路和桥梁工程专业研究生、高年级大中专学生的教学参考书，也可供相关领域路桥专业科技人员学习参考。

祝愿 MATLAB 语言及其在道路工程中的应用与分析系统发展、完善、再发展。

编著者

2008 年 12 月 25 日

目 录

第一篇 MATLAB 语言基础

第 1 章 MATLAB 语言概述	1
1.1 MATLAB 语言的发展与特点	1
1.2 MATLAB 语言的组成与安装	3
1.3 MATLAB 语言的工作环境和工作界面	3
1.4 MATLAB 语言帮助系统	9
第 2 章 MATLAB 语言的基本语法	12
2.1 变量及其赋值	12
2.2 数组的运算与操作	18
2.3 线性方程组的求解	23
2.4 关系和逻辑运算	24
2.5 基本绘图方法	26
2.6 M 文件及其程序调试	35
第 3 章 MATLAB 语言的其他函数库	40
3.1 数据分析和傅里叶变换函数库	40
3.2 矩阵的分解和变换函数库	42
3.3 多项式函数库	44
3.4 函数功能和数值分析函数库	46
3.5 字符串函数库	49
3.6 稀疏矩阵函数库	51
3.7 数据类型函数库	53

第二篇 MATLAB 语言应用

第 4 章 在力学中的应用	56
4.1 在基础力学中的应用	56
4.2 在理论力学中的应用	57

4.3	在材料力学中的应用	59
4.4	在水力学中的应用	61
第 5 章	在公路工程质量监理中的应用	63
5.1	数理统计基础	63
5.2	在公路工程质量控制与评价中的应用	65
5.3	在公路工程质量抽样与检验中的应用	68
第 6 章	在公路工程测量中的应用	75
6.1	在水准路线平差计算中的应用	75
6.2	在坐标型闭合导线平差计算中的应用	78
6.3	在坐标型附和导线平差计算中的应用	81
第 7 章	在公路工程横、纵断面及路面设计中的应用	85
7.1	在横断面设计的超高加宽计算中的应用	85
7.2	在纵断面设计的竖曲线设计中的应用	89
7.3	在柔性路面设计指标计算中的应用	92
7.4	在水泥混凝土路面设计中的应用	96
第 8 章	在公路路基工程计算中的应用	105
8.1	在路基边坡稳定性分析中的应用	105
8.2	在路基通道岩土体塌落围压计算中的应用	107
8.3	在仰斜式挡土墙土压力计算中的应用	109
8.4	在地基附加应力计算中的应用	110
第 9 章	在公路施工及其管理中的应用	116
9.1	公路工程的优化问题	116
9.2	公路工程施工网络图问题	119
9.3	最短路径(TSP)问题	124
第 10 章	在公路工程有限元分析中的应用	127
10.1	平面常应变三节点单元	127
10.2	平面八节点等参单元	136

第三篇 MATLAB 语言提高

第 11 章	图形对象的句柄	145
11.1	图形对象句柄的基本概念	145

11.2	高级图形处理与控制·····	146
11.3	图形对象属性及实例·····	147
第 12 章	图形用户界面 ·····	153
12.1	GUI 用户界面简介 ·····	153
12.2	菜单设计与控制框设计·····	155
12.3	GUI 程序设计实例 ·····	158
第 13 章	应用程序接口 ·····	177
13.1	应用程序接口介绍·····	177
13.2	MATLAB 计算引擎 ·····	178
13.3	MAT 与 MEX 文件的编辑和使用 ·····	184
 第四篇 MATLAB 语言工具箱		
第 14 章	MATLAB 语言工具箱简介 ·····	195
14.1	符号工具箱简介·····	195
14.2	优化工具箱·····	198
14.3	常用工具箱简介·····	201
参考文献 ·····		203
后 记 ·····		204

第一篇 MATLAB 语言基础

第1章 MATLAB 语言概述

20 世纪 70 年代中期, Cleve Moler 博士和其同事在美国国家科学基金的资助下开发了调用 EISPACK(基于特征值计算的软件包)和 LINPACK(线性代数软件包)的 FORTRAN 子程序库。70 年代后期, 美国 New Mexico 大学计算机系主任 Cleve Moler, 利用业余时间编写了 EISPACK 和 LINPACK 的接口程序。Cleve Moler 把这个接口程序取名为 MATLAB 语言, 该名为矩阵(Matrix)和实验室(Laboratory)两个英文单词的前三个字母的组合。

1.1 MATLAB 语言的发展与特点

1.1.1 MATLAB 语言的发展

1983 年, Cleve Moler 到斯坦福大学访问, John Little 工程师意识到 MATLAB 潜在的广阔应用领域应在工程计算方面。于是同年他与 Moler、Steve Bangert 一起合作开发了第二代专业 MATLAB 语言。从这一代开始, MATLAB 的核心就采用 C 语言编写。从此, MATLAB 语言集数值计算功能和数据可视化功能于一身。

1984 年, Mathworks 公司成立, 把 MATLAB 语言推向市场, 并继续 MATLAB 语言的研制和开发。MATLAB 语言在市场上一出现, 便为各国科学家开发本学科相关软件提供了基础。例如, 在 MATLAB 语言问世不久的 20 世纪 80 年代, MATLAB 语言的第一个 Windows 版本 MATLAB 语言 3.5K 问世。同年, 支持 Windows 3.x 的 MATLAB 语言 4.0 版本推出。它与以前的 4.0 版本相比有了很大的改进, 增加了 Simulink, Control, Neural Network, Optimization, Signal Processing, Spline, State-space identification, Robust control, Mu-analysis and synthesis 等工具箱。

1996 年 12 月, MATLAB 语言 5.0 问世, 它较 4.x 无论在界面还是内容方面都有很大的进步, 其帮助信息采用超文本格式和 PDF 格式。

2000 年后期, Mathworks 公司推出了 MATLAB 语言 6.0(R12)版, 以后又相继推出了 6.1、6.5 版, 目前 MATLAB 语言的最高版本为 7.0(R14)版。值得提出的是, 6.5 以后的版本均采用了 JIT 加速器, 使 MATLAB 的运算速度大大提高。

2004 年、2005 年, Mathworks 公司分别发布了 MATLAB 7.0、MATLAB 7.1。

从 2006 年开始, 发布 MATLAB R 系列, 每年的 3 月及 9 月进行两次产品发布, 分别对应代码 a、b, 命名为“R+年份+代码”。Mathworks 公司分别于 3 月、9 月分别发布了 MATLAB R2006a (MATLAB 7.2)、MATLAB R2006b (MATLAB 7.3)。

2007 年 3 月、9 月, Mathworks 公司分别发布了 MATLAB R2007a (MATLAB 7.4)、MATLAB R2006b (MATLAB 7.5)。

2008 年 3 月、9 月, Mathworks 公司发布了 MATLAB R2008a (MATLAB 7.6)、MATLAB R2008b (MATLAB 7.7)。相比以前版本而言, R2008b 包含 MATLAB 和 Simulink 的新功能、2 个新产品、19 个主要产品的升级以及增强的 PolySpace 代码验证产品。

1.1.2 MATLAB 语言 R2008 的特点

(1) 语言简单, 运算符丰富

MATLAB 语言的操作和功能函数指令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。由于它是使用 C 语言开发的, 流程控制语句和运算符与 C 语言差别甚微, 灵活使用 MATLAB 语言的运算符使程序变得很简洁。

(2) 起点高, 程序设计自由度大、编程容易

在 MATLAB 语言中, 无需对矩阵定义就可以直接使用。MATLAB 语言的程序文件是一个纯文本文件, 扩展名为 m, 编写、修改和调试简单方便。

(3) 智能化程度高

绘图时自动选择最佳坐标、输入或输出变元数, 自动选择算法; 做数值积分时可以自动按精度选择步长; 并且它自动检测和显示程序错误的能力强, 易于调试。

(4) 强大的图形技术

MATLAB 具有非常强大的以图形化显示矩阵和数组的能力, 同时用户可以为这些图形增加注释。MATLAB 的图形技术既包括一些二维、三维科技专业图形的高级绘图函数, 又包括一些可以让用户灵活控制图形特点的低级绘图命令。

(5) 功能强大, 可扩展性强

数值计算和绘图方便、简单。扩展部分实际上是使用 MATLAB 语言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新算法。目前已有控制系统、信号处理、图形处理、系统辨识、模糊集合、神经网络、小波分析等 20 多个工具箱, 并且还在扩充。

(6) 源程序的开放性

所有 MATLAB 语言的核心文件和工具箱文件都是可读可改的源文件, 用户可通过对源文件的修改以及加入自己的代码构成新的工具箱。

(7) 其他

增加了虚拟现实工具箱, 使用标准的虚拟现实建模语言 (VRML) 技术, 可以创建由 MATLAB 语言与 Simulink 环境驱动的三维动画场景。并且 GUI 开发环境更加方便、灵活。同时, 在应用程序接口方面, 增加了与 Java 的接口, 并且为两者进行数据交换提供了相应的程序库。

1.2 MATLAB 语言的组成与安装

1.2.1 MATLAB 语言 R2008 对硬件的要求

- CPU 奔腾Ⅱ、奔腾Ⅲ、AMD Athlon 或者更高；
- 内存 128M 以上；
- 硬盘 预留 5G 以上的空间；
- 显卡 8 位 256 色以上；
- 光驱 至少为 20 倍速光驱或装 Daemon Tools V3.47 及以上版本虚拟光驱；
- 建议安装声卡。

1.2.2 MATLAB 语言 R2008 对软件的要求

- Microsoft Windows 95/98/2000 /XP；
- Adobe Acrobat Reader, 用以阅读 MATLAB 语言的 PDF 帮助信息；
- Microsoft Office 97/2000 或者 Microsoft Word XP；
- Compad Visual Fortran 5.0, Microsoft VC/C++ 5.0, Borland C/C++ Builder Version 3.0 或更高版本, 以实现 API。

1.2.3 MATLAB 语言 R2008 的安装

按照安装程序的提示, 进入图 1-1 所示画面后, 输入相应的序列号, 便可继续下一步安装; 当 MATLAB 语言复制完文件以后, 会询问用户是否安装 Notebook。MATLAB 语言 Notebook 允许用户把 Word 文档中创建的命令送到后台的 MATLAB 语言中执行, 然后将计算结果和绘制的图形送回到 Word, 并插入到文档中处理。由于 MATLAB 语言在 Word 中使用的模板为 M-book.dot, MATLAB 语言 Notebook 文件被称为 M-book。如果在没有启动 MATLAB 语言时打开一个 M-book, 就会自动启动 MATLAB 语言。一个 M-book 就是一个交互式 MATLAB 语言过程的记录。

1.3 MATLAB 语言的工作环境和工作界面

要启动 MATLAB 语言, 可以双击系统桌面的 MATLAB 语言图标, 也可以在开始菜单的程序选项中选择 MATLAB 语言快捷方式, 界面如图 1-2 所示。

其中, 在 MATLAB 语言主窗口中:

 为建立新的仿真模型按钮,  为进入联机帮助系统按钮。

1.3.1 命令窗口

在图 1-3 所示的命令窗口中, 除标题栏、菜单栏、工具栏以外的窗口, 用于输入和显示计算结果的窗口, 称为命令编辑区。其中, “>>” 提示符表示 MATLAB 语言处于准备状态, 用户可以在 “>>” 提示符后面输入命令或者一段运算符, 接着按下回车键,

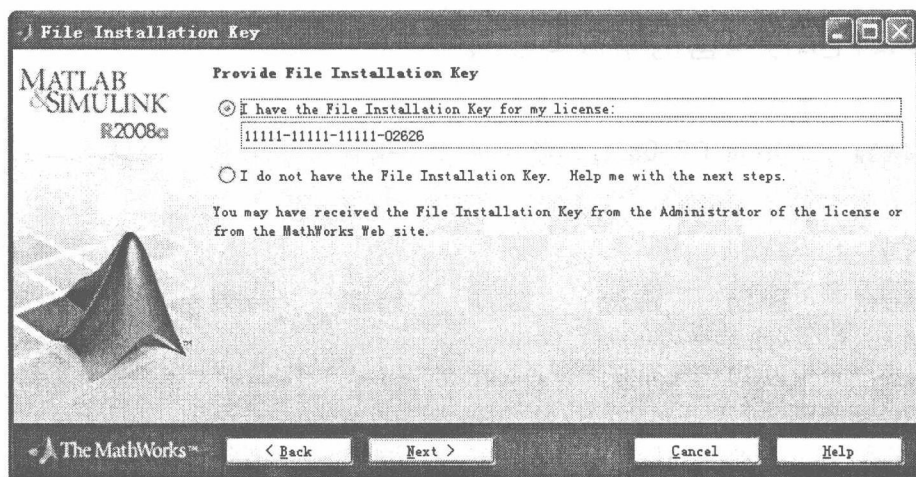


图 1-1 MATLAB 语言序列号输入界面

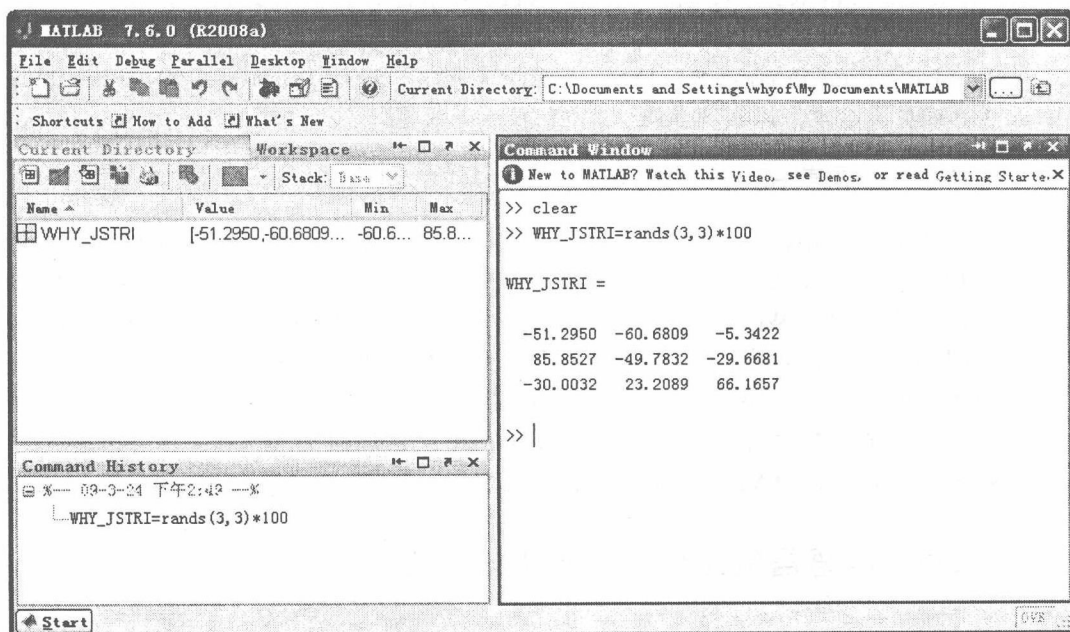


图 1-2 MATLAB 语言桌面平台

MATLAB 语言将给出计算结果，然后再次处于“>>”提示符准备状态。

表 1-1 列出了命令窗口常用的一些快捷键的编辑功能。

下面着重介绍命令窗口菜单栏“File”菜单中“Preference”选项卡。该选项主要是针对各种开发环境的属性设置。

(1) 通用属性设置(General)

如图 1-4 所示，“Toolbox path caching”选项主要是针对网际间使用 MATLAB 语言的启动速度的设置；“Figure window printing”选项是针对图形的输出颜色的设置。

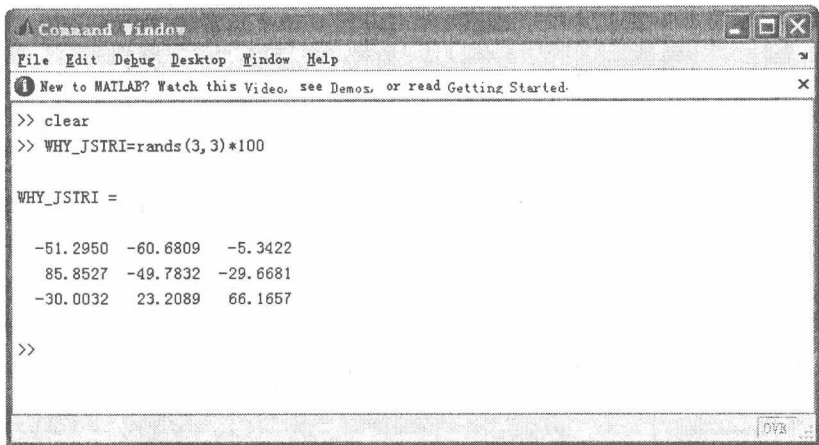


图 1-3 MATLAB 语言命令窗口

表 1-1 命令窗口常用快捷键的编辑功能

键	相应快捷键	功能说明	键	相应快捷键	功能说明
Home	Ctrl + A	移到首行	→	Ctrl + F	向前移动一个字符
End	Ctrl + E	移到末尾	Ctrl →	Ctrl + R	向右移动一个单词
Esc	Ctrl + U	删除一行	Ctrl ←	Ctrl + L	向左移动一个单词
↑	Ctrl + P	回调上一行		Ctrl + K	从光标处一直删除到行尾
↓	Ctrl + N	回调下一行		Ctrl + C	终止正在运行的程序
←	Ctrl + B	回移一个字符			

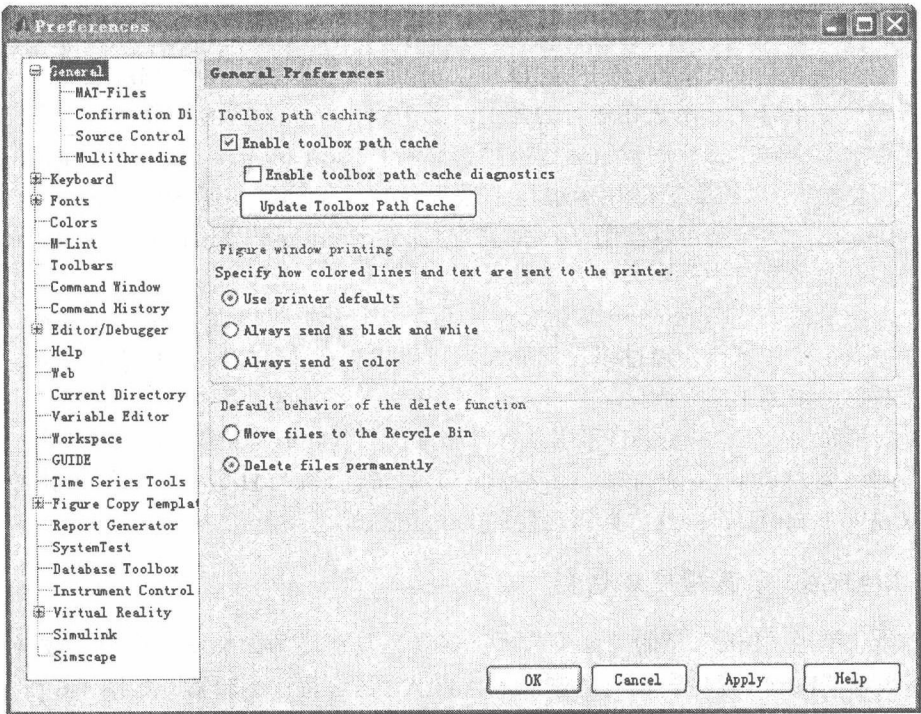


图 1-4 属性设置对话框

单击“General”左侧的“+”将打开“Fonts & Colors”和“Source Control”子选项设置卡。其中，“Fonts & Colors”主要对桌面的字体以及不同标识符的特征颜色进行设置；“Source Control”子设置项可以设定系统的控制源。

(2) 命令窗口属性设置(Command Window)

如图 1-4 所示，“Command Window”为是文本属性设置组(Text display)，其中“Numeric format”将决定数值型变量在命令窗口中的显示格式；“Numeric display”可以控制数据在命令窗口中的显示格式，“Loose”表示命令窗口中的命令以及显示结果都将隔行显示，而选择“Compact”则以紧凑形式显示；“Tab”控制每按一次 Tab 键所对应的空格数，如表 1-2 所示。

表 1-2 MATLAB 语言中的数据显示格式

命 令	功能说明	1/3 输出形式
format short	缺省显示	0.3333
format short e	5 位十进制加指数	3.3333e-001
format short g	5 位最优显示	0.33333
format long	15 位十进制	0.333333333333333
format long e	15 位十进制加指数	3.33333333333333e-001
format long g	15 最优显示	0.333333333333333
format bank	两个十进制位	0.33
format rat	有理数近似	1/3
format hex	十六进制	3fd555555555555
format +	正、负或者零	+

显示属性设置组中(Display)中，“Echo on”选项可以选择运行 MATLAB 语言的程序时是否在命令窗口中显示正在运行的命令，选中表示显示运行的每条命令，不过，当选择显示运行的命令时，程序的运行速度有所降低；“Limit matrix display width to eighty columns”选项则可以控制矩阵显示过程中是否限制显示列数小于 80；“Enable up to n tab completions”选项则可以控制 Tab 的完整性；“Command session scroll buffer size”选项用以控制命令窗口中回调命令列表的大小。

另外，命令窗口“Command Window”还有一个子设置界面“Fonts & Colors”，用以设置桌面的字体和颜色。通过该设置界面，可以设置命令窗口中文本显示的字体、颜色以及背景颜色，如图 1-5 所示。

除了通用属性设置(General)和命令窗口属性设置(Command Window)以外，还可以进行编辑调试属性设置(Editor/Debugger)、帮助属性设置(Help)，图形复制属性设置(Figure Copy Template)以及仿真属性设置(Simulink)。

1.3.2 MATLAB 语言程序编辑器

当选择菜单栏“File”下的“New”项，或者工具栏中的“New”按钮，或者在命令提示符下键入“Edit”命令，都可以进入 MATLAB 语言程序编辑器，如图 1-6 所示。

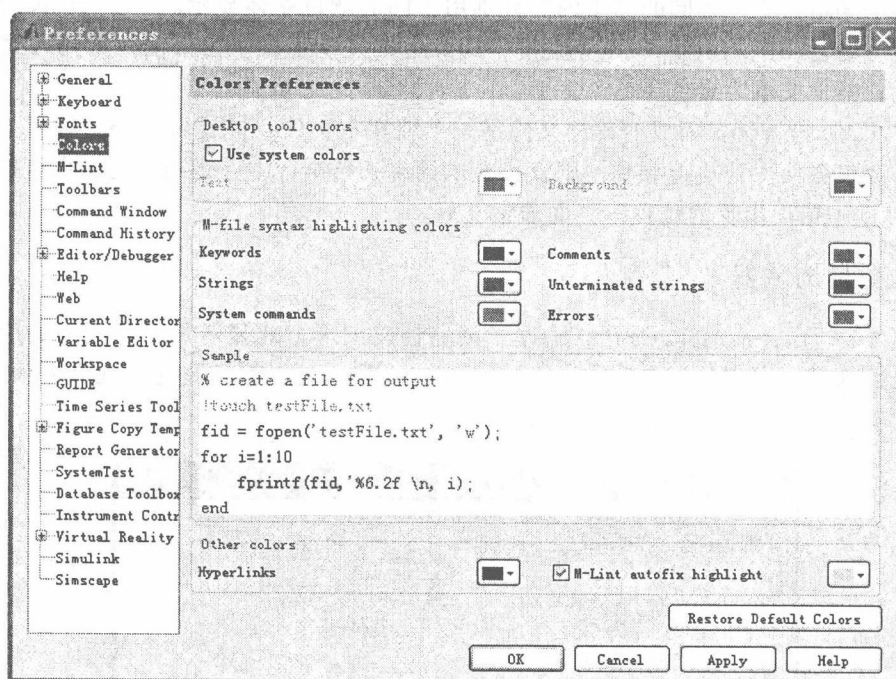


图 1-5 命令窗口属性设置

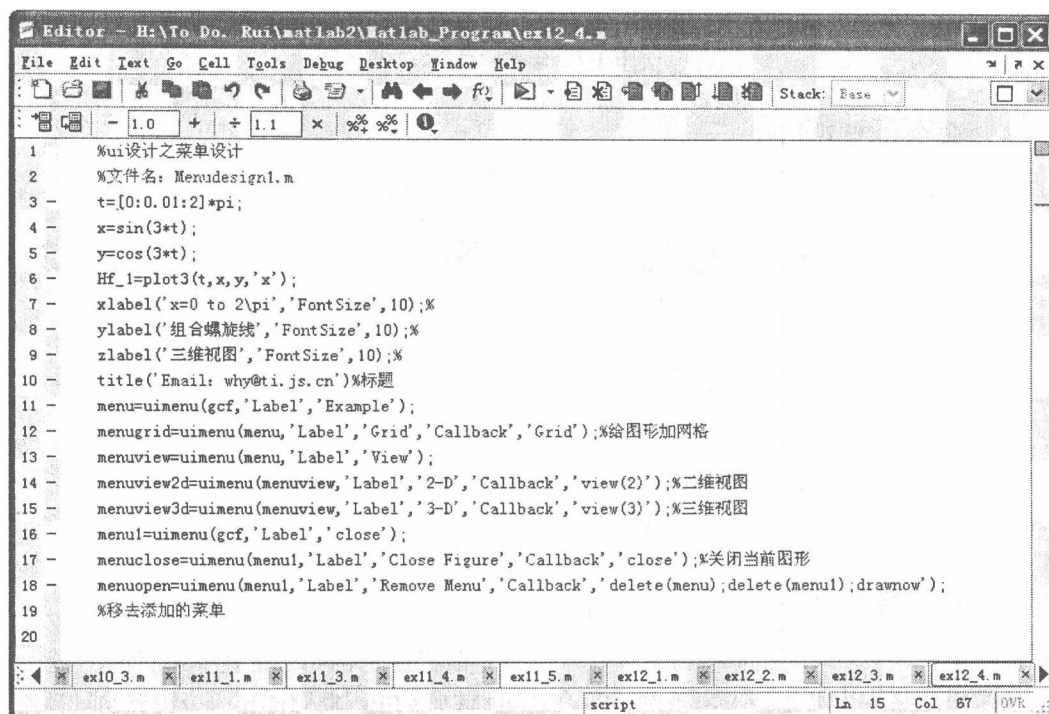


图 1-6 程序编辑器

在程序编辑器中，不同的文本内容分别用不同的颜色字体显示。“%”开头的注释语句的字体为绿色；if, for 和 end 等关键字为蓝色；完整字符串为褐色；未输入完的字符串为红色；其他文本为黑色。

MATLAB 语言编辑而成的程序文件是一个纯文本文件，扩展名为 m，编写、修改和调试非常简单方便。若执行顺利，则直接显示结果；若执行中有错误，则命令窗口中自动提示 m 文件中错误出现的位置，界面非常友好。

1.3.3 变量浏览器

如图 1-7 所示，MATLAB 语言的变量浏览器以图形方式显示工作空间中的变量：变量名、维数、值及类型。用 whos 命令加上 clear 命令，可以使其更为直观、方便。另外，在变量浏览器中，可以随便更改变量名。

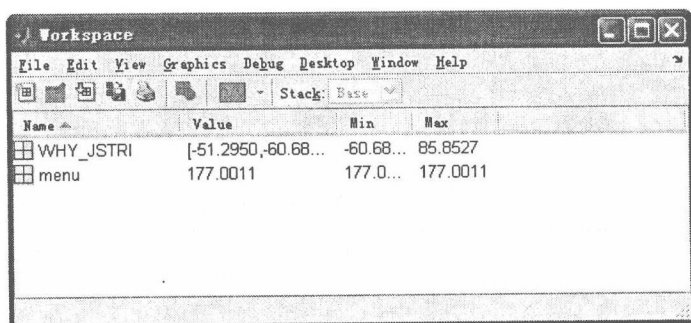


图 1-7 变量浏览器

1.3.4 命令历史窗口

如图 1-8 所示，命令历史窗口中主要显示已执行过的命令。

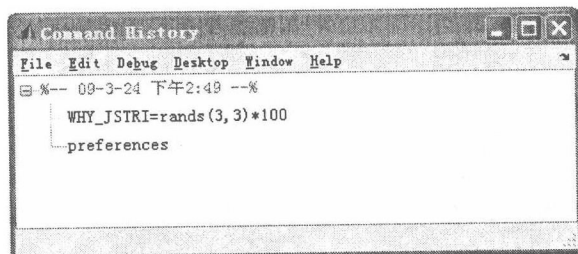


图 1-8 命令历史窗口

1.3.5 当前路径窗口

如图 1-9 所示，当前路径窗口主要显示的是当前工作是在什么路径下进行的，包括路径的保存等均是在当前路径下实现的。用户还可以执行 File/Set path 命令设置当前路径。



图 1-9 当前路径窗口

1.4 MATLAB 语言帮助系统

MATLAB 语言作为一种优秀的计算软件，其突出的一方面是帮助系统非常完善。主要有联机帮助系统、命令查询帮助系统加网上帮助系统等。

1.4.1 联机帮助系统

在 MATLAB 语言的命令窗口中键入 “helpdesk” “helpwin” “doc” 或选择帮助菜单中的 “MATLAB 语言 Help” 选项，就可以进入联机帮助系统。联机帮助系统一般是用超文本标记语言 (HTML) 写成，可以通过 Netscape 或者 Microsoft 的 Internet Explorer 阅读。如果用户知道想要查询的函数的名字，在 MATLAB 语言命令窗口中键入 “doc” 命令，MATLAB 语言会自动打开浏览器并定位到相应函数。帮助的界面如图 1-10 所示。

在 MATLAB 语言的帮助台上，只要单击相关的内容逐级查找，就可以找到相应的帮助信息。用户在 “search” 按钮左边的输入框里键入关键字，即可得到相应的帮助。

1.4.2 命令查询帮助系统

“help + 函数(类)名” 是最基本、最常用的帮助方法，查询信息直接显示在命令窗口中。在命令窗口中输入 “help” 命令，将会显示搜索路径中所有的目录名称。如下：

```
>> help
HELP topics:
```