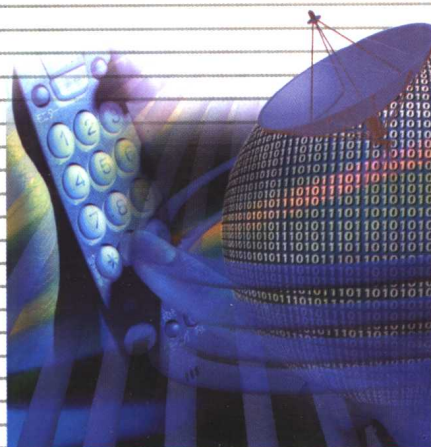


MATLAB

信息工程工具箱 技术手册

魏巍 主编



MATLAB

國防工業出版社

National Defence Industry Press

<http://www.ndip.cn>

MATLAB工具箱技术手册系列

MATLAB

信息工程工具箱

技术手册

魏巍 主编

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书主要介绍了 MATLAB 在信息工程领域中的应用,全书分为 7 章,第 1 章介绍了 MATLAB 的基本内容,第 2 章介绍了图像处理工具箱(Image Processing Toolbox),第 3 章介绍了信号处理工具箱(Signal Processing Toolbox),第 4 章介绍了通信工具箱(Communications Toolbox),第 5 章介绍了小波分析工具箱(Wavelet Toolbox),第 6 章介绍了定点运算工具箱(Fixed-Point Toolbox),第 7 章介绍了地理信息处理工具箱(Mapping Toolbox)。

本书着重体现了实用特性,书中提供了大量实例,可以帮助读者更加形象地理解和掌握 MATLAB 的应用,可以作为广大高校学生和工程技术人员参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 信息工程工具箱技术手册/魏巍主编. —北京:国防工业出版社,2004.1
(MATLAB 工具箱技术手册系列)
ISBN 7-118-03215-8

I .M... II . 魏... III . 信息处理—应用软件,
MATLAB—技术手册 IV .G202-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 063334 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 100044)

北京奥隆印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 29½ 685 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

印数:1—3000 册 定价:45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

前言

MATLAB 是 MathWorks 公司于 1984 年推向市场的一套高性能的数值计算和可视化软件，它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体。经过十几年的发展，已经成为一个国际公认的最优秀的科技应用软件，其强大的扩展功能更是为各个工程领域提供了分析和设计的基础。

作为一种科学计算语言，MATLAB 具有极强的适应能力，它用简洁的代码和函数库为编程研究人员提供了直观简单的程序开发环境。如今，MATLAB 已经不仅仅在工程领域有重要的影响，其生命力开始延伸到经济等领域。在国外，MATLAB 是一门大学生必须掌握的基本语言，鉴于这门语言的重要性，国内高等院校也有必要开展这方面的教学。所以，本书的宗旨就是面向广大院校的师生，同时也可供工程技术人员参考。

本书主要是介绍 MATLAB 在信息工程领域中的应用，全书共 7 章，第 1 章介绍了 MATLAB 的基本知识，后面的 6 章分别介绍了图像处理工具箱（Image Processing Toolbox）、信号处理工具箱（Signal Processing Toolbox）、通信工具箱（Communications Toolbox）、小波分析工具箱（Wavelet Toolbox）、定点运算工具箱（Fixed-Point Toolbox）以及地理信息处理工具箱（Mapping Toolbox）这 6 个信息工程领域的工具箱。在专业工具箱函数的介绍中，穿插了很多例子，使读者能够形象地理解，便于实际应用。

由于时间仓促，再加上信息工程领域方面有很多专业理论知识，而作者的学识水平有限，错漏之处在所难免，希望广大的读者给予批评和指正。

作者

目 录

第 1 章 概论.....	1
1.1 MATLAB 概述.....	1
1.1.1 MATLAB 简介.....	1
1.1.2 MATLAB 特点.....	2
1.2 MATLAB 界面环境.....	3
1.2.1 Command Window 窗口.....	4
1.2.2 Launch Pad 窗口.....	5
1.2.3 Workspace 窗口.....	6
1.2.4 Command History 窗口.....	7
1.2.5 Current Directory 窗口.....	7
1.2.6 Help 窗口.....	8
1.2.7 Editor 窗口.....	8
1.3 MATLAB 基本操作方法.....	9
1.3.1 MATLAB 的语言结构和编程方法.....	9
1.3.2 MATLAB 的基本操作方法.....	9
第 2 章 图像处理工具箱.....	12
2.1 MATLAB 图像处理工具箱简介.....	12
2.1.1 图像格式和类型.....	12
2.1.2 MATLAB 中位图的显示和转换.....	14
2.1.3 MATLAB 中图像数据的导入导出.....	25
2.2 图像显示.....	25
2.2.1 标准图像显示.....	25
2.2.2 特殊图像显示.....	27
2.2.3 图像数据的读写和查询.....	31
2.3 图像几何操作.....	33
2.3.1 图像插补操作.....	33
2.3.2 图像大小调整.....	34
2.3.3 图像剪切.....	34
2.3.4 图像旋转.....	35
2.4 图像块操作.....	36
2.4.1 图像显示块操作.....	36

2.4.2	图像边缘操作.....	38
2.5	图像分析.....	40
2.5.1	像素值及其统计.....	40
2.5.2	图像分析.....	44
2.6	图像调整.....	48
2.6.1	对比度调整.....	48
2.6.2	柱状图均衡化.....	50
2.6.3	图像去除噪声.....	52
2.7	图像特定区域处理.....	55
2.8	图像的变换及其 MATLAB 实现.....	58
2.8.1	图像的快速傅里叶变换.....	58
2.8.2	图像的离散余弦变换.....	60
2.8.3	图像的 Radon 变换.....	64
2.8.4	图像的小波变换.....	65
2.9	数字图像线性滤波技术.....	67
2.9.1	线性滤波原理.....	67
2.9.2	线性滤波技术在 MATLAB 中的实现.....	67
2.10	二值图像操作处理.....	76
2.10.1	二值图像概念.....	76
2.10.2	二值图像操作.....	76
2.10.3	二值图像查找表.....	79
2.10.4	二值图像形态滤波.....	81
2.11	色彩空间转换及色彩图操作.....	84
2.11.1	色彩模型介绍.....	84
2.11.2	色彩空间转换函数.....	84
2.11.3	色彩图操作处理.....	85
第 3 章	信号处理工具箱.....	89
3.1	信号处理工具箱概述.....	89
3.2	信号的时域分析.....	89
3.2.1	信号的表示.....	89
3.2.2	信号的时域运算和变换.....	95
3.3	滤波器的分析和实现.....	104
3.3.1	线性系统的基本概念.....	104
3.3.2	滤波器的分析.....	104
3.3.3	滤波器的实现.....	112
3.4	模拟滤波器的设计.....	113
3.4.1	典型模拟滤波器的设计.....	113
3.4.2	模拟滤波器的转换.....	118
3.4.3	模拟滤波器离散化处理.....	121

3.5	FIR 和 IIR 数字滤波器设计	123
3.5.1	FIR 数字滤波器设计	123
3.5.2	IIR 数字滤波器设计	137
3.5.3	IIR 滤波器的阶次估计	142
3.6	窗函数	146
3.6.1	巴特里特窗	146
3.6.2	布莱克曼窗	146
3.6.3	切比雪夫窗	147
3.6.4	汉明窗	148
3.6.5	汉宁窗	148
3.6.6	凯撒窗	149
3.6.7	三角窗	150
3.6.8	矩形窗	151
3.7	统计信号处理和谱估计	152
3.7.1	统计信号处理	152
3.7.2	谱估计	156
3.8	倒谱分析	172
3.8.1	复倒谱分析	173
3.8.2	逆复倒谱分析	173
3.8.3	实倒谱计算与最小相位重构	173
3.9	参数化建模及线性预测	173
3.9.1	参数化建模	173
3.9.2	线性预测	178
3.10	多级速率信号处理	185
第 4 章	通信工具箱	193
4.1	通信系统简介	193
4.2	信源和信号分析	194
4.2.1	信源	194
4.2.2	信号分析函数	197
4.3	信源编码	202
4.3.1	压缩扩展	202
4.3.2	标量量化	204
4.3.3	预测量化	205
4.4	差错控制编码	207
4.4.1	差错控制编码概念	207
4.4.2	差错控制方式及信道差错模式	207
4.4.3	常用编码简介	208
4.4.4	差错控制编码函数	211
4.4.5	底层差错控制编码函数	221

4.5	调制和解调.....	226
4.5.1	调制和解调概念.....	226
4.5.2	调制和解调工具函数.....	230
4.6	专用滤波器.....	242
4.6.1	专用滤波器介绍.....	242
4.6.2	专用滤波器底层函数.....	245
4.6.3	信道函数.....	247
4.7	Galois 域计算.....	248
4.7.1	Galios 域介绍.....	248
4.7.2	Galios 域工具函数.....	249
4.8	常用通信工具函数.....	260
第 5 章	小波分析工具箱.....	265
5.1	小波分析工具箱的简介.....	265
5.2	小波分析基础.....	265
5.2.1	傅里叶变换、快速傅里叶变换和小波变换.....	265
5.2.2	小波分析工具箱中的小波基及其参数表示.....	275
5.2.3	小波分析工具箱中计算小波滤波器的函数.....	282
5.2.4	有关的数据文件.....	288
5.3	连续小波变换.....	291
5.4	一维离散小波变换.....	293
5.4.1	一维离散小波变换的概念.....	293
5.4.2	小波分析工具箱中的相关函数.....	294
5.5	二维离散小波变换.....	300
5.5.1	二维离散小波变换的概念.....	300
5.5.2	小波分析工具箱中的相关函数.....	300
5.6	小波包.....	310
5.6.1	小波包的概念.....	310
5.6.2	小波包的算法.....	310
5.6.3	小波包分解树管理函数.....	322
5.7	小波与小波包信号用于图像分析函数.....	331
第 6 章	定点运算工具箱.....	350
6.1	定点运算工具箱的简介.....	350
6.2	定点运算原理.....	351
6.2.1	定点制和浮点制.....	351
6.2.2	定点制控制数据精度时的非线性效应.....	353
6.3	定点运算工具箱中的定点运算函数.....	356
6.4	Simulink 模块.....	364
6.4.1	Simulink 定点数据类型.....	365
6.4.2	Simulink 定点数的表示范围.....	365

6.4.3	Simulink 模块.....	367
第 7 章	地理信息工具箱.....	403
7.1	地理信息处理简介.....	403
7.2	操作向量图.....	404
7.2.1	数据格式.....	404
7.2.2	向量数据的生成.....	404
7.2.3	坐标插值.....	411
7.2.4	求交.....	413
7.2.5	剪切.....	416
7.2.6	约简.....	418
7.3	地图投影.....	419
7.3.1	地图投影基础.....	419
7.3.2	Mapping 中的地图投影.....	419
7.3.3	纬度转换.....	422
7.4	地图显示.....	427
7.4.1	地图定义和属性控制.....	427
7.4.2	投影转换.....	434
7.4.3	对象投影与显示.....	443

第 1 章 概 论

MATLAB 是美国 Mathworks 公司开发的大型数学计算软件，它提供了强大的矩阵处理和绘图功能。它可信度高、灵活性好，因而在世界范围内被科学工作者、工程师和大中学生广泛使用。

1.1 MATLAB 概述

1.1.1 MATLAB 简介

MATLAB 是 Matrix Laboratory（矩阵实验室）的缩写，最初由美国 Cleve Moler 博士在 20 世纪 70 年代末讲授矩阵理论和数据分析等课程时编写的软件包 Linpack 与 Eispack 组成，旨在使应用人员免去大量经常重复的矩阵运算和基本数学运算等繁琐的编程工作。

1984 年，Cleve Moler 博士和一批数学家、软件专家组建了 MathWorks 公司，开发出了第二代 MATLAB 软件，并推向市场。其内核改用 C 语言编写，提高了速度，另外还增加了绘图功能，使数值计算结果可以直接在 MATLAB 环境下用曲线和曲面等形式表示出来。

1990 年，MathWorks 公司推出了以框图为基础的控制系统仿真工具 Simulink，它方便了系统的研究和开发，使控制工程师可以直接构造系统框图进行仿真，并提供了控制系统中常用的各个环节的模块库。

1993 年，MathWorks 公司推出的 MATLAB4.0 版在原来的基础上又作了较大改进，并推出了 Windows 版，使命令执行和图形绘制可以在不同窗口进行。

1994 年推出了 MATLAB4.2 版，并得到了广泛的重视和应用。

1999 年 1 月推出了 MATLAB 5.3（Release 11.0）版本，真正实现了 32 位运算，其速度更快、功能更完善、界面更友好，并且提供了 Internet 搜索引擎，可以协助用户寻求在线帮助。

新版本 6.0（Release 12.0）又在原来的基础上作了很多改动，增强了用户界面的交互性，并添加了很多新的工具箱和功能函数。现在的最新版本为 6.5（Release 13）。

MATLAB 带有一些强大的具有特殊功能的工具箱（toolbox），如图像处理工具箱（Image Processing Toolbox）、信号处理工具箱（Signal Processing Toolbox）、通信工具箱（Communications Toolbox）、小波分析工具箱（Wavelet Toolbox）、定点运算工具箱（Fixed-Point Toolbox）以及地理信息处理工具箱（Mapping Toolbox）。这些著名的工具箱广泛应用于典型

的信息工程领域。

目前, MATLAB 已经成为国际上最流行的电信工程计算机辅助设计的软件工具。现在的 MATLAB 已经不仅仅是一个“矩阵实验室 (Matrix Laboratory)”, 它已经成为一种实用的、全新的计算机高级编程语言了。

作为工程实际应用的基础, 本章首先向用户介绍 MATLAB 的操作方法。限于篇幅和本书所讨论的范围, 本书将仅对在信息工程中应用较为广泛的 MATLAB 的几个工具箱函数做详细介绍, 而对其他方面仅做概括性的介绍。

1.1.2 MATLAB 特点

1. 编程简洁, 效率高

矩阵和向量运算是工程数学计算的基础, MATLAB 是一种以矩阵为基本变量单元的可视化程序设计语言, 其基本数据单元是既不需要指定维数、也不需要说明数据类型的矩阵 (向量和标量是矩阵的特例), 而且数学表达形式和运算规则与通常的习惯相同。因此, 在 MATLAB 环境下, 数组的操作与数的操作一样简单, 进行数学运算可以像在草稿纸上一样随心所欲。它使得计算机兼备高级计算器的功能, 使用十分方便。这使 MATLAB 用户在短时间内就能快速掌握其主要内容和基本操作。

MATLAB 不仅能免去大量的经常重复的基本数学运算, 而且其编译和执行速度都远远超过了采用 C 和 Fortran 语言设计的程序。可以说, MATLAB 在科学计算与工程应用方面的编程效率远远高于其他高级语言。

例如: 下列语句串实现矩阵和向量的定义与赋值, 并完成矩阵与矩阵相乘和矩阵与向量相乘的运算。

```
A=[1 1 2 2;2 2 3 3;3 3 4 4;4 4 5 5];
B=[1 2 3 4;2 3 4 5;3 4 5 6;4 5 6 7];
x=[8 8 8 8]';
C=A*B
y=C*x
```

计算结果如下:

```
C =
    17    23    29    35
    27    37    47    57
    37    51    65    79
    47    65    83   101

y =
    832
   1344
   1856
   2368
```

可见, MATLAB 语言省掉了 Fortran 和 C 语言的定维和类型语句, 也省掉了许多循环语

句。编程时只要写入输入数据和计算过程,即可得到计算结果。MATLAB 语言具有强大的矩阵和向量操作功能,这是 Fortran 和 C 语言无法比拟的。

2. 扩展功能强大

MATLAB 语言不但提供了科学计算、数据分析与可视化、系统仿真等强大的功能,而且还具有可扩展的特征。MathWorks 公司针对不同领域的应用,推出了自动控制、信号处理、图像处理、模糊逻辑、神经网络、小波分析、通信、最优化、数理统计、偏微分方程、财政金融等 30 多个具有专门功能的 MATLAB 工具箱。在这些工具箱中,除基本初等函数外,还有初等矩阵和矩阵变换、数值线性代数(包括线性代数方程组和矩阵特征值问题等)、多项式运算和求根、函数的插值和数据的多项式拟合、数值积分和常微分方程数值解、单变量非线性方程求根、函数求极值、数据分析和傅里叶变换,以及某些特殊的矩阵函数和数学函数等,这些函数都可以直接调用。特别是由于库函数与用户文件的形式相同,所以用户文件可以像库函数一样随意调用。

同时, MATLAB 支持用户对其函数进行二次开发,用户的应用程序可以作为新的函数添加到相应的工具箱中。简而言之,用户可根据自己的需要任意扩充函数工具箱。

3. 语言简单

MATLAB 语言中最基本、最重要的成分是函数,其一般形式为:

Function [a,b,c...]=fun(d,e,f...)

其中, fun 是自定义的函数名,只要不与库函数名相重,并且符合字符串的书写规则即可。“d,e,f...”是输入变量,可以是形参,也可以是实参。“a,b,c...”是输出变量。如果没有输入变量或没有输出变量,输入和输出变量可以缺省。因此,这里的函数既可以是数学上的函数,也可以是程序块或子程序,内容包罗万象,十分丰富。每个函数建立一个同名的 M 文件,如上述函数的文件名为 fun.m。这种文件简单、短小、高效,并且便于调试。

4. 绘图功能强大

MATLAB 具有强大的二维、三维绘图功能。在程序的运行过程中,您可以方便迅速地用图形、图像、声音、动画等多媒体技术直接表述数值计算结果,可以选择不同的坐标系,可以设置颜色、线型、视角等,还可以在图中加上比例尺、标题等标记,在程序运行结束后改变图形标记、控制图形句柄等,并且还可以将图形嵌入到用户的 Word 文件中。同时, MATLAB 还可以在一幅图上绘制多条曲线。

5. 在线帮助

用户可以借助于 MATLAB 环境下的“在线帮助”学习各种函数的用法及其内涵。对于 MATLAB 5.x 以上版本,还可以用 HTML 方式查询更为详细的参考资料。另外还可以直接访问 MathWorks 公司的网站,以获得常见问题解答(FAQ)、产品指南和 MATLAB 书籍等更丰富的帮助信息。

1.2 MATLAB 界面环境

我们以最新的 MATLAB 6.5 作为对象,向大家介绍一下 MATLAB 的界面环境。当启动 MATLAB 6.5 之后,会出现一个如图 1-1 所示的界面窗口。

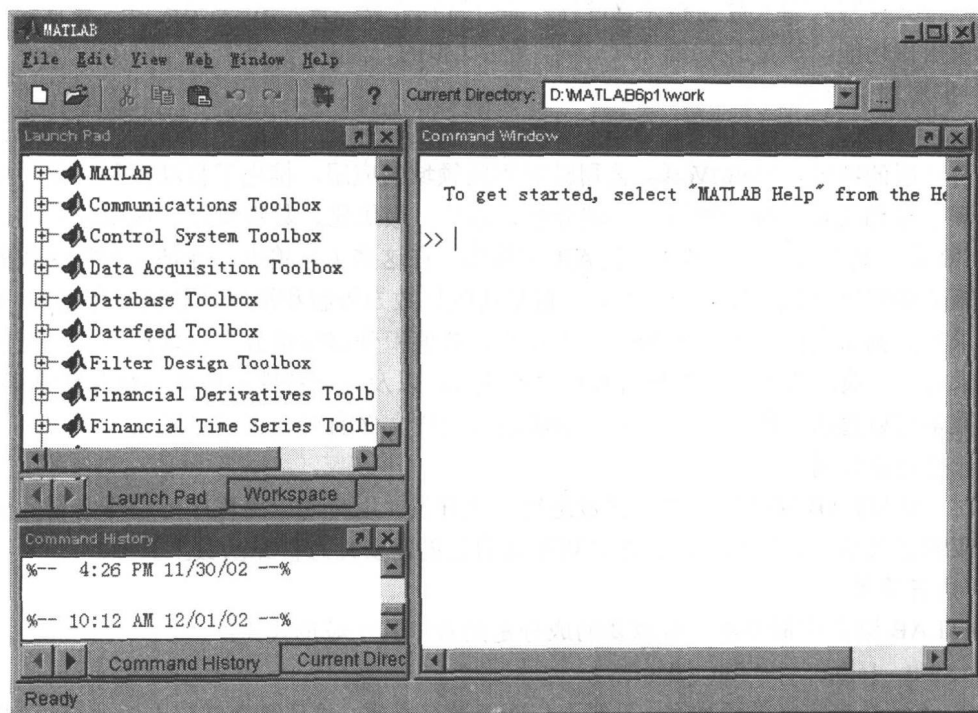


图 1-1 MATLAB 界面窗口

在整个界面中，层叠平铺了 Command Window（命令窗口）、Launch Pad（发射平台）、Workspace（工作空间）、Command History（命令历史记录）和 Current Directory（当前目录）这 5 个窗口。另外还有 Help 窗口以及 Editor（编辑器）窗口。

1.2.1 Command Window 窗口

Command Window 窗口是 MATLAB 中最重要的部分，如图 1-2 所示。用户通过这个窗口和 MATLAB 进行交互操作，输入数据和命令，使 MATLAB 进行相应的运算。Command Window 窗口是一个标准的 Windows 界面，所以我们可以从菜单中的命令对窗口进行操作。这些操作命令和一般的 Windows 应用程序的操作命令大同小异，不再作详细介绍。

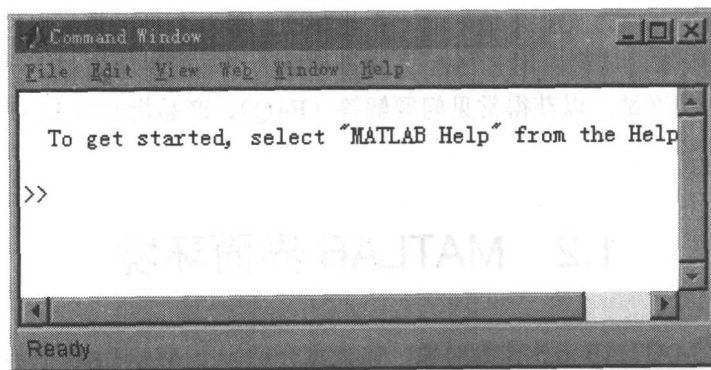


图 1-2 Command Window 窗口

下面介绍一下 Command Window 窗口的窗口设置。

在 MATLAB 主窗口中选择 File | Preferences 命令，可以在打开的 Preferences 对话框中设置 MATLAB 的工作环境参数。选择 Command Window 选项，则可以设置 Command Window 窗口的参数，如图 1-3 所示。

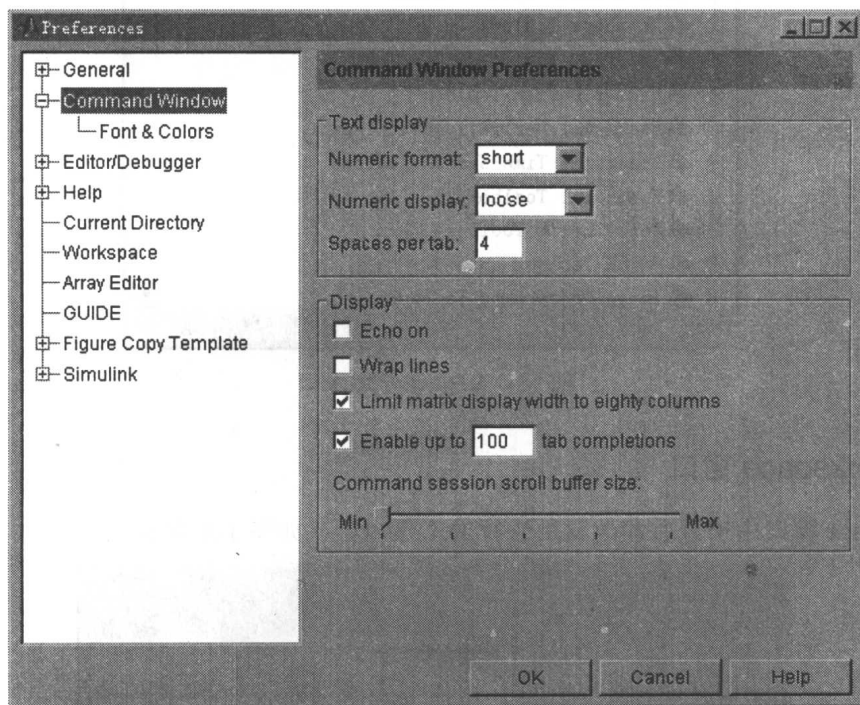


图 1-3 Preferences 对话框

1. Textdisplay 选项组

该选项组用来设置 Command Window 窗口的文本显示格式。

Numeric format 下拉列表框用来设置 Command Window 窗口的数值显示格式。

Numeric display 下拉列表框用来控制 Command Window 窗口的数据输出风格，选择 loose 选项时，将在显示结果中加入一些空行；选择 compact 选项将压缩掉这些空行。

2. Display 选项组

Display 选项组用来选择运行 MATLAB 程序是否在 Command Window 窗口中显示正在运行的命令，是否自动运行，是否限制矩阵的显示宽度为 80 列，还可以设定 Command Window 窗口中命令文本显示的缓存大小等。

1.2.2 Launch Pad 窗口

Launch Pad 窗口中包括了所安装的各个工具箱的帮助 (help)、演示窗口 (Demos)、文档 (Documentation) 以及各种工具 (tool)。通过 Launch Pad 窗口，可以很便捷地查看帮助、演示。如果想显示每个产品内容，可以用鼠标点击“+”号；如果想关闭，则点击“-”号。Launch Pad 窗口如图 1-4 所示。

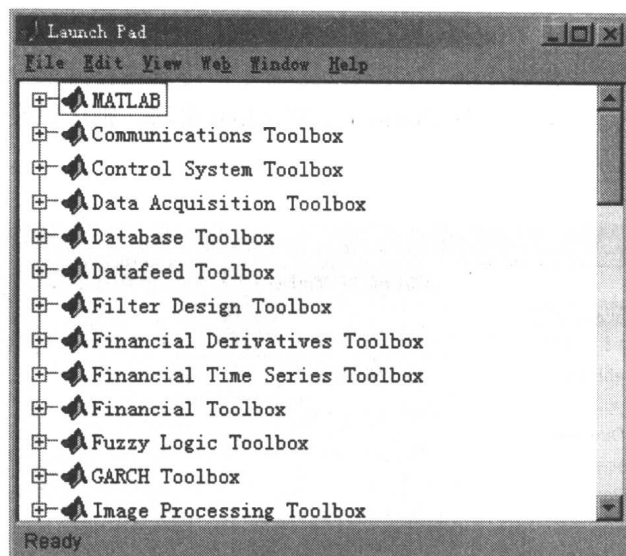


图 1-4 Launch Pad 窗口

1.2.3 Workspace 窗口

Workspace 窗口用来查看和改变所进行的工作内容，如图 1-5 所示。

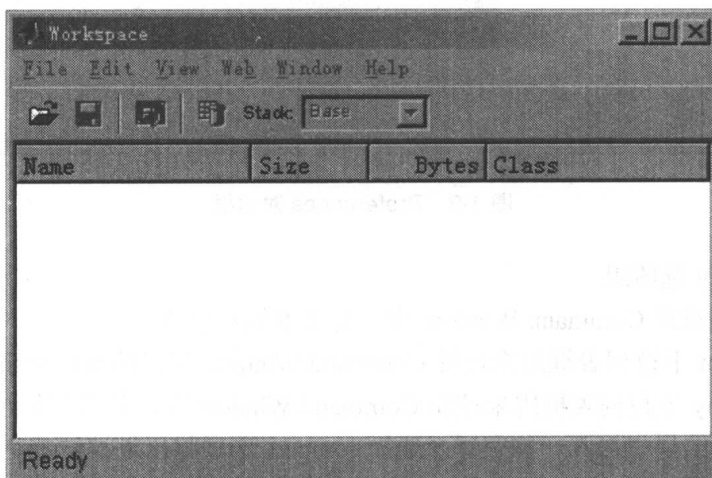


图 1-5 Workspace 窗口

在 Workspace 窗口中，用户可以进行以下一些操作：

- 查看当前的工作空间。
- 保存当前的工作空间。
- 装载一个保存好的工作空间。
- 清除工作空间的变量。
- 查看基本函数的工作空间。
- 用工作空间里的数据创建不同的图形。
- 用 ArrayEditor 窗口来查看和编辑工作空间里的变量。在 ArrayEditor 窗口中，用户可

以用表格的方式来查看数组的内容和编辑数组的值，并且可以改变数组元素的值、显示格式和大小。

1.2.4 Command History 窗口

Command History 窗口用来查看曾经在 Command Windows 窗口中输入的命令，然后可以在 Command Windows 窗口重新运行。用户可以在 Command History 窗口中双击所要运行的历史命令直接运行，也可以复制该命令至 Command Windows 窗口后运行。

该窗口如图 1-6 所示。

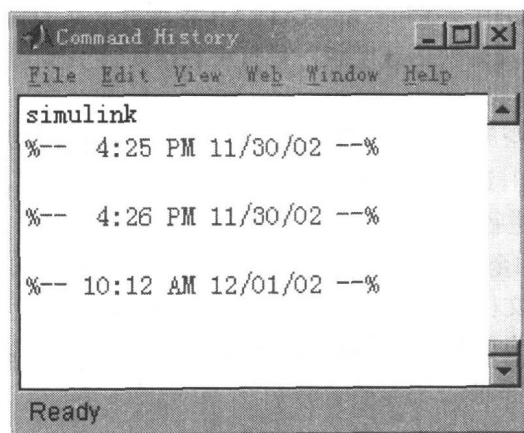


图 1-6 Command History 窗口

1.2.5 Current Directory 窗口

如图 1-7 所示，在 Current Directory 窗口中可以查看 MATLAB 文件和与 MATLAB 有关的文件，并可以进行一些文件操作。主要操作如下：

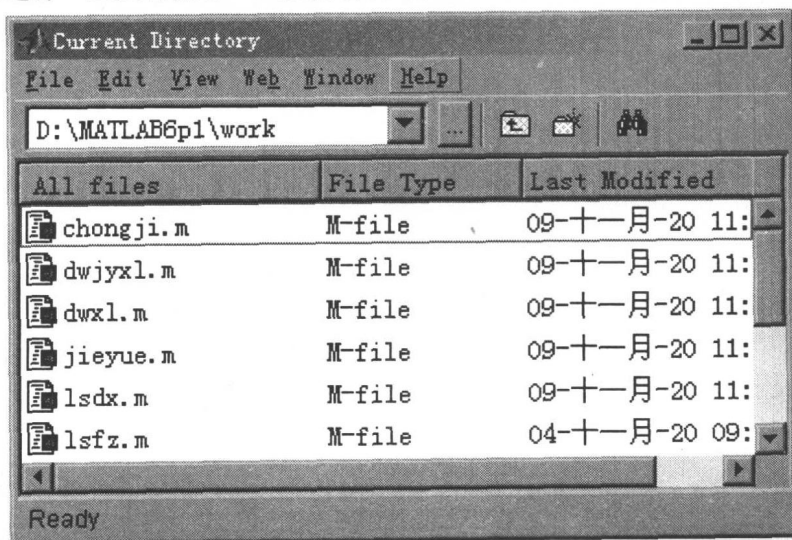


图 1-7 Current Directory 窗口

- 查看和改变目录。
- 创建、重命名、复制和移动文件夹或文件。
- 打开、运行文件和查看文件的内容。
- 查找和替换文件的内容。

提示：当选定一个文件后并单击鼠标右键就会弹出快捷菜单，用户只需选择相应命令即可完成相应的操作。

1.2.6 Help 窗口

用户可以在 Help 窗口中查找和查看 MATLAB 中所有产品的帮助文档，根据不同的方式来查找需要的帮助，从而以最快的速度获得最有用的帮助。

Help 窗口可以分为两部分：

(1) 左窗格用来查找帮助，用户可以用以下几种方式来查找帮助。

- 按内容（Contents）进行手工查找。
- 按索引（Index）进行手工查找。
- 按不同的方式（如全文、文档标题、函数名等）自动搜索（Search）。

(2) 右窗格显示帮助文档，用户可以单击 AddtoFavorites 按钮，把自己常用的帮助文档加入到收藏夹里，以后用户只要单击左边的 Favorites 标签按钮，就可以直接看到收藏夹的内容，以最快的速度获得想要的帮助。

1.2.7 Editor 窗口

该窗口用来创建、编辑和调试编写的 MATLAB 文件。该窗口和 Windows 中的文本编辑器很类似，具有文本编辑的功能。但是该窗口还具备一些 MATLAB 特有的功能，如设置断点的调试。该窗口如图 1-8 所示。

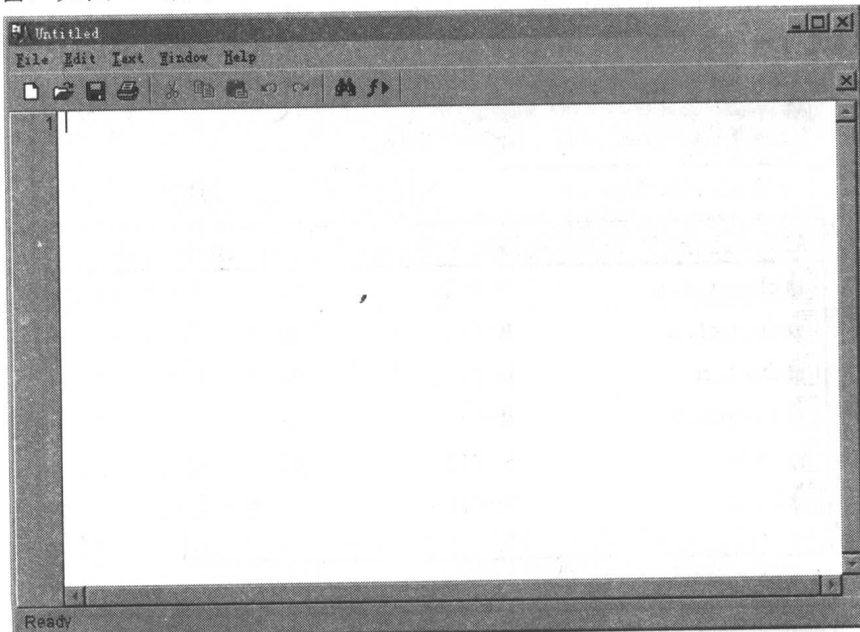


图 1-8 Editor 窗口