

YUYAN JI JIXIE GONGCHENG YINGYONG

MATLAB

语言及机械工程应用

原思聪 ◎ 主编

MATLAB YUYAN JI JIXIE GONGCHENG YINGYONG



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



TP312/2933

2008

MATLAB 语言及机械工程应用

主编 原思聪
 参编 刘道华 张锦华
 陆地 郑建校
 主审 张定华

机械工业出版社

本书系统介绍了 MATLAB 语言及其在机械工程中的应用。全书共分 10 章, 内容包括 MATLAB 语言的基础知识和基本运算, 数据可视化技术, 辅助数值分析与处理, 辅助优化设计, 应用接口编程, 动态仿真设计, 模糊系统辅助设计, 智能算法, 用户界面程序设计等, 书末还附列了 MATLAB 的命令、库函数及常用工具箱等内容。

本书在系统讲述 MATLAB 语言的基础上, 重点讲述 MATLAB 语言在机械工程领域的应用, 既可作为工科高年级学生和研究生学习 MATLAB 语言的教材, 也可供广大工程技术人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 语言及机械工程应用/原思聪主编. —北京: 机械工业出版社, 2008. 6

ISBN 978-7-111-24381-6

I. M… II. 原… III. 机械工程-计算机辅助计算-软件包, MATLAB
IV. TH TP391. 75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 094345 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 刘丽敏

责任编辑: 刘丽敏 章承林 版式设计: 霍永明

责任校对: 陈延翔 封面设计: 王伟光 责任印制: 李妍

保定市中画美凯印刷有限公司印刷

2008 年 8 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 30 印张 · 741 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-24381-6

定价: 50.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379726

封面防伪标均为盗版

前 言

MATLAB 语言是一种功能非常强大的工程语言，也是当今国际上最优秀的科技应用软件之一。它强大的数值计算与可视化功能、开放式可扩展环境以及简单易学、使用方便等一系列优点，已经成为各行各业计算机辅助设计、分析、仿真以及算法研究和应用的卓越平台。特别是其附带的几十个面向不同领域的工具箱，使其应用范围覆盖了当今几乎所有的工业领域。随着科学技术的发展，MATLAB 语言已经成为科技人员首选的软件和工具。

从 1997 年开始，原思聪一直为高年级本科生以及研究生讲授 MATLAB 语言与应用技术，2004 年在西安建筑科技大学研究生学院的支持下，编写了《MATLAB 语言与应用技术》讲义，并在研究生中使用。本书就是在该讲义以及多年教学、科研及实际工程应用的基础上编写的。

本书共分 10 章：第 1 章，MATLAB 的基础知识；第 2 章，MATLAB 的基本运算；第 3 章，数据可视化技术；第 4 章，辅助数值分析与处理；第 5 章，辅助优化设计与机械工程应用；第 6 章，应用接口编程与机械工程应用；第 7 章，动态仿真设计与机械工程应用；第 8 章，模糊系统辅助设计与机械工程应用；第 9 章，智能算法及其在机械工程中的应用；第 10 章，用户界面程序设计。为了便于研究，书末还附列了 MATLAB 的命令、库函数及常用工具箱等内容。

本书凝聚了作者多年的教学实践与科研成果，在系统讲述 MATLAB 语言的基础上，重点讲述了 MATLAB 语言在机械工程领域的应用，既可作为工科高年级学生和研究生学习 MATLAB 语言的教材，也可供广大工程技术人员参考。在编写内容上，力求由浅入深、循序渐进；在编写形式上，力求简单明了、图文并茂；在语言上，力求叙述准确、通俗易懂；在讲述方法上，力求明晰思路、把握关键；在应用技术上，则力求理论联系实际、学以致用。书中列举了大量生动翔实的实例，部分取自于作者及研究生科研与工程应用实例，并希望通过这些实例窥视 MATLAB 诱人的魅力，借以激起学习、探索并应用 MATLAB 的热情。

本书由原思聪主编，全书编写分工如下：原思聪编写第 1 章和第 4~7 章部分内容、第 10 章及附录；郑建校编写第 2 章；张锦华编写第 3 章及第 6、7 章部分内容；陆地编写第 8 章和第 7 章部分内容；刘道华编写第 9 章及第 4、5 章部分内容。此外，原思聪还提供了第 2、8 章素材，对第 2、3、8、9 章进行了修改；研究生李斌、吴涛、张满意、赵进昌对书中文字进行了校核，对实例进行了上机验证。

本书得到西安建筑科技大学重点教材建设项目的资助。在本书成稿之际，特别感谢

西安建筑科技大学研究生学院原常务副院长袁守谦教授的鼓励和支持，特别感谢西北工业大学机电学院院长、博士生导师张定华教授在百忙中审阅书稿，并提出许多宝贵意见，特别感谢机械工业出版社刘丽敏编辑所做的大量工作，感谢关心和支持本书编写的各位领导以及提出宝贵修改意见的同仁。

限于水平及经验，书中难免有缺点和不足之处，殷切希望专家和读者批评指正，不胜感激。

作者

2008年3月

目 录

前言	应用	177
第 1 章 MATLAB 的基础知识	6.1 MATLAB 的程序设计及其在机械工程	177
1.1 MATLAB 简介	中的应用	177
1.2 MATLAB 的集成工作环境	6.2 MATLAB 的数据接口	185
1.3 MATLAB 的基本特性	6.3 文件 I/O 操作	189
1.4 MATLAB 的 M 文件	6.4 MEX 文件与动态链接	194
第 2 章 MATLAB 的基本运算	6.5 MATLAB 计算引擎	214
2.1 矩阵及其运算	第 7 章 动态仿真设计与机械工程	
2.2 矩阵的创建及寻访	应用	223
2.3 MATLAB 的函数及基本运算	7.1 仿真技术概论	223
第 3 章 数据可视化技术	7.2 机电系统建模	227
3.1 图形窗口及坐标系	7.3 SIMULINK 概述	239
3.2 二维绘图功能	7.4 SIMULINK 的功能模块及建模	249
3.3 三维绘图功能	7.5 子系统及其封装和应用	260
3.4 特殊图形	7.6 S-Function 设计	270
3.5 动态图形	7.7 机构系统建模与仿真分析——	
3.6 MATLAB 的图形窗及图形打印	SimMechanics	279
第 4 章 辅助数值分析与处理	第 8 章 模糊系统辅助设计与机械工程	
4.1 多项式	应用	294
4.2 线性方程组求解	8.1 模糊系统概述	294
4.3 曲线拟合	8.2 模糊逻辑工具箱命令函数及应用	296
4.4 曲线插值	8.3 模糊推理系统的设计	317
4.5 极值与零点	8.4 应用模糊逻辑系统的设计	334
4.6 数值微商	8.5 模糊系统辅助设计示例	348
4.7 数值积分	第 9 章 智能算法及其在机械工程中的	
第 5 章 辅助优化设计与机械工程	应用	361
应用	9.1 模拟退火算法	362
5.1 MATLAB 求解最优化问题的方法及	9.2 遗传算法	364
常用函数	9.3 神经网络优化算法	378
5.2 无约束最优化问题	9.4 智能混合系统优化设计方法	383
5.3 有约束最优化问题	9.5 蚁群算法	388
5.4 二次规划问题	9.6 粒子群算法	394
5.5 多目标规划问题	第 10 章 用户界面程序设计	405
5.6 最大最小化问题	10.1 界面设计基本原则及方法	405
第 6 章 应用接口编程与机械工程	10.2 图形对象句柄及 GUI 设计工具	

简介 407

10.3 菜单设计 411

10.4 控件设计 418

10.5 用户界面设计示例 426

附录 442

附录 A MATLAB 的命令及函数简介 442

附录 B MATLAB 的库函数总汇 450

附录 C MATLAB 的常用工具箱函数
总汇 463

参考文献 470

应用 177

6.1 MATLAB 的图形设计及其在机械工程 177

6.2 MATLAB 的图形接口 182

6.3 文本 I/O 操作 189

6.4 MEX 文件与动态链接 194

6.5 MATLAB 计算引擎 214

第 7 章 动态仿真设计在机械工程 223

应用 223

7.1 仿真技术简介 223

7.2 机电系统建模 227

7.3 SIMULINK 建模 230

7.4 SIMULINK 的功能模块及图形 249

7.5 子系统及其封装和应用 260

7.6 S-Function 设计 270

7.7 结构系统建模的扩展 279

SimMechanics 279

第 8 章 神经网络在机械工程 284

应用 284

8.1 神经网络概述 284

8.2 神经网络工具箱命令及其应用 289

8.3 神经网络系统的设计 317

8.4 应用神经网络系统的设计 329

8.5 神经网络训练设计示例 348

第 9 章 智能算法及其在机械工程 381

应用 381

9.1 遗传算法 385

9.2 遗传算法 394

9.3 神经网络遗传算法 378

9.4 模糊遗传算法 383

9.5 蚁群算法 388

9.6 粒子群算法 394

第 10 章 用户界面设计 402

10.1 界面设计基本原则及方法 402

10.2 图形对象句柄及 GUI 设计工具 402

第 1 章 MATLAB 的基础知识 1

1.1 MATLAB 介绍 1

1.2 MATLAB 的桌面工作环境 3

1.3 MATLAB 的基本特性 8

1.4 MATLAB 的 M 文件 23

第 2 章 MATLAB 的基本运算 25

2.1 运算符及其优先级 25

2.2 矩阵的创建及寻址 30

2.3 MATLAB 的数组及基本运算 46

第 3 章 数据可视化 61

3.1 图形窗口及坐标系统 61

3.2 二维绘图 62

3.3 三维绘图 73

3.4 特殊图形 80

3.5 动画图形 96

3.6 MATLAB 的图形句柄及图形打印 97

第 4 章 傅里叶变换与滤波器 101

4.1 卷积 101

4.2 线性方程组求解 107

4.3 曲线拟合 109

4.4 曲线插值 114

4.5 插值与节点 125

4.6 数值微分 135

4.7 数值积分 134

第 5 章 精确定位设计在机械工程 140

应用 140

5.1 MATLAB 求解最优控制问题的方法及 140

5.2 无约束最优化问题 144

5.3 有约束最优化问题 150

5.4 二次规划问题 159

5.5 非线性规划问题 168

5.6 最小化问题 173

第 6 章 应用接口编程在机械工程 173

应用 173

6.1 MATLAB 求解最优控制问题的方法及 173

6.2 常用函数 174

6.3 无约束最优化问题 174

6.4 有约束最优化问题 175

6.5 二次规划问题 176

6.6 非线性规划问题 177

6.7 最小化问题 178

市城。

(4) 1993年-1995年, MathWorks 公司推出了 MATLAB 4.0 版, 还支持 Microsoft Windows 下的界面编程, 1995 年推出 4.2C 版。

(5) 1997 年, MathWorks 公司推出了 MATLAB 5.0 版, 支持更多的数据结构, 天蓝色界面, 支持 Windows 95 的图形用户界面。

(6) 2000 年 10 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.0 版, 该版的推出是 MATLAB 首次支持 Java 的, 它的可移植性更强, 风格更加平易近人, 而且还增加了对 JAVA 的支持。

此外, 该版本也进行了一些改进, 运行速度更快, 性能更强。2001 年 6 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.1 版, 2002 年 8 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.2 版, 2003 年, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.3 版。

(7) 2004 年, MathWorks 公司推出了 MATLAB 7.0 版, 该版本增加和改进了图形用户界面, 支持 MATLAB 7.0 版的命令窗口程序, 支持 MATLAB 7.0 版的命令窗口程序。

(8) 2006 年 1 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB R2006a 版, 该版本增加了基于 NET 的图形用户界面, 其界面更友好, 内容更丰富, 支持 MATLAB 7.0 版的命令窗口程序。

随着 MATLAB 版本的不断升级, MATLAB 的功能也越来越强大, 使用也越来越方便。

第 1 章

MATLAB 的基础知识

MATLAB 语言是一种功能非常强大的工程语言, 目前是国际上最优秀的科技应用软件之一。它以强大的科学计算与可视化功能、开放式可扩展环境以及简单易学、使用方便等一系列优点, 成为各行各业计算机辅助设计和分析、算法研究和应用开发的卓越平台。特别是其附带的几十个面向不同领域的工具箱, 使其应用范围覆盖了当今几乎所有的工业领域, 应用范围非常广泛。

1.1 MATLAB 简介

1.1.1 MATLAB 的发展历程

MATLAB 是由 MATrix 和 LABoratory 两个英文单词的前 3 个字母组成。MATLAB 的发展经历了以下几个重要的发展时期:

1) 20 世纪 70 年代后期, 时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教授为学生开发了矩阵特征值求解及线性方程求解的 FORTRAN 程序库及接口程序, 取名为 MATLAB, 并开始流传。

2) 1983 年春, Cleve Moler 博士与 John Little 等人用 C 语言开发了 MATLAB 的第二代专业版, 具有数值计算及数据图形化功能。

3) 1984 年, Cleve Moler 与 John Little 成立了 MathWorks 公司, 正式把 MATLAB 推向

市场。

4) 1993 年~1995 年, MathWorks 公司推出了 MATLAB 4.0 版, 充分支持 Microsoft Windows 下的界面编程, 1995 年推出 4.2C 版。

5) 1997 年, MathWorks 公司推出了 MATLAB 5.0 版, 支持更多的数据结构, 无论界面还是功能都较 4.X 版有长足进展。1999 年推出了 5.3 版, 进一步改善了 MATLAB 的功能。

6) 2000 年 10 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.0 版, 该版的推出是 MATLAB 软件的一次飞跃, 它的可视化界面焕然一新, 风格更加平易近人, 而且还添加了对 JAVA 的支持, 函数库也进一步进行了扩充, 运算速度更快、性能更好。2001 年 6 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.1 版。2002 年 8 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.5 版。2003 年, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.5.1 版。

7) 2004 年, MathWorks 公司推出了 MATLAB 7.0 版。该版本添加和修改了一些内核数值算法, 支持各种数据类型的数学运算。MATLAB 7.0 版命令解释程序优化了曾在 6.5 版推出的 MATLAB JIT 加速器, 大大提高了循环操作执行速度。

8) 2006 年 1 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB R2006a 版。该版本增加了基于 .NET 及 COM 组件、生物化学系统、离散事件仿真系统等新内容。该版本界面秉承其一贯风格, 但更加简洁、功能更强、运算速度更快、性能更好。本书内容即按该版本介绍。

随着 MATLAB 版本的不断升级, MATLAB 的功能也越来越强大, 使用也越来越方便。

1.1.2 MATLAB 的主要特点

1. 编程效率高

MATLAB 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, 与 FORTRAN、C、C++ 等语言相比, 更接近我们书写计算公式的思维方式; 既具有结构化控制语句, 又具有面向对象编程能力, 用 MATLAB 编写程序犹如在演算纸上排列公式与求解问题, 所以俗称演算纸式的科学算法语言, 编程效率高、易学易用。

2. 用户使用方便

MATLAB 语言结构紧凑、灵活方便, 库函数极其丰富, 语句效率高, 调试速度快, 用户编程量小, 而且句法结构灵活, 程序设计自由度大。MATLAB 不仅是一种语言, 也是一种该语言的开发系统。

3. 强大的科学计算功能

MATLAB 的运算符很丰富, 其数值计算能力非常强大、高效、方便, 特别适合于矩阵及数组运算, 而且具有一定的智能水平, 可以根据问题的特性, 自动选取求解方法。算法可靠、成熟, 运算速度快。

4. 先进的可视化工具

MATLAB 提供强大的、交互式的二维及三维绘图功能, 有一系列的绘图函数, 可实现曲面渲染、线框图、伪彩图、光源、等位(值)图、图像显示、体积可视化等, 而且数据的可视化水平高、易于实现, 并具有较强的图形编辑和用户图形界面设计能力。

5. 可移植性好、扩充能力强

MATLAB 的可移植性好, 基本上不作任何修改就可在各种型号的计算机和操作系统上

使用。此外，MATLAB 的扩充能力极强，其本身丰富的库函数可随时调用，而且也可以随时调用自己的用户文件，用户可以随时扩充用户文件，增加功能，而且还可以充分利用 C、FORTRAN 等语言的资源，包括已经编好的 C、FORTRAN 语言程序或子程序。

6. 丰富的内涵

MATLAB 的内部核心函数有数百个，而且其内涵非常丰富，同一函数，若输入或输出参变量数目不同就代表不同的含义，从而使 MATLAB 的库函数功能更强大，且减少磁盘空间，使得 MATLAB 编写的 M 文件简短、高效。

7. 功能强大的专业领域工具箱

MATLAB 的一大特色就是包括各种可选的工具箱。这些工具箱功能强大，代表了各领域的最高水平，且不断扩充。目前配有 30 多个工具箱，可用于多种学科。此外，MATLAB 的工具箱文件都是可读可改的源文件，用户可以对工具箱加以修改，并构成自己的新文件或新工具箱。

1.1.3 MATLAB 的基本组成

MATLAB 主要包括 5 个部分：

1. MATLAB 语言

MATLAB 语言是以矩阵和向量为基本数据单位，包括控制流程语句、函数、数据结构、输入输出及面向对象等特点的高级语言。既适合于开发小应用程序，也适合开发大型、复杂的应用程序。

2. MATLAB 工作环境

MATLAB 工作环境主要为变量查看器、程序编辑器及 MATLAB 附送的大量 M 文件。

3. 句柄图形

句柄图形即 MATLAB 的图形系统，包括二维、三维数据可视化、图像处理、动画制作等高层次绘图命令，也包括可以全部或局部修改编辑图形及图形界面的低层次绘图命令。

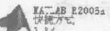
4. MATLAB 数学函数库

MATLAB 的数学函数库极其庞大、功能极其强大。

5. MATLAB API (Application Program Interface)

MATLAB 的 API 库允许用户在 MATLAB、C 及 FORTRAN 语言之间相互调用。用户既能在 C 和 FORTRAN 语言里调用 MATLAB 程序，也能在 MATLAB 环境或程序中调用 C 和 FORTRAN 语言程序或数据。

1.2 MATLAB 的集成工作环境

在 Windows 环境下，双击 MATLAB 桌面快捷图标 ，或执行菜单 [开始] \ [程序] \ [MATLAB] \ [R2006a] \ [MATLAB R2006a]，进入 MATLAB 环境，起始界面如图 1-1 所示。

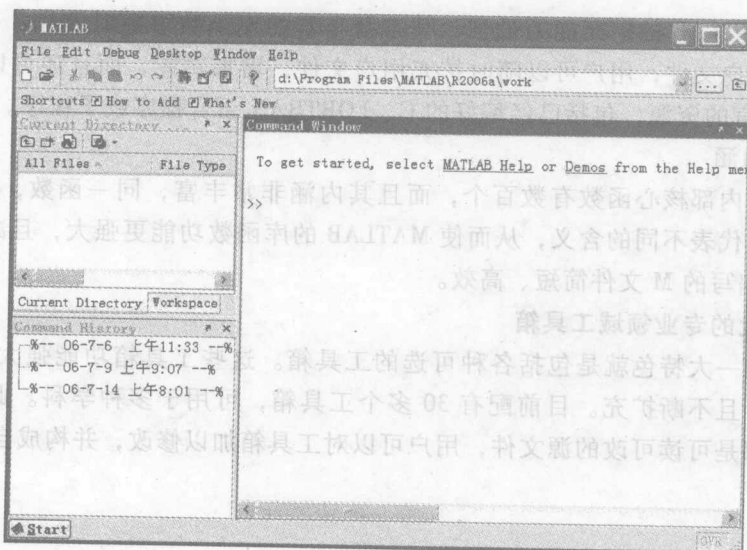


图 1-1 MATLAB 的起始界面

1.2.1 MATLAB 的窗口

1. 命令窗口 (Command Window)

MATLAB 起始界面右侧即为命令窗口 (Command Window)，在该窗口可以输入命令，实现计算或绘图功能。在命令窗口中可以使用一些常用功能键，使操作更简便。常用功能键见表 1-1。常用控制命令见表 1-2。

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	清除命令行
→, 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	删除至行首

表 1-2 命令窗口常用控制命令

命令	含 义	命令	含 义
cd	设置当前工作目录	edit	打开 M 文件编辑器
clf	清除图形窗	exit	关闭/退出 MATLAB
clc	清除命令窗口中的显示内容	mkdir	创建目录
clear	清除 MATLAB 工作空间保存的变量	quit	关闭/退出 MATLAB
dir	列出指定目录下的文件和子目录清单	type	显示指定 M 文件的内容

2. M 文件窗口

M 文件窗口如图 1-2 所示。利用 Edit 菜单中的选项，可以对 M 文件进行编辑，其使用方法与 Word 相似；利用 Debug 和 Breakpoints 菜单的选项，可以进行调试；利用 Breakpoints 菜单的选项，可以设置和取消断点；利用 Debug 菜单的选项，可以确定运行方式，如逐行运行、运行至光标处等，点选 [Debug]\[Run] 选项，可以运行程序。

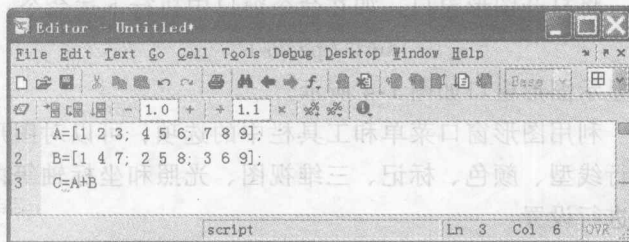


图 1-2 M 文件窗口

3. 工作空间窗口 (Workspace)

工作空间窗口用于列出数据的变量信息，包括变量名、变量字节大小、变量数组大小、变量类型等内容。在 MATLAB 起始界面的左上方，切换至“Work Space”选项后，即可观察工作空间窗口中数据的变量信息，如图 1-3 所示。点选其中任一变量时，MATLAB 的主菜单会自动增加“View”菜单，用以设置变量的显示方式及排序方式。

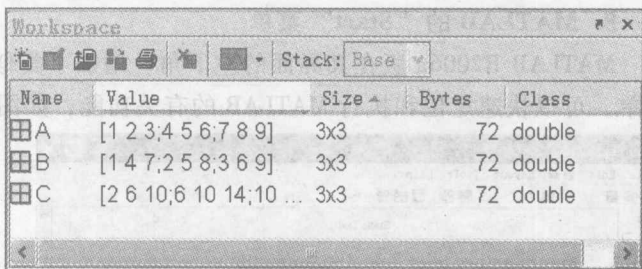


图 1-3 MATLAB 的工作空间窗口示例

工作窗口中，“Name”、“Value”、“Size”、“Bytes”、“Class”分别对应变量的名称、变量取值、变量数组大小、变量字节大小和变量类型。

此外，也可以在命令窗口中执行下述命令，显示工作空间窗口：

```
load cities 或 load wind
```

在工作空间窗口，一旦选择某个变量后，部分先前不可用的图标即变为可用。图标、、、、、、、，依次为“新变量”、“选择变量”、“输入数据”、“存储数据”、“打印”、“删除”、“绘制各列数据的图形”。

4. 当前目录窗口 (Current Directory)

在 MATLAB 起始界面的左上方，切换至“Current Directory”，即可转换到当前目录窗口，如图 1-4 所示。该窗口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等内容。窗口上方的图标、、、，依次为“返回上层目录”、“创建新目录”、“查找文件”及“M 文件检查工具”。

5. 命令历史窗口 (Command History)

命令历史窗口位于 MATLAB 起始界面的左下方。命令窗口显示所有执行过的命令，利用该窗口，可以查看曾经执行的命令，也可以重复利用这些命令。可以从命令历史窗口中双击某个命令行来重新执行该命令，也可以通过拖曳或复制的方法将命令行复制到命令窗口再执行该命令。

6. 图形窗口

选择菜单 [File]\[New]\[Figure] 选项，或在命令窗口输入 figure 或执行其他绘图命

令，将打开图形窗口，如在命令窗口中执行下述命令：

```
surf (peaks)
```

则显示图形窗口如图 1-4 所示。

利用图形窗口菜单和工具栏中的选项，可以对图形进行线型、颜色、标记、三维视图、光照和坐标轴等内容进行设置。

7. GUI 窗口

GUI (Graphics User Interfaces) 指图形用户界面。

在 MATLAB 起始界面下，选择菜单 [File] \ [New] \ [GUI] 选项，即可打开图形用户界面制作窗口，如图

1-5 所示。利用窗口左侧的工具栏按钮，即可在右侧窗口中绘制各种按钮、滚动条、文本框、列表框、坐标系等多个控件，可以快速方便地实现面向对象编程，生成图形用户界面。

8. MATLAB 的“Start”菜单

MATLAB R2006a 版在其界面的左下角，增加了类似于 Windows “开始”菜单的“Start”菜单，可以快速定位和执行 MATLAB 的有关功能，如图 1-6 所示。

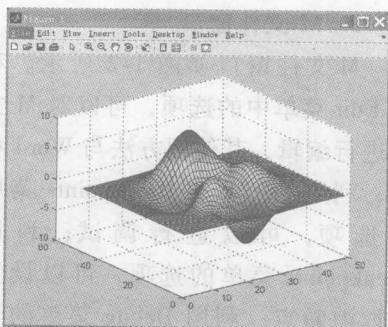


图 1-4 图形窗口示例

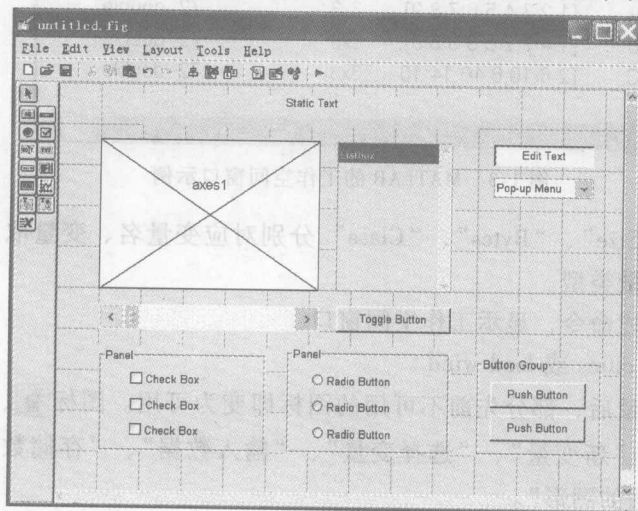


图 1-5 GUI 窗口示例



图 1-6 MATLAB 的“Start”菜单

1.2.2 MATLAB 的运行方式

MATLAB 提供了两种运行方式，即命令行运行方式和 M 文件运行方式，两种方式各有特点。

1. 命令行运行方式

通过直接在命令窗口中输入命令来实现计算或作图功能。例如求矩阵 A 和 B 的和，其中

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 1 & 4 & 7 \\ 2 & 5 & 8 \\ 3 & 6 & 9 \end{pmatrix}$$

在 MATLAB 命令窗口中，输入

```
>> A = [1 2 3; 4 5 6; 7 8 9];
```

```
>> B = [1 4 7; 2 5 8; 3 6 9];
```

```
>> C = A + B
```

C =

```
2 6 10
```

```
6 10 14
```

```
10 14 18
```

2. M 文件运行方式

在 MATLAB 界面中，选择菜单 [File][New][M-File]，打开 M 文件编辑器，如图 1-2 所示。

在该窗口中输入上述程序并命名存盘，然后可以选择菜单 [Debug][Run] 执行，也可以在命令窗口中输入 M 文件名运行，运行结果同上。

1.2.3 MATLAB 的帮助系统

MATLAB 提供完善的帮助系统，包括命令行帮助、联机帮助、演示帮助等。

1. 命令行帮助

命令行帮助有两种形式。

(1) help 直接在命令窗口执行 help，则显示帮助信息窗口，如图 1-7 所示。其中列出了所有函数类别和工具箱的名称和功能。

(2) help <命令> 在 help 后添加命令名或工具箱名，可以显示对应的功能帮助信息。

2. 联机帮助

在 MATLAB 界面中单击工具条上的问号按钮，或单击 Help 菜单中的 MATLAB Help 选项，或在 [Start] 菜单中单击 [Help] 选项，即可打开联机帮助，如图 1-8 所示。在界面左边的目录栏中单击项目名称或图表，将在右侧的窗口中显示对应的帮助信息。

3. 演示帮助

MATLAB 提供了功能强大的演示帮助，足以让用户为其深邃的内涵和丰富的功能而击节赞叹。选择菜单 [Help][Demos] 选项，或在命令窗口中运行 demo 命令，或在图 1-8 所示联机帮助界面中切换到 [Demos] 页面，或在 [Start] 菜单中单击 [MATLAB][Demo] 选项均可打开演示窗口，如图 1-9 所示。

在左边的窗口中选择（或双击）总包或工具箱名称，然后在展开的项目中，选择希

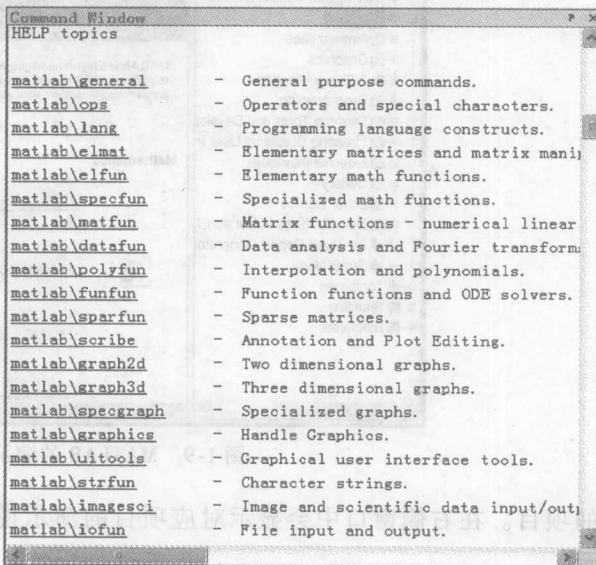


图 1-7 命令行帮助信息

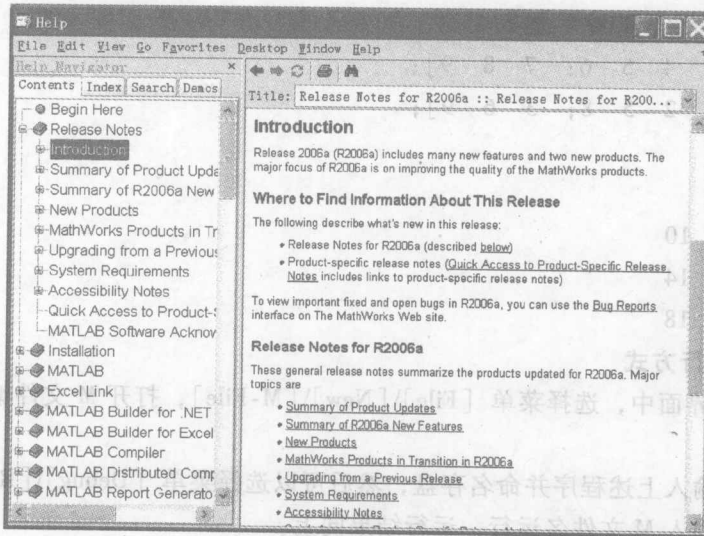


图 1-8 联机帮助界面

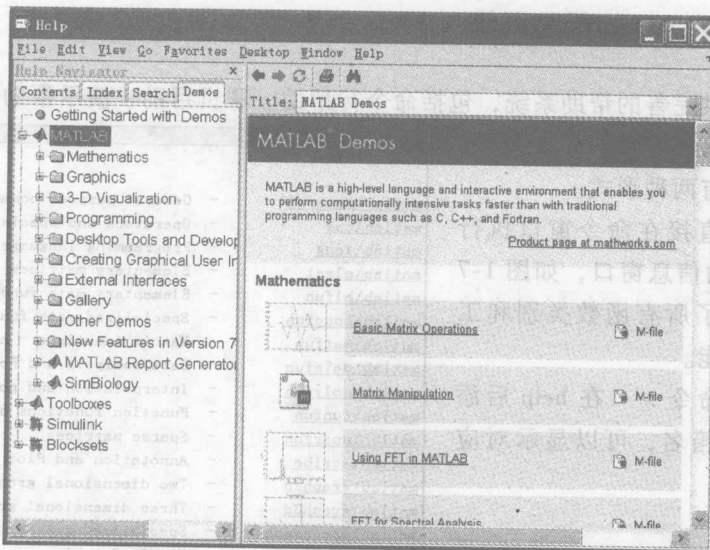


图 1-9 MATLAB 的演示帮助窗口

望的项目。在右侧窗口中会显示对应项目的演示说明，单击“Run this demo”，即可进行演示。

1.3 MATLAB 的基本特性

1.3.1 MATLAB 的数据类型

MATLAB 语言处理的基本数据类型也是最重要的数据类型就是数组（Array）。它包括：

数量 (Scalar)、矢量 (Vector)、矩阵 (Matrix)、字符串 (String)、单元阵列 (Cell array) 和结构 (Structure), 它们是数组对象的不同构成方式。

1. 数量、矢量与矩阵

复数矩阵 (Complex Matrix) 是最常用和最基本的数据类型, 大小表示为 $m \times n$, m 、 n 分别为矩阵的行数和列数。当矩阵退化成 1×1 的单元元素矩阵时, 称之为数量 (Scalar), 当矩阵变成 $1 \times n$ 或 $m \times 1$ 的单行或单列的矩阵时, 称为矢量 (Vector)。

MATLAB 中的矩阵不必事先定义维数和大小, 因此使用起来非常方便, 特别是编程时更显出其优越性。

2. 字符串

字符串是指排列成序列的有效字符, 所谓有效字符指系统允许使用的字符。在 MATLAB 中, 字符串可以包括字母、数字、专用字符等, 空格也是一个有效的字符串。

MATLAB 中字符串的定义是用一对单引号扩起来设定的, 并且以矩阵形式存放。字符串一经定义, 就可以进行输入或赋值。

例如 $S = \text{'MATLAB'}$, 这里, MATLAB 是一个字符串, 存入一个一行六列的矩阵中, 其中的每一个字符就是一个单元。

在 MATLAB 中, 提供了大量对字符串进行操作和转换的内部函数, 下面列其一例。

```
>> S = char('A','rolling','stone','gathers','momentum.')
```

S =					
A					
rolling					
stone					
gathers					
momentum.					

3. 矩阵的存储

所有 MATLAB 数据类型均按列存储, 与 FORTRAN 语言的存储方式相同, 而与 C 语言则有较大差别。

4. 矩阵的生成

(1) 直接输入法 当矩阵规模较小时, 可以从键盘上直接输入。矩阵元素用 () 括起来, 元素之间用空格或 “,” 分隔, 行与行之间用 “;” 或回车符分隔。矩阵的维数和大小不必事先定义, 矩阵元素也可以是运算表达式。若不想显示中间结果, 可用 “;” 结束。

例如, 在 MATLAB 命令提示符下键入下列矩阵:

```
>> A = [1 2 3; 4 5 6]
```

回车后显示为

A =

```
1 2 3
4 5 6
```

这里, () 是矩阵定义的标志, () 内的字符是矩阵元素, 分号 “;” 用于分隔各行元素, 各列元素则可以用逗号或空格分隔。

(2) M 文件输入法 当矩阵规模较大时, 用命令文件存放大矩阵, 将要输入的矩阵按

格式事先写入命令文件并存盘，当在 MATLAB 的命令窗口中键入该命令文件名时，则矩阵数据被输入到内存中。

1.3.2 MATLAB 的变量

(1) 变量命名规则 MATLAB 语言的变量命名规则如下：

- 1) 变量名区分大小写。
- 2) 变量名最多包含 63 个字符，其后的字符将被忽略。
- 3) 变量名必须以字母开始，其后可以是任意数量的字母、数字或下划线。
- 4) 变量名中不允许出现标点符号，因为许多标点符号在 MATLAB 中有特殊的意义。
- 5) MATLAB 语言的关键字不能用作变量名，MATLAB 语言保留的关键字如下：

for end if while function return elseif case otherwise switch continue else try
catch global persistent break

(2) 特殊变量 MATLAB 语言定义了一些特殊变量，其含义见表 1-3。

表 1-3 MATLAB 语言的特殊变量及含义

序号	特殊变量	含 义	序号	特殊变量	含 义
1	ans	用作结果的默认变量名	8	nargin	函数的输入参数个数
2	beep	计算机发出“嘟嘟”声	9	nargout	函数的输出参数个数
3	pi	圆周率	10	realmin	可用的最小正实数值
4	eps	浮点精度限(2.2204×10^{-16})	11	realmax	可用的最大正实数值
5	inf	表示无穷大,如 $1/0$	12	bitmax	可用的最大正实数(双精度格式)
6	NaN 或 nan	表示不定数,即结果不能确定	13	varargin	可变的函数输入参数个数
7	i 或 j	虚数,表示 $\sqrt{-1}$	14	varargout	可变的函数输出参数个数

1.3.3 基本运算符

MATLAB 中，针对数组 (Array) 的计算提供了大量的运算符，包括算术运算符、关系运算符、逻辑运算符等，使得对数组的一些常规操作变得非常容易。在 Fortran77 语言中要几十条语句才能完成的矩阵 (Matrix) 加减乘除运算，如今在 MATLAB 中只要一句即可完成。

1. 算术运算符

在 MATLAB 中，除了传统的矩阵算术运算符，还有一些新型的矩阵运算符，比如有左除、右除等。

(1) 算术运算符“+”，对应的函数名为：plus

功能：求矩阵 A 与矩阵 B 之和。

格式： $A + B$ 或 plus (A, B)

注意：矩阵 A 与 B 应具有相同维数；或者其中之一为数量，此时相当于每一矩阵元素与数量相加。