

<http://www.phei.com.cn>

实例讲解系列

MATLAB 在信号与 图像处理中的应用

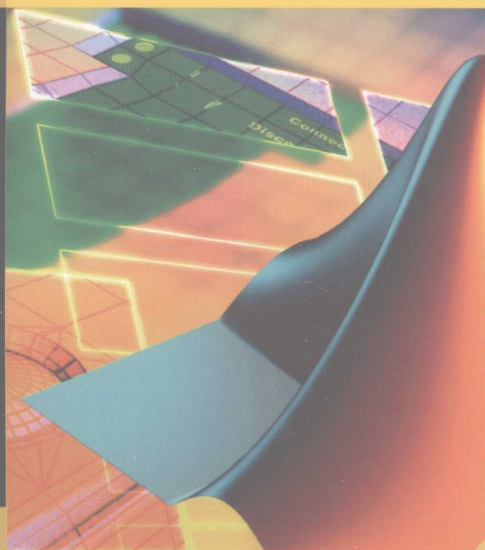
◎ 朱习军

◎ 隋思涟

◎ 张 宾

◎ 刘尊年

编 著



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

实例讲解系列

MATLAB 在信号与图像处理中的应用

朱习军 隋思涟 张宾 刘尊年 编著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

MATLAB 是美国 Mathworks 公司推出的一款优秀的数学工具软件。本书以目前流行的 MATLAB R2007 版本为例,着重介绍其基本和常见的使用方法,以及在信号与图像处理中的基本应用。

本书结合大量实例,由浅入深,循序渐进,充分详尽地介绍了 MATLAB 的基本功能和在信号与图像处理中的应用,内容翔实,可操作性强。本书适合信息行业的技术人员阅读,也可作为高等学校相关专业的教学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 在信号与图像处理中的应用 / 朱习军等编著. —北京:电子工业出版社, 2009.3
(实例讲解系列)

ISBN 978-7-121-08300-6

I. M… II. 朱… III. ①数字信号—信号处理—计算机辅助计算—软件包, MATLAB R2007 ②图像处理—计算机辅助计算—软件包, MATLAB R2007 IV. TN911.72 TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 021229 号

责任编辑:张 剑

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

装 订:三河市双峰印刷装订有限公司

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本:787×1092 1/16 印张:21.25 字数:544 千字

印 次:2009 年 3 月第 1 次印刷

印 数:4 000 册 定价:39.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

前 言

MATLAB 是一套功能强大的工程技术数值运算和系统仿真软件，它具有数值分析、矩阵运算、数字信号处理、仿真建模、系统控制和优化等功能，Simulink 是 MATLAB 提供的一种可视化仿真模型库，它使用户能够以模块化设计的方式完成系统的建模和仿真，是科学研究工作者和工程技术人员的得力助手。

本书以 MATLAB R2007 为依据，将 MATLAB R2007 语言基础→基本应用→高级应用作为编辑主线，在介绍背景知识时力求简明扼要。其中，语言基础包括 MATLAB 语言入门、程序设计基础、矩阵线性代数算法实现；基本应用包括信号处理、图形图像处理；高级使用包括图形用户界面编程、工具箱使用、Simulink 等。本书各部分（尤其是语言基础与基本应用部分）均给出大量实例，结合实例介绍常用命令的不同形式，介绍不同领域应用时有关命令的学习方法。大多数实例均以图文并茂的形式给出，并作出了详细的注释。对于学习和应用时经常出现的问题，本书以文字说明、重要提示及习题练习形式解决，这不仅有利于读者自学，也为适应不同使用要求及逐步发展深入打下较为坚实的基础。

学习 MATLAB 语言，不仅要有一般的编程基础，还要有一定的外语水平和可用的计算机资源。阅读本书时，对于语言基础与基本应用部分要力求掌握，而对于高级应用部分可以有的放矢地学习。MATLAB 语言程序设计本身并不难，但其命令及其调用格式很多，学习时只需掌握最常用程序设计、数据处理与作图分析命令的基本形式，切忌死记硬背。对于其他命令及命令的其他形式，可以通过适当的练习掌握，也可以通过 MATLAB 语言附带的帮助文件熟悉和理解。

全书共分 12 章。前 4 章介绍 MATLAB 的基础知识、MATLAB 编程和作图；第 5 章至第 7 章分别介绍 MATLAB 信号处理基础知识、数字滤波器设计与实现、随机信号处理与谱分析；第 8 章介绍 Simulink 仿真环境；第 9 章至第 12 章介绍 MATLAB 图像处理基础、MATLAB 图像滤波及滤波器设计、图像增强和图像复原。

本书的主要编写者是青岛科技大学的朱习军、张宾，青岛理工大学的隋思涟、刘尊年，青岛滨海学院的任爱阁等，参加资料搜集、例子程序调试和编写的还有刘大专、代月明、管殿柱等。

由于编者水平有限，书中错漏在所难免，恳请读者批评、指正。

编 著 者

目 录

第 1 章 认识 MATLAB R2007	1
1.1 MATLAB 的历史	1
1.2 MATLAB 的构成	2
1.3 MATLAB 的安装与卸载	3
1.4 MATLAB 的启动与退出	8
1.5 MATLAB 的桌面	9
1.6 MATLAB 的路径管理	16
1.7 MATLAB 的帮助	18
1.8 MATLAB 中常用命令、函数和常数	23
1.9 综合实例——对窗口、菜单栏和工具栏的操作	26
习题 1	29
第 2 章 数组	30
2.1 数组的创建	30
2.2 数组的运算	56
2.3 数据类型	71
习题 2	77
第 3 章 MATLAB 编程	78
3.1 基本语句	78
3.2 M 文件	85
3.3 综合实例	91
习题 3	100
第 4 章 作图	102
4.1 图形窗口	102
4.2 二维曲线	104
4.3 三维曲线	112
4.4 三维曲面	113
4.5 三维图像的控制	118
4.6 其他形式的绘图函数简介	122
4.7 综合实例	127
习题 4	129
第 5 章 MATLAB 信号处理基础知识	131
5.1 信号处理工具箱简介	131
5.2 典型离散序列	134
5.3 波形发生器	139
习题 5	148

第 6 章 数字滤波器设计与实现	149
6.1 概述	149
6.2 IIR 滤波器设计	152
6.3 FIR 滤波器设计	164
6.4 综合实例	172
习题 6	174
第 7 章 随机信号处理与谱分析	175
7.1 概述	175
7.2 随机信号的统计特性	176
7.3 功率谱估计	180
7.4 高阶谱估计	187
7.5 综合实例	194
习题 7	196
第 8 章 Simulink 仿真环境	197
8.1 Simulink 简介	197
8.2 模型的建立	203
8.3 模型的运行仿真	206
8.4 模型的调试	211
8.5 子系统建立及封装	216
8.6 信号处理模块集	221
8.7 信号处理仿真实例	227
习题 8	234
第 9 章 MATLAB 图像处理基础	235
9.1 图像与数字图像	235
9.2 数字图像处理学	237
9.3 图像的读/写	241
9.4 图像的显示	251
9.5 图像色彩	267
习题 9	274
第 10 章 MATLAB 图像滤波及滤波器设计	275
10.1 线性滤波	275
10.2 FIR 滤波器的设计	279
习题 10	287
第 11 章 图像增强	288
11.1 灰度变换增强	288
11.2 空域滤波增强	298
11.3 频域增强	305
11.4 色彩增强	309
习题 11	312

第 12 章 图像复原	313
12.1 图像退化模型	313
12.2 图像复原方法	316
12.3 图像复原的 MATLAB 实现	318
习题 12	331
参考文献	332

第 1 章 认识 MATLAB R2007



与其他高级语言相同, MATLAB 也有其自身的发展过程, 了解 MATLAB 的发展历史有助于 MATLAB 的学习。

学习 MATLAB, 还需要熟悉 MATLAB 的工作环境。MATLAB 的工作环境是一个图形用户界面, 上面有菜单栏、工具栏, 还有几个子窗口, 类似于一般的 Windows 应用程序, 这为学习 MATLAB 提供了方便。



学习目标

- ☐ 了解 MATLAB 的发展历史
- ☐ 学会 MATLAB 的安装与卸载
- ☐ 了解 MATLAB 的工作环境, 知道各菜单和工具栏按钮的作用
- ☐ 熟练掌握几个常用子窗口的功能
- ☐ 掌握在 MATLAB 中获得帮助的各种方法
- ☐ 掌握各种常用的命令和常数

1.1 MATLAB 的历史

MATLAB 最早可以追溯到 20 世纪 70 年代。当时, 任教于新墨西哥大学的 Cleve Moler 博士和他的同事们, 在美国科学基金的资助下, 用 Fortran 语言开发了线性代数软件包 LINPACK 和基于特征值计算的软件包 EISPACK。Cleve Moler 在给学生讲授线性代数课时, 让学生使用 LINPACK 和 EISPACK 来求解线性代数问题。在使用过程中, Cleve Moler 教授发现学生要花费很多的时间用来编写接口函数, 为了方便学生使用, 他便自己动手编写接口函数, 并将其命名为 MATLAB。MATLAB 取名于 MATrix LABoratory, 意为矩阵实验室。在以后的几年里, 免费的 MATLAB 软件在许多大学里作为教学辅助软件被广泛使用。

1983 年, Cleve Moler 到 Stanford 大学访问, 在那里结识了 Jack Little。Jack Little 敏锐地察觉到 MATLAB 在工程领域的应用潜力, 于是和 Cleve Moler、Steve Bangert 一起用 C 语言合作开发了第二代的 MATLAB。

1984 年, MathWorks 公司成立, 开始把 MATLAB 推向市场。

1992 年, MathWorks 公司推出了具有划时代意义的 MATLAB 4.0 版, 其中加入了句柄图形。

1997 年, 推出了 MATLAB 5.0 版, 其中加入了多种数据类型, 如多维数组、结构数组、单元数组, 不再局限于二维的矩阵。

2000 年, 推出的 MATLAB 6.0 在操作界面上更便于使用, 计算的速度更快。

2004 年,推出了 MATLAB 7.0,其中集成了最新的编译器 Simulink 6.0 仿真软件及许多工具箱。以后又连续推出了 MATLAB 7.1 (2005 年)、MATLAB 7.2 (即 MATLAB 2006a)、MATLAB 7.3 (即 MATLAB 2006b),2007 年推出的 MATLAB R2007a (即 MATLAB 7.4)和 MATLAB R2007b (即 MATLAB 7.5)。MathWorks 公司计划每年更新两次版本,分别以年份加“a”或“b”来标识。

1.2 MATLAB 的构成

MATLAB 总体上由三大部分构成,第一部分是 MATLAB 系统,第二部分是 Simulink,第三部分是 Toolboxes (工具箱)。

1. MATLAB 系统

MATLAB 的系统是 MATLAB 的核心,它包括 MATLAB 语言、MATLAB 工作环境、句柄图形、MATLAB 数学函数库和应用程序接口等。

MATLAB 语言是一种以矩阵/数组为基本数据类型的高级语言,具有流程控制语句、函数、数据结构、输入/输出,并具有面向对象的程序设计特点。因此,用 MATLAB 既可以编写一些简单的小程序,也可以建立复杂的大型应用程序。

在 MATLAB 的工作环境中是一系列的工具集,便于用户使用 MATLAB 函数和文件。许多这类工具采用的是图形用户界面的形式,在其中可以编写程序、获得帮助等。

MATLAB 的句柄图形使用户可以用一些简单的语句绘制二维图形、三维图形,并对图像进行标注等,还有一些低级函数可以用来建立图形用户界面等。

MATLAB 的数学函数库中包含了大量的数学函数,从简单的指数函数、对数函数、三角函数、反三角函数等基本初等函数,到复杂的矩阵运算函数,如求矩阵的特征值函数、矩阵的求逆函数、贝塞尔函数、快速傅里叶变换函数等。

MATLAB 的应用程序接口是 MATLAB 与其他高级语言如 C 语言、Fortran 语言进行交互的函数库,包括从 MATLAB 调用其他进程 (动态链接),把 MATLAB 作为计算引擎和读/写 MATLAB 文件等。

2. Simulink

Simulink 是用于动态系统仿真的交互系统,它可以对各种动态系统进行建模、仿真和分析。以 Simulink 为核心开发的应用程序集是 Blocksets (模块库),它提供了多种多样的功能模块,如连续系统模块、离散系统模块、非线性系统模块等,还有数学运算模块、信号与系统模块,以及输入源模块、输出源模块等。

Simulink 是采用鼠标驱动的方式,能够处理线性、非线性、连续离散、多变量及多级系统,利用 Simulink 甚至可以不用写一行代码就可以对整个动态系统完成建模。

3. Toolboxes (工具箱)

MATLAB 的工具箱是用来解决各个特定领域问题的函数库。工具箱中的函数代码都是公开的,用户可以根据自己的需要对工具箱中的函数进行修改、扩展,也可以开发自己的函数,甚至可以开发自己的工具箱。



MATLAB 工具箱的内容非常广泛,包括控制、通信、信号处理、图像处理、金融、地理等科学研究中的各个领域,并且随着科技的不断发展,Mathworks 公司不断地增添新的工具箱。

1.3 MATLAB 的安装与卸载

1. 安装

MATLAB 可以从光盘安装,也可以把安装文件先复制到硬盘上,然后再安装。

在 MATLAB 的安装文件中,有一个名为“setup”的文件,文件的图标形式是 ,这就是 MATLAB 的安装文件。用鼠标左键双击这个文件,就启动了 MATLAB 的安装进程。

MATLAB 安装进程的初始安装界面如图 1-1 所示,选中 ☒ Install 单选框后,再单击 按钮,进入下一个安装界面。

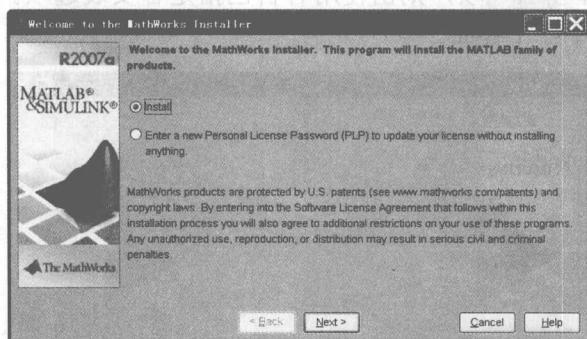


图 1-1 初始安装界面

第 2 个安装界面如图 1-2 所示,要求使用者在第一个文本编辑框中输入名字“Name”,在第二个文本编辑框中输入单位“Organization”,最重要的是要在第三个文本编辑框中输入产品的序列号 (PLP)。在三个文本编辑框中输入完毕后,单击 按钮,进入下一个安装界面。

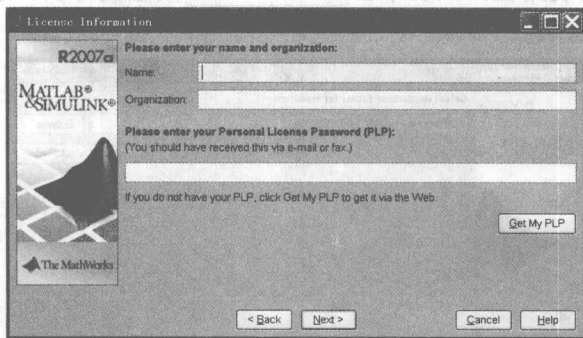


图 1-2 输入序列号

第 3 个安装界面是用户协议,如图 1-3 所示。此时 按钮呈灰白色,处于不可用状态,要继续安装必须选中单选框 ☒ Yes,这样就可以使得 变为可用状态。单击 按钮进入下一个安装界面。

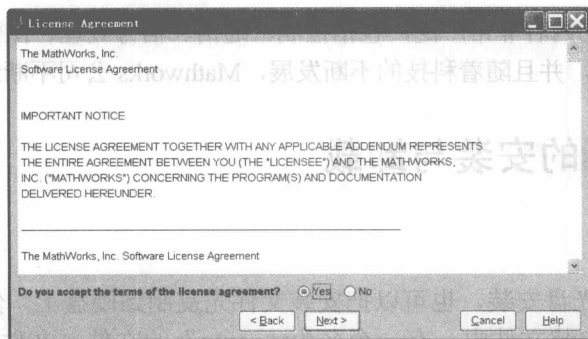


图 1-3 用户协议

第 4 个安装界面是选择安装方式,如图 1-4 所示。这里有两个单选框,选择 ☒ Typical 项是以默认方式安装;选择 ☒ Custom 项,则由使用者自己指定各安装选项。我们选择 ☒ Custom 项,单击 按钮,进入下一个界面。

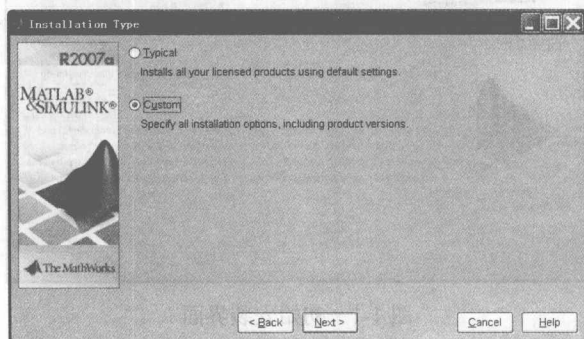


图 1-4 选择安装方式

进入的界面要求选择安装路径,如图 1-5 所示。默认情况下文件安装在 C 盘,如果不想安装在默认路径上,应单击 按钮,选择新的安装路径。如果选择了新的安装路径后,又想回到默认的安装路径,只要单击 按钮就可以。选择好安装路径,单击 按钮,向下继续安装。

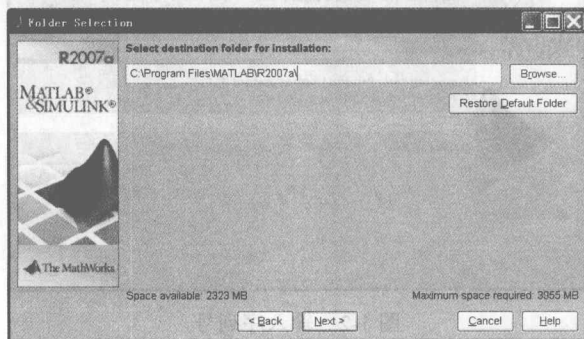


图 1-5 选择安装路径

通常在进行默认安装时,安装路径一般不存在,此时会弹出一个窗口,如图 1-6 所示,询问是否创建路径。单击 按钮,创建路径。

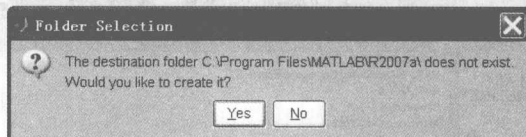


图 1-6 询问创建路径

新的安装界面中是一个复选框，让使用者选择需要安装的产品，如图 1-7 所示。根据要选择好要安装的产品，单击 **Next >** 按钮，继续安装。

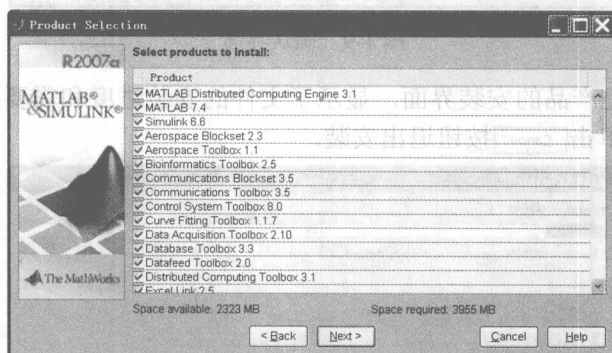


图 1-7 选择安装产品

如图 1-8 所示，安装界面中有三个部分。最上面的复选框是设置文件为只读的。中间部分用于指定安装快捷方式，包括选项 ☒ **Desktop**（在桌面上设置快捷方式），☒ **Programs folder on the Start menu**（在开始菜单中建立程序文件夹），☐ **Quick launch bar**（在快速启动栏中建立快捷方式）。最下面的部分用于指定需要关联的文件类型，这都是 MATLAB 中的文件类型，默认情况下全部选中。选择好想要安装的各项，单击 **Next >** 按钮，继续安装。

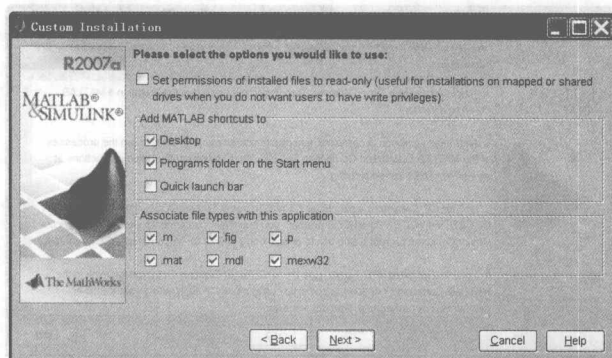


图 1-8 快捷方式与关联文件类型

图 1-9 所示是确认界面，如果认可了其中的项目，单击 **Install >** 按钮，继续安装。如果对所选的项目不满意，单击 **< Back** 按钮，回到前面界面进行修改。如果要取消安装，则单击 **Cancel** 按钮。

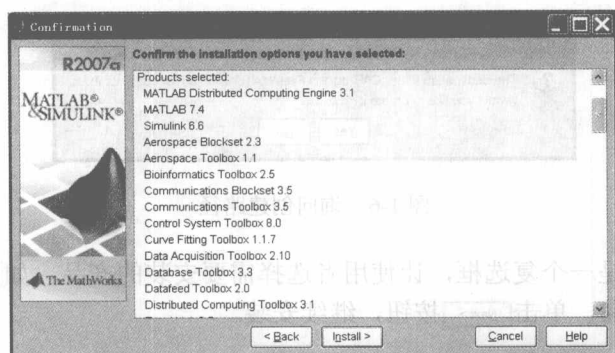


图 1-9 确认界面

图 1-10 所示的是产品的安装界面，显示了文件的安装进度和需要的安装时间等。在安装过程中，随时可以单击 **Cancel** 按钮退出安装。

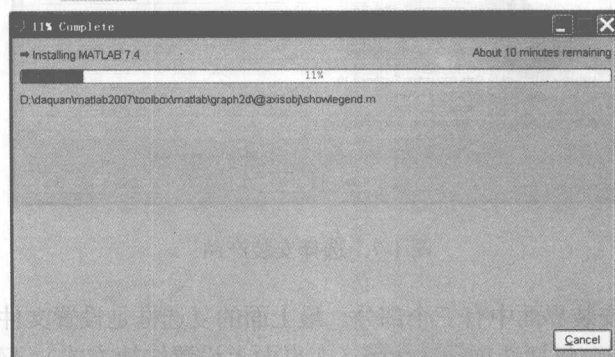


图 1-10 产品安装界面

图 1-11 所示的是对某些产品的提示（使用这些产品还需要做一些必要操作）。了解了各项后，单击 **Next >** 按钮，进入下一步。

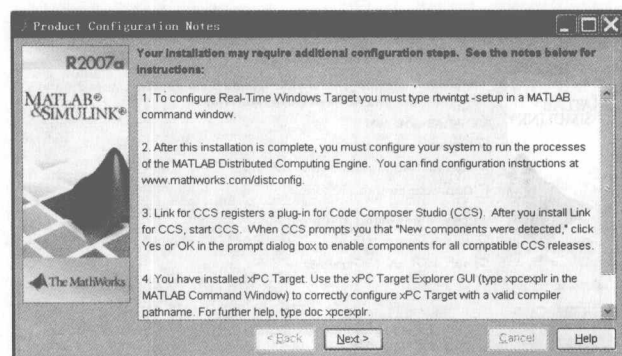


图 1-11 产品提示

图 1-12 所示的是安装完成界面。单击 **Finish** 按钮，安装完成。

用默认安装不需要进行各种项目的选择，安装相对简单，在此就不作说明了。

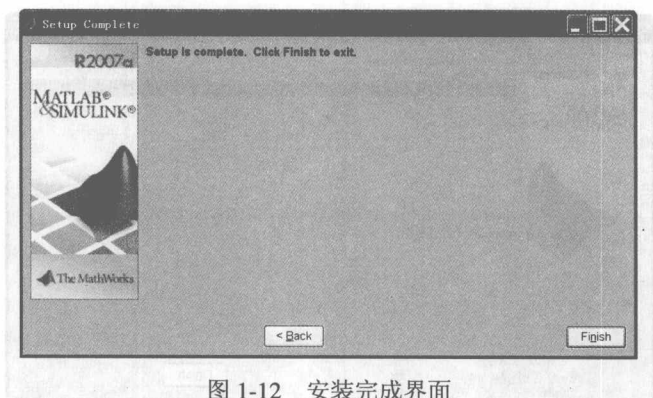


图 1-12 安装完成界面

2. 卸载

要卸载 MATLAB，一般方法是从开始菜单中找到 MATLAB 的安装文件夹：【开始】/【程序】/【MATLAB】/【R2007 Uninstaller】，就进入卸载进程。图 1-13 所示的就是产品卸载界面。选择好需要卸载的产品，单击 **Uninstall >** 按钮。

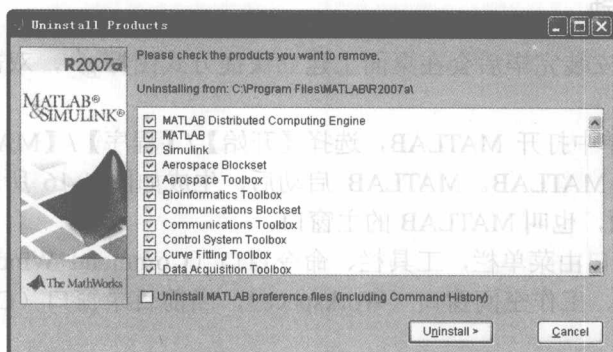


图 1-13 产品卸载界面

图 1-14 所示的是产品卸载过程。

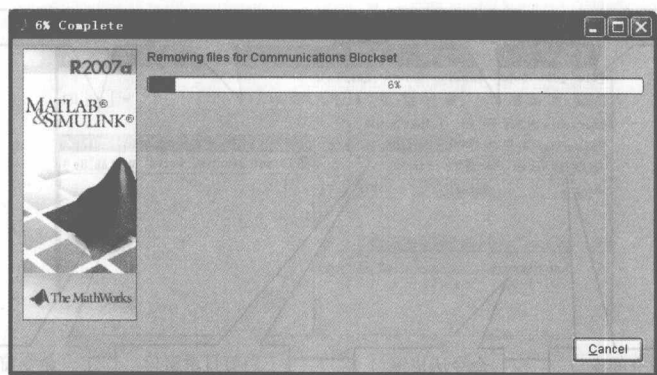


图 1-14 产品卸载过程

图 1-15 所示的产品卸载完成，单击 **Finish** 按钮，卸载成功。

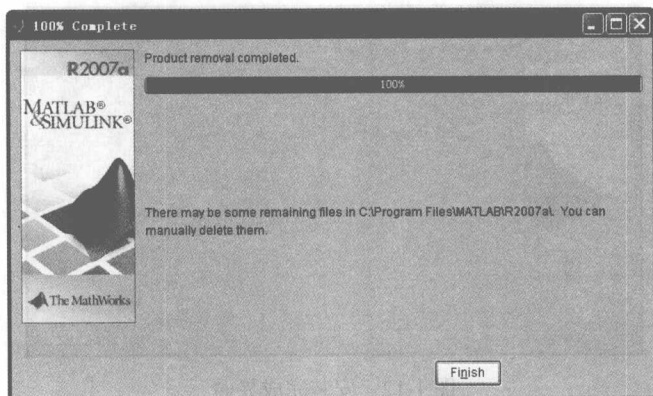


图 1-15 卸载完成

1.4 MATLAB 的启动与退出

1. MATLAB 的启动

通常 MATLAB 安装完毕后会在桌面上建立快捷方式图标，双击此快捷方式图标就可以启动 MATLAB。

也可以从开始菜单中打开 MATLAB，选择【开始】/【程序】/【MATLAB】/【MATLAB R2007】，就可以启动 MATLAB。MATLAB 启动后，生成如图 1-16 所示的图形用户界面，这就是 MATLAB 桌面，也叫 MATLAB 的主窗口。

MATLAB 的主窗口由菜单栏、工具栏、命令窗口（Command Window）、命令历史窗口（Command History）、工作空间窗口（Workspace），当前目录窗口（Current Directory）等组成。

在 MATLAB 的各个小窗口中，命令窗口是最重要的。命令窗口中有一个命令提示符“>>”，在 MATLAB 中运行的每一条命令都是在命令窗口中输入的。

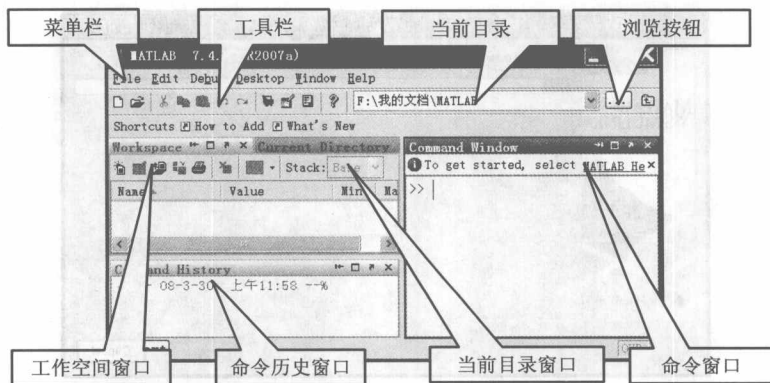


图 1-16 MATLAB 的桌面



2. MATLAB 的退出

MATLAB 有多种退出方式：① 最简单的方法是用鼠标单击桌面右上角的退出按钮 ；② 从文件菜单中，依次单击【File】/【Exit MATLAB】；③ 用组合快捷键，同时按下 **Ctrl** 和 **Q** 两键；④ 用组合快捷键，同时按下 **Alt** 和 **F4** 两键；⑤ 用鼠标单击 MATLAB 桌面左上角的图标 ，打开下拉列表，单击其中的【关闭】项；⑥ 用鼠标双击 MATLAB 桌面左上角的图标 ；⑦ 在命令窗口中输入“exit”，再按回车键；⑧ 在命令窗口中输入“quit”，再按回车键。

图 1-1-1 图例：要小大能燃量变，各量变时因

1.5 MATLAB 的桌面

MATLAB 桌面上有菜单栏、工具栏和几个小窗口。菜单栏中的菜单项和工具栏中的按钮都与 Windows 中的类似。

1. 窗口

启动 MATLAB 后，MATLAB 桌面上默认有 4 个小窗口，即命令窗口（Command Window）、工作空间窗口（Workspace）、命令历史窗口（Command History）、当前目录窗口（Current Directory）。

1) 命令窗口 命令窗口是 MATLAB 中最重要的窗口，如图 1-17 所示。在该窗口中可以输入命令行，运算函数和 M 文件，实现计算、绘图等功能，运行得到的计算结果也显示在命令窗口中。

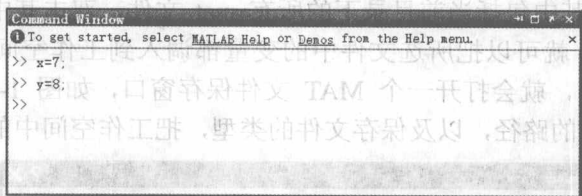


图 1-17 命令窗口

在命令窗口的右上角有 4 个按钮：单击 按钮，可以最小化命令窗口；单击 按钮，可以最大化命令窗口；单击 按钮，可以使命令窗口成为浮动窗口；单击按钮 可以关闭命令窗口。

如果命令窗口已经关闭，可以在菜单栏中单击【Desktop】/【Command Window】，把命令窗口打开。

可以在命令窗口中的命令提示符“>>”的后面输入各种命令行语句。命令提示符的意思是说明 MATLAB 准备接收命令行输入。

在命令窗口中可以使用一些功能键，使操作简便快捷，见表 1-1。

表 1-1 命令窗口常用功能键

功 能 键	功 能	功 能 键	功 能
或 Ctrl+P	重新调入上一行命令	Ctrl+A 或 Home	光标移到行首
或 Ctrl+N	重新调入下一行命令	Ctrl+E 或 End	光标移到行尾
或 Ctrl+B	光标左移一个字符	Esc	清除命令行

续表

功 能 键	功 能	功 能 键	功 能
或 Ctrl+F	光标右移一个字符	Ctrl+D 或 Del	删除光标处字符
Ctrl+	光标左移一个字符	Backspace	删除光标左边字符
Ctrl+	光标右移一个字符	Ctrl+K	删除至行尾

2) 工作空间窗口 工作空间窗口中列出了 MATLAB 运行过程中产生的变量的信息, 包括变量名、变量数组大小等, 如图 1-18 所示。

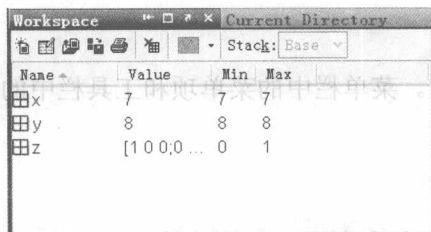


图 1-18 工作空间窗口

在工作空间窗口的右上角也有 4 个按钮: 单击 按钮, 可以最小化工作空间窗口; 单击 按钮, 可以最大化工作空间窗口; 单击 按钮, 可以使工作空间窗口成为浮动窗口; 单击按钮 可以关闭工作空间窗口。

在工作空间窗口中双击某个变量, 可以打开数组编辑器窗口 (Array Editor), 显示该变量的具体内容。在数组编辑器中, 可以对打开的数据进行编辑修改。

在工作空间中, 可以创建新变量, 也可以删除变量。

在工作空间窗口中还可以对变量进行保存和装入。通常保存工作空间中的变量都是以 mat 为扩展名存为二进制文件。单击工作空间中的打开按钮 , 可以打开一个调入数据对话框, 如图 1-19 所示, 其中包括当前目录下的所有 mat 文件, 双击其中的文件或选中文件后再单击“打开”按钮, 就可以把所选文件中的变量都调入到工作空间窗口中。单击工作空间窗口中的保存按钮 , 就会打开一个 MAT 文件保存窗口, 如图 1-20 所示, 可以通过选择保存的文件名和保存的路径, 以及保存文件的类型, 把工作空间中的所有变量保存。

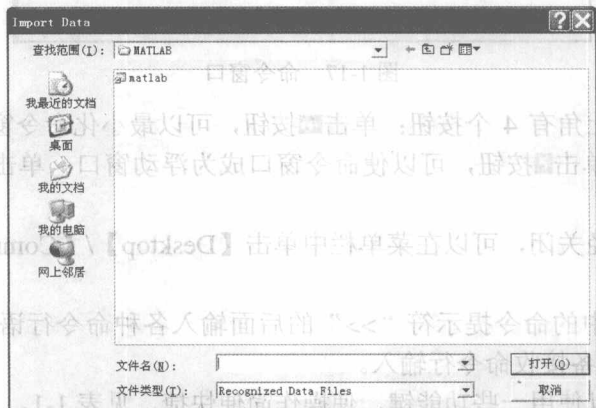


图 1-19 调入数据对话框

3) 命令历史窗口 命令历史窗口显示了所有执行过的命令, 如图 1-21 所示。利用该对话框, 一方面可以查看曾经执行过的命令; 另一方面, 可以重复使用原来输入的命令行。

命令历史窗口列出了当前时间段和以前运行过的语句。每一次运行的语句上面都有时间记录。单击每次时间左侧的 符号, 可以隐藏此次运行的所有语句, 而 符号也变成了 符