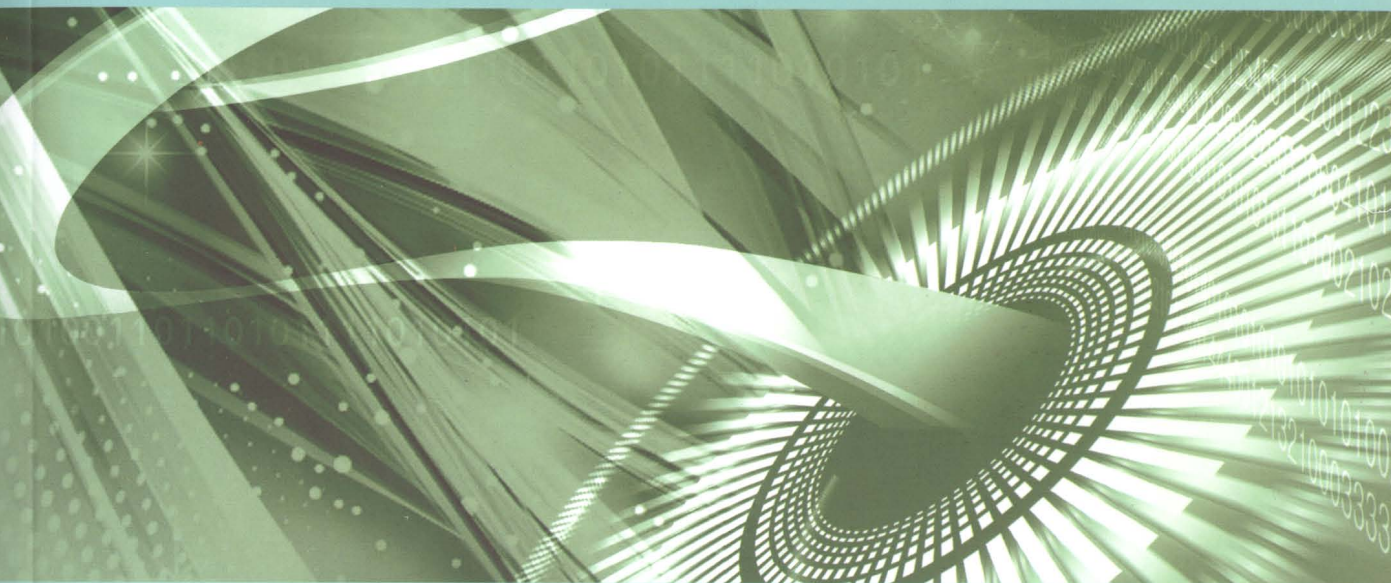




普通高等教育“十二五”规划教材



MATLAB基础及应用

(第二版)

(附光盘)

张学敏 主 编

倪虹霞 副主编



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS



普通高等教育“十二五”规划教材

MATLAB基础及应用

(第二版)

(附光盘)

主 编 张学敏

副主编 倪虹霞

编 写 吕晓丽 姜 航

主 审 孟祥萍



中国电力出版社
CHINA ELECTRIC POWER PRESS

内 容 提 要

本书为普通高等教育“十二五”规划教材。

MATLAB是集数学计算、图形处理和程序设计于一体的科学计算软件。本书以全新的编排方式,由浅入深、循序渐进地介绍了MATLAB 7的数值计算功能、符号运算功能、数据可视化、图形处理、程序设计、句柄图形和图形用户界面等内容,同时给出了MATLAB在电路、信号与系统、数字信号处理、图像处理、自控原理及电力系统仿真方面的应用实例。这些实例令MATLAB的学习更加直观、方便,条理更加清晰,也为读者灵活运用MATLAB处理实际问题、掌握MATLAB的应用技巧提供了思路。

本版书中重点章节后均附有习题,同时书后附带的光盘中配有全书示例的相关代码及习题答案。

本书可作为普通高等院校理工科学生学习 MATLAB 语言的教材和参考书,也可作为广大科技工作者和爱好 MATLAB 语言的学习者们的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 基础及应用 / 张学敏主编. —2 版. —北京: 中国电力出版社, 2012.2 (2014.1 重印)

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-5123-2504-3

I. ①M… II. ①张… III. ①Matlab 软件—高等学校—教材 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 269202 号

中国电力出版社出版、发行

(北京市东城区北京站西街 19 号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>)

汇鑫印务有限公司印刷

各地新华书店经售

*

2009 年 1 月第一版

2012 年 2 月第二版 2014 年 1 月北京第六次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 19.75 印张 482 千字

定价 36.00 元 (含 ICD)

敬告读者

本书封底贴有防伪标签,刮开涂层可查询真伪

本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究



前 言

本书第一版出版以后，有很多读者希望本教材能提供相应的习题，以便于读者自学练习。在教材编写之初，编者也考虑过习题部分，但由于 MATLAB 语言作为一门工具类课程，仅凭有限的习题是不能把握其精髓的，需要学习者在熟悉相关内容后，自主做大量的练习，这是非常必要的。考虑到读者的需求，本书在第二版增加了习题。这些习题是编者在学习和使用 MATLAB 的过程中的总结和提炼。习题主要分布在第二章、第四章、第五章、第六章、第七章、第八章、第十章和第十一章，第二版教材主要特点如下：

- （1）第六、第七、第八、第十、第十一章习题原创性强，特色鲜明；
- （2）习题后附有习题求解的参考代码；
- （3）第十章增加了 Simulink 的典型实例；
- （4）第十一章增加了在自控原理课程中的应用内容；
- （5）配有例题和习题的 MATLAB 代码光盘；
- （6）在出版社网站（<http://jc.cepp.sgcc.com.cn>）挂有本教材的 PPT 课件。

限于编者水平，书中难免会有不妥之处，恳请广大读者批评指正。

编者联系方式：ccitzhxm@126.com。

编 者

2012 年 1 月



第一版前言

MATLAB (Matrix Laboratory) 是美国 MathWorks 公司于 20 世纪 80 年代开发的一种可视化科学计算软件, 是界面友好且开放性很强的大型优秀应用软件。它将矩阵运算、数值分析、图形处理、图形用户界面和编程技术有机结合在一起, 为用户提供了一个强有力的工程问题分析、计算及程序设计的工具。在发达国家, MATLAB 早已在工程院校普及。在中国, 学习和使用 MATLAB 的人也越来越多, 很多理工科高等院校开设了 MATLAB 课程, 它已成为广大读者在数值分析、数字信号处理、自动控制理论以及工程应用等方面的首选工具。

作者在多年从事 MATLAB 教学的基础上, 编写了本教材, 在编写过程中还精心选择了具有代表性的例题, 通过这些例题可以帮助读者理解 MATLAB 的基本命令并熟悉 MATLAB 的使用, 从而进一步满足广大读者学习 MATLAB 的需要。

本书是按以下的指导思想来组织的:

(1) 前十章是 MATLAB 语言的基础知识。MATLAB 语言的内容极其丰富, 本书不可能涵盖 MATLAB 的所有内容, 但通过这部分内容的学习, 可以帮助读者了解 MATLAB 语言的基本内容框架, 为读者体会 MATLAB 神奇魅力的探索之路上提供前进的路标。

(2) 最后一章是 MATLAB 的综合应用, 主要是在电路、信号与系统、数字信号处理、图像处理和电力系统仿真上的应用。这部分内容充分体现了 MATLAB 的科学计算能力和数据可视化特点。在数字信号处理应用方面充分使用了 MATLAB 的信号处理工具箱 (MATLAB 中有许多应用在不同领域的工具箱, 它们是用 MATLAB 基本语句编成的子程序集), 应用工具箱可以进一步简化编程, 为解决复杂问题提供高效的办法。在电力系统仿真应用方面充分利用了动态系统仿真工具 Simulink。

(3) 对应用部分涉及的相关内容, 本书不再做理论推导, 而是直接利用教材上的现有结论来重点讨论如何利用这些结论和 MATLAB 编程解决实际问题, 通过可视化结果来加深对理论的理解。

(4) 读者不要忽视本书“提示”部分内容, 它是所在章节的相关内容的补充, 也是学习 MATLAB 的关键之处。

本书由孟祥萍教授主审。全书共分十一章, 第一、第七章由姜航老师编写; 第二、第十和第十一章及附录 A 和附录 B 由张学敏老师编写; 第三、第四、第五章由吕晓丽老师编写; 第六、第八、第九章由倪虹霞老师编写。刘春雷协助完成全书的版式设计工作。

本书主要介绍 MATLAB 7 的使用方法和技巧, 同时兼顾 MATLAB 6.x 版本。书中列举的大量实例, 可以帮助读者在最短的时间内熟悉 MATLAB, 并开发和设计自己的 MATLAB 程序。

如果本书能为您学习 MATLAB 带来帮助, 将是作者的无限欣慰。作为本书的作者, 我们衷心期望您能为本书提出宝贵的意见和建议。例如: 哪些章节还需要进一步修改? 还应增加哪些内容? 哪部分内容还需更详尽一步? 您可以通过以下的 E-mail 与我们联系, ccitzhxm@126.com。

目 录

前言

第一版前言

第一章 MATLAB 概述	1
第一节 MATLAB 简介	1
第二节 MATLAB 的安装与卸载	3
第三节 MATLAB 应用开发环境	9
第四节 MATLAB 帮助系统	22
第二章 数组的运算基础	27
第一节 数组的创建	27
第二节 标量—数组的运算	31
第三节 数组—数组的运算	31
第四节 标准数组	42
第五节 数组的大小	44
第六节 矩阵和数组的关系运算和逻辑运算	46
习题	49
第三章 字符串	50
第一节 字符串数组的建立	50
第二节 单元数组的建立	52
第三节 结构数组的建立	55
第四节 数值与字符串的相互转换	56
第五节 字符串函数	60
第四章 MATLAB 数值运算基础	62
第一节 多项式运算	62
第二节 数据插值	66
第三节 数据分析	69
习题	73
第五章 MATLAB 符号运算	76
第一节 创建符号变量	76
第二节 符号表达式的建立、化简和替换	78
第三节 符号微积分	86
第四节 符号方程求解	92
第五节 符号数学的简易绘图函数	95

习题	101
第六章 图形处理功能	103
第一节 二维平面图形的绘制	103
第二节 三维平面图形的绘制	114
第三节 坐标轴的控制和图形标注	123
第四节 句柄图形	127
习题	137
第七章 MATLAB 的图形用户界面 GUI	142
第一节 GUI 设计工具简介	142
第二节 GUI 向导设计	150
第三节 GUI 程序设计	155
习题	162
第八章 图像、视频和声音	165
第一节 图像	165
第二节 影片	168
第三节 图像和影片的相互转换	169
第四节 声音	170
习题	171
第九章 MATLAB 程序设计基础	175
第一节 M 文件介绍	175
第二节 M 文件程序流程控制	180
第三节 M 文件调试	192
第四节 函数句柄	194
第十章 Simulink 基础	196
第一节 Simulink 概述	196
第二节 Simulink 基本模块简介	197
第三节 Simulink 电力系统模块简介	203
第四节 Simulink 建模方法和步骤	208
第五节 Simulink 仿真运行及结果分析	211
第六节 Simulink 典型模块使用的简单示例	217
习题	232
第十一章 MATLAB 的综合应用	235
第一节 MATLAB 在“电路”中的应用	235
第二节 MATLAB 在“电力系统”中的应用	239
第三节 MATLAB 在“信号与系统”中的应用	253
第四节 MATLAB 在“数字信号处理”中的应用	258

第五节 MATLAB 在“图像处理”中的应用	265
第六节 MATLAB 在自动控制原理中的应用	278
习题	285
附录 A MATLAB 函数命令索引表	291
附录 B 图形对象属性表	296
参考文献	307



第一章 MATLAB 概述

第一节 MATLAB 简介

MATLAB 是一种高效的科学及工程计算语言，它将计算、可视化和编程等功能集于一体，广泛地应用于数学分析、计算、自动控制、系统仿真、数字信号处理、图像处理、数理统计、人工智能、通信工程和金融系统等领域。

一、MATLAB 的发展历史

MATLAB 是 Matrix Laboratory（矩阵实验室）的缩写，它是以线性代数软件包 LINPACK 和特征值计算软件包 EISPACK 中的子程序为基础发展起来的一种开放性程序设计语言。20 世纪 80 年代初期，Cleve Moler 和 John Little 采用 C 语言改写了 MATLAB 内核，不久他们便成立了 Mathworks 软件开发公司，并将 MATLAB 正式推向市场。经过几十年的发展和完善，MATLAB 成为国际认可的最优化的科技应用软件。

MATLAB 软件从 1984 年推出的第 1 个版本到目前发布的第 14 个版本 MATLAB 7（Release 14），有了较大的改进和增补，增加了许多新功能和更为有效的处理方法。

二、MATLAB 的主要特点

MATLAB 是一个交互式系统（写程序与执行命令同步），这一点在命令窗口（Command Window）表现最为突出。当用户在命令窗口提示符后输入表达式或调入 M 文件，按 Enter 键后，MATLAB 会很快将运算结果以数据或可视化图形的形式显示出来，为用户解决许多工程实际问题提供了方便，特别是那些包含了大矩阵或数组的工程计算，采用 MATLAB 编程解决工程问题比采用仅支持标量和非交互式的编程语言（如 C 语言和 Fortran 语言）更加方便、高效。

MATLAB 的一个重要特色就是它有一套程序扩展系统和一组称为工具箱（Toolboxes）的特殊应用子程序。工具箱是 MATLAB 函数的子程序库，每一个工具箱都是为某一类学科专业定制的，主要包括信号处理、控制系统、神经网络、模糊逻辑、小波分析和电力系统仿真等方面的应用。

MATLAB 7 的界面并没有太大改变，仍然包含命令窗口（Command Window）、工作空间（Work Space）窗口、命令历史（Command History）窗口和当前目录（Current Directory）窗口，但 MATLAB 7 在一些数值表示和操作方法上有了新的变化，它添加和修改了一些内核数值算法，能支持各种数据类型的数学运算，而不仅仅是双精度类型的数组（这一数据类型曾是较早 MATLAB 版本的核心）的数学运算。

MATLAB 7 的其他新特性如下。

1. 开发环境

（1）新的用户界面环境和开发环境，使用户可以更方便地控制多个文件和图形窗口，用户可以按照自己的习惯来定制桌面环境，还可以为常用的命令定义快捷键。

（2）功能更强的数组编辑器和工作空间浏览器，使用户可以更方便地浏览、编辑图形化

变量。

(3) 更强大的 M 文件编辑器, 使用户可以选择执行 M 文件中的部分内容等。

2. 编程

(1) 支持函数嵌套、有条件中断点。

(2) 可以用匿名函数来定义单行函数等。

3. 数值处理

(1) 整数算法, 方便用户处理更大的整数。

(2) 单精度算法、线性代数、FFT 和滤波, 方便用户处理更大的单精度数据等。

4. 图形化

(1) 新的绘图界面窗口, 使用户可以不必通过输入 M 函数代码而直接在绘图界面窗口中交互式地创建并编辑图形。

(2) 用户可以直接从图形窗口中生成 FIG 文件, 可以多次重复地执行用户自定义的作图。

(3) 更强大的图形标注和处理功能。

(4) 数据探测工具, 用户可以在图形窗口中方便地查询图形上某一点的坐标值。

(5) 功能更强大的图形句柄等。

5. 图形用户界面

(1) 面板和分组按钮使得用户可以对用户界面的控件进行分组。

(2) 用户可以直接在 GUIDE 中访问 ActiveX 控件。

总的来说, MATLAB 7 是 MATLAB 版本演进过程中的又一次改进, 其基本操作及功能并没有显著变化, 几乎所有用 MATLAB 6.x 编写的代码都可以不加修改地在 MATLAB 7 中运行。MATLAB 7 新增和改进的大部分特性都是为了使用户在利用 MATLAB 解决问题时取得更高的工作效率。

三、MATLAB 的基本组成

MATLAB 系统包括 5 个主要部分。

(1) MATLAB 语言: 一种高级矩阵语言, 带有独特的数据结构、输入输出、流程控制语句、函数及面向对象的特点。它集计算、数据可视化和程序设计于一体, 并能将问题和解决方案以用户熟悉的数学符号表示出来。

(2) MATLAB 数学函数库: 一个包含大量数学函数的集合, 包括最简单、最基本的加法、减法、正弦、余弦等函数到矩阵的转置、分解和信号的快速傅里叶变换等较复杂的函数。

(3) 工作环境: 一个集成了许多应用程序和工具的工作空间。这些工具可以方便用户使用 MATLAB 的函数和文件, 包括命令窗口、命令历史窗口、工作空间窗口、编辑器和调试器、路径搜索和在线帮助文档等。

(4) 图形处理: 用 MATLAB 可以将向量和矩阵以图形的形式表示出来, 并且可以对图形进行标注和打印。低层次的作图包括直角坐标作图、极坐标作图和符号图形等, 高层次的作图包括三维数据可视化、图像处理、动画等。

(5) MATLAB 应用程序接口 (API): 这是一个库, 它允许用户编写可以和 MATLAB 进行交互的 C 或 Fortran 语言程序。比如, 从 MATLAB 中调用 C 和 Fortran 程序、输入和输出数据, 以及与其他应用程序之间建立关系。

第二节 MATLAB 的安装与卸载

一、对硬件和软件的要求

MATLAB 7 (Release 14) 推荐安装到下列操作平台上:

- Windows 7;
- Windows 2000 (Service Pack 3 或 4);
- Windows NT 4.0 (Service Pack 5 或 6a);
- Windows XP;
- Linux ix86 2.4.x, glibc 2.2.5;
- Sun Solaris 2.8 和 2.9;
- HP-UX 11.0 和 11.1;
- Mac OS X 10.3.2。

无论是单机还是网络环境, MATLAB 都可发挥其卓越的性能。若单纯地使用 MATLAB 语言进行编程, 而不必连接外部语言程序, 则由 MATLAB 语言编写出来的程序可以不做任何修改直接移植到其他机型上去使用。MATLAB 7 对 PC 系统的要求如表 1-1 所示。

表 1-1 MATLAB 7 对 PC 系统的要求

操作平台	Windows 7、Windows 2000 (Service Pack 3 或 4)、Windows NT 4.0 (Service Pack 5 或 6a)
处理器	Pentium III、4Xeon、Pentium M、AMD Athlon、Athlon XP、Athlon MP
存储空间	345MB (仅包括帮助系统的 MATLAB)
内存	256MB (最小), 512MB (推荐)
显卡	16 位、24 位或 32 位兼容 OpenGL 的图形适配卡 (强烈推荐)
软件	为了运行 MATLAB Notebook、MATLAB Builder for Excel、Excel Link、Database toolbox 和 MATLAB Web Server, 还必须安装 Office 2000 或 Office XP
编译器	为了创建自己的 MEX 文件, 则至少需要下列产品之一: DEC Visual Fortran 5.0、Microsoft Visual C/C++4.2 或 5.0、Borland C/C++5.0 或 5.02, Watcom 10.6 或 11

二、安装过程

随着 MATLAB 版本的更新, 其安装也越来越简单。对于 MATLAB 7, 用户只要按照安装界面的提示逐步进行操作即可, 下面介绍其在 Windows 系统下的安装过程。

1. Step1: 安装前的准备

准备好安装密码 (PLP); 退出正在运行的其他程序, 确保系统满足安装的要求; 获得系统用户的许可权; 最好不要在安装过程中运行病毒扫描程序, 因为这样会降低安装速度。

2. Step2: 开始安装

插入 MATLAB 7 安装光盘到光驱, 在 MATLAB 7 目录下直接运行 Setup.exe 程序, 打开初始化界面, 随之显示准备安装的进度条。一般情况下系统会自动搜索到 autorun 文件并进入安装界面。随后打开 Welcome to the MathWorks Installer 对话框, 如图 1-1 所示。

3. Step3: 输入用户信息

单击图 1-1 中的 Next 按钮继续安装, 打开 License Information 对话框, 如图 1-2 所示。在对话框的相应文本框中输入相应的内容, 然后单击 Next 按钮。

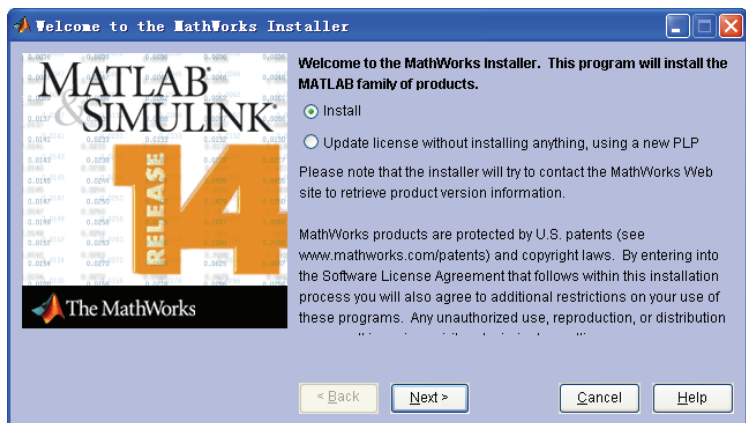


图 1-1 Welcome to the MathWorks Installer 对话框

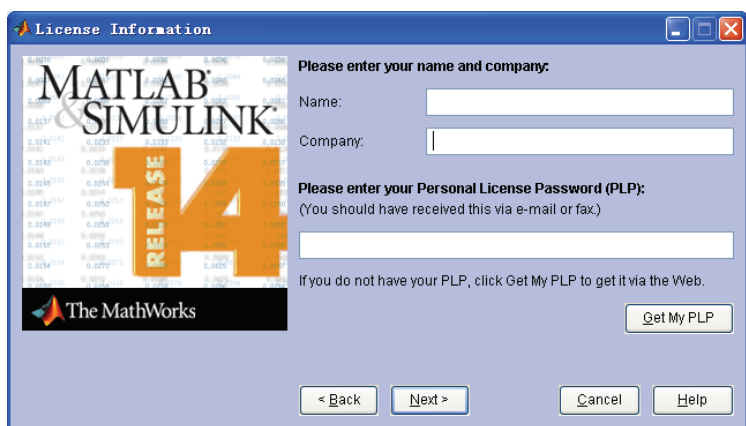


图 1-2 License Information 对话框

4. Step4: 阅读软件许可协议

浏览如图 1-3 所示的软件许可协议（License Agreement）选中接受此协议的 Yes 选项后，再单击 Next 按钮。

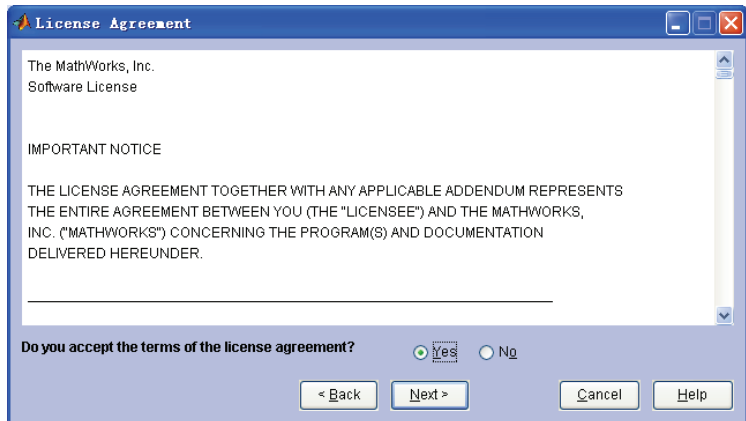


图 1-3 License Agreement 对话框

5. Step5: 选择安装类型

用户可以在如图 1-4 所示的 Installation Type 对话框中选择安装类型，安装类型包括 Typical（典型）安装和 Custom（自定义）安装。

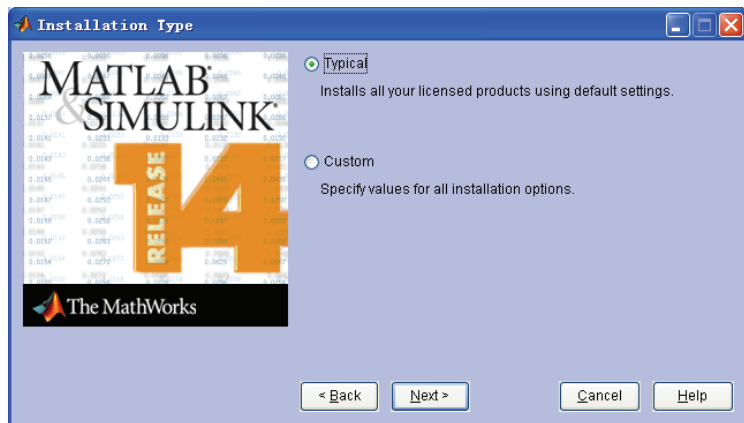


图 1-4 Installation Type 对话框

这里选择的是典型安装类型，这样可以简化安装过程，不过安装后会有如下的限制：

- 1) 拥有个人许可证。
- 2) 不能自由地有选择性地安装所需要的产品。
- 3) 没有访问安装选项，例如设置某些文件的访问权限等。

如果选择自定义安装类型，则允许用户选择所要安装的产品，并设定那些需要安装的选项。为了保证用户能使用所有产品的各项功能并简化安装过程，一般选择典型安装类型，然后单击 Next 按钮。

6. Step6: 定义安装的目录和所要安装的产品

如果用户选择的是典型安装类型，则只需要设置安装目录；如果选择的是自定义安装类型，则除了设置安装目录外还要选择所需安装的产品。如图 1-5 所示为典型安装类型下定义安装目录的界面，图 1-6 为自定义安装类型的设置界面。本例以典型安装类型为例介绍其安装过程。

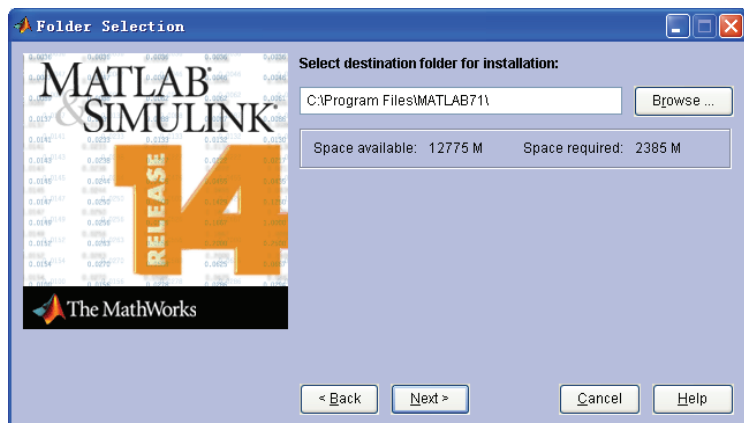


图 1-5 典型安装类型下定义安装目录

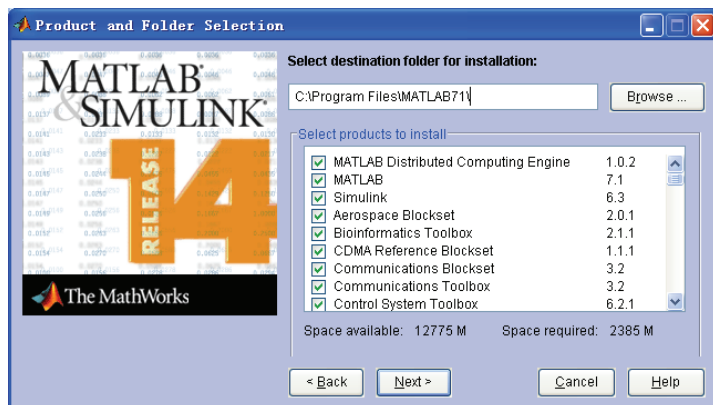


图 1-6 自定义安装类型下定义安装目录和选择产品

7. Step7: 确认前面设置的安装目录

从图 1-7 可见, 这里设置的安装路径为 C:\Program Files\MATLAB 71\。

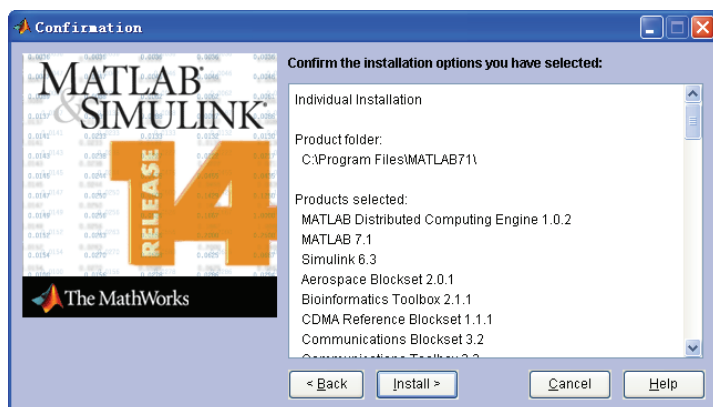


图 1-7 确认安装设置

单击 Install 按钮, 就可以进行 MATLAB 7 的安装了, 图 1-8 和图 1-9 为安装过程中的两个对话框, 分别显示的是信号处理和 Simulink 部分的安装进度。

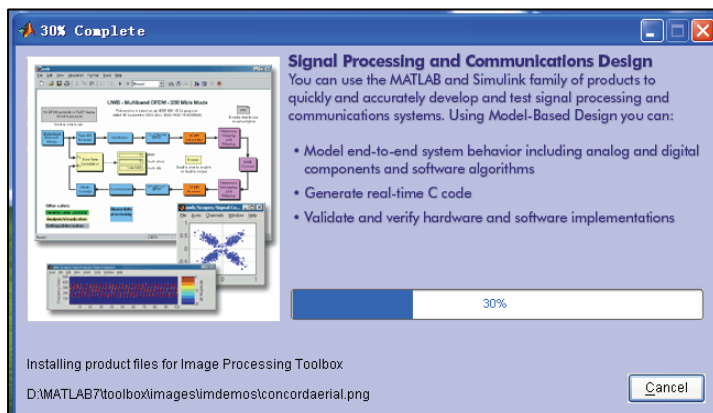


图 1-8 MATLAB 安装过程中的对话框 (1)

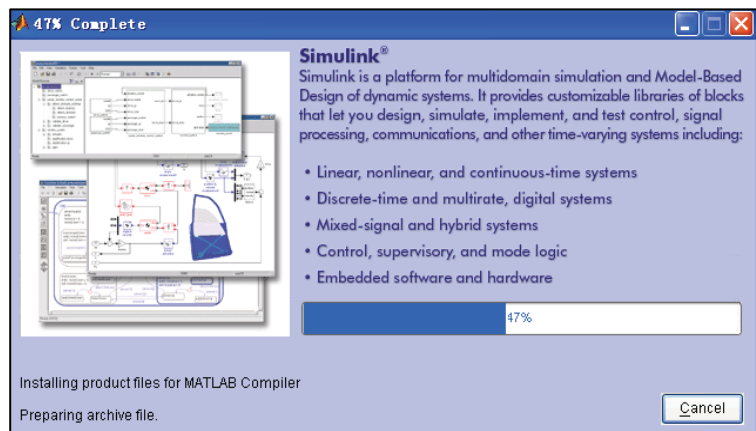


图 1-9 MATLAB 安装过程中的对话框 (2)

如果用户所要安装的产品不在当前的光盘上,则会弹出如图 1-10 所示的提示对话框。用户只要按照提示插入另一张光盘即可继续安装。

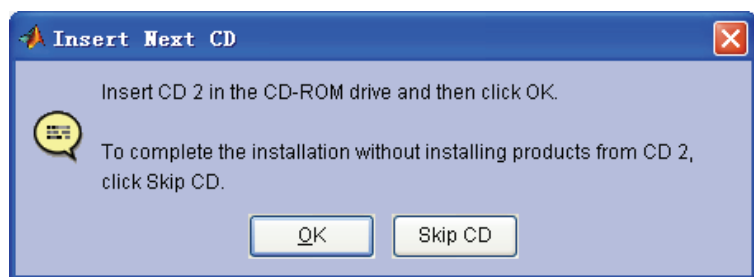


图 1-10 更换安装光盘

8. Step8: 完成安装

当安装完毕时,会自动弹出如图 1-11 所示的 Setup Complete 对话框。单击 Finish 按钮结束安装。

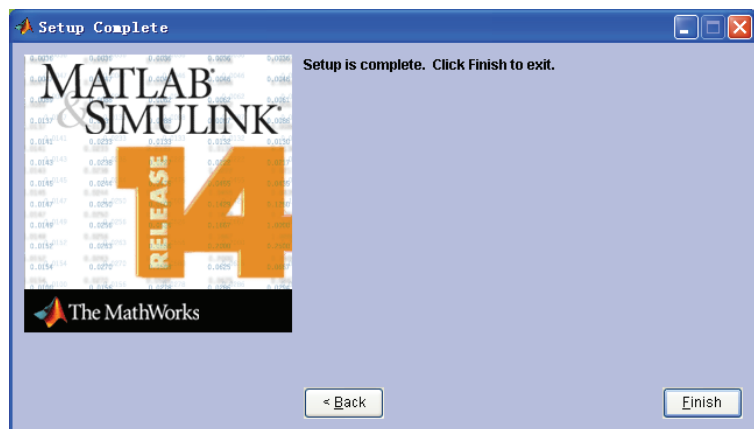


图 1-11 安装结束

安装完成后,用户可以进行以下工作。

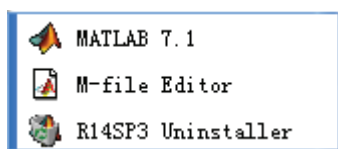


图 1-12 通过开始菜单运行 MATLAB 7

(1) 运行 MATLAB 7。有 3 种运行 MATLAB 7 的方式：双击桌面上的 MATLAB 图标；单击 Start 按钮，选择 Programs→MATLAB 7.1 命令（因为安装的是 MATLAB 7.1），如图 1-12 所示；使用 Windows 浏览器打开 MATLAB 7 的顶层安装目录，双击快捷运行图标。

(2) 设置初始目录。在默认情况下，当用户运行 MATLAB 7 以后，默认的初始目录是 C:\Program Files\MATLAB 71\work。其中 MATLAB 71 是指 MATLAB 7 的安装路径，work 是用于存放修改过的和用户创建的 M 文件的文件夹，当用户卸载 MATLAB 7 以后，该目录依然被保护。

(3) 设置 MATLAB 7 环境选项。每次在启动 MATLAB 7 时，用户可以自定义所要执行的任务，包括欢迎消息、默认定义或任何 MATLAB 表达式。将所有这些任务写在 C:\Program Files\MATLAB 71\toolbox\local 目录下的 startup.m 文件中，用户每次启动 MATLAB 7 时，系统都会自动执行该文件中的语句。

三、退出 MATLAB 7

前面已经介绍了启动 MATLAB 7 的方法，下面介绍几种退出 MATLAB 7 的方法。

- 在 MATLAB 7 命令窗口的 File 菜单下选择 Exit MATLAB 命令；
- 按 Ctrl+Q 快捷键；
- 在命令窗口输入 Quit；
- 在命令窗口输入 Exit；
- 单击 MATLAB 7 命令窗口右上角的 按钮；
- 双击 MATLAB 7 命令窗口左上角的图标。

四、卸载 MATLAB 7

当用户需要卸载 MATLAB 7 时，单击系统“开始”菜单，选择程序→MATLAB 71→R14 Uninstaller 命令，在弹出的如图 1-13 所示的界面中选择所要卸载的产品，然后单击 Uninstall 按钮，开始执行卸载命令。

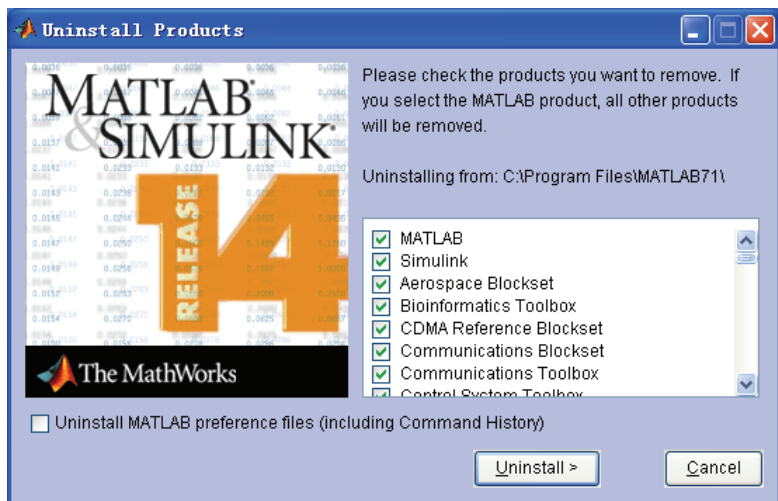


图 1-13 卸载 MATLAB 7

五、MATLAB 7 的目录结构

当用户成功安装 MATLAB 7 后，在用户所选择的安装目录下将包含如表 1-2 所示的主要文件夹目录。

表 1-2 MATLAB 7 的目录结构

文 件 夹	描 述
\BIN\WIN32	MATLAB 7 系统中可执行的相关文件
\DEMOS	MATLAB 7 示例程序
\EXTERN	创建 MATLAB 7 的外部程序的接口工具
\HELP	帮助系统
\JA	MATLAB 7 国际化文件
\JAVA	MATLAB 7 的 Java 支持程序
\NOTEBOOK	Notebook 是用来实现 MATLAB 工作环境与 Word 字处理环境信息交互的软件，是一个兼备数学计算、图形显示和文字处理能力的集成环境
\SYS	MATLAB 7 所需要的工具和操作系统库
\TOOLBOX	MATLAB 7 的各种工具箱
\UNINSTALL	MATLAB 7 的卸载程序
\WORK	默认的当前目录
RTW	Real-Time Workshop 软件包
Simulink	Simulink 软件包，用于动态系统的建模、仿真和分析
License.txt	该文件为软件许可协议的内容

第三节 MATLAB 应用开发环境

本节通过介绍 MATLAB 7 的工作环境界面，使读者初步掌握 MATLAB 7 软件的基本操作方法。

MATLAB 7 的工作界面主要由菜单栏、工具栏、当前目录窗口、工作空间窗口、历史命令窗口和命令窗口组成，如图 1-14 所示。



图 1-14 MATLAB 7 工作界面