

MATLAB基础 及在信号与系统中的应用

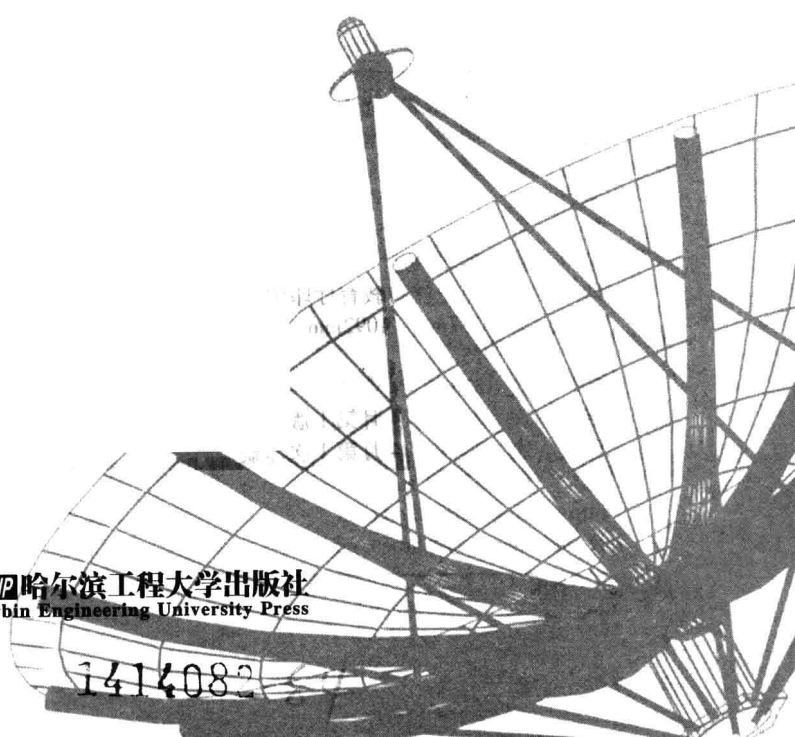
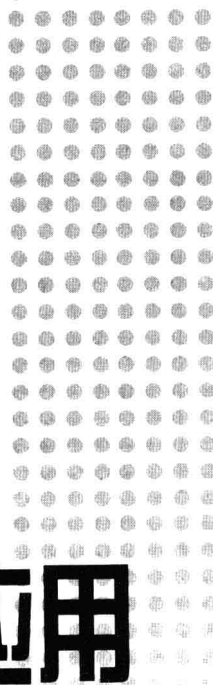
主编/周 杨 副主编/杜云明 刘文科 付 杰

MATLAB基础 及在信号与系统中的应用

主编/周 杨 副主编/杜云明 刘文科 付 杰

HEUP 哈尔滨工程大学出版社
Harbin Engineering University Press

1414082



内 容 简 介

本书全面系统地介绍了 MATLAB 语言的基础知识和在信号与系统课程中的应用。

全书共 13 章,分为基础篇、应用篇两个部分。基础篇(前 8 章)是 MATLAB 语言的基础部分,内容包括 MATLAB 语言概述、MATLAB 的工作环境、矩阵及其运算、M 文件与逻辑判断、程序控制、绘图功能、数值运算、符号运算、Simulink 仿真入门。应用篇(9~13 章)内容包括常用信号的实现及基本运算、连续 LTI 系统的时域分析、傅里叶变换、连续 LTI 系统的变换域分析、离散时间系统的分析。应用篇参考了信号与系统课程大纲,并用 MATLAB 语言对重要知识点进行了仿真实现。

本书注重理论与实际相结合,强调实用性,内容丰富,条理清楚,深入浅出,可作为学习 MATLAB 语言的入门教材,也可作为高校理工科学生学习信号与系统课程的配套教材。

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 基础及在信号与系统中的应用/周杨主编.
—哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2011.3
ISBN 978-7-5661-0040-5

I. ①M… II. ①周… III. ①信号处理-计算机辅助
计算-软件包,MATLAB IV. ①TN911.72

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 020190 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 黑龙江省教育厅印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16
印 张 15.5
字 数 373 千字
版 次 2011 年 4 月第 1 版
印 次 2011 年 4 月第 1 次印刷
定 价 32.00 元
<http://press.hrbeu.edu.cn>
E-mail:heupress@hrbeu.edu.cn



前言

PREFACE

信号与系统作为高校电子类专业的基础课程,对其内容学习和理解的程度将直接影响到后续课程的学习。目前现有的教材多集中在对其理论的学习上,内容相对抽象,学生对知识的学习和理解有时较为困难。本书针对此问题,引入 MATLAB 仿真手段,通过量化和具象的方式,辅助学生对抽象知识的学习和理解。MATLAB 是 MathWorks 公司推出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,可方便地应用于数学计算、算法开发、数据采集、系统建模和仿真、数据分析和可视化、科学和工程绘图、应用软件开发等方面。之所以选取 MATLAB 作为仿真平台,是因为它可将学生从乏味的 Fortran、C 编程中解放出来,使他们真正把精力放在对专业知识的深入理解和应用方面上,从而大大提高学习效率。另外,在 MATLAB 环境中描述及编制求解问题的程序时,用户可以按照符合人们的科学思维方式和数学表达习惯的语言形式来书写程序。同时,软件附带的专业工具箱也为程序的编写和知识的学习带来意想不到的效果。

全书分为两部分:MATLAB 基础篇和在信号与系统中的应用篇。

基础篇包括前 8 章,是 MATLAB 的基本内容。前两章为 MATLAB 的简介,包括历史沿革、安装、工作环境、通用命令和帮助查询系统等内容。第 3 章主要介绍矩阵的创建、运算和分析,注意矩阵运算和数组运算的区别。第 4 章主要介绍程序设计的基本方法,包括 M 文件、关系运算和逻辑运算以及程序控制语句,为学习程序设计打下基础。第 5 章介绍 MATLAB 绘图功能,包括二维绘图、三维绘图、动画制作等,是 MATLAB 重要的数据可视化的功能。第 6、7 章分别介绍数值运算和符号运算功能,共同构成 MATLAB 的科学计算功能,包括数值法的求数据处理和统计、多项式运算、函数分析和符号法的微积分运算和方程的求解等内容。第 8 章介绍 MATLAB 的 Simulink 仿真环境,包括模型建立、仿真运行等内容。

应用篇包括后 5 章,在内容的组织和编排上参照了信号与系统课程的教学大纲。第 9 章介绍常用连续信号和离散信号的 MATLAB 实现和时域基本运算。第 10 章主要介绍连续线性时不变(LTI)系统的时域分析,包括卷积运算、零输入响应和零状态响应等内容。第 11、12 章开始介绍变换域分析内容,先介绍周期信号的傅里叶级数分析和非周期信号的傅里叶变换,再介绍连续 LTI 系统的频域和复频域分析的方法。第 13 章介绍离散时间系统的分析,包括时域分析和 z 域分析,最后介绍了线性非时变系统的模型。

本书的 1~4 章由付杰编写,5~6 章由周杨编写,7~9 章由刘文科编写,10~13 章由杜云明编写。全书由周杨统稿。

本书主要面向理工科院校的电子信息和电气等专业的学生,既可以作为学习和掌握 MATLAB 的入门参考书,也可以作为学习信号与系统等课程的参考资料。在编写本书的过程中参考或引用了国内一些专家学者的论著,在此致以感谢。同时,尽管编者竭尽全力,但由于时间仓促和自身水平有限,所以错误和疏漏之处在所难免,恳切期望得到广大读者的批评指正!

编者

2010 年 8 月

基础篇 MATLAB 基础

| | |
|-----------------------------------|-----|
| 第 1 章 MATLAB 7 概述 | 3 |
| 1.1 MATLAB 的发展历史 | 3 |
| 1.2 MATLAB 系统结构 | 4 |
| 1.3 MATLAB 工具箱 | 5 |
| 第 2 章 MATLAB 7 工作环境 | 7 |
| 2.1 软件安装 | 7 |
| 2.2 启动和退出 | 11 |
| 2.3 工作界面 | 12 |
| 2.4 MATLAB 常用窗口命令及文件类型 | 25 |
| 2.5 帮助系统 | 28 |
| 第 3 章 矩阵及其运算 | 31 |
| 3.1 常量与变量 | 31 |
| 3.2 数组的创建 | 33 |
| 3.3 矩阵运算 | 41 |
| 3.4 数组运算 | 44 |
| 3.5 矩阵分析 | 46 |
| 第 4 章 M 文件与逻辑判断、程序控制 | 59 |
| 4.1 M 文件 | 59 |
| 4.2 关系运算和逻辑运算 | 65 |
| 4.3 程序控制语句 | 70 |
| 4.4 人机交互命令 | 76 |
| 第 5 章 MATLAB 绘图 | 78 |
| 5.1 MATLAB 图形窗口 | 78 |
| 5.2 基本二维图形 | 79 |
| 5.3 特殊二维图形 | 88 |
| 5.4 基本三维图形 | 95 |
| 5.5 特殊三维图形 | 98 |
| 5.6 动画制作 | 101 |
| 5.7 句柄图形 | 103 |
| 第 6 章 数值运算 | 108 |
| 6.1 数据处理与统计 | 108 |
| 6.2 多项式 | 110 |
| 6.3 函数分析 | 116 |

| | |
|----------------------------------|-----|
| 第 7 章 符号运算 | 120 |
| 7.1 符号对象的创建 | 120 |
| 7.2 符号对象的基本运算 | 124 |
| 7.3 符号运算的几个常用函数 | 129 |
| 7.4 符号微积分运算 | 133 |
| 7.5 符号方程求解 | 137 |
| 7.6 Maple 接口 | 140 |
| 7.7 符号函数的绘图命令 | 141 |
| 7.8 可视化符号运算分析界面 | 144 |
| 第 8 章 Simulink 仿真入门 | 146 |
| 8.1 Simulink 简介 | 146 |
| 8.2 Simulink 模块操作 | 151 |
| 8.3 Simulink 模块连接 | 154 |
| 8.4 Simulink 常用基本模块 | 158 |
| 8.5 运行仿真 | 163 |
| 8.6 Simulink 技巧及其仿真实例 | 172 |

应用篇 在信号与系统中的应用

| | |
|-------------------------------------|-----|
| 第 9 章 常用信号的实现及基本运算 | 183 |
| 9.1 常用连续时间信号的实现 | 183 |
| 9.2 常用离散时间信号的实现 | 189 |
| 9.3 连续时间信号的时域基本运算 | 191 |
| 9.4 离散时间信号的时域基本运算 | 195 |
| 第 10 章 连续 LTI 系统的时域分析 | 198 |
| 10.1 卷积运算 | 198 |
| 10.2 零输入响应 | 201 |
| 10.3 零状态响应 | 202 |
| 第 11 章 傅里叶变换 | 206 |
| 11.1 周期信号的傅里叶级数分析 | 206 |
| 11.2 非周期信号的傅里叶变换 | 210 |
| 第 12 章 连续 LTI 系统的变换域分析 | 215 |
| 12.1 连续 LTI 系统的复频域分析 | 215 |
| 12.2 连续 LTI 系统的频域分析 | 219 |
| 第 13 章 离散时间系统的分析 | 223 |
| 13.1 离散系统的时域分析 | 223 |
| 13.2 离散系统的 z 域分析 | 227 |
| 13.3 离散系统的频域分析 | 229 |
| 13.4 线性非时变系统的模型 | 234 |
| 参考文献 | 239 |

基础篇 MATLAB 基础

第 3 章 数据库系统 10

第 1 章 MATLAB 7 概述

MATLAB 是 MathWorks 公司于 1984 年推向市场的一套专为科学和工程计算设计的高级交互式应用软件,适用于工程应用各领域的分析设计与复杂计算。其使用环境集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体,是一个可以完成各种计算和数据处理的可视化、易于使用和理解的工具。因其可信度高、灵活性好,因而在世界范围内被科学工作者、工程师和大学生广泛使用。

1.1 MATLAB 的发展历史

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烦琐的编程工作。

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,并推向市场实现商业化应用。其内核改用 C 语言编写,提高了运行速度,另外还增添了图形图像处理、多媒体功能、符号运算以及与其他流行软件的接口功能,使得 MATLAB 的功能越来越强大。

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种环节的模块库。

1992 年,MathWorks 公司推出了具有划时代意义的 MATLAB 4.0 版,并于 1993 年在原基础上作了较大改进,推出了其微机版,可以配合 Microsoft Windows 一起使用,使之应用范围越来越广。

1994 年,MathWorks 公司推出了 MATLAB 4.2 版本,并得到了广泛地重视和应用。

1997 年,MathWorks 公司推出了 MATLAB 5.0 版本,允许更多的数据结构,如单元数据、数据结构体、多维矩阵、对象与类等,使其成为一种更便于编程的语言。

1999 年 1 月,MathWorks 公司推出了 MATLAB 5.3 (Release 11) 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。

2000 年 10 月底,MathWorks 公司推出了全新的 MATLAB 6.0 正式版本(Release 12),在核心数值算法、界面设计、外部接口、应用桌面等诸多方面有了极大的改进。

2001 年 7 月,MATLAB 6.5(Release 13)问世,它使用了 JIT 程序加速器,用户界面也有了很大的改观。

2004 年,MathWorks 公司推出了 MATLAB 7.0(Release 14),该版本在编程、计算、数据获取和运行以及图形处理等方面又有许多重大改进。

MATLAB 已经成为国际上最流行的科学与工程计算软件工具,现在的 MATLAB 已经不仅仅是一个“矩阵实验室”了,它已经成为一种具有广泛应用前景的计算机高级编程语言,有

人称它为“第四代”计算机语言,它在国内外高校和科研部门中正扮演着重要的角色。MATLAB 语言的功能也越来越强大,不断适应新的要求并提出新的解决方法。可以预见,在科学运算、自动控制与科学绘图领域,MATLAB 语言将长期保持其独一无二的地位。

1.2 MATLAB 系统结构

MATLAB 系统结构由三个层次、八个部分构成,每一部分完成不同的功能,主要包括:

- (1) MATLAB 主包;
- (2) 工具箱 (Toolboxes);
- (3) 编译器 (Compiler);
- (4) 建模仿真 (Simulink);
- (5) 模块集 (Blockset);
- (6) 实时仿真 (Real-Time Workshop);
- (7) 状态流程 (Stateflow);
- (8) 状态代码生成 (Stateflow Coder)。

其中 MATLAB 主包、Toolboxes 和 Compiler 构成系统的基础层,是整个系统的基础,其核心内容是 MATLAB 部分;Simulink、Blockset 和 Real-Time Workshop 构成系统的仿真层,提供仿真环境,实现仿真建模;Stateflow 和 Stateflow Coder 构成系统的事件驱动层。

1.2.1 基础层

1. 软件主包 MATLAB 的构成

- (1) M 语言;
- (2) MATLAB 的数学函数,提供丰富的数学函数库;
- (3) MATLAB 的图形处理系统,实现数据可视化;
- (4) MATLAB 的 API,便于与其他软件交流,如数据库、VC 等;
- (5) MATLAB 的工作环境。

2. 依附于 MATLAB 主包的工具箱 Toolboxes

Toolboxes 是一个面向应用的具有更具体功能的 MATLAB 数学函数的程序集合。Toolboxes 是围绕 MATLAB 这个计算核心,针对不同应用领域开发的应用程序。目前 MATLAB 的 Toolboxes 的内容非常丰富,涵盖了应用数学(区别于理论数学,面向应用,解决逻辑问题、统计问题、概率问题、工程中的微分方程)、电子技术、图形图像(数字图像处理、变换、压缩、消噪、边缘提取)、通信(SDR)、财经与金融、类神经网络、自动控制、信号分析(小波变换、多分辨率变换、提取特征信号)等各个领域。

3. MATLAB 的编译器 Compiler

MATLAB 是一种高级语言,将这种高级语言高效快速地编译成为硬件 C 语言,结合 MATLAB 的矩阵式数据结构,使 MATLAB 具有极快的运行速度。

1.2.2 仿真应用层

1. 系统仿真应用层的核心部分 Simulink

其特点为:

- (1) 建立和分析线性、非线性动态系统模型;
- (2) 具有层次性的交互模块框图结构设计方法;
- (3) 支持数字、模拟和混合信号及事件驱动逻辑建模仿真;
- (4) 支持矩阵数据类型及线性代数运算信号可视化;
- (5) 可与 C 代码协同仿真;
- (6) 可与 MATLAB 平台紧密集成;
- (7) 具有良好的操作性与可扩展性(模块与库的扩展);
- (8) 精确的建模方法和系统结构可视化;
- (9) 仿真系统严格反映真实时序;
- (10) 可重用已有的 C 和 MATLAB 源代码。

2. 系统仿真应用层的模块集 Blocksets

模块集是一个个的数学软件包,是系统仿真的关键部件。系统的仿真模型是由大量模块组成的。

3. MATLAB 的系统实时仿真 RTW

其特点为:

- (1) 无需编程将 Simulink 模型生成嵌入式代码;
- (2) 不依赖特殊目标硬件;
- (3) 支持多种平台;
- (4) 可在线监控及调整参数。

RTW 是系统设计到硬件实现的快速直达途径,具有开放的、可扩充的结构,支持定点和浮点,通过交互方式下载参数到外部硬件,支持连续系统、离散系统、混合系统和异步系统仿真,单任务、多任务和异步中断。

1.2.3 事件驱动逻辑/行为的建模与仿真

1. 状态流程图 Stateflow

其作用为:

- (1) 对事件驱动系统进行建模和仿真;
- (2) 支持自动代码生成;
- (3) 利用 Statecharts 的国际标准进行图形化建模;
- (4) 实现状态流图的描述无二义性;
- (5) 可与 Simulink, RTW 无缝集成。

2. 状态代码生成

1.3 MATLAB 工具箱

为突出 MATLAB 在不同领域高效、专业化的应用,利用 M 语言还开发了相应的 MATLAB 专业工具箱函数,供用户直接使用。这些工具箱应用的算法是可开发和可扩展的,用户不仅可以查看其中的算法,还可以针对一些算法进行修改,甚至允许开发自己的算法以便扩

充工具箱的功能。目前 MATLAB 产品的工具箱有 40 多种,分别涵盖了数据获取、科学计算、控制系统设计与分析、数字信号处理、数字图像处理、金融财务分析以及生物遗传工程等专业领域。一般情况下,工具箱的列表不是固定不变的,有关 MATLAB 工具箱的最新信息可以在 <http://www.mathworks.com/products> 中进行查看。

MATLAB 7 中较为常见的工具箱包括:

(1) 数学与数据分析

Optimization Toolbox 最优工具箱

Statics Toolbox 统计工具箱

Nerual Network Toolbox 神经网络工具箱

Symbolic Math Toolbox 符号数学工具箱

Fixed Point Toolbox 定点运算工具箱

Partial Differential Equation Toolbox 偏微分方程工具箱

Spline Toolbox 样条工具箱

Curve Fitting Toolbox 曲线拟合工具箱

Virtual Reality Toolbox 虚拟现实工具箱

(2) 数据获取与采集

Data Acquisition Toolbox 数据获取工具箱

Image Acquisition Toolbox 图像获取工具箱

Instrument Control Toolbox 仪器控制工具箱

Database Toolbox 数据库工具箱

(3) 信号处理与图像处理

Signal Processing Toolbox 信号处理工具箱

Images Processing Toolbox 图像处理工具箱

Wavelet Toolbox 小波分析工具箱

Communication Toolbox 通信工具箱

Filter Design Toolbox 滤波器设计工具箱

System Identification Toolbox 系统辨识工具箱

(4) 控制系统设计与分析

Control Systems Toolbox 控制系统工具箱

Fuzzy Logic Toolbox 模糊逻辑工具箱

Robust Control Toolbox 鲁棒控制工具箱

Model Predictive Control Toolbox 模型预测控制工具箱

(5) 财经与金融

Financial Toolbox 金融工具箱

Financial Time Series Toolbox 经济时序数据分析工具箱

GARCH Toolbox GARCH 工具箱

Datafeed Toolbox 数据反馈工具箱

Financial Derivatives Toolbox 金融衍生工具箱

Fixed Income Toolbox 固定收益工具箱

第 2 章 MATLAB 7 工作环境

MATLAB 只有在适当的系统环境中才能正常运行,因此,恰当地配置系统环境是 MATLAB 良好工作的先决条件。本章先介绍软件的系统要求,而后介绍其安装及启动、退出过程,然后对软件的工作环境进行详细的讲解,为后续的应用提供必要的准备。

2.1 软件安装

2.1.1 MATLAB 软件安装环境

MATLAB 软件对系统的基本要求主要有:

- (1) Pentium, Pentium Pro, Pentium II, Pentium III, Pentium IV, Inter Xeon, AMD Athlon;
- (2) 支持操作系统为 Win2000, WinXP;
- (3) 内存 128MB RAM, 建议采用 256 MB RAM 及其以上;
- (4) 全部安装该软件所需要的硬盘空间最少不低于 1GB, 建议使用硬盘 40G 以上;
- (5) 支持 256 色以上显示器, 建议使用 32M 以上显卡;
- (6) 支持 MATLAB Notebook 的 Microsoft Word 中的 Office2000 或者 Office XP;
- (7) Adobe Acrobat Reader 软件, 用于浏览或打印 pdf 格式的 MATLAB 帮助文件。

2.1.2 MATLAB 软件安装过程

MATLAB 软件只有在适当的外部环境中才能正常安装运行,因此在安装软件前建议关闭所有病毒防护软件和应用软件。

开始安装 MATLAB 7 时,用户只需在 MATLAB 安装文件所在文件夹中双击图 2-1 所示的安装快捷键(setup 或 install 按钮),就会出现如图 2-2 所示的界面。



图 2-1 MATLAB 安装按钮

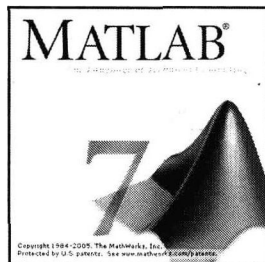


图 2-2 MATLAB 安装起始界面

当弹出图 2-2 所示的安装界面之后,接着就会出现图 2-3 所示的界面。此界面中有两个可选项“Install”和“Update license without installing anything, using a new PLP”。选择“Install”选项可直接安装 MATLAB,选择后一个选项一般用于更新 PLP,适应于以前已经安装了 MATLAB 7 试用版,现在要升级为正式版(不需要重新安装,只要更新 PLP 即可)的情况。

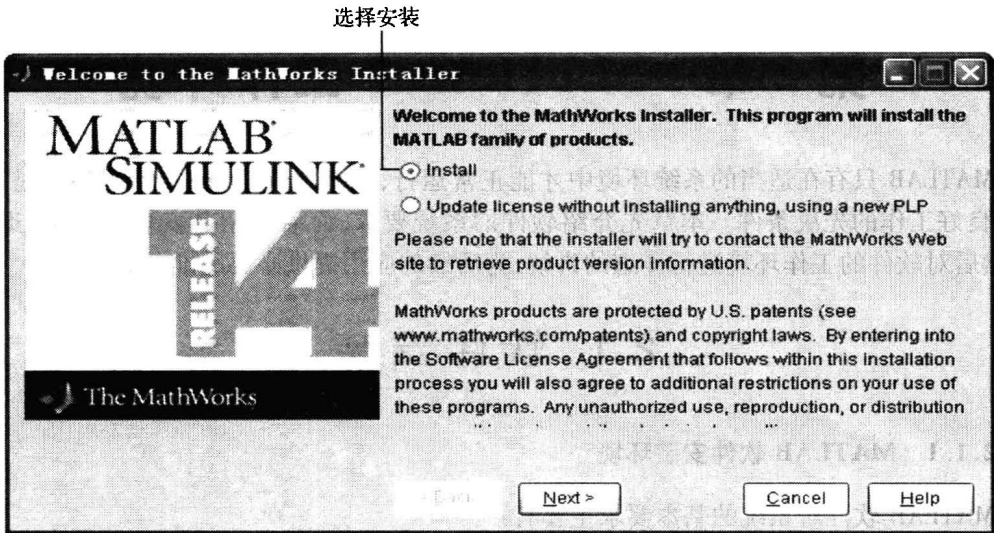


图 2-3 MATLAB 安装界面一

单击【Next】按钮进入下一步(如图 2-4 所示)。

此界面中主要是让用户输入个人信息以及授权安装码(PLP),如果没有 PLP,可单击界面中的【Get My PLP】按钮,单击后会自动链接到 MathWorks 公司的主页上,当然你必须要有公司提供的访问账号和口令。

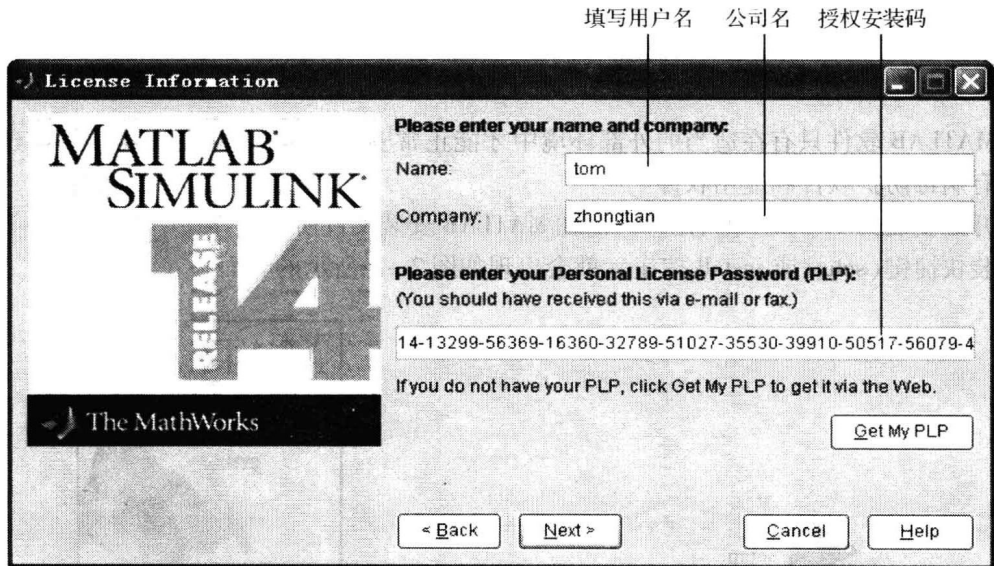


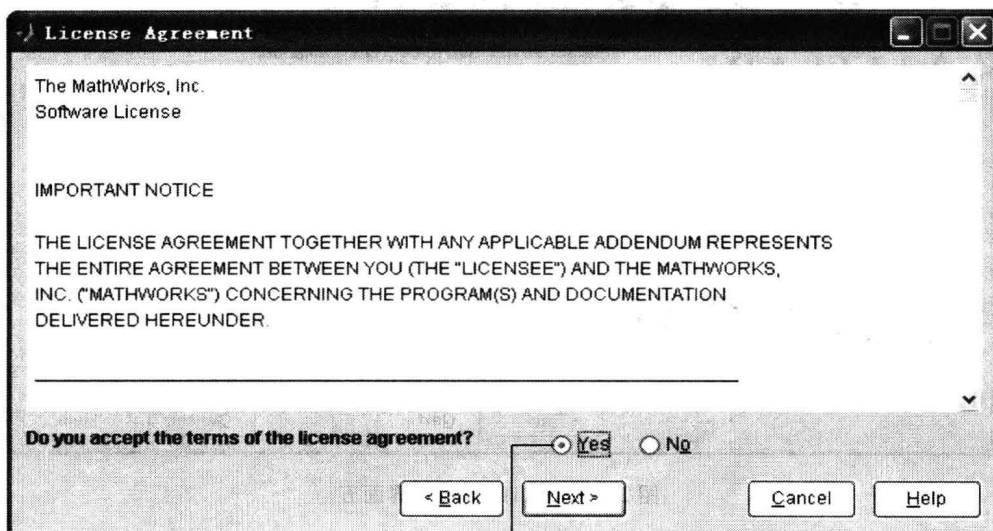
图 2-4 MATLAB 安装界面二

单击【Next】按钮进入下一步(如图 2-5 所示)。

这一步主要是向用户提供注册协议书,一般选择“Yes”后,直接单击【Next】按钮进入下一步(如图 2-6 所示)。

此界面主要是选择安装类型,界面上有两个安装选项“Typical”和“Custom”,其中“Typical”

是典型安装,选择此项将会安装 MATLAB 所有功能和工具箱,约占 3G 的硬盘空间。“Custom”为用户自定义选择组件安装模式项,点击该模式后,页面会提示用户选择需要的安装组件,其中包括很多工具箱。选择完所需的组件以后,按照提示也可以顺利地安装好 MATLAB 7。



选择Yes

图 2-5 MATLAB 安装界面三

选择安装类型

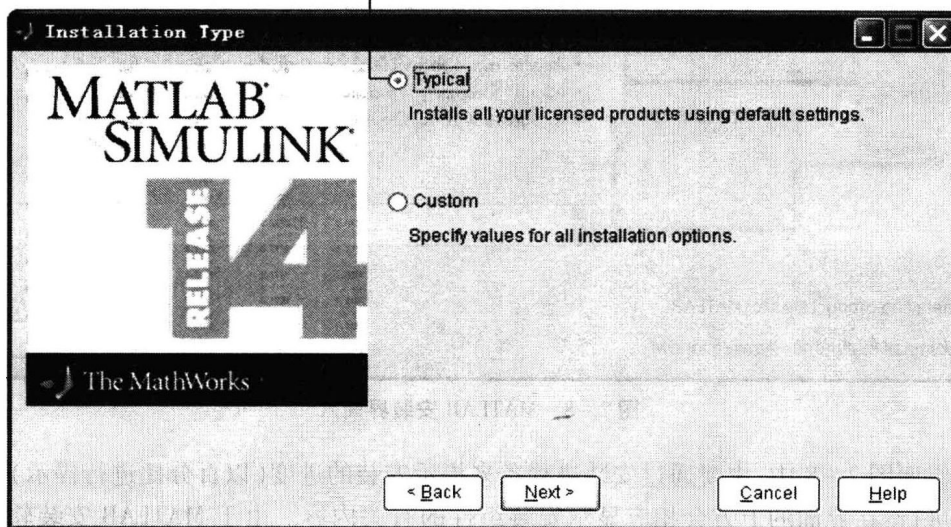


图 2-6 MATLAB 安装界面四

单击【Next】按钮进入下一步(如图 2-7 所示)。

在界面图 2-7 中,主要通过【Browse...】按钮来完成安装路径的设定。另外,在设定路

径时,应参考下方的“可用空间”和“安装软件所需空间”的提示,当可用空间大于安装软件所需空间时才可按设定方式进行安装,否则需要更改安装路径。完成设定后,单击【Next】按钮进入下一步(如图 2-8 所示)。

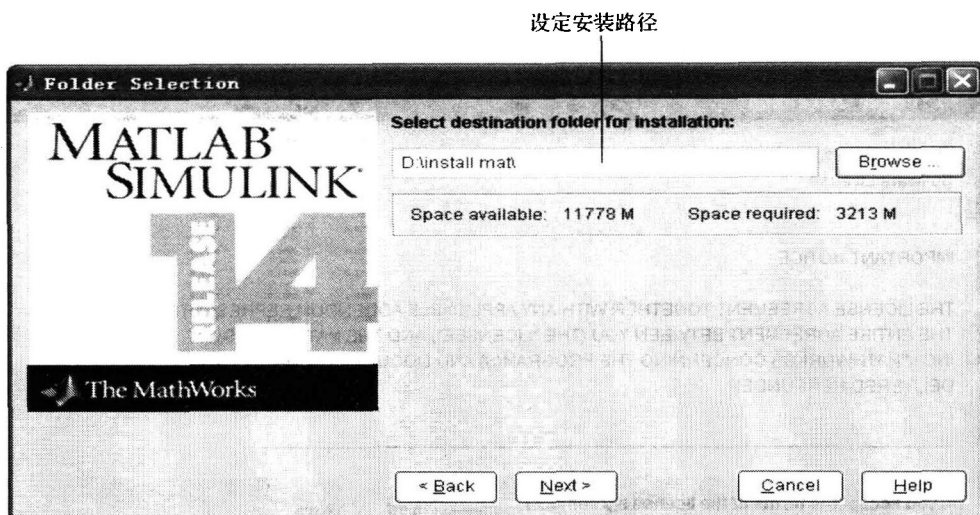


图 2-7 MATLAB 安装界面五

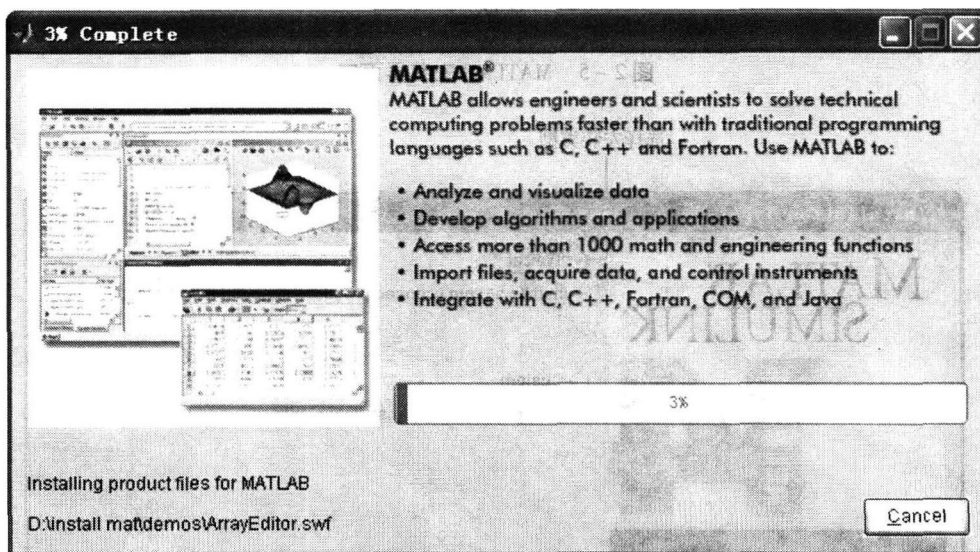


图 2-8 MATLAB 安装界面六

在界面图 2-8 中,主要通过安装进程条来提示安装的进度(以百分比进行提示)。随着安装的进行,在界面的上方会相应显示安装组件的有关内容。由于 MATLAB 安装软件占用空间较大,当使用光盘安装时,就会出现图 2-9 所示的界面提示,此时只要插入下一张安装光盘,点击【OK】键即可实现继续安装。单击【Skip CD】键,则只完成第一张光盘组件的安装。

安装完成时,自动弹出图 2-10 界面,点击【Finish】键结束安装,并自动打开 MATLAB 软件。

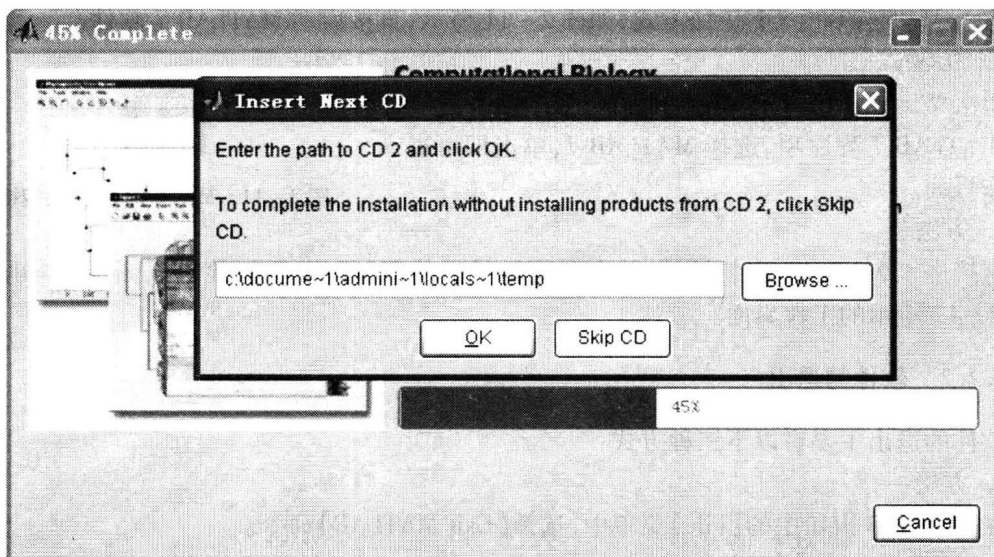


图 2-9 MATLAB 安装界面七

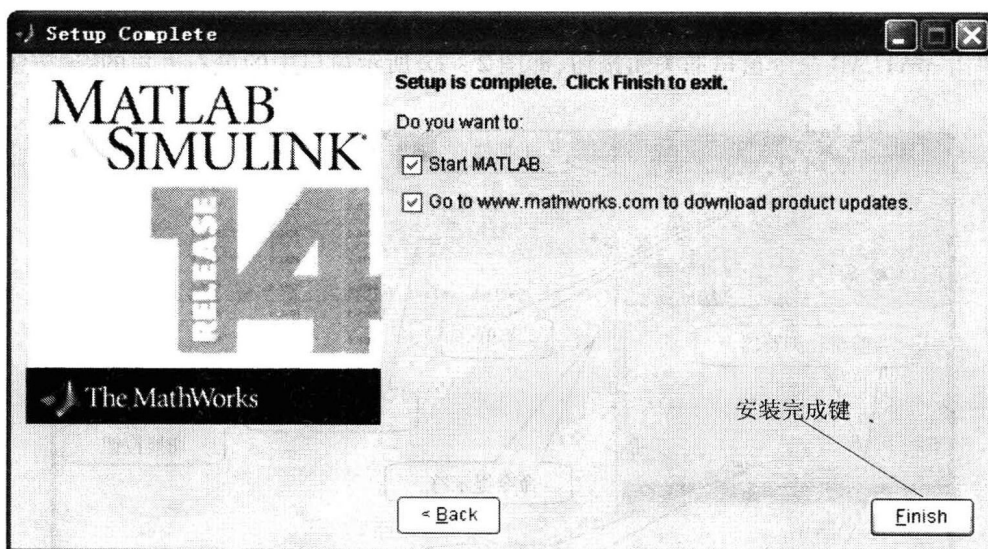


图 2-10 MATLAB 安装界面八

2.2 启动和退出

本节主要介绍 MATLAB 安装到硬盘后,如何创建 MATLAB 的工作环境,以及如何退出其工作环境。

2.2.1 软件的启动

软件的启动主要有以下三种方式:

1. 方法一