

理论与实践并重、站在工程与科技的前沿

最新版

MATLAB

基础与工程应用

张德丰 雷晓平 周燕◎编著

- 取材科学、结构严谨
- 科学计算的最新技术
- MATLAB应用最佳手册
- 配套资源下载：www.tup.com.cn

清华大学出版社

MATLAB 基础与工程应用

张德丰 雷晓平 周 燕 编 著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书全面、系统地介绍了 MATLAB 的基础知识及其在工程实际中的应用, 可使用户快速、轻松地掌握这个功能强大的软件。

本书共分为 10 章, 第 1~6 章主要讲解 MATLAB 的基础知识, 包括 MATLAB 的相关概述、数据类型与运算、数值分析、符号运算、控制语句及其绘图功能等; 第 7、8 章介绍 MATLAB 的扩展功能, 主要包括 Simulink 与 GUI; 第 9、10 章以 MATLAB 的应用为主, 介绍了 MATLAB 在方程的求解、优化设计、控制系统、信号等处理领域的应用。

本书内容丰富、条理清晰、语言精练, 讲解循序渐进, 适合 MATLAB 的初学者、相关专业本科生和研究生阅读, 也可作为广大科研工作人员的参考用书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签, 无标签者不得销售。

版权所有, 侵权必究。侵权举报电话: 010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 基础与工程应用/张德丰, 雷晓平, 周燕编著. —北京: 清华大学出版社, 2012.1

ISBN 978-7-302-27474-2

I. ①M… II. ①张… ②雷… ③周… III. ①Matlab 软件 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 249560 号

责任编辑: 钟志芳

封面设计: 刘 超

版式设计: 文森时代

责任校对: 张兴旺

责任印制:

出版发行: 清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址: 北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 邮 购: 010-62786544

投稿与读者服务: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者:

装 订 者:

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm 印 张: 25.5 字 数: 589 千字

版 次: 2012 年 1 月第 1 版 印 次: 2012 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 45.00 元

产品编号: 042933-01

前 言

MATLAB 是 MATrix LABoratory (矩阵实验室) 的缩写, 是由美国 MathWorks 公司开发的一套数学工具软件。虽然问世时间不长, 却以其出色的数值计算能力和强大的图形图像处理功能而深受广大科研工作者及工程技术人员的青睐。作为一种工程计算和数值分析软件, MATLAB 拥有功能全面的函数库。它将大量复杂的函数封装起来, 使用户摆脱了传统的程序设计模式, 不必为如何实现复杂的函数而浪费宝贵的时间, 从而将主要精力投入到构建模型等更为关键的工作中, 大大提高了工作效率。目前, MATLAB 已发展成为国际公认的优秀数学应用软件之一, 与 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。在数学类科技应用软件中, 其在数值计算方面首屈一指。MATLAB 可以进行矩阵运算、绘制函数和数据、实现算法、创建用户界面、连接其他编程语言的程序等, 主要应用于工程计算、控制设计、信号处理与通信、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。

随着 MATLAB 在各个工程领域应用的日益广泛, 在生活中处处可见其身影。MATLAB 的功能越来越强大, 包含的工具箱也越来越多。它具有其他高级语言难以比拟的一些优点, 如编写简单、编程效率高、易学易懂等, 因此 MATLAB 语言也被通俗地称为演算纸式的科学算法语言。在控制、通信、信号处理及科学计算等领域中, MATLAB 已经被普遍认可为能够有效提高工作效率、改善设计手段的工具软件。掌握了 MATLAB, 就好比掌握了开启这些专业领域大门的钥匙。

本书以 MATLAB 为引导线, 全面、系统地向读者展示了这个功能强大的软件, 其内容简单、实用、易学、易懂。在讲解过程中结合了大量的示例, 让读者既可以对 MATLAB 有一个直观的认识, 也可以学以致用, 自己按照示例动手演练。实践证明, 读者可通过本书对 MATLAB 的介绍, 在几十分钟内掌握 MATLAB 的基础知识, 几个小时便能初步掌握其使用方法, 从而能够进行高效率而富有创造性的计算, 应用 MATLAB 完成各种实践应用。

本书充分体现了应用型教育的特点, 学习本书可提高学生分析及解决问题的能力, 其具有以下特点。

- (1) 以 MATLAB 为基础, 深入浅出地对其展开全面介绍。
- (2) 内容丰富、全面, 示例精巧, 条理清晰、指导性强。
- (3) 语言表达简洁精炼、可读性强, 学习起来十分轻松、快捷。
- (4) 重点突出, 目的明确。立足基本理论, 面向应用技术, 以必须、够用为尺度, 以掌握概念、强化应用为重点, 加强理论知识和实际应用的统一。

本书共分为 10 章。第 1 章简单地介绍了 MATLAB 的基础知识, 主要包括 MATLAB 的概述、MATLAB 的工作界面等内容; 第 2 章介绍了 MATLAB 的数据与运算, 重点讲解了 MATLAB 的运算符号、矩阵运算等内容。第 3 章系统地介绍了 MATLAB 的数值分析, 包括数据类型、复数、多项式及其运算等内容; 第 4 章介绍了 MATLAB 的符号运算, 主要包

括符号对象、符号微积分、符号方程求解等内容；第 5 章深入浅出地介绍了 MATLAB 程序设计，主要包括 MATLAB 控制语句、M 文件等内容；第 6 章对 MATLAB 的绘图功能展开介绍，主要包括 MATLAB 二维绘图与三维绘图等内容；第 7、8 章介绍了 MATLAB 的扩展功能，主要包括 Simulink 仿真技术以及 MATLAB 的图形用户界面这两个工具箱；第 9 章介绍了 MATLAB 在方程中的求解应用，包括 MATLAB 在线性、非线性、微分及偏微分方程中的求解等内容；第 10 章介绍了 MATLAB 在其他领域中的应用，主要包括 MATLAB 在最优化、控制系统及数学信号中的应用等内容。

本书可以作为广大在校本科生和研究生的学习用书，也可以作为广大科研人员、学者、工程技术人员的参考用书。

本书由张德丰、雷晓平、周燕编著，其他参与本书编写的还有周灵、崔如春、杨跃武、周燕、周品、赵新芬、赵书梅、栾颖、刘志为、张欢。

由于时间仓促，加之作者水平有限，错误和疏漏之处在所难免。在此，诚恳地期望得到各领域专家和广大读者的批评指正。

编 者

目 录

第 1 章	MATLAB 基础	1
1.1	MATLAB 概述	1
1.1.1	MATLAB 的特点与功能	1
1.1.2	MATLAB 产品族	2
1.2	MATLAB 的安装与激活	2
1.3	MATLAB 的工作界面	6
1.3.1	命令窗口	7
1.3.2	命令历史窗口	8
1.3.3	工作空间	8
1.3.4	当前目录浏览器	9
1.4	帮助窗口	12
1.4.1	联机帮助系统	12
1.4.2	命令窗口查询帮助系统	14
1.5	快捷了解 MATLAB	16
1.5.1	通过命令行程序了解 MATLAB	16
1.5.2	通过绘图了解 MATLAB	17
1.5.3	通过 M 文件的编写了解 MATLAB	18
1.5.4	通过 GUI 了解 MATLAB	19
1.5.5	通过 Simulink 仿真了解 MATLAB	20
第 2 章	MATLAB 的数据与运算	21
2.1	MATLAB 的数据类型	21
2.1.1	常量与变量	21
2.1.2	MATLAB 的运算符号	25
2.1.3	数组的创建	28
2.1.4	矩阵的创建	29
2.1.5	矩阵的拆分	31
2.2	矩阵的运算	34
2.2.1	矩阵的算术运算	34
2.2.2	矩阵的翻转与旋转	38
2.2.3	矩阵的提取	40
2.2.4	矩阵的集合	43

2.3	特殊矩阵	46
2.4	矩阵的求值	48
2.4.1	方阵的行列式	48
2.4.2	矩阵的特征值	48
2.4.3	矩阵的秩运算	49
2.4.4	矩阵的迹及伪逆	50
2.4.5	条件数运算	50
2.4.6	向量和矩阵的范数	51
2.5	矩阵的分解	52
2.5.1	三角分解	52
2.5.2	正交分解	53
2.5.3	Cholesky 分解	54
2.5.4	特征值分解	55
2.5.5	奇异值分解	55
2.6	稀疏矩阵	56
2.6.1	稀疏矩阵的存储与创建	56
2.6.2	稀疏矩阵的运算	61
2.6.3	稀疏矩阵的分解	63
2.6.4	稀疏矩阵的特征值	64
第 3 章	MATLAB 的数值分析	66
3.1	数据类型	66
3.1.1	字符串	66
3.1.2	元胞数组	72
3.1.3	结构数组	77
3.2	复数及其运算	81
3.2.1	复数表示法	81
3.2.2	复数绘图	83
3.2.3	复数的基本运算	83
3.2.4	留数的基本运算	87
3.3	多项式与其运算	88
3.3.1	多项式的创建	89
3.3.2	多项式的算术运算与求导	89
3.3.3	多项式的求值与求根	90
3.3.4	多项式的微积分	92
3.3.5	多项式部分分式展开	92
3.4	曲线拟合与插值	93
3.4.1	曲线拟合	94

3.4.2	曲线插值	98
3.5	数据统计处理	107
3.5.1	求最大与最小元素	107
3.5.2	矩阵的平均值与中值	109
3.5.3	矩阵元素求和与求积	110
3.5.4	矩阵元素的累积与累乘积	111
3.5.5	标准方差	112
3.5.6	相关系数	113
3.5.7	元素排序	114
第 4 章	MATLAB 的符号运算	115
4.1	符号对象	115
4.1.1	符号对象的创建	115
4.1.2	符号表达式的建立	116
4.1.3	符号表达式的运算	118
4.1.4	符号变量的确定	122
4.1.5	符号表达式的高级运算	122
4.1.6	符号矩阵	124
4.2	符号微积分	127
4.2.1	符号极限	127
4.2.2	符号导数	128
4.2.3	符号积分	129
4.2.4	积分变换	130
4.3	Taylor 级数	134
4.4	符号函数可视化	137
4.5	符号方程的求解	141
4.5.1	符号代数方程的求解	141
4.5.2	符号微分方程求解	144
第 5 章	MATLAB 程序设计	147
5.1	MATLAB 控制语句	147
5.1.1	顺序结构语句	147
5.1.2	循环结构语句	149
5.1.3	条件结构语句	152
5.1.4	选择结构语句	153
5.1.5	try-catch 语句	155
5.2	M 文件	157
5.2.1	脚本文件	158
5.2.2	函数文件	158



5.2.3	变量的检测传递	161
5.2.4	串演算函数	164
5.3	设置断点	166
5.3.1	设置标准断点	166
5.3.2	设置条件断点	168
5.3.3	设置错误断点	172
5.4	处理错误及从错误中恢复	173
5.4.1	报告错误	173
5.4.2	提示错误原因	175
5.5	数据输入与输出	176
5.5.1	输入文本数据	176
5.5.2	输出文本数据	181
5.6	函数句柄	185
第 6 章	MATLAB 的图形绘制	187
6.1	基本二维图形	187
6.1.1	绘制二维曲线的基本函数	187
6.1.2	利用函数绘制曲线	190
6.1.3	双 Y 轴曲线	191
6.2	绘制图形的辅助操作	192
6.2.1	多重叠绘制图形	192
6.2.2	多子图	193
6.2.3	图形标注	194
6.3	特殊二维图形	197
6.3.1	极坐标图	197
6.3.2	条形图	199
6.3.3	误差图	201
6.3.4	面积图	201
6.3.5	柱形图	203
6.3.6	火柴杆图	204
6.3.7	阶梯图	205
6.3.8	扇形图	205
6.3.9	罗盘图	206
6.3.10	等高线图	207
6.3.11	羽毛图	208
6.3.12	其他二维绘图函数	209
6.4	基本三维图形	211
6.4.1	三维曲线图	211

6.4.2	三维网格图	213
6.4.3	三维曲面图	218
6.5	特殊三维图形	222
6.5.1	三维条形图	222
6.5.2	柱形图	223
6.5.3	球面图	224
6.5.4	三维火柴杆图	225
6.5.5	三维等高线图	225
6.5.6	瀑布图	226
6.5.7	三维饼图	227
6.5.8	三维表面法向图	228
6.5.9	三维网目图	229
6.5.10	三维切片	229
6.6	三维图形修饰处理	231
6.6.1	三维图形的视角	231
6.6.2	透明度处理	234
6.6.3	三维图形的光照	235
第 7 章	Simulink 仿真技术	239
7.1	Simulink 简介	239
7.1.1	Simulink 概述	239
7.1.2	Simulink 的运行与界面	240
7.2	Simulink 常用模块介绍	241
7.2.1	常用模块库 (Commonly Used Blocks)	242
7.2.2	连续模块库 (Continuous Blocks)	243
7.2.3	非连续系统模块库 (Discontinuities)	244
7.2.4	离散系统模块库 (Discrete)	244
7.2.5	数学运算模块库 (Math Operations)	245
7.2.6	接收模块库 (Sinks)	247
7.2.7	信号源模块库 (Sources)	248
7.3	Simulink 模块的基本操作	249
7.3.1	建立简单模型	249
7.3.2	模块操作	250
7.3.3	仿真配置	254
7.3.4	仿真实例	258
7.4	子系统的创建及封装	261
7.4.1	子系统的创建	261
7.4.2	子系统的封装	263

7.5	S-函数	267
7.5.1	S-函数的概念	267
7.5.2	S-函数的工作原理	268
7.5.3	S-函数的模板	268
7.5.4	S-函数的模块	270
7.5.5	S-函数实例	271
第 8 章	MATLAB 的图形用户界面	275
8.1	句柄图形	275
8.1.1	句柄图形对象	275
8.1.2	句柄图形对象的基本操作	276
8.2	图形界面设计	280
8.2.1	打开 GUIDE 编辑器	280
8.2.2	对象编辑器	282
8.2.3	位置调整工具	282
8.2.4	菜单编辑器	283
8.2.5	M-file 编辑器	284
8.2.6	Tab 顺序编辑器	285
8.2.7	对象属性编辑器	285
8.2.8	对象浏览器	285
8.3	GUI 控件设计	286
8.3.1	uicontrol 函数	286
8.3.2	基本控件	289
8.3.3	控件综合示例	295
8.4	对话框	298
8.4.1	菜单对话框	299
8.4.2	信息对话框	299
8.4.3	列表对话框	300
8.4.4	输入对话框	301
8.4.5	错误信息提示对话框	301
8.4.6	帮助对话框	302
8.4.7	警告对话框	302
8.4.8	进度条	303
8.4.9	问题对话框	304
8.4.10	字体设置对话框	305
8.4.11	颜色设置对话框	306
8.4.12	文件打开对话框	307
8.4.13	文件保存对话框	307

第 9 章	MATLAB 在方程中的求解	309
9.1	MATLAB 在线性方程中的求解	309
9.1.1	齐次线性方程组的求解	309
9.1.2	非齐次线性方程组的求解	310
9.1.3	Lyapunov 方程求解	314
9.1.4	Sylvester 方程求解	315
9.1.5	Riccati 方程求解	316
9.1.6	三角分解法	317
9.2	MATLAB 在非线性方程中的求解	320
9.2.1	二分法	320
9.2.2	迭代法	322
9.2.3	牛顿迭代法	324
9.3	MATLAB 在微分方程中的求解	327
9.3.1	一阶微分方程组的数值解	327
9.3.2	特殊微分方程的数值解	335
9.4	MATLAB 在偏微分方程中的求解	342
9.4.1	求解单的 Poission 方程	342
9.4.2	求解双曲线偏微分方程	343
9.4.3	求解抛物型偏微分方程	344
9.4.4	方程边值问题求解	345
9.4.5	常微分方程边值问题求解器	348
第 10 章	MATLAB 综合应用实例	351
10.1	MATLAB 在最优化中的应用	351
10.1.1	线性规划的实现	351
10.1.2	非线性规划的实现	353
10.1.3	二次规划	358
10.2	MATLAB 在控制系统中的应用	359
10.2.1	控制系统模型的建立及转换	360
10.2.2	控制系统的时域分析	367
10.2.3	控制系统的频域分析	371
10.2.4	控制系统的根轨迹分析	375
10.3	MATLAB 在数学信号中的应用	379
10.3.1	离散系统与系统	379
10.3.2	IIR 数字滤波器设计	382
10.3.3	FIR 滤波器设计	388

第 1 章 MATLAB 基础

1.1 MATLAB 概述

MATLAB 是由 MathWorks 公司开发的一套功能强大的数学软件，也是当今科技界应用最广泛的计算机语言之一。它集数值计算、符号运算、计算机可视化为一体，是其他许多语言所不能比拟的。尤其是其不断更新的工具箱，更是获得各专业领域科技工作者的青睐。MATLAB 产品族可以用来进行以下各种工作。

- 数值分析。
- 数值和符号计算。
- 工程与科学绘图。
- 控制系统的设计与仿真。
- 数字图像处理。
- 数字信号处理。
- 通信系统的设计与仿真。
- 财务与金融工程。

MATLAB 的应用范围非常广，包括信号和图像处理、通信、控制系统设计、测试和测量、财务建模和分析以及计算生物学等众多领域。附加的工具箱（单独提供的专用 MATLAB 函数集）扩展了 MATLAB 环境，以解决这些应用领域内特定类型的问题。许多大型软件也都提供了 MATLAB 软件接口。

1.1.1 MATLAB 的特点与功能

在 MATLAB 中，无论是问题的提出还是结果的表达都采用我们习惯的数学描述方法，而不需要使用传统的编程语言进行前、后处理。这一特点使 MATLAB 成为了数学分析、算法开发及应用程序开发的良好环境。MATLAB 的主要特点如下。

- 强大的科学计算功能。
- 直观灵活的语言。
- 先进的可视化工具。
- 开放性、可扩展性强。
- 便捷、强大的绘图功能。
- 众多面向领域应用的工具箱和模块集。

MATLAB 之所以具有以上特点，与其组成部分息息相关。它主要由以下 5 个部分组成。

- ❑ MATLAB 开发环境。
- ❑ MATLAB 数学函数库。
- ❑ MATLAB 语言。
- ❑ MATLAB 图形处理系统。
- ❑ MATLAB 应用程序接口 (API)。

1.1.2 MATLAB 产品族

MATLAB 有如下主要产品。

- ❑ **MATLAB:** MathWorks 公司所有产品的数值分析和图形基础环境。MATLAB 将 2D 和 3D 图形、MATLAB 语言编程集成到一个单一的、易学易用的环境之中。
- ❑ **MATLAB 工具箱:** 一系列专用的 MATLAB 函数库，用于解决特定领域的问题。工具箱是开放的、可扩展的，可以查看其中的算法或开发自己的算法。
- ❑ **MATLAB 编译器:** 将 MATLAB 语言编写的 M 文件自动转换成 C 或 C++ 文件，支持用户进行独立的应用开发。结合 MathWorks 公司提供的 C/C++ 数学库和图形库，用户可以利用 MATLAB 快速地开发出功能强大的独立应用系统。
- ❑ **Simulink:** 结合了框图界面和交互仿真能力的非线性动态系统仿真工具，它以 MATLAB 的数学、图形和语言为基础。
- ❑ **Stateflow:** 与 Simulink 框图模型相结合，描述复杂事件驱动系统的逻辑行为，驱动系统可以在不同的模式之间进行切换。
- ❑ **Real-Time Workshop:** 直接从 Simulink 框图自动生成 C 或 Ada 代码，用于实现快速原型和硬件的仿真，整个代码的生成可以根据需要完全定制。
- ❑ **Simulink Blockset:** 专门为特定领域设计的 Simulink 功能模块集合，用户也可以利用已有的模块或自行编写的 C 和 MATLAB 程序建立自己的模块。

1.2 MATLAB 的安装与激活

MATLAB R2010a 在安装过程上与 MATLAB R2008 基本相同，都有对 MATLAB 的激活环节。具体安装步骤如下。

(1) 将 MATLAB R2010a 的安装盘放入 CD-ROM 驱动器，系统将自动运行程序，进入初始化界面，如图 1-1 所示。

(2) 启动安装程序后，打开 MathWorks Installer 对话框，如图 1-2 所示。选中 Install using the Internet 单选按钮，再单击 Next 按钮。

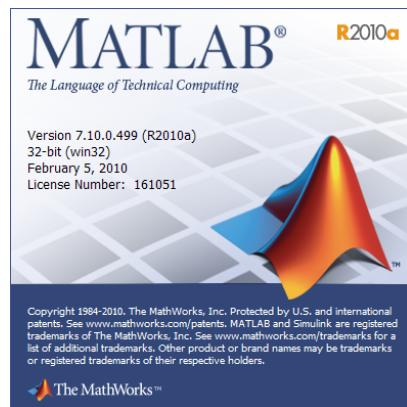


图 1-1 MATLAB R2010a 安装时的初始化界面

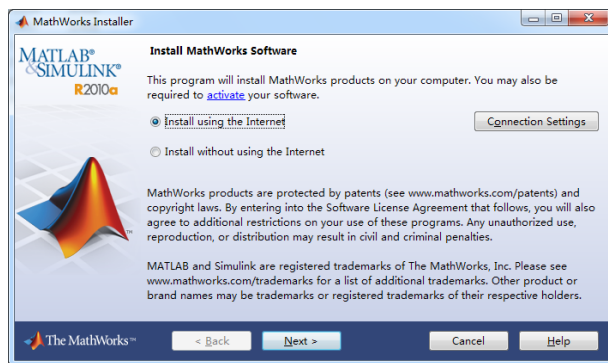


图 1-2 MathWorks Installer 对话框

(3) 弹出如图 1-3 所示的 License Agreement (查看软件注册协议) 对话框, 若同意 Math Works 公司的安装许可协议, 选中 Yes 单选按钮, 单击 Next 按钮。

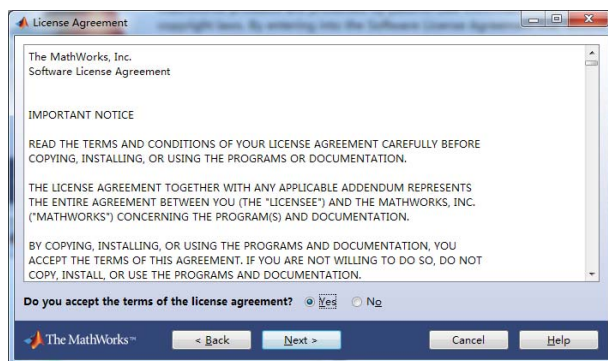


图 1-3 License Agreement 对话框

(4) 弹出如图 1-4 所示的 Provide Installation Information 对话框, 输入软件外包装封面或安装许可文件内提供的密钥, 单击 Next 按钮。

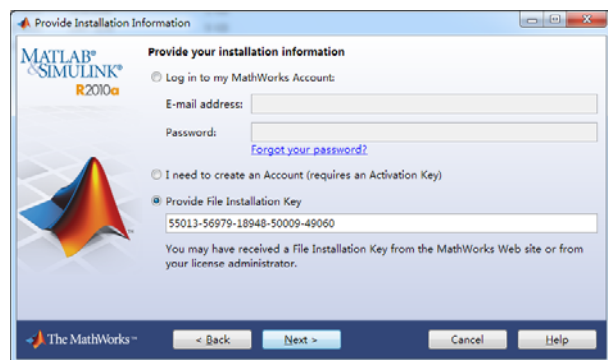


图 1-4 Provide Installation Information 对话框

(5) 若输入正确的密钥, 系统将弹出如图 1-5 所示的 Installation Type 对话框, 从中可以选择 Typical 或 Custom 安装类型。如果选中 Typical 单选按钮, MATLAB R2010a 安装工具将默认安装所有工具箱及组件, 此时所需空间超过 8GB。

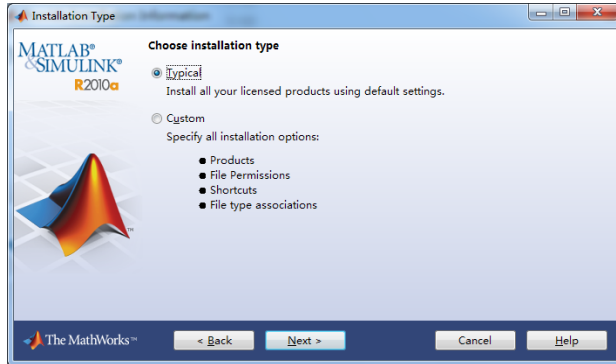


图 1-5 Installation Type 对话框

(6) 选择安装类型后，单击 Next 按钮，在弹出的 Folder Selection 对话框（如图 1-6 所示）中设置安装路径。默认安装路径为 C:\Program File\MATLAB\R2010a，用户可以通过单击 Browse 按钮选择其他安装路径。在此选择默认路径。此时在 Folder Selection 对话框的下部将显示安装硬盘的剩余空间及软件安装所需空间大小（图示为安装全部所需软件占用空间大小）。

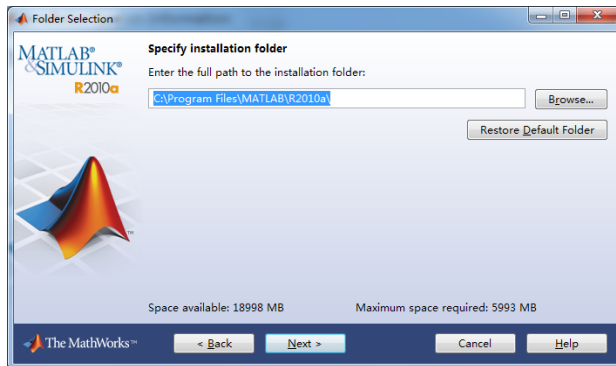


图 1-6 Folder Selection 对话框

(7) 单击 Next 按钮，弹出如图 1-7 所示的 Confirmation 对话框，在其中可以看到用户所默认安装的 MATLAB 组件、安装路径等相关信息。单击 Install 按钮，开始安装。

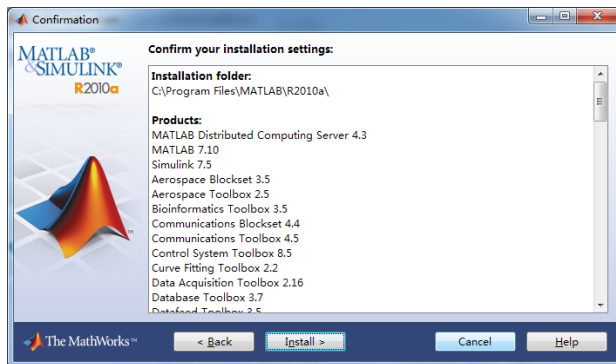


图 1-7 Confirmation 对话框

(8) 软件在安装过程中，将显示安装进度条，如图 1-8 所示。用户需要等待产品组件安装完成，此时可以查看正在安装的产品组件及安装剩余的时间。安装完成后将弹出 Product Configuration Notes 对话框，如图 1-9 所示。

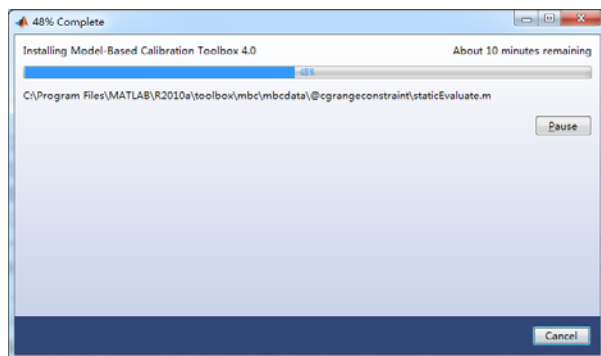


图 1-8 安装进度对话框

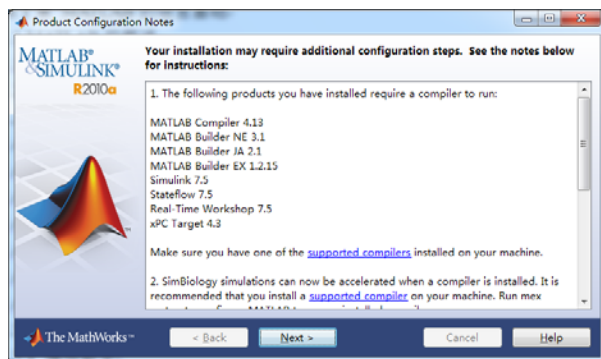


图 1-9 Product Configuration Notes 对话框

(9) 在 Product Configuration Notes 对话框中单击 Next 按钮，以进行产品配置。

(10) 在弹出的如图 1-10 所示 MathWorks Software Activation 对话框中，用户可以选择 Activate automatically using the Internet (recommended) 或 Activate manually without the Internet 激活方式。如果用户有离线激活文件，则选中 Activate manually without the Internet 单选按钮，再单击 Next 按钮。

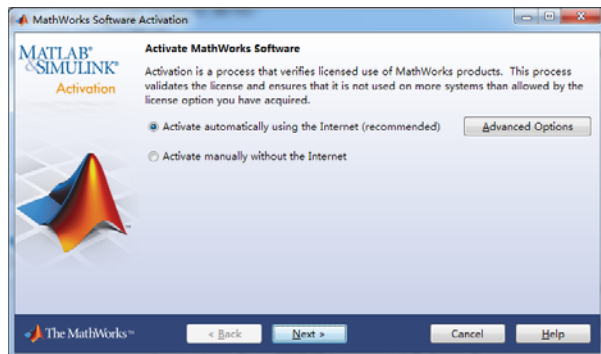


图 1-10 MathWorks Software Activation 对话框