



工业和信息化部普通高等教育“十二五”规划教材立项项目



21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

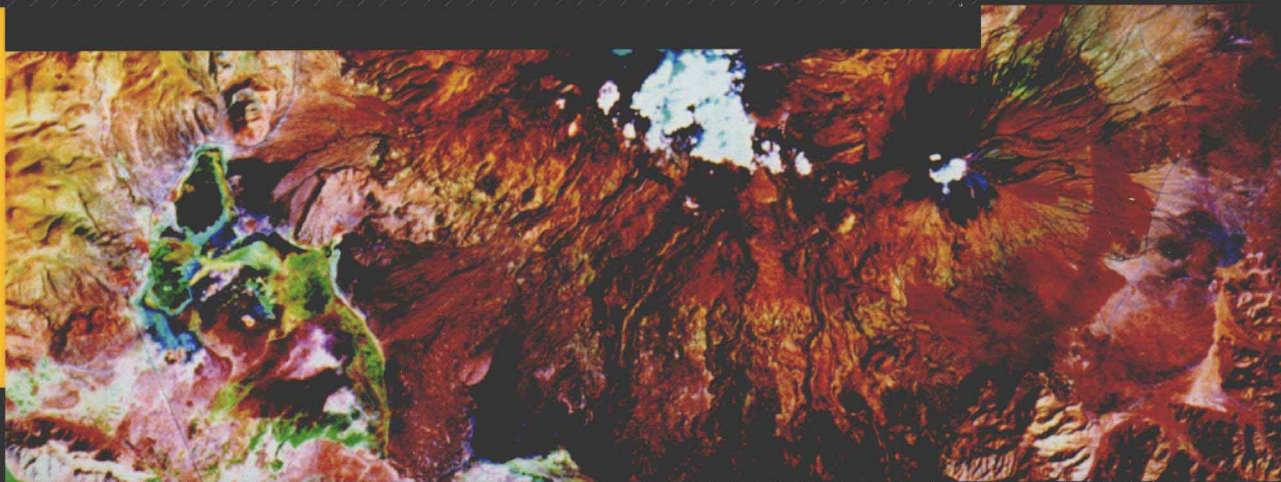
21 Century Institutions of Higher Learning Materials of Electrical Engineering and Automation Planning

Simulations Using MATLAB

MATLAB

动态仿真实例教程

何正风 编著



 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS



工业和信息



21 世纪高
21 century institute

规划教材立项项目

自动化规划教材
Automation Planning

Simulations Using MATLAB

MATLAB

动态仿真实例教程

何正风 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB动态仿真实例教程 / 何正风编著. -- 北京 :
人民邮电出版社, 2012.10
21世纪高等院校电气工程与自动化规划教材
ISBN 978-7-115-28962-9

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

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第177268号

内 容 提 要

全书以实际工程为背景,通过专业技术与大量示例相结合的形式,向读者系统地、详细地介绍了仿真建模技术。全书图文并茂、应用突出、内容广泛,并配有丰富的 MATLAB 程序仿真建模框图。

本书共分为9章,前8章详细介绍了 MATLAB 工作界面、功能演示、建模方法、子系统封装技术、数值计算及系统建模、S-函数使用以及 Simulink 在通信、电路、神经网络中建模等内容,使读者对 MATLAB 建模技术有了一个系统的认识,充分掌握其建模方法。最后一章总结性地介绍了 MATLAB 建模仿真技术在各领域中的应用,使读者进一步扩展 MATLAB 仿真建模技术。

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。

21 世纪高等院校电气工程与自动化规划教材

MATLAB 动态仿真实例教程

-
- ◆ 编 著 何正风
责任编辑 刘 博
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
三河市海波印务有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 20.75 2012 年 10 月第 1 版
字数: 522 千字 2012 年 10 月河北第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-28962-9

定价: 45.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

反盗版热线: (010)67171154

计算机仿真已经成为解决工程实际的必要手段，MATLAB 是由美国 MathWorks 公司发布的主要面对科学计算、可视化以及交互式程序设计的高科技计算环境。它将数值分析、矩阵计算、科学数据可视化以及非线性动态系统的建模和仿真等诸多强大功能集成在一个易于使用的视窗环境中，为科学研究、工程设计以及必须进行有效数值计算的众多科学领域提供了一种全面的解决方案，并在很大程度上摆脱了传统非交互式程序设计语言（如 C、Fortran）的编辑模式，代表了当今国际科学计算软件的先进水平。

Simulink 是 MATLAB 中的一种可视化仿真工具，其建模较一般程序建模直观，操作较为简单，不用死记各种参数及命令的使用方法，只需用鼠标就能完成非常复杂的工作，广泛应用于线性系统、数字控制、非线性系统以及数字信号处理的建模和仿真中。Simulink 不但功能强大、应用广泛，而且还是一个开放性系统，用户可以自己开发模块来增强 Simulink 的功能。对于同一个系统模型，利用 Simulink 可采用多个采样速率。它不但能够实时地显示计算结果，还能够显示模型所表示实物的实际运动形式。使用 MATLAB/Simulink 进行仿真建模，已成为大量仿真工程师必研究的技术之一，也成为高等院校专业学生的必选课程。

MATLAB/Simulink 仿真技术成熟，使 MATLAB/Simulink 仿真技术在通信理论研究、算法设计、系统设计、建模仿真和性能分析验证等领域得到了广泛应用。本书以实际工程为背景，通过专业技术及应用实例结合的形式向读者详细演示了 MATLAB/Simulink 实用仿真技术。

本书重点内容在于讨论 MATLAB/Simulink 的实用仿真技术、技巧，其特点如下。

- (1) 以 MATLAB/Simulink 新版本为蓝本，深入介绍了 Simulink 实例建模与仿真技术。
- (2) 以 Simulink 的仿真技术构成主线介绍了系统的仿真方法及其应用范围。
- (3) 本书内容由浅到深。例如本书中前几章系统介绍了 MATLAB/Simulink 建模仿真技术，最后一章总结性地介绍了 MATLAB/Simulink 建模仿真技术在各领域中的应用。
- (4) 本书知识系统全面、技术新颖、示例充实，利于读者学习后举一反三。

全书共分 9 章。第 1 章对 MATLAB/Simulink 作简要介绍，主要包括 MATLAB 简介、MATLAB 功能演示、Simulink 简介及演示等内容。第 2 章介绍了 Simulink 建模方法，主要包括 Simulink 中常用模块介绍、Simulink 建模及其模块操作等内容。第 3 章介绍了 Simulink 子系统封装技术，主要包括 Simulink 子系统的建立及封装、高级子系统应用等内容。第 4

章介绍了 Simulink 数值计算及系统建模, 主要包括 Simulink 数值计算、系统的线性与非线性建模、系统的时频域分析等内容。第 5 章介绍了 S-函数及其应用, 主要包括 S-函数概述及使用、S-函数模块介绍及使用、S-函数系统建模等内容。第 6 章介绍了 MATLAB/Simulink 在通信系统中建模, 主要包括滤波器、信息量、调制与解调等内容。第 7 章介绍了 MATLAB 在电路仿真中的应用, 主要包括电力系统模块库介绍、电路分析技术、电力系统仿真等内容。第 8 章介绍了 Simulink 神经网络工具箱应用, 主要包括神经网络工具箱介绍、神经网络模型用于预测控制、神经网络模型参考控制等内容。第 9 章介绍了 MATLAB/Simulink 实用仿真技术综合应用实例, 主要包括在模型预测控制的应用、在控制系统的应用、在数字信号处理中的应用等内容。全书实用性强, 应用范围广。

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。

本书主要由何正风编写, 参加编写的还有丁伟雄、雷晓平、周品、李晓东、李娅、杨文茵、赵新芬、赵书梅、栾颖、刘志为、周灵、余智豪、赵书兰和崔如春。

由于时间仓促, 加之编者水平有限, 书中错误和疏漏之处在所难免。在此, 诚恳地期望得到广大读者的批评指正。

编 者

2012 年 6 月

目 录

第 1 章 MATLAB Simulink 介绍.....1	2.2.5 查找表模块..... 38
1.1 MATLAB 简介.....1	2.2.6 数学模块..... 38
1.1.1 MATLAB 概述.....1	2.2.7 模型检测模块..... 39
1.1.2 MATLAB 的安装.....1	2.2.8 模型扩充模块..... 40
1.1.3 MATLAB 的工作界面.....6	2.2.9 端口与子系统模块..... 40
1.2 MATLAB 功能演示.....6	2.2.10 信号属性模块..... 41
1.2.1 MATLAB 在科学计算中演示.....7	2.2.11 信号路线模块..... 41
1.2.2 MATLAB 在绘图中演示.....7	2.2.12 接收器模块..... 42
1.2.3 MATLAB 在信号中演示.....9	2.2.13 输入源模块..... 42
1.2.4 MATLAB 在控制中演示.....12	2.2.14 用户自定义函数模块..... 43
1.2.5 MATLAB 在小波中演示.....14	2.3 Simulink 建模..... 43
1.3 程序结构.....16	2.3.1 建立简单模型..... 43
1.3.1 顺序结构.....17	2.3.2 各模块参数设置..... 45
1.3.2 分支结构.....17	2.3.3 仿真参数设置及 仿真结果输出..... 47
1.3.3 循环结构.....19	2.4 模块及信号的其他操作..... 47
1.4 MATLAB 的在线帮助.....21	2.4.1 模块的其他操作..... 47
1.4.1 联机帮助系统.....21	2.4.2 信号线的操作..... 48
1.4.2 命令帮助系统.....22	2.4.3 模型注释..... 49
1.4.3 联机演示系统.....25	2.5 Simulink 模型调试..... 49
1.4.4 远程帮助系统.....26	2.5.1 图形调试..... 50
1.5 Simulink 简介.....26	2.5.2 命令行调试..... 51
1.5.1 Simulink 功能.....26	2.5.3 断点设置..... 53
1.5.2 图形化动力学系统建模工具.....27	2.5.4 使用图形调试器调试模型..... 54
1.5.3 Simulink 扩展功能及 相关产品.....27	2.5.5 显示仿真信息..... 57
1.6 Simulink 仿真演示.....28	2.5.6 显示模型信息..... 58
1.7 设置 Simulink 显示参数.....31	2.6 模型文件..... 61
第 2 章 Simulink 建模方法.....35	第 3 章 Simulink 子系统封装技术..... 65
2.1 Simulink 的启动与界面.....35	3.1 子系统建立..... 65
2.2 Simulink 中常用模块.....36	3.1.1 利用已有模块建立子系统..... 66
2.2.1 连续模块.....36	3.1.2 通过 Subsystem 模块建立 子系统..... 67
2.2.2 非连续模块.....36	3.1.3 子系统示例..... 67
2.2.3 离散模块.....37	3.2 子系统的封装..... 71
2.2.4 逻辑与位操作模块.....37	

3.2.1	子系统的封装过程	72	4.7.1	频率分析法基础	141
3.2.2	子系统的封装示例	78	4.7.2	频域分析法的应用	142
3.3	高级子系统应用	80	4.8	PID 控制器	144
3.3.1	触发子系统	80	4.8.1	Ziegler-Nichols 整定法	144
3.3.2	使能子系统	82	4.8.2	临界比例带法	148
3.3.3	触发使能子系统	86	4.8.3	衰减曲线法	150
3.3.4	受控子系统	88	第 5 章 S-函数及其应用		153
3.4	模型运行及分析	92	5.1	S-函数概述	153
3.4.1	模型运行	92	5.1.1	S-函数的工作原理	153
3.4.2	模型线性化	97	5.1.2	S-函数的概念	154
3.4.3	系统平衡点的获取	100	5.2	S-函数的使用	155
3.5	模块库管理	101	5.3	S-函数模板	157
3.5.1	建立模块库	101	5.3.1	S-函数模板介绍	158
3.5.2	库模块与引用模块的 关联	102	5.3.2	S-函数模板实例	159
3.5.3	可配置子系统	103	5.4	S-函数系统建模	165
第 4 章 Simulink 数值计算及 系统建模		105	5.4.1	用 S-函数建立连续系统	165
4.1	Simulink 数值计算	105	5.4.2	用 S-函数建立离散系统	167
4.1.1	微分方程求解器	105	5.4.3	用 S-函数建立混合系统	168
4.1.2	刚性方程求解	106	5.5	S-函数综合实例	170
4.1.3	代数环问题	109	第 6 章 MATLAB/Simulink 在通信 系统中建模		178
4.2	连续系统建模	112	6.1	滤波器	178
4.2.1	线性系统建模	112	6.1.1	滤波器概述	178
4.2.2	非线性系统建模	120	6.1.2	滤波器设计实例	180
4.3	离散系统建模	122	6.2	信息量	185
4.3.1	离散系统模块介绍	122	6.2.1	信道容量的计算	185
4.3.2	离散系统示例	123	6.2.2	信源编/译码方法	187
4.4	状态模块仿真	126	6.3	信号参数	190
4.4.1	连续离散状态空间概述	126	6.3.1	离散时间信号的统计参数	190
4.4.2	状态系统示例	127	6.3.2	信号的频域参数	191
4.5	时域分析法	129	6.4	调制与解调	198
4.5.1	MATLAB/Simulink 在 时域分析中的应用	129	6.4.1	模拟调制与解调	198
4.5.2	稳定性分析	132	6.4.2	模拟角度调制	205
4.6	根轨迹分析法	136	6.4.3	基带模拟调制/解调	207
4.6.1	根轨迹法基础	136	6.4.4	数字调制与解调	209
4.6.2	根轨迹分析法相应示例	138	6.5	锁相环	214
4.7	频域分析法	141	6.5.1	锁相环的结构和建模仿真	214
			6.5.2	锁相频率合成器仿真	217
			6.6	通信系统的性能仿真	219

6.6.1 通信系统的误码率仿真	219	8.2.1 网络预测基本概念	270
6.6.2 眼图与散射图	222	8.2.2 预测控制器实例分析	271
第7章 MATLAB在电路仿真中的应用	224	8.3 NARMA-L2控制	275
7.1 电力系统模块库	224	8.3.1 NARMA-L2基本概念	275
7.1.1 基本模块库介绍	225	8.3.2 NARMA-L2控制器实例分析	276
7.1.2 模块库应用示例	228	8.4 神经网络模型参考控制	279
7.2 电路分析技术	229	8.4.1 网络模型参考控制基本概念	279
7.2.1 电阻电路	230	8.4.2 网络模型参考控制实例分析	280
7.2.2 电路的时域分析	235	第9章 MATLAB/Simulink实用仿真技术综合应用实例	285
7.2.3 电路的稳态分析	241	9.1 模型预测控制的应用	285
7.2.4 电路的频域分析	245	9.2 控制系统的应用	288
7.3 电力系统仿真	248	9.2.1 PID控制器应用示例	288
7.3.1 电力系统电路模型分析	249	9.2.2 非线性控制系统应用示例	291
7.3.2 对称分量法	252	9.2.3 倒立摆控制	292
7.4 数字电路的设计	254	9.2.4 闭环比值控制系统	296
7.4.1 设计编码器	254	9.2.5 解耦控制系统	302
7.4.2 设计译码器	256	9.3 在数字信号处理中的应用	310
7.4.3 设计加法器	258	9.3.1 数字化正交解调与脉冲压缩处理应用	310
7.4.4 设计选择器	260	9.3.2 雷达信号数字处理技术应用	313
第8章 Simulink神经网络工具箱应用	262	9.4 在力学上的应用	319
8.1 神经网络工具箱	262	参考文献	324
8.1.1 神经网络模块介绍	262		
8.1.2 神经网络模块生成及模型设计	266		
8.2 神经网络模型用于预测控制	269		

1.1 MATLAB 简介

1.1.1 MATLAB 概述

MATLAB 是英文 MATrix LABoratory 的缩写，它是由 New Mexico 大学的 Cleve Moler 教授最先创建的。1980 年前后，Cleve Moler 教授在给 学生讲授线性代数时，让学生使用当时的线性代数软件包 LINPACK 和基于特征计算的软件包 EISPACK 求解线性代数问题。在使用过程中，Cleve Moler 教授发现学生花费了很多的时间用在编写接口函数上。为了方便学生使用，他便自己动手编写接口函数，并命名为 MATLAB。

早期的 MATLAB 是用 Fortran 语言编写的，后来改用 C 语言编写，并于 1984 年由 MathWorks 公司推出第 1 版。其后 MATLAB 不断推出新的版本，功能也越来越强大。1993 年推出了微机版，可以在 Windows 3.x 上使用。1997 年推出了 MATLAB 5.0，支持单元数组、结构数组、多维数组等。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。MATLAB R 系列是从 2006 年开始发布的，MathWorks 公司在技术层面上实现了一次飞跃。从此以后产品发布模式也将改变，将在每年的 3 月和 9 月进行两次产品发布，版本的命令方式为“R+年份+代码”，对应上下半年的代码分别是 a 和 b。每一次发布都会包含所有的产品模块，如产品的 new feature、bug fixes 和新产品模块的推出。MATLAB R2012a 是 MathWorks 公司 2012 年 3 月份推出的最新产品。

MATLAB R2012a 相比以前版本而言，不仅包括 MATLAB 和 Simulink 的新特性，同时还包含 81 个其他产品模块的升级和 bug 修正。

从 MATLAB R2008a 开始，MATLAB 和 Simulink 产品家族软件在安装后需要激活才能使用。MATLAB R2012a 将引入 License Center——在线 License 管理的工具。

1.1.2 MATLAB 的安装

MATLAB R2012a 在安装过程上与 MATLAB R2008 在安装与激活上基本相同，都增加了对 MATLAB 的激活环节。具体安装步骤如下。

(1) 将 MATLAB R2012a 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) 启动安装程序后显示的安装界面如图 1-2 所示。单击“使用 Internet 安装”单选按钮，再单击【下一步】按钮。

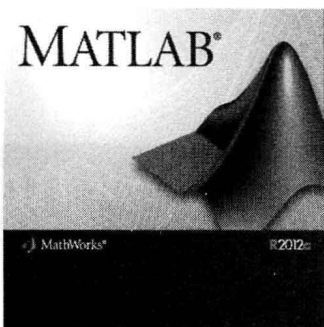


图 1-1 MATLAB R2012a 安装的启动界面

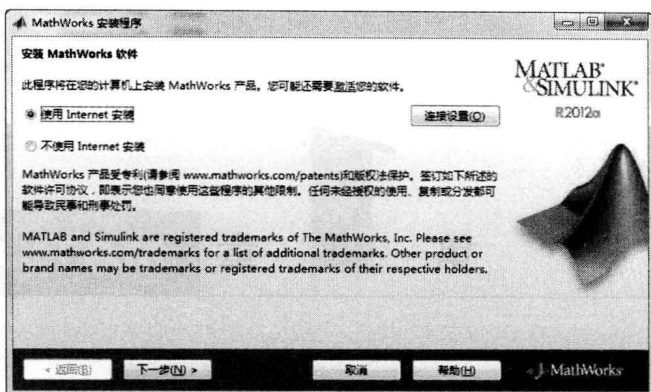


图 1-2 “MathWorks 安装程序”对话框

(3) 弹出如图 1-3 所示的“许可协议”对话框，若同意 Math Works 公司的安装许可协议，点击“是”单选按钮，单击【下一步】按钮。

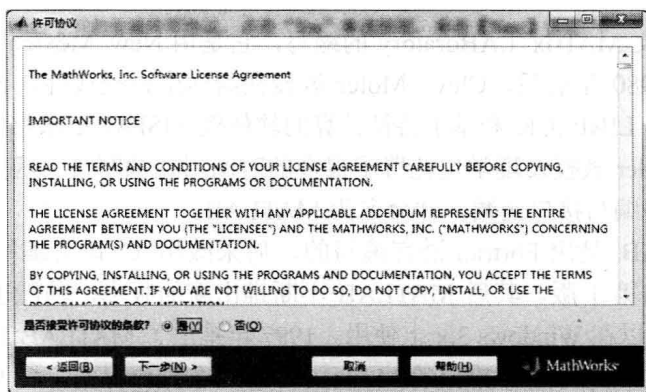


图 1-3 “许可协议”对话框

(4) 弹出如图 1-4 所示的“提供安装信息”对话框，输入软件外包装封面或安装许可文件内提供的钥匙，单击【下一步】按钮。

(5) 若输入的是正确的钥匙，系统将弹出如图 1-5 所示的“安装类型”对话框，可以选择“典型”或“自定义”安装类型。如果选择“典型”，MATLAB R2012a 安装工具默认安装所有工具箱及组件，此时所需空间超过 8GB。

(6) 默认路径为 C:\Program File\MATLAB\R2012a。用户可以通过单击【浏览】按钮选择其他安装文件夹，如作者选择安装在“F:\MATLAB R2012a”下，如果 F 盘下没有“MATLAB R2012a”文件夹，安装程序自动建立，此时“选择文件夹”对话框的下部将显示安装硬盘剩余空间及软件安装所需空间大小（图示为全部安装所需软件大小）。单击【下一步】按钮，如图 1-6 所示。

(7) 确定安装路径的下一步，系统将弹出如图 1-7 所示的“确定”对话框，可以看到用户所默认安装的 MATLAB 组件、安装文件夹等相关信息。单击【安装】按钮，安装开始。

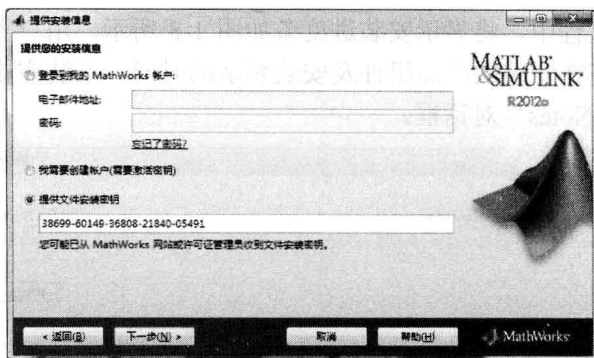


图 1-4 “提供安装信息”对话框

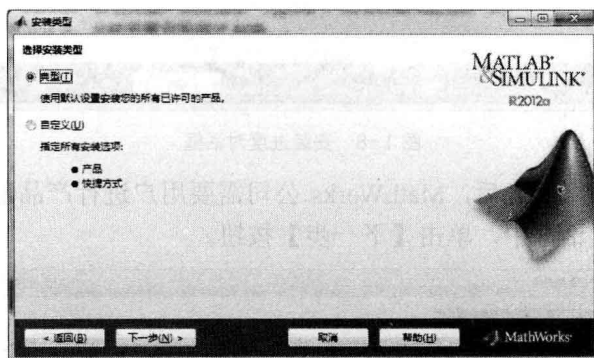


图 1-5 “安装类型”对话框

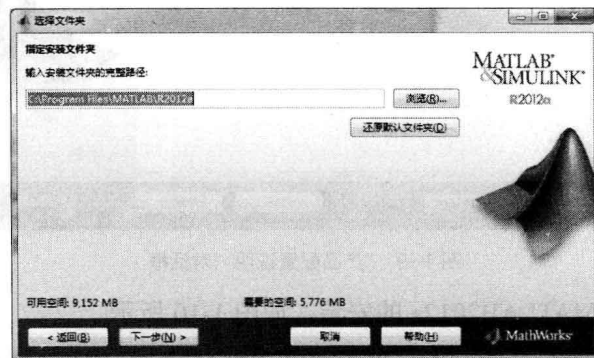


图 1-6 “选择文件夹”对话框

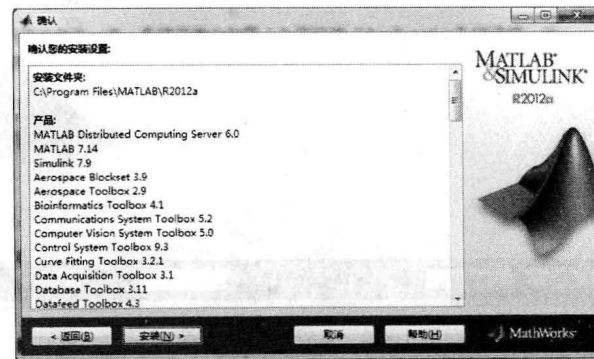


图 1-7 “确定”对话框

4 | MATLAB 动态仿真实例教程

(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，同时可以查看正在安装的产品组件及安装剩余的时间。安装完成弹出如图 1-9 所示的“Product Configuration Notes”对话框。

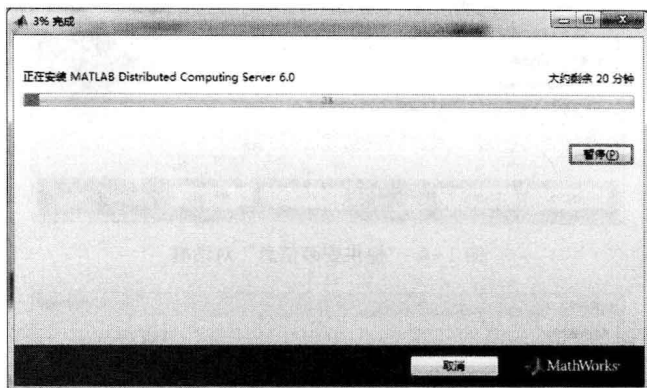


图 1-8 安装进度对话框

(9) 在安装完产品组件之后，MathWorks 公司需要用户进行产品配置。在如图 1-9 所示的“产品配置说明”对话框中，单击【下一步】按钮。

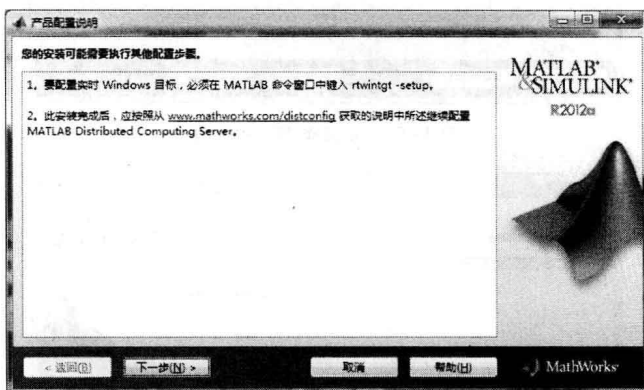


图 1-9 “产品配置说明”对话框

(10) 接着即完成 MATLAB2012a 的安装，如图 1-10 所示。

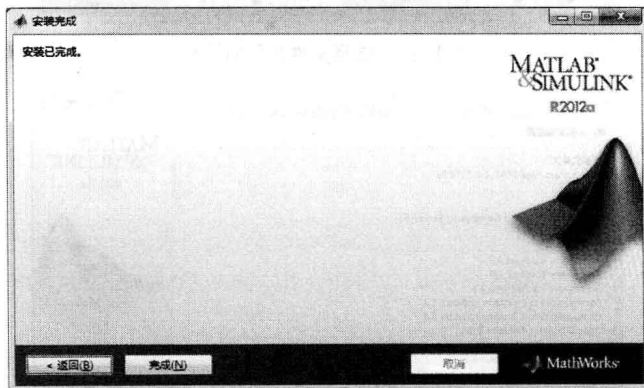


图 1-10 完成 MATLAB 安装

(11) 完成 MATLAB 安装后，在 MATLAB 的安装目录下的 bin 文件夹中，找到 MATLAB.

exe 文件，双击该文件即可弹出 MATLAB 激活界面，如图 1-11 所示。

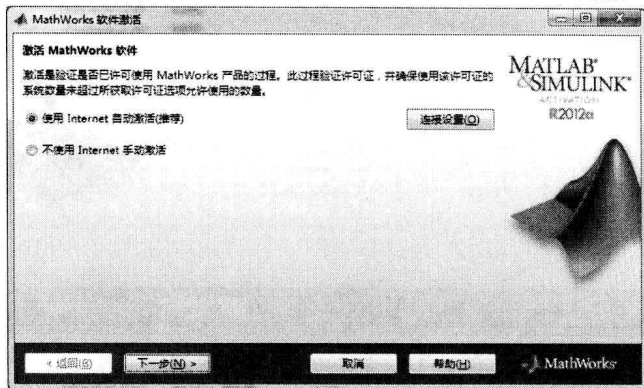


图 1-11 MATLAB 激活界面

(12) 在图 1-11 中选择“不使用 Internet”项，即进入“登录或提供许可文件”对话框，如图 1-12 所示，接着单击【下一步】按钮。

(13) 在弹出的“离线激活”对话框中，选择“输入许可文件的完整路径（包括文件名）”，即单击右侧的“浏览”按钮，找到许可文件的完整路径，如图 1-13 所示。接着单击【下一步】按钮。

(14) 即可完成 MATLAB2012a 激活，效果如图 1-14 所示。

至此即可完成 MATLAB2012a 的安装与激活，然后再双击 MATLAB.exe 文件，即可运行 MATLAB2012a。

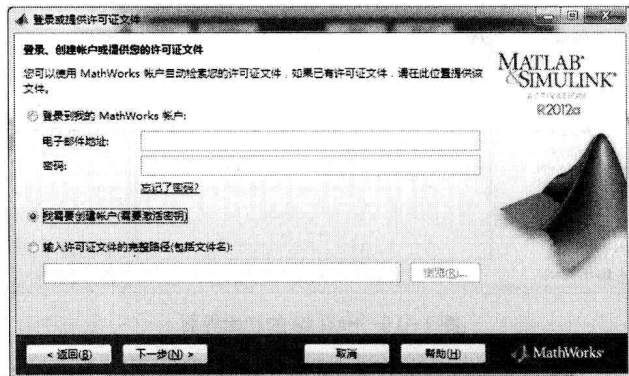


图 1-12 “登录或提供许可文件”对话框

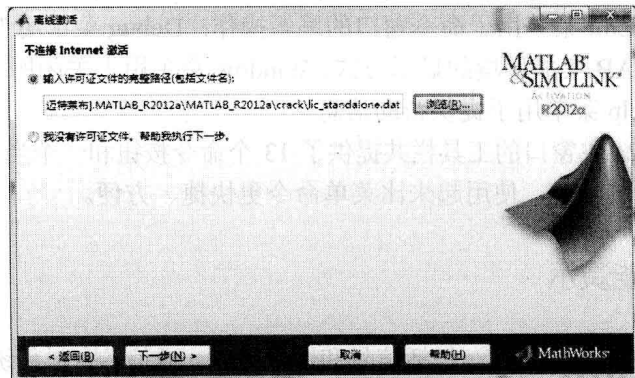


图 1-13 “离线激活”对话框

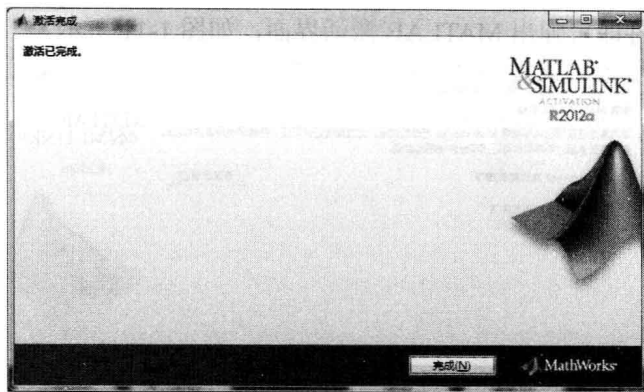


图 1-14 完成 MATLAB 激活界面

1.1.3 MATLAB 的工作界面

MATLAB 主窗口是 MATLAB 的主要工作界面，效果如图 1-15 所示。主窗口除了嵌入命令窗口（Command Window）、命令历史窗口（Command History）、工作空间（Workspace）等子窗口外，还包括菜单栏与工具栏。

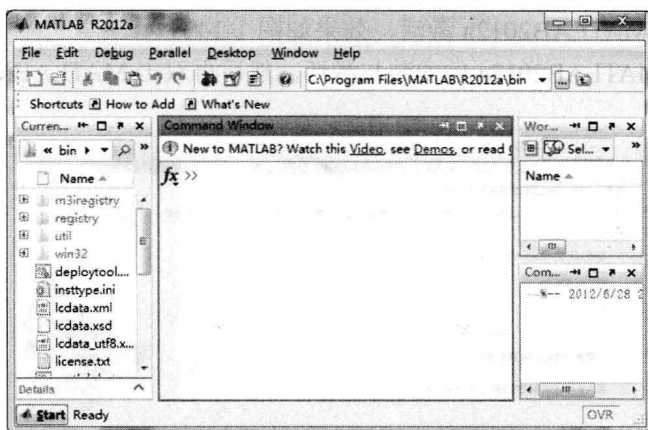


图 1-15 MATLAB 的初始界面

当选择不同的子窗口时，菜单栏包含不同的菜单项。例如，当选择命令窗口时，菜单栏包含“File”、“Edit”、“Debug”、“Desktop”、“Window”与“Help”共 6 菜单项。File 菜单实现有关文件的操作；Edit 菜单用于命令窗口的编辑操作；Debug 菜单用于程序调试；Desktop 菜单用于设置 MATLAB 集成环境的显示方式；Window 菜单用于关闭所有打开的编辑器窗口或选择活动窗口；Help 菜单用于提供帮助信息。

MATLAB R2012a 主窗口的工具栏共提供了 13 个命令按钮和一个当前路径列表框。这些命令按钮有对应的菜单命令，使用起来比菜单命令更快捷、方便。

1.2 MATLAB 功能演示

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、计算生物学等众多应用领域。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。下面通过演示 MATLAB 在一些领域中的例子, 让读者先对 MATLAB 有一个概要的认识。

1.2.1 MATLAB 在科学计算中演示

下面通过示例来演示 MATLAB 在科学计算中的应用, 体现了 MATLAB 的强大计算功能。

【例 1-1】 计算 $(14 - (13 - 7) \times 9) + 5^2 / 2$ 的运算结果。

在 MATLAB 命令窗口输入

```
>> (14 - (13 - 7) * 9) + 5^2 / 2
```

运行程序, 输出如下:

```
ans =
    -27.5000
```

【例 1-2】 已知复数表达式 $z_1 = 4 - 16i$, $z_2 = 5 + 10i$, $z_3 = e^{2\pi i/3}$, 计算 $z = \frac{z_1 z_2}{z_3}$ 的结果。

%第一种输入方法

```
>> clear all;
```

```
z1=4-16i;
```

```
z2=5+10i;
```

```
z3=exp(i*2*pi/3);
```

```
z=z1*z2/z3
```

%清除 MATLAB 内存空间中已有的变量

%表达式 z1

%表达式 z2

%表达式 z3

运行程序, 输出如下:

```
z =
    -1.2464e+002 -1.3588e+002i
```

%第二种方法输入:

```
>> clear all;
```

```
>> z1=4-16i
```

%表达式 z1

```
z1 =
```

```
    4.0000 -16.0000i
```

```
>> z2=5+10i
```

%表达式 z2

```
z2 =
```

```
    5.0000 +10.0000i
```

```
>> z3=exp(i*2*pi/3)
```

%表达式 z3

```
z3 =
```

```
   -0.5000 + 0.8660i
```

```
>> z=z1*z2/z3
```

%表达式 z 计算结果

```
z =
```

```
   -1.2464e+002 -1.3588e+002i
```

请读者细心分析一下两种输入方法有什么不同。

1.2.2 MATLAB 在绘图中演示

MATLAB 除了具有强大的计算功能外, 还具有丰富的绘图功能, 下面通过示例来让读者了解。

【例 1-3】 采用模型 $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{25-a^2} = 1$ 绘制一组椭圆。

在命令窗口输入:

```

>> clear all;
h=[0:pi/50:2*pi]';
a=[0.5:0.5:4.5];
x=cos(h)*a;
y=sin(h)*sqrt(25-a.^2);
plot(x,y,'linewidth',2);
axis('equal');
xlabel('x'); ylabel('y');
title('一组椭圆绘制');

```

%长度为 101 列向量
 %长度为 9 的行向量
 %(101*9)的矩阵
 %(101*9)的矩阵
 %绘制椭圆形
 %设置坐标为方形
 %为图添加 x 与 y 轴标注
 %为图形添加标题

运行程序，效果如图 1-16 所示。

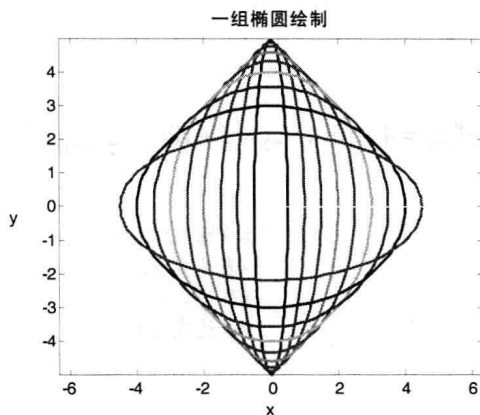


图 1-16 一组椭圆效果图

【例 1-4】 利用 surf 函数绘制三维曲面图。

```

>> clear all;
[x,y] = meshgrid([-2:.2:2]);
z = x.*exp(-x.^2-y.^2);
surf(x,y,z,gradient(z));
axis tight
set(gcf,'color','w');

```

%使图形背景色为白色

运行程序，效果如图 1-17 所示。

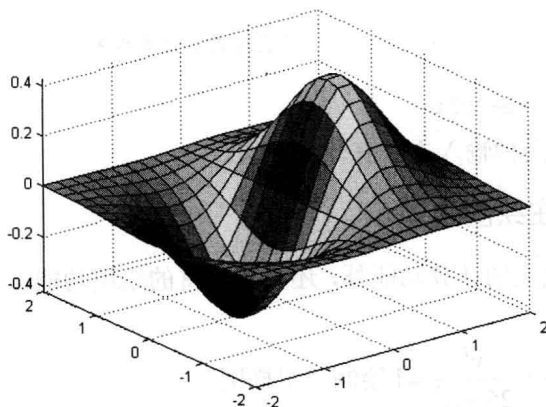


图 1-17 利用 surf 绘制的三维曲面图

如果要改变图 1-17 三维曲面图的属性值，可通过以下代码实现：

```
>> surf(x,y,z,'FaceAlpha','flat',...
'AlphaDataMapping','scaled',...
'AlphaData',gradient(z),...
'FaceColor','blue');
axis tight
```

运行程序，效果如图 1-18 所示。

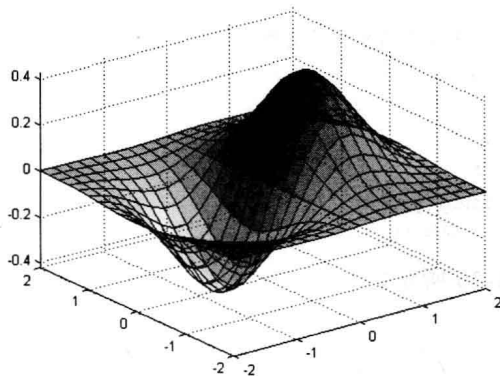


图 1-18 改变三维曲面图属性效果图

【例 1-5】 利用 MATLAB 自带的数据进行绘图。

```
>> clear all; %清除 MATLAB 的内存变量
load geoid %加载 MATLAB 自带的 geoid 数据
axesm miller
framem
tightmap
[c,h] = contourm(geoid,geoidlegend,-100:50:80); %对实现进行表面等高线绘制
clabelm(c,h)
```

运行程序，效果如图 1-19 所示。

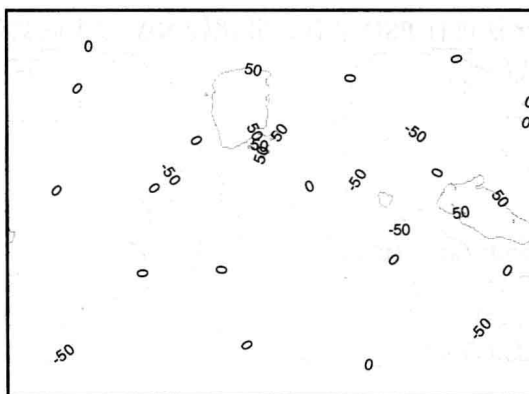


图 1-19 数据表面等高线效果图

1.2.3 MATLAB 在信号中演示

MATLAB 除了具有强大的计算功能及丰富的绘图功能外，还在信号中具有广泛的应用。