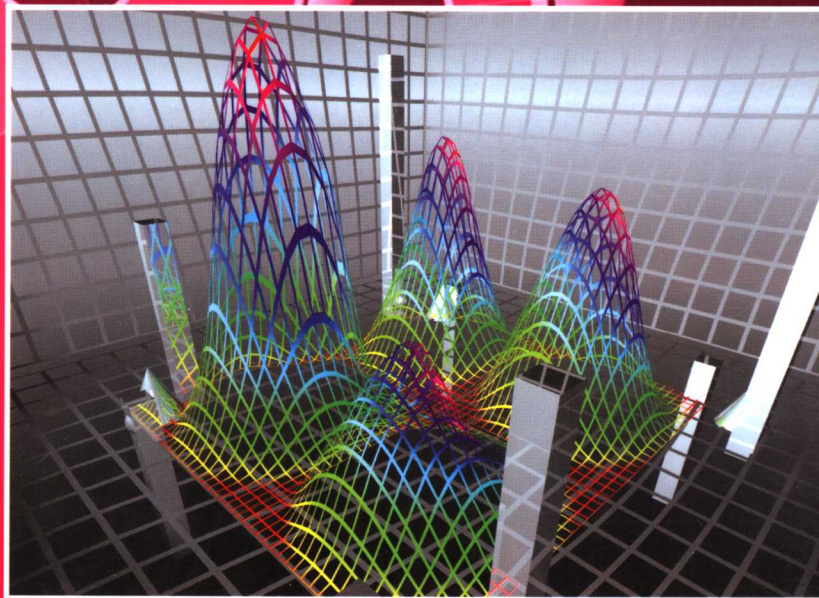


● 现代工业自动化技术应用丛书

# MATLAB 控制系统 设计 仿真 应用

王丹力 赵剡 邱治平 编著



光盘包含本书源程序及MATLAB使用演示视频



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)

TP273/461D

2007

现代工业自动化技术应用丛书

# MATLAB 控制系统 设计 仿真 应用

王丹力 赵剡 邱治平 编著



中国电力出版社  
[www.cepp.com.cn](http://www.cepp.com.cn)



本书系统地介绍了 MATLAB 7 的基本功能、常用控制系统工具函数及其在控制系统中的应用, 突出了新版本的新增功能和特性。考虑到各学科和各种程度的读者, 尽可能做到简单实用, 同时也加入了有一定难度的实例, 来提高读者的控制系统工程设计能力。

书中内容由浅入深, 结合大量实例, 分析了 MATLAB 的基础知识、编程方法、用户界面设计, 以及控制系统的分析、设计与仿真。结合实际控制系统的实例, 详细介绍了借助于 MATLAB 进行控制系统分析、设计的方法与过程。

编写本书的意图是让学习和使用控制系统的读者尽快掌握使用 MATLAB 提供的编程环境和工具进行控制系统的设计和仿真。书中列举大量实例来帮助读者理解和掌握使用 MATLAB 编程和设计控制系统的技巧。本书具有内容新颖、范围广阔、实用性强、简单易学等特点。

本书的电子光盘为读者提供动态的交互环境, 包括了本书各章的源程序及 MATLAB 操作演示视频, 配合本书帮助读者更好地掌握 MATLAB 这个工具。

本书可作为理工科各专业本科高年级学生、研究生学习 MATLAB 基础知识和控制系统理论的辅助教材, 还可以作为相关领域广大科技工作者的参考用书。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 控制系统设计、仿真、应用 / 王丹力, 赵刻, 邱治平  
编著. —北京: 中国电力出版社, 2007

(现代工业自动化技术应用丛书)

ISBN 978-7-5083-5884-0

I. M… II. ①王… ②赵… ③邱… III. 控制系统-计算机  
辅助计算-软件包, MATLAB IV. TP273

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 098207 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路 6 号 100044 <http://www.cepp.com.cn>)

北京丰源印刷厂印刷

各地新华书店经售

\*

2007 年 9 月第一版 2007 年 9 月北京第一次印刷

1000 毫米×1400 毫米 B5 开本 19.25 印张 392 千字

印数 0001—3000 册 定价 36.00 元

## 敬告读者

本书封面贴有防伪标签, 加热后中心图案消失

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



MATLAB 的名字是由 Matrix 和 Laboratory 两个词的前三个字母组成。1984 年在美国出现了第一个 MATLAB 的商业版本, 该版本是一种专门用于矩阵数值计算的软件。随着 MATLAB 的逐步市场化, 其功能也越来越强大。目前, MATLAB 已经成为国际最为流行的科学与工程计算的软件之一, 以其模块化的计算方法、可视化与智能化的人机交互功能、丰富的矩阵运算、图形绘制和数据处理函数, 以及模块化图形组态的动态系统仿真工具 Simulink, 成为控制系统设计和仿真领域最受欢迎的软件系统。

MATLAB 7 包含了强大的控制系统工具集, 它支持控制系统设计过程的每个环节: 系统建模、分析、仿真到控制器设计和实现, 并可以用于不同领域的系统设计, 如制造、机械、航空航天、通信和计算机等领域。

本书结合 MATLAB 7 版本, 介绍 MATLAB 的基本功能、编程方法及其在控制系统分析和设计中的应用。全书共 10 章, 第 1 章是 MATLAB 基础知识, 介绍了 MATLAB 概况、MATLAB 7 的安装、文件管理、编程环境及其帮助系统的使用。第 2 章是 MATLAB 数值计算, 讲解了 MATLAB 的矩阵运算、关系和逻辑运算、矩阵分解、多项式运算、数据分析以及数值分析等基本的运算方法和指令。第 3 章是 MATLAB 程序设计基础, 系统地描述 M 文件的形式、功能、程序结构、变量定义、程序流控制和函数调用, 以及编程实例。第 4 章是 MATLAB 界面设计, 介绍图形用户界面的生成基本知识、如何创建图形用户界面和界面设计实例。第 5 章是控制系统的数学模型, 介绍线性时不变系统在 MATLAB 中的模型建立、模型转换、模型连接以及离散化、连续化的常用函数, 为控制系统的分析和设计打下基础。第 6 章是控制系统的时域和频域分析, 介绍了用于控制系统的时域分析、频域分析和根轨迹分析的时间响应函数、频率特性作图函数以及根轨迹作图函数。第 7 章是 MATLAB 的仿真集成环境 Simulink, 介绍 Simulink 基础知识、结合实例描述了仿真环境的功能和应用。第 8 章是控制系统的设计与仿真, 分析了控制系统的 Bode 图校正、根轨迹校正方法、PID 校正、极点配置控制器设计等设计和仿真。第 9 章是常用控制系统设计实例, 给出了鲁棒控制系统、模型预测控制系统、模糊控制系统等常用控制系统的设计实例。

编写本书的意图是让学习和使用控制系统的读者尽快掌握使用 MATLAB 语言提供的编程环境和工具进行控制系统的分析和设计。书中列举大量实例可以帮助读者理解和掌握使用 MATLAB 编程和设计控制系统的技巧。

本书具有如下特点:

### 1. 内容新颖

本书介绍了 MATLAB 7 的新特点及其工具箱函数，重点介绍了新函数的使用，并给出了实例说明新函数的使用方法。

### 2. 范围较广

本书首先介绍了 MATLAB 的基本功能、矩阵运算、编程方法、界面设计等基础知识，之后详细介绍了控制系统的分析、设计和仿真，以及常用控制系统的 MATLAB 分析与设计。

### 3. 实用性强

本书结合控制系统的实例，分析了 MATLAB 基本功能和控制系统工具函数的使用方法，具有工程实用性和参考意义，为广大读者解决实际控制问题，提供了较好的范例。

### 4. 简单易学

本书以实例为主，以图文为辅，通过详细分析控制系统的相关功能及使用 MATLAB 辅助分析和设计，引领读者快速掌握 MATLAB 的主要功能和控制系统的工具函数。

本书是很多人智慧的结晶，由王丹力、赵剡、邱治平编著，参加本书编写和审核的人员还有崔德华、彭芳、胡涛、李洁、樊民革、李志敏、杜磊等。本书在编写过程中得到中国航天二院的闻新研究员、中国科学院软件研究所的金宏博士和王晖博士的大力支持，在此作者表示由衷地感谢。此外，本书还参考了一些文献资料，对这些资料的作者深表谢意。

此外，还要感谢中科院软件所的戴国忠研究员和王宏安研究员、北京航空航天大学的张洪钺教授和范跃祖教授对本书出版工作的支持与帮助。

由于作者水平有限，书中难免有不足之处，欢迎广大读者批评指正。

编 者

2007 年 2 月

# 目 录



## 前言

## 第1章 MATLAB 基础知识 ..... 1

### 1.1 MATLAB 概况 ..... 1

#### 1.1.1 MATLAB 的发展历程和 影响 ..... 1

#### 1.1.2 MATLAB 语言的特点 ..... 2

#### 1.1.3 MATLAB 7 的新特点 ..... 3

#### 1.1.4 MATLAB 7 中的控制工具箱 及相关产品 ..... 4

### 1.2 MATLAB 7 的安装 ..... 5

#### 1.2.1 MATLAB 7 的安装要求 ..... 5

#### 1.2.2 MATLAB 7 的安装方法 ..... 6

### 1.3 MATLAB 7 系统运行 ..... 9

#### 1.3.1 MATLAB 7 的启动 ..... 9

#### 1.3.2 MATLAB 7 的用户界面 ..... 10

#### 1.3.3 MATLAB 7 的工具栏 ..... 10

#### 1.3.4 MATLAB 7 的窗口 ..... 11

### 1.4 MATLAB 7 的文件管理 ..... 14

#### 1.4.1 MATLAB 的当前目录 ..... 14

#### 1.4.2 MATLAB 7 文件路径设置 ..... 15

### 1.5 MATLAB 7 帮助系统 ..... 17

#### 1.5.1 帮助窗口 ..... 17

#### 1.5.2 帮助查询 ..... 21

## 第2章 MATLAB 数值计算 ..... 23

### 2.1 矩阵与数组运算 ..... 23

#### 2.1.1 矩阵的建立 ..... 23

#### 2.1.2 矩阵与数组运算 ..... 27

### 2.2 数组函数与矩阵函数 ..... 30

#### 2.2.1 基本数组函数 ..... 30

#### 2.2.2 基本矩阵函数 ..... 31

#### 2.2.3 几个易混淆的两种函数 运算 ..... 34

### 2.3 关系运算和逻辑运算 ..... 35

#### 2.3.1 关系运算 ..... 36

#### 2.3.2 逻辑运算 ..... 36

### 2.4 矩阵的分解 ..... 38

#### 2.4.1 三角分解 ..... 38

#### 2.4.2 正交分解 ..... 38

#### 2.4.3 特征值分解 ..... 39

#### 2.4.4 奇异值分解 ..... 41

### 2.5 多项式 ..... 41

#### 2.5.1 多项式表达 ..... 41

#### 2.5.2 多项式的运算 ..... 42

### 2.6 数据分析 ..... 43

#### 2.6.1 基本统计函数指令 ..... 43

#### 2.6.2 协方差阵和相关阵 ..... 44

#### 2.6.3 有限差分 and 导数 ..... 44

#### 2.6.4 数据滤波 ..... 46

### 2.7 数值分析 ..... 48

#### 2.7.1 数值积分 ..... 48

#### 2.7.2 微分方程的数值解 ..... 49

## 第3章 MATLAB 程序设计 ..... 52

### 3.1 MATLAB 程序设计基础 ..... 52

#### 3.1.1 M 文件的创建 ..... 52

#### 3.1.2 MATLAB 的脚本文件 ..... 53

#### 3.1.3 MATLAB 的函数文件 ..... 55

### 3.2 参数与变量 ..... 56

#### 3.2.1 参数 ..... 56

#### 3.2.2 全局变量和局部变量 ..... 60

|                                 |     |                                   |     |
|---------------------------------|-----|-----------------------------------|-----|
| 3.3 数据类型 .....                  | 61  | 4.3.3 使用句柄结构进行 GUI 数据<br>操作 ..... | 108 |
| 3.4 程序结构 .....                  | 63  | 4.4 GUI 实例 .....                  | 110 |
| 3.4.1 顺序结构 .....                | 63  | <b>第5章 控制系统的数学模型</b> .....        | 114 |
| 3.4.2 循环结构 .....                | 64  | 5.1 传递函数模型 .....                  | 114 |
| 3.4.3 分支结构 .....                | 66  | 5.1.1 连续系统的传递函数<br>模型 .....       | 114 |
| 3.5 程序流控制语句 .....               | 69  | 5.1.2 离散系统的传递函数<br>模型 .....       | 117 |
| 3.5.1 echo 指令 .....             | 69  | 5.1.3 多变量系统的传递函数矩阵<br>模型 .....    | 119 |
| 3.5.2 input 指令 .....            | 70  | 5.2 零极点模型 .....                   | 121 |
| 3.5.3 pause 指令 .....            | 70  | 5.3 状态方程模型 .....                  | 122 |
| 3.5.4 keyboard 指令 .....         | 70  | 5.3.1 连续系统的状态方程<br>模型 .....       | 122 |
| 3.5.5 break 指令 .....            | 70  | 5.3.2 离散状态方程模型 .....              | 124 |
| 3.6 函数调用及变量传递 .....             | 71  | 5.4 不同模型对象间的相互<br>转换 .....        | 124 |
| 3.6.1 函数调用 .....                | 71  | 5.4.1 LTI 对象转化为传递<br>函数 .....     | 125 |
| 3.6.2 参数传递 .....                | 72  | 5.4.2 将 LTI 对象转化为零极点<br>模型 .....  | 126 |
| 3.7 绘图 .....                    | 73  | 5.4.3 系统的状态方程实现 .....             | 127 |
| 3.7.1 二维绘图 .....                | 73  | 5.4.4 最小实现 .....                  | 129 |
| 3.7.2 三维绘图 .....                | 77  | 5.5 环节方框图模型的化简 .....              | 131 |
| 3.7.3 句柄图形 .....                | 79  | 5.5.1 串联连接的化简 .....               | 131 |
| 3.8 M 文件举例 .....                | 83  | 5.5.2 环节并联连接的化简 .....             | 132 |
| <b>第4章 MATLAB 界面设计</b> .....    | 88  | 5.5.3 环节反馈连接的化简 .....             | 133 |
| 4.1 MATLAB 图形用户界面<br>基础 .....   | 88  | 5.5.4 复杂连接结构的化简 .....             | 134 |
| 4.1.1 图形用户界面简介 .....            | 88  | 5.6 控制系统模型的离散化<br>与连续化 .....      | 137 |
| 4.1.2 图形用户界面对象的层次<br>结构 .....   | 89  | 5.6.1 连续系统模型的离散化 .....            | 137 |
| 4.1.3 启动图形用户界面 .....            | 89  | 5.6.2 离散系统模型的连续化 .....            | 139 |
| 4.1.4 布局编辑器 .....               | 89  |                                   |     |
| 4.1.5 GUIDE 模板介绍 .....          | 90  |                                   |     |
| 4.2 创建图形用户界面 .....              | 92  |                                   |     |
| 4.2.1 图形用户界面设计原则 .....          | 92  |                                   |     |
| 4.2.2 图形用户界面创建 .....            | 93  |                                   |     |
| 4.3 GUI 编程 .....                | 102 |                                   |     |
| 4.3.1 GUI 的 M 文件 .....          | 102 |                                   |     |
| 4.3.2 给 GUI 的控件响应编制<br>程序 ..... | 105 |                                   |     |

## 第6章 控制系统的时域和频域

### 分析 ..... 141

- 6.1 时域分析 ..... 141
- 6.2 根轨迹分析 ..... 153
- 6.3 频域分析 ..... 156
  - 6.3.1 频率响应 ..... 158
  - 6.3.2 Bode (波特) 图的绘制 ... 158
  - 6.3.3 Nyquist (奈奎斯特) 图的  
绘制 ..... 167
  - 6.3.4 Nichols (尼科尔斯) 图的  
绘制 ..... 170
- 6.4 系统的稳定性分析 ..... 172

## 第7章 MATLAB 的仿真集成

### 环境 Simulink ..... 176

- 7.1 Simulink 基础知识 ..... 176
  - 7.1.1 Simulink 的工程应用  
实例 ..... 176
  - 7.1.2 Simulink 常用模块简介 ..... 177
  - 7.1.3 Simulink 的基本应用 ..... 181
  - 7.1.4 Simulink 的总结 ..... 185
- 7.2 Simulink 的高级应用 ..... 186
  - 7.2.1 子系统及其建立 ..... 186
  - 7.2.2 模块封装与模块集 ..... 188
  - 7.2.3 S 函数、M 函数及其应用  
..... 192
- 7.3 实例: 单级倒立摆 ..... 195

## 第8章 控制系统的设计与仿真 ... 202

- 8.1 控制系统的 Bode 图校正 ..... 202
  - 8.1.1 Bode 图超前校正 ..... 202
  - 8.1.2 Bode 图滞后校正 ..... 207
  - 8.1.3 Bode 图滞后超前校正 ..... 208
- 8.2 根轨迹校正方法 ..... 216
  - 8.2.1 串联超前校正 ..... 216

- 8.2.2 用 Rltool 工具进行根轨迹  
设计 ..... 220

- 8.2.3 串联滞后校正 ..... 224

- 8.3 PID 校正概述 ..... 224

- 8.4 极点配置控制器设计 ..... 230

- 8.4.1 极点配置算法 ..... 230

- 8.4.2 部分极点配置问题 ..... 233

- 8.4.3 应用极点配置设计观测器  
..... 235

- 8.4.4 基于观测器的控制器设计  
..... 236

## 第9章 常用控制系统设计实例 ... 241

- 9.1 鲁棒控制系统 ..... 241

- 9.1.1 鲁棒控制问题的一般描述  
..... 241

- 9.1.2 鲁棒控制系统设计 ..... 243

- 9.1.3 鲁棒控制系统设计实例 ... 245

- 9.2 模型预测控制设计举例 ..... 250

- 9.2.1 动态矩阵控制 (DMC) 的  
基本原理 ..... 250

- 9.2.2 DMC 参数设计 ..... 255

- 9.2.3 预测控制设计实例 ..... 259

- 9.3 模糊控制系统 ..... 268

- 9.3.1 模糊控制系统概述 ..... 268

- 9.3.2 模糊控制系统的设计方法  
..... 269

- 9.3.3 模糊控制系统设计实例 ... 271

## 附录 A 基本命令 ..... 286

## 附录 B 常用函数 ..... 287

## 附录 C 工具箱函数 ..... 289

## 参考文献 ..... 300



# 第1章 MATLAB 基础知识

在自动控制领域有大量复杂繁琐的计算与仿真曲线绘制任务。随着计算机的广泛应用,许多重复繁琐的工作都可以交给它来完成,但需要编制计算机程序。MATLAB 及其工具箱和 Simulink 仿真工具的出现为控制系统的设计与仿真提供了一个强有力的工具,使控制系统分析设计的方法发生了革命性的变化。目前, MATLAB 已经成为国际、国内控制领域最流行的软件。本章主要介绍 MATLAB 概况、安装、运行、文件管理及帮助系统。MATLAB 7 提供了一个功能可高度集成的可视化环境,其功能强大,操作方便。本章内容是深入学习 MATLAB 7 的基础。



## 1.1 MATLAB 概况

### 1.1.1 MATLAB 的发展历程和影响

MATLAB 的名字是由 Matrix 和 Laboratory 两个词的前三个字母组成的。20 世纪 70 年代后期,美国的 Clever Moler 博士在新墨西哥大学讲授线性代数课程时,发现采用高级语言编程极为不便,为此他设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“易用”接口,即用 FORTRAN 语言编写的萌芽状态的 MATLAB,并且在该校建立了 MATLAB,即矩阵实验室。早期的 MATLAB 只能进行矩阵运算,绘图也只能采用极其原始的方法,即用星号描点的形式画图,它只提供了几十个内部函数,很难满足实际使用要求。

1984 年, Moler 博士等一批数学家与软件专家创立了一个名为 Math Works 的软件开发公司,继续从事 MATLAB 的研究和开发,该公司于 1984 年推出了第一个 MATLAB 的商业版本,其核心是用 C 语言编写的。而后,它又增添了丰富多彩的图形图像处理、多媒体、符号运算及与其他流行软件的接口功能,使得 MATLAB 的功能越来越强大。1992 年, Math Works 公司推出了具有划时代意义的 MATLAB 4.0 版,并于 1993 年推出其微机版,完全支持在 Microsoft Windows 操作系统下进行编程。1994 年推出的 4.2 版本扩充了 4.0 版本的功能,尤其在图形界面设计方面提供了新的方法。1997 年推出的 MATLAB 5.0 版支持更丰富的数据类型和结构,使其成为一种更方便的编程语言,1999 年推出的 MATLAB 5.3 版在很多方面又进一步改进了 MATLAB 的功能,随之推出的全新版本的最优化工具和 Simulink 3.0 也

达到了更高水平。2000 年 Math Works 公司又推出了 MATLAB 6.0 版本,在操作界面上有了很大的改观,同时还给出了历史信息窗口和工作空间窗口等,为用户提供极大的方便;在计算内核上采用了更具优势的 LAPACK 软件包和 FFTW 系统,使计算速度变得更快、数值性能变得更好,在图形用户界面设计上也更趋合理,与 C 语言和其他高级语言接口及转换的兼容性也更强。2001 年 6 月, MATLAB 6.1 版及 Simulink 4.0 版问世,其功能已经十分强大,而新的虚拟现实工具箱更给仿真结果三维显示提供了新的解决方案。2002 年 6 月, Math Works 公司推出了 MATLAB 6.5/Simulink 5.0,其功能在原有基础上又进一步。2004 年 9 月 Math Works 公司推出了 MATLAB R 14,即 MATLAB 7/Simulink 6.0,其主要包括 12 个新产品模块,还升级了 28 个产品模块。

目前, MATLAB 已经成为国际最流行的科学与工程计算软件之一。它以模块化的计算方法、可视化与智能化的人机交互功能、丰富的矩阵运算、图形绘制和数据处理函数,以及模块化图形的动态系统仿真工具 Simulink,成为控制系统设计和仿真领域最受欢迎的软件系统。

在欧美大学的应用代数、数理统计、自动控制、数字信号处理、模拟与数字通信、时间序列分析、动态系统仿真等课程的教科书,都把 MATLAB 作为其中的内容。在那里, MATLAB 是攻读学位的大学生、硕士生和博士生必须掌握的基本工具。

在国际学术界, MATLAB 已经被确认为准确、可靠的科学计算标准软件。在许多的国际学术刊物上(尤其是信息科学刊物),都可以看到 MATLAB 的应用。

在设计研究单位和工业部门, MATLAB 被认为是进行高效研究、开发的首选软件工具,如美国 National Instruments 公司信号测量分析软件 LabVIEW, Cadence 公司信号和通信分析设计软件 SPW 等,都是以 MATLAB 为主要支撑的。

### 1.1.2 MATLAB 语言的特点

MATLAB 语言除了具有的强大数值计算和图形功能以外,还有其他语言难以比拟的功能,如其提供的应于许多领域的工具箱。此外, MATLAB 与其他语言的接口能够保证它可以和各种强大的计算机软件相结合,发挥更大的作用。

MATLAB 目前可以在各种类型的计算机上运行,如 PC、Sun Space 工作站、Silicon Graphics 工作站、惠普工作站。如果单纯地使用 MATLAB 语言进行编程,则编写的程序可以直接移植到其他机型上使用。可以说, MATLAB 是和机器类型及操作系统基本上无关的软件。

MATLAB 语言具有较高的运算精度。一般情况下,矩阵类运算可以达到  $10^{-15}$  数量级的精度,符合一般科学与工程运算的要求。

如果矩阵的条件数很大,则矩阵中一个参数的微小变化,就可能会使最终结果发生极大的变化,这种现象在数学上称为坏条件问题。对于这类问题,如果采用的算法不当,最后得出的结果可能不正确。使用 MATLAB 语言一般不会出现这类错

误, 即 MATLAB 是可靠的、数值稳定的。

### 1.1.3 MATLAB 7 的新特点

MATLAB 是一种高级科学计算语言, 提供了数据分析算法开发的集成环境。MATLAB 7 对编程环境、代码效率、数据可视化、数学计算和文件 I/O 等多方面进行了升级, 具体如下。

#### 1. 开发环境的改变

开发环境的改变包括:

(1) 重新设计了桌面环境, 对多文档界面应用提供了简便的管理和访问方法, 允许用户自定义桌面外观和创建常用命令的快捷方式。

(2) 增强了数组编辑器 (Array Editor) 和工作空间浏览器 (Workspace Brower) 功能, 用于数据的显示、编辑和处理。

(3) 在当前目录浏览器 (Current Directory Browser) 工具中, 增加代码效率分析、覆盖度分析等功能。

(4) M-Lint 编码分析, 辅助用户完成程序性能分析, 提高程序执行效率。

(5) 增强 M 文件编辑器 (M-Editor) 的功能, 支持多种格式源代码文件的可视化编辑, 如 C/C++、HTML、Java 等。

#### 2. 编程环境的改变

编程环境的改变包括:

(1) 支持创建嵌套函数 (Nested Function), 提供更灵活的代码模块化方式。

(2) 支持匿名函数 (Anonymous Function) 功能, 可以在命令行或者脚本文件中创建单行函数 (Single Line Function)。

(3) 支持条件分支断点, 可以在条件分支语句中进行程序中断调试。

(4) 支持模块化注释, 可以对代码段进行注释。

(5) 支持 Cell 模块化运行。

(6) 增强的 M 文件编辑器可以高亮显示 C/C++、HTML、Java。

(7) 支持自动发布 HTML、Word 和其他一些格式的文档。

#### 3. 数学模块的改变

数学模块的改变包含:

(1) 支持整数算术运算。

(2) 支持单精度数据类型运算, 包括基本算术运算、线性代数运算、FFT 等。

(3) 使用更强大的计算算法包 Qhull 2002.1, 提供更丰富的算法支持。

(4) 支持 linsolve 函数, 用于处理线性代数方程求解。

(5) 支持 ODE 求解器, 能够处理隐性微分方程组及多点边界问题。

说明: 从 MATLAB 7 开始支持单精度数的运算。该功能加快了程序运行速度, 节省了内存空间, 并为与其他程序接口提供了方便。

#### 4. 图形和 3D 可视化

图形和 3D 可视化包括:

- (1) 新图形窗口界面。
- (2) 直接从图形窗口生成 M 代码, 可以完成用户自定义绘图。
- (3) 增强图形窗口注释。
- (4) 数据侦测工具 (Data Exploration Tools), 提供丰富的数据观测手段。
- (5) 自定义图形对象, 提供丰富的图形显示能力。
- (6) GUIDE 新增对用户界面面板和 ActiveX 控件的支持。
- (7) 增强句柄图形对象, 支持完整的 TeX 和 LaTeX 字符集。

#### 5. 文件 I/O 和外部接口

文件 I/O 和外部接口包括:

- (1) 新增文件 I/O 函数, 支持读取任意格式文本数据文件, 并且支持写入 Excel 和 HDF5 格式数据文件。
- (2) 具有压缩功能的 MAT 文件格式, 支持快速数据文件 I/O 能力。
- (3) javaaddpath 函数, 无需重新启动 MATLAB 完成 Java 类的加载、删除等功能。
- (4) 支持 COM、服务器事件及 VBS。
- (5) 支持 SOAP, 使用网络服务。
- (6) 支持 FTP 对象, 可以直接访问 FTP 服务器。
- (7) 支持 Unicode 编码格式, 增强 MAT 文件字符集。

### 1.1.4 MATLAB 7 中的控制工具箱及相关产品

MATLAB 7 控制产品支持控制设计过程中的每一个环节, 可以用于不同的领域, 如制造、汽车、航空航天、计算机和通信等领域。控制系统工具箱 (Control System Toolbox) 是 MATLAB 软件包中专门针对控制系统设计的函数和工具的集合。该工具箱主要采用 M 文件形式, 提供了丰富的算法程序以完成一般控制系统的设计、分析和建模。控制系统工具箱主要用于反馈控制系统的分析、设计和仿真, 所涉及的领域涵盖经典控制理论和现代控制理论的大部分内容, 包括根轨迹、极点配置和线性二次型最优控制器设计等。通过控制系统工具箱, 用户可以创建线性时不变系统的传递函数、零极点增益模型或状态空间模型。控制系统工具箱既适用于连续时间系统, 也适用于离散时间系统, 并且可以实现不同模型之间的相互转换。用户还能够轻松地绘制系统的时域或频域响应和开环系统的根轨迹图。其中的控制系统设计函数能够快速完成系统的极点配置、最优控制器设计等。MATLAB 自身提供的开放式环境还可以让用户通过 M 文件建立自己的控制模型和控制算法。

随 MATLAB 7 一起发行的是控制系统工具箱 6.2, 它为动态系统闭环控制器设计与分析提供了强大的工具, 主要新特性包括: ① 为定制图形设计的命令行 API;

② 新的单输入单输出设计约束类型；③ 新的 Bode 和 Nichols 图形绘制操作；④ 为模型逼近和阶跃响应提供的新命令。

Simulink 是动态建模和仿真工具箱，它提供了交互式动态系统建模、分析和仿真的图形环境，是一种采用鼠标拖放的方法建立系统框图模型的图形交互平台。可以针对控制系统、信号处理及通信系统进行系统建模、仿真和分析等工作。通过 Simulink 提供的丰富功能块，可以迅速地创建动态系统模型。同时，Simulink 还集成了 Stateflow，用来建模、仿真复杂事件驱动系统的逻辑行为。另外，Simulink 也是实时代码生成工具 Real-Time Workshop 的支持平台。与 MATLAB 7 一起发行的是 Simulink 6，它的性能有所改善，并且针对大规模系统的开发进行了性能优化。

除了控制系统工具箱之外，Math Works 公司还在 MATLAB 7 软件包中集成了控制系统分析和设计的其他相关工具箱和软件包，如系统辨识工具箱（System Identification Toolbox）、模糊逻辑工具箱（Fuzzy Logic Toolbox）、鲁棒控制工具箱（Robot Control Toolbox）、LMI 控制工具箱（LMI Control Toolbox）、模型预测控制工具箱（Model Predictive Control Toolbox）、 $\mu$  分析及综合工具箱（ $\mu$ -Analysis & Synthesis Toolbox）等。这些工具箱有的是控制系统工具箱的补充，有的是独立的软件包，主要以控制系统为研究对象。借助这些工具箱和软件包，用户可以完成诸如系统辨识、系统建模、系统仿真及鲁棒控制、模糊控制和神经控制等系统设计的任务，所包含的内容几乎涉及到现代控制理论的所有内容。



## 1.2 MATLAB 7 的安装

### 1.2.1 MATLAB 7 的安装要求

MATLAB 只有在适当的外部环境中才能正常运行。因此，恰当地配置外部系统是保障 MATLAB 运行良好的必要条件。下面是 MATLAB 7 运行的环境要求。

#### 1. 一般要求

MATLAB 7 运行的一般系统环境是：

- (1) 具有 CD-ROM 驱动器（为了从 CD 上安装软件）。
- (2) 安装了 Netscape Navigator 4.0、Microsoft Internet Explorer 4.0 或 Mozilla 1.x 等软件之一，或上述软件版本以上的软件版本。
- (3) 安装了 Adobe Acrobat Reader 3.0。
- (4) 具有 TCP/IP 和有效的 USB 端口。
- (5) 至少 400 MB 硬盘空间。
- (6) 内存不低于 256 MB（建议内存 512 MB）。

## 2. 对支撑平台的要求

(1) 操作系统。操作系统可以是以下三者之一:

- 1) Windows XP 或 XP Service Pack 2。
- 2) Windows 2000 (Service Pack 3 or 4) 或 Windows 2003 Server。
- 3) Windows NT 4.0 (Service Pack 5 or 6a)。

(2) 处理器。处理器可以是以下二者之一:

- 1) Pentium III, IV, Xeon, Pentium M。
- 2) AMD Athlon, Athlon XP, Athlon MP。

## 3. 对图形设备的要求

要求具有 16 位、24 位或 32 位 OpenGL 图形适配器。

## 4. 其他要求

其他要求包括:

- (1) Microsoft Windows 支持的图形加速卡、打印机和声卡。
- (2) Office 2000、Office XP 或 Office 2003。
- (3) Excel 软件。

### 1.2.2 MATLAB 7 的安装方法

用户在购买到正版 MATLAB 7 后, 可以按照相关的说明进行安装, 安装过程相对比较简单。安装 MATLAB 7 必须具有由 Mathworks 公司提供的合法个人使用许可, 如果没有使用许可, 用户将无法安装 MATLAB。下面将一步一步指导读者安装 MATLAB 7。

(1) 把 MATLAB 7 的安装光盘放入光驱中, 如果用户没有安装 MATLAB 的其他版本, 系统会自动搜索到 autorun 文件并进入安装界面; 如果用户已经安装有较低版本的 MATLAB 软件, 这时系统会默认已经安装 MATLAB 7, 界面会一闪而过, 此时需要用户自己执行 setup.exe 文件来启动 MATLAB 7 的安装程序。

(2) 接下来系统会自动弹出 MATLAB 7 的欢迎对话框, 该对话框的上边有两个单选按钮, 选择 Install 按钮将安装 MATLAB 7, 而选择另外一个单选按钮将对已经安装的 MATLAB 7 的注册码进行更新。这里选择 Install 选项, 如图 1-1 所示。

(3) 单击安装界面中的【Next】(下一步)按钮, 进入安装注册对话框, 该对话框中有 3 个文本框需要用户填写, 用户在上侧的两个文本框中分别填写自己的姓名和所在的公司, 如图 1-2 所示。

(4) 用户在安装注册对话框的文本框中输入所购买的 MATLAB 7 软件的注册码, 然后单击对话框的【Next】按钮, 此时会弹出安装注册协议对话框, 如图 1-3 所示。

(5) 用户阅读完对话框中的协议后, 如果同意其内容, 就可以单击安装注册协议对话框的 Yes 按钮, 进入下一步操作。单击安装注册协议对话框上的【Next】

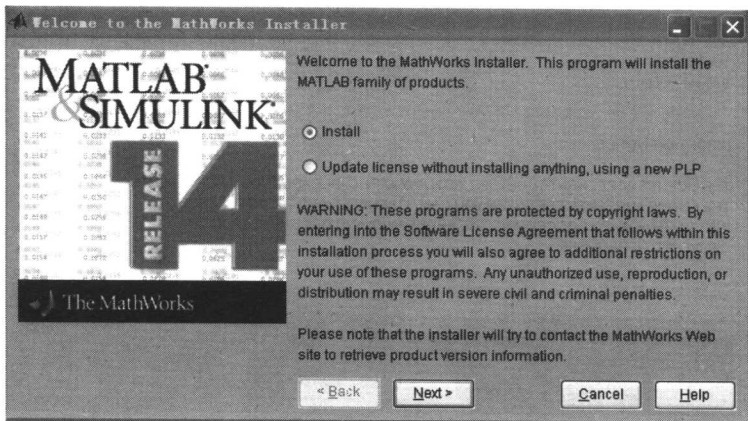


图 1-1 安装界面

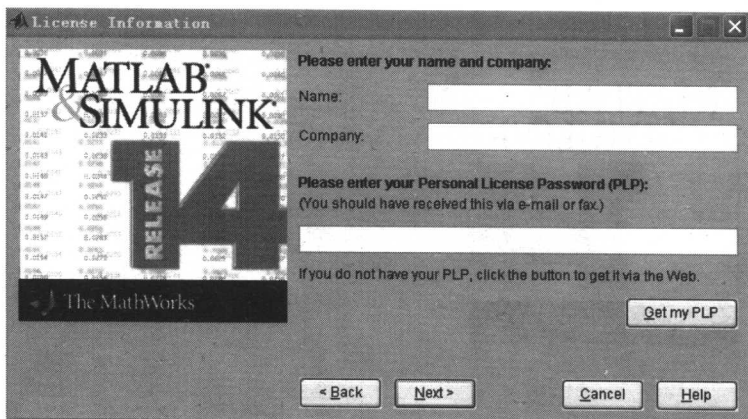


图 1-2 安装注册对话框

按钮，弹出如图 1-4 所示的 MATLAB 7 组件选择对话框。用户如果选中 Typical（典型安装）单选按钮，将安装用户购买的全部 MATLAB 7 组件；选中 Custom（特定安装）单选按钮的话，则将弹出一个文本框用来显示用户所要安装的 MATLAB 7 的组件，用户可以从中选择所要需要的组件进行安装。完全安装 MATLAB 7 需要约 1.9G 的空间，对于一般用户来说，许多工具箱软件包并不经常用到，而安装过多的工具箱会影响运行速度，因此有选择地安装工具箱就成为了初学者需要注意的问题。一般来说，初学者只需选择 MATLAB、Symbolic Math Toolbox 和 MATLAB Compiler 工具箱即可以完成基本的编程运算，而只要再装上 MATLAB C/C++ Graphics Library 和 MATLAB C/C++ Math Library 工具箱，就可以在 C/C++ 语言和 MATLAB 语言之间实现良好的交互，使其运算和图形处理功能更为强大。

(6) 单击【Next】按钮，进入 MATLAB 7 的安装路径对话框，默认的路径为

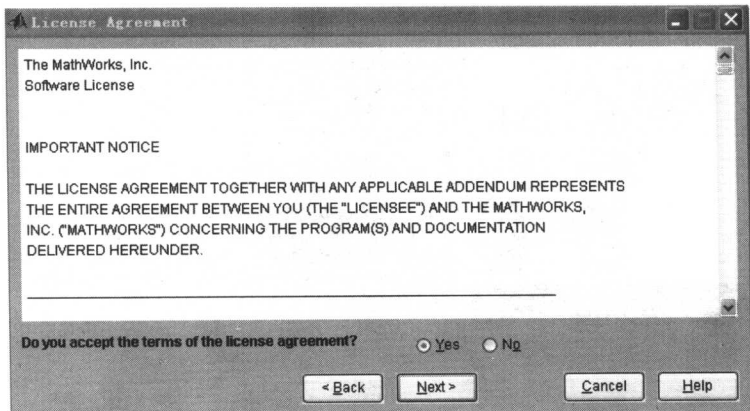


图 1-3 安装注册协议对话框

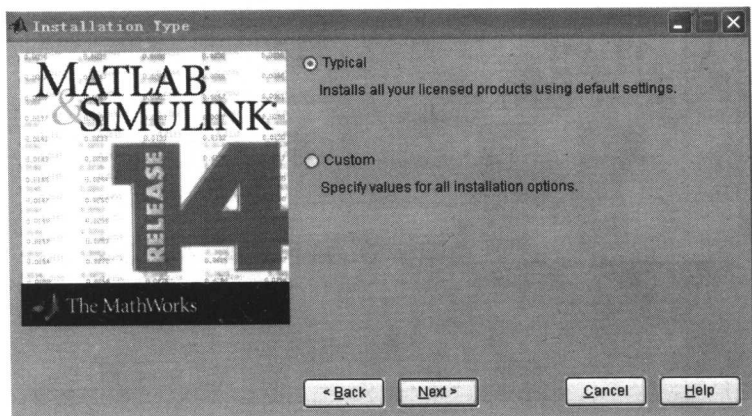


图 1-4 组件选择对话框

C:\MATLAB 7\，用户可以选择默认的路径，也可以单击 Browse 按钮选择新的安装路径 D:\Application\MATLAB 704\，如图 1-5 所示。在图 1-5 所示界面中选择需要安装的组件。

(7) 单击 MATLAB 7 安装路径对话框的【Next】按钮，进入 MATLAB 7 的安装状态。当安装到 100% 时系统弹出 Product Configuration Notes 对话框，此时只需要点击【Next】按钮，系统会弹出安装完成对话框。点击结束按钮，结束 MATLAB 7 的安装。选中 Start MATLAB 复选框，将在单击【Finish】按钮之后启动 MATLAB 7，否则将不予启动，如图 1-6 所示。

至此，MATLAB 7 已经成功安装。



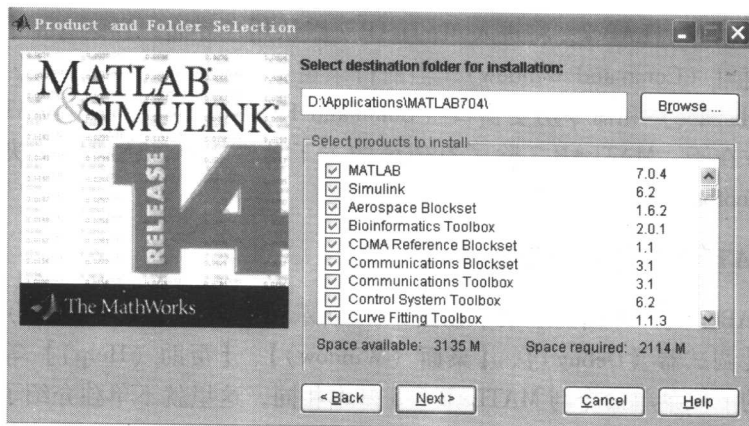


图 1-5 安装路径对话框

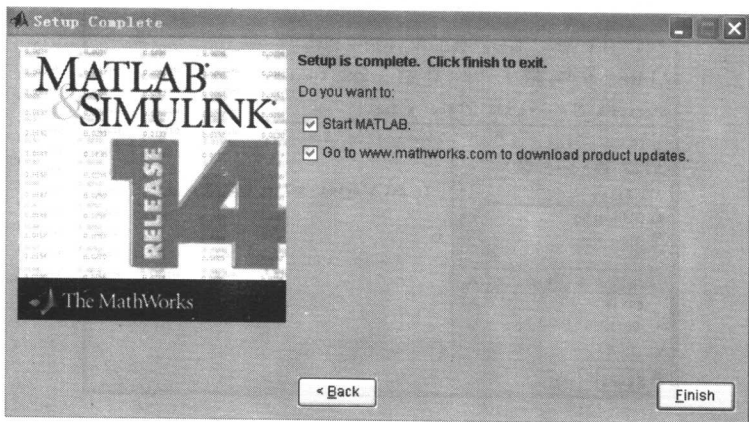


图 1-6 安装完成对话框



## 1.3 MATLAB 7 系统运行

在默认设置下, MATLAB 7 的用户界面包含多个窗口, 它们分别是 MATLAB 主窗口、命令窗口、命令历史窗口、当前目录窗口、工作空间窗口等。对这些窗口的认识是掌握 MATLAB 7 的基础, 本节将主要介绍这些窗口基本知识。

### 1.3.1 MATLAB 7 的启动

在正确完成安装并重新启动计算机之后, 选择 Windows 桌面上的【开始】→【程序】→【MATLAB 7】→【MATLAB 7】命令, 或者直接双击系统桌面的 MATLAB 图标, 启动 MATLAB 7。