

刘薇娜 李俊烨 主编



# 工程系统建模与仿真

**GONGCHENGXITONG  
JIANMOYUFANGZHEN**

兵器工业出版社

# 工程系统建模与仿真

刘薇娜 李俊烨 主编

兵器工业出版社

## 内 容 简 介

本书以机械系统建模与仿真为背景,利用 MATLAB/Simulink 为平台,系统阐述机械系统建模与仿真技术的基本原理与方法,并结合实际工程问题进行详细讲解。

文中首先叙述了建模与仿真的基本知识,然后分别对建模与仿真进行论述,紧接着配以工程实际应用讲授。文中不仅对 Simulink 在信号处理及电力电子仿真中的应用进行了介绍,同时对虚拟样机技术及 ADAMS 软件也进行了介绍。

本书理论性较强,实例详尽,内容丰富,涉及多个领域,是一本难得的系统工程书籍。可以作为机械工程、控制工程、系统工程专业的工程硕士生的教科书,也可以作为机械工程、控制工程、系统工程、计算机科学、工业工程、管理科学等专业高年级本科生及硕士生的相关课程的参考用书。同时亦可作为科学工作者与工程技术人员、高等院校教师、从事建模与仿真工作的专业技术人员及科研人员的参考手册。

## 图书在版编目 (CIP) 数据

工程系统建模与仿真/刘薇娜,李俊烨主编. —北京:  
兵器工业出版社, 2009. 5

ISBN 978 - 7 - 80248 - 339 - 2

I. 工… II. ①刘…②李… III. ①机械工程 - 系统建  
模②机械工程 - 计算机仿真 IV. TH - 39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 056235 号

出版发行: 兵器工业出版社

发行电话: 010 - 68962596, 68962591

邮 编: 100089

社 址: 北京市海淀区车道沟 10 号

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市北中印刷厂

版 次: 2009 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

责任编辑: 范小伊

封面设计: 李 晖

责任校对: 郭 芳

责任印制: 赵春云

开 本: 185 × 260 1/16

印 张: 24. 25

字 数: 618 千字

定 价: 50.00 元

(版权所有 翻印必究 印装有误 负责调换)

# 《工程系统建模与仿真》编委会

主 编：刘薇娜 李俊烨

编 委：杨立峰 张树仁 侯玉秀 赵伟宏 刘 斌

# 前言

系统建模与仿真技术是以相似原理、控制理论、计算机技术、信息技术及其应用领域的专业技术为基础,以计算机和各种物理效应设备为工具,利用系统模型对实际的或设想的系统进行动态试验研究的一门综合性技术。近年来仿真技术广泛应用于国防、军事、能源、交通等工程与非工程领域。在国防工业及科研部门,特别是航空、航天、船舶、兵器等领域,仿真技术贯穿于方案论证、产品设计、试验、生产制造、使用、维护的全生命周期。因此,系统建模与仿真技术是一门通用性强、应用面广、发展迅速、跨学科的综合性的技术。系统建模与仿真是研究、分析、设计各种复杂系统的有利工具,已成为解决工程实际的必要手段。

当今社会不同学科的相互沟通、交叉、渗透和综合成为主要趋势,新学科大多是综合性学科。重新统一的学科作为一种系统,要求有一种能把现有纵向划分的学科沟通连缀起来的横向学科,提供不同学科都使用的概念、原理和方法,使学科在整体上具有纵横交错的网络结构。系统科学就是这种横向科学,它的科学使命是使新型学科成为一个按多维网络结构组织起来的复杂系统,是一种新型跨学科的学问。

建模与仿真技术是一种基于信息、计算机和工程技术的综合、高效学科研究与试验技术,这种技术极大地扩展了人类的视野、时限和能力。随着信息技术和计算机技术的飞速发展,20年来建模与仿真理论及方法已经取得了重大进展。当代建模与仿真技术已经能够运用数学方法构造复杂系统模型,这种数学模型能够揭示系统的内在联系和动态变化规律,已经能够高逼真度地模拟复杂的过程系统。仿真科学与技术辅助设计、辅助研究、辅助生产及辅助教育等领域得到广泛应用。仿真科学与技术已成为继理论研究和实验研究之后的第三种认识、改造客观世界的重要手段。仿真技术在人类认识世界和改造世界的不同领域正在发挥着或即将发挥出重大作用。

由于 MATLAB 软件具有强大的仿真功能,可以非常容易地与其他软件相结合,实现复杂的科学计算和仿真。因此,本书以 MATLAB 软件为载体进行论述。仿真的重点是建立模型,在模型建立以后,设计合理的算法对模型进行计算。MATLAB 计算较以往的编程语言更为灵活、功能更为强大、调试更为方便、可以节省大量时间。MATLAB 中的 Simulink 模块不但支持线性与非线性系统仿真,而且还支持连续系统与离散系统仿真甚至混合系统仿真。因此, MATLAB 软件仿真在工程上得到了广泛的应用。

本书通过大量的工程实际案例,对建模与仿真技术进行了深入的阐述与详解,使读者能够深入浅出,学以致用。全书共分 7 章;第 1 章介绍了工程系统建模与仿真基础的知识;第 2 章介绍了工程系统建模的理论知识;第 3 章介绍了工程系统仿真应用及其发展趋势;第 4 章结合实例讲述了建模与仿真技术的应用;第 5 章阐述了 MATLAB 在信号处理仿真中的应用;第 6 章阐述了 MATLAB 在电力电子仿真中的应用;第 7 章讲述了虚拟样

机技术与应用。每一部分都给出了一定的典型实例。

本书完成之际,我们感到万分欣慰。由于涉及面较宽,编写人员付出了不懈的努力才得以顺利完成。全书由刘薇娜、李俊烨主编;参编人员有杨立峰、张树仁、侯玉秀、赵伟宏、刘斌等。在本书的编写过程中还得到了很多同事的无私帮助,在此一并致以衷心的感谢。

本书系统、全面地讲述了系统建模与仿真技术的理论、方法和应用,其内容是作者多年来的教学与科研总结,同时也反映了国外在此领域的新近学术研究成果及发展趋势。

全书强调理论结合实际,涉及机械、电子、信息、控制、通信、环境保护、系统工程等多个学科。可以作为机械工程、控制工程、系统工程专业的工程硕士生的教科书,也可以作为机械工程、控制工程、系统工程、计算机科学、工业工程、管理科学等专业高年级本科生及硕士生的相关课程的参考用书,亦可供科学工作者与工程技术人员及高等院校教师参考,对于从事建模与仿真工作的专业技术人员也是一本很好的参考书。

由于编者水平有限,错误与不当之处在所难免,敬请广大读者和专家批评指正!

编者

2009年1月

# 目 录

|                            |       |
|----------------------------|-------|
| <b>第1章 工程系统建模与仿真基础</b>     | (1)   |
| 1.1 MATLAB 背景介绍            | (1)   |
| 1.2 MATLAB 工具箱             | (4)   |
| 1.3 MATLAB 环境设置            | (7)   |
| 1.4 MATLAB 的帮助功能           | (12)  |
| 1.5 MATLAB 中的 M 文件         | (14)  |
| 1.6 MATLAB 绘图              | (20)  |
| 1.7 仿真工具快速入门               | (36)  |
| <b>第2章 工程系统建模</b>          | (81)  |
| 2.1 概述                     | (81)  |
| 2.2 工程系统建模方法               | (86)  |
| 2.3 控制系统的数学模型              | (93)  |
| 2.4 相似性原理                  | (100) |
| 2.5 模型验证                   | (103) |
| 2.6 常微分方程的数值求解             | (105) |
| <b>第3章 工程系统仿真</b>          | (120) |
| 3.1 工程系统仿真技术概述及应用          | (120) |
| 3.2 连续系统模型                 | (128) |
| 3.3 离散系统模型                 | (137) |
| 3.4 离散—连续混合系统              | (140) |
| 3.5 子系统                    | (144) |
| 3.6 面向系统结构图的仿真             | (151) |
| 3.7 实物仿真技术与应用              | (167) |
| 3.8 仿真技术的发展与展望             | (178) |
| <b>第4章 建模与仿真技术的应用</b>      | (184) |
| 4.1 控制系统及仿真概述              | (184) |
| 4.2 独轮自行车实物仿真问题            | (187) |
| 4.3 基于双闭环 PID 控制的一阶倒立摆控制系统 | (190) |
| 4.4 一阶直线双倒立摆系统的可控性问题的研究    | (206) |
| 4.5 龙门吊车运动控制问题             | (218) |
| 4.6 水箱液位控制问题               | (224) |
| 4.7 问题与探究——水轮发电机系统的线性化模型   | (227) |

|                               |       |
|-------------------------------|-------|
| <b>第5章 MATLAB 在信号处理仿真中的应用</b> | (230) |
| 5.1 信号处理仿真基础                  | (230) |
| 5.2 Simulink6.0 中数字信号处理仿真模块   | (231) |
| 5.3 滤波器设计                     | (241) |
| <b>第6章 MATLAB 在电力电子仿真中的应用</b> | (272) |
| 6.1 电力电子仿真概述                  | (272) |
| 6.2 电力系统的数学模型                 | (292) |
| 6.3 电力系统时域分析                  | (309) |
| 6.4 电力电子器件分析                  | (312) |
| 6.5 晶闸管三相桥式整流器及其仿真            | (321) |
| 6.6 直流调速系统仿真                  | (325) |
| 6.7 交流电动机模型仿真                 | (337) |
| <b>第7章 虚拟样机技术与应用</b>          | (341) |
| 7.1 概述                        | (341) |
| 7.2 虚拟样机技术的形成、发展和应用           | (347) |
| 7.3 虚拟样机仿真分析及调试               | (358) |
| 7.4 一阶直线倒立摆的虚拟样机              | (373) |
| 7.5 问题与探究——球棒系统的虚拟样机研究        | (375) |
| <b>参考文献</b>                   | (378) |

# 第1章 工程系统建模与仿真基础

## 1.1 MATLAB 背景介绍

### 1.1.1 MATLAB 简介

MATLAB 是当今世界上科技领域（尤其是自动控制领域）内最具影响力、最具活力的软件。它起源于矩阵运算，并已经发展成一种高度集成的计算机语言。它提供了强大的科学运算、灵活的程序设计流程、高质量的图形可视化与界面设计、便捷的与其他程序和语言接口功能，被广泛应用于数值分析、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、通信系统设计与仿真、财务与金融工程等领域。

20 世纪 70 年代中后期，时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 博士为了让学生方便地调用 EISPACK 和 LINPACK（用来求解特征值和解线性方程的两个 FORTRAN 子程序库），设计了接口程序，取名 MATLAB（MATrix LABoratory），即 Matrix 和 Laboratory 的组合，这是一种以矩阵为基础的交互式程序计算语言。早期的 MATLAB 是用 FORTRAN 编写的，只提供了几十个内部函数，只能进行矩阵运算，绘图也只有用星号描点等简单形式。但即使功能如此简单，当作为免费软件推出以后，还是吸引了大批的使用者。

1981 年，Cleve Moler 等人组建 MathWorks 公司并推出了第一个商业化的 DOS 版本。系统本身也用 C 语言重新改写。其后又增添了图形图像处理、多媒体、符号运算和与其他软件的接口功能，使得 MATLAB 的功能越来越强大。1992 年 MathWorks 公司推出了具有划时代意义的 MATLAB1.0 版本，1991 年的 1.2 版本扩充了 1.0 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 5.0 版允许了更多的数据结构，如多维矩阵、对象与类等，使其成为一种更方便编程的语言。2000 年 10 月底推出了其全新的 MATLAB 6.0 版，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。目前最新版本 Release 11（MATLAB 7.0.1）的 Service Pack（7.0.1）是在 2001 年 9 月正式推出的，与前一个版本相比，它新增加了 12 个新产品模块，升级了 28 个产品模块，同时对 MATLAB 编程环境、代码效率、数据可视化、数学计算、文件 I/O 等方面进行了升级。

现在的 MATLAB 支持各种操作系统，可以运行在十几个操作平台上，其中比较常见的有基于 Windows 9X/NT、XP、OS/2、Macintosh、Unix、Linux 等平台的系统。

MATLAB 比较易学，它只有一种数据类型（即 64 位双精度二进制），一种标准的输入输出语句，它用解释方式工作，不需要编译，一般入门后经过自学就可以掌握。如果有不清楚的地方，可以通过它的帮助（help）和演示（demo）功能得到启示。学习 MATLAB 的难点在于，它有大量函数，这些 MATLAB 函数仅基本部分就有 700 多个，其中常用的有 200 ~

300 个, 掌握和记忆起来都比较困难。MATLAB 再也不是一个简单的矩阵实验室了, 它已经演变成为一种具有广泛应用前景的、全新的计算机高级编程语言。由于它使用方便、输入便捷、运算高效、适应科技人员的思维方式, 并且有绘图功能, 有用户自行扩展的空间, 因此深受用户的欢迎, 使它成为在科技界广为使用的软件, 也是国内外高校教学和科学研究的常用软件。

现在因特网上有大量的 MATLAB 资源, 如有关 MATLAB 的新消息、免费的工具箱下载、有关 MATLAB 的讨论和讲座等, 读者可以进入这些网站, 以获取更多的信息。有关 MATLAB 的网站很多, 下面列举部分网站供读者参考, 其中包括:

<http://matlab.Netsh.net>

<http://www.mathworks.com>

<http://lmathtools.net>

<http://matlab.myrice.com>

<http://www.hirain.com>

<http://matlab.netsh.net>

### 1.1.2 MATLAB 特点

MATLAB 的开发环境直观简洁, 它以矩阵作为基本数据单位进行数值运算。程序一般由主程序和各种工具包组成, 其中主程序包含数百个内部核心函数, 工具包则包括复杂系统仿真工具包、信号处理工具包、系统识别工具包、优化工具包、神经网络工具包、控制系统工具包、 $\mu$  分析和综合工具包、样条工具包、符号数学工具包、图像处理工具包、统计工具包。同时系统还提供了大量 PDF 文件, 其内容涵盖了从 MATLAB 的使用入门到某个特点的应用专题等诸多方面。MATLAB 集科学与工程计算、图形可视化、图像处理、多媒体处理于一体, 并提供了 Windows 图形界面设计方法。

MATLAB 具有语法简单、灵活、程式结构性强、延展性好等优点, 已经逐渐成为科学计算、视图交互系统和程序中的首选语言工具。特别是它在线性代数、数理统计、自动控制、数字信号处理、动态系统仿真等方面表现突出, 已经成为科研工作人员和工程技术人员进行科学研究和生产实践的有利武器。

MATLAB 具有以下几个特点:

(1) 功能强大的数值运算功能: MATLAB 有大量数学、统计、科学及工程方面的函数可供使用, 函数使用简单自然, 允许用数学形式的语言编写程序, 且比 FORTRAN 和 C++ 等计算机语言更加接近书写计算公式的思维方式和数学公式本身, 用户也可以加入自己的函数使 MATLAB 成为使用者所需要的环境。其编程效率高、易学易懂, 故而 MATLAB 语言有时也被通俗的称为演算纸式科学算法语言。

(2) 强大的图形处理能力: 在 MATLAB 中数据的可视化非常方便, 可以很容易地制作高品质的图形, 完成图文并茂的文章。用 MATLAB 绘图十分方便, 它的系列绘图函数均只需调用不同的绘图函数, 在图上进行标注或进行格绘制也只需调用相应的命令, 简单易行。另外, 在调用绘图函数时调整自变量可绘出不变颜色的点、线、复线或多重线, 这种为科学研究着想的设计是通用的编程语言所不及的。

(3) 高级但简单的程序环境: 既有结构化的控制语句 (如 for 循环、while 循环、break

语句、if 语句和 switch 语句)，又有面向对象的编程特性。使用 MATLAB 进行编程十分简单，所花的时间约为用 FORTRAN 或 C++ 语言的几分之一，而且不需要编译及连接即可执行。它的语法限制不严格，可移植性好。

(4) 丰富的工具箱与模块集：这些功能强劲的工具箱提供了使用者在许多特别应用领域所需的函数。工具箱可分为两类：功能性工具箱和学科性工具箱。功能性工具箱主要用来扩充其符号计算功能、图示建模仿真功能、文字处理功能以及与硬件实时交互的功能。而学科性工具箱是专业性比较强的，如优化工具箱、统计工具箱、控制工具箱、小波工具箱、图像处理工具箱、通信工具箱等。

(5) 可扩展性强：除内部函数外，所有 MATLAB 的核心文件和工具箱文件都是既可读又可改的源文件，用户可根据自己的需要修改源文件或加入自己的文件，它们将能和库函数一样被调用。

(6) Simulink 动态仿真功能：MATLAB 的 Simulink 提供了动态仿真功能，用户能够通过绘制框图来模拟一个线性、非线性、连续或离散的系统，通过 Simulink 仿真并分析该系统。

### 1.1.3 MATLAB 的组成

随着版本的升级，MATLAB 已经发展成为一个系列产品，或称之为 MATLAB 产品族。

#### 1. MATLAB

MATLAB 是所有 MathWorks 公司产品的基石，它提供了高级科学计算语言，是进行数据分析算法开发的集成开发环境，具有数值计算、图形绘制、程序设计等功能。

#### 2. MATLAB 扩展

MATLAB 扩展是可选择的工具，它包括 MATLAB 编译器、Web 服务器、数据库工具箱、报表生成器等，用来支持在 MATLAB 环境中对系统的实施与开发。

#### 3. 工具箱

工具箱是针对解决特定种类问题而特别制作的一系列 MATLAB 函数库。它具有开放性和可扩展性，用户甚至可以加入自己的工具箱。

#### 4. Simulink

Simulink 是交互式动态系统建模、仿真和分析的图形环境，也是进行基于模型的嵌入式系统开发的基础开发环境。它把模块图形界面和 MATLAB 主要数值、图形和语言函数有效地组合起来，从而具有生动的模拟能力。它对线性、非线性、连续、离散系统均适用，可以针对控制系统、信号处理以及通信系统等进行系统的建模、仿真、分析等工作。

### 1.1.4 其他几种相关的数学软件

除了 MATLAB 以外，目前在科学和工程领域上比较流行的数学软件还有三个，分别是 Mathematica、Maple 和 MathCAD，它们各具特色，各有所长。

#### 1. Mathematica

Mathematica 是 1988 年由美国 Wolfram Research 公司开发的数学软件。它拥有强大的数值计算和符号计算能力，代替了许多以前只能靠纸和笔解决的工作。Mathematica 系统所接受的命令都被称做表达式，系统在接受了一个表达式之后就对它进行处理，然后再把计算结果返回。Mathematica 可以做各种符号的演算工作，能进行多项式计算、因式分解等，进行

各种有理式计算,求多项式、有理式方程和超越方程的精确解和近似解,进行数值或一般代数式的向量、矩阵的各种计算,求极限、导数、积分,幂级数展开,求解某些微分方程等。Mathematica 还可以做任意位数的整数或分子分母为任意大整数的有理数的精确计算,做具有任意位精度的数值的计算。使用 Mathematica 可以很方便地画出用各种方式表示的一元和二元函数的图形。同时 Mathematica 将所有这些功能有机地结合在一个系统里,在这个系统里,计算是在用户和 Mathematica 互相交换、传递信息数据的过程中完成的。人们可以根据自己的需要,随时从符号演算转去画图形,或者转去做数值计算,从而使复杂的问题变得易如反掌。

Mathematica 的主要使用者是从事理论研究的数学工作者和其他科学工作者,以及从事实际工作的工程技术人员。

## 2. Maple

Maple 是加拿大滑铁卢大学 (University of Waterloo) 和 Waterloo Maple Software 公司联合开发的一套用于解决微积分、线性代数和微分方程等高等数学问题的软件包。Maple 是当今世界上最优秀的数学软件之一,凭借良好的使用环境、强有力的符号计算、无限精度的数值计算、灵活的图形显示和高效的编程功能,Maple 成为越来越多的教师、学生和科技人员首选的数学处理工具。它适用于解决微积分、解析几何、线性代数、微分方程、计算方法、概率统计等数学问题。Maple 还是 MathCAD 和 MATLAB 等软件的符号处理核心。该软件具有易学易用、可扩展的特点,提高了用户的学习效率,加快了产品研发的速度。

## 3. MathCAD

MathCAD 又称 MCAD,即数学 CAD,是美国 Mathsoft 公司推出的一个交互式的数值系统软件。该公司自从 1986 年推出第一套 MathCAD 软件到今天,已经对 MathCAD 做了多次改进和功能扩充。除了基本的数学运算以外,用户还可以进行各种数理统计工作并且生成图形,也可以生成其他各种曲线或图形及数学表格,进行线性回归、各种向量运算和复数运算等;可用来解决物理、化学、机械工程以及医学、天文学的研究工作或学习中所遇到的各种问题。MathCAD 的使用操作十分简单,不要求用户具有精深的计算机知识。对于任何具有一定数学知识的人,都能够很容易地学会使用。但是,对于数值精度要求很严格,或者是对于计算方法有特殊要求的情况,MathCAD 就显得有些不适合了。

# 1.2 MATLAB 工具箱

MATLAB 有一个专门的工具箱家族产品,用来解决不同领域和专业的问题。MATLAB 工具箱集成了 MATLAB 函数并扩展了 MATLAB 工作环境。这些工具箱通常表现为 M 文件和高级 MATLAB 语言的集合形式,所以 MATLAB 允许用户修改函数的源代码,或增加新的函数来适应自己的应用。用户能够很方便地结合使用不同工具箱中的技术来设计针对某个问题的用户解决方案,也能方便快捷地使用复杂的理论公式,免除了自己编写复杂而庞大的算法程序的困扰。尤其是在做数学推导和理论验证时,有了这些功能丰富的工具箱,问题就变得十分简单。

当然这不是说有了这些工具箱,就不需要用户编写程序了。这些工具箱只是简化了编写程序的过程,整个系统开发的结构还是需要用户自己去建构和测试。

MATLAB 对不同的专业应用一般都有相应的工具箱支持,但支持的重点不同。例如大部分工具箱都是和控制系统相关的,如控制系统设计、系统辨识工具箱、鲁棒控制工具箱、频域系统辨识、模糊逻辑、神经网络、非线性控制器设计、模型预测控制等工具箱,基本上涵盖了当前的控制系统建模、分析、设计的各个方面,所以 MATLAB 在控制界的应用十分广泛。除此以外它还有其他一些工具箱,如可以推导数学公式,进行基于符号四则运算、微积分、解方程等的符号工具箱;可以把 MATLAB 脚本转换为 C 程序的 C 编译工具箱;以及专门适合于通信、财政金融、统计、图像处理、电力系统仿真等专业的专业工具箱。

这些工具箱的数目是很大的,而且 MathWorks 公司每年都会开发出一些新的工具箱,所以,在一般情况下,工具箱的列表不是固定不变的。对用户而言,不仅可以随 MATLAB 系统所附带的大量工具箱,如图 1-1 所示,也可以使用其他上千种由第三方公司或机构开发的工具箱。这其中很多工具箱是免费的,而且这些工具箱覆盖的专业更加广泛。如要了解这方面内容,可以到 MathWorks 公司的相关网页上去查找。

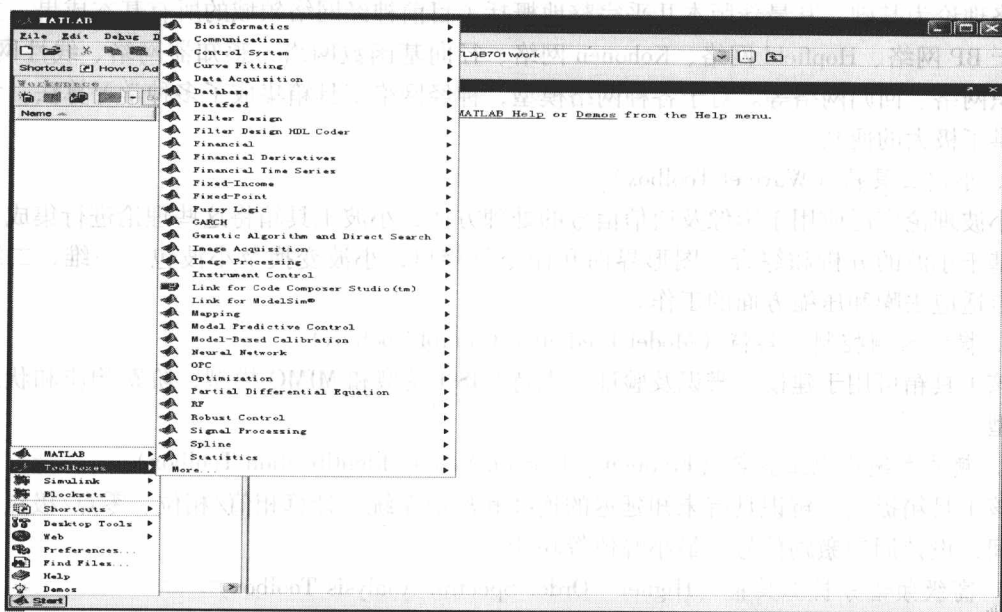


图 1-1 MATLAB 常用工具箱

如果要仔细说明每个工具箱的使用方法,需要专门写一本书进行讲解,因此下面只简单地介绍一些主要的工具箱的用途。如果读者在工作中需要用到某个工具箱,请查阅相关资料或随软件附带的说明书。

### 1. 控制系统工具箱 (Control System Toolbox)

MATLAB 的控制工具箱是 MATLAB 最早的工具箱之一,它实现普通的控制系统设计、分析和建模技术。控制系统可作为传输函数式状态空间形式来建模,允许使用经典和现代的技术,可以轻松快速地完成连续系统设计和离散系统设计,进行状态空间和传递函数、模型转换、频域响应、时域响应、根轨迹等方面的计算。

## 2. 通信工具箱 (Communication Toolbox)

该工具箱主要应用于信号编码、调制解调、滤波器和均衡器设计、通道模型、同步、多路访问、错误控制编码等,提供 100 多个函数和 150 多个 Simulink 模块用于通信系统的仿真和分析。

## 3. 信号处理工具箱 (Signal Processing Toolbox)

该工具箱主要应用于数字和模拟滤波器设计、应用及仿真、频谱分析和估计、FFT 变换、DCT 等变换、参数化模型等。

## 4. 图像处理工具箱 (Image Processing Toolbox)

该工具箱提供了显示及处理图像数据的功能,具有二维滤波器设计和滤波,图像恢复增强,色彩、集会及形态操作,二维变换,图像分析和统计的功能。

## 5. 神经网络工具箱 (Neural Network Toolbox)

神经网络系统具有集体运算能力和自适应的学习能力,具有很强的容错性和鲁棒性,善于联想、综合和推广,广泛应用于工程、金融和人工智能等领域。神经网络工具箱以人工神经网络理论为基础,其最新版本几乎完整地概括了目前神经网络领域的所有基本成果,主要应用于 BP 网络、Hopfield 网络、Kohonen 网络、径向基函数网络、感知器网络、线性网络、自组织网络、回归网络等。对于各种网络模型,神经网络工具箱集成了多种学习算法,为用户提供了极大的便利。

## 6. 小波工具箱 (Wavelet Toolbox)

小波理论广泛应用于影像及通信信号的处理方面,小波工具箱将这些理论进行集成,可完成基于小波的综合,图形界面和命令行接口,小波变换及小波包,一维、二维小波,自适应去噪和压缩方面的工作。

## 7. 模型预测控制工具箱 (Model Predictive Control Toolbox)

该工具箱可用于建模、辨识及验证,支持 MISO 模型和 MIMO 模型,阶跃响应和状态空间模型。

## 8. 频域系统辨识工具箱 (Frequency Domain System Identification Toolbox)

该工具箱提供了辨识具有未知延迟的连续和离散系统,计算相值/相位、零点/极点的置信区间,设计周期激励信号、最小峰值等功能。

## 9. 高级频谱分析工具箱 (Higher - Order Spectral Analysis Toolbox)

该工具箱提供了高级频谱估计、信号中非线性特征的检测和刻画、延时估计、幅值和相位重构、阵列信号处理、谐波重构方面的功能。

## 10. 模糊逻辑工具箱 (Fuzzy Logic Toolbox)

该工具箱提供了自动控制、信号处理、自适应神经模糊学习等功能,具有友好的交互设计界面,能支持 Simulink 动态仿真。

## 11. 最优化工具箱 (Optimization Toolbox)

该工具箱主要应用于线性规划和二次规划,求函数的最大值和最小值,多目标优化,约束条件下的优化,非线性方程求解等。

## 12. 线性矩阵不等式控制工具箱 (LMI Control Toolbox)

该工具箱具有以下功能: LMI 的基本用途、基于 GUI 的 LMI 编辑器、LMI 问题的有效解法、LMI 问题的解决方案。

### 13. 偏微分方程工具箱 (Partial Differential Equation Toolbox)

该工具箱主要应用于二阶偏微分方程的图形处理、几何表示、自适应曲面绘制、有限元方法等。

### 14. 样条工具箱 (Spline Toolbox)

该工具箱主要应用于分段多项式和 B 样条、样条的构造、曲线拟合及平滑、函数微分、函数积分等。

### 15. 符号数学工具箱 (Symbolic Math Toolbox)

该工具箱集成了符号的多种精密计算, 可完成符号表达式和符号矩阵的创建, 符号微积分、线性代数、方程求解, 因式分解、展开和简化, 符号函数的二维图形, 图形化函数计算器等方面的工作。

### 16. 统计工具箱 (Statistics Toolbox)

该工具箱提供了描述、推理和图形统计的功能, 还包括概率分布和随机数生成、多变量分析、回归分析、主元分析、假设检验等。

### 17. 金融工具箱 (Financial Toolbox)

早期的 MATLAB 是为解决工程问题开发的, 但现在它的使用范围逐步扩大, 甚至加入了能进行金融分析的金融工具箱, 可以完成诸如成本、利润分析、市场灵敏度分析、业务分析及优化、偏差分析、资金流量估算、财务报表等方面的工作。

### 18. 其他工具箱

除了以上的工具箱外, MATLAB 针对不同应用, 还有其他的一些工具箱, 如地图工具箱 (Mapping Toolbox)、鲁棒控制工具箱 (Robust Control Toolbox) 等, 这些工具箱一起提供了一个完整的解决方案, 基本囊括了科研计算的各个方面。更为方便的是, 除了 MATLAB 本身所提供的工具箱外, 许多其他的公司和个人也发布了各种各样的工具箱程序, 甚至用户本身也可以根据需要进行开发自己的工具箱。

## 1.3 MATLAB 环境设置

在计算机上安装好 MATLAB 后, 双击 MATLAB 图标, 就可以进入集成视窗环境, 如图 1-2 所示, 它是以后工作的基本环境, 用户在这里键入指令, MATLAB 也将计算的结果显示于此。在当前默认设置情况下, 通用操作界面环境主要包括 8 个窗口, 即主窗口、命令窗口、历史命令窗口、当前目录浏览器窗口和工作空间浏览器窗口、数组编辑器窗口、M 文件编辑/调试器窗口和程序性能剖析窗口, 下面分别加以介绍。

#### 1. 主窗口 (Main Window)

主窗口不能进行任何计算, 它只是用来完成一些环境参数的设置, 同时它提供了一个框架载体, 其他所有窗口都是包含在该窗口中的。

主窗口最上面显示“MATLAB”字样的一栏为标题栏, 标题栏的右边依次为窗口最小化按钮、窗口缩放按钮和关闭窗口按钮。标题栏下面的主菜单栏包含 File、Edit、Debug、Desktop、Window、Help 等项, 其主要功能如下:

- **File (文件处理) 菜单:** 本菜单主要用于新建、打开、保存、关闭一个文件。同时还提供打印和退出系统等功能。

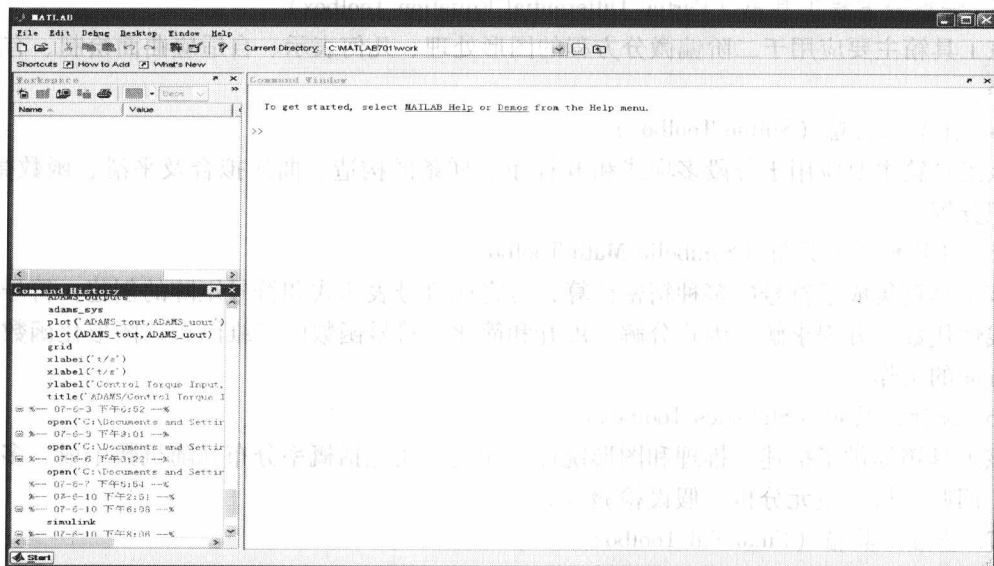


图 1-2 MATLAB 系统默认界面

- **Edit (编辑) 菜单:** 本菜单主要用于对程序源代码和窗体进行编辑整理等。
- **Window (窗口) 菜单:** 单击该选项, 可以查看当前系统打开的所有窗口, 并实现不同窗口之间的转换。
- **Help (帮助) 菜单:** 实现 MATLAB 的帮助功能, 关于帮助的详细介绍, 请参阅本章的帮助专题。

菜单栏下面的工具栏显示了几个工具按钮。工具栏里有一个加速按钮板, 它提供了一些最常用的菜单命令的快捷方式, 当把鼠标移动到某个加速按钮上时, 稍等片刻就会在鼠标的下方出现该按钮的功能提示。熟练使用工具按钮可使工作更快捷、更方便。

## 2. 命令窗口 (Command Window)

命令窗口默认地出现在 MATLAB 界面的右侧, 是进行 MATLAB 操作的最主要的窗口。一般来说, MATLAB 的所有函数和命令都可以在命令窗口中输入和执行。在 MATLAB 启动后, 将显示提示符号 `>>`, 用户就可以在提示符后面键入命令、函数和表达式。按下回车键后, 系统会解释并执行所输入的命令, 最后给出计算结果。

命令窗口也可以单独显示, 如果选择选单 `View -> Undock Command Window`, 或者单击命令窗口右上角的  按钮, 或者直接拖动命令窗口离开操作界面都会出现如图 1-3 所示的单独命令窗口。

然后选择命令窗口的菜单 `View -> Undock Command Window` 命令, 可使单独的命令返回 MATLAB 界面。

## 3. 历史命令窗口 (Command History)

历史命令窗口默认地出现在 MATLAB 界面的左下侧, 用来记录并显示已经运行过的命令、函数和表达式, 并允许用户对它们进行选择、复制和重运行, 用户可以方便地输入和修改长命令, 选择多行命令以产生 M 文件。

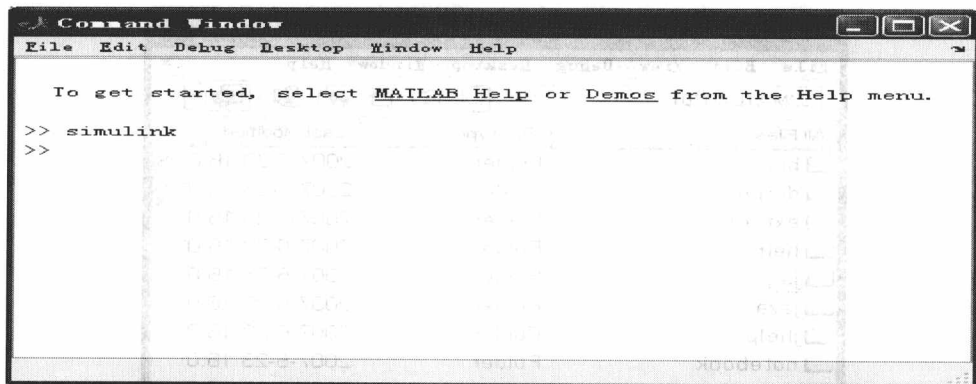


图 1-3 单独的命令窗口

只要单击历史命令窗口右上角的  按钮, 就可以使其成为单独的窗口, 如图 1-4 所示。历史命令窗口包括: 每次开启 MATLAB 的时间和每次开启后在命令窗口中运行过的所有命令行。

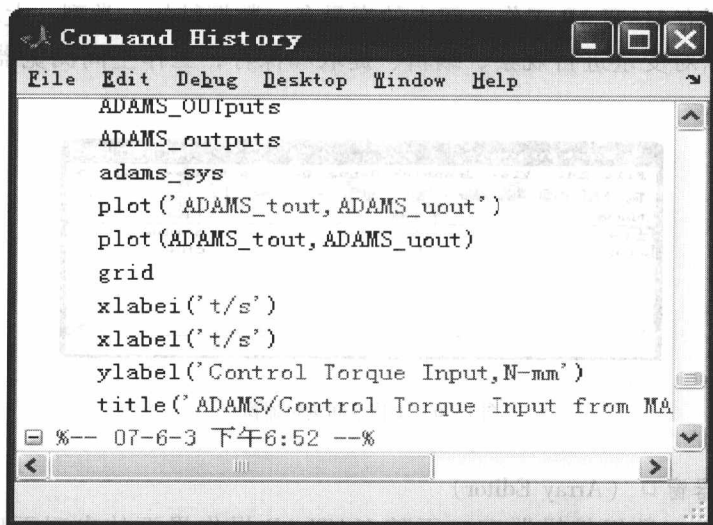


图 1-4 历史命令窗口

#### 4. 当前目录浏览器窗口 (Current Directory Browser)

当前目录浏览器窗口默认地出现在 MATLAB 界面的左上侧的后台, 用来设置当前目录, 可以随时显示当前目录下的 M、MDL 等文件的信息, 包括文件类型、文件名、最后修改时间和文件的说明信息等, 并可以复制、编辑和运行 M 文件以及装载 MAT 数据文件。

使用与前面同样的方法可以使当前目录浏览器窗口成为单独的窗口, 如图 1-5 所示。包括当前目录设置区, 文件详细列表以及 M 或 MAT 文件描述区。

#### 5. 工作空间浏览器窗口 (Workspace Browser)

工作空间浏览器窗口 (又称内存浏览器窗口) 默认地出现在 MATLAB 界面的左上侧的