

普通高等教育“十二五”规划教材

机电系统动态仿真

——基于MATLAB/Simulink

第2版

刘白雁 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”规划教材

机电系统动态仿真

——基于 MATLAB/Simulink

第2版

主 编 刘白雁
副主编 陈新元
参 编 傅连东
蒋 林



机械工业出版社

本书重点介绍如何利用 MATLAB/Simulink 进行机电动态系统的建模、性能分析以及综合设计。系统地介绍了动态仿真所应当掌握的 MATLAB 基本知识和操作,介绍了机电系统建模、时间响应、频率响应、控制系统的综合与校正等相关专业知识、算法以及进行仿真所对应的 MATLAB 函数,最后重点介绍了 Simulink 的特点及利用 Simulink 进行机电液系统动态仿真的方法。

本书可作为理工科院校机械类(含机电类)有关专业,如机械设计与制造、机械电子工程、车辆工程、仪器与仪表等专业学生学习计算机动态仿真技术的教材或参考书,也可供相关专业的研究生或科研人员使用。

图书在版编目(CIP)数据

机电系统动态仿真:基于 MATLAB/Simulink/刘白雁主编. —2 版. —北京:机械工业出版社,2011.12

普通高等教育“十二五”规划教材

ISBN 978-7-111-36490-0

I. ①机… II. ①刘… III. ①机电系统—计算机仿真—计算机辅助计算—软件包, MATLAB—高等学校—教材 IV. ①TH—39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 235951 号

机械工业出版社(北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:王小东 责任编辑:王小东 李 宁 任正一

版式设计:张世琴 责任校对:张 媛

封面设计:张 静 责任印制:乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2012 年 1 月第 2 版第 1 次印刷

169mm×239mm·15.75 印张·303 千字

标准书号:ISBN 978-7-111-36490-0

定价:29.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版

第2版前言

《机电系统动态仿真——基于 MATLAB/Simulink》自 2005 年出版以来，MATLAB 软件已由当年的 MATLAB 6.5 为主发展到 MATLAB 7.12（或 R2011a）。MathWorks 公司每年都要推出 MATLAB 的两个新版本，主要体现在 MATLAB 各种工具箱的不断扩充和完善上，即 MATLAB 不断地在扩充它的应用领域。虽然对于以高校机械类专业本科为对象的这本关于机电系统动力学建模与仿真的教材，不一定用得上 MATLAB 不断增加的各种新的功能，但 MATLAB 6.x 与 MATLAB 7.x 在工作环境、操作界面等方面有较大差别，因此为了读者能够更好地学习使用 MATLAB 软件，有必要对这本教材进行修订。

本次修订除了将教材中的 MATLAB 6.5 改为 MATLAB 7.0 以外，还根据教学中反映出来的一些问题，对本书中部分章节的例题和习题进行了充实和完善；修正了第 1 版中的一些打印、排版错误以及表述方面的不妥之处；本教材第 9 章增加了一节介绍 MATLAB 的 S-函数，因为这部分内容对于进行复杂机电系统的仿真是非常必要的。

教材中关于 MATLAB 软件的使用，读者完全可以通过自学加以掌握，但本教材中有些例题和习题因涉及相关的专业知识，最好能有教师给予一定指导。编者编写本教材的目的是希望帮助相关专业的学生会如何用计算机仿真这种方法解决机电动态系统的建模、性能分析、综合设计等工程实际问题，但为了不过分增加学生学习负担，教材中大部分涉及机电系统的例题、习题仍然是经过简化的（虽然有的简化是必要的），这也是我们在编写这本教材时遇到的一个两难问题。尽管如此，教材中部分例题、习题仍可能有一定难度或可能需要花费较多时间，因此使用本教材的老师可根据具体情况对教学内容进行取舍。

本教材的 1~4 章介绍 MATLAB 的基本知识，这部分内容是利用

MATLAB 进行系统仿真所必需的基础；5~8 章介绍与机电控制系统计算机仿真有关的算法、MATLAB 函数以及相应的专业知识；第 9 章介绍 MATLAB 提供的一个极具特色的高效仿真工具 Simulink，以及利用 Simulink 进行机电系统仿真的方法。

古人云：行百里者半九十。如果将编写一本优秀的教材看成是一个百里行程的话，那本次修订距终点仍在半途之中，因此恳请读者包括使用本教材的师生提供宝贵意见，以便该教材能够不断改进。编者
Email: wustlby@163. com

编 者

第 1 版前言

“仿真”一词译自英语单词“Simulation”，也译作模拟，是指对现实系统某一层抽象属性的模仿。仿真方法早期被称为蒙特卡罗方法，即利用随机数实验求解随机问题的方法，其原理可追溯到 1773 年法国自然学家 G. L. L. Buffon 为估计圆周率值所进行的物理实验。在工程技术界，系统仿真是指通过对系统模型的试验间接地获取原形的规律性认识。

由仿真模型的种类，系统仿真可大致分为物理仿真和数学仿真两大类。物理仿真是根据现实系统的物理性质构造系统的物理模型，并在物理模型上进行试验；数学仿真则是根据现实系统的数学关系构造系统的数学模型，通过数学模型进行试验。由于数学仿真一般是在计算机上通过计算机软件来实现，因此数学仿真也就是通常所说的计算机仿真。伴随着计算机科学和技术的发展，计算机仿真应用日益广泛，目前仿真技术在很大程度上通常就是指计算机仿真。由于计算机仿真技术具有学科面广、综合性强、应用领域宽、无破坏性、可多次重复、安全、经济、不受气候条件和场地空间的限制等独特优点，因而在机械制造、航空航天、交通运输、石油钻采、经济管理、工程建设、军事模拟以及医疗卫生等诸多领域得到了广泛的应用。

计算机仿真技术的普及，在很大程度上是由于许多功能强大、使用方便的仿真软件的相继出现，这里值得一提的就是美国 MathWorks 公司推出的 MATLAB 仿真软件。MATLAB 是一种面向科学与工程计算的高级语言，它以强大的矩阵计算和图形可视化功能、极高的编程效率、丰富的专用工具箱、简单易学、使用方便等特点而为教学和科研工作者所青睐，目前已成为国际公认的优秀科技应用软件。对于正在高校学习的理工科大学生，借助 MATLAB 软件，可以轻而易举地将所学课程中那些抽象、枯燥的公式、定理以及难以理解、分析的对象

模型、工程系统转变成形象直观的曲线、图形，从而大大地提高学习效率，加深对所学学科基础、专业知识的理解，这也是 MATLAB 问世便在国外高校十分流行的一个重要原因。

本书作者长期从事机电系统控制、设计方面的教学与科研工作，深知高校机械类专业的学生在理解自动控制理论有关概念、机电系统建模、动静态特性分析等方面存在不同程度的困难，而 MATLAB 软件正是帮助克服这些困难的得力工具之一。因此，我们编写了这本面向高校机械类专业大学生、研究生的基于 MATLAB 6. x 的机电系统动态仿真教材。本书主要内容分为两个方面，一是由浅入深地介绍 MATLAB 与机电系统仿真有关的必要知识，并为以后进一步深入学习 MATLAB 打下基础，其中对与 MATLAB 配套的 Simulink 软件包作了较为详细的介绍。对于一般的仿真应用，本教材提供的 MATLAB 内容基本上是不够用的；二是结合 MATLAB 学习机械类有关专业的课程知识，这主要体现在教材中的例子和习题中，同时也设置了专门的章节较为深入地介绍一些机电系统的 MATLAB 应用，希望能为读者应用 MATLAB 进行机电系统分析提供借鉴。

本教材曾经作为“仿真技术”课程的讲义在武汉科技大学机类各专业中连续使用了三届，根据教学中反映出的问题以及学生对教材的需求，我们重新编写了这本教材。由于作者的学科视野、学术修养有限，加之时间仓促以及篇幅的限制，这本教材在内容取舍、结构安排等方面仍有许多待完善之处；书中的疏漏、谬误之处也恐在所难免，恳请读者提出宝贵意见，我们将不胜感激！

编者

目 录

第 2 版前言

第 1 版前言

第 1 章 MATLAB 基础	1
1.1 概述	1
1.1.1 MATLAB 的发展历程	1
1.1.2 MATLAB 的基本组成和特点	2
1.2 MATLAB 的操作界面	4
1.3 指令窗运行	5
1.3.1 数值、变量和表达式	6
1.3.2 指令窗操作	7
1.4 历史指令窗	10
1.5 当前目录浏览器、路径设置器和文件管理	11
1.5.1 MATLAB 的搜索路径	11
1.5.2 当前目录浏览器	11
1.6 工作空间浏览器和数组编辑器	13
1.6.1 工作空间浏览器	13
1.6.2 数组编辑器	13
1.7 M 文件编辑器和 M 脚本文件编写	14
1.7.1 Editor/Debugger M 文件编辑器简介	14
1.7.2 M 脚本文件的编写	15
1.8 使用 MATLAB 帮助	16
习题 1	18
第 2 章 数组及其运算	20
2.1 简介	20
2.2 数值数组的生成和寻访	20
2.2.1 数值数组的生成	20
2.2.2 数值数组的寻访	25
2.3 数组运算和矩阵运算	26
2.3.1 执行数组运算的常用函数	26
2.3.2 数组和矩阵运算	27

2.4	“非数”和“空”数组	29
2.4.1	非数	29
2.4.2	“空”数组	31
2.5	数组的关系运算和逻辑运算	31
2.5.1	关系运算	32
2.5.2	逻辑运算	33
2.6	字符串数组	33
2.6.1	字符串数组的创建与操作	33
2.6.2	串操作函数	35
2.6.3	串转换函数	36
2.7	元胞数组	38
2.7.1	元胞数组的创建和显示	38
2.7.2	元胞数组内容的调取	39
2.8	构架数组	40
	习题 2	41
第 3 章	数据和函数的可视化	42
3.1	二维曲线绘图	42
3.1.1	plot 的基本调用格式	42
3.1.2	曲线的色彩、线型和数据点型	44
3.1.3	图形控制	46
3.2	三维绘图	57
3.2.1	plot3 的基本调用格式	57
3.2.2	三维网线图和曲面图	58
3.3	图形窗功能简介	68
3.3.1	图形窗工具栏	68
3.3.2	图形编辑	69
	习题 3	72
第 4 章	MATLAB 编程	73
4.1	MATLAB 程序控制	73
4.1.1	for 循环结构	73
4.1.2	while 循环结构	74
4.1.3	if-else-end 分支结构	75
4.1.4	switch-case 结构	75
4.1.5	try-catch 结构	77
4.1.6	控制程序流的其他常用指令	77
4.2	M 脚本文件和 M 函数文件	78

4.2.1	M 脚本文件	78
4.2.2	M 函数文件	78
4.2.3	M 函数文件的一般结构	79
4.2.4	局部变量和全局变量	80
4.3	变量的检测传递和限权使用函数	81
4.3.1	输入、输出参量检测指令	81
4.3.2	子函数	82
4.3.3	私有函数	84
4.4	串演算函数	84
4.4.1	eval	84
4.4.2	feval	85
4.4.3	内联函数	86
4.5	函数句柄	87
4.5.1	函数句柄的创建和观察	87
4.5.2	函数句柄的基本用法	87
4.6	符号计算	89
4.6.1	符号对象和使用	89
4.6.2	符号表达式的操作	91
4.6.3	符号微积分	92
	习题 4	93
第 5 章	系统模型	96
5.1	系统仿真概述	96
5.1.1	系统仿真及其分类	96
5.1.2	仿真模型与仿真研究	97
5.2	系统数学模型	98
5.2.1	系统时域模型	98
5.2.2	系统传递函数模型	98
5.2.3	系统零极点增益模型	99
5.2.4	状态空间模型	100
5.2.5	系统模型的转换	102
5.2.6	系统模型参数的获取	103
5.2.7	时间延迟系统建模	105
5.2.8	模型属性设置和获取	105
5.3	系统模型的连接	107
5.3.1	模型串联	107
5.3.2	模型并联	107
5.3.3	反馈连接	108

5.4 机电系统建模举例	110
5.4.1 半定系统建模	110
5.4.2 机械加速度计建模	111
5.4.3 磁悬浮系统建模	113
5.4.4 液压动力元件建模	114
习题 5	116
第 6 章 系统时间响应及其仿真	117
6.1 仿真算法	117
6.1.1 数值积分的基本原理	117
6.1.2 数值积分方法的选择	122
6.1.3 基于离散相似法的系统仿真方法	123
6.2 系统仿真的 MATLAB 函数	124
6.2.1 数值积分方法的 MATLAB 函数	124
6.2.2 时间响应仿真的 MATLAB 函数	129
6.3 采样控制系统仿真	134
6.3.1 采样控制系统的基本组成	134
6.3.2 采样控制系统仿真特点	134
6.3.3 采样控制系统仿真方法	135
习题 6	137
第 7 章 系统频率响应及其仿真	140
7.1 频率特性的一般概念	140
7.1.1 频率响应与频率特性	140
7.1.2 Nyquist 图与 Bode 图	141
7.1.3 稳定裕度	141
7.2 连续系统频率特性的 MATLAB 函数	142
7.2.1 频率响应的计算	142
7.2.2 频率特性图示法	145
7.3 离散系统频域仿真	150
7.4 系统分析图形用户界面	153
习题 7	157
第 8 章 控制系统的综合与校正	159
8.1 系统性能指标的计算	159
8.1.1 时域指标	159
8.1.2 频域指标	163
8.2 系统校正的 MATLAB 编程	163

8.2.1 相位滞后校正	164
8.2.2 PID 校正	168
8.3 控制系统设计举例	172
8.3.1 汽车悬架系统控制	172
8.3.2 阀控液压马达速度控制系统	176
习题 8	178
第 9 章 Simulink 动态仿真	181
9.1 Simulink 基本操作	181
9.1.1 启动 Simulink	181
9.1.2 打开空白模型窗口	182
9.1.3 建立 Simulink 仿真模型	183
9.1.4 系统仿真运行	186
9.1.5 仿真结果的输出和保存	187
9.2 模块库和系统仿真	187
9.2.1 Simulink 模块库	187
9.2.2 Simulink 环境下的仿真运行	197
9.3 子系统的创建与封装	202
9.3.1 子系统的创建	203
9.3.2 子系统的封装	206
9.3.3 条件子系统	210
9.4 Simulink 仿真举例	214
9.4.1 曲柄滑块机构运动学的仿真	214
9.4.2 悬吊式起重机动力学仿真	218
9.4.3 阀控液压缸的动刚度分析	220
9.5 S-函数简介	224
9.5.1 S-函数的概念	224
9.5.2 编写 M 文件 S-函数	227
习题 9	234
参考文献	238

第 1 章 MATLAB 基础

系统仿真是根据被研究的真实系统的数学模型研究系统性能的一门学科，尤指利用计算机研究数学模型行为的方法，即数值仿真。数值仿真的基本内容包括系统、模型、算法、计算机程序设计及仿真结果显示、分析与验证等环节。

在系统仿真技术的诸多环节中，算法和计算机程序设计是很重要的环节，它直接决定原来问题是否能够正确求解，而 MATLAB 正是解决这一问题的首选软件。本章对 MATLAB 的基本结构及其基本操作进行简要介绍。

1.1 概述

1.1.1 MATLAB 的发展历程

MATLAB 名字由 Matrix 和 Laboratory 两词的前 3 个字母组合而成。1980 年前后，时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教授出于减轻学生编程负担的动机，为学生设计了一组调用 LINPACK（基于特征值计算的软件包）和 EISPACK（线性代数软件包）库程序的“通俗易懂”的接口，即用 FORTRAN 编写的萌芽状态的 MATLAB。

早期的 MATLAB 只能进行矩阵运算，并且只能用星号描点的形式画图，内部函数也只有几十个，但作为免费软件在大学里使用，仍深受大学生的喜爱。

1984 年 Cleve Moler 和 John Little 成立了 MathWorks 公司，正式把 MATLAB 推向市场。1990 年推出了首个可以运行于 Microsoft Windows 的版本 MATLAB 3.5i。1993 年推出的 MATLAB 4.0 版本充分支持在 Microsoft Windows 下的界面编程。1997 年推出的 MATLAB 5.0 版本支持更多的数据结构。1999 年推出的 MATLAB 5.3 进一步改善了 MATLAB 语言的功能，其全新版本的最优化工具箱和 Simulink 3.0 都达到了很高档次。2000 年 10 月推出的 MATLAB 6.0 在操作界面上有了很大改观，其数值计算的速度更快、性能更好，与 C 语言接口及转换的兼容性更强，与之配套的 Simulink 4.0 增加了更多的功能。2001 年 6 月推出的 MATLAB 6.1 版及 Simulink 4.1 版功能更加强大，其中的虚拟现实工具箱给仿真结果的三维视景显示提供了新的解决方案。2002 年 8 月问世的 MATLAB 6.5 版及 Simulink 5.0 版在已有版本上作了进一步的改进，如增加了变量名、函数名、文件名的最大长度，改进了开发环境和外部接口等。2004 年 5 月发布了 MAT-

LAB 7.0 和 Simulink 6.0, MATLAB 7.0 的最大亮点在于添加了图形的交互创建和编辑功能, 同时在操作界面上也得到了加强; Simulink 6.0 则针对大规模的系统开发进行了性能优化。2004 年 9 月发布的 MATLAB 7.0.1 提高了 MATLAB 7.0 的稳定性和运行性能。

从 2006 年开始, MathWorks 公司的 MATLAB 产品的发布形式发生了变化, 即分别在每年的 3 月和 9 月各进行一次 MATLAB 的产品发布, 版本的命名方式为“R + 年份 + 代码”, 对应上、下半年的代码分别是 a 和 b。R2010b 版本的操作界面与 MATLAB 7.0 相比有较大的变化。由于安装 MATLAB 7.0.x 所需的系统资源相对于以后的 MATLAB 版本较少, 且其所提供的功能完全能满足一般教学的需要, 因此本书主要介绍基于 MATLAB 7.0.x 的系统仿真。事实上如果能熟悉 MATLAB 7.0.x, 则对于使用 MATLAB 7.0.x 以后更高的版本也不会困难。

现在的 MATLAB 当然已不再仅仅是一个“矩阵实验室”了, 它以强大的科学计算与可视化功能、简单易用、开放式可扩展环境、数十种面向不同领域的工具箱支持, 被设计研究单位和工业部门认为是进行高效研究、开发的首选软件工具, 在科学研究和产品开发中有着广阔的前景和巨大的潜能, 具体如下:

- 数据分析。
- 数值和符号计算。
- 工程与科学绘图。
- 控制系统设计。
- 数字图像信号处理。
- 财务工程。
- 建模、仿真、原形开发。
- 应用开发。
- 图形用户界面设计。

1.1.2 MATLAB 的基本组成和特点

MATLAB 集计算、可视化及编程于一身。在 MATLAB 中, 无论是问题的提出, 还是结果的表达都采用人们习惯的数学描述方法, 而不需要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。

1. MATLAB 的主要产品构成

MATLAB 产品是由一系列的产品模块构成的, 简述如下:

(1) MATLAB 所有 MathWorks 公司产品的数值分析和图形处理的基础环境。

(2) MATLAB Toolbox 这是一系列针对不同领域应用的各种专用的 MAT-

LAB 函数库。工具箱是开放、可扩展的，用户可以查看其中的算法，或开发自己的算法。

(3) MATLAB Compiler 该编译器可将用 MATLAB 语言编写的 M 文件自动转换成 C 或 C++ 文件。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。

(4) Simulink 这是一种结合了框图界面和交互仿真能力的极其简便的动态系统仿真工具。

(5) Stateflow 它与 Simulink 框图模型相结合，描述复杂事件驱动系统的逻辑行为，驱动系统在不同的模式之间进行切换。

(6) Real-Time Workshop 直接从 Simulink 框图自动生成 C 或 ADA 代码，用于快速原型和硬件的回路仿真。

2. MATLAB 语言的特点

MATLAB 语言被称为第四代计算机语言。正如第三代计算机语言（如 FORTRAN、C 语言等）使人们摆脱了计算机硬件的束缚一样，MATLAB 语言可帮助软件开发者从烦琐的程序代码中解放出来。MATLAB 丰富的函数使开发者无需重复编程，只需简单地调用即可。MATLAB 语言有以下几个主要特点。

(1) 编程效率高 用 MATLAB 编写程序犹如在演算纸上排列公式，因此也通俗地称 MATLAB 语言为演算纸式科学算法语言。用户既可以在命令窗口中将输入语句与执行命令同步，也可以先编写好一个较大的复杂的应用程序（M 文件）后再一起运行。由于它编写简单，所以编程效率高，易学易用。

(2) 使用方便 MATLAB 语言是一种解释执行的语言，无须编译、连接，而是将编辑、编译、连接和执行融为一体；它能在同一界面上进行灵活操作，快速排除程序中的各类错误，从而加快了用户编写、修改和调试程序的速度。

(3) 高效方便的科学计算 MATLAB 拥有 600 多种数学、统计及工程函数，可使用户立刻实现所需的强大的数学计算功能。MATLAB 是由各领域的专家学者们开发的数值计算程序，使用了安全、成熟、可靠的算法，从而保证了最大的运算速度和可靠的结果。

(4) 先进的可视化工具 MATLAB 提供功能强大的、交互式的二维和三维绘图功能，可使用户创建富有表现力的彩色图形。可视化工具包括曲面渲染、线框图、伪彩图、光源、三维等位线图、图像显示、动画和体积可视化等。

(5) 开放性、可扩展性强 MATLAB 所有核心文件和工具箱文件都是公开的、可读可写的源文件，是可见的 MATLAB 程序，所以用户可以查看源代码，检查算法的正确性，修改已存在的函数，或者加入自己的新部件，包括运行时动态连接外部 C、C++ 或 FORTRAN 应用函数；在独立 C、C++ 或 FORTRAN 程序中调用 MATLAB 函数；输入输出各种 MATLAB 及其他标准格式的数据文

件；创建图文并茂的技术文档，包括 MATLAB 图形、命令，并可通过 Word 输出等。

(6) 特殊应用工具箱 MATLAB 对许多专业领域都开发了功能强大的模块集和工具箱。一般来说，它们都是由专业领域的专家开发，用户可以直接使用工具箱学习、应用和评估不同的方法，而不需要自己编写代码。MATLAB 的工具箱加强了对工程及科学中特殊应用的支持。工具箱也和 MATLAB 一样是完全用户化的，可扩展性强。将某个或某几个工具箱与 MATLAB 联合使用，可以得到一个功能强大的计算组合包，满足用户的特殊要求。

(7) 高效仿真工具 Simulink Simulink 是用来建模、分析和仿真各种动态系统的交互环境，包括连续系统、离散系统和混杂系统。Simulink 提供了采用鼠标拖放的方法建立系统框图模型的图形交互界面。通过 Simulink 提供的丰富的功能块，用户可以迅速地创建系统的模型，不需要书写任何代码。同时，Simulink 还可以方便调用 MATLAB 提供的各种功能。

1.2 MATLAB 的操作界面

要进入 MATLAB 工作环境，只需单击 MATLAB 图标。MATLAB 6.x 版本的操作界面大致相同。图 1-1 所示为 MATLAB 6.5 版本的默认操作界面。MATLAB 7.0.1 版本的默认操作界面与 MATLAB 6.x 略有不同，如图 1-2 所示。对于图 MATLAB 7.0.x 操作界面上的通用窗口简介如下。

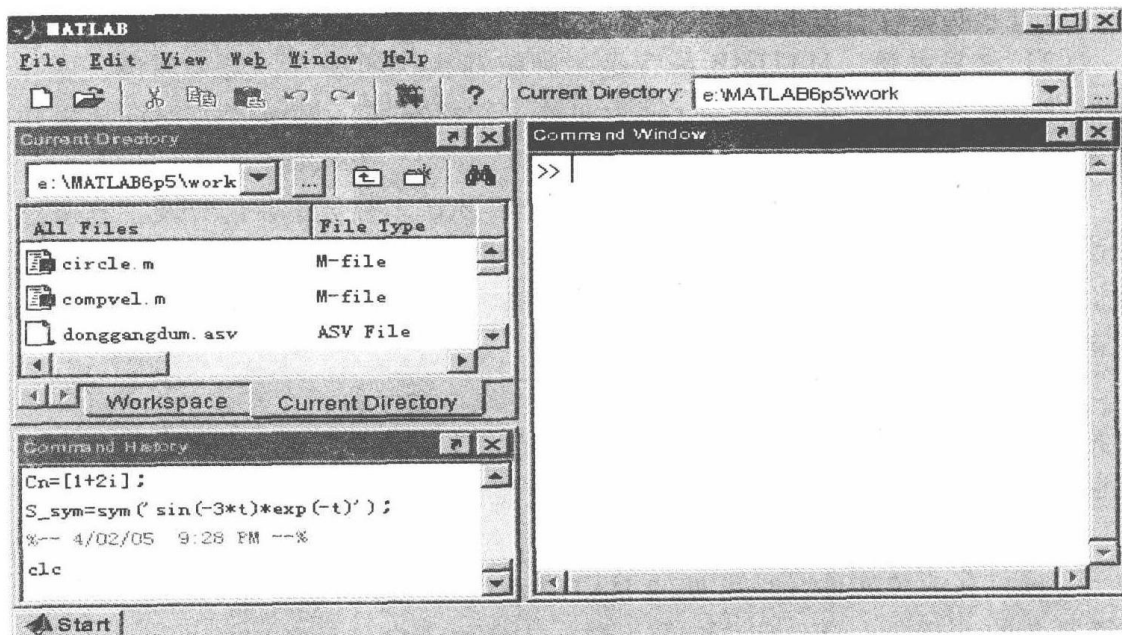


图 1-1 MATLAB 6.5 版本的默认操作界面

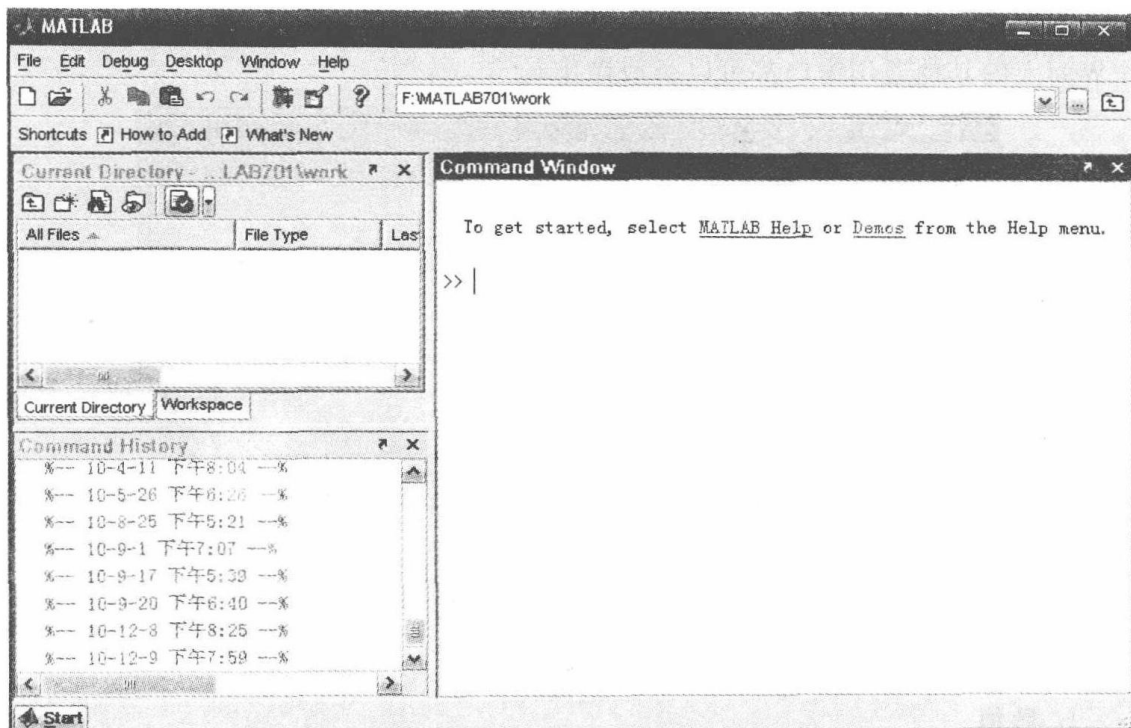



图 1-2 MATLAB 7.0.x 版本的默认操作界面

(1) 工作空间浏览器 (Workspace Browser) 罗列 MATLAB 工作空间 (即内存中) 所有变量的名称、类型、字节数等。


(2) 历史指令窗 (Command History Window) 该窗记录已经运作过的指令、函数、表达式。

(3) 指令窗 (Command Window) 该窗是进行各种 MATLAB 操作的最主要窗口。在该窗内可输入各种送给 MATLAB 运作的指令、函数、表达式, 并显示除图形外的所有运算结果。

(4) 启动按钮 (Start) 单击该界面左下角的  Start 按钮, 将弹出以树状结构罗列的 MATLAB 提供的所有交互界面, 可直接打开 MATLAB 相关工具和获取 MathWorks 产品的文档。

(5) 当前目录浏览器 (Current Directory Browser) 可进行当前目录设置, 展示、复制、编辑和运行相应目录下的 M 文件。

1.3 指令窗运行

MATLAB 指令窗默认位于 MATLAB 操作界面的右方, 单击该指令窗右上角的  按钮, 就可获得图 1-3 所示的独立指令窗。若要让独立指令窗缩回操作界