



高等教育“十二五”规划教材

电气工程与自动化控制系统的 MATLAB 仿真

主 编 祝龙记
副主编 石晓艳

中国矿业大学出版社



高等教育“十二五”规划教材

电气工程与自动化 控制系统的 MATLAB 仿真

主 编 祝龙记

副主编 石晓艳

中国矿业大学出版社

内 容 提 要

MATLAB是最流行的面向工程与科学计算的仿真软件之一,而 Simulink 是 MATLAB 软件的扩展,增加了基于 Windows 的模型化图形输入用户交互接口,用于建立系统框图和可视化的仿真模型,Simulink 已经成为教学和工业应用中动态系统建模时使用最广泛的软件包。

本书共分 8 章,主要主要介绍了与 Simulink 相关的 MATLAB 7.1 的基本命令、函数及绘图功能;Simulink 的建模技巧和电气系统模块库;Simulink 在电力系统中的仿真分析及各种测量分析仪表的应用;自动控制原理方面的仿真;Simulink 在电力电子系统中的仿真应用;Simulink 在直流调速和交流调速中的建模与仿真应用等内容。

本书可作为高校电气工程、自动化、机电工程等相关专业的本科生和研究生控制系统仿真类课程的教材和参考书。也可作为电气工程、自动控制类专业的工程技术人员参考书。

图书在版编目(CIP)数据

电气工程与自动化控制系统的 MATLAB 仿真 / 祝龙记

主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2014.1

ISBN 978 - 7 - 5646 - 2195 - 7

I. ①电… II. ①祝… III. ①电气控制系统—计算机仿真—Matlab 软件 IV. ①TM921.5-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 318769 号

书 名 电气工程与自动化控制系统的 MATLAB 仿真

主 编 祝龙记

责任编辑 仓小金

出版发行 中国矿业大学出版社有限责任公司

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

出版服务 (0516)83885767 83884920

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

印 刷 徐州中矿大印发科技有限公司

开 本 787×1092 1/16 印张 13.25 字数 330 千字

版次印次 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷

定 价 24.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前 言

1. 开设仿真类课程的目的

(1) 课程设置的必要性

1998 年教育部颁布的专业目录中将电力系统自动化、高电压技术、电气技术和电机、电器及控制等专业合并成电气工程及其自动化专业,并在引导性专业目录中将电气工程及其自动化专业和自动化专业合并成电气工程与自动化专业,这样就使得电气类专业口径更宽、应用面更广。进入 21 世纪以来,电子技术、计算机网络技术、自动控制技术等获得了空前的高速发展,并渗透到各个领域,深刻地影响着人类的生产方式和生活方式。

仿真技术在其近 50 多年的发展历史中,推动了几乎所有设计领域的革命,被喻为 20 世纪下半叶十大工程技术成就之一。如今,仿真技术已成为现代工程师应掌握的基本技能之一。作为联系电力系统分析、自动控制理论、电力电子技术、自动控制系统/设计、课程设计、毕业设计等教学环节的仿真技术类课程,其不仅可以使学生加强课程学习效果,而且还可以为学生在毕业设计中提供一个强有力的工具,有效加强教学中的实践性教学环节,提高学生的独立工作能力和创新性思维能力。

因此,在高等工科院校开设仿真技术类课程是十分必要的。目前,在已开设此类课程的院校中主要有两种形式:一是在三年级的上学期就开设“计算机仿真技术基础”课程(24 学时左右,侧重于基本原理和 MATLAB 入门),以配合“自动控制原理”等相关专业基础课程的教学;二是在四年级开设“控制系统仿真”课程(32 学时左右,侧重于控制系统的基本原理验证, MATLAB/Simulink 的应用),来配合自动控制系统的设计、分析与参数优化等相关教学环节的开展。

(2) 仿真技术的发展

MATLAB 语言的出现与推广改变了以往人们手工编程的历史,使得仿真技术进入到实质性的应用阶段。随着 MATLAB/Simulink 的日臻完善,使得数字仿真技术进入到视窗与图形化的人机交互阶段,计算机仿真开始广泛应用于教学与科研工作中。今天,以虚拟现实技术、3D 显示技术、数字仿真技术为核心

内容的虚拟样机技术(又称虚拟制造技术)也已进入科研院所与大专院校,并开始工厂企业中广泛应用,仿真技术进入一个新的应用与发展阶段。

作为以计算机系统、数字技术以及应用软件为基本手段的仿真技术,其内含与其应用将会随 IT 业的发展、各行业的需求和新技术的涌现而不断地向前发展。如何将“前沿技术”引入仿真技术类课程的教学中来,并提高学生的学习兴趣,激发学生的创造意识,开阔他们的思维视野,是本课程面临的重要问题之一。

(3) 教学方式的多样化

电气自动化专业的“自动控制原理”、“电力电子技术”、“电力系统分析”、“电磁场”等专业基础课,理论性强,内容抽象难懂,学生学习起来比较吃力。目前,在大多数院校都具备了多媒体教室等现代化教学方式,努力应用现代化技术手段来提高学生的兴趣,加深学生对专业知识的理解,从而达到提高教学效果的目的,这也是仿真技术类课程教学中应该倡导的。

(4) 能力的培养与训练

作为一类建立在若干先修课程与知识基础之上的应用型专业课,仿真技术类课程应该传授给学生些什么?把仿真技术这一利器传授给学生,使学生掌握其中的基本概念、基本原理和基本方法是本门课程最低层次的要求;同时,如何充分利用仿真工具,使学生加深理解所学课程与知识的内容,培养学生独立分析问题与解决问题的能力,激发学生的创新意识,训练学生的思维方法,是仿真技术类课程教学所面临的深层次问题。

2. 关于本书

在我国,虽然各类与 MATLAB 相关的书籍很多,但是绝大部分书籍或教材都侧重于 MATLAB 某个工具箱的使用或侧重于 MATLAB 语言本身,而以专业为背景特别是使用 MATLAB 较多的自动化和电气工程等相关专业的图书也不少。我们编写本书的出发点是为了满足自动化和电气工程专业广大读者的要求。本书以自动化和电气工程专业为主线,以 MATLAB 7.0 与 Simulink 为基础,力求涵盖自动化和电气工程专业的骨干课程,主要包括电力系统分析、电力电子技术、自动控制原理、交直流调速控制系统等内容,增加了笔者近几年关于仿真技术在自动控制系统中的仿真应用成果。编写本书的主要目的在于:

① 向读者传授 Simulink 仿真这一利器;使读者意识到随着新技术的不断发展,将会不断地产生更有效、更实用的仿真工具,而我们应该不断地学习与掌握这些新技术,以使自己能够与时俱进。

② 向读者讲明 Simulink 仿真技术中涉及的基本原理、基本概念与基本方

法,并掌握采用 Simulink 建立电气及自动控制系统仿真模型的方法。

③ 给读者提出一些生动有趣、启迪思想的控制系统工程实践问题,创造一个自由畅想、激发创造的空间,以使大家从中体会到:仿真技术是我们学习、科研以及生活中不可缺少的有力工具。

MATLAB 是一个高度集成的系统,它提供的 Simulink 是一个用来对动态系统进行建模、仿真和分析的软件包,支持线性和非线性系统,能够在连续时间域、离散时间域里进行建模,它同样支持具有多种采样速率的系统。在过去的几年里,Simulink 已经成为教学和工业应用中对动态系统进行建模时使用最广泛的软件包。

本书共分 8 章,在第 1 章中并没有从 MATLAB 最基本的使用讲起,只是对 MATLAB 的基本操作和命令进行了简单说明;第 2、3 章着重对 MATLAB 中的 Simulink 的使用方法进行了详细介绍;第 4 章讲解了 Simulink 在电力系统中的仿真分析及各种测量分析仪表的应用,如电力系统的稳态与暂态分析、电力传输线的串联补偿、含同步发电机/异步电动机的电力系统潮流分析等;第 5 章讲解了自动控制原理方面的仿真分析;第 6 章讲解了 Simulink 在电力电子系统中的仿真应用,介绍了电力电子仿真模块的使用技巧、典型应用电路的建模方法和步骤以及仿真模型的调试和结果分析;第 7、8 章讲述了 Simulink 在电气传动中的建模与仿真应用,如直流调速系统的仿真、交流调速系统的仿真等,本章中特别增加了笔者近几年来在矢量控制系统、直接转矩控制系统等仿真应用成功的实例,希望能给从事该行业的读者以帮助。

本书的最大特点是与电气自动化工程实际紧密结合,书中所列举的例子基本上都来源于工程实际,有些实例取材于笔者在电气自动化中的科研项目,所以,本书的内容将使自动化、电气工程等相关专业的学生对 Simulink 软件包有更加系统、深入的认识与了解,并为从事电气工程及自动化仿真方面的工程技术和科研人员提供较好有参考价值的资料。本书力求从电气自动化专业应用角度进行编写,即更多的不是关心 Simulink 软件包中的各个单元模块的内部工作细节,而是将它们作为电路的一个基本模块(或者器件),从它的外部特性去分析和介绍。因此,本书既介绍了一些典型模块库中的功能模块的使用技巧、典型应用电路的构建方法、设计技术,也讲解了电气自动化专业中涉及的重要电路的计算机仿真技术,使初学者能够快速完成各个单元电路的分析、仿真的优化,包括电气参数的优选和整个功能电路的设计、配合以及全部电路的连接和调试。

本书由安徽理工大学祝龙记教授担任主编,负责拟定全书大纲,并编写了

第 2~4 章、第 7~8 章,石晓艳老师编写了第 1 章、第 5~6 章。在本书的编写过程中,得到了安徽省电气工程特色专业建设项目的支持。另外,研究生周森、柴文野、王丹、郑燕等做了文档整理、绘画等方面的工作,并且从读者角度提出了许多很好的建议,在此向他们表示衷心的感谢。由于作者水平及条件所限,书中错误和不妥之处在所难免,恳切希望读者和同行给予批评指正。

编 者

2013 年 7 月

目 录

第 1 章	MATLAB 基础知识	1
1.1	MATLAB 介绍	1
1.2	MATLAB 桌面操作环境	3
1.3	MATLAB 数值运算	8
1.4	MATLAB 的绘图功能	13
1.5	MATLAB 程序	20
第 2 章	Simulink 模型库及建模方法	25
2.1	Simulink 功能介绍	25
2.2	Simulink 建模的方法	31
2.3	建立子系统及模型的封装	42
2.4	S-函数的设计	45
第 3 章	Simulink 模型库	52
3.1	Simulink 通用模型库	52
3.2	电气系统模型库	59
3.3	其他电气模块库	64
第 4 章	电气系统的仿真分析	69
4.1	电气系统分析工具	69
4.2	简单电气系统的仿真	75
4.3	电气系统仿真分析实例	85
第 5 章	控制系统仿真	97
5.1	控制系统的数学描述与建模	97
5.2	控制系统的分析方法	99
5.3	PID 控制器	107
5.4	离散系统仿真	109

第 6 章 电力电子技术的仿真	116
6.1 电力电子器件与 MATLAB	116
6.2 晶闸管三相桥式整流器及其仿真	128
6.3 基于 PWM 技术的逆变器及其仿真	132
6.4 交流调压器及应用仿真	134
6.5 直流斩波器及应用仿真	136
第 7 章 直流调速系统的仿真	140
7.1 直流电机模型	140
7.2 开环直流调速控制系统仿真	143
7.3 转速闭环控制的直流调速系统仿真	149
7.4 转速电流双闭环控制的直流调速系统仿真	152
7.5 直流可逆调速系统仿真	158
7.6 H 型主电路和直流 PWM-M 可逆调速系统的仿真	164
第 8 章 交流调速控制系统仿真	169
8.1 开环恒压频比的 SPWM 调速系统的仿真	169
8.2 异步电动机矢量控制调速系统的仿真	177
8.3 带转速闭环直接转矩控制调速系统的仿真	191
参考文献	203

第 1 章 MATLAB 基础知识

MATLAB 是最流行的面向工程与科学计算的仿真软件之一,而 Simulink 是 MATLAB 软件的扩展,增加了用于建立系统框图和仿真的环境。它与 MATLAB 语言的主要区别在于,其与用户交互接口是基于 Windows 的模型化图形输入,其结果是使得用户可以把更多的精力投入到系统模型的构建,而非语言的编程上。建立 Simulink 仿真模型,必须掌握 MATLAB 语言的基本概念,因此,本章重点对 MATLAB 的基本操作和命令、常用函数、绘图功能进行介绍,对 MATLAB 程序只作简单说明。

1.1 MATLAB 介绍

1.1.1 MATLAB 发展历程

MATLAB 是 MATrix LABoratory(矩阵实验室)的缩写。MATLAB 是一种科学计算软件,经过不断的补充与完善以及多个版本的升级换代,目前已经发展至 MATLAB 7.14 版本。MATLAB 功能强大,可方便地进行科学与工程计算,大大地减小了计算工作量。它是一种以矩阵为基础的交互式程序计算语言。而且 MATLAB 所采用的算法都是最新最成熟的算法,并能够与各种程序语言进行融合编程,大大地加快了实际开发速度。MATLAB 包含了众多工程计算、仿真功能及庞大的工具系统,是目前世界上最流行的仿真计算软件之一。

MATLAB 的出现是和数学计算紧密联系在一起的。20 世纪 70 年代后期,时任美国新墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教授用 FORTRAN 设计了一组程序接口,这个程序获得了很大的成功,后于 1984 年成立了 MathWorks 公司,并把 MATLAB 正式推向市场。从这时起,MATLAB 的内核采用 C 语言编写,而且除原有的数值计算能力外,还新增了数据图视功能。进入 20 世纪 90 年代,MATLAB 已经成为国际控制界公认的标准计算软件。1993 年推出 MATLAB 4.0 版本推出了 Simulink,它是一个交互式操作的动态系统建模、仿真、分析集成环境。开发了与外部进行直接数据交换的组件,打通了 MATLAB 进行实时数据分析、处理和硬件开发的道路。

1997 年 MATLAB 5.0 问世,紧接着是 5.1、5.2 以及和 1999 年春的 5.3 版,真正 32 位运算,功能强大,数值计算加快,拥有更丰富的数据类型和结构、更友善的面向对象、更加快速精良的图形可视、更广博的数学和数据分析资源、更多的应用开发工具。

2001 年推出了 MATLAB 6.0,其界面和计算速度有了比较大的改善,增加了与 Java 的接口;2004 年正式推出 MATLAB 7.0/ Simulink 6.0;2005 年又推出了 MATLAB 7.1,目前已发展到 MATLAB 7.14。它已经发展成为一种具有广泛应用前景、全新计算机高级编程语言,并广泛应用在数学、自动控制、图像处理、数字信号分析、航空航天、半导体研究、汽车制造、金融等各行各业中。

1.1.2 MATLAB 构成

MATLAB 7.1 具有用法简单、灵活、结构性强、延展性好等优点,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。MATLAB 系统由 MATLAB 开发环境、MATLAB 语言、MATLAB 数学函数库、MATLAB 图形处理系统和 MATLAB 应用程序接口(API)五大部分组成。

(1) MATLAB 开发环境

MATLAB 开发环境是一套方便用户使用 MATLAB 函数和文件的工具集,其中许多工具是图形化用户接口。它是一个集成化的工作空间,可以让用户输入、输出数据,并提供了 m 文件的集成编译和调试环境,它包括 MATLAB 桌面、命令窗口、m 文件编辑调试器、MATLAB 工作空间和在线帮助文档。

(2) 数学函数库

MATLAB 的数学函数库包含了大量的计算算法,从基本运算到复杂运算,如矩阵求逆、贝塞尔函数、快速傅立叶变换等。因此具有功能强大的数值运算功能。

(3) MATLAB 语言

MATLAB 语言是一个高级的基于矩阵/数组的语言,具有程序流程控制、函数、数据结构、输入输出和面向对象的编程特点。用户可以用它来编写简单的程序,也可以用来编写庞大复杂的应用程序。

(4) MATLAB 图形处理系统

MATLAB 具有强大的图形处理能力,能够将二维和三维数组的数据用图形表示出来。

(5) MATLAB 应用程序接口(API)

MATLAB 应用程序接口(API)使 MATLAB 语言能与 C 或 FORTRAN 等其他编程语言进行交互。

1.1.3 MATLAB 工具箱

MATLAB 由主包和各种工具箱组成。主包是核心,工具箱是扩展的有专门功能的函数。

主要工具箱有:

- ① 通信工具箱(Communications Toolbox);
- ② 控制系统工具箱(Control Systems Toolbox);
- ③ 数据获得工具箱(Data Acquisition Toolbox);
- ④ 数据库工具箱(Database Toolbox);
- ⑤ 滤波器设计工具箱(Filter Design Toolbox);
- ⑥ 模糊逻辑工具箱(Fuzzy Logic Toolbox);
- ⑦ 图像处理工具箱(Image Processing Toolbox);
- ⑧ 神经网络工具箱(Neural Network Toolbox);
- ⑨ 模型预测控制工具箱(Model Predictive Control Toolbox);
- ⑩ 优化工具箱(Optimization Toolbox);
- ⑪ 鲁棒控制工具箱(Robust Control Toolbox);
- ⑫ 信号处理工具箱(Signal Processing Toolbox);

- ⑬ 统计学工具箱(Statistics Toolbox);
- ⑭ 系统辨识工具箱(System Identification Toolbox);
- ⑮ 小波分析工具箱(Wavelet Toolbox);
- ⑯ 偏微分方程工具箱(Partial Differential Equation Toolbox);
- ⑰ 高阶谱分析工具箱(High-order Spectral Analysis Toolbox);
- ⑱ 样条工具箱(Spline Toolbox);
- ⑲ 定点运算模块集(Fixed-Point Blockset)。

1.2 MATLAB 桌面操作环境

MATLAB 为用户提供了全新的桌面操作环境,了解并熟悉这些桌面操作环境是使用 MATLAB 的基础,下面介绍启动、主要功能菜单、命令窗口、工作空间、文件管理和帮助管理等。

1.2.1 MATLAB 的安装和启动

将 MATLAB 光盘放入光驱,在 MATLAB 目录下直接运行“Setup. exe”程序,根据安装对话框提示进行安装,如图 1-1、图 1-2 所示。

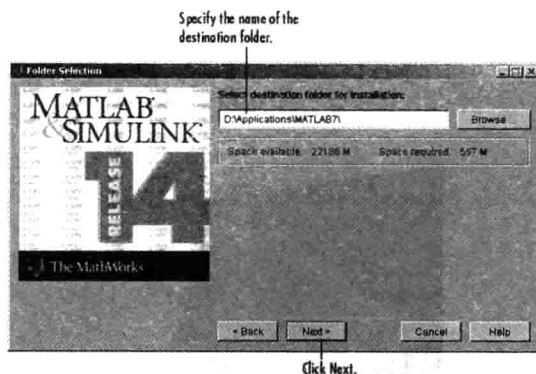


图 1-1 选择 MATLAB 安装路径

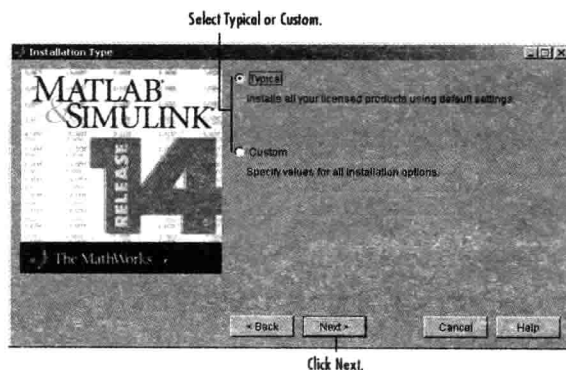


图 1-2 典型安装与指定安装类型的选择

在桌面上双击 MATLAB 图标即可进入软件,或由“开始→程序→MATLAB →MATLAB 7.1”进入软件。

计算机安装好 MATLAB 之后,双击 MATLAB 图标,就可以进入命令窗口,此时意味着系统处于准备接受命令的状态,可以在命令窗口中直接输入命令语句。除了命令窗口(Command Window),操作桌面还包括工作空间窗口(Workspace)、当前目录浏览器(Current Directory)和命令历史窗口(Command History)等四个窗口,其中工作空间窗口和当前目录浏览器共用一个窗口。如图 1-3 至图 1-5 所示。

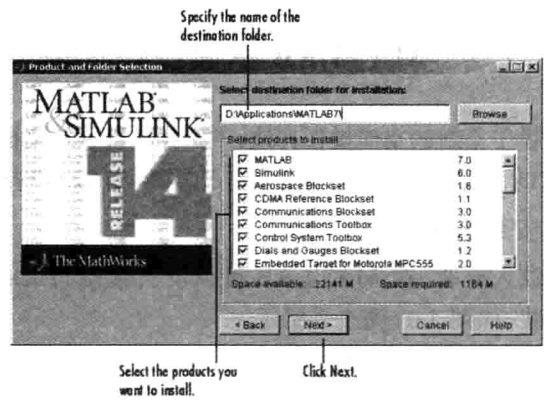


图 1-3 浏览安装的 MATLAB 组件

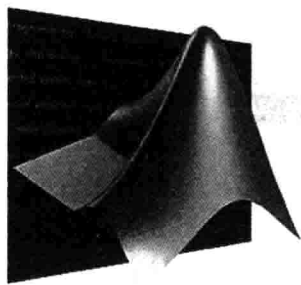


图 1-4 MATLAB 标识界面

1.2.2 MATLAB 菜单项命令

MATLAB 的主菜单一共有 File(文件)、Edit(编辑)、Debug(调试)、Windows(窗口)、Help(帮助)六个菜单项。

(1) File 主菜单(图 1-6)

① “New”菜单项用于建立：

- “M-file”:新建一个“*.m”文件,打开 m 文件编辑器;
- “Figure”:新建一个图形窗口;
- “Model”:新建一个 simulink 模型窗口;
- “Variable”:命令在工作空间建立新的变量;
- “GUI”:创建于打开图形用户。



图 1-5 MATLAB 命令窗口

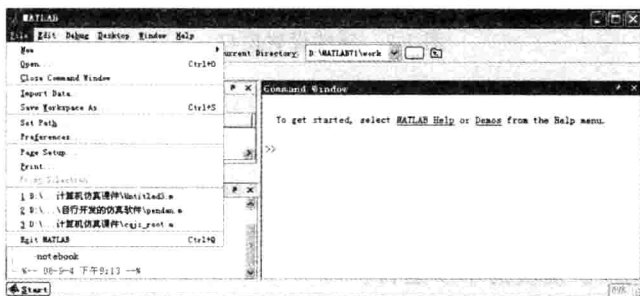


图 1-6 【File】命令下拉菜单

- ② “Open”: 打开对话框, 列出文件目录, 选定已有的文件然后单击“打开”。
- ③ “Close Command Window”: 关闭当前命令窗口。
- ④ “Save Workspace”: 保存工作空间变量到“*.mat”文件中。
- ⑤ “Set Path”: 设置打开文件的路径。
- ⑥ “Preferences”: 打开参数设置对话框。包括: 设置数据格式卡片、字体大小选项卡片、背景颜色选项、字体颜色选项卡片, 如图 1-7 所示。

- ⑦ “Print”: 对屏幕内容打印。
- ⑧ “Exit MATLAB”: 退出 MATLAB。

(2) Edit(编辑)菜单

- ① “Undo”: 撤消上一次的操作。
- ② “Cut”: 将选中内容剪切到剪切板上。
- ③ “Copy”: 复制选中的内容。
- ④ “Paste”: 将剪贴板上的内容粘贴下来。
- ⑤ “Paste to Workspace”: 将内容粘到工作空间。
- ⑥ “Select All”: 全选命令窗口所有内容。
- ⑦ “Delete”: 删除命令。
- ⑧ “Clear Command Window”: 清除命令窗口中内容。
- ⑨ “Clear Command History”: 清除命令历史窗口中内容。

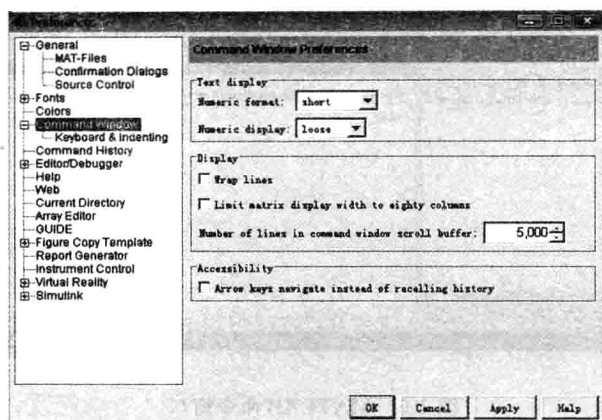


图 1-7 属性设置窗口

⑩ “Clear Workspace”:清除工作空间中内容。

(3) Debug(调试)菜单

① “Open M-Files when Debugging”:打开 m 文件进行调试。

② “Step”:单步运行。

③ “Step In”:进入子模块的单步运行。

④ “Step Out”:不进入子模块的单步运行。

⑤ “Continue”:连续运行。

⑥ “Clear Breakpoints in All Files”:在所有的 m 文件里清除断点。

⑦ “Stop if Errors/Warnings”:若有错误或警示时停止运行。

⑧ “Exit Debug Mode”:退出调试模式。

(4) Desktop(桌面)菜单

① “Undock Command Window”:将命令窗口从默认的桌面平台分离为独立的命令窗口。

② “Move Command Window”:将命令窗口激活,并可将其移动到任何位置。

③ “Resize Command Window”:将命令窗口激活,并可任意改变窗口大小。

④ “Desktop Layout”:MATLAB 桌面平台显示设置命令。

⑤ “Save Layout”:保存显示布局。

⑥ “Organize Layouts”:管理显示布局。

⑦ “Command Window”:将命令窗口从桌面平台的默认设置中隐藏不显示,再次点击即打“√”就显示。

(5) Windows 菜单

在打开的窗口之间切换。

① “Close All Documents”:关闭所有文件。

② “Command Window”:当用鼠标点击时即为系统界面里选中命令窗口。

③ “Command History”:当用鼠标点击时即为系统界面里选中历史窗口。

④ “Current Directory”:当用鼠标点击时即为系统界面里选中目录窗口。

⑤ “Workspace”:当用鼠标点击时即为系统界面里选中工作空间窗口。

(6) Help(帮助)菜单

- ① “Full Product Family Help”:显示全部产品系列帮助命令。
- ② “MATLAB Help”:显示 MATLAB 帮助命令。
- ③ “Using the Desktop”:桌面使用帮助命令。
- ④ “Using the Command Window”:介绍 4 个子窗口如何使用的帮助命令。
- ⑤ “Demos”:系统演示命令,在此命令菜单下,有许多可供参考建模的实例。

1.2.3 MATLAB 的命令窗口

MATLAB 的命令窗口(Command Window)是 MATLAB 的重要组成部分,MATLAB 在计算机里的存在是以命令窗口形式体现的。在 MATLAB 命令窗口里,用户输入命令、程序,点击菜单项命令或工具栏按钮,进行 MATLAB 运算、仿真,其结果也在命令窗口显示。所以命令窗口是使用者和 MATLAB 交互的地方。

MATLAB 语句的形式为:变量=表达式。

通过等号将表达式的值赋给变量。当键入回车时该语句被执行。使用方向键和控制键可以编辑、修改已输入的命令。“↑”回调上一行命令,“↓”回调下一行命令,“more off”不允许分页,“more on”允许分页,如果命令语句超过一行或者太长希望分行输入,则可以使用多行命令继续输入:多行命令(...).

1.2.4 MATLAB 工作空间

MATLAB 工作空间(Workspace)是用于存储各种变量和运算结果的内存空间。在命令窗口中输入的变量、运行文件建立的变量、调用函数返回的计算结果等,都将被存储在工作空间中,直到使用了“clear”命令清除工作空间或关闭了 MATLAB 系统为止。

MATLAB 工作空间包含了一组可以在命令窗口中调整的参数,见图 1-8。

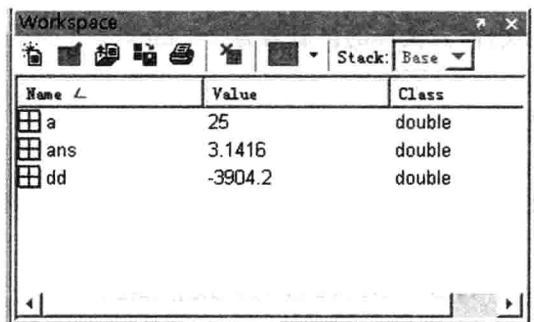


图 1-8 工作空间的变量

工作空间的命令有:

- ① “Who”:显示当前工作空间变量的列表。
- ② “Whos”:列出变量的大小、数据格式等详细信息。
- ③ “Clear”:清除工作空间的变量。
- ④ “Save Filename Variables”:保存工作空间变量到 Filename。Variables 所表示的变量以列表形式保存,各个不同的变量之间只能用空格来分隔。未列出 Variables 时,表示

将当前工作空间中所有变量都保持到磁盘文件中。缺省的磁盘文件扩展名为“mat”，可以使用“-”定义不同的存储格式(ASCII、V4 等)。

⑤ “Load Filename Variables”:将保存的 Filename 中变量加载到工作空间,用 load 命令调入的变量,其名称为用 save 命令保存时的名称,取值也一样。Variables 所表示的变量列表中,各个不同的变量之间只能用空格来分隔。未列出 Variables 时,表示将磁盘文件中的所有变量都调入工作空间。

⑥ “Quit”或“exit”:退出工作空间。

注意:函数在运行中会调用的一些临时变量,不会占用工作空间,这些变量在函数运行结束后将被释放。

1.2.5 MATLAB 文件管理

MATLAB 7.1 的常用文件有“*.m”、“*.mat”、“*.fig”、“*.mdl”、“*.mex”、“*.p”等类型。

(1) 程序文件

程序文件即 m 文件(m-File),其文件的扩展名为“*.m”。

(2) 图形文件

图形文件(Figure)的扩展名为“*.fig”。

(3) 模型文件

模型文件(Model)扩展名为“*.mdl”,可以在“File”菜单中创建 Model 时生成“*.mdl”文件。

(4) 数据文件

数据文件即 MAT 文件,其文件的扩展名为“*.mat”。

(5) 可执行文件

可执行文件即 MEX 文件,其文件的扩展名为“*.mex”。

(6) 项目文件

项目文件的扩展名为“*.prj”。

(7) P 码文件

P 码文件即伪代码文件,是 m 文件被调用后在内存中生成的内部伪代码。

1.3 MATLAB 数值运算

MATLAB 的数值运算主要是指数组、矩阵与多项式运算。它支持的数值元素是复数,这也是其区别于其他高级语言的最大特点之一,它给许多领域的计算带来了极大方便。为了更好地利用 MATLAB 语言的优越性和简捷性,首先要对 MATLAB 的数值类型、数组矩阵的基本运算、符号运算、关系运算和逻辑运算进行介绍,并给出相关实例,本节是后面章节学习的基础。

1.3.1 MATLAB 数值类型

(1) 变量和常量

MATLAB 的常量有实数和复数两类,复数又有实部和虚部两部分,MATLAB 定义的