



普通高等教育电气信息类规划教材



提供电子教案

www.cmpedu.com



控制系统 MATLAB 仿真与应用

刘剑 袁帅 张凤 等编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

非外借

普通高等教育电气信息类规划教材

控制系统 MATLAB 仿真与应用

刘 剑 袁 帅 张 凤 等编著



机械工业出版社

本书从控制系统仿真的实际应用出发,在 MATLAB 语言基础上,系统讲述了控制系统计算机辅助设计的理论、方法及应用,主要内容分为三部分:MATLAB 基础知识、控制系统分析与设计和综合应用实例。首先介绍了 MATLAB 基础知识,包括概述、MATLAB 程序设计基础与 MATLAB 图形设计;然后着重阐述了控制系统数学模型及其 MATLAB 描述;介绍了控制系统分析与设计的基本控制理论与方法;在 MATLAB 平台下讲述了控制系统计算机辅助分析及设计;在介绍 Simulink 基础上,阐述了控制系统 Simulink 仿真;最后从不同角度给出了几个控制系统 MATLAB 仿真实例。

本书可作为高等院校电气信息类电气工程及其自动化、自动化等相关专业本科生和研究生的教材或参考书,也可作为从事控制理论与控制工程相关技术人员学习的参考用书。

本书配有电子教案,需要的教师可登录 www.cmpedu.com 免费注册,审核通过后下载,或联系编辑索取(QQ:2966938356,电话:010-88379739)。

图书在版编目(CIP)数据

控制系统 MATLAB 仿真与应用/刘剑等编著. —北京:机械工业出版社,2017.9

普通高等教育电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-58082-9

I. ①控… II. ①刘… III. ①自动控制系统-系统仿真-Matlab 软件-高等学校-教材 IV. ①TP273-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 233813 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:和庆娣 责任编辑:和庆娣 王 荣

责任校对:张艳霞 责任印制:张 博

三河市国英印务有限公司印刷

2017 年 10 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.75 印张 · 459 千字

0001-3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-58082-9

定价:55.00 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

服务咨询热线:(010) 88379833

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 88379649

机工官博:weibo.com/cmp1952

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

随着当今信息社会智能化的高速发展,自动控制的作用尤为突出,对自动控制技术及应用提出越来越高的要求。新的控制理论与方法需要借助计算机进行仿真与分析。在设计前期,利用仿真技术论证方案,进行经济技术比较,优选合理方案;在设计阶段,仿真技术可帮助设计人员优选系统结构,优化系统参数,以期获得系统最优品质和性能;在调试阶段,利用仿真技术分析系统响应与参数关系,指导调试工作,可以迅速完成调试任务;在运行阶段,利用仿真技术可以在不影响生产的条件下分析系统的工作状态,预防事故发生,寻求改进薄弱环节,以提高系统的性能和运行效率。

控制系统 MATLAB 仿真与应用课程作为电气信息类相关专业重要课程在国内外各高等院校普遍开设,在控制理论基础上,通过对 MATLAB 程序设计方法的学习,明确控制系统模型的描述方法,掌握控制系统及仿真的基本原理、算法和实现过程,已成为本科生、研究生、科研工作者必须掌握的基本技能之一。

本书适应新形势下控制系统及计算机仿真需求,注重系统性、逻辑性,将全书分为仿真基础、控制系统分析与设计、综合应用实例三个方面。利用 MATLAB 计算机辅助设计平台,将控制系统基本原理、分析设计方法与 MATLAB 仿真技术紧密衔接,力求通过仿真设计实例深入浅出地阐述控制系统理论方法;从控制系统的性能指标要求出发,将控制系统时域分析法、根轨迹分析法、频率特性分析法、状态空间分析法、串联校正设计法、状态反馈设计法、极点配置法等不同的分析设计方法融合,首次提出从稳定性、随动性、准确性指标角度讲述控制系统分析设计方法;以工程实际控制系统为背景,在应用实例的设计上,既注重了程序代码尽量简洁明了,又注重程序设计操作步骤的详尽,使读者能够按照步骤完成实例操作后,并根据自己的想法,举一反三,提高创新应用能力。

MATLAB 作为一种面向科学和工程计算的高级计算机语言,已成为国内外从事科学研究和工程设计不可缺少的工具软件。目前 MATLAB 仿真软件每年推出两个版本,已成为功能强大、界面形象、易于使用的仿真工具。本书相关程序是在 MATLAB R2015a 版本上进行仿真验证的。

本书由刘剑、袁帅、张凤等编写。第 1 章由张凤、李昌国完成,第 2、3、7 章由袁帅、尧晓、李思奇、毛红民完成,第 4、5、6 章由刘剑、赵悦、徐萌、马骏驰完成,第 8 章由路遥、李彤、李凌燕、宋昊霖完成,附录由袁帅、邢景怡完成。编者在各章编写中对相关程序全部进行了调试。刘剑、袁帅对全书进行了统稿。

在本书编写过程中,查阅了大量资料,得到了很多同行的支持与帮助,在此一并表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中错误和不妥之处在所难免,敬请读者不吝指正。

编 者

目 录

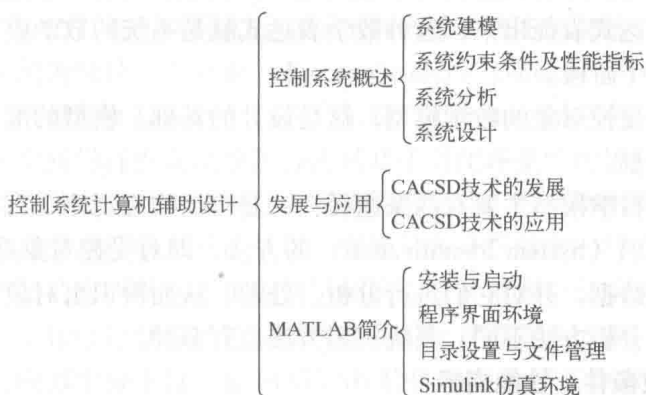
前言	2.6 基本文件操作	74
第1章 概述	2.6.1 高级文件操作	74
1.1 控制系统计算机辅助设计概述	2.6.2 低级文件操作	75
1.1.1 控制系统概述	2.6.3 import 操作	78
1.1.2 控制系统计算机辅助设计的发展及应用	2.7 本章小结	78
1.2 MATLAB 简介	2.8 习题	78
1.2.1 MATLAB 安装与启动	第3章 MATLAB 图形设计	80
1.2.2 程序界面环境	3.1 二维图形	80
1.2.3 目录设置与文件管理	3.1.1 基本二维图形	80
1.2.4 Simulink 仿真环境	3.1.2 图形格式与标注	85
1.3 本章小结	3.1.3 二维专用图形	90
1.4 习题	3.2 三维图形	94
第2章 MATLAB 程序设计基础	3.2.1 基本三维曲线图形	94
2.1 基本数据	3.2.2 基本三维曲面图形	95
2.1.1 变量定义与管理	3.2.3 三维专用图形	96
2.1.2 数组与矩阵运算	3.3 图形界面	99
2.1.3 胞元与结构	3.3.1 图形窗口编辑	99
2.2 基本运算	3.3.2 图形窗口设计	102
2.2.1 矩阵运算	3.4 本章小结	111
2.2.2 多项式运算	3.5 习题	111
2.2.3 常用函数运算	第4章 控制系统数学模型及其 MATLAB 描述	113
2.2.4 符号运算	4.1 控制系统概述	113
2.3 程序设计	4.1.1 系统组成	113
2.3.1 基本语法	4.1.2 控制方式	114
2.3.2 程序结构	4.1.3 控制类型	115
2.3.3 逻辑控制	4.1.4 控制目标	117
2.4 M 函数与 M 文件	4.2 常用数学模型及 MATLAB 描述	120
2.4.1 M 函数	4.2.1 微分方程	120
2.4.2 M 文件	4.2.2 传递函数	122
2.5 程序调试	4.2.3 系统结构框图	126
2.5.1 调试环境设置	4.2.4 状态空间表达式	131
2.5.2 调试基本方式		

4.3 基于 MATLAB 的数学模型转换	133	6.4 基于 MATLAB 的 PID 控制器设计	189
4.3.1 传递函数各形式的相互转换	133	6.4.1 PID 控制规律	189
4.3.2 传递函数与状态空间表达式相互转换	135	6.4.2 模拟 PID 控制法	190
4.3.3 相似变换	140	6.4.3 数字 PID 控制法	197
4.3.4 最小实现	141	6.5 基于 MATLAB 的状态反馈设计	202
4.4 本章小结	143	6.5.1 状态反馈	202
4.5 习题	143	6.5.2 极点配置法	203
第 5 章 控制系统计算机辅助分析	145	6.5.3 状态观测器	205
5.1 基于 MATLAB 的稳定性分析	145	6.6 基于 MATLAB 的二次型优化设计	207
5.1.1 时域法稳定性分析	146	6.6.1 连续系统最优二次型	207
5.1.2 根轨迹法稳定性分析	147	6.6.2 离散系统最优二次型	208
5.1.3 频域法稳定性分析	150	6.6.3 二次型最优调节器设计	210
5.1.4 李雅普诺夫法稳定性分析	152	6.7 本章小结	213
5.2 基于 MATLAB 的随动性分析	153	6.8 习题	213
5.2.1 时域法随动性分析	154	第 7 章 控制系统 Simulink 仿真	215
5.2.2 根轨迹法随动性分析	158	7.1 Simulink 仿真环境	215
5.2.3 频域法随动性分析	159	7.1.1 基本模块	217
5.3 基于 MATLAB 的准确性分析	161	7.1.2 基本设置	221
5.3.1 稳态误差	161	7.2 Simulink 功能模块	228
5.3.2 动态误差	163	7.2.1 基本功能模块	228
5.4 基于 MATLAB 的能控性与能观性分析	164	7.2.2 自定义功能模块	233
5.4.1 能控性分析	165	7.3 Simulink S 函数	240
5.4.2 能观性分析	167	7.3.1 S 函数描述	240
5.5 本章小结	168	7.3.2 S 函数设计	241
5.6 习题	168	7.4 控制系统 Simulink 仿真应用	246
第 6 章 控制系统计算机辅助设计	171	7.4.1 离散控制系统仿真	246
6.1 控制系统设计的基本方法	171	7.4.2 连续控制系统仿真	249
6.1.1 经典方法	171	7.5 本章小结	251
6.1.2 现代方法	172	7.6 习题	252
6.2 基于 MATLAB 的根轨迹设计	173	第 8 章 控制系统 MATLAB 仿真实例	253
6.2.1 根轨迹方程	173	8.1 空调控制系统设计	253
6.2.2 增益设计法	173	8.1.1 空调控制系统建模	253
6.2.3 补偿设计法	175	8.1.2 空调控制系统仿真	255
6.3 基于 MATLAB 的频率特性设计	180	8.2 锅炉内胆水温控制系统设计	259
6.3.1 相位超前法	180	8.2.1 锅炉内胆温度数学模型建立	260
6.3.2 相位滞后法	184		
6.3.3 相位滞后-超前法	186		

8.2.2 锅炉内胆温度控制方案	262	8.4.1 基于EKF的SLAM方法	272
8.2.3 锅炉内胆水温控制系统仿真	263	8.4.2 移动机器人建模	273
8.3 直流调速系统 Simulink 仿真设计	266	8.4.3 移动机器人EKF-SLAM仿真	274
8.3.1 直流调速系统设计	266	8.5 本章小结	281
8.3.2 比例积分控制的无静差直流调速系统数学建模	266	附录 MATLAB 与 C 语言混合编程方法简介	282
8.3.3 直流调速系统 Simulink 仿真	268	参考文献	294
8.4 移动机器人 SLAM 设计	272		

第1章 概述

【知识结构】



随着控制理论的发展和计算机技术的进步，控制系统计算机辅助设计技术的应用越来越广泛。本章介绍控制系统计算机辅助设计的基本概念、发展情况及与之密切相关的开发工具——MATLAB 语言，以 MATLAB 为基本出发点，系统地介绍控制系统计算机辅助设计技术及软件实现，从而提高控制系统计算机辅助设计算法研究与工程应用的效率和可靠性。

1.1 控制系统计算机辅助设计概述

自动控制理论在发展初期，控制系统设计方法比较简单，例如在 PID 控制器设计中利用纸和笔等简单工具对 Ziegler - Nichols 经验公式进行演算、推导与设计，这种方式持续了很长时间。在实际控制中，人们往往期望获得某种目标的“最优”控制效果，这种控制效果是原来设计方式所不能实现的，必须借助于计算机这样的高级工具。随着计算机技术的发展，特别是像 MATLAB 这种方便可行的控制系统计算机辅助设计（Computer - Aided Control System Design, CACSD）工具的出现，控制系统的计算机辅助设计有了引人注目的进展。

1.1.1 控制系统概述

控制系统在社会的各个领域无处不在，已得到广泛的应用。

在工业方面，对于冶金、化工、机械制造等生产过程中遇到的各种物理量，包括温度、流量、压力、厚度、张力、速度、位置、频率和相位等，都有相应的控制系统。在此基础上，通过采用数字计算机，还建立起了控制性能更好和自动化程度更高的数字控制系统，以及具有控制与管理双重功能的过程控制系统。在农业方面，控制系统的应用包括水位自动控制系统、农业机械的自动操作系统等。

在军事技术方面，自动控制的应用实例有各种类型的伺服系统、火力控制系统、制导与

控制系统等。在航天、航空和航海方面，还包括导航系统、遥控系统和各种仿真器等。

在办公室自动化、图书管理、交通管理乃至日常家务方面，自动控制技术也都有着实际的应用。随着控制理论和控制技术的不断发展，自动控制系统的应用领域还在不断地扩大，几乎涉及生物、医学、生态、经济和社会等所有领域。

在控制系统理论学习与实际应用中，主要针对控制系统的建模、分析、设计和仿真等问题进行研究。

1. 建立数学模型

为了分析对象的特征并解决控制的某些问题，需将表征对象所发生的物理现象、化学、生物现象等用数学表达式表征出来，这种数学表达式就是系统的数学模型。设计一个控制系统，通常需要经历几个阶段。

首先，必须建立受控对象的数学模型，这是设计的基础。模型的准确与否直接影响到所设计的控制系统的质量。

建立受控对象的数学模型主要有两条途径：一是根据物理规律，直接列写出对象的动力学方程；二是系统辨识（System Identification）的方法，即对受控对象施加一定的试验信号，通过测量输入和输出数据，并对它们进行分析、处理，从而辨识出对象的数学模型。根据所加的实验信号及所用分析方法不同，系统辨识方法也有多种。

2. 确定系统约束条件、性能指标

在经过系统辨识建立模型后，需要对模型的约束条件、性能指标等进行分析。为了对各种控制系统的性能进行统一的评价，必须先确定一些典型的输入信号。通常是选用几种确定性函数作为典型输入信号（这些信号在现场或实验室中可以获得）；在典型输入信号作用下，系统的性能应能反映出系统在实际工作条件下的性能；这些典型输入信号的数学表达式比较简单，便于理论计算。目前，在工程实际中常用的典型输入信号有阶跃函数、脉冲函数、斜坡函数和正弦函数。

应用于不同场合的控制系统，其性能要求也不同。但从控制工程的角度来看，对控制系统却有一些共同的要求，一般可归结为稳定、快速、准确。

3. 控制系统分析

控制系统虽然有不同的类型，但要解决的问题是相似的。例如，已知控制系统的结构和参数时，研究它在某种典型输入信号作用下被控量变化的全过程，从这个变化过程得出其中的性能指标，并讨论性能指标和系统的结构、参数之间的关系，这类问题通常叫作系统分析。

系统分析是进行系统设计的根据，它通过研究系统数学模型的性质及其对典型信号输入下的解，认识系统的动态运动规律，判断系统的稳定性，获得系统动态性能指标，并找出系统结构参数与这些性能指标间的关系。

控制系统的分析方法主要有时域分析法、根轨迹法和频域特性法。

4. 控制系统设计

控制系统设计方法主要包括经典控制理论、现代控制理论和智能控制理论。

(1) 经典控制理论

经典控制理论本质上是频域分析方法，以表达系统输入与输出关系的传递函数为数学模型，以根轨迹和伯德（Bode）图为主要工具，以系统输出对特定输入响应的“稳”“快”

“准”性能为研究重点，借助图表来分析设计系统。综合方法主要为输出反馈和期望频率校正。校正方法主要包括串联校正、反馈校正、串联反馈校正、前馈校正和扰动补偿等；校正装置由实现控制规律的调节器构成，例如 PI、PD、PID 控制器。然而在设计中，有时不能完全满足控制系统的所有性能指标，所以，利用经典控制理论设计的控制系统并非是最优控制系统。

(2) 现代控制理论

现代控制理论是建立在状态空间上的一种分析方法。随着现代控制理论不断发展，利用状态空间设计控制系统的方法主要有如下两种。

一种是最优设计方法，它包括最优控制规律的设计及状态的最优估计两方面内容。通常称这样的最优设计问题为线性二次高斯（Linear Quadratic Gaussian, LQG）问题。在这种方法中，主要是线性二次型最优控制规律以及卡尔曼（Kalman）滤波器的计算。

另一种利用状态空间设计控制系统的方法是基于对闭环系统的极点配置，即给定的性能指标是闭环系统的极点分布，并由此设计出所需的控制器。控制器由两部分组成，一部分是状态观测器，另一部分是线性状态反馈规律。因为只有全部状态的线性反馈才能获得极点的任意配置，状态观测器的作用就在于根据测量到的输出量重构全部状态。因此，这种设计方法包括了按极点配置设计线性状态反馈控制规律和设计观测器两方面。

现代控制理论的内容十分丰富，而 MATLAB 软件中包含了控制理论与控制系统常用的和基本的分析技术，这为现代控制理论的研究和工程应用带来了极大的便利。

(3) 智能控制理论

智能控制不同于经典控制理论和现代控制理论的处理方法，它研究的主要目标不再是被控对象，而是控制器本身。控制器不再是单一的数学解析模型，而是数学解析和知识系统相结合的广义模型，是多种学科知识控制系统。

智能控制是针对系统的复杂性、非线性、不确定性而提出来的。目前智能控制设计的方法有：基于专家系统的专家智能控制；基于模糊控制推理和计算的模型控制器；基于人工神经网络的神经网络控制器，如深度学习；基于信息论、遗传算法和以上三种方法的集成型智能控制；基于多传感信息融合的智能控制系统。

目前，智能控制已广泛应用于自然科学和社会科学的各个领域，其工程应用日益成熟。为方便智能控制的应用，研究人员提出了各种软、硬件技术。在软件方面，MathWorks 公司推出的高性能可视化数值计算软件 MATLAB，其中的神经网络工具箱、模糊逻辑工具箱可以通过直接调用其中的函数进行智能控制系统的设计和应用，非常方便。

1.1.2 控制系统计算机辅助设计的发展及应用

控制系统计算机辅助设计（CACSD）是一门以计算机为工具进行控制系统设计与分析的技术，它是在控制系统计算机仿真基础上发展而来的方法。当计算涉及矩阵运算或绘图时，利用 FORTRAN、BASIC 和 C 语言往往难以实现程序设计。

控制系统计算机辅助设计的软件包是从 20 世纪 70 年代开始发展起来的，随着计算机语言的发展和日益普及，特别是代表科学运算领域最新成果的 MATLAB 语言的出现，为控制系统的分析和设计提供了极大的方便，同时也提高了 CACSD 算法研究与实际应用的效率和可靠性。

1. CACSD 技术的发展

控制系统计算机辅助设计技术的发展，目前已达到了相当高的水平，并一直受到控制界的普遍重视。40 多年来，CACSD 技术领域出现了很多优秀的计算机应用软件，为控制理论的深入研究及系统控制水平的进一步提高起到了积极的推动作用。而在 CACSD 技术领域，众多应用软件中，MATLAB 语言环境是其中颇为成功的一个范例。

在国内外，投入使用 CACSD 的系统几乎包括了与控制系统设计有关的各个方面，如分析与仿真、辨识与建模、设计与综合以及实时控制等。在这些 CACSD 系统中，主要的研究方法包括经典控制理论法、现代控制理论法和智能控制理论法。

H. H. Rosenbrock 开创了现代频域设计方法，CACSD 填补了现代控制理论和实践之间的鸿沟。随着人工智能科学的发展，专家系统模式开始应用于 CACSD，使 CACSD 进入第二代。普通工程人员在碰到一些不能理解的问题时，可以利用这一领域专家的知识 and 经验实现概念设计。1987 年，G. K. H. Pang 完成了基于现代频域设计方法的线性多变量控制系统设计的专家系统 MAID，系统采用了结构化设计方法，将简单方法、反标架配正方法和基于观测器的控制器设计方法，按设计过程复杂程度分为三个设计水平，使设计出的控制器总能满足系统要求，而且结构简单。

2. CACSD 技术的应用

CACSD 的流程如图 1-1 所示。

(1) 计算机辅助控制系统建模

建模就是建立被控对象的数学模型，模型是否准确直接影响到控制系统的质量。建模方法主要有两种：第一种是通过物理定理来推导，适用于系统比较简单、物理过程比较清楚的情况；第二种是系统辨识，把对象作为黑盒，给它加上激励信号，测量输出，对输入/输出信号进行分析计算，求出系统的模型。

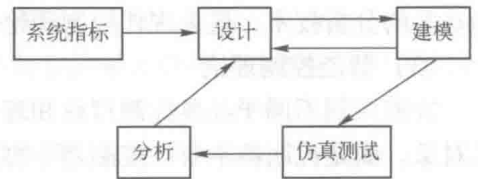


图 1-1 CACSD 的流程

(2) 计算机辅助控制系统分析和设计

计算机控制系统的广泛应用，使原来难以应用的设计方法得以推广普及。例如应用比较广泛的 LQG 问题，其中主要是线性二次型最优控制规律以及卡尔曼 (Kalman) 滤波器的计算，这些计算工作很难用手工方式完成。

(3) 控制系统的计算机仿真

仿真一般分为开环系统仿真和闭环系统仿真，前一部分是验证模型的正确性，后一部分是校验系统是否满足要求。根据系统模型表达方式的不同，仿真所采用的计算方法也不相同。当系统模型采用传递函数或高阶微分方程的形式表示时，仿真计算建立在微分方程的数值求解上；当系统模型采用状态方程表示时，则仿真建立在矩阵指数的数值计算上。

计算机仿真的真正价值并不在于对有严格理论解的命题进行数值计算，而是能对无法得出解析解的系统求出数值解。

1.2 MATLAB 简介

由于 MATLAB 语言使用极其方便且提供了丰富的矩阵处理功能，所以很快地引起了控

制理论领域研究人员的高度重视，并在此基础上开发了控制理论计算机辅助设计和图形化、模块化设计方法相结合的控制系统仿真工具箱。目前 MATLAB 已成为国际控制界中流行的仿真语言。MATLAB 具有如下特点。

1) 计算功能强大。MATLAB 具有强大的矩阵计算功能，利用一般的符号和函数就可以对矩阵进行加、减、乘、除以及转置和求逆等运算，而且可以处理稀疏矩阵等特殊的矩阵，非常适用于有限元等大型数值运算的编程。

2) 绘图非常方便。使用 FORTRAN 和 C 语言绘图比较困难，但使用 MATLAB，数据的可视化非常简单，而且还具有较强的编辑图形界面的能力。

3) 功能强大的工具箱。MATLAB 包含两个部分：核心部分和各种可选的工具箱。核心部分有数百个核心内部函数。工具箱又分为功能性工具箱和学科性工具箱两类。

除内部函数以外，MATLAB 的所有核心文件和工具箱文件都是可读可写的源文件，用户可以通过对源文件的修改及加入自己的文件构成新的工具箱。

4) 帮助功能完整。MATLAB 自带的帮助功能是非常强大的用户手册。

1.2.1 MATLAB 安装与启动

当用户在计算机上成功安装了 MATLAB R2015a 后，用户自定义的安装目录便包含了一系列文件和文件夹，如图 1-2 所示。



图 1-2 MATLAB R2015a 安装目录下的文件和文件夹

下面重点介绍其中部分文件和文件夹的用途。

- \bin\win32: MATLAB R2015a 系统中可执行的相关文件。
- \extern: 创建 MATLAB R2015a 外部程序接口的工具。
- \help: 帮助系统。
- \java: MATLAB R2015a 的 Java 支持程序。
- \notebook: Notebook 是用来实现 MATLAB 教学工作环境与 Word 文字处理环境信息交互的软件，是一个兼备数学计算、图形显示和文字处理能力的集成环境。
- \rtw: Real - Time Workshop 软件包。
- \simulink: Simulink 软件包，用于动态系统的建模、仿真与分析。
- \stateflow: Stateflow 软件包，用于状态机设计的图形化开发和设计工具。
- \sys: MATLAB R2015a 需要的工具和操作系统库。
- \toolbox: MATLAB R2015a 的工具箱，包含各种应用程序。

- \uninstall: MATLAB R2015a 的卸载程序。
- \license.txt: 软件的许可协议的内容。
- \patents.txt: 软件申请的专利内容。



图 1-3 MATLAB R2015a 启动界面

1.2.2 程序界面环境

双击 MATLAB R2015a 安装目录内 bin 文件夹中的 MATLAB.exe 图标, 启动 MATLAB R2015a, 启动界面如图 1-3 所示, 启动后弹出用户界面。

MATLAB R2015a 的主界面即用户的工作环境, 包括菜单栏、工具栏、开始按钮和各个不同用途的窗口, 如图 1-4 所示。下面主要介绍 MATLAB 各交互界面的功能及其操作。



图 1-4 MATLAB R2015a 的主界面

(1) 菜单/工具栏

MATLAB 的菜单/工具栏中包含 3 个标签, 分别为主页 (HOME)、绘图 (PLOTS) 和应用程序 (APPS)。其中, 绘图标签提供数据的绘图功能; 应用程序标签提供各应用程序的入口; 主页标签提供下述主要功能。

- 新建 (New): 建立新的 *.m 文件、图形、模型和图形用户界面。
- 新建脚本 (New Script): 建立新的 *.m 文件脚本。
- 打开 (Open): 打开 MATLAB 的 *.m 文件、*.fig 文件、*.mat 文件、*.mdl 文件和 *.cdr 文件等, 也可以通过快捷键 <Ctrl + O> 来实现此操作。
- 导入数据 (Import Data): 从其他文件导入数据, 单击后弹出对话框, 选择导入文件的路径和位置。
- 保存工作区 (Save Workspace): 把工作区的数据存放到相应的路径文件中。
- 设置路径 (Set Path): 设置工作路径。
- 预设 (Preferences): 设置命令窗的属性, 单击 Preferences 按钮, 弹出如图 1-5 所示的属

性界面。

- 布局 (Layout): 提供工作界面上各个组件的显示选项, 并提供预设的布局。
- 帮助 (Help): 打开帮助文件或者其他帮助方式。

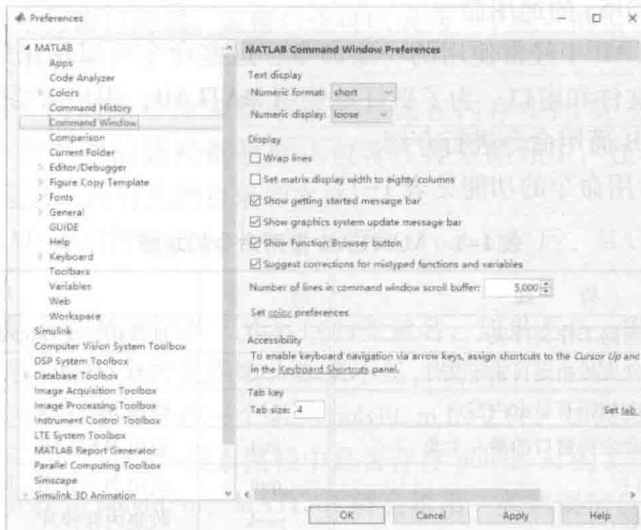




图 1-5 “预设” 属性界面

(2) 命令行窗口

命令行窗口是 MATLAB 最重要的窗口。用户输入各种指令、函数、表达式等, 都是在命令行窗口中完成的, 如图 1-6 所示。

单击命令行窗口右上角的下三角图标 , 选择 “Undock”, 可以使命令行窗口脱离 MATLAB 界面成为一个独立的窗口。同理, 单击独立的命令行窗口右上角的下三角图标 , 选择 “Dock”, 会将命令行窗口再次合并到 MATLAB 主界面。

(3) 工作区

工作区窗口显示当前内存中所有 MATLAB 变量的变量名、数据结构、字节数及数据类型等信息, 如图 1-7 所示, 不同变量类型分别对应不同的变量名图标。

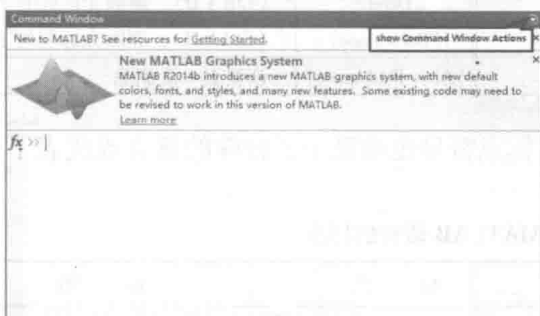


图 1-6 命令行窗口

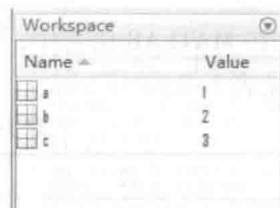


图 1-7 工作区窗口

用户可以选中已有变量, 单击鼠标右键对其进行各种操作。此外, 工作界面的菜单/工具栏中也有相应的命令供用户使用。

- 新建变量: 向工作区添加新的变量。

- 导入数据：向工作区导入数据文件。
- 保存工作区：保存工作区中的变量。
- 清除工作区：删除工作区中的变量。

(4) MATLAB R2015a 的通用命令

通用命令是 MATLAB 中经常使用的一组命令，这些命令可以用来管理目录、命令、函数、变量、工作区、文件和窗口。为了更好地使用 MATLAB，用户需要熟练掌握和理解这些命令。下面对 MATLAB 通用命令进行介绍。

1) 常用命令。常用命令的功能见表 1-1。

表 1-1 MATLAB 常用命令的功能

命 令	功 能	命 令	功 能
cd	显示或改变当前工作文件夹	load	加载指定文件的变量
dir	显示当前文件夹或指定目录下文件	diary	日志文件命令
clc	清除工作窗中的所有显示内容	!	调用 DOS 命令
home	将光标移至命令行窗口的最左上角	exit	退出 MATLAB
clf	清除图形窗口	quit	退出 MATLAB, 同 exit
type	显示文件内容	pack	收集内存碎片
clear	清理内存变量	hold	图形保持开关
echo	工作窗信息显示开关	path	显示搜索目录
disp	显示变量或文字内容	save	保存内存变量到指定文件

2) 输入内容编辑。在命令行窗口中，为了便于对输入的内容进行编辑，MATLAB R2015a 提供了控制光标位置和进行简单编辑的常用编辑键，表 1-2 列出了一些常用键盘按键及说明。

表 1-2 MATLAB 常用的键盘按键及说明

键 盘 按 键	说 明	键 盘 按 键	说 明
<↑>	<Ctrl + P>, 调用上一行	<Home>	<Ctrl + A>, 光标置于当前行开头
<↓>	<Ctrl + N>, 调用下一行	<End>	<Ctrl + E>, 光标置于当前行末尾
<←>	<Ctrl + B>, 光标左移 1 个字符	<Esc>	<Ctrl + U>, 清除当前输入行
<→>	<Ctrl + F>, 光标右移 1 个字符	<Delete>	<Ctrl + D>, 删除光标处的字符
<Ctrl + ←>	<Ctrl + L>, 光标右移 1 个单词	<Backspace>	<Ctrl + H>, 删除光标前的字符
<Ctrl + →>	<Ctrl + R>, 光标右移 1 个单词	<Alt + Backspace>	恢复上一次删除

3) 标点。在 MATLAB 语言中，一些标点符号也被赋予了特殊的意义或代表了一定的运算，具体内容见表 1-3。

表 1-3 MATLAB 语言的标点

标 点	说 明	标 点	说 明
:	冒号，具有多种应用功能	=	等号，赋值标记
%	百分号，注释标记	()	括号，指定运算的优先级
;	分号，区分行及取消运行结果显示	'	单引号，字符串的标识符
!	感叹号，调用操作系统运算	[]	方括号，定义矩阵
,	逗号，区分列及函数参数分割符	.	小数点及对象域访问
...	续行符号	{}	大括号，构造单元数组

1.2.3 目录设置与文件管理

工作文件夹窗口可显示或改变当前文件夹，还可以显示当前文件夹下的文件，以及提供文件搜索功能。与命令行窗口类似，该窗口也可以成为一个独立的窗口，如图 1-8 所示。

(1) 搜索路径及其设置

MATLAB 提供了专门的路径搜索器来搜索存储在内存中的 M 文件和其他相关文件，MATLAB 自带的文件所存放的路径都被默认包含在搜索路径中，在 MATLAB 安装目录的“toolbox”文件夹中包含了所有此类目录和文件。

当用户在 MATLAB 提示符后输入一个字符串如“polyfit”后，MATLAB 进行的路径搜索步骤如下。

- 1) 检查 polyfit 是不是 MATLAB 工作区内的变量名，如果不是，则执行下一步。
- 2) 检查 polyfit 是不是一个内置函数，如果不是，则执行下一步。
- 3) 检查当前文件夹下是否存在一个名为 polyfit.m 的文件，如果没有，则执行下一步。
- 4) 按顺序检查所有 MATLAB 搜索路径中是否存在 polyfit.m 的文件。
- 5) 如果仍然没有找到 polyfit.m，MATLAB 就会给出一条错误信息。

一般情况下，MATLAB 系统中的函数（包括工具箱函数），都是在系统默认的搜索路径之中的，但是用户设计的函数有可能没有被保存到搜索路径下，很多情况容易造成 MATLAB 误认为该函数不存在。因此，只要把程序所在的目录扩展成 MATLAB 的搜索路径即可。

(2) 设置示例

下面介绍 MATLAB 搜索路径的查看和设置方法示例。


1) 查看 MATLAB 搜索路径。单击 MATLAB 主界面菜单/工具栏中的“设置路径”按钮，打开“设置路径”对话框，如图 1-9 所示。该对话框分为左右两部分，左侧的几个按钮用来添加目录到搜索路径，还可以从当前的搜索路径中移除选择的目录；右侧的列表框列出了已经被 MATLAB 添加到搜索路径的目录。



图 1-8 工作文件夹窗口



图 1-9 “设置路径”对话框

此外，在命令行窗口中输入“path”命令，则 MATLAB 将会把所有的搜索路径列出来。

MATLABPATH

```
C:\Users\Administrator\Documents\MATLAB
D:\MATLAB2015\toolbox\hdlcoder\matlabhdlcoder\matlabhdlcoder
D:\MATLAB2015\toolbox\hdlcoder\matlabhdlcoder
D:\MATLAB2015\toolbox\matlabxl\matlabxl
D:\MATLAB2015\toolbox\matlabxl\matlabxldemos
D:\MATLAB2015\toolbox\matlab\addons
D:\MATLAB2015\toolbox\matlab\addons\cef
D:\MATLAB2015\toolbox\matlab\addons\fallbackmanager
D:\MATLAB2015\toolbox\matlab\demos
D:\MATLAB2015\toolbox\matlab\graph2d
```

2) 设置 MATLAB 的搜索路径。MATLAB 提供了 3 种方法来设置搜索路径, 具体如下。

- 在命令行窗口中输入: `edit path` 或者 `pathtool`, 也可以通过 MATLAB 主界面菜单栏上的“File”→“Set Path”菜单, 进入“设置路径”对话框, 然后通过该对话框编辑搜索路径。
- 在命令行窗口中输入: `path(path,'path')`。其中, 'path'是待添加目录的完整路径。
- 在命令行窗口中输入: `addpath 'path' -begin`。其中, 'path'是待添加目录的路径, 将新目录添加到搜索路径的开始。

1.2.4 Simulink 仿真环境

1990 年, MathWorks 软件公司为 MATLAB 提供了新的控制系统模型化图形输入与仿真工具, 并命名为 SIMULAB, 该工具很快就在控制工程界获得了广泛的认可, 使得仿真软件进入了模型化图形组态阶段。1992 年正式将该软件更名为 Simulink。

Simulink 的出现给控制系统分析与设计带来了福音, 它有两个主要功能: `simu` (仿真) 和 `link` (连接), 即该软件可以利用鼠标在模型窗口上绘制出所需要的控制系统模型, 然后利用 Simulink 提供的功能对系统进行仿真和分析。

在实际工程中, 控制系统的结构往往很复杂, 如果不借助专用的系统建模软件, 则很难准确地把一个控制系统的复杂模型输入计算机, 对其进行进一步的分析与仿真。可见, 熟悉掌握 Simulink 对于一个当代从事自动控制方面工作的人来说, 是非常必要的。

Simulink 是 MATLAB 软件的扩展, 是实现动态系统建模和仿真的一个软件包。它与 MATLAB 工具的主要区别是: Simulink 与用户交互接口是基于 Windows 的模型化图形输入, 从而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。

所谓模型化图形输入, 是指 Simulink 提供了一些按功能分类的基本系统模块, 用户只需要知道这些模块的输入、输出及模块的功能, 而不必考察模块内部是如何实现的。通过对这些基本模块的调用, 再将它们连接起来, 就可以构成所需要的系统模型 (以 *.mdl 文件进行存取), 进而进行仿真与分析。

Simulink 版本也随着 MATLAB 版本进行更新, 每年更新两次, 本书中所用的是 MATLAB R2015a 中的仿真工具, 在第 7 章将具体地讲述 Simulink 仿真。

1.3 本章小结

本章阐述了控制系统计算机辅助设计 (CACSD) 的基本概念、内容、方法和实现工具;