

高等教育“十三五”规划教材
高等教育自动化类专业系列教材

MATLAB 与控制系统仿真

◎ 主编 张磊 任旭颖

立体化教材：

- 教材
- 电子教案
- 视频资源

非外借



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

高等教育“十三五”规划教材

高等教育自动化类专业系列教材

“中国海洋大学教材建设基金资助”项目

MATLAB 与控制系统仿真

张磊 任旭颖 主编



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京·BEIJING

内 容 简 介

本书遵循“翻转课堂”的教学思路，系统介绍了 MATLAB 及其在控制系统仿真中的应用，尝试融入多项教学方法，并提供丰富的实例程序、教学 PPT、演示视频等资源。采用本书作为教学用书可以减少教师讲授的时间，大幅提高学生自主学习和实际动手的效率，教师能够有更多的时间与学生交流。

全书由 MATLAB 基础及基于 MATLAB 的控制系统仿真两大部分构成，内容精练、实用，案例典型，图文并茂，是教学团队多年实践教学成果的总结。

本书可作为高等院校及职业院校自动化类专业教学用书，也是从事自动化控制技术工作人员的有益读本。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 与控制系统仿真 / 张磊, 任旭颖主编. —北京: 电子工业出版社, 2018.8

ISBN 978-7-121-34309-4

I. ①M… II. ①张… ②任… 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 (2018) 第 111342 号

策划编辑: 朱怀永

责任编辑: 朱怀永 文字编辑: 李 静

印 刷: 北京虎彩文化传播有限公司

装 订: 北京虎彩文化传播有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1092 1/16 印张: 15 字数: 384 千字

版 次: 2018 年 8 月第 1 版

印 次: 2018 年 8 月第 1 次印刷

定 价: 39.80 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及购电话: (010) 88254888, 88258888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: (010) 88254608, zhy@phei.com.cn。

前 言

“控制系统仿真”课程是高校自动化及其相关专业本科生的一门重要专业课程，是在学习控制系统原理的基础上使用 MATLAB 软件进行模型建立、仿真设计、实验验证和分析的综合实践课程。“控制系统仿真”课程的任务是使学生获得控制系统仿真技术方面的基本理论、基本知识和基本技能，培养学生分析问题和解决问题的能力，加深学生对自动控制理论的理解，拓宽学生对控制系统仿真及其应用软件的知识面，为深入学习后续课程及从事控制系统设计、分析的实际工作打下基础。

“控制系统仿真”课程的内容包含控制理论、计算数学和计算机相关知识，而 MATLAB 软件是分析和设计各类复杂系统的强有力工具。学生在学习了“自动控制原理”“现代控制理论”等专业课程的基础上，需要开设一门综合性、实践性较强的课程。其目的是使学生在深入学习控制理论的基础上，掌握一种能够方便地对系统进行分析与设计的工具，以便在控制系统的研究中减少烦琐的验算，提高解决专业问题的能力，提高设计效率和质量。

本书依循“翻转课堂”的教学思路，尝试融入多项教学方法，减少了教师讲授的时间，大幅度提高了学生自主学习和实际动手的效率，教师能够有更多的时间与学生进行交流和讨论。本书及教学资料在作者所在的高校进行了试验，效果良好。教师可以采用重点讲授、协作指导和问题讨论的形式满足学生的需要，同时促进学生的个性化学习，使学生通过自主认知、理论回顾和实践获得更真实、有效的学习。

本书和所提供的辅助教学资源能够满足“翻转课堂”式教学方法所需要的基本要求。

1. 教学信息更加清晰

教师可以依照本书的内容和顺序设计教学计划。除教材中的内容以外，本书还提供实例程序、教学 PPT、演示视频等资源。课堂开始前教师可以发布本次课程需要的教学资料和实践要求，如教学 PPT、演示视频、各章的要求和需要完成的考查题目等内容，引导学生按照自己的理解情况安排学习进度，以需要掌握的知识重点为主线、以考查题目为任务导向，以学生个体为教学单元边学、边练、边讨论，通过教师个性化的有效辅导全面提升学习的效果。

2. 重新构建学习方式

第一阶段，学生积极利用课堂时间了解本章所需要掌握的知识重点，通过阅读教材内容、查看课程所提供的课件和实例程序资料、观看演示视频，进而完成每章指定的考查题目；

第二阶段，学生将自行完成的考查题目向教师或教学助理进行讲解和演示，教师则分别针对学生的具体情况和具体问题进行提问、解答和讨论；

第三阶段，学生在课堂外完成教师安排或教材中要求的课后练习题。

3. 演示视频针对性强

演示视频时间基本控制在3~10min内，内容针对性强，都是各章综合性较强的操作演示或设计方法展示，包含完整的知识点讲解、例题分析与练习，方便学生在阅读教材的同时观看视频，提升学生自主学习的能力。

4. 课程要求和考核方式

课程要求分为课前、课中和课后三个环节的要求。

(1) 课前，复习自动控制原理的相关基础知识，复习C语言等其他已经学习的高级编程语言及程序设计知识，每节课前预习教材内容；

(2) 课中，按照教师给定的考查题目边学边练，完成每章后的练习题，在指定的答疑和讨论时间段内与教师或助教积极互动；

(3) 课后，独立完成部分课后练习题。

采用课堂考查、实验成果检查与上机考核综合考核方式，实现综合考查学生的学习效果。

本书以MATLAB为主要工具，按照控制理论的内容体系，依次展开学习，主要任务分为MATLAB基础和基于MATLAB的控制系统仿真两大部分。

本书配备大量教学资源，各章PPT及相关教学视频可扫描各章节二维码进行观看，本书示例程序可扫描以下二维码进行下载。

在本书编写过程中，中国海洋大学自动化与测控系黎明教授、褚东升教授、解则晓教授、慕声波副教授和周丽芹副教授给予许多指导意见，在此深表感谢。

由于编者水平有限，书中的疏漏之处在所难免，恳请广大读者不吝指正。



示例程序

目 录

绪论——教学与学习建议	- 1 -
第 1 章 控制系统仿真概述	- 4 -
1.1 系统仿真概述	- 4 -
1.2 MATLAB 简介	- 6 -
1.3 MATLAB 基本操作	- 8 -
1.3.1 MATLAB R2014a 的启动	- 8 -
1.3.2 基本操作界面	- 8 -
1.4 MATLAB 操作实例	- 12 -
课后习题 1	- 14 -
第 2 章 MATLAB 矩阵及其基本操作	- 15 -
2.1 矩阵及其操作	- 16 -
2.1.1 矩阵的创建	- 16 -
2.1.2 矩阵的属性	- 17 -
2.1.3 创建特殊矩阵	- 17 -
2.1.4 矩阵操作	- 18 -
2.2 矩阵运算	- 19 -
2.2.1 矩阵加、减运算	- 19 -
2.2.2 矩阵的点运算	- 19 -
2.2.3 矩阵乘运算	- 20 -
2.2.4 矩阵的一些特殊运算	- 21 -
2.3 多维矩阵及其操作	- 22 -
2.3.1 通过指定索引把二维矩阵扩展为多维矩阵	- 22 -
2.3.2 使用内联函数创建多维矩阵	- 23 -
2.3.3 使用 cat() 函数进行链接创建	- 23 -
2.4 结构体和元胞数组	- 24 -

2.4.1 结构体的创建	- 24 -
2.4.2 元胞数组	- 26 -
2.5 字符串	- 28 -
2.6 关系运算	- 28 -
课后习题 2	- 29 -
第 3 章 MATLAB 数学运算基础	- 30 -
3.1 矩阵的基本运算	- 31 -
3.1.1 矩阵的逆	- 31 -
3.1.2 矩阵的特征值和特征向量	- 32 -
3.2 线性方程组的求解方法	- 32 -
3.3 多项式运算	- 34 -
3.3.1 使用 roots()函数求多项式的根	- 34 -
3.3.2 使用 conv()函数进行多项式乘运算	- 35 -
3.3.3 使用 deconv()函数进行多项式除运算	- 35 -
3.3.4 多项式微分	- 36 -
3.4 多项式曲线拟合	- 36 -
3.5 数据统计	- 37 -
课后习题 3	- 42 -
第 4 章 M 文件与 MATLAB 编程基础	- 43 -
4.1 MATLAB 的 M 文件	- 43 -
4.1.1 M 文件的创建和编辑	- 44 -
4.1.2 编辑器窗口说明	- 45 -
4.2 MATLAB 控制语句	- 46 -
4.2.1 分支控制语句	- 46 -
4.2.2 循环控制语句	- 49 -
课后习题 4	- 50 -
第 5 章 函数与外部数据操作	- 52 -
5.1 M 文件(函数)	- 52 -
5.1.1 函数类型	- 52 -
5.1.2 参数传递	- 55 -
5.2 外部数据操作	- 56 -
5.2.1 MATLAB 的外部数据操作	- 57 -
5.2.2 使用窗口操作实现文件数据读取	- 58 -
5.2.3 MATLAB 程序中获取用户输入数据	- 60 -
5.2.4 MATLAB 程序中日期和时间的使用	- 61 -
课后习题 5	- 62 -

第 6 章 MATLAB 的绘图及图像处理	- 63 -
6.1 MATLAB 的绘图	- 63 -
6.1.1 二维图形	- 65 -
6.1.2 三维图形	- 79 -
6.2 MATLAB 的图像处理	- 86 -
6.2.1 颜色	- 86 -
6.2.2 光照效果	- 87 -
课后习题 6	- 88 -
第 7 章 交互式仿真工具 Simulink	- 89 -
7.1 Simulink 简介	- 89 -
7.2 Simulink 的模块库浏览界面	- 90 -
7.3 Simulink 建模与仿真	- 95 -
7.3.1 Simulink 建模与仿真的步骤	- 95 -
7.3.2 Simulink 模块的基本操作	- 96 -
7.3.3 Simulink 仿真参数的设置	- 97 -
7.4 仿真结果的运行、观察和调试	- 101 -
7.4.1 使用菜单运行仿真	- 102 -
7.4.2 使用命令进行仿真	- 102 -
7.4.3 观察并分析仿真结果	- 104 -
7.4.4 仿真的调试方法	- 106 -
7.5 Simulink 的自定义功能模块	- 108 -
课后习题 7	- 108 -
第 8 章 控制系统模型的定义	- 110 -
8.1 自动控制系统	- 111 -
8.1.1 开环控制与闭环控制	- 111 -
8.1.2 自动控制理论概要	- 112 -
8.1.3 自动控制系统中的术语和定义	- 112 -
8.2 控制系统仿真概述	- 113 -
8.2.1 建立数学模型的实验方法简介	- 113 -
8.2.2 建立数学模型的方法	- 113 -
8.2.3 控制系统模型引言	- 114 -
8.3 模型的描述、生成与封装	- 114 -
8.3.1 传递函数模型的描述 (tf 模型)	- 114 -
8.3.2 零极点模型的描述 (zpk 模型)	- 116 -
8.3.3 状态空间模型的描述 (ss 模型)	- 117 -
8.3.4 线性定常系统 LTI 模型的生成	- 117 -
8.4 控制系统数学模型的转换和连接	- 120 -

8.4.1 系统模型的转换	- 120 -
8.4.2 系统模型的连接	- 122 -
课后习题 8	- 125 -
第 9 章 控制系统的稳定性分析	- 127 -
9.1 控制系统的稳定性分析	- 128 -
9.1.1 直接判别法	- 129 -
9.1.2 绘制零极点图进行判断	- 130 -
9.2 绘制系统的响应曲线	- 131 -
9.2.1 阶跃响应函数	- 132 -
9.2.2 脉冲响应函数	- 135 -
9.2.3 零输入响应函数	- 137 -
9.2.4 输入信号的产生及应用	- 139 -
9.2.5 使用 Simulink 实现时域响应分析	- 140 -
课后习题 9	- 143 -
第 10 章 控制系统的时域分析	- 144 -
10.1 系统的阶跃响应分析	- 145 -
10.2 MATLAB 系统分析工具 LTI Viewer	- 156 -
10.3 控制系统的稳态误差	- 158 -
课后习题 10	- 163 -
第 11 章 控制系统的根轨迹分析	- 165 -
11.1 根轨迹法基础	- 166 -
11.1.1 分析的基本原理	- 166 -
11.1.2 使用 MATLAB 函数绘制根轨迹图	- 169 -
11.2 根轨迹法分析系统	- 173 -
11.2.1 增加开环零极点对根轨迹的影响	- 173 -
11.2.2 利用根轨迹法分析系统的暂态特性	- 178 -
11.3 MATLAB 在根轨迹分析中的综合应用(rltool)	- 179 -
11.3.1 图形界面工具 rltool	- 179 -
11.3.2 综合应用实例	- 182 -
课后习题 11	- 185 -
第 12 章 控制系统的频域分析	- 187 -
12.1 频域分析法基础	- 187 -
12.1.1 分析的基本原理	- 187 -
12.1.2 频率响应和频率特性	- 188 -
12.2 MATLAB 频域分析法——频率特性图	- 189 -

12.2.1 奈奎斯特图的绘制	- 189 -
12.2.2 奈奎斯特图判稳	- 190 -
12.2.3 伯德图的绘制	- 192 -
12.3 系统的相对稳定性和稳定裕度	- 195 -
12.3.1 幅值裕度和相角裕度	- 195 -
12.3.2 幅值裕度和相角裕度获取方法	- 195 -
课后习题 12	- 197 -
第 13 章 PID 控制器设计与应用	- 200 -
13.1 串联校正与反馈校正	- 200 -
13.1.1 串联校正	- 200 -
13.1.2 反馈校正	- 204 -
13.2 PID 校正概述	- 205 -
13.3 PID 控制器设计与参数整定	- 211 -
13.4 PID Tuner 控制器设计	- 214 -
课后习题 13	- 219 -
第 14 章 MATLAB 图形用户界面 GUI	- 221 -
课后习题 14	- 226 -
参 考 文 献	- 227 -

绪论——教学与学习建议

使用本书进行教学的方法是以教材为主，配合使用教材中的实例程序、教学 PPT、演示视频等资源，具体使用建议如下。

① 了解章、节重点和考查题目——教材每章开始处介绍该章需要掌握的知识重点（“始”）和课程结束后需要完成的考查题目（“终”），做到有“始”有“终”，如图 0-1 所示为第 4 章重点及考查题目。

第 4 章 M 文件与 MATLAB 编程基础



本章要点



第 4 章 M 文件与
MATLAB 编程基础 ppt

本章学习内容包含两部分，一是 M 文件的创建、调试和使用 M 文件（函数）进行参数传递；二是 MATLAB 程序设计中重要的控制语句，包括分支控制和循环控制语句。具体内容如下。

1. M 文件的创建

通过完成以下习题，学习 M 文件的创建方法：

- (1) 创建一个 M 文件，链接输入的两个字符串，并练习在命令行中调用；
- (2) 编辑窗口调试程序实例——找出 10~1000 内的所有素数，进行调试练习。

2. MATLAB 控制语句

利用 break 函数建立 while 循环，求两个数的和为 100，且第一个数被 2 整除的高与第二个数被 4 整除的商的和为 36。（学习 ceil, fix, floor 的使用方法）

图 0-1 第 4 章重点及考查题目

② 阅读教材内容，查看课程所提供的课件（第 4 章课件如图 0-2 所示）和实例程序资料（实例 4-1-1 程序如图 0-3 所示）、观看演示视频（视频 04 如图 0-4 所示），完成考查题目。



图 0-2 第 4 章课件

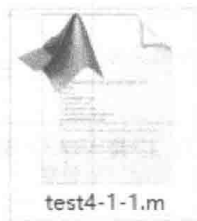


图 0-3 实例 4-1-1 程序

下面以示例 4-1-1 来演示一下如何使用编辑窗口调试程序, 包括创建 M 文件、保存并编写调试程序, 可参考视频<04-使用编辑窗口调试程序>, 视频二维码如下:



图 0-4 视频 04

③ 在课堂外完成本书中要求的课后习题, 第 4 章部分课后习题如图 0-5 所示。

课后习题

4-1 M 文件和函数的创建:

- (1) 创建一个计算阶乘的函数;
- (2) 创建一个 M 文件, 并用它调用 (1) 中所创建的函数进行阶乘计算;
- (3) 创建一个能读取外部数据的函数, 并使用它进行所设定的计算。

4-2 编写 M 文件, 要求写出 100-200 中不能被 3 整除同时也不能被 7 整除的数, 显示程序运行结果。

4-3 编写 M 文件输出“水仙花数”(它是一个 3 位数, 其各位数字的立方和等于该数本身)。

图 0-5 第 4 章部分课后习题

本教材中共有 13 个视频, 视频所在章节及介绍见表 0-1。

表 0-1 视频所在章节及介绍

视频名称	视频所在章节	视频说明
01-MATLAB 基本设置与功能介绍	(1.3 MATLAB 基本操作)	介绍 MATLAB 软件的启动方法和基本操作界面, 包括 MATLAB 的工具栏介绍、常用窗口操作、工作路径设置和文件管理
02-多项式曲线拟合	(3.4 多项式曲线拟合)	介绍 MATLAB 中多项式曲线拟合的使用方法
03-数据统计图形用户交互工具	(3.5 数据统计)	介绍 MATLAB 的数据统计中的一个图形用户交互工具, 以此完成数据集的统计量特征, 并可视化地显示
04-使用编辑窗口调试程序	(4.1.2 编辑器窗口说明)	介绍如何使用编辑窗口调试程序, 包括创建 M 文件、保存并编写调试程序
05-plot 曲线绘制及其属性的设置	(6.1.1 二维图形)	介绍 MATLAB 曲线绘制及其属性的设置, 包括曲线格式和标记点类型设置
06-plot3 三维曲线绘制及其属性的设置	(6.1.3 三维图形)	介绍 MATLAB 三维曲线绘制及其属性的设置, 包括如何使用绘图窗口中的 plot3 指令绘制三维曲线、如何使用图形窗口中的功能修改图形属性
07-交互式仿真工具 Simulink	(7.3.4 Simulink 仿真参数的设置)	介绍交互式仿真工具 Simulink, 包括 Simulink 库浏览器的操作环境、Simulink 功能模块的基本操作和 Simulink 的使用方法
08-使用 simulink 实现时域响应分析	(9.2.5 使用 simulink 实现时域响应分析)	介绍使用 Simulink 实现时域响应分析的方法

续表

视频名称	视频所在章节	视频说明
09-MATLAB 系统分析工具 LTI Viewer	〈10.2 MATLAB 系统分析工具 LTI Viewer〉	介绍 MATLAB 系统分析工具 LTI Viewer 的使用方法
10-MATLAB 函数绘制根轨迹图	〈11.1.2 MATLAB 函数绘制根轨迹图〉	介绍 MATLAB 函数绘制根轨迹图的方法, 并绘制系统的脉冲响应, 并进行验证
11-图形界面工具 rltool	〈11.3.1 图形界面工具 rltool〉	介绍 MATLAB 中图形界面工具 rltool 的操作步骤和使用方法
12-PID Tuner 控制器设计	〈13.4 PID Tuner 控制器设计〉	介绍 MATLAB 中 PID Tuner 控制器的设计方法
13-图形用户界面 GUI	〈14.4 图形用户界面 GUI 示例〉	介绍 MATLAB 中图形用户界面 GUI 的使用方法

本书中主要使用的符号说明见表 0-2。

表 0-2 符号说明

符 号	说 明
>>	命令窗口提示符, 表示在命令窗口中的操作符号, 符号>>右侧的命令可以直接在命令窗口中执行
%	注释符号, 与 MATLAB 的规定一致, 采用%作为命令注释部分的开始
【】	使用或单击窗口中相应的图标, 例如, 【打开】是指在主窗口中单击打开图标
〈〉	使用该符号作为本部分说明或参考的指引, 例如, 〈参考 13.4 节〉是指该部分内容的说明可以详细参考 13.4 节
◁	例题解析的标注, 对应示例中需要详细说明或特别指出的内容使用该符号标注
➤	函数的基本语法形式
注意	针对例题中常见的问题和需要特别注意的使用方法进行单独说明

第 1 章 控制系统仿真概述



本章要点



第 1 章 控制系统
仿真概述 PPT

本章主要介绍两个部分：一是控制系统仿真的基本概念，二是 MATLAB 控制系统仿真的基础知识，具体内容如下。

1. 系统仿真的基本概念。
2. MATLAB 的简介。
3. MATLAB 基本操作,包括 MATLAB R2014a 的启动方法和 MATLAB 基本操作界面的介绍。
4. MATLAB 的操作实例介绍。

1.1 系统仿真概述

系统仿真是随着计算机技术的发展而逐步形成的一类实验研究方法,是建立在控制理论、相似理论、信息处理技术、计算机基础等技术上的,以计算机和其他专用物理设备为工具,利用模型对真实的或假想的系统进行实验,并借助专家经验知识、统计数据和信息资料对试验结果进行分析和研究,进而做出决策的一门综合性、试验性学科。最初,仿真主要应用于航天、航空、原子反应堆等少数领域。此后,计算机技术的普及和信息科学的发展为仿真技术的应用提供了技术和物质基础。目前,仿真已经应用于众多领域,成为分析研究各种系统,特别是复杂系统的重要工具。它不仅仅应用于工程领域,如机械、电力、冶金、电子等方面,还广泛应用于非工程领域,如交通管理、生产调度、库存控制、生态环境、社会经济等方面。

1. 系统仿真的三要素

系统、模型与仿真是系统仿真的三要素。

系统 (System), 即仿真对象, 其基本特性是整体性和相关性。整体性是指系统作为一个整体存在而表现某项特定的功能, 它是不可分割的; 相关性是指系统的各个部分、对象 (元素) 之间是相互联系的, 存在物质、能量与信息的交换。

模型 (Model), 是系统的抽象, 是对系统属性和变化规律的一种定量抽象, 是对系统本

质的描述。模型可以描述系统的本质和内在联系，通过对模型的分析研究，达到了解原系统的目的。模型的表达形式可以分为物理模型、数学模型和描述模型。

仿真 (Simulation)，是指利用计算机模型复现实际项目（系统）中发生的本质过程，并通过对系统模型的实验来研究存在的或设计中的系统。使用系统模型将特定于某一具体层次的不确定性转化为它们对目标的影响，并进行分析验证。

仿真技术是以计算机和各种专用物理设备为工具，借助系统模型对真实系统进行试验研究的一门综合技术，具有安全、快捷和可以实现特定、特殊要求等优点。仿真的主要目的是借助于仿真技术可以采用重复试错的形式优化原理和方法，使设计结果达到某种最优，实现系统的优化设计。

根据不同的分类标准，可以将系统仿真分为物理仿真、数学仿真、混合仿真 3 种类型，仿真的分类见表 1-1。

表 1-1 仿真的分类

类 型	说 明
物理仿真	研制一些实体模型，使之能够重现原系统的各种状态
数学仿真	用数学语言表达系统，并编制程序在计算机上对实际系统进行研究
混合仿真	为了提高数学仿真的可信度或针对难以建模的系统，多采取物理模型、数学模型和实体相结合组成较复杂的仿真系统

2. 仿真软件

随着硬件的发展，仿真软件也有了很大发展。仿真软件吸收了仿真方法学、网络、图形/图像、多媒体、软件工程、自动控制、人工智能等技术成果而得到了很大发展。人机环境也由初期的图形支持，到动画、交互式仿真，进一步发展到矢量的图形支持，并向虚拟实现方向发展。仿真软件的应用越来越广泛，主要应用在机械工程、设备研发、工厂设计、电路设计仿真、化学验证仿真、PLC 设计、家居设计等很多领域。

3. 仿真的基本步骤

控制系统仿真的基本步骤如图 1-1 所示。

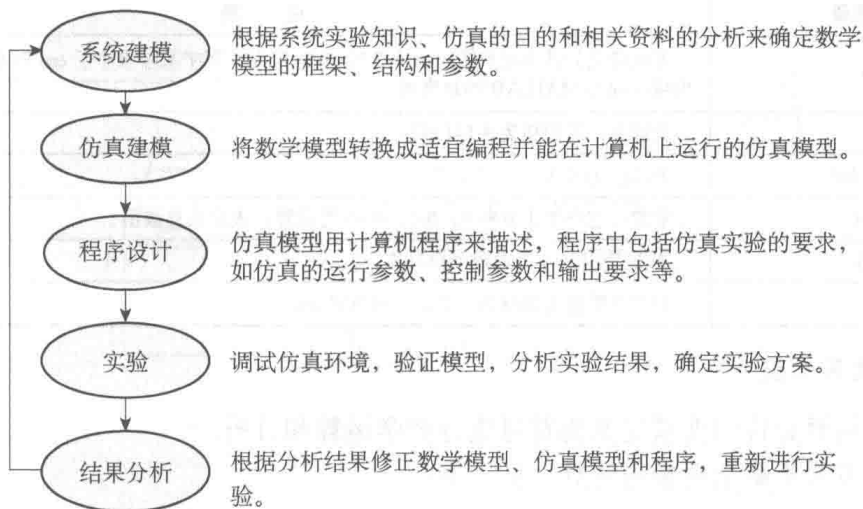


图 1-1 控制系统仿真的基本步骤

1.2 MATLAB 简介

MATLAB 是由美国 Clever Moler 博士于 1980 年开发的,设计者的初衷是解决“线性代数”课程的矩阵运算问题,取名 MATLAB,即 Matrix Laboratory 矩阵实验室的意思。MATLAB 是一种直译式的高级语言,逐行执行程序,不需要编译,相比其他程序设计语言更容易理解和使用。MATLAB 具备大规模计算能力和仿真功能,是大学工科必修的计算机语言之一。其应用领域非常广泛,比如:

- 工业研究与开发;
- 数学教学与研究,特别是“线性代数”;
- 数值分析和科学计算方面的教学与研究;
- 电子学、控制理论和物理学等工程和科学学科方面的教学与研究;
- 经济学、化学和生物学等计算问题。

MATLAB 语言简捷紧凑,语法限制不严,程序设计自由度大,可移植性好;运算符、库函数丰富;图形功能强大;界面友好、编程效率高;扩展性强。

MATLAB 语言具有强大的数值(矩阵)运算功能、广泛的符号运算功能、高低兼备的图形功能(计算结果的可视化功能)、可靠的容错功能、应用灵活的兼容与接口、功能和信息量丰富的联机检索功能。

1. 矩阵运算功能

MATLAB 提供了丰富的矩阵运算处理功能,是基于矩阵运算的处理工具。它的变量是矩阵,运算是矩阵的运算。

例如, $C = A + B$, A , B , C 都是矩阵,是矩阵的加运算;即使一个常数, $Y=5$, MATLAB 也看作一个 1×1 的矩阵。

在 MATLAB 工作内存中,存储了几个由系统本身在启动时定义的变量,我们称为永久变量,常用的永久变量见表 1-2。

表 1-2 常用的永久变量

永久变量	注 释
eps	系统定义的最小正整数, $\text{eps} \approx 2.22\text{e-}016$ 定在计算中某结果小于 eps 时系统默认其值为 0,也可以视为 MATLAB 的精度值
pi	圆周率,近似值为 3.1415926
inf 或 Inf	表示正无穷大
NaN	非数,它产生于 $0 \times \infty$, $0/0$, ∞/∞ 等运算,表示运算溢出
i, j	默认使用 i, j 为虚数单位标志
ans	对于未赋值运算结果,自动赋给变量 ans

2. 符号运算功能

- 符号运算允许将变量定义为符号进行数学运算和分析;
- 允许变量不赋值而参与运算。如下例:

```
syms a b c x           % 创建多个符号变量
f2 = a*x^2 + b*x + c  % 创建符号表达式
```


➤ 用于解代数方程、微积分、复合导数、积分、二重积分、有理函数、微分方程、泰勒级数展开、寻优等，可求得解析符号的解。

3. 丰富的绘图功能与计算结果的可视化

- 具有高层绘图功能——二维、三维绘图；
- 具有底层绘图功能——句柄绘图；
- 使用 plot 函数可随时将计算结果可视化 (plot 函数的应用如图 1-2 所示)，该功能可参考〈第 6 章 MATLAB 的绘图及图像处理〉。

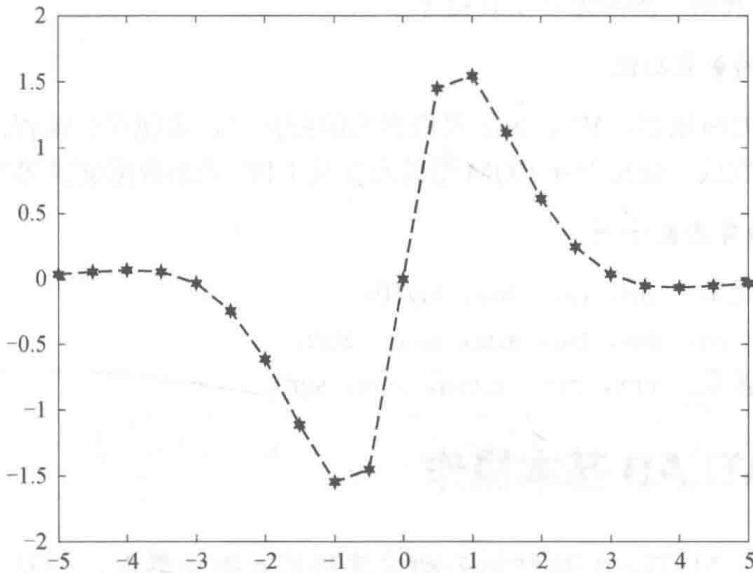


图 1-2 plot 函数的应用

4. 图形化程序编制功能

- 具备动态建模、仿真和分析的软件包；
- 只需采用拖曳模块、连接模块的形式，即可实现编程功能 (图形化程序的编制如图 1-3 所示)。该功能可参考第 7 章交互式仿真工具 Simulink。

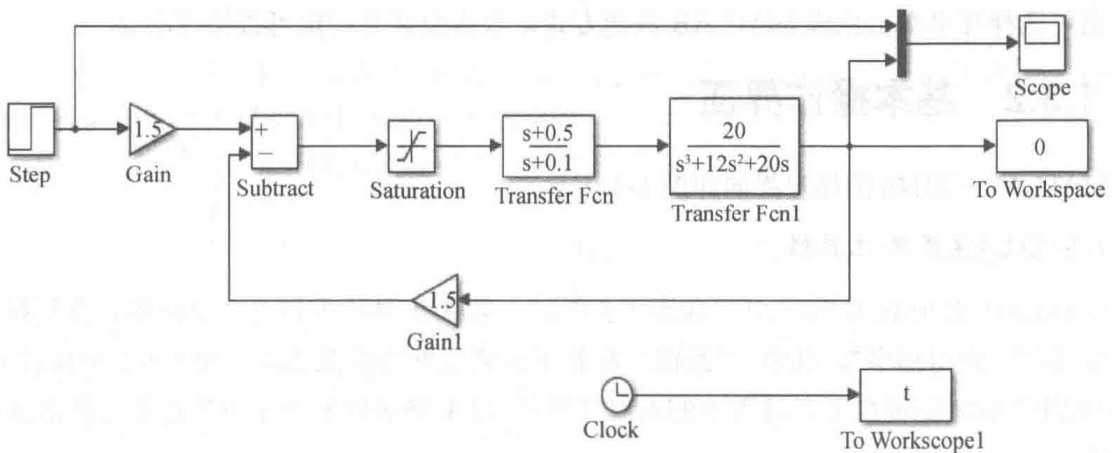


图 1-3 图形化程序的编制