

“十三五”国家重点出版物出版规划项目

卓越工程能力培养与工程教育专业认证系列规划教材（电气工程及其自动化、自动化专业）

MATLAB在自动化工程中的应用

姜增如 编著

MATLAB with Applications
to Automation Engineering



非
外
借

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
卓越工程能力培养与工程教育专业认证系列规划教材
(电气工程及其自动化、自动化专业)

MATLAB

在自动化工程中的应用

姜增如 编著



机械工业出版社

本书所使用的软件版本为 MATLAB R2016a。MATLAB R2016a 内嵌程序命令、注释、说明和运行结果，图文并茂，使抽象的理论变得生动形象。本书内容涵盖传递函数的建立、稳定性分析、系统校正、根轨迹校正、状态反馈仿真、PID 控制器参数设计和复杂控制系统仿真。本书可作为高等院校自动化、电气工程及其自动化等专业的教材，也可供工程技术人员自学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 在自动化工程中的应用/姜增如编著. —北京:
机械工业出版社, 2018.9

“十三五”国家重点出版物出版规划项目. 卓越工程能力
培养与工程教育专业认证系列规划教材. 电气工程及其自动化、
自动化专业

ISBN 978-7-111-60903-2

I. ①M… II. ①姜… III. ①自动控制系统 - 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 213716 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: 路乙达 责任编辑: 路乙达 王雅新

责任校对: 刘 岚 封面设计: 鞠 杨

责任印制: 常天培

北京富博印刷有限公司印刷

2018 年 11 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 18.75 印张 · 460 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-60903-2

定价: 49.00 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

“十三五”国家重点出版物出版规划项目
卓越工程能力培养与工程教育专业认证系列规划教材
(电气工程及其自动化、自动化专业)
编审委员会

主任委员

郑南宁 中国工程院 院士, 西安交通大学 教授, 中国工程教育专业认证协会电子信息与电气工程类专业认证分委员会 主任委员

副主任委员

汪樾生 中国工程院 院士, 浙江大学 教授
胡敏强 东南大学 教授, 教育部高等学校电气类专业教学指导委员会 主任委员
周东华 清华大学 教授, 教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会 主任委员
赵光宙 浙江大学 教授, 中国机械工业教育协会自动化学科教学委员会 主任委员
章 兢 湖南大学 教授, 中国工程教育专业认证协会电子信息与电气工程类专业认证分委员会 副主任委员
刘进军 西安交通大学 教授, 教育部高等学校电气类专业教学指导委员会 副主任委员
戈宝军 哈尔滨理工大学 教授, 教育部高等学校电气类专业教学指导委员会 副主任委员
吴晓蓓 南京理工大学 教授, 教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会 副主任委员
刘 丁 西安理工大学 教授, 教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会 副主任委员
廖瑞金 重庆大学 教授, 教育部高等学校电气类专业教学指导委员会 副主任委员
尹项根 华中科技大学 教授, 教育部高等学校电气类专业教学指导委员会 副主任委员
李少远 上海交通大学 教授, 教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会 副主任委员
林 松 机械工业出版社 编审 副社长

委员 (按姓氏笔画排序)

于海生 青岛大学 教授
王 超 天津大学 教授
王志华 中国电工技术学会
教授级高级工程师
王美玲 北京理工大学 教授
艾 欣 华北电力大学 教授
吴在军 东南大学 教授
吴美平 国防科技大学 教授
汪贵平 长安大学 教授
张 涛 清华大学 教授
张恒旭 山东大学 教授
黄云志 合肥工业大学 教授
穆 钢 东北电力大学 教授

王 平 重庆邮电大学 教授
王再英 西安科技大学 教授
王明彦 哈尔滨工业大学 教授
王保家 机械工业出版社 编审
韦 钢 上海电力学院 教授
李 炜 兰州理工大学 教授
吴成东 东北大学 教授
谷 宇 北京科技大学 教授
宋建成 太原理工大学 教授
张卫平 北方工业大学 教授
张晓华 大连理工大学 教授
蔡述庭 广东工业大学 教授
鞠 平 河海大学 教授

序

工程教育在我国高等教育中占有重要地位，高素质工程科技人才是支撑产业转型升级、实施国家重大发展战略的重要保障。当前，世界范围内新一轮科技革命和产业变革加速进行，以新技术、新业态、新产业、新模式为特点的新经济蓬勃发展，迫切需要培养、造就一大批多样化、创新型卓越工程科技人才。目前，我国高等工程教育规模世界第一。我国工科本科在校生约占我国本科在校生总数的1/3，近年来我国每年工科本科毕业生约占世界总数的1/3以上。如何保证和提高高等工程教育质量，如何适应国家战略需求和企业需要，一直受到教育界、工程界和社会各方面的关注。多年以来，我国一直致力于提高高等教育的质量，组织并实施了多项重大工程，包括卓越工程师教育培养计划（以下简称卓越计划）、工程教育专业认证和新工科建设等。

卓越计划的主要任务是探索建立高校与行业企业联合培养人才的新机制，创新工程教育人才培养模式，建设高水平工程教育教师队伍，扩大工程教育的对外开放。计划实施以来，各相关部门建立了协同育人机制。卓越计划要求试点专业要大力改革课程体系和教学形式，依据卓越计划培养标准，遵循工程的集成与创新特征，以强化工程实践能力、工程设计能力与工程创新能力为核心，重构课程体系和教学内容；加强跨专业、跨学科的复合型人才培养；着力推动基于问题的学习、基于项目的学习、基于案例的学习等多种研究性学习方法，加强学生创新能力训练，“真刀真枪”做毕业设计。卓越计划实施以来，培养了一批获得行业认可、具备很好的国际视野和创新能力、适应经济社会发展需要的各类型高质量人才，教育培养模式改革创新取得突破，教师队伍建设初见成效，为卓越计划的后续实施和最终目标的达成奠定了坚实基础。各高校以卓越计划为突破口，逐渐形成各具特色的人才培养模式。

2016年6月2日，我国正式成为工程教育“华盛顿协议”第18个成员国，标志着我国工程教育真正融入世界工程教育，人才培养质量开始与其他成员国达到了实质等效，同时，也为以后我国参加国际工程师认证奠定了基础，为我国工程师走向世界创造了条件。专业认证把以学生为中心、以产出为导向和持续改进作为三大基本理念，与传统的 content 驱动、重视投入的教育形成了鲜明对比，是一种教育范式的革新。通过专业认证，把先进的教育理念引入了我国工程教育，有力地推动了我国工程教育专业教学改革，逐步引导我国高等工程教育实现从课程导向向产出导向转变、从以教师为中心向以学生为中心转变、从质量监控向持续改进转变。

在实施卓越计划和开展工程教育专业认证的过程中，许多高校的电气工程及其自动化、自动化专业结合自身的办学特色，引入先进的教育理念，在专业建设、人才培养模式、教学内容、教学方法、课程建设等方面积极开展教学改革，取得了较好的效果，建设了一大批优质课程。为了将这些优秀的教学改革经验和教学内容推广给广大高校，中国工程教育专业认证协会电子信息与电气工程类专业认证分委员会、教育部高等学校电气类专业教学指导委员会、教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会、中国机械工业教育协会自动化学科教学委员

会、中国机械工业教育协会电气工程及其自动化学科教学委员会联合组织规划了“卓越工程能力培养与工程教育专业认证系列规划教材（电气工程及其自动化、自动化专业）”。本套教材通过国家新闻出版广电总局的评审，入选了“十三五”国家重点图书。本套教材密切联系行业 and 市场需求，以学生工程能力培养为主线，以教育培养优秀工程师为目标，突出学生工程理念、工程思维和工程能力的培养。本套教材在广泛吸纳相关学校在“卓越工程师教育培养计划”实施和工程教育专业认证过程中的经验和成果的基础上，针对目前同类教材存在的内容滞后、与工程脱节等问题，紧密结合工程应用和行业企业需求，突出实际工程案例，强化学生工程能力的教育培养，积极进行教材内容、结构、体系和展现形式的改革。

经过全体教材编审委员会委员和编者的努力，本套教材陆续跟读者见面了。由于时间紧迫，各校相关专业教学改革推进的程度不同，本套教材还存在许多问题。希望各位老师对本套教材多提宝贵意见，以使教材内容不断完善提高。也希望通过本套教材在高校的推广使用，促进我国高等工程教育教学质量的提高，为实现高等教育的内涵式发展贡献一份力量。

卓越工程能力培养与工程教育专业认证系列规划教材
(电气工程及其自动化、自动化专业)
编审委员会

前 言

MATLAB 具有强大的数据处理能力，提供了矩阵运算函数、数学处理函数、控制理论工具箱、Simulink 工具箱等，可完成分析系统的性能指标、对系统进行图形仿真设计的任务，实现对控制系统稳定性、准确性和快速性的判别。

本书的最大特色是将 MATLAB 软件与自动化应用融为一体，含有控制系统频域法设计、PID 控制器设计、状态空间极点配置及最优化设计。书中的大量案例以 MATLAB 命令程序为核心，一方面帮助使用者学习 MATLAB 的编程方法，另一方面为学习自动控制理论的程序设计提供支持。本书配套 MOOC，读者可登录中国大学 MOOC 网 (<http://www.icourse163.org>)，搜索课程“自动控制理论实验”进行辅助学习。

本书以自动控制原理的分析方法为依据，力求解决自动化中的工程应用问题。在 MATLAB 软件应用上，讲解了变量、M 文件的编写、函数使用的命令规则、二维及三维绘图、Simulink 的图形化仿真步骤以及界面设计。

本书根据自动控制理论中时域、频域、根轨迹和状态空间理论，列举了时域的峰值时间、稳态时间、上升时间、超调量、稳态误差等动态特性参数分析，频域中的幅值裕量、相位裕量、穿越频率、根轨迹校正及状态空间极点配置的求解方法。书中包含典型环节、二阶系统阶跃响应、劳斯稳定判据、伯德图、根轨迹校正、超前和滞后校正、状态反馈系统矩阵求解及 PID 参数设计等，以计算机为核心，以案例为导向，为学生自行设计被控对象、分析系统性能指标、设计校正环节、实现控制器参数设计奠定了基础。

本书可作为高等院校自动化、电气工程及其自动化等专业的教材，也可供工程技术人员自学参考。

由于水平有限，书中存在缺点和错误在所难免，恳请广大读者批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第 1 章	MATLAB 的功能和基本应用	1
1.1	MATLAB R2016a 的工作环境	1
1.1.1	MATLAB R2016a 窗口界面	1
1.1.2	MATLAB R2016a 工具栏菜单	2
1.1.3	MATLAB R2016a 的主要功能	3
1.1.4	MATLAB 窗口常用操作命令	4
1.1.5	MATLAB 新建变量	5
1.2	MATLAB 语言基础	5
1.2.1	变量命令规则	5
1.2.2	全局变量与数据类型	6
1.2.3	常用标点符号及功能	8
1.3	代数运算	9
1.3.1	MATLAB 的常量表示	9
1.3.2	基本运算	9
1.3.3	数学函数	13
1.3.4	转换函数	16
1.3.5	字符串操作函数	17
1.3.6	判断数据类型函数	17
1.3.7	文件操作函数	18
1.3.8	常用特殊矩阵	19
1.3.9	句柄函数	20
1.3.10	数组表示	21
1.4	多项式处理	23
1.4.1	多项式的四则运算	23
1.4.2	多项式求根	24
1.4.3	多项式求导	24
1.4.4	多项式求解	25
1.5	空间向量表示	26
1.5.1	用线性等间距生成向量矩阵	26
1.5.2	线性及对数空间表示	26

1.6 逻辑函数	27
1.6.1 查找函数	27
1.6.2 测试向量函数	28
1.7 符号运算	28
1.7.1 符号变量表示	29
1.7.2 常用符号运算	31
1.7.3 求解符号方程	33
1.7.4 傅里叶变换与反变换	36
1.7.5 拉普拉斯变换与反变换	37
1.7.6 Z 变换与 Z 反变换	37
1.7.7 符号极限	38
1.7.8 符号导数	38
1.7.9 符号积分	39
1.7.10 级数	40
1.8 插值运算	41
第 2 章 MATLAB 程序设计	45
2.1 数据的输入和输出	45
2.1.1 数据输入	45
2.1.2 数据输出	46
2.2 程序结构	47
2.2.1 顺序结构	47
2.2.2 选择结构	48
2.2.3 循环结构	52
2.2.4 try 语句	57
2.3 M 文件	58
2.3.1 脚本文件与函数文件	58
2.3.2 函数文件的使用	59
2.4 文件操作	60
2.4.1 文件的打开	61
2.4.2 二进制文件的读写	61
2.4.3 文件的关闭	62
2.4.4 文本文件的读写	63
2.4.5 文件定位和文件状态	65
2.4.6 按行读取数据	66
第 3 章 MATLAB 的静态与动态绘图功能	67
3.1 二维绘图功能	67
3.1.1 绘制一般函数曲线	67

3.1.2	图形对象及其句柄	71
3.1.3	绘制对数坐标图	74
3.1.4	绘制特殊二维图形函数曲线	75
3.1.5	绘制符号函数曲线	76
3.2	三维绘图功能	79
3.2.1	绘制三维空间曲线	79
3.2.2	绘制网格矩阵	80
3.2.3	绘制常用三维图形	81
3.2.4	绘制三维曲面图	83
3.2.5	特殊三维立体图	87
3.2.6	图形颜色的修饰	90
3.2.7	色彩的渲染	91
3.3	创建动画过程	92
3.3.1	三维图形不同姿态	92
3.3.2	动画函数	93
3.3.3	创建动画步骤	94
3.4	图像动画	98
3.4.1	图像文件操作	98
3.4.2	播放电影动画	98
3.4.3	电影动画文件保存	99
第4章	MATLAB 在时域分析中的应用	101
4.1	传递函数的建立方法及形式转换	101
4.1.1	自动控制理论中常用传递函数的表示	101
4.1.2	传递函数的形式转换	105
4.1.3	多项式传递函数分解	108
4.2	框图化简	109
4.2.1	串联结构	109
4.2.2	并联结构	110
4.2.3	反馈结构	111
4.2.4	复杂结构	112
4.3	二阶系统阶跃响应	114
4.3.1	典型二阶系统	114
4.3.2	阶跃响应曲线	115
4.3.3	计算二阶系统特征参数	117
4.4	提高系统动态品质的方法	121
4.4.1	微分反馈	121
4.4.2	串联比例微分环节	121
4.5	高阶系统稳定性分析	123

4.5.1	特征方程的根对稳定性的影响	123
4.5.2	使用劳斯判据分析系统稳定性	124
4.5.3	系统零极点对稳定性的影响	127
4.5.4	系统增益对稳定性的影响	129
4.5.5	控制系统稳态误差计算	131
第5章 MATLAB 在频域及根轨迹分析的应用		136
5.1	频域分析法	136
5.1.1	绘制伯德图	136
5.1.2	绘制奈奎斯特曲线	140
5.1.3	绘制尼柯尔斯图	142
5.1.4	控制系统频域设计	142
5.2	频域法校正设计	146
5.2.1	频域法超前校正	147
5.2.2	频域法滞后校正	151
5.2.3	频域法超前-滞后校正	156
5.3	绘制根轨迹	160
5.3.1	绘制根轨迹的基本规则	160
5.3.2	根轨迹函数	161
5.3.3	使用根轨迹确定闭环特征根	162
5.3.4	使用根轨迹判定系统稳定性	163
5.3.5	绘制指定参数根轨迹	164
5.3.6	绘制零度根轨迹	164
5.4	根轨迹法校正设计	165
5.4.1	根轨迹校正的作用	165
5.4.2	根轨迹超前校正	166
5.4.3	根轨迹滞后校正	170
第6章 MATLAB 在状态空间分析中的应用		174
6.1	极点配置与状态反馈	174
6.1.1	基本概念	174
6.1.2	极点配置的条件	175
6.1.3	极点配置的原理方法	176
6.1.4	系统的可控性与可观测性	177
6.1.5	极点配置	179
6.2	最优二次型设计	191
6.2.1	连续系统最优二次型设计	191
6.2.2	离散系统最优二次型设计	193
6.2.3	对输出加权的最优二次型设计	195

6.2.4 Kalman 滤波器	196
第7章 Simulink 在自动控制理论中的仿真	200
7.1 Simulink 仿真模型及参数设置	200
7.1.1 基本模块	200
7.1.2 模块的参数和属性设置	205
7.2 Simulink 仿真命令	207
7.2.1 运行命令	207
7.2.2 线性化处理命令	207
7.2.3 构建模型命令	207
7.2.4 输入、输出操作命令	212
7.3 六种典型环节仿真分析	213
7.3.1 比例环节特性	213
7.3.2 积分环节特性	214
7.3.3 微分环节特性	214
7.3.4 惯性环节特性	215
7.3.5 比例积分环节特性	215
7.3.6 比例微分环节特性	216
7.4 二阶系统及高阶系统阶跃响应仿真	216
7.4.1 二阶系统阶跃响应仿真	216
7.4.2 高阶系统阶跃响应分析	217
7.5 串联校正仿真	219
7.5.1 串联超前校正仿真	219
7.5.2 串联滞后校正仿真	221
7.5.3 串联超前-滞后校正仿真	222
7.6 极点配置与状态空间仿真	223
第8章 Simulink 在 PID 控制器中的应用	225
8.1 PID 控制器概述	225
8.1.1 PID 控制系统的组成	225
8.1.2 PID 控制器的表示方法及仿真	225
8.1.3 PID 控制器的作用	226
8.2 使用试凑法设计 PID 参数	227
8.3 使用 Ziegler-Nichols 法设计 PID 参数	231
8.4 使用科恩-库恩法设计 PID 参数	232
8.5 使用衰减曲线法设计 PID 参数	235
8.6 使用临界比例度法设计 PID 参数	238
8.7 使用 Smith 预估器设计 PID 参数	240
8.8 使用串级控制仿真 PID 控制参数	243

8.9 使用前馈-反馈控制仿真 PID 参数	245
第9章 MATLAB 界面设计	249
9.1 图形用户界面开发环境	249
9.1.1 创建界面应用程序	249
9.1.2 使用空白界面建立应用程序	250
9.1.3 使用控制界面建立应用程序	252
9.1.4 使用坐标轴界面建立应用程序	253
9.1.5 使用信息对话框界面建立应用程序	254
9.1.6 创建标准对话框	255
9.2 MATLAB 句柄式图形对象	258
9.2.1 句柄式图形对象	258
9.2.2 创建图形句柄	259
9.3 回调函数	261
9.3.1 回调函数格式	261
9.3.2 回调函数使用说明	261
9.4 控件工具及属性	262
9.4.1 控件对象类型及描述	262
9.4.2 控件对象控制属性	262
9.5 界面设计	263
9.6 菜单设计	274
9.6.1 弹出式菜单	274
9.6.2 下拉式菜单	276
9.6.3 快捷菜单	279
9.7 对话框设计	281
9.7.1 对话框操作	281
9.7.2 专用对话框	282
参考文献	287

第 1 章

MATLAB 的功能和基本应用

MATLAB 软件为科学计算、可视化及交互式程序设计提供了一个操作平台。它将数值计算、矩阵分析、图形绘制、用户界面 (UI) 设计、动态系统建模、仿真、与其他编程语言的交互等诸多强大功能集成在一个视窗环境中, 为科学研究、工程设计提供了一种全面的解决方案。MATLAB 主要应用于自动控制、信号处理与通信、图像处理、信号检测、机械、化工、金融建模、设计与分析等领域。尤其是其提供的大量数据优化处理工具箱, 使得编程变得既简单又快捷, 为自动控制理论中古典控制、现代控制所涉及的时域、频域、根轨迹分析和状态空间分析等提供了有力帮助。MATLAB 自问世以来, 受到全世界工科院校的学生、老师以及研究所的科技工作者们的一致认可。其中的 Simulink 图形化仿真工具箱操作简单、使用方便, 使用者在很短的时间内即可学会操作, 并能迅速解决原来通过计算难以求解的精度问题。使用 MATLAB 来代替手工计算, 对于分析控制系统中的数学模型具有重要的意义。

1.1 MATLAB R2016a 的工作环境

1.1.1 MATLAB R2016a 窗口界面

本书采用的软件版本为 MATLAB R2016a。打开 MATLAB R2016a, 窗口界面如图 1.1 所示, 其默认设置下分为标题栏、菜单栏、命令编辑区三部分。其中, 命令行窗口 (Command Window) 是人机交互的主要场所, 命令行窗口的编辑区内以 “>>” 为提示符, 表示 MATLAB 已经准备完毕, 处于等待状态。当在提示符后面输入一句或一段运算式并按回车键后, MATLAB 会立即给出答案并再次进入等待状态。单击【新建脚本】, 即可打开编制程序的窗口。

1) 在命令行窗口一次可输入一条或几条命令, 按回车键即可执行, 操作简单直观, 但命令不能保存修改。

2) 在“编辑器”窗口中键入的命令语句需要存储成扩展名为 .m 的文件, 称为程序文件或脚本文件, 可以保存修改。单击“运行按钮”或直接按功能键“F5”即可执行程序并输出结果。多条命令建议用 M 编辑器编写程序 (.m 文件) 文件, 它可随时修改、保存并提高程序运行速度。

3) 运行 M 文件产生的结果及错误提示, 默认在命令行窗口中输出。

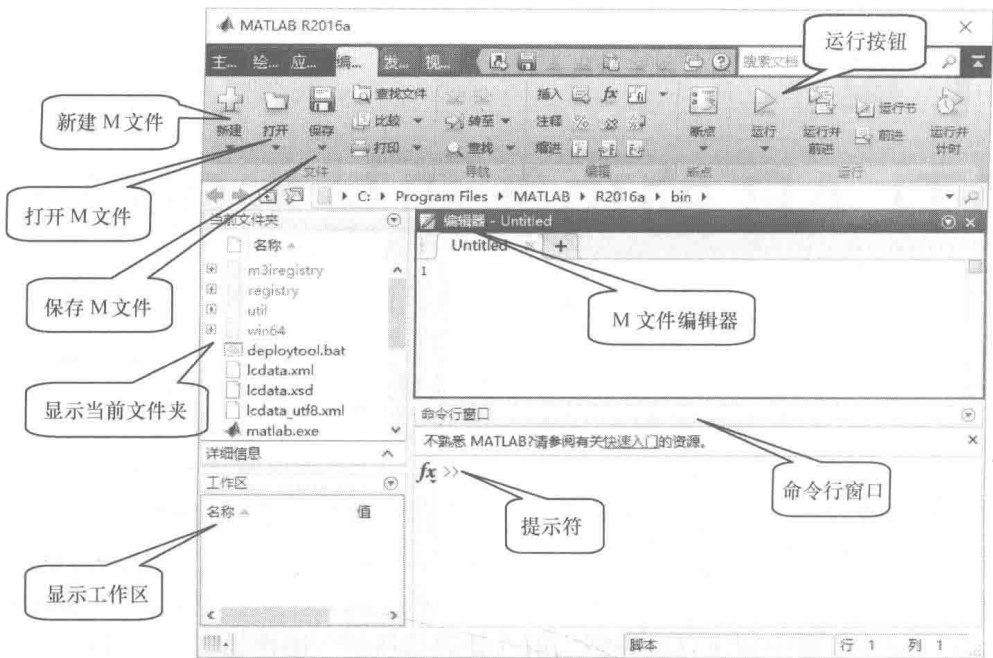


图 1.1 MATLAB R2016a 窗口界面

1.1.2 MATLAB R2016a 工具栏菜单

MATLAB R2016a 工具栏菜单设置分为文件、变量、代码、SIMULINK 和环境五部分，最常用的是文件操作。单击【新建脚本】立即弹出实时编辑器窗口，可以编辑程序文件；单击【新建】出现一下拉菜单框，主要功能包括脚本、实时脚本、函数等 12 项子菜单，如图 1.2 所示。



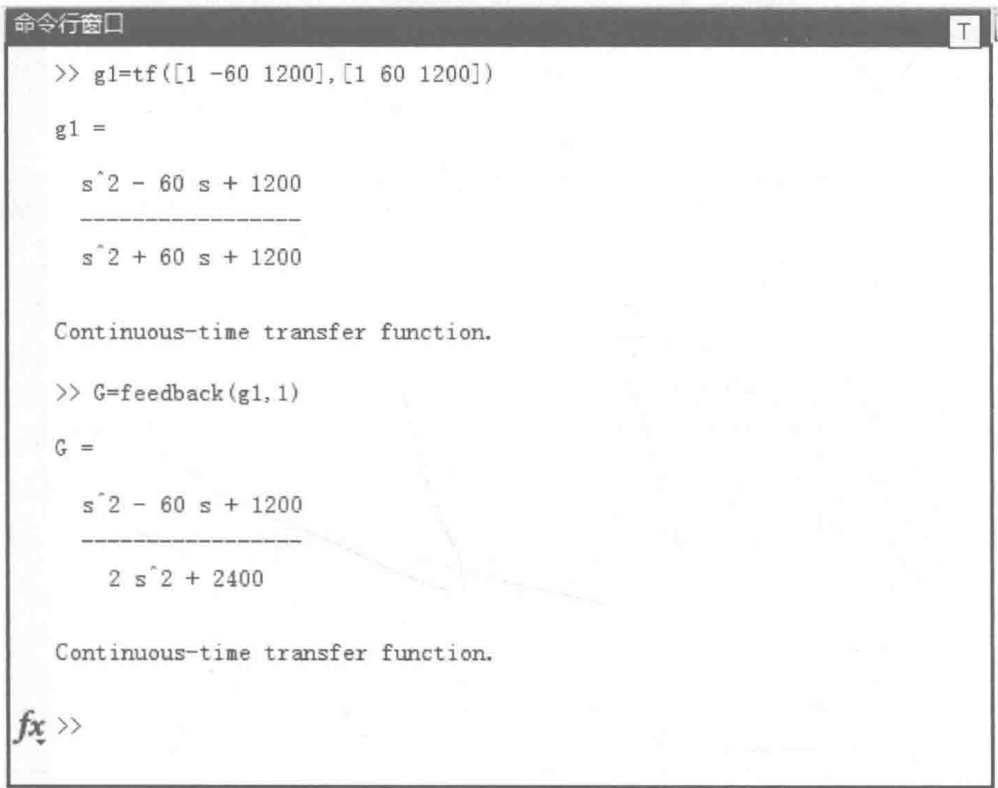
图 1.2 MATLAB R2016a 工具栏菜单

1.1.3 MATLAB R2016a 的主要功能

MATLAB R2016a 版本的实时编辑器，提供了一种全新的方式来创建、编辑和运行代码，加快了探索性编程和分析速度。另外，MATLAB 还提供了在线编辑器，用于开发包含结果和图形以及相关代码的实时脚本，创建用于分享的交互式描述，包括代码、结果和图形以及格式化文本、超链接、图像和方程式等。

MATLAB R2016a 具有程序结构控制、函数调用、数据结构、输入输出、面向对象等程序语言特征，主要包括四大部分：

1) 命令行窗口：在命令行窗口输入单条语句直接运行，输入多条语句则按照顺序执行命令，如图 1.3 所示。



```
命令行窗口

>> g1=tf([1 -60 1200],[1 60 1200])

g1 =

      s^2 - 60 s + 1200
      -----
      s^2 + 60 s + 1200

Continuous-time transfer function.

>> G=feedback(g1,1)

G =

      s^2 - 60 s + 1200
      -----
      2 s^2 + 2400

Continuous-time transfer function.

fx >>
```

图 1.3 命令行窗口

2) 语言环境：通过脚本编辑器编写命令或调用系统提供的各种函数建立 M 文件，使用设计环境和扩展 UI 组件集，可构建带有线条图和散点图的应用界面，建立可视化的界面应用程序。还能使用接口函数与其他多种语言程序链接与嵌入，成为应用研究开发的交互式平台。

3) Simulink 仿真：建立各种仿真模型，搭接各种被控对象，使用多种输入、输出手段进行仿真。

4) GUIDE：构建 2D 或 3D 的基本图形和应用程序。GUIDE 是 MATLAB 为开发 GUI 界面集成的开发环境，包括常用的文本、下拉列表、组合框、按钮及坐标轴等控件，并能自动产生 M 文件。

此外，MATLAB 含有近百个工具箱；包括：信号处理工具箱、图像处理工具箱、通信工具箱、鲁棒控制工具箱、频域系统辨识工具箱、优化工具箱、偏微分方程工具箱、控制系统工具箱等。利用这些工具箱，用户不用编写程序即可实现复杂的计算、绘图和数据处理功能，并能结合自己的工作需要，开发自己的程序或工具箱。

MATLAB 的应用非常广泛，包括数值计算、图像处理、符号运算、数学建模、控制系统设计、实时控制、系统辨识、小波分析、动态仿真、语音处理、数字信号处理、人工智能、通信工程等领域。MATLAB 还增加了深度学习功能，可实现图像中的像素区域分类和语义分割。

1.1.4 MATLAB 窗口常用操作命令

打开 MATLAB，首先显示命令行窗口，它是主要交互窗口，用于输入 MATLAB 命令、函数、数组、表达式等信息，并显示图形以外的所有计算结果及程序错误信息，其命令都在“>>”提示符下输入。窗口常用操作命令见表 1-1。

表 1-1 窗口常用操作命令

命令	说 明	命令	说 明
clc	清除指令窗口	dir	可以查看当前工作目录的文件
clf	清除图形对象	save	保存工作区或工作区中任何指定文件
clear	清除工作区所有变量，释放内存	load	将 .mat 文件导入到工作区
clear all	清除工作区所有变量和函数	quit/exit	退出 MATLAB 系统
whos	列出工作空间中的变量名、大小、类型	close	关闭指定窗口
who	只列出工作空间中的变量名	which	列出文件所在目录
what	列出当前目录下的 .m 和 .mat 文件	path	启动搜索路径
delete	删除指定文件	%	注释语句
help	显示帮助信息	Ctrl + E	光标移动到行尾
Ctrl + Z	返回上一项操作	Ctrl + C	中断正在执行的命令
Ctrl + B	光标向前移动一个字符	Ctrl + K	删除到行尾
Ctrl + Q	强行退出 MATLAB 系统	Ctrl + U	清除光标所在行

1) 在命令窗口键入的命令，回车即可执行，每行可写入一条或多条命令，多条命令用分号隔开，但添加分号后的变量结果不显示在屏幕上。

2) 若命令有错误必须重新键入，不能修改，键入的命令和结果不能保存。

3) 若将工作区中的所有变量保存在文件中，文件名为 matlab.mat。

【例 1-1】 计算 $y = \frac{3\sin(0.8\pi)}{2 + \sqrt{11}}$

程序命令：

```
>> clc;
>> y=3 * sin(0.8 * pi) / (2 + sqrt(11))
```