

21世纪高等学校计算机教育实用规划教材

MATLAB

控制系统设计与仿真

张德丰 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校计算机教育实用规划教材

MATLAB 控制系统设计与仿真

张德丰 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书以 MATLAB R2013a 为平台,从实用的角度入手,由浅入深地全面介绍 MATLAB 在控制系统中应用的知识,涵盖一般用户需要使用的各种功能。在详细介绍 MATLAB 内容的同时,各章配备了详细的实例,使读者容易、快捷地掌握 MATLAB。

全书共 11 章,前 10 章主要介绍 MATLAB 使用及控制系统的基本概念、控制系统的数学模型、离散系统设计、状态空间设计、时频域分析、稳定性判定、校正、最优控制及鲁棒控制等内容,第 11 章给出了 MATLAB 在控制中的综合应用实例。

本书可作为自动化、控制工程、机电、计算机等专业高等院校学生和研究生参考用书,也可供电子信息及相关领域的工程技术和研究人员使用。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

图书在版编目(CIP)数据

MATLAB 控制系统设计与仿真/张德丰编著. —北京:清华大学出版社,2014
21 世纪高等学校计算机教育实用规划教材
ISBN 978-7-302-38600-1

I. ①M… II. ①张… III. ①Matlab 软件 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 276815 号

责任编辑:魏江江 赵晓宁

封面设计:常雪影

责任校对:梁 毅

责任印制:何 芊

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质量反馈:010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 刷 者:北京富博印刷有限公司

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm

印 张:24

字 数:603 千字

版 次:2014 年 12 月第 1 版

印 次:2014 年 12 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:44.00 元

产品编号:061034-01

出版说明

随着我国高等教育规模的扩大以及产业结构调整的进一步完善,社会对高层次应用型人才的需求将更加迫切。各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,合理调整和配置教育资源,在改革和改造传统学科专业的基础上,加强工程型和应用型学科专业建设,积极设置主要面向地方支柱产业、高新技术产业、服务业的工程型和应用型学科专业,积极为地方经济建设输送各类应用型人才。各高校加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的力度,从而实现传统学科专业向工程型和应用型学科专业的发展与转变。在发挥传统学科专业师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势的同时,不断更新教学内容、改革课程体系,使工程型和应用型学科专业教育与经济建设相适应。计算机课程教学在从传统学科向工程型和应用型学科转变中起着至关重要的作用,工程型和应用型学科专业中的计算机课程设置、内容体系和教学手段及方法等也具有不同于传统学科的鲜明特点。

为了配合高校工程型和应用型学科专业的建设和发展,急需出版一批内容新、体系新、方法新、手段新的高水平计算机课程教材。目前,工程型和应用型学科专业计算机课程教材的建设工作仍滞后于教学改革的实践,如现有的计算机教材中有不少内容陈旧(依然用传统专业计算机教材代替工程型和应用型学科专业教材),重理论、轻实践,不能满足新的教学计划、课程设置的需要;一些课程的教材可供选择的品种太少;一些基础课的教材虽然品种较多,但低水平重复严重;有些教材内容庞杂,书越编越厚;专业课教材、教学辅助教材及教学参考书短缺,等等,都不利于学生能力的提高和素质的培养。为此,在教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议下,清华大学出版社组织出版本系列教材,以满足工程型和应用型学科专业计算机课程教学的需要。本系列教材在规划过程中体现了如下一些基本原则和特点。

(1) 面向工程型与应用型学科专业,强调计算机在各专业中的应用。教材内容坚持基本理论适度,反映基本理论和原理的综合应用,强调实践和应用环节。

(2) 反映教学需要,促进教学发展。教材规划以新的工程型和应用型专业目录为依据。教材要适应多样化的教学需要,正确把握教学内容和课程体系的改革方向,在选择教材内容和编写体系时注意体现素质教育、创新能力与实践能力的培养,为学生知识、能力、素质协调发展创造条件。

(3) 实施精品战略,突出重点,保证质量。规划教材建设仍然把重点放在公共基础课和专业基础课的教材建设上;特别注意选择并安排一部分原来基础比较好的优秀教材或讲义修订再版,逐步形成精品教材;提倡并鼓励编写体现工程型和应用型专业教学内容和课程体系改革成果的教材。

(4) 主张一纲多本,合理配套。基础课和专业基础课教材要配套,同一门课程可以有多本具有不同内容特点的教材。处理好教材统一性与多样化,基本教材与辅助教材,教学参考书,文字教材与软件教材的关系,实现教材系列资源配套。

(5) 依靠专家,择优选用。在制订教材规划时要依靠各课程专家在调查研究本课程教材建设现状的基础上提出规划选题。在落实主编人选时,要引入竞争机制,通过申报、评审确定主编。书稿完成后要认真实行审稿程序,确保出书质量。

繁荣教材出版事业,提高教材质量的关键是教师。建立一支高水平的以老带新的教材编写队伍才能保证教材的编写质量和建设力度,希望有志于教材建设的教师能够加入到我们的编写队伍中来。

21 世纪高等学校计算机教育实用规划教材编委会

联系人:魏江江 weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

MATLAB 是 MathWorks 公司推出的一套高性能的数值计算和可视化软件,它集数值计算、符号计算和图形可视化于一体,构成了一个方便且界面友好的用户环境。随着它的版本不断升级,其功能越来越强大,应用范围也越来越广泛。

MATLAB 软件代表了当今国际科学计算软件的先进水平,应用领域非常广泛。很多人都希望将 MATLAB 强大的数值计算和分析功能应用于自己的项目和实践中,从而可以直观、方便、便捷地进行分析、计算和设计工作。

社会生产力的不断发展和人们生活质量的不断提高,必将对控制理论、技术、系统与应用提出越来越多、越来越高的要求,因此有必要进一步加强、加深这方面的研究。目前, MATLAB 已经成为控制理论与控制工程以及计算机仿真领域的有力工具,控制系统的建模、分析、设计及应用都离不开 MATLAB 的支持。为了更好地推动 MATLAB 在控制系统仿真、分析和设计中的应用,作者在参考已有相关书籍的基础上,结合日常的科研和教学工作编写了本书。

本书是以 MATLAB R2013a 为基础而编写的, MATLAB R2013a 是 MathWorks 公司于 2013 年 3 月 7 日发布的。在借鉴以往类似书籍与教材经验并弥补其中不足的基础上,本书从实用角度入手,通过大量典型的实例,对 MATLAB/Simulink 的功能、操作及其在自动控制中的应用进行详细论述。

本书编写特色如下:

- 适当扼要介绍 MATLAB: 本书前 3 章,在介绍控制系统相关内容时,首先对 MATLAB 的基础知识进行简要介绍,有利于读者全面认识 MATLAB 软件。
- 内容通俗易懂: 本书每介绍一个控制系统的概念或函数时,都通过一个典型实例来加强说明,做到理论与实际相结合,让读者更易于接受书本上的内容。
- 内容深入浅出,本书前 3 章以介绍 MATLAB 的基础知识入手,分别介绍控制系统的基本概念、实例及应用,让读者更容易掌握 MATLAB 及 MATLAB 在控制系统中的应用。
- 操作性强: 书中的每一章都提供了大量的实例程序,以方便读者进行练习和学习,每个实例都经过精挑细选,具有很强的针对性,适合各个阶段的读者学习。
- 面向需求。本书所介绍的概念及应用都根据现实的需求,针对性地介绍,基本能满足在控制领域运用 MATLAB 解决实际问题的需要。
- 图文并茂: 对于程序的运行结果,本书给出了大量的图形。本书不仅注重基础知识,

而且非常注重实践,让读者快速上手,迅速掌握 MATLAB 入门技巧。

通过本书的学习,读者不仅可以全面掌握 MATLAB 软件编程基础,还可以提高快速分析和解决控制系统实际问题的能力,从而能够在最短的时间内,以最好的效率解决在控制领域中实际遇到的问题,提升工作效率。

本书共分 11 章,其中:

第 1 章介绍 MATLAB 软件与控制系统概述,主要包括 MATLAB 概述、MATLAB 的安装、MATLAB 工作环境、MATLAB 帮助系统、控制系统仿真概述及非线性系统特性等内容。

第 2 章介绍 MATLAB 控制系统的数学模型,主要包括 MATLAB 基本程序元素、MATLAB 数据类型、系统的数学模型及系统模型连接等内容。

第 3 章介绍 MATLAB 控制系统稳定性判定,主要包括数组及矩阵、稳定性概述、稳定性的判定及系统误差分析与计算等内容。

第 4 章介绍 MATLAB 控制系统的时域分析,主要包括时域响应分析、二阶系统、高阶系统等内容。

第 5 章介绍 MATLAB 控制系统的根轨迹分析,主要包括根轨迹的概述、二阶系统的根轨迹分析、控制系统的根轨迹校正法等内容。

第 6 章介绍 MATLAB 控制系统的频域分析,主要包括频率特性基本概念、频率特性的表示法、典型环节的频率特性及频域稳定性分析等内容。

第 7 章介绍 MATLAB 控制系统的状态空间法,主要包括 Simulink 概述、建立状态空间表达式、状态变换及可控性与可观性等内容。

第 8 章介绍 MATLAB 离散控制系统的设计,主要包括离散控制系统的基本概念、离散信号的数字描述、Z 变换及离散控制系统分析等内容。

第 9 章介绍 MATLAB 控制系统的校正分析,主要包括根轨迹校正法、频域响应校正法及 PID 控制器校正等内容。

第 10 章介绍 MATLAB 最优与鲁棒控制系统设计,主要包括连续系统二次型最优控制、离散系统二次型最优控制及线性二次型高斯最优控制等内容。

第 11 章介绍 MATLAB 控制系统的综合实例,主要包括 MATLAB 在积分中的应用、MATLAB/Simulink 在时域分析中的应用及 MATLAB/Simulink 在状态空间中的应用等内容。

本书主要由张德丰编写,此外刘超、邓俊辉、梁朗星负责资料采集整理,李旭波、张棣华、刘泳负责文字录入和图形绘制,邓耀隆、何正风和周品负责程序调试。

由于时间仓促,加之作者水平有限,错误和疏漏之处在所难免。在此,诚恳地期望得到各领域的专家和广大读者的批评指正。

编 者

2014 年 12 月



第 1 章 MATLAB 软件与控制系统概述	1
1.1 MATLAB 概述	1
1.1.1 MATLAB 发展史	1
1.1.2 MATLAB 系统结构	2
1.1.3 MATLAB 语言特点	3
1.1.4 MATLAB 新特性	4
1.1.5 MATLAB R2013a 新功能	4
1.2 MATLAB 的安装、退出及卸载	5
1.2.1 MATLAB 的安装	5
1.2.2 MATLAB 的启动和退出	9
1.2.3 MATLAB 卸载	11
1.3 MATLAB 工作环境	12
1.3.1 HOME 工具项	13
1.3.2 PLOTS 工具项	16
1.3.3 Apps 工具项	16
1.3.4 命令窗口	17
1.3.5 工作空间窗口	19
1.3.6 命令历史窗口	19
1.4 MATLAB 帮助系统	21
1.4.1 MATLAB 帮助命令	21
1.4.2 MATLAB 帮助窗口	22
1.4.3 MATLAB 演示系统	23
1.4.4 MATLAB 远程帮助	25
1.5 自动控制系统概述	27
1.5.1 自动控制形式	27
1.5.2 自动控制系统的分类	28
1.5.3 控制系统的要求及性能评价	29
1.6 控制系统仿真概述	30
1.6.1 仿真基本概念	30
1.6.2 仿真不同的分类	30
1.6.3 仿真应用与发展	31

1.6.4 仿真基本步骤	32
1.7 非线性系统特性	33
1.7.1 非线性系统自振	33
1.7.2 非线性系统自振分析	33
第2章 MATLAB 控制系统的数学模型	35
2.1 MATLAB 基本程序元素	35
2.1.1 变量与常量	35
2.1.2 运算符	36
2.2 MATLAB 数据类型	39
2.2.1 数值类型	40
2.2.2 字符串	45
2.2.3 元胞数组	48
2.2.4 结构数组	49
2.3 系统的数学模型	53
2.3.1 连续系统	53
2.3.2 离散系统	54
2.4 数学模型的 MATLAB 相关函数	55
2.4.1 传递模型函数	55
2.4.2 零极点模型函数	60
2.4.3 状态空间模型函数	63
2.5 系统模型间转换	67
2.6 系统模型连接	73
2.6.1 优先原则	73
2.6.2 串连	73
2.6.3 并连	74
2.6.4 反馈连接	75
2.6.5 混合连接	76
第3章 MATLAB 控制系统稳定性判定	78
3.1 数组及矩阵	78
3.1.1 数组的创建	78
3.1.2 矩阵的创建	81
3.1.3 矩阵的基本数值运算	84
3.1.4 特殊矩阵	88
3.1.5 符号对象	92
3.2 稳定性概述	96
3.3 代数稳定判据	98
3.3.1 方程特征根判定稳定性	98
3.3.2 lienard-Chipard 判据判定系统稳定性	99

3.4	根轨迹法判定稳定性	99
3.5	传递函数极点法判断系统稳定性	102
3.6	李亚普诺夫第二法判定系统稳定性	104
3.7	频率法判定系统稳定性	105
3.7.1	Bode 图判定系统的稳定性	105
3.7.2	Nyquist 曲线判断系统稳定性	108
3.8	系统误差分析与计算	111
3.8.1	误差 $e(t)$ 的计算	112
3.8.2	系统的稳态误差	112
3.8.3	与输入有关的稳态误差	112
3.8.4	与干扰有关的稳态误差	118
3.9	MATLAB LTI Viewer 稳定性判定实例	120
第 4 章	MATLAB 控制系统的时域分析	122
4.1	时域响应分析	122
4.1.1	典型输入信号	122
4.1.2	时域分析的基本概念	124
4.1.3	线性系统时域响应求法	126
4.2	二阶系统	126
4.2.1	二阶系统的单位脉冲响应	126
4.2.2	二阶系统的单位阶跃响应	128
4.3	高阶系统	130
4.4	时域分析在 MATLAB 中的应用	132
4.5	MATLAB 图形化时域分析	139
第 5 章	MATLAB 控制系统的根轨迹分析	143
5.1	根轨迹的概述	143
5.2	二阶系统的根轨迹分析	144
5.3	MATLAB 根轨迹相关函数	147
5.4	其他形式根轨迹	154
5.4.1	其他形式根轨迹概述	154
5.4.2	其他形式的根轨迹实例	155
5.5	根轨迹对系统的暂态特性的分析	157
5.6	控制系统的根轨迹校正法	159
5.6.1	根轨迹法超前校正	160
5.6.2	根轨迹法滞后校正	164
5.7	根轨迹的设计工具	167
第 6 章	MATLAB 控制系统的频域分析	172
6.1	频率特性基本概念	172

6.1.1	频率特性定义	172
6.1.2	频域分析法特点	173
6.1.3	频域性能指标	173
6.2	频率特性的表示法	174
6.2.1	Nyquist 图	174
6.2.2	Bode 图	174
6.2.3	Nichols 图	175
6.3	典型环节的频率特性	175
6.3.1	典型环的 Nyquist 图	175
6.3.2	典型环节的 Bode 图	179
6.4	频域分析的其他概念	187
6.5	频域分析的 MATLAB 函数	188
6.6	频域稳定性分析	200
6.6.1	Nyquist 稳定判据	200
6.6.2	稳定裕度	205
第 7 章	MATLAB 控制系统的状态空间法	208
7.1	Simulink 概述	208
7.1.1	Simulink 特点	208
7.1.2	启动 Simulink	209
7.1.3	一个简单的仿真系统	209
7.2	建立状态空间表达式	214
7.2.1	由图建立状态空间表达式	214
7.2.2	由函数建立状态空间表达式	218
7.3	状态变换	222
7.3.1	非唯一性与特征不变性	222
7.3.2	标准型	223
7.4	可控性与可观性	227
7.4.1	状态可控性	227
7.4.2	状态可观性	228
7.4.3	可控和可观性实现	228
7.5	状态空间的 MATLAB 实现	235
7.6	系统状态反馈与状态观测器	239
7.6.1	极点配置	239
7.6.2	状态观测器	240
第 8 章	MATLAB 离散控制系统的设计	242
8.1	离散控制系统的基本概念	242
8.1.1	离散控制系统的基本组成	242
8.1.2	数字控制系统工作过程	243

8.1.3	离散控制系统的特点	243
8.2	离散信号的数字描述	243
8.2.1	采样过程及采样定理	243
8.2.2	保持器的数学描述	245
8.3	Z变换	247
8.3.1	离散信号的Z变换	247
8.3.2	Z变换与其逆变换	248
8.4	离散控制系统的数学模型	252
8.4.1	离散系统的时域数学模型	252
8.4.2	离散系统的频域数学模型	254
8.5	离散控制系统分析	259
8.5.1	离散控制系统的稳定性	259
8.5.2	采样周期与开环增益对稳定性的影响	261
第9章	MATLAB控制系统的校正分析	264
9.1	概述	264
9.1.1	控制系统性能指标	264
9.1.2	校正基本概念	265
9.2	根轨迹校正法	266
9.2.1	根轨迹法串联超前校正	267
9.2.2	根轨迹的串联滞后校正	270
9.2.3	根轨迹的串联超前滞后校正	273
9.3	频域响应校正法	276
9.3.1	频域法的串联超前校正	276
9.3.2	频域法的串联滞后校正	280
9.3.3	频域串联滞后-超前校正	283
9.3.4	反馈校正	287
9.4	PID控制器校正	291
9.4.1	PID控制器概述	292
9.4.2	比例(P)控制	293
9.4.3	比例微分(PD)控制	294
9.4.4	积分(I)控制	296
9.4.5	比例积分(PI)控制	298
9.4.6	比例积分微分(PID)控制	299
9.4.7	PID控制器参数整定	304
第10章	MATLAB最优与鲁棒控制系统设计	316
10.1	最优控制问题的描述	316
10.2	连续系统二次型最优控制	317
10.2.1	连续系统二次型最优控制概述	317

10.2.2	连续系统二次型最优控制的 MATLAB 实现	318
10.3	离散系统二次型最优控制	321
10.3.1	离散系统二次型最优控制概述	321
10.3.2	离散系统二次型最优控制的 MATLAB 实现	321
10.4	卡尔曼滤波器	323
10.5	线性二次型高斯最优控制	330
10.5.1	LQG 最优控制概述	330
10.5.2	LQG 最优控制的 MATLAB 实现	331
10.6	鲁棒控制系统设计	339
10.6.1	鲁棒控制简介	339
10.6.2	鲁棒控制系统的 MATLAB 实现	342
第 11 章	MATLAB 控制系统的综合实例	348
11.1	MATLAB 在积分中的应用	348
11.2	MATLAB 在微分方程中的应用	348
11.3	MATLAB/Simulink 在机电中的应用	350
11.4	MATLAB/Simulink 在时域分析中的应用	351
11.5	MATLAB/Simulink 在根轨迹分析中的应用	355
11.6	MATLAB 在频域响应中的应用	358
11.7	MATLAB/Simulink 在状态空间中的应用	363
11.8	MATLAB 在 PID 控制器设计中的应用	366
11.9	MATLAB 在导弹系统中的应用	368
参考文献		372

第 1 章

MATLAB 软件与控制系统概述

MATLAB 是一种用于数值计算、可视化及编程的高级语言和交互式环境。使用 MATLAB 可以分析数据、开发算法、创建模型和应用程序。借助其语言、工具和内置数学函数,可以探求多种方法,比电子表格或传统编程语言(如 C/C++ 或 Java)更快地求取结果。

MATLAB 应用广泛,包括信号处理和通信、图像和视频处理、控制系统、测试和测量、计算金融学及计算生物学等众多应用领域。在各行业和学术机构中,有众多工程师和科学家使用 MATLAB 这一技术计算语言。

在现代工业生产过程中,为了提高产品质量和生产效率,需要对生产设备和工艺过程进行控制,使被控的物理量按照期望的规律变化。这些被控制的设备或过程称为控制对象或对象,被控制的物理量称为被控制量或输出量。

实际上,尽管生产设备或工艺过程有许多外部作用,但一般只考虑对输出量影响最大的量,这些量称为输入量。

从对被控对象和输出量的影响来看,输入量可分为两种类型。一种输入作用是为了保证对象的行为达到所要求的目标,这类输入量称为控制量或给定量;另一种输入作用则相反,它妨碍对象的行为达到目标,这类作用称为扰动作用,这类输入量称为扰动量。

控制的任務实际上就是形成控制作用的变化规律,使得不管是否存在扰动对象都能得到所期望的行为。

所谓自动控制系统就是在无人直接操作或干预的条件下,通过控制器使控制对象自动地按照给定的规律运行,使被控量能够按照给定的规律变化。系统是指为完成一定要求和任务的部件或功能的组合,它们相互影响,协调地完成给定的要求和任务。能够实现自动控制的系统称为自动控制系统。

1.1 MATLAB 概述

MATLAB 是美国 MathWorks 公司出品的商业数学软件,用于算法开发、数据可视化、数据分析以及数值计算的高级技术计算语言和交互式环境,主要包括 MATLAB 和 Simulink 两大部分。

1.1.1 MATLAB 发展史

在 20 世纪 70 年代中期,Cleve Moler 博士及其同事在美国国家科学基金的资助下开发了调用 EISPACK 和 LINPACK 的 FORTRAN 子程序库。EISPACK 是特征值求解的 FORTRAN 程序库,LINPACK 是解线性方程的程序库。当时,这两个程序库代表矩阵运算的最高水平。

到 20 世纪 70 年代后期,身为美国 New Mexico 大学计算机系系主任的 Cleve Moler,在给 2 学生讲授线性代数课程时,想教学生使用 EISPACK 和 LINPACK 程序库,但他发现学生用 FORTRAN 编写接口程序很费时间,于是他开始自己动手,利用业余时间为学生编写 EISPACK 和 LINPACK 的接口程序。Cleve Moler 给这个接口程序取名为 MATLAB,该名为矩阵(matrix)和实验室(labotatory)两个英文单词的前三个字母的组合。在以后的数年里,MATLAB 在多所大学里作为教学辅助软件使用,并作为面向大众的免费软件广为流传。

1983 年春天,Cleve Moler 到 Standford 大学讲学,MATLAB 深深地吸引了工程师 John Little,他敏锐地觉察到 MATLAB 在工程领域的广阔前景。同年,John Little、Cleve Moler 和 Steve Bangert 用 C 语言开发了 MATLAB 专业版。专业版 MATLAB 语言同时具备了数值计算和数据图示化的功能。

1984 年,Cleve Moler 和 John Little 成立了 Math Works 公司,正式把 MATLAB 推向市场,并继续进行 MATLAB 的研究和开发。

在当今 30 多个数学类科技应用软件中,就软件数学处理的原始内核而言,可分为两大类。一类是数值计算型软件,如 MATLAB、Xmath、Gauss 等,这类软件长于数值计算,对处理大批数据效率高;另一类是数学分析型软件,如 Mathematica、Maple 等,这类软件以符号计算见长,能给出解析解和任意精确解,其缺点是处理大量数据时效率较低。MathWorks 公司顺应多功能需求之潮流,在其卓越数值计算和图示能力的基础上,又率先在专业水平上开拓了符号计算、文字处理、可视化建模和实时控制能力,开发了适合多学科、多部门要求的新一代科技应用软件 MATLAB。经过多年的国际竞争,MATLAB 已经占据了数值软件市场的主导地位。

在 MATLAB 进入市场前,国际上的许多软件包都是直接以 FORTRAN、C 语言等编程语言开发的。这种软件的缺点是使用面窄,接口简陋,程序结构不开放以及没有标准的基库,很难适应各学科的最新发展,因而很难推广。MATLAB 的出现,为各国科学家开发学科软件提供了新的基础。在 MATLAB 问世不久的 20 世纪 80 年代中期,原先控制领域里的一些软件包纷纷被淘汰或在 MATLAB 上重建。

MathWorks 公司 1993 年推出了 MATLAB 4.0 版,1995 年推出 4.2C 版(for win3. X),1997 年推出 5.0 版,1999 年推出 5.3 版。MATLAB 5. X 较 MATLAB 4. X 无论是界面还是内容都有长足的进展,其帮助信息采用超文本格式和 PDF 格式,在 Netscape 3.0 或 IE 4.0 及以上版本中可方便地浏览。

时至今日,经过 MathWorks 公司的不断完善,MATLAB 已经发展成为适合多学科、多种工作平台,功能强大的大型软件。在国外,MATLAB 已经经受了多年考验。在欧美等高校,MATLAB 已经成为线性代数、自动控制理论、数理统计、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真等高级课程的基本教学工具;成为攻读学位的本科生和研究生必须掌握的基本技能。在设计研究单位和工业部门,MATLAB 被广泛用于科学研究和解决各种具体问题。在国内,特别是工程界,MATLAB 一定会盛行起来。可以说,无论从事工程方面的哪个学科,都能在 MATLAB 里找到合适的功能。

1.1.2 MATLAB 系统结构

MATLAB 系统主要由以下几个部分组成: MATLAB 开发环境、MATLAB 数学函数库、MATLAB 语言、MATLAB 图形处理系统和 MATLAB 应用程序接口(API)。

1. MATLAB 开发环境

MATLAB 开发环境是一套方便用户使用的 MATLAB 函数和文件工具集,其中许多工具是图形用户接口。它包括 MATLAB 命令窗口、M 文件编辑调试器、MATLAB 代码剖析器、MATLAB 帮助/导航浏览器,以及 MATLAB 工作空间和当前窗口。

2. MATLAB 数学函数库

MATLAB 数学函数库包括大量的计算函数,从基本函数(如求和、正弦、余弦及复数运算)到复杂函数(如矩阵求逆、矩阵特征值、贝赛尔函数及快速傅里叶变换等)。

3. MATLAB 语言

MATLAB 语言是一种高级的基于矩阵/数组的语言,包含程序流控制、函数、数据结构、输入输出和面向对象编程等。

4. MATLAB 图形处理系统

MATLAB 具有广泛的途径来显示向量和矩阵的图形,并且能对图形添加标注和打印相应的图形,包括强大的二维和三维图形绘制、图像处理 and 动画显示等函数,还包括一些底层函数用于自定义图形外观及设计图形用户界面。

5. MATLAB 应用程序接口

MATLAB 软件是一个开放的平台。通过 MATLAB 软件的外部程序接口,用户可以非常方便地利用 MATLAB 同其他的开发语言或软件进行交互,发挥各自的优势,提高工作效率。利用 MATLAB 软件的编译器可以将 M 文件,转换为可执行文件或动态链接库,可以独立于 MATLAB 软件运算。在 MATLAB 软件中,还可以调用 C/C++ 语言、FORTRAN 语言、Java 语言等编写的程序。此外,MATLAB 软件还可以和办公软件(如 Word 和 Excel 软件等)进行很好的交互。

1.1.3 MATLAB 语言特点

MATLAB 之所以为广大读者所喜爱,是因为它具有其他语言所不具备的特点。与其他计算机语言相比较,MATLAB 具有如下特点。

1. 编程效率高

MATLAB 是一个包含大量计算算法的集合,拥有 600 多个工程中要用到的数学运算函数,可以方便地实现用户所需的各种计算功能。函数中所使用的算法都是科研和工程计算中的最新研究成果,经过了各种优化和容错处理。在通常情况下,可以用它来代替底层编程语言,如 C 和 C++。在计算要求相同的情况下,使用 MATLAB 的编程工作量会大大减少。MATLAB 的这些函数集包括从最简单最基本的函数到诸如矩阵、特征向量、快速傅里叶变换的复杂函数。函数所能解决的问题其大致包括矩阵运算和线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程的组的求解、符号运算、傅里叶变换和数据的统计分析、工程中的优化问题、稀疏矩阵运算、复数的各种运算、三角函数和其他初等数学运算、多维数组操作以及建模动态仿真等。

2. 用户使用方便

MATLAB 由一系列工具箱组成。这些工具箱非常方便用户使用 MATLAB 函数和文件,其中许多工具箱采用的是图形用户界面,包括 MATLAB 桌面和命令窗口、历史命令窗口、编辑器和调试器、路径搜索和用于用户浏览帮助、工作空间、文件的浏览器。随着 MATLAB 的商业化以及软件本身的不断升级,MATLAB 的用户界面也越来越精致,更加接近 Windows 的标准界面,人机交互性更强,操作更简单。新版本的 MATLAB 提供了完整的联机查询、帮

助系统,极大的方便了用户的使用。简单的编程环境提供了比较完备的调试系统,程序不必经过编译就可以直接运行,而且能够及时地报告出现的错误及进行出错原因分析。

3. 扩充能力强、交互性好

新版本的 MATLAB 可以利用 MATLAB 编译器和 C/C++ 数学库和图形库,将自己的 MATLAB 程序自动转换为独立于 MATLAB 运行的 C 和 C++ 代码。允许用户编写可以和 MATLAB 进行交互的 C 或 C++ 语言程序。另外, MATLAB 网页服务程序还容许在 Web 应用中使用自己的 MATLAB 数学和图形程序。MATLAB 的一个重要特色就是具有一套程序扩展系统和一组称为工具箱的特殊应用子程序。工具箱是 MATLAB 函数的子程序库,每一个工具箱都是为某一类学科专业和应用而定制的,主要包括信号处理、控制系统、神经网络、模糊逻辑、小波分析和系统仿真等方面的应用。

4. 方便的绘图功能

MATLAB 自产生之日起就具有方便的数据可视化功能,可以将向量和矩阵用图形表现出来,并且可以对图形进行标注和打印。高级的作图包括二维和三维的可视化、图像处理、动画和表达式作图。MATLAB 可用于科学计算和工程绘图。新版本的 MATLAB 对整个图形处理功能作了很大的改进和完善,使它不仅在一般数据可视化软件都具有的功能(如二维曲线和三维曲面的绘制和处理等)方面更加完善,而且对于一些其他软件所没有的功能(如图形的光照处理、色度处理以及四维数据的表现等),MATLAB 同样表现了出色的处理能力。对一些特殊的可视化要求,如图形对话等, MATLAB 也有相应的功能函数,保证了不同层次用户的要求。另外,新版本的 MATLAB 还着重在图形用户界面(GUI)的制作上作了很大的改善,对这方面有特殊要求的用户也可以得到满足。

1.1.4 MATLAB 新特性

与其他语言相比, MATLAB 具有以下新特性。

1. 发展环境

重新设计 PC, 提供更容易管理的多份资料, 使数字、用户布局能以快捷方式使用命令, 以便更容易观看、编辑。让用户在控制属性、代码分析器中, 快速地修改代码, 从而提高编辑效率, 使 M 代码、HTML、C/C++ 及 Java 的执行能力提高。

2. 编程创造的功能

MATLAB 编程创造的功能主要表现如下:

- 在命令行或在手稿里确定单个行函数的匿名函数;
- 当任何表示真实时, 有条件的休息点, 设置停止;
- 块意见为记分员发表意见代码的部分;
- 数学整数算术, 处理更大的整数数据集合单精度运算、线性代数、FFT 和过滤, 能够处理更大的单精度数据集合;
- 使用 Qhull. 1 计算更坚固时几何学程序, 更大的对算法选择的控制;
- linsolve 功能, 能够迅速通过指定系数基体的结构解决线性方程系统 and multipoint 边值问题。

1.1.5 MATLAB R2013a 新功能

MATLAB R2013a 的新特性主要表现在 MATLAB 产品及 Simulink 产品方面。

1. MATLAB 产品系列方面

对于 MATLAB R2013a 的重要功能如下: