

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

MATLAB程序设计

张德丰 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用



MATLAB程序设计 与工程应用

张德丰 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

全书共分 10 章。介绍了 MATLAB 的工作环境、MATLAB 的基础、MATLAB 的程序设计、MATLAB 的科学计算、优化设计、数据可视化与视图、MATLAB 在图像处理中的应用、MATLAB 在信号处理中的应用、MATLAB 在控制系统中的应用以及 MATLAB 在其他领域中的应用等内容。

本书可作为本科生、硕士研究生 MATLAB 的入门及其应用教程,也可作为管理、科研和工程技术人员的参考读物。

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 程序设计与工程应用/张德丰编著. —北京:清华大学出版社,2011.4

(21 世纪高等学校规划教材·计算机应用)

ISBN 978-7-302-24768-5

I. ①M… II. ①张… III. ①计算机辅助计算—软件包,MATLAB—程序设计
IV. ①TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 026138 号

责任编辑:高买花 薛 阳

责任校对:焦丽丽

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈:010-62772015,zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

邮 编:100084

邮 购:010-62786544

印 刷 者:北京密云胶印厂

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:185×260 印 张:24.5 字 数:597 千字

版 次:2011 年 4 月第 1 版 印 次:2011 年 4 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00 元

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	覃征	教授
	王建民	教授
	冯建华	教授
	刘强	副教授
北京大学	杨冬青	教授
	陈钟	教授
	陈立军	副教授
北京航空航天大学	马殿富	教授
	吴超英	副教授
	姚淑珍	教授
中国人民大学	王珊	教授
	孟小峰	教授
	陈红	教授
北京师范大学	周明全	教授
北京交通大学	阮秋琦	教授
	赵宏	教授
北京信息工程学院	孟庆昌	教授
北京科技大学	杨炳儒	教授
石油大学	陈明	教授
天津大学	艾德才	教授
复旦大学	吴立德	教授
	吴百锋	教授
	杨卫东	副教授
同济大学	苗夺谦	教授
	徐安	教授
华东理工大学	邵志清	教授
华东师范大学	杨宗源	教授
	应吉康	教授
东华大学	乐嘉锦	教授
	孙莉	副教授

浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
扬州大学	李 云	教授
南京大学	骆 斌	教授
	黄 强	副教授
南京航空航天大学	黄志球	教授
	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授
南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	王宜怀	教授
	陈建明	副教授
江苏大学	鲍可进	教授
中国矿业大学	张 艳	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	叶俊民	教授
	郑世珏	教授
	陈 利	教授
江汉大学	颜 彬	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
	邹北骥	教授
中南大学	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永锋	教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
仰恩大学	张思民	教授
云南大学	刘惟一	教授
电子科技大学	刘乃琦	教授
	罗 蕾	教授
成都理工大学	蔡 淮	教授
	于 春	讲师
西南交通大学	曾华燊	教授

出版说明

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,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,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投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与计算机应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

清华大学出版社经过二十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

前言

MATLAB 和 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。美国的 MathWorks 公司自 1984 年推出它的 DIS 版本后,又推出了它的 Windows 版本,并且不断推出更新的版本,使得 MATLAB 的涵盖领域越来越广,到目前为止,已经包括仿真工具 Simulink 及其他如自动控制、信号处理、图像处理、神经网络、模式识别、小波分析、数理统计、生物信息等三十多个工具箱。特别的是,在数学类科技应用软件中 MATLAB 在数值计算方面首屈一指。由于其灵活的编程方法和极高的编程效率,加上其在用户界面和功能上的不断扩展,自推出以来,日益受到广大高校师生和科研人员的青睐。

MATLAB 具有其他高级语言难以比拟的一些优点,如编写简单、编程效率高、界面友好、易学易懂、图形丰富等。MATLAB 在各个领域中都被广泛地应用,已经被认可为能够有效提高工作效率、改善设计手段的工具软件,掌握了 MATLAB 就好比掌握了开启这些专业领域大门的钥匙。

本书是在充分体现 MATLAB 在程序设计中的编程效率及工程方面的应用和提高学生编写程序的效率、能力及分析与解决问题能力的基础上编写的。其具有以下特点:

(1) 条理清晰,由浅到深,易学易懂,应用广泛。全书以 MATLAB 为基础,结合科学新成果及发展新动向,充分地展现了 MATLAB 编程功能的强大与应用的广泛。

(2) 重点突出,目的明确。本书立足基本理论,面向应用技术,以“必须”、“够用”为尺度,以掌握概念、强化应用为重点,旨在加强理论知识和实际应用的统一。

本书介绍了 MATLAB 程序设计与工程应用。全书共分 10 章:第 1 章介绍 MATLAB 的工作环境,包括 MATLAB 的概述、MATLAB 的运行环境等内容;第 2 章介绍了 MATLAB 的基础,主要包括 MATLAB 的变量、运算符、数值的计算功能等内容;第 3 章介绍 MATLAB 的程序设计,主要包括 MATLAB 的控制语句、M 文件、多项式等内容;第 4 章介绍 MATLAB 的科学计算,主要包括 MATLAB 基本数学函数、符号运算及数值微分与积分等内容;第 5 章介绍优化设计,主要包括优化设计的数学模型和一、二维搜索优化法等内容;第 6 章介绍数据可视化与视图,主要包括数据可视化和二、三维图形绘制等内容;第 7 章介绍 MATLAB 在图像处理中的应用,主要包括图像处理的基础、图像的几何操作等内容;第 8 章介绍 MATLAB 在信号处理中的应用,主要包括离散信号与系统、 z 变换及数字滤波器等内容;第 9 章介绍 MATLAB 在控制系统中的应用,主要包括控制系统模型介绍、系统模型转换等内容;第 10 章介绍 MATLAB 在其他领域中的应用,主要包括 MATLAB 在化学中的应用、在通信系统中的应用等内容。

本书在编写过程中,参考了大量的文献资料。本书可作为本科生、硕士研究生 MATLAB 的入门及其应用教程,也可作为管理、科研和工程技术人员的参考读物。

参加本书编写的还有周灵、崔如春、杨跃武、周燕、周品、赵新芬、赵书梅、栾颖、刘志为、张欢。

由于我们水平有限,书中难免存在不足之外,敬请读者批评指正,以便再版时修订。

编者

2011年1月



目 录

第 1 章 MATLAB 的工作环境	1
1.1 MATLAB 的概述	1
1.1.1 MATLAB 的产生与发展	1
1.1.2 MATLAB 的优点	2
1.2 MATLAB 的安装与激活	3
1.3 MATLAB 的运行环境	7
1.3.1 MATLAB 的启动和退出	7
1.3.2 MATLAB 的主菜单及功能	8
1.3.3 MATLAB 的命令窗口	12
1.3.4 MATLAB 的工作空间	14
1.3.5 MATLAB 的文件管理	16
1.3.6 MATLAB 的路径窗口	16
1.4 MATLAB 的帮助系统	17
1.4.1 常用帮助命令	17
1.4.2 联机帮助	20
1.5 MATLAB 中常用的命令、函数和常数	22
1.5.1 常用命令	22
1.5.2 常用函数	23
1.5.3 特殊变量和常数	25
第 2 章 MATLAB 的基础	27
2.1 MATLAB 的变量	27
2.1.1 变量	27
2.1.2 MATLAB 的预定义变量	27
2.1.3 变量命名与赋值语句	28
2.1.4 内存变量的删除与修改	28
2.1.5 变量类型	29
2.2 运算符	30
2.2.1 算术运算符	30
2.2.2 关系运算符	31
2.2.3 逻辑运算符	31
2.3 数值的计算功能	32

2.3.1	矩阵的生成	32
2.3.2	矩阵的基本运算	36
2.3.3	特殊矩阵	39
2.4	数组与向量	43
2.4.1	数组运算	43
2.4.2	向量和下标运算	45
2.5	MATLAB 语言的数据类型	49
2.5.1	稀疏矩阵	50
2.5.2	单元数组	52
2.5.3	结构数组	53
2.6	矩阵的求值	56
2.6.1	方阵的行列式值	56
2.6.2	矩阵的秩与迹	56
2.6.3	向量和矩阵的范数	57
2.6.4	矩阵的条件数	58
2.7	矩阵的分解	59
2.7.1	Cholesky 分解	59
2.7.2	LU 分解	60
2.7.3	QR 分解	61
2.7.4	EIG 分解	61
2.7.5	SVD 分解	62
2.7.6	Schur 分解	63
2.7.7	Hessenberg 分解	63
第 3 章	MATLAB 的程序设计	65
3.1	MATLAB 的控制语句	65
3.1.1	条件语句	65
3.1.2	选择语句	66
3.1.3	循环语句	67
3.1.4	程序的流程控制	70
3.1.5	交互式输入	75
3.1.6	常见的错误调试	76
3.2	M 文件	81
3.2.1	脚本 M 文件	81
3.2.2	函数 M 文件	81
3.3	多项式	84
3.3.1	多项式的定义	84
3.3.2	多项式运算	85
3.4	曲线拟合	90

3.4.1	最小二乘法曲线拟合	90
3.4.2	直线的最小二乘拟合	93
3.5	数值插值	95
3.5.1	一维插值	95
3.5.2	二维插值	97
3.5.3	样条插值	99
3.5.4	高维插值	101
第4章	MATLAB 的科学计算	104
4.1	MATLAB 基本数学函数	104
4.1.1	三角函数与双曲函数	104
4.1.2	其他常用函数	112
4.2	符号运算	118
4.2.1	MATLAB 符号运算相关概念	118
4.2.2	符号的代数运算	120
4.2.3	符号表达式的分子、分母运算	123
4.2.4	符号微分与积分变换	124
4.3	数值微分与积分	128
4.3.1	数值微分	128
4.3.2	数值积分	130
4.4	线性方程求解	134
4.4.1	齐次线性方程组的求解	134
4.4.2	非齐次线性方程组的求解	135
4.4.3	迭代解法	138
4.5	非线性方程求解	141
4.5.1	直接解法	141
4.5.2	方程组解法	145
4.5.3	符号求解非线性方程组	150
第5章	优化设计	152
5.1	优化问题概述	152
5.1.1	背景介绍	152
5.1.2	基本概念	152
5.2	一维搜索优化法	154
5.2.1	黄金分割法	154
5.2.2	二次插值法	156
5.3	多维搜索优化法	159
5.3.1	共轭方向法	159
5.3.2	Powell 法	161

5.3.3	梯度法	165
5.3.4	共轭梯度法	166
5.4	约束优化方法	168
5.4.1	随机方向法	168
5.4.2	复合形法	170
5.4.3	惩罚函数法	174
5.5	基于 MATLAB 优化工具箱的计算	178
5.5.1	线性规划问题	178
5.5.2	非线性规划问题	181
5.5.3	二次规划问题	188
5.5.4	多目标优化问题	190
第 6 章	数据可视化与视图	194
6.1	数据可视化	194
6.1.1	离散情况	194
6.1.2	连续情况	195
6.2	二维图形	196
6.2.1	绘制二维曲线的基本函数	196
6.2.2	二维图形的修饰处理	202
6.2.3	绘制二维图形的其他函数	208
6.2.4	符号绘图	212
6.3	三维绘图	216
6.3.1	三维基本绘图	216
6.3.2	三维特殊绘图	221
6.4	三维绘图的精细处理	227
6.4.1	视点处理	227
6.4.2	色彩处理	229
6.4.3	透明度处理	232
第 7 章	MATLAB 在图像处理中的应用	235
7.1	图像处理的基础	235
7.1.1	图像与数字图像	235
7.1.2	数字图像处理学	236
7.1.3	图像的读写	240
7.1.4	图像的显示与信息查询	241
7.1.5	图像类型转换	244
7.1.6	图像色彩	249
7.2	图像的几何操作	253
7.2.1	图像基本运算	253

7.2.2	调整图像大小	257
7.2.3	图像旋转	259
7.2.4	图像剪切	259
7.3	图像增强	260
7.3.1	灰度变换增强	260
7.3.2	空域滤波增强	264
7.3.3	频域增强	270
7.4	图像变换	273
7.5	图像边缘检测	275
第 8 章	MATLAB 在信号处理中的应用	277
8.1	离散信号与系统	277
8.1.1	离散信号	277
8.1.2	离散系统	279
8.1.3	离散信号与系统的 MATLAB 实现	279
8.2	z 变换	281
8.2.1	z 变换定义	281
8.2.2	离散时间系统的描述及转换	283
8.3	数字滤波器	286
8.3.1	经典数字滤波器原理	286
8.3.2	IIR 数字滤波器的结构与设计	288
8.3.3	FIR 数字滤波器的结构与设计	296
8.4	功率谱密度函数估计	305
8.4.1	周期图法	305
8.4.2	Bartlett 法	307
8.4.3	Welch 法	309
8.4.4	多窗口法	311
8.5	自适应滤波的应用	313
8.5.1	自适应噪声对消器	313
8.5.2	自适应信道均衡器	314
8.5.3	自适应信号陷波器	317
第 9 章	MATLAB 在控制系统中的应用	319
9.1	自动控制系统讲述	319
9.1.1	自动控制系统的类型	319
9.1.2	自动控制系统要求及性能评价	319
9.1.3	自动控制的应用	320
9.2	控制系统模型介绍	320
9.2.1	传递函数模型	320

9.2.2	状态方程模型	323
9.2.3	零极点模型	324
9.3	系统模型转换	327
9.3.1	传递函数与状态空间模型的转换	327
9.3.2	传递函数与零极点空间模型的转换	328
9.3.3	状态空间模型与零极点空间模型的转换	330
9.4	控制系统稳定性分析	332
9.4.1	控制系统稳定性的原理	332
9.4.2	判别控制系统稳定性的方法	333
9.5	系统的时域分析	335
9.6	控制系统的根轨迹分析	339
9.6.1	根轨迹基本分析	339
9.6.2	根轨迹分析法	339
9.7	系统的频域分析	343
9.7.1	对数坐标图	343
9.7.2	极坐标图	345
9.7.3	对数幅相特性图	347
9.7.4	常用频域分析	348
9.8	极点配置和观测器设置	351
第 10 章	MATLAB 在其他领域中的应用	354
10.1	MATLAB 在化学中的应用	354
10.1.1	化合物浓度计算	354
10.1.2	化学溶液 pH 值计算	355
10.1.3	化学中其他相关值计算	356
10.2	在数学建模中的应用	360
10.3	在小波分析中的应用	366
10.3.1	基本小波的语言处理	366
10.3.2	提升小波变换应用	368
10.4	在通信系统中的应用	371
	参考文献	376

第 1 章

MATLAB 的工作环境

与其他高级语言相同, MATLAB 也有其自身的发展过程, 了解 MATLAB 的发展历史有助于 MATLAB 的学习。

学习 MATLAB, 还需要熟悉 MATLAB 的工作环境。MATLAB 的工作环境是一个图形用户界面, 上面有菜单栏、工具栏, 还有几个子窗口, 类似于一般的 Windows 应用程序, 为学习 MATLAB 提供了方便。

1.1 MATLAB 的概述

1.1.1 MATLAB 的产生与发展

MATLAB 名字由 Matrix(矩阵)和 Laboratory(实验室)两词的前 3 个字母组合而成。20 世纪 70 年代后期时任美国新墨西哥大学计算机系主任的 Cleve Moler 博士讲授线性代数课程时, 发现其他高级编程语言应用极为不方便, 于是 Cleve Moler 博士和他的同事构思并为学生设计了一组调用 LINPACK 和 EISPACK 库程序的“通俗易懂”的接口, 这就是用 Fortran 编写的萌芽状态的 MATLAB。以后几年, MATLAB 作为免费软件在大学里被广泛使用, 深受大学生的欢迎。

1984 年, John Little、Cleve Moler 和 Steve Bangert 合作成立了 MathWorks 公司, 专门从事 MATLAB 的开发, 并把 MATLAB 正式推向市场。从那时起, 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。1993 年, MathWorks 公司推出 MATLAB 4.0 版本; 1995 年, MathWorks 公司推出 MATLAB 4.2C 版本(For Win3. X)。4. X 版在继承和发展其原有的数值计算和图形可视能力的同时, 还增加了一些功能; 推出 Simulink; 开发出基于 Word 处理平台的 Notebook; 推出符号计算工具包; 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、处理和硬件开发的通路。1997 年, MathWorks 公司推出 MATLAB 5.0; 2000 年 10 月推出了 MATLAB 6.0; 2002 年 8 月, 推出了 MATLAB 6.5, 从此 MATLAB 拥有了强大的、成体系的交互式界面。2004 年 7 月, 又进一步发展了 MATLAB 7.0, 在 MATLAB 7.0 中, 仿真模块发展到了 Simulink 6.0。

MATLAB R 系列是从 2006 年开始发布的, 这是 MathWorks 公司在技术层面上实现的一次飞跃。从此以后产品发布模式改变, MathWorks 公司在每年的 3 月和 9 月进行两次

产品发布,版本的命令方式为“R+年份+代码”,对应上下半年的代码分别是 a 和 b。每一次发布都会包含所有的产品模块,如产品的 new feature、bug fixes 和推出的新产品模块。MATLAB R2010a 是 MathWorks 公司 2010 年 3 月份推出的最新产品。

目前,MATLAB 已经成为国际最流行的科学与工程计算软件之一。它以模块化的计算方法、可视化与智能化的人机交互功能、丰富的矩阵运算与图形绘制和数据处理函数,以及模块化图形的动态系统仿真工具 Simulink,成为控制系统设计和仿真领域最受欢迎的软件系统。

欧美大学的应用代数、数理统计、自动控制、数字信号处理、模拟与数字通信、时间序列分析、动态系统仿真等课程的教科书,都把 MATLAB 作为其中的内容。在那些大学里,MATLAB 是攻读学位的大学生、硕士生和博士生必须掌握的基本工具。

在国际学术界,MATLAB 已经被确认为准确、可靠的科学计算标准软件。在许多的国际学术刊物上(尤其是信息科学刊物上),都可以看到 MATLAB 的应用。

在设计研究单位和工业部门,MATLAB 被认为是进行高效研究、开发的首选软件工具,如美国 National Instruments 公司信号测量分析软件 LABVIEW, Cadence 公司信号和通信分析设计软件 SPW 等,都是以 MATLAB 为主要支撑的。

1.1.2 MATLAB 的优点

MATLAB 集计算、可视化及编程于一身。在 MATLAB 中,无论是问题的提出还是结果的表达都采用我们习惯的数学描述方法,而不需要用传统的编程语言进行前后处理。这一特点使 MATLAB 成为了数学分析、算法开发及应用程序开发的良好环境。MATLAB 是 MathWorks 产品家族中所有产品的基础。MATLAB 的主要特点如下:

1. 强大的科学计算功能

MATLAB 拥有 500 多种数学、统计及工程函数,可使用户立刻实现所需的强大的数学计算功能。由各领域的专家学者们开发的数值计算程序,使用了安全、成熟、可靠的算法,从而保证了最大的运算速度和可靠的结果。

2. 直观灵活的语言

MATLAB 不仅仅是一套打包好的函数库,同时也是一种高级的、面向对象的编程语言。使用 MATLAB 可事半功倍地开发自己的程序。MATLAB 自身的许多函数,实际上也包括所有的工具箱函数,都是用 M 文件实现的。

3. 先进的可视化工具

MATLAB 提供功能强大的、交互式的二维和三维绘图功能,可创建富有表现力的彩色图形。可视化工具包括曲面渲染(Surface Rendering)、线框图、伪彩图、光源、三维等高线图、图像显示、动画、体积可视化等。

4. 开放性、可扩展性强

M 文件是可见的 MATLAB 程序,所以我们可以查看源代码。开放的系统设计使我们能够检查算法的正确性,修改已存在的函数,或者加入自己的新部件。