

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用



MATLAB数值分析 与仿真案例

张德丰 编著

华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机应用

MATLAB数值分析 与仿真案例

张德丰 编著

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书结合高校数学课程教学和工程科学计算应用的需要,从实用角度出发,通过大量的算法实现和典型应用实例,系统地讲述了 MATLAB 在曲线插值与拟合、数值积分、微分、线性方程求解、非线性方程求解、数据的分析处理、以及最优化计算等领域中的应用。

本书可以作为广大在校本科生和研究生的学习用书,也可以作为广大科研人员、学者及工程技术人员的参考书。

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 数值分析与仿真案例/张德丰编著. —北京:清华大学出版社,2011.10

(21 世纪高等学校规划教材·计算机应用)

ISBN 978-7-302-26254-1

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

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 138399 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

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

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

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:24 字 数:598 千字

版 次:2011 年 10 月第 1 版 印 次:2011 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~3000

定 价:39.00 元

产品编号:040101-01

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	章 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	副教授
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	副教授
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·财经管理与应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,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

MATLAB 是矩阵实验室(Matrix Laboratory)的简称,与 Mathematica 和 Maple 并称为三大数学软件。它在数学类科技应用软件中在科学计算方面首屈一指。MATLAB 可以进行矩阵运算、绘制函数和数据、实现算法、创建用户界面以及连接其他编程语言的程序等,主要应用于工程计算、控制设计、信号处理与通信、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。

MATLAB 软件已经在国外的许多大学普及,在我国的大学中应用也日趋普遍。近年来,MATLAB 的应用领域已经扩展到很多学科和各个行业,在各大公司、科研机构 and 高校里日益普及,得到广泛应用。其自身也因此得到了迅速发展,功能不断扩充,现已发展至 MATLAB R2010a(7.10.0)版本。

随着科学技术的迅猛发展和生产实践的不断丰富,有越来越多的数值计算问题亟待人们去解决。而计算机技术的日益丰富和提高以及人们对计算机软件的深入研究和发 展,使得这些问题的解决变得相对容易。因此,一般高等学校的绝大多数理科专业也都相继开设了“计算方法”或“数值分析”这门课。数值分析是培养学生算法意识和能力的基本课程,应从培养学生科学计算能力出发。本书正是为了满足这一广泛需要而编写的。

MATLAB 不仅提供了大量的、功能强大的系统函数及工具箱函数,而且作为程序设计语言,具有编程简捷、调试方便、轻松设计自定义函数等优势。本书由浅入深,以算法程序为主、例子为辅,通过一系列的算法分析、MATLAB 编程、算法的应用实例,一步步引领读者进入到 MATLAB 殿堂,在挖掘 MATLAB 的丰富宝库的同时打开并进入了数值分析的大门。

本书共分 9 章:第 1 章介绍 MATLAB 的语言基础,包括 MATLAB 的概述、MATLAB 的特点以及 MATLAB 的系统构成等内容。第 2 章介绍 MATLAB 的基础知识,包括 MATLAB 的数据类型、数值运算以及 MATLAB 的控制流等内容。第 3 章介绍曲线的插值及逼近,包括插值的基本知识、拉格朗日插值、差分牛顿插值等内容。第 4 章介绍数值的积分,包括函数极限、级数求和以及各种类型的积分运算等内容。第 5 章介绍微分,包括求解常微分方程的符号法、Euler 法以及 Rung-Kutta 法等内容。第 6 章介绍线性方程求解,包括迭代、消元法以及矩阵的分解等内容。第 7 章介绍非线性方程的求解,包括二分法、不动点法以及牛顿法等内容。第 8 章介绍了数据分析与处理,包括方差分析、回归分析以及正交试验分析等内容。第 9 章介绍优化设计,包括优化问题概述、连续函数最小值以及整数线性规划等内容。

本书可以作为广大在校本科生和研究生的学习用书,也可以作为广大科研人员、学者以及工程技术人员的参考书。

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、刘志为和张欢。

由于时间仓促,加之作者水平有限,所以书中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

2011年1月

第 1 章 MATLAB 语言基础	1
1.1 MATLAB 概述	1
1.2 MATLAB 的特点	2
1.3 MATLAB 的系统构成	4
1.4 MATLAB 的运行环境	5
1.4.1 MATLAB 启动和退出	5
1.4.2 MATLAB 主菜单及功能	6
1.4.3 MATLAB 命令窗口	10
1.4.4 MATLAB 工作空间	12
1.4.5 MATLAB 文件管理	13
1.4.6 MATLAB 帮助使用	14
1.5 MATLAB 的搜索路径与扩展	21
1.5.1 MATLAB 的搜索路径	21
1.5.2 MATLAB 路径的扩展	23
第 2 章 MATLAB 基础知识	24
2.1 MATLAB 数据类型	24
2.1.1 变量与常量	24
2.1.2 MATLAB 的数据类型	25
2.2 矩阵运算	45
2.2.1 矩阵加、减运算	45
2.2.2 矩阵乘法运算	45
2.2.3 矩阵除法运算	46
2.3 多项式运算	47
2.3.1 多项式构造	47
2.3.2 多项式的运算方法	47
2.3.3 多项式拟合	49
2.4 符号运算	49
2.4.1 符号运算概述	50
2.4.2 符号矩阵	51
2.5 MATLAB 的 M 文件	55
2.5.1 M 文件概述	55

2.5.2	M 脚本文件	56
2.5.3	M 函数文件	57
2.6	MATLAB 的控制流	58
2.6.1	循环结构	58
2.6.2	选择结构	61
2.7	MATLAB 的绘图功能	64
2.7.1	多次叠绘、双纵坐标和多子图	64
2.7.2	视点控制和图形的旋转	67
2.7.3	特殊坐标轴的图形函数	68
2.7.4	四维表现图	72
2.7.5	符号绘图	76
2.7.6	动态图形	78
第 3 章	曲线的插值及逼近	81
3.1	插值的基本知识	81
3.1.1	插值问题的提出	81
3.1.2	插值的定义	82
3.1.3	插值多项式的存在唯一性	82
3.2	拉格朗日插值	83
3.3	均差牛顿插值	84
3.3.1	均差及其性质	84
3.3.2	均差牛顿插值的实现	85
3.4	差分牛顿插值	87
3.4.1	等差及其性质	87
3.4.2	差分牛顿插值的实现	89
3.5	Hermite 插值	92
3.5.1	基本原理	92
3.5.2	Hermite 插值实现	92
3.6	MATLAB 自带的插值函数	96
3.6.1	一维插值	97
3.6.2	二维插值	98
3.7	样条插值	101
3.7.1	二次插值	101
3.7.2	三次插值	103
3.8	函数逼近	111
3.8.1	切比雪夫最佳一致逼近	111
3.8.2	最佳平方多项式逼近	113
3.8.3	勒让德逼近	115
3.8.4	正交多项式最小二乘拟合	117

第 4 章 数值的积分	120
4.1 函数极限	120
4.1.1 单变量的函数极限	120
4.1.2 多变量的函数极限	122
4.2 函数导数运算	124
4.3 级数求和	127
4.3.1 有限级数求和	128
4.3.2 无限级数求和	129
4.4 展开	130
4.4.1 泰勒展开	130
4.4.2 Fourier 展开	131
4.5 各种类型的积分运算	133
4.5.1 不定积分运算	133
4.5.2 定积分运算	136
4.5.3 离散积分	140
4.5.4 奇异积分	154
4.6 积分变换	158
4.6.1 Fourier 变换	158
4.6.2 Fourier 逆变换	159
4.6.3 快速 Fourier 变换	160
4.6.4 Laplace 变换	163
4.6.5 Laplace 逆变换	165
第 5 章 微分	167
5.1 求解常微分方程的符号法	168
5.1.1 常微分方程的符号表示法	168
5.1.2 求解常微分方程的符号法函数	168
5.2 中点公式	170
5.3 Euler 法	171
5.3.1 改进前 Euler 法	171
5.3.2 改进后 Euler 法	172
5.4 Rung-Kutta 法	174
5.4.1 泰勒级数法	174
5.4.2 Rung-Kutta 法基本思想	175
5.4.3 二阶 Rung-Kutta 法	176
5.4.4 四阶 Rung-Kutta 法	177
5.4.5 Runge-Kutta 经典法	179
5.4.6 Runge-Kutta 法解刚性问题	182

5.5	打靶法	184
5.6	微分方程在导弹系统的改进中的应用	188
5.7	偏微分方程	192
5.7.1	偏微分方程简介	193
5.7.2	边界条件设置	194
5.7.3	解椭圆型方程	195
5.7.4	解双曲型方程	198
5.7.5	解抛物型方程	199
5.7.6	解非线性椭圆型方程	200
5.7.7	解特征值方程	201
第6章	线性方程求解	203
6.1	迭代	203
6.1.1	迭代法的基本概念	203
6.1.2	Jacobi 迭代	203
6.1.3	Gauss-Seidel 迭代	205
6.1.4	SOR 迭代	206
6.2	消元法	208
6.2.1	高斯列主元消元法	209
6.2.2	高斯全主元消去法	210
6.3	矩阵的分解	212
6.3.1	Cholesky 分解	212
6.3.2	LU 分解	213
6.3.3	LDMT 与 LDLT 分解	216
6.3.4	SVD 分解	218
6.3.5	QR 分解	219
6.3.6	Schur 分解	221
6.4	特征值求取	222
6.4.1	特征多项式	222
6.4.2	幂法	223
6.4.3	收缩法	225
6.4.4	逆幂法	226
6.4.5	QR 算法	228
6.4.6	采用 eig 函数求取	231
6.5	矩阵的求逆与线性方程组的求解	233
6.5.1	矩阵的求逆	233
6.5.2	共轭梯度法解方程组	234
6.5.3	矩阵分解法求解方程组	238
6.5.4	残差法求解方程组	243

第 7 章 非线性方程的求解	248
7.1 非线性方程的概念	248
7.2 二分法	248
7.3 不动点法	250
7.3.1 非线性方程的不动点迭代法.....	250
7.3.2 非线性方程组的不动点迭代法.....	252
7.4 牛顿法	254
7.4.1 牛顿法求解非线性方程的解.....	254
7.4.2 牛顿法求解非线性方程组的解.....	256
7.5 其他相关牛顿法求解方程组	259
7.5.1 离散牛顿法.....	259
7.5.2 拟牛顿法.....	260
7.5.3 牛顿下山法.....	263
7.5.4 牛顿-雅可比迭代法	264
7.5.5 牛顿-SOR 迭代法	266
7.5.6 拟牛顿第二法.....	268
7.5.7 高斯牛顿法.....	271
7.6 割线法	272
7.6.1 割线法求解非线性方程.....	272
7.6.2 割线法求解非线性方程组.....	274
7.7 最速下降法	277
7.8 阻尼最小二乘法	280
第 8 章 数据分析与处理	283
8.1 方差分析	283
8.1.1 单因素方差分析.....	283
8.1.2 双因素方差分析.....	286
8.1.3 多方差分析.....	290
8.2 回归分析	291
8.2.1 一元线性回归.....	291
8.2.2 多元线性回归.....	292
8.2.3 部分最小二乘回归.....	297
8.3 正交试验分析	300
8.3.1 正交试验极差分析.....	301
8.3.2 正交试验方差分析.....	304
8.4 判别分析	307
8.5 聚类分析	309
8.6 主成分分析	312

8.7	统计图	314
8.7.1	直方图	314
8.7.2	角度扇形图	316
8.7.3	最小二乘拟合直线	316
8.7.4	数据采样的盒图	317
8.7.5	QQ图	317
8.8	数理统计基本函数	318
8.8.1	样本均值	318
8.8.2	数据比较	319
8.8.3	方差和标准差	320
8.8.4	累积与累和	322
8.8.5	协方差与相关系数	322
第9章	优化设计	325
9.1	优化问题概述	325
9.1.1	优化背景	325
9.1.2	基本概念及分支	325
9.2	连续函数最小值	327
9.2.1	线性规划	329
9.2.2	非线性规划	335
9.3	多目标规划	348
9.4	整数线性规划	352
9.4.1	整数线性规划理论	352
9.4.2	整数线性规划的实现	353
9.5	优化参数设置	355
9.5.1	设置优化参数	355
9.5.2	获取优化参数	357
9.6	遗传算法的最优化	357
9.6.1	遗传算法的基本概念	357
9.6.2	遗传算法的实现	359
	参考文献	367

第 1 章

MATLAB语言基础

MATLAB代表 Matrix Laboratory,是一个高性能的科学计算平台,集成了数值计算、矩阵计算和图形绘制等众多功能。在 MATLAB 中问题的提出和解答只需按一般的数学方式表达和描述,不需要大量原始而传统的编程过程,因此它特别适用于研究、解决工程和数学问题。MATLAB 还具有易扩展性,每个使用者都可以通过自定义方式编写函数或程序。

1.1 MATLAB 概述

1980 年前后,时任美国墨西哥大学计算机科学系主任的 Cleve Moler 教授在给学习讲授线性代数课程时,想教学生使用当时流行的线性代数软件包 Linpack 和基于特征值计算的软件包 Eispack,但发现用其他高级语言编程极为不便,于是,Cleve Moler 教授为学生编写了方便使用 Linpack 和 Eispack 的接口程序并命名为 MATLAB,这便是 MATLAB 的雏形。

早期的 MATLAB 是用 FORTRAN 语言编写的,尽管功能十分简单,但作为免费软件还是吸引了大批使用者。经过几年的校际流传,在 John Little 的推动下,由 John Little、Cleve Moler 和 Steve Bangert 合作,于 1984 年成立了 MathWorks 公司,并正式推出 MATLAB 第 1 版(DOS 版)。从这时起,MATLAB 的核心采用 C 语言编写,功能越来越强,除原有的数值计算功能外,还新增了图形处理功能。

以后,MATLAB 版本不断更新。MathWorks 公司于 1992 年推出了具有划时代意义的 4.0 版,并于 1993 年推出了其微机版,该版本可以在 Windows 3. X 上使用,使之应用范围越来越广。1994 年推出了 4.2 版扩充了 4.0 版的功能,尤其在图形界面设计方面提供了新的方法。1997 年春,MATLAB 5.0 版问世,5.0 版支持更多的数据结构,如单元数据、结构数据、多维数组、对象与类等,使其成为一种更方便、更完善的编程语言。1999 年初推出的 MATLAB 5.3 版在很多方面又进一步改进了 MATLAB 语言的功能,随之推出的全新版本的最优化工具箱和 Simulink 3.0 版达到了很高水平。之后,MATLAB 还在不断改进和创新,2000 年 10 月,MATLAB 6.0 版问世,在操作界面上有了很大改观,为用户的使用提供了很大方便;在计算性能方面,速度变得更快,性能也更好;在图形用户界面设计上更趋合理;与 C 语言接口及转换的兼容性更强;与之配套的 Simulink 4.0 版的新功能也特别引人注目。2001 年 6 月推出的 MATLAB 6.1 版及 Simulink 4.1 版,功能已经十分强大。2002 年 6 月又推出了 6.5 版及 Simulink 5.0 版,在计算方法、图形功能、用户界面设计、编程手段

和工具等方面都有重大改进。

2004年7月,MathWorks公司推出了最新的MATLAB 7.0版,其中集成了最新的MATLAB 7编译器、Simulink 6.0仿真软件以及很多工具箱。这一版本增加了很多新的功能和特性,内容相当丰富。

MATLAB R系列是从2006年开始发布的,MathWorks公司在技术层面上实现了一次飞跃。从此以后产品发布模式也将改变,将在每年的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。每一次产品发布都包含所有的产品模块。MATLAB R2010a是MathWorks公司在2010年3月份推出的最新产品。

目前,MATLAB已经不仅仅是一个“矩阵实验室”了,它已经成为一种广泛应用于工程计算及数值分析领域的新型高级语言。在各高等院校,MATLAB已经成为线性代数、自动控制理论、数字信号处理、时间序列分析、动态系统仿真以及图像处理等许多课程的基本教学工具,成为大学生和研究生必须掌握的基本编程语言。在科研与工程应用领域,MATLAB已被广泛地用于科学研究和解决各种具体的实际问题。可以预见,MATLAB将在科学研究和工程应用中发挥越来越大的作用。

1.2 MATLAB的特点

MATLAB之所以能如此迅速地普及,显示出强大的生命力,是由于它有着不同于其他语言的特点。被称做第四代计算机语言的MATLAB,利用其丰富的函数资源,使编程人员从烦琐的程序代码中解放出来。MATLAB最突出的特点就是简洁。MATLAB用更直观、更符合人们思维习惯的代码,代替了C/C++和FORTRAN语言的冗长代码。MATLAB给用户提供的是最直观、最简洁的开发环境。

1. 高效方便的矩阵的数组运算

MATLAB语言像BASIC,FORTRAN,C语言一样规定了矩阵的算术运算、关系运算符、逻辑运算符、条件运算符以及赋值运算符,而且这些运算符大部分可以照搬到数组的运算中,有些如算术运算符只要增加“.”就可以用于数组间的运算,并且它不需要定义数组间的维数,并给出矩阵函数、特殊矩阵专门的库函数,使之在解决数字信号处理、建模、系统识别、自动控制及优化等领域的问题时,显得十分简洁、高效,具有其他高级语言不可比拟的优势。

2. 结构化/面向对象

新的MATLAB版本采用C++编写,既具有结构化的控制语句(如for循环、while循环、break和continue语句、if语句),又具有面向对象编程的特点,并且在制作图形用户界面(GUI)方面增加了许多新的功能。

3. 编程效率高

MATLAB语言简洁紧凑,使用灵活方便,程序书写形式自由。库函数非常丰富,避免了繁杂的子程序编程任务,删除了一切不必要的工作。由于库函数都是由本领域的专家编