

理论与实践并重、站在工程与科技的前沿

MATLAB

语言实用教程

马莉◎编著

取材科学、结构严谨
科学计算的最新技术
MATLAB应用最佳手册



清华大学出版社

MATLAB 语言实用教程

马 莉 编著

TP312mA
m094

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书采用最新版 MATLAB R2009a, 详细介绍了 MATLAB 的编程基础及其扩展, 使读者能够快速掌握 MATLAB 基本编程的方法和不同工具箱的使用方法。

本书共分 11 章, 包括 MATLAB 入门、MATLAB 的基本元素与数据类型、数组与矩阵、MATLAB 的程序、MATLAB 的图形绘制、MATLAB 的科学计算、符号计算、MATLAB 在工程数学中的应用、创建用户图形界面、Simulink 建模与仿真和 MATLAB 的应用等内容。

本书结构清晰、内容丰富、论述详细得当, 既适合刚入门的读者也适合有一定实践经验的中高级读者, 亦可作为广大科研工作人员的参考书。

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 语言实用教程/马莉编著. —北京: 清华大学出版社, 2010.1

ISBN 978-7-302-21763-3

I. M… II. 马… III. 计算机辅助计算-软件包, MATLAB-教材 IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 000587 号

责任编辑: 许存权 周中亮

封面设计: 刘 颖

版式设计: 杨 洋

责任校对: 张彩凤

责任印制: 李红英

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: 010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 装 者: 清华大学印刷厂

经 销: 全国新华书店

开 本: 185×260 印 张: 26.5 字 数: 612 千字

版 次: 2010 年 1 月第 1 版 印 次: 2010 年 1 月第 1 次印刷

印 数: 1~4000

定 价: 42.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770177 转 3103 产品编号: 035385-01

前 言

MATLAB 是当今最优秀的科技应用软件之一，它具有强大的科学计算与可视化功能，简单易用，拥有开放式可扩展环境，特别是其附带的多种面向不同领域的工具箱支持，使得它在许多科学领域中成为计算机辅助设计和分析、算法研究和应用开发的基本工具和首选平台。

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、易学易懂，因此 MATLAB 语言被通俗地称为演算纸的科学算法语言。在控制、通信、信号处理及科学计算等领域中，MATLAB 都被广泛地应用，它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。

本书从 MATLAB 的基础知识入手，内容涵盖范围较为广泛。在书中应用了大量的示例，让读者既可以有一个直观的认识，也可以按照示例动手演练。实践证明，用户可以在几十分钟的时间内通过本书学习并掌握 MATLAB 的基础知识，经过几个小时的使用就能初步掌握软件的使用方法，从而能够进行高效率、富有创造性的计算。

本书采用 MATLAB R2009a 版本编写，MATLAB R2009a 是 Mathworks 公司于 2008 年 11 月 7 日发布的。相比以前版本而言，MATLAB R2009a 不仅包括 MATLAB 和 Simulink 的新特性，同时还包含 81 个其他产品模块的升级和 bug 修正。

从 MATLAB R2009a 开始，MATLAB 和 Simulink 产品家族软件在安装后需要激活才能使用。MATLAB R2009a 将引入 License Center——在线 License 管理工具。

MATLAB R2009a 新版本中，产品模块进行了一些调整，MATLAB Builder for COM 的功能集成在 MATLAB Builder for .NET 中，Financial Time Series Toolbox 的功能集成在 Financial Toolbox 中。MATLAB 将高性能的数值计算和可视化集成在一起，并提供了大量的内置函数，从而被广泛地应用于科学计算、控制系统、信息处理等领域的分析、仿真和设计工作，而且利用 MATLAB 产品的开放式结构，可以非常容易地对 MATLAB 的功能进行扩充，从而在不断深化对问题认识的同时，不断完善 MATLAB 产品以提高产品自身的竞争能力。

MATLAB 开放的产品体系使 MATLAB 成为了诸多领域的开发首选软件，并且，它还有 500 余家第三方合作伙伴，分布在科学计算、机械动力、化工、计算机通信、汽车、金融等领域，其接口方式包括联合建模、数据共享、开发流程衔接等。

本书详细介绍了 MATLAB 的编程基础及其扩展，使读者能够快速掌握 MATLAB 基本编程的方法和不同工具箱的使用方法。

本书共分 11 章，第 1 章到第 5 章介绍了 MATLAB 的入门基本知识，包括 MATLAB 入门、MATLAB 的基本元素与数据类型、数组与矩阵、MATLAB 的程序和 MATLAB 的图形绘制等基础内容。第 6 章到第 8 章介绍了 MATLAB 的强大计算功能，包括 MATLAB 的

目 录

第 1 章	MATLAB 入门	1
1.1	MATLAB 的历史背景	1
1.1.1	什么是 MATLAB	1
1.1.2	MATLAB 的发展历程	1
1.1.3	MATLAB 语言的特点	2
1.1.4	MATLAB 组成	8
1.1.5	MATLAB R2009 的新特点与涵盖	10
1.2	MATLAB 的安装和激活	11
1.3	MATLAB 的运行环境	17
1.3.1	MATLAB 的命令窗口	17
1.3.2	MATLAB 程序编辑器	19
1.3.3	MATLAB 的工作空间	20
1.3.4	MATLAB 的历史窗口	22
1.3.5	MATLAB 的目录浏览器窗口	22
1.4	MATLAB 的在线帮助	25
1.4.1	在 MATLAB 命令窗口获得帮助信息	25
1.4.2	直接由帮助菜单获得帮助信息	31
1.5	MATLAB 与其他数学软件的关系	32
1.5.1	Maple 简介	32
1.5.2	Mathematica 简介	33
1.5.3	Mathcad 简介	33
第 2 章	MATLAB 的基本元素与数据类型	34
2.1	常量与变量	34
2.1.1	数字量	34
2.1.2	字符量	35
2.1.3	变量的基本规则和类型	35
2.2	关键字	37
2.3	运算符	38
2.3.1	关系运算符与逻辑运算符	38
2.3.2	运算符优先级	40
2.3.3	运算符函数	40
2.3.4	运算符示例	41

2.4	数字型	41
2.4.1	整数	41
2.4.2	浮点数	42
2.4.3	复数	45
2.5	字符与字串	46
2.5.1	字符数组	46
2.5.2	字串比较	50
2.6	逻辑型	54
2.6.1	逻辑数组的建立	54
2.6.2	逻辑数组的使用	55
2.7	日期和时间型	56
2.7.1	日期格式的类型	56
2.7.2	转换日期格式	58
2.8	元胞数组	60
2.8.1	元胞数组的创建	60
2.8.2	元胞数组的缩扩与重组	61
2.8.3	元胞数组的转换	63
2.9	结构数组	65
2.9.1	结构数组的创建	65
2.9.2	结构数组与元胞数组的转换	67
第 3 章	数组与矩阵	71
3.1	矩阵的表示	71
3.1.1	矩阵的建立	71
3.1.2	冒号表达式	72
3.1.3	矩阵的拆分	72
3.2	特殊矩阵	75
3.2.1	通用的特殊矩阵	75
3.2.2	专门特殊矩阵	77
3.3	矩阵运算	80
3.3.1	矩阵加、减运算	80
3.3.2	矩阵乘法运算	80
3.3.3	矩阵除法运算	81
3.3.4	矩阵转置与旋转	83
3.3.5	矩阵乘方运算	83
3.4	多维数组	85
3.4.1	多维数组的创建	85
3.4.2	多维数组的标识	87

3.5	矩阵的求值运算	87
3.5.1	方阵的行列式值	87
3.5.2	矩阵的秩与迹	88
3.5.3	向量和矩阵的范数	88
3.5.4	矩阵的条件数	90
3.6	矩阵的特征参数运算	91
3.7	稀疏矩阵及应用	92
3.7.1	稀疏矩阵函数	92
3.7.2	稀疏矩阵的应用	93
3.8	矩阵的分解	94
3.8.1	LU 分解	95
3.8.2	奇异值分解	96
3.8.3	Cholesky 分解	98
3.8.4	OR 分解	99
3.8.5	Schur 分解	100
3.8.6	EIG 分解	101
3.8.7	矩阵的 Kronecker 乘积	101
3.8.8	矩阵的超越函数	102
第 4 章	MATLAB 的程序	105
4.1	程序控制结构	105
4.1.1	顺序结构	105
4.1.2	选择结构	106
4.1.3	循环结构	110
4.2	程序的流程控制	115
4.2.1	continue 命令	115
4.2.2	break 命令	115
4.2.3	return 命令	116
4.3	M 文件	117
4.3.1	M 文件简介	117
4.3.2	M 文件的分类	119
4.4	函数文件	127
4.4.1	全局变量与局部变量	127
4.4.2	函数的调用和变量传递	128
4.4.3	Shell 函数	134
4.4.4	程序的优化	134
4.5	错误和异常处理	138
4.5.1	异常处理	138

6.1.3	多项式的求导	182
6.1.4	多项式的求根	183
6.2	数据插值与数据拟合	185
6.2.1	一维数据的插值	185
6.2.2	二维网格数据的插值	188
6.2.3	二维一般分布的数据插值	190
6.2.4	曲线拟合	194
6.3	数值积分	198
6.3.1	一元函数的数值积分	198
6.3.2	二元函数的数值积分	200
6.4	数值微分	201
6.4.1	差商与数值微分	201
6.4.2	数值微分的实现	202
6.5	方程的解与最优化问题	203
6.5.1	线性方程的求解	203
6.5.2	非线性方程的解	205
6.5.3	非线性方程组的解	205
6.5.4	无约束最优化问题	206
6.5.5	有约束最优化问题	211
第7章	符号计算	216
7.1	符号计算基础	216
7.1.1	符号对象	216
7.1.2	符号的基本运算	219
7.1.3	确定符号变量的表达式	223
7.2	符号的精确控制	223
7.3	符号矩阵	226
7.3.1	用 <code>sym</code> 函数直接创建矩阵	226
7.3.2	用类似创建普通数值矩阵的方法创建矩阵	226
7.3.3	由数值矩阵转化为符号矩阵	227
7.3.4	用矩阵元素的通式创建符号矩阵	228
7.4	符号对象的操作和转换	230
7.5	符号函数的可视化	233
7.6	符号求解方程	236
7.6.1	符号求解代数方程	236
7.6.2	符号求解微分方程	239
7.7	函数计算器与泰勒计算器的使用	241
7.7.1	函数计算器的使用	242

7.7.2	泰勒计算器的使用.....	245
7.8	maple 函数.....	246
7.8.1	maple 内核访问函数.....	247
7.8.2	maple 函数的帮助命令及 mfun.....	248
第 8 章	MATLAB 在工程数学中的应用.....	252
8.1	函数的级数展开与级数求和.....	252
8.1.1	Taylor 幂级数展开.....	252
8.1.2	Fourier 级数展开.....	255
8.1.3	级数求和的计算.....	258
8.2	傅里叶变换.....	260
8.2.1	傅里叶变换及其逆变换.....	260
8.2.2	离散傅里叶变换.....	262
8.3	拉普拉斯变换及 Z 变换.....	265
8.3.1	拉普拉斯变换及其逆变换.....	265
8.3.2	拉普拉斯变换法求解微分方程.....	267
8.3.3	Z 变换及其逆变换.....	268
8.3.4	Z 变换在工程中的应用.....	270
8.4	反函数和复合函数.....	272
8.4.1	求反函数.....	272
8.4.2	求复合函数.....	273
8.5	MATLAB 在高等数学中的应用.....	274
8.5.1	基本函数.....	275
8.5.2	极限.....	277
8.6	复变函数求解应用.....	278
8.6.1	复数表示及基本运算.....	279
8.6.2	复数的基本函数.....	281
8.6.3	复变函数的极限和微积分运算.....	282
8.6.4	复变函数的级数.....	285
8.6.5	复变函数的留数计算.....	285
第 9 章	创建用户图形界面.....	287
9.1	句柄图形的概述.....	287
9.2	对象操作.....	287
9.2.1	创建图形对象.....	287
9.2.2	属性值查询与设置.....	289
9.2.3	默认属性值.....	291
9.2.4	对象操作示例.....	293
9.3	uimenu 菜单及设计.....	295

9.3.1	菜单建立.....	295
9.3.2	回调属性.....	297
9.3.3	菜单快捷键.....	299
9.3.4	菜单的外观.....	300
9.3.5	制作快捷菜单示例.....	304
9.4	对话框设计.....	305
9.4.1	公共对话框.....	305
9.4.2	一般对话框.....	310
9.5	用户控件的制作.....	315
第 10 章	Simulink 建模与仿真.....	322
10.1	典型控制系统的建模与仿真.....	322
10.1.1	控制系统的建模.....	322
10.1.2	仿真参数的设置.....	328
10.2	子系统及其封装技术.....	335
10.2.1	子系统的建立.....	335
10.2.2	子系统的条件执行.....	337
10.2.3	子系统的封装.....	340
10.3	S 函数建模与仿真.....	345
10.3.1	S 函数概述.....	345
10.3.2	S 函数的工作原理.....	347
10.3.3	利用 M 文件编写 S 函数.....	348
第 11 章	MATLAB 的应用.....	357
11.1	MATLAB 在优化中的应用.....	357
11.1.1	优化设计的简述.....	357
11.1.2	MATLAB 在优化中的应用示例.....	357
11.2	MATLAB 的程序接口应用.....	360
11.2.1	MEX 文件.....	360
11.2.2	MAT 文件.....	364
11.2.3	MATLAB 计算引擎.....	368
11.3	MATLAB 在信号中的应用.....	371
11.3.1	MATLAB 实现信号变换.....	372
11.3.2	MATLAB 实现数字滤波器.....	374
11.3.3	MATLAB 的功率谱估计.....	375
11.3.4	MATLAB 在信号中的应用示例.....	377
11.4	MATLAB 在数学建模中的应用.....	379
11.4.1	数学建模概述.....	379
11.4.2	MATLAB 在数学建模中的应用示例.....	380

11.5	MATLAB 在控制工程中的应用	386
11.5.1	控制系统建模与分析	386
11.5.2	Kalman 滤波器	387
11.5.3	Bode 图滞后-超前校正设计	388
11.5.4	PID 控制器设计	393
11.6	MATLAB 在模糊控制系统中的应用	396
11.6.1	几个 MATLAB 命令行函数使用	397
11.6.2	MATLAB 模糊控制系统的应用示例	407
参考文献		411

第 1 章 MATLAB 入门

在科学研究和工程计算领域经常会遇到一些非常复杂的计算问题，利用计算器或手工计算是无法实现的，只能借助计算机编程来实现，MATLAB 正是解决这些复杂问题的强大计算软件。

MATLAB 将高性能的数值计算和可视化集成在一起，提供了大量的内置函数，它被广泛地应用于科学计算、控制系统以及信息处理等领域的分析、仿真和设计工作。本章将对 MATLAB 进行概述，使读者对 MATLAB 有一个基本的认识，为逐步深入学习打下基础。

1.1 MATLAB 的历史背景

1.1.1 什么是 MATLAB

MATLAB 是一种用于科学工程计算的高效率高级语言。MATLAB 最早作为矩阵实验室，可提供使用 LINPACK 和 EISPACK 矩阵软件包接口，后来它逐渐地发展成通用科学计算、图视交互系统和程序设计语言。

与 BASIC、FORTRAN、C/C++ 等语言相比，MATLAB 的语法规则简单，更贴近人的思维方式。用 MATLAB 编写程序，犹如在一张演算纸上排列公式和求解问题一样效率高，因此被称为“演算纸式的”科学工程算法语言。MATLAB 的基本数据单位是矩阵，它的命令表达与数学、工程中常用的习惯表达形式十分相似。比如，矩阵方程 $b=Ax$ 在 MATLAB 中被写成 $b=A*x$ 。若要通过 A、b 求 x，那么只要写出命令 $x=A\b$ 即可，而完全不需要对矩阵的乘法和求逆进行编程。由此可见，用 MATLAB 解计算问题要比用 BASIC、FORTRAN、C/C++ 等语言方便简捷得多。

随着 MATLAB 版本的不断更新，其功能越来越强，使它在诸如一般数值计算、数字信号处理、系统识别、自动控制、振动理论、时序分析与建模、优化设计、神经网络控制、化学统计学、动态仿真系统、特殊函数和图形领域表现出一般高级语言难以比拟的优势，并可以方便地用于几乎所有的科学和工程计算的各个方面。可以说，MATLAB 不仅是一种编程语言，而且在广义上是一种语言开发系统。

1.1.2 MATLAB 的发展历程

MATLAB 这个名字由 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，发现应用其他高级编程语言极为不方便，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, 深受学生欢迎。

1984 年, John Little、Cleve Moler 和 Steve Bangert 合作成立了 MathWorks 公司, 专门从事 MATLAB 软件的开发, 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 (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, 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, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.0; 2002 年 8 月, MathWorks 公司推出了 MATLAB 6.5, 从此 MATLAB 拥有了强大的、成系列的交互式界面; 2004 年 7 月, MathWorks 公司又进一步发展了 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, 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发生了改变, 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 和新产品模块的推出。MATLAB R2009a 是 MathWorks 公司于 2009 年 3 月份推出的最新产品。

MathWorks 公司于 2008 年 11 月 7 日发布了 MATLAB R2009a。相比以前版本而言, MATLAB R2009a 不仅包括 MATLAB 和 Simulink 的新特性, 同时还包含 81 个其他产品模块的升级和 bug 修正。

从 MATLAB R2009a 开始, MATLAB 和 Simulink 产品家族软件在安装后需要激活才能使用。MATLAB R2009a 引入了 License Center——在线 License 管理工具。

1.1.3 MATLAB 语言的特点

MATLAB 之所以能如此迅速地普及, 显示出强大的生命力, 是因为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, 使编程人员从繁琐的程序代码中解放出来了。MATLAB 最突出的特点就是简洁。MATLAB 用更直观的、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 和 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, 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、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。

【例 1-1】已知矩阵

a =

2	5	-9	4
3	8	77	11
-4	-5	-9	0

b =

22	7
-3	-6
-8	0
1	9

求 a、b 矩阵的积 c 矩阵。

C 语言程序代码如下：

```
main()
{
int a[3][4]={{2,5,-9,4},{3,8,77,11},{-4,-5,-9,0}};
int b[4][2]={{22,7},{-3,-6},{-8,0},{1,9}};
int c[3][2],i,j,k;
for (i=0;i<3,i++)
{
for (j=0;j<2;j++){
c[i][j]=0;
for (k=0;k<4;k++)
c[i][j]+=a[i][k]*b[k][j];
}
}
for (i=0;i<3;i++){
for (j=0;j<2;j++){
printf("c[%d][%d]=%d,",i,j,c[i][j]);
printf("\n");
}
}
}
```

FORTRAN 程序代码如下：

```
dimension a(3,4),b(4,2),c(3,2)
data a/2.,3.,-4.,5.,8.,-5.,-9.,77.,-9.,4.,11.,0./
data b/22.,-3.,-8.,1.,7.,-6.,0.,9./
do 10 i=1,3
do 10 j=1,2
c(i,j)=0
```

```

do 10 k=1,4
c(i,j)=c(i,j)+a(i,k)*b(k,j)
write(*,'(a)') 'a'
do 20 i=1,3
write(*,*) (a((i,j),j)=1,4)
write(*,'(a)') 'b'
do 30 i=1,4
write(*,*) (b((i,j),j)=1,2)
write(*,'(a)') 'c'
do 40 i=1,3
write(*,*) (c((i,j),j)=1,2)
stop
end

```

BASIC 程序如下:

```

dim a(3,4),b(4,2),c(3,2)
for i=1 to 3
for j=1 to 4
read a(i,j)
next j
next i
for i=1 to 4
for j=1 to 2
read b(i,j)
next j
next i
data 2.,5.,-9.,4.,3.,8.,77.,11.,-4.,-5.,-9.,0.
for i=1 to 3
for j=1 to 2
c(i,j)=0
for k=1 to 4
c(i,j)=c(i,j)+a(i,j)*b(k,j)
next k
next j
next i
print "a"
for i=1 to 3
printf a(i,1),a(i,2),a(i,3),a(i,4)
next i

```