



精通 MATLAB

优化计算 (第4版)

龚纯 王正林 编著

亮点：工具箱函数和自编函数双重实现，兼容学渣与学霸！

精髓：算法原理→流程→编程→实例，一条龙贯穿高深算法！

干货：70余程序代码，100余实战实例，再也不用担心学习了！



中国工信出版集团



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

MATLAB 精品丛书

精通 MATLAB 优化计算 (第 4 版)

龚纯 王正林 编著



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统地讲述应用 MATLAB 来解决优化问题,通过将“优化问题”、“MATLAB 优化工具箱”和“MATLAB 编程”这三方面有机结合进行讲述,实用性非常强而且简单易学,优化的方法也非常丰富,包括无约束极值求解、约束优化、非线性最小二乘优化、线性规划、整数规划、二次规划、多目标规划、模拟退火算法、粒子群优化算法和遗传算法。

本书侧重于优化算法的 MATLAB 实现,同时精选了大量的优化问题实例,通过实例的分析与求解,切实教会读者掌握 MATLAB 在优化问题方面的应用。

通过本书,读者不仅能熟练使用 MATLAB 来快速解决实际优化问题,而且还能深入理解优化算法和采用 MATLAB 编程解决优化问题,从而提高分析和解决问题的能力。

本书可供信息与计算机科学、数学与应用数据、经济与金融、运筹与管理、统计与数据科学、控制以及相关理工科专业的本科生和研究生作为教材、实验或教学参考书,也可供相关工程技术与管理人员、科技工作者和数学建模人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

精通 MATLAB 优化计算 / 龚纯, 王正林编著. — 4 版. — 北京: 电子工业出版社, 2016.11

(MATLAB 精品丛书)

ISBN 978-7-121-30163-6

I. ①精… II. ①龚… ②王… III. ①Matlab 软件 IV. ①TP317

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 252868 号

责任编辑: 张月萍

印 刷: 北京京科印刷有限公司

装 订: 北京京科印刷有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱

邮编: 100036

开 本: 787×1092 1/16

印张: 26.25

字数: 672 千字

版 次: 2009 年 4 月第 1 版

2016 年 11 月第 4 版

印 次: 2016 年 11 月第 1 次印刷

印 数: 3500 册 定价: 69.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888, 88258888

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

本书咨询联系方式: 010-51260888-819, faq@phei.com.cn。

第 4 版前言

8 年修订了 4 版,长期占据同类书的销售前列,这样的结果我还是想给自己点个小写的“赞”^_^。本书还是“优化圈”的“白富美”,白:内容直白因而简单易学,工具箱函数及优化工具三两下就搞定了,这也是菜鸟最想要的;“富”:例子丰富算法丰富,这次还加量不减质地新增了多目标规划和模拟退火算法;“美”:封面更美观,两只美丽觅食的小鸟,你知道吗,粒子群算法最初就是“闲得蛋疼”的“歪果仁”傻呆呆地看着鸟群觅食而发散出来的,两只美丽的小鸟启示了现代优化算法,当然,在模拟退火算法那章你还能看到好几个有非常多的局部最小和最大点的图,超漂亮,这莫非就是传说中的数学之美,我在想,是不是世间任何美好的形状都可以用数学来描述?

“白富美”当然少不了粉丝,本书因为内容全面、讲解细致、实例丰富而深受广大读者的喜爱,同时也积累了不少“粉丝”,而且还有不少粉丝给我们反馈,提出了非常不错的意见和建议,太谢谢了!

根据你们的需求和软件的升级,我们结合 MATLAB 软件的最新版本,对全书的内容进行了完善与优化,使之更加适合读者的需要。

为什么要学习优化算法

生活无处不优化,想想我们一生中遇到的各种各样的优化问题,你打车去个地方,是时间优先还是价钱优先呢?你吃个饭,是价钱优先还是健康优先?你找个工作,是机遇优先还是待遇优先?

最优化方法是一种数学方法,它是研究在给定约束之下如何寻求某些因素(的量),以使某一(或某些)指标达到最优的一些学科的总称。随着学习的深入,你会越来越发现最优化方法的重要性,学习和工作中遇到的大多问题都可以建模成一种最优化模型进行求解,比如高大上的机器学习算法,大部分的机器学习算法的本质都是建立优化模型,通过最优化方法对目标函数(或损失函数)进行优化,从而训练出最好的模型。

新版导读

全书分 4 篇 18 章,由浅入深,分为 MATLAB 入门篇、优化计算基础篇、优化计算高级篇和综合实战篇。

1. MATLAB 入门篇(第 1~4 章)

包括 MATLAB 概述、MATLAB 计算基础、MATLAB 绘图基础、MATLAB 编程基础等内容。

MATLAB 具有强大的计算功能和数据可视化功能，是首选的计算软件。了解软件，掌握其计算和绘图两大功能，熟练使用 MATLAB 进行编程是应用 MATLAB 的基础。

2. 优化计算基础篇（第 5~13 章）

包括 MATLAB 优化工具箱、无约束一维极值问题、无约束多维极值问题、约束优化问题、非线性最小二乘优化问题、线性规划、整数规划、二次规划、多目标规划等内容。

从理论与实际相结合的角度出发，介绍常用的 7 类优化方法及其算法，采用简洁明了的套路讲述：（1）算法原理，（2）算法步骤，（3）算法的 MATLAB 实现，（4）算法举例。

书中不仅介绍 MATLAB 优化工具箱中这些算法的实现函数，还着重编写了算法的 MATLAB 程序，并通过实例进行验证。

3. 优化计算高级篇（第 14~16 章）

包括模拟退火算法、粒子群优化算法、遗传算法等内容。

讲述 3 类常用的现代优化方法，对其中的典型优化算法——通过 MATLAB 编程实现，拓展了 MATLAB 解决优化问题中的难解问题。

4. 综合实战篇（第 17~18 章）

包括工程最优化实战和经济金融最优化实战等内容。

立足于典型、实际的优化应用问题，综合展示应用 MATLAB 实现优化计算的全过程，即问题分析、数学建模、确定算法、运用 MATLAB 完成优化计算。

通过实战教会读者如何根据实际问题的特点抽象出不同类型的模型，然后选择不同的方法进行计算并进行数值实现。而且还触类旁通地向读者介绍 MATLAB 在若干领域的优化问题中的应用，达到学以致用。

对关心、支持我们的读者，尤其是那些给我们反馈问题、促进我们不断提高的读者表示感谢！

由于作者水平和经验有限，书中错漏之处在所难免，敬请读者指正，我们的电子邮箱是 wa_2003@126.com。

作者

2016 年初秋于北京

目 录

第 1 篇 MATLAB 入门篇

第 1 章 MATLAB 概述	2
1.1 MATLAB 的产生与发展	2
1.2 MATLAB 的优势与特点	3
1.3 MATLAB 系统的构成	4
1.4 MATLAB 桌面操作环境	5
1.4.1 MATLAB 启动和退出	5
1.4.2 MATLAB 命令行窗口	6
1.4.3 MATLAB 工作区	8
1.4.4 编辑器/调试器	10
1.4.5 MATLAB 文件管理	10
1.4.6 MATLAB 帮助使用	11
1.5 MATLAB 的工具箱	11
1.6 小结	12

第 2 章 MATLAB 计算基础	13
2.1 MATLAB 数值类型	13
2.2 关系运算和逻辑运算	15
2.3 矩阵及其运算	16
2.3.1 矩阵的创建	16
2.3.2 矩阵的运算	17
2.4 复数及其运算	19
2.4.1 复数的表示	19
2.4.2 复数的绘图	20
2.4.3 复数的操作函数	21
2.5 符号运算	22
2.5.1 符号运算概述	22
2.5.2 常用的符号运算	24
2.6 小结	26

第 3 章 MATLAB 数据可视化基础	27
3.1 MATLAB 数据可视化的基本步骤	27

3.2 在工作区直接绘图	28
3.3 利用可视化绘图函数绘图	29
3.3.1 二维数据可视化	29
3.3.2 三维数据可视化	30
3.4 图形的修饰	33
3.5 小结	36

第 4 章 MATLAB 编程基础	37
4.1 MATLAB 编程概述	37
4.2 MATLAB 编程原则	38
4.3 M 文件	39
4.4 MATLAB 程序流程控制	41
4.5 MATLAB 的函数及调用	44
4.5.1 函数类型	44
4.5.2 函数参数传递	47
4.6 函数句柄	51
4.7 MATLAB 程序调试	53
4.7.1 常见程序错误	53
4.7.2 调试方法	55
4.7.3 调试工具	56
4.7.4 M 文件分析工具	59
4.8 MATLAB 编程技巧	62
4.8.1 嵌套计算	62
4.8.2 循环计算	64
4.8.3 使用例外处理机制	64
4.8.4 使用全局变量	65
4.8.5 通过 varargin 传递参数	67
4.9 小结	68

第 2 篇 优化计算基础篇

第 5 章 MATLAB 优化工具箱.....70	7.2.2 共轭梯度法.....141
5.1 工具箱概述.....70	7.2.3 牛顿法.....143
5.1.1 工具箱的功能.....70	7.2.4 修正牛顿法.....145
5.1.2 工具箱的特色.....70	7.2.5 拟牛顿法.....147
5.1.3 工具箱的结构.....71	7.2.6 信赖域法.....152
5.2 工具箱函数.....72	7.2.7 显式最速下降法.....155
5.3 GUI 优化工具.....75	7.3 MATLAB 工具箱应用实例.....157
5.3.1 GUI 优化工具的启动.....75	7.3.1 应用 fminsearch 函数.....157
5.3.2 GUI 优化工具的界面.....76	7.3.2 应用 fminunc 函数.....163
5.3.3 GUI 优化工具使用步骤.....77	7.3.3 应用 fminimax 函数.....165
5.3.4 GUI 优化工具应用实例.....78	7.4 小结.....168
5.4 小结.....87	
第 6 章 无约束一维极值问题.....88	第 8 章 约束优化问题.....169
6.1 进退法.....88	8.1 Rosen 梯度投影法.....169
6.2 黄金分割法.....91	8.2 罚函数法.....173
6.3 斐波那契法.....93	8.2.1 外点罚函数法.....173
6.4 牛顿法.....97	8.2.2 内点罚函数法.....180
6.4.1 基本牛顿法.....97	8.2.3 混合罚函数法.....182
6.4.2 全局牛顿法.....99	8.2.4 乘子法.....187
6.5 割线法.....102	8.3 坐标轮换法.....190
6.6 抛物线法.....104	8.4 复合形法.....194
6.7 三次插值法.....107	8.5 MATLAB 工具箱应用实例.....198
6.8 可接受搜索法.....109	8.6 小结.....199
6.8.1 Goldstein 法.....109	
6.8.2 Wolfe-Powell 法.....112	第 9 章 非线性最小二乘优化问题.....201
6.9 MATLAB 工具箱应用实例.....114	9.1 G-N 法.....201
6.9.1 应用 fminbnd 函数.....114	9.2 修正 G-N 法.....204
6.9.2 应用 fminsearch 函数.....120	9.3 L-M 法.....206
6.9.3 应用改进的 fminbnd 函数.....120	9.4 MATLAB 工具箱应用实例.....210
6.9.4 应用 maple 函数.....122	9.5 小结.....211
6.10 小结.....124	
第 7 章 无约束多维极值问题.....125	第 10 章 线性规划.....212
7.1 直接法.....125	10.1 单纯形法.....212
7.1.1 模式搜索法.....125	10.2 修正单纯形法.....219
7.1.2 Rosenbrock 法.....128	10.3 大 M 法.....223
7.1.3 单纯形搜索法.....132	10.4 变量有界单纯形法.....225
7.1.4 Powell 法.....136	10.5 MATLAB 工具箱应用实例.....227
7.2 使用导数计算的间接法.....139	10.6 小结.....230
7.2.1 最速下降法.....139	
	第 11 章 整数规划.....231
	11.1 割平面法.....231

11.2 分支定界法.....	237	12.5 小结.....	261
11.3 0-1 规划.....	243	第 13 章 多目标规划.....	262
11.4 MATLAB 工具箱应用实例.....	246	13.1 多目标规划概述.....	262
11.5 小结.....	247	13.2 多目标规划的解法.....	263
第 12 章 二次规划.....	248	13.2.1 基于一个单目标问题的方法.....	263
12.1 拉格朗日法.....	248	13.2.2 基于多个单目标问题的方法.....	264
12.2 起作用集算法.....	250	13.3 MATLAB 工具箱应用实例.....	265
12.3 路径跟踪法.....	254	13.4 小结.....	269
12.4 MATLAB 工具箱应用实例.....	257		
第 3 篇 优化计算高级篇			
第 14 章 模拟退火算法.....	272	15.8 混沌粒子群算法.....	309
14.1 模拟退火算法概述.....	272	15.9 混合粒子群算法.....	313
14.2 模拟退火算法的基本步骤.....	273	15.9.1 基于自然选择的算法.....	313
14.3 MATLAB 工具箱应用实例.....	274	15.9.2 基于杂交的算法.....	316
14.4 小结.....	279	15.9.3 基于模拟退火的算法.....	319
第 15 章 粒子群优化算法.....	280	15.10 小结.....	322
15.1 粒子群算法概述.....	280	第 16 章 遗传算法.....	323
15.2 基本粒子群算法.....	281	16.1 遗传算法概述.....	323
15.3 带压缩因子的粒子群算法.....	285	16.2 基本遗传算法.....	324
15.4 权重改进的粒子群算法.....	289	16.3 顺序选择遗传算法.....	328
15.4.1 线性递减权重法.....	289	16.4 适值函数标定的遗传算法.....	332
15.4.2 自适应权重法.....	293	16.5 大变异遗传算法.....	336
15.4.3 随机权重法.....	296	16.6 自适应遗传算法.....	340
15.5 变学习因子的粒子群算法.....	298	16.7 双切点交叉遗传算法.....	343
15.5.1 同步变化的学习因子.....	298	16.8 多变异位自适应遗传算法.....	347
15.5.2 异步变化的学习因子.....	301	16.9 MATLAB 工具箱应用实例.....	351
15.6 二阶粒子群算法.....	304	16.10 小结.....	354
15.7 二阶振荡粒子群算法.....	306		
第 4 篇 综合实战篇			
第 17 章 工程最优化实战.....	356	17.2.2 配套问题.....	372
17.1 线性规划实战.....	356	17.2.3 有限选址问题.....	374
17.1.1 生产任务分配问题.....	356	17.2.4 生产组织与计划问题.....	375
17.1.2 运输问题.....	359	17.3 无约束优化实战.....	376
17.1.3 生产运输问题.....	363	17.3.1 选址问题.....	376
17.1.4 资源利用问题.....	369	17.3.2 销售利润问题.....	378
17.2 整数规划实战.....	370	17.3.3 库存问题.....	379
17.2.1 下料问题.....	370	17.4 约束优化实战.....	381
		17.4.1 最大体积问题.....	381

17.4.2 资源分配问题.....	382	18.3 最优投资分配问题.....	400
17.4.3 和三角形有关的极值问题...	383	18.4 最优资金使用问题.....	402
17.4.4 点到曲线的距离.....	384	18.5 最优产量问题.....	403
17.4.5 曲线到曲线的距离.....	388	18.5.1 古诺竞争模型.....	403
17.5 多目标规划实战.....	390	18.5.2 斯塔克尔伯格竞争模型.....	404
17.6 小结.....	395	18.6 最优投资组合问题.....	405
第18章 经济金融最优化实战.....	396	18.6.1 标准均值-方差组合.....	406
18.1 最大利润问题.....	396	18.6.2 有上界的均值-方差组合.....	407
18.1.1 不考虑销售影响.....	396	18.6.3 有交易成本的均值-方差组合...	408
18.1.2 考虑销售影响.....	397	18.6.4 自融资均值-方差投资组合...	409
18.2 最优消费问题.....	399	18.7 小结.....	410
参考文献.....	411		

Part

1

第 1 篇 MATLAB 入门篇

从编程语言方面说，MATLAB 几乎是最简单易学的语言；从软件操作方面说，MATLAB 的操作和 Office 软件差不多。

基本的软件操作、矩阵计算、画图功能以及简易的编程，稍微花点时间，你就会了！

就这么简单，MATLAB 入门！

第 1 章 MATLAB 概述

第 2 章 MATLAB 计算基础

第 3 章 MATLAB 数据可视化基础

第 4 章 MATLAB 编程基础

第 1 章 MATLAB 概述

MATLAB 是一个包含众多科学、工程计算的庞大系统，是目前世界上最流行的计算软件之一。经过 30 余年的补充与完善以及多个版本的升级换代，MATLAB 软件的功能已经变得非常强大。

1.1 MATLAB 的产生与发展

MATLAB 语言的产生是与数学计算紧密联系在一起的。1980 年，美国新墨西哥州大学计算机系主任 Cleve Moler 在给学生讲授线性代数课程时，发现学生在高级语言编程上花费很多时间，于是着手编写供学生使用的 Fortran 子程序库接口程序，他将这个接口程序取名为 MATLAB（即 Matrix Laboratory 的前三个字母的组合，意为“矩阵实验室”）。这个程序获得了很大的成功，受到学生的广泛欢迎。

20 世纪 80 年代初期，Moler 等一批数学家与软件专家组建了 MathWorks 软件开发公司，继续从事 MATLAB 的研究和开发，1984 年推出了第一个 MATLAB 商业版本，其核心是用 C 语言编写的。而后，MATLAB 又添加了丰富多彩的图形图像处理、多媒体、符号运算以及与其他流行软件的接口功能，功能越来越强大。

MathWorks 公司正式推出 MATLAB 后，于 1992 年推出了具有划时代意义的 MATLAB 4.0 版本，之后陆续推出了几个改进和提高了的版本，2004 年 9 月正式推出 MATLAB Release 14，即 MATLAB 7.0，其功能在原有的基础上又有了进一步的改进。

此后，几乎形成了一个规律，每年的 3 月份和 9 月份推出当年的 a 和 b 版本，目前的最新版本是 MATLAB 2016a。

经过几十年的研究与不断完善，MATLAB 现已成为国际上最流行的科学计算与工程计算软件工具之一，现在的 MATLAB 已经不仅仅是一个最初的“矩阵实验室”了，它已发展成为一种具有广泛应用前景、全新的计算机高级编程语言，可以说它是“第四代”计算机语言。

自 20 世纪 90 年代以来，美国和欧洲的各大学陆续将 MATLAB 正式列入研究生和本科生的教学计划，MATLAB 软件已成为数值计算、统计分析、机器学习、信号处理、时间序列分析、动态系统仿真等课程的基本教学工具，成为学生必须掌握的基本软件之一。在研究单位和工程界，MATLAB 也成为工程师们必须掌握的一种工具，被认为是进行高效研究与开发的首选软件工具。

1.2 MATLAB 的优势与特点

MATLAB 在学术界和工程界广受欢迎，其主要优势和特点有如下几方面。

1. 友好的工作平台和编程环境

MATLAB 由一系列工具组成，其中许多工具采用的是图形用户界面，包括 MATLAB 桌面和命令行窗口、历史命令行窗口、编辑器和调试器、路径搜索，以及用于用户浏览帮助、工作区、文件的浏览器。这些图形化的工具为用户使用 MATLAB 的函数和文件提供了极大的方便。

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。同时，MATLAB 提供了完整的联机查询、帮助系统，极大地方便了用户的使用。

MATLAB 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并进行出错原因分析。

2. 简单易用的编程语言

MATLAB 语言是一种高级的矩阵语言，它包含控制语句、函数、数据结构、输入/输出和面向对象编程特点。用户可以在命令行窗口中将输入命令与执行命令同步，也可以先编写好一个较大的复杂的应用程序（M 文件）后再运行。

MATLAB 语言基于 C++ 语言，因此语法特征与 C++ 语言极为相似，而且更加简单，更加符合科技人员对数学表达式的书写格式，更利于非计算机专业的科技人员使用。而且这种语言可移植性好、可拓展性强，这也是 MATLAB 能够深入到科学研究及工程计算各个领域的重要原因。

3. 强大的科学计算和数据处理能力

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。

这些函数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组的求解、符号运算、傅里叶变换、数据的统计分析、最优化计算问题、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。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，而且经过了各种优化和容错处理。

在通常情况下，可以用 MATLAB 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。

4. 出色的数据可视化能力

MATLAB 自产生之日起就具有方便的数据可视化功能，能够将向量和矩阵用图形的形式表现出来，并且可以对图形进行标注和打印。高层次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，可用于科学计算和工程绘图。

MATLAB 对整个图形处理功能进行了很大的改进和完善,它不仅在一般数据可视化软件都具有的功能(例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(例如图形的光照处理、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。

同时对一些特殊的可视化要求,例如图形对话等, MATLAB 也有相应的功能函数,保证了用户不同层次的要求。MATLAB 还着重在图形用户界面(GUI)的制作上做了很大的改善,对这方面有特殊要求的用户也可以得到满足。

5. 应用广泛的模块集合工具箱

MATLAB 对许多专门的领域都开发了功能强大的模块集和工具箱(Toolbox)。一般来说,它们都是由特定领域的专家开发的,用户可以直接使用工具箱学习、应用和评估不同的方法,而不需要自己编写代码。

目前, MATLAB 已经把工具箱延伸到了科学研究和工程应用的诸多领域,如最优化计算、样条拟合、概率统计、偏微分方程求解、神经网络、小波分析、信号处理、图像处理、模糊逻辑、金融分析等,都在工具箱家族中有了自己的一席之地。

6. 实用的程序接口和发布平台

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 网页服务程序还允许在 Web 应用中使用自己的 MATLAB 数学和图形程序。

1.3 MATLAB 系统的构成

MATLAB 系统由 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)五大部分构成。

1. MATLAB 开发环境

这部分是一套方便用户使用 MATLAB 函数和文件的工具集,其中许多工具是友好的、交互式的图形化用户接口。它是一个集成化的工作区,可以让用户输入、输出数据,并提供了 M 文件的集成编译和调试环境。它包括 MATLAB 桌面、命令行窗口、编辑器调试器、代码分析器(Code Analyzer),以及查看帮助、工作区、文件和其他工具的浏览器。

2. MATLAB 数学函数库

MATLAB 数学函数库包括了大量的计算算法,提供了大约 600 多个数学和工程上常用的函数,这些函数的数学运算是针对矩阵操作优化过的,计算效率高。MATLAB 的数学函数包含了从基本运算,如加法、正弦函数等,到复杂算法,如矩阵求逆、矩阵求特征值、贝济埃函数、快速傅里叶变换、微分方程求解、稀疏矩阵运算等。

3. MATLAB 语言

MATLAB 语言是一个高级的基于矩阵/数组的语言, 它有程序流控制、函数、数据结构、输入/输出和面向对象编程等特色。用户既可以用它来快速编写简单的程序, 也可以用它来编写庞大复杂、重用性高的应用程序。

4. MATLAB 绘图系统

绘图系统使得 MATLAB 能方便地图形化显示向量和矩阵, 而且能对图形添加标注和打印。MATLAB 提供两个层次的绘图操作, 一种是对图形句柄进行的底层绘图操作, 另一种是建立在底层绘图操作之上的高层绘图操作。

5. MATLAB 应用程序接口

MATLAB 应用程序接口是一个使 MATLAB 与 C、Fortran 等其他高级编程语言进行交互的函数库, 该函数库的函数通过调用动态链接库 (DLL) 实现与 MATLAB 文件的数据交换, 其主要功能包括在 MATLAB 中调用 C 和 Fortran 程序, 以及在 MATLAB 与其他应用程序间建立客户/服务器关系。

1.4 MATLAB 桌面操作环境

MATLAB 为用户提供了全新的桌面操作环境, 了解并熟悉这些桌面操作环境是使用 MATLAB 的基础, 下面介绍 MATLAB 的启动、主要功能菜单、命令行窗口 (Command Window)、工作区 (Workspace)、文件管理和帮助管理等。

1.4.1 MATLAB 启动和退出

以 Windows 操作系统为例, 进入 Windows 后, 执行“开始”→“程序”→“MATLAB”操作, 便可以进入如图 1-1 所示的 MATLAB 默认主窗口。如果安装时选择在桌面上生成快捷方式, 也可以双击快捷方式直接启动。

MATLAB 主窗口是 MATLAB 的主要工作界面。主窗口除了嵌入一些子窗口外, 还主要包括菜单栏和工具栏。

主窗口的工具栏共提供了很多个命令按钮。这些命令按钮均有对应的菜单命令, 但使用起来比菜单命令更快捷、方便。

高版本的 MATLAB 的主窗口有“应用程序”这个选项卡, 用户可以把一些具有图形化界面的应用程序打包, 这个包可以发布给其他的 MATLAB 用户去使用, 它既可以支持 MathWorks 自己的工具 (如 Curve Fitting、Optimization、Classification Learner 等), 也可以支持用户开发的工具。

MATLAB 的主要资源如下:

(1) MATLAB 主体: 由 MATLAB 的编程集成环境、程序开发工具和与其他软件的扩展接口组成。

(2) 工具箱 (Toolboxes): 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, 例如优化工具箱就是专门用于最优化方面的应用。

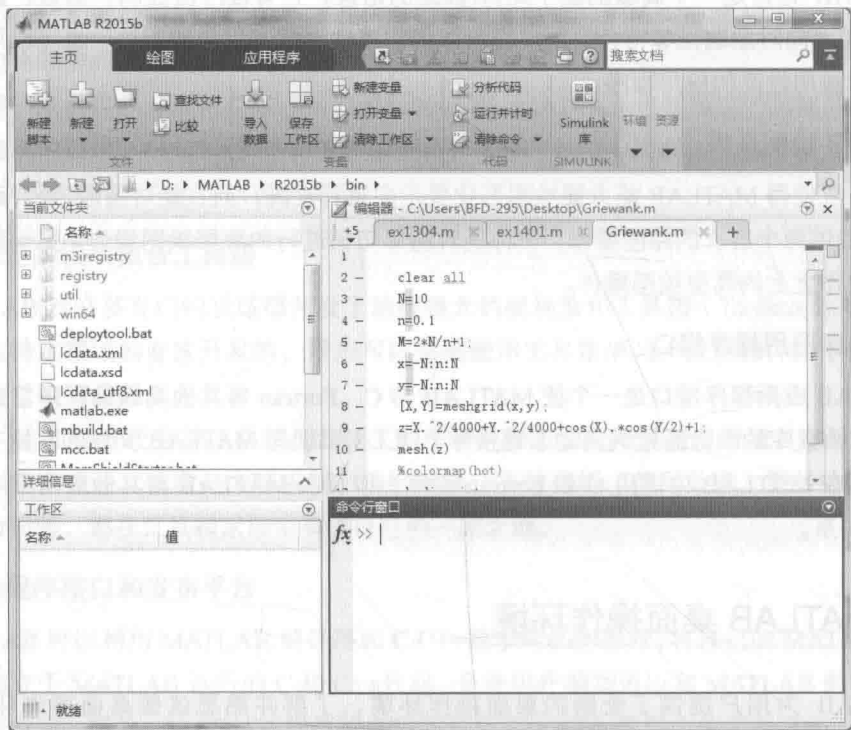


图 1-1 MATLAB 主窗口

(3) Simulink: 是 MATLAB 最重要的组件之一, 它提供一个动态系统建模、仿真和综合分析的集成环境。它是一种可视化仿真工具, 是一种基于 MATLAB 的框图设计环境, 在该环境中, 无须大量书写程序, 而只需要通过简单直观的鼠标操作, 就可构造出复杂的系统。

(4) 模块集 (Blocksets): 是一个个的数学软件包, 是在特殊应用领域中设计的 Simulink 程序的集合, 系统仿真的关键部件。

(5) 自动代码生成工具 (Links and Targets): 将 MATLAB 中的 Simulink 程序框图自动转换成嵌入式 ANSI C 的代码, 是第三方软件和硬件应用 Simulink 的工具。

常用的退出 MATLAB 系统的方式有三种:

- 在文件菜单 (File) 中选择 “Exit MATLAB” 选项;
- 在命令行窗口输入 “exit” 命令;
- 用鼠标单击窗口右上角的关闭图标。

1.4.2 MATLAB 命令行窗口

MATLAB 的命令行窗口 (Command Window) 如图 1-2 所示, 它用于 MATLAB 命令的交互操作。

1. 命令行窗口的主要功能和操作

命令行窗口具有两大主要功能:

- (1) 提供用户输入命令的操作平台, 用户通过该窗口输入命令和数据;
- (2) 提供命令执行结果的显示平台, 该窗口显示命令执行的结果。

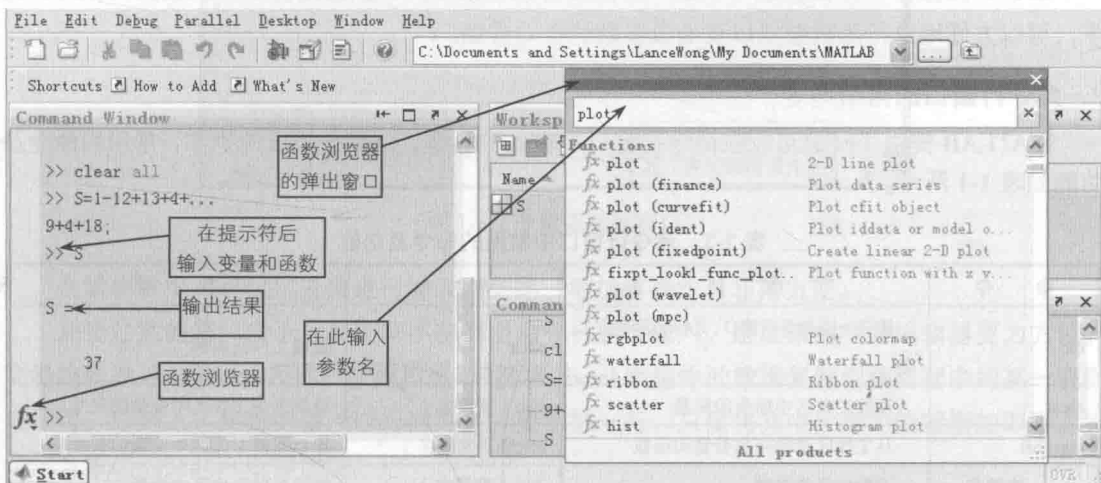


图 1-2 MATLAB 的命令行窗口

在命令行窗口内执行的 MATLAB 主要操作有:

- 运行函数和输入变量;
- 控制输入和输出;
- 执行程序, 包括 M 文件和外部程序;
- 保存一段日志;
- 打开或关闭其他应用窗口;
- 各应用窗口的参数选择。

计算机安装好 MATLAB 之后, 双击 MATLAB 图标, 就可以进入命令行窗口, 此时意味着系统处于准备接受命令的状态, 可以在命令行窗口中直接输入命令语句。

MATLAB 语句形式为: `>>变量 = 表达式`。

通过等号将表达式的值赋予变量。当键入回车键时, 该语句被执行。语句执行之后, 窗口自动显示出语句执行的结果。

使用方向键和控制键可以编辑、修改已输入的命令, `↑` 键回调上一行命令, `↓` 键回调下一行命令。使用 “more off” 表示不允许分页, “more on” 表示允许分页, “more (n)” 表示指定每页输出的行数。回车前进一行, 空格键显示下一页, “q” 结束当前显示。

如果命令语句超过一行或者太长希望分行输入, 则可以使用多行命令继续输入。例如, 输入下列式子时, 可以通过两行输入。

```
>> S=1-12+13+4+...
9+4+18;
>> S
S =    37
```



三个小黑点是“连行号”，分号“;”的作用是：指令执行结果将不显示在屏幕上，但变量 S 将驻留在内存中。

注意，在输入符“>>”之前有函数浏览器（Browser for functions），单击图标，弹出一个函数浏览器窗口，在里面可以输入所需查看的函数名。函数浏览器是函数使用的很好的助手，可以方便地进行函数查找以及函数参数的自动帮助。

2. 命令行窗口的常用命令

MATLAB 提供了一组可以在命令行窗口中输入的命令，以执行相应的操作，常用的命令及功能如表 1-1 所示。

表 1-1 命令行窗口中常用的命令及功能

命 令	功 能	命 令	功 能
clc	擦去一页命令行窗口，光标回屏幕左上角	pack	整理工作区内内存
clear	清除工作区中所有的变量	size（变量名）	显示当前工作区中变量的尺寸
clear all	从工作区清除所有变量和函数	length（变量名）	显示当前工作区中变量的长度
clear 变量名	清除指定的变量	disp（变量名）	显示当前工作区中变量
clf	清除图形窗口内容	“↑”或“Ctrl+P”	调用上一次的命令
delete <文件名>	从磁盘中删除指定文件	“↓”或“Ctrl+N”	调用下一行的命令
help <命令名>	查询所列命令的帮助信息	“←”或“Ctrl+B”	退后一格
which <文件名>	查找指定文件的路径	“→”或“Ctrl+F”	前移一格
who	显示当前工作区中全部变量列表	Home 或“Ctrl+A”	光标移到行首
whos	列出变量的大小、数据格式等详细信息	End 或“Ctrl+E”	光标移到行尾
what	列出当前目录下的 m 文件和 mat 文件	Esc 或“Ctrl+U”	清除一行
load name	载入‘name’文件中的所有变量到工作区	Del 或“Ctrl+D”	清除光标后字符
load name x y	载入‘name’文件中的变量 x、y 到工作区	Backspace 或“Ctrl+H”	清除光标前字符
save name	保存工作区变量到文件 name.mat 中	“Ctrl+K”	清除光标至行尾字
save name x y	保存工作区变量 x、y 到文件 name.mat 中	“Ctrl+C”	中断程序运行

1.4.3 MATLAB 工作区

工作区中的变量以变量名（Name）、数值（Value）和类型（Class）的形式显示出来，双击某个变量，将进入变量编辑器（Variable Editor），可以直接观察变量中具体元素的值，也可以直接修改这些元素。

1. 工作区的变量编辑器

变量编辑器是编辑数组变量的工具，其形式有如 Excel 电子表格，只是它仅能修改及显示，没有计算的功能。在工作区中选定变量，然后双击，便可进入如图 1-3 所示的变量编辑器窗口。