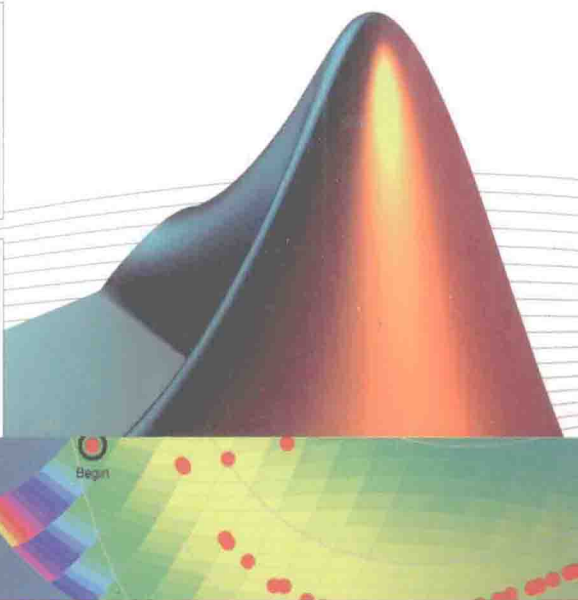
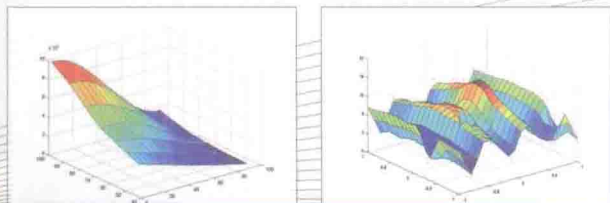
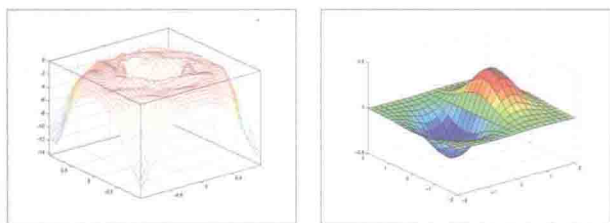


精通 MATLAB

最优化计算 (第3版)

龚纯 王正林 编著



- ★ 亮点：优化的工具箱和自编函数实现双管齐下
- ★ 精髓：算法原理 > 流程 > 编程 > 举例一气呵成
- ★ 干货：60余个程序、100余个实战实例应有尽有

初、中级者从优化工具箱部分快速提高
中、高级者从自编算法部分扎实精通

精通
MATLAB
最优化计算 (第3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

本书的主要内容是应用 MATLAB 来解决最优化问题, 通过将“最优化问题”、“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, 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、粒子群优化算法和遗传算法。

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

通过本书, 读者不仅能掌握使用 MATLAB 最优化工具箱来快速解决实际问题, 而且能学会分析优化算法和采用 MATLAB 编程解决最优化问题, 从而提高分析和解决问题的能力。

本书可供信息、数学、经济、金融、管理、运筹、统计、计算机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員、数学建模爱好者参考。

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 最优化计算 / 龚纯, 王正林编著. —3 版. —北京: 电子工业出版社, 2014.9

(MATLAB 精品丛书)

ISBN 978-7-121-24178-9

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 (2014) 第 197387 号

策划编辑: 张月萍

责任编辑: 董 英

印 刷: 北京京科印刷有限公司

装 订: 河北省三河市路通装订厂

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

字数: 649 千字

版 次: 2009 年 4 月第 1 版

2014 年 9 月第 3 版

印 次: 2014 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 3500 册 定价: 59.00 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。

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。

服务热线: (010) 88258888。

第 3 版前言

5 年修订了 3 版，长期占据同类书的销售前列，这样的结果我们是点赞的。本书还因为简单易学、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，这些粉丝，你们真是我们的“鱼翅”，太谢谢了！

根据读者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。

新版导读

全书分 16 章进行展开，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 5~12 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、二次规划等内容。

从理论与实际结合的角度出发，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 13~14 章）

包括粒子群优化算法、遗传算法等内容。

讲述两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 15~16 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。

本书主要由龚纯、王正林编写。其他参与编写的人员有肖静、钟颂飞、王晓丽、肖绍英、邹求来、王殿祜、王伟欣、朱桂莲、王龙跃、朱艳、王权、王盘桃、刘拥军等。在此对所有参与编写的人员表示感谢!

再次对博文视点公司的郭立老师表示衷心的感谢!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

2014年盛夏于北京

第 1 版前言

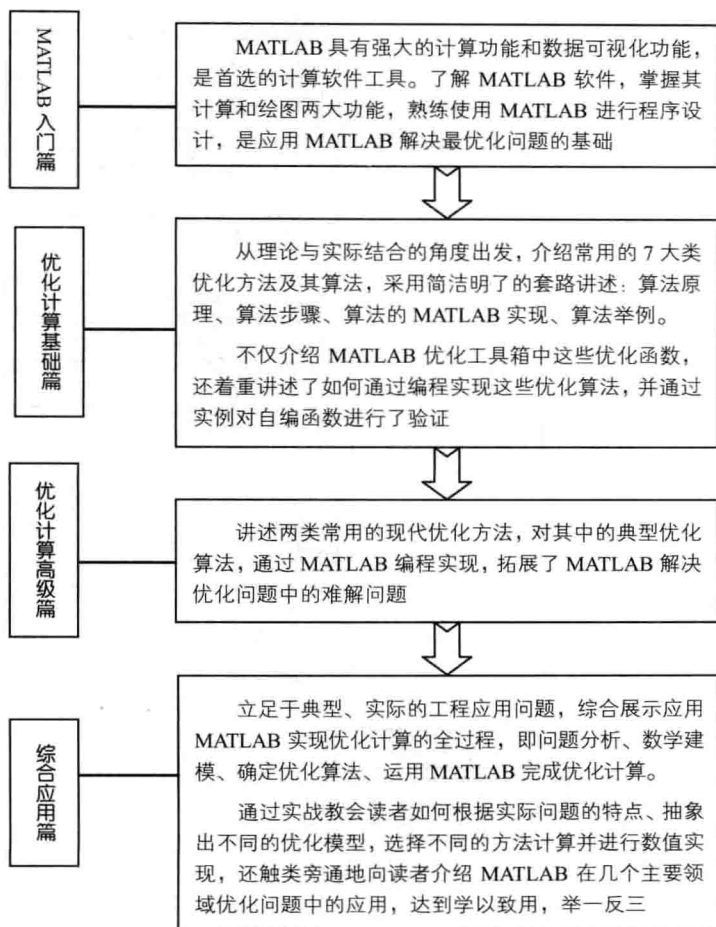
最优化理论和方法日益受到重视,已经渗透到生产、管理、商业、军事、决策等各个领域,而最优化模型与方法广泛应用于工业、农业、交通运输、商业、国防、建筑、通信、政府机关等各个部门及各个领域。

伴随着计算机技术的高速发展,最优化理论与方法的迅速进步,为解决实际最优化问题的软件也在飞速发展。其中, MATLAB 软件已成为在最优化领域应用最广的软件之一。

有了 MATLAB 这个强大的计算平台,既可以利用 MATLAB 优化工具箱 (Optimization Toolbox) 中的函数,又可以通过对算法编程实现相应的最优化计算。

本书由浅入深、全面系统地讲述 MATLAB 在最优化领域的应用。

本书导读图

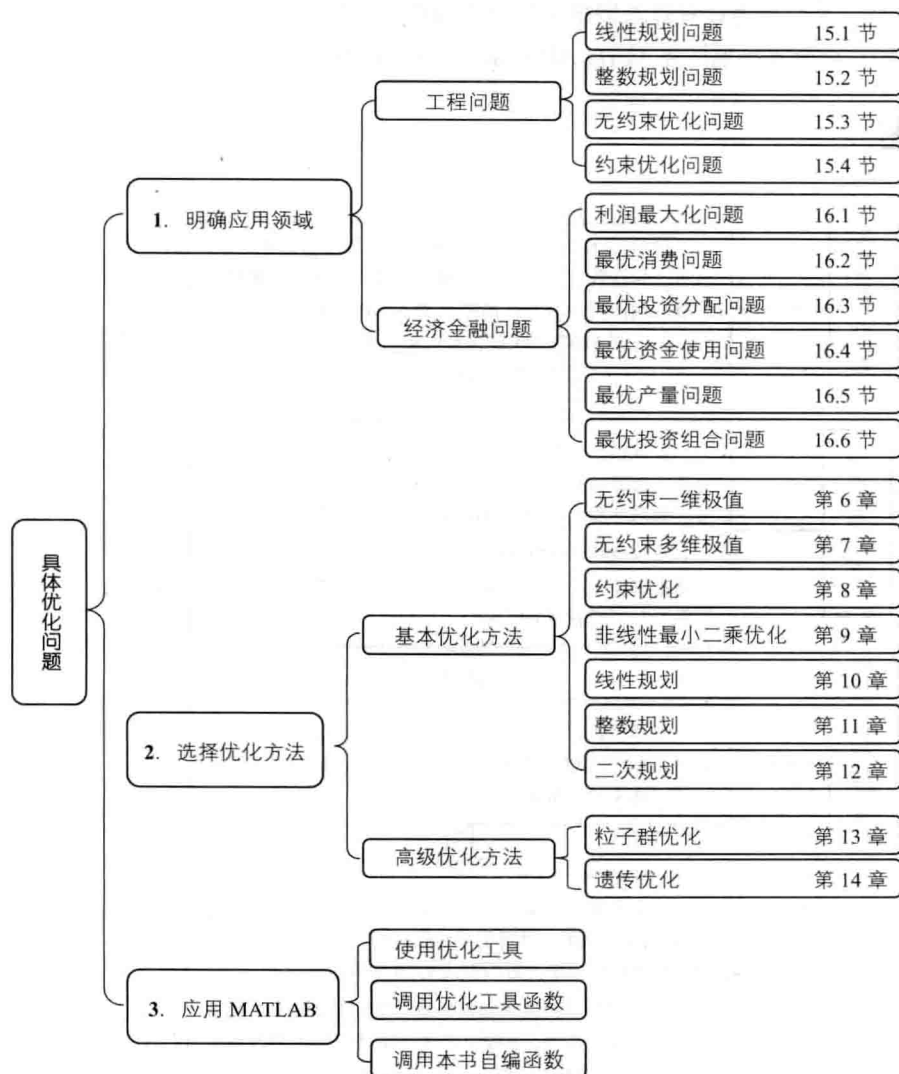


使用指南

为了帮助读者在遇到具体应用问题时，能够更好更快地从本书中查找到所需内容，我们特地制作了本书的使用指南。这个指南的组织逻辑是以解决实际问题的一般思考步骤为顺序的，即在遇到具体应用问题时，大致都需要经历以下 3 个步骤。

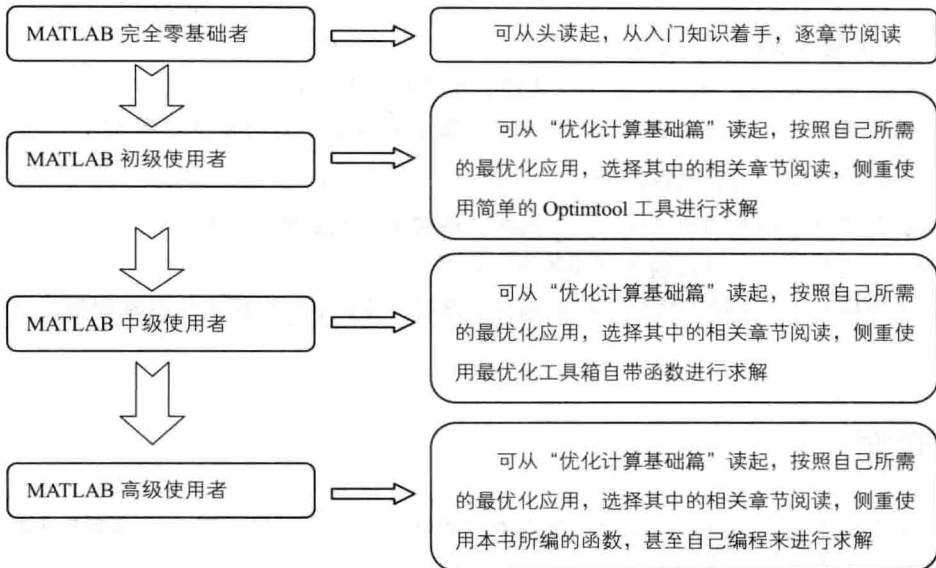
- 明确应用领域
- 选择优化方法
- 应用 MATLAB

在每一步骤中又涉及若干具体问题，可进一步向下细分。从这个指南图中也可以清楚地看出本书的知识脉络，从而形成一幅系统化、综合化的整体知识体系结构图。



给读者的建议

读者在学习本书时可根据自己的基础灵活安排内容，但应注意把握循序渐进的原则，稳扎稳打，逐步掌握。针对不同基础的读者，我们的建议如下图：



主要特色

本书内容以算法程序为主、实例为辅，通过一个个的算法分析、MATLAB 编程、算法应用实例，一步步带领读者进入 MATLAB 的强大世界，挖掘 MATLAB 的丰富宝库。

本书主要的特点可以概括为以下几点。

1. 内容由浅入深、层次性强

本书采用 4 篇结构，从 MATLAB 入门篇入手，然后通过优化计算基础篇和高级篇，循序渐进地讲述最优化计算，最后在综合应用篇中讲述大量的实例收尾。本书的层次结构简洁明了，非常适合不同层次的读者选择性地学习，提高学习效率。

另一方面，讲述应用 MATLAB 求解最优化问题时，也是从易到难依次讲述了 GUI 优化工具、工具箱函数、自编函数这三种实现方式。

2. 紧密围绕 MATLAB，系统性强

MATLAB 软件的出现，为解决实际中各种最优化问题提供了更新更丰富的手段、技术和方法。一方面从快捷便利的最优化工具箱 GUI 工具以及工具箱函数入手；另一方面从采用算法编程的方式入手。

简言之，利用 MATLAB 求解最优化问题，既可以用快捷的 GUI 工具，又可以用功能强大的工具箱函数，还可以通过算法编程来实现，方式多样，系统性强。

3. 算法程序及实例丰富，实用性强

本书打破了最优化类书算法多、程序少的弊病，对复杂的算法推导一带而过，重在程序、重在 MATLAB 实现！

精心挑选了最具代表性和实用性的 60 余个优化算法，一一编程实现，并提供了全部源代码，非常便于学习和参考。

同时精选 100 多个实例，悉数进行全面的分析和求解，并在综合应用篇集中讲述。

4. 算法编程实现，指导性强

本书的算法全部采用 MATLAB 编程实现，源程序注释丰富，而且通过实例验证了正确性，读者通过编程练习，不但可以更深入地理解优化算法理论，还能够熟练掌握 MATLAB 编程。

5. 语言简洁精炼，可读性强

本书的算法尽量用直观的方法、简洁通俗的语言来说明其基本思想，并辅以丰富的实例与分析来说明求解的步骤，从而避免复杂的数学推导。

在算法编程中，对关键的代码进行点睛式的注释，让读者从程序中快速掌握最优化算法及其实现。

作者致谢

感谢父母和朋友们的支持与鼓励，使得本书的创作过程得以坚持下去；感谢朱沐红老师、王鹤扬编辑的大力支持和辛勤劳动！

由于作者水平和经验有限，书中错漏之处在所难免，还望得到专家、读者和行内人士的批评指正，我们的邮箱是 wa_2003@126.com。

编著者

2009 年 2 月 18 日于清华园

目 录

第 1 篇 MATLAB 入门篇

第 1 章 MATLAB 概述	2	3.2 在工作空间直接绘图	34
1.1 MATLAB 的产生与发展	2	3.3 利用绘图函数绘图	35
1.2 MATLAB 的优势与特点	3	3.3.1 二维图形	35
1.3 MATLAB 系统的构成	4	3.3.2 三维图形	36
1.4 MATLAB 桌面操作环境	5	3.4 图形的修饰	40
1.4.1 MATLAB 启动和退出	5	3.5 小结	42
1.4.2 MATLAB 主菜单及功能	7	第 4 章 MATLAB 编程基础	43
1.4.3 MATLAB 命令窗口	9	4.1 MATLAB 编程概述	43
1.4.4 MATLAB 工作空间	11	4.2 MATLAB 编程原则	44
1.4.5 M 文件编辑/调试器	14	4.3 M 文件	45
1.4.6 图形窗口	15	4.4 MATLAB 程序流程控制	47
1.4.7 MATLAB 文件管理	16	4.5 MATLAB 的函数及调用	50
1.4.8 MATLAB 帮助使用	17	4.5.1 函数类型	50
1.5 MATLAB 的工具箱	17	4.5.2 函数参数传递	53
1.6 小结	18	4.6 函数句柄	57
第 2 章 MATLAB 计算基础	19	4.7 MATLAB 程序调试	59
2.1 MATLAB 数值类型	19	4.7.1 常见程序错误	59
2.2 关系运算和逻辑运算	21	4.7.2 调试方法	61
2.3 矩阵及其运算	22	4.7.3 调试工具	62
2.3.1 矩阵的创建	22	4.7.4 M 文件分析工具	65
2.3.2 矩阵的运算	23	4.8 MATLAB 编程技巧	68
2.4 复数及其运算	25	4.8.1 嵌套计算	68
2.4.1 复数的表示	25	4.8.2 循环计算	70
2.4.2 复数的绘图	26	4.8.3 使用例外处理机制	70
2.4.3 复数的操作函数	27	4.8.4 使用全局变量	72
2.5 符号运算	28	4.8.5 通过 varargin 传递参数	74
2.5.1 符号运算概述	28	4.9 小结	75
2.5.2 常用的符号运算	30	第 2 篇 优化计算基础篇	
2.6 小结	32	第 5 章 MATLAB 优化工具箱	78
第 3 章 MATLAB 绘图基础	33	5.1 工具箱概述	78
3.1 MATLAB 绘图的基本步骤	33	5.1.1 工具箱的功能	78

5.1.2	工具箱的特色.....	78	7.2.4	修正牛顿法.....	150
5.1.3	工具箱的结构.....	79	7.2.5	拟牛顿法.....	152
5.2	工具箱函数.....	79	7.2.6	信赖域法.....	158
5.3	GUI 优化工具.....	82	7.2.7	显式最速下降法.....	160
5.3.1	GUI 优化工具的启动.....	82	7.3	MATLAB 工具箱应用实例.....	162
5.3.2	GUI 优化工具的界面.....	83	7.3.1	应用 fminsearch 函数.....	162
5.3.3	GUI 优化工具使用步骤.....	84	7.3.2	应用 fminunc 函数.....	168
5.3.4	GUI 优化工具应用实例.....	85	7.3.3	应用 fminimax 函数.....	170
5.4	小结.....	92	7.4	小结.....	174
第 6 章	无约束一维极值问题.....	93	第 8 章	约束优化问题.....	175
6.1	进退法.....	93	8.1	Rosen 梯度投影法.....	175
6.2	黄金分割法.....	96	8.2	罚函数法.....	179
6.3	斐波那契法.....	98	8.2.1	外点罚函数法.....	179
6.4	牛顿法.....	102	8.2.2	内点罚函数法.....	186
6.4.1	基本牛顿法.....	102	8.2.3	混合罚函数法.....	188
6.4.2	全局牛顿法.....	104	8.2.4	乘子法.....	193
6.5	割线法.....	107	8.3	坐标轮换法.....	196
6.6	抛物线法.....	109	8.4	复合形法.....	200
6.7	三次插值法.....	112	8.5	MATLAB 工具箱应用实例.....	204
6.8	可接受搜索法.....	114	8.6	小结.....	205
6.8.1	Goldstein 法.....	114	第 9 章	非线性最小二乘优化问题.....	207
6.8.2	Wolfe-Powell 法.....	117	9.1	G-N 法.....	207
6.9	MATLAB 工具箱应用实例.....	119	9.2	修正 G-N 法.....	210
6.9.1	应用 fminbnd 函数.....	119	9.3	L-M 法.....	212
6.9.2	应用 fminsearch 函数.....	125	9.4	MATLAB 工具箱应用实例.....	216
6.9.3	应用改进的 fminbnd 函数.....	125	9.5	小结.....	217
6.9.4	应用 maple 函数.....	127	第 10 章	线性规划.....	218
6.10	小结.....	129	10.1	单纯形法.....	218
第 7 章	无约束多维极值问题.....	130	10.2	修正单纯形法.....	225
7.1	直接法.....	130	10.3	大 M 法.....	229
7.1.1	模式搜索法.....	130	10.4	变量有界单纯形法.....	231
7.1.2	Rosenbrock 法.....	134	10.5	MATLAB 工具箱应用实例.....	233
7.1.3	单纯形搜索法.....	137	10.6	小结.....	236
7.1.4	Powell 法.....	141	第 11 章	整数规划.....	237
7.2	使用导数计算的间接法.....	144	11.1	割平面法.....	237
7.2.1	最速下降法.....	145	11.2	分支定界法.....	243
7.2.2	共轭梯度法.....	146			
7.2.3	牛顿法.....	149			

11.3	0-1 规划	249
11.4	MATLAB 工具箱应用实例	252
11.5	小结	253
第 12 章	二次规划	254
12.1	拉格朗日法	254
12.2	起作用集算法	256
12.3	路径跟踪法	260
12.4	MATLAB 工具箱应用实例	263
12.5	小结	267

第 3 篇 优化计算高级篇

第 13 章	粒子群优化算法	270
13.1	粒子群算法概述	270
13.2	基本粒子群算法	271
13.3	带压缩因子的粒子群算法	275
13.4	权重改进的粒子群算法	279
13.4.1	线性递减权重法	279
13.4.2	自适应权重法	283
13.4.3	随机权重法	286
13.5	变学习因子的粒子群算法	288
13.5.1	同步变化的学习因子	288
13.5.2	异步变化的学习因子	291
13.6	二阶粒子群算法	294
13.7	二阶振荡粒子群算法	296
13.8	混沌粒子群算法	299
13.9	混合粒子群算法	303
13.9.1	基于自然选择的算法	303
13.9.2	基于杂交的算法	306
13.9.3	基于模拟退火的算法	309
13.10	小结	312
第 14 章	遗传算法	313
14.1	遗传算法概述	313
14.2	基本遗传算法	314
14.3	顺序选择遗传算法	318
14.4	适值函数标定的遗传算法	322
14.5	大变异遗传算法	326

14.6	自适应遗传算法	330
14.7	双切点交叉遗传算法	333
14.8	多变异位自适应遗传算法	337
14.9	MATLAB 工具箱应用实例	341
14.10	小结	344

第 4 篇 综合实战篇

第 15 章	工程最优化实战	346
15.1	线性规划实战	346
15.1.1	生产任务分配问题	346
15.1.2	运输问题	349
15.1.3	生产运输问题	353
15.1.4	资源利用问题	359
15.2	整数规划实战	360
15.2.1	下料问题	360
15.2.2	配套问题	362
15.2.3	有限选址问题	364
15.2.4	生产组织与计划问题	365
15.3	无约束优化实战	366
15.3.1	选址问题	366
15.3.2	销售利润问题	368
15.3.3	库存问题	369
15.4	约束优化实战	371
15.4.1	最大体积问题	371
15.4.2	资源分配问题	372
15.4.3	和三角形有关的极值问题	373
15.4.4	点到曲线的距离	374
15.4.5	曲线到曲线的距离	378
15.5	小结	380
第 16 章	经济金融最优化实战	381
16.1	最大利润问题	381
16.1.1	不考虑销售影响	381
16.1.2	考虑销售影响	382
16.2	最优消费问题	384
16.3	最优投资分配问题	385
16.4	最优资金使用问题	387
16.5	最优产量问题	388

16.5.1	古诺竞争模型	388	16.6.4	自融资均值-方差投资组合	394
16.5.2	斯塔克尔伯格竞争模型	389	16.7	小结	395
16.6	最优投资组合问题	390	附录 A	MATLAB 优化工具箱函数注释 ..	396
16.6.1	标准均值-方差组合	391	附录 B	本书所编写的优化算法程序索引 ...	398
16.6.2	有上界的均值-方差组合	392	参考文献	401
16.6.3	有交易成本的均值-方差组合	393			

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 绘图基础

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 2014a。

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、数理统计、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 桌面和命令窗口、历史命令窗口、编辑器和调试器、路径搜索，以及用于用户浏览帮助、工作空间、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. 出色的图形处理功能

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, 它不仅在一些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空间, 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、命令窗口、M 文件编辑调试器、代码分析器 (Code Analyzer), 以及查看帮助、工作空间、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。