

- 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

龚纯 王正林 编著

- ↓ 优化的工具箱和自编函数实现双管齐下
- ↓ 算法原理→流程→编程→举例一杆到底
- ↓ 60余个程序，100余个实例——精编精讲



MATLAB
精品丛书

精通 MATLAB 最优化计算

龚纯 王正林 编著

電子工業出版社·

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, 即一方面是使用工具箱来快速解决最优化问题, 另一方面是通过算法编程深入解决最优化问题。

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, 通过实例的求解, 生动地教会读者掌握 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。

本书可作为信息、数学、经济、金融、管理、运筹、统计、计算机以及有关理工科专业的本科生、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. —北京: 电子工业出版社, 2009.4

(MATLAB 精品丛书)

ISBN 978-7-121-08251-1

I. 精… II. ① 龚… ② 王… III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 016393 号

责任编辑: 王鹤扬

印 刷: 北京智力达印刷有限公司

装 订: 三河市皇庄路通装订厂

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: 26.25 字数: 561 千字

印 次: 2009 年 4 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 52.00 元 (含光盘 1 张)

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 zlts@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

前言

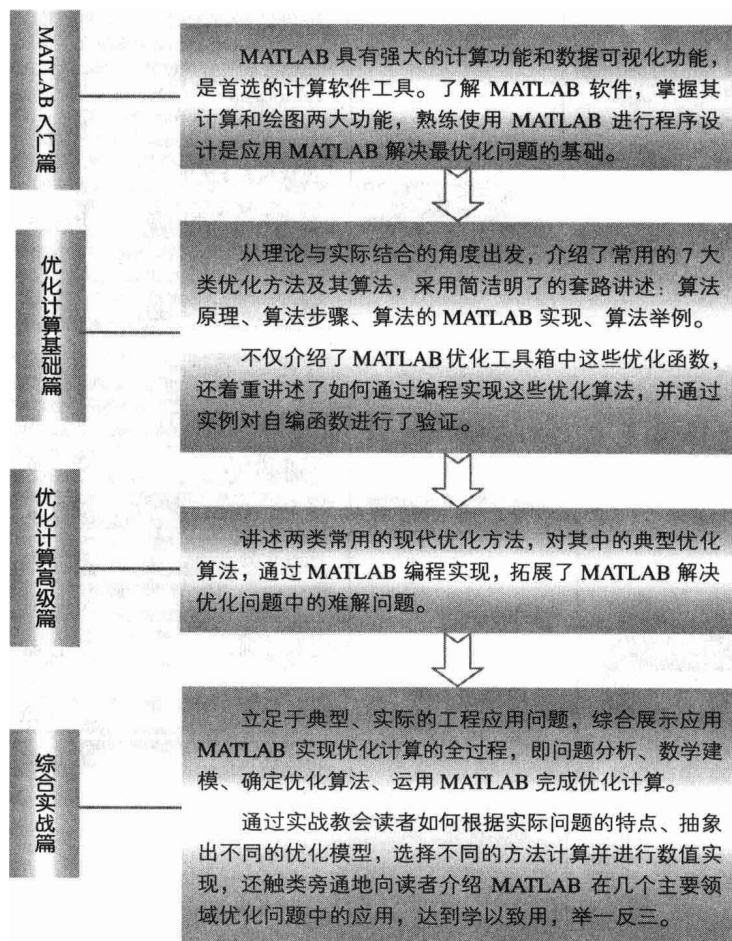
最优化理论和方法日益受到重视，已经渗透到生产、管理、商业、军事、决策等各个领域，而最优化模型与方法广泛应用于工业、农业、交通运输、商业、国防、建筑、通信、政府机关等各个部门及各个领域。

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

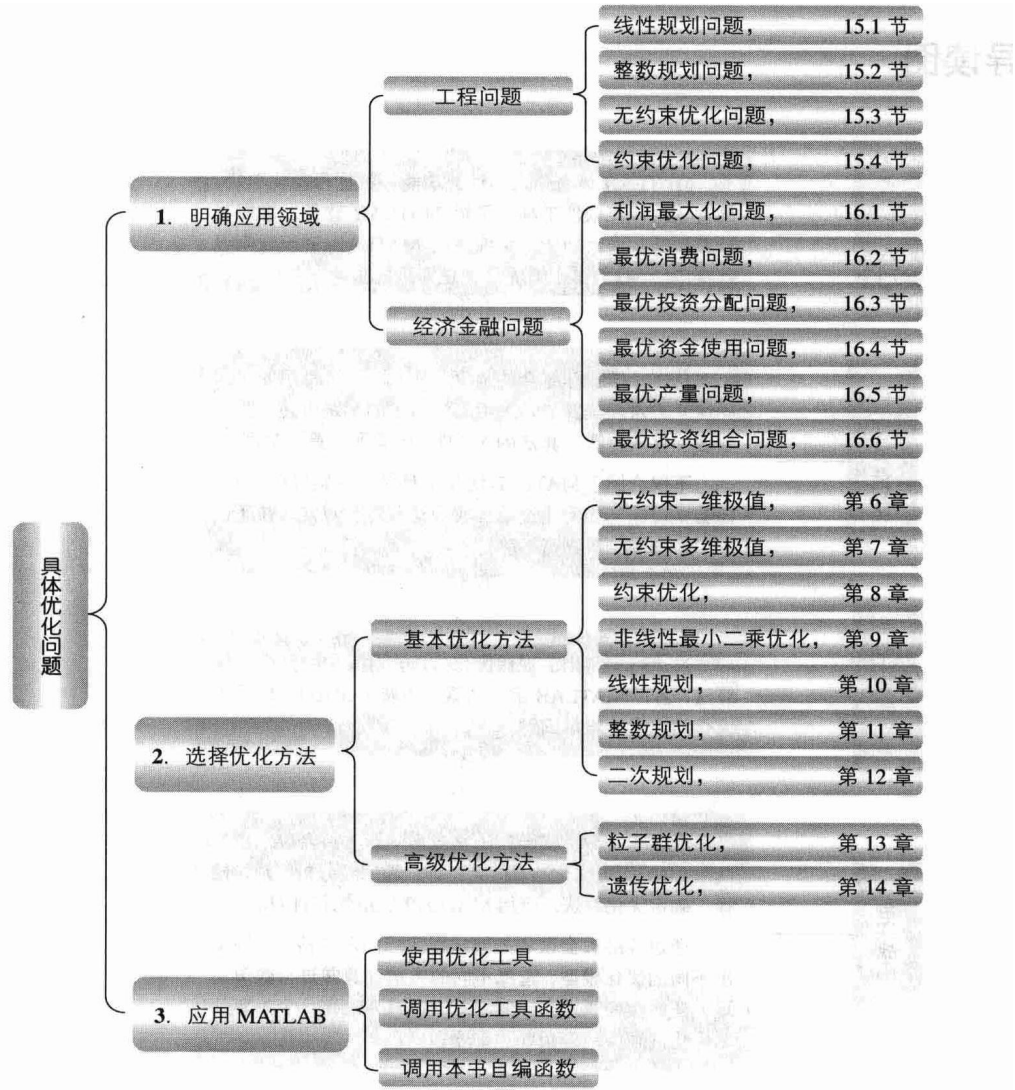


使用指南

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。

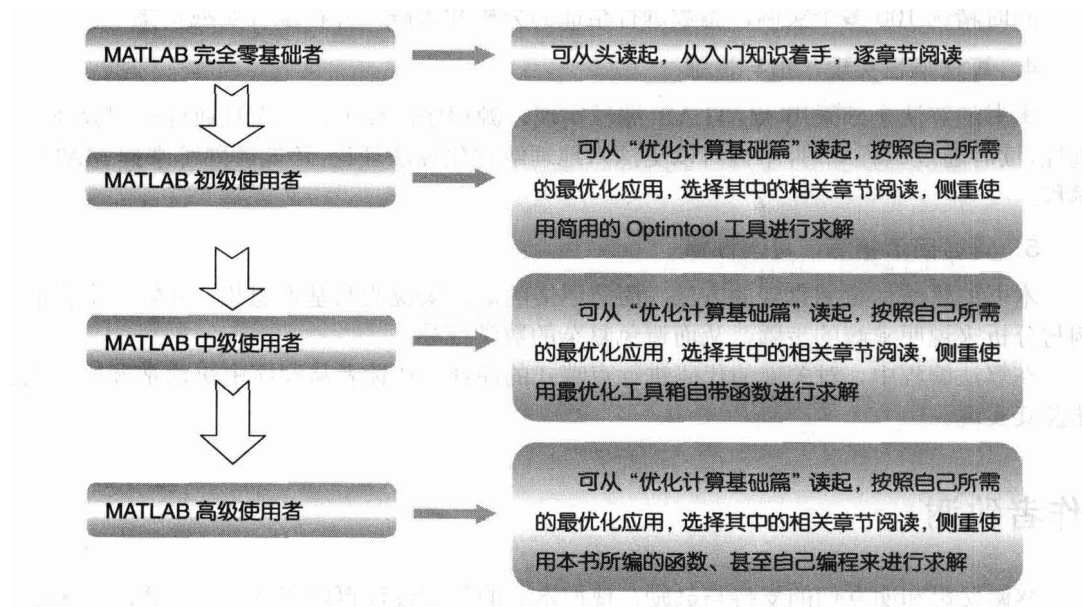
- 明确应用领域
- 选择优化方法
- 应用 MATLAB

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，循序渐进讲述最优化计算，最后在综合实战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，提高了学习效率。

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，并在综合实战篇集中讲述。

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
1.1 MATLAB 的产生与发展	2
1.2 MATLAB 的优势与特点	2
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 主菜单及功能	7
1.4.3 MATLAB 命令窗口	9
1.4.4 MATLAB 工作空间	11
1.4.5 M 文件编辑/调试器	14
1.4.6 图形窗口	15
1.4.7 MATLAB 文件管理	16
1.4.8 MATLAB 帮助使用	17
1.5 MATLAB 的工具箱	17
1.6 小结	18
第 2 章 MATLAB 计算基础	19
2.1 MATLAB 数值类型	19
2.2 关系运算和逻辑运算	21
2.3 矩阵及其运算	22
2.3.1 矩阵的创建	22
2.3.2 矩阵的运算	23
2.4 复数及其运算	25
2.4.1 复数的表示	25
2.4.2 复数的绘图	27
2.4.3 复数的操作函数	28
2.5 符号运算	28
2.5.1 符号运算概述	28
2.5.2 常用的符号运算	30
2.6 小结	32
第 3 章 MATLAB 绘图基础	33
3.1 MATLAB 绘图的基本步骤	33
3.2 在工作空间直接绘图	34

3.3 利用绘图函数绘图	35
3.3.1 二维图形	35
3.3.2 三维图形	36
3.4 图形的修饰	40
3.5 小结	42
第 4 章 MATLAB 程序设计基础	43
4.1 MATLAB 编程概述	43
4.2 MATLAB 程序设计原则	44
4.3 M 文件	45
4.4 MATLAB 程序流程控制	47
4.5 MATLAB 中的函数及调用	50
4.5.1 函数类型	50
4.5.2 函数参数传递	53
4.6 函数句柄	57
4.7 MATLAB 程序调试	59
4.7.1 常见程序错误	59
4.7.2 调试方法	62
4.7.3 调试工具	62
4.7.4 M 文件分析工具	65
4.8 MATLAB 程序设计技巧	69
4.8.1 嵌套计算	69
4.8.2 循环计算	70
4.8.3 使用例外处理机制	71
4.8.4 使用全局变量	72
4.8.5 通过 varargin 传递参数	74
4.9 小结	75

第 2 篇 优化计算基础篇

第 5 章 MATLAB 优化工具箱	78
5.1 工具箱概述	78
5.1.1 工具箱的功能	78
5.1.2 工具箱的新特色	78
5.1.3 工具箱的结构	79
5.2 工具箱函数	79

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	
5.3.2	GUI 优化工具的界面	83		应用实例	162
5.3.3	GUI 优化工具使用步骤	84	7.3.1	应用 fminsearch 函数	162
5.3.4	GUI 优化工具应用实例	85	7.3.2	应用 fminunc 函数	169
5.4	小结	92	7.3.3	应用 fminimax 函数	171
第 6 章	无约束一维极值问题	93	7.4	小结	174
6.1	进退法	93	第 8 章	约束优化问题	175
6.2	黄金分割法	96	8.1	Rosen 梯度投影法	175
6.3	斐波那契法	99	8.2	罚函数法	179
6.4	牛顿法	102	8.2.1	外点罚函数法	179
6.4.1	基本牛顿法	102	8.2.2	内点罚函数法	186
6.4.2	全局牛顿法	104	8.2.3	混合罚函数法	189
6.5	割线法	107	8.2.4	乘子法	194
6.6	抛物线法	109	8.3	坐标轮换法	196
6.7	三次插值法	112	8.4	复合形法	200
6.8	可接受搜索法	114	8.5	MATLAB 工具箱	
6.8.1	Goldstein 法	114		应用实例	204
6.8.2	Wolfe-Powell 法	117	8.6	小结	206
6.9	MATLAB 工具箱		第 9 章	非线性最小二乘优化问题	207
	应用实例	120	9.1	G-N 法	207
6.9.1	应用 fminbnd 函数	120	9.2	修正 G-N 法	210
6.9.2	应用 fminsearch 函数	124	9.3	L-M 法	212
6.9.3	应用改进的 fminbnd 函数	125	9.4	MATLAB 工具箱	
6.9.4	应用 maple 函数	127		应用实例	215
6.10	小结	129	9.5	小结	217
第 7 章	无约束多维极值问题	130	第 10 章	线性规划	218
7.1	直接法	130	10.1	单纯形法	218
7.1.1	模式搜索法	130	10.2	修正单纯形法	225
7.1.2	Rosenbrock 法	134	10.3	大 M 法	229
7.1.3	单纯形搜索法	137	10.4	变量有界单纯形法	231
7.1.4	Powell 法	141	10.5	MATLAB 工具箱	
7.2	使用导数计算的间接法	144		应用实例	233
7.2.1	最速下降法	145	10.6	小结	236
7.2.2	共轭梯度法	146	第 11 章	整数规划	237
7.2.3	牛顿法	149	11.1	割平面法	237
7.2.4	修正牛顿法	150			
7.2.5	拟牛顿法	152			
7.2.6	信赖域法	158			

11.2	分支定界法	243
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

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

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

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	321
14.5	大变异遗传算法	325
14.6	自适应遗传算法	329
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	343

第 4 篇 综合实战篇

第 15 章 工程最优化问题实例

15.1	线性规划实例	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	整数规划实例	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	无约束优化实例	367
15.3.1	选址问题	367
15.3.2	销售利润问题	368
15.3.3	库存问题	369
15.4	约束优化实例	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	375
15.4.5	曲线到曲线的距离	379
15.5	小结	380

第 16 章 经济金融最优化问题实例

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	16.6.4	自融资均值-方差组合	395
16.5.1	古诺竞争模型	388	16.7	小结	396
16.5.2	斯塔克尔伯格竞争模型	389	附录 A	MATLAB 优化工具箱	
16.6	最优投资组合问题	391		函数注释	397
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	
16.6.2	有上界均值-方差组合	392		程序索引	399
16.6.3	有交易成本均值-方差组合	393	参考文献		402

实 例 目 录

第 2 章 MATLAB 计算基础

例 2-1	元胞数组创建与显示实例。·····	20
例 2-2	矩阵创建实例。·····	22
例 2-3	特殊矩阵生成函数使用实例。·····	23
例 2-4	矩阵基本运算实例。·····	24
例 2-5	矩阵函数运算实例。·····	24
例 2-6	矩阵分解运算函数使用实例。·····	25
例 2-7	复数构造实例。·····	26
例 2-8	复数矩阵构造实例。·····	26
例 2-9	复数函数绘图实例。·····	27
例 2-10	符号表达式创建实例。·····	29
例 2-11	极限和极值的符号运算实例。·····	31
例 2-12	微积分的符号运算实例。·····	31
例 2-13	常微分方程符号运算实例。·····	32

第 3 章 MATLAB 绘图基础

例 3-1	工作空间直接做图法使用实例。·····	34
例 3-2	二维图形绘制实例。·····	35
例 3-3	三维曲线绘制函数使用实例。·····	38
例 3-4	三维网格曲面图绘制应用实例。·····	38
例 3-5	阴影曲面绘制函数 surf 使用实例。·····	39
例 3-6	绘图命令使用实例。·····	41

第 4 章 MATLAB 程序设计基础

例 4-1	M 文件创建实例。·····	46
例 4-2	return 语句使用实例。·····	49
例 4-3	匿名函数创建实例。·····	51
例 4-4	显示函数输入和输出参数的数目实例。·····	54
例 4-5	可变数目的参数传递实例。·····	55
例 4-6	函数内部的输入参数修改实例。·····	56

例 4-7	函数参数传递实例。	56
例 4-8	全局变量使用实例。	57
例 4-9	函数句柄创建和调用实例。	58
例 4-10	处理函数句柄的函数使用实例。	59
例 4-11	嵌套计算与直接求值的比较实例。	69
例 4-12	嵌套计算与非嵌套计算的比较实例。	70
例 4-13	例外处理机制使用实例。	71
例 4-14	nargin 函数应用实例。	72
例 4-15	全局变量使用实例。	73
例 4-16	通过 varargin 传递参数的实例。	74

第 5 章 MATLAB 优化工具箱

例 5-1	fminunc 求解器应用实例。	85
例 5-2	fminsearch 求解器应用实例。	86
例 5-3	fmincon 求解器应用实例。	88
例 5-4	lsqnonlin 求解器应用实例。	89
例 5-5	linprog 求解器应用实例。	90
例 5-6	ga 求解器应用实例。	91

第 6 章 无约束一维极值问题

例 6-1	进退法求解极值区间实例。	95
例 6-2	黄金分割法求解极值实例。	98
例 6-3	斐波那契法求解极值实例。	101
例 6-4	基本牛顿法求解极值实例。	104
例 6-5	全局牛顿法求解极值实例。	106
例 6-6	割线法求解极值实例。	109
例 6-7	抛物线法求解极值实例。	111
例 6-8	三次插值法求解极值实例。	114
例 6-9	Goldstein 法求解极值实例。	117
例 6-10	Wolfe-Powell 法求解极值实例。	119
例 6-11	fminbnd 函数求解极值实例 1。	121
例 6-12	fminbnd 函数求解极值实例 2。	122
例 6-13	fminbnd 函数求解极值实例 3。	123
例 6-14	fminbnd 函数求解极值实例 4。	123
例 6-15	fminbnd 函数求解极值实例 5。	124

例 6-16	<code>fminsearch</code> 函数求解极值实例。·····	125
例 6-17	改进的 <code>fminbnd</code> 函数求解极值实例 1。·····	126
例 6-18	改进的 <code>fminbnd</code> 函数求解极值实例 2。·····	126
例 6-19	改进的 <code>fminbnd</code> 函数求解极值实例 3。·····	126
例 6-20	改进的 <code>fminbnd</code> 函数求解极值实例 4。·····	127
例 6-21	<code>maple</code> 函数求极小值实例 1。·····	128
例 6-22	<code>maple</code> 函数求极小值实例 2。·····	128
例 6-23	<code>maple</code> 函数求极小值实例 3。·····	129

第 7 章 无约束多维极值问题

例 7-1	模式搜索法求解无约束多维极值问题实例。·····	133
例 7-2	Rosenbrock 法求解无约束多维极值问题实例。·····	136
例 7-3	单纯形搜索法求解无约束多维极值问题实例。·····	140
例 7-4	Powell 法求解无约束多维极值问题实例。·····	144
例 7-5	最速下降法求解无约束多维极值问题实例。·····	146
例 7-6	共轭梯度法求解无约束多维极值问题实例。·····	148
例 7-7	牛顿法求解无约束多维极值问题实例。·····	150
例 7-8	修正牛顿法求解无约束多维极值问题实例。·····	152
例 7-9	DFP 法求解无约束多维极值问题实例。·····	155
例 7-10	BFGS 法求解无约束多维极值问题实例。·····	157
例 7-11	信赖域法求解无约束多维极值问题实例。·····	160
例 7-12	显式最速下降法求正定二次函数极值的应用实例。·····	162
例 7-13	<code>fminsearch</code> 函数求解无约束多维极值问题实例 1。·····	163
例 7-14	<code>fminsearch</code> 函数求解无约束多维极值问题实例 2。·····	164
例 7-15	<code>fminsearch</code> 函数求解无约束多维极值问题实例 3。·····	168
例 7-16	<code>fminunc</code> 函数求解无约束多维极值问题实例。·····	169
例 7-17	<code>fminimax</code> 函数求解无约束多维极值问题实例。·····	174

第 8 章 约束优化问题

例 8-1	Rosen 梯度投影法求解约束优化问题实例。·····	178
例 8-2	外点罚函数法应用实例。·····	181
例 8-3	通用罚函数法应用实例。·····	183
例 8-4	外点混合罚函数法应用实例。·····	186
例 8-5	内点罚函数法求解约束优化问题实例。·····	188
例 8-6	混合罚函数法求解约束优化问题实例。·····	191
例 8-7	加速混合罚函数法求解约束优化问题实例。·····	193
例 8-8	乘子法求解约束优化问题实例。·····	195

例 8-9	坐标轮换法求解约束优化问题实例。·····	199
例 8-10	复合形法求解约束优化问题实例。·····	203
例 8-11	fmincon 函数求解约束优化问题实例。·····	205

第 9 章 非线性最小二乘优化问题

例 9-1	G-N 法求解非线性最小二乘优化问题实例。·····	209
例 9-2	修正 G-N 法求解非线性最小二乘优化问题实例。·····	211
例 9-3	L-M 法求解非线性最小二乘优化问题实例。·····	214
例 9-4	lsqnonlin 求解非线性最小二乘优化问题实例。·····	216

第 10 章 线性规划

例 10-1	单纯形法求解线性规划实例 1。·····	221
例 10-2	单纯形法求解线性规划实例 2。·····	222
例 10-3	修正单纯形法求解线性规划实例。·····	228
例 10-4	大 M 法求解线性规划实例。·····	230
例 10-5	变量有界单纯形法求解线性规划实例。·····	231
例 10-6	linprog 函数求解线性规划实例 1。·····	234
例 10-7	linprog 函数求解线性规划实例 2。·····	234
例 10-8	linprog 函数求解线性规划实例 3。·····	235
例 10-9	linprog 函数求解线性规划实例 4。·····	235

第 11 章 整数规划

例 11-1	割平面法求解整数规划实例。·····	243
例 11-2	分支定界法求解整数规划实例 1。·····	248
例 11-3	分支定界法求解整数规划实例 2。·····	249
例 11-4	0-1 规划应用实例。·····	251
例 11-5	bintprog 函数求解 0-1 规划实例。·····	252

第 12 章 二次规划

例 12-1	拉格朗日法求解二次规划实例。·····	255
例 12-2	起作用集法求解二次规划实例。·····	259
例 12-3	路径跟踪法求解二次规划实例。·····	263
例 12-4	quadprog 函数求解二次规划实例 1。·····	265
例 12-5	quadprog 函数求解二次规划实例 2。·····	265

第 13 章 粒子群优化算法

例 13-1	基本粒子群算法应用实例。·····	273
例 13-2	带压缩因子的粒子群算法应用实例。·····	278
例 13-3	线性递减权重的粒子群算法应用实例。·····	281
例 13-4	自适应权重的粒子群算法应用实例。·····	285
例 13-5	随机权重的粒子群算法应用实例。·····	288
例 13-6	同步变化的学习因子粒子群算法应用实例。·····	290
例 13-7	同步变化的学习因子粒子群算法应用实例。·····	293
例 13-8	二阶粒子群算法应用实例。·····	296
例 13-9	二阶振荡粒子群算法应用实例。·····	299
例 13-10	混沌粒子群算法应用实例。·····	302
例 13-11	基于自然选择的粒子群算法应用实例。·····	305
例 13-12	基于杂交的粒子群算法应用实例。·····	309
例 13-13	基于模拟退火的粒子群算法应用实例。·····	312

第 14 章 遗传算法

例 14-1	基本遗传算法应用实例。·····	317
例 14-2	顺序选择遗传算法应用实例。·····	321
例 14-3	适值函数标定的遗传算法应用实例。·····	324
例 14-4	大变异遗传算法应用实例。·····	329
例 14-5	自适应遗传算法应用实例。·····	333
例 14-6	双切点交叉遗传算法应用实例。·····	336
例 14-7	多变异位自适应遗传算法应用实例。·····	340
例 14-8	优化工具的 ga 求解器应用实例 1。·····	341
例 14-9	优化工具的 ga 求解器应用实例 2。·····	342

第 15 章 工程最优化问题实例

例 15-1	生产任务分配问题应用实例 1。·····	346
例 15-2	生产任务分配问题应用实例 2。·····	347
例 15-3	运输问题应用实例。·····	350
例 15-4	生产运输问题应用实例 1。·····	354
例 15-5	生产运输问题应用实例 2。·····	357
例 15-6	资源利用问题应用实例。·····	359
例 15-7	下料问题应用实例。·····	361
例 15-8	配套问题应用实例。·····	362

例 15-9	有限选址问题应用实例。·····	364
例 15-10	生产组织与计划问题应用实例。·····	365
例 15-11	选址问题应用实例。·····	367
例 15-12	销售利润最大化问题应用实例。·····	368
例 15-13	库存问题应用实例 1。·····	370
例 15-14	库存问题应用实例 2。·····	370
例 15-15	库存问题应用实例 3。·····	371
例 15-16	最大体积问题应用实例。·····	372
例 15-17	资源分配问题应用实例。·····	372
例 15-18	和三角形有关的极值问题应用实例 1。·····	373
例 15-19	和三角形有关的极值问题应用实例 2。·····	374
例 15-20	点到曲线距离问题应用实例 1。·····	375
例 15-21	点到曲线距离问题应用实例 2。·····	376
例 15-22	点到曲线距离问题应用实例 3。·····	377
例 15-23	曲线到曲线距离问题应用实例。·····	379

第 16 章 经济金融最优化问题实例

例 16-1	未考虑销售影响的利润最大化问题实例。·····	382
例 16-2	考虑销售影响的利润最大化问题实例。·····	383
例 16-3	最优消费问题应用实例。·····	384
例 16-4	最优投资分配问题应用实例。·····	385
例 16-5	资金最优使用问题实例。·····	387
例 16-6	古诺竞争模型应用实例。·····	389
例 16-7	斯塔克尔伯格模型应用实例。·····	390
例 16-8	标准均值-方差投资组合应用实例。·····	392
例 16-9	有上界的均值-方差投资组合应用实例。·····	393
例 16-10	有交易成本的均值-方差投资组合应用实例。·····	394
例 16-11	自融资均值-方差投资组合应用实例。·····	395