

文章编号: 1005—0523(2002)04—0065—03

传统机械优化设计方法和遗传算法的比较

周继惠, 曹青松, 宋京伟, 钟建伟

(华东交通大学 机电工程学院, 江西 南昌 330013)

摘要:以箱形盖板优化设计为例, 分别得出了应用传统机械设计优化方法和遗传算法机械优化设计方法的结果, 并进行了比较, 体现了遗传算法的特点. 结果表明: 遗传算法是一种非常有效的机械优化设计方法.

关键词:箱形盖板; 优化设计; 遗传算法

中图分类号: TH12

文献标识码: A

0 引言

在经济飞速发展的今天, 各行各业都在追求“少投入, 多产出”. 设计者也都在机械设计中追求其产品的功能、强度、和经济等方面的最优化. 自然而然, 机械设计的最优化在这一行业中渐渐升温, 发展越来越快. 各种各样的新型优化设计方法也相继出现, 如遗传算法, 它是生命科学与工程科学的相互交叉、相互渗透、相互补充的一种优化方法. 它的思想根源是来自于自然界的生物从低级到高级、从简单到复杂的物竞天择、优胜劣汰、适者生存的自然法则, 其本质是一种求解问题的高效并行全局搜索方法. 遗传算法的两大特点是群体搜索策略和群体中个体之间的信息互相交换. 它从任何一个初始化的群体出发, 通过随机选择(使群体中优秀的个体有更多的机会传给下一代)、交叉(个体之间的信息交换)、和变异(在群体中引入新的变种确保群体中信息的多样性)等遗传操作, 使群体一代一代地进化到搜索空间中越来越好的区域, 直至抵达全局最优. 总的说来, 遗传算法是一种非常有效的机械优化设计方法, 本文以箱形盖板为例对传统机械优化设计方法与遗传算法的机械优化设计方法进行了比较, 体现了遗传算法的优越性.

1 传统机械设计方法对箱形盖板优化设计

在一般的机械优化设计中, 有如下几个步骤:

1) 建立优化设计的数学模型.

2) 选择适当的优化方法, 编写计算机程序(一般化仅需编写数学模型子程序和编写或改写主程序逻辑段);

3) 准备必要的数据并上机计算;

4) 对计算机求得的结果作必要的分析和处理.

总之, 在机械优化过程中, 要遵循优化设计的总要求, 并在此基础上对具体问题建立不同的数学模型, 采用合适的优化方法, 即而达到最佳效果. 下是遗传算法在箱形盖板优化设计中的应用实例: 如图1所示, 设有一箱形盖板, 已知长度 $L_0 = 600$ cm, 宽度 $b = 60$ cm, 厚度 $t_s = 0.5$ cm. 翼板厚度为 t_f (cm), 它承受最大的单位载荷 $q = 0.01$ mPa. 要求在满足强度、刚度和稳定性等条件下, 设计一个最轻的结构方案.

箱形盖板的优化设计, 是要在满足它的强度、刚度、和稳定性等条件下, 使最终的重量(结构)达到最轻. 因为箱形盖板材料的密度是一样的, 要求设计最轻重量的盖板, 可以转换成设计箱形盖板的最小体积, 这是一样的. 在上面的叙述中, 已经给出

收稿日期: 2002—04—05

作者简介: 周继惠(1978—), 女, 江西乐安人, 华东交通大学在读研究生.

了设计的数学模型, 里面包括:

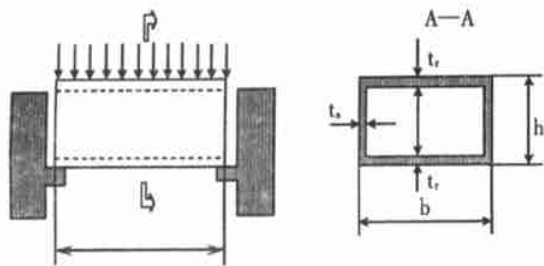


图 1 箱形盖板

1) 设计变量(翼板厚度, 盖板厚度);

$$\mathbf{X} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} t_f \\ h \end{bmatrix}$$

2) 目标函数: $F(\mathbf{X}) = 120x_1 + x_2$

3) 约束条件;

$$g_1(\mathbf{X}) = x_1 > 0;$$

$$g_2(\mathbf{X}) = x_2 > 0;$$

$$g_3(\mathbf{X}) = \frac{[\tau]}{\tau_{\max}} - 1 = 0.25x_2 - 1 \geq 0$$

$$g_4(\mathbf{X}) = \frac{[\sigma]}{\sigma_{\max}} - 1 = \frac{7}{45}x_1x_2 - 1 \geq 0$$

$$g_5(\mathbf{X}) = \frac{[\sigma_k]}{\sigma_{\max}} - 1 = \frac{7}{45}x_1^3x_2 - 1 \geq 0$$

$$g_6(\mathbf{X}) = \frac{[f]}{f} - 1 = \frac{1}{320}x_1x_2^2 - 1 \geq 0$$

用内点惩罚函数法来求解这个问题. 其惩罚函数如下式所示:

$$\Phi(\mathbf{X}, r_k) = F(\mathbf{X}) + r_k \sum_{u=1}^6 \frac{1}{g_u(\mathbf{X})}$$

初始点取 $\mathbf{X}^0 = [1, 30]^T$, 是一个可行点.

取惩罚因子初始值 $r_0 = 0$, 降低系数 $c = 0.7$;

收敛精度 $\epsilon = 10^{-6}$, 共循环 $k = 82$ 次;

r 值由 3 降至 0.5959×10^{-12} , 迭代 129 次.

其最优解为:

$$\mathbf{X}^\# = \begin{bmatrix} x_1^\# \\ x_2^\# \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.6366 \\ 24.9685 \end{bmatrix}$$

$$f(\mathbf{X}^\#) = 101.3605$$

$$\Phi(\mathbf{X}^\#, r) = 101.3706$$

这例子表明, 内点惩罚函数的优化计算比较精确. 但从工程实际意义上来说, 一般不需要这么高的精度, 若按设计方案的修改量来控制计算精度, 即:

$$|x_k^i - x_{k-1}^i| \leq \epsilon_3 \rightarrow (i=1, 2, \dots, n)$$

取 $\epsilon_3 = 0.01$, 则其循环次数可以减少到 $k = 25$,

迭代 78 次, 其解为:

$$x_1 = 0.63375, x_2 = 25.3762, F(\mathbf{X}) = 101.5502$$

计算时间少用一半, 而所取得的解仍能满足工程实际要求. 可见, 根据实际要求确定收敛精度是一项很有意义的工作.

表 1 用内点惩罚函数法求解盖板问题

r_k	X_1	X_2	$\Phi(\mathbf{X}^\#, r_k)$
3	1.000 0	30.000 0	157.568 9
2.1	0.651 9	33.354 5	127.169 7
1.47	0.646 0	32.199 7	122.188 6
1.029	0.639 1	30.289 4	115.005 0
0.7203	0.637 3	29.510 6	112.436 0
0.5042	0.636 1	28.832 7	110.367 0
0.1729	0.634 8	27.307 7	106.251 2
0.0415	0.634 9	26.152 0	103.566 4
0.448×10^{-2}	0.634 5	25.509 1	102.036 4
0.231×10^{-4}	0.636 6	24.968 5	101.380 3
0.45×10^{-6}	0.636 6	24.968 5	101.370 6
0.123×10^{-9}	0.636 6	24.968 5	101.370 6
0.17×10^{-11}	0.636 6	24.968 5	101.370 6
.....			
0.5959×10^{-12}	0.636 6	24.968 5	101.370 6

采用内点惩罚函数时, 惩罚因子初始值 r_0 的大小和下降系数 c 的大小, 对问题的最优解影响很小, 但对计算过程和收敛速度是有影响的. 当 r_0 值增大时, 其循环次数和迭代次数增加了. 因此, 也就占用了较多的机时. 选择一个适当较小的 c 值是有益处的.

2 遗传算法在箱形盖板优化设计中的应用

箱形盖板优化设计是一般的机械优化设计例子, 我们要通过适当的模式转换, 使之可以适用于遗传算法. 遗传算法是一种较特殊的优化方法: 它不象一般的优化方法需要对目标函数有较具体的要求, 只需要一个可以比较大小的非负的适应度函数即可; 而且对较复杂的搜索问题能产生更好的效果.

遗传算法设计过程里面包括几大步骤: 控制参数输入; 初始群体生成(参数编码); 参数译码; 适应度函数的确定和计算; 遗传操作(选择、交叉、突然变异); 最佳个体保留和最终优化结果输出. 其程序流程图如图 2 所示.

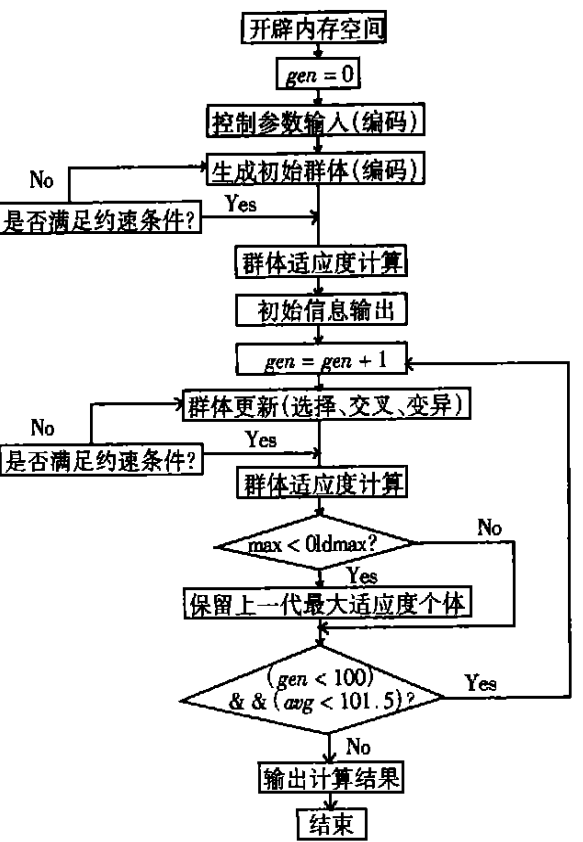


图 2 程序流程图
得出结果如下

GEN	DETAILS
0	AVG=123.851 1, MAX=148.985 2, MN=101.641 7, x1=0.633 3, x2=25.615 4 ncro_1= 0, rmut_1= 0, ncro_2= 0, rmut_1= 0
100	AVG=101.634 4, MAX=102.135 3, MN=101.307 7, x1=0.633 3, x2=25.314 7 ncro_1=4 354, rmut_1= 496, ncro_2=4 464, rmut_1=575
200	AVG=101.832 5, MAX=101.957 7, MN=101.307 7, x1=0.633 3, x2=25.314 7 ncro_1=8 735, rmut_1=1 246, ncro_2=8 554, rmut_1=1 565
300	AVG=101.599 7, MAX=101.785 6, MN=101.305 8, x1=0.633 3, x2=25.314 6 ncro_1=12 711, rmut_1=2 146, ncro_2=12 440, rmut_1=2 226
400	AVG=102.214 6, MAX=102.485 0, MN=101.305 7, x1=0.633 3, x2=25.314 6 ncro_1=16 703, rmut_1=3 176, ncro_2=16 408, rmut_1=3 120
500	AVG=101.319 6, MAX=101.380 8, MN=101.305 7, x1=0.633 3, x2=25.314 6 ncro_1=20 557, rmut_1=4 039, ncro_2=20 315, rmut_1=3 921
600	AVG=101.650 2, MAX=105.181 1, MN=101.305 7, x1=0.633 3, x2=25.314 6 ncro_1=24 552, rmut_1=4 628, ncro_2=24 252, rmut_1=4 735
700	AVG=101.650 2, MAX=105.181 1, MN=101.305 7, x1=0.633 3, x2=25.314 6 ncro_1=24 552, rmut_1=4 628, ncro_2=24 252, rmut_1=4 735

3 两种优化方法的比较

从机械优化方法得出的结论与用遗传算法得出的结论相比较,可以得出遗传算法的特点:

1) 遗传算法的处理对象不是参数本身,而是对参数进行了编码的个体.此编码操作,使得遗传算法可直接对结构对象进行操作.所谓的结构对象泛指集合、序列、矩阵、树、图、链、和表等各种一维或二维甚至三维结构形式的对象.这一特点使得遗传算法具有广泛的应用.

2) 如前所述,许多传统搜索方法都是单点搜索算法,即通过一些变动规则,问题的解从搜索空间中的当前解(点)移到另一解(点).这种点对点的搜索方法,对于多峰分布的搜索空间常常会陷入局部的某个单峰的优解.相反,遗传算法是采用同时处理群体中多个个体的方法,即同时对搜索空间中的多个解进行评估.更形象地说,遗传算法是并行地爬多个峰.这一特点使遗传算法具有较好的全局搜索性能,减少陷入局部优解的风险.同时,这使遗传算法本身也十分易于并行化.

3) 在标准的遗传算法中,基本上不用搜索空间的知识或其它辅助信息,而仅用适应度函数值来评估个体,并在此基础上进行遗传操作.需要着重指出的是,遗传算法的适应度函数不仅不受连续可微的约束,而且其定义域可以任意设定.对适应度函数的唯一要求是,对于输入可计算出加以比较的非负数值.遗传算法的这一特点使它的应用范围大大扩展.

4) 遗传算法不是采用确定性规则,而是采用概率的变迁规则来指导它的搜索方向.遗传算法采用概率仅仅是作为一种工具来引导其搜索过程朝着搜索空间的更优化的解区域移动.因此虽然看起来它是一种盲目的搜索方法,但实际上有明确的搜索方向.

上述这些具有特色的技术和方法使得遗传算法使用简单、鲁棒性强、易于并行化、从而应用范围甚广.

4 结 论

遗传算法因为其不受具体的目标函数的影响;对自变量,即全局中的所有个体进行并行搜索,只需用适应度函数进行比较即可;保证了不会轻易陷入局部最优解,从而搜索到全局最优解.使遗传算法具有非常广阔的应用前景,而不仅仅体现在机械优化设计这一方面.但在这“效益优先”的社会中,效率、利益是各行各业追求的最终目标,用尽量少的投入产生最多的效益.在这一目标(下转第 79 页).

料为基础,大力发展下游产品,特别是氯化高聚物,耗氯量大,产品附加价值高,市场缺口量大,其次应该加强氢气的深加工,作为一种宝贵资源,氯碱企业利用其副产氢气开发加氢产品,在成本上占有得天独厚的优势,另外氢气作为优良的洁净能源,可以作为碱浓缩时的能源.

5) 随着我国加入 WTO,我国的氯碱工业必须融入世界大市场,发展网络经济是一个势在必行的趋势.

参考文献:

[1] 吴正德. 氯碱工业走向 21 世纪[J]. 化学世界. 1997, (5): 273~275.

[2] 蔡 杰. 氯碱工业现状及存在问题[J]. 中国化工信息. 2001, (11): 6.
[3] 刘自珍. 改革开放带给我国氯碱工业的六大变化[J]. 氯碱工业. 1999, (12): 1~4.
[4] 赵国瑞. 离子膜电解槽国产化综合评述[J]. 氯碱工业. 2002, (1): 16~18.
[5] 何忠义, 刘 红, 夏 坚, 等. 硼酸盐系氯化钾的热化学分解循环[J]. 江西科学. 2000, 18(3): 144~148.
[6] 刘自珍. 确定金属阳极隔膜法在我国跨世纪氯碱工业发展的基础地位[J]. 氯碱工业. 1998, (8): 1~4.

Development States of Chlor-alkali Industry in China

LIU Hong¹, XIONG Li-ping¹, ZHANG Jia-li¹, LIU Mian-ling²

(1. School of Nature Science; 2. Dept. of Journal Editorial, East China Jiaotong Univ., Nanchang 330013 China)

Abstract: In this paper the development states of chlor-alkali industry are introduced, the virtues and the shortcomings of ion-exchange membrane are discussed and the method of thermochemical decomposition cycle is also presented. The several farther study fields of chlor-alkali are brought forward.

Key words: chlor-alkali industry ; ion-exchange membrane ; chemical methods

(上接第 67 页)的指引下,优化领域的兴起和快速发展是必然的,而且在今后会有更大的发展,这是可以预见的.遗传算法因其具有的种种优点,将会越来越得到重视,在机械行业中的应用也会越来越多.

参考文献:

[1] 陈秀宁. 机械优化设计[M]. 杭州:浙江大学出版社. 1991.

[2] 陈国良,等. 遗传算法及其应用[M]. 北京:人民邮电出版社. 1996.
[3] 王国彪. 机械优化设计方法微机程序与应用[M]. 北京:机械工业出版社. 1994.
[4] 王安麟. 机械工程现代最优化设计方法与应用[M]. 上海:上海交通大学出版社. 2000.
[5] 赵振宇. 模糊理论和神经网络的基础与应用[M]. 北京:清华大学出版社. 1996.
[6] 高 健. 机械优化设计基础[M]. 北京:科学出版社. 2000.

Comparison between the Traditional and Genetic Algorithms Mechanical Optimum's Design Methods

ZHOU Ji-hui, CAO Qing-song, SONG Jing-wei, ZHONG Jian-wei

(School of Mechanical Eng., East China Jiaotong Univ., Nanchang 330013 China)

Abstract: The result of applying the traditional and the Genetic Algorithms, mechanic optimum design methods is obtained based on the optimum design of the box-shaped cover board. And then the two results are compared, the characteristics of Genetic Algorithms is embodied. The result shows that the Genetic Algorithms is an effective method of mechanic optimum design.

Key words: box-shaped cover board; optimum design; genetic algorithms