

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2012.02.009

基于价值工程的瓦楞纸箱配纸优化模型

魏 星, 唐少炎, 曹小龙, 陈志安, 杨军明

(湖南工业大学 包装与材料工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 运用价值工程理论, 综合考虑纸箱价值、强度功能和纸箱成本三者之间的关系, 建立了瓦楞纸箱配纸的优化模型, 并采用微粒群算法对模型进行求解, 得到价值指数最大时纸箱的强度功能、成本系数值, 由此确定纸箱配纸楞型和瓦楞原纸定量的最优组合方案, 实现瓦楞纸箱的优化配纸。

关键词: 价值工程; 瓦楞纸箱; 配纸优化模型

中图分类号: TB482.2

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2012)02-0042-04

Paper Optimum Model of Corrugated Box Based on Value Engineering

Wei Xing, Tang Shaoyan, Cao Xiaolong, Chen Zhian, Yang Junming

(School of Packaging and Materials Engineering, Hunan University of Technology, Zhuzhou Hunan 412007, China)

Abstract: On the basis of value engineering, paper optimum model of corrugated box was established after considering the relationship among packaging box value, the strength function, and the cost. After solving the model with the help of particle swarm optimization (PSO), the strength function and cost coefficient values of maximum value were got. At the same time, the combination of flute and raw materials was found in order to realize matching paper optimization of corrugated box.

Key words: value engineering; corrugated box; paper optimum model

0 引言

瓦楞纸箱因具有质量轻、强度高、便于运输、可回收等优点而被广泛应用于运输包装中。瓦楞纸箱的应用范围越来越广, 而瓦楞纸箱原材料的价格不断上涨, 其中, 瓦楞原料的成本占瓦楞纸箱出厂价的70%左右, 这给纸箱生产商和使用商带来了巨大的经济冲击, 瓦楞纸板的减量化、轻量化成为我国瓦楞纸业发展的重要趋势。为了提高企业的经济效益, 节约纸箱生产成本, 不少科研人员采用各种方法对纸箱进行了优化设计^[1-3]。

原纸是制造瓦楞纸板的原材料, 瓦楞纸箱是由瓦楞纸板加工而成的, 故原纸的性能对瓦楞纸箱的强度有着直接的影响^[4-6]。传统的瓦楞纸箱采用非量化人工选纸, 这种选纸方式会造成包装不足或包装过量, 因而不仅影响包装质量, 浪费自然资源, 同时提高了纸箱的生产成本。因此, 对瓦楞纸箱进行优化配纸的研究显得尤为重要。文中拟运用价值工程理论, 综合考虑纸箱价值、强度功能和纸箱成本三者之间的关系, 建立瓦楞纸箱配纸优化模型并进行求解, 以实现瓦楞纸箱的优化配纸, 同时提高企业的经济效益。

收稿日期: 2011-12-07

基金项目: 湖南工业大学研究生创新基金资助项目(CX1106)

作者简介: 魏 星(1987-), 女, 湖北天门人, 湖南工业大学硕士生, 主要研究方向为产品包装设计与制造,

E-mail: wxfighting@sina.cn

1 价值工程

价值工程(value engineering, VE)也称价值分析或功能成本分析,是指以产品或作业的功能分析为核心,以提高产品或作业的价值为目的,力求以最低寿命周期成本实现产品或作业使用所要求的必要功能的一项有组织的创造性活动。价值工程是一门工程技术理论,其基本思想是以最少的费用换取所需要的功能。这门学科以提高工业企业的经济效益为主要目标,以促进老产品的改进和新产品的开发为核心内容^[7-9]。价值工程涉及到价值、功能和寿命周期成本3个基本要素,其公式为

$$v=f/c, \quad (1)$$

式中: v 为价值;

f 为研究对象的功能;

c 为寿命周期成本。

价值工程是提高产品价值的一种有效的技术经济方法,它既研究技术,又研究经济,把提高功能和降低成本统一在最佳方案之中。在包装产业领域,运用价值工程理论来进行包装产品设计,可以降低包装成本的15%~20%,提高企业的经济效益^[10]。在瓦楞纸箱配纸优化设计中运用价值工程理论,应重点理清纸箱产品的价值、强度功能和成本三者之间的关系^[11]。

将纸箱产品的强度功能 F 与价格 S 之比称为用户功费比 R_1 ,即 $R_1=F/S$ 。纸箱使用者一般要求用户功费比越大越好,故在强度功能相同时,用户优先选择价格较低的项目产品。

将瓦楞纸箱价格 S 与生产成本 C 之比称为企业功费比 R_2 ,即 $R_2=S/C$ 。对于纸箱生产厂家而言,赢利是生存和发展的最基本条件。企业功费比越高,企业赢利也就越多,故在价格一定的情况下,企业尽量降低成本,以获取更多的盈利。

但从整体而言,提高经济效益不能靠单方面地提高用户功费比或企业功费比来实现,而应将用户对产品物美价廉的要求和企业本小利大的愿望有机结合起来考虑,研究功能和成本的最佳匹配关系,并最终确定瓦楞纸箱的价值公式为

$$V=R_1 \times R_2 = \frac{F}{S} \cdot \frac{S}{C} = F/C, \quad (2)$$

式中: V 为纸箱价值;

R_1 为用户功费比;

R_2 为企业功费比;

F 为纸箱强度功能;

S 为纸箱价格;

C 为纸箱生产成本。

2 配纸优化模型的建立

瓦楞纸箱的配纸优化设计旨在把纸箱的成本降低到最低限度,通过科学合理的量化配纸设计追求纸箱产品的最大价值,即功能与成本的比值最大。瓦楞纸箱的配纸实践表明:级别低的纸,其物理性能并不一定比级别高的纸差,不少B级原纸的物理性能反而比A级原纸的物理性能要高,高级别的纸只是在印刷适应性方面具有突出优势。而瓦楞纸箱的用纸,由于其芯纸和里纸都不直接印刷,所以没有必要采用印刷适性好的纸张^[12-13]。同时,不同的纸箱使用商对纸箱的强度要求也不一样,主要可以分为如下3类:

1) 仅要求纸箱具有较好的抗压强度。如方便面类食品包装,在运输过程中,对产品保护的要求较高,因而纸箱包装必须具有足够的抗压强度,而对纸箱的耐破强度要求不高。

2) 仅要求纸箱具有较好的耐破强度。如大型家电包装,因这类包装在运输及贮存时一般不作堆码处理,故对其纸箱包装的抗压强度要求不高,仅要求其具有较好的耐破强度即可。

3) 同时要求纸箱具有较好的抗压强度和耐破强度。如出口商品的包装,因商品的运输费用在商品价格中占较大的比例,为节约成本,出口商品包装通常都需作堆码处理,且出口商品在流通过程中的装卸搬运次数比内销产品要多几倍,故其纸箱包装应具有良好的抗压强度和耐破强度。

瓦楞纸箱的配纸优化设计应根据纸箱包装的综合要求,确定一个原材料和楞型的合理组合方案,并建立满足以下要求的配纸优化模型:

1) 纸箱强度功能能够保证产品在运输及贮存过程中不被损坏,且强度功能应尽可能大。

2) 纸箱配料尽量做到节省成本。

3) 满足瓦楞纸板配纸原则,即控制箱板纸与瓦楞芯纸的定量比在2:1之内。若箱板纸与瓦楞芯纸的定量比过大,容易造成瓦楞纸板(箱)塌楞;若箱板纸与瓦楞芯纸的定量比过小,容易造成瓦楞纸板(箱)出现搓板现象。

按照以上要求,建立配纸优化模型的目标函数及约束条件为:

$$\begin{aligned} V_{\max} &= \frac{F(p,b)}{C}, & (3) \\ \text{s.t. } & f(p) \geq P_s, \\ & 1 \leq g(w) \leq 2. \end{aligned}$$

式中： V 为瓦楞纸箱的价值指数；

$F(p, b)$ 为瓦楞纸箱的功能系数；

C 为瓦楞纸箱的成本系数；

$f(p)$ 为瓦楞纸箱的抗压强度表达式；

P_s 为瓦楞纸箱的堆码强度；

$g(w)$ 为纸板(箱)原纸定量配比表达式。

3 配纸优化模型的求解

根据价值工程的定义，纸箱的优化配纸可描述为一个非线性约束问题。瓦楞纸箱配纸优化模型是纸箱价值、强度功能、成本三者的综合优化模型。该模型中的决策变量是纸板每一层的环压强度 p 和耐破强度 b ，模型对纸箱的强度、纸张定量均有一定的限定条件，所有模型的求解属于非线性约束问题的优化。

由于约束条件的存在，使得约束极值问题比无约束问题的求解复杂得多，传统的求解方法大多数需要借助问题的梯度信息，而且常常只能求解到问题的局部极值点。而以进化算法为代表的随机搜索算法，其求解过程不依赖于目标函数的解析性质，能同时进行多点并行搜索。微粒群算法是一种简单有效的随机算法，与其他的进化算法相比，该算法更加简单易行，需要调整的参数较少，计算量也较小，现已被广泛运用于函数优化等领域之中。微粒群算法也是求解非线性约束问题的一种可行方法。因此，上述模型可以采用微粒群算法求解，其具体的求解过程^[14]如下。

step 1: 以任意位置和速度来初始化粒子。

step 2: 利用适应度函数评价每个微粒的适应值。

step 3: 将每个微粒的适应值与其经历过的最好位置 P_{best} 作比较，如果较好，则将其作为当前的最好位置 P_{best} 。

step 4: 将每个微粒的适应值与全局所经历的最好位置 G_{best} 作比较，如果较好，则重新设置 G_{best} 的索引号。

step 5: 按照下述的式(4)和式(5)改变微粒的速度和位置。

$$V_i(t+1) = wV_i(t) + c_1r_1(P_i - X_i(t)) + c_2r_2(P_g - X_i(t)), \quad (4)$$

$$X_i(t+1) = X_i(t) + V_i(t+1). \quad (5)$$

式中： V_i 为第 i 个粒子的速度；

X_i 为第 i 个粒子的位置；

t 为当前进化代数；

w 为惯性权重；

c_1, c_2 为加速度常数；

r_1, r_2 为分布于[0,1]之间的随机数；

P_i 为第 i 个粒子所经过的最好位置；

P_g 为所有粒子所经过的最好位置。

step 6: 如未达到结束条件(结束条件通常为足够好的适应值或达到一个预设最大代数 G_{max})，返回step 2。

微粒群算法求解的流程图如图1所示。

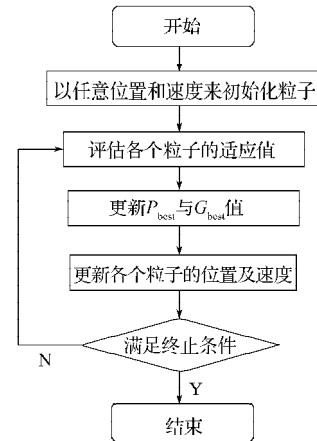


图1 微粒群算法流程图

Fig.1 Flowchart of particle swarm optimization

采用微粒群算法，经过设定次数的最大迭代以后，得到模型的解，即价值指数最大时的强度功能、成本系数值，由此可以确定纸箱配纸楞型和瓦楞原纸定量的最优组合方案，最终实现瓦楞纸箱的优化配纸。

4 结语

运用价值工程理论，注重纸箱产品的功能成本研究，在保证纸箱所要求的必要强度和定量配比原则的前提下，建立纸箱配纸优化模型，并应用简单有效的微粒群算法对其进行求解，以设计出强度高、成本低的瓦楞纸箱。瓦楞纸箱的配纸优化模型兼顾了企业与用户的利益，为纸箱生产者提供了一种科学合理的配纸方法，减少了社会资源消耗，有助于提高瓦楞纸箱的社会经济效益。

参考文献:

- [1] 柴培英, 王德忠, 马中兴, 等. 瓦楞纸箱结构优化CAD[J]. 西北轻工业学院学报, 1990, 8(3): 82-89.
Chai Peiying, Wang Dezhong, Ma Zhongxing, et al. CAD of the Construction Optimization of Corrugated Box[J]. Journal of Northwest Institute of Light Industry, 1990, 8(3): 82-89.

- [2] 张景和, 李 凤. 论开槽型瓦楞纸箱接合方式的选择[J]. 包装学报, 2010, 2(4): 19-22.
Zhang Jinghe, Li Feng. On the Options of Bonding Mode for Slot-Based Corrugated Box[J]. Packaging Journal, 2010, 2(4): 19-22.
- [3] 黄湘冰. 瓦楞纸箱用纸的质量要求和检测[J]. 湖南包装, 2009(1): 20-23.
Huang Xiangbing. The Quality Requirements and Testing of Corrugated Paper[J]. Hunan Packaging, 2009(1): 20-23.
- [4] 周 媛. 瓦楞纸板的结构增强与配比技术研究[D]. 无锡: 江南大学, 2007.
Zhou Yuan. Research on Structural Strengthen and the Technology of Choosing Components of Corrugated Board [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2007.
- [5] 康启来. 不同原纸对纸箱产品质量的影响[J]. 印刷世界, 2010(3): 24-26.
Kang Qilai. Impact of Different Base Paper on Carton Product Quality[J]. Print World, 2010(3): 24-26.
- [6] 蔡梅琼. 影响瓦楞纸箱质量的因素及解决措施[J]. 广西轻工业, 2011(3): 13-14.
Cai Meiqiong. Factors Affecting Corrugated Paper Box Quality and Solutions[J]. Guangxi Journal of Light Industry, 2011(3): 13-14.
- [7] 王乃静. 价值工程概论[M]. 北京: 经济科学出版社, 2006: 11-16.
Wang Naijing. Introduction to Value Engineering[M]. Beijing: Economic Science Press, 2006: 11-16.
- [8] 侯军岐. 基于价值工程的我国低碳经济发展战略[J]. 价值工程, 2011(22): 5-6.
Hou Junqi. Low-Carbon Economic Development Strategy in China Based on Value Engineering[J]. Value Engineering, 2011(22): 5-6.
- [9] 李晓军. 价值工程在市政工程造价控制中的应用[J]. 物流工程与管理, 2011, 33(8): 136-137.
Li Xiaojun. The Application of Value Engineering in the Municipal Engineering Cost Control[J]. Logistics Engineering and Management, 2011, 33(8): 136-137.
- [10] 丁 毅, 蔡 晋, 高 雁. 价值工程在包装优化设计中的应用[J]. 包装工程, 2007, 28(10): 140-142.
Ding Yi, Cai Jin, Gao Yan. Application of Value Engineering in Packaging Optimum Design[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(10): 140-142.
- [11] 曾 峥. 谈价值工程在包装更新中的应用[J]. 中国包装工业, 1999(8): 10-11.
Zeng Zheng. Application of Value Engineering in Packaging Updates[J]. China Packaging Industry, 1999(8): 10-11.
- [12] 陈希荣. 瓦楞纸箱的配纸优化系统设计[J]. 全球瓦楞工业, 2007(6): 74-78.
Chen Xirong. Paper Choosing in Box Production[J]. Global Corrugated Industry, 2007(6): 74-78.
- [13] 吴国荣. 我国瓦楞纸箱业发展的思考[J]. 江苏造纸, 2007(2): 6-11.
Wu Guorong. On Development of China Corrugated Box Industry[J]. Jiangsu Paper, 2007(2): 6-11.
- [14] 谢晓峰, 张文俊, 杨之廉. 微粒群算法综述[J]. 控制与决策, 2003, 18(2): 129-134.
Xie Xiaofeng, Zhang Wenjun, Yang Zhilian. Overview of Particle Swarm Optimization[J]. Control and Decision, 2003, 18(2): 129-134.

(责任编辑: 徐海燕)