

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2012.03.006

高性价比的瓦楞纸箱配纸方法

魏 星, 唐少炎, 曹小龙, 毕中臣, 张 驰

(湖南工业大学 包装与材料工程学院, 湖南 株洲 412007)

摘 要: 引入性价比的概念, 建立了瓦楞纸箱配纸性价比数学模型, 并通过 Matlab 编程实现对模型的求解。该模型以瓦楞纸箱性价比 V 的大小评价配纸方案的优劣。配纸模型的约束条件为: 瓦楞纸箱的抗压强度应不小于纸箱的堆码强度, 且箱板纸与瓦楞芯纸的定量比应控制在 2:1 之内。应用实例验证: 该模型能成功找到性价比 V 最大时的配纸方案, 具有有效性和可行性。

关键词: 瓦楞纸箱; 性价比; 配纸模型; 抗压强度

中图分类号: TB482.2

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2012)03-0026-04

Paper Matching Method of Corrugated Box with High Performance Price Ratio

Wei Xing, Tang Shaoyan, Cao Xiaolong, Bi Zhongchen, Zhang Chi

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

Abstract: The conception of performance price ratio was introduced into the numerical model of corrugated box. The model was solved by Matlab programming and evaluated by performance price ratio V . The constraint conditions of the model were: compression strength should not be less than stacking strength of the carton, and the ratio between the corrugating medium and liner board should be controlled within 2:1. The maximum V with the matching paper program could be found by this model in case study, which proved the effectiveness and feasibility of the model.

Key words: corrugated box; performance price ratio; matching paper model; compression strength

0 引言

瓦楞纸板是由两层面纸、瓦楞芯纸和夹心纸利用胶黏剂黏合而成的复合结构材料, 具有可降解及可再生的特性, 在包装领域中应用较广泛, 其产值占包装工业制品总产值的 30% 以上^[1-3]。瓦楞纸箱由瓦楞纸板加工而成, 其各项性能受到箱板纸和瓦楞纸性能的影响。瓦楞纸箱具有质量轻、强度高、便于运输、可回收等优点, 被广泛应用于运输包装等领域。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过量, 影响包装质量, 浪费资源。因此, 对瓦楞纸箱进行优化配纸的研究显得尤为重要^[4-5]。

本文引入性价比概念, 以瓦楞纸箱堆码强度和定量配比原则为约束条件, 建立了瓦楞纸箱配纸数学模型, 以期能为瓦楞纸箱配纸提供一种新的方法。

1 瓦楞纸箱配纸的性价比

1.1 性价比的引入

朱柏铭^[6]认为性价比是指性能-价格比, 即用最

收稿日期: 2012-04-07

基金项目: 湖南工业大学研究生科学研究创新基金资助项目(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

少的钱买到最好的商品,其表达式见式(1)。

$$\text{性价比} = \frac{\text{性能指数}}{\text{价格指数}} \quad (1)$$

瓦楞纸箱配纸的性价比即瓦楞纸箱的强度与配纸所需原材料的价格之比,其性价比表达式为

$$V=P/C \quad (2)$$

式中: V 为瓦楞纸箱配纸的性价比;

P 为纸箱强度;

C 为配纸所需原材料的价格。

对于瓦楞纸箱使用者来说,他们希望商品物美价廉,即用最少的钱买到最好的纸箱产品。因此,瓦楞纸箱配纸研究着眼于瓦楞纸箱使用者,以性价比的大小来评价配纸方案的优劣。

1.2 瓦楞纸箱的性能

从生产厂家到消费者的流通过程中,瓦楞纸箱在保护产品、方便储运等方面起着重要作用。随着经济的发展,商品运输流通手段日趋现代化、机械化和集装化,人力散装运输逐渐被大挂车、高堆码和集装箱所代替,因此,抗压强度成为瓦楞纸箱的首要性能指标^[7]。

假设纸箱使用者对纸箱的性能要求仅为具有较好的抗压强度,在瓦楞纸箱配纸中,纸箱性能的好坏将取决于抗压强度的大小:抗压强度大,则纸箱的性能好;抗压强度小,则纸箱的性能差。瓦楞纸箱配纸数学模型可用凯利卡特公式来预测纸箱的抗压强度,其简化公式为

$$P=5.848F \cdot (a+b)^{1/3} \cdot \left(\sum R_n + \sum \varepsilon_n R_{mn} \right), \quad (3)$$

式中: P 为瓦楞纸箱的抗压强度, kg;

a 为纸箱的长, m;

b 为纸箱的宽, m;

n 为瓦楞纸板的层数;

R_n 为面纸、里纸、夹心纸的环压强度的测试值, N/cm;

ε_n 为瓦楞收缩率,即瓦楞芯纸原长度与面纸长度之比;

R_{mn} 为各瓦楞芯纸环压强度的测试值, N/cm;

F 为瓦楞纸箱的简易常数,具体数据见表1。

表1 瓦楞纸箱的简易常数

Table 1 Simple constants of corrugated box

楞型	A	B	C	AA	BB
常数 F	0.751 3	0.615 8	0.702 6	1.019 1	0.830 9
楞型	CC	AB	AC	BC	
常数 F	0.957 9	0.942 8	1.003 9	0.890 8	

1.3 瓦楞纸箱原材料价格

瓦楞纸箱的出厂价包括纸箱原材料成本与其他相关费用,其他相关费用包括纸料损耗费、辅助材料及燃料费、工资、制造费、管理费、税收等各种费用。其中,纸箱原材料成本占出厂价的50%~70%,在计算出厂价时,厂家一般取值65%。瓦楞纸板原材料价格的计算公式见式(4),瓦楞纸箱单价的计算公式见式(5)^[8-9]。

$$C = \left(\sum c_n + \sum \varepsilon_n c_{mn} \right) / 0.65 \quad (4)$$

式中: c_n 为面纸、里纸、夹心纸的价格,元/m²;

c_{mn} 为瓦楞芯纸的价格,元/m²。

$$c = 2C \cdot (a + b + 0.06) \cdot (b + h + 0.04) \quad (5)$$

式中: c 为瓦楞纸箱单价,元;

h 为纸箱的高, m;

0.06 为长和宽方向上的修边量;

0.04 为舌边。

2 瓦楞纸箱配纸的性价比模型

在流通储运过程中,瓦楞纸箱的堆码高度一般较高,这样,可提高仓库的利用率。为了保护箱内产品,瓦楞纸箱应具有足够的抗压强度,才能使被堆在低层的货物不会被堆在上层的货物压坏或变形,因此,瓦楞纸箱的抗压强度应不小于纸箱的堆码载荷。此为瓦楞纸箱配纸模型的约束条件之一,即纸箱的堆码强度应满足

$$P \geq P_s \quad (6)$$

式中: P_s 为纸箱的堆码强度, kg。

根据瓦楞纸板配纸原则,建立瓦楞纸箱配纸模型的约束条件之二,即箱板纸与瓦楞芯纸的定量比应控制在2:1之内。如果芯纸定量过高,当面纸定量/芯纸定量 ≤ 1 时,面纸会严重变形,瓦楞纸板会产生明显的瓦楞条纹,出现搓板状表面,影响外观质量和印刷效果;如果芯纸定量过低,当面纸定量/芯纸定量 ≥ 2.5 时,瓦楞芯纸会由拱形结构变成矩形结构,造成塌楞,影响瓦楞纸板的厚度与瓦楞纸箱的抗压强度^[10]。

瓦楞纸板由面纸、里纸、瓦楞原纸、夹心纸等部分组成,每部分对应一个材料库,图1为瓦楞纸板用料的环压强度值及与之对应的价格示意图。图1表示瓦楞纸板由 i 部分组成,每部分有 j 种材料可选择,每种材料的环压强度值为 P_{ij} ,第 i 部分第 j 种材料的价格为 C_{ij} 。

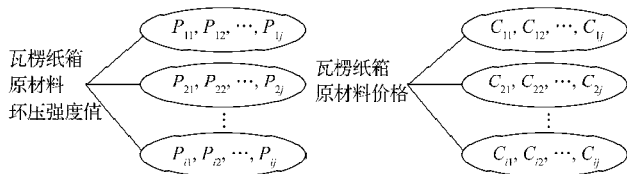


图1 瓦楞纸板用料的环压强度值及价格示意图

Fig. 1 The ring strength and cost of materials for corrugated box

由图1可知,在瓦楞纸板各部分材料库中选择不同材料形成用料组合,通过式(1)可以预测瓦楞纸箱的抗压强度。用0-1变量 X_{ij} 表示每部分材料选择情况, $X_{ij}=1$ 表示瓦楞纸板第*i*部分第*j*种材料被选中, $X_{ij}=0$ 表示瓦楞纸板第*i*部分第*j*种材料没有被选中。则上述瓦楞纸箱配纸问题可以表示为如下0-1非线性整数规划模型:

$$V_{\max} = \frac{1.901F \cdot (a+b)^{\frac{1}{3}}}{(a+b+0.06) \cdot (b+h+0.04)} \cdot \frac{\sum_{i=1}^n P_{ij} X_{ij} \varepsilon_{ij}}{\sum_{i=1}^n C_{ij} X_{ij} \varepsilon_{ij}},$$

$$j=1,2,\dots,m;$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^m X_{ij} = 1, i=1,2,\dots,n, X_{ij}=0 \text{ 或 } 1;$$

$$P_i = 5.848F \cdot (a+b)^{\frac{1}{3}} \cdot \sum_{i=1}^n P_{ij} X_{ij} \varepsilon_{ij};$$

$$C_i = 3.077 \cdot (a+b+0.06) \cdot (b+h+0.04) \cdot \sum_{i=1}^n C_{ij} X_{ij} \varepsilon_{ij};$$

$$P_s = k \cdot w \left(\frac{H}{h} - 1 \right) \cdot 9.81;$$

表2 瓦楞纸箱配纸信息数据参数

Table 2 Paper parameters of corrugated box

牛皮面纸	克重/(g·m ⁻²)	140	150	170	170	175	175	200	200	230	250	280
	环压强度/(N·cm ⁻¹)	16.940	18.610	21.500	19.760	22.800	20.500	25.440	27.920	32.110	34.890	43.430
	单价/(元·m ⁻²)	0.602	0.645	0.714	0.663	0.735	0.613	0.630	0.800	0.863	0.788	1.078
瓦楞芯纸	克重/(g·m ⁻²)	100	100	105	112	120	120	140	140	150	170	180
	环压强度/(N·cm ⁻¹)	9.000	6.492	10.100	6.064	12.100	7.078	12.861	15.200	19.000	23.710	22.300
	单价/(元·m ⁻²)	0.275	0.300	0.378	0.426	0.432	0.354	0.434	0.540	0.546	0.595	0.630

确定瓦楞纸箱为0201型3层A楞纸箱,通过Matlab编程实现对模型的求解,求解得到瓦楞纸箱的最大性价比为268.819,此时,对应的配纸方案见表3。

表3 配纸方案

Table 3 Results of matching paper

配纸定量/ (g·m ⁻²)	配纸环压强度/ (N·cm ⁻¹)	纸箱抗压强度/ kg	纸箱单价/ 元
200	27.92		
170	23.71	341.802	2.593
200	27.92		

由表3分析可知,最大性价比所对应的瓦楞纸箱

$$P_i \geq P_s;$$

$$1 \leq \frac{W_{1j}}{W_{ij}} \leq 2, 1 \leq \frac{W_{nj}}{W_{ij}} \leq 2, i=2\lambda, \lambda=1,2,\dots,m。$$

式中: P_{ij} 为第*i*部分第*j*种材料的环压强度值,N/cm;

C_{ij} 为第*i*部分第*j*种材料的出厂价格,元/m²;

P_i 为瓦楞纸箱的抗压强度,kg;

C_i 为瓦楞纸箱的出厂价格,元;

k 为安全系数;

w 为纸箱毛重,kg;

H 为纸箱的堆码高度,m;

W_{ij} 为第*i*部分第*j*种材料的定量,g/m²;

ε_{ij} 为第*i*部分第*j*种材料的瓦楞系数,如3层B楞瓦楞纸板各部分的瓦楞系数分别为1,1.361,1。

该瓦楞纸箱配纸性价比模型以瓦楞纸箱性价比*V*的大小来评价配纸方案的优劣。

3 实例分析

为了验证所建模型的有效性及其可行性,现以一实例对其进行分析。

某食品类包装纸箱毛重为2.65 kg,根据测量和计算,纸箱的尺寸为378 mm*332 mm*132 mm。根据物流环境条件,安全系数*k*确定为4,瓦楞纸箱的堆码强度为40 kg。

纸箱配纸信息数据参数见表2,其中,部分数据来源于参考文献[11]。

用料组成为:200 A-170 A-200 A,用其生产的瓦楞纸箱不仅性能最优,且性价比最高。

4 结语

在瓦楞纸箱配纸设计中引入性价比的概念,为纸箱配纸提供了一种新的方法,在一定程度上可避免传统配纸的经验性和局限性。

建立瓦楞纸箱性价比配纸模型,采用Matlab编程进行求解,成功地找到了性价比*V*最大时的配纸方案,证明了该模型的有效性和可行性。该瓦楞纸

箱配纸方法可有效避免包装过度,降低纸箱的价格,提高纸箱的价值,能满足纸箱使用者对产品物美价廉的心理诉求。

参考文献:

- [1] 高德,刘壮,董静,等.瓦楞纸板包装材料的性能及其发展前景[J].包装工程,2005,26(1):1-4.
Gao De, Liu Zhuang, Dong Jing, et al. The Property and Prospect of the Corrugated Paper Board[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(1): 1-4.
- [2] 高妹芬,王宁红,吴国荣.瓦楞纸箱业历史、现状和发展[J].机电信息,2004(5):28-31.
Gao Meifen, Wang Ninghong, Wu Guorong. The History, Currence and Development of the Industry of Corrugated Box[J]. Electrical and Mechanical Information, 2004(5): 28-31.
- [3] 张维莉,蒋海云,黄道军,等.填充型瓦楞纸板的力学性能研究[J].包装学报,2012,4(1):5-8.
Zhang Weili, Jiang Haiyun, Huang Daojun, et al. Mechanical Properties of the Corrugated Fiberboards Filled with Foam[J]. Packaging Journal, 2012, 4(1): 5-8.
- [4] 魏星,唐少炎,曹小龙,等.基于价值工程的瓦楞纸箱配纸优化模型[J].包装学报,2012,4(2):42-45.
Wei Xing, Tang Shaoyan, Cao Xiaolong, et al. Paper Optimum Model of Corrugated Box Based on Value Engineering[J]. Packaging Journal, 2012, 4(2): 42-45.
- [5] 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.
- [6] 朱柏铭.纯公共产品性价比初探[D].厦门:厦门大学,2007.
Zhu Boming. An Exploration on the Price Performance Ratio of Pure Public Goods[D]. Xiamen: Xiamen University, 2007.
- [7] 李兰芬.瓦楞纸箱抗压强度及纸板边压强度的国内外研究[J].中国包装工业,1997,5(12):16-19.
Li Lanfen. The Study at Home and Abroad on Compressive Strength of Corrugated Box and Edgewise Crush Resistance of Corrugated Fiberboard[J]. China Packaging Industry, 1997, 5(12): 16-19.
- [8] 唐少炎,魏星,吴若梅,等.瓦楞纸箱配纸方法的研究[J].包装工程,2011,32(9):27-29.
Tang Shaoyan, Wei Xing, Wu Ruomei, et al. Study of Paper Matching Method for Corrugated Box[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(9): 27-29.
- [9] 彭国勋.物流运输包装设计[M].北京:印刷工业出版社,2006:238.
Peng Guoxun. Logistics Packaging Design[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2006: 238.
- [10] 李广才.合理设计 提高瓦楞纸箱抗压强度[J].印刷技术,2010(5):33-34.
Li Guangcai. Improve the Compressive Strength of Corrugated Box by Reasonable Design[J]. Printing Technology, 2010(5): 33-34.
- [11] 薛叶玲.卡夫饼干运输包装纸箱抗压性能与配纸优化的研究[D].无锡:江南大学,2009.
Xue Yeling. The Research of Compression Performance and Paper Optimum Design of Kraft Biscuit Shipping Box[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2009.

(责任编辑:徐海燕)