

石头纸蜂窝纸板力学性能试验研究

高峰, 程君, 谢小军, 赵孝永

(武汉大学, 武汉 430079)

摘要: 将定量为 202 g/m^2 , 厚度为 0.16 mm 石头纸, 制作成为蜂窝纸板, 根据国家标准检测其平压强度、边压强度、戳穿强度和耐破度。通过试验检测得到: 石头纸蜂窝纸板的平压强度均值为 628 kPa , 边压强度的均值为 12.1 N/cm , 戳穿强度的均值为 8.84 J , 耐破度高。结果表明: 石头纸蜂窝纸板的平压强度优于传统纤维纸板, 边压强度低于纤维纸板国家标准值, 耐戳穿强度符合国家标准, 耐破坏性能突出。

关键词: 石头纸包装材料; 蜂窝结构; 力学性能

中图分类号: TB484.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)09-0012-03

Research on Mechanical Performance of Rich Mineral Paper Honeycomb Cardboard

GAO Feng, CHENG Jun, XIE Xiao-jun, ZHAO Xiao-yong

(Wuhan University, Wuhan 430079, China)

Abstract: Honeycomb cardboard was made with rich mineral paper of 0.16 mm thickness and 202 g/m^2 ration. The honeycomb cardboard was tested for flat compression strength, edge compression strength, puncture strength, and bursting strength according to national standards. The results showed that the average flat compression strength, edge compression strength, and puncture strength of the honeycomb cardboard is 628 kPa , 12.1 N/cm , and 6.84 J respectively; the honeycomb cardboard has high bursting strength. It was concluded that the flat compression strength of the honeycomb cardboard is higher than that of traditional fibrous cardboard; the edge compression strength is lower than the national standard; the puncture strength meets the national standard; the bursting strength is excellent.

Key words: rich mineral paper packaging material; honeycomb structure; mechanical properties

石头纸(Synthetic Paper)是一种集成纸张和塑料特点和性能的新型材料,它主要是由无机天然矿粉、聚乙烯和助剂的组合物经混合挤压混炼,然后经流压延拉伸成型的,属于具有高碳酸钙含量的合成纸^[1]。目前石头纸制作的会议通知、日程表、便签纸等在国内得到了广泛应用,也涌现了一批生产工艺成熟,设备先进的石头纸生产基地^[2]。

石头纸是一种发展中的材料,在国外,石头纸生产设备价格高,原料价格昂贵,以至国外生产商为了追求高额利润,而没有向低利润石头纸方向进行研发,对石头纸的研究与应用尚属一片空白;国内也主要是对其是否能在烟包、墙纸、包装袋等方面上加以应用进行研究,这些研究仅仅立足于石头纸的防潮性

能好、挺度低以及透气性高等方面,并没有挖掘出石头纸的全部优良性能。石头纸抗张强度、撕裂强度和抗冲击强度高,耐水、耐油、耐化学品性能突出,尺寸稳定、不易老化,质轻,绝热性好,不怕虫蛀等,且石头纸所含聚乙烯成分远远低于一般塑料,其降解速度也很快^[3],这些特质国内外还未出现任何研究机构对其进行深入研究,造成了石头纸在这方面应用的稀缺。在大力倡导低碳社会的今天,为全面拓展石头纸在生产生活上的应用,急需大量的实验研究。

由于传统纤维纸板存在着许多固有缺陷:其防潮能力差,不耐折叠,耐撕裂强度和耐冲击强度低,易被化学品腐蚀,且不利于保存等,在商品包装领域的应用十分有限,而在包装领域里,包装用纸板存在着广

收稿日期: 2011-01-08

作者简介: 高峰(1989-),男,湖北随州人,武汉大学本科生,主攻包装工程专业。

阔的发展空间。笔者旨在对石头纸用于包装领域进行新的探索,通过将石头纸制作成为蜂窝纸板,检测其各项物理性能,然后分析功能型石头纸包装材料的性能特征,并将其与传统纤维纸板对比。

1 试验

1.1 试样准备

试验所用原材料为江西蔡氏石头造纸机械设备有限公司提供的石头纸原料,包括 75%(质量分数)的无机天然矿粉、20%的聚乙烯和助剂(包括铝酸酯、硬脂酸、改性剂等)。石头纸的定量为 202 g/m^2 ,厚度为 0.16 mm 。所取石头纸蜂窝纸板规格为厚度 10 mm ,蜂窝边长 8 mm ,面纸和芯纸均为同种石头纸。石头纸蜂窝纸板试样的尺寸公差为 $\pm 0.5 \text{ mm}$,垂直度公差为 0.2 mm ,平行度公差为 0.15 mm 。制作石头纸蜂窝纸板的,工艺流程见图 1。

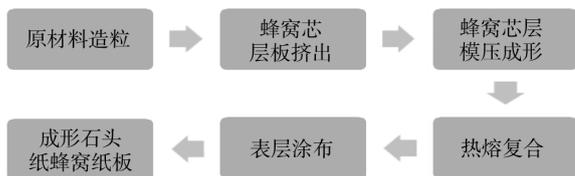


图 1 石头纸蜂窝纸板的制作工艺流程

Fig. 1 Production flow of rich mineral paper honeycomb cardboard

1.2 内容及仪器

蜂窝结构的纸板材料的物理性能检测主要包括平压强度、边压强度、戳穿强度、耐破度 4 个方面。试验的温度为 $25 \text{ }^\circ\text{C}$,相对湿度为 60% 。试验前对所有待检测样品在该温度和湿度条件下的处理应大于 24 h 。参考 GB-6546,GB-2679.6,GB-6545 和 GB-2679.70,试验仪器主要选用 DCP-KY3000 电脑测控压缩测验仪、ZDNP-6 电子式测控耐破度仪、PRT48 型电脑戳穿强度测定仪。

1.3 方法

平压强度:据 GB/T 1453-1987“非金属夹层结构或芯子平压性能试验方法”的规定,对 5 组尺寸为 $60 \text{ mm} \times 60 \text{ mm}$ 的石头纸蜂窝纸板试样进行平压强度的检测,加载速度为 $(12.5 \pm 2.5) \text{ mm/min}^{[4]}$,试验设备为 DCP-KY3000 电脑测控压缩测验仪。

边压强度:参考 GB 6546,对 5 组尺寸为 100 mm

$\times 25 \text{ mm}$ 的石头纸板试样进行边压强度的测试,加载速度同为 $(12.5 \pm 2.5) \text{ mm/min}$,试验设备仍为 DCP-KY3000 电脑测控压缩测验仪。

戳穿强度:参考 GB 5034-84 对纸板戳穿强度的有关规定,对 5 组尺寸为 $175 \text{ mm} \times 175 \text{ mm}$ 的石头纸蜂窝纸板试样进行戳穿强度的检测,仪器加载速度为 $(10.0 \pm 2.5) \text{ mm/min}$,试验设备为 PRT48 型电脑戳穿强度测定仪。

耐破度:参考 ISO 2759 和 GB 1539 等标准规定与要求,对试样尺寸为 $70 \text{ mm} \times 70 \text{ mm}$ 的石头纸蜂窝纸板进行耐破度的检测,仪器夹持力为 430 kPa ,试验设备为 ZDNP-6 电子式测控耐破度仪。

2 结果及分析

2.1 平压强度

石头纸蜂窝纸板平压强度见图 2。

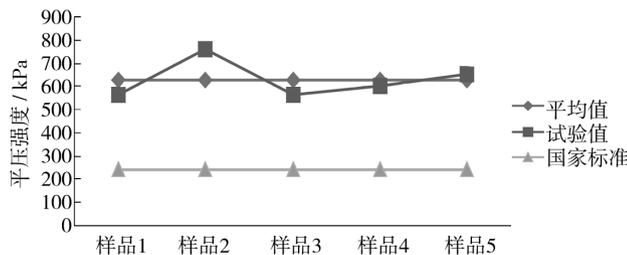


图 2 石头纸蜂窝纸板的平压强度

Fig. 2 Flat compression strength of the rich mineral paper honeycomb cardboard

从图 2 可以得出如下结论。

1) 石头纸蜂窝纸板的平压强度的均值高达 628 kPa ,超过了 GB/T 0016-2006“包装材料蜂窝纸板”规定的同规格蜂窝纸板的平压强度下限值 (240 kPa),而普通蜂窝纸板和瓦楞纸板的平压强度都小于此值。

2) 石头纸的平压强度达到了纤维纸板国家标准,这和石头纸挺度有关。石头纸的挺度虽然比纤维纸小,但是将其制作成为蜂窝纸板仍能达到纤维蜂窝纸板的平压强度的要求,这从侧面反映了石头纸的挺度小并不影响其作为包装材料的使用。

3) 理想的蜂窝纸板,其纸芯为严格的空心立体正六变形^[5],邻边夹角均为 120° 。试验样品的纸芯并非完全是严格的空心立体正六边形。故如果石头纸

蜂窝纸板的纸芯均为理想的严格空心立体正六边形,其平压强度将比该实验所得的平压强度更大。

4) 采用的石头纸蜂窝纸板其面纸、芯纸采用的均为同种规格的石头纸,这在很大程度上限制了石头纸蜂窝纸板的平压强度。而实际运用中的各种蜂窝纸板,其芯纸和面纸往往根据需要的不同而采取不同的材料。特别是可以根据纸板强度的要求,面纸和芯纸采用不同规格或配方的石头纸,如采用挺度更好的石头纸作为蜂窝芯层,那么其性能必然还能大幅度的提升。

2.2 边压强度

石头纸蜂窝纸板边压强度见图 3。

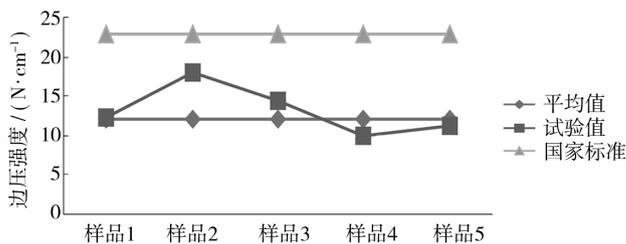


图 3 石头纸蜂窝纸板的边压强度

Fig. 3 Edge compression strength of the rich mineral paper honeycomb cardboard

根据图 3 曲线分析可得出下面的结论。

1) 石头纸蜂窝纸板的边压强度的平均值为 12.1 N/cm,与 GB 6546 中规定的同尺寸蜂窝纸板的边压强度 22.97 N/cm 相比,此值显然低于国家标准。

2) 得出上述结果是因为:检测试样采用涂刷胶水粘合,若采用传统蜂窝纸板的纵向涂胶工艺进行涂胶^[6],粘合程度和均匀度定会提高,同时相应的边压强度也会提高;检测蜂窝试样的蜂窝型孔径比例为 2:1.5,而标准蜂窝纸板的为 1:1,因此可以看出,孔径比的不同也使得石头纸蜂窝纸板测试结果低于国家标准规定的许可值。

3) 另外,石头纸蜂窝纸板的边压强度较小与蜂窝型的力学稳定性有关。蜂窝型在轴向的稳定性大于其在径向的稳定性,试验时蜂窝纸板的边压强度是沿蜂窝型径向方向检测的,且石头纸本身的刚度较小,导致蜂窝纸板的平压强度较小。

2.3 戳穿强度

石头纸蜂窝纸板的戳穿强度见图 4。

根据图 4 曲线分析可以得出下面的结论。

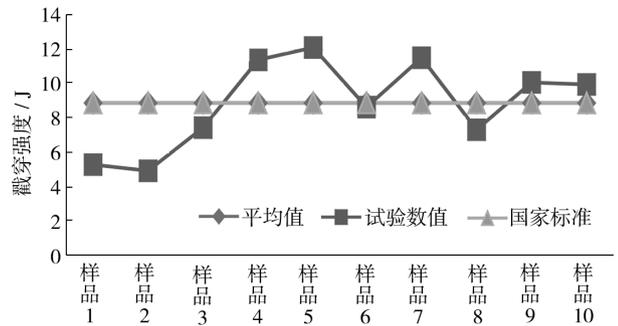


图 4 石头纸蜂窝纸板的戳穿强度

Fig. 4 Puncture strength of the rich mineral paper honeycomb cardboard

1) 现行的 GB 5034—84 对传统的瓦楞纸板的戳穿强度的合格判定值为 8.825 J^[7],而本实验中石头纸蜂窝纸板的戳穿强度达到 8.84 J,已基本达到国家标准。

2) 从图 4 看出,石头纸蜂窝纸板试样的随机性,其戳穿强度值有一定范围内的波动,在 10 个样品中有 4 个低于判定值,占样品总数的 40%,1 个为合格判定值,占样品总数的 10%,另有 5 个样品高于合格判定值,占样品总数的 50%。根究统计学规律,石头纸蜂窝纸板的戳穿强度具有一定的不稳定性,但总体上能够达到纤维纸蜂窝纸板的国家标准。

3) 石头纸蜂窝纸板的戳穿强度主要是由 2 层面纸和蜂窝芯层的强度决定。由于蜂窝芯层是排列整齐的间隔壁结构,实验时纸板在仪器上固定位置的变换会导致测量仪器的戳穿尖头刚好通过蜂窝中心或者触碰蜂窝壁,前者导致戳穿强度偏小,而后者导致戳穿强度偏高,因此导致了石头纸蜂窝纸板戳穿强度的不稳定性。

2.4 耐破度

传统的瓦楞纸板的耐破强度的合格判定值为 2 200~3 300 kPa 之间,试验时,当耐破度测试仪调到其测试的最高刻度值(6 000 kPa,本耐破度仪的测量值范围为 0~6 000 kPa)时,石头纸蜂窝纸板依然完好无损,仅仅在原有基础上稍有拉长。由此对比可见,石头纸蜂窝纸板具有很好耐破性能。Ole Thybo Thomsen 等^[8]对蜂窝型纸板在局部单元内部受内载荷屈曲的情况下的受力研究,以及 Chung J 和 Waas A M^[9-10]针对在高速外力的冲击下蜂窝型结构的动态响应以及能量吸收的研究,表明了蜂窝型结构具有

(下转第 50 页)

将此矩阵中的数据提取出来,不足 2 位的前面补 0,顺序排列为 020811031823010406,即为生成的查询码。当用户进行查询时,系统将该查询码转换为矩阵

$$\begin{bmatrix} 2 & 8 & 11 \\ 3 & 18 & 23 \\ 1 & 4 & 6 \end{bmatrix}, \text{ 并与作为密钥的逆矩阵相乘,即:}$$

$$\begin{bmatrix} 2 & 8 & 11 \\ 3 & 18 & 23 \\ 1 & 4 & 6 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & -1/3 & -4/3 \\ 1 & 1/3 & -2/3 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 5 & 7 \\ 0 & 1 & 2 \end{bmatrix}$$

将解析后的数据排列成 123157012 的形式,通过数据检索,即可判断商品的真伪。

3 结语

随着电子化、信息化社会的不断发展,动态防伪包装技术已经脱颖而出,代表了新时期商品防伪的发

(上接第 14 页)

受力稳定性。石头纸蜂窝纸板具有高耐破性更主要取决于它的主要材料——石头纸。石头纸是在石头的主要成分碳酸钙中加入高分子化合物(如聚乙烯等),通过挤出工艺加工,再经“纸状化”处理得到的。这种工艺使石头纸不仅在外观上与普通纸张相似,同时还兼具塑料和纸张的功能特征。其蜂窝纸板耐破性能与其抗张强度呈正相关性。抗张强度高的石头纸原纸必定使得石头纸蜂窝纸板的耐破性能高。在施加外力作用的情况下,石头纸蜂窝纸板可以沿其高分子链的分子取向方向延伸,分子间作用力将比原来大大增加,更耐撕裂,故在受相同的作用力的情况下,石头纸蜂窝纸板比传统类似纸板更能抵抗破坏而保持力学平衡。

3 结论

研究表明,石头纸蜂窝纸板的平压强度优于传统普通纸板,边压强度低于纤维纸板国家标准,耐戳穿强度符合纤维纸板国家标准,耐破坏性能突出。试验时石头纸蜂窝纸板受制作过程误差的影响,各样品的力学性能与结构参数也不尽相同,为此进行不同结构参数的力学性能试验,寻求合理的结构参数,探讨性能与结构参数之间的关系及刚度、强度预测,是石头纸蜂窝纸板需要解决的问题。

展趋势之一。通过讲解可变图形在防伪包装设计中的应用,即采用计算机辅助生成技术,将若干经过矩阵加密排列运算的独立图形生成不重复的海量图形组合,阐述了新的防伪技术对打击假冒伪劣产品、保护企业、国家和消费者的利益的重要意义。

参考文献:

- [1] 甘光伟. 数码防伪技术[M]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [2] 李清扬. 防伪原理及防伪技术的发展趋势[J]. 安防科技, 2003(4): 19-20.
- [3] 翟震, 曹国华. 基于 VC6.0 环境下的 PDF 文件生成技术[J]. 包装工程, 2010, 31(17): 111-113.
- [4] 焦留旺. 密码技术及密钥管理[J]. 焦作大学学报, 2001(9): 30-33.

参考文献:

- [1] 钱俊. 石头纸的特性及其应用分析[J]. 印刷技术, 2010(8): 38-39.
- [2] 覃炳达. “石头纸”相关专利技术概述[J]. 造纸信息, 2010(4): 9.
- [3] 伟洪. 新型环保石头纸[J]. 造纸化学品, 2010(3): 36.
- [4] 都学飞, 张伟. 瓦楞/蜂窝复合结构纸板强度性能的试验研究[J]. 包装工程, 2008, 29(8): 42.
- [5] 张改梅. 蜂窝纸板及纸板箱性能的研究[C]. 西安: 西安理工大学, 2001.
- [6] 崔立华, 朱婷婷, 黄俊彦. 蜂窝纸板生产工艺技术[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2009.
- [7] 曹国荣, 邓江玉. 瓦楞纸板戳穿强度检测项目的分析和研究[J]. 农业机械学报, 2000, 31(6): 111-113.
- [8] THOMSEN O T, BANKS W M. An Improved Model for the Prediction of Intra-cell Buckling in CFRP Sandwich Panels under in Plane Compressive Loading[J]. Composite Structures, 2004, 65: 259-2681.
- [9] CHUNG J, WAAS A M. Compressive Response of Circular Cell Polycarbonate Honeycombs under in Plane Biaxial Static and Dynamic Stresses-experiments[J]. Int J Impact Eng, 2002, 27: 729-54.
- [10] CHUNG J, WAAS A M. Compressive Response of Circular Cell Polycarbonate Honeycombs under in Plane Biaxial Static and Dynamic Loading—Part II: Simulations, Int J Impact Eng, 2002, 27: 1015-1047.