

## 双面美卡高强度AB楞纸板边压和耐破强度试验研究

张连文, 冯冰冰, 程金茹, 王頔, 滕立军, 王心宇

(天津商业大学, 天津 300134)

**摘要:** **目的** 研究温湿度对双面美卡高强度AB楞纸板边压和耐破强度的影响。**方法** 按照国家标准并结合实际确定测试方案, 试验温度为 $-20\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度为 $40\%\sim 90\%$ , 其中温度每隔 $10\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度每隔 $10\%$ 为1组实验。HT-8045A可程式恒温恒湿机在温度低于 $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时的相对湿度为 $50\%$ 不变, 因此选定22个温湿度点进行测试研究。**结果** 获得了22个温湿度测试点上相应的边压强度和耐破强度, 并用Origin软件绘制实验数据曲面, 得到了纸板边压和耐破强度随温湿度的变化规律。温度变化对边压强度影响不大, 相对湿度为 $40\%\sim 70\%$ 时最大相对误差不超过 $7.34\%$ 。温度变化对耐破强度影响不大, 相对湿度为 $40\%\sim 90\%$ 时最大相对误差不超过 $11.83\%$ 。**结论** 在进行瓦楞纸箱包装设计时应考虑运输和存储环境湿度对纸板强度的影响。

**关键词:** 双面美卡高强度AB楞纸板; 边压强度; 耐破强度; 温湿度; 试验

**中图分类号:** TB484.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2015)19-0064-04

## Edgewise Crush Resistance and Bursting Strength Tests of Double-sided US High Strength AB Corrugated Paperboard

ZHANG Lian-wen, FENG Bing-bing, CHENG Jin-ru, WANG Di, TENG Li-jun, WANG Xin-yu

(Tianjin University of Commerce, Tianjin 300134, China)

**ABSTRACT:** The aim of this paper was to study the influence of temperature and humidity on the edgewise crush resistance and bursting strength test programs of the US high-strength double-sided AB corrugated cardboard. Based on the national testing standard in combination with the physical flow environments of product's temperature-humidity and the environments of testing equipment for test scheme in this paper, the test temperature was selected in range of  $-20\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , and the relative test humidity in range of  $40\%\sim 90\%$ . Within the range of temperature, every  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  of temperature and  $10\%$  of humidity were set as a group of experiment. The HT-8045A programmable constant temperature and humidity can remain humidity  $50\%$  unchanged at the temperature which was below  $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ . According to the actual situation and national standard, there were 22 points selected for the test of temperature and humidity study. Experiment results were obtained at 22 test points. Meanwhile, the cardboard edgewise crush resistance and bursting strength variation with respect to temperature and humidity according to the mechanical model were analyzed by using the data and curves obtained from the origin software. The change rule of cardboard edge compression strength and bursting strength with the different temperature and humidity was concluded. It was verified that the temperature changes had little effect on the edge compression strength, with a maximum relative error no more than  $7.34\%$  in the range of  $40\%$  to  $70\%$ . Temperature changes had little effect on bursting strength, and the maximum relative error was less than  $11.83\%$  in the range of  $40\%$  to  $90\%$ . Hence, attentions should be focused on the impact of transportation and storage environment humidity on paperboard strength during the corrugated packaging design. The experimental method can be referred for the cardboard box design of

收稿日期: 2014-11-25

作者简介: 张连文(1965—),男,内蒙古人,博士后,天津商业大学教授,主要研究方向为包装动力学、航天智能结构动力学分析与优化设计、数学力学方法在机械工程中的应用。

similar type materials.

**KEY WORDS:** double-sided US high-strength AB corrugated paperboard; edgewise crush resistance; bursting strength; temperature and humidity; test

中国包装行业发展迅猛,2013年已超过美国成为世界第一瓦楞包装大国<sup>[1]</sup>。生态文明已成为全球经济发展的重要战略目标之一,节能环保产业被列为中国七大战略新兴产业之首,因此可降解生物材料迅速成为包装行业的发展热点,拥有性能优良、价格低廉、绿色环保等诸多优点的瓦楞纸板在包装行业越来越得到广泛应用<sup>[2-6]</sup>。作为保护商品、在堆码与运输过程中用作包装的瓦楞纸箱,其抗压强度是衡量其能否有效保护产品的重要指标,而抗压强度主要取决于瓦楞纸板的边压强度和耐破强度,且有学者进行过相关研究<sup>[7-10]</sup>。双面美卡高强度AB楞纸板由美卡纸做面纸,A型瓦楞纸与B型瓦楞纸做芯纸粘合而成,相对而言其强度更高,印刷效果突出,使用较为广泛。

文中依据国家测试标准,结合产品温湿度的实际流通环境及实验环境,制定双面美卡高强度AB楞纸板边压和耐破强度试验方案。对选定的22个温湿度点进行实验测试,后用Origin软件绘制实验数据曲面,分析纸板边压和耐破强度随温湿度的变化规律。

## 1 实验

文中所用的双面美卡高强度AB楞纸板厚度为7.3 mm,结构分为面纸、里纸及2个不同楞高的AB瓦楞芯纸组成,其面纸和里纸均为定量250 g/m<sup>2</sup>的牛皮纸,瓦楞芯纸定量为120 g/m<sup>2</sup>。温湿度预处理是实验重要环节之一,文中采用图1所示的HT-8045A可编程式恒温恒湿机。



图1 HT-8045A 温湿度预处理设备

Fig.1 HT-8045A programmable temperature-humidity machine

温度可调范围为-70~150℃,相对湿度可调范围为30%~95%。该试验机最佳使用能力范围见图2a。HT-8045A 可编程式恒温恒湿机在温度低于15℃时的

相对湿度保持50%不变,结合图2a及产品储运环境,设置温度为-20~40℃,相对湿度为40%~90%,其中温度每隔10℃、相对湿度每隔10%为1组实验,可得到如图2b所示的22个测试点。

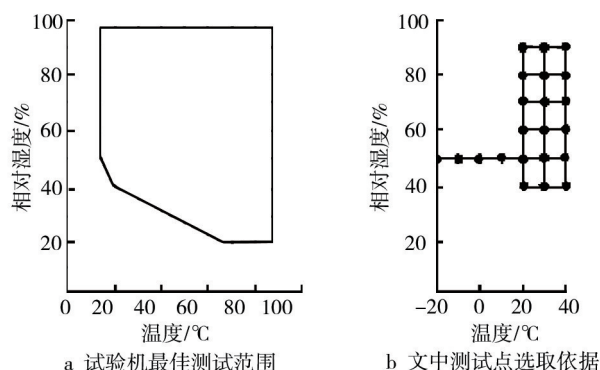


图2 温湿度测试点的选取

Fig.2 Temperature and humidity test points

在样品正式测试前,试样通过8,12,18,24 h对比测试,说明预处理8 h的测试结果是可靠的,因此文中对每组试样均进行8 h的温湿度预处理即可。

### 1.1 边压强度实验

试样采取按GB/T 450—2008的规定进行,保证每组测试点得到10个有效数据<sup>[12]</sup>。试样温湿处理按GB/T 10739—2002的规定进行<sup>[13]</sup>。测试仪器选用DC-YSY3000A型电脑测控压缩试验仪,测量范围为60~3000 N。

将矩形瓦楞纸板试样置于压缩试验仪的两压板之间,并使试样的瓦楞方向垂直于两压板,然后施加压力,直至试样压溃为止。边压强度是指纸板被压溃之前单位边长所能承受的最大压缩力,单位N/m。遵照GB/T 6546—1998瓦楞纸板边压强度的测定法进行测定<sup>[14]</sup>。边压强度可由式(1)计算而得。

$$R = \frac{F \times 10^3}{L} \quad (1)$$

式中: $R$ 为垂直边缘抗压强度(N/m); $F$ 为最大压溃力(N); $L$ 为试样长边的尺寸(mm)。

### 1.2 耐破强度实验

耐破强度是纸板在单位面积上所能承受的均匀

增大的最大压力,也称耐破度,单位为kPa。按GB/T 1539—2007 纸板耐破度测定<sup>[15]</sup>。试样采取按GB/T 450—2008的规定进行,保证每组测试点得到20个有效数据<sup>[12]</sup>。试样温湿处理按文献[13]的规定进行。测试仪器选用DC-NPY6000C型纸板耐破强度电脑测控仪,测量范围为250~6000 kPa。耐破度可由式(2)计算而得。

$$P=B/n \quad (2)$$

式中: $P$ 为平均耐破度(kPa); $B$ 为测定的平均耐破度值(kPa); $n$ 为测定试样的层数。

## 2 边压强度实验分析

切取瓦楞方向为短边的矩形试样作为边压强度试样,尺寸为 $(100 \pm 0.5) \text{ mm} \times (25 \pm 0.5) \text{ mm}$ 。纸板不得有纸病,试样不得有压痕、印痕和损坏。为了保证实验数据的可靠性,每组测试点切取12个试样,测试后去掉最大、最小实验值再求剩余10个数据的平均值。环境要求温度为23℃、相对湿度为50%,测试速度设置为 $(12.5 \pm 2.5) \text{ mm/min}$ 。

测试时,将试样置于下压板的正中央,使试样的短边垂直于测试仪的两压板,再用两彼此平行的导块支持试样。开动测试仪,施加压力,当加压接近50 N时移开导块,直至试样压溃。记录试样所能承受的最大压力,精确至 $\pm 1 \text{ N}$ 。用Origin软件绘制边压强度随温湿度变化的数据曲面见图3。

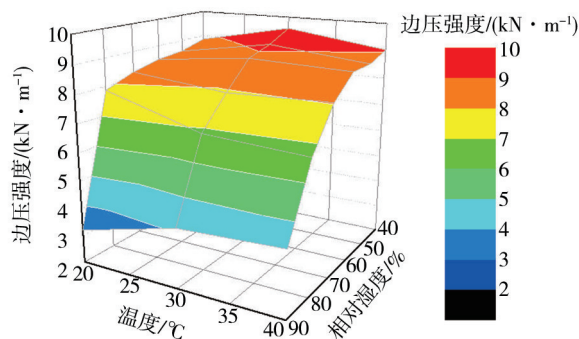


图3 双面美卡纸板边压强度随温湿度变化

Fig.3 The surface chart for edge compression strength vs. temperature-humidity data

## 3 耐破强度试验分析

耐破强度试样面积须比耐破度测定仪的夹盘大,尺寸为 $(70 \pm 0.5) \text{ mm} \times (70 \pm 0.5) \text{ mm}$ ,试样无纸病,不得有水印、折痕或明显的损伤,已被夹盘夹过的试样

在试验中不能使用。为了保证实验数据的可靠性,每组测试点切取22个试样,测试后去掉最高、最低实验值再求剩余20个数据的平均值。环境要求温度为23℃、相对湿度为50%。将试样放在仪器夹盘中间,以不少于690 kPa的夹持力夹紧试样。开动测试仪,泵送液量以 $(170 \pm 15) \text{ mL/min}$ 的速度逐渐加压,待试样破裂压板退回初始位置时,读取显示屏上指示的数值,以此重复测得所要数据,用Origin软件绘制耐破强度随温湿度变化的数据曲面见图4。

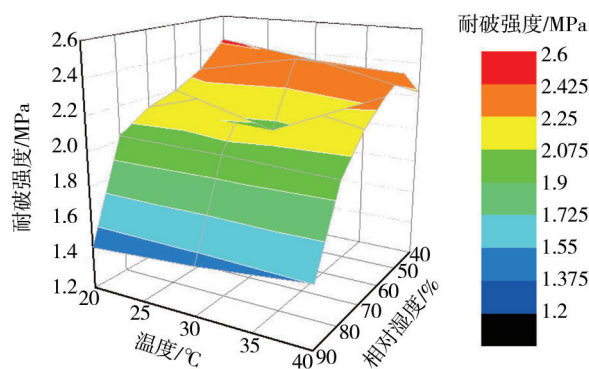


图4 双面美卡纸板耐破强度随温湿度变化

Fig.4 The surface chart for bursting strength vs. temperature-humidity data

## 4 结论

### 4.1 湿度对边压强度的影响

相对湿度对瓦楞纸板边压强度的影响较明显,其强度随相对湿度的增大而降低。相对湿度为40%~80%时,对边压强度的影响较小,相对湿度在80%以上时,对边压强度的影响较大。与相对湿度为40%相比,相对湿度为80%时,纸板的边压强度在温度为20, 30, 40℃时的强度损失率分别为11.24%, 28.25%, 26.27%, 平均损失率为21.92%;相对湿度为90%时,纸板的边压强度在温度为20, 30, 40℃时的强度损失率分别为63.82%, 56.91%, 52.33%, 平均损失率为57.69%。

### 4.2 湿度对耐破强度的影响

相对湿度对瓦楞纸板耐破强度的影响较明显,其强度随相对湿度的增大而降低。相对湿度为40%~80%时,对耐破强度的影响较小,相对湿度在80%以上时,对耐破强度的影响较大。与相对湿度为40%相比,相对湿度为80%时,纸板的耐破强度在温度为20,



30, 40 ℃时的强度损失率分别为 17.01% , 14.73% , 10.69% ,平均损失率为 14.14% ;相对湿度为 90%时,纸板的耐破强度在温度为 20, 30, 40 ℃时的强度损失率分别为 40.94% , 37.13% , 30.32% , 平均损失率为 36.13%。

综上可知,相对湿度为 90%的耐破强度较 40%的损失大,平均损失率为 36.13%;相对湿度为 90%时的边压强度较 40%的损失更大,平均损失率高达 57.69%。

4.3 温度对边压和耐破强度的影响

当相对湿度为 40%~90%时,因温度  $t$  的变化(20, 30, 40 ℃)导致瓦楞纸板边压强度变化的最大相对误差  $R_{mre}$  为:

$$R_{mre} = \frac{R(t)_{max} - R(t)_{min}}{R(t)_{max}} \times 100\% \tag{3}$$

其中 20 ℃ ≤  $t$  ≤ 40 ℃ ,类似可以定义耐破强度变化的最大相对误差  $P_{mre}$  见表 1。

表 1 温度变化对边压和耐破强度变化的最大相对误差  
Tab.1 Maximum relative errors of edge compression and bursting strength caused by the temperature changes

| 相对湿度/% | 最大相对误差/% |       |
|--------|----------|-------|
|        | 边压强度     | 耐破强度  |
| 40     | 7.34     | 8.96  |
| 50     | 6.22     | 5.11  |
| 60     | 4.26     | 11.83 |
| 70     | 3.99     | 7.27  |
| 80     | 15.20    | 2.02  |
| 90     | 25.65    | 6.90  |

可见,温度变化对边压强度的影响不大,相对湿度为 40%~70%时最大相对误差不超过 7.34%。温度变化对耐破强度的影响也不大,相对湿度为 40%~90%时最大相对误差不超过 11.83%。

5 结语

文中对双面美卡高强度 AB 楞纸板边压和耐破强度做了系统的实验和分析研究,结果表明,温度变化对边压强度和耐破强度均影响不大;湿度变化对边压强度和耐破强度均显著,因此在进行瓦楞纸箱包装设计时应侧重考虑运输和存储环境湿度对纸板强度的影响。

参考文献:

[1] 中商情报网[EB/OL]. [http://www.askci.com/news/201204/09/161157\\_13.shtml](http://www.askci.com/news/201204/09/161157_13.shtml).  
China Information Net[EB/OL]. [http://www.askci.com/news/201204/09/161157\\_13.shtml](http://www.askci.com/news/201204/09/161157_13.shtml).  
[2] 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.  
[3] 郭彦峰,付云岗,许文才,等. 瓦楞纸板结构在运输包装应用中的研究进展[J]. 包装工程,2007,28(8):6—9.  
GUO Yan-feng, FU Yun-gang, XU Wen-cai, et al. Advances of the Application Research of Corrugated Paperboard Structures in Transport Packaging[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(8): 6—9.  
[4] 赵刚. 战略性新兴产业的焦点领域[J]. 中国科技财富,2011(1):4—5.  
ZHAO Gang. The Focus of the Field of Strategic Emerging Industries[J]. China Technology of Fortune, 2011(1): 4—5.  
[5] 薛福连. 绿色缓冲包装材料的现状及发展[J]. 湖南包装, 2012(3):25—26.  
XUE Fu-lian. Present Situation and Development of Green Buffering Packaging Materials[J]. Hunan Packaging, 2012(3): 25—26.  
[6] 程小琴,马庭,王一临. 环境湿度对瓦楞纸板力学性能的影响[J]. 包装工程,2002,23(1):17—18.  
CHENG Xiao-qin, MA Ting, WANG Yi-lin. Influence of Environmental Humidity on Mechanical Properties of Corrugated Fiberboard[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(1): 17—18.  
[7] 付云岗,郭彦峰,许文才,等. 不同温湿度条件下双瓦楞纸板力学性能的试验研究[J]. 包装工程,2008,29(4):50—53.  
FU Yun-gang, GUO Yan-feng, XU Wen-cai, et al. Study on Mechanical Properties of Double-wall Corrugated Paperboard under Different Relative Humidity[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(4): 50—53.  
[8] 孙聚杰. 瓦楞纸板结构件及强化技术研究现状[J]. 湖南包装,2011(3):26—28.  
SUN Ju-jie. Research Status of Corrugated Board Structure and Strengthening Technology[J]. Hunan Packaging, 2011(3): 26—28.  
[9] 康启来. 瓦楞纸箱及纸板的检测和质量控制[J]. 中国包装, 2012(10):38—41.  
KANG Qi-lai. Inspection and Quality Control of Corrugated Boxes and Cardboard[J]. China Packaging, 2012(10): 38—41.  
[10] 周颖红,郭仁宏,黎敏. 瓦楞纸板边压强度 2 种测试方法的

- LIU Jing. The Research on Image Compression Coding Algorithm Based on Wavelet Transform[D]. Chongqing: Chongqing University, 2012.
- [24] 王艳平, 邹艺方. 基于整数小波变换的实时图像压缩编码算法[J]. 通信技术, 2009, 42(6): 141—143.
- WANG Yan-ping, ZOU Yi-fang. A Real-Time Image Compression Coding algorithm Based on Integer Wavelet Transform[J]. Communications Technology, 2009, 42(6): 141—143.
- [25] 陈嘉威. 视觉注意计算模型的研究及其应用[D]. 厦门: 厦门大学, 2009.
- CHEN Jia-wei. Research and Application on Computational Model of Visual Attention[D]. Xiamen: Xiamen University, 2009.
- [26] 陈礼. 视觉注意模型的研究及其在ROI图像压缩上的应用[D]. 重庆: 重庆大学, 2008.
- CHEN Li. Research on Vision Attention Model and Its Implementation in ROI Image Compression[D]. Chongqing: Chongqing University, 2008.
- [27] 陈辉. 基于感兴趣区的图像分区压缩算法研究[D]. 天津: 天津理工大学, 2006.
- CHEN Hui. Research on Region of Interest Coding Algorithm [D]. Tianjin: Tianjin University of Technology, 2006.
- [28] 顾海明. 基于小波变换的图像压缩编码研究[D]. 青岛: 青岛科技大学, 2009.
- GU Hai-ming. Research into Image Compression and Coding Based on Wavelet Transform[D]. Qingdao: Qingdao University of Science and Technology, 2009.
- [29] 张立保, 王珂. 一种基于感兴趣区的小波图像编码算法[J]. 计算机工程与应用, 2003(4): 22—25.
- ZHANG Li-bao, WANG Ke. A New Wavelet Image Coding Algorithm Based Regions of Interest[J]. Computer engineering and Application, 2003(4): 22—25.
- [30] HUANG Chao-bing, LIU Quan, YU Sheng-sheng. Regions of Interest Extraction From Color Image based on Visual Saliency [J]. J Supercomput, 2011, 58: 20—33.
- [31] 张杰. 自底向上的视觉显著区域自动提取技术研究[D]. 济南: 山东大学, 2012.
- ZHANG Jie. Research of Salient Regions Detection Based on Bottom-Up Visual Attention Model[D]. Jinan: Shandong Normal University, 2012.
- [32] 韩海田. 基于视觉注意机制的静态图像压缩方法研究[D]. 天津: 河北工业大学, 2012.
- HAN Hai-tian. Still Image Compression Method Base on Visual Attention Mechanism[D]. Tianjin: Hebei University of Technology, 2012.

(上接第67页)

- 分析比较[J]. 包装工程, 2012, 33(17): 63—67.
- ZHOU Ying-hong, GUO Ren-hong, LI Min. Comparison of Two Edgewise Crush Test Methods of Corrugated Paperboard [J]. Packaging Engineering, 2012, 33(17): 63—67.
- [11] 夏华贞. 瓦楞纸板耐破强度的检验分析[J]. 中国包装, 2012(7): 39—43.
- XIA Hua-zhen. Inspection and Research on Bursting Strength of the Corrugated Paper Board[J]. China Packaging, 2012(7): 39—43.
- [12] GB/T 450—2008, 纸和纸板—试样的采取及试样纵横向、正反面的测定[S].
- GB/T 450—2008, Paper and Board—sampling for Testing and Identification of Machine and Cross Direction, Wire Side and Felt Side[S].
- [13] GB/T 10739—2002, 纸浆、纸和纸板—试样处理和试验的标准大气[S].
- GB/T 10739—2002, Paper, Board and Pulps Standard Atmosphere for Conditioning and Felt Side[S].
- [14] GB/T 6546—1998, 瓦楞纸板边压强度的测定法[S].
- GB/T 6546—1998, Corrugated Fiberboard Determination of Edgewise Crush Resistance[S].
- [15] GB/T 1539—2007, 纸板耐破度的测定[S].
- GB/T 1539—2007, Paperboard Determination of Bursting Strength[S].