湿度对瓦楞纸板蠕变特性的影响

郭晓沛

(包头轻工职业技术学院,包头 014030)

摘要:目的 通过一系列试验来研究湿度对瓦楞纸板蠕变特性的影响,从而得出瓦楞纸板的蠕变曲 线。方法 通过对瓦楞纸板进行 3 种恒定载荷, 3 种不同湿度处理条件下的蠕变特性研究试验,得 出其蠕变曲线,并分别进行研究比较,分析湿度对瓦楞纸板蠕变特性的影响。结果 湿度对瓦楞纸 板的蠕变都有显著影响。结论 瓦楞纸板的蠕变会随着湿度的增加而增大。

关键词: 瓦楞纸板; 蠕变曲线; 蠕变特性; 湿度

中图分类号: TB484.1; TB487 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2016)13-0034-04

Effect of Humidity on Creep Property of Corrugated Board

GUO Xiao-pei

(Baotou Light Industry Vocational Technical College, Baotou 014030, China)

ABSTRACT: In order to study the influence of humidity on the creep property of corrugated board according to a series of experiments and get its creep curve, the corrugated board was researched under three different kinds of constant loads and humidity respectively. Then creep curves were worked out and respectively analyzed to see how the humidity influence defined the creep property of corrugated board. The results showed that the humidity had a big influence on creep property. The creep of corrugated board will be enlarged while the humidity increases.

KEY WORDS: corrugated paperboard; creep curve; creep property; humidity

瓦楞纸板的力学性能受环境相对湿度的影响 非常明显。在低湿(相对湿度低于 50%)环境,由 于纸纤维变脆,瓦楞纸板的戳穿强度随着相对湿度 的降低而减小;在高湿环境,纸纤维吸湿后变得疏 松,环境湿度越大,戳穿强度反而越小。环境相对 湿度越大,瓦楞纸板的边压强度越低^[1]。同时,瓦 楞纸板的粘合强度也会随着湿度的升高而明显下 降^[2-3]。在瓦楞纸箱的蠕变研究方面,Koning Jr.和 Stern^[4]研究了瓦楞纸箱的长期蠕变特性,得到单位 高度的蠕变速度和纸箱在静载荷下的寿命是直线 关系。该项研究结果可以用来预测纸箱的堆码寿 命,但是误差较大。Appleton^[5]通过顶部加载的纸 箱的蠕变特性预测纸箱堆码时的性能,得到仅仅蠕 变失效时纸箱的变形大约等于在常规的压缩试验 中得到的变形量。Appleton,Wisconsin^[6]选用不同 型号的瓦楞纸箱研究了瓦楞纸箱的蠕变性能,同时 得到瓦楞纸箱的蠕变寿命和所加载荷比例直接的 关系,并且得到了瓦楞纸箱的蠕变寿命与纸箱的周 长、高度、纸板的厚度、纸板的变压强度直接的关 系。国内郭彦峰、付云岗主要^[7]研究了双瓦楞纸板 在环境温度、相对湿度、恒定载荷不同下的蠕变特 性。Brezinski^[8]研究了低载荷和高载荷对纸板的蠕 变变形的影响。文中通过对不同湿度瓦楞纸板进行 蠕变试验,绘制出蠕变曲线,研究湿度对瓦楞纸板

收稿日期: 2016-04-01

作者简介:郭晓沛(1981—), 女, 内蒙古包头人, 硕士, 包头轻工职业技术学院讲师, 主要研究方向为包装工艺与技术、 包装设计。

蠕变特性的影响。

1 实验

1.1 材料

实验采用 AB 型双瓦楞纸板,试样选用正方体, 面纸为 160 g/m² 的牛皮纸,瓦楞芯纸、里纸都为 130 g/m² 的瓦楞原纸,厚度为 7.05 mm。规格为 10 mm×10 mm,见图 1。



图 1 AB 瓦楞纸板试样 Fig.1 AB sample of corrugated cardboard

1.2 仪器

采用THS-AOC-100AS可程式恒温恒湿试验机 对瓦楞纸板进行预处理,该试验机的温度量程为 -70~150 ℃,精度为±0.2 ℃,其相对湿度量程为 10%~98%,精度为±2%。采用 X Plus 材料试验机 对瓦楞纸板进行静态压缩试验和蠕变试验,LRX Plus 系列万能材料试验机一般用于对复杂的、伸长 率较大的材料和结构进行测试,其最大量程为 5 kN,横梁行程范围为 0~735 mm。

1.3 方法

将切割好的材料置于温度 23 ℃,相对湿度分 别为 50%,75%,90%的恒温恒湿箱中,处理时间 在 24 h 以上。将预处理相对湿度为 50%,75%,90% 的瓦楞纸板分别置于电子材料试验机上进行静态 压缩试验,测量其最大静载荷,得到瓦楞纸板的力 变形曲线¹⁹⁻¹⁰¹。

2 结果与数据分析

2.1 试验结果

2.1.1 相对湿度 50%条件下瓦楞纸板的蠕变试验 将预处理相对湿度为 50%的瓦楞纸板置于电 子材料试验机上进行静态压缩试验,测量其最大静载荷,得到瓦楞纸板的力变形曲线,见图 2。双瓦楞纸板在压缩的过程中会出现 2 个波峰,达到第 1 个波峰时的静载荷作为其最大静载荷,即图 2 中 A 点,负载为 640 N。



图 2 相对湿度 50%时 AB 型瓦楞纸板的力-变形曲线 Fig.2 Force-deformation curve of AB type corrugated board at 50% humidity

分别选取材料最大静载荷的 30%, 50%, 70% 进行蠕变实验,即 192, 320, 448 N。将材料放置 于 LRX Plus 材料试验机上,进行蠕变试验,选取 上述恒定载荷,试验时间为 30 min。得到的蠕变曲 线可见,相对湿度为 50%条件下, AB 型双瓦楞纸 板在 30%静载荷下的蠕变区域为 0.87~0.90 mm, 即蠕变量为 0.03 mm;在 50%静载荷下的蠕变区域 为 1.21~1.32 mm,即蠕变量为 0.11 mm;在静载 荷 70%下的蠕变区域为 1.44~1.64 mm,即蠕变量 为 0.20 mm。

2.1.2 相对湿度 75%下瓦楞纸板的蠕变试验

将预处理相对湿度为 75%的瓦楞纸板置于电 子材料试验机上进行静态压缩试验,测量其最大静 载荷,得到力变形曲线,见图 3。双瓦楞纸板应力 -应变曲线达到第 1 个波峰时的静载荷作为其最大 静载荷,即图 3 中 *A* 点,负载为 470 N。



图 3 相对湿度为 75%时 AB 型瓦楞纸板的力-变形曲线 Fig.3 Force-deformation curve of AB type corrugated board at 75% humidity

分别选取材料最大静载荷的 30%, 50%和 70% 进行蠕变实验,即 141, 235, 329 N。将材料放置 于 LRX Plus 材料试验机上,进行蠕变试验,选取 上述恒定载荷,试验时间为 30 min。得到结果可见, 相对湿度为 75%下, AB 型双瓦楞纸板在 30%静载 荷下的蠕变区域为 1.14~1.18 mm,即蠕变量为 0.04 mm;在 50%静载荷下的蠕变区域为 1.30~1.42 mm,即蠕变量为 0.12 mm;在 70%静载荷下的蠕 变区域为 1.44~1.66 mm,即蠕变量为 0.22 mm。

2.1.3 相对湿度 90% 瓦楞纸板的蠕变试验

将预处理相对湿度为 90%的瓦楞纸板置于电 子材料试验机上进行静态压缩试验,测量其最大静 载荷,得到力变形曲线,见图 4。



图 4 相对湿度 90%时 AB 型瓦楞纸板的力-变形曲线 Fig.4 Force-deformation curve of AB type corrugated board at 90% humidity

曲线达到 A 点时的静载荷是 380 N, 分别选取 材料最大静载荷的 30%, 50%, 70%进行蠕变实验, 即 114, 190, 266 N。将材料放置于 LRX Plus 材 料试验机上,进行蠕变试验,选取上述恒定载荷, 试验时间为 30 min。得到的结果可见,在相对湿度 90%下, AB 型双瓦楞纸板在 30%静载荷下的蠕变 区域为 1.35~1.38 mm,即蠕变量为 0.08 mm;在 50%静载荷下的蠕变区域为 1.49~1.62 mm,即蠕 变量为 0.13 mm;在 70%静载荷下的蠕变区域为 1.87~2.10 mm,即蠕变量为 0.23 mm。

2.2 数据处理

2.2.1 相同湿度下不同载荷的蠕变曲线对比

将上述 AB 型双瓦楞纸板在相同湿度下不同静载荷的蠕变曲线进行整合,得到其在相对湿度为50%,75%,90%时,静载荷分别为最大静载荷的70%,50%,30%的蠕变曲线,见图 5。

由图 5 可知,当环境湿度不变时,AB 型双瓦 楞纸板的蠕变会随着恒定载荷的增大而增大。例

如,AB型双瓦楞纸板在相对湿度为 50%时,70% 静载荷下的蠕变量为 0.20 mm,50%静载荷下的蠕 变量为 0.11 mm,30%静载荷下的蠕变量为 0.03 mm。特别是载荷较大时,蠕变也较大。



图 5 不同湿度下多种恒定载荷时的蠕变曲线 Fig.5 Creep curves of constant load at different humidity

2.2.2 不同湿度下相同载荷的蠕变曲线对比

将上述 AB 型双瓦楞纸板在不同湿度下的蠕变 曲线进行整合,得到静载荷为最大静载荷 70%, 50%,30%下,相对湿度分别为 50%,75%,90% 时的蠕变曲线,见图 6。

试验结果表明,经过不同环境湿度处理的 AB 型 双瓦楞纸板,在相同百分比的静载荷下的蠕变各不 相同,其蠕变会随着相对湿度的增加而增大。例如, AB 型双瓦楞纸板在 70%静载荷时,相对湿度 50%下的蠕变量为 0.20 mm,相对湿度 75%下的蠕变量为 0.22 mm,相对湿度 90%下的蠕变量为 0.23 mm。



图 6 不同湿度条件下、不同静载荷时的蠕变曲线 Fig.6 creep curves of different humidity and different static load

3 结语

对 AB 型双瓦楞纸板在不同湿度下进行了蠕变 试验,根据试验结果和数据的整理,最后绘制出了 AB 型双瓦楞纸板的蠕变曲线,并进行了对比和分 析。研究的结果表明,恒定载荷和环境湿度对 AB 型双瓦楞纸板的蠕变特性都有明显影响。当环境湿 度不变时,随着恒定载荷的增大,蠕变增大。当恒 定载荷不变时,蠕变随着环境湿度的增加而增大。

参考文献:

 郭彦峰,张伟.X-PLY 超强瓦楞纸板的强度试验研究
 [J].包装工程,2002,23(3):6-8.
 GUO Yan-feng, ZHANG Wei. An Experimental Study on Strength of X-PLY Corrugated Board[J]. Packaging Engineering, 2002, 23(3):6-8.
 [2] 崔艳娥.瓦楞纸箱蠕变模型的研究[J].包装工程,

2009, 30(5):30—32. CUI Yan-e. Research on Creep Model of Corrugated Board[J]. Packaging Engineering, 2009, 30(5):30—32.

[3] 李小丽, 郭彦峰. 瓦楞纸箱在运输包装系统中的应 用与设计[J]. 包装工程,2006,27(3):126—127. LI Xiao-li, GUO Yan-feng. Application and Design of Corrugated Case in Transport Packaging System[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3):126–127.

- [4] KONING J W, STEM R K. Long-term Creep in Corrugated Fiberboard Containers[J]. TAPPI, 1997, 60(12): 128-131.
- [5] 郭彦峰, 付云岗.AB 型双瓦楞纸板的蠕变与回复特性研究与分析[J].包装工程,2007,28(3):13—16.
 GUO Yan-feng, FU Yun-gang. Study on Creep Properties and Recoverability of Double-wall Corrugated Paperboard[J].Packaging Engineering, 2007, 28(3):13—16.
- [6] BREZINSKI J P. The Creep Properties of Paper[J]. TAPPI, 1956, 39(2):175-181.
- [7] 张连文, 冯冰冰, 程金茹, 等. 双面美卡高强度 AB 楞纸板边压和耐破强度试验研究[J]. 包装工程, 2015, 36(19):64—67.
 ZHANG Lian-wen, FENG Bing-bing, CHENG Jin-ru, et al. Edgewise Crush Resistance and Bursting Strength Tests of Double-sided US High Strength AB Corrugated Paperboard[J]. Packaging Engineering, 2015, 36 (19):64—67.
 [8] 曾克俭, 刘珊. 蜂窝纸板动态缓冲性能分析研究[J].
- [8] 曾克俭,刘珊.蜂窝纸板动态缓冲性能分析研究[J]. 包装工程, 2014, 35(17):15—18.
 ZENG Ke-jian, LIU Shan. Analysis on Dynamic Cushioning Property of Honeycomb Paperboard[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(19):64—67.
- [9] 廖泽顺, 滑广军, 谢勇, 等. 瓦楞纸板横向边压强度 有限元分析[J]. 包装工程, 2014, 35(13):56—60. LIAO Ze-shun, HUA Guang-jun, XIE Yong, et al. Finite Element Analysis on Transverse Compressive Strength of Corrugated Board Edge[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(13):56—60.
- [10] DESHPANDE V S, FLECK N A. High Strain Rate Compressive Behaviour of Aluminum alloy Foams[J]. International Journal of Impact Engineering, 2000, 24 (3):277-298.
- [11] GAO Zhi-guo, ZHANG Xin-ming, CHEN Ming-an. Influence of Strain Rate on the Precipitate Microstructure in impacted aluminum alloy[J]. Scripta Materialia, 2008, 59(9):983—986.
- [12] TUCKER M T, HORSTEMEYER M F, WHITTINGTON W R, et al. The Effect of Varying Strain Rates and Stress States on the Plasticity, Damage, and Fracture of Aluminum Alloys[J]. Mechanics of Materials, 2010, 42(10):895–907.
- [13] 周浩, 王冬梅. 泡沫材料吸湿机理研究进展[J]. 包装工程, 2013, 34(3):12—15.
 ZHOU Hao, WANG Dong-mei. Research Progress in Moisture Absorption Mechanism of Foam Material[J]. Packaging Engineering, 2013, 34(3):12—15.
- [14] 孙德强,孙玉瑾,郑波波,等.六边形蜂窝芯异面类 静态压缩力学行为的仿真分析[J].包装工程,2014, 35(1):18—22.
 SUN De-qiang, SUN Yu-jin, ZHENG Bo-bo, et al. Simulation Analysis of the Out-of-plane Quasi-static Compression of Hexagonal Honeycomb Cores[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(1):18—22.