

双拱瓦楞纸板动态缓冲特性的试验研究

陈琼^{1,2}, 吕新广¹, 王金容^{1,2}

(1. 暨南大学 广东普通高校产品包装与物流重点实验室, 珠海 519070; 2. 暨南大学 理工学院, 广州 510632)

摘要: 基于跌落冲击试验, 分析了双拱瓦楞纸板在冲击高度为 0.3、0.4、0.6 m 及相对湿度为 50%、65%、90% 条件下的动态冲击曲线, 并建立了其能量吸收图。试验结果表明: 随着相对湿度的增大, 双拱瓦楞纸板的最佳能量吸收点向左下方偏移, 其单位体积吸收能量的能力减弱; 当双拱瓦楞纸板被完全压溃后, 其最佳能量吸收点不随冲击高度的变化而改变。

关键词: 双拱瓦楞纸板; 相对湿度; 冲击高度; 能量吸收图

中图分类号: TB484.1; TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2012)19-0019-03

Experimental Research on Dynamic Cushioning Properties of Double Arch Corrugated Paperboard

CHEN Qiong^{1,2}, LYU Xin-guang¹, WANG Jin-rong^{1,2}

(1. Key Laboratory of Product Packaging and Logistics of Guangdong Higher Education Institutes, Jinan University, Zhuhai 519070, China; 2. College of Science and Engineering, Jinan University, Guangzhou 510632, China)

Abstract: Impact tests were carried out on double arch corrugated paperboard. The dynamic impact curves of the double arch corrugated paperboard in the impact height of 0.3, 0.4, 0.6 m and under the relative humidity of 50%, 65%, and 90% were analyzed. Meanwhile, the energy absorption diagrams were established. The experimental results showed that, with the increase of relative humidity, the best energy absorption points of the double arch corrugated paperboard offset to the lower left and the ability of the unit volume absorb energy decreases; when double arch corrugated paperboard fully crushing, the best energy absorption points are not changing.

Key words: double arch corrugated paperboard; relative humidity; impact height; energy absorption diagram

纸质包装材料以质轻价廉、成形性好、强度高、缓冲性能优良、易于回收再利用、易自然降解等特点, 成为了环保缓冲包装的新宠。其中瓦楞纸板是目前使用最广泛的纸质缓冲包装材料, 其优异的缓冲吸能特性、较高的比强度和比刚度、较轻的质量和环保的特性, 赋予了它更广阔的应用前景^[1]。

双拱瓦楞纸板是一种新型组合结构的瓦楞纸板, 其结构是在 2 层外层面纸间设有 2 层瓦楞原纸而构成的单瓦双拱 4 层瓦楞纸板。

叶仲明等人^[2]将 4 层瓦楞纸板和 3 层、5 层瓦楞纸板的平压强度、边压强度、戳穿强度和耐破度性能

进行了比较, 得到新型 4 层瓦楞纸板主要优点是: 厚度比 5 层瓦楞纸板要薄, 节省了夹芯纸的用量, 降低了瓦楞纸板的成本, 而且强度高, 在一定情况下可以代替 5 层瓦楞纸板, 达到抗压、防震、缓冲的目的。郭娟等人^[3]通过大量的分析及对该新型纸板的各项性能测试, 得出了较理想的结果: 4 层双拱瓦楞纸板的平压强度超过了 5 层瓦楞纸板, 边压强度仅次于 5 层瓦楞纸板; 在频率加速度振动曲线中, 得出了双拱瓦楞纸板的初始抗压性远远超过了 5 层瓦楞纸板, 使 4 层双拱瓦楞纸板在运输包装中有很高的利用价值。

尽管多层瓦楞纸板作为缓冲吸能元件在物流链

收稿日期: 2012-06-08

基金项目: 珠海市科工贸与信息化局项目(2011B050102013)

作者简介: 陈琼(1989—), 男, 江西人, 暨南大学硕士生, 主攻包装力学与工程。

中得到了应用,却鲜有人从能量吸收的角度研究其缓冲特性。能量吸收图法是表征材料缓冲性能的实验与物理模型相结合的经验方法,是通过确定不同规格缓冲材料在不同应变速率下的最佳能量吸收点而绘制的曲线,它优化了材料的相对密度,考虑了环境因素的影响,与传统缓冲性能表征方法相比具有很大优势。双拱瓦楞纸板为纸质材料,纸质材料本身固有的吸湿性使得这类材料对环境湿度的变化颇为敏感,为了研究双拱瓦楞纸板的能量吸收特性,笔者拟在已有研究的基础上,探讨双拱瓦楞纸板在冲击高度为0.3, 0.4, 0.6 m及相对湿度为50%, 65%, 90%条件下的动态冲击曲线,建立其能量吸收图,并对试验结果进行分析。

1 试验

1.1 材料

由于仪器要求,采用多层双拱瓦楞纸板粘接叠加进行试验,试样的厚度为25 mm,双拱瓦楞纸板的厚度为5 mm,其顶面纸为定量170 g/m²的A级箱板纸,底面纸为定量120 g/m²的再生箱板,中间2层瓦楞为定量95 g/m²的高强瓦楞纸。

1.2 方法与处理

1) 试样预处理。参照GB 8167—2008^[4],裁取的试样面积为100 mm×100 mm。标准环境下测得的试验用蜂窝纸板芯纸的弹性模量 $E_{s0}=1.92$ GPa。试验前将双拱瓦楞纸板试样在相对湿度分别为50%, 65%, 90%, 温度20℃的标准环境条件^[5]下预处理24 h。

2) 落锤冲击试验。利用落锤冲击试验机(型号为DYNATUP 9250 HV,英斯特朗(上海)试验设备贸易有限公司)进行测试,得到力-位移数据,然后将其转化为应力-应变数据,最后通过计算机编程,利用Origin程序得到双拱瓦楞纸板的能量吸收图。

2 结果与分析

2.1 双拱瓦楞纸板动态压缩缓冲特性分析

经落锤冲击试验,通过其应力-应变曲线进行双拱瓦楞纸板动态缓冲特性评价。

1) 在标准试验环境下,试验所得同一冲击高度下3种不同湿度环境下双拱瓦楞纸板的应力-应变曲

线见图1。

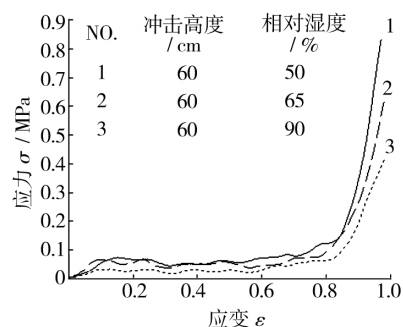


图1 双拱瓦楞纸板在不同相对湿度下的应力-应变曲线

Fig. 1 Stress-strain curves of the double arch

corrugated cardboard under different relative humidity

从图1可以看出,双拱瓦楞纸板的应力-应变曲线在各组相对湿度条件下都明显呈现出4个阶段:弹性变形阶段、首层屈曲阶段、次屈服阶段和密实化阶段。次屈服阶段曲线波动较大并呈上升趋势,具有一定的斜率。首层压溃应力随着相对湿度的增加而减小,平台应力也随湿度的增加而减小,但密实化应变基本保持不变。

2) 相对湿度为65%时不同冲击高度下双拱瓦楞纸板的应力-应变曲线见图2。

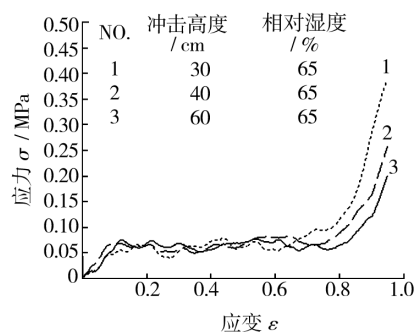


图2 双拱瓦楞纸板在不同冲击高度下的应力-应变曲线

Fig. 2 Stress-strain curves of the double arch

corrugated cardboard under different impact height

从图2可以看出,双拱瓦楞纸板同一相对湿度不同冲击高度下的应力-应变曲线的弹性变形阶段、首层屈曲、次屈服阶段基本重合,即基本不受冲击高度的影响或是影响很小,且密实化应变基本不变。

2.2 双拱瓦楞纸板动态压缩能量吸收图的构造

能量吸收图用来表征材料的吸能特性,其构造过程大致为:在缓冲材料压缩应力-应变曲线下,到某一应力点 σ_p 处的面积(即外力所做的功等于缓冲材料

吸收的能量),对应力 σ_p 作图,并且二者通过缓冲材料的弹性模量 E_{s0} 进行标准化,所得到的曲线即为能量吸收曲线。能量吸收图是能量吸收曲线的组合。缓冲材料的能量吸收曲线上通常会出现一个肩点,该点即为某一结构的缓冲材料在某一条件下的最佳能量吸收点。由双拱瓦楞纸板在不同冲击高度条件下的动态压缩应力应变曲线,通过计算机编程,并利用 Origin 程序,可得到其能量吸收图。

1) 在标准环境条件下,在相对湿度分别为 50%, 65%, 90%, 冲击高度为 60 cm 时,其动态冲击能量吸收图见图 3。

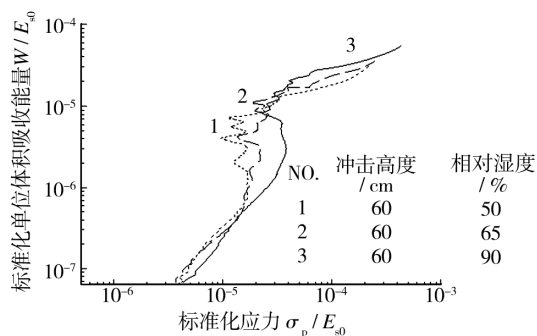


图3 双拱瓦楞纸板在不同相对湿度下的能量吸收图

Fig. 3 Energy absorption diagram of the double arch corrugated cardboard under different relative humidity

由图 3 可见,随着相对湿度的增大,能量吸收曲线的肩点向左下方偏移,说明双拱瓦楞纸板所能吸收的最大能量随相对湿度的增加而减小。

2) 冲击高度为 30, 40, 60 cm, 双拱瓦楞纸板在相对湿度为 65% 时的动态冲击能量吸收图见图 4。

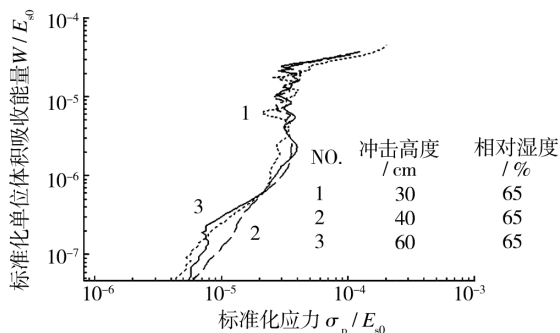


图4 双拱瓦楞纸板在不同冲击高度下的能量吸收图

Fig. 4 Energy absorption diagram of the double arch corrugated cardboard under different impact height

在试验过程中发现,对于同种双拱瓦楞纸板不同冲击高度下的能量吸收曲线中,其最佳吸能点基本重

合,这表明冲击高度对双拱瓦楞纸板的能量吸收没有多大影响,这可从图 4 看出,当双拱瓦楞纸板被完全压溃后,其最佳能量吸收点不随冲击高度的变化而改变。

3 结论

1) 双拱瓦楞纸板的最佳能量吸收受相对湿度的影响,当冲击高度均为 60 cm 时,相对湿度为 50% 的双拱瓦楞纸板的能量吸收性能最强,相对湿度为 90% 时最弱,即随着湿度的增大,双拱瓦楞纸板的能量吸收性能减弱,其单位体积吸收能量的能力减小。

2) 当双拱瓦楞纸板被完全压溃后,相对湿度均为 65%,冲击高度分别为 30, 40, 60 cm 的双拱瓦楞纸板,其最佳能量吸收点基本重合,不随冲击高度的变化而改变,即双拱瓦楞纸板所能吸收的最大能量不随冲击高度的变化而变化。

参考文献:

- [1] 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. The Research Progress of Corrugated Board Structure in the Transport Packaging Applications[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(8): 6-9.
- [2] 车庆浩,孙诚,刘功. 新型四层瓦楞纸板的性能研究[J]. 包装工程, 2006, 27(3): 39-41.
CHE Qing-hao, SUN Cheng, LIU Gong. The Performance Research of the New Four-story Corrugated Board [J]. Packaging Engineering, 2006, 27(3): 39-41.
- [3] 郭娟,刘功. 新型瓦楞纸板(双拱)组合结构性能的研究[J]. 包装工程, 2005, 26(1): 52-53.
GUO Juan, LIU Gong. The Performance Research of New Corrugated Board (Double Arch) Composite Structures[J]. Packaging Engineering, 2005, 26(1): 52-53.
- [4] GB/T 8167-2008, 包装用缓冲材料动态压缩 试验方法[S].
GB/T 8167-2008, Dynamic Compression for Package Cushioning Materials Test Methods[S].
- [5] GB/T 4857.2-2005, 包装运输包装件基本试验第二部分: 温湿度调节处理[S].
GB/T 4857.2-2005, Packaging-basic Tests for Transport Packages Part 2: Temperature and Humidity Conditioning[S].