

层合瓦楞纸板结构沿瓦楞方向的准静态压缩性能研究

温时宝

(青岛科技大学, 青岛 266042)

摘要: 试验研究了层合瓦楞纸板结构沿瓦楞方向的准静态压缩性能。研究表明: 该结构准静态压缩载荷-变形曲线可分为 2 段——线弹性段和褶皱化变形段; 楞型不同、厚度相同的样品, 其准静态压缩最大值与瓦楞纸板的边压强度完全相关; 楞型相同、厚度不同的样品, 随着厚度的增加静态压缩最大值逐渐降低, 厚度对载荷最大值所对应的变形值的影响不大。

关键词: 瓦楞纸板; 瓦楞蜂窝; 层合结构; 静态压缩; 瓦楞方向

中图分类号: TB484.1; TB485.1 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2011)09-0030-03

Quasi-static Compressive Properties of Laminated Structure of Corrugated Paperboard along Corrugated Direction

WEN Shi-bao

(Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract: Quasi-static compressive properties of laminated structure of corrugated paperboard along corrugated direction were studied. The results showed that its quasi-static compressive load-deformation curves can be divided into two sections, linear elastic section and wrinkled deformation section; corrugated paperboard of the same thickness with different flute has the same maximum quasi-static compressive strength and edge compressive strength; the maximum quasi-static compressive value decreases with the increase of the thickness; thickness has little effect on the deformation corresponding to the maximum compressive strength.

Key words: corrugated paperboard; corrugated paper honeycomb; laminated structure; quasi-static compression; corrugated direction

在垂直于瓦楞纸板平面的方向上, 瓦楞纸板具有一定的冲击能量吸收性能, 因此瓦楞纸板常被制作作为衬垫结构, 对进行产品缓冲包装保护。若对产品的保护要求较高, 可采用多层瓦楞纸板的形式, 即层合瓦楞纸板结构。目前对层合瓦楞纸板结构的研究多集中于垂直于瓦楞纸板平面方向的缓冲性能上, 如 V. Rouillard^[1]等人制作了瓦楞纸板多层缓冲系统, 研究该系统在运输过程中对小碰撞力和大的偶然水平冲击力的承受能力, 还有三重组合瓦楞纸板^[2]、X-PLY 超强瓦楞纸板的结构^[3]和多层瓦楞纸板^[4], 但对层合后沿瓦楞方向上强度的研究较少。由于沿瓦楞方向瓦楞纸板可以承受较大的压缩载荷, 所以瓦楞纸板大量用于制造包装纸箱。一些纸板托盘的柱脚^[5]即充分利用了瓦楞纸板的这个特性: 采用卷绕或层合瓦楞纸板结构, 沿其瓦楞方向承受托盘传递的载荷。曾仁

侠^[6]等人对不同楞型瓦楞纸板层合后的蜂窝状瓦楞纸板, 采用边压强度的试验方法进行了测试比较; 温时宝^[7]等人对瓦楞结构纸蜂窝进行了动态力学性能测试, 测试了不同材料的瓦楞纸板制作样品沿瓦楞方向所受冲击力与加速度的关系以及多次冲击与变形的关系。还未发现对层合瓦楞纸板结构沿瓦楞方向进行准静态压缩试验的测试分析的报道。

笔者选用 B 楞和 C 楞瓦楞纸板制作了瓦楞纸板层合结构样品, 按照准静态压缩试验方法对 2 种楞型不同厚度的样品进行测试, 分析纸板参数和样品厚度对层合瓦楞纸板结构性能的影响。

1 试验

1.1 测试仪器

仪器: ZSD-3 型电子压缩强度仪, 长春市纸张试

收稿日期: 2011-01-25

作者简介: 温时宝(1976—), 男, 山西平遥人, 在读博士, 青岛科技大学讲师, 主要研究方向为包装计算机辅助设计和运输包装。

验机厂;电子天平(精确度:0.001 g),北京赛多利斯仪器系统有限公司;游标卡尺(分度值:0.002 cm);万能材料试验机(电脑系统拉力试验机),gt-tcs-2000,高铁检测仪器有限公司。

1.2 原材料

实验中使用的纸板材料为B楞和C楞瓦楞纸板,由青岛联合包装有限公司提供。2种纸板的面纸同为170 g/m²的A级箱板纸,芯纸(瓦楞原纸)的定量有稍许差别,B楞纸板110 g/m²,C楞纸板120 g/m²。纸板的基本参数见表1。

表1 纸板材料的参数

Tab.1 Parameters of corrugated paperboard

楞型	原纸级别、定量	厚度/mm	边压强度/(N·m ⁻¹)
B楞	A-170·A-110·A-170	3.04	5350.1
C楞	A-170·A-120·A-170	4.03	5427.3

黏合剂为熊猫白胶(聚醋酸乙酯乳液),汉高粘合剂有限公司上海分公司。

1.3 试样制备

试样由手工制作。根据所制层合结构的尺寸,利用纸板取样器将瓦楞纸板裁成一定规格的样片,再将样片用黏合剂粘合,形状见图1,试样底面积为60 mm×60 mm。

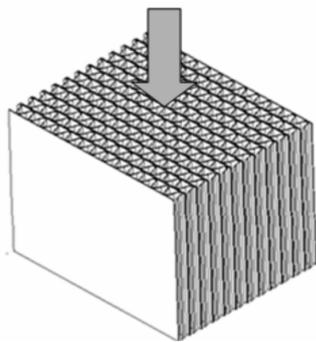


图1 瓦楞层合结构

Fig.1 Sketch map of laminated structure of corrugated paperboard

1.4 过程与方法

参考包装用缓冲材料静态压缩试验^[8]的方法,取(12±3) mm/min的压缩速度(应变率约为4×10⁻³,属于准静态压缩的范围)对瓦楞纸板层合结构进行压缩测试,样品压缩量约为厚度的50%,测试原理见图2。

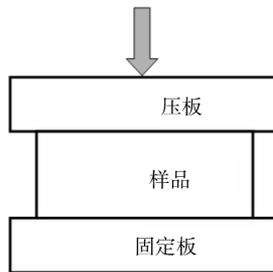


图2 压缩测试原理

Fig.2 Schematic diagram of compression test

2 结果与讨论

2.1 瓦楞纸板边压强度对样品压缩性能的影响

为研究瓦楞纸板的边压强度对样品压缩强度的影响,制作了与瓦楞纸板边压强度测试样片高度相同的样品,即厚度为25 mm的试样,测试其压缩性能。B,C楞样品载荷-变形曲线见图3。

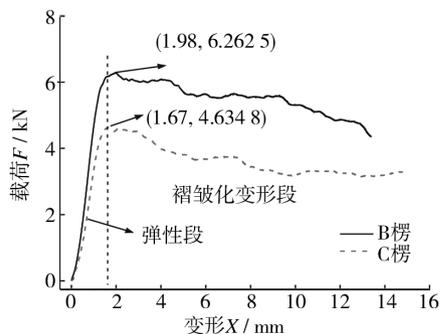


图3 B楞和C楞瓦楞纸板样品载荷-变形曲线

Fig.3 Load-deformation curve of B and C flute sample

由图3可以看出:不同楞型样品其载荷-变形曲线的走势一致,都是先有一段线性弹性变形段,达到屈服极限后其载荷逐渐减小,表现为褶皱化变形,见图4,即样品中瓦楞纸板的面纸和芯纸都发生褶皱化,可称之为褶皱化变形段。

由图3可见,B楞样品载荷最大值6262.5 N,C楞样品为4634.8 N。2种楞型相同厚度样品对比,B楞样品的最大载荷比C楞样品的大,这主要与2种样品的楞型差别有关。压缩过程中可观察到样品的厚度方向的两端或单端(或上、下压缩接触面)逐渐褶皱化变形,直至压实。根据计算,B楞样品由18层B型3层瓦楞纸板层合而成,C楞样品由14层C型3层瓦楞纸板层合而成。若按照直接无粘结层合的方式:B楞纸板层合样品的最大压缩力(叠加)为0.06 m×18

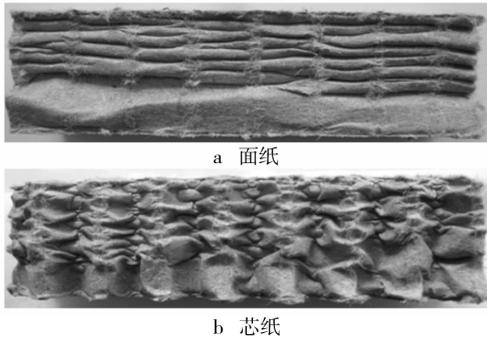


图4 样品中瓦楞纸板面纸和芯纸的压缩变形

Fig. 4 Compressive deformation of liner and medium of corrugated paperboard

$\times 5350.1 \text{ N/m} = 5778.1 \text{ N}$, 小于 B 楞粘合样品的 6262.5 N , 粘合后强度增大约 8% ; C 楞瓦楞纸板层合样品的最大压缩力(叠加)为 $0.06 \text{ m} \times 14 \times 5427.3 \text{ N/m} = 4558.9 \text{ N}$, 小于 C 楞粘合样品的 4634.8 N , 粘合后强度增大约 2% 。即粘合后样品的最大压缩力比无粘合层叠后的值要大, 但增大的幅值小于 10% , 可以认为粘结作用对瓦楞纸板层合结构强度的影响并不大, 其强度值主要来源于瓦楞纸板的边压强度值, 即相当于瓦楞纸板边压值的叠加。

2.2 厚度不同对压缩性能的影响

厚度为 $40, 60, 80 \text{ mm}$ 的 B, C 楞样品载荷-变形曲线见图 5。B 楞样品在 $2.0 \sim 2.5 \text{ mm}$ 变形处载荷

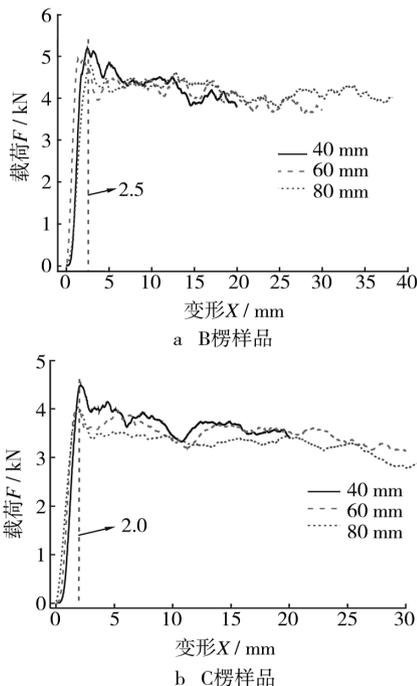


图5 不同厚度层合瓦楞纸板样品的载荷-变形曲线

Fig. 5 Load-deformation curve of different thickness sample

出现最大值, C 楞样品在变形约 2.0 mm 处载荷出现最大值。结合图 3 中 25 mm 样品的最大值, 可知对于 B, C 楞 2 种样品, 厚度对压缩屈服强度的影响相同, 其中 B 楞样品的最大值由 25 mm 厚度的 6262.5 N 降低到了 80 mm 厚度的 4752.4 N , C 楞样品的最大值由 25 mm 厚度的 4634.8 N 降低到了 80 mm 厚度的 4024.0 N , 即随着厚度的增加, 层合结构静态压缩最大值逐渐降低。然而, 样品厚度的不同对压缩最大值所对应的变形值影响不大, B 楞样品屈服时 4 个厚度样品对应的变形值在 $1.98 \sim 2.80 \text{ mm}$ 之间, C 楞样品在 $1.67 \sim 2.17 \text{ mm}$ 之间, 变形值与厚度间不存在明显的关系; 但在所测试的厚度范围内, B 楞样品出现最大载荷值对应的变形均值在 2.3 mm 左右, 而 C 楞样品在 1.9 mm 左右, 这是由于样品楞型尺寸的变大 ($C > B$), 使压缩最大值对应的变形减小。

3 结论

层合瓦楞纸板结构沿瓦楞方向的准静态压缩载荷-变形曲线分 2 段: 线弹性段和褶皱化变形段。楞型不同、厚度相同样品, 其准静态压缩最大值与瓦楞纸板的边压强度完全相关; 相同楞型纸板制作的不同厚度样品, 随着厚度的增加准静态压缩最大值逐渐降低, 厚度对压缩最大值所对应的变形值影响不大。

参考文献:

- [1] ROUILARD V, SEK M A. Behaviour of Multi-layered Corrugated Paperboard Cushioning Systems under Impact Loads[J]. Strain, 2007, 43: 345-347.
- [2] 刘晔, 王振林, 高德, 等. 三重组合瓦楞纸板静态平压性能的理论建模[J]. 包装工程, 2004, 25(5): 162-164.
- [3] 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.
- [4] 王冬梅. 多层瓦楞纸板缓冲性能应变率效应[C]//2008 全国功能材料科技与产业高层论坛论文集, 天津, 2008: 375-377.
- [5] 袁国娜. 瓦楞纸板托盘的结构及其性能研究[D]. 无锡: 江南大学, 2008.
- [6] 曾仁侠, 何惠君, 冯荣魏, 等. 蜂窝状瓦楞纸板的研究[J]. 包装工程, 1995, 16(5): 13-18.
- [7] 温时宝, 冷馨, 孙聚杰. 瓦楞结构纸蜂窝夹层的动态性能研究[J]. 包装工程, 2009, 30(12): 53-55.
- [8] GB/T 8168-2008, 包装用缓冲材料静态压缩实验[S].