钙塑瓦楞复合纸板性能的实验研究

冯 军[1]，高 德[2]
(1. 太原科技大学，太原 030024；2. 浙江大学宁波理工学院，宁波 315100)

摘要：钙塑瓦楞纸板是将普通瓦楞纸板的芯纸替换为钙塑材料而成，该材料除普通瓦楞纸板的优点外，还具有强度高、防潮等性能。通过实验方法，对3层钙塑瓦楞复合纸板平压强度、边压强度和戳穿强度进行了测试分析，同时将钙塑瓦楞复合纸板与普通5层瓦楞纸板性能进行了对比。结果表明，3层钙塑瓦楞复合纸板的边压强度为0.650 kN，平压强度为1.274 kN，戳穿强度为7.5 J；5层瓦楞纸板的边压强度为0.378 kN，平压强度为0.437 kN，戳穿强度为6.75 J。为该新材料的推广使用提供了依据。

关键词：钙塑瓦楞；复合纸板；平压强度
中图分类号：TB484.1；TB487　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-3563(2013)11-0043-03

Experimental Study on Properties of Calcium Plastic Composite Corrugated Board

FENG Jun[1]，*GAO De*[2]
(1. Taiyuan University of Science and Technology，Taiyuan 030024，China；2. Ningbo Institute of Technology，Zhejiang University，Ningbo 315100，China)

Abstract：Calcium plastic corrugated board is made through substitution of calcium plastic material for ordinary corrugated cardboard，which not only has the advantages of ordinary corrugated cardboard，but also has the advantages of high strength and moisture-proof performance. Flat compression strength，edge crush strength and puncture strength of 3 layer calcium plastic corrugated board were tested and compared with the performance pf ordinary 5 layer corrugated board. The result showed that the flat compression strength，edge crush strength and puncture strength of 3 layer calcium plastic corrugated board is 1.274 kN，0.650 kN，and 6.75 J respectively；the flat compression strength，edge crush strength and puncture strength of 5 layer corrugated cardboard is 0.437 kN，0.378 kN，and 6.75 J respectively. The purpose was to provide basis for promotion of the new material application.

Key words：calcium plastic corrugated board；composite board；flat compression strength

钙塑瓦楞板与瓦楞纸板比较，具有防水、防潮、高强度、机械力学性能好等优点。对钙塑瓦楞材料的研究，国内外学者作了大量的工作，熊慧文、孙剑[1]等人研究了制备钙塑纸的原料组成及其比例，并用常规的钙塑瓦楞板的生产工艺制备出了钙塑板，此钙塑板制作的钙塑箱各项性能均能满足国标(GB/T 6980—80)的要求，大大降低了钙塑箱的原料成本。扈响亮、吕广志[2]等人对由3层平面钙塑纸和2层瓦楞钙塑纸交互热粘合成的双层钙塑瓦楞纸及其制造方法作了研究，并采用粗细文瓦楞相组合的结构来提高双层钙塑瓦楞板的综合防冲减震效果。颜荣森、袁良、钱伟[3]将钙塑瓦楞板制成箱体的四角都固装有包角的钙塑瓦楞板周转箱，这种周转箱具有质轻、强度高、抗压性好等特点。对于上述的研究，均未见钙塑板材力学性能方面的研究，且该材料表面较滑，不利于运输。对于普通瓦楞纸板性能方面的研究，已经比较深入和成熟，但材料的力学性能不如钙塑箱，也不防潮。鉴于此，文中研究的钙塑瓦楞复合纸板，是由一层钙塑瓦楞芯材和牛皮面面纸及牛皮里纸里层复合而成。

收稿日期：2013-04-03
基金项目：国家“十二五”科技支撑项目(2011BAD24B01)
作者简介：冯军(1988-)，男，陕西人，太原科技大学硕士生，主攻现代机械设计理论及其关键技术。

1 结构

钙塑瓦楞复合纸板结构见图1。

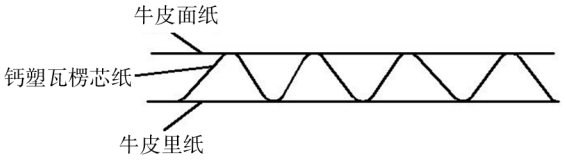


图1 钙塑瓦楞复合纸板

Fig. 1 Calcium plastic corrugated board

这种钙塑瓦楞复合纸板既具有钙塑瓦楞板的防潮、高强度、耐用等特点，又具有瓦楞纸板防滑、缓冲等特点，而且解决了钙塑瓦楞纸箱包装中存在的印刷问题，是一种新型包装材料。然而对此种新材料力学性能方面的研究，均为空白，为此，笔者对钙塑瓦楞复合纸板的平压强度、边压强度、戳穿强度进行分析，以利于进一步开发应用。

2 实验材料的制备

2.1 钙塑瓦楞复合纸板面纸的选择和芯纸的制备

钙塑瓦楞复合纸板的芯纸用的是钙塑片材，它是由碳酸钙和HDPE按1∶1的比例混合[4]，经过HSJP-100塑料片材生产线（浙江宏华机械塑胶有限公司）加热，挤出，压延而成。钙塑片材定量测定为328 g/m²；面纸和里纸选用牛皮纸，定量为200 g/m²。

2.2 钙塑瓦楞复合纸板的制备

钙塑瓦楞用DRN98-I钙塑瓦楞热粘合机组（常州市弗雷德机械制造有限公司）在温度为160 ℃，速度为3.5 m/min的参数下压制而得，钙塑瓦楞芯纸与牛皮面纸用及牛皮里纸均用水溶性纸塑胶粘合。经测定，此钙塑瓦楞复合纸板的定量为728 g/m²。5层瓦楞纸板定量为660 g/m²，芯纸定量为120 g/m²，面纸的定量为140 g/m²。

3 性能测试及分析

钙塑瓦楞复合纸板的平压、边压强度的测试所使用的主要设备是电子万能压缩实验仪。戳穿测试所用的主要设备为DCP-BCY48电脑测控纸板戳穿强度仪。实验前将所有的材料按照GB/T 10739进行处理，以保证各类纸板的湿度平衡，测试条件相同，进行纸板的性能测试。

3.1 平压强度实验

平压强度试验取样器切面积为64.5 cm² 试样，将切好的试样悬挂于标准温湿度条件下进行调温调湿处理，然后将试样放在压缩仪的中心，开动压缩仪，使上压板向上移动（12.5 mm/s），直至试样压溃，电动机反转使上压板返回原位，记录仪器读数。平压数据见图2。

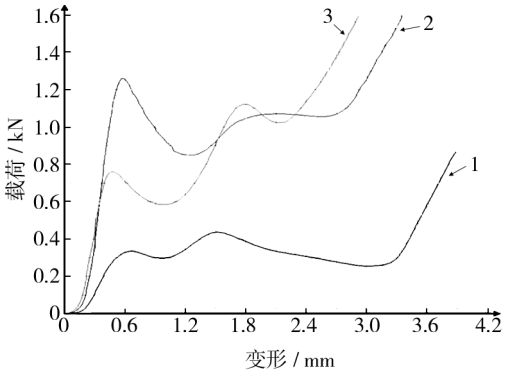


图2 平压实验结果

Fig. 2 Flat crush test results

由图2可以得知，3条曲线的载荷-变形趋势总体上相似，开始都有一段近似线性变化的弹性变化阶段，此时的试样应该是均匀变形的。在达到屈服之后，载荷值随着变形量增加总体呈下降趋势；5层瓦楞纸板与钙塑瓦楞复合纸板相比，曲线在达到屈服之前有所区别。曲线1首先到达屈服点（0.437 kN），其次是曲线2到达屈服点（1.274 kN），最后是曲线3到达屈服点（1.242 kN），楞距9 mm钙塑瓦楞复合纸板的最大平压强度是5层瓦楞纸板最大平压强度的292%；楞距8 mm的钙塑瓦楞复合纸板的最大平压强度是5层瓦楞纸板最大平压强度的284%；而曲线1达到屈服的过程比较平缓，主要是因为钙塑瓦楞复合纸板的弹性比5层瓦楞纸板的要好；曲线2比曲线3先达到屈服，这是因为平压实验条件下少一个楞的试样弹性要差一些。总的来说，钙塑瓦楞复合纸板的平压性能要比5层瓦楞纸板的平压性能要好。

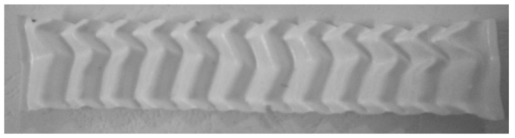
3.2 边压强度实验

边压强度采用取100 mm×25 mm的试样，用长100 mm，横截面为20 mm×20 mm的2块金属导块夹持后放到压缩实验仪的下压板，让其宽度方向承受边

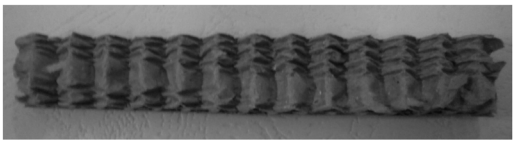
压,开动压缩仪,使上压板向上移动(12.5 mm/s),直至试样压溃,电动机反转使上压板返回原位,记录仪器读数。

3.2.1　实验现象

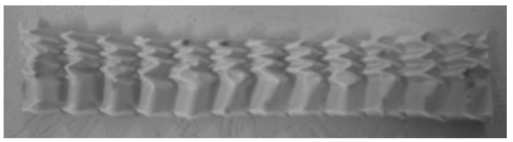
试样边压后瓦楞的的照片见图3。



a　5层瓦楞纸板楞芯



b　楞距9 mm的钙塑瓦楞复合纸板



c　楞距8 mm的钙塑瓦楞复合纸板

图3　边压瓦楞变形照片

Fig. 3 Photos of edge press deformation

由图3可以看出,5层瓦楞纸板的瓦楞在受到边压后变化比较缜密,主要是因为5层瓦楞纸板瓦楞较钙塑瓦楞质软,所以变化比较连续。楞距9 mm的钙塑瓦楞在边压的过程中,压溃的折痕较少,主要是较大楞距的瓦楞能承受较大的边压力。楞距8 mm的钙塑瓦楞压溃的折痕明显程度介于5层瓦楞纸板瓦楞和楞距9 mm的钙塑瓦楞之间,它所能承受的边压力也介于它们之间,如图4。

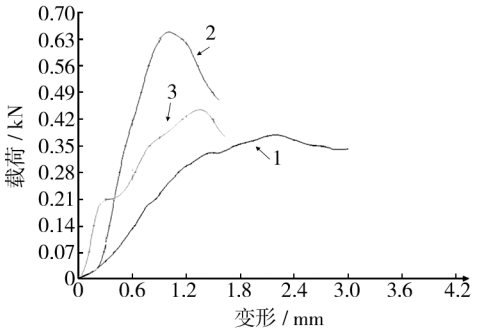


图4　边压实验结果

Fig. 4 Experimental results of edge crush test

3.2.2　力学性能分析

3种不同试样的边压实验载荷-变形曲线见图4。通过图4可以看出:不同试样的边压实验载荷-变形曲线的形状整体上相似,实验开始都有一段近似线性变化的弹性变化阶段,这段试样的变化应该是均匀的;曲线1的屈服点为0.378 kN,曲线2的屈服点为0.650 kN,曲线3的屈服点为0.437 kN;在达到屈服之后,随着变形量的增加载荷总体呈下降的趋势;曲线1与曲线2和3相比有所区别,曲线1的波动频率比较明显,这主要因为:瓦楞纸板承载边压的主要是瓦楞,5层瓦楞纸板试样在边压时其瓦楞的变化比较缜密,如图3a。然而5层瓦楞纸板试样边压波动的幅度没有钙塑瓦楞复合纸板的波动幅度大,这主要是钙塑瓦楞本来的特点决定的。如图3b,c,可以看出钙塑瓦楞在受到边压时,其每变化一次的周期较5层瓦楞的要长,这也说明钙塑瓦楞的弹性要比5层瓦楞的要好。从图3中还可以发现,楞距9 mm的钙塑瓦楞复合纸板的最大边压强度是楞距8 mm的钙塑瓦楞复合纸板最大边压强度的149%,是5层瓦楞纸板最大边压强度的172%;13楞/(100 mm)的钙塑瓦楞复合纸板最大边压强度是5层瓦楞纸板最大边压强度的112%。所以钙塑瓦楞复合纸板的边压性能要比5层瓦楞纸板的边压性能要好。

3.3　戳穿强度实验

切取175 mm×175 mm的试样,按照GB/T 10739进行温、湿度处理,然后按照GB/T 450进行戳穿强度的测试。测量时首先调节设备的水平、零点,校准摆轴摩擦力、指针摩擦力,然后装好试样,放下摆锤,其位能转变成动能而摆动。用其戳穿头冲击试样而使之被戳穿。戳穿过程中的总能量消耗即代表试样的戳穿强度。钙塑瓦楞复合纸板与5层瓦楞纸板的戳穿强度数据见表1。

表1　戳穿强度实验数据

Tab.1 Result of puncture strength test　J

纸板种类	5层瓦楞纸板	钙塑瓦楞复合纸板
试样1	6.72	6.67
试样2	6.67	7.92
试样3	6.79	7.22
试样4	6.98	7.71
试样5	6.98	7.78
试样6	6.33	7.69
均值	6.75	7.50

以上数据显示,钙塑瓦楞复合纸板的戳穿强度是5层瓦楞纸板的111.1%。通过对试验后的试样分析发现,5层瓦楞纸板的戳穿口呈现撕裂的现象,而钙

(下转第92页)

[3] THIJSSE B J. Freestyle Data Fitting and Global Temperatures[J]. Computing in Science & Engineering, 2008, 10(1): 49-59.

[4] JIN Yi-su, YUE Hong, BROWN Martin, et al. Improving Data Fitting of A Signal Transduction Model by Global Sensitivity Analysis[C]. New York: American Control Conference, 2007: 2708-2713.

[5] PENNA M A, DINES K A. A Simple Method for Fitting Sphere-like Surfaces[J]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2007, 29(9): 1673-1678.

[6] SONG Rui-yin, LI Wei, YANG Can-jun, et al. Data Fitting and Analysis of Performance for Micro-thermoelectric General or[C]. Guangzhou: IEEE International Conference on Control and Automation, 2007: 198-202.

[7] 于惠,刘真. 基于 LSM 分段拟合技术的喷墨输出反馈控制研究[J]. 包装工程,2011,32(17):98-101.
YU Hui, LIU Zhen. Study of the Inkjet Output's Feedback Control Based on the LSM Piece Wise Curve-fitting Technology[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(17): 98-101.

[8] 孔玲君,刘真,姜中敏. 基于 CCD 的数字印刷质量检测与分析技术[J]. 包装工程,2010,31(3):92-95.
KONG Ling-jun, LIU Zhen, JIANG Zhong-min. CCD based Digital Print Quality Measurement and Analysis Techniques[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(3): 92-95.

[9] 刘明. 普通最小二乘法的几何分析[J]. 统计与决策,2008,32(2):21-23.
LIU Ming. Geometric Analysis of Ordinary Least Squares[J]. Statistics and Decision, 2008, 32(2): 21-23.

[10] 贾永峰,谷立臣. 基于数据拟合的机械参数模型研究[J]. 起重运输机械,2009:59-61.
JIA Yong-feng, GU Li-chen. The Mechanical Parameter Model Based on Data Fitting[J]. Lifting the Transport Machinery, 2009: 59-61.

(上接第 45 页)

塑瓦楞复合纸板的戳穿口呈现先拉伸后裂开的现象。这就说明钙塑瓦楞复合纸板在戳穿实验过程中先进行力的缓冲然后开裂,所以钙塑瓦楞复合纸板的戳穿强度要高于 5 层瓦楞纸板的戳穿强度。

4 结语

通过试验可以得出,钙塑瓦楞复合纸板的各项力学性能均优于 5 层瓦楞纸板。从经济性能考虑,钙塑复合瓦楞纸板在一定范围内强度高、定量低,包装空间小,而且由于单张纸板壁厚降低,使纸箱本身的体积也减小,变相地扩大了单位体积仓储量,节省了一定的仓储运输费用。同时可以在提高纸箱强度基础上降低纸箱成本,与 5 层瓦楞纸板相比,节约了一层面纸,可节省一定的资源[5]。对钙塑瓦楞复合纸板的研究,对钙塑瓦楞复合纸板在包装行业的推广应用有一定的参考价值。

参考文献:

[1] 熊慧文,孙剑. 钙塑瓦楞板及其生产方法[P]. CN 102700213A, 2012-6-7.

[2] 扈响亮,吕广志. 双层钙塑瓦楞板及其制造方法和双层钙塑瓦楞板热粘合机:CN 1030381A[P]. 1989-01-18.

[3] 颜荣森,袁良. 钙塑瓦楞板周转箱:CN 2344300Y[P]. 1999-10-20.

[4] WANG Zhao-xia, GAO De, XU Wen-cai. Effect of Coupling on the Mechanical Properties of calcium Carbonate-Plastic Composite Packaging Materials[J]. Applied Mechnics and Materials, 2012, 200: 321-324.

[5] 张志刚. 4 层复合瓦楞纸板及其成型机械的效益空间[J]. 包装工程,2004,25(1):156-157.

(上接第 50 页)

[16] 翁祖棋,陈博,张长发. 中国玻璃钢工业大全[M]. 北京:国防工业出版社,1992.
WENG Zu-qi, CHEN Bo, ZHANG Chang-fa. Complete Works of Chinese Glass Fiber Industry[M]. Beijing: National Defence Industry Press, 1992.

[17] 谢莉. 新型玻璃钢蜂窝夹层结构模板研究[D]. 南京:南京工业大学,2004.
XIE Li. Study on a New Type of GFRP Sandwich Formwork[D]. Nanjing: Nanjing University of Technology, 2004.

[18] 姜作义,张和善. 纤维-树脂复合材料技术与应用[M]. 北京:中国标准出版社,1990.
JIANG Zuo-yi, ZHANG He-shan. Fiber-Resin Composite Technology and Application[M]. Beijing: China Standard Press, 1990.