瓦楞纸箱提手孔形状对抗压强度的影响

谢 勇，胡亚萍
（湖南工业大学，株洲 412008）

摘要：对同一规格、不同手孔形状的重型装饰灯具外包装瓦楞纸箱的抗压强度进行了试验，以探讨提手孔形状对纸箱抗压强度的影响。在提手孔形状满足舒适度的前提下，对5种形状的提手孔进行了试验。试验结果表明，针对瓦楞纸箱抗压强度损失而言，弧形提手孔强度损失最少，梯形提手孔最大，跑道形、山形和半圆形提手孔对纸箱抗压强度的影响程度相差不大。

关键词：瓦楞纸箱；提手孔；抗压强度
中图分类号：TB484.1　**文献标识码：**A　**文章编号：**1001-3563(2013)21-0031-04

Effect of Handing Hole´s Shape on Compressive Strength of Corrugated Box

XIE Yong，*HU Ya-ping*
（Hunan University of Technology，Zhuzhou 412008，China）

Abstract：Compressive strength of corrugated boxes for heavy decorative lights packaging was tested. The corrugated boxes had different shape of handing hole. 5 kinds of shape of handing hole were tested on condition of meeting comfort level requirements. The results showed that corrugated box with arc-shaped handing hole has the minimum loss of compressive strength；trapezoidal-shaped handing hole causes the maximum loss；for the runway-shaped，hill-shaped，and half-round-shaped，their loss has little difference.

Key words：corrugated boxes；handing hole；compressive strength

瓦楞纸箱目前被广泛应用于产品外包装，既很好地保护了商品，也大大地降低了运输途中的商品损伤，因而近些年来，瓦楞纸箱一直作为包装领域一个非常重要的研究方向。当包装件质量较大时，为了方便搬运，往往会在箱体两侧开有搬运提手孔，这样瓦楞纸板就会被切断，从而破坏了纸面结构的完整性，有可能造成整箱抗压强度的下降[1]。

尽管现代生产中普遍应用机器化，很多的工作都由机器代替了人工，但是当包装件分散到各个销售点，由于各种因素制约，就不得不用人工搬运包装件。对于比较大型的瓦楞纸箱包装件，用人工搬运要是采用抱或背等方式都不能达到安全性和科学性要求，特别是在楼梯或者是比较狭窄的过道上很容易出现失误，给人和包装件带来严重的损坏[2-5]。由此，在瓦楞纸箱上开有搬运提手孔既可以避免在搬运过程中包装件的滑落跌倒事故，又可以降低人工在搬运过程中的难度，所以搬运提手孔在瓦楞纸箱上的应用是非常有必要的。

提手孔通常会使纸箱的抗压强度受到损失，同时随着开孔面积大小、开孔形状、开孔位置的不同，纸箱的抗压强度降低程度也不同。基本规律如下所述[6-9]。

1）开孔位置相同时，开孔面积越大，纸箱抗压强度损失越大。

2）在开孔面积相同时，开椭圆孔比开圆形孔的抗压强度好。

3）开孔越大，其抗拉强度损失越大，开孔离顶部、底部或者垂直压痕线越近，孔的抗压强度损失越大；当开孔位于纸箱侧面中线上方 $H/18$ 高度时，其抗压强度损失最小。

4）在条件许可下，包装提手孔的尺寸应为 86 mm×31 mm，才能方便多数人搬运或提携。

收稿日期：2013-03-17
作者简介：谢勇（1964-），男，湖南攸县人，湖南工业大学教授，主要研究方向为缓冲包装和包装防伪技术。

1 试验

1.1 材料与仪器

试验材料为某装饰灯具的包装瓦楞纸箱，纸板为BC型五层板，箱型为0201，尺寸为535 mm×290 mm×330 mm，两板成型。

试验仪器：AE100电子分析天平，由苏州市莱顿科学仪器有限公司生产；ZUS-20纸与纸板厚度测定仪，ZBQ-100边压黏合强度取样器，ZHQ-152环压强度取样器，ZSO-3电子式压缩强度试验仪，均为长春市纸张试验机厂生产；HT-8321全自动破裂强度试验机，HT-8506电脑式万能材料试验机，均为台湾宏达仪器股份有限公司生产。

1.2 相关数据的测试

采用电子分析天平，测得内外面纸定量为193.9 g/m^2，芯纸定量为146.7 g/m^2。采用纸与纸板厚度测定仪，测得面纸厚度为0.229 mm，芯纸厚度为0.184 mm。采用全自动破裂强度试验机，测得面纸正反两面耐破度分别为0.37和0.36，芯纸耐破度为0.35。采用电子式压缩强度试验仪，测得面纸纵横向环压强度分别为1.14和0.81 kN/m，芯纸纵横向环压强度分别为0.84和0.63 kN/m，瓦楞纸板边压强度为3640 N/m。

1.3 提手孔开孔位置的设定

目前舒适度和普及度比较高的提手孔形状有5种[9-11]：跑道形、山形、梯形、半圆形、弧形，见图1。

名称	示意图
跑道形手提孔	
山形手提孔	
梯形手提孔	
半圆形手提机	
弧形手提孔	

图1 提手孔形状

Fig. 1 Shapes of handing hole

按以下方法设定提手孔开孔位置：以瓦楞纸箱侧面对称中心为原点建立xy坐标系，在y轴上将$(0,H/6)$四等分（H为箱板高，本例为330 mm），得到4个点为$A(0,54.9)$，$B(0,36.6)$，$C(0,18.3)$，$D(0,0)$，分别在4个中心点处使用同一开孔器，开取尺寸为86 mm×31 mm的弧形提手孔。根据文献[6]，采用对比试验法确定了C点为瓦楞纸箱提手孔的最佳受力位置，即在纸箱侧面C点分别开取不同形状的提手孔。提手孔开孔位置的设定见图2。弧形提手孔示意见图3。

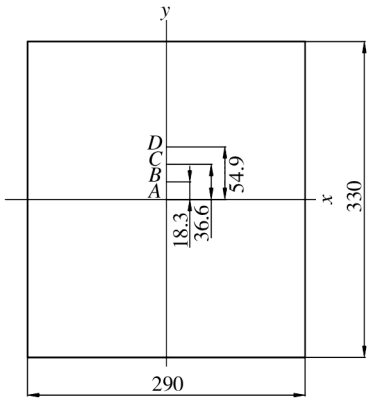


图2 提手孔开孔位置

Fig. 2 Locations of handing hole

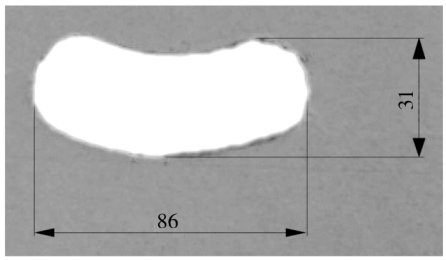


图3 提手孔尺寸

Fig. 3 Dimensions of handing hole

1.4 制样

受试验条件的限制，采用手工制备箱面提手孔。为了减小误差，首先在Auto CAD中绘制弧形提手孔，打印后裁切成提手孔轮廓模版，然后在纸箱侧面使用钢尺测量标示出提手孔的具体位置，将提手孔模版贴在纸箱上并画出轮廓，再用刀片切割去多余的部分，完成瓦楞纸箱提手孔的开取。

试样按照GB/T 10739—2002《纸浆、纸和纸板试样处理和试验的标准大气》进行预处理，即将瓦楞纸箱置于温度为(23±1)℃，相对湿度为(50±2)%的标准大气环境中，使其水分和大气平衡[12]。

1.5 瓦楞纸箱抗压强度的测试

使用HT-8506电脑式万能材料试验机对瓦楞纸

箱的抗压强度进行测试。试验时,将瓦楞纸箱置于下压板的中央位置,上压板以(10±3)mm/min 的速度匀速下降,纸箱平面受压,直到压溃变形为止[13]。预定纸箱要求有一定的抗压强度,因为商品包装后在转运过程中,堆码在最底层的纸箱受到上部纸箱的压力,为了不至于被压塌,纸箱必须具有合适的抗压强度。据 GB/T 6543—2008 标准[14-15],瓦楞纸箱抗压强度值 P 不应小于按式(1)所得的计算值:

$$P=k\cdot m\frac{H-h}{h}\times 9.8 \qquad (1)$$

式中:P 为抗压强度值(N);k 为强度安全系数;m 为瓦楞纸箱包装件的质量(kg);H 为堆码高度(一般不高于 3000 mm);h 为瓦楞纸箱高度(mm)。

根据供应商提供的参数:储存期>2 年,m<30 kg,H=1650 mm(最高 5 层),h=330 mm。可得原材料瓦楞纸箱 P>2352 N。

2　结果与讨论

开有跑道形、山形、梯形、半圆形和弧形提手孔的瓦楞纸箱试样压缩实验所得到的力-位移曲线见图 4a-e。未开提手孔的瓦楞纸箱力-位移曲线见图 4f。

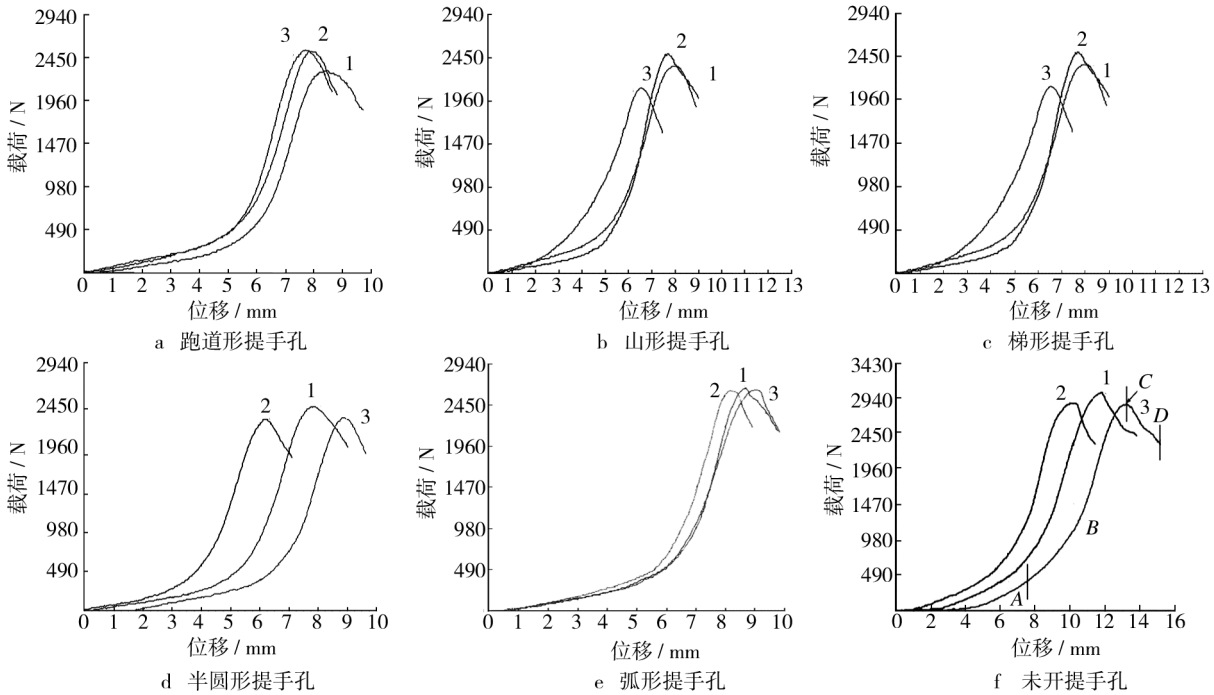


图 4　纸箱力-位移曲线

Fig. 4 Load and displacement curves of corrugated boxes

以图 4f 的曲线 3 为例,对照实验现象分析可知:纸箱开始压缩,纸箱顶部产生了折痕线;纸箱角部开始急剧负载;纸箱最大负载,箱的角落和屈曲的侧面崩溃;负载开始趋于稳定。

由图 4,据抗压强度计算公式:

$$P=\frac{F}{A} \qquad (2)$$

式中:F 为最大抗压力(N);A 为受压面积(cm^2),本例中 A=53.5 cm×29.0 cm。

将 A 及 F 值代入式(2)可得到计算抗压强度,结果列于表 1。

表 1　不同形状的手孔的压缩试验结果

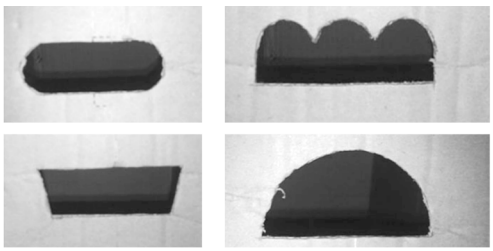
Tab. 1 Compression test results for different shapes handing hole　N/cm^2

孔形状	试样 1	试样 2	试样 3	平均值
跑道形	1.48	1.62	1.64	1.58
山形	1.62	1.66	1.44	1.57
梯形	1.52	1.61	1.36	1.50
半圆形	1.65	1.56	1.56	1.59
弧形	1.71	1.69	1.69	1.70
未开孔	1.83	1.95	1.83	1.87

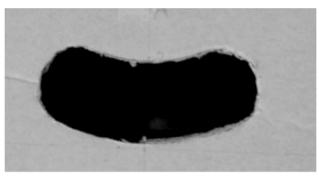
由表 1 可知,开孔后纸箱的抗压强度有所降低,降低幅度在 11% ~20% 之间,其中弧形提手孔的瓦楞纸

箱抗压强度损失最小,所以针对本例重型装饰灯具的外包装瓦楞纸箱,选择弧形提手孔是较科学的。梯形提手孔瓦楞纸箱抗压强度损失最大,所以设计重型产品的外包装瓦楞纸箱时,要尽量避免选择梯形提手孔。对于跑道形提手孔、山形提手孔和半圆形提手孔,抗压强度值相差不大,对照实验曲线其屈曲位移也相近,相较弧形手提孔试验结果接近没开手孔的情况。

图5显示了跑道形、山形、梯形、半圆形、弧形提手孔的压溃情况。



a 4种形状提手孔



b 弧形提手孔

图5 提手孔处的压溃情况

Fig. 5 Crush situation of handing holes

由图5可见,压缩实验后,瓦楞纸箱提手孔处的瓦楞发生了变形,大部分压溃位置都发生在提手孔的中间位置。梯形提手孔和半圆形提手孔都在角的位置上发生了明显压溃,即角的位置是应力最集中的位置,梯形提手孔发生压溃的部位最多,故其抗压强度损失最大。跑道形、山形以及弧形提手孔在中间位置都只有一条压溃线,相对梯形提手孔而言其抗压能力比较稳定。

3 结语

针对某装饰灯具包装瓦楞纸箱,分别在瓦楞纸箱相同位置上开5种形状的提手孔,研究了提手孔形状对纸箱抗压强度的影响,得出以下结论。

1)跑道形提手孔、山形提手孔、半圆形提手孔对瓦楞纸箱抗压的强度影响程度相差不大,对于非重型产品的外包装瓦楞纸纸箱设计,选择这几种方案都是可行的,这时可重点从人机工程的角度,选用较舒适、易加工成形的手孔形状,如跑道形。

2)在这5种手孔形状中,对瓦楞纸箱抗压强度损失最少,且人工手提舒适度较高的是弧形提手孔,因此,设计重型产品的外包装瓦楞纸箱时,选择弧形提手孔更合理。

参考文献:

[1] 廖玉文. 印刷和开孔对瓦楞纸箱抗压强度的影响[J]. 印刷技术,2008(24):26-28.
LIAO Yu-wen. Effects of Printing Process and Opening on Compressive Strength of Corrugated Box[J]. Printing Technology,2008(24):26-28.

[2] SINGH J,OLSEN E,SINGH S P,et al. The Effect of Ventilation and Hand Holes on Loss of Compression Strength in Corrugated Boxes[J]. Journal of Applied Packaging Research,2008(6):227-238.

[3] ALLAOUI S, ABOURA Z,BENZEGGAGHF M L. Effects of the Environmental Conditions on the Mechanical Behaviour of the Corrugated Cardboard[J]. Composites Science and Technology,2009,69:104-110.

[4] 张书彬,冯学正. 瓦楞纸箱抗压强度的试验研究[J]. 包装工程,2008, 29(9):10-11.
ZHANG Shu-bin, FENG Xue-zheng. Experiment Research of Corrugated Box´s Compression Strength[J]. Packaging Engineering,2008, 29(9):10-11.

[5] 洪亮,程利伟. 瓦楞纸箱工艺[J]. 包装工程,2007, 28(12):282-285.
HONG Liang,CHENG Li-wei. Discussion on Cormgated Paper Box Technics[J]. Packaging Engineering, 2007, 28(12):282-285.

[6] 李立. 人机工程学在搬运手孔设计中的运用[J]. 包装工程,2005,26(5):147-149.
LI Li. Application of Ergonomics in the Design of Handing Holes[J]. Packaging Engineering,2005,26(5):147-149.

[7] 廖梓廷,金潇明. 瓦楞纸箱开孔对耐压强度的影响[J]. 包装工程,1996,17(3):22-24.
LIAO Zi-ting,JIN Xiao-ming. The Effects of Holing Corrugated Fiber Box on Pressure-resisting Strength[J]. Packaging Engineering,1996,17(3):22-24.

[8] 李春伟,王桂英,陈春晟. 手孔对瓦楞纸箱抗压强度的影响[J]. 东北林业大学学报,2008,36(6):34-36.
LI Chun-wei, WANG Gui-ying, CHEN Chun-sheng. Effects of Handing Hole on Compressive Strength of Corrugated Box[J]. Journal of Northeast Forestry University,2008,36(6):34-36.

(下转第56页)

[2] 左新宇. 塑料周转箱在汽车入厂物流中的应用[J]. 中国物流与采购,2011(6):50-51.
ZUO Xin-yu. The Application of Plastic Box in the Automobile Inbound Logistics[J]. China Logistics & Purchasing, 2011(6:)50-51.

[3] 龚巍. 周转箱管理(CMC)项目在上海通用汽车的实施[J]. 辽宁工业大学学报(自然科学版),2009,29(3):184-186.
GONG Wei. Implementation of Container Management Control(CMC) in Shanghai General Motors Corporation[J]. Journal of Liaoning University of Technology (Natural Science Edition),2009,29(3):184-186.

[4] 谢斌. SGMW 精益生产物流系统设计[D]. 南京:南京理工大学,2010.
XIE Bin. Design of SGMW Lean Production Logistics System[D]. Nanjing:Nanjing University of Science and Technology,2010.

[5] 徐晓静. 基于绿色物流的绿色包装研究[D]. 北京:北京交通大学,2007.
XU Xiao-jing. Study of Green Package Based on Green Logistics[D]. Beijing:Beijing Jiaotong University,2007.

[6] 曹明兰. 循环包装容器在制造业供应链的应用实例分析[J]. 现代商业,2012(30):20-21.
CAO Ming-lan. The Application Case Analysis of Returnable Packaging Container Used in Manufacturing Industry Suppliers Chain[J]. Modern Business,2012(30):20-21.

[7] 徐斌,王晓峰. RFID 在周转包装管理中的应用研究[J]. 物流工程与管理,2011,33(9):48-50.
XU Bin,WANG Xiao-feng. Research on Returnable Packaging Management Based on RFID[J]. Logistics Engineering and Management,2011,33(9):48-50.

[8] 于江,王征,张景霞. 面向成本的产品包装设计[J]. 包装工程,2002,23(5): 145-162.
YU Jiang,WANG Zheng,ZHANG Jing-xia. Package Design of the Products on the Costs[J]. Packaging Engineering, 2002,23(5):145-162.

(上接第 19 页)

WANG Jun,WANG Zhi-wei. Effect of Damping on Three-dimensional Shock Spectra of a Tangent Packaging System with a Critical Component[J]. Journal of Vibration and Shock,2008,9(27):175-177.

[10] 卢富德,陶伟明,高德. 瓦楞纸板串联缓冲系统动力学响应[J]. 振动与冲击,2012,21(31):30-32.
LU Fu-de,TAO Wei-ming,GAO De. Dynamic Response of a Series Cushioning Packaging System Made of Multi-layer Corrugated Paperboard[J]. Journal of Vibration and Shock. 2012,21(31):30-32.

[11] 卢来洁,马爱军,冯雪梅. 冲击响应谱试验规范述评[J]. 振动与冲击,2002,21(2):18-31.
LU Lai-jie,MA Ai-jun,FENG Xue-mei. Test Specification Review on Shock Response Spectrum[J]. Journal of Vibration and Shock,2002,21(2):18-31.

(上接第 34 页)

[9] 胡亚萍,谢勇. 瓦楞纸箱提手孔位置对抗压强度的影响[J]. 包装学报,2013,5(1):35-38.
HU Ya-ping,XIE Yong. Effect of Location of Handle Holes on the Compressive Strength of Corrugated Boxes[J]. Packaging Journal,2013,5(1):35-38.

[10] 孙诚,刘晓艳,鲍梅山. 包装提手的尺度设计[J]. 中国包装,1995,15(1):69-70.
SUN Cheng,LIU Xiao-yan,BAO Mei-shan. Scale Design of Packaging Handle[J]. China Packaging,1995,15(1):69-70.

[11] 黄秋艳,肖颖喆. 一体式提手结构的力学性能研究[J]. 中国包装,2011,21(9):54-57.
HUANG Qiu-yan,XIAO Ying-zhe. Study of the Mechanical Properties of the Structure of the Integrated Handle[J]. China Packaging, 2011,21(9):54-57.

[12] 梁健文. 谈谈瓦楞纸箱抗压强度的测定[J]. 造纸科学与技术,2009,28(4):67-69.
LIANG Jian-wen. Analyzing the Crush Resistance Testing of Corrugated Paper Board Box[J]. Paper Science & Technology,2009,28(4):67-69.

[13] 魏风军. 瓦楞纸箱抗压强度的计算与抗压性能测试[J]. 印刷技术,2008(24):29-31.
WEI Feng-jun. Calculation and Test of Compressive Strength of Corrugated Box[J]. Printing Technology,2008(24):29-31.

[14] GB/T 6543—2008,标准运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱[S].
GB/T 6543—2008, Single Corrugated Carton Packing and Double Corrugated Carton in Transportation[S].

[15] 陈希荣. 运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱-标准解读[J]. 印刷技术,2008(24):40-43.
CHEN Xi-rong. An Analysis on GB/T 6543—2008 Single and Double Corrugated Boxes for Transport Packages[J]. Printing Technology,2008(24):29-31.