

结构设计制造

可多次使用的免胶带快递包装设计

蒋山山, 宁如霞, 曲新宇, 秦茂财, 李淑娟, 仲晨

(曲阜师范大学 工学院, 日照 276826)

摘要: **目的** 针对目前快递包装箱使用一次便退出流通过程, 以及普遍使用胶带封箱的问题, 提出可多次使用的免胶带绿色快递纸箱设计方案。**方法** 首先通过市场调研明确现有快递包装需要改进的问题; 其次通过创新性包装结构设计提出可多次使用的免胶带快递包装方案, 并明确新设计的使用流程; 最后进行包装性能测试试验和实际运输测试, 以检验方案的可行性。**结果** 等效跌落高度为 80 cm 的自由跌落试验结果表明, 提案纸箱第 1、第 2 及第 3 次底面跌落的峰值加速度分别为 26.0g, 29.6g, 17.5g, 第 2 及第 3 次的峰值加速度分别比第 1 次增加了 13.7% 和降低了 32.8%, 3 次重复试验后密封效果仍良好; 由空箱抗压试验知, 提案纸箱的最大抗压强度为 2558 N, 优于同规格的标准开槽瓦楞纸箱; 实际运输测试证明, 提案纸箱在国内相对恶劣的运输环境下, 仍具有良好的密封性及保护性。**结论** 该设计方案不仅能够实现纸箱的可多次使用功能和免胶带封箱功能, 还具有良好的保护性能、密封性能、环保性能。

关键词: 快递包装; 多次利用; 绿色环保; 免胶带; 瓦楞纸箱

中图分类号: TB482.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2018)13-0111-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.13.019

Reusable Tape-Free Express Packaging Design

JIANG Shan-shan, NING Ru-xia, QU Xin-yu, QIN Mao-cai, LI Shu-juan, ZHONG Chen
(Engineering College, Qufu Normal University, Rizhao 276826, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a design scheme for the environmentally friendly, reusable, tape-free express package with respect to the issues that the express packages exit the circulation process after only used once and the tape is commonly used for sealing. Firstly, the improvable shortcomings of the existing express package were clarified via market survey. Secondly, an environmentally friendly, reusable, tape-free express package design was proposed by designing the innovative packaging structure. Furthermore, the operation process of the new design was illustrated. Finally, the package performance tests and actual transportation tests were conducted to verify the feasibility of the proposed scheme. The results of the free fall test in which the equivalent drop height was equal to 80 cm indicated that, the peak accelerations of the bottom drop of the first, second and third free fall tests were respectively 26.0g, 29.6g and 17.5g, and the peak accelerations of the second and third drops were respectively increased by 13.7% and decreased by 32.8% compared to that of the first drop. The sealing effect was still good after three repeated free fall tests. The empty container compression tests indicated that, the maximum compressive strength of the box was 2,558 N, superior to that of the regular slotted corrugated box with the same dimension. The actual transportation test showed that the proposed box could maintain its favorable performance in sealing and protection under the relatively harsh domestic transport environment. The proposed design scheme can not only achieve the function of multiple use and sealing without tape, but also provide good cushioning, sealing and environmental protection performances.

KEY WORDS: express package; reusable; environmentally friendly; tape-free; corrugated box

收稿日期: 2018-01-26

基金项目: 曲阜师范大学国家级大学生创新创业训练计划 (201610446073)。

作者简介: 蒋山山 (1996—), 女, 本科生, 主攻包装工程。

通信作者: 仲晨 (1979—), 男, 工学博士, 曲阜师范大学副教授, 主要研究方向为运输包装、包装结构设计。

随着国内电子商务的蓬勃发展和日益成熟,网上购物正改变着人们的生活方式,随之快递服务业也得到迅速发展。市场调研数据表明^[1],2016年全国快递量是313亿件,近10年时间增长了20多倍,快递年均增长超过50%,规模已稳居世界第一,快递包装用量越来越大。与此同时,国家邮政局2016年发布的数据^[2]显示,按照平均每票快件使用1 m长胶带来计算,2015年全国快递行业使用的快递箱约99.22亿个,胶带总长度为169.85亿m,可绕赤道425圈。通过市场调查,发现目前海量快递包装主要产生了两方面的问题:过度包装和二次包装普遍存在,包装物回收难,循环利用低,快递包装生命周期短,流通过程中盗启后不易发现,造成了巨大的环境污染和资源浪费,不利于可持续发展^[3-4];大量使用如塑料胶带等不可降解材料,造成了严重的环境污染。基于以上问题,文中通过创新性结构设计,提出一种方便组装、不易开启、可多次循环使用的免胶带新型快递包装瓦楞纸箱。

1 设计思路

基于综合绿色环保的可持续发展理念,结合前期对目前快递包装的市场调研,为实现免胶带自封且多次使用的目的,拟选择纸质环保材料,并在结构上进行创新。参照国标进行纸箱性能测试,验证纸箱的各项性能是否满足纸箱使用要求。最后进行实际运输测试,验证所设计的纸箱是否满足目前快递行业对快递包装的需求。

2 包装设计方案

2.1 包装材料选择

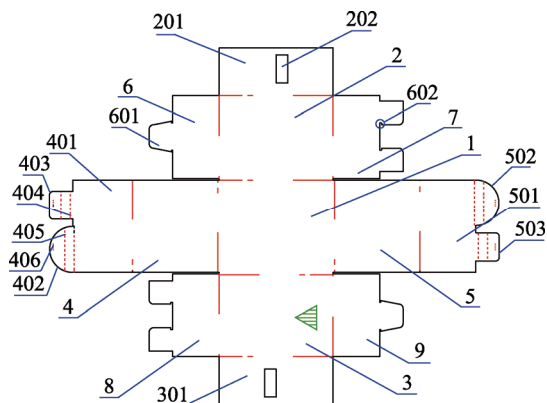
目前常用的包装材料有纸、塑料、玻璃、金属等,其中使用最多的是纸和塑料。用于包装的塑料种类繁多,如聚乙烯、聚丙烯、聚苯乙烯、聚对苯二甲酸乙二醇酯等,但是这些塑料包装废弃物普遍存在不易回收处理等问题。随着人们环保意识的加强,绿色包装材料的使用越来越受到重视^[5-7]。故此,这里选择瓦楞纸板作为包装材料进行设计。

2.2 包装结构设计

经过反复尝试,提出了可多次使用的免胶带快递包装箱,箱坯展开图见图1。结构主体采用管盘式结构设计^[8],底面采用独立面结构,前后延伸出2块侧板(2,3),2块侧板又分别延伸出2块半内侧板(6,7,8,9)和1个内摇盖(201,301),内摇盖上有1个矩形预留孔202,其中1块半内侧板延伸出1个插舌(601),与另一块半内侧板上的2个插舌相互啮合;底板的左右两侧延伸出2块外侧板(4,5),2块外

侧板又各延伸出2个外摇盖(401,501),同时,外摇盖上又连接了2个形状分别为半圆形和圆角矩形的粘接襟片(402,403,502,503),粘接襟片上有撕裂线(404,405,406)设计,第3撕裂线(406)既能指示涂布粘合剂位置,又因撕开其时易被发现,可以起到防盗启的作用。纸板楞向垂直于撕裂线,能够有效避免粘接襟片在成型过程中容易折断的问题。

成型过程见图2。首先,2块侧板内折90°,同时2块半内侧板内折约135°后成为如图2a所示的状态,以便使其通过插舌相互啮合,2块半内侧板相互啮合后回复到与底面垂直,形成完整侧板,成为如图2b所示状态。半内侧板与插舌连接处有开槽结构,使合成的内侧板坚固且不易开启,外侧板折叠包裹内侧板,形成双层侧板,增强了纸箱的耐潮性、耐戳穿性,使纸箱能更好地保护产品。同时,内侧板对摇盖起到了一定的支撑作用,能够防止顶部凹陷,提高纸箱垂



1.底板 2.侧板 201.第1内摇盖 202.矩形预留孔 3.侧板 301.内摇盖 4.外侧板 401.外摇盖 402.圆角矩形粘接襟片 403.半圆形粘接襟片 404.第1撕裂线 405.第2撕裂线 406.第3撕裂线 5.外侧板 501.外摇盖 502.半圆形粘接襟片 503.圆角矩形粘接襟片 6.半内侧板 601.插舌 602.开槽 7,8,9.内侧板

图1 设计方案箱坯

Fig.1 The box blank in the design scheme

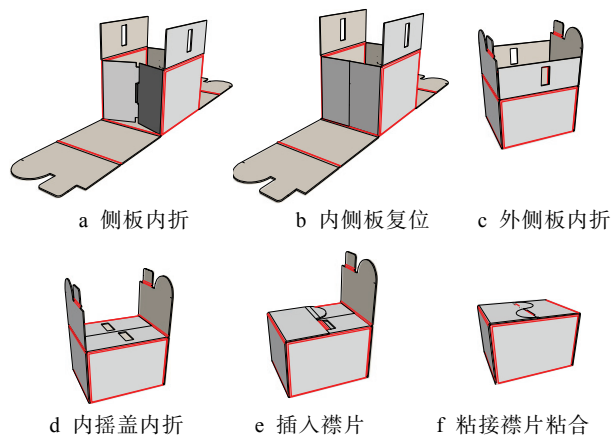


图2 成型过程

Fig.2 The forming process

直抗压强度。然后,外侧板内折 90°(见图 2c),内摇盖内折 90°(见图 2d),外摇盖内折 90°使外摇盖上的圆角矩形粘接襟片插入内摇盖上的矩形预留孔中(见图 2e),最后在半圆形粘接襟片上涂布粘合剂,使半圆形粘接襟片叠压在外摇盖上,纸箱成型为如图 2f 所示的快递纸箱包装。

由侧板延伸出 4 个摇盖,2 个内摇盖上有矩形预留孔设计,外摇盖上均有半圆形及圆角矩形粘接襟片设计。上述特征是该纸箱实现多次利用的关键结构。

2.3 纸箱的多次使用流程

该纸箱在退出流通过程之前,共可反复使用 3 次,以改善纸箱复用性,延长包装生命周期,减少资源浪费,使资源配置达到最优。

第 1 次使用时,先将 2 个外摇盖的圆角矩形粘接襟片插入内摇盖的矩形预留孔中,并在 2 个半圆形粘接襟片上的第 3 撕裂线周围分别涂布粘合剂,然后将 2 个半圆形粘接襟片与对应外摇盖紧密压合,实现封箱(见图 3a)。消费者拿到纸箱后,首先检查半圆顶部的第 3 撕裂线附近是否损坏,如保持完好,说明纸箱在流通过程中未被盗开;然后按照指示撕裂线撕开(见图 3b),可取出内装物,完成纸箱的第 1 次使用。此时纸箱的状态见图 3c。

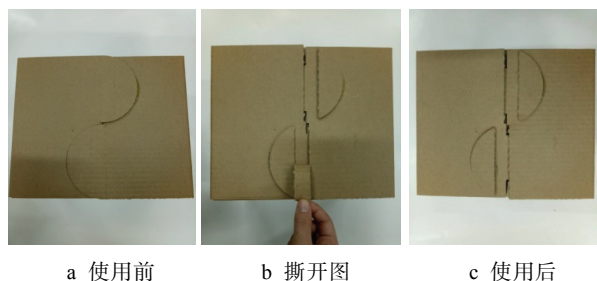


图 3 第 1 次使用箱顶俯视图

Fig.3 Top view of the express box for the first usage

纸箱在图 3c 的基础上可实现第 2 次使用。此时,首先将 2 个圆角矩形粘接襟片从矩形预留孔中拿出,然后在 2 个圆角矩形粘接襟片顶部的第 3 撕裂线周围分别涂布粘合剂,最后将 2 个圆角矩形粘接襟片与对应外摇盖紧密压合,实现封箱(见图 4a)。同理,消费者拿到纸箱后,首先检查圆角矩形顶部是否损坏,如保持完好,说明纸箱在流通过程中未被盗开;然后按照指示撕裂线撕开(见图 4b)后便可取出内装物,纸箱完成其第 2 次使用。此时纸箱的状态见图 4c。

纸箱在图 4c 的基础上可实现第 3 次使用。此时,由于纸箱外摇盖上已没有粘接襟片,故与 0201 箱(标准开槽箱, RSC)^[9]外形相似,封箱需依靠胶带粘合完成(见图 5a)。消费者撕开胶带(见图 5b)即可打

开纸箱取出内装物,此时纸箱完成 3 次使用并退出流通过程。第 3 次使用后纸箱的状态见图 5c。

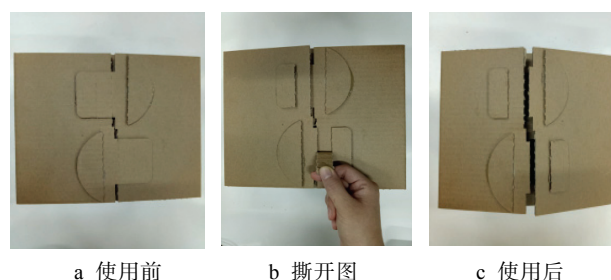


图 4 第 2 次使用箱顶俯视图

Fig.4 Top view of the express box for the second usage

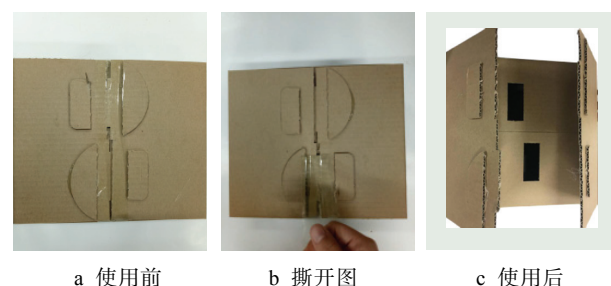


图 5 第 3 次使用箱顶俯视图

Fig.5 Top view of the express box for the third usage

3 纸箱性能测试试验

选择不同的楞型或不同层数的纸板制作纸箱时,主要依据内装物的重要性的对抗压强度的要求^[10-12]。鉴于此,这里选用 B 型瓦楞纸板,并用打样机(Kongsberg V 系列,比利时 Esko 公司)制作实样,分别进行自由跌落试验和空箱抗压试验,以检测纸箱结构是否满足对缓冲性能和密封可靠性以及抗压强度的要求。试验用纸箱尺寸均为 235 mm×230 mm×216 mm,质量约为 0.25 kg,所用纸板(采购于日本联合株式会社青岛工厂)定量为 520 g/m²,经测量其平压强度为 273 kPa,边压强度为 5573 N/m。

3.1 自由跌落试验

为验证纸箱多次使用时是否均具有良好的抗冲击性能和密封可靠性,依据设计方案制作纸箱实样并装入亚克力箱和 EPE 衬垫,首先进行自由跌落试验。这里,亚克力箱作为产品模拟物,其尺寸为 205 mm×205 mm×98 mm,质量为 2 kg;缓冲结构为 EPE 衬垫,厚度为 15 mm,发泡率为 25 倍,密度为 20 kg/m³。参照 GB/T 4857.5^[13],使用自由跌落试验机(DT200,深圳莱伯通试验设备有限公司)对包装件进行跌落试验,使用 TP3 冲击数据采集仪(Lite 系列,美国 Lansmont 公司)对包装件进行冲击加速度数据采集。试验时,将传感器垂直固定于亚克力箱

顶部。跌落高度设置为 80cm, 跌落方式为底面跌落。根据纸箱的使用流程, 对每个纸箱分别进行 3 次重复试验。

试验结果见图 6, 可知第 1 次面跌落最大加速度为 26.0g; 第 2 次面跌落最大加速度为 29.6g, 比第 1 次增加了 13.7%; 第 3 次面跌落最大加速度为 17.5g, 比第 1 次降低了 32.8%, 比第 2 次降低了 40.9%。第 2 次面跌落冲击加速度最大, 第 3 次面跌落冲击加速度最小, 说明纸箱的缓冲性能并不是随着使用次数的增加而使缓冲性能逐渐降低。分析其原因, 第 1 次自由跌落时, 当纸箱底面受到冲击, 底面瓦楞会发生微量变形吸收部分能量, 且第 1 次顶部封合是通过圆角矩形粘接襟片插入到矩形预留孔和半圆形粘接襟片粘合实现的, 封合效果较好, 内装物在纸箱内不易晃动, 故包装件的冲击加速度较小; 第 2 次跌落时, 纸箱底面瓦楞已被破坏, 吸收的冲击能量较少, 且第 2 次使用时半圆形粘接襟片被撕除, 顶部封合只通过圆角矩形粘接襟片粘合实现, 内装物容易晃动, 包装件的冲击加速度较大; 第 3 次自由跌落时, 不仅纸箱底面瓦楞被压溃, 且经过前 2 次冲击跌落后, 底部四角瓦楞和四底棱瓦楞均有压溃形变, 致使整个纸箱底部变得更富有弹性, 从而能够吸收大量冲击能量, 并且胶带粘合封合效果较好, 因此包装件的冲击加速度反而变小。

经过 3 次面跌落后, 目测观察纸箱外观, 其封闭效果良好, 均未出现开裂现象。

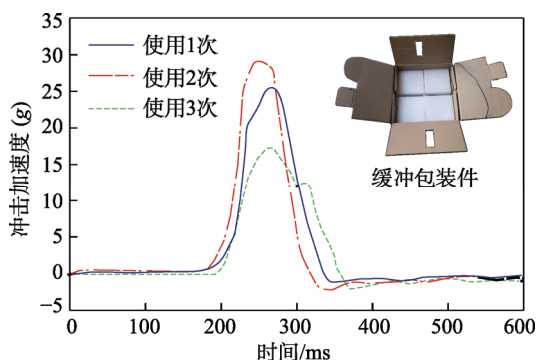


图 6 包装件的面跌落冲击加速度-时间曲线

Fig.6 The acceleration-time curve for the express box under bottom drop orientation

3.2 纸箱抗压强度校验

快递包装纸箱的抗压强度是体现其保护性能的重要指标之一。为了确保设计纸箱具有足够的抗压强度, 依据 GB/T 4857.4^[14], 利用纸箱抗压试验仪 (iboxtek-1710, 济南兰光机电技术有限公司) 对空箱实样进行抗压试验。为确保纸箱的抗压强度满足使用要求, 这里使用相同尺寸的 0201 箱进行同样的试验作为对比, 每种纸箱进行 5 次重复试验。

通过分析比较 2 类纸箱的最大压溃力 (见图 7) 可知, 免胶带快递纸箱平均最大压溃力为 2558 N, 0201 箱的平均最大压溃力为 2295 N, 免胶带快递纸箱的垂直抗压强度比同尺寸 0201 纸箱高出约 11%。分析其原因在于双层侧板的设计, 内侧板和外侧板同时支撑纸箱, 使纸箱能够承受更大的垂直压力。

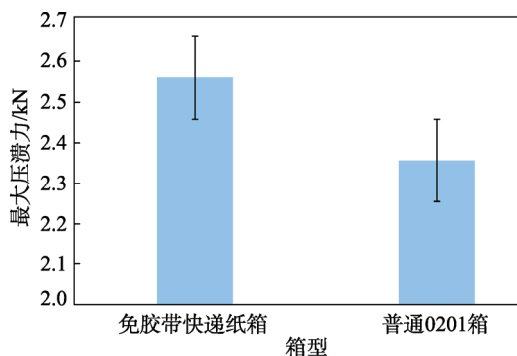


图 7 2 种纸箱的抗压强度对比

Fig.7 Comparison of compressive strength of 2 boxes

3.3 实际运输测试

该纸箱作为一种快递包装, 要求在整个运输过程中包装件不因外界的冲击或振动造成机械损坏, 也不会随着路面的高低起伏使外包装开启。由此, 对纸箱进行了实际运输测试, 并利用 Saver (3X90, 美国 Lansmont 公司) 分别对快递包装件运输环境中的冲击和振动数据进行了采集。测试时, 将 Saver 固定在 X 型铝框架上, 同时放置了 GPS 定位仪, 以便跟踪试验路线, 通过中国邮政快递公司以普通快递寄出, 见图 8a。Saver 参数设定如下^[15]: 信号触发数据中, 设定记录时间为 500 ms, 定义信号采样率为 1000, 触发事件的信号为 500, 设定信号触发比例为 20%; 时间触发数据中, 设定记录时间为 100 ms, 定义信号采样率为 500, 触发事件的信号为 50, 设置触发时间间隔为 5 min; 信号采集时间为 10 d。运输路线为日照—成都, 全程 1800 km。该路线以高速公路为主, 同时涵盖了 1 级、2 级、3 级及小区内道路。

为监测包装件在实际路况下的振动和冲击情况, 共采集了日照—成都往返 2 次的数据, 随后利用配套软件对数据进行了整理和分析, 得到在该路线下包装件的功率谱密度(PSD) 曲线和跌落高度-次数曲线, 见图 8b—c。其中, 垂直方向 PSD 曲线见图 8b, 且该结果为 2 次数据的平均值。

分析数据可知, 在 10~30 Hz 范围内, 振动能量达到最大, 跌落高度基本集中在 0~30 cm 范围内, 从 30~80 cm 跌落的几率逐渐降低, 但从 42, 56, 68, 76 cm 高度跌落的情况亦有发生, 说明目前国内的快递物流环境较为恶劣。经历如此恶劣的运输环境条件后, 自封箱仅个别棱角处出现轻微的压溃现象,

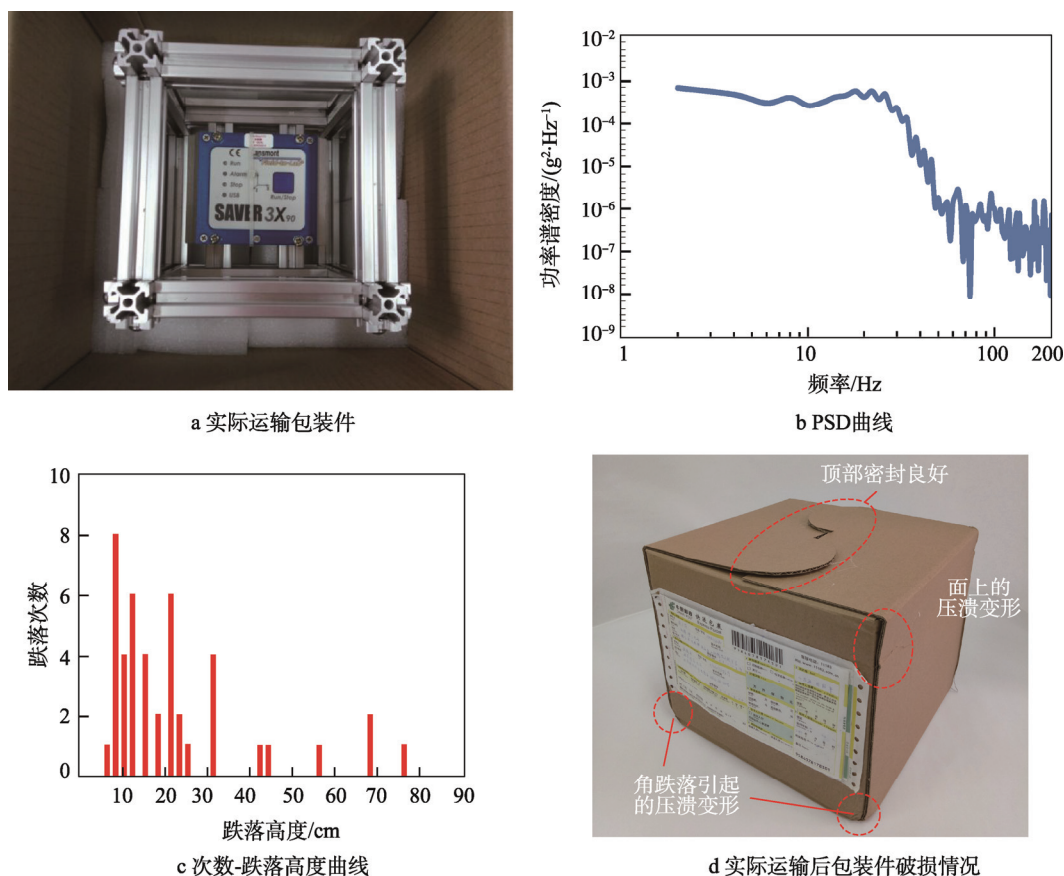


图 8 实际运输试验

Fig.8 The actual transportation test

仍能保持非常好的密封性和缓冲性，保护性能也良好。实际运输后的纸箱破损情况见图 8d。

4 成本分析

为明确文中设计箱的市场应用价值，以顺丰快递标准包装 2 号纸箱^[16]（规格为 250 mm×200 mm×180 mm）为例，将文中设计所用瓦楞纸板的单件购置成本、加工费用与相同尺寸的 0201 箱进行比较，并进行了成本分析。文中所使用的 B 瓦楞纸板定量为 200/120/200 g/m²，经市场调查，目前该定量纸张价格在 4000 元/t 左右，文中设计的箱坯总面积约为 0.73 m²，故计算可知生产成本为 1.52 元/套；相同尺寸的 0201 箱箱坯总面积约为 0.36 m²，生产成本为 0.75 元/套，3 个 0201 箱箱坯总面积约为 1.08 m²，生产成本为 2.25 元。故每使用 1 个文中设计纸箱较普通 0201 箱可节省成本 0.73 元，即节省成本 32.4%。

文中设计不仅能够减少瓦楞纸板的使用，同时也能减少胶带用量，使用文中设计的纸箱可以减少 2/3 的胶带用量。按照平均每票快件使用 1 m 长胶带来计算，2015 年全国快递行业使用的快递箱约 99.22 亿个，胶带总长度为 169.85 亿 m，若使用文中设计纸箱则可减少胶带用量 113.23 亿 m，大大减轻了环境压力。

5 结语

针对目前快递包装箱生命周期较短、普遍使用胶带封箱等问题，通过创新性结构设计，提出了可重复使用的免胶带快递纸箱设计方案，该方案有如下设计亮点。

- 1) 纸箱的封口设计成撕裂线，不仅可重复使用 3 次，且具有防盗启功能。
- 2) 纸箱成型方式为一体成型，且无需使用胶带，满足了环保要求。
- 3) 双层侧板与双层盖板的结构设计增加了纸箱的机械强度和垂直抗压强度，满足强度要求。

同时，通过包装性能测试试验和实际运输测试，验证了该设计方案的保护性及密封可靠性，可得出如下结论。

- 1) 等效跌落高度为 80 cm 的自由跌落试验结果表明，免胶带快递包装箱具有良好的缓冲性能和密封效果。
- 2) 空箱抗压试验可知，纸箱的最大抗压强度为 2558 N，该性能指标优于同规格标准开槽纸箱。
- 3) 实际运输测试证明，所设计纸箱在国内相对恶劣的快递运输环境下仍具有良好的密封性和保护性。

参考文献:

- [1] 人民政协网. 快递包裹能否“轻装上阵”?[EB/OL]. (2017-03-05)[2017-12-20]<http://www.rmzxb.com.cn/c/2017-03-05/1387267.shtml>.
People's Political Consultative Conference. Can Express Boxes Go to the Battle-front Without any Burden? [EB/OL]. (2017-03-05)[2017-12-20]<http://www.rmzxb.com.cn/c/2017-03-05/1387267.shtml>.
- [2] 中华人民共和国国家邮政局[EB/OL]. (2016-03-30)[2017-12-20]<http://www.spb.gov.cn>.
State Post Bureau of the People's Republic of China [EB/OL]. (2016-03-30)[2017-12-20]. <http://www.spb.gov.cn>.
- [3] 刘诗雅, 冯洪炬, 向红, 等. 电商物流包装存在的问题与对策[J]. 包装工程, 2015, 36(5): 144—148.
LIU Shi-ya, FENG Hong-ju, XIANG Hong, et al. Problems and Solutions for E-commerce Logistic Packaging[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(5): 144—148.
- [4] 戴铁军, 高新昕. 包装工业可持续发展与循环经济[J]. 生态经济, 2014, 30(2): 150—153.
DAI Tie-jun, GAO Xin-xin. Sustainable Development of Packaging Industry and Recycling Economy[J]. Ecological Economy, 2014, 30(2): 150—153.
- [5] 王建清. 包装材料(第1版)[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2011.
WANG Jian-qing. Packaging Materials (1st Edition)[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2011.
- [6] 张静旖. 塑料包装材料存在的安全隐患及对策[J]. 包装印刷, 2014(3): 45—48.
ZHANG Jing-yi. Potential Problems and Solutions for Plastic Packaging Materials[J]. Packaging and Printing, 2014(3): 45—48.
- [7] 陈金明. 低碳趋势下的包装设计研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2011.
CHEN Jin-ming. A Study on Packaging Design in a Low Car-bon Trend[D]. Shanghai: East China Normal University, 2011.
- [8] 孙诚. 纸包装结构设计(第4版)[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2015.
SUN Cheng. Packaging Structural Design (4th Edition)[M]. Beijing: China Light Industry Press, 2015.
- [9] The European Federation of Corrugated Manufactures. FEFCO ESBO Code[EB/OL]. (2018-01-01)[2018-01-22]. <http://www.fefco.org/technical-documents/fefco-esbocode>.
- [10] 胡飞. 论瓦楞纸在陶瓷包装中的运用——以“碗居中式”餐具”包装设计为例[D]. 南京: 南京师范大学, 2014.
HU Fei. Discussion of Application of Corrugated Paper in Ceramic Package: a Case Study on the Packaging Design of Bowl in Chinese Tableware[D]. Nanjing: Nanjing Normal University, 2014.
- [11] 骆光林, 卢立新. 包装材料学[M]. 北京: 印刷工业出版社, 2011.
LUO Guang-lin, LU Li-xin. Packaging Materials[M]. Beijing: Printing Industry Press, 2011.
- [12] 石岩, 张括, 王芳, 等. 全瓦楞纸板的红酒包装内衬设计及跌落分析[J]. 包装工程, 2017, 38(9): 135—140.
SHI Yan, ZHANG Kuo, WANG Fang, et al. Design and Dropping Analysis of Package Lining for Red Wine with All Corrugated Board [J]. Packaging Engineering, 2017, 38(9): 135—140.
- [13] GB/T 4857.5, 包装运输包装件跌落试验方法[S].
GB/T 4857.5, Package Drop Test Method for Transport Packages[S].
- [14] GB/T 4857.4, 包装运输包装件压力试验方法[S].
GB/T 4857.4, Package Test Method for Stress of Transport Packages[S].
- [15] SINGH S P, SINGH J, SAHA K. Measurement and Analysis of Physical and Climatic Distribution Environment for Air Package Shipment[J]. Packaging Technology and Science, 2015, 28(8): 719—731.
- [16] 百度网. 关键字: 顺丰快递纸箱 [EB/OL]. (2018-01-22)[2018-01-20] <https://zhidao.baidu.com/question/589258688.html>.
Website of Baidu. Keyword: Shunfeng Express Box [EB/OL]. (2018-01-22)[2018-01-20]<https://zhidao.baidu.com/question/589258688.html>.