

基于榫卯结构的红酒缓冲包装设计

王章苹*, 付茜曼

(长沙师范学院信息科学与工程学院, 长沙 410010)

摘要: **目的** 设计榫卯结构的红酒缓冲包装结构。**方法** 以榫卯结构为基础, 建立 A 型瓦楞纸板缓冲结构, 通过包装件的跌落实验分析结构在纸板厚度、跌落高度和垫层高度变化时的缓冲性能。**结果** 瓦楞纸板厚度为 3.5 mm, 垫层高度为 20 mm 时, 榫卯缓冲结构能在 1400 mm 跌落高度内实现对红酒的保护。**结论** 榫卯结构的红酒缓冲包装具有较好的缓冲性能, 可满足红酒缓冲包装需要。

关键词: 红酒包装; 榫卯结构; 跌落实验; 缓冲结构设计

Design of cushioning packaging structure for red wine based on tenon-mortise structure

WANG Zhang-Ping*, FU Xi-Man

(Information and Engineering Department, Changsha Normal University, Changsha 410010, China)

ABSTRACT: Objective To design a red wine buffer packaging with tenon-mortise structure. **Methods** On the basis of tenon-mortise structure, the buffer structure of A-type corrugated cardboard was established. The cushioning performance of the structure with the change of cardboard thickness, drop height and cushion height were analyzed by drop test of packaging parts. **Results** When the thickness of the corrugated board was 3.5 mm and the height of the mat was 20 mm, the tenon-mortise buffer structure was able to protect the red wine at a drop height of 1400 mm. **Conclusion** Red wine cushioning packaging with tenon-mortise structure has better cushioning performance and can meet the needs of red wine cushioning packaging.

KEY WORDS: red wine packaging; tenon-mortise structure; drop test; buffer structure design

1 引言

中国酒文化源远流长, 博大精深, 贯穿了政治、经济、文化和社会生活。随着经济的发展和酿制技术的进步, 红酒越来越受到消费者的关注和青睐。红酒的品牌众多, 风格各异, 分类方法也有许多种, 仅从颜色上就可分为红葡萄酒、白葡萄酒及粉葡萄酒。其中红葡萄酒又可细分为干葡萄酒、半干葡萄酒和半甜葡萄酒。从包装来看, 由于玻璃具有化学稳定性好, 不透气、成本较低, 形状、尺寸和颜色的变化范围大等优点, 成为红酒包装的主要形式, 尤其在中国, 几乎所有的红酒包装都采用玻璃瓶。但

玻璃强度不高, 在运输中容易破损或破碎从而影响所盛装产品的质量。对红酒包装而言, 如果运输过程中的破损率达到 4% 就会对企业带来利润上的亏欠。通过调查发现, 红酒的缓冲包装常采用结构简陋的气柱包装袋或聚乙烯发泡棉(expandable polyethylene, EPE)模塑填充包装空隙, 虽然解决了红酒运输的安全性问题, 但却降低了红酒的档次, 使得红酒精美的外包装设计付之东流。而且气柱包装袋的多重包裹也造成了包装材料的浪费, 产生更多的包装垃圾, 降低了材料的利用率。同时, 部分企业采用木质缓冲包装, 在提升红酒包装品质基础上实现了结构的缓冲功能, 但却增加了包装材料重量, 导致运输成本增大^[1]。

*通讯作者: 王章苹, 硕士, 讲师, 主要研究方向为包装材料、缓冲包装。E-mail: cathywzp@163.com

*Corresponding author: WANG Zhang-Ping, Master, Lecturer, Changsha Normal University, No.9 Teli Road, Xingsha Town, Changsha 410010, China. E-mail: cathywzp@163.com

瓦楞纸板具有重量轻、结构性能好,且内在的瓦楞结构类似拱形结构,能起到防冲减震作用。同时,还具有良好的力学特性,防潮、散热和易于搬运等特性,在产品的缓冲包装和组合包装结构设计中得到广泛的应用。瓦楞纸板根据瓦楞楞形可分为 A、B、C、D、E 型瓦楞纸板,A 型瓦楞高度和间距最大、柔软、富有弹性,缓冲性能好^[2]。

榫卯,是实木家具中相连接的两构件上采用的一种凹凸处理接合方式^[3]。凸出的部分叫榫,凹进的部分叫卯。榫卯结构具有组合简单、扣合严密、实用美观等特性,成为一种独特的工艺不断融入各类产品的设计当中^[4]。

本研究以瓶身易破损的波尔多瓶型(容量为 750 mL,重约 1.35 kg)红酒为例,选取 3 层 A 型瓦楞纸板,以榫卯结构为基础进行红酒缓冲包装设计,通过跌落实验分析结构在相关参数变化时的缓冲性能,并结合瓦楞纸板的特性,优化榫卯结构,建立红酒的缓冲包装结构,在保障红酒运输安全的基础上与精美的外包装相融合,做到“内外兼修”,以期为相关产品的缓冲包装设计提供思路。

2 材料与方法

2.1 材料与仪器

红酒:市场上购买的张裕 500 mL 玻璃瓶装红酒(3 层 A 型瓦楞纸板,长沙星沙包装有限公司)

奥科 DZ76 切割机(上海信奥科技有限公司);兰光 CHY-CA 测厚仪(济南兰光机电技术有限公司);长爪游标卡尺(上海量具刃具厂有限公司);MSA1000 传感器(镇江嘉倍信息技术有限公司);力川 LC-114 跌落实验机(东莞市力川仪器有限公司)。

2.2 实验方法

2.2.1 缓冲结构设计

依据红酒瓶尺寸,将榫卯结构运用于瓦楞纸板中,按照凹凸接合的组合形式将瓦楞纸板分为两组榫片(图 1a)和 2 组卯片(图 1b),榫片外折形成自锁结构,卯片下部内折形成底部缓冲垫层(图 2a),对红酒瓶底部形成缓冲保护;卯片上部内折形成卡扣结构(图 2b),将瓶颈固定,防止红酒瓶在流通中晃动,将 4 块纸板按榫片-卯片-卯片-红酒瓶-榫片的拼装顺序连接在一起,完成红酒的缓冲包装过程,其包装效果如图 3 所示。

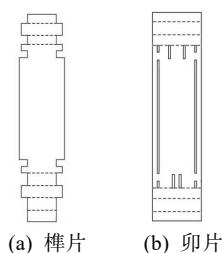


图 1 榫卯结构

Fig.1 Tenon-mortise structure

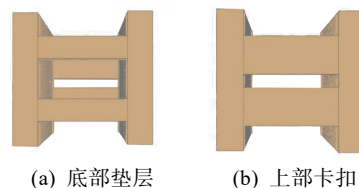


图 2 榫卯片折叠结构

Fig.2 Tenon-mortise folding structure



图 3 红酒缓冲结构效果图

Fig.3 Buffer structure effect of red wine

2.2.2 跌落实验

1) 厚度测量

在试样表面放置一块平整的刚性平板,使试样受到 (0.20 ± 0.01) kPa 的压缩载荷,30 s 后在载荷状态下用测厚仪测量 4 角的厚度,取平均值并精确到 0.01 mm。

2) 长宽度尺寸测量

分别沿试样的长度和宽度方向,用测厚仪测量 4 条棱边位置的尺寸,取平均值并精确到 0.01 mm。

3) 按照 GB/T 4857.5-92《运输包装件跌落实验方法》^[5],确定(包装件质量 ≤ 10 kg)跌落高度为 0.8 m,分别测量红酒包装件在水平(X, Y 方向)和垂直方向(Z 方向)的最大加速度值,测量水平方向上的加速度时将传感器置于瓶身,测量垂直方向上的加速度时将传感器置于瓶口。为进一步验证结构的缓冲性能,测量红酒缓冲包装结构在瓦楞纸板厚度(3~4 mm)、底部垫层高度(15~30 mm)和跌落高度(600~1400 mm)变化时的加速度,绘制加速度曲线^[6,7]。

3 结果与分析

3.1 跌落实验的加速度

依据榫卯缓冲结构,进行瓦楞纸板切割与成品制作,得到红酒包装的瓦楞纸板缓冲结构。在跌落高度为 800 mm,垫层高度为 30 mm,纸板厚度为 4 mm 时测得红酒瓶在水平方向上的最大加速度为 311.7 m/s^2 (其中, X 方向为 311.7 m/s^2 , Y 方向为 276.3 m/s^2),垂直方向上红酒瓶的最大加速度为 223.3 m/s^2 。由此可见,由于榫卯结构底部有缓冲垫层,在包装件垂直跌落时能很好的实现底部的保护功能,故在红酒包装件的跌落实验中红酒瓶的易损部位为瓶身。将红酒与瓦楞纸板组合结构水平放置,传感器置于瓶身,固定传感器,设置跌落高度等参数,进行跌落实验^[8]。跌落

后检查组合结构, 在红酒瓶无破裂的情况下测量红酒瓶的跌落加速度曲线。瓦楞纸板厚度为 4 mm, 跌落高度为 1000 mm 时, 底部垫层高度变化的加速度曲线见图 4。瓦楞纸板厚度为 3.5 mm, 垫层高度为 20 mm, 跌落高度变化的加速度曲线见图 5, 跌落高度为 1000 mm, 垫层高度为 20 mm 时, 瓦楞纸板厚度变化的加速度曲线见图 6。

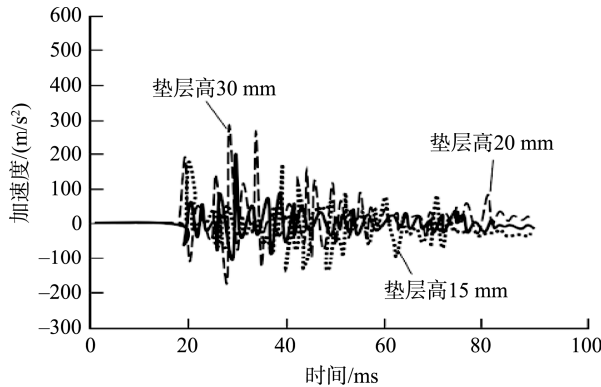


图 4 底部垫层厚度变化的时间-加速度曲线

Fig.4 Time-acceleration curve of thickness change of base cushion

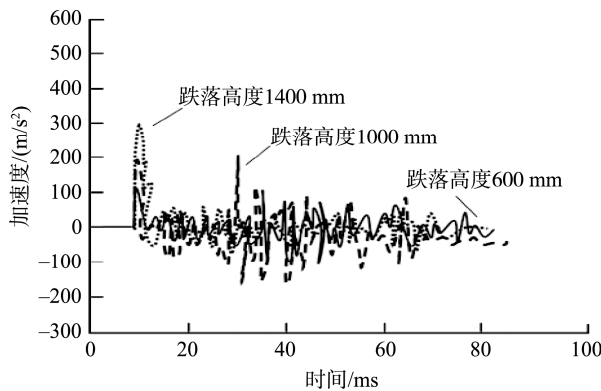


图 5 垫层高度变化的时间-加速度曲线

Fig.5 Time-acceleration curve of cushion height variation

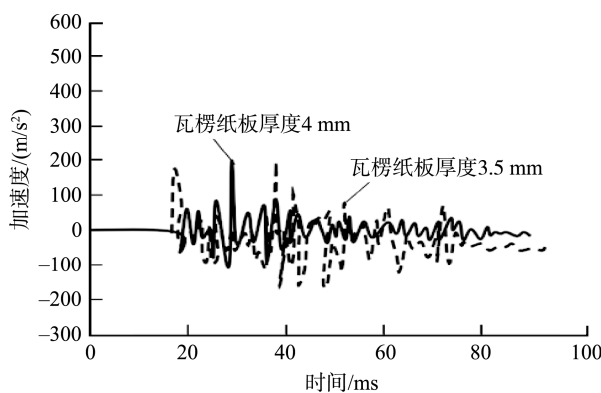


图 6 纸板厚度变化的时间-加速度曲线

Fig.6 Time-acceleration curve of thickness change

从红酒包装的结构来看, 由于榫卯缓冲结构的 4 条棱边均为榫卯交叉结构, 当包装件跌落时, 与地面接触的是凸起的瓦楞纸板, 可以保证内部的红酒瓶及包装件不会直接与地面接触, 实现了缓冲结构对红酒瓶的保护功能。从跌落实验可知, 当瓦楞纸板厚度一定时, 榫卯结构的缓冲性能随着垫层高度的增加逐渐增加, 随跌落高度的增加而降低^[9,10]。如 4 mm 厚的榫卯结构, 垫层高为 15 mm 时的最大加速度为 187.4 m/s², 垫层高为 30 mm 时的最大加速度为 289.7 m/s², 结构的抗冲击性能随垫层的高度增加明显降低, 这主要是瓦楞纸板较薄时刚性不够导致的。当纸板厚度为 3.5 mm 时, 跌落高度为 600 mm、1400 mm 时的最大加速度分别为 104.6 m/s² 和 296.9 m/s², 远小于玻璃瓶的脆值^[11,12], 说明该缓冲结构能在一定的范围内实现对红酒的保护。不难看出, 当瓦楞纸板厚度变化较小时对结构的缓冲性能影响不大。在跌落实验中, 红酒瓶在达到最大加速度后, 并未快速恢复到稳定状态, 而是有持续的微小波动, 这可能是由于包装件触地后缓冲结构变形导致酒瓶产生的微小振动^[13,14]。

3.3 红酒缓冲结构设计

依据包装件的跌落实验结果, 以典型的波尔多型瓶红酒包装的缓冲结构设计中, 由于榫卯缓冲结构是将瓦楞纸板多次折叠与交叉成型, 且瓦楞纸板的厚度会影响结构的折叠性^[15]。因此, 选择厚度为 3.5 mm, 垫层高度为 20 mm 的 A 型瓦楞纸板建立榫卯缓冲结构, 既能保证结构的缓冲性能和美观, 又能节省材料, 提高瓦楞纸板的利用率^[16,17], 符合包装减量化要求, 榫片与卯片结构尺寸如图 7 所示。该结构将红酒瓶置于结构内部, 上部有卡扣结构固定瓶口; 下部有垫层结构对瓶底进行缓冲保护; 4 条棱边为交叉结构, 当包装件跌落时, 避免了瓶身与地面直接接触, 实现了结构对红酒瓶的保护。

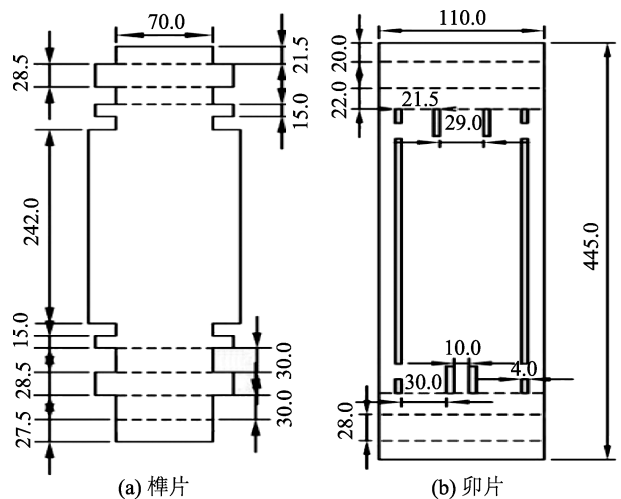


图 7 榫卯结构尺寸图

Fig.7 Tenon-mortise structural dimension diagram

4 结 论

本研究通过包装件跌落实验,研究了红酒榫卯结构的缓冲性能。实验结果表明榫卯结构在一定的跌落高度内具有良好的缓冲性能,足以实现结构对红酒瓶的保护功能。同时,该结构成型前为片状结构,便于材料的运输;成型后结构精练,便于空间的有效利用,且材料利用率高。因此,采用榫卯结构,通过榫片和卯片的折叠、凹凸与交叉成型,进行红酒缓冲结构设计,符合缓冲包装的要求,其缓冲结构设计思路可为其他产品的缓冲包装设计提供参考。

参考文献

- [1] 肖颖喆, 吴若梅, 等. 礼品红酒销售包装的结构设计探讨[J]. 包装工程, 2015, 26(2): 91-93.
Xiao YZ, Wu RM, *et al.* Packaging design for gift red wine [J]. Packag Eng, 2015, 26(2): 91-93.
- [2] 荆明浩, 金佳丽, 刘静, 等. 瓦楞纸板缓冲衬垫的性能研究[J]. 中国包装工业, 2015, (22).
Jing MH, Jing JL, Liu J, *et al.* Study on the performance of corrugated board cushioning liner [J]. Chin Packag Ind, 2015, (22).
- [3] 王洁. 榫卯结构的创新性研究[J]. 南京艺术学院学报(美术与设计), 2018, (5): 165-168.
Wang J. Research on innovation of mortise and tenon structure [J]. J Nanjing Arts Inst (Fine Art Design), 2018, (5): 165-168.
- [4] 董华君, 沈隽. 家具榫卯结构的现代化改良设计[J]. 林产工业, 2019, 46(1): 53-56.
Dong HJ, Shen J. Modern improved design of mortise and tenon structure of furniture [J]. China Forest Prod Ind, 2019, 46(1): 53-56.
- [5] GB/T 4857.5-92 包装运输包装件跌落试验方法[S].
GB/T 4857.5-92 Packaging transport package vertical impact test method by dropping [S].
- [6] 黄友文, 吴志坚, 高慧珠. 一种新型的小家电产品运输缓冲包装结构设计-以咖啡壶产品为例[J]. 河北软件职业技术学院学报, 2018, 20(1): 69-72.
Huang YW, Wu ZJ, Gao HZ. Design of a new type of cushioning packaging structure for transportation take the coffee pot as an example [J]. J Hebei Software Inst, 2018, 20(1): 69-72.
- [7] 石岩, 张恬, 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 Y, Zhang T, Wang F, *et al.* Design and dropping analysis of package lining for red wine with all corrugated board [J]. Packag Eng, 2017, 38(9): 135-140.
- [8] 舒祖菊, 刘盛全, 李锐, 等. 鲜鸡蛋运输包装中缓冲结构的研究[J]. 安徽农业大学学报, 2012, 39(2): 311-314.
Shu ZJ, Liu SQ, Li R, *et al.* Design of cushioning structure for transport package of fresh eggs [J]. J Anhui Univ, 2012, 39(2): 311-314.
- [9] 门超, 李光. 红酒包装跌落仿真分析及优化设计[J]. 包装工程, 2018, 39(3): 38-42.
Men C, Li G. Drop simulation analysis and optimization design of red wine package [J]. Packag Eng, 2018, 39(3): 38-42.
- [10] 唐糖, 徐豪. 红酒复用包装设计的创新性研究[J]. 价值工程, 2010, 10(71): 185-188.
Tang T, Xu H. Research of red wine compound packaging design [J]. Value Eng, 2010, 10(71): 185-188.
- [11] Gui K, Wang X. Design and analysis of cushioning packaging for home appliances [J]. Procedia Eng, 2017, 174(2017): 904-909.
- [12] Wang ZW, Li XF. Effect of strain rate on cushioning properties of molded pulp products [J]. Mat Design, 2014, 57(5): 598-607.
- [13] Lu FD, Tao WM. Virtual mass method for solution of dynamic response of composite cushion packaging system [J]. Packag Techno Sci, 2013, 26(1): 32-42.
- [14] 常江, 巩雪, 李丹婷. 鸡蛋缓冲包装设计及其力学性能分析[J]. 包装工程, 2018, 39(3): 55-58.
Chang J, Gong X, Li DT. Design and mechanical properties of the cushioning packaging of egg [J]. Packag Eng, 2018, 39(3): 55-58.
- [15] Wang HW, Ji HW, Miao H, *et al.* Research on compression mechanical behaviors and constitutive relation of mould pulp material [J]. Mech Strength, 2009, 31(3): 382-386.
- [16] Wang YH, Bao L, Jin HM. A method research to obtain quickly the vibration transmissibility of cushioning packaging materials [J]. Adv Mat Re, 2012, (542): 87-90.
- [17] 汪如红. 筒类精密零件的缓冲包装设计[J]. 机电产品开发与创新, 2017, 30(4): 25-27.
Wang RH. Cushioning packaging design of cylindrical precision parts [J]. Dev Innov Mach Electr Prod, 2017, 30(4): 25-27.

(责任编辑: 王 欣)

作者简介



王章苹, 硕士, 讲师, 主要研究方向为缓冲包装、包装测试。
E-mail: cathywzp@163.com