

# 基于陶瓷瓷碟包装的缓冲结构设计研究

王章苹\*, 张 金

(长沙师范学院信息科学与工程学院, 长沙 410010)

**摘 要:** **目的** 设计陶瓷瓷碟缓冲包装结构。**方法** 依据瓷碟尺寸, 以纸浆模塑和 A 型瓦楞纸板建立组合结构, 通过包装件的静载实验和跌落实验分析结构在纸浆模厚度、波纹间距、结构高度变化时的缓冲性能。**结果** 纸浆模厚度为 2.5 mm, 波纹间距为 25 mm, 内结构高为 180 mm 时组合缓冲结构能在一定的跌落高度内实现对瓷碟的保护。**结论** 陶瓷餐具包装中的瓷碟包装设计满足缓冲包装要求, 可实现缓冲材料与结构的融合统一, 有一定的应用与参考价值。

**关键词:** 瓷碟缓冲包装; 组合结构; 跌落实验; 缓冲结构设计

## Research on buffer structure design based on ceramic dish packaging

WANG Zhang-Ping\*, ZHANG Jin

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

**ABSTRACT: Objective** To design the cushioning packaging structure of ceramic dish. **Methods** According to the size of porcelain dish, the composite structure was established by pulp molding and A-type corrugated board. The cushioning performance of the structure was analyzed by static load test and drop test when the thickness of pulp mold, corrugated space and structure height changed. **Results** When the thickness of pulp mold was 2.5 mm, the ripple spacing was 25 mm, and the inner structure height was 180 mm, the combined buffer structure could protect the porcelain dish within a certain drop height. **Conclusion** The packaging structure design of ceramic dish in ceramic tableware packaging meets the requirements of cushioning packaging, and can realize the integration of cushioning materials and structure, which has certain application and reference value.

**KEY WORDS:** cushion packaging of porcelain dish; composite structure; drop test; buffer structure design

## 1 引 言

陶瓷以其高熔点、高耐磨性、抗氧化等性能广泛应用到各个领域, 且以不吸水、不变形、易清洗等优点成为餐具行业中的领军者, 亦是千家万户的“桌上宾”。随着物流技术的发展, 具有功能性、艺术价值的陶瓷餐具通过包装后向消费者“飞”奔而去, 为保障陶瓷产品的流通安全, 在包装的安全运输、保护功能上有很高的要求。但我国每年因包装不善造成的陶瓷破损率远超国家标准的 3%<sup>[1]</sup>, 部分产品的破损率甚至达到了 20%, 为企业和消费者带来 100

亿以上的经济损失<sup>[2]</sup>。因此, 陶瓷安全包装已经成为陶瓷行业未来发展的重要指标, 影响着陶瓷产品的结构创新与艺术再现。

作为绿色包装材料之一的纸浆模塑, 以优良的防震、抗冲击、可自然降解等特性, 成为产品包装的重要缓冲材料。伴随着纸浆造纸技术的进步, 纸浆模塑的颜色可与产品色彩相融合, 实现缓冲结构与产品形状、色彩的形神统一, 在保护产品的同时促进包装品质的提升, 是脆性产品缓冲包装的重要内包装材料。此外重量轻、内在结构类似拱形的瓦楞纸板, 因其良好的抗压性、耐冲击性能、可回

\*通讯作者: 王章苹, 硕士, 副教授, 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, Assistant Professor, Changsha Normal University, No.9 Teli Road, Xingsha Town, Changsha 410010, China. E-mail: cathywzp@163.com

收与循环利用、优异的材料组合等特性, 在各类产品的内外缓冲包装中应用广泛<sup>[3-5]</sup>。

本研究以陶瓷餐具产品中的瓷碟为例, 选取纸浆模塑和三层 A 型瓦楞纸板进行缓冲结构设计, 建立组合结构, 以静载压缩实验和动态跌落实验为载体, 分析结构在相关参数变化时的缓冲性能, 依据实验结果优化组合包装结构, 在实现保护功能的基础上融合陶瓷瓷碟包装的艺术性, 兼顾结构的整体性, 为相关产品的缓冲包装设计提供参考。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料与仪器

陶瓷瓷碟(某超市购买的某品牌圆盘瓷碟); 三层 A 型瓦楞纸板(长沙星沙包装有限公司); 纸浆模塑(湖南雪峰绿色包装实业有限公司)。

AH1325 型切割机(浙江广旭数控设备有限公司); HD-10 测厚仪(沧州博宽试验仪器有限公司); SJ-455515 游标卡尺(海宁上匠工具有限公司); MSA1000 传感器(镇江嘉倍信息技术有限公司); RGM-T 微电子万能试验机(深圳瑞格尔仪器有限公司); 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

依据直径为 180 mm, 高度为 23 mm, 底厚 7 mm, 骨瓷厚 2.2 mm, 重 295 g, 脆值为 62 g 的圆盘瓷碟, 选取纸浆模塑建立内衬结构, 顶部通过长棱设计间隔以卡住瓷碟的上半部, 这样既能将瓷碟与瓷碟隔开, 又能防止瓷碟在流通中因碰撞而破损。在棱的下方, 有四条支撑顶部结构的梁, 梁与梁之间设计未接合的底面, 通过未接合的底面, 与外包装底部结构相吻合, 纸浆模塑内包装结构如图 1 所示。以厚度为 3.5 mm 的 A 型瓦楞纸板建立外包装结构, 通过内折形成前后双层结构以增强两侧的抗压性能和抗冲击能力。同时, 在瓦楞纸板四周设计卡扣, 通过卡扣间的两两连接与纸浆模塑内包装结构吻合, 形成组合结构; 顶部采用礼盒开门形式, 设计插舌, 前后两端的双层结构中设计与插舌相对应的小孔, 防止结构散开; 底部有凸起的波浪形条纹, 波浪的宽度根据瓷碟的高度设计, 波纹间距与内结构的棱间距相一致, 波纹尺寸与瓷碟底部尺寸相吻合, 配合内包装结构卡住瓷碟的下端, 形成对瓷碟的双重保护, 增强瓷碟包装的稳定性, 外包装结构及效果图如图 2 所示。通过分析组合结构在纸浆模塑厚度、内结构高度、波纹间距等参数变化时的缓冲性能, 建立并优化瓷碟组合缓冲结构<sup>[6]</sup>。

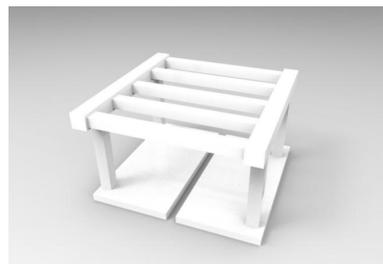


图 1 纸浆模塑内结构

Fig.1 Effect drawing of molded pulp inner structure



图 2 瓷碟包装效果图

Fig.2 Outer structure of corrugated board

#### 2.2.2 静载实验

##### (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  $(0.20 \pm 0.01)$  kPa 的压缩载荷, 30 s 后在载荷状态下用测厚仪测量四角的厚度, 取平均值并精确到 0.01 mm。

##### (2) 极限载荷与位移

按照实验标准 GB/T 8168-2008《包装用缓冲材料静态压缩试验方法》<sup>[7]</sup>在电子万能试验机上对纸浆模塑和瓦楞纸板的组合包装件试样进行压缩实验, 每组试样不小于 5 个, 实验时以  $(12 \pm 3)$  mm/min 的速度沿厚度方向对实验样品逐渐增加载荷, 压缩过程中记录连续变化的载荷与位移, 当载荷急剧增加时停止实验, 取多次实验结果的平均值获得试样的极限载荷与位移。

#### 2.2.3 动载实验

按照 GB/T 4857.5-92《包装运输包装件跌落试验方法》<sup>[8]</sup>(运输包装件跌落实验方法), 设置跌落高度为 1000 mm, 将传感器贴于瓷碟面, 测量瓷碟缓冲包装结构在纸浆模塑厚度、内结构高度, 波纹间距等参数变化时的加速度, 绘制时间-加速度曲线。

## 3 结果与分析

### 3.1 静载时结构的载荷与位移

依照瓷碟尺寸, 分别制作厚度为 2、2.5、3、3.5 mm, 内结构高度为 120、150、180 mm 的纸浆模塑缓冲结构, 波纹间距为 15、20、25、30 mm 的 A 型三层瓦楞纸板, 建立瓷碟

包装组合结构,通过静态压缩实验分析组合结构的承载能力。表 1 为波纹间距为 15 mm 时,纸浆模塑厚度与内结构高度变化的载荷与位移情况。图 3 为内结构高度为 150 mm 时,波纹间距(棱间距)变化时,内结构的承载情况。

从内结构的承载情况可知:当内结构高度一定时,结构的抗压能力随着纸浆模塑厚度的增加而增强;当纸浆模塑厚度一定时,结构的承载能力随着高度的增加逐渐降低。此外通过内结构棱间距与外结构波纹间距的匹配关系可知,内结构的棱间距增大,则外结构的波纹间距随之增大;随着波纹间距的增加,瓦楞纸板的抗压承载面积增大,结构的抗压能力增强,当波纹间距达到 25 mm 后增幅减少。值得注意的是,随着纸浆模塑材料厚度的增加,材料的

刚度逐渐增大,缓冲性能逐渐下降<sup>[9,10]</sup>,故结构的整体缓冲性能还需与动载实验结果相结合。

表 1 组合结构承载情况  
Table 1 Bearing capacity of composite structure

		纸浆模塑厚度/mm			
		2	2.5	3	3.5
内结构高度 h=120 mm	极限载荷/N	225.712	256.970	319.332	400.413
	位移量/mm	1.421	1.393	1.308	1.267
内结构高度 h=150 mm	极限载荷/N	209.320	233.151	289.267	385.279
	位移量/mm	1.531	1.456	1.321	1.242
内结构高度 h=180 mm	极限载荷/N	199.253	226.312	277.273	369.583
	位移量/mm	1.764	1.537	1.393	1.276

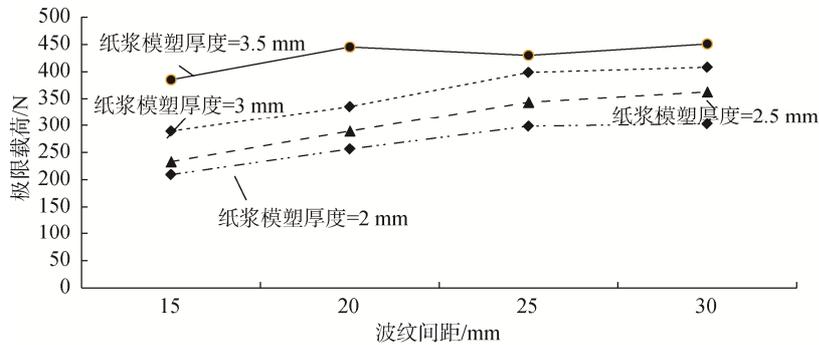


图 3 不同波纹间距时内结构的载荷

Fig.3 Load of internal structure with different ripple spacing

### 3.2 动载时的加速度

将纸浆模塑、瓦楞纸板组合结构与瓷碟组成的包装件水平放置于实验台,传感器贴于瓷碟底面并固定,设定跌落高度为 1000 mm,进行跌落实验。跌落后检查组合包装件,在瓷碟无破损的情况下测量瓷碟的冲击加速度,绘制时间-加速度曲线。纸浆模塑厚度为 2.5 mm,波纹间距变化时瓷碟的加速度曲线见图 4。波纹间距为 25 mm,纸浆模塑厚度变化时瓷碟的加速度曲线见图 5。

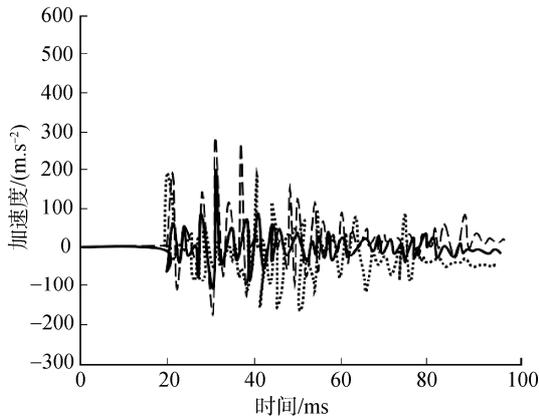


图 4 波纹间距变化时的时间-加速度曲线

Fig.4 Time-acceleration curve of ripple spacing

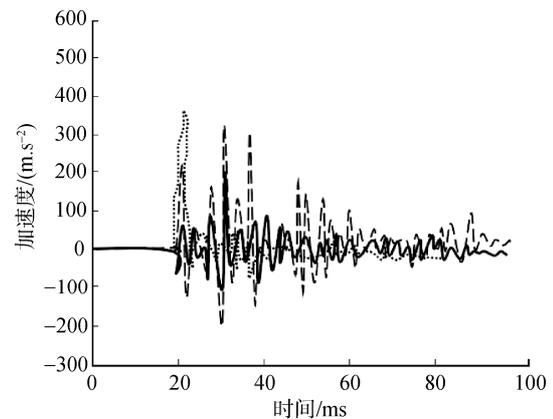


图 5 纸浆模厚度变化时的时间-加速度曲线

Fig.5 Time-acceleration curve of pulp mold thickness variation

从瓷碟包装件的跌落实验可知,随着波纹间距的增加,瓷碟受到的冲击强度先减少后增强,在波纹间距为 25 mm 时瓷碟受到的冲击的加速度得到最小值  $89.46 \text{ m/s}^2$ ,随后随着波纹间距的增加冲击强度增强;当波纹间距一定时,随着纸浆模塑厚度的增加,瓷碟跌落过程中最大加速度值先逐渐降低再缓慢上升<sup>[11,12]</sup>。如纸浆模厚度为 1.5 mm 时,最大加速度值为  $326.39 \text{ m/s}^2$ ,当厚度增加到 2.5 mm 时,加速度降低了  $127.74 \text{ m/s}^2$ ,为  $201.65 \text{ m/s}^2$ ;但当厚度继续增加到 3.5 mm 时,最大冲击加速度达到了  $371.65 \text{ m/s}^2$ ,比

厚度为 1.5 mm 时的加速度高出了 45.26 m/s<sup>2</sup>。实验中内结构高度变化时瓷碟的最大加速度变化不明显, 说明结构的高度对其缓冲性能的影响较少。在跌落实验中, 瓷碟在达到最大加速度后, 会有持续的微小波动, 经过一定时间才恢复到稳定状态, 这是因为瓷碟缓冲包装件触地时, 外包装缓冲包装结构因再次冲击变形而导致的细小振动<sup>[13-15]</sup>。

### 3.3 瓷碟缓冲结构设计

依据瓷碟的动载和静载实验结果, 从材料轻量化设计原则出发, 在瓷碟的缓冲包装中, 依照圆盘瓷碟的基本尺寸, 以厚度为 2.5 mm 的纸浆模塑建立内结构高度为 180 mm, 棱间距为 25 mm 的纸浆模塑内结构, 以 A 型三层瓦楞纸板建立波纹间距为 25 mm 的外结构, 通过内结构的棱间距和瓦楞纸板的波纹间距的吻合实现内外结构的组合, 建立瓷碟缓冲包装组合结构。该组合结构底部通过波纹卡住瓷碟, 顶部通过棱面固定瓷碟, 且瓷碟高度略低于棱面, 侧面通过内折双层结构实现对瓷碟的全包围, 提高结构的缓冲能力, 内结构尺寸如图 6、7、8 所示, 外结构尺寸如图 9 所示。该结构既能发挥纸浆模塑的抗压和抗冲击性能, 实现其缓冲功能, 又能避免因厚度过大产生的刚性问题, 达到保护瓷碟产品的目的。

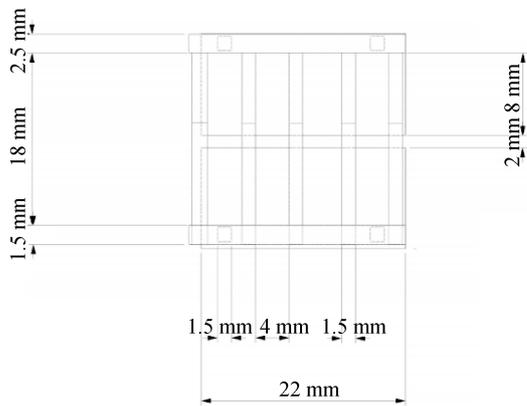


图 6 纸浆模塑结构顶视图

Fig.6 Top view of molded pulp structure

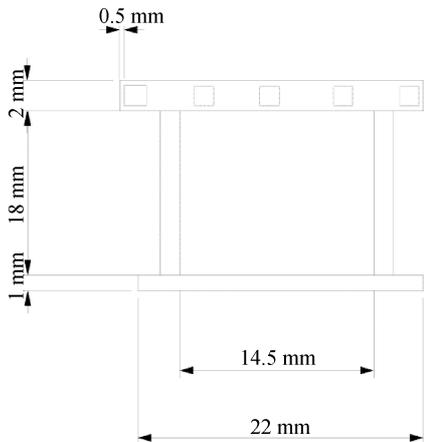


图 7 纸浆模塑结构前视图

Fig.7 Front view of molded pulp structure

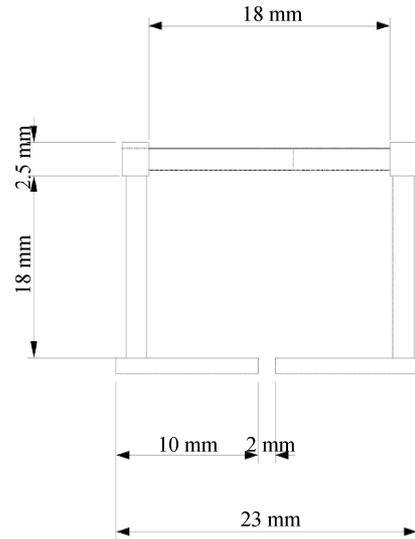


图 8 纸浆模塑结构右视图

Fig.8 Right view of molded pulp structure

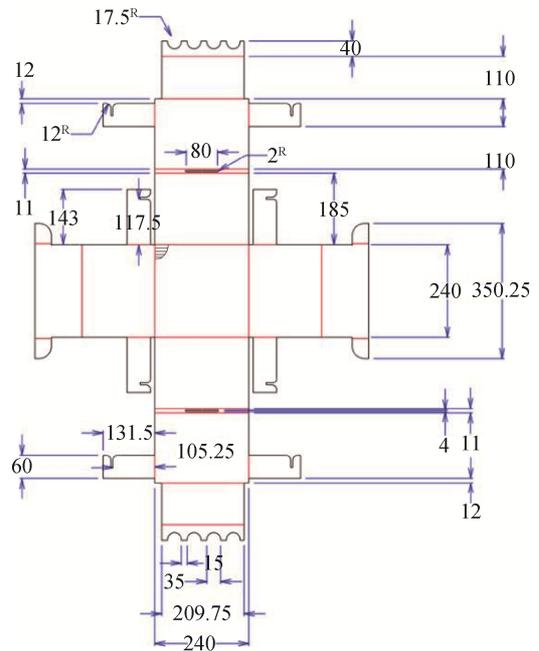


图 9 外包装结构尺寸图

Fig.9 Expanded drawing of outer package structure

## 4 结论

本研究依据静载和动载实验的相关标准和方法, 建立纸浆模塑与 A 型瓦楞纸板的组合瓷碟缓冲包装结构, 分析组合结构的缓冲性能并进行结构优化。实验结果表明纸浆模厚度为 2.5 mm, 波纹间距为 25 mm 时, 内结构高为 180 mm 时组合缓冲结构能在一定的跌落高度内足以实现对瓷碟的保护, 满足瓷碟缓冲包装的需要, 且该组合结构将包装内结构与产品特性相交融, 实现了内外包装结构, 包装材料与包装产品的融合统一。

## 参考文献

- [1] 肖硕武. 浅析陶瓷包装现状及其发展方向[J]. 陶瓷科学与艺术, 2012, (4): 32-33.  
Xiao SW. Analysis on the present situation and development direction of ceramic packaging [J]. Ceramics Sci Art, 2012, (4): 32-33.
- [2] 马玲. 贵州平塘“牙舟陶”包装结构安全设计研究[D]. 株洲: 湖南工业大学, 2018.  
Ma L. A study on the safety design of packaging structure for Yazhou ceramics in Pringtang [D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2018.
- [3] 梁秀, 王玉龙. 泡沫塑料/瓦楞纸板组合结构的缓冲性能[J]. 包装工程, 2016, 37(15): 129-133.  
Liang X, Wang YL. Cushion properties of composite structures with foamed plastic and corrugated paperboard [J]. Packag Eng, 2016, 37(15): 129-133.
- [4] 滑广军, 谢勇, 李凤玲. 组合缓冲包装衬垫的缓冲性能研究[J]. 包装工程, 2016, 37(17): 108-111.  
Hua GJ, Xie Y, Li FL. Cushioning property of combination packaging cushion [J]. Packag Eng, 2016, 37(17): 108-111.
- [5] 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.
- [6] 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.
- [7] GB/T 8168-2008 包装用缓冲材料静态压缩试验方法[S].  
GB/T 8168-2008 Static compression test method for cushioning materials for packaging [S].
- [8] 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].
- [9] Gui K, Wang X. Design and analysis of cushioning packaging for home appliances [J]. Proced Eng, 2017, 174(2017): 904-909.
- [10] Wang ZW, Li XF. Effect of strain rate on cushioning properties of molded pulp products [J]. Mat Design, 2014, 57(5): 598-607.
- [11] Lu FD, Tao WM. Virtual mass method for solution of dynamic response of composite cushion packaging system [J]. Packag Technol Sci, 2013, 26(1): 32-42.
- [12] 张书彬, 杨祖彬, 谭帆. 一种笔记本电脑的缓冲包装方案及设计[J]. 科技视界, 2017, (5): 51-53.  
Zhang SB, Yang ZB, Tan F. A cushioning packaging scheme and design for notebook computer [J]. Sci Technol Vis, 2017, (5): 51-53.
- [13] 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.
- [14] John H. Compression and cushioning characteristics of mould pulp packaging [J]. Packag Technol Sci, 2008, (13): 211-220.
- [15] Wang YH, Bao L, Jin HM. A method research to obtain quickly the vibration transmissibility of cushioning packaging materials [J]. Adv Mat Res, 2012, (542): 87-90.

(责任编辑: 韩晓红)

## 作者简介



王章苹, 硕士, 副教授, 主要研究方向为包装材料、缓冲包装。  
E-mail: cathywzp@163.com