

正六棱台上下复合式礼盒成型结构设计

宋词^{1,2}, 吕勇^{1,3}, 徐秋千¹, 方一²

(1. 义乌工商职业技术学院 机电信息分院, 浙江 义乌 322000; 2. 北京印刷学院 印刷包装工程学院, 北京 102600; 3. 义乌华莱印刷包装产业园, 浙江 义乌 322000)

摘要: **目的** 为了促进农特产品销售, 设计一种正六棱台上下复合式轻便纸质礼盒。**方法** 以传统竹木六棱食盒的盒型结构为设计原型, 采用“T-X-T”三维成型方式进行盒型结构设计, 通过提手设计和粘贴锁合结构来提高礼盒的便携性。利用 SolidWorks 软件对盒型结构进行力学模拟分析。**结果** 利用“T-X-T”模式分解主体盒型结构, 可以得到准确边缘关系结构图。侧板粘贴成盒过程中, 通过增加粘合面积, 可以提高盒型抗压强度。在相同纸张用料的情况下, 侧板成角的角度对盒型的外尺寸有重要影响。侧板成角的角度设计范围在 $60^{\circ} \sim 90^{\circ}$ 之间; 分析得出立体成型后外尺寸计算公式。**结论** 所设计轻便纸盒为正六棱台上下复合式, 美观大方。提手设计便携可折叠, 反插式锁孔设计提高了盒盖的锁合能力。侧板采用粘贴成盒, 提高了盒型抗压强度及堆码性能。

关键词: 盒型结构; 正六棱台; T-X-T 模式; 提手设计

中图分类号: TB482.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)09-0143-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.09.021

Structural Design of a Gift Box with Upper and Lower Regular Hexagons

SONG Ci^{1,2}, LYU Yong^{1,3}, XU Qiu-qian¹, FANG Yi²

(1. School of Mechanical Engineering and Information, Yiwu Industrial & Commercial College, Yiwu 322000, China;

2. School of Printing and Packaging Engineering, Beijing Institute of Graphic Communication, Beijing 102600, China;

3. Yiwu Hualai Industrial Park of Printing & Packaging, Yiwu 322000, China)

ABSTRACT: The work aims to design a composite portable paper gift box with regular hexagon to promote the sale of special agricultural products. The traditional bamboo-wood hexagonal food box structure was used as the design prototype. The "T-X-T" three-dimensional modeling method was used for the box structure design. The handle design and sticking locking structure were used to improve the portability of the gift box. The mechanical properties of the box structure were simulated and analyzed by Solidworks software. An accurate edge relational structure map could be obtained by decomposing the main box structure with the "T-X-T" model. The compressive strength of the box could be improved by increasing the adhesive area in the process of pasting side plate into box. In the case of the same paper consumption, the angle of the side board angle had an important influence on the outer size of the box. When the design range of the side plate angle was between 60° and 90° , the formula of the outer size after the three-dimensional modeling was obtained. The final design of the portable gift box is elegant and beautiful. Meanwhile, the handle design is portable and foldable. The reverse insertion lock hole design can improve the locking ability of the lid. When the side plate is pasted

收稿日期: 2019-09-03

基金项目: 2018 年度浙江省高校访问工程师校企合作项目 (FG2018153); 浙江省大学生科技计划 (2018R472003); 义乌工商职业技术学院预研项目 (YY-SJ-201704); 义乌工商职业技术学院院级课题 (2019JD305)

作者简介: 宋词 (1987—), 女, 硕士, 义乌工商职业技术学院讲师, 主要研究方向为印刷包装设计。

into a box, the compressive strength and stacking performance of the box could be improved.

KEY WORDS: packaging structure; regular hexagon; T-X-T model; handle design

中国是农业大国,农产品种类繁多,但农产品包装产业却发展缓慢,传统观念认为农产品包装只适合走低端市场^[1-2]。目前,很多农产品包装普遍较为简陋,盒型结构特点不够鲜明,在农产品礼盒立体成型结构设计较少^[3-6]。利用纸板进行减量化及成型结构设计,可以提高礼盒包装简便性,扩大使用范围^[7-10]。经过调研,结合传统盛装容器的礼盒立体结构设计具有十分广阔的发展空间^[11-14]。文中以民间传统木质六棱食盒盒型结构为设计原型,通过采用“T-X-T”三维基本盒型结构设计,改良盒型结构,开发设计一种正六棱台上下复合式轻便纸质礼盒。通过提手设计、锁孔设计和粘贴结构来提高礼盒的便携性。探讨侧板成角的角度对盒型外尺寸的影响。最后通过对盒型力学性能模拟,进一步为盒型内部结构设计提供指导。

1 盒型基本结构设计理念

传统食盒是以竹木为材质,用以盛放食品、食具或其他礼物的器具。传统食盒盒型主体是六棱食盒为造型基础,具有提手功能。在农产品礼盒设计中,为了经济环保,选用牛皮卡纸等类型纸张作为成型材料,通过三维模型造型法对纸盒进行折叠结构设计,来还原传统的立体造型结构,见图 1。

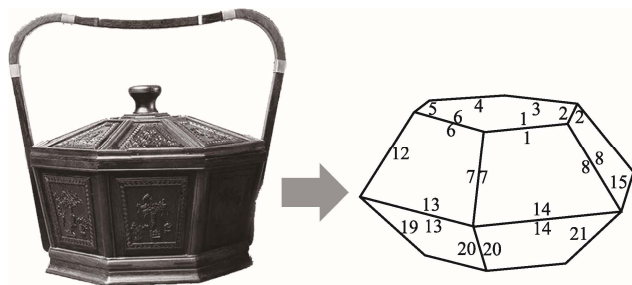


图 1 竹木六棱食盒的盒型结构原型

Fig.1 Prototype of bamboo-wood hexagonal food box

2 礼盒结构设计

2.1 “T-X-T”三维基本盒型结构

“T-X-T”三维基本盒型结构设计,是将三维立体模型转变成二维平面结构设计的一种设计方法。经过前期三维模型反复制作分析,当上下刚好为 2 个同等大小的六棱台复合构造时,最易通过一张纸的结构设计来获得六棱的盒型结构。通过对三维造型结构边缘进行编号处理,见图 1。同时将所有数字边缘依次交替标注“T”或“X”字母,使用“T-X-T”模式分解主体盒型结构,得到边缘关系结构,见图 2。对盒型进行局部提手和粘贴边设计,可以获得整体的盒型立体结构展开图。

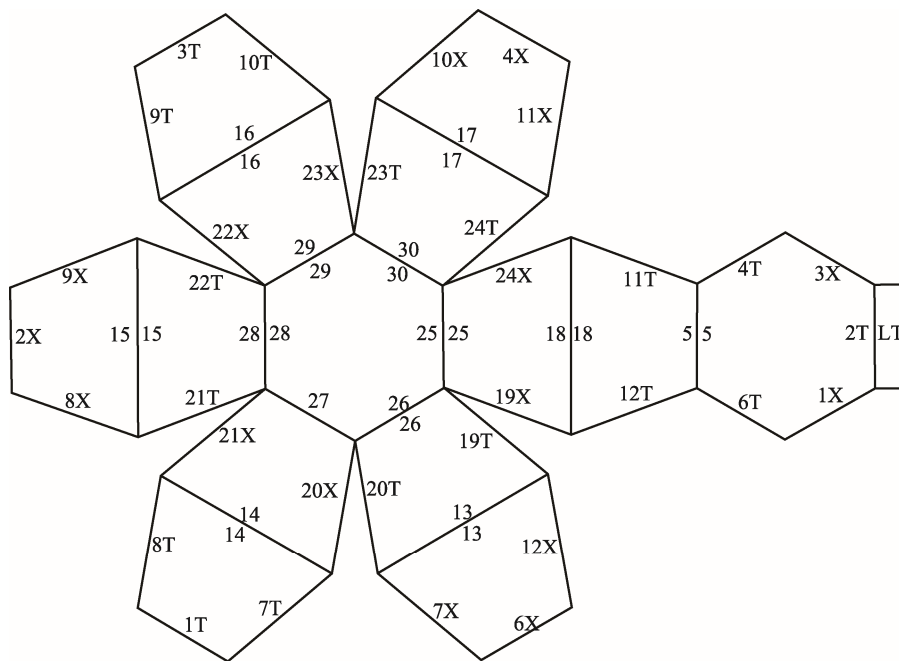


图 2 “T-X-T”模式分解主体盒型结构

Fig.2 Disassembly of main box structure by “T-X-T” model

2.2 提手设计

从食盒的立体结构出发,六棱台礼盒的提手部分设计,采用不完全开孔提梁提手(图 3)。在设计的时候,将提手与盒盖合二为一;另外,考虑节省纸张用量,在防尘襟片上进行处理,作为提手的提梁部分。防尘襟片的设计,一般为对称设计,考虑到提手设计,在后面襟片设计中,对位置进行了更改处理。提手处进行开孔处理后,再进行折叠纸结构设计,包装使用前提手可折叠藏于盒盖内,以方面堆叠;使用过程中,将提手折叠成型使用,方便快捷。

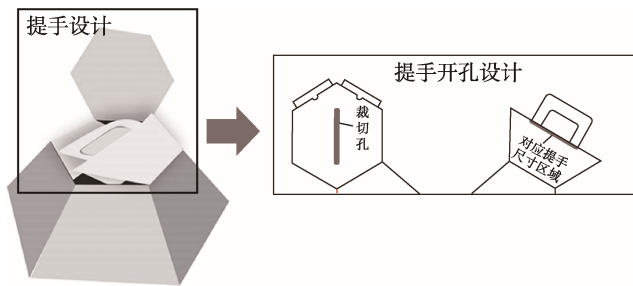


图 3 提手结构
Fig.3 Handle structure

2.3 襟片设计

襟片的设计主要是从襟片位置和襟片形状 2 个方面考虑。一般而言,防尘襟片与盒盖插入襟片设计

以交替分布为宜,盒盖插入襟片 LT 以字母 T 标注,原则上剩下的插入襟片应设置在盒盖对应标为“T”的边缘线上,这样才能保证呈交替分布状态^[15]。由于提手需要同防尘襟片相结合,并且盒盖为正六棱形结构,提手必须设计于六棱形互为平行的 2 条边线上。因此,在此次设计方案中将 1T 和 4X 两边作为防尘提手位置,将 3T,6X 分别设为防尘提手基本位置的放置边,4T,1X 分别为盒盖插入襟片基本位置的放置边,具体位置见图 4。

2.4 锁合与粘贴边设计

在盒型结构成型中发现,盒盖 1X,2T 记号线处的 2 片插入襟片,由于防尘襟片的位置改变,盒盖边线相交 P 点处的支撑力不足,因此,对 1X,2T 记号线处的 2 个位置进行反插式锁孔设计(见图 5)。从图 5 可以看到,2T,1X 记号线处分别对应锁孔 1、锁孔 2,2X,1T 记号线处也分别对应锁舌 1、锁舌 2,记号线处锁孔宽度应与反插式锁舌宽度相对应。盒体分别对应上下各 6 块等边梯形侧板,为了盒体更好成型,需考虑侧板之间粘贴面的设计^[16]。该盒型下盒相邻两侧板之间区域较小,不宜裁切,采用中线内折作为粘贴面支持下盒成型,如图 5 中深灰色区域。同时上下侧板之间存在夹角,使上盒各侧板在成型过程中纸张承受表面张力较大,粘贴面设计考量根据侧片大小尽可能增大粘贴面积,如图 5 中浅灰色区域。

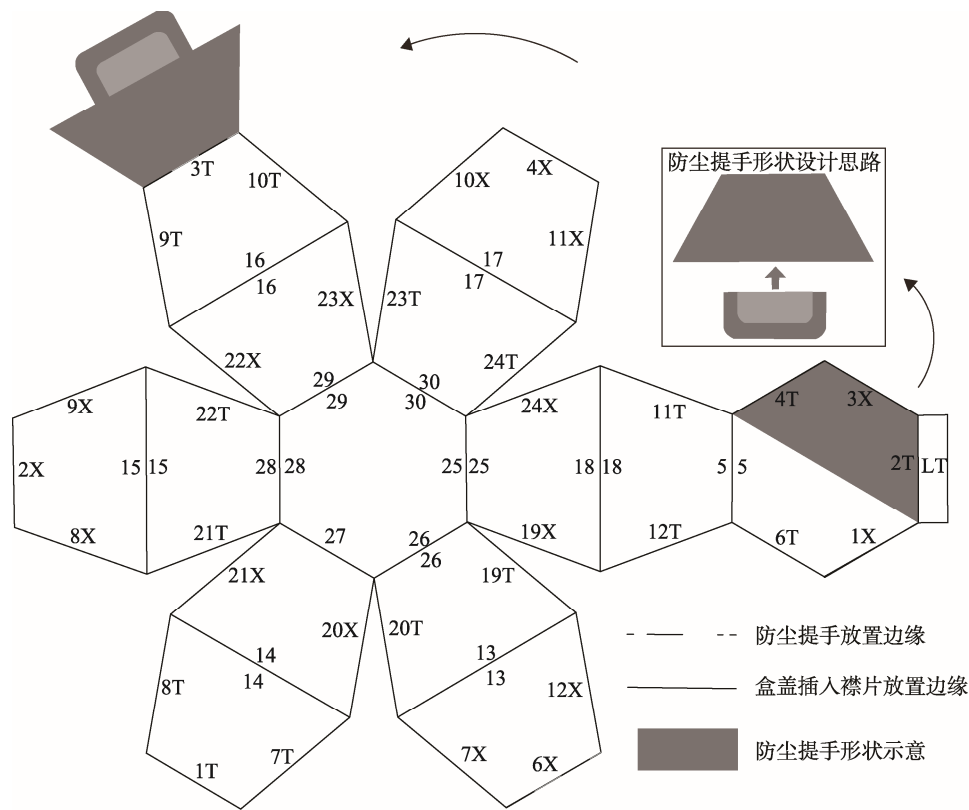


图 4 襟片设计
Fig.4 Flap design

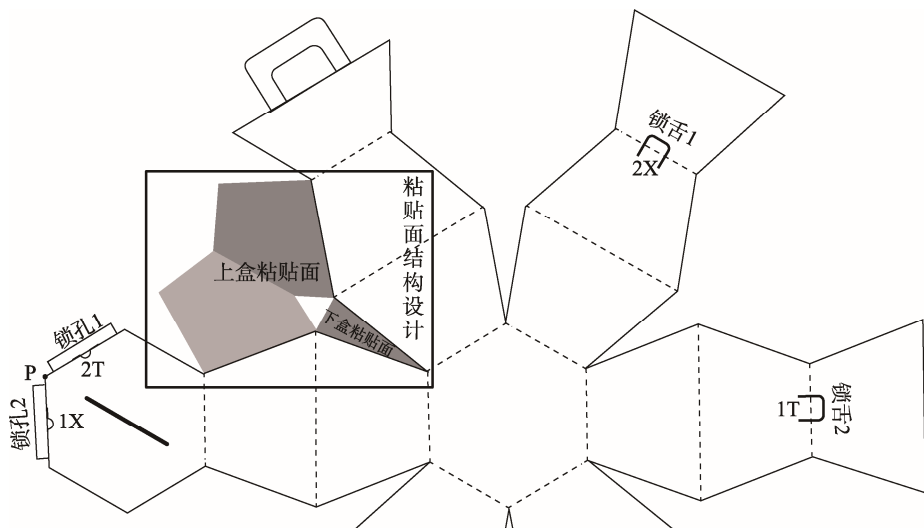


图5 锁合与粘贴边设计

Fig.5 Locking and sticking edge design

2.5 盒型设计展开图

通过对折叠的纸盒的六棱台主体设计、提手设计、襟片和锁扣设计,利用一纸成型方法,获得该盒型基本结构平面展开图。展开和实物成型见图6。

3 等边梯形侧板成角角度与容量尺寸分析

等边梯形侧板成角 α 对成盒尺寸有重要影响。从图7a中,侧板成角的角度 α 最小为与等腰梯形侧边重合,为 60° ;侧板成角的角度 α 最大为成角边线与棱台底边垂直,为 90° ,此时上下棱台组合为正六棱柱,因此,梯形侧板成角 α 的角度范围在 $60^\circ \sim 90^\circ$ 之间。

外形结构尺寸分析,当纸张用量确定时,侧板梯形短边(L)及侧板高度数值(h)确定。根据图7a

和图7b的几何关系,可以推算出盒型外结构尺寸最大宽度 L_0 以及最大高度 H_0 的计算公式,见式(1—2)。

$$L_0 = 2 \cdot (L + 2h \cdot \cot \alpha) \quad (1)$$

$$H_0 = 2h \cdot \sqrt{1 - 4 \cot^2 \alpha} \quad (2)$$

在盒型设计过程中,可以根据内置物的尺寸,调整侧板成角 α 。此外根据计算得出的盒型外结构尺寸可以进行内装最大容积计算,在相同纸张的用量下,实现最大内装容积。

4 盒型力学模拟结果分析

为了分析盒型在不同静载条件下的力学性能,采用SolidWorks 2016对正六棱台上下复合式盒型进行三维建模。利用软件的Simulation插件对盒型模型进行力学性能的有限元分析,得到不同静载条件下的应力云图及位移云图见图8—9。

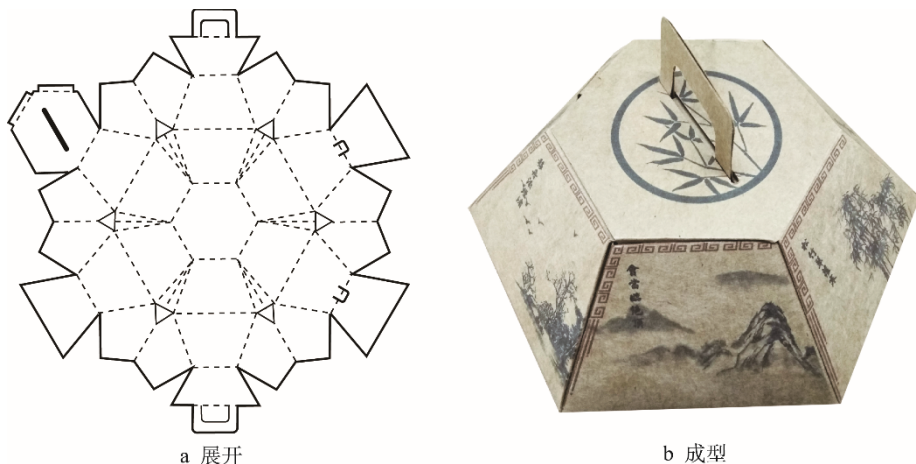


图6 礼盒包装结构展开及成型

Fig.6 Expansion graph of the gift box configuration and the forming diagram

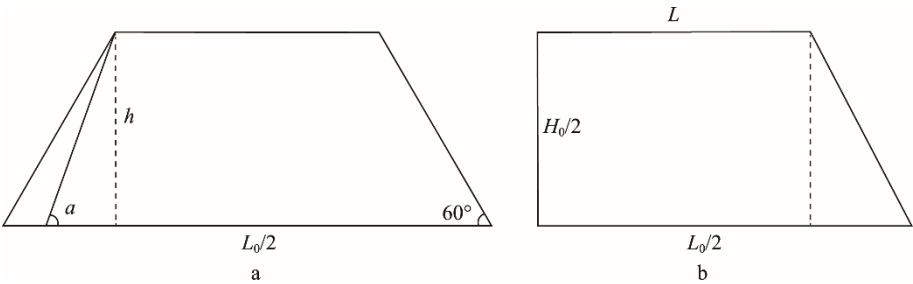


图 7 梯形侧板及纵截面示意
Fig.7 Schematic diagram of trapezoidal side plate and longitudinal section

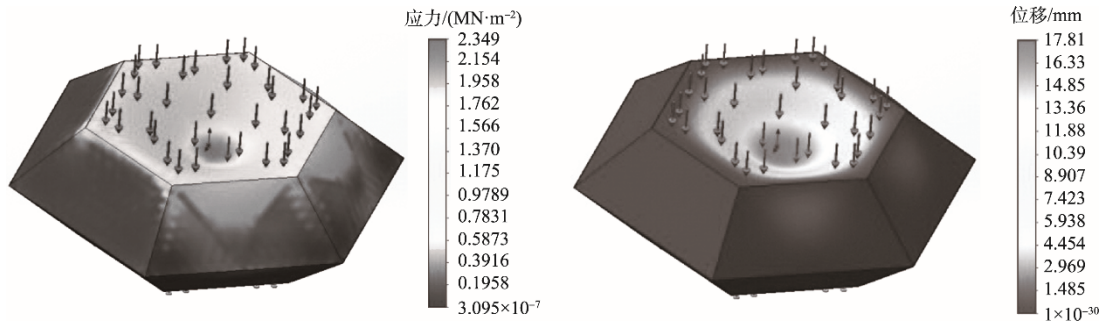


图 8 垂直静载下的顶面应力云图及位移云图
Fig.8 Stress contour and displacement contour of roof under vertical static load

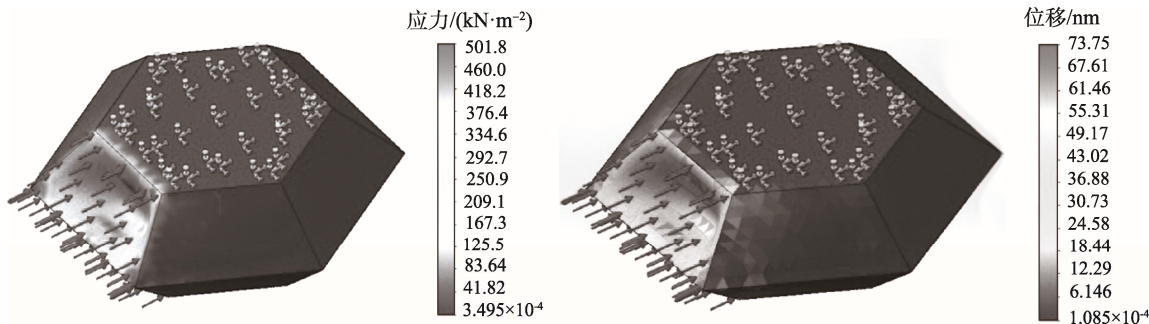


图 9 水平静载下的侧板应力云图及位移云图
Fig.9 Stress contour and displacement contour of side panel under horizontal static load

在垂直静载作用下,顶板的应力云图和位移云图见图 8。从图 8 中可以看到应力及位移的最大值均在顶板的中心,在内部结构设计时,可以采用三片垂直挡板中心交叉设计,这种内部设计不仅可以增加内装物种类,同时挡板中间交叉处能起到立柱的作用,提高盒体的整体抗压强度和堆叠性能。在水平静载作用下,侧板的应力云图和位移云图见图 9。从图 9 中可以分析得到最大应力位置位于侧板底边中心位置。在实际应用过程中,水平挤压作用力往往较小;通过增加侧板之间粘贴面的面积或加入水平中间隔板设计,可以进一步提高水平方向上的抗挤压性能。另外,对盒体可以进行齿状切割线,可以将使用后的盒子分割成 2 个托盘,提高废弃包装盒的再利用性能。

5 结语

以传统竹木六棱食盒盒型结构为设计原型,采用

“T-X-T”三维基本盒型结构设计,设计了一种正六棱台上下复合式轻便纸质礼盒。正六棱台上下复合式纸盒,美观大方;提手设计便携可折叠,反插式锁孔设计能提高盒盖的锁合能力;侧板采用粘贴成盒,提高了盒型抗压强度及堆码性能。通过“T-X-T”模式分解主体盒型结构,可以得到准确边缘关系结构。侧板成角的角度设计范围在 60°~90°之间;通过分析计算可得立体成型后外尺寸计算公式。通过对盒型的力学模拟分析,可以进一步为盒型内部结构设计提供指导。

参考文献:

[1] FUENTE J D L, GUSTAFSON S, TWOMEY C, et al. An Affordance-Based Methodology for Package Design[J]. Packaging Technology and Science, 2015, 28(2): 157—171.
[2] HUSIĆ-MEHMEDOVIĆ M, OMERAGIĆ I,

- BATAGELJ Z, et al. Seeing is Not Necessarily Liking: Advancing Research on Package Design with Eye-tracking[J]. *Journal of Business Research*, 2017, 80(4): 145—154.
- [3] CHEN Jing, ZHANG Yao-li, SUN Jian. An Overview of the Reducing Principle of Design of Corrugated Box Used in Goods Packaging[J]. *Procedia Environmental Sciences*, 2011(10): 992—998.
- [4] 崔爽, 徐绍虎. 一种礼盒包装结构设计[J]. *包装工程*, 2019, 40(5): 144—148.
- CUI Shuang, XU Shao-hu. Packaging Structural Design of a Gift Box[J]. *Packaging Engineering*, 2019, 40(5): 144—148.
- [5] CHIRRURI R, LONDONO J C, AMEZQUITA C A. The Influence of Color and Shape of Package Design on Consumer Preference: the Case of Orange Juice[J]. *International Journal of Innovation and Economic Development*, 2019, 5(2): 42—56.
- [6] LINDH H, WILLIAMS H, OLSSON A, et al. Elucidating the Indirect Contributions of Packaging to Sustainable Development: a Terminology of Packaging Functions and Features[J]. *Packaging Technology and Science*, 2016, 29(4/5): 225—246.
- [7] WALLMEIER M, HAUPTMANN M, MAJSCHAK J P. New Methods for Quality Analysis of Deep-drawn Packaging Components from Paperboard[J]. *Packaging Technology and Science*, 2015, 28(2): 91—100.
- [8] FADIJI T, BERRY T, COETZEE C J, et al. Investigating the Mechanical Properties of Paperboard Packaging Material for Handling Fresh Produce under Different Environmental Conditions: Experimental Analysis and Finite Element Modelling[J]. *Journal of Applied Packaging Research*, 2017, 9(2): 20—34.
- [9] KAUSHAL M C, SIROHIYA V K, RATHORE R K. Corrugated Board Structure: a Review[J]. *International Journal of Application of Engineering and Technology*, 2015, 2(3): 228—234.
- [10] PARK J M, Kim G S, KWON S H, et al. Modeling and Analysis of Cushioning Performance for Multi-layered Corrugated Structures[J]. *Journal of Biosystems Engineering*, 2016, 41(3): 221—231.
- [11] HUSSAIN S, COFFIN D W, TODOROKI C. Investigating Creep in Corrugated Packaging[J]. *Packaging Technology and Science*, 2017, 30(12): 757—770.
- [12] SHEN Y, ZHANG L, ZHU W, et al. Finite-element Analysis and Experimental Test for a Capped-die Flip-chip Package Design[J]. *IEEE Transactions on Components, Packaging and Manufacturing Technology*, 2016, 6(9): 1308—1316.
- [13] FADIJI T, COETZEE C J, BERRY T M, et al. The Efficacy of Finite Element Analysis (FEA) as a Design Tool for Food Packaging: a Review[J]. *Biosystems Engineering*, 2018, 174(10): 20—40.
- [14] 严晨, 李一帆. 节约理念在包装设计中的应用研究[J]. *北京印刷学院学报*, 2017, 25(4): 10—13.
- YAN Chen, LI Yi-fan. Application of the Idea of Economy in Packaging Design[J]. *Journal of Beijing Institute of Graphic Communication*, 2017, 25(4): 10—13.
- [15] YOU H B. A Case Study on Character Package Design of Japan[J]. *Journal of Digital Contents Society*, 2017, 18(1): 47—54.
- [16] 朱怡馨, 陈晨伟, 罗敏成, 等. 可折叠水产品运输保温包装箱结构设计[J]. *包装工程*, 2015, 36(15): 30—33.
- ZHU Yi-xin, CHEN Chen-wei, LUO Min-cheng, et al. Structural Design of Foldable Insulation Packaging Container for Aquatic Products[J]. *Packaging Engineering*, 2015, 36(15): 30—33.