

doi:10.3969/j.issn.1674-7100.2016.03.005

基于剪纸艺术的纸盒镂空元素自设计系统

邱妍¹, 袁江平², 高艳飞¹, 陈广学²

(1. 中山火炬职业技术学院 包装印刷系, 广东 中山 528436;
2. 华南理工大学 制浆造纸工程国家重点实验室, 广东 广州 510640)

摘要: 基于纸盒结构设计程序, 利用参数化设计方法及 VC++ 和 OpenGL 工具, 在不同优化目标参数下, 开发兼顾美观性和力学性能的纸盒镂空元素自设计系统。该系统主要利用参数化设计方法建立盒型库和镂空元素库, 盒型库依据 GB/T 6543—2008 箱型标准, 设计一定数量、典型的完整盒型, 而镂空元素库则基于不同类别的传统剪纸风格图案进行设计。其参数选择为纸盒尺寸优化、镂空元素位置优化及镂空元素尺寸优化。岭南风格鱼图腾剪纸造型的筷子包装镂空元素自设计效果表明, 该系统可实现简约型纸盒设计的镂空元素自设计功能。

关键词: 剪纸艺术; 包装纸盒; 镂空元素; 自设计系统

中图分类号: TP391.73; J528.1

文献标志码: A

文章编号: 1674-7100(2016)03-0027-05

Implementation of Adaptive Design System of Carton's Hollow-Out Element Based on Paper-Cutting Art

QIU Yan¹, YUAN Jiangping², GAO Yanfei¹, CHEN Guangxue²

(1. Department of Packaging and Printing, Zhongshan Torch Polytechnic, Zhongshan Guangdong 528436, China;
2. State Key Laboratory of Pulp and Paper Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510640, China)

Abstract: Based on the design program of carton structure, an adaptive design system of carton's hollow-out elements providing aesthetics and mechanical properties was developed by combining parameterization design method and software tools including VC++ and OpenGL with various optimized target factors. In the proposed design system, the carton database and hollow-out element database were implemented by parameterization design method. In carton database, certain typical complete cartons were designed based on GB/T 6543—2008 carton standard while the hollow-out element database was designed with patterns of various traditional paper-cut styles. Three optimization functions including carton size parameter, location and size of hollow-out elements were introduced and analyzed with a case study of chopsticks packaging in Lingnan fish totem paper-cut model. According to the output result, the system could realize feasible and fast adaptive design of carton's hollow-out elements.

Key words: paper-cutting art; packaging carton; hollow-out element; adaptive design system

收稿日期: 2016-01-24

基金项目: 国家级大学生创新创业训练计划基金资助项目(201410561089)

作者简介: 邱妍(1982-), 女, 黑龙江绥化人, 中山火炬职业技术学院讲师, 高级室内装饰设计师, 硕士, 主要从事动画设计, 包装设计及室内装饰方面的教学与研究, E-mail: roxy_qq@sina.com

通信作者: 袁江平(1988-), 男, 江西九江人, 华南理工大学硕士生, 主要研究方向为智能包装和纸基3D打印, E-mail: yuanjiangping2009@126.com

0 引言

剪纸艺术是古老的汉民族民间艺术之一,其以虚实相生的镂空造型艺术和独特的历史文化特征,成为最具东方特色的艺术形式之一^[1]。剪纸技法主要包括阴刻、阳刻和阴阳刻,这些技法均为利用剪刀或者刻刀在纸质载体上呈现线线相连或线线隔断的视觉传达效果。原始的剪纸艺术多采用红色等高饱和度颜色的纸材,以表达喜庆、吉祥、祝福等美好寓意。传统剪纸艺术虚实相生的镂空造型方式为现代包装设计提供了丰富的造型素材,同时也开阔了设计师的设计思路^[2-3]。但是由于设计师对剪纸镂空元素所带来的整体力学性能与美学性的平衡协调不易把握,这极大限制了剪纸镂空艺术在纸包装设计中的应用^[4-6]。

本文基于纸盒镂空元素设计的美学性和力学性能判定矩阵,以VC++和OpenGL为开发工具^[7-9],采用参数化设计方法,借鉴传统剪纸艺术的镂空设计思想及镂空造型艺术,设计出相应镂空元素库和盒型库,开发兼顾美观性和力学性能的纸盒镂空元素自设计应用程序。

1 系统开发概述

纸盒镂空元素自设计系统可视为多目标和多变量的数学优化问题,用以满足以最小切割时间为目标函数,以美观性和力学性能判定矩阵以及纸张特性和成型方式为约束条件,同时根据所选盒型和剪纸镂空元素相对应的比例和位置的优化组合,最终得到最佳的简约型镂空式纸盒结构设计方案。在展示和评价镂空元素自设计方案的美观性和力学性能时,该系统可以通过OpenGL本身具备的三维图像绘制、图形变换和双缓存技术等功能,来实现纸盒镂空元素自设计方案的平面结构图显示和三维效果图显示^[10-13]。

本文阐述的纸盒镂空元素自设计系统,主要以瓦楞纸板为包装盒材料、采用GB/T 6543—2008《运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱》中的类直方体盒型、内装物为较规则形状的可以镂空展示的商品而开发的纸盒镂空元素设计和优化程序。在美观性和力学性能判定矩阵中,美观性主要根据测试者对外包装中镂空元素图形美的感官视觉效果划分为4个等级,力学性能主要是通过抗压强度计算公式获得外包装的抗压强度,根据产品的脆性划分为4个等级。本文所设计的纸盒镂空元素自设计效果评价矩阵如图1所示。

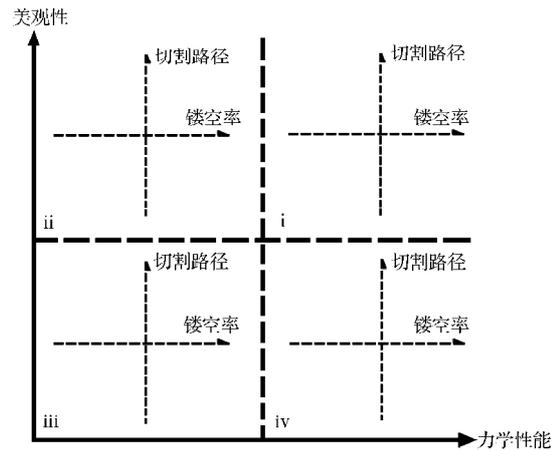


图1 纸盒镂空元素自设计效果评价矩阵
Fig. 1 Evaluation matrix of re-designed effects of hollow-out elements

在纸张特性以及成型方式约束模型中,纸张特性约束主要是不同定量的原纸和不同瓦楞层数的输入优化组合对纸盒抗压强度等级的量化值,成型方式约束主要是成型方式对镂空元素位置和尺寸的影响量化值^[14]。在纸盒镂空元素自设计中,首先需要满足多目标和多变量下的纸盒和镂空元素尺寸比例优化,然后进一步结合美观性和力学性能判定矩阵和优化模型,最后根据客户需求确定纸盒结构中镂空元素的最优设计方案。

2 纸盒镂空元素自设计优化

参数化的设计方法就是将参数模型中定量信息变量化,使其能够在特定约束下自由变化。对变量化参数赋予不同的数值,就可以得到不同大小和形状的图形结构^[14]。纸盒镂空元素自设计系统主要利用参数化设计方法建立盒型库和镂空元素库,盒型库依据GB/T 6543—2008《运输包装用单瓦楞纸箱和双瓦楞纸箱》中的箱型标准,设计一定数量的、典型的完整盒型,而镂空元素库则基于不同类别的传统剪纸风格图案进行设计。

2.1 纸盒尺寸优化

根据上述箱型标准,基于流通性和制造性需求,盒型的三维尺寸,如长宽比(盒型成型后的长度与宽度的比值)和高宽比(盒型成型后的高度与宽度的比值),均遵循特定的尺寸比例关系。长宽比和高宽比是纸盒尺寸设计的关键,不仅决定着盒型的用料,而且决定着纸盒局部位置的抗压强度。因此,根据产品的形状特性,基于材料最省、美观级数、抗压级数和成型方式等优化原则以及数学模型^[7],以参考边尺寸为变化基准,自动获得纸盒尺寸比例优

化方案。

2.2 镂空元素位置优化

镂空元素库中的基本元是基于不同流派的剪纸艺术风格、利用非真实感绘制技术(non-photorealistic rendering, NRP)来绘制的镂空结构元素^[15]。剪纸艺术的镂空元素设计多采用寄托美好寓意的动物图形。对于这类镂空元素,从美学性和力学性能的角度来看,其在纸盒不同可视面内的位置显得尤为重要。可视面在此定义为盒型立体效果中的6个面中任何1个外表面。例如在单个可视面内,镂空元素作为一个独立的整体;在2个或2个以上相邻的纸盒可视面内,镂空元素既可设计成独立的整体,也可以采用基本元的局部图案。由市场上现有纸盒镂空的应用来看,该系统中镂空元素位置优化只需至多考虑3个相邻可视面即可。

2.3 镂空元素尺寸优化

该系统在镂空元素位置优化之后,才可进一步选择优化原则进行镂空元素的尺寸优化。镂空元素尺寸主要表现在所围最小矩形的长度和宽度大小以及其比例。除此之外,还要计算镂空元素的镂空率以及与所在可视面内的长度比例和宽度比例。镂空元素尺寸的优化分为两部分:基本元的比例优化和切割优化。对于镂空元素在单一的可视面内,镂空元素尺寸优化主要是比例优化。比例优化原则是镂空元素尺寸和所在可视面尺寸对应成特定比例,其优化原则为短边对应、长边对应、错位对应和对角线长对应。优化方法包含整数法、黄金分割法和倒数法等。

当镂空元素尺寸和所在可视面尺寸对应边不成倍数关系或是镂空元素在多个可视面内时,需要对镂空元素基本元进行切割优化处理。切割优化处理是对镂空元素基本元以某种比例或角度切割,鉴于图形处理的快速响应性,选择的优化原则简化为长边法、短边法和对角线法。镂空元素尺寸优化还应该满足抗压强度约束,考虑相同位置、不同大小和不同镂空率条件下的纸盒抗压强度,以及不同位置、相同大小和相同镂空率条件下的纸盒抗压强度,可以根据加权系数和经验公式计算得到目标等级内的抗压强度^[16]。

3 案例分析

纸盒镂空元素自设计系统的优势在于内嵌上述优化原则的数学模型,使用户可以直接了解系统流程和简约型纸盒镂空元素设计。为了更清晰地展示

纸盒镂空元素自设计的方法,以鱼头乡俗筷子为内包装物,选择剪纸艺术常用的鱼图腾基本元,来展示所提出系统的设计效果。

3.1 鱼头筷子外包装纸盒盒型设计

根据GB/T 6543—2008中的箱型标准和自建的盒型库,选择04类盒型,鱼头筷子包装盒所用纸材为常用的单层瓦楞纸板,输入包装纸盒外尺寸,选择优化模型,输出盒型平面结构图和立体效果图,其界面显示如图2所示。

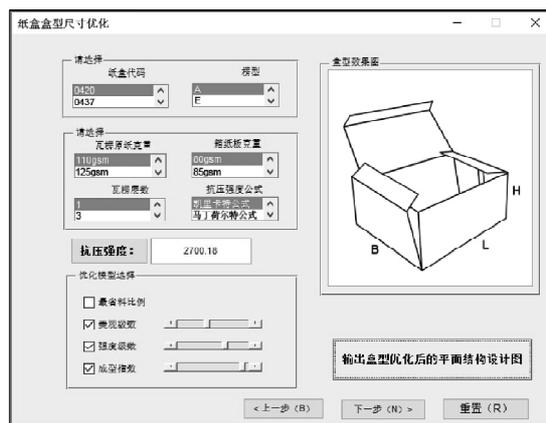


图2 不同优化模型下的界面

Fig. 2 The output interface of carton in different optimized models

3.2 鱼图腾基本元选取

鱼图腾图形是剪纸艺术中常用的镂空元素,由于地域文化不同,不同派系的鱼图腾图形风格也不相同。基于此,课题组在镂空元素库中选取岭南风格的鱼图腾基本元,如图3所示。



图3 岭南风格鱼图腾基本元选取界面

Fig. 3 The selected interface of basic element of fish totem in Lingnan style

3.3 盒型镂空元素自设计

纸盒盒型尺寸和镂空基本元确定后,就进入镂空元素自设计优化。镂空元素位置优化模型通常选择单个可视面的排版方式,镂空元素尺寸默认选择

比例优化原则。本课题仅选择比例优化的长边比例原则的黄金分割法，其相应的纸盒镂空参数设置及立体效果的界面显示如图4所示。



图4 一种盒型镂空元素自设计案例界面
Fig. 4 Optimized-design case of carton of hollow-out elements

3.4 自设计系统优化效果分析

产品包装直接面向的是品牌客户和终端客户。对于包装设计，特别是简约型包装结构设计，一个直观的包装结构设计评价方案具有重要意义。在此，课题组采用基于美观性、力学性能、切割路径和镂空率4个评价指标的判定矩阵，将不同优化方案结果归类在判定矩阵内。针对市场上常用的4种设计策略，在系统中选择相应的优化原则，输出纸盒镂空元素自设计平面结构图和立体效果图。4种优化策略下纸盒镂空元素自设计判定矩阵如图5所示，其设计效果对比如图6所示。

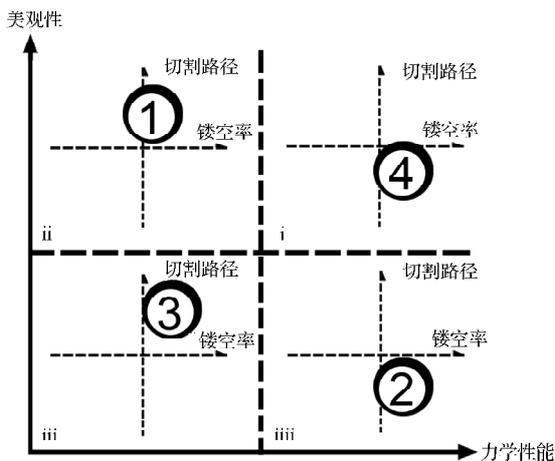


图5 4种优化策略下纸盒镂空元素自设计判定矩阵
Fig. 5 Adaptive design matrix of hollow-out elements under four optimization strategies

针对上述4种优化方案，课题组根据设计方案在判定矩阵中的位置，直接向客户展示其作品的匹配

度。由图5分析可以得知：比例优化更倾向于增加纸盒镂空元素的美感，从而降低了纸盒的力学性能；切割优化中特定比例切割模型也能保证纸盒镂空元素的美感，同时选择近边原则也能获得较好的力学性能；切割路径是影响纸盒成型时间的重要因素，切割路径长意味着每个纸包装盒的加工时间长；镂空率是纸盒成品轻量化的一个重要指标，随着比例优化和切割优化的指数变化而变化；在多个可视面下的纸盒镂空元素设计，切割路径和镂空率是关键的评价因素。

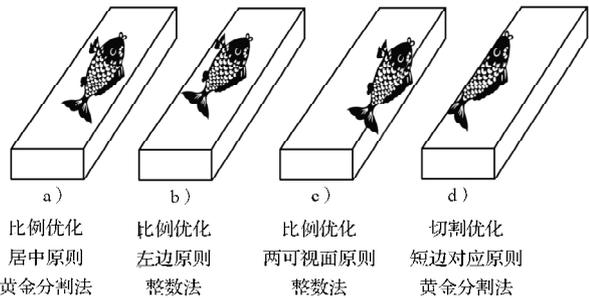


图6 4种优化策略下纸盒镂空元素自设计效果对比
Fig. 6 Output contrast of hollow-out elements under four optimization strategies

4 结语

本镂空元素自设计系统可自动根据目标导向流程选择不同的优化原则及数学模型，能获得镂空式纸盒平面设计图和立体效果图，并给出了相应的效果评价方案。针对简约型包装设计，用户只需通过简单的对话框信息输入选择后，就能迅速得到镂空元素自设计优化方案。

为了满足更复杂的盒型镂空元素设计要求，盒型库和镂空元素库的基本元类别和数量需要进一步扩充。在镂空元素自设计时，本系统只考虑了单个镂空元素优化设计方案，不能满足多个镂空元素同时优化的方案，这将是今后研究的重点。

参考文献:

[1] 许美婷. 吕胜中与马蒂斯剪纸艺术比较[J]. 包装学报, 2014, 6(4): 63-68.
XU Meiting. Comparison of Lü Shengzhong and Matisse Paper-Cut Art[J]. Packaging Journal, 2014, 6(4): 63-68.
[2] 谭媛媛, 宁绍强. 民间剪纸艺术在民族化包装设计中的应用[J]. 包装工程, 2008, 29(12): 162-164.
TAN Yuanyuan, NING Shaoqiang. Application of Folk

- Paper-Cut Art in Nationality Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(12): 162-164.
- [3] 汪 辉,肖琼娜.民间剪纸艺术在包装设计中的应用[J].装饰, 2006(2): 37.
WANG Hui, XIAO Qiongna. Folk Paper-Cut Art Applied in Packaging Design[J]. Art & Design, 2006(2): 37.
- [4] 赵世学.“镂空”设计在包装装潢中的运用[J].包装工程, 2006, 27(4): 191-193.
ZHAO Shixue. “Hollow Out” Design Applied in Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2006, 27(4): 191-193.
- [5] 文依妮.镂空装饰手法在灯具包装设计中的应用研究[D].株洲:湖南工业大学, 2013.
WEN Yini. Application of Hollow Out Decorative Techniques in the Lamp in the Packaging Design[D]. Zhuzhou: Hunan University of Technology, 2013.
- [6] 陈贤昌.剪纸艺术与现代包装设计[J].包装工程, 2008, 29(11): 223-224, 230.
CHEN Xianchang. Paper Cutting and Modern Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2008, 29(11): 223-224, 230.
- [7] 孙 诚.包装结构设计[M].3版.北京:中国轻工业出版社, 2008: 40-66.
SUN Cheng. Packaging Design[M]. 3rd ed. Beijing: China Light Industry Press, 2008: 40-66.
- [8] 孙 鑫,余安萍.VC++深入详解[M].北京:电子工业出版社, 2006: 70-90.
SUN Xin, YU Anping. VC++ Depth Explanation[M]. Beijing: Electronics Industry Press, 2006: 70-90.
- [9] 陈满儒.TOPS Pro:美国包装结构全面优化设计软件[J].中国包装工业, 2004(8): 46-51.
CHEN Manru. TOPS Pro: Atotal Optimzation Packaging Software[J]. China Packaging Industry, 2004(8): 46-51.
- [10] MART N S, SUAREZ J, OREA R, et al. GLSV: Graphics Library Stereo Vision for OpenGL[J]. Virtual Reality, 2009(1): 131-138.
- [11] SLATTERY D. Packaging Design: Basic Principles[J]. Medical Device Technology, 2007(3): 182-185.
- [12] ERIK S, MIE V, HANNE M, et al. Sustainable Packaging Design: A Holistic Methodology for Packaging Design[J]. Packaging Technology and Science, 2010(3): 233-239.
- [13] RUNDH Bo. Packaging Design: Creating Competitive Advantage with Product Packaging[J]. British Food Journal, 2009(5): 1119-1125.
- [14] 徐小红.基于参数化设计的智能CAD开发平台的研究与开发[D].武汉:华中科技大学, 2005.
XU Xiaohong. Research and Development of Platform for Developing Intellectual CAD System Based on Parametric Design[D]. Wuhan: Huazhong University of Science & Technology, 2005.
- [15] 崔念杰.计算机生成剪纸风格化关键技术研究与实现[D].成都:电子科技大学, 2012.
CUI Nianjie. Research and Implementation of Key Technologies of Paper-Cutting Style Generated by Computer [J]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2012.
- [16] 刘 慧.折叠纸盒强度的理论分析与试验研究[D].无锡:江南大学, 2008.
LIU Hui. The Theoretical and Experimental Analysis of the Compression Strength of Folding Cartions[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2008.

(责任编辑:徐海燕)