

《营造法原》瓦花墙洞纹样的智能化设计研究

刘肖健, 严叶聃睿

(浙江工业大学, 杭州 310023)

摘要: **目的** 归纳《营造法原》中的瓦花墙洞纹样的构成规律, 并开发智能化设计技术。**方法** 提取由基本瓦片单元构成的墙洞填充图案的结构特征, 将其归纳为四片瓦和八片瓦两种基本单元, 基于四方连续的构成法则, 自动生成套钱式、波纹式、破月式、九子式、软脚万字式和鱼鳞式等六种不同的墙洞图案, 并延伸构造出三种新的团理性。**结果** 基于平面设计软件 CorelDraw 开发了智能化设计软件, 并进一步分析了图案的构成规律, 并将其总结为数学编码, 延伸至更多同类图案的创意探索。**结论** 编写图案设计类软件并不需要很高的技术水平和数学技能, 但是需要对图案本身具有合理的理解方式, 对多种技术方案进行评估和选择, 确定方便、高效的实现与拓展形式, 才是决定软件效果和可用性的基础。

关键词: 《营造法原》; 瓦花墙洞; 智能化设计; 图案设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)14-0246-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.14.038

Intelligent Design of Wall Hole Decoration in Yingzaofayuan

LIU Xiao-jian, YAN Ye-dan-rui

(Zhejiang University of Technology, Hangzhou 310023, China)

ABSTRACT: The work aims to sum up the forming rules of wall hole decoration in “Yingzaofayuan”, and develop the intelligent design technology. The structural characteristics of wall hole decoration composed of basic tile units were extracted and summarized as 4-tile and 8-tile basic units. 6 kinds of pattern of wall hole decoration were automatically generated based on the construction rule of quadrilateral continuity, such as coin-type, wave-type, moon-type, nine children-type, wan character-type and scales-type, and three types of new group rationality were constructed through extension. The intelligent design software was developed based on CorelDraw; furthermore, the rules of pattern formation were analyzed and summarized as mathematical coding, and extended to the creative exploration of more similar patterns. Writing graphic design software does not require a high technical level or mathematical skills, but requires a reasonable understanding of the pattern itself. Evaluating and selecting a variety of technical solutions to determine convenient and efficient implementation and extension forms is the basis for determining software effectiveness and usability.

KEY WORDS: Yingzaofayuan; wall hole; intelligent design; pattern design

《营造法原》是记述中国江南地区古建筑营造做法的历史文献^[1], 是有关中国南方传统建筑的唯一的系统化论著。该书详细介绍了南方古建筑的地面、木作、装折、石作、墙垣、屋面, 以及工限、园林、杂俎等营造做法, 并附有丰富的图释。与官方编纂的建筑典籍《清式营造则例》和《营造法式》相比, 《营造法原》对于江浙一带的民间建筑影响更大, 是中国传统建筑文化的重要遗产。

《营造法原》附有若干图版, 其中第四十五到四十八版为“墙洞”, 给出了三十六款墙洞瓦花图案。墙洞是指户外墙上开的窗, 填充为镂空纹样形式, 是一种美观雅致的建筑装饰。图版四十五给出了九种瓦花墙洞的图案, 即用屋顶的弧形瓦片组合构建图案; 其余三个图版都是砖、石、瓦、灰(类似水泥)的混搭构造。墙洞花纹展示了中国古代利用砖瓦等建筑单元组成复杂纹样的独特装饰设计实践成果, 对中国传

收稿日期: 2020-04-09

基金项目: 教育部人文社会科学研究规划基金项目(19YJA850012)

作者简介: 刘肖健(1972—), 男, 山东人, 博士, 浙江工业大学教授, 主要研究方向为工业设计。

统艺术风格的平面设计有很好的启发和借鉴价值。对《营造法原》中所记述的装饰纹样进行规律总结和设计研究的文献较少:李迪迪^[2]分析了《营造法原》中窗的设计体系,但是对花纹图案的研究涉及不多;王媛^[3]对中国古建筑中的圆形窗洞进行了系统的研究,并分析了其符号化作用。《营造法原》相关的数字化研究尚未见诸文献,而中国传统纹样在现代设计中的应用十分广泛^[4-6],相关的数字化工具开发也比较普遍^[7-9]。因此这是一个很有潜力的数字化开发领域。

为了总结和创新这些富有中国传统美学意蕴的建筑纹样的设计法则,以便将其广泛应用于一般平面设计或艺术设计,对这一宝贵的文化遗产进行推广普及。本文基于数字化技术,研究《营造法原》图版四十五的“瓦花墙洞”图案的构成规律,开发智能化设计程序,使之可以利用瓦片形态自动生成多种填充纹样。同时拓展利用瓦片单元进行图案设计的规律,并基于抽象编码开发更多的同类图案,帮助实现中国传统文化的二次创新。

1 瓦花图案特征分析

智能化程序的开发,首先需要对瓦花墙洞图案的特征进行总结和精确表达,《营造法原》图版四十五“瓦花墙洞”见图 1。

在图 1 的九种瓦花图案中,套钱式、波纹式、破月式、九子式、软脚万字式和鱼鳞式六种图案的规律是相同的,软脚海棠式和秋叶式两种规律相同,球门式则是另一种规律。因此本文将前述六种统一归纳,提取其数学特征并予以统一表达,然后根据其规律拓展补充了三种新样式,凑齐九种,开发出图案设计程序,作为一个完整软件的基本功能。

经分析,其中六种样式皆可视为套钱式的减瓦变种,即套钱式是一种瓦片排布完整的图案,其余五种可以通过从中有规律地抽掉某些位置上的瓦片来得到。

一个完整的套钱式图案可以分解为边框、边瓦和主体三个部分,套钱式瓦花墙洞图案分解见图 2。

边框是指墙洞的方形边框(软件暂不考虑异形墙洞);边瓦是指紧贴墙洞边缘的瓦片,有些墙洞图案没有边瓦,或者只有部分边缘的边瓦;主体是指填充墙洞中心大面积部分的瓦片,也是图案的主要部分。

套钱式瓦花墙洞图案的四方连续单元见图 3,图案的主体部分是一个四方连续,其单元由四片瓦构成,如图 3a。通过分析可以发现,除套钱式外,其他五种图案是上述单元旋转 90°再减瓦得到的。为了避免奇偶行单元交叠、错排造成设计上的复杂性,其他五种图案的单元设计为由八片瓦构成的铜钱式结构,如图 3b。

程序生成的瓦花墙洞纹样见图 4,是利用这两种单元,经过减瓦组合而成的各种瓦花墙洞纹样。

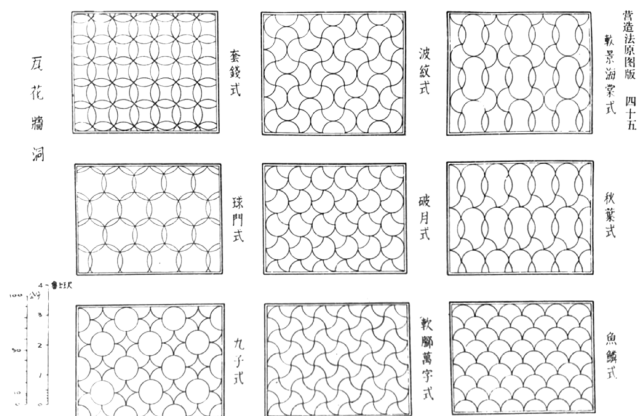


图 1 《营造法原》图版四十五“瓦花墙洞”

Fig.1 No.45 image plate “wall hole” of “Yingzao fayuan”

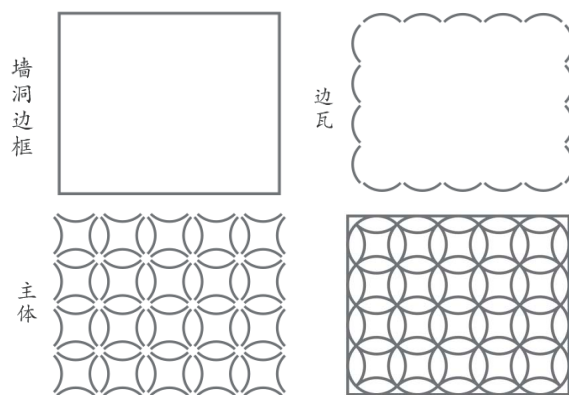


图 2 套钱式瓦花墙洞图案分解

Fig.2 Dissection of coin-type wall hole pattern decomposition

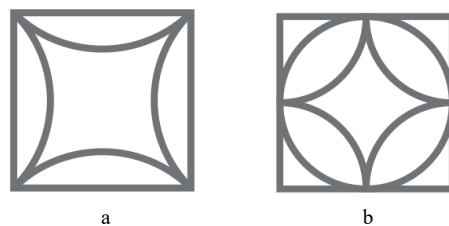


图 3 套钱式瓦花墙洞图案的四方连续单元

Fig.3 Quadrilateral continuity unit of coin-type wall hole pattern

图 4 的两组纹样分别为两行两列和三行三列的四方连续,每组的三列纹样分别为无边瓦的四瓦单元连续、有边瓦的四瓦单元连续和八瓦单元连续。

2 软件开发

作者基于平面设计师常用的矢量绘图软件 CorelDraw 开发了瓦花墙洞的智能化设计软件,以插件形式运行。软件界面见图 5。

输入框“墙洞宽”和“墙洞高”用于确定墙洞尺寸,单位是瓦:1“瓦”表示一个四方连续单元的尺寸。“边瓦”选项仅用于正交式,指墙洞四边是否铺

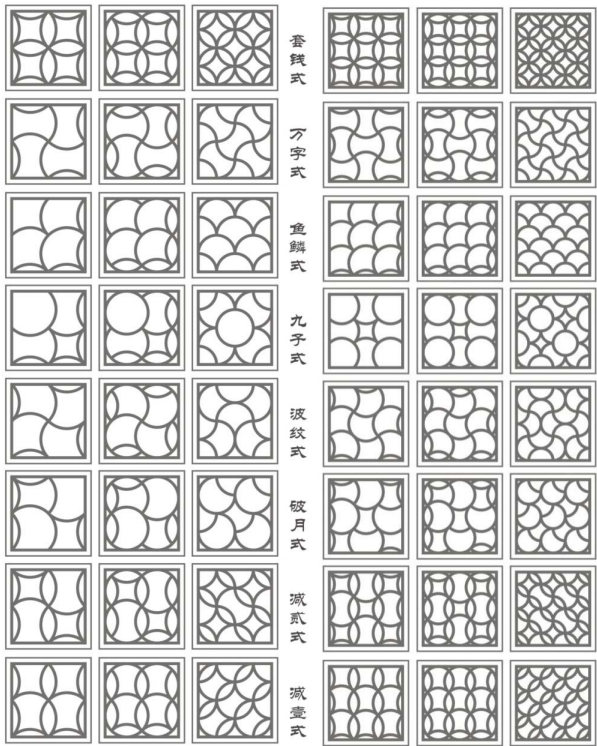


图 4 程序生成的瓦花墙洞纹样
Fig.4 Program generated wall hole patterns



图 5 软件界面
Fig.5 Interface of software

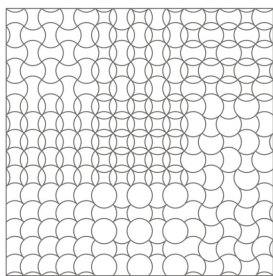


图 6 正交式组合图案
Fig.6 Orthogonal combination pattern

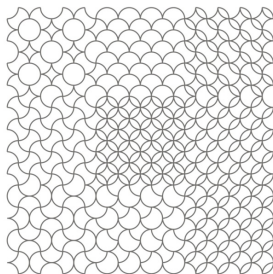


图 7 斜交式组合图案
Fig.7 Oblique combination pattern

设一排固定的瓦片。可根据需要选择上下左右四侧的边瓦，默认选项是四侧边瓦都保留。

界面下方的“正交式”和“斜交式”两个按钮分别基于四瓦和八瓦单元构建四方连续。

“减瓦”选项未选中时，生成的是套钱式瓦花墙

洞。选中“减瓦”选项，八种减瓦花式变为可用状态，选择所需的样式，点击“正交式”或“斜交式”按钮即可生成如图 4 的瓦花墙洞。正交式组合图案见图 6，斜交式组合图案见图 7。

3 图案构成规律分析

上述插件是传统纹样数字化（或参数化）的一个典型案例，虽然原理很简单，但是为了再现文献中的纹样特征，技术上仍有许多繁琐的细节需要处理。

《营造法原》对瓦花墙洞的归类是古人的实践经验和美学创造的产物，而从数字化设计的角度，则需要一些更适合程序实现的归纳方法，以使文献中静止的图案通过统一的规律“活”起来，甚至派生出新的，但仍符合原特征的图案。这是文化遗产的数字化保护与创新工作的关键^[10]。

按照四方连续图案的数字化编码基本规则，《营造法原》中瓦花墙洞的九种纹样可以分为三类，除了本文讨论过的六种外，“海棠式”和“秋叶式”可归为一类，“球门式”则是另一类。后两类都可以延伸并拓展出与上述类似的多种同款风格的新纹样，宜进行单独处理，因此未包含在本软件内。

对一种纹样进行规律的分析与解构时，有多种选择。如“套钱式”可以看作几个圆的环环嵌套；“鱼鳞式”是半圆弧的阵列；“万字式”和“波纹式”可以看作两个正交方向的波纹交叠，处理好波纹的相位差就可以得到不同的画面空间分割效果。也有些规律比较复杂，比如“破月式”和“九子式”，能基于直觉发现规律，但是用自然语言描述比较困难，这时就有必要借助数学语言了。

就瓦花墙洞而言，前期的分析工作有三个要点：（1）抽象出最简洁的共性数学规律，以使用代码实现；（2）本质上还是四方连续，因此最好能使用四方连续的常规模式处理，不要人为制造复杂性；（3）要考虑这个图案的应用背景约束，它们是瓦片拼成的纹样，立着放在墙洞里，要考虑重力因素，使其能够立得住，不能塌掉，如果是铺地砖就没有这个约束了（《营造法原》的图版四十九到五十一是铺地纹样，共二十七种，有些纹样与瓦花墙洞类似）。

共性数学规律的抽取是传统纹样数字化工作的核心，基于这种数学规律可以按图索骥构造更多的同类样式，就像元素周期表一样，可以一眼看到还有哪些空位，方便指导新样式的创造，实现传统文化的数字化创新。

瓦花墙洞纹样在大类上属于四方连续。关于四方连续，已经有很多设计经验和研究性成果，这些要在开发工作中尽量加以利用，以减少工作量和工作复杂性。按照四方连续的设计套路，首先需要把单元分离出来。这里有几种选择，作者遵循了两个原则：一单元间不交叠；两奇偶行不错位。



图 8 叶形单元
Fig.8 Leaf-shaped unit

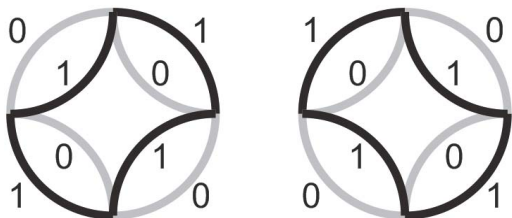


图 9 斜交九子式单元编码
Fig.9 Oblique nine children-type pattern unit coding

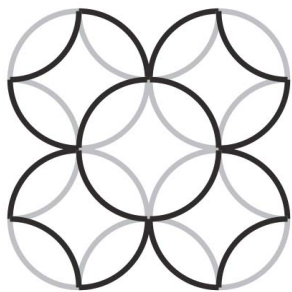


图 10 九子式纹样的四方连续大单元
Fig.10 Quadrilateral continuity unit of nine children-type pattern

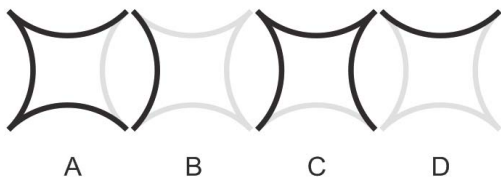


图 11 正交破月式纹样的四种单元
Fig.11 Four units of orthogonal moon-type pattern

除了本插件选择的凹四边形（四片瓦）和铜钱形（八片瓦）两种单元外，还可以使用由两片瓦扣在一起的叶形单元。这种单元只有两片瓦，比前面两种都简单，叶形单元见图 8。

叶形单元虽然更小、更简单，但是需要两种不同的单元（左斜和右斜），而不是一种单元的两种变形（通过减不同部位的瓦得到），因此在排布时需要考虑左右上下的邻瓦各是哪一种类型，这会让规律的设计变得复杂，单元简单了，规律设计就复杂了，此消彼长。如此处理也不是不行，也是一种可选的实施方案。

比较两种做法，最终决定采用前述技术处理方案。

瓦花墙洞作为一种图案被提取出来，可以用于各种平面设计场合，不一定是墙洞设计，而且现在也没那么多墙洞需要设计。然而由墙洞的原始功

能派生出来的纹样特征还是应当保留，因此瓦片作为分解到底的最终单元，要体现出来。从《营造法原》的图版来看，使用的应该是 90°弧形瓦片，因此本插件的所有图案都可以分解为 90°弧。这样的的好处是可以很快计算出填一个墙洞需要多少片瓦。

还有一些细节需要处理，如边瓦的设置。边瓦的作用有三个：一是让纹样看起来完整，比如套钱式，每个圆都是完整的；二是墙洞的尺寸可能并不正好切合完整的纹样，边瓦可以作为一种填缝的措施，一层不行可以填多层（实际上墙洞就是这么做的）；三是边瓦的设置可以简化四方连续单元的归纳，与其处理成一种只用于边框的破碎单元，还不如拿出来单独处理，不再计入四方连续的主体。从数字化角度来看，后者实现起来更简单。

4 延伸与抽象

瓦片的组合方式有很多，远不止《营造法原》列出的几种，真正激动人心的创意还在可见的案例之外。这类非物质文化遗产的活化及其在现代世界中的二次创新，所面临的关键问题是规律的识别与数字化表达，以期在文化特征再现的准确性和效率方面为现代艺术家和设计师提供辅助。

因此，希望能在一个更加抽象的层面上理性、有序地开展基于文化遗产的再创新设计，把《营造法原》未及收录但已广泛存在于民间的同类图案一并表达出来。

以铜钱单元为例，共有八片瓦，每片瓦的“位置”上有无瓦片可以用 1 和 0 来表达，因此一个单元的编码就是一个八位二进制码。比如斜交九子式，由两种单元构成，其编码从左上至右下，右上至左下，分别为 01101001 和 10010110，见图 9。

图 9 中，黑色为瓦片，灰色为缺位的瓦片，分别以 1 和 0 表达。

给两种变形单元命名为 A 型和 B 型，则整个图案可以表达为如下单一的大单元，它是一个 AB 单元的二元组合。大单元设计出来，形成四方连续就变得很简单了，只要对它进行复制平铺就可以得到无限的九子式纹样，九子式纹样的四方连续大单元见图 10。

还有更复杂的组合模式。如正交破月式，其编码是四位二进制码，共有四种单元，顺时针编码，分别是 1011、0001、1101 和 1000，正交破月式纹样的四种单元见图 11。

将上述四种单元分别定义为 A、B、C、D 四种型号，则单一的大单元是四种型号以 A、B、C、D 为周期顺序的组合：

A B C D

B C D A

C D A B

D A B C



图 12 斜交减贰式单元

Fig.12 Unit of oblique double subtraction type

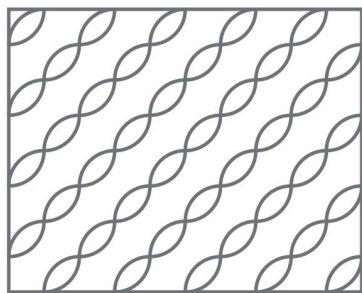


图 13 一种减瓦单元

Fig.13 A unit generated with subtraction

需要四行四列才能轮换一个周期,因此它的四方连续大单元要更复杂一些;而看起来形态差不多的正交波纹式,则只有 A、B 两种单元。这种复杂的规律找出来并不困难。把大小单元都定义好了,很快就可以在《营造法原》的图版基础上拓展出同类的新纹样。

上述软件中有两种纹样是《营造法原》里面没有的,即“减贰式”和“减壹式”,但这两种确实又是很典型的瓦花墙洞风格。斜交减贰式最简单,只有一个单元,其编码为 01101111,里面有两个零,表示完整单元里的八片瓦减掉两片,斜交减贰式单元见图 12。正交减贰式则有两种单元编码。

按照这个套路,还可以设计出更多、更复杂的墙洞瓦花图案,比如用两种以上的基础单元组合成复杂的大单元,甚至可以让程序自动设计,然后由用户挑选出符合美学意蕴的样式进行应用。这时就体现出抽象化编码对传统图案拓展创新的价值了。

应用背景的约束也应该考虑,一种减瓦单元见图 13,所显示的图案也是通过铜钱式单元的减瓦组合得到的,它的单元编码是 10011001。

这种墙洞填充方式力学上不合理,瓦片撑不住,会塌下来,所以使用程序自动设计时需要施加一些约束。图 13 案例的约束处理比较简单,可以表述为“单元某段的内外环瓦片不能同时缺失”,即单元的八位编码的第 1、5 位不能同时为零,第 2、6 位不能同时为零,第 3、7 位不能同时为零,第 4、8 位不能同时为零。这种约束用程序来实现只需一个条件语句即可完成,如第 1 位可以随机生成,如果生成的是 1,则第 5 位随机选择(0 或 1 皆可),否则第 5 位只能是 1;依此类推。

5 结语

从数字化开发技术角度,编写图案设计类软件并不需要很高的技术水平和数学技能。然而需要对现象(如《营造法原》图版)进行两方面的合理理解:一是文化和美学上的意义,以及图像组织规律的提炼;二是基于数字化技术的表达方案,及其对未来创新的包容性和可探索性。其中后者也包括对多种技术方案的评估和选择,以便确定方便、高效的实现与拓展形式,这是决定软件效果和可用性的基础。

技术工作开始时,第一步考虑并不是怎么写程序把这些图案设计出来,因为可以有很多种方式来编写代码,所以这不是最重要的。最重要的是这些图案背后的文化空间有多大,对这些图案的抽象化表达方式,能否把这个图版里没包含的那些同类图案也一并囊括进来。古人很可能已经创造出来了,只是没有收录在《营造法原》之类的文献中而已,需要构建一个“解空间”,把这个类别所有可能的纹样设计方案都容纳进来,把选择权留给用户,让他们像古人一样思考、设计,并创造出高度还原其初始特征的新纹样。非物质文化遗产的活化与创新,需要这样的过程与结果。

参考文献:

- [1] 姚承祖. 营造法原[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1986.
YAO Cheng-zu. Yingzaofayuan[M]. Beijing: China Building Industry Press, 1986.
- [2] 李迪迪, 蔡军. 《营造法原》中“窗”的设计体系研究[J]. 华中建筑, 2008(12): 192-196.
LI Di-di, CAI Jun. Design System of Windows in Yingzaofayuan[J]. Huazhong Architecture, 2008(12): 192-196.
- [3] 王媛. 中国建筑史中的圆形窗[J]. 同济大学学报(社会科学版), 2014, 25(5): 74-78.
WANG Yuan. The Circular Window in the History of Chinese Architecture[J]. Journal of Tongji University (Social Science Section), 2014, 25(5): 74-78.
- [4] 周星, 陈春. 民俗图案在现代艺术设计中的创新应用[J]. 包装工程, 2017, 38(22): 284-286.
ZHOU Xing, CHEN Chun. Innovative Application of Folk Pattern in Modern Art Design[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(22): 284-286.
- [5] 杨林林. 中国传统图案在现代包装设计中的应用[J]. 包装工程, 2018, 39(14): 256-259.
YANG Lin-lin. Application of Chinese Traditional Patterns in Modern Packaging Design[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(14): 256-259.
- [6] 袁爱莉. 民族服饰图案在艺术设计中的应用[J]. 包装工程, 2018, 39(2): 276-278.
YUAN Ai-li. On the Application of National Dress Patterns in Art Design[J]. Packaging Engineering, 2018,

- 39(2): 276-278.
- [7] 王妍, 张瑞阳. 基于移动平台的汉服设计软件开发研究[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 258-263.
WANG Yan, ZHANG Rui-yang. Hanfu Design Software Development Based on Mobile Platform[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 258-263.
- [8] 刘洋飞, 郭晓云. 纺织 CAD 中图案智能排布算法的实现[J]. 现代纺织技术, 2014(5): 30-34.
LIU Yang-fei, GUO Xiao-yun. Implementation of Intelligent Pattern Arrangement Algorithm in Jacquard CAD[J]. Advanced Textile Technology, 2014(5): 30-34.
- [9] 姚晓林. 智能针织 CAD 提花档案制作工艺[J]. 针织工业, 2018(3): 10-13.
YAO Xiao-lin. Preparation Technology of Intelligent Knitted CAD Jacquard File[J]. Knitting Industries, 2018(3): 10-13.
- [10] DAY L F. Pattern Design[M]. New York: Dover Publications, Inc, 1999.
-
- (上接第 239 页)
- DING Yi, GUO Fu, HU Ming-cai, et al. A Review of User Experience[J]. Industrial Engineering and Management, 2014(4): 92-97.
- [5] HASSENZAH M, DIEFENBACH S. Needs, Affect, and Interactive Products Racets of User Experience[J]. Interacting with Computers, 2010, 22(5): 353-362.
- [6] 金玉洁. 基于用户体验的产品包装设计策略[J]. 包装工程, 2017, 38(10): 80-85.
JIN Yu-jie. Product Packaging Design Strategy Based on User Experience[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(10): 80-85.
- [7] 于含, 张昶, 张蕾. 电商包装存在问题及对策[J]. 包装工程, 2017, 38(7): 228-232.
YU Han, ZHANG Chang, ZHANG Lei. The Problems and Countermeasures of E-commerce Packaging[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(7): 228-232.
- [8] 俞大丽. 低碳经济背景下绿色之路探析[J]. 江西社会科学, 2011(12): 225-229.
YU Da-li. Research about Green Packaging Design in Condition of Low Carbon Economy[J]. Jianxi Social Sciences, 2011(12): 225-229.
- [9] 陈琳轶, 陈广学. 基于供应链视角的包装可视化研究[J]. 包装工程, 2018, 39(7): 16-21.
CHEN Lin-yi, CHEN Guang-xue. Packaging Visualization Based on Supply Chain[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(7): 16-21.
- [10] 考夫卡·库尔特. 格式塔心理学原理[M]. 北京: 北京大学出版社, 2010.
KOFFKA K. Principle of Gestalt Psychology [M]. Beijing: Peking University Press, 2010.
- [11] 诺曼·唐纳德 A. 设计心理学[M]. 北京: 中信出版社, 2010.
NORMAN D A. The Design of Everyday Things[M]. Beijing: CCITIC Publishing House, 2010.
- [12] 熊英, 张明利. 基于用户体验的互联网产品界面设计分析[J]. 包装工程, 2016, 37(2): 88-91.
XIONG Ying, ZHANG Ming-li. Interface Design of Web Products Based on User Experience[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(2): 88-91.
- [13] 韩煜东. 用户体验导向的产品设计对消费者行为的影响机制研究——来自移动智能终端市场的证据[J]. 消费经济, 2016(1): 54-56.
HAN Yu-dong. Research on the Impact Mechanism of User Experience Oriented Product Design on Consumer Behavior: Evidence from Mobile Intelligent Terminal Market[J]. Consumer Economy, 2016(1): 54-56.