

苗族刺绣在眼动分析下设计元素的提取与应用

张宁, 杨勤, 王建伟, 陈洋, 张晋
(贵州大学, 贵阳 550025)

摘要: **目的** 为了解决文创产品设计过程中设计元素提取的模糊性和主观性, 更好地传承和保护非物质文化, 提出一套基于眼动分析的设计元素提取方法。**方法** 收集筛选出具有贵州苗族刺绣文化代表性的样本, 运用眼动技术将人对苗族刺绣文化特征的感性认识量化, 通过眼动数据和主观评价相结合, 得出文化样本的提取对象, 从形状、色彩、寓意三个方面提取设计元素并建立元素图谱, 接着通过形状文法, 对设计元素进行重组、演绎等再造表达, 并将之运用到文创产品的设计中。**结果** 通过眼动数据分析, 从贵州苗族刺绣中提取出该文化的设计元素, 并用具体的设计案例验证了该设计方法的可行性。**结论** 设计元素彰显民族地域特色, 为产品赋予附加价值, 提升产品的文化意蕴, 同时为贵州文化的传承保护及文创产品的创新提供参考。

关键词: 眼动技术; 苗族刺绣; 设计元素; 文创产品设计

中图分类号: J511 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2020)10-0248-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2020.10.039

Extraction and Application of Design Elements of Miao Embroidery under Eye Movement Analysis

ZHANG Ning, YANG Qin, WANG Jian-wei, CHEN Yang, ZHANG Jin
(Guizhou University, Guiyang 550025, China)

ABSTRACT: The work aims to propose a design element extraction method based on eye movement analysis, so as to solve the ambiguity and subjectivity of design element extraction in the design of cultural products and better inherit and protect the intangible culture. Samples representing Guizhou Miao embroidery culture were collected and screened. Eye movement technology was used to quantify the perceptual knowledge of Miao embroidery culture features and eye movement data were combined with subjective evaluation to extract the object of culture sample. Then, the design elements were extracted from shape, color and meaning and the element map was established. The design elements were reconstructed and deduced through shape grammar, and then applied to the design of cultural and creative products. The cultural design elements were extracted from Guizhou Miao embroidery through eye movement data analysis, and the feasibility of the design method was verified by specific design cases. The design elements highlight the regional characteristic of the nation and increase the additional value of the product, thus enhancing the cultural implication of the product and providing reference for the inheritance and protection of Guizhou culture and the innovation of cultural and creative products.

KEY WORDS: eye movement technology; Miao embroidery; design elements; cultural and creative product design

由于苗族始终没有文字, 主要通过语言和图案传承他们的民族文化, 所以应用在苗族服饰中的苗族刺绣就成为苗族族群历史文化的重要代表。它主要以丝

线、色布等在布料或衣料上通过针线穿刺形成绣迹, 构成纹样。为了将美好的民族文化故事及历史传承下去, 苗族人利用刺绣的花纹变化来反映不同时代、不

收稿日期: 2020-02-28

作者简介: 张宁(1994—), 女, 陕西人, 贵州大学硕士生, 主攻产品创新设计。

通信作者: 杨勤(1962—), 男, 黑龙江人, 贵州大学教授, 主要研究方向为设计思维与方法、现代设计方法、产品创新设计、人机工程学及设计管理。

同地域的文化及艺术成就。这些刺绣也展现了历代苗族人所向往的美好生活，并将其流传至今^[1]。在图案设计元素的提取过程中，受设计师主观意向的影响，常导致设计元素的提取主观性太强，但若只通过眼动分析来提取元素，又难以判断眼动分析中的重点关注区域是由于被试对其感兴趣，还是被试对其产生疑问等因素而产生的。目前，在现代产品的设计中，对贵州苗族刺绣的关注度较低，因此，通过元素提取再设计的方式，将民族文化与现代审美相结合而赋予现代产品新的设计意义，这在提升产品设计美感的同时，还能一定程度上传承民族文化。

1 研究现状分析

在苗族刺绣的研究中，刺绣图案的内容常以人、动物、植物、纹样、景观、日常生活为主。在颜色上，大多采用鲜艳明亮的色彩，以明度高、暖色调的颜色为主。蒙甘露^[2]分别从历史、造型、色彩、技艺和宗教五个方面对苗族刺绣进行了解析，并提出苗族刺绣的特点是采用散点透视的布局构图法，多采用红色、深蓝、紫色。在纹样的表达上，苗族刺绣多表达动态场景，并且使用鲜明的颜色层层堆积和叠加，从而营造立体感和动感的张力^[3]。

在设计元素的提取上，Jap P McCormack^[4]通过对别克汽车的设计研究，提出了一套基于文化算法的设计语汇提取与演化方法；浙江大学的研究团队研究了相对完善的面向产品族 DNA 元素提取、编码、建模的应用方法^[5]；苟秉宸等^[6]运用遗传理论的方法从半坡彩陶文化中提取了文化基因。朱上上等^[7]从工业设计出发，提出了基于设计符号学的文物元素再造研究方法。王伟伟等^[8]运用型谱分析法，根据分类整理好的资料，构建了分析图谱，并对其进行了用户感知定性分析和基于层次分析法的定量分析，从而提取了传统文化中所蕴含的形态、色彩和内涵因子。邓丽^[9]借鉴了基因工程的逆转录过程，将凉山彝族服饰文化基因提取、运用到文创产品的设计中。然而，很少有人从苗族刺绣文化的角度出发，利用眼动分析客观评价和主观评价相结合的方式提取设计元素，并将元素运用到现代产品设计的研究之中。本论文运用眼动技

术并结合主观评价来探析贵州苗族刺绣文化中的设计元素，并将其运用到文创产品设计中。该方法可以有效避免设计元素提取中过于依赖设计师主观认知的问题，提高大众对提取的设计元素的认可度，对其他文化特征元素的提取具有普适性。

2 苗族刺绣的设计元素提取与应用模型

首先，对贵州苗族刺绣文化的资料进行收集和整理，筛选出能够代表苗族刺绣文化特征的样本。然后，对多项眼动数据进行分析，结果能有效地反映被试对造型方案的客观评价，为产品造型方案评选提供客观的数据支持^[10]。同时，结合主观评价对区域进行喜好评价，明确人们最感兴趣的区域，确定样本的提取对象，选择形状、颜色、寓意三个方面来提取设计元素，并建立设计元素图谱。最后，通过形状文法对设计元素进行再造表达，将其应用于产品设计中。苗族刺绣在眼动分析下设计元素的提取与应用模型，见图 1。

3 眼动分析在苗族刺绣设计元素提取中的应用

3.1 贵州苗族刺绣文化特征样本的获取

以走访的形式对当地民众、刺绣文化学者进行访谈，积累分析素材提炼出具有代表性特征的文化样本。同时，对文献书籍进行调研，了解贵州苗族刺绣文化的历史背景，并结合当地博物馆内具有代表性的刺绣展品，进一步挖掘贵州苗族刺绣文化的精髓。最后合并和梳理搜集到的资料，并对其进行分类。苗族刺绣依据分布地域、纹样特征和工艺特点可被分为八个类型，即施洞型、巴拉河型、都柳江上游型、凯棠型、黔西北型、柳富型、舟溪型和挑花类型。现以施洞型苗族刺绣为代表，从中挑选出七张样本图片，包括台江苗族皱绣“双凤双麒麟蟠龙纹”、苗族破线绣“鹤宇孵蛋”、苗族破线绣“蝴蝶妈妈”、苗族破线绣“姜央灵鸟”、苗族破线绣“久保杀龙图”、苗族刺绣“凤蝶纹”和施洞苗族刺绣“谷种来源”，贵州苗族刺绣文化样本组见图 2。苗绣样本的筛选为后续的眼动实验分析及元素提取奠定了基础。

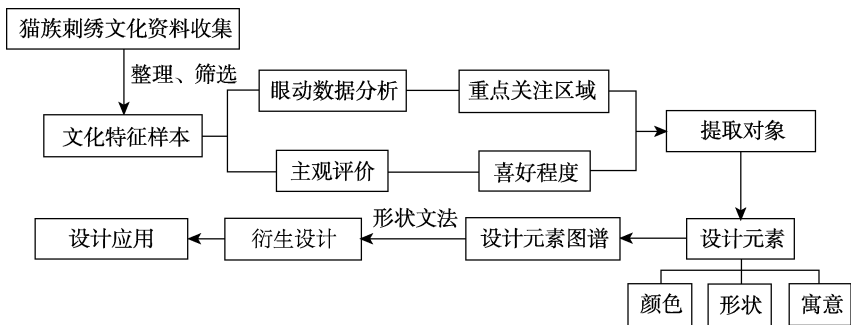


图 1 苗族刺绣在眼动分析下设计元素的提取与应用模型

Fig.1 Design elements extraction and application model of Miao embroidery under eye movement analysis



图 2 贵州苗族刺绣文化样本组
Fig.2 Guizhou Miao embroidery culture sample group

表 1 眼动实验过程中的影响因素分析
Tab.1 Analysis of influencing factors in eye movement experiment

影响因素		解决方式
实验样本	颜色	所有样本均设立灰度对比组
	播放顺序	采用拉丁方设计方法确定样本图片的播放顺序
	单个样本播放时间	控制每个样本播放的时间为 5 s
	样本之间切换的视觉残留	切换样本时添加带有白色“+”的黑色过渡页，消除视觉残留
被试	对文化熟悉程度	有一半人对设计元素提取工作有所了解，但均为第一次见到实验样本照片
	性别	男女各十五人
	人数	总人数为三十人
	年龄	年龄在 20~50 岁之间
	文化层次	被试有本科生、硕士生、博士

3.2 基于苗族刺绣文化特征样本的眼动分析实验

3.2.1 实验目的

筛选典型的样本图片，将其用于眼动实验中，并从中获取被试重点关注区域及感兴趣的纹样元素，为从文化中提取设计元素及其应用提供参考。

3.2.2 实验设备

实验所采用的设备为 EyeTribe 眼动追踪器，采样率 30 Hz，用 EyeTribe Server 软件对其进行检测，且用 Ogama 软件来记录和分析整个实验过程数据。

3.2.3 实验对象

实验选取工业设计专业测试者共三十人，男女比例为 1：1，包括十五名本科生、十三名研究生、两名教师，年龄分布为 20~50 岁。一半的被试对文化创意产品的设计元素提取工作有一定了解，但所有的被试均为首次见到实验所用样本图片。被试均无色盲或色弱，裸眼或矫正视力大于 1.0，被测试前无眼部不适症状，且所有被试均为自愿参与。

3.2.4 实验中的影响因素

为避免实验过程中因其他因素影响而导致实验结果出现偏差，现从实验样本和被试两个方面来考虑影响因素，并对影响因素进行分析和处理，降低其对实验结果的影响程度。实验样本中包含颜色、播放顺序、单个样本播放时间、样本之间切换的视觉残留等；被试部分包括被试对该文化的熟悉程度、性别、人数、年龄、文化层次等。眼动实验过程中的影响因素分析见表 1。

3.2.5 实验过程

平均每位被试完成整个实验过程所需的时间为 15 min。其中，前期讲解及调试设备平均耗时 8 min，进行实验所花时间平均为 2 min，实验后反馈约 5 min。实验开始前，先对仪器进行检查和校准，确认软件对眼动数据的记录是否无误，并对被试进行实验流程及注意事项的培训，要求被试在实验过程中全程保持放松自然的状态。在实验过程中，通过拉丁方设计方法对筛选得出的七个苗族刺绣样本进行眼动实验，记录

被试对样本的重点关注区域、注视轨迹、注视时间等。实验结束后，对被试进行问卷调查反馈。

3.2.6 实验数据分析

单一地通过眼动数据来分析被试的喜好程度存在一定的片面性，通过注视时间的长短得到的数据也无法反映被试的真实心理活动。除了对内容的感兴趣程度会影响被试注视时长以外，也可能有如对内容产生的质疑、分析、判断等思想行为造成的影响。因此在本实验中，从两个方向来对此进行研究，一方面来源于眼动数据的真实反映，另一方面来源于对被试主动评价。首先，将借助 Ogama 软件来对在实验过程中收集到的数据进行分析，而这些数据从根本上主要可以反映出被试的兴趣维度，注视路径、注视时间及刚开始注视的区域。其次，在实验结束后，将所有的样本照片投放给被试，让他们主动选择自己较为喜爱的区域。这样通过两方面来规避实验可能存在的误差，得到较为精准的被试喜爱的区域，再以此方式来提取设计元素。

现从贵州苗族刺绣样本中，挑选了产于台江、流传于黔东南苗族地区、代表施洞型的苗族破线绣袖片，该袖片主要以“鹊宇孵蛋”这个流传千古的传说为故事背景绣制而成，将其编为样本 2。

1) 热力图分析。通过分析被试对不同区域的视觉停留时间，得出能够反映被试对不同区域关注程度的热力图，分别用红、黄、绿来表示关注程度，红色表示关注程度最高，黄色次之，绿色最低。为了研究颜色对关注区域的影响程度，对样本进行灰度处理，样本 2 原色热力图分析见图 3，样本 2 灰度处理对比热力图分析见图 4。结果显示，整体的关注度仍以几只鹊宇鸟为主，但颜色会让被试对纹样的关注程度降低。

2) 注视轨迹分析。在实验的过程中，被试对于所提供的样本有着自己的浏览顺序，将这种顺序定义为注视轨迹，样本 2 原色注视轨迹分析见图 5，图 5 为样本 2 的原色注视轨迹分析图。它清晰地展现了被试的注视轨迹，被试先看到中间的鹊宇鸟，然后看右上方向，接着是左上方向，随即视线再回到中间部分，最后才看到下方左和右的部分。通过原色图，能够直观地看出中间部分是被试重点关注的部分。样本 2 灰度处理对比注视轨迹分析见图 6，图 6 为样本 2 灰度处理后的注视轨迹分析图，通过灰度处理后的注视轨迹分析图能够发现在此次灰度处理对比的实验中，左下和右下的区域同样作为较弱的观测区域，重点还是在于中间部分其次是上方的小人。在实验中通过这样的现象，能够清晰地体现出色彩是影响被试关注点的重要因素之一。

3) 区域内注视时间。将样本 2 分为 A、B、C 三个区域，见图 7，分别统计在不同区域内的视觉停留时间，分析在首次注视区域、其他区域中的平均注视



图 3 样本 2 原色热力图分析

Fig.3 Primary color thermogram analysis of sample 2

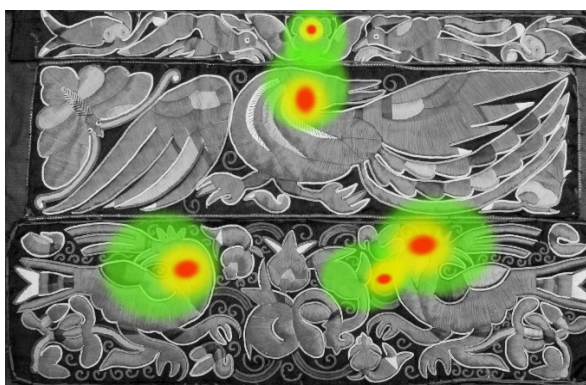


图 4 样本 2 灰度处理对比热力图分析

Fig.4 Grayscale processing contrast thermogram analysis of sample 2

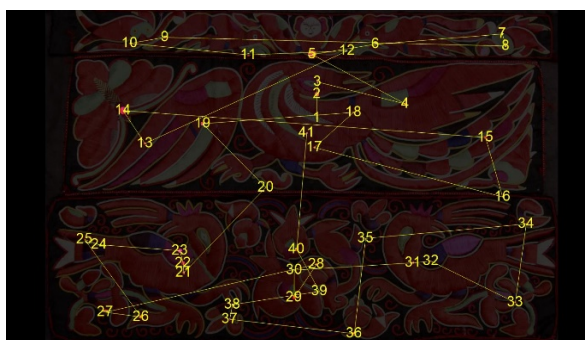


图 5 样本 2 原色注视轨迹分析

Fig.5 Primary color gaze trajectory analysis of sample 2

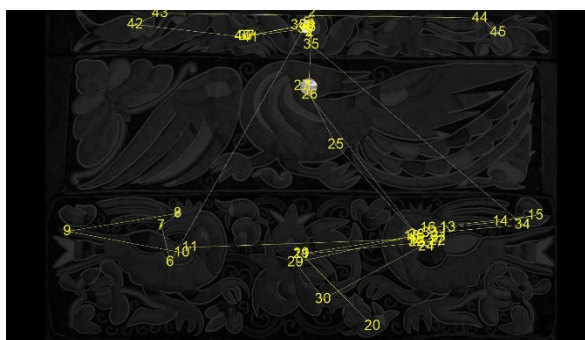


图 6 样本 2 灰度处理对比注视轨迹分析

Fig.6 Grayscale processing contrast gaze trajectory analysis of sample 2

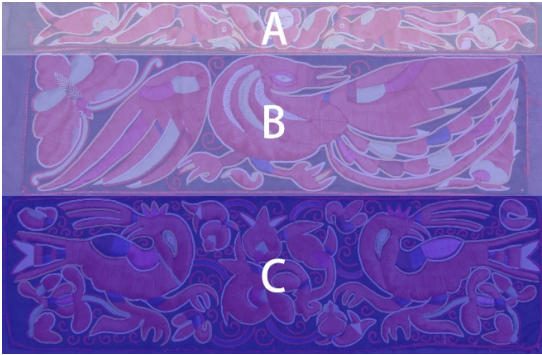


图 7 样本 2 区域划分分析
Fig.7 Regional division analysis of sample 2

表 2 原色样本 2 眼动数据分析
Tab.2 Analysis of eye movement data of primary color sample 2

区 域	注 视 人 数	区 域 面 积 占 比 /%	首 次 注 视 区 域 个 数	平 均 注 视 点 数	平 均 注 视 时 间/ms	注 视 时 间 占 比/%
A	30	14	7	5.9	385.3	7.8
B	30	38	14	25.7	2897.6	58.7
C	30	48	9	17.3	1653.2	33.5

表 3 灰度处理样本 2 眼动数据分析
Tab.3 Analysis of eye movement data of grayscale processing sample 2

区 域	注 视 人 数	区 域 面 积 占 比 /%	首 次 注 视 区 域 个 数	平 均 注 视 点 数	平 均 注 视 时 间/ms	注 视 时 间 占 比/%
A	30	14	6	7.2	565.5	11.8
B	30	38	13	19.7	2078.9	43.3
C	30	48	11	20.1	2152.1	44.9

点数和平均注视时间。通过分析区域注视时间占比情况得出，占比越大，对此区域的关注程度越高。对三十名被试的眼动数据进行分析，原色样本 2 眼动数据分析见表 2，灰度处理样本 2 眼动数据分析见表 3。

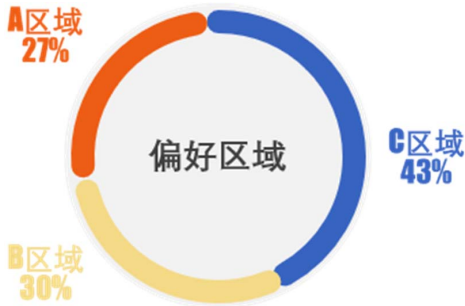


图 8 主观评价区域喜好程度分析
Fig.8 Subjective evaluation area preference analysis

通过实验数据显示，被试对原色样本 2 中 B 区域的关注度较其他两个区域更高，在灰度处理后的样本 2 中，C 区域获得了略高于 B 区域的关注度。从侧面反映出 B 区域的颜色更加吸引被试的关注，C 区域在内容和纹理上更加吸引人的关注。

4) 主观评价。在实验结束后，分别对三十名被试进行问卷调查信息统计，统计三十名被试在主观意向上的偏好区域及感受，以样本 2 为例，对图 7 中的三个划分区域进行被试的喜好分析，见图 8。结果显示，被试对 C 区域更加感兴趣。

综合眼动数据及主观评价，最终确定出样本 2 中的设计元素提取对象，见图 9。

3.3 贵州刺绣文化特征设计元素的分类

湘绣、苏绣等汉族名绣多是用明暗过渡的色彩来体现立体影调，而苗族刺绣在色彩上对比强烈，多为一块面一个色。苗族刺绣的纹样多为半抽象半具象的形式，纹样内容也多以人、动物、植物、生活场景为主，造型表达上多采用夸张、变异、组合的方式。刺绣者多为女性，且常常将自己对生活的向往和希冀寄托在刺绣图中，以表达、抒发自己的情感。因此，在对苗族刺绣的分类上，选择以颜色、形状、寓意三个具有特殊性和代表性的内容来划分。



图 9 样本 2 设计元素提取对象
Fig.9 Design element extraction object of sample 2

3.4 贵州刺绣文化特征设计元素的提取

依照上述对样本 2 中重点提取对象挖掘的方法以及分类标准,对七个实验样本进行分析,得出苗族刺绣文化设计元素提取对象组,并将其编为 a1, a2, a3, a4, a5, a6, a7。再将通过眼动分析得到的七个样本中的提取对象按照形状、颜色、寓意三类提取出具体的设计元素,建立元素图谱,方便设计师选择能够体现文化特征的设计元素,见表 4。

3.5 基于形状文法的元素再造表达

将形状文法用来创造新的产品造型设计^[11],张欣蔚^[12]基于形状文法,对图案构型进行了提取和重用。利用置换、增删、缩放、复制、旋转、错切、坐标变动等形状文法运用原则,既保留了原有文化设计元素

的特征,又保证了设计的新颖度和创新性。

4 文创产品设计开发案例

结合苗族刺绣文化,将提取的元素运用在文创产品的开发上。首先,将该文创产品定义为具有实用性,在体现贵州苗族特色文化的基础上,可以表达人对万物的敬仰、崇拜之情的系列产品。现选取雨伞、手机壳、抱枕来设计一套文创产品,综合考虑敬仰、永恒的主题思想,选取 a₃, a₆ 为母本,运用 b₈, b₁₆, b₁₇ 形状元素, c₇, c₁₈, c₉ 颜色元素, d₃, d₈ 寓意元素,将所选取的形状元素通过形状文法的方式进行设计的重构。在色彩的选择上,选取蓝色为主色,红色和黄绿色辅助,设计元素提取应用过程见图 10。最后将其用于雨伞、手机壳、抱枕的文创产品设计中,最终效果见图 11。

表 4 苗族刺绣文化设计元素图谱
Tab.4 Miao embroidery culture design element map

编号	a1	a2	a3	a4	a5	a6	a7
提取对象							
形状	 (b ₁)	 (b ₄)	 (b ₇)	 (b ₁₀)	 (b ₁₃)	 (b ₁₆)	 (b ₁₉)
	 (b ₂)	 (b ₅)	 (b ₈)	 (b ₁₁)	 (b ₁₄)	 (b ₁₇)	 (b ₂₀)
	 (b ₃)	 (b ₆)	 (b ₉)	 (b ₁₂)	 (b ₁₅)	 (b ₁₈)	 (b ₂₁)
颜色	 R:198 G:48 B:47 (c ₁)	 R:112 G:69 B:159 (c ₄)	 R:248 G:82 B:89 (c ₇)	 R:111 G:114 B:105 (c ₁₀)	 R:81 G:180 B:222 (c ₁₃)	 R:208 G:219 B:220 (c ₁₆)	 R:201 G:65 B:101 (c ₁₉)
	 R:50 G:75 B:53 (c ₂)	 R:201 G:214 B:171 (c ₅)	 R:221 G:92 B:174 (c ₈)	 R:242 G:208 B:199 (c ₁₁)	 R:190 G:48 B:47 (c ₁₄)	 R:252 G:99 B:83 (c ₁₇)	 R:165 G:50 B:55 (c ₂₀)
	 R:50 G:56 B:88 (c ₃)	 R:219 G:70 B:76 (c ₆)	 R:220 G:217 B:186 (c ₉)	 R:85 G:85 B:56 (c ₁₂)	 R:253 G:42 B:129 (c ₁₅)	 R:47 G:79 B:162 (c ₁₈)	 R:243 G:76 B:67 (c ₂₁)
寓意	仁慈、祥瑞(d ₁)	吉祥、繁衍(d ₂)	崇拜、敬仰(d ₃)	和谐共生(d ₄)	吉祥、威严(d ₅)	富贵、永恒(d ₆)	传承、长寿(d ₇)

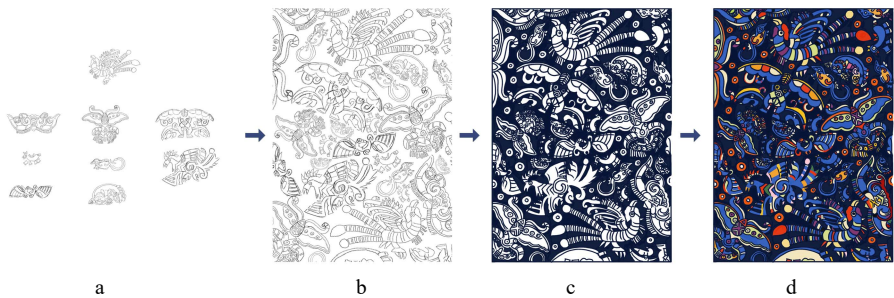


图 10 设计元素提取应用过程
Fig.10 Design element extraction and application process



图 11 最终效果
Fig.11 Final rendering

5 结语

本文基于眼动分析,提取了贵州苗族刺绣文化设计元素,并结合主观评价的方式,减少眼动分析偏差,从而解决了主观评价上的不确定性及模糊性,避免了产品前期开发过程中方案选择失误而造成的不必要损失,为文化创意产品提供有效、客观的数据支持。此外,从形状、色彩和寓意三个方面提取文化设计元素,通过形状文法对元素进行再造重组,并最终将其运用于产品的创新设计上,用案例验证了其可行性。通过这种方式可以提升产品的文化内涵,促进民族文化的传播和传承,为民族传统文化和产品创新设计的结合提供了借鉴。

参考文献:

- [1] 罗林. 试论苗族刺绣的传承与保护[J]. 贵州民族研究, 2008(5): 66-70.
LUO Lin. Miao Embroidery Heritage and the Protection[J]. Guizhou Ethnic Studies, 2008(5): 66-70.
- [2] 蒙甘露. 苗族刺绣艺术的意蕴[J]. 中央民族大学学报, 1995(6): 36-41.
MENG Gan-lu. The Implication of Miao Embroidery Art[J]. Journal of Minzu University of China, 1995(6): 36-41.
- [3] 苗延荣, 高洁. 苗族刺绣图案中蕴含的中国传统艺术辩证法[J]. 包装工程, 2012, 33(14): 135-138.
MIAO Yan-rong, GAO Jie. Traditional Chinese Arts Dialectics in Miao Embroidery Pattern[J]. Packaging Engineering, 2012, 33(14): 135-138.
- [4] JAY P M. Speaking the Buick Language: Capturing, Understanding, and Exploring Brand Identity with Shape Grammars[J]. Design Studies, 2004, 25(1): 1-29.
- [5] 罗仕鉴, 朱上上, 冯骋. 面向工业设计的产品族设计DNA[J]. 机械工程学报, 2008(7): 123-128.
LUO Shi-jian, ZHU Shang-shang, FENG Cheng. Product Family Design DNA in Industrial Design[J]. Journal of Mechanical Engineering, 2008(7): 123-128.
- [6] 苟秉宸, 于辉, 李振方, 等. 半坡彩陶文化基因提取与设计应用研究[J]. 西北工业大学学报(社会科学版), 2011, (4): 66-69.
GOU Bing-chen, YU Hui, LI Zhen-fang, et al. The Banpo Painted Pottery Culture Gene Extraction and Design Application Research[J]. Journal of Northwestern Polytechnical University(Social Sciences), 2011, 31(4): 66-69.
- [7] 朱上上, 罗仕鉴. 产品设计中基于设计符号学的文物元素再造[J]. 浙江大学学报(工学版), 2013, (11): 2065-2072.
ZHU Shang-shang, LUO Shi-jian. Re-creation of Heritage Elements Based on Semiotics in Product Design[J]. Journal of Zhejiang University(Engineering Science), 2013, 47(11): 2065-2072.
- [8] 王伟伟, 胡宇坤, 金心, 等. 传统文化设计元素提取模型研究与应用[J]. 包装工程, 2014, 35(6): 73-76.
WANG Wei-wei, HU Yu-kun, JIN Xin, et al. Research and Application of Extraction Model of Traditional Culture Design Elements[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(6): 73-76.
- [9] 邓丽, 陈波, 张旭伟, 等. 凉山彝族服饰文化基因提取及应用[J]. 包装工程, 2018, 39(2): 270-275.
DENG Li, CHEN Bo, ZHANG Xu-wei, et al. The Extraction and Application of Costume Culture Gene of Liangshan Yi Nationality[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(2): 270-275.
- [10] 李运, 郭钢. 基于多项眼动数据的产品造型方案评选模型[J]. 计算机集成制造系统, 2016, 22(3): 658-665.
LI Yun, GUO Gang. Selection Model of Product Shape Schemes Based on Multiple Eye Movement Data[J]. Computer Integrated Manufacturing Systems, 2016, 22(3): 658-665.
- [11] CHAO F, HUNG C. Renovation of form Concepts in Product Redesign-A Case Study of a Digital Camera[J]. Journal of Science and Engineering Technology, 2005, 1(3): 29-55.
- [12] 张欣蔚, 王进, 陆国栋, 等. 基于本体和形状文法的图案构形提取与重用[J]. 浙江大学学报(工学版), 2018, 52(3): 461-472.
ZHANG Xin-wei, WANG Jin, LU Guo-dong, et al. Extraction and Reuse of Pattern Configuration Based on Ontology and Shape Grammar[J]. Journal of Zhejiang University(Engineering Science), 2018, 52(3): 461-472.