基于 K-means 聚类的马王堆帛画色彩特征分析与应用

吴勘，杨能惠
（西安科技大学 艺术学院，西安 710600）

摘要：目的 提取马王堆帛画特征色彩，分析帛画色彩间配色关系，为文创产品设计的配色过程提供指导，在设计中更加准确地展现帛画的文化特色。**方法** 首先使用优化后的 K-means 聚类算法提取出帛画的特征色彩，生成帛画的标准色卡；然后利用图像中的色彩占比数据和色彩邻接关系，建立色彩网络模型，确定色彩主辅色搭配；最后利用 CorelDRAW 插件 color shuffle 自动生成多个配色种群，使用模糊综合评价方法验证帛画特征色彩提取的可行性与运用色彩网络模型辅助配色的可操作性。**结论** 使用 K-means 聚类方法提取出的帛画标准色卡应用于设计时具有色彩代表性，构建色彩网络模型和插件辅助配色能够提高设计师的配色效率，为文创产品的配色设计过程提供了新的思路。

关键词：k-means 聚类算法；色彩提取；配色设计；色彩网络模型
中图分类号：J516　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1001-3563(2023)16-0305-10
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.16.032

Analysis and Application of Color Characteristics of Mawangdui Silk Paintings Based on K-means Clustering

WU Kan, YANG Neng-hui
(School of Art, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an 710600, China)

ABSTRACT: The work aims to extract characteristic colors of Mawangdui silk paintings, and analyze the color matching relationship between silk paintings, so as to provide guidance for the color matching process of cultural and creative product design and show the cultural characteristics of silk paintings more accurately in the design. The optimized K-means clustering algorithm was used to extract the characteristic colors of silk paintings, and a standard color card of silk paintings was generated. Then, a color network model was established with the color proportion data and color adjacency relationship in the image, and the matching of primary and secondary colors was determined. Finally, a number of color matching populations were automatically generated by CorelDRAW plug-in color shuffle, and the feasibility of extracting characteristic colors of silk paintings and the operability of assisting color matching with color network model were verified by the fuzzy comprehensive evaluation method. The standard color card of silk painting extracted by K-means clustering method is representative in color design. Building a color network model and plug-in assisted color matching can improve the color matching efficiency of designers and provide a new idea for the color matching design process of cultural and creative products.

KEY WORDS: k-means clustering algorithm; color extraction; color matching design; color network model

帛画是指古代中国绘制于丝帛之上的一类绘画，据现有史料记载，战国时期已有帛画出现，西汉时帛画发展到达鼎盛时期。“形”与“色”是构成帛画的基础，也是后人欣赏过程中最直观的方面。

收稿日期：2023-03-16
基金项目：国家重点研发计划项目（2019YFB1406400）
作者简介：吴勘（1970—），女，博士，副教授，主要研究方向为计算机辅助工业设计、文创产品创意与设计、人机与交互设计等。
通信作者：杨能惠（1997—），女，硕士生，主攻工业设计、文化创意设计。

克莱夫·贝尔[1]将色彩归结为一切视觉艺术品中具有的“共性”，是能够唤起人们审美意识的形式要素之一，这足以证明视觉艺术中色彩的重要性。随着计算机辅助设计技术日益成熟，色彩提取方法由传统的设计师经验赋值转向智能算法提取。乐兴[2]为中国传统服装图像开发了一种基于均移聚类算法的有效颜色聚类方法，通过该算法将服装图像的像素分为几个集群，准确地从服装图像中提取出显性颜色。Gunduz[3]运用修改的 Inception-ResNet 架构对图像进行语义分割，使用 SALGAN 在给定图像中找到突出对象，最终通过 K-means 聚类提取到突出物体的显性颜色。刘肖健等[4]通过聚类算法实现了对中国传统民族纹样色彩数据的提取与分析。李永婕[5]以色彩统计直方图的形式对收集到的徽州地域自然色彩图像进行色彩分析，提取出具有代表性的徽州四季色彩。杨梅等[6]使用 K-means 聚类算法提取了敦煌壁画特征色彩，并且基于壁画源图色彩间关系构建色彩网络模型，基于 CorelDRAW 平台自动生成了批量配色种群方案应用于设计。张旻爽等[7]使用优化后的 K-means 聚类算法提取出自然界蜂鸟羽毛色彩，总结蜂鸟羽毛的配色规律并制得相关配色色卡。目前国内外针对色彩研究已经较为完善，但帛画色彩的相关研究仍主要侧重于绘画艺术风格的探讨[8]或是研究帛画色彩与地域性的文化心理的关系等[9]，当前设计师文创配色过于主观，缺乏以设计为导向的帛画色彩方面的系统性研究。若要系统地展开对帛画色彩的研究，需要科学客观地提取帛画主要色彩特征，分析色彩间关系，构建色彩网络模型等有效的设计辅助方法。

K-means 聚类算法在图像色彩提取方面具有较强的可操作性被广泛应用于色彩聚类过程中[10]。目前，使用智能算法对色彩进行提取的技术已经较为完善，已发表的研究成果对帛画色彩提取与分析的研究提供了一定的指导，但在实际运用过程中由于提取主体的不同，需要根据实际情况分析处理。本次研究引入中国传统“五色观”为理论基础，使用 K-means 聚类算法提取出帛画色彩，再通过模糊综合评价方法对依据色彩网络模型指导生成的配色方案进行了评价，其结果论证该方法对帛画特征色彩的提取具有一定可用性。

1 帛画色彩提取思路及方法概述

1.1 色彩提取流程

对帛画特征色彩提取时，首先需要分析帛画源图并进行预处理，确定 k 值后使用算法提取出特征色彩；然后根据提取出色彩的邻接关系与占比信息构建色彩网络模型，使用模型指导配色，生成配色方案；最后评价方案以验证色彩特征提取的可行性。帛画色彩提取分析流程，见图 1。

1.2 K-means 聚类算法原理

1.2.1 K-means 聚类

K-means 聚类[11]是一种以距离为标准的聚类方法，目前已广泛应用于数字图像的色彩提取中，其中聚类目标 k 值需要人为给定，在给定图像的像素点中选取 k 个点作为初始聚类中心，计算初始聚类中心和其他像素点之间的距离，将这些点分配给距离最近的聚类中心，然后计算新的聚类中心，不断重复这个过程，达到算法设定要求后完成聚类。在图像色彩聚类过程中 K-means 聚类算法的具体步骤如下。

给定聚类目标 k，k 为聚类中心个数；

逐一计算每个像素点的色彩值到各个聚类中心的距离，并将该像素点纳入最近的聚类中心，各点到聚类中心的距离 D，见式（1）。

$$D=\sqrt{(r-r_i)-(g-g_i)-(b-b_i)^2} \tag{1}$$

其中：r、g、b 为聚类中心的色彩值，r_i、g_i、b_i 为其他像素的色彩值。

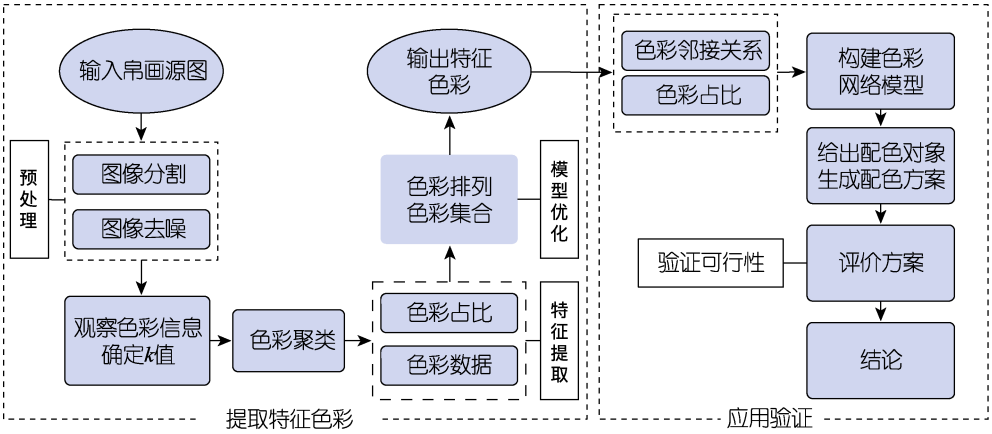


图 1 帛画色彩提取分析流程

Fig.1 Flow chart for color extraction and analysis of silk paintings

将聚类中所有像素点的色彩平均值赋值给新的聚类中心，不断重复这个计算过程，直到满足设定标准时结束算法，最终输出的聚类中心的值就是目标提取的色彩值。

聚类中心的每一次更新就是一次迭代的完成,聚类中心不断更新直到满足设定标准时即停止迭代，通常使用均方差作为设定标准的依据，均方差 α 计算公式，见式（2）。

$$\alpha=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(X_i-\mu)^2} \tag{2}$$

其中：n 为聚类中像素点的个数；x_i 为聚类中的像素点；μ 是该聚类中所有像素点的算数平均值。当前后两次迭代计算出的数值相差小于 1 时，结束聚类。

1.2.2　初始聚类中心分析

对图像色彩进行聚类时，初始聚类中心的选取方式会对色彩聚类过程产生一定的影响，此外，色彩模式的选择会对聚类结果产生影响。

在选择初始聚类中心时遵循最大-最小原则[12]，可以使聚类过程更快速精确，第一个初始聚类中心可以是图像上的任意一点，选定第一个点然后计算它与其他像素点的距离，与第一个点相距最大的点就是第二个初始聚类中心，下一个聚类中心是与前面已选出的两个点距离最大的点，按此方法直至选出全部的聚类中心。

色彩模式一般分为两种[13]：HSB 模式（色相模式）和 RGB 模式（灰度模式）。HSB 模式对色彩的概括度更大，可能会出现聚类中对象数量为零的情况，最终得到的色彩数量少于设定提取的色彩数量。RGB 模式在图像灰度值 0~255 中选取聚类中心，计算机视觉图像显示为 RGB 模式，不会出现聚类为零的情况，帛画色彩丰富，一些色差较小的颜色需要提取出来。因此，采用 RGB 模式提取出规定数量色彩。

2　帛画色彩提取与分析

2.1　长沙马王堆帛画概述

马王堆汉墓位于湖南省长沙市是西汉时期长沙国丞相利苍的家族墓地，墓葬出土帛画共计 5 幅[14]，其中马王堆一号墓（辛追墓）T 形帛画最为出名，帛画整体为 T 字形自上而下可分为三个部分：上部分描绘汉人心中死后“升遐”于“天国”的景象；中间部分描绘了人间宴会景象，表现西汉贵族的生活文化；下部分所绘皆是与死亡有关神灵，是汉人关于地下世界的想象。绘画内容将现实与幻想统一，体现了汉代的生活文化与神仙思想，反映西汉“事死如事生”的思想观念[15]。T 形帛画在图形色彩上精心安排，寓意深远，布局和色彩是 T 形帛画的典型特征。在布局上，内容丰富、主次有别，左右对称是帛画布局的整体趋势，在画面平衡的基础上内容的安排又有着些许变化[16]。在色彩上，帛画浓重艳丽的色彩总能在第一时间吸引到观者的目光。T 形帛画色彩根据其描绘内容从地下到天上逐渐由阴暗转至明亮，所绘景物皆有着丰富而和谐的色彩，这些色彩使这幅帛画具有独特的艺术魅力令人印象深刻。

文物色彩的研究，一般分为两种，一种是文物原始色彩，也就是其在所属时代被创造出来的颜色；另一种是文物当前的色彩，是文物经过千百年的时光沉淀，如今在人们眼前所呈现出来的色彩。本文主要讨论 T 形帛画色彩在现代文创设计中的应用，考虑到数千年时间沉淀赋予帛画色彩的历史性及游客于博物馆实物参观的视觉效果，故研究文物当前的色彩。图 2 为马王堆一号墓 T 形帛画，文物图片资料来源于湖南省博物馆官方资料。

图 2　马王堆一号墓 T 形帛画
Fig.2 T-shaped silk painting of Mawangdui Tomb No.1

2.2　图像预处理

2.2.1　图像分割

T 形帛画内容异常丰富、细节繁多且外形不规则，目前国内对 T 形帛画的研究中倾向于将帛画按其表现内容分为天上、人间与地下三部分展开研究。因此，为了减小实验误差，将帛画分为上、中、下三个部分，分别提取三个部分特征色。

2.2.1　图像降噪

帛画为丝帛制品且年代久远，画面上难免存在磨损和污渍，故在实验前期引入滤波器对图像进行预处理。均值滤波[17]是一种线性滤波算法，它要求在图像处理之前先设定一个模板窗口大小，在图像处理过程中模板窗口内所有像素点的均值会代替窗口中心点的像素值，以此达到降低图像噪声处理的目的。

均值滤波见式（3）。

$$g(x,y)=\frac{1}{M}\sum_{f\in s}f(x,y) \tag{3}$$

其中：$g(x, y)$是滤波后得到的函数，$f(x, y)$是原图像函数，s 是以点 f 为中心的像素集合，M 是模板窗口内包含的像素总个数。

将 T 形帛画天上部分内容使用均值滤波技术处

理，见图 3。其中，图 3a 为原始图像；图 3b 为 3×3 窗口的滤波处理结果；图 3c 为 5×5 窗口滤波结果；图 3d 为 9×9 窗口处理结果。从图 3 可以看出随着模板窗口增大，图像噪点逐渐减少，图像模糊程度逐渐变大。文中主要对图像特征色彩进行提取，不对纹样细节方面作要求，故要在保留图像主要色彩特征基础上，尽量去除噪点，以免影响实验结果。对比三种不同窗口大小的滤波结果，最终选取 5×5 窗口滤波处理后的图像进行下一步操作，使用 5×5 窗口模板分别处理 T 形帛画上中下三个部分。

2.3 马王堆帛画特征色彩提取与分析

2.3.1 确定 *k* 值

K-means 算法中，*k* 代表初始聚类中心个数，也是最终要输出的色彩数量。确定帛画提取色彩数量时，除了要考虑到帛画自身特点，帛画作为中国传统文化的一部分，两者之间必然有着内在的联系，中国传统色彩理论也同样适用于帛画色彩中。“五色观”认为五色是绘画的基础，这为确定提取色彩数量提出了一种思路，即提取色彩数量不小于 5 种且包含五色色相，在此基础上利用试探法对帛画天上部分进行提取，对比发现目标提取 12 种色彩时基本上能够涵盖帛画的主要特征颜色，因此设定 *k*=12。

2.3.2 帛画色彩提取

使用算法对 T 形帛画天上 T_1、人间 T_2、地下 T_3 三部分分别进行色彩提取。输入分割后的帛画图片，输出如表 1 所示的色彩提取结果，每个部分分别从源图中提取出 12 个大小不同的矩形色块，其中色块大小代表此色彩在源图中所占的比重，将色彩占比信息数据化并按其比重大小进行排列，三个部分分别提取 12 个特征色彩，一共提取得到 36 个不同色彩，色彩提取结果与色彩量化信息见表 1。

2.3.3 色彩整理与分析

史书《周礼》记载，“画绩之事杂五色”，这是我国有关“五色”理论最早的记载，这种深远影响的观念是我国传统色彩观念形成的基础。《尚书》记载：“采者，青、黄、赤、白、黑也，言施于缯帛也。”《老子》：“五色不乱，孰为文彩。”此外历史上还有不少与“五色”理论相关的记载[18]。整理提取到的 36 个色彩，将色彩按照其占比排成三行（见图 4），其中图 4a 为帛画天上部分色卡，图 4b 为人间部分色卡，图 4c 为地下部分色卡，三部分共同组成 T 形帛画的 36 色标准色卡。以中国传统“五色观”为参考，从色卡中可以明显地看到来自“五色观”的影响，这是蕴藏在中国传统艺术文化中一脉相承的色彩观念。

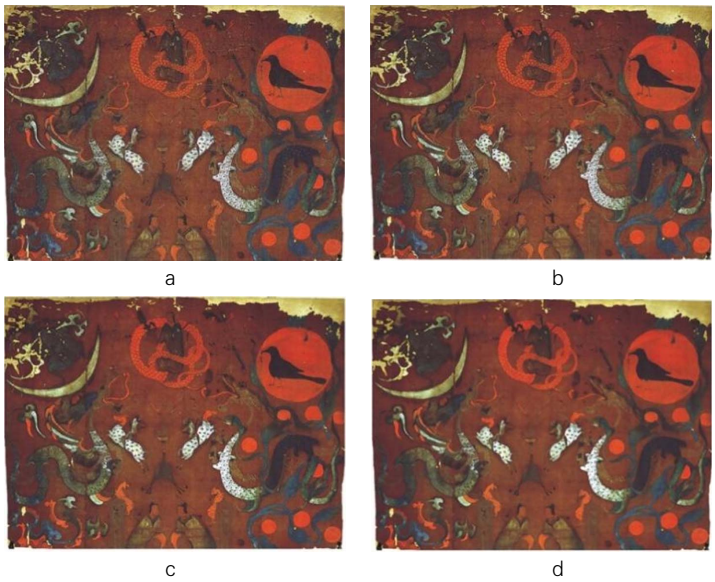
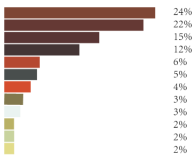


图 3 均值滤波图像处理对比

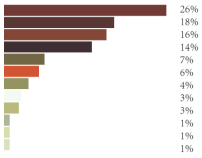
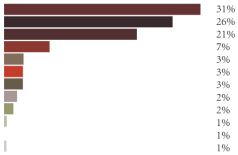
Fig.3 Comparisonof mean filtering image processing

表 1 色彩提取结果与色彩量化信息

Tab.1 Color extraction result and color quantization information

编号	源图	提取结果	色彩占比	色卡	RGB 值	HSB 值
T_1					{126,70,53},{101,57,52}, {89,53,52},{68,53,53}, {74,79,77},{181,72,49}, {213,77,46},{130,130,77} {185,177,101},{200,211,158}, {234,243,241},{226,220,138}	{14,58,49},{6,48,40}, {2,42,35},{0,22,27}, {156,6,31},{14,73,71}, {11,78,84},{49,41,51}, {54,45,73},{72,25,83}, {166,4,95},{56,39,88}

续表 1

编号	源图	提取结果	色彩占比	色卡	RGB 值	HSB 值
T_2					{111,59,52},{89,55,53}, {132,71,53},{63,47,50}, {113,103,68},{210,84,50}, {148,147,98},{244,249,244}, {185,186,123},{173,183,150}, {215,223,168},{217,225,193}	{7,53,44},{3,40,35}, {14,60,52},{348,25,25}, {47,40,44},{13,76,82}, {59,34,58},{120,2,98}, {61,34,73},{78,18,72}, {69,25,87},{75,14,88}
T_3					{101,51,51},{56,42,46}, {82,48,50},{140,59,50}, {132,108,91}{199,62,46}, {121,112,73},{167,151,151} {152,159,97},{240,246,242}, {170,173,133},{183,196,163}	{0,50,40},{343,25,22}, {356,41,31},{6,64,55}, {25,31,52},{6,77,78}, {49,40,47},{0,10,65}, {64,38,61},{140,2,96}, {65,23,68},{84,17,77}

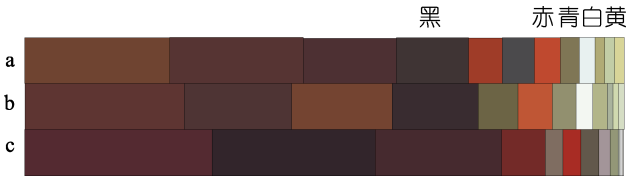


图 4　T 形帛画 36 色标准色卡

Fig.4 36-color standard color card of T-shaped silk paintings

3　帛画色彩网络模型与配色方案

3.1　构建色彩网络模型

色彩提取出来后需进一步分析色彩间的关系及色彩的配色规律，对提取出的色彩有一个理性的认识。尤其是对典型历史文物图像的色彩提取，提取出的色彩不仅要能够体现文物的主要色彩特征，还要在设计方案中还原其原本的色彩意象。构建色彩网络模型是分析色彩间关系的有效方法。

以帛画天上部分的色卡为例，构建色彩网络模型，如图 5 所示，图中色彩按顺序排列表示色彩占比的递增/递减关系，节点大小表示该色彩的用量占比大小，节点间的连线粗细则代表着此种配色出现频率，线条越粗，代表此二色间的配色频率越高，反之亦然。考虑到帛画作为一种典型历史图像，原始的色彩规律蕴含着特定的文化内涵与艺术魅力，在设计中还原其色彩意象有利于加强设计产品与原始文物的联系性。因此，在色彩网络模型中将占比最大，并且与其余色彩关联性最强的 a1 色作为主色，根据“五色”和主辅色之间的关联性选取 a4、a7、a8、a9、a11 为次主色，并使用 a2、a5、a6 的色彩为辅色来丰富画面。选出的主辅色配色关系，见图 6。

3.2　配色对象与配色种群生成

3.2.1　配色对象的初始配色方案

使用 color shuffle 插件时需要给定配色对象和初始配色方案，因此设计师要人为地对配色对象进行赋色。在配色过程中加强设计方案与原始文物在色彩上的联系更能够唤起人们对二者间关联性的思考，以达到促进文化传播发展的目的。需要赋色的配色对象如图 7 所示，其主要图案包括仙鹤、神兽、钟、太阳等，均来自于马王堆 T 形帛画的天上部分。

基于色彩网络模型为配色对象上色，各纹样配色方案见表 2，初始配色方案见图 8。

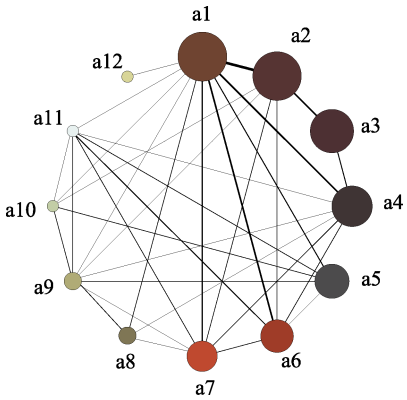


图 5　色彩网络模型

Fig.5 Color network model

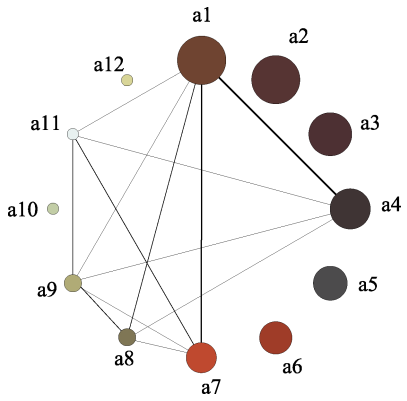


图 6　主辅色配色关系

Fig.6 Matching relation between primary and secondary colors

表 2 纹样配色方案
Tab.2 Pattern color scheme

名称	线稿	上色	色彩	RGB 值	HSB 值
背景				{126,70,53},{101,57,52}	{14,58,49},{6,48,40}
卷草纹				{130,130,77},{185,177,101},{68,53,53}	{49,41,51},{54,45,73},{0,22,27}
太阳纹				{213,77,46}	{11,78,84}
仙鹤				{181,72,49},{234,243,241},{68,53,53}	{14,73,71},{166,4,95},{0,22,27}
神兽				{181,72,49},{185,177,101},{234,243,241},{68,53,53}	{14,73,71},{54,45,73},{166,4,95},{0,22,27}
钟				{130,130,77},{234,243,241},{74,79,77},{68,53,53}	{49,41,51},{72,25,83},{156,6,31},{0,22,27}

3.2.2 固定主色的配色种群生成

主色是图案中占比最大的部分也是色彩信息传递过程中最具特征的部分，将主色固定为不变。在 CorelDRAW 软件中将同样颜色的区域编组，除背景色外还有 8 个不同颜色对象组，使用不同颜色线稿标注不同颜色区域，见图 9。色彩模型中 a1 和 a2 的色彩作为主色固定不变，其余 8 个颜色作为辅色随机组合，一共有 40 320 种色彩组合方式，计算见式（4）。

$$A_n^m = n(n-1)(n-2)\cdots(n-m+1) = \frac{n!}{(n-m)!}, n,m \in \mathbf{N}, \text{并且} m \leqslant n$$
$$\text{规定} 0! = 1 \tag{4}$$

运用 CorelDRAW 平台插件 color shuffle 随机生成配色种群，初始配色方案中，颜色相同色块为同一编组，一共有 8 组不同颜色的编组，插件运行时会随机交换各个编组的颜色批量生成不同的配色方案，固定主色模式下生成 8 行 8 列的配色种群方案，见图 10。

3.2.3 不固定主色的配色种群生成

图像中占比最大的色彩是否改变对图像视觉效果有较大影响，为了与上述固定主色的配色方案形成对比，现使用不固定主色模式生成配色方案，即配色对象中占比重最大的色彩也会随机交换，由此得图 11。

图 7 配色对象
Fig.7 Color matching object

图 8 初始配色方案
Fig.8 Initial color scheme

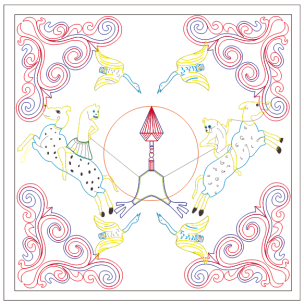


图 9 不同色区的线稿
Fig.9 Line draft in different color areas

4 配色方案评价与设计应用

4.1 配色方案评价

为了验证前文色彩提取的可行性和配色方案的代表性，现邀请设计专业学生针对不同主色模式下生成的配色方案进行评价，其中固定主色的配色为方案 A，不固定主色的配色为方案 B。

使用模糊综合评价方法对方案 A 和方案 B 的配色进行评价。首先设定评价指标为 $U=\{u1, u2, \cdots, un\}$，$n=3$。根据评价的等级，评语集 V={非常好、好、一般、较差、差}。其中方案评价指标的权重通过专家打分来确定，权重 $W=\{0.4,0.3,0.3\}$，其中评价指标 $u1$（色彩意象还原度）作为对色彩与文物关联性的直

接评价，占有最高权重值。配色方案评价指标以及评价权重，见表 3。

邀请 100 名设计专业学生在欣赏帛画原图后为 A、B 两种配色方案进行评价，评价结果见表 4。

由此可得，配色方案的模糊矩阵 $\boldsymbol{R}_1$ 和 $\boldsymbol{R}_2$ ：

$$\boldsymbol{R}_1=\begin{bmatrix}0.36 & 0.48 & 0.13 & 0.03 & 0\\ 0.24 & 0.39 & 0.27 & 0.07 & 0.03\\ 0.27 & 0.23 & 0.44 & 0.05 & 0.01\end{bmatrix} \tag{5}$$

$$\boldsymbol{R}_2=\begin{bmatrix}0.08 & 0.18 & 0.22 & 0.31 & 0.21\\ 0.14 & 0.26 & 0.33 & 0.14 & 0.08\\ 0.17 & 0.19 & 0.26 & 0.26 & 0.16\end{bmatrix} \tag{6}$$

代入计算可得综合模糊评价结果 $\boldsymbol{P}_{\mathrm{A}}$ 和 $\boldsymbol{P}_{\mathrm{B}}$ ：

$$\boldsymbol{P}_{\mathrm{A}}=W\times\boldsymbol{R}_1=[0.4,0.3,0.3]\begin{bmatrix}0.36 & 0.48 & 0.13 & 0.03 & 0\\ 0.24 & 0.39 & 0.27 & 0.07 & 0.03\\ 0.27 & 0.23 & 0.44 & 0.05 & 0.01\end{bmatrix}$$
$$=(0.297,0.378,0.265,0.048,0.012) \tag{7}$$

$$\boldsymbol{P}_{\mathrm{B}}=W\times\boldsymbol{R}_2=(0.125,0.207,0.265,0.247,0.156) \tag{8}$$

对比两种方案评价结果，方案 A 明显优于方案 B，其中有 29.7%的人认为配色方案 A 非常好，37.8%的人认为好，26.5%的人认为一般，4.8%的人认为较差，1.2%的人认为差，超过一半的人认为配色方案 A 在色彩意象还原度、文化特色及艺术美感方面有更好的表现。评价结果表明，使用 K-means 聚类能够准确提取出帛画特征色彩，设计师将提取出色彩运用于再

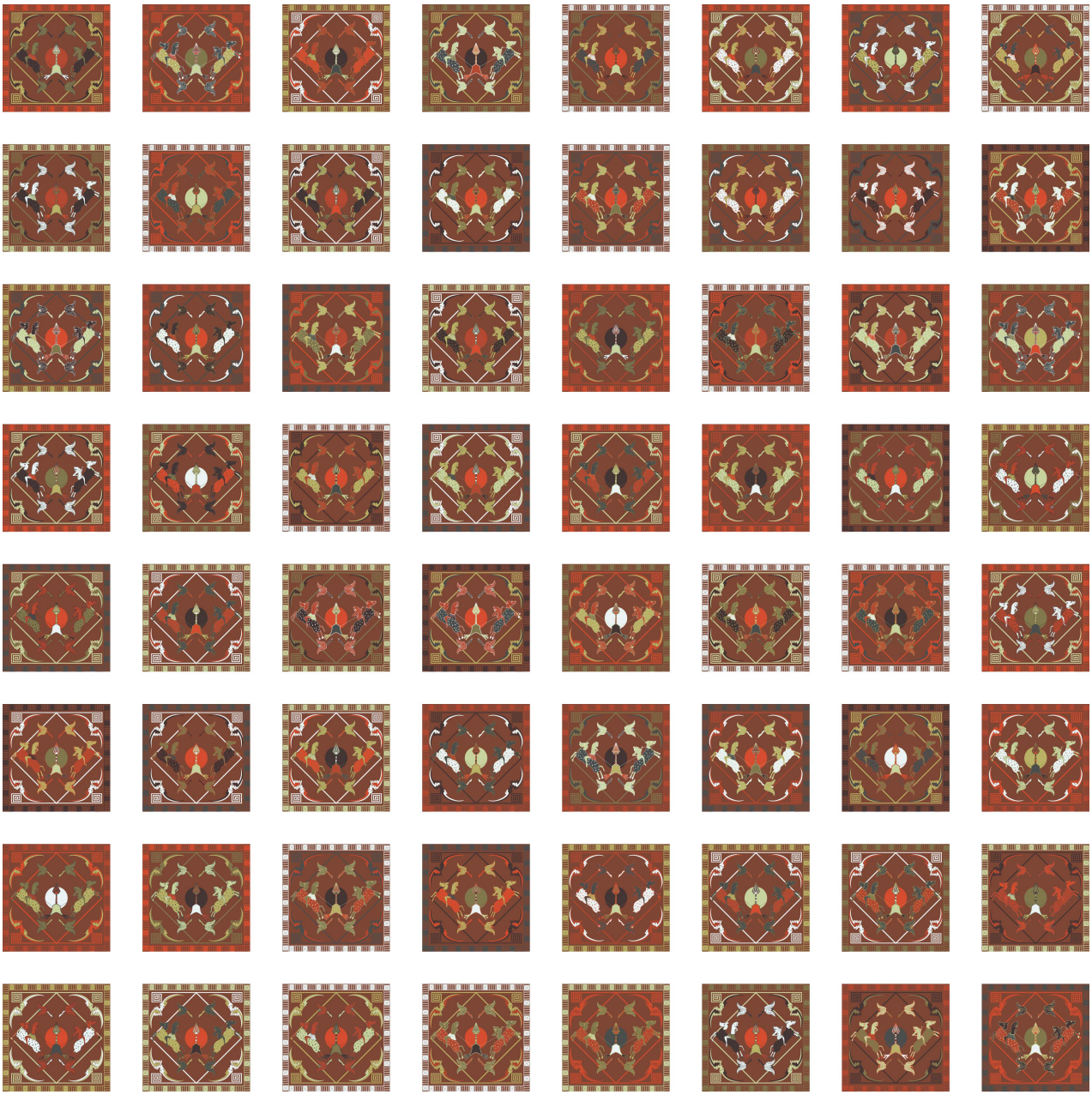


图 10　固定主色生成配色种群

Fig.10 Generation of color matching population with fixed primary color

图 11 不固定主色生成配色种群

Fig.11 Generation of color matching population without fixed primary color

表 3 配色方案评价指标及评价权重

Tab.3 Evaluation index and weight of color scheme

评价指标 U	评价指标描述	评价等级	权重 W
$u1$	色彩意象还原度	非常好 $v1$，好 $v2$，	0.4
$u2$	文化特色	一般 $v3$，较差 $v4$，	0.3
$u3$	艺术美感	差 $v5$	0.3

表 4 配色方案评价打分

Tab.4 Color scheme evaluation scoring

评价指标 U	方案 A					方案 B				
	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$	$v1$	$v2$	$v3$	$v4$	$v5$
$u1$	36	48	13	3	0	8	18	22	31	21
$u2$	24	39	27	7	3	14	26	33	19	8
$u3$	27	23	44	5	1	17	19	26	22	16

设计方案时，将占比较大的颜色设定为主色能够使设计方案获得更好的设计效果。

4.2 设计应用

文创设计中的设计配色过程是一个较为主观的过程，设计师依据自己的审美经验或对设计对象的理解为设计内容进行赋色，很多时候花费大量时间的配色却难以达到设计要求，上述配色方法能够帮助设计师进行配色设计，有效缩短设计师配色所花费的时间并且达到较好的配色效果。设计师直接从配色方案 A 中选取系列配色应用于文创产品，选择产品载体时综合考虑材质、色彩、用途等因素，有助于增强图案色彩与产品的适应性，提高产品的实用性，文创设计效果，见图 12。

图 12　文创产品设计应用
Fig.11 Design and application of cultural and creative products

5　结语

设计师在文创设计中可以通过对产品色彩意象的还原来表现文化特色以达到文化传播的目的。本文旨在提出一种文创配色方法，即通过对原始文物色彩的数字化提取与色彩分析，快速生成系列配色方案，结果证明该方法提取出文物特征色彩具有代表性，生成的配色方案能够较好的展现其文化特色。将算法引入文创设计配色过程，可以帮助设计师在感性的配色过程中加入更多理性的考量，提高配色的效率与质量，为现代文创设计提供新的思路。

K-means 聚类色彩技术研究目前已经较为成熟，但在实际运用过程中针对单一主题图像具有较好的聚类效果，然而对画面过大，内容细节较为复杂的图像可能会出现某些特征色提取不完全、聚类效果不够理想等情况，后续研究中将会继续优化这一问题。

参考文献：

[1] 克莱夫・贝尔. 艺术[M]. 薛华，译. 南京：江苏教育出版社, 2005.
BELL C. Art [M]. XUE Hua, Translated. Nanjing: Jiangsu Education Publishing House, 2005.

[2] XING Le, ZHANG Jie, LIANG Hui-e, et al. Intelligent Recognition of Dominant Colors for Chinese Traditional Costumes Based on a Mean Shift Clustering Method[J]. The Journal of the Textile Institute, 2018, 109(10): 1304-1314.

[3] GUNDUZ A B, TASKIN B, YAVUZ A G, et al. A Better Way of Extracting Dominant Colors Using Salient Objects with Semantic Segmentation[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2021, 100: 104204.

[4] 刘肖健，贾莹莹，徐博群. 配色设计研究现状综述[J]. 包装工程, 2021, 42(14): 92-100.
LIU Xiao-jian, JIA Ying-ying, XU Bo-qun. Review on the Study of Color Design[J]. Packaging Engineering, 2021, 42(14): 92-100.

[5] 李永婕. 徽州地域自然色彩提取在文创视觉设计中的应用[J]. 包装工程, 2020, 41(16): 248-253.
LI Yong-jie. Application of Natural Color Extraction of Huizhou Region in Creative Visual Design[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(16): 248-253.

[6] 杨梅，李劲松，王怡妍. 敦煌传统壁画色彩网络模型构建与应用设计[J]. 包装工程, 2020, 41(18): 222-228.
YANG Mei, LI Jin-song, WANG Yi-yan. Construction and Application of Color Network Model of Dunhuang Traditional Fresco[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(18): 222-228.

[7] 张旻爽，祝成炎，李启正，等. 基于蜂鸟羽毛的色彩提取及应用[J]. 丝绸, 2017, 54(12): 59-66.
ZHANG Min-shuang, ZHU Cheng-yan, LI Qi-zheng, et al. Color Extraction and Application Based on Hummingbirds' Feathers[J]. Journal of Silk, 2017, 54(12): 59-66.

[8] 郭丽莎，尹萱，王硕. 对马王堆 T 型帛画绘画元素的当代解读[J]. 西部皮革, 2020, 42(6): 133-134.
GUO Li-sha, YIN Xuan, WANG Shuo. Contemporary Interpretation of Painting Elements of Mawangdui T-Shaped Silk Painting[J]. West Leather, 2020, 42(6):

133-134.

[9] 范馨心. 试论马王堆 T 型帛画色彩的文化心理取向[J]. 天津美术学院学报, 2021(2): 53-56.
FAN Xin-xin. On the Cultural Psychological Orientation of T-Shaped Silk Paintings of Mawangdui[J]. Journal of Tianjin Academy of Fine Arts, 2021(2): 53-56.

[10] 任艳博, 蒋超, 王教庆, 等. 基于聚类算法和色彩网络的蝴蝶色彩分析及应用[J]. 纺织学报, 2021, 42(5): 103-108.
REN Yan-bo, JIANG Chao, WANG Jiao-qing, et al. Butterfly Color Analysis and Application Based on Clustering Algorithm and Color Network[J]. Journal of Textile Research, 2021, 42(5): 103-108.

[11] 陈思燕, 方丽英. 基于 K-Means 和高斯混合模型的云肩色彩提取方法对比[J]. 服装学报, 2021, 6(2): 131-137.
CHEN Si-yan, FANG Li-ying. Comparative Study of Cloud Shoulder Color Extraction Methods Based on K-Means and Gaussian Mixture Model[J]. Journal of Clothing Research, 2021, 6(2): 131-137.

[12] 陈思燕. 基于 K-means 算法的云肩色彩提取与配色评价[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2021.
CHEN Si-yan. Cloud Shoulder Color Extraction and Color Matching Evaluation Based on K-Means Algorithm[D].Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2021.

[13] 赵露唏. 中国传统文化色彩网络的大数据分析技术研究[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2016.
ZHAO Lu-xi. Research on Big Data Analysis Technology of China Traditional Culture Color Network[D]. Hangzhou: Zhejiang University of Technology, 2016.

[14] 刘晓路. 马王堆帛画再认识: 论其楚艺术性格并释存疑[J]. 文艺研究, 1992(3): 107-115.
LIU Xiao-lu. Re-Understanding of Mawangdui's Silk Paintings: On His Chu Artistic Character and Explaining Doubts[J]. Literature & Art Studies, 1992(3): 107-115.

[15] 郭晔旻. “事死如事生” 考古所见的汉代物质文明[J]. 国家人文历史, 2021(15): 82-91.
GUO Ye-min. The Material Civilization of Han Dynasty as Seen from the Archaeology of "Death as Life"[J]. National Humanity History, 2021(15): 82-91.

[16] 王传明. 浅谈马王堆汉墓 T 形帛画的构图与场景表现[J]. 故宫博物院院刊, 2019(4): 82-91.
WANG Chuan-ming. On the Picture Composition and Scenes in the T-Shaped Silk Banners Found in the Mawangdui Tomb of the Han Dynasty[J]. Palace Museum Journal, 2019(4): 82-91.

[17] 赵诣, 蒋弥, 杨川, 等. InSAR 干涉图滤波方法对比[J]. 测绘科学, 2017, 42(6): 149-154.
ZHAO Yi, JIANG Mi, YANG Chuan, et al. Comparison between Filtering Methods for InSAR Interferogram[J]. Science of Surveying and Mapping, 2017, 42(6): 149-154.

[18] 韩潮. 中国传统概念中的装饰色彩[J]. 现代装饰(理论), 2011(12): 25-27.
HAN Chao. Decorative Colors in China's Traditional Concepts[J]. Modern Decoration (Theory), 2011(12): 25-27.

责任编辑：陈作