

DOI: 10.13475/j.fzxb.20180300508

蓝印花布纹样建模与重构

陶晨¹, 段亚峰¹, 徐蓉蓉¹, 杨剑平¹, 周赳²

(1. 绍兴文理学院 纺织服装学院, 浙江 绍兴 312000;

2. 浙江理工大学 材料与纺织学院、丝绸学院, 浙江 杭州 310018)

摘要 为解决蓝印花布纹样数字化创新设计的模型化问题,基于基数样条曲线构建蓝印花布纹样元素模型,利用张力系数表达形状的刚性,通过节点配置实现形状的凹凸性和多样性,并讨论了通过模型的泛化来表达更加复杂的纹样元素。使用轮廓跟踪技术提取图像中的纹样元素,利用Hu矩不变性选取最接近的模型实例,并根据重心、面积和重合度对选取的模型实例进行变换,将其应用到纹样空间,完成纹样的数字化重构。然后通过映射函数对数字化纹样进行参数映射来创造新纹样,将元素模型应用到纹样骨架进行骨架的改造,从而实现更突出的纹样创新。结果表明,该实验方案在蓝印花布纹样建模、重构方面具有良好的精度和效率,在纹样创新方面具有丰富的创造性。

关键词 蓝印花布; 纹样; 模型; 重构; 样条

中图分类号: TP 391.41 文献标志码: A

Modeling and reconstruction of blue calico patterns

TAO Chen¹, DUAN Yafeng¹, XU Rongrong¹, YANG Jianping¹, ZHOU Jiu²

(1. College of Textile and Garment, Shaoxing University, Shaoxing, Zhejiang 312000, China;

2. Silk Institute, College of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou, Zhejiang 310018, China)

Abstract Aiming at the modeling in digitalized innovation of blue calico patterns, a model for structuring blue calico elements was proposed based on cardinal splines, in which the rigidity of shape was expressed by the tension coefficient, and the concavity and variety were realized by configuration of the knots. Also the expressing of more complex elements by generalization of the model was discussed. The contour tracing technique was employed to extract pattern elements from the images, and the closest model instance was found out based on invariance of the Hu moments, then the model instances were transformed respecting to gravity, acreage and coincidence to meet the pattern elements so as to achieve digitalization of the whole pattern. The mapping function was introduced to create new patterns by filtering the model parameters, and the element model was applied to the pattern skeleton to modify it and bring about more outstanding innovations. The results show that the proposed methods have fine accuracy and efficiency in modeling and reconstruction as well as rich creativity in blue calico pattern innovation.

Keywords blue calico; pattern; model; reconstruction; spline

作为国家非物质文化遗产之一,中国蓝印花布是具有浓郁民族特色的纺织品。由于传统工艺的特点,蓝印花布纹样总是以或断或续的点和短线构成^[1],其独特的艺术形式深刻地反映出中国传统思想和美学观念。已有大量文献探讨传统蓝印花布纹

样的文化与艺术内涵,但对于蓝印花布纹样的创新或未来则鲜有涉及。尽管可以提取纹样元素,利用某些平面设计软件进行再组合^[2],但这并不体现设计方法或模型。在纺织纹样生成技术方面,已有的研究方法主要是依靠一些数学模型的可视化,典型

收稿日期: 2018-03-01 修回日期: 2018-03-15

基金项目: 浙江省哲学社会科学规划课题(19NDJC128YB)

第一作者: 陶晨(1981—)男,讲师,博士。主要研究方向为传统图案建模与文化计算。

通信作者: 杨剑平(1979—)男,讲师,硕士。主要研究方向为现代服装设计。E-mail: xtiao98@qq.com。

的研究,如利用 Mandelbrot 集变换的印花图案设计^[3]、L 系统用于针织花型的设计^[4]、弱混沌系统用于喷墨印花图案的设计^[5]等。此类方法得到的纹样虽造型独特;但具有很大的随机性,难以保留原纹样的特征,因此并不适用于蓝印花布纹样或其他经典纹样的创新设计。

本文研究探索蓝印花布纹样的数学模型,使用数学模型进行纹样的匹配和重构,实现纹样的参数化,对参数化的纹样进行函数映射和骨架重组,达到纹样改造和创新设计的目的。本文提出的蓝印花布纹样的建模、重构和改造方法,可在保留蓝印花布纹样关键特征的同时,为蓝印花布纹样注入新的活力,以期在传统纹样的传承和创新中发挥积极作用。

1 研究方法

本文研究所使用的纹样来自一个蓝印花布纹样库^[6],包含各种经典蓝印花布纹样,可作为中国传统蓝印花布纹样的代表。典型纹样(局部)如图 1 所示。

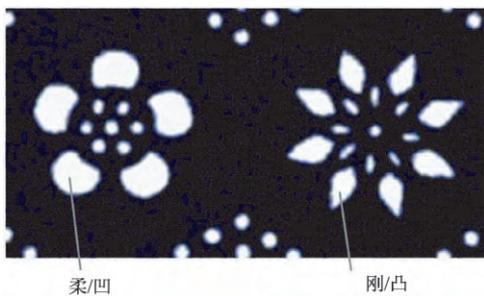


图 1 蓝印花布纹样示例

Fig.1 Sample of blue calico pattern

传统工艺的特点决定了蓝印花布纹样在基本元素构成上,总是以各种形态的分离的点或短线呈现,通过点的大小、形态与疏密的变化达到纹样造型的多样性。此外,如受中国传统哲学中关于阴阳平衡的影响,传统蓝印花布纹样在基本元素构形上讲求“刚柔并用”“凹凸互补”,通过对立统一达到和谐的效果,因此,建模的重要目标,除了表达纹样元素丰富多样的形状,还要实现在刚与柔、凹与凸之间自由调节的能力。

1.1 模型

1.1.1 张力系数

给定 4 个控制点 P_0, P_1, P_2, P_3 , 基数样条 C 由以下公式^[7]确定:

$$C = m_1 h_3(a) + P_1 h_1(a) + P_2 h_2(a) + m_2 h_4(a) \tag{1}$$

式中: a 为插值参数; h_1, h_2, h_3, h_4 为经典三次

Hermite 多项式,分别为:

$$\begin{aligned} h_1(a) &= 2a^3 - 3a^2 + 1 \\ h_2(a) &= -2a^3 + 3a^2 \\ h_3(a) &= a^3 - 2a^2 + a \\ h_4(a) &= a^3 - a^2 \end{aligned} \tag{2}$$

基数样条曲线以 P_1, P_2 为端点; m_1, m_2 分别为曲线在点 P_1, P_2 处的正切值。

$$\begin{aligned} m_1 &= t(P_2 - P_0) \\ m_2 &= t(P_3 - P_1) \end{aligned} \tag{3}$$

t 即为张力系数 $0 \leq t \leq 3$ 。由式(3)可知:曲线在 P_1 处的斜率由 P_0, P_2, t 决定;在 P_2 处的斜率由 P_1, P_3, t 决定。图 2 示出张力系数对曲线外观的影响。

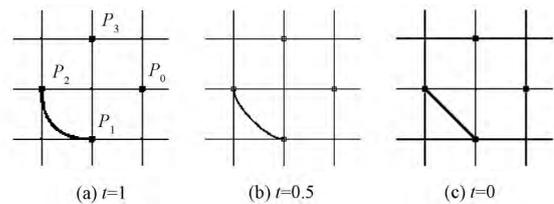


图 2 张力系数对样条曲线的影响

Fig.2 Influence of tension coefficient on spline

可见,利用张力系数能够实现样条曲线刚柔性的调节:张力系数值越大,曲线越柔和;反之则越刚硬;当 $t = 0$ 时,样条退化为直线。为得到封闭的形状,需将若干条样条曲线首尾相接。对于 P_0, P_1, P_2, P_3 4 个节点的情况,可由如下顺序确定 4 条基数样条曲线: (P_0, P_1, P_2, P_3) 、 (P_1, P_2, P_3, P_0) 、 (P_2, P_3, P_0, P_1) 、 (P_3, P_0, P_1, P_2) ,如图 3 所示。

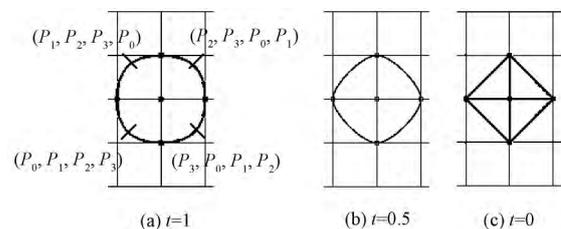


图 3 由基数样条构成的封闭图形

Fig.3 Closed figures composed of cardinal splines

这 4 条曲线首尾相连构成封闭形状,且由基数样条的关于端点处斜率的性质可知,在每个节点处连接平滑。通过调整张力系数,图 3 中图形实现了从圆纹到方纹的转变。

1.1.2 节点配置

将图 3 所示图形置于直角坐标系中,并进一步规定: P_0, P_1 为活动节点, P_2, P_3 为固定节点,如图 4 所示。 P_2, P_3 位于坐标轴上,其坐标分别为 $(-1, 0)$ 和 $(0, 1)$ 。活动节点 P_0, P_1 则可在一定范围内偏离

坐标轴,其具体位置由活动半径(r_0, r_1)和偏离角(d_0, d_1)决定。由此构成的图形作为纹样元素的一般模型。

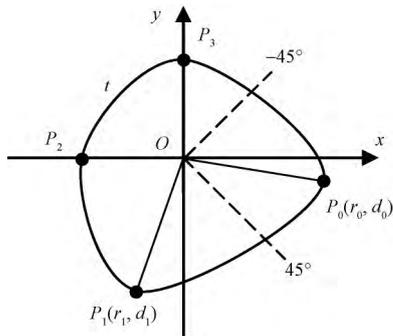


图4 元素模型

Fig.4 Element model

该模型具有 t, r_0, d_0, r_1, d_1 共 5 个构形参数,其中 t 为样条曲线的张力系数。各个参数的取值范围规定如下:

$$\begin{aligned} 0 &\leq t \leq 3 \\ -45^\circ &\leq d_0, d_1 \leq 45^\circ \\ -10 &\leq r_0, r_1 \leq 10 \end{aligned} \quad (4)$$

对活动半径 r_0, r_1 取值范围的限制是为了避免出现长条形实例(蓝印花布纹样元素应当避免的形状)。对偏离角 d_0, d_1 (顺时针为正,逆时针为负)取值范围的限定,是为了将 2 个活动节点控制在各自的活动空间内,防止因交错导致形状畸变。张力系数 t 的取值范围由基数样条的性质决定。当这些参数值确定,模型形状即确定。由特定构形参数值确定的模型形状称为模型实例。模型实例经仿射变换(平移、缩放和旋转)即可匹配蓝印花布纹样中的元素形状,如图 5 所示。可见该模型对传统蓝印花布纹样中一些典型元素的表达能力。

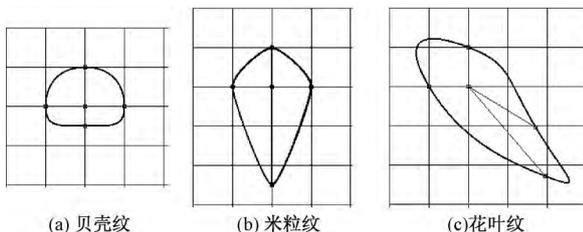


图5 由模型实例表达的纹样元素

Fig.5 Pattern elements expressed in model instances.

(a) Shell; (b) Rice; (c) Petal

图 5(a) 所示为贝壳纹,模型参数为 $t = 1.05, r_0 = 1, d_0 = 0, r_1 = 0.5, d_1 = 0$; 图 5(b) 所示为米粒纹,模型参数为 $t = 0.3, r_0 = 1, d_0 = 0, r_1 = 2.5, d_1 = 0$; 图 5(c) 所示为花叶纹,模型参数为 $t = 1.2, r_0 = 2, d_0 = 31.5, r_1 = 3, d_1 = -40.5$ 。实验结果表明,该模型可表现大量元素形状,包括刚柔性和凹凸性。

当其中 1 个活动半径为负时,模型即表现凹形状。

1.2 重构

纹样重建,即对纹样中的每个元素,选用合适的模型实例替代之,从而得到模型化的数字纹样。首先需要从蓝印花布纹样图像中提取纹样元素,然后从大量模型实例中找出与之最接近的,将该模型实例进行仿射变换应用到纹样空间以替代纹样元素。

1.2.1 轮廓跟踪

轮廓跟踪法^[8]用来对二值图像中的目标进行轮廓提取。二值图像中存在目标和背景 2 类像素,通常目标像素(白色)值为 1 而背景像素(黑色)值为 0。轮廓跟踪方法的步骤如下:

- 1) 按照从左到右、从上到下的顺序逐行扫描像素矩阵,直至发现第 1 个目标像素 P ,记下 P 点位置。
- 2) 设定 P 点的初始搜索方向为沿左下方,搜索方向每次逆时针累加旋转 45° ,直至找到第 2 个边界点 Q ,记下 Q 点的位置。
- 3) 将当前搜索方向顺时针旋转 90° ,作为 Q 点的初始搜索方向,搜索方向每次逆时针累加旋转 45° ,直至找到下一个边界点,令该点为新的 Q 点,记下位置。
- 4) 重复步骤 3),直至回到最初的 P 点。

图 6 为轮廓跟踪示意图。其中:空心圆点 $Q_1 \sim Q_{13}$ 表示搜索到的各个边界点;在每个边界点上,实线箭头表示初始搜索方向。

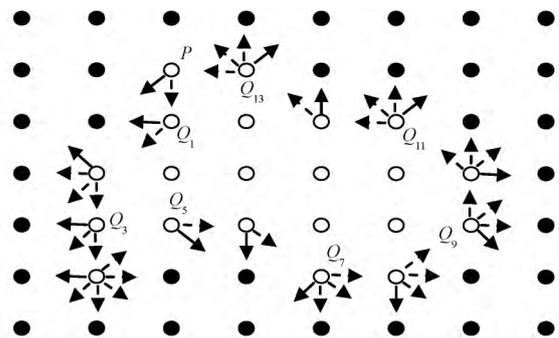


图6 轮廓跟踪原理图

Fig.6 Schematic of contour tracing

以蓝印花布扫描图像为原始素材,在进行轮廓跟踪提取纹样元素前,需要进行一些必要的预处理,主要步骤如图 7 所示。

原始图像经灰度化后,先通过中值滤波^[9]去除噪声;再使用 OTSU 算法^[10]进行阈值分割,分离出目标与背景;最后,使用轮廓跟踪算法提取图像中每个纹样元素的矢量轮廓。

1.2.2 模型实例选取

图像的 Hu 矩对应了一系列图像,这些图像可

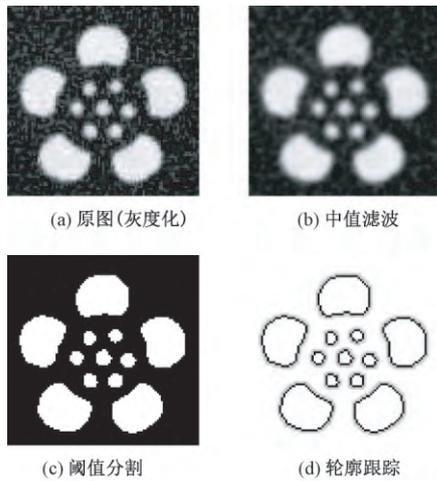


图 7 元素提取的步骤

Fig.7 Procedures of element extraction. (a) Original image (grayed); (b) Median filtering; (c) Threshold segmentation; (d) Contour tracing

由其中任何一个平移、缩放和旋转得到。换言之，Hu 具有平移、缩放和旋转不变性^[11]。对于数字图像 $f(x, y)$ ，其 $p + q$ 阶标准矩 m_{pq} 定义为

$$m_{pq} = \sum_{y=1}^N \sum_{x=1}^M x^p y^q f(x, y) \quad (p, q = 0, 1, 2, \dots) \quad (5)$$

其中， N 和 M 分别是图像的高度和宽度。数字图像的 $p + q$ 阶中心矩 μ_{pq} 定义为

$$\mu_{pq} = \sum_{y=1}^N \sum_{x=1}^M (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad (6)$$

其中， \bar{x} 、 \bar{y} 为图像几何重心的坐标，可由特定标准矩计算得出：

$$\bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (7)$$

图像的 Hu 矩是基于归一化中心矩 j_{pq} 的 1 组不变矩，它由 7 个特征值 ($M_1 \sim M_7$) 组成：

$$\left\{ \begin{aligned} M_1 &= j_{20} + j_{02} \\ M_2 &= (j_{20} - j_{02})^2 + 4j_{11}^2 \\ M_3 &= (j_{30} - 3j_{12})^2 + (3j_{21} - j_{03})^2 \\ M_4 &= (j_{30} + j_{12})^2 + (j_{21} + j_{03})^2 \\ M_5 &= (j_{30} - 3j_{12})(j_{30} + j_{12}) [(j_{30} + j_{12})^2 - 3(j_{21} + j_{03})^2] + \\ &\quad (3j_{21} - j_{03})(j_{21} + j_{03}) [3(j_{30} + j_{12})^2 - (j_{21} + j_{03})^2] \\ M_6 &= (j_{20} + j_{02}) [(j_{30} + j_{12})^2 - (j_{21} + j_{03})^2] + \\ &\quad 3j_{11}(j_{30} + j_{12})(j_{21} + j_{03}) \\ M_7 &= (3j_{21} - j_{03})(j_{30} + j_{12}) [(j_{30} + j_{12})^2 - 3(j_{21} + j_{03})^2] - \\ &\quad (j_{30} - 3j_{12})(j_{21} + j_{03}) [3(j_{30} + j_{12})^2 - (j_{21} + j_{03})^2] \end{aligned} \right. \quad (8)$$

其中，归一化的中心矩 $j_{pq} = \mu_{pq} / \mu_{00}^{(p+q)/2+1}$ 。

形状是图像的特例，形状 $f(x, y)$ 的值域只有 2 个可能：0 或 1。当点 (x, y) 在形状轮廓线上

时，值为 1；否则为 0。本文研究涉及的模型形状和元素形状，均可转换为数字图像，从而利用 Hu 矩的不变性。进行实例选取时，先计算纹样元素的 Hu 矩，然后比对元素形状与每个模型实例的接近程度（2 个 Hu 矩的欧式距离），找出最接近的模型实例，结果如图 8 (b) 所示。其模型参数为 $t = 1.2$ ， $r_0 = 0.5$ ， $d_0 = 0$ ， $r_1 = 1$ ， $d_1 = 0$ 。

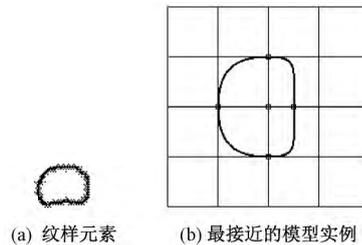


图 8 基于 Hu 矩的模型实例选取

Fig.8 Instance selection based on Hu moments. (a) Pattern element; (b) closest model instance

1.2.3 模型实例变换

最接近（或对称）实例与元素形状相似度最高，需要对其进行仿射变换（平移、缩放和旋转），使之尽量与元素形状重合，以替代纹样元素。考虑到形状重合的 2 个必要条件：形状几何重心一致；形状面积相等。

形状的几何重心可由式 (7) 计算得到，记 (\bar{x}, \bar{y}) 。首先将模型实例的重心平移到元素形状重心处，使得二者重心坐标一致，如图 9 所示。



图 9 实例变换过程

Fig.9 Procedures of instance transform

其次，计算二者面积之差，若大于零（模型实例面积大于元素面积）则将模型形状逐步缩小，否则逐步放大，直到二者面积相等，此时的缩放率记为 s 。

最后，将模型实例在 $0^\circ \sim 360^\circ$ 上旋转，计算每个角度上模型实例与纹样元素的重合度，记取重合度最大的角度 θ 。

\bar{x} 、 \bar{y} 、 s 、 θ 称为模型实例的仿射参数，模型实例变换的过程，即是确定仿射参数的过程。对纹样中所有元素进行模型实例的选取和变换，得到的数字化纹样如图 10 所示。图中的数字化纹样并不十分精确，因为它保留了一些不可避免的偏差，这些偏差可能来自纹样本身（传统手工绘制误差、传统工艺印制误差）、图像过程（纹样图像采集误差、图像处理预处理误差）以及模型实例选取和变换过程中的

误差。

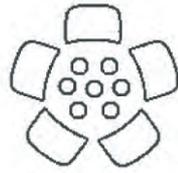


图 10 重构的纹样
Fig.10 Reconstructed pattern

1.2.4 映射函数

对模型匹配后的数字化纹样,使用映射函数将模型参数映射到新的区间,实现纹样创新。参与映射的可以是构形参数,也可以是仿射参数。图 11 示出对数字化纹样进行重构的图例。

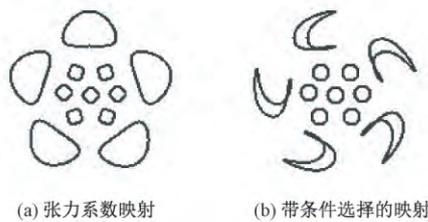


图 11 通过映射函数进行的纹样改造

Fig.11 Modifications by mapping functions. (a) Mapping of tension coefficient; (b) Mapping with conditions

图 11 (a) 中,对张力系数 t 进行调整(映射函数 $t' = 0.6t$, 其中 t' 是调整后的张力系数);图 11 (b) 中,根据缩放率 s 区别对待纹样元素,进行活动半径 r_1 的调整,映射函数为 $r'_1 = IF(s > 5, -1.5r_1, r_1)$ 。其中 IF 操作符代表条件选择,它有 3 个参数,当第 1 个参数成立时取第 2 个参数值,否则取第 3 个参数。由图 11 可见,与原纹样相比,改造后的纹样呈现全新面貌,同时保留了原纹样的框架结构或骨架。

2 结果与讨论

2.1 泛化的模型

本文研究提出的模型使用 4 个节点,按特定的顺序定义 4 条首尾相连、平滑过渡的基数样条曲线,形成封闭形状。利用张力系数表现形状的刚柔性,通过定义活动节点实现了形状的凹凸性和多样性。实验结果证明,该模型能够很好地表现大多数传统蓝印花布纹样元素。但仍有一些纹样元素超出了其能够表达的范围,特别是那些由于不便在传统工艺下印制而在实践中较少采用的元素^[2]。这些元素超出了 4 节点样条曲线所能表现的范围,如图 12 所示。表现这样的元素形状需要更多节点和更复杂的

模型,这种模型可由上述 4 节点模型泛化而来。

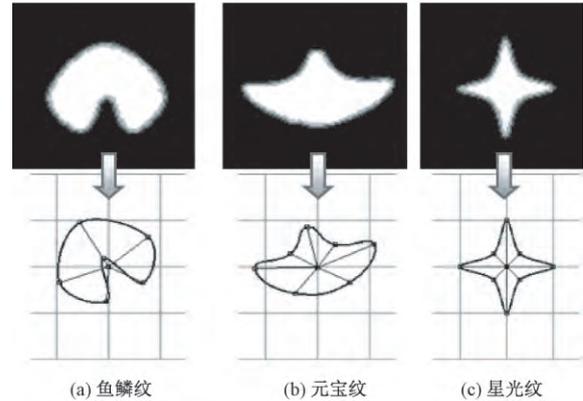


图 12 利用泛化模型表达复杂元素

Fig.12 Complex elements expressed in generalized model. (a) Scale pattern; (b) Treasure pattern; (c) Starlight pattern

图 12 (a) 为鱼鳞纹,模型参数为 $t = 0.9, r_0 = 0.75, d_0 = 27, r_1 = -0.2, d_1 = 0, r_2 = 0.75, d_2 = -27, r_3 = 1, d_3 = -20, r_4 = 1.1, d_4 = 0, r_5 = 1, d_5 = 20$;图 12 (b) 为元宝纹,模型参数为 $t = 0.7, r_0 = 1.2, d_0 = -25, r_1 = 0.7, d_1 = -25, r_2 = 0.7, d_2 = 25, r_3 = 1.2, d_3 = 25, r_4 = 0.6, d_4 = 5, r_5 = 0.9, d_5 = 0, r_6 = 0.6, d_6 = -5$;图 12 (c) 为星光纹,模型参数为 $t = 0.8, r_0 = 1, d_0 = 0, r_1 = 0.4, d_1 = 0, r_2 = 1, d_2 = 0, r_3 = 0.4, d_3 = 0, r_4 = 1, d_4 = 0, r_5 = 0.4, d_5 = 0, r_6 = 1, d_6 = 0, r_7 = 0.4, d_7 = 0$ 。

设有 $n(n \geq 4)$ 个节点(记为 $P_0, P_1, P_2, \dots, P_{n-1}$),以顺时针方向分布于单位圆(半径为 1)的圆周等分点上,2 个相邻节点之间的圆心角为 $(360/n)^\circ$,点 O 为圆心或参考点,如图 13 (a) 所示。

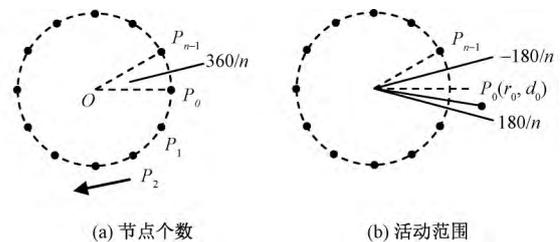


图 13 泛化模型

Fig.13 Generalized model. (a) Number of knots; (b) Range of activity

规定每个节点可以偏离所在的等分点,其坐标位置由活动半径 $r_i (-10 \leq r_i \leq 10)$ 和偏离角 $d_i (-180/n \leq d_i \leq 180/n)$ 决定,如图 13 (b) 所示。使用基数样条,按如下顺序连接所有节点以构成封闭形状: $(P_0, P_1, P_2, P_3), (P_1, P_2, P_3, P_4), \dots, (P_{n-1}, P_0, P_1, P_2)$ 。当 $n = 4$ 且固定节点 P_2, P_3 时,即为本研究中所使用的 4 节点模型。

此泛化模型中,每个节点对应 2 个参数(活动

半径和偏移角) ,另外加上张力系数 ,模型中的参数个数为 $2n + 1$,模型实例的数量为 m^{2n+1} (m 为取样次数) 。只要节点数量足够多 ,模型就可以表达复杂纹样元素。使用 6 节点、7 节点及 8 节点模型表现复杂元素 ,如图 12 所示。但节点增加 ,意味着模型参数的增加 ,造成重构过程运算量大幅上升。实际应用中可根据纹样元素的复杂程度决定 n 的取值。

2.2 作为骨架的模型

目前为止 ,本文研究提出的模型是针对纹样元素的 ,但实际上它也可以作为纹样的骨架 ,进而实现更高层次上的建模。总体来说 ,蓝印花布纹样主要呈现 2 种基本的骨架 ,即环形骨架和线形骨架 ,如图 14 中虚线所示。

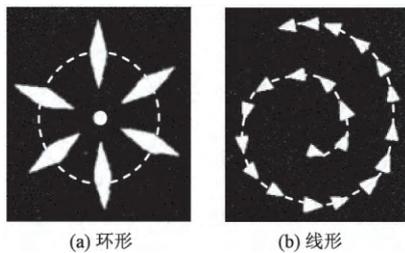


图 14 2 种基本骨架

Fig.14 Two basic skeletons. (a) Circular; (b) Threaded

在环形骨架中 ,骨架线上的纹样元素围绕一个中心点分布 ,该点称为骨架中心;而在线形骨架中 ,纹样元素根据骨架线的切线方向分布。需要注意的是 ,环形骨架的骨架线不一定是圆形 ,可以是任何闭合的形状。大多数复杂的纹样都可分解为这 2 种骨架的组合。

若以图 15 所示的圆纹作为纹样骨架 构成骨架的点集 (x_i, y_i) 可由式(1)中模型的样条定义取得。其中: $i = 0, 1, 2, \dots, k - 1$; k 是骨架线上的总点数。

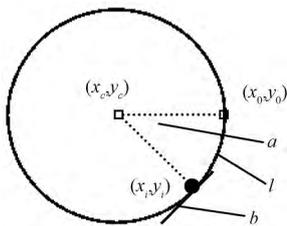


图 15 作为骨架的模型

Fig.15 Model as skeleton

点 (x_0, y_0) 是骨架的起点 ,模型的原点 (x_c, y_c) 可作为骨架的中心点 (在线性骨架中 ,该点可以忽略) 。骨架上的每个点 (x_i, y_i) 拥有 3 个属性 ,即中心角 (以 a 表示) 、切线角 (以 b 表示) 和步长 (以 l 表示) 。中心角是骨架起点、中心点及当前点构成的角度;切线角是当前点在骨架线上的切角;

步长是沿骨架线从起点到当前点的路径长度。这 3 个属性可通过下式计算:

$$a(i) = \arctan \frac{y_i - y_0}{x_i - x_0} \quad (9)$$

$$b(i) = \arctan \frac{y_{i+1} - y_i}{x_{i+1} - x_i} \quad (10)$$

$$l(i) = \sum_{j=1}^i \sqrt{(y_j - y_{j-1})^2 + (x_j - x_{j-1})^2} \quad (11)$$

另外 ,骨架线的总长度 (以 L 表示) 为

$$L = \sum_{i=1}^{k-1} \sqrt{(y_i - y_{i-1})^2 + (x_i - x_{i-1})^2} \quad (12)$$

沿骨架线进行纹样元素的分布 ,称为骨架的具化。上述 3 个属性将对骨架的具化产生影响。在实施骨架具化前 ,构造 1 个种子元素 (由 5 个构形参数和 4 个仿射参数决定) ,1 个定位器函数 (D_p) 和 1 个定形器函数 (D_e) 。定位器根据步长决定是否放置元素 ,在放置元素时定形器负责对种子元素实施调整 ,即根据当前中心角或切线角对种子元素的构形参数和仿射参数进行调整 ,实现骨架线上纹样元素的变化。骨架具化的例子如图 16 所示。

在图 16 (a) 中 ,以方纹为骨架 ,用柱状纹作为种子元素对其进行具化。定位器沿骨架路径每隔 $L/8$ 放置纹样元素 ,定形器将元素的旋转角 θ (元素模型的仿射参数之一) 设置为骨架中心角 a 的线性函数 ,从而实现了环形骨架。图 16 (b) 中的定形器在图 16 (a) 基础上增加了对张力系数 t 的控制 ,通过将当前值设为对最近一次张力系数值 (t_{prev}) 递增 ,实现骨架上纹样元素刚柔性的渐变。图 16 (a) 、(b) 的骨架具化函数如下:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_p | l = \frac{nL}{8} \\ D_e | \theta = a + 3\pi/2 \end{array} \right. , \left\{ \begin{array}{l} D_p | l = \frac{nL}{8} \\ D_e | \theta = a + 3\pi/2 \\ t = t_{prev} + 0.1 \end{array} \right.$$

图 16 (c) 、(d) 中的纹样都以贝壳纹作为骨架、以米粒纹作为种子元素。二者的区别在于 ,前者的定形器以中心角 a 作为参数产生了环形骨架 ,而后的定形器以切线角 b 作为参数产生了线形骨架。可见 ,骨架具化过程中产生环形或线形骨架 ,取决于定形器使用中心角还是切线角作为参数。图 16 (c) 、(d) 的具化函数如下:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_p | l = \frac{nL}{10} \\ D_e | \theta = a + \pi/3 \end{array} \right. , \left\{ \begin{array}{l} D_p | l = \frac{nL}{10} \\ D_e | \theta = b + \pi/3 \end{array} \right.$$

图 16 (e) 、(f) 中 ,都使用定形器产生环形骨架 ,同时对元素的缩放率 s 进行调整 ,通过将当前值设

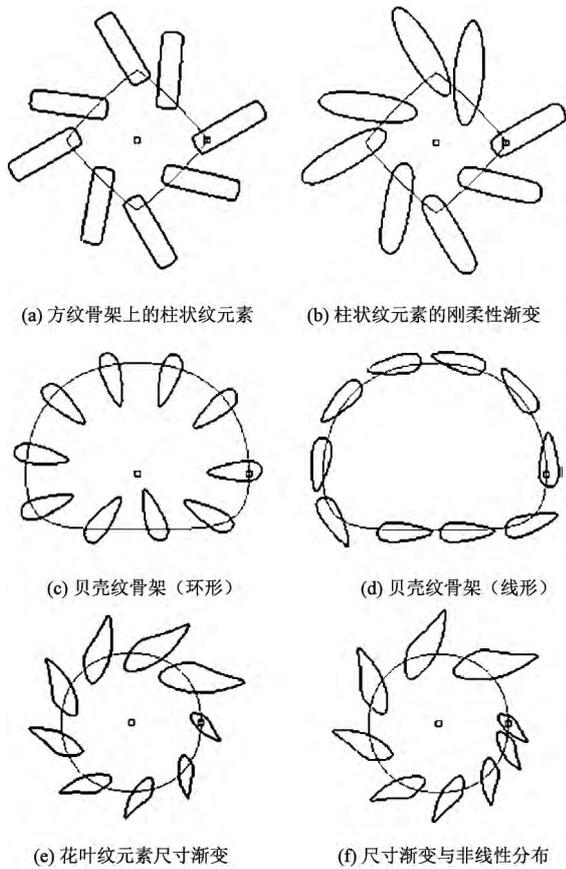


图 16 骨架的具化

Fig.16 Skeleton embodiments. (a) Columnars on square skeleton; (b) Gradual change of columnar stiffness; (c) Shell skeleton (circular); (d) Shell skeleton (threaded); (e) Gradual change of petal size; (f) Size change and nonlinear distribution

为对最近一次缩放率(s_{prev})的倍数,带来了骨架线上元素尺寸的渐变。图 16(f) 中的定位器引入了非线性函数,因此与图 16(e) 相比,骨架线上元素间的间隔不是均匀的而是递增的。图 16(e)、(f) 的具化函数如下:

$$\left\{ \begin{array}{l} D_p | l = \frac{nL}{9} \\ D_e | \theta = a \\ \quad | s = 1.1s_{prev} \end{array} \right. , \left\{ \begin{array}{l} D_p | l = \left(\frac{n}{9}\right)^{1.4} L \\ D_e | \theta = a \\ \quad | s = 1.1s_{prev} \end{array} \right.$$

上述实例展示了作为骨架的模型对 2 种基本骨架的模拟,以及通过模型参数变化带来的创新。其中元素的渐变和非线性分布是对传统蓝印花布纹样的创新性改造。

3 结 论

本文研究基于基数样条曲线对蓝印花布纹样元素建模,利用张力系数表达形状的刚柔性,通过配置活动节点实现形状的凹凸性和多样性。对于一些超

出 4 节点模型表达范围的形状,可通过泛化模型覆盖。在纹样重构方面,先使用轮廓跟踪技术从图像中提取纹样元素,然后利用 Hu 矩的不变性选取与之最接近的模型实例,再利用矢量形状的重心、面积及重合度对模型实例进行仿射变换,将其应用到纹样空间,完成纹样数字化。对数字化纹样,通过映射函数调节模型参数进行纹样元素的改造和创新。对于拥有闭合骨架的纹样,通过将元素模型应用到骨架进行纹样骨架的改造,再利用定位器和定形器实施骨架具化,完成更为深刻的改造。实验结果证明,本文模型及其泛化版本可以很好地表现绝大多数蓝印花布纹样元素,该模型用于纹样骨架也可带来丰富的创新效果。

FZXB

参考文献:

[1] 丁峰,刘琛. 蓝白相交的艺术:南通蓝印花布的纹样特色刍议[J]. 南通职业大学学报,2013(2): 28-30.
DING Feng, LIU Chen. Blue & white intersection of art: discussion on the pattern characteristics of Nantong blue calico [J]. Journal of Nantong Vocational College, 2013(2): 28-30.

[2] 鲍小龙,刘月蕊. 基于数码技术的蓝印花布图案创新设计研究[J]. 纺织学报,2013,34(5): 100-106.
BAO Xiaolong, LIU Yuerui. Innovative design of blue calico based on digital technology [J]. Journal of Textile Research, 2013, 34(5): 100-106.

[3] 姜会钰,郑春玲,刘素一. 基于分形理论中 Mandelbrot 集变换的印花图案设计[J]. 纺织学报,2010,31(12): 139-142.
JIANG Huiyu, ZHENG Chunling, LIU Suyi. Printing patterns design based on Mandelbrot set in fractal theory [J]. Journal of Textile Research, 2010, 31(12): 139-142.

[4] 张栋亚,陈莉,王红菊. 确定性 L 系统在针织花型设计中的应用[J]. 纺织学报,2015,36(1): 35-38.
ZHANG Dongya, CHEN Li, WANG Hongju. Application of deterministic L-systems in knitting pattern design [J]. Journal of Textile Research, 2015, 36(1): 35-38.

[5] YANG Xuhong, SUI Jianhua. Auto-generating uniform stochastic web images for ink-jet printing textiles [J]. Textile Research Journal, 2010, 80(18): 1942-1948.

[6] 吴元新. 中国蓝印花布纹样大全[M]. 上海: 上海人民出版社,2005: 17-246.
WU Yuanxin. An Overall Collection of China Blue Calico Vein Patterns [M]. Shanghai: Shanghai Renmin Press, 2005: 17-246.

[7] LEVIN A. Polynomial generation and quasi-interpolation in stationary non-uniform subdivision [J]. Computer Aided Geometric Design, 2003, 20(1): 41-60.

(下转第 167 页)

