

京剧脸谱剪纸合成方法

邢 璐, 唐 棣

(辽宁师范大学 计算机与信息技术学院, 辽宁 大连 116081)

摘 要:针对手工剪纸作品制作周期长、难以修改的问题,提出一种模拟真实剪纸效果的京剧脸谱合成方法。在分析传统京剧脸谱剪纸结构的基础上,构造五官、装饰和轮廓纹样。在京剧脸谱剪纸的创作过程中用户从纹样库中选取所需纹样,经调节纹样尺寸和分布后,将设计的脸谱形象与运用 Ashikhmin 自然纹理合成算法生成的剪纸纹理相融合。实验结果表明,该方法能够较好地模拟手工京剧脸谱剪纸的镂空效果,提升工作效率,便于设计人员在创作过程中更换纹样和修改作品,适用于室内装饰、广告设计和剪纸作品展示领域。

关键词:京剧脸谱剪纸;非真实感绘制;纹样;B 样条曲线;纹理合成

中文引用格式:邢 璐,唐 棣. 京剧脸谱剪纸合成方法[J]. 计算机工程,2017,43(12):222-226.

英文引用格式:XING Lu,TANG Di. Synthesis Method for Facial Makeup of Peking Opera Paper Cuts[J]. Computer Engineering,2017,43(12):222-226.

Synthesis Method for Facial Makeup of Peking Opera Paper Cuts

XING Lu,TANG Di

(College of Computer and Information Technology,Liaoning Normal University,Dalian,Liaoning 116081,China)

[Abstract] Considering the time-consuming and unmodifiable problems in manual paper cuts,this paper proposes a new synthesis method for facial makeup of Peking Opera which can simulate the real effects of paper cuts. Based on the analysis on the paper cuts structure of traditional makeup types of Peking opera,this paper constructs the pattern of features,decorations and outlines. In the creation of Peking Opera facial makeup process,user can select patterns from the bank of design patterns,and combine the designed facial makeup with the texture synthesized by Ashikhmin algorithm after adjusting the size and distribution of design patterns. Experimental results show that this method can effectively simulate the hollow effects of manual paper cuts for the facial makeup of Peking Opera and improve the work efficiency,so as to facilitate artists to change the design patterns and revise the works. Therefore,it can be widely applied in interior decoration,advertising design and paper cuts exhibition.

[Key words] facial makeup of Peking Opera paper cuts;Non-Photorealistic Rendering (NPR);pattern;B-spline curve;texture synthesis

DOI:10.3969/j.issn.1000-3428.2017.12.040

0 概述

剪纸艺术作为民间美术类非物质文化遗产之一,历史源远流长,记录着古往今来人类的生活习俗和价值观念。剪纸艺术的研究有助于人们了解历史的演变过程,具有非常高的文化价值。中国国粹京剧自清朝发展至今,脸谱的作用已由最初的辅助观众理解剧情,发展为具有汉族文化特色的一种图案艺术。京剧脸谱的设计以人的五官为出发点,夸张地表现了人物的特点。变化无穷的脸谱看似无规则可循,但实际上自有一套章法,传神地表现了人物的内在性格、外貌特征和社会属性。随着人们对于文

化遗产保护的重视程度逐渐加深,不断有学者开始专注于传统剪纸艺术的数字建模研究。剪纸脸谱的数字化建模有助于传统艺术的发展和创新,对于非物质文化遗产的保护起着重要的作用。

近些年来,计算机图形学中非真实感绘制(Non-Photorealistic Rendering,NPR)技术被广泛应用于多种艺术形式的模拟,例如素描^[1]、油画^[2]、水彩画^[3]、铅笔画^[4]、山水画^[5]、水墨画^[6]、剪纸^[7-9]等。文献[10]设计了一个脸谱合成系统,首先构造矢量化纹样单元库,然后将纹样分层组合,对不同层纹样关联调控,从而使生成的脸谱变化多端。文献[11]基于分层原理构造出纹样库,然后根据脸部运动编码

作者简介:邢 璐(1990—),女,硕士研究生,主研方向为非真实感图形学;唐 棣,教授。

收稿日期:2016-10-26 **修回日期:**2017-01-06 **E-mail:**xinglu0525@163.com

系统将京剧脸谱表情分解为动作单元,利用自由形态变形技术生成各种复杂的脸谱表情。

本文提出一种具有自然剪纸纹理效果的京剧脸谱设计方法。在对手工剪纸脸谱结构分析的基础上构造各类纹样库,具体为五官纹样、装饰纹样、轮廓纹样。从构造的纹样库和已有剪纸作品中选择所需的纹样进行重新组合,将设计的脸谱形象与运用 Ashikhmin 自然纹理合成算法得到的剪纸纹理背景相融合,得到具有自然剪纸纹理的京剧脸谱作品。

1 剪纸脸谱结构

京剧脸谱作为一种造型艺术应用于戏曲舞台,起到丰富舞台色彩、美化舞台效果的作用。传承久远的民间剪纸是运用剪刀和刻刀在纸上作画的一种镂空艺术。京剧脸谱剪纸作品既遵循京剧脸谱的基本规则,又发挥剪纸艺术的特点。脸谱剪纸分为“生”“旦”“净”“丑”4个行当,艺术家们在此分类基础上对脸谱进行创作。京剧脸谱整体上由谱式控制,主要分为整脸、三块瓦脸、六分脸、元宝脸、象形脸等。局部纹样按照其分布位置进行分类,通常有盔头、额头纹、眉纹、眼窝纹、鼻纹等纹样。各类纹样的造型也是变化多端、形态各异。例如额头纹分为火纹、水纹、雷电纹、阴阳图、七星图、白月牙等;眉纹分为本眉、点眉、勺眉、凝眉、蝶翅眉等;眼窝纹分为奸眼窝、环眼窝、丹凤眼窝、佯倭眼窝等;鼻窝纹分为连眼鼻窝、虎形鼻窝、翻孔鼻窝、金钱鼻窝等。图1为脸谱的主要结构。

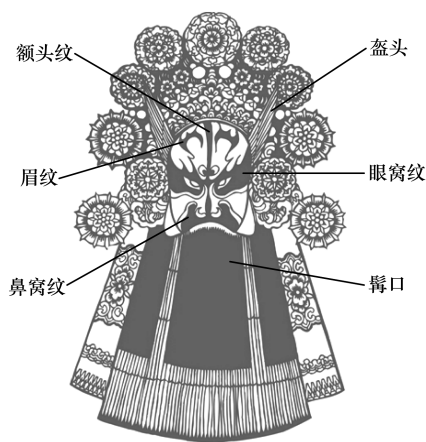


图1 剪纸脸谱的构成

2 纹样库构造

在分析剪纸脸谱结构的基础上,将纹样分为五官纹样、装饰纹样、轮廓纹样3类。五官纹样采用夸张的线条表示面部肌肉纹理;装饰纹样完善剪纸细节,丰富艺术形象;轮廓纹样定位剪纸整体轮廓,决定纹样大致分布的框架结构。将这3类纹样按照特定规律有机地组合在一起,能设计出样式精美、造型

多变的脸谱剪纸形象。

2.1 五官纹样库

从图1给出的剪纸脸谱形象可以看出,脸谱的五官纹样都是由平滑的曲线构造,考虑到B样条曲线对特征多边形更加逼近和多项式阶次较低的特点,本文采用 deBoor 算法离散生成B样条曲线^[12]。

设 $P_1, P_2, \dots, P_n (n \geq k)$ 为给定空间的 n 个点,称式(1)为 k 阶的B样条曲线,折线 $P_1 P_2 \dots P_m$ 为 $P(t)$ 的控制多边形,称点集 $\{P_i\}$ 为 $P(t)$ 的控制顶点。

$$P(t) = \sum_{i=1}^n P_i B_{i,k}(t) \quad (1)$$

其中, $B_{i,k}(t)$ 为调和函数,也称为基函数,按照递归公式可定义为:

$$B_{i,1}(t) = \begin{cases} 1, & t_i \leq t \leq t_{i+1} \\ 0, & \text{其他} \end{cases} \quad (2)$$

$$B_{i,k}(t) = \frac{t - t_i}{t_{i+k-1} - t_i} B_{i,k-1}(t) + \frac{t_{i+k} - t}{t_{i+k} - t_{i+1}} B_{i+1,k-1}(t) \quad (3)$$

其中, t_i 是节点值, $T = [t_1, t_2, \dots, t_{L+2k}]$ 构成了 k 阶B样条函数的节点矢量,节点是非减序列。

使用 deBoor 算法计算曲线段 $P(t)$ 的值,若 $t \in [t_j, t_{j+1})$, $k \leq j \leq n$, 则递推公式为:

$$P_i^r(t) = \begin{cases} P_i, & r=0; i=j-k+1, j-k+2, \dots, j \\ \frac{t - t_i}{t_{i+k-r} - t_i} P_i^{r-1}(t) + \frac{t_{i+k-r} - t}{t_{i+k-r} - t_i} P_{i-1}^{r-1}(t), & r=1, 2, \dots, k-1; i=j-k+r+1, j-k+r+2, \dots, j \end{cases} \quad (4)$$

式(1)可表示为:

$$P(t) = \sum_{i=j-k+1}^j P_i B_{i,k}(t) = \sum_{i=j-k+2}^j P_i^1(t) B_{i,k-1}(t) = \dots = P_j^{k-1}(t) \quad (5)$$

deBoor 算法的实质是以线段 $P_i^r P_{i+1}^r$ 构成的边割去角 P_i^{r-1} , 由图2可见,从多边形 $P_{j-k} P_{j-k+1} \dots P_j$ 开始经过 k 层的割角,最后得到 $P(t)$ 上的点 $P_j^{k-1}(t)$ 。

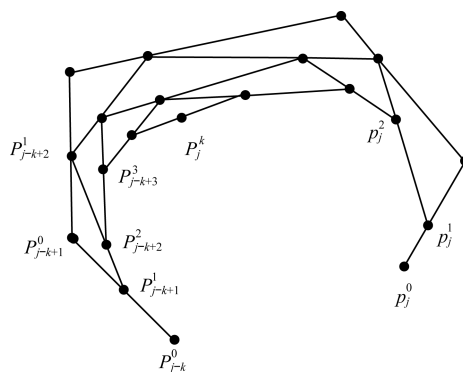


图2 deBoor 算法的几何意义

运用 deBoor 的算法生成五官纹样中眉纹上部的过程如下:假定一个 3 次 B 样条曲线的 6 个控制点分别为: $P_1^0, P_2^0, P_3^0, P_4^0, P_5^0, P_6^0$, 令节点矢量 $T = [0, 0, 0, 0, \frac{1}{3}, \frac{2}{3}, 1, 1, 1, 1]$, 得到图 3 中的 B 样条曲线。表 1 为控制点坐标参数。

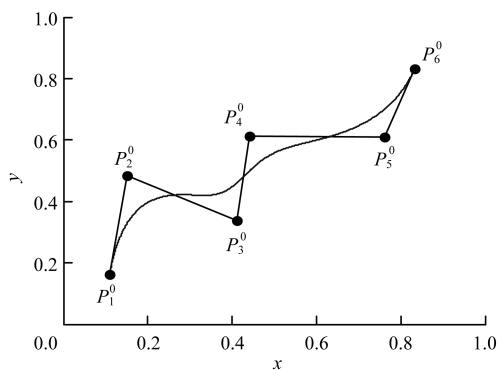


图 3 deBoor 算法生成的 B 样条曲线

表 1 B 样条曲线控制点坐标参数

控制点	x	y
P_1^0	0.109 4	0.161 2
P_2^0	0.150 9	0.483 7
P_3^0	0.411 3	0.338 8
P_4^0	0.441 2	0.613 9
P_5^0	0.761 5	0.610 9
P_6^0	0.832 9	0.832 8

通常构造一个复杂的五官纹样需要用到数条 B 样条曲线共同完成,因此将曲线拼接技术应用于纹样的构造,即按一定的顺序将一条条 B 样条曲线前后依次连接起来。图 4 为从已有的剪纸作品中提取的额头纹。图 5 为用 B 样条曲线拼接技术构造的眉纹。



图 4 额头纹



图 5 眉纹

2.2 装饰纹样库

在剪纸作品中,细节装饰在整体艺术表现上起着非常重要的作用,使原本单调的剪纸变得复杂生动,促进整体形象丰富细致的表现。传统手工剪纸中装饰纹样主要分为月牙纹、锯齿纹、朵花纹和铜钱纹,已有学者完成了多种装饰纹样生成算法的设计。文献[13]设计了一种运用 4 个关键点绘制曲线的方式,分别得到上下两部分曲线,从而实现月牙纹的生成。文献[14]采用基于骨架的技术,根据纹样的结构设计出线状骨架,然后在骨架上生成短线,从而生

成锯齿纹样。文献[15]应用扩大对称的方法实现了具有层次效果的复合朵花纹样的生成,但是目前尚未有对铜钱纹样具体生成算法进行系统的介绍。

铜钱作为一种人们熟知的古代铜铸币,有着圆形方孔的形制,因此也被称为“孔方”。铜钱的设计受古代天圆地方说的影响,当时人们认为天是圆的,地是方的,所以秦始皇参考该理论铸币。常见于剪纸脸谱中的铜钱纹样不仅是财富与地位的象征,而且有着深层的文化内涵,本文提出算法有效地生成了多种样式的铜钱纹。

铜钱纹的具体生成算法如下:

步骤 1 输入圆半径 r 和中心点坐标 (x, y) , 以生成圆上的点 $M(p, q)$ 为曲线 crv 起始点。

步骤 2 指定曲线 crv 到圆最远距离为 h , 起始控制杆长度为 k , 结束控制杆长度为 p , 曲线宽度为 d 。

步骤 3 将圆形 8 等分, 定义 a_1 为过第 $i-1$ 个等分点做垂线的弧度, a_2 为做切线的弧度; a_3 为过第 i 个等分点做垂线的弧度, a_4 为做切线的弧度。

步骤 4 分别取得每个等分点的坐标 $Q_i(\varphi_i, \omega_i)$, 计算出该点与新增控制点之间横纵坐标变化为 $d_x = h \times \cos a_2$ 和 $d_y = h \times \sin a_2$ 。

步骤 5 绘制曲线。当 i 为奇数时, 始末控制角度分别为 $a_1 - \pi$ 和 $a_4 - \pi$, 增加控制点 $(\varphi_i - d_x, \omega_i - d_y)$; 当 i 为偶数时, 始末控制角度分别为 a_3 和 $a_2 - \pi$, 增加控制点 (φ_i, ω_i) , 共循环 7 次。

图 6 为铜钱纹样生成的示意图。图 7 为算法生成的多种铜钱纹样。

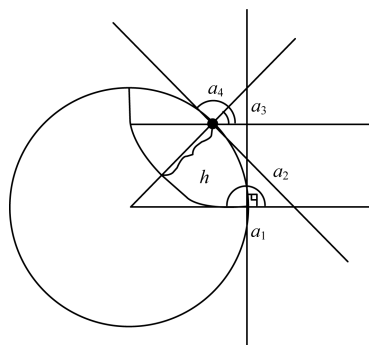


图 6 铜钱纹生成示意图

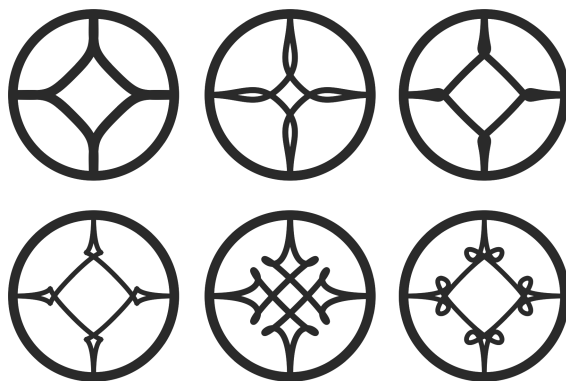


图 7 铜钱纹样

2.3 轮廓纹样库

轮廓纹在传统手工剪纸中起着非常重要的作用,它决定了整幅作品的整体框架结构。本文提出的算法使轮廓曲线两侧交替产生高度渐变的三角形,该图案设计方法使原本单一而缺少变化的线条变得丰富多变,提高了纹样的可观赏性。其中渐变方式分为等差渐变和等比渐变,下面以等比渐变为例介绍算法的实现:

步骤1 绘制轮廓线 C , 取其首节点坐标 $P(\varphi, \omega)$, 并以该点为子路径定义曲线 crv_1 。

步骤2 指定三角形的高 h , 高度变化率 d , 三角形个数 m , 层间高度变化量 k 。

步骤3 当 $1 \leq i \leq 2m$ 时, 令 $t_1 = (i-1)/2m$, $t_2 = i/2m$, 其中, 当 i 为偶数时, $h_j = d \times h_j$ 。

步骤4 定义 b_1 为过 t_1 做垂线的弧度, b_2 为做切线的弧度; b_3 为过 t_2 做垂线的弧度, b_4 为做切线的弧度。

步骤5 分别取得轮廓线 C 上 i 个 $2m$ 等分点的坐标 $Q_i(x_i, y_i)$ 。计算出三角形顶点与 Q_i 间坐标变化量 $d_x = h_j \times \cos b_2$ 和 $d_y = h_j \times \sin b_2$ 。

步骤6 绘制图形。当 $i = 4n$ 时, 以 b_3 和 b_2 为始末控制角, 增加控制点 (x_i, y_i) ; 当 $i = 4n+1$ 时, 以 $b_1 - \pi$ 和 $b_4 - \pi$ 为始末控制角, 增加控制点 $(x_i - d_x, y_i - d_y)$; 当 $i = 4n+2$ 时, 以 b_3 和 $b_2 - \pi$ 为始末控制角, 增加控制点 (x_i, y_i) ; 当 $i = 4n+3$ 时, 以 b_1 和 $b_4 - \pi$ 为始末控制角, 增加控制点 $(x_i + d_x, y_i + d_y)$ 。共循环 $2m-1$ 次。

步骤7 判断曲线数目大于 1 时, 令 $h = h + k$, 程序循环进行, 直到将全部曲线绘制完成。

图 8 为算法生成的轮廓纹样。表 2 为轮廓纹样参数的详细参数设置。

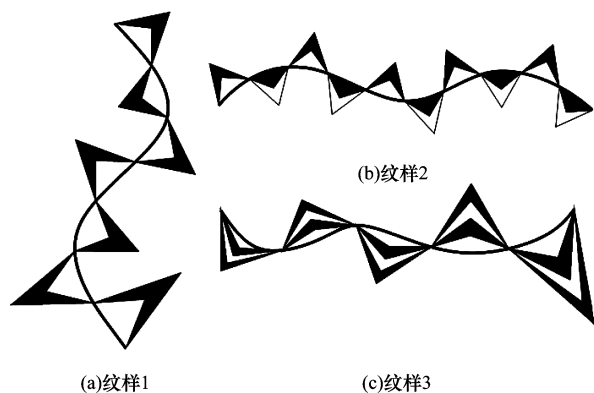


图 8 轮廓纹样

表 2 轮廓纹样参数设置

纹样	图案个数	高度/cm	高度变化率	曲线数目	层间高度变化量
1	7	2.0	1.03	2	-1.0
2	10	0.8	1.00	2	0.8
3	5	0.4	1.10	3	0.4

3 脸谱纸张纹理合成

在制作剪纸作品时, 通常选择传统的红色宣纸, 由于宣纸的制作原料为青檀树皮和沙田稻草等, 又加入多种原料混合发酵、打浆后用竹帘抄成纸张, 因此宣纸具有纸张较薄、纤维较长的特点。为了使作品更加真实, 本文先对宣纸纹理进行合成。常用的纹理映射算法在合成自然纹理时得到的效果不能完全满足本文要求。文献[16]基于自相似特性提出一种可以更好地实现自然纹理合成的 Ashikhmin 算法。算法的主要思想是: 在待合成图像中找到每个像素 L 型邻域在样本图像中的原始位置, 从而产生候选像素, 将重复的候选像素删除, 找到与当前 L 型邻域相似程度最高的像素替换待合成像素, 如图 9 所示。

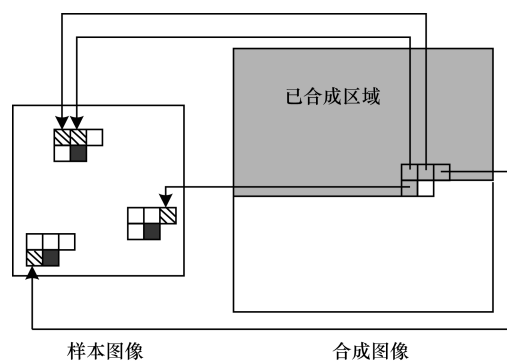


图 9 邻域搜索示意图

判断 2 个像素 L 型邻域相似程度的公式为:

$$D(N_1, N_2) = \sum_{p \in N} \{ (R_1(p) - R_2(p))^2 + (G_1(p) - G_2(p))^2 + (B_1(p) - B_2(p))^2 \} \quad (6)$$

其中, N_1, N_2 分别为待度量的邻域, R, G, B 是红、绿、蓝 3 个颜色通道。该算法普遍适用于自然纹理合成。图 10 为采集的宣纸纹理和合成结果。

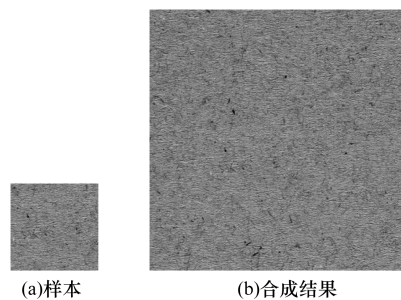


图 10 合成的剪纸纸张纹理

4 剪纸脸谱设计与实现

在设计剪纸作品的过程中, 首先判断剪纸作品是否对称, 之后分别从运用 B 样条曲线细分算法建立的五官纹样库、铜钱纹等纹样的装饰纹样库和对任意曲线进行渐变装饰的轮廓纹样库中导入所需纹样, 对导入纹样的分布和尺寸进行调节, 再运用

Ashikhmin 算法^[15]合成剪纸宣纸独特的自然纹理,将其应用到已完成的作品中,最终实现对京剧脸谱剪纸形象的仿真。图 11 为京剧脸谱剪纸设计流程。图 12 为合成的京剧脸谱剪纸作品。

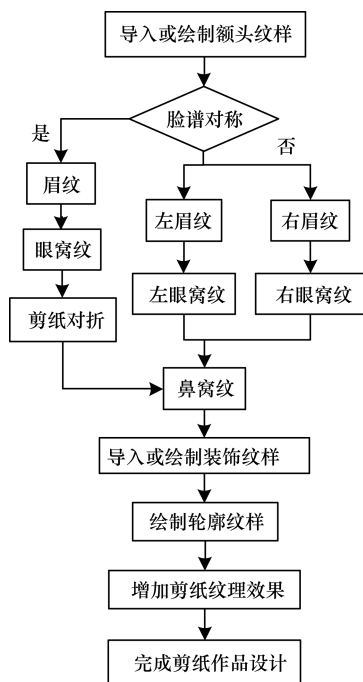


图 11 京剧脸谱剪纸设计流程

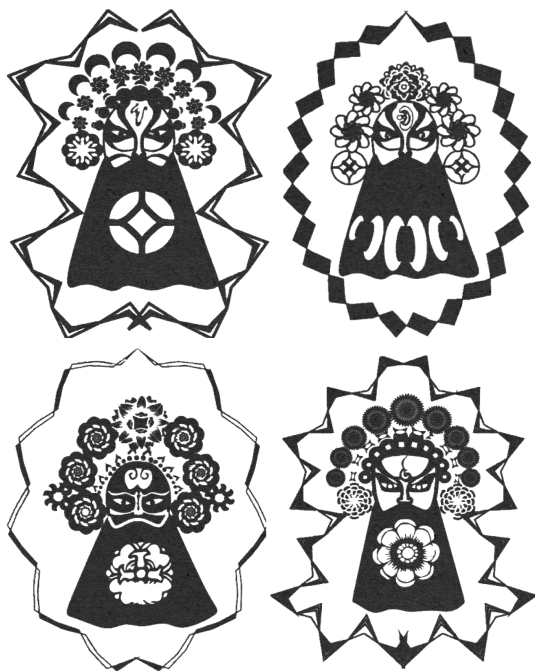


图 12 合成的京剧脸谱剪纸作品

5 结束语

本文在对手工剪纸脸谱结构进行深入分析的基础上,分别构造五官纹样库、装饰纹样库和轮廓纹样库,然后结合 3 类纹样,将合成的剪纸纸张纹理效果应用其中,实现京剧脸谱剪纸效果的仿真。实验结

果表明,该方法有效缩短了传统剪纸的创作周期,能够在短时间内完成局部纹样的调整和替换。此外,使用计算机创作京剧脸谱剪纸不仅解决了手工制作剪纸不易保存、不可更改等不足,更推动了民间非物质文化遗产的传播和创新。下一步可增加单色剪纸作品的彩色效果,从而使创作出的作品颜色更丰富,表现更细致。

参考文献

- [1] 吉娜焱,柴秀娟,山世光,等.局部回归模型驱动的人脸素描自动生成[J].计算机辅助设计与图形学学报,2014,26(12):2232-2243.
- [2] 卢少平,张松海.基于视觉重要性的图像油画风格化绘制算法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2010,22(7):1121-1125.
- [3] 臧超,唐棣.基于模拟退火算法的水彩画仿真[J].计算机工程与设计,2012,33(4):1528-1532.
- [4] LU Cewu, XU Li, JIA Jiaya. Combining Sketch and Tone for Pencil Drawing Production[C]//Proceedings of International Symposium on Non-Photorealistic Animation and Rendering. Annecy, France: Expressive Peress, 2012:1-5.
- [5] YANG Lijie, XU Tianchen. Animating Chinese Ink Painting Through Generating Reproducible Brush Strokes[J]. Science China Information Sciences, 2013, 56(1):1-13.
- [6] 杨丽洁,徐添辰,吴恩华.动态模拟中国水墨画中的笔画绘制[J].计算机辅助设计与图形学学报,2016,28(5):742-749.
- [7] 涂传朋,彭韧,陈海英,等.计算机生成剪纸风格流水动画[J].计算机辅助设计与图形学学报,2009,21(7):949-953.
- [8] PENG Dongmei, SUN Shouqian, PAN Lusheng. Research on Chinese Paper-cut CAD system[C]//Proceedings of the 4th International Conference on Image and Graphics. Washington D. C., USA: IEEE Press, 2007:892-896.
- [9] MENG Meng, ZHAO Mingtian, ZHU Songchun. Artistic Paper-cut of Human Portraits[C]//Proceedings of International Conference on Multimedia. New York, USA: ACM Press, 2010:931-934.
- [10] 蔡飞龙,于金辉,彭韧.京剧脸谱分析与合成[J].计算机辅助设计与图形学学报,2009,21(8):1092-1097.
- [11] 蔡飞龙,于金辉.京剧脸谱表情建模与编辑[J].中国图象图形学报,2010,15(6):958-963.
- [12] 唐荣锡,汪嘉业,彭群生,等.计算机图形学教程[M].北京:科学出版社,2008.
- [13] 张显全,于金辉,蒋凌琳,等.基于纹样的计算机剪纸系统[J].计算机工程,2006,32(11):248-250.
- [14] 张显全,于金辉,蒋凌琳,等.计算机辅助生成剪纸形象[J].计算机辅助设计与图形学学报,2005,17(6):1378-1382.
- [15] 李岳,唐棣.基于装饰纹样的剪纸图案设计方法[J].计算机工程,2010,36(21):234-235,238.
- [16] ASHIKHMIN M. Synthesizing Natural Textures[C]//Proceedings of ACM Symposium on Interactive 3D Graphics. New York, USA: ACM Press, 2001:217-226.

编辑 陆燕菲