

## 染色剪纸效果仿真方法研究

李岳<sup>1</sup>, 唐棣<sup>1</sup>, 李新友<sup>2</sup>

(1. 辽宁师范大学 计算机与信息技术学院, 辽宁 大连 116081;

2. 河北旅游职业学院 信息技术系, 河北 承德 067000)

**摘要:** 通过分析手工染色剪纸的特点, 提出一种染色剪纸效果仿真方法。该方法借鉴粒子系统基本概念, 应用纹理映射技术建立染色画笔模型, 对剪纸图案进行染色, 画笔的起落及走向分别由鼠标按键和移动方向控制, 通过设置画笔参数, 可以得到不同的染色效果。应用基于纹样的剪纸图案设计方法为染色剪纸添加丰富的纹样。最后将纸纹理的干扰作用考虑进去, 得到更加逼真的仿真结果。实验结果表明, 该方法较成功地模拟了染色剪纸效果。

**关键词:** 非真实感绘制; 彩色剪纸; 染色剪纸; 粒子系统

中图分类号: TP391

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)05-0035-03

### Research of simulation method of dyeing paper-cutting

Li Yue<sup>1</sup>, Tang Di<sup>1</sup>, Li Xinyou<sup>2</sup>

(1. College of Computer and Information Technology, Liaoning Normal University, Dalian 116081, China;

2. Department of Information Technology, Hebei Tourism Vocational College, Chengde 067000, China)

**Abstract:** A simulation method of dyeing paper-cutting was presented by analyzing the hand-made dyeing paper-cutting. Through learning from the basic concept of particle system and using texture mapping, this paper set up dyeing brush model which was used to dye inner of pattern. Mouse button clicking and moving direction determined the position of the brush and all kinds of dyeing effects could be realized by some parameters. Various patterns could be created by using design method of paper cut-out based on decorative pattern. At last, paper texture was integrated to make the traditional hand-made dyeing paper-cutting effect with more fidelity. The experiment results showed that this method simulates the effect of dyeing paper-cutting successfully.

**Key words:** non-photorealistic rendering; multicolor paper-cutting; dyeing paper-cutting; particle system

随着科学技术的发展, 彩色剪纸的发展非常迅速, 一些新型的彩色剪纸艺术也随之出现。从其表现形式上大致可将彩色剪纸分为染色剪纸、衬色剪纸、斗色剪纸、拼贴剪纸、勾色剪纸、分色剪纸、喷色剪纸、挂历剪纸等 8 种, 每种形式都有自己的独到之处。

在非真实感绘制 NPR(Non-Photorealistic Rendering)领域中, 彩色剪纸的仿真研究是一个崭新的课题, 这对弘扬中国民族文化及使中国传统剪纸艺术走向大众、走向世界具有积极意义, 与此同时也推动了计算机仿真技术的发展。由于彩色剪纸的形式和做法种类繁多, 不同的形式具有不同的艺术效果, 本文主要针对染色剪纸的特点对其进行模拟。

#### 1 染色剪纸及其特点

非真实感绘制在模拟染色剪纸艺术效果之前, 最主

要的工作是熟悉传统染色剪纸的制作过程和基本特征, 这样有利于将其特征效果程序化。染色剪纸<sup>[1]</sup>(也称为点色剪纸)是剪纸艺术中应用较为广泛的一种表现方法, 基本的制作过程是: 用生宣纸刻出阴刻主稿, 然后用毛笔分别将不同的颜色点染到剪纸。如果只染一张, 使用水彩染料即可; 如果张数较多, 可用品色加白酒来点染(加入白酒是为了便于颜色渗透), 然后再用黑色颜料加重需要突出的部位, 以拉开色彩的黑白灰关系, 配色原理如同水彩、水粉画调色。染色剪纸的制作过程及材料决定其基本特征: (1) 毛笔在生宣纸上染色时, 染料在生宣纸内部发生自由扩散, 形成明显的扩散效果; (2) 由于是在已经剪好的阴刻主稿上进行染色, 而染料在扩散的过程中, 遇到主稿边界而不再继续扩散, 形成轮廓清晰、边

界分明的效果;(3)剪纸纹样的多样性,通常由月牙纹、朵花纹、锯齿纹等装饰纹样进行装饰。此外,染色剪纸色彩强烈、乡土味浓厚、装饰性强,把我国传统剪纸的精髓、中国画的泼染技法及现代装饰理念融为一体,使我国的剪纸艺术更具魅力。

## 2 相关工作

随着计算机图形学技术的迅速发展,人们对非真实感绘制技术进行了大量的研究,一些 NPR 技术模拟传统的艺术媒介如铅笔画、钢笔画等都取得了很好的效果,但尚未见到有关计算机仿真彩色剪纸的文献报道。由于染色剪纸与水墨画和水彩画在制作材料、配色原理及泼染技法等方面具有相似性,因此,计算机仿真水墨画和水彩画的一些方法对模拟染色剪纸艺术有借鉴意义。

石永鑫等人通过深入分析水墨画绘画材料及相互作用关系,提出一种基于粒子系统的仿真模型体系<sup>[2]</sup>,较成功地模拟了水墨画的典型效果;张海江等人根据水墨在宣纸上扩散后会出现较明显的具有自相似性的轮廓线这一特点,提出一种应用分形思想仿真墨扩散轮廓的方法<sup>[3]</sup>;唐棣等人提出一种基于遗传算法的墨扩散效果仿真方法<sup>[4]</sup>,对原始笔迹进行初始种群产生、二进制编码、基因变异等遗传操作,初步完成了笔迹扩散的仿真;Cassidy 等人提出了三层浅水模型使水彩扩散仿真取得了不错的视觉效果。

本文在深入分析染色剪纸特点的基础上,借鉴水墨、水彩画的仿真方法,将粒子系统的思想应用在染色剪纸的仿真研究中。

## 3 染色剪纸仿真系统

根据传统染色剪纸的特点,同时考虑生宣纸纹理等因素,本文应用基于粒子系统的方法来模拟染色剪纸效果,其基本流程如图 1 所示。首先绘制出染色剪纸图案的边缘,并将边缘信息存放在数组中,以便于在染色时

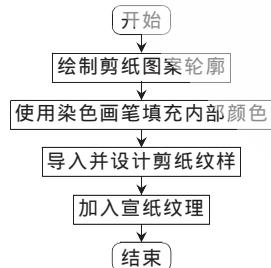


图 1 系统流程图

判断当前位置是否为图案边缘;再用具有扩散效果的染色画笔对图案内部进行染色;然后采用基于纹样的剪纸图案设计方法<sup>[6-7]</sup>导入特征纹、装饰纹等,对已经染色的剪纸图案进行装饰;最后加入生宣纸纹理,使得最终生成的染色剪纸效果更加逼真。

### 3.1 粒子系统

REEVES 在 1983 年提出的粒子系统,是一种有效模拟不规则模糊物体的生成方案,它采用统一的模式来生成诸如烟火、雨雪等具有不规则形状的自然现象,也可以用来模拟火焰、瀑布、烟雾等柔性物体。

在粒子系统中,物体通常被定义为由成千上万个不规则的、随机分布的粒子所组成。每个粒子可以根据实际需要拥有颜色、形状、位置、大小、生命值、透明度等

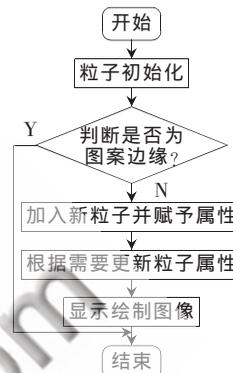
属性。而且每个粒子都要经过产生、衰减、死亡三个阶段,在每个阶段各个粒子的属性都会随时间不断变化,充分体现不规则物体的动态性和随机性。

### 3.2 基于粒子系统的染色画笔模型

本文借鉴粒子系统的基本概念建立染色画笔模型,用来模拟染料在生宣纸上扩散的效果,将画笔笔迹视为由成千上万个粒子组成的集合。

#### 3.2.1 染色画笔绘制过程

考虑到手工染色的主观性,利用鼠标控制染色画笔在绘制好的图案内部染色。当鼠标左键按下时染色开始,鼠标左键按下的位置决定初始粒子的位置,在鼠标移动的过程中,系统会根据鼠标的位置不断加入新的粒子。鼠标左键抬起或者当鼠标移动到图案的边缘时,染色结束。基于粒子系统的染色画笔绘制过程如图 2 所示。



当使用鼠标控制染色画笔在绘制好的剪纸图案的边缘部分染色时,粒子可能会扩散到剪纸边缘的外面,从而使得染色剪纸图案边缘模糊,不能逼真地模拟手工染色剪纸边界分明的效果。因此,在粒子系统中加入新的粒子前,要判断鼠标的位置是否为剪纸图案的边缘,如果鼠标移动到图案的边缘,则应终止染色过程。

#### 3.2.2 粒子系统结构

染色过程中,由于染料主要是在纸的内部进行扩散渗透,因此水的流动不只是靠重力作用,更主要的是纸纤维的吸水作用和染料的粘附作用,进而产生扩散纹理。因此,这些效果的产生除了与染料的浓度(颜色的深浅)有关外,还与纸纤维的吸水性、用笔的角度以及纸纹理的情况有关。基于以上分析,本文将粒子的属性(包括坐标、颜色、大小、生命值等)用如下的结构来表示:

```

Struct CParticle{
float x; //粒子的 X 坐标
float y; //粒子的 Y 坐标
float size; //粒子的大小
float color[3]; //粒子颜色
float life; //粒子生命值
float alpha; //透明度
};
  
```

由于系统是可交互的,粒子的属性值可以由用户指定,用户可以通过移动鼠标来确定粒子的位置,也可以通过相应的参数设置粒子的大小、颜色、生命值及透明度等属性。

#### 3.2.3 粒子的绘制

在绘制粒子时,通过 OpenGL 纹理映射技术来表现粒子的外表,这是增强真实感的简单有效手段,不同的物体有着不同的粒子外表,如球形、圆形、四边形、三角

形等。本系统采用的图元结构是具有大小和纹理的正方形图元,为每个粒子图元贴上纹理图,不同的纹理图产生不同的效果。由于染色画笔要模拟染料在纸上“涸”的效果,因此,采用如图3所示的纹理图表示,图4为染色画笔典型笔迹。



图3 粒子纹理图



图4 染色画笔笔迹

### 3.3 参数设置和效果对比

在手工制作染色剪纸过程中,具有各种各样复杂的效果,所以必须根据实际情况归纳出一些参数,这些参数通过改变粒子属性值来实现最终的效果。下面介绍实现染色剪纸效果的主要参数设置情况。

#### 3.3.1 吸水性

由于制作染色剪纸的材料主要是生宣纸,而生宣纸的吸水性和涸水性都很强,易产生丰富的墨韵变化,形成水晕墨章、浑厚华滋的艺术效果。生宣纸的吸水性决定了水在生宣纸上的扩散范围,在仿真模型中用粒子的生命值来表示,用户可以根据不同的需要对该参数进行设置。生命值(life)越大,水在纸上的扩散范围越大,水晕效果越明显,如图5所示。



图5 吸水性效果图

#### 3.3.2 染料浓度

在染色剪纸制作过程中,浓淡效果由染料的调和比例决定,本文采用透明因子来表示染料的浓度。透明因子值越大表示染料浓度很淡;否则,表示其越浓。具体效果如图6所示。



图6 不同浓度的笔迹

#### 3.3.3 纸纹理

传统的手工染色剪纸是在用吸附能力强、表面粗糙的生宣纸剪刻的阴刻主稿上进行染色,因此,为了能够更加真实地仿真染色剪纸效果,需要将纸纹理的干扰因素加进去。

本文利用图像融合<sup>[8]</sup>的方法将纸张纹理图和仿真结果融合在一起。主要过程是:将仿真结果图像与纸张纹理图相对应像素根据特定参数 $\kappa$ 进行融合,不同参数将得出不同的融合效果,其效果图如图7所示。该方法使用基于像素级融合的融合方法,能够保留尽可能多的图像信息,精度比较高,使得彩色图能比较自然地过渡到纸张纹理图上,达到一种彩色图像在纸张上绘制的效果。

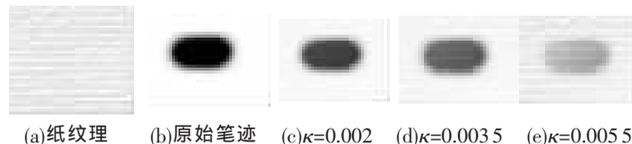


图7 纸纹理效果图

从图7中可以看出,当 $\kappa=0.002$ 时,宣纸纹理特征不够明显,如图7(c)所示;当 $\kappa=0.0035$ 时,纹理效果明显,如图7(d)所示;当 $\kappa=0.0055$ 时,笔迹颜色失真,如图7(e)所示。

本文在深入分析染色剪纸特点的基础上,通过大胆的想法和尝试,借鉴水墨、水彩画的绘制方法,将粒子系统基本思想与染色剪纸的特点相结合,严格按照染色剪纸特有的性质进行模拟,实现了边缘平滑、颜料的扩散、纸张纹理等效果,一幅完整作品如图8所示。实验结果表明,该方法较成功地模拟了染色剪纸效果。今后的工作是对其他形式的彩色剪纸进行仿真研究,根据不同形式彩色剪纸的特点,利用图像处理等方法生成不同的效果。



图8 一幅完整作品

#### 参考文献

- [1] 岳文义.中国少儿剪纸艺术[M].北京:今日中国出版社,1992.
- [2] 石永鑫,孙济洲,张海江,等.基于粒子系统的中国水墨画仿真算法[J].计算机辅助设计与图形学学报,2003,15(6).
- [3] 张海江,王秀锦,孙济洲,等.应用分形仿真水墨扩散轮廓[J].计算机辅助设计与图形学学报,2004,16(4):555-558.
- [4] 唐棣,臧超.一种应用GA的墨扩散效果仿真新方法[J].中国图像图形学报,2009,14(3):537-542.
- [5] CURTIS C J, ANDERSON S E. Computer-generated watercolor [C]. Computer Graphics Proceedings, Annual Conference Series, ACM SIGGRAPH, Los Angeles, 1997: 421-430.
- [6] Peng Dongmei, Sun Shouqian, Pan Lusheng. Research on chinese paper-cut CAD system [C]. Proceeding of the 4th International Conference on Image and Graphics. Washington DC: IEEE Computer Society, 2007:892-896.
- [7] 高利伟,余隋怀,刘肖健,等.传统艺术数字化CAD技术研究[J].计算机应用研究,2009,26(2):778-780.
- [8] 李康,刘志镜,余斌,等.彩色图像融合算法与技术的研究[J].计算机应用,2001,21(8):38-40.

(收稿日期:2010-09-09)

#### 作者简介:

李岳,女,1986年生,硕士研究生,主要研究方向:非真实感绘制。

唐棣,女,1960年生,教授,硕士生导师,主要研究方向:计算机图形学基础算法和非真实感绘制。

李新友,男,1981年生,硕士研究生,主要研究方向:非真实感绘制。