

## 棉纱线彩点喷染工艺研究

谈智鑫<sup>1</sup>, 林俊雄<sup>1</sup>, 陈维国<sup>1</sup>, 许志伟<sup>2</sup>

(1. 浙江理工大学先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018;

2. 浙江百德纺织有限公司, 浙江湖州 313200)

**摘 要:** 在自制的彩点纱喷染实验室模拟装置上,采用三原色活性染料活性红 3BS、活性黄 3RS 和活性蓝 GD 对棉纱线进行喷染,分析主要工艺参数尿素用量、纯碱用量、元明粉用量和汽蒸时间等单因素对喷染棉纱线 K/S 值的影响,并运用正交试验对工艺进行优化,得出最佳喷染工艺为:尿素 15 g/L、纯碱 15 g/L、元明粉 20 g/L、汽蒸时间 20 min。实验结果表明,在该喷染工艺下得到的棉纱线具有较高的色深度和色牢度,可以获得较好的实际应用效果。

**关键词:** 棉纱线; 喷染; 活性染料; 色深度; 色牢度

**中图分类号:** TS193.5

**文献标志码:** A

### 0 引 言

彩点纱是在原白纱或色纱上增加一种或几种彩色点子的纱线<sup>[1]</sup>,可以采用直接喷染实现彩点效果。纱线彩点喷染,即利用空压机的气流将喷头中的染液喷到匀速运行的纱线上,染液与纱线纤维接触产生的压强会在一定程度上促使染液渗透进入纱线内部。它与织物的喷射染色<sup>[2]</sup>有所不同,纱线彩点喷染可以通过调节染料颜色和纱线运行速度等因素,在纱线上获得疏密程度变化、规则性可有可无的一种或多种颜色的点,采用这种彩点纱线可以编织出层次丰富、五彩缤纷的面料,符合现代消费者的个性时尚需求<sup>[3]</sup>。同时,纱线彩点喷染具有耗水少、耗能低、污水排放量少和染色周期短<sup>[4]</sup>等突出优点,符合我国建设资源节约型、环境友好型社会的发展要求。然而,实际生产中的纱线彩点喷染得到的产品存在得色量不高、染色牢度偏低等一系列质量问题,因此需要通过改进和优化喷染工艺来提高产品的质量。

为了方便研究纱线彩点喷染的工艺,本文以棉纱线为研究对象,模拟工厂实际生产彩点纱的设备,以美术喷笔替代实际生产所用的喷头,在实验室建

立一种纱线喷染模拟实验装置,并固定染液喷笔口径大小和空压机压强等喷染设备参数,将纱线喷染出具有一定长度的单一颜色的色段,着重研究尿素用量、纯碱用量、元明粉用量和汽蒸时间等因素对喷染效果的影响,通过正交试验对棉纱线的喷染工艺进行优化。

### 1 实验部分

#### 1.1 实验材料及仪器

**材料:** 棉纱线(333.3 tex)、活性红 3RS、活性黄 3RS、活性蓝 GD(上海雅运纺织化工有限公司)、尿素(AR)、纯碱(AR)、元明粉(AR)、防染盐 S(AR)、渗透剂(工业用)、皂片(工业用)等。

**仪器:** 130K 型美术喷笔(台湾宏骏国际有限公司), HSENG 空压机(浩盛气动机械有限公司), Datacolor SF600X 测色光谱仪(美国 Data Colour 公司), Mathis 万能汽蒸焙烘机(瑞士 Mathis 公司), SW-12A II 型耐洗色牢度试验机(温州大荣纺织标准仪器厂), Y571(L)染色摩擦牢度仪(浙江温州纺织仪器厂), YG(B)982X 型标准光源箱(温州际高监测仪器有限公司)。

收稿日期: 2014-11-13

基金项目: 国家自然科学基金项目(51203140)

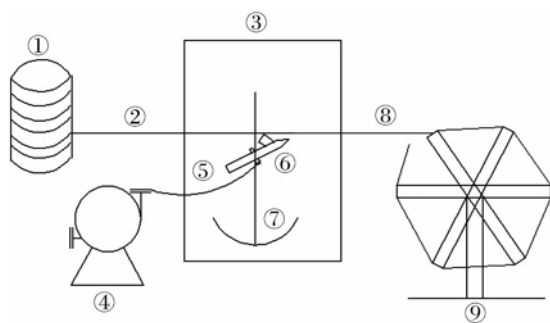
作者简介: 谈智鑫(1990—),男,安徽合肥人,硕士研究生,主要从事生态染整技术及染整污染控制方面的研究。

通信作者: 林俊雄, E-mail: linjunxiong@zstu.edu.cn

## 1.2 喷染工艺实验

### 1.2.1 喷染实验装置图

本实验模拟装置如图1所示。



①筒子纱,②喷染前纱线,③喷染室,④空压机,⑤空压机与喷笔之间的连接线,⑥美术喷笔,⑦支撑喷笔的铁架台,⑧喷染后绕在绞纱机上的纱线,⑨绞纱机

图1 棉纱线喷染装置

### 1.2.2 喷染设备参数

喷笔口径 3 mm;空压机压强  $1.6 \times 10^5$  Pa;喷笔与纱线间距 2 cm;纱线水平运行速度 15 cm/s。

### 1.2.3 喷染工艺流程

室温下喷染活性染料染液→晾干→汽蒸固色→水洗→皂煮→水洗→烘干。

### 1.2.4 喷染工艺处方

活性染料/(g·L <sup>-1</sup> )	25;
防染盐 S/(g·L <sup>-1</sup> )	10;
汽蒸温度/℃	101;
汽蒸湿度/%	100;
尿素/(g·L <sup>-1</sup> )	0、5、10、15、20、25;
纯碱/(g·L <sup>-1</sup> )	0、5、10、15、20、25;
元明粉/(g·L <sup>-1</sup> )	0、5、10、15、20、25;
汽蒸时间/min	0、10、20、30、40、50。

### 1.2.5 正交试验<sup>[5]</sup>

在单因素分析的基础上,固定染料 25 g/L、防染盐 S 10 g/L、汽蒸温度 101℃和汽蒸湿度 100%,采用尿素用量(10、15、20 g/L)、纯碱用量(10、15、20 g/L)、元明粉用量(15、20、25 g/L)和汽蒸时间(10、20、30 min)进行四因素三水平的正交试验。

## 1.3 测试方法

### 1.3.1 色深值(K/S值)<sup>[6]</sup>的测定

将均匀连续喷染的棉纱线,紧密缠绕在纸板上,采用 Datacolor SF600X 型计算机测色配色仪,在 D65 光源和 10°视场测定。

### 1.3.2 色牢度<sup>[7]</sup>的测定

耐洗色牢度参照 GB/T 3921.3—2008《纺织品

色牢度试验 耐洗色牢度》测定,耐摩擦色牢度参照 GB/T 3920—2008《纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度》测定。

## 2 结果与讨论

### 2.1 单因素分析

选定防染盐 S 10 g/L、汽蒸温度 101℃和汽蒸湿度 100%,采用活性红 3BS、活性黄 3RS 和活性蓝 GD 三原色活性染料对棉纱线进行喷染实验,研究尿素用量、纯碱用量、元明粉用量、汽蒸时间和染料用量对棉纱线喷染效果的影响。

#### 2.1.1 尿素用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响

尿素具有助溶染料的作用,同时又是良好的吸湿剂,在汽蒸过程中可以加速纤维的溶胀,有利于活性染料的固色。在纯碱 15 g/L、元明粉 20 g/L、汽蒸 30 min 的条件下,分别采用活性红 3BS、活性黄 3RS、活性蓝 GD 三只活性染料(25 g/L),改变尿素用量为 0、5、10、15、20 g/L 和 25 g/L 对棉纱线进行喷染。尿素用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响如图 2 所示。

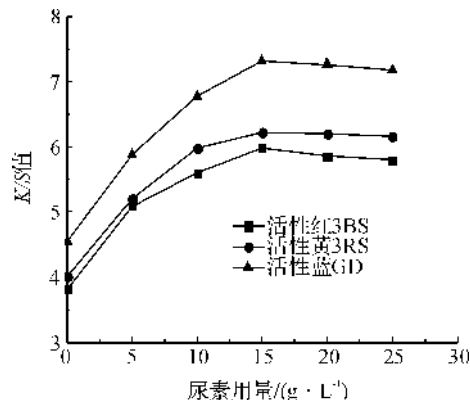


图2 尿素用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响

由图2可以看出,当尿素用量小于 15 g/L,随着尿素用量的增加,染料的溶解度增大,同时汽蒸过程会促进纤维的溶胀,从而提高染料的渗透性和得色深度,即 K/S 值增加。当用量大于 15 g/L 时,喷染棉纱线 K/S 值并没有随着尿素用量的增加而变大。

#### 2.1.2 纯碱用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响

纯碱作为棉纤维活性染料染色中的固色碱剂,在其创造的合适 pH 值的条件下会促进棉纤维形成纤维素负氧离子,加速与染料的键合反应。实验中,选择尿素 15 g/L、元明粉 20 g/L、汽蒸 30 min,分别采用活性红 3BS、活性黄 3RS、活性蓝 GD 三只活性染料(25 g/L),改变纯碱用量为 0、5、10、15、20 g/L 和 25 g/L 对棉纱线进行喷染。纯碱用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响如图 3 所示。

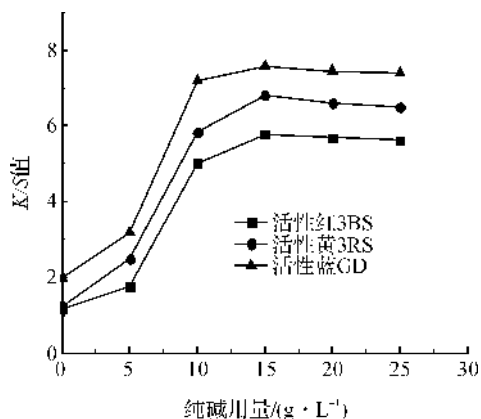


图3 纯碱用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响

由图3可以看出,当纯碱用量小于15 g/L,随着纯碱用量的增加,活性染料与棉纤维的键合反应增强,喷染棉纱线 K/S 值逐渐增加;当用量大于15 g/L时,随着纯碱用量的增加,喷染液的 pH 值过高,使染料的利用率下降,喷染棉纱线 K/S 值会有所降低。

### 2.1.3 元明粉用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响

在棉纱线的活性染料喷染中,加入中性盐元明粉可以起到促染的作用。在尿素15 g/L、纯碱15 g/L、汽蒸30 min的条件下分别采用活性红3BS、活性黄3RS、活性蓝GD三只活性染料(25 g/L),改变元明粉用量为0、5、10、15、20 g/L和25 g/L对棉纱线进行喷染。元明粉用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响如图4所示。

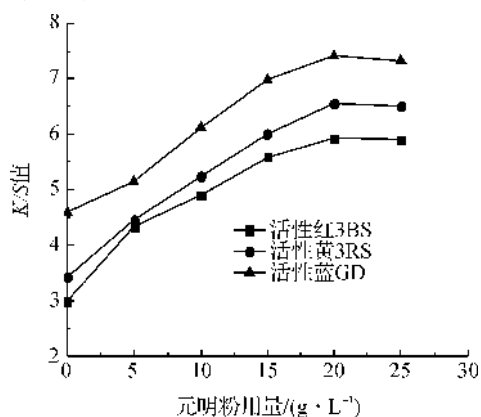


图4 元明粉用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响

由图4可以看出,当元明粉用量小于20 g/L,随着元明粉用量的增加,喷染纱线 K/S 值逐渐增加;当用量大于20 g/L时,随着元明粉用量的增加,喷染纱线 K/S 值变化不大。

### 2.1.4 汽蒸时间对喷染棉纱线 K/S 值的影响

汽蒸时,纱线表面的局部染浴为染料上染棉纱线提供了染色环境,纤维发生吸湿溶胀,同时纱线上活性染料溶解,易于扩散到纤维内部,最终与棉纤维

形成共价键结合。在尿素15 g/L、纯碱15 g/L、元明粉20 g/L的条件下,分别采用活性红3BS、活性黄3RS、活性蓝GD三只活性染料(25 g/L),改变汽蒸时间为0、10、20、30、40 min和50 min对棉纱线进行喷染。汽蒸时间对喷染棉纱线 K/S 值的影响如图5所示。

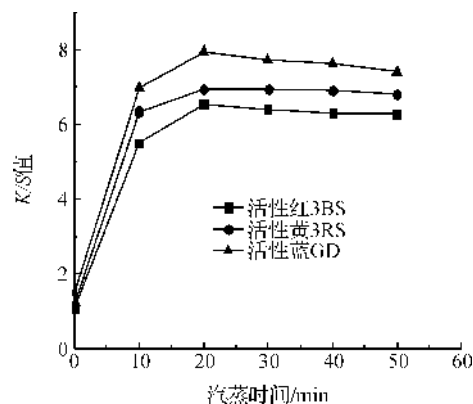


图5 汽蒸时间对喷染棉纱线 K/S 值的影响

由图5可以看出,当汽蒸时间小于20 min时,喷染纱线的 K/S 值随着汽蒸时间的延长而提高;当汽蒸时间达到20 min, K/S 值达到最大;超过20 min后随着汽蒸时间的延长,棉纱线色泽变萎暗, K/S 值有所降低。

### 2.1.5 染料用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响

染料用量一般由实际喷染时所需的色深决定。在尿素15 g/L、纯碱15 g/L、元明粉20 g/L和汽蒸20 min的条件下,改变染料用量为5、10、15、20、25、30和35 g/L,对棉纱线进行活性染料喷染。染料用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响如图6所示。

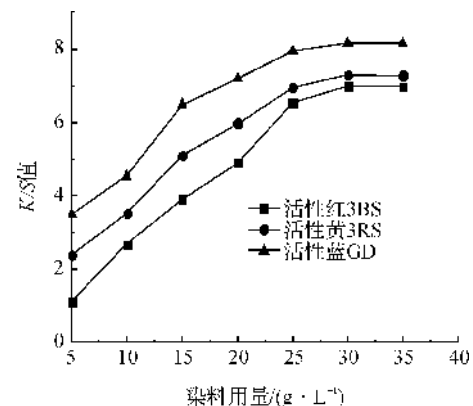


图6 染料用量对喷染棉纱线 K/S 值的影响

由图6可知,对于活性染料活性红3BS、活性黄3RS和活性蓝GD,在染料用量为5~30 g/L时,随着染料用量的增加,喷染纱线的 K/S 值有较明显的提高;当染料用量大于30 g/L时,染料对棉纱线的上染逐渐趋于饱和,故 K/S 值增加不明显。在实际

生产中,染料用量不能过高,因为染料用量过高会使染料发生聚集,大量染料附着在纤维表层,降低匀染和透染效果,同时还会造成染料浪费,增加有色废水引起环境污染。

## 2.2 正交试验及极差分析

为了进一步优化棉纱线的活性染料喷染工艺,

在单因素分析的基础上,固定染料 25 g/L、防染盐 S 10 g/L、汽蒸温度 101℃ 和汽蒸湿度 100%,采用尿素用量、元明粉用量、纯碱用量及汽蒸时间四因素三水平进行正交试验,因素水平如表 1 所示。以喷染棉纱线的  $K/S$  值为考察指标得出正交试验结果,再对试验结果进行极差分析,结果如表 2 所示。

表 1 正交试验因素和水平

水平	试验因素			
	A 尿素用量/(g·L <sup>-1</sup> )	B 纯碱用量/(g·L <sup>-1</sup> )	C 元明粉用量/(g·L <sup>-1</sup> )	D 汽蒸时间/min
1	10	10	15	10
2	15	15	20	20
3	20	20	25	30

表 2 正交试验结果分析表

实验号	因素				K/S 值							
	A	B	C	D	活性红 3BS		活性黄 3RS		活性蓝 GD			
1	10	10	15	10	3.143 6		4.158 7		5.245 8			
2	10	15	20	20	5.647 3		6.792 8		7.842 5			
3	10	20	25	30	4.298 4		5.798 8		6.145 2			
4	15	10	20	30	5.152 0		6.037 4		7.242 0			
5	15	15	25	10	4.135 8		5.046 4		6.514 5			
6	15	20	15	20	5.684 7		6.899 1		7.413 6			
7	20	10	25	20	4.625 8		5.957 1		6.452 2			
8	20	15	15	30	5.651 4		6.434 5		7.359 9			
9	20	20	20	10	4.425 6		5.551 6		6.368 8			
$K_1/3$	4.363	4.307	4.827	3.902	5.583	5.384	5.831	4.919	6.411	6.313	6.673	6.043
$K_2/3$	4.991	5.145	5.075	5.319	5.994	6.091	6.127	6.550	7.057	7.239	7.151	7.236
$K_3/3$	4.901	4.803	4.353	5.034	5.981	6.083	5.601	6.090	6.727	6.643	6.371	6.916
极差 R	0.628	0.838	0.722	1.417	0.411	0.707	0.526	1.631	0.646	0.926	0.780	1.193

由表 2 可以看出,三原色活性染料活性红 3BS,活性黄 3RS 和活性蓝 GD 对棉纱线喷染的四个因素中汽蒸时间的极差最大,说明汽蒸时间对喷染纱线的  $K/S$  值影响最大,其次是纯碱用量,而元明粉和尿素用量对  $K/S$  值的影响较小。通过正交试验的结果分析可以得出,棉纱线活性染料喷染的最优工艺条件为  $A_2B_2C_2D_2$ ,即尿素 15 g/L、纯碱 15 g/L、元明粉 20 g/L、汽蒸时间 20 min。

## 2.3 活性染料喷染棉纱线的质量指标分析

当活性染料用量为 25 g/L 时,采用最佳喷染工艺条件对棉纱线进行喷染实验,并将喷染纱线进行质量指标分析,结果如表 3 所示。

表 3 活性染料喷染棉纱线的质量指标

染料种类	$K/S$ 值	耐洗色牢度/级			耐摩擦色牢度/级	
		棉变色	棉沾色	粘胶沾色	干摩	湿摩
活性红 3BS	6.5368	4~5	4~5	5	5	4~5
活性黄 3RS	6.9492	4~5	4~5	5	4~5	4~5
活性蓝 GD	7.9474	4~5	4	4~5	4~5	4~5

由表 3 可以看出,三原色活性染料喷染棉纱线的  $K/S$  值都在 6 以上,说明喷染纱线具有良好的染色深度;耐洗色牢度 $\geq 4$  级,干摩擦色牢度 $\geq 4 \sim 5$  级,湿摩擦色牢度为 4~5 级,说明喷染纱线具有较高的染色牢度,可达到一般棉纺织品的色牢度要求。

## 3 结 论

通过模拟实际生产彩点纱的喷染装置,在选定喷笔口径大小和空压机压强等喷染设备参数以及染料用量和汽蒸温度等喷染工艺参数的条件下,通过单因素及正交试验分析,得到棉纱线活性染料喷染的最佳工艺为:尿素 15 g/L、纯碱 15 g/L、元明粉 20 g/L、汽蒸时间 20 min。当染料用量为 25 g/L 时,采用最佳工艺喷染得到喷染棉纱线的色深值良好( $K/S$  值 $>6$ ),耐洗色牢度 $\geq 4$  级,干摩擦色牢度 $\geq 4 \sim 5$  级,湿摩擦色牢度为 4~5 级。该优化喷染工艺,可以为彩点纱生产提供参考。

## 参考文献:

- [1] 邱莉. 中高支粗纺羊绒彩点纱的纺制[J]. 毛纺科技, 2006(3): 19-20.
- [2] 于伯龄, 孙艳宏, 聂锦梅. 棉布的活性染料喷染工艺[J]. 印染, 2005(3): 29-30.
- [3] 彭志忠. 棉纱线的活性段染技术[J]. 印染, 2013(14): 18-21.
- [4] Yu B L, Hong B Q, Yu L L. Spray dyeing on cotton and wool fabrics [J]. International Dyer, 2003 (1): 12-14.
- [5] 丁飞飞, 汪澜. 低熔点皮芯复合纤维性能分析及分散染料染色工艺研究[J]. 浙江理工大学学报, 2011, 28(1): 20-25.
- [6] 金咸穰. 染整工艺实验[M]. 北京: 中国纺织工业出版社, 1987: 141-143.
- [7] 纺织工业标准化研究所. 中国纺织标准汇编: 一[M]. 北京: 中国标准出版社, 2007: 159-180.

## Study on Spray Dyeing Process of Cotton Yarns with Color Fiber Circle

TAN Zhi-xin<sup>1</sup>, LIN Jun-xiong<sup>1</sup>, CHEN Wei-guo<sup>1</sup>, XU Zhi-wei<sup>2</sup>

- (1. The Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;  
2. Zhejiang Proud Textile Co., Ltd., Huzhou 313200, China)

**Abstract:** This study conducts spray dyeing of cotton yarns with three primary color reactive dyes-reactive red 3BS, reactive yellow 3RS and reactive blue GD on the self-made laboratory analog device for spray dyeing of yarns with color fiber circle, analyzes the influence of single factors such as urea dosage, sodium carbonate dosage, anhydrous sodium sulphate dosage and steaming time on  $K/S$  value of cotton yarns subject to spray dyeing, optimizes the process with orthogonal test and obtains the optimal spray dyeing process: urea 15 g/L, sodium carbonate 15 g/L, anhydrous sodium sulphate 20 g/L and steaming time 20 min. The experimental result shows that cotton yarns obtained under this spray dyeing process have high color depth and color fastness and can obtain a good effect of practical application.

**Key words:** cotton yarns; spray dyeing; reactive dyes; color depth; color fastness

(责任编辑: 许惠儿)