

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017050050304

# 山羊绒原位矿化染色技术应用研究

张宏伟 徐成书 邢建伟 吴梦婷 张元元

(西安工程大学 纺织与材料学院 陕西 西安 710048)

**摘要:** 为保证染色产品质量,传统山羊绒活性染料染色工艺需要繁琐的后处理,用水量及排污量大。采用 Lanosol CE 系列染料,同时对山羊绒散纤维进行传统工艺和原位矿化工艺染色加工,对比研究不同染色工艺产品的颜色、色牢度、纺纱性能等品质以及染色能耗、排污情况。结果表明,原位矿化工艺染品的颜色与传统工艺染品接近,色牢度与传统工艺染品相当,纺纱性能优于传统工艺染品,残液色度降低 79%, $COD_{cr}$  值降低 83%,染色节水 80%,染色时间节约 11%,用电量节约 11%,蒸汽耗用量节约 58%,染色效率提高,加工成本显著降低。

**关键词:** 山羊绒; 原位矿化染色; 节水; 减排

中图分类号: TS 193 文献标志码: A

## Study on application of in-situ mineralization dyeing of cashmere

ZHANG Hongwei, XU Chengshu, XING Jianwei, WU Mengting, ZHANG Yuanyuan

(School of Textile &amp; Materials, Xi'an Polytechnic University, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

**Abstract:** In order to guarantee the quality of dyeing products, a complicated after-treatment process was needed after the conventional dyeing of cashmere fiber with reactive dyes. The amount of water consumption and sewage discharge were large. The dyeing of cashmere using Lanosol CE series dyes was performed in the in-situ mineralization processes and the conventional dyeing processes. The quality of the products, such as color, fastness, spinning property, and the dyeing energy consumption and emission of the different processes were studied contrastively. The result showed that the color of the cashmere dyed with in-situ mineralization process was close to that of traditional dyeing cashmere, the fastness was the same as that of traditional dyeing cashmere, the spinning property was better than that of traditional dyeing cashmere. Besides, compared with the traditional dyeing process, not only the effluent chroma and  $COD_{cr}$  of the effluent were reduced by 79% and 83%, but also water, time, electricity and steam consumption for the dyeing were respectively reduced by 80%, 11%, 11% and 58%. The efficiency of dyeing was improved, the cost was reduced remarkably as well.

**Keywords:** cashmere; in-situ mineralization dyeing; water saving; emission reduction

山羊绒因其软、滑、糯、轻、暖等特点占据着高档纺织品的市场,素有“纤维皇后”的美称<sup>[1-2]</sup>。然而,由于染料上染百分率和固色率的问题,山羊绒染色后需要进行大量的碱洗及水洗,造成了耗水耗能多、污水排放重等现象<sup>[3-4]</sup>。针对这些问题,目前主要的解决方法有染色设备改进<sup>[5]</sup>、净洗助剂开

发<sup>[6-7]</sup>等,但实际生产中,不仅节水减排效果有限,成本还较高。

山羊绒原位矿化染色技术是在染色“原位”上使残余有机物发生“矿化”,从而省去繁复的后处理,大量节省用水,降低污染排放的一种全新的间歇式染色方法。染色结束后,不排放残液,将其降低至一定温度,加入矿化助剂,使残浴中的染料及助剂经矿化作用变成无色小分子物、水和二氧化碳。整个染色及矿化过程始终在同一浴中进行,并且最终残浴色度、 $COD_{cr}$  值显著降低,真正实现深度节水减排的目的<sup>[8-9]</sup>。本文针对原位矿化工艺及传统工艺的耗能排污等情况以及 2 种工艺染品的质量进行对比

收稿日期: 2017-05-16

基金项目: 陕西省功能服装面料重点实验室项目(16JS034)。

第一作者简介: 张宏伟, 硕士生, 研究方向为纺织品化学加工新材料、新工艺的理论及应用。E-mail: 1256253357@qq.com。

研究。

## 1 试验

### 1.1 材料及试剂

山羊绒散纤维(紫绒), Lanosol CE 系列活性染料、Albegal B、Albegal FFA、皂洗剂 R、低温助剂 XTD-RH、防虫蛀剂 JF-86、甲酸、纯碱(工业品)、微悬浮体染色助剂 XPN、矿化偶合剂 XAM、矿化偶合剂 XBM、矿化偶合剂 XYM(自制)。

### 1.2 设备及仪器

羊绒散纤维染色机(Loris Bellini 公司), Color i7 型测色仪(X-Rite 公司), Y571N 型摩擦色牢度仪(南通宏大实验仪器有限公司), SW-12A 型耐洗色牢度试验机(无锡纺织仪器厂), YG(B)008E 型电子单纤维强力机(温州大荣纺织仪器有限公司), YG020 型电子单纱强力仪(宁波纺织仪器厂), COD-571 型化学需氧量(COD)测定仪(上海仪电科学仪器股份有限公司), FB201 型梳理机(青岛纺织机械厂), FA306A 型并条机(青岛华普机械有限公司), FA493 型粗纱机(赛特环球机械有限公司), FB810 型环锭细纱机(晋中鸿运纺织机械有限公司), GA014MD 型槽筒式络筒机(江苏永泰机电科技有限公司), HY369 型短纤倍捻机(绍兴华裕纺机有限公司)。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 传统染色工艺

传统染色工艺染化料用量如表1所示,染色工艺曲线如图1所示,染色浴比为1:12。

表1 山羊绒活性染料传统染色染浴组成

加料序号	物料名称	物料用量/(% (owf))
A	甲酸	1.6
	低温助剂 XTD-RH	6.0
	Albegal B	2.0
	Albegal FFA	0.5
	防虫蛀剂 JF-86	1.0
B	Lanosol Black CE-R	6.5
C	纯碱	1.2
D	纯碱	1.5
	汽巴蓬勃 R	4.0
E	甲酸	0.5

#### 1.3.2 原位矿化染色工艺

原位矿化染色工艺染化料用量如表2所示,染色工艺曲线如图2所示,染色浴比为1:12。

### 1.4 测试方法

#### 1.4.1 色差测试

按照 GB/T 13531.2—1992 《化妆品通用试验

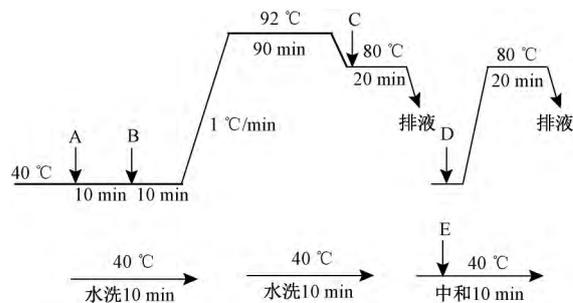


图1 山羊绒活性染料传统染色工艺曲线

方法 色泽三刺激值和色差测定》测试方法,使用 X-Rite Color i7 爱色丽测色仪,以传统工艺染品为测试标准,对原位矿化工艺染品进行色差测试。当色差  $\Delta E \leq 0.5$ ,为企业可接受范围,即认为产品质量合格。

表2 山羊绒活性染料原位矿化染色染浴组成

加料序号	物料名称	物料用量/(% (owf))
F	甲酸	1.6
	微悬浮体染色助剂 XPN	2.0
B	Lanosol Black CE-R	6.5
G	偶合剂 XAM	4.0
H	偶合剂 XBM	1.0
	甲酸	4.2
I	偶合剂 XYM	3.0

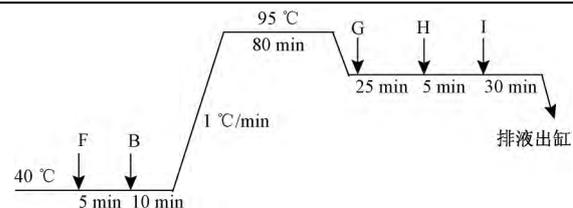


图2 山羊绒活性染料原位矿化染色工艺曲线

#### 1.4.2 色牢度测试

耐摩擦色牢度:按照 GB/T 3920—2008 《纺织品色牢度试验 耐摩擦色牢度》测定。

耐皂洗色牢度:按照 GB/T 3921—2008 《纺织品色牢度试验 耐皂洗色牢度》测定。

耐汗渍色牢度:按照 GB/T 3922—2013 《纺织品色牢度试验 耐汗渍色牢度》测定。

#### 1.4.3 强力测试

单纤维强力:按照 GB/T 14337—2008 《化学纤维 短纤维拉伸性能试验方法》进行测试。

细纱及股线强力:按照 GB/T 3916—2013 《纺织品 卷装纱 单根纱线断裂强力和断裂伸长率的测定(CRE法)》进行测试。股线强力参照细纱强力测试方法进行。

#### 1.4.4 染色排放残液测试

色度:按照 GB/T 11903—1989 《水质 色度的测

定》进行测试。

COD<sub>cr</sub>值:按照 GB 11914—1989《水质 化学需氧量的测定 重铬酸盐法》进行测试。

## 2 结果与讨论

### 2.1 颜色

采用 Lanosol CE 系列染料分别以传统染色工艺和原位矿化染色工艺对山羊绒散纤维进行染色加工。以传统工艺染色样品为标准样,测试原位矿化工艺染色样品与传统工艺染色样品的颜色差异,测试结果如表 3 所示。

表 3 颜色差异测试结果

序号	DL*	Da*	Db*	Dc*	DH	ΔE	评级数值	评级
1	0.05	0.01	0.20	-0.27	0.12	0.30	4.88	5
2	0.45	-0.16	0.04	-0.17	-0.18	0.52	4.71	4~5
3	-0.36	-0.04	0.09	-0.14	0.00	0.39	4.78	5
4	-0.03	-0.04	-0.16	0.16	-0.06	0.17	4.92	5
5	0.08	0.00	0.28	-0.40	-0.02	0.41	4.82	5
平均	0.04	-0.05	0.09	-0.16	-0.03	0.36	4.82	5

注:DL\*表示明度的差值, Da\*表示红光或绿光的差值, Db\*表示黄光或蓝光的差值, Dc\*表示鲜艳度的差值, DH表示色相的差值, ΔE表示总色差。

由表 3 可知,原位矿化工艺染色样品,总色差 ΔE 的平均值为 0.36,小于 0.5,评级级别基本达到 5 级。企业拼毛对色人员对比不同染色工艺染品实物,认为二者颜色相近,无明显差异,表明相比传统染色样品,原位矿化工艺染色染品的颜色指标并未发生明显的变化,完全符合产品颜色要求。原位矿化染色工艺染色环节使用微悬浮体染色助剂 XPN,保证了染料充分上染和固色;分离环节偶合剂 XAM 使纤维表面的浮色与纤维充分分离,稳定均匀地分散于染浴或纤维表面;矿化环节发生于液相或固液界面,对分离的浮色进行矿化分解,因此综合以上 3 个环节,原位矿化工艺染品获得了与传统工艺基本一致的颜色效果。

### 2.2 色牢度

采用 Lanosol CE 系列染料分别以传统染色工艺和原位矿化染色工艺对山羊绒散纤维进行染色加工,纤维色牢度测试结果如表 4 所示。

采用原位矿化工艺对山羊绒进行染色加工,可获得与传统工艺染色样品一致的色牢度。原位矿化染色产品获得优良色牢度品质的原因有 2 个方面:其一是偶合剂 XAM 具有一定的聚集作用<sup>[10]</sup>,使已分离的浮色染料形成微悬浮体颗粒,难以进入纤维浅表层造成二次黏附,同时有利于后续的矿化作用;

表 4 色牢度测试结果

染色工艺	耐摩擦色牢度		耐皂洗色牢度			耐汗渍色牢度		
	干摩	湿摩	变色	棉沾	毛沾	变色	棉沾	毛沾
传统工艺	3	4	4~5	4	4	4~5	4	4
原位矿化工艺	3	4	4~5	4	4	4~5	4	4

其二是偶合剂 XBM 具有靶向和催化作用,使偶合剂 XYM 的矿化反应定向作用于分散在染浴和纤维表面的残余染料和助剂,而不会使已固着的染料发生解固或破坏而形成新的浮色。因此,原位矿化染色工艺能高效去除纤维表面浮色,保证产品色牢度符合要求。

### 2.3 纤维强力及纺纱性能

采用 Lanosol CE 系列染料分别以传统染色工艺和原位矿化染色工艺对山羊绒散纤维进行染色加工,对不同工艺染色的羊绒纤维进行单纤维强力测试,同时对比不同工艺染色纤维的纺纱性能,结果如表 5 所示。

表 5 纤维强力及纺纱性能测试结果

染色工艺	单纤维		细纱		股线		纱线制成率/%
	强力/cN	伸长/mm	强力/cN	伸长率/%	强力/cN	伸长率/%	
传统工艺	3.44	3.85	122	8.4	265	11.8	82.4
原位矿化工艺	3.45	3.86	126	8.8	280	12.0	82.6

由表 5 可知,采用不同工艺对山羊绒散纤维进行染色加工,单纤维强力性能基本相同,但细纱、股线的强力性能及纱线制成率,原位矿化工艺明显优于传统工艺。原位矿化工艺纤维的强力及纺纱性能更优的原因是:其一原位矿化染色技术是通过矿化作用将纤维表面的浮色以及黏附在纤维表面的有机类杂质充分分解为小分子物、水以及二氧化碳,因此纤维表面的光洁度更好,从而降低了纤维表面的摩擦因数;其二原位矿化技术省去了传统染色加工环节的多次碱洗以及水洗环节,纤维无需经历反复的冷热交替加工,强力及纺纱等基本性能得到保护。因此,原位矿化工艺染品,无论是单纤维强力还是纱线的基本指标均优于传统工艺。

### 2.4 染色残液排污指标

采用 Lanosol CE 系列染料分别以传统染色工艺和原位矿化染色工艺对山羊绒散纤维进行染色加工,并收集 2 种工艺各环节的排放残液,进行 COD<sub>cr</sub>值及色度测试,具体结果如表 6 所示。

由表 6 可知,采用原位矿化染色技术能够显著地降低排放残液的污染物含量。与传统工艺相比,

表 6 染色残液指标测试结果

染色工艺	COD <sub>cr</sub> 值 / × 10 <sup>3</sup> (mg · L <sup>-1</sup> )	色度 / × 10 <sup>3</sup>
传统 工艺	染色	9.34
	碱洗	6.23
	清洗	6.00
	清洗	5.10
	中和	4.10
	总和	30.80
原位矿化工艺	5.06	1.48

注:传统工艺对应的 COD<sub>cr</sub> 值和色度的总和为染色各环节残液测试指标的和。

COD<sub>cr</sub> 值降低 83.6% ,色度降低 79.2% 。原位矿化染色技术 始终只在同一浴中进行,在偶合剂 XBM 定向催化作用下,偶合剂 XYM 可对纤维表面浮色以及染浴中游离的染料和助剂进行矿化,使得残液中废弃染料及助剂等有机污染物得到极大程度的去除,因此 COD<sub>cr</sub> 值和色度等指标明显降低,在节约大量用水的同时,更大大降低了废水处理的成本和经济投入,为企业的绿色环保性生产提供强有力的技术支持和保障。

### 2.5 染色耗能及效率综合对比

采用 2 种染色工艺进行试验,按 1 t 山羊绒散纤维计算,染色浴比为 1:12,染色机功率为 7.5 kW。分析 2 种染色工艺的耗水、耗电和耗气量,同时对比 2 种染色工艺的加工效率,结果如表 7 所示,其中耗电量为染色机功率与染色耗时的乘积。

表 7 能耗及效率对比

染色工艺	耗水量/t	耗汽量/t	耗电量/(kW · h)	耗时/h
传统工艺	60.0	4.01	1 125.0	4.5
原位矿化工艺	12.0	1.68	1 000.0	4.0
节省率/%	80.0	58.1	11.1	11.1

设定室温为 25 °C,结合图 1、2,蒸汽用量  $Q_m$  计算公式为:

$$Q_m = m \cdot C_p \cdot \Delta t / H_{fg}$$

式中:  $m$  为加热介质的质量,kg;  $C_p$  为加热介质的比热, kJ/(kg · °C) 水的比热约为 4.186 kJ/(kg · °C);  $\Delta t$  为加热介质升高的温度差值,°C;  $H_{fg}$  为所用蒸汽

的蒸发潜热, kJ/kg,以 0.5 MPa 蒸汽为例,其潜热为  $2.092 \times 10^3$  kJ/kg,该计算不计蒸汽损耗。

由表 7 可知,原位矿化染色工艺,可节省染色时间 11.1%,提高了生产效率,综合节约用水 80%,节约蒸汽 58.1%,节约用电 11.1%,真正做到深度节水节能,大大降低加工成本,为企业发展提供有力保障,创造更多经济及社会效益。

## 3 结 论

①山羊绒原位矿化染色技术可以获得与传统染色相当的颜色效果及色牢度品质,染色纤维强力及纺纱等各项指标优于传统工艺。

②与传统染色工艺相比,原位矿化染色新技术节约用水 80.0%,节约用电 11.1%,节约蒸汽 58.1%,节约染色时间 11.1%,排放残液的色度降低 79.2%,COD<sub>cr</sub> 值降低 83.6%,综合成本下降,工作效率提高。

### 参考文献:

- [1] 刘杰,杨召. 等离子体预处理对羊绒染色性能的影响[J]. 毛纺科技, 2016, 44(3): 41-44.
- [2] 师文钊,邢建伟,刘瑾姝,等. 山羊绒微悬浮体低温染色[J]. 印染, 2013(6): 29-31.
- [3] 张曦. 浅谈毛用活性染料的染色[J]. 毛纺科技, 2014, 42(4): 50-52.
- [4] 严兰珍,王强,周建. 羊绒染料应用现状与展望[J]. 毛纺科技, 2012, 40(2): 61-64.
- [5] 宁夏中银绒业股份有限公司. 一种山羊绒节水节能型染缸及染色工艺: 105420971 A [P]. 2016-03-23.
- [6] 董治昌. 皂洗酶复配及其在染色后处理中的应用[J]. 染整技术, 2014, 36(7): 35-37.
- [7] 陈杰,高炳生. 高温皂洗剂 TZ-2 在筒子纱染色后处理中的应用[J]. 印染助剂, 2013, 30(10): 35-36.
- [8] 邢建伟,沈兰萍,徐成书,等. 羊毛条活性染料原位矿化染色新技术[J]. 毛纺科技, 2015, 43(10): 1-4.
- [9] 邢建伟,徐成书,沈兰萍,等. 涤纶毛条分散染料原位矿化染色新技术[J]. 毛纺科技, 2016, 44(5): 37-40.
- [10] 袁利. 羊毛纤维无水化、零排放染色新技术的研发及应用[D]. 西安: 西安工程大学, 2016.