

光致变色苧麻花式纱的制备及性能

余艳^a 李会改^{a,b} 靳海馨^a 朱亮宏^a 程浩南^{a,b}

湖南工程学院 a. 纺织服装学院;

b. 智能纺织加工技术湖南省普通高校重点实验室, 湖南湘潭 411104

摘要:以苧麻纱和光致变色涤纶长丝为原料制备光致变色苧麻花式纱。通过单因素试验探讨捻度、前罗拉超喂比和张力倍数对光致变色苧麻花式纱变色效果的影响,得到优化的制备工艺参数为捻度 70 捻/(10 cm)、前罗拉超喂比 1.15、张力倍数 1.0。对基于该优化工艺制备的光致变色苧麻花式纱的光致变色性能、力学性能和条干均匀度等进行测试与分析,结果表明:制备的光致变色苧麻花式纱表现出良好的光致变色性能,其力学性能和条干均匀度较好。同时,以该花式纱为纬纱织制的织物光致变色效果明显,褪色迅速。

关键词: 花式纱;苧麻;涤纶长丝;光致变色性能

中图分类号: TS 124.2

文献标志码: A

文章编号: 1004-7093(2024)12-0035-07

Preparation and performance of photochromic ramie fancy yarns

Yu Yan^a, Li Huigai^{a,b}, Jin Haixin^a, Zhu Lianghong^a, Cheng Haonan^{a,b}

a. College of Textile and Fashion;

b. Key Laboratory of Intelligent Textile Processing Technology, Hunan Institute of Engineering, Xiangtan 411104, Hunan, China

Abstract: Photochromic ramie fancy yarns were prepared using ramie yarns and photochromic polyester filaments as raw materials. The effects of twist, overfeeding ratio of front roller and tension multiple on photochromic ramie fancy yarns were investigated through single factor test. The optimized preparation process parameters were as follows: the twist was 70 twists/(10 cm), the overfeeding ratio of front roller was 1.15, and the tension multiple was 1.0. The photochromic properties, mechanical properties and evenness of the photochromic ramie fancy yarn prepared by the optimized process were tested and analyzed. The results showed that the prepared photochromic ramie fancy yarn showed good photochromic properties, mechanical properties and yarn evenness. At the same time, the fabric woven with the fancy yarn as the weft yarn had obvious photochromic effect and rapid fading.

Keywords: fancy yarn; ramie; polyester filament; photochromic property

随着生活品质的提升及审美水平的提高,消费者对个性化与功能化纺织品的需求日益增长^[1-2]。

基金项目:湖南省自然科学基金(2024JJ7111);湖南省教育厅优秀青年项目(22B0729);湖南工程学院人才科研基金(23RC019)

收稿日期:2024-08-13

作者简介:余艳,女,2003年生,在读硕士研究生,研究方向为智能变色纺织品的开发

通信作者:程浩南,博士,副教授,主要研究方向为智能纺织材料的开发,chenghaonna@126.com

光致变色花式纱是一种能够在光照作用下发生颜色变化的纱线,可赋予纺织品更丰富的色彩,充分满足消费者的个性化消费需求^[3]。苧麻纺织产业是湖南省重要的特色民生产业与出口创汇优势产业。近年来,苧麻纺织产业向多元化迅速推进,将光致变色长丝引入麻纺领域,可赋予麻类产品更多的设计灵感,进而有效拓展苧麻及其织物的应用领域,有助于加速湖南麻纺产业的转型升级^[4]。

近年来,光致变色纱在织物设计领域得到广泛应用。牛建涛等^[5]将光致变色纱线材料与表里换层双层组织结合,实现了织物在光线照射下单面变色的特殊效果。陈玲玲等^[6]以光致变色涤纶全拉伸丝(FDY)为原料,基于罗纹组织+纱罗组织+空筒组织的织物结构设计,制备纬编针织产品,所得织物既突出了针织物特有的优点,又外观新颖,极具创意价值和装饰意义。本文以苧麻纱和光致变色涤纶长丝为原料,制备光致变色苧麻花式纱并测试其性能,为光致变色纱线的开发及苧麻应用领域的拓展提供参考。

1 试验

1.1 原料

试验原料为线密度为 18.2 tex 的苧麻纱(实验室提供)、线密度为 16.7 tex×2 的光致变蓝涤纶长丝和光致变粉涤纶长丝(购自深圳市幻彩变色科技有限公司)。

1.2 光致变色苧麻花式纱制备流程

光致变色苧麻花式纱由苧麻纱、光致变蓝涤纶长丝和光致变粉涤纶长丝组成。采用花式捻线机环锭纺纱工艺,苧麻纱为芯纱,光致变蓝涤纶长丝为饰纱,光致变粉涤纶长丝为固纱。

基本制备流程:苧麻纱经后罗拉喂入,光致变蓝涤纶长丝由前罗拉输送,两者经导纱装置引入空心锭。光致变粉涤纶长丝(固纱)从锭子筒管上引出,与苧麻纱、光致变蓝涤纶长丝一起进入空心锭^[7-8]。设定前罗拉(输送光致变蓝涤纶长丝)与后罗拉(输送光致变粉涤纶长丝)超喂比。在通过加捻钩前,苧麻纱、光致变蓝涤纶长丝随空心锭子回转获得假捻,光致变蓝涤纶长丝以螺旋状包覆在苧麻纱上。光致变粉涤纶长丝由于从空心锭子上退绕下来,与

苧麻纱、光致变蓝涤纶长丝平行排列但其未获得假捻。通过加捻钩后,苧麻纱、光致变蓝涤纶长丝的假捻消失,光致变粉涤纶长丝包缠在苧麻纱、光致变蓝涤纶长丝上,形成光致变色苧麻花式纱^[9-10]。

1.3 光致变色苧麻花式纱制备工艺参数优化

为获得良好的纱线光致变色效果,在不同的捻度、前罗拉超喂比和张力的倍数下制备光致变色苧麻花式纱,对其制备工艺参数进行优化。具体操作方法如下。

(1)材料准备:准备好苧麻纱、光致变蓝涤纶长丝、光致变粉涤纶长丝。

(2)纱线引导:以苧麻纱为芯纱,通过特定导纱装置将其引入芯纱管;将光致变蓝涤纶长丝引入前罗拉并用皮辊将其压紧。

(3)光致变蓝涤纶长丝包覆苧麻纱:纺纱过程中,控制捻度[60、70、80捻/(10 cm)]、前罗拉超喂比(1.10、1.15、1.20)和张力的倍数(0.8、1.0、1.2),以光致变蓝涤纶长丝作为饰纱对苧麻纱进行包缠。

(4)捻合:加捻装置将光致变蓝涤纶长丝、光致变粉涤纶长丝与苧麻纱紧密捻合在一起,形成稳固的包芯纱结构。

(5)卷绕:槽筒的摩擦带动作用将制备的光致变色苧麻花式纱卷绕到筒子上。

在视频显微镜下观察不同工艺参数下制备的光致变色苧麻花式纱的外观及纱线中光致变色涤纶长丝的分布情况,并据此确定光致变色苧麻花式纱的优化制备工艺。

1.4 光致变色织物制备

以光致变色苧麻花式纱为纬纱、白色涤纶线为经纱、1/3 右斜纹为基本组织,进行光致变色织物的制备。其中,每个基础组织循环内包含 8 根经纱、4 根纬纱,织物的经向排列密度为 275 根/(10 cm)。

1.5 性能测试与表征

1.5.1 纱线光致变色效果

测量经紫外光照后,纱线在褪色过程中明度(L^*)、红/绿值(a^*)、黄/蓝值(b^*)、彩度(c^*)及色调(h^0)的变化情况,评价纱线光致变色灵敏性。纱线光致变色效果指纱线受光照射后的颜色变化程度。测量纱线在紫外光照条件下的光谱反射率和纱线表面 K/S 值,评估纱线光致变色效果。

1.5.2 纱线力学性能

设定 YG023B 型全自动单纱强力机的拉伸速度为 500 mm/min、预加张力为 0.5n cN(n 为纱线线密度, tex)、上下测试夹头间的垂直距离为 250 mm。对纱线进行 10 次拉伸性能测试, 结果取平均值。

1.5.3 纱线条干均匀度

采用 YG133B/Pro-H 型条干均匀度测试仪测试纱线的条干均匀度, 测试速度为 400 m/min, 测试时间为 1 min, 每个试样测 5 次, 结果取平均值。

1.5.4 织物光致变色效果

测量经紫外光照后, 织物在褪色过程中 L^* 、 a^* 、 b^* 、 c^* 及 h^0 的变化情况, 评价织物光致变色灵敏度。测量织物在紫外光照条件下的表面 K/S 值, 评估织物光致变色效果。

2 试验结果与分析

2.1 光致变色苧麻花式纱制备工艺参数优化

2.1.1 捻度

随着捻度的增大, 光致变色苧麻花式纱加捻程度增大, 纱线缠结得更紧密, 纱线中光致变蓝涤纶长丝和光致变粉涤纶长丝在纱线轴向上的分布更集中且变色片段更多, 变色均匀性更好, 光致变色效果更明显^[10]。当纱线捻度小于临界捻度时, 随着捻度增大, 纱线缠结效果愈加明显, 纱线内纤维相对滑移可能性减小, 纱线强力增加, 耐磨性有所提高。但捻度过大, 纱线变得脆、硬, 手感变差。

采用单因素试验, 以捻度作为单一变量, 设置前罗拉超喂比为 1.15, 张力倍数为 1.0, 捻度分别为 60、70 和 80 捻/(10 cm), 制备光致变色苧麻花式纱, 探讨捻度对光致变色苧麻花式纱外观及纱线中光致变色涤纶长丝分布的影响。不同捻度纱线紫外光照前后的变色效果如图 1 所示。

从图 1 可以看出: 相较于捻度为 60 捻/(10 cm) 条件下制备的光致变色苧麻花式纱, 捻度为 70 捻/(10 cm) 时制备的光致变色苧麻花式纱毛羽更少, 经紫外光照射后, 光致变色苧麻花式纱的变蓝和变粉片段分布更均匀集中, 变色效果更明显。相较于捻度为 80 捻/(10 cm) 条件下制备的光致变色苧麻花式纱, 捻度为 70 捻/(10 cm) 时制备的光致变色苧麻花式纱捻度较小, 避免了高捻度情况下纱

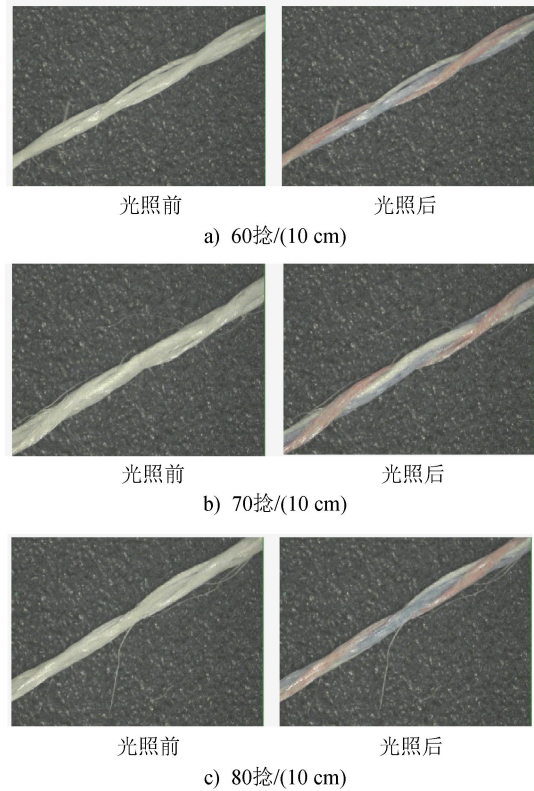


图 1 不同捻度纱线紫外光照前后的变色效果图
Fig. 1 Discoloration effect of yarns with different twists before and after UV-irradiation

线在自然状态下发生扭结的现象。由此可知, 光致变色苧麻花式纱的捻度为 70 捻/(10 cm) 较为合适。

2.1.2 前罗拉超喂比

饰纱与芯纱喂入速度之比即前罗拉超喂比。一般而言, 增大超喂比会使喂入的饰纱量增加, 即光致变蓝涤纶长丝更为紧密地缠绕在苧麻纱上, 光致变色效果更明显和均匀。但前罗拉超喂比过大会导致光致变色苧麻花式纱表面粗糙。此外, 前罗拉超喂比还影响纱线的拉伸断裂性能^[11]。

设置捻度为 70 捻/(10 cm), 张力倍数为 1.0, 前罗拉超喂比分别为 1.10、1.15 和 1.20, 制备光致变色苧麻花式纱, 探讨前罗拉超喂比对光致变色苧麻花式纱外观及纱线中光致变色涤纶长丝分布的影响。不同前罗拉超喂比下纺制的纱线紫外光照前后的变色效果如图 2 所示。

从图 2 可以看出: 前罗拉超喂比为 1.15 时, 制备的光致变色苧麻花式纱表面毛羽少, 纱线缠结效果好, 光照后的纱线变色效果更明显, 光致变蓝和光

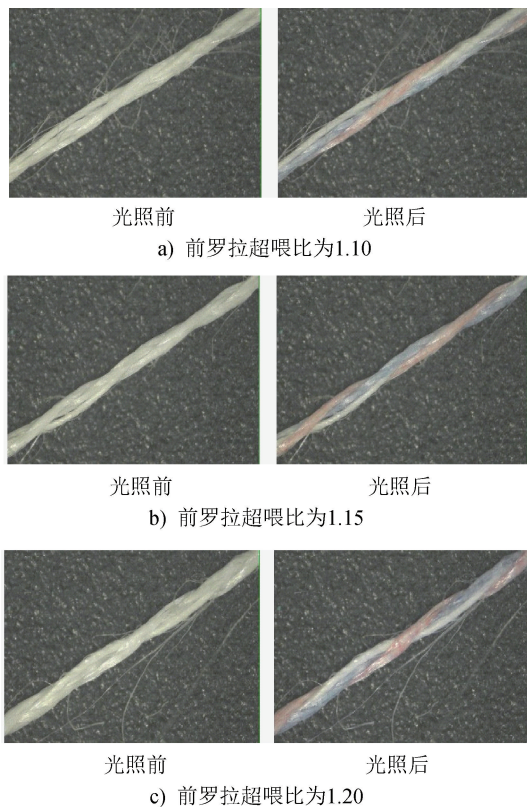


图2 不同前罗拉超喂比下纱线紫外光照前后的变色效果图
Fig.2 Discoloration effect of yarns before and after UV-irradiation under different overfeeding ratio of front roller

致变粉片段分布更均匀集中。此外,对前罗拉超喂比为 1.20 条件下制备的纱线进行手感测试,发现该纱线的手感相对偏硬。综合考虑,认为前罗拉超喂比为 1.15 较为合适。

2.1.3 张力倍数

纺纱张力不同,成纱风格不同。适当增大张力倍数,制备的光致变色苧麻花式纱的花型效果良好,但张力倍数过大易造成断头,影响纺纱过程的连续性和稳定性。

设置捻度为 70 捻/(10 cm),前罗拉超喂比为 1.15,张力倍数分别为 0.8、1.0 和 1.2,制备光致变色苧麻花式纱,探讨张力倍数对光致变色苧麻花式纱外观及纱线中光致变色涤纶长丝分布的影响。不同张力倍数下纺制的纱线紫外光照前后的变色效果如图 3 所示。

从图 3 可以看出:张力倍数为 1.0 时,制备的光致变色苧麻花式纱中纱线缠结更为紧密,纱线表面毛羽少,光致变色效果更均匀一致,纱线中的光致变蓝和光致变粉片段分布更集中。同时,张力倍数为

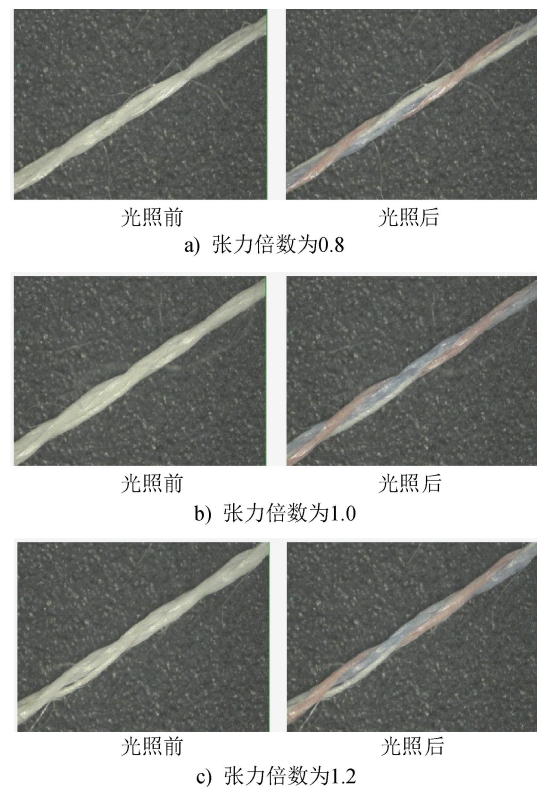


图3 不同张力倍数下纱线紫外光照前后的变色效果图
Fig.3 Discoloration effect of yarns before and after UV-irradiation under different tension multiples

1.0 时纺纱过程更稳定,纱线断头次数少。由此可知,张力倍数为 1.0 较为合适。

综合各单因素试验结果,得到光致变色苧麻花式纱的优化制备工艺:捻度为 70 捻/(10 cm)、前罗拉超喂比为 1.15、张力倍数为 1.0。

2.2 性能测试与分析

在优化制备工艺下制备光致变色苧麻花式纱,并对其进行性能测试与分析。

2.2.1 光致变色效果

在一定的褪色时间范围内,纱线表面 L^* 、 a^* 、 b^* 、 c^* 和 h^0 等色彩指标变化如图 4 所示。从图 4 可以看出,停止光照后,在 0~5 s 的褪色时间内,光致变色苧麻花式纱的 h^0 、 b^* 和 a^* 均发生了明显变化,表明纱线对光照作用敏感,光响应速度快,光变色灵敏性好^[12]。在 0~5 s 的褪色时间内, b^* 呈现较明显的增大趋势,即纱线表面光致变蓝片段色彩减淡;在 10~15 s 的褪色时间为内, a^* 呈现较明显的减小趋势,即纱线表面光致变粉片段色彩减淡。这表明光致变蓝长丝比光致变粉长丝对紫外光照作用更为

敏感。

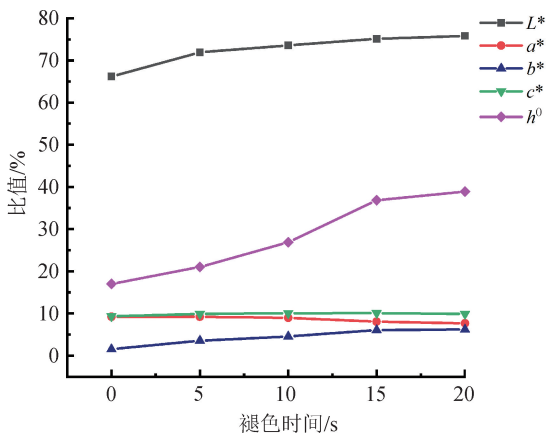


图 4 褪色过程中光致变色苧麻花式纱表面色彩指标变化情况
Fig. 4 Changes of surface color indicators of the photochromic ramie fancy yarn during fading process

褪色过程中光致变色苧麻花式纱的 K/S 值和反射率变化情况如图 5 所示。从图 5a) 可以看出,在可见光波长 (400~750 nm) 范围内,纱线 K/S 值随着褪色时间的延长而整体呈减小的趋势,即在褪色时间为 0~20 s 内,纱线表面颜色迅速变浅。从图 5b) 可以看出,在可见光波长范围内,褪色时间为 0~20 s 时,纱线的反射率迅速增大,即纱线表面颜色由彩色(粉、蓝)迅速褪色为浅白色,纱线的反射率随之增大。综上可知,该光致变色苧麻花式纱的光致变色速度快,灵敏性好,纱线变色效果明显。

2.2.2 力学性能

对光致变色苧麻花式纱进行力学性能测试,结果如表 1 所示。由表 1 可以看出,制备的光致变色苧麻花式纱最大断裂强力达 58.97 N,最小断裂强力为 46.50 N,平均断裂强力为 52.06 N,断裂强力不匀率为 8.26%,表明纱线强力分布相对均匀。纱线的平均断裂伸长率为 8.26%,表现出良好的抵抗变形和断裂的能力。由此可知,以光致变色涤纶长丝和苧麻纱为原料制备的光致变色苧麻花式纱具有良好的力学性能,其强度高、耐磨性和弹性好,可广泛应用于户外运动装备、时尚服饰等领域,如制作冲锋衣、背包、帽子、连衣裙等。

2.2.3 条干均匀度

对光致变色苧麻花式纱进行条干均匀度测试,结果如图 6 所示。可以看出:光致变色苧麻花式纱条干不匀率主要分布在 6.94%~7.80%,条干不匀

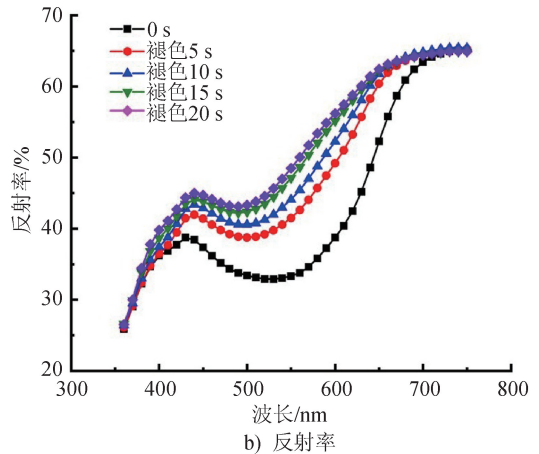
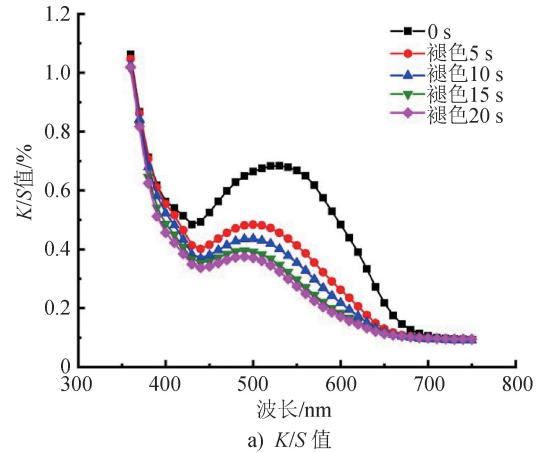


图 5 褪色过程中光致变色苧麻花式纱的 K/S 值和反射率
Fig. 5 K/S values and reflectance of the photochromic ramie fancy yarn during fading process

表 1 光致变色苧麻花式纱力学性能测试结果

Tab. 1 Test results of mechanical properties of the photochromic ramie fancy yarn

序号	断裂强力/ N	断裂伸长/ mm	断裂伸长率/ %	断裂时间/ s
1	58.97	36.72	7.02	3.02
2	48.20	39.78	8.56	2.43
3	54.70	39.22	7.45	2.78
4	57.60	42.12	10.50	2.94
5	46.50	40.05	8.70	2.21
6	54.30	38.56	7.20	2.70
7	50.29	38.11	7.05	2.54
8	52.16	40.55	9.50	2.64
9	47.00	37.69	7.65	2.37
10	50.90	41.33	10.00	2.58
平均值	52.06	39.41	8.26	2.62
最大值	58.97	42.12	10.50	3.02
最小值	46.50	36.72	7.05	2.21

率变异系数为 4.894%，表明纱线条干均匀度良好。这是因为苧麻纤维长度较长，其表面毛羽较少，光致变色涤纶长丝为化纤长丝，其表面光洁，毛羽极少。以光致变色涤纶长丝和苧麻纱为原料制备的光致变色苧麻花式纱条干均匀，成纱质量好。

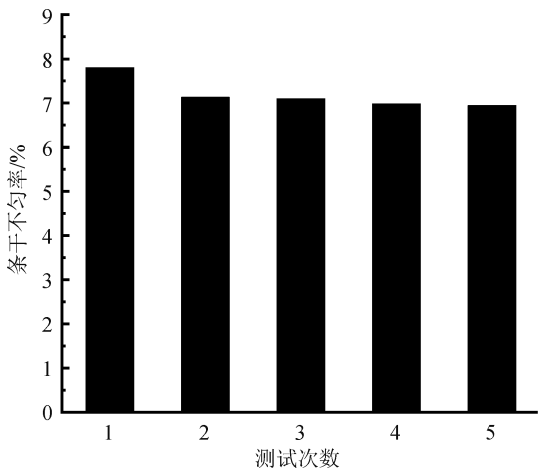


图 6 光致变色苧麻花式纱的条干不匀率测试结果
Fig. 6 Test results of unevenness of the photochromic ramie fancy yarn

2.3 织物光致变色效果

紫外光照前后光致变色织物表面颜色变化情况如图 7 所示。可以看出，制备的织物试样紫外光照前整体呈白色纵条纹效果。经紫外光照后，作为纬纱的光致变色苧麻花式纱局部变蓝和变粉，织物由原先的白色纵条纹渐变为粉蓝白条，表面颜色更丰富。

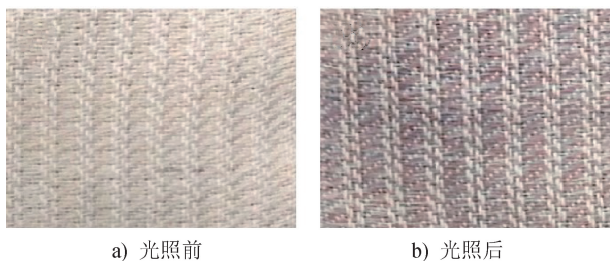


图 7 紫外光照前后织物的变色效果
Fig. 7 Color change of the fabric before and after UV-irradiation

褪色一段时间后，织物的表面色彩指标 (L^* 、 a^* 、 b^* 、 c^* 和 h^0) 变化情况如图 8 所示。可以看出，随着褪色时间的延长，织物 h^0 变化最明显， a^* 呈现先减小后增大的趋势， b^* 则呈现出持续增大的趋势。褪色过程中织物 K/S 值的变化如图 9 所示。

可以看出，在可见光波长 (400~750 nm) 范围内，织物 K/S 值随着褪色时间的延长呈减小趋势，即织物表面的色彩在 20 s 的褪色时间内迅速变浅、消退。即本文制备的织物经紫外光照后光变色效果明显，褪色迅速。织物良好的光致变色效果，使其可应用于服装、装饰、户外用品等领域，如制作个性化窗帘、箱包、太阳帽等。

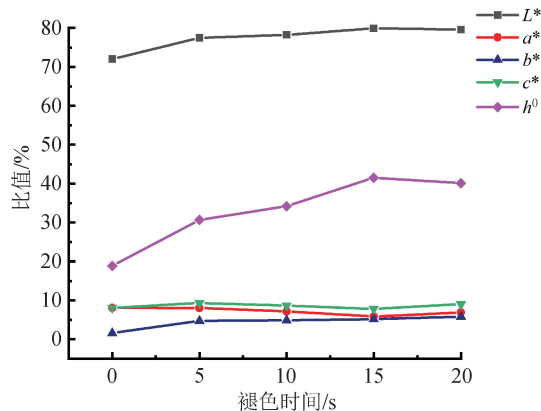


图 8 褪色过程中织物的表面色彩指标变化情况
Fig. 8 Change of surface color indexes of the fabric during fading process

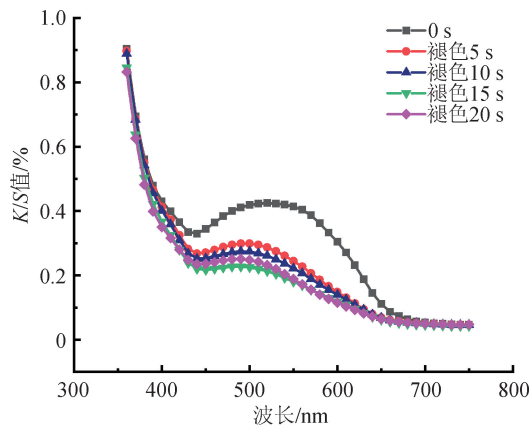


图 9 褪色过程中织物 K/S 值的变化
Fig. 9 Change of K/S values of the fabric during fading process

3 结论

(1) 调整花式捻线机工艺参数，制备光致变色苧麻花式纱，通过单因素试验探讨捻度、前罗拉超喂比和张力倍数对光致变色苧麻花式纱光致变色效果的影响，得到优化的制备工艺参数如下：捻度为 70 捻/(10 cm)、前罗拉超喂比为 1.15、张力倍数为 1.0。

(2)在优化的制备工艺参数下制备光致变色苧麻花式纱,所得纱线变色效果明显,变色灵敏度高,基本上能在 15 s 内褪色至原先的颜色。与此同时,纱线的力学性能较好,平均断裂强力为 52.06 N,断裂强力不匀率为 8.26%,条干不匀率主要分布在 6.94%~7.80%。以该光致变色苧麻花式纱为经纬织制的织物光致变色效果明显,褪色迅速。



期刊采编平台

中国知网下载

参考文献

- [1] 汪婉婉,赵蒙蒙. 传感器件在智能监测服装中的应用[J]. 产业用纺织品,2024,42(1):8-14.
- [2] 汤静丽,刘婷,贺梦娟,等. 电控热致变色涂层涤纶织物的制备与性能[J]. 东华大学学报(自然科学版),2024,50(3):53-60.
- [3] 王延年,翟伟勋,宋功庆. 基于遗传算法优化的花式捻线机转速值预测[J]. 棉纺织技术,2020,48(2):25-29.
- [4] 陈继康,赵浩含,朱爱国. 新时期我国麻类产业科技创新的重点任务[J]. 中国麻业科学,2024,46(1):60-64.
- [5] 牛建涛,刘雨晴,黄紫娟,等. 光致变色纱线在多层织物设计中的应用[J]. 毛纺科技,2024,52(1):15-18.
- [6] 陈玲玲,许芷薇,蒋美祯,等. 家居装饰品用变色功能性针织品创意设计[J]. 纺织科技进展,2021,43(9):32-34.
- [7] 刘梅城. 3种纺纱方法在花式纱开发中的应用分析[J]. 棉纺织技术,2022,50(12):47-53.
- [8] 汪军. 转杯纺纺制花式纱方法的评述[J]. 东华大学学报(自然科学版),2001,27(2):129-132.
- [9] 肖丰,李营建,王秋霞. 利用 HN5D 型空心锭花式捻线机开发花式纱线[J]. 纺织导报,2017(1):62-64.
- [10] 王勇,乔启凡,王宗乾,等. 捻度配置对双向包覆纱性能的影响及优化[J]. 棉纺织技术,2024,52(2):43-50.
- [11] 孙见成,张鹏飞. 超喂比对弹力波纹纱线性能的影响[J]. 纺织科技进展,2015,37(6):40-41.
- [12] 孙晓楠,王利君. 媒染对柿漆棉织物颜色与性能的影响[J]. 丝绸,2023,60(2):75-83.

欢迎订阅《产业用纺织品》

《产业用纺织品》(月刊),大 16 开,全彩色印刷,定价 12.00 元/册,全年 144.00 元,中国标准连续出版物号 $\frac{\text{ISSN } 1004-7093}{\text{CN } 31-1595/\text{TS}}$,邮发代号 4-492。

《产业用纺织品》由东华大学主办,已入编中国学术期刊(网络版)、万方数据-数字化期刊群、中文科技期刊数据库(全文版)、长江文库及超星期刊域出版平台等。

《产业用纺织品》主要刊登国内外有关产业用纺织品和非织造材料的综述文章,科研、生产技术报告,报道相关领域的新产品、新材料、新技术及新设备,介绍有关专利、标准、测试方法,以及相关领域的行业动态、市场信息等。《产业用纺织品》努力成为纺织、冶金、化工、电子、医疗卫生、农林、水利、建材

及国防工业各科研、生产和使用单位间信息联络的纽带,促进中国产业用纺织品和非织造材料的研究开发和生产应用。

《产业用纺织品》承接相关广告,并热诚为客户宣传,欢迎有意者来电或 E-mail 联系。

地 址:上海市延安西路 1882 号

东华大学出版社楼 207 室

电 话:021-62378228

E-mail: techtex@dhu.edu.cn

采编平台: <http://cyyf.cbpt.cnki.net>

