

热压法在涤纶针织物防紫外整理中的应用研究

许展瑜¹, 熊斌², 周橙², 吴济宏¹

[1. 武汉纺织大学 纺织科学与工程学院, 湖北 武汉 430200;

2. 台巨纺织(上海)有限公司, 上海 201100]

摘要: 使用六偏磷酸钠作为分散剂制得纳米TiO₂分散悬浮乳液, 将涤纶针织物浸渍在乳液中, 使TiO₂负载到织物上, 通过热压使纳米TiO₂固着在织物上。用扫描电子显微镜、能谱分析、防紫外线性能等测试分别对织物整理前后的表面形貌、元素分布、紫外线屏蔽性能及耐水洗性进行表征。结果表明, 纳米TiO₂粒子成功均匀分散负载在织物上, 织物的UPF值从57.43提升到229.14, 防紫外线性能显著提升, 经过10次水洗后织物的UPF值仍保持在200.00以上, 且织物的力学性能、白度、透气性能和手感均没有明显变化。

关键词: 涤纶针织物; 纳米二氧化钛; 热压法; 防紫外线性能

中图分类号: TS 195.5

文献标志码: A

文章编号: 1000-4033(2024)08-0055-05

Application of Hot Pressing in Anti-ultraviolet Finishing of Polyester Knitted Fabrics

Xu Zhanyu¹, Xiong Bin², Zhou Cheng², Wu Jihong¹

[1. School of Textile Science and Engineering, Wuhan Textile University, Wuhan, Hubei 430200, China;

2. Taiju Textile(Shanghai) Co., Ltd., Shanghai 201100, China]

Abstract: The nano TiO₂ dispersion suspension emulsion was prepared by using sodium hexametaphosphate as dispersing agent. The polyester knitted fabric was impregnated in the emulsion so that TiO₂ was loaded onto the fabric and the nano TiO₂ was then fixed on the fabric by hot pressing. The surface morphology, element distribution, UV shielding performance and water washing resistance of the fabric before and after finishing were characterized by scanning electron microscope, energy spectrum analysis and UV protection performance. The results show that the nano-TiO₂ particles are successfully evenly dispersed and loaded on the fabric, the UPF value of the fabric is increased from 57.43 to 229.14, and the UV resistance is significantly improved. After 10 times of washing, the UPF value of the fabric remains above 200.00, and the mechanical properties, whiteness, air permeability and handle of the fabric do not change significantly.

Key words: Polyester Knitted Fabric; Nano Titanium Dioxide; Hot-pressing Method; UV Resistant Property

人体暴露在高强度紫外线下或长期受到紫外线辐照时, 会导致人体的健康受到极大损害。紫外线由于其不可见的特点, 人们很容易忽视其对肌肤产生的危害^[1-2]。高

原等地区受臭氧层减薄及夏季臭氧低谷效应的影响, 使地区的紫外辐射更加强烈, 西藏自治区日喀则市定日县年均紫外强度为 932.62 MJ/m², 在该地区的特种作业人员

面临紫外线 5 级危害指数中最高级别的危害, 因此对防护的要求更加严格^[3-4]。紫外线防护系数(UPF 值)是皮肤无防护时计算出的紫外线辐射平均效应与皮肤有织物防

基金项目: 武汉纺织大学校企合作技术开发项目(192156)。

作者简介: 许展瑜(1999—), 男, 硕士研究生。主要从事功能纺织品方面的研究。

通讯作者: 吴济宏(1965—), 男, 教授, 博士。E-mail: jihong_wu@wtu.edu.cn。

护时计算出的紫外线辐射平均效应的比值,因此织物的 UPF 值越大,透过织物的紫外线辐射就越少,当其应用在特种作业服上时,可达到更好的防护效果。

纳米 TiO_2 是一种具有良好的紫外线阻断能力的无机物。短波区紫外线能量最高,但在经过臭氧层时被阻挡, TiO_2 对长波区紫外线的阻隔以散射为主,对中波区紫外线的阻隔以吸收为主,且有高温下化学稳定性和在紫外线下永久稳定性等优点,相比有机紫外屏蔽剂更加安全,在实际应用中非常有吸引力^[5-7]。为了得到功能性纺织品,将功能整理助剂附着在纤维、纱线或面料上是一种简便快捷的生产技术^[8]。纳米 TiO_2 与织物的结合方式各有不同,共混纺丝法可以将纳米材料和纤维融合在一起,纳米材料被裹覆在纤维内,但纳米材料添加过量时,纤维可纺性有所降低^[9];接枝改性法可以将纳米材料接枝到纤维或织物表面,但工艺流程过长^[10];后整理法通过浸渍、浸轧、涂层等方法将纳米材料负载到织物上^[11],织物上的纳米粒子经水洗后会有不同程度的脱落,且织物力学性能会受到一定的影响。因此,仍须对纳米材料负载和固着方法进行研究开发与。

涤纶有着良好热塑性能^[12-13],当温度达到玻璃化温度以上时,非晶区内一些相互作用力较弱的分子链段可以产生移动,高弹变形是外力作用促使高聚物主链发生内旋转的过程,它所需的外力显然比高聚物在玻璃态时变形所需要的力要小得多,这种力学性质称为高弹性,是非晶态高聚物在高弹态下特有的力学特征,为纳米粉体的热压固着提供途径。

本文将涤纶针织物在纳米 TiO_2

分散悬浮液中浸渍后,通过热、力作用将纳米 TiO_2 固着于织物表面,制备了具有防紫外线能力的织物。用扫描电子显微镜和 X 射线能谱来观察涤纶针织物表面形貌及纳米粒子的分布,再对其防紫外线能力、防紫外线耐水洗性能以及力学性能、白度、透气性、手感以及结构参数进行测试分析,以此来探讨热压整理工艺的可行性。

1 试验

1.1 试验原料

面料:白色针织布,面料实物和编织图如图 1 所示,参数如表 1 所示。

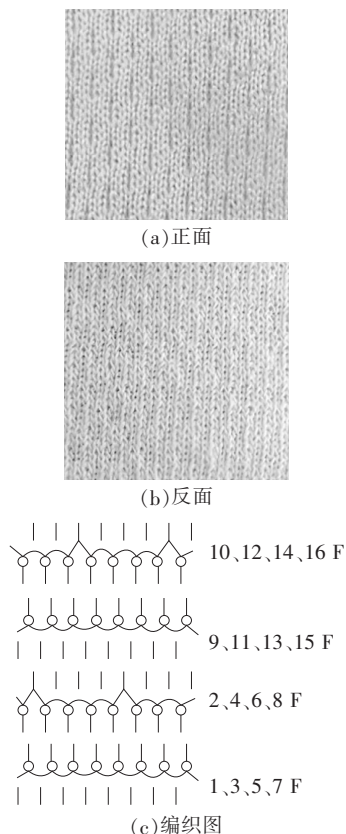


图 1 面料实物和编织图

试剂: 纳米二氧化钛 P25(20

nm, 上海麦克林生化科技有限公司),六偏磷酸钠(分析纯,上海麦克林生化科技有限公司)。

1.2 试验设备

设备:YM-040S 超声振荡仪(深圳市方奥微电子有限公司),YG(B)607X 平板压烫机(温州市大荣纺织仪器有限公司),Phenom ProX 台式扫描电镜、X 射线能谱仪(上海复纳科学仪器有限公司),高温鼓风烘箱(上海一恒科学仪器有限公司),NF2021 紫外线透过及防护性能测试仪、YG207 型电子硬挺度仪、YG461E-III 全自动透气量仪(宁波纺织仪器厂),YG065H 型电子织物强力仪(莱州市电子仪器有限公司),CS-580 分光测色仪(杭州彩谱科技有限公司),2046S 百分表(日本三丰 Mitutoyo 公司),柔软度(手感)测试仪,XQB50-A2039 型计算机全自动洗衣机(奥克斯集团有限公司)。

1.3 试验流程

称取一定质量的纳米 TiO_2 和六偏磷酸钠粉末(两者的质量比为 1:1),以去离子水为分散介质配制浓度为 10 g/L 的乳液,搅拌 10 min 后将乳液放入功率为 240 W 的超声振荡仪中超声分散乳液 30 min。将织物置于容器中,加入 20 mL 乳液浸没织物,放入 60 ℃烘箱中浸渍烘干 30 min。将烘干后的织物置于试验台上进行热压处理,设定平板压烫仪上的温度为 180 ℃、压强为 6 kPa、时间为 120 s,待上盖板达到设定温度后,将盖板盖下进行热压处理。处理后的织物放入清水中进行漂洗,洗去表面残留

表 1 面料参数

织物	组织	原料成分	克质量/ ($\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$)	织物厚 度/mm	横向密度/ [纵行 $\cdot (5 \text{ cm})^{-1}$]	纵向密度/ [横列 $\cdot (5 \text{ cm})^{-1}$]
白色针 织布	小鸟眼组 织	100%涤纶	160	0.65	90	120

物,放入 60℃烘箱中烘干。试验流程如图 2 所示。

1.4 性能测试

1.4.1 SEM 检测

采用 Phenom ProX 台式扫描电镜对织物整理前后微观表面进行观察。

1.4.2 EDS 检测

采用 Phenom Prox 台式扫描电镜附带能谱仪对织物整理前后进行元素含量检测。

1.4.3 防紫外线性能及耐水洗性能测试

根据 GB/T 18830—2009《纺织品 防紫外线性能的评定》,在 NF2021 紫外线透过及防护性能测试仪上对织物原样和整理后试样进行防紫外线性能测试。根据 GB/T 8629—2017《纺织品 试验用家庭洗涤和干燥程序》,使用 XQB50—A2039 型计算机全自动洗衣机对织物进行水洗,加入陪洗物和洗涤剂,洗涤后将织物平铺在烘箱筛网干燥架上烘干。

1.4.4 织物强力与硬挺度测试

根据 GB/T 3923.1—2013《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分:断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)》、GB/T 18318.1—2009《纺织品 弯曲性能的测定 第 1 部分:斜面法》,采用 YG065H 型电子织物强力仪和 YG207 型电子硬挺度仪对织物整理前后的性能进行测试。

1.4.5 织物白度测定

根据 GB/T 8424.2—2001《纺织品 色牢度试验 相对白度的仪器评定方法》,采用 CS-580 分光测色仪对织物整理前后白度进行测定。

1.4.6 织物透气率测试

根据 GB/T 5453—1997《纺织品 织物透气性的测定》,采用 YG461E—Ⅲ全自动透气量仪对织物整理前后透气率进行测定。

1.4.7 织物手感测试

用柔软度(手感)测试仪对织物进行手感测试评价,采用损毁性测试方式,要求测试样须在切割后分为圆块测试。每张圆块置于测试板中央,一定质量重物放在测试样上,手压皮碗泵被一个管嘴压住测试。柔软度测试值表述为 1.0~10.0。数值越高,柔软度越好,品质也就越高。柔软度描述:硬(0)—软(10)值。

2 结果与讨论

2.1 SEM 观察与分析

对整理前后试样表面样貌进行分析观察,如图 3 所示。

由图 3 可知,未整理织物表面光滑平整,而经防紫外线整理后织物在放大 3 000 倍时,观察到织物表面负载了大量纳米粒子,如图 3e 所示。放大 10 000 倍时,纤维表面上附着的纳米粒子清晰可见,且分布均匀,没有出现明显的团聚现象,如图 3f 所示。

2.2 EDS 分析

为探究织物表面负载纳米粒子情况,对整理前后的涤纶针织物

表面进行能谱分析,确定防紫外线整理前后织物表面元素成分的变化情况。由于在未整理织物的 SEM 图上观察到颗粒存在,考虑到喷金对织物表面的影响,对未整理织物表面颗粒进行特定点元素分析。如图 4a、4b 所示,未整理织物表面元素出现了 C、N、O、Au 4 种元素,纤维上的较大颗粒为喷金不匀所造成。整理后的织物表面出现的元素如图 4c、4d 所示,织物表面除了原有的 C、N、O、Au 外,Ti 元素也被检测出来。从图 4d 中元素分布图可以看出,Ti 元素在整个扫描区域内呈分散分布状态,并未出现大面积 Ti 元素聚集。由此可以看出,纳米 TiO₂ 颗粒成功地附着在织物表面,并且分散良好。分散剂六偏磷酸钠由于其易溶于水的特性,在漂洗过程中被去除,在元素检测中并未检测到相关成分。

2.3 织物防紫外线性能及耐水洗性能分析

对织物原样以及洗涤前后的织物进行防紫外线性能测试,评价

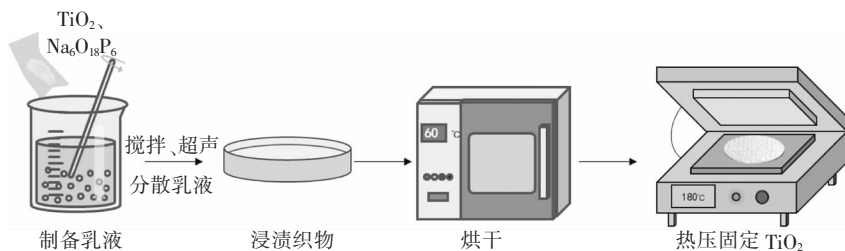


图 2 试验流程图

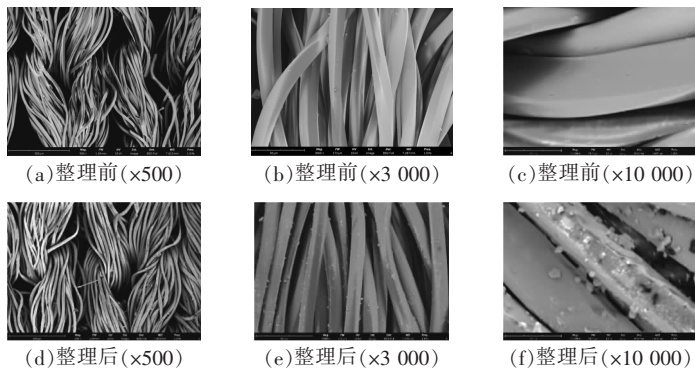


图 3 织物整理前后的 SEM 图

织物经水洗前后其防紫外线性能的变化,测试结果如表 2 所示。

由表 2 可知,织物在防紫外线整理后,织物防护系数 UPF 值从 57.43 提高到 229.14,相较于国标所规定的防紫外线产品(UPF 值 50)有着更好的紫外线防护能力。经过 1 次机洗后,织物的紫外线防护系数仍然能达到 222.33。在机洗 10 次后 UPF 值仍能保持在 200.00 以上,织物的防护系数损失率低于 10%,说明热压法使得纳米粒子较为稳定负载在涤纶纤维上,织物防紫外线的耐水洗性能较好。

2.4 织物力学性能分析

由于织物在高温和机械应力作用下,会使纤维的断裂强力发生变化,因此需要对整理前后的织物进行力学性能测试及评价。织物整理前后的拉伸断裂、伸长和硬挺度测试结果如图 5 所示。

织物整理前后的纵横向拉伸断裂强力与拉伸断裂伸长未有明显变化,由图 5c 可知,织物整理前后硬挺度没有明显变化。因此,通过设置合理的工艺参数,热压对织物的力学性能没有产生显著影响。

2.5 织物白度分析

织物经过 TiO_2 乳液的浸渍后,可能会产生色变。在 CS-580 分光测色仪上进行测试,测试前在标准光源箱下进行紫外线灯辐照后,发现其表面含有荧光增白剂。测试在照明方式为 SCI,测量光源为 D_{65} ,观察者角度为 10° 的条件下进行,所得结果如图 6 所示。

织物原样未经机洗的白度为 127.56%,机洗 10 次之后其白度为 120.74%;织物整理之后的白度为 120.88%,经过 10 次机洗之后其白度为 118.32%。由此看出:水洗和防紫外线整理会使织物白度有不同程度的下降,但并未对织物白度

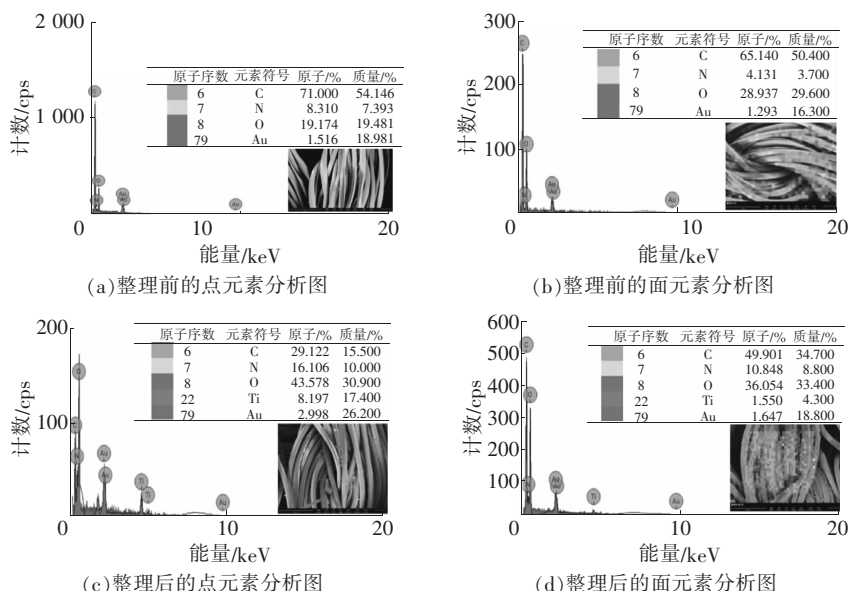


图 4 织物整理前后的 EDS 图

表 2 织物防紫外线性能及耐水洗测试

织物	UVA 值/%	UVB 值/%	防护系数(UPF 值)
原样	1.97	1.45	57.43
整理后	0.57	0.55	229.14
水洗 1 次后	0.44	0.51	222.33
水洗 5 次后	0.61	0.88	220.58
水洗 10 次后	0.66	0.74	203.83

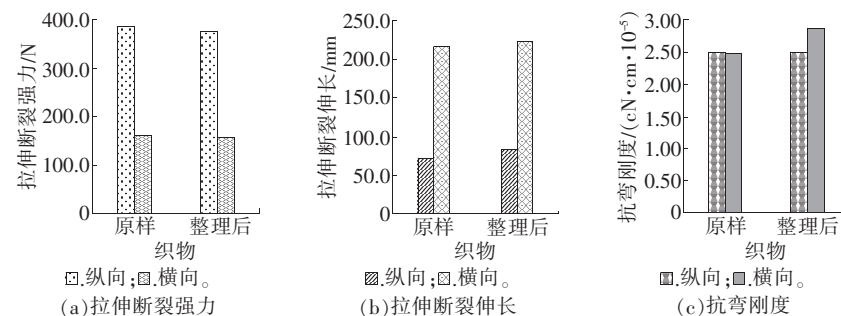


图 5 织物拉伸断裂强力、伸长与抗弯刚度测试结果

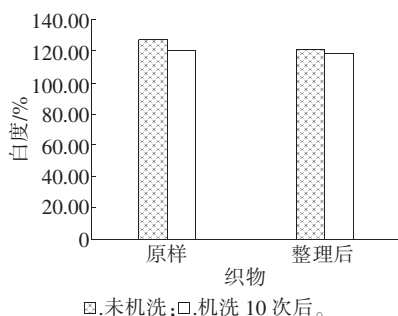


图 6 织物整理前后白度对比图

产生显著性影响。

2.6 织物透气率分析

织物经过防紫外线整理后,纤

维上负载了纳米 TiO_2 粒子,可能会影响织物的透气性能。因此,对织物整理前后的透气性能进行测试,测试试样均为半径 5 cm 的圆形试样,测试面积 20 cm^2 ,测试压差为 100 Pa,所得结果如图 7 所示。

由图 7 可知,织物原样透气率为 904.4 mm/s ,整理后的织物透气率为 759.2 mm/s 。由于织物经过浸渍和热压处理,织物纤维间的缝隙被纳米 TiO_2 颗粒所填充,造成透气率的下降,但对织物透气性能并没

有产生显著的影响。

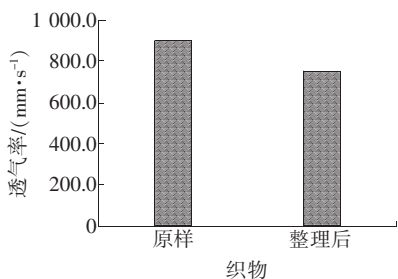


图7 织物整理前后透气率对比图

2.7 织物手感测试结果分析

织物经过浸渍负载和热压后,其手感可能会受到影响。对织物进行手感测试评价,测试试样为直径11 cm的圆形试样,所得手感测试评价结果如图8所示。

由图8可知,原样和整理后织物手感在7个评价指标上的评价等级基本一致,所有评价指标的评级差值小于0.3个等级,由此看出:织物整理前后的手感并无明显变化。

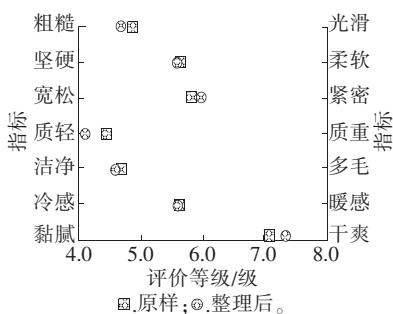


图8 织物整理前后手感评级对比图

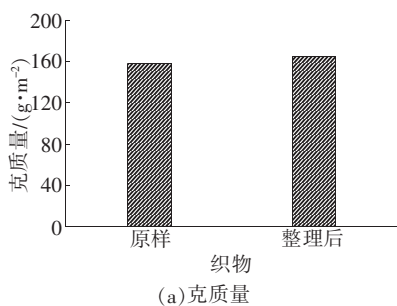
2.8 织物结构参数分析

对织物整理前后的试样进行克质量和厚度测试,结果如图9所示。

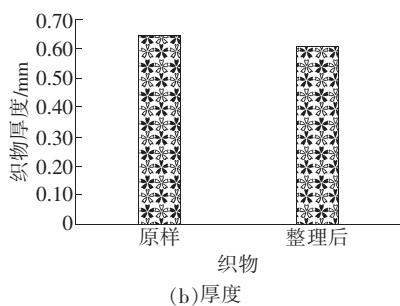
由图9可知,织物的克质量从160 g/m²增至166 g/m²,厚度从0.65 mm降至0.61 mm。说明通过浸渍处理,织物克质量增加;织物在撤去热力作用挤压后,织物厚度下降。

3 结论

3.1 织物浸渍在TiO₂乳液后通过热压固定整理,得到的SME图和



(a)克质量



(b)厚度

图9 织物整理前后结构参数变化对比图

EDS分析均表明,TiO₂纳米粉体已成功负载到织物上,且分布较为均匀。

3.2 通过对织物的防紫外线性能测试,织物的紫外线防护系数从57.43提高到了229.14,水洗10次后的织物仍然保持着200.00以上的UPF值,防紫外线性能及耐水洗性能优良。

3.3 热压法处理后的织物力学性能、白度和手感均未发生明显变化,织物的透气率有所下降,但并未对织物的透气性能产生明显影响。

3.4 热压法是一种简单有效可行的功能纺织品整理方法,为工业生产提供了新的途径和可能。

参考文献

- [1] ALEBEID O K, ZHAO T. Review on: developing UV protection for cotton fabric[J]. The Journal of the Textile Institute, 2017, 108(12): 2027-2039.
- [2] LI C, LI Z, REN X. Preparation and characterization of polyester fabrics coated with TiO₂/benzotriazole for UV protection[J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2019, 577: 695-701.
- [3] 李勇,王世锋,陈天禄,等.青藏高原太阳紫外线辐射及其生物学效应研究现状[J]. 科学技术与工程, 2022, 22(4): 1321-1328.
- [4] 陈涛,孙成勋,江世雄,等.供电企业室外作业地域环境特征所致职业危害因素分级研究——以中国26个地区为

例[J]. 安全与环境学报, 2020, 20(2): 588-595.

[5] YANG H, ZHU S, NING P. Studying the mechanisms of titanium dioxide as ultraviolet-blocking additive for films and fabrics by an improved scheme[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2004, 92(5): 3201-3210.

[6] 陈华燕,李珺,罗浩之,等.负载纳米二氧化钛防紫外棉织物的研发[J]. 针织工业, 2022(1): 49-51.

[7] 柳永杰,胡浩,官杰,等.防晒纺织品质量问题分析及建议[J]. 针织工业, 2021(12): 69-71.

[8] 吴济宏,望潇,张新斌,等.功能性针织面料及生产技术的发展趋势[J]. 针织工业, 2019(9): 1-3.

[9] 王晓,刘鹏清,王升,等.纳米TiO₂/PPS共混纤维的结构及耐紫外老化性能[J]. 合成纤维工业, 2012, 35(4): 20-23.

[10] 咸贵军,王宏光.表面接枝纳米二氧化钛的连续亚麻纤维束及其制备方法:中国,104562636B[P]. 2017-04-12.

[11] 叶毓辉,康伟.纳米二氧化钛防紫外线转移涂层整理[J]. 针织工业, 2011(11): 3.

[12] LEMMI T S, BARBORSKI M, ADAM K, et al. Effect of thermal aging on the mechanical properties of high tenacity polyester yarn[J]. Materials, 2021, 14(7): 1666.

[13] 冯龙,胡雪敏,李妍,等.再生涤纶与传统涤纶性能对比[J]. 针织工业, 2020(6): 4.

收稿日期 2023年10月4日