

不同水洗次数下织物尺寸变化率与防紫外性能的关联性研究

刘 佳

中纺标检验认证股份有限公司 北京 100025

摘 要：防紫外线织物在日常使用中频繁水洗，既会引发尺寸变化，又会改变织物结构与功能整理层，二者协同影响防紫外线性能。本文选取聚酯纤维、棉/涤混纺、锦纶、锦纶/氨纶4种常见织物，经相同防紫外线整理后，设置0、10、20、50、100次标准水洗工况，测试织物紫外线防护系数（UPF）、UVA/UVB透过率及尺寸变化率，探究二者关联性。结果表明：水洗后尺寸收缩织物防紫外性能先升后降，尺寸变大织物性能持续下降，尺寸基本不变织物性能随水洗次数递增稳步下降；棉/涤混纺织物水洗10次左右尺寸收缩达稳定，其防紫外性能0-50次缓慢上升，50次后呈下降趋势。研究明确尺寸变化率与防紫外性能的关联规律，为优化织物整理工艺、延长防紫外功能寿命提供数据支撑。

关键词：织物；水洗次数；防紫外线性能；尺寸变化率；关联性

引言：紫外线辐射易损伤人体皮肤、加速织物老化，防紫外线织物凭借纤维改性或表面整理技术，在户外用品、服装等领域应用广泛。水洗是影响织物性能的核心因素，不仅会导致整理剂脱落、纤维结构改变，还会引发尺寸伸缩，二者共同作用于防紫外性能。现有研究多聚焦水洗对防紫外性能的单一影响，忽视尺寸变化率的协同作用。基于此，本文选取4种主流织物，模拟多频次水洗场景，系统测试尺寸变化率与防紫外性能指标，揭示不同尺寸变化趋势下的性能演化规律，尤其明确棉/涤混纺织物的特殊变化特征，为高耐水洗防紫外线织物研发及使用指导提供理论依据。

1 实验部分

1.1 实验材料与仪器

实验选取4种未防紫外整理织物：聚酯纤维织物（100%聚酯，平纹，克重150g/m²）、棉/涤混纺织物（棉65%/聚酯35%，缎纹，克重160g/m²）、锦纶织物（100%锦纶，斜纹，克重140g/m²）、锦纶/氨纶织物（锦纶90%/氨纶10%，纬编，克重170g/m²），均裁剪为30cm×30cm试样，每种材质各40块。防紫外整理剂选用市售硅烷改性纳米氧化锌整理剂（固含量30%），配套渗透剂JFC（98%）、氮丙啶类交联剂。仪器包括SW-12A型耐洗色牢度试验机（符合GB/T 8629-2017）、UV-3600型紫外分光光度计（200-400nm，积分球附件）、电子天平（0.001g）、恒温烘箱（±1℃）、织物厚度仪、织物尺寸变化率测定板。洗涤剂为无磷中性款，符合GB/T 13171-2021标准。

1.2 织物防紫外线整理工艺

4种织物采用统一浸轧法整理，工艺参数一致：整理液配方为纳米氧化锌整理剂20g/L、渗透剂JFC 2g/L、交联剂3g/L，pH调至6-7；二浸二轧，轧余率70%±2%；80℃预烘3min，150℃焙烘5min。整理后织物自然冷却至室温，静置24h确保整理剂与纤维充分结合，再进行水洗及性能测试^[1]。

1.3 水洗实验与尺寸变化率测试

水洗参照GB/T 8629-2017执行，SW-12A型试验机模拟家庭工况：40℃水温，洗涤30min，浴比1:50，洗涤剂2g/L，每缸5块同材质试样，加50颗不锈钢珠模拟摩擦。水洗后800r/min离心脱水5min，60℃烘干至恒重，完成一次循环。设置0、10、20、50、100次水洗组，每组4个平行试样。尺寸变化率按GB/T 8628-2013测试，分别测定水洗前后经向、纬向尺寸，计算平均变化率，负值为收缩、正值为变大。

1.4 防紫外线性能测试方法

依据GB/T 18830-2009，采用UV-3600型分光光度计测试UPF值、UVA（320-400nm）及UVB（280-320nm）透过率。仪器基线校准后，以空气为空白参照，每试样选取5个测试点，取平均值。UPF值越高、透过率越低，防紫外性能越强。实验数据采用SPSS 26.0软件统计分析，重点探究尺寸变化率与防紫外性能的相关性。

2 结果与分析

2.1 水洗次数对织物尺寸变化率的影响

4种织物不同水洗次数下的尺寸变化率如表1所示。棉/涤混纺织物呈“前期收缩、后期稳定”特征：水洗10次时尺寸变化率为-3.2%（收缩），20次时为-3.3%，50次

及100次均维持在-3.3%左右,10次后收缩趋于稳定。聚酯纤维织物尺寸变化率始终接近0,0-100次水洗后均维持在 $\pm 0.2\%$ 以内,尺寸基本无变化。锦纶织物水洗后尺寸持续变大,10次时变化率为1.1%,20次1.5%,50次2.3%,100次达3.1%。锦纶/氨纶织物尺寸变大趋势更显著,10次变化率1.8%,20次2.5%,50次3.8%,100次5.2%,且随水洗次数增加,尺寸膨胀速率略有加快。

表1 不同水洗次数下织物尺寸变化率及UPF值

水洗次数 (次)	聚酯纤维 (尺寸变化 率/UPF)	棉/涤混纺 (尺寸变化 率/UPF)	锦纶(尺 寸变化率/ UPF)	锦纶/氨纶 (尺寸变化 率/UPF)
0	$\pm 0.1\%/62.8$	$\pm 0.1\%/58.3$	$\pm 0.1\%/60.5$	$\pm 0.1\%/59.2$
10	$\pm 0.2\%/55.1$	-3.2%/60.1	1.1%/52.3	1.8%/50.7
20	$\pm 0.1\%/48.7$	-3.3%/63.5	1.5%/45.8	2.5%/43.2
50	$\pm 0.2\%/38.5$	-3.3%/65.2	2.3%/36.4	3.8%/32.6
100	$\pm 0.1\%/30.2$	-3.3%/58.7	3.1%/28.9	5.2%/25.3

2.2 水洗次数对织物UPF值的影响及与尺寸变化率的关联性

结合尺寸变化率数据,4种织物UPF值变化规律差异显著,且与尺寸变化趋势高度关联。棉/涤混纺织物因前期收缩、后期稳定,UPF值呈“0-50次缓慢上升、50次后下降”趋势:0次UPF 58.3,10次(收缩稳定)升至60.1,20次63.5,50次达峰值65.2,100次降至58.7,符合“收缩稳定后性能先升后降”特征,前期收缩使织物结构致密,抵消部分整理剂脱落影响,后期整理剂持续流失导致性能下降。

聚酯纤维织物尺寸基本不变,UPF值随水洗次数递增稳步下降:10次55.1(下降12.3%),20次48.7(下降22.5%),50次38.5(下降38.7%),100次30.2(下降51.9%),下降速率均匀,无明显波动,仅受整理剂脱落单一因素影响。锦纶及锦纶/氨纶织物尺寸持续变大,UPF值呈持续下降趋势,且尺寸膨胀越显著,性能下降越快:锦纶100次UPF 28.9(下降52.2%),锦纶/氨纶100次25.3(下降57.3%),尺寸变大导致织物孔隙率增加,加速紫外线穿透,叠加整理剂脱落,性能衰减更明显。

2.3 水洗次数对织物紫外线透过率的影响

2.3.1 对UVA透过率的影响

UVA透过率变化与UPF值呈反向关联,且受尺寸变化率调控。棉/涤混纺织物0次UVA透过率4.1%,10次降至3.8%,20次3.5%,50次3.2%(最低),100次升至4.5%,与UPF值先升后降趋势一致。聚酯纤维织物UVA透过率稳步上升,0次3.2%,10次4.5%,20次5.8%,50次8.3%,100次11.2%。锦纶及锦纶/氨纶织物UVA透过率上升速率随尺寸膨胀加剧而加快:锦纶100次透过率15.6%,较0次

(3.5%)增长345.7%;锦纶/氨纶100次达18.9%,较0次(3.6%)增长425.0%,尺寸变大导致的孔隙增加对UVA阻隔的破坏作用显著。

2.3.2 对UVB透过率的影响

UVB能量强,其透过率变化更能反映核心防护能力。棉/涤混纺织物UVB透过率0次0.4%,10次0.35%,20次0.3%,50次0.28%,100次升至0.5%,与尺寸变化及UPF值变化同步。聚酯纤维织物UVB透过率稳步攀升,100次达2.8%,较0次(0.3%)增长833.3%。锦纶及锦纶/氨纶织物UVB透过率上升迅猛,锦纶100次达7.5%,锦纶/氨纶达9.8%,远超聚酯纤维与棉/涤混纺,尺寸持续膨胀使高能紫外线更易穿透,防护能力大幅衰减。

2.4 性能变化机制与尺寸影响分析

织物防紫外性能衰减及变化规律,是尺寸变化与整理剂脱落协同作用的结果。棉/涤混纺织物前期收缩使经纬密度增加、结构致密,减少紫外线穿透路径,抵消部分整理剂脱落的负面影响,故0-50次UPF值缓慢上升;50次后整理剂脱落量累积,且尺寸无进一步收缩空间,结构致密带来的增益不足,性能开始下降。聚酯纤维织物尺寸稳定,性能变化仅受整理剂脱落影响,故呈稳步下降趋势。锦纶及锦纶/氨纶织物水洗后纤维溶胀、尺寸变大,导致孔隙率增加,紫外线穿透阻力降低,同时尺寸膨胀破坏整理剂与纤维的结合力,加速整理剂脱落,双重作用下性能持续快速下降,且尺寸膨胀越显著,性能衰减越快^[2]。此外,氨纶的加入加剧了锦纶织物的尺寸不稳定性,使孔隙率增加更明显,故锦纶/氨纶织物性能下降速率高于纯锦纶织物。

3 讨论

3.1 纤维材质与尺寸稳定性对防紫外性能的影响

纤维材质决定尺寸稳定性,进而影响防紫外性能耐水洗性。聚酯纤维分子结构稳定、疏水性强,水洗后无明显尺寸变化,整理剂结合牢固,性能衰减速率最慢,100次水洗后仍维持UPF 30.2,符合防紫外产品标准。棉/涤混纺织物兼顾棉的舒适性与聚酯的稳定性,尺寸收缩后结构致密,形成额外防护屏障,延长了性能峰值周期。锦纶及锦纶/氨纶织物吸湿性强、尺寸稳定性差,水洗后膨胀导致防护结构破坏,性能衰减最快,100次水洗后均跌破UPF 30标准。

3.2 提升织物耐水洗防紫外性能的优化建议

基于尺寸变化与性能的关联规律,从三方面优化:一是改进整理工艺,选用硅烷改性整理剂与高效交联剂,增强整理剂与纤维的结合力,减少水洗脱落;二是优化织物结构,对锦纶及锦纶/氨纶织物进行预缩、防膨

胀整理,降低尺寸变化率;棉/涤混纺织物可调控织密度,强化收缩后的致密防护效果。三是规范使用护理,选用中性洗涤剂,控制水洗温度与频率,避免高温加速尺寸变形与整理剂脱落^[3]。

3.3 实验局限性与后续研究方向

本实验采用标准水洗工况,未考虑实际使用中洗涤剂种类、烘干方式的影响,且仅测试经向、纬向尺寸变化。后续可增加多变量水洗实验,模拟复杂使用场景;采用SEM观察水洗前后织物微观结构与整理剂分布,细化尺寸变化对整理剂固着的影响机制;探究新型整理技术,如溶胶-凝胶整理,同步提升整理剂稳定性与织物尺寸稳定性。

4 防紫外线织物的市场应用前景与挑战

4.1 市场应用前景

聚酯纤维织物尺寸稳定、耐水洗性优,适合制作长期户外服装、遮阳伞等高频使用产品。棉/涤混纺织物兼具舒适性与性能稳定性,可用于日常户外服饰。锦纶及锦纶/氨纶织物弹性佳,但尺寸稳定性差,需优化整理工艺后,可应用于贴身户外内衣。随着健康意识提升,高尺寸稳定性、高耐水洗防紫外织物市场需求将持续增长^[4]。

4.2 面临的挑战

行业面临的三大挑战:技术上,如何同步提升锦纶、氨纶类织物的尺寸稳定性与整理剂固着率,是研发

核心;成本上,高效防膨胀整理与新型整理剂增加生产成本,限制中低端产品推广;市场上,部分产品忽视尺寸稳定性指标,导致实际使用中性能衰减过快,影响消费者信任。需加强行业规范,完善产品检测标准,推动技术升级。

结束语

本文通过4种织物多频次水洗实验,明确了尺寸变化率与防紫外性能的关联规律:尺寸收缩织物性能先升后降,尺寸变大织物性能持续下降,尺寸稳定织物性能稳步下降,且棉/涤混纺织物呈“10次收缩稳定、0-50次性能上升、50次后下降”的特殊特征。未来需聚焦尺寸稳定性优化,开发兼顾性能与尺寸稳定的整理技术,完善关联评价体系,推动防紫外线织物行业高质量发展。

参考文献

- [1]刘丽,冯瑜,潘莲君,等.影响防晒衣防紫外线性能的因素分析[J].中国纤检,2025(10):54-56.
- [2]吴俊雄,尉霞,罗璟娴,等.阻燃腈纶/芳纶包芯纱的制备及其紫外光稳定性[J].纺织学报,2023,44(3):60-66.
- [3]边立然,牛帅,贾琳,等.天然染料对棉织物防紫外线和抗菌性能的影响[J].棉纺织技术,2025,53(2):17-21.
- [4]赵辉,陈聪聪,刘应亮.全波段紫外吸收碳点用于棉织物防紫外线危害[J].上海纺织科技,2024,52(4):75-80,106.