

# 低温复合纳米 TiO<sub>2</sub>-苧麻织物抗紫外性能的研究

杨圆<sup>1</sup>, 冯雅妮<sup>2</sup>, 翟雯<sup>1</sup>, 汪逸潮<sup>1</sup>, 贾冬<sup>3</sup>, 朱泉<sup>4</sup>, 邱夷平<sup>1</sup>, 蒋秋冉<sup>1</sup>

1. 东华大学, 产业用纺织品教育部工程研究中心, 上海 201620;

2. 广州纤维产品检测研究院, 广州, 广东 511447

3. 新疆维吾尔自治区纤维检验局, 乌鲁木齐, 新疆 830013

4. 东华大学, 化学化工与生物学院, 上海 201620

**摘要:**介绍了一种通过低温复合技术制备纳米 TiO<sub>2</sub> 负载苧麻织物的方法, 并通过扫描电镜观察复合织物表面, 确认纳米 TiO<sub>2</sub> 的固着; 对纳米 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物进行抗紫外线性能进行测定, 发现其具有优异的抗紫外线性能, 且经过不同的洗涤次数后, 仍然具有良好的紫外防护效果, 在装饰、家用及产业用纺织品上具有良好的应用前景。

**关键词:** 低温复合; 抗紫外线; 苧麻织物; 纳米 TiO<sub>2</sub>

**中图分类号:** TS101.3 **文献标识码:** A

## Ramie Fabrics fixed with TiO<sub>2</sub> Nanoparticles at Low Temperature for Ultraviolet Shielding

YANG Yuan<sup>1</sup>, FENGYa-ni<sup>2</sup>, ZHAI Wen<sup>1</sup>, WANG Yi-chao<sup>1</sup>, JIA Dong<sup>3</sup>, ZHU Quan<sup>4</sup>, QIU Yi-ping<sup>1</sup>,  
JIANG Qiu-ran<sup>1</sup>

1. Engineering Research Center of Technical Textiles, Ministry of Education,  
Donghua University, Shanghai 201620;

2. Guangzhou Fiber Product Testing and Research Institute, Guangzhou, Guangdong, 511447;

3. The Fiber Inspection Bureau in Xinjiang Uygur Autonomous Region, Urumqi, Xinjiang, 830013;

4. Department of Applied Chemistry, College of Chemistry, Chemical Engineering and Biotechnology,  
Donghua University, Shanghai, 201620

### Abstract:

A low temperature fixation approach was developed in this research to bind TiO<sub>2</sub> nanoparticles with ramie fabrics. The surfaces of the fabrics were observed under a scanning electron microscope to confirm the fixation of particles. The ultraviolet shielding properties of the modified fabrics were tested and confirmed. After washing for various batches, the ultraviolet shielding properties could still be maintained. The nanoTiO<sub>2</sub>-ramie fabric has the potential to be used for the development of decoration, household or industrial textiles.<sup>1</sup>

**Keywords:** low temperature fixation; ultraviolet shielding; ramie fabrics; TiO<sub>2</sub> nanoparticles

<sup>1</sup>基金项目: 广东省质量技术监督局科技项目 (2016PZ04); 新疆维吾尔自治区质量技术监督局科技计划项目 (新质监办科[2015]7号); 中央高校基本科研业务费专项资金资助 (产业用纺织品教育部工程研究中心项目, 15D110133)

作者简介: 杨圆(1994-), 女, 东华大学, 硕士研究生, 纺织材料与纺织品设计

通讯作者: 蒋秋冉(1982-), 女, 副教授, 博士, 微纳米材料, 联系地址: 上海市松江区人民北路 2999 号东华大学纺织学院 (201620), E-mail:jj@dhu.edu.cn

## 引言

过量紫外线照射不仅会对人体产生危害，导致皮肤老化、晒伤、红肿脱皮，甚至引发皮肤癌<sup>[1]</sup>，还会造成许多仪器或材料的老化，性能的减弱或丧失，缩短器件使用寿命，甚至引起安全隐患。因此紫外线防护已经得到愈来愈多的重视。近年来具有紫外线防护功能的纺织品备受青睐，增加纺织品的抗紫外线性能并在使用过程中保持其功能已成为功能纺织品研发的重要方向之一。

纳米  $\text{TiO}_2$  可通过吸收、散射和反射作用阻挡紫外光，实现紫外线屏蔽功能，且其化学稳定性较优，因此被应用于抗紫外纺织品功能化处理<sup>[2]</sup>。传统纳米  $\text{TiO}_2$  负载方法多基于浸轧法、覆膜法和胶黏剂法。浸轧法<sup>[3]</sup>虽工艺简单，但负载牢度不足，易脱落；常规覆膜法<sup>[4]</sup>中大量纳米材料被覆膜材料包覆，而大幅降低其功能性；胶黏剂法<sup>[5]</sup>一般会依赖具有一定毒性的胶黏剂，

且同样无法避免纳米材料的全包覆。

本研究基于低温碱/尿素纤维素溶解技术<sup>[6]</sup>，利用该体系的分子量选择溶解特性，实现纳米  $\text{TiO}_2$  在苧麻织物底物上的高效固着。在与苧麻织物原样对比下，考察所开发  $\text{TiO}_2$ -苧麻复合织物抗紫外线性能，同时探索织物在不同次数洗涤后，抗紫外性能的耐久性，评价该种织物在开发防紫外线产品方面的潜力。

## 1 试验与方法

### 1.1 试验材料

苧麻织物（湖南洞庭苧麻纺织印染厂，已脱胶），平纹，经密 260 根/10cm，纬密 228 根/10cm，纱线细度 21s×21s。氢氧化钠（浙江平湖化工试剂厂）、尿素（上海凌峰化学试剂有限公司）、纳米二氧化钛（Degussa P25，北京安特普纳科贸有限公司）、聚乙二醇 1000（国药集团化学试剂有限公司）。

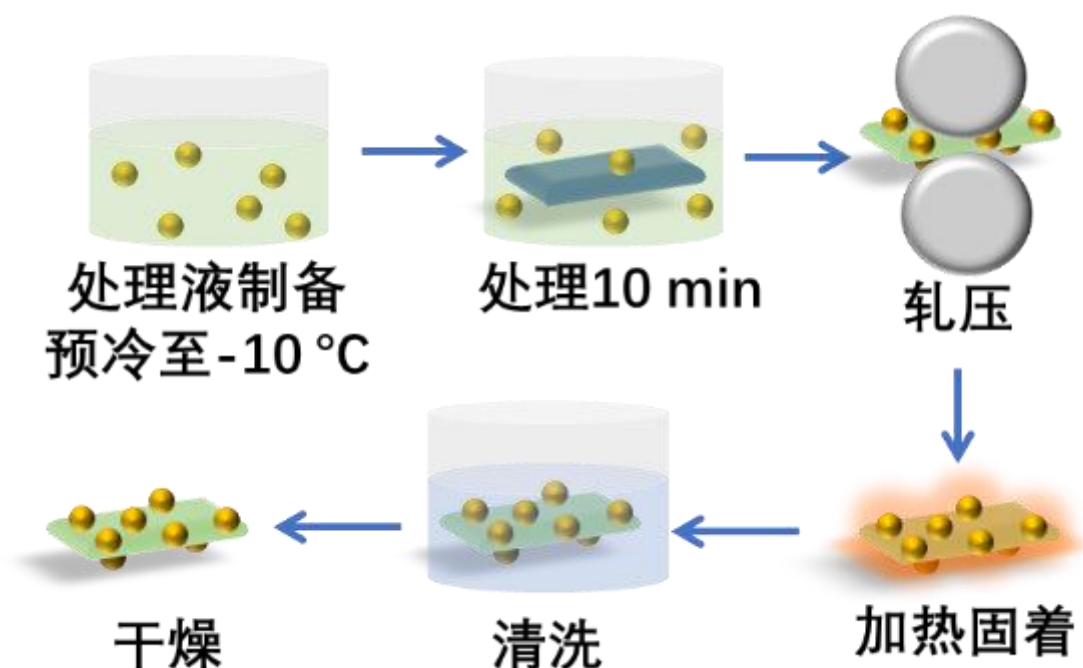


图 1 纳米  $\text{TiO}_2$ -苧麻复合织物制备工艺路线图

Fig.1 Scheme of fabrication of nano  $\text{TiO}_2$ -ramie composite fabric

表 1 苧麻织物原样与 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物抗紫外性能

Fig.1UV shielding properties of the original andTiO<sub>2</sub> loaded ramie fabrics

样品	透过率/%		UPF 值	透过率衰减率 (%)	
	UVA	UVB		UVA	UVB
苧麻织物原样	26.06	18.80	5.1	—	—
TiO <sub>2</sub> -苧麻复合织物	1.81	1.30	75.87	93.05	93.09

### 1.2 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物的制备

苧麻织物先用蒸馏水洗净，在室温下干燥。将质量分数为 3%的 TiO<sub>2</sub> 颗粒分散于氢氧化钠/尿素/聚乙二醇(7wt.%/12wt.%/0.25 wt.%)水溶液中制备处理浴，随后预冷至-10 °C，将织物以固液比 50:1 置于处理浴中处理 10 min，处理后织物经过 400N/cm 压力轧压，轧余率控制在 75%，随后在100°C下烘干 2 min，在 170°C下固化 1 min。处理后织物在蒸馏水中清洗 3 次，然后在 60°C条件下干燥 24 h。

### 1.3 织物表面形态及抗紫外性能表征

为对比观察苧麻织物处理前后表面形态变化，样品经过喷金处理后，使用扫描电子显微镜 (SEM, JSM-5600LV, 日本 JEOL 公司) 在 7000 倍和 4000 倍下进行观察,所用电压为 15kV。

依照欧盟纺织品日光紫外线防护性能标准 RrEN 13758-2001，使用织物紫外透过率测试仪 (Ultra-Violet Transmittance Fabric Analyzer UV1000F)，测定样品在波长范围 250~450nm 的光线透过率以及织物防紫外系数 (Ultraviolet Protection Factor, UPF)。通过计算获得样品的织物紫外透过率的衰减率，计算公式如下：  
紫外透过率的衰减率= (原样紫外透过率-复合织物紫外透过率) × 100%/原样紫外透过率。

## 2 结果与讨论

### 2.1 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物的抗紫外性能

苧麻织物原样与 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物的抗紫

外性能结果如表 1 所示。从表 1 中可见，固定纳米 TiO<sub>2</sub> 之后，苧麻复合织物的 UPF 值对比原样增加了约 14 倍。对于长波紫外线 UVA 及中波紫外线 UVB 波段的透过率分别衰减了 93.05%和 93.09。根据国家标准 GB/T18830-2009 《纺织品防紫外线性能的评定》，UPF 值与 UVA 透过率作为评价织物防紫外线性能的指标。当样品的 UPF > 40，且 T (UVA)<sub>AV</sub> < 5%，可称为“防紫外线产品”。TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物的 UPF 值由 5.1 升到 75.87，远高于 40，UVA 平均透过率由 26.065 降为 1.81%，小于 5%，UVA、UVB 平均透过率衰减率均在 90%以上，高于 50%的要求。因此本研究所开发的 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物具有良好的抗紫外性能，可用于开发防紫外线产品。

### 2.2 苧麻织物对不同波长紫外线透过率的分析

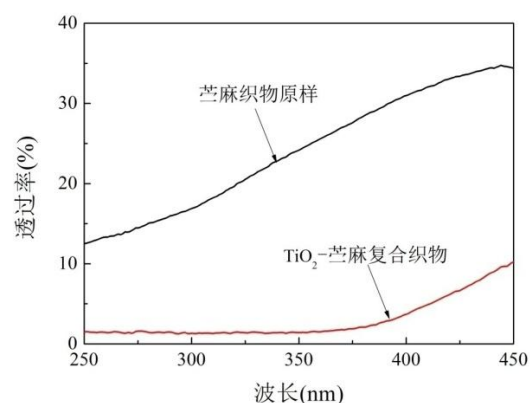


图 2 苧麻织物原样与 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物在不同波段的紫外透过率

Fig.2UV lighttransmittance of the original and TiO<sub>2</sub> loaded ramiefabrics at different wavelengths

图 2 展示了苧麻织物原样与 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物对不同波长紫外光的透过率。苧麻织物原样在 250~450 nm 的测试范围内，紫外透过率随波长增加几乎线性由 12 % 增长至 34 %，而 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物在 250 nm~320 nm 波段可平稳维持 2% 以下的透过率，而后随着波长增加逐步提升至约 9%。该结果表明纳米 TiO<sub>2</sub> 的附着可在较广泛的波段高效降低紫外透过率，具有良好的紫外防护能力。

### 2.3 洗涤对 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物抗紫外性能影响

不同洗涤次数处理后 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物的 UVA、UVB 透过率及衰减率如表 2 所示。随着洗涤次数的增加，织物 UVA、UVB 透过率逐渐增大，但变化幅度较小，经过 10 次洗涤后 UVA、UVB 的透过率分别提高至 3.72%、2.28%，透过率均小于 5%。随洗涤次数增多，UVA、UVB 紫外透过率衰减率减小，当洗涤次数达到 10 次时，UVA、UVB 的透过率衰减率分别为 85.73%、

87.87%，依然高于 50%。

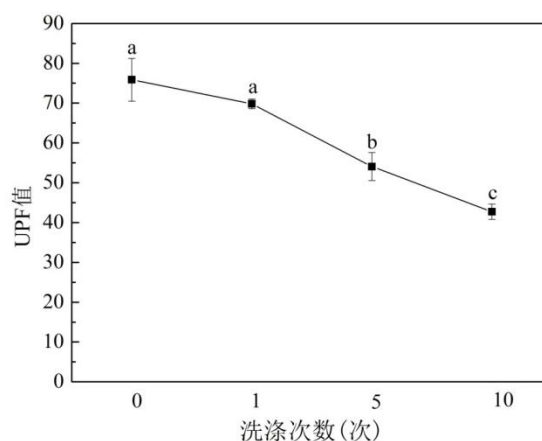


图 3 不同洗涤次数后 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物的 UPF  
Fig.3 UPF of the TiO<sub>2</sub> loaded ramie fabrics washed for different cycles

图 3 显示了经过不同次数洗涤后 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物的 UPF 变化。经过一次洗涤后织物 UPF 值无显著变化，随洗涤次数增多，UPF 值呈现线性下降，经过 10 次洗涤之后，UPF 值下降了 43.67%，但仍然保持在 40 以上。

表 2 不同次数洗涤处理后 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物的 UVA、UVB 透过率及衰减率  
Fig.2 UVA and UVB transmittances and attenuation rates of the TiO<sub>2</sub> loaded ramie fabrics washed for different cycles

样品	透过率 (%)		透过率衰减率 (%)	
	UVA	UVB	UVA	UVB
TiO <sub>2</sub> -苧麻复合织物	1.81	1.30	93.05	93.09
TiO <sub>2</sub> -苧麻复合织物洗涤 1 次	2.11	1.37	91.90	92.71
TiO <sub>2</sub> -苧麻复合织物洗涤 5 次	2.76	1.85	89.40	90.16
TiO <sub>2</sub> -苧麻复合织物洗涤 10 次	3.72	2.28	85.73	87.87

图 4 中不同洗涤次数后 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物在不同波段的紫外透过率。洗涤 1 次后，织物在不同波长的透过率几乎与未经洗涤织物一致，未见明显差异。洗涤 5 次后，织物在 250~450nm 范围内的透过率有所增加，且在 350~450 nm 波长范围内的透过率增幅更为明显。织物经 10 次洗涤后，透过率继续增大，但增幅不大。

由以上结果可见，本研究所开发的 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物经过多次洗涤后，依然可保持良好的抗紫外性能，说明低温处理技术可有效将纳米 TiO<sub>2</sub> 颗粒固着于苧麻织物上，牢度高，耐水洗。苧麻纤维在低温碱尿素的作用下发生溶胀，一些分子量较小的物质溶出或部分溶出，继而固化固着纳米 TiO<sub>2</sub>，因此固化物质与织物本体

结合较好，同时织物表层成分分子间部分氢键在处理过程中断裂，释放更多的羟基，与纳米TiO<sub>2</sub>有效结合，因此该结合层具有较高的固着效率和牢度，可保证耐洗牢度。

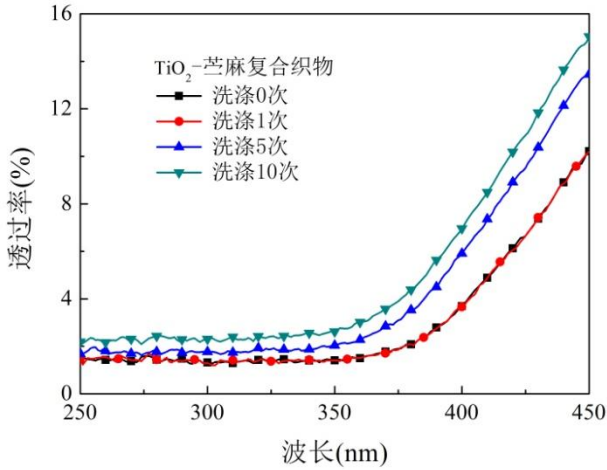


图4 不同洗涤次数后 TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物在不同波段的紫外透过率

Fig.4 UV light transmittances of TiO<sub>2</sub> loaded ramie fabrics washed for different cycles at a series of wavelengths

### 3 结论与展望

本研究开发了一种基于低温碱尿素处理的纳米TiO<sub>2</sub>固着技术，并着重考察纳米TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物在抗紫外方面的性能。结果显示该种低温固着技术可有效、牢固、均匀地将纳米TiO<sub>2</sub>负载于苧麻织物表面；织物UPF可达75.87，UVA和UVB透过率可降低至1.81%和1.30%，

超过防紫外线产品要求；经过1次洗涤后织物防紫外性能无显著变化，经过10次洗涤后，UPF保持在42.74，且UVA透过率维持在3.72%，依然满足防紫外线产品要求，说明本研究所开发的TiO<sub>2</sub>-苧麻复合织物具有优异耐洗牢度。本研究所开发抗紫外苧麻织物具有开发防紫外家用纺织品、产业用覆盖型纺织品的潜力。

### 参考文献

[1]朱航艳,于伟东,王正伟. 织物防紫外线性能表征[J]. 产业用纺织品, 2003(12):16-20  
 [2]邓桦,忻浩忠. 纳米TiO<sub>2</sub>的抗紫外线整理应用研究[J]. 纺织学报,2005(12):11-13  
 [3]黄晨,杨甫生等. 棉织物的纳米TiO<sub>2</sub>与SiO<sub>2</sub>抗紫外线整理[J]. 纺织学报,2006,27(8):12-15  
 [4]Venkataramanan NS, Matsui K, Kawanam H, et al. Green synthesis of titania nanowire composites on natural cellulose fibers[J]. Green Chemistry,2007,9(1):18-19.  
 [5]张辉,范立红等. 基于纳米粉体的织物抗紫外线研究[J]. 纺织高校基础科学学报,2005,18(2):189-193  
 [6]Jie C, Lina Z. Rapid Dissolution of Cellulose in LiOH/Urea and NaOH/Urea Aqueous Solutions[J]. Macromolecular Bioscience,2005,5(6):539-548.