

# 氧化石墨烯/聚苯胺复合乳液对蚕丝织物的 导电整理

张坤杰

河南科技职业大学,河南 周口 453003

**摘要:**为解决传统蚕丝织物因绝缘性限制了其在高端领域应用的问题,通过构建氧化石墨烯(GO)/聚苯胺(PANI)复合体系对蚕丝织物进行导电改性,赋予织物持久的导电性能。采用超声改良化学法制备GO悬浮液,通过乳化-超声法制备PANI微乳液并优化其制备参数,再制备GO/PANI复合乳液,浸渍整理蚕丝织物并烘干。利用数字万用表测量织物表面电阻、扫描电子显微镜观察织物表面形貌,分析织物导电性能。结果表明:PANI微乳液的最佳制备参数为吐温80质量浓度20 g/L、超声时间3.5 h、苯胺浓度0.5 mol/L;GO/PANI蚕丝织物导电性能优于PANI蚕丝织物,且当PANI浓度为3.0 mol/L、GO质量浓度为60 g/L时,GO/PANI蚕丝织物的导电性能最佳,此时织物表面形成了连续的三维导电网络结构,纤维间空隙被有效填补。研究结果可为制备蚕丝导电织物,拓宽其在医疗、生物及工业等领域的应用提供参考。

**关键词:** 蚕丝织物;氧化石墨烯(GO);聚苯胺(PANI);导电性能;表面形貌

中图分类号:TS141.8

文献标志码:A

文章编号:1004-7093(2025)07-0039-07

## Conductive finishing of silk fabrics with graphene oxide/polyaniline composite emulsion

Zhang Kunjie

Henan Vocational University of Science and Technology, Zhoukou 453003, Henan, China

**Abstract:** To address the issue of traditional silk fabrics being restricted in high-end applications due to their insulating property, a conductive modification of silk fabrics was carried out by constructing a graphene oxide (GO)/polyaniline (PANI) composite system, thereby endowing the fabrics with durable conductive performance. The GO suspension liquid was prepared using an improved ultrasonic-assisted chemical method, while the PANI microemulsion was prepared via an emulsification-ultrasonic method, with its preparation parameters optimized. Subsequently, the GO/PANI composite emulsion was prepared, and the silk fabrics were finished through dipping and dried. The surface resistance of the fabrics was measured using a digital multimeter, the surface morphology of the fabrics was observed using a scanning electron microscope, and their properties were analyzed. The results showed that the optimal preparation parameters for the PANI microemulsion were Tween 80 mass concentration of 20 g/L, ultrasonic time of 3.5 h, and aniline

收稿日期:2025-04-28

作者简介:张坤杰,男,1991年生,助教,硕士,主要研究方向为功能性纺织品的研发,862208792@qq.com

concentration of 0.5 mol/L. The conductive performance of GO/PANI finished silk fabrics was superior to that of PANI finished silk fabrics. Moreover, when the PANI concentration was 3.0 mol/L and the GO mass concentration was 60 g/L, the conductive performance of the GO/PANI finished silk fabrics was optimal, at which point a continuous three-dimensional conductive network structure was formed on the fabric surface, effectively filling the gaps between fibers. The research findings can provide references for the preparation of conductive silk fabrics and the expansion of their applications in fields such as healthcare, biology, and industry.

**Keywords:** silk fabric; graphene oxide (GO); polyaniline (PANI); conductive performance; surface morphology

蚕丝织物因吸湿透气、柔软舒适且生物相容性好,在服装、家纺、医用防护等众多领域均享有极高的声誉,长期以来深受消费者青睐。然而,在当今智能化、多功能化材料快速发展的背景下,传统蚕丝织物自身固有的绝缘性限制了其在智能穿戴、静电防护、电磁屏蔽等高端领域的应用。例如,在智能穿戴领域,具备一定导电性能的织物可以实现信号传输、心率监测等功能<sup>[1-2]</sup>;在静电防护领域,绝缘的蚕丝织物易因摩擦产生静电积累,不仅会吸附灰尘,影响外观与穿着体验,还可能在特定环境下引发火灾、爆炸等事故。因此,对蚕丝织物进行导电改性,赋予其持久的导电性能,是纺织材料领域重要的一项研究工作。

为实现织物导电功能化,科研工作者们开发了多种导电整理技术,其中基于导电纳米材料的方法因整理效果优异、对织物原有性能影响小而得到广泛关注。氧化石墨烯(GO)作为石墨烯的重要衍生物,具有独特的二维片状纳米结构,表面富含羟基、环氧基、羧基等大量含氧官能团。这些官能团使得GO的水溶性良好,溶液加工与整理应用便利,还能为其与其他材料相互作用提供活性位点,助力构建稳定的复合体系<sup>[3-5]</sup>。但单独使用GO对蚕丝织物进行导电整理也存在一些不足:一是片层易团聚,这将导致整理液分散不均匀,难以形成连续的导电通路;二是与蚕丝纤维的结合力弱,这将导致水洗或摩擦后GO易脱落,导电性能骤降,难以满足耐久性要求。

聚苯胺(PANI)作为导电高分子材料,具有合成简单、原料易得、导电性能优异且可控、环境稳定性好等优点,在织物导电整理领域应用广泛<sup>[6-9]</sup>。通过调控其掺杂程度可有效调节PANI的导电性能。

将其用于蚕丝织物导电整理时,能在织物表面形成导电涂层,赋予织物一定的导电能力。但PANI也存在明显的缺陷,在多数常见溶剂中溶解性差,难以制得均匀、稳定的整理液,整理后织物表面涂层易不均,织物外观与手感受影响;此外,PANI与蚕丝纤维结合力弱,织物受外力作用时涂层易开裂脱落,导致导电性能下降,这限制了其在服装等对柔韧性要求较高领域的应用。

因此,本研究将构建GO/PANI复合体系,以期克服单一材料缺陷,实现二者优势互补。PANI为GO提供支撑,抑制团聚,促进相互作用,提升整理液稳定性;GO修饰PANI,改善分散性,共筑导电网络,同时增强与蚕丝的结合力,改善涂层柔韧性<sup>[10-13]</sup>。本研究将利用制备的GO/PANI复合乳液整理蚕丝织物,研究影响蚕丝织物导电性能的因素,分析作用机制与导电机理,确定最佳制备工艺参数,以为高性能导电蚕丝织物的制备提供参考。

## 1 试验材料与方法

### 1.1 试验用织物及化学药品

试验用织物及化学药品如表1所示。

### 1.2 试验准备

#### 1.2.1 GO悬浮液的制备

采用超声改良化学法制备GO悬浮液。称取1g石墨粉与0.5g硝酸钠混合于250mL的三口烧瓶中,搅拌均匀。量取23mL的浓硫酸,冰浴条件下滴加到三口烧瓶内,同时打开超声仪。滴加时,先缓慢滴加,随后可适当提高滴加速度。当石墨粉完全被浸湿时,可适当提高搅拌速度。浓硫酸完全滴入后,称取3g高锰酸钾缓慢加入三口烧瓶内,继续冰

表 1 试验用织物及化学药品

Tab. 1 Fabrics and chemical reagents used in experiment test

织物及化学药品	化学式	生产厂家	纯度
蚕丝织物(5 cm×5 cm,原料桑蚕丝)	—	市售	—
石墨粉	C	市售	工业品
浓硫酸(质量分数 98%)	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	天津市德恩化学试剂有限公司	AR
盐酸(0.1 mol/L)	HCl	洛阳昊华化学试剂有限公司	AR
过氧化氢(体积分数 3%)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	天津市德恩化学试剂有限公司	AR
过硫酸铵	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>8</sub>	天津市永大化学试剂有限公司	AR
吐温 80(乳化剂)	C <sub>24</sub> H <sub>44</sub> O <sub>6</sub>	天津市科密欧化学试剂有限公司	CP
正丁醇	CH <sub>3</sub> (CH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> OH	天津市德恩化学试剂有限公司	AR
高锰酸钾	KMnO <sub>4</sub>	天津市德恩化学试剂有限公司	AR
苯胺(AN)	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> NH <sub>2</sub>	天津市科密欧化学试剂有限公司	AR
硝酸钠	NaNO <sub>3</sub>	天津市德恩化学试剂有限公司	AR

浴、超声 1 h。然后,控制水浴温度在 35 ℃左右,让反应继续进行 30 min。量取 46 mL 蒸馏水,缓慢加入三口烧瓶内,完成后继续反应 15 min。倒出三口烧瓶内的液体,用体积分数为 3% 的过氧化氢去除液体中残留的高锰酸钾,直至无气泡产生,最后得到的液体即为 GO 悬浮液。制备过程中,通过改变加入的石墨粉质量获得不同质量浓度的 GO 悬浮液。

#### 1.2.2 PANI 微乳液的制备

先称取 2 g 吐温 80,并量取 10 mL 的盐酸和 35 mL 的蒸馏水,一起加入 250 mL 的三口烧瓶中,冰浴、超声条件下搅拌 30 min。再称取 1.71 g 过硫酸铵,溶于 25 mL 蒸馏水中,也一起加入到三口烧瓶中,继续搅拌 1 h。接着,向三口烧瓶内加入适量的正丁醇,直至泡沫消失,继续搅拌 30 min。然后,量取一定质量的苯胺,用蒸馏水稀释后,采取分批滴加的方法加入三口烧瓶中,即先滴加苯胺溶液总体积的 4/5,再滴加剩余的苯胺溶液,中间间隔 1 h。最后,冰浴条件下搅拌并超声一定时间(此即为后文研究的超声时间),即得 PANI 微乳液。

#### 1.2.3 GO/PANI 复合乳液的制备

将制备好的 PANI 微乳液与 GO 悬浮液混合,超声处理 1 h 即得 GO/PANI 复合乳液。超声期间适时搅拌,确保复合乳液的均匀性。

#### 1.2.4 蚕丝织物的整理

制备的 PANI 微乳液或 GO/PANI 复合乳液静置后分层,提取上层液体进行超声搅拌 30 min,随后将蚕丝织物浸渍其中 30 min。然后,将浸渍的蚕丝织物置于 50 ℃真空环境中烘干 4 h,取出后按整理

液类型做好标记,放入干燥器中存放,即得 PANI 蚕丝织物或 GO/PANI 蚕丝织物。

### 1.3 PANI 微乳液对 PANI 蚕丝织物导电性能影响单因素试验方案

#### 1.3.1 吐温 80 质量浓度

参照 1.2.2 节的方法,选择不同质量浓度(5、10、15、20、25、30 g/L)的吐温 80,并控制苯胺质量 1.4 g,超声 3.5 h,制备不同的 PANI 微乳液,用于整理蚕丝织物。研究吐温 80 质量浓度对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响。

#### 1.3.2 超声时间

参照 1.2.2 节的方法,选择超声时间分别为 2.0、2.5、3.0、3.5、4.0、4.5、5.0 h,并控制吐温 80 质量浓度 20 g/L、苯胺质量 1.4 g,制备不同的 PANI 微乳液,用于整理蚕丝织物。研究超声时间对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响。

#### 1.3.3 苯胺浓度

参照 1.2.2 节的方法,选择苯胺浓度分别为 0.1、0.2、0.3、0.4、0.5、0.6、0.7 mol/L,控制吐温 80 质量浓度 20 g/L、超声时间 3.5 h,制备不同的 PANI 微乳液,用于整理蚕丝织物。研究苯胺浓度对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响。

### 1.4 不同配制整理液对整理后蚕丝织物导电性能影响试验方案

#### 1.4.1 PANI 浓度

参照 1.2.2 节,控制吐温 80 质量浓度为 20 g/L、超声时间 3.5 h,通过改变添加的苯胺质量制备 PANI 浓度分别为 1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、

4.0 mol/L 的 PANI 微乳液, 超声分散 1 h 后对蚕丝织物进行整理。探究 PANI 浓度对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响。

参照 1.2.3 节, 控制 GO 悬浮液质量浓度 50 g/L, 选择不同 PANI 浓度 (1.5、2.0、2.5、3.0、3.5、4.0 mol/L) 的 PANI 微乳液, 制备 GO/PANI 复合乳液, 超声分散 1 h 后对蚕丝织物进行整理。探究 PANI 浓度对 GO/PANI 蚕丝织物导电性能的影响。

#### 1.4.2 GO 质量浓度

参照 1.2.3 节, 控制 PANI 微乳液中 PANI 浓度 3.0 mol/L, 选择不同质量浓度 (40、50、60、70、80、90 g/L) 的 GO 悬浮液, 制备 GO/PANI 复合乳液, 超声分散 1 h 后对蚕丝织物进行整理。探究 GO 质量浓度对 GO/PANI 蚕丝织物导电性能的影响。

## 2 测试方法

### 2.1 蚕丝织物导电性能

利用 UT151B 型数字万用表测量经 PANI 微乳液和 GO/PANI 复合乳液整理的蚕丝织物的表面电阻。分别在织物经、纬向选择 8 个不同的位置, 测量点尽量覆盖整个织物表面, 测量间距 1 cm。利用电阻平均值表征织物的导电性能, 利用电阻值标准差表征 PANI、GO 在蚕丝织物表面分布的均匀程度。

### 2.2 表面形貌

利用 Quanta 250 型扫描电子显微镜 (SEM) 观察未整理蚕丝织物、PANI 蚕丝织物和 GO/PANI 蚕丝织物的表面形貌, 分析织物表面状况。

## 3 结果与讨论

### 3.1 PANI 微乳液制备工艺单因素分析

#### 3.1.1 吐温 80 质量浓度

吐温 80 质量浓度对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响如图 1 所示。由图 1 可以看出: 吐温 80 质量浓度对 PANI 蚕丝织物的导电性能影响非常大。随着吐温 80 质量浓度的增加, PANI 蚕丝织物的导电性能开始随之显著提高, 偏差也逐渐减小, 说明吐温 80 质量浓度的增加能在一定程度上减小合成的 PANI 粒径分布区间, 使得粒径尺寸更加均匀。导电

性能的增加与吐温 80 质量浓度增加、各试剂在 PANI 微乳液中分散更均匀、合成的 PANI 粒径较小、吸附到蚕丝织物表面的 PANI 量增加有关。但吐温 80 质量浓度达到 20 g/L 以后, 各试剂在 PANI 微乳液中已得到充分的乳化和分散, 继续增加吐温 80 质量浓度, PANI 蚕丝织物导电性能增加不明显。因此, 制备 PANI 微乳液时, 吐温 80 的质量浓度以 20 g/L 效果最佳。

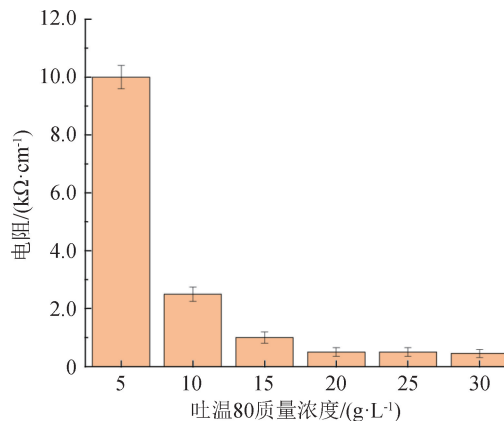


图1 吐温 80 质量浓度对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响  
Fig. 1 Effect of mass concentration of Tween 80 on electrical conductivity of PANI finished silk fabrics

#### 3.1.2 超声时间

PANI 微乳液制备过程中超声时间对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响如图 2 所示。超声时间为 0 最终得到的 PANI 蚕丝织物, 其表面因缺乏游离的电子或离子而表面电阻过大, 导致无法测出, 故图 2 中未做显示。从图 2 可以看出, 超声对 PANI 蚕丝织物的导电性能影响非常大。采用超声条件下制备的 PANI 微乳液整理的 PANI 蚕丝织物, 其表面电阻均能测出, 且随着超声时间的延长, 表面电阻开始下降明显, 偏差也逐渐减小, 说明 PANI 微乳液中粒径尺寸变化范围在减小。但当超声时间达到 3.5 h 后, 继续延长超声时间, 蚕丝织物表面电阻未出现明显下降。这是因为 PANI 微乳液制备过程中, 刚开始超声可使 PANI 颗粒变小, 从而易吸附于蚕丝织物表面, 但随着超声时间的延长, 反应已彻底完成, 生成的共价键已非常稳定且难以被破坏, 此时继续超声效果不明显。所以, 制备 PANI 微乳液时, 超声时间选择 3.5 h 最佳。

#### 3.1.3 苯胺浓度

苯胺浓度对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响如

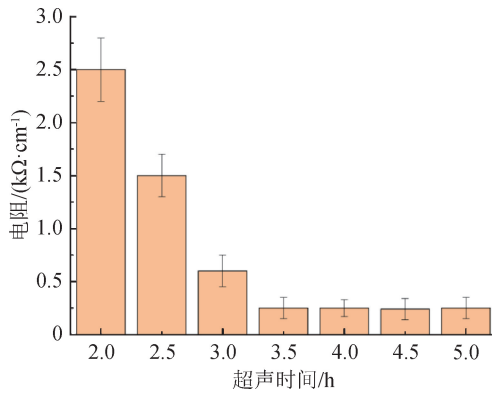


图 2 PANI 微乳液超声时间对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响  
Fig. 2 Effect of ultrasonic time of PANI microemulsion on electrical conductivity of PANI finished silk fabrics

图 3 所示。由图 3 可以看出:随着苯胺浓度的增加,蚕丝织物导电性能开始提升显著。当苯胺浓度为 0.5 mol/L 时,偏差明显减小,说明此时 PANI 在蚕丝织物表面分布较均匀。导电性能的提高主要与苯胺浓度的增加,合成得到的 PANI 增加,故而在浓度差的作用下,PANI 转移到蚕丝织物表面的数量随之增加,蚕丝织物表面电阻减小有关。但继续增加苯胺浓度,蚕丝织物表面的 PANI 微粒达到饱和,导电性能增加不明显。因此,制备 PANI 微乳液时,苯胺浓度以 0.5 mol/L 效果最佳。

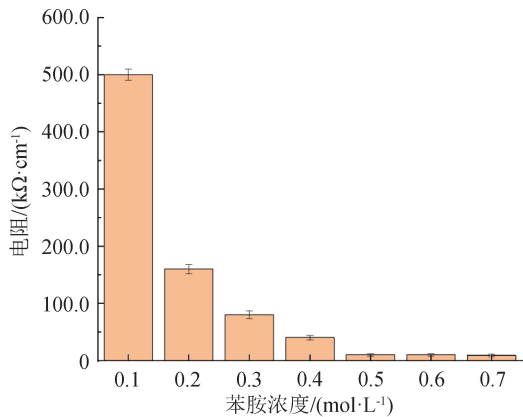


图 3 苯胺浓度对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响  
Fig. 3 Effect of AN concentration on electrical conductivity of PANI finished silk fabrics

### 3.2 不同配制整理液对蚕丝织物导电性能的影响

#### 3.2.1 PANI 浓度

图 4 为不同 PANI 浓度的 PANI 微乳液整理的 PANI 蚕丝织物的导电性能。从图 4 可以看出:单独用 PANI 微乳液整理的蚕丝织物,随着 PANI 浓度的增加,电阻开始下降明显,PANI 微粒在蚕丝织物表

面分布的均匀度提高。PANI 浓度为 3 mol/L 时蚕丝织物导电性能最佳。继续提高 PANI 浓度,蚕丝织物导电性能提升效果不明显。

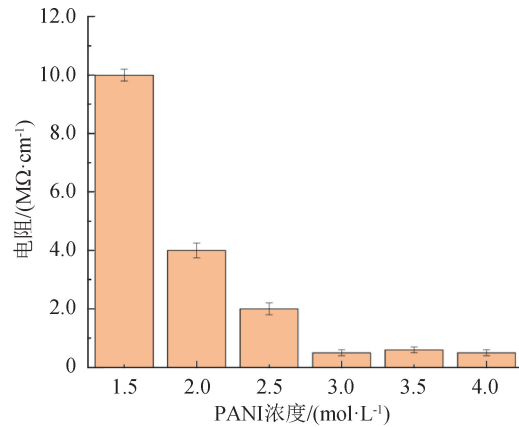


图 4 PANI 浓度对 PANI 蚕丝织物导电性能的影响  
Fig. 4 Effect of PANI concentration on electrical conductivity of PANI finished silk fabrics

图 5 为不同 PANI 浓度的 PANI 微乳液与 50 g/L GO 悬浮液组成的复合乳液整理的 GO/PANI 蚕丝织物的导电性能。由图 5 可以看出:随着 PANI 浓度的增加,GO/PANI 蚕丝织物的电阻开始下降明显,PANI 与 GO 在蚕丝织物表面分布的均匀度提高。

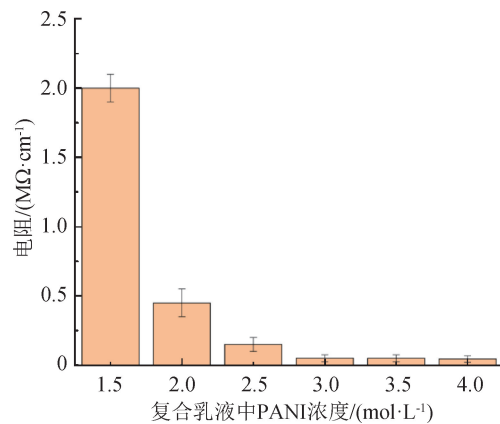


图 5 PANI 浓度对 GO/PANI 蚕丝织物导电性能的影响  
Fig. 5 Effect of PANI concentration on electrical conductivity of GO/PANI finished silk fabrics

比较图 4 和图 5 可以看出:GO/PANI 蚕丝织物的导电性能比单独 PANI 微乳液整理的 PANI 蚕丝织物提高明显。这是因为在浸渍的整理方式中,GO 悬浮液的加入使得复合乳液浓度增加,黏度增大,更多的 PANI 和 GO 黏附到蚕丝织物表面,且 PANI 通过  $\pi$ - $\pi$  键与氢键和 GO 结合,形成了连续的三维导

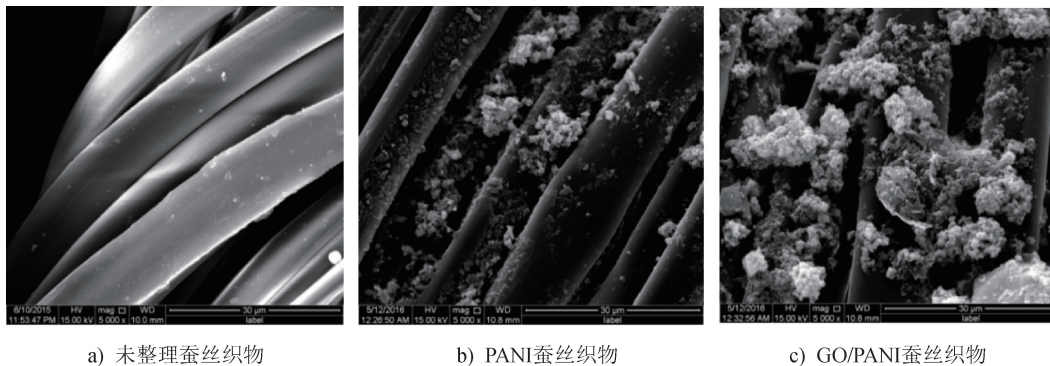
电网络结构,蚕丝织物表面电阻大幅下降。且图 5 显示,由 GO/PANI 复合乳液 (PANI 浓度 3.0 mol/L,GO 质量浓度 50 g/L) 整理得到的 GO/PANI 蚕丝织物导电性能最佳。

### 3.2.2 GO 质量浓度

控制 PANI 浓度为 3.0 mol/L,改变 GO 质量浓度,所得 GO/PANI 蚕丝织物的导电性能如图 6 所示。从图 6 可以看出:随着 GO 质量浓度的增加,电阻开始下降明显。当加入的 GO 质量浓度为 60 g/L 时,导电性能最佳。之后继续增加 GO 质量浓度,电阻不减反增。这是因为,适量 GO 的加入可以提高 GO/PANI 复合乳液的浓度和黏度,使得黏附堆积在蚕丝织物表面的 PANI 微粒增加,蚕丝织物表面的电阻降低;但随着 GO 质量浓度的持续增加,复合乳液中 PANI 微粒的有效浓度降低,黏附堆积在蚕丝织物表面的除了 PANI 外,还有大量不能导电的 GO,故蚕丝织物表面有效导电物质减少,表面电阻增加。图 6 显示,由 GO/PANI 复合乳液 (PANI 浓度 3.0 mol/L,GO 质量浓度 60 g/L) 整理得到的 GO/PANI 蚕丝织物导电性能最佳。

### 3.3 表面形貌

利用 SEM 观察未整理蚕丝织物、PANI 蚕丝织物 (单独 PANI 微乳液整理,PANI 浓度 3.0 mol/L)



a) 未整理蚕丝织物

b) PANI蚕丝织物

c) GO/PANI蚕丝织物

图 7 蚕丝织物整理前后表面形貌( $\times 5\ 000$ )Fig.7 Surface morphology of silk fabrics before and after finishing ( $\times 5\ 000$ )

## 4 结论

本研究探讨了 PANI 微乳液的制备,以及 PANI 微乳液和 GO/PANI 复合乳液的使用对蚕丝织物导电性能的影响,具体结论如下:

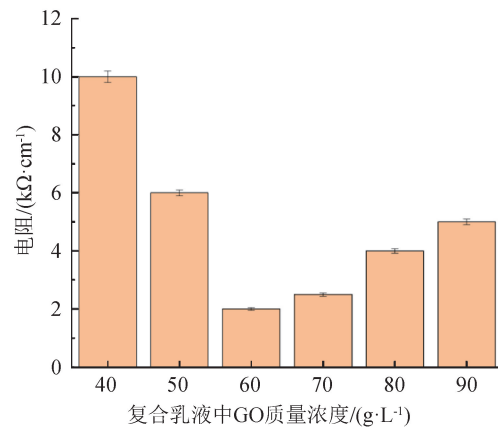


图 6 GO 质量浓度对 GO/PANI 蚕丝织物导电性能的影响

Fig.6 Effect of GO mass concentration on electrical conductivity of GO/PANI finished silk fabrics

及 GO/PANI 蚕丝织物 (GO/PANI 复合乳液整理, PANI 浓度 3.0 mol/L、GO 质量浓度 60 g/L),结果如图 7 所示。可以看出:未整理蚕丝织物中纤维表面非常光滑;经 PANI 微乳液整理后,纤维表面吸附有较大的颗粒物;GO/PANI 复合乳液整理的蚕丝织物表面吸附了大量的整理剂,这与复合乳液浓度及黏度增加有关。GO/PANI 蚕丝织物纤维间空隙得到了有效的填补,这有利于缩短电子运动轨迹,提高蚕丝织物导电能力。

(1) 单因素试验得到,当乳化剂吐温 80 质量浓度为 20 g/L、超声时间为 3.5 h、苯胺浓度为 0.5 mol/L 时,所得 PANI 微乳液整理的 PANI 蚕丝织物导电性能佳。

(2) GO/PANI 蚕丝织物的导电性能比单独 PANI 微乳液整理的 PANI 蚕丝织物提高明显。且

当 PANI 浓度为 3.0 mol/L、GO 质量浓度为 60 g/L 时,GO/PANI 蚕丝织物的导电性能最佳。

(3)整理后的蚕丝织物可作为智能导电材料用于医疗、生物及工业等领域。例如人体生理信号的监测,利用 GO/PANI 蚕丝织物的导电性,制成柔性传感器集成到衣物中,实现实时心率的监测等。



期刊采编平台



中国知网下载

### 参考文献

- [1] 董淑棠,王俊盛. 液态金属导电织物在柔性天线中的应用[J]. 产业用纺织品,2025,43(1):1-6.
- [2] 王公海,付少举,何鑫. 纺织基柔性传感器件的研究与应用进展[J]. 纺织导报,2024(6):86-90.
- [3] 朱芳,熊莹,程浩南. 聚吡咯-石墨烯改性织物制备及传感性能研究[J]. 针织工业,2025(3):16-20.
- [4] 左红梅,高敏,阮芳涛,等. MXene-氧化石墨烯改性碳纤维/聚乳酸复合材料制备及其力学性能[J]. 纺织学报,2025,46(1):9-15.
- [5] 陈敏,唐孝明,陈星毅. 阳离子改性蚕丝面料的氧化石墨烯导电整理[J]. 印染,2025,51(7):39-43.
- [6] 张若琳,张淑洁,张丽,等. 织物抗静电用导电材料的研究进展[J]. 染整技术,2025,47(5):4-9.
- [7] 程浩南,徐浩文,周衡书,等. 聚苯胺改性锦纶织物的电热变色性能[J]. 上海纺织科技,2024,52(10):51-55.
- [8] 刘嘉琪,汪宇佳,王胜男,等. 蚕丝基柔性压力传感器的制备及其性能研究[J]. 丝绸,2024,61(4):34-42.
- [9] 李巍巍,陈梦莹,柯贵珍. 聚苯胺/棉复合导电织物的制备及其性能[J]. 服饰导刊,2024,2(1):90-96.
- [10] 姚兰. 还原聚合法制备 PANI/氧化石墨烯装饰涂层性能分析[J]. 山西化工,2025,45(6):32-34.
- [11] 刘龙鑫,张玲,王瑞涛,等. GO/PANI 复合颗粒的制备及防腐应用研究进展[J]. 材料导报,2025,39(10):222-230.
- [12] 沈孟茹,韩永欣,徐青青,等. 涤纶织物的还原氧化石墨烯/聚苯胺改性及电热性能[J]. 印染,2023,49(8):14-18.
- [13] 冯霖. 聚苯胺/氧化石墨烯改性棉织物及性能表征[J]. 上海纺织科技,2022,50(11):24-27.

## 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)、中国核心期刊(遴选)数据库、中文科技期刊数据库、长江文库数据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>

