http://pmse.scu.edu.cn

卤胺化SiO_2抗菌疏水棉织物的制备及性能

李 杰[1]，李小娟[1]，王 茜[1]，后 浩[1]，王英沣[1]，邢 剑[1]，成 钢[2]，殷茂力[1,3]

（1.安徽工程大学 纺织服装学院，安徽 芜湖 241000；2.无锡格迈思新材料科技有限公司，江苏 无锡 214000；
3.聚合物分子工程国家重点实验室（复旦大学），上海 200438）

摘要：文中以硅酸四乙酯、异氰酸丙基三乙氧基硅烷、1-羟甲基-5,5-二甲基乙内酰脲等为原料，采用原位成型法在棉织物表面生长卤胺化纳米二氧化硅颗粒并对其进行氯化处理，制备了具有抗菌和疏水双重功能的棉织物。探究了卤胺化纳米二氧化硅颗粒合成的最佳工艺，对整理前后的棉织物的表面形貌、氯含量、氯含量稳定性、接触角和抗菌性能进行了表征分析。结果表明，合成体系中氨水为20 mL时，卤胺化二氧化硅颗粒均匀；氯化后棉织物具有良好的疏水性，接触角为131.9°；棉织物的氯含量达到0.46%，在30 min内能够完全灭活大肠杆菌和金黄色葡萄球菌。此外，还考察了整理织物的储存稳定性、再生性和力学性能。

关键词：卤胺化合物；二氧化硅；抗菌；疏水；棉织物

中图分类号：TS195.5 **文献标识码：**A **文章编号：**1000-7555（2025）07-0036-08

纺织品无处不在，在人类社会发展中发挥着重要作用。棉织物因其柔软、舒适与亲水性等优异性能受到人们的青睐，在日常着装、医疗卫生等领域具有广泛的应用[1, 2]。棉织物由亲水性纤维素纤维构成，易沾污并吸附各种液体，从而影响其使用性能[3, 4]。同时，棉纤维的葡萄糖剩余基在一定条件下可为微生物提供生长所需的能量，使得微生物在适宜的外界条件下（如湿度、温度等）迅速繁殖，成为疾病传播的重要源头[5, 6]。因此，研究和开发具有抗菌和疏水功能的棉织物具有重要意义。一方面，具有疏水性的棉织物可以有效地减少表面细菌数量的粘附和繁殖；另一方面，织物上的抗菌成分可以灭活附着在织物表面的细菌[7]。抗菌和疏水性棉织物在医疗保健、自清洁纺织品和油水分离方面具有潜在的应用前景。

目前抗菌疏水棉织物的研究取得了一定的进展，主要是将抗菌剂和疏水剂分别整理到棉织物上达到协同作用，但工艺繁琐，后一种整理对前一种可能会起削弱作用。因此，合成一种抗菌疏水双功能整理剂整理到棉织物上，能在简化整理步骤的基础上，赋予棉织物抗菌疏水双重功能，对拓展棉织物的应用具有极大意义。卤胺化合物作为一种新型的绿色抗菌剂，具有可再生、稳定、安全、高效等特点[8, 9]，广泛应用于水处理、纺织品、医用材料、食品加工和工程涂料等领域[10~15]。卤胺化合物经过次卤酸盐的氧化作用，N—H变为N—X键（X常为Cl，Br），氧化性的卤元素具有杀菌作用，能杀灭细菌微生物，卤胺抗菌剂杀菌后分子中的N—X键还原为N—H键，经次卤酸盐再次氧化后可氧化为N—X键，恢复杀菌功能[16]。二氧化硅（SiO_2）具有典型的Si—O—Si骨架结构，其表面含有羟基基团，具有良好的可设计性，可在SiO_2表面引入其他基团，通过有机-无机杂化在织物表面构建低表面能的疏水粗糙结构，从而简单、快速地制备具有特殊浸润性的疏水材料[17]。

doi: 10.16865/j.cnki.1000-7555.2025.0117
收稿日期：2024-08-02
基金项目：国家自然科学基金资助项目(52203114)；安徽省高等学校科学研究项目(2022AH050966)；聚合物分子工程国家重点实验室(复旦大学)开放课题(K2024-34)；安徽工程大学引进人才科研启动基金(2021YQQ040)；安徽工程大学校级科研项目(Xjky2022069)
通讯联系人：殷茂力，主要从事纤维与高分子材料功能改性研究，E-amil: maoliyin24@ahpu.edu.cn

本文通过设计将具有Si—O—Si骨架结构的SiO_2与有机硅烷卤胺抗菌剂结合，并在棉织物表面原位成型生长卤胺化纳米二氧化硅颗粒，一浴法制备具有抗菌和疏水双重功能的棉织物，在简化整理工艺的同时，赋予棉织物可再生的抗菌性能，提高棉织物的经济利用价值和功能性。研究开发的兼具抗菌疏水功能的棉织物可以有效解决棉织物的极易润湿和易生菌性的不足，能拓展棉织物的应用领域，更好地满足人们对功能纺织品的需求，具有重要的经济和社会价值。

1　实验部分

1.1　原料与试剂

二月桂酸二丁基锡（DETBL，纯度95%）、四甲氧基硅烷（纯度98%）、氨水（分析纯，25%~28%）、次氯酸钠溶液（有效氯≥5.0%）、碘化钾氨水（分析纯）、可溶性淀粉（分析纯）、PBS速溶颗粒（1 L/袋）：上海阿拉丁生化科技有限公司；异氰酸三乙氧基硅烷（IPTS，纯度95%）、1-羟甲基-5,5二甲基海因（纯度＞98%）：上海麦克林生化科技有限公司；三氯甲烷、硫酸、无水乙醇：分析纯，国药集团化学试剂有限公司；棉织物：工业品，133×72/40 s×40 s，浙江冠东印染服饰有限公司。

1.2　实验过程

1.2.1　反应型硅氧烷卤胺抗菌剂的合成：将250 μL二月桂酸二丁基锡、50 mL三氯甲烷依次加入到100 mL的圆底烧瓶中，使用恒温磁力搅拌器快速搅拌并升温到40 ℃。随后将2.6 g异氰酸三乙氧基硅烷（0.1 moL）和1.58 g 1-羟甲基-5,5二甲基海因（0.1 moL）迅速加入到溶液中并持续反应12 h。反应结束，以45 ℃，105 r/min将溶液旋蒸20 min，放入40 ℃真空干燥箱中真空干燥12 h，得到产物硅氧烷卤胺化合物（Fig.1），称量，计算产率（82%）。

1.2.2　卤胺化SiO_2颗粒的制备：将一定体积（15 ~30 mL）的氨水、20 mL水及32 mL乙醇依次加入到150 mL圆底烧瓶中，使用恒温磁力搅拌器快速搅拌并升温至60 ℃。将2 mL四甲氧基硅烷和4 g卤胺化合物快速加入到氨水和乙醇溶液中，以1000 r/min的速度快速搅拌10 min后，将搅拌速率调至500 r/min继续反应3 h。反应结束，将溶液离心，用乙醇将离心产物冲洗3次，在真空箱中烘干得到卤胺化SiO_2纳米颗粒（$NSiO_2$）。

1.2.3　卤胺化SiO_2棉织物的制备：首先将棉织物用去离子水清洗，烘干后剪成合适尺寸。接着，将一定量的氨水、20 mL水和32 mL乙醇加入到150 mL圆底烧瓶中，使用恒温磁力搅拌器快速搅拌并升温至60 ℃。将2 g棉织物、2 mL四甲氧基硅烷和4 g卤胺化合物迅速加入到氨水和乙醇溶液中，以1000 r/min的速度快速搅拌1 min后，将搅拌速率调至500 r/min继续反应3 h。反应结束，取出卤胺化SiO_2棉织物（Cotton-$NSiO_2$），烘干以备后续使用（Fig.2）。

1.2.4　卤胺化SiO_2棉织物的氯化及滴定：将整理后的棉织物浸泡在pH值为7的5%次氯酸钠溶液中1 h后，使用去离子水充分洗涤以去除表面的游离氯，将织物置于45 ℃的烘箱中干燥24 h，得到氯化后的整理棉织物（Cotton- $NSiO_2$-Cl）。

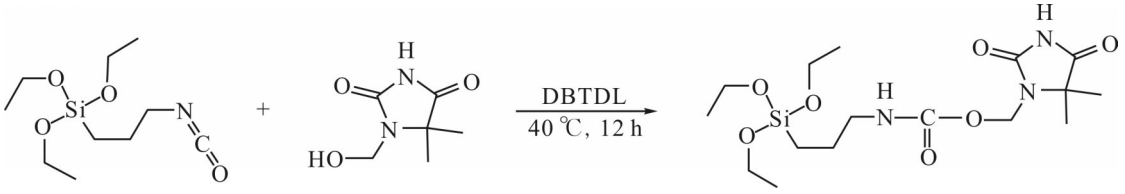


Fig. 1　Synthesis of siloxane N-halamine antibacterial agent

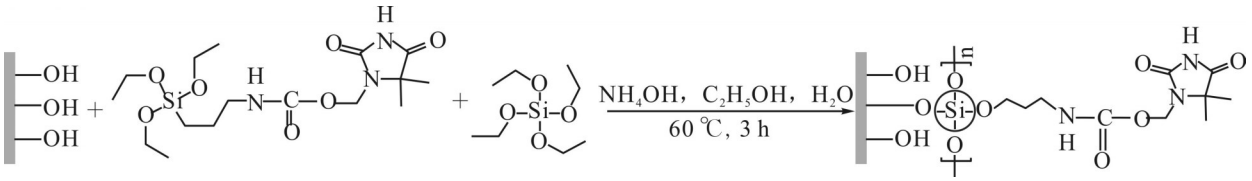


Fig. 2　Finishing cotton fabric with N-halamine SiO_2 particles

棉织物活性氯含量的测定采用硫代硫酸钠/碘量法。称取0.2 g氯化后的织物，剪碎后置于50 mL烧杯中，加入20 mL去离子水和0.2 g KI，滴加数滴淀粉溶液，搅拌后溶液变深蓝色，然后用5×10^{-4} mol/L的硫代硫酸钠标准溶液进行滴定，直至溶液变成无色。通过式(1)计算棉织物上的活性氯含量，平行滴定3次。

$$Cl^{+}=\frac{M\times V\times 35.45}{4m} \quad (1)$$

式中：M——$Na_2S_2O_3$的摩尔浓度，mol/L；V——$Na_2S_2O_3$的体积，L；m——混合膜样品的质量，g。

1.3 测试与表征

1.3.1 红外光谱分析：采用傅里叶变换红外光谱（FT-IR，NICOLET iS5，美国赛默飞世尔科技有限公司）对合成的硅氧烷卤胺化合物、卤胺化SiO_2颗粒进行测试。扫描范围设置为500~4000 cm^{-1}，分辨率为4 cm^{-1}，扫描次数为32次，观察卤胺化改性前后官能团的变化。

1.3.2 粒径测试：合成的SiO_2颗粒以0.01 mg/L的浓度超声分散在水溶液中，利用动态光散射技术在Zeta电位及纳米粒度分析仪（DLS，Zetasizer Nano ZS90，上海思百吉仪器系统有限公司）测量。

1.3.3 扫描电镜-能谱分析：采用扫描电镜（SEM，S4800，日本HITACHI公司）对卤胺化SiO_2球和棉织物表面微观形貌进行观察分析，并对整理后棉织物表面元素进行能谱分析（能量色散X射线光谱仪（EDS，EDAX Octane EDS- 30 EDAX Octane EDS-30，美国AM ETEK公司）。卤胺化SiO_2球和棉织物喷金后在加速电压15 kV下，观察卤胺化SiO_2球和织物表面形貌，并对比整理前后织物表面形貌变化。能量色散X射线光谱仪测试观察分析棉织物表面的元素成分及其分布状况。

1.3.4 接触角测试：采用接触角测定仪测量水滴在织物上的接触角。将织物固定在载玻片上，取10 μL水分别滴在织物的不同部位，通过PT-602A型视频接触角测定仪（东莞市普赛特检测设备有限公司）测定多个部位的接触角，计算平均值。

1.3.5 抗菌性能分析：基于修正的AATCC 100-2004试验方法，选用大肠杆菌O157:H7（ATCC 43895, 革兰氏阴性菌）和金黄色葡萄球菌（ATCC 6538, 革兰氏阳性菌）对整理前后及整理后氯化的棉织物进行抗菌性能测试，通过数菌落数来评估抗菌效果。

1.3.6 力学性能测试：根据国标GB/T3923.1-2013《织物拉伸性能断裂强力和断裂伸长率的测定条样法》测定，将织物样品沿经纬两向各裁剪5块，样品的规格为20 cm × 6 cm，扯去其纱边后宽为5 cm，置于恒温恒湿条件下调湿后，在YG(B)026D-250强力测试仪上以拉伸速度10 cm/min速度进行测试，计算平均值。

1.3.7 储存稳定性及再生性分析：将氯化后的棉织物试样放入自封袋中，室温避光储存，每隔一段时间测定一次氯含量，观察氯含量的稳定性；30 d后对整理的棉织物重新氯化再进行氯含量测定，分析氯元素的可再生性。

2 结果与讨论

2.1 卤胺化SiO_2颗粒的结构表征

2.1.1 卤胺化SiO_2颗粒及硅氧烷卤胺化合物的FT-IR分析：根据红外光谱图（Fig.3），在IPTS的红外图中，2267 cm^{-1}处出现了IPTS的N=C=O伸缩振动峰；在卤胺化SiO_2颗粒和硅氧烷卤胺化合物中，1709 cm^{-1}处出现了C=O伸缩振动峰，1034 cm^{-1}和802 cm^{-1}处出现了Si—O—Si的伸缩振动峰。综合红外光谱图的分析，可以初步断定合成了卤胺化的硅氧烷SiO_2球。

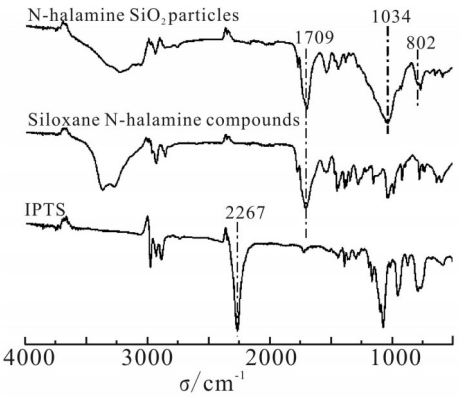


Fig. 3 FT-IR spectra of N-halamine SiO_2 particles and siloxane N-halamine compounds

2.1.2 卤胺化SiO_2颗粒的粒径分析：根据Fig.4的粒径分析结果，可以观察到，20 mL氨水处理的卤胺化SiO_2颗粒尺寸较小，大部分在1000 nm以下，15 mL，25 mL和30 mL氨水处理的卤胺化SiO_2颗粒尺寸大

部分在1000 nm以上。据报道，氨水的体积对SiO_2颗粒大小和形状有一定影响[15]。当氨水体积从15 mL增至20 mL时，颗粒的大小明显从1250 nm减小到500 nm；然而氨水体积从20 mL增至30 mL时，颗粒尺寸又逐渐增加。

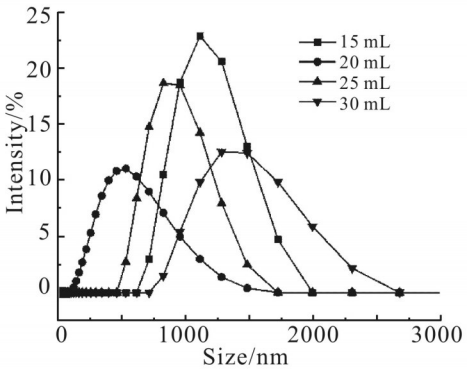


Fig. 4 Particle size of N-halamine SiO_2 particles

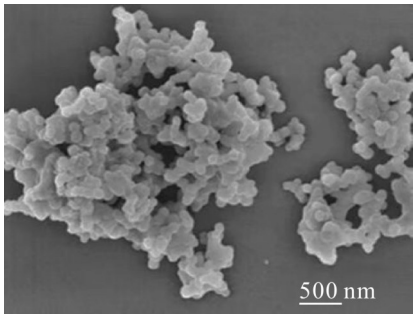


Fig. 5 SEM images of N-halamine SiO_2 particles

2.1.3 卤胺化SiO_2颗粒的SEM分析：Fig.5为20 mL氨水条件下制备的卤胺化二氧化硅纳米颗粒的SEM图。氨水体积为20 mL时，卤胺化SiO_2颗粒的粒径为250 nm左右，与Fig.4中卤胺化SiO_2颗粒的粒径分布在500 nm左右有一定差异，这可能是由于纳米颗粒在水中分散时吸水溶胀所致，溶胀效应会导致颗粒的实际尺寸增加，从而在粒径分析中观察到较大的颗粒尺寸。

2.2　棉织物形貌结构分析

2.2.1 SEM分析：整理前后棉织物的微观表面如Fig.6所示。整理前的棉织物表面光滑，无表面附着物质，而经整理后的棉织物表面变得粗糙，有一层附着物，并有明显的颗粒物存在，即卤胺化的SiO_2颗粒，且整理过程对棉纤维结构无损伤性影响。氯化后，依然可清晰观察到粗糙的层状颗粒物覆盖在棉纤维表面。SEM图直观表明了卤胺化的SiO_2颗粒整理在了棉织物表面。另外，卤胺化SiO_2颗粒的存在有利于提高棉织物的表面粗糙度，提升棉织物的疏水性能。

2.2.2 EDX分析：从整理前后及氯化后的棉织物能谱图（Fig.7）对比中可观察到，原棉织物仅含有C和O 2种元素。在卤胺化SiO_2处理后的棉织物中，出现了Si元素，主要归因于SiO_2颗粒的骨架元素。氯化处理后，整理的棉织物中出现了Cl元素，表明整理后的棉织物在氯化过程中表面发生了化学变化，棉织物表面的卤胺化SiO_2颗粒中的N—H转化为N—Cl，为后续抗菌性能研究奠定了基础。

2.3　棉织物疏水性能分析

水滴滴在整理前后及氯化后棉织物上的接触角如Fig.8所示。原棉织物表面的接触角为0°，主要是因为棉纤维是亲水性纤维，大分子链中含有丰富的亲水性基团。经过卤胺化SiO_2整理后的棉织物接触角显著提升至125.4°±6.2°，具有较好的疏水效果，主要是因为棉织物表面形成了一层纳米级的SiO_2颗粒，织物表面粗糙度增加，疏水性提升。氯化后，整理的棉织物接触角有所增大，达到131.9°±4.1°，这是因为织物表面的N—H变为N—Cl，织物的亲水性下

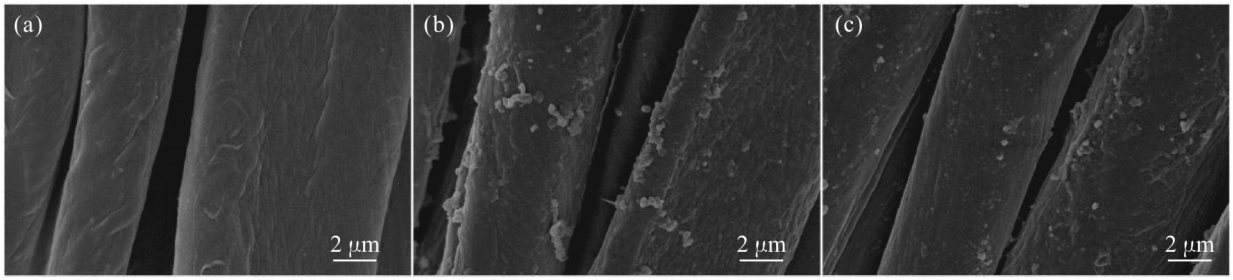


Fig. 6 SEM images of cotton fabrics: (a) raw cotton; (b) finished cotton fabric; (c) chlorinated cotton fabric

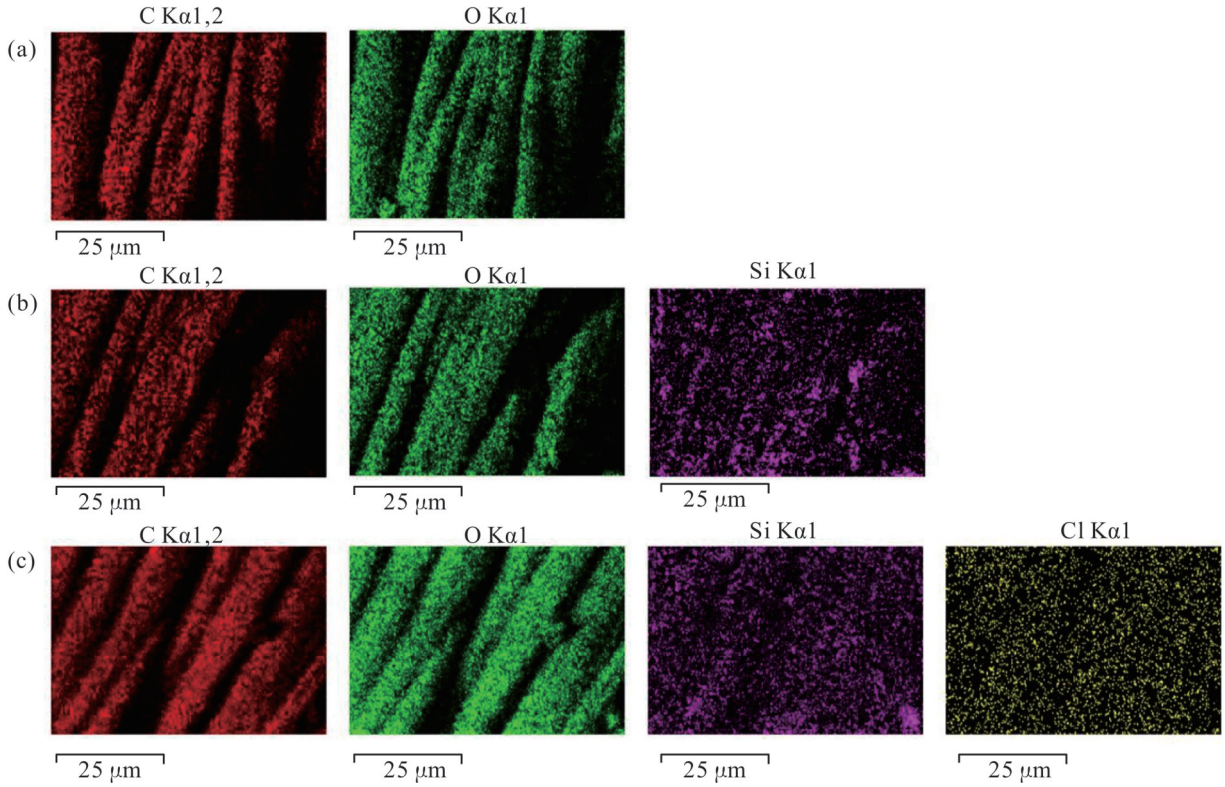


Fig. 7 Element scan of cotton fabrics: (a) raw cotton; (b) finished cotton fabric; (c) chlorinated cotton fabric

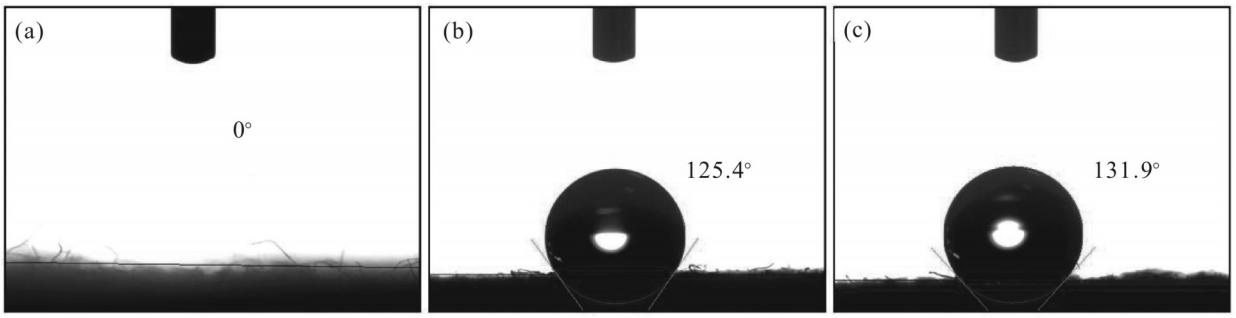


Fig. 8 Contact angle of cotton fabrics: (a) raw cotton; (b) finished cotton fabric; (c) chlorinated cotton fabric

Tab. 1 Antibacterial effect of cotton on *E. coli* and *S. aureus*

Samples	Contact time/min	*E. coli* [a]		*S. aureus* [b]	
		CFU bacterial count×10^{-7}	Reduction/%	CFU bacterial count×10^{-7}	Reduction/%
Cotton	30	3.75	46.44	48.06	31.33
Cotton-$NSiO_2$	30	3.62	48.21	46.61	33.41
Cotton-$NSiO_2$-Cl	1	2.01	71.22	0.80	66.80
	5	0	100.00	1.20	72.50
	15	0	100.00	0.07	98.80
	30	0	100.00	0	100.00

[a] inoculum population was 7.00×10^7 CFU/swatch; [b] inoculum population was 3.30×10^7 CFU/swatch

降，疏水性有所提升。

2.4　棉织物抗菌性能分析

选用浓度为10^6 CFU/样品的大肠杆菌和金黄色葡萄球菌为模型菌种，对整理前后及氯化后棉织物的抗菌性能测试，结果如Tab.1所示。原棉织物和整理后的棉织物在接触细菌30 min后，细菌数量均呈现一定程度的下降，可能是测试过程中细菌黏附在棉织物表面及纤维间隙导致接种培养细菌减少。而经过氯化处理后，织物展现出了极为优异的抗菌性能，接触菌种仅5 min便能够杀灭100%的大肠杆菌和95%的金黄色葡萄球菌。当接触时间延长至30 min时，2种细菌几乎全部失活，验证了氯化棉织物在抗菌性能上的显著提升。其高效抗菌性主要是因为棉织物上的N—Cl键具有氧化性，在接触细菌的过程中，氧化性的氯（Cl^+）能在与氧化或卤化细菌细胞表面大分子中的硫醇基团或氨基而破坏细胞，从而具有快速灭活各种细菌得能力。

2.5　棉织物氯含量储存稳定性与再生性分析

在存储及运输过程中，卤胺类抗菌材料中的活性氯与环境中的水分及微生物等接触可能会导致氯含量下降，抗菌性能减弱。因此，氯含量的储存稳定性是评估卤胺类抗菌材料性能优劣的一个重要参数。Fig.9为卤胺化SiO_2整理的棉织物含氯量随时间变化的趋势。由图可知，卤胺化SiO_2整理的棉织物氯含量随着时间的延长呈现持续下降的趋势，一个月后氯含量几乎为0，但经过二次氯化后，其氯含量依然可达到初始氯含量的88.7%，大部分活性氯能够再生，表明制备的棉织物具有抗菌性能的可再生性。

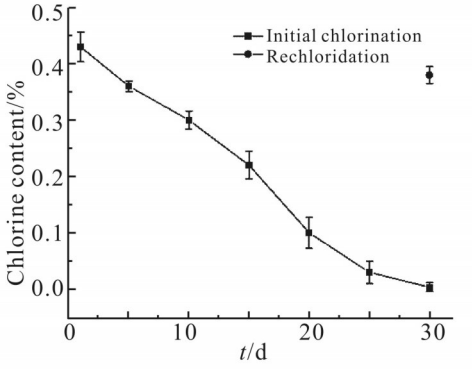


Fig. 9　Storage stability and recycled chlorine content of chlorine content for chlorinated cotton fabrics

2.6　棉织物力学性能分析

织物的断裂强力对纺织品来说是一个重要指标，一般经过功能整理后，棉织物的断裂强力会降低。使用电子万能强力试验机对整理前后及氯化后棉织物断裂强力测试，其结果如Fig.10所示。整理后的棉织物断裂强力虽有小幅度的下降，但强力保留率依然很高，径向和纬向保留率都在90%以上，说明整理过程较温和，对棉织物的损伤较小。氯化处理的棉织物断裂强力也有一定程度的下降，可能是活性氯对织物表面造成了损伤。总体而言，制备的抗菌疏水棉织物的断裂强力维持在允许范围之内。

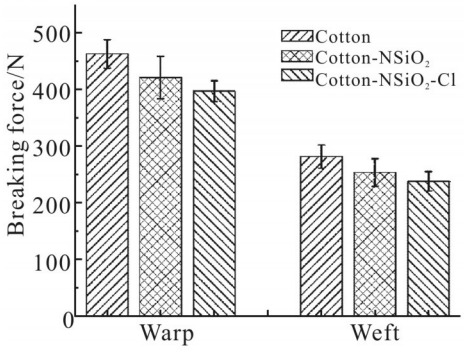


Fig. 10　Breaking force of cotton fabrics

3　结论

本文首先由异氰酸丙基三乙氧基硅烷、1-羟甲基-5,5-二甲基乙内酰脲得到反应型硅氧烷卤胺抗菌剂，然后采用原位成型法在棉织物表面附着卤胺化纳米二氧化硅颗粒，经氯化处理制备了抗菌和疏水双重功能的棉织物，研究了卤胺化SiO_2颗粒改性对棉织物的抗菌、疏水及力学性能的影响。研究表明，卤胺化SiO_2颗粒改性棉织物的接触角可达131.9°，与细菌接触30 min即可杀死100%的大肠杆菌和金黄色葡萄球菌，表现出优异的抗菌性和疏水性。研究工作为制备高效抗菌和疏水双重功能的棉织物提供了一种新的途径，拓宽了棉织物的应用范围。

参考文献：

[1]　Gulati R, Sharma S, Sharma R K, Antimicrobial textile: recent developments and functional perspective[J]. Polymer Bulletin, 2021, 79: 5747-5771.

[2]　南清清, 曾庆红, 袁竟轩, 等. 抗菌功能纺织品的研究进展[J]. 纺织学报, 2022, 43(6): 197-205.

Nan Q Q, Zeng Q H, Yuan J X, *et al*. Advances on antibacterial

textiles [J]. Journal of Textile Research, 2022, 43(6): 197-205.

[3] Kong Q, Zhang Z, Li Z, *et al*. Dynamic hydrophobic behavior of water droplets impact on the cotton fabrics coated with POSS block copolymer[J]. Cellulose, 2020, 27:1705-1716.

[4] Cao C, Ge M, Huang J, *et al*. Robust fluorine- free superhydrophobic PDMS–ormosil@fabrics for highly effective self-cleaning and efficient oil–water separation[J]. Journal of Materials Chemistry A, 2016, 4: 12179-12187.

[5] Zhou H, Li Q, Zhang Z, *et al*. Recent advances in superhydrophobic and antibacterial cellulose-based fibers and fabrics: bio-inspiration, strategies, and applications[J]. Advanced Fiber Materials, 2023, 5: 1555-1591.

[6] Qin R, Du L, Li H, *et al*. Reasonable multi-functionality of cotton fabric with superior flame retardancy and antibacterial ability using ammonium diphosphate as cross- linker[J]. Chemical Engineering Journal, 2024, 485: 149848.

[7] Qian F, Chen M, Zhou C, *et al*. The antibacterial and hydrophobic cotton fabrics constructed by multifunctional polysiloxane and TiO_2 nanoparticles[J]. Fibers and Polymers, 2023, 24: 779-787.

[8] Dong A, Wang Y J, Gao Y, *et al*. Chemical insights into antibacterial N-halamines[J]. Chemical Reviews, 2017, 117: 4806-4862.

[9] 李平, 董阿力德尔图, 孙梓嘉, 等. N-卤胺类高分子与纳米抗菌材料的制备及应用[J]. 化学进展, 2017, 29(2/3):318-328.

Li P, Dong A, Sun Z J, *et al*. Synthesis and applications of antibacterial N-halamine polymers and nanomaterials[J]. Progress in Chemistry, 2017, 29(2/3): 318-328.

[10] Zhang Y, Yin M, Li L, *et al*. Construction of aerogels based on nanocrystalline cellulose and chitosan for high efficient oil/water separation and water disinfection[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 243: 116461.

[11] Li H, Wen D, Wang S, *et al*. Durable multifunctional cotton fabric with superior biocidal efficacy and flame retardancy based on an ammonium phosphate N-halamine[J]. International Journal of Biological Macromolecules, 2023, 253: 126812.

[12] Yin M, Wang Y, Zhang Y, *et al*. Novel quaternarized N-halamine chitosan and polyvinyl alcohol nanofibrous membranes as hemostatic materials with excellent antibacterial properties[J]. Carbohydrate Polymers, 2020, 232: 115823.

[13] Ma Y, Li J, Si Y, *et al*. Rechargeable antibacterial N-halamine films with antifouling function for food packaging applications [J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2019, 11: 17814-17822.

[14] Zheng Y, Pan N, Liu Y, *et al*. Novel porous chitosan/N-halamine structure with efficient antibacterial and hemostatic properties[J]. Carbohydrate Polymers, 2021, 253: 117205.

[15] Qiao M Y, Liu Q S, *et al*. Scalable and rechargeable antimicrobial coating for food safety applications[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2018, 66: 11441-11450.

[16] 王士杰, 刘殷, 蒋之铭, 等. N-卤胺类高效抗菌纺织品棉织物的研究进展[J]. 纤维素科学与技术, 2021, 29(4): 43-51.

Wang S J, Liu Y, Jiang Z M, *et al*. Research progress on efficiently antibacterial cotton fabrics based on N-halamines[J]. Journal of Cellulose Science and Technology, 2021, 29(4): 43-51.

[17] 彭勃, 杨进, 杨程皓. 疏水SiO_2粒子的设计、制备及改性环氧树脂的研究[J]. 高分子学报, 2023, 54(12): 1844-1856.

Peng B, Yang J, Yang C H, Design and preparation of hydrophobic silica particles and study on modified epoxy resin [J]. Acta Polymerica Sinica, 2023, 54(12): 1844-1856.

Preparation and Properties of Antibacterial and Hydrophobic Cotton Fabric Modified with N-Halamine SiO_2

Jie Li[1], Xiaojuan Li[1], Xi Wang[1], Hao Hou[1], Yingfeng Wang[1], Jian Xing[1], Gang Cheng[2], Maoli Yin[1, 3]

(*1. School of Textile and Garment, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000, China; 2. Wuxi GMS New Material Science Technology Co., LTD., Wuxi 214000, China; 3. State Key Laboratory of Molecular Engineering of Polymers, Fudan University, Shanghai 200438, China*)

ABSTRACT: Using tetraethyl silicate, propyl triethoxysilane isocyanate, and 1- hydroxymethyl- 5, 5-dimethylhydantohydantoin as raw materials, N-halamine nano-silica particles were grown on the surface of cotton fabric by in-situ forming method, and then the cotton fabrics with antibacterial and hydrophobic functions were prepared by chlorination. The optimum synthesis process of N-halamine nano-silica particles was investigated. The surface morphology, chlorine content, stability of chlorine content, contact angle and antibacterial properties of cotton fabrics were analyzed. The results show that the N-halamine nano-silica particles are uniform when the volume of ammonia water in the synthesis system is 20 mL. After chlorination, the prepared cotton fabric exhibit excellent hydrophobicity with a contact angle of 131.9°. The chlorine content of cotton fabric reaches 0.46%, which can completely inactivate *E.coli* and *S.aureus* within 30 min. In addition, the storage stability, reproducibility of chlorine content and mechanical properties of the finished fabrics were also investigated.

Keywords: N-halamine; silicon oxide; antibacterial; hydrophobic; cotton fabric