

# 雾聚合法制备季铵盐型抗菌棉织物的研究

黄玫琦, 席光辉, 郑婷婷, 王希祎, 范万超, 刘向东

(浙江理工大学材料与纺织学院, 杭州 310018)

**摘要:** 由三乙胺和溴丙烯在丙酮溶剂中通过 N-烷基化反应合成抗菌单体 N,N,N,N-三乙基乙烯基溴化铵 (TAAB), 并通过雾聚合法制备抗菌棉织物。首先使用雾化硝酸铈铵水溶液处理棉织物表面, 通过铈离子的氧化在纤维素分子链上生成自由基活性点, 雾化抗菌单体 (TAAB) 溶液处理该活化棉织物表面, 引发接枝聚合获得改性抗菌层。红外 (FTIR-ATR) 测试结果显示, 抗菌单体已成功接枝聚合在棉纤维表面; 抗菌测试结果表明, 改性后的纤维织物对大肠杆菌等具有良好抗菌性, 抗菌率可达 90% 以上。改性后的抗菌织物其透气、吸湿性能下降不多, 拉伸性能有所提高。

**关键词:** 棉织物; 季铵盐; 抗菌处理; 雾聚合

**中图分类号:** TS195.58 **文献标志码:** A

## 0 引言

服装和家居装饰用纺织品是日常生活中常用的物品。随着经济发展, 人们对纺织品的卫生保健功能要求越来越高, 具有抗菌防臭功能的纺织面料逐渐受到人们的青睐。抗菌织物可有效杀灭细菌或抑制细菌生长及繁殖, 有效减少细菌传播, 预防疾病发生, 有利于身体健康。

抗菌织物一般分为经后整理加工而成和由抗菌纤维制成两大类<sup>[1]</sup>。后整理法是采用抗菌液对纤维织物进行浸渍、浸轧或涂覆处理, 并通过高温焙烘或其他方法将抗菌剂固定在纤维上。但此类抗菌纺织品存在抗菌效果持久性差、溶出物威胁人体安全等问题。抗菌纤维也可由多种纺丝法制备<sup>[2]</sup>, 但由于纺丝工艺较为复杂, 同时抗菌剂的掺入会降低纤维原有物理性能, 也很难达到耐洗要求。比较而言接枝改性法通过化学键结合具有抗菌作用的基团, 其织物可得到稳定持久的抗菌功能<sup>[3]</sup>。

抗菌高分子使用寿命长、不会渗入人或动物表皮, 被广泛用于各种抗菌材料。抗菌高分子具有金属离子型、季磷盐类、季铵盐类、卤胺类、双胍类和天然抗菌高分子等多种类型<sup>[4-5]</sup>。其中季铵盐抗菌高

分子因其卓越的安全性和容易制备的特点而被广泛研究。季铵盐高分子电离带正电荷后吸附带负电荷的细菌, 高分子链扩散穿透细胞壁, 与细胞膜粘连, 破坏和瓦解细胞膜<sup>[5-10]</sup>, 最终导致细菌死亡。

传统的接枝方法使用大量有机溶剂和液态反应物, 易对织物原有结构造成破坏。气相辅助聚合 (VASP) 法<sup>[11-18]</sup>中单体直接以气态形式在织物表面进行聚合, 得到非常薄且精细的高分子涂层, 不会引起织物在形态上的变化, 亦不会造成对织物结构的破坏, 是一种良好的表面改性方法。然而由于可气化单体种类较少, 气相辅助聚合装置复杂, 因此 VASP 法的应用受到限制。在气相聚合的基础上, 本课题组前期提出的雾聚合法将单体溶液雾化成小液滴输送到基质表面, 进行表面接枝聚合。雾聚合法具有装置简单、操作方便、单体和溶剂用量少、可适用于广谱单体等优点, 已被应用于棉织物和 PMMA 的表面疏水改性<sup>[19-20]</sup>。

本研究以三乙胺和溴丙烯合成 N,N,N,N-三乙基乙烯基溴化铵 (TAAB) 作为抗菌单体<sup>[21]</sup>, 甲基丙烯酸异氰基乙酯 (IEM) 做固定剂, 在棉纤维表面尝试雾聚合接枝共聚抗菌高分子。

## 1 实验

### 1.1 实验材料及仪器

1.1.1 菌种及培养基试剂。大肠杆菌(分析纯,由浙江理工大学生命科学学院提供);蛋白胨、酵母粉、琼脂(均为BR生化试剂,购自杭州百思生物技术有限公司)。

1.1.2 织物。纯棉布(型号:恒源祥纯棉本白;规格:经密60根/cm,纬密30根/cm,厚度0.42 mm,平方米质量120 g/m<sup>2</sup>,比表面积35.2 m<sup>2</sup>/g),由浙江理工大学-美国宝洁公司纺织品保护研究中心提供,使用前经超声清洗处理。

1.1.3 化学试剂。三乙胺(≥98.0%,天津永大化学试剂有限公司);丙酮(≥99.5%,浙江三鹰化学试剂有限公司);溴丙烯(≥98.0%,阿拉丁);硝酸铈铵(≥99.0%,阿拉丁);乙酸乙酯(≥99.5%,杭州高晶化工有限公司);异丙醇(≥99.7%,杭州高晶化工有限公司)。

1.1.4 仪器。循环水式真空泵(SHB-III,巩义市英峪高科仪器厂);核磁共振波谱仪(AVANCE AV 400 MHz,瑞士BRUKER公司);傅里叶红外光谱仪(Nicolet Avatar 370,美国尼高力公司);空气压缩型雾化器(DSLB-5/0,上海亚荣生化仪器厂);场发射电子扫描显微镜(ZEISS ULTRA 55,德国CARL ZEISS公司);电子式织物强力机(YG065,莱州市电子仪器有限公司)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 抗菌单体的合成

三乙胺(19.6 mL,140.8 mmol)和丙酮(100.0 mL)在冰浴条件下搅拌,充氮气保护,缓慢滴加烯丙基溴丙酮溶液(20.0 mL,5.87 mol/L),持续搅拌6 h得白色悬浊液,抽滤得白色粉末,混合溶剂(V(乙酸乙酯):V(异丙醇)=3:1)中重结晶,得到白色针状的N,N,N,N-三乙基乙烯基溴化铵(TAAB)晶体。

#### 1.2.2 棉织物的喷雾处理

硝酸铈铵水溶液(5 mL,质量分数1%)加入到空气雾化器,将棉织物(15 mm×15 mm)置于喷口1 cm喷雾处理2 min;晾干后将IEM的环己烷溶液(浓度按其与TAAB摩尔比做调整)均匀喷到棉织物表面,80℃静置烘干;最后将TAAB水溶液(质量分数1%)喷到经硝酸铈铵(ACN)处理的棉布表面,持续30 s,静置于70℃烘箱反应4 h,获得抗菌织物。(单体浓度可在质量分数1%~4%范围内调整,喷雾时间可在30~120 s范围内调整)。

#### 1.2.3 棉织物的浸蘸处理

棉织物(15 mm×15 mm)浸蘸于TAAB水溶液(质量分数4%)中,持续60 s,从溶液中取出,除去表面多余液体,转移至70℃烘箱反应4 h,获得抗菌织物。

### 1.3 测试与表征

#### 1.3.1 抗菌性能

用蛋白胨和琼脂粉配制营养液和固体培养基。抗菌测试前,大肠杆菌(ATCC 29522)使用液体培养基在37℃恒温箱中培养24 h使菌种活化,作为母液于4℃保存备用。

菌种母液依次稀释40<sup>3</sup>、40<sup>4</sup>、40<sup>5</sup>倍,取100 μL涂于固体培养基,在37℃恒温箱中倒置培养24 h。观察培养基上的菌落个数,选取40<sup>3</sup>倍作为合适的稀释浓度。

抗菌织物(15 mm×15 mm)上滴加100 μL含菌营养液,覆盖相同尺寸的棉布,室温培养1 h,将棉布浸入含5 mL缓冲液的试管中,振荡10 min。吸取100 μL震荡液,均匀涂抹于固体培养基表面,倒置放于37℃恒温培养箱中培养24 h<sup>[22-25]</sup>。

抑菌率计算公式<sup>[23]</sup>:

抑菌率=

$$\frac{18\text{ h后空白对照样活菌数}-18\text{ h后试样活菌数}}{18\text{ h后空白对照样活菌数}} \times 100\%.$$

#### 1.3.2 耐洗性能

通过重复一个严格的洗涤周期和相应的棉织物抗菌性测试评价其耐洗性。抗菌织物(15 mm×15 mm)置于盛有去离子水(50 mL)的烧杯(直径50 mm)中,室温下持续搅拌50 min(磁力搅拌转速为300 r/min),然后用35℃去离子水(10 mL)分别冲洗4次,于60℃干燥4 h。

#### 1.3.3 透湿性能

通过ASTM E—1996法《材料透湿性能 开杯测试法》对棉织物透湿性进行测试。盛有水的一组试管,其液面到管口的距离均相同(本文设置为2 cm),分别将原始样、反应样和对比样紧封于管口,24 h为一循环。所有测试均在25℃、50%相对湿度条件下进行,分别称量试验前后试管内的水分减重。透湿性计算公式如下:

$$T(\text{g/m}^2 \cdot \text{d}^{-1}) = \frac{m_a - m_0}{\pi r^2}.$$

其中: $m_a$ 为测试前试管内水的质量, $m_0$ 为测试后试管内水的质量, $r$ 为试管的内壁半径, $T$ 表示透湿性(为每天每平方米的表面透出去的水的质量)。透湿

性测试数据经 3 次以上重复测试取平均值。

### 1.3.4 吸水性能

将棉织物浸没在去离子水中,任其充分吸收水分,10 min 后用镊子小心取出并晾置 10 min,使其表面多余水分流失。分别称量吸水前后棉织物的重量,吸水率计算公式如下:

$$w = \frac{w_a - w_o}{w_o} \times 100\%$$

其中: $w$  是吸水率, $w_o$  是吸水前棉织物的质量, $w_a$  是吸收后棉织物的质量。吸水率数据经 3 次以上重复测试取平均值。

### 1.3.5 拉伸性能

参考标准 ASTM D5035—1995《纺织品断裂强力及伸长率测试 条样法》对棉织物拉伸性进行测试。利用 YG065 型电子式织物强力机测试抗菌棉织物的机械性能。测试前,棉织物样品被裁剪成 55 mm×200 mm,之后将边缘的经(纬)纱扯去,达到 50 mm×200 mm 的尺寸。拉伸速率设定为 200 mm/min。测试数据取 3 次重复试验的平均值。

## 2 结果与分析

### 2.1 季铵盐抗菌单体的合成

采用三乙胺和溴丙烯在冰浴条件下反应合成抗菌单体 TAAB,其反应式见图 1。

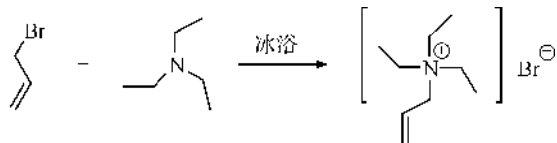


图 1 TAAB 的合成反应

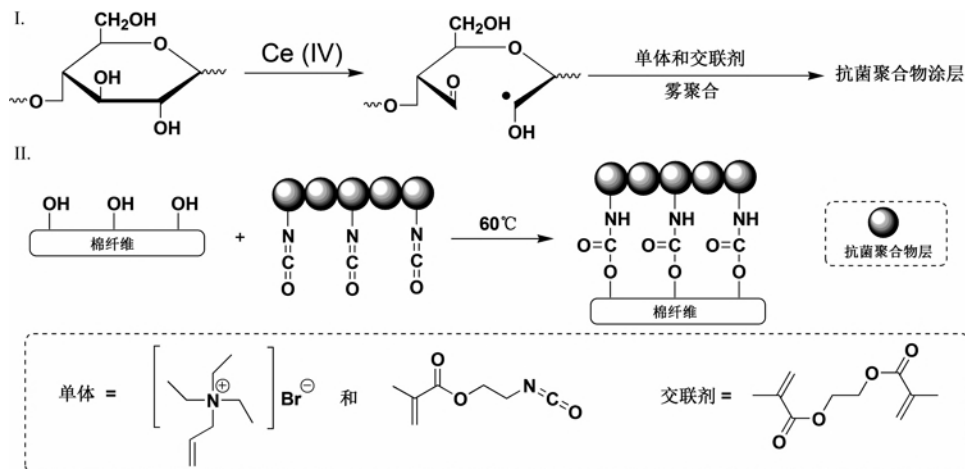


图 3 雾聚合接枝机理

使用质量分数 4% 的 TAAB 单体处理棉织物,利用傅里叶红外光谱(FTIR-ATR)对已制备抗菌棉织物进行表征,图 4 为原始棉织物和经单侧抗菌处理后

合成所得单体的<sup>1</sup>H-NMR 谱图见图 2,其中, $\delta=5.87$  为  $=CH-$  的烯碳的质子峰, $\delta=5.60$  为  $=CH_2$  的烯碳的质子峰, $\delta=3.74$  为  $=CH-CH_2-N$  的亚甲基的质子峰, $\delta=3.18$  为  $N-CH_2-CH_3$  的亚甲基的质子峰, $\delta=1.20$  为  $N-CH_2-CH_3$  的甲基的质子峰。上述 5 个峰的峰面积比值为 1:2:2:6:9,与理论值吻合,说明上述 5 个峰为 TAAB 的特征峰,即合成单体为 TAAB。 $\delta=4.70$  为溶剂(重水)的质子峰。

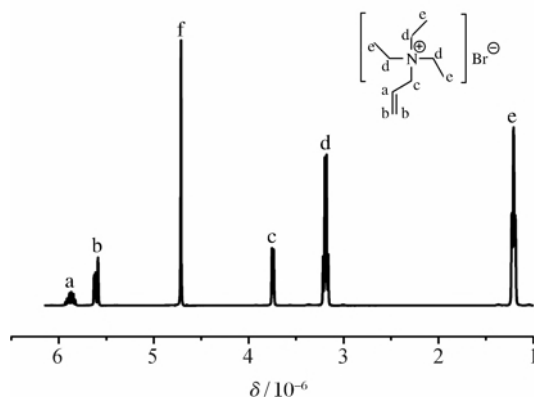


图 2 TAAB 单体的<sup>1</sup>H-NMR 谱图

### 2.2 抗菌棉织物的制备

如图 3 所示为通过两步方法处理棉织物来获得表面抗菌层的机理。首先用硝酸铈铵氧化棉纤维素单元上 2、3 位的羟基以获得自由基,再通过雾聚合,经自由基引发抗菌单体接枝聚合<sup>[26]</sup>,在棉纤维表面形成抗菌聚合物层。由于抗菌聚合物上的异氰酸基会与棉纤维上的羟基反应并以共价键方式连接,因此抗菌层能牢固地附着于棉纤维表面。

棉织物正反两面 ATR 谱图的比较。图 4 中曲线 c 在  $2854\text{ cm}^{-1}$  ( $=CH_2-$ )、 $2925\text{ cm}^{-1}$  ( $=CH_2-$ ) 以及  $1728\text{ cm}^{-1}$  ( $C=O$ ) 的 3 个峰有明显增强,其中  $1728$

$\text{cm}^{-1}$  ( $\text{C}=\text{O}$ ) 的峰属于 IEM,  $2\,854\text{ cm}^{-1}$  ( $-\text{CH}_2-$ ) 和  $2\,925\text{ cm}^{-1}$  ( $-\text{CH}_2-$ ) 的峰属于 TAAB 的接枝聚合物,说明抗菌单体 TAAB 已成功接枝到棉织物上。

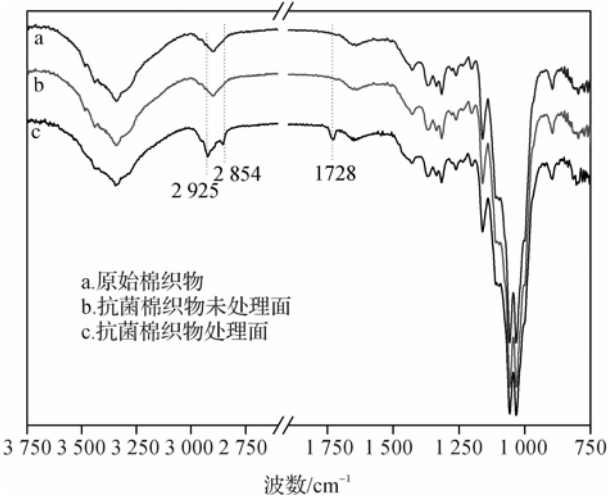


图 4 抗菌棉织物的 ATR 图谱

2.3 抗菌棉织物的表面结构

图 5 为棉织物经质量分数 4% 单体溶液雾化处理后的 SEM 照片。图 5 中可看出,原始棉织物纤维表面较为光滑,雾化处理后棉织物纤维表面有一层粗糙的聚合物薄膜,即为抗菌单体 TAAB 聚合物。随雾化时间增长,薄膜厚度及粗糙度也相应增加,相应提高棉织物的抗菌性。

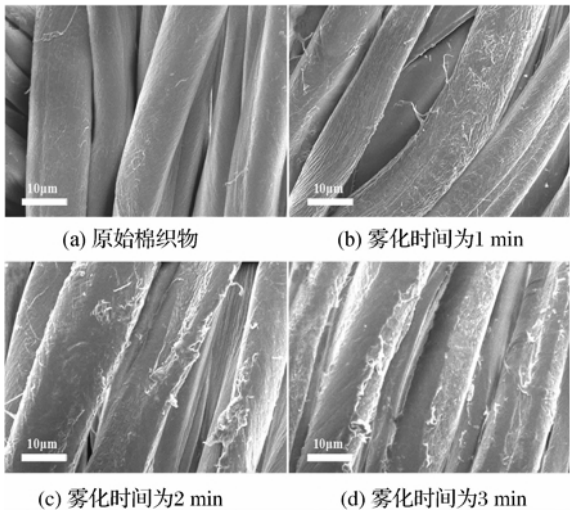


图 5 不同雾化时间处理的棉织物 SEM 图

2.4 抗菌性测试

以大肠杆菌作为测试菌,以无菌空白培养基和普通棉布作为对照组,分别测定不同浓度单体处理的棉织物抑菌性能,结果见图 6。在图 6 显示,抗菌棉织物表现出良好抗菌性,抑菌率随单体浓度增加而上升。表 1 可见,当 TAAB 浓度为质量分数 4% 时,抑菌率可达到 98.7%。

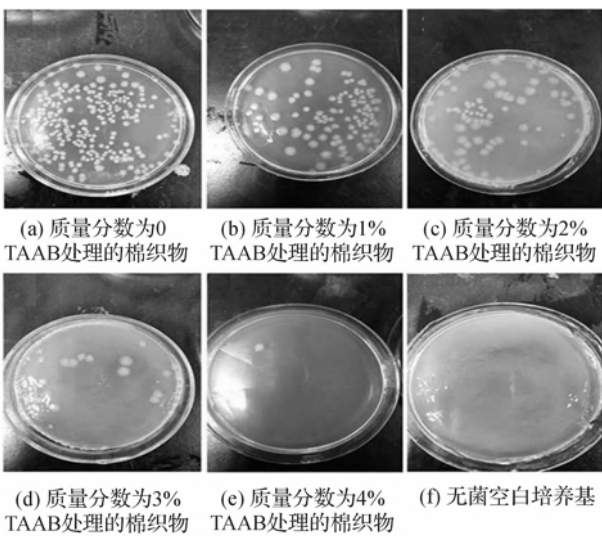


图 6 抗菌测试结果

表 1 抗菌棉织物的抑菌效果

抗菌单体 质量分数/%	引发剂质 量分数/%	喷雾时 间/min	反应 时间/h	抑菌 率/%
对比样	1	2 <sup>a</sup>	4 <sup>b</sup>	0
1	1	2	4	50.0
2	1	2	4	62.5
3	1	2	4	87.5
4	1	2	4	98.7

注:a. 喷雾温度 25℃, 环境湿度 50%; b. 反应温度 80℃。

2.5 耐洗性测试

以大肠杆菌作为测试菌,抗菌棉织物经不同洗涤周期洗涤后,分别测定不同摩尔比 TAAB/IEM 处理抗菌棉织物的抑菌性能,结果见表 2。表 2 可见,随洗涤周期的增加,抑菌率逐渐下降。但经 30 次洗涤周期后,抑菌率仍可始终保持 80% 以上,说明抗菌棉织物表现出良好的耐洗性。这是由于 IEM 以化学键将抗菌聚合物层与纤维牢固连接,因此

表 2 抗菌棉织物的耐洗效果

洗涤周期 <sup>a</sup> /次	抑菌率/%		
	50 : 1 <sup>b</sup>	25 : 1 <sup>b</sup>	10 : 1 <sup>b</sup>
0	97.9 <sup>c</sup>	98.1	98.7
5	95.6	96.9	98.0
10	93.8	94.7	97.0
15	91.2	92.8	95.7
20	88.4	90.5	94.1
25	85.5	88.8	92.9
30	81.6	85.6	91.5

注:a. 每个周期洗涤时间为 50 min; b. 单体 TAAB 与 IEM 的摩尔比; c. 改性条件质量分数 1% ACN 喷雾 2 min, 质量分数 4% TAAB 喷雾 2 min, 反应温度 80℃。

TAAB/IEM 摩尔比下降的同时,抗菌织物耐洗性反而增加。当 TAAB/IEM 摩尔比为 10:1 时,经 30 次洗涤周期后,抑菌率依旧可达 91.5%。

## 2.6 透湿性测试

图 7 为原始棉织物与不同浓度单体处理后棉织物的透湿性测试结果。图 7 显示,未处理棉织物 a 的透湿率为  $(1\,413.9 \pm 13) \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$ ,浸蘸样 f 的透湿率为  $(1\,010.1 \pm 26) \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$ ,b—e 样的透湿率分别为  $1\,376.6 \pm 16$ 、 $1\,335.2 \pm 19$ 、 $1\,286.8 \pm 20$ 、 $1\,248.3 \pm 19 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$ 。可以看出经抗菌改性的棉织物透湿性都有降低,这是由于抗菌单体亲水端与棉纤维以化学键连接,而疏水端聚合形成疏水聚合物层,使织物疏水性明显增加,影响其湿传递,导致透湿性的下降。而经雾聚合接枝的聚合物层相对较薄,透湿性下降较少,经浸蘸处理的棉织物由于大量单体在表面聚合,生成的聚合物层较厚,棉织物透湿性相对较差。

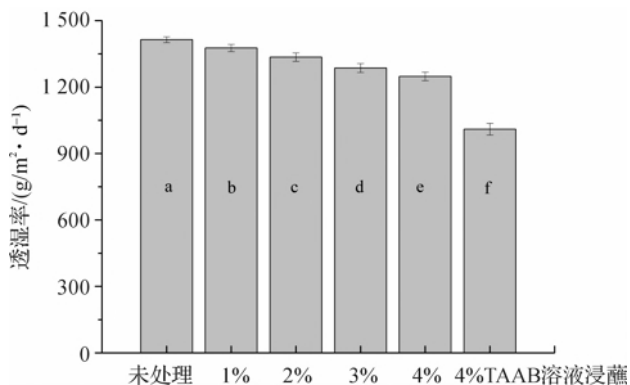


图 7 未处理及不同质量分数 TAAB 溶液处理后抗菌棉织物的透湿性

## 2.7 吸水性测试

图 8 为原始棉织物与不同浓度单体处理后棉织物的吸水性测试结果。未处理棉织物 a 的吸水率为

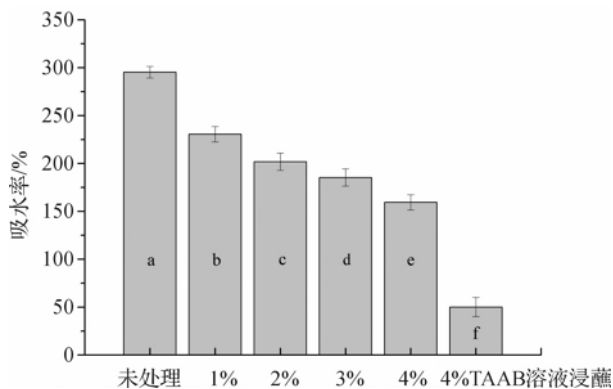


图 8 未处理及不同质量分数 TAAB 溶液处理后抗菌棉织物的吸水性

( $295 \pm 6$ )%,浸蘸样 f 的吸水率为 ( $50 \pm 10$ )%,b—e 样的吸水率分别为 ( $231 \pm 8$ )%, ( $202 \pm 9$ )%, ( $185 \pm 9$ )%, ( $159 \pm 8$ )%。可以看出经抗菌改性的棉织物吸水性随抗菌单体浓度增加而降低,这是由于棉织物接枝的抗菌层具有一定的疏水性,从而导致吸水率降低。浸蘸样 f 由于织物两侧都接枝了抗菌层,且接枝的抗菌层较厚,织物吸水性相对较差。

## 2.7 机械性能测试

图 9 显示不同棉织物样品的机械性能变化。原始棉织物的拉伸断裂强力为 323.9 N,仅经硝酸铈铵雾化处理的棉织物稍有降低,为 315.3 N。而经 TAAB 单体改性的棉织物机械性能却有一定提升,其中经过质量分数 4% TAAB 处理的棉织物拉伸断裂强力达到 372.3 N。

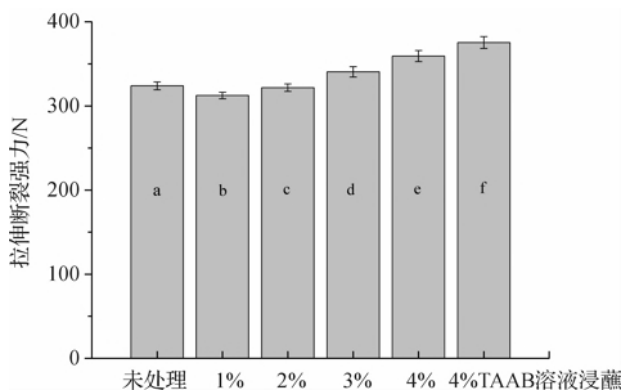


图 9 未处理及不同质量分数 TAAB 溶液处理后抗菌棉织物的机械性能

改性棉织物的机械性能提高是因为纤维表面接枝的聚合物层增加了纤维直径,从而增强了其强度;而仅用硝酸铈铵处理的棉织物,其表面棉纤维被氧化,纤维素结构受到破坏,且没有接枝聚合物对其修复,因此其机械强度降低。

## 3 结论

通过雾聚合法成功地将季铵盐型抗菌单体 N,N,N-三乙基乙烯基溴化铵 (TAAB) 接枝聚合到棉织物上,获得的改性棉织物能明显抑制大肠杆菌的生长繁殖。结果显示,聚合时 TAAB 单体浓度对棉织物抗菌性有较大影响,单体浓度越大,抑菌率越高,当浓度达到 0.04 g/mL 及以上时,抑菌率超过 90%。同时,雾聚合法改性的棉织物保持了棉织物透湿、吸水等原有优良性能。雾聚合法消耗的溶剂和单体少,是一种简单有效的棉织物表面改性方法,可用于制备抗菌织物,也可应用于提高纺织品疏水、阻燃等功能。

## 参考文献:

- [1] 李燕飞, 安玉山. 抗菌剂和抗菌织物加工方法及展望[J]. 山东纺织科技, 2003, 44(6): 45-48.
- [2] 刘伟时. 抗菌纤维的发展及抗菌纺织品的应用[J]. 化纤与纺织技术, 2011, 40(3): 22-27.
- [3] 季君晖. 抗菌纤维及织物的研究进展[J]. 纺织科学研究, 2005, 16(2): 1-8.
- [4] 吴惠英, 段亚峰, 董树莲. 抗菌技术在纺织材料中的应用[J]. 针织工业, 2006, 4(5): 56-59.
- [5] 何秀玲, 郭腊梅. 抗菌织物的发展与应用现状[J]. 广西纺织科技, 2003, 32(3): 30-33.
- [6] 延秀银, 王小晋, 刘桂花, 等. 季铵盐、季磷盐类高分子抗菌剂的研究进展[J]. 广州化学, 2012, 37(4): 56-62.
- [7] 马 赛. 两种常用季铵盐型抗菌单体抗菌性能, 细胞毒性的比较研究及其细胞毒性机理初探[D]. 西安: 中国人民解放军第四军医大学, 2012: 1-130.
- [8] Kawabata N, Nishiguchi M. Antibacterial activity of soluble pyridinium-type polymers[J]. Applied and Environmental Microbiology, 1998, 54(10): 2532-2535.
- [9] 周轩榕, 卢滇楠, 邵曼君, 等. 表面接枝季铵盐型高分子材料抗菌过程的特性研究[J]. 高等学校化学学报, 2003, 24(6): 1131-1135.
- [10] 卢滇楠, 周轩榕, 邢晓东, 等. 表面接枝季铵盐型聚合物的纤维素纤维: 灭菌机理研究[J]. 高分子学报, 2004, 1(1): 107-113.
- [11] Andou Y, Nishida H, Endo T. Designed surface construction by photo-induced vapor-phase assisted surface polymerization of vinyl monomers using immobilized free radical initiators[J]. Chemical Communications, 2006, 10(48): 5018-5020.
- [12] Andou Y, Jeong J M, Nishida H, et al. Simple procedure for polystyrene-based nanocomposite preparation by vapor-phase-assisted surface polymerization[J]. Macromolecules, 2009, 42(20): 7930-7935.
- [13] Andou Y, Jeong J M, Hiki S, et al. Design of nanocomposites by vapor-phase assisted surface polymerization[J]. Macromolecules, 2009, 42(3): 768-772.
- [14] Kim D, Andou Y, Shirai Y, et al. Biomass-based composites from poly (lactic acid) and wood flour by vapor-phase assisted surface polymerization[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2010, 3(2): 385-391.
- [15] Yang R, Asatekin A, Gleason K K. Design of conformal, substrate-independent surface modification for controlled protein adsorption by chemical vapor deposition (CVD)[J]. Soft Matter, 2012, 8(1): 31-43.
- [16] Huang L, Lau S P, Yang H Y, et al. Stable superhydrophobic surface via carbon nanotubes coated with a ZnO thin film[J]. The Journal of Physical Chemistry B, 2005, 109(16): 7746-7748.
- [17] Xu J, Gleason K K. Conformal polymeric thin films by low-temperature rapid initiated chemical vapor deposition (iCVD) using tert-Butyl peroxybenzoate as an initiator[J]. ACS Applied Materials & Interfaces, 2011, 3(7): 2410-2416.
- [18] Haller P D, Frank-Finney R J, Gupta M. Vapor-phase free radical polymerization in the presence of an ionic liquid[J]. Macromolecules, 2011, 44(8): 2653-2659.
- [19] Wang L, Xi G H, Wan S J, et al. Asymmetrically superhydrophobic cotton fabrics fabricated by mist polymerization of lauryl methacrylate[J]. Cellulose, 2014, 21(4): 2983-2994.
- [20] Wan S J, Wang L, Xu X J, et al. Controllable surface morphology and properties via mist polymerization on a plasma-treated polymethyl methacrylate surface[J]. Soft Matter, 2014, 10(6): 903-910.
- [21] 衡世芳. 抗菌有机高分子单体的合成与抗菌性能评价[D]. 北京: 北京服装学院, 2008, : 1-76.
- [22] Ozer R R, Hill W C, Rogers M E, et al. Development of colorimetric analytical methods to monitor quaternary amine grafted surfaces[J]. Journal of Applied Polymer Science, 2010, 118(4): 2397-2407.
- [23] 高春朋, 高 铭, 刘雁雁, 等. 纺织品抗菌性能测试方法及标准[J]. 染整技术, 2007, 29(2): 38-42.
- [24] Stawski D, Sarkar A K, Polowinski S, et al. Antibacterial properties of polypropylene textiles modified by poly(2-(N, N-dimethylamino ethyl) methacrylate)[J]. The Journal of The Textile Institute, 2013, 104(8): 883-891.
- [25] Chun D T W, Foulk J A, Mcalister D D. Testing for antibacterial properties of cotton/flax denim[J]. Industrial Crops and Products, 2009, 29(2): 371-376.
- [26] Hebeish A, Mehta P C. Cerium-initiated grafting of acrylonitrile onto cellulosic materials[J]. Journal of Applied Polymer Science, 1968, 12(7): 1625-1647.

polyester needle-punched nonwovens with scanning electron microscope. The result shows that tensile, tearing and stripping strengths of composite materials increase with the increase of hot pressing temperature, pressure and time and hot pressing temperature has most significant influence on mechanical properties of composite materials. According to the observation of morphology and structure of composite materials by scanning electron microscope, hot pressure makes PE film penetrate more fully and bond with the base material more closely when hot pressure temperature is higher than PE melting point. When technological parameters are 115°C, 3MPa and 5min, polyester needle-punched nonwovens/PE film materials with outstanding comprehensive performance can be obtained.

**Key words:** automobile interior; needle-punched nonwoven; PE; hot pressing; peeling strength

(责任编辑: 张祖尧)

---

(上接第 611 页)

## Study on Preparation of Quaternary Ammonium Salt-Type Antibacterial Cotton Fabrics with Mist Polymerization Method

HUANG Mei-qi, XI Guang-hui, ZHENG Ting-ting, WANG Xi-yi, FAN Wan-chao, LIU Xiang-dong

(School of Materials and Textiles, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Antimicrobial monomer N, N, N, N-triethyl-vinyl ammonium bromide (TAAB) is synthesized by triethylamine and bromopropylene in acetone solvent through N-alkylation reaction and antimicrobial cotton fabrics are prepared with mist polymerization method. This study first uses atomizing ceric ammonium nitrate water solution to process the surface of cotton fabrics. Free radical active points are generated on cellulose molecular chain through the oxidization of cerium ion. The surface of this activated cotton fabric is processed with atomizing antimicrobial monomer (TAAB). Graft polymerization is triggered and modified antimicrobial layer is obtained. Infrared (FTIR-ATR) test result shows that antimicrobial monomer has successfully grafted and aggregated on the surface of cotton fiber. Antimicrobial test result shows that modified fiber fabrics have good antibacterial property for escherichia coli and antibacterial rate can reach over 90%. Air permeability and hygroscopicity of modified antimicrobial fabrics do not reduce greatly and tensile property increases.

**Key words:** cotton fabric; quaternary ammonium salt; antimicrobial treatment; mist polymerization

(责任编辑: 张祖尧)