

三步法接枝聚合苯胺制备抗静电织物

巫邦庭^{1,2} 张伯武¹ 吴景霞^{1,2} 马红娟¹ 虞鸣¹ 李林繁¹ 李景烨¹

¹ (中国科学院上海应用物理研究所 嘉定园区 上海 201800)

² (中国科学院大学 北京 100049)

摘要 结合辐射接枝聚合和原位氧化还原聚合,通过三步处理,将聚苯胺(PANI)共价接枝到普通棉织物上,得到具有较好导电性的导电织物。通过红外光谱(FT-IR)和 X-射线光电子能谱(XPS)表征三步接枝过程中棉织物的化学结构变化,证明了 PANI 被成功接枝到棉织物表面。用扫描电子显微镜(SEM)以及接触角(CA)表征处理过程中棉织物的微观形貌及表面性质变化。结果表明,接枝后棉纤维表面完全被 PANI 接枝层所覆盖,且所得织物的表面疏水性明显增大。接枝棉织物的导电性测试证明,材料具有较好的导电性能,当 PANI 接枝率为 10.2% (重量分数)时,其表面电阻可降到 $10^8 \Omega/\square$ 的量级,达到了抗静电织物的要求。

关键词 辐射接枝, 原位氧化还原聚合, 聚苯胺, 导电织物, 抗静电

中图分类号 TL13

DOI: 10.11889/j.1000-3436.2015.rj.33.040302

静电现象在自然界普遍存在,并具有不可忽视的危害性,如引起电子设备故障,造成电磁干扰;吸附灰尘,造成集成电路和半导体元件的污染;击穿集成电路或精密电子元件;诱发电击,危及人身安全;引起爆炸和火灾等。另外,静电严重时会灼伤人的皮肤,干扰人体的内分泌系统^[1-2]。随着社会经济的发展,人们安全防护意识的增强,防静电的功能纺织品,如防静电的职业装、工装、防护服等应用需求日益增大,防静电纺织品因而成为新型纺织品研究和开发的热点^[3-4]。

静电的产生,实际上是不可避免的。任何两种不同材质的物体接触后相互摩擦作用,即可产生静电现象,即所谓的摩擦生电。研究表明,材料的绝缘性越强,越容易产生静电。如果将材料进行功能化改性,赋予其导电性能,可使外界作用(如摩擦或感应)产生的静电荷快速耗散,不容易积累,则可以有效防止或消除静电带来的危害。导电织物因其良好的柔韧性和抗静电性,作为柔性的抗静电材料和电磁耗散材料,在防静电服装,甚至可穿戴的电子设备方面具有很大的应用前景^[5]。制备导电织物的方法有金属/高分子纤维混纺^[6]、炭黑或金属粉

末掺杂法^[7]、表面沉积、涂敷或电镀法^[8]等。这些方法制备的导电织物质地厚重,手感偏硬。存在尖端放电、刺激皮肤和涂层易脱落等缺点。导电高分子,如聚乙炔(Polyacetylene, PA)、聚吡咯(Polypyrrole, PPy)、聚噻吩(Polythiophene, PTh)和聚苯胺(Polyaniline, PANI)等具有类似金属材料导电性的同时,兼具高分子材料的柔韧性和加工性能^[9-11]。利用导电高分子接枝改性普通织物得到柔性轻质的导电织物的研究因而受到人们的关注。

然而,上述导电高分子的单体分子上缺乏可以用于接枝聚合的功能基团,如含碳-碳双键的不饱和基团等,很难通过常规的自由基接枝聚合将导电高分子接枝到普通织物表面。本研究结合辐射接枝聚合和氧化还原聚合,设计了三步法接枝的研究思路^[12-14],成功实现了 PANI 在普通棉布上的共价接枝改性,并得到具有较好导电性的导电织物。通过红外光谱(FT-IR)和 X 射线光电子能谱(XPS)表征了棉织物在三步接枝过程中的化学结构变化;利用扫描电子显微镜(SEM)以及表面接触角(CA)考察了棉织物每一步接枝改性处理后的微观形貌及表面性质变化;通过高阻计测定了所得接枝改性织物(即

基金资助: 国家自然科学基金青年项目(11305248, 11305241)和面上项目(51473183)资助

第一作者: 巫邦庭, 男, 1990年2月出生, 2012年毕业于浙江大学, 目前为中国科学院上海应用物理研究所读硕士研究生, 高分子化学与物理专业

通讯作者: 张伯武, 博士, 副研究员, E-mail: zhangbowu@sinap.ac.cn; 李景烨, 研究员, 博士生导师, E-mail: jingyeli@sinap.ac.cn

收稿日期: 初稿 2015-03-30; 修回 2015-04-16

PANI 接枝的棉织物)的导电性,并讨论了改性织物的导电性与 PANI 接枝率的关系。

1 材料与方法

1.1 原料与试剂

普通棉织物,工业级,昆山纺织公司提供;甲基丙烯酸缩水甘油酯(Glycidyl methacrylate, GMA),分析纯,购于西格玛-奥德里奇试剂公司;对氨基苯乙胺(4-aminophenethylamine, APA),分析纯,购于东京化成工业株式会社;其他甲醇、丙酮、盐酸、苯胺、过硫酸铵((NH₄)₂S₂O₈, APS)、三氯甲烷、五水合硫酸铜(CuSO₄·5H₂O)、氢氧化钠等试剂均为分析纯,购于国药集团。本实验用水均为去离子水,上海世龙科技公司供应。

1.2 导电棉织物制备方法

本文设计的三步法接枝的研究路线,具体过程如下:首先,通过 γ -射线共辐照接枝法,在普通棉织物接枝聚甲基丙烯酸缩水甘油酯(GMA),引入环氧基团;然后,利用所得接枝改性织物上的环氧基团与胺基的开环反应,将对氨基苯乙胺(APA)加成于环氧基团上,从而在织物表面引入苯胺基团;最后,以 APA 加成修饰的棉织物上的苯胺基为接枝生长位点,与溶液中的苯胺分子发生原位氧化还原聚合反应,得到聚苯胺接枝的棉织物。

1.2.1 棉织物共辐射接枝改性

将原始棉织物剪成 10 cm × 15 cm 大小的矩形,先用蒸馏水多次冲洗表面,再以丙酮为抽提剂,用索氏抽提器抽提 72 h 以除去表面的杂质,然后放入 60 °C 下真空干燥至恒重,置于干燥器中备用。为方便下文叙述,预处理干燥后的普通棉织物被命名为织物 0#。

将织物 0#完全浸没在 80 mL 的 GMA(重量分数 5%)的甲醇/水(体积比 6: 4)混合溶液中,然后加入 0.08 g 的 CuSO₄·5H₂O 作为阻聚剂,以抑制 GMA 均聚反应,超声 10 min,待完全溶解后,通氮气鼓泡 15 min 除去氧气,然后密封送入 ⁶⁰Co 辐照室。以 1.76 kGy/h 剂量率,辐照处理样品 17 h,其吸收剂量约为 30 kGy。辐照完毕将织物取出,并用大量去离子水冲洗 6–10 遍,再以丙酮为抽提剂,用索氏抽提器抽提 72 h,然后 60 °C 恒温干燥至恒重,得到聚甲基丙烯酸缩水甘油酯(PGMA)接枝改性的棉

织物。该织物称为织物 1#。

PGMA 的接枝率(DG_{PGMA}, %),由公式(1)计算获得:

$$DG_{PGMA} = \frac{W_1 - W_0}{W_0} \times 100\% \quad (1)$$

其中, W₀ 和 W₁ 分别为织物 0#和织物 1#的质量。经计算,本研究中织物 1#的 PGMA 接枝率为 25.2 %。

1.2.2 织物 1#的功能化修饰

将织物 1#浸没于 200 mL 的含 0.5 %的 APA 和 pH=13 的水溶液中,通氮气鼓泡 15 min 以除去氧气,然后密封置于 80 °C 恒温油浴锅中反应 24 h。反应完毕后,将织物取出,并用大量去离子水冲洗 6–10 次,再以丙酮为抽提剂,用索氏抽提器抽提 72 h,然后 60 °C 恒温干燥至恒重,即得 APA 功能化修饰棉织物,以下简称为织物 2#。

织物 2#中的 APA 含量(C_{APA})可由公式(2)计算获得:

$$C_{APA} = \frac{W_2 - W_1}{W_0} \times 100\% \quad (2)$$

其中, W₀、W₁ 和 W₂ 分别为织物 0#, 织物 1#和织物 2#的质量。经计算,本研究中织物 2#中 APA 的含量为 6.0%。

1.2.3 织物 2#的原位氧化还原接枝改性

由于 APA 分子中胺乙基的亲核性大于苯胺基,因此,在 1.2.2 的实验过程中,主要发生胺乙基与环氧的开环加成反应,苯胺基成为接枝链的侧基末端。该苯胺基有望与溶液中的苯胺发生氧化还原聚合反应,从而得到 PANI 接枝的织物。具体方法是,将织物 2#完全浸没在盛有 400 mL 的盐酸溶液(pH=1.6)的烧瓶中,并置入冰水浴,直至体系温度达到平衡。然后在机械搅拌下,分别将 100 mL 的苯胺溶液(0.4 mol/L)和 100 mL 的 APS 溶液(0.4 mol/L)以 25 mL/h 的速率同时滴加于烧瓶中,并持续反应 24 h。反应完毕后将织物取出,并用大量去离子水冲洗 6–10 遍,然后再以三氯甲烷为抽提剂,用索氏抽提器抽提 72 h 后,60 °C 恒温干燥至恒重,即得 PANI 接枝的棉织物,以下简称为织物 3#。通过调整反应溶液中的苯胺浓度和 APS 的浓度,制得不同 PANI 接枝率的织物样品。

织物 3#中 PANI 接枝率(DG_{PANI})由公式(3)计算获得:

$$DG_{\text{PANI}} = \frac{W_3 - W_2}{W_0} \times 100\% \quad (3)$$

其中, W_0 、 W_2 和 W_3 分别为织物 0#、织物 2# 和织物 3# 的质量。

1.3 表征方法

1.3.1 红外光谱(FT-IR)分析

采用 Bruker Optics TENSOR 27 型红外光谱仪。测试前, 各棉织物样品在 60 °C 下真空干燥 48 h 以除去水分。测试时用衰减全反射测试组件检测各样品的红外光谱。测量波数范围为 4000–600 cm^{-1} , 分辨率为 4 cm^{-1} , 扫描次数 32 次。

1.3.2 X-射线光电子能谱(XPS)分析

采用英国 Kratos Axis Ultra DLD 型 X-射线光电子能谱仪进行分析, 单色化 Al α 靶。工作电压 8 kV, 功率 30 mW, 全谱通能为 160 eV, 元素谱通能为 40 eV, 扫描范围为 0–1000 eV。

1.3.3 形貌表征

本实验采用日立 S-4800 场发射扫描电子显微镜(SEM)进行分析, 工作电压为 10 kV。将棉织物样品剪成小块, 用导电胶固定在样品台上并喷金 60 s, 然后观察样品的表面形态结构。

1.3.4 接触角分析

将待测试样剪成 10 mm × 10 mm 大小并粘在载玻片上, 在 THETA Optical Tensiometer 接触角仪上进行测试。所有测试均在室温为 25 °C, 相对湿度 50% 左右的环境条件下进行, 测试水滴大小为 5 μL 。每个样品测试 5 个不同的位置, 取平均值。

1.3.5 导电性分析

采用日本三菱化学仪器 Hiresta-UP MCP-HT450 表面高阻抗分析仪进行表面电阻测试, 使用 URS 环形探头, 工作电压为 10 V, 环境温度为 20 °C, 相对湿度为 65% 左右。测量时直接将探头置于样品表面, 电化 1 min, 待示数稳定后记录数值。每个样品每次至少测量 5 个不同位置, 取平均值。

2 结果与讨论

2.1 结构分析

2.1.1 FT-IR 光谱分析

利用衰减全反射-傅里叶转换红外(ATR-FTIR)光谱仪分析修饰过程中各棉织物样品的结构, 结果见图 1。原始棉织物经辐射接枝后, 织物 1# 在 1722

cm^{-1} 处出现 C=O 伸缩振动峰, 表明通过共辐射接枝聚合, PGMA 已被成功接枝到棉织物上。经第二步修饰处理后, 织物 2# 的谱图上处出现对位取代苯环($\text{—}\text{C}_6\text{H}_4\text{—}$)的伸缩振动特征峰(1518 cm^{-1})^[15-16], 表明 APA 与 PGMA 的环氧发生加成反应, 成功引入苯胺基。织物 3# 在 1583 cm^{-1} 和 1492 cm^{-1} 处出现 PANI 的特征吸收峰, 分别对应为醌二亚胺 ($\text{—N=C}_6\text{H}_4\text{=N—}$) 和对苯二胺 ($\text{—NH—C}_6\text{H}_4\text{—NH—}$) 结构^[16], 两处吸收峰的强度比代表 PANI 分子链中氧化结构与还原结构的含量之比, 可以看出两者含量基本相当, 表明经过氧化还原聚合, PANI 已被成功接枝到织物上, 并得到半氧化态的 PANI 接枝链。上述分析表明, 经过多步反应, PANI 已被成功共价接枝到棉织物表面。

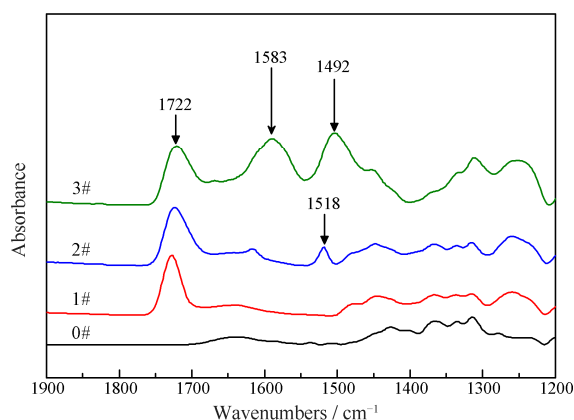


图 1 修饰过程中各棉织物样品的 ATR-FTIR 谱图
Fig.1 ATR-FTIR spectra of fabric samples after each step

2.1.2 XPS 分析

为了进一步分析接枝过程引起织物化学结构的变化, 利用 XPS 能谱仪对每一步处理后所得织物样品的元素含量进行了精细分析。如表 1 所示, 棉织物经过辐射接枝后, C/O 值变大, 这是因为接枝的 PGMA 的含碳量高于原始棉织物。随着 APA 的引入, 织物 2# 的 C/O 值进一步增大, 且检出了 N 元素的信号。这是因为 APA 的碳含量更高, 且含有 N 元素。根据样品 2# 中 N 元素的含量, 计算 APA 在样品 2# 中的含量约为 30.3%, 大于称重法计算的 6.0%。这可能是由于 X 射线穿透样品的深度有限, XPS 能谱主要反映的是织物表面的化学组成, N 元素含量偏高, 因而导致计算 APA 含量偏大。经过 PANI 接枝后, 织物 3# 的 C/O 值变小, N 元素含量增大。因为相对于对氨基苯乙胺来讲, 苯胺的碳含量较低, 但 N 元素含量更高。通过 XPS 能谱分析表明, 每一步处理都对织物的表面化学结构产生了明显的变化, PANI 成功接枝到棉织物表面。

表 1 XPS 测定的修饰过程中棉织物的元素含量
Table 1 The elemental analysis of fabric 0#, fabric 1#, fabric 2# and fabric 3# by XPS

		C / %	O / %	N / %	C/O
织物 0#	Fabric 0#	54.8	45.3	—	1.2
织物 1#	Fabric 1#	59.9	40.1	—	1.5
织物 2#	Fabric 2#	68.3	25.5	6.2	2.7
织物 3#	Fabric 3#	63.9	25.3	8.2	2.5

2.2 棉织物的接触角测试

天然棉织物是很好的透气透湿的亲水性材料，因而具有很好的吸汗能力。而 PANI 是一种疏水性材料。因此，我们通过测定织物改性前后的表面水

接触角可以表征接枝 PANI 后对棉织物表面性质的影响。如图 2a 所示，水滴接触到白色的原始棉织物（即织物 0#）的表面时，被亲水性的棉纤维快速地吸收，因而无法测出物理意义上的接触角角度。而接枝 PANI 后（即织物 3#），织物的颜色由白色变成深墨绿色，近乎黑色（图 2b），说明大量 PANI 存在于棉织物内部。当在织物 3# 表面滴上水滴时，水滴不能渗透，织物表面不能浸润，接触角高达 144.5° ，成为疏水性很强的织物材料。由此可见，PANI 接枝后，使棉织物的表面性质产生了明显的变化，材料由亲水性转变为疏水性。

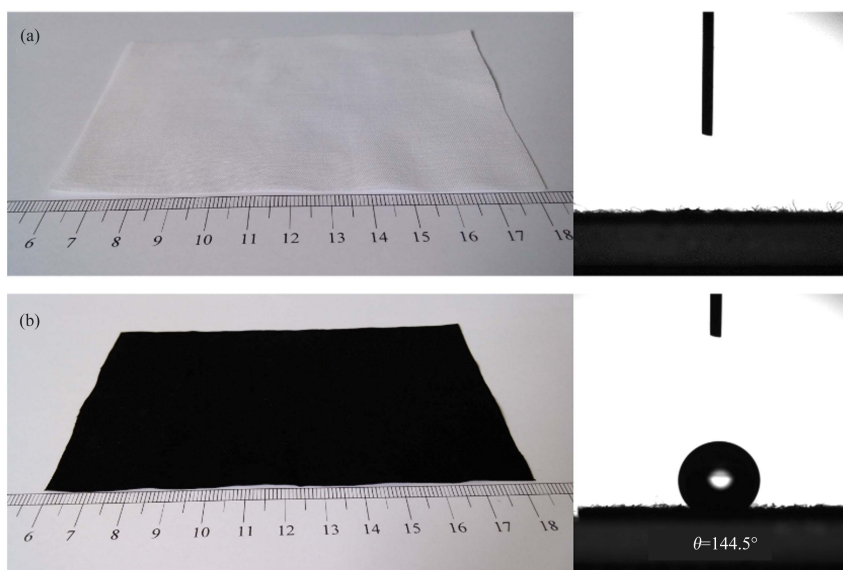


图 2 (a) 织物 0# 及其接触角照片；(b) 织物 3# 及其接触角照片
Fig.2 Images and photographs of water contact angle of (a) fabric 0# and (b) fabric 3#

2.3 棉织物的微观形貌

图 3 为修饰过程中各织物样品 SEM 微观形貌图，放大倍数为 10000 倍。如图 3a 所示，织物 0# 纤维表面相对平整，具有天然纤维的褶皱。经过辐射接枝后，纤维表面被均匀的带有微小突起的高分子层所覆盖，褶皱消失（图 3b），这是因为棉织物在 γ 射线辐照作用下产生自由基，引发了 GMA 在表面进行自由基接枝聚合反应，生成的 PGMA 接枝层均匀地覆盖并包裹了棉纤维。经过第二步反应后，APA 与 PGMA 环氧基团发生开环反应，使得 PGMA 上环氧被羟基和 APA 替代，改变了化学结构，破坏了接枝层外表，从而使纤维表面变得粗糙（图 3c）。由图 3d 可见，织物 3# 纤维表面被大量细小颗粒所覆盖。这是由于苯胺在氧化剂—APS 作用下，以织物 2# 上接枝链侧基末端的苯胺基为活性生长位点，

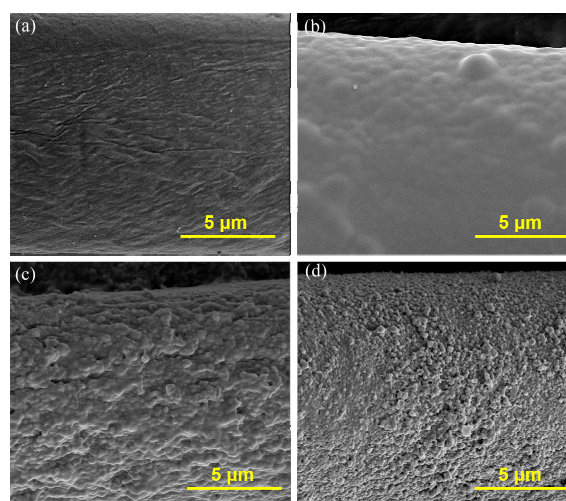


图 3 修饰过程中的各棉织物样品的 SEM 图：(a) 织物 0#；(b) 织物 1#；(c) 织物 2#；(d) 织物 3#
Fig.3 SEM images of (a) fabric 0#, (b) fabric 1#, (c) fabric 2# and (d) fabric 3#

发生氧化还原接枝聚合反应,生成 PANI 接枝链堆积并覆盖在纤维表面。综上所述,棉纤维经多步反应后,其基本的物理结构没有破坏,而纤维表面的微观形貌随着每一步处理,发生了显著变化。

2.4 导电性分析

本文中,利用高阻计测定样品表面电阻的方法评估所制备的导电织物的导电性能,并研究 PANI 接枝率对导电织物的导电性的影响,结果见图 4。天然棉织物的表面电阻在 $10^{11} \Omega/\square$ 的量级(即图 4 中 PANI 接枝率为 0 的数据点),是一种绝缘体材料。随着 PANI 接枝率逐渐增加,表面电阻逐渐下降,即导电性逐渐增强。PANI 接枝率为 7.2% 时,导电织物的表面电阻已经降到 $10^9 \Omega/\square$ 量级,表现一定导电性。说明 PANI 接枝层完全覆盖了纤维表面,形成了连续导电网络。当 PANI 接枝率继续增加到 10.2%,导电织物表面电阻降到 $10^8 \Omega/\square$ 量级。进一步增大 PANI 接枝率,发现导电织物表面电阻基本保持不变。这说接枝率超过 10.2% 后, PANI 的接枝层厚度已足以克服导电层的尺寸效应,因而继续增加 PANI 接枝率对织物的导电性没有显著影响。

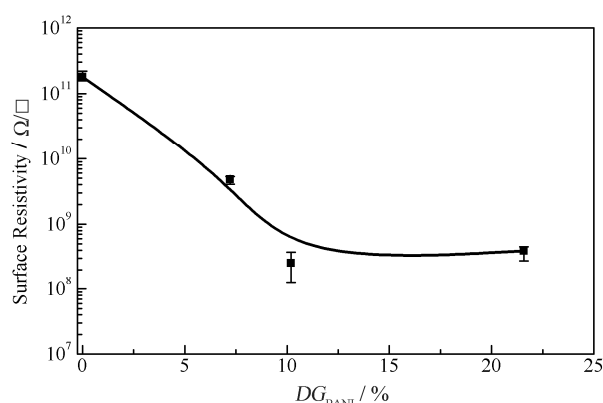


图 4 PANI 接枝率对导电织物的导电性的影响
Fig.4 Conductivity of the conductive fabrics with different DG_{PANI}

根据 ANSI/ESD 541-2003 标准^[17]的定义,表面电阻 $R_s \geq 10^{11} \Omega/\square$ 为绝缘体, $10^4 \leq R_s \leq 10^{11} \Omega/\square$ 为防静电体(静电耗散)。 $10^2 \leq R_s \leq 10^4 \Omega/\square$ 为导电体。而本文中制备的 PANI 接枝改性织物的表面电阻介于 $10^4 \sim 10^{11} \Omega/\square$ 之间,因而可作为抗静电材料或静电耗散材料使用。

3 结论

本文结合辐射接枝聚合以及原位氧化还原聚

合,通过三步处理,成功将 PANI 共价接枝到棉织物表面,制备了导电棉织物。FTIR 和 XPS 分析结果表明, PANI 已成功被共价接枝到棉织物表面,改变了棉织物表面的结构。SEM 和接触角分析结果表明,接枝 PANI 后改变了棉织物的微观形貌,并使其表面性质由亲水性转变为疏水性。导电性测试结果表明, PANI 接枝率达到 7.2% 时,可在纤维表面形成连续的导电网络,随着 PANI 接枝率的增加,其导电性也增强。当 PANI 接枝率达到 10.2% 以后,表面电阻基本保持不变,达到 $10^8 \Omega/\square$ 的量级,表现很好的抗静电性能。

致谢 本论文的研究工作中,材料导电性能测试得到了杭州师范大学李勇进教授课题组的大力支持,在此表示衷心的感谢。

参考文献

- 熊水舟. 人体静电的危害及其预防[J]. 油气储运, 1993, 12(2): 61-63.
XIONG Shuizhou. The hazards and prevention of electrostatic on human body [J]. Oil & Gas Storage and Transportation, 1993, 12(2): 61-63.
- 葛自良, 刘海兰, 马宁生, 电子工业的静电防护[J]. 自然杂志, 2002, 24(3): 157-161.
GE Ziliang, LIU Hailan, MA Ningsheng. Electrostatic discharge protection for electronic industry [J]. Nature Magazine, 1993, 12(2): 61-63.
- Shi X, Hu Y, Fu F, et al. Construction of PANI-cellulose composite fibers with good antistatic properties [J]. Journal of Materials Chemistry A, 2014, 2(21): 7669-7673.
- Saini P, Choudhary V. Electrostatic charge dissipation and electromagnetic interference shielding response of polyaniline based conducting fabrics [J]. Indian Journal of Pure & Applied Physics, 2013, 51(2): 112-117.
- Cochrane C, Koncar V, Lewandowski M, et al. Design and development of a flexible strain sensor for textile structures based on a conductive polymer composite [J]. Sensors, 2007, 7: 473-492.
- Klein W G. Antistatic fabric [P]. United States patent, US3678675 A, July 25, 1972.
- Forsgren K F, Melamed S, Weiner R S. Process for producing crimped metal-coated filamentary materials, and yarns and fabrics obtained therefrom [P]. United States patent, US4042737 A, August 16, 1977.

- 8 Hu L, Pasta M, Mantia F L, *et al.* Stretchable, porous, and conductive energy textiles [J]. Nano Letter, 2010, **10**: 708-714.
- 9 Shirakawa H, Louis E J, Macdiarmid A G, *et al.* Synthesis of electrically conducting organic polymers-halogen derivatives of polyacetylene, (Ch)X [J]. Journal of the Chemical Society-Chemical Communications, 1977, **16**: 578-580.
- 10 Chiang J C, Halpern M, Macdiarmid A G, *et al.* Aqueous chemistry and electrochemistry of polyacetylene and polyaniline-application to rechargeable batteries [J]. Abstracts of Papers of the American Chemical Society, 1984, **188**: 134-POLY.
- 11 潘玮, 黄素萍, 龚静华. 聚苯胺/涤纶导电纤维的制备及其织物抗静电性能研究[J]. 合成纤维, 2002, **1**: 30-32. PAN Wei, HUANG Suping, GONG Jinghua. Synthesis of conducting PET/Pan fibers and the anti-static properties of their fabrics [J]. Synthetic Fiber, 2002, **1**: 30-32.
- 12 Deng B, Cai R, Yu Y, *et al.* Laundering durability of superhydrophobic cotton fabric [J]. Advanced Materials, 2010, **22**: 5473-5477.
- 13 Liu H, Yu M, Deng B, *et al.* Pre-irradiation induced emulsion graft polymerization of acrylonitrile onto polyethylene nonwoven fabric [J]. Radiation Physics and Chemistry, 2012, **81**: 93-96.
- 14 Scaffaro R, Re G Lo, Dispenza C, *et al.* A new route for the preparation of flexible skin-core poly(ethylene-co-acrylic acid)/polyaniline functional hybrids [J]. Reactive & Functional Polymers, 2011, **71**(12): 1177-1186.
- 15 Tang J, Jing X, Wang B, *et al.* Infrared-spectra of soluble polyaniline [J]. Synthetic Metals. 1988, **24**: 231-238.
- 16 王佛松, 王利祥, 景遐斌, 聚苯胺的掺杂反应[J]. 武汉大学学报(自然科学版), 1993, **6**: 65-73. WANG Fosong, WANG Lixiang, JING Xiabin. Doping reactions of polyanilines [J]. Journal of Wuhan University (Natural Science Edition), 1993, **6**: 65-73.
- 17 American National Standards Institute. Electrostatic discharge association, ANSI/ESD S541-2003, for the protection of electrostatic discharge susceptible items - packaging materials or ESD sensitive items [S]. New York, Electrostatic Discharge Association, 2003.

Preparation of anti-static textile with covalently grafted polyaniline by a three-step process

WU Bangting^{1,2} ZHANG Bowu¹ WU Jingxia^{1,2} MA Hongjuan¹ YU Ming¹ LI Linfan LI Jingye¹

¹(Jiading Campus, Shanghai Institute of Applied Physics, Chinese Academy of Sciences, Shanghai 201800, China)

²(University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

ABSTRACT A conductive textile was successfully prepared by covalently grafting polyaniline (PANI) onto a cotton fabric substrate through a three-step approach, including γ -ray irradiation-induced grafting polymerization, functional modification and *in-situ* redox polymerization. The results of Fourier transform infrared (FT-IR) and X-ray photoelectron spectroscopy (XPS) demonstrated that PANI was covalently grafted onto cotton fabric successfully. The images of scanning electron microscopy (SEM) showed that the surface of PANI grafted cotton fibers were covered with PANI layer, and contact angle (CA) testing indicated the cotton fabric had been transformed from hydrophilicity to hydrophobicity after grafting PANI. When the degree of grafting PANI up to 10.2% (weight percent), the surface resistance of the resultant fabric can be decreased to $10^8 \Omega/\square$ of level, which means it possess good anti-static property.

KEYWORDS Radiation-induced graft polymerization, *In-situ* redox polymerization, Polyaniline, Conductive textiles, Anti-static

CLC TL13