

文章编号:0253-9721(2010)07-0097-05

# 常压介质阻挡放电对涤纶春亚纺织物的表面改性

王春莹, 王潮霞

(生态纺织教育部重点实验室(江南大学), 江苏 无锡 214122)

**摘要** 采用常压介质阻挡放电技术对涤纶春亚织物进行表面改性, 探讨不同放电功率、放电时间下织物润湿性能的变化。使用衰减全反射红外光谱法和 X 射线光电子能谱技术研究织物表面改性后化学组成及元素含量的变化, 利用原子力显微镜表征改性后织物表面形貌的变化, 并分析改性后织物的拉伸性能和透湿量。结果表明: 常压介质阻挡放电改性可以极大地提高涤纶春亚纺织物的润湿性能, 这源于织物表面氧元素的含量增加及表面粗糙化; 改性后织物的断裂强力和断裂伸长率有所增加, 透湿量也得到明显改善。

**关键词** 常压介质阻挡放电; 表面改性; 涤纶织物; 润湿性; 表面化学组成

中图分类号: TS 190.92 文献标志码: A

## Surface modification of polyester pongee fabric by atmospheric pressure dielectric barrier discharge techniques

WANG Chunying, WANG Chaoxia

(Key Laboratory of Eco-Textiles (Jiangnan University), Ministry of Education, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

**Abstract** Polyester pongee fabric was modified by atmospheric pressure dielectric barrier discharge technology, and the influence of discharge power and discharge duration on the wettability of the fabric was discussed. Attenuated total reflection infrared spectroscopy and X-ray photoelectron spectroscopy were used to study the surface chemical composition and element content of the fabric. The atomic force microscopy (AFM) was employed to observe the surface morphology changes of the modified fabric. The tensile properties and water vapor permeability of the fabric was analyzed. The results showed that atmospheric pressure dielectric barrier discharge could greatly improve the wetting properties of fabric, due to the increased oxygen content and the surface roughness. At the same time, the breaking strength, elongation at break and water vapor permeability were also significantly improved by modification.

**Key words** atmospheric pressure dielectric barrier discharge; surface modification; polyester fabric; wettability; surface chemical composition

涤纶织物是合成纤维中发展较快、产量较高的品种, 具有优良的力学性能和化学稳定性, 但其表面平整、结构紧密、亲水性很差的特点也限制了涤纶织物的进一步应用。为改善涤纶织物的吸湿性, 相关研究者采用多种方法进行处理, 如共混、复合纺丝、纤维微孔化加工、化学改性等<sup>[1-3]</sup>, 但是这些常规的方法耗能、耗水量大, 会对环境造成比较大的污染, 同时改性程度难以控制, 织物本体结构易破坏<sup>[4]</sup>。

近年来开始兴起利用物理方法对涤纶织物进行

改性, 其中等离子体技术作为一种清洁生产对纤维织物进行改性时, 适用范围广, 不影响纤维和织物的整体性能, 不涉及使用化学品和废水处理的问题, 对环境影响比较小, 是一种生态环保的加工技术<sup>[5-7]</sup>。介质阻挡放电是产生等离子体的技术之一, 其最大的特点是在大气压环境中进行放电处理, 和真空等离子体相比, 对设备和操作条件要求不高, 成本相应也较低, 比较适合常规的加工环境<sup>[8-10]</sup>。本文采用常压下的介质阻挡放电技术对涤纶春亚纺

收稿日期: 2009-07-16 修回日期: 2009-11-18

作者简介: 王春莹(1975-), 女, 讲师。主要研究方向为等离子体加工技术。E-mail: 1975wey@163.com。

织物进行表面改性,探讨了不同改性条件对织物润湿性的影响;利用红外光谱和 X 射线光电子能谱分析了常压介质阻挡放电前后织物表面化学组成的变化;通过原子力显微镜观察了改性前后织物表面形貌的变化;同时比较分析了介质阻挡放电处理前后织物拉伸性能及透湿量的变化。

## 1 实验部分

### 1.1 材料及试剂

涤纶 190T 春亚纺坯布  $\beta$ .33 tex  $\times$  8.33 tex, 面密度为 60 g/m<sup>2</sup>。

品红颜料墨水,实验室自制;丙酮,上海国药试剂厂。

### 1.2 仪器与设备

CTP-2000A 常压介质阻挡放电发生器,南京科罗纳实验室;CSMP4000 原子力显微镜,中科院本原有限公司;NICOLET NEXUS 470 FT-IR SPECTROMETER 红外光谱仪,美国 Thermo Nicolet 公司;PHI 5000C ESCA X 射线光电子能谱仪,美国 PHI 公司;YG026A 电子织物强力机,常州市第二纺织机械厂;YG601-I/II 电脑式织物透湿仪,宁波纺织仪器厂。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 预处理

将涤纶春亚纺坯布置于 90 °C 的阴离子表面活性剂(1%)溶液中处理 30 min,水洗,干燥,去除坯布表面的油剂和浆料。再将织物置于丙酮中,浸渍 24 h,彻底去除表面可能存在的油渍和其他杂质,然后用去离子水清洗干净,干燥,备用。

#### 1.3.2 常压介质阻挡放电处理

将预处理过的织物放入常压介质阻挡放电装置中,调节参数,反应一定时间后取出,进行各种性能测试。

### 1.4 性能测试

#### 1.4.1 润湿性

参照 AATCC Test Method 79-2000,在距离织物表面固定高度处滴下 1 滴蒸馏水,记录从水滴接触织物表面至水滴反射作用消失所需要的时间,以表征织物的润湿性,测量多个点,取平均值。

#### 1.4.2 织物表面官能团

使用衰减全反射(ATR-Ge)制样法对涤纶春亚纺织物进行表面基团的测试,分辨率为 4 cm<sup>-1</sup>,扫描

次数为 64。比较常压介质阻挡放电处理前后涤纶织物表面官能团的变化。

#### 1.4.3 织物表面各元素含量

采用 X 射线光电子能谱(XPS)仪分析样品表面的各元素相对含量比例。实验条件:铝/镁靶,高压为 14.0 kV,功率为 250 W,真空度为  $1 \times 10^{-8}$  Torr。采用美国 RBD 公司的 RBD147 数据采集卡和 AugerScan3.21 软件分别采集样品在 0~1200 eV 的全扫描谱(通能为 93.9 eV)。

#### 1.4.4 表面形貌分析

采用 CSMP4000 原子力显微镜对常压介质阻挡放电处理前后的涤纶春亚纺织物进行表面形貌分析。测量时采用的扫描模式为接触模式,扫描频率为 1.5 Hz,扫描范围为 5.0  $\mu$ m。

#### 1.4.5 拉伸性能

参照 GB/T 3923.1—1997《纺织品织物拉伸性能第 1 部分:断裂强力和断裂伸长率的测定 条样法》进行拉伸性能测试。

#### 1.4.6 透湿性

采用吸湿法,按照 GB/T 12704.2—2009《纺织品 织物透湿性试验方法第 2 部分:蒸发法》进行透湿性能的测试。温度为 38 °C,相对湿度为 90%。

## 2 结果与讨论

### 2.1 润湿性能分析

为研究常压介质阻挡放电的不同改性条件对织物润湿性能的影响,分别考察了改性功率和改性时间所带来的变化,结果如表 1 所示。未经任何处理的春亚纺织物的润湿时间为 28 min,经常压介质阻挡放电改性后织物的润湿时间明显低于未经任何处理的织物,而且随着改性功率的增加,润湿时间呈下降趋势。当改性功率为 200 W 时,织物的润湿时间最短;但随功率继续增加润湿时间又延长。同样,当常压介质阻挡放电改性时间较短时,织物的润湿时间较长,随改性时间的延长润湿时间缩短。当改性时间为 3 min 时润湿时间达到最短;当改性时间继续延长时,润湿时间反而又增加。这是因为改性条件较缓和时,活性粒子较少,表面植入氧的反应效率较低;随着改性条件变得剧烈,表面断键、氧化反应明显加剧,表面粗糙度增加,导致润湿性改善;当改性达到一定强度时,表面所形成的活性基团可能又被严重刻蚀,吸湿性因而可能有所下降<sup>[1]</sup>。

表 1 涤纶春亚纺织物的润湿性能

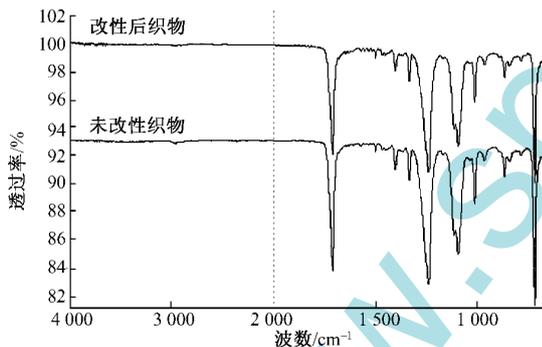
Tab.1 Wettability of polyester pongee fabric

放电功率/W	润湿时间/s	放电时间/min	润湿时间/s
50	249	1.5	169
100	218	3.0	148
150	154	4.5	162
200	145	6.0	173
250	186	7.5	185

注:常压介质阻挡放电改性时间为 3 min,改性功率为 200 W。

## 2.2 红外光谱分析

图 1 为涤纶春亚织物经常压介质阻挡放电改性的红外光谱图。由图可知,常压介质阻挡放电改性前后织物的红外谱图没有任何变化,说明红外光谱并不能反映出常压介质阻挡放电改性以后涤纶春亚织物表面所发生的化学变化<sup>[12]</sup>,如是否形成新的极性基团、表面元素含量是否发生变化等等。因而红外光谱不是最合适的表征手段。为验证这一点,实验中使用了阳离子染料对改性后的织物进行染色,但是并没有上染,因此可以进一步断定,改性以后确实没有在织物表面形成能和阳离子染料发生化学结合的官能团。如要明确改性后物质表面所发生的化学变化还需采取其他的表征手段进一步加以证实。



注:常压介质阻挡放电改性时间为 3 min,改性功率为 200 W。

图 1 涤纶春亚织物 ATR 红外光谱图

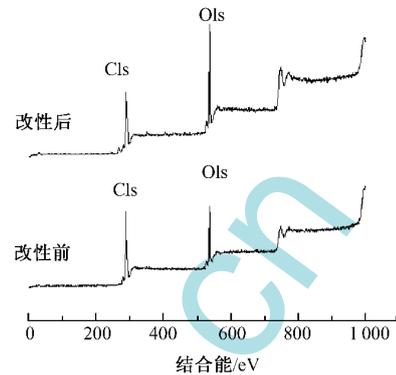
Fig.1 ATR-FTIR spectrum of polyester pongee fabric

等离子体改性可以使物质表面含氧量增加,使织物表面发生一定的化学反应。经常压介质阻挡放电改性前后的红外光谱基本相同,说明纤维分子结构没有发生太大的变化,恰好验证了等离子体仅仅是对纤维的极浅表层有作用,发生的仅是物理撞击和表层的刻蚀,并不影响其本体性能<sup>[13]</sup>。

## 2.3 X 射线光电子能谱分析

由于红外光谱并不能反应出常压介质阻挡放电改性前后涤纶春亚纺表面化学元素含量是否发生了

变化,选择 XPS(X 射线光电子能谱)技术对涤纶织物表面元素组分的变化进行分析,结果如图 2 及表 2 所示。



注:常压介质阻挡放电改性时间为 3 min,改性功率为 200 W。

图 2 涤纶春亚织物 XPS 谱图

Fig.2 XPS spectrum of polyester pongee fabric

表 2 改性前后织物 C、O 元素的相对含量及其比率

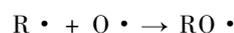
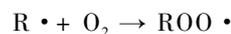
Tab.2 Relative chemical composition and atomic ratios of fabric determined by XPS

试样类别	含 C 量/%	含 O 量/%	含 O 量/含 C 量
处理前织物	75.9	23.9	0.314 9
处理后织物	64.2	31.3	0.487 5

注:常压介质阻挡放电改性时间为 3 min,改性功率为 200 W。

从图 2 可以看出,经常压介质阻挡放电改性后 Cls 峰明显减少,而 O1s 峰明显增加。由表 2 可以看出 C 的含量从 75.9% 下降到 64.2%,与此相对应的是 O 的含量增加了 7.4%,含 O 量/含 C 量的比率由处理前的 0.314 9 增加到处理后的 0.487 5。这些结果说明经常压介质阻挡放电改性后确实可将一些含氧基团引入织物表面。

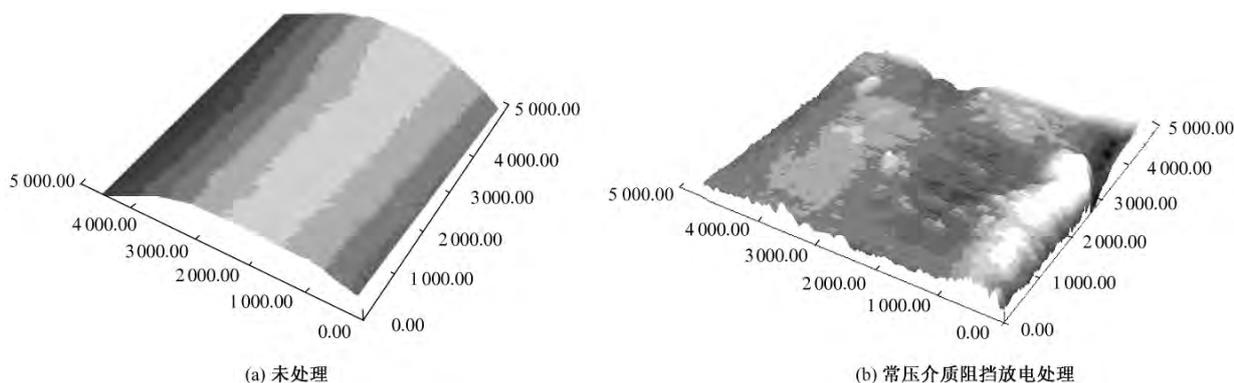
一般认为,采用等离子体对聚合物及纺织材料进行表面改性处理时可在材料表面发生以下反应<sup>[14]</sup>:



随着反应的进行,可将一些单键态和双键态的含氧极性基团导入纤维表面,从而改善织物表面的润湿性能<sup>[15]</sup>。

## 2.4 原子力显微镜观察

图 3 示出常压介质阻挡放电改性前后涤纶春亚



注:常压介质阻挡放电改性时间为 3 min,改性功率为 200 W;单位为 nm。

图 3 涤纶春亚纺织物原子力显微镜图像

Fig. 3 AFM image of polyester pongee fabric. (a) Original polyester fabric; (b) Treated with dielectric barrier discharge

纺织物的表面形貌变化。由图可看出,未经任何处理的涤纶春亚纺纤维表面总体上比较光滑平整,这可能与涤纶春亚纺织物是长丝织物且为熔融纺丝加工而成有关。经过常压介质阻挡放电改性后,纤维表面出现不均匀分布的沟槽,变得比较粗糙,这是由于常压介质阻挡放电改性对涤纶春亚纺纤维表面的分子产生刻蚀作用使表面粗糙化<sup>[15]</sup>。

### 2.5 织物拉伸性能测试

表 3 示出常压介质阻挡放电改性对涤纶春亚纺织物拉伸性能的影响。由表可以看出,经过常压介质阻挡放电改性后,涤纶春亚纺织物的断裂强力和断裂伸长率都有所提高。这是由于织物的断裂强力除了与纤维的强力有关外,还与纱线及纤维之间的相互作用有关。一般来讲,织物在受到外力拉伸时,织物中所有的纱线和纤维都均匀受力,并当外力增加至极限时同时断裂,织物的断裂强力显示最大值。由于纤维和纱线之间的相互作用会影响他们在受力时的行为,相互作用越强,纤维或纱线束受力的差异会越小,因此,织物断裂时需要破坏的纤维和纱线数量越多,显示的织物断裂强力也越高<sup>[16]</sup>。织物断裂强力的提高可能主要是由于常压介质阻挡放电改性后使纤维表面氧元素的含量增加,从而提高了织物的润湿性能,进而增强了纤维及纱线之间的抱合力,使织物的断裂强力和断裂伸长率提高<sup>[15]</sup>。

表 3 改性对涤纶织物拉伸性能的影响

Tab. 3 Breaking strength and elongation of polyester fabric before and after treatment

织物类别	断裂强力/N		断裂伸长率/%	
	经向	纬向	经向	纬向
未改性织物	282.8	249.3	18.3	8.4
改性后织物	339.5	372.0	20.5	11.3

注:常压介质阻挡放电改性时间为 3 min,改性功率为 200 W。

### 2.6 织物透湿性能测试

涤纶春亚纺织物经常压介质阻挡放电改性以后的透湿量由未处理时的 2 940.855 8 g/(m<sup>2</sup>·d) 增加到 3 128.038 8 g/(m<sup>2</sup>·d)。由此可以看出,经常压介质阻挡放电改性后涤纶春亚纺织物的透湿量明显增大。这是由于常压介质阻挡放电改性可以在涤纶春亚纺织物表面引入一些极性的含氧基团,同时对织物表面造成明显的刻蚀,因而极大地提高了织物的亲水性<sup>[17]</sup>,改善了织物的透湿性能。

## 3 结 论

1) 常压介质阻挡放电改性可极大地改善涤纶春亚纺织物的润湿性能,较合适的改性条件为:功率 200 W,时间 3 min。

2) 经常压介质阻挡放电改性以后,涤纶春亚纺织物虽然没有形成新的官能团,但表面元素的组成和含量发生了变化,由于引入了极性基团,氧的含量大为增加,这也是织物润湿性提高的一个重要原因。

3) 原子力显微镜的图像表明,改性后的织物表面粗糙,刻蚀严重,有利于提高亲水性能。

4) 常压介质阻挡放电改性可以有效地提高涤纶春亚纺织物的拉伸性能和透湿量,从而改善其使用性能。

FZXB

### 参考文献:

[ 1 ] HOSSAIN M M, HEGEMANN D, HERRMANN A S, et al. Contact angle determination on plasma-treated poly(ethylene terephthalate) fabrics and foils [J]. Journal of Applied Polymer Science, 2006 ( 102 ): 1452 - 1458.

[ 2 ] ZHANG Chunming, FANG Kuanjun. Surface

- modification of polyester fabrics for inkjet printing with atmospheric-pressure air/Ar plasma [J]. *Surface & Coating Technology* 2009(23):2058-2063.
- [3] SHIN Y S, SON K H, YOO D I I. Functional finishing by using atmospheric pressure plasma: grafting of PET nonwoven fabric [J]. *Journal of Applied Polymer Science* 2007(103):3655-3659.
- [4] SHAHIDI S, GHORANNEVISS M, MOAZZENCHI B, et al. Effect of using cold plasma on dyeing properties of polypropylene fabrics [J]. *Fibers and Polymers*, 2007(8):123-129.
- [5] LIN R Z, LIN Y E, MAI Y W. Application of plasma technologies in fibre-reinforced polymer composites [J]. *A Review of Recent Developments Composites: Part A*, 1997 28(1):73-86.
- [6] CLAUDIA R, RUGGERO B, ELENA S, et al. Surface modification of poly (ethylene terephthalate) fibers induced by radio frequency air plasma treatment [J]. *Applied Surface Science* 2003(211):386-397.
- [7] GIULIO P, CLAUDIA R, ELENA S, et al. Cold plasma treatment of PET fabrics: AFM surface morphology characterisation [J]. *Applied Surface Science* 2003(219):311-316.
- [8] SAMANTA K K, JASSAL M, AGRAWAL A K. Improvement in water and oil absorbency of textile substrate by atmospheric pressure cold plasma treatment [J]. *Surface & Coatings Technology* 2009(203):1336-1342.
- [9] JI Y Y, CHANG H K, HONG Y C, et al. Water-repellent improvement of polyester fiber via radio frequency plasma treatment with argon/hexamethyldisiloxane (HMDSO) at atmospheric pressure [J]. *Current Applied Physics*, 2009(9):253-256.
- [10] LEROUX F, CAMPAGNE C, PERWUELZ A, et al. Atmospheric air plasma treatment of polyester textile materials: textile structure influence on surface oxidation and silicon resin adhesion [J]. *Surface & Coatings Technology* 2009(203):3178-3183.
- [11] 李淑芳, 齐宏进. 空气等离子体处理涤纶非织造布的研究 [J]. *纺织学报* 2007 28(11):48-51.  
LI Shufang, QI Hongjin. Treatment of PET nonwoven fabric by gas plasma [J]. *Journal of Textile Research*, 2007 28(11):48-51.
- [12] COATA T H C, FEITOR M C, ALVES C, et al. Effects of gas composition during plasma modification of polyester fabrics [J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2006(173):40-43.
- [13] 朱梅. 等离子体与生物酶对滤嘴用醋纤的表面改性研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2006.  
ZHU Mei. Surface modification of acetate fiber for cigarette filter by plasma and enzyme [D]. Wuxi: Jiangnan University 2006.
- [14] 马晓光. 纺织品物理机械染整 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 2002:32-35.  
MA Xiaoguang. *Mechanical Finishing of Textiles* [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press 2002:32-35.
- [15] 王少华. 织物预处理对喷墨印花效果的影响 [D]. 无锡: 江南大学, 2009.  
WANG Shaohua. Effects of pre-treatment on fabrics inkjet printing performance [D]. Wuxi: Jiangnan University 2009.
- [16] 吴会峰. 大豆蛋白纤维及其产品常压等离子体改性研究 [D]. 上海: 东华大学, 2004.  
WU Huifeng. Study on application of DBD to surface modification of soybean fibers and its products [D]. Shanghai: Donghua University 2004.
- [17] 王少华, 马超波, 房宽峻. 常压空气等离子体处理后真丝织物的喷墨印花 [J]. *染整技术*, 2009, 31(1):1-3.  
WANG Shaohua, MA Chaobo, FANG Kuanjun. Inkjet printing of atmospheric air plasma treated silk fabric [J]. *Textile Dyeing and Finishing Journal*, 2009, 31(1):1-3.