



低温等离子体处理对涤纶起绒织物 数码喷墨印花的作用

吴浩¹, 崔志华¹, 金淑兰², 郑今欢¹, 郑紫竞², 陈维国¹

(1.浙江理工大学, a.生态染整技术教育部工程研究中心; b.先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018; 2.金华洁灵家居用品有限公司, 浙江金华 321000)

摘要: 针对涤纶起绒织物表面绒毛浓密、数码喷印墨水难以渗透、容易造成露白现象的问题, 利用低温等离子体处理涤纶起绒织物, 并对其改善数码喷印效果进行研究。通过采用有机硅和氧气低温等离子体对涤纶起绒织物进行处理, 结果发现: 当疏水性有机硅等离子体处理时, 墨水在织物表面向绒毛根部的渗透性下降, 数码喷印后的表观得色深度 K/S 值相较于未处理织物有所增加; 进一步用氧等离子体处理后, 墨水织物绒毛里的渗透性提高, 并且渗透性随着氧等离子体处理的时间及功率增加而增强, 数码喷印花墨水的渗透性相较于未处理织物有明显的提升, 但其 K/S 值与未处理织物相比并未有明显变化。通过对等离子体处理涤纶起绒织物纤维的扫描电镜分析, 发现纤维表面出现被刻蚀、表面粗糙度增加的现象, 该现象的出现提升了数码喷印后织物的表观得色深度, 从而达到了研究目的。

关键词: 涤纶起绒织物; 数码喷墨印花; 低温等离子体; 得色深度; 渗透性

中图分类号: TS194.4

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851 (2019) 01-0016-07

Effect of low temperature plasma treatment on digital inkjet printing of polyester piled fabric

WU Hao¹, CUI Zhihua¹, JIN shulan², ZHENG Jinhuan¹, ZHENG Zijing², CHEN Weiguo¹

(1a.Engineering Research Center for Eco-Dyeing & Finishing of Textiles, Ministry of Education;

1b.Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology,

Ministry of Education of China, Hangzhou 310018, China;

2.Jinhua Jieling Household Products Co., Ltd., Jinhua 321000, China)

Abstract: The surface of polyester pile fabric is densely covered, the digital printing ink is difficult to penetrate and whitening phenomenon easily caused. Aiming at the above problems, the low-temperature plasma was used to treat the polyester pile fabric, and the effect on digital printing improvement was studied. The polyester fabric was subjected to hydrophobic and hydrophilic treatment by low temperature plasma. It was found that when the surface of the fabric was hydrophobic, the apparent color depth K/S value after digital printing increased obviously, compared with the untreated fabric, but the ink permeability was poor. When the surface of the fabric was hydrophilic, the permeability of the digital jet printing ink significantly improved, compared to the untreated fabric, and the permeability was dependent on the time and power of the plasma treatment. But, its K/S value did not change significantly compared to untreated fabric. Scanning electron microscopy analysis of polyester pile fabric treated by low-

收稿日期: 2018-06-29 网络出版日期: 2018-10-09

基金项目: 浙江省公益技术研究项目(LGG18B060003)

作者简介: 吴浩(1994-), 男, 浙江衢州人, 硕士研究生, 主要从事染整、数码印花方面的研究。

通信作者: 崔志华, E-mail: zhhcui@zstu.edu.cn

temperature plasma revealed that the surface of the fiber was etched and the surface roughness increased, which improves the apparent color depth of the digitally printed fabric to a certain extent, achieving the research purpose.

Key words: polyester pile fabric; digital inkjet printing; low temperature plasma; color depth; permeability

0 引言

纺织品数码印花是一种新兴的加工技术,与传统印花相比,数码印花能耗低、污染少,具有良好的印刷图案质量,可以快速适应时尚潮流,能够满足当前个性化、小批量、快反应的市场需求,已越来越受到纺织印染企业的青睐^[1-2],给纺织品印花行业带来了前所未有的发展机遇^[3]。

数码印花通常分为转移印花和直接印花,其中直接喷墨印花是用数码打印机在各种材料上直接打印出所需要的图案。直接喷印是非接触式印花,省去了制版和色浆配制过程。目前,普通纺织品数码印花需对织物进行上浆前处理,与传统印花相比缩短了工序,前处理的浆料比较稀薄,也减轻了水洗负担^[4-5],但传统的增稠剂上浆前处理可能会产生一些有毒物质和废水^[6]。涤纶起绒织物的表面绒毛浓密,在数码喷印中墨水难以渗透、容易造成露白现象,这是采用传统前处理工艺无法解决的。

目前,低温等离子体改性技术已经被用于改善纺织纤维的染色性能以及用于织物功能性整理等方面^[7],对本文的研究具有一定的启发性。其中,多位研究者通过空气低温等离子体处理的方法来赋予棉织物特殊的性能,以增加棉织物表面的亲水性^[8-10]。Pransilp 等^[11]则不仅通过六氟化硫气体的低温等离子体处理棉织物,使其表面呈现疏水性;还通过氧气低温等离子体处理棉织物,增加其表面亲水性能。然而,张严等^[12]采用氦为气氛的低压射频辉光放电等离子体对棉织物进行一步法接枝聚合四甲基四乙烯基环四硅氧烷,赋予了棉织物疏水性能。

目前,国内外尚未见采用低温等离子体处理于改善涤纶起绒织物数码印花性能方面的相关研究。本文采用有机硅和氧低温等离子体处理涤纶起绒织物,通过变化纤维表面亲疏水性,探究低温等离子体处理对涤纶起绒织物上墨水渗透性的影响,揭示低温等离子体处理对改善涤纶起绒织物观得色深度和表面绒毛颜色渗透性的作用。

1 实验部分

1.1 实验主要材料及仪器

实验主要材料:细旦涤纶珊瑚绒织物(16.67 tex/288F 涤纶丝,克重 280 g/m²,织物表面特性的照片如图 1 所示),四甲基四乙烯基环四硅氧烷(C₁₂H₂₄O₄Si₄,工业级,浙江衢州骏顺有机硅有限公司),氧气(纯度 99.99%,苏州金宏气体股份有限公司),数码喷印分散染料墨水(杭州赛顺数码科技有限公司,工业级)。



图1 涤纶法兰绒织物

实验主要仪器:HD-1A 型低温等离子体改性处理仪(常州中科常泰科技有限公司),DHG-9076A 型电热恒温鼓风干燥箱(上海精宏实验设备有限公司),DSA20 型接触角测试仪(德国 Krüss 公司),SF600X 型测色配色仪(美国 DataColour 公司),JSM-5610LV 型扫描电子显微镜(日本电子 JEOL 公司),K-Alpha 型 X 射线光电子能谱仪(Thermo Scientific 公司),HIROX KH-7700 型三维视频显微镜(美国科视达公司),SD-1024 型导带式数码印花机(杭州赛顺数码科技有限公司)。

1.2 实验方法

1.2.1 低温等离子体处理

将细旦涤纶法兰绒织物裁剪成 17 cm×17 cm,备用;将装有四甲基四乙烯基环四硅氧烷的锥形瓶连接至等离子体真空腔,并加热至 80 ℃ 备用;将高纯氧气瓶连接至等离子体真空腔备用。

将已经裁剪的涤纶起绒织物放入低温等离子体真空腔内,抽真空,当压强降至 15 Pa 时打开开关通入备用气体,经过气体循环后调节控制压强至设定值 20 Pa,然后开启等离子体射频放电按钮,处理一定时间后关闭气体阀门,通入空气至常压后取出样品。

低温等离子体处理条件:压强为 20 Pa,功率为

25~100 W,处理时间为1~10 min。

1.2.2 数码喷墨印花

采用数码印花机对细旦涤纶起绒织物进行数码喷墨打印,打印样式为4色条(青、品红、黄、黑,尺寸为17 cm×17 cm),打印完成后在180℃下焙烘10 min发色。

1.3 测试方法

1.3.1 织物表面元素分析

采用X射线光电子能谱仪(XPS)对低温等离子体处理后细旦涤纶绒织物的表面元素进行定量分析。

1.3.2 表面形貌观察

采用扫描电子显微镜(SEM)对涤纶起绒织物纤维表面形貌进行观测和拍摄,设定测试电压为1 kV,分辨率为1.7 nm。

1.3.3 织物接触角测试

采用接触角测试仪,用静态接触角测试法测试织物表面水滴的接触角。将5 μL去离子水滴于织物表面,60 s后开始测试,每块样品取5个点进行测量,取平均值。

1.3.4 织物表观得色深度测试

采用测色配色仪,在D65标准光源下测试数码喷墨印花后涤纶绒织物表面得色深度K/S值。

1.3.5 墨水渗透性测试

采用三维视频显微镜,在放大倍数为50倍条件下,观察并测量数码喷墨印花后织物单根绒毛长度以及墨迹长度。利用式(1)计算墨水的渗透率:

$$Q/\% = \frac{M_1}{M_2} \times 100 \tag{1}$$

其中:Q代表墨水在织物上的渗透率; M_1 代表墨迹长度,cm; M_2 代表织物单根绒毛高,cm。

2 结果与讨论

2.1 低温等离子体处理后纤维表面成分分析

采用X光电子能谱(XPS)测试经过功率为100 W的等离子体处理5 min和未处理的涤纶起绒织物,结果如图2。从图2中可以清晰观察到,未经低温等离子体处理的涤纶起绒织物在结合能为284、532 eV处存在C1s和O1s两种元素的强烈电子吸收峰;经C₁₂H₂₄O₄Si₄低温等离子体处理后,涤纶起绒织物分别在结合能为102、153 eV处存在明显的Si2p和Si2s电子吸收峰,其强度相对未处理的涤纶绒织物有非常明显的增加,这说明在涤纶起绒织物成功引入Si元素。未处理涤纶起绒织物表面虽也出现含量很低的Si元素信号峰,但这是由于该织物

在生产过程中经过漂白后上柔处理,上柔剂主要成分有机硅沾污所致。此外,织物经氧低温等离子体处理后,O1s电子吸收峰强度则较明显增加,这说明经过氧等离子体处理后,织物表面氧元素是有所增加的,而其表面C1s的电子吸收峰强度有所降低,这是碳在表面元素总量中相对下降而言。进一步分析得到低温等离子体处理涤纶起绒织物前后的表面元素相对含量见表1,其中经氧低温等离子体处理后织物表面O元素的含量相对于未处理织物是明显增加,经四甲基乙硅基环四硅氧烷等离子体处理后织物表面的Si元素相较于未处理织物有所增加。

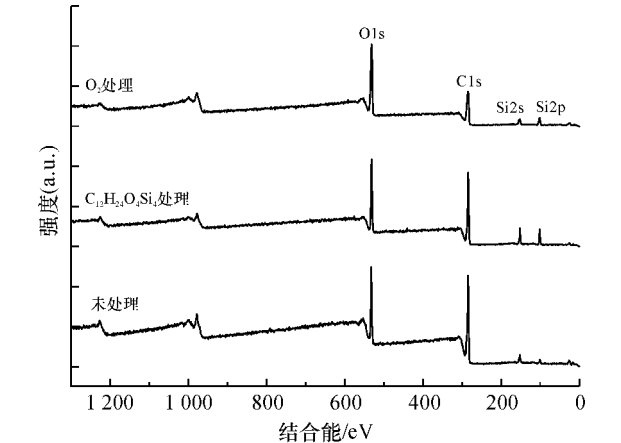


图2 低温氧等离子体处理前后涤纶起绒
织物表面的XPS全谱图

表1 低温等离子体处理涤纶起绒织物
前后表面元素的相对含量

处理条件	元素的相对含量/%		
	C	O	Si
未处理	67.5	27.9	4.6
C ₁₂ H ₂₄ O ₄ Si ₄	64.0	25.9	10.2
O ₂	54.8	39.5	5.7

深入分析低温氧等离子体处理前后涤纶起绒织物的C1s分峰谱图,见图3。表2是经氧等离子体处理后,涤纶起绒织物C1s组分的相对含量。从图3(a)和表2中可以很清晰看出,未处理的涤纶起绒织物表面有三种特征官能团(C—C或C—H、C—OH、O—C—O)。而从图3(b)以及表2发现,经氧等离子处理后的涤纶起绒织物相较于未处理的织物表面多了一种官能团(O—C=O),并且C—OH结构的官能团的相对含量相较于未处理织物是增加的,说明其亲水性相较于未处理的涤纶起绒织物是有一定提升的。从图3(c)中可以明显的看出,经过氧等离子体处理10 min后,涤纶起绒织物表面三种官能团(C—OH、O—C—O、O—C=O)的比例相较于未处理及5 min氧等离子体处理的织物有大幅的

增加,这正可以说明其亲水性会随着氧等离子体处

理时间的增加而增强。

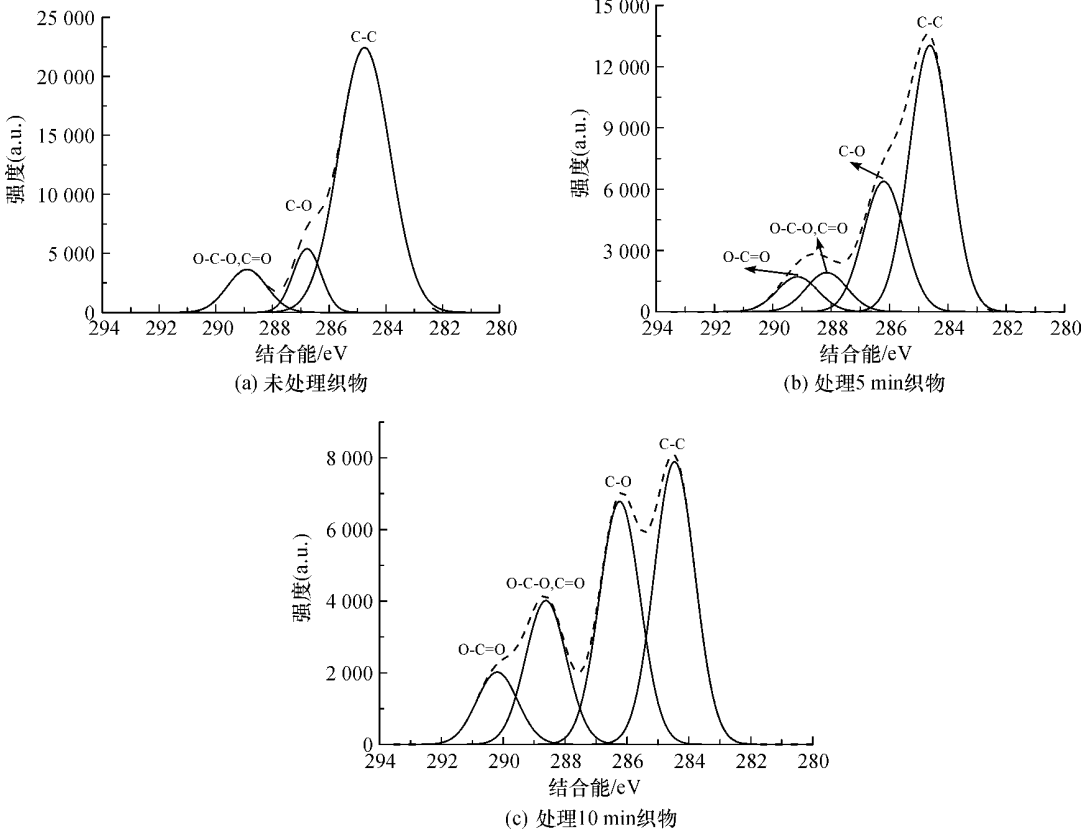


图 3 低温氧等离子体处理前后涤纶起绒织物的 C1s 分峰谱图

表 2 氧等离子体处理涤纶起绒织物后 C1s 组分的相对含量

处理条件		组分含量/%			
功率/W	时间/min	C—C/C—H	C—O/C—OH	C=O/O—C—O	O—C=O
未处理		79.6	10.4	10.0	0
100	5	56.6	27.7	8.3	7.4
100	10	38.1	32.7	19.4	9.8

2.2 水在涤纶起绒织物表面的渗透性分析

涤纶本身是疏水性纤维,本研究中采用有机硅和氧的等离子体处理涤纶起绒织物,通过测试织物表面的接触角来描述经低温等离子体处理前后水在涤纶起绒织物表面的渗透性变化,如表 3 所示。

表 3 中,实验测量出未处理的涤纶起绒织物的接触角为 $(96.4\pm1.0)^{\circ}$,说明尽管细旦涤纶织物中存在毛细管效应,水在未处理织物上并未很快渗入,涤纶起绒织物仍然表现出一定的疏水性;有机硅等离子体处理则明显增加了水在涤纶起绒织物表面的接触角,使水更难以渗透进入毛绒之中。将有机硅等离子体处理后织物继续用氧等离子体处理,接触角转而降低,并随着处理功率越大或处理时间增长,水珠滴到织物表面即被瞬间吸收,致使接触角无法测试。较大功率或较长时间的氧等离子体处理,织物会变得更为

亲水,加之毛细管效应,使水在涤纶起绒织物表面绒毛中非常容易渗透。图 4 所示为经先有机 Si 等离子体处理后经氧等离子体处理前后涤纶起绒织物表面的接触角。研究表明,有机硅等离子体处理有阻碍水向涤纶起绒织物绒毛里渗透的作用,而氧等离子体处理则能促进水向涤纶起绒织物绒毛里渗透的作用。

表 3 低温等离子体处理对涤纶起绒织物接触角的影响

时间/min	接触角/($^{\circ}$)		
	功率 25 W	功率 100 W	功率 300 W
0(未处理)	96.4 ± 1.0		
1	135.9 ± 1.0	128.6 ± 1.0	125.2 ± 1.0
5	124.6 ± 1.0	—	—
10	—	—	—

注:“—”代表无法测量接触角,即表示亲水。

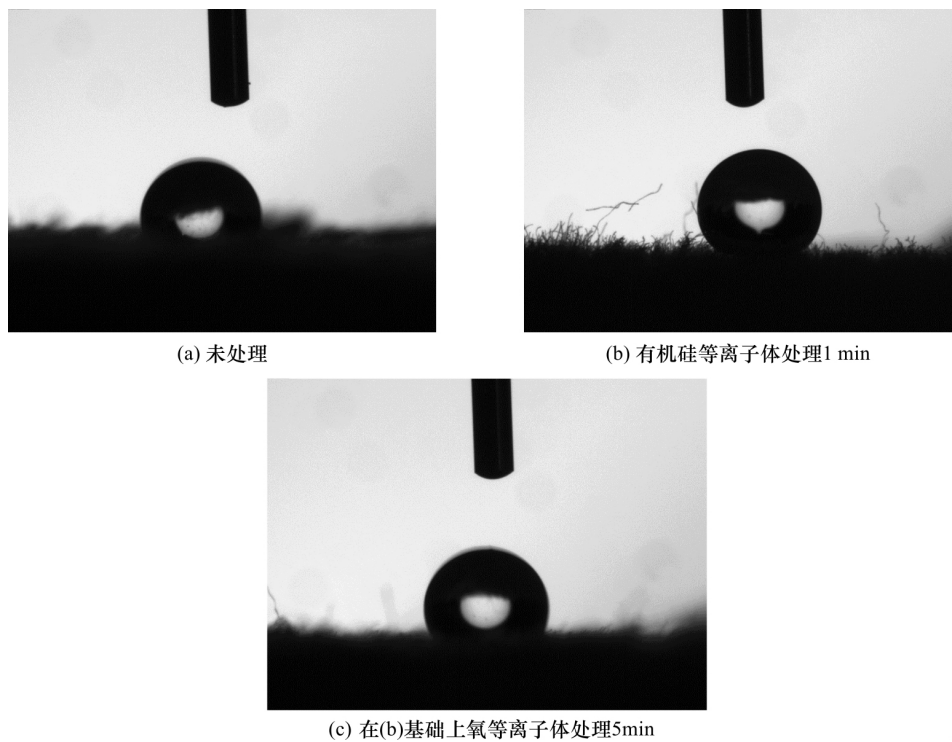


图 4 涤纶起绒织物表面的接触角变化(25 W)

2.3 涤纶纤维表面形貌分析

对涤纶起绒织物中纤维做扫描电镜分析,如图 5 所示。从中可以看出经低温等离子体处理后,其表面有较为严重刻蚀作用,从而增加了涤纶纤维表面的粗糙度。表观得色深度 K/S 值是按照 Kuberlka-Munk 理论计算得出,计算公式如式(2):

$$\frac{K}{S} = \frac{(1-R)^2}{2R} \tag{2}$$

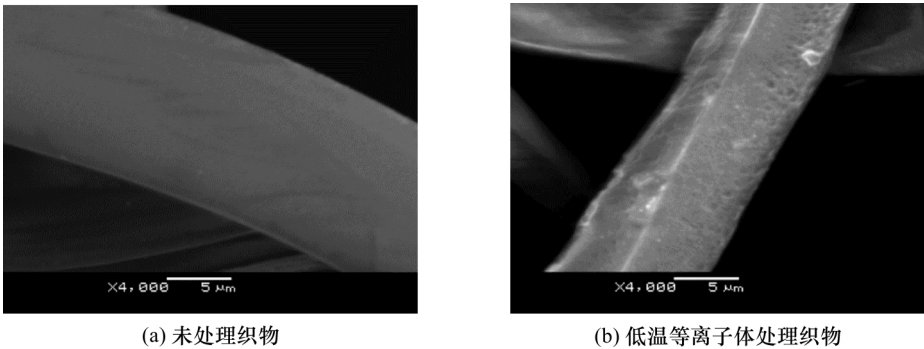


图 5 涤纶起绒织物纤维表面扫描电镜图

2.4 低温等离子体处理对涤纶起绒织物数码喷印得色深度的影响

采用数码喷墨印花对涤纶起绒织物上喷印四种基本颜色墨水,低温等离子处理前后织物的 K/S 值如图 6 所示。从图 6 可以发现,有机硅等离子体处理后涤纶起绒织物数码喷印得色深度比未经处理的有所提高,说明有机硅等离子体处理在纤维表面形成疏水性物质,有阻碍墨水向涤纶起绒织物绒毛

式中: K 为吸收系数; S 为散射系数; R 为样品的光谱反射率。

根据式(2),粗糙的表面会形成漫反射从而降低光的反射,也就是 R 值会降低,因此表面粗糙程度的增加可以增加其表观得色深度 K/S 值。

里渗透的作用,墨水中的分散染料聚集在绒面增加了表面的颜色深度;在此基础上进一步做氧等离子体处理,纤维表面产生了亲水性基团,促进墨水向涤纶起绒织物绒毛里渗透的作用,使得绒面聚集分散墨水中的染料量减少,表面颜色深度(K/S 值)降低。

同时,也发现经过大功率长时间等离子体处理的涤纶起绒织物,经数码喷墨印花后 K/S 值并没有随着渗透性大大增加而有过多的降低,相较于未处理织物

也没有很明显的变化。这是由于低温等离子体处理对织物纤维表面有一定的刻蚀作用,使得织物表面粗糙度

增加,从而增加涤纶起绒织物表面的漫反射程度,一定程度上提升了织物的表观得色深度,即 K/S 值有所增加。

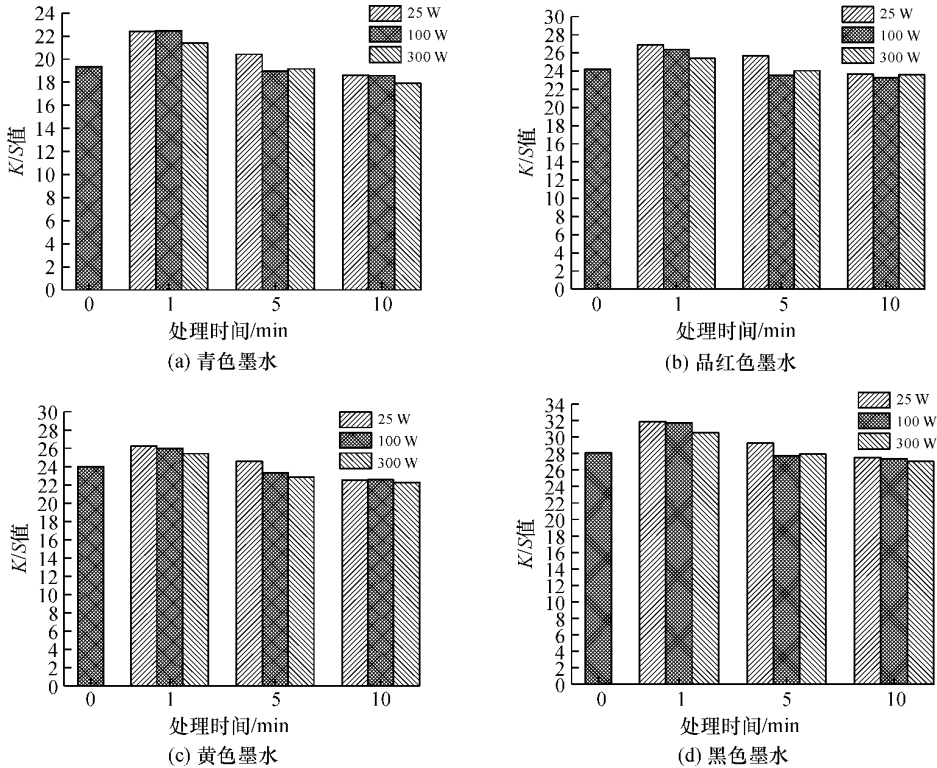


图 6 涤纶起绒织物经数码喷墨印花后的 K/S 值变化图

注:(1:有机硅等离子体处理 1 分钟;5:在有机硅等离子体处理后氧等离子体处理 5 分钟;
10:在有机硅等离子体处理后氧等离子体处理 10 分钟)

2.5 低温等离子体对涤纶起绒织物数码喷印渗透性的影响

图 7 是经低温等离子体处理后,涤纶起绒织物数码喷印后的渗透率变化图。有机硅等离子体处理有阻碍墨水向涤纶起绒织物绒毛里渗透的作用,而氧等离子体处理则能促进墨水向涤纶起绒织物绒毛里渗透的作用。

从图 8 显示的涤纶起绒织物中墨水渗透性与前面水珠在涤纶起绒织物表面的渗透性和接触角变化完全相对应。图 8(b)中墨水在经过有机硅等离子体处理的比未经过处理的涤纶起绒织物表面渗透性下降,染料更多停留在绒毛表面,表观颜色深度有所增加;而氧等离子体处理使涤纶起绒织物表面亲水

性增加,墨水在其表面可以快速向下渗透,所以氧等离子体处理使涤纶起绒织物的喷墨印花渗透性较好。

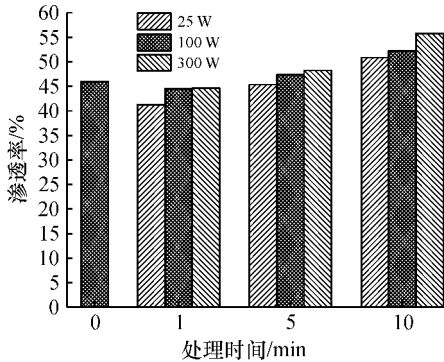
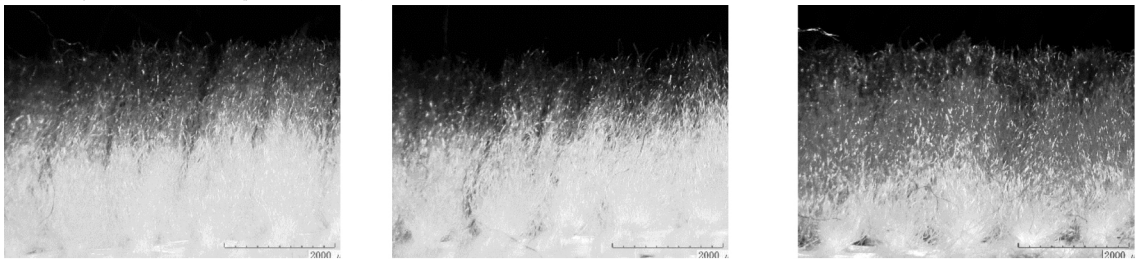


图 7 涤纶起绒织物绒毛红色墨水渗透率



(a) 未处理 (b) 有机硅低温等离子体 25 W 处理 1 min (c) 有机硅低温等离子体 25 W 处理 1 min 后, 再经氧等离子体 300 W 处理 10 min

图 8 涤纶起绒织物数码喷墨印花的渗透性

3 结 论

本文根据涤纶起绒织物的特殊性,探究采用低温等离子体处理涤纶起绒织物,分析处理前后纤维表面的化学与物理结构和性能的变化,以及对数码印花涤纶起绒织物表观得色深度和墨水渗透性的影响,得到结论如下:

a) 当采用疏水性有机硅等离子体处理时,墨水在织物表面向绒毛根部的渗透性下降,数码喷印后的表观得色深度 K/S 值相较于未处理织物有所增加;进一步用氧等离子体处理后,涤纶表面亲水性增加,墨水织物绒毛里的渗透性提高,并且渗透性随着氧等离子体处理的时间及功率增加而增强,数码喷印花墨水在织物表面向绒毛根部的渗透性相较于未处理织物有明显的提升,但其 K/S 值与未处理织物相比并未有明显变化。

b) 通过对等离子体处理涤纶起绒织物纤维的扫描电镜分析,发现纤维表面出现被刻蚀、表面粗糙度增加的现象。所以,渗透性随着氧等离子体处理的时间及功率增加而增强时,绒毛表面墨水渗透性增加并未使表面得色深度明显下降,这在一定程度上得益于等离子体处理促使纤维表面粗糙度增加,提升了数码喷印后织物的表观得色深度。

因此,对涤纶起绒织物采用氧低温等离子体前处理,可以达到促进涤纶起绒织物数码喷印中墨水向表面浓密绒毛中渗透、克服印花产品露白现象的目的。

参考文献:

[1] 李敏,赵影,张丽平,等.涤纶针织物数码印花清晰度的影

响因素[J].纺织学报,2018,39(5):62-66.

[2] 周广亮.喷墨印花产品的质量要求及控制[J].网印工业,2017(6):27-28.

[3] 黄谷,张庆.数码印花技术在印染工业中若干问题的探讨[J].丝网印刷,2013(1):39-43.

[4] 翟洪杰.浅谈数码印花技术[J].丝网印刷,2009(11):29-30.

[5] 王首斌,黄辰东.环保型数码喷墨直接印花纺织墨水及其制备方法:200910301072.9[P].2009-09-16.

[6] 张阳,王瑄,沈兰萍.棉织物数码印花工艺[J].印染,2016,6:31-33.

[7] 孔祥璽,麻文效,高天爽.PP织物的亲金属离子功能化改性[J].合成纤维工业,2015,38(5):35-38.

[8] Yuen C W M, Kan C W. A study of the properties of ink-jet printed cotton fabric following low-temperature plasma treatment[J]. Coloration Technology, 2007, 123(2):96-100.

[9] Temmerman E, Leys C. Surface modification of cotton yarn with a DC glow discharge in ambient air [J]. Surface & Coatings Technology, 2005, 200(1-4): 686-689.

[10] Pandiyaraj K N, Selvarajan V. Non-thermal plasma treatment for hydrophilicity improvement of grey cotton fabrics [J]. Journal of Materials Processing Technology, 2008, 199(1):130-139.

[11] Pransilp P, Pruettiphap M, Bhanthumnavin W, et al. Surface modification of cotton fabrics by gas plasmas for color strength and adhesion by inkjet ink printing [J]. Applied Surface Science, 2016, 364:208-220.

[12] 张严,李永强,邵建中,等.氢等离子体接枝聚合棉织物的疏水改性[J].纺织学报,2016,37(7):99-103.

(责任编辑:刘国金)