

# 羊毛织物印花的低温等离子体预处理研究

陈维国 韦俊玲 吕淑霖 唐敦乙 沈伯礼

(浙江丝绸工学院)

(西北纺织学院)

(西安交通大学)

**【摘要】** 本文提出了将低温等离子体用于羊毛织物印花的预处理加工,并从低温等离子体对羊毛表面的作用而引起的羊毛润湿性能、染色性能的变化,及从印花工艺原理等角度进行了讨论。低温等离子体预处理,可得到得色深且均匀的印花效果,而印花色牢度不受影响。

## 一、实验条件与测试方法

### 1. 低温等离子体的发生与实验材料

利用射频电源( $\sim 14\text{MHz}$ ),以电感耦合方式<sup>[1]</sup>,在 $399.9 \times 10^{-2}\text{Pa}$ 下放电产生空气低温等离子体;材料是漂白全毛凡立丁。实验前,先将材料在粟氏提油器内用乙醚萃取6小时,取出风干后再用乙醇萃取4小时。

### 2. 利用 Allwörden 反应观察羊毛表面细胞膜

采用新配制的饱和溴水,在 OLYMPUS PM-10AD 显微摄像机中观察并拍摄羊毛表面细胞膜的分离情况。

### 3. 用扫描电子显微镜观察羊毛表面形态结构

喷碳镀膜,用 AMRAY-1000B 扫描电子显微镜观察并拍摄。

### 4. X-光电子能谱分析

采用 PHI-550 多功能电子能谱仪, Mg 靶能量  $\text{MgK}\alpha_{1,2} 1253.6\text{eV}$ , 以污染  $\text{C}_{1s} 284.6\text{eV}$  定标。

### 5. 羊毛织物白度、润湿性测试

白度采用国产 ZBD 型白度计测试;润湿性按 AATCC 试验法 39-1971 方法测试。

### 6. 染色实验

织物拆成纱状,在 HAc 调节至  $\text{pH} = 3$  的溶液中保温 30 分钟( $50^\circ\text{C}$ ),脱水后在同样  $\text{pH}$  的酸性红 G 染浴中  $50^\circ\text{C}$  染色,不断搅动染浴,一定时间间隔取染液测定上染率,

## 7. 印花实验

由 Y571A 型染色摩擦牢度仪改制成平网印花装置印制。

(1) 酸性氯化:为比较而采用的氯化预处理。

先在含  $0.05\text{g/l}$  的 JFC、 $2\text{g/l}$  的  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ 、HAc 调至  $\text{pH} = 4.5$  的溶液中,以 1:30 浴比,  $26^\circ\text{C}$  润湿 10 分钟;再用二氯异氰尿酸钠 4% (按织物重), HAc 调至  $\text{pH} = 4.5$  的溶液,浴比 1:30,  $26^\circ\text{C}$  处理 10 分钟,水洗后,用  $2\text{g/l}$   $\text{NaHSO}_3$ ,  $30^\circ\text{C}$  脱氯 20 分钟。

### (2) 色浆组成与印花工艺

酸性染料印花色浆组成为:染料,尿素 5%,硫酸铵 6%,4% 的海藻酸钠原糊 50%,补水至 100%; Lanazol 染料印花色浆组成为:染料,尿素 5%,硫酸铵 6%,Albegal B 1%,4% 的海藻酸钠原糊 50%,补水至 100%。

印花工艺:织物预处理 $\rightarrow$ 印制 $\rightarrow$ 室温晾干 $\rightarrow$ 蒸化(酸性染料  $100^\circ\text{C} \times 45$  分钟;活性染料  $100^\circ\text{C} \times 20$  分钟) $\rightarrow$ 水洗( $1\text{g/l}$  JFC,  $45^\circ\text{C}$ ) $\rightarrow$ 清水洗 $\rightarrow$ 氨水洗( $5\text{g/kg}$ , 室温) $\rightarrow$ HAc 洗( $5\text{g/kg}$ , 室温) $\rightarrow$ 清水洗 $\rightarrow$ 晾干。

### (3) 印花效果测试与评价

① 得色量:以 M807 色彩分析仪测得反射率  $R$  与波长  $\lambda$  的关系,由 Kubelka Munk 方程  $(K/S)_\lambda = (1 - R_\lambda)^2 / 2R_\lambda$  换算得  $K/S \sim \lambda$  关系。

② 带浆量：印花试样(花型面积为18厘米<sup>2</sup>)自然晾干后，称重测得干浆膜重。

③ 渗透比：以印花区域正面的得色量与反面得色量的比，作为色浆向织物内部渗透性的量度。

④ 印花的均匀性：直观评价。

⑤ 印花色牢度：由陕西省纺织产品质量监督检验测试中心测试。

## 二、实验结果与讨论

### 1. 低温等离子体对羊毛表面的作用

低温等离子体中含有大量的高能粒子，有的还具有一定的氧化性。这些粒子将引起羊毛表面的化学的和物理的变化。当低温等离子体

处理时间为6分钟时，羊毛表面细胞膜保存完好，与未处理者相同，Allwörden反应呈现连续透明泡囊，如图1。但当处理时间为70分钟时，则不再呈现Allwörden反应，表面细胞膜遭到破坏。

以扫描电子显微镜观察羊毛表面形态结构(见图2)。当处理6分钟时，羊毛鳞片表面看不到有明显变化，鳞片完整表面平滑；当

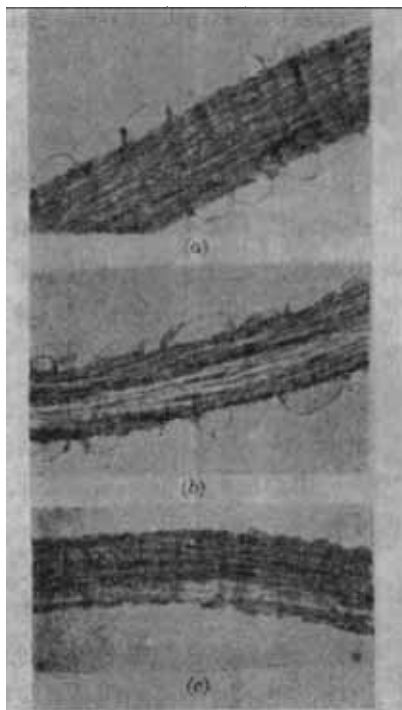


图1 Allwörden反应观察  
Fig 1 Observation of Allwörden reaction

- (a) 未处理羊毛(untreated wool fibre);
- (b) 低温等离子体处理6分钟(treated with low temperature plasma for 6 minutes);
- (c) 低温等离子体处理70分钟(treated with low temperature plasma for 70 minutes)。

处理时间为70分钟时，羊毛表面变得模糊，鳞片棱角变钝，但鳞片层次仍然可见。可以认为，低温等离子体对羊毛的作用，是一种逐步深入的过程，但这种过程是十分缓慢的。短时间的低温等离子体作用(如6分钟)，未能引起羊

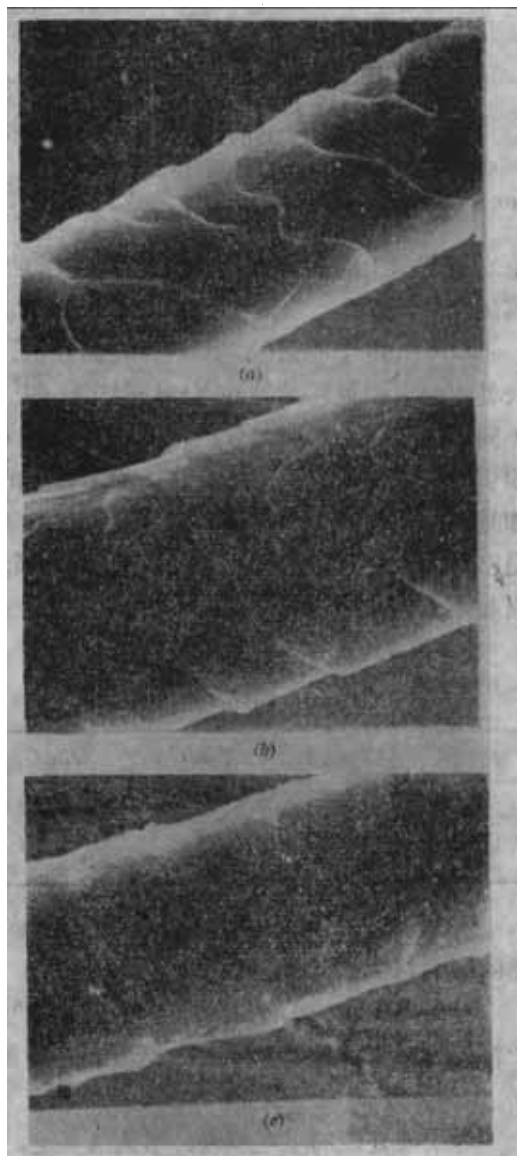


图2 扫描电子显微镜观察

Fig 2 Observation under scanning electron microscope

- (a) 未处理羊毛(untreated wool fibre); (b) 低温等离子体处理6分钟(treated with low temperature plasma for 6 minutes); (c) 低温等离子体处理70分钟(treated with low temperature plasma for 70 minutes)。

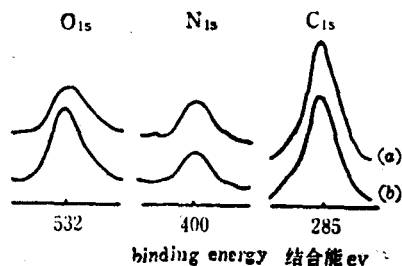


图3 X-光电子能谱图

Fig. 3 X-ray photoelectron spectrum

(a) 未处理(untreated); (b) 低温等离子体处理6分钟(treated with low temperature plasma for 6 minutes).

毛宏观结构上的明显变化, 作用仅在表面细胞膜的外表。

用x-光电子能谱(XPS)进行表面分析, 发现处理与未经处理羊毛的XPS谱图有明显的不同(见图3)。表面成分的浓度变化如表1。由表可见, 氮含量无明显变化, 但氧含量的增加是十分明显的。一般认为, 这种增加的氧, 是以含氧极性基团的形式存在的<sup>[1]</sup>, 这必将会引起羊毛表面性能的改变。

表1 羊毛表面成分的浓度变化

Table 1 Atomic ratios at wool surface

试样	$N_{1s}/C_{1s}$	$O_{1s}/C_{1s}$
未处理	0.13	0.19
低温等离子体处理6分钟	0.13	0.34

### 2. 低温等离子体作用对羊毛白度, 润湿性的影响

对羊毛织物的白度测试表明, 经低温等离子体处理6分钟的织物, 其白度与未处理者相同。

对未经处理的羊毛织物, 水滴落其上, 将呈圆珠状, 直至挥发而干。当经低温等离子体处理6分钟后, 水滴会在瞬间铺展, 测得的润湿时间小于0.5秒。在本文选定的氯化条件下处理后, 需5分钟才能铺展。可见, 低温等离子体处理对羊毛润湿性的改善是非常明显的。

### 3. 低温等离子体作用对羊毛染色性能的影响

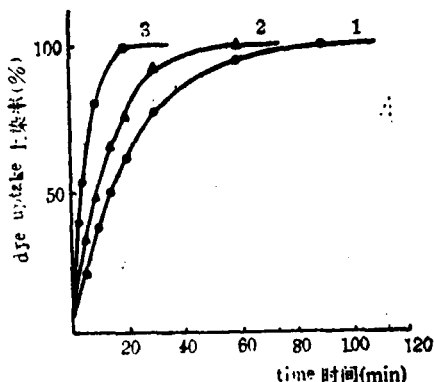


图4 酸性红G在羊毛上的上染速率曲线

Fig. 4 The rate of dyeing of C.I. Acid Red 1 on various wool fibres

1-未处理羊毛(untreated wool fibres); 2-低温等离子体处理6分钟(treated with low temperature plasma for 6 minutes); 3-低温等离子体处理20分钟(treated with low temperature plasma for 20 minutes)。

### 影响

从图4看出, 羊毛经低温等离子体处理后, 酸性红G的上染速率提高, 且随处理时间的增加, 上染速率进一步提高。从前面的讨论中知道, 低温等离子体对羊毛表面的作用是逐渐深入的, 羊毛染色的“壁障”逐步打开, 从而, 上染速率得以提高。

### 4. 低温等离子体预处理羊毛织物的印花效果

由前面的讨论得知, 经低温等离子体处理6分钟, 羊毛鳞片完整无缺, 表面细胞膜保存完好, 而表面极性基团增加, 润湿性明显改善, 上染速率提高, 织物的白度又不受影响。于是, 选取经低温等离子体处理6分钟的羊毛织物, 用不同染料的印花色浆进行直接印花。其得色量比未处理织物有明显的提高, 甚至高于氯化预处理织物上的得色量(见图5)。

影响印花得色量的因素很多, 一般认为主要是<sup>[2]</sup>, (1)印花区域的带浆量; (2)色浆渗透入织物的深度; (3)染料上染纤维量; (4)染料在织物上分布的均匀性等。而这几个因素, 归根结底是由织物的润湿性能和染料在纤维上的上染性能决定的。

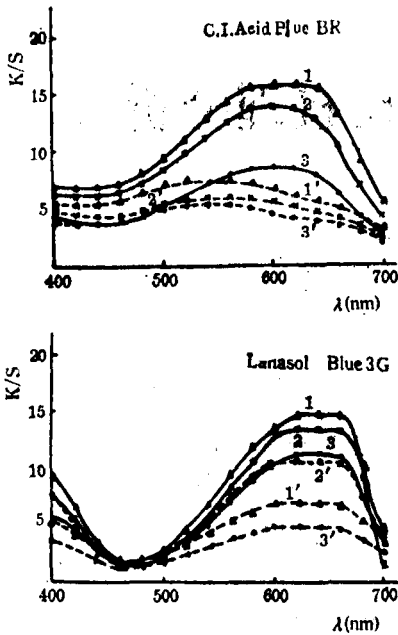


图 5 印花得色量K/S值

Fig. 5 Colour yield (K/S values) of prints

- 1(1')-低温等离子体预处理 (pretreated with low temperature plasma);
- 2(2')-氯化预处理 (pretreated with chlorination)
- 3(3')-未处理 (untreated); (1, 2, 3) 表示蒸化后 (after steaming); (1', 2', 3') 表示蒸化前 (before steaming)

经低温等离子体预处理,羊毛表面亲水化,润湿性提高,所以在印制过程中,除了色浆离开筛网孔时的压力和动能外,织物中的毛细管效应增加了色浆向织物内部的扩散和渗透,使得印制后织物上带有更多的色浆,色浆渗透入织物内部的深度增加(渗透比越小),得色量提高(见表2)。

无论处理与未处理的织物,在印制后筛网刚移去时所能看到的湿色浆薄膜都是连续均匀的,在干燥后,经低温等离子体或氯化预处理织物上干色浆膜仍保持均匀,未处理织物上则变为明显的不均匀,呈现花白点状。在蒸化

表 2 印花的带浆量渗透比和得色量

(酸性蓝BR,  $\lambda_{max} = 600nm$ )

Table 2 The amounts of dye paste picked up, the penetration ratio and the colour yield of printing (C.I. Acid Blue 41)

试 样	低温等离子体 预处理	氯化预处理	未处理
带浆量(克)	0.0890	0.0447	0.0405
渗透比	2.05	3.30	14.10
得色量(K/S)	16.87	13.72	8.46

的初期,冷凝水分稍能改善这种不均匀性,但蒸化过程中,染料未能迅速而充分地上染到未处理羊毛上,较多地残存在色浆膜中,在蒸化后的洗涤中随染料洗去,在印花区域呈现更为明显的不均匀性,也影响了印花的得色量。经低温等离子体预处理的织物,蒸化时染料迅速而充分地上染羊毛,在蒸化后的洗涤中,将不会有多少浮色洗下,从而得到得色深且均匀的印花效果。

摩擦色牢度和耐洗色牢度的测试表明,低温等离子体预处理不影响各染料的印花色牢度。对低温等离子体处理改善羊毛织物的防缩耐洗性,人们已做了大量的工作<sup>[3]</sup>。这不仅是由于定向摩擦效应的减小,而且由于羊毛表面的亲水化,使得纤维在水中趋于分散不易纠缠,减少了毡缩。所以,作为与传统的化学处理不同的羊毛织物印花的低温等离子体预处理,是有开发前景的。

参 考 资 料

- [1] 《纺织学报》, 1986, Vol. 7, No. 6, P. 17.
- [2] P. R. Brady, 《Proceeding of The 7th International Wool Textile Research Conference》1985, Vol. V, P. 161.
- [3] A. E. Pavlath and K. S. Lee 《Proceeding of the 5th International wool Textile Research Conference》 P. 264.