

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017100010805

# 羊驼毛抗静电整理

瞿星<sup>1</sup>, 王华<sup>2</sup>, 骆青<sup>2</sup>, Enock<sup>2</sup>

(1. 东华大学 纺织学院, 上海 201620; 2. 东华大学 研究院, 上海 201620)

**摘要:** 为了解决羊驼毛在生产和服用中的静电危害, 以及针对羊驼毛抗静电处理效果的显著性和耐久性提升问题, 采用剥除鳞片层和抗静电剂处理的方法提高羊驼毛的抗静电性能, 并对处理后的羊驼毛进行 20 次皂洗。通过测试抗静电处理及皂洗前后羊驼毛的比电阻、半衰期、感应静电电压、SEM 变化研究抗静电效果。结果表明: 抗静电剂处理后羊驼毛的抗静电性能显著提升, 在 SEM 下观察得知, 羊驼毛鳞片层被连续性薄膜覆盖, 洗涤后抗静电效果会略微下降; 剥除鳞片层后羊驼毛抗静电性能有较大提升, 且洗涤后静电效果保持不变。说明抗静电剂能够使羊驼毛获得显著的抗静电效果, 但是并不耐久, 而剥除鳞片层能够让羊驼毛获得一定程度的抗静电效果, 且属于永久处理。

**关键词:** 剥除鳞片; 抗静电剂; 皂洗; 耐久性

**中图分类号:** TS 193      **文献标志码:** A

## Antistatic finish of alpaca fabric

QU Xing<sup>1</sup>, WANG Hua<sup>2</sup>, LUO Qing<sup>2</sup>, Enock<sup>2</sup>

(1. College of Textiles, Donghua University, Shanghai 201620, China;

2. Research Institute, Donghua University, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** In order to remove the static electricity during production and wearing, as well as to increase the significance and durability of antistatic treatment, the alpaca fabric was treated with antistatic agents and scales removing method, and then washed for 20 times. The effect of antistatic treatment and wash on performances of alpaca fabrics were comparatively studied, the results showed that after treatment, the antistatic performance of alpaca fabric increased significantly. SEM showed that the scale layer of alpaca wool was covered by a continuous film, their antistatic effect decreased slightly after washing while significantly increased after scaling layer was removed, and the static effect remained unchanged after washing. The results indicated that the antistatic agent had a significant antistatic effect on alpaca wool, but it was not durable, while the effect of scale layer removal was effective, and it was permanent.

**Keywords:** remove scales; anti-static agents; soaping; durability

羊驼毛光泽柔和、耐磨耐皱、色彩鲜艳, 是御寒保暖的高档毛制品原料。羊驼毛的比电阻约为  $1 \times 10^9 \Omega$ , 属于不良导体, 但低温干燥的环境往往会引起毛制品纤维间相互缠绕、摩擦, 最终导致静电现象的频繁发生。静电现象不仅影响羊驼毛制品的穿着, 还会使毛织物在特殊环境下的使用受到限制, 比如航空航天、石化、医疗、水利电力工程等对

防静电要求较高的区域, 甚至因静电沾污造成的人体不适和细菌病毒的滋生也会严重降低其服用价值。因此, 无论是从满足消费者的需求出发, 还是从特定行业要求来看, 在不破坏织物性能和制品独特风格的前提下, 对于羊驼毛的抗静电整理研究具有重要意义<sup>[1-3]</sup>。

目前, 关于羊驼毛的抗静电处理方法主要分为:

①直接在羊驼毛表面涂覆抗静电剂。涂覆在纤维表面的表面活性剂会紧紧覆盖在鳞片层和毛干上, 并在纤维表面形成一层亲水性极佳的高分子连续性薄膜, 以此提升纤维吸湿性, 从而达到改善抗静电的效

收稿日期: 2017-10-12

第一作者简介: 瞿星, 硕士生, 主要研究方向为天然蛋白质纤维性能。通信作者: 王华, E-mail: huawang@dhu.edu.cn。

果,由于抗静电剂自身能电离,且能够让纤维变得光滑平顺,降低摩擦带来的静电危害,并且绿色环保、操作简单、节约成本,因此在实际工业中,抗静电剂应用广泛<sup>[4-6]</sup>。②剥除羊驼毛鳞片层。剥除鳞片不仅可以改善羊驼毛的防缩性和染色性能,而且对于其抗静电也有很大程度的提升,这是由于鳞片层的去除直接降低纤维间的摩擦效应,纤维光滑平顺,在生产和服用中摩擦起电产生的电压大大降低,且相对于抗静电剂的整理方法,属于永久性抗静电<sup>[7-9]</sup>。

国内外市场上,抗静电剂种类繁多,但是大多集中于化纤和塑料的抗静电整理,而关于毛纤维的抗静电整理剂品种相对较少,并且大多属于混纺毛织物的抗静电剂<sup>[10]</sup>。另外,由于抗静电剂的品种不同,会造成整理后的毛织物抗静电效果和耐久性不同。因此合理的选择抗静电剂品种、开发新型高效耐久型的抗静电剂、专用毛纺抗静电剂整理的方法成为高档毛纺面料抗静电整理的研究方向<sup>[11-13]</sup>。

本文选用不同品种的专用毛织物抗静电剂对羊驼毛进行抗静电整理,通过测试整理前后羊驼毛纤维及织物的静电特性(半衰期、静电电压、体积比电阻)分析不同抗静电剂品种对羊驼毛静电效果的影响。然后,用中性皂洗剂对整理过的羊驼毛织物进行20次洗涤,测试羊驼毛带电特性的变化,以研究不同品种抗静电剂对织物抗静电耐久性的影响。同时,适当剥除羊驼毛表面鳞片层来改善织物的抗静电效果<sup>[14-16]</sup>。

## 1 实验

### 1.1 实验材料

羊驼毛纤维:平均长度85.6 mm,细度22.3  $\mu\text{m}$ ,江苏联宏纺织有限公司提供。

羊驼毛纱线:100%纯纺羊驼毛纱线,纱支为15 Nm/2(江苏联宏纺织有限公司)。

羊驼毛织物:平纹机织物,经密70根/cm、纬密

70根/cm、箱号30、面密度400 g/m<sup>2</sup>。

### 1.2 实验试剂

抗静电剂整理所用试剂为:阳离子型毛织物专用抗静电剂DK-301(桐乡市永金轻纺助剂厂);阴离子型毛织物专用抗静电剂DK(桐乡市永金轻纺助剂厂);中性抗静电剂CAB(深圳市弘源化工助剂有限公司);非离子型毛专用抗静电剂GOON-881(东莞市嘉宏科技有限公司)、WDCO-STAT APP(淄博维多经贸有限公司)、KJ-102(宁波市鄞州化工助剂厂);金属纳米离子型抗静电剂AGS-2YR-001(上海市沪正纳米科技有限公司)。

剥除鳞片层抗静电整理所用试剂为:Savinase 16.0 L(诺维信生物医药有限公司);DCCA(北京市同乐泰化工有限公司);双氧水(国药集团化学试剂有限公司)、无水碳酸钠(国药集团化学试剂有限公司)、亚硫酸氢钠(国药集团化学试剂有限公司)、冰醋酸(国药集团化学试剂有限公司)、平平加O(绿森化工有限公司)。

皂洗剂:中性皂洗剂GOON-505(东莞市嘉宏科技有限公司)。

### 1.3 实验方法

#### 1.3.1 抗静电剂整理

羊驼毛纤维具有良好的吸湿性和平衡回潮率,因此在实验和测试前必须将羊驼毛纤维及织物置于标准温湿度环境(温度(20±2)℃、相对湿度65%±2%)中24 h,待达到吸湿平衡后放入干燥试样袋中备用。纤维均以15 g为1个处理单位,织物样品根据测试要求进行剪切,浴比1:30。

抗静电整理工艺流程为:冷水浸渍→二轧二浸(轧余率100%、55℃)→预烘(80~100℃)→焙烘定形(150~190℃、30 s)→放置24 h测试静电性能。

#### 1.3.2 剥除鳞片层整理

蛋白酶剥除羊驼毛鳞片层工艺如图1所示。

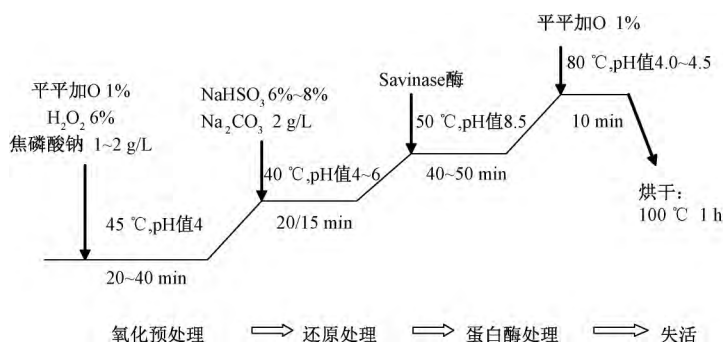


图1 羊驼毛鳞片层剥除工艺流程图

DCCA 氯化处理工艺:冷水浸渍→DCCA 氯化处理→40℃温水洗涤冲洗→脱氯→水洗→调节pH

值→净洗、烘干、待用。

皂洗:40~60℃水洗→80℃,GOON-881皂

洗→60℃水洗→晾干。

#### 1.4 羊驼毛抗静电性能测试

纤维静电性能评定: 体积比电阻。反映材料低压泄露电荷特性。织物静电性能评定: 半衰期、静电电压。一般认为织物半衰期越小说明摩擦带电时表面电荷逸散速度越快, 抗静电效果越好。静电电压表征服装与服装相互摩擦时带电总量大小, 摩擦静电电压/感应静电电压值越小, 抗静电效果越好。

##### 1.4.1 羊驼毛纤维的 SEM 测试

采用 TM3000 观察经抗静电剂、蛋白酶、DCCA 处理后羊驼毛表面鳞片层的破损情况。

##### 1.4.2 羊驼毛纤维的摩擦因数测试

采用 XCF-1 A 型纤维摩擦因数测试仪对单纤维进行摩擦性能测试, 通过高精度测力传感器测试纤维受摩擦力大小, 实时显示摩擦力波动变化曲线, 自动计算纤维静、动摩擦因数及测试过程中

摩擦力变异大小。设置参数: 预加张力 0.1 cN, 转速 30.0 r/min, 样本容量 20。

##### 1.4.3 羊驼毛纤维的体积比电阻测试

采用 XR-1 A 纤维比电阻测试仪对经抗静电处理后的羊驼毛纤维进行测试。测试样品质量为 15 g, 测试 10 组体积比电阻并取其平均值。

##### 1.4.4 羊驼毛织物的摩擦静电电压半衰期测试

采用 YG-401 织物感应式静电测试仪, 按 FZ/T 01042—1996《纺织材料 静电性能 静电电压半衰期的测定》测试织物摩擦静电电压、半衰期。测试条件: 温度 20℃, 相对湿度 30%、40%。

## 2 实验结果与讨论

### 2.1 对羊驼毛鳞片层结构的影响

采用扫描电镜 SEM 观察经蛋白酶、DCCA、抗静电剂处理后羊驼毛纤维在放大 2 000 倍时纤维 (30 μm) 的表面鳞片层结构, 结果如图 2、3 所示。

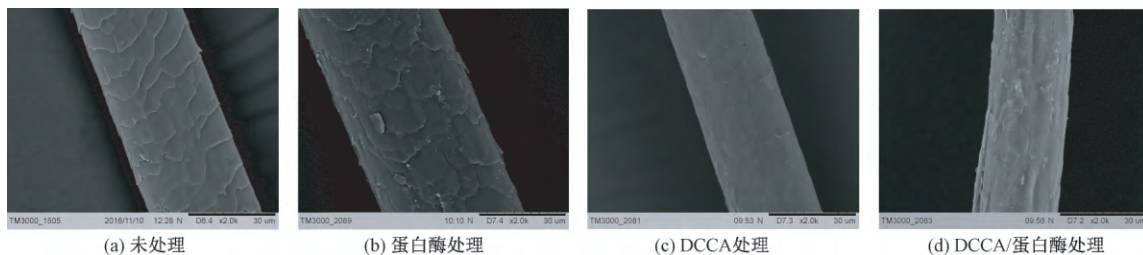


图2 剥除鳞片层对羊驼毛表面结构的影响

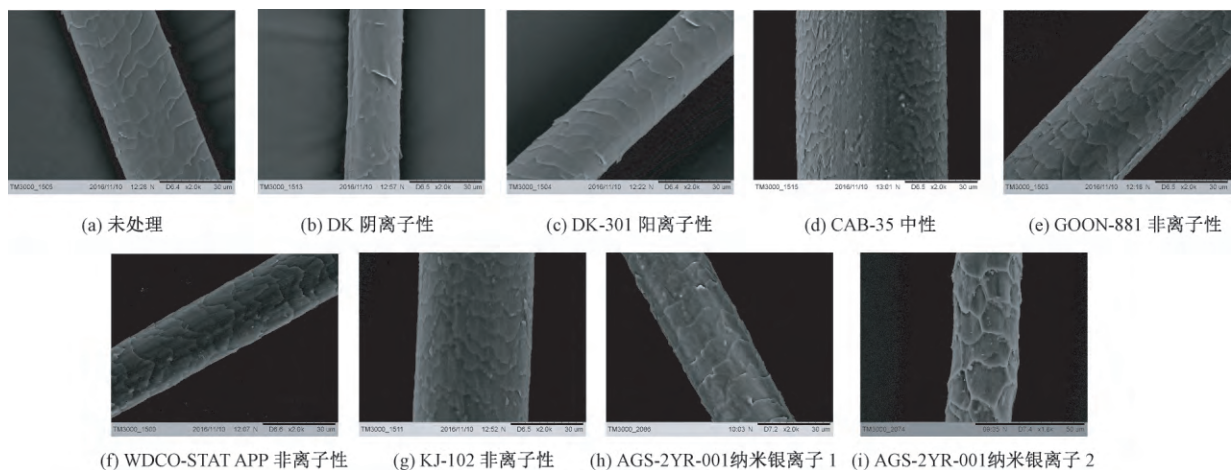


图3 抗静电剂对羊驼毛鳞片层的影响

由图 2 可以看出: 未处理的表面鳞片完整、边缘清晰可见、翘角大、排列紧密; 经蛋白酶处理后纤维鳞片聚集度下降、鳞片纹路不连续性上升、局部鳞片层张开, 但鳞片层未完全剥离; 经 DCCA 处理后纤维鳞片层发生严重降解和钝化。鳞片层结构破坏明显, 纤维表面鳞片几乎全部消失, 纤维变得光滑平整。鳞片层模糊不清, 不再结构紧密; 经 DCCA/蛋白酶处理后纤维鳞片层完全被剥离, 表面光滑但并

不平整, 纤维变细, 且严重受损, 毛干很多处出现局部凹陷甚至结构缺失。

由图 3 可以看出: 羊驼毛在涂覆抗静电剂后, 鳞片层上会形成一层连续亲水性薄膜, 使得鳞片纹路变得模糊不清, 纤维整体光滑平整, 只有局部鳞片因没有完全覆盖而鳞片外翘, 尤其是鳞片层间隙处薄膜明显, 但整体上, 羊驼毛鳞片层保存完好, 棱角分明。唯独用纳米银离子抗静电剂处理过的纤维毛干

出现凹陷,结构破损,这是由于银离子对蛋白质有损害的作用,银离子浓度稍高的情况下会造成纤维毛干的损伤。

## 2.2 对羊驼毛摩擦因数的影响

抗静电剂整理后,羊驼毛鳞片层表面紧紧覆盖着一层连续性亲水性薄膜,所以变得光滑平顺,经蛋白酶和 DCCA 剥除鳞片层处理后,鳞片层几乎全部破损,毛干光滑平顺,摩擦效应大大降低。具体测试结果如图 4 所示。

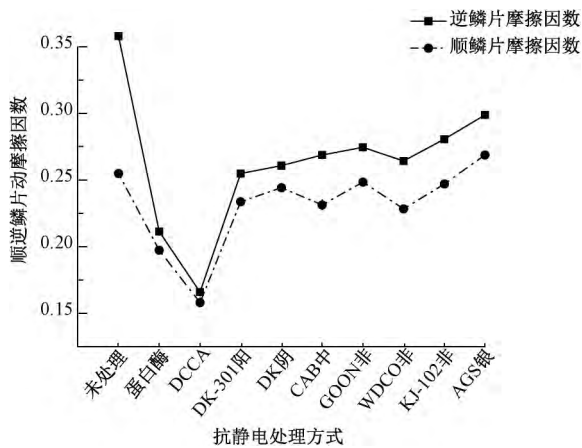


图 4 抗静电整理对羊驼毛摩擦因数的影响

可以看出:剥除鳞片可以获得良好的摩擦效应(顺逆鳞片摩擦因数的差值/和值,可以用图中的顺逆鳞片系数差间距大致表征),并且大大降低羊驼毛鳞片顺逆摩擦因数。而使用表面活性抗静电剂,由于其在纤维表面形成一层亲水性薄膜,会使纤维变得光滑平顺,一定程度上造成纤维摩擦因数降低,虽然摩擦效应不如剥除鳞片,但其柔和的处理方式不会损伤纤维。

## 2.3 对羊驼毛比电阻的影响

通常把标准情况下(相对湿度 65%, 20 °C)电阻达到  $1 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$  的纤维称为抗静电纤维。一般合成纤维比电阻均在  $1 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$  以上,而毛类纤维在  $1 \times 10^{11} \Omega \cdot \text{cm}$  左右。由于毛类纤维吸湿性极好但却经常使用在干燥寒冷的户外环境中,因此其比电阻变化幅度大,测试结果如图 5 所示。

可以看出:与未经处理的羊驼毛纤维相比(体积比电阻  $1.5 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ ),使用抗静电剂处理后,纤维体积比电阻值直接下降了  $10^3 \sim 10^5$  倍。其中毛专用抗静电剂 WDCO STAT APP 和 GOON-881 以及纳米银离子处理效果最好。而经蛋白酶和 DCCA 处理过后的纤维体积比电阻值几乎没什么变化(蛋白酶处理后  $1.4 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ 、DCCA 处理后  $1.3 \times 10^{10} \Omega \cdot \text{cm}$ )。说明抗静电剂的处理能够在纤维表面形成连续的亲水性薄膜,光滑的表面同时减少鳞片

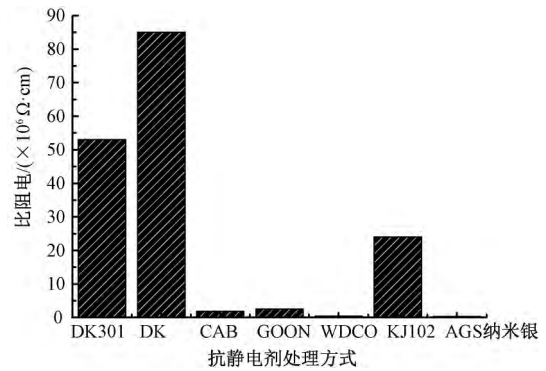


图 5 抗静电整理后羊驼毛体积比电阻值

摩擦,最终带来良好的抗静电效果。

## 2.4 对羊驼毛抗静电性能的影响

鳞片层对静电的影响:羊驼毛表面鳞片层瓦状的特殊结构使其表面因粗糙不平而不利于纤维摩擦静电电位;另一方面,由于毛纤维鳞片层是由角蛋白质、脂质和碳水化合物构成,使其具有很好的疏水性,因此羊驼毛是一种表面具有极好疏水性的亲水性纤维,导致表面比电阻增大,电荷极不容易逸散。具体静电半衰期和静电电压测试结果如图 6、7 所示。

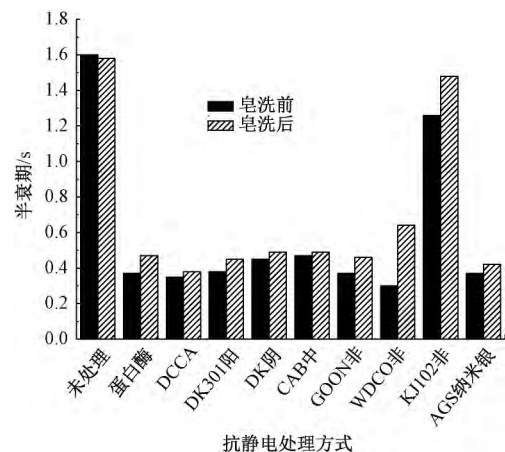


图 6 抗静电整理羊驼毛静电半衰期的影响

可以看出:鳞片层的剥离使织物静电半衰期得到一定程度降低。与未经处理的羊驼毛织物相比,直接使用抗静电剂对织物半衰期有明显改善。并且可以看出,阳离子和毛织物专用抗静电剂 WDCO STAT APP 对羊驼毛半衰期有不错的改善。而纳米银离子抗静电剂由于其可以损伤蛋白质,并且能够在纤维表面形成一层导电亲水膜,因此其半衰期改善效果也不错。皂洗后,发现羊驼毛半衰期会增加,其中 DCCA 和蛋白酶、纳米银离子剥鳞片处理影响不大,抗静电剂水洗 20 次后,半衰期会略微回升。说明鳞片层的完整程度直接关系到织物的静电半衰期。皂洗后,剥离了鳞片层的织物具有耐久性抗静电效果,涂覆抗静电剂方法获

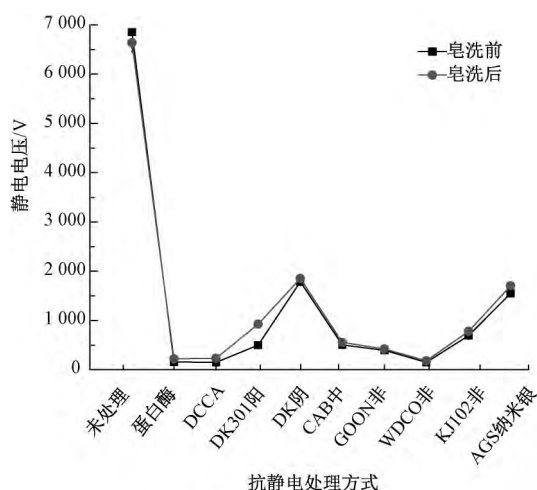


图7 抗静电整理对羊驼毛静电电压的影响

得的静电效果会回升,专用毛纺离子型抗静电剂具有不错的耐久抗静电效果。

抗静电剂的使用会让羊驼毛获得很好的静电效果,静电电压从7000V下降到2000V,甚至更低达200V;而剥除鳞片的方法同样能让羊驼毛摩擦电压大大降低。皂洗20次后2种处理方式的静电电压都会增加,这是由于抗静电剂被水洗后,有部分静电剂被水冲洗走,所以织物表面形成的亲水性薄膜变得不连续,最终造成静电电压或半衰期的回升。

### 3 结论

①抗静电处理对羊驼毛鳞片层的影响:经蛋白酶或DCCA处理的纤维鳞片聚集度下降、鳞片纹路的不连续性上升、鳞片层结构破坏明显、鳞片层模糊不清、纤维光滑平整;经涂覆抗静电剂后,鳞片层上覆盖一层连续亲水性薄膜,使得鳞片纹路变得模糊不清,纤维整体光滑平整,整体上羊驼毛鳞片层保存完好,棱角分明;说明剥除鳞片层的方式造成毛干光滑平顺,纤维摩擦因数下降明显,摩擦效应大大降低。使用表面活性抗静电剂会造成纤维表面覆盖着一层亲水性、导电性良好的薄膜,改善了羊驼毛亲水性并降低了纤维摩擦效应。

②抗静电处理对羊驼毛比电阻的影响:使用抗静电剂处理后,纤维体积比电阻值下降了 $10^3 \sim 10^5$ 倍,而经蛋白酶和DCCA处理过后的纤维体积比电阻值几乎没什么变化。说明抗静电剂的处理能够在纤维表面形成连续的亲水性薄膜,光滑的表面同时减少鳞片摩擦,最终带来良好的静电效果。

③抗静电处理对羊驼毛织物静电性能的影响:鳞片层的剥离使织物静电半衰期得到一定程度降低。与未经处理的羊驼毛织物相比,直接使用抗静电剂对织物半衰期有明显改善。而纳米银离子由于

其可以损伤蛋白质,并且能够在纤维表面形成一层导电亲水膜,因此其半衰期改善效果也不错。皂洗后,发现羊驼毛半衰期会增加,其中DCCA和蛋白酶、纳米银离子剥鳞片处理影响不大,抗静电剂水洗20次后,半衰期会略微回升。说明鳞片层的完整程度直接关系到织物的静电半衰期。皂洗后,剥离了鳞片层的织物具有耐久性抗静电效果,涂覆抗静电剂方法获得的静电效果会因为静电剂的除去而减弱。

### 参考文献:

- [1] 李辉. 抗静电剂的改性及性能研究[D]. 南宁: 广西大学, 2005.
- [2] SUZUKI. Antistatic agent for synthetic polymer material sand method of application thereof [J]. USP6, 2001 (5): 225.
- [3] 刘尚和. 静电理论与防护[M]. 北京: 兵器工业出版社, 1999.
- [4] 张卫玲, 张健飞. 毛织物抗静电整理及其影响因素[J]. 纺织学报, 2009, 30(3): 10-15.
- [5] KIHY, KIMJH, KWON S C. A study on multifunctional wool textiles treated with nano-sized silver [J]. Journal of Materials Science, 2007, 19: 8020-8024.
- [6] 郭腊梅. 纺织品整理学[M]. 北京: 中国纺织出版社, 2005: 306-307.
- [7] 何天虹. 羊毛抗静电新途径的研究[D]. 天津: 天津工业大学, 2001.
- [8] 王利平, 王译晗. 羊毛及其混纺织物的抗静电研究[J]. 印染, 2014(7): 30-35.
- [9] 孙小毅, 荫怡芬. 提高毛织物抗静电功能的理论和效果探讨[J]. 纺织科学研究, 2001(4): 18-23.
- [10] DONNA M, BROWN M T, Pailthorpe. Antistatic wool part 3: reactive quaternary ethoxylated amines as antistatic agents for wool [J]. The Journal of the Textile Institute, 2016(6): 356-366.
- [11] 虞登峰, 肖叶群. 影响抗静电剂 R-TM 整理效果的因素探讨[J]. 印染助剂, 2013(1): 42-50.
- [12] DATYE K V, JVAIDYA A A. Chemical Processing of Synthetic Fibers and Blends [M]. New York: Wiley Interscience, 1984.
- [13] 吴越, 陈雪花. 毛织物用抗静电整理剂的研制[J]. 毛纺科技, 2002, 30(3): 12-16.
- [14] 孙雅惠, 姚金波, 肖桂真. 抗静电羊毛纤维的可纺性[J]. 毛纺科技, 2011, 39(5): 32-38.
- [15] 康红波, 李美真. 高支羊毛围巾抗静电整理工艺探讨[J]. 毛纺科技, 2015, 43(6): 38-42.
- [16] 肖红, 曹秀明, 杨海军, 等. 毛涤混纺织物的抗静电性能与吸沾灰现象的探讨[J]. 毛纺科技, 2010, 38(3): 1-10.