

DOI:10.13475/j.fzxb.20200905907

# 锦纶/棉混纺织物的耐久无氟拒水整理

卢 雪<sup>1</sup>, 刘秀明<sup>1</sup>, 房宽峻<sup>1,2</sup>, 李瀚宇<sup>3</sup>, 李 翔<sup>4</sup>, 高 闯<sup>1</sup>

(1. 天津工业大学 纺织科学与工程学院, 天津 300387; 2. 青岛大学 纺织服装学院, 山东 青岛 266071;  
3. 中国纺织科学研究院有限公司, 北京 100025; 4. 北京中纺化工股份有限公司, 北京 100176)

**摘 要** 为满足锦纶/棉混纺织物用于户外运动产品的特殊要求,采用无氟拒水剂 CWR-9A 对混纺织物进行拒水涂层处理,并选取黏合剂来进一步提高拒水剂与织物间的粘接牢度。探讨了拒水剂质量浓度、焙烘时间、焙烘温度、黏合剂种类、黏合剂与拒水剂体积比、洗涤次数等对混纺织物拒水效果的影响,得到锦纶/棉混纺织物拒水整理最佳工艺:CWR-9A 质量浓度为 120 g/L,焙烘温度为 170 ℃,焙烘时间为 90 s,黏合剂 BD-01 与拒水剂 CWR-9A 的体积比为 1:20。对整理后织物的表面结构和形貌进行了表征,测定了整理后织物的接触角、拒水等级等。结果表明:黏合剂 BD-01 的引入可显著提高无氟拒水剂与混纺织物的粘接牢度,其接触角最高为 138°,拒水等级最高达到 5 级。

**关键词** 无氟拒水剂; 锦纶/棉混纺织物; 黏合剂; 拒水整理; 粘接牢度

中图分类号:TS 195.2 文献标志码:A

## Durable fluoride-free water-repellent finishing of polyamide/cotton blended fabric

LU Xue<sup>1</sup>, LIU Xiuming<sup>1</sup>, FANG Kuanjun<sup>1,2</sup>, LI Hanyu<sup>3</sup>, LI Xiang<sup>4</sup>, GAO Chuang<sup>1</sup>

(1. School of Textile Science and Engineering, Tiangong University, Tianjin 300387, China; 2. School of Textiles and Clothing, Qingdao University, Qingdao, Shandong 266071, China; 3. China Textile Academy, Beijing 100025, China; 4. Beijing CTA Textile Chemicals Co., Ltd., Beijing 100176, China)

**Abstract** In order to meet the special requirements of polyamide/cotton blended fabrics for outdoor sports end-uses, the blended fabrics were coated with fluorine-free water-repellent agent (CWR-9A), and an adhesive was added to further improve the adhesion fastness between the water-repellent and the fabric. The effect of water-repellent mass concentration, baking time, baking temperature, adhesive type, different volume ratios of adhesives and CWR-9A, washing times were studied on water-repellent treated fabrics. For the polyamide/cotton blended fabrics, the optimal water-repellent finishing process is 120 g/L CWR-9A, temperature at 170 ℃, baking time duration 90 s, and the volume ratio of BD-01 to CWR-9A is 1:20. The surface structure and morphology of the water-repellent agent and treated fabric were characterized, and the contact angle and water-repellent grade of the treated fabric were measured. The results indicate that adhesion fastness between polyamide/cotton blended fabrics treated with adhesive BD-01 and water repellent CWR-9A is significantly improved. The maximum contact angle is 138°, and the water-repellent grade reaches level 5.

**Keywords** fluorine-free water-repellent agent; polyamide/cotton blended fabric; adhesive; water repellent finishing; adhesion fastness

锦纶强度高,质量轻,耐磨性好,密度低,染色性能好,耐低温<sup>[1-2]</sup>,但是其透气性较差。棉纤维具有

良好的吸湿透气性、保暖性以及服用性能<sup>[3-4]</sup>,但是棉纤维容易变形缩水。锦纶/棉混纺织物弥补了锦

收稿日期:2020-09-22 修回日期:2020-12-21

基金项目:国家重点研发计划项目(2017YFB0309700)

第一作者:卢雪(1997—),女,硕士生。主要研究方向为纺织品表面化学处理。

通信作者:刘秀明(1980—),女,副教授,博士。主要研究方向为纺织品清洁染整技术。E-mail:liuxiuming@tiangong.edu.cn。

纶和棉纤维的缺点,不仅具有棉织物的舒适柔软吸湿性,又有锦纶织物的抗皱耐磨性,质量轻且富有弹性<sup>[5-6]</sup>,因此,锦纶/棉混纺织物广泛应用于各个领域。但有特殊要求的高附加值面料(如登山服、滑雪服等)均需要对其进行特殊处理(如耐磨、拒水等)<sup>[7-8]</sup>。此外,户外环境复杂,对衣物的耐洗涤性能有更高的要求,因此越来越多的研究人员致力于锦纶/棉混纺织物的拒水整理研究<sup>[9-10]</sup>。

目前,含氟的有机聚合物是织物拒水整理中最常见的拒水剂;但是对人类身体健康有一定的危害<sup>[11-12]</sup>,并且欧盟已经全面禁止全氟辛烷磺酰基化合物(PFOS)的使用<sup>[13]</sup>,因此,无氟拒水剂的开发应用成为研究的热点。宋泽华等<sup>[14]</sup>选用CWR-8X、R3、ECO PLUS 3种不同无氟拒水剂对涤纶织物进行拒水整理,研究发现,CWR-8X对整理后涤纶织物的拒水效果最佳。王宝敬等<sup>[15]</sup>采用无氟拒水剂HIT-FM WFF对棉织物进行整理,通过在织物表面连接形成立体星联结构的阻隔层,阻挡水分子与织物接触,从而达到拒水的目的。张建国等<sup>[11]</sup>则采用无氟拒水剂DM-3696对化纤织物进行拒水处理,并通过改变反应条件优化整理工艺,达到了最好的拒水效果。然而,上述方法仍然存在因拒水剂与织物的粘接牢度差使得整理后织物的耐洗涤性能下降的问题<sup>[16-17]</sup>。

为此,本文采用无氟拒水剂CWR-9A对锦纶/棉混纺织物进行拒水整理,并探究了黏合剂种类及黏合剂与拒水剂体积比等对锦纶/棉混纺织物的影响,提高了拒水剂与织物间的粘接牢度以及织物的耐洗涤性,获得了更好的拒水效果。

## 1 实验部分

### 1.1 材料与仪器

织物:锦纶/棉混纺机织物,面密度为 $97\text{ g/m}^2$ ,含69.5%棉、26.5%锦纶和4%氨纶。

试剂:拒水剂CWR-9A(主要成分为长链烷基丙烯酸酯类聚合物,固含量为 $(25\pm 2)\%$ ,北京中纺化工股份有限公司),黏合剂468、黏合剂468B(恒星化工股份有限公司),黏合剂1901R、黏合剂3602、黏合剂FK-C、黏合剂DF-891B、黏合剂BD-01、黏合剂TF-313E(山东黄河三角洲纺织科技研究院有限公司)。以上试剂均为工业级。

仪器:TLE204E/02型分析天平(梅特勒-托利多仪器上海有限公司),JEA2002型电子天平(上海浦春计量仪器有限公司),DGG-101-2BS型电热鼓风干燥箱(天津市天宇实验仪器有限公司),SW-10

型耐洗色牢度试验机(莱州市电子仪器有限公司),MINI TENTER型连续式定型焙烘机(厦门瑞比精密机械有限公司),S-4800型冷场发射扫描电子显微镜(日本Hitachi公司),Y813型织物沾水度测定仪(温州百恩仪器有限公司),KQ-100DE型数控超声器(昆山市超声仪器有限公司),Nano-ZS90型纳米粒度电位分析仪(英国Malvern公司),SDC-10CS型光学接触角测量仪(东莞市晟鼎精密仪器有限公司)。

### 1.2 拒水整理工艺

二浸二轧(轧余率80%~85%,轧车压力0.1 MPa)→预烘(110℃,60 s)→焙烘(170℃,60 s)→织物回潮率测试(条件:温度20℃,相对湿度65%,24 h)。

### 1.3 测试方法

#### 1.3.1 织物拒水性能测试

根据AATCC 22—2017《拒水性能:喷淋法》,测试织物的拒水性能。

#### 1.3.2 织物表面接触角测试

剪取整理后织物布样 $3\text{ cm}\times 5\text{ cm}$ 大小,在光学接触角测量仪上测量织物表面的接触角。

#### 1.3.3 织物表面形貌观察

取整理前后的织物,贴于载台,喷金后采用冷场发射扫描电子显微镜观察织物的表面形貌。

#### 1.3.4 拒水剂粒径及电位分析

取无氟拒水剂分别稀释到50、1 000和5 000倍,并在数控超声器中超声1.5 h,采用纳米粒度电位分析仪测试其粒径分布及Zeta电位。

#### 1.3.5 织物耐洗涤性能测试

根据AATCC 61—2010《耐洗涤色牢度快速法》中的洗涤方法对织物进行洗涤,然后测试织物的拒水性能,用以表征拒水整理织物的耐洗涤性能。

## 2 结果与讨论

### 2.1 无氟拒水剂的粒径

拒水剂粒子的尺寸大小及分布对其溶液性能影响较大。图1为无氟拒水剂CWR-9A的粒径分布图。可以看出,CWR-9A的平均粒径为119.3 nm,粒径分布较宽。一般来说,粒子之间的静电斥力随着Zeta电位绝对值的升高而变大,其物理稳定性也逐渐提高。经测试,CWR-9A的多分散性指数为0.105,Zeta电位为40.6 mV。其Zeta电位绝对值大于30 mV,说明粒子的分散性较好,粒子间静电斥力大,不容易发生聚结,由此说明CWR-9A粒子可在分散液中稳定存在。这也为粒子在锦纶/棉混纺织

物的拒水整理过程中能够均匀分布提供了重要条件。

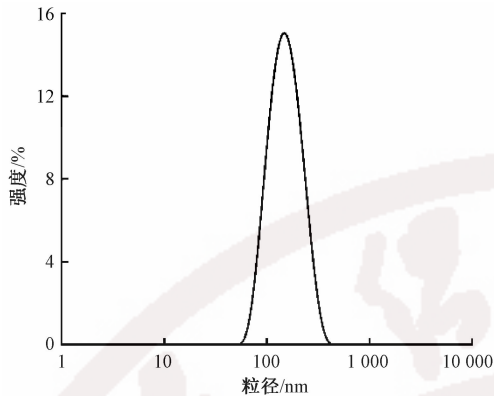


图 1 无氟拒水剂 CWR-9A 的粒径分布

Fig. 1 Particle size distribution of fluorine-free water-repellent CWR-9A

## 2.2 整理工艺对织物拒水性能的影响

### 2.2.1 拒水剂质量浓度

在室温条件下,探究了无氟拒水剂 CWR-9A 质量浓度对锦纶/棉混纺织物拒水效果的影响,结果如图 2 所示。锦纶/棉混纺织物经过拒水整理后,其接触角随拒水剂 CWR-9A 质量浓度的增大呈现先增大后减小的趋势。当拒水剂质量浓度为 120 g/L 时,整理后锦纶/棉混纺织物的接触角达  $134^\circ$ ,拒水等级达 4 级,拒水效果较好。继续增加 CWR-9A 的质量浓度至 160 g/L,整理后锦纶/棉混纺织物的接触角略有降低。说明拒水剂 CWR-9A 质量浓度较低时,织物表面排列的疏水性基团长链烷基较少,纤维间一些空隙未被拒水剂薄膜覆盖,因此无法形成较为连续的疏水性薄膜。随着拒水剂质量浓度的增大,纤维表面薄膜均匀地包覆单根纤维,减少了相邻纤维间的空隙,薄膜厚度增加,并且织物表面长链烷基的含量增多,降低了织物的表面自由能,接触角增大<sup>[19]</sup>。但拒水剂质量浓度过高,织物表面会形成多余的薄膜,一些亲水性的乳化剂会富集于织物表面,从而使得织物的拒水效果略有下降<sup>[14]</sup>。综上所述,在后续的织物拒水整理实验中选择 CWR-9A 质量浓度为 120 g/L。

### 2.2.2 焙烘温度

焙烘的目的是在高温环境下使 CWR-9A 中的丙烯酸酯聚合物大分子链在纤维表面成膜、包覆纤维,从而降低纤维的表面自由能,达到拒水的效果。在拒水剂质量浓度为 120 g/L,110 °C 预烘 60 s,焙烘 60 s 的条件下,焙烘温度对锦纶/棉混纺织物拒水效果的影响如图 3 所示。可以看出,当焙烘温度由 150 °C 增加至 170 °C 时,整理后织物的接触角逐

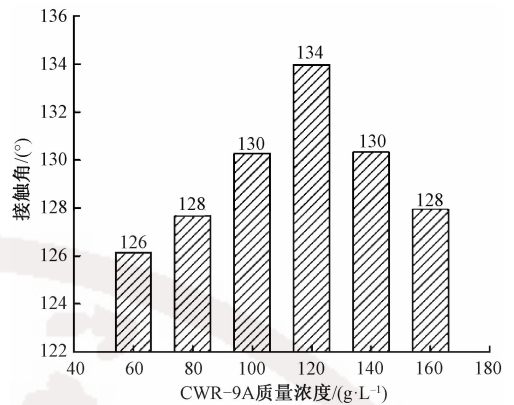


图 2 无氟拒水剂 CWR-9A 质量浓度对锦纶/棉混纺织物接触角的影响

Fig. 2 Effect of fluorine-free water-repellent CWR-9A mass concentration on contact angle of polyamide/cotton blended fabric

渐升高。说明高温环境下,随着焙烘温度的升高,聚合物大分子链的长链烷基作为疏水端在纤维表面取向朝外进行了有序地排列,降低了织物的表面张力,提高了整理后织物的拒水效果<sup>[18]</sup>。当温度继续增加至 190 °C 时,织物表面的接触角略有下降。这是由于过高的焙烘温度使聚合物在织物表面的成膜速度加快,整理剂中渗透至纤维空隙及内部的挥发性组分在挥发过程中可能会冲破织物表面形成的薄膜,从而影响聚合物对纤维覆盖的完整度<sup>[19]</sup>。综上所述,选取锦纶/棉混纺织物的最佳焙烘温度为 170 °C。

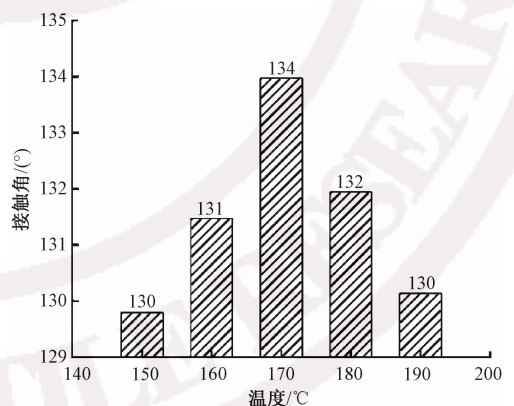


图 3 焙烘温度对 CWR-9A 整理锦纶/棉混纺织物接触角的影响

Fig. 3 Effect of baking temperature on contact angle of polyamide/cotton blended fabric finished by CWR-9A

### 2.2.3 焙烘时间

将锦纶/棉混纺织物经质量浓度为 120 g/L 的拒水剂整理,在 110 °C 预烘 60 s,在 170 °C 进行焙烘,探究焙烘时间对织物拒水效果的影响,结果如图 4 所示。随着焙烘时间的延长,拒水整理后锦纶/棉混纺织物的接触角呈现先增大后减小的趋势。当



焙烘时间由 30 s 延长至 90 s 时,织物的接触角逐渐增大,并在 90 s 达到最大值 136°。这可能是由于焙烘时间的延长会造成表面膜结构发生轻微的皱缩,从而对其拒水效果产生一定的影响<sup>[18]</sup>。综上所述,选择最佳焙烘时间为 90 s。

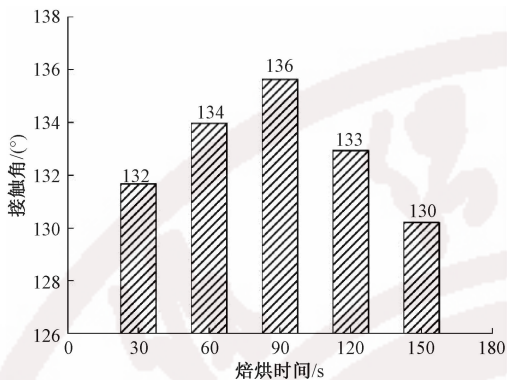


图4 焙烘时间对 CWR-9A 整理锦纶/棉混纺织物接触角的影响

Fig. 4 Effect of baking time on contact angle of polyamide/cotton blended fabric finished by CWR-9A

#### 2.2.4 耐洗涤性能

在拒水剂质量浓度为 120 g/L,焙烘温度为 170 °C,焙烘时间为 90 s,黏合剂与拒水剂的体积比为 1:20 的条件下对织物进行整理,然后测试其耐洗涤性能,结果如表 1 所示。可以看出,经无氟拒水剂 CWR-9A 整理后的锦纶/棉混纺织物洗涤 1 次后拒水等级便降为 0 级,表明无氟拒水剂与织物表面粘接牢度较差。

表 1 洗涤前后锦纶/棉混纺拒水整理织物的拒水性能

Tab. 1 Water-repellency of polyamide/cotton blended fabric finished by CWR-9A before and after washing

织物	接触角/(°)	拒水等级/级
洗涤前	135	4
洗涤 1 次后	129	0

### 2.3 黏合剂对织物拒水性能的影响

为提高拒水整理后锦纶/棉混纺织物表面拒水能力的耐久性,尝试在整理工作液中引入黏合剂以提高无氟拒水剂 CWR-9A 与织物表面的粘接牢度。

#### 2.3.1 黏合剂种类

选取 8 种商用黏合剂(468、468B、1901R、3602、FK-C、DF-891B、BD-01 和 TF-313E)与拒水剂以 1:20 的体积比配制成工作液,整理至锦纶/棉混纺织物上,探究不同种类黏合剂对织物拒水效果的影响,结果如表 2 所示。可以看出,经黏合剂 BD-01 与 CWR-9A 工作液整理后,锦纶/棉混纺织物的平均接触角最大值可达 138°,表现出良好的拒水效果。

表 2 黏合剂种类对 CWR-9A 整理

锦纶/棉混纺织物接触角的影响

Tab. 2 Effect of adhesive type on contact angle of polyamide/cotton blended fabric finished by CWR-9A

黏合剂种类	接触角/(°)
468	129
468B	127
1901R	132
3602	131
FK-C	—
DF-891B	136
BD-01	138
TF-313E	—

注:拒水整理条件为黏合剂与拒水剂的体积比 1:20,拒水剂质量浓度 120 g/L,焙烘温度 170 °C,焙烘时间 90 s。

#### 2.3.2 黏合剂与拒水剂的体积比

工作液中黏合剂与拒水剂的体积比可影响乳液粒子在纤维表面的交联固化,因此,本文研究了黏合剂 BD-01 与拒水剂 CWR-9A 体积比对锦纶/棉混纺织物拒水性能的影响,结果如图 5 所示。当黏合剂 BD-01 与拒水剂 CWR-9A 的体积比由 1:5 逐渐增加至 1:30 时,接触角呈现先增大后减小的趋势。当体积比达到 1:20 时,接触角达到最大值 138°,表明此时锦纶/棉混纺织物的拒水效果最优。这是由于黏合剂 BD-01 中含有聚丙烯酸类聚合物,它的引入可使得整理工作液中乳液粒子渗透到纤维内部,黏合剂与纤维内外部形成交联固化,从而将拒水膜与纤维束紧紧地结合在一起,形成更紧密的疏水性表面结构,提高织物的拒水性能<sup>[19-20]</sup>。此外,BD-01 还可使聚合物溶液在成膜时,分子直接融合而相互缠结<sup>[21-22]</sup>,从而得到致密坚韧的膜,因此耐水洗能力也有所提升。

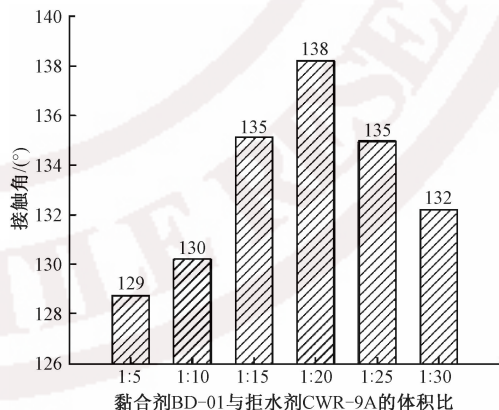


图5 黏合剂 BD-01 与拒水剂 CWR-9A 体积比对锦纶/棉混纺织物接触角的影响

Fig. 5 Effect of volume ratio of BD-01 and CWR-9A on contact angle of polyamide/cotton blended fabric

#### 2.3.3 黏合剂处理后织物的耐洗涤性能

为进一步探究拒水剂在织物表面的粘接牢度,将 BD-01 加 CWR-9A 工作液整理的混纺织物进行

耐洗涤性能测试,结果如表 3 所示。可以看出,洗涤 5 次后 BD-01 与 CWR-9A 整理锦纶/棉混纺织物的接触角仍可达到  $130^\circ$ ,表明适量的黏合剂可显著提高拒水剂在织物表面的粘接牢度,从而提高织物的耐洗涤性能及耐久性。

表 3 水洗次数对 BD-01 与 CWR-9A 整理锦纶/棉混纺织物接触角的影响

Tab. 3 Effect of washing times on contact angle of polyamide/cotton blended fabric finished by BD-01 and CWR-9A

水洗次数	水洗时间/min	接触角/ $^\circ$
1	30	137
2	60	135
3	90	133
4	120	132
5	150	130

注:拒水整理条件为 BD-01 与 CWR-9A 的体积比 1:20,拒水剂质量浓度 120 g/L,焙烘温度  $170^\circ\text{C}$ ,焙烘时间 90 s。

对实验过程中的织物进行拒水等级评定,结果如表 4 所示。锦纶/棉混纺织物的原布拒水等级为 0 级。经 CWR-9A 整理后,织物的拒水等级提升至 4 级,大幅度提高了锦纶/棉混纺织物的拒水性能。但水洗后织物拒水等级再次降为 0 级,这表明拒水剂 CWR-9A 与织物的粘接牢度极差。在拒水整理工作液中加入适量的黏合剂 BD-01,对整理后及水洗后织物进行拒水等级评测后发现:经 BD-01 与 CWR-9A 整理后织物的拒水等级可达 5 级,说明黏合剂可有效提高拒水剂的拒水性能;且经过 5 次水洗后,整理后织物的拒水等级仍然可达到 4~5 级。

因此,黏合剂的引入,可使其与纤维发生交联反应,从而增强共聚物薄膜与织物间的牢度,极大地提高了拒水剂在织物上的牢固度。

表 4 不同整理条件下锦纶/棉混纺织物的拒水等级

Tab. 4 Water repellency level of polyamide/cotton blended fabric under different finishing conditions

织物类型	拒水等级/级
原布	0
CWR-9A 整理	4
CWR-9A 整理后水洗	0
BD-01 与 CWR-9A 整理	5
BD-01 与 CWR-9A 整理后水洗	4~5

## 2.4 整理工艺对织物表面形貌的影响

不同整理条件下锦纶/棉混纺织物的表面形貌如图 6 所示。可以看出:未处理锦纶/棉混纺织物表面光滑,无任何物质覆盖;丙烯酸酯类聚合物具有优异的成膜性,因此经过拒水整理后,无氟拒水剂 CWR-9A 在纤维表面形成了一层均匀的膜,并将纤维包裹在膜内,纤维表面张力降低,拒水效果良好。然而,耐洗涤性能测试过程中,因外力的影响和拒水剂与纤维间较弱的粘接牢度,使得聚合物薄膜因碰撞而从织物表面脱落<sup>[23]</sup>,从图 6(c)可明显观察到部分纤维表面的膜结构破裂,纤维与纤维间缝隙变大,最终影响了拒水效果,进一步验证了 2.2.4 节中的结果。图 6(d)显示整理液中 BD-01 的引入使纤维表面形成的膜更加细腻和紧实,显著提高了拒水剂与织物表面的粘接牢度;且经过多次洗涤后,仍可观察到纤维致密的膜结构(见图 6(e)),因而有效提高了拒水剂与洗涤后锦纶/棉混纺织物的粘接牢度<sup>[24]</sup>。

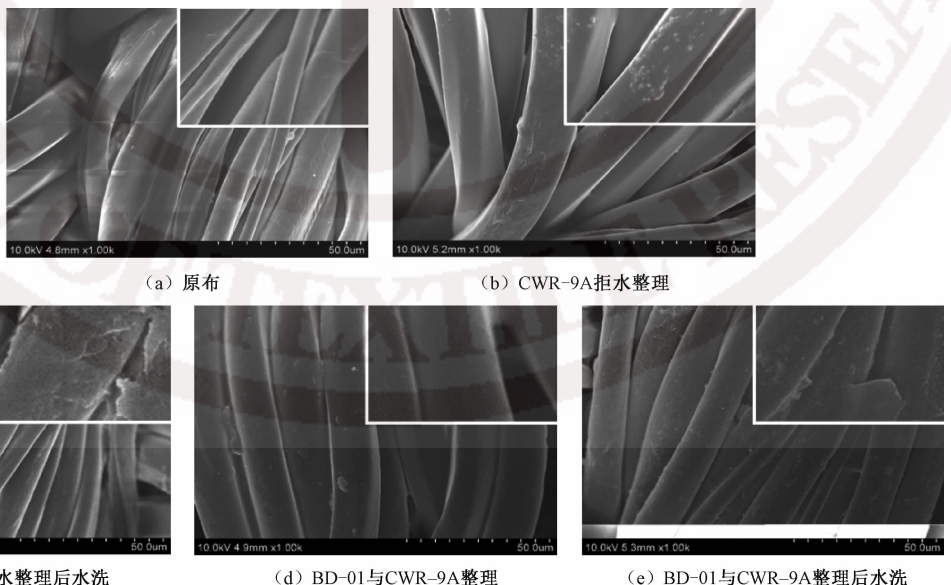


图 6 锦纶/棉混纺织物的 SEM 照片( $\times 1\ 000$ )

Fig. 6 SEM images of polyamide/cotton blended fabrics( $\times 1\ 000$ ).

(a) Untreated fabric; (b) Treated fabric with CWR-9A; (c) Treated fabric with CWR-9A after washing; (d) Treated fabric with BD-01 and CWR-9A; (e) Treated fabric with BD-01 and CWR-9A after washing

### 3 结 论

本文采用无氟拒水剂 CWR-9A 通过二浸二轧的整理工艺对锦纶/棉混纺织物进行拒水整理,并通过在整理液中引入黏合剂来提高无氟拒水剂 CWR-9A 与锦纶/棉混纺织物的粘接牢度,得到如下结论。

1) 无氟拒水剂 CWR-9A 的质量浓度、焙烘温度及时间均会影响混纺织物表面膜结构的形成,从而影响织物的拒水整理效果。CWR-9A 对锦纶/棉混纺织物拒水整理的最佳工艺为:拒水剂质量浓度 120 g/L,焙烘温度 170 °C,焙烘时间 90 s,黏合剂 BD-01 与拒水剂 CWR-9A 的体积比 1:20,

2) 用黏合剂 BD-01 与无氟拒水剂 CWR-9A 对混纺织物整理后,织物的接触角最高可达 138°,拒水等级达 5 级。且织物经过 5 次水洗后,接触角仍可达到 130°,拒水等级为 4~5 级。说明黏合剂 BD-01 能够有效提高织物与拒水剂的粘接牢度。

3) 整理液中黏合剂 BD-01 的引入可使纤维表面形成更紧密的疏水性表面结构及致密坚韧的膜,从而提高拒水整理后织物的耐洗涤性能及耐久性。

**FZXB**

#### 参考文献:

[1] 张华,秦雅伟,周永凯. 锦纶/棉混纺织物的热湿舒适性研究[J]. 棉纺织技术, 2016,44(8):27-30.  
ZHANG Hua, QIN Yawei, ZHOU Yongkai. Research on thermal and wet comfort of nylon-cotton blended fabrics [J]. Cotton Textile Technology, 2016, 44 (8): 27-30.

[2] 李昌龄,王文聪,华东,等. 锦纶基磁性纤维的制备及其性能[J]. 纺织学报, 2019, 40(11):26-31,37.  
LI Changling, WANG Wencong, HUA Dong, et al. Preparation and properties of nylon-based magnetic fiber[J]. Journal of Textile Research, 2019, 40(11): 26-31,37.

[3] 颜东,邓继勇,汪南方,等. 有机硅改性聚氨酯/丙烯酸酯共聚乳液对棉织物的抗皱整理[J]. 纺织学报, 2018, 39(1):89-93.  
YAN Dong, DENG Jiyong, WANG Nanfang, et al. Anti-wrinkle finishing of cotton fabric by silicone modified polyurethane/acrylate copolymer emulsion[J]. Journal of Textile Research, 2018, 39(1): 89-93.

[4] 欧卫国,杨小玲,蔡云芸,等. 纯棉织物的拒水拒油易去污整理[J]. 纺织科技进展,2019(5):17-19.  
OU Weiguo, YANG Xiaoling, CAI Yunyun, et al. Water and oil repellent and easy stain removal finishing of cotton fabrics [J]. Progress in Textile Science and Technology, 2019 (5): 17-19.

[5] 秦雅伟,周永凯,张华. 涤/棉、锦/棉混纺纱线的性能优化研究[J]. 纺织导报,2015(10):88-90,92.  
QIN Yawei, ZHOU Yongkai, ZHANG Hua. Study on the performance optimization of polyester/cotton, nylon/cotton blended yarns [J]. China Textile Leader, 2015(10): 88-90,92.

[6] DU J, ZHANG L, DONG J, et al. Preparation of hydrophobic nylon fabric [J]. Journal of Engineered Fibers & Fabrics, 2016, 11(1):31-37.

[7] 张阳,王瑄,沈兰萍,等. 锦棉户外织物的拒水拒油整理[J]. 合成纤维,2016,45(6):42-44,48.  
ZHANG Yang, WANG Xuan, SHEN Lanping, et al. Water and oil repellent finishing of nylon cotton outdoor fabric [J]. Synthetic Fiber in China, 2016, 45 (6): 42-44,48.

[8] 赵晓明,刘宝成,王锡晨,等. 混纺拒水拒油织物的开发[J]. 纺织科学与工程学报,2018,35(2):26-29.  
ZHAO Xiaoming, LIU Baocheng, WANG Xichen, et al. Development of water- and oil-repellent blended fabrics [J]. Journal of Textile Science and Engineering, 2018,35 (2): 26-29.

[9] 赵汇生,狄剑锋. 织物的拒水拒油透气整理[J]. 中国个体防护装备,2001(3):17-19.  
ZHAO Huisheng, DI Jianfeng. Water and oil repellent breathable finishing of fabrics [J]. China Personal Protective Equipment, 2001(3): 17-19.

[10] 陆妙婷. 织物拒水拒油整理综述[J]. 上海丝绸, 2001(3):14-19.  
LU Miaoting. Summary of water and oil repellent finishing of fabrics [J]. Shanghai Silk, 2001 (3): 14-19.

[11] 张建国,陈晓妹,卢霜,等. 无氟防水剂 DM-3696 在化纤面料上的应用[J]. 印染助剂,2019,36(8):55-57.  
ZHANG Jianguo, CHEN Xiaomei, LU Shuang, et al. Application of fluorine-free waterproofing agent DM-3696 on chemical fiber fabrics [J]. Textile Auxiliaries, 2019, 36 (8): 55-57.

[12] 顾浩,韩杰,杨皓,等. 防水整理剂的发展与应用现状[J]. 纺织导报,2019(4):20-22,24-26.  
GU Hao, HAN Jie, YANG Hao, et al. Development and application status of waterproof finishing agent [J]. China Textile Leader, 2019 (4): 20-22,24-26.

[13] 陈荣圻. PFOS 的禁用及相关产品的替代[J]. 印染, 2008(18):41-44.  
CHEN Rongqi. Prohibition of PFOS and replacement of related products [J]. China Dyeing & Finishing, 2008 (18): 41-44.

[14] 宋泽华,李翔. 无氟防水剂对织物与粘合衬剥离强度的影响[J]. 纺织科学研究, 2019(5):77-79.  
SONG Zehua, LI Xiang. Effects of fluorine-free waterproofing agents on the peel strength of fabrics and adhesive backings [J]. Textile Science Research,



- 2019 (5):77-79.
- [15] 王宝敬, 洗润娟, 王铁群. 无氟防水剂 HIT-FM WFF 在棉梭织布防水整理中的应用 [J]. 印染助剂, 2016, 33(7): 53-56.
- WANG Baojing, XIAN Runmei, WANG Tiequn. Application of fluorine-free waterproofing agent HIT-FM WFF in waterproof finishing of cotton woven fabrics [J]. Textile Auxiliaries, 2016, 33 (7): 53-56.
- [16] 黄晨, 柯勤飞, 李祖安, 等. 纯棉水刺非织造材料的单向导水无氟整理 [J]. 纺织学报, 2019, 40(7): 119-127.
- HUANG Chen, KE Qinfei, LI Zu'an, et al. One-way water-free fluorine-free finishing of pure cotton spunlacenon wovens [J]. Journal of Textile Research, 2019, 40(7): 119-127.
- [17] 艾丽, 朱亚伟. 黏合剂的合成及其在分散蓝 79 微水印花中的应用 [J]. 纺织学报, 2019, 40(6): 50-57.
- AI Li, ZHU Yawei. The synthesis of adhesive and its application in disperse blue 79 micro-water printing [J]. Journal of Textile Research, 2019, 40(6): 50-57.
- [18] 孟令川. 环保型无氟无硅拒水剂 DM-3616 在纯棉机织物上的应用研究 [D]. 上海: 东华大学, 2014: 21-24.
- MENG Lingchuan. Study on the application of environmentally friendly fluoride-free and silicon-free water repellent DM - 3616 on cotton woven fabrics [D]. Shanghai: Donghua University, 2014: 21-24.
- [19] 钱海洪. 短链含氟丙烯酸酯拒水拒油整理剂的制备及其应用研究 [D]. 无锡: 江南大学, 2018: 18-32.
- QIAN Haihong. Preparation and application of water-repellent and oil-repellent finishing agents for short-chain fluorine-containing acrylates [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2018: 18-32.
- [20] LIU X, ZOU X, GE Z, et al. Novel waterborne polyurethanes containing long-chain alkanes: their synthesis and application to water repellency [J]. RSC Advances, 2019, 9(54): 31357-31369.
- [21] 董永春. 纺织品整理剂的性能与应用 [M]. 北京: 中国纺织出版社, 1999: 80-100.
- DONG Yongchun. Performance and application of textile finishing agent [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 1999: 80-100.
- [22] LUO X, WENG Y, WANG S, et al. Superhydrophobic and oleophobic textiles with hierarchical micro-nano structure constructed by sol-gel method [J]. Journal of Sol-Gel Science and Technology, 2019, 89(3): 820-829.
- [23] 钱海洪, 杜金梅, 傅佳佳, 等. 短链含氟丙烯酸酯拒水拒油剂的合成及应用 [J]. 高分子材料科学与工程, 2019, 35(2): 22-28.
- QIAN Haihong, DU Jinmei, FU Jiajia, et al. Synthesis and application of water-repellent and oil-repellent agents for short-chain fluorine-containing acrylates [J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2019, 35(2): 22-28.
- [24] ZENG T C, ZHANG P F, LI X X, et al. Facile fabrication of durable superhydrophobic and oleophobic surface on cellulose substrate via thiol-ene click modification [J]. Applied Surface Science, 2019, 493: 1004-1012.