

DOI: 10.19333/j.mfkj.2018050140305

# 基于 TBCC 活化过氧化氢体系的大麻/再生涤纶/ 氨纶混纺织物低温漂白工艺

KHAN Muhammad Rafique<sup>1</sup>, 邵冬燕<sup>1</sup>, 周嫦娥<sup>1</sup>, 向中林<sup>2</sup>, 许长海<sup>1</sup>

(1. 生态纺织教育部重点实验室(江南大学) 江苏 无锡 214122;

2. 江苏联发纺织股份有限公司 江苏省生态染整技术重点实验室 江苏 海安 226601)

**摘要:** 为了有效改善大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物的白度并降低因漂白而造成的织物损伤, 使用 *N*-[4-(三乙基铵甲撑)苯酰基]己内酰胺氯化物(TBCC)、过氧化氢( $H_2O_2$ )、碳酸氢钠( $NaHCO_3$ )按物质的量之比为1:1.2:1.4构建活化过氧化氢体系对其进行低温漂白。分析表明:TBCC的质量浓度是影响活化过氧化氢体系对混纺织物漂白性能的主要因素,其次是漂白温度和时间。通过研究确定最佳低温漂白工艺为:TBCC质量浓度7.5 g/L、漂白温度50℃、漂白时间30 min。与常规氧漂工艺相比较,过氧化氢体系可将混纺织物的白度值由41.44增加至55.40,径向强力损失由9.9%降低至3.1%,织物失重率由6.1%降低为4.8%。

**关键词:** 大麻; 混纺织物; 漂白活化剂; 活化过氧化氢体系; 低温漂白

中图分类号: TS 192.5 文献标志码: A

## Low-temperature bleaching of hemp/recycled polyester/spandex blended fabric based on the TBCC-activated peroxide system

KHAN Muhammad Rafique<sup>1</sup>, SHAO Dongyan<sup>1</sup>, ZHOU Chang'e<sup>1</sup>, XIANG Zhonglin<sup>2</sup>, XU Changhai<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Eco-textiles (Jiangnan University), Ministry of Education, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Jiangsu Ecotypic Dyeing and Finishing Technical Critical Laboratory, Jiangsu Lianfa Textile Co., Ltd., Nantong, Jiangsu 226601, China)

**Abstract:** To effectively improve the degree of whiteness of hemp/recycled polyester/spandex blended fabric as well as reduce the fabric damage resulting from bleaching, the blended fabric was bleached by an activated peroxide system which was established by using *N*-[4-(triethylammoniomethyl)benzoyl]caprolactam chloride (TBCC), hydrogen peroxide ( $H_2O_2$ ) and sodium bicarbonate ( $NaHCO_3$ ) in a 1:1.2:1.4 molar ratio. The orthogonal experiment results showed that the TBCC concentration had the most important effect on the whiteness degree of the blend fabric, followed by the bleaching temperature and time. The experiment results showed that the activated peroxide system could provide an optimal performance under the conditions of 7.5 g/L TBCC, 50 °C and 30 min. By comparing with the conventional peroxide bleaching, the activated peroxide system increased the whiteness degree of the blend fabric from 41.44 to 55.40, decrease the strength loss rate in warp direction from 9.9% to 3.1%, and decrease the weight loss rate from 6.1% to 3.1%.

**Keywords:** hemp; blended fabric; bleach activator; activated peroxide system; low-temperature bleaching

收稿日期: 2018-05-15

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(21276106); 江苏省重点研发计划(BE201596); 江苏省先进纺织工程技术中心基金项目(XJFZ/2016/12)

第一作者简介: KHAN Muhammad Rafique, 硕士生, 主要研究方向为生态染整技术。通信作者: 许长海, 教授, E-mail: changhai\_xu@jiangnan.edu.cn。

大麻纤维是一种天然纤维素纤维,其组成以纤维素为主(>50%) 还含有半纤维素、果胶、木质素、脂腊质、水溶物、矿物质等非纤维物质<sup>[1]</sup>。大麻纤维不仅具有优良的吸湿排汗、抗菌、抗紫外性能,而且由其加工而成的纺织品具有手感柔爽、穿着舒适等特点,已成为一种重要的纺织原材料<sup>[2-3]</sup>。但大麻纤维中含有大量的非纤维素成分,使得纤维刚度大、手感硬,纤维长度和线密度十分不匀、几乎无卷曲,从而导致纤维可纺性差及纯纺大麻织物弹性差等问题;而且大麻织物表面通常呈黄灰色,染色性能不佳,因此通常采用生物酶处理<sup>[4]</sup>、化学处理(酸、碱、过氧化氢和次氯酸等)<sup>[5-7]</sup>、液氨处理<sup>[8-9]</sup>、超声波处理<sup>[10]</sup>、等离子体处理<sup>[11]</sup>、离子液体处理<sup>[12]</sup>等方法去除大麻纤维中的非纤维素成分,并与棉<sup>[13-14]</sup>、锦纶<sup>[15-16]</sup>、涤纶<sup>[17]</sup>等纤维混纺,以改善大麻纤维的可纺性及染色性能。尽管经过处理的大麻纤维及混纺织物各项性能均得到显著改善,但织物的白度值仍然很低(CIE 白度 < 20)<sup>[18-19]</sup>;除非染成深色,否则大麻混纺织物在染色前还需进行漂白处理。

大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物中的氨纶是高弹力纤维,在常规氧漂条件下(高温、高碱、强氧化)容易失弹,因此需采用更加温和的工艺对织物进行漂白。N-[4-(三乙基铵甲撑)苯酰基]己内酰胺氯化物(TBCC)是一种阳离子漂白活化剂,可以在近中性水溶液中与过氧化氢反应,生成 4-(三乙基铵甲撑)过氧苯甲酸(TPA),在低温下对织物进行漂白<sup>[20-21]</sup>。本文采用 TBCC 活化过氧化氢体系对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物进行低温漂白,一方面显著改善织物的白度,另一方面避免织物受到严重损伤。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料

实验用织物为退浆大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物,成分含量:大麻 54%,再生涤纶 44%,氨纶 2%;经纱线密度:28.12 tex 大麻,纬纱线密度:28.12 tex 再生涤纶 + 4.44 tex 氨纶;密度:经、纬向均为 228 根/(10 cm);织物组织:1/1 平纹;由青岛汉泰纺织有限公司提供。

### 1.2 实验药品

TBCC 为实验室自制品(纯度 > 97%)<sup>[21]</sup>;过氧化氢(H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>,质量分数为 30%)、氢氧化钠(NaOH)、碳酸氢钠(NaHCO<sub>3</sub>),由国药集团提供。渗透剂 JFC、氧漂稳定剂 DM-1403,由德美化工提供。

### 1.3 实验设备

红外染色小样机、Datacolor 650 型测色配色仪

(美国 Datacolor 公司);YG026 A 型电子织物强力机(温州纺织仪器有限公司);SU1510 扫描电子显微镜(日本日立公司)。

### 1.4 正交试验设计

选择 3 个可能影响活化过氧化氢体系对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物漂白性能的主要工艺因素:TBCC 质量浓度、漂白温度和时间,以及每个因素所对应的 3 个水平,正交试验因素水平表如表 1 所示。

表 1 正交试验因素水平表

水平	TBCC 质量浓度 A/(g·L <sup>-1</sup> )	时间 B/min	温度 C/°C
1	2.5	30	40
2	5.0	45	50
3	7.5	60	60

根据表 1 将 TBCC 与 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 NaHCO<sub>3</sub> 按物质的量之比 1.0:1.2:1.4 加入到含有质量浓度为 1 g/L 渗透剂和 1 g/L 氧漂稳定剂的水溶液中,制备漂白浴。将织物样品(30 cm × 20 cm)按浴比 1:20 投入到漂白浴中,以 2 °C/min 的速率升温至目标温度(40、50、60 °C)对织物进行漂白;漂白一定时间(30、45、60 min)后,将织物取出,充分清洗,烘干待用。

### 1.5 工艺因素对白度的影响

#### 1.5.1 TBCC 质量浓度对白度的影响

改变 TBCC 的质量浓度(0~10 g/L),同时按物质的量之比 1.0:1.2:1.4 改变 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 NaHCO<sub>3</sub> 的质量浓度,在 50 °C 对织物漂白 45 min。

#### 1.5.2 漂白温度对白度的影响

选取最佳的 TBCC 质量浓度, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 NaHCO<sub>3</sub> 按物质的量之比 1.0:1.2:1.4 配制漂白浴,在不同温度(30~70 °C)下对织物漂白 45 min。

#### 1.5.3 漂白时间对白度的影响

选取最佳的 TBCC 质量浓度, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 和 NaHCO<sub>3</sub> 按物质的量之比 1.0:1.2:1.4 配制漂白浴,在所确定的温度条件下对织物漂白不同时间。

#### 1.5.4 常规氧漂工艺对比实验

以常规氧漂工艺对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物进行漂白,作为对比工艺。将织物样品(30 cm × 20 cm)按浴比 1:20 投入到含有质量浓度为 1 g/L 的渗透剂和 1 g/L 的氧漂稳定剂的漂白浴中,其中 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30%) 的质量浓度为 2.5~15.0 g/L, NaOH 的质量浓度为 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30%) 的 1/2,以 2 °C/min 的速率升温至 100 °C,将织物漂白 45 min。漂白结束后,将织物取出,充分清洗,烘干待用。

## 1.6 性能测试

### 1.6.1 织物白度

参照 AATCC 110—2011《纺织品的白度》,使用 Datacolor 650 型测色配色仪测量大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物的 CIE 白度指数。

### 1.6.2 织物强力

参照 GB/T 3923.1—2013《纺织品 织物拉伸性能》测试大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物的经向断裂强力。

### 1.6.3 织物失重率

分别将漂白前后的织物烘干至恒质量,记为  $W_1$  和  $W_2$ ,按下式计算织物的失重率。

$$\text{失重率} = \frac{W_1 - W_2}{W_1} \times 100\%$$

## 2 结果与讨论

### 2.1 正交试验分析

由于 TBCC 活化过氧化氢体系是 TBCC、 $H_2O_2$  和  $NaHCO_3$  以物质的量比为 1.0:1.2:1.4 组成,体系中使用了稍微过量的  $H_2O_2$  和  $NaHCO_3$ ,主要是为了促进 TBCC 充分转化为过氧酸 TPA,过氧酸 TPA 是对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物进行漂白的主要物质, $NaHCO_3$  的作用是中和漂白过程中所产生的酸并维持体系处于近中性的最佳 pH 值条件<sup>[22]</sup>。因此,选定 TBCC 质量浓度为主要工艺因素,考察漂白时间和温度对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物白度的影响。

表 2 为正交试验结果。由极差值  $R$  可知, TBCC 的质量浓度是影响活化过氧化氢体系对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物漂白性能的最重要因素,其次为漂白温度,漂白时间的影响最小。

表 2 正交试验结果

实验编号	TBCC 质量浓度 A	时间 B	温度 C	CIE 白度
1	1	1	1	39.75
2	2	2	1	45.61
3	3	3	1	51.94
4	1	2	2	46.84
5	2	3	2	53.46
6	3	1	2	55.40
7	1	3	3	49.41
8	2	1	3	52.47
9	3	2	3	57.89
$K_1$	45.33	49.21	45.77	
$K_2$	50.51	50.11	51.90	
$K_3$	55.08	51.60	53.26	
R	9.74	2.40	7.49	

### 2.2 TBCC 浓度对织物白度的影响

为了便于说明 TBCC 对  $H_2O_2$  活化所起的低温漂白作用,以  $H_2O_2$  (30%) 的质量浓度为横坐标,对比漂白体系中使用与不使用 TBCC 织物的白度值,结果如图 1 所示。可以看出,当漂白体系中不含 TBCC 时,  $H_2O_2$  对改善大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物的白度作用有限,这主要是因为低温(50℃)和近中性( $NaHCO_3$  为弱碱)条件下  $H_2O_2$  几乎没有漂白作用;但是,当向漂白体系中加入 TBCC 后,大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物的白度值得到显著提升,这说明 TBCC 活化过氧化氢体系形成后在低温条件下(50℃)可以有效产生过氧酸 TPA,从而破坏麻纤维中的天然色素,起到漂白作用。有研究表明, TBCC 活化过氧化氢体系对棉织物具有优良的低温漂白性能,可使棉织物的 CIE 白度值达到 75 以上<sup>[23]</sup>。但是图 1 所示混纺织物的 CIE 白度值明显低于 75,这主要是由于麻纤维与棉纤维中的天然色素不相同<sup>[18]</sup>, TBCC 活化过氧化氢体系可能对去除麻纤维中的某些色素效果不佳。因此,使用 7.5 g/L TBCC 时,活化过氧化氢体系即可将混纺织物漂白至最佳白度。

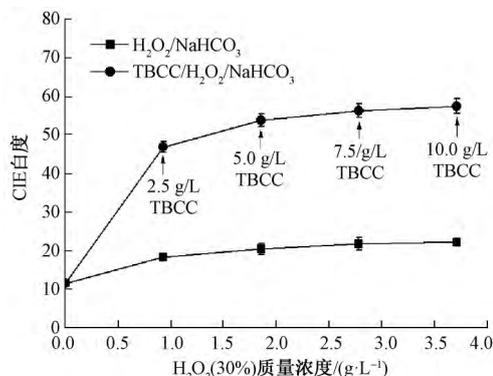


图 1  $H_2O_2$  质量浓度对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物白度的影响

### 2.3 漂白温度对织物白度的影响

图 2 为 TBCC 活化过氧化氢体系中,温度对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物漂白的影响。可以看出,当漂白体系中不使用 TBCC 时,提高温度对织物的白度值并无显著影响;而加入 TBCC 后,织物的白度值得到显著提升,这主要是由于 TBCC 对  $H_2O_2$  活化而产生了低温漂白作用,而且提高温度可使织物的 CIE 白度值持续得到改善。但温度效应仅在低温区(30~50℃)较为显著;当温度高于 50℃时, TBCC 活化过氧化氢体系对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物白度值的改善趋于缓和。因此, TBCC 活化过氧化氢体系对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物具有良好的低温漂白性能,在 50℃的漂白条件下即可使大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物达到最佳的白度值。

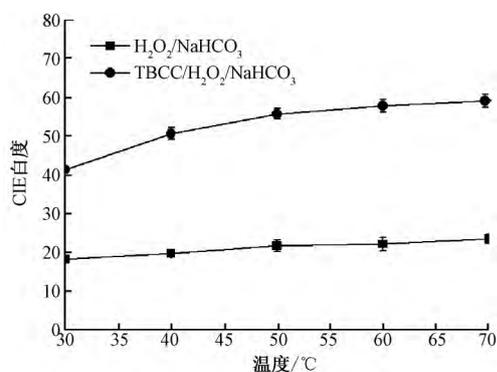


图 2 漂白温度对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物白度的影响

## 2.4 时间对漂白性能的影响

图 3 为 TBCC 活化过氧化氢体系中,漂白时间对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物白度的影响。可以看出,当漂白体系中不使用 TBCC 时,虽然延长漂白时间有利于增加织物白度,但织物白度值仍然很低;在加入 TBCC 后,织物的白度值得到大幅提升,这主要是由于 TBCC 对 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 活化而产生了低温漂白作用,漂白主要发生在前 30 min,当漂白时间由 30 min 延长至 60 min 时,织物的白度值增加并不显著,说明 TBCC 活化过氧化氢体系对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物的漂白是个快速过程;尽管漂白是在低温条件下完成,但不会因此而延长漂白所需的时间。因此,可将 TBCC 活化过氧化氢体系对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物的漂白时间定为 30 min。

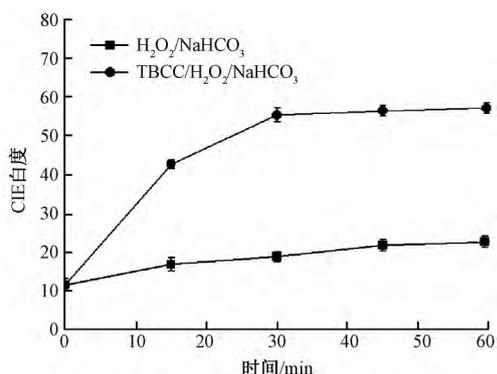


图 3 漂白时间对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物白度的影响

## 2.5 TBCC 活化过氧化氢体系与常规氧漂工艺对比

采用 TBCC 活化过氧化氢体系与常规氧漂工艺,分别对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物进行漂白,织物白度对比结果如图 4 所示,其中, TBCC 活化过氧化氢体系对织物的漂白按表 2 中实验 6 的条件进行。可以看出,使用常规氧漂工艺对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物进行漂白, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30%) 的质量浓度增加至 10 g/L 时,织物的白度值仅能达到 40 左右,继续增加 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 的质量浓度,织物的白度值没有显著变化。但是,当将 TBCC(质量浓度为 7.5 g/L)加入到质量浓度为 2.78 g/L 的过氧化氢溶液中时,形成的 TBCC 活化过氧化氢在 50 °C 即可将织物的白度值提升至 55 °C 左右。因此认为, TBCC 活化过氧化氢体系与常规氧漂工艺相比对于去处去除麻纤维中的天然色素更加有效。

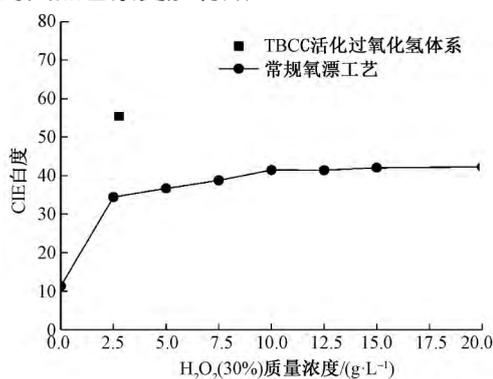


图 4 TBCC 活化过氧化氢体系与常规氧漂工艺对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物的漂白性能对比

表 3 为大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物在经过 TBCC 活化过氧化氢体系与常规氧漂工艺漂白后的性能指标对比。可以看出, TBCC 活化过氧化氢体系除了在提升织物白度上具有显著优势外,同时导致经向强力损失仅为 3.1%,比常规氧漂工艺导致的经向强力损失(9.9%)要低得多;而且 TBCC 活化过氧化氢体系漂白导致大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物的失重率为 4.8%,优于常规氧漂工艺。这主要是因为,常规氧漂工艺对织物漂白时,过氧化氢在碱性条件下电离产生的过氧根离子(HOO<sup>-</sup>)除了能够

表 3 大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物经 TBCC 活化过氧化氢体系与常规氧漂工艺漂白后的性能对比

漂白方法	漂白条件						织物性能		
	TBCC 质量浓度/(g·L <sup>-1</sup> )	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (30%) 质量浓度/(g·L <sup>-1</sup> )	碱剂	碱剂质量浓度/(g·L <sup>-1</sup> )	温度/°C	时间/min	CIE 白度	经向强力/N	失重率/%
空白(坯布)	—	—	—	—	—	—	11.48	896	—
TBCC 活化过氧化氢体系	7.5	2.78	NaHCO <sub>3</sub>	2.4	50	30	55.40	868	4.8
常规氧漂工艺	—	10.00	NaOH	5.0	100	45	41.44	807	6.1

破坏麻纤维中的色素外,还会攻击麻纤维的纤维素大分子链而使其断裂,导致织物强力损失严重、失重率较高;而TBCC活化过氧化氢体系在低温、近中性条件下(50℃、2.78 g/L NaHCO<sub>3</sub>, pH值7~8)生成的过氧酸TPA只是有效破坏麻纤维中的天然色素,但不会造成麻纤维的纤维素大分子链断裂,因此织物经向强力没有受到显著影响。

### 3 结束语

大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物可以使用TBCC活化过氧化氢体系进行漂白;在影响漂白性能的工艺因素中,TBCC质量浓度是最主要因素,其次为温度和时间;漂白工艺具有低温(50℃)、近中性(使用NaHCO<sub>3</sub>为碱剂)、快速(30 min)的特点。与常规氧漂工艺相比,TBCC活化过氧化氢体系漂白的大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物具有更高的白度值,几乎无纤维损伤,失重率低。因此,使用TBCC活化过氧化氢体系对大麻/再生涤纶/氨纶混纺织物进行漂白,不仅可以提升织物品质,还具有节能减排的优势。

#### 参考文献:

- [1] 王德骥,林旭,王烈雄,等.用大麻做纺织原料的研究[J].纺织学报,1989,10(5):4-7.
- [2] 孙小寅,管映亭,温桂清,等.大麻纤维的性能及其应用研究[J].纺织学报,2001,22(7):34-36.
- [3] 晏江,邱华,崔荣荣.汉麻面料研究进展[J].服装学报,2016(5):455-460.
- [4] ZHANG Jinqiu, ZHANG Jianchun. Effect of refined processing on the physical and chemical properties of hemp bast fibers [J]. Textile Research Journal, 2010, 80(8): 744-753.
- [5] WANG H M, POSTLE R. Removing pectin and lignin during chemical processing of hemp [J]. Textile Research Journal, 2003, 73(8): 664-669.
- [6] 张华,冯家好,王杰,等.碱处理对大麻织物染色与力学性能的影响[J].纺织学报,2008,29(4):79-82.
- [7] LIU Hongling, YOU Lingling, JIN Hongbin, et al. Influence of alkali treatment on the structure and properties of hemp fibers [J]. Fibers and Polymers, 2013, 14(3): 389-395.
- [8] ZHANG Jie, ZHANG Hua, ZHANG Jianchun. Evaluation of liquid ammonia treatment on surface characteristics of hemp fiber [J]. Cellulose, 2014, 21(1): 569-579.
- [9] Ji Dong Sun, LEE Jung Jin. Mechanical properties and hand evaluation of hemp woven fabrics treated with liquid ammonia [J]. Fibers and Polymers, 2016, 17(1): 143-150.
- [10] BORA Judit, LASZLO Krisztina, BOGUSLAVSKY Lydia, et al. Effect of mild alkali/ultrasound treatment on flax and hemp fibres: the different responses of the two substrates [J]. Cellulose, 2016, 23(3): 2117-2128.
- [11] 王迎,雷红娜,解梓畅,等.等离子体氧化在大麻纤维脱胶中的应用[J].纺织学报,2017,38(7):75-79.
- [12] 钟智丽,朱敏,张宏杰,等.大麻纤维在氯化锂/N,N-二甲基乙酰胺溶解体系中的溶解特性[J].纺织学报,2016,37(11):92-97.
- [13] 刘笑莹,方斌,朱守艾,等.棉/大麻纤维混纺低损耗工艺优化[J].纺织学报,2017,38(1):35-39.
- [14] 郝新敏,李宏伟,李馨馨.大麻与棉及其混纺纱线吸放湿性能研究[J].纺织学报,2010,31(2):33-38.
- [15] 张华,赵雅飞,张建春,等.大麻/锦纶/棉混纺纱的性能[J].纺织学报,2009,30(7):27-30.
- [16] 凌翠梅,文珊,吴诗浩.不同配比锦棉麻混纺纱的性能分析[J].化纤与纺织技术,2016,45(3):26-29.
- [17] 段亚峰,姚江薇.竹浆纤维/涤纶/大麻纤维混纺面料的开发及其性能分析[J].纺织学报,2013,34(10):43-47.
- [18] WANG H M, POSTLE R. Improving the color features of hemp fibers after chemical preparation for textile applications [J]. Textile Research Journal, 2003, 74(9): 781-786.
- [19] Radetic M, Jovancic P, Topalovic T, et al. The influence of low-temperature plasma and enzymatic treatment on hemp fabric dyeability [J]. Fibers & Textiles in Eastern Europe, 2007, 15(4): 93-96.
- [20] 向中林,韩雪梅,刘增祥,等.棉织物低温酶氧一浴前处理工艺[J].纺织学报,2017,38(5):80-85.
- [21] 崔双双,张艳,高加勇,等.棉织物低温氧漂活化剂的制备[J].纺织学报,2016,37(7):88-92.
- [22] XU C, HINKS D, SUN C, et al. Establishment of an activated peroxide system for low-temperature cotton bleaching using N-[4-(triethylammoniomethyl) benzoyl] butyrolactam chloride [J]. Carbohydrate Polymers, 2015, 119: 265-272.
- [23] YU J, SHAO D, SUN C, et al. Pilot-plant investigation on low-temperature bleaching of cotton fabric with TBCC-activated peroxide system [J]. Cellulose, 2017, 24(6): 2647-2655.