

# 形态记忆羊毛/Sorona 精纺面料的开发

孟琳琳<sup>1</sup> 程晓羽<sup>1</sup> 赵丽丽<sup>1,2</sup> 常亭亭<sup>1</sup> 李玉武<sup>1</sup> 刘美娜<sup>3</sup>

1. 山东南山智尚科技股份有限公司, 山东 烟台 265706;
2. 烟台市功能性纤维及纺织品重点实验室, 山东 烟台 265706;
3. 烟台南山学院, 山东 烟台 265700

**摘要:**将羊毛与 Sorona 纤维混合纺制羊毛/Sorona 精纺纱,并基于对筒纱染色、面料织造及后整理工艺参数的优化,开发具有形态记忆特性的羊毛/Sorona 精纺面料。测试羊毛/Sorona 精纺纱的物理性能,以及羊毛/Sorona 精纺面料的弹性伸长率、耐久性、抗皱性和水洗尺寸稳定性等性能指标,并与纯羊毛纱及纯毛面料的相应性能指标进行对比。研究结果表明:羊毛/Sorona 精纺纱的平均强力、断裂长度和断裂伸长率均高于纯羊毛纱;由羊毛/Sorona 精纺纱制备的面料在弹性伸长性能、耐久性、抗皱性和水洗尺寸稳定性等方面明显优于纯毛面料。制备的羊毛/Sorona 精纺面料具有良好的形态记忆特性。

**关键词:**形态记忆;精纺面料;弹性伸长率;耐久性;抗皱性;水洗尺寸稳定性

中图分类号:TS 136

文献标志码:A

文章编号:1004-7093(2025)02-0039-06

## Development of wool/Sorona worsted fabrics with shape memory

Meng Linlin<sup>1</sup>, Cheng Xiaoyu<sup>1</sup>, Zhao Lili<sup>1,2</sup>, Chang Tingting<sup>1</sup>, Li Yuwu<sup>1</sup>, Liu Meina<sup>3</sup>

1. Shandong Nanshan Zhishang Technology Co., Ltd., Yantai 265706, Shandong, China;

2. Yantai Key Laboratory of Functional Fibers and Textiles, Yantai 265706, Shandong, China;

3. Yantai Nanshan University, Yantai 265700, Shandong, China

**Abstract:** Wool/Sorona worsted yarns were made by mixing wool with Sorona fibers, and wool/Sorona worsted fabrics with shape memory were developed based on the optimization of the process parameters of cylinder yarn dyeing, fabric weaving and finishing. The physical properties of the wool/Sorona worsted yarns and the elastic elongation, durability, wrinkle resistance and washing dimensional stability of the wool/Sorona worsted fabrics were tested and compared with those of the pure wool yarns and pure wool fabrics. The results showed that the average tensile strength, breaking length and elongation at break of wool/Sorona worsted yarn were higher than those of pure wool yarn. Fabrics made of wool/Sorona worsted yarns were significantly better than pure wool fabrics in terms of elastic elongation, durability, wrinkle resistance and washing dimensional stability. The prepared wool/Sorona worsted fabrics showed good shape memory characteristics.

**Keywords:** shape memory; worsted fabric; elastic elongation; durability; wrinkle resistance; washing dimensional stability

收稿日期:2024-09-26

作者简介:孟琳琳,女,1992年生,硕士,工程师,主要从事纺织新材料及毛纺织品设计与研发工作

通信作者:赵丽丽,工程师,主要从事纺织新材料、高性能纤维的性能研究与开发工作, zhaolili@nanshan.com.cn

形态记忆面料的研究开发始于 20 世纪 80 年代,起初主要应用于航空航天领域,随后逐渐拓展至医疗、纺织、建筑等多个领域<sup>[1-2]</sup>。早期人们对形态记忆面料的研究主要集中在通过功能助剂整理提升面料的弹性、抗皱性和水洗尺寸稳定性。然而,这种方法制备的面料存在非回复性弹性伸长率高、耐久性不足等问题<sup>[3-4]</sup>。

Sorona 纤维具有独特的“弹簧”状分子结构,其弹性和形态记忆特性优异,即便在 20% 的伸长率下亦能恢复原状<sup>[5]</sup>。徐旭凡等<sup>[6]</sup>通过调整各工序的工艺参数,成功实现了将 Sorona 纤维与丝光羊毛、锦纶混纺制备半精梳纱。目前,国内对形态记忆功能织物的研究以开发聚氨基甲酸酯、聚对苯二甲酸丙二醇酯 (PTT) 纤维产品为主<sup>[7-8]</sup>,以化学整理剂处理赋予织物形态记忆功能为辅<sup>[9]</sup>。如,江南大学与连云港杜钟新奥神氨纶有限公司合作完成的“温感形状记忆氨纶生产关键技术及产业化”项目,展示了形态记忆纤维在医疗辅助用品、运动护具和热湿舒适服装面料中的应用。然而,在 Sorona 产品的开发方面,当前仍以棉/Sorona 混纺或 Sorona 长丝针织产品为主,在机织毛精纺面料领域的开发应用甚少。

随着科技的进步与消费者环保意识的不断增强,具有形态记忆功能且回弹性较好的 Sorona 生物基纤维成为毛精纺面料开发的重点。本文分别采用羊毛/Sorona 精纺纱与纯羊毛纱制备了 2 种织物面料,并对纯毛面料与羊毛/Sorona 精纺面料的弹性伸长率、非回复性弹性伸长率、弹性耐久性、抗皱性及水洗尺寸稳定性等指标进行对比分析。研究旨在为具有良好形态记忆特性的羊毛/Sorona 精纺面料的开发提供参考,以满足现代消费者对面料舒适性与环保性的双重需求。

## 1 试验

### 1.1 材料及仪器

面料开发用试验材料与助剂,以及仪器与设备分别见表 1 和表 2。

### 1.2 形态记忆毛精纺面料的制备

本文形态记忆毛精纺面料的制备主要分为 3 个步骤:筒纱染色、面料织造、后整理。

表 1 试验材料与助剂

材料与助剂	供应商
纱线 Y1 (纯羊毛纱)	自制
纱线 Y2 (羊毛与 Sorona 纤维质量比为 50/50 的精纺纱)	自制
阿白格助剂	美国亨斯迈
尤丽华丁 TOP	美国亨斯迈
羊毛保护剂 HTP	美国亨斯迈
醋酸	江苏三房巷集团
Lanasol CE 染料	美国亨斯迈
兰纳洒脱染料	美国亨斯迈
氢氧化钠 (NaOH)	山东海化集团
甲酸	山东金沂蒙集团有限公司
毛能净	天津津田化工有限公司
冷浆 FK-9404	北京中纺化工股份有限公司
树脂整理剂 BAP	浙江巨化股份有限公司
英彩休染料	南昌新得顺新材料有限公司
色乐高 P-EW	德司达有限公司
连二亚硫酸钠 (Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	山东海化集团
柔软剂 238	山东海化集团

表 2 试验仪器与设备

仪器名称	供应商
筒纱染色机	意大利 OBEM 公司
整经机	卡尔迈耶(香港)有限公司
S60 型穿经机	意大利 Savio 公司
AS/3 型自动结经机	德国格罗茨公司
GAMMA190 型剑杆织机	毕加诺公司
烧毛机	Monforts 公司
平洗连煮机	意大利 CIMI 公司
VNE6 型烘干定型机	德国布鲁克纳公司
KD SUPEMA 95	意大利 Biella Shrunk Process 公司
HQ-1300 型罐蒸机	
JA2003N 型电子天平	上海精密仪器有限公司
YG155A 型纱线捻度机	安丘市宏光纺织仪器有限公司
折痕回复角测试仪	温州市大荣纺织仪器有限公司
ATLAS 型洗涤试验机	美国 ATLAS 材料测试技术公司

#### 1.2.1 筒纱染色

Lanasol 染料的配方中不含金属离子成分,含有活性溴代丙烯酰胺基团,能够在微酸性浴中配套匀染剂,与羊毛纤维中的氨基酸形成稳定共价键,其环境污染小,染色温度低,对羊毛纤维损伤小<sup>[10-12]</sup>,且染色牢度符合 GB/T 26382—2024《精梳毛织品》的色牢度要求。本文采用该染料进行筒纱染色。

纯羊毛纱(纱线 Y1)染色工艺配方如下:渗透

剂阿白格 FFA 质量分数 0.5%, 匀染剂阿白格 B 质量分数 2.0%, 醋酸质量分数 2.0% (pH 值 4.0~4.5), Lanazol CE 染料质量分数  $x$ , 氢氧化钠质量分数 4.0% (pH 值 8.5~9.0), 甲酸质量分数 1.0%。

参照文献[13]的工艺方法, 将体积与质量均相同的纯羊毛筒子纱放入染缸中, 再依次添加助剂、染料及适量的水进行染色。具体染色工艺流程如下: 按前述纯羊毛纱染色工艺配方, 先在染缸中加入称量好的渗透剂阿白格 FFA、匀染剂阿白格 B 和醋酸, 冷水循环 5 min; 接着, 加入 Lanazol CE 染料, 调整浴比为 1:20, 冷水循环 5 min; 然后, 以 1 °C/min 的升温速率将染液温度升高至 98 °C, 保温 80 min 以进行染色; 其后, 加入氢氧化钠于 80 °C 下对染色后的纱线进行 20 min 碱处理, 再用清水冲洗 20 min; 最后, 加入甲酸于 40 °C 下对纱线进行 10 min 中和处理。纯毛纱线的具体染色工艺曲线如图 1 所示。

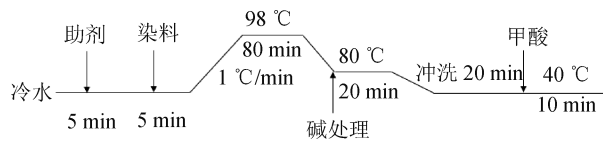


图 1 纯羊毛纱的染色工艺曲线  
Fig. 1 Dyeing process curve of pure wool yarn

羊毛/Sorona 精纺纱(纱线 Y2)染色工艺配方如下: 羊毛保护剂 HTP 质量浓度 1.0 g/L, 载体色乐高 P-EW 质量浓度 3.0 g/L, 匀染剂阿白格 SET 质量浓度 1.0 g/L, 尤丽华丁 TOP 质量浓度 1.0 g/L, 醋酸质量分数 0.5%, 英彩体染料质量分数  $x$ , 兰纳洒脱染料质量分数  $y$ , 氢氧化钠质量分数 1.0%, 连二亚

硫酸钠质量分数 0.5%, 甲酸质量分数 1.0%。

羊毛/Sorona 精纺纱的染色工艺流程如下: 首先, 参照文献[13]的工艺方法, 将体积与质量均相同的羊毛/Sorona 精纺筒子纱放入染缸中, 加入冷水并以 3 °C/min 的升温速率使其温度升高至 60 °C, 再加入非离子表面活性剂, 对纱线进行 20 min 水煮后, 将水排出; 然后, 按前述羊毛/Sorona 精纺纱染色工艺配方, 加入称量好的羊毛保护剂 HTP、载体色乐高 P-EW、毛用匀染剂阿白格 SET、涤用匀染剂尤丽华丁 TOP 及涤用染料英彩体和毛用染料兰纳洒脱, 调整浴比为 1:10, 接着加入冷水在 40 °C 下循环 10 min, 加入醋酸调节 pH 值为 4.5, 再以 1 °C/min 的升温速率将染液温度升高至 115 °C, 保温 60 min 以进行染色; 其后, 加入氢氧化钠与连二亚硫酸钠于 60 °C 下对染色后的纱线进行 20 min 处理以固色; 最后, 加入甲酸进行中和处理。羊毛/Sorona 精纺纱的具体染色工艺曲线如图 2 所示。

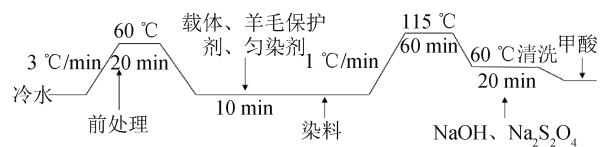


图 2 羊毛/Sorona 精纺纱的染色工艺曲线  
Fig. 2 Dyeing process curve of wool/Sorona worsted yarn

### 1.2.2 面料织造

#### 1.2.2.1 织造工艺参数设计

织造工艺参数对面料的弹性、手感、风格等具有至关重要的影响。本文采用 2/2 斜纹组织结构, 设置上机总紧度为 90, 上机纬向紧度与经向紧度之比为 1。面料的具体织造工艺参数见表 3。

表 3 织造工艺参数

Tab. 3 Weaving process parameters

箱号	穿箱数/(根·箱 <sup>-1</sup> )	布边穿箱数/(根·箱 <sup>-1</sup> )	上机纬密/[根·(10 cm) <sup>-1</sup> ]	上机幅宽/cm	布边宽度/cm
70 <sup>#</sup>	4	4	280	195	1.5

#### 1.2.2.2 织造工艺流程

面料的织造工艺流程如下: 整经→浆纱→穿经→上轴→织造→坯布检验。

(1) 整经: 本文采用分条整经的方法对纱线进行整经, 整经工艺参数见表 4。

(2) 浆纱: 整经后采用湿涂层系统 (wet coating

表 4 整经工艺参数

Tab. 4 Warping process parameters

整经速度/(m·min <sup>-1</sup> )	整经张力/cN	压缩系数	压辊压力/N	卷绕密度/(g·dm <sup>-3</sup> )	倒轴张力/cN
280	160	0.85	1 080	435	740

system, WCS)冷浆工艺对纱线进行上浆,上浆后纱线的强力约提升 8%,同时因纱线毛羽减少,织造效率提升约 10%。

(3)穿结经:织物组织图、穿综图与穿箱图如图 3 所示,在织造准备阶段,将整经轴上的纱线按图 3 的顺序和位置穿过织机的综框和箱座,以便后续织造。

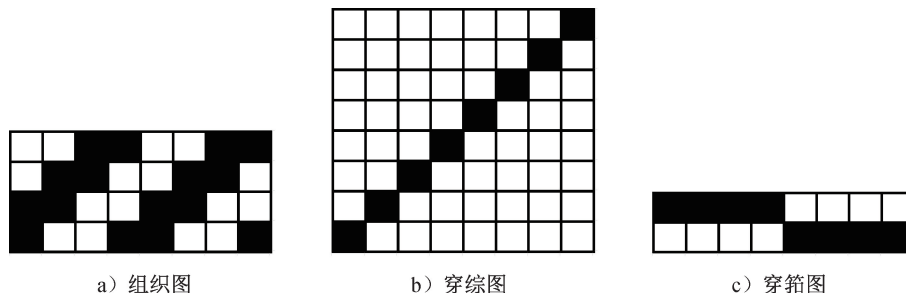


图 3 织物组织图、穿综图与穿箱图

Fig. 3 Fabric weave diagram, warp threading diagram and reed threading diagram

(4)织造:采用 GAMMA190 型剑杆织机,将经纱与纬纱按一定规律交织,制备织物,织机上机工艺参数见表 5。

表 5 织机上机工艺参数

Tab. 5 Machine parameters of loom

项目	参数
开口方式	分层开口
布边宽度/cm	1.5
后梁深度/cm	3
后梁高度/cm	0
经停深度/cm	6
经停高度/cm	0
织机车速/(r·min <sup>-1</sup> )	280
上机张力/cN	2.5
综平时间/(°)	322
开口动程/mm	120、105、90、75、60、50、45、40 (依次为第 1~8 片综框的开口动程)
综框高度/mm	160(第 2 片和第 4 片综框), 150(第 1 片、第 3 片及第 5~8 片综框)

按照前述织造工艺,分别采用纱线 Y1 和纱线 Y2 进行上机织造,制得纯毛面料(面料 1)和羊毛/Sorona 精纺面料(面料 2)。

### 1.2.3 后整理

后整理是纺织品生产过程中的一个重要环节,它是指对织物进行一系列加工处理,以改善织物的性能、外观及手感,提高织物质量和功能,使其满足服用性能要求。

后整理工艺流程及参数如下:烧毛(切烧、火焰强度 1.4 MPa、机器速度 110 m/min)→CIMI 工艺洗呢(40 °C 皂洗、添加毛能净)→连煮(平幅水

煮、煮呢温度 80 °C、机器速度 36 m/min、pH 值 7.0 左右)→烘干(温度 120 °C)→中检→熟修→柔烘(温度 120 °C、添加质量浓度 10 g/L 的柔软剂 238)→烘干(温度 120 °C、添加质量浓度 10 g/L 的树脂整理剂 BAP 和质量浓度 1 g/L 的醋酸)→烘焙(温度 170 °C、机器速度 30 m/min)→压光(烫光温度 110 °C、烫辊与导带之间压力 130 kN、机器速度 20 m/min)→罐蒸(60 kPa、120 s)→预缩。

## 1.3 性能测试与表征

### 1.3.1 纱线物理性能

参照 FZ/T 20017—2017《毛纱试验方法》,分别对纯羊毛纱与羊毛/Sorona 精纺纱的线密度、捻度、平均断裂强力、回潮率、断裂长度、断裂伸长率等物理性能指标进行测试。

### 1.3.2 面料弹性伸长性能

面料弹性形变指标参照 GB/T 3923.1—2013《纺织品 织物拉伸性能 第 1 部分:断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)》测试。

### 1.3.3 面料耐久性

面料耐久性测试参照 FZ/T 70005—2012《毛纺织品 伸长与回复性试验方法》。将 FZ/T 70005—2012 的 7.2.5 条中“如此循环 2 次,至第 3 次拉伸时”调整为“分别循环 29、49 和 99 次,至最后 1 次拉伸时”,FZ/T 70005—2012 的 8.2.3 条中“测出弹性伸长率的 80%”调整为“测出初始弹性伸长率的 80%”,并据此对 2 种面料试样进行耐久性测试。最后计算面料的非回复性弹性伸长率。

### 1.3.4 面料抗皱性

面料的抗皱性采用折痕回复角表征,其测试方

法参照 GB/T 3819《纺织品 织物折痕回复性能的测定 回复角法》。

### 1.3.5 面料水洗尺寸稳定性

面料的水洗尺寸稳定性采用水洗尺寸变化率表征,其测试方法参照 FZ/T 70009《毛针织产品经机洗后的松弛及毡化收缩试验方法》。

## 2 试验结果与分析

### 2.1 纱线物理性能

纱线 Y1 和纱线 Y2 的物理性能测试结果如表 6 所示。可以看出:羊毛/Sorona 精纺纱的平均断裂强力约为纯羊毛纱的 1.78 倍,表明羊毛/Sorona 精纺

纱具有更好的拉伸断裂性能,理论上其面料的耐用性更好;羊毛/Sorona 精纺纱的断裂长度约为纯羊毛纱的 1.58 倍,意味着受外力拉伸时,羊毛/Sorona 精纺纱能够更持久地保持其原有的形状和尺寸,不易发生形变和断裂,从而赋予其面料更好的尺寸稳定性和耐久性;羊毛/Sorona 精纺纱的断裂伸长率约为纯羊毛纱的 1.94 倍,表明羊毛/Sorona 精纺纱受拉伸时具有更好的弹性和韧性,能够在较大的拉伸变形下恢复至原有形状,从而增强了面料的尺寸稳定性和耐久性。综上可知,羊毛/Sorona 精纺纱在多个关键性能指标方面均优于纯羊毛纱,具有更好的综合性能,适用于开发高质量的毛精纺面料。

表 6 纱线的物理性能测试结果

Tab. 6 Test results of physical properties of yarns

纱线类型	线密度/tex	捻度/(捻·m <sup>-1</sup> )	平均断裂强度/(cN·tex <sup>-1</sup> )	回潮率/%	断裂长度/km	断裂伸长率/%
Y1	12.88/2	952	180.3	12.63	7.09	13.89
Y2	12.85/2	940	321.2	6.69	11.22	27.04

### 2.2 面料弹性伸长性能

羊毛/Sorona 精纺面料与纯毛面料的弹性伸长性能测试结果如表 7 所示。可以看出:2 种面料在弹性伸长率指标方面存在较大的差异。羊毛/Sorona 精纺面料的经纬向弹性伸长率远大于纯毛面料,表明羊毛/Sorona 精纺面料在受到外力拉伸时能够迅速并充分地伸长,表现出更好的弹性伸长特性。

表 7 面料弹性伸长性能测试结果

Tab. 7 Test results of elastic deformation property of fabrics

面料类型	弹性伸长率/%	
	经向	纬向
面料 1	8.5	11.5
面料 2	14.3	16.7

### 2.3 面料耐久性

羊毛/Sorona 精纺面料与纯毛面料经不同次数循环拉伸后,其经纬向非回复性弹性伸长率测试结果如表 8 所示。可以看出:随着拉伸循环次数的增加,羊毛/Sorona 精纺面料与纯毛面料的经纬向非回复性弹性伸长率均呈现出不同程度的增加。经过 100 次循环拉伸后,羊毛/Sorona 精纺面料的经纬向非回复性弹性伸长率分别为 2.8% 和 1.8%,纯毛面料的经纬向非回复性弹性伸长率分别为 5.1% 和 4.3%。可知,经过多次拉伸回复后,羊毛/Sorona 精纺面料的非回复

性弹性伸长率明显小于纯毛面料,表明羊毛/Sorona 精纺面料具有更好的抗疲劳性及拉伸回复性能。这意味着羊毛/Sorona 精纺面料能够在多次拉伸回复后保持其原有性能,表现出良好的弹性、耐久性及形态记忆特性,适用于开发高质量的毛精纺面料。

表 8 面料耐久性测试结果

Tab. 8 Test results of durability of fabrics

面料类型	非回复性弹性伸长率/%					
	经向			纬向		
	30 次	50 次	100 次	30 次	50 次	100 次
面料 1	2.3	3.6	5.1	1.8	2.6	4.3
面料 2	0.7	1.5	2.8	0.5	0.8	1.8

从纱线外观角度分析,经 100 次循环拉伸后,羊毛/Sorona 精纺纱的屈曲状态,包括其波长、波高等未发生明显变化,证实其具有良好的保持原有形态的能力,而纯毛纱线经循环拉伸后波长略微增大,波高略有减小,表明纯毛纱易因外力作用而发生形态上的改变,羊毛/Sorona 精纺纱则具有良好的形态记忆功能。

### 2.4 面料抗皱性

面料的折痕回复角测试结果显示,羊毛/Sorona 精纺面料的平均折痕回复角为 336.3°,而纯毛面料的平均折痕回复角为 300.0°,表明羊毛/Sorona 精纺

面料在受到外力压褶作用后,能够较好地恢复至其原有形态,不易产生持久的褶皱,表现出良好的形态记忆特性。这一特性不仅能够提高面料的外观质量和穿着舒适性,还能够简化面料的日常护理流程,延长其使用寿命。

### 2.5 面料水洗尺寸稳定性

羊毛/Sorona 精纺面料与纯毛面料的水洗尺寸变化率测试结果如表 9 所示。可以看出,羊毛/Sorona 精纺面料的松弛尺寸变化率、总尺寸变化率、边沿尺寸变化率差与纯毛面料相比均存在明显的差异。羊毛/Sorona 精纺面料的经纬向松弛尺寸变化率分别为-1.0%和-1.1%,均不低于-3%;经纬向总尺寸变化率均为-1.3%,均不低于-3%;边沿尺寸变化率差分别为 0 和 0.2%,均不低于-1%,符合 GB/T 26382—2011 的可机洗类产品考核要求。而纯毛面料的经纬向松弛尺寸变化率分别为-4.2%和-2.4%,经向松弛尺寸变化率低于-3%;总尺寸变化率分别为-5.6%和-3.4%,均低于-3%;边沿尺寸变化率差分别为-6.7%和-3.2%,均低于-1%,不满足 GB/T 26382—2011 的可机洗类产品考核要求。这表明羊毛/Sorona 精纺面料在洗涤过程中不易损坏,经多次洗涤后仍能保持良好的外观和尺寸稳定性。这与羊毛/Sorona 精纺面料良好的弹性耐久性一起印证了其适用于开发易护理的形态记忆面料。

表 9 面料的水洗尺寸稳定性测试结果

Tab. 9 Test results of washing dimensional stability of fabrics

面料类型	松弛尺寸变化率/%		总尺寸变化率/%		边沿尺寸变化率差/%		是否可机洗
	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向	
面料 1	-4.2	-2.4	-5.6	-3.4	-6.7	-3.2	否
面料 2	-1.0	-1.1	-1.3	-1.3	0	0.2	是

## 3 结论

(1)羊毛/Sorona 精纺纱的平均断裂强力、断裂长度及断裂伸长率等指标均优于纯羊毛纱,具有更好的韧性、弹性、耐久性、尺寸稳定性。

(2)羊毛/Sorona 精纺面料的弹性、抗皱性及水

洗尺寸稳定性指标均明显优于纯毛面料,具有良好的耐用性及穿着舒适性。

(3)经过 100 次循环拉伸后,羊毛/Sorona 精纺面料的非回复性弹性伸长率远低于纯毛面料,表明羊毛/Sorona 精纺面料具有更好的弹性和耐久性,表现出良好的形态记忆特性。



期刊采编平台



中国知网下载

### 参考文献

- [1] 顾闲玉,孙银银. 浅谈记忆面料的发展及应用[J]. 轻工科技,2020,36(8):91-93.
- [2] 丁泽杰,孙志强,罗明智,等. 索罗娜混纺针织物染色工艺的应用[J]. 染整技术,2024,46(9):38-42.
- [3] 吴佳美,刘咏梅. 浅析形状记忆聚合物在面料后整理中的应用[J]. 山东纺织科技,2016,57(3):53-55.
- [4] 罗明智. BCI 棉/再生涤混纺针织物染整工艺[J]. 印染助剂,2024,41(4):36-41.
- [5] 王鸣义,朱刚,林雪梅,等. 聚酯新发展:新原料、新技术、新产品和新应用(二)[J]. 纺织导报,2015(3):46.
- [6] 徐旭凡,周卫忠. 丝光羊毛/Sorona 纤维/锦纶半精纺纱线的研发[J]. 毛纺科技,2016,44(3):6-10.
- [7] 郝习波,赵彩莉,刘国亮. 形状记忆聚氨酯在纺织服饰领域应用的研究进展[J]. 毛纺科技,2023,51(11):113-118.
- [8] 张怡,宋开梅,陈健亮,等. 桑蚕绢丝/功能纤维混纺织物性能研究[J]. 现代丝绸科学与技术,2020,35(1):1-3.
- [9] 王荣. 含二硫键水性硅橡胶的制备及在棉织物整理中的应用[D]. 上海:东华大学,2022.
- [10] 王文志,张淑梅,刘美娜,等. 兰纳素染料羊毛染色工艺优化[J]. 毛纺科技,2017,45(11):23-25.
- [11] 王娟,王晓,刘晓莲,等. 提高羊毛染色小样与大样色光重现性的对策[J]. 染整技术,2023,45(6):27-30.
- [12] 郭娇,贺江平. 毛用活性染料羊毛低温染色工艺[J]. 毛纺科技,2012,40(8):32-36.
- [13] 栾文辉,于鹏,殷学娜. 毛/涤筒纱一浴法染色工艺技术[J]. 山东纺织科技,2024,65(2):22-26.