

低熔点涤纶长丝在高保形针织面料中的应用

王怡怡^{1,2}, 杜立新², 田明伟¹, 曲志强², 贾云辉²

(1. 青岛大学 纺织服装学院, 山东 青岛 266071; 2. 鲁泰纺织股份有限公司, 山东 淄博 255100)

摘要:针对针织面料保形性较差的问题,采用涡流纺棉包芯低熔点涤纶长丝纱线(简称低熔点涤纶包芯纱)开发针织面料。通过对比皮芯结构和点状结构两种低熔点涤纶长丝在不同热处理温度下的熔融效果,从水洗尺寸稳定性、折皱回复性、拉伸回复性及抗弯刚度4个方面对针织面料的性能进行系统分析。结果显示,使用低熔点涤纶包芯纱可显著改善面料的水洗尺寸稳定性、折皱回复角和拉伸回复性;随着热处理温度的升高,低熔点涤纶熔融效果越来越显著,面料的保形性进一步提升,但手感变硬。研究表明,皮芯结构低熔点涤纶包芯纱所织面料的保形性优于点状结构低熔点涤纶包芯纱所织面料,但手感更差;皮芯结构低熔点涤纶包芯纱所织面料宜用185℃进行热处理,而点状结构低熔点涤纶包芯纱所织面料宜用195℃进行热处理,以达到针织面料保形性与手感的平衡。

关键词: 针织面料; 涡流纺包芯纱; 低熔点涤纶长丝; 热处理; 高保形

中图分类号: TS 182.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2025)04-0283-06

Application of Low-Melting-Point Polyester Filament in High-Shape-Retention Knitted Fabrics

WANG Yiyi^{1,2}, DU Lixin², TIAN Mingwei¹, QU Zhiqiang², JIA Yunhui²

(1. College of Textiles and Clothing, Qingdao University, Qingdao 266071, China; 2. Luthai Textile Co., Ltd., Zibo 255100, China)

Abstract: To address the issue of poor shape retention of knitted fabrics, vortex cotton low-melting-point polyester filament core-spun yarn (abbreviated as LMP polyester core-spun yarn) was used to develop knitted fabrics. By comparing the melting effects of two types of LMP polyester filaments, core-sheath structure and dot-shaped structure, under different heat treatment temperatures, the performance of knitted fabrics was systematically analyzed from four aspects: dimensional stability to washing, wrinkle recovery, tensile recovery, and bending stiffness. The results indicate that employing LMP polyester core-spun yarn can significantly enhance the dimensional stability after washing, the wrinkle recovery angle, and the tensile recovery properties. As the heat treatment temperature increases, the melting effect of LMP polyester becomes more pronounced, leading to enhanced shape retention, though it is accompanied by a stiffer fabric hand feel. The study demonstrates that fabrics produced with core-sheath LMP polyester core-spun yarn exhibited superior shape retention compared to those with dot-shaped structure LMP polyester core-spun yarn, but exhibited a poorer hand feel. Optimal heat treatment temperatures are identified as 185℃ for fabrics using core-sheath structure LMP polyester core-spun yarn and 195℃ for fabrics using dot-shaped structure LMP polyester core-spun yarn, achieving a balance between shape retention and hand feel in knitted fabrics.

Key words: knitted fabric, vortex core-spun yarn, low-melting-point polyester filament, heat treatment, high shape-retention

收稿日期: 2025-03-29; 修订日期: 2025-06-04。

基金项目: 山东省重点研发计划项目(2023CXCC010612)。

作者简介: 王怡怡(1988—), 女, 高级工程师, 博士。主要研究方向为功能性化学纤维在面料中的应用。

Email: wangyiyi@lttc.com.cn

针织面料因其舒适性优势,在服装中的应用日益广泛,并已逐步应用到衬衫面料领域。使用针织面料代替机织面料,可以改善衬衫的拉伸舒适性和透气性,但针织面料保形性较差,会影响服装外观,增加洗护打理难度。

原料成分以及纱线结构是影响面料保形性的两个重要因素。纤维素纤维(如棉)面料保形性较差,而合成纤维(如涤纶)面料的保形性通常较好^[1]。涡流纺纱线的内应力小,所以面料保形性较好,但其强力偏低,所以常以合成纤维长丝为纱芯来提高面料强力和保形性。目前,已有不少针对涡流纺包芯纱纺纱工艺的研究^[2-4],证明其可纺性以及长丝的包覆性均满足面料开发需求。

低熔点纤维是一种遇热熔融的功能性纤维,其熔融后与周围纤维或纱线黏合,可以改变纱线和面料的诸多性能^[5]。已有研究发现,在纱线中加入低熔点涤纶短纤,纱线熔融后对其性能和手感都有显著影响^[6];也有研究把低熔点涤纶长丝直接织入针织面料,经过热处理发现面料的尺寸稳定性、纵向折皱回复性、防脱散性、抗弯刚度均得到极大提

升^[7-8]。但目前缺乏不同热处理温度对面料保形性影响的分析。

目前,低熔点纤维中应用最广的是皮芯结构复合低熔点聚酯纤维,其皮层为低熔点涤纶,芯层为常规涤纶。笔者团队合作的浙江中涤纤维科技有限公司开发了一款新结构的复合低熔点涤纶纤维,该纤维的低熔点涤纶以点状分布在常规涤纶中,热处理后形成的黏结点相对较少。但目前针对该结构低熔点涤纶的研究较少。

文中使用皮芯结构和点状结构的低熔点涤纶长丝作为涡流纺包芯纱的芯丝开发针织面料,探究不同热处理温度下针织面料的性能变化,讨论低熔点涤纶在高保形针织面料中的应用。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 原料 新疆长绒棉(二级棉),阿克苏西部棉业有限责任公司生产;皮芯结构和点状结构低熔点涤纶长丝,具体规格见表1,均为浙江中涤纤维科技有限公司生产。

表 1 低熔点涤纶规格				
Tab.1 Specifications of low-melting-point polyesters				
品种	细度/tex	单丝根数	熔点/℃	结构
皮芯结构低熔点涤纶	3.3	24	160~180	低熔点涤纶占比30%,分布在长丝的皮层,芯层为常规涤纶
点状结构低熔点涤纶	3.3	24	160~180	低熔点涤纶占比13%,呈点状无规律地分布在纤维中

1.1.2 仪器 VORTEX 870 EX 涡流纺纱机,村田机械株式会社制造;针织大圆机[针筒直径34寸(86.36 cm),1英寸(2.54 cm)有32枚针],德国德乐公司制造;WM-2400 烧毛机,淄博烨昌印染机械有限公司制造;DS HT 25 染色机,苏州丹氏机械科技有限公司织造;MONFONGS 828 TWINAIR 8F 拉幅机,立信门富士纺织机械有限公司制造;FERRARO COMPTEx RE SK 2200 预缩机,意大利法拉路公司制造;Introtech KMS-M6 洗衣机,广州志顺纺织仪器有限公司制造;M003A 折皱回复性能测试仪,美国SDL Atlas 有限公司制造;YG022D 数字式织物硬挺度仪,泉州市美邦仪器有限公司制造;LD-YK03 力度取样机,苏州力高检测仪器有限公司制造;JCM-700扫描电子显微镜,日本电子株式会社制造。

1.2 方法

1.2.1 纱线的制备 使用涡流纺纱机分别制备纯棉涡流纺纱线、涡流纺棉包芯皮芯结构低熔点涤纶

长丝纱线(简称皮芯结构低熔点涤纶包芯纱,下同)和涡流纺棉包芯点状结构低熔点涤纶长丝纱线(简称点状结构低熔点涤纶包芯纱,下同),纺纱速度为380 m/min,喂入比设定为0.98,喷嘴压力设定为0.50 MPa。纱线规格均为11.8 tex。

1.2.2 面料的制备与加工 使用双罗纹组织在大圆机上织造针织面料,所织面料百圈线长为24.5 cm。织造完成后进行染整加工,流程为烧毛—染色—拉幅烘干—拉幅热处理—预缩。染色工序中,对3种针织面料(纯棉涡流纺纱线所织面料、皮芯结构低熔点涤纶包芯纱所织面料、点状结构低熔点涤纶包芯纱所织面料)的棉纤维同时染色,所染颜色为白色,漂白和增白同浴,染色温度为110℃。在拉幅热处理工序中设置140,175,185,195℃4个温度,对2种涡流纺棉包芯低熔点涤纶长丝纱线(简称低熔点涤纶包芯纱,下同)所织面料进行热处理;使用140℃对纯棉涡流纺纱线所织面料进行热处理,其他工序均保持一致。成品面料的规格见表2。

表 2 面料规格
Tab.2 Fabric specifications

所用纱线	热处理 温度/℃	幅宽/ cm	横密/ (圈数/cm)	纵密/ (圈数/cm)
纯棉涡流纺纱线	140	180	20.6	18.0
	140	184	18.6	20.2
皮芯结构低熔	175	183	18.6	20.6
点涤纶包芯纱	185	184	18.6	20.6
	195	184	18.6	20.6
	140	185	19.0	20.2
点状结构低熔	175	185	18.8	20.6
点涤纶包芯纱	185	185	18.6	20.0
	195	184	19.0	20.6

1.2.3 低熔点涤纶状态的表征 低熔点涤纶的熔融状态会显著影响针织面料的各项性能。将经过 140,175,185,195 ℃ 热处理的包芯纱皮层和芯层进行分离。由于高温处理后芯层的低熔点涤纶长丝会与皮层棉纤维产生粘连,在分离时需使用镊子仔细将棉纤维从芯层剥离,保证不破坏芯层长丝的状态。

1.2.4 针织面料性能测试 文中对针织面料的保形性评价指标(水洗尺寸稳定性、折皱回复角和拉伸回复性能)进行测试,此外,考虑到使用热熔涤纶长丝对面料的手感造成影响,还测试了面料的抗弯刚度。采用的测试标准及测试方法如下:

1) 水洗尺寸稳定性。参考 AATCC 135—2018^[9]测试 3 种针织面料的水洗尺寸变化率。将 3 种面料的样品分别置于洗衣机中,按照标准程序进行水洗—烘干 3 次循环后,计算样品的水洗尺寸变化率。水洗尺寸变化率负值说明水洗后面料尺寸收缩,其绝对值越小说明面料的水洗尺寸稳定性越好。

2) 折皱回复角。参考 ISO 2313—2021^[10],在标准温湿度环境下使用折皱回复性能测试仪进行测试,3 种面料分别测试 10 个样品的纵向和横向折皱回复角,并取平均值,两个方向的平均折皱回复角相加,记录为该面料的折皱回复角。折皱回复角越大,表明面料产生折皱后的回复性越好。

3) 拉伸回复性能。参考 ASTM D2594/D2594M—21^[11],在标准温湿度实验室进行测试,3 种面料分别测试 6 个样品的纵向和横向拉伸回复性能,并取平均值。测试时,将样品拉伸至预定伸长率(纵向为 15%,横向为 30%)后保持恒定应变 2 h,随后解除载荷并松弛 1 h,测试样品的残余伸长率。残余伸长率越大,面料的拉伸回复性能越差。

4) 抗弯刚度。根据 GB/T 18318.1—2009^[12],

在标准温湿度环境中使用数字式织物硬挺度仪测试 3 种面料的弯曲长度,纵向和横向各测试 3 个样品,每个样品测试 4 次,并取平均值。根据 GB/T 4669—2008^[13],使用力度取样机测试 3 种面料的面密度,每种面料测试 3 个样品,并取平均值。通过面料的弯曲长度和面密度计算抗弯刚度,抗弯刚度越大,面料越硬挺。计算公式^[12]为

$$G = \frac{m \times C^3 \times 9.807}{10\,000}。$$

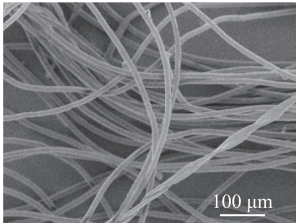
(1)

式中: G 为单位宽度的抗弯刚度($\text{mN} \cdot \text{cm}$); m 为试样的面密度(g/m^2); C 为试样的平均弯曲长度(cm)。

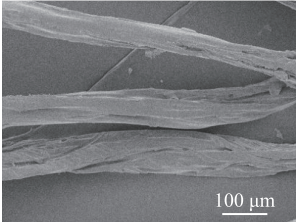
2 结果与讨论

2.1 热处理后低熔点涤纶的状态

不同热处理温度对皮芯结构和点状结构低熔点涤纶状态的影响分别如图 1 和图 2 所示。由图 1、图 2 可见,皮芯结构和点状结构的低熔点涤纶在 140 ℃ 热处理后均没有明显的熔融,仍呈现单纤维的状态。随着热处理温度升高至 175 ℃ 及以上,两种结构的低熔点涤纶均出现了粘连的情况:皮芯结构低熔点涤纶在热处理温度达到 175 ℃ 时出现了涤纶纤维间的显著粘连,随着温度继续升高,纤维束间进一步粘连,并且可观察到低熔点涤纶与外包棉纤维的黏结痕迹;点状结构低熔点涤纶在热处理温度达到 175 ℃ 时仅显示有轻微的局部粘连,大部分纤维仍为散纤维状态,随着温度继续升高,纤维间粘连程度变大,越来越多的纤维粘连成束,但单纤维形态一直清晰,与外包棉纤维的黏结痕迹较少。皮芯结构低熔点涤纶的粘连程度相较点状结构要高,这是因为两种结构涤纶的低熔点成分分布和含量不同。



(a) 140 ℃



(b) 175 ℃

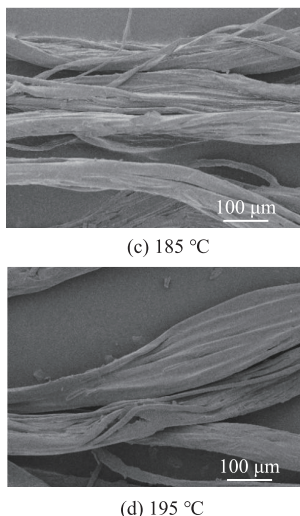


图 1 不同热处理温度对皮芯结构低熔点涤纶状态的影响

Fig. 1 Influence of heat treatment temperatures on the state of core-sheath structure low-melting-point polyester

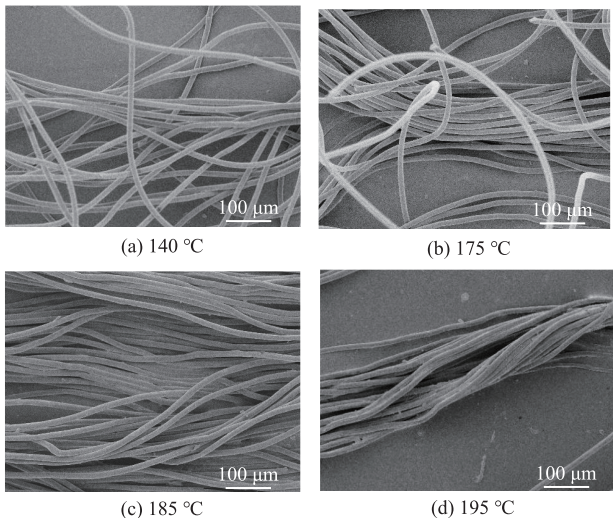


图 2 不同热处理温度对点状结构低熔点涤纶状态的影响

Fig. 2 Influence of heat treatment temperatures on the state of dot-shaped structure low-melting-point polyester

2.2 热处理温度对面料水洗尺寸稳定性的影响

不同热处理温度对面料水洗尺寸变化率的影响如图 3 所示。由图 1、图 2 可见,140 °C 处理时,低熔点涤纶没有产生熔融效果,其性能与普通涤纶长丝接近。由图 3 可见,140 °C 时,低熔点涤纶包芯纱所织面料的水洗尺寸变化率与纯棉面料相比有 1% ~ 2% 的优势,说明只使用低熔点涤纶包芯纱就可以改善面料的水洗尺寸稳定性。随着热处理温度从 175 °C 升高至 195 °C,低熔点涤纶包芯纱所织面料的纵向和横向水洗尺寸变化率进一步降低,说

明高温热处理引起的低熔点涤纶熔融对面料的水洗尺寸稳定性有帮助,熔融程度越剧烈,水洗尺寸稳定性越好。热处理温度达到 195 °C 时,皮芯结构和点状结构低熔点涤纶包芯纱所织面料纵向的水洗尺寸变化率比 140 °C 时分别改善 1.9% 和 2.9%,而横向分别改善 0.7% 和 1.2%。因此,在纵向的改善效果上,温度达到 175 °C 和 185 °C 时,皮芯结构低熔点涤纶包芯纱所织面料的水洗尺寸变化率以及改善幅度均较使用点状结构低熔点涤纶包芯纱的面料有优势,而当温度升高至 195 °C 时,点状结构低熔点涤纶包芯纱所织面料的效果稍好;在横向的改善效果上,二者差别不明显。

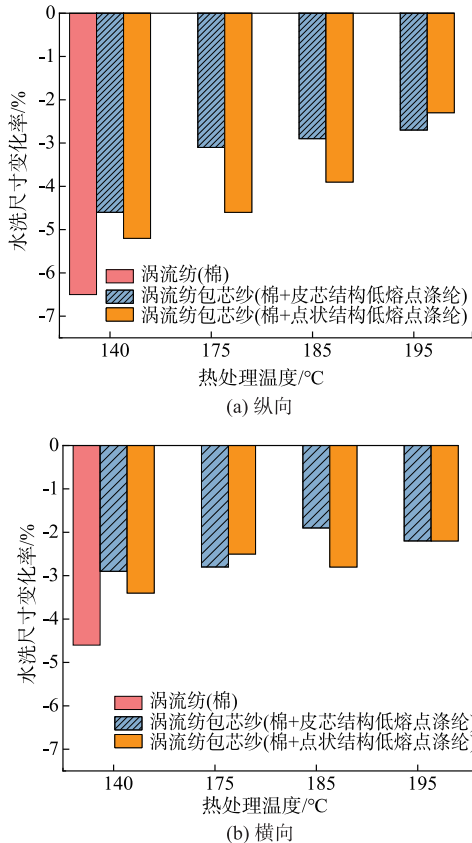


图 3 热处理温度对面料水洗尺寸变化率的影响

Fig. 3 Influence of heat treatment temperatures on the laundering dimensional change rates of the fabrics

2.3 热处理温度对面料折皱回复角的影响

热处理温度对面料折皱回复角的影响如图 4 所示。由图 4 可见,140 °C 热处理时,涤纶长丝包芯纱所织面料的折皱回复角较普通棉纱提升了约 30°,随着热处理温度的升高,两种低熔点涤纶包芯纱所织面料的折皱回复角继续增大:皮芯结构低熔点涤纶包芯纱所织面料的折皱回复角在热处理温度为 185 °C 时达到最大,当温度继续提升至 195 °C 时,折皱回复角保持不变;点状结构低熔点涤纶包芯纱所

织面料的折皱回复角在 195 ℃ 时达到最大。相较而言,皮芯结构低熔点涤纶包芯纱所织面料的折皱回复角更大。

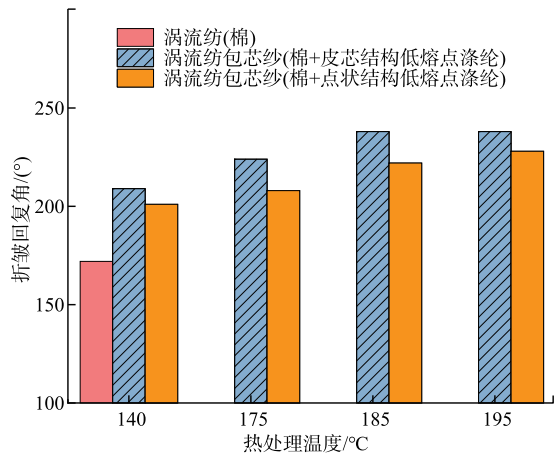


图 4 热处理温度对面料折皱回复角的影响

Fig. 4 Influence of heat treatment temperatures on the wrinkle recovery angles of the fabrics

2.4 热处理温度对面料拉伸回复性能的影响

面料拉伸—松弛 1 h 后的残余伸长率反映了面料的拉伸回复性能,残余伸长率越小,说明面料在拉伸后的回复性越好。不同热处理温度下面料拉伸—松弛 1 h 后的残余伸长率情况如图 5 所示。

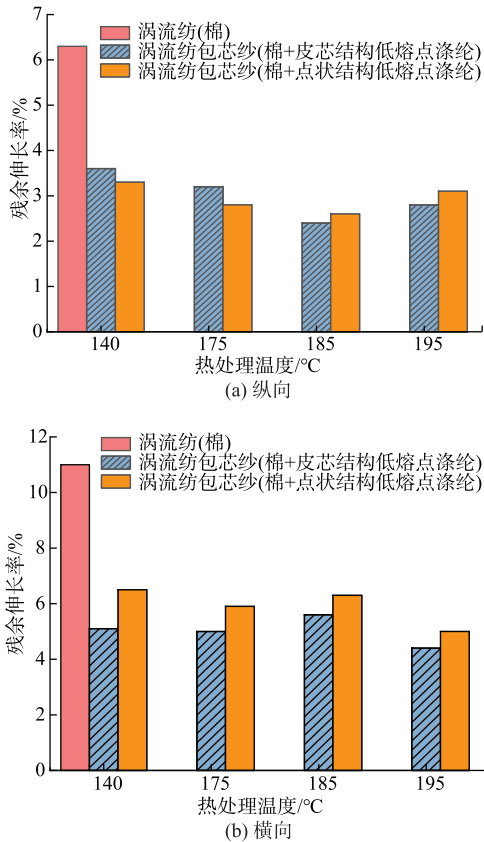


图 5 热处理温度对面料拉伸回复性的影响

Fig. 5 Influence of heat treatment temperatures on the tensile recovery properties of the fabrics

由图 5 可见,140 ℃ 热处理时,与纯棉面料相比,使用涤纶长丝包芯纱可以大幅提升面料的拉伸回复性,使纵向和横向的残余伸长率均降低约 50%。随着热处理温度的升高,面料拉伸回复性的改善较小。两种低熔点涤纶包芯纱所织面料的纵向残余伸长率在热处理温度为 185 ℃ 时相对较低,而横向残余伸长率在热处理温度为 195 ℃ 时相对较低,但 175,185,195 ℃ 时的横纵向残余伸长率差异不显著。在多数情况下,皮芯结构低熔点涤纶包芯纱所织面料的横纵向拉伸回复性相较于点状结构低熔点涤纶包芯纱所织面料具有优势。

2.5 热处理温度对面料抗弯刚度的影响

热处理温度对面料抗弯刚度的影响如图 6 所示。由图 6 可见,140 ℃ 时,涤纶长丝包芯纱所织面料的抗弯刚度比纯棉面料更大,说明在面料中使用涤纶长丝能提升面料的硬挺度。热处理温度升高后,低熔点涤纶的熔融效果显现,面料纵向和横向的抗弯刚度都显著提高,其中皮芯结构低熔点涤纶包芯纱所织面料的抗弯刚度明显更高。当热处理温度达到 195 ℃ 时,皮芯结构低熔点涤纶包芯纱所织面料的抗弯刚度约是点状结构低熔点涤纶包芯纱所织面料的 1.5 倍左右。

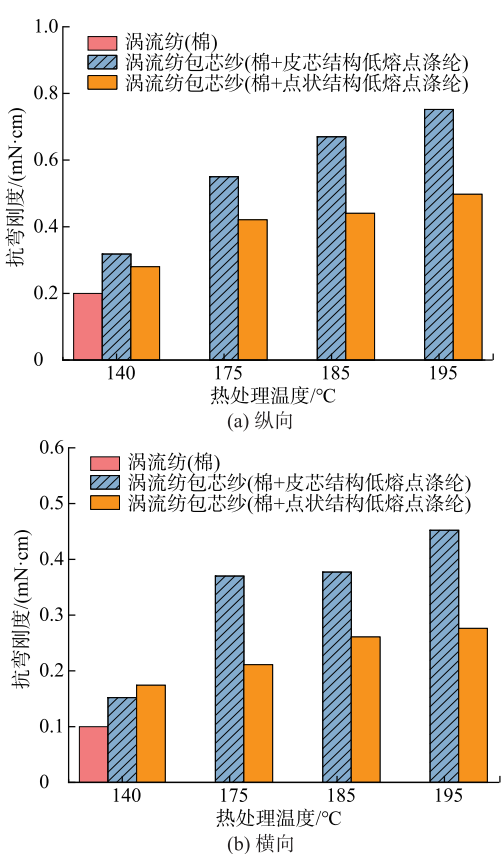


图 6 热处理温度对面料抗弯刚度的影响

Fig. 6 Influence of heat treatment temperatures on the bending rigidities of the fabrics

3 结 语

通过分析热处理温度对皮芯结构和点状结构低熔点涤纶包芯纱所织针织面料保形性的影响,得到以下结论:

1)在低熔点涤纶未发挥熔融效果时,与纯棉面料比,使用低熔点涤纶包芯纱可以改善面料的水洗尺寸变化率、折皱回复角和拉伸回复性。随着热处理温度的升高,低熔点涤纶的熔融效果逐渐显现,针织面料的水洗尺寸变化率、折皱回复角继续得到显著改善,但面料的手感会变硬。

2)由于皮芯结构低熔点涤纶长丝的低熔点涤纶成分占比大且分布在表皮,其熔融后与周围纤维的黏结更显著,因此所织面料保形性优于点状结构低熔点涤纶长丝所织面料,但面料手感也更硬挺。

3)皮芯结构低熔点涤纶包芯纱所织面料推荐用 185 ℃ 进行热处理,在该温度下可以得到较好的保形效果,继续升高温度反而会使面料手感变差;点状结构低熔点涤纶包芯纱所织面料推荐用 195 ℃ 进行热处理,此时保形性最好,且手感较好。

参考文献:

[1] 孙素梅,付政,何颖婷,等. 涤纶织物免水洗染色及印花技术研究进展[J]. 服装学报, 2022, 7(5): 390-398.
SUN Sumei, FU Zheng, HE Yingting, et al. Research progress of washing-free dyeing and printing technology of polyester fabric[J]. Journal of Clothing Research, 2022, 7 (5): 390-398. (in Chinese)

[2] 刘建林,缪璐璐,贝仲杰,等. 喷气涡流纺莱赛尔/涤纶包芯纱的开发[J]. 纺织导报, 2024(3): 28-31.
LIU Jianlin, MIAO Lulu, BEI Zhongjie, et al. Development of lyocell/polyester core-spun yarn by using air-jet vortex spinning [J]. China Textile Leader, 2024(3): 28-31. (in Chinese)

[3] 邹专勇,缪璐璐,董正梅,等. 喷气涡流纺工艺对粘胶/涤纶包芯纱性能的影响[J]. 纺织学报, 2022, 43(8): 27-33.
ZOU Zhuanyong, MIAO Lulu, DONG Zhengmei, et al. Effect of air-jet vortex spinning process on properties of viscose/polyester core-spun yarns[J]. Journal of Textile Research, 2022, 43 (8):

27-33. (in Chinese)

[4] 杨宇,吴俊年,龚正晖,等. 张力对喷气涡流纺黏胶/锦纶/涤纶长丝包芯纱包覆效果和性能的影响[J/OL]. 现代纺织技术, 1-13 [2025-03-20]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/33.1249.TS.20250220.1926.036.html>.

[5] 汤清伦,韦炜,姚远,等. 热处理对含低熔点涤纶长丝针织物性能的影响[J]. 针织工业, 2020(10): 20-23.
TANG Qinglun, WEI Wei, YAO Yuan, et al. Influence of heat treatment on properties of knitted fabrics with low melting point polyester filament[J]. Knitting Industries, 2020(10): 20-23. (in Chinese)

[6] 陈玉香,虞美雅,董正梅,等. 喷气涡流纺纱线热黏合增强工艺优化与机制[J]. 纺织学报, 2020, 41(11): 48-52.
CHEN Yuxiang, YU Meiya, DONG Zhengmei, et al. Enhanced process optimization and mechanism analysis of thermal adhesion for air jet vortex spun yarn[J]. Journal of Textile Research, 2020, 41(11): 48-52. (in Chinese)

[7] 陈吴健,徐英莲,孔繁贞. 纬平针织物平整加工工艺对服用性能的影响[J]. 纺织学报, 2015, 36(11): 58-62.
CHEN Wujian, XU Yinglian, KONG Fanzhen. Influence of smoothness technical process on wearability of plain knitted fabric [J]. Journal of Textile Research, 2015, 36 (11): 58-62. (in Chinese)

[8] 朱昊. 尺寸稳定型针织物的加工工艺: 103437050A[P]. 2013-12-11.

[9] American Association of Textile Chemists and Colorists. Dimensional changes of fabrics after home laundering: AATCC 135—2018 [S]. South Carolina: American Association of Textile Chemists and Colorists, 2018.

[10] International Organization for Standardization. Textiles-determination of the recovery from creasing of a folded specimen of fabric by measuring the angle of recovery: part 1: method of the horizontally folded specimen; ISO 2313—2021 [S]. Switzerland: International Organization for Standardization, 2021.

[11] Standard test method for stretch properties of knitted fabrics having low power: ASTM D2594/D2594M—21 [S]. Philadelphia: ASTM International, 2021.

[12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 纺织品 弯曲性能的测定 第 1 部分:斜面法: GB/T 18318.1—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.

[13] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 纺织品 机织物 单位长度质量和单位面积质量的测定: GB/T 4669—2008 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

(责任编辑:沈天琦)