

基于正交实验优选涤纶/羊毛针织物 吸湿速干性的工艺参数

余佳文¹, 丁艳然², 张佩华^{*1}, 杨世滨²

(1. 东华大学 纺织学院, 上海 201620; 2. 上海嘉麟杰纺织科技有限公司, 上海 201504)

摘要: 选用涤纶/羊毛混纺纱线与 Coolpass 长丝交织制备双面针织物, 为进一步提升织物吸湿速干性能, 使用吸湿排汗整理剂 Peratain SR-2024N 对涤纶/羊毛针织物进行吸湿快干整理。采用单因素实验确定工艺参数对织物吸湿速干性能的影响, 以整理剂质量浓度、烘干温度、烘干时间为因素, 芯吸高度、蒸发速率为评价指标, 经正交实验设计确定了吸湿速干整理的最佳工艺参数为: 整理剂质量浓度 20 g/L, 烘干温度 170 °C, 烘干时间 90 s, 并进行验证。结果表明: 采用优选工艺参数时, 整理后织物的吸湿性和快干性较之前分别提高 59.38% 和 69.23%。

关键词: 涤纶/羊毛针织物; 吸湿性; 速干性; 功能整理; 正交实验

中图分类号: TS 184.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2023)03-0223-06

Optimization of Process Parameters for Moisture Absorption and Quick Drying of Polyester/Wool Knitted Fabrics by Orthogonal Test

YU Jiawen¹, DING Yanran², ZHANG Peihua^{*1}, YANG Shibin²

(1. College of Textiles, Donghua University, Shanghai 201620, China; 2. Shanghai Challenge Textile Technology Co., Ltd., Shanghai 201504, China)

Abstract: The double-sided weft knitted fabric made by polyester/wool blended yarn and Coolpass filament was chosen for this study. To further improve the moisture absorption and quick drying performance of the fabric, the polyester/wool knitted fabric was finished with Peratain SR-2024N, a moisture absorption and perspiration agent. A single-factor test was used to determine the influence of process parameters on moisture absorption and quick drying fabric. With finishing agent concentration, drying temperature, and drying time as factors, and wicking height and evaporation rate as evaluation indexes, the optimal process parameters of moisture absorption and quick drying were determined by orthogonal test design as follows: finishing agent mass concentration 20 g/L, drying temperature 170 °C, and drying time 90 s. The results show that the hygroscopic and quick-drying properties of finished fabrics were improved by 59.38% and 69.23% than before, respectively.

Key words: polyester/wool knitted fabric, moisture absorption, quick drying, functional finishing, orthogonal test

随着物质生活水平的不断提高, 人们对纺织品面料提出了更高要求, 不仅需要满足穿着舒适、结实耐用等基本性能, 还要具有一定的功能性。吸湿速干性是目前运动、休闲、日常穿着用纺织品功能化的主要研究方向之一。涤纶大分子中缺少亲水

性基团, 导致其织物吸湿性差, 易产生静电, 影响了其服装穿着的舒适性^[1]。目前, 企业多采用后整理技术, 选用合适的吸湿排汗助剂 PR-868EZ^[2]、DM-3741^[3]、TF-620^[4]、TWSOFT HS-TC^[5]、Peratain SR-2024N 等在涤纶表面引入亲水基团, 从而改善

收稿日期: 2022-12-16; 修订日期: 2023-05-06。

作者简介: 余佳文(1999—), 男, 硕士研究生。

* 通信作者: 张佩华(1962—), 女, 教授, 博士生导师。主要研究方向为功能性针织面料研发与性能评价。

Email: phzh@dhu.edu.cn

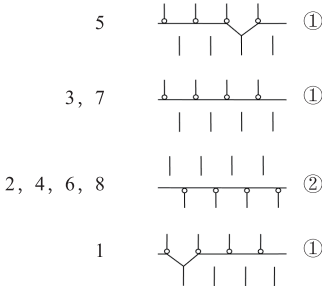
涤纶吸湿性差的问题。虽然经过吸湿排汗整理后,吸湿性能有较大提高,但仍然不能提供像天然纤维(如羊毛)那样的舒适性。羊毛纤维具有柔和的手感、较高的吸湿性能和一定的弹性蓬松性,但导湿、快干性能差;涤纶纤维具有较好的快干性能,通过羊毛、涤纶纤维混纺或交织,可使涤纶/羊毛针织物兼具上述两者纤维的优势,更适应服用产品的穿着需求^[6]。

文中使用吸湿排汗整理剂 Peratain SR-2024N 对涤纶/羊毛针织物进行吸湿快干整理,采用不同的整理剂质量浓度、烘干温度和烘干时间,利用单因素实验确定吸湿速干织物整理工艺参数范围,再利用正交实验设计得到最佳工艺参数方案,并进行优化效果验证。通过探讨不同整理工艺因素对吸湿速干性的影响,可为企业对涤纶/羊毛针织物产品的后整理工艺提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 实验材料

1) 涤纶/羊毛针织物,上海嘉麟杰纺织科技有限公司生产,组织结构如图 1 所示。图 1 中①为 8.33 tex/72F 吸湿排汗 Coolpass 长丝,江苏恒力化纤股份有限公司生产;②为单股 20 tex 阳离子改性涤纶/羊毛混纺纱线 $[m(\text{涤纶}):m(\text{羊毛})=50:50]$,浙江新澳纺织股份有限公司生产。织物面密度为 192.82 g/m²,厚度为 1.09 mm。



注:1~8 表示织物路数。

图 1 织物编织图

Fig.1 Knitting diagram of the fabric

2) 吸湿排汗整理剂 Peratain SR-2024N,上海立明助剂有限公司生产。

1.2 实验仪器

Rapid P-AO 型立式轧染机和 Rapid R-3 型自动定形烘干机,均由厦门瑞比精密机械有限公司制造;YG871 型毛细管效应测定仪,南通宏大实验仪器有限公司制造;FFZ191 型水分蒸发速率检测仪,温州方圆仪器有限公司制造。

1.3 整理工艺流程

将纬编罗纹型复合双面针织物使用不同浓

度的吸湿排汗整理剂 Peratain SR-2024N 进行浸轧整理,整理剂质量浓度为 10~50 g/L,浸轧整理方式为一浸一轧,织物带液率为 100%。对浸轧处理后的织物烘干定形,烘干温度为 140~180 ℃,烘干时间为 30~150 s,最终得到经吸湿速干功能整理后的涤纶/羊毛针织面料。

1.4 测试方法

1.4.1 芯吸高度 参照 FZ/T 01071—2008《纺织品 毛细效应试验方法》^[7] 标准。采用毛细管效应测定仪测量并记录 30 min 时水沿着试样上升的最高位置,取最小值的平均值。

1.4.2 蒸发速率 根据 GB/T 21655.1—2008《纺织品 吸湿速干性的评定 第 1 部分:单项组合试验法》^[8],取约 0.2 mL 的水滴在试样上,立即称取试样质量,然后将其悬挂于标准大气中,让水分自然蒸发,计算单位时间内的水分蒸发质量。

1.5 单因素实验

影响织物吸湿快干整理效果的主要因素包括:整理剂质量浓度、烘干温度和烘干时间^[9]。采用浸轧法对涤纶/羊毛针织物进行吸湿排汗整理,对整理工艺进行单因素实验,单因素设置见表 1。通过单因素实验,得出织物分别在整理剂处理下达到最佳吸湿快干效果时的整理剂质量浓度、烘干温度和烘干时间,为后续正交实验设计提供依据。

表 1 单因素设置

Tab.1 Single factor setting

因素	整理剂质量 浓度/(g/L)	烘干温度/℃	烘干时间/s
1	10	140	30
2	20	150	60
3	30	160	90
4	40	170	120
5	50	180	150

注:每组单因素都设置未整理织物作为对照组。

2 结果与分析

2.1 整理剂质量浓度对吸湿快干性能的影响

吸湿排汗整理剂 Peratain SR-2024N 质量浓度分别取 10,20,30,40,50 g/L,其他因素保持恒定(烘干温度 160 ℃、烘干时间 60 s),进行吸湿快干整理实验,整理剂质量浓度与芯吸高度、蒸发速率的关系如图 2 所示。由图 2 可知,整理剂质量浓度对织物芯吸高度和蒸发速率均有影响,当整理剂质量浓度为 10 g/L 时,芯数高度达到最高,随后呈缓慢下降趋势,而对照组的芯数高度则无明显变化;织物的蒸发速率随着整理剂质量浓度增加先提高

后降低,当整理剂质量浓度在 20 g/L 时达到最高,当质量浓度为 50 g/L 时,织物的快干性能低于未整理的对照组。这主要是因为,吸湿排汗整理剂与纤维进行交联反应,在涤纶纤维的表面形成了一个粗糙的亲水界面,当水分接触到涤纶纤维表面时,它会快速地展开,并沿着纤维表层不断进行传递。整理剂质量浓度越高,纤维界面上的吸湿性排汗整理剂就会黏附得越多,水分进行平铺式传递就会更快。但质量浓度过高,对维持纤维集体中的孔隙结构不利,进而对蒸发速率产生影响。因此,综合考虑织物的蒸发速率和芯吸高度,整理剂质量浓度选择 10,20,30 g/L。

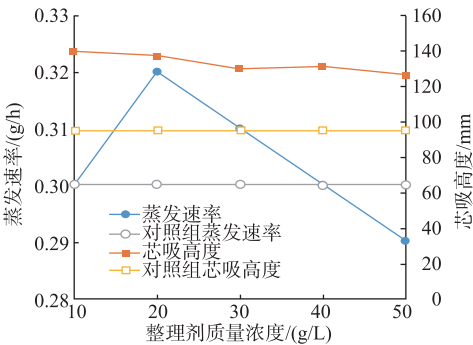


图2 整理剂质量浓度与涤纶/羊毛针织物芯吸高度、蒸发速率的关系

Fig. 2 Relationship between finishing agent concentration and wicking height and evaporation rate of polyester/wool knitted fabric

2.2 烘干温度对吸湿快干性能的影响

为节约原材料,降低成本,以 10 g/L 整理剂质量浓度为例进行实验。按照单因素实验要求,其他因素保持恒定(整理剂质量浓度 10 g/L、烘干时间 60 s),烘干温度分别取 140,150,160,170,180 ℃,进行吸湿快干整理实验,烘干温度与芯吸高度、蒸发速率关系如图 3 所示。

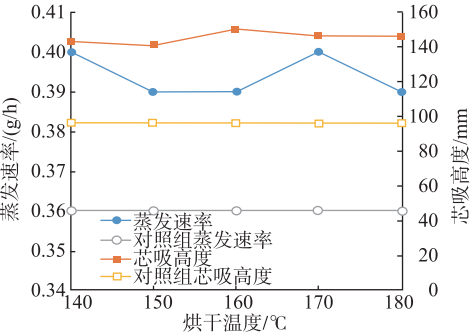


图3 烘干温度与涤纶/羊毛针织物芯吸高度、蒸发速率的关系

Fig. 3 Relationship between drying temperature and wicking height and evaporation rate of polyester/wool knitted fabric

由图 3 可知,烘干温度对织物蒸发速率有较大影响,对织物芯吸高度的影响不大。随着烘干温度的升高,织物的芯吸高度相较于对照组有所变化,但整体变化幅度不大,其中烘干温度为 140,160,170,180 ℃时,织物的芯吸高度相对其他组要高;织物蒸发速率在烘干温度为 140 ℃和 170 ℃时有较大提高,其余组几乎相同。这可能是因为,升温有助于涤纶纤维和羊毛纤维吸附吸湿排汗整理剂,而高温又会为纤维与吸湿排汗的分离提供能量。因此,综合考虑织物的蒸发速率和芯吸高度,烘干温度选择 140,160,170 ℃(在高温下羊毛会泛黄,影响织物外观形态;高温能耗高,成本高,相同效果下优先选择低温,故不选择 180°)。

2.3 烘干时间对吸湿快干性能的影响

按照单因素实验要求,其他因素保持恒定(整理剂质量浓度 10 g/L、烘干温度 160 ℃),烘干时间分别取 30,60,90,120,150 s,进行吸湿快干整理实验,烘干时间与芯吸高度、蒸发速率的关系如图 4 所示。

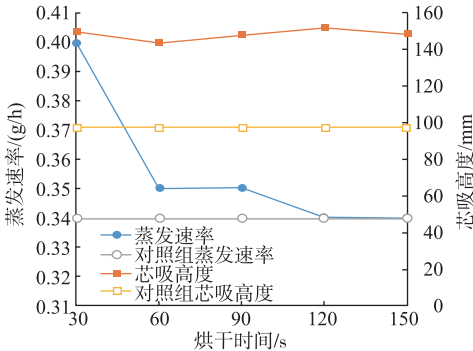


图4 烘干时间与涤纶/羊毛针织物芯吸高度、蒸发速率的关系

Fig. 4 Relationship between drying time and wicking height and evaporation rate of polyester/wool knitted fabric

由图 4 可知,烘干时间对织物蒸发速率有较大影响,对织物芯吸高度的影响不大。随着烘干时间的增加,织物的芯吸高度相较于对照组有上下波动,但整体变化幅度不大;织物蒸发速率在 30 s 时达到最高,120 s 和 150 s 时与对照组数值相同,故不考虑。出现此现象的原因可能是整理剂固着在纤维上需要时间,但反应完成后,继续延长烘干时间,整理剂不再与纤维产生反应,而是整理剂之间相互作用,从而影响吸湿排汗性能。由于涤纶/羊毛针织物的芯吸高度变化幅度不大,蒸发速率变化幅度较大,故烘干时间的选择主要参考蒸发速率变化曲线,最终选择 30,60,90 s。

2.4 正交实验设计

为了探索织物吸湿快干整理效果最佳的工艺参

数,以单因素实验为基础设计了正交实验,选择整理剂质量浓度、烘干温度、烘干时间 3 因素 3 水平(见表 2)的正交表 $L_9(3^4)$ 对最佳工艺参数的确定进行探究^[10]。

表 2 正交实验因素水平

Tab.2 Factor level table of orthogonal experiment factors

	A	B	C
水平	整理剂质量浓度/ (g/L)	烘干温度/ ℃	烘干时间/ s
1	10	140	30
2	20	160	60
3	30	170	90

2.4.1 极差分析 涤纶/羊毛针织物吸湿排汗整

表 3 $L_9(3^4)$ 正交实验极差分析

Tab.3 Range analysis of $L_9(3^4)$ orthogonal experiment

编号	A	B	C	空白列	芯吸高度/mm	蒸发速率/(g/h)
1 [#]	10	140	30	1	145	0.23
2 [#]	10	160	60	2	151	0.24
3 [#]	10	170	90	3	153	0.34
4 [#]	20	140	60	3	155	0.35
5 [#]	20	160	90	1	154	0.40
6 [#]	20	170	30	2	156	0.34
7 [#]	30	140	90	2	144	0.25
8 [#]	30	160	30	3	146	0.24
9 [#]	30	170	60	1	149	0.30

注:空白列即为误差列,可提高实验结果可信度。

表 4 芯吸高度极差分析结果

Tab.4 Range analysis results of wicking height

评价指标	芯吸高度/mm			
K_{1j}	149.67	148.00	149.00	149.33
K_{2j}	155.00	150.33	151.67	150.33
K_{3j}	146.33	152.67	150.33	151.33
R_j	8.67	4.67	2.67	2.00
因素主次	$A > B > C$			
最优工艺	$A_2B_3C_2$			

注:极差 R 是指该因素对实验评价指标的影响情况, R 值越大,影响越显著; K 为各指标均值; j 代表 A 、 B 、 C 、空白列。

表 5 蒸发速率极差分析结果

Tab.5 Range analysis results of evaporation rate

评价指标	蒸发速率/(g/h)			
\bar{K}_{1r}	0.27	0.28	0.27	0.31
\bar{K}_{2r}	0.36	0.29	0.30	0.28
\bar{K}_{3r}	0.26	0.33	0.33	0.31
R_r	0.10	0.05	0.06	0.03
因素主次	$A > C > B$			
最优工艺	$A_2C_3B_3$			

注: \bar{K} 为均值; R 为极差; r 代表 A 、 B 、 C 、空白列。

理工艺正交实验极差分析及极差分析结果见表 3 ~ 表 5。织物芯吸高度和蒸发速率的效应曲线如图 5 所示。

由表 4 和表 5 可知,影响织物芯吸高度的因素主次排序为整理剂质量浓度 $A >$ 烘干温度 $B >$ 烘干时间 C 。影响织物蒸发速率的因素主次排序为整理剂质量浓度 $A >$ 烘干时间 $C >$ 烘干温度 B 。

均值 K 是由同一因素的不同水平引起的差异,通过比较同一列均值 K 的大小来比较该因素影响评估指标(芯吸高度和蒸发速率)的大小,最终确定该因素下的最佳水平。文中实验以芯吸高度和蒸发速率作为评价指标,均考虑指标参数适度大为佳。

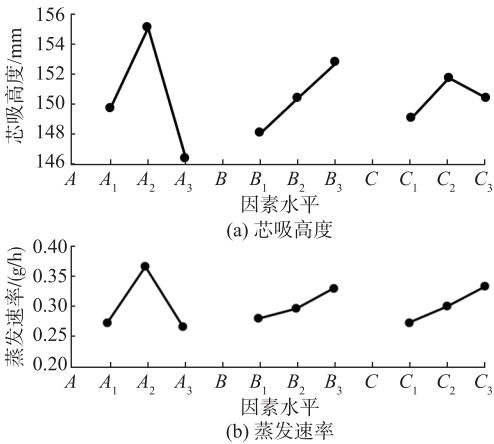


图 5 正交实验效应曲线

Fig.5 Effect curve of orthogonal experiment

由表 2 可知,以芯吸高度作为评价指标时,选取 A_2, B_3, C_2 (即整理剂质量浓度 20 g/L,烘干温度 170 ℃,烘干时间 60 s)的工艺条件可以获得织物芯吸高度的最佳整理效果;以蒸发速率作为评价指标时,选取 A_2, B_3, C_3 (即整理剂质量浓度 20 g/L,烘干温度 170 ℃,烘干时间 90 s)的工艺条件可以获得织物蒸发速率的最佳整理效果。

观察经正交实验整理后的涤纶/羊毛针织物外观,发现织物外观基本无明显变化,颜色有稍微泛黄,这是由于织物中含有羊毛,经过高温烘干造成羊毛泛黄,但羊毛含量相较于涤纶含量少,烘干时间较短,因此织物外观无较大变化。

2.4.2 方差分析 表 6 和表 7 分别为织物芯吸高

度和蒸发速率正交实验的方差分析结果。由表 6 和表 7 可以看出,当 F 值 $> F_{0.95}(2,2) = 19.00$ 时,认为该因素对实验结果的影响是显著的,用 $**$ 表示;当 F 值 $> F_{0.90}(2,2) = 9.00$ 时,认为该因素有较显著影响,用 $*$ 表示;反之,则认为该因素对实验结果的影响不显著。

表 6 芯吸高度方差分析结果
Tab.6 Wicking height ANOVA results

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
整理剂质量浓度/(g/L)	114.667	2	19.111	$F_{0.95}(2,2)$	显著(**)
烘干温度/℃	32.667	2	5.444		
烘干时间/s	10.667	2	1.778		
误差	6.000	2			

表 7 蒸发速率方差分析结果
Tab.7 Evaporation rate ANOVA results

因素	偏差平方和	自由度	F 比	F 临界值	显著性
整理剂质量浓度/(g/L)	0.019	2	9.5	$F_{0.90}(2,2)$	较显著(*)
烘干温度/℃	0.004	2	2.0		
烘干时间/s	0.005	2	2.5		
误差	0.00	2			

从表 6 和表 7 的分析可以得出:就涤纶/羊毛针织物而言, $\alpha = 0.05$ 时,整理剂质量浓度对芯吸高度影响显著; $\alpha = 0.10$ 时,整理剂质量浓度对蒸发速率影响较显著。整理剂质量浓度对织物的蒸发速率均有较大影响,而烘干温度和烘干时间对织物的芯吸高度和蒸发速率的影响相对较小。这与极差分析中各因素对芯吸高度和蒸发速率影响的主次顺序结果基本一致。

通过极差分析法和方差分析法进行正交实验,得到最佳工艺参数方案分别为 $A_2B_3C_2$ 和 $A_2B_3C_3$ 。对两种整理方案进行验证,根据正交实验优选出的两种工艺参数分别整理实验试样,测试整理前后试样的芯吸高度和蒸发速率,结果见表 8。

表 8 两种优化方案的实验结果

整理方案	芯吸高度/mm	蒸发速率/(g/h)
$A_2B_3C_2$ 工艺整理织物	154	0.40
$A_2B_3C_3$ 工艺整理织物	153	0.44
未整理织物	96	0.26

由表 8 可知,用 $A_2B_3C_2$ 工艺整理的涤纶/羊毛针织物的芯吸高度较未整理织物的芯吸高度提高 60.42%,蒸发速率增加 53.8%;用 $A_2B_3C_3$ 工艺整理的涤纶/羊毛针织物的芯吸高度提高 59.38%,蒸发速率增加 69.23%。由此可知,经过两种整理方案整理后,芯吸高度和蒸发速率都有较大提高,均

达到国家标准 GB/T 21655.1—2008《纺织品吸湿速干性的评定第 1 部分:单项组合试验法》中的要求。以芯吸高度作为评价指标时,虽然烘干时间(因素 C)取 C_2 更好,但取 C_2 与取 C_3 相差不大,而烘干时间对蒸发速率有较大影响。因此,可以选择蒸发速率更优的 $A_2B_3C_3$ 整理工艺作为最佳工艺参数方案,优选的涤纶/羊毛针织物最佳吸湿速干整理工艺参数为:整理剂质量浓度 20 g/L,烘干温度 170 ℃,烘干时间 90 s。

2.5 耐洗性能实验

为适应人们对服装功能耐洗性的需求,对经过优选工艺整理后的涤纶/羊毛针织物按照 GB/T 8629—2017《纺织品试验用家庭洗涤和干燥程序》^[11]4N 程序进行 5 次和 20 次洗涤,洗涤温度 40 ℃。优化工艺整理织物耐洗性能见表 9。

表 9 优化工艺整理织物耐洗性能

洗涤次数	芯吸高度/mm	蒸发速率/(g/h)
0	153	0.44
5	175	0.40
20	182	0.38

由表 9 可知,经优选工艺整理后的涤纶/羊毛针织物具有较好的耐水洗性能,经过 5 次、20 次水洗后,整理织物的蒸发速率基本无明显变化,整理织物的芯吸高度相较于洗前有所提高,表明织物的吸湿性有所提高。这可能是因为洗前纱线中的纤维

之间抱合紧密,水分在纱线内部纤维缝隙之间的传递速度较慢,在面料经过一定的洗涤次数后,反复的挤压、拉伸使得纱线中纤维出现滑移,纤维间相互抱合力减弱,纤维缝隙增大,在面料进行毛细效应实验时,纤维缝隙之间水分子数增多,使得芯吸高度增加。

3 结 语

1)由正交实验结果得出:在涤纶/羊毛针织物吸湿速干整理实验中,整理剂质量浓度、烘干温度、烘干时间因素对芯吸高度、蒸发速率评价指标的影响程度不同。影响织物芯吸高度的因素主次顺序为整理剂质量浓度 > 烘干温度 > 烘干时间。影响织物蒸发速率的因素主次顺序为整理剂质量浓度 > 烘干时间 > 烘干温度。

2)通过正交实验结果分析和验证,确定涤纶/羊毛针织物的最佳整理工艺参数为:整理剂质量浓度20 g/L,烘干温度 170 ℃,烘干时间 90 s。采用该优化工艺整理得到的涤纶/羊毛针织物吸湿速干性能优异并具有较好的耐洗性能。

(3)建议在实际生产中,使用吸湿排汗助剂 Peratain SR-2024N 对涤纶/羊毛针织物进行功能整理的工艺条件控制在整理剂质量浓度 10 ~ 40 g/L、烘干温度 150 ~ 170 ℃、烘干时间 60 ~ 90 s,有助于提高吸湿速干效果。

参考文献:

[1] 李煜炜,王永锋,王慧云,等. 异形截面涤纶包芯纱织物的吸湿快干性能研究[J]. 棉纺织技术,2021,49(5):29-32.
LI Yuwei,WANG Yongfeng,WANG Huiyun,et al. Study on absorption and quick-drying property of profiled polyester corn-spun yarn fabric [J]. Cotton Textile Technology,2021,49(5):29-32. (in Chinese)

[2] 陈庭春,董涛涛,李娟,等. 涤纶针织物吸汗速干整理实践及常见问题分析[J]. 针织工业,2015(10):40-44.
CHEN Tingchun,DONG Taotao,LI Juan,et al. Practice of sweat absorption and flash drying finishing of polyester knitted fabric and analysis of common problems [J]. Knitting Industries,2015(10):40-44. (in Chinese)

[3] 张涛,沈丽,郭玉良. 涤纶针织物吸湿排汗整理工艺优化[J]. 纺织科技进展,2016(12):18-20.
ZHANG Tao,SHEN Li,GUO Yuliang. Finishing process optimization of moisture adsorption and sweat removal of polyester fabric [J]. Progress in Textile Science and Technology,2016(12):18-20. (in Chinese)

[4] 王孟泽,张强华,龙邵,等. 涤纶针织面料吸湿速干整理工艺实践[J]. 纺织导报,2018(4):39-41.
WANG Mengze,ZHANG Qianghua, LONG Shao, et al. The moisture-absorbent and quick-drying finishing of polyester knitted fabrics [J]. China Textile Leader,2018(4):39-41. (in Chinese)

[5] 孙洁,李志伟,贺江平. 涤纶针织物吸湿快干整理工艺优化及性能探讨[J]. 西安工程大学学报,2013,27(2):162-165.
SUN Jie,LI Zhiwei,HE Jiangping. Process and property of moisture absorbent and fast drying of polyester knits[J]. Journal of Xi'an Polytechnic University,2013,27(2):162-165. (in Chinese)

[6] 王江波,李亚萍,张国成. 涤毛 Dri-release 吸湿快干罗马布的染整加工[J]. 针织工业,2016(4):44-46.
WANG Jiangbo,LI Yaping,ZHANG Guocheng. Dyeing and finishing of polyester and wool dri-release ponte-de-Roma with property of hygroscopic and fast dry [J]. Knitting Industries,2016(4):44-46. (in Chinese)

[7] 中华人民共和国国家发展和改革委员会. 纺织品 毛细效应试验方法:FZ/T 01071—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[8] 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 吸湿速干性的评定 第1部分:单项组合试验法:GB/T 21655. 1—2008[S]. 北京:中国标准出版社,2008.

[9] 胡成蒙,武海良,张向东,等. 吸湿速干针织物研究进展[J]. 纺织科技进展,2021(5):1-5,51.
HU Chengmeng,WU Hailiang,ZHANG Xiangdong,et al. Research progress of moisture absorption and quick drying knitted fabric [J]. Progress in Textile Science and Technology,2021(5):1-5,51. (in Chinese)

[10] 陈魁. 试验设计与分析[M]. 北京:清华大学出版社,2005:72-137.

[11] 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 试验用家庭洗涤和干燥程序:GB/T 8629—2017[S]. 北京:中国标准出版社,2017.

(责任编辑:张 雪)