

超高分子量聚乙烯/不锈钢丝/锦纶包覆纱的工艺探究及优化

钟林¹, 郑敏博², 郭艳文¹, 黄晓梅¹, 曹海建^{*1}

(1. 南通大学 纺织服装学院, 江苏 南通 226019; 2. 际华三五四二纺织有限公司, 湖北 襄阳 441100)

摘要:采用单因素实验探讨牵伸倍数、卷绕率、外包捻度对包覆纱断裂强力的影响, 并利用 SPSS 软件进行显著性分析, 选取有显著差异的水平; 以包覆纱的断裂强力为指标, 进行有交互作用的正交实验, 确定超高分子量聚乙烯/不锈钢丝/锦纶包覆纱的最优工艺。结果表明, 牵伸倍数、卷绕率以及外包捻度之间的交互作用对超高分子量聚乙烯/不锈钢丝/锦纶包覆纱的工艺有显著影响。实验得出超高分子量聚乙烯/不锈钢丝/锦纶包覆纱最优包覆工艺为: 牵伸倍数 1.00, 卷绕率 1.1, 外包捻度 200 捻/m。

关键词: 包覆纱; 牵伸倍数; 卷绕率; 捻度; 断裂强力

中图分类号: TS 102.52.4 文献标志码: A 文章编号: 2096-1928(2024)06-0478-06

Process Exploration and Optimization of Ultra-High Molecular Weight Polyethylene/Stainless Steel Wire/Nylon Coated Yarn

ZHONG Lin¹, ZHENG Minbo², GUO Yanwen¹, HUANG Xiaomei¹, CAO Haijian^{*1}

(1. School of Textile and Clothing, Nantong University, Nantong 226019, China; 2. Jihua 3542 Textile Co., Ltd., Xiangyang 441100, China)

Abstract: The influence of draft multiple, winding rate and outsourcing twist on the breaking force of coated yarn was explored using one-factor experiment. On the basis of single factor, SPSS software was used to conduct significance analysis, and the levels with significant differences were selected. It conducted orthogonal experiments with interactive effects based on the breaking force of the coated yarn to determine the optimal process for ultra-high molecular weight polyethylene/stainless steel wire/nylon coated yarn. The results show that the interaction between draft multiple, winding rate and outsourcing twist has a significant impact on the process of the ultra-high molecular weight polyethylene/stainless steel wire/nylon coated yarn. The optimal coating process of ultra-high molecular weight polyethylene/stainless steel wire/nylon coated yarn was determined as follows: draft multiple 1.00, winding rate 1.1, outsourcing twist 200 twist/m.

Key words: coated yarn, draft multiple, winding rate, twist, breaking force

包覆纱又称包缠纱, 是由两种或两种以上纤维构成的新型纱线, 根据包覆层数可分为单层包覆、双层包覆以及多层包覆^[1]。包覆纱主要由两部分组成——芯纱和外包纱。外包纱以螺旋的方式对

芯纱进行包覆^[2], 使纱线具有条干均匀、强度高、纱体蓬松丰满等特点^[3]。超高分子量聚乙烯纤维具有高强度、高模量的物理性能, 抗切割性好, 并且其密度仅为 0.97 g/cm^3 ^[4-5], 质地轻薄; 不锈钢金属长

收稿日期: 2024-05-24; 修订日期: 2024-07-31。

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFC0810300); 国家级大学生创新训练项目(202210304037Z); 江苏省研究生科研与实践创新计划项目(KYCX23_3406)。

作者简介: 钟林(2000—), 女, 硕士研究生。

* 通信作者: 曹海建(1979—), 男, 教授, 硕士生导师。主要研究方向为防弹、防机械伤害复合材料。

Email: caohaijian@ntu.edu.cn

丝耐磨、强度高、抗剪切,在纱线中增加其含量可以改善纱线的断裂强度^[6-7];锦纶的弹性、耐磨性和服用性均较好^[8]。双层包覆纱的结构可以使其兼具多种纤维特性,因此,文中以聚酰胺(polyamide, PA)长丝为外包纤维,以超高分子量聚乙烯(ultra-high molecular weight polyethylene, UHMWPE)长丝和不锈钢长丝为芯,制备超高分子量聚乙烯/不锈钢丝/锦纶包覆纱(以下简称UHMWPE包覆纱)。文中探究牵伸倍数、卷绕率、最外层 PA 捻度(以下简称外包捻度)对包覆纱断裂强力的影响,并通过正交实验考察各因素间相互作用,得出最佳包覆工艺。

1 实验部分

1.1 材料与仪器

1.1.1 原料 UHMWPE 长丝(线密度为22.2 tex),江苏九九久科技有限公司生产;不锈钢金属丝(直径为 50 μm),江苏金火炬金属纤维有限公司生产;PA 长丝(线密度为 7.7 tex),海安中山合成纤维有限公司生产。原料的基本物理机械性能见表 1。

表 1 原料基本物理机械性能

Tab.1 Basic physical and mechanical properties of raw materials			
纤维种类	密度/ (g/cm^3)	断裂强力/ N	模量/ (N/tex)
UHMWPE	0.97	68.82	97.0
不锈钢丝	7.86	9.31	25.0
PA	1.14	0.62	39.8

1.1.2 仪器 HKV-101D 型络筒机,浙江精功科技股份有限公司制造;HKV141D 型空心锭子包覆丝机,浙江精功科技股份有限公司制造;Instron 5969H型万能材料试验机,美国 Instron 公司制造。

1.2 方法

1.2.1 包覆纱制备 包覆纱结构如图 1 所示。将刚性大、强度高的不锈钢金属丝、UHMWPE 长丝置于内层,将刚性小、柔软舒适的纤维原料 PA 长丝置于纱线外层,以提升纱线与人体皮肤接触时的舒适感。同时,由于 UHMWPE 长丝表面较为光滑,为了实现较好的包覆效果,采用双层包覆工艺。具体制备工艺为:①外包纤维络筒。将外包纤维在络筒机上进行络筒,目的是将其加工成可在后续包覆丝机上使用的锭筒。②制备包覆纱。将加工好的锭筒分别套在上下层空心锭子上;芯丝从纤维筒子上退绕,穿过弹簧张力器后经过芯纱伸直辊进行一定倍数的牵伸,再从下方依次穿入下层空心锭子和上层空心锭子的芯部;锭子在龙带的带动下高速回转,使

锭筒上的外包覆丝退绕,在气圈导丝钩的作用下外包丝形成气圈,上下层锭子反向旋转加捻包缠;丝器按一定规律往复运动,将从引纱辊引出的包覆纱卷绕到平行筒子上^[9-10]。具体制备原理如图 2 所示。

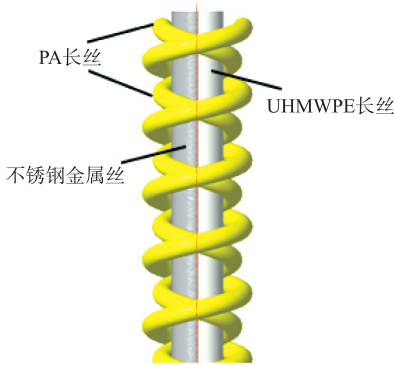
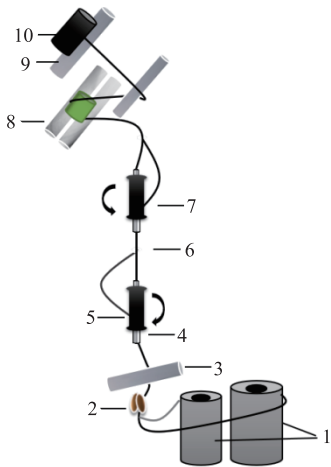


图 1 超高分子量聚乙烯/不锈钢丝/锦纶包覆纱结构
Fig.1 Structure of ultra-high molecular weight polyethylene/stainless steel wire/nylon coated yarn



注:1—芯丝;2—弹簧张力器;3—芯纱伸直辊;4—空心锭子;5—内层包覆纤维;6—气圈导丝钩;7—外层包覆纤维;8—上牵伸辊;9—卷绕辊;10—包覆纱平行筒子。

图 2 包覆纱工艺原理

Fig.2 Principle of coated yarn process

1.2.2 包覆纱断裂强力测试 使用万能材料试验机进行断裂强力测试。根据 GB/T 14344—2022《化学纤维 长丝拉伸性能试验方法》^[11],设置实验夹距为 500 mm,拉伸速度为 250 mm/min,输入相应纱线线密度^[12]。每筒纱测量 10 次,取平均值。

1.2.3 单因素实验 采用 1.2.1 中方法制备包覆纱,内层 PA 长丝捻度均设置为 400 捻/m;采用 1.2.2 中方法进行断裂强力测试,所制备包覆纱的线密度均在 50 tex 左右,测试时输入 50 tex。进行 3 项单因素实验:①固定卷绕率为 1.5,外包捻度为 250 捻/m,考察不同牵伸倍数(0.90,0.95,1.00,1.05,1.10)对包覆纱断裂强力的影响;②固定牵伸倍数为 1.00,外包捻度为 250 捻/m,考察不同卷绕

率(1.1,1.3,1.5,1.7,1.9)对包覆纱断裂强力的影响;③固定牵伸倍数为 1.00,卷绕率为 1.5,考察不同外包捻度(150,200,250,300,350 捻/m)对包覆纱断裂强力的影响。

1.2.4 交互作用正交实验 在单因素实验的基础上,选用正交实验优化包覆纱的制备工艺^[13]。选取牵伸倍数、卷绕率、外包捻度为考察因素,每个因素设置 3 个水平,具体见表 2。按照表 2 进行 L₂₇(3¹³)正交实验。

表 2 包覆工艺的变量及水平

Tab.2 Variables and levels of coating process			
水平	因素		
	牵伸倍数	卷绕率	外包捻度/ (捻/m)
1	0.90	1.1	200
2	0.95	1.3	250
3	1.00	1.5	300

2 结果与分析

2.1 单因素实验结果分析

牵伸倍数、卷绕率、外包捻度对包覆纱拉伸性能的影响如图 3 所示。

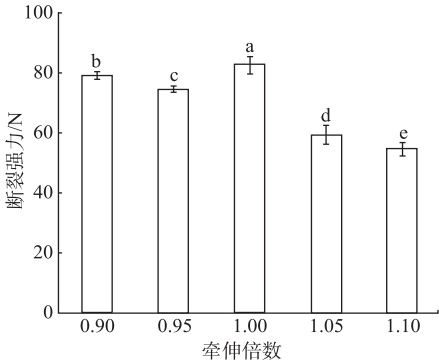
1)由图 3(a)可以看出,UHMWPE 包覆纱的断裂强力随着牵伸倍数的增加呈现先波动增大后减小的趋势,当牵伸倍数为 1.00 时,断裂强力达到最大值。这是因为随着牵伸倍数的增大,芯丝被逐渐拉伸产生伸长变形,纱线内应力增加,因此可以承受更大外力;当牵伸倍数超过一定数值时,由于芯丝伸长有限而处于过度拉紧的状态,同时外层锦纶紧密包覆限制了芯丝的继续伸长,从而使断裂强力减小^[14-15]。

使用 SPSS 软件进行方差显著性差异分析,选取 3 个断裂强力较大且有显著差异($p < 0.05$)的牵伸倍数(0.90,0.95,1.00)进行后续正交实验。

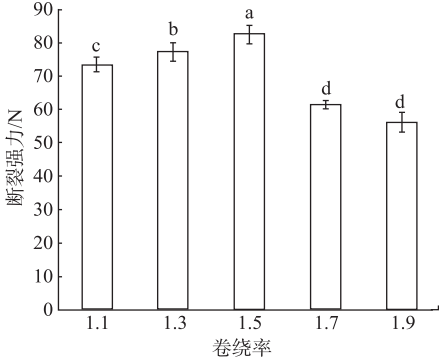
2)由图 3(b)可以看出,UHMWPE 包覆纱的断裂强力随着卷绕率的增加呈现先增大后减小的趋势。当卷绕率为 1.5 时,断裂强力达到最大值;当卷绕率大于 1.7 时,断裂强力明显减小。这是因为随着卷绕率的逐渐增大,卷绕速度加快,改善了纱线质量;当卷绕率超过一定数值时,由于芯丝张力过大,纱线预伸长增加,导致其断裂强力减小^[16-18]。

使用 SPSS 软件进行方差显著性差异分析,得出卷绕率为 1.7 和 1.9 时无显著性差异($p > 0.05$)。选取 3 个断裂强力较大且有显著差异的卷绕率(1.1,1.3,1.5)进行后续正交实验。

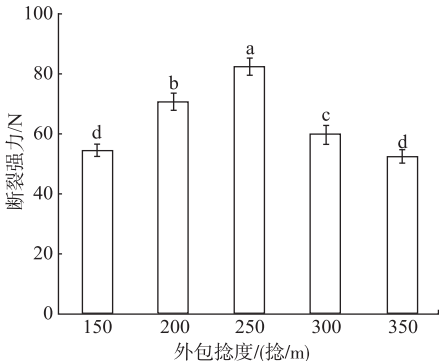
3)由图 3(c)可以看出,UHMWPE 包覆纱的断裂强力随着外包捻度的增加呈现先增大后减小的趋势,当外包捻度为 250 捻/m 时,断裂强力最大。这是因为随着捻度的逐渐增大,纤维间的摩擦力增大,抱合力增强,纱线更加紧密,因此断裂强力增加;当捻度超过 250 捻/m 时,外层锦纶的捻回角增大,使得纱体轴向可承受的力减小,同时捻度过大会造成芯丝扭结,进而导致后续纱线包覆不均,从而使纱线的断裂强力减小^[19-20]。



(a) 牵伸倍数与包覆纱断裂强力的关系



(b) 卷绕率与包覆纱断裂强力的关系



(c) 外包捻度与包覆纱断裂强力的关系

注:a~e 用以表示组间显著性差异(显著水平 $\alpha = 0.05$),其中相同字母代表差异不显著,不同字母代表差异显著。

图 3 单因素实验结果

Fig.3 Results of single factor experiment

使用 SPSS 软件进行方差显著性差异分析,得出外包捻度为 150,350 捻/m 时无显著性差异($p >$

0.05)。选取 3 个断裂强力较大且有显著差异的外包捻度(200,250,300 捻/m)进行后续正交实验。

2.2 正交实验结果分析

文中采用 $L_{27}(3^3)$ 正交设计表对 UHMWPE 包覆纱牵伸倍数、卷绕率、外包捻度 3 个因素进行正

交实验,以探讨各因素及各因素间的相互作用对 UHMWPE 包覆纱断裂强力的影响,并分析出最佳包覆工艺。表 3 为牵伸倍数(A)、卷绕率(B)、外包捻度(C)3 个影响因素在不同水平下 UHMWPE 包覆纱的断裂强力。

表 3 正交实验设计及结果
Tab.3 Design and results of orthogonal experiment

实验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	断裂 强力/N
	A	B	AB	AB	C	AC	AC	BC	空列	空列	BC	空列	空列	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	60.665
2	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	66.116
3	1	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3	73.145
4	1	2	2	2	1	1	1	2	2	2	3	3	3	55.294
5	1	2	2	2	2	2	2	3	3	3	1	1	1	75.123
6	1	2	2	2	3	3	3	1	1	1	2	2	2	69.201
7	1	3	3	3	1	1	1	3	3	3	2	2	2	71.540
8	1	3	3	3	2	2	2	1	1	1	3	3	3	78.939
9	1	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1	1	1	66.704
10	2	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	63.378
11	2	1	2	3	2	3	1	2	3	1	2	3	1	54.764
12	2	1	2	3	3	1	2	3	1	2	3	1	2	59.715
13	2	2	3	1	1	2	3	2	3	1	3	1	2	64.815
14	2	2	3	1	2	3	1	3	1	2	1	2	3	61.826
15	2	2	3	1	3	1	2	1	2	3	2	3	1	77.093
16	2	3	1	2	1	2	3	3	1	2	2	3	1	76.136
17	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	3	1	2	74.427
18	2	3	1	2	3	1	2	2	3	1	1	2	3	77.128
19	3	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	83.620
20	3	1	3	2	2	1	3	2	1	3	2	1	3	73.434
21	3	1	3	2	3	2	1	3	2	1	3	2	1	75.176
22	3	2	1	3	1	3	2	2	1	3	3	2	1	79.678
23	3	2	1	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	77.170
24	3	2	1	3	3	2	1	1	3	2	2	1	3	74.859
25	3	3	2	1	1	3	2	3	2	1	2	1	3	70.689
26	3	3	2	1	2	1	3	1	3	2	3	2	1	82.425
27	3	3	2	1	3	2	1	2	1	3	1	3	2	59.655
k_{1j}	68.525	67.779	73.258	68.492	69.535	70.496	65.356	73.845			69.474			
k_{2j}	67.698	70.562	65.583	73.282	71.580	70.466	73.233	66.399			70.426			
k_{3j}	75.190	73.071	72.572	69.639	70.297	70.450	71.823	71.169			71.513			
极差	7.492	5.292	7.675	4.790	2.045	0.046	8.877	7.446			2.039			

注: k_{1j},k_{2j},k_{3j} 为每个因素第 j 列上对应水平(1,2,3)各数据的均值。

由表 3 可以看出,断裂强力在 54.764 ~ 83.620 N 范围内变动,极差为 28.856 N,最大值约为最小值的 1.5 倍。其中,牵伸倍数(A)、卷绕率(B)、外包捻度(C)的极差(R)分别为 7.492, 5.292,2.045, R 越大,对 UHMWPE 包覆纱断裂强力的影响越大,因此 3 个因素的影响排序为 $A > B > C$;AB、AC、BC 交互作用的极差 R 分别为 12.465, 8.923,9.485,因此交互作用的影响排序为 $AB > BC > AC$ 。

通过对极差进行比较,可看出三者间的交互作用显著,且交互作用对 UHMWPE 包覆纱断裂强力的影响较大。将小于误差列均方差 2 倍的相应列求得的偏差平方和合并至误差列^[21],采用正交实验助手进行数据处理,得到方差分析结果,具体见表 4。

由表 4 可以看出,牵伸倍数(A)以及牵伸倍数(A)、卷绕率(B)、外包捻度(C)之间的交互作用 AB、AC、BC 对 UHMWPE 包覆纱的断裂强力有显著影响($p < 0.05$),且影响顺序为 $AB > AC > BC > A$ 。

表 4 方差分析
Tab.4 Analysis of variance

因素	偏差平方和	自由度	<i>F</i> 比	<i>p</i>
A	303.663	2	7.243	0.011 *
B	126.147	2	3.009	0.095
C	19.234	2	0.459	0.645
AB	437.305	4	10.430	0.001 **
AC	379.316	4	9.047	0.002 **
BC	274.831	4	6.555	0.007 **
误差	209.64	10		

注: **, * 分别表示在 0.01 和 0.05 的水平上显著。

图 4 为不同牵伸倍数(A)、卷绕率(B)组合下 UHMWPE 包覆纱的断裂强力。由图 4 可以看出, A₃B₁ 组合的断裂强力最大,为 77.410 N。

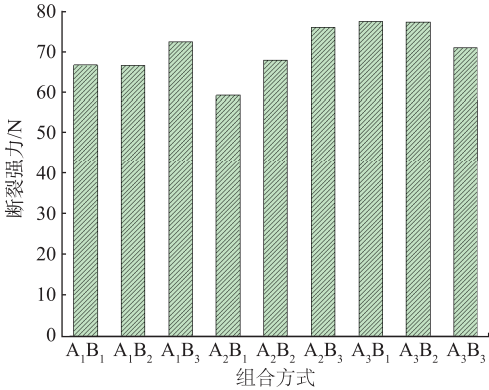


图 4 不同牵伸倍数、卷绕率组合下 UHMWPE 包覆纱的断裂强力

Fig.4 Breaking force of UHMWPE coated yarn under different combination of draft multiple and winding rate

图 5 为不同牵伸倍数(A)、外包捻度(C)组合下 UHMWPE 包覆纱的断裂强力。由图 5 可以看出, A₃C₁ 组合的断裂强力最大,为 77.996 N。综上,可以得出最优组合为 A₃B₁C₁,与表 3 正交实验结果一致。

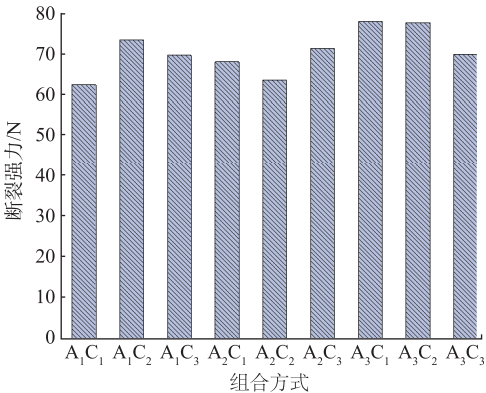


图 5 不同牵伸倍数、外包捻度组合下 UHMWPE 包覆纱的断裂强力

Fig.5 Breaking force of UHMWPE coated yarn under different combination of draft multiple and outsourcing twist

3 结 语

文中采用空心锭子包覆丝机进行 UHMWPE 包覆纱的制备,探究牵伸倍数、卷绕率、外包捻度对 UHMWPE 包覆纱断裂强力的影响规律;并以包覆纱断裂强力为评价指标,在单因素实验的基础上,采用 L₂₇(3¹³) 正交实验,分析各因素间的交互作用,以优化 UHMWPE 包覆纱的制备工艺。得到以下结论:

1) 牵伸倍数、卷绕率、外包捻度是影响 UHMWPE 包覆纱断裂强力的关键因素,且三者之间存在明显交互作用。

2) 牵伸倍数、三因素间的交互作用对 UHMWPE 包覆工艺有显著影响,影响排序为 AB > AC > BC > A。

3) UHMWPE 包覆纱的最佳包覆工艺为:牵伸倍数 1.00、卷绕率 1.1、外包捻度 200 捻/m。在此条件下,其断裂强力为 83.620 N。

在包覆纱制备中选择合理的工艺进行包覆加工,可大大提高包覆纱的断裂强力;在进行工艺优化时应考虑各因素之间的影响。

参考文献:

[1] 仲霞,周海燕. 机械包覆纱捻度探讨[J]. 山东纺织经济, 2020, 37(4): 29-31.
ZHONG Xia, ZHOU Haiyan. Discussion on twist of mechanical covering yarn [J]. Shandong Textile Economy, 2020, 37(4): 29-31. (in Chinese)

[2] 严涛海. 纳米纤维包覆纱线外包包缠纱及其包缠机理[J]. 东华大学学报(自然科学版), 2021, 47(2): 40-45.
YAN Taohai. Nanofibers and filament composite wrapped yarn and its wrapping mechanism[J]. Journal of Donghua University (Natural Science), 2021, 47(2): 40-45. (in Chinese)

[3] MIRDEHGHAN A, NOSRATY H, SHOKRIEH M M, et al. The structural and tensile properties of glass/polyester co-wrapped hybrid yarns [J]. Journal of Industrial Textiles, 2018, 47(8): 1979-1997.

[4] 叶卓然,罗靓,潘海燕,等. 超高分子量聚乙烯纤维及其复合材料的研究现状与分析[J]. 复合材料学报, 2022, 39(9): 4286-4309.

YE Zhuoran, LUO Liang, PAN Haiyan, et al. Research status and analysis of ultra-high molecular weight polyethylene fiber and its composites [J]. Acta Materiae Compositae Sinica, 2022, 39 (9): 4286-4309. (in Chinese)

[5] WANG H Q, QUAN J Y, YU J R, et al. Enhanced wear resistance of ultra-high molecular weight polyethylene

fibers by modified-graphite oxide[J]. Journal of Applied Polymer Science,2021(30):1-18.

[6] 陈晴,张鑫,罗虹富,等.不同湿态下不锈钢/涤纶针织物的导电性能[J].服装学报,2019,4(3):207-211.

CHEN Qing, ZHANG Xin, LUO Hongfu, et al. Electrical conductivity of stainless steel fibers under different wet conditions[J]. Journal of Clothing Research, 2019, 4(3): 207-211. (in Chinese)

[7] 严涛海,时雅菁,王迪,等.不锈钢纤维/棉纤维混纺纱阻燃面料的制备及性能[J].轻纺工业与技术,2023,52(4):1-3.

YAN Taohai, SHI Yajing, WANG Di, et al. Preparation and properties of flame retardant fabric of stainless steel fiber/cotton fiber blended yarn[J]. Light and Textile Industry and Technology, 2023, 52(4): 1-3. (in Chinese)

[8] 刘玉萌,陈文,张瑞云,等.牛仔用锦纶66包芯纱的设计优化[J].棉纺织技术,2023,51(2):64-69.

LIU Yumeng, CHEN Wen, ZHANG Ruiyun, et al. Design optimization of polyamide 66 core-spun yarn for denim fabric[J]. Cotton Textile Technology, 2023, 51(2): 64-69. (in Chinese)

[9] 李杜,陈清清,张玲丽,等.聚酰胺纤维芳纶1414包覆纱的拉伸性能探讨[J].棉纺织技术,2021,49(9):60-63.

LI Du, CHEN Qingqing, ZHANG Lingli, et al. Discussion on tensile property of polyamide fiber aramid 1414 covered yarn[J]. Cotton Textile Technology, 2021, 49(9): 60-63. (in Chinese)

[10] 王勇,乔启凡,王宗乾,等.氨纶预牵伸倍数对棉/氨纶/不锈钢丝包覆纱性能的影响[J].现代纺织技术,2024,32(5):32-40.

WANG Yong, QIAO Qifan, WANG Zongqian, et al. Effect of pre-draft ratio of elastane filaments on the properties of yarns wrapped with cotton/spandex/stainless steel wires[J]. Advanced Textile Technology, 2024, 32(5): 32-40. (in Chinese)

[11] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会.化学纤维长丝拉伸性能试验方法:GB/T 14344—2022[S].北京:中国标准出版社,2022.

[12] 徐飞燕,马建伟.锦纶/塑料光纤包覆纱的纺制及性能分析[J].产业用纺织品,2020,38(3):17-21.

XU Feiyan, MA Jianwei. Spinning and performance analysis of polyamide/plastic optical fiber covered yarn[J]. Technical Textiles, 2020, 38(3): 17-21. (in Chinese)

[13] 余佳文,丁艳然,张佩华,等.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[J].服装学报,2023,8(3):223-228.

YU Jiawen, DING Yanran, ZHANG Peihua, et al. Optimization of process parameters for moisture absorption and quick drying of polyester/wool knitted fabrics by orthogonal test[J]. Journal of Clothing Research, 2023, 8(3): 223-228. (in Chinese)

[14] 乔启凡.弹性金属丝/棉/氨纶包覆纱的制备及性能研究[D].芜湖:安徽工程大学,2023.

[15] 曹膨莉,邱海斌,黄莉茜,等.低旦数氨纶空气包覆纱的结构与性能研究[J].纺织科学与工程学报,2023,40(4):1-5.

CAO Pengli, QIU Haibin, HUANG Liqian, et al. Structure and properties of low denier spandex air-covered yarns[J]. Journal of Textile Science and Engineering, 2023, 40(4): 1-5. (in Chinese)

[16] ALI M, AHMED R, AMER M. Yarn tension control technique for improving polyester soft winding process[J]. Scientific Reports, 2021, 11(1): 1060.

[17] 金礼月,李小红,时娟娟,等.捻度对双层包覆纱断裂强力的影响[J].棉纺织技术,2022,50(12):59-62.

JIN Liyue, LI Xiaohong, SHI Juanjuan, et al. Effect of twist on double covered yarn breaking strength[J]. Cotton Textile Technology, 2022, 50(12): 59-62. (in Chinese)

[18] 张新宇,吴仕奇,徐超.包覆工艺对涤纶低弹丝双包黏胶纱性能的影响[J].棉纺织技术,2020,48(2):64-67.

ZHANG Xinyu, WU Shiqi, XU Chao. Effect of wrapped process on polyester low-elastic filament double-wrapped viscose yarn property[J]. Cotton Textile Technology, 2020, 48(2): 64-67. (in Chinese)

[19] 陈超,邵光伟,张鑫,等.超高相对分子量聚乙烯/氨纶包覆纱制备工艺研究[J].产业用纺织品,2023,41(8):8-15.

CHEN Chao, SHAO Guangwei, ZHANG Xin, et al. Research on preparation process of UHMWPE/PU covered yarns[J]. Technical Textiles, 2023, 41(8): 8-15. (in Chinese)

[20] 骆春旭,李辉,吴敏勇,等.玄武岩复合纱线的制备及强伸性能分析[J].棉纺织技术,2024,52(1):50-53.

LUO Chunxu, LI Hui, WU Minyong, et al. Preparation and strength and elongation property analysis of basalt composite yarn[J]. Cotton Textile Technology, 2024, 52(1): 50-53. (in Chinese)

[21] 杜贝贝,谢树莲,王梦亮,等.中华蹄盖蕨抗番茄溃疡病菌活性物质提取工艺优化及其抑菌作用研究[J].食品工业科技,2019,40(24):1-7.

DU Beibei, XIE Shulian, WANG Mengliang, et al. Optimization of extraction process and antibacterial activity of anti-*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* of active substances from *Athyrium sinense*[J]. Science and Technology of Food Industry, 2019, 40(24): 1-7. (in Chinese)

(责任编辑:沈天琦)