

泰纶[®]纤维休闲针织面料开发

宋子玉,黄小云,白蕊,黄金来

(北京铜牛集团有限公司,北京 100026)

摘要:分析泰纶[®]纤维低碳环保生物基聚酰胺特性及泰纶[®]面料产品优良服用性能,开发春夏针织运动休闲健康面料。介绍开发工艺及技术创新点和难点,并测试织物的物理性能、吸湿速干及透气功能性等。结果表明,所开发面料挺括不变形,颜色新颖,吸湿速干及透气性能优异,物理指标均符合FZ/T 73020—2019《针织休闲服装》及相关功能性标准要求,是开发健康休闲针织产品理想面料。

关键词:泰纶[®]纤维;索罗娜;生物基聚酰胺;吸湿速干;透气功能;休闲针织产品

中图分类号:TS 193.5 **文献标志码:**B **文章编号:**1000-4033(2024)08-0046-05

Development of Leisure Knitted Fabric with Terry[®] Fiber

Song Ziyu, Huang Xiaoyun, Bai Rui, Huang Jinlai

(Beijing TopNew Group Co., Ltd., Beijing 100026, China)

Abstract: The characteristics of low-carbon and environment-friendly bio-based polyamide and the good wearing performance of the Terry[®] fabric are analyzed, the spring and summer knitted sports leisure and health fabrics is developed. The development process, technical innovation and difficulties are introduced, and the physical properties, moisture absorption, quick drying and air permeability are tested as well. The results show that the developed fabric has the advantages of stiffness, no-deformation, novel color, excellent moisture absorption, quick drying and air permeability. The physical indices can meet the requirements of FZ/T 73020—2019 “Knitted casual wear” and related functional standards, and it is an ideal fabric for developing healthy and leisure knitted products.

Key words: Terry[®] Fiber; Sorona[®]; Bio-based Polyamide; Moisture Absorption and Quick Drying; Air Permeability; Leisure Knitted Products

随着全球变暖超预期发展,减少温室气体排放、发展低碳经济、倡导低碳生活是大势所趋,在此形势下,生物基纺织纤维原料应运而生。泰纶[®]纤维是我国凯赛生物面向纺织领域推出的生物基聚酰胺纤维,具有绿色、环境友好、原料可再生等特性。泰纶[®]纤维休闲针织面料的开发,迎合当下消费者需求,具有广阔市场前景。

1 泰纶[®]纤维面料特性

1.1 原料及生产低碳环保可持续

泰纶[®]纤维形成过程,利用可再生生物质为原料,通过生物、化学及物理等手段制造用于合成聚酰胺的前体生物基戊二胺,通过与己二酸或生物基癸二酸聚合而成,生物基含量达45%~100%,CO₂排放量分别是传统石油基锦纶6、锦纶66的44.2%、50.4%,有效降低

碳排放,符合可持续发展理念。

泰纶[®]产品环保性和可持续性不仅体现在原料来源可再生,亦体现在其整个供应链条各环节均可达到可循环使用和可回收利用闭环环保,从而最大限度节约资源。泰纶[®]从原料到生产绿色链条见图1。

1.2 柔软舒适

生物基泰纶[®]纤维与涤纶、棉、绵羊毛、锦纶等常规纺织纤维

获奖情况:“2023年纺织新型原料创新应用技术研讨会”优秀论文。

作者简介:宋子玉(1983—),女,中级工艺美术师。主要从事针织功能性产品创新研发。

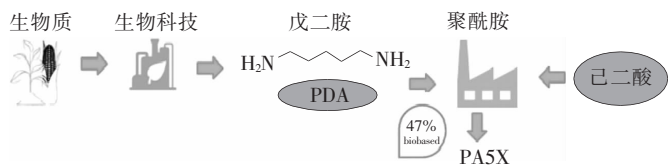


图1 泰纶®纤维从原料到生产的绿色链条

初始模量对比见图2。

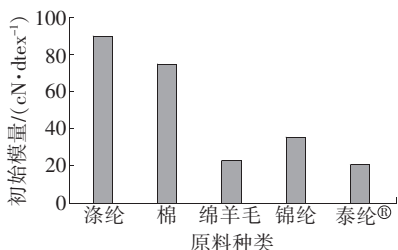


图2 初始模量对比

纤维初始模量，即弹性模量(或杨氏模量)，是指纤维受拉伸而伸长为原长1%时所需应力的100倍。其数值取决于高聚物化学结构及分子间相互作用力，数值越大，纤维越不容易变形，刚性越大；反之，数值越小，大分子柔性越强，也就越易变形。由图2可知，泰纶®纤维具有较低初始模量，手感更加亲肤柔软，产品在穿着过程中压迫感小，舒适度高，贴身更亲肤。

1.3 吸湿排汗

生物基泰纶®与涤纶、PA6、PA66纤维回潮率对比见图3。

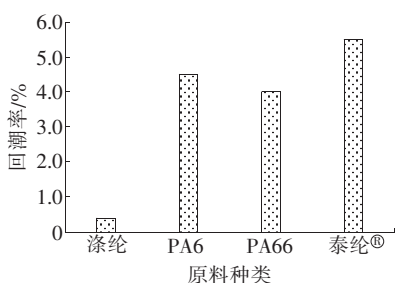


图3 回潮率对比

由图3可知，相比于传统聚酰胺纤维，泰纶®纤维具有优异吸湿性能，公定回潮率达5.0%~6.0%，是目前回潮率最高合成纤维之一。

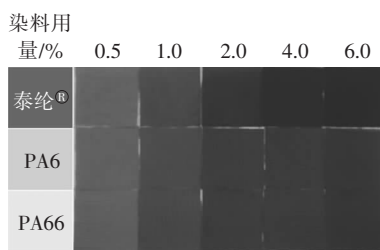
通过SGS吸湿认证，泰纶®纤维经5次水洗后，浸湿时间、浸湿半径、扩散速度均能达5级标准要求，吸水速率达4级标准要求，具

有更强天然凉感。

1.4 可活性染料深染

由于泰纶®特殊的分子结构，使纤维大分子上末端氨基与活性染料具有更高反应活性，相比于传统聚酰胺，相同上染百分率下泰纶®染料使用量最少，上色更深，可实现活性染料深染。尤其有利于实现棉、泰纶®混纺面料藏青等深色系活性染料一浴染色。

在相同条件下，采用活性蓝分别对泰纶®和PA6、PA66染色，染色结果见图4。



注：C.I.活性蓝19染色。

图4 活性染色深度比较

由图4可知，上述3种纤维同属聚酰胺类，当活性染料用量≤2.0%时，泰纶®纤维染色深度与PA6和PA66相近，但当活性染料用量≥4.0%时，泰纶®纤维染色深度明显高于PA6和PA66。

2 泰纶®针织休闲面料设计

2.1 设计思路

设计目的：节能减排，生物基纺织纤维，吸湿排汗，透气性好，舒适休闲产品面料。

为实现设计目的，在面料组成原料上，利用泰纶®纤维纱吸湿排汗、亲肤柔软特性，以天然长绒棉按一定比例与其混纺，既减少面料化纤感，又增强面料亲肤吸湿性；同时在辅助导湿纤维选择上，考虑

泰纶®低碳生物基原料特性，优先选用具有生物基聚酯纤维索罗娜。利用索罗娜低弹又柔中带挺物理特性，使开发面料易拉开，柔软有弹性，保形性好，产品在穿着中相较于氨纶产品压迫感小，舒适度高。

在泰纶®休闲产品面料组织架构设计上，采用有利于面料吸湿排汗功能充分发挥的单面盖组织，同时有利于增加面料透气性，以利于身体运动湿汽迅速扩散至体外。

设计泰纶®休闲面料染整工艺，遵循短流程、节能耗、低碳排绿色可持续理念，开发与泰纶®产品相适应的新型染整加工技术，形成一整套完善而行之有效的绿色染整工艺，增强泰纶®产品市场竞争力。

2.2 泰纶®纱线规格选择

在保证泰纶®吸湿排汗功能前提下，确定混纺长绒棉含量，以及索罗娜纤维规格。经多方面因素考量和试制，最终确定开发用纱规格：泰纶®棉混纺纱，纱线规格为精梳14.60 tex，泰纶®短纤0.16 tex(长绒棉与泰纶®纤维混纺比为60:40)；索罗娜纤维，DTY长丝，5.55 tex。

3 泰纶®针织休闲面料开发

3.1 编织工艺

坯布名称

原料及配比	泰纶®(面)与索罗娜(里)为50:50
设备	BYD20佰源单面大圆机
针号	22 N
筒径	762 mm(30")
转速	11 r/min
验后毛坯幅宽	165 cm
毛克质量	177 g/m ²
线圈长度	泰纶®(面)与索罗娜(里)均为26 cm/100个线圈
穿纱方式	1 F穿泰纶®棉纱、索罗娜长丝

3.2 染整工艺

3.2.1 热塑性分析

a. 定形温度选用

从化学组成与结构来看,泰纶®纤维与锦纶6、锦纶66都同属聚酰胺类纤维,锦纶6的原料是聚己内酰胺,是由环己酮和羟胺反应后经贝克曼重排来生产,循环节结构为—NHCO(CH₂)₅—;锦纶66是由己二酸和己二胺聚合反应得到,循环节—NHCO(CH₂)₄CONH(CH₂)₆—;泰纶®是由戊二胺和己二酸聚合反应所得到的,以及其循环节结构为—NHCO(CH₂)₄CONH(CH₂)₅—,分子循环节链段介于锦纶6与锦纶66之间,由此在一定程度上决定泰纶®纤维热力学性能。

聚酰胺纤维耐热性不如涤纶,易变形,但回弹性高。当温度升高使锦纶收缩,接近熔点时断崖式收缩,冷却变硬,回弹性消失,严重时纤维变黄脆损,所以对聚酰胺类针织物定形温度的选择尤为重要。

锦纶6软化点在170℃左右,干热定形温度在160~170℃;锦纶66软化点在230℃左右,干热定形温度在170~180℃,所以泰纶®面料干热定形温度确定为170℃。

b. 染整工艺路线的确立

由于聚酰胺纤维分子中含有大量弱亲水基团—C=O—NH—,分子两端有—NH₂和—COOH亲水基团,聚酰胺纤维是除维纶外吸湿性能最好的合成纤维。聚酰胺纤维吸湿后,水分子侵入纤维内部,引起纤维膨化,泰纶®纤维膨化效能更大,湿热环境对泰纶®面料性能变化影响较大,尤其在高温酸性环境下,造成纤维损伤强力下降等。经试验分析,泰纶®面料湿定形温度控制在130℃。本文选用的泰纶®面料染整工艺路线有以下3类。

方案一:预定形(170℃)→染

色前处理→分散染浴(110℃)→活性染料染泰纶®棉→染色后处理→柔软处理—烘干→定形(150℃)。

方案二:预定形(170℃)→染色前处理→分散(110℃)+活性染料染泰纶®棉→浴法染色→染色后处理→柔软处理→脱水退捻→湿定形(130℃)。

方案三:备布→染前处理→活性染料染泰纶®棉—浴法→柔软→脱水退捻→湿定形(130℃)。

试制过程中,发现采用方案一、方案二,泰纶®面料都不同程度变硬而失去弹性回复性,说明湿热强度已超出泰纶®纤维耐受极限。

考虑所开发泰纶®棉盖索罗娜面料中,索罗娜是由生物基1,3-丙二醇(PDO)与对苯二甲酸(PTA)为主要原料合成聚酯类纤维,其耐湿热性能优于泰纶®,根据短板效应,泰纶®面料染整工艺优先考虑泰纶®染整性能,用常温常压短流程、少高湿热加工新型染整工艺路线方案三,可行性由试验得到证实。

3.2.2 染色前处理

对含棉针织面料,在染色前须经退、煮、漂工艺加工,以提高织物毛效和白度。为最大限度减少泰纶®纤维在染整加工中的消耗和机械擦伤,采用漂白棉纤与泰纶®纤维混纺。这样避免了强碱高温对泰纶®纤维长时间作用,采用中性洗油轻柔加工,就可完成泰纶®面料染色前处理。洗油工艺曲线见图5。

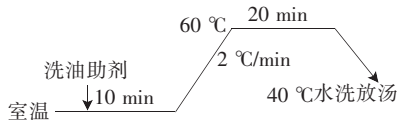


图5 洗油工艺曲线

前处理工艺处方及条件如下:

助剂 HLY-020(去油灵)	1.00%
浴比	1:10
温度	60℃

时间 20 min

前处理后织物须先用温热水洗,最后用冷水水洗,这样能使织物柔软度不受影响,主要目的是去除织造时产生的油剂。

3.2.3 染整设计

从1.4中看出,活性染色对泰纶®纤维上染性能非常突出,根据所开发泰纶®棉盖索罗娜组织结构特点,采用活性染料—浴二步法染色。为减少泰纶®纤维高湿热损伤,选用中温B型活性染料,通过调节pH值实现分阶段对泰纶®和棉上染过程,避免因泰纶®和棉的竞染造成染花、沾色等疵病发生。

工艺流程及条件如下:前处理面料→入水渗透运行(40℃×5 min, 1:12)→调节pH值(40℃×10 min, 1:12)→加一定量染料(40℃×10 min, 1:12)→加入元明粉(40℃×10 min, 1:12)→染泰纶®保温(90℃×30 min, 1:12)→降温至80℃加入纯碱染棉→染棉并保温(80℃×30 min, 1:12)→降温至40℃放汤→皂洗(90℃×20 min, 1:12)→热洗后进行处理→柔软处理(40℃×15 min, 1:12)→脱水(5 min)→扩幅定形→检验→包装入库备布。工艺曲线及卡其色染色实际效果见图6、图7。卡其色染色工艺处方如下:

螯合剂 AP-SN	1.00%
渗透剂 FL-63	2.00%
缓冲剂 NKA	1.00%
pH值调节剂	1.00%
3BS 红	0.15%
3RS 黄	0.50%
FBN 蓝	0.06%
元明粉	20.00%
纯碱	13.00%
皂粉	0.50%
润滑剂 MF-2420	1.00%
深黑花色染色工艺处方如下:	
螯合剂 AP-SN	1.00%

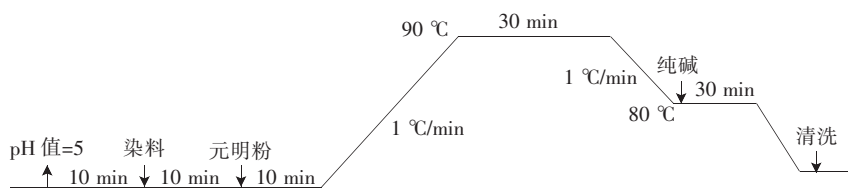


图6 工艺曲线

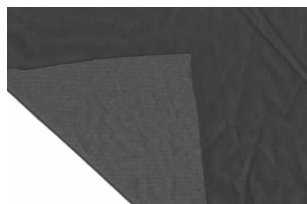


图7 卡其色染色实际效果

渗透剂 FL-63	2.00%
缓冲剂 NKA	1.00%
pH 值调节剂	1.00%
活性黑 BD	3.00%
元明粉	30.00%
纯碱	20.00%
皂粉	0.50%
润滑剂 MF-2420	1.00%

工艺曲线同卡其色,实际效果见图8。

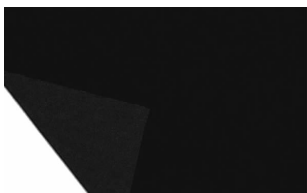


图8 黑花色染色实际效果

3.2.4 柔软处理及定形整理工艺设计

从1.3中看出,泰纶®面料应具有优异吸湿性能,但染整过程中非亲水性助剂的使用会严重影响泰纶®面料瞬间吸水,甚至产生不可恢复的失能,尤其是柔软处理中柔软剂选用尤为重要,对目前使用亲水柔软剂进行分门别类筛选。

试验设备:小型浸轧车、小型焙烘室。

柔软剂类型:季铵盐类、氨基硅油类、聚醚改性硅油类。

试验对象:泰纶®棉盖索罗娜棉面料,10 g。

工艺:50 g/L 柔软剂,一浸一轧,轧余率80%,105 °C焙烘1 min。

对比分析结果见表1。

表1 柔软剂对服用性能的影响

柔软剂	手感 (1.0~5.0分)	亲水性(s)	泛黄
空白样	1.0	4.1	无
季铵盐类	3.5	3.3	轻微
氨基硅油类	4.0	2.7	无
聚醚改性硅油类	4.5	1.5	无

由表1可知,优选聚醚改性硅油类柔软剂,手感柔软滑爽,面料回弹好,做到瞬间亲水,无泛黄。

柔软及定形工艺如下:

设备	立信 MONFOG 拉幅定形机
浸轧	一浸一轧
轧余率	80%
聚醚改性硅油 SH	8.00%
中和酸	0.50%
烘箱数	10
定形温度	135 °C
超喂量	20%
织物速度	13 m/min
有效幅度	(125±2) cm
下机克质量	(180±5) g/m ²

4 性能测试及结果

4.1 性能测试

4.1.1 缩水率

按 GB/T 8628—2013《纺织品测定尺寸变化的试验中织物试样和服装的准备、标记及测量》测试;按 GB/T 8629—2017《纺织品 试验用家庭洗涤和干燥程序》测试。

计算纵向或横向水洗尺寸变化率,以负号(-)表示尺寸收缩,以正号(+)表示尺寸伸长(倒涨)。以

全部试样算术平均值作为试验结果,若同时存在收缩与伸长(倒涨)试验结果时,以收缩(或伸长)的两件试样算术平均值作为试验结果,最终结果按 GB/T 8170—2008《数值修约规则与极限数值的表示和判定》修约,保留一位小数。

4.1.2 弹子顶破强力

按 GB/T 19976—2005《纺织品顶破强力的测定 钢球法》执行,钢球直径为(38.00±0.02) mm。

4.1.3 起球

按 GB/T 4802.1—2008《纺织品 织物起毛起球性能的测定 第1部分:圆轨迹法》测试,600次,780 cN;根据织物风格和起球形状按 GSB 16-1523-2013《针织物起毛起球圆轨迹法样照》评级。

4.1.4 吸湿速干性能

a. 滴水扩散时间

将试样放置在标准大气压条件下调湿平衡。用滴定管吸入适量三级水,将约0.2 mL水轻轻滴在泰纶®面料正面,滴液管与织物间距1 cm,用秒表计时,水滴消失时停止计时。

b. 芯吸高度

测试试样30 min后织物纵向芯吸效应高度(吸水高度)。

c. 水分蒸发速率

将4.1.4中a试样称取质量 W_0 ,将完成滴水扩散时间试样称取质量 W 后,悬挂于标准大气中,每隔(5.0±0.5) min称取一次质量 W_i ,直至连续两次质量变化率≤1%,记录时间 $t(\text{min})$ 和蒸发量 $\Delta W=W-W_0$ 。做 $t-\Delta W$ 图表,在明显趋缓部分作切线,斜率即水分蒸发速率(g/h),数值越大说明织物速干性越好。

4.2 结果与分析

4.2.1 常规物理性能

测试结果见表2、表3。

由表2、表3可知,所开发泰纶®

表2 泰纶®棉盖索罗娜面料(黑色)常规物理性能

检测项目及执行标准		标准值	实测值	单项判定
抗起球等级/级(GB/T 4802.1—2008)		≥3	4	符合
顶破强力/N(GB/T 19976—2005)		≥250	337	符合
洗液沾色程度/级		≥3	4~5	符合
耐干摩色牢度/级(GB/T 3920—2008《纺织品 色牢度试验 耐摩擦色牢度》)		≥3~4	4	符合
耐湿摩色牢度/级(GB/T 3920—2008)		≥3(深2~3)	3~4	符合
甲醛含量/(mg·kg ⁻¹)		≤75	未检出	符合
pH值		4.0~8.5	6.1	符合
水洗尺寸变化率/%	直向、横向	-5.5~2.0	-0.7	符合
水洗后扭曲率/%	裤子	≤2.5	0.1	符合
耐水色牢度/级(GB/T 5713—2013《纺织品 色牢度试验 耐水色牢度》)	变色	≥3~4	4~5	符合
	沾色	≥3	4~5	符合
耐酸汗渍色牢度/级(GB/T 3922—2013《纺织品 色牢度试验 耐汗渍色牢度》)	变色	≥3~4	4~5	符合
	沾色	≥3	4	符合
耐碱汗渍色牢度/级(GB/T 3922—2013)	变色	≥3~4	4~5	符合
	沾色	≥3	4	符合
耐皂洗色牢度/级(GB/T 3921—2008《纺织品 色牢度试验 耐皂洗色牢度》)	变色	≥3~4	4~5	符合
	沾色	≥3~4	4~5	符合
耐光色牢度/级	深色	≥4	>4	符合
耐光、汗复合色牢度/级	碱性	≥3~4	4	符合

表3 泰纶®棉盖索罗娜面料(卡其色)常规物理性能

检测项目及执行标准		标准值	实测值	单项判定
抗起球等级/级(GB/T 4802.1—2008)		≥3	4	符合
顶破强力/N(GB/T 19976—2005)		≥250	362	符合
耐干摩色牢度/级(GB/T 3920—2008)		≥3~4	4~5	符合
耐湿摩色牢度/级(GB/T 3920—2008)		≥3(深2~3)	4	符合
甲醛含量/(mg·kg ⁻¹)		≤75	未检出	符合
pH值		4.0~8.5	6.7	符合
水洗尺寸变化率/%	直向、横向	-5.5~2.0	-1.1	符合
水洗后扭曲率/%	裤子	≤2.5	0.7	符合
耐水色牢度/级(GB/T 5713—2013)	变色	≥3~4	4~5	符合
	沾色	≥3~4	4~5	符合
耐酸汗渍色牢度/级(GB/T 3922—2013)	变色	≥3~4	4~5	符合
	沾色	≥3	4~5	符合
耐碱汗渍色牢度/级(GB/T 3922—2013)	变色	≥3~4	4~5	符合
	沾色	≥3	4~5	符合
耐皂洗色牢度/级(GB/T 3921—2008)	变色	≥3~4	4~5	符合
	沾色	≥3~4	4~5	符合
耐光色牢度/级	深色	≥3	>4	符合
耐光、汗复合色牢度/级	碱性	≥3~4	4	符合

棉盖索罗娜面料各项指标完全符合 FZ/T 73020—2019《针织休闲服装》的相关要求。

4.2.2 吸湿速干性能

泰纶®棉盖索罗娜面料吸湿速干功能测试结果见表4。

表4 泰纶®棉盖索罗娜面料(卡其色)吸湿速干性能

检测项目	标准值	实测值	单项判定
滴水扩散时间/s(洗前)	≤3.0	2.3	符合
芯吸高度/mm(洗前)	≥100	112	符合
蒸发速率/(g·h ⁻¹)(洗前)	≥0.18	0.20	符合
滴水扩散时间/s(洗5次后)	≤3.0	1.4	符合
芯吸高度/mm(洗5次后)	≥100	133	符合
蒸发速率/(g·h ⁻¹)(洗5次后)	≥0.18	0.27	符合

由表4可知,所开发的泰纶®棉盖索罗娜面料吸湿速干性能优异,并且在经水洗后这一性能得到提高,说明泰纶®纤维吸湿速干的耐久性,提高了产品春夏季运动休闲贴身穿着的舒适度,满足设计的相关要求。

5 结论

5.1 泰纶®纤维是新型生物基聚酰胺纤维,较传统锦纶低碳环保可持续,应用前景广阔。

5.2 所设计开发的泰纶®面料,引入生物基微弹索罗娜长丝,增强面料低碳环保性,提升泰纶®产品生命力。

5.3 所开发泰纶®面料,组织结构新颖合理,设计中温活性染料一浴法染色短流程,深浅色均可得到理想染色效果,避免常规高温染涤泰纶®纤维损伤,实现低碳节能降耗工艺。

5.4 所开发的泰纶®索罗娜休闲面料,常规服用性能指标均符合行业级 FZ/T 73020—2019 标准的相关规定,并且具有优良的吸湿速干及透气等功能性,是春夏运动休闲裤理想选择。

收稿日期 2023年10月10日