

罗布麻针织用纱设计与开发

李娟¹, 刘新金^{1,2}, 谢春萍¹, 贺文慧¹, 刘璐¹

(1.江南大学生态纺织教育部重点实验室, 江苏无锡 214122; 2.江苏苏丝丝绸股份有限公司, 江苏宿迁 223700)

摘要: 为了设计开发出质量优异的罗布麻混纺针织用纱, 首先针对罗布麻纤维的形态结构及其物理机械性能进行研究分析, 然后根据罗布麻纤维的特性将罗布麻纤维与腈纶、莫代尔纤维按混纺比 30/50/20 纺制成线密度为 18.5 tex 的纱线。同时, 通过正交试验法分析细纱工序中的后区牵伸倍数、隔距块及钢丝圈型号对成纱质量的影响, 从而优选出最佳工艺。并对最优工艺下所纺的纱线进行哈氏切片试验, 利用 Photoshop 软件对纱线截面图像进行处理, 通过汉密尔顿纤维转移指数方法来分析混纺纱中的纤维转移及径向分布。结果认为: 罗布麻纤维的长度整齐度较差, 但吸湿透气性、抗菌性较优; 罗布麻、腈纶以及莫代尔纤维均具有向纱线外层转移的趋势, 但是莫代尔纤维转移的趋势不如罗布麻及腈纶。

关键词: 针织用纱; 罗布麻纤维; 腈纶; 莫代尔纤维; 工艺优化; 成纱质量

中图分类号: TS182.6

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)01-0015-04

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.01.005

Design and development of apocynum knitting yarn

LI Juan¹, LIU Xinjin^{1,2}, XIE Chunping¹, HE Wenhui¹, LIU Lu¹

(1.Key Laboratory of Eco-textile Ministry of Education, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

(2.Jiangsu Susi Silk Stock Co., Ltd., Suqian 223700, China)

Abstract: In order to design and develop high-quality loach linen yarn, the morphological structure and physical and mechanical properties of Apocynum fibers are studied and analyzed. Apocynum fiber is blended with acrylic and modal fiber according to their characteristics with draw ratio of 30/50/20 and yarn density of 18.5 tex. The influences of drafting ratio at back zone, distance between the block and the bead ring on the yarn quality are analyzed by orthogonal tests in the spinning process, and the process is optimized. The yarn samples are processed by Photoshop software, and the fiber transfer and radial distribution in the blended yarn are analyzed by Hamilton fiber transfer index method. The results show that the length of Robin fiber is poor, but the moisture permeability and antibacterial property are better. Apocynum, acrylic and modal fibers have the tendency to transfer to the outer layer of the yarn, but the transfer trend of modal fiber is less than that of Apocynum and Acrylic.

Key words: knitting yarn; apocynum fiber; acrylic; modal fiber; process optimization; yarn quality

罗布麻纤维柔韧细长, 与其他麻类纤维相比, 除具有良好的吸湿、透气、透湿性外, 还具有良好的柔软性, 织物不容易产生刺痒感。而且罗布麻的茎叶中含有罗布麻苷以及多种氨基酸^[1], 具有良好的药用价值, 可做成茶叶、罗布麻烟等。罗布麻的叶子可以生产出具有抗菌保健性能的纺织品^[2]。

罗布麻纤维的价格比较昂贵, 纤维长度整齐度差、抱合力小、易脆裂分叉, 且罗布麻脱胶工艺的不完善导致其在开松和梳理过程中落纤率较高。罗布麻纱线条干不匀较明显, 强力低, 因此通常将其与棉、毛、丝等纤

维进行混纺^[3]。

本试验选取莫代尔、腈纶与罗布麻纤维进行混纺, 以弥补其纤维平均长度整齐度差、条干不匀率较明显、强力低等缺点。通过在细纱工序中进行正交试验优选工艺, 设计开发高质量的罗布麻针织混纺纱。

1 试验部分

1.1 罗布麻纤维的形态结构与性能

1.1.1 纤维结构形态观察

使用 SU1510 型扫描电镜观察罗布麻纤维的纵向及截面形态, 将适量的罗布麻纤维均匀平铺于导电胶布上进行纵向观察; 使用 Y172 型切片器将罗布麻纤维切片, 然后将切片放置在载玻片上, 通过纤维细度仪观察纤维的横截面。

(1) 截面形态。罗布麻纤维横截面呈圆形、腰圆形和椭圆形, 并且各纤维横截面形状大小不同, 由此可见罗布麻纤维粗细不均匀。罗布麻纤维的截面有中腔, 使纤维具有良好的吸湿透气性。罗布麻纤维的横截面形态见图 1。

收稿日期: 2017-05-15

基金项目: 江苏省博士后科研资助计划项目(1501146B); 中国博士后科学基金项目(2015M581722); 江苏省自然科学基金项目(BK20151359); 江苏省产学研项目(BY2015019-10, BY2016022-27); 江苏省科技成果转化项目(BA2014080); 纺织服装产业河南省协同创新项目(hnfx14002); 广东省产学研项目(2013B090600038); 江苏高校优势学科建设工程资助项目[苏政办发(2014)37号]; 新疆自治区重点研发项目(2016B02025-1)

作者简介: 李娟(1995-), 女, 本科, 主要从事新型纺纱技术的研究。

通信作者: 刘新金。E-mail: liuxinjin2006@163.com。



图1 罗布麻纤维的截面形态

(2)纵向结构。罗布麻纤维的纵向结构与其他麻类纤维相似,存在距离大小不等的横节,横节处的纤维较粗,表面有竖纹,这样空气容易进入从而使罗布麻纤维具有良好的吸湿性。

1.1.2 纤维强力测试

采用 YG001B 型单纤维电子强力仪测试纤维的强力,测试 50 组数据后取其平均值。相关参数设置为:夹持距离 10 mm,夹持速度 10 mm/min,预加张力 0.1 cN。表 1 为罗布麻、苧麻及亚麻纤维的拉伸断裂性能测试结果。

表 1 3 种麻类纤维的拉伸断裂性能

试样	罗布麻	苧麻	亚麻
断裂伸长/mm	0.31	0.45	0.47
断裂伸长率/%	3.09	4.50	4.68
断裂强力/cN	7.53	9.52	12.87
断裂强度/(cN·dtex ⁻¹)	2.41	1	3.07
断裂功/(cN·mm ⁻¹)	1.17	2.03	3.15

可见,罗布麻属于低伸高模纤维^[4],刚硬且带有脆性,其断裂强度介于亚麻与苧麻之间。

1.1.3 纤维吸湿性能测试

纤维的吸湿性通常用回潮率来表征。采用 YG747 型通风式快速八篮烘箱测试罗布麻纤维的吸湿回潮率。根据回潮率公式计算出纤维的回潮率,测试 3 次后取其平均值。经计算,标准大气压下罗布麻纤维的回潮率为 6.9%,其吸湿速度慢,放湿速度快,所以罗布麻纤维的透气性及干爽性较好。

1.1.4 纤维抗菌性能测试

将罗布麻纤维及对对照纤维分别放入装有一定浓度试验菌液的三角烧瓶中,在规定温度下振荡一定时间,再测定三角烧瓶内菌液的活菌浓度来分析纤维的抗菌效果。纤维的抗菌性能可以用抑菌率来进行分析,若振荡后的平均菌落数大于振荡前的平均菌落数,则抑菌率为 0。经计算分析,罗布麻、苧麻、亚麻纤维以及棉纤维对大肠杆菌的抑菌率分别为 53.6%、64.7%、

59.2%、0。可见,苧麻纤维抗菌性最好,其次是亚麻纤维,最后是罗布麻纤维,而棉纤维不具备抗菌性能。

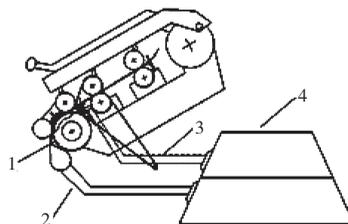
1.2 纺纱工艺设计及优化

本次纺纱选用罗布麻纤维、染色腈纶和莫代尔纤维。腈纶有人造羊毛之称,纤维蓬松柔软,罗布麻纤维与腈纶混纺增加了纱线柔软度且省去了后道纱线的染色工序;莫代尔纤维的混入则可提高纱线的爽滑感及色牢度。

1.2.1 纺纱工艺原理

由于试验设备有限,前道工序使用南通双弘纺织有限公司纺制的粗纱,本文只对细纱机的工艺参数进行设计与优化。

全聚纺是由江南大学自主研发的一种新型紧密纺技术。该技术利用气流对纤维进行横向集聚,使得集聚区的纤维在气流作用下由边缘向中心靠拢^[5-6],从而纺出毛羽少、强力高、条干优的纱线。全聚纺机构主要由大直径的窄槽空心罗拉配以相应的负压集聚装置和吸风插件组成,其主要优势在于能够提高吸风系统的负压利用率^[7],并且缩小须条宽度,减少加捻三角区。吸风插件开有吸风槽口,安装于空心罗拉内部,当须条到达由空心罗拉和前罗拉组成的前牵伸钳口时,由吸风槽到吸风插件的气流形成的负压使须条轴向回转集聚,从而使加捻三角区变小,并有效地减少了毛羽和浮游纤维。



1-窄槽空心罗拉;2-落棉吸风管道;3-吸风负压管道;4-JMF-II 型紧密纺节能防爆风机

图 2 全聚纺装置示意图

1.2.2 细纱工序关键参数设计

根据细纱工序工艺设计的原理及规律,参考棉纺手册及 DTM129 型细纱机说明书计算出的细纱工序关键工艺参数如下:干定量 1.769 g/10 m,线密度 18.5 tex,公定回潮率为 4.53%,机械牵伸 34.835 倍,实际牵伸 32.445 倍,捻度 77.89 捻/10 m,捻系数 335,1~3 罗拉直径均为 25 mm,1~2 罗拉中心距为 43 mm,2~3 罗拉中心距为 65 mm,1~3 皮辊加压分别为 160、100、140 N,前罗拉转速 140 r/min、锭子转速 8 500 r/min。

1.2.3 细纱工序工艺优化设计

依据以往经验并且查阅相关资料,确定以DTM129型全聚纺装置的后区牵伸倍数、隔距块及钢丝圈型号为因子,进行三因素三水平正交试验,然后测试所纺纱线的性能来确定最优工艺。

2 结果与分析

2.1 纱线性能测试

采用 UET-ME100 型乌斯特条干仪测试混纺纱的条干 CV 和纱疵,测试时间设为 1 min,测试速度为 400 m/min。采用 YG068C 型全自动单纱强力仪测试纱线的强度,每管纱线测试 10 次。采用 USTER ZWEIGLE HL400 型纱线毛羽测试仪测试纱线毛羽,测试速度为 400 m/min,测试时间为 0.5 min。

以上试验条件为:温度 $20^{\circ}\text{C}\pm 3^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $65\%\pm 3\%$ 。

2.2 正交试验结果分析

表 2 为 18.5 tex 的罗布麻/腈纶/莫代尔 30/50/20 混纺纱的正交试验水平及测试结果分析表。

表 2 混纺纱的正交试验结果

组别	后区牵伸倍数	隔距块/mm	钢丝圈型号	强力/cN	CV/%	H
1	1.13	3.5	4	192.2	23.94	3.72
2	1.13	4.0	6	212.57	24.65	3.82
3	1.13	4.5	8	173.16	24.6	3.69
4	1.21	3.5	6	177.79	24.18	3.67
5	1.21	4.0	8	148.37	25.33	3.43
6	1.21	4.5	4	192.22	25.35	3.49
7	1.30	3.5	8	173.72	24.82	3.22
8	1.30	4.0	4	238.09	24.83	3.32
9	1.30	4.5	6	155.77	24.90	3.29
强力	K1	192.64	181.24	207.50	—	—
	K2	172.79	199.68	182.04	—	—
	K3	189.19	173.72	165.08	—	—
	极差 R	19.85	25.96	42.42		
CV	K1	24.40	24.31	24.71	—	—
	K2	24.95	24.94	24.58	—	—
	K3	24.85	24.95	24.92	—	—
	极差 R	0.55	0.64	0.34	—	—
H	K1	3.74	3.54	3.51	—	—
	K2	3.53	3.52	3.59	—	—
	K3	3.28	3.49	3.45	—	—
	极差 R	0.46	0.05	0.14	—	—

从表 2 可以看出,对纱线强伸性产生影响的重要性顺序为钢丝圈型号>隔距块>后区牵伸倍数,影响纱线条干的重要性顺序为隔距块>后区牵伸倍数>钢丝

圈型号,毛羽的重要性指标为后区牵伸倍数>钢丝圈型号>隔距块。根据结果分析优选工艺如下:后区牵伸倍数 1.21、隔距块 4 mm、钢丝圈型号 8。

2.3 混纺纱中纤维的径向转移

不同纤维在纱线中的转移分布情况会影响织物的手感、外观风格、耐磨性等特性。图 3(a)为罗布麻/腈纶/莫代尔 30/50/20 混纺纱线的截面,黑色的纤维是染色腈纶,罗布麻纤维的截面有中空,呈不规则的腰圆形,莫代尔纤维截面形态有哑铃型,也有腰圆形。首先,借助 Photoshop 软件将混纺纱线的截面划分成 5 个等间距的同心圆,由里向外将纱线截面依次编为 1 区、2 区、3 区、4 区、5 区。再将罗布麻与腈纶、莫代尔纤维用不同颜色进行标记,如图 3(b)所示,深灰代表染色腈纶 A,浅灰代表莫代尔纤维 M,黑色代表罗布麻纤维 AP。纱线截面纤维的径向分布采用汉密尔顿纤维转移指数 M 进行计算与分析^[8]。一般情况下, M 值在 $-100\%\sim +100\%$ 范围内变化。当 M 为 0 时,表示纤维分布均匀;当 $M>0$ 时,表示纤维向纱线外层转移;当 $M<0$ 时,表示纤维向纱线内层转移。

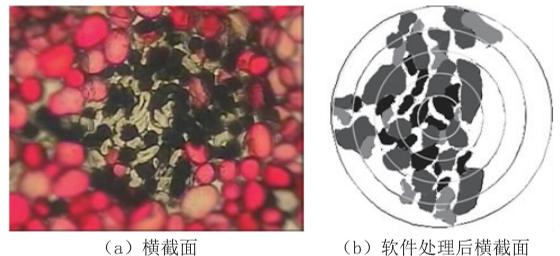


图 3 罗布麻/腈纶/莫代尔混纺纱截面分布

2.3.1 纤维根数分布计算

如图 3 所示,各层中混纺纱的罗布麻纤维根数用 x_i 表示,腈纶纤维根数用 y_i 表示,莫代尔纤维用 z_i 表示。如果碰到骑线纤维,则计入所占面积大的一层。纤维根数分布情况见表 3。

表 3 纤维根数分布表

项目	1 区	2 区	3 区	4 区	5 区
罗布麻	3	5	6	1	0
腈纶	1	4	4	7	4
莫代尔	2	0	2	4	4

因为各纤维的线密度及密度均不同,故实际的截面积不同。每层纤维根数比转换成截面积之比的过程如下:假设罗布麻纤维的体积转换系数为 1,腈纶和莫代尔纤维的体积转换系数分别是 C 、 D 。已知罗布麻纤维的线密度为 3.12 dtex,体积密度为 2.56 g/cm^3 ,腈纶

的线密度为 2.89 dtex, 体积密度为 1.22 g/cm³, 莫代尔纤维的线密度为 1.35 dtex, 体积密度为 1.52 g/cm³。经计算得 $C=1.9, D=0.7$ 。纤维体积分布见表 4。

表 4 纤维体积分布表

项目	1区	2区	3区	4区	5区
罗布麻	3.0	5.0	6.0	1.0	0
腈纶	1.9	7.6	7.6	13.3	7.6
莫代尔	1.4	0	1.4	2.8	2.8

2.3.2 纤维体积均匀分布频数计算

若混纺纱中一种纤维占每层纤维总体积的比例相同, 即纤维体积均匀分布的频率相同, 则表明纤维均匀分布。假设 V_i 是混纺纱各层中罗布麻、腈纶及莫代尔纤维的总体积, V 是混纺纱中 3 种纤维的总体积, X 、 Y 、 Z 分别为罗布麻纤维、腈纶、莫代尔纤维的总体积。根据计算可得, 混纺纱中每层 3 种纤维的总体积分别为 6.3、12.6、15、17.1 和 10.4; 总体积为 $V=61.4, X=15, Y=38, Z=8.4$ 。表 5 为每层纤维体积均匀分布频数。

表 5 每层纤维体积均匀分布频数表

项目	1区	2区	3区	4区	5区
罗布麻	1.512	3.024	3.6	4.104	2.496
腈纶	3.906	7.812	9.3	10.602	6.448
莫代尔	0.882	1.764	2.1	2.394	1.456

2.3.3 纤维体积最大向内和向外分布频数计算

混纺纱中如果一种纤维尽量向纱线内层(或外层)分布, 就形成这种纤维的最大向内(或向外)分布, 其体积分布频数计算公式如下, 假设罗布麻、腈纶和莫代尔纤维的最大向内分布频数分别是 x_n, y_n, z_n , 最大向外分布频数分别是 x_o, y_o, z_o 。根据公式计算得到的分布频数见表 6。

表 6 3种纤维最大向内和向外分布频数

项目	1区	2区	3区	4区	5区
x_n	6.3	12.6	-3.9	0	0
y_n	6.3	12.6	19.1	0	0
z_n	6.3	12.6	-10.5	0	0
x_o	0	0	-12.5	17.1	10.4
y_o	0	0	10.5	17.1	10.4
z_o	0	0	-19.1	17.1	10.4

2.3.4 纤维体积分布矩计算

在计算过程中对第 3 层纤维取矩, 各种纤维分布矩的计算方法相同, 罗布麻纤维分布矩计算公式如下, 每层的曾偏差 $k_i = [-2, -1, 0, 1, 2]$ 。罗布麻纤维的实际分布矩 $F_{M1} = \sum x_i' \cdot k_i$; 罗布麻纤维的均匀分布矩

$F_{M2} = \sum a_i' \cdot k_i$; 罗布麻纤维的最大向内分布矩 $F_{M3} = \sum x_n \cdot k_i$; 罗布麻纤维的最大向外分布矩 $F_{M4} = \sum x_o \cdot k_i$ 。3 种纤维的分布矩结果见表 7。

表 7 3种纤维的分布矩

项目	F_{M1}	F_{M2}	F_{M3}	F_{M4}
罗布麻	-10.0	3.048	-25.2	37.9
腈纶	17.1	7.874	-25.2	37.9
莫代尔	5.6	1.778	-25.2	37.9

当 $F_{M1} - F_{M2} > 0$ 时, $M = (F_{M1} - F_{M2}) / (F_{M4} - F_{M2}) \times 100\%$; 当 $F_{M1} - F_{M2} < 0$ 时, $M = (F_{M1} - F_{M2}) / (F_{M2} - F_{M3}) \times 100\%$ 。所以罗布麻、腈纶和莫代尔纤维的转移指数分别为 0.462、0.307 和 0.106。分析可得, 罗布麻、腈纶以及莫代尔纤维均具有向纱线外层转移的趋势, 但是莫代尔纤维转移的趋势远不如罗布麻及腈纶。

3 结语

(1) 通过对罗布麻纤维形态及性能进行分析可见: 罗布麻纤维的长度整齐度较差; 截面形状多样, 表面光滑且有中腔; 纤维刚硬、有脆性, 吸湿透气性好; 纤维抗菌性较优良。

(2) 在全聚纺设备上纺制 18.5 tex 罗布麻纤维/腈纶/莫代尔 30/50/20 混纺纱, 通过正交试验分析得到的最优工艺为: 后区牵伸倍数 1.21、隔距块 4 mm、钢丝圈型号 8。

(3) 通过切片试验分析可知, 罗布麻、腈纶以及莫代尔纤维均具有向纱线外层转移的趋势, 但是莫代尔纤维转移的趋势远不如罗布麻及腈纶。

参考文献:

- [1] 郑丽莎, 高山, 王仑, 等. 罗布麻纤维抗菌机理研究[J]. 检验检疫学刊, 2009(3): 13-16.
- [2] KAMATA K, SEO S, NAKAJIMA J O. Constituents from leaves of *Apocynum venetum* L[J]. Journal of Natural Medicines, 2008(62): 160-163.
- [3] 华力. 罗布麻纺纱的生产实践[J]. 天津纺织科技, 2001, 39(3): 36-38.
- [4] 王琨琳, 李长龙. 麻织物力学性能探讨[J]. 安徽工程大学学报, 2014, 29(1): 77-80.
- [5] 贡德斌, 王晓秋, 丁志频, 等. 全聚纺在 FA1508 型细纱机的应用[J]. 轻纺工业与技术, 2013(3): 32-34.
- [6] 杨勇. 全聚纺在 FA1508 型细纱机上的应用[J]. 纺织器材, 2013(5): 41-43.
- [7] 姚穆. 毛绒纤维标准与检验[M]. 北京: 中国纺织出版社, 1997.
- [8] 苏旭中, 谢春萍, 张娣, 等. 紧密毛涤混纺纱纤维转移与径向分布: 2006 中国国际毛纺织会议暨 IWTO 羊毛论坛论文集[C]. 2006.