

环锭纺 Modal/涤纶包芯纱包覆率的纺纱工艺优化

赵培¹, 付晓娟¹, 张瑞寅², 沈炳仙²

(1.上海纺织裕丰科技有限公司, 上海 200082; 2.东华大学, 上海 201620)

摘要: 目前, 纺制 Modal/涤纶包芯纱最普遍的生产方式是在传统环锭细纱机上纺制, 但在生产中普遍存在包芯纱露芯等包覆不良的问题。为了改善纱线包覆不良, 提高其包覆率, 在研究了包芯纱包覆率的测量方法后, 又根据环锭纺包芯纱的成纱机理, 讨论了影响环锭纺包芯纱包覆率的主要原因和工艺因素, 进而设计正交试验优化纺纱工艺以提高其包覆率, 并对优化后的试样进行纱线性能测试, 用于验证优化后生产工艺的可行性。

关键词: 包芯纱; 包覆率; 环锭纺; 工艺优化; 纺纱工艺

中图分类号: TS104.2

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)08-0028-04

Optimization of spinning process for the coverage of ring spinning Modal/polyester core-spun yarn

ZHAO Pei¹, FU Xiaojuan¹, ZHANG Ruiyin², SHEN Bingxian²

(1.Shanghai Textile Yufeng Science & Technology Co., Ltd., Shanghai 200082, China)

(2.Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract: At present, the most common production method of Modal/polyester core spun yarn is traditional ring spinning. It is a ubiquitous problem in production that the core spun yarn cored with poor coverage. In order to solve the poor coverage problem and improve the yarn coverage, the test methods for coverage of core-spun yarn are studied, the main reason and technological factors affect the coverage of core-spun yarn are discussed based on the yarn formation mechanism of ring core-spun yarn, and then the orthogonal experiment is designed to optimize the spinning process to improve the coverage, and also yarn performance test on optimized sample yarn is proceeded, which is used to verify the feasibility of optimized production technology.

Key words: core-spun yarn; coverage; ring spinning; process optimization; yarn spinning technology

随着社会的进步和发展, 人们从普遍关注纺织品的强力、耐磨、挺括等一般实用性, 转向更强调纺织品的的外观、手感、舒适性等。因此, 纺织品正在向个性化、多样化、功能化和安全舒适无害的方向发展^[1]。Modal/涤纶包芯纱性能优良, 面料舒适干爽、吸湿透气^[2], 但 Modal 纤维挺括性差, 易变形, 在应用中存在一定的局限性。涤纶长丝具有挺括抗皱的特点, 且易洗快干, 但其透气性和吸湿性较差, 穿着有闷热感。实际生产中, 将 Modal 纤维和涤纶进行混纺能弥补各自的不足, 发挥双方的优点。目前, 环锭纺纺纱技术、摩擦纺纺纱技术、转杯纺纺纱技术和喷气纺纺纱技术都能实现包芯纱的纺制, 只需要加装包芯纱纺纱装置即可^[3]。但实际生产中, 在环锭细纱机上纺制包芯纱最为普遍, 其他纺制技术相对较少, 且存在发展不平衡现象^[4]。因此, 在传统环锭细纱设备上, 对包芯纱的生产进行工艺优化, 有着十分重大的意义, 对实践生产有指导作用。

1 包覆效果的检测方法

包芯纱的包覆效果是包芯纱特有的品质指标^[5],

其直接影响纱线性能, 对后续染色、织造等工序也会造成影响。外包纤维应连续、均匀地分布在芯纱周围^[6], 由于具有这一结构特点, 包芯纱的包覆效果在包芯纱的横截面和纵向都有体现。横截面上, 良好包覆时芯纱位于中心, 外包纤维均匀分布在芯纱的周围; 纵向上, 芯纱位于纱轴, 外包纤维以螺旋线状连续包覆^[7]。目前检测包芯纱包覆效果的方法主要有直接观察法、普通生物显微镜法和视频变焦显微镜法等。

若要改善包芯纱露芯问题, 则必须确定一个反映露芯程度的指标, 即包芯纱的包覆率。包芯纱的包覆率是指芯纱被包覆部分占芯纱的比例。测定包芯纱包覆率需要对较多的试样进行测定以减小误差, 可结合显微镜拍摄技术和计算机图像处理技术来完成。

试验中所纺包芯纱的芯丝颜色为白色, 外包纤维颜色为黑色, 用显微镜拍摄技术对大量包芯纱试样进行拍摄, 得到图像。根据图像中各部分的面积计算包覆率指标, 白色芯丝和黑色外包纤维有明显的颜色差异, “露芯”部分为图像中白色部分, 芯丝被包覆部分即为图像中黑色部分。图像中黑色部分面积占图像总面积的比例即为包芯纱的包覆率。用 Matlab 图像处理技术计算该指标, 即可定量地表示包芯纱的包覆效果。由此得到的包覆率指标能较好地评价包芯纱的露

收稿日期: 2018-05-04

作者简介: 赵培(1964—), 男, 上海市人, 工程师, 主要从事棉纺织技术研究及产品开发。

芯现象。

2 包芯纱纺纱工艺的优化

2.1 确定试验探究的工艺因素

在环锭纺纱机上纺制包芯纱一般有单粗纱喂入和双粗纱喂入两种方法。考虑到单粗纱喂入和双粗纱喂入两种形式下各因素差异太大,无法在一次正交试验中完成,因此本文在单粗纱喂入和双粗纱喂入两种形式下分别设计正交试验,并分别确定最佳包覆率的纺纱工艺。综合考虑实际可操作性,确定本文探究的主要工艺因素为细纱捻系数、粗纱捻系数、粗纱定量以及粗纱喂入形式(单粗纱喂入或双粗纱喂入)。

2.2 环锭纺 Modal/涤纶包芯纱现有纺纱工艺

工厂在实际生产 14.8 tex 环锭纺 Modal/涤纶包芯纱时“露芯”问题较严重,需要对其纺纱工艺进行优化,以提高包覆率。工厂在经改装的传统环锭细纱机上试纺 14.8 tex 的 Modal/涤纶包芯纱,按照上文所述的测量包覆率的方法,得到试样的包覆率为 87.93%。

2.3 单粗纱喂入下包芯纱纺纱工艺的优化

根据工厂现有的工艺参数和生产要求,在单粗纱喂入下设计了三因素三水平的正交试验,以优化纺纱工艺,提高包覆率。

2.3.1 试验工艺参数

正交试验设置的因素有 3 个:粗纱定量(A)、粗纱捻系数(B)、细纱捻系数(C)。在设计正交表前,首先需要确定各因素的水平变化范围。

工厂现有工艺的粗纱定量为 3.1 g/10 m,该定量下出现包覆率低引起的露芯现象。为了提高包覆率,理论上应减小粗纱定量;但从粗纱成形技术和成本等角度考虑,粗纱定量又不能过小。因此,将粗纱定量的水平范围设置为 2.3~3.1 g/10 m。

现有的粗纱捻系数为 80。由于减小粗纱捻系数可增大须条的宽度,在一定程度上提高包芯纱的包覆率。同样地,捻系数太小不利于粗纱的成形,一般不小于 60。故粗纱捻系数的水平设置在 60~80。

现有的细纱捻系数为 380。细纱捻系数既对须条的宽度有影响,也对成纱三角区的高度有影响。理论分析可见这两种影响结果并不一致。可根据现有参数向上和向下分别设置一个梯度的参数对细纱捻系数的影响进行探究,也能避免因细纱捻系数过大或过小而引起的纱线其他性能的过大差异。综合考虑,确定工艺参数见表 1。

表 1 单粗纱喂入下 14.8 tex Modal/涤纶

环锭纺包芯纱正交因素水平表

项目	粗纱定量 A/[g·(10 m) ⁻¹]	粗纱捻系数 B	细纱捻系数 C
1	2.3	60	350
2	2.7	70	380
3	3.1	80	410

试验的评价指标是包芯纱的包覆率,其数值越大,表示包覆效果越好。优化包覆率为本次探究的主要目的,对于其他纱线性能指标,将在找到最优包覆率工艺后做进一步分析和检测。

2.3.2 试验结果与讨论

按照正交表的设计,在其他参数不变的条件下进行纺纱,采用 Matlab 图像处理技术测定试样的包覆率,得到结果及直观分析表见表 2。

表 2 单粗纱喂入下 14.8 tex Modal/涤纶

环锭纺包芯纱正交试验直观分析表

项目	粗纱定量 A/[g·(10m) ⁻¹]	粗纱捻系数 B	细纱捻系数 C	包覆率/%
1	1(2.3)	1(60)	1(350)	90.89
2	1(2.3)	2(70)	2(380)	89.74
3	1(2.3)	3(80)	3(410)	91.52
4	2(2.7)	1(60)	2(380)	92.30
5	2(2.7)	2(70)	3(410)	89.87
6	2(2.7)	3(80)	1(350)	86.32
7	3(3.1)	1(60)	3(410)	90.58
8	3(3.1)	2(70)	1(350)	89.22
9	3(3.1)	3(80)	2(380)	87.93
\bar{K}_1	90.7	91.3	88.8	—
\bar{K}_2	89.5	89.6	90.0	—
\bar{K}_3	89.2	88.6	90.7	—
R	1.5	2.7	1.9	—

从表 2 可知,R 值的大小是 B>C>A,表明粗纱捻系数对包覆率的影响最大,粗纱捻系数越小,包芯纱的包覆率越大。细纱捻系数对包覆率的影响大小居中,细纱捻系数越大,包芯纱的包覆率越大。粗纱定量对包覆率的影响最小,粗纱定量越小,包芯纱的包覆率越大。因此,试验探究的影响 14.8 tex Modal/涤纶环锭纺包芯纱包覆率的因素中,粗纱捻系数为主要因素,细纱捻系数为次要因素,而粗纱定量对包覆率的影响最小。

在直观分析表中选取各因素所得 \bar{K} 值最大的水平,得到 14.8 tex Modal/涤纶环锭纺包芯纱的纺纱工艺最佳组合为 A₁B₁C₃,即粗纱定量 2.3 g/10 m,粗纱捻系数 60,细纱捻系数 410。

2.4 双粗纱喂入条件下包芯纱纺纱工艺优化

在双粗纱喂入条件下,各因素水平的设置更加复杂。上一次正交试验结果显示,粗纱定量对包芯纱包覆率的影响最小,而在双粗纱喂入条件下,a、b粗纱的定量差异影响须条的宽度和三角区的形态,对加捻时捻度的传递也存在影响,即a、b粗纱的定量差异对成纱的包覆率存在多方面的影响。因此,在双粗纱喂入条件下,可根据a、b粗纱的定量比来设置水平数。对粗纱捻系数的探究已在单粗纱喂入下初步完成,且双粗纱喂入下每个试样存在两个粗纱的捻系数参数,为增加试验的可比性,将其中一根粗纱(b)的捻系数统一设置为70,另一根粗纱(a)的捻系数作变化。由于随着a、b粗纱定量差异的变大,会出现较重定量的b纱,若粗纱捻系数太小则无法成形,故b纱的粗纱捻系数设置为70,而不是上一组正交试验中的最优值60。细纱捻系数的设置与单粗纱喂入时保持一致,以增加两组正交试验的可比性。

2.4.1 试验工艺参数

本试验的因素有3个:a粗纱定量比例(A)、a粗纱捻系数(B)、细纱捻系数(C)。a粗纱的定量比例决定a、b粗纱的定量差异,当定量差异最小时,a、b粗纱的定量相同,即a粗纱定量比例为50%;当定量差异过大时,进行非对称的赛络纺纱会影响纱线的力学性能和其他性能,增加成纱难度。实践中一般较大的定量差异为a粗纱占30%。因此,本次正交试样中,将a粗纱定量比例的水平范围设置为30%~50%;a粗纱捻系数的水平变化范围与上一组正交试验保持一致,仍然为60~80;细纱捻系数的水平设置也与上一组正交试验保持一致,为350~380。

根据参数范围做等水平变化的三因素三水平正交试验,在正交试验表 $L_9(3^4)$ 中安排试验,因素水平表见表3。

表3 双粗纱喂入下14.8 tex Modal/涤纶环锭纺包芯纱正交因素水平表

项目	a粗纱定量比例 A/%	a粗纱捻系数 B	细纱捻系数 C
1	50	60	350
2	40	70	380
3	30	80	410

a粗纱定量比例50%时,a纱定量2.7 g/10 m,b纱定量2.7 g/10 m;a粗纱定量40%时,a纱定量1.9 g/10 m,b纱定量2.7 g/10 m;a粗纱定量30%时,a纱定量1.9 g/10 m,b纱定量4.0 g/10 m;b纱粗纱捻系

数均为70。

2.4.2 试验结果与讨论

按照正交表的设计,在其他参数不变的条件下进行纺纱,用Matlab图像处理技术测定试样的包覆率,得到结果及直观分析表见表4。

表4 双粗纱喂入下14.8 tex Modal/涤纶环锭纺包芯纱正交试验直观分析表

项目	a粗纱定量比例 A/%	a粗纱捻系数 B	细纱捻系数 C	包覆率/%
1	1(50)	1(60)	1(350)	89.71
2	1(50)	2(70)	2(380)	90.16
3	1(50)	3(80)	3(410)	91.25
4	2(40)	1(60)	2(380)	91.64
5	2(40)	2(70)	3(410)	92.10
6	2(40)	3(80)	1(350)	89.13
7	3(30)	1(60)	3(410)	92.98
8	3(30)	2(70)	1(350)	91.15
9	3(30)	3(80)	2(380)	91.27
\bar{K}_1	90.4	91.4	90.0	—
\bar{K}_2	91.0	91.1	91.0	—
\bar{K}_3	91.8	90.6	92.1	—
R	1.4	0.8	2.1	—

以包芯纱的包覆率为评价指标,由表4可见,R值的大小是 $C>A>B$,表明细纱捻系数对包覆率的影响最大。在试验条件下,细纱捻系数越小,包芯纱的包覆率越大。a粗纱定量比例对包覆率的影响大小居中,在试验条件下,a粗纱定量比例越小,即a、b纱定量差异越大,包芯纱的包覆率越大。a粗纱捻系数对包覆率的影响最小,a粗纱捻系数越小,包芯纱的包覆率越大。因此,试验在双粗纱喂入条件下探究的影响14.8 tex Modal/涤纶环锭纺包芯纱包覆率的因素中,细纱捻系数是主要因素,a粗纱定量比例是次要因素,a粗纱捻系数的影响最小。

其中粗纱捻系数的影响主次顺序与上一组正交试验存在差异。上一组正交试验中,粗纱捻系数的影响为主要因素,而在本组正交试验中,粗纱捻系数的影响最小。其原因是,本组正交试验中存在a、b粗纱,水平设置时b粗纱捻系数固定70不变,只有a粗纱捻系数存在水平变化,若考虑纱线的平均粗纱捻系数,其变化水平区间缩小一半,因此对包覆率的影响减小,且其影响趋势与上一组正交试验结果一致,故并不存在矛盾。

在表4中选取各因素所得 \bar{K} 值最大的水平,得到双粗纱喂入条件下14.8 tex Modal/涤纶环锭纺包芯纱

的纺纱最佳组合为 $A_3B_1C_3$, 即 a 粗纱定量比例 30%, a 粗纱定量 1.9 g/10 m, b 粗纱定量 4.0 g/10 m, a 粗纱捻系数 60, b 粗纱捻系数 70, 细纱捻系数 410。该组合为正交表中 9 个组合中的 7[#]组合, 其覆盖率为 92.98%。

2.5 包芯纱性能测试

当包芯纱的覆盖率优化后, 其基本纱线性能也要达到一定要求, 才能作为合格的产品投入生产。在设计因素和水平时, 已经考虑到对纱线的实际生产要求, 并作出合理的水平设置。

试验样品选择两组正交试验中最优工艺组合纺制得到的包芯纱, 测试结果见表 5。

表 5 纱线性能测试样品表

喂入形式	单粗纱喂入	双粗纱喂入
捻系数	410	410
粗纱捻系数	60	a 纱 60, b 纱 70
粗纱定量/[g · (10 m) ⁻¹]	2.3	a 纱 1.9, b 纱 4.0
纱线强力/cN	229.4	239.8
3 mm 毛羽指数/(根 · m ⁻¹)	7.4	6.4
条干不匀率/%	11.57	11.28

根据文献资料和工厂的生产标准, 表 5 所示的指标均符合生产要求。经检验, 在最优化覆盖率工艺下纺制的纱线, 其基本性能也符合面料企业对纱线的品质要求。因此, 试验所得的两种最优工艺均具有可行性。

在实际生产中, 考虑到生产成本、效率等原因, 可根据实际的性能需求和风格特征等因素选择喂入方

式, 在单粗纱喂入能满足要求的条件下, 选择单粗纱喂入。

3 结 语

本文利用显微镜拍摄技术和计算机图像处理技术的覆盖率测量方法, 通过设计正交试验, 对单粗纱和双粗纱喂入两种包芯纱生产方法进行了工艺优化和对比, 并测试最优覆盖率工艺下纱线的断裂强力、毛羽指数和条干不匀率等性能。

由于时间和实践条件的限制, 本文只探究了粗纱定量、粗纱捻系数、细纱捻系数、粗纱的喂入形式(单粗纱或双粗纱喂入)这 4 个主要的因素。其他因素, 如设置更高的细纱捻系数、进一步探究双粗纱喂入条件下的可变参数等还需进一步探究。



参考文献:

- [1] 黄鑫鑫.包芯纺纱技术的发展及存在问题[J].纺织科技进展,2008(6):9-10.
- [2] 张静.含分形涤纶舒适性织物的免烫性能研究[D].北京:北京服装学院,2005.
- [3] 刘荣清,张伟敏.包芯纱的纺制[J].纺织导报,2008(10):70-73.
- [4] 闫海江.两种包芯纱的工艺优选及质量对比[J].棉纺织技术,2015,43(1):37-40.
- [5] 孟召强,冯建永.环锭纺包芯纱覆盖程度的研究[J].现代丝绸科学与技术,2010,25(3):10-11.
- [6] 邢明杰,杨磊,李永霞,等.喷气包芯纱的纺制及其覆盖效果探析[J].棉纺织技术,2005,33(9):1-4.
- [7] 张长乐,蔡韵梅.弹力包芯纱弹性与覆盖效果的研究[J].棉纺织技术,2000,28(9):5-9.

(上接第 24 页)

- [10] RANTANEN J, KARINSALO T, REHO A, et al. Smart clothing for the arctic environment: International symposium on wearable computers [C]. IEEE, 2000: 15-23.
- [11] RANTANEN J, VUORELA T, KUKKONEN K, et al. Improving human thermal comfort with smart clothing: IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics [C]. IEEE, 2001: 795-800.
- [12] KUKKONEN K. The design and implementation of electrically heated clothing: International Symposium on Wearable Computers [C]. IEEE, 2001: 180-181.
- [13] HAISMAN M F. Physiological aspects of electrically heated garments [J]. Ergonomics, 1988, 31(7): 1049-1063.
- [14] KAYACAN O, BULGUN E, SAHIN O. Implementation of steel-based fabric panels in a heated garment design [J]. Textile Research Journal, 2008, 79(16): 1427-1437.
- [15] WANG F, GAO C, HOLMÉR I. Effects of air velocity and clothing combination on heating efficiency of an electrically heated vest (EHV): A pilot study [J]. Journal of Occupational & Environmental

Hygiene, 2010, 7(9): 501.

- [16] WANG F, LEE H. Evaluation of an electrically heated vest (EHV) using a thermal manikin in cold environments [J]. Annals of Occupational Hygiene, 2010, 54(1): 117.
- [17] 赵华菲. 智能加热服装及其热学性能的研究 [D]. 天津: 天津工业大学, 2013.
- [18] SONG W, WANG F, ZHANG C, et al. On the improvement of thermal comfort of university students by using electrically and chemically heated clothing in a cold classroom environment [J]. Building & Environment, 2015, 94(2/3): 704-713.
- [19] 赖丹丹, 宋文芳, 王发明. 冷环境下化学加热和电加热服装舒适性评价 [J]. 中国个体防护装备, 2016(2): 40-45.
- [20] 庄梅玲, 张晓枫. 电热服的热性能评价 [J]. 青岛大学学报(工程技术版), 2004, 19(2): 54-58.
- [21] 柯莹. 电加热服结构及其性能评价方法 [J]. 纺织导报, 2016(11): 122-123.