

DOI: 10. 13475/j. fzx. 20180100905

纱线断裂功对经编织造性能的影响

张灵婕, 缪旭红

(江南大学 教育部针织技术工程研究中心, 江苏 无锡 214122)

摘要 为深入了解经编织造对纱线力学性能的要求, 结合纱线张力及断裂功, 提出用纱线断裂功来评价纱线经编织造性能的观点。选择集聚纺 14.58 tex 长绒棉棉纱、集聚赛络纺 9.72 tex 棉纱及 8.33 tex (72 f) 涤纶丝为试样进行经编织造, 测试其张力及纱线拉伸断裂性能。将 3 种纱线张力测试数据进行角度域转化, 计算单循环内纱线张力做功, 再结合纱线断裂功进行分析。结果表明: 棉纱和涤纶丝张力随主轴变化趋势相同且波动程度差别较小; 棉纱张力做功接近纱线断裂功, 而涤纶丝张力做功远小于其断裂功; 纱线张力做功与纱线断裂功之间差值越大, 纱线经编织造适应能力越强。

关键词 经编; 纱线; 断裂功; 动态张力; 织造性能

中图分类号: TS 106.6 文献标志码: A

Influence of yarn rupture work on performance of warp knitting

ZHANG Lingjie, MIAO Xuhong

(Engineering Research Center for Knitting Technology, Ministry of Education,
Jiangnan University, Wuxi, Jiangsu 214122, China)

Abstract In order to better understand the mechanical properties of yarn for warp knitting, yarn tensions during warp knitting and rupture work of yarn were studied. The idea of yarn rupture work to evaluate the warp knitting performance was suggested. The 14.58 tex cotton yarn, 9.72 tex compact siro-spun cotton yarn and 8.33 tex (72 f) polyester filament were selected, and the yarn tension and mechanical performance were tested. Tensile properties of these yarns were transformed by angle domain, and tension work of each knitting cycle was calculated. Combining with the analysis of the yarn rupture work, it is found that the cotton yarn tension is close to the rupture work, while the polyester tension is far less than the rupture work. The greater the difference between yarn tension and yarn fracture work, the stronger the yarn warp knitting adaptability.

Keywords warp knitting; yarn; rupture work; dynamic tension; knitting performance

经编织物具有独特的风格和性能, 其身骨、弹性、尺寸稳定性、保形性、悬垂性等介于机织和纬编织物之间, 不易脱散。目前棉纱在机织及纬编织物上已有广泛应用, 而经编对纱线的强力要求较高, 以往大都采用合成纤维长丝, 棉纱应用较少, 限制了经编产品类型及应用。经编装备、控制系统^[1-2]和新型纺纱技术^[3]的发展, 为棉纱在经编机上的高速生产提供了可能。近年来, 消费者越来越追求天然纤维制品, 因而棉经编织物生产及开发引来越来越多

的关注及探索。虽然经编装备以及纱线质量有所提高, 但相比涤纶而言, 棉纱在经编机上生产难度仍较大。很多人针对此问题进行相关研究: 如国外很多学者对经纱动态运动进行研究^[4], 并对其运动过程进行模拟^[5-6]; 胡瑜等^[7]研究经纱织造对纱线损伤情况的影响; 张灵婕等^[8]针对经编机张力补偿装置进行了研究。另外相关学者也针对棉纱在经编机上的织造工艺^[9]、纱线性能^[10]等进行探讨; 刘行等^[11]针对纱线张力测试方法进行探索, 并提出相关的评

收稿日期: 2018-01-02 修回日期: 2018-09-14

基金项目: 江苏省产学研联合创新资金-前瞻性联合研究项目 (BY2016022-34); 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目 (JUSRP51727A); 高等学校学科创新引智计划资助项目 (B17021)

第一作者简介: 张灵婕 (1992—), 女, 硕士生。主要研究方向为纺织材料与纺织品设计。

通信作者: 缪旭红, E-mail: miaoxuhong@163.com。

价方法^[12]。从以往研究结果来看,棉纱以及涤纶在经编织造中的张力远小于纱线断裂强力。目前还没有学者对棉纱与涤纶的经编张力进行对比研究,也没有结合纱线断裂功^[13]进行纱线张力的研究。本文通过对棉纱及涤纶进行经编织造张力以及纱线断裂性能测试,根据测试数据计算纱线张力做功以及纱线断裂功。在经编织造过程中除张力作用外,纱线还受到与机器部件以及纱线间的摩擦及空气阻力等作用,与张力值相比相差较大,且受力较为复杂。为简化分析,忽略摩擦作用,通过实验对棉纱与涤纶的织造张力、张力做功及断裂功的关系进行研究,探讨断裂功对经编织造性能的影响,为棉纱的经编织造提供一定的理论参考。

1 实验部分

1.1 仪器和原料

仪器: TM4-EL 型高速特里科经编机(E28) ,江苏润源控股集团有限公司; TS1-200-A2-CE1 型张力仪,德国 Schmidt 有限公司; SCM01 型四通道声振分析仪、LMS Test. Lab 软件,比利时 LMS 公司; YG061-1500 型电子单纱强力测试仪,北京北信科仪分析仪器有限公司。

原料: 原料 1 为 14.58 tex 长绒棉集聚纺棉纱; 原料 2 为 9.72 tex 集聚赛络纺棉纱; 原料 3 为 8.33 tex(72 f) 涤纶; 原料 4 为 6.11 tex(24 f) 涤纶高弹丝(PBT) ,仅用于后梳织造。

1.2 实验方法

1.2.1 张力测试

选用张力仪、四通道声振分析仪同步采集张力和主轴信号,再用 LMS Test. Lab 软件配套进行信号处理分析,搭建完整的动态张力测试系统。实验时以高达 1 kHz 的采样频率进行张力采集,采集时间为 30 s,目的是测试棉纱以及涤纶的织造张力。为避免机器、梳栉位置等因素造成的数据差异,选择在同一台机器上进行测试。实验时,尽量选择在相同位置对纱线进行数据采集。张力仪使用配套支架固定如图 1 所示,按仪器标注的缠绕方向固定纱线。调整张力仪倾角与纱路保持一致。

工艺参数的设置尽量保证各纱线一致。在送经量设置上针对织造情况稍作调整,整体上保证织造情况以及产品质量稳定,即调整为适合生产的状态进行实验。待机器运行稳定后开始张力测试。织造时选择 2 把梳栉对称垫纱,前梳 GB3 分别使用原料 1~3,后梳 GB4 使用原料 4 进行织造。实验条件及参数设置如表 1 所示。实验在温度为 25 ℃ 相对



图 1 张力仪固定位置

Fig. 1 Position of tension sensor

湿度为 65% 条件下进行。

表 1 织造参数

Tab. 1 Parameters of knitting

原料(含量)	组织	送经量/(mm·腊克 ⁻¹)
原料 1/原料 4 (66.75%/33.25%)	GB3: 1-0/1-2// GB4: 2-3/1-0//	1 500 1 780
原料 2/原料 4 (55.23%/44.77%)	GB3: 1-0/1-2// GB4: 2-3/1-0//	1 380 1 780
原料 3/原料 4 (48.92%/51.08%)	GB3: 1-0/1-2// GB4: 2-3/1-0//	1 250 1 780

注: 机上纵密为 21 横列/cm; 测试机速为 1 000 r/min。

1.2.2 纱线拉伸性能测试

采用电子单纱强力测试仪对纱线进行拉伸断裂实验。依据 GB/T 3916—2013《纺织品 卷装纱 单根纱线断裂强力和断裂伸长率的测定(cre 法)》,设置测试温度为(25±2)℃,湿度为(65±2)% ,纱线夹持距离为 250 mm,拉伸速度为 500 mm/min,预加张力为 0.5 cN/tex,分别对原料 1~3 进行 10 次拉伸断裂测试,得到纱线的伸长与强力关系曲线,根据测试得到的伸长与强力值计算纱线断裂功。

1.2.3 纱线张力做功量计算

经编织造过程中,纱线从经轴 1 退绕,依次经过导纱杆 2、分纱箱 3、张力杆 4、导纱梳 5,具体路径如图 2 所示。

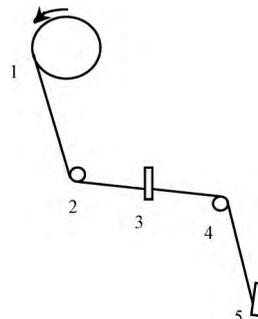


图 2 经纱纱路图

Fig. 2 Route of warp yarn

纱线从经轴 1 上退绕到编织成圈一直受到张力作用,在张力作用下纱线产生伸长,因此可以认为,张力对纱线做功。由于经编机张力杆 4 的作用,纱

线经过张力杆 4 前后张力大小会有较大差异,所以单循环内质点受张力作用可看成 2 个阶段:第 1 个阶段是从经轴 1 退绕经过导纱杆 2,分纱筘 3 到达张力杆 4,简称 x 段;第 2 阶段是从张力杆 4 到导纱梳 5,简称 y 段。则从经轴 1 到导纱梳 5,简称 z 段。分别对 x 和 y 段的纱线进行张力测试。纱线张力累积做功计算公式为:

$$\Delta l = \frac{F}{E}, l = \frac{L}{480}, n = \frac{S}{l}$$

$$w = \int Fdl, W = nw$$

式中: Δl 为纱线伸长量, mm; F 为纱线张力, cN; E 为纱线模量, cN/mm; L 为纱线送经量, mm/腊克; n 为指定纱段内成圈循环数; S 为纱段长度, mm; l 为单个线圈长度, mm; w 为指定纱段单循环张力做功, cN·mm; W 为指定纱段纱线张力累积做功, cN·mm。

则本文实验条件下纱线张力做功计算公式可表示为:

$$W_x = \frac{S_x}{l} w_x, W_y = \frac{S_y}{l} w_y$$

$$W_z = W_x + W_y$$

式中: S_x 为 x 段纱线长度; S_y 为 y 段纱线长度; W_x 、 W_y 分别为 x 段和 y 段内纱线张力累积做功, cN·mm; w_x 、 w_y 分别为 x 段和 y 段单循环张力做功, cN·mm; W_z 为 z 段内纱线张力累积做功, cN·mm。

1.2.4 纱线断裂功计算

纱线在拉伸力作用下不断伸长最终断裂,这个过程中拉伸力对纱线所做的功叫纱线断裂功,其计算公式为

$$W_d = \int fdl_s$$

式中: W_d 为纱线断裂功, cN·mm; f 为纱线所受拉伸力, cN; l_s 为纱线受拉伸力作用下的伸长量, mm。

2 结果与分析

2.1 张力测试结果

对实验采集的张力数据进行处理,得到相应的最大值、最小值、均值、标准差及 CV 值如表 2 所示。可知 x 段 3 种纱线张力水平较小且较为接近,对经编织造影响较小,因此,重点对 y 段张力进行分析。此前的研究理论认为,由于棉纱与涤纶之间因强力以及伸长性能的差异,导致棉纱在织造过程中纱线张力波动大,承受能力低,进而影响棉纱织造,在此阶段发生断纱。从表 2 所示结果可以看出,棉纱张力平均值及最大值大于涤纶,但也远远小于纱线断

裂强力。从标准差结果来看,3 种纱线结果差距较小,理论上意味着 3 种纱线张力基于平均值的浮动值接近;从 CV 值来看,涤纶相比其他 2 种棉纱更大,也就是说涤纶张力整体上相较平均值的波动程度反而比棉纱大。

表 2 纱线张力

Tab.2 Tension of yarn

原料	x 段或 y 段	均值/ cN	最大 值/cN	最小 值/cN	标准 差/cN	CV 值/ %
原料 1	x 段	2.01	6.10	0.33	0.92	46
	y 段	10.10	18.28	4.91	4.08	40
原料 2	x 段	1.93	5.47	0.27	0.88	46
	y 段	9.61	16.82	1.93	3.95	41
原料 3	x 段	1.56	3.68	0.31	0.84	53
	y 段	7.08	15.29	2.63	3.53	50

纱线 y 段直接反映纱线张力随成圈运动的变化,因此,对此段纱线进行角度域转化,对单循环张力数据作图,得到棉纱与涤纶随主轴角度变化的张力曲线,如图 3 所示。比较棉纱和涤纶的张力曲线发现,纱线张力随主轴角度变化趋势一致,说明纱线张力单循环内主要受成圈动作影响。从单循环张力曲线难以得出棉纱张力与涤纶张力波动存在较大差异这一结论。

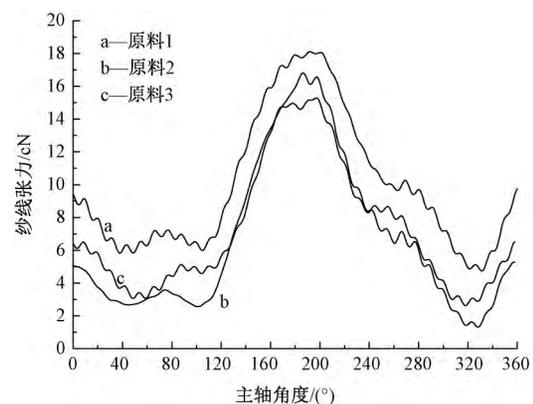


图 3 纱线张力随主轴角度变化曲线

Fig.3 Curve of yarn tension change with spindle angle

2.2 纱线断裂功测试结果

图 4 示出纱线张力与伸长曲线。可以看出,选用的棉纱与涤纶的断裂强力差别较小,而断裂伸长相差很大:14.58 tex 棉纱(原料 1)断裂强力为 259 cN,断裂伸长约为 16.48 mm,初始模量约为 16.21 cN/mm,断裂功为 2 150.41 cN·mm; 9.72 tex 棉纱(原料 2)断裂强力为 255 cN,断裂伸长约为 16.57 mm,初始模量约为 15.36 cN/mm,断裂功为 1 972.69 cN·mm; 8.33 tex 涤纶(原料 3)断裂强力约为 250 cN,断裂伸长约为 35.34 mm,初始模量约为 25.98 cN/mm,断裂功约为 7 151.28 cN·mm。

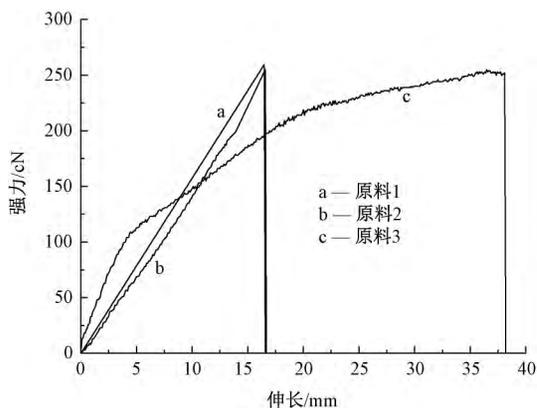


图 4 纱线伸长与强力曲线

Fig. 4 Elongation-strength curve of yarn

2.3 张力做功计算结果与分析

无论棉纱还是涤纶, 纱线张力均未超过其初始模量对应的纱线强力值, 因而纱线模量选用其初始模量进行计算。通过实际测量得到, S_x 长度约为 1 154 mm, S_y 长度约为 700 mm。

表 3 示出纱线张力做功及断裂功。从结果发现, 3 种纱线张力做功总和小于纱线断裂功, 因此, 纱线可用于经编织造。棉纱张力做功值虽小于其断裂功, 但二者差值和涤纶张力做功与断裂功之间的差值相比要小很多。综合摩擦力、空气阻力等其他影响经编织造性能的因素后, 棉纱整体上表现为处于即将断裂的边缘。

表 3 纱线张力做功及断裂功

Tab.3 Tension and rupture work of yarn

样品	cN•mm			
	W_x	W_y	W_z	纱线断裂功
原料 1	87.86	1 407.39	1 485.25	2 150.41
原料 2	92.62	1 461.37	1 553.99	1 972.69
原料 3	39.63	519.46	559.09	7 151.28

3 结 论

为更深入认识经编织造对纱线力学性能的要求, 本文从纱线张力做功以及纱线断裂功角度进行实验研究。结果表明, 纱线张力从经轴退绕到导纱梳阶段累积做功小于纱线断裂功, 认为这可以作为纱线是否符合经编织造要求的初步判定指标。与涤纶相比, 棉纱张力做功与其断裂功差值要小很多, 由此认为纱线断裂功与其织造张力做功差值大小可用来衡量纱线经编织造能力的大小, 差值越大纱线经编织造适应能力越强。

在经编织造过程中纱线除受到张力外, 还受到摩擦力、空气阻力等作用, 但认为与纱线张力相比其作用力较小且受力复杂, 因而本文忽略摩擦力、空气

阻力等其他因素对纱线经编织造性能的影响。下一步将对本文研究结果进行验证, 并考虑摩擦力、空气阻力等因素对经编织造性能的影响做进一步研究。

FZXB

参考文献:

[1] 王俊科, 夏凤林. 闭环控制经编送经系统 [J]. 纺织学报, 2017, 38(2): 165 - 169, 176.
WANG Junke, XIA Fenglin. Close-loop controlled warp knitting system [J]. Journal of Textile Research, 2017, 38(2): 165 - 169, 176.

[2] 郑宝平, 蒋高明, 夏凤林, 等. 基于转矩控制模式的经编电子横移系统设计 [J]. 纺织学报, 2012, 33(10): 122 - 127, 140.
ZHENG Baoping, JIANG Gaoming, XIA Fenglin, et al. Design of warp knitting electronic transverse movement system based on torque control mode [J]. Journal of Textile Research, 2012, 33(10): 122 - 127, 140.

[3] 郁崇文. 新型纺纱技术的发展 [J]. 棉纺织技术, 2003, 31(1): 912.
YU Chongwen. The development of new spinning technology [J]. Cotton Textile Technology, 2003, 31(1): 912.

[4] METZKES K, SCHMIDT R, MARTIN J, et al. Simulation of the yarn transportation dynamics in a warp knitting machine [J]. Textile Research Journal, 2013, 83(12): 1251 - 1262.

[5] HETZLER H. On moving continua with contacts and sliding friction: modeling, general properties and examples [J]. International Journal of Solids and Structures, 2009, 46(13): 2556 - 2570.

[6] BEITELSCHMIDT M. Simulation of warp and cloth forces in weaving machines [J]. Melland Textilberichte, 2000, 81: 45 - 48.

[7] 胡瑜, 缪旭红. 经编织造过程对短纤纱力学性能的影响 [J]. 纺织学报, 2016, 37(7): 55 - 60.
HU Yu, MIAO Xuhong. Effects of warp-knitting process on the mechanical properties of spun yarn [J]. Journal of Textile Research, 2016, 37(7): 55 - 60.

[8] 张灵婕, 缪旭红, 蒋高明, 等. 经编张力补偿装置对经纱张力的影响 [J]. 纺织学报, 2016, 37(11): 126 - 129, 140.
ZHANG Lingjie, MIAO Xuhong, JIANG Gaoming, et al. Effect of warp tension compensation device on warp tension [J]. Journal of Textile Research, 2016, 37(11): 126 - 129, 140.

[9] 蒋高明, 李欣欣. 短纤纱经编产品开发与应用 [J]. 纺织导报, 2016(9): 88 - 92.
JIANG Gaoming, LI Xinxin. Development and application of warp knitting products for spun yarns [J]. China Textile Leader, 2016(9): 88 - 92.

(下转第 46 页)

层结构是独立设计完成的,在此基础上将表里层纱线和表里层图案有效分离、独立设计,经过不同的重组方式可实现表里纱线换层设计和表里图案换层设计。表里换层的基本设计可完成相同图案不同色彩效果的双面提花织物设计;表里换层的变化设计可实现织物正反面图案或色彩创新效果设计。另外,表里换层设计在双层结构中还能起到接结表里层结构的作用。通过设计实践证明,应用本文研究提出的双面双层结构提花织物的表里换层设计方法,可实现双面提花织物正反面图案、色彩、纱线的多种创新效果设计,为双面双层提花织物的创新设计提供了一种新思路和新方法。 **FZXB**

参考文献:

[1] 黄紫娟. 应用配色模纹的表里换层织物设计[J]. 纺织学报, 2015, 36(12): 42 - 46.
HUANG Zijuan. Design of surface and inner layer exchangeable fabric by using color effect [J]. Journal of Textile Research, 2015, 36(12): 42 - 46.

[2] 姜淑媛. 表里换层柞蚕丝床品面料的设计[J]. 丝绸, 2011, 48(9): 32 - 34.
JIANG Shuyuan. Face-back-changing weave tussah bedding fabric design [J]. Journal of Silk, 2011, 48(9): 32 - 34.

[3] 谭冬宜, 袁利华. 表里花式换层机织物的设计[J]. 上海纺织科技, 2015(9): 52 - 55.
TAN Dongyi, YUAN Lihua. The design of face-back fancy changing woven fabrics [J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2015(9): 52 - 55.

[4] 胡丽华, 陈倩, 刘娜, 等. 仿双面绣提花工艺品开发实践[J]. 丝绸, 2010(10): 44 - 46.
HU Lihua, CHEN Qian, LIU Na, et al. Development practice of copy double-sided embroidery jacquard fabric [J]. Journal of Silk, 2010(10): 44 - 46.

[5] 曹玲湘, 金子敏, 马力裕. 双面异效应提花织物的产品设计[J]. 丝绸, 2008(4): 10 - 11, 13.
CAO Lingxiang, JIN Zimin, MA Liyu. Product design for double-face jacquard fabric with different patterns [J]. Journal of Silk, 2008(4): 10 - 11, 13.

[6] 周赳, 吴文正. 有彩数码提花织物的创新设计原理和方法[J]. 纺织学报, 2006, 27(5): 6 - 9.
ZHOU Jiu, FRANKIE N G. Innovative principle and method of design of colorful digital jacquard fabric [J]. Journal of Textile Research, 2006, 27(5): 6 - 9.

[7] NG M C F, ZHOU J. A study on figured double-face jacquard fabric with full-color effect [J]. Textile Research Journal, 2009(79): 930 - 936.

[8] NG M C F, ZHOU J. Full-colour compound structure for digital jacquard fabric design [J]. Journal of the Textile Institute, 2010(101): 52 - 57.

[9] 周赳, 张萌. 基于全显色结构的双面花纹提花织物设计[J]. 纺织学报, 2015, 36(5): 39 - 43.
ZHOU Jiu, ZHANG Meng. Design of double-face jacquard fabric based on full-color structure [J]. Journal of Textile Research, 2015, 36(5): 39 - 43.

[10] 周赳, 张萌. 双面全显色提花织物织造方法: 105908333A [P]. 2016 - 08 - 31.
ZHOU Jiu, ZHANG Meng. Weave method of double-face jacquard fabric: 105908333A [P]. 2016 - 08 - 31.

(上接第 40 页)

[10] 徐颖, 蒋高明, 缪旭红. 集聚纺高支棉纱的经编编织工艺探讨[J]. 针织工业, 2008(6): 22 - 24.
XU Ying, JIANG Gaoming, MIAO Xuhong. Tight spinning high count cotton yarn weaving process [J]. Knitting Industries, 2008(6): 22 - 24.

[11] 刘行, 缪旭红, 赵帅权. 纱线张力测试方法研究进展[J]. 棉纺织技术, 2015(1): 78 - 82.
LIU Xing, MIAO Xuhong, ZHAO Shuaiquan. Yarn tension test method research [J]. Cotton Textile Technology, 2015(1): 78 - 82.

[12] 刘行. 经编纱线动态张力高频测试与评价[D]. 无

锡: 江南大学, 2017: 30 - 32.
LIU Xing. Tensile yarn dynamic tension high frequency test and evaluation [D]. Wuxi: Jiangnan University, 2017: 30 - 32.

[13] 刘彦伯, 杨原梅, 王作安, 等. 对纤维和纱线断裂机理及属性指标的再认识[J]. 纺织科技进展, 2005(1): 21 - 32.
LIU Yanbo, YANG Yuanmei, WANG Zuoan, et al. Re-understanding of fiber and yarn breaking mechanism and attribute index [J]. Progress in Textile Science & Technology, 2005(1): 21 - 32.