

文章编号:0253-9721(2013)06-0120-07

低扭矩环锭纺纱原理及其单纱的结构和性能

陶肖明, 郭滢, 冯杰, 徐宾刚, 华涛

(香港理工大学 纺织与制衣学系, 香港 999077)

摘要 回顾低扭矩环锭纺纱技术的发展, 通过讨论其纺纱三角区的特点, 利用高速摄影机对纺纱区捻度和张力分布的观察分析, 系统地介绍了低扭矩纱的成纱原理。此外, 结合示踪纤维技术, 利用纱线结构连续测量分析系统对低扭矩环锭单纱和传统环锭单纱的内部结构进行分析, 揭示出低扭矩纱独特的结构特点, 如非同轴异形螺旋线结构, 纤维片段局部反转现象等。这些特点解释了低扭矩纱及其织物具有优良物理性能的原因。通过多个生产厂家提供的测试数据, 对比分析了低扭矩环锭纱与传统纱及其织物的物理性能。结果表明, 低扭矩环锭纱具有低捻高强、低残余扭矩和毛羽少等特点, 其针织物经多次水洗后歪斜变形小, 手感好, 机织物具有较好的撕裂强力、断裂强力和耐摩擦性。认为新一代低扭矩环锭纺纱技术极大地改善了高支纱的物理性能。

关键词 传统环锭纺; 低扭矩环锭纱; 假捻; 纺纱三角区; 纱线结构

中图分类号: TS 104.1 文献标志码: A

Spinning principle, structure and properties of low torque ring spun yarns

TAO Xiaoming, GUO Ying, FENG Jie, XU Bingang, HUA Tao

(Institute of Textiles and Clothing, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong 999077, China)

Abstract This paper reviews the spinning principle of low torque ring spinning technology by studying the modified spinning triangle and yarn twist and tension in the modified spinning zone. Furthermore, the 3D fiber configuration in low torque ring yarns and normal ring yarns was analyzed using the tracer fiber technique and the results revealed the unique structural characteristics of low torque ring yarn, such as deformed non-concentric helix and local reversion phenomena. These features experimentally offer useful explanations for the improved properties of low twist ring yarns and resultant fabrics. A systematical comparison was then made between low torque ring spun yarns and conventional yarns and their resultant fabrics, which showed that low torque ring yarns have high yarn strength at low twists, low residual torque and less hairiness. The resultant knitted fabrics produced by low torque ring yarns have soft handle and low skew deformation after several washing cycles, while the resultant woven fabrics possess better tearing strength, tensile strength and abrasion resistance. This new generation low torque ring spinning technology greatly improves the physical property of high count yarns.

Key words conventional ring spinning; low torque ring yarn; false twist; spinning triangle; yarn structure

自环锭细纱机问世以来, 单纱低捻度导致低强力是一直未解决的难题。降低捻度可提高细纱机产

量, 降低单纱残余扭矩, 但导致低强力, 不能同时实现环锭单纱的低扭矩、低捻度、高强力。在传统环锭

收稿日期: 2013-01-07 修回日期: 2013-03-12

基金项目: 香港纺织制衣研发中心资助项目(RD/PR/011/06)

作者简介: 陶肖明(1957—), 女, 讲座教授。研究主要涉及纺织科学与技术、新型纺织材料、智能纺织及服装、穿戴式电子和光子器件等。E-mail: tctaoxm@polyu.edu.hk

纱加捻过程中由于纤维被拉伸、弯曲和扭转,纱中储存的能量一部分在纺纱过程中被释放,但仍然有相当一部分能量被保留下来,为纱的残余扭矩^[1]。残余扭矩使得单纱有退捻、释放内部扭应力的趋势,被认为是造成织物纬斜、螺旋线纹,以及影响机织物表面光洁平整等最基本的原因^[2-3]。传统环锭纺技术不能通过降低单纱捻度而显著减少残余扭矩,需要在后道工序中进行定型处理,这将增加能耗并造成纤维损伤及废汽、废水和化学品的排放。过去,已有很多方法被用来减小或消除纱的残余扭矩,如湿热定型^[4]、化学处理、并纱、Tandem 纺纱法^[5-6]等,但这些方法生产成本较高,容易损伤纤维,或者不能得到低扭矩单纱。

新兴的低扭矩环锭纺纱技术(扭妥™)可以通过一步法得到低扭矩环锭单纱^[7-9]。经过不断改良,目前已经发展到第5代。本文回顾了低扭矩环锭纱的纺纱原理和单纱结构,通过对比3代低扭矩纱及其织物的性能,介绍该技术的最新发展。

1 低扭矩环锭纱技术的原理

低扭矩环锭纺纱技术的创新之处在于,在传统环锭细纱机的前罗拉和导纱钩之间安装了1个简单的机械式假捻装置(见图1),从而改变了纤维在成纱中的排列,使纱的残余扭矩通过其内部平衡而显著降低,在较低的捻度下,得到了扭矩低,毛羽少,强力较高以及手感柔软的单纱^[7-9]。

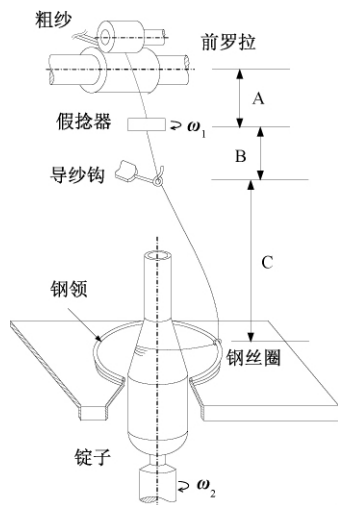


图1 低扭矩环锭纺纱原理示意图

Fig.1 Schematic diagram of low torque ring spinning system

如图1所示,由于假捻装置的引入,传统环锭细

纱机的纺纱区被分为2个部分:第1部分从前罗拉钳口到假捻器为A区;第2部分从假捻器到导纱钩为B区。当纤维经过牵伸从前罗拉引出后,在A区被假捻器加以一定数量的假捻(Z向),使得在A区的纱具有远高于正常纱的捻度(见图2(a))。当纱离开假捻器进入B区,又被假捻器加以相反而相同数量的捻度(S向),因此该区中纱的捻度显著降低^[10-11](见图2(b))。在假捻作用的同时,钢领和钢丝圈产生的真捻从气圈区(C区)传递上来,真捻和假捻之间的相互作用改变了传统纺纱过程纱的捻度和张力的分布,使得低扭矩纺纱过程不同于传统的纺纱过程。

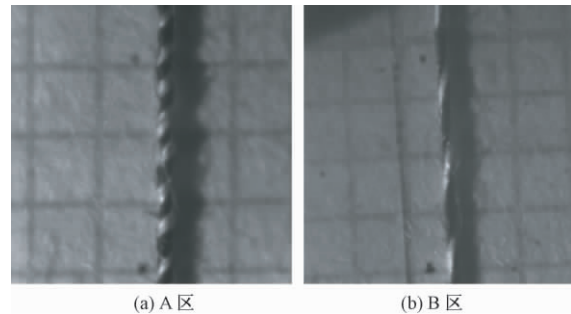


图2 低扭矩纺纱系统中的捻度分布

Fig.2 Yarn twist distribution in low torque ring spinning system. (a) Zone A; (b) Zone B

在低扭矩纺纱系统中,所加假捻的数量可以通过1个新引入的参数进行调整,称为速度比,表示的是假捻器速度和出纱速度的比值。不同的速度比,将得到不同的捻度和张力分布^[11]以及不同的纺纱三角区^[10],因此,其值大小直接影响最终成纱的质量^[8]。图3示出利用高速摄影机在传统环锭纺纱和低扭矩纺纱过程中观察到的纺纱三角区^[11]。

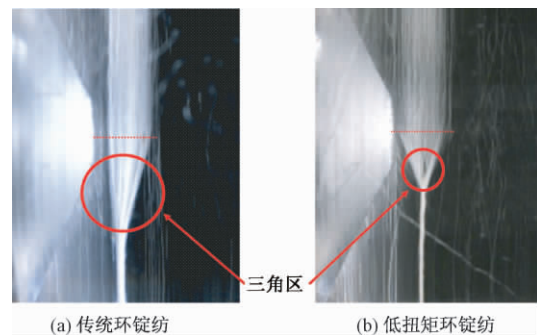


图3 高速摄影仪下纺纱三角区形态比较

Fig.3 Spinning triangle under high speed camera. (a) Ring spinning; (b) Low torque ring spinning

从图3可看出,低扭矩纺纱过程中的成纱三角区在长度方向大大减小,这主要是由于在低扭矩环

锭纺纱系统中,假捻器的作用使 A 区的纱捻度显著增加,即在三角区的纤维所受张力显著增大,极大地增强了纤维在三角区中的转移^[12-13],从而形成了其特殊的单纱结构,这从一方面解释了低扭矩纱具有低捻高强的特点。另一方面,在低扭矩纺纱过程中观察到的成纱三角区有比较明显的纤维分束现象,有助于纤维在纱内部的位置变化及相互之间抱合力的增强,其结构特点也使低扭矩纱强力的提高得到了进一步的解释。

在低扭矩纺纱过程中,纱线捻度的变化也导致了纱线张力分布的变化。由于在 A 区的纱具有高捻度,因此纱线承受的张力可以相对较低,极大地减少了在纺纱过程中断头的机会。而在捻度较低的 B 区,假捻器和纱之间的作用使纱线张力显著增加^[10-11],有助于在纺纱过程中保持低扭矩纱独特的结构特点。

2 低扭矩环锭单纱的内部结构

2.1 实验材料

基于示踪纤维技术,选取 Tencel 纤维进行纱结构分析。试样为 29.5 tex 低扭矩环锭纱和同样条件下纺制的传统环锭纱,捻度均为 4.4 捻/cm。Tencel 纤维的线密度为 0.167 tex,长度为 38 mm,直径为 12.08 μm。示踪纤维比例约为 0.32%。

2.2 实验方法

单纱内部结构分析中,主要利用本文设计开发的纱线结构连续测量分析系统^[14]进行示踪纤维图像的拍摄及分析,图 4 给出了该系统的构架图。

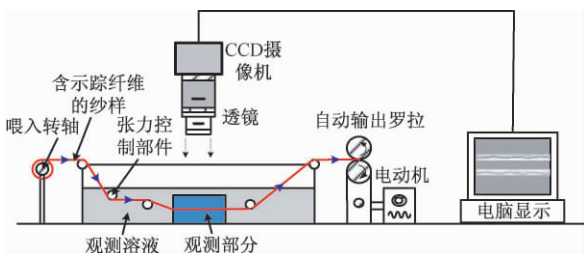


图 4 纱线结构连续测量系统简图

Fig. 4 Sketch of continuous system for yarn structure measurement

实验过程中,含有示踪纤维的纱样通过一水平轴释放,通过一个盛满观测溶液的观测槽。在观测槽中,一面抛光的钢片与水平面呈 45°角放置,其上方是与放大器相连的 CCD 摄像机,在纱线通过镜面的过程中,摄像机捕捉到 2 个相互垂直的面上的示

踪纤维形态,并进一步分析得到纤维在纱内部的三维形态及结构特点。本文,纱的轴向设为 z 向,纱横截面设为 xy 平面, r 是纤维上某点到纱芯的距离, R 为纱的半径,则 r/R 反映了纤维上某点 p(x, y, z) 距离纱中心的相对位置,此外, R_x 和 R_y 是两个垂直面上纱的直径;则 x/R_x 和 y/R_y 分别代表 p 点的 2 个相对径向位置。

2.3 单纱内部结构特点

在低扭矩环锭纱中,40% 左右的纤维轨迹属于非同轴异形螺旋线,如图 5 所示。纤维螺旋线的中心轴线常常与纱的中心轴线偏离。在传统环锭纱中,纤维主要呈现 2 种结构形态,即同心圆柱形(见图 6(a))和同心圆锥形(见图 6(b)),其纤维螺旋线中心线与纱的中心轴线一致。

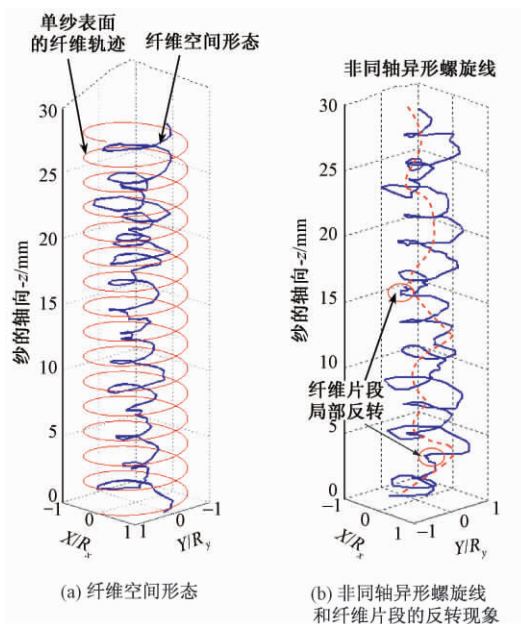


图 5 低扭矩环锭单纱的内部结构

Fig. 5 Structural features in low torque ring yarn (a) 3-D trajectories of fiber; (b) Deformed non-concentric helix and local reversion of fiber segments

另外,在低扭矩环锭纱中,约 70% 的纤维片段或多或少地存在反转现象(见图 5(b)),即纤维片段的螺旋轨迹显示的捻度方向与纱实际捻度方向相反。按照纤维空间取向角及其方向性的确定方法^[15],可以得到沿着纱轴方向某根纤维空间取向角的大小及方向分布。如图 7 所示,虽然所处平均径向位置相同,但是由于低扭矩环锭纱纤维存在反向片段,该纤维的平均空间取向角(7.13°)远小于传统环锭纱中该根纤维的平均空间取向角(10.53°)。这些反转纤维片段的有助于平衡单纱中存在的

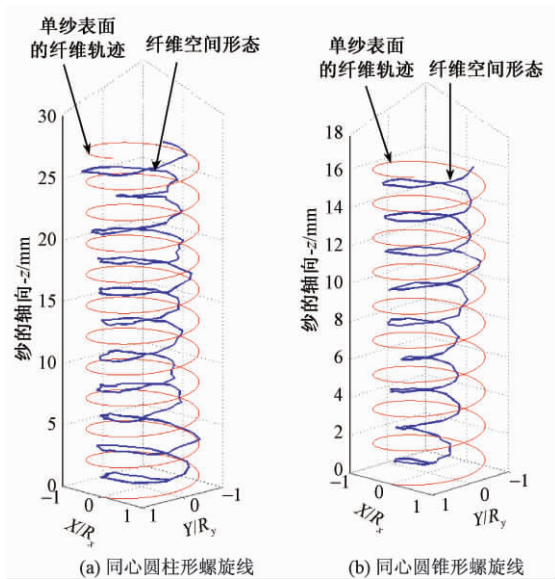


图 6 传统环锭纱中纤维的三维形态

Fig. 6 3-D trajectories of fiber in conventional ring yarn (a) Concentric cylindrical helix; (b) Concentric conical helix

扭应力,降低纱中的残余扭矩。同时,在传统环锭纱中,单根纤维的空间取向角波动范围很小,而在低扭矩环锭纱中,由于单根纤维在纱中的内外位置不断发生变化,其空间取向角分布的范围比较广。另有数据表明,在低扭矩环锭单纱中,一部分纤维的平

均相对径向位置距离纱芯较近,且其从内到外频繁发生转移且幅值较大^[15],这使纱的结构更加紧密,纤维间的抱合力进一步增强,纱线断裂强力得以提高。

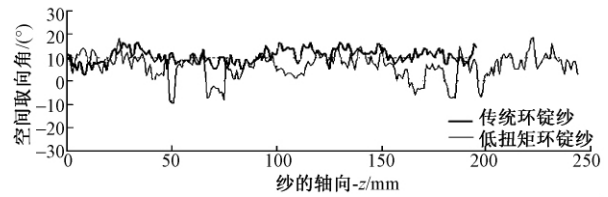


图 7 纤维片段空间取向角的分布

Fig. 7 Distributions of fiber spatial orientation angles

3 低扭矩环锭纱及其织物的性能

本文通过不同低扭矩环锭单纱产品与传统环锭纱及其织物之间的性能比较,分析低扭矩环锭单纱及其织物的性能特点,具体数据如表 1~6 所示。所用数据主要由低扭矩环锭纱生产厂家提供。其中湿扭结个数是利用自主设计开发的纱线扭结测试仪^[16]测得,该值可用来表征纱线的残余扭矩大小,纱线单位长度上的湿扭结数越少即纱线的残余扭矩越小。

表 1 第 1 代低扭矩环锭纱性能 (29.5 tex)

Tab. 1 Properties of 1st low torque ring yarns (29.5 tex)

单纱性能指标	低扭矩环锭纱		传统环锭纱		紧密纺 纱筒纱	涡流纺 纱筒纱
	管纱	筒纱	管纱	筒纱		
设计捻度 / (捻·cm ⁻¹)	4.4	4.4	6.3	6.3	5.3	—
断裂强度 / (cN·tex ⁻¹)	17.46	17.45	20.02	19.78	19.27	13.58
断裂强度 CV 值 / %	7.5	5.6	5.3	5.2	5.4	6.7
断裂伸长 / %	5.22	5.39	6.36	6.16	5.79	6.12
断裂伸长 CV 值 / %	7.7	6.2	4.8	4.2	3.8	5.7
湿扭结数 / (捻·(25 cm) ⁻¹)	22	28	64	65	53	63
湿扭结数 CV 值 / %	10.7	13.3	6.9	3.6	3.1	2.3
条干均匀度 CV _m / %	10.62	10.86	10.82	10.93	11.20	12.32
条干均匀度 CV 值 / %	0.9	—	4.3	—	—	—
-50% 细节 / (个·km ⁻¹)	0	0	0	0	6	0
+50% 粗节 / (个·km ⁻¹)	8	3	176	10	19	—
粗节 CV 值 / %	19.9	—	101.9	—	—	—
+200% 棉结 / (个·km ⁻¹)	6	6	13	9	3	6
棉结 CV 值 / %	16.7	—	40.0	—	—	—
3 mm 以上毛羽数 / (根·(100 m) ⁻¹)	273	1 464	1 063	2 046	2 720	45
3 mm 以上毛羽数 CV 值 / %	9.8	3.6	22.4	4.3	10.7	36.6

注:纤维原料的长度为 31.75 mm,马克隆值为 4.2,纤维强度为 24.0 cN/tex,伸长率为 5.6%。

通过实际生产得到的数据进一步证实低扭矩环锭单纱具有低捻高强、残余扭矩和毛羽少等特点。经过多次水洗之后,低扭矩针织物的歪斜变形小,且

顶破强力较高、透气性以及手感较好,主要性能接近具有正常捻度的传统环锭针织物。如表 3 中,当捻度降低 20% 时,29.5tex 低扭矩环锭针织纱的强力

表 2 第 1 代低扭矩环锭针织坯布性能 (29.5 tex, 筒纱)

Tab. 2 Properties of 1st undyed knitted fabrics (29.5 tex, cone yarns)

类别		单纱设计	平均歪	歪斜角	顶破强力/	顶破强力	透气阻抗/	透气阻抗	起毛起球	柔软度
		捻度/ (捻·cm ⁻¹)	斜角/(°)	CV 值/ %	(N·cm ⁻²)	CV 值/%	(kPa·s·m ⁻¹)	CV 值/ %	等级-随 机翻滚式	评价
低扭矩环锭纱	水洗前	4.4	0	0.0	94	4.2	0.099	7.3	3.5	3.8
	3 次水洗后	4.4	2.14	23.0	88	4.6	0.468	1.7	4.5	4.3
传统环锭纱	水洗前	6.3	7.39	13.2	101	3.9	0.158	6.3	4.5	3
	3 次水洗后	6.3	8.05	9.0	92	4.3	0.621	1.7	5	3
紧密纺纱	水洗前	5.3	4.55	18.3	88	4.6	0.112	7.6	4	3.5
	3 次水洗后	5.3	9.67	5.6	94	4.2	0.497	1.4	4	4
涡流纺纱	水洗前	—	6.25	2.6	103	6.7	0.062	11.4	5	1.3
	3 次水洗后	—	11.63	13.6	74	5.4	0.303	3.8	5	1.8

注: 纤维原料的长度为 31.75 mm, 马克隆值为 4.2, 纤维强度为 24.0 cN/tex, 伸长率为 5.6%; 起毛起球等级和柔软度评价从 1→5 为最差→最好。

表 3 第 4 代低扭矩环锭纱的性能 (29.5 tex, 筒纱)

Tab. 3 Properties of 4th low torque ring yarns (29.5 tex, cone yarns)

纱线	设计捻度/ (捻·cm ⁻¹)	平均断裂 强度/ (cN·tex ⁻¹)	断裂强度 CV 值/ %	湿扭结个 数/(捻· (25 cm) ⁻¹)	湿扭结个 数 CV 值/ %	3 mm 以上 毛羽/(根· (100 m) ⁻¹)	3 mm 以上 毛羽 CV 值/ %	条干均匀 度 CV _m / %	条干均匀度 CV 值/ %
传统环锭纱	4.4	11.66	9.43	41	6.29	3 765	7.59	9.46	2.01
低扭矩环锭纱	4.4	17.67	6.17	25	11.16	1 532	5.18	9.49	0.98
传统环锭纱	4.9	14.64	6.35	52	4.25	2 703	9.72	9.65	2.49
低扭矩环锭纱	4.9	19.54	5.73	42	6.29	1 284	8.55	9.46	1.80
传统环锭纱	6.2	19.32	4.14	68	0.99	2 210	9.11	9.42	3.50

注: 纤维原料的长度为 31.75 mm, 马克隆值为 4.2, 纤维强度为 24.0 cN/tex, 伸长率为 5.6%。

表 4 第 4 代低扭矩环锭针织坯布的性能 (29.5 tex)

Tab. 4 Properties of 4th undyed knitted fabrics (29.5 tex)

织物类别	设计捻度/ (捻·cm ⁻¹)	平均歪斜角/(°)		歪斜角 CV 值/%		顶破强力/ (N·cm ⁻²)	透气阻抗/ (kPa·s·m ⁻¹)	起毛起球 等级-随机 翻滚式	起毛起球 CV 值/ %
		水洗前	3 次水 洗后	水洗前	3 次水 洗后				
低扭矩环锭针织布	4.4	0	2.77	0	11.1	327	0.129	4.5	8.7
传统环锭针织布	4.4	2.22	6.42	17.50	9.92	294	0.132	4.0	9.5
传统环锭针织布	6.2	7.98	11.31	8.82	5.20	338	0.157	4.5	6.4

注: 纤维原料的长度为 31.75 mm, 马克隆值为 4.2, 纤维强度为 24.0 cN/tex, 伸长率为 5.6%; 起毛起球等级从 1→5 为最差→最好。

表 5 第 4 和第 5 代单纱性质对比

Tab. 5 Properties comparison of 4th and 5th low torque ring yarns

单纱性能	设计捻度/ (捻·cm ⁻¹)	单纱断裂强度/ cN	条干 CV _m / %	+200% 棉结/ (个·km ⁻¹)	3 mm 以上毛羽数/ (根·(100 m) ⁻¹)
7.4 tex 传统环锭纱	12.7	184	14.55	80	1 640
7.4 tex 第 4 代低扭矩环锭纱	10.8	176.2	15.17	452	1 020
7.4 tex 第 5 代低扭矩环锭纱	10.8	180.5	15.01	85	880
5.9 tex 传统环锭纱	15.4	142.1	15.14	135	1 570
5.9 tex 第 4 代低扭矩环锭纱	13.0	135.8	15.91	676	990
5.9 tex 第 5 代低扭矩环锭纱	13.0	138.4	15.57	142	890

表6 第4代7.4 tex低扭矩机织布的性能

Tab.6 Properties of fabrics produced by 4th 7.4 tex conventional and low torque ring yarns

织物类型	断裂强力 /		断裂强力		撕裂强力 /		撕裂强力		耐磨次数 /		耐磨次数 CV 值 /	
	N		CV 值 / %		N		CV 值 / %		次		%	
	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向
环锭平纹机织布	553.1	258.4	2.51	2.36	>62°	32.59	>62°	2.07	8 016	5 463	10.57	8.34
低扭矩平纹机织布	632.5	272.6	3.84	3.71	>62°	39.97	>62°	0.6	9 305	6 403	11.93	13.64

注:°表示经向撕裂强力超出测试仪的最大值;纤维原料的长度为37.5 mm,马克隆值为4.25,纤维强度为31.9 cN/tex,伸长率为6.53%;机织物用经纬纱线密度均为7.4 tex,双股S捻向,经密63根/cm,纬密28根/cm;单纱捻度为12.7捻/cm。

已经接近正常捻度的传统环锭纱。当捻度降低30%时,100米长度上,低扭矩环锭纱3mm以上毛羽根数远远低于具有正常捻度的传统环锭纱,且强力已经满足工业应用的需求,而同捻度水平的传统环锭纱强力很弱,且在纺纱过程断头严重,很难纺制。此外,第5代低扭矩纺纱技术在高支纱的生产上有进一步突破,尤其是单纱条干(表5)。对比第4代高支低扭矩机织布和传统环锭机织布的性能可以发现(表6),在相同条件下,高支低扭矩机织布在经向和纬向都具有较好的断裂强力、撕裂强力和耐磨擦性,这是由于高支低扭矩单纱具有较好的物理性能^[17]。

4 结 论

1) 假捻装置改变了低扭矩纺纱三角区纤维张力及成纱过程纱线捻度分布,赋予低扭矩环锭纱独特的结构特点,提升了成纱及织物的物理性能。

2) 低扭矩环锭纱的内部结构存在以下特点:纤维螺旋线呈现非同轴异形结构,且其螺旋半径不断变化;大量纤维片段存在反转现象;纤维空间取向角小且变异较大;纤维主要分布在单纱内层,单纱结构紧密;纤维转移幅度大,纤维转移率高。

3) 在捻度显著减小(25%~40%)的情况下,低扭矩环锭纱仍具有很好的可纺性,较高的强力,且纱的残余扭矩和3mm以上毛羽长度的数量显著降低。低扭矩环锭纱能明显改善针织物的歪斜,同时具有较高的顶破强力、良好的透气性和抗起毛起球性能。高支低扭矩机织布具有较好的断裂强力、撕裂强力和耐磨擦性。

FZXB

参考文献:

- [1] LAU Y M, TAO X M, DHINGRA R C. Spirality in single-jersey fabrics [J]. Textile Asia, 1995, 31(8): 95-102.
- [2] TAO X M, LO W K, LAU Y M. Torque-balanced

singles knitting yarns spun by unconventional systems: 1. cotton rotor spun [J]. Text Res J, 1997, 67(10): 739-746.

- [3] MILOSAVLJEVIC S, TADIC T A. Contribution to residual-torque evaluation by the geometrical parameters of an open yarn loop [J]. J Textile Inst, 1995, 86(4): 676-681.
- [4] PRIMENTAS A, IYPE C. Spirality of weft knitted fabrics: part III: an innovative method for the reduction of the effect [J]. Indian Journal of Fibre & Textile Research, 2003, 28(2): 202-208.
- [5] SAWHNEY A P S, ROBERT K Q, RUPPENIKER G F, et al. Improved method of producing a cotton/polyester staple-core yarn on a ring spinning frame [J]. Text Res J, 1992, 62(1): 21-25.
- [6] SAWHNEY A P S, KIMMEL L B. Tandem spinning [J]. Text Res J, 1995, 65(9): 550-555.
- [7] TAO X M, XU B G, WONG S K. Method and apparatus for manufacturing a singles ring yarn: US, 7096655 B2 [P]. 2006-08-29.
- [8] XU B G, TAO X M. Techniques for torque modification of singles ring spun yarns [J]. Text Res J, 2008, 78(10): 869-879.
- [9] YANG K, TAO X M, XU B G, et al. Structure and properties of low twist short-staple singles ring spun yarns [J]. Text Res J, 2007, 77(9): 675-685.
- [10] FENG J, XU B G, TAO X M. Dynamic measurement and modeling of flexible yarn dynamic behavior on a moving cylindrical solid structure [J]. Measure Sci Tech, 2012, 23: 115605.
- [11] FENG J, XU B G, TAO X M. Investigation and optimization of yarn twisting efficiency and spinnability in a modified low torque ring spinning system [C]// Proceedings of the 10th Asian Textile Conference. Ueda, Japan: Society of Fiber Science and Technology, 2009: 7-9.
- [12] FENG J, XU B G, TAO X M, et al. Theoretical study of a spinning triangle with its application in a modified ring spinning system [J]. Text Res J, 2010, 80(14): 1456-1464.
- [13] HUA TAO. Production, properties and structures of (下转第141页)

系统具有一定的使用优势和推广价值,能够为紧密纺技术在我国的大面积推广起到促进作用。 FZXB

参考文献:

- [1] 赵阳,王惊涛,肖琴,等. 紧密纺纱技术工艺研究[J]. 棉纺织技术,2009,37(4):6-9.
ZHAO Yang, WANG Jingtao, XIAO Qin, et al. Processing research of compact spinning technology [J]. Cotton Textile Technology, 2009, 37(4): 6-9.
- [2] 刘林兵,高卫东,谢春萍. 紧密纺纱系统的分类及性能特点[J]. 棉纺织技术,2005,33(6):5-8.
LIU Linbing, GAO Weidong, XIE Chunping. Assortment and performance speciality of compact spinning system [J]. Cotton Textile Technology, 2005, 33(6): 5-8.
- [3] 范杰. 紧密纺原理及经济性的分析[J]. 国外纺织技术,2004(9):6-7.
FAN Jie. The principle and economy analysis for Compact Spinning [J]. Textile Technology Overseas, 2004(9): 6-7.
- [4] 颜晓青,谢春萍. Elite 紧密纺与传统环锭纺成纱质量对比[J]. 棉纺织技术,2005(4):32-34.
YAN Xiaqing, XIE Chunping. Comparison on yarn quality between elite compact spinning and traditional ring spinning [J]. Cotton Textile Technology, 2005(4): 32-34.
- [5] 刘连军,万兴绪. 紧密纺技术在 EJM128K 型细纱机上的应用[J]. 上海纺织科技,2006,34(4):23-24.
LIU Lianjun, WAN Xuxing. Application practice of compact spinning technology on EJM128K spinning frame [J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2006, 34(4): 23-24.
- [6] 张贵. 紧密纺集聚罗拉关键部位制造的探究[J]. 江苏纺织,2011(3):49-50.
ZHANG Gui. The research on manufacture of agglomeration roller of compact spinning system [J]. Jiangsu Textile, 2011(3): 49-50.
- [7] 朱鹏,倪远. 紧密纺纱气动凝聚结构的研究[J]. 棉纺织技术,2008,36(11):18-21.
ZHU Peng, NI Yuan. Research of pneumatic condensation structure in compact spinning [J]. Cotton Textile Technology, 2008, 36(11): 18-21.
- [8] 周晔珺,谢春萍. 紧密纺纱装置在国产环锭纺设备上的改造及生产实践[J]. 江苏纺织,2005(10):8-9.
ZHOU Yejun, XIE Chunping. The compact spinning transformation on ring spinning frame [J]. Jiangsu Textile, 2005(10): 8-9.
- [9] 朱克荣. 负压式紧密纺纱经济效益浅析[J]. 棉纺织技术,2008,36(10):42-44.
ZHU Kerong. Economic benefit discussion of negative pressure compact spinning [J]. Cotton Textile Technology, 2008, 36(10): 42-44.
- [10] 高娜. 几种紧密纺装置使用情况对比[J]. 上海纺织科技,2010,38(8):49-51.
GAO Na. The use comparison of several compact spinning devices [J]. Shanghai Textile Science & Technology, 2010, 38(8): 49-51.
- [11] 杨志清. 不同类型紧密纺的纺纱效果及经济效益[J]. 纺织导报,2012,1(1):71-73.
YANG Zhiqing. Effects and economic efficiency of various compact spinning solutions [J]. China Textile Leader, 2012(1): 71-73.
- [12] 李奎华,狄剑锋. 紧密纺纱的发展优势及存在问题[J]. 纺织导报,2005(4):54-57.
LI Kuihua, DI Jianfeng. Compact spinning: advantages and existing problems [J]. China Textile Leader, 2005(4): 54-57.
- [13] 李奎华,狄剑锋. 紧密纺纱的发展优势及存在问题[J]. 纺织导报,2005(4):54-57.
LI Kuihua, DI Jianfeng. Compact spinning: advantages and existing problems [J]. China Textile Leader, 2005(4): 54-57.
- [14] GUO Ying, TAO X M, XU B G, et al. A continuous measurement system for yarn structures by optic method [J]. Measure Sci Tech, 2010, 21(11): 115706.
- [15] GUO Ying, TAO X M, XU B G, et al. Structural characteristics of low torque and ring spun yarns [J]. Text Res J, 2011, 81(8): 778-790.
- [16] MURRELLS C M, WONG K K, TAO X M, et al. Yarn snarling testing apparatus and method: US, 7219556 B2 [P]. 2007-5-22.
- [17] FENG J, XU B G, TAO X M. Systematic investigation and optimization of fine cotton yarns produced in a modified ring spinning system using statistical methods [J]. Text Res J, 2012, 83(3), 238-248.

(上接第125页)

short staple low torque singles ring yarn for weaving[D]. Hongkong: The Hong Kong Polytechnic University, 2006: 23-35.

- [14] GUO Ying, TAO X M, XU B G, et al. A continuous measurement system for yarn structures by optic method [J]. Measure Sci Tech, 2010, 21(11): 115706.
- [15] GUO Ying, TAO X M, XU B G, et al. Structural characteristics of low torque and ring spun yarns [J].

Text Res J, 2011, 81(8): 778-790.

- [16] MURRELLS C M, WONG K K, TAO X M, et al. Yarn snarling testing apparatus and method: US, 7219556 B2 [P]. 2007-5-22.
- [17] FENG J, XU B G, TAO X M. Systematic investigation and optimization of fine cotton yarns produced in a modified ring spinning system using statistical methods [J]. Text Res J, 2012, 83(3), 238-248.