

文章编号: 0253-9721(2008)04-0037-06

# 假捻对低捻环锭纱结构的影响

杨 昆<sup>1</sup>, 陶肖明<sup>2</sup>, 徐宾刚<sup>2</sup>, 林国昌<sup>2</sup>

(1. 天津工业大学 纺织学院, 天津 300160; 2 香港理工大学 纺织及制衣学系, 香港)

**摘 要** 针对传统低捻纱强度低, 影响其应用的问题, 在环锭细纱机前罗拉和导纱钩之间安装 1 个专门设计的假捻装置, 增加纺纱三角区内纤维的转移和纱线纤维间的抱合力, 使纱线在具有较低捻度的同时拥有较高的强度。检测纱线的内部和外部结构, 对比改良纱、普通捻度环锭纱和低捻度环锭纱的截面内纤维分布规律、纱线内的纤维轨迹以及纱线的表面结构。实验结果表明, 经过改进的低捻度环锭纱与普通环锭纱具有不同的结构。

**关键词** 假捻器; 低捻纱; 纺纱三角; 纱线结构

中图分类号: TS 104.79 文献标识码: A

## Effect of false twist on the structure of low-twist ring spun yarns

YANG Kun<sup>1</sup>, TAO Xiaoming<sup>2</sup>, XU Bingang<sup>2</sup>, LAM Kowcheong<sup>2</sup>

(1. School of Textiles, Tianjin Polytechnic University, Tianjin 300160, China;

2. Institute of Textiles and Clothing, The Hong Kong Polytechnic University, Hong Kong, China)

**Abstract** For solving the problems of conventional low twist yarns due to their low tenacity, a specially designed false twister was installed between the front rollers and yarn guide on a conventional ring spinning frame for increasing fiber migration and entanglement in the spinning triangle, leading to a reinforcement of yarn strength. Thus the produced yarn has a low twist and a relatively high strength simultaneously. In addition, the yarn internal and external structures were examined and the radial fiber distribution, fiber path and yarn surface structure between the modified, normal and low twist conventional ring yarns were compared. The results reveal that the modified low twist yarn has a structure different from the conventional ring spun yarns.

**Key words** false-twister; low-twist yarns; spinning triangle; yarn structure

低捻环锭纱因其丰满柔软的纱体、较低的残余扭矩和较高的生产效率而被认为是理想的针织用纱, 但传统低捻纱的低强度和较多的毛羽限制了它的应用范围。假捻装置被很多纺纱系统所采用, 如 Sirospun<sup>TM</sup>、气流纺以及变形丝等。此外对现有纺纱系统还可采用假捻原理进行改造, 如将气流纺的喷嘴(一种假捻器)安装在环锭纺纱机上用来减少毛纱的毛羽<sup>[1]</sup>, 但是它的假捻效率很低, 且压缩空气的使用成本相当高。通过研究发现, 机械式假捻器可以比较准确地控制假捻的程度和纱线的品质。虽然交叉带式、摩擦盘式都具有较好的假捻效果, 但是转子式假捻器(pin false twister)具有体积小, 工作简单可靠等优点, 因此本文通过使用转子假捻器, 研究其对

低捻环锭纱线结构的影响。

## 1 纺纱系统的改进

本文使用的装置是基于文献[2-3]研究的原理开发的, 如图 1 所示。1 套假捻装置(包括 1 个转子和 1 对驱动转轮)被安放在环锭纺纱机的前罗拉和导纱钩之间, 并将整个纺纱系统分成 3 个区域。A 区是纺纱三角区, B 区是高捻区, C 区是低捻区。在纺纱过程中, 通过前罗拉的纤维在 B 区被加上极高的捻度, 这个捻度是由转子转速与前罗拉输出速度决定的。这样的高捻度缩短了纺纱三角的长度(见图 2, 从长度  $H$  缩短到  $H'$ ), 并使得 A 区内的中心纤

收稿日期: 2007-05-08 修回日期: 2007-11-23

作者简介: 杨昆(1967—), 男, 副教授, 博士。主要研究新型纺纱技术、针织物及智能纺织品。E-mail: kunyang@tjpu.edu.cn

维和外围纤维之间存在着极大的张力差, 加大了纤维转移的程度; 同时外围纤维的较大张力克服了这些纤维的弹性回复, 将这些已发生转移的纤维定形。而在 C 区, 纱线被反向加捻, 退掉假捻器所加上的捻度, 并将生产出的低捻纱卷绕到纱管上。通常低捻纱的强度较低, 但改良纱由于纤维转移程度的加大而使得即使捻度较低, 但纤维之间的抱合力和成纱的强度都很高。

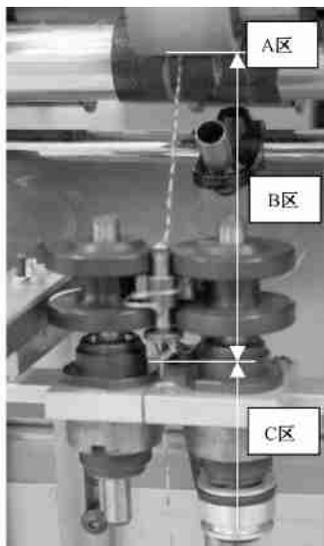


图 1 经过改造的环锭纺纱系统  
Fig. 1 Modified ring spinning system

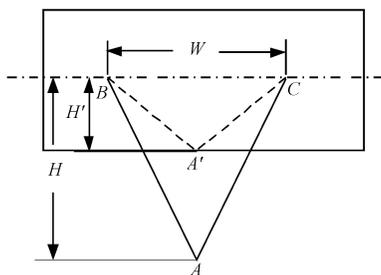


图 2 纺纱三角的变化  
Fig. 2 Modification of spinning triangle

## 2 实验部分

### 2.1 材料和机器

使用 2 台 SDL Spin Tester 进行纱线生产。其中一台被改造用于生产改良纱, 另一台只生产用于对比的传统环锭纱。每台机器有 6 个锭, 锭速为 10 000 r/min, 后牵伸比为 1:1.2。

分别纺制了改良纱(捻系数 2.5)、低捻度(捻系数 2.5)和普通捻度(捻系数 3.6)的对比纱, 每种纱线都

有 36.9、29.5 和 19.7 tex 3 种线密度。Tencel<sup>®</sup> 纤维被用于纤维内部结构的检测实验。实验所使用的 Tencel<sup>®</sup> 纤维及纱线的基本参数为: 纤维直径 0.01 mm; 纤维长度 38 mm; 纱线线密度 36.9、29.5、19.7 tex; 捻系数 2.5 和 3.6, 其中 3.6 仅用于对比纱。

### 2.2 纱线的结构测试

#### 2.2.1 纱线截面结构和排列密度

首先将纱线包埋在树脂中, 固化后切成厚度为 10 μm 的薄片, 再用显微镜和 CCD 照相机获得纱线的横截面照片, 每种纱线选取 30 个截面, 并采用等面积同心圆法(见图 3)进行分析<sup>[4]</sup>, 最后通过计算同心圆环内纤维所占的面积和圆环面积之比得到纤维在纱线截面的排列密度分布<sup>[5]</sup>。

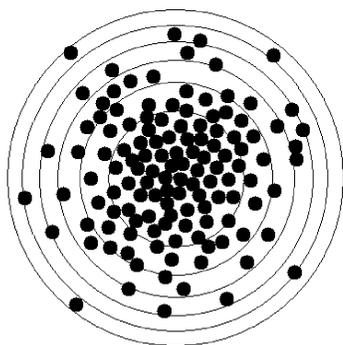


图 3 使用等面积同心圆法对纱线截面进行划分  
Fig. 3 Division of yarn cross section by using the equal area method

#### 2.2.2 纤维轨迹

研究纤维轨迹的装置是在文献[6]的基础上改进的。极少量的染色纤维被混入到未染色的纤维中, 并将其纺成纱线。然后将纱线浸没在与未染色纤维折射率相同的溶液中, 使得未染色纤维可以在视觉上被“滤掉”, 只显示染色纤维。

另外, 研究使用快速傅里叶转换 (FFT) 作为工具(软件用 MatLab 编写)对纤维轨迹曲线进行转换, 以获得它们的频域特征。

#### 2.2.3 纱线表面结构

纱线的表面结构(包括纱线直径、表面捻角、羽毛分布等)的检测是通过电子扫描显微镜 (SEM) 完成的。

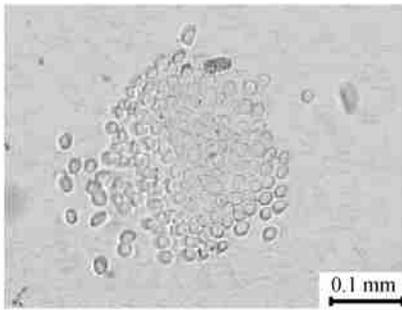
## 3 结果与分析

### 3.1 纱线内部结构

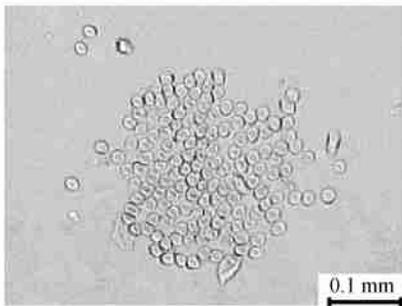
#### 3.1.1 纱线截面

实验观测了 3 种纺纱方式、3 种线密度共 9 种

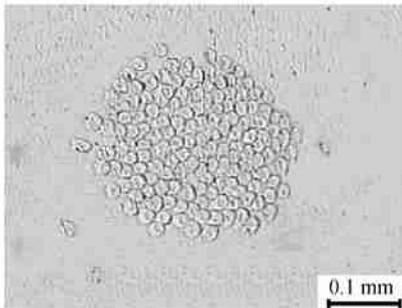
纱线的横截面。图 4 为 29.5 tex 改良纱和对比纱的截面图。通过观察发现: 改良纱的截面较同捻度的对比纱紧密; 其他线密度(36.9 和 19.7 tex)的纱线也有相同的规律。



(a) 改良纱, 捻系数 2.5



(b) 对比纱, 捻系数 2.5



(c) 对比纱, 捻系数 3.6

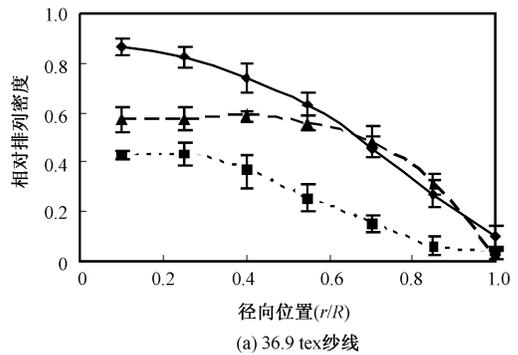
图 4 线密度为 29.5 tex 纱线的截面照片

Fig. 4 Cross-sectional images of 29.5 tex yarns. (a) Modified yarn, twist multiplier 2.5; (b) Control yarn, twist multiplier 2.5; (c) Control yarn, twist multiplier 3.6

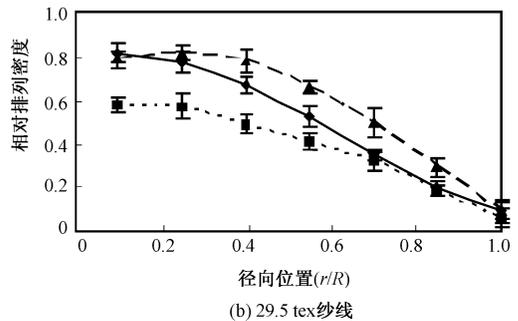
### 3.1.2 纱线内纤维排列密度

图 5 示出不同纱线的截面纤维排列密度曲线( $r$  为某圆环到纱线中心的距离,  $R$  为纱线半径)。对所选 3 种线密度的纱线来讲, 改良纱与对比纱的分布是不同的, 靠近轴线的部分较外围紧密, 即有一个“硬芯”, 然后向着纱线表面的方向密度逐渐降低。改良纱与对比纱的密度分布之所以不同, 可以用 Hearle 的理论<sup>[4]</sup>来解释, 这些纱线是卷带式加捻结构, 纤维转移导致了纱线内纤维径向位置的不同, 并

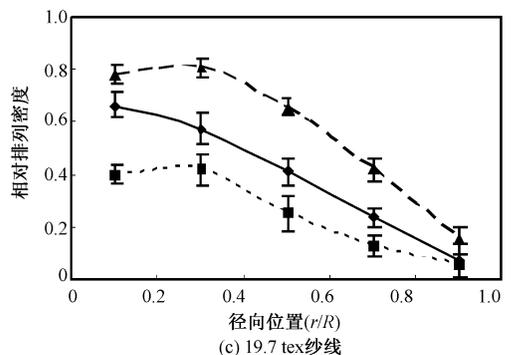
引起张力的不同。轨迹位于纱线外围的纤维受到较大的张力, 该张力驱使纤维向纱线中心移动, 因此, 纱线中心充满了从外部转移进来的纤维, 这些纤维纠缠并互锁在一起, 构成了较为紧密的“内核”。纱线中心排列密度由纤维转移的程度决定。由于纺纱三角的形状影响纱线的结构和性能<sup>[7]</sup>, 改良纱在 B 区的捻度极高, 缩短了纺纱三角, 增大了纱线中心纤维与外围纤维的张力差, 从而使大量的纤维向纱线中心转移, 形成“拥挤”的中心, 而在 C 区, 纱线外层纤维由于解捻的作用而变得较为疏松。图中还可看出由于改良纱的纤维分布规律与对比纱不同, 使得它们的曲线有部分交叉。



(a) 36.9 tex 纱线



(b) 29.5 tex 纱线



(c) 19.7 tex 纱线

—●— 改良纱, 捻系数 2.5; —■— 对比纱, 捻系数 2.5; —▲— 对比纱, 捻系数 3.6.

图 5 排列密度曲线

Fig. 5 Packing density curves. (a) 36.9 tex yarn; (b) 29.5 tex yarn; (c) 19.7 tex yarn

有关纤维排列密度的研究表明, 高捻纱的排列密度要大于低捻纱。对于高捻纱来讲, 它的最大值

发生在从纱线中心到外层的四分之一处, 然后向着纱线表面逐渐减小<sup>[5]</sup>。低捻纱也基本遵循这样的规律。从图 5 还可看出, 所有改良纱的排列密度都要比同捻度的对比纱要高。由于纱线外围纤维对纱线扭矩的贡献较大, 因此, 外围纤维数量的减少也是导致纱线残余扭矩减小的一个原因。

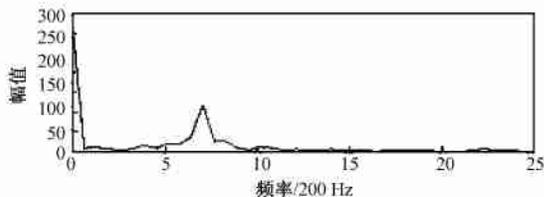
将不同线密度的改良纱进行对比后发现, 粗支纱的密度较大, 这一情况可以解释为粗支纱的横截面内纤维数量较多, 增加的压力使排列密度加大。另外, 这些曲线的趋势是相同或相近的, 纱支的变化仅影响总体排列密度, 而对“峰值”影响较小。

### 3.1.3 纤维轨迹

图 6~8 示出 3 种 29.5 tex 纱线内的纤维轨迹照片和 FFT 分析结果。纤维轨迹照片清晰地表明这些纱线的轨迹特征是不同的。2 种对比纱的轨迹相近, 如正弦曲线。捻度越高, 正弦曲线的频率越快。然而, 改良纱的情形较为复杂, 其轨迹不是一个简单的正弦曲线可以描述的, 它的波长是变化的, 捻角也小于同捻度的对比纱。这样的结果可能是由于改进装置改变了纱线内的纤维分布, 也可能是由于纤维的转移、纠缠和自锁使得假捻器的解捻作用未能完全去除加上去的捻度。这些纤维片段仍保留在原来的位置, 从而形成一个不规则的纤维轨迹。



(a) 纤维轨迹



(b) FFT 分析结果

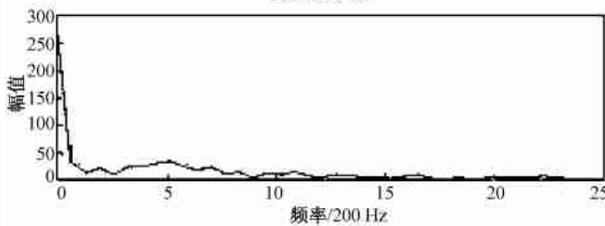
图 7 29.5 tex 低捻度对比纱的纤维轨迹和分析结果(捻系数 2.5)

Fig. 7 Fiber trace and analysis results of 29.5 tex low twist control yarn (twist multiplier 2.5).

(a) Fiber path; (b) FFT analysis results



(a) 纤维轨迹



(b) FFT 分析结果

图 8 29.5 tex 改良纱的纤维轨迹和分析结果(捻系数 2.5)

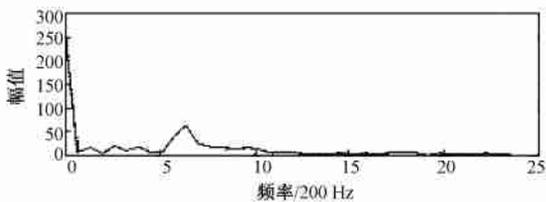
Fig. 8 Fiber trace and analysis results of 29.5 tex modified yarn (twist multiplier 2.5).

(a) Fiber path; (b) FFT analysis results

迹也是一个周期性曲线, 其频率较为稳定, 但幅度与低捻对比纱相比不够均匀一致。图 6(b)的曲线表明它也有一个峰值, 但其值比低捻纱小, 并且这 2 种纱线的频率不同, 低捻纱的频率大于普通捻度对比纱, 这与 Hearle 等人的观测结果是相符的<sup>[4]</sup>。这可以解释为较高的捻度增加了纺纱三角内纤维间的张力不匀, 加大了纤维转移的程度, 并最终使得纤维转移加快, 转移幅度不均匀。对于改良纱来讲, 它的纤维轨迹(见图 8(a))可以看成是许多不同频率和幅值曲线的组合。这一点得到了 FFT 分析结果(见图 8(b))的验证。纤维转移不仅剧烈, 而且不均匀。这可能是纺纱三角内高捻度张力差大, 以及退捻过程共同造成的。它的 FFT 曲线与另 2 条对比纱不同, 比较平缓且没有较为明显的峰值, 这也说明它的纤维轨迹不能用 1 条函数曲线来表示。



(a) 纤维轨迹



(b) FFT 分析结果

图 6 29.5 tex 普通捻度对比纱的纤维轨迹和分析结果(捻系数 3.6)

Fig. 6 Fiber trace and analysis results of 29.5 tex normal twist control yarn (twist multiplier 3.6).

(a) Fiber path; (b) FFT analysis results

FFT 的作用是将时域的图像信号转换成频域信号。对于低捻对比纱来讲, 纤维轨迹呈周期性曲线, 见图 7(a)。它的频率和幅度都较为均匀和稳定。图 7(b)示出的 FFT 结果证明了这一点。峰值表示纤维的轨迹, 可以用一个有特定频率和幅度的曲线来模拟。图 6(a)表示普通捻度对比纱内的纤维轨

### 3.1.4 纤维三维轨迹重构

通过计算正交的二维纤维轨迹, 可以方便地画出纤维轨迹的三维图像。

图9是同时拍摄的1根纱线的2个正交图像。图10(a)是根据观测的纤维轨迹重构的三维立体图形, 图10(b)是这个轨迹在纱线横截面上的投影。显然, 纤维的轨迹描述起来较为复杂, 如将其分割成很多小的片段进行分析, 会发现这些片段的纤维可以归纳为2类: 一类是顺时针方向旋转(CW), 另一类是逆时针方向旋转(ACW)。这2类片段对纱线扭矩的贡献是相反的。顺时针旋转的片段具有Z捻, 而逆时针旋转的片段呈S捻。这些相反方向旋转的纤维在一定程度上互相抵消了彼此的扭转能量, 从而使纱线的总扭矩变小。

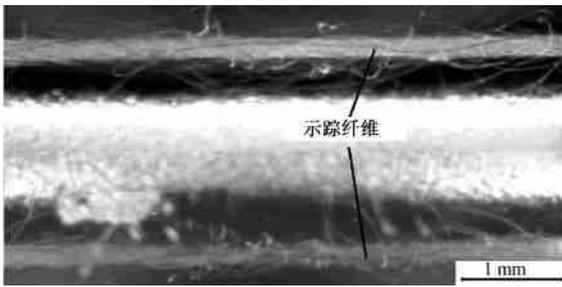
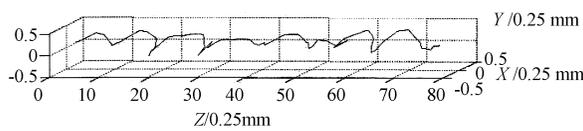
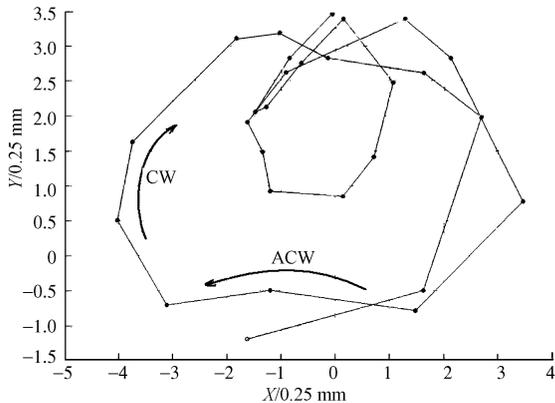


图9 同时拍摄的2根纤维轨迹(29.5 tex)  
Fig.9 A twin images of tracer fiber (29.5 tex)



(a) 重构的3-D纤维轨迹



(b) 纤维轨迹在纱线横截面上的投影

图10 29.5 tex 改良纱的纤维轨迹(片段)

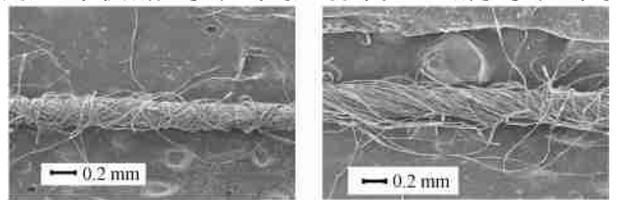
Fig.10 A portion of tracer fiber of 29.5 tex modified yarn.  
(a) Re-constructed 3-D fiber path; (b) Projection of the fiber path on its cross section

通过统计30个样品后发现, 大约20%~25%的改良纱片段是沿逆时针方向旋转的, 而对于对比纱来讲, 这个比例较小, 不大于10%。这个结果表明, 较多的反向旋转确实存在于改良纱, 是改良纱的特征之一。反向旋转不仅部分地平衡了纱线的残余扭矩, 使其总体数值较小, 而且增加的纤维转移增强了纤维层间的运动, 加大了纤维间的纠缠, 增加了纱线的强度。这也说明了改良纱不仅具有较低的扭矩, 而且还有相当高的强力。

改良纱内示踪纤维的另一个特征是纤维并不沿着同心圆柱螺旋线轨迹, 而是偏离中心很多。也就是说, 纤维只分布于纱线的一个部分而不是整个截面。这表明改良纱的结构与Sirospun™ 纱或Solospun™ 纱有许多相似之处。

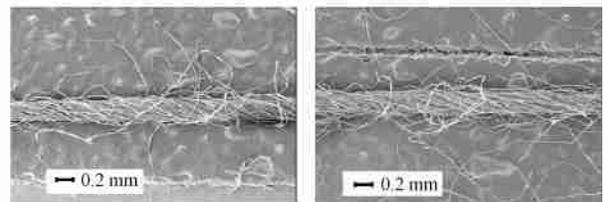
### 3.2 纱线表面结构

图11是纱线的表面照片。改良纱有2种主要特征, 一种是纱体被纤维紧紧地包缠住, 且纤维的包缠方向与纱线捻度方向相反, 见图11(a), 另一种纱线表面与低捻的普通环锭纱相似, 见图11(b)。纤维排列较为松散, 纱体蓬松, 有较多的表面纤维构成毛羽。这2种结构的比例与纤维特性及所使用的纺纱参数有关。图11(c)、(d)分别为低捻和普通捻度的环锭纱。它们具有相似的外观, 只是纱线表面捻角不同。这些图像表明改良纱具有较为特殊的结构, 反向包缠纤维是由于C区假捻器的反向加捻作用, 它不仅减少了纱线的毛羽, 而且还减小了纱线的



(a) 改良纱(类型I), 捻系数2.5

(b) 改良纱(类型II), 捻系数2.5



(c) 对比纱, 捻系数3.6

(d) 对比纱, 捻系数2.5

图11 几种29.5 tex 纱线的外观

Fig.11 Surface images of 29.5 tex yarns. (a) Modified yarn (I), twist multiplier 2.5; (b) Modified yarn (II), twist multiplier 2.5; (c) Control yarn, twist multiplier 3.6; (d) Control yarn, twist multiplier 2.5

扭矩。另外, 紧密的包缠结构加强了纤维间的侧压力和摩擦力, 增强了纱线的强力。由于改良纱中 2 种表面结构同时存在, 使得纱线的直径和拉伸强力测试结果的变异系数变大。

## 4 结 语

本文介绍了一种使用假捻器对环锭纺纱机进行改造的方法, 并对纱线的结构进行了检测。结果表明, 经过假捻处理的纱线有着与对比纱(低捻度和普通捻度)不同的纱线截面纤维分布规律、纤维轨迹特征和表面结构。

FZXB

致谢 感谢香港理工大学 K. F. Choi 博士在改进纤维示踪方法的过程中所提供的建议和给予的帮助。

### 参考文献:

[ 1 ] Wang X G, Miao M H, How Y L. Studies of JetRing

spinning Part I: reducing yam hairiness with the JetRing[ J]. Textile Research Journal, 1997, 67 (4): 253—258.

- [ 2 ] Tao X M, Xu B G, Wong S K. Method and apparatus for manufacturing a singles ring yarn; US Patent, 7096655[ P]. 2006—08—29.
- [ 3 ] 杨昆, 陶肖明, 叶荫权, 等. 一种新型针织用环锭纱的研制及应用[ J]. 纺织学报, 2004, 25 (6): 58—60.
- [ 4 ] Hearle J W S, Grosberg P, Backer S. Structural Mechanics of Fibers, Yarns and Fabrics [ M]. New York: John Wiley & Son Inc, 1969: 109—172.
- [ 5 ] Jiang X Y, Hu J L, Cheng K P S, et al. Determining the cross sectional packing density of rotor spun yarns [ J]. Textile Research Journal, 2005, 75 (3): 233—239.
- [ 6 ] Morton W E, Yen K C. The arrangement of fibers in fibro yarns [ J]. Journal of the Textile Institute, 1952, 22: 60—66.
- [ 7 ] 唐善石, 毛立民. 紧密纺断面结构布局的研究[ J]. 纺织学报, 2007, 28 (8): 91—95.