

DOI: 10.13475/j.fzxb.20180106806

# 碱处理对异形截面聚酯纱线芯吸效应及强力的影响

张琳<sup>1</sup>, 武海良<sup>1</sup>, 沈艳琴<sup>1</sup>, 毛宁涛<sup>1,2</sup>

(1. 西安工程大学 纺织科学与工程学院, 陕西 西安 710048;

2. 英国利兹大学 设计学院, 英国 利兹 LS2 9JT)

**摘要** 针对氢氧化钠可破坏聚酯纤维结构,影响异形截面聚酯纤维的芯吸效应、润湿性、强力、伸长性能和吸湿快干及吸湿凉爽功能这个问题,借助扫描电子显微镜,对氢氧化钠处理前后的纤维形态结构进行了表征,分析了影响该纱线芯吸效应的因素,研究了不同质量分数碱处理对异形截面聚酯纱线芯吸效应、润湿性能、强力及伸长的影响规律。结果表明:异形截面聚酯纤维横截面为十字形,沿纤维纵向有4道沟槽,起到毛细管作用,为水分的迁移提供了通道,使纤维及纱线具有良好的芯吸效应;氢氧化钠可有效清除异形截面聚酯纤维沟槽中的低聚物,当氢氧化钠质量分数在4%左右时,纱线芯吸效果显著提高;氢氧化钠处理可提高异形截面聚酯纱线的润湿性;随着氢氧化钠质量分数的提高,异形截面聚酯纱线强力及伸长下降,当氢氧化钠质量分数高于6%后,纱线的强力和伸长损失显著。

**关键词** 异形截面聚酯纤维; 碱处理; 芯吸性能; 纱线强力

中图分类号: TS 102.6 文献标志码: A

## Influence of alkali treatment on wicking effect and strength of profiled polyester yarn

ZHANG Lin<sup>1</sup>, WU Hailiang<sup>1</sup>, SHEN Yanqin<sup>1</sup>, MAO Ningtao<sup>1,2</sup>

(1. College of Textile Science and Engineering, Xi'an Polytechnic University, Xi'an, Shaanxi 710048, China;

2. School of Design, University of Leeds, Leeds LS2 9JT, UK)

**Abstract** Aiming at the problem that NaOH could damage the structure of polyester fiber and affect the wicking effect, wettability, strength and elongation properties of profiled polyester fiber, and fast drying and cool properties, scanning electro microscopy was adopted to characterize the structure of the fiber before and after NaOH treatment. The influencing factors of wicking effect was analyzed and the influences of alkali concentration on wicking effect, wettability, strength and elongation properties were studied. The results show that the cross section of profiled polyester fiber is cross shaped. Four trenches along the longitudinal direction of the fiber play the capillary role and provide a channel for the migration of moisture. Therefore, the profiled polyester fiber and yarn have good wicking effect. Sodium hydroxide can effectively remove the oligomers from profiled polyester fibers, and the wicking effect of profiled polyester yarns is improved significantly when the concentration of alkali is about 4%. It is found that profiled polyester yarns treated by NaOH solution have good wettability. With the increase of the alkali concentration, the strength and elongation of profiled polyester yarns decrease, and the strength and elongation properties of the profiled polyester yarns are lost significantly while the alkali agent concentration is higher than 6%.

**Keywords** profiled polyester fiber; alkali treatment; wicking effect; strength of yarn

异形截面聚酯纤维由于导湿性好,被广泛应用于制作吸湿快干内衣、吸湿凉爽夏季织物和运动服等<sup>[1-3]</sup>,为功能性纺织品的开发创造了优越的条件。异形截面聚酯纤维截面有多条异形细微沟槽,可有

收稿日期: 2018-01-30 修回日期: 2018-08-17

基金项目: 国家重点研发计划项目(2017YFB0309100)

第一作者: 张琳(1994—),女,硕士生。主要研究方向为新型纺织浆料及浆纱工艺。

通信作者: 武海良(1962—),男,教授,博士。主要研究方向为新型纺织浆料及浆纱工艺。E-mail: whl@xpu.edu.cn。

效地将肌肤表面的汗水和湿气瞬间吸收并快速传输至表面,达到吸湿快干和吸湿凉爽的效果。异形截面聚酯纤维织物需要经退浆处理,以满足印染的要求。目前退浆的方式主要有碱退法、酶退法、氧化剂退法及酸退法。由于异形截面聚酯纤维浆纱或浆丝时通常采用聚乙烯醇(PVA)、聚丙烯酸酯及聚酯浆料,对于这类浆料,退浆时通常采用碱法退浆工艺。退浆过程中碱会影响聚酯纤维的性能,因此碱对聚酯纤维性能的影响一直是研究的热点<sup>[4-6]</sup>。

许多研究结果表明,碱处理对聚酯微观结构及力学性能具有很大的影响<sup>[7-8]</sup>,如有文献<sup>[9]</sup>研究了碱对聚酯纤维复合材料力学性能的影响,发现碱在一定程度上可有效破坏复合材料的力学性能;刘越等<sup>[10]</sup>探讨了碱水解对改性聚酯纤维性能的影响,得出适当的碱处理有助于水分子在纤维间的传递;王维明等<sup>[11]</sup>对中空聚酯短纤维的耐碱性及力学性能进行了探讨,发现碱浓度适中时可保留聚酯纤维原有的中空结构;梁必超等<sup>[12]</sup>研究了酸碱对聚酯/聚酰胺纤维性能的影响,指出聚酯纤维耐碱性差。这些研究均得出一致的结论:碱处理对聚酯纤维纱线的性能影响很大,但目前研究大多集中在碱对纱线力学方面的影响上,对碱处理后水分子在纱线中的传递机制,尤其是碱量如何保证纱线芯吸效应和力学性能的一致方面的研究较少。

本文从退浆方式及要求出发,系统研究碱处理前后异形截面聚酯纤维表面形态变化、芯吸效应、润湿性及强力的变化情况,以期为制定异形截面聚酯纤维织物退浆工艺以及对浆料的选择提供参考。

## 1 实验部分

### 1.1 实验材料与仪器

实验材料:异形截面聚酯纤维(Coolsmart 纤维, 1.34 dtex)、异形截面聚酯纱线(Coolsmart 纱线, 19.1 tex),南通双弘纺织有限公司;NaOH(化学纯)北京益利精细化学品有限公司。

实验仪器:HH-6型恒温水浴锅(金坛市国旺实验仪器厂)、60SXR型傅里叶变换红外光谱仪(美国尼高力仪器公司)、Quanta 600 FEG型场发射扫描电镜(美国FEI公司)、HD021 N型电子单纱强力仪(南通宏大实验仪器有限公司)、LLY-06EDC型电子单纤维强力仪(莱州市电子仪器有限公司)、YG(B)871型毛细管效应测定仪(温州际高检测仪器有限公司)、OCA20型全自动单一纤维接触角测量仪(德国Dataphysics Instruments GmbH公司)。

### 1.2 实验方法

#### 1.2.1 碱处理工艺

称取一定量的异形截面聚酯纤维纱线,分别配制质量分数为2%、4%、6%、8%的NaOH溶液,浴比为1:30,水浴加热至100℃,将纱线浸渍在不同质量分数的碱液中,保温处理60 min,处理后的纱线用蒸馏水洗净,直至纱线附着液的pH值为6~7,在40℃条件下烘干后进行性能测试。

#### 1.2.2 异形截面聚酯纤维的结构表征

制取粉末试样,采用傅里叶变换红外光谱仪测试异形截面聚酯纤维结构,根据红外光谱中吸收峰的强度、位置和形状,确定纤维的化学组成<sup>[13]</sup>;为观察纤维表面形态,用导电胶将样品固定在样品台上,经真空喷金处理后,采用扫描电子显微镜分析异形截面聚酯纤维的表面形态<sup>[14]</sup>。

#### 1.2.3 异形截面聚酯纱线性能测试

断裂强力:在电子单纱强力仪上进行测试,夹口间隔距为500 mm,拉伸速度为500 mm/min,每组测试30次,取平均值。

芯吸效应:按照FZ/T 01071—2008《纺织品毛细效应试验方法》,采用毛细管效应测定仪测量异形截面聚酯纱线的毛细高度<sup>[15]</sup>。

芯吸速率的计算公式为

$$v = \frac{h}{t}$$

式中: $v$ 为芯吸速率,cm/min; $h$ 为芯吸高度,cm; $t$ 为达到该芯吸高度的时间,min。

接触角测量:实验过程中以三级水为测试液。采用座滴法,用全自动单一纤维接触角记录水滴在纱线中的铺展过程,并采用椭圆法对水滴的形态进行分析,得到初始表观接触角<sup>[16]</sup>。

## 2 结果与讨论

### 2.1 异形截面聚酯纤维红外光谱分析

图1示出实验所用的异形截面聚酯纱线及异形截面聚酯纤维的红外光谱。可以看出,异形截面聚酯纤维和异形截面聚酯纱线的红外特征吸收峰是一致的,说明本文所用纱线为纯异形截面聚酯纤维纱线。图谱中波数为2923.5 cm<sup>-1</sup>处为饱和—CH键伸缩振动吸收峰,1710 cm<sup>-1</sup>处为C=O键的伸缩振动吸收峰,1094 cm<sup>-1</sup>处为C—O—C键伸缩振动吸收峰,716 cm<sup>-1</sup>处强烈的特征吸收峰为对位双取代苯环上—CH<sub>2</sub>弯曲振动,因此可确定异形截面聚酯纤维属于聚酯类纤维。

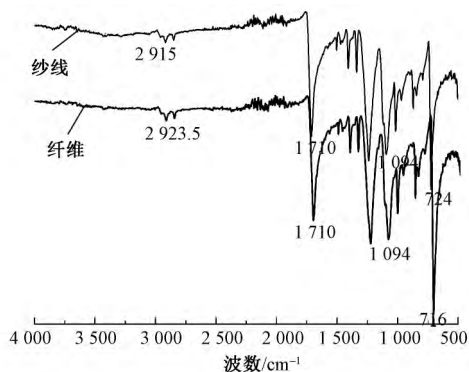


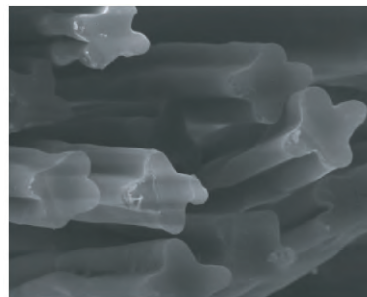
图 1 异形截面聚酯纤维与纱线的红外光谱图  
Fig.1 FT-IR of profiled polyester fiber and yarn

### 2.2 异形截面聚酯纤维表面形态

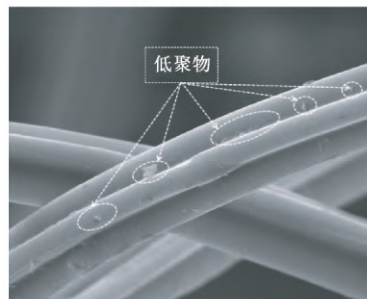
异形截面聚酯纤维的表面形态如图 2 所示。可见,异形截面聚酯纤维的横截面为“十”字形,沿纤维纵向有四道沟槽,纵向沟槽起到毛细管作用,为水分的迁移提供通道,使异形截面聚酯纤维及纱线具有芯吸效应,赋予了异形截面聚酯纤维织物吸湿凉爽和吸湿快干的性能。聚酯在聚合过程中会形成聚合度为 2~10 的低聚物,在纺丝过程中高熔点的环状低聚物容易沉积在纤维的表面,如图 2(b) 所示。异形截面聚酯纤维沟槽处会被低聚物堵塞,影响水分子在纤维芯吸管道中的传输;在浆纱或浆丝时浆料填充在纤维沟槽中,退浆不净时亦会堵塞水分子迁移通道,阻碍水分子的快速扩散,造成织物的吸湿凉爽性、吸湿快干性能下降。

### 2.3 碱处理对纱线芯吸高度的影响

图 3 示出不同质量分数碱处理后异形截面聚酯纱线芯吸高度及芯吸速率与芯吸时间的变化情况。可以看出,碱处理后异形截面聚酯纱线的芯吸高度和芯吸速率高于未处理纱线的芯吸高度和芯吸速率,碱处理后纱线的水分传导速度要比未处理纱线的水分传导速度快,这是由于在纺丝过程中齐聚物



(a) 横截面结构



(b) 纵向结构

图 2 异形截面聚酯纤维表面形态(×5 000)  
Fig.2 Morphology structure of profiled polyester fiber(×5 000). (a) Cross section structure; (b) Longitudinal structure

堵塞于异形截面聚酯纤维沟槽处,影响了水分子在纤维芯吸管道的传输。聚酯纤维结构薄弱点处的碱水解速度较快,这是碱减量的作用点,通过碱水解使异形截面聚酯纤维沟槽处的齐聚物得到清理,从而使得异形截面聚酯纱线的芯吸性能提高、芯吸速率加快。从图 3 还可看出,当碱质量分数为 4% 时,纱线的芯吸效应最好。不同质量分数碱液对异形截面聚酯纤维处理后纤维表面状态如图 4 所示。

当碱液的质量分数在 4% 以下时,碱液不能完全去除纤维沟槽中的低聚物(见图 4(b));当碱液质量分数为 4% 时,纤维沟槽中的低聚物被清理干净,沟槽光滑,水分传递阻力减小(见图 4(c)),芯

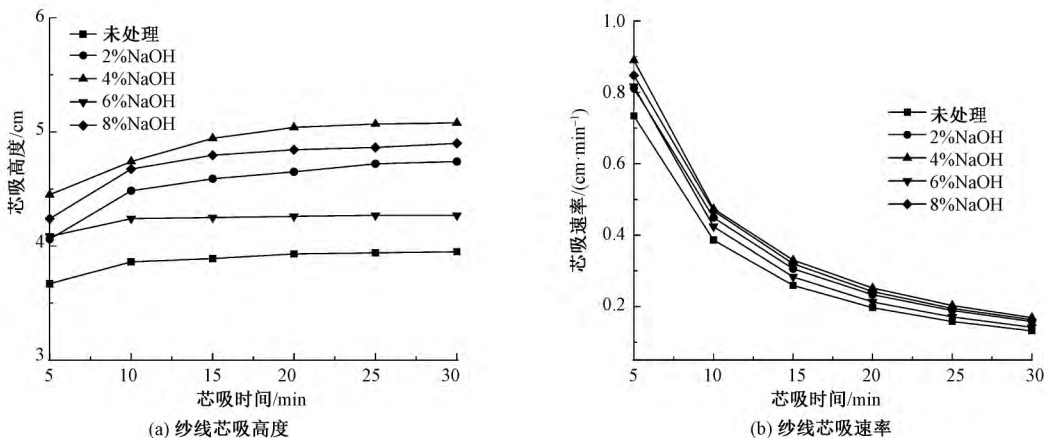


图 3 碱处理后异形截面聚酯纱线芯吸高度及芯吸速率

Fig.3 Wicking height (a) and wicking rate (b) of profiled polyester yarn after alkali treatment

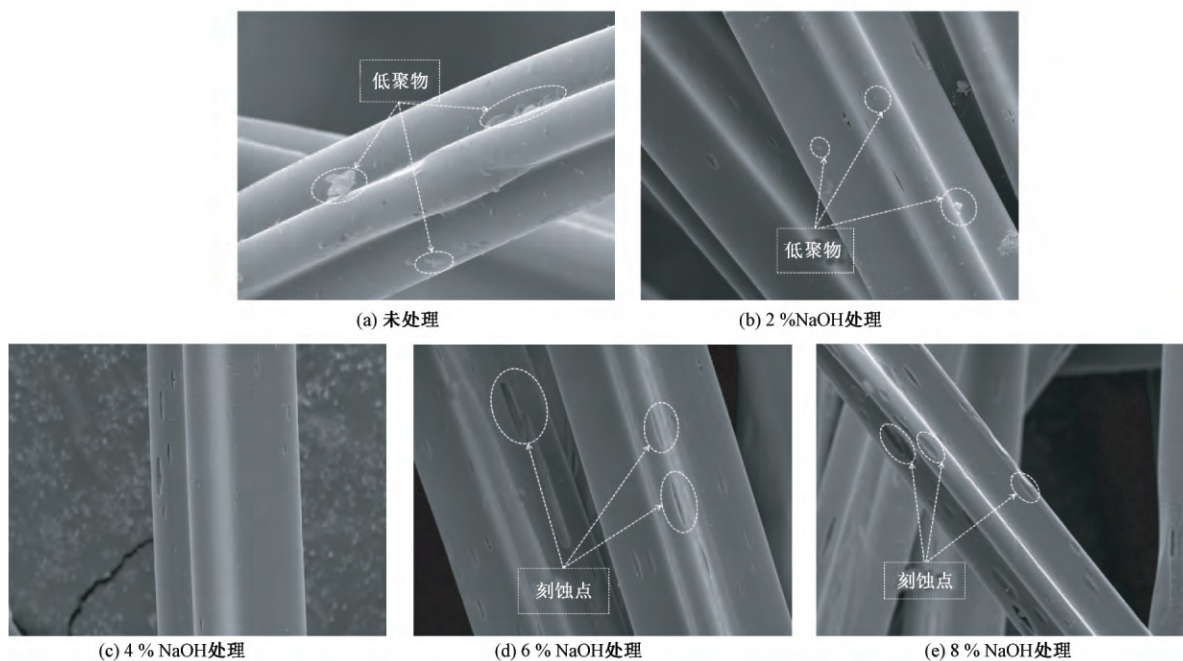


图 4 不同质量分数碱处理后异形截面聚酯纤维的表面结构(×10 000)

Fig.4 Surface structure characteristics of profiledd polyester fiber treated with alkali of different concentrations(×10 000) .

- ( a ) Profiled polyester fiber; ( b ) Treated with 2% alkali; ( c ) Treated with 4% alkali;
- ( d ) Treated with 6% alkali; ( e ) Treated with 8% alkali

吸高度增加;当碱液质量分数超过 6%时,碱液对纤维沟槽表面刻蚀,纤维表面出现凹凸不平的裂痕,致使沟槽表面不光滑(见图 4( d )、( e) ),水分传输阻力增大,相对于碱液质量分数在 4%时其芯吸高度减小。由此可知,对异形截面聚酯织物进行退浆处

理时,碱液质量分数在 4%时为宜。

### 2.4 碱处理对纱线润湿性的影响

图 5 示出不同质量分数碱处理后纱线与水滴的初始接触形态。图 6 示出经不同质量分数碱处理后纱线与水滴的初始表观接触角。

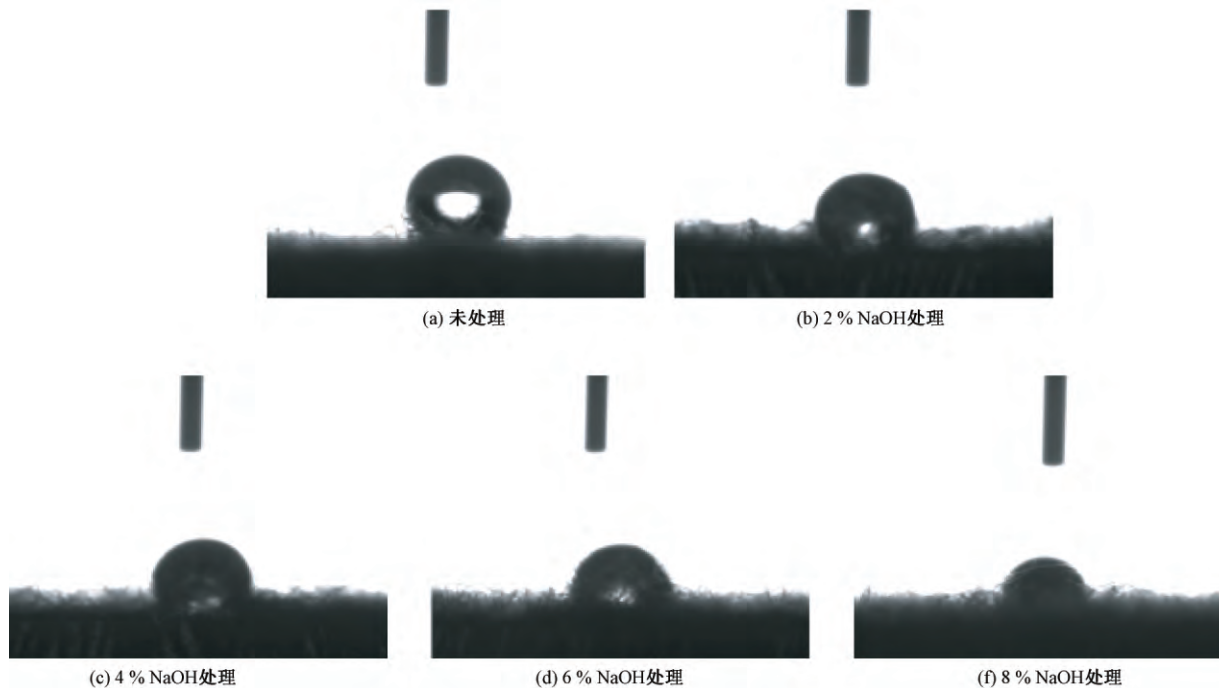


图 5 不同质量分数碱处理后纱线与水接触时的初始形态

Fig.5 Appearance of initial contact between yarn and water drop treated with alkali of different concentrations.

- ( a ) Profiled polyester yarn; ( b ) Treated with 2% alkali; ( c ) Treated with 4% alkali;
- ( d ) Treated with 6% alkali; ( e ) Treated with 8% alkali

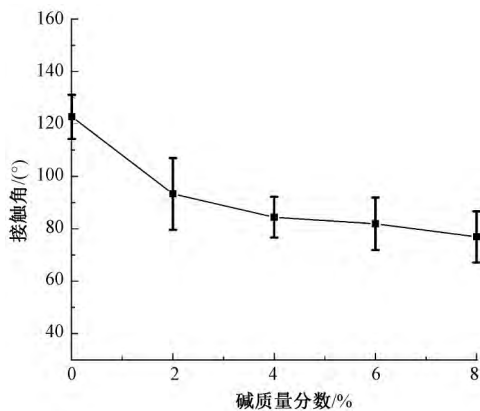


图 6 碱处理前后纱线与水滴的接触角

Fig.6 Contact angle between water and profiled polyester yarn before and after alkali treatment

从图 6 可以看出,经碱处理后,纱线润湿性变好,纱线与水滴的接触角变小。这是因为异形截面聚酯纤维化学结构为聚酯,聚酯在碱溶液中加热会发生水解,水解过程如图 7 所示。

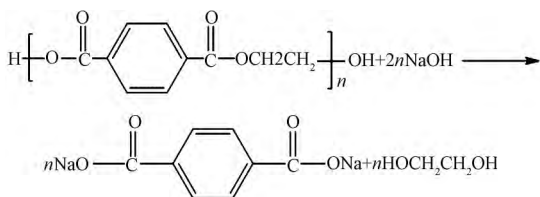


图 7 聚酯纤维与 NaOH 溶液的化学反应

Fig.7 Chemical reaction of polyester fibers with NaOH solution

碱处理后使纤维上的酯键断开,引入了亲水基团——羧基和羟基,改善了异形截面聚酯纤维纱线的润湿性。碱液中的  $\text{OH}^-$  水解了纤维表面结构较疏松的非结晶区域和有缺陷的结晶区域,纤维表面出现树状沟槽和凹坑甚至破损(如图 4(d)、(e)),使异形截面聚酯纤维结构变得更加松散,相对于未处理的原纱更有利于水分子对纱线的润湿,碱处理后异形截面聚酯纱线的润湿性比处理前明显提高。

## 2.5 碱处理对纱线强力的影响

将异形截面聚酯纱线分别在质量分数为 2%、4%、6%、8% 的高温碱液中处理 60 min 后,其强力及伸长率变化如图 8 所示。可以看出,碱会损伤异形截面聚酯纱线的强力及伸长性能。碱液破坏了纤维大分子苯环之间的作用以及未取向部分极性酯键的作用。纤维在碱性溶液中形成酯键的离子化形式,大分子发生水解,纤维表面出现了凹凸不平的斑痕和坑穴(见图 4(d)、(e)),受到外力作用时应力集中到取向的主链上,使共价键破坏。随着分子间作用力及共价键的不断破坏,造成纱线受到外力时产生应力集中现象,导致纱线强力及伸长率降低。

从图 8 可以看出:在碱质量分数达到 2% 时,纱

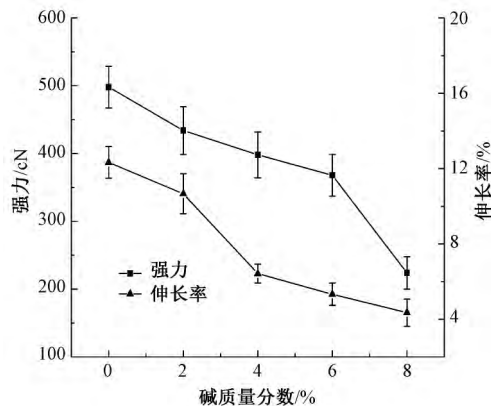


图 8 碱处理对纱线强力及伸长率的影响

Fig.8 Influence of alkali treatment on strength and elongation of yarn

线强力及伸长率损失较大;随着碱液质量分数的增大,纱线强力及伸长率损失严重,当碱质量分数高于 6% 时,纱线强力快速下降。这是因为碱质量分数越高,溶液中的  $\text{OH}^-$  数量越多,纤维表面破坏严重,出现更多的凹坑和裂痕,产生更多的应力集中点,宏观上表现为纱线的强力降低、伸长下降。

## 3 结 论

1) 碱处理能去除异形截面聚酯纤维沟槽中的齐聚物,增强纤维纱线的芯吸效应,碱处理时 NaOH 的质量分数在 4% 左右时,异形截面聚酯纤维纱线芯吸效果好。

2) 经碱处理后,异形截面聚酯纤维表面出现凹坑甚至破损,使纤维结构变得更加松散,提高了纱线的润湿性能。

3) 碱处理可降低异形截面聚酯纱线的强力及伸长性,特别是当 NaOH 质量分数高于 6% 后,异形截面聚酯纱线的强力及伸长性损失显著。 FZXB

### 参考文献:

- [1] 刘月玲. 异形改性涤纶面料与纯棉面料性能对比[J]. 棉纺织技术, 2011, 39(8): 26-28.  
LIU Yueling. Property contrast between profiled modified polyester fabric and pure cotton fabric [J]. Cotton Textile Technology, 2011, 39(8): 26-28.
- [2] 葛俊伟, 张北波. Coolplus 吸湿排汗超薄针织物的开发[J]. 西安工程大学学报, 2010, 24(2): 150-153.  
GE Junwei, ZHANG Beibo. Development of coolplus ultra-thin knitted fabric [J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2010, 24(2): 150-153.
- [3] XU G P, LUO X H, QIU H B, et al. Study the wet-absorb and fast-dry properties of the coolplus fiber/cotton compound fabrics [J]. Applied Mechanics &

- Materials 2013( 423-426) : 318-321.
- [ 4 ] 杜金梅,罗雄方,唐烨,等. 碱减量处理对涤纶织物疏水整理效果的影响[J]. 纺织学报 2015 36( 7) : 71-76.  
DU Jinmei ,LUO Xiongfang ,TANG Ye ,et al. Influence of alkali deweighting on hydrophobicity of polyester fabric[J]. Journal of Textile Research ,2015 ,36( 7) : 71-76.
- [ 5 ] 徐林,任煜,张红阳,等. 碱减量-氟硅烷处理涤纶织物的拒水拒油性[J]. 印染 2017 43( 18) : 1-4.  
XU Lin ,REN Yu ,ZHANG Hongyang ,et al. Water-and oil-repellency of polyester fabrics after alkali deweighting-fluoroalkyl silanes treatment [J]. China Dyeing & Finishing 2017 43( 18) : 1-4.
- [ 6 ] NOURBAKHS S ,MONTAZER M ,KHANDAGHABADI Z. Zinc oxide nano particles coating on polyester fabric functionalized through alkali treatment [J]. Journal of Industrial Textiles 2016 47( 6) : 1-18.
- [ 7 ] 孟春丽,许译元,曹毅,等. 涤纶织物的退浆、碱减量和染色一浴加工[J]. 印染 2017 43( 11) : 20-24.  
MENG Chunli ,XU Yiyuan ,CAO Yi ,et al. Desizing alkali deweighting and dyeing of polyester fabric in one bath[J]. China Dyeing & Finishing 2017 43( 11) : 20-24.
- [ 8 ] 曹机良,孟春丽,曹毅,等. 咪唑类离子液体对涤纶的碱减量加工[J]. 丝绸 2017 54( 12) : 21-25.  
CAO Jiliang ,MENG Chunli ,CAO Yi ,et al. Alkali deweighting processing of polyester fiber with imidazole ionic liquid[J]. Journal of Silk 2017 54( 12) : 21-25.
- [ 9 ] CHIKOUCHE M D L ,MERROUCHE A ,AZIZI A ,et al. Influence of alkali treatment on the mechanical properties of new cane fibre/polyester composites [J]. Journal of Reinforced Plastics & Composites ,2015 , 34( 16) : 1329-1339.
- [ 10 ] 刘越,朱平,李旦. SIP 改性异形聚酯纤维的碱水解性能[J]. 纺织学报 2009 30( 4) : 28-32.  
LIU Yue ,ZHU Ping ,LI Dan. Alkaline hydrolysis properties of modified profiled hollow polyester fiber[J]. Journal of Textile Research 2009 30( 4) : 28-32.
- [ 11 ] 王维明,虞波. 中空聚酯短纤维耐碱性及其力学性能分析[J]. 纺织学报 2012 33( 12) : 1-4.  
WANG Weiming ,YU Bo. Analysis of alkali resistance and mechanical properties of polyester hollow staple fibers[J]. Journal of Textile Research ,2012 ,33( 12) : 1-4.
- [ 12 ] 梁必超,韩春艳,季轩,等. 聚酯/聚酰胺共聚纤维的结构及其理化性能[J]. 纺织学报 2016 37( 11) : 1-7.  
LIANG Bichao ,HAN Chunyan ,JI Xuan ,et al. Structure and physicochemical properties of polyester / polyamide copolymer fiber [J]. Journal of Textile Research , 2016 , 37( 11) : 1-7.
- [ 13 ] 李长龙,常桑,周磊. 碱处理对木棉纤维结构及性能的影响[J]. 纺织学报 2015 36( 4) : 20-24.  
LI Changlong ,CHANG Sang ,ZHOU Lei. Influence of alkali treatment on structure and properties of kapok fiber[J]. Journal of Textile Research 2015 36( 4) : 20-24.
- [ 14 ] 王海莹,陈诺,丁颖,等. 利用碱处理纳米纤维素制备三维网状水凝胶的研究[J]. 纤维素科学与技术 , 2018 26( 2) : 24-30.  
WANG Haiying ,CHEN Nuo ,DING Ying ,et al. Study on three-dimensional network cellulose nanofiber hydrogel by using alkali treatment [J]. Journal of Cellulose Science and Technology 2018 26( 2) : 24-30.
- [ 15 ] 李翠芳,刘红茹,张玉芳,等. 三叶形涤纶织物的吸湿性能[J]. 纺织学报 2014 35( 3) : 22-26.  
LI Cuifang ,LIU Hongru ,ZHANG Yufang ,et al. Study on moisture absorption performance of trilobal polyester fabric [J]. Journal of Textile Research ,2014 ,35( 3) : 22-26.
- [ 16 ] 朱黎黎,张佐光,李敏,等. 工艺温度下树脂与纤维的接触角及其粘附作用研究[J]. 复合材料学报 2010 , 27( 5) : 41-46.  
ZHU Lili ,ZHANG Zuoguang ,LI Min ,et al. Contact angle and action of adhesion between epoxy resin and fibers at processing temperatures [J]. Acta Materiae Compositae Sinica 2010 27( 5) : 41-46.