

DOI:10.13475/j.fzxb.20200603906

# 纯棉纱线合股数对织物性能的影响

左亚君<sup>1</sup>, 蔡 贇<sup>2</sup>, 王 蕾<sup>1</sup>, 高卫东<sup>1</sup>

(1. 生态纺织教育部重点实验室(江南大学), 江苏 无锡 214122;

2. 无锡一棉纺织集团有限公司, 江苏 无锡 214000)

**摘要** 为研究纯棉纱线合股数对织物力学性能和保形性的影响,采用线密度相同的单纱、双股线、3股线、4股线4种股线类型,以适当的经、纬密分别织制成平纹、斜纹、缎纹组织的织物。对织物的拉伸性能、撕裂强力、拉伸弹性、折皱回复性、悬垂性、弯曲性进行测试与分析。结果表明:3股线织物的断裂强力和撕裂强力较大,4股线织物的断裂伸长率较大,双股线织物的拉伸弹性回复率较大;平纹织物仅有双股线织物的折皱回复性优于单股线织物,斜纹和缎纹织物的折皱回复性随合股数的增加均变差;双股线平纹织物悬垂性相对较好,但均没有斜纹和缎纹织物的悬垂性好;单纱织物的弯曲性能比股线织物好。

**关键词** 纯棉纱线;合股数;织物组织;力学性能;保形性

中图分类号:TS 101.923 文献标志码:A

## Influence of ply number of cotton yarns on fabrics performance

ZUO Yajun<sup>1</sup>, CAI Yun<sup>2</sup>, WANG Lei<sup>1</sup>, GAO Weidong<sup>1</sup>

(1. Key Laboratory of Eco-Textiles(Jiangnan University), Ministry of Education, Wuxi, Jiangsu 214122, China;

2. Wuxi No.1 Cotton Textiles Group Co., Ltd., Wuxi, Jiangsu 214000, China)

**Abstract** In order to study the effect of the ply number of cotton yarns on the mechanical properties and shape retention of woven fabrics, single, double, triple and quadruple plied yarns with the same fineness were used for making fabrics with appropriate warp and weft densities, using the plain, left twill and satin weaves. The tensile properties, tear strength, tensile elasticity, wrinkle recovery, drapeability and bendability of the fabrics were tested and analyzed. The results show that the fabric with 3-ply yarn has a higher breaking strength and tear strength, the fabric with 4-ply yarn has a higher elongation at break, and the fabric with 2-ply yarn has a greater tensile elastic recovery rate. For the plain weave fabrics, the fabric made from the 2-ply yarn demonstrated better wrinkle recovery than that from single-ply yarn. The wrinkle recovery of the twill and satin fabrics deteriorates as the yarn ply number increases. The plain woven fabric made from 2-ply yarns have good drape, but not as good as the twill and satin fabrics, and fabric using single-ply yarn has better bending properties than other fabrics.

**Keywords** cotton yarn; ply number; fabric weave; mechanical property; shape retention

股线由2根或2根以上的单纱合股加捻而成,单纱性能、合股数、捻向和捻度等影响了其性能<sup>[1]</sup>。一般情况下,股线条干均匀性、光泽和手感较单纱有所改善,强力和耐磨性更优于单纱。国内外对股线的研究主要集中在捻度<sup>[2]</sup>、捻系数、捻向对其织物性能的影响。申美丽等<sup>[3]</sup>分析了捻度对纯棉织物综合保形性能的影响,得出织物拉伸性能、顶破性能随着捻度的增加先增强后减弱的结论。宋均燕

等<sup>[4]</sup>发现合理增加捻系数可明显提高股线的强力和断裂伸长率。Gourkar等<sup>[5]</sup>证明当单纱与双股线的捻向相同时,双股线的断裂强力和断裂伸长率更好。武昊岩等<sup>[6]</sup>探究了纱线与纱线之间的磨损规律发现,耐磨性随着合股数的增加明显提高。Lin等<sup>[7]</sup>探讨了合股数和捻度对聚乙烯醇(PVA)纱线的影响,证明合股数和捻度可使股线强度得到有效提高。

目前,针对纱线合股数对其织物性能影响的研

收稿日期:2020-06-15 修回日期:2020-12-22

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2017YFB0309200);生态纺织教育部重点实验室开放课题基金项目(JUSRP52007A)

第一作者:左亚君(1994—),女,硕士生。主要研究方向为纺织产品改性。

通信作者:高卫东(1959—),男,教授,博士。主要研究方向为数字化纺织技术及纺织工艺技术。E-mail:gaowd3@163.com。

究较少,为此,本文采用不同线密度的纱线,由不同合股数捻合成线密度相同(9.6 tex)的股线,将相同线密度的单纱或股线以相同经纬密织成平纹、斜纹、缎纹组织结构织物,研究不同纱线合股数对织物性能的影响。

## 1 实验设计

### 1.1 实验材料

采用单纱(9.6 tex)、双股线(4.8 tex×2)、3股线(3.2 tex×3)和4股线(2.4 tex×4)4种不同的纯棉纱线,分别以相同的经、纬密(787、394根/(10 cm)),在JAT710型喷气织机上织成平纹、 $\frac{3}{3}$ 左斜、 $\frac{5}{3}$ 缎纹组织结构的织物。纱线试样来源于无锡长江精密纺织有限公司,具体规格如表1所示。依据保证纱线的强力、弹性、伸长、耐磨、股线的光泽和手感等要求的原则,设计单纱捻度为122捻/(10 cm),双股线、3股线和4股线中合股前单纱的捻度分别为179.5、220和254捻/(10 cm),3种股线的合股捻度均为136.5捻/(10 cm),则股线捻系数比值均为1.07,便于对比其性能。12种试样均经过相同的整经、浆纱、穿经、织造、烧毛、退浆处理。

表1 织物试样规格

Tab.1 Specifications of fabric samples

织物编号	线密度		组织
	经纱	纬纱	
A1	9.6 tex	9.6 tex	平纹
A2	9.6 tex	9.6 tex	左斜
A3	9.6 tex	9.6 tex	缎纹
B1	4.8 tex×2	4.8 tex×2	平纹
B2	4.8 tex×2	4.8 tex×2	左斜
B3	4.8 tex×2	4.8 tex×2	缎纹
C1	3.2 tex×3	3.2 tex×3	平纹
C2	3.2 tex×3	3.2 tex×3	左斜
C3	3.2 tex×3	3.2 tex×3	缎纹
D1	2.4 tex×4	2.4 tex×4	平纹
D2	2.4 tex×4	2.4 tex×4	左斜
D3	2.4 tex×4	2.4 tex×4	缎纹

### 1.2 测试方法

纱线和织物性能测试时均按GB/T 6529—2008《纺织品 调湿和试验用标准大气》的规定进行。温度为(20±2)℃,相对湿度为(65±4)%。

#### 1.2.1 纱线性能测试

**1.2.1.1 纱线拉伸性能** 参照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)》,采用YG068C型全自动单纱强力仪(苏州长风纺织机电科技有限公司)测试纱线断裂强力与断裂伸长率。隔距长度为500 mm,拉伸速

度为500 mm/min,预加张力为(0.5±0.1) cN/tex。每个试样测试50次,取平均值。

**1.2.1.2 纱线条干均匀度** 参照GB/T 3292.1—2008《纺织品 纱线条干不匀试验方法 第1部分:电容法》,采用UT5型乌斯特条干仪(瑞士乌斯特公司)测试试样的条干不匀率。测试长度为400 m,速度为400 mm/min。每个试样测试10次,取平均值。

#### 1.2.2 织物力学性能测试

**1.2.2.1 织物拉伸性能测试** 采用HD026N<sup>+</sup>型电子织物强力仪(南通宏大实验仪器有限公司)测试织物断裂强力和断裂伸长率。参照GB/T 3923.1—2013《纺织品 织物拉伸性能 第1部分:断裂强力和断裂伸长率的测定(条样法)》设定预加张力为2 N,隔距长度为100 mm,拉伸速度为100 mm/min,织物经、纬向各取5块试样,尺寸为50 mm×200 mm,结果求其平均值。

**1.2.2.2 织物撕裂性能测试** 采用YG(B)026ET型电子织物强力机(常州第二纺织机械有限公司)测试织物的撕裂强力。参照GB/T 3917.2—2009《纺织品 织物撕破性能 第2部分:裤型试样(单缝)撕破强力的测试》选择夹距为100 mm,速度为100 mm/min,每种织物经、纬向各剪5块试样,取平均值。

**1.2.2.3 织物拉伸弹性测试** 采用电子织物强力仪测试织物在定伸长为3%时的拉伸弹性回复率。参照FZ/T 01034—2008《纺织品 机织物拉伸弹性试验方法》选择每种织物经、纬向各5块试样,尺寸为50 mm×200 mm,夹持距离为100 mm,上升速度为100 mm/min,下降速度为100 mm/min,预加张力为2 N,伸长时间为60 s,回复时间为180 s,循环次数为3次。实验结果求5块试样的平均值。

#### 1.2.3 织物保形性能测试

**1.2.3.1 织物折皱回复性测试** 参照AATCC 66—2014《织物折皱回复:回复角法》水平法,利用JN-1型织物折皱回复性能动态测试仪(自主研发)<sup>[8]</sup>,采用视频序列采集系统测试织物的折皱回复角。每种织物正反面经纬向各取5块试样,尺寸为40 mm×15 mm,压力为5 N,加压时间为5 min,视频采集帧率为1帧/s,采集时长为5 min。用MatLab程序对视频进行处理得到折皱回复角数据,并取5块试样的平均值。

**1.2.3.2 织物悬垂性测试** 参照GB/T 23329—2009《纺织品 织物悬垂性的测试》,采用YG(B)811E型织物悬垂仪(宁波纺织仪器厂)测试织物的悬垂性。每种织物各取3块试样,剪成直径为24 cm的圆,每块试样进行正反面测试,求6次测试的平均值。

**1.2.3.3 织物弯曲性能测试** 采用 YG207 型全自动硬挺度试验仪(宁波纺织仪器厂),参照 GB/T 18318.1—2009《纺织品 弯曲性能的测定 第 1 部分:斜面法》测试织物的硬挺度。每种织物经向和纬向各 6 块试样,尺寸为  $(25 \pm 1) \text{ mm} \times (250 \pm 1) \text{ mm}$ ,结果取平均值。

## 2 实验结果与分析

### 2.1 纱线性能分析

表 2 示出单纱和股线的性能指标。可知,在股

表 2 纱线性能

Tab. 2 Yarn performance

合股数	线密度	断裂强力/cN	单纱断裂强度/ (cN·tex <sup>-1</sup> )	股线断裂强度/ (cN·tex <sup>-1</sup> )	单纱断裂 伸长率/%	股线断裂 伸长率/%	条干 CV 值/%
单纱	9.6 tex	264.96	27.3	—	5.73	—	11.60
双股线	4.8 tex×2	270.15	24.9	27.85	5.50	5.85	11.13
3 股线	3.2 tex×3	274.60	22.4	28.31	5.30	6.21	10.27
4 股线	2.4 tex×4	268.68	18.8	27.70	4.80	6.81	10.21

### 2.2 织物力学性能分析

#### 2.2.1 织物拉伸性能

对织物进行力学性能测试,结果如表 3 所示。可知,当织物组织结构相同时,平纹织物(A<sub>1</sub>~D<sub>1</sub>)的经向断裂强力最小,其余变化不显著;斜纹织物(A<sub>2</sub>~D<sub>2</sub>)的经向断裂强力明显高于单纱织物;缎纹织物(A<sub>3</sub>~D<sub>3</sub>)的经向断裂强力随合股数增加并没有显著增大。对于纬向断裂强力,平纹股线织物较单纱织物均有显著增加;斜纹织物除 4 股线织物

线捻系数比值一致的情况下,股线断裂强力均大于单纱断裂强力,3 股线断裂强力最大,4 股线断裂强力仅高于单纱。这主要是因为影响股线强力的基本因素为单纱强力、合股数,由于股线线密度相同,股纱中的单纱线密度不同,单纱越细,断裂强度越低,4 股线中单纱断裂强度最低;随着合股数的增加,股线中单纱相互摩擦,合股数越多,摩擦力越大,且条干越均匀,股线断裂强力、断裂伸长率增大。综合条件下,3 股线断裂强力最好,4 股线断裂强力低于其他股线,仅高于单纱断裂强力。

有所增大,其余股线织物相比单纱织物无显著提升;缎纹股线织物的断裂强力小于单纱织物。纱线强伸性将会直接影响织物的拉伸性能,股线的断裂强力受单纱强力、合股数、股线捻度与单纱之间作用力的综合影响<sup>[9]</sup>。由表 3 还可知,3 种组织都是 4 股线织物的断裂伸长率最大,平纹织物的经向断裂伸长率随着纱线合股数的增加而增大;3 股和 4 股线斜纹和缎纹织物的经向和纬向断裂伸长率增加明显,双股线织物的断裂伸长率小于单纱的。

表 3 织物的断裂强力和断裂伸长率

Tab. 3 Fabric breaking strength and elongation at break

织物编号	断裂强力/N		断裂强力 CV 值/%		断裂伸长率/%		断裂伸长率 CV 值/%	
	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向	经向	纬向
A1	1 011.30	420.74	2.0	2.6	15.17	10.17	2.5	1.3
B1	1 022.72	522.16	2.0	1.6	16.31	9.76	1.0	1.4
C1	1 023.58	551.68	4.8	4.4	17.53	11.55	3.4	2.2
D1	888.56	540.16	3.2	3.3	18.08	12.60	1.2	2.0
A2	817.96	403.22	8.1	3.6	8.60	16.65	3.3	1.8
B2	1 130.12	386.30	6.5	5.9	7.95	15.78	4.8	1.1
C2	1 153.76	389.47	5.7	6.3	10.62	16.40	2.5	1.7
D2	1 112.62	432.50	2.3	4.9	11.18	16.56	3.6	2.3
A3	1 154.26	461.04	6.8	3.8	9.17	17.22	2.0	1.2
B3	1 140.96	398.46	2.9	4.9	8.59	17.21	3.7	1.2
C3	1 165.54	411.56	4.7	3.2	10.33	17.80	2.0	2.2
D3	1 116.30	386.16	2.8	3.1	10.52	19.44	1.9	1.0

#### 2.2.2 织物撕裂强力

织物的经、纬向撕裂强力测试结果如图 1 所示。可知,当织物组织相同时,3 股线织物的经向撕裂强力最大,4 股线织物的经向撕裂强力最小;织物纬向撕裂强力随纱线合股数的增加先增大后减小,3 股线织物撕裂强力最大,单纱织物撕裂强力最小。说明在织物经纬向撕裂强力中,3 股线织物都是最大

的,主要是因为 3 股线的断裂强力最大,断裂伸长率较大且条干均匀。其中平纹织物的撕裂强力最小,缎纹织物次之,斜纹织物最大。这是由于平纹组织交织次数多,纱线间摩擦阻力相对较大,滑移困难,受力三角形较小容易撕裂,则撕裂强力较小;斜纹、缎纹织物交织点少,浮线长,纱线易滑移,导致撕裂困难。

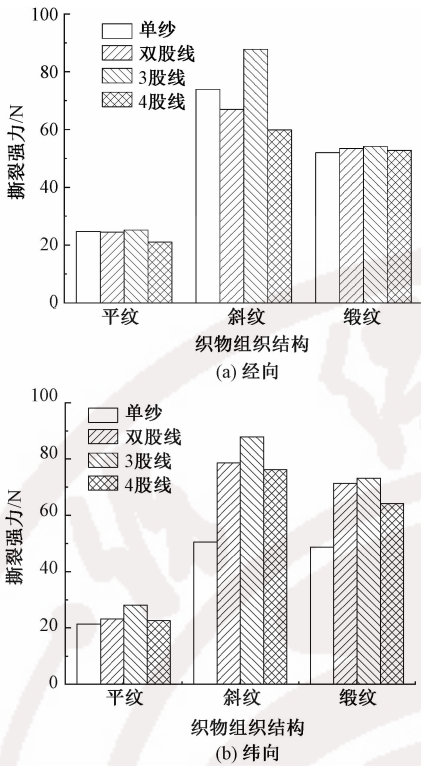


图 1 织物经向和纬向撕裂强度

Fig. 1 Warp (a) and weft (b) tear strength of fabric

### 2.2.3 织物拉伸弹性

织物定伸长为 3% 时的弹性回复率测试结果如图 2 所示。

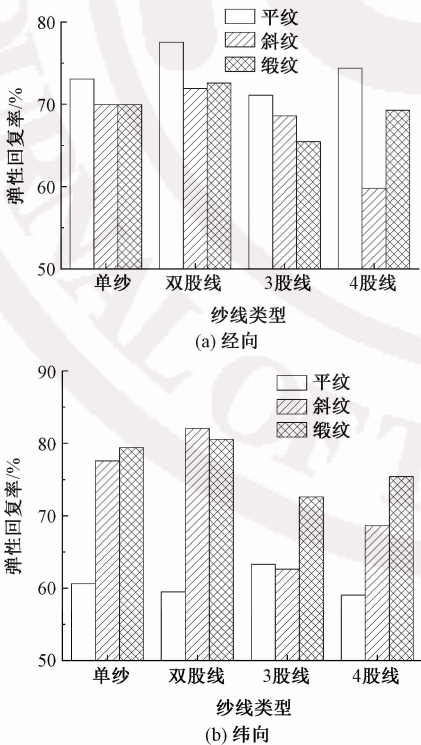


图 2 织物经向和纬向弹性回复率

Fig. 2 Warp (a) and weft (b) elastic recovery rate of fabric

从图 2(a) 可知,双股线织物经向拉伸弹性较好,3 股线织物经向拉伸弹性较差,平纹织物经向拉伸弹性优于斜纹和缎纹。从图 2(b) 可知:平纹组织中 3 股线织物纬向拉伸弹性较好,其他股线织物弹性相近;斜纹和缎纹组织中双股线织物的纬向拉伸弹性较好,3 股线织物的纬向拉伸弹性较差;斜纹和缎纹织物的纬向拉伸弹性优于平纹织物。织物弹性回复率主要受织物在弹力方向伸长的影响,纱线的断裂伸长率越大,织物弹性越差。

## 2.3 织物保形性分析

### 2.3.1 织物折皱回复性

图 3 示出本文织物经向+纬向的总折皱回复角测试结果。可知,在织物组织相同时,织物的折皱回复角随纱线合股数的增加而变小。平纹组织中双股线织物折皱回复角最大;斜纹和缎纹组织中单纱织物折皱回复角较大,缎纹单纱织物的总折皱回复角最大,为 187.6°,折皱回复性最好。这是因为随着合股数的增加,由几根单纱加捻成股线时,股线中单纱捻度越来越大,单纱越来越细,单纱中纤维已有变形,其受力后易发生塑性变形,抗皱性就会变差,平纹织物交织点较多且薄,纱线不易作相对滑动,因此,其折皱回复性比斜纹、缎纹差。

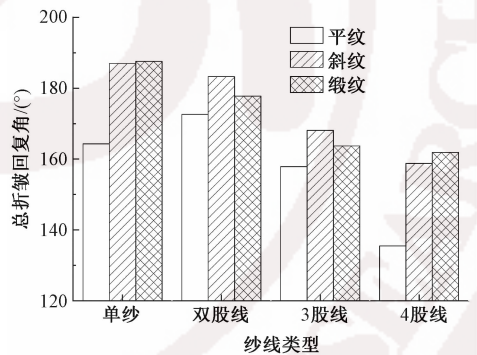


图 3 织物折皱回复角

Fig. 3 Fabric wrinkle recovery angle

### 2.3.2 织物悬垂性

悬垂系数<sup>[10]</sup>表示试样下垂部分的投影面积与其原面积之比的百分率,该值越小,则悬垂性越好。织物悬垂系数测试结果如表 4 所示。可以看出,平纹织物的悬垂系数随合股数的增加先减小后增大,双股线织物悬垂性最好,4 股线织物悬垂性较差;斜纹和缎纹织物的悬垂系数随合股数的增加先增大后减小,双股线织物悬垂性较差,3、4 股线织物悬垂性较好,斜纹 4 股线织物的静悬垂系数最小,为 36.60%,悬垂性最好。因为纱线的断裂伸长率会影响织物的悬垂性,断裂伸长率越大,织物悬垂性能越好。因为平纹组织的交织点多,交织阻力大,所以悬

垂性较斜纹和缎纹织物差。

表 4 织物的悬垂性  
Tab. 4 Drapability of fabric %

织物编号	静态悬垂系数	动态悬垂系数
A1	62.06	63.80
B1	55.85	57.41
C1	58.50	59.52
D1	65.93	66.53
A2	42.90	45.36
B2	44.68	46.90
C2	40.51	42.99
D2	36.60	39.54
A3	40.96	43.28
B3	43.72	45.95
C3	40.49	43.04
D3	40.93	43.54

### 2.3.3 织物弯曲性能

织物弯曲长度的实验结果如图 4 所示。

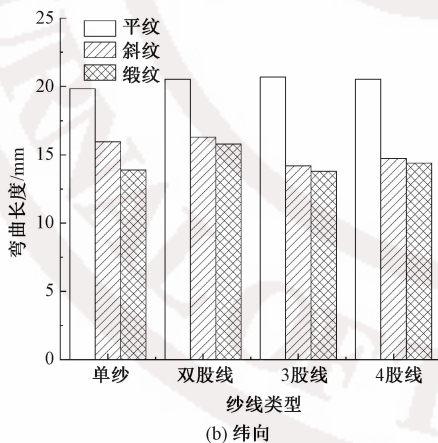
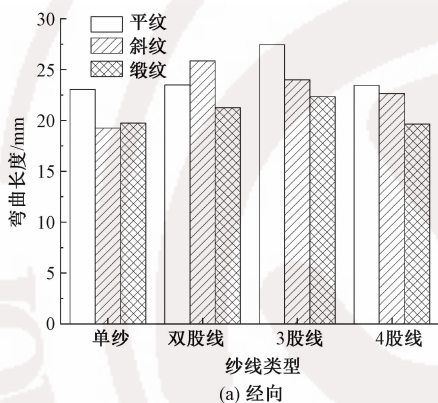


图 4 织物经向和纬向弯曲长度

Fig. 4 Warp (a) and weft (b) bending length of fabric

从图 4(a)可知,股线织物总体上比单纱织物更不易弯曲,在所测试样中平纹 3 股线织物经向最硬挺。这是因为随着股线中单纱捻度的增大,纱线结构紧密,抱和力强,纱线不易滑动,织物越不易弯曲。从图 4(b)可知:平纹单纱织物的纬向较股线织物更易弯曲;斜纹和缎纹织物纬向弯曲性能变化趋势相似,其中双股线织物纬向弯曲性较硬挺,3 股线织物

较柔软。对比不同组织结构的织物,平纹织物较硬挺,斜纹织物次之,缎纹较柔软,这是因为织物交织点越多,浮线越短,经纬纱越难以滑动,织物越刚硬。

## 3 结 论

通过对单纱和股线的拉伸性能、条干均匀度进行测试,以及对织物力学性能和保形性进行分析,得出以下结论。

1) 在纱线性能方面,在股线捻系数比值一致的情况下,股线的断裂强度均高于单纱,3 股线的断裂强度最大,4 股线的断裂强度低于其他股线。

2) 在织物力学性能方面,3 股线织物断裂强力和撕裂强力较大,4 股线织物断裂伸长率较大,双股线织物拉伸弹性回复率较大。

3) 在织物保形性方面,平纹织物中双股线织物折皱回复性最好,斜纹和缎纹织物随合股数增加均变差;平纹织物中双股线织物悬垂性最好,但平纹织物整体上不及斜纹和缎纹织物的悬垂性好;单纱织物弯曲性能比股线织物好。

4) 对于 3 种组织结构织物而言,斜纹和缎纹织物的撕裂强力、折皱回复性、悬垂性和弯曲性优于平纹织物。

FZXB

### 参考文献:

- [1] 郁崇文. 纺纱学[M]. 北京:中国纺织出版社,2009:249-252.  
YU Chongwen. Spinning science [M]. Beijing: China Textile & Apparel Press, 2009:249-252.
- [2] 樊理山,周彬. 正反捻双股线结构及其拉伸性能的研究[J]. 棉纺织技术,2011,39(11):21-24.  
FAN Lishan, ZHOU Bin. Study on the structure and tensile properties of double twisted and reverse twisted yarn [J]. Cotton Textile Technology, 2011, 39 (11): 21-24.
- [3] 申美丽,徐伯俊,刘新金,等. 纱线捻度对纯棉机织物保形性能的影响研究[J]. 现代纺织技术,2019,27(6):47-51.  
SHEN Meili, XU Bojun, LIU Xinjin, et al. Research on the influence of yarn twist on the shape retention properties of pure cotton woven fabrics [J]. Advanced Textile Technology, 2019, 27(6): 47-51.
- [4] 宋均燕,赵阳,何小东,等. 集聚纺股线捻系数与强伸性能的关系[J]. 棉纺织技术,2017,45(10):16-19.  
SONG Junyan, ZHAO Yang, HE Xiaodong, et al. The relationship between the twist coefficient of agglomerated yarn and its strength and elongation [J]. Cotton Textile Technology, 2017,45 (10): 16-19.
- [5] GOURKAR P, MALU U,胡悦. 双股线捻向对纱线/织物拉伸性能的影响[J]. 国际纺织导报,2018,46(5):

