

# 蚕蛹蛋白纤维无缝运动织物服用性能综合评价

卢亚萍<sup>1</sup>, 吴佳虹<sup>1</sup>, 林璐<sup>1</sup>, 阎玉秀<sup>\*1</sup>, 陶建伟<sup>2</sup>

(1. 浙江理工大学 服装学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江棒杰数码针织品股份有限公司, 浙江 义乌 322000)

**摘要:**为了把具有优越服用性能及保健性能的蚕蛹蛋白纤维应用于运动型无缝针织面料, 将蚕蛹蛋白纤维与莫代尔、长绒棉按质量比为 50:50 混纺, 并以棉纱为参照组, 再与锦纶交织, 以改善可织造性能。设计面纱原料、交织比例、组织结构为三因素, 每个因素下设计三水平, 建立  $L_9(3^3)$  标准正交试样方案, 对 9 组试样的规格及服用性能进行测试与分析, 利用“灰色近优评价”方法对服用性能加以综合评价。结果表明, 原料为蚕蛹蛋白/莫代尔混纺、交织质量比为 75:25、组织为纬平针的试样, 作为运动型无缝针织面料其服用性能优良。

**关键词:** 蚕蛹蛋白纤维; 无缝运动织物; 正交实验; 服用性能; 灰色近优评价

**中图分类号:** TS 184.1    **文献标志码:** A    **文章编号:** 2096-1928(2016)02-0133-05

## Comprehensive Evaluation for Wearability of the Pupa Protein Seamless Sportswear Fabrics

LU Yaping<sup>1</sup>, WU Jiahong<sup>1</sup>, LIN Lu<sup>1</sup>, YAN Yuxiu<sup>\*1</sup>, TAO Jianwei<sup>2</sup>

(1. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Science Technology University, Hangzhou 310018, China;

2. Zhejiang Bangjie Digital Knitting Share Co. Ltd., Yiwu 322000, China)

**Abstract:** In order to apply the advantages of pupa protein fiber (St-Sun) such as excellent health and performance to the seamless sports fabrics, this studied blent St-Sun with modal and long-staple cotton according to the proportion of 50/50, then interweaved the above blended yarn with polyamide based on the reference of cotton to improve the weaving performance, and set "material", "mixed proportion" and "organization structure" as the three factors of  $L_9(3^4)$  orthogonal experiment. The specifications and wearabilities of the 9 samples were tested, and the wearabilities were comprehensively evaluated by using "gray optimal evaluation". The results show that the St-Sun blended with modal in the flat knit organization following the interwoven ratio of 75:25 own the best comfortable performance as the seamless sports fabrics.

**Key words:** the pupa protein fiber, sports seamless fabrics, orthogonal design, wearability, ray optimal evaluation

目前,无缝工艺不仅在内衣市场占有相当比重,且正向功能运动服、防护设备领域突破。而蚕蛹蛋白纤维(St-Sun)集真丝和黏胶纤维优点于一身<sup>[1]</sup>,具有极佳的吸湿透气性、悬垂性、抗折皱等特点<sup>[2-4]</sup>;所含 18 种氨基酸具有加速皮肤修复、抵抗紫外线等功效<sup>[5-6]</sup>,这些特性都是运动服面料所亟需的。但是不少企业在 St-Sun 新产品开发中却并未真正发挥该纤维优势,其根源在于没有综合考虑

St-Sun 纤维混纺、交织改性、组织结构对面料性能的影响。St-Sun 纤维虽在服用及保健性能上有优势,但其强度较差,无缝织造过程中易扯丝、断头,耐磨性差,而无缝织造对纤维强度、弹力等的要求高<sup>[5,7]</sup>。企业为便于生产往往从降低 St-Sun 纤维含量入手,而不具体考虑交织比例、纤维混纺、组织结构对产品性能的综合影响,最终产品效果不佳。

文中为使 St-Sun 纤维优越的服用性能更好地

收稿日期:2016-02-14; 修订日期:2016-03-20。

基金项目:国家科技部重点新产品计划项目(2014GR608001)。

作者简介:卢亚萍(1989—),女,硕士研究生。

\* 通信作者:阎玉秀(1963—),女,教授,硕士生导师。主要研究方向为服装理论与技术、人体工程与舒适服装。

Email:yanyuxiu777@163.com

应用于无缝运动织物,综合 St-Sun 性能的优缺点,设计三因素三水平,建立  $L_9(3^3)$  正交试样方案;测试 9 组试样的规格及服用性能,利用“灰色近优评价”对试样的服用性能进行综合评价,确定优化方案。使得企业能够在保证无缝织造顺利的同时,所制 St-Sun 无缝运动织物服用性能优良。

## 1 试样方案及规格测试

### 1.1 纱线方案确定

文中所用纱线原料规格见表 1。

表 1 纱线规格参数

Tab.1 Specification parameters of yarn	
纱线种类	细度/tex
蚕蛹蛋白/长绒棉	11.7
蚕蛹蛋白/莫代尔	14.6
棉纱	14.6
锦纶	8.7
锦纶氨纶包覆丝(里纱)	3.3(锦纶丝)+2.2 氨纶丝

注:蚕蛹蛋白/长绒棉、蚕蛹蛋白/莫代尔的混纺质量比均为 50:50。

### 1.2 蚕蛹蛋白针织物试样方案建立

文中分别将蚕蛹蛋白纤维与莫代尔、长绒棉按质量比为 50:50 混纺,再与锦纶交织以改善蚕蛹蛋白纤维的强度及弹性,并以棉纱为对比参照组,设计  $L_9(3^3)$  标准正交试样方案<sup>[8-9]</sup>。其试样因素与水平见表 2 所示。

表 2 实验试样因素与水平

Tab.2 Factors and levels of experimental sample			
水平	因 素		
	面纱原料 A	交织质量比 B	组织结构 C
1	棉蚕纱/锦	50:50	纬平针
2	棉纱/锦	75:25	1+1 假罗纹
3	莫蚕纱/锦	100:0	3+1 假罗纹

注:蚕蛹蛋白/长绒棉简称为“棉蚕纱”;蚕蛹蛋白/莫代尔简称为“莫蚕纱”。

采用标准正交表  $L_9(3^3)$ ,设计 9 个试样方案,其规格见表 3 所示。

表 3 试样规格参数

Tab.3 Specification parameters of sample				
正交编号	试样编号	面纱原料	混纺质量比	组织结构
1	A01	棉蚕纱/锦	50:50	纬平针
2	A02	棉蚕纱/锦	75:25	1+1 假罗纹
3	A03	棉蚕纱/锦	100:0	3+1 假罗纹
4	A04	棉纱/锦	50:50	1+1 假罗纹
5	A05	棉纱/锦	75:25	3+1 假罗纹
6	A06	棉纱/锦	100:0	纬平针
7	A07	莫蚕纱/锦	50:50	3+1 假罗纹
8	A08	莫蚕纱/锦	75:25	纬平针
9	A09	莫蚕纱/锦	100:0	1+1 假罗纹

## 2 实验部分

### 2.1 织物

织物试样为表 3 中编号为 A01,A02,A03,A04,A05,A06,A07,A08,A09 的 9 组试样。织造时横密为:16 列/cm,机号为:11 针/cm。

### 2.2 仪器

织造设备为:圣东尼 SM8-TOP2S;

测试仪器为:YG(B)141D 数字式织物厚度仪、XY 系列精密电子天平、YG026PC-250 电子强力机、YG-502 型圆轨迹起毛起球仪、织物耐磨试验机、YG032E 织物胀破强度仪、YG(B)461D-Ⅱ型数字式织物透气量仪、YG(B)216-Ⅱ型织物透湿量仪、YG(B)871型毛细管效应测定仪。

### 2.3 测试分析

2.3.1 织物规格测试 9 组试样规格测试结果见表 4。

表 4 织物规格参数

Tab.4 Specification parameters of fabric						
编号	密度(圈/dm)		密度对比系数(横密/纵密)	面密度/厚度/(g/m <sup>2</sup> )/mm		组织结构
	横密	纵密				
1	169.6	277.6	0.61	206.2	0.72	纬平针
2	210.8	175.2	1.20	266.2	0.99	1+1
3	235.2	210.8	1.12	343.8	1.53	3+1
4	218.4	170.0	1.28	277.0	1.05	1+1
5	239.6	206.4	1.16	353.8	1.68	3+1
6	159.6	248.4	0.64	222.2	0.76	纬平针
7	251.2	212.8	1.18	382.6	1.41	3+1
8	179.2	260.0	0.69	238.2	0.73	纬平针
9	203.6	169.6	1.20	305.2	0.95	1+1

注:1+1,3+1 分别为 1+1 假罗纹,3+1 假罗纹。

织物规格对服用性能起到一定影响,根据所得数据作如下初步分析:

1)试样的组织结构显著影响织物的厚度与面密度。假罗纹组织试样厚度与面密度明显大于纬平针组织。试样 A03,A05,A07 均为 3+1 假罗纹,织物厚度、面密度最大;A02,A04,A09 均为 1+1 假罗纹,厚度与面密度次之;而 A01,A06,A08 均为纬平针组织,厚度与面密度最小。

2)试样的组织结构显著影响织物的线圈密度,表现在纬平针组织的试样,其线圈密度显著大于假罗纹组织;且纬平针组织试样的纵向密度显著大于横向密度,而假罗纹组织的横向密度则大于纵向密度。

3)同一组织结构的试样,其厚度、面密度和线

圈密度都较为相近。可见,组织结构是影响织物规格参数的主要因素。

**2.3.2 服用性能测试** 尺寸稳定性、起毛起球、耐磨性、顶破强度是本研究评价 St-Sun 无缝运动织物

优化效果的重要指标,而在改善以上性能的同时还需保证该纤维本身的优越性能:透气性、透湿性、吸湿性能优良。因此,文中设计了 9 组试样方案,测试了 7 项服用性能,具体测试结果见表 5。

表 5 蚕蛹蛋白针织物服用性能测试结果  
Tab.5 Test results of St-Sun fabric performance parameters

试样编号	服用性能指标								
	纵向负 荷力/N	横向负 荷力/N	起毛起 球等级	耐磨次 数/次	透气率/ (mm/s)	透湿率/ (g/(m <sup>2</sup> ·h))	纵向芯吸 高度/cm	横向芯吸 高度/cm	胀破强 度/kPa
A01	18.0	8.3	2.4	305	201.0	687.07	13.50	14.13	387
A02	16.3	9.9	3.0	317	210.6	585.28	14.03	12.37	431
A03	14.7	6.9	4.0	442	223.1	551.90	13.87	12.27	477
A04	13.1	7.5	3.0	299	174.6	573.60	5.40	3.27	551
A05	15.8	7.6	4.0	332	223.1	491.63	4.03	3.50	593
A06	9.5	9.5	2.4	264	174.0	527.01	2.03	2.03	521
A07	15.6	6.4	5.0	266	199.1	579.26	14.57	11.60	474
A08	15.6	10.1	4.4	809	207.6	640.25	13.40	13.27	365
A09	22.3	12.1	4.4	373	197.9	709.25	13.03	12.63	500

3 灰色近优综合评判模型建立

“灰色近优评价”具有计算工作量小,无大样本要求,不要求指标权重,可以避免主观因素,在指标数较多时尤为适用<sup>[10]</sup>,对于解决本研究指标较多、计算量较大等问题极为有效。运用灰色近优评价系统,首先必须建立灰色矩阵,然后建立白化灰矩阵。具体为:灰色近优综合评判设有研究方案  $M_j(j=1,2,3,\cdots,m)$ ,考核指标  $C_i(i=1,2,3,\cdots,n)$  及相应白化灰量  $\oplus_{ij}$ ,则称  $m$  种试样  $n$  维指标的灰元为  $\oplus R_{n\times m}$ ,将对应数值按以下行列排列,得到灰矩阵:

$$\oplus R_{n\times m} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \oplus_{11} & \oplus_{12} & \cdots & \oplus_{1m} \\ \oplus_{21} & \oplus_{22} & \cdots & \oplus_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \oplus_{n1} & \oplus_{n2} & \cdots & \oplus_{nm} \end{bmatrix}$$

式中: $\oplus_{ij}$ 为第  $j$  个试样的第  $i$  个服用指标。将各试样对应的服用性能指标录入,即对灰矩阵的各灰元进行白化处理,得到白化灰矩阵  $\oplus'R_{n\times m}$ 。

$$\oplus'R_{n\times m} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \oplus'_{11} & \oplus'_{12} & \cdots & \oplus'_{1m} \\ \oplus'_{21} & \oplus'_{22} & \cdots & \oplus'_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \oplus'_{n1} & \oplus'_{n2} & \cdots & \oplus'_{nm} \end{bmatrix}$$

式中: $\oplus'_{ij}$ 为第  $j$  个试样第  $i$  个服用性能指标的实际测量数值,即白化灰元值。然后对各个测试指标进行无量纲处理<sup>[11]</sup>,即把各个白化灰元值映射到[0,1]区间,得到近优白化灰矩阵  $\oplus''R_{n\times m}$ 。

$$\oplus''R_{n\times m} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \oplus''_{11} & \oplus''_{12} & \cdots & \oplus''_{1m} \\ \oplus''_{21} & \oplus''_{22} & \cdots & \oplus''_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \oplus''_{n1} & \oplus''_{n2} & \cdots & \oplus''_{nm} \end{bmatrix}$$

式中: $\oplus''_{ij}$ 为第  $j$  个试样第  $i$  个服用性能指标的近优白化灰量值,即效果测度。一般工程领域通常采用单点效果测度。本研究测试指标为越大越优型,因此采用上限效果测度,方法如下:

$$\oplus''_{ij} = \oplus'_{ij} / \max \{ \oplus'_{ij}, \mu_{\max} \}$$

式中: $\max \{ \oplus'_{ij}, \mu_{\max} \} = \max \{ \oplus'_{i1}, \oplus'_{i2}, \cdots, \oplus'_{im}, \mu_{\max} \}$ ,而  $\mu_{\max}$  则为指定的最大值。

为进行综合评定,还需进行近优度计算,并列出近优度白化灰元行矩阵  $\oplus'R_s$ 。

$$\oplus'R_s = S_j[S_1, S_2, \cdots, S_m] =$$

$$S_j \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \oplus''_{i1}, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \oplus''_{i2}, \cdots, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \oplus''_{im} \right]$$

根据上述公式计算各织物近优度,再依据近优度进行排序,近优度值越接近 1,说明试样综合性能越好。由此综合评判 St-Sun 试样服用性能的优劣。

4 ST-SUN 织物服用性能综合评判

文中特选以上 9 组试样中较具有代表性的服用性能指标:纵向负荷力(纵向尺寸稳定性)、横向负荷力(横向尺寸稳定性)、起毛起球、耐磨性、透气性、透湿率、纵向芯吸高度(吸湿性)、横向芯吸高度

(吸湿性)、胀破强度(依次为指标  $C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9$ ) 来综合评判蚕蛹蛋白无缝运动织物

的服用性能。根据表 5 列出 9 组试样 9 种服用性能指标的白化灰矩阵。

$$\oplus 'R_{9 \times 9} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_7 \\ C_8 \\ C_9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 18.0 & 16.3 & 14.7 & 13.1 & 15.8 & 9.5 & 15.6 & 15.6 & 22.3 \\ 8.3 & 9.9 & 6.9 & 7.5 & 7.6 & 9.5 & 6.4 & 10.1 & 12.1 \\ 2.4 & 3.0 & 4.0 & 3.0 & 4.0 & 2.4 & 5.0 & 4.4 & 4.4 \\ 305 & 317 & 442 & 299 & 332 & 264 & 266 & 809 & 373 \\ 201.0 & 201.6 & 223.1 & 174.6 & 223.1 & 174.0 & 199.1 & 207.6 & 197.9 \\ 687.07 & 558.28 & 551.90 & 573.60 & 491.63 & 527.01 & 579.26 & 640.25 & 709.25 \\ 13.50 & 14.03 & 13.87 & 5.40 & 4.03 & 2.03 & 14.57 & 13.40 & 13.03 \\ 14.13 & 12.37 & 12.27 & 3.27 & 3.50 & 2.03 & 11.60 & 13.27 & 12.63 \\ 387 & 431 & 477 & 551 & 593 & 521 & 474 & 365 & 500 \end{bmatrix}$$

无缝运动织物主要应用于运动服及运动装备,所以要求织物的服用指标是:织物纵向负荷力、横向负荷力、起毛起球、耐磨性、透气性、透湿率、纵向芯吸高度、横向芯吸高度、胀破强度测试结果均越

大越好。为了对 ST-SUN 织物服用性能进行综合评判,根据效果测度的应用条件,应采用上限效果测度将评价指标映射到  $[0,1]$  区间,对所有的数据进行无量纲处理,得到近优白化灰矩阵如下:

$$\oplus "R_{9 \times 9} = \begin{bmatrix} C_1 \\ C_2 \\ C_3 \\ C_4 \\ C_5 \\ C_6 \\ C_7 \\ C_8 \\ C_9 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0.807\ 2 & 0.730\ 9 & 0.659\ 2 & 0.587\ 4 & 0.708\ 5 & 0.426\ 0 & 0.699\ 6 & 0.699\ 6 & 1.000\ 0 \\ 0.686\ 0 & 0.818\ 2 & 0.570\ 2 & 0.619\ 8 & 0.628\ 1 & 0.785\ 1 & 0.528\ 9 & 0.834\ 7 & 1.000\ 0 \\ 0.480\ 0 & 0.600\ 0 & 0.800\ 0 & 0.600\ 0 & 0.800\ 0 & 0.480\ 0 & 1.000\ 0 & 0.880\ 0 & 0.880\ 0 \\ 0.377\ 0 & 0.391\ 8 & 0.546\ 4 & 0.369\ 6 & 0.410\ 4 & 0.326\ 3 & 0.328\ 8 & 1.000\ 0 & 0.461\ 1 \\ 0.900\ 9 & 0.944\ 0 & 1.000\ 0 & 0.782\ 6 & 1.000\ 0 & 0.779\ 9 & 0.892\ 4 & 0.930\ 5 & 0.887\ 0 \\ 0.968\ 7 & 0.825\ 2 & 0.778\ 1 & 0.808\ 7 & 0.693\ 2 & 0.743\ 1 & 0.816\ 7 & 0.902\ 7 & 1.000\ 0 \\ 0.926\ 6 & 0.962\ 9 & 0.952\ 0 & 0.370\ 6 & 0.276\ 6 & 0.139\ 3 & 1.000\ 0 & 0.919\ 7 & 0.894\ 3 \\ 1.000\ 0 & 0.875\ 4 & 0.868\ 4 & 0.231\ 4 & 0.247\ 7 & 0.143\ 7 & 0.820\ 9 & 0.939\ 1 & 0.893\ 8 \\ 0.652\ 6 & 0.726\ 8 & 0.804\ 4 & 0.929\ 2 & 1.000\ 0 & 0.878\ 6 & 0.799\ 3 & 0.615\ 5 & 0.843\ 2 \end{bmatrix}$$

然后计算出每种试样指标的近优度,列出近优度白化灰元行矩阵

$$\oplus "R_s = S_j[S_1, S_2, \cdots, S_9] =$$

$$S_j \left[ \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 \oplus "_{i1}, \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 \oplus "_{i2}, \cdots, \frac{1}{9} \sum_{i=1}^9 \oplus "_{i9} \right] =$$
$$S_j \left[ \frac{6.834\ 6}{9}, \frac{6.875\ 2}{9}, \frac{6.978\ 7}{9}, \frac{5.299\ 3}{9}, \frac{5.764\ 5}{9}, \right.$$
$$\left. \frac{4.702\ 0}{9}, \frac{6.886\ 6}{9}, \frac{7.721\ 8}{9}, \frac{7.849\ 4}{9} \right] =$$
$$[0.759\ 4, 0.763\ 9, 0.775\ 4, 0.588\ 8, 0.640\ 5, 0.522\ 4, 0.765\ 2, 0.858\ 0, 0.873\ 3]。$$

通过对各试样的近优度白化灰元从大到小排列,可以得到所有织物方案服用性能的优劣顺序为

$S_9 > S_8 > S_3 > S_7 > S_2 > S_1 > S_5 > S_4 > S_6$  其中,  $S_9$  与  $S_8$  的性能极为接近,且性能最优。出于成本方面的考虑,由于 St-Sun 纤维价格较锦纶高,故选

择 A08 作为最优方案,即面纱原料选择莫代尔/St-Sun 混纺纱线与锦纶交织,交织质量比为 75:25,组织结构采用纬平针时,蚕蛹蛋白针织物的性能优良。

5 结 语

文中以将蚕蛹蛋白纤维的服用性能更好地应用于无缝运动面料为研究目的,根据正交实验设计,采用普通棉纱为对照组,以 St-Sun/莫代尔混纺纱线、St-Sun/长绒棉混纺纱线、锦纶为面纱原料,共织造了 9 种不同原料、不同交织比、不同组织机构的试样,并进行了织物服用性能测试;结合生产实际,利用“灰色近优综合评判”得出综合性能较好的试样方案,得到以下结论:

- 1) 面纱原料对织物尺寸稳定性、起毛起球性、耐磨性、胀破强度、透湿性、吸湿性的影响效果都是最大的。
- 2) 长绒棉和莫代尔通过混纺明显改善蚕蛹

蛋白针织物的尺寸稳定性和耐磨性,但没有显著改善其强度差的缺点。

3)与锦纶交织并没有显著改善蚕蛹蛋白针织物的耐磨性和强度。

4)莫代尔与 St-Sun 进行混纺很好地解决了莫代尔针织物易起毛起球的缺陷。

5)含蚕蛹蛋白的针织物透气性、透湿性和吸湿性明显高于普通棉布。

6)通过“灰色近优综合评判”数学方法对织物性能进行综合评定,A08 和 A09 试样的综合性能相当接近且最为优越,出于成本考虑,选择 A08 作为最优方案,即面纱原料为莫代尔/St-Sun 混纺纱线与锦纶交织,质量比为 75:25,组织结构为纬平针。

参考文献:

[ 1 ] 程 醇. 玉汝于成,蚕蛹蛋白纤维何时方能燎原[J]. 中国纤检,2012,15(21):26-29.  
CHENG Zui. When hard, silkworm pupa protein fiber can start a prairie fire[J]. China Fiber Inspection, 2012, 15 (21):26-29. (in Chinese)

[ 2 ] 杨旭红. 功能性运动服装的开发[J]. 棉纺织技术, 2001,38(6):63- 64.  
YANG Xuhong. The development of functional sports wear [J]. Cotton Textile Technology, 2001, 38(6):63- 64. (in Chinese)

[ 3 ] 刘红玉,张国成,苏艳孟. 功能性保暖针织面料工艺研究[J]. 针织工业,2012,39(5):12-13.  
LIU Hongyu, ZHANG Guocheng, SU Yanmeng. Functional warm knitting fabric technology research [J]. Knitting Industries, 2012, 39(5):12-13. (in Chinese)

[ 4 ] 据红梅,张光先,高素华,等. 腈纶织物接枝蚕蛹蛋白改性[J]. 纺织学报,2011,32(12):19-23.  
JU Hongmei, ZHANG Guangxian, GAO Suhua, et al. Acrylic fabric grafted silkworm chrysalis protein modifica-

tion[J]. Journal of Textile Research, 2011, 32(12):19-23. (in Chinese)

[ 5 ] 高晓春,雷 力,周 燕. 蚕蛹蛋白精纺衬衫面料的试制与生产[J]. 江苏纺织,2012,19(2):44- 46,52.  
GAO Xiaochun, LEI Li, ZHOU Yan. The development and production of silkworm chrysalis protein worsted shirt fabric[J]. Jiangsu Textile, 2012, 19(2):44- 46, 52. (in Chinese)

[ 6 ] 刘慧娟,王 琳,申 鼎. 蚕蛹蛋白纤维性能研究[J]. 印染助剂,2012,29(9):12-14.  
LIU Huijuan, WANG Lin, SHEN Ding. The fiber performance of pupa protein [J]. Textile Auxiliaries, 2012, 29 (9):12-14. (in Chinese)

[ 7 ] 汤根娣. 亚麻/棉混纺针织面料开发与性能研究[D]. 上海:东华大学,2013.

[ 8 ] 陆鑫,吴世刚,顾韵芬,等. 采用正交实验进行服装缝制工艺的参数设计[J]. 上海纺织科技,2009,37(3):18-20.  
LU Xin, WU Shigang, GU Yunfen, et al. Design the process parameter of the use of orthogonal experiment[J]. Shanghai Textile Science and Technology, 2009, 37(3):18-20. (in Chinese)

[ 9 ] 庄楚强,吴亚森. 应用数理统计基础[M]. 广州:华南理工大学出版社,2002:428.

[10] 丁伟. 薄型服用非织造材料的性能研究与评价[D]. 青岛:青岛大学,2010.

[11] 郑鹏程,汪学骞,陈翟. 双模型互证法在评判休闲西裤外观保持性中的运用[J]. 纺织学报,2007,28(3):79-83,99.  
ZHENG Pengcheng, WANG Xueqian, CHEN Di. Mutual proof double model used in judging leisure trousers appearance retention [J]. Journal of Textile Research, 2007, 28(3):79-83, 99. (in Chinese)

(责任编辑:邢宝妹)