

高收缩锦纶无缝针织物风格研究

沈利恩^{1a},金子敏^{1a,b},张勇军²,陶建伟²

(1. 浙江理工大学, a. 材料与纺织学院; b. 先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018; 2. 浙江棒杰数码针织品股份有限公司, 浙江义乌 322009)

摘要:以高收缩锦纶为添纱/衬垫纱,双股锦纶为面纱,通过改变衬垫/添纱比和浮线长度共设计了9块无缝针织物,并对经过热水收缩处理后的9块织物进行压缩性能、弯曲性能、表面摩擦性能、拉伸性能等织物风格性能的测试,并利用模糊聚类法对织物的手感风格进行了综合评价。结果表明:添纱组织高收缩锦纶织物表面起绉程度大,织物厚实、蓬松,手感硬挺、粗糙;衬垫组织高收缩锦纶织物表面起绉程度小,织物较薄,手感柔软、光滑;并且随着浮线长度的增加,高收缩锦纶织物的蓬松性和拉伸变形能力增加,压缩回复性、弯曲变形能力以及表面性能降低。

关键词:高收缩锦纶; 织物风格; 模糊矩阵; 无缝针织物

中图分类号: TS184.1 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3851 (2016) 03-0333-06 **引用页码:** 050102

0 引言

利用无缝针织技术可以生产出一次成型的针织产品,其产品舒适贴身、不紧绷,所以在近几年发展迅速,显示出广阔的市场前景^[1-2]。但同时该产品也存在着一些问题,产品的同质化现象严重,无缝针织织物的纤维材料一般采用常规的纤维和纱线,面对日益激烈的竞争,只有不断进行产品的革新,才能在企业竞争中脱颖而出^[3]。目前已有研究成功将新型纤维,如三角中空锦纶、Outlast 纤维、Sorona 纤维这些具有特殊功能的纤维应用于无缝针织物中,使无缝针织产品更具多样化^[4-6]。

高收缩锦纶是新近开发的一种差别化纤维,但是国内纺织生产实践中常见的高收缩纤维种类主要集中在高收缩涤纶、高收缩丙纶和高收缩腈纶三种,对于高收缩锦纶的开发以及实际应用相对较少^[7-8],将高收缩丝应用于机织或者经编中,可编织具有凹凸型织物^[9]。将高收缩锦纶应用在

无缝针织领域中,可为无缝针织物的手感风格提供更多的可能性。本文主要对9种高收缩锦纶织物进行了织物风格相关性能的测试,包括压缩性能、弯曲性能、表面摩擦性能、拉伸性能,并利用模糊聚类法对织物的手感风格进行了综合评价。为高收缩锦纶在无缝针织上的应用和外观设计提供一定的参考依据。

1 实验

1.1 纱线的选择与组织设计

高收缩锦纶无缝针织物的面纱均采用 3.89tex × 2 的常规双股锦纶,添纱/衬垫纱为 3.67tex/12f 的高收缩锦纶,组织采用添纱组织和衬垫组织。

1.2 实验方案的设计

设计了两种不同的添纱比:1:2 和 1:4 和一种衬垫比:1:4,并设计了三种不同的浮线长度:2、3mm 和 4mm,总共编织了 9 块试样,如表 1 所示。

收稿日期: 2015-07-03

基金项目: 浙江省重大科技专项和成果转化工程项目(2013T103);浙江省重点科技创新团队项目(2011R50004)

作者简介: 沈利恩 (1990-),女,浙江湖州人,硕士研究生,主要从事服用与装饰用纺织品方面的研究。

通信作者: 金子敏, E-mail: kivenjin@163.com

表1 高收缩锦纶无缝针织物规格

试样 编号	组织 结构	衬垫/ 添纱比	浮线 长度/mm	纱线组合	
				面纱	添纱/衬垫纱
1	添纱	1:2	2	双股锦纶	高收缩锦纶
2	添纱	1:2	3	双股锦纶	高收缩锦纶
3	添纱	1:2	4	双股锦纶	高收缩锦纶
4	添纱	1:4	2	双股锦纶	高收缩锦纶
5	添纱	1:4	3	双股锦纶	高收缩锦纶
6	添纱	1:4	4	双股锦纶	高收缩锦纶
7	衬垫	1:4	2	双股锦纶	高收缩锦纶
8	衬垫	1:4	3	双股锦纶	高收缩锦纶
9	衬垫	1:4	4	双股锦纶	高收缩锦纶

1.3 实验仪器

本文中织物的压缩、弯曲和表面性能分别由日本川端 KES 织物风格仪 KES-FB 版本的压缩性能测试仪(KES-FB3)、弯曲性能测试仪(KES-FB2)和表面摩擦性能测试仪(KES-FB4)测试,织物的拉伸剪切性能由材料万能测试仪(AG-I)测试。

2 织物风格分析

2.1 高收缩锦纶织物基本风格指标的测试

2.1.1 压缩性能

利用 KES-FB3 对织物的压缩性能进行测试。实验所用试样规格为 20cm×20cm。KES-FB3 总共可以测试计算出织物的 6 项风格指标:压缩比功(WC)/(cN/cm²)、压缩回弹性(RC)/%、压缩线性度(LC)、压缩率(C)/%、厚度(T₀)/mm 和表现厚度(T_M)/mm。WC 越大,织物越蓬松;RC 越大,织物的弹性越好。其压缩性能实验测试结果如表 2 所示。

表2 高收缩锦纶织物的压缩性能

试样 编号	LC	WC/ (cN/cm ²)	RC/ %	T _M /mm	T ₀ /mm	C/ %
1	0.57	0.33	42.96	1.28	1.51	15.37
2	0.54	0.46	44.09	1.64	1.98	17.10
3	0.51	0.66	38.56	1.93	2.43	21.03
4	0.53	0.30	43.46	1.07	1.36	21.84
5	0.54	0.40	45.95	1.15	1.45	20.69
6	0.56	0.56	40.23	1.21	1.61	24.73
7	0.46	0.26	44.19	0.84	1.08	20.14
8	0.50	0.35	42.75	0.95	1.24	22.98
9	0.51	0.42	44.21	0.89	1.23	27.22

从表 2 数据可知,随着浮线长度的增加,三种组织织物的压缩比功也在不断增加,即组织相同时织物的蓬松度随着浮线长度的增加而增加。当织物的浮线长度一定时,高收缩锦纶在织物中的占比越高,织物的压缩比功也就越大,织物越蓬松。

对于添纱组织,浮线长度为 3 mm 时织物的压缩回弹性最好,2 mm 浮线长度的织物压缩回弹性

比 4 mm 浮线长度织物要好。而对于衬垫组织,浮线长度为 3 mm 时织物的压缩回弹性最差,2 mm 和 4 mm 浮线长度的织物压缩回弹性相似。造成这种截然相反的结果的原因主要是:高收缩锦纶使添纱组织织物在浮线处形成一条条的拱起,织物蓬松度增加,但过长的浮线使得拱形跨度太大,外力去除后拱形的回复能力变差,拱塌陷;而衬垫组织由于对高收缩锦纶纱的夹持力比较微弱,使得高收缩锦纶在后处理回缩过程中对织物横向回缩影响较小,衬垫组织织物表面起绉不明显,织物较为单薄。

2.1.2 弯曲性能

采用 KES-FB2 测试织物的弯曲性能。试样规格为 20 cm×20 cm,实验测试时同一种试样纵、横各测试一次,测试完毕,计算机自动给出织物的平均弯曲刚度(B)/(cN·cm)和弯曲平均滞后矩(2HB)/(cN·cm/cm),测试结果如表 3 所示。

表3 高收缩锦纶织物的弯曲性能

试样编号	弯曲方向	B/(cN·cm)	2HB/ (cN·cm/cm)
1	纵	0.0534	0.1415
	横	0.0379	0.1117
2	纵	0.0997	0.2548
	横	0.0496	0.1485
3	纵	0.1666	0.3231
	横	0.0514	0.1497
4	纵	0.0216	0.0705
	横	0.0299	0.0775
5	纵	0.0307	0.0886
	横	0.0476	0.0873
6	纵	0.0325	0.1045
	横	0.0382	0.0962
7	纵	0.0091	0.036
	横	0.013	0.0479
8	纵	0.0096	0.0379
	横	0.0146	0.0467
9	纵	0.0141	0.0416
	横	0.0163	0.0500

将表 3 中的弯曲刚度和弯曲滞后矩按照式(1)~(2)计算总弯曲刚度和总弯曲滞后矩,并按照设计浮线长度分类绘制相应的折线图,如图 1 和图 2 所示。

$$B_{\text{总}} = \sqrt{B_{\text{纵}} \cdot B_{\text{横}}} \quad (1)$$

$$2HB_{\text{总}} = \sqrt{2HB_{\text{纵}} \cdot 2HB_{\text{横}}} \quad (2)$$

其中: $B_{\text{总}}$ 为总弯曲刚度, $B_{\text{纵}}$ 、 $B_{\text{横}}$ 分别为纵行和横向弯曲刚度; $2HB_{\text{总}}$ 为总弯曲滞后矩, $2HB_{\text{纵}}$ 、 $2HB_{\text{横}}$ 为纵行和横向弯曲滞后矩。

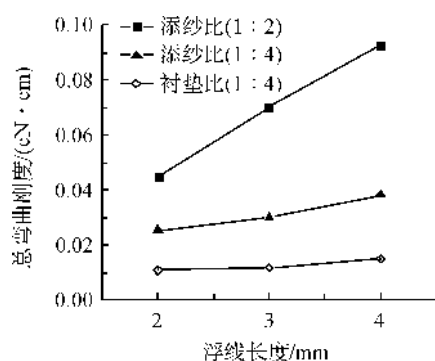


图1 织物总弯曲刚度随浮线变化趋势

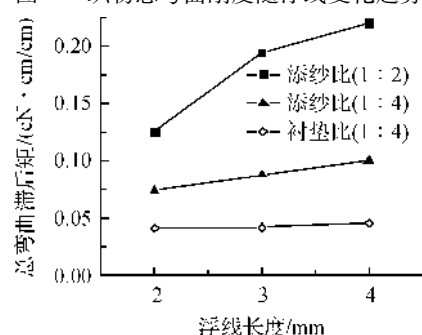


图2 织物总弯曲滞后矩随浮线长度变化趋势

从图1和图2中可以看出随着浮线长度的增加,三种组织织物的总弯曲刚度和总弯曲滞后矩增加,也就是随着浮线的增长,织物的硬挺度增加,织物越刚硬。主要原因是随着浮线的增长,织物在受力弯曲时,线圈之间纱线的转移幅度变小,纱线自身抗弯刚度对织物总抗弯刚度的贡献率提升,使得织物的总抗弯刚度增强。由高收缩锦纶作为织物的添纱或者衬垫纱的时候,浮线长度相同的情况下,织物抵抗变形的能力从大到小依次为:添纱比(1:2)添纱组织、添纱比(1:4)添纱组织、衬垫组织,而其变形回复能力排序却正好相反。这主要是因为,由高收缩锦纶作为织物的添纱,经后处理收缩后,相同浮线长度的添纱比(1:2)添纱织物比添纱比(1:4)添纱织物更加紧密厚实;而衬垫组织本身比较单薄,所以其抵抗变形的能力比添纱组织弱,变形回复能力强。

2.1.3 表面性能

织物的表面性能由仪器 KES-FB4 测定。试样规格为 20cm×20cm,同一种试样纵、横各测试一次。可测得织物的平均摩擦系数(MIU)、摩擦系数平均偏差(MMD)、表面粗糙度(SMD),度量织物的光滑性、匀整性和表面平整性。三个指标均为逆指标,即其值越小,表明织物手感越光滑,反之粗糙。

将织物的表面性能试验测试结果 MMD 和 SMD 纵横两项分别求平均值并以浮线长度分类作折线图,可得到图3和图4。

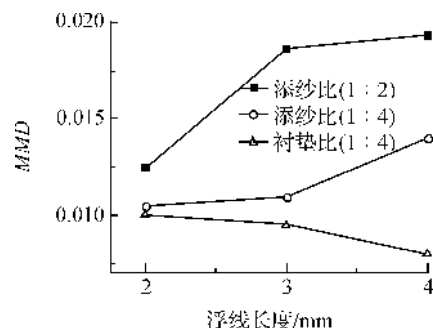


图3 织物表面摩擦系数平均偏差随浮线长度变化趋势

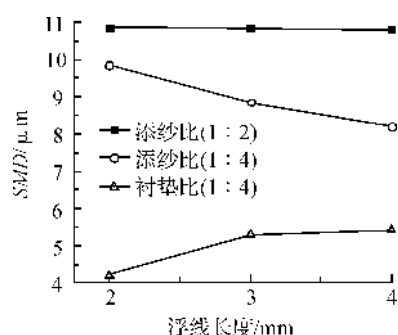


图4 织物表面粗糙度随浮线长度变化趋势

由图3可知,随着浮线的增长,添纱组织织物的表面平整度越来越差,而衬垫组织织物的表面平整度却逐渐变好;当浮线长度相同时,添纱组织织物的表面没有衬垫组织平整。主要原因是当高收缩锦纶作为织物的添纱或者衬垫纱时,对于添纱组织而言,其浮线越长,其收缩也就越大,表面也就越不平整;对于衬垫组织而言,由于衬垫组织对高收缩锦纶的夹持力较弱,所以当浮线越长时,浮线就越易迁移,其表面平整度也相对较好。由图4可知,随着浮线长度的增加,添纱比(1:2)的添纱组织织物的表面粗糙度基本不发生变化,添纱比(1:4)的添纱组织织物表面粗糙度下降,衬垫组织织物的表面粗糙度提高,而且衬垫组织织物的表面粗糙度远小于添纱组织织物。

2.1.4 拉伸和剪切性能

织物的拉伸和剪切性能利用材料万能测试仪(AG-I)模拟 FAST 织物风格仪中测试织物拉伸和剪切性能的 FAST-3 型织物拉伸仪测定。试样规格为 20 cm×5 cm,测量其在拉力为 100cN/cm 下织物的伸长率(E)。测试织物剪切性能时,织物试样沿与织物纵向成 45° 和 135° 的方向裁剪,测得其在外力为 5 cN/cm 时的伸长率,并通过相应的公式^[10] 计算得到其剪切刚度(G)/(cN·cm)。织物的拉伸和剪切性能测试结果如表5所示。

表5 高收缩锦纶织物的拉伸和剪切性能

试样编号	纵向伸长率/%	横向伸长率/%	剪切刚度/(cN·cm)
1	7.05	15.53	0.0742
2	8.12	16.71	0.0843
3	9.35	19.01	0.0956
4	13.28	11.63	0.0843
5	14.23	12.96	0.0927
6	15.09	13.76	0.0976
7	8.60	8.81	0.1318
8	11.15	10.76	0.1420
9	12.13	11.34	0.1677

由实验结果可知,随着织物浮线长度的增加,其纵向和横向的拉伸伸长率均在上升。主要原因是,在小应力的作用下,针织物的形变量主要取决于织物线圈之间的滑移,纤维以及纱线的形变对织物伸长率的贡献十分的微小。织物浮线长度的增加有利于线圈之间的滑移。另外,浮线长的织物起绉明显,小应力下绉纹趋于平整,也能够提升织物的伸长率。并且,随着织物浮线长度的增加,其剪切刚度逐渐下

降。因织物纵横向的小应力形变随着浮线长度的增加而增加,因此斜向拉伸伸长也随着浮线长度的增加而增大,抵抗变形能力下降,容易变形,刚度下降。

2.2 织物风格的综合评价

通过上述实验已经测得与织物风格相关的基本物理力学指标:压缩比功(WC)、压缩回弹性(RC)、压缩线性度(LC)、压缩率(C)、平均弯曲刚度(B)、弯曲平均滞后矩($2HB$)、平均摩擦因数(MIU)、摩擦因数平均偏差(MMD)、表面粗糙度(SMD)、伸长率(E)和剪切刚度(G)11项。这11项指标中每一项只能说明织物的某一种风格特性,但是织物风格是许多因素的综合反映,用单一的指标很难评判某种织物的风格优劣,因此,必须用综合的方法对织物的风格进行评价,本文将用模糊聚类的方法对织物风格进行分析。

2.2.1 模糊矩阵的建立

将用于分析织物风格的9块试样作为9个待评价事物 $M = (m1, \dots, m9)$,将所测的每块织物的11项物理力学性能指标当作用于11项评价指标 $C = (c1, \dots, c11)^T$,则可得到模糊矩阵 $R = C \cdot M$ 。建立的模糊矩阵 R 如下:

$$R = \begin{bmatrix} & 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 & 8 & 9 \\ WC & 0.33 & 0.46 & 0.66 & 0.30 & 0.41 & 0.56 & 0.26 & 0.35 & 0.42 \\ RC & 42.96 & 44.09 & 38.55 & 43.46 & 45.95 & 40.23 & 44.19 & 42.76 & 44.21 \\ LC & 0.56 & 0.54 & 0.51 & 0.53 & 0.54 & 0.56 & 0.48 & 0.50 & 0.51 \\ C & 0.1537 & 0.1711 & 0.2108 & 0.2184 & 0.2096 & 0.2473 & 0.2014 & 0.2299 & 0.2722 \\ B & 0.0449 & 0.0703 & 0.0925 & 0.0254 & 0.0382 & 0.0352 & 0.0109 & 0.0118 & 0.0151 \\ 2HB & 0.1257 & 0.1945 & 0.2199 & 0.0739 & 0.0579 & 0.1002 & 0.0145 & 0.0420 & 0.0456 \\ MIU & 0.226 & 0.256 & 0.287 & 0.210 & 0.206 & 0.214 & 0.186 & 0.185 & 0.180 \\ MMD & 0.012 & 0.019 & 0.019 & 0.014 & 0.010 & 0.011 & 0.009 & 0.009 & 0.0008 \\ SMD & 10.86 & 10.85 & 10.80 & 9.845 & 8.849 & 8.214 & 4.213 & 5.296 & 4.915 \\ E & 5.43 & 5.44 & 5.41 & 4.93 & 4.43 & 4.11 & 2.11 & 2.65 & 2.46 \\ G & 0.0742 & 0.0844 & 0.0957 & 0.0843 & 0.0927 & 0.0975 & 0.1318 & 0.1420 & 0.1677 \end{bmatrix}.$$

由于量纲不一,用公式 $X_{ij} = \frac{x_{ij}}{\max\{x_i\}}$ 进行无量纲化处理,得到一个矩阵,再利用绝对倒数法对该矩阵进行改造:

$$r_{ij} = \begin{cases} 1, & i = j \\ \frac{M}{\sum_{k=1}^{11} |x_{ki} - x_{kj}|}, & i \neq j \end{cases}.$$

式中, M 是 $0 \leq r_{ij} \leq 1$ 的一个适当的数,在此取值 $M = 0$,进而得模糊矩阵 \bar{R} :

$$\overline{\mathbf{R}} = \begin{bmatrix} 1 & & & & & & & & \\ 0.3582 & 1 & & & & & & & \\ 0.1965 & 0.4173 & 1 & & & & & & \\ 0.4327 & 0.2390 & 0.1714 & 1 & & & & & \\ 0.3806 & 0.2385 & 0.1717 & 0.5606 & 1 & & & & \\ 0.2910 & 0.2024 & 0.1816 & 0.3621 & 0.6085 & 1 & & & \\ 0.1620 & 0.1216 & 0.1036 & 0.2300 & 0.2344 & 0.1983 & 1 & & \\ 0.1719 & 0.1275 & 0.1108 & 0.2522 & 0.2623 & 0.2422 & 0.8515 & 1 & \\ 0.1472 & 0.1205 & 0.1042 & 0.2041 & 0.2316 & 0.2250 & 0.4819 & 0.7844 & 1 \end{bmatrix}.$$

2.2.2 构建模糊等价矩阵

在给定的模糊集合 X 上,用模糊矩阵来表示模糊关系,要求模糊矩阵必须是一个模糊等价关系,它必须满足三个条件:自返性、对称型和传递性^[1]。易

知,上述矩阵只符合自返性和对称型,不满足传递性,故需作传递闭包改造。算迭代关系为: $\mathbf{R} \cdot \mathbf{R} = \mathbf{R}^2, \mathbf{R}^2 \cdot \mathbf{R}^2 = \mathbf{R}^4, \mathbf{R}^4 \cdot \mathbf{R}^4 = \mathbf{R}^8 \cdots$,直到出现 $\mathbf{R}^{2^K} = \mathbf{R}^K$ 为止。本例经过四次迭代之后 $\mathbf{R}^{16} = \mathbf{R}^8$,即 \mathbf{R}^8 是一个等价矩阵。故而模糊等价矩阵 $\overline{\mathbf{R}} = \overline{\mathbf{R}^8}$,

[illegible]

模糊等价矩阵 \overline{R} 构建完毕后,即可进行聚类,得到聚类图。将矩阵 \overline{R} 输入 SPSS 软件中,选择合适的参数进行模糊聚类树状图的绘制,结果如图 5 所示。图中纵坐标表示试样编号,横坐标表示重新标定后的距离。在图 5 中沿图中所示的红线可将试样分类三类: $\langle 1, 2, 4, 5 \rangle$, $\langle 3, 6 \rangle$, $\langle 7, 8, 9 \rangle$ 。该聚类结果与实验单项测试分析具有相当高的吻合度,

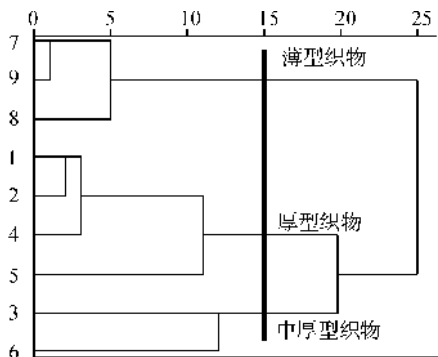


图 5 织物的模糊聚类树状图

与试样的主观评定结果大体类似,具有良好的可信度。综合 9 块试样的主观评价、单项物理力学指标分析结果和模糊聚类分析结果,将这 9 块试样分成的三类风格特性进行总结:a)1,2,4,5 四块织物为厚型织物,较为厚实、硬挺,手感丰满,手感粗糙;b)3,6 两块织物为中厚型织物,易变形,变形回复性能较差;c)7,8,9 三块织物为薄型织物,手感柔软、光滑。

3 结 论

a)随着织物工艺背面浮线的增长,织物的蓬松性增加;随着浮线长度增加,织物的硬挺度增加,而其弯曲回复性能下降;当浮线增长时,添纱组织织物的表面平整度和光滑度均下降,而衬垫组织织物的表面平整度和光滑度得到提升;织物的拉伸变形性能与浮线长度呈正相关关系,即浮线长度增加时,织物形变能力增强。

b)利用模糊聚类法实现了高收缩锦纶无缝针织物风格的分类,结果为:添纱组织中浮线长度为2 mm和3 mm的四块为原型织物,织物较为厚实、硬挺,手感丰满,手感粗糙;添纱组织中浮线长度为4 mm两块织物为中厚型织物,易变形,变形回复性能较差;组织结构为衬垫组织的三块织物为薄型织物,手感柔软、光滑。通过分类结果的分析可知:添纱组织高收缩锦纶针织物表面起绉程度大,织物厚实、蓬松,手感硬挺、粗糙;衬垫组织高收缩锦纶针织物表面起绉程度小,织物较薄,手感柔软、光滑。该分析结果为高收缩锦纶无缝针织物风格多样性的研究提供了理论依据。

参考文献:

- [1] 孟振华,李津.无缝内衣的发展及应用[J].天津纺织科技,2006(3):50-52.
- [2] 朱文俊,刘艳君,禹云威,等.单面无缝内衣组织结构的特点与应用[J].针织工业,2009(4):8-11.
- [3] 李立新,闫玉秀.无缝服装企业新产品开发现状调查与发展思考[J].浙江理工大学学报,2011(2):301-305.
- [4] 姚永标,肖丰,张一平,等.针织无缝内衣的产品设计与生产[J].纺织导报,2014(5):84-86.
- [5] 郭宇微,邱红娟,方远.针织无缝产业的现状及产品应用[J].山东纺织科技,2006,47(6):39-41.
- [6] 徐巧,丛洪莲.冰爽涤纶无缝内衣面料热湿舒适性的综合评价[J].纺织学报,2013,34(11):49-53.
- [7] LI W J, WANG H P, LI J M, et al. Preparation of high shrinkage polypropylene[J]. Journal of Donghua University, 2001, 18(4): 54-56.
- [8] 袁貽生.高收缩涤纶与锦纶混纤的工艺探讨[J].聚酯工业,2013,26(4):26-28.
- [9] 陈英立,谢光银.双面高收缩高花纹织物的设计[J].上海纺织科技,2013,41(10):46-47.
- [10] 赵振兴.两种织物风格测试系统的对比研究[J].山东纺织科技,2013(3):49-53.
- [11] 郑鹏程,汪学骞,陈翟,等.模糊聚类分析在织物变形舒适性评价中的运用[J].天津工业大学学报,2006(6):30-32.

Style Research of High-Shrinkage Polyamide Seamless Knitted Fabric

SHEN Lien^{1a}, JIN Zimin^{1a,b}, ZHANG Yongjun², TAO Jianwei²

(1a. College of Materials and Textiles; 1b. Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Zhejiang Bangjie Digital Knitting Share Co., Ltd., Yiwu 322000, China)

Abstract: In this paper, 9 pieces of seamless knitted fabric in total were designed by using high-shrinkage polyamide as plaiting yarn/laid-in yarn and double strands of polyamide as the veil, as well as by changing the percentage of laid-in yarn/plaiting yarn and floating thread length. Besides, tests for fabric styles and performances such as compression performance, bending property, surface friction performance and tensile property of the 9 pieces of fabric after shrinkage processing with hot water were conducted. In addition, the hand feeling and style of fabrics were comprehensively evaluated by using the method of fuzzy clustering. As shown in the result, the plaiting stitch high-shrinkage polyamide fabric is high in creping degree on its surface with thick and fluffy fabric and feels stiff and rough; the laid-in stitch high-shrinkage polyamide fabric is low in creping degree on its surface with thin fabric and feels soft and smooth; with the increase in floating thread length, fluffiness and tensile deformation of high-shrinkage polyamide fabric increase while the compression resilience, bending deformation and surface performance decrease.

Key words: high-shrinkage polyamide; fabric style; fuzzy matrix; seamless knitted fabric

(责任编辑:张祖尧)