

精纺面料织物结构参数与其抗皱性能
的主成分回归分析

黄三娇, 王鸿博*

(江南大学 生态纺织教育部重点实验室, 江苏 无锡 214122)

摘要:为了研究织物结构参数与精纺面料抗皱性能的关系,在确定影响织物折皱回复性能的各个结构参数的基础上,应用动态回复角测试仪对21种精纺面料进行折皱回复角测试。为避免多元回归分析出现多重共线性问题,利用主成分分析方法对织物多个基本结构参数进行降维处理,得到4个互相独立的主成分。以主成分为自变量,分别取经向折皱回复角、纬向折皱回复角以及经纬向折皱回复角之和为因变量,采用回归分析的方法建立抗皱性与提取主成分的关系模型。结果表明:建立的主成分与折皱回复角之间的回归方程,达到非常显著的水平,对抗皱性能进行预测是可行的。通过主成分分析可知,主成分 Z_1, Z_2, Z_4 是决定精纺面料抗皱性的主要因素。

关键词: 精毛纺面料; 织物结构参数; 抗皱性能; 主成分分析; 回归分析

中图分类号: TS 103 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2016)04-0352-06

Correlation of Structure Parameters with Wrinkle Resistance of
the Worsted Fabrics by Regression Analysis

HUANG Sanjiao, WANG Hongbo*

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

Abstract:In order to study the relationship of structure parameters and wrinkle resistance of the worsted fabrics, the structure parameters having effect on fabric crease recovery were determined first, and then wrinkle recovery angle of 21 kinds of worsted fabrics was tested by dynamic recovery angle tester. Principal component analysis was used for dimensionality reduction on fabric structure parameters to avoid multiple colinear problems in multiple regression analysis, and four independent principal components were got. The model of structural parameters and extracted principal components was built with principal components as variables, the wrinkle recovery angle on warp and weft direction, respectively, and the sum of angle on these two direction as the dependent variables. It was found that the model was feasible to predict the wrinkle resistance performance. Based on the principal component analysis, it was found that the important factors of affecting wrinkle resistance of worsted fabric were principal components Z_1, Z_2 , and Z_4 .

Key words: worsted fabric, fabric structural parameters, wrinkle recovery angle, principal component analysis, regression analysis

羊毛面料具有保暖性能好,手感丰满,光泽柔和,富有弹性的优点,但其同时还有易皱、不易护理等特点,影响市场需求^[1]。近几年,国内外各毛纺企业都在不断采取新工艺、新设备、新原料扩展产

品设计思路,开发生产精纺面料,以满足当代快节奏生活的人们对于易护理面料的需求^[2-3]。

折皱变形是衣物穿着和使用过程中不可避免的。折皱不仅严重影响织物的外观,而且沿着折痕

收稿日期:2016-05-06; 修订日期:2016-05-30。
基金项目:江苏省高校优势学科建设工程项目(PAPD);江苏省先进纺织工程技术中心项目(XJFZ/2015/1)。
作者简介:黄三娇(1989—),女,硕士研究生。
*通信作者:王鸿博(1963—),男,教授,博士生导师。主要研究方向为功能纺织材料、新型纺织技术、纺织新产品开发。
Email:wxwanghb@163.com

或皱纹的方向容易产生剧烈的磨损,加速织物的损坏。因此,折皱也是判断织物易护理性能的重要评价指标之一^[4],同时成为人们选择织物或服装时必须考虑的因素之一^[5]。

抗皱性是精纺毛织物的重要特性之一^[6]。现有研究表明,影响精纺毛织物抗皱性的因素很多,但主要是和织物自身结构参数关系密切^[7],参数之间相互关联,故对此问题的研究更多的是因素之间的相关分析和多指标的多重线性研究^[8]。文中采用主成分分析和回归分析的方法,将与抗皱性密切相关的多个结构参数,转换成较少个数的、且彼此独立的主成分。利用提取出的主成分值与抗皱性进行回归分析,建立抗皱性与主成分值之间的回归方程,为精纺毛织物生产和开发提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 样品与仪器

1.1.1 样品 全毛织物和毛/丝混纺织物,均由江苏倪家巷精纺面料公司提供。

1.1.2 仪器 JN-1 型织物折皱回复性能动态测试仪,自制。

1.2 样品规格

1.2.1 织物结构参数确定 在实际生产过程中,影响织物抗皱性能的因素很多,就提高织物自身折皱回复性能而言,织物结构参数起着至关重要的作

用。常见结构参数包括,纱线线密度,捻度,织物经纬密度,紧度,面密度,织缩以及织物组织。

1.2.2 织物组织量化 织物结构参数中纱线线密度,织物经纬密度等均有特定的量化指标,但织物组织参数,很难用一个数值对其进行描述。由实践经验可知,织物组织对织物折皱回复性能影响显著,如何对其进行量化,进而进行数据分析十分重要。

组织的松紧程度通常用平均浮长 F 表示,平均浮长 F 值大,表示组织松, F 值小则表示组织紧。但是,平均浮长的缺点是难以描述经纬交织比较复杂的组织的松紧程度,对于平均浮长相等的不同组织,也缺乏区别松紧程度的能力。因此,文中引用 $H \cdot C \cdot$ 爱雷明娜提出的组织系数 C 作为描述织物组织松紧程度的指标^[9]。其计算公式如下:

$$C = \frac{R_j R_w}{t}; t = \frac{t_j + t_w}{2}$$

式中: C 为组织系数; R_j, R_w 分别为组织循环的经、纬纱根数; t_j, t_w 分别为组织循环内所有经(纬)纱与纬(经)纱的交织次数之和。

C 值大表示组织松, C 值小则表示组织紧,运用 C 值可以描述经纬组织循环根数不相等的组织的松紧程度,也可描述不规则组织的松紧程度。利用式(1)对文中样品进行计算,得到其所对应的组织系数 C (见表 1)。

表 1 样品结构参数
Tab.1 Specifications of samples

样品 编号	原料	线密度/tex		捻度/(捻/m)		织物密度/ (根/dm)		组织 系数	经向	纬向	经向	纬向	紧度/ %	面密度/ (g/m ²)	织物 组织
		经纱	纬纱	经纱	纬纱	经密	纬密		织缩/ %	织缩/ %	紧度/ %	紧度/ %			
1	W100	39.9	39.9	600	600	248	192	1.33	13.04	17.36	63.29	49.00	81.28	191.6	纬重平
2	W100	22.2	22.2	1 060	1 060	374	336	2.00	8.26	15.25	71.19	63.96	89.62	172.1	2/2 ↗
3	W100	22.2	19.2	920	860	404	376	2.00	4.76	13.04	76.90	66.56	92.28	168.8	2/2 ↗
4	W100	12.8	12.8	850	850	260	238	1.33	11.50	13.04	37.58	34.40	59.05	149.0	纬重平
5	W100	12.5	12.5	720	720	377	334	2.00	7.41	13.79	53.85	47.71	75.87	189.1	2/2 ↗
6	W100	27.8	28.6	880	890	284	282	1.33	21.88	21.26	60.49	60.93	84.56	181.8	纬重平
7	W100	25.0	20.0	1 050	1 050	380	374	2.00	9.91	8.26	76.76	67.57	92.36	185.1	2/2 ↗
8	W100	24.4	24.4	680	700	340	300	2.00	17.36	4.76	67.85	59.87	87.10	168.8	透孔
9	W100	27.0	20.8	1 020	1 040	348	311	2.00	6.54	4.76	73.05	57.30	88.49	176.3	透孔
10	W100	23.2	16.7	1 100	1 120	414	396	2.00	9.84	5.38	80.56	65.38	93.27	181.8	2/2 ↗
11	W100	23.2	17.8	1 100	1 120	410	392	1.50	3.85	11.50	79.78	66.81	93.29	181.8	2/1 ↗
12	W98S2	12.8	20.2	850	830	338	328	2.00	7.41	5.66	48.85	59.56	79.31	165.6	复合
13	W97S3	12.0	38.4	1 300	1 160	355	340	1.50	3.85	12.28	49.68	85.12	92.51	168.8	2/1 ↗
14	W96.5S3.5	12.8	22.2	850	850	358	288	2.00	7.41	21.26	51.74	54.82	78.20	165.6	复合
15	W96S4	25.0	20.0	830	830	362	338	2.00	4.76	10.71	73.12	61.02	89.54	168.8	复合
16	W95S5	22.2	22.2	1 080	1 080	336	288	1.33	5.66	13.04	47.78	45.09	71.33	165.5	纬重平
17	W95S5	19.2	19.2	1 080	1 080	430	375	2.00	13.79	16.67	76.12	66.38	91.97	92.0	2/2 ↗
18	W95S5	9.1	8.8	1 250	1 250	454	376	1.33	13.04	15.25	55.33	45.06	75.46	75.5	皱组织
19	W95S5	9.1	8.8	1 250	1 250	456	380	2.00	10.71	15.97	55.57	45.54	75.81	75.8	变化斜纹
20	W94.5S5.5	11.1	11.1	1 300	1 300	400	345	2.00	13.79	11.50	49.50	42.43	70.93	172.1	透孔
21	W95S10	8.5	8.5	1 280	1 280	460	413	2.00	9.91	11.50	54.18	48.64	76.47	76.5	方平

1.2.3 样品结构参数 取样品 21 块,根据 GB/T 7690.2—2001《增强材料 纱线试验方法 第 1 部分:捻度的测定》测试经纬纱捻度;依据 GB/T 7690.1—2001《增强材料 纱线试验方法 第 1 部分:线密度的测定》测试经纬纱线密度;采用 GB/T 7689.2—2001《增强材料 机织物试验方法 第 2 部分:经、纬密度的测定》方法测试经、纬密度,测试和计算织物的面密度,经纬向缩率,经纬向紧度和总进度。得到各规格参数(见表 1)。

1.3 方法

文中采用基于视频序列的织物折皱回复性能动态测试仪,实验过程如下:

1)将试样裁剪成 40 mm × 15 mm 的长条,经纬

向各 5 个;
2)将试样置于负载装置压制 5 min,用于织物折痕的产生,压力为 5 N;
3)压制结束,进入折皱回复期,时间 5 min,在此期间试样置于视频序列采集系统中,对采集到的单帧图像依次进行二值化、细化预处理,采用 Hough 变换检测图像中织物折皱回复两翼对应的角度,进而获得折皱回复角^[10]。

2 结果与分析

2.1 实验结果

经纬向各取 5 个试样测试,计算平均值,测试结果见表 2。

表 2 折皱回复角测试结果

Tab.2 Results of wrinkle recovery angle test				单位:(°)			
编 号	经 向	纬 向	经向 + 纬向	编 号	经 向	纬 向	经向 + 纬向
1	168.50	166.38	324.88	12	161.72	165.73	327.45
2	159.88	164.76	324.64	13	160.86	162.08	322.94
3	160.70	163.18	323.88	14	164.56	161.85	326.41
4	161.63	160.66	322.29	15	163.08	162.44	325.52
5	164.60	165.22	329.82	16	158.00	168.60	326.60
6	162.70	168.14	330.84	17	161.00	165.90	326.90
7	164.60	163.75	328.35	18	164.80	165.10	329.90
8	162.80	166.22	329.02	19	165.12	166.13	331.25
9	164.46	165.88	330.34	20	162.83	161.56	324.39
10	161.72	163.56	325.28	21	164.52	160.12	324.64
11	164.78	168.65	333.43				

2.2 织物结构参数的主成分分析

主成分分析法是一种利用统计学原理建立的描述系统低维模型的方法。其主要思想是通过对原始指标相关矩阵内部结构关系的研究,找出几个综合指标(主成分),使它们尽可能多地保留原始指标的信息,但不完全舍弃某些原始指标,使得综合指标为原始指标的线性组合。综合指标不仅保留了原始指标的主要信息,彼此又完全不相关,同时比原始指标具有某些更优越性质^[11]。

2.2.1 主成分提取 文中利用 SPSS 统计分析软件中的降维分析方法对经过标准化处理的织物结构参数进行主因子分析^[12]。首先需要确定命题是否适合进行主因子分析,检验数据 KMO(Kaiser-Meyer-Olkin)和 Bartlett,检验结果见表 3。

由表 3 可知,织物各结构参数的 KMO 值为 0.618 > 0.5,说明适合做主因子分析;Bartlett 的球形检验的相伴概率 Sig 值为 0.000,小于显著水平值 0.05,说明各参数间有存在公因子的可能,适合主成分分析。

表 3 KMO 和 Bartlett's 检验

Tab.3 Test of KMO and Bartlett's		检验值
检验项目		检验值
取样足够度的 KMO 度量		0.618
Bartlett 的球形度检验	近似卡方	353.000
	自由度	78.000
	显著性	0.000

运用因子分析中常用的主成分分析法,抽取特征值大于 1 的因子为主要因子,采用方差最大旋转的方法,完成因子分析(见图 1)。

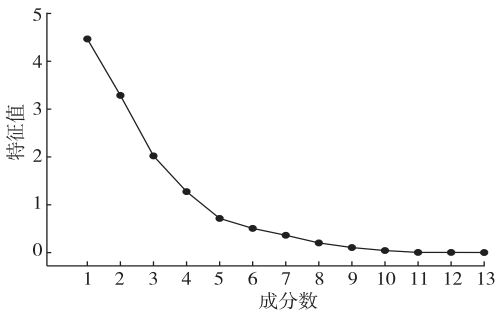


图 1 各结构参数主因子分析的碎石图

Fig.1 Scree plot of the fabric structural parameters after main factor analysis

由图 1 可以看出,提取的 4 个因子的累积贡献率达到了 85.011%,可以解释 13 个结构参数的绝大部分信息;同时从图 1 还可以看出,只有前 4 个因子的特征值是大于 1 的,曲线从因子 5 以后开始趋

于平缓,表明提取 4 个因子是合理的。
2.2.2 主成分分析及命名 对 13 项结构参数进行主成分分析,前 4 个主成分的特征值和贡献率结果见表 4。

表 4 前 4 个主成分的特征值和累积贡献率
Tab.4 Eigenvalues and cumulative contribution rate of the first four principal components

参 数	成 分			
	1	2	3	4
经纱线密度(X_1)	-0.497	0.565	-0.149	-0.505
纬纱线密度(X_2)	-0.346	0.360	-0.188	-0.915
经纱捻度(X_3)	0.977	0.036	0.028	-0.081
纬纱捻度(X_4)	0.964	0.022	0.061	-0.009
经密(X_5)	0.781	0.112	-0.203	0.567
纬密(X_6)	0.737	0.256	-0.509	0.544
组织系数(X_7)	-0.106	0.222	-0.744	0.913
经向织缩(X_8)	-0.183	0.030	0.920	0.085
纬向织缩(X_9)	0.057	-0.031	0.862	-0.151
经向紧度(X_{10})	-0.024	0.901	0.064	0.242
纬向紧度(X_{11})	0.149	0.864	-0.078	-0.210
总紧度(X_{12})	0.072	0.987	-0.030	-0.008
面密度(X_{13})	-0.526	0.516	0.521	-0.249
特征值	4.759	3.234	2.076	1.982
方差贡献率/%	28.913	24.878	15.971	15.249
累积方差贡献率/%	28.913	53.791	69.762	85.011

表 4 中各特征值表征的是各主成分在各变量上的载荷,从而可以得到各主成分的表达式分别为

$$Z_1 = -0.497X_1 - 0.346X_2 + 0.977X_3 + 0.964X_4 + 0.781X_5 + 0.737X_6 - 0.106X_7 - 0.183X_8 + 0.057X_9 - 0.024X_{10} + 0.149X_{11} + 0.072X_{12} - 0.526X_{13} \quad (1)$$
$$Z_2 = 0.508X_1 + 0.360X_2 + 0.036X_3 + 0.022X_4 + 0.112X_5 + 0.256X_6 + 0.222X_7 + 0.030X_8 - 0.031X_9 + 0.901X_{10} + 0.864X_{11} + 0.987X_{12} + 0.427X_{13} \quad (2)$$
$$Z_3 = -0.149X_1 - 0.188X_2 + 0.028X_3 + 0.061X_4 - 0.203X_5 - 0.309X_6 - 0.505X_7 + 0.875X_8 + 0.862X_9 + 0.064X_{10} - 0.078X_{11} - 0.030X_{12} + 0.321X_{13} \quad (3)$$
$$Z_4 = -0.390X_1 - 0.782X_2 - 0.081X_3 - 0.009X_4 + 0.509X_5 + 0.486X_6 + 0.723X_7 + 0.085X_8 - 0.151X_9 + 0.242X_{10} - 0.210X_{11} - 0.008X_{12} - 0.249X_{13} \quad (4)$$

主成分 Z_1 在各变量上的载荷排序为: $X_3 > X_4 >$

$X_5 > X_6 > X_{13} > X_1 > X_2 > X_8 > X_{11} > X_7 > X_{12} > X_9, X_{10}$ 。决定 Z_1 大小的主要是经纱捻度(X_3),纬纱捻度(X_4),经密(X_5),纬密(X_6),面密度(X_{13})5 个指标,可以解释原有 13 个变量的 28.913%,由此可以看出,前 5 个参数都是用于描述纱线或织物硬挺度,故可将主成分 1 定义为“硬挺程度因子”。

主成分 Z_2 在各变量上的载荷排序为: $X_{12} > X_{10} > X_{11} > X_1 > X_{13} > X_2 > X_6 > X_7 > X_5 > X_3 > X_9 > X_8 > X_4$ 。决定 Z_2 大小的主要是总紧度(X_{12}),经向紧度(X_{10}),纬向紧度(X_{11}),经纱线密度(X_1),面密度(X_{13})5 个指标,可以解释原有 13 个变量的 24.878%。由此可以看出,前 5 个参数都是用于描述织物紧密程度指标,因此可以把主成分 2 定义为“紧密程度因子”。

主成分 Z_3 在各变量上的载荷排序为: $X_8 > X_9 > X_7 > X_{13} > X_6 > X_5 > X_2 > X_1 > X_{11} > X_{10} > X_4 > X_{12} > X_3$ 。决定 Z_3 大小的主要是经向织缩(X_8),纬向织缩(X_9),组织系数(X_7),面密度(X_{13}),纬密(X_6)5 个指标,可以解释原有 12 个变量的 15.971%。由

此可以看出,描述织物中交织状态的相关性指标集中在前 5 位,说明该主成分主要是反映经纬纱交织结构相的状态,因此可以把主成分 3 定义为“结构相因子”。

主成分 Z_4 在各变量上的载荷排序为: $X_2 > X_7 > X_5 > X_6 > X_1 > X_{13} > X_{10} > X_{11} > X_9 > X_8 > X_3 > X_4 > X_{12}$ 。决定 Z_4 大小的主要是纬纱线密度(X_2),组织系数(X_7),经密(X_5),纬密(X_6),经纱线密度(X_1)5 个指标,可以解释原有 12 个变量的 15.249%。由此可以看出,这 5 个指标对织物的厚重程度都有一定影响,故可将主成分 4 定义为“厚重程度因子”。

综上所述,前 4 个主成分的累积贡献率达到了 85.011%,可以解释 13 个结构参数的绝大部分信息。这 4 种主成分很大程度上影响着织物抗皱性能的各结构参数,其中影响最大的是硬挺程度因子,其次为紧密程度因子和结构相因子,厚重程度因子的影响最小。

2.3 回归分析

以主成分 Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 为自变量,经向,纬向折皱回复角以及经纬向折皱回复角之和分别为因变量,进行多元回归分析。

2.3.1 主成分与经向折皱回复角的回归分析 以主成分 Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 为自变量,纬向折皱回复角 Y_j 为因变量,进行多元回归分析,建立回归方程:

$$Y_j = 163.664 + 1.220 Z_1 + 1.820 Z_2 - 0.516 Z_3 + 1.301 Z_4$$

该回归方程 $F = 10.738, P = 0.000 < 0.01$,说明该方程非常显著。 Z_2 的回归系数检验 $t = 4.588, P = 0.000 < 0.01$; Z_4 的回归系数检验 $t = 3.279, P = 0.004 < 0.01$; Z_1 的回归系数检验 $t = 3.075, P = 0.026 < 0.01$,说明 Z_2, Z_4, Z_1 的回归系数检验达到非常显著水平,对于精纺面料经向抗皱性能影响较大。

2.3.2 主成分与纬向折皱回复角的回归分析 以主成分 Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 为自变量,纬向折皱回复角 Y_w 为因变量,进行多元回归分析,建立回归方程:

$$Y_w = 164.453 + 1.546 Z_1 + 2.545 Z_2 - 0.707 Z_3 + 1.435 Z_4$$

该回归方程 $F = 10.418, P = 0.000 < 0.01$,说明该方程非常显著。 Z_2 的回归系数检验 $t = 4.305, P = 0.000 < 0.01$; Z_1 的回归系数检验 $t = 2.614, P = 0.008 < 0.01$; Z_4 的回归系数检验 $t = 2.427, P = 0.026 < 0.05$,说明 Z_2, Z_1 的回归系数检验达到非常显著水平, Z_4 的回归系数检验达到显著水平,对于精纺面料纬向抗皱性能影响较大。

2.3.3 主成分与经纬向折皱回复角之和的回归分析 以主成分 Z_1, Z_2, Z_3, Z_4 为自变量,经纬向折皱回复角之和 Y 为因变量,进行多元回归分析,建立回归方程:

$$Y = 322.116 + 2.765 Z_1 + 4.365 Z_2 - 1.223 Z_3 + 2.736 Z_4$$

该回归方程 $F = 10.383, P = 0.000 < 0.01$,说明该方程非常显著。 Z_2 的回归系数检验 $t = 4.710, P = 0.000 < 0.01$; Z_1 的回归系数检验 $t = 2.983, P = 0.008 < 0.01$; Z_4 的回归系数检验 $t = 2.952, P = 0.009 < 0.01$,说明 Z_2, Z_1, Z_4 的回归系数检验达到非常显著水平,对于精纺毛织物抗皱性能影响非常显著。

各主成分与折皱回复角之间的回归分析采用的是进入法,为的是使所有主成分都参与到回归分析中,因此在以上的回归方程表达式中均有主成分 Z_3 出现。 Z_3 虽然在构成织物结构参数体系中的贡献率很高,但在回归系数检验中 Z_3 的检验系数并不显著,受织缩等因素的影响,它对织物抗皱性能影响不太显著。

3 结 语

1)通过主成分分析方法,提取了 4 个主成分,将影响织物抗皱性能的结构参数转化为 4 个综合指标:硬挺度因子,紧密程度因子,结构相因子以及厚重程度因子,可以看出这 4 个指标的构成能够比较全面的描述织物结构。

2)提取的主成分与经向折皱回复角,纬向折皱回复角以及经纬向折皱回复角之和之间建立的回归方程显著,说明利用提取的主成分作为自变量进行回归预测精纺毛织物的抗皱性是合适的,在一定程度上可以基于结构参数数值对织物抗皱性进行预测,从而为生产和设计改进提供参考。

3)主成分 Z_2, Z_4, Z_1 回归系数检验达到非常显著水平,对于精纺面料经向抗皱性能影响较大。主成分 Z_2, Z_1, Z_4 回归系数检验达到非常显著水平,对于精纺面料纬向抗皱性能影响较大。因此 Z_1, Z_2, Z_4 这 3 个主成分对精纺面料抗皱性能影响较大,由此可以说明纱线捻度、织物紧度和面密度相较于其他参数而言,对织物抗皱性能影响更大。

参考文献:

- [1] 陈怀智. 国产毛纺面料发展的回顾与展望[J]. 毛纺科技, 2000, 28(1): 4-8.
CHEN Huaizhi. Review and prospect on the development of domestic wool fabrics[J]. Wool Textile Journal, 2000,

- 28(1):4-8. (in Chinese)
- [2] 陈良雨,吴微微. 国外毛纺面料设计特点的研究与探讨[J]. 毛纺科技,2006,34(3):53-56.
CHEN Liangyu, WU Weiwei. Research and discussion on the design characteristics of foreign wool fabric[J]. Wool Textile Journal, 2006, 34(3):53-56. (in Chinese)
- [3] Abo El-Ola S M, Ibrahim N A. New approach for easy-care finishing of woolen fabric[J]. Polymer-Plastics Technology and Engineering, 2005, 44(6):1203-1215.
- [4] LIU Chengxia, FU Yaqin, WU Niying. Novel testing equipment for fabric wrinkle resistance simulating actual wear[J]. Textile Research Journal, 2014, 84(100):1059-1069.
- [5] 武燕,来侃,孙润军,等. 织物折皱回复力的测试研究[J]. 毛纺科技,2007,35(3):54-57.
WU Yan, LAI Kan, SUN Runjun, et al. The test and research of fabric wrinkle resilience[J]. Wool Textile Journal, 2007, 35(3):54-57. (in Chinese)
- [6] SHI Fengjun, WANG Youjiang. Modelling crease recovery behaviour of woven fabrics[J]. The Journal of The Textile Institute, 2009, 100(3):218-222.
- [7] 姜为青. 薄型精纺毛织物综合服用性能与结构参数的关系[J]. 纺织学报,2006,27(11):86-89.
JIANG Weiqing. Relationship between the comprehensive wearing characteristics and the structure parameters of light weight worsted fabrics[J]. Journal of Textile Research, 2006, 27(11):86-89. (in Chinese)
- [8] 冯建永. 涤/粘仿毛织物与精纺毛织物风格的主客观分类方法[J]. 毛纺科技,2012,40(9):54-58.
FENG Jianyong. The subjective and objective classification method of the handle of polyester/viscose blended wool-like fabrics and worsted fabrics[J]. Wool Textile Journal, 2012, 40(9):54-58. (in Chinese)
- [9] 张晓婷. 织物折皱回复性能的研究[D]. 无锡:江南大学,2008:22-23.
- [10] 王蕾,刘建立,潘如如,等. 基于视频序列的织物折皱回复角动态测量[J]. 纺织学报,2013,34(2):55-60.
WANG Lei, LIU Jianli, PAN Ruru, et al. Dynamic measurement of fabric wrinkle recovery angle by video sequence[J]. Journal of Textile Research, 2013, 34(2):55-60. (in Chinese)
- [11] 郭金,董锁拽,周文龙. 亚麻纱线 Uster 测试结果主成分分析的应用[J]. 纺织学报,2012,33(3):38-43.
GUO Jin, DONG Suozhuai, ZHOU Wenlong. Application of principal component analysis for test data of linen yarns with Uster[J]. Journal of Textile Research, 2012, 33(3):38-43. (in Chinese)
- [12] 王在翔,崔庆霞. SPSS 软件与应用[M]. 北京:科学出版社,2015:133-140.

(责任编辑:邢宝妹)