

# 织物单向悬垂性的评价方法

梅帆,陈洁,裘柯槟,李泽华,王远远,周华

(浙江理工大学先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室,杭州 310018)

**摘要:**在基于窗帘式自然悬挂的单向悬垂性测试方法的基础上,为了综合反映织物单向悬垂特性,建立一种新的织物单向悬垂性评价体系。通过对悬垂投影曲线数据优化处理,提出一种提取单向悬垂性特征参数的新算法,并利用这些特征参数借助模糊聚类算法建立一种织物单向悬垂性评价方法。模糊聚类结果显示:利用提取的特征参数进行模糊聚类所得评定结果与人为主观评定结果一致,表明这些特征参数能综合反映织物的单向悬垂特性;该评价方法可行,为评价织物单向悬垂性提供新途径。

**关键词:**单向悬垂;特征参数;模糊聚类;数据处理

**中图分类号:** TS107.3

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-3851(2017)06-0753-06

## 0 引言

织物悬垂性是指织物因自重而下垂的性能,反映织物的悬垂程度和悬垂形态<sup>[1]</sup>,是决定织物视觉美感的一个重要因素,一直以来是国内外研究人员的研究重点。在悬垂性测试方面,传统悬垂性测试方法大多基于伞式投影法<sup>[2]</sup>,在伞式投影法中,试样受到的是垂直于试样平面的力,然而在很多情况下,如西装、窗帘、帷幕这类织物受到的是平行于重力方向的作用力<sup>[3]</sup>,因此伞式投影法在测试窗帘这类织物时与其在使用中实际受力状态不符,存在局限性,而且不能直观反映织物在自然悬挂状态下的三维悬垂形态。关于织物悬垂性三维测量技术已有大量报道<sup>[4-5]</sup>,但对于织物三维悬垂形态方面的测试研究,仍处于探索阶段。近年来沈伟<sup>[6]</sup>等提出了一种全新的织物单向悬垂性测试方法,其测量方法是将试样以自然悬挂的方式,通过3D扫描仪扫描得到试样的深度图像,并将深度图像经过点云拼接<sup>[7]</sup>建立三维模型,最后通过对试样三维模型的处理获取单向悬垂投影曲线,并利用曲线上的特征来反映织物三维悬垂特性。织物单向悬垂性测量方法与传统伞式

投影法相比,更能直观地反映织物在实际使用中的综合悬垂性能。

本文在前人提出的基于窗帘式自然悬挂的织物单向悬垂性测试方法<sup>[8]</sup>基础上,通过对悬垂投影曲线的处理,提取曲线中能够表达织物悬垂特性的特征参数,并利用这些特征参数对织物悬垂性进行模糊聚类分析,将聚类分析结果与人为主观评价织物悬垂性的评定结果进行对比分析,建立一种新的织物单向悬垂性评价体系。

## 1 单向悬垂投影曲线的优化

单向悬垂投影曲线是在3D扫描仪建立的试样三维模型上,通过一水平截面截取试样模型底部所获得。选择底部是由于底部受夹持影响最小,最能反映织物在自然状态下的悬垂特性。由于试样三维模型是许多微小三角形逼近原三维实体的数据模型,因此投影曲线实际是由水平截面与这些微小三角形的交点或交线进行首尾相连而成的一条曲线。然而这样获得的投影曲线比较粗糙,为了确保下一步特征点提取的顺利进行,需要对投影曲线加以优化,减少曲线中噪声点以消除干扰。

本文采取的曲线优化方法是利用高斯滤波消除高斯噪声的方法对投影曲线进行降噪处理。高斯滤波是指利用高斯模板对数据进行逐点卷积处理的过程,不同的模板决定着不同的滤波效果。本文中模板构成成为{1、1、3、1、1},遍历次数为5次,效果如图1(b)所示,对比图1(a)、(b)中局部箭头所指处放大图(c)、(d)可以看出,优化后既保留曲线特征,又减少噪声点干扰。

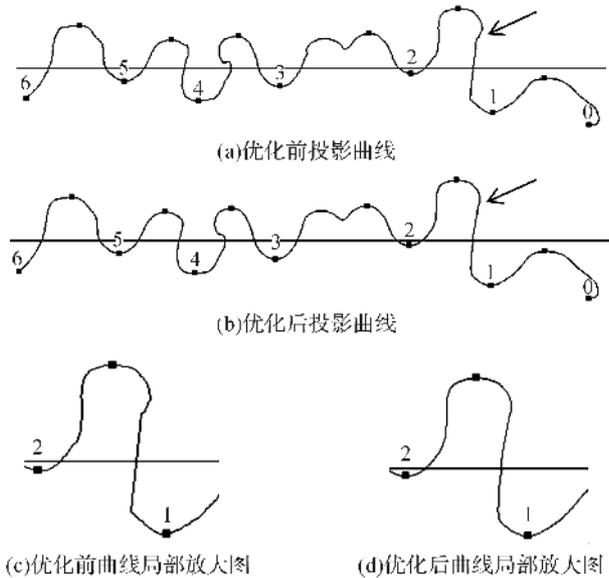


图1 投影曲线优化效果图

### 2 单向悬垂性特征参数的提取

在获得优化的悬垂投影曲线基础上,利用曲线上的特征来获取能够表征织物单向悬垂特性的特征参数。织物悬垂性分悬垂程度和悬垂形态两类指标,由于测试仪器限制,目前主要用代表悬垂程度的悬垂系数来表示悬垂性能,不够合理。周坚明等<sup>[9]</sup>研究表明,人们主观评判织物悬垂性好坏,更多是综合悬垂形态的影响,因此单向悬垂性特征参数也必须包含悬垂程度和悬垂形态2类指标,其中反映悬垂程度的指标有单向悬垂系数,反映悬垂形态的指标主要包括峰高、峰宽、曲率、弯曲指数及各指标的变异系数。

#### 2.1 单向悬垂系数

文献[8]中提出单向悬垂系数的定义及计算方法,单向悬垂系数  $F$  反映织物的单向悬垂程度,其算法为:

$$F/\% = \frac{L_0 - L_2}{L_0 - L_1} \times 100 \tag{1}$$

其中: $L_0$  为试样的宽度; $L_1$  为试样折叠宽度; $L_2$  为试样悬垂宽度。示意图如图2所示。

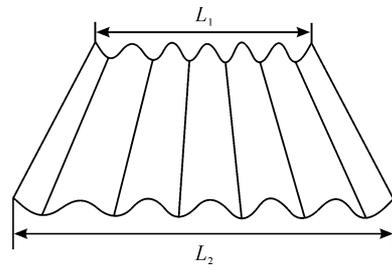


图2 织物悬垂示意图

#### 2.2 峰高及其变异系数

峰高定义为波峰点到相邻两波谷点水平高度距离的平均值,如图3所示。峰高反映曲线的凹凸程度,峰高变异系数反映悬垂形态在纵向上的匀称性。

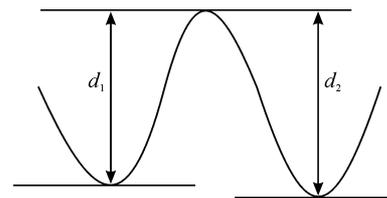


图3 峰高定义

假设某一波峰点到相邻两波谷点的水平高度为  $d_1, d_2$ ,那么峰高  $h$  为:

$$h = \frac{d_1 + d_2}{2} \tag{2}$$

其中: $d_1, d_2$  分别为波峰点的纵坐标与相邻波谷点的纵坐标之差。

设某一悬垂投影曲线的波峰数为  $n$ ,峰高为  $h_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ),则平均峰高  $\bar{h}$  为:

$$\bar{h} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_i \tag{3}$$

峰高变异系数  $\hat{h}$  为:

$$\hat{h}/\% = \frac{1}{\bar{h}} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2} \times 100 \tag{4}$$

#### 2.3 峰宽及其变异系数

距离峰点 1/2 个峰高长度的水平线与曲线的两个交点的水平距离定义为峰宽,如图4所示。峰宽变异系数反映织物悬垂形态在横向上的匀称性。

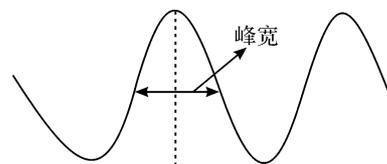


图4 峰宽定义

计算峰宽  $d$  的关键是得到这两个交点的横坐标,由于曲线是由平面与三角形的交线连接而成,坐标不是逐点连续,两个交点不一定落在现有坐标点上,为了准确得到交点的坐标,可以通过线性插值的

方法计算出准确交点。例如:假设交点  $(x, y)$  在坐标点  $(x_{n-1}, y_{n-1}), (x_n, y_n)$  之间,则可以利用这几个点之间的关系可以得到如下关系式:

$$\left| \frac{x_{n-1} - x_n}{x - x_n} \right| = \left| \frac{y_{n-1} - y_n}{y - y_n} \right| \quad (5)$$

式中: $y$  即交点纵坐标可以由波峰点纵坐标求出,设某一波峰点纵坐标为  $y_1$ , 则

$$y = y_1 - \frac{1}{2} \times h \quad (6)$$

其中: $h$  为峰高。

由式(5)和式(6)可以解出  $x$ , 同理也可以解出另一个交点  $x'$ , 那么峰宽  $d$  为:

$$d = |x - x'| \quad (7)$$

设某一悬垂投影曲线的波峰数为  $n$ , 峰宽为  $d_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ), 则平均峰宽  $\bar{d}$  为:

$$\bar{d} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n d_i \quad (8)$$

峰宽变异系数  $\hat{d}$  为:

$$\hat{d}/\% = \frac{1}{\bar{d}} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2} \times 100 \quad (9)$$

### 2.4 曲率及曲率变异系数

曲率可以反映曲线的弯曲程度。离散点曲率半径的计算比较复杂<sup>[10-11]</sup>, 但可采用近似求解法, 即第  $i$  个数据点的曲率半径, 可近似为求经过邻近三个数据点  $d_{i-1}, d_i, d_{i+1}$  的圆弧半径  $\rho_i, \rho_i$  用下列公式求出:

$$\rho_i = \frac{|\vec{d_i d_{i+1}}| |\vec{d_i d_{i-1}}| |\vec{d_i d_{i+1}} - \vec{d_i d_{i-1}}|}{2 |\vec{d_i d_{i+1}} \times \vec{d_i d_{i-1}}|} \quad (10)$$

因此可以求出第  $i$  个数据点处的曲率  $k_i = 1/\rho_i$ 。

邻近点的选择不同会有不同的结果, 本文需要近似的计算出波峰点处的曲率来代表波峰的曲率, 由于波峰点附近数据点密集且间距不同, 取相邻数据点计算曲率时误差较大, 不能代表波峰的曲率, 经试验表明, 当波峰点与所取两点组成的弧线长度  $L_1$  占波峰点与计算峰宽时所寻两交点所组成的弧线长度  $L_2$  的  $1/3$  时能满足要求, 示意图如图 5 所示。

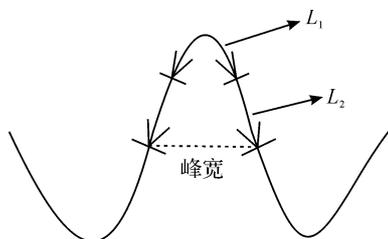


图 5 取点示意图

由式(10)可以近似的计算波峰点处的曲率。设某一悬垂投影曲线的波数为  $n$ , 曲率为  $k_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ), 则平均曲率  $\bar{k}$  为:

$$\bar{k} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n k_i \quad (11)$$

曲率变异系数  $\hat{k}$  为:

$$\hat{k}/\% = \frac{1}{\bar{k}} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (k_i - \bar{k})^2} \times 100 \quad (12)$$

### 2.5 弯曲指数及其变异系数

弯曲指数定义为相邻两个波谷点之间的曲线长度与峰宽的比值。弯曲指数反映波形的弯曲程度, 其值越大, 波形越是瘦高。弯曲指数变异系数可以反映悬垂形态整体匀称性, 变异系数越小, 织物悬垂形态看起来越是优美。

弯曲指数  $\epsilon$  的计算公式如下:

$$\epsilon = \frac{l}{d} \quad (13)$$

其中: $l$  为相邻两波谷之间的曲线长度; $d$  为峰宽。

设某一悬垂投影曲线的波峰数为  $n$ , 弯曲指数为  $\epsilon_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n$ ), 则平均弯曲指数  $\bar{\epsilon}$  为:

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \epsilon_i \quad (14)$$

弯曲指数变异系数  $\hat{\epsilon}$  为:

$$\hat{\epsilon}/\% = \frac{1}{\bar{\epsilon}} \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\epsilon_i - \bar{\epsilon})^2} \times 100 \quad (15)$$

## 3 测试与评价

提取到以上特征参数后, 可以利用这些特征参数并借助模糊聚类方法建立一个评价织物单向悬垂性的评价体系。在试样面料选择上, 由于本文并不是探讨织物组织结构或材料与悬垂性的关系, 只需要选择具有不同悬垂性特征的面料即可, 因此本文挑选了具有棉、毛、丝绸、轻薄型、厚重型等不同悬垂风格的 30 块面料试样, 试样高度取 50 cm, 宽度取 100 cm。

由 10 位纺织专业或服装专业并且熟悉织物悬垂性的人员组成的评判小组对 30 块试样在悬垂程度和美感程度方面进行主观综合评定, 将 30 块试样分为四个等级, 分别从各等级的试样中选取一块最具有代表性的试样, 共四块试样作为评价织物单向悬垂性的参考样本, 分别代表“好”、“较好”、“中等”、“差”4 个等级, 编号为 1、2、3、4, 在织物单向悬垂性测试系统下测得参考样本的各项特征指标, 测得数据如表 1 所示。

表1 参考样本特征指标数据

编号	单向悬垂系数/%	平均峰高/mm	峰高变异系数/%	平均峰宽/mm	峰宽变异系数/%	平均曲率/mm <sup>-1</sup>	曲率变异系数/%	弯曲指数	弯曲变异系数/%
1	93.78	39.04	2.96	38.25	8.66	114.03	11.91	3.25	6.37
2	81.35	45.32	6.52	42.36	10.39	95.23	13.32	3.03	8.97
3	68.55	48.52	13.84	50.25	13.35	80.56	17.54	2.13	13.21
4	47.69	56.41	18.86	60.41	17.59	66.74	25.71	1.85	17.82

从剩余 26 块试样中随机挑选 8 块试样作为测试样本(编号为 5—12),测得其各项特征指标(如表 2 所

示)。提取这 8 块测试样本和 4 块参考样本的 9 项特征指标数据进行模糊聚类,模糊聚类主要有下列 3 个步骤。

表2 测试样本特征指标数据

编号	单向悬垂系数/%	平均峰高/mm	峰高变异系数%	平均峰宽/mm	峰宽变异系数%	平均曲率/mm <sup>-1</sup>	曲率变异系数%	弯曲指数	弯曲变异系数/%
5	52.61	60.05	15.32	58.70	16.72	70.22	18.31	1.77	15.79
6	73.54	50.13	11.06	49.88	13.65	81.62	14.56	2.10	11.28
7	62.87	49.07	12.50	51.21	14.98	86.21	18.66	2.22	14.33
8	91.97	40.28	3.07	39.65	8.25	100.99	10.58	3.01	7.04
9	49.62	55.47	17.01	57.61	15.91	72.44	20.88	1.82	18.41
10	71.32	48.29	12.37	49.03	13.25	85.24	16.46	2.08	12.34
11	69.45	50.01	13.02	49.62	10.79	80.41	15.97	2.16	11.22
12	80.63	46.33	7.77	49.96	11.39	93.11	14.54	2.68	9.88

#### a) 数据标准化

为了使不同量纲的数据也能进行比较,通常需要对数据进行标准化变化<sup>[12]</sup>,将数据压缩在区间[0,1]上。本文采取的数据标准化的方法是极差变换,公式为:

$$x'_{ik} = \frac{x_{ik} - \min\{x_{ik}\}}{\max\{x_{ik}\} - \min\{x_{ik}\}} \quad (i=1,2,3,\dots,n;k=1,2,3,\dots,m) \quad (16)$$

其中: $n$  为样本数, $m$  为特征参数的个数。

12 个样本以及每个样本的 9 个特征指标数据进行标准化后矩阵如下:

1.000	0	0	0	0.044	1.000	0.088	1.000	0
0.730	0.299	0.224	0.184	0.283	0.602	0.181	0.649	0.216
0.453	0.451	0.684	0.541	0.546	0.292	0.460	0.243	0.568
0	0.827	1.000	1.000	1.000	0	1.000	0.054	0.951
0.107	1.000	0.777	0.923	0.907	0.074	0.511	0	0.782
0.561	0.528	0.509	0.524	0.578	0.315	0.263	0.223	0.408
0.329	0.477	0.600	0.584	0.721	0.412	0.534	0.304	0.661
0.961	0.059	0.007	0.062	0	0.724	0	0.838	0.056
0.042	0.782	0.884	0.873	0.820	0.121	0.681	0.034	1.000
0.513	0.440	0.592	0.486	0.535	0.391	0.389	0.209	0.496
0.472	0.522	0.633	0.512	0.272	0.289	0.356	0.264	0.403
0.715	0.347	0.303	0.392	0.336	0.558	0.262	0.615	0.292

#### b) 建立模糊相似矩阵

建立模糊相似矩阵也称为标定,即标出衡量被分类对象相似程度的统计量  $r_{ij}$ 。本文采取的方法是最大最小法,公式如下:

$$r_{ij} = \frac{\sum_{k=1}^m \min\{x_{ij}, x_{jk}\}}{\sum_{k=1}^m \max\{x_{ij}, x_{jk}\}} \quad (i, j = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (17)$$

其中: $n$  为样本数, $m$  为特征参数个数。

经过计算后得到模糊相似矩阵如下:

1.000	0.482	0.179	0.021	0.040	0.212	0.179	0.761	0.041	0.210	0.203	0.409
0.482	1.000	0.454	0.186	0.228	0.519	0.438	0.554	0.225	0.508	0.512	0.837
0.179	0.454	1.000	0.488	0.583	0.819	0.835	0.203	0.572	0.885	0.831	0.568
0.021	0.186	0.488	1.000	0.764	0.417	0.532	0.029	0.831	0.434	0.405	0.259
0.040	0.228	0.583	0.764	1.000	0.499	0.626	0.049	0.824	0.518	0.486	0.311
0.212	0.519	0.819	0.417	0.499	1.000	0.740	0.240	0.490	0.859	0.832	0.645
0.179	0.438	0.835	0.532	0.626	0.740	1.000	0.201	0.620	0.805	0.723	0.545
0.761	0.554	0.203	0.029	0.049	0.240	0.201	1.000	0.050	0.237	0.231	0.465
0.041	0.225	0.572	0.831	0.824	0.490	0.620	0.050	1.000	0.509	0.477	0.307
0.210	0.508	0.885	0.434	0.518	0.859	0.805	0.237	0.509	1.000	0.827	0.631
0.203	0.512	0.831	0.405	0.486	0.832	0.723	0.231	0.477	0.827	1.000	0.622
0.409	0.837	0.568	0.259	0.311	0.645	0.545	0.465	0.307	0.631	0.622	1.000

c) 聚类

本文采取聚类方法是传递闭包法,通过平方求出传递闭包,将标定获得模糊相似矩阵改造成模糊等价矩

阵,并通过从大到小改变阈值 $\lambda(\lambda \in [0,1])$ 得到不同水平截集,在不同截集水平下进行聚类,最后通过确定最佳阈值 $\lambda$ 得到最好分类结果。求得模糊等价矩阵如下所示:

1.000	0.554	0.554	0.554	0.554	0.554	0.554	0.761	0.453	0.554	0.554	0.554
0.554	1.000	0.645	0.626	0.626	0.645	0.645	0.554	0.626	0.645	0.645	0.837
0.554	0.645	1.000	0.626	0.626	0.859	0.835	0.554	0.626	0.885	0.832	0.645
0.554	0.626	0.626	1.000	0.824	0.626	0.626	0.554	0.831	0.626	0.626	0.626
0.554	0.626	0.626	0.824	1.000	0.626	0.626	0.554	0.824	0.626	0.626	0.626
0.554	0.645	0.859	0.626	0.626	1.000	0.835	0.554	0.626	0.859	0.832	0.645
0.554	0.645	0.835	0.626	0.626	0.835	1.000	0.554	0.626	0.835	0.832	0.645
0.761	0.554	0.554	0.554	0.554	0.554	0.554	1.000	0.554	0.554	0.554	0.554
0.554	0.626	0.626	0.831	0.824	0.626	0.626	0.554	1.000	0.626	0.626	0.626
0.554	0.645	0.885	0.626	0.626	0.859	0.835	0.554	0.626	1.000	0.832	0.645
0.554	0.645	0.832	0.626	0.626	0.832	0.832	0.554	0.626	0.817	1.000	0.645
0.554	0.837	0.645	0.626	0.626	0.645	0.645	0.554	0.626	0.709	0.645	1.000

动态聚类结果如下所示:

当 $\lambda=0.9$ 时,分为 12 组, {1} {2} {3} {4} {5} {6} {7} {8} {9} {10} {11} {12};

当 $\lambda=0.8$ 时,分为 5 组, {1} {2,12} {3,6,7,10,11} {4,9,5} {8};

当 $\lambda=0.7$ 时,分为 4 组, {1,8} {2,12} {3,6,7,10,11} {4,9,5};

当 $\lambda=0.6$ 时,分为 2 组, {1,8} {2,3,4,5,6,7,9,10,11,12};

当 $\lambda=0.5$ 时,分为 1 组, {1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12};

关于如何确定最佳阈值 $\lambda$ ,本文采取方法是用 $F$ 统计量,将 $\lambda$ 所对应每个值的分类情况作 $F$ 统计量,统计结果如表 3 所示。

表 3 不同分组中 $\lambda$ 对应的 $F$

变量	分组数				
	12	5	4	2	1
$\lambda$	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5
$F$	0	46.56	50.24	10.33	0

由表 3 可知,当 $\lambda$ 等于 0.7 时, $F$  值最大,说明类与类之间差异最大,分类最好。在此次随机挑选 8 块试样中,8 号样品与 1 号样品分为一类,单向悬垂性评价等级为“好”,12 号与 2 号为一类,评价等级为“较好”,6、7、10、11 与 3 号为一类,评价等级为“中等”,5、9 与 4 号为一类,评价等级为“差”。分类结果与人为主观评价分类结果一致。

## 4 结 论

本文在基于窗帘式自然悬挂的织物单向悬垂性测试方法基础上,通过对悬垂投影曲线优化处理、提出新的提取单向悬垂性特征参数的方法,并进行模糊聚类测试分析;通过随机挑选的8块试样中各项数据显示,这些特征参数可以综合反映织物单向悬垂特性;利用这些特征参数借助模糊聚类分析方法提出一种新的织物单向悬垂性评价方法。模糊聚类结果显示这种分类评价方法与人为主观评价分类结果一致。

### 参考文献:

- [1] 周详,周静. 织物悬垂性影响因素分析[J]. 上海纺织科技, 2006, 34(10): 16-17.
- [2] 徐军,姚穆. 伞式织物动态悬垂测试装置的研制与应用[J]. 上海纺织科技, 1998, 26(3): 55-56.
- [3] MEI Z H, SHEN W, WANG Y, et al. Unidirectional fabric drape testing method[J]. Plos One, 2015, 10(11): 1-15.
- [4] THILAGAVATHI G, NATARAJAN V. Development of a method for measurement of fabric three-dimensional drape and studies on influencing factors [J]. Indian Journal of Fiber & Textile Research, 2003, 28(1): 41-49.
- [5] 沈毅,周华,尹红媛,等. ZYF-3型织物悬垂三维测试仪的研究[J]. 纺织学报, 2008, 29(1): 118-122
- [6] 沈伟. 基于 Kinect 传感器的织物单向悬垂性测试方法研究[D]. 杭州:浙江理工大学, 2014.
- [7] 郭连朋,徐向宁,徐万朋,等. 基于 Kinect 传感器的物体三维重建[J]. 四川兵工学报, 2014, 35(11): 119-123.
- [8] 梅再欢,沈伟,周华,等. 织物单向悬垂性特征参数的提取[J]. 浙江理工大学学报, 2016, 35(3): 346-347.
- [9] 周坚明,吴震世,李述文. 织物悬垂形态美观性的研讨[J]. 中国纺织大学学报, 1998, 24(2): 44-45.
- [10] 韩江,江本赤,夏链,等. 基于轮廓关键点的 B 样条曲线拟合算法[J]. 应用数学和力学, 2015, 36(4): 425-426.
- [11] ZHOU K, WANG G J, JING H Z, et al. NURBS interpolation based on exponential smoothing forecasting [J]. The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2008, 39(11/12): 1190-1196.
- [12] 蔡静颖. 模糊聚类算法及应用[M]. 北京:冶金工业出版社, 2015: 26-27.

## Evaluation Method of Fabric's Unidirectional Drapability

MEI Fan, CHEN Jie, QIU Keping, LI Zehua, WANG Yuanyuan, ZHOU Hua

(The Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 320018, China)

**Abstract:** Based on the method of testing unidirectional drapability of curtain-type natural suspension, a new evaluation system of fabric's unidirectional drapability was established to fully reflect fabric's unidirectional drapability. By optimizing the data of the curve of draping projection, a new algorithm was proposed for extracting characteristic parameters of fabric's unidirectional drapability, and a new evaluation method of fabric's unidirectional drapability was established based on the characteristic parameters with the fuzzy clustering algorithm. The results of fuzzy clustering show that the evaluation result obtained by fuzzy clustering based on the characteristic parameters is consistent with the artificial subjective evaluation result, indicating that these characteristic parameters can fully reflect fabric's unidirectional drapability; the evaluation method is feasible, providing a new way for evaluating fabric's unidirectional drapability.

**Key words:** unidirectional drapability; characteristic parameter; fuzzy clustering; data processing

(责任编辑:廖乾生)