

织物单向悬垂性特征参数的提取

梅再欢,沈伟,王妍,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:为了改进传统悬垂性的测量方法,客观反映织物的悬垂性,利用微软的 Kinect 传感器提出了一种单向悬垂性三维测量方法。通过 Kinect 传感器获取织物试样的三维悬垂模型并保存为 STL(立体光造型)格式文件,通过删除杂质、裁剪、矫正图像得到织物试样的三维悬垂投影,水平截取悬垂投影图像,求出水平面与试样轮廓的交线,将这些交线整理成头尾相连的一条直线段并滤波得到二维悬垂投影曲线,通过相关算法识别出该投影曲线的波峰、波谷点,提取了表征单向悬垂程度指标(单向悬垂系数)和悬垂形态指标(峰数、峰对称性系数等),建立了单向悬垂性评价体系,并通过实验与标准测试悬垂性的方法以及人为主观评价方法做了相关性分析,结果发现单向悬垂指标在描述织物悬垂性上与传统方法和主观评价法均一致,实现了织物悬垂性的三维测量。

关键词: 织物;悬垂性;悬垂指标;Kinect;三维测量;图像处理

中图分类号: TS107.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1673-3851(2016)03-0344-07 **引用页码:** 050104

0 引言

织物的悬垂性是织物仅在自身重力作用下产生三维形变的特征^[1],所谓单向悬垂性是指织物受力方向为平行于织物平面的悬垂性,大部分织物如服装、窗帘等的悬垂性都属于这种情况。传统悬垂性的测试方法大都基于伞式投影法^[2],即从圆形试样的投影轮廓中提取悬垂指标。这种方法织物受垂直于其平面的重力作用,与织物实际受力状态不符,不能客观反映织物的悬垂特性,而且存在着试样透光、试样面积过小等局限性。而单向悬垂性非常接近织物的实际悬垂特性,有必要研究单向悬垂性测量方法来评价织物的悬垂性。单向悬垂性是织物在自然悬挂状态下的三维视觉特征,其测量方法应该对自然悬挂试样进行三维测量^[3],即获取试样的三维模型,从三维模型中提取悬垂特征指标。这种测量方法的一个关键就是如何获取试样的三维模型,实现三维测量。悬垂性三维测量技术已有很多研究^[4-6],但是不能直观获取织物的三维模型,而且都是在伞式法的基础上加以改进。现有的三维扫描仪虽然能够建立织

物的三维模型,但是一般价格昂贵、操作复杂而且扫描条件苛刻,不适宜测试织物的悬垂性。

本文利用微软的 Kinect 传感器上提出了单向悬垂性的一种三维测量方法。Kinect 不仅价格低廉,而且能快速方便地获取试样的三维悬垂模型。其原理是试样以一定的夹持方式自然悬挂,利用 Kinect 从多个角度重复扫描,捕获试样的深度图像,将多幅深度图像进行点云拼接^[7],并融合在一个坐标系下得到了试样的三维模型,结合图像处理技术提取悬垂指标。单向悬垂性非常接近织物实际悬挂状态下的受力特征,更加符合实际悬垂性的测量,更能客观反映织物三维悬垂特性,避免了传统测试法的一些弊端。

1 织物三维模型的获取

Kinect 是 Microsoft 公司推出的一款 3D 体感摄像机,主要由 PS1080 SoC 图像处理芯片、红外发射器、彩色摄像头、红外摄像头等部件组成,红外发射器和红外摄像头用来获取物体的深度图像,彩色摄像头用于采集视角范围内的彩色视频图像。

收稿日期: 2015-07-02

作者简介: 梅再欢(1989-),男,湖北黄冈人,硕士研究生,主要从事纺织计算机应用方面的研究。

通信作者: 周华, E-mail: hzzh@zstu.edu.cn

Kinect 获取试样的三维模型是将多幅深度图像利用微软研究院推出的 KinectFusion^[8-9] 技术进行点云拼接得到的。Kinect 获取深度图采用了 Light Coding 技术^[10],即用激光散斑给需要测量的空间编码,激光散斑具有高度的随机性,距离不同,散斑图案也不同,因此可以通过散斑图案变化就可获取物体的空间信息。通过深度数据可以获得物体表面每个点的三维坐标,以此形成一个点的集合,即“点云”。借助 KinectFusion 三维重建算法,Kinect 能以每秒超过百万个点的速度^[11]对点云进行拼接,将多幅深度图像合成在一个坐标系下,就建立三维实体模型,如图1。通过对规则物体进行扫描,计算其模型尺寸并与实际尺寸对比,本测试装置的精度在 1~3 mm 之间,相对误差在 0.2 % 左右,符合测试要求。

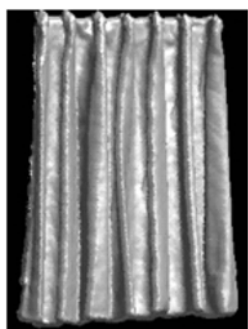


图1 织物悬垂三维模型

2 单向悬垂性特征参数的提取

利用 Kinect 对单向悬垂性进行三维测量首先需要建立试样的三维模型,然后用一水平面截取试样底部得到水平投影曲线,识别出此曲线的波峰、波谷点,进而计算出单向悬垂系数、弯曲指数、峰高等单向悬垂指标。之所以从底部的轮廓中提取悬垂特征指标,是因为越靠近试样的底部,织物悬垂受刚性夹持的影响越小,越能反映织物在自然状态下的悬垂性。

2.1 单向悬垂投影曲线的提取

所谓单向悬垂投影曲线是指试样三维模型底部与水平面的交线。Kinect 传感器扫描出来的深度图像包含了织物表面每点的三维坐标,并且是以 STL 格式文件存储的。STL 是用许多离散的三角形小平面逼近原三维实体的数据模型。每一个三角

面片由四个数据项表示,即三角形三个顶点的坐标和该三角平面的外法线矢量,三个顶点的排序遵循右手定则。要得到悬垂投影曲线,实际上就是求每个三角面片的三条边与截平面的交线的集合,将这些交线整理成头尾相连的线段并滤波,便得到投影曲线。

首先需要判断三角面片三条边与截平面有无交点。如图2所示的三角面片,设其三个顶点坐标分别为 $A(x_1, y_1, z_1)$, $B(x_2, y_2, z_2)$, $C(x_3, y_3, z_3)$,截平面为 $y = y_0$ 且与平面 XOZ 平行,若 $(y_1 - y_0)(y_3 - y_0) \leq 0$,则平面与线段 AC 有交点,同理可以判断平面与线段 AB 、 BC 有无交点。假设平面 $y = y_0$ 与线段 AC 交于点 $P(x, y_0, z)$, P 与 A 或 C 不重合,则向量 $\overrightarrow{AP}(x - x_1, y_0 - y_1, z - z_1)$ 、 $\overrightarrow{CP}(x - x_3, y_0 - y_3, z - z_3)$ 平行,即 $\overrightarrow{AP} // \overrightarrow{CP}$,那么与对应的坐标成比例,即:

$$\frac{x - x_1}{x - x_3} = \frac{y_0 - y_1}{y_0 - y_3} = \frac{z - z_1}{z - z_3} \quad (1)$$

则可以解得:

$$x = \frac{x_1(y_0 - y_3) - x_3(y_0 - y_1)}{y_1 - y_3},$$

$$z = \frac{z_1(y_0 - y_3) - z_3(y_0 - y_1)}{y_1 - y_3}.$$

由此求得了平面 ABC 与平面 $y = y_0$ 在线段 AC 上的交点 P 的坐标。

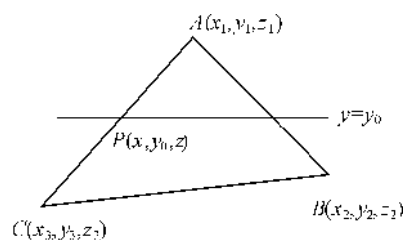


图2 水平面截三角平面示意图

同理可以求得平面 $y = y_0$ 与线段 AB 或 BC 上的交点。连接两交点便得到平面 $y = y_0$ 与平面 ABC 的交线。读取 STL 格式文件,可以得到三角面片的个数,按照以上方法可以得到平面 $y = y_0$ 与每个三角面片的交线的集合。这些线段都是离散的,需要将其整理成头尾相连的一条直线段。由于三角平面数量大,交点密集,直线段也便近似为一条曲线,对这条曲线进行滤波,消除噪声,便得到图3所示光滑的单向悬垂投影曲线。

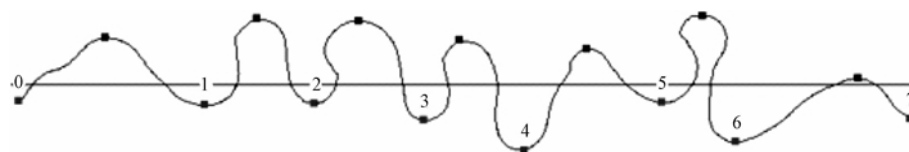


图3 单向悬垂投影曲线

2.2 波峰、波谷点的获取

获取单向悬垂性的各个指标,必须找到此投影曲线的一些关键点即波峰和波谷点,如图3中的点。

识别波峰和波谷点也就是求投影曲线的极大值和极小值点,可以通过求导数判断。假设投影曲线上有 N 个点,其坐标为 (x_i, y_i) ,令 $y_i = f(x_i)$, $1 \leq i \leq N$ 。如果连续曲线在某点的导数 $f'(x_i) = 0$,且 $f'(x_{i-1}) > 0, f'(x_{i+1}) < 0$,那么 (x_i, y_i) 为曲线上的一个极大值点,即波峰点;相反如果 $f'(x_i) = 0$, $f'(x_{i-1}) < 0, f'(x_{i+1}) > 0$,那么 (x_i, y_i) 为曲线上的一个极小值点,即波谷点。问题的关键便转为求曲线的每一点的导数。由于曲线上点比较密集,相邻点的间距很小,曲线上某点的导数可以用数值微分中点方法近似计算:

$$f'(x_i) \approx \frac{f(x_{i+1}) - f(x_{i-1}))}{x_{i+1} - x_{i-1}} \quad (2)$$

程序中可以设置一个循环,不断判断 $f'(x_i)$ 、 $f'(x_{i-1})$ 、 $f'(x_{i+1})$ 的符号,便可以识别出曲线上所有的波峰和波谷点,波数也便确定了。但实际上曲线存在细微的波动,将任意起伏记为波峰或波谷不合理也不合实际。对此可以限定波峰与波谷间的距离 d 来计数波峰或波谷,如果一个波峰点 (t_{i+1}, T_{i+1}) 与其相邻的一个波谷点 (b_i, B_i) 间的距离 $d \leq d_0$ (d_0 为波峰和波谷间的最小距离),那么可以认为 (t_{i+1}, T_{i+1}) 不为波峰点,同理可以判断某点是否为波谷点。

2.3 曲线长度 L 及其修正系数 ξ

曲线长度可用下式近似计算:

$$L \approx \sum_{i=1}^{N-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \quad (3)$$

式中: N 为曲线上点的个数, (x_i, y_i) 、 (x_{i+1}, y_{i+1}) 为曲线上点的坐标, N 越大越精确。由于 L 是一个近似值,相对于真实值会存在一定误差,因此需要对 L 修正,曲线长度修正系数 ξ 定义为试样宽度 L_0 与 L 的比值:

$$\xi = \frac{L_0}{L} \quad (4)$$

2.4 单向悬垂性指标的计算

单向悬垂性指标包括悬垂程度指标:单向悬垂系数,以及悬垂形态指标:峰数、弯曲指数、弯曲变异系数、峰高、峰高变异系数、峰对称性系数及其变异系数。

2.4.1 单向悬垂系数 F

单向悬垂系数定义为试样宽度与悬垂宽度的差值占试样宽度与折叠宽度的差值的百分比,用公式

表示如下:

$$F/\% = \frac{L_0 - L_2}{L_0 - L_1} \times 100 \quad (5)$$

其中: L_0 —试样宽度(mm); L_1 —折叠宽度(mm); L_2 —悬垂宽度(mm)。织物悬垂示意图如图4所示。

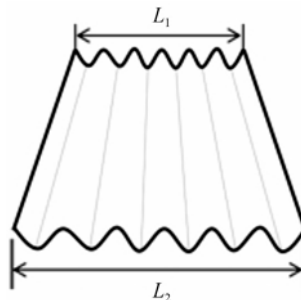


图4 织物悬垂示意图

悬垂系数反映了织物的悬垂程度,其值越大表示试样越柔软,悬垂性越好;值越小表示试样越硬挺,悬垂性越差。

L_0 和 L_1 测试前设定,计算单向悬垂系数只有 L_2 需要测量。根据悬垂投影曲线,如果 L_2 直接用最后一点的横坐标与第一点的横坐标的差值,即 $L'_2 = x_N - x_1$ 表示,则对于如图5有卷曲的曲线,很明显会存在 Δx 的误差。为了准确地计算 L_2 ,可以构建一个矩形,矩形的长度 l 和宽度 w 为:

$$l = x_{\max} - x_{\min} \quad (6)$$

$$w = y_{\max} - y_{\min} \quad (7)$$

式中: x_{\max} 、 x_{\min} 分别为曲线上最大横坐标和最小横坐标; y_{\max} 、 y_{\min} 分别为曲线上最大纵坐标和最小纵坐标。则此矩形刚好能包围投影曲线,那么悬垂宽度 L_2 为矩形的长度 l ,即 $L_2 = l$ 。对 L_2 进行修正,悬垂系数最终计算公式如下:

$$F/\% = \frac{L_0 - \xi(x_{\max} - x_{\min})}{L_0 - L_1} \times 100 \quad (8)$$

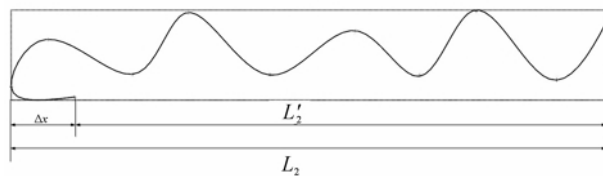


图5 悬垂宽度

2.4.2 峰数

峰数为波峰点的个数,在2.2节识别波峰、波谷点时峰数便已确定。峰数反映了单向悬垂程度,峰数越多,悬垂性越好。

2.4.3 平均弯曲指数 $\bar{\epsilon}$ 及其变异系数 $\hat{\epsilon}$

弯曲指数定义为相邻两个波谷之间的曲线长度与其水平距离的比值。弯曲指数反映了悬垂弯曲的程度,其值越大,波的形状越是瘦高,悬垂性越好。

记波谷点的坐标为 (b_i, B_i) , $1 \leq i \leq n$, n 为波谷数,两波谷间的曲线长度 l_i ,则相邻两个波谷间的水平距离 d_i 为:

$$d_i = b_{i+1} - b_i \quad (9)$$

式中: n' 为两波谷间曲线上点的个数。对 d_i 和 l_i 用系数 ξ 修正,则平均弯曲指数为:

$$\bar{\epsilon} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{\xi d_i}{\xi l_i} = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \frac{d_i}{l_i} \quad (10)$$

对应的变异系数为:

$$\hat{\epsilon} = \frac{1}{\bar{\epsilon}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{d_i}{l_i} - \bar{\epsilon} \right)^2} \times 100\% \quad (11)$$

2.4.4 平均峰高 \bar{h} 及其变异系数 \hat{h}

峰高定义为一个波峰到相邻两个波谷的平均高度间的距离。峰高反映了悬垂投影曲线的幅值变化,即悬垂折曲的深浅。

设波峰点的坐标为 (t_i, T_i) ,波谷数为 n 。相邻两波谷的平均高度 \bar{d} 为:

$$\bar{d} = \frac{B_i + B_{i+1}}{2} \quad (12)$$

峰高 h_i 为:

$$h_i = T_i - \bar{d} \quad (13)$$

对 \bar{d} 、 h_i 用系数 ξ 修正得到平均峰高 \bar{h} :

$$\bar{h} = \frac{\xi}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} (T_i - \frac{B_i + B_{i+1}}{2}) \quad (14)$$

峰高变异系数 \hat{h} 为:

$$\hat{h} = \frac{1}{\bar{h}} \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{n-1} (\xi h_i - \bar{h})^2} \times 100\% \quad (15)$$

3 测试与分析

为了验证按照上述方法提取的悬垂指标是否可以表达悬垂性,需要将本方法测得的数据与标准测试悬垂性的方法所测得的数据对比。

选择20块不同风格的涤纶织物。采用XDP-1型织物悬垂性测试仪,参照标准GB/T23329—2009《纺织品 织物悬垂性试验方法》测试伞式悬垂性指标。对于单向悬垂性指标的测试,通过大量实验取其试样高度为50 cm,宽度为87 cm。表1和表2分别为两种方法所测得的数据。

单向悬垂性测试法实验中,试样一端夹持另一端自由悬垂即模拟窗帘的悬挂形式。

表1 伞式悬垂指标

编号	组织结构	厚度/mm	平方米质量 (g·m ⁻²)	密度/ (根/10 cm)		抗弯刚度/ (cN·cm)		悬垂 系数/%	夹角不 匀率/%	峰高不 匀率/%	峰宽 不匀/%
				经向	纬向	经向	纬向				
1	平纹	0.800	215	384	336	0.078	0.088	47.3	9.255	10.471	9.726
2	平纹	4.542	321	480	400	0.230	0.226	90.8	8.977	11.096	11.404
3	平纹	0.722	65	420	308	0.006	0.014	26.8	10.051	7.507	6.695
4	平纹	2.264	232	212	260	0.071	0.045	58.3	7.051	6.048	4.245
5	平纹	0.324	78	484	396	0.058	0.019	48.9	10.794	4.942	7.428
6	平纹	0.516	195	384	320	0.005	0.007	12.4	2.187	7.985	7.300
7	平纹	0.496	166	476	408	0.178	0.065	79.6	5.347	7.327	8.684
8	平纹	0.730	120	396	336	0.098	0.034	76.2	11.173	1.789	3.427
9	1/2斜纹	1.238	167	448	340	0.119	0.037	32.2	5.753	7.229	3.566
10	1/2斜纹	0.980	168	472	312	0.268	0.037	85.6	6.618	3.388	3.812
11	1/2斜纹	1.500	262	404	404	0.216	0.109	77.2	6.168	10.116	10.518
12	1/2斜纹	0.680	53	470	304	0.051	0.081	63.5	5.377	6.301	8.007
13	1/4斜纹	0.506	133	444	380	0.066	0.067	72.6	3.816	6.341	6.579
14	1/4斜纹	0.962	72	384	290	0.014	0.013	64.4	10.08	4.92	4.44
15	1/4斜纹	0.704	81	264	320	0.046	0.027	71.4	7.667	6.400	1.693
16	缎纹	1.424	268	488	336	0.079	0.076	54.0	9.953	1.481	1.200
17	缎纹	0.658	104	496	408	0.089	0.038	78.6	11.770	6.716	5.751
18	缎纹	0.160	71	588	632	0.017	0.018	69.4	9.514	1.582	2.105
19	缎纹	0.472	103	452	365	0.100	0.051	74.4	6.618	4.134	7.659
20	缎纹	0.134	78	354	420	0.012	0.041	42.3	6.632	2.094	5.171

表2 单向悬垂指标测试结果

编号	单向悬垂 系数 /%	峰数	平均弯曲 指数	弯曲变异 系数 /%	平均峰高 /mm	峰高变异 系数 /%	平均峰宽 /mm	峰宽变异 系数 /%
1	76.45	6	2.077	7.390	40.126	8.073	40.256	5.922
2	44.84	4	7.901	17.861	63.326	12.996	57.027	6.620
3	89.70	6	2.577	3.823	45.716	14.627	49.082	8.125
4	75.60	6	2.684	6.419	50.709	6.002	46.061	6.265
5	80.27	7	2.594	5.474	44.889	4.155	52.939	5.651
6	92.78	7	2.387	2.686	40.115	6.657	55.764	7.513
7	48.87	5	1.811	12.179	43.628	11.083	43.096	12.532
8	59.31	6	2.124	12.950	41.789	10.013	57.331	8.652
9	87.83	7	2.193	4.622	42.692	7.015	49.032	7.201
10	56.52	5	2.222	11.608	47.591	10.564	48.640	9.562
11	54.30	5	2.148	8.001	50.058	11.688	49.180	9.628
12	69.57	5	2.263	13.022	47.391	7.877	51.315	11.526
13	60.87	5	2.385	12.722	45.051	9.233	60.281	7.654
14	72.91	7	2.263	8.975	39.924	4.444	47.908	9.854
15	66.45	7	2.265	10.816	41.352	7.850	52.500	7.485
16	77.36	7	2.743	11.884	50.413	5.077	46.261	5.598
17	57.68	6	2.317	10.651	42.783	10.498	57.755	8.486
18	64.77	6	2.397	10.822	45.359	6.139	43.143	3.634
19	63.26	6	2.656	10.179	45.924	8.187	54.166	7.233
20	84.52	7	2.748	7.881	42.506	5.211	51.351	10.621

由于单向法与伞式法的测试原理和评价指标都不同,因此不能直接对测试指标作比较。为此,本文在此引出一表达悬垂性的新的综合性指标“美感系数”:将单向法和伞式法的各评价指标利用 SPSS 统计软件的主因子分析法得到各指标的权重系数,那么就可以得出一个综合指标,并命名为美感系数,表达悬垂性。式(16)~(17)为两种方法计算得到的美感系数表达式。对两种方法所得到的美感系数进行相关性分析,就可以知道两种方法所测得的美感系数是否一致。表3为单向法和伞式法的美感系数。

$$B_1 = 0.461f_1 + 0.109\hat{\theta}_1 + 0.14\hat{h}_1 + 0.207\hat{d} \quad (16)$$

式中: B_1 为伞式悬垂美感系数, f_1 为伞式悬垂系数, $\hat{\theta}_1$ 为夹角不匀率, \hat{h}_1 为峰高不匀率, \hat{d} 为峰宽不匀率。

$$B_2 = 0.553f_2 + 0.243\theta_2 + 0.168h_2 \quad (17)$$

式中: B_2 为单向悬垂美感系数, f_2 为单向悬垂系数, θ_2 为弯曲变异指数, h_2 为峰高变异指数。

表3 单向法和伞式法的美感系数

编号	伞式悬垂 美感系数 /%	单向悬垂 美感系数 /%
1	26.293	16.175
2	46.751	37.027
3	15.887	9.082
4	29.370	16.061
5	25.949	12.939
6	8.584	5.764
7	40.102	33.096
8	37.306	27.331
9	17.221	9.032
10	41.446	28.640
11	39.855	29.180
12	32.399	21.315
13	36.134	26.281
14	32.395	17.908
15	34.998	22.500
16	26.435	16.261
17	39.648	27.755
18	33.688	23.143
19	37.184	24.166
20	21.587	11.351

对单向法和伞式法的美感系数作相关性分析,结果见图6。

由图6可知,单向悬垂美感系数与伞式悬垂美感系数的相关系数的平方 $R^2 = 0.929$ ($R = 0.964$,置信度为0.01),且其相关方程为 $y = 0.853x - 5.823$,说明两者在置信度0.01时是高度线性相关的。因此,单向悬垂测试法与伞式悬垂性测试法在描述织物的悬垂性上是一致的。

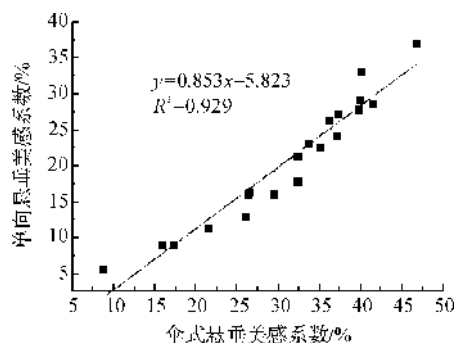


图6 两种美感系数的相关性

悬垂性的好坏是面料固有特性作用于人的感觉器官而产生的一种心理反应,是人对织物的一种视觉感受。因此,人的主观判断是评价织物悬垂性的最直接的方法。为此本文又将单向悬垂性测试数据与人为主观评价数据作对比,进一步验证单向悬垂指标的可靠性。为保证人为主观评价的准确性,请纺织行业专家和非专业人士各10人,对试样的悬垂程度和悬垂形态的匀称性进行评判并打分(最高分为20,表示悬垂性最优,最低分为1,表示悬垂性最差)。人为主观评分=(专家 $\times 60\%$ +非专业人士 $\times 40\%$)/10,算出每块面料的最终评分并排序,并将单向法所测得的美感系数排序,结果见表4。将两种方法的排序结果进行相关性分析,结果见图7。

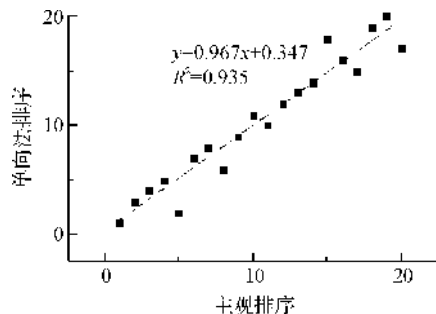


图7 主观评价法和单向法的相关性

由图7可知,单向法和主观评价法的相关系数的平方 $R^2 = 0.935$ ($R = 0.967$,置信度为0.01),相关方程为 $y = 0.967x + 0.347$,说明两者在置信度为0.01时是高度线性相关的。因此,单向悬垂性测试指标可以描述织物的悬垂性。

表4 人为主观评价和单向法测试结果排序表

编号	专家评分	非专业人士评分	主观评价法综合评分	主观评价法排序	单向悬垂美感系数排序
1	151	161	15.50	6	7
2	19	21	1.98	19	20
3	181	176	17.90	2	3
4	135	131	13.34	8	6
5	168	167	16.76	4	5
6	200	197	19.84	1	1
7	25	23	2.42	18	19
8	46	44	4.52	17	15
9	162	157	16.00	5	2
10	17	17	1.70	20	17
11	55	56	5.54	15	18
12	95	89	9.26	11	10
13	80	83	8.12	14	14
14	121	118	11.98	9	9
15	105	115	10.90	10	11
16	138	139	13.84	7	8
17	48	49	4.84	16	16
18	92	87	9.00	12	12
19	84	93	8.76	13	13
20	178	177	17.76	3	4

综上所述,本文提取的单向悬垂性指标与标准测试悬垂性的方法和主观评价法所测结果具有一致性,因此可以用来描述织物的悬垂特性。

4 结论

本文在 Kinect 扫描仪的基础上提出了一种悬垂性的三维测量方法即单向悬垂性测量法。通过 KinectFusion 点云拼接技术获取了织物的三维悬垂模型,经图像处理并借助相关算法提取了单向悬垂性各指标,建立了单向悬垂性评价指标体系,并与标准测试悬垂性的方法和主观评价法做了对比分析。结果显示,本方法提取的悬垂指标可以用来描述织物的悬垂性,而且更加符合织物悬的实际受力特征,克服了传统悬垂性测试存在的诸如经纬双向受力、试样透光、测试面积过小等弊端,实现了悬垂性的三维测量,为织物悬垂性的测试提供一种新途径。

参考文献:

- [1] AI-GAADI B, GOKTEPE F, HALASZ M. A new method in fabric drapes measurement and analysis of the drape formation process [J]. Textile Research Journal, 2012, 82(5): 502.
- [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] 王军, 鲍海明, 魏仲慧, 等. 光学三维轮廓测量技术综述[J]. 光机电信息, 2005, (2): 32-36.
- [4] 沈毅, 周华, 尹红媛. ZYF-3 型织物悬垂三维测试仪的研制[J]. 纺织学报, 2008, 29(1): 118-122.
- [5] THILAGAVATHI G, NATARAJAN V. Development of a method for measurement of fabric three-dimensional drape and studies on influencing factors [J]. Indian Journal of Fibre & Textile Research, 2003, 28(1): 41-49.
- [6] 陈佳, 张才前, 俞丹丽, 等. 帷幔类面料悬垂性能检测新方法研究[J]. 国际纺织导报, 2013, 41(1): 71-72.
- [7] 郭连朋, 陈向宁, 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] 吕维, 胡涛, 朱欣焰. 基于 Kinect 的深度数据融合方法[J]. 计算机应用研究, 2014, 31(1): 285-288.
- [9] 朱笑笑, 曹其新, 杨扬, 等. 一种改进的 KinectFusion 三维重构算法[J]. 机器人, 2014, 36(2): 129-136.
- [10] 朱涛, 金国栋, 芦利斌. Kinect 应用概述及发展前景[J]. 现代计算机(专业版), 2013(6): 8-11, 33.
- [11] SHEN H H, HE B W, ZHANG J W, et al. Obtaining four-dimensional vibration information for vibrating surfaces with a Kinect sensor [J]. Measurement, 2015, 65: 149-165.

Extraction of Characteristic Parameters of Fabric's Unidirectional Drapability

MEI Zaihuan, SHEN Wei, WANG Yan, ZHOU Hua

(Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract: To improve the traditional measuring method for drapability and objectively reflect the drapability of fabric, a three-dimensional (3D) measurement method for unidirectional drapability was proposed by using Microsoft Kinect Sensor in this paper. The 3D draping model was captured by Kinect Sensor and saved as STL (stereo lithographic) format files; then, the 3D draping projection was obtained by removing impurities, cutting and correcting the images; the projection drawing was intercepted horizontally to get the intercepting lines between the horizontal plane and the sample outline; such intercepting lines were systemized into a linear segment and the two-dimensional draping projection curve was obtained after filtering; the wave crest and trough point of this projection curve were recognized through related algorithm; the characterized unidirectional draping extent indexes (unidirectional draping coefficient and peak number etc.) and draping aesthetic indexes (peak symmetry coefficient etc.) were extracted; in addition, the evaluation system of unidirectional drapability was established; moreover, relevant analyses were made through experiments and standardized tests for drapability and men's subjective assessment. The correlation analysis results show that the unidirectional fabric draping parameters on describing fabric drapability are consistent with both the traditional method and subjective evaluation method. This method realizes the 3D measurement of the fabric drapability.

Key words: fabric; drapability; draping parameters; Kinect; three-dimensional measurement; image processing

(责任编辑: 张祖尧)