

基于 Style3D 的皮革面料虚实悬垂性对比

陈晓翠¹, 陈敏之^{*1,2}

(1. 浙江理工大学 服装学院, 浙江 杭州 310018; 2. 浙江理工大学 国际教育学院, 浙江 杭州 310018)

摘要:基于 Style3D 三维虚拟制衣软件,参考真实面料的悬垂性实验搭建虚拟悬垂实验环境并进行研究,对比两者悬垂差异从而验证皮革面料虚拟悬垂的可行性。利用 XDP-1 悬垂仪进行真实面料悬垂实验,获取真实面料悬垂图像;采用 Style3D 和 3D MAX 建立虚拟实验平台获取虚拟面料悬垂图像;通过 MATLAB 对真实和虚拟悬垂图像提取 8 个悬垂指标并进行对比研究。结果表明,真实与虚拟面料在波数和波峰幅值均匀度方面的渐进显著性在 0.6 以上,具有较高相关性;两者悬垂形状较为接近,但虚拟面料比真实面料的悬垂形态更均匀。

关键词:皮革;虚实对比;悬垂性;Style3D;面料虚拟化

中图分类号:TS 941.47 **文献标志码:**A **文章编号:**2096-1928(2023)01-0017-07

Comparison on Virtual and Real Drape of Synthetic Leather Fabrics Based on Style3D Software

CHEN Xiaocui¹, CHEN Minzhi^{*1,2}

(1. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. School of International Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract:Based on Style3D three-dimensional virtual garment software, the virtual drape experimental environment was constructed with reference to the drape experiment of the real fabric and studied, and the differences between the two drapes were compared to verify the feasibility of leather fabric drape. The XDP-1 drape tester instrument was used to perform a real fabric drape experiment to obtain a real fabric drape image. Style3D and 3D MAX were used to establish a virtual experiment platform to obtain the virtual fabric drape image. Eight drape indexes of real and virtual drape images were extracted and compared by MATLAB. The experimental results show that the progressive significance of real and virtual fabrics in terms of wavenumber and crest amplitude uniformity shows above 0.6, which has a high correlation. The dangling shape of the two fabrics is close, but the dangling shape of the virtual fabric is more uniform than that of the real fabric.

Key words:synthetic leather, virtual real contrast, drape, Style3D, fabric virtualization

织物悬垂性研究正处于一个精细化、智能化阶段^[1]。几十年来,织物悬垂性研究经历了由二维到三维、由现实到虚拟的过程,精确的虚拟悬垂仿真可以帮助设计师在生产样衣前获取服装展示效果,并可通过计算机对款式、细节进行调整,降低生产成本并节省大量时间^[2-3]。

准确性和真实性是虚拟悬垂模拟的关键^[4]。目前,KIM D E 等^[5]研究了面料及服装模拟的真实

性和准确性。KIM J 等^[6]使用 1 001 种织物,通过聚类分析制作一种将织物按悬垂性分为 8 组的系统并建立了模型,用户可根据织物的力学性能预测其组别。BUYUKASLAN E 等^[7]选择 5 种面料,从悬垂面积、节点数量和褶皱形状 3 方面比较真实织物悬垂性和虚拟织物悬垂性。LEE E 等^[8]分析了机织、针织连衣裙真实与虚拟状态下各部位的相似性和差异性,结果显示,服装总长度和总宽度的拟合

收稿日期:2022-09-22; 修订日期:2023-01-02。

基金项目:国家社会科学基金艺术学项目(2021BG04247)。

作者简介:陈晓翠(1998—),女,硕士研究生。

* 通信作者:陈敏之(1978—),女,教授,硕士生导师。主要研究方向为数字化服装。Email: cmz_m@163.com

结果相似,但领口、袖帽处有显著差异。KENKARE N 等^[9]将裙子穿在人体模型上进行扫描,通过图像处理计算出扫描图像的垂度,并用三维虚拟制衣软件进行模拟。通过比较裙子体积和裙子下边缘的节点数,评估真实与虚拟裙子褶皱的相似性。吕雪珊等^[10]通过 CLO 3D 对丝绸类面料进行虚拟悬垂实验,采用图像处理技术,将虚拟与真实丝绸面料进行悬垂对比,结果表明,虚拟与真实面料悬垂状态较为接近。杜宇轩等^[11]采用 Autodesk Maya 对虚拟织物进行悬垂性测试并筛选 6 个对悬垂性有显著影响的指标,通过回归分析获取虚拟织物悬垂性与 6 个指标的回归方程,并计算主要指标对虚拟织物悬垂系数的影响。周琦等^[12]选取 41 块毛织物进行悬垂性实验,并从实验数据中提取 3 个主要悬垂指标进行回归分析,将真实面料的悬垂指标与回归

方程结合,获得虚拟面料的属性参数,从而使模拟效果更真实。

文中基于 Style3D 软件生成虚拟面料,通过 XDP-1 悬垂仪搭建虚拟悬垂仪模型,获取虚拟悬垂图像,并与真实悬垂图像进行对比分析。目的是通过计算悬垂系数等 8 个指标数值,对比皮革类面料虚拟与真实悬垂状态的差异,为皮革类产品设计提供理性参考,为皮革类面料的数字化虚拟仿真研究提供可行性方案。

1 悬垂性实验

1.1 真实面料悬垂性实验

1.1.1 面料 以面料厚度、面密度和基布类型为条件选取 47 个面料样本,样本规格参数见表 1。

表 1 样本规格参数
Tab. 1 Sample specification parameters

编号	厚度/ mm	面密度/ (g/m ²)	伸出长度/mm			编号	厚度/ mm	面密度/ (g/m ²)	伸出长度/mm		
			纬向	经向	斜向				纬向	经向	斜向
1 [#]	0.80	346.97	43.9	50.7	42.1	25 [#]	0.40	171.21	18.2	25.7	21.9
2 [#]	0.72	339.40	53.1	61.3	56.6	26 [#]	0.67	300.00	20.4	22.2	21.8
3 [#]	0.96	343.94	31.8	33.7	30.9	27 [#]	0.67	356.05	39.0	55.0	44.0
4 [#]	0.61	322.73	39.8	43.4	44.2	28 [#]	0.89	293.94	38.3	41.8	33.9
5 [#]	0.75	403.03	54.3	71.0	61.1	29 [#]	0.48	219.70	25.9	30.6	29.0
6 [#]	0.96	334.85	32.0	34.1	30.1	30 [#]	0.87	309.09	28.6	34.1	25.5
7 [#]	0.86	281.82	29.0	31.9	27.0	31 [#]	0.70	342.42	59.5	65.4	58.8
8 [#]	0.8	422.73	63.3	73.0	64.9	32 [#]	0.95	365.15	59.5	61.3	60.9
9 [#]	0.95	365.15	59.0	59.4	58.1	33 [#]	0.42	165.15	27.4	31.5	26.2
10 [#]	0.72	340.91	58.6	65.8	55.0	34 [#]	0.54	274.24	29.0	41.0	36.0
11 [#]	0.64	322.73	35.0	34.9	32.3	35 [#]	0.69	306.06	30.0	44.0	35.0
12 [#]	0.66	406.06	51.5	50.5	43.1	36 [#]	0.67	342.42	39.8	44.0	42.5
13 [#]	0.12	74.24	37.3	31.2	30.1	37 [#]	0.75	271.21	29.6	45.4	37.0
14 [#]	1.03	374.24	35.9	35.8	35.5	38 [#]	0.74	283.33	35.2	49.4	41.2
15 [#]	0.71	334.85	42.1	52.9	44.2	39 [#]	0.76	375.76	37.0	50.5	43.8
16 [#]	0.84	293.94	24.2	38.4	25.9	40 [#]	0.81	315.15	45.6	60.3	50.2
17 [#]	0.71	360.61	40.2	55.5	38.6	41 [#]	0.81	354.55	37.0	54.9	46.0
18 [#]	0.51	343.94	55.2	45.4	43.4	42 [#]	0.77	284.85	36.2	53.9	41.3
19 [#]	0.66	327.27	31.2	33.0	33.3	43 [#]	0.83	400.00	46.8	58.0	55.2
20 [#]	0.65	340.91	44.1	53.7	50.6	44 [#]	0.83	404.55	67.7	76.2	65.6
21 [#]	0.64	334.85	33.1	45.0	43.1	45 [#]	0.62	307.58	29.9	35.5	33.9
22 [#]	0.66	298.48	22.9	32.1	27.9	46 [#]	0.66	234.85	28.2	13.3	18.8
23 [#]	0.82	324.24	40.4	44.1	45.1	47 [#]	0.58	339.39	55.0	37.0	43.5
24 [#]	0.36	169.71	45.6	34.3	29.7						

1.1.2 仪器 电脑横机,江苏金龙制造;XDP-1 型悬垂仪,上海新纤仪器有限公司制造。

1.1.3 方法 根据 GB/T 23329—2009^[13]进行测试。将面料样本裁剪成半径为 12 cm 的圆形。为降低悬垂实验误差,规定面料以经向 0°为基准,间隔 120°确定一个测试方向,每种试样可获得 3 组悬垂

图像。悬垂仪测得的图像像素为 512 × 512,格式为 png,分辨率为 118.11 像素/cm。

1.2 虚拟面料悬垂实验

利用 3D MAX 创建与 XDP-1 悬垂仪同等规格的数字模型,具体如图 1 所示。图 2 为 Style3D 中虚拟悬垂测试仪的应力图。



图 1 虚拟悬垂仪模型
Fig.1 Virtual drape model

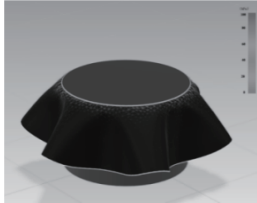




图 2 虚拟悬垂仪应力图
Fig.2 Virtual drape stress diagram

面料的物理属性测试选用软件配套的测试仪器,裁剪出经向、纬向、斜向 45° 试样,试样规格为 220 mm × 30 mm,依次测试其面料拉伸、弯曲、厚度、面密度。面料物理属性测试完成后,在软件中输入数据,选择面料种类为皮革,点击开始计算,即可生成虚拟面料。

文中选择 Style3D 虚拟试衣软件进行皮革面料悬垂性测试。将 3D MAX 制作的虚拟悬垂仪模型以模特形式导入软件,并将已生成的虚拟面料移动至与悬垂仪同一圆心的位置,点击精确模拟,进行虚拟面料的悬垂性测试。经过反复模拟实验,发现虚拟面料在 8 min 内均可达到静止状态,因此设置静置时间为 8 min,认为悬垂测试完成。




采用 MATLAB 处理图像前,需确认真实与虚拟悬垂图像规格一致。首先利用 XDP-1 悬垂仪获取 12 cm 圆盘图像并获取像素为 44 306;虚拟圆盘大小可根据软件内相机高度调整,初次测试将相机高度分别设为 -900 , -1 000 mm 并获取虚拟圆盘图像及像素个数,结果见表 2。

表 2 虚拟圆盘信息 I
Tab.2 Virtual disc information I

项目	圆盘图像	相机高度/mm	像素
圆盘1		-900	48 543
圆盘2		-1 000	39 656

由表 2 可知,相机高度相差 100 mm 时,像素相差 8 887, 像素为 44 306 时,相机高度应为 -947.68 mm,调整相机高度为 -947 mm,圆盘像素为 44 041,与理论值有差距,继续调整相机高度。调整后见表 3。

表 3 虚拟圆盘信息 II
Tab.3 Virtual disc information II

项目	圆盘图像	相机高度/mm	像素
圆盘3		-947	44 041
圆盘4		-945	44 226
圆盘5		-944	44 315

由表 3 可知,相机高度为 -944 mm 时,真实与虚拟圆盘大小最接近,误差约为 0.2%,确定虚拟面料悬垂性实验的相机高度为 -944 mm。

为与真实面料悬垂图像效果对比,每种面料的纹理方向分别设置为 0°,120°,240°。测试完成后,参照悬垂仪图像尺寸保存图像。图 3 为虚拟悬垂实验的主视图与俯视图。



图 3 虚拟悬垂实验
Fig.3 Virtual drape experiments

2 悬垂指标获取

为实现真实与虚拟面料悬垂指标的可对比性,文中采用 MATLAB 软件处理虚拟与真实织物的悬垂图像,获取 8 个悬垂指标。

2.1 悬垂图像处理

将悬垂图像导入 MATLAB,利用函数读取图像。对图像进行二值化处理并利用函数获得悬垂图像轮廓线,具体如图 4 所示。在读取真实织物悬垂图像面积过程中发现,直径为 12 cm 的圆盘读取的像素为 44 306。理论上直径为 24 cm 的圆盘面积像素应为 177 224,但实际像素为 177 070,悬垂仪研发专家黄新林解释称悬垂仪测得的图像是经过系统内部处理的,导致悬垂图像与实际数据有差异。因此在图像处理前分别对不同规格虚拟圆盘的投影面积及半径进行优化,获取优化函数。

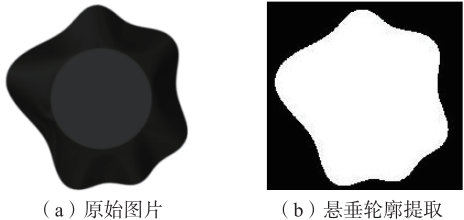


图 4 悬垂图像处理
Fig.4 Drape image processing

2.2 悬垂指标获取

悬垂形态特征分析如图 5 所示。8 个悬垂指标分别为:悬垂系数(F)、波数(N)、最大波峰幅值(R_{\max})、最小波峰幅值(R_{\min})、最大波峰夹角(α_{\max})、最小波峰夹角(α_{\min})、波峰幅值均匀度(I_{CVR})、波峰夹角均匀度(I_{CVA})。悬垂系数是反映织物悬垂程度的指标,计算公式为

$$F = \frac{S_{\text{AF}} - S_{\text{Ad}}}{S_{\text{AD}} - S_{\text{Ad}}} \circ$$
 (1)

式中: F 为静态悬垂系数; S_{AF} 为投影面积(mm^2); S_{AD} 为试样面积(mm^2); S_{Ad} 为托盘面积(mm^2)。

波数是指将试样悬垂,由上至下垂直投影形成的轮廓线中的波峰个数。波峰幅值是指投影中波峰点到托盘边缘点的距离,如图 5 中 R 所示。波峰幅值均匀度代表波峰幅值的离散程度,计算公式为

$$I_{\text{CVR}} = \frac{1}{R} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (R(i) - \bar{R})^2}{N - 1}} \circ$$
 (2)

式中: I_{CVR} 为波峰幅值均匀度; R 为波峰幅值(mm); N 为波数。

相邻 2 个波峰形成的夹角被称作波峰夹角,如图 5 中 α 所示。波峰夹角均匀度代表波峰夹角的离散程度,计算公式为

$$I_{\text{CVA}} = \frac{1}{\alpha} \times \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (\alpha(i) - \bar{\alpha})^2}{N - 1}} \circ$$
 (3)

表 4 正态性检验

Tab. 4 Normality test

悬垂指标	K-S(V) ^a			S-W		
	统计	自由度	显著性	统计	自由度	显著性
$F_0 - F_1$	0. 175	141	0. 000	0. 735	141	0. 000
$N_0 - N_1$	0. 213	141	0. 000	0. 848	141	0. 000
$R_{\min 0} - R_{\min 1}$	0. 171	141	0. 000	0. 872	141	0. 000
$R_{\max 0} - R_{\max 1}$	0. 505	141	0. 000	0. 067	141	0. 000
$I_{\text{CVR} 0} - I_{\text{CVR} 1}$	0. 357	141	0. 000	0. 272	141	0. 000
$I_{\text{CVA} 0} - I_{\text{CVA} 1}$	0. 071	141	0. 076	0. 990	141	0. 424
$\alpha_{\max 0} - \alpha_{\max 1}$	0. 163	141	0. 000	0. 850	141	0. 000
$\alpha_{\min 0} - \alpha_{\min 1}$	0. 085	141	0. 014	0. 977	141	0. 018

注:a 为里利氏显著性修正;下标 0 表示真实面料数据;下标 1 表示虚拟面料数据。

3.1.1 配对样本 t 检验 对差值符合正态分布的波峰夹角均匀度进行配对样本 t 检验,首先提出原假设:实验所得真实与虚拟面料的波峰夹角均匀度数据差的均值为零。

配对样本相关性结果见表 5。由表 5 可知,波峰夹角均匀度配对样本相关性系数小于 0,显著性 p 大于 0.05,不存在统计学意义。配对样本统计结果见表 6。由表 6 可以看出,配对样本波峰夹角均匀

式中: I_{CVA} 为波峰夹角均匀度; α 为波峰夹角。

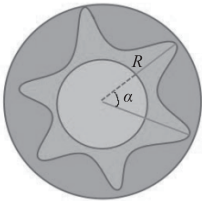


图 5 悬垂形态特征分析

Fig. 5 Characteristic analysis of draping shape

3 悬垂性数据分析

对 8 个悬垂指标差值进行正态分布检验,分析检验结果并进行配对样本 t 检验或配对样本秩和检验,确定真实与虚拟的皮革面料悬垂数据是否具有显著性差异,最终获取皮革面料在 Style3D 软件中的仿真模拟效果评价。

3.1 差值正态检验

利用 SPSS 软件对真实与虚拟面料 8 个悬垂指标数据的差值进行正态性检验,检验结果见表 4。当检验结果符合正态分布时,对配对样本进行 t 检验;反之,则对配对样本进行秩和检验。

常用的正态检验方法有 K-S 检验和 S-W 检验^[14],文中采用适合小样本的 S-W 检验结果。若检验结果中显著性 p 值大于 0.05,说明符合正态分布。表 4 中配对样本中波峰夹角均匀度的差值符合正态分布,可采用配对样本 t 检验,其余悬垂指标将采用配对样本秩和检验。

度的平均值存在较大差异。表 7 为配对样本检验结果,其中配对样本 t 检验显著性小于 0.05,有显著差异,所以拒绝原假设。

表 5 配对样本相关性

Tab. 5 Paired sample correlation

悬垂指标配对	个案数	相关性	显著性
$I_{\text{CVA} 0} - I_{\text{CVA} 1}$	141	-0. 027	0. 747

表 6 配对样本统计
Tab.6 Paired sample statistics

悬垂指标配对	平均值	个案数	标准偏差	标准误差平均值
I_{CVA_0}	27.969 1	141	12.777 05	1.076 02
I_{CVA_1}	23.991 1	141	12.110 35	1.019 88

表 7 配对样本检验
Tab.7 Paired sample tests

悬垂指标配对	配对差值					t	自由度	Sig. (双尾)
	平均值	标准 偏差	标准误差 平均值	差值 95% 置信区间				
				下限	上限			
$I_{CVA_0} - I_{CVA_1}$	3.977 98	17.843 16	1.502 67	1.007 13	6.948 83	2.647	140	0.009

3.1.2 配对样本秩和检验

悬垂系数等 7 项悬垂指标不符合正态分布,分别进行配对样本的秩和检验,并提出以下 2 种假设。

H_1 :实验所得悬垂系数、波数、波峰幅值均匀度、最大波峰幅值、最小波峰幅值、最大波峰夹角和

最小波峰夹角差值的中位数为零。

H_2 :实验所得波峰夹角均匀度差值的中位数为零。

统计结果见表 8,配对样本秩和检验结果见表 9。

表 8 描述统计
Tab.8 Describes statistics

样本	个案数	平均值	标准偏差	最小值	最大值	百分位数		
						第 25 个	第 50 个(中位数)	第 75 个
F_0	141	49.622 6	16.809 44	-32.21	79.72	37.358 7	52.379 5	61.314 3
F_1	141	55.851 4	15.466 55	23.02	83.14	43.172 3	59.539 3	65.907 2
N_0	141	5.964 5	0.905 63	4.00	9.00	5.000 0	6.000 0	7.000 0
N_1	141	6.043 2	1.023 63	4.00	10.00	5.000 0	6.000 0	7.000 0
R_{\min_0}	141	3.965 7	0.863 79	0.67	5.09	3.547 1	4.202 4	4.572 8
R_{\min_1}	141	4.459 9	0.738 21	2.43	5.62	4.019 4	4.667 1	4.970 4
R_{\max_0}	141	7.073 2	24.628 07	3.43	297.15	4.579 3	5.009 3	5.315 3
R_{\max_1}	141	5.157 3	0.506 37	3.31	5.74	4.915 0	5.318 7	5.514 2
I_{CVR_0}	141	10.334 9	19.638 61	2.47	213.38	5.011 1	6.545 8	9.262 0
I_{CVR_1}	141	5.606 1	3.157 91	0.69	16.22	3.233 9	4.825 3	7.482 3
α_{\max_0}	141	174.014 7	34.554 79	120.17	360.50	154.214 2	169.235 0	183.254 5
α_{\max_1}	141	161.777 9	42.757 40	90.13	360.50	135.187 8	154.214 2	174.242 0
α_{\min_0}	141	84.344 1	31.091 84	4.01	170.24	65.591 1	83.115 4	104.144 7
α_{\min_1}	141	86.140 9	30.742 74	1.00	170.24	70.097 4	85.118 2	100.139 1

表 9 检验统计
Tab.9 Test statistics

样本	Z	渐近显著性(双尾)
$F_1 - F_1$	-9.538 ^b	0.000
$N_0 - N_1$	-0.457 ^b	0.648
$R_{\min_0} - R_{\min_1}$	-8.550 ^b	0.000
$R_{\max_0} - R_{\max_1}$	-7.828 ^b	0.000
$I_{CVR_0} - I_{CVR_1}$	-6.542 ^c	0.000
$I_{CVA_0} - I_{CVA_1}$	-4.300 ^c	0.000
$\alpha_{\max_0} - \alpha_{\max_1}$	-0.094 ^c	0.925

注:b 基于负秩;c 基于正秩。

由表 8 可知,配对样本的最小波峰夹角的平均值、标准偏差和百分位数无较大差异,且由表 9 配对

样本秩和检验结果可知,最小波峰夹角的显著性 p 值大于 0.05,所以接受原 H_2 ;除最小波峰夹角外,悬垂系数等 6 项悬垂指标的平均值、标准偏差及百分位数均存在一定差异,秩和检验结果中此 6 项悬垂指标显著性 p 值均小于 0.05,所以拒绝原 H_1 。

由上述配对样本 t 检验及配对样本秩和检验结果可知,真实与虚拟织物的波数和最小波峰夹角不存在显著差异,悬垂系数、波峰幅值均匀度、波峰夹角均匀度、最大波峰幅值、最小波峰幅值和最大波峰夹角的两组对比数据均存在一定差异。表明在皮革类面料的悬垂性模拟上,波数及最小波峰夹角可获得较为准确的效果;但从其余 7 种悬垂指标数据可以看出此,软件在悬垂性模拟方面仍有较大改进空间。

3.2 悬垂效果真实感评价

对真实面料 8 个悬垂指标进行聚类,经多次不同聚类数目的聚类分析后,聚类数目为 4 时各指标

显著性均为 0,此时 4 类面料之间存在显著差异,聚类结果如图 6 所示。按聚类结果将真实与虚拟悬垂图像进行对比,进一步探讨模拟效果。

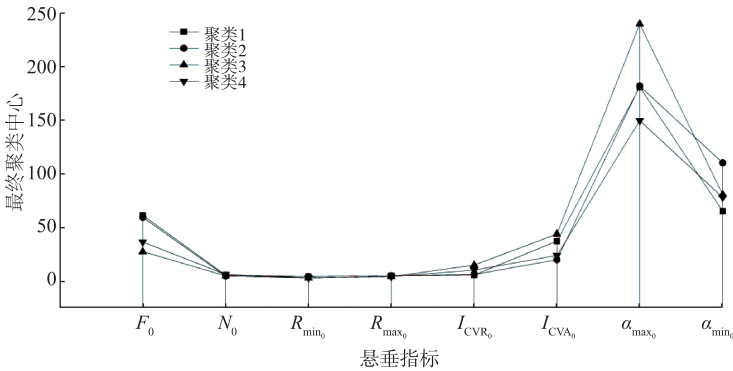


图 6 悬垂图像聚类结果

Fig. 6 Clustering results of drapes image

描述织物悬垂性的指标中,悬垂系数越小,面料悬垂性越好,即面料越柔软;波峰幅值均匀度越小,悬垂图像越趋近于圆形;波峰夹角均匀度越小,悬垂图像中波峰分布越均匀。

由图 6 可知,聚类 1 悬垂系数最大,表明此类面料最为硬挺,命名为悬垂挺廓形面料;聚类 2 的悬垂系数较大,波峰夹角均匀度最小,此类面料较为硬挺且波峰分布较均匀,命名为悬垂对称平挺形面料;聚类 3 悬垂系数最小,是 4 类面料中悬垂性最

好的,命名为悬垂垂坠形面料;聚类 4 悬垂系数、波峰夹角均匀度和波峰幅值均匀度都较小,此类面料较柔软和波峰分布均匀,命名为悬垂匀称柔软形面料。

真实与虚拟悬垂图像对比情况见表 10。4 类面料的虚实悬垂图像在悬垂形状上相似度很高,波数无较大差异。结合配对样本 *t* 检验及秩和检验的结果可知,虚拟面料波数和最小波峰夹角模拟效果与真实面料较为接近。

表 10 真实与虚拟悬垂图像对比

Tab. 10 Contrast between real and virtual drape images

悬垂挺廓形			悬垂对称平挺形			悬垂垂坠形			悬垂匀称柔软形		
编号	真实	虚拟	编号	真实	虚拟	编号	真实	虚拟	编号	真实	虚拟
15#			11#			21#			10#		
26#			23#			24#			19#		
28#			37#			34#			22#		
31#			53#						27#		
55#			58#						32#		

4 结 语

文中通过 Style3D 软件进行皮革面料悬垂性虚实对比研究,通过图像处理技术获取虚拟与真实悬

垂图像的悬垂指标,在数据基础上评价其差异性。丰富了皮革面料悬垂性虚实对比研究,为皮革面料应用于虚拟三维服装的属性调整提供参考。

1) 根据真实面料悬垂性测试方法,进行虚拟面

料的悬垂性模拟,提取出表达织物悬垂性的8个主要指标。

2)结合配对样本 t 检验与配对样本秩和检验两种方法,分析悬垂指标数值,对比真实与虚拟皮革面料悬垂的差异性。结果显示,8个悬垂指标中,模拟相似度较高的有波数和最小波峰夹角,而悬垂系数、波峰幅值均匀度、波峰夹角均匀度、最大波峰幅值、最小波峰幅值、最大波峰夹角的模拟效果与真实的悬垂状态存在部分差异。结合悬垂图像可知,虚拟与真实悬垂图像有相近的趋势与分布范围。

3)基于Style3D软件可以将真实皮革类面料的悬垂特征进行虚拟化表现。悬垂指标分析中发现真实与虚拟面料的最小波峰夹角、波数渐近显著性均在0.6以上,具有较高相关性,而表达面料悬垂性的指标为悬垂系数和波数。另外,悬垂性实验涉及实验环境、计算机程序等,不可避免产生差异,虚拟化面料实验结果无法与真实面料完全一致,只能尽可能缩小差异,在一定范围内评价悬垂虚拟化的可行性。

参考文献:

- [1] 王霞,罗戎蕾. 织物悬垂性的研究现状及发展趋势[J]. 纺织导报, 2021(9):78-82.
WANG Xia, LUO Ronglei. Research status and development trends of fabric drapability [J]. China Textile Leader, 2021(9): 78-82. (in Chinese)
- [2] 祝杭琪,王雪琴. 真丝类织物悬垂性综合评价[J]. 丝绸, 2021, 58(6):25-29.
ZHU Hangqi, WANG Xueqin. Comprehensive evaluation of drapability of real silk fabrics [J]. Journal of Silk, 2021, 58(6): 25-29. (in Chinese)
- [3] 冯华峰,刘晨,王刚强,等. 织物在三维模拟中的悬垂性研究[J]. 毛纺科技, 2022, 50(5):104-109.
FENG Huafeng, LIU Chen, WANG Gangqiang, et al. Research on the drape of fabric in 3D simulation [J]. Wool Textile Journal, 2022, 50(5): 104-109. (in Chinese)
- [4] 于凤娟. 纺织品的悬垂性模拟分析[J]. 纺织报告, 2022, 41(1):22-24.
YU Fengjuan. Simulation analysis of drapability of textiles [J]. Textile Reports, 2022, 41(1): 22-24. (in Chinese)
- [5] KIM D E, LABAT K. An exploratory study of users' evaluations of the accuracy and fidelity of a three-dimensional

- garment simulation[J]. Textile Research Journal, 2013, 83(2): 171-184.
- [6] KIM J, KIM Y J, SHIM M, et al. Prediction and categorization of fabric drapability for 3D garment virtualization [J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2020, 32(4): 523-535.
- [7] BUYUKASLAN E, JEVSNIK S, KALAOGLU F. Comparative analysis of drape characteristics of actually and virtually draped fabrics [J]. International Journal of Clothing Science and Technology, 2018, 30(3): 286-301.
- [8] LEE E, PARK H. 3D Virtual fit simulation technology: strengths and areas of improvement for increased industry adoption [J]. International Journal of Fashion Design, Technology and Education, 2017, 10(1): 59-70.
- [9] KENKARE N, LAMAR T A M, PANDURANGAN P, et al. Enhancing accuracy of drape simulation. Part I: Investigation of drape variability via 3D scanning [J]. The Journal of the Textile Institute, 2008, 99(3): 211-218.
- [10] 吕雪珊,祝杭琪,王雪琴. 真丝织物虚拟化的悬垂性对比研究[J]. 丝绸, 2022, 59(1):38-45.
LYU Xueshan, ZHU Hangqi, WANG Xueqin. Comparative study on drapability of virtual silk fabrics[J]. Journal of Silk, 2022, 59(1): 38-45. (in Chinese)
- [11] 杜宇轩,张辉. 基于Autodesk Maya的虚拟织物悬垂性影响因数分析[J]. 纺织科技进展, 2016(10):11-14.
DU Yuxuan, ZHANG Hui. Analysis of the influencing factors of virtual textile drape property based on autodesk maya[J]. Progress in Textile Science and Technology, 2016(10): 11-14. (in Chinese)
- [12] 周琦,张辉. 虚拟精纺毛织物的悬垂性能模拟研究[J]. 现代纺织技术, 2020, 28(2):29-34.
ZHOU Qi, ZHANG Hui. Simulation study on drapability of virtual worsted fabrics[J]. Advanced Textile Technology, 2020, 28(2): 29-34. (in Chinese)
- [13] 中国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 纺织品——织物悬垂性的测定: GB/T 23329—2009[S]. 北京: 中国标准出版社, 2009.
- [14] 朱红兵,何丽娟. 关于用SPSS中单样本K-S检验法进行正态分布等的一致性检验时适用条件的研究[J]. 首都体育学院学报, 2009, 21(4):466-470.
ZHU Hongbing, HE Lijuan. A study on appropriate conditions in consistency test of normal distribution by single sample K-S check in SPSS[J]. Journal of Capital Institute of Physical Education, 2009, 21(4): 466-470. (in Chinese)

(责任编辑:卢杰)