

基于虚拟压力定量解析塑身衣 压力舒适性因子

王建萍^{1,2}, 陈琪¹

(1. 东华大学 服装与艺术设计学院, 上海 200051;

2. 同济大学 上海国际设计创新研究院, 上海 200092)

摘要:为了更好地评价塑身衣的穿着舒适性, 提出一种客观分析塑身衣压力舒适性的方法。选择一款基础型调整型塑身上衣为研究对象, 面料选用网眼布, 选取28个人体压力测量点, 利用CLO 3D软件完成虚拟试穿并测量各测试点在人体29个不同动作下的虚拟压力。采用因子分析法, 计算人体各部位对压力舒适性的贡献系数, 并用棉质塑身衣验证结论。结果表明, 腰腹部对女性调整型塑身衣压力舒适性的影响最大, 其次是胸、背、后腰和侧缝, 而且面料不会影响人体部位对压力舒适性贡献系数的相对大小。该研究方法也可用于分析其他紧身服装的压力舒适性。

关键词:调整型塑身衣; 压力舒适性; 虚拟压力; 因子分析; 贡献系数

中图分类号: TS 941.713

文献标志码: A

文章编号: 1000-4033(2019)06-0064-06

Quantitative Analysis on Pressure Comforts Factors of Shaping Wear Based on Virtual Pressure

Wang Jianping^{1,2}, Chen Qi¹

(1. College of Fashion and Design, Donghua University, Shanghai 200051, China;

2. Shanghai Institute of Design and Innovation, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: In order to better evaluate the wearing comfort of shaping wear, a method for objectively analyzing the pressure comfort of shaping wear was proposed. A basic and adjustable type body-shaping shirt was selected as the research object. The eyelet fabric was used and 28 human body pressure measuring points were selected. The virtual try-on was completed by CLO 3D software and the virtual pressure of each testing point was measured under 29 different movements of human body. Factor analysis method was used to calculate the contribution coefficient of various body parts to pressure comfort, and cotton corsets were used to verify the conclusion. The results show that the waist and abdomen part serves as the biggest body part to influence the pressure comfort of basic female shaping wear, followed by chest, back, lower back and the side of body. The fabric characteristics will not change the influence extent of various body parts to the pressure comfort. This method can be used to analyze the pressure comfort of other tight clothes.

Key words: Adjustable Shaping Wear; Pressure Comfort; Virtual Pressure; Factor Analysis; Contribution Coefficient

如今,人们越来越注重自身形象,现代消费者在关注服装外观美的同时,也将穿着舒适性作为选择服装产品时需要考虑的重要因素之一^[1]。对于紧身服装而言,改变服

装面料或版型都会影响服装压力。基于此,本文选择服装压力作为分析服装穿着舒适度的关键指标。

1995年,Okada^[2]提出腰部压力和主观感觉之间的关系,从此国

内外学者对服装压力与主观感受关系的研究从未停止。以往对穿着舒适性的研究大多集中在定性分析上,受被调查者生理、情绪等因素影响,结果存在一定偶然性和不

作者简介:王建萍(1962—),女,教授,博士。主要从事服装数字化先进制造、人体工效学研究等。

可复制性。本文尝试用数学分析的方式客观描述服装的压力舒适性。

传统的服装压力测量方法需要昂贵的压力测量装置,与主机相连的传感器不仅限制被测者的活动,还会在运动过程中产生滑移或脱落。有学者提出通过数值计算来模拟 3D 人体和紧身服装压力分布的方法,并证明模拟方法可用于分析、预测服装压力舒适性^[3]。随着三维虚拟现实技术的发展,数值服装压力在服装穿着舒适性评价和版型优化中得到了广泛应用^[4],与传统的压力测量法相比,该方法的测量过程更稳定而且操作方便。CLO 3D 软件因设计功能强大而成为服装业内人士推崇的虚拟试穿软件之一^[5-6],因此,本文选择 CLO 3D 软件替代传统压力测量装置,完成虚拟压力采集工作。

据专家统计,约有 90% 女性的身材不太令人满意但可以借助外界条件来重塑完美身材^[7]。针织塑身衣可以通过挤压脂肪和减少血流量使身材变苗条,颇受女性青睐。研究表明,现有款式的塑身衣整体舒适性较差^[8],过高的服装压或长时间穿着塑身衣不仅会影响穿着舒适性,还会影响人体生理和心理健康^[9]。目前,针对针织塑身衣压力舒适性的研究较少,本文为进一步改善塑身衣的舒适性,以针织塑身衣为研究对象,运用 CLO 3D 软件模拟人体日常活动,实现服装虚拟试穿和虚拟压力测量,并利用 SPSS 软件对收集到的数据进行因子分析,得出人体各部位对压力舒适性的贡献,客观表述受塑身衣压力显著影响的身体部位,为其他服装压力舒适性的分析提供参考。

1 试验

1.1 针织塑身衣款式选择

针织塑身衣款式较多,通过市

场调研发现,目前消费者接受度较高的款式是美体上衣,因此本试验选择一种基础型美体上衣为研究对象,款式图如图 1 所示,样板图如图 2 所示。



图 1 基础型调整塑身衣款式图

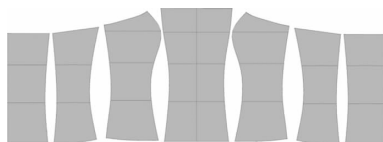


图 2 基础型调整塑身衣样板图

该款塑身衣胸围、腰围、臀围的松量分别为 0、-1 cm、0。由于该款式是最基础的塑身衣款式,其他款式都是在此基础上演变而来的,所以测量结果具有一定的代表性,也适用于其他更复杂的塑身衣。

1.2 压力测量点选取

1.2.1 设定测量基准线

测量基准线见表 1。

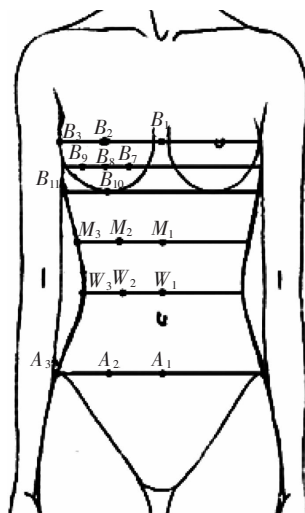
表 1 测量基准线

名称	定义
胸围线	经过胸高点的水平围线
下乳房中 线	胸围线和下胸围线间 1/2 处水平围线
下胸围线	通过乳房下缘的水平围线
高腰线	下胸围线和腰围线间 1/2 处水平围线
腰围线	在腰部最细处,经前腰节点、侧腰点、后腰节点的水平围线
腹围线	通过腹部前凸点的水平围线

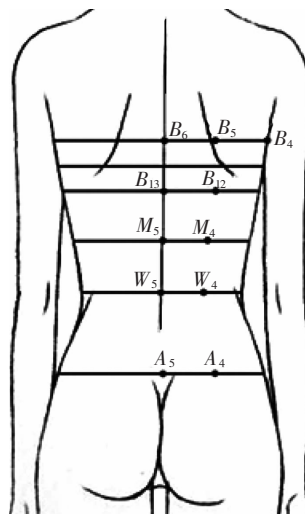
1.2.2 选取压力测量点

本次试验统一以虚拟人体右半侧为测量对象,选取测量基准线与前中心线、公主分割线、侧缝线、刀背线、后中心线部分交点和测量

基准线上曲率变化较大的点为压力测量点,共计 28 个压力测量点,具体位置如图 3 所示。



(a) 正面



(b) 背面

图 3 压力测量点示意图

1.3 设定测量动作

随着人体姿势的改变,服装压力不断变化,表明服装压不仅受服装版型、面料等因素的影响,还与穿着者的动作有关,应重点构建人体动态压力模型^[10]。本文从消费者日常生活和工作中的常做动作中选取 29 个关键姿态,并在 CLO 3D 软件中模拟生成 29 个关键姿态,如图 4 所示。

1.4 面料甄选

由于织物性能对服装压力的

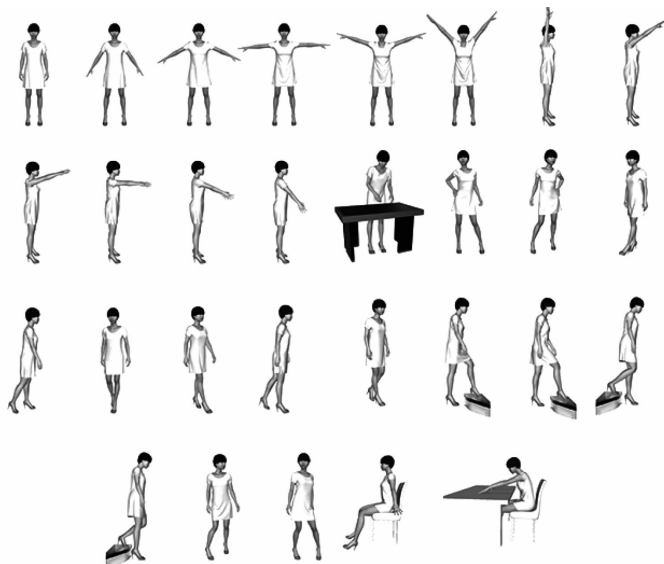


图 4 关键动作模拟

大小有显著影响^[11],因此本试验统一选择同一种织物。通过市场调研发现,网眼布是目前较常用的一种面料,所以在 CLO 3D 软件中将塑身衣所有裁片面料均设置为网眼布,其物理性能见表 2。

表 2 横编网眼布物理性能

性能指标		参数值
对角线张力/(g·s ⁻²)		40 000
内部 Damping		0.000 1
密度/(g·mm ⁻²)		0.000 3
摩擦系数		0.03
弯曲强度	纵向	3 000
	横向	100
强度/(g·s ⁻²)	纵向	320 000
	横向	320 000
变形率	纵向	0.80
	横向	0.80
变形强度	纵向	0.28
	横向	0.28

1.5 试验过程

首先在 CLO 3D 软件中创建一个 160/84A 标准体型的女性人体模型,其胸围、腰围、臀围、背长分别为 84.0、68.0、90.0、38.5 cm;然后用智尊宝纺绘制基础型塑身衣样板,并将其导入 CLO 3D 软件中,如图 5a 所示;再将前片、前侧片、后侧片和后片放至虚拟模特上

半身周围(如图 5b 所示),通过 3D 虚拟缝合技术将衣片依次缝合(如图 5c 所示),完成虚拟试穿(如图 5d 所示);最后依次加载动作,首先测量并记录静止动作下 28 个压力测量点的虚拟压力,各测量点测量 3 次,结果取平均值,然后依次加载剩余 28 个关键动作,测量并记录不同动作下各压力测量点的虚拟压力。

2 数据分析

2.1 数据预处理

在进行因子分析之前需要对原始变量进行相关性分析,以确保原有变量之间存在较强的相关关系。本文通过计算原始变量的相关系数矩阵,观察其相关系数,删除 A_3 、 A_4 、 B_6 、 M_3 、 W_3 这 5 个变量,保留其他 23 个变量。

2.2 KMO 和巴特利特球形检验

KMO 和巴特利特球形检验都是用于判断变量是否适合做因子分析的检验方法^[12-13]。KMO 统计量在 0 和 1 之间,越接近 1 则表明采集的数据越适合做因子分析,反之就越不适合。巴特利特球形检验用于检验各变量是否是单位矩阵。本试验中 KMO 和巴特利特球形检验

结果见表 3。

由表 3 可知,KMO 值为 0.653,显著性值为 0,表明收集的数据适合做因子分析。

2.3 提取主要因素

本文根据特征值大于 1 的原则提取主成分。碎石图如图 6 所示。

由图 6 可知,前 5 个分量的特征值大于 1,其他分量的特征值逐渐接近于 0,因此本文尝试提取前 5 个成分用于后续分析。

旋转成分矩阵见表 4。

由表 4 可知各公因子的典型代表变量,以此定义以下 3 个因素:第 1、5 成分主要反映人体胸、腰、腹对穿着舒适性的影响,主要包括 B_2 、 B_7 、 B_8 、 B_9 、 B_{10} 、 M_1 、 M_2 、 W_1 、 W_2 、 A_1 、 A_2 ,这些点的位置对应人体胸部、前腰部和腹部,因此命名为胸腰腹因素;第 2、3 成分主要反映人体后背对穿着舒适性的影响,主要包括 B_4 、 B_5 、 B_{11} 、 B_{12} 、 B_{13} 、 M_4 、 M_5 ,这些点的位置对应人体后背,因此命名为后背因素;第 4 成分主要反映人体后腰对穿着舒适性的影响,主要包括 W_4 、 W_5 ,这些点的位置对应人体后腰部,因此命名为后腰因素。

总方差分解表见表 5。

由表 5 可知,对穿着舒适性影响最显著的是胸腰腹因素,其累积方差贡献率达到 38.540%;后背因素也占较大比例,为 32.135%;最后是后腰因素,为 12.592%。

2.4 计算贡献系数

为了进一步了解人体各部位对舒适性的影响程度,本文计算各原始变量的贡献系数。因子模型将变量表示为公因子的线性组合,同样地,根据因子得分系数矩阵也可以将公因子表示为变量的线性组合。因子得分系数矩阵见表 6,各纵列数的绝对值代表对应原始变量对于公因子的权重系数,每个系数

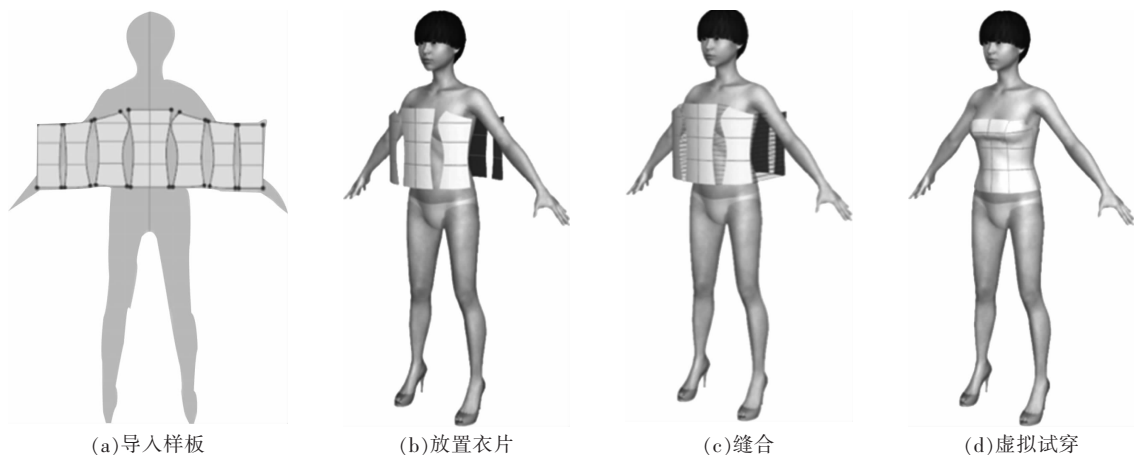


图5 试验过程

表3 KMO和巴特利特球形检验结果

取样足够度的 Kaiser-Meyer-Olkin 度量	0.653	
巴特利特球形检验	近似卡方	743.389
	Df	253
	Sig.	0

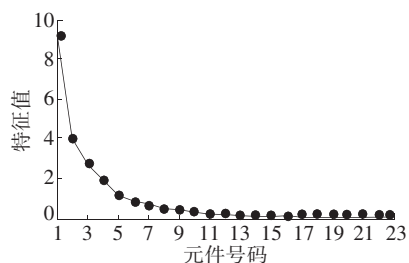


图6 碎石图

值除以当前列系数绝对值之和,即得到归一化的系数矩阵。

根据表6可以得到计算公式,见式(1)。

$$A_{ij} = \frac{|a_{ij}|}{\sum_{i=1}^n |a_{ij}|} \quad (1)$$

式中: $i=1,2,\dots,n$; $j=1,2,\dots,m$; $n=23$; $m=5$ 。

归一化后的结果见表7,其系数可看作每个原始变量对于各公因子的贡献。

将上述归一化矩阵的每一列乘以对应公因子方差解释程度百分比占提取的所有公因子方差解释程度百分比的比例系数,公因子方差解释程度见表5,其计算公式见式(2)—式(6)。

表4 旋转成分矩阵

压力测量点	元件号码				
	1	2	3	4	5
B_1	0.418	0.445	0.372	0.021	0.170
B_2	0.156	0.040	0.131	0.023	0.854
B_3	0.317	0.186	0.650	0.141	0.273
B_4	-0.076	-0.177	0.910	-0.034	0.058
B_5	-0.042	-0.293	0.850	-0.064	0.039
B_7	0.774	0.324	0.277	0.363	0.095
B_8	0.760	0.313	0.238	0.335	0.332
B_9	0.690	0.227	0.270	0.385	0.329
B_{10}	0.697	0.364	0.133	0.170	0.305
B_{11}	-0.055	0.868	0.024	0.213	0.165
B_{12}	0.242	0.831	-0.002	0.431	-0.052
B_{13}	0.403	0.731	0.084	0.208	-0.177
M_1	-0.953	0.141	0.043	-0.040	0.046
M_2	-0.910	0.202	0.067	0.096	-0.008
M_4	-0.100	0.819	-0.378	-0.147	0.039
M_5	0.214	0.812	-0.428	-0.032	-0.030
W_1	-0.894	-0.158	0.179	0.042	0.111
W_2	-0.794	-0.241	0.069	0.126	-0.391
W_4	-0.130	0.254	-0.090	0.906	-0.146
W_5	0.216	-0.007	-0.019	0.879	0.158
A_1	0.676	0.204	0.258	0.594	-0.075
A_2	0.699	0.197	0.343	0.401	-0.228
A_5	-0.501	-0.237	0.277	-0.129	0.468

$$B_{i1}=A_{i1} \frac{31.090\%}{83.266\%} \quad (2)$$

$$B_{i2}=A_{i2} \frac{19.095\%}{83.266\%} \quad (3)$$

$$B_{i3}=A_{i3} \frac{13.040\%}{83.266\%} \quad (4)$$

$$B_{i4}=A_{i4} \frac{12.592\%}{83.266\%} \quad (5)$$

$$B_{i5}=A_{i5} \frac{7.450\%}{83.266\%} \quad (6)$$

式中: $i=1,2,\dots,n$ 。

将每一行的数据相加,即可得到每个原始变量对于提取出的所有公因子的贡献系数。将各身体部位的原始变量贡献系数相加,即可

表5 总方差分解表

因素	成分	循环平方和载入		
		特征值	方差/%	累积/%
胸腰腹因素	1	7.151	31.090	31.090
	5	1.714	7.450	38.540
后背因素	2	4.392	19.095	57.635
	3	2.999	13.040	70.675
后腰因素	4	2.896	12.592	83.266

表6 因子得分系数矩阵

压力测量点	元件号码				
	1	2	3	4	5
B_1	0.025	0.138	0.155	-0.108	0.008
B_2	-0.020	-0.040	-0.091	0.037	0.549
B_3	-0.002	0.070	0.219	-0.032	0.061
B_4	-0.039	0.044	0.360	-0.079	-0.099
B_5	-0.019	0.004	0.328	-0.075	-0.098
B_7	0.081	0.026	0.065	0.049	-0.014
B_8	0.072	0.009	0.012	0.058	0.152
B_9	0.060	-0.017	0.015	0.095	0.157
B_{10}	0.075	0.041	-0.002	-0.013	0.140
B_{11}	-0.092	0.242	0.053	-0.001	0.071
B_{12}	-0.039	0.192	0.039	0.074	-0.069
B_{13}	0.017	0.197	0.103	-0.049	-0.185
M_1	-0.189	0.114	0.067	0.032	0.058
M_2	-0.193	0.118	0.076	0.079	0.020
M_4	-0.048	0.243	-0.060	-0.128	0.033
M_5	0.008	0.204	-0.095	-0.095	-0.013
W_1	-0.173	0.015	0.071	0.096	0.100
W_2	-0.127	-0.009	0.087	0.117	-0.216
W_4	-0.098	-0.031	-0.077	0.406	-0.033
W_5	-0.031	-0.144	-0.136	0.415	0.159
A_1	0.063	-0.027	0.052	0.172	-0.099
A_2	0.085	0.013	0.132	0.061	-0.230
A_5	-0.102	-0.025	0.047	0.009	0.301

得到该部位的总贡献系数。依据各部位贡献系数的大小进行排序,得出不同部位重要性的排名,见表8。

由表8可知,腰腹部对女式调整型塑身衣舒适性的影响最大,其次是胸部、背部、后腰和身体侧缝。

3 试验验证

本次试验在一个虚拟的环境中进行,所选面料是CLO 3D软件基于实际面料模拟设计的虚拟面料,虽然模拟精度高达95%,但仍

不能完全取代真实面料。为了进一步说明面料对试验结果的影响,本文采用传统塑身衣常用棉面料来验证试验结果,棉面料的物理性能见表9。

更换塑身衣面料,保持其他条件不变,重复上述试验过程及数据分析过程,计算结果见表8。

结合表8可知,穿着面料不同、版型尺码相同的塑身衣并保持其他条件不变的情况下,人体各部

位对压力舒适性的贡献系数有细微差异,但各部位对压力舒适性影响程度的相对大小相同,腰腹部对压力舒适性的影响最大,其次是胸部、背部、后腰及人体侧面部位。

4 结论

本文通过市场调研,了解针织塑身衣常见款式及所用面料,结合塑身原理,选定一款胸围、臀围松量为0,腰围松量为-1 cm的基础型塑身衣为研究对象,利用智尊宝纺绘制塑身衣纸样并导入CLO 3D软件中,完成虚拟试穿。设置面料为网眼布,依次加载29个关键动作,测量并记录不同动作下各压力测量点的虚拟压力。进一步采用因子分析法分析收集到的数据,计算得出人体各部位对压力舒适性的贡献系数,并用棉质塑身衣验证试验结果。经分析,可以得出以下结论。

4.1 女式基础调整型美体上衣的压力舒适性主要受5个人体部位的影响,分别为腰腹部、胸部、背部、后腰和侧缝。

4.2 在影响塑身衣压力舒适性的5个主要因素中,腰腹部对塑身衣压力舒适性的影响最大,其贡献系数为0.313,其次是胸部、背部、后腰和侧缝,它们的贡献系数分别为0.212、0.210、0.163和0.101。

4.3 面料的性质不会改变人体各身体部位对塑身衣压力舒适性影响程度的相对大小。

4.4 本文采用了一种较新颖的测量服装压力的方法,克服了凭借试穿者主观感受来判断服装舒适性所带来的缺点,此外,应用因子分析技术处理收集到的数据,与定性分析服装穿着舒适性相比,本课题采用了一种从服装压力入手对服装穿着舒适性进行定量分析的方法,得出的结论可为企业设计与研发优质调整型塑身衣以及为消费

表7 归一化的系数矩阵

压力测量点	元件号码				
	1	2	3	4	5
B_1	0.015	0.070	0.066	0.047	0.003
B_2	0.012	0.020	0.039	0.016	0.192
B_3	0.001	0.036	0.094	0.014	0.021
B_4	0.024	0.022	0.154	0.035	0.035
B_5	0.011	0.002	0.140	0.033	0.034
B_7	0.049	0.013	0.028	0.021	0.005
B_8	0.043	0.005	0.005	0.025	0.053
B_9	0.036	0.009	0.006	0.042	0.055
B_{10}	0.045	0.021	0.001	0.006	0.049
B_{11}	0.055	0.123	0.023	0	0.025
B_{12}	0.024	0.098	0.017	0.032	0.024
B_{13}	0.010	0.100	0.044	0.021	0.065
M_1	0.114	0.058	0.029	0.014	0.020
M_2	0.116	0.060	0.032	0.035	0.007
M_4	0.029	0.124	0.026	0.056	0.012
M_5	0.005	0.104	0.041	0.042	0.005
W_1	0.104	0.008	0.030	0.042	0.035
W_2	0.077	0.005	0.037	0.051	0.075
W_4	0.059	0.016	0.033	0.178	0.012
W_5	0.019	0.073	0.058	0.182	0.055
A_1	0.038	0.014	0.022	0.075	0.035
A_2	0.051	0.007	0.056	0.027	0.080
A_5	0.062	0.013	0.020	0.004	0.105

表8 人体各部位对网眼布及棉质塑身衣压力舒适性的贡献系数

类型	序号	人体部位	总贡献系数
网眼布塑身衣	1	腰腹部	0.313
	2	胸部	0.212
	3	背部	0.210
	4	后腰	0.163
	5	侧缝	0.101
棉质塑身衣	1	腰腹部	0.290
	2	胸部	0.257
	3	背部	0.236
	4	后腰	0.120
	5	侧缝	0.097

者选购合适的相关产品提供参考,提出的方法还可以应用于其他类型服装特别是紧身服装的开发。

参考文献

[1]李毅.服装舒适性与产品开发[M].

表9 棉面料物理性能

性能指标		参数值
对角线张力/($\text{g}\cdot\text{s}^{-2}$)		80 000
内部 Damping		0.000 1
密度/($\text{g}\cdot\text{mm}^{-2}$)		0.000 38
摩擦系数		0.03
弯曲强度	纵向	1 700
	横向	1 700
强度/($\text{g}\cdot\text{s}^{-2}$)	纵向	150 000
	横向	150 000
变形率	纵向	0.50
	横向	0.50
变形强度	纵向	0.30
	横向	0.30

北京:中国纺织出版社,2002.

[2]OKADA N. Clothing pressure and pressure sensation in waist line[J].Journal of the Japan Reseach Association for Textile End-uses,1995,36(1):146-153.

[3]ANTHONY S W W. Influence of fabric mechanical property on clothing dynamic pressure distribution and pressure comfort on tight-fit sportswear[J].Fiber, 2004,60(10):293-299.

[4]DAN R, FAN X R, SHI Z, et al. Finite element simulation of pressure, displacement, and area shrinkage mass of lower leg with time for the top part of menas socks [J].Journal of the Textile Institute Proceedings & Abstracts,2016, 107(1):72-80.

[5]董礼强,黄超.服装电脑三维造型与制版[M].上海:东华大学出版社,2014.

[6]姚彤,白晓帆,伞文,等.基于 CLO 3D 平台的数字化服装设计[J].山东纺织科技,2017,58(2):41-44.

[7]姚艳菊,陈雁.塑身内衣的结构解析[J].国际纺织导报,2011(8):68,70-71.

[8]郭兆蓉.胸腰腹三合一束衣压力舒适性研究与评价[D].西安工程大学,2012.

[9]张文斌,方方.服装人体工效学[M].上海:东华大学出版社,2008.

[10]刘宇,王永荣,罗胜利,等.服装压力分布测试和理论预测模型的研究进展[J].针织工业,2019(2):56-60.

[11]ANTHONY S W W, LI Y, ZHANG X. Influence of fabric mechanical property on clothing dynamic pressure distribution and pressure comfort on tight-fit sportswear[J].Fiber, 2004, 60(10): 293-299.

[12]CERNY B A, KAISER H F. A study of a measure of sampling adequacy for factor -analytic correlation matrices [J].Multivariate Behavioral Research, 1977,12(1):43-47.

[13]DZIUBAN C D, SHIRKEY E C. When is a correlation matrix appropriate for factor analysis? Some decision rules [J].Psychological Bulletin,1974,81(6): 358-361.

收稿日期 2018年10月10日