

文章编号:0253-9721(2010)03-0045-06

不同皮肤与织物的摩擦性差异

王旭, 刘萍, 王府梅

(东华大学 纺织学院, 上海 201620)

摘要 为探明皮肤与织物间的摩擦特性对性别和人体参数的依赖性,选择10名男性和10名女性志愿者,利用织物-皮肤摩擦测试仪实测了1组机织物和1组针织物与志愿者前臂内侧皮肤的摩擦特性。研究发现,布面平整细匀的织物与男、女性皮肤的动摩擦力具有统计意义上的显著性差异,女性皮肤与织物的动摩擦力明显大于男性。皮肤与织物动摩擦力的平均差不匀率在性别差异上基本没有统计意义上的显著性差异。此外,在20~30岁年龄段内,人体的身高、体重、年龄和体重指数对织物和皮肤间的动摩擦力及其平均差不匀率均没有显著性影响。

关键词 织物; 皮肤; 摩擦性能; 性别; 人体参数

中图分类号:TS 101.2; TS 941.17 文献标志码:A

Fabric friction as affected by different human skin

WANG Xu, LIU Ping, WANG Fumei

(College of Textiles, Donghua University, Shanghai 201620, China)

Abstract In order to investigate the dependence of friction properties on gender and body parameters, friction experiments between fabrics (a group of woven fabrics and a group of knitted fabrics) and 20 volunteers' (10 male and 10 female) inside forearm skin are carried out with a fabric-skin friction tester. It is found that there is a significant difference of friction between female and male skin when rubbing with some fine and smooth fabrics. The dynamic friction between female skin and fabrics are significantly larger than the male's. Gender difference basically has no influence on the coefficient of mean deviation of the dynamic friction between fabric and skin. In addition, there are not any significant differences of friction and their coefficient of mean deviation between fabrics and skin in terms of human body height, weight, age and body mass index within 20-30 age group.

Key words fabric; human skin; friction property; gender; body parameter

皮肤是人体的最大器官,它覆盖全身,使体内各种组织和器官免受机械、物理、化学或生物等外来的侵袭。皮肤在与纺织品的接触过程中会产生摩擦,如果织物没有恰当的摩擦性能,人体皮肤将会受到严重刺激甚至诱发许多疾病,诸如挠痒、起泡等,这种现象在体育竞赛和军事作业中表现得尤为严重,从而影响到皮肤与衣物、鞋袜、劳动和体育用品等的摩擦接触舒适性和消费者的身体健康,因此有必要深入研究织物与皮肤间的摩擦作用。

早在20世纪30年代,一些学者就已经开始对纺织材料的摩擦性能进行研究^[1]。随后,国内外的专家学者先后采用多种测试手段对织物的表面摩擦性能进行研究,对其影响因素进行逐一分析^[2-6]。近几十年来,人体皮肤的生物特性及其摩擦学行为也受到了护肤品专家、医学工作者和摩擦学研究人员的广泛关注,人们用不同的方法测定皮肤的摩擦性能,研究皮肤的摩擦起泡、褥疮等皮肤病问题^[7-11],但对于不同皮肤和不同服装之间的动态交

收稿日期:2009-08-10 修回日期:2009-11-12

基金项目:国家自然科学基金资助项目(NSFC 50973015)

作者简介:王旭(1981—),女,博士生。主要研究方向为织物和皮肤摩擦性及其舒适性。王府梅,通讯作者,E-mail:wfumei@dhu.edu.cn。

互作用还很少有系统的实验研究,为了对这方面的问题进行探索,本文利用织物和皮肤摩擦测试仪^[12],选取 20 名年龄在 20 ~ 30 岁之间不同性别、不同体型的志愿者分别与 6 种机织物和 6 种针织物进行摩擦测试,研究性别差异和体型参数对织物和皮肤间的摩擦性能的影响,为今后的深入研究提供实验参考。

1 实验部分

1.1 织物试样和志愿者的选择

实验选用的织物样品为市场上常见的 6 种机织物和 6 种针织物,包括雪纺绸、素绉缎、衬里布、亚麻布、棉型织物、汗布等,织物的结构参数见表 1、2。

作为初步探索,实验选择 20 名健康的在校青年学生作为志愿者,10 名男性,10 名女性,年龄都在

20 ~ 30 岁之间。实验前首先对每个人的基本信息和皮肤状况进行了调查问卷,了解每个人的年龄、身高、体重等基本情况,并根据公式计算出了个人的体重指数(用体重公斤数除以身高米数平方,是目前国际上常用的衡量人体胖瘦程度以及是否健康的一个标准),以便做相关性分析。其中:男性志愿者的年龄为 (24.1 ± 1.7) 岁,身高为 (1.74 ± 0.07) m,体重为 (64.9 ± 6.3) kg,体重指数为 (21.48 ± 1.66) kg/m²;女性志愿者的年龄为 (24.4 ± 1.5) 岁,身高为 (1.62 ± 0.04) m,体重为 (58.2 ± 9.7) kg,体重指数为 (22.07 ± 2.89) kg/m²。

实验选取的测试部位为志愿者前臂中部(手腕与肘关节之间)的内侧皮肤,要求所有志愿者该部位的皮肤均无异常,也未进行过涂抹化妆品或外用药物等人为干预。

表 1 机织物试样的基本参数

Tab. 1 Specification of experiment woven fabric

试样编号	织物名称	密度/(根·(10 cm) ⁻¹)		织物组织	厚度/mm	面密度/(g·m ⁻²)	线密度/tex		原料
		经密	纬密				经纱	纬纱	
1 [#]	雪纺绸	470	400	平纹	0.237	77.67	10.0	10.0	涤纶长丝
2 [#]	素绉缎	1 200	580	5 枚 3 飞经缎	0.227	73.27	4.0	4.0	桑蚕丝
3 [#]	衬里布	440	340	平纹	0.091	64.71	7.8	7.8	锦纶长丝
4 [#]	泡泡纱	570	389	平纹	0.646	87.13	10.0	11.4	棉
5 [#]	府绸	480	280	平纹	0.321	97.43	13.0	13.0	棉
6 [#]	亚麻布	310	250	平纹	0.383	135.79	27.8	27.8	亚麻

表 2 针织物试样的基本参数

Tab. 2 Specification of experiment knitted fabric

试样编号	密度/(线圈·(5 cm) ⁻¹)		织物组织	厚度/mm	面密度/(g·m ⁻²)	线密度/tex	原料
	纵密	横密					
7 [#]	90	75	纬平针	0.384	108.63	16.7	桑蚕丝
8 [#]	150	180	添纱纬平针	1.058	264.99	17.8	锦纶包氨纱
9 [#]	142	74	纬平针	0.774	231.32	14.7	coolmax 短纤纱
10 [#]	104	90	1 + 1 罗纹	0.790	179.31	22.2	涤纶长丝
11 [#]	120	90	纬平针	0.718	189.88	21.8	涤棉混纺纱
12 [#]	140	90	纬平针	0.724	221.02	19.7	粘胶短纤纱

注:8[#]试样的地纱为锦纶包氨纶纱,面纱为 PTT 长丝,线密度为 8.3 tex/72 f。

1.2 实验条件

实验前,请志愿者在温度为 (20 ± 2) ℃,相对湿度为 $(50 \pm 5)\%$ 的恒定环境中静坐,自由阅读 30 min,保持肌肉松弛,心态平稳,尽量消除历史因素的影响。实验时志愿者需要将前臂平放,内侧朝下,调整好位置后固定,并在皮肤的被测部位画上标记,每次测试都从标记处开始,以保证所测得的数据具有可比性。实验的过程中,志愿者需要保持身体直立放松,以免任何微小晃动对实验造成的误差。

1.3 实验方法

实验采用由现有负荷-伸长测试仪改造而成的织物-皮肤摩擦特性测试仪,对织物和皮肤组成的摩擦配副(2 个物体直接接触并能产生一定的相互摩擦作用)进行摩擦实验,测量不同织物与不同皮肤之间的摩擦力随滑动距离的变化曲线,其摩擦方式见图 1。图中 T 为张力, F 为传感器测得的摩擦力。实验参数是经过优选的数值,其中机织物的张力为 200 cN,针织物的张力为 60 cN,2 种织物的摩擦速

度均为 500 mm/min, 样品尺寸均为 50 cm × 10 cm^[12]。对于每个织物和皮肤的配对实验需要重复测试 10 次, 找出其中具有代表性的特征曲线, 求出该摩擦曲线在有效摩擦区间内的平均动摩擦力和动摩擦力的平均差不匀率。另外, 由于不同志愿者的前臂粗细不同, 在实验中, 不同的志愿者与同一种织物进行摩擦测试时, 接触面积明显不同。为了便于进行有效对比, 需要把每种织物和皮肤配副的动摩擦力值换算到单位面积内的动摩擦力大小。在实际穿着中, 服装的里层多与皮肤进行摩擦, 故而本文均是用织物的反面与皮肤进行摩擦实验。

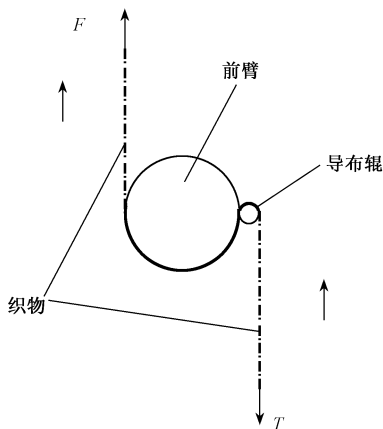


图1 摩擦方式示意图

Fig.1 Schematic of friction

2 结果与讨论

2.1 摩擦性能与性别的关系

2.1.1 机织物

10 位女性(F)志愿者和 10 位男性(M)志愿者与 6 种机织物组成了 120 组皮肤-织物摩擦配副, 得到 120 个动摩擦力实验结果。初步分析发现, 女性组皮肤与同一机织物的动摩擦力平均值普遍高于男性组(参见表 3 的第 2 列), 平均高出大约 (18 ± 4)%, 机织物与男、女性皮肤的动摩擦力似乎存在系统差异, 因此把 120 个数据分成 6 组, 每种织物与 10 位男、女性皮肤的动摩擦力分别作为 2 个独立总体, 进行一致性的 t 检验, 结果见表 3 的最后 2 列。数据显示, 对于这 6 种机织物, 在 0.05 的显著性水平下, 2[#]、3[#]和 5[#]织物与男、女性皮肤与织物的动摩擦力具有统计意义上的显著性差异 ($p < 0.05$), 女性皮肤与织物的摩擦力平均值明显大于男性皮肤。而 1[#]、4[#]和 6[#]织物与男、女性皮肤的动摩擦力没有

统计意义上的显著性差异 ($p > 0.05$), 表明男、女性皮肤与这 3 种织物之间的动摩擦力相差不大。对比织物的结构参数和布面效果发现, 具有显著性差异的 3 种织物的共同特征是纱线较细、条干均匀、布面平整细腻, 而没有显著性差异的 3 种织物均为数根纱线间捻度或者结构有突变, 纱线较粗, 条干不太平整, 布面相对比较粗糙或高低不平的织物。

表3 机织物与男/女性皮肤动摩擦力的 t 检验结果Tab.3 t test results of dynamic friction between woven fabrics and male/female skin

配副	平均值/cN	标准差/cN	$t_{0.05}$ 检验	p 值
1 [#] -F	4.05	0.930	1.848	0.081
1 [#] -M	3.43	0.500		
2 [#] -F	3.97	0.644	2.395	0.028
2 [#] -M	3.36	0.475		
3 [#] -F	3.57	0.613	3.104	0.006
3 [#] -M	2.88	0.342		
4 [#] -F	5.29	1.099	1.647	0.117
4 [#] -M	4.65	0.541		
5 [#] -F	5.07	0.994	2.137	0.047
5 [#] -M	4.25	0.699		
6 [#] -F	5.56	1.110	1.721	0.102
6 [#] -M	4.82	0.798		

研究资料指出男女性在日常饮食条件下, 皮下脂肪的分布不同, 女性有均匀的、较厚的脂肪层, 皮下脂肪平均为男性的 3 倍, 皮下脂肪的软垫作用可减轻外界的冲击。而且脂肪组织中的含水量至少为人体总水容量的 3%, 其中约一半是在皮下脂肪组织^[13]。因此女性皮肤较男性皮肤的含水量高, 皮肤细腻湿润, 与织物接触时, 织物易吸附在皮肤表面, 发生黏着现象。而且较厚的皮下脂肪使女性皮肤的弹性比男性皮肤好, 承受外界的机械作用时, 更易发生弹性形变, 在同样的压力作用下, 女性皮肤的变形更大, 在摩擦过程中与织物贴伏的更紧密, 有效接触面积更大, 因而在单位接触面积内的动摩擦力比男性的大。

另外, 从表 3 中还可以看出, 单位面积内 6 种织物与男性、女性皮肤的动摩擦力大小排列顺序一致, 依次为: 6[#]亚麻布 > 4[#]泡泡纱 > 5[#]府绸 > 1[#]雪纺绸 > 2[#]素绉缎 > 3[#]衬里布。6[#]亚麻布因其独特的粗节效应使之与皮肤的动摩擦力最大; 4[#]泡泡纱织物的布面凹凸不平, 在与皮肤进行摩擦时, 摩擦感非常明显; 5[#]府绸因其布面特有的菱形效果使得在与皮肤摩擦时动摩擦力比较大; 1[#]雪纺绸是由加强捻的长丝纱左右捻向间隔排列加工而成, 面料经纬疏朗, 结构疏松, 均匀细小的绉纹颗粒使其动摩擦力相对较

小;2[#]素绉缎的经向是光洁的无捻蚕丝,纬向是 2S、2Z 的强捻纬纱交叉配置,织物反面呈现细微的横向纹路,与皮肤接触时表现出清爽舒适的摩擦感觉;3[#]衬里布是由无捻长丝织造而成,织物表面平整光洁,因此与皮肤的动摩擦力最小。

类似地,对男、女性皮肤与机织物动摩擦力的平均差不匀率也进行了 *t* 检验,见表 4。结果显示,除了 6[#]织物略显差异,其他 5 种机织物与男、女性皮肤动摩擦力的平均差不匀率没有统计意义上的显著性差异($p > 0.05$),并且男、女性皮肤与不同机织物摩擦力平均差不匀率的大小顺序也明显不一致。因为在与同一种机织物进行摩擦实验时,动摩擦力的平均差不匀率的差异仅表现在男、女性皮肤表面的粗糙程度,相对于织物的纹理结构来说,皮肤表面的粗糙程度就显得非常小,使得皮肤与同一块织物的动摩擦力波动程度也比较小,因此男、女性皮肤与织物动摩擦力的波动差异不明显。

表 4 性别对机织物与皮肤动摩擦力平均差不匀率的影响

Tab. 4 Impact of gender on coefficient of mean deviation of dynamic friction between woven fabrics and male/female skin

配副	平均值/%	标准差/%	$t_{0.05}$ 检验	<i>p</i> 值
1 [#] -F	0.569	0.158	-0.425	0.676
1 [#] -M	0.628	0.401		
2 [#] -F	0.567	0.249	-0.052	0.959
2 [#] -M	0.573	0.264		
3 [#] -F	0.786	0.336	1.312	0.206
3 [#] -M	0.603	0.285		
4 [#] -F	0.766	0.290	0.280	0.782
4 [#] -M	0.732	0.251		
5 [#] -F	0.684	0.370	0.215	0.832
5 [#] -M	0.655	0.212		
6 [#] -F	0.949	0.301	2.246	0.038
6 [#] -M	0.680	0.230		

2.1.2 针织物

与机织物类似,10 位女性(F)志愿者和 10 位男性(M)志愿者与 6 种针织物也组成了 120 组皮肤-织物摩擦配副,得到 120 个动摩擦力实验结果。对比发现,样本中的女性组皮肤与同一种针织物动摩擦力的平均值比男性组大(14 ± 7)% (参见表 5 的第 2 列),针织物与男、女性皮肤的动摩擦力似乎也存在系统差异。于是,按照性别差异对针织物和皮肤的动摩擦力进行一致性的 *t* 检验,见表 5。结果显示,在 0.05 的显著性水平下,9[#]和 10[#]织物与男、女性皮肤的动摩擦力具有统计意义上的显著性差异($p < 0.05$),女性皮肤与织物动摩擦力的平均值明

显大于男性皮肤。而 7[#]、8[#]、11[#]和 12[#]织物与男、女性皮肤的动摩擦力没有统计意义上的显著性差异($p > 0.05$),表明性别差异对这 4 种针织物的动摩擦力影响不大。

表 5 针织物与男/女皮肤动摩擦力的 *t* 检验结果

Tab. 5 *t* test results of dynamic friction between knitted fabrics and male/female skin

配副	平均值/cN	标准差/cN	$t_{0.05}$ 检验	<i>p</i> 值
7 [#] -F	1.94	0.403	0.721	0.480
7 [#] -M	1.83	0.303		
8 [#] -F	2.21	0.517	0.764	0.455
8 [#] -M	2.07	0.262		
9 [#] -F	2.28	0.400	2.344	0.031
9 [#] -M	1.95	0.196		
10 [#] -F	1.59	0.318	2.650	0.016
10 [#] -M	1.28	0.174		
11 [#] -F	2.23	0.436	2.092	0.051
11 [#] -M	1.90	0.233		
12 [#] -F	2.23	0.371	1.612	0.124
12 [#] -M	2.01	0.221		

对比发现,具有显著性差异的 9[#]和 10[#]针织物均为布面相对比较匀整的织物,其中 9[#]织物的纱线比较细,条干均匀,织物细腻柔软。10[#]织物虽然纱线较粗,但是涤纶长丝的条干均匀,织物的反面经向比较平整,没有明显的组织突变,而且该织物是未经过后整理工序的坯布,布面光洁平整。其余没有显著性差异的 4 种织物表面有毛羽,纱线相对稍粗,布面匀整度均没有 9[#]和 10[#]织物好。

同时从表 5 中还可以看到,6 种针织物与皮肤单位面积内的动摩擦力差异不是很明显,只有 7[#]和 10[#]织物摩擦力比较小。其中 10[#]织物为 1+1 罗纹组织,织物反面经向(织物测试方向)没有明显的凹凸纹路,作为涤纶长丝坯布,表面相对比较光洁,因此其摩擦力最小。7[#]织物是丝质针织物,虽然也是长丝织物,然而由于其纬平针组织的反面表现出明显的横向纹路,使得该织物的摩擦力比 10[#]织物略微偏大。其余 4 种织物均为短纤纱纬平针或添纱纬平针织物,不但织物表面有较多的毛羽,而且纬平针织物的反面横向纹路也使得摩擦力相对较大。

最后对男、女性皮肤与针织物动摩擦力的平均差不匀率进行了 *t* 检验,结果见表 6。发现 6 组实验的摩擦力差不匀率的显著性概率 *p* 值均大于 0.05,表明男、女性皮肤与这 6 种针织物的动摩擦力的平均差不匀率没有统计意义上的显著性差异,即性别差异对针织物和皮肤间动摩擦力的波动程度没有影响。另外对比发现,男、女性皮肤与不同针织物摩擦

力差不匀率的大小顺序也明显不一致。

表6 性别对针织物与男/女皮肤动摩擦力
平均差不匀率的影响

Tab.6 Impact of gender on coefficient of mean
deviation of dynamic friction between knitted
fabrics and male/female skin

配副	平均值/%	标准差/%	$t_{0.05}$ 检验	p 值
7#-F	1.18	0.438	0.129	0.899
7#-M	1.14	0.987		
8#-F	0.85	0.293	0.215	0.832
8#-M	0.82	0.268		
9#-F	0.10	0.451	0.926	0.367
9#-M	0.81	0.462		
10#-F	0.90	0.337	-1.353	0.193
10#-M	1.06	0.219		
11#-F	0.82	0.223	-0.378	0.710
11#-M	0.89	0.468		
12#-F	1.27	0.315	1.762	0.095
12#-M	1.01	0.346		

2.2 摩擦性能与体型参数的关系

为了研究不同年龄和不同体形的人体皮肤与织物的摩擦性能差异,对身高、体重、年龄和体重指数4项体型参数与动摩擦力及其平均差不匀率的关系进行了分析。结果显示,机织物和针织物与皮肤间的动摩擦力均与身高呈一定的负相关关系,与体重、年龄和体重指数呈一定的正相关关系,然而相关性都不大,相关系数的绝对值均小于0.5;4项体型参数与机织物的摩擦力平均差不匀率均呈负相关关系,相关系数的绝对值都小于0.1,各项指标与针织物的摩擦力平均差不匀率呈正相关关系,相关系数均小于0.3。同时,鉴于皮肤性别的差异,分别对男、女性皮肤和织物的摩擦性能与身高、体重、年龄和体重指数4项体型参数的关系进行了对比发现,各项体型参数与动摩擦力及其平均差不匀率的关系在性别差异上没有规律可循,也没有显著性影响。综合来说,织物和皮肤间的动摩擦力及其平均差不匀率与20~30岁年龄段内的年龄、身高、体重没有直接明显的关系,这与其他学者对于皮肤摩擦性能的研究结果^[14]较为一致。

3 结论

1) 机织物与男、女性皮肤的摩擦性实验结果显示,单位面积内女性皮肤与机织物的动摩擦力普遍大于男性,特别是纱线较细、条干均匀、布面比较平整的机织物与男、女性皮肤的动摩擦力具有显著性差异。对于布面有绉纹、凹凸或粗细节的机织物,织

物与男、女性皮肤的摩擦力往往没有显著性差异。男、女性皮肤与机织物的动摩擦力平均差不匀率基本上没有显著性差异。而男、女性皮肤与不同机织物的动摩擦力大小顺序完全一致,均为亚麻布>泡泡纱>府绸>雪纺绸>素绉缎>衬里布,而其动摩擦力平均差不匀率的大小顺序则明显不一致。

2) 与机织物类似,实验测得单位面积内女性皮肤与针织物的动摩擦力普遍大于男性。 t 检验的结果显示,有2种纱线较细、条干均匀、布面平整的针织物与男、女性皮肤的动摩擦力具有显著性差异,其余4种纱线稍粗、布面有毛羽的针织物与男、女性皮肤的动摩擦力没有显著性差异,而性别差异对针织物和皮肤间动摩擦力平均差的的不匀率没有显著影响。除了2种长丝针织物的动摩擦力相对较小之外,其余4种针织物与皮肤的动摩擦力差异不大。男、女性皮肤与不同针织物摩擦力平均差不匀率的大小顺序也明显不一致。

3) 通过相关性分析发现,20~30岁年龄段内,人的身高、体重、年龄和体重指数与织物和皮肤间的动摩擦力及其平均差不匀率的相关性均不大,性别差异对体型参数和织物-皮肤摩擦性能的关系影响不明显,且规律不一致。

FZXB

参考文献:

- [1] PEIRCE F T. The handle of cloth as - measurable quantity [J]. Journal of the Textile Institute, 1930, 21, 377.
- [2] 川端季雄. 风格的标准化及分析 [M]. 大阪: 日本纤维机械学会, 1980.
KAWABATA S. The Standardization and Analysis of Hand Evaluation [M]. Osaka: The Textile Machinery Society of Japan, 1980.
- [3] NAIK A, CARRERA E. Friction and wear in fabrics [J]. Textile Month, 1994 (12): 21 - 24.
- [4] AJAYI J O, ELDER H M. Fabric friction, handle, and compression [J]. Journal of the Textile Institute, 1997, 88 (3): 232 - 241.
- [5] 吕柏祥, 李伟光. 织物表面摩擦性能测定 [J]. 纺织学报, 1996, 17 (1): 37 - 39.
LÜ Boxiang, LI Weiguang. Fabric surface friction property test [J]. Journal of Textile Research, 1996, 17 (1): 37 - 39.
- [6] 崔爱峰. 织物表面手感及表面摩擦性能的研究 [D]. 上海: 东华大学, 2000.
CUI Aifeng. The surface handle and frictional properties of fabric [D]. Shanghai: Donghua University, 2000.

(下转第54页)

