



高导湿运动袜的制备及其热湿舒适性能

邓秀妍^{1a}, 丁笑君^{1b}, 张伟军², 张刚², 方园^{1a}

(1. 浙江理工大学, a. 材料与纺织学院、丝绸学院; b. 服装学院, 杭州 310018;

2. 浙江东方百富袜业制造有限公司, 杭州 310018)

摘要: 针对一般运动袜的导湿性能差、穿着舒适性不佳的问题, 以高导湿纤维为原料, 根据运动功能特征进行运动袜的结构设计, 制备 6 种不同原料及组织的运动袜。以热阻、湿阻、透湿指数等作为试样热湿舒适性能的指标, 测试和对比分析了这 6 种不同运动袜的热湿舒适性能。实验结果表明: 采用高导湿纤维和以功能区进行结构设计的运动袜具有良好的热湿舒适性能; 在透湿区与最普通的纬平针棉袜相比, 其热阻降低了 77.5%, 湿阻降低了 92.7%, 透湿指数提高了 269.6%。

关键词: 高导湿运动袜; 热阻; 湿阻; 透湿指数; 热湿舒适性

中图分类号: TS186.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-3851 (2019) 01-0009-07

Research on production of high moisture-conducting sports socks and its thermal-moisture comfort performance

DENG Xiuyan^{1a}, DING Xiaojun^{1b}, ZHANG Weijun², ZHANG Gang², FANG Yuan^{1a}

(1a. Silk Institute, College of Materials and Textiles; 1b. School of Fashion Design and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;

2. Zhejiang Orient Befit Socks Manufacturer Co., Ltd., Hangzhou 310018, China)

Abstract: In view of the poor moisture permeability and the poor wearing comfort of general sports socks, high-moisture fibers were used as raw materials to design the structure of sports socks according to the characteristics of sports functions. Six kinds of sports socks with different raw materials and weaving methods were prepared. Thermal resistance, moisture resistance and moisture permeability index were used as the indexes of thermal-moisture comfort performance of 6 kinds of sports socks were tested and analyzed. The results showed that the sports socks for which the high-moisture fibers were used and the structure was designed for the functional division has better thermal-moisture comfort performance. Compared with plain knit cotton socks in the moisture permeability area, its thermal resistance reduces 77.5%, moisture resistance reduces 92.7% and moisture permeability index increases by 269.6%.

Key words: high moisture-conducting sports socks; thermal resistance; moisture resistance; moisture permeability index; thermal-moisture comfort performance

0 引言

随着生活水平的提高和科学技术的发展, 健康的生活方式已越来越被人们所重视, 运动更是成为

人们日常生活中不可或缺的一部分。在运动过程中, 人们对袜类的选择首选具备休闲防护功能的运动袜^[1], 同时希望在大量运动之后袜子仍然保持干爽, 并具有优异的穿着舒适性, 因此对袜子的导湿性

能提出了更高的要求。

一般运动袜采用棉或普通化纤等原料,通过常规的成形编织工艺加工而成。虽然这类运动袜适合日常穿着,但当在户外健身运动时,足部所产生的较多汗液不能及时排出,会严重影响袜子的服用性能。所以目前在专业运动袜的设计上,结合了人体工学原理和运动特征,对运动袜的结构设计作了很大改变:根据足部的受力情况,在袜底脚掌部分进行了缓冲区的设计;在脚弓处设置了透湿排汗区;在脚踝处进行了舒张圈的设计,对踝关节具有运动保护功能;在脚跟和脚尖处受力较大部分进行了特殊的耐磨组织结构设计;在脚筒部分进行了变压力设计,使压力由脚踝到膝盖处呈现梯度递减变化。高端运动袜生产企业在全球主要有意大利 X-Socks、瑞士 Compressport、美国 Under Armour(安德玛)、德国 CEP、德国 Adidas(阿迪达斯)等公司,其生产的各类运动袜主要提供给专业运动员在比赛和竞技时穿着。在国内如源自法国的伯希和(北京七星服装有限公司)、悍将(浙江东方百富袜业制造有限公司)、安踏(安踏体育用品有限公司)等专业运动袜,代表了行业内的最高水平。未来随着智能穿戴设备的兴起,运动袜不仅要具备运动时的穿着服用功能,还会具有一定的运动防护和运动管理功能,进一步提高运动袜的功能性,所以对运动袜的研究具有极其深远的现实意义。

本文依据健康和时尚的产品设计理念,通过功能性原料的应用及袜子不同功能区的结构设计,制备了高导湿运动袜;在此基础上进行了高导湿运动袜的热湿舒适性能研究,研究结果将有助于专业运动袜的设计与开发。

1 高导湿运动袜的设计与编织

1.1 导湿机理

高导湿运动袜是利用异形高导湿纤维的芯吸作用^[2]及混纺纱纤维间的孔隙形成的毛细管效应^[3]来达到袜子吸湿快干的目的;根据运动袜的功能特点,采用不同的结构设计,通过纤维原料和组织结构的变化来进一步提升袜子的导湿性能。

高导湿纤维截面呈现十字沟槽状,通过改变喷丝板孔形状及纺丝工艺条件等方法^[4]形成异形截面纤维,在纤维表面形成纵向的四个沟槽,如图1所示。在毛细管芯吸效应的作用下,能将皮肤表面汗水快速导湿至袜子表面,在空气流通的作用

下,袜子表面的汗液能迅速被蒸发,从而达到优良的导湿排汗效果。因而采用高导湿纤维进行织袜,能起到良好的导湿作用,如 Coolmax 等差别化纤维。但在高导湿纤维的应用中,纱线的捻度不能太小或过大,否则将影响织物的导湿性能。在捻度较小时,织物表面易产生起毛起球现象,会影响纤维的芯吸效应;在捻度过大时,纤维间某些部位的间隙变小,纤维间的毛细管孔径容易被堵塞,毛细管芯吸效应会受到阻碍,降低了织物的导湿性能^[5]。

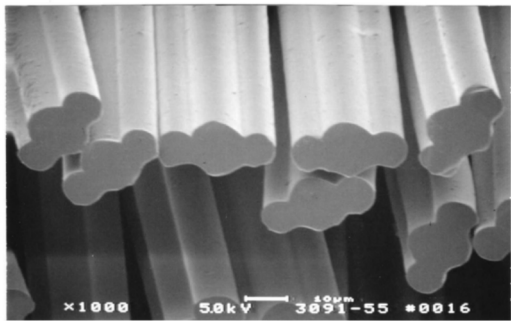


图1 高导湿纤维截面形态

高导湿运动袜功能区的设计应按照人体足部运动特征及功能特点来进行。根据运动特征,运动袜应满足以下功能:运动时脚掌的受力缓冲、脚踝关节的运动防护、腿部肌肉运动疲劳的减缓、脚跟部位的耐磨及运动时脚部汗液的快速释放^[6]。运动袜的功能区分布如图2所示。

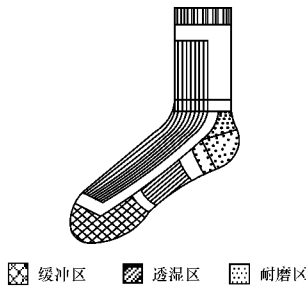


图2 高导湿运动袜功能区的分布

由于足部汗液及热量产生最多的部位是前足掌内侧、足背内侧及足弓三个区域^[7],所以导湿区主要分布在这些区域。在足背导湿区采用网眼结构,以提高脚背部分的导湿透气性;在足弓和前脚掌的高热高汗区采用毛圈及平针组织交替的结构,既透气导湿又能缓冲足部的运动冲击。高导湿运动袜组织结构的分布如图3所示。



图 3 高导湿运动袜组织结构类型

1.2 运动袜的结构设计

运动袜由袜口、袜筒、袜跟、袜面、袜底、袜头六部分组成,为了满足运动袜在运动过程中对于吸湿导汗、脚部运动的运动缓冲及保护作用、穿着舒适性等要求,必须对不同的部位采用不同的原料及特殊的组织结构来进行设计。

专业运动袜对足部包覆性要求较高,因此在运动袜的袜面和袜底部位都加入了高弹橡胶筋线,对足部形成了一定的运动防护作用。袜头部位的运动缓冲区,采用加长的毛圈结构,以减少剧烈运动时对脚部的受力冲击。在袜面及足弓部位的透气透湿区,则采用半毛圈袜(袜底有毛圈,而袜面无毛圈,脚背薄)的织法^[8]:袜底采用 40D/2 高耐磨锦纶与高导湿纱线包覆纱进行编织,以及毛圈组织和平针组织交替的织法,形成一种良好的透气层。此时,由于纱线纤维中的孔隙与织物线圈之间孔隙的共同作用,使织物的芯吸效应有所增强,所以高导湿运动袜比普通运动袜湿舒适性更好,且袜底的加厚毛圈形成了受力缓冲层,减少了运动对脚底的冲击。袜面部分采用网眼组织,纬平针与浮线间隔编织而形成假罗纹组织的凹槽结构,通过网眼和凹槽结构达到良好的导湿排汗作用。袜跟部位的耐磨区,则加入锦纶纱线进行编织,提高袜跟的耐磨性能。高导湿运动袜各功能区的结构设计如表 1 所示。

1.3 高导湿运动袜的制备

1.3.1 原料

运动袜所采用的原料有:21S/2 高导湿纤维、21S/2 纯棉纱线、21S/2 棉/聚酯纤维纱线(65/35)、21S/2 高导湿纱线/棉(65/35)、30D/20D 锦纶/氨纶包覆纱、40D/2 高耐磨锦纶、高耐用型橡胶筋包芯纱。

1.3.2 编织设备

选用 616DF 型罗纳蒂(Lonati)电脑一体袜机,机号 E13,针数 144 N。

表 1 高导湿运动袜组织结构设计

部位	组织结构
袜口	纬平针双层扎口
1—纬平针组织 2—集圈网孔组织(编织图如下)	
3—变化平针组织(编织图如下)	
袜筒	
3—变化平针组织(编织图如下)	
袜跟	4—毛圈组织
袜脚	袜面:延伸了袜筒的结构 袜底:每 10 横列毛圈组织与 4 横列纬平针交替编织
袜头	4—毛圈组织

注:表中编号代表图 3 中的组织结构及其分布。

1.3.3 上机工艺参数

上机工艺参数是高导湿运动袜编织的技术关键。根据运动袜的结构设计特点、编织要求^[9],高导湿运动袜的工艺参数如表 2 所示,编织工艺如表 3 所示。

表 2 高导湿运动袜工艺参数

部段名称	成品尺寸/cm	袜坯尺寸/cm	长度偏差/cm
袜脚长	21.0	21.5	±0.5
袜脚宽	8.5	8.8	±0.3
袜脚直拉	26.0	27.0	±1.0
袜脚横拉	20.0	21.0	±1.0
袜筒长	14.0	14.5	±0.5
袜筒宽	8.5	8.8	±0.3
袜筒直拉	19.0	20.0	±1.0
袜筒横拉	20.0	21.0	±0.5
袜口高	2.0	2.3	±0.3
袜口宽	8.3	8.6	±0.3
袜口横拉	22.0	23.0	±0.5

表3 高导湿运动袜编织工艺

部位	横列数	编织纱线种类
袜口	25×2	21S/2 高导湿纤维/30D 高
袜筒	86	耐磨锦纶/20D 氨纶包覆纱
袜跟	收针 28 横列数, 放针 26 横列数	21S/2 高导湿纤维与 30D/
袜脚	49+60	20D 锦纶/氨纶包 覆 纱、
袜头	收针 34 横列数, 放针 32 横列数	40D/2 高耐磨锦纶

表4 测试样品规格

样品	原料比例	编织方法
A(棉袜)	1# 纬平针棉袜 2# 棉运动袜 $M_{\text{锦纶}}:M_{\text{橡筋}}:M_{\text{氨纶}}:M_{\text{纯棉纱线}}=0.6:2.5:16.9:80.0$	1#、4# 试样各部位均采用纬平针组织,其余试样各部位组织按照表1设计加工
	3# 棉/聚酯纤维运动袜 $M_{\text{锦纶}}:M_{\text{橡筋}}:M_{\text{氨纶}}:M_{\text{棉/聚酯纤维纱线(65/35)}}=0.6:2.5:16.9:80.0$	
	4# 纬平针高导湿袜 $M_{\text{锦纶}}:M_{\text{橡筋}}:M_{\text{氨纶}}:M_{\text{高导湿纱线}}=0.6:2.5:16.9:80.0$	
B(高导湿袜)	5# 高导湿/棉运动袜 $M_{\text{锦纶}}:M_{\text{橡筋}}:M_{\text{氨纶}}:M_{\text{高导湿纱线/棉(65/35)}}=0.6:2.5:16.9:80.0$	
	6# 高导湿运动袜 $M_{\text{锦纶}}:M_{\text{橡筋}}:M_{\text{氨纶}}:M_{\text{高导湿纱线}}=0.6:2.5:16.9:80.0$	

2.2 测试仪器

采用美国 Thermetrics 公司生产的 TFTS 鞋袜热舒适性测试装置,该仪器可检测热阻、湿阻、透湿指数等热湿舒适性参数,可在稳定条件下对鞋袜材料的热阻(R_{ct})和耐水蒸汽阻力(R_{et})性能进行准确、可重复的测量^[11]。TFTS 具备一个独立的系统,包括气候箱、出汗发热脚模、计算机和 ThermDAC8 控制软件。其足部模型配有加热器和温度传感器,以模拟人体代谢热湿量。

2.3 测试方法

本实验采用 TFTS 鞋袜热舒适性测试装置来进行袜子的热湿舒适性相关性能的测试,测试依据的标准是 GB/T 11048—2008《纺织品 生理舒适性 稳态条件下热阻和湿阻的测定》。

热阻测试时,是在模拟人脚皮肤出汗的临界温度条件下进行的。设定脚模的表面温度为 $(35\pm0.1)^{\circ}\text{C}$ 、模拟袜子穿着的环境,设定微环境箱的温度为 $(25\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $(65\pm3)\%$ 。袜子的热阻 R_{ct} (单位为 $\text{m}^2\cdot^{\circ}\text{C}/\text{W}$)为:

$$R_{ct}=\frac{T_{\text{skin}}-T_{\text{amb}}}{Q/A}$$

(1)

其中: T_{skin} 为脚模表面温度, $^{\circ}\text{C}$; T_{amb} 为环境的温度, $^{\circ}\text{C}$; Q/A 为单位面积热流量, W/m^2 。

先做空白对照试验测试光脚的热阻 R_{ct0} ,再测试袜子穿着时的热阻 R_{ct1} ,最终测得的袜子的热阻为 $R_{ef}=R_{ct1}-R_{ct0}$ 。每次测试取已经稳定时 60 个

2 热湿舒适性能测试

为了分析对比本文所设计、制备的高导湿运动袜热湿舒适性,试织了两组多种袜子:A 组是三种采用普通原料的袜子,作为对照样;B 组是三种采用高导湿纤维原料的运动袜。以热阻、湿阻、透湿指数作为热湿舒适性能的表征指标^[10],对这两组袜子进行热湿舒适性能测试及对比分析。

2.1 测试样品

试织样品规格如表 4 所示。

有效数据的算术平均值。

湿阻测试时,脚模表面温度为 $(35\pm0.1)^{\circ}\text{C}$ 、微环境箱的温度为 $(35\pm0.5)^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 $(40\pm3)\%$,再设定脚模各部位的汗流量,一般在 $0\sim1000\text{ mL}/(\text{hr}\cdot\text{m}^2)$ 之间,使脚模表面保持恰好完全湿润的状态。袜子的湿阻 R_{et} ($\text{m}^2\cdot\text{Pa}/\text{W}$)为:

$$R_{et}=\frac{P_{\text{sat}}-P_{\text{amb}}}{Q/A}$$

(2)

其中: P_{sat} 为脚模表面气压,Pa; P_{amb} 为环境的气压,Pa。

同样,最终袜子的湿阻为 $R_{ef}=R_{et1}-R_{et0}$ 。数据采集量和测试次数与热阻测试相同。

袜子的透湿指数 I_m 为:

$$I_m=\frac{K\cdot R_{ct}}{R_{et}}$$

(3)

其中: K 为恒定系数, $60.6515\text{ Pa}/^{\circ}\text{C}$ 。

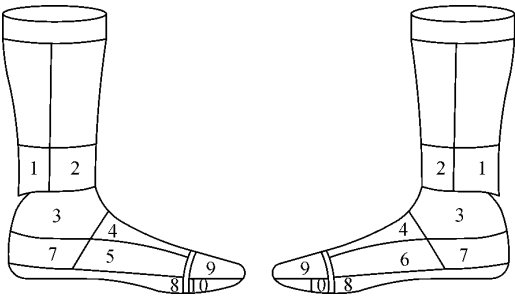
2.4 实测数据

本文设计的样品是中筒袜,袜筒高度至小腿中部,因此,试验采集脚踝至整只脚的 10 个区域的数据,如图 4 所示是脚模部位分区图。

对每个样品的热阻、湿阻分别测试 3 次,加权平均后作为测试结果数据,所测试的热湿舒适性参数如表 5 所示。

3 结果与讨论

热阻、湿阻、透湿指数这三个织物热湿舒适性的



1.小腿下部后区;2.小腿下部前区;3.脚跟;
4.脚背中部;5.脚弓内侧;6.脚背外侧;
7.脚后跟区;8.脚底;9.脚趾顶部;10.脚趾底部

图 4 脚模部位分区图

参数,各自代表了织物的散热和透湿能力,可根据纺织品终端产品用途差异来决定这三个指标具体的要求。

高导湿运动袜主要用于户外运动时穿着,由于人体在运动时足部会产生较大的热量及较多的汗液,因此高导湿运动袜服用的舒适性主要取决于热阻、湿阻和透气透湿性能。袜子的热阻越大袜子的保温性越好,袜子的散热性能就越差;袜子的湿阻越大,袜子的吸湿排汗能力越差,穿着舒适性明显下降;透湿指数的大小表明了袜子透汽透湿的能力,透湿指数越大,其排出湿气的能力越强。因此对于运

表 5 试样热湿舒适性测试结果

部位分区	性能	样品					
		1 [#]	2 [#]	3 [#]	4 [#]	5 [#]	6 [#]
1	热阻/(m ² ·℃·W ⁻¹)	0.085	0.051	0.063	0.040	0.038	0.027
	湿阻/(m ² ·Pa·W ⁻¹)	8.45	4.32	5.21	3.28	2.93	2.63
	透湿指数	0.103	0.201	0.164	0.402	0.396	0.402
2	热阻/(m ² ·℃·W ⁻¹)	0.080	0.042	0.053	0.038	0.031	0.016
	湿阻/(m ² ·Pa·W ⁻¹)	7.89	4.00	5.33	3.35	1.86	1.65
	透湿指数	0.123	0.234	0.189	0.422	0.487	0.497
3	热阻/(m ² ·℃·W ⁻¹)	0.083	0.047	0.057	0.043	0.033	0.021
	湿阻/(m ² ·Pa·W ⁻¹)	8.32	4.18	5.18	2.82	1.33	0.82
	透湿指数	0.125	0.267	0.200	0.416	0.438	0.496
4	热阻/(m ² ·℃·W ⁻¹)	0.079	0.041	0.050	0.039	0.026	0.011
	湿阻/(m ² ·Pa·W ⁻¹)	8.33	3.87	4.99	3.38	0.56	0.17
	透湿指数	0.118	0.298	0.231	0.411	0.495	0.529
5	热阻/(m ² ·℃·W ⁻¹)	0.083	0.040	0.052	0.035	0.026	0.023
	湿阻/(m ² ·Pa·W ⁻¹)	7.98	3.52	4.67	2.95	0.95	0.74
	透湿指数	0.142	0.285	0.242	0.431	0.451	0.521
6	热阻/(m ² ·℃·W ⁻¹)	0.087	0.052	0.063	0.041	0.037	0.032
	湿阻/(m ² ·Pa·W ⁻¹)	8.04	4.28	5.76	3.15	2.58	1.67
	透湿指数	0.099	0.206	0.187	0.404	0.415	0.449
7	热阻/(m ² ·℃·W ⁻¹)	0.083	0.049	0.064	0.042	0.037	0.035
	湿阻/(m ² ·Pa·W ⁻¹)	8.22	4.51	5.66	2.85	1.76	1.59
	透湿指数	0.126	0.190	0.179	0.427	0.438	0.451
8	热阻/(m ² ·℃·W ⁻¹)	0.078	0.043	0.053	0.038	0.029	0.020
	湿阻/(m ² ·Pa·W ⁻¹)	7.65	3.55	4.32	2.95	1.27	0.83
	透湿指数	0.167	0.301	0.239	0.455	0.509	0.528
9	热阻/(m ² ·℃·W ⁻¹)	0.086	0.057	0.068	0.037	0.036	0.035
	湿阻/(m ² ·Pa·W ⁻¹)	8.56	4.87	5.98	3.29	2.78	2.65
	透湿指数	0.143	0.199	0.168	0.452	0.400	0.413
10	热阻/(m ² ·℃·W ⁻¹)	0.083	0.056	0.069	0.039	0.039	0.037
	湿阻/(m ² ·Pa·W ⁻¹)	8.44	4.92	6.01	3.44	3.00	2.83
	透湿指数	0.155	0.203	0.170	0.422	0.409	0.419

动袜来说,热阻、湿阻越小,透湿指数越大,袜子热舒适性越佳^[12]。

本实验的热湿舒适性能测试分别测量袜子的10个部位。足部主要散热区分别是前足掌内侧、足

背内侧及足弓,为4、5、8几个部位中的区域。均可通过测试验证袜子原料、不同部位组织结构对其热湿舒适性能的影响。1[#]—6[#]热湿舒适性测试结果折线图如图5所示。

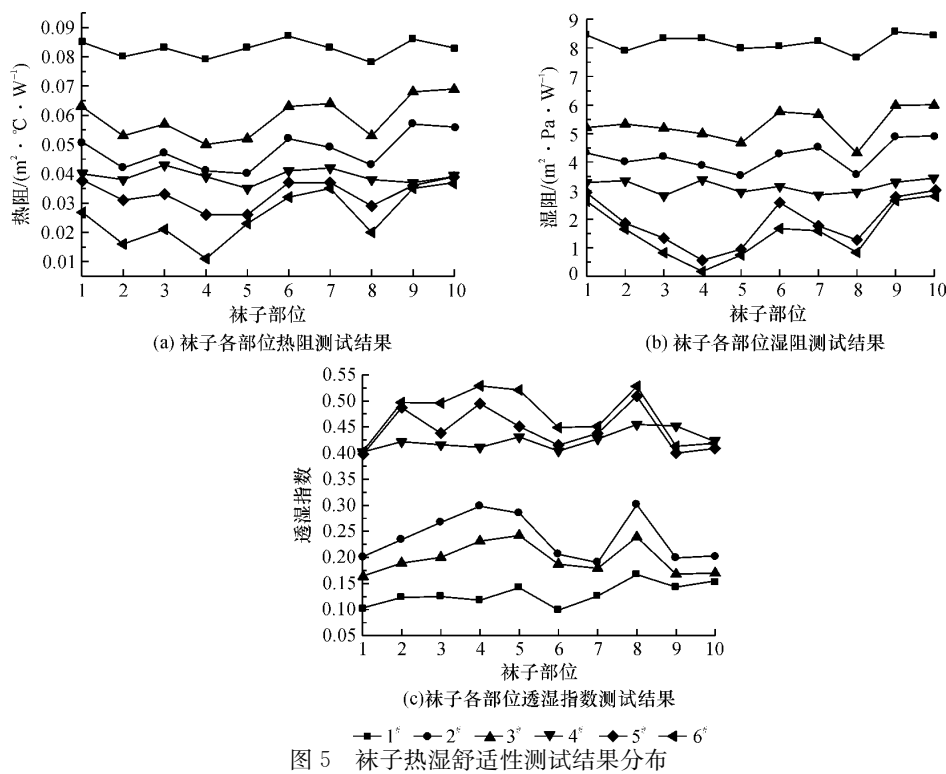


图5 袜子热湿舒适性测试结果分布

由图5可知,1[#]和4[#]的各部位热阻、湿阻、透湿指数测试数据变化比较平稳,热阻分别在0.080~0.090 m²·°C/W、0.035~0.043 m²·°C/W左右,湿阻约在7.50~8.50 m²·Pa/W、2.50~3.50 m²·Pa/W,透湿指数约在0.100~0.170、0.400~0.460,表明这两种袜子各个部位的热阻、湿阻、透湿指数值变化较小,因为它们都主要以纬平针组织结构进行编织,组织结构变化不大。而另四种样品的热阻和湿阻在2、4、8部位有明显下降,透湿指数明显上升,热阻和湿阻在3、5部位有略微降低,透湿指数略微上升。测试数据的变化与组织结构的改变关系密切,部位2、3、4是由于脚背的网眼组织、纬平针与浮线间隔编织而形成的假罗纹组织的凹槽结构,通过网眼和织物的凹槽及纤维的凹槽结构达到增强散热、导湿排汗的效果。此外,部位5、8是由于袜底的毛圈组织和平针组织交替的结构,纱线纤维中的孔隙与织物线圈之间孔隙共同作用,使织物的芯吸效应有所增强,散热性能及导湿性得以提高。部位3和部位5的热阻、湿阻不如部位2、4、8小,是因为这两个区域既包含了有利于散热导湿的网眼、凹槽等组织,也包含了纬平针组织,因此不如另三个区域的热湿舒适性好。在所有运动袜中,部位9、10的热阻呈上升趋势,是因为运动袜的袜头均采用毛圈编织,虽然减缓了运动冲击,但厚度增大,不利于空气流通及散热透湿。

由6种样品所有部位的测试结果(图5)可得,热阻、湿阻从小到大,透湿指数由大到小的部位依次是:6、5、4、2、3、1,说明除了网眼等特殊组织结构对袜子的散热、吸湿导汗性能有明显提升作用外,织袜原料也是影响袜子热湿舒适性的一个重要因素,6[#]样品是高导湿运动袜,其足背热阻为0.011 m²·°C/W、湿阻为0.17 m²·Pa/W、透湿指数为0.529,足弓内侧透湿指数为0.528,具有优异的热湿舒适性能;5[#]样品由于有棉纤维的加入,比纯高导湿纤维编织的袜子热湿阻大、透湿指数小,因为虽然棉纤维有天然转曲,增大纤维与纤维间的空隙,透气性较好,加上具有亲水基团,吸湿性好,但它的回潮率较大,不利于排湿,而作为异形纤维的高导湿纤维的截面呈沟槽状,有利于纤维的导湿,因此高导湿纤维运动袜的散热及吸湿导汗性比有棉纤维混纺编织的运动袜更好;1[#]和4[#]样品均是纬平针棉袜,它们没有网眼、凹槽等变化组织结构,因此它们在2、3、4、5、8这几个部位的热湿舒适性差于同种原料的2[#]、5[#]运动袜样品;3[#]由于有聚酯纤维的加入,使其散热性差于2[#],因为聚酯纤维截面就是圆形且并无转曲,无法提供纤维间的孔隙,且其内部分子排列紧密、分子间缺少亲水结构,导致其吸湿性较差,因此其热湿阻均大于纯棉运动袜,透湿指数小于纯棉运动袜。

因为人体足部主要散热排湿的区域是4、5、8三个部位,因此主要比较袜子在这几个部位的热湿舒

适性指标,便可说明其热湿舒适性能的优劣。计算可得,6#高导湿运动袜与1#纬平针棉袜相比,因原料及组织结构的优化,使其热阻降低了77.5%,湿阻降低了92.7%,透湿指数提高了269.6%,热湿舒适性能有较大的提高。

4 结 论

本文采用实验研究的方法,研究分析了高导湿运动袜的热湿舒适性能。经过对6种样品的对比实验分析,主要结论如下:

a) 采用TFTS鞋袜热舒适性测试装置对所制备的六种不同原料和组织结构的运动袜样品进行了热湿舒适性能的测试,通过对热阻、湿阻、透湿指数试验数据的对比分析,发现原料和组织结构均是影响产品热湿舒适性能的主要因素。

b) 高导湿运动袜与普通纬平针棉袜相比,热阻降低了77.5%,湿阻降低了92.7%,透湿指数提高了269.6%,符合吸湿快干运动袜的服用要求。

c) 运动袜高热高汗区足弓和前脚掌部位采用毛圈组织和平针组织交替,足背采用网眼和假罗纹组织形成的凹槽结构设计,能很好地满足运动袜导湿透气的要求。

参考文献:

[1] Chen J Y. Study on feature and design of outdoor sports socks[C]// Proceedings of Textile Bioengineering and Informatics Symposium 2010. Shanghai: Textile

Bioengineering and Informatics Society Limited Binary Information Press, 2010: 6.

- [2] 马小英,闫红清,刘广鹏.差别化长丝透气导湿机理与面料开发[J].山东纺织科技,2009,50(1):20-23.
- [3] 张慧敏,沈兰萍.竹原纤维/Coolmax纤维导湿快干双层织物的开发[J].西安工程大学学报,2017,31(3):322-326.
- [4] Sampath M B, Senthilkumar M. Effect of moisture management finish on comfort characteristics of microdenier polyester knitted fabrics [J]. Journal of Industrial Textiles, 2009, 39(2): 163-173.
- [5] 赵恒迎. Coolpass纤维导湿性能研究及其针织物开发[J]. 针织工业, 2009(12): 20-22.
- [6] 秦志刚, 马晓红. 吸湿排汗功能纤维及其针织产品设计[J]. 天津纺织科技, 2007(3): 39-42.
- [7] 李诗沛. 基于脚部生理及物理特征的跑步袜开发[D]. 北京: 北京服装学院, 2017: 12-13.
- [8] 颜晓茵. 袜品工艺与技术[M]. 上海: 东华大学出版社, 2017: 142-145.
- [9] 方园, 王辉, 唐艳, 等. 基于 ANSYS/LS-DYNA 电脑袜机成圈机件的动力学分析[J]. 纺织学报, 2009, 30(7): 121-128.
- [10] 张才前, 姚菊明. 织物导湿排汗性能自动测试方法[J]. 纺织学报, 2018, 39(1): 45-50.
- [11] 陈大志, 黄秋兰, 尤志勇. 应用脚模法测试慢跑鞋的热湿舒适性[J]. 中国皮革, 2016, 45(1): 37-41.
- [12] 林登光. 针织运动服面料舒适性(热阻湿阻)评价指标研究[J]. 福建轻纺, 2011(5): 42-46.

(责任编辑: 唐志荣)