

# 运动织物面料的放湿性能

吴茜<sup>1</sup>, 李林峰<sup>1</sup>, 王训该<sup>1,2</sup>, 李文斌<sup>1,3\*</sup>

(1. 武汉纺织大学 纺织学院, 湖北 武汉 430073; 2. 澳大利亚迪肯大学 材料与纤维创新实验室, 澳大利亚 季隆 VIC 3217; 3. 东华大学 纺织学院, 上海 201620)

**摘要:**从服装热力学、运动学角度出发, 研究在运动状态下织物面料的快干性能, 并用自行研制的织物动态温、湿度性能测试仪测试纯棉、纯毛、纯丝、纯涤4种织物试样在85%回潮状态下的快干性能, 分析织物试样在不同运动速度下织物表面湿度、温度随时间的变化规律。实验结果表明, 织物面料在放湿过程中, 其表面先呈恒定放湿, 然后再缓慢下降的曲线, 并且此曲线的放湿时间随运动速度的增大而减少。纯毛干燥所需时间最长, 纯丝织物的干燥时间最短, 纯涤织物与棉织物所需时间次之。

**关键词:** 面料; 模拟风速; 放湿; 动态

**中图分类号:** TS 101.9 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2016)03-0257-05

## Study on the Moisture Performance of Sports Fabric

WU Xi<sup>1</sup>, LI Linfeng<sup>1</sup>, WANG Xungai<sup>1,2</sup>, LI Wenbin<sup>1,3\*</sup>

(1. Collage of Textile, Wuhan University, Wuhan 430073, China; 2. Centre for Material and Fiber Innovation, Deakin University, Geelong VIC 3217, Australia; 3. Collage of Textile, Donghua University, Shanghai 201620, China)

**Abstract:** The fast-drying properties of fabric under the state of motion was studied based on the garment thermodynamics, kinematics point of view. The fast-drying performances of cotton, wool, silk, and polyester fabrics at 85% moisture regain were tested by lab-made fabric dynamic temperature and humidity tester which simulate the movement of fabric by rotating the fabric. The variation of humidity and temperature of the fabric surface under different movement speed was studeid. It was found that the moisture liberation was in a constant rate at first, and it reduced. The time of balance decreases with the increase of simulation movement speed. Wool fabric needs longest time to dry. The drying time of silk fabric was shortest, and drying time of polyester and cotton was between wool fabric and fabric.

**Key words:** fabric, simulation wind speed, releasing humidity, dynamic

舒适性是人体对织物的生理感觉, 涉及织物的通透性、热湿舒适性、刺痒作用、静电及湿冷刺激等具体内容<sup>[1]</sup>。织物面料的热、湿性能是影响服装面料舒适性最重要的影响因素之一, 高回潮状态下织物面料在水分散失过程中不仅对周围微环境的温、湿度有一定的影响, 而且对织物面料实际使用过程的舒适性评价有重要的指导价值<sup>[2-6]</sup>。多年来, 许多研究工作者集中对织物的热、湿性能进行了研

究, 李创<sup>[7]</sup>在模拟人体皮肤上对织物表面的相对湿度、温度以及通过织物表面的热流进行测试, 研究了热湿传递的影响因素; ZHU Guocheng<sup>[8]</sup>等用自制仪器测量了不同孔隙率的织物在不同风速影响下的热湿传递性能, 并对其影响因素进行分析; Motakef S<sup>[9]</sup>等采用分型原理, 以毛细管束模型描述多孔介质, 类分形树状网络模拟裂缝网络, 从微观角度研究了在多孔介质基础上热湿传递性能的影响

收稿日期: 2016-05-15; 修订日期: 2016-05-31。

基金项目: 湖北纺织协同创新中心基金项目(52300100323)。

作者简介: 吴茜(1992—), 女, 硕士研究生。

\* 通信作者: 李文斌(1978—), 男, 副教授, 硕士生导师。主要研究方向为纺织品测试和仪器开发。

Email: li780713@126.com

响因素。就生理角度而言,人体皮肤汗腺在不停地散发着汗液。人们在穿着服装时,无感出汗影响热发散平衡,而有感出汗不仅影响热平衡,还会因皮肤触觉的感受而影响穿着的舒适性。如何将液态的汗液尽快排出体外是提高织物穿着舒适性的关键<sup>[10]</sup>。

文中针对织物的放湿过程,研制出一种在大气环境下使被测织物处于运动状态的织物热、湿性能

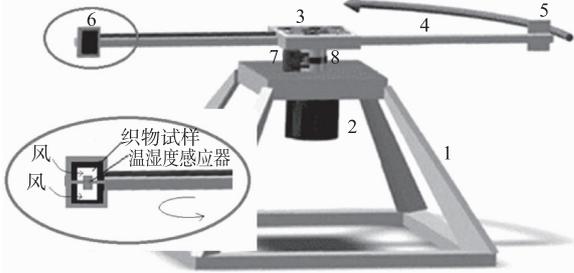
表 1 织物试样参数

Tab.1 Parameter of fabric used in testing

组成材料	经纬纱密度/(根/dm)	厚度/mm	经纱直径/mm	纬纱直径/mm	克重/(g/m <sup>2</sup> )	织物结构
纯棉	424 × 186	0.35	0.18	0.23	189	机织平纹
纯毛	400 × 346	0.32	0.22	0.19	182	机织平纹
蚕丝	714 × 446	0.12	0.09	0.13	56	机织平纹
纯涤	742 × 330	0.17	0.13	0.11	75	机织平纹

**1.1.2 仪器** YG(B)141D 型织物厚度仪,温州大荣纺织仪器有限公司制造;C 型上皿电子天平,郑州精衡衡器有限公司制造;Y511 型织物密度镜,温州际高检测仪器有限公司制造;DHG-9076A 型电热恒温鼓风干燥箱,邢台德科科技有限公司制造;织物动态温、湿度性能测试仪,自制。

为了测试在一定运动速度下,织物面料放湿过程中其表面热、湿性能的变化,文中采用自行研制的织物动态温、湿度性能测试仪(见图 1)。



注:1. 机架;2. 电机;3. 控制系统;4. 支架;5. 平衡器;6. 测试平台;7. 电源系统;8. 联轴器。

图 1 织物动态温、湿度性能测试仪模型

Fig.1 Diagram of lab-made fabric dynamic tester

由图 1 可以看出,本测试系统主要由机架 1 和电机 2、控制系统 3、测试平台 6 等组成。其中,机架和电机主要是将测试平台 6 以控制系统 3 为圆心,以支架 4 为半径旋转;平衡器 5 主要起到维持仪器旋转时对测试平台 6 的平衡作用,更好地控制旋转速度。织物试样被固定在测试平台 6 上,通过调整电机转速,使风穿过织物以模拟被测样品的不同运动状态,控制系统 3 主要的作用是采集测试平台 6 上的温、湿度传感器的信号,并将模拟信号转换成数字信号,再将其转换成常用的温度、湿度单位,然

测试仪,同时分析了在不同运动速度,高回潮率状态下织物在放湿过程中温度、湿度的变化。为研究运动状态下的服装面料舒适性提供了理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试样与仪器

**1.1.1 材料** 文中所采用的织物试样参数见表 1。

后通过无线电传输技术将采集的温、湿度信号按照一定格式发送到上位机电脑上去。

### 1.2 方法

将纯棉、纯毛、纯丝、纯涤 4 块织物剪成所需的相同规格,约为 7.5 cm × 14 cm,并用电子天平称取其质量  $G$ ;再将其放入恒温烘箱中进行烘烤,当试样质量烘至恒重时,即为试样的干重  $G_0$ 。设定烘箱的温度为 110 °C,烘烤时间为 2 h,若 2 h 后未达到干重则根据实际情况延长烘烤时间,直到烘烤的试样织物两次称量质量差之比小于 0.05%,则达到干重。从烘箱中取出的试样应尽快进行称重,并记录下干重  $G_0$ 。

计算回潮率:

$$M = \frac{G_1 - G_0}{G_0} \quad (1)$$

式中: $M$  为被测织物的回潮率; $G_1$  为被测织物的湿重; $G_0$  为被测织物的干重。

因实验条件设定织物湿度为 85%,利用式(1),转换而得织物达到设定回潮率时湿重  $G_1$ ,  $G_1 = (1 + 85\%)G_0$ ,即可计算出当湿度为 85% 时的织物试样(高回潮织物)的质量  $G_1$ 。试样干重  $G_0$  和达到设定回潮率时织物试样湿重  $G_1$  见表 2。

表 2 织物设定回潮率、试样干重  $G_0$  及达到设定回潮状态时湿重  $G_1$

Tab.2 Fabric moisture regain, dry weight  $G_0$ , and wet weight  $G_1$  of sample

试样	回潮率/%	干重 $G_0$ /g	湿重 $G_1$ /g
纯棉	85	1.64	2.22
纯毛	85	1.62	2.79
纯丝	85	0.55	1.02
纯涤	85	0.71	1.31

配制浸润织物试样所需的氯化钠溶液整理剂,氯化钠溶液的质量分数为1%,并添加质量分数为1%的亲水整理剂(因本实验所测织物试样中含有吸湿性能较差的面料故需使用亲水整理剂进行处理)。使用电子天平称取亲水整理剂和氯化钠各2.00 g,溶于200 mL清水中,并用玻璃棒搅拌。本实验中,通过自行研制的织物动态温、湿度性能测试仪的旋转模拟织物的动态过程,并通过改变其旋转速度达到改变织物运动状态的目的,模拟运动速度的计算方法如下:

$$v = 2\pi \times \omega \times \frac{d}{2} \quad (2)$$

式中: $v$ 为模拟运动速度(m/s); $\omega$ 为电机转速(r/s); $d$ 为连接支架长度(m)。

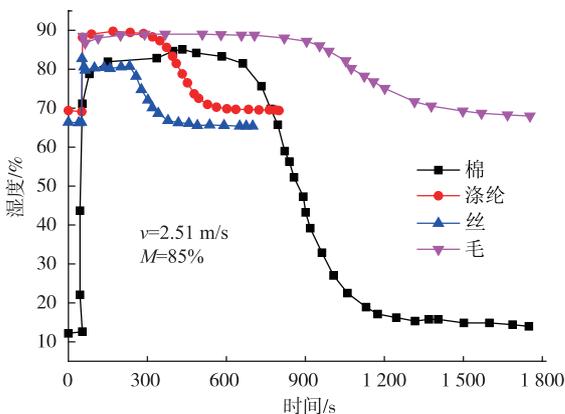
在本测试系统中,连接支架长度为0.5 m,相应的模拟运动速度为0~7.58 m/s,本次实验设定所需要测量的风速分别为1.26,1.88,2.51,3.13,3.77 m/s。

测试时首先进行空白实验,让自行研制的织物动态温、湿度性能测试仪在不含试样的条件下以一定的转速转动,以测试大气中的温度和湿度,对实验起到一个对比的作用。待到自行研制的织物动态温、湿度性能测试仪运行到50 s左右时暂停数据记录完成空白实验。然后将回潮率为85%的织物试样固定在测试平台上,测试其在一定运动状态下温度与湿度的变化。

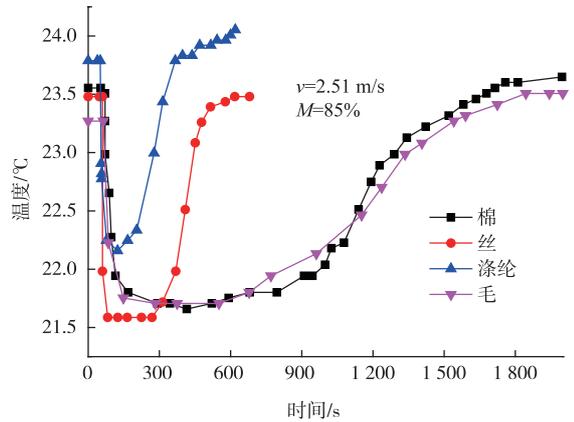
## 2 结果与讨论

### 2.1 织物试样在不同运动状态下温度、湿度的变化

文中使用自行研制的织物动态温、湿度性能测试仪研究了棉、毛、丝、涤纶4种织物在风速为1.26,1.88,2.51,3.13,3.77 m/s时的湿度与温度的变化情况。图2为风速2.51 m/s时织物的湿度与温度变化情况。



(a) 湿度变化



(b) 温度变化

图2 织物试样的放湿曲线

Fig. 2 Moisture curve of different fabric

由图2可以看出,4种织物试样在相同运动速度(2.51 m/s)时湿度与温度变化曲线的趋势大致相似。以纯棉织物为例,图3给出了在不同风速下的湿度变化曲线。

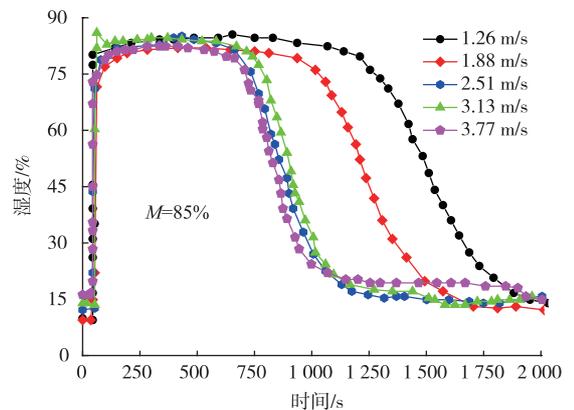


图3 纯棉试样在不同风速下的放湿曲线

Fig. 3 Moisture curve of cotton at different wind speed

由图3可以看出,在0~50 s内由于未夹持织物试样测试仪测试的是环境中的湿度,当夹持85%回潮的棉试样时图中湿度曲线迅速上升至85%左右。棉织物的放湿曲线基本可分为2个部分:第1部分是进入高回潮织物内部的水分在其纤维内部与空隙间迁移以维持纤维表面的饱和状态,同时附着在织物表面的湿气进一步挥发,织物表面的相对湿度维持基本稳定的状态;第2部分织物试样表面附着湿气因织物的持续放湿而大量减少,进而使织物内部的水分蒸发以继续维持放湿状态,湿度曲线呈现下降趋势直至起始位置达到在该环境下的稳定状态。

图4为纯棉试样在不同风速下的温度变化曲线。

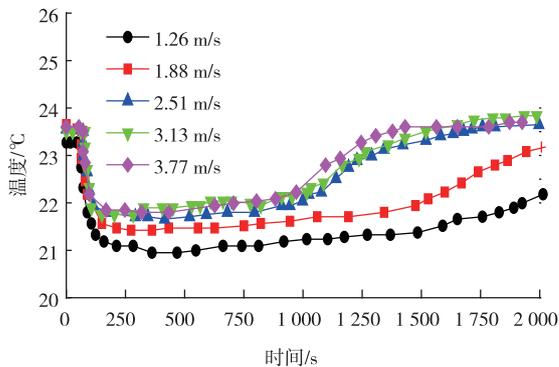


图 4 纯棉试样在不同风速下的温度变化曲线

Fig. 4 MOisture curve of cotton at different temperature

在实验过程中织物试样表面的温度变化情况与织物的放湿过程密切相关。在未夹持织物试样时测试仪测试的是环境温度,当夹持高回潮织物试样时,图 4 中的温度曲线会因湿气运动和水分蒸发而耗费大量的热能,使织物表面温度急剧下降到 21 ~ 22 °C 左右。其放湿过程中温度随时间的变化曲线也可分为 2 个部分:第 1 部分织物表面的湿气与大气之间水蒸气处于动态平衡状态,织物表面温度维持基本恒定,即图 4 中温度曲线维持基本恒定状态;第 2 部分由于高回潮织物的持续放湿使织物表面附着的湿气和织物内部的水分大量减少,织物因放湿和水分蒸发所消耗的热量减少导致其表面的温度上升,直至趋于环境温度后达到稳定状态。

由图 3 还可以看出,不同运动速度下的 5 条湿度曲线变化趋势大致相同,即先恒定放湿,然后再缓慢下降。就纯棉织物在不同运动速度下湿度的变化曲线而言,在未夹入纯棉试样前 50 s 内,图 3 中显示的湿度为室温环境下空气的湿度,当夹入纯棉试样时湿度呈急剧上升趋势,此时回潮纯棉试样表面的湿度值为 85%。不论运动速度如何变化,湿度的大致变化趋势都是从高湿度值趋于平稳,在某个时间点,湿度快速降低,当湿度值临近初始状态的湿度值时,湿度降低的速度变缓,最终平稳下来。对于织物试样在不同运动速度时的放湿状况,运动速度的增加意味着所处环境中的空气对流速度加快,同时也会使织物表面湿气挥发的速度和织物内部水分蒸发的速率加快。即运动速度较低时,高回潮织物试样的湿度值回到初始状态的时间相对较长;随着运动速度的加快,其所需时间也相应的减少。从图 3 与图 4 可以看出,温度和湿度曲线的变化基本是同时发生的,织物试样温度与湿度的变化密切相关。当棉试样被固定在测试平台上后,图 3 中湿度曲线上升达到 85% 左右,与此同时,由于高回潮织物与大气环境的放湿过程需要大量的热量

而使得织物试样温度降低,即图 4 中曲线的急剧下降;然后湿度与温度曲线基本呈现出水平的状态,即织物试样与大气环境基本维持恒定的动态放湿状态;同时温度也基本保持稳定。随后由于放湿过程的进行,织物试样的湿度降低,而同时温度值的增大,最终在 2 000 s 左右时织物试样的温度和湿度趋于在该环境下的稳定状态。

## 2.2 一定运动速度下高回潮织物的快干性能

文中将不同运动速度下各组织物试样在高回潮状态下与大气环境维持恒定放湿过程(织物放湿曲线的第 1 部分)的时间提取出来,进行定量地比较,具体情况如图 5 所示。

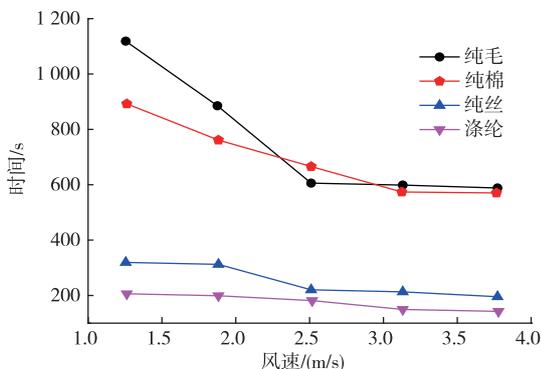


图 5 高回潮织物试样在不同运动速度下维持恒定放湿状态所用时间

Fig. 5 Time for constant moisture libration of high moisture regain fabric in wet state under different velocity

由图 5 可以看出,就织物试样与大气环境维持恒定放湿过程(织物放湿曲线的第 1 部分)所用的时间而言,在相同速度下(1.88 m/s)纯毛和纯棉织物的曲线相对接近,且远大于涤纶和丝织物维持恒定放湿所需要的时间。毛织物维持恒定放湿所需的时间长于棉织物所用的时间。由于羊毛的回潮率 15% 高于棉的回潮率 8.5%,即在相同情况下毛纤维的吸湿性更好。另外,由表 2 可以看出,棉织物试样干重  $G_0$  (1.64 g) 与毛试样的干重  $G_0$  (1.62 g) 相当时,当毛试样和棉试样的回潮率同时上升至 85% 时,毛试样所吸收的水分远远多于棉织物,即毛试样的湿重  $G_1$  (2.79 g) 大于棉试样的湿重  $G_1$  (2.22 g)。因此,毛试样湿度的转移和挥发过程所需要的时间会更长一些。对于丝织物与涤纶织物也是同理,公定回潮率越大的织物在相同情况下其吸湿性能也就越好,同时维持恒定放湿的时间也就越长。

在不同运动速度下,湿度为 85% 的纯棉、纯毛、纯丝、涤纶干燥过程(放湿曲线的第 1 部分加第 2 部

分)所用时间如图6所示。

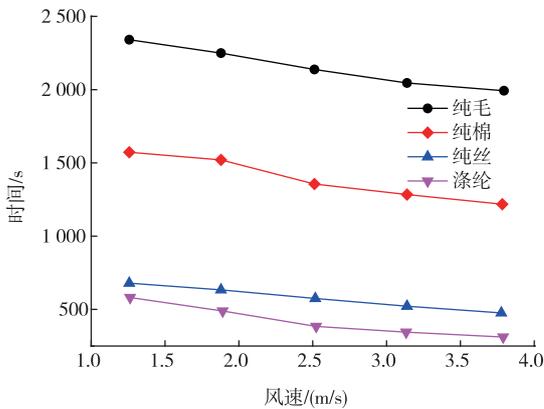


图6 不同高回潮织物试样在不同运动速度下完成放湿过程所用时间

Fig. 6 Time needed for moisture liberation of high moisture fabric at different velocities

图6显示的是在不同运动速度下初始回潮率相同的纯棉、纯毛、纯丝、涤纶4种织物试样的干燥情况,即各种试样整个干燥过程所用的时间。1.88 m/s的运动速度下毛织物整个干燥过程所用时间最长,达到2 250 s左右,棉织物其次,而涤纶与丝织物的整个干燥过程所用时间较短,低于750 s。如上所述,由于公定回潮率高的织物试样吸湿能力强,其必然需要更长时间完成织物表面湿气的挥发与织物内部水分蒸发,即干燥过程。整体而言,纯毛和纯棉织物试样的快干性能较纯丝和涤纶试样的快干性能差。

### 3 结 语

1)对于不同的运动速度,织物面料在放湿过程中,其表面湿度呈现先恒定放湿,再缓慢下降的趋势,并且此放湿曲线维持的时间随模拟运动速度的增大而减少。

2)在不同的模拟运动速度,织物试样表面的放湿过程中,其表面温度的变化趋势呈恒定的吸热、放热然后上升状态,此温度曲线维持的时间同样随

模拟运动速度的增大而减小。

3)对于织物干燥用时情况而言,纯棉和纯毛织物试样的快干性能较纯丝和涤纶试样的快干性能差。

### 参考文献:

- [1] 于伟东. 纺织材料学[M]. 北京:中国纺织出版社, 2006:329-338.
- [2] LI Yi. Clothing comfort and its application[J]. Textile Asia, 1998.
- [3] LI Yi, ZHU Qingyong. Simultaneous heat and moisture transfer with moisture sorption, condensation and capillary liquid diffusion in porous textiles[J]. Textile Research Journal, 2003, 73(6): 515-524.
- [4] LI Yi, ZHU Qingyong. A model of heat and moisture transfer in porous textiles with phase change materials[J]. Textile Research Journal, 2004, 74(5): 447-457.
- [5] Rene M Rossi, Rene Cross, Hans May. Water vapor transfer and condensation effects in multilayer textile combinations[J]. Textile Research Journal, 2004, 74(1): 1-6.
- [6] Fohr J P, Couton D, Treguier G. Dynamic water vapor and heat transport through layered fabrics[J]. Textile Research Journal, 1991, 61(1): 10-19.
- [7] 李创. 服装动态热湿舒适性理论及测试技术概述[J]. 北京纺织, 2002, 23(1): 47-49.  
LI Chuang. An overview of the theory and technology of dynamic thermal and moisture comfort of clothing[J]. Beijing Textile, 2002, 23(1): 47-49. (in Chinese)
- [8] ZHU Guocheng, Dana Kremenakova, WANG Yan, et al. Study on air permeability and thermal resistance of textiles under heat convection[J]. Textile Research Journal, 2015, 85(16): 1681-1690.
- [9] Shahryar Motakef, Maher A EL-Masri. Simultaneous heat and mass transfer with phase thermal resistance of textiles under heat convection[J]. International Journal of Heat Transfer, 1986, 29(10): 1503-1512.
- [10] 黄建华. 服装的舒适性[M]. 北京:科学出版社, 2008.

(责任编辑:卢杰,邢宝妹)