

文章编号: 1671-0444 (2018)02-0218-07

## 纺织品冷暖感的表征指标

屠乐希<sup>1a</sup>, 杨竹丽<sup>2</sup>, 王茜<sup>1a</sup>, 王府梅<sup>1a, 1b</sup>

(1. 东华大学 a. 纺织学院; b. 纺织面料技术教育部重点实验室, 上海 201620;  
2. 烟台南山学院 工学院, 山东 烟台 264000)

**摘要:** 采用 LDMG-1 型寝具保温仪和 LD-1 型服装保温仪, 研究纺织品冷暖感在测试的物理量上的反映以及冷暖感的表征指标, 以弥补主观评价和采用瞬态热流量最大值  $Q_{\max}$  表征纺织品冷暖感的缺陷。选取 8 款不同材质和不同填充量的寝具和 2 类不同材质的服装作为试样, 通过研究和分析, 获得如下结论: 纺织品的冷暖感在试验板消耗的加热功率曲线和温度曲线上都有明显反应, 但是, 加热功率曲线更能够反映纺织品的冷感特性; 纺织品冷暖感应该用冷感时间和冷感散热量两方面指标进行表征。冷感散热量指标包括冷感时段总散热量 ( $W_1$ ) 和纯冷感散热量 ( $W_2$ ), 后者比前者更具可比性。冷感时间越长、纯冷感散热量越大, 冷感越强。

**关键词:** 冷暖感; 表征指标; 纺织品

中图分类号: TS 101.9      文献标志码: A

## Characteristic Indexes of Textile's Warm-Cool Feeling

TU Lexi<sup>1a</sup>, YANG Zhuli<sup>2</sup>, WANG Qian<sup>1a</sup>, WANG Fumei<sup>1a, 1b</sup>

(a. College of Textiles; b. Key Laboratory of Textile Science & Technology,  
Ministry of Education, 1. Donghua University, Shanghai 201620, China;  
2. College of Engineering, Yantai Nanshan University, Yantai 264000, China)

**Abstract:** By using LDMG-1 insulation tester and LD-1 clothing thermal insulation tester, the reflection and indexes of textile's warm-cool feeling are studied, compensating for the defects of using subjective evaluation and the maximum transient heat  $Q_{\max}$  to characterize the warm-cool feeling of textile. Eight bedding samples with different core materials and fabrics and two apparel samples with different materials are tested. The main conclusions are as follows: there is a clear reaction to the warm-cool feeling of textile in thermal power and temperature curves of test board, but thermal power curves can better reflect textile's cool feeling; the warm-cool feeling of textile should be characterized by warm-cool feeling time and amount of heat. The amount of heat includes the total amount of heat  $W_1$  and pure amount of heat  $W_2$ , and the latter is more comparable than the former. The longer the cool-feeling time is, or the bigger the  $W_2$  is, the stronger cool feeling will be.

**Key words:** warm-cool feeling; characteristic indexes; textile

收稿日期: 2017-01-13

作者简介: 屠乐希(1992—), 女, 浙江乐清人, 博士研究生, 研究方向为纺织品检测技术, E-mail: tule\_xi@126.com

王府梅(联系人), 女, 教授, E-mail: wfumei@dhu.edu.cn

纺织品接触冷暖感是指其与皮肤接触后,给人皮肤的温度刺激在人的大脑中形成的关于冷或暖的判断<sup>[1]</sup>。体表平均温度一般为 33 ℃,秋冬季环境下存放的纺织品温度常常低于皮肤温度,接触初期热量从高温的体表向低温的纺织品迅速流动,直至接触的两表面温度趋于一致时热量才会逐渐稳定即进入稳态传热。进入稳态传热之前的部分称作非稳态传热或瞬态传热,其传热功率大于稳态传热<sup>[2]</sup>。稳态传热过程中覆盖着纺织品的人体向外散失的热功率体现纺织品的热阻或保暖性,而非稳态传热过程中人体向外散失的热功率主要体现纺织品的冷感或暖感,也叫接触冷暖感。

纺织品的接触冷暖感是纺织品舒适性的一个重要部分,也是确定其用途的重要依据。国内外关于纺织品保暖性的研究已经比较成熟,但是,纺织品冷暖感的相关理论和测试技术却滞后很多,至今只有上述基本概念和日本 KES-F7 热性能测试仪等类似仪器的冷暖感测试方法和指标。而主观评价虽然能真实反映人对于纺织品冷暖感的判断,但是量化困难,随机误差大<sup>[3-7]</sup>。从测试硬件技术角度而言,现有的多数保温仪都可以同时测试冷暖感,但是缺乏科学完善的冷暖感测试表征指标。

采用瞬态热流量最大值  $Q_{\max}$  表征纺织品的冷暖感<sup>[8,9]</sup>是一类理想化的冷暖感测试方法。其主要原因如下:(1)对于冷感很强的试样,仪器硬件不可能无限量地迅速输出热功率,导致实际测量  $Q_{\max}$  受仪器参数限制,不能完全反映试样的最大热流量;(2)不能反映对舒适性至关重要的冷感时间长短;(3)当稳态传热量差异较大时, $Q_{\max}$  也失去了可比性。

近年来,随着消费者对纺织品舒适性要求的提高,纺织品接触冷暖感更加引起国内外重视,服装和床上用品企业正在研发温暖感冬季产品和凉爽感夏

季产品。但是,目前国内外尚无比较实用可行的冷暖感测试仪器与评价方法。为此,本文借助东华大学和莱州电子仪器有限公司联合研制的 LDMG-1 型寝具保温仪和 LD-1 型服装保温仪,试验探索纺织品冷暖感的更佳表征指标。

## 1 试验

### 1.1 床上用品测试

#### 1.1.1 测试仪器

LDMG-1 型寝具保温仪是根据英国标准 BS5335-2:2006 研制的,试验板被分为等面积的六部分,各部分配置了独立的热板温度传感器、加热元件和控制元件等,对于厚度或保温性能不均匀的羽绒被等试样可提高取样代表性。各部分试验板的上表面温度控制在  $(33 \pm 0.1)$  ℃,测试物理量为试验板散热功率、各试验板温度随时间变化的曲线等<sup>[10]</sup>。

#### 1.1.2 床上用品试样

选用秋冬季常用的 4 款不同绒质和不同填充量的羽绒被及另外 4 款芯材为其他保温材料的床上用品作为试样,8 种试样的具体参数如表 1 所示。其中,涤纶床垫 7 和羊毛床垫 8 是由两种材料复合而成的同一款床垫的两表面性能,一面为棉织包袱涤纶絮料,以涤纶床垫 7 表示,另一面为纯羊毛的针织人造毛皮,以羊毛床垫 8 表示。每款羽绒被在生产厂随机抽取 3 条进行测试,每次测试前都需在标准环境下(温度为 20 ℃、相对湿度为 65%)进行平衡,其他材料的床上用品每款只有一个试样,在同一试样的数个不同的部位分别测试 3 次。

测试环境为温度 20 ℃、相对湿度 65%,执行标准 BS5335-2:2006,非稳态时间为 3 600 s(60 min),测试时间为 1 800 s(30 min)。

表 1 床上用品试样规格

Table 1 The specifications of bedding samples

床上用品种类	面料	填充物种类			热阻/tog	规格	
		品种	面密度/(g·m <sup>-2</sup> )	含绒率/%			
羽绒类	白鸭绒被 1(夏用)	100%棉	鸭绒	58.70	90	3.73	200 cm×230 cm
	灰鸭绒被 2(春/秋/冬用)	100%棉	鸭绒	239.13	90	7.53	200 cm×230 cm
	灰鸭绒被 3(春/秋/冬用)	100%棉	鸭绒	239.13	70	6.83	200 cm×230 cm
	鹅绒被 4(春/秋/冬用)	100%棉	鹅绒	239.13	90	8.20	200 cm×230 cm
非羽绒类	旧棉被 5	100%棉	100%棉	800		8.45	180 cm×200 cm
	涤纶床垫 6	100%棉	100%涤纶	300		3.55	180 cm×200 cm
	涤纶床垫 7	100%棉	100%涤纶	200		4.15	180 cm×200 cm
	羊毛床垫 8		羊毛人造毛皮	200		4.40	180 cm×200 cm

## 1.2 服装测试

### 1.2.1 测试仪器

LD-1 型服装保温性能测试仪的外形结构如图 1 所示,简称假体。假体前后身类似两台独立的曲面保温仪,通过调节前后身间的距离实现在一套仪器上测量不同尺码的服装。假体前后身的中部被设计为试验板,都被划分为 2~4 部分,各部独立测量和控制热板温度,上部、下部以及断臂面被设计为热护板,测试过程中试验板、热护板和底板的温度都保持在  $(33 \pm 0.2) ^\circ\text{C}$ 。仪器的结构设计使得服装的开领高低、开衩大小、衣身长短等款式因素都不影响测试服装单位面积的散热功率。假体外围设置有 4 个温度传感器,用于测量试样周围的空气温度。测试物理量为试验板温度和散热功率随时间变化的曲线<sup>[11]</sup>。



图 1 LD-1 型服装保温性能测试仪  
Fig. 1 LD-1 clothing thermal insulation tester

### 1.2.2 服装试样

本文选用劲霸男装(上海)有限公司的 2 种服装,样品规格如表 2 所示。羊毛衫成分为 65%羊毛和 35%天丝;横机衫为款式比羊毛衫更加合体、适合贴身穿着用的针织衫,原料为由 1 根黏胶长丝与 3 根 36 tex 的棉和黏胶的混纺纱并合加捻而成的缆线。用来测试的 2 种服装型号相同,每次测试前都需在标准环境下(温度  $20 ^\circ\text{C}$ 、相对湿度 65%)进行平衡。

表 2 服装样品规格

Table 2 The specifications of apparel samples

内容	羊毛衫	横机衫
型号	M	M
胸围/cm	104	92
成分	65%羊毛和 35%天丝	38.2%黏胶和 61.8%棉
透气量/ $(\text{mm} \cdot \text{s}^{-1})$	508.33	1 851.81
厚度/mm	1.81	1.07

## 2 结果讨论

### 2.1 试验板的加热功率曲线与仪器控制模式

在试验板温度恒定的理想测试条件下,其加热功率曲线如图 2 所示。由图 2 可知,试样与试验板接触初期,热量从高温试验板向低温纺织品试样迅速流动,加热功率呈现先迅速增大后逐步减小的变化规律,直至两表面温度趋于一致时加热功率逐渐稳定,即进入稳态传热。在进入稳态传热以前试验板加热功率曲线的“山峰”体现纺织品的冷暖感。

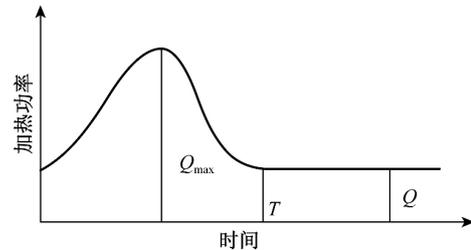


图 2 试验板温度恒定时的理论加热功率曲线  
Fig. 2 The testing boards' theoretical heating power curve at constant temperature

但是,实际测试中达不到试验板温度绝对恒定的理想条件,只能控制试验板温度在微小范围内波动,例如  $(33 \pm 0.2) ^\circ\text{C}$ ,一旦试验板温度低于此范围的下限,加热元件开始工作,直到试验板温度达到上限后停止工作。每台仪器的各组加热元件都有自己的工作模式,图 3 是常用的等电压窗口加热模式,一旦工作只能输出恒定热功率,如果关闭则输出热功率为 0,即单个加热元件的输出热功率与时间的关系是不等间隔的矩形波,这将导致试验板的加热功率曲线与图 2 之间出现差异。

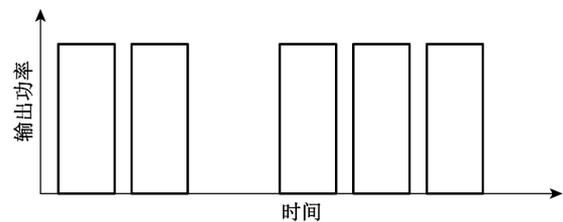


图 3 单个加热元件的输出功率模式  
Fig. 3 The outputting power mode of the single heating element

采用 LDMG-1 型寝具保温仪测试的一款床上用品的温度和加热功率曲线如图 4 所示,其中温度曲线中不同的曲线表示每块独立试验板的温度。由图 4 可知,在  $20 ^\circ\text{C}$  标准环境中平衡过的床上用品表面刚接触试验板时,热量迅速从试验板传向床上用品,试验板温度迅速降低,各部分热板的加热元件几

乎同时开始工作,故总加热功率几乎直线上升,纺织品下表面和内部温度迅速升高。随着持续加热,各部分热板温度逐一达到上限,对应的各组加热元件逐一停止工作,表现为总的加热功率曲线阶呈梯状下降,直到总加热功率为 0。由于纺织品上表面在持续向外散热并且其中部和外层的低温部分还在吸

热,导致热板温度下降,加热元件重新开启工作,加热功率第二次上升,开启第二个加热周期。如此继续,逐步进入稳态散热,在稳态散热过程中每组加热元件短暂工作后停止,加热功率曲线上的微小峰值对应着组数较多的加热元件同时工作时段,而低谷对应着组数较少的加热元件的同时工作时段。

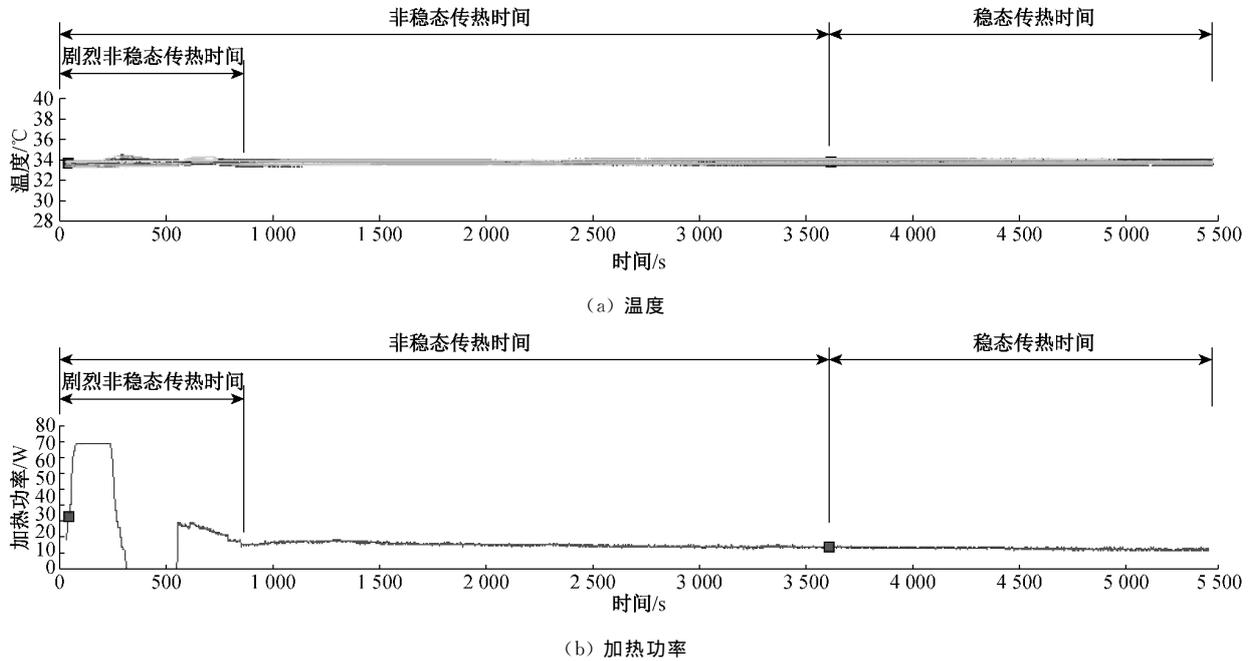


图 4 LDMG-1 型寝具保温仪测试的涤纶床垫 7 的试验板温度和加热功率曲线

Fig. 4 The temperature and thermal power curves of the polyester mattress tested by LDMG-1 insulation tester

LD-1 型服装保温仪测试的横机衫温度和加热功率曲线如图 5 所示,其中温度曲线中不同的曲线表示每块独立试验板的温度。由图 5 可知:在试验初始阶段,温度较低的服装快速吸收试验板提

供的热量,试验板消耗热功率迅速增大,达到最大值后开始下降;当服装内各点温度都趋于稳定时,试验板输出功率达到极小值,试样初步进入稳态传热。

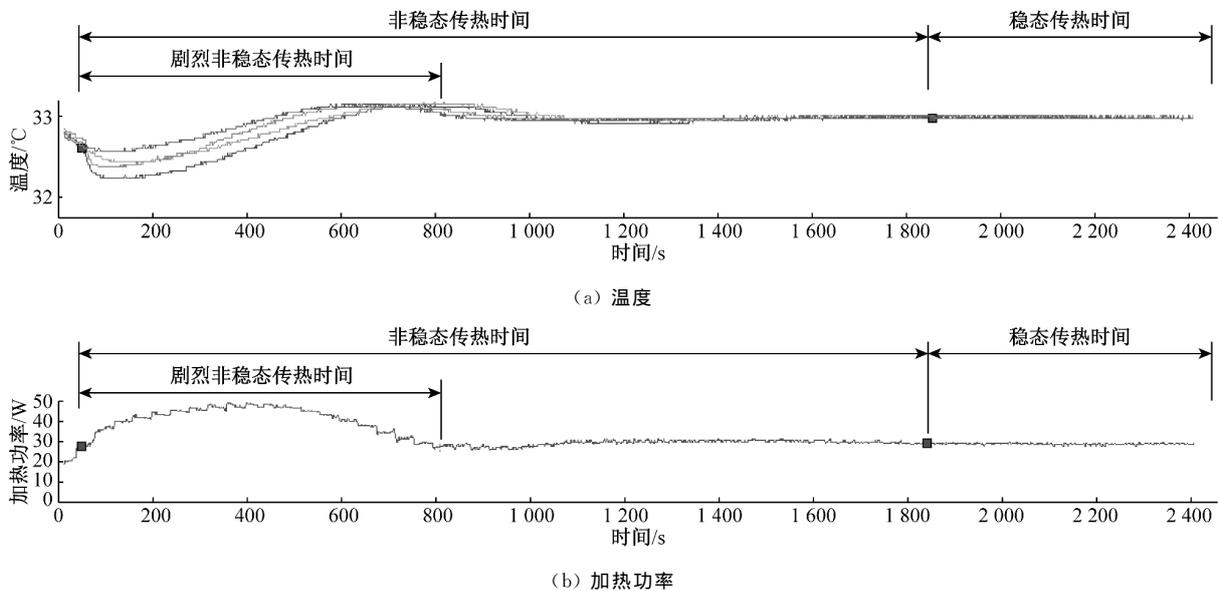


图 5 LD-1 型服装保温仪测试的横机衫的温度和加热功率曲线

Fig. 5 The temperature and thermal power curve of the knitting sweater tested by LD-1 clothing thermal insulation tester

上述两套仪器试验板的加热功率曲线初始形态明显不同,原因是加热元件的工作电压不同,寝具保温仪加热元件的工作电压高,而服装保温仪加热元件的工作电压低。这也说明在非稳态传热中测试的加热功率曲线形态受仪器的控制参数的影响,因此现有 KES-F7 型热性能测试仪采用  $Q_{\max}$  表征纺织品冷暖感显然存在缺陷。

另外,在非稳态传热阶段,试验板的温度曲线和加热功率曲线都在表现试样的冷暖感,特别是加热功率曲线的“山峰”以及对应时段的温度曲线更能灵敏地反映试样的冷暖感,将该时段称作剧烈非稳态时段,如图 4 和 5 所示。在剧烈非稳态时段,不同区域的试验板温度曲线不尽相同,原因是各区域与试样接触的紧密程度不同。而且同一试样经相同环境处理后,独立测试的温度曲线也不尽相同,因为不能保证试样与试验板的接触紧密程度一致。但是,试验板的加热功率曲线非常稳定,与试验操作无关,并且加热功率曲线可以体现能量变化过程,因此,确定用试验板的加热功率曲线分析试样的冷暖感。

## 2.2 定义一组冷感指标

KES-F7 型热性能测试仪采用  $Q_{\max}$  表征织物的冷暖感,是一类狭隘的冷暖感测试方法。因为不同材料的热容量差异很大,对于某些冷感很强的试样而言,为维持试验板温度恒定,仪器硬件能否无限量

地迅速输出热功率是最大问题。目前,测试材料热学性能仪器的加热方式主要有电阻加热、膜加热、电偶加热、半导体加热和激光闪光法加热等,这些加热方法都不能保证对任何试样无限量地输出热功率,这就失去了在比较大的冷暖感范围测试  $Q_{\max}$  的可能。同时,仪器供热模式应该模拟人体对皮肤的供热方式,人体接触润湿纺织品等强冷感材料时不可能无限量地增加供热量,只能降低皮肤温度并有限地增加供热量。在人体感受到纺织品冷感并向外增加供热量有限的物理条件下,现有冷感指标  $Q_{\max}$  不适合表征纺织品的冷暖感。

另外,KES-F7 型热性能测试仪测试的试样面积小,导致厚型试样由于边缘效应而引起较大误差,而且不能直接对被子和服装等成品进行测试,需要裁剪试样,裁剪会改变试样的传热通道。 $Q_{\max}$  不能反映对舒适性至关重要的冷感时间长短。当不同试样的热阻差异大即稳态传热量差异大时, $Q_{\max}$  也失去了可比性。为此,笔者定义一组冷暖感指标如下:

(1) 冷感时间  $t$ (s),定义为加热功率曲线的“山峰”或剧烈非稳态传热的时段,即有冷感的时间段,如图 6 所示。

$$t = t_1 - t_0 \quad (1)$$

式中: $t_0$  为冷感起始时间; $t_1$  为冷感结束时间。

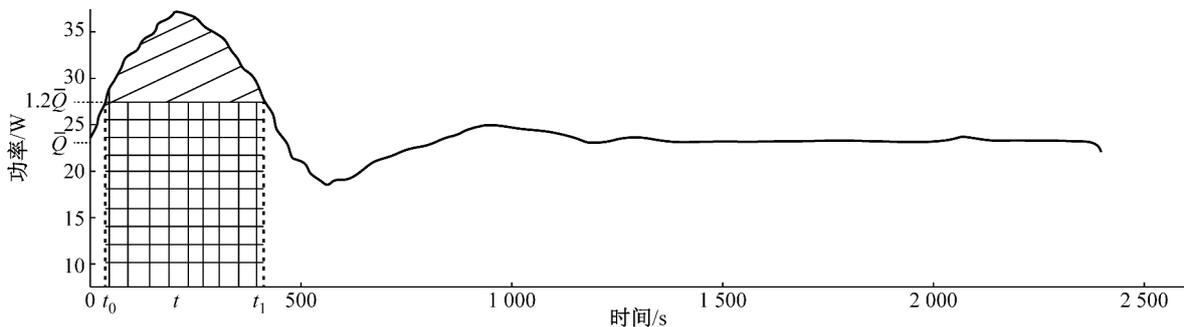


图 6 3 种冷感指标提取方法的示意图

Fig. 6 The ketch of three cool feeling's extraction methods

(2) 冷感时段总散热量  $W_1$ ( $J/m^2$ ),即在冷感时间  $t$  内单位面积试样散失的总热量,如图 6 的阴影部分所示,其值越大则试样的冷感越强。

$$W_1 = \int_{t_0}^{t_1} Q(t) dt / A \quad (2)$$

式中: $Q(t)$  为试验板加热功率随时间变化的曲线; $A$  为试验板总面积。

(3) 纯冷感散热量  $W_2$ ( $J/m^2$ ),即纺织品与人体

皮肤接触初期,由于两者温差引起人体向纺织品传递的热量,如图 6 的斜线部分所示, $W_2$  越大则冷感越强, $W_2$  还与试样热容量、面密度有关。纺织品吸收热量  $W_2$ (即经历冷感时间  $t$ ) 以后,其内表面与皮肤温度一致,外表面与环境温度一致,厚度方向形成稳定的温度梯度,从而进入稳态传热阶段。

$$W_2 = W_1 - f \bar{Q}(t_1 - t_0) / A \quad (3)$$

式中:  $\bar{Q}$  为稳态传热时段的平均加热功率;  $f$  为倍数。

实际上  $W_1$  由两部分组成: 一部分是试样本身的稳态传热性能决定的散热量, 如图 6 的网格区域所示; 另一部分是由于纺织品与人体皮肤的温差引起的人体向纺织品传递的热量  $W_2$ 。一般情况下, 冷感时间  $t$  和纯冷感散热量  $W_2$  能够组合表征纺织品的冷暖感。在判断纺织品的适用季节或用途时, 冷感时段总散热量  $W_1$  也具有应用价值。

上述指标适合窗口加热等任何加热方式, 并且物理含义明确。

对于任一纺织品, 至少应该使用冷感时间和冷感散热量两方面指标表征其冷感特性。当产品的保温性或热阻不同时, 应该使用冷感时间  $t$  和纯冷感散热量  $W_2$  比较其冷暖感特性; 当产品的保温性或热阻接近时, 可以使用冷感时间  $t$  和冷感时段总散热量  $W_1$  比较其冷暖感特性。

### 2.3 冷感始终时间点的判定方法讨论

在上述 3 个冷感指标中, 冷感起始时间  $t_0$  和冷感结束时间  $t_1$  是至关重要的。只有准确地找到这两个时间, 才能真实计算样品的冷感时段总散热量  $W_1$ , 以便准确度量冷暖感。

从图 4 和 5 可以看出, 实测的剧烈非稳态传热时段的结束时刻也与仪器控制模式有关, 有时会出现一个极小值。另外, 起始时间与操作人员放置试样的速度有关, 这显然不合常理。并且, 仪器测试的加热功率曲线不可避免地存在噪声, 即小波动。

为避免上述仪器参数、操作速度及信号噪声的影响, 这里规定如下:

(1) 对试验板的加热功率曲线先进行平滑滤波处理, 如图 7 所示, 在平滑后的加热功率曲线上寻找冷感起始时间  $t_0$  点和冷感结束时间  $t_1$  点;

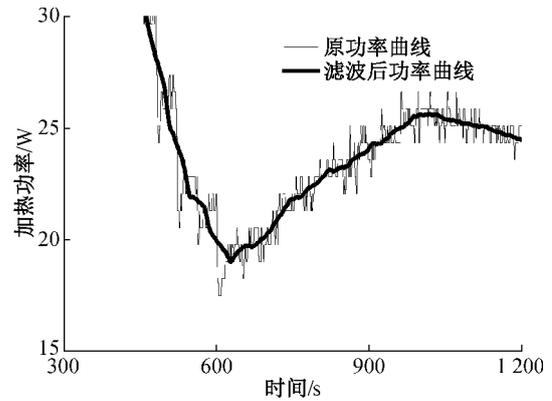
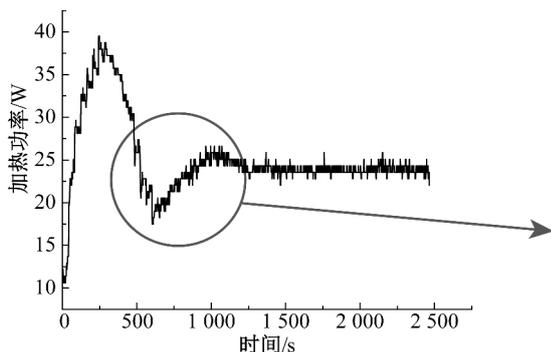


图 7 LD-1 型服装保温仪测试的试样原加热功率曲线及光滑后的加热功率曲线

Fig. 7 The original and smoothed thermal power curve of the sample tested by LD-1 clothing thermal insulation tester

(2) 冷感起始时间  $t_0$  点为测试开始后平滑处理过的热功率曲线上上升到  $\bar{Q}$  的  $f$  ( $1.0 \sim 1.2$ ) 倍时对应的时刻; 冷感结束时间  $t_1$  点为热功率曲线从最大值下降到  $\bar{Q}$  的  $f$  ( $1.0 \sim 1.2$ ) 倍时对应的时刻, 如图 6 所示。

### 2.4 冷感指标的效果考查

为了验证上述算法的有效性, 选取表 1 所示的 4 款不同绒质和不同填充量的羽绒被及 4 款其他纤维的床上用品作为试样。测试前, 4 名有经验人员对 8 款试样的冷感作过详细触摸考评, 一致认为, 旧棉被 5 的冷感最强、冷感时间最长, 夏用鸭绒被 1 的冷感较强, 而其他羽绒被的冷感较弱, 羽绒被中鹅绒被的冷感更弱, 涤纶被的冷感比羊毛被弱。

用 LDMG-1 型寝具保温仪测试各试样的加热功率曲线, 计算上述冷暖感指标。每款羽绒被在三弘集团的大货中随机抽取 3 条, 其他芯材的试样每条在不同部位测试 3 次。各试样冷感散热量和冷感时间测试结果如表 3 所示。

表 3 各式样冷暖感测试结果

Table 3 The result of samples' cool feeling

试样	$W_1 / (\text{J} \cdot \text{m}^{-2})$	$W_2 / (\text{J} \cdot \text{m}^{-2})$	$t / \text{s}$
白鸭绒被 1	53 679.73	13 924.68	1 265.33
灰鸭绒被 2	29 987.73	12 338.45	996.00
灰鸭被绒 3	27 508.00	10 828.45	798.33
鹅绒被 4	25 258.13	9 565.017	811.67
旧棉被 5	37 749.60	20 339.10	994.50
涤纶床垫 6	44 520.40	11 143.07	1 045.52
涤纶床垫 7	42 921.21	14 580.95	937.50
羊毛床垫 8	43 157.22	13 438.12	1 034.51

由表3可以看出,纯冷感散热量 $W_2$ 最能反映实际情况。旧棉被的纯冷感最强;同一条毛涤床垫,棉面的冷感比羊毛面的冷感更强;夏用鸭绒被1的冷感比其他几款春秋和冬用羽绒被大。这些都和主观评价规律相符合,由此证明可以用纯冷感散热量来评价纺织品的冷暖感。

由表3可以看出各组试样的冷感时间差距不大。旧棉被以及厚度较薄的床垫(涤纶床垫6)和夏用羽绒被(鸭绒被1)等试样的冷感时间最大,这和理论相符。旧棉被本身厚度较大,质量大,热容量大<sup>[12]</sup>,冷感较强,进入稳态所需要的时间较长,冷感时间长。厚度较薄的纺织品热量流通得比较快,散失的热量多,需要吸收的热量也多,故进入稳态所需要的时间也较长,冷感时间长。由此结果可以看出,本文定义的冷感时间符合理论预期,具有可行性。

### 3 结 语

借助LDMG-1型寝具保温仪和LD-1型服装保温仪测试的物理量,用于研究评价平面状或曲面状纤维制品和服装的冷暖感测试方法以及表征指标,得出以下结论:

(1) 通过加热功率曲线和温度曲线的分析,可以看出保温仪测得的加热功率曲线更能够反映纺织品的冷感特性。因为在剧烈非稳态时段,由于各区域与试样接触的紧密程度不同,所以不同区域的试验板温度曲线不尽相同,并且不能保证每次试验时试样与试验板的接触紧密程度是一致的。但是,试验板的加热功率曲线非常稳定,与试验操作无关,并且加热功率曲线可以反映能量变化过程,因此,确定用试验板的加热功率曲线分析计算人体与纺织品接触初期的冷暖感指标。

(2) 为避免仪器参数、操作速度及信号噪声的影响,规定冷感起始时间 $t_0$ 点为测试开始后平滑处理过的热功率曲线上升到 $\bar{Q}$ 的 $f$ (1.0~1.2)倍时对应的时刻;冷感结束时间 $t_1$ 点为热功率曲线从最大值下降到 $\bar{Q}$ 的 $f$ (1.0~1.2)倍时对应的时刻。

(3) 纺织品冷暖感应该用冷感时间和冷感散热量

量两方面指标组合表征。冷感散热量指标包括冷感时段总散热量 $W_1$ 和纯冷感散热量 $W_2$ 两项,后者比前者更具可比性。冷感时间越长、纯冷感散热量越大,冷感越强。

关于冷暖感的各指标大小,除了与试样材质、结构等自身因素有关外,还明显与试样预处理条件相关。实际需要的冷暖感指标往往不是标准环境平衡后的测试值,冬季产品的冷暖感指标可能为在冷环境预处理后的测试值,夏季产品的冷暖感指标可能为在热湿环境下预处理后的测试值,因此,下一步将讨论冷暖感的测试方法。

### 参 考 文 献

- [1] 姚穆,王晓东. 织物接触冷暖感[J]. 西北纺织工学院学报, 2001,15(2): 37-41.
- [2] 杨世铭,陶文铨. 传热学[M]. 4版. 北京: 高等教育出版社, 2006: 30-37.
- [3] 刘让同,严灏景. 主观评价与其主观性与客观性分析[J]. 科学技术与辩证法,1994,(4): 34-37.
- [4] WINSLOW C E A, HERRINGTON L P, GAGGE A P. Physiological reactions of the human body to varying environment temperatures [J]. Journal of Physiology, 1937, 120(1): 30-50.
- [5] 苗莉,王文革. 服装心理学[M]. 北京: 中国纺织出版社,1997: 25-38.
- [6] 李俊,张渭源,王云仪. 人体着装部位间皮肤冷感受之差异性研究[J]. 东华大学学报(自然科学版),2002,28(6): 12-16.
- [7] ROHLES F K. Psychological aspects of thermal comfort [J]. ASHRAE JOURNAL,1971,13(1): 86-90.
- [8] 陈贵翠,张立峰. 短季棉牛仔布的接触舒适性测试与分析[J]. 化纤与纺织技术,2010,39(2): 43-45.
- [9] 王府梅. 服装面料的性能设计[M]. 上海: 中国纺织大学出版社,2002: 86-90.
- [10] 王茜,沈华,张国权,等. LDMG-1型寝具保温仪的精确度及其对产品的适应性[J]. 上海纺织科技,2015,43(6): 29-32.
- [11] 潘霞,王府梅. 新型上装保温仪的稳定性和精确度考查[J]. 成都纺织高等专科学校学报,2015,32(4): 68-71.
- [12] 李丽,肖红,程博闻. 织物接触冷暖感的影响因素及研究现状[J]. 棉纺织技术,2016,44(1): 80-84.

(责任编辑:杜佳)