

丝绒织物传热性能的正反向差异

姚 穆 施楣梧 王晓东

(西北纺织工学院)

【摘要】 研究正反面结构有显著差异的丝绒织物在传热性能上的方向性。在平板型保暖仪上通过试样的不同搭配方式测试求得了丝绒织物光面和绒面接触热阻的差异。

一、前 言

如同半导体材料单向导电性的发现极大地推动了电子技术的进步,倘若纺织品对能量流和质量流呈现出正、反向流动阻力的较明显的差异,必将因此而开发出一系列功能性纺织品。资料^[1]的研究已经表明当织物正反面结构有显著差异时,其传热和传湿特性具有比较明显的方向性差异。本文则探讨在单纯传热状态下丝绒织物的方向性传热性能。

二、试验方法及测试结果

用平板型保暖仪(日本大荣科学精仪制作所,ASTM型)测试黑色丝绒($212.5\text{g}/\text{m}^2$ 、厚 2.205mm)的热阻。热板温度 33°C 、环境温度 $20\pm 1^\circ\text{C}$ 。在热板上方 150mm 处还设置了一个辅助温度测点,用来观察整个测试系统的温度偏移。试验中试样搭配方式分单层和双层测试,热板上留 6mm 空气层或不留空气层,单层丝绒绒毛向上或向下以及双层测试中绒面

对绒面接触或绒面对光面接触等形式。具体搭配方式及测得的从热板到环境的总热阻列于表1。其中热阻的计算方法见资料^[2]。

测试中辅助测点所得温度值呈现有规律的微小变化，即织物层数加多或设置空气层时该点温度稍有下降。据六次空白试验得平均空白热阻 $R_0 = 113.7167 \times 10^{-3} (\text{m}^2\text{k/w})$ 。

三、测试数据分析

首先假设：

(1) 织物热阻由织物本体热阻 R_f 和两表面的接触热阻 R_c 组成。对应于丝绒织物两侧结构的不同和热流方向的不同，接触热阻又分为热流进入绒面（或光面）时的接触热阻 R_{cpi} （或 R_{cwi} ）和热流流出绒面（或光面）时的接触热阻 R_{cpo} （或 R_{cwo} ）；

(2) 双层重叠测试中丝绒织物“绒-绒”接触、“绒-光”接触和“光-绒”接触时因一侧或两侧有绒毛，两层织物之间可紧密结合，中间无空气层，故近似认为相接触的两个表面的接触热阻为零。

表1 测试结果

No.	搭配方式	总热阻测得值 $R_T \times 10^{-3} (\text{m}^2 \cdot \text{k/w})$	
		丝绒A	丝绒B
1	单层绒面向上无空气层	166.3672	165.8632
2	单层绒面向上有空气层	289.6500	290.6951
3	单层绒面向下无空气层	177.9886	177.5548
4	单层绒面向下有空气层	294.8364	295.3125
5	双层绒面均向上无空气层	211.7954	
6	双层绒面均向上有空气层	334.3481	
7	双层绒面均向下无空气层	225.0842	
8	双层绒面均向下有空气层	346.8408	
9	双层绒-绒接触无空气层	219.1120	
10	双层绒-绒接触有空气层	338.1904	

再计算热板与织物之间空气层的热阻 R_a 。对应于表1中织物叠合方式和绒毛方向相同的两种相邻状态，有空层气时的系统总热阻减去无空气层时系统总热阻，即为该状态下空气层的热阻。取表中7对数据之差的平均值为空气

层的平均热阻： $R_a = 120.292 \times 10^{-3} (\text{m}^2\text{k/w})$ 。

在已知空白试验时的热阻 R_0 和空气层热阻 R_a 之后，据表1中各行的总热阻测得值 R_T 减去相应的 R_0 和 R_a （无空气层时 $R_a = 0$ ），即为该状态下织物本体热阻与其表面接触热阻之和。例如 No.1、No.2 两行的任一个 $R_T - R_0 - R_a$ 都等于 $R_f + R_{cwi} + R_{cpo}$ 。对上下两行及 A、B 两块织物取平均后得：

$$R_f + R_{cwi} + R_{cpo} = 54.281 \times 10^{-3} \quad (1)$$

类似地，据 No.3 和 No.4、No.5 和 No.6、No.7 和 No.8、No.9 和 No.10 分别可得

$$R_f + R_{cpi} + R_{cwo} = 62.560 \times 10^{-3} \quad (2)$$

$$2R_f + R_{cwi} + R_{cpo} = 99.209 \times 10^{-3} \quad (3)$$

$$2R_f + R_{cpi} + R_{cwo} = 112.100 \times 10^{-3} \quad (4)$$

$$2R_f + R_{cwi} + R_{cwo} = 100.788 \times 10^{-3} \quad (5)$$

以上(1)~(5)式中有五个未知数。但无确定性解。为解出各个变量的值，不妨近似认为丝绒织物的光面在热流流入和流出时接触热阻相差相对较小，故设：

$$R_{cwi} = R_{cwo} \quad (6)$$

于是据以上六式求得各可能解的平均值： $R_f = 47.234 \times 10^{-3}$ 、 $R_{cpi} = 10.166 \times 10^{-3}$ 、 $R_{cpo} = 1.887 \times 10^{-3}$ 、 $R_{cwi} = R_{cwo} = 5.160 \times 10^{-3}$ 。由此看出织物表面的接触热阻不容忽略，仅 R_{cpi} 一项已占丝绒本体热阻的20%以上。对于丝绒类单面有绒的织物而言，热流流入绒面时的阻力远远大于热流沿绒面逸散时的阻力，也大于热流在光面流入或流出时的阻力。即绒面朝向人体穿用时有较好的保暖效果，而绒面向外时则相对凉爽。这与我们的生活经验及资料^[1]的论述相一致。

四、理论解释

严格说来，处于温度场中的织物即使正反面状态完全一致，两个表面对总热阻值的贡献也各不相同。因为一方面由于材料及空气层的导热系数和换热系数均为温度的函数，而织物两侧处于不同的温度；另一方面如用声子理论解释纺织材料等高聚物的导热，则在一侧介面上气体分子撞击介面产生声子进而向内散

射、另一侧是声子在介面上散射从而将热能传递给气体分子，两种转换的效率自然不一。

对于表面状态有显著差异的丝绒类织物而言，在绒毛朝向热板的情况下，由于丝绒底布在外侧遮盖保护，绒毛间及绒毛与热板之间的空气对流困难，空气层显示出很大的热阻；且沿绒毛径向温度几乎均匀一致，绒毛侧向几乎无热流通过，所以热流基本上都须通过绒毛端面沿绒毛纤维的长度方向传递，而绒毛截面积之和仅占织物总面积的一小部分，故表现出较大的接触热阻。当绒毛朝向外侧时，绒毛间的空气的热阻下降，绒毛纤维除头端外，柱体表面也参加对流换热和辐射换热，故接触热阻将

比绒毛朝向热板时小得多。

五、结 论

- (1) 织物表面的接触热阻不容忽略；
- (2) 织物的同一表面在热流进入或流出时可显示出不同的接触热阻值、正反面结构不同的织物其两侧的联系热阻值也不一样，即此类织物的传热性能具有方向性差异。

参 考 资 料

- [1] 《西北纺织工学院学报》，1992，No.3，p. 29~33。
- [2] 《纺织标准与检测》，1988，No.1，p.34~37。