

低温织物微气候测试仪

周小红 王善元 叶继涛 陈儿同

(东华大学纺织学院,上海,200051) (上海理工大学动力学院)

摘要:采用半导体制冷技术模拟低温环境,使用计算机多通道采集模拟皮肤与试样间的微气候变化及单层织物或多层织物的热湿传递,来研究织物对能量流和质量流的阻力。

关键词:织物微气候测试仪 半导体制冷技术 传热传质

中图法分类号:TS 103.63 文献标识码:A

织物热湿传递测试方法与测试装置一直是服装材料舒适性研究的重要内容之一。1979年,Hollies提出服装材料舒适性是热、湿耦合作用的结果,并设计了一种能发汗的湿平板,至此织物微气候仪的研制备受关注。织物微气候仪一直致力于:1)尽可能接近服装的实际穿着状态,进行热湿传递的同时测试;2)应用计算机技术进行动态测试。

1 织物微气候仪的研究现状

织物微气候仪通常是模拟在外界环境中检测模拟皮肤与试样间的微气候变化及热湿传递,即检测人体热量和汗汽通过织物内空气层、织物及织物外空气层与环境进行能量交换、质量交换的全过程,用温度梯度和湿度梯度法测试出织物能量交换和质量交换的状态变化,从而反映织物对能量流和质量流的阻力。

1.1 原田织物微气候仪

1982年,原田^[1]在总结前人工作的基础上研究的具有同时测量热、湿传递的织物微气候仪,使用0.38 mm厚的微孔聚四氟乙烯膜,来模拟人体的无

感出汗,使用0.6 mm厚、细孔直径0.3 mm的铜板,来模拟人体显性出汗。环境温度、湿度和风速风向是可调节的。该仪器可以模拟人体在各种活动状态引起的热湿状态,利用温湿度传感器测出这些状态下微气候状态,并测出织物回潮率。

随后,王云祥^[2]、Farnworth^[3]等人研究了发汗热平板。

1.2 姚穆—Yasuda多功能织物微气候仪

姚穆、施楣梧^[4]等人研制的织物微气候仪,仪器形成垂直于试样的一维单向热湿流场,在一维流场中测量微气候和织物附近的温度和湿度或测量多层织物之间的温度和湿度。仪器运用连续无级可调的环境气候的模拟系统(温度10~40℃,相对湿度30%~97%,水平风速0.05~5 m/s),并使用不同透湿能力的模拟皮肤,来模拟人体不同的出汗状态。

Wang & Yasuda^[5,6]等研究了同类型的多层织物热湿动态传递测试仪。

1.3 Wehner-Gibson 织物微气候仪

Wehner^[7]将不同相对湿度的湿蒸汽分别通过织物两侧表面,并保证织物两侧的温度和压力相等,研

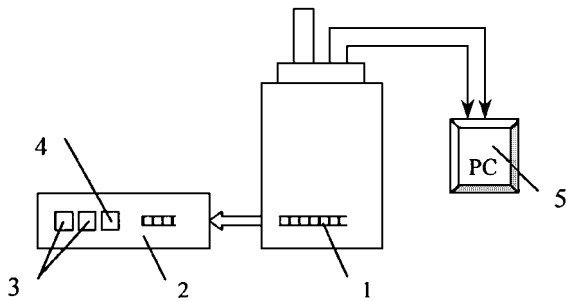
究织物温湿度梯度下的水蒸汽动态传递,或维持织物两侧的温度一致,在试样一侧通过干空气另一侧通过饱和水蒸汽,两侧流体经过试样后温度、湿度发生变化,计算水蒸汽透过织物的质量流量。

P. Gibson^[8]基于 Wehner 的织物传湿动态测试模型,研制了织物传湿动态自动测试仪(DMPC),将含有不同水蒸汽的氮气流经试样上下表面,已知入口出氮气的浓度和温度,测试出口处氮气的浓度和温度,得到水蒸汽透过试样的流量,计算得到试样的湿阻。

综上所述,织物微气候测试仪将环境模拟技术、人体生理状态模拟技术与现代测量技术有机结合,上述研究尚缺乏对低温环境的模拟和低温环境热湿传递的研究。本文采用半导体制冷技术模拟低温环境,使用计算机多通道采集模拟皮肤与试样间的微气候变化,及单层织物或多层织物的热湿传递,研究织物对能量流和质量流的阻力。

2 低温织物微气候测试仪

低温织物微气候测试仪模拟人体着装时的生理状态和环境条件,形成适当的一维温度和湿度分布条件,实现计算机多通道采集通过织物的热湿流量。低温织物微气候测试仪见图 1,两只温度控制器分别调节并控制微气候环境温度和恒温水池的温度。计算机对测试点的温度和相对湿度进行连续采集。织物试样上方设气流缓冲罩。主机模拟人体着装时的生理状态和环境条件,形成适当的一维温度和湿度分布条件,见图 2。维持室温以下温度和 50%相对湿度。模拟人体着装时的生理状态见图 3,其中温度和相对湿度传感器安装在压环上。

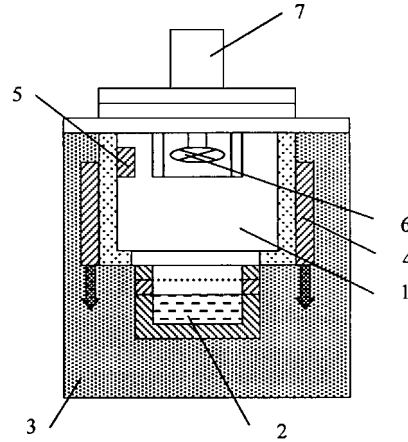


1—主机;2—控制箱;3—温度控制器;4—计时器;5—计算机

图 1 低温织物微气候测试仪

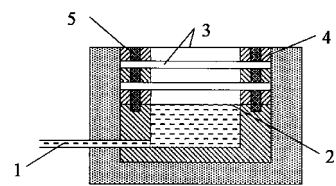
2.1 半导体制冷模拟低温环境

半导体制冷模拟环境温度范围在室温至(-40±0.1)℃,相对湿度调节控制在(50±2)%。热电堆(半导体)的制冷(加热)工作原理^[9]依据的是珀尔帖(Peltier)效应:当直流电通过两种不同导电材料构成



1—微气候室;2—恒温水池组成主机;3—保温材料;4—制冷器;
5—除湿器;6—风扇;7—电机

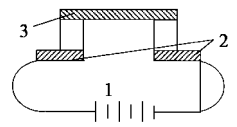
图 2 低温织物微气候测试仪主机结构



1—毛细管测量水蒸汽量;2—微孔渗透膜;3—织物试样;
4—压环;5—磁性柱

图 3 低温织物微气候测试仪试样夹头结构

的回路时,接点上将产生吸热或放热现象。对于半导体材料,珀尔帖效应特别显著,见图 4。当 p 型半导体 n 型半导体结成热电偶,接上直流电源 1 后,在接点处就会产生温差和热量转移。若电流方向从 p 型半导体流向 n 型半导体,接点处温度升高并放出热量;反之,接点处温度降低并从外界吸收热量。半导体有两个端面 2, 3, 当一个端面为冷端时,另一个端面就为热端。当半导体制冷器工作在制冷状态下,与模拟环境接触的端面为冷端,而与散热器接触的端面为热端。反之,制冷器工作在加热状态,与模拟环境接触的端面为热端,而与散热器接触的端面为冷端。



1—直流电源;2,3—端面

图 4 热电制冷系统

除湿器的冷端在低于空气的露点温度下工作,空气温度在露点温度以下时,水蒸汽在除湿器表面凝结,达到除湿的目的。

2.2 实现计算机多通道采集通过织物的热流和湿流

如图 5 所示,由铂电阻温度传感器 1 和高分子膜湿度传感器 2 检测织物试样内外侧的温湿度信号,然后经变送器 3,4 转换后,非标准温湿度信号转换成标准信号。数据采集模块 5 进行模数转换,通

如图 5 所示,由铂电阻温度传感器 1 和高分子膜湿度传感器 2 检测织物试样内外侧的温湿度信号,然后经变送器 3,4 转换后,非标准温湿度信号转换成标准信号。数据采集模块 5 进行模数转换,通

过并行通讯端口 6 传送到计算机。特制的软件把检测到并行端口传输过来的信号进行翻译,转换成实时显示温度和湿度数据。在织物试样两侧各取 3 点测试温度信号,并取平均值,各取 1 点测试湿度信号。因此,单层织物内外两侧测量,选择 8 路数据采集模块;三层织物各层的测量,选择 16 路数据采集模块。

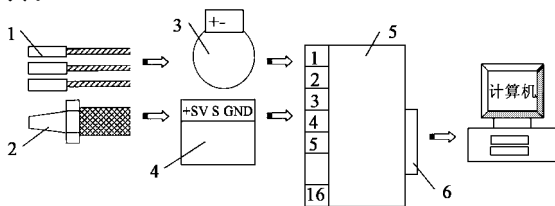


图 5 温度和湿度测量图

2.3 模拟人体皮肤的选择与发汗率

人的活动量不同发汗率也不同,如休息时出汗率 $350 \text{ g} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1})$,登梯(负重 20 kg)时出汗率 $2780 \text{ g} \cdot (\text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1})$ 。选择微孔结构的聚四氟乙烯膜或聚四氟乙烯膜层合织物用于模拟皮肤是十分有效的,微孔大小及分布不同所模拟的发汗率也不同,模拟皮肤表面温度由恒温水池控制,要求为 $(32 \pm 1) \text{ }^\circ\text{C}$ 。发汗率使用毛细管负压法测量。

3 结论

低温织物微气候测试仪是纺织服装面料和膜状

材料热湿传递测量的理想设备,测试仪体积小、重量轻、操作简单、功能齐全;能精确维持和平稳调节微气候的温度和湿度工况,环境模拟温度范围大,特别是实现了低温环境的模拟,模拟人体皮肤的出汗状态是可以变化的,为实际穿着的热湿传递测量与研究提供了实验基础。热湿传递测量采用现代测试技术,不仅能测量单层织物温湿度传递,并且可以测量多层织物各层之间的热湿传递。

参考文献

- 1 原田隆司等. 衣服材料の水分と热の移动特性. 日本纤维机械学会志, 1982(5): 203 ~ 209.
- 2 王云祥等. 织物热湿传递性能研究. 中国纺织大学学报, 1986(1): 19 ~ 25.
- 3 B. Farnworth. A Numerical Model of the Combined Diffusion of Heat and Water Vapor Through Clothing. Text. Res., 1986(56): 653 ~ 665.
- 4 姚穆等. 织物微气候仪 II 型的研制.
- 5 J. H. Wang et al. Dynamic Water Vapor and Heat Transport Through Layered Fabrics Part I. Text. Res., 1991(1): 10 ~ 20.
- 6 T. Yasuda et al. Dynamic Water Vapor and Heat Transport Through Layered Fabrics Part II. Text. Res., 1992(4): 227 ~ 235.
- 7 J. A. Wehner et al. Dynamic of Water Vapor Transmission Through Fabric Barriers. Text. Res., 1988(10): 581 ~ 592.
- 8 Phillip Gibson. An Automated Water Vapor Diffusion Test Method for Fabrics Laminates and Films. J. Coated Fabrics, 1995(4): 322 ~ 345.
- 9 徐德胜. 半导体制冷与应用技术. 上海: 上海交通大学出版社, 1999.