

# 兼顾保暖和凉爽的衣服

(中国科学院理化技术研究所 戴 闻 编译自 Michael Schirber. *Physics*, November 5, 2021)

新的理论提出了一种可逆的织物，可以让人以一种方式穿着保持温暖，而在翻穿时保持凉爽。

我们的身体通过辐射热到环境中而损失了很大一部分热量，但服装设计师很少试图控制这种辐射。新的理论提出了一种可穿戴的可逆织物，它可以从一侧向外发射接近于零的辐射；而如果将织物翻穿，另一侧会发射大量的辐射。与以前由不透性膜制成的可逆织物不同，这种新织物将由微纤维组成，穿起来更舒适。这种薄薄的布料可以在阴凉房间里用来保暖，在过暖的房间里翻过来穿保持凉爽。那么，我们就可以使用节能恒温器，而不会造成不适。

在室内环境中休息时，人体散发的红外辐射占总热量损失的50%以上。剩余的热交换来自热传导(热量从皮肤传播到直接接触的物体，如衣服)和对流(热量由皮肤附近的

空气运动带走)。一个人可以通过增加织物层数来减缓传导或对流，但改变辐射损失需要改变衣服外表面的辐射能力。

光子材料为研究人员提供了一种定制物体辐射的方法。最近的研究探索了所谓的Janus(双向)织物，它们的两侧有不同的红外“颜色”，因此有不同的发射特性。然而，这些材料通常是有膜的，它们会捕获皮肤附近的空气和水分，这可能会让穿戴者感到不舒服。来自比利时蒙斯大学的博士生Muluneh Abebe和他的同事们提出了一种由纤维制成的无膜平针织品，允许纤维之间有气流。

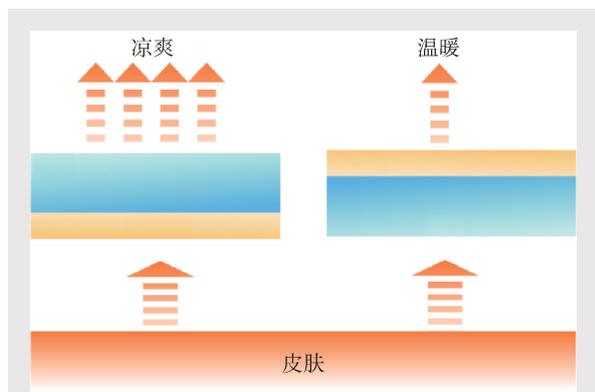
Abebe和他的同事们提出的设计，一面是金属纤维，另一面是介电纤维。为了表征织物的特性，研究

人员计算了材料对辐射的透射、反射和吸收。这些辐射过程在时间上是可逆的，这意味着特定一侧吸收辐射的能力等于从同一侧发射辐射的能力。Abebe解释说：“材料内部吸收的任何热量都会在相反的过程中完全从表面释放出来。”表征发射能力的是发射率，它

从非发射体的0增加到完美黑体的1。金属具有反射性，它们吸收的光很少，因此金属纤维应该具有低的发射率。研究小组想象了两层微米尺度宽的金属制的纤维，以交叉方式排列。从金属侧计算发射率的值仅为0.02。相比之下，介电材料具有高吸收性，从而应具有高发射性。研究人员发现，当介电纤维由碳化硅制成，其半径约为 $1\ \mu\text{m}$ ，纤维间距为 $3\ \mu\text{m}$ ，对于适当的红外波长其发射率较高。利用这些参数，他们计算出介电侧的发射率为0.74。

然后，该团队将这些发射参数插入到一个有确定热损失的模型中。他们发现，一个穿着金属面料朝外的人可以在空调设置为 $11\ ^\circ\text{C}$ 的阴凉房间里感到舒适。Abebe说，尽管这种织物只有大约 $20\ \mu\text{m}$ 厚，但它的保暖效果相当于穿一件中等厚度的夹克。如果这个人随后去了一个温暖的环境( $25\ ^\circ\text{C}$ )，他可以翻穿织物同样保持舒适。所以有了这件薄薄的衣服，整个办公室或家庭的加热或冷却所用能源将会减少。这种以织物为基础的Janus纺织面料的预测“舒适区”比已经测量到的以膜为基础的纺织品( $14\text{—}24\ ^\circ\text{C}$ )略宽。

Abebe和他的同事们正在与实验人员一起开发他们的设计原型。Janus面料的衣服可能略显僵硬，但Abebe说，纤维的轻薄使它们足够柔韧。



来自皮肤(橙色层)的热辐射或热传导经过Janus织物时，会以一种取决于织物方向的方式排放热到环境中去。当高辐射率的介电纤维(蓝色层)朝外时(左图)，辐射量几乎与裸露的皮肤等值，穿着者感觉凉爽。当翻面穿时，低辐射率的金属纤维表面(金色层)朝外(右图)，辐射量几乎为零，所以穿着者感到温暖

人员计算了材料对辐射的透射、反射和吸收。这些辐射过程在时间上是可逆的，这意味着特定一侧吸收辐射的能力等于从同一侧发射辐射的能力。Abebe解释说：“材料内部吸收的任何热量都会在相反的过程中完全从表面释放出来。”表征发射能力的是发射率，它