



用于可穿戴织物和口罩热管理的 柔性相变非织造布

人们对可穿戴热管理系统需求的快速增长，例如可穿戴传感器、超级电容器和人体织物，加速了柔性多功能相变材料 (PCM) 的发展。有机类 PCM (如聚乙二醇，石蜡和脂肪胺) 具有高储热密度、近似恒温相变过程、优异的化学和热稳定性、无毒性和环境友好等特点，在人类可穿戴热管理领域中受到广泛关注和研究。然而，这些传统的有机类固-液相变材料存在固-液相变易引发液体泄漏、刚性强和水蒸气透过性差等缺点，严重阻碍了其在可穿戴热管理中的实际应用。

目前主要有两种制备温度调节复合材料的策略用于克服上述问题，一种是制备固固相变的柔性材料薄膜用于解决液体泄露问题，但是没有解决水蒸气渗透性差和热能存储密度低的问题；另一种策略是将 PCM 材料封装到柔性相变纤维中用于解决透气性差的问题，但是这类柔性相变纤维的热焓值也通常低于 150 J g^{-1} 。因此，设计制造出具有高焓值、透气性好和具有优异形状稳定性的相变织物对进一步满足人类实际需求具有重要的现实意义。

据

报道,中科院大连化学物理研究所研究员史全团队、吴忠帅团队和澳大利亚迪肯大学教授陈英团队合作,在柔性纤维型相变材料研究方面取得新进展。合作团队通过湿法纺丝和真空浸渍制备了柔性石墨烯-氮化硼纤维基的相变非织造布,具有优异的柔韧性、储热能力、透气性能,并将其用于可穿戴人体热管理器件中。

为进一步提升相变器件的透气性能和储能密度,史全团队利用吴忠帅团队的石墨烯三维多孔组装体的制备技术,以及陈英团队在氮化硼纳米片制备领域的独特优势,与后两者共同提出了一种通过湿法纺丝方法制备高焓柔性相变非织造布的通用策略。

该相变非织造布表现出206.0焦耳/克的高焓值、优异的热稳定性、1000次循环后焓值保持率仍达到97.6%的热循环能力,以及超高的水蒸气透过率,优于当前已报道的相变材料薄膜和纤维。

1 柔性石墨烯-氮化硼纤维基相变非织造布及其制造

相变材料在可穿戴热管理领域具有重要地位,由于固-液相变材料自身的液相泄漏问题、固有的刚性、水蒸气渗透性差等问题,其实际应用仍需进一步研究和探索。

中国科学院大连化学物理研究所史全研究员、吴忠帅研究员和澳大利亚迪肯大学陈英教授课题组合作,通过湿法纺丝制备石墨烯-氮化硼(GB)非织造布载体;随后通过真空浸渍烷烃(二十烷和十八烷),实现了高焓值柔性相变非织造布(GB-PCN)的制备。

首先,制备了GO和BN纳米片。将这两种2D纳米片溶液均匀混合后,通过湿法纺丝、过滤和还原过程制备GB-N。由于湿纺过程中的剪切力,纳米片平行堆叠和排列,这非常有利于热能的传输和利用。

进一步,GB-PCN织物通过加热真空辅助浸渍被制备得到。GB-PCN在纤维之间具有相互连接的网络,这增强了整体结构的机械强度并建立了宽热能传输网络。高放大倍率SEM图像显示GB-PCN织物的表面是平整的。

此外,GB-PCN显示出优异的柔性,这对实际应用极其重要。此外,疏水性对织物也至关重要,这可以赋予织物出色的自清洁性。

测试结果表明,GB-PCN表现出 206.0 J g^{-1} 的较高焓值,优异的热稳定性和形状稳定性,1000次循环后焓值保持97.6%的超高热循环能力,以及较高的水蒸气透过性,其性能优于目前报道的相变薄膜和纤维。此外,他们也构建了基于GB-PCN的可穿戴热管理系统,用于人体织物和口罩热管理,该系统可以长时间将人体保持在舒适的温度范围内。因此,该GB-PCN在实际场景中的人体可穿戴热管理方面具有巨大潜力。

2 在可穿戴织物中的热管理应用

相变温度为 $27.3\sim 31.3^\circ\text{C}$ 的GB-PCN具有出色的性状稳定性、优异的相变性能、长循环性能和良好的热稳定性,在构建工作温度为 $20\sim 36^\circ\text{C}$ 的可穿戴人体热管理方面具有巨大潜力。

为此,他们通过棉布/GB-PCN/棉布的逐层组装,制造了一种三明治式的热能储存和温度控制装置,其中选择石墨烯作为光吸收单元,氮化硼作为导热填料,二十烷作为蓄热单元,棉花作为包装布,以进一步增加人体的舒适度。将衣服加热到 40°C 以上,GB-PCN在较窄的温度范围内可以平稳地释放约1500 s的热量。

此外,水蒸气透过率是人类可穿戴织物所用材料的重要指标。当人体出汗时,高效的传水能力可以增强人体的舒适程度。在此基础上,他们定量研

究了聚乙烯 (PE)、棉和棉 -GB-PCN- 棉的水蒸气渗透性。每隔几个小时测量一次瓶子的质量损失后, 质量和时间之间的关系几乎是线性的。

结果表明, 棉布 -GB-PCN- 棉的水蒸气透率达到 $0.00709 \text{ g cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$, 非常接近 $0.00799 \text{ g cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ 的棉花。因此, PE 材料基本不具有水蒸气渗透性, 而棉 -GB-PCN 具有良好的水蒸气渗透性, 证明了在自然对流条件下, GB-PCN 具有优异的水蒸气渗透性。

3 在口罩中的可穿戴式热管理应用

由于具有优异的水蒸气渗透性, GB-PCN 织物被证明可用于口罩, 以实现夏季保持凉爽和冬季保暖的功能。他们在口罩的一侧添加了 E-2GB-PCN, 另一侧作为对比。在寒冷的环境中, 掩模两侧存在

明显的温差, 对应于相变过程。值得注意的是, 滞后时间长达 19 分钟, 与先前报道的水平一致。

这种优越的蓄热和保温性能归因于 GB 非织造布内部的分层结构, 并且在杂化结构中, 微孔和中孔提供了许多吸附位点。此外, 梯度孔诱导的毛细管作用可以保证二十烷分子的稳定性。同时, 互连的石墨烯和 BN 纳米片网络可以形成高 3D 导热通道, 使 PCN 尽可能保持温度均匀性。然而, 没有 PCM 的传统口罩显示出快速冷却过程。实验结果验证, 二十碳烷基面罩能够提供足够的热能, 并保持较长的温度平台, 满足实际使用的基本要求。

事实证明, 这种口罩在夏天还可以有效地冷却进入的空气, 提高人体的舒适度。当面罩在 38°C 的环境中使用 19 分钟时, 面罩的温度仍保持在 25°C 的非常舒适的温度。

来源: 荣格非织造布资讯

