苏州纳米所等利用多级孔水凝胶轻水材料实现极端高温下的可穿戴无源降温

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/29791.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

苏州纳米所等利用多级孔水凝胶轻水材料实现极端高温下的可穿戴无源降温。

在全球极端气候频发、夏季高温
持续增加的情况下，人们在户外活动、作业均面临着高温威胁。因此，热防护是保障极端环境下作业人员生命安全与健康的关键技术。气凝胶因优异的隔热性能和极低的密度，成为实现极端环境热防护及轻量化的理想材料。

此前，针对极端环境热防护而发展的复合材料在综合性能方面表现出色，但在极端高温环境下的降温效果存在局限性，无法满足长时间高温暴晒下的降温需求。

液态水因高蒸发焓、较低的沸点
、高冷却功率及绿色可再生的特性，在工业和电子设备冷却领域广泛应用。而液态水在室温下的流动状态限制了其可穿戴应用。
近日，中国科学院苏州纳米技术与纳米仿生研究所研究员王锦和李清文等，联合香港中文大学教授龙祎团队，设
计并制备出轻质的多级孔水凝胶（HPHG）。研究发现，
HPH
G通过多
级孔结构，实现了
极端高温环境下比传统最优辐射制冷
材料更好的制冷效果；
同时，HPHG实现了大面积制
备与服装穿戴，在直射阳光下HPHG
的表面温度可比环境温度低22.5 ° C且冷却时间可达15
小时。进一步，研究将HPHG
制成一款轻量化冷却背心。这款背心重量不足3
50
克，且穿戴后人体皮肤温度平均可比空气
温度低11 ° C
。在制作过程中，科研人员将超疏
水二氧化硅气凝胶（SHBSA）分散在聚乙烯醇
水凝胶中，经过反复冻融操作制备出HPHG（

厚度仅为毫米级）。HPHG具有低密度、优异的力学性能等特征，适合大规模生产，并能够制作成轻质且具有一定力学强度无源降温服装。

研究显示，经过反复冻融操作，HPHG形成了多级孔结构。SHBSA使HPHG从高度透明变为白色不透明，而多级孔结构增加了入射太阳光的总散射效率。由于Si-O-Si键在7-14 μm范围内有强烈吸收，与8-13 μm的大气透明窗口重叠，而在可见光范围内几乎没有吸收，因此多级孔结构增加了HPHG的太阳光反射率，避免了高太阳光能量的吸收。

进一步，X射线显微断层扫描验证了SHBSA聚集体在HPHG内均匀分散以及多级孔结构，这与扫描电镜结果一致。由于水分子与水凝胶网络的相互作用，多级孔水凝胶10（HPHG10）和复合水凝胶10（HHG10）的蒸发焓比纯水蒸发焓低，但HPHG10蒸发焓较HHG10提高了25.2%且蒸发速率降低了20%。蒸发焓的增加和蒸发速率的降低可归因于分级多孔结构中的大孔。研究发现，利用COMSOL Multiphysics软件模拟纯水、HHG10和HPHG10在太阳辐射下的变化，可以得出在时间尺度上它们内部的温度分布以及相应的蒸发速率。

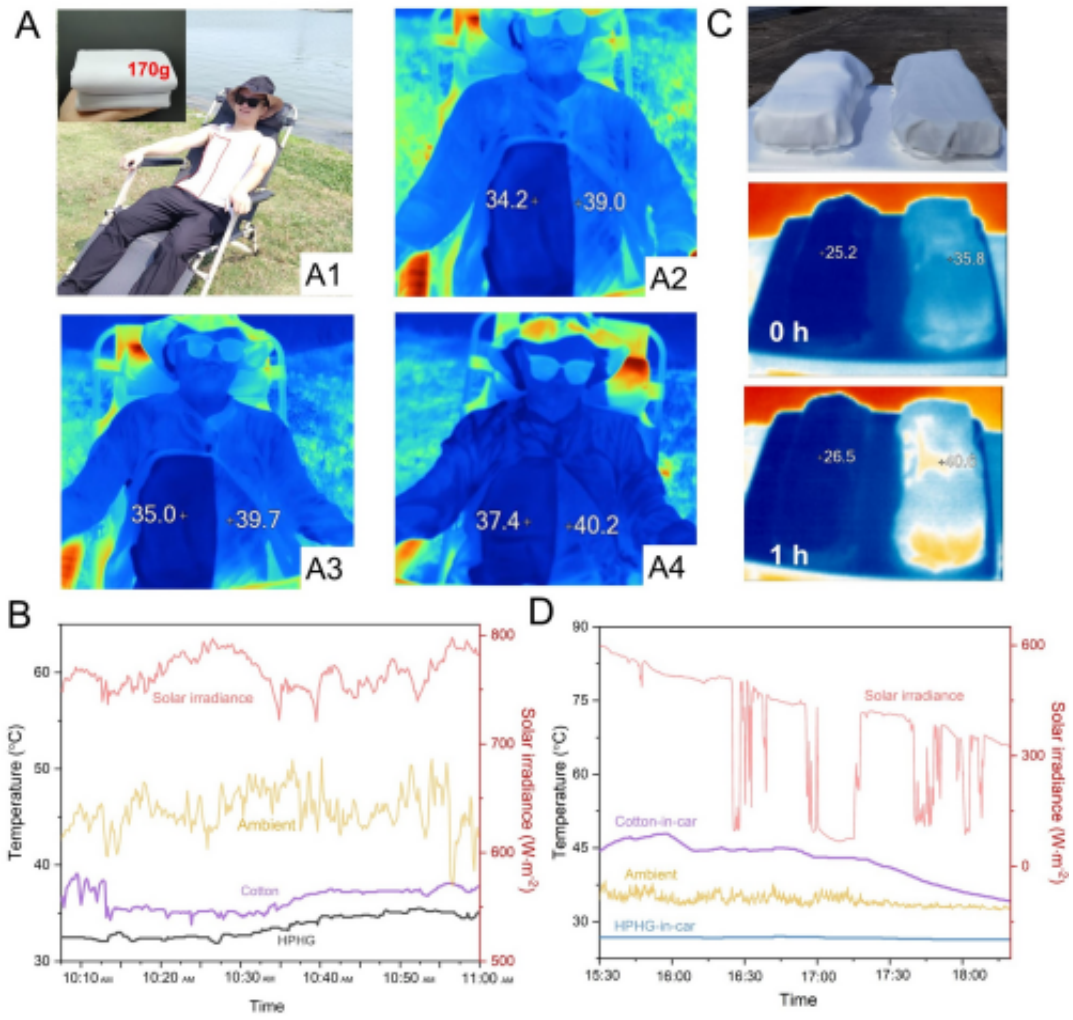
在户外测试中，该团队采用了无对流和有对流两种测试方法。结果表明，HPHG在封闭条件下比传统最优辐射降温材料具有更好的冷却效果，最高比空腔内环境温度降低22.4°C，平均和空腔内环境的温差达15.9 ° C。在吐鲁番45 ° C的极端高温环境下暴晒，与空气温度相比，HPHG的平均冷却效果达到8.9 ° C，最高降温可达14.7 ° C，而传统最优的辐射制冷材料基本丧失了冷却能力。在多云天气有对流的测试条件下，HPHG可持续15小时降温。

科研人员将HPHG10与传统商业棉织物结合制成背心，并在炎热夏季进行1小时实验。热成像仪显示，1小时后，HPHG10温度比棉背心低2.8 ° C，且HPHG10与人体皮肤间温度维持在舒适的36 ° C。除了可穿戴冷却性能出色，HPHG10还可用于空间冷却，如汽车被动日间冷却。在约2小时阳光直射实验中，HPHG10覆盖的汽车模型内部最高温度分别比无覆盖和棉覆盖的汽车模型低32.1 ° C和21.1 ° C。在库木塔格沙漠，HPHG可以将沙子的表面温度降低29.7 ° C。

HPHG的分级多孔结构实现了高效持久的蒸发冷却，调节了蒸发速率和蒸发焓。高含水量、高孔隙率的HPHG具有低密度、优异的机械性能和疏水性，为极端高温的可穿戴无源被动降温提供了新策略，并为解决户外极端高温热环境下的被动冷却提供了新方法。

相关研究成果以*Lightweight and hierarchically porous hydrogels for wearable passive cooling under extreme heat stress*为题，发表在《物质》（*Matter*）上。研究工作得到国家自然科学基金和江苏省自然科学基金的支持。

论文链接



多级孔水凝胶作为穿戴背心以及冷却装置的实际应用

研究团队单位：苏州纳米技术与纳米仿生研究所

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发