
新材料实现“外太空”制冷

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/16740.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！

新材料实现“外太空”制冷。



高导热率辐射制冷绝缘材料。黄兴溢供图

电力装备散热、建筑制冷等室外应用对冷却的需求很高，然而，空调等传统制冷方法因消耗电力大，进一步加剧温室气体排放，因此很难满足行业需求。

如何实现超低能耗的冷却？科学家开始将目光聚焦在辐射制冷上，这种被动冷却技术可以反射阳光，并将热量散发到深空而无需消耗任何能源。

基于该技术，近日，上海交通大学电气材料与绝缘研究中心教授黄兴溢与该校密西根学院教授鲍华合作，开发出一种具有高导热率的辐射制冷绝缘材料，这种材料具有高达98%的阳光反射率，可以实现全天辐射制冷效果，其高导热特性还可用于户外设备的高效热管理，有效降低器件、装备的工作温度。相关研究已发表于《先进功能材料》。

巨大冷源在外太空

辐射制冷是物体通过发射热辐射降低自身温度至环境温度以下的一种新型制冷技术。黄兴溢对《中国科学报》解释说，该技术主要利用了地球与外太空之间的大气辐射透明窗口。地球上物体的热辐射可以穿过该大气窗口，将热量直接发射到外太空。

外太空是一个温度只有3开尔文的巨大冷源，通过与其进行直接换热，可以将地球上物体的温度降低到环境温度以下。黄兴溢说。与传统制冷技术（如基于压缩机的主动制冷技术等）相比，辐射制冷技术是一种完全无能耗、无温室气体排放的被动制冷技术。

黄兴溢表示，传统制冷技术加剧了温室气体的排放，使地球整体温度升高，又进一步增加了制冷需求，形成恶性循环。总的来看，这些制冷系统自身反而会变成热源。而辐射制冷技术利用材料自发的热辐射进行制冷，不需要任何能量输入，是一种低碳环保、具有净制冷效果的技术。

实际上，夜间的辐射制冷现象早已被广泛利用，如清晨露水的产生以及古人在沙漠气候环境制冰等。然而，辐射制冷现象在白天很少出现，这是因为阳光热量的输入远远超过辐射制冷量，结果反而加热了暴露在阳光下的物体。

在白天实现辐射制冷，需要物体表面具有超高的阳光反射率，以最大限度地减少阳光热量输入。黄兴溢补充道。辐射制冷技术有望替代或补充传统制冷技术，有效降低碳排放，但目前还处于推广阶段。

让材料实现高导热率

与制冷这一应用场景不同，户外电力装备、电子设备不仅要面临阳光热量的输入，其自身还会产生大量热量。为了使户外电子电力设备维持在较低的工作温度，不仅要阻断外部热量的输入，还需要将其内部热量快速传导、耗散。这就对现有的辐射制冷材料提出了新的要求，即高导热率（低热阻）。

黄兴溢表示，传统辐射制冷材料往往具有较低的导热率，甚至是隔热的，这使得电力装备、电子器件内部的热量难以传导出来，因而当其用上这些辐射制冷材料后，不仅没有降温效果，甚至还有可能会导致内部热量积聚。

对此，研究人员设计出一种基于填充有聚合物基体的二维六方氮化硼（h-BN）介电纳米板的可扩展光子膜。h-BN将独特的2D形状与高折射率相结合，具有超高的后向光散射效率，使光子膜同时具有高太阳反射率和低热阻。

结果表明，与基体相比，光子膜表现出优异的阳光反射率（98%）并具有更强的散热能力，其在阳光直射下表现出约4摄氏度的低温冷却性能，在夜间表现出约9摄氏度的冷却性能。

跨越近两个数量级调控辐射制冷材料的阳光反射率与红外发射率本就是一件极具挑战性的事情，

我们期望材料在维持这两个光学性能的同时，还具有高导热率，这就需要苛刻的光—热协同设计，对材料的筛选及其结构设计提出了极高的要求。黄兴溢说。

据介绍，研究人员还进行了计算机模拟辅助的材料筛选与设计、大规模材料制备及其微观结构表征、72小时辐射制冷实验、户外期间热管理实验以及有关材料实际应用性能的一些测试，如户外老化、绝缘性、耐热性、阻燃性等。

上海交通大学电子信息与电气工程学院副院长尹毅评价道，该研究通过计算机模拟辅助，设计、制备了具有高导热率的辐射制冷绝缘材料，打破了传统辐射制冷材料实现高阳光反射率与高导热率的制约，极大拓展了辐射制冷材料的应用领域，为进一步推动辐射制冷技术在户外电力设备、电子器件中的热管理应用做出了开创性贡献。

进一步拓宽应用场景

据黄兴溢介绍，目前，他们已经在实验室制备出数米长的材料。此外，该材料制备工艺简单，不需要对现有工业化设备进行任何改造，就可以进行大规模加工制备。

对于产业化开发，该材料目前还需解决美学方面的问题，当然，这也是目前所有辐射制冷材料的通病。黄兴溢表示，为了最大限度地反射阳光热量，材料通常为纯白色，任何色彩的引入，都将牺牲一部分制冷性能，如何能在不牺牲制冷性能的同时使材料具有五彩斑斓的颜色，不仅是产业化开发，也是目前科学研究需要解决的难题。

此外，黄兴溢指出，该材料所用h-BN填料的单价仍然较高。不过，该填料有效提升了辐射制冷材料的各项性能，拓宽了其应用场景，也极大提升了辐射制冷材料的附加值。

与现有的辐射制冷材料相比，新材料最大的优势是具有高导热率，使其不仅可以用于制冷应用场景，还可应用于户外电力装备、电子器件的高效热管理，这是传统辐射制冷材料难以实现的。黄兴溢说，其次，该材料还具有超高的阳光反射率、易规模化加工、填料含量低等优势，有利于提升材料性能、降低成本。

据介绍，该材料不仅适用于传统辐射制冷材料的应用场景，如大型会展中心、粮仓、冷链物流等，还可以用于户外电力设备、电子器件的热管理，如5G基站、变压器、数据中心等，有效提升器件性能、延长其使用寿命，甚至还可能作为航天器的热控薄膜使用。（来源：中国科学报李惠钰）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1002/adfm.202109542>

版权声明：凡本网注明来源：中国科学报、科学网、科学新闻杂志的所有作品，网站转载，请在正文上方注明来源和作者，且不得对内容作实质性改动；微信公众号、头条号等新媒体平台，转载请联系授权。邮箱：shouquan@stimes.cn。

作者：黄兴溢等 来源：《先进功能材料》

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](http://www.iikx.com)转发