

# 新型制冷技术研究取得突破： 这一薄膜可实现大幅降温

本报记者 陀艳

## 制冷技术如何变得新型？

全球变暖和能源危机已然是突出的全球性挑战。根据世界气象组织(WMO)发布的《WMO温室气体公报(2022年)第19期》显示,2022年主要温室气体的全球大气年平均浓度达到新高,二氧化碳(CO<sub>2</sub>)为417.9±0.2ppm,甲烷(CH<sub>4</sub>)为1923±2ppb,氧化亚氮(N<sub>2</sub>O)为335.8±0.1ppb,这些浓度分别为工业化前(1750年之前)水平的150%、264%和124%。

能源的需求与气候的变化息息相关。当前,全球每年约10%的电量用于室内空调,而空调制冷需求也还将继续增加。为加快生态文明建设,促进绿色消费,推动高质量发展,积极参与全球环境治理,应对制冷系统能源需求的增加,开发绿色清洁、高效且低能耗的新技术迫在眉睫。

近期,华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心瞿金平院士和张桂珍教授团队在Matter期刊上发表了题为“A micro-sandwich-structured membrane with high solar reflectivity for durable radiative cooling”的研究论文,论文通讯作者为张桂珍、瞿金平,第一作者为李煜。该成果报道了一种具有微三明治结构的聚合物基多孔膜用于户外持久高效的被动辐射冷却。什么是微三明治结构的聚合物基多孔膜?这一冷却技术有何特点?有着哪些优异的综合性能?可以达到什么样的降温效果?可为生态文明的建设贡献哪些力量?本期,让我们走进高分子的世界,揭开这膜的神秘“面纱”。

制冷技术在现代生活中发挥着至关重要的作用,甚至可以说是无处不在。仔细观察便可发现,制冷技术不仅为家庭和商业建筑提供舒适的室内环境,通过空调系统调节温度和湿度,提高居住和工作环境的舒适度,还广泛应用于食品的储存和运输,确保食品的新鲜度和安全性,减少因温度引起的变质而造成的浪费。

在医疗领域中,制冷技术对于疫苗、血液和生物样本的保存同样也不可或缺,它保障了公共卫生和疾病控制的有效性,保证着疫苗等的质量。工业生产中,它对于精密仪器的运行和某些化学反应的控制提供了必要的低温环境。而农业上,制冷技术帮助延长了农产品的货架期,延长农产品的销售时间,增加了农民的收入。除此之外,在科研发展领域,制冷技术还为众多的低温实验和材料研究提供合适的温度环境条件。

制冷技术应用在生活的多个领域。但实际上,部分传统制冷技术通常依赖于化学制冷剂,这些制

冷剂在泄漏时会加剧温室效应,导致全球气候变暖。与此同时,这些技术在运行过程中还会消耗大量能源,增加化石燃料的燃烧,产生更多的二氧化碳排放,对环境造成双重负担。此外,一些老旧的制冷设备能效较低,运行中加剧了能源消耗和环境压力,而制冷剂的不当处理和废弃制冷设备的不规范回收,也可能对土壤、水源和生态系统造成污染。因此,尽管传统制冷技术用处广泛,但其对环境的影响也促使人们寻求更环保的替代方案,而新型制冷技术则“应运而生”。

什么是辐射冷却技术?“新型制冷技术,如辐射制冷技术,它是一种无源制冷技术,应用时不需要任何的能源,这自然也不存在能量的消耗,它通过自身特殊的结构、性能便可以实现周围环境、物体的降温。”华南理工大学聚合物新型成型装备国家工程研究中心张桂珍教授介绍着。其实,辐射冷却技术是一种利用物体自然辐射热量至外层空间以降低温度

的被动冷却方法。它基于物体根据其温度向外辐射红外能量的物理现象,这些红外能量可以通过大气层中的透明波段直接辐射到外层空间。由于宇宙背景温度极低,大约只有2.7K,地球表面的物体可以通过辐射的方式向宇宙空间散热,实现降温的效果。

值得注意的是,辐射冷却技术最大的特点是不需要外部能量输入,具有零能耗、环境友好的特点。辐射冷却技术可以应用于建筑节能、减轻城市热岛效应、提高光伏发电效率等多个领域。例如,将辐射冷却材料应用于建筑屋顶或外墙,可以减少建筑物的冷负荷,降低空调使用,从而节省能源消耗。

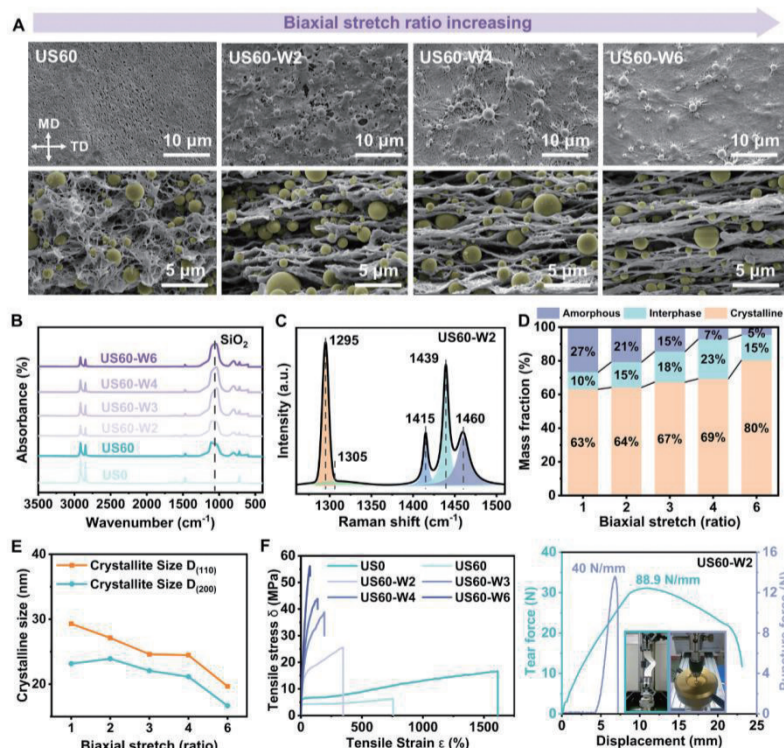
此外,这种技术还可以用于个人热管理,如开发具有辐射冷却性能的纺织品,帮助人体散热,提高穿着舒适度。在农业领域,辐射冷却技术也可用于食品的保鲜和输送,降低食物的腐败率和水分流失率。

## 这张膜,“能耐”不止一点点

一般来说,目前在户外的降温方式有两种:一是将能够转化成热量的太阳光反射出去;二是将周围热量以中红外波的形式辐射出去。通过以上两种方式,从而达到周围环境整体降温的效果。

据了解,采用Mie散射理论设计的多孔结构辐射制冷技术,是一种无需外部提供能量的被动式辐射制冷技术,这种技术有着卓越的制冷效果和轻便的特性。但是,为了达到更高的太阳光反射率,高孔隙率往往意味着牺牲聚合物基底膜的机械稳定性,导致其拉伸强度降至10 MPa以下。并且,特别是在长期紫外线照射下,聚合物的性能可能会进一步下降,进而影响产品性能的发挥。此外,大多数孔结构的形状都难以精确控制,这限制了反射性能的进一步提升。所以,开发一种既具有高太阳光反射率,又保持出色机械性能和环境稳定性的聚合物基多孔膜,是一个不小的挑战。

而张桂珍介绍,目前,辐射冷却材料主要有两大类。一类是涂层,如建筑物上使用的涂层,还有一类是膜式的,如微三明治结构的聚合物基多孔膜。微三明治结构的聚合物基多孔膜具有独特的“微三明治结构”,即60%以上的微米级别多孔设计,并在其中填入了60%以上的球状无机颗粒。



具有微三明治结构的UHMWPE基多孔膜(MAMS)的微观结构表征和机械性能