

上接第4版

什么是“微三明治结构”？“其实可以联想到生活中的三明治，两块面包中夹着不同的食材。微三明治结构的聚合物基多孔膜其实就是两层界面中夹住一个圆颗粒。”张桂珍形象地比喻着。

为了让膜式结构的材料能够更大程度地反射太阳光，它必须有非常多的孔洞结构。但现实中许多高分子材料并不具备中红外发射能力，因此需要往其中添加颗粒。“但一般的高分子膜想要实现对太阳光反射和中红外发射的优质效果，需要有大量的孔洞结构和无机颗粒。但如果一张膜要有60%以上的孔隙率，且含有高含量的无机填料，那这个膜的力学性能其实是不好的，基本上一扯就是碎掉的状态。”张桂珍表示微三明治结构的聚合物基多孔膜的研发并不是一帆风顺的，其中也遇到了很多技术上的难题。

微三明治结构的聚合物基多孔膜的制作工艺十分复杂，需要经过预溶胀、挤出、铸片、固相拉伸、热定型、萃取、退火七个关键的步骤。在这些步骤中，需要实现三元体系的高效分散混合和有效调控微孔膜孔结构和力学性能的相协调。“这样的工艺其实十分复杂，孔洞结构的调整、颗粒尺寸的大小、光波波长的匹配等都是需要解决的难点。”张桂珍表示。但在团队经过无数次的尝试和实验摸索，在一次次的优化调整后，终于实现了该技术的突破。

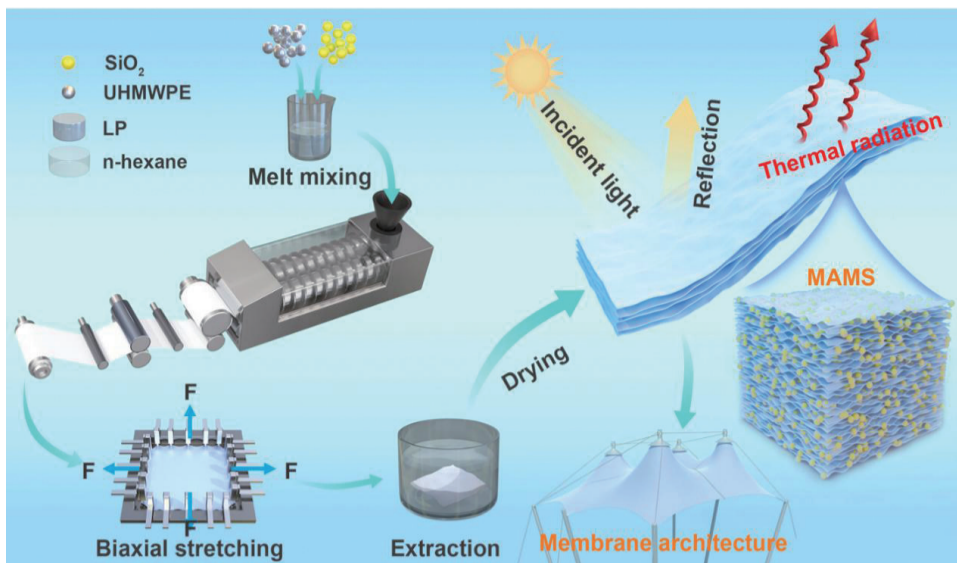
团队在研究过程时，在“聚合物（超高分子量聚乙烯，UHMWPE）-致孔剂（液态石蜡，LP）”体系中引入球状无机颗粒（SiO₂微球），开发出了一

种简单且可连续化的“相分离-双向拉伸”技术，在聚合物膜上创新性地实现了一种微三明治多孔结构（MAMS）。利用材料高度缠结特性，所形成的紧密聚合物骨架可以有效包裹SiO₂微球和LP微滴。其中，SiO₂微球在双向拉伸过程中起到关键的支撑作用，使得LP微滴在UHMWPE骨架的作用下形成椭球状。

在双向拉伸作用下，UHMWPE的片晶发生显著滑移并逐渐被取向的纤维晶取代，形成交错的网状结构，UHMWPE的结晶度也得到提升。由于SiO₂微球的支撑作用，这一过程还伴随着类椭球状微三明治结构的形成。高度取向的纤维晶和高结晶度显著提升了聚合物多孔膜的力学强度。

值得一提的是，在UHMWPE基体优异的稳定性和微三明治孔结构对紫外区太阳光的全反射（≈100%）性能的支持下，即使是在61.6 W/m²紫外灯下辐照240小时，强酸或高温环境下，微三明治结构的聚合物基多孔膜的光学性能和机械性能几乎没有改变，实现了优异的性能效果。

“微三明治结构的聚合物基多孔膜有着能够高效保持膜的高性能和耐候性，也兼顾了膜的光学性能和机械强度。在实际生活中，可应用在轻质膜式建筑、车辆和食品保鲜等领域，发展潜力较大。”张桂珍介绍着微三明治结构的聚合物基多孔膜的应用领域，“同时，这膜也具备工业化批量生产的条件。未来，我们将逐步推进其批量化生产，投身到实际应用中。”



具有微三明治结构的UHMWPE基多孔膜(MAMS)的制备流程



研究人员在户外测试

这一技术助力生态文明建设

新型制冷技术的发展可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作出贡献。

国家在2019年印发《绿色高效制冷行动方案》。方案中指出，制冷产业是制造业的重要组成部分，制冷产品是满足人民美好生活需要和消费升级的重要终端消费品，制冷能耗总量高、增速快、节能减排潜力大。《绿色高效制冷行动方案》旨在通过提高制冷产品的能效标准、推广绿色高效制冷产品、促进绿色消费、加强节能改造和深化国际合作等措施，到2022年实现家用空调等制冷产品的市场能效水平提升30%以上，绿色高效制冷产品市场占有率提高20%，年节约1000亿千瓦时，以及到2030年实现

大型公共建筑制冷能效提升30%，制冷总体能效水平提升25%以上，绿色高效制冷产品市场占有率提高40%以上，年节约4000亿千瓦时，从而推动节能减排，应对气候变化，促进高质量发展。而新型制冷技术与生态文明建设、绿色发展、推动高质量发展息息相关，不仅符合绿色高效制冷的标准，还在推动节能减排和环境保护方面发挥着重要作用。

大力推广节能减排降碳先进技术，加快提升产品设备节能标准，支撑重点领域节能改造，助力大规模设备更新和消费品以旧换新，推动完成“十四五”能耗强度下降约束性指标，国家发展改革委等部门关于发布《重点用能产品设备能效先进水平、节能水平和准入水平（2024年版）》的通

知。通知中指出，各地区、各有关部门和行业要高度重视产品设备能效水平提升工作，细化工作要求，强化责任落实，推动制造业高端化、智能化、绿色化发展，加快形成绿色低碳的生产方式和生活方式，为积极稳妥推进碳达峰碳中和提供有力支撑。

除此之外，为积极应对气候变化，履行《〈关于消耗臭氧层物质的蒙特利尔议定书〉基加利修正案》，实现2024年氢氟碳化物（HFCs）生产和使用量冻结在基线值的履约目标，根据《消耗臭氧层物质管理条例》，生态环境部办公厅2024年印发《2024年度氢氟碳化物配额总量设定与分配方案》的通知。其中，新型制冷技术的发展与方案中积极应对气候变化、推动行业绿色低碳高质量发展的目标相吻合。

科学小链接

什么是Mie散射理论？

Mie散射理论，也称为米氏散射理论，是由德国物理学家Gustav Mie在1908年提出的。这一理论描述了当大气中的粒子直径与辐射的波长接近或更大时发生的散射现象。与瑞利散射（适用于粒子远小于波长的情况）不同，Mie散射考虑了粒子内部电磁场的三维分布，以及入射波的相位在粒子表面的不均匀性，从而产生了干涉效应。

Mie散射理论的主要特点包括：

散射强度与频率的二次方成正比，并且散射在光线向前方向比向后方向更强，显示出明显的方向性。当粒子的尺寸与光波长接近时，散射光强与波长的关系变得复杂，需要通过Mie理论的级数解来描述，这些级数的收敛通常相当缓慢。随着粒子尺寸的增加，散射光强随角度变化会出现许多极大值和极小值，且这些极值的个数随着粒子尺寸的增加而增加。Mie散射理论提供了一种计算任意大小、任意材料球形颗粒散射的方法，具有极大的实用价值，可以研究雾、云、日冕、胶体和金属悬浮液的散射等现象。

实际上，Mie散射理论在多个领域有着广泛的应用，包括气象探测、污染探测、光通信技术、医学成像以及材料科学等。

公益宣传

节能降碳
绿色生活



图源千图网