
基于仿生超浸润界面的能量转换

作者：writer 来源：爱科学

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/16427.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！

基于仿生超浸润界面的能量转换。 社会对绿色、可持续和低成本能源的巨大需求推动了对新能源的广泛探寻。研究人员和工程师现在正将注意力转向利用雨滴、河流和潮汐中的水能量，或利用海洋和河流界面处的盐度梯度产生的能量。对于这些应用，操纵界面处液体质量和动量的传输效率以及界面电荷产生和转移的速度对于能量转化、收集、储运至关重要。在这方面，受生物启发的超浸润界面的独特结构和润湿性可用于设计介电材料并操纵它们与液体的相互作用，从而大幅改进现有技术或实现新技术、新应用。

2021年11月3日，英国帝国理工学院的李明博士、李昶博士联合Bamber Blackman教授、Eduardo Saiz教授在Matter上发表了一篇题为Energy Conversion Based on Bio-inspired Superwetting Interfaces的观点综述，评述了利用超浸润界面实现能量转换的研究进展。

这些研究在能转换设备的设计中引入超亲水界面、超疏水界面、可切换超滑含液界面（SLIPS）或离子通道，实现了压电/摩擦生电/热释电纳米发电机以及蓝色能源的收集（图1）。除了概述这些超浸润能量转化体系的发展轨迹外，文章在最后还为读者分析了超浸润界面在能量转换领域的优势、当前挑战及未来发展趋势。

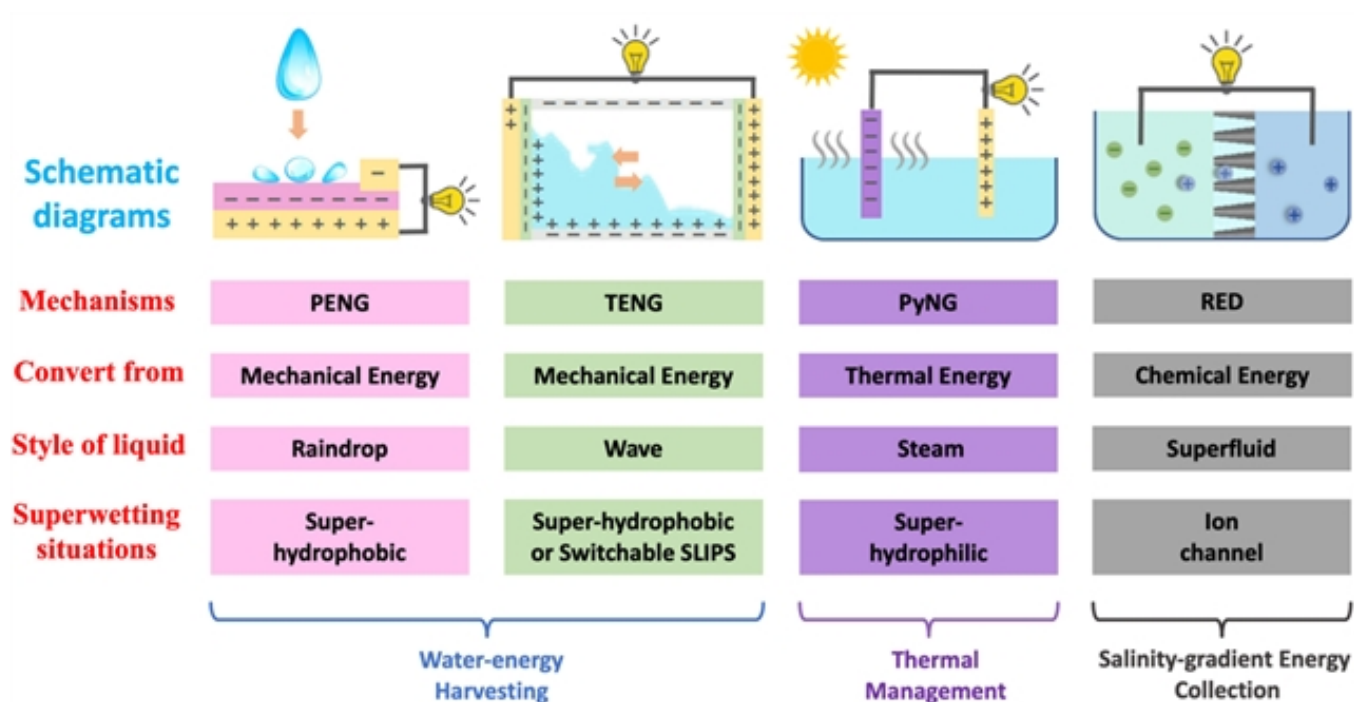


图1：能量转换设备中引入超浸润界面

1. 水能收集与发电

在超疏水或超滑表面上，液滴不易残留且容易通过微纳米结构自驱动或通过微小外力驱动液滴在材料表面定向输运，这对于提升能量利用或转化率至关重要。例如，在压电材料上构建超疏水表面，即压电纳米发电机（PENG），可用于收集雨滴动能发电并显著提高其压电发电电压（图 2A）；在摩擦生电材料材料上构建超浸润界面（图 2B），即摩擦生电纳米发电机（TENG），可实现收集海浪机械能发电，并显著提高其发电性能。更精妙设计的微纳米结构、浸润性界面，并与电路设计结合，可进一步实现较大规模发电（图 2C），最新研究可实现接近家用用电指标。

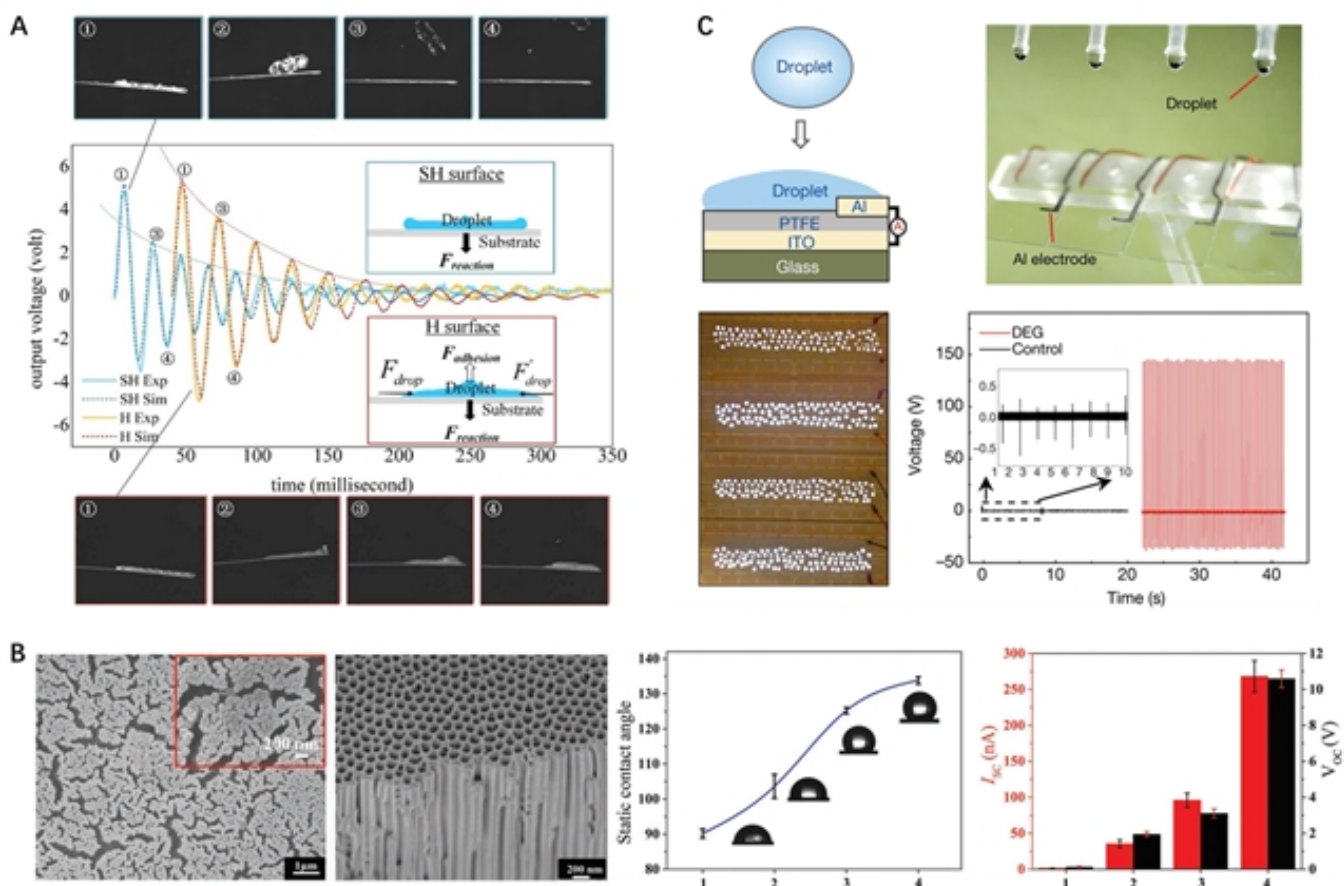


图2：超浸润界面大幅提升水能发电效率

2. 热管理

水由于具有高比热容、较高汽化潜热的特性，被认为是运输热量的优良载体。将可操纵水滴的超浸润界面应用于热管理相关技术，可使相应功能大幅改善。例如，超亲水表面上液滴容易形成快速扩散并形成水膜，而超疏水表面上液滴呈现球形易实现低阻定向滚动，引入这些超浸润界面对相应液滴冷凝热量转移技术（图 3A）的改进至关重要。此外，碳纤维、碳纳米管、石墨烯等碳材料可实现利用太阳能产生蒸汽，引入超亲水界面可使液滴快速扩散加速蒸发，显著提高蒸汽产生效率，相关技术还可进一步与海水淡化、蒸汽发电等结合（图 3B）。

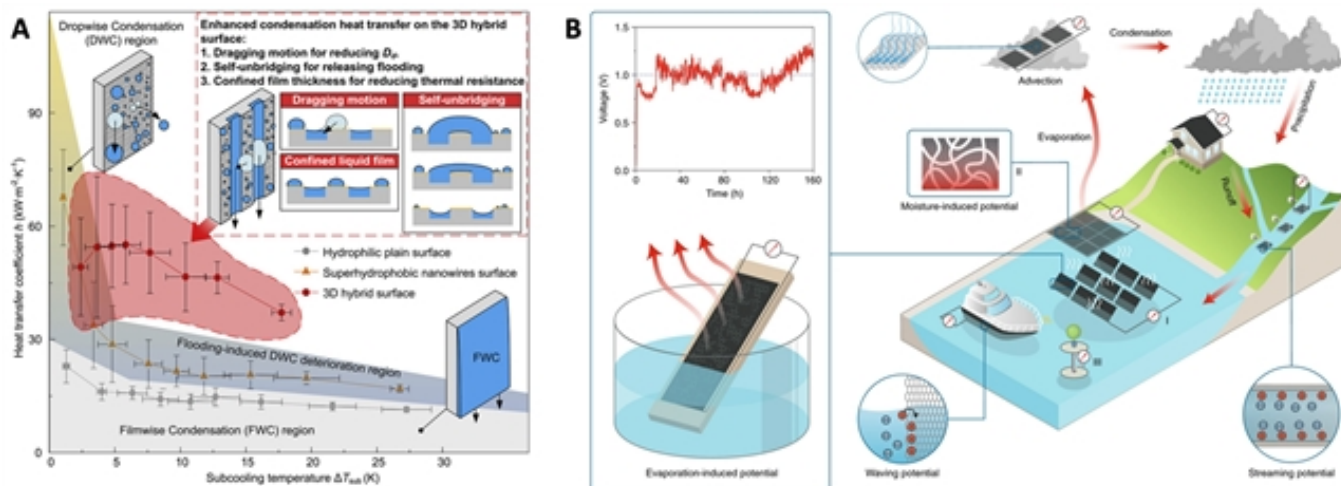


图3：超浸润界面的热管理相关应用

3.离子超流（QSF）

除传统的超亲水、超疏水特殊浸润性表面外，具有特殊浸润性的纳米通道界面，在推动用于能量存储和转换的超浸润表面的发展方面也起着至关重要的作用，尤其针对促进低能耗的超快传质行为。基于离子通道的超流体的典型用途之一是锂电池，其电极界面对电解质具有超亲液性。在锂电池的充放电过程中，二维受限层状结构中锂的氧化还原反应具有超密有序和超流动的特点，产生高能量密度和快速充放电。通过原位透射电子显微镜（TEM）和密度泛函理论（DFT）计算可证明：锂电池中两个石墨烯片之间锂的可逆超密排序是锂电池高存储容量的来源（图4D）。此外，在充电或放电过程中，锂离子在具有锂离子德拜长度（ λ_D ）的二维受限通道中的传输以超流体的形式发生。这种二维密闭通道中的QSF离子传输是锂电池快速充放电过程的关键因素，可明显优于基于离子扩散的充放电过程，从而保证了高效率（图4E）。

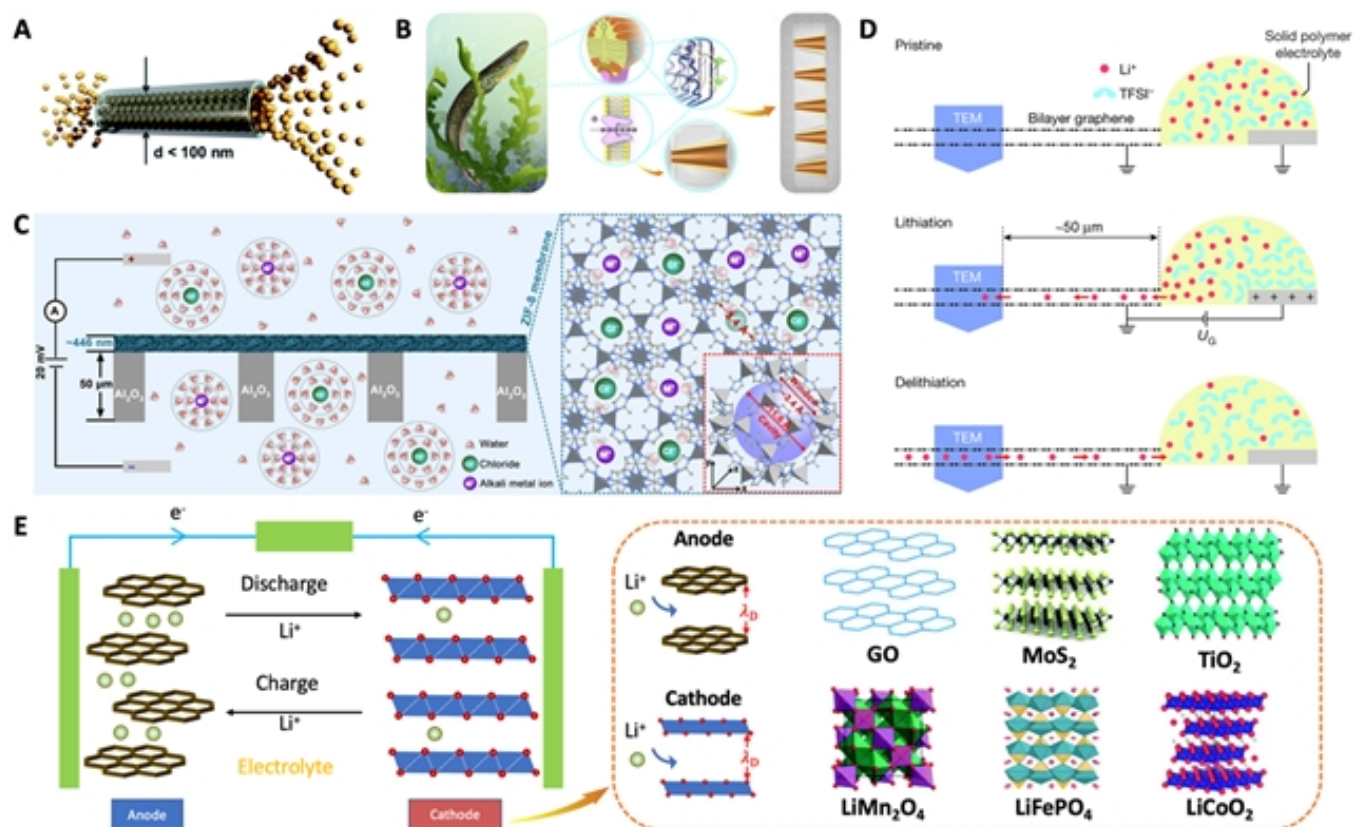


图4：量子限域离子超流体以及其在能量转换领域的应用

4. 具有智能离子通道的仿生膜

盐度梯度（蓝色能量）是一种可再生能源，大量存在于海洋和河流之间的界面。近年来，研究人员通过反向电渗析（RED）将盐度梯度能量转化为电能。当两种不同盐度的溶液通过选择性离子渗透膜连接时，膜会产生净电流，该电流仅允许具有相反极性的离子通过（图 5A）。其中最关键的结构是膜表面的离子通道。对于具有对称结构的离子通道，在能量转换过程中，反离子会在稀溶液一侧富集，这会抑制共离子的有效传输，从而降低效率。然而，研究人员发现自然界中电鳗在电击过程中不受这种限制的影响。进一步研究表明，这主要是由于电鳗细胞中嵌入的钾离子通道的不对称结构造成的，膜上的相反电荷可以有效地阻止反离子在其附近的稀溶液中积累。这种结构使细胞膜上的钾离子通道能够持续快速地向内整流 K⁺，从而产生高电流（图 4B）。基于电鳗细胞离子通道的不对称结构，研究人员开发出来各种不同尺寸和材料的具有单向离子传输特性的异质膜用于盐度梯度的能量的收集（图 5B-F）。

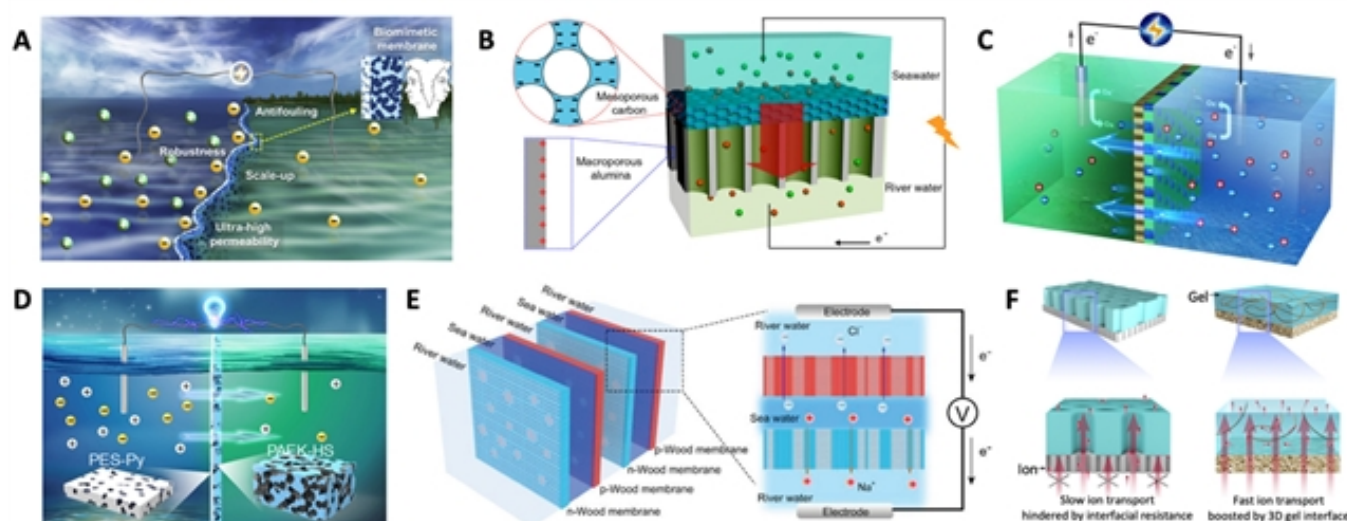


图5：具有用于盐度梯度能量收集的智能离子通道的仿生膜

文章在最后还指出，目前大多数能源设备面临的挑战是将输出电压或功率密度增加到实际使用所需的值。一个障碍在于大多数研究仅采用单一的超疏水或超亲水设计，具有更精妙设计微/纳米结构和化学组成的界面有待于进一步被用于能源领域研究，如梯度浸润性界面、刺激响应界面等。其它在仿生浸润性领域被进行功能化应用研究的界面，相关研究也应当进一步在能源领域被推进。例如，将可操纵冰滴运动的防覆冰表面与纳米发电机设备结合，可用于研究冰力发电、冷能发电等技术。另一方面，关于离子通道，现有纳米多孔膜的选择性和渗透性之间的权衡阻碍了它们的实际应用。膜在常温常压下工作时，若要提高膜的选择性，则其渗透性往往会降低，反之亦然。因此，如何通过调整离子通道的结构和化学成分来结合高选择性和超快渗透性来提高膜的效率和功率密度是研究人员急需解决的问题。此外，这类基于超浸润界面的能量转化设备还必须能够展现一定程度的稳定性或长期耐用性，以保证能量长期稳定输出。（来源：科学网）

相关论文信息：<https://doi.org/10.1016/j.matt.2021.09.018>

作者：李明等 来源：《物质》

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](https://www.iikx.com)转发