

非对称仿生界面高分子复合材料用于太阳能海水淡化研究获系列进展

水资源短缺是目前面临的一个全球性问题，对地球上丰富的海水进行淡化则是解决水资源短缺问题的一个重要途径。但传统的海水淡化往往需要高能量消耗，在一些能源短缺的地区难以实现，因此，亟需一种绿色、高效、可持续的海水淡化方法来缓解上述危机。太阳光驱动的界面光热水蒸发，由于其可以通过在远远低于水沸腾的温度下产生蒸汽来进行海水纯化，在过去几年中引起了越来越多的关注。但是目前大多数的光热纯化都集中在二维（2D）界面汽化平台上，其存在立体空间利用效率低、热损失高等问题。因此，在一个受限制的系统中，将2D光吸收器单元构建成三维（3D）框架被认为是提高净化水收集能力的最为直接有效的方法之一。

基于前期发展的一种水-空界面毛细力诱导挤压，中国科学院宁波材料技术与工程研究所研究员陈涛团队构建了大面积、可任意转移的碳纳米管薄膜的方法（Chem. Mater. 2016, 28, 7125；ACS Nano 2019, 13, 4, 4368-4378），最近，该团队通过毛细力转移的方法，在水空界面上将碳纳米管薄膜和商业用打印纸原位复合，构建了一种柔性、可剪裁且可图案化的非对称碳纳米管复合纸。受到大自然中树木的结构启发，树木能够在三维方向上生长，并具有分层的叶子和根用来增强蒸腾作用，研究人员进一步将这种图案化的非对称碳纸经过特定的剪裁、组合成3D树形结构，并将其运用于光热水纯化（如图1）。结果发现，这种3D树形结构的光热蒸发器相比较2D平面结构具有一个更强的光热水蒸发能力，其海水纯化能力最高能到达2.38kg/m²/h（Solar RRL2019, DOI: 10.1002/solr.201900004）。

然而，当处于一个不受限的系统中时，2D结构有时比3D结构具有更大的优势。因此，怎样简单、快速地实现光热蒸发器2D/3D结构的转换来适应不同的环境仍然面临挑战。该团队通过吡咯单体在纤维素纸表面原位氧化聚合得到聚吡咯杂化纸（PPyP），并利用对PPyP微观/宏观层面的协同调控，实现了最佳的光热水纯化速度。相比于传统固定的3D结构，该PPyP可实现2D/3D结构的相互切换（如图2），并具有很好的切换稳定性，从而可以更好地适应不同的应用环境（ACS Appl. Mater. Inter. 2019, 11, 15498-15506）。

基于上述研究，最近，研究人员通过在棉织物表面可控的氧化聚合吡咯单体，制备得到了一种低价、大面积且具有机械稳定性、可洗涤和可缝制的聚吡咯棉布（PCM，如图3）。令人惊喜的是，此光热织物是通过湿法制备，展示了其能够大规模生产的潜力，且成本低至2美元/米²左右，具有相当强的商业竞争力。随后，受到植物的吸水、蒸腾行为及其多级结构的启发，并结合织物特有的可裁剪性及可缝制性，获得了一种具有多级结构的3D“植物”，实现了高效的“out-of-plane”光热蒸发。在一个太阳的强度下，实验室环境中，这种3D的PCM最高可实现3.37kg/m²/h的海水纯化速度。此外，该光热蒸发器具有一个很强的排盐性能，能够在夜间将白天积聚的盐通过PCM中丰富的毛细通道扩散到水相中，从而保证其长期稳定的使用。在户外实验中，在多云的天气下，7个小时内，每平方米该3D PCM能够纯化约5.39kg海水，且可直接达到WHO饮用标准（各种盐离子去除率保持在99.9%以上）。更有趣的是，基于3D PCM的光热蒸发器，甚至可以从固体基质（沙子等）中提纯海水或其他不可饮用的水，显示出了其在某些极端条件下的巨大应用潜力。相关工作近期发表在Nano Energy 2019, DOI: 10.1016/j.nanoen.2019.104002。

以上工作得到国家自然科学基金（51803226, 51573203）、中科院前沿科学重点研究项目（QYZDB-SSW-SLH036）、博士后创新人才支持计划（BX20180321）、中国博士后科学基金（2018M630695）及宁波市科技局（2018A610108）等的资助。

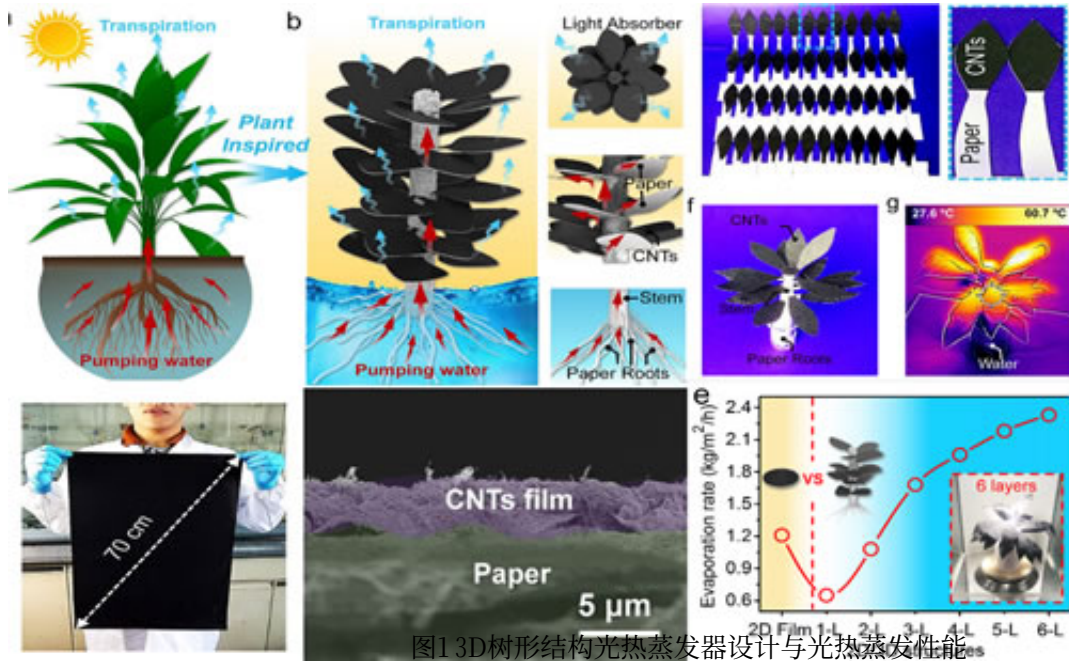


图1 3D树形结构光热蒸发器设计与光热蒸发性能

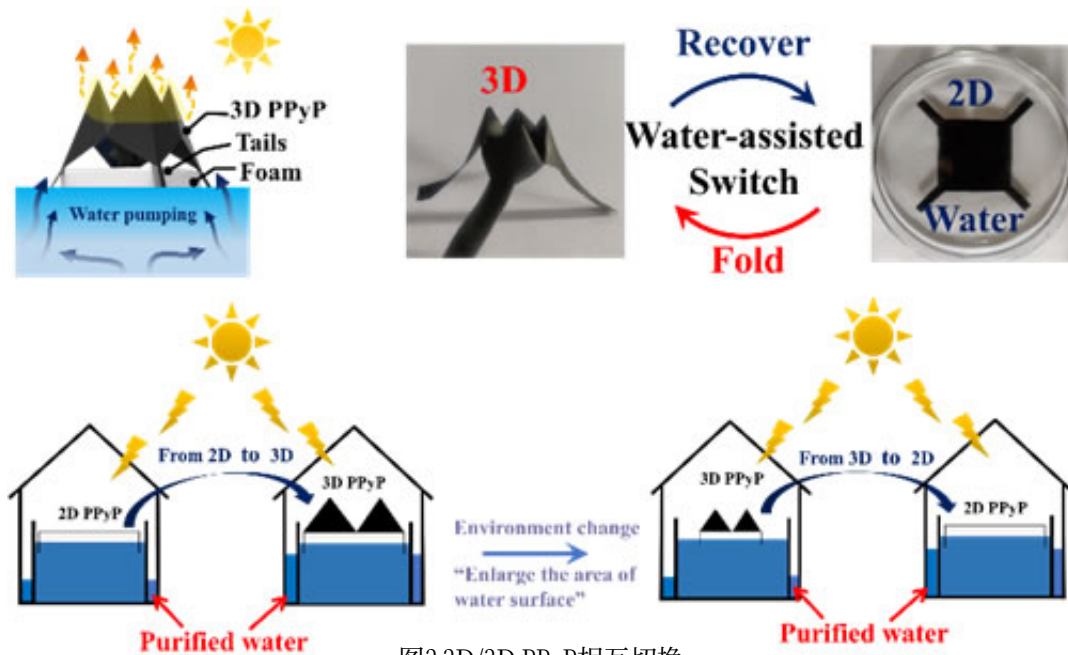


图2 2D/3D PPYP相互切换

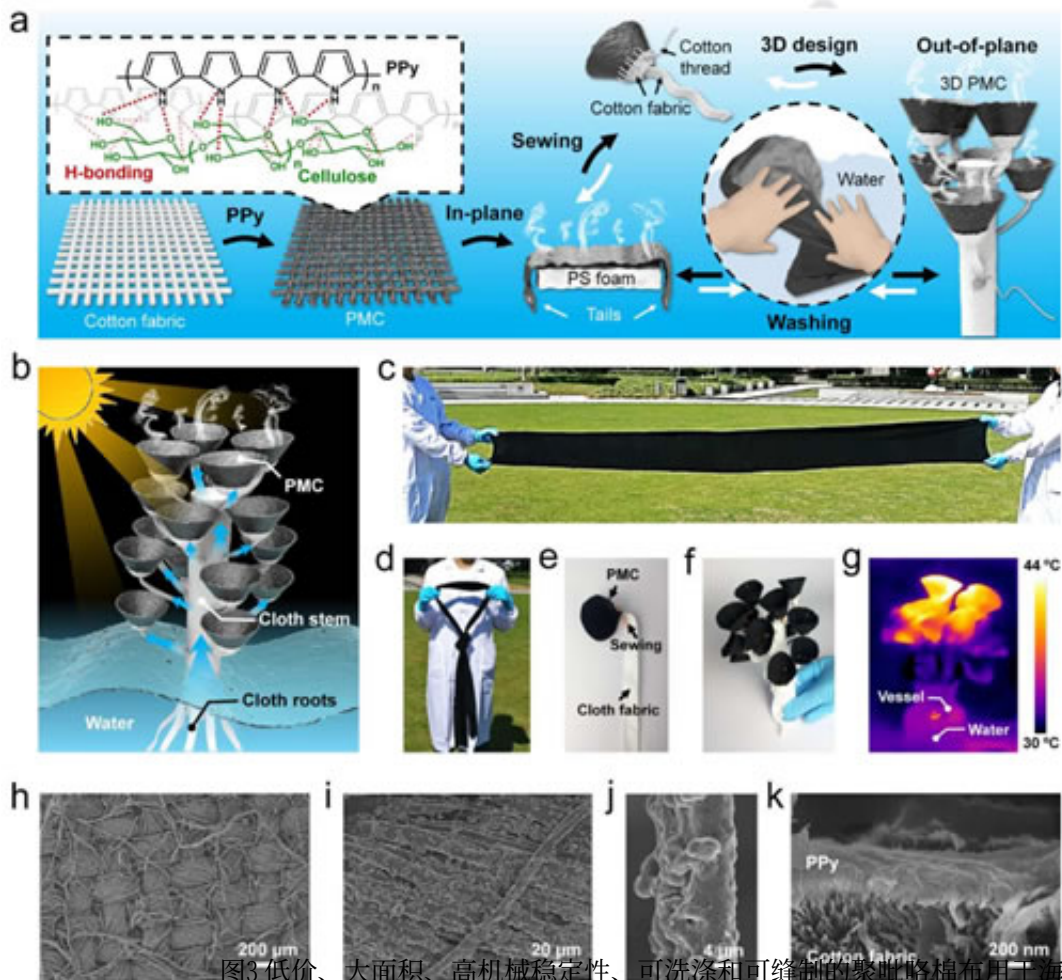


图3 低价、大面积、高机械稳定性、可洗涤和可缝制的聚吡咯棉布用于海水淡化

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/144067.html>