

上海硅酸盐所研制出新型光热转换耐火纸

近年来，随着全球范围水污染问题日益严重，水资源短缺和水危机已经成为全球性难题之一。解决严重淡水危机的最有前途方法之一是开发利用不可直接饮用的水，如海水。传统的海水淡化技术需要直接或间接地消耗不可再生的化石燃料资源，会加速资源消耗，也会污染环境。太阳能是一种高效、源源不断可持续的清洁能源，利用太阳能来驱动海水淡化具有巨大的发展潜力。但传统的太阳能蒸馏技术效率低、产量小，主要原因是水对太阳光的吸收效率低，大部分热量分散于水体中。为提高太阳能蒸馏过程中水的蒸发效率，一方面需要采用光热转换材料提高对太阳光的吸收率和光热转换效率；另一方面，根据水蒸发仅发生在水体表面这一特征，设计自漂浮材料，将光热转换材料吸收太阳能产生的热量聚集于空气/水的界面以减少热量的损耗。近年来，科研人员研究了多种光热转换材料用于太阳光辐照产生水蒸汽和清洁水，然而很多光热转换材料存在热稳定性差、效率低等缺点。

最近，中国科学院上海硅酸盐研究所研究员朱英杰带领的科研团队，在新型无机耐火纸的研究工作基础上，以羟基磷灰石超长纳米线耐火纸为载体，负载碳纳米管，成功研制出大尺寸新型光热转换耐火纸。羟基磷灰石超长纳米线耐火纸具有热导率低、隔热性能优异、热稳定性高、生物相容性好、环境友好等优点，可显著减少热量损耗，达到提高太阳能利用效率的目的。该新型光热转换耐火纸在太阳光照射下可有效吸收太阳光并转换为热能，用于加热其表面的水而产生水蒸汽，水蒸汽在冷凝装置中经过冷凝产生清洁水。新型光热转换耐火纸在海水淡化、含重金属离子、染料和细菌等污水净化等领域具有良好的应用前景。相关研究结果发表在国际期刊Small上(Zhi-Chao Xiong, Ying-Jie Zhu* et al., Small, 14, 1803387 (2018))。

该研究团队发展了油酸钙前驱体溶剂热法并结合真空抽滤成型方法制备大尺寸羟基磷灰石超长纳米线耐火纸，之后加入碳纳米管分散液继续真空抽滤，从而制备出新型光热转换耐火纸。该方法有望用于放大制备大尺寸新型光热转换耐火纸，具有批量化生产的潜力。目前，研究团队已经在实验室实现了100升反应釜的放大制备技术。所制备的光热转换耐火纸具有优异的耐高温、耐火阻燃和隔热性能，在酒精灯火焰中灼烧和高温环境中，可以保持完好。

实验结果显示，新型光热转换耐火纸在1 kW/m²

模拟太阳光源照射1分钟条件下，其表面温度快速升高至约80℃，而未负载碳纳米管的耐火纸表面温度仅为约35℃。将新型光热转换耐火纸放置在水溶液中，可自漂浮在水面上而不下沉。进一步测试了新型光热转换耐火纸的水蒸发性，在1 kW/m²模拟太阳光源照射下水蒸发效率为83.2%，在10 kW/m²

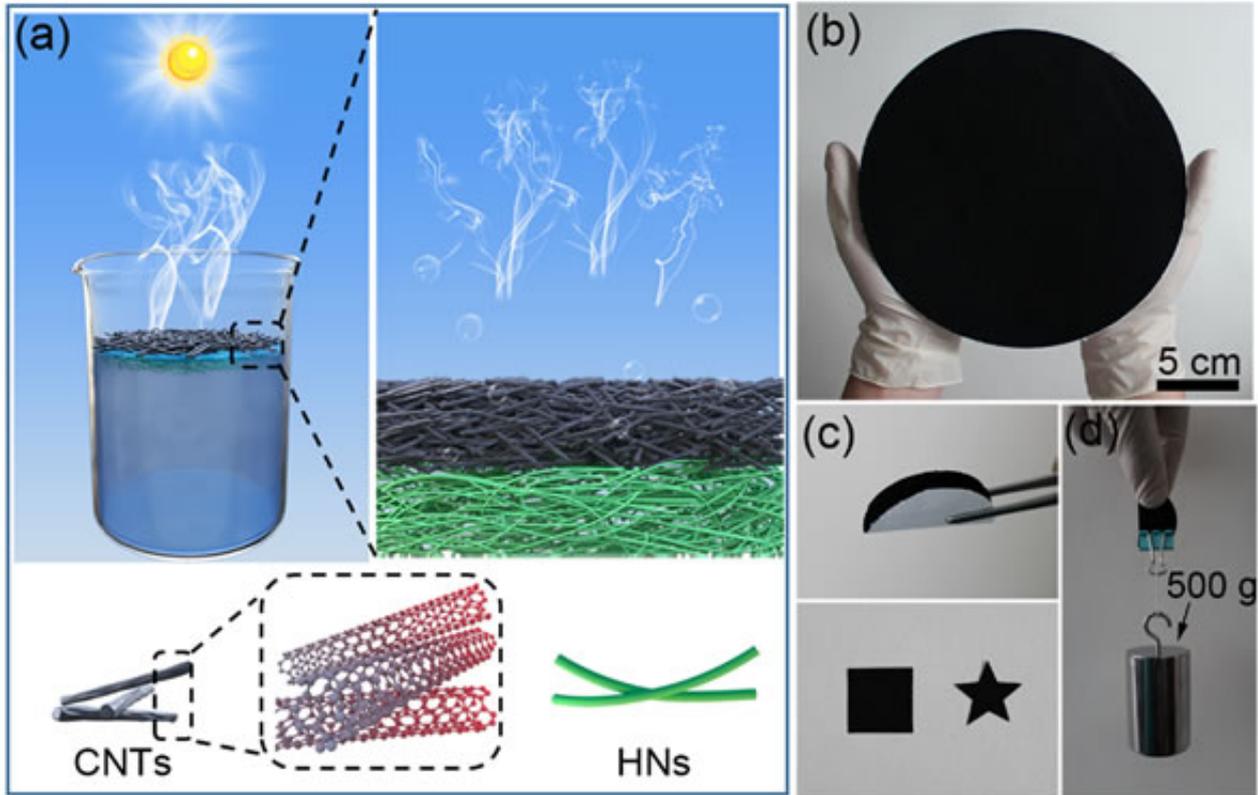
模拟太阳光源照射下水蒸发效率高达92.8%。另外，新型光热转换耐火纸可多次循环使用和长期使用，水蒸发性能的稳定性良好。

在太阳能驱动水蒸发过程中，溶液中的重金属离子、染料和细菌等污染物可以被有效阻挡并保留在水溶液中，产生的水蒸汽冷凝后产生清洁水。新型光热转换耐火纸应用于5种模拟海水的太阳能驱动淡化处理，氯化钠的浓度可降低3个数量级，对氯化钠的去除率高达99.95%，淡化后的清洁水可满足世界卫生组织制定的健康饮用水标准。研究团队对取自东海附近的真实海水进行了淡化研究，实验结果显示，采用新型光热转换耐火纸太阳能驱动淡化处理后，对海水中几种主要离子例如Na⁺、Mg²⁺、K⁺、Ca²⁺、B³⁺

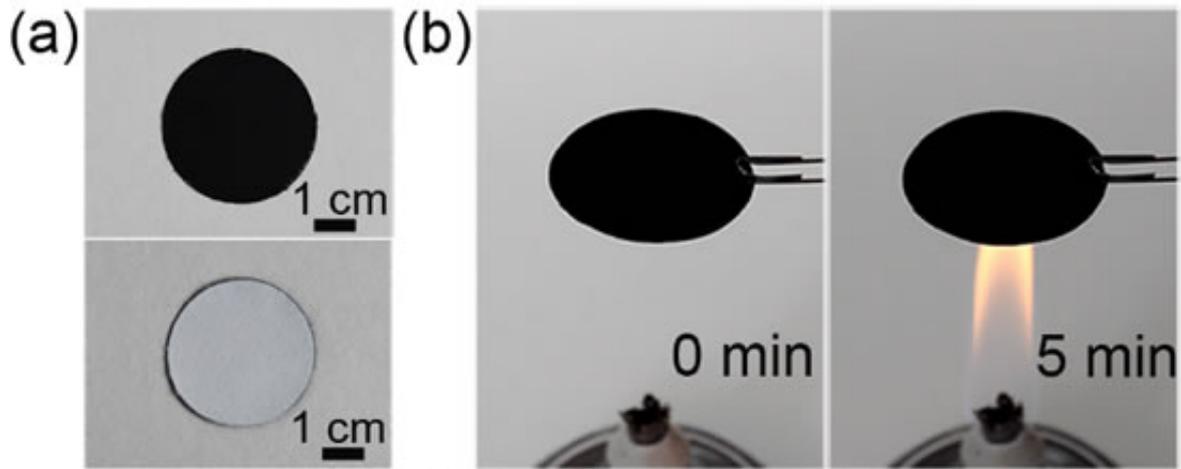
的去除率超过94.32%，最高可接近100%，淡化后的水质可达到世界卫生组织规定的饮用水标准。采用新型光热转换耐火纸太阳能驱动处理含重金属离子Ni²⁺、Cu²⁺、Cd²⁺、Ba²⁺、Mn²⁺

的水溶液时，重金属离子去除率超过99.99%。经新型光热转换耐火纸太阳能驱动处理含有染料的污水以及含有细菌的水后，收集得到冷凝水的水质均可达到国家饮用水标准（GB5749-2006）。

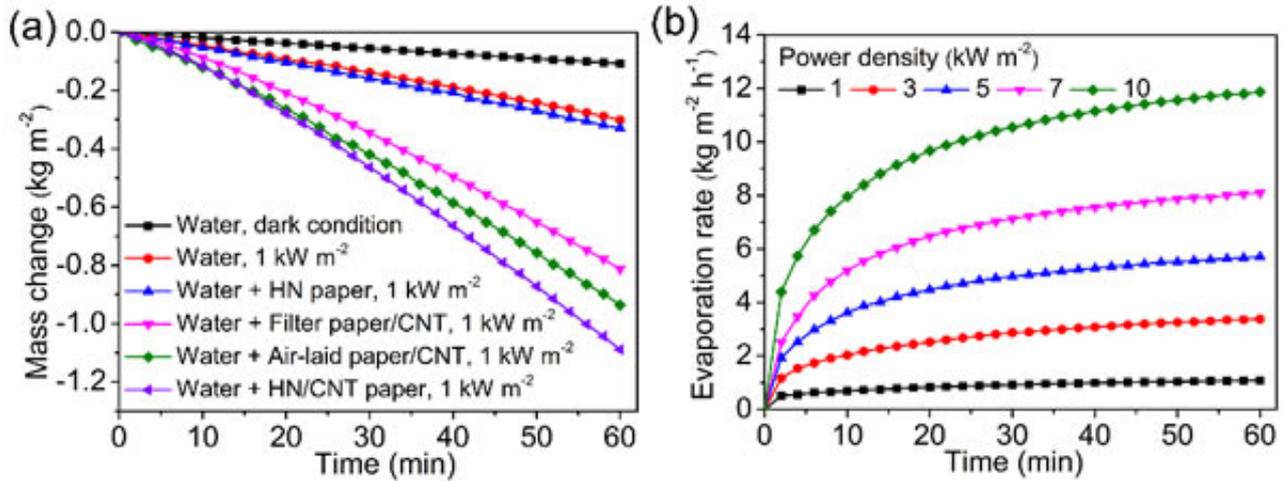
该研究工作得到国家自然科学基金和上海市科委等的资助。



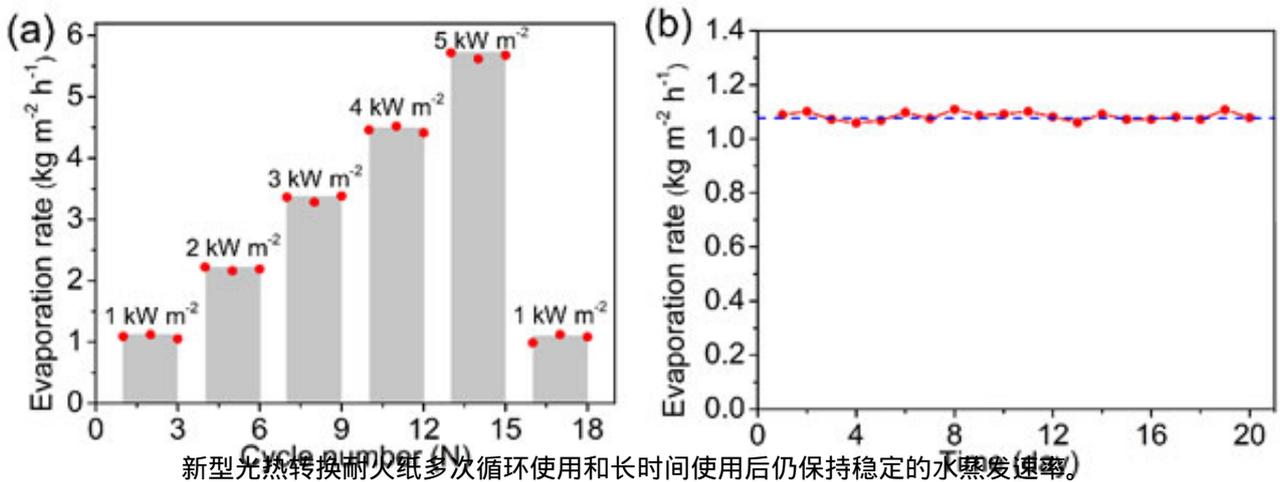
(a) 新型光热转换耐火纸太阳能驱动水蒸发示意图；(b)大尺寸新型光热转换耐火纸；(c)高柔韧性、可裁剪性和良好力学性能展示。



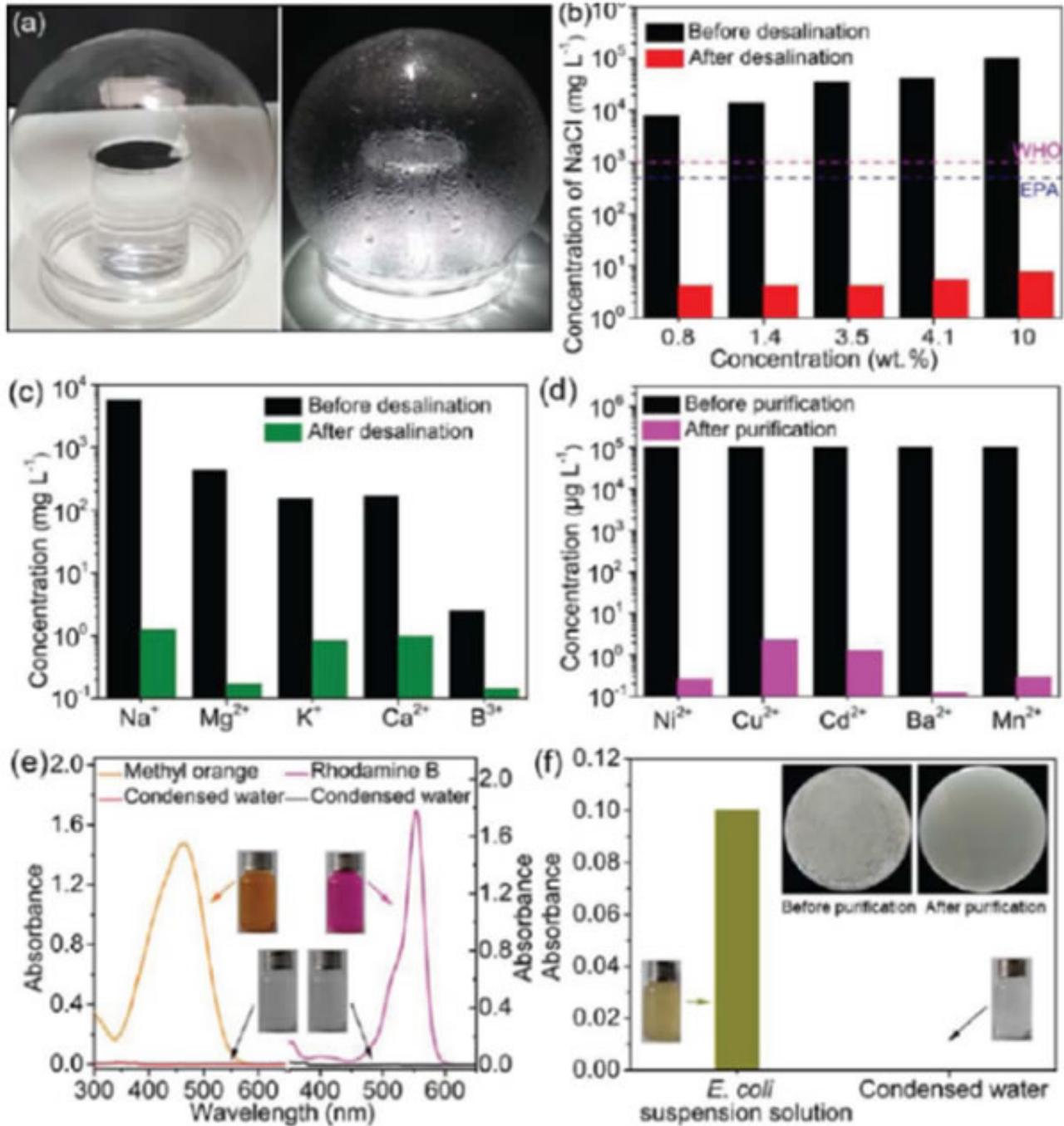
新型光热转换耐火纸在酒精火焰中灼烧后可保持完好。



(a) 新型光热转换耐火纸和多种对照样品在1 kW m⁻²模拟太阳光源照射下水质量的变化；(b) 新型光热转换耐火纸在不同光源强度照射下水蒸发速率变化。



新型光热转换耐火纸多次循环使用和长时间使用后仍保持稳定的水蒸发速率。



新型光热转换耐火纸用于太阳能驱动处理模拟海水和真实海水后，其水质可达到世界卫生组织健康饮用水标准；用于含重金属离子水溶液、含染料水溶液、含细菌水溶液的净化，处理后水质可达到饮用水国家标准。

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/134411.html>