

吴磊-未来三年研究计划

研究目标

本项目研究将探索多级仿生 3D 结构对混合溶质液体在其表面铺展、蒸发、成核、沉积和分离的影响机制；提出利用低粘附 3D 打印技术构筑仿生润滑界面 3D 结构，用于操控混合液体在其表面定向铺展、定位成核和结晶过程，实现连续蒸发、定位沉积和分离的新思路；揭示 3D 结构宏观构型、表面微观形貌、界面能及液体内部组成与蒸发-定位沉积-分离之间的作用机制和调控规律，为实现混合溶质高效定位沉积、分离和提升水净化效率提供有价值的帮助。

研究背景

全球有四分之一的人口面临着水资源短缺的问题。利用太阳能作为唯一输入能源驱动盐水或污水等液体在低于沸点的温度下产生蒸汽来获取淡水的技术，太阳能驱动界面蒸发技术，被认为是可持续获取淡水资源的最佳途径之一。然而，在高盐度下有效利用输入的太阳能和转换的热量、保持持续蒸发过程中材料的抗污性能等难题仍然亟需解决。持续净化过程中盐或其他溶质的不可控析出是导致蒸发器使用寿命短、限制太阳能蒸发技术实际应用的主要原因。但随着连续蒸发盐分浓度的增加不可避免地会导致盐分在光热材料表面、内部结晶并堆积。盐沉积不仅降低了有效光吸收，阻碍了蒸汽产生，还限制了太阳能蒸发的实际应用。并且，目前传统二维太阳能蒸汽发生系统的速率和效率已研究至极限。因此开发新的 3D 蒸发器结构形貌、深刻认识和理解溶质-液体-固体结构在换热与传质的相互作用机制对解决持续净化过程中盐不可控析出的问题尤为重要。

研究内容

本项目将探究基于连续 3D 打印技术调控复杂溶液蒸发-定位沉积-分离行为的基本规律及应用：

(1) 从太阳能吸收热力学和蒸发动力学角度研究仿生 3D 结构的功能基团、带电性质、添加剂及后续浸润性、表面性质修饰手段研究复杂溶质液体在蒸发器表面的蒸发-定位沉积的调控规律；

(2) 从成核-结晶动力学的角度揭示复杂溶质液体与仿生 3D 结构界面的宏观、微观、界面性质对溶质在蒸发器表面的定位沉积-分离的调控规律；

(3) 建立仿生 3D 结构设计与制备的理论指导思想，提出水净化同时实现污染物分离的新机制、新方法和新思路。

预期成果

(1) 利用仿生 3D 结构制造技术设计 3 - 5 种新型 3D 蒸发器结构；揭示 3D 结构的宏观、微观、界面性质影响复杂溶质溶液在蒸发器表面的蒸发-定位沉积-分离的基本规律，争取在实际应用中实现长时间、高效水净化；

(2) 发表 3-5 篇高水平研究论文。