利用细菌生物被膜开发可持续性半人工光合体系研究获进展

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/18246.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！

5月7日，中国科学院深圳先进技术研究院合成生物学研究所、深圳合成生物学创新研究院钟超课题组在*Science Advances*上发表了题为*Photocatalyst-mineralized biofilms as living bio-abiotic interfaces for single enzyme to whole-cell photocatalytic applications*的研究论文。该研究利用工程改造的大肠杆菌生物被膜原位矿化作用，构建了全新的生物-半导体兼容界面，并基于此实现了从单酶到全细胞尺度上可循环光催化反应，为可持续半人工光合体系的构建提供了新思路。

随着全球能源和环境问题的不断加剧，可再生清洁能源的开发，特别是太阳能的转化利用吸引了广泛关注。半人工光合作用是近年来诞生的新兴研究领域，结合生物体系的高产物选择性和半导材料的优异吸光性，能够实现太阳能驱动的燃料分子和化学品生产（例如利用光能驱动二氧化碳固定生成化学分子）。为在微纳尺度实现细菌和半导体材料的界面整合，当前通常的方法是将半导体纳米材料固定在细菌的外膜表面或通过细菌内吞作用实现半导体材料和胞内酶的接触。然而由于细胞和半导体材料直接接触，光照下半导体材料的光生空穴对细胞将造成永久性损害，从而严重影响反应体系的稳定性和可循环利用性。因此，如何构建牢固、友好的生物-半导兼容界面长期以来是该领域的重要挑战之一。

细菌生物被膜在自然界中普遍存在，由细菌及其分泌的胞外基质共同组成。大肠杆菌生物被膜具有自再生、自适应以及环境耐受等优点，其生物被膜的蛋白成分主要由淀粉样蛋白curli纤维组成，易于基因工程改造。基于细菌生物被膜，课题组前期开发了智能活胶水和光控梯度活体功能材料等多种活材料并实现了包含生物催化和生物修复等领域的应用。

基于生物被膜的可工程改造以及环境耐受等特性，课题组在本项目中提出利用大肠杆菌生物被膜构建生物-半导体界面，将半导体纳米材料和细菌进行物理分隔，从而避免半导体材料和细胞的直接接触并降低半导体材料对细胞的损害，最终发展一种具有可持续性特征的半人工光合作用体系。该研究中，研究人员首先对CsgA进行了合成生物学改造，将矿化短肽A7和CsgA蛋白融合表达并分泌，赋予生物被膜原位矿化的能力。如图1所示，通过在生物被膜表面原位矿化CdS纳米颗粒，获得了光催化剂矿化的生物被膜。结合纯化的异亮氨酸脱氢酶或胞内表达的甲酸脱氢酶，可以实现从单酶到全细胞的光催化反应体系。

通过透射电镜高分辨元素成像，可以看出纳米颗粒的元素组成确实包括Cd元素和S元素（图2）。进一步对该材料的光电性质表征后发现，利用生物被膜矿化的CdS保持着半导特性，并且光生

电子可以传递到电极或者电子传递介质甲基紫精。为了验证生物被膜对细胞的保护作用，研究人员构建了表面展示矿化肽段的对照菌株。在同样的条件矿化后进行光照，如图3所示，表面展示矿化的菌株存活率更低，大部分菌株已经发生了破裂；而含有生物被膜的菌株大部分都存活并保持着完整的形貌，研究表明通过生物被膜使半导材料和细胞发生物理隔离，可以起到保护细胞的作用。

研究还发现，在光照条件下，矿化生物被膜可以实现重要辅酶NADH的再生。通过异亮氨酸脱氢酶（LDH）的加入，可以利用光能将三甲基丙酮酸还原，选择性的生成L-异亮氨酸。研究人员进一步通过工程改造，实现了大肠杆菌同时表达生物被膜和甲酸脱氢酶，使工程大肠杆菌具备矿化和固定二氧化碳的能力。利用碳酸氢钠作为二氧化碳的来源，研究实现了光催化还原二氧化碳生成甲酸的概念验证（图4）。与化学合成的CdS纳米颗粒相比，矿化的CdS表现出了更优异的催化效率，可能的原因是化学合成的纳米颗粒需要配体来稳定，从而阻碍了活性位点的暴露。

与漂浮的细胞相比，细菌生物被膜拥有更大的表面积、更强的环境耐受性和更方便、灵活的功能修饰，是搭建半人工光合作用体系的优异底盘。该研究展示了无机材料和生物体系的无缝整合，可以保护细胞免受高能半导材料的损害。未来通过进一步改造微生物的代谢通路，可以实现高附加值经济化学分子的生成。由于微生物体系具备自我再生的能力同时生物被膜体系易于放大生产，因此，该方法为未来实现可持续的规模化光催化应用提供了新方向。

研究工作得到国家重点研发计划、国家杰出青年基金、深圳合成生物学创新研究院等的支持。

论文链接

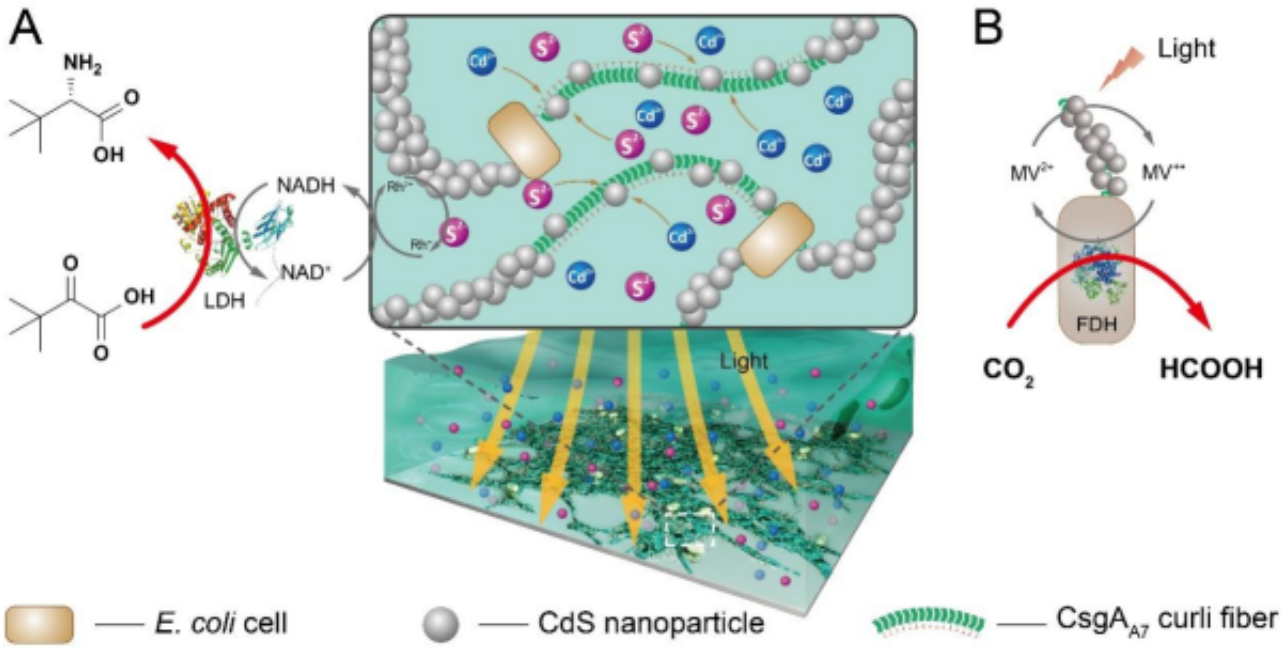


图1.光催化剂矿化活体生物被膜构建半人工光合作用体系示意图

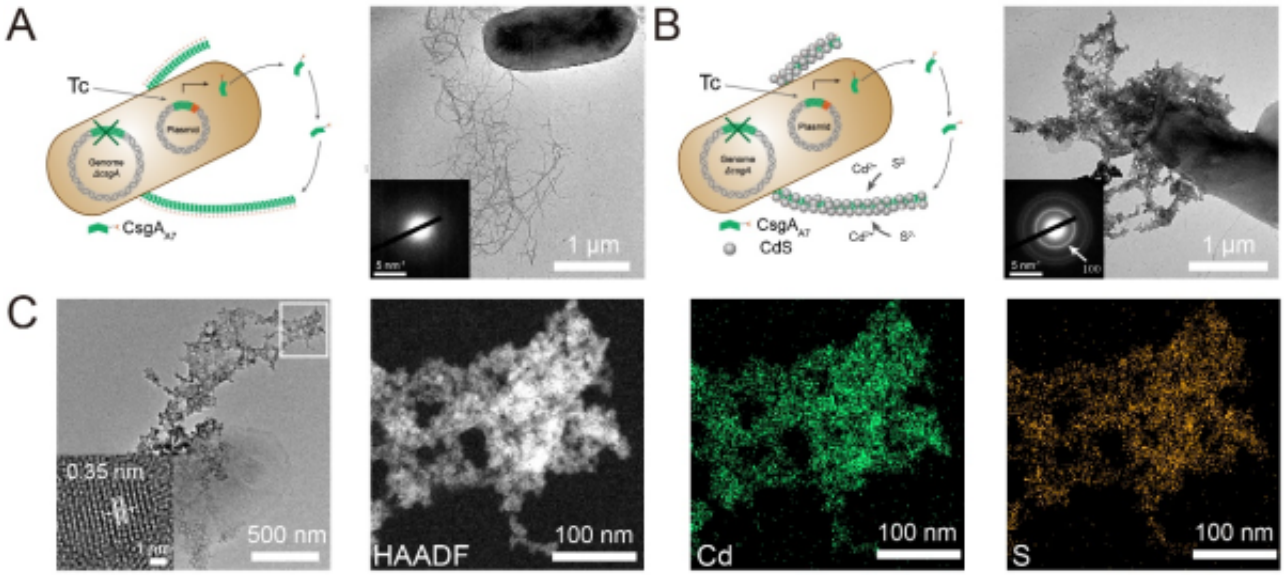


图2.光催化剂矿化活体生物被膜的高分辨表征

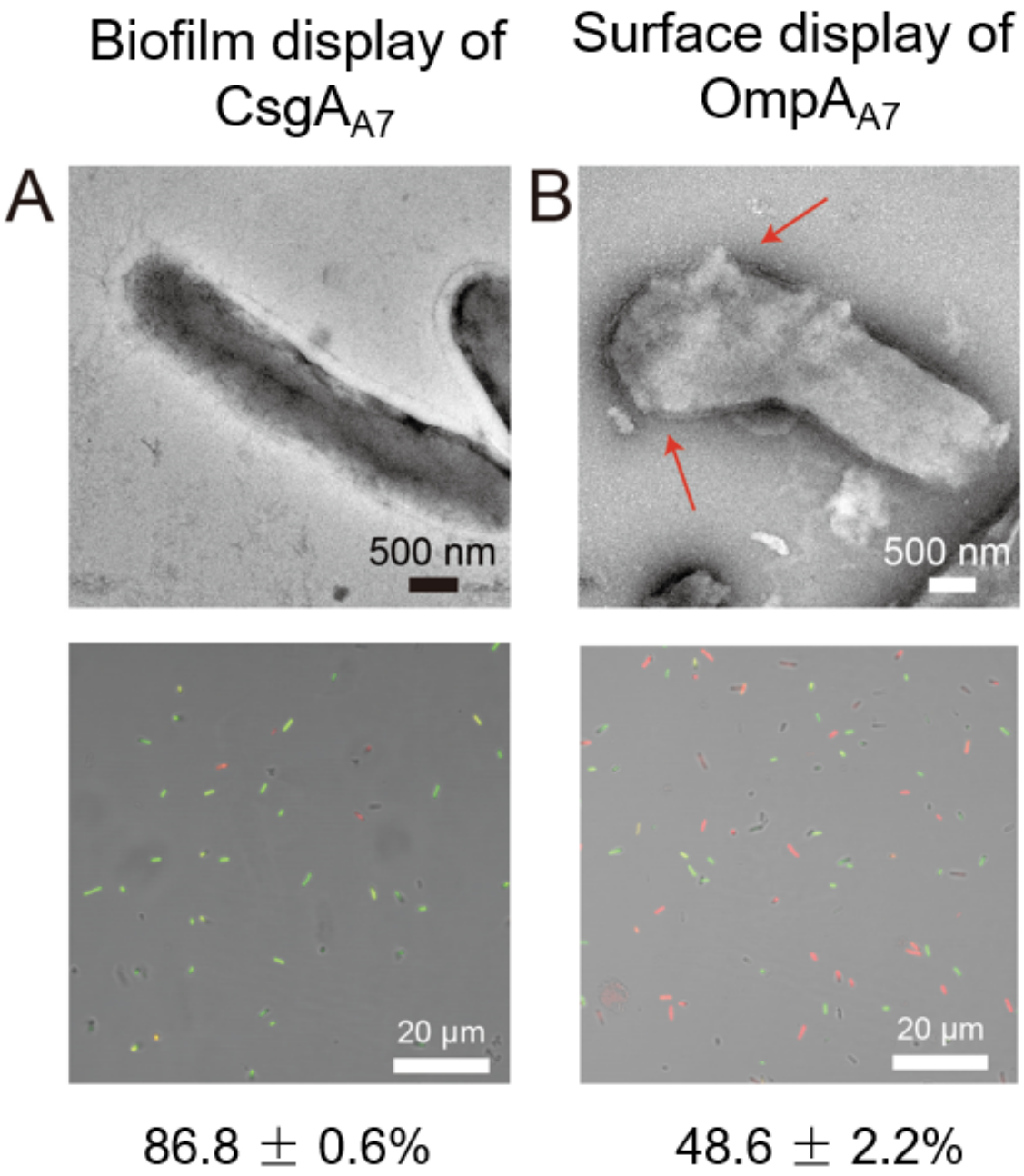


图3.生物被膜对细胞的保护作用

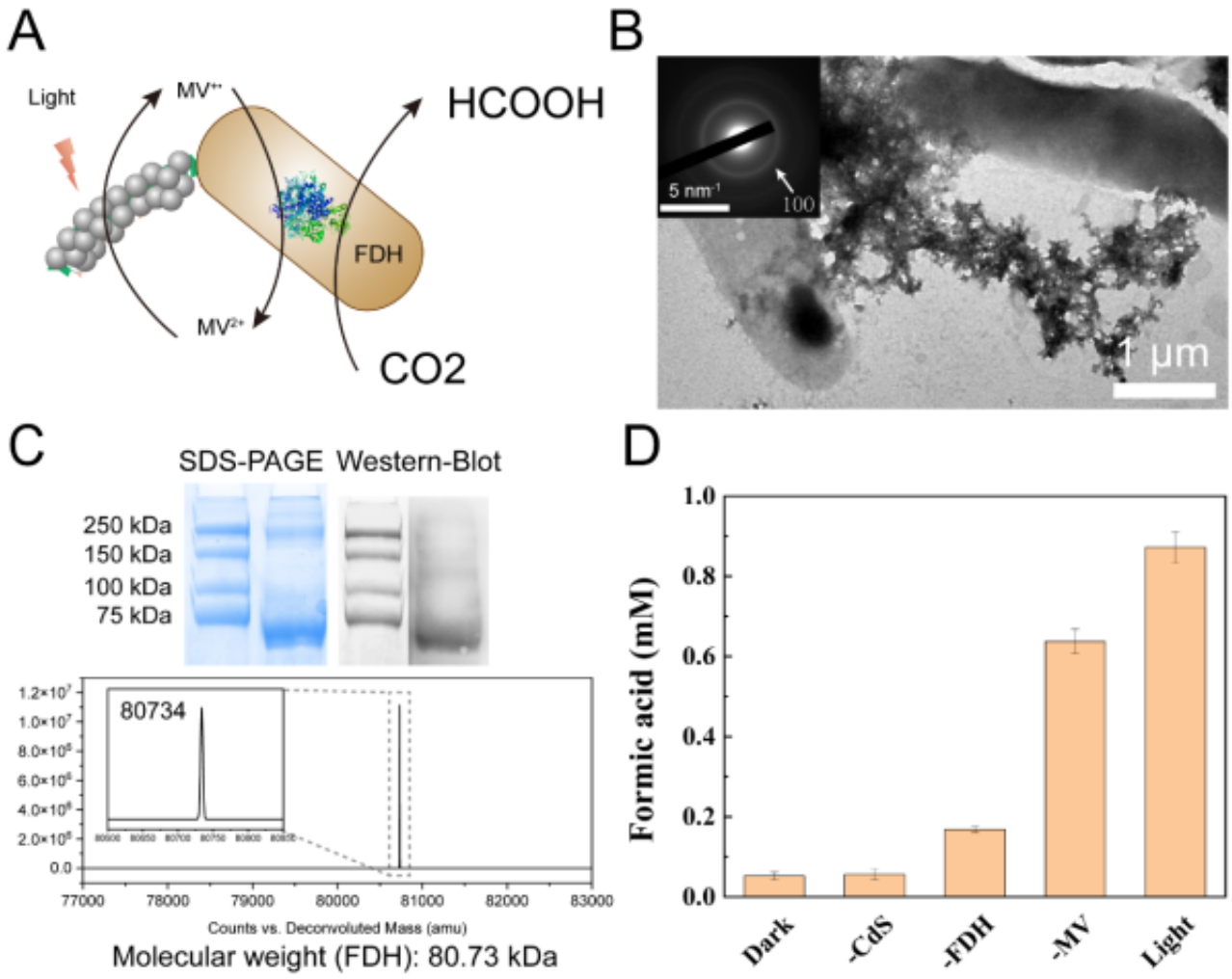


图4.光催化还原二氧化碳生成甲酸

研究团队单位：深圳先进技术研究院

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转发