



加快打造原始创新策源地，加快突破关键核心技术，努力抢占科技制高点，为把我国建设成为世界科技强国作出新的更大的贡献。

——习近平总书记在致中国科学院建院70周年贺信中作出的“两加快一努力”重要指示要求

[首页](#)[组织机构](#)[科学研究](#)[成果转化](#)[人才教育](#)[学部与院士](#)[科学普及](#)[党建与科学文化](#)[信息公开](#)[首页 > 科研进展](#)

## 深圳先进院等设计新型“人工光细胞”构建方法

2023-07-31 来源：深圳先进技术研究院

【字体：大 中 小】



语音播报



将高效吸收光能的半导体材料与高选择性催化的活细胞集成，合成新的人工体系（“人工光细胞”），利用微生物的优异胞内催化能力将半导体吸收的光能转化为化学能，可潜在提高人工光合作用的效率和特异性生产复杂化合物的能力，为光驱生物制造技术提供新路径。然而，半导体材料吸收光能产生的是电子，细胞利用的能量为生物能（ATP和(NADP)H），因而必须将电子转化为生物能才能实现新技术路径。由于细胞膜磷脂双分子层绝缘性，致使半导体材料光生电子极难进入细胞，与胞内生物电子交汇并转化为生物能的效率低。因此，如何将光生电子高效转化为细菌可用的生物能是目前亟需解决的问题。

细菌胞内的生物电子沿着位于细胞内膜上的氧化呼吸链传递向下游传递，在内膜建立跨膜质子梯度，从而驱动ATP合酶产生ATP。周质空间是位于细菌内外膜之间的狭窄空间，如果能将半导体纳米颗粒定向在周质空间内合成，光生电子可在物理空间更接近氧化呼吸链，利于光生电子进入氧化呼吸链并传递，进而驱动ATP的合成。我们应如何在细菌周质空间定向合成纳米材料、构建独特材料-细菌杂合体？

近日，中国科学院深圳先进技术研究院合成生物学研究所高翔课题组与美国芝加哥大学田博之课题组，报道了新型“人工光细胞”构建方法，将半导体材料吸收光能产生电子有效转化为生物能，使不能利用光能的工业发酵微生物有效利用光能。该团队受自然界中材料-生物界面的启发，例如厘米尺度的动物鳞片与表皮细胞，微米尺度钙板金藻外壳材料与细胞之间，均形成具有保护功能的外壳材料。科研人员构思了在大肠杆菌的周质空间中定向合成CdS半导体材料，为其装上纳米光伏颗粒的外壳，合成新型生物界面的设计思路。

该团队通过在大肠杆菌周质空间靶向合成半导体材料（纳米光伏颗粒），将半导体材料吸收光能产生的电子高效转化为细菌胞内的生物能。具体来说，研究在通过大肠杆菌在胞内利用半胱氨酸（Cys）合成H<sub>2</sub>S。因H<sub>2</sub>S具有极高的膜通透性（比水分子高3个数量级），可快速扩散至周质空间并与摄入到周质空间的Cd<sup>2+</sup>反应，形成相应的CdS纳米颗粒外壳。科研团队使用基于同步加速器的3D-X射线荧光光谱（3D X-ray fluorescence）和透射电子显微镜（STEM）确认大肠杆菌成功合成CdS纳米颗粒；制备材料-细菌杂合体的超薄切片，通过STEM分析发现CdS纳米颗粒主要分布在周质空间内、大小约为29.3 nm、结晶度低；进一步利用超声破碎细胞、溶剂提取和分散细菌中的CdS纳米颗粒，发现其大小仅为6 nm左右、结晶度提高，说明周质空间原位合成纳米颗



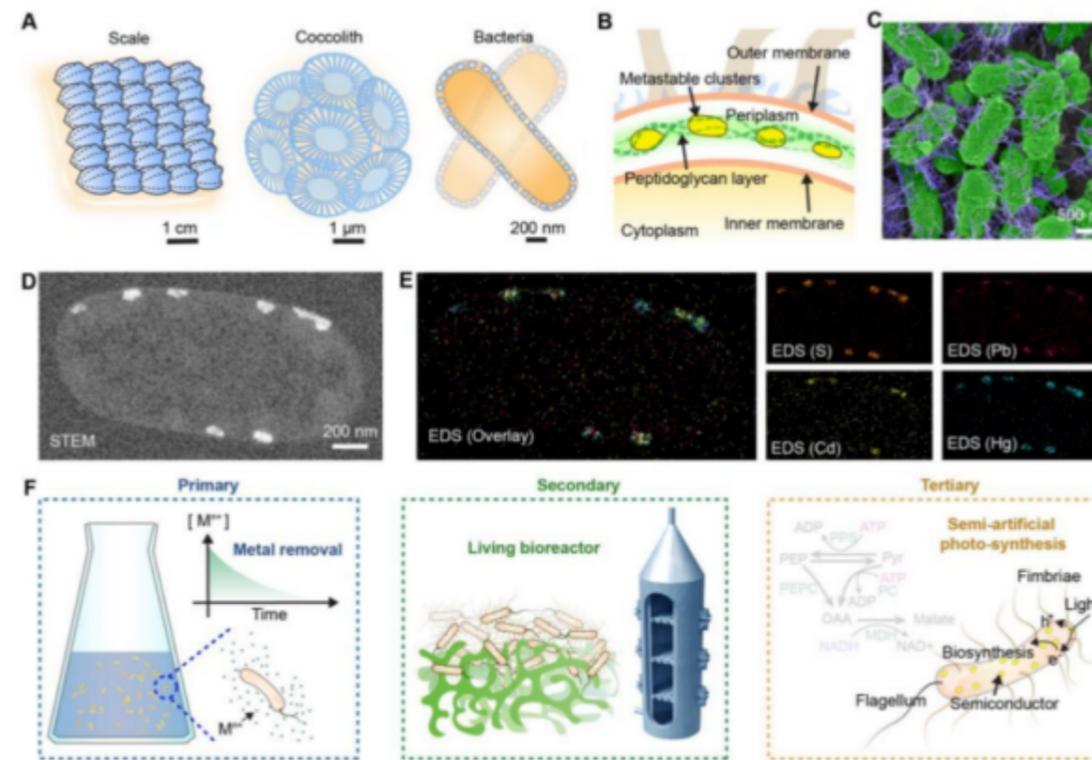
粒可能为多个CdS “纳米团簇 ” (nanoclusters) (约5个)、结晶度降低, 但赋予了生物杂合体荧光特性, 而荧光成像和荧光光谱表明周质空间合成的CdS纳米团簇是亚稳态的, 主要是无序和富含缺陷的聚集体。

为了探讨CdS形成的机制, 研究人员对周质空间原位合成CdS纳米团簇的细菌进行转录组分析, 发现细菌中与H<sub>2</sub>S合成相关的基因 (cysK、dcyD、cysM、metB、metC和sufS等)、外排泵相关基因 (tolC、cueO和macA等) 均显著上调, 表明Cd<sup>2+</sup>被细菌吸收进入周质空间和胞内, 胞内的Cd<sup>2+</sup>通过细菌外排泵又被转移至周质空间 (降低重金属离子对细胞的毒性), 而H<sub>2</sub>S具有极高的细胞膜穿透能力, 快速从胞内进入周质空间, 与Cd<sup>2+</sup>反应合成CdS纳米颗粒。因此, CdS在大肠杆菌的周质空间内形成。

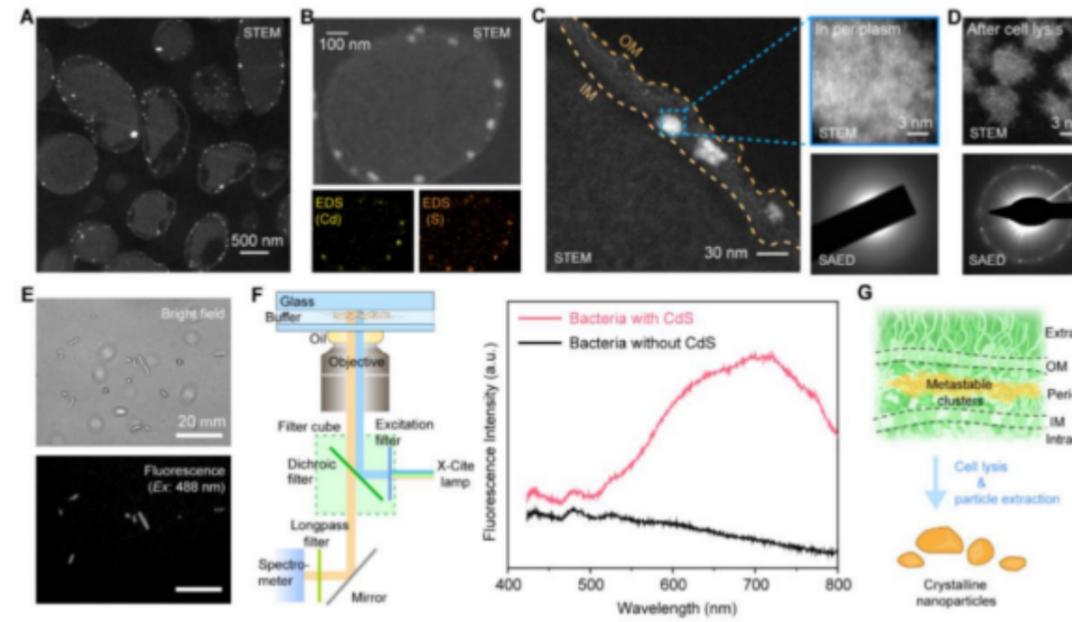
转录组显示, 在光照的条件下, 周质空间内合成CdS的细菌杂合体与氧化呼吸链相关的基因 (包括甲酸脱氢酶、NADH脱氢酶、甘油醛-3-磷酸脱氢酶、丙酮酸氧化酶、d-乳酸脱氢酶和葡萄糖脱氢酶) 和ATP合成酶相关基因均显著上调, 表明CdS吸收光能产生的电子加速了细菌氧化呼吸链电子传递速率, 因此可能提高ATP的合成。为了验证这一推测, 研究人员对杂合体胞内ATP浓度进行分析发现, 杂合体在光照条件下比黑暗条件下的ATP高8.1倍, 并应用于提高ATP推动的合成途径的代谢通量。

相关研究成果发表在《科学进展》 (*Science Advances*) 上。研究工作得到深圳合成生物学创新研究院等的支持。

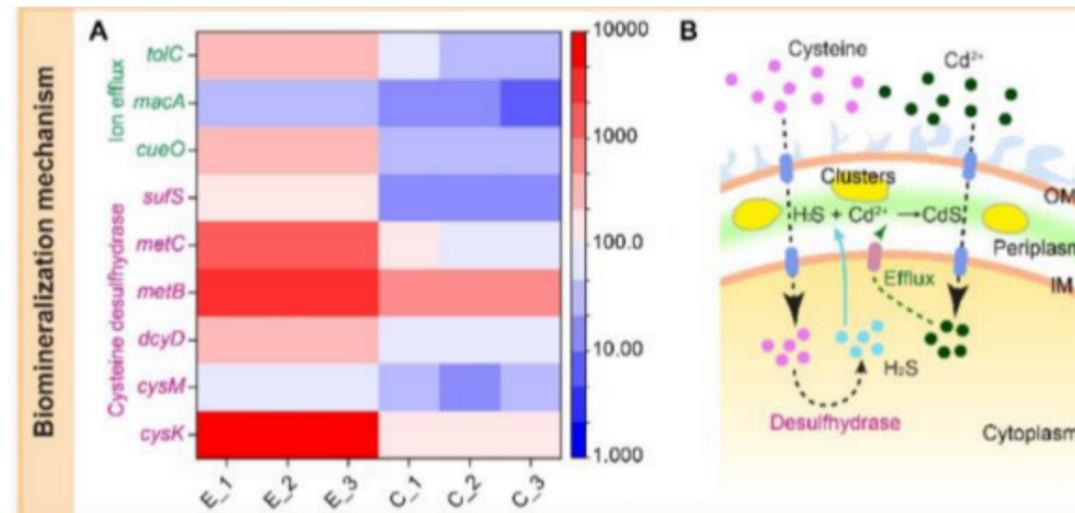
[论文链接](#)



细菌周质空间定向合成纳米光伏颗粒实现光生电子到生物能高效转化

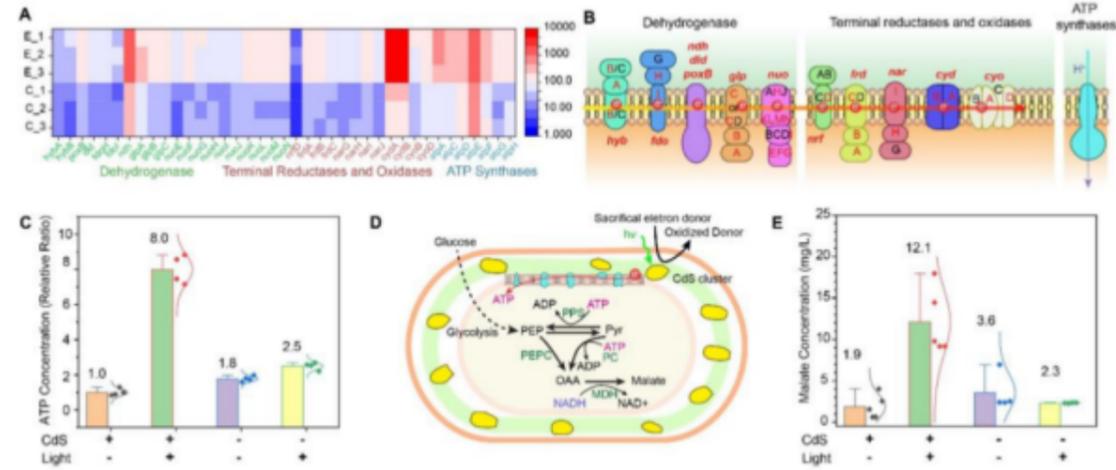


周质空间定向合成CdS纳米团簇



细菌周质空间定向合成CdS纳米颗粒机制解析





周质空间-半导体生物界面的光生电子与氧化呼吸链偶联驱动半人工光合作用

责任编辑：侯茜

打印



更多分享

» 上一篇：海洋所揭示深海冷泉水合物快速形成的动力学机制

» 下一篇：天津工生所在谷氨酸棒杆菌突变器构建和基因组连续进化技术开发方面获进展



扫一扫在手机打开当前页

© 1996 - 2023 中国科学院 版权所有 京ICP备05002857号-1 京公网安备110402500047号 网站标识码bm48000002

地址：北京市西城区三里河路52号 邮编：100864

电话：86 10 68597114 (总机) 86 10 68597289 (总值班室)

编辑部邮箱：casweb@cashq.ac.cn

