生物被膜构筑细菌工厂“防护网”

■本报记者 刁雯蕙 通讯员 赵梓杉

“万物生长靠太阳”。光合作用是指植物或藻类吸收太阳光，将二氧化碳和水合成有机物，并释放氧气的过程。

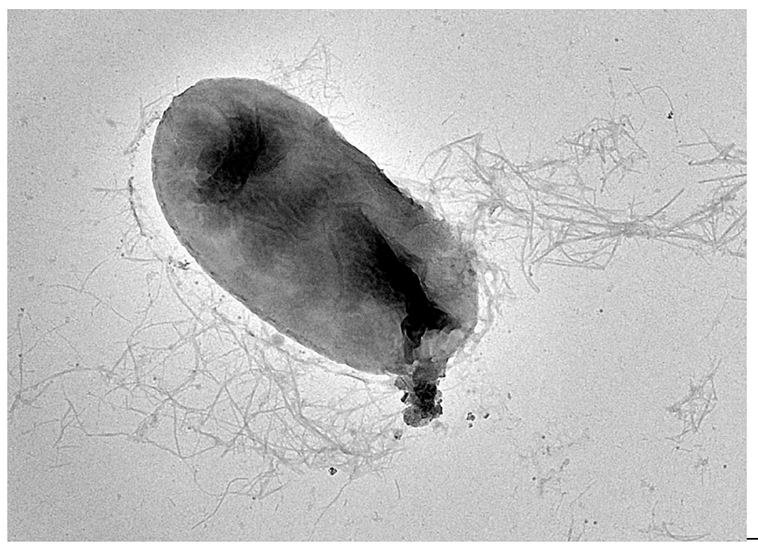
而近期科学领域非常“火爆”的半人工光合作用的原理与其十分类似，主要是通过人为方式模拟光合作用，利用光能催化生产燃料分子或各种有用化学品。半人工光合系统通常采用半导体作为吸光材料，但反应过程中吸光材料与生物细胞不兼容，往往导致光合作用效果较差、细胞难以循环使用等一系列问题。

5月7日发表在《科学进展》的一项最新研究表明，细菌生物被膜可提供一个理想界面，在微米尺度物理分隔半导体纳米材料和细菌，显著降低光照条件下半导体材料对细菌细胞膜的破坏，最终提高半人工光合作用体系的稳定性和可持续性。利用这一界面，研究人员实现了光驱二氧化碳的高效固定，为收获高附加值的能源和化学品提供了重要工具。

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研究员钟超课题组副研究员王新宇、上海科技大学博士生张继聪为文章共同第一作者，钟超为通讯作者。

改造大肠杆菌生物被膜

当前的半人工光合系统通常由吸光材料和工程细菌两部分构成，前者负责吸收并储存太阳光中的能量，后者则可以利用这些能量生产各种对人类有用的产品。因其优良的吸光性能，半导体材料常被作为半人工光合作用的吸光材料。



透射电子显微镜下的大肠杆菌生物被膜 研究团队供图

然而，在半导体材料吸收太阳光能量的同时，其周围也会生成一种“氧化空穴”，后者对细菌有很强的毒性。在反应过程中，光生“氧化空穴”会对细菌细胞造成破坏，甚至导致整个细胞破裂，严重影响“细菌工厂”正常运转。

那么，该如何解决这一问题呢？

在该研究中，研究团队从减少半导体材料与细菌接触的角度出发，进行了响应设计与研究。他们在半人工光合作用体系中改造大肠杆菌生物被膜，通过生物被膜的微生物原位矿化机制，构建了一种牢固的生物材料+无机材料兼容界面。

研究人员首先在基因层面对大肠杆菌生物被膜的主要成分——CsgA蛋白进行了重新设计，使其与具有矿化能力的短肽融合表达，从而原位固定并负载半导体颗粒。在生物被膜的固定下，半导体材料很难对细菌产生破坏，相当于在“细菌工厂”表面人为铺上一张“防护网”。

“在半人工光合作用这一新兴领域，团队通过合成生物学技术构建的大肠杆菌功能生物被膜，起到了‘防护网’的作用。”王新宇说，通过表达具有矿化能力的胞外被膜蛋白，高能半导体材料与细菌避免了直接接触，从而大大降低了对工程菌的伤害。

科学手段助力绿色制造

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。这种天然的活体材料具有功能可编程、自我再生以及环境耐受等特点，在规模化光催化方面有较大应用潜力。

研究人员通过工程改造方式，使构建的大肠杆菌生物被膜具备了矿化和固定二氧化碳的能力，成功建立了实现光催化还原二氧化碳并生成甲酸的半人工光合系统。

然而，在生物被膜半人工光合作用体系中，研究人员仅引入单一的酶，还无法实现高附加值经济产物的生成。未来，研究团队将继续对微生物进行改造，构建从二氧化碳到长链高附加值化学分子的合成通路，并对生物被膜的光催化反应体系进行中试发酵尝试，验证该成果体系的规模化生产能力。

当前，在合成生物学领域，我国科学家取得了将二氧化碳转化为淀粉或葡萄糖的重大突破，然而，整个体系关键的第一步反应——二氧化碳固定仍是通过化学催化方法实现的，增加了反应体系的复杂性。该研究通过半人工光合体系的构建实现了全细胞的二氧化碳固定，未来有望通过全链条优化，实现基于全细胞体系的从二氧化碳到高附加值长链化合物的转化。

“我们利用合成生物技术工程改造细菌生物被膜，构建了一个全新的生物—无机兼容界面，并实现了从单酶到全细胞尺度上可循环利用的半人工光合作用体系，为未来可持续性半人工光合体系的开发提供了新思路，也展现了材料合成生物学技术在能源领域的广阔应用前景。”钟超表示。

相关论文信息：
https://doi.org/10.1126/sciadv.abm7665

按图索技

穿上缤纷“糖衣” 鉴定药丸真假

受五颜六色的扁圆形巧克力启发，美国加利福尼亚大学河滨分校生物工程教授William Grover研发了防止药品造假的简单方法。这项技术被称为“糖果码”，是将微小的彩色糖粒作为药用胶囊和药丸独特的可识别涂层。相关研究近日发表于《科学报告》。

假冒或不合格药品危害了数百万人，每年造成约2000亿美元的损失。世界卫生组织估计，在发展中国家，1/10的医疗产品是假的。

很多研究人员对在药片上添加独特的代码感兴趣，这些代码可用于验证药片的真伪，但这些方案都有实际局限性。Grover的实验室此前也一直致力于以简单、低成本的方式确保药品的品质。

他表示，“这项研究的灵感来自于五颜六色的巧克力糖果。每颗糖果平均有92个随机‘连接’的彩色糖粒，分8种不同的颜色。我想知道这些糖果上可能有多少种不同的彩色图案。”

事实证明，随机生成的糖果图案重复自身的概率基本为零，因此每颗糖果都是独一无二的，永远不会被偶然复制。

这让Grover产生了一个想法，即彩色糖粒可作为一种涂层应用于药丸，使其具有独特的模式，药品制造商再将其存储在数据库中。消费者用智能手机上传一张药丸照片，如果其“糖果码”与数据库中的某一张匹配，就可以确定药是真的；反之则可能是假药。

为验证该想法，研究小组将可食用蛋糕装饰胶作为彩色颗粒涂在泰诺胶囊上，并开发了一种算法。该算法可以将一张糖果药丸的照片转换成一组文本字符串存储在计算机数据库中，供消费者查询。

研究人员随后使用这种算法分析了一组“糖果码”照片，发现它们作为通用的唯一标识符发挥了作用，即使模拟了药片在运输过程中受磨损的情况后也是如此。

“通过计算机模拟更大的‘糖果码’库，我发现一家公司可以生产10^{17}个‘糖果码’药丸，并且能唯一性地识别每粒‘糖果码’药丸。”Grover表示。

有趣的是，“糖果码”胶囊或片剂对消费者也有意想不到的好处。Grover发现，有“糖果码”的药比普通药更容易吞咽。

通过引入更多颜色或结合不同大小、形状的彩色糖粒，人们可以创造出更独特的“糖果码”。除了药品，人们也可以用它来识别其他经常被仿制的产品的真伪。（王方）

相关论文信息：
https://doi.org/10.1038/s41598-022-11234-4

用五颜六色的糖粒（中）制作的巧克力（左）和药用胶囊（右）。
图片来源：William Grover/UCR

专家讲坛

为氢能产业扶正发展定位

■本报记者 郑金武

近日，《氢能产业发展中长期规划（2021—2035年）》（简称《规划》）正式发布。《规划》明确了氢的能源属性，以及氢能是未来国家能源体系的重要组成部分，氢能产业是战略性新兴产业和未来产业重点发展方向，是构建绿色低碳产业体系、打造产业转型升级的新增长点。

“《规划》的象征性意义比实质性意义更大，它给氢能产业一个明确的发展定位，推动氢能产业与国家大战略融合，为氢能燃料电池产业的持续发展提供了新机遇。”在近日举办的线上“《规划》解读会”上，同济大学汽车学院教授张存满表示，对整个氢能燃料电池产业的发展而言，《规划》的发布是一个最重要的标志性事件。

具有里程碑意义

氢能是一种来源丰富、绿色低碳、应用广泛的二次能源，对构建清洁低碳、安全高效的能源体系，实现碳达峰、碳中和目标具有重要意义。

我国拥有规模较大、基础较好的“氢气产业”，目前是世界第一大氢气生产国，氢气主要作为化工原料气体广泛应用于石油炼制，合成氨、甲醇生产等传统产业。但是，因其易燃易爆，人们更为关注其危险化学品属性，对其能源属性认知不足。

“此次《规划》的出台具有里程碑意义。”氢云链创始人邱月盈认为，《规划》是对中国氢能产业20年发展的认可、总结和展望。“首先是给予氢能产业一个明确的定位，也可以理解为给氢能产业发了一个正式的‘身份证’；其次是指出目前氢能产业的发展方向和发展重点；最后指出了氢能产业的发展方式。”

“《规划》的亮点在于突破了氢燃料电池汽车的范畴，从‘大氢能’概念出发，在以往政策基础上，有继承、有更新、有变化。”邱月盈表示，《规划》的出台，符合国家安全、能源革命、“双碳”目标和产业转型升级的大背景要求。

目前，我国多地陆续制定氢能产业相关规划、实施方案等政策文件，布局建设加氢站等基础设施，推动燃料电池车辆等氢能多元化应用。

“在氢能产业萌动之际，《规划》的出台符合业界期盼，为氢能科技创新和产业高质量发展指明了方向。”中国国际工程咨询有限公司总工程师杨上明表示，《规划》将对氢能产业发展起到规范引领的作用。

绿氢是主要发展方向

氢气根据制取方式不同，有灰氢、蓝氢、绿氢等之分。灰氢是通过化石燃料（例如石油、天然气、煤）燃烧制取的氢气，碳排放量最高；蓝氢是在灰氢的基础上，应用碳捕捉、碳封存技术，实现低碳制氢；绿氢是通过光伏发电、风电以及太阳能等可再生能源电解水制氢，制氢过程中基本不会产生温室气体，因此被称为“零碳氢气”。

按照此次《规划》，可再生能源制氢是主要发展方向。以电解水制氢为基础的氢电互变技术，为可再生能源储能提供了新的技术选择，这也是实现可再生能源规模化开发利用的重要技术路线，将成为氢能产业发展的重点方向。

“《规划》整体强调绿氢方向，严控化石能源制氢；鼓励各地因地制宜，根据实际发展副产氢或绿氢。”邱月盈表示，这与我国提出的“双碳”目标要求相符。

“长期来看，绿氢是方向，而蓝氢主要体现资源的综合利用。”张存满说。

他认为，《规划》鼓励副产氢的就地利用，因为氢气经济性运输半径是有限的，有条件的地方可以上马氢能应用项目。“国家鼓励因地制宜，充分利用现有的副产氢，但不鼓励走化石能源制氢的路线。”

广东佛山环境与能源研究院院长赵吉诗注意到，此次《规划》没有着重提及蓝氢的发展。“不提蓝氢是出于‘审慎’的考虑。国家担心产业界借着发展氢能的名义，大上快上化石、煤制氢等项目。”赵吉诗说，“对于副产氢发达的地区，可因地制宜发展氢能应用。”

支持产业发展不再以补贴为主

过去我国发展新兴产业，财政补贴是重要的支持方式。但随着补贴退坡，产业项目草草收场、一地鸡毛的案例不在少数。

邱月盈认为，《规划》透露的一个重要信息是发展氢能产业，财政补贴是有限的，鼓励通过社会资金解决产业资金问题；《规划》支持符合条件的氢能企业在科创板、创业板等资本市场融资。

“对新兴产业补贴扶持的黄金期可能已经过去。”赵吉诗表示，现阶段业界对氢能产业能否得到类似纯电动、光伏、风电起步期的粗放式补贴，不应抱有太大期望，“氢能产业的发展可能会是一个比较辛苦、自力更生的过程”。

张存满也认为，氢能产业一定没有过去新兴产业高额补贴的空间。那么，应如何解决氢能产业发展的资金问题呢？他认为可以从3个层面尝试。

“一是从资本市场获取产业发展资金，有点像互联网科技企业的发展路子；二是传统企业加大资金的投入，比如潍柴动力、国电投氢能等企业，把在传统制造业中获取的部分利润向新产业转移；三是从商业模式中找钱，探讨商用车的商业化创新模式，向政策要红利、要效益。”张存满说。

张存满强调，《规划》为氢能产业的发展指明了方向，但一定不能再搞“大水漫灌”式的补贴，这会形成巨大的浪费，并导致“劣币驱逐良币”现象的出现。

目前，各省区市纷纷出台氢能产业发展规划。对此，张存满建议，一定要根据各地的资源禀赋、产业基础、应用场景，认真布局。“先要搞清楚为什么发展氢能，再慎重布局，不宜盲目扩张。”

集装箱

北京经开区自动驾驶累计测试里程超400万公里

本报讯（记者郑金武）近日，记者从北京经济技术开发区（简称北京经开区）获悉，北京经开区60平方公里范围内常态化开展测试和商业化服务的各类高级别自动驾驶车辆已达300辆，自动驾驶累计测试里程超过400万公里。

2020年9月，全球首个高级别自动驾驶示范区落地北京经开区；半年后，北京启动打造全国首个智能网联汽车政策先行区。此后，无人配送车上路、商业化试点、高速测试、无人化测试等一系列政策“上新”，为自动驾驶产业“打气”。

今年，北京高级别自动驾驶示范区将迎来扩区提质。根据规划建设目标，北京高级别自动驾驶示范区将加快向北京市其他区域扩展，构建车路云网图安全标准体系，聚焦路侧基础设施关键标准研制及应用示范。

目前，北京经开区示范区内已经开放自动驾驶出行服务商业化试点，累计服务人次超8万；无人配送车场景已经实现生鲜配送和快递配送的实际运营，正逐步拓展应用范围。无人零售、自动驾驶警务巡逻、微循环接驳和公园漫游车等已经来到市民身边，智能网联汽车与智慧城市场景实现了深度融合创新。

武汉国家农创中心建设管理办公室成立

本报讯（记者李晨）5月8日，武汉国家现代农业产业科技创新中心（简称国家农创中心）建设管理办公室在湖北省武汉市成立。

我国按“东南西北中”布局建设国家农创中心，武汉国家农创中心是全国第五个、华中地区唯一一家，2020年6月获农业农村部批复。该中心围绕生物种业、动物生物制品、农业大健康等三大主导产业，布局“一核两翼一芯两园多基地”，着力打造集科研中心、转化中心、研发中心、人才中心、企业中心为一体的“五大中心”。

此次揭牌的武汉国家农创中心建设管理办公室，与武汉光谷中华科技园实行“一套班子、两块牌子”管理运行机制，将作为专职机构负责推进该国家农创中心规划建设、招商引资、政策制定及日常事务管理等工作。

锂离子电池储能系统热—安全管控技术获突破

本报讯（记者朱汉斌）随着使用时长增加，锂离子电池的理化特性会发生非线性变化，宏观表现为电池一致性发散、产热增加、安全边界演化、微小故障多发等特征，锂电储能系统的安全运维因此面临巨大挑战。记者近日从中国科学院广州能源研究所获悉，针对这一问题，该所研究员蒋方明团队依托国家重点研发计划项目“梯次利用动力电池规模化工程应用关键技术”课题三“梯次利用动力电池电、热、安全管理技术”，开展了相关研究工作。

蒋方明团队研发出3项创新成果：一是研发了梯次电池及储能系统多尺度多场耦合仿真平台，揭示了梯次利用动力电池从电极介孔到宏观储能系统尺度的性能演化规律；二是构建了适应不同动力电池原始散热设计、具备热值估算动态调控能力的热管理系统，研制了国内首台液冷式锂电储能系统样机（100kW/500kWh）；三是提出了“瞬发性安全故障表征监控+渐变性故障演化特征分析”的安全管控体系，实现了对梯次电池储能系统电、热、安全的有效管控。

“电能存储是构建新型电力系统的关键。”蒋方明表示，锂离子动力电池储能系统全生命周期热—安全管控技术难题的攻克，将推动长效安全的锂电储能系统由应用示范走向大规模推广，对构建新型电力系统、践行“可再生能源”+“储能”的低碳发展战略具有重大意义。

千吨级电容炭工业化生产线在山西清徐开工

本报讯（记者李清波）近日，山西中科美锦炭材料有限公司（简称中科美锦）千吨级电容炭工业化生产线项目正式开工建设。该项目位于山西省太原市清徐精细化工循环产业园。

超级电容器作为一种新型电化学储能器件，因具有功率密度高、循环寿命长、使用温度范围宽、安全可靠、环境友好等特点，在轨道交通、电动公交、风电和智能电网等新兴市场及特殊领域有广阔应用前景。电容炭是超级电容器中最核心的关键材料，生产工艺和配套设备条件严苛，目前尚未完全国产化，对外依存度高，制约了我国新型储能器件的发展。

为解决上述问题，中国科学院山西煤炭化学研究所与山西美锦能源股份有限公司于2016年底联合开展电容炭国产化中试技术攻关，设计并建成10吨级电容炭中试生产线。通过自有平台、下游客户进行材料物化性能、加工性能和电化学性能的评测优化，最终实现产品定型和工艺固化。2021年4月，相关技术通过中国石油和化学工业联合会科技成果评估。该项目形成了国产电容炭的技术指标体系及应用解决方案，提升了超级电容器关键材料自主保障能力。

为加速推进该科技成果转移转化，2021年8月，双方签订投资协议，成立中科美锦，实施电容炭产业化项目。目前，中科美锦一期500吨电容炭产业化项目已启动。项目完成后，有望实现电容炭的国产化和进口替代，解决困扰我国超级电容器行业多年的瓶颈性难题。