

捕碳于海 变废为宝

——我国科研团队首提“人工海洋碳循环系统”

罗云鹏 赵梓杉

海洋作为地球上最大的天然“碳库”，每年吸收逾四分之一的人为排放二氧化碳，有效减缓了全球气候变暖。然而，海水持续吸收二氧化碳引发的海洋酸化，对海洋生态平衡构成了严重威胁。如何把这部分已进入海洋的碳，转化为人类可利用的资源，减缓海水酸化，是实现“蓝色经济”与“双碳”目标必须面对的共同课题。

不久前，中国科学院深圳先进技术研究院副研究员高翔团队联合电子科技大学教授夏川团队，首次提出并验证了一种基于“电催化+生物催化”耦合策略的“人工海洋碳循环系统”。相关成果发表在国际学术期刊《自然·催化》上。

该系统可捕集天然海水中的二氧化碳，并将其转化为可直接进入生物制造的中间体，再进一步升级为多类高价值化学品与材料，构建了一个从“海水吸碳”到“材料单体分子产出”的完整链条，首次打通了海水碳捕集与下游生物转化的关键环节。

成功破解高效海水碳捕集难题

从海水中实现高效碳捕集，是该研究的第一个关键点。

据了解，因受到天然海水中存在的钙镁离子影响，传统技术方法会出现膜溶胀失效、电极污染等，二氧化碳的连续捕集通常不超过10小时。

为实现连续、高效海水碳捕集，解决电极钝化和盐类沉积等问题，夏川团队设计了一种新型电催化碳捕集装置。

实验结果显示，该装置不仅能在天然海水里连续稳定运行超过500小时，二氧化碳捕碳效率达70%以上，还可同步副产氢气。在经济性方面，该装置每捕集一吨二氧化碳的成本约为229.9美元，低于当前行业水平(249~10000美元/吨)，展现出良好的实际应用前景。

夏川团队又通过两步法成功研制出了高活性、高甲酸选择性的铋基催化剂(Bi-BEN)，借助电催化将捕获的二氧化碳高效转化为甲酸。

夏川说，该成果紧密围绕国家“双碳”目标和“蓝色经济”发展需求，开拓了海洋碳汇资源化利用的新路径。不仅为应对气候变化提供了新方案，也为绿色低碳新材料产业发展奠定了关键技术基础，推动了海洋碳资源的高值化利用。



高翔(右)与论文共同第一作者郭明明(左)交流实验结果。 图片由受访者提供

术基础，推动了海洋碳资源的高值化利用。

用工程菌“吃”甲酸“吐”塑料

研究的第二个关键点，是将甲酸溶液转化为生物基化学品，以替代化石工业来源的化学品。

据了解，高翔团队利用合成生物学的方法，构建了一种能够高效利用甲酸、并将其转化为塑料单体的“微生物细胞工厂”。他们选用了一种生长速率极快的海洋微生物——需氧弧菌作为底盘微生物，通过合成生物学结合实验室适应性进化手段，对其代谢系统进行重构，成功改造出能耐受高浓度甲酸、并高效利用甲酸“工程菌”。该工程菌能够将甲酸定向地转化为生物可降解塑料聚丁二酸丁二醇酯(PBS)的核心单体——琥珀酸，以及可降解塑料聚乳酸(PLA)的单体——乳酸。

为了验证整个系统的碳流向和产业

可行性，高翔团队通过稳定碳同位素(13C)标记实验，证实了琥珀酸分子中的碳原子来自最初捕获的二氧化碳。而实验中乳酸的产生，也为拓展可降解塑料的多样性提供了新的可能。

从生态意义上看，这项研究完整地构建了一条从海洋二氧化碳到可降解生物材料的全新、可持续的转化途径，为实现碳中和、减少化石资源依赖及应对海水酸化问题提供了解决方案。

计划打造集成化“绿色工厂”

目前，研究团队基于合成的生物塑料单体，进一步合成了可完全生物降解的PBS及PLA，并制备出示范吸管产品，展示出了将海水中二氧化碳转化为绿色材料的产业化前景。

研究人员指出，未来，电催化+合成生物学的“人工海洋碳循环系统”，有望演变为一个多元化的产品谱系。

例如，在材料领域，该系统除了生产

吸管，还能生产替代一次性泡沫塑料的可降解餐盒、快递包装，以及在田间使用后能直接降解为肥料的农业地膜；在日用化工领域，该系统可以生产绿色表面活性剂，用于制造不含磷、氮的环保型洗涤剂，从而减轻江河湖泊的富营养化；在食品与医药行业，该系统可潜在合成高价值的营养强化剂或药物中间体，实现从二氧化碳到高端产品的跨越式升级。

高翔说：“我们希望把海洋丰富的碳资源转化为绿色高价值产品，以此实现碳减排、资源利用和产业升级的多重目标。”

未来，高翔团队和夏川团队计划在沿海地区构建集成化的“绿色工厂”。一方面，依托新型电催化碳捕集装置，持续从海水中捕获二氧化碳并转化为甲酸。另一方面，通过发酵罐中的工程菌将甲酸高效转化为绿色塑料原料。随着相关技术的不断优化与大规模应用，该研究成果将有效缓解海水酸化问题，构建“捕碳—产料—制品”一体化绿色产业链，为我国“蓝色经济”高质量发展注入绿色动能。

朱德明

近年来，网红打卡地如雨后春笋般涌现，在地方有关部门、社交媒体的助推下迅速走红，却也带来了噪声扰民、交通瘫痪、垃圾遍地、环境污染等治理难题，伴随着生态、民生和发展等多重压力。

对网红打卡地来说，“打卡”是一把双刃剑，“卡”打得越好，将为当地文旅产业发展带来宝贵契机，反之则会破坏当地优质的生态资源。在网红效应与生态效益之间找到“双赢”的平衡点，已成为当前社会治理的一道必答题。

网红打卡地面临的治理困境，表面看是网民或游客的素质问题，实则暴露了公共管理体系面对“流量突袭”的滞后性。当一片区域突然从宁静的社区变身旅游热门地，原有的生态环境基础设施与社会管理模式往往难以招架。如垃圾清运能力不足、交通疏导方案缺失、噪声管控措施缺位等，这些问题共同构成了网红打卡地的“成长烦恼”。更需要警惕的是，一些地方为追求短期流量主动迎合网红经济，忽视了对可持续发展的长远考量。

流量带来的人气不应以牺牲环境、破坏生态为代价，网红打卡地更要坚守生态环境底线。为此，要做好全链条管控，筑牢生态环境治理“防护网”。实现有效的治理需要从组织、空间、时间三方面协同发力。在组织形式上，完善“社区牵头+多部门下沉+居民参与”的模式，将分散管理变为“抱团式”治理，让居民成为“社区规划师”，共同参与发声。在空间规划上，通过划定相应范围引导人员流动，既满足游客参观需求，又减少对居民生活的干扰。在时间管理上，进行分时段管控，避免瞬时超载。

要做好全方位引导，激活生态环境保护内生动力。疏导优于堵塞，赋能胜于限制。比如可以通过发放告知书、播放普法视频等方式柔性引导游客，应用智慧系统实时监控人流量并及时启动限流措施，发起“无痕旅行”倡议，激发游客责任意识。此外，打卡点还可以设置环保提示牌与分类垃圾桶，招募志愿者进行现场引导，让游客在沉浸式体验过程中树立“文明打卡”理念，从“生态影响者”转变为“生态守护者”。

要引导全社会参与，构建生态环境共治“同心圆”。生态环境保护从来不是单一主体的“独角戏”，需要激活公众、网红等多元力量形成合力。可以鼓励社区与游客共建共治，如参照重庆市北仓街区“社区合伙人”机制，让居民参与业态规划与管理监督，实现网红打卡与本地生活的互惠共生。可以通过打卡互动、积分奖励、优惠减免等措施，激励公众参与志愿服务、生态环保等活动，让游客从单纯的观光者变成生态环境保护的深度参与者，从而释放共享共治正能量，让文旅发展和生态环境保护相得益彰。

要进行全要素赋能，打造生态环境监管智慧之盾。运用信息技术设置监控，建立无死角监管体系，可将破坏生态环境等违法违规行为纳入旅游黑名单，进行公开曝光和严厉处罚，提高违规成本。规范内容传播，支持和鼓励媒体平台和博主创作生态环境保护题材和内容的产品，在宣传网红景点的视频中添加“承载力提示”“环保须知”等标识，把流量转化为生态环保传播力。

网红打卡地的生命力，终究取决于其独特的生态资源与文化底蕴，若为短期流量牺牲生态，再热门的打卡地也会沦为“生态伤疤”，以至陷入“昙花一现”的命运。守住生态底线，才能打造既有热度又有温度的公共空间，让每一处网红打卡地都能在流量的潮起潮落中，守护好独特的生态之美与文化之魂，既“红”得持久，也“绿”得盎然。

网红打卡地要想红得久不能毁生态

欢迎订阅 2026年度 科学导报

全国优秀科技报 全国优秀科普报 山西省十强报纸 第二、三届山西出版奖提名奖

《生态山西》周刊每周三出版

全国各地邮局均可订阅

邮发代号：21-462

年价：396元

投稿邮箱：kxdbstsx@163.com



新闻热线：18636996118