

<https://doi.org/10.3799/dqkx.2022.869>



海洋碳中和途径知多少?

孙 军^{1,2,3}

1. 中国地质大学广州南沙地大滨海研究院, 广东广州 511462
2. 中国地质大学生物地质与环境地质国家重点实验室, 湖北武汉 430074
3. 中国地质大学海洋学院, 湖北武汉 430074

全球变暖是当今国际社会共同面临的重大挑战之一。政府间气候变化专门委员会(IPCC)指出, 如果大气中温室气体的含量持续上升, 预计全球变暖将在 21 世纪给未来的粮食安全以及人类的健康和财富带来风险。我国在 2006 年已成为世界第一温室气体排放大国。2018 年全球温室气体排放量为 331 亿吨 CO₂, 我国温室气体排放量占全球温室气体排放总量的 28%, 居于全球首位。根据中国工程院估算预计, 2027 年我国碳达峰, 温室气体排放量为 122 亿吨 CO₂, 因此尽早实现碳中和, 做到人与自然和谐共处, 任重道远。

那么何为碳中和, 海洋又能为我们实现碳中和做些什么呢?“碳中和”是指在一个特定时期, 一定范围内人为排放的 CO₂ 通过自然和人工碳汇吸收 CO₂ 相互抵消, 达到排放量与吸收量平衡以实现 CO₂ 净零排放。碳汇是应对气候变化以实现经济社会高质量发展的基础性工作, 更是实现“碳中和”宏伟目标最有效的手段之一。

海洋是地球上最大的碳汇, 她吸收了人类排放 CO₂ 的 1/3。海洋碳循环中存在两个重要的碳汇过程: 溶解泵和生物泵, 在源源不断地将人为活动排放到大气中的 CO₂ 向海洋深层输送。溶解泵通过大气 CO₂ 分压的改变和海水的碳酸盐缓冲体系将大气多余的 CO₂ 吸收到海水中, 这个过程巨量而迅速, 但是对解决 CO₂ 问题还存在很多难点。例如对于与人类

相邻的近海来说, 其温度波动剧烈, 碳源汇评估存在较大的不稳定性; 虽然海水碳酸盐体系的缓冲作用相对较大, 但存在一个最关键的问题——难于人工操作性, 这使得溶解泵对控制未来 CO₂ 问题越来越显得吃力。相反, 生物泵这一通过生物作用合成固碳吸收 CO₂, 然后沉降输出至深海的过程, 尽管其量值相对较小, 但是具有较高的碳汇效率和人工可操作性, 将会越来越受研究人员的青睐。我国海洋资源具有得天独厚的区位优势, 海洋和海岸带生态系统丰富多样, 海洋碳中和潜力巨大。海洋碳中和途径大致有以下 7 条途径:

(1) 海洋生物泵增汇。海洋生物泵主要是通过海洋生物作用吸收 CO₂, 然后沉降输出至深海的过程。生物泵启动于真光层, 通过浮游植物的光合作用, 将表层海水中 CO₂ 转化为颗粒有机碳, 与溶解泵耦合起来。它把浮游植物及后续食物链关联的海洋生物与海水元素之间通过生理生化过程相互耦联起来, 密不可分, 形成海洋中一系列复杂的生物地球化学过程, 这一直以来均是海洋学研究的核心内容之一。通过深入分析海洋中的生物泵结构、过程和机理, 可以提高海洋生物的固碳、储碳及碳汇效率(孙军等, 2016)。中国近海生物泵固碳储碳潜力巨大, 保守估计每年可以固定 530 亿吨 CO₂。

(2) 滨海湿地减排增汇。湿地作为全球三大生态系统之一, 因其对大气中 CO₂ 良好的封存和固定

基金项目: 国家重点研发计划(No. 2019YFC1407800); 国家自然科学基金(No. 41876134); 教育部长江学者奖励计划(No. T2014253); 生物地质与环境地质国家重点实验室基金(No. GKZ21Y645)

作者简介: 孙军(1972—), 男, 教授, 博士生导师, 从事生物海洋学、海洋环境与生态研究。E-mail: phytoplankton@163.com

引用格式: 孙军, 2022. 海洋碳中和途径知多少? 地球科学, 47(10): 3927–3928.

Citation: Sun Jun, 2022. How Many Pathways We Have for the Marine Carbon Neutrality? *Earth Science*, 47(10): 3927–3928.

能力,一直被认为是全球最大的碳库之一(Nellemann *et al.*, 2008).全球湿地面积虽然只占陆地面积的4%~6%,但包含全球30%以上的碳储量,在陆地及全球碳循环过程中起到重要作用,研究表明全球的盐沼、红树林和海草床等呈现较强的固碳能力.

(3)渔业碳汇.“渔业碳汇”主要是指通过渔业生产活动促进水生生物吸收水体中的CO₂,并通过收获水生生物产品,把这些碳移出水体的过程和机制(唐启升和刘慧, 2016).在发展海洋水产养殖的同时尽量将其转型为碳汇渔业,变渔业为碳汇,例如海洋牧场等,渔业碳汇是落实蓝色粮仓战略的重要实践.

(4)海洋生态系统减排增汇.海洋中今后会存在很多人工生态系统,比如一些海岸和岛礁的填埋修复工程、内湾改造和人工珊瑚礁等.通过人工生态保护与修复,实现人工生态系统的生态健康增汇,减少陆源营养盐输入和人为活动对人工生态系统的破坏,实现陆海统筹增汇.

(5)海洋微型生物碳泵.据估计,海洋微生物产生的溶解有机碳中大约有5%~7%是惰性溶解有机碳,这部分碳不会被迅速矿化,而是可以进行积累长期存在于海洋中,从而形成海洋惰性溶解有机碳库,实现海洋内部碳的封存(焦念志等, 2011).

(6)海洋地质碳封存.与陆地碳封存类似,海底沉积物是理想的碳封存场所.海底沉积物储层不仅碳封存潜力巨大,且与陆地储层相比,具有更优的物理、化学和水文地质等条件(Vishal and Singh, 2016).

(7)陆海统筹减排增汇.陆源营养盐大量流入近海,会导致近海环境富营养化引发生态灾害,近

海有机碳难以保存,尤其是陆源有机碳大部分都在河口和近海被转化为CO₂释放到大气.因此将陆地营养盐和溶解有机碳等变废为宝,由污染物转变为增汇,变得尤为重要.

生态兴则文明兴.海洋是生命的摇篮、资源的宝库,也是高质量发展的战略要地.海洋碳汇是一个整体性大工程,既取决于产学研各界的共同努力,也离不开政策法规的配套支撑.我国近海碳中和任务仍然十分艰巨,除了滨海湿地减排增汇之外,碳中和可以优先从陆海统筹减排增汇开始,以修复河口富养化为起点,通过缩短对底栖生物和渔业资源生物食物链来增加生态系统碳汇.近海碳中和以人工生态系统操作为主,我们同时也期待未来生物工程技术的强势加入,充分激发海洋碳汇的价值和潜力,为兑现我国碳中和承诺不断努力实践,从而彰显负责任大国担当.

参考文献

- Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C.M., et al., 2008. Blue Carbon: The Role of Healthy Oceans in Binding Carbon. UN Environment, GRID-Arendal 2009.
- Vishal, V., Singh, T. N., 2016. Geologic Carbon Sequestration-Security Assessment on Geological Storage of CO₂: Application to Hontomin Site. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-27019-7\(Chapter 15\):301-320](https://doi.org/10.1007/978-3-319-27019-7(Chapter 15):301-320).
- 焦念志, 骆庭伟, 张瑶, 等, 2011. 海洋微型生物碳泵: 从微生物生态过程到碳循环机制效应. 厦门大学学报(自然科学版), 50(2): 387-401.
- 孙军, 李晓倩, 陈建芳, 等, 2016. 海洋生物泵研究进展. 海洋学报, (4): 1-21.
- 唐启升, 刘慧, 2016. 海洋渔业碳汇及其扩增战略. 中国工程科学, 18(3): 68-73.