

自愿减排机制下海洋碳汇本质与市场构建逻辑

孙国茂 魏震昊 崔毓辰

【作者简介】孙国茂，山东工商学院金融学院；魏震昊，天津社会科学院海洋经济与港口经济研究所；崔毓辰，莫纳什大学商学院

【原文出处】《山东工商学院学报》（烟台），2026.1

一、海洋碳汇市场的构建逻辑

海洋碳汇市场的构建是一项长期复杂的系统性工程。本研究梳理了国内外针对海洋碳汇的研究以及与碳汇交易的相关政策文件，我们提出“海洋碳汇项目—海洋碳汇方法学—海洋碳汇核证—海洋碳汇交易”逻辑框架。本质上，这一逻辑框架并非完全基于科学研究，而是基于已有的制度性文本。确切地说，是基于《巴黎协定》第 6.4 条的规定。

（一）海洋碳汇项目开发

基于自然系统或状态的碳汇没有凝结人的劳动价值，也就无法实现生态资源向产品或服务的转化。因此，通过人为的保护利用等行为形成额外的正环境外部性才能得到市场认可。针对海洋碳汇项目开发或者说人工碳汇，根据其增汇类型大体分为三种。

一是滨海型，主要以红树林、海草床、盐沼池等滨海生态系统为代表，其特点是通过生物质和沉积物的长期固存实现碳汇效应，在垂直和水平方向上均有体现。垂直层面包括生物—大气系统碳交换和土壤—大气界面碳交换，前者通过光合作用较长时间地将大气二氧化碳封存在木质生物量和土壤中，后者借助潮汐作用，使得土壤长期保持湿润或淹没状态，抑制微生物的分解速度。横向层面主要是利用海浪、潮汐以及自身生态体系高效捕捉来自内部和外部河流和海洋来源的沉积物和相关有机碳。但近年来，人类活动导致近岸碳汇减少，海岸富营养化、填海造陆、海岸工程及海岸城市化严重，这意味着必须以陆海统筹视角进行海洋碳汇资源的保护与利用。

二是近海浅海型，主要以海水养殖、鱼类、藻类和贝类等多层次立体化养殖为代表。这类项目主要发挥浮游动植物的高效固碳以及同微生物相互作用的长期沉降作用。值得注意的是，国内学者多聚焦这一领域，围绕固碳效率和机理展开持久研究，但现实并非易事。其碳储量时常因温度、湿度、酸度而反复变化，难以测度。例如，藻类生物的碳汇功能包括养殖活动中产生的颗粒物、沉积碳库、溶解碳库等。滤食性贝类碳汇效应往往与养殖密度、季节性气候、钙化过程、呼吸排泄等密切相关。针对近年来涌现的增殖放流、人工渔礁、捕捞渔业的碳汇计算也尚未形成行业标准。

三是深海远海型，主要包含以下项目：大型藻类养殖环境综合，海水缺氧酸化环境协同，沉积物耦合，开阔大洋碱性矿物，远洋航运碱化，海上平台碱化，处理废水碱化入海，海水养殖环境碱化，海

洋铝施肥，人工上升流，深海 CCUS（Carbon Capture, Utilization and Storage）等。

（二）海洋碳汇方法学研究

依据自愿减排市场方法学编制原则，结合海洋碳汇方法学编制的卡点堵点，总结未来亟待突破和解决的几大障碍。

一是加强“陆—海—气”协同发展的多学科基础交叉研究。任何的自愿减排项目都应以减缓大气碳含量作为工作的出发点和落脚点，由于近岸海域红树林等滨海生态系统以及鱼藻类海洋动植物的碳汇作用涉及到多介质交换，必须多学科跨领域联合研究，才能清晰认知海洋碳汇对维系生态平衡、减缓气候变化的基本原理与驱动要素。针对陆—海—气气体交换，明确近岸海口碳通量及迁移趋势，全面系统感知河口碳—源—汇长序列演化格局是基础工作和重点任务，特别是近年来生活和工业用水导致的磷、氮等营养物质过度排放，导致海水加速富营养化，对海洋碳循环产生不利影响。针对海—气界面的相关研究，应当厘清海洋有机气溶胶与海—气系统相互作用的关键过程与机制，重点包括：多尺度要素影响下海洋气溶胶、颗粒物与挥发性有机物的物理模型，典型海域下气溶胶分子变化特征数据集，完善海洋有机物关键生成和演化过程，深入研究海洋—大气生物标志物的性质和化学组成。

二是推动深远海负排放和海洋遥感技术研发。方法学中，核算、监察与审查等关键环节需要对碳汇过程、参数有详细严格的要求，而海洋碳汇过程的复杂性和不确定性制约了设计和审定温室气体自愿减排项目，亟待围绕探测监察技术有所突破。研究表明，红树林、海草床、珊瑚礁为代表的近岸海域碳汇量偏低，并且在沿海过度开发、海域污染加剧的背景下脆弱性加剧。相较之下，微型生物、深远海养殖生态系统碳汇效应更加明显，围绕开阔深远海域做大做强碳汇系统大有可为。现实来看，我国也取得了积极成效，率先提出了“三泵集成”理论。近年来牵头成立了海洋负排放大科学计划，得到联合国海洋委员会及海洋十年委员会的一致认可，未来应当在海水碱化增汇、人工上升流等关键核心技术持续攻关突破。此外，构建高精度全方位的海洋碳汇遥感系统对于确定项目边界、碳汇核查与监测至关重要。尽管目前已建立海洋水色、动力和监视三位一体的海洋遥感体系，但整体原创性水平不高，其感知系统仍受温度、湿度、潮汐能等外界环境的长期影响，关键参数、过程及水声研究依然空白。未来海洋水色卫星应加强谱段探测、降低谱段带宽，补充极区海冰、冻土探测等关键领域研究。

三是推动海洋修复、深海 CCUS、海洋大模型等新兴和未来产业发展。方法学中对项目泄漏与逆转风险提出了严格要求，潜在的自然风险使得海洋碳汇项目难以形成稳定可观的价格预期，而海洋修复等大型工程不仅有效改善海洋生态健康、减少人为破坏，也是避免碳汇项目逆转和泄漏的有力手段。针对陆海统筹视角下的海洋修复，应当聚焦淡水/海水锋面生物地球化学过程，开展典型河口示范性研究。海洋 CCUS 借助化学吸收、物理吸附等过程，将工业排放源或其他来源的二氧化碳进行捕获并压缩，通过管道、船舶等运输方式将压缩后的二氧化碳运输到海上，将二氧化碳注入海底咸水层、枯竭油气藏或海底玄武岩等永久封存。未来将集中开发新型吸收剂和吸附材料，探索新的地质封存地点（如深层海洋沉积物）以提高二氧化碳的捕获效率、封存安全性和稳定性。

（三）海洋碳汇项目核证与交易

可交易的海洋碳汇必须满足可溯源、可监测且有一定的生态服务价值。海洋碳汇的成功交易必须以准确公正的碳汇评估为基础，并且建立完整的核算、监测、反馈与报告等一系列体系，旨在确保海洋碳汇的真实性、唯一性和额外性。针对海洋碳汇的核算体系仍在探索，尽管自然资源部出台了《养殖大型藻类和双壳贝类碳汇计量方法—碳储量变化法》，但未获得国际社会认可，相信随着数字技术的广泛应用，特别是遥感卫星、云计算等技术的不断发展，碳汇核算更加成熟精确。其次，碳汇监测也是交易中的关键一环，需要弄清交易项目的蓝碳固碳量、碳汇新增量及生态系统生物量变化等。建立“空—天—海”一体化监测网络，整合卫星遥感、无人机巡查与原位传感器数据，实现碳汇通量的实时动态监测，鼓励第三方认证机构运用区块链技术，对监测数据进行全程存证，确保碳汇数据的不可篡改性及可追溯性，降低核查争议风险。

当然，碳汇市场的构建需要社会各主体的积极参与。海洋碳汇交易做大做强，需要金融市场的高度支撑与深度匹配。随着海洋碳汇资源资本化进程的加速，其资本属性得以显现，通过金融市场的支撑和创新，将促进更多资本投入海洋碳汇领域，激发市场活力。例如联合国倡导的责任投资（Responsible Investment）、ESG 理念下的绿色基金、绿色债券和绿色信贷等能够为碳汇项目的设立与运营提供长期稳定的资金来源，绿色保险为应对风险冲击、项目保值增值提供了重要保障。此外，碳排放巨大的外部性决定了政府必须参与碳交易市场。政府部门不仅是制度设计者和制度供给者，还要为碳汇市场建设提供基础设施。对海洋碳汇而言，政府部门应当负责海洋碳汇市场的整体布局与战略部署，在试点市场为碳汇开发者提供资金、技术与政策扶持，特别是在碳汇核算与监督领域加大基础研发与科研创新，对资源丰富、条件成熟的地区进行大胆试点，并引导碳汇市场从区域到整体的有序过渡，倡导国际上广泛采用的责任投资原则（Principles for Responsible Investment, PRI），引导和鼓励责任投资，以政府引导基金的方式设立海洋产业基金和海洋碳汇基金，保证海洋碳汇项目的启动和海洋碳汇的公允定价。最后，作为碳金融市场的重要组成部分，政府还要根据相关法律法规，对海洋碳汇市场进行监管，确保市场规范运行。再者，应建立自愿减排社会化激励机制，不仅鼓励企业、机构和社团参与自愿减排市场，也激励特定身份公民（如高消费者、公务员和社会工作者等）参与自愿减排交易。

二、结论与政策建议

党的二十届四中全会明确提出加快温室气体自愿减排交易市场建设，这不仅彰显了中国在全球气候变化议程中的重大责任与使命担当，也昭示着以海洋碳汇为代表的自主减排项目开发利用的紧迫性，特别是中央财经委第六次会议明确提出探索开展海洋碳汇核算，为海洋碳汇交易统一大市场建设提供前所未有的机遇。文章详细梳理了碳汇的基本概念与范畴，强调了基于自然解决方案的“可信用化碳汇”概念，基于此回顾了国内外自愿减排议程与市场构建，结合海洋碳汇文献综述研究的侧重点及不足，阐释自愿减排机制下海洋碳汇的本质与海洋碳汇市场构建逻辑，提出以下结论。

第一，方法学缺失以及蓝碳项目投资热情不足是制约海洋碳汇市场发展的根本原因。当前国内海洋碳汇交易仅仅表现出以碳汇保险、碳汇票为代表的零散化尝试，并未纳入自愿减排交易市场，根本原因在于缺乏高诚信度、可核查可监测的方法学，也欠缺以滨海湿地保护、盐沼修复为代表的蓝碳投资项

目，两者成为了海洋碳汇资源向资本转化增值的制约因素。

第二，国内研究过度侧重以碳汇机理与效率测度的海洋碳汇自然科学研究，忽视了经济学视角下可交易碳汇内涵、要素与机制设计。《联合国气候变化框架公约》及《京都议定书》均以人为经济活动、机制和载体作为政策设计和执行的出发点与落脚点，而国内研究侧重于海洋自然碳汇的过程、机制与核算效率研究，偏离了海洋碳汇概念初衷，也背离了基于自然碳移除的信用化减排的逻辑路线。

第三，从《京都议定书》到《巴黎协定》，国际公约的制度设计和制度约束决定了海洋碳汇市场的逻辑。在“海洋碳汇项目—海洋碳汇方法学—海洋碳汇核证—海洋碳汇交易”逻辑框架下，推动蓝碳资源资本化进程和构建海洋碳汇交易统一大市场，应当首先识别具备固碳潜力的海洋区域，设计具体的蓝碳增汇项目，将海洋固碳潜力转化为具体可交易产品的基础环节。其次，制定标准化的技术规范形成统一的方法学，确保海洋碳汇量可测量、可报告、可核查的核心技术依据。再次，由具备资质的第三方机构，依据已批准的方法学，对项目的设计文件、监测数据进行审核，确认其碳汇量的真实性和准确性。最后，通过在核证减排市场进行挂牌交易、协议转让以及资产金融化等，实现海洋碳汇生态价值转化。

基于此，文章提出如下建议。

首先，海洋碳汇市场研究应遵循《巴黎协定》第 6.4 条的逻辑框架与制度规范。当前海洋碳汇方法学与减排项目的研究并不适用于国际主流减排市场，未来应当遵守《巴黎协定》第 6.4 规定，积极参与 VCS 等国际蓝碳标准组织的规则制定，与东南亚、非洲等蓝碳资源丰富地区开展标准合作，推动我国自主方法学与国际主流标准的互认衔接。进一步规范海洋碳汇项目开发设计、核算、审查等关键环节，进而主动融入全球统一碳市场，力争更大减排权和发展权。

其次，加强对海洋碳汇方法学研究，构建标准化、多层次的方法学体系，夯实市场交易基础。由国家发展改革委、自然资源部等跨部门机构牵头，联合科研院所制定统一的《海洋碳汇方法学总纲》，明确红树林、盐沼、海草床等主流生态系统的碳汇核算基线、监测周期与计量模型。建立“空—天—海”一体化监测网络，整合卫星遥感、无人机巡查与原位传感器数据，实现碳汇通量的实时动态监测。依托粤港澳大湾区、浙江舟山等蓝碳试点区域，开展方法学应用试验。

最后，构建和完善绿色金融体系，倡导责任投资原则和金融机构 ESG 理念，鼓励社会资本投资海洋碳汇项目。创新政策与金融工具，激活市场投资活力。沿海省份应结合海洋强国战略实施，以政府引导基金的方式，设立各种海洋产业基金和海洋碳汇发展基金，支持沿海省份开展蓝碳生态补偿试点。鼓励发行蓝碳主题债券、绿色资产支持证券（ABS），吸引保险、社保等长期资金入市。开发“蓝碳指数保险”产品，针对台风、赤潮等自然灾害导致的碳汇量损失提供赔付，增强投资安全性。