

# 我国海洋碳汇市场化实现路径的思考与建议

温 阳, 郭雪飞\*, 于 航, 张敏吉, 何庆阳

中海油研究总院有限责任公司新能源研究院, 北京

收稿日期: 2024年7月24日; 录用日期: 2024年8月27日; 发布日期: 2024年9月4日

## 摘 要

发展海洋碳汇是我国生态文明建设的重要抓手, 也是助力我国实现“碳达峰、碳中和”战略目标的有力支撑。建设我国海洋碳汇标准体系, 是推进新时期海洋碳汇基础研究和市场化发展的重要保障。本文通过对海岸带蓝碳、渔业碳汇和基于海洋负排放技术碳汇的相关标准及方法进行分析, 明确了我国海洋碳汇标准发展现状及趋势, 并提出了包含6大体系, 即基础通用、碳库规模调查与评估、碳库动态监测与评估、蓝碳计量、蓝碳适用措施、蓝碳增汇措施, 以及16个子体系的海洋碳汇标准体系。建议应提升发展海洋碳汇支持力度, 推进海洋碳汇市场化机制建设, 完善海洋碳汇标准体系建设, 提高海洋领域对我国应对气候变化工作的支撑能力。

## 关键词

海洋碳汇, 市场化, 标准, 方法学

# Reflections and Suggestions on the Implementation Path of Marketization of Marine Carbon Sink in China

Yang Wen, Xuefei Guo\*, Hang Yu, Minji Zhang, Qingyang He

New Energy Research Department, CNOOC Research Institute Co., Ltd., Beijing

Received: Jul. 24<sup>th</sup>, 2024; accepted: Aug. 27<sup>th</sup>, 2024; published: Sep. 4<sup>th</sup>, 2024

## Abstract

Developing marine carbon sinks is an important lever for China's ecological civilization construction, and also a strong support for China to achieve the strategic goals of "carbon peak and carbon neutrality". The construction of China's marine carbon sink standard system is an important guarantee

\*通讯作者。

文章引用: 温阳, 郭雪飞, 于航, 张敏吉, 何庆阳. 我国海洋碳汇市场化实现路径的思考与建议[J]. 海洋科学前沿, 2024, 11(3): 132-140. DOI: 10.12677/ams.2024.113014

for promoting basic research and market-oriented development of marine carbon sink in the new era. This article analyzes the relevant standards and methods for coastal blue carbon, fishery carbon sink, and carbon sink based on marine negative emission technology, clarifies the current development status and trends of China's marine carbon sink standards, and proposes a marine carbon sink standard system consisting of six subsystems: basic universal, carbon sink scale investigation and evaluation, carbon sink dynamic monitoring and evaluation, blue carbon measurement, blue carbon application measures, blue carbon sink enhancement measures, and 16 subsystems. Suggestions should be made to enhance support for the development of marine carbon sinks, promote the construction of market-oriented mechanisms for marine carbon sinks, improve the construction of marine carbon sink standard systems, and enhance the support capacity of the marine sector for China's response to climate change.

## Keywords

Marine Carbon Sink, Marketization, Standards, Methodology

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

工业革命以来,海洋吸收了近 1/3 人为排放的二氧化碳[1],具有巨大的固碳潜力。在碳储量上,海洋是地球上最大的活跃碳库,其碳储量是陆地碳库的 10 倍,大气碳库的 50 倍[2],海洋在实现碳中和目标过程中发挥着重要作用。2009 年联合国环境规划署、联合国粮农组织和联合国教科文组织政府间海洋学委员会联合发布《蓝碳:健康海洋固碳作用的评估报告》,该报告指出,全球自然生态系统通过光合作用捕获的碳超过一半(55%)是由海洋生物捕获的,并首次提出“蓝碳”的概念[3]。

为推进海洋碳汇市场化发展,国际社会建立了海洋碳汇方法学体系并开展实践探索。2014 年 IPCC 发布的《对 2006 IPCC 国家温室气体清单指南的 2013 增补:湿地》(以下简称《湿地指南》)中规定了海草床、红树林、滨海盐沼三类蓝碳生态系统的各类碳库变动的计算方法和排放因子等的评估方法。“蓝碳倡议”发布的《滨海蓝碳:红树林、滨海盐沼、海草床碳储量和排放因子评估方法》介绍了三大蓝碳生态系统碳储量野外调查的方案设计,沉积物碳库、生物量碳库碳储量和年固碳速率调查、分析与监测方法[4]。清洁发展机制(CDM)和核证碳标准(VCS)机制下推出了系列蓝碳方法学,指导碳汇项目开发。

十八大以来,党中央、国务院高度重视蓝碳经济技术发展,做出了“增加海洋碳汇”、“探索开展海洋碳汇试点”和“探索建立海洋碳汇标准体系和交易机制”等一系列部署。2021 年 9 月 22 日,《中共中央国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》正式印发,提出开展生态系统碳汇等基础理论和方法研究。巩固生态系统碳汇能力,稳定现有森林、草原、湿地、海洋、土壤、冻土、岩溶等固碳作用;提升生态系统碳汇质量,整体推进海洋生态系统保护和修复,提升红树林、海草床、盐沼等固碳能力;推进市场化机制建设,将碳汇交易纳入全国碳排放权交易市场,建立健全能够体现碳汇价值的生态保护补偿机制[5]。海洋碳汇被纳入“碳达峰、碳中和”重要工作内容,有利于全面推进新时期海洋碳汇基础研究和产业发展。

海洋碳汇市场化价值实现是应对全球气候变化、实现可持续发展的重要举措。海洋碳汇产品价值实现是利用政策工具与市场机制实现海洋碳汇产品经济、生态和社会效益协调统一的过程[6]。海洋碳汇生态产品进入市场交易的首要前提就是要可监测、可报告、可核查[7],因此,海洋碳汇的计量、监测标准

起到了推动海洋碳汇生态产品价值实现及海洋碳汇市场化发展的纽带作用。加强对海洋碳汇的统计和监测，制定海洋碳汇相关标准，推进海洋碳汇交易市场的形成，促进其生态价值转换为经济价值，是构建海洋碳汇产业链发展格局的重要保障。因此，本文全面分析国内外现有海洋碳汇相关标准及方法学现状，明确我国海洋碳汇标准体系构建的总体原则，提出我国海洋碳汇产业化发展的有关建议，为推进我国海洋碳汇发展提供技术支撑。

## 2. 海洋碳汇标准及方法学现状

### 2.1. 海岸带蓝碳标准及方法学现状

**Table 1.** As of December 2023, relevant domestic and international standards for coastal blue carbon

**表 1.** 截至 2023 年 12 月海岸带蓝碳国内外相关标准

序号	来源	名称	属性	状态
1	政府间气候变化专门委员会	对 2006 IPCC 国家温室气体清单指南的 2013 增补：湿地	国际指南	已发布
2	蓝碳倡议科学工作组	滨海蓝碳：红树林、滨海盐沼、海草床碳储量和排放因子的评估方法	国际方法	已发布
3	世界林业研究中心	红树林结构、生物量和碳储量调查、监测和报告技术规程	国际规程	已发布
4	中国科学院南海海洋研究所	海洋生态修复技术指南第 2 部分：珊瑚礁生态修复	国家标准	已发布
5	中国科学院海洋研究所	海洋生态修复技术指南第 4 部分：海草床生态修复	国家标准	已发布
6	自然资源部第三海洋研究所	红树林生态修复监测和效果评估技术指南	国家标准	正在批准
7	中国科学院海洋研究所	海草床生态修复监测与效果评估技术指南	国家标准	正在批准
8	自然资源部第三海洋研究所	珊瑚礁生态修复监测和效果评估技术指南	国家标准	正在批准
9	南京大学	滨海盐沼湿地生态修复监测与效果评估技术指南	国家标准	征求意见
10	自然资源部海洋预警监测司	蓝碳生态系统碳储量调查与评估技术规程 海草床/红树林/滨海盐沼	行业标准	已发布
11	自然资源部海洋预警监测司	海草床/红树林/滨海盐沼生态系统碳汇计量监测技术规程（试行）	行业标准	试行
12	自然资源部第一海洋研究所	海洋碳汇核算方法	行业标准	已发布
13	广西红树林研究中心	蓝碳生态系统碳库规模调查与评估技术规程 红树林	行业标准	审查
14	华东师范大学	蓝碳生态系统碳库规模调查与评估技术规程 盐沼	行业标准	审查
15	自然资源部海洋减灾中心	蓝碳生态系统碳汇计量监测技术规程	行业标准	审查
16	中国科学院南海海洋研究所	海草床生态系统碳库动态监测与评估技术规程	行业标准	报批稿
17	国家海洋局东海环境监测中心	蓝碳生态系统碳库动态监测与评估技术规程 盐沼	行业标准	标准起草
18	中国科学院海洋研究所	蓝碳生态系统碳库规模调查与评估技术规程 牡蛎礁	行业标准	标准起草
19	国家海洋局第一海洋研究所	蓝碳生态系统碳库动态监测与评估技术规程 柽柳林	行业标准	标准起草
20	国家海洋局第一海洋研究所	蓝碳生态系统碳库规模调查与评估技术规程 柽柳林	行业标准	标准起草
21	清华大学深圳研究生院	蓝碳生态系统蓝碳计量技术规程 互花米草	行业标准	标准起草
22	国家海洋信息中心	蓝碳生态系统增汇适宜区识别技术导则	行业标准	标准起草
23	自然资源部第一海洋研究所	海洋碳汇分类与代码	行业标准	标准起草

注：标准 4~23 数据来自于全国标准信息公共服务平台和自然资源部自然资源标准化信息服务平台。

海岸带蓝碳生态系统由红树林、盐沼和海草床等滨海湿地生态系统组成，其固定的碳被称为海岸带蓝碳[8]。海岸带蓝碳生态系统的面积仅占全球海洋面积的 2%，却贡献了每年海洋碳封存量的 50% [9]。海岸带蓝碳作为最早被国际社会所认可的海洋碳汇类型，联合国《蓝碳报告》和 IPCC《湿地指南》对其重要性和评估方法均有阐述。

截至 2023 年 12 月，海岸带蓝碳相关国内外标准如表 1 所示。从标准数量来看，已有 20 余项海岸带蓝碳标准立项，但我国已发布的标准仅有 4 项，其余标准均在征求意见/审查/起草过程中；从标准类型来看，包括国际标准或规程 3 项，国家标准 6 项，其余 14 项均为行业标准；从标准内容来看，我国涉及碳库(碳储量)调查与评估的标准有 5 项，如已发布的行业标准《蓝碳生态系统碳储量调查与评估技术规程海草床/红树林/滨海盐沼》。涉及生态修复与监测的标准有 9 项，如正在批准的国家标准《红树林生态修复监测和效果评估技术指南》。涉及碳汇计量的标准有 4 项，如已发布的行业标准《海洋碳汇核算方法》。涉及识别与分类的标准 2 项，如正在起草的行业标准《海洋碳汇分类与代码》。综上，我国海岸带蓝碳标准大多处于起草阶段，且以行业标准为主，内容集中在碳库、碳储量调查与评估，生态修复与监测，碳汇计量等，缺乏蓝碳适应措施、蓝碳增汇措施相关的标准。

**Table 2.** As of December 2023, methodology related to coastal blue carbon at home and abroad [11]

**表 2.** 截至 2023 年 12 月海岸带蓝碳国内外相关方法学[11]

序号	方法学	机制	内容
1	退化红树林生境的造林和再造林 (AR-AM0014)	CDM	在退化的红树林地块开展红树林造林和再造林。
2	在湿地开展造林和再造林项目活动 (AR-AMS0003)	CDM	仅适用于在湿地上开展年碳汇量小于 1.6 万吨的造林和再造林项目，湿地类型包括红树林等潮间带湿地。
3	避免在泥炭沼泽森林中开展计划的土地利用转变活动的保护项目方法学(VM0004)	VCS	适用于东南亚地区避免热带泥炭沼泽森林(未排干)的土地利用变化(完全转化为其他土地利用类型)，不适用于退化森林。
4	REDD+ 方法学框架(VM0007)	VCS	适用于计划和非计划的森林砍伐(包括红树林)、森林退化、造林、再造林和植被种植、计划和非计划的湿地退化、湿地修复活动。
5	构建滨海湿地的方法学(VM0024)	VCS	适用于美国境内开展的通过底质环境改造、植被恢复(包括草本和红树林等木本植被)，或者综合采用两种措施来构建湿地的项目。
6	潮汐湿地和海草恢复方法学 (VM0033)	VCS	通过实施湿地构建、恢复，或者水文条件、沉积物补充、盐度条件、水质或乡土植被恢复等活动恢复红树林、盐沼和海草床等潮汐湿地，从而产生的温室气体净减排或去除。
7	排干的热带泥炭地还湿的方法学 (VM0027)	VCS	适用于热带东南亚地区(限于马来西亚、印度尼西亚、文莱和巴布亚新几内亚)通过修建永久性或临时性的构筑物截水使已被排干的泥炭土还湿。
8	排干的温带泥炭地还湿的方法学 (VM0036)	VCS	温带地区实施排干的泥炭地还湿活动产生的温室气体净减排量的估算，以及泥炭碳库以外的碳储量变化。
9	红树林营造 (CCER-14-002-V01)	CCER	在生境适宜或生境修复后适宜红树林生长的无植被潮滩和退养的养殖塘，通过人工种植构建红树林植被的项目。
10	广东省红树林碳普惠方法学 (2023001-V01)	碳普惠	规定了广东省(不含深圳市)红树林生态修复过程中实施增汇行为产生的碳普惠核证减排量的核算流程和方法。

市场机制是充分发挥蓝碳及蓝碳生态系统价值的有效途径，对于发挥蓝碳在应对气候变化方面的作用具有积极意义[10]。海岸带蓝碳国内外相关方法学如表 2 所示。在强制性减排体系中，允许一部分负排放自然碳汇通过碳抵消机制进入碳市场，实现对履约碳配额的抵消，如《京都议定书》框架下推出的清洁发展



机制(CDM), 但仅推出了针对红树林的方法学《在湿地开展的小规模造林和再造林项目活动》和《退化红树林生境的造林和再造林》。国际自愿性减排体系也推出了海岸带蓝碳相关方法学, 如核证碳标准(VCS)机制下推出了涉及红树林、滨海湿地、海草床等的方法学。我国也在大力推动蓝碳方法学的制定, 2023 年 4 月, 广东省生态环境厅印发《广东省红树林碳普惠方法学(2023 年版)》, 这是全国首个蓝碳碳普惠方法学, 对于填补我国蓝碳碳普惠核算方法学的空白、促进红树林生态产品价值的实现具有重要意义; 2023 年 10 月, 生态环境部发布首批共 4 项方法学, 其中就包括红树林营造方法学, 助力海岸带生态系统碳汇能力提升。

2.2. 渔业碳汇标准及方法学现状

海洋中的浮游植物通过光合作用将海水中的溶解无机碳固定为有机碳, 并通过食物链传递形成一系列生物泵[12]。人类进行的渔业活动将浮游植物形成的海洋生态系统碳汇直接移出, 即“可移出的碳汇”, 又称为渔业碳汇[13]。渔业碳汇既包括藻类通过光合作用和滤食性贝类、鱼类等养殖生物大量滤食颗粒有机碳从水体中吸收使用的碳, 也包括渔业生物资源种类通过食物网机制和摄食生长所使用的碳[14]。

我国是海洋大国, 也是渔业生产大国。2022 年我国水产养殖产量已达到 5565.46 万吨, 约占世界总产量的 60% 以上[15]。因此, 发展渔业碳汇对于减少我国温室气体排放, 实现“碳达峰、碳中和”目标具有重要意义。

截至 2023 年 12 月, 渔业碳汇相关国内外标准如表 3 所示。从标准数量来看, 已有 10 项渔业标准立项, 但正式发布的标准仅有 1 项; 从标准类型来看, 包括 9 项行业标准和 1 项团体标准; 从标准内容来看, 有 3 项标准涉及碳汇计量与监测, 1 项标准涉及碳足迹核算, 其余标准均涉及碳库调查与评估。主要西方发达国家并非主要水产养殖国, 因此并未集中发展渔业碳汇, 也未发布渔业碳汇相关标准, 且国内外均无渔业碳汇相关的方法学。我国具有发展海水养殖、增加渔业碳汇的资源禀赋优势, 应推动渔业碳汇标准及方法学落地实施, 逐步建立被国际社会所认可的渔业碳汇增汇方法与实现路径。

Table 3. As of December 2023, relevant domestic and international standards for fishery carbon sink

表 3. 截至 2023 年 12 月渔业碳汇国内外相关标准

序号	来源	名称	属性	状态
1	中国水产科学研究院 黄海水产研究所	养殖大型藻类和双壳贝类碳汇计量方法 碳储量变化法	行业标准	已发布
2	中国水产科学研究院 黄海水产研究所	养殖海带碳足迹核算技术规范 生命周期评价法	行业标准	征求意见
3	中国水产科学研究院 黄海水产研究所	海洋资源生物碳库贡献调查与评估技术规程 大型藻类(筏式养殖)	行业标准	批准发布
4	中国水产科学研究院 黄海水产研究所	海洋生物资源碳增汇计量和监测技术规范 大型藻类(筏式养殖)	行业标准	批准发布
5	威海市蓝色经济研究院	海带栽培项目碳汇计量与监测技术指南	团体标准	征求意见
6	江苏省海洋水产研究所	海洋资源生物碳库贡献调查与评估技术规程 紫菜	行业标准	批准发布
7	中国水产科学研究院 黄海水产研究所	海洋资源生物碳库贡献调查与评估技术规程 贝类(筏式养殖)	行业标准	批准发布
8	中国水产科学研究院 黄海水产研究所	海洋资源生物碳库贡献调查与评估技术规程 贝类(底播增养殖)	行业标准	批准发布
9	中国科学院海洋研究所	海洋资源生物碳库贡献动态监测与评估技术规程 海洋牧场	行业标准	标准起草
10	中国科学院海洋研究所	蓝碳生态系统碳库规模调查与评估技术规程 海洋牧场	行业标准	标准起草

注: 数据来自于国家标准信息公共服务平台和自然资源部自然资源标准化信息服务平台。

### 2.3. 基于海洋负排放技术的碳汇标准和方法学

根据 2021 年美国国家科学院《海洋二氧化碳移除和封存研究策略》报告,海洋去除和封存二氧化碳有六种方法,包括营养施肥、人工上升流和下降流、海藻养殖、生态系统修复、增加海水碱度、电化学方法。其中海藻养殖属于渔业碳汇,生态系统修复属于海岸带蓝碳的范畴,营养施肥、人工上升流和下降流、增加海水碱度和电化学方法则属于海洋负排放技术应用而产生的碳汇。

营养施肥是指向海洋表面添加磷或氮等营养物质或铁元素,以增强浮游植物的光合作用,从而增强海洋对二氧化碳的吸收;人工上升流和下降流则是基于海洋微型生物碳泵原创性理论框架;增加海水碱度是指通过化学方法增加海水的碱度,从而增强海水对大气中二氧化碳的吸收;电化学方法可以通过电流产生电化学反应,增加海水的碱度以增强二氧化碳封存能力,或者利用电化学方法进行海水二氧化碳的萃取。海洋负排放增汇技术潜力巨大。截至目前,基于海洋负排放技术的碳汇相关标准有行业标准《微型生物碳库贡献调查与评估技术规程 海洋细菌》和《微型生物碳库贡献调查与评估技术规程 超微型浮游植物》,均已完成征求意见稿。两项行业标准均面向理论研究较为成熟的海洋微型生物碳泵的碳库评估,未来应加强相关标准及方法学的研究,助力海洋负排放技术从理论研究转向实践应用。

### 2.4. 不同海洋碳汇标准及方法学的差异性

不同海洋碳汇类型的标准及方法学的成熟度及适用条件等存在较大差异,主要体现在以下几个方面:

1) 研究阶段的差异:主要西方发达国家并非主要水产养殖国,因此并未集中发展渔业碳汇,国内外均无渔业碳汇相关的方法学,渔业碳汇仍处于研究阶段;而海岸带蓝碳的机制与林业碳汇机制较为相似,研究相对透彻,已有多个国家和国际机构发布了一系列沿海蓝碳标准及方法学[16];海洋负排放增汇技术潜力巨大,正处在理论研究向实践应用转化的关键阶段。这表明对于不同类型的海洋碳汇,研究进展和应用阶段有所不同,从而导致了标准和方法学的差异性。

2) 国际与国内研究的差异:国内外对海洋碳汇的研究与应用存在差异。目前,国际海洋碳汇市场交易机制主要包括 CDM、VCS 等机制,并发布一系列方法学,涉及红树林、滨海湿地、海草床等,促进海洋碳汇产品价值实现。国内 CCER 和碳普惠机制仅发布了红树林相关方法学,主要侧重于制定地方标准和行业规范,如《海洋碳汇核算方法》等。

3) 技术方法的差异性:海洋碳汇的核算和监测涉及多种技术和方法,包括生物检测技术、碳汇核算方法、以及特定的环境监测技术等。例如,流式细胞和功能基因芯片生物检测技术用于快速表征微型生物群落特征[17],而海洋碳汇核算则涉及到对红树林、盐沼、海草床、浮游植物、大型藻类、贝类等多种生态系统的碳汇能力的评估。这些方法各有侧重点,适用于不同的海洋生态系统。

4) 适用条件的差异性:不同的海洋碳汇标准和方法学适用于特定的地理和环境条件。例如,物理泵途径的海洋碳汇能力受气温、风速、海水溶解度与交换界面分压值等气候与水文因素的影响较大,其计量方式多以实地检测为主,模型差异性较大。这表明某些方法更适合于特定环境条件下的碳汇测量。

综上,不同海洋碳汇标准及方法学的差异性主要源于研究进展的不同阶段、国内外研究与应用的重心差异、技术方法的多样性、特定环境条件的适应性等。这些差异使得各种标准和方法学在具体应用中各有侧重,需要根据实际情况选择合适的标准和方法学,利用政策工具与市场机制实现海洋碳汇产品经济价值。

## 3. 我国海洋碳汇标准体系构建

### 3.1. 标准体系构建原则

发展海洋碳汇是实现我国“碳达峰、碳中和”政策目标的重要战略路径,应加强标准体系建设,推

进海洋碳汇高质量发展。在构建海洋碳汇标准体系时，遵循以下原则[18] [19]。

1) 坚持科学性与可扩展性相统一的原则

在构建海洋碳汇标准体系框架时，既要考虑框架划分的科学合理性，又要考虑海洋碳汇发展的阶段性成果，兼顾国际社会所认可的蓝碳类型和我国推动的蓝碳类型，如渔业碳汇等。在满足现有标准需求的基础上，为海洋碳汇未来的发展预留接口，充分保障标准体系的可扩展性，适应海洋碳汇全面深化发展的需要。

2) 坚持整体性与可分解性相统一的原则

在体系构建过程中，要重点考虑标准体系的整体性，同时也要突出海洋碳汇标准的对象非常复杂，既有关联性也有相对独立性，如海岸带蓝碳生态系统、养殖贝类和藻类以及微型生物的碳库组成不同，碳储量和碳通量研究方法也不同。因此，应根据不同的目标和方法对标准体系进行分解。

3) 坚持普遍性与针对性相统一的原则

从海洋碳汇统一管理需求出发，设置海洋碳汇整体范围内具有普适性的标准，即全局性和通用性强的基础通用类标准。同时，细分专业，覆盖面向碳库规模调查与评估、碳库动态监测与评估、碳汇计量、适用措施、增汇措施等方向的标准，坚持普遍性与针对性相统一的原则。

3.2. 标准体系架构

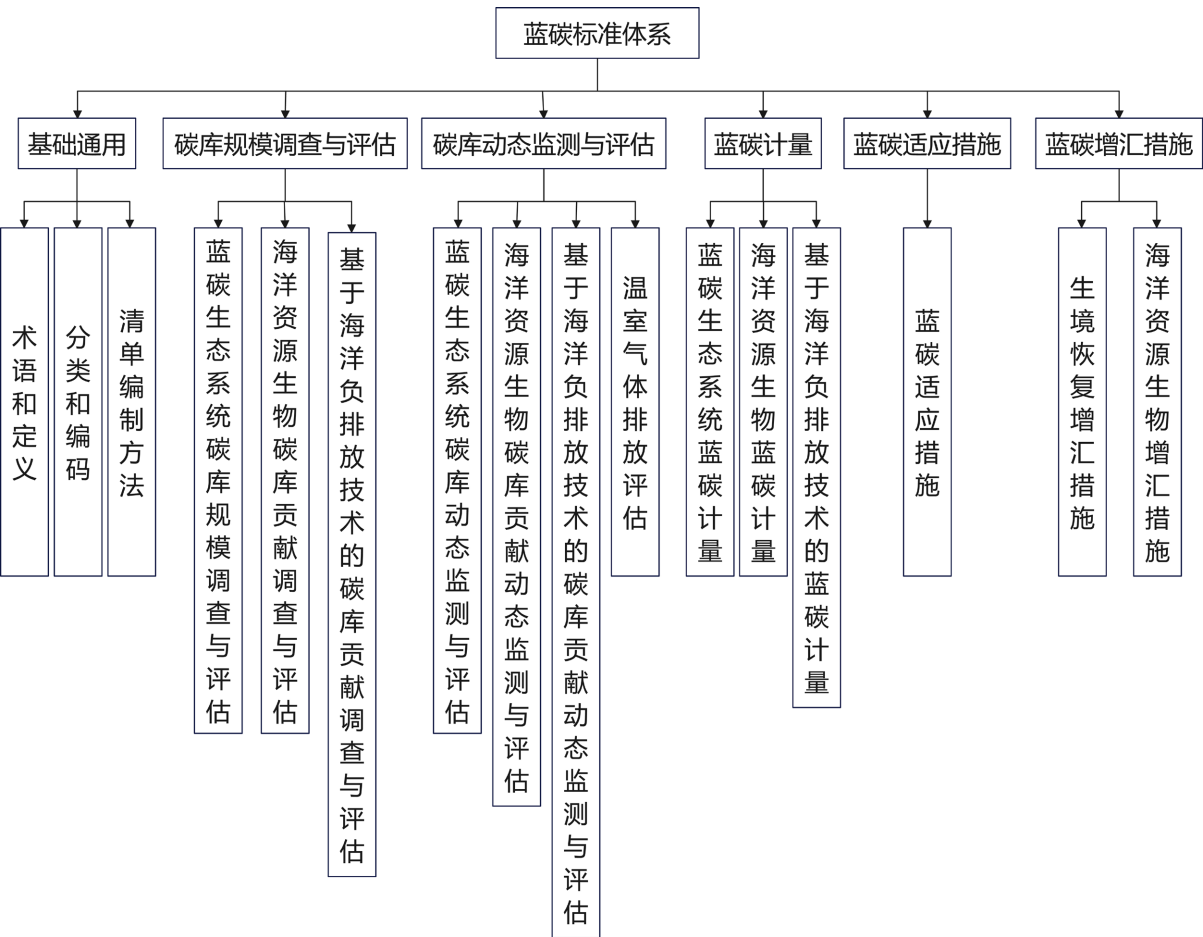


Figure 1. Framework design of China's marine carbon sink standard system  
图 1. 我国海洋碳汇标准体系框架设计

根据国内外海洋碳汇研究现状及相关标准、方法学进展,以及参照国家海洋标准计量中心公布的海洋标准化体系,我国海洋碳汇标准体系架构应包含以下几方面内容:基础通用;碳库规模调查与评估;碳库动态监测与评估;蓝碳计量;蓝碳适用措施;蓝碳增汇措施。基础通用类标准主要包括具有普适性和全局性的标准,重点制定海洋碳汇相关术语及定义、分类与编码、清单编制方法等;碳库规模调查与评估包括蓝碳生态系统碳库规模调查与评估、海洋资源生物碳库贡献调查与评估、基于海洋负排放技术的碳库贡献调查与评估等;碳库动态监测与评估包括蓝碳生态系统碳库动态监测与评估、海洋资源生物碳库贡献动态监测与评估、基于海洋负排放技术的碳库贡献动态监测与评估、温室气体排放评估;蓝碳计量主要包括蓝碳生态系统蓝碳计量、海洋资源生物蓝碳计量、基于海洋负排放技术的蓝碳计量等;蓝碳增汇措施包括生境恢复增汇措施、海洋资源生物增汇措施等。具体如图1所示。

## 4. 结论与建议

### 4.1. 研究结论

发展海洋碳汇是我国推动海洋生态文明建设的重要抓手,也是助力碳中和战略目标实现的有力支撑。构建一套完整的海洋碳汇标准体系是海洋碳汇市场化发展的重要前提,也是我国海洋碳汇走向国际化的阶梯。目前被国际社会广泛认可的海岸带蓝碳已有一些标准和方法学,但大多处于起草阶段,且以行业标准为主,内容集中在碳库、碳储量调查与评估,生态修复与监测,碳汇计量等,缺乏蓝碳适应措施、蓝碳增汇措施相关的标准;渔业碳汇和基于海洋负排放技术的碳汇作为我国海洋支撑碳中和的重要支点,缺乏相关的标准及方法学。因此,建立完善的海洋碳汇标准体系,有利于全面推进新时期我国海洋碳汇基础研究和产业高质量发展,未来海洋碳汇交易将成为我国海洋经济转型升级、实现“双碳”目标的重要抓手和有效途径[20]。

### 4.2. 政策建议

结合海洋碳汇现有政策及市场化发展现状,本文建议应从以下四个方面加快海洋碳汇市场化进程。

1) 提升发展海洋碳汇支持力度。建议国家相关主管部门围绕提升海洋生态系统碳汇能力,加大对基础研究和人才队伍建设的支持力度,推动并加快海洋碳汇理论创新、技术研发和应用示范。同时,鼓励建立陆海统筹减排增汇的协同机制,积极联动海洋能、风能、太阳能等海上可再生能源进行统筹开发和综合利用,推进海上可再生能源产业与蓝碳生态系统空间良性互动,进一步提升海洋生态系统的固碳储碳潜力。

2) 建立健全政策保障体系。建议国家相关主管部门将海洋碳汇纳入我国应对气候变化国家自主贡献中,建立健全海洋碳汇促进与保障政策体系。在财政政策方面,设立生态补偿政策和财政奖补政策,加大海洋增汇项目与工程的财政支持力度;在金融政策方面,提供海洋碳汇产业发展专项信贷,降低海洋碳汇产品开发的信用成本、融资成本和交易成本;此外,给予社会资本发展海洋碳汇一定的政策性支持,减税降费,积极引导社会力量参与海洋碳汇建设,促进海洋碳汇产业化发展。

3) 推进海洋碳汇市场化机制建设。海洋碳汇要实现产业化,不能仅依靠政府主导的财政投入,必须利用市场机制使发展者真正受益获利,调动各方面积极性,才能切实促进海洋碳汇产业发展。建议推动更多的海洋碳汇类型纳入国家核证自愿减排量,参与全国碳排放权交易的抵消机制和自愿减排交易;研究建立海洋碳汇产品认证制度,搭建海洋碳汇交易服务平台,依托国家统一碳交易市场,推动构建海洋碳汇交易机制。

4) 完善海洋碳汇标准体系建设。制定海洋碳汇相关标准,是推动海洋碳汇产业快速发展的重要保障。建议根据国内外海洋碳汇研究与实践、应对气候变化主要内容和我国生态文明发展要求,立足我国丰富



的渔业碳汇资源和海洋负排放理论,建立系统性、科学性、针对性的海洋碳汇标准体系,深化相关研究,提高海洋领域对我国应对气候变化工作的支撑能力。

## 基金项目

中海石油(中国)有限公司科技项目“海洋碱性矿物固碳技术增汇量评估和核算方法研究”(编号:KJGG-2022-12-CCUS-0301)。

## 参考文献

- [1] Sabine, C.L., Feely, R.A., Gruber, N., Key, R.M., Lee, K., Bullister, J.L., *et al.* (2004) The Oceanic Sink for Anthropogenic CO<sub>2</sub>. *Science*, **305**, 367-371. <https://doi.org/10.1126/science.1097403>
- [2] 王文涛, 刘纪化, 揭晓蒙, 等. 海洋支撑碳中和技术体系框架构建的思考与建议[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2022, 52(3): 1-7.
- [3] Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C., *et al.* (2008) Blue Carbon: The Role of Healthy Oceans in Binding Carbon. <https://www.grida.no/publications/145>
- [4] 曹云梦, 吴婧. “双碳”目标下我国海洋碳汇交易的发展机制研究[J]. 中国环境管理, 2022, 14(4): 44-51.
- [5] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见[EB/OL]. [https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content\\_5644613.htm](https://www.gov.cn/zhengce/2021-10/24/content_5644613.htm), 2024-06-13.
- [6] 杨林, 沈春蕾. 海洋碳汇产品价值实现的困境与对策[J]. 东南学术, 2024(1): 92-102.
- [7] 李姿莹, 董雨瑞, 白洋. 海洋碳汇生态产品市场化实现路径及制度构建[J]. 江南论坛, 2023(6): 49-53.
- [8] 冯翠翠, 龚语嫣, 叶观琼, 等. 全球海岸带国家蓝碳资源价值与类型研究[J]. 应用海洋学学报, 2024, 43(1): 1-11.
- [9] Duarte, C.M., Middelburg, J.J. and Caraco, N. (2005) Major Role of Marine Vegetation on the Oceanic Carbon Cycle. *Biogeosciences*, **2**, 1-8. <https://doi.org/10.5194/bg-2-1-2005>
- [10] Ullman, R., Bilbao-Bastida, V. and Grimsditch, G. (2013) Including Blue Carbon in Climate Market Mechanisms. *Ocean & Coastal Management*, **83**, 15-18. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.02.009>
- [11] 陈光程, 王静, 许方宏, 等. 滨海蓝碳碳汇项目开发现状及推动我国蓝碳碳汇项目开发的建议[J]. 应用海洋学学报, 2022, 41(2): 177-184.
- [12] 傅明珠, 王宗灵, 李艳, 等. 胶州湾浮游植物初级生产力粒级结构及固碳能力研究[J]. 海洋科学进展, 2009, 27(3): 357-366.
- [13] 孙军. 海洋浮游植物与生物碳汇[J]. 生态学报, 2011, 31(18): 5372-5378.
- [14] 唐启升, 蒋增杰, 毛玉泽. 渔业碳汇与碳汇渔业定义及其相关问题的辨析[J]. 渔业科学进展, 2022, 43(5): 1-7.
- [15] 农业农村部. 2022 年全国渔业经济统计公报[EB/OL]. [http://www.yyj.moa.gov.cn/kjzl/202306/t20230628\\_6431131.htm](http://www.yyj.moa.gov.cn/kjzl/202306/t20230628_6431131.htm), 2024-06-13.
- [16] 黄祥燕. 海洋碳汇标准浅析[C]//中国标准化协会. 标准化助力供给侧结构性改革与创新——第十三届中国标准化论坛论文集. 北京: 《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社, 2016: 1418-1421.
- [17] 景士杰, 陈方帅, 郭鑫, 等. 海洋碳汇高分辨率检测技术综述和展望[J]. 海洋开发与管理, 2022, 39(2): 29-33.
- [18] 赵鹏, 汤玉婧, 宋文婷, 等. 我国蓝碳标准体系的需求和设计[J]. 中国标准化, 2021(17): 68-73+78.
- [19] 中华人民共和国自然资源部. 自然资源部办公厅关于印发《自然资源标准体系》的通知[EB/OL]. [https://gi.mnr.gov.cn/202206/t20220602\\_2738327.html](https://gi.mnr.gov.cn/202206/t20220602_2738327.html), 2024-06-13.
- [20] 董敬明, 刘子飞, 陈丽梅. 我国海洋碳汇交易政策、实践及展望[J]. 中国科学院院刊, 2024, 39(3): 519-527.