

# 中国海洋生态保护与绿色发展

杨波<sup>1,2</sup>, 付辉<sup>2</sup>, 郭世麒<sup>2</sup>, 王珺<sup>2</sup>

1. 天津理工大学海洋能源与智能建设研究院, 天津 300384

2. 艾奕康(天津)工程咨询有限公司, 天津 300074

**摘要** 海洋生态保护作为中国海洋绿色发展的重要基础。总结了我国海洋生态环境面临的生态灾害威胁、渔业资源萎缩、海洋产业绿色发展保障不足等问题, 以及海洋开发建设风险高、生态保护与修复资金缺口大的挑战。结合海洋生态保护与修复密切关联, 与绿色发展相互支持的特点, 提出我国海洋生态保护基础上绿色发展的战略目标, 从空间管控、资金保障、体系完善、碳汇市场化等角度提出了海洋生态保护的发展路径。

**关键词** 绿色发展; 海洋生态保护; 海洋生态修复; 可持续发展; “蓝碳”

海洋作为地球上关键的生态系统, 既有丰富的自然资源, 也受脆弱生态环境困扰, 如何平衡海洋开发利用与生态环境保护是长期以来全球面临的挑战。中国海洋经济在过去几十年间蓬勃发展, 已成为国民经济的重要支柱之一。2022年中国海洋经济总产值再创新高, 突破9.46万亿<sup>[1]</sup>。然而, 海洋经济发展和海洋开发也带来了诸如滨海植被破坏、水体污染加剧和海水富营养化等环境生态问题, 导致海洋生态功能退化甚至局部丧失。因此, 中国海洋生态保护的重要特点是海洋生态保护与海洋生态修复联系密切; 同时, 从空间关系上看, 海洋环境生态保护的陆海统筹具有更迫切需求和现实意义。

为应对全球海洋开发压力, 国内外提出相应政策措施。联合国提出2030年可持续发展议程, 为

海洋发展设定明确的可持续目标; 同时, 发布“海洋十年”(Ocean Decade)行动, 旨在为扭转海洋健康状况恶化提供科学解决方案, 制定海洋可持续发展的政策框架和工具。党的十八大以来, 中国坚持走生态优先、绿色发展之路, 取得显著成效, 将绿色发展理念与海洋开发和保护有机结合是接下来的重要议题。在碳达峰、碳中和成为全球共识和中国国家战略的背景下, 海洋的绿色发展是中国实现“双碳”目标的重要路径和空间载体。展望2050年, 中国在海洋开发和保护中必须坚持海洋绿色发展理念, 发挥海洋在绿色发展中的价值, 强化海洋在“双碳”道路上的角色和载体重要性, 探索海洋生态保护与修复的有效路径, 推动海洋经济绿色、可持续和高质量发展, 实现人与海洋的和谐共生。

收稿日期: 2023-06-19; 修回日期: 2023-10-20

作者简介: 杨波, 教授级高级工程师, 研究方向为生态修复、城市规划、景观设计、海岸工程, 电子信箱: bob.yang@aecom.com

引用格式: 杨波, 付辉, 郭世麒, 等. 中国海洋生态保护与绿色发展[J]. 科技导报, 2023, 41(22): 22-29; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2023.22.004

## 1 面向2050年的中国海洋绿色发展需求与保障

中国不断探索绿色发展理念的内涵,2023年最新发布的《新时代的中国绿色发展》白皮书<sup>[2]</sup>总结了我国在绿色发展和生态文明建设方面取得的显著成效。21世纪是“海洋的世纪”,我国拥有漫长海岸线、广袤海域和丰富海洋资源,正持续推动海洋事业发展,加快海洋强国建设和海洋生态文明建设的步伐。面对全球海洋治理的挑战,中国提出构建全球海洋命运共同体的倡议,旨在维护海洋生态系统的整体平衡,为建立一个维护人类共同生存和发展的海洋治理新秩序贡献力量。中国的海洋战略着重于科技创新、绿色发展和国际合作,推动海洋产业升级和结构优化,实现海洋经济与环境生态的共赢。

### 1.1 “双碳”目标下中国海洋绿色发展的路径需求

气候变化是当今人类面临的重大挑战之一,2015年《巴黎协定》实施以来,各国积极推进全球气候治理进程,提出碳中和愿景。中国提出“2030年前实现碳达峰、2060年前实现碳中和”的宏伟目标,是海洋绿色发展的空前历史机遇。

海洋占地表面积的71%,是地球最大的碳储库,有研究表明,在过去50年间,海洋平均每年可吸收22%~26%由化石燃料燃烧和土地利用方式改变排放的二氧化碳<sup>[3]</sup>。美国国家科学院在2021年发布《海洋二氧化碳移除与封存策略》<sup>[4]</sup>,重点研究海洋对助力碳中和目标实现的巨大潜力。必须强调的是,生态系统的固碳能力受环境影响较大,只有健康良好的海洋环境才能充分发挥固碳作用。在海洋绿色发展的理念下,海洋生态环境可以得到有效修复和保护,同时海洋生态保护和修复也是海洋绿色发展的基础之一,它们的辩证互动对实现“双碳”目标起着重要的推动作用。

### 1.2 绿色发展是海洋经济可持续发展的保障

海洋经济作为国民经济新的增长点,在高速发展的同时也担负减排降碳的重任,协同推动传统产业的绿色转型与新兴产业的低碳开发。传统的海洋产业较为依赖化石能源,消耗快,碳排放量大。

例如,交通运输业是涉海活动中最大的碳排放源头,主要来自于对化石燃料的使用,研究表明船用燃料每年产生当量10亿t的二氧化碳,是人类活动总排放量的近3%,按照当前趋势在2050年将达到每年20亿t<sup>[5]</sup>。通过科技创新的手段推动传统行业的绿色转型是中国海洋绿色发展的重要议题,是海洋经济可持续发展的保障。此外,海上可再生能源作为我国能源转型路径之一,具有极大的发展潜力:根据国际可再生能源署(IRENA)的估算,我国可开发的海上可再生能源装机量超过1000GW,目前,我国在海上风电与近岸光伏发电领域已经逐步具备全球先进的技术和装备能力、较为完整的政策体系,海洋能,如潮汐能、波浪能等利用的技术研发与产业布局将会逐步进入海洋新能源商业应用的视野。

## 2 海洋生态保护是中国海洋绿色发展的重要保障

中国海洋的绿色发展,需要以健康的海洋环境为前提。相较于陆地而言,海洋生态系统更脆弱、连通性强、具有高度的动态性,因此必须采取明确有效的针对性行动,加强海洋生态保护,为海洋绿色发展创造条件。

### 2.1 海洋生态保护是海洋产业绿色发展的基础

《2022年中国海洋经济统计公报》显示,海洋旅游业、海洋交通运输业、海洋化工业与渔业贡献了76.2%的海洋经济总量(图1),是中国海洋经济的支柱产业,海上新能源产业方兴未艾。中国海洋

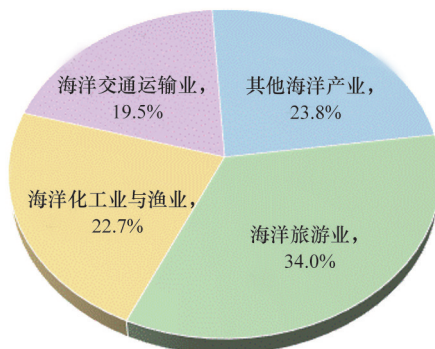


图1 2022年中国海洋产业生产总值构成

的绿色发展,应该以支柱产业的绿色发展、传统产业的绿色转型、新兴产业的绿色导向为核心,而海洋生态保护与修复为各类产业的绿色发展提供良好的基础环境。

1) 海洋旅游业。海洋旅游业对海洋经济贡献最大,但同时对于海洋资源的利用强度也相对较大,并且由于大量人类活动的介入,易造成海洋污染、海洋垃圾等环境问题。

海洋生态保护和修复是海洋旅游业绿色发展的基础保障。健康的海洋生态环境有助于增强旅游目的地的吸引力,满足游客对优美自然景观和丰富海洋生物资源的需求;生态保护与修复可以推动海洋旅游业创新发展,培育生态旅游、海洋科普教育等新兴业态;海洋生态保护有利于提高旅游产业的社会效益和国际影响力,塑造积极的国际形象和可持续的旅游市场氛围。

2) 海洋化工业与渔业。根据《2022年中国海洋统计公报》中的定义,海洋化工业主要指利用海盐、海洋石油、海藻等海洋原料生产化工产品的活动,海洋渔业与之相似,二者均是直接取材于海洋的物理、化学和生态资源。海洋化工业与渔业的绿色发展需要立足于对海洋资源的保护与恢复,维持海洋生态系统的生物多样性不受到损害。

联合国粮农组织(FAO)的数据显示,2019年全球超过31.4%的鱼类种群处于过度捕捞状态<sup>[6]</sup>。保护海洋生态环境,维持海洋生物多样性,以及维护海洋自然资源的可持续性,是确保海洋化工业与渔业长期稳定发展的基石。健康的海洋生态系统有助于物种资源的恢复与再生,提高海洋植被、渔业资源的生产率与抵御自然灾害的能力,从而提高产量和质量。海洋牧场拓展了深远海洋空间,生产高附加值的海洋产品,有赖于健康可持续的海洋生态系统作为基础。此外,生态修复和保护还可以推动化工业与渔业转型升级,进一步提升海洋化工业与渔业经济效益和资源转化效率。

3) 海洋交通运输业。海洋交通运输业的发展对海洋空间资源的利用依赖程度较高,它也是海洋产业直接碳排放量最高的产业,因此对于绿色转型的需求更为迫切。海洋交通运输业绿色发展的核

心在于提高海洋空间的利用效率;提高新能源的转化和利用效率,提高航程效率,减少时程消耗,甲醇等新型燃料,风力辅助航行等新能源、储能的创新应用,可以减少航行过程中对于化石燃料的过度消耗与污染排放。海洋生态修复和保护可以通过改善海洋环境质量,为交通运输提供更加安全顺畅的航道条件,降低运输的风险和成本。海洋对于气候变化的适应能力与缓冲作业,可以通过建立完整高效的生态体系得到加强,从而减少海洋灾害对航运的影响。

4) 海洋可再生能源。海洋可再生能源是源端减碳的重要路径,同时其对于海洋生态环境的影响仍有待监测与评估。国际能源署海洋能源系统(OES)在2021年发布研究报告,综合评估了海洋能源装置对海洋生物、生境以及海洋环境的潜在影响,为降低海上可再生能源项目的环境影响与风险提供指导。海洋可再生能源可以推动绿色发展,减少碳排放,同时要充分考虑和保护海洋生态环境,确保可再生能源的可持续利用和生态系统的健康。

在推进海上可再生能源发展的同时,需要对项目进行全面的生态影响评估,确保对海洋生态系统的影响最小化,并采取相应的环境保护和生态补偿措施。对海上可再生能源项目进行长期的生态监测和管理,及时发现和解决可能的环境问题,保障海上新能源对海洋生态环境的影响可控和可逆。

需要指出,海洋旅游业、海洋化工与渔业、海洋交通运输业、海洋可再生能源之间联系紧密,在贯彻海洋绿色发展的理念时应作为整体统筹考虑,促进不同行业之间的融合发展。

## 2.2 海洋生态保护与修复提升碳汇能力

滨海“蓝碳”生态系统,包括红树林、盐沼和海草床,主要通过光合作用吸收空气中的二氧化碳并进行固定。与陆地生态系统相比,滨海湿地尤其是红树林的固碳速率与单位面积碳储量更具优势,分别是热带森林的10倍和5倍<sup>[7]</sup>。3种典型滨海“蓝碳”生态系统在我国海域均有分布。红树林主要分布在南部沿海,总面积大约为2.56万hm<sup>2</sup>,每年固碳量为28万t左右;盐沼分布较为广泛,几乎遍布全国沿海地区,每年最大固碳量可达91万t;海草

床则主要分布在北部环渤海、黄海沿岸以及热带地区沿岸,总面积大约为 1.68 万  $\text{hm}^2$ ,年固碳量仍需进一步测算<sup>[8]</sup>。

由于早年间对滨海“蓝碳”资源关注不足,加上大规模的围填海活动、海洋污染、外来物种如互花米草的入侵等因素,我国“蓝碳”生态系统的面积萎缩,生态功能减退,碳汇能力大打折扣。海洋碳汇能力需要通过海洋生态保护与修复得到显著恢复和提升,以充分发挥其支持中国绿色发展的潜力。

### 3 中国海洋生态保护与修复的现状与挑战

根据《2021 年中国海洋生态环境状况公报》<sup>[9]</sup>(以下简称《公报》),2021 年我国海洋环境稳中向好,但海洋生态系统退化与生态灾害问题仍然突出,长期过度开发带来的根源性问题并未得到根本性扭转。

#### 3.1 典型海洋生态系统多数呈亚健康状态

根据《公报》中对健康状况的定义,呈现亚健康的生态系统面临超出其承载能力的生态压力,包括环境污染、人为破坏、资源不合理利用等。在 2021 年监测的 24 个典型海洋生态系统中,6 个呈健康状态,18 个呈亚健康状态。其中河口生态系统、海湾生态系统、滩涂湿地生态系统均处于亚健康状态,主要面临近岸海水富营养化、底栖生物量较低、互花米草等外来物种入侵等生态问题。

#### 3.2 海洋生态灾害威胁较大

赤潮会破坏海洋生态结构,影响水产养殖业和渔业,阻碍海洋绿色发展。2021 年我国海域共发生赤潮 58 次,累积面积为 23277  $\text{km}^2$ (图 2),威胁我国黄海的绿潮也面临着发生频率增加、累积面积增大的问题(图 3)。

#### 3.3 海洋渔业面临资源与环境困境

中国渔业捕捞量在过去几十年间大幅增加,仅在最近几年才开始呈下降趋势,但仍然是目前世界上海洋捕捞量最大的经济体。长期的大量捕捞造成的渔业资源衰退开始显现,主要体现在物种多样性指数下降<sup>[10]</sup>和优势物种的演替。根据《中国渔业

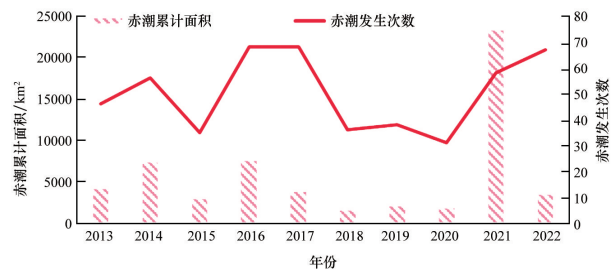


图2 2013—2022年我国海域赤潮累计面积和发生次数  
(数据来源:《中国海洋生态环境状况公报 2013—2022》)



图3 2013—2022年我国海域绿潮规模  
(数据来源:《中国海洋生态环境状况公报 2013—2022》)

统计年鉴》(以下简称《年鉴》),中国海洋主要捕捞品种逐渐转变为经济价值较低的小型中上层鱼类。有分析表明,中国的水产消费需求,尤其是高质量的海鲜产品随着人民生活水平的提升呈上升趋势<sup>[11]</sup>,但 2017—2020 年的海洋捕捞量逐年下降,原因虽然是多方面的,但是其中反映的供需不平衡凸显了海洋渔业的资源困境。

根据《年鉴》的统计数据,中国的淡水和海水养殖规模逐年扩大,未来可能更需要依赖养殖来填补捕捞下降导致的供给缺口,如何应对大规模水产养殖带来的污染问题,也是中国海洋生态保护需要应对的挑战之一(图 4)。

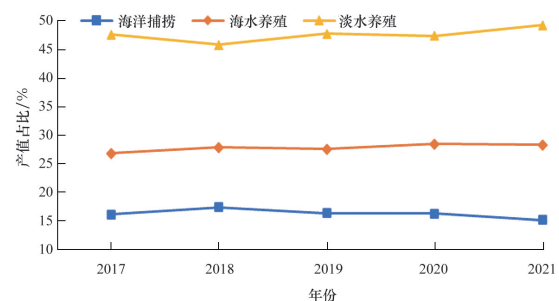


图4 2017—2021年我国渔业产值构成变化  
(数据来源:《中国渔业统计年鉴》)

### 3.4 海岸带开发建设亟需从理念到实践的生态化转型

沿海地区和城市为经济发展向海洋索要空间速度强度加剧,各类海域内的空间开发、权属占用复杂交错,产生一系列的管理与安全风险,为国土空间规划在海洋空间的建设开发权属管控带来更大挑战。

海洋生态环境的破坏源自人类对海洋施加的各种压力。同时,海洋生物多样性损害亦为海洋生态环境受损的重要表征之一。海岸带开发占用生态岸线,影响海岸地区生态系统稳定,围填海活动一度成为沿海土地供应的重要方式,对海岸带生态环境造成严重影响。海岸灾害的防御虽然是重大民生工程,但也由于一些不当的规划和建设活动导致湿地面积萎缩,生境丧失、斑块化、破碎化,水动力条件紊乱和生物多样性严重减少等一系列问题。例如,近40年来中国大规模围填海造地活动使滨海滩涂面积累积损失约 $2.19 \times 10^4 \text{ km}^{2[12]}$ ,这其中大部分都伴随着非生态海岸围填海活动和海岸工程。围绕主要江河入海口地区(湾区),也多为我国的重要城市和经济中心,城市建设强度加大,围海造地规模扩大,人海矛盾增加,生态与公共安全风险加剧;优质的自然海岸受到港口、物流作业区、大型工矿企业、旅游设施开发建设占用的影响,海岸带自然景观和生态湿地质量退化,并影响沿海候鸟种群的栖息环境。

另外,值得关注的是海岸带和海洋生态化建设的理念依然未能深入到建设项目全过程,包括相当部分规划、设计、建设、管理机构对于生态海岸保护修复和建设的理解不深入,导致一些海洋和区域处于边建设、边修复、边破坏的不良循环状态,海洋生态保护与修复资金供给缺口大,融资渠道需拓宽。

海洋生态修复工程的资金需求规模大并且需要长期的稳定投入,在我国持续推进海洋生态修复的同时,资金供给问题并未得到妥善解决。目前海洋保护修复项目仍以财政拨款为主,企业自筹、生态补偿方式占比很小。2020年11月,自然资源部印发《社会资本参与国土空间生态修复案例(第一批)》,指出了仅靠政府财力进行生态修复的局限。

1年后国务院发布《国务院关于鼓励和支持社会资本参与生态保护修复的意见》,提出从产权激励、财政税收等多方面构建可持续的生态修复市场机制。不难看出,国家和地方都迫切需要社会资本投入海洋生态修复,来弥补当前生态修复的资金缺口。近5年,中国生态修复市场规模不断增大,但内生增长乏力,如何在更大的市场规模下吸引多元资本投入,解决资金供给问题,拓展海洋生态修复的融资渠道,创新投融资机制,推动海洋生态保护的可持续性,形成与绿色发展的良性互动和循环,是我国海洋生态保护和修复的一大挑战。

## 4 中国海洋生态保护的目標和发展路径

2022年多部门联合发布《“十四五”海洋生态环境保护规划》(以下简称《规划》),对中国海洋的生态保护与绿色发展具有重要的战略意义,《规划》针对当前中国海洋生态保护存在的一系列挑战,提出中国海洋生态保护战略目标,这些目标与中国绿色发展要求一致,需要长期的努力和持续的投入。

### 4.1 海洋生态保护与修复的战略目标

1) 陆海统筹改善海洋环境。以近岸海湾、河口为重点,分类实施陆地与海洋污染源头综合治理,完善海洋环境保护法律法规与责任体系,建设陆海统筹的海洋生态环境治理制度,持续改善近岸海域环境质量。

2) 整体提升海洋生态系统。保护与修复并举,坚持海洋生态保护修复的理念和成功实践,着力构建海洋生物多样性保护网络,修复典型海洋生态系统,提升海洋生态系统质量和稳定性。推动海岸海洋生态化建设的理念深入到海洋空间开发利用的全过程,形成建设、维护、修复、保护的可持续互动和积极良性循环。

3) 严格防范海洋生态灾害。有效应对海洋突发环境事件和生态灾害,建立海洋环境风险排查评估机制,构建分区分类的海洋环境风险防控体系,提升海洋环境突发事件和海洋灾害的预警能力,加强应急响应能力建设。

4) 全面加强海洋气候韧性。协同推进气候变化与海洋生态环境保护,有效发挥海洋固碳作用,提升海洋生态系统对气候变化的适应能力,为全球气候治理做出积极贡献。

#### 4.2 中国海洋生态保护的发展路径

1) 空间管控。保护与利用规划编制、精细化管理。规划是海洋资源保护与利用的基础,2017年以来,生态环境部、自然资源部等陆续发布文件提出“双评价”“三区三线”“两空间内部一红线”等,规范指引海洋空间规划编制。2022年自然资源部发布的《海岸带规划编制技术指南》(征求意见稿)<sup>[13]</sup>,规定了省级海岸带规划编制的总体要求,细化“三区”分级,形成更完善的海洋海岸带生态空间规划体系。推动海洋经济绿色发展,需要对海洋空间做出更精细的规划管理,在现有的三级用海分区体系的基础上,进一步探索更细化的用海类型划分,借鉴陆域详细规划编制和管控经验,实现海洋空间生态系统的精细化管理。

海南省三亚市编制的《三亚市海域使用详细规划》<sup>[14]</sup>,在现有海洋功能区框架体系下创新性地完善到第4级用海类型,对重点海湾海岛提出特色化开发管理模式与控制指标,做到管控精细化;同时将土地规划中地类图则引入海洋规划,实现海域使用一张图。规划针对三亚市海域开发中的资源配置与生态环境保护问题,科学引导海域使用与海洋产业优化布局,通过精细化空间规划管控实现海洋资源可持续利用。

2) 多元资金保障海洋生态保护与修复。海洋生态修复的资金需要保证稳定性、长期性,通过市场化机制推动资金投入的主动性和积极性是必由之路。积极探索通过加大生态补偿力度、利用保险机制为生态系统提供保险产品等方式,动员更多社会资本投入来优化解决资金供给问题。

出于“谁破坏、谁修复”的原则,全国范围已有多个沿海省市出台关于海岸线与滨海湿地的占补平衡政策,要求社会资本对用海项目进行生态补偿。2023年连云港徐圩新城石化产业基地拟占用生态恢复岸线建设泵闸工程,根据江苏省自然资源厅发布的《关于规范大陆自然岸线动态管理的通

知》,需要按照1:1.2的比例通过修复形成新的自然岸线实施补偿,泵闸建设主体计划投资500万元进行岸线生态修复<sup>[15]</sup>。

针对不同海洋生态系统的保险模式也有新的探索。2022年福建省投保全国首单红树林生态保护险,在自然灾害、入侵物种等对红树林造成危害的情况下触发,赔付用于红树林生态修复,总金额达到1875万元<sup>[16]</sup>。

3) 监测海洋生态环境,完善评价体系,健全生态修复工程技术体系。完善海洋生态修复评价指标体系并进行长期监测,是实现有效海洋生态保护的重要技术路径。科学全面的海洋生态修复指标体系,有助于评估生态修复的有效性和可持续性,指标体系应涵盖生物多样性、水质环境等关键方面;开展长期的海洋生态监测,应用现代遥感技术、大数据分析等手段,是揭示海洋生态修复工作的有效性、制定科学的修复方案,维护海洋生态系统的稳定性的重要基础积累。

海洋生态修复是一个在近年崛起的年轻产业,涉及海洋、海岸、环境、植物等多领域的技术和科学,具有典型多学科交叉的特点。它的技术基础目前有赖于对于海岸工程、环境工程、农业和海洋科学等其他行业的借鉴,系统的技术标准、工艺体系以及专业装备建设等尚有较大差距,因而迫切需要建立和健全成熟高效的海洋生态修复工程技术体系,包括分类工艺流程和标准规范建设,以及相应的工程装备体系研究、开发、制造和应用体系<sup>[17-18]</sup>。

4) 海洋碳汇核算规范化,完善碳交易制度。联合国政府间气候变化专门委员会(IPCC)认可的“蓝碳”生态系统包括红树林、海草床和盐沼,国际海洋碳汇交易也主要集中在这3种“蓝碳”生态系统<sup>[19]</sup>。除此之外,还有珊瑚礁、海洋牧场、海藻场等海洋生态系统也具有海洋碳汇交易能力。

2023年1月1日,我国首个综合性海洋碳汇核算标准《海洋碳汇核算方法》<sup>[20]</sup>正式实施。有利于促进滨海“蓝碳”的生态价值转化,但其市场化的应用需要进一步开展全面的核算研究,收集分析碳储量、碳通量数据,提升现有核算机制的准确性、有效性,为不同区域、不同类型的海洋“蓝碳”提供规范

化的碳汇核算基础。

2023年2月,浙江省宁波市象山县成交了中国首单“蓝碳”交易<sup>[21]</sup>,象山县西沪港1年的碳汇量最终以106元/t的单价成交。经过2022年7月宁波海洋研究院进行碳汇量的估算,象山县盐沼生态系统碳汇量达10.28万t/a,以坛紫菜、海带为主的大型藻类养殖碳汇量约为2.17万t/a,以牡蛎为主的贝类养殖碳汇量约为3.22万t/a。首笔交易完成标志着我国海洋碳汇开始进入市场化,对后续市场的拓展和交易制度的完善或有重要影响。

## 5 结论

中国特色的海洋绿色发展是我国绿色发展理念与现代海洋战略的交汇点。展望2050年,海洋绿色发展将成为顶层需求和必然趋势,利用海洋资源和环境空间实现增汇减排,是实现“双碳”目标的重要途径,海洋生态保护与修复是中国海洋绿色发展的重要基础和保障。海洋旅游业、交通运输业、化工业与渔业等是中国海洋经济的支柱产业,海洋新能源产业方兴未艾。中国特色的海洋绿色发展,应该以支柱产业的绿色发展、传统产业的绿色转型、新兴产业的绿色导向为核心,而海洋生态保护与修复为产业的绿色发展提供良好的基础环境。

近年来,经过持续的重点保护和修复的投入,我国海洋环境生态质量稳中向好,但海洋生态系统退化与生态灾害问题仍然突出,长期以来的根源性问题并未得到根本缓解,需要通过一系列海洋生态保护与修复的创新路径实现,例如:国土空间保护与利用规划编制、精细化管理;在更大的市场规模下吸引多元资本投入,拓展海洋生态修复的融资渠道,创新投融资机制;长期监测海洋生态环境,完善修复评价体系;积极推动保护和修复工程技术体系化、规模化、产业化,催生一批海洋生态修复领军企业;推动海洋碳汇核算规范化,完善碳交易制度。

在海洋绿色发展的理念下,海洋生态环境可以得到有效修复和保护,同时海洋生态保护和修复也是海洋绿色发展的基础,它们的辩证互动对实现“双碳”目标起着重要的作用。

## 参考文献 (References)

- [1] 2022年中国海洋经济统计公报[R]. 北京: 中华人民共和国自然资源部, 2023.
- [2] 新时代的中国绿色发展[M]. 北京: 人民出版社, 2023.
- [3] Friedlingstein P, O'sullivan M, Jones M W, et al. Global carbon budget 2020[J]. *Earth System Science Data*, 2020, 12(4): 3269–3340.
- [4] The National Academies of Sciences Engineering and Medicine. A research strategy for ocean-based carbon dioxide removal and sequestration[M/OL]. [2023-07-07]. <https://doi.org/10.17226/26278>.
- [5] Hoegh-Guldberg O, Lovelock C, Caldeira K, et al. The ocean as a solution to climate change: Five opportunities for action[M]. Washington: World Resources Institute, 2019.
- [6] Stankus A. State of world aquaculture 2020 and regional reviews: FAO webinar series[J]. *FAO Aquaculture Newsletter*, 2021(63): 17–18.
- [7] Duarte C M, Losada I J, Hendriks I E, et al. The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation[J]. *Nature Climate Change*, 2013, 3(11): 961–968.
- [8] 碳中和愿景下基于生态系统的海洋综合治理[R]. 中国环境与发展国际合作委员会(CCICED). 2022.
- [9] 2021年中国海洋生态环境状况公报[R]. 北京: 中华人民共和国生态环境部, 2022.
- [10] 中国渔业统计年鉴[M]. 北京: 中国农业出版社, 2004–2020.
- [11] Crona B, Wassenius E, Troell M, et al. China at a crossroads: an analysis of China's changing seafood production and consumption[J]. *One Earth*, 2020, 3(1): 32–44.
- [12] 崔保山, 谢焜, 王青, 等. 大规模围填海对滨海湿地的影响与对策[J]. *中国科学院院刊*, 2017, 32(4): 418–425.
- [13] 关于《海岸带规划编制技术指南》行业标准征求意见材料报送审查的函[EB/OL]. [2022-03-03]. <http://www.nrsis.org.cn/seekPublicAdvice/pagePublishAdviceStdList/10001046>.
- [14] 三亚“四个一”监管制度促海上旅游业态持续健康发展[EB/OL]. [2021-10-22]. <https://www.hi.chinanews.com.cn/hnnew/2021-10-22/607614.html>.
- [15] 艾奕康(天津)工程咨询有限公司. 徐圩新区南复堆河泵闸工程生态岸线整治修复方案(报审稿)[R]. 天津: AECOM, 2023.
- [16] 全国首单红树林蓝碳生态保护保险落地福建[EB/OL]. [2022-09-30]. <http://www.forestry.gov.cn/main/5384/20220930/154916531152590.html>.
- [17] 杨波, 陈天, 李小艳, 等. 2021年滨水空间生态修复研

- 究与规划建设热点回眸[J]. 科技导报, 2022, 40(1): 204-214.
- [18] 杨波, 孙晓峰, 刘昱, 等. 2022 年海岸带生态修复科技热点回眸[J]. 科技导报, 2023, 41(1): 249-260.
- [19] 白洋, 胡锋. 我国海洋蓝碳交易机制及其制度创新研究[J]. 科技管理研究, 2021, 41(3): 187-193.
- [20] 海洋碳汇核算方法: HY/T 0349—2022[S]. 北京: 中华人民共和国自然资源部, 2022.
- [21] 宁波象山全国首拍“蓝碳”, 2340 吨碳汇卖了近 25 万元 [EB/OL].[2023-03-01]. <http://zj.people.com.cn/n2/2023/0301/c186327-40319484.html>.

## Marine ecological protection and green development in China

YANG Bo<sup>1,2</sup>, FU Hui<sup>2</sup>, GUO Shiqi<sup>2</sup>, WANG Jun<sup>2</sup>

1. Institute of Ocean Energy and Intelligent Construction, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, China
2. AECOM (Tianjin) Engineering Consultants Co, Ltd, Tianjin 300074, China

**Abstract** Marine ecological protection is an important development basis for China's ocean green development. On the one hand, it can provide sustainable resources and environment for green development. On the other hand, it can enhance the carbon sink capacity of the ocean and strengthen green development in achieving China's "double carbon" goals. This paper systematically reviews the current situation and challenges of China's marine ecological protection, including sub-health status of most marine ecosystem, threat of marine environmental hazard, depletion of fishery resources, high risk of coastal development and lack of marine ecological restoration funding. Based on these situations, this paper proposes the strategic goals for China's marine ecological protection. Finally, from the perspectives of space management, financial guarantee, system improvement and marketization of carbon sink, this paper puts forward the development path of China's marine ecological protection to fulfill green development.

**Keywords** green development; marine ecological protection; marine ecological restoration; sustainable development; blue carbon ●



(责任编辑 卫夏雯)