海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的影响研究

李福柱，袁心如

（中国海洋大学经济学院 青岛 266100）

摘要：探究海水产品流通现代化作用于海洋碳汇渔业生态效率的内在机制与实际成效，对海洋碳汇渔业实现高质量发展具有重要意义。文章从商流效率、物流效率和信息流效率 3 个维度，结合技术推广强度的中介效应及水产品贸易、工业化水平的门槛效应，分析其影响机制与效果。结果表明：（1）海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率具有显著的直接促进效应，整体上提升了海洋碳汇渔业生态效率。（2）在技术推广强度的中介作用下，海水产品流通现代化通过商流、物流和信息流效率升级，降低低碳技术采纳门槛与推广成本，间接提升生态效率。（3）在水产品贸易水平和工业化水平的门槛约束下，海水产品流通现代化与海洋碳汇渔业生态效率之间存在非线性关系，当二者处于较低水平时，流通现代化的促进作用更强，超过门槛值后边际效应递减。因此，应推进海水产品流通体系现代化建设，强化水产低碳技术推广与区域协同，实施差异化的流通升级与生态效率提升政策，助力海洋碳汇渔业生态效率提升与可持续发展。

关键词：海水产品流通；海洋碳汇渔业；生态效率；超效率 SBM 模型

中图分类号：F326.4；X24 **文献标志码：**A **文章编号：**1005-9857（2026）03-0118-14

Study on the Impact of Modernization of Seafood Circulation on the Ecological Efficiency of Marine Carbon Sink Fisheries

LI Fuzhu，YUAN Xinru

（School of Economics，Ocean University of China，Qingdao 266100，China）

Abstract：Exploring the internal mechanism and practical effects of the modernization of seafood circulation on the ecological efficiency of marine carbon sink fisheries is of great significance for the high-quality development of marine carbon sink fisheries. From the three dimensions of commodity circulation efficiency，logistics efficiency，and information flow efficiency，this paper analyzes the impact mechanism and effects by combining the mediating effect of technology promotion intensity and the threshold effect of aquatic product trade level and industrialization level. The results show that：（1）The modernization of seafood circulation has a significant direct promoting effect on the ecological efficiency of marine carbon sink fisheries，and improves the ecological efficiency of marine carbon sink fisheries overall.（2）Under the mediating effect of technology promotion intensity，the modernization of seafood

收稿日期：2025-10-28；**修订日期：**2026-02-20

作者简介：李福柱，教授，博士，研究方向为区域经济理论与政策

通信作者：袁心如，硕士研究生，研究方向为区域经济理论与政策

circulation indirectly improves ecological efficiency by upgrading the efficiency of commodity circulation，logistics，and information flow，which reduces the threshold for adopting low-carbon technologies and the cost of technology promotion.（3）Under the threshold constraints of aquatic product trade level and industrialization level，there is a non-linear relationship between the modernization of seafood circulation and the ecological efficiency of marine carbon sink fisheries. When both levels are relatively low，the promoting effect of circulation modernization is stronger，and the marginal effect decreases after exceeding the threshold value. Therefore，it is necessary to promote the modernization of the seafood circulation system，strengthen the promotion of low-carbon aquatic technologies and regional coordination，and implement differentiated policies for circulation upgrading and ecological efficiency improvement，so as to contribute to the improvement of ecological efficiency and sustainable development of marine carbon sink fisheries.

Keywords：Seafood circulation；Marine carbon sink fisheries；Ecological efficiency；Super-efficiency SBM model

0　引言

党的十八大首次明确提出“建设海洋强国”，党的二十大进一步强调绿色发展，将海洋生态保护与海洋经济协同发展提升至国家战略高度。我国海洋渔业经济规模在近年来保持着持续扩张的态势，但海洋渔业资源过度开发、养殖污染以及渔船碳排放等问题却愈发凸显，极大地制约了海洋碳汇渔业生态效益的释放。海洋碳汇渔业生态效率作为衡量海洋渔业生产“经济－生态”协同效益的核心指标，其提升不仅关系到海洋渔业的可持续发展，更对我国“双碳”目标的实现具有重要的支撑作用。海水产品流通现代化是衔接生产与消费的关键环节，可通过效率升级、优化资源配置、推动技术与模式创新，为提升海洋碳汇渔业生态效率注入新动能。因此，分析海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的影响，对实现海水产品流通体系改革与海洋碳汇渔业实践具有重要的现实意义。

碳汇渔业是一种兼具生态效益与经济效益的渔业发展模式，该模式涵盖藻类养殖、贝类养殖和滤食性鱼类养殖等不投饵渔业生产活动[1]。目前，多营养层次综合养殖是高效的碳汇渔业模式[2]，通过不同营养级生物的科学组合，可实现碳汇功能与经济效益的协同提升，而海洋牧场作为碳汇渔业与“蓝色粮仓”战略结合的关键载体，兼具显著的固碳效果与生态效益[3]。现有研究主要围绕碳汇渔业的基础理论与实践应用两大维度展开。在基础理论层面，学者聚焦固碳机理与碳汇能力评估。唐启升等[4]明确贝类、藻类是碳汇渔业的核心固碳主体，其固碳率显著高于自然水域蓝碳生物及人工林；但从长期演化视角来看，海洋藻类对碳浓度变化存在阈值响应，可通过调整碳浓缩机制优化碳吸收效率[5]；在此基础上，郑鹏等[6]采用物质量评估法测算发现，海水养殖贝类、藻类保持长期稳定的碳移出能力，并且区域碳汇能力存在显著差异。在实践应用层面，邵桂兰等[7]采用对数平均迪氏指数（LMDI）分解法开展研究，指出产业规模、能源强度和产业结构是影响碳排放的主要因素，并提出优化品种结构与节能技术应用可提升生态效率；Guo 等[8]进一步研究发现，养殖效率对碳汇变化影响较大，并且不同养殖品种碳汇转化率差异显著；徐敬俊等[9]则证实，碳汇渔业具有显著的经济外溢效应，能正向带动海洋渔业经济及上、下游产业协同发展。然而，目前碳汇渔业在生态增效过程中仍面临多重挑战，碳汇计量体系尚未统一，难以有效地对接碳交易市场需求[10]。此外，市场与政策机制尚不健全，我国渔业碳汇交易仍处于试点阶段，碳汇价值未能通过市场机制充分实现，进而限制了社会资本投入力度与生态效率的持续优化[11]。

数字技术的迭代为流通业转型注入强劲动力，催生出以技术适配性、流程绿色化、效率最优化为核心的海水产品流通现代化分析，相关研究主要围绕其发展现状与特征、现代化转型路径与价值两大方

向展开。在发展现状与特征层面，我国海水产品流通已形成批发商主导、合作社主导、加工企业主导、超市主导和渔民直销 5 类核心模式[12]，但传统模式因渠道冗长、信息不对称导致效率偏低，且流通业呈现显著区域差异[13]。在现代化转型路径与价值层面，数字化与绿色化是核心转型路径。郝爱民等[14]指出，流通数字化通过智慧物流优化、信息共享平台搭建可实现跨区域协同碳减排。薛长湖等[15]认为，数字化与冷链保鲜技术的融合能降低海水产品流通损耗及能耗与碳排放。李倩[16]进一步提出，流通业技术创新可通过纯技术效率、规模效率与技术进步的协同优化，推动绿色全要素生产率提升。

当前，学界对海洋碳汇渔业的研究日趋完善，为本文提供了坚实的理论基础与实证参考。但对海洋碳汇渔业生态效率的影响因素分析，尤其是海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的研究尚未完全展开。鉴于此，本文以 2012—2021 年省际海洋渔业面板数据为研究对象，探究海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的具体影响及作用机制。可能存在的主要贡献有：第一，借鉴流通业在农产品领域的研究框架，构建了海水产品流通现代化的综合评价体系，并检验其对海洋碳汇渔业生态效率的影响；第二，引入技术推广强度作为中介变量，从创新扩散视角揭示海水产品流通现代化影响生态效率的内在机制；第三，进一步运用门槛回归模型，以工业化水平和水产品贸易开放度作为门槛变量，检验其在上述影响中的非线性作用，从而为理解不同区域和发展阶段下海洋碳汇渔业的效率差异提供实证依据。

1 理论分析与研究假设

海洋碳汇渔业生态效率的核心在于实现生产要素投入集约化、生态经济产出协同化以及环境负外部性内部化的三维均衡，其提升过程本质上是渔业系统内资源配置、技术应用与市场供需的动态优化过程。作为连接渔业生产端与消费端的关键枢纽，海水产品流通现代化通过商流、物流和信息流的系统性效率革新，对海洋碳汇渔业生态效率产生多维度和深层次的驱动作用。

交易成本理论指出，市场信息不对称会导致逆向选择与道德风险，增加供需匹配的交易成本，进而引发生产要素错配。传统海水产品流通中，商流环节存在多级批发商垄断、信息传递滞后以及市场信号失真的问题，养殖端因无法精准捕捉消费需求，容易陷入盲目扩大投饵型鱼类养殖、产品滞销及资源浪费的恶性循环。这一过程不仅造成劳动力、养殖面积等生产要素的冗余投入，还因投饵过剩加剧氮磷排放等，显著抑制生态效率。海水产品商流效率现代化通过市场密度优化及营业面积标准化重构流通渠道，从根本上降低交易成本：一方面，海水产品市场密度的提升缩短了“生产者—零售商—消费者”的流通链条，减少中间环节的信息损耗，使养殖端能够实时获取市场对高碳汇品种的需求变化，避免因信息滞后导致的过度养殖或品种错配；另一方面，商流环节的标准化营业面积配置通过规模效应降低单位交易成本，滞销损耗的减少意味着无需通过扩大养殖面积、增加劳动力投入来弥补市场供给缺口，间接降低生产端的投入冗余，同时避免滞销产品腐烂引发的海域局部污染。

资源配置理论强调，要素在生产与流通环节的高效利用是实现产出最大化和成本最小化的核心，而低效的资源配置会导致要素浪费与环境负外部性加剧。海水产品因鲜活易腐的属性，其物流环节的资源配置效率直接决定流通损耗率与碳排放强度。海水产品物流效率现代化通过资源配置优化实现低碳化与低损耗：一方面，冷链基础设施能力的增强可降低物流损耗率，直接优化生态效率；另一方面，公路基础设施密度的提升与智慧物流路径优化可实现运输要素的最优配置，进一步降低环境负外部性。

技术扩散理论认为，技术在产业内的传播速度与渗透深度取决于信息传递效率、知识获取成本与金融支持力度，而技术进步是推动产业生态效率提升的核心动力。海水产品信息流效率的现代化通过降低技术扩散成本、拓宽资源获取渠道，加速低碳技术在渔业生产中的渗透。同时，信息流透明化还

能促进碳汇价值向市场价值的转化，为生态效率提升提供持续动力。

基于此，本文提出核心研究假说 H1。

H1：海水产品流通现代化能够显著提升海洋碳汇渔业生态效率。

技术推广强度是反映低碳技术在海洋碳汇渔业中渗透、应用与普及程度的核心指标，是连接渔业流通环节与生产环节技术转化的重要载体。从技术接受模型来看，海水产品流通现代化为技术推广强度的提升提供关键支撑。商流效率现代化释放的高碳汇产品市场需求信号，为技术推广注入市场动力；信息流效率升级使养殖端能便捷获取低碳养殖技术的专业知识与培训资源，物流效率提升保障技术推广所需的必要生产资料精准送达，二者共同降低技术采纳门槛，同时流通现代化形成的规模效应还能减少技术推广的成本，进一步推动技术推广强度的提升。而技术推广强度的提升又通过生产端革新推动海洋碳汇渔业生态效率优化，依据创新扩散理论，可从以下 3 个维度分析：在投入端加速低油耗渔船、循环水养殖设备等节能装备普及，通过技术创新机制提升产业纯技术效率、减少要素浪费[17]；在产出端推动养殖结构向贝类、藻类等高碳汇品种倾斜，通过引导产业结构生态化转型、优化产出结构的作用路径，提升单位养殖面积固碳量以增加生态产出[18]；在污染控制端促进尾水净化、残饵回收等环保技术应用，削减养殖过程中的氮磷排放，通过技术渗透强化污染控制能力、实现“减污降碳协同”以提升生态效益[19]。因此，技术推广强度在海水产品流通现代化与海洋碳汇渔业生态效率之间发挥桥梁作用，流通现代化通过强化技术推广强度，间接实现生态效率提升。

据此，本文提出假说 H2。

H2：技术推广强度在海水产品流通现代化提升海洋碳汇渔业生态效率中发挥中介效应。

在海水产品流通现代化与海洋碳汇渔业生态效率的关系中，水产品贸易水平与工业化水平作为影响渔业生产环境、资源配置效率的外部变量，其在不同发展阶段形成的约束差异，会导致流通现代化对生态效率的提升作用呈现非线性特征。水产品贸易作为连接区域海洋碳汇渔业与外部市场的核心纽带，其市场扩张效应与外部性分化的动态平衡状态会随贸易水平提升而发生变化，进而影响海水产品流通现代化对生态效率的提升效果。当水产品贸易水平较低时，区域渔业市场以本地消费为主，贸易渠道狭窄、流通半径有限导致高碳汇品种的市场需求难以充分释放，而海水产品流通的现代化进程能显著扩大其市场辐射范围并提高流通效率，实现生态价值市场化，并通过信息透明引导养殖结构向低碳化调整。当水产品贸易水平进入较高阶段后，贸易规模扩大伴随的负面外部性逐渐凸显，导致流通现代化对生态效率的提升强度呈现边际递减趋势。

工业化水平作为影响海洋碳汇渔业生产环境与资源配置效率的关键变量，其“资源支撑”与“环境挤压”的阶段冲突会随工业化进程改变流通现代化对生态效率的作用强度。在工业化水平较低时，区域工业发展对海洋生态的干扰较小，海域环境承载力较强；同时，工业化带来的基础设施改善，为海水产品流通现代化提供必要支撑。在此阶段，流通现代化可通过高效配置养殖资源、推广低碳技术，充分发挥对生态效率的提升作用。当工业化水平突破特定阶段后，其环境挤压效应逐渐占据主导：一方面，工业废水排放加剧海域富营养化，降低贝类、藻类的固碳能力与生存质量；另一方面，工业用地扩张挤占沿海养殖空间，导致养殖密度上升、生态承载力下降；此外，工业能源消耗带来的区域碳排放增加，也会间接削弱海洋碳汇渔业的生态调节功能。这些环境约束会显著削弱流通现代化对生产端的优化效果，即使流通效率持续提升，也难以完全对冲工业化带来的生态损耗，最终使流通现代化对生态效率的提升作用明显减弱。

基于此，本文提出假说 H3。

H3：海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的提升具有非线性特征。

2　研究设计

2.1　研究方法

2.1.1　海洋碳汇渔业生态效率的测算方法

海洋碳汇渔业生态效率（MCSEE）的测算采

用超效率基于松弛变量（超效率 SBM）模型，该模型兼具非径向测算与期望和非期望产出同时处理的优势，能有效规避传统数据包络分析（DEA）模型的角度偏差与效率区分度不足的弊端。以各省份为决策单元（DMU_j, j=1,2,⋯,n），设投入变量矩阵为 $\boldsymbol{X}=\left[X_{ij}\right]\in R^{m\times n}$（$m$ 为投入指标；X_{ij} 为第 j 个 DMU 的第 i 种投入），期望产出变量矩阵为 $\boldsymbol{Y^g}=\left[Y^g_{rj}\right]\in R^{s_1\times n}$（$s_1$ 为期望产出指标数，Y^g_{rj} 为第 j 个 DMU 的第 r 种期望产出），非期望产出变量矩阵为 $\boldsymbol{Y^b}=\left[Y^d_{qj}\right]\in R^{s_2\times n}$（$s_2$ 为非期望产出指标数；Y^d_{qj} 为第 j 个 DMU 的第 q 种非期望产出）。超效率 SBM 模型的目标函数与约束条件如下：

$$\rho=\min\frac{1+\frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m}\frac{\bar{x}}{x_{ik}}}{1-\frac{1}{a+b}\left(\sum_{r=1}^{a}\frac{\overline{y^g}}{y^g_{rk}}+\sum_{q=1}^{b}\frac{\overline{y^d}}{y^d_{jk}}\right)} \quad (1)$$

$$s.t\begin{cases} x_{ik}\geqslant\sum_{j=1,j\neq k}^{n}x_{ij}\lambda_j-s_i^x(i=1,2,\cdots,m)\\ y^g_{rk}\leqslant\sum_{j=1,j\neq k}^{n}y_{rj}\lambda_j+s_r^g(r=1,2,\cdots,a)\\ y^d_{jk}\geqslant\sum_{j=1,j\neq k}^{n}y_{qj}\lambda_j-s_q^d(q=1,2,\cdots,b)\\ \lambda_j\geqslant 0;\sum_{j=1}^{n}\lambda_j=1;s_i^x、s_r^g、s_q^d\geqslant 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中：ρ 为海洋碳汇渔业生态效率值，$\rho>0$；λ_i 为 DMU 的权重系数；s_i^x、s_r^g、s_q^d 分别为投入、期望产出、非期望产出的松弛变量，反映要素投入冗余、期望产出不足与非期望产出冗余的程度。模型通过最小化目标函数 ρ，实现对松弛变量的优化：当 ρ=1 时，表明该 DMU 处于传统 SBM 模型的效率前沿面，无松弛变量；当 $\rho>1$ 时，表明该 DMU 为超效率单元，效率水平优于前沿面单元；当 $\rho<1$ 时，表明该 DMU 存在投入冗余或产出不足的问题，需通过优化要素配置提升效率。

2.1.2 基准模型构建

根据前文的理论假说，海洋碳汇渔业生态效率既受时间趋势的影响，也受地区差异的影响。为考察海水产品流通现代化对其产生的具体影响，本文构建双向固定效应模型。

$$MCSEE_{it}=\beta_0+\beta_1 MAPC_{it}+\beta_2 X_{it}+\lambda_i+\gamma_t+\varepsilon_{it} \quad (3)$$

式中：$MCSEE_{it}$ 为地区 i 在 t 年的海洋碳汇渔业生态效率；$MAPC_{it}$ 为地区 i 在 t 年的海水产品流通现代化水平；X_{it} 为其他影响海洋碳汇渔业生态效率的控制变量，包括地区发展水平（PGDP）、工业化水平（IND）、水产品贸易（TRADE）、市场化程度（MAR）、海洋渔业发展水平（MFDL）、城镇化水平（UL）和环境规制（ER）；λ_i 为地区固定效应；γ_t 为时间固定效应；ε_{it} 为误差项。

2.2 变量选取与测算

2.2.1 被解释变量

本文的被解释变量是 MCSEE，参考已有研究和超效率 SBM 模型方法，从“投入—期望产出—非期望产出”3 个维度构建指标体系（表 1）。投入维度选取劳动力投入、养殖面积投入和资本投入 3 个二级指标。期望产出包含生态产出和经济产出两个二级指标，生态产出由海洋碳汇渔业固碳量衡量。鉴于贝类为海水养殖主要碳汇品种[10]，将海水养殖贝类分为扇贝、蛤、牡蛎、贻贝和其他（蚶、蛏）5 类，并评估碳汇总量，其固碳量的测算采用以碳移出量为表征的核算方法[4]。非期望产出包括间接产出的氮、磷排放量和直接产出的海洋渔业碳排放量。氮、磷排放量的计算借鉴宗虎民等[20]的研究，以污染系数为基础来确定海水养殖中氮、磷的排放总量。海洋渔业碳排放量则借鉴张祝利等[21]的方法，通过统计不同作业方式的渔船燃油碳排放量进行衡量。

表 1 海洋碳汇渔业生态效率指标体系

Table 1 Index system of ecological efficiency of Marine carbon sink fisheries

一级指标	二级指标	变量及说明
投入指标	劳动力投入	海洋渔业从业人员数量（单位：万人）
	养殖面积投入	海水养殖面积（单位：10^3 hm^2）
	资本投入	海洋机动渔船总吨位（单位：t）
期望产出	生态产出	海洋碳汇渔业固碳量（单位：t CO_2e/a）
	经济产出	海水产品产值（单位：亿元）
非期望产出	氮、磷排放量	海水养殖中氮、磷排放总量（单位：t）
	海洋渔业碳排放量	不同作业方式的渔船燃油碳排放量（单位：万 t）

2.2.2　核心解释变量

本文核心解释变量是海水产品流通现代化（MAPC）。已有研究尚未确立海水产品流通现代化的统一测度标准，基于数据可得性与研究合理性考量，借鉴高国生等[22]在农产品流通现代化领域的研究成果，结合水产品鲜活易腐属性，从商流效率现代化、物流效率现代化和信息流效率现代化 3 个维度，构建海水产品流通现代化的综合评价指标体系，可采用熵值法进行测度（表 2）。在现有公开统计年鉴中，通常未对海水产品相关的关键市场指标独立统计，而是将其合并纳入更宽泛的水产品数据中统计。这种合并统计方式导致无法直接获取海水产品流通的精准数据，对研究中计量分析的准确性形成制约。为克服这一由数据可得性造成的限制，提升对海水产品流通领域研究的精确性和针对性，本文借鉴王波等[23]所采用的处理方法对相关数据进行调整，其中，α= 海水产品养殖产量 / 水产品养殖产量；β=（海水产品产量 + 用于加工的海水产品数量 + 海水加工产品）/（水产品总量 – 用于加工的水产品数量 + 水产加工品总量）。

表 2　海水产品流通现代化指标体系

Table 2　Index system of marine aquatic procuct circulation modernization

一级指标	二级指标	变量说明
商流效率现代化	海水产品市场密度	（水产品市场数 / 常住人口数）× α
	海水产品市场营业面积	水产品市场营业面积 × α
物流效率现代化	海水产品流通规模	水产流通业经济总产值 × β
	冷链基础设施能力	水产品冷库 × β
	公路基础设施密度	各省公路总长度 / 各省土地面积
信息流效率现代化	移动电话普及率（部 / 百人）	移动电话普及率（部 / 百人）
	海水产品电子商务交易额	电子商务交易额 × 海水产品产值 / 社会消费品零售总额
	海水产品支付效率	数字普惠金融指数

2.2.3　中介变量

本文选取技术推广强度（TECH）作为中介变量。技术推广强度反映技术在产业中的渗透与应用程度，是连接流通现代化与生态效率提升的关键纽带。水产技术的经费投入为渔业技术创新注入核心动力，推动生产技术持续改进与突破升级。这些技术革新通过提升生产效能和能源利用效率，为海洋碳汇渔业生态效率的提升提供支撑。变量度量参考李晨等[24]的研究方法，采用各省水产技术推广总经费与渔业产值的比值衡量技术推广强度。

2.2.4　其他变量

在考察海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率影响的过程中，为控制其他潜在因素的干扰，提升模型估计的有效性，本文选取以下 7 个控制变量。

（1）PGDP，采用地区人均 GDP 的对数表示。较高的地区人均 GDP 意味着当地拥有更雄厚的经济基础，能够在渔业基础设施建设和科研投入等方面提供更多的支持，进而可能对海洋碳汇渔业生态效率产生影响。

（2）IND，以各地区规模以上工业企业数量衡量。工业企业数量多的地区能源消耗量大，污染物排放总量较高，抑制其固碳功能，进而可能对海洋碳汇渔业生态效率产生负向影响。

（3）TRADE，采用各地区水产品进出口贸易额与渔业总产值的比值衡量。该比值反映地区水产品国际市场参与度。过强的贸易活动伴随碳排放、土地利用变化及生物多样性破坏抑制海洋碳汇渔业的生态效率。

（4）MAR，以技术市场成交额占地区生产总值的比重来衡量。较高的市场化程度表明地区市场机制更活跃，会影响技术成果转化效率及资源配置状态，对海洋碳汇渔业生态效率产生影响。

（5）MFDL，以渔民人均纯收入表示。渔民人均纯收入与渔业生产效益紧密相关，对海洋碳汇渔业生态效率产生正向影响。

（6）UL，以年末城镇人口比重表示。城镇化水平影响渔业生产要素集聚与消费市场规模，对海洋碳汇渔业生态效率具有一定影响。

（7）ER，以工业污染治理完成投资额表示。环境规制能够约束污染排放、推动绿色技术应用，对海洋碳汇渔业生态效率产生影响。

2.2.5 变量来源与数据处理

基于数据可得性，选择 2012—2021 年沿海省份海洋渔业面板数据作为分析样本；鉴于天津市、上海市和海南省的部分或整体数据缺失，从样本中将其剔除。但本文分析样本仍覆盖了我国主要海洋渔业区域，具有一定的代表性。本文涉及的所有数据均来源于《中国农村统计年鉴》《中国渔业统计年鉴》《中国商品交易市场统计年鉴》，以及国家统计局和各省（自治区、直辖市）统计年鉴。对于部分年份存在数据缺口的变量，本文采用线性插值法填补数据，避免缺失值进一步加剧面板数据的波动程度。此外，本文中涉及的价值变量均采用相应平减指数进行平减处理，统一转换为以 2012 年为基期的实际价格。变量描述性统计结果如表 3 所示。

表 3 变量描述性统计

Table 3 Descriptive statistics of variables

变量	均值	标准差	最小值	最大值
MCSEE	0.882	0.138	0.478	1.092
MAPC	0.331	0.191	0.025	0.758
TECH	0.002	0.001	0.000	0.004
PGDP	11.105	0.332	10.238	11.752
IND	2.804	1.716	0.524	6.631
TRADE	0.226	0.153	0.018	0.583
MAR	0.008	0.007	0.000	0.031
MFDL	1.610	0.348	0.147	2.106
UL	0.631	0.083	0.430	0.750
ER	18.718	11.252	1.897	59.25

3 实证结果与分析

3.1 海洋碳汇渔业生态效率的时空特征

为深入剖析海洋碳汇渔业生态效率的变动特征，以我国北部、东部和南部三大海洋经济圈[①]为研究对象，运用超效率 SBM 模型，基于 2012—2021 年面板数据对海洋碳汇渔业生态效率进行测算与分析。从整体趋势来看，2012—2021 年，我国海洋碳汇渔业生态效率呈现波动上升的态势。2012—2013 年，我国海洋碳汇渔业生态效率出现一定程度的下滑，这一现象主要与早期粗放型养殖模式仍占主导，海域环境压力持续增大有关。海水养殖面积虽不断扩大，但传统投饵型养殖方式导致氮、磷排放增加，渔船燃油碳排放居高不下，资源环境代价较为显著，制约了生态效率的提升。

分区域来看，北部海洋经济圈的生态效率呈现阶段性演变特征，2012—2014 年为低位调整阶段，整体处于波动下行的低位区间；2015—2019 年为波动抬升阶段，效率值从 0.81 持续增长至 0.92；2020—2022 年为快速跃升阶段，效率值从 0.92 上升至 1.05（图 1）。《全国海洋经济发展“十三五”规划》提出，要推动海洋渔业转型升级，该区域通过优化养殖结构，增加贝类、藻类等具有较强碳汇能力的品种的养殖面积，提升了碳汇渔业的生态效率；同时，在《渤海综合治理攻坚战行动计划》的指引下，加强对海洋捕捞活动的管控，减少了捕捞作业中的碳排放，也对生态效率提升起到促进作用。东部海洋经济圈的生态效率起始值为 0.95，在 2014 年出现回落，但整体保持波动增长，并且在大多数时间里领先于其他两大经济圈。2014 年的下滑可能是由于部分地区在海洋经济快速发展过程中，过度注重渔业产量增长，忽视了生态保护与资源的可持续利用。而后随着《自然资源部 中国工商银行关于促进海洋经济高质量发展的实施意见》等政策的推动，各地加大对海洋渔业科技创新投入，推广生态养殖技术，通过修复滨海湿地生态系统，提升了海洋碳汇能力。南部海洋经济圈的海洋碳汇渔业生

① 北部海洋经济圈包括河北、辽宁和山东；东部海洋经济圈包括江苏和浙江；南部海洋经济圈包括福建、广西和广东。

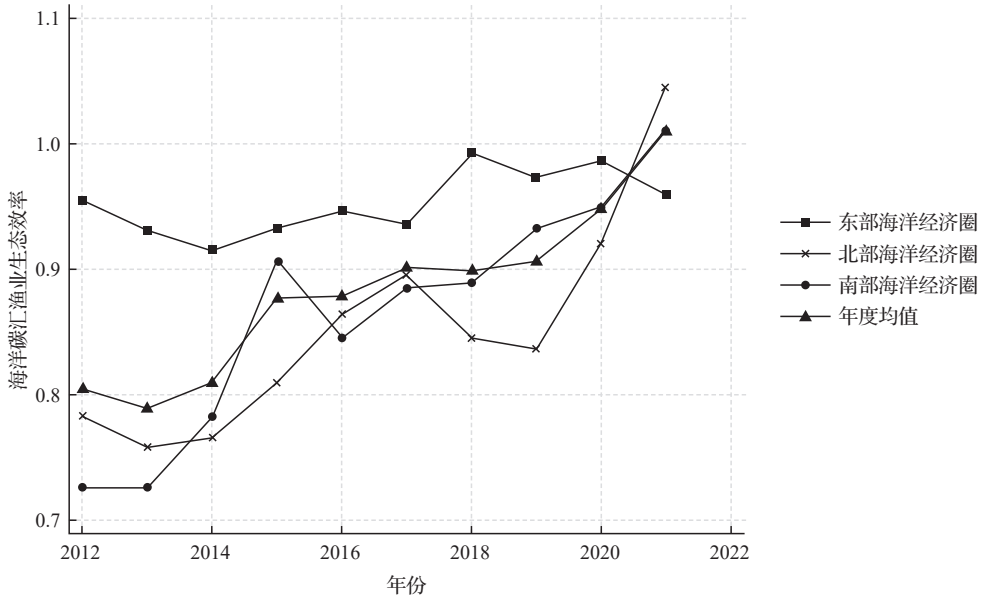

图 1　全国及三大海洋经济圈 MCSEE 的变化趋势

Fig.1　Trends of MCSEE in China and three major marine economic circles

态效率在 2012 年为 0.73，此后虽有波动，但整体逐步上升，到 2021 年提升至 1.01。该区域积极落实《粤港澳大湾区发展规划纲要》中关于海洋生态保护与渔业发展的相关要求，加强区域间渔业合作与资源共享，稳步推进海洋碳汇渔业发展。尽管各区域生态效率有所提升，但仍存在一定的提升空间。

3.2　基准回归分析

为验证海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的影响，本文构建面板双向固定效应模型进行分析。从回归结果来看，MAPC 对 MCSEE 始终呈现显著正向影响，并且影响程度与显著性随控制变量的引入进一步增强。表 4 中，列（1）为仅纳入核心解释变量与固定效应的回归结果，MAPC 的回归系数为 0.818 6，在 5% 水平上显著，表明在未考虑其他干扰因素时，海水产品流通现代化水平每提升 1 个单位，海洋碳汇渔业生态效率将提升 0.818 6 个单位，初步验证了流通现代化对生态效率的促进作用；列（2）在列（1）的基础上引入控制变量，MAPC 的回归系数升至 1.150 9，并且显著性水平提升至 1%，说明在控制其他区域特征变量后，海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的正向驱动作用更强且更稳健，即 H1 假说成立。

表 4　基准回归结果

Table 4　Benchmark regression results

变量名称	被解释变量：MCSEE	
	（1）	（2）
MAPC	0.818 6**	1.150 9***
	（2.25）	（2.73）
PGDP		−0.846 3***
		（−4.30）
IND		−0.052 9*
		（−1.87）
TRADE		−1.095 7***
		（−4.63）
MAR		−5.824 2**
		（−2.44）
MFDL		0.210 9**
		（2.00）
常数项	0.335 7	9.625 9***
	（1.39）	（4.51）

续表 4

变量名称	被解释变量：MCSEE	
	（1）	（2）
省份固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
N	80	80
R^2	0.705 7	0.819 1

注：括号内为 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平显著。

在控制变量方面，PGDP 在 1% 水平上显著为负，说明经济发达地区可能因资源消耗强度大、环境负荷较高而对生态效率产生一定的抑制效应。IND 系数为 −0.052 9，在 10% 水平上显著，说明工业活动带来的污染排放可能对渔业碳汇功能产生负面影响。TRADE 系数为 −1.095 7，在 1% 水平上显著，表明国际贸易伴随的碳排放及环境外部性对生态效率存在抑制作用。MAR 系数为 −5.824 2，在 5% 水平上显著，表明若市场机制未能有效引导绿色技术转化，反而可能因盲目扩张导致效率损失。MFDL 系数为 0.210 9，在 5% 水平上显著为正，说明提高渔民收入与渔业效益有助于促进生态效率提升。

3.3 内生性问题与稳健性检验

3.3.1 内生性问题

为避免 MAPC 与 MCSEE 之间的双向因果关系或遗漏变量所导致的内生性问题，本文借鉴洪岚等[25]在农产品流通领域处理内生性问题的研究思路，选取海水产品流通现代化滞后一期（L.MAPC）作为核心解释变量的工具变量。工具变量法回归结果显示，第一阶段回归中，L.MAPC 对 MAPC 的回归系数为 0.847 0，*P* 值小于 0.01，表明工具变量与核心解释变量之间具有显著正相关关系，拒绝了弱工具变量的假设，验证了工具变量的强相关性（表 5）。进一步检验显示，工具变量拒绝了识别不足及弱识别假设，证实所选工具变量满足有效性要求。第二阶段回归中，MAPC 的系数为 1.159 8，仍在 5% 水平上显著为正，较基准回归中列（2）的系数 1.150 9 略有提升且显著性保持稳定。这一结果表明，在控制内生性问题后，海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的正向促进作用依然稳健，进一步验证了基准回归结论的可靠性，排除了内生性干扰导致虚假因果关系的可能性。

表 5 内生性处理

Table 5 Endogeneity treatment

变量名称	MAPC	MCSEE
	（1）	（2）
L.MAPC	0.847 0***	
	（10.62）	
MAPC		1.159 8**
		（2.43）
N	72	72
控制变量	控制	控制
省份固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
第一阶段 *F* 统计量	112.69	
P 值	0.000	
K-P Wald *rk F* 统计量		112.69
C-D Wald *F* 统计量		87.7
Stock-Yogo 弱工具变量识别：10% 水平最大工具变量数		16.38

注：括号内为 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平显著。

3.3.2 稳健性检验

为进一步验证基准回归结果的可靠性，本文从多维度进行稳健性检验。回归结果显示，列（1）和列（2）运用删失回归模型（Tobit 模型）重新对被解释变量进行回归分析，回归后核心解释变量（MAPC）对被解释变量（MCSEE）的影响趋势与基准模型一致（表 6）。列（3）采用主成分分析法重新测算核心解释变量，回归结果显示核心解释变量的估计系数与基准回归结果基本保持一致，表明结果具有一定的稳健性。在列（4）和列（5）中，增加 ER 和 UL 作为控制变量，纳入更多可能影响被解释

变量的因素，进一步控制遗漏变量偏差，调整后核心解释变量的系数符号与显著性水平未发生明显改变，从而验证了回归结果的稳健性。综合各列稳健性检验结果，核心解释变量的系数符号与显著性水平基本保持一致，表明前文的实证结果具有较强的稳健性。

表 6　稳健性检验

Table 6　Robustness tests

变量名称	被解释变量：MCSEE				
	（1）	（2）	（3）	（4）	（5）
MAPC	1.042 7**	1.585 3***	0.109 4**	1.220 4***	1.098 3**
	（2.17）	（3.36）	（2.15）	（2.73）	（2.39）
PGDP		−0.844 1***	−0.802 3***	−0.925 0***	−0.714 5**
		（−3.27）	（−3.75）	（−4.71）	（−2.49）
IND		−0.070 3**	−0.033 1	−0.056 34*	−0.058 6**
		（−2.10）	（−1.28）	（−1.97）	（−2.08）
TRADE		−1.374 4***	−1.015 9***	−1.045 7***	−1.091 5***
		（−3.52）	（−3.48）	（−4.41）	（−4.29）
MAR		−13.477 5**	−7.545 3**	−4.801 1*	−4.795 6*
		（−2.53）	（−2.23）	（−1.92）	（−1.92）
MFDL		0.167 2	0.139 4	0.245 2**	0.208 0*
		（1.07）	（1.19）	（2.29）	（1.92）
ER				−0.001 8	−0.001 8
				（−1.12）	（−1.13）
UL					−1.214 9
					（−1.04）
常数项	0.196 5	9.575 2***	9.551 9***	10.429 3***	8.944 2***
	（0.61）	（3.46）	（4.17）	（4.91）	（3.50）
省份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
年份固定效应	控制	控制	控制	控制	控制
N	80	80	80	80	80
R^2	—	—	0.803 1	0.823 8	0.828 6

注：括号内为 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10%水平显著。

3.4　机制检验

本文参考江艇[26]的处理方法，将机制检验重点置于海水产品流通现代化对 TECH 的直接影响上，而非完全依赖传统的中介效应逐步法检验。回归结果显示，MAPC 对 TECH 的系数在 1%水平上显著为正；在进一步加入一系列控制变量后，MAPC 的系数仍保持在 5%水平上显著（表 7）。从作用机制来看，海水产品流通现代化通过商流效率的现代化释放高碳汇产品的市场需求信号，为技术推广注入市场动力，同时信息流效率的升级让养殖端能够便捷获取低碳养殖技术的专业知识与培训资源，物流效率的提升则保障了技术推广所需的生产资料精准送达，这三者共同降低了养殖端对低碳技术的采纳门槛，而流通现代化形成的规模效应还能进一步降低技术推广的成本，从而推动技术推广强度提升。这一结果证实了海水产品流通现代化显著提升了技术推广强度，与假说 H2 的预期一致。结合前文理论分析，技术推广强度又能从投入端加速

节能装备普及、产出端优化养殖结构、污染控制端强化环保技术应用，进而推动海洋碳汇渔业生态效率优化，表明流通体系的现代化建设通过促进技术渗透与应用，为海洋碳汇渔业生态效率的提升提供了可能的机制路径。

表 7 机制检验

Table 7 Mechanism test

变量名称	TECH	TECH
	（1）	（2）
MAPC	0.004 9***	0.004 1**
	（2.82）	（2.39）
PGDP		−0.000 9
		（−0.90）
IND		0.000 1
		（0.96）
TRADE		0.000 4
		（0.28）
MAR		0.019 2
		（1.30）
MFDL		−0.001 0*
		（−1.83）
常数项	−0.002 3*	0.008 6
	（−1.90）	（0.83）
省份固定效应	控制	控制
年份固定效应	控制	控制
N	80	80
R^2	0.705 7	0.878 1

注：括号内为 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10%水平显著。

3.5 门槛效应检验

3.5.1 门槛估计值

本文采用门槛回归模型以检验海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的非线性影响，门槛变量为 TRADE 和 IND。检验结果显示，对于门槛变量 TRADE，单门槛检验的 *F* 值为 15.10，在 1% 的置信水平上显著，而双门槛检验的 *F* 值为 10.65，未达到显著性水平，表明 TRADE 存在单一门槛效应，其估计值为 0.326 7，95 % 的置信区间为 [0.322 5,0.342 6]（表 8）。对于门槛变量 IND，其单门槛检验的 *F* 值为 39.67，在 1%的水平上显著，双门槛检验同样不显著，因此 IND 也存在单一门槛效应，门槛估计值为 0.849 9，95%的置信区间为 [0.806 5,1.230 4]。

表 8 门槛效应检验

Table 8 Threshold effect test

门槛变量	检验指标	单门槛检验	双门槛检验	检验结果	门槛值	置信区间
TRADE	RSS	0.324 3	0.281 4	单门槛	0.326 7	[0.322 5, 0.342 6]
	MSE	0.004 6	0.004 0			
	F 值	15.10***	10.65			
IND	RSS	0.225 2	0.211 0	单门槛	0.849 9	[0.806 5, 1.230 4]
	MSE	0.003 2	0.003 0			
	F 值	39.67***	4.71			

注：***、**、* 分别表示在 1%、5%、10%水平显著。

上述结果表明，海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的影响在海水产品贸易和工业化水平的不同取值区间内存在显著差异，即存在非线性门槛效应。

3.5.2 门槛回归结果分析

基于上述门槛估计值，本文进一步构建门槛回归模型，分别分析在不同门槛区间内 MAPC 对 MCSEE 的差异化影响。回归结果显示，在模型（1）中，以 TRADE 为门槛变量，当 TRADE 低于门槛值 0.326 7 时，MAPC 对 MCSEE 的系数为 1.515 6，且在 1 % 的水平上显著；当 TRADE 高于门槛值时，系数下降至 1.268 5，但仍显著为正（表 9）。这说明水产品贸易水平较低时，流通现代化对生态效率的促进作用更强；随着水产品贸易水平的提高，其边际效应有所减弱。在模型（2）中，当 IND 低于门槛值 0.849 9 时，MAPC 的系数为 1.623 1，在 1%的水平上显著；当 IND 高于门槛值时，系数降至 0.816 2，在 5%的水平上显著。这表明在工业化水平较低的地区，流通现代化对生态效率的促进作用更为明显；而在工业化水平较高的地区，其促进作用相对减弱。基于以上分析，可以认为假说 H3 成立。

表 9　基于水产品贸易和工业化水平的门槛回归

Table 9　Threshold regression based on aquatic product trade and industrialization level

变量名称	MCSEE	MCSEE
	（1）	（2）
MAPC（TRADE ＜ 0.326 7）	1.515 6***	
	（6.19）	
MAPC（TRADE ＞ 0.326 7）	1.268 5***	
	（4.45）	
MAPC（IND ＜ 0.849 9）		1.623 1***
		（8.06）
MAPC（IND ＞ 0.849 9）		0.816 2**
		（2.74）
PGDP	−0.169 6	−0.117 60
	（−1.31）	（−0.82）
IND	−0.065 7**	
	（−2.37）	
TRADE		−1.797 6***
		（−3.72）
MAR	2.066 6	−1.204 2
	（1.02）	（−0.65）
MFDL	0.220 0	0.238 7
	（1.89）	（1.82）
常数项	2.105 8	1.918 3
	（1.65）	（1.29）
R^2	0.498 8	0.579 2
Obs	80	80

注：括号内为 *t* 值；***、**、* 分别表示在 1%、5%、10% 水平显著。

4　结论与政策建议

4.1　主要结论

本文基于 2012—2021 年我国沿海省份海洋渔业面板数据，运用超效率 SBM 模型测算海洋碳汇渔业生态效率，采用双向固定效应模型、中介效应检验及门槛回归模型，分析海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率的影响及作用机制，主要结论如下。

（1）海水产品流通现代化对海洋碳汇渔业生态效率具有显著正向影响。在控制地区与时间效应以及可能的内生性问题后，该促进作用依然稳健，说明提升流通现代化水平是改善海洋碳汇渔业生态效率的有效路径。

（2）技术推广强度在海水产品流通现代化与海洋碳汇渔业生态效率之间发挥着显著的中介作用。流通现代化水平的提升，能够有效促进低碳养殖技术的推广与应用，从而为生态效率的提升提供一条重要的间接路径。

（3）海水产品流通现代化对生态效率的影响存在非线性特征，且受海水产品贸易水平与工业化水平的门槛效应约束。在水产品贸易水平与工业化水平较低时，促进作用更为明显；随着二者水平的提高，边际效应逐渐递减。

4.2　政策建议

（1）靶向推进流通体系现代化，夯实生态效率提升基础。在北部海洋经济圈和南部海洋经济圈，重点建设标准化海水产品产销对接市场，推行产地预冷与销地集散一体化运营，压缩中间流通层级以减少贝、藻等高碳汇品种的滞销损耗。物流层面，推动冷链基础设施向沿海县域延伸，对渔船冷藏设备更新、产地冷库新建或改造提供节能专项补贴，同时依托大数据搭建智慧物流调度平台，实时优化运输路线，降低单位海水产品的运输碳排放。

（2）构建“流通—技术”深度联动机制。统筹水产技术推广经费与流通业发展资金，设立专项联动推广资金，重点支持贝藻混养、尾水净化等低碳技术体系的区域示范，优先投向流通节点密集、养殖集中度高的沿海县域，借助流通网络的辐射能力推动技术在区域内规模化推广。依托海水产品批发市场、冷链物流枢纽等流通载体，构建区域性技术推广网络，联动区域渔业技术服务机构与行业龙头企业，建立覆盖散养主体与规模化养殖场的多元化技术培训体系，聚焦高碳汇品种养殖模式、低碳生产管理规范等产业层面的技术内容，提升技术推广的系统性与适配性。

（3）实施差异化区域政策，应对多样化发展情境。对于水产品贸易水平较低的区域，重点推进生态认证与碳标签体系建设，主动对接跨境电商平台

拓展高碳汇产品出口渠道，通过简化通关流程、提供跨境物流补贴等政策，降低高碳汇产品的出口成本，助力其打开国际市场；而贸易水平较高的区域，需要建立碳汇风险预警机制，对出口规模较大的养殖主体实施动态碳排放监测，平衡贸易增长与碳汇保护。对于工业化水平较低的区域，严格落实养殖容量评估与规划制度，划定生态养殖核心保护区，优先发展贝藻混养、藻参套养等多营养层次综合养殖模式，同时依托流通网络打造区域特色碳汇渔业品牌，提升产品市场辨识度与附加值；对于工业化水平较高的区域，需要优化沿海产业空间布局，划定工业生产与养殖海域的生态隔离带，引导高耗能工业向专业产业园区集中，同时推动工业企业参与养殖区周边生态缓冲带建设，通过生态修复提升海域自净能力与碳汇潜力，减轻工业活动对碳汇渔业的生态压力。

参考文献（References）：

[1] 唐启升. 碳汇渔业与又好又快发展现代渔业[J]. 江西水产科技，2011(2)：5-7.
TANG Qisheng. Carbon sink fishery and sound and rapid development of modern fishery[J]. Jiangxi Fishery Science and Technology，2011(2)：5-7.

[2] 孙吉亭，赵玉杰. 我国碳汇渔业发展模式研究[J]. 东岳论丛，2011，32(8)：150-155.
SUN Jiting，ZHAO Yujie. Study on the development model of carbon sequestration fisheries in China[J]. DongYue Tribune，2011，32(8)：150-155.

[3] 朱骅. 从碳汇渔业到蓝色粮仓的发展机制[J]. 上海海洋大学学报，2019，28(6)：968-975.
ZHU Hua. Mechanism of advancement from carbon sink fisheries to blue granary[J]. Journal of Shanghai Ocean University，2019，28(6)：968-975.

[4] 唐启升，刘慧. 海洋渔业碳汇及其扩增战略[J]. 中国工程科学，2016，18(3)：68-73.
TANG Qisheng，LIU Hui. Strategy for carbon sink and its amplification in marine fisheries[J]. Strategic Study of CAE，2016，18(3)：68-73.

[5] BOLTON C T，STOLL H M. Late Miocene threshold response of marine algae to carbon dioxide limitation[J]. Nature，2013，500(7464)：558-562.

[6] 郑鹏，赵丽男，刘永权，等. 海洋碳汇渔业低碳绩效测度与时空差异性分析[J]. 海洋环境科学，2024，43(1)：57-63.
ZHENG Peng，ZHAO Linan，LIU Yongquan，et al. Low carbon performance measurement and spatiotemporal difference analysis of marine carbon sink fisheries[J]. Marine Environmental Science，2024，43(1)：57-63.

[7] 邵桂兰，孔海峥，于谨凯，等. 基于LMDI法的我国海洋渔业碳排放驱动因素分解研究[J]. 农业技术经济，2015(6)：119-128.
SHAO Guilan，KONG Haizheng，YU Jinkai，et al. Study on decomposition of driving factors of carbon emissions from marine fisheries in China based on LMDI method[J]. Journal of Agrotechnical Economics，2015(6)：119-128.

[8] GUO Simiao，NIE Hongtao. Estimation of mariculture carbon sinks in China and its influencing factors[J]. Journal of Marine Science and Engineering，2024，12(5)：724.

[9] 徐敬俊，张洁，佘翠花. 海洋碳汇渔业绿色发展经济外溢效应评价研究[J]. 中国人口·资源与环境，2020，30(6)：136-145.
XU Jingjun，ZHANG Jie，SHE Cuihua. Evaluation of economic spillover effect of green development of marine carbon sink fishery[J]. China Population，Resources and Environment，2020，30(6)：136-145.

[10] 李楠楠，陈廷贵，刘子飞. 中国海水养殖贝类碳汇评估及交易机制研究[J]. 中国农业资源与区划，2024，45(8)：95-103.
LI Nannan，CHEN Tinggui，LIU Zifei. Carbon sequestration assessment and exchange mechanism of mariculture shellfish in China[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning，2024，45(8)：95-103.

[11] 徐敬俊，覃恬恬，韩立民. 海洋“碳汇渔业”研究述评[J]. 资源科学，2018，40(1)：161-172.
XU Jingjun，QIN Tiantian，HAN Limin. A review of research on marine carbon sink fisheries[J]. Resources Science，2018，40(1)：161-172.

[12] 李晨，徐小琳，刘大海. 我国水产品流通模式及其流通效率[J]. 海洋开发与管理，2019，36(4)：39-44.
LI Chen，XU Xiaolin，LIU Dahai. Aquatic product circulation mode and circulation efficiency of China[J]. Ocean Development and Management，2019，36(4)：39-44.

[13] 文凡．我国现代流通体系建设水平评价与地区差异分析[J]．商业经济研究，2024(10)：10-13.
WEN Fan．Evaluation of the construction level of modern circulation system in China and analysis of regional differences[J]．Journal of Commercial Economics，2024(10)：10-13.

[14] 郝爱民，任禛．流通数字化的碳减排效应：兼论政府环境治理的调节作用[J]．商业研究，2023(3)：110-118.
HAO Aimin，REN Zhen．The carbon emission reduction effect of circulation digitization：the moderating effect of government environmental governance[J]．Commercial Research，2023(3)：110-118.

[15] 薛长湖，李兆杰．我国水产品加工和流通产业科技现状与发展趋势[J]．水产学报，2023，47(11)：213-222.
XUE Changhu，LI Zhaojie．Current situation and development trend of science and technology in aquatic product processing and circulation industry of China[J]．Journal of Fisheries of China，2023，47(11)：213-222.

[16] 李倩．流通业对绿色经济发展影响机制与空间效应：以成渝双城经济圈为例[J]．商业经济研究，2023(20)：172-175.
LI Qian．Research on the influence mechanism and spatial effect of circulation industry on the development of green economy：take Chengdu-Chongqing Shuangcheng Economic Circle as an example[J]．Journal of Commercial Economics，2023(20)：172-175.

[17] 许冬兰，宋晓敏，郭宇钦．中国海水养殖净碳汇效率的空间演进与外溢效应[J]．海洋开发与管理，2023，40(2)：56-66.
XU Donglan，SONG Xiaomin，GUO Yuqin．Spatial evolution and spillover effect of net carbon sink efficiency of mariculture in China[J]．Ocean Development and Management，2023，40(2)：56-66.

[18] 李源，李田慧，梁金水，等．辽宁省海洋渔业碳收支及驱动因素分析[J]．中国生态农业学报（中英文），2023，31(2)：253-264.
LI Yuan，LI Tianhui，LIANG Jinshui，et al．Carbon budget and driving factors in marine fisheries in Liaoning Province，China[J]．Chinese Journal of Eco-Agriculture，2023，31(2)：253-264.

[19] 张樨樨，郑珊，余粮红．中国海洋碳汇渔业绿色效率测度及其空间溢出效应[J]．中国农村经济，2020(10)：91-110.
ZHANG Xixi，ZHENG Shan，YU Lianghong．Green efficiency measurement and spatial spillover effect of China's marine carbon sequestration fishery[J]．Chinese Rural Economy，2020(10)：91-110.

[20] 宗虎民，袁秀堂，王立军，等．我国海水养殖业氮、磷产出量的初步评估[J]．海洋环境科学，2017，36(3)：336-342.
ZONG Humin，YUAN Xiutang，WANG Lijun，et al．Preliminary evaluation on the nitrogen and phosphorus loads by mariculture in China[J]．Marine Environmental Science，2017，36(3)：336-342.

[21] 张祝利，王玮，何雅萍．我国渔船作业过程碳排放的估算[J]．上海海洋大学学报，2010，19(6)：848-852.
ZHANG Zhuli，WANG Wei，HE Yaping．The calculation of emissions of carbon during the process of fishing boats operations in China[J]．Journal of Shanghai Ocean University，2010，19(6)：848-852.

[22] 高国生，叶林祥，支海兵．我国农产品流通效率时空演变、地区差异与收敛性[J]．经济问题，2025(1)：100-112.
GAO Guosheng，YE Linxiang，ZHI Haibing．Spatiotemporal evolution，regional differences and convergence of agricultural product circulation efficiency in China[J]．On Economic Problems，2025(1)：100-112.

[23] 王波，韩立民，倪国江．产业结构改革下海洋渔业经济增长结构效应研究：来自面板门槛模型的解释[J]．农业技术经济，2019(4)：132-144.
WANG Bo，HAN Limin，NI Guojiang．Research on the structural effect of marine fisheries economic growth in industrial structural reforms：based on interpretation of the panel threshold model[J]．Journal of Agrotechnical Economics，2019(4)：132-144.

[24] 李晨，汪琳琳，邵桂兰．水产品贸易对渔业碳排放强度的影响：基于中介模型与门槛模型的检验[J]．资源科学，2021，43(10)：2130-2145.
LI Chen，WANG Linlin，SHAO Guilan．The impact of aquatic product trade on the intensity of fishery carbon emissions：based on intermediary and threshold models[J]．Resources Science，2021，43(10)：2130-2145.

[25] 洪岚，邢晓岩．农产品流通现代化对城乡居民收入差距的影响研究[J]．中国农业资源与区划，2025，46(1)：261-274.
HONG Lan，XING Xiaoyan．Research on the impact of modernization of agricultural products circulation on the income gap between urban and rural residents[J]．Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning，2025，46(1)：261-274.

[26] 江艇．因果推断经验研究中的中介效应与调节效应[J]．中国工业经济，2022(5)：100-120.
JIANG Ting．Mediating effects and moderating effects in causal inference[J]．China Industrial Economics，2022(5)：100-120.