

文章编号: 1674-5566(2024)06-1451-12

DOI: 10.12024/jsou.20240404483

中国海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展的耦合协调关系

高杨淑涵, 陈璇

(上海海洋大学 经济管理学院, 上海 201306)

摘要: 海洋捕捞业作为国民经济的重要组成部分,在一定程度上影响着经济高质量发展,其过度碳排放问题已制约资源可持续利用和经济的可持续发展,海洋捕捞业因其在全球气候变暖及环境可持续性方面的显著碳排放影响,与经济高质量发展中推行的绿色、低碳、循环、可持续的新型发展模式紧密关联。本文旨在探析中国海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展的相互关系,为海洋捕捞业与经济高质量协同发展提供基础研究。基于2010—2019年中国沿海11省(市)级面板数据,采用Slacks-Based Measure-Data Envelopment Analysis(SBM-DEA)模型分析碳排放效率,综合评价模型评估经济发展质量,构建耦合协调模型揭示两者耦合协调程度及其区域差异,并通过障碍度模型识别关键制约因素。研究发现,多数沿海地区海洋捕捞业碳排放效率低于DEA有效边界;经济高质量发展的各一级指标发展不均衡;尽管海洋捕捞业与经济高质量发展的耦合协调关系有所提升,但总体仍停留在中级协调阶段;海洋捕捞业产值的不合理增长、渔业推广机构数量不足、创新投入不足和技术市场活跃度低等为主要障碍。研究建议,应优化配置资源和技术升级、促进区域平衡发展、统筹规划海洋捕捞业与经济高质量协同发展,重点破解产值结构不合理、渔业推广机构短缺、创新投入不足和技术市场不活跃四大主要难题。

关键词: 海洋捕捞业; 碳排放效率; 经济高质量发展; 耦合协调度; 障碍因子

中图分类号: X 322; F 326.4 **文献标志码:** A

当前,全球因二氧化碳等温室气体排放引发的气候变化问题已达成国际共识,亟须采取减排措施遏制全球气候变暖速度。中国作为全球最大碳排放国,面临着巨大的减排压力。为此,习近平主席在联合国大会上提出了中国将在2030年前达到碳排放峰值,并在2060年前实现碳中和的战略目标^[1]。海洋渔业作为农业温室气体排放的重要组成部分,其碳排放问题尤为突出^[2],尤其是在海洋捕捞业中,传统的作业方式加剧了碳排放,对生态环境造成不良影响。

为了响应“双碳”目标和推动经济高质量发展,优化海洋渔业捕捞环节的能源使用效率,减少渔船直接碳排放,提升整个海洋渔业碳排放效能成为中国渔业转型和绿色可持续发展的重要任务。在新发展理念指导下,绿色发展被视为经济社会永续进步的关键和最具潜力的发展领

域^[3],而海洋捕捞业碳排放效率的提升恰是对绿色发展理念的具体实践。一方面,海洋捕捞业作为重要的国民经济行业,其生产活动产生的碳排放对全球气候变暖及环境可持续性带来显著影响;另一方面,经济高质量发展强调高效、环保与可持续,而海洋捕捞业能否实现低碳转型,直接影响到我国生态文明建设与经济社会的协调发展。通过探究二者间的内在联系,有利于指导海洋捕捞业节能减排策略的制定,推动产业绿色升级,促进经济与环境双赢,实现经济高质量发展目标。此外,海洋捕捞业及其衍生出的产业链涵盖了渔船制造、水产加工、冷链物流、餐饮旅游等多个领域,对这些相关产业的拉动作用不可小觑。随着经济高质量发展目标的确立,海洋捕捞业的低碳转型不仅关乎其自身可持续发展,更是我国生态文明建设和经济社会协调发展的关键

收稿日期: 2024-04-08 修回日期: 2024-05-09

基金项目: 大洋秋刀鱼和头足类高效光诱技术与捕捞装备研发项目(D-8011-20-0022E)

作者简介: 高杨淑涵(1999—),女,硕士研究生,研究方向为环境政策与产业经济发展。E-mail: ysh_g_99@163.com

通信作者: 陈璇, E-mail: x-chen@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

要素之一。通过提升碳排放效率、推动绿色技术革新和管理创新,海洋捕捞业能够带动整个产业链的升级换代,为实现经济高质量增长提供强大支撑。故而捕捞业碳排放管理对经济高质量发展具有战略意义^[4]。

已有研究从三方面探讨海洋捕捞业碳排放问题,一是量化分析不同作业模式下的碳排放总量;二是运用 Slacks-Based Measure (SBM) 或 Super-Efficiency Slacks-Based Measure Data Envelopment Analysis (超效率 SBM) 模型评估各海洋捕捞活动的碳排放效率^[5];三是改进 Kaya 恒等式并采用 Local Mean Decomposition (LMD) 分解法,实证分析我国海洋捕捞业碳排放的主要驱动因素^[6]。然而,尽管海洋捕捞业碳排放的相关研究日益丰富,但对于碳排放与经济活动间的互动关系及其协同发展机制的理解尚不充分。根据 2010—2019 年中国海洋捕捞业数据,以沿海 11 省(市)为研究范围,运用非期望产出 Slacks-Based Measure-Data Envelopment Analysis (SBM-DEA) 模型、综合发展水平评价模型以及耦合协调度和障碍度模型,系统分析海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展的内在关联,并识别其主要制约因素,为我国相关政策制定提供科学依据。

1 研究方法

1.1 SBM-DEA 模型

目前,对碳排放效率的量化评估普遍采用数据包络分析法(DEA)。然而,传统的 DEA 模型在计算效率时依赖的径向评价方法存在一定的局限性,可能导致评估结果的准确性不足。基于此, TONE 等^[7]基于已有的研究成果基础,引入了松弛变量至 DEA 的目标函数构造中,并进一步发展出了 SBM 模型。该模型有效地解决了传统

DEA 模型的局限性问题,提升了效率评估的全面性与准确性。模型如下:

$$\rho = \min \frac{1 - \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \frac{s_i^-}{x_{i0}}}{1 + \frac{1}{s_1 + s_2} \left(\sum_{r=1}^{s_1} \frac{s_r^g}{y_{r0}^g} + \sum_{r=1}^{s_2} \frac{s_r^b}{y_{r0}^b} \right)} \quad (1)$$

$$\text{subject to} \begin{cases} x_0 = X\lambda + s^- \\ y_0^g = Y^g\lambda - s^g \\ y_0^b = Y^b\lambda + s^b \\ \lambda \geq 0, s^- \geq 0, s^g \geq 0, s^b \geq 0 \end{cases}$$

式中: ρ 为渔业碳排放效率值; m 为投入指标数量; s_1 为产出指标数量; s_2 为非期望产出指标数量; s_i^- 、 s_r^g 、 s_r^b 分别为要素投入、期望和非期望产出的松弛变量; λ 表示权重。当 $\rho=1$ 时,表示渔业碳排放效率处于有效水平;当 $0<\rho<1$ 时,则代表渔业碳排放效率存在改进空间。

本文借鉴已有研究方法^[5],构建海洋捕捞业碳排放效率指标体系,具体指标如表 1 所示。

渔船碳排放测量采用联合国政府间气候变化专门委员会常用的排放评估方法计算碳排放数据,公式如下^[8]:

$$T = P \times \rho \times \tau \quad (2)$$

式中: T 为捕鱼的碳排放量,t; P 为功率,kW; ρ 为渔船燃料消耗量的换算系数,t/kW; τ 为柴油的碳排放系数, $\tau=0.592$ 。渔船燃料消耗换算系数的计算方法如下:

$$\rho = T_{\text{Days}} \times H_{\text{Day}} \times 0.000\ 205 \quad (3)$$

式中: T_{Days} 为每年的捕鱼总时间; H_{Day} 为每天的捕鱼时间;0.000 205 为电能消耗与燃油消耗量的换算系数,单位为 t/(kW·h)。根据农业农村部的数据, ρ 值如下:拖网 0.480 0 t/kW、围网 0.492 0 t/kW、刺网 0.451 0 t/kW、张网 0.328 0 t/kW、钓业 0.328 0 t/kW 以及其他 0.312 0 t/kW^[9]。

表 1 海洋捕捞业碳排放效率指标体系

Tab. 1 Carbon emission efficiency index system for marine fishing industry

目标层 Target layer	指标层 Index layer	因子层 Factor layer	单位 Unit	
海洋捕捞业碳排放效率 Carbon emission efficiency of marine fishing industry	投入指标	劳动力	渔业从业人员数量 (X1)	人
		资本	海洋捕捞机动渔船数量 (X2)	艘
		技术	渔业技术推广机构的数量 (X3)	个
			渔业技术推广资金数额 (X4)	万元
	期望产出指标	海洋捕捞业(不包括远洋捕捞)产值 (X5)	万元	
	非期望产出指标	海洋捕捞业(不包括远洋捕捞)二氧化碳排放量 (X6)	t	

1.2 经济高质量发展综合水平评价模型

采用熵值法测度对新时代中国经济高质量发展的各个子系统及其整体发展水平进行了测度与评价^[10],具体实施步骤如下。

(1)运用极差法对各测度指标 X_{ij} 作标准化处理:

$$\text{正向指标: } Y_{ij} = (X_{ij} - X_{\min}) / (X_{\max} - X_{\min}) \quad (4)$$

$$\text{负向指标: } Y_{ij} = (X_{\max} - X_{ij}) / (X_{\max} - X_{ij}) \quad (5)$$

式中: i 为省份; j 为测度指标; X_{ij} 和 Y_{ij} 分别为原始的和标准化后的经济高质量发展水平测度指标值; X_{\max} 和 X_{\min} 分别表示 X_{ij} 的最大值与最小值。

(2)计算比重

$$C_{ij} = Y_{ij} / \sum_{i=1}^n Y_{ij} \quad (6)$$

(3)计算信息熵

$$e_j = -\frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^n C_{ij} \ln C_{ij} \quad (7)$$

(4)计算差异性系数

$$d_j = 1 - e_j \quad (8)$$

(5)计算权重

$$w_j = d_j / \sum_{j=1}^m d_j \quad (9)$$

(6)计算综合评价值

$$V_{ij} = \sum_{j=1}^m w_j Y_{ij} \quad (10)$$

式中:经济高质量发展综合指数 V_{ij} 的区间为 $[0-1]$,若 V_{ij} 较大,说明地区 i 的经济高质量发展水平较高;反之,则说明该地区经济高质量发展水平较差^[11]。

本文在既有文献提出的经济高质量发展综合指数的基础上^[12]借鉴并融合了“新发展理念”的内在要求,从创新发展、协调发展、绿色发展、开放发展、共享发展5个维度对经济高质量发展水平进行度量^[13],构建了一套全面衡量经济高质量发展水平的综合评估模型。详细指标体系见表2。

表2 经济高质量发展水平评价指标体系

Tab. 2 Evaluation index system for high-quality economic development level

一级指标 Primary indicators	二级指标 Secondary indicators	代理变量 Proxy variables	指标权重 Indicator weights	指标属性 Indicator attributes	单位 Unit
创新发展 Innovative development	创新投入 (Y1)	R&D 人员全时当量	0.102 3	+	人/年
	R&D 经费投入强度 (Y2)	R&D 经费/GDP	0.036 4	+	%
	专利授权量 (Y3)		0.103 2	+	件
	技术市场成交额占比 (Y4)	技术市场成交额/GDP	0.098 5	+	%
协调发展 Coordinated development	产业结构高级化指数 (Y5)	第三产业产值/GDP	0.037 3	+	%
	生产水平 (Y6)	地区人均 GDP/全国人均 GDP	0.055 0	+	%
	城乡收入差距 (Y7)	城镇人均可支配收入-农村人均纯收入	0.035 0	+	元
	银行存贷比 (Y8)	银行业金融机构各项贷款/各项存款	0.021 0	+	%
绿色发展 Green development	城镇化率 (Y9)	城镇人口数/总人口数	0.026 3	-	%
	单位 GDP 能耗 (Y10)	能源消耗量/GDP	0.002 2	+	%
	环境保护支出占比 (Y11)	环境保护支出/财政支出	0.013 8	+	%
	建成区绿化覆盖率 (Y12)	建成区绿化覆盖率	0.009 6	+	%
开放发展 Open development	人均公园绿地面积 (Y13)	公园绿地面积/年末人口	0.024 9	+	%
	对外贸易依存度 (Y14)	进出口总额/GDP	0.061 3	+	%
	对外资本依存度 (Y15)	外商直接投资额/GDP	0.065 4	+	%
	接待国际游客占比 (Y16)	国际游客数/地区游客总数	0.066 5	+	%
共享发展 Shared development	开放绩效 (Y17)	国际旅游外汇收入	0.092 8	+	万美元
	城镇登记失业率 (Y18)	城镇登记失业人口/年末人口	0.021 0	-	%
	基本社会养老保险覆盖率 (Y19)	参加基本养老保险人数/户籍人数	0.035 4	+	%
	万人拥有执业(助理)医师数 (Y20)	执业(助理)医师数/年末人口	0.045 7	+	%
	教育支出占比 (Y21)	教育经费支出/地方财政支出	0.022 7	+	%
	文体与传媒支出占比 (Y22)	文体与传媒支出/地方财政支出	0.023 6	+	%

1.3 耦合协调度模型

耦合揭示了不同系统间的相互影响关系^[14],包括良性的协调配合与恶性的冲突制约^[15]。协调指系统间的联动与促进效应,对整体稳定与发展具有关键意义。耦合度衡量系统间的相互依赖程度,而协调度则量化这种和谐发展的一致性^[16]。耦合度模型仅能分析两个系统之间的相互作用程度,而耦合协调度模型能够综合评判系统间的良性互动及协调状态。本文利用耦合协调度模型分析中国海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展之间的耦合协调发展状况,具体公式为^[17]

$$T = \alpha f(x) + \beta g(y) \quad (11)$$

$$D = \sqrt{C \cdot T} \quad (12)$$

式中: D 为海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展之间的耦合协调度; T 则作为衡量两者整体表现的综合性评价指标; $f(x)$ 与 $g(x)$ 分别为海洋捕捞业碳排放水平和经济高质量发展水平; α 与 β 为待定权重系数,并满足 $\alpha+\beta=1$,主要体现了两个系统对整体发展水平的贡献比例。鉴于本文认为高质量发展涉及科技、结构优化等多维度,对区域经济增长起决定性作用,海洋捕捞业对经济有直接贡献,但受资源、环境等因素制约,其对高质量发展的推动力相对有限,因此参考以往研究^[18],将 α 设定为0.4, β 设定为0.6。

耦合协调度取值范围为 $[0, 1]$,其数值越大,则表明海洋捕捞业碳排放与经济高质量发展的耦合协同发展趋势愈佳,即二者在协调发展方面表现得更为理想。为更精确地描绘我国各省份间海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展的耦合协调程度差异,借鉴现有研究成果^[19-20],将耦合协调度划分为4个发展等级(表3)。

表3 耦合协调类型划分

Tab. 3 Classification of coupling coordination types

耦合协调度	[0,0.4]	(0.4,0.6]	(0.6,0.8]	(0.8,1.0]
Coupled co scheduling				
耦合协调等级	濒临	初级	中级	高级
Coupling coordination level	失调	失调	失调	失调

1.4 障碍度模型

海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展耦合协调度评价需要对耦合协调度水平进行评判,但更重要的是对海洋捕捞业碳排放效

率与经济高质量发展耦合协调度进行分析,厘清影响我国海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展耦合协调发展的障碍因子,明确各关键障碍因子的影响程度,以便有针对性地解决问题。

因此,本文使用障碍度模型分析影响海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展耦合协调度的障碍因子,公式如下^[21]:

$$Q_{ij} = \frac{Q_j \times T_{ij}}{\sum_{j=1}^n Q_j \times T_{ij}} \times 100\% \quad (13)$$

式中: Q_{ij} 为第 i 年第 j 项指标的障碍度; Q_j 为贡献度; T_{ij} 为第 i 年第 j 项指标的偏离度。 Q_{ij} 的值越大,表示该指标对于耦合协调的限制性越大。

1.5 数据来源

在本文中,针对海洋捕捞业碳排放效率的量化分析所采用的主要数据集来源于2010—2019年的《中国渔业统计年鉴》。同时,为了全面评估经济高质量发展的水平,收集并整合了《中国统计年鉴》、各沿海省(市)发布的年度统计年鉴资料和Economy Prediction System(EPS)数据平台所提供的权威数据。采用标准化等数据处理技术保证数据的一致性和可比性^[22]。针对数据集中存在的缺失数值,运用线性插值法进行合理估计与填补^[23]。

2 实证分析

2.1 海洋捕捞业碳排放效率分析

通过MaxDEA软件对沿海11省(市)海洋捕捞业碳排放效率进行测算,由图1可以发现,2010—2019年期间,沿海大部分地区海洋捕捞业的碳排放效率表现出波动上升的特点。上海、江苏和山东十年间的海洋捕捞业的碳排放效率始终为1,即始终处于有效水平,表明它们在可持续发展 and 环境保护方面取得了较为显著的进步,可能得益于技术改进、渔船设备升级、优化捕捞作业方式以及强化渔业管理等多方面的努力。但值得注意的是,天津的碳排放效率在这一时期内并未表现出上升趋势,而是整体波动下降,这意味着尽管其他地区可能通过技术改进、产业结构调整等方式提高了碳排放效率,但天津海洋捕捞业在降低碳排放方面遇到了挑战。

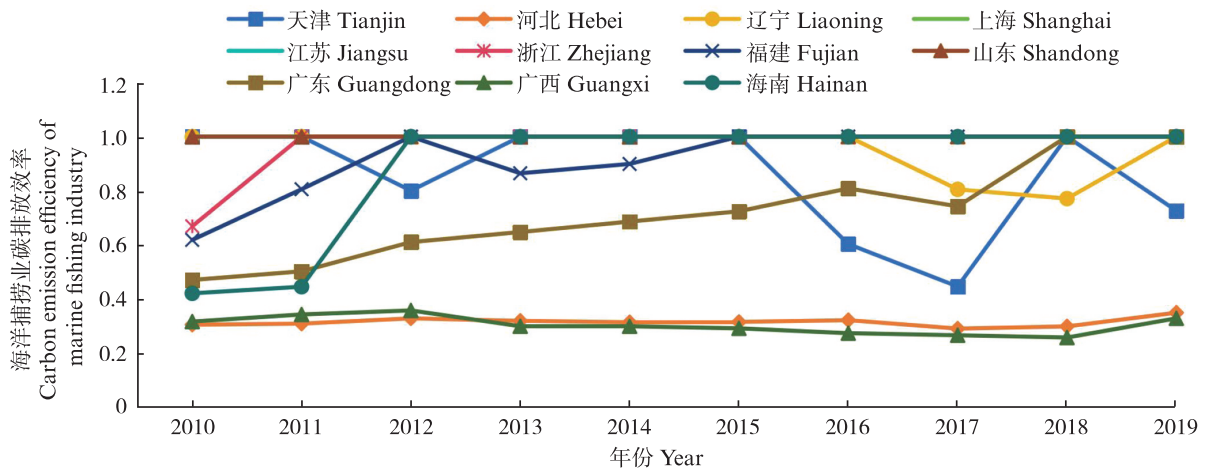


图1 2010—2019年沿海地区海洋捕捞业碳排放效率趋势图

Fig. 1 Trends in carbon emission efficiency of marine fishing industry in coastal areas from 2010 to 2019

对海洋捕捞业碳排放效率进行分解可以发现(表4),2010—2019年,上海、山东和江苏表现突出,其综合技术效率、纯技术和规模效率均成功达到了DEA有效标准。其他沿海省份的综合效率虽未达标,但各地区的具体情况也呈现出一定的层次性。按照综合技术效率从高到低排列,浙江、辽宁、福建、海南、天津、广东、河北及广西分别排在其后,其综合技术效率平均值依次为0.966、0.957、0.918、0.886、0.857、0.718、0.312和0.300。这些数值清晰地揭示了不同地区在海洋捕捞业碳排放效率上的显著差异。这一现象背后的原因在于某些区域采取了更为积极和科学的发展策略。以上海、山东和江苏为例,这些地区严格执行渔船更新改造政策,推广节能高效的新型渔船和技术设备,同时展现出较强的技术创新能力与科技成果转化,通过采用高效渔船动力系统、优化捕捞作业等手段,有效降低了单位产出的能耗和碳排放水平。此外,区域间产业结构差异、渔业资源分配方式以及产业链条减排协作的程度亦是决定碳排放效率高低的因素。高效率地区的渔业产业链布局优化与协同减排措施有助于实现全程节能减排。另外,不同沿海省份受各自自然地理条件、海洋生物资源分布及气候特性影响,渔业生产活动与碳排放状况呈现多样性,例如,部分区域因优越的生态环境和丰富的渔业资源,其渔业碳排放效率得以相对提升。

进一步观察可以发现,无论是技术效率还是规模效率,都在不同程度上共同决定了沿海各省

(市)的总体碳排放效率层次。尤其是在未能实现DEA综合效率有效性的区域中,天津与海南的纯技术效率为1,即实际已经达到了有效状态,说明这两个区域在捕捞作业的技术层面已经实现了较高的效率优化,但由于规模配置不合理或规模经济效应未得到充分发挥,从而阻碍了它们整体上跨入DEA有效范围。

2.2 经济高质量发展水平分析

运用熵值法对我国各地区经济高质量发展的状况进行了全面、深入的分析,综合考量多个关键指标及其变异程度,由图2可见,2010—2019年经济高质量发展水平排序为上海、广东、浙江、江苏依次占据前4位,其对应的经济高质量发展指数分别为0.469、0.453、0.326和0.325,其中,尽管上海与广东之间仅存在微小差距,但二者均显著高于其他省份及直辖市。进一步观察天津、山东、福建、辽宁、海南、河北以及广西的经济高质量发展指数,可以发现不同区域间经济发展质量存在着显著的梯度差异。差异出现的原因是多维度的,上海、广东等地由于地理位置优越,拥有便利的交通网络和高度开放的对外贸易环境,叠加国家发展战略支持,使得它们在经济转型升级和创新上取得较快进展。并且这些地区也成功实现了从传统产业向现代服务业、高新技术产业的转型,而部分排名较低的地区可能仍面临产业结构单一、传统产能过剩等问题。同时,上海、广东等发达地区科研机构众多、教育资源丰富,吸引了大量高端人才集聚,有力推动了技术革新和产业升级。此外,这些地区往往更加注重

绿色发展理念的贯彻执行,致力于构建低碳循环、环境友好的经济社会发展模式。因此,这种

梯度差异清晰地揭示了不同区域间经济发展质量存在的巨大差距。

表4 2010—2019年海洋捕捞业碳排放效率均值
Tab. 4 Mean carbon emission efficiency of marine fishing industry from 2010 to 2019

省份 Province	技术效率 Technical efficiency	纯技术效率 Pure technical efficiency	规模效率 Scale efficiency
天津 Tianjin	0.857	1.000	0.857
河北 Hebei	0.313	0.459	0.690
辽宁 Liaoning	0.957	0.991	0.965
上海 Shanghai	1.000	1.000	1.000
江苏 Jiangsu	1.000	1.000	1.000
浙江 Zhejiang	0.967	0.967	0.999
福建 Fujian	0.919	0.958	0.957
山东 Shandong	1.000	1.000	1.000
广东 Guangdong	0.718	0.738	0.967
广西 Guangxi	0.301	0.371	0.813
海南 Hainan	0.886	1.000	0.886

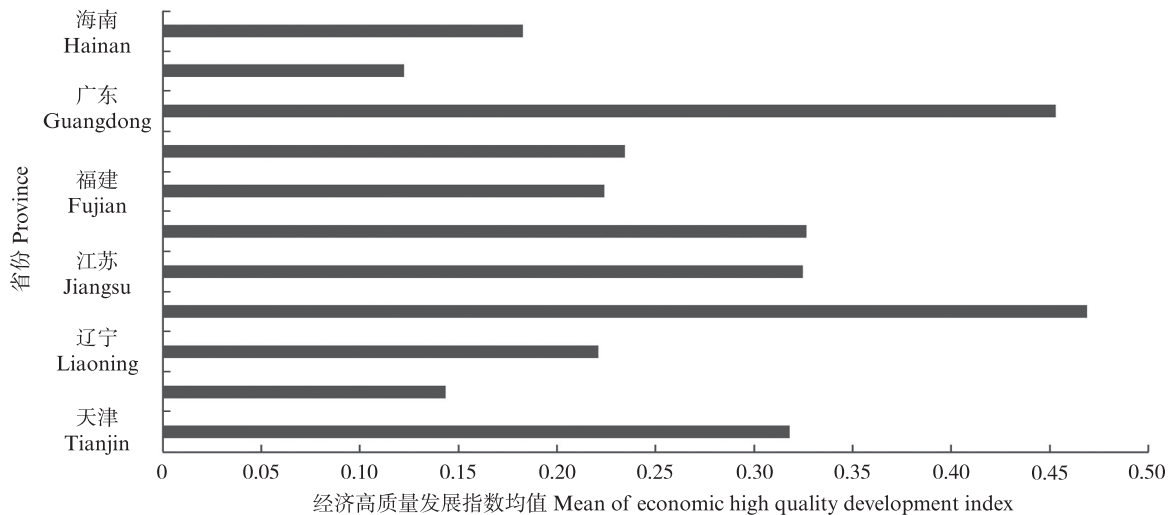


图2 2010—2019年沿海省(市)经济高质量发展指数均值
Fig. 2 Mean economic high quality development index of coastal provinces and cities from 2010 to 2019

但从整体平均数值来看,各地区距离经济高质量发展指数的最大值1还存在一定距离。在推动经济高质量发展的道路上尚存较大提升空间。

在对2010—2019年的数据分析中针对我国各地区经济高质量发展的5个一级指标进行了深入探究,结果(图3)显示,海南的创新发展指数相较于其他4个指标呈现较低水平,这揭示了海南在科技创新、人才引进和高新技术产业培育等方面的潜在提升空间。同时,河北的协调发展指数在所有一级指标中处于相对劣势,凸显出该区域在推进城乡一体化建设、实现区域均衡发展以及优化产业结构等方面面临着挑战。山东尽管整

体经济高质量发展水平较高,但开放发展指数却低于其余4项指标,可能源于对外贸易结构的不完善以及外资利用效率待提高等问题,因此,进一步拓展对外开放视野并构建多元化开放型经济体系显得尤为重要。广西的共享发展指数与其他一级指标相比偏低,反映出在缩小收入差距、提高公共服务均等化水平及增进民生福祉等方面存在改进需求。

值得注意的是,天津、辽宁、上海、江苏、浙江、福建和广东七省(市),虽然总体经济实力较强,但它们的绿色发展指数普遍低于其余4个一级指标。这一现象揭示了发达地区在环境保护投入、资源利用效率、生态修复与绿色生活方式

推广等方面同样面临较大提升需求。由此可见,无论地区经济发展程度如何,着力提升绿色发展

水平是制约全国范围内经济高质量发展的重要突破点。

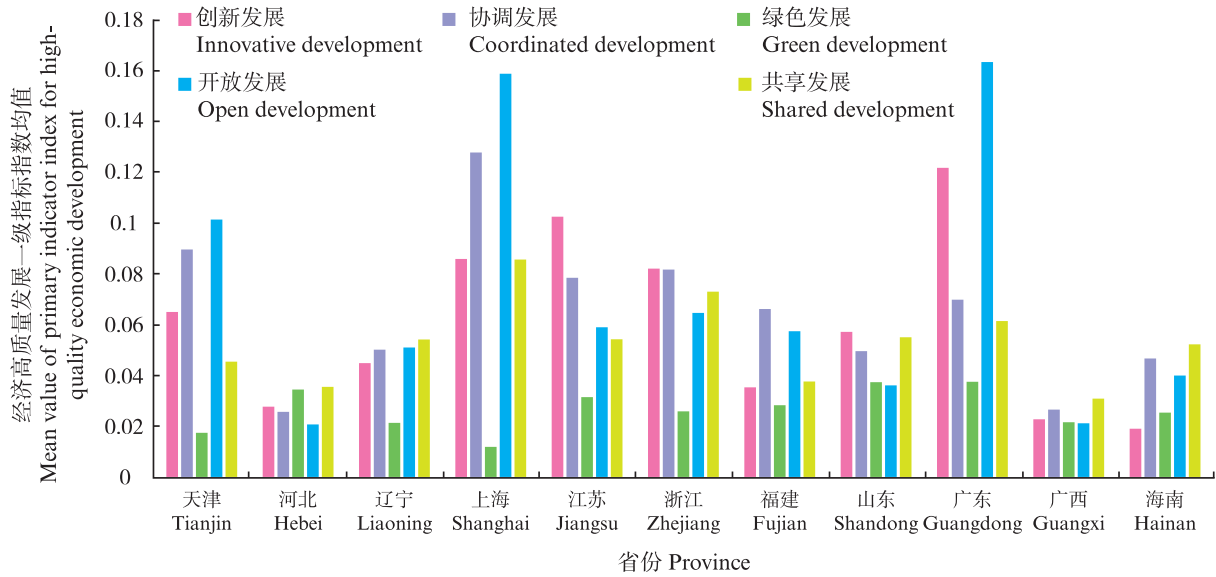


图3 2010—2019年沿海省(市)经济高质量发展一级指标指数均值

Fig. 3 Mean value of the first level indicator index for high-quality economic development in coastal provinces and cities from 2010 to 2019

2.3 耦合协调度分析

由表5可知,2010—2019年我国沿海地区海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展的耦合协调度等级分布整体呈现出以中级协调为主的态势。在这一时期内,广西的耦合协调状态持续处于临界失调水平,表明其在追求海洋捕捞业碳排放效率提升与经济高质量发展平衡方面存在显著的不协调。对比之下,河北和广东在研究区间内显示出改善的趋向。通过表5可见,广西的耦合协调度相对较低,并长期维持在接近失调的状态,福建在2012年已经从初级协调跃升至中级协调,海南则在2010—2012年实现从濒临失调到初级协调再到中级协调的三连跳。进一步分析可见,广东凭借其有效的管理和优化措施,在2018年实现了向高级协调水平的关键突破。河北自2019年开始,在海洋捕捞业低碳化与经济发展之间取得了进步,成功从低级协调阶段跃升至初级协调。与此同时,上海在整个研究期间始终保持高级协调等级,有力地体现了其在实现海洋

捕捞业低碳高效和经济高质量协同发展方面的优势地位和先进实践。

表6展示了2010—2019年中国沿海地区海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展耦合协调度。结合其数据可以发现,尽管江苏和浙江当前仍定位于中级协调级别,但已逼近高级协调阈值,预示着两地可能在不久的将来实现层级升级。

综上所述,虽然我国沿海地区海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展的耦合协调程度呈现出一定的正向演化趋势,并且部分地区取得了积极进展,但总体协调水平尚未达到理想的高级协调状态。

2.4 障碍度分析

在年度时间框架下,根据障碍度模型对11个省(市)所有相关的评估指标进行了全方位考量,逐一计算其对各自地区发展所产生的具体阻碍强度。表7展示了利用此模型所得到的各个地区年平均障碍度排名前五位的障碍因子的具体数据及情况。

表5 2010—2019年中国海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展耦合协调等级

Tab. 5 Coordination level of coupling between carbon emission efficiency and high-quality economic development of China's marine fishing industry from 2010 to 2019

年份 Year	濒临失调 Near dysfunction	初级失调 Primary dysregulation	中级失调 Intermediate dysregulation	高级失调 Advanced dysregulation
2010	河北、广西	海南、福建	天津、辽宁、江苏、浙江、山东、广东	上海
2011	河北、广西	海南	天津、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东	上海
2012	河北、广西	-	天津、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南	上海
2013	河北、广西	-	天津、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南	上海
2014	河北、广西	-	天津、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南	上海
2015	河北、广西	-	天津、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南	上海
2016	河北、广西	-	天津、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南	上海
2017	河北、广西	-	天津、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、广东、海南	上海
2018	河北、广西	-	天津、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、海南	上海、广东
2019	广西	河北	天津、辽宁、江苏、浙江、福建、山东、海南	上海、广东

表6 2010—2019年中国海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展耦合协调度

Tab. 6 Coupling coscheduling of carbon emission efficiency and high quality economic development of China's marine fishing industry from 2010 to 2019

省份 Province	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
天津 Tianjin	0.730	0.735	0.697	0.741	0.744	0.754	0.663	0.624	0.752	0.732
河北 Hebei	0.415	0.421	0.428	0.443	0.500	0.453	0.456	0.452	0.475	0.528
辽宁 Liaoning	0.676	0.677	0.694	0.691	0.690	0.682	0.678	0.653	0.639	0.695
上海 Shanghai	0.810	0.810	0.804	0.810	0.810	0.827	0.833	0.870	0.844	0.847
江苏 Jiangsu	0.735	0.747	0.756	0.736	0.744	0.746	0.751	0.768	0.776	0.787
浙江 Zhejiang	0.645	0.735	0.750	0.744	0.748	0.769	0.755	0.767	0.783	0.786
福建 Fujian	0.580	0.624	0.683	0.656	0.656	0.685	0.697	0.704	0.705	0.729
山东 Shandong	0.667	0.678	0.676	0.696	0.695	0.688	0.692	0.705	0.719	0.735
广东 Guangdong	0.664	0.671	0.712	0.721	0.739	0.751	0.772	0.769	0.853	0.862
广西 Guangxi	0.398	0.442	0.445	0.426	0.432	0.444	0.440	0.430	0.429	0.476
海南 Hainan	0.505	0.534	0.667	0.665	0.652	0.642	0.644	0.663	0.650	0.668

表7 2010—2019年海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展耦合协调度的主要障碍因子

Tab. 7 The main obstacles to the coupling coordination between carbon emission efficiency and high-quality economic development in marine fishing industry from 2010 to 2019

系统类别 System category	地区 Region	主要障碍因子 Main obstacle factors			系统类别 System category	地区 Region	主要障碍因子 Main obstacle factors		
海洋捕捞业碳排放系统 Marine fishing fisheries carbon emissions release system	天津	X5	X2	X3	经济高质量发展系统 High quality economic development system	天津	Y1	Y3	Y18
	河北	X5	X2	X3		河北	Y1	Y3	Y4
	辽宁	X5	X4	X3		辽宁	Y3	Y1	Y18
	上海	X5	X2	X3		上海	Y3	Y1	Y18
	江苏	X2	X5	X4		江苏	Y4	Y1	Y18
	浙江	X5	X3	X2		浙江	Y4	Y1	Y18
	福建	X4	X5	X3		福建	Y4	Y1	Y3
	山东	X2	X4	X5		山东	Y4	Y1	Y3
	广东	X5	X4	X3		广东	Y4	Y1	Y16
	广西	X5	X2	X4		广西	Y3	Y1	Y4
	海南	X5	X3	X4		海南	Y3	Y1	Y3

结果显示:海洋捕捞业碳排放系统内部海洋捕捞业产值(X5)凭借其在整个研究期间高达11次的高频率出现,被确认为最显著的障碍因子。这一现象的原因可能是海洋捕捞业的产值虽有增长,但却未能与资源利用率提升、环保技术采纳及产业结构优化等高质量发展目标相匹配,反映出产值驱动型传统模式仍阻碍了海洋捕捞业低碳高效转型,致使经济效益未能有效转移为环境与社会效益。此外,渔业技术推广机构数量(X3)作为出现次数达8次的障碍因子,同样对我国海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展的耦合协调具有关键影响。由于技术推广体系的不完善和推广力度有限,节能减排技术及绿色生产模式在渔业领域的广泛传播受限,从而制约了行业整体技术水平的进步和可持续发展潜力。因此,强化渔业技术推广机构建设及其功能,对于加快渔业科技创新成果的转化应用、降低捕捞碳排放强度,以及推动海洋捕捞业向更为绿色、高效的现代产业模式转型升级具有重要的战略意义。

而在经济高质量发展子系统中,创新投入(Y1)以最高的出现频率(11次)位居首位,这有力地论证了创新投入是制约我国海洋捕捞业碳排放效率与经济高质量发展耦合协调性的核心瓶颈。同时,专利授权量(Y3)和技术市场成交额占比(Y4)同样表现出较高的障碍度,分别出现了8次,揭示出这两项指标在影响我国海洋捕捞业与经济高质量耦合协调发展过程中扮演着重要角色。表明二者在海洋捕捞业与经济高质量耦合协调发展中起着关键作用。创新投入不足阻碍了渔业技术革新和低碳化进程,而技术创新是提高渔业碳排放效率的核心途径,能驱动渔船装备升级、节能技术和减排措施的开发应用,推动渔业生产模式趋向可持续性。专利授权量和技术市场的交易活跃度间接反映了科技创新成果的应用转化状况及市场化水平,这些指标的相对滞后揭示出科技成果向现实生产力转化以促进经济高质量发展的瓶颈问题。

3 结论与政策建议

3.1 研究结论

海洋捕捞业的碳排放问题与经济高质量发展的需求呈现深刻关联:作为关键国民经济领

域,其碳排放对全球气候及环境稳定性构成显著挑战,而经济高质量发展的内涵要求海洋捕捞业必须转向低碳发展模式,这一转型的成功与否,直接关乎我国生态文明建设进程及经济社会的协调可持续发展。通过对二者关系的深入剖析,可为制定有效的海洋捕捞业节能减排路径、驱动产业绿色转型、最终达成经济与环境共享繁荣的高质量发展目标提供有力指导。因此,基于2010—2019年中国沿海11省(市)面板数据,运用SBM-DEA模型测算了海洋捕捞业碳排放效率,并采用熵值法评估了经济高质量发展水平。更进一步通过耦合协调度模型分析两者之间的互动关系和协调程度,同时运用障碍度模型识别主要制约因素。

研究结果显示,各沿海地区海洋捕捞业碳排放效率表现出显著的异质性特征,仅少数达到DEA有效水平。经济高质量发展整体上扬,但区域间存在差距,上海、广东等省市表现突出,而天津、辽宁等7省市绿色发展指数较低。值得注意的是,上海在碳排放效率与经济高质量发展方面均名列前茅,暗示二者之间可能存在正向关联。耦合协调度分析表明,大部分地区处于中级协调阶段,上海最高,广西最低,且整体协调性呈现逐步改善态势,但高级协调型地区的数量有限。第四,通过对障碍度模型的深入探究,发现海洋捕捞业产值的不合理增长、渔业推广机构数量不足、创新投入不足、技术市场活跃度低等因素是阻碍海洋捕捞业碳排放效率提升及与经济高质量发展实现紧密耦合的主要障碍。

3.2 政策建议

(1)优化配置资源和技术升级。加大对节能低碳捕捞技术研发与应用的政策和资金支持,推进渔船现代化改造,淘汰高能耗旧船,引入新型低排放渔船。建立激励机制,增加科研投入,深化产学研结合,加速科技成果应用。

(2)促进区域平衡发展。建立跨区域合作项目,推动发达地区与落后地区的技术交流和资源共享,借鉴成功经验,通过绿色发展带动经济转型,强化环保治理与节能减排,尤其针对绿色发展指数较低地区制定个性化发展战略,通过财政、税收政策支持绿色捕捞技术在中西部和东北地区的广泛应用。

(3)统筹规划海洋捕捞业与经济高质量协同

发展。制定针对性强的区域发展规划,将海洋捕捞业融入国家高质量发展目标,明确地区定位和发展任务,实施精准施策,建立生态补偿机制,将碳排放效率等指标纳入地方考核,确保兼顾经济效益与生态保护。

(4)重点破解四大主要难题。四大主要难题为产值结构不合理、渔业推广机构短缺、创新投入不足和技术市场不活跃。具体措施包括调整产值结构、转向绿色深加工和高附加值产业,增加创新投入培养高端人才,扩大技术推广机构规模提升渔民技能,完善技术市场机制保护知识产权,通过全方位努力实现渔业绿色发展与经济效益双赢。

参考文献:

- [1] 习近平. 在第七十五届联合国大会一般性辩论上的讲话[J]. 中华人民共和国国务院公报, 2020(28): 5-7.
XI J P. Speech at the general debate of the 75th united nations general assembly [J]. Gazette of the State Council of the People's Republic of China, 2020(28): 5-7.
- [2] 田鹏, 汪浩瀚, 李加林, 等. 中国海洋渔业碳排放时空变化特征及系统动态模拟[J]. 资源科学, 2023, 45(5): 1074-1090.
TIAN P, WANG H H, LI J L, et al. Spatiotemporal variation characteristics and system dynamic simulation of China's marine fishery carbon emissions [J]. Resources Science, 2023, 45(5): 1074-1090.
- [3] 崔健. 习近平关于绿色发展重要论述研究[D]. 大连: 大连海事大学, 2022.
CUI J. Xi Jinping's important expositions on green development [D]. Dalian: Dalian Maritime University, 2022.
- [4] 邵桂兰, 褚蕊, 李晨. 基于碳排放和碳汇核算的海洋渔业碳平衡研究——以山东省为例[J]. 中国渔业经济, 2018, 36(4): 4-13.
SHAO G L, CHU R, LI C. Research on carbon balance of marine fishery in Shandong Province using the calculation results of carbon emission and carbon sink [J]. Chinese Fisheries Economics, 2018, 36(4): 4-13.
- [5] 付忠伟. 中国海洋渔业碳排放效率时空分异、影响因素及提升路径[D]. 大连: 辽宁师范大学, 2023.
FU Z W. Spatial-temporal differentiation, influencing factors and improvement paths of carbon emission efficiency of marine fishery in China [D]. Dalian: Liaoning Normal University, 2023.
- [6] 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 G L, KONG H Z, YU J K, et al. A study on the decomposition of driving factors for carbon emissions in China's marine fisheries based on the LMDI method [J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2015(6): 119-128.
- [7] TONE K. A slacks-based measure of efficiency in data envelopment analysis [J]. European Journal of Operational Research, 2001, 130(3): 498-509.
- [8] WANG Q, WANG S S. Carbon emission and economic output of China's marine fishery - A decoupling efforts analysis [J]. Marine Policy, 2022, 135: 104831.
- [9] 中华人民共和国农业农村部. 国内机动渔船油价补助用油量测算参考标准[S]. 北京: 中华人民共和国农业农村部, 2010.
Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. Reference standard for measuring fuel consumption for motorised fishing vessel fuel price subsidy in China [S]. Beijing: Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China, 2010.
- [10] 魏敏, 李书昊. 新时代中国经济高质量发展水平的测度研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2018, 35(11): 3-20.
WEI M, LI S H. Study on the measurement of economic high-quality development level in China in the new era [J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2018, 35(11): 3-20.
- [11] 刘亚雪, 田成诗, 程立燕. 世界经济高质量发展水平的测度及比较[J]. 经济学家, 2020(5): 69-78.
LIU Y X, TIAN C S, CHENG L Y. Measurement and comparison of high-quality development of world economy [J]. Economist, 2020(5): 69-78.
- [12] 戴前智, 王博, 吴华清, 等. 碳减排压力能驱动我国经济高质量发展吗? ——来自中国2010-2019年省域面板数据的证据[J]. 计量经济学报, 2023, 3(1): 128-147.
DAI Q Z, WANG B, WU H Q, et al. Can carbon reduction pressure drive high-quality economic development-evidence from China's provincial panel data from 2010 to 2019 [J]. China Journal of Econometrics, 2023, 3(1): 128-147.
- [13] 张媛媛, 周春应. 基于熵值法的我国数字经济发展能力的区域评价——以三大都市圈为例[J]. 生产力研究, 2021(6): 34-38.
ZHANG Y Y, ZHOU C Y. Regional evaluation of my country's digital economy development ability based on entropy method: taking the three major metropolitan areas as examples [J]. Productivity Research, 2021(6): 34-38.
- [14] 伊美沃斯. 企鹅物理学词典[M]. 北京: 外文出版社, 1996: 92-93.
ILLINGWORTH V. The penguin dictionary of physics [M]. Beijing: Foreign Language Press, 1996: 92-93.
- [15] 刘定惠, 杨永春. 区域经济-旅游-生态环境耦合协调度研究——以安徽省为例[J]. 长江流域资源与环境, 2011, 20(7): 892-896.

- LIU D H, YANG Y C. Coupling coordinative degree of regional economy-tourism-ecological environment: a case study of Anhui province [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2011, 20(7): 892-896.
- [16] 吴跃明,张翼,王勤耕,等. 论环境-经济系统协调度 [J]. *环境污染与防治*, 1997, 19(1): 20-23, 46.
- WU Y M, ZHANG Y, WANG Q G, et al. On environment-economy coordinated degree [J]. *Environmental Pollution & Control*, 1997, 19(1): 20-23, 46.
- [17] 廖重斌. 环境与经济协调发展的定量评判及其分类体系——以珠江三角洲城市群为例 [J]. *热带地理*, 1999, 19(2): 76-82.
- LIAO C B. Quantitative judgement and classification system for coordinated development of environment and economy: a case study of the city group in the pearl river delta [J]. *Tropical Geography*, 1999, 19(2): 76-82.
- [18] 赵金丽,张落成,顾云娟. 江苏省海洋经济与区域经济耦合协调性研究 [J]. *海洋科学*, 2016, 40(2): 102-109.
- ZHAO J L, ZHANG L C, GU Y J. Research on coupling coordination between marine and regional economies in Jiangsu province [J]. *Marine Sciences*, 2016, 40(2): 102-109.
- [19] 王逸楠,龚心仪. 长江经济带农业碳排放与经济高质量发展耦合协调度分析 [J]. *改革与开放*, 2021(24): 1-10.
- WANG Y N, GONG X Y. Coupling and coordination analysis of agricultural carbon emissions and high quality economic development in the Yangtze River economic belt [J]. *Reform & Openning*, 2021(24): 1-10.
- [20] 田云,卢奕亨. 中国省域新型城镇化与农业碳排放效率的耦合协调关系 [J]. *华中农业大学学报(社会科学版)*, 2023(4): 33-46.
- TIAN Y, LU Y H. Coupling coordination between new-type urbanization and agricultural carbon emission efficiency in China's provinces [J]. *Journal of Huazhong Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2023(4): 33-46.
- [21] 刘润泽,施伟,丁晓非,等. 辽宁海洋渔业经济高质量发展评价与障碍度分析 [J]. *沈阳农业大学学报(社会科学版)*, 2021, 23(2): 187-192.
- LIU R Z, SHI W, DING X F, et al. Evaluation and analysis of obstacles to high-quality development in the marine fishery economy of Liaoning [J]. *Journal of Shenyang Agricultural University (Social Sciences Edition)*, 2021, 23(2): 187-192.
- [22] 赵竞楠. 区域科技创新与经济高质量发展协调性研究——以中部六省为例 [J]. *郑州航空工业管理学院学报*, 2023, 41(5): 35-42, 52.
- ZHAO J N. Research on the coordination between regional technological innovation and high-quality economic development: a case study of six provinces in central China [J]. *Journal of Zhengzhou University of Aeronautics*, 2023, 41(5): 35-42, 52.
- [23] 狄乾斌,康梦瑶,陈小龙. 数字经济与海洋经济高质量发展耦合协调关系及影响因素研究 [J/OL]. *海洋经济*, 2024: 1-12 [2024-04-23]. <https://doi.org/10.19426/j.cnki.cn12-1424/p.20240315.001>.
- DI Q B, KANG M Y, CHEN X L. Research on the coupling and coordination relationship and influencing factors of digital economy and high-quality development of marine economy [J/OL]. *Marine Economy*, 2024: 1-12 [2024-04-23]. <https://doi.org/10.19426/j.cnki.cn12-1424/p.20240315.001>.

A study on the coupling and coordination relationship between carbon emission efficiency of China's marine fishing industry and high quality economic development

GAO Yangshuhan, CHEN Xuan

(College of Economics and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

Abstract: As a significant component of the national economy, the marine fishing industry exerts a certain influence on high-quality economic development, with its excessive carbon emissions impeding resource sustainability and sustained economic growth. Given its substantial impact on global warming and environmental sustainability through notable carbon emissions, the marine fishing industry is inherently linked to the green, low-carbon, circular, and sustainable development model being advanced in the context of high-quality economic development. This paper thus aims to investigate the interrelationship between carbon emission efficiency in China's marine fishing industry and high-quality economic development, providing a foundation for their synergistic advancement. Utilizing panel data from 2010 to 2019 across 11 coastal provinces (municipalities) in China, the study employs the Slack-Based Measure-Data Envelopment Analysis (SBM-DEA) model to analyze carbon emission efficiency, assesses overall economic development quality through an integrated evaluation model, constructs a coupling coordination model to reveal the degree of coupling coordination and regional disparities between the two, and identifies key constraining factors via a barrier degree model. The findings reveal that carbon emission efficiency in the marine fishing industry falls below the DEA efficiency frontier in most coastal regions; there exists uneven development among the primary indicators of high-quality economic development; although the coupling coordination between the marine fishing industry and high-quality economic development has improved, it remains at an intermediate stage overall; major barriers include irrational growth in the industry's output value, insufficient numbers of fisheries extension institutions, inadequate innovation investment, and low technological market activity. The study recommends optimizing resource allocation and technological upgrading, promoting balanced regional development, and comprehensively planning for the synergetic advancement of the marine fishing industry and high-quality economic development, with a particular focus on addressing the four principal challenges of irrational output structure, shortages in fisheries extension institutions, insufficient innovation investment, and lack of technological market vitality.

Key words: marine fishing industry; carbon emission efficiency; high quality economic development; coupling co scheduling; obstacle factors