

引用格式:李晨,李昊玉,孔海峥,等. 中国渔业生产系统隐含碳排放结构特征及驱动因素分解[J]. 资源科学, 2021, 43(6): 1166-1177. [Li C, Li H Y, Kong H Z, et al. Structural characteristics and driving factors of embodied carbon emissions from fishery production system in China[J]. Resources Science, 2021, 43(6): 1166-1177.] DOI: 10.18402/resci.2021.06.09

中国渔业生产系统隐含碳排放结构特征及驱动因素分解

李 晨^{1,2}, 李昊玉¹, 孔海峥³, 冯 伟¹

(1. 中国海洋大学经济学院, 青岛 266100; 2. 中国海洋大学海洋发展研究院, 青岛 266100;

3. 青岛理工大学商学院, 青岛 266520)

摘 要:面对新的发展形势,传统的渔业生产方式已不适应当前社会转型要求,面临着发展方式粗放、效益低迷及影响生态环境等诸多挑战。渔业经济的低碳化发展是中国渔业可持续发展必然选择,是保障国家食物安全、促进农(渔)民增收和经济社会发展的现实需要,对于从根本上推进中国渔业供给侧结构性改革意义重大。基于投入产出模型和扩展Kaya恒等式,对2002—2017年中国渔业生产系统隐含碳排放变动趋势及结构特征进行研究,并对隐含碳排放的驱动因素进行分解。结果表明:①中国渔业生产系统隐含碳排放整体呈现上升—下降—再上升—再下降的变化趋势,渔业第一产业始终处于渔业隐含碳排放首位,但渔业第二与第三产业的隐含碳排放占比在逐渐上升。②渔业养殖与捕捞、水产加工和水产流通是渔业隐含碳排放的主要产业;渔业三大产业及所包含的12个细分产业的单位产值隐含碳排放水平都呈现下降趋势。③渔业经济增长、一般渔业技术进步对渔业隐含碳排放具有正向的推动作用,渔业经济增长是拉动中国渔业隐含碳排放增长的主要因素;渔业人口和低碳渔业技术进步效应对渔业隐含碳排放具有一定程度的抑制作用,低碳渔业技术进步效应是抑制中国渔业隐含碳排放的最大因素。因此,调整渔业产业结构,转变渔业增长方式,提升渔业低碳技术的应用水平是有效抑制中国渔业隐含碳排放、实现渔业低碳发展的关键。

关键词:渔业生产系统;隐含碳排放;排放结构特征;驱动因素分解;投入产出模型;Kaya恒等式;中国

DOI:10.18402/resci.2021.06.09

1 引言

全球碳排放经过2014—2016年的短暂平稳阶段后,在2017年出现大幅上升,并在2018年再度刷新记录。作为全球最大的碳排放国,为控制碳排放并实现经济可持续发展,中国政府在2009年哥本哈根国际气候大会上承诺,到2020年单位GDP碳排放比2005年降低40%~50%;并在2016年生效的《巴黎协定》中进一步承诺,到2030年单位GDP碳排放比2005年降低60%~65%^[1]。农业生产是全球碳排放的第二大来源^[2],中国渔业年均出口占中国农业

总出口的30%以上,其碳排放量也接近农业碳排放量的1/3,渔业单位产值的碳排放量为0.35万t标准煤/万元,更达到农业平均碳排放水平的1.84倍^[3,4],因此,实现渔业碳减排是中国应对气候变化和农业节能减排的重要内容。2019年农业农村部等十部委发布的《关于加快推进水产养殖业绿色发展的意见》也进一步明确了今后一段时期中国渔业要加强渔业资源和生态环境保护,在水产养殖全过程中贯彻绿色发展理念,以不断提升渔业可持续发展能力。

收稿日期:2020-09-07;修订日期:2020-11-13

基金项目:国家社会科学规划基金项目(11BJY064);山东省自然科学基金项目(ZR2016GQ05)。

作者简介:李晨,女,山东青岛人,博士,教授,硕士生导师,主要研究方向为海洋资源、渔业经济与水产品贸易流通。E-mail:phdlichen@126.com

通讯作者:孔海峥,女,山东青岛人,博士,讲师,主要研究方向为海洋碳汇、海洋经济布局。E-mail:konghaizheng@hotmail.com

2021年6月

渔业是人类开发、利用、人工培育和增殖水产经济动植物,以取得水产品及其加工品的产业,是一个以水产捕捞、水产养殖和水产品加工为主,包括水产苗种、渔用机具、水产品保鲜及流通等部门的生产系统。随着工业化的发展,渔业逐步由传统渔业向以机械化、信息化为代表的现代渔业转变,渔业生产过程中对化石能源、鱼药鱼饵等中间投入的需求日益增多,由此导致渔业碳排放日益增多,由碳排放引起的环境问题严重制约了渔业经济的可持续发展,实现渔业生产的碳减排是农业经济与环境可持续发展的重要问题。在保持中国渔业经济平稳发展的前提下,实现渔业碳减排,必须着力提高渔业生产活动中资源要素投入所产生的输出效果,并研究整个渔业生产过程中隐含碳排放变动趋势、结构特征和驱动因素;因此,需要科学测算中国渔业生产系统碳排放水平,包括渔业碳排放总量以及渔业碳排放结构等。隐含碳排放指的是为获得某种产品,而造成产品整个生产链产生碳排放,包括生产过程中的直接和间接的碳排放^[5]。渔业生产系统隐含碳排放,即渔业生产经营过程的整个链条中所产生的碳排放,既包括如捕捞渔船和养殖渔船燃料消耗而产生的直接碳排放,也包括对海水池塘及工厂化养殖进行供氧、通电,对海水产品冷冻、海水鱼糜制品及干制品加工、饲料鱼加工,使用渔用饲料、药物等中间耗用品所产生的间接碳排放。而以往对中国渔业生产系统碳排放的测算,多集中于直接碳排放,尚未涉及间接碳排放。本文将采用投入产出分析法,对渔业整个生产链中的直接碳排放和间接碳排放进行全面测算,从而更系统地得出中国渔业生产系统各产业部门的碳排放水平,对全面把握中国渔业碳排放规律、促进渔业及农业低碳化发展并实现节能减排目标具有重要意义。

2 文献回顾

近年来对隐含碳排放的研究主要从3个方面展开:①对国家间多边或双边贸易隐含碳转移的探索。如Howard^[6]、Ahmad^[7]、Nakano等^[8]基于不同角度对OECD数据库中多个国家的研究指出,应把国际贸易过程中的隐含碳排放问题列入考虑,从而提升全球气候协议的减排效果。从双边角度来看,有

关中国与特定贸易伙伴特别是部分发达国家间贸易隐含碳排放的研究较为丰富: Peters等^[9]运用多区域投入产出模型对全球87个国家的贸易含碳水平进行了研究,发现中国出口引起的碳排放占比要大于进口引起的碳排放占比。Liu等^[10]研究了1990—2000年中日双边贸易的隐含碳排放情况,发现中国对日本的贸易顺差,使得中国替日本承担了一部分碳排放。②基于非竞争投入产出法^[11-13]对区域或行业间隐含碳排放水平的测度。如李艳梅等^[14]在构建增加值贸易核算体系的基础上,运用多区域投入产出分析方法分析京津冀区域内的贸易收益和隐含碳排放水平。将生命周期评价方法融入多区域投入产出模型的测算过程^[15,16],是学者在产业间隐含碳排放研究中的一大创新:如曲英等^[17]为从微观行业层面剖析产业结构与碳排放之间的关系,采用了投入产出生命周期评价方法对辽宁省各行业的直接和隐含碳排放进行估算。全球价值链理论在环境方面的应用^[18],为探索碳减排理论提供了新的思路:常冉等^[19]为研究2000—2014年中国制造业对欧盟、北美、东亚、金砖国家四大区域的嵌入度对境内增加值碳排放成本的影响,构建了区域价值链指标并推导出制造业隐含碳排放成本。胡剑波等^[20]指出以往学者研究国际贸易碳排放过程中存在的问题,进一步完善非竞争型投入产出模型,并在此基础上构建低碳贸易竞争力指数,从总体、三次产业和产品部门视角研究中国31个省份国际贸易、省际贸易的隐含碳排放竞争力水平,让隐含碳排放的研究更加客观。③对隐含碳排放影响因素的研究。隐含碳排放水平的高低受多重因素影响,分析隐含碳排放的影响因子,有助于推动低碳发展从理论走向实践,而结构分解模型、LMDI模型以及Kaya恒等式是研究隐含碳排放影响因素的主要方法。Yabe^[21]运用结构分解模型对日本工业1985—1995年间碳排放影响因子进行了分解研究,发现环保和制造技术的进步能有效降低日本工业碳排放水平。Wang等^[22]运用LMDI方法分析研究了1957—2000年经济增长、能源强度和结构3种因素对中国隐含碳排放变化的影响。戴小文等^[23]、王若梅等^[24]核算了中国农业隐含碳排放,并利用Kaya恒等式分解原理将其分

解为经济规模、经济结构、一般技术进步以及低碳农业技术进步4类因素。

目前对渔业能耗和直接碳排放的研究主要从两方面展开:①对中国捕捞业、养殖业和水产品加工业3个主要渔业碳排放部门能耗的测度。在捕捞渔业能耗的测算方面,徐皓等^[25]对渔业各个领域的耗能情况进行了对比,发现捕捞渔船耗油,水产养殖和水产品加工用电是渔业能耗和碳排放的主要来源,在此基础上对捕捞业渔船的能耗和碳排放进行了研究,厘清了中国渔业捕捞业能源消耗构成。在养殖渔业能耗测算方面,刘晃等^[26]初步估算中国水产养殖业的能耗水平对碳排放量的影响,发现养殖种类和模式对水产养殖耗电量有显著影响,而养殖单产对水产养殖耗电量的影响不显著;邵桂兰等^[27]强调渔业养殖业能产生固碳效应,通过估算中国海水养殖净碳汇并评价其与海水养殖经济之间的耦合程度,探讨中国海水养殖业环境效益与经济效益的协调共生关系;徐敬俊等^[28]进一步细化海水养殖渔业碳汇量的测算方法,通过对贝类和藻类的碳汇量进行估算,指出只有对贝藻类产品的整个产业链进行整合和拓展,才能提升贝藻类产品综合价值,进一步推动渔业低碳化。②对中国渔业碳排放与经济增长关系及驱动因素的分解。对渔业碳排放驱动因素进行分析,有助于发现实现渔业绿色发展的关键环节。如孙康等^[29]重点关注价值、结构、规模和系数这4个要素,探究其对渔业碳排放的影响力,指出只有调控海水养殖空间格局、推进海洋渔业碳汇市场化进程以及优化海洋渔业养殖结构,才能推动渔业节能减排。综上,渔业直接碳排放问题已经逐渐引起学者的关注,并已经取得了相对丰富的研究成果,但现有研究主要集中在渔业能耗和直接碳排放的研究,渔业生产系统隐含碳排放问题现有文献尚未涉及,更未系统研究渔业生产系统各产业部门的碳排放及相互关系。通过对渔业隐含碳排放的研究,测算出渔业整个生产链中所排放的碳,包括直接和间接碳排放量,能更全面地反映渔业生产系统各部门碳排放的真实情况,是优化渔业产业结构、提高渔业能耗效率和有针对性地制定节能减排政策的重要依据。本文克服了以往渔业碳排放研

究中更多专注于直接碳排放的不足,将投入产出模型和扩展的Kaya恒等式引入渔业碳排放领域,更系统地测算2002—2017年中国渔业生产系统各产业部门隐含碳排放量,识别并研究其产业变动趋势及结构特征,对其驱动因素进行分解,以期为进一步推进渔业供给侧结构性改革及准确衡量中国渔业碳排放提出科学依据。

3 模型构建及数据来源

3.1 渔业生产系统隐含碳排放模型构建

投入产出法是联系经济活动与外部环境问题的有效研究方法,将投入产出模型扩展到环境领域,能有效计算隐含能和隐含碳排放^[5]。渔业生产系统隐含碳排放包括渔业生产过程中对化石能源直接消耗所造成的直接碳排放和对其他产业中间消耗造成的间接碳排放,因此在核算渔业生产系统隐含碳排放之前需要先计算包含渔业直接碳排放系数和渔业间接碳排放系数的渔业完全碳排放系数^[30]。

渔业直接碳排放系数计算公式为:

$$c_f^d = a_f \times e_f \quad (1)$$

$$a_f = \sum_{i=1}^m \gamma_i \cdot \varphi_{if} \quad (2)$$

$$e_f = \frac{E_f}{X_f} \quad (3)$$

式中: c_f^d 为渔业直接碳排放系数; a_f 为渔业部门的能源消耗碳排放系数; e_f 为渔业部门单位产值能源消耗; γ_i 为第 i 种能源的碳排放系数; φ_{if} 为渔业总能源消费中第 i 种能源消费所占的比例; E_f 为渔业部门的能源消耗; X_f 为渔业部门的总产出。

渔业间接碳排放系数计算公式为:

$$c_f^i = a_f \times \left(\sum_{j=1}^n e_j \cdot \partial_{jf} \right) \quad (4)$$

式中: c_f^i 为渔业间接碳排放系数; $\sum_{j=1}^n e_j \cdot \partial_{jf}$ 表示为获得渔业部门的单位产品而对 j 部门的所有 n 种中间产品产生的能耗; e_j 表示 j 部门的单位产值能源消耗; ∂_{jf} 投入产出表中渔业部门所生产的最终产品对 j 部门产品的完全消耗系数,即提供渔业部门单位

2021年6月

产品对第 j 部门产品的完全消耗量。

则完全碳排放系数可以表示为:

$$c_f = c_f^d + c_f^i = a_f \times e_f + a_f \times \left(\sum_{j=1}^n e_j \cdot \partial_{jf} \right) \quad (5)$$

$$= a_f \times \left(\sum_{j=1}^n e_j \cdot D_{jf} \right) \quad (6)$$

$$D_{jf} = \begin{cases} \partial_{jf}, j \neq f \\ \partial_{jf} + 1, j = f \end{cases}$$

式中: D_{jf} 为投入产出表中渔业部门对 j 部门产品的完全需求系数。

在获得各部门隐含碳排放系数的基础上,得出渔业能源消费和对其他部门产品耗用产生的隐含碳排放量:

$$C_f = c_f \times Y_f \quad (7)$$

式中: C_f 表示渔业部门隐含碳排放; Y_f 在国际贸易领域的隐含碳排放研究中常用来表示出口总额,此处用来表示各渔业部门的最终产出值。

3.2 渔业生产系统隐含碳排放影响因素模型构建

日本学者 Yoichi Kaya 提出的 Kaya 恒等式揭示了碳排放与人口、经济规模和能源消耗等因素之间的关系。本文结合中国渔业生产系统隐含碳排放的特点,对 Kaya 恒等式进行改进,构建中国生产系统渔业隐含碳排放驱动因素分解模型如下:

$$C = \sum_{s=1}^n P \cdot \frac{GDP}{P} \cdot \frac{GDP_s}{GDP} \cdot \frac{T}{GDP_s} \cdot \frac{C_s}{T} = \sum_{s=1}^n \rho \cdot \sigma \cdot \gamma \cdot \delta \cdot \varphi \quad (8)$$

式中: C 、 P 和 GDP 分别代表渔业隐含碳排放量、渔业人口数和渔业生产总值; s 代表一、二、三产业, $s=1, 2, 3$; T 为渔业的技术投入,该投入可以反映中国渔业技术水平的提高程度; C_s 为渔业第 s 产业隐含碳排放量; $\rho = P$, 为渔业人口数; $\sigma = GDP/P$, 为渔业人均生产总值,代表渔业经济变动因素; $\gamma = GDP_s/GDP$, 为渔业第 s 产业产值占总产值的比重,代表渔业产业结构因素; $\delta = T/GDP_s$, 为渔业第 s 产业的技术投入强度,代表一般渔业技术进步因素,反映捕捞作业的机械化、养殖工程化改造技术等提高生产效率,促使渔业产量提高的一般技术进步效应; $\varphi = C_s/T$ 为渔业第 s 产业的技术投入效果,

代表低碳渔业技术进步因素,反映节能环保型渔船、节水减排养殖设施系统、高效环保饲料研发技术等促进渔业能耗减少,提升渔业节能减排整体水平的渔业低碳技术效应。

下面利用因素分解法中的差额分析法来计算各因素对分析指标的影响。根据差额分析法原理对渔业隐含碳排放分解如下:

$$\Delta C = \Delta \rho + \Delta \sigma + \Delta \gamma + \Delta \delta + \Delta \varphi \quad (9)$$

$$\Delta \rho = (\rho^t - \rho^0) \times \sigma^0 \times \gamma^0 \times \delta^0 \times \varphi^0 \quad (10)$$

$$\Delta \sigma = \rho^t \times (\sigma^t - \sigma^0) \times \gamma^0 \times \delta^0 \times \varphi^0 \quad (11)$$

$$\Delta \gamma = \rho^t \times \sigma^t \times (\gamma^t - \gamma^0) \times \delta^0 \times \varphi^0 \quad (12)$$

$$\Delta \delta = \rho^t \times \sigma^t \times \gamma^t \times (\delta^t - \delta^0) \times \varphi^0 \quad (13)$$

$$\Delta \varphi = \rho^t \times \sigma^t \times \gamma^t \times \delta^t \times (\varphi^t - \varphi^0) \quad (14)$$

式中: ΔC 代表渔业隐含碳排放变动量; $\Delta \rho$ 代表渔业人口规模效应,反映渔业人口数量变动而导致的渔业隐含碳排放变动; $\Delta \sigma$ 代表渔业经济增长效应,反映渔业人均 GDP 变动导致的渔业隐含碳排放变动; $\Delta \gamma$ 代表渔业产业结构效应,反映渔业各产业部门在渔业经济中占比变化导致的渔业隐含碳排放变动量; $\Delta \delta$ 代表一般渔业技术进步效应,反映渔业科研投入产出比变化导致的渔业隐含碳排放变化; $\Delta \varphi$ 代表低碳渔业技术进步效应,反映渔业低碳技术进步导致的渔业隐含碳排放变化; 上标 t 表示现期; 上标 0 表示基期。

3.3 数据来源及说明

各部门的能源消耗量^①来源于 2003—2018 年《中国能源统计年鉴》,这里不考虑电力等二次能源的消耗。能源 k 的碳排放所需要平均低位发热量、折标准煤系数、单位热量含碳量和碳氧化率等数据来源于《综合能耗计算通则》和《省级温室气体清单编制指南》,如表 1 所示。渔业各部门的产值来源于 2003—2018 年《中国渔业统计年鉴》。

渔业各部门单位产值完全消耗系数根据投入产出表计算。鉴于中国投入产出表非逐年编制,本文采用中国国家统计局发布的 2002 年、2005 年、2007 年、2010 年、2012 年、2015 年和 2017 年投入产出表(截至 2020 年 10 月国家统计局无更新数据)。

① 由于《中国能源统计年鉴》中仅详细列出了代表性能源煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油以及天然气的分行业能源消费总量,故这里的能源消耗量为能源消费总量。

表1 各能源碳排放系数

Table 1 CO₂ emission coefficients of all energy sources

能源名称	平均低位发热量/(kJ/kg)	折标准煤系数/(kgce/kg)	单位热量含碳量/(t/TJ)	碳氧化率	碳排放系数/(kgCO ₂ /kg)
煤炭	20908	0.7143	26.37	0.94	1.9003
焦炭	28435	0.9714	29.50	0.93	2.8604
原油	41816	1.4286	20.10	0.98	3.0202
汽油	43070	1.4714	18.90	0.98	2.9251
煤油	43070	1.4714	19.50	0.98	3.0179
柴油	42652	1.4571	20.20	0.98	3.0959
燃料油	41816	1.4286	21.10	0.98	3.1705
天然气	38931	1.3300	15.30	0.99	2.1622

注:碳排放系数计算方法:以“原煤”为例,1.9003=20908×10⁻⁹×26.37×0.94×10³×3.66667。

由于投入产出表的部门划分和能源消费部门的行业分类标准不匹配,需将不同的行业统计口径进行整合,借鉴闫云凤等^[31]的行业划分标准,以能源消费部门为基准调整投入产出表,把分行业能源消费量和投入产出表归类为对应的28个部门(表2)。

为研究中国渔业生产系统隐含碳排放驱动因素,利用Kaya恒等式将中国渔业生产系统隐含碳排放分解为渔业人口效应、渔业经济增长、渔业产业结构、一般渔业技术和低碳渔业技术进步5个因素。其中,渔业人口数、渔业人均生产总值、渔业第一、二、三产业产值、渔业经济总产值、渔业科技推广经费等指标数据皆来自2003—2018年《中国渔业统计年鉴》。根据《中国渔业统计年鉴》的划分,中国渔业三次产业总共包括12个具体产业,渔业第一

产业包括养殖与捕捞和水产苗种,渔业第二产业包括水产品加工、渔用机具制造、渔用饲料、渔用药物、渔业建筑业和其他工业和建筑业,渔业第三产业包括水产流通、(仓储)运输、休闲渔业和其他流通和服务业。

4 结果与分析

4.1 中国渔业生产系统隐含碳排放测算

利用投入产出模型测算2002年、2005年、2007年、2010年、2012年、2015年和2017年中国渔业第一、第二与第三产业的隐含碳排放量,以及三次产业内各具体产业的隐含碳排放量,结果如表3所示。随时间推移中国生产系统渔业隐含碳排放量经历了较为明显的上升—下降—再上升—再下降变化趋势,这是渔业隐含碳排放系数和渔业经济发

表2 产业部门分类划分

Table 2 Classification of industrial sectors

部门序号	产业分类	部门序号	产业分类
1	农林牧渔	15	金属制品业
2	煤炭开采和洗选业	16	通用、专用设备制造业
3	石油和天然气开采业	17	交通运输设备制造业
4	金属矿采选业	18	电气机械及器材制造业
5	非金属矿及其他矿采选业	19	通信设备、计算机及其他电子设备制造业
6	食品制造及烟草加工业	20	仪器仪表及文化办公用机械制造业
7	纺织业	21	工艺品及其他制造业
8	纺织服装鞋帽皮革羽绒及其制品业	22	电力、热力的生产和供应业
9	木材加工及家具制造业	23	燃气生产和供应业
10	造纸印刷及文教体育用品制造业	24	水的生产和供应业
11	石油加工、炼焦及核燃料加工业	25	建筑业
12	化学工业	26	交通运输、仓储和邮政业
13	非金属矿物制品业	27	批发、零售业和住宿、餐饮业
14	金属冶炼及压延加工业	28	其他服务行业

2021年6月

表3 2002—2017年中国渔业各部门隐含碳排放量

Table 3 Embodied carbon emissions of fishery sectors in China, 2002-2017 (10⁴ t)

年份	渔业第一产业		渔业第二产业						渔业第三产业				合计
	养殖与捕捞	水产苗种	水产品加工	渔用机具制造	渔用饲料	渔用药物	渔业建筑业	其他工业和建筑业	水产流通	(仓储)运输	休闲渔业	其他流通和服务业	
2002	7454.65	402.05	2164.15	140.79	274.13	5.81	91.44	306.77	2323.69	142.54	127.92	227.51	13661.45
2005	8375.11	408.22	2775.87	168.48	305.50	13.12	109.71	232.53	2968.44	207.34	172.12	271.48	16007.93
2007	6975.75	372.70	2670.48	145.26	340.35	15.07	98.22	192.72	2717.09	187.59	227.62	200.52	14143.38
2010	7608.71	448.02	2814.45	164.92	361.00	15.10	128.21	202.10	3003.63	183.89	252.07	246.27	15428.38
2012	9439.51	567.17	3480.90	272.28	494.88	12.90	174.70	128.45	3818.72	243.57	329.41	193.13	19155.62
2015	9449.56	543.51	3423.07	300.25	471.71	13.87	198.92	87.72	4082.39	267.09	431.59	154.17	19423.84
2017	8678.39	507.88	3211.64	267.30	482.37	13.76	175.44	76.85	4061.27	277.95	570.26	149.04	18472.16

展情况相互作用的结果。2002年、2005年、2007年、2010年、2012年、2015年和2017年7个年份的渔业隐含碳排放总量分别为13661.45万t、16007.93万t、14143.38万t、15428.38万t、19155.62万t、19423.84万t和18472.16万t,2017年比2002年的渔业隐含碳排放增加4810.71万t,增长35.21%。伴随着渔业自身节能水平提高、国民经济部门产业结构升级和技术进步,渔业隐含碳排放系数呈现明显下降趋势,而渔业经济整体上表现为明显的增长态势。图1展示了渔业隐含碳排放系数增长率和渔业经济产值增长率的变化情况,通过二者绝对值的比较可以看出,2002—2005年、2007—2010年、2010—2012年和2012—2015年4个时段内,渔业经济产值增长幅度明显大于渔业隐含碳排放系数下降幅度,从而使渔业隐含碳排放表现为上升趋势;2005—2007年和2015—2017年,隐含碳排放系数的下降幅度接近或大于渔业经济产值的增长幅度,使得渔业生产系统

隐含碳排放表现为下降趋势。

从渔业第一、第二和第三产业来看,渔业三次产业隐含碳排放地位在7个年份变化不大,渔业第一产业隐含碳排放最大,渔业第二、三产业隐含碳排放相对较小,但三次产业的隐含碳排放占比发生了较为明显的变化。2002年渔业第一、第二和第三产业的占比分别为57.51%、21.84%和20.65%,2017年渔业三次产业的占比分别为49.73%、22.89%和27.38%,渔业第一产业占比下降了7.78%,第二和第三产业占比分别增加了1.05%和6.73%。

渔业第一产业隐含碳排放的发展趋势可分为两个阶段:①2002—2012年为波动增长期。2012年渔业第一产业隐含碳排放比2002年多2149.98万t,增加了27.36%,渔业第一产业产业规模的扩大是其隐含碳排放量增长的重要原因;②2012—2017年为下降期。相比前一时期,2012—2015年第一产业隐含碳排放减少了13.60万t,下降率为0.14%。2015—2017年第一产业隐含碳排放则下降了806.80万t,减少了8.07%,表现出明显的下降趋势。渔船节能减排技术和水产养殖节能减排技术的提高和推广是渔业第一产业隐含碳排放放缓甚至降低的关键。如2012年在辽宁、山东、浙江、江苏等省开展的渔船节能试点示范,研发设计了13种玻璃钢及3种钢质标准化渔船新船型,建造了21艘玻璃钢、24艘钢质标准化渔船,并推广节能型柴油机等渔船节能装置,大大节约了燃油;再如在广东和广西两省开展的海水和淡水养殖节能减排试点示范,探索和完善了水产养殖节能减排技术新模式,

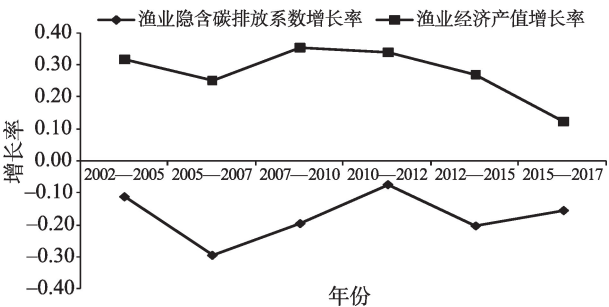


图1 2002—2017年中国渔业产值和隐含碳排放系数增长率

Figure 1 Growth rate of fishery output value and embodied carbon emission coefficient in China, 2002-2017

使得单位面积池塘电费较传统养殖减少30%以上。

渔业第二产业隐含碳排放呈现先上升后下降的倒V型变化趋势。2002年渔业第二产业隐含碳排放最小为2983.09万t,2012年最高为4564.11万t,增加了1581.02万t,增长了53%,其中水产品加工业隐含碳排放量上升是主要原因。2012—2017年,渔业第二产业隐含碳排放量下降了336.75万t,降幅达7.38%,这与水产品加工业积极探索转型升级、跨越发展密不可分。如泉州水产品加工企业不再局限于传统的冷冻加工方式,积极探索开展水产品深度加工,通过拓休闲食品市场、进军海洋生物医药领域、利用水产品开发新材料等扩大了水产品加工涉足领域,有效推动了水产加工业的转型提升。

渔业第三产业隐含碳排放总体呈现上升趋势。2002—2017年渔业第三产业隐含碳排放量增加了1439.14万t,增长了39.76%,其中水产流通的隐含碳排放量上升是主要原因。2002—2017年,水产流通的产值从982.93亿元上升到5443.98亿元,增加了4461.05亿元,增幅高达453.85%,水产流通部门产业规模的扩大造就了较高的隐含碳排放水平。

渔业三次产业所包含的12个具体产业的隐含碳排放分布,如图2所示。2002年渔业各部门隐含碳排放从高到低依次为养殖与捕捞(54.57%)、水产流通(17.01%)、水产品加工(15.84%)、水产苗种(2.84%)、其他工业和建筑业(2.25%)、渔用饲料(2.01%)、其他流通和服务业(1.67%)、(仓储)运输

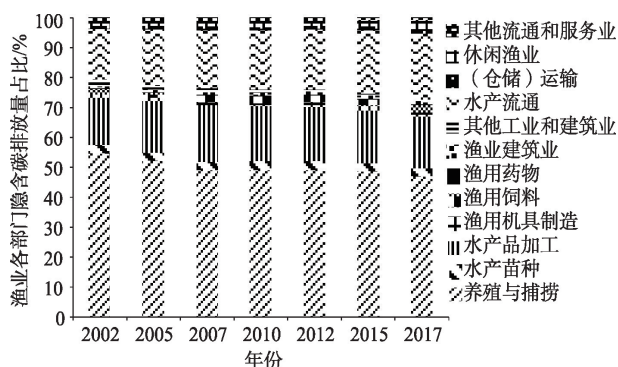


图2 2002—2017年中国渔业各部门隐含碳排放贡献率

Figure 2 Embodied carbon emission contribution rates of fishery sectors in China, 2002-2017

(1.04%)、渔用机具制造(1.03%)、休闲渔业(0.94%)、渔业建筑业(0.67%)、渔用药物(0.04%)。2017年渔业各部门隐含碳排放由高到低依次为养殖与捕捞(46.98%)、水产流通(21.99%)、水产品加工(17.39%)、休闲渔业(3.09%)、水产苗种(2.75%)、渔用饲料(2.61%)、(仓储)运输(1.50%)、渔用机具制造(1.45%)、渔业建筑业(0.95%)、其他流通和服务业(0.81%)、其他工业和建筑业(0.42%)、渔用药物(0.07%)。可以看出,养殖与捕捞、水产流通、水产品加工、渔用饲料、(仓储)运输、渔用机具制造、渔用药物、渔业建筑业和休闲渔业的隐含碳排放占比增加,水产苗种、其他工业和建筑业、其他流通和服务业隐含碳排放占比下降。其中,渔业养殖与捕捞、水产流通和水产品加工在7个年份都是渔业生产系统隐含碳排放占比最大的3个产业,在2017年3个部门的隐含渔业碳排占到了整个渔业生产系统隐含碳排放的86.35%,对整个渔业生产系统隐含碳排放负有较大的责任,因此,这3个产业节能减排水平的提高能够有效降低中国渔业隐含碳排放水平。

4.2 单位渔业产值的隐含碳排放水平

在从总量上比较渔业的第一、第二和第三产业的隐含碳排放量后,接着比较渔业三大产业的单位产值隐含碳排放水平。如图3所示。总体来看,除2005年渔业第三产业的单位产值隐含碳排放水平高于第二产业外,其余年份渔业三大产业的单位产值隐含碳排放水平相当。究其原因,这与隐含碳排

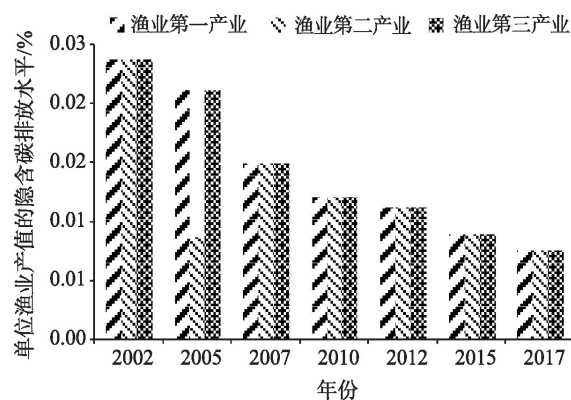


图3 2002—2017年中国渔业三大产业单位渔业产值的隐含碳排放水平

Figure 3 Embodied carbon emission level of unit fishery output value of China's three fishery industries, 2002-2017

2021年6月

放与渔业经济产值的同方向变化密不可分。从变化趋势来看,渔业三大产业的单位产值隐含碳排放水平都呈现下降趋势,这表明渔业三大产业隐含碳排放量的增长速度小于渔业三大产业产值的增长速度,可见渔业三大产业在促进自身经济发展的同时也在积极探索和推广渔业节能减排技术,努力降低隐含碳排放量。

4.3 驱动因素分解

基于扩展的Kaya恒等式,以2002年为基期,计算得出2005年、2007年、2010年、2012年、2015年和2017年6个时段渔业人口数量、渔业经济增长、渔业产业结构、一般渔业技术和低碳渔业技术进步5个因素对渔业生产系统隐含碳排放增长的贡献值和贡献率,如表4所示。

可以看出2002—2017年期间,经济增长效应和一般渔业技术进步效应为正值,表明其对渔业隐含碳排放具有正向的推动作用,而渔业人口和低碳渔业技术进步效应为负值,表明这些因素一定程度上抑制了渔业隐含碳的排放,渔业产业结构效应趋于0,表明其对渔业隐含碳排放的驱动力较弱。

渔业人口效应由渔业人口总量表示,通常人口规模的扩大会引起碳排放量的增长。在所有考察年份,渔业人口增长因素所带来的渔业隐含碳排放累积效应为-935.14万t,总贡献率和平均贡献率为0.49%和0.85%。累积效应为负值是由渔业人口规模的缩减引起的,与2002年相比,2017年渔业人口数减少141.95万人,这种渔业人口数的减少在某种

程度上促使高能耗渔业生产活动减少,从而使渔业隐含碳排放减少。从逐期效应看,渔业人口的各时间段效应先正后负,其绝对值在各因素当中也相对较小,表明渔业人口变化对渔业隐含碳排放变化的影响并不持续,且推动强度较小。这可能与中国渔业人口数量的逐年下降和渔业人口生产生活方式的转型有关,相比2002年,2017年渔业人口数量下降了5.49%,且随着经济的发展和社会的进步,渔业人口传统劳作方式发生转变,高能耗捕捞养殖模式逐渐淘汰,对渔业碳减排产生积极影响。

渔业经济增长效应由渔业人均GDP表示,通过该变量对碳排放量的影响方式可以判断一个地区经济发展的低碳程度。2002—2017年渔业经济增长效应对渔业隐含碳排放累积效应为45810.47万t,占渔业隐含碳排放逐期效应的24.04%;渔业经济增长效应的平均贡献占逐期效应的34.68%;渔业经济增长效应的绝对值高于除低碳渔业技术进步效应外的其他影响因素,表明渔业经济增长是渔业隐含碳排放增长的第二大关键因素。渔业经济增长各时间段效应均为正值,表明渔业经济增长对渔业隐含碳排放增长产生了持续拉动作用。渔业经济增长带来物质财富丰富的同时也消耗了大量的能源。渔业人均GDP可以反映渔业人口生活富裕程度和经济发展水平,2002—2017年,中国渔业人均GDP从2.83万元/人增长到12.82万元/人,增长了4.53倍。收入水平的提高带来消费能力的提升,进一步导致渔业生产规模的扩大和能源消耗的增加。

表4 2002—2017年中国渔业隐含碳排放驱动因素分解结果

Table 4 Decomposition results of driving factors of China's fishery embodied carbon emissions, 2002-2017

(10⁴ t)

年份	渔业人口效应	渔业经济增长效应	渔业产业结构效应	渔业技术进步效应		渔业隐含碳排放总效应	
				一般渔业技术进步效应	低碳渔业技术进步效应	逐期效应	累积效应
2002—2005	156.83	4193.59	0.00	3835.08	-5839.02	2189.65	2189.65
2005—2007	333.16	3621.82	160.95	757.31	-6423.80	-1883.72	305.93
2007—2010	-215.78	5523.44	-28.95	-362.49	-4421.54	710.46	1016.39
2010—2012	-53.52	5294.85	-5.74	5377.96	-6892.04	3780.76	4797.16
2012—2015	-66.45	5261.87	0.00	26.71	-4953.91	334.67	5131.83
2015—2017	-819.61	3237.70	0.00	4385.81	-7755.58	-132.08	4999.75
平均贡献	-110.89	4522.21	22.00	2336.73	-6047.65	13039.48	
2002—2017	-935.14	45810.47	0.00	51870.18	-91934.79	190550.58	

渔业产业结构反映渔业各产业部门在渔业经济中占比变化,调整优化产业结构指渔业第二、三产业在渔业经济中占比的不断增加,这一产业结构的调整有助于合理开发利用渔业资源,提高渔业现代化水平,推动渔业发展的低碳化、绿色化。在研究时段内,渔业产业结构对渔业隐含碳排放的驱动效应在2005—2007年呈正向驱动效应,在2007—2010年和2010—2012年两个年度区间呈现负向驱动效应,其余4个年度则趋向于0。渔业产业结构在驱动因素中影响最低甚至接近于无影响,可能是由于产业结构的优化不到位引起的。

渔业技术进步效应分为一般渔业技术进步效应和低碳渔业技术进步效应。①一般渔业技术进步指养殖工程化改造技术等促使渔业产量提高进而影响渔业隐含碳排放,其累积效应为51870.18万t,平均贡献为2336.73万t,分别占逐期效应的27.22%和17.92%。从逐期效应看,一般渔业技术进步在2007—2010年为负向驱动效应,2002—2005年、2005—2007年、2010—2012年、2012—2015年和2015—2017年为正向驱动效应,表明渔业一般技术进步在某些年份能够降低渔业隐含碳排放,但总体上表现为对渔业隐含碳排放的正向推动。其原因可能是一般技术进步可以极大地提高渔业的产量,同时也意味着更多渔业用药、耗能渔机等中间使用的增多。②低碳渔业技术进步反映节能环保型渔船、高效环保饲料研发技术等渔业低碳技术的发展对渔业隐含碳排放的影响。总体来看,低碳渔业技术进步对中国碳排放变化整体呈现明显的负效应。2002—2017年低碳渔业技术进步的累积效应为-91934.79万t,平均贡献为-6047.65万t,分别占逐期效应的48.25%和46.38%。低碳渔业技术进步在所研究时段内均表现为负向驱动效应。2017年中国渔业隐含碳排放强度相比2002年下降了64.88%,表明渔船改造升级、渔业捕捞作业方式的转变、标准化渔船技术、玻璃钢渔船技术、循环水养殖技术等渔业节能减排技术的贡献力度不断增强。

6 结论与政策建议

6.1 结论

本文基于投入产出模型测算了中国2002—

2017年的渔业生产系统隐含碳排放,分析了渔业隐含碳排放的总量变动和结构特征,并运用扩展的Kaya恒等式对中国生产系统渔业隐含碳排放的驱动因素进行了分解研究。研究表明:

(1)中国渔业生产系统隐含碳排放总量呈现增加趋势,其中渔业第一、第二和第三产业的隐含碳排放都呈现波动上升,且3个产业隐含碳排放的地位没有实质性变化,依然是第一产业隐含碳排放最大,第二、三产业隐含碳排放相对较小。

(2)渔业各细分产业的隐含碳排放占比随时间变化表现出明显波动,养殖与捕捞、水产流通、水产品加工、渔用饲料、(仓储)运输、渔用机具、渔用药物、渔业建筑业和休闲渔业的隐含碳排放占比增加;水产苗种、其他工业和建筑业、其他流通和服务业隐含碳排放占比下降。其中养殖与捕捞、水产品加工和水产流通依然是渔业隐含碳排放的主要产业,占中国渔业隐含碳排放总量的86.35%。

(3)受隐含碳排放与渔业经济产值的同方向变化的影响,渔业三大产业及所包含的12个细分产业各年份的单位产值隐含碳排放水平相当;受隐含碳排放与渔业经济产值增长速度不同的影响,渔业三大产业及所包含的12个细分产业的单位产值隐含碳排放水平都呈现下降趋势。

(4)渔业经济增长、一般渔业技术进步对渔业隐含碳排放具有正向的推动作用,其中渔业经济增长的正向作用最大,是中国渔业隐含碳排放增长的主要因素。而渔业人口和低碳渔业技术进步在一定程度上抑制了渔业隐含碳排放,其中低碳渔业技术进步的负向作用最大,是抑制中国渔业隐含碳排放的主要因素。

6.2 政策建议

基于以上研究结论,提出降低中国渔业生产系统隐含碳排放的对策建议:

(1)进一步推进渔业产业结构调整,发挥渔业第三产业生态效益。面对当前渔业产业结构驱动力不强的困境,进一步优化产业结构,积极引导渔业产业向第三产业转型,推动渔业向低耗能、低污染和高附加值的方向发展,推动以捕捞、养殖和水产品加工为主的传统型渔业向集观光、休闲、娱乐、

2021年6月

文化体验、旅游等于一体的现代化渔业转型,以减少中国渔业经济发展的碳排放压力。

(2)转变增长方式,积极推动渔业经济的高质量发展。渔业经济增长效应是导致渔业碳排放增长的最重要因素,说明当前渔业发展更重视量的增长而忽略了质的改变,因此渔业下一步要贯彻绿色低碳渔业概念,将渔业生产链条上各部门纳入到整个渔业隐含碳减排责任体系中,积极引导渔业各部门特别是养殖与捕捞、水产品加工和水产流通环节重视能耗和碳排放污染问题。为了实现这一目标,政府可以针对不同部门的渔业企业实施差异化税率或资金上的支持,同时督促其实现设备升级、提高资源利用率,推动行业内部的高质量发展。

(3)要大力提升渔业低碳技术的应用水平。低碳渔业技术进步是中国渔业隐含碳排放的主要抑制因素,而养殖与捕捞、水产品加工和水产流通对柴油、汽油、电力等能源的直接消耗仍然是中国渔业碳排放的主要来源,因此积极引进节能船型、机型和渔船节能技术与产品,提高渔船综合节能效率,开展渔业节能减排技术与装备研究,尽快在高效环保饲料研发、池塘工程化改造技术与精准投喂技术等方面取得突破,可以有效抑制中国渔业隐含碳排放。

参考文献(References):

- [1] 陈柔,何艳秋,朱思宇,等.我国农业碳排放双重性及其与经济协调性研究[J].软科学,2020,34(1):132-138.[Chen R, He Y Q, Zu S Y, et al. Duality of agricultural carbon emissions and coordination with economic development in China[J]. Soft Science, 2020, 34(1): 132-138.]
- [2] 胡婉玲,张金鑫,王红玲.中国农业碳排放特征及影响因素研究[J].统计与决策,2020,36(5):56-62.[Hu W L, Zhang J X, Wang H L. Characteristics and influencing factors of agricultural carbon emission in China[J]. Statistics & Decision, 2020, 36(5): 56-62.]
- [3] 徐皓.我国渔业节能减排基本情况研究报告[J].渔业现代化,2008,35(4):1-7.[Xu H. Report on fishery industry energy conservation and emissions reduction research in China[J]. Fishery Modernization, 2008, 35(4): 1-7.]
- [4] 李晨,冯伟,邵桂兰.中国省域渔业全要素碳排放效率时空分异[J].经济地理,2018,38(5):179-187.[Li C, Feng W, Shao G L. Spatio-temporal difference of total carbon emission efficiency of fishery in China[J]. Economic Geography, 2018, 38(5): 179-187.]
- [5] 陈红敏.包含工业生产过程碳排放的产业部门隐含碳研究[J].中国人口·资源与环境,2009,19(3):25-30.[Chen H M. Analysis on embodied CO₂ emissions including industrial process emissions[J]. China Population, Resources and Environment, 2009, 19(3): 25-30.]
- [6] Howard T O. Environmental Accounting: Emery and Environmental Decision Making[M]. New York: Wiley, 1996.
- [7] Ahmadn W A. Carbon dioxide emissions embodied in international trade of goods[J]. OECD Science Technology and Industry Working Papers, 2003, 25(4): 1-22.
- [8] Nakano S A, Okamuran A, Sakurai N, et al. The Measurement of CO₂ Embodiments in International Trade: Evidence from the Harmonized Input-output and Bilateral Trade Database[R]. Paris: OECD, STIW Working Paper, 2009.
- [9] Peters G P, Hertwich E G. CO₂ embodied in international trade with implications for global climate policy[J]. Environmental Science & Technology, 2008, 42(5): 1401-1407.
- [10] Liu X B, Ishikawa M, Wang C, et al. Analyses of CO₂ emissions embodied in Japan-China trade[J]. Energy Policy, 2010, 38(3): 1510-1518.
- [11] Leontief W W. Quantitative input-output relations in the economic system[J]. The Review of Economic Statistics, 1936, 18(3): 105-125.
- [12] 项莹,赵静.中国省际高技术产业非竞争型投入产出表编制及应用研究[J].数量经济技术经济研究,2020,37(1):122-140.[Xiang Y, Zhao J. Complication and application of non-competitive input-output table of high-tech industries in China's provinces[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2020, 37(1): 122-140.]
- [13] 韩梦瑶,熊焦,刘卫东.中国跨境能源贸易及隐含能源流动对比:以“一带一路”能源合作为例[J].自然资源学报,2020,35(11):2674-2686.[Han M Y, Xiong J, Liu W D. China's cross-border energy relations between direct trade and embodied transfers: Based on "the Belt and Road" energy cooperation[J]. Journal of Natural Resources, 2020, 35(11): 2674-2686.]
- [14] 李艳梅,牛苗苗,张红丽.京津冀区域内增加值贸易的经济收益和隐含碳排放比较[J].资源科学,2019,41(9):1619-1629.[Li Y M, Niu M M, Zhang H L. Comparison of economic benefits and embodied carbon emissions of intraregional value-added trade in the Beijing-Tianjin-Hebei region[J]. Resources Science, 2019, 41(9): 1619-1629.]
- [15] Schaeffer R, de Sá A. The embodiment of carbon associated with Brazilian imports and exports[J]. Energy Conversion and Management, 1996, (6): 955-960.
- [16] Weber C L, Matthews H S. Quantifying the global and distributional aspects of American household carbon footprint[J]. Ecological

- Economics, 2008, 66(2): 379–391.
- [17] 曲英, 刘炜, 周文杰. 辽宁省污染密集型产业绿色增长效率测度研究[J]. 科技与管理, 2017, 19(1): 1–7. [Qu Y, Liu W, Zhou W J. Research on green growth efficiency measurement of pollution-intensive industries taking Liaoning Province as a case[J]. Science-Technology and Management, 2017, 19(1): 1–7.]
- [18] 徐博, 杨来科, 钱志权. 全球价值链分工地位对于碳排放水平的影响[J]. 资源科学, 2020, 42(3): 527–535. [Xu B, Yang L K, Qian Z Q. The impact of global value chain position on carbon emissions [J]. Resources Science, 2020, 42(3): 527–535.]
- [19] 常冉, 杨来科, 钱志权. 区域价值链嵌入有利于降低我国境内增加值碳排放成本吗? 基于制造业数据实证分析[J]. 国际贸易问题, 2020, (5): 117–131. [Chang R, Yang L K, Qian Z Q. Can integration in regional value chain help China to reduce carbon emission cost? An empirical analysis based on data from manufacturing sectors[J]. Journal of International Trade, 2020, (5): 117–131.]
- [20] 胡剑波, 任香, 高鹏. 中国省际贸易、国际贸易与低碳贸易竞争力的测度研究[J]. 数量经济技术经济研究, 2019, 36(9): 42–60. [Hu J P, Ren X, Gao P. Research on the measurement of China's inter-provincial trade, international trade and low carbon trade competitiveness[J]. The Journal of Quantitative & Technical Economics, 2019, 36(9): 42–60.]
- [21] Yabe N. An analysis of CO₂ emissions of Japanese industries during the period between 1985 and 1995[J]. Energy Policy, 2004, 32 (5): 595–610.
- [22] Wang C, Chen J N, Zou J. Decomposition of energy-related CO₂ emission in China: 1957–2000[J]. Energy, 2005, 30(1): 73–83.
- [23] 戴小文, 漆雁斌, 唐宏. 1990–2010年中国农业隐含碳排放及其驱动因素研究[J]. 资源科学, 2015, 37(8): 1668–1676. [Dai X W, Qi Y B, Tang H. Embodied CO₂ emission calculation and influence factors decomposition in China's agriculture sector[J]. Resources Science, 2015, 37(8): 1668–1676.]
- [24] 王若梅, 马海良, 王锦. 基于水-土要素匹配视角的农业碳排放时空分异及影响因素: 以长江经济带为例[J]. 资源科学, 2019, 41(8): 1450–1461. [Wang R M, Ma H L, Wang J. Spatial and temporal differences of agricultural carbon emissions and impact factors of the Yangtze River Economic Belt based on a water-land perspective[J]. Resources Science, 2019, 41(8): 1450–1461.]
- [25] 徐皓, 张祝利, 张建华, 等. 我国渔业节能减排研究与发展建议[J]. 水产学报, 2011, (3): 472–480. [Xu H, Zhang Z L, Zhang J H, et al. The research and development proposals on fishery energy saving and emission reduction in China[J]. Journal of Fisheries of China, 2011, (3): 472–480.]
- [26] 刘晃, 车轩. 中国水产养殖二氧化碳排放量估算的初步研究[J]. 南方水产科学, 2010, 6(4): 77–80. [Liu H, Che X. Elementary study on evaluation of CO₂ emissions from aquaculture in China [J]. South China Fisheries Science, 2010, 6(4): 77–80.]
- [27] 邵桂兰, 孔海崢, 李晨. 中国海水养殖的净碳汇及其与经济耦合关系[J]. 资源科学, 2019, 41(2): 277–288. [Shao G L, Kong H Z, Li C. Net amount of mariculture carbon sink and its coupling relationship with economics growth of China[J]. Resources Science, 2019, 41(2): 277–288.]
- [28] 徐敬俊, 张洁, 余翠花. 海洋碳汇渔业绿色发展空间外溢效应评价研究[J]. 中国人口·资源与环境, 2020, 30(6): 136–145. [Xu J J, Zhang J, She C H. Evaluation of economic spillover effect of green development of marine carbon sink fishery[J]. China Population, Resources and Environment, 2020, 30(6): 136–145.]
- [29] 孙康, 崔茜茜, 苏子晓, 等. 中国海水养殖碳汇经济价值时空演化及影响因素分析[J]. 地理研究, 2020, 39(11): 2508–2520. [Sun K, Cui Q Q, Su Z X, et al. Spatio-temporal evolution and influencing factors of the economic value for mariculture carbon sinks in China[J]. Geographical Research, 2020, 39(11): 2508–2520.]
- [30] 史俊晖, 戴小文. 我国省域农业隐含碳排放及其驱动因素时空动态分析[J]. 中国农业资源与区划, 2020, 41(8): 169–180. [Shi J H, Dai X W. Spatial dynamics of agricultural embodied carbon emissions in provinces of China and the related driving factors[J]. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning, 2020, 41(8): 169–180.]
- [31] 闫云凤, 赵忠秀. 中国对外贸易隐含碳的测度研究: 基于碳排放责任界定的视角[J]. 国际贸易问题, 2012, (1): 131–142. [Yan Y F, Zhao Z X. CO₂ emissions embodied in China's international trade: A perspective of allocating international responsibilities[J]. Journal of International Trade, 2012, (1): 131–142.]

Structural characteristics and driving factors of embodied carbon emissions from fishery production system in China

LI Chen^{1,2}, LI Haoyu¹, KONG Haizheng³, FENG Wei¹

(1. School of Economics, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Marine Development Studies Institute, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 3. Business School, Qingdao University of Technology, Qingdao 266520, China)

Abstract: In the face of the new development situation, the traditional mode of fishery production no longer can meet the requirements of the current social transformation. The low-carbon development of the fishery industry is an inevitable choice for its sustainable development in China, a practical need to ensure the national food security and promote the income increase of farmers (fishermen) and economic and social development, and is of great significance for fundamentally promoting the supply side structural reform of China's marine fisheries. Based on the input-output model and the extended Kaya identity, this study examined the changing trend and structural characteristics of embodied carbon emissions in China's fishery production system, and decomposed the driving factors of the embodied carbon emissions. The results show that: (1) Embodied carbon emission of fishery production system in China as a whole showed a trend of rising, slightly decreasing, rising again, and falling, the primary fishery sector always had the highest embodied carbon emissions, but the embodied carbon emissions of the secondary and tertiary fishery sectors increased gradually. (2) Fishery capture and aquaculture, processing, and circulation are the main sectors of the embodied carbon emissions in the fishery industry. The embodied carbon emission level per unit output value of the three fishery sectors and the 12 sub-sectors all showed a downward trend, among which the embodied carbon emission level per unit output value of fishery drug, aquatic transportation, and fishery construction sub-sectors was the highest, which had a great impact on the embodied carbon emissions of the fishery industry. (3) The fishery economic growth and general fishery technological progress have positive impact on the embodied carbon emissions of the industry, and fishery economic growth is the main factor that drives the growth of the embodied carbon emissions. Fishery population, fishery economic structure, and low-carbon fishery technology have a certain degree of restraining effect to the embodied carbon emissions. Low-carbon fishery technologies are the biggest factor to restrain the embodied carbon emissions of fisheries in China. Therefore, adjusting the structure of the fishery industry, changing the mode of fishery growth, and improving the application level of low-carbon fishery technologies are the key to effectively restraining the embodied carbon emissions and realize the low-carbon development of the fishery industry in China.

Key words: fishery production system; embodied carbon emissions; emission structural characteristics; driving factor decomposition; input-output model; Kaya identity; China