

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20220401002

http://www.yykxjz.cn/

张波, 唐启升. 中国近海渔业生物捕捞群体碳汇评估. 渔业科学进展, 2022, 43(5): 126–131

ZHANG B, TANG Q S. Carbon sink assessment for capture stock in China coastal ocean. Progress in Fishery Sciences, 2022, 43(5): 126–131

中国近海渔业生物捕捞群体碳汇评估*

张 波^{1,2} 唐启升^{1,2①}

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 农业农村部海洋渔业可持续发展重点实验室

中国水产科学研究院碳汇渔业重点实验室 山东 青岛 266071;

2. 青岛海洋科学与技术试点国家实验室海洋渔业科学与食物产出过程功能实验室 山东 青岛 266071)

摘要 捕捞渔业生物群体的生产活动是发挥渔业碳汇功能和增汇的 3 种基本方式之一, 其中, 水生植物作为典型的碳汇生物, 发挥至关重要的作用, 据此, 本研究采用碳含量法对 1979—2020 年中国近海渔业生物捕捞群体总碳汇和净碳汇进行了评估。总碳汇是通过捕捞产量和捕捞群体的碳含量估算捕捞群体的移出碳量, 再根据食物网机制和各营养层级的生态转换效率, 最终估算摄食的浮游植物碳含量; 净碳汇是捕捞移出碳和储存碳之和, 可根据占总碳汇的比例计算。随着海洋捕捞业的发展和管理的加强, 40 多年来, 我国近海渔业生物捕捞群体碳汇有较大幅度的变化, 本研究计算的总碳汇量从 1979 年的 1458 万 t 快速上升到 1999 年的 6330 万 t, 2020 年下降至 4983 万 t, 其中, 近 3 年(2018—2020 年)平均每年为 5246 万 t, 约为近海贝藻养殖总碳汇的 8 倍; 净碳汇量从 1979 年的 511 万 t 快速上升到 1999 年的 2215 万 t, 2020 年下降至 1744 万 t, 其中, 近 3 年(2018—2020 年)平均每年为 1836 万 t, 约为近海贝藻养殖净碳汇的 4 倍。针对提高碳汇评估准确性和加强碳汇扩增, 文末提出了相关建议。

关键词 中国近海; 捕捞群体; 总碳汇; 净碳汇; 相关建议

中图分类号 S97 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2022)05-0126-06

自“碳汇渔业”提出以来, 关于捕捞群体在渔业碳汇中的作用成为了关注热点(张波等, 2013; 解绶启等, 2013; 吴斌等, 2016; 岳冬冬等, 2017、2018)。唐启升等(2022)对“渔业碳汇”和“碳汇渔业”的定义进行修订并澄清了一些问题, 强调发挥渔业碳汇功能和增汇的 3 种基本表达方式和水生植物在渔业碳汇中的重要作用。对渔业生物群体(如捕捞群体、增殖群体等)进行生产活动是发挥渔业碳汇功能和增汇的基本方式之一。渔业生物群体以浮游生物、贝藻类以及其他较低营养层次种类为食, 通过食物网机制和生

长活动, 间接促进了碳汇功能发挥和增汇。科学评估渔业生物群体的碳汇功能对健康持续、深入发展碳汇渔业, 服务国家双碳战略具有重要意义。

本研究采用碳含量法对中国近海渔业生物捕捞群体主体(包括鱼类、甲壳类、头足类等生物资源种类)的总碳汇和净碳汇进行评估, 并就提高碳汇评估的准确性和加强碳汇扩增提出相关建议。

1 评估方法

本研究采用碳含量法评估捕捞群体的碳汇。碳含

* 国家自然科学基金“战略研究与咨询项目”(L2124013)资助 [This work was supported by the National Nature Science Foundation of China under the Programs of Strategy Research and Consult (L2124013)]. 张 波, E-mail: zhangbo@ysfri.ac.cn

① 通信作者: 唐启升, 中国工程院院士, E-mail: tangqs@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2022-04-01, 收修改稿日期: 2022-05-31

量法评估渔业碳汇已应用于养殖藻类、滤食性贝类和鱼类(张继红等, 2005; Tang *et al.*, 2011; 解绶启等, 2013), 由于渔业生物碳汇功能的初始过程都是从水生植物光合作用固定二氧化碳开始的, 因此, 各种应用的最终目的是要计算水生植物固碳量, 并利用渔业生物生长过程碳收支各个分量之间的关系(使用碳 = 移出碳 + 储存碳 + 释放碳), 换算总碳汇和净碳汇。总碳汇即使用碳; 移出碳和储存碳之和或总碳汇减去释放碳为净碳汇(唐启升等, 2022)。

应用中, 藻类是直接按照养殖产量和碳含量计算出净碳汇, 再按照呼吸放碳所占比例换算总碳汇; 滤食性贝类和鱼类是按照养殖产量碳含量和移出碳占比计算出总碳汇, 再按照比例换算净碳汇。由于滤食性贝类、鱼类或藻类营养级(trophic level, TL)较单一(为 2 或 1), 而捕捞群体为多营养层次结构, 该方法应用于捕捞群体则需要以上计算基础上同时考虑捕捞群体的食物网机制, 即需要考虑将捕捞群体、下行 TL=3 和 TL=2 的生态转换效率作为重要的计算参数。因此, 总碳汇(C_{total})的计算公式如下:

$$C_{removal} = \sum Y_i \times C_i$$

$C_{total} = C_{removal} / (ECE_{\text{捕捞群体TL}} \times ECE_{\text{TL=3}} \times ECE_{\text{TL=2}})$
 式中, $C_{removal}$ 为移出碳。 Y_i 为捕捞种类 i 的年捕捞产量, 数据来源于《中国渔业统计年鉴 1980—2021》, 本研究的捕捞群体取占捕捞总量 90% 以上的鱼类、甲壳类和头足类。 C_i 为捕捞种类 i 的碳含量, 海水鱼类、甲壳类和头足类的碳含量分别约占湿重的 14%、10% 和 8% (卢振彬等, 2004)。ECE 为各营养层级的生态转换效率(即各营养层级间移出碳占比)。1979—2020 年中国近海渔业生物捕捞群体的 TL 为 3.7 (张波等, 2004; Wu *et al.*, 2019), $ECE_{\text{TL=2}}$ 即食植动物(以浮游动物为主)的 ECE, 为 0.20 (Ryther, 1969; Steele, 1974; 孟田湘, 1999), $ECE_{\text{TL=3}}$ 和 $ECE_{\text{捕捞群体 TL}}$ 是根据生态转换效率与营养级关系式($ECE = -15.615 \text{ TL} + 86.235$) (Tang *et al.*, 2007)概算的, 分别为 0.394 和 0.285。

捕捞群体的净碳汇可根据移出碳和储存碳之和占使用碳的比例计算。唐启升等(2003)对海洋鱼类能量收支的研究表明, 移出碳和储存碳占使用碳的 36.7%; 田相利等(2004)、王吉桥等(2004)和王俊等(2004)对甲壳类能量收支的研究表明, 移出碳和储存碳占使用碳的 30.5%~36.8%。由于游泳动物在捕捞群体种类组成中占绝对优势, 因此, 呼吸释放碳占较大比例, 移出碳和储存碳之和(即净碳汇)占使用碳的比例取值 35%。因此, 净碳汇(C_{net})的计算公式如下:

$$C_{net} = 0.35 \times C_{total}$$

以 2020 年为例评估捕捞群体的碳汇量, 当年近海捕捞产量为 947.41 万 t, 其中, 鱼类、甲壳类和头足类分别约占 68.3%、18.1% 和 5.5%, 2020 年捕捞群体移出碳概算结果为 111.9 万 t ($=947.41 \times 0.683 \times 0.14 + 947.41 \times 0.181 \times 0.10 + 947.41 \times 0.055 \times 0.08$), 那么:

总碳汇为 $111.9 / (0.285 \times 0.394 \times 0.2) = 4983.0$ (万 t)

净碳汇为 $4983.0 \times 0.35 = 1744.0$ (万 t)

需要特别说明的是, 由于资料准确性的原因, 以上计算不包括约占捕捞产量 8% 左右的其他类, 也就是说, 本研究计算的总碳汇和净碳汇要低于捕捞群体的实际碳汇量。

2 中国近海渔业生物捕捞群体的碳汇评估

在 20 世纪 70、80 年代, 我国近海捕捞业处于加速发展阶段, 捕捞力量迅速增强, 但在渔业产量大幅度上升的同时, 海洋渔业资源衰退的状况逐渐显现。我国从 20 世纪 90 年代开始重视渔业管理, 进入渔业资源保护、加强管理阶段, 陆续出台了保护渔业资源、促进渔业捕捞健康发展的政策措施, 如伏季休渔、渔船数量和功率“双控”、捕捞产量“零增长”和总渔获量控制等, 对减缓近海渔业资源的衰退起到了积极作用。根据上述情况, 对总碳汇和净碳汇的概算结果表明, 1979—2020 年我国近海渔业生物捕捞群体碳汇随渔业产量的起伏有较大幅度的变化(图 1)。

渔业捕捞产量从 1979 年的 277.3 万 t 持续上升, 到 1995 年超过 1000 万 t 后一直持续到 2019 年, 总碳汇量从 1979 年的 1458.4 万 t 快速上升到 1999 年的 6329.7 万 t, 净碳汇量从 1979 年的 510.5 万 t 快速上升到 1999 年的 2215.4 万 t, 2011 年产量达到峰值 1241.9 万 t, 总碳汇和净碳汇分别为 6532.1 万 t 和 2286.2 万 t。随着渔业资源保护和加强管理, 2015 年后产量逐年下降, 2020 年产量控制在 1000 万 t 以下。近 3 年(2018—2020 年)我国近海渔业生物捕捞群体总碳汇明显下降, 平均每年为 5245.6 万 t (CO_2 为 19251.4 万 t), 相当于每年义务造林 701 万 hm^2 [根据每公顷人工林每年约吸收 27.45 t CO_2 计(李怒云, 2007)]; 近 3 年(2018—2020 年)净碳汇平均为 1836.0 万 t (CO_2 为 6738.0 万 t), 相当于每年义务造林 246 万 hm^2 。与近海贝藻养殖总碳汇和净碳汇(唐启升等, 2022)相比, 捕捞群体总碳汇为其 8 倍, 捕捞群体净碳汇为其 4 倍, 这么大的差别是由食物网机制和多营养层级所致, 即通过下行作用, 食物链的低层大量消耗和使用了以浮游植物为主的颗粒碳, 显然, 渔业生物群体碳汇也是碳汇渔业中不容忽视的部分。另外, 捕捞群体总

碳汇与净碳汇差值比贝藻养殖总碳汇与净碳汇的差值大得多,这是由两类生物呼吸代谢用碳的差异造成的。捕捞群体生物种类呼吸代谢用碳占总碳的60%以上(唐启升等,2003),而养殖贝藻呼吸代谢用碳占总碳的40%以下(姚海芹等,2016;唐启升等,2022)。

根据《中国渔业统计年鉴1980—2021》,按海域

分的渤海、黄海、东海和南海捕捞产量为基数计算的各海域捕捞群体碳汇量年变化如图2(a:总碳汇;b:净碳汇)所示。由于统计口径的原因,4个海区合计捕捞产量与图1用于计算的捕捞产量略有不同,但碳汇量的年变化的大趋势是一致的;4个海区之间的年碳汇量有所差别,其中,东海最高,黄海和渤海合计居中,南海偏低。

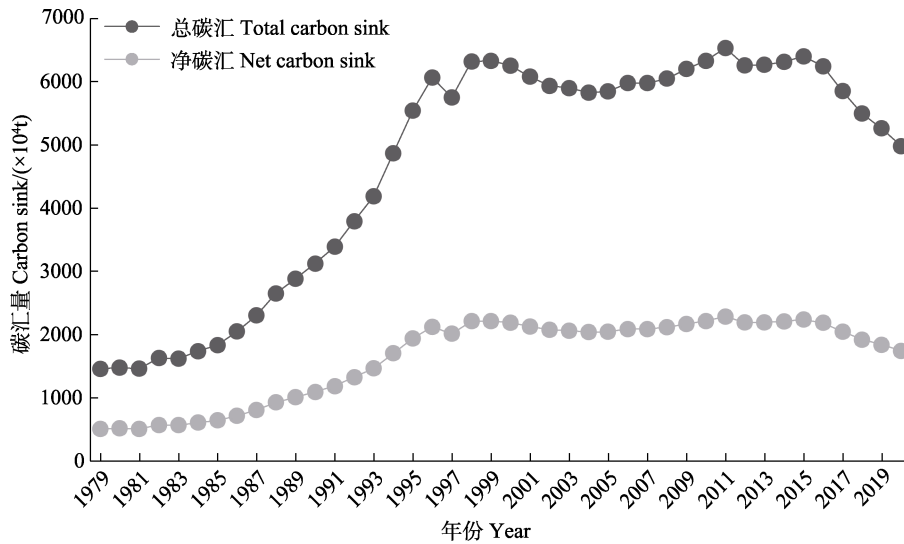


图1 1979—2020年中国近海渔业生物捕捞群体碳汇的变化

Fig.1 Variation in carbon sink for capture stock in China coastal ocean from 1979 to 2020

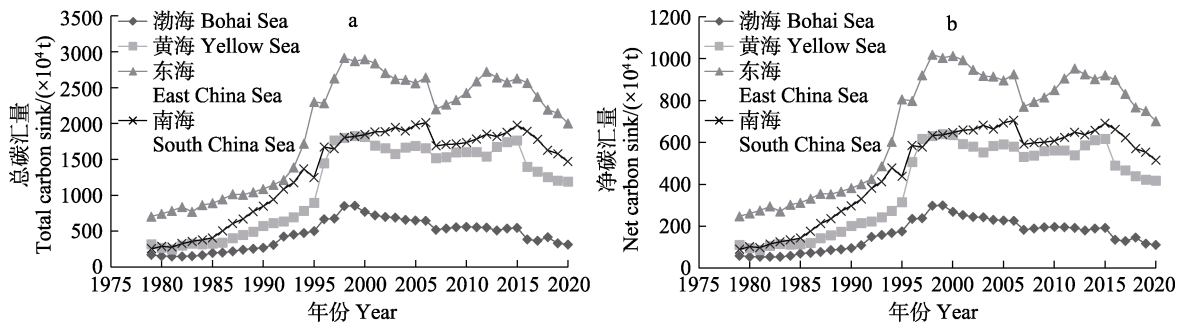


图2 1979—2020年各海区渔业生物捕捞群体碳汇的变化

Fig.2 Variation in carbon sink for capture stock in each coastal ocean from 1979 to 2020

3 相关建议

3.1 加强渔业生物群体碳汇评估参数准确性的实验研究

目前,用于评估捕捞群体碳汇的碳含量法的计算参数除了从统计年鉴上获得捕捞产量及捕捞群体组成数据外,还有众多参数需要测算或估计,如捕捞群体的营养级、各营养层级之间的生态转换效率以及捕捞群体各类别的碳含量等,不同研究者对这些参数的

取值存在较大差异(张波等,2013;解绶启等,2013;吴斌等,2016;岳冬冬等,2017、2018)。以各营养层级之间的生态转换效率(ECE)为例,本研究食植动物的ECE为0.20,是根据国内外文献调研的取值,虽然研究者有较高的权威性,但在文献中它是一个推论结果,表达的是一般规律,TL=3和捕捞群体的ECE是根据高营养阶层生态转换效率和营养级关系模型计算得出的;而岳冬冬等(2017、2018)的研究中,ECE取的是恒定值13.5%。可见,目前评估方法的计算参

数主要根据推算数据或理论数据, 缺乏具体的生理生态学实验数据支撑。因此, 为了提高渔业生物群体碳汇评估的科学性、准确性和特定性, 支撑渔业捕捞配额并开展碳交易, 除了需要比较准确的渔业统计资料外, 还需要深入开展渔业生物群体相关的生理生态学实验研究, 重点包括与生态转换效率、营养层级和碳汇收支各分量有关参数的实验研究以及评估方法的研究, 以便获得更准确、实际的计算参数和评估结果。

3.2 积极探索渔业生物群体碳汇扩增途径

国际上一项关于“更好地理解鱼类对海洋碳通量的贡献”的新研究发现, 鱼类每年在海洋中产生的碳达 16.5 亿 t, 占海洋含碳总量的 15% 以上(Saba *et al.*, 2021), 而本研究表明, 渔业生物群体通过食物网机制对渔业碳汇的贡献之大也是不容忽视的。另外, 渔获物的低龄化、小型化、低值化现象和过度捕捞造成渔业资源严重衰退, 人类活动致使水域生态环境不断恶化、水生生物栖息地遭到破坏、水生生物的主要产卵场和索饵育肥场功能退化, 严重影响了渔业生物群体碳汇功能的持续发挥。因此, 为了确保我国近海渔业资源开发利用健康持续发展, 增强渔业生物群体对渔业碳汇的贡献, 需要坚持生态系统水平的管理, 大力推进渔业资源养护和绿色发展, 积极探索渔业生物群体碳汇扩增途径。

建设资源养护型的捕捞业是渔业生物群体碳汇扩增的重要途径, 需要采取的重要措施是实行限额捕捞制度。在 2000 年修订的《中华人民共和国渔业法》中, 首次提出了“我国渔业实行限额捕捞制度”。此后, 国务院于 2006 年和 2013 年先后发文强调实施限额捕捞制度; 2017、2018 年农业农村部开始在辽宁、山东、浙江、福建、广东沿海 5 省开展限额捕捞管理试点, 2019 年进一步要求所有海洋伏季休渔期间的专项捕捞许可渔业均实行限额捕捞管理。当前需要进一步加大近海渔业实施限额捕捞试点力度(唐启升, 2022), 减小捕捞压力, 促进资源恢复, 提高渔业生物群体的营养层级, 增加碳汇。

健康持续地发展增殖渔业也是渔业生物群体碳汇扩增的重要途径。近十几年来, 增殖渔业蓬勃发展, 为促进其健康持续发展, 需要采取精准定位措施, 即在各类增殖放流和人工渔礁建设实施前应有明确的目标定位, 甚至采取“一类一定”的单向措施来保证目标的实现(唐启升, 2019), 使增殖渔业作为一种渔业新业态在推动碳汇渔业发展中发挥更大、更实际的作用。

参 考 文 献

- Bureau of Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs. China fishery statistical yearbook. Beijing: China Agriculture Press, 1980–2021 [农业农村部渔业渔政管理局. 中国渔业统计年鉴. 北京: 中国农业出版社, 1980–2021]
- LI N Y. Forestry carbon sequestration in China. Beijing: China Forestry Publishing House, 2007 [李怒云. 中国林业碳汇. 北京: 中国林业出版社, 2007]
- LU Z B, HUANG M Z. Studies on trophic level and organic carbon contents of main economic nekton in Fujian coastal waters. *Journal of Oceanography in Taiwan Strait*, 2004(2): 153–158 [卢振彬, 黄美珍. 福建近海主要经济渔业生物营养级和有机碳含量研究. 台湾海峡, 2004(2): 153–158]
- MENG T X. The structure and variations of the ecological pyramid in the Bohai Sea. *Marine Fisheries Research*, 1999, 20(1): 1–5 [孟田湘. 渤海生态锥体的结构和变化. 海洋水产研究, 1999, 20(1): 1–5]
- RYTHER J H. Relationship of photosynthesis to fish production in the sea. *Science*, 1969, 166: 72–76
- SABA G K, BURD A B, DUNNE J P, *et al.* Toward a better understanding of fish-based contribution to ocean carbon flux. *Limnology and Oceanography*, 2021, 66: 1639–1664
- STEELE J H. The structure of marine ecosystems. Blackwell Scientific Publications, Oxford, London, 1974
- TANG Q S, GUO X W, SUN Y, *et al.* Ecological conversion efficiency and its influencers in twelve species of fish in the Yellow Sea ecosystem. *Journal of Marine System*, 2007, 67(3/4): 282–291
- TANG Q S, JIANG Z J, MAO Y Z. Revised definitions of fisheries carbon sink, carbon sink fisheries, and related issues. *Progress in Fishery Sciences*, 2022, 43(5): 1–8 [唐启升, 蒋增杰, 毛玉泽. 渔业碳汇与碳汇渔业定义及其相关问题的辨析. 渔业科学进展, 2022, 43(5): 1–8]
- TANG Q S, SUN Y, ZHANG B. Bioenergetics models for seven species of marine fish. *Journal of Fisheries of China*, 2003, 27(5): 443–449 [唐启升, 孙耀, 张波. 7 种海洋鱼类的生物能量学模式. 水产学报, 2003, 27(5): 443–449]
- TANG Q S, ZHANG J H, FANG J G. Shellfish and seaweed mariculture increase atmospheric CO₂ absorption by coastal ecosystems. *Marine Ecology Progress Series*, 2011, 424: 97–104
- TANG Q S. Definition and its development orientation of stock enhancement, sea ranching and enhancement fisheries: Strategy research on fishery stock enhancement in Exclusive Economic Zone of China. Beijing: China Ocean Press, 2019, 92–95 [唐启升(主编). 关于渔业资源增殖、海洋牧场、增殖渔业及其发展定位: 我国专属经济区渔业资源增殖战略研究. 北京: 海洋出版社, 2019, 92–95]
- TANG Q S. Suggestions on strengthening the pilot efforts of total allowable catch of fisheries in China coastal ocean: Strategy research on fishery resource management in China

- coastal ocean. Beijing: China Agriculture Press, 2022, 31–38 [唐启升(主编). 关于加大我国近海渔业实施限额捕捞试点力度的建议: 中国近海渔业资源管理发展战略及对策研究. 北京: 中国农业出版社, 2022, 31–38]
- TIAN X L, DONG S L, WANG F. Effects of different temperatures on the growth and energy budget of Chinese shrimp, *Fenneropenaeus chinensis*. Chinese Journal of Applied Ecology, 2004, 15(4): 678–682 [田相利, 董双林, 王芳. 不同温度对中国对虾生长和能量收支的影响. 应用生态学报, 2004, 15(4): 678–682]
- WANG J Q, LUO M, ZHANG D Z, *et al.* Effects of water temperature and salinity on energy budget of *Penaeus vannamei* juveniles. Journal of Fisheries of China, 2004, 28(2): 161–167 [王吉桥, 罗鸣, 张德治, 等. 水温和盐度对南美白对虾幼虾能量收支的影响. 水产学报, 2004, 28(2): 161–167]
- WANG J, JIANG Z H, CHEN R S, *et al.* Ingestion and carbon budget of juvenile *Portunus trituberculatus*. Marine Fisheries Research, 2004, 25(6): 25–29 [王俊, 姜祖辉, 陈瑞盛, 等. 三疣梭子蟹幼蟹的摄食和碳收支. 海洋水产研究, 2004, 25(6): 25–29]
- WU B, WANG H H, XI H B. The carbon sink capacity of the Chinese freshwater aquaculture. Journal of Biosafety, 2016, 25(4): 308–312 [吴斌, 王海华, 习宏斌. 中国淡水渔业碳汇强度评估. 生物安全学报, 2016, 25(4): 308–312]
- WU Q, YING Y P, TANG Q S. Changing states of the food resources in the Yellow Sea large marine ecosystem under multiple stressors. Deep-Sea Research, 2019, 163: 29–32
- XIE S Q, LIU J S, LI Z J. Evaluation of the carbon removal by fisheries and aquaculture in freshwater bodies. Progress in Fishery Sciences, 2013, 34(1): 82–89 [解绶启, 刘家寿, 李钟杰. 淡水水体渔业碳移出之估算. 渔业科学进展, 2013, 34(1): 82–89]
- YAO H Q, LIANG Z R, LIU F L, *et al.* Preliminary studies on the photosynthetic and respiration rate of young sporophyte of a new *Saccharina* variety “Haitian No.1” using liquid-phase oxygen measurement system. Progress in Fishery Science, 2016, 37(1): 140–147 [姚海芹, 梁洲瑞, 刘福利, 等. 利用液相氧电极技术研究“海天 1 号”海带 (*Saccharina japonica*) 幼孢子体光合及呼吸速率. 渔业科学进展, 2016, 37(1): 140–147]
- YUE D D, LÜ Y H, YU H S, *et al.* Research on the evaluation of the freshwater capture fisheries carbon sinks in Fujian Province based on trophic level method. Chinese Fisheries Economics, 2018, 36(5): 74–81 [岳冬冬, 吕永辉, 于航盛, 等. 基于营养级法的福建省淡水捕捞渔业碳汇量评估探析. 中国渔业经济, 2018, 36(5): 74–81]
- YUE D D, WANG L M, FANG H, *et al.* Evaluation of carbon sinks in freshwater fisheries: A case research on the sample production survey data of Zhejiang Province. Journal of Agricultural Science and Technology, 2017, 19(11): 117–124 [岳冬冬, 王鲁民, 方海, 等. 淡水捕捞渔业碳汇量评估探析——以浙江省的生产调查样本数据为例. 中国农业科技导报, 2017, 19(11): 117–124]
- ZHANG B, SUN S, TANG Q S. Carbon sink by marine fishing industry. Progress in Fishery Sciences, 2013, 34(1): 70–74 [张波, 孙珊, 唐启升. 海洋捕捞业的碳汇功能. 渔业科学进展, 2013, 34(1): 70–74]
- ZHANG B, TANG Q S. Study on trophic level of important resources species at high trophic levels in the Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea. Advances in Marine Science, 2004, 22(4): 393–404 [张波, 唐启升. 渤、黄、东海高营养层次重要生物资源种类的营养级研究. 海洋科学进展, 2004, 22(4): 393–404]
- ZHANG J H, FANG J G, TANG Q S. The contribution of shellfish and seaweed mariculture in China to the carbon cycle of coastal ecosystem. Advances in Earth Science, 2005, 20(3): 359–365 [张继红, 方建光, 唐启升. 中国浅海贝藻养殖对海洋碳循环的贡献. 地球科学进展, 2005, 20(3): 359–365]

(编辑 冯小花)

Carbon Sink Assessment for Capture Stock in China Coastal Ocean

ZHANG Bo^{1,2}, TANG Qisheng^{1,2①}

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences; Key Laboratory of Sustainable Development of Marine Fisheries, Ministry of Agriculture and Rural Affairs; Key Laboratory of Carbon Sink Fisheries, Qingdao, Shandong 266071, China; 2. Laboratory for Marine Fisheries Science and Food Production Processes, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao, Shandong 266071, China)

Abstract According to the latest definition of “Carbon Sink Fisheries”, fishing is one of the three basic modes of fisheries carbon sink and carbon sink amplification. In this study, the total carbon sink and net carbon sink for capture stock in China’s coastal ocean from 1979 to 2020 were assessed by the carbon content assessment method. For determining the total carbon sink for capture stock, carbon removal was first assessed by the carbon content of capture stock and fishing yield, and subsequently, the carbon content of phytoplankton was assessed at the end according to the food web mechanism and ecological conversion efficiency of each trophic level. The net carbon sink is the sum of carbon removal and carbon storage and can be calculated as the proportion of the total carbon sink. With the development and management of the marine fishery, carbon sink for capture stock in China’s coastal ocean has changed significantly over the past 40 years. The total carbon sink increased rapidly from 1458×10^4 t in 1979 to 6330×10^4 t in 1999 and then decreased to 4983×10^4 t in 2020. The average total carbon sink for the last three years (2018–2020) was 5246×10^4 t, equivalent to 701×10^4 ha of compulsory afforestation per year and about 8 times the total carbon sink for shellfish and macroalgae mariculture. The net carbon sink increased rapidly from 511×10^4 t in 1979 to 2215×10^4 t in 1999 and then decreased to 1744×10^4 t in 2020. The average net carbon sink for the last three years (2018–2020) was 1836×10^4 t, equivalent to 246×10^4 ha of compulsory afforestation per year and about 4 times of net carbon sink for shellfish and macroalgae mariculture. The study also proposed relevant suggestions for improving the accuracy of carbon sink assessment for capture stock and for enhancing carbon sink amplification.

Key words China coastal ocean; Capture stock; Total carbon sink; Net carbon sink; Relevant suggestion

① Corresponding author: TANG Qisheng, E-mail: tangqs@ysfri.ac.cn