

◆ 渔业养殖 ◆

以长山列岛为例探讨我国渔业经济可持续发展*

吴海一¹, 宋祖德², 王先磊^{1,3}, 唐君玮², 刘凯凯¹, 迟雯丹¹, 宋静静¹, 于道德¹, 郭文^{1**}

(1. 山东省海洋科学研究院, 山东青岛 266104; 2. 长岛海洋生态文明综合试验区海洋经济促进中心, 山东烟台 265800; 3. 青岛国家海洋科学研究中心, 山东青岛 266071)

摘要:长山列岛(以下简称长岛)是我国八大群岛之一,地处黄海、渤海交汇处,作为渤海门户,其生态环境保护和渔业经济发展的双赢具有十分重要的战略意义。在全球气候变化和人类活动影响的大背景下,本综述以海洋环境保护与生态修复为出发点,围绕渔业资源管理与生态化水产养殖等问题,多层次、多维度探讨长岛渔业经济可持续发展的基本路径,并与全球其他类似区域的渔业发展对比分析,总结异同特征,综合考虑生态可持续性、社会价值和经济可行性,以期为长岛海域乃至渤海渔业提供一个可操作的管理框架,为推动我国海洋生态文明建设提供可借鉴的科学理论。

关键词:长山列岛 渔业经济 生态修复 可持续发展 海洋生态文明建设

中图分类号:P745 文献标识码:A 文章编号:1002-7378(2021)02-0117-06

DOI:10.13657/j.cnki.gxkxyxb.20210806.006

0 引言

长山列岛(以下简称长岛)位于黄海、渤海交汇处,属于典型的海岛生态系统。它由32个岛屿组成,包含66个明礁、16个暗礁、2处长滩。南北长54.4 km,东西宽为30.8 km,整个列岛横亘于渤海海峡,约占渤海海峡宽度的五分之三。渤海海峡共有14条水道^[1],其中,位于海峡北部的老铁山水道,是外海水进入渤海的主要通道^[2],海峡南部水道则是海水流出渤海的主要通道。渤海拥有特定的气象水文、地形地貌、水动力特征以及特殊的生态群落,成为多种经济

动物的三场一通道^[3-5]。然而,人类活动影响已经显著改变了该片海域的生态环境^[6]。在绿水青山就是金山银山的大理念下,如何协调保护和开发两者的关系是摆在政府、科学家和公众等多方利益相关者面前的主要问题。对于以渔业经济和旅游业为主的长岛,权衡国家公园、湿地^[7]等生态保护与水产养殖之间的协同发展尤为重要。

明确水产养殖对沿海生态系统和环境质量的潜在影响,解析水产养殖业与其他人为压力源的相互作用,是制定可持续水产养殖和渔业综合管理战略的基础。在全球海洋生态退化、渔业资源衰退的背景下,

收稿日期:2021-05-07

* 中国海洋发展研究会基金项目(CAMAJJ201608)和山东省重点研发计划(软科学)重大项目(2019RZF01006,2019RZF01007)资助。

【作者简介】

吴海一(1973-),男,博士,研究员,主要从事海洋生物学与生态学研究,E-mail:wuhaiyi1997@163.com。

【**通信作者】

郭文(1978-),男,研究员,主要从事海洋渔业资源研究,E-mail:guowen@shandong.cn。

【引用本文】

吴海一,宋祖德,王先磊,等.以长山列岛为例探讨我国渔业经济可持续发展[J].广西科学院学报,2021,37(2):117-122.

WU H Y, SONG Z D, WANG X L, et al. Discussion on the Sustainable Development of China's Fishery Economy: A Case of Changshan Archipelago [J]. Journal of Guangxi Academy of Sciences, 2021, 37(2): 117-122.

水产养殖承担了过多的负面评价,但人们又不得不依赖该行业来满足对海洋蛋白的需求,所以必须从生态角度分析水产养殖到底给环境带来了哪些影响。本综述将详细阐述长岛海域代表性养殖类别的养殖现状与存在的问题,针对特定问题提出实际可行的解决方法,并预测未来的发展趋势。同时,探讨环渤海区域生态环境保护、渔业资源管理以及与水产养殖业之间的关系,并提出应对气候变化的适应性措施(海洋政策和规划措施制定、基于生态系统的水产养殖模式开发和养殖实践等),拟缓解当前形势下我国渤海海域面临的压力,并为整个海水养殖产业发展提供可参考的路径。

1 渔业资源与水产养殖

渔业资源(Fishery resources),主要是指海洋渔业资源(Marine fishery resources),基于人类可利用的前提,其定义主要限定于具有经济价值的海洋生物(人类可用性),包括鱼类、贝类、藻类、甲壳类等。渔业资源属于自然资源的一个分支,具有自然资源所具有的稀缺性、再生性,同时还具有整体性、流动性强等特点^[8]。诸多渔业资源生物的繁殖和幼体存活需要依赖微藻、桡足类等低营养级生物^[9,10],因此目前渔业资源量衰退,除过度捕捞和生境退化等主因外,与其密切关联的其他营养级生物的变动亦对渔业资源的补充产生了巨大影响。人们应当以更宽的视角来看待渔业资源,引入多维生态位、食物网拓扑等生态理论,全面解析渔业资源量的变动和趋势^[11,12]。

全球渔业资源衰退与水产养殖产量兴盛并行,未来全球水产蛋白持续供应离不开水产养殖业的可持续发展。理清渔业资源与水产养殖之间的关联性,将有利于科学认识整个产业发展。

可持续养殖业必然减缓人类对于海洋渔业资源的过度捕捞,尤其是不发达国家和地区^[13],这对海洋生态环境和渔业资源的恢复具有重要的间接保护作用。与水产养殖相比,人类过度捕捞可诱导海洋经济物种表型快速转变^[14,15],导致海洋渔业资源个体小型化、捕捞营养级低级化、食物网结构简单化等诸多生态问题^[15]。而水产养殖的育种过程虽然亦会导致养殖品种经济性快速进化^[16,17],但只要能够有效降低养殖物种的逃逸风险,水产养殖业的影响将远远小于过度捕捞。各种水产养殖模式(池塘、滩涂、网箱)本质上是人工生态系统或半人工生态系统(底播、筏式),属于相对小型化、简单化的季节性生态系统,

虽然具备物种数量少、食物网结构简单、维持时间短等特点,但对于邻近海域的影响仍不容忽视,如大型藻类养殖可有效防止水体发生富营养化。另一方面,水产养殖的周期性使得其养殖物种的生态服务功能出现季节性缺失,如养殖海带收割后其生态功能几乎消失,其作为碳汇物种的生态价值也会降低,对于附属小型物种来说还有生态陷阱(Ecological trap)的作用^[18]。

开展海洋渔业资源捕捞与水产养殖业的共同目标是为了向人类提供安全的、可持续的海洋蛋白^[19]。然而,从生态的角度考虑,被捕捞的“一条鱼”具有不可替代的生态功能,被人们吃掉的水产养殖的“一条鱼”虽然不会危害到上述功能,但同样会消耗水资源、其他渔业资源(饵料鱼或鱼粉)等大量隐形的生态成本,因此人们不应仅仅依靠经济价值来判断是否养殖该物种、养多少该物种,而应有一个详细的生态成本估算,确保水产养殖业的可持续发展^[20]。

水产养殖作为未来人类保证自身粮食安全的有效手段,其对沿海生态系统的影响以及与其他压力源相互作用的基本认知,是制定可持续化渔业管理和海岸带综合管理策略的基础。因此,渔业科技工作者、生态环保人士、政府决策层、企业渔民和其他相关人员需要以整体生态学的思维来直面我国水产养殖业的发展及其与环境保护之间的关系。

2 藻类养殖与生态意识

长岛的海藻养殖主要涉及海带和裙带菜两种。目前海带筏养 14.4 km²,以大钦岛乡(80%)、砣矶和南隍为主。长岛海带养殖品种很杂,主要以东方系列、荣科系列、大板菜为主。以出口干海带为导向,色泽深褐、中带部宽平、鲜干比低的海带种质广受市场认可。

长岛严格实行林土保护措施,这也是未来可持续发展的必要条件。现有空地已最大限度地开辟成晒场,但仍严重不足,影响海带的质量和产量。商品菜销售渠道面窄,价格不稳定。全区曾建有 9 条烫菜加工生产线,在环境生态保护督察措施的严格实施下,所有烫煮生产线均已取消,目前海带养殖面积受晒场制约,已是晒场能承载的最大面积。

近几年,长岛在海带收割过程中已初具生态意识,如海带收割完毕,将海带根剥离苗绳,下沉至海底,为底播增殖的海珍品提供饵料,同时减少对陆地的污染。目前大钦岛乡基本实现了海带根不上岸,其

他乡镇也积极推广实施,此过程有利于缩小野生海藻与养殖海带在生态系统服务上的差距。尤其是在蓝碳固定上,该措施有利于有机碳沿着碎屑食物链向深海迁移以及沿食物网向高营养级生物移动,这两个碳汇作用值得进一步探讨和研究。

另一个大型藻类品种为裙带菜。长岛有自然生长的裙带菜,规模养殖始于1991年。当年养殖 $4.7 \times 10^5 \text{ m}^2$,1992年养殖面积不足 $2 \times 10^5 \text{ m}^2$,2001年长岛区再次发动大钦岛以北四乡进行养殖,放养面积 $6.7 \times 10^5 \text{ m}^2$ 。但因把握裙带菜鲜嫩期比较困难,养殖品质难以保证,销路不畅,收入较低,已不再规模养殖。目前,长岛裙带菜筏养面积不足 0.33 km^2 ,且主要集中在南隍。

总体而言,长岛藻类养殖存在品种杂乱、分布不均等问题。未来渔业发展海藻养殖一定要因地制宜,可适当扩大裙带菜养殖面积并增加紫菜养殖,与海带进行错季养殖或相互调剂。探索适合长岛的“小而精”的海藻养殖方式,关注种质来源,开展良种化养殖,这与后期品牌化管理密切关联。在养殖过程需根据目标导向改变管理过程,考虑不同品种的作用,例如:用于海藻场建设中的海带养殖,可以不收割,或间隔收割,保留部分筏架养殖海带使其持续发挥藻场的功能^[21]。工业用海带品种选育、适应气候变化的选育品种亦需纳入养殖产业规划,且要区别于食用品种。同时,需要核算养殖管理、海上运输、蓝碳固定等多方成本,探求一条最为合理的持续发展道路。

3 贝类养殖与生态修复

自20世纪80年代,长岛浅海养殖业开始兴起,贝类筏式养殖最高达 $24\ 300 \text{ hm}^2$,但密度过大导致饵料供应不足,扇贝品质退化,苗种成活率在45%左右,局部仅有20%,造成贝类筏式养殖业几近崩溃(2001年为低谷期)。目前,扇贝的保苗产业仍然是南隍等岛屿主要的经济渔业形式之一。

扇贝是滤食性贝类,能过滤大量的微藻和溶解有机物,从整个岛群和渤海中的作用来看,对于缓解渤海水体的富营养化是有好处的。实际上,贝类筏式养殖的主要问题涉及品种选择、局地密度过大以及养殖过程中的方式方法。因此,对于每一个岛屿的贝类养殖,无论采取哪种养殖模式,首先要明确以下5个问题:①贝类养殖的适宜性,即生境的位置是否合适,养殖容量是否合适;②拟养殖区域的其他生态要素与养殖贝类的关联性,如:海藻(草)场、底质类型、其他野

生底栖生物群落结构与养殖贝类之间的相互影响效应;③与其他养殖物种之间的耦合性,如贝类与海带的兼养性,贝类与海珍品的多营养层次立体化养殖的可能性;④养殖贝类(尤其是底播种类)是否为外来物种(这里的外来物种相对严格一些,即不同地理种群物种也算是外来物种),养殖后的生态评估,即是否造成当地种群退化;⑤原良种保护问题,原良种保护措施制定以及人为开采活动的生态风险评估等。

从生态角度考虑,自然生长的贝类,如牡蛎是构成浅海湿地的关键种,聚集构成了湿地主要的天然栖息地——牡蛎礁^[22],类似于热带地区的珊瑚礁,可作为物种多样性的热点区域,其生态功能和服务价值具有不可替代性。因此,对在人工养殖设施上附着生长的牡蛎、贻贝等贝类应该进行定位定量分析,在不影响养殖目标物种生长的前提下,给予生态导向保护,必要时进行人工牡蛎礁(贝床)的构建^[23],将贝类的生态修复和水产养殖有机结合,让养殖贝类发挥更多的生态作用,以补偿因过度捕捞或其他原因导致的服务价值降低^[24]。

苗绳等贝类养殖设置上还可附着生长大型的自然海藻^[25]。研究发现,这种贝藻共生模式可用于富营养化水体的生态修复工作。大型海藻可以有效吸收由贝类养殖活动代谢产生的大量营养物质,净化水体环境,而大型海藻产生的碎屑经微生物降解后又可被贝类滤食^[26]。贝类结合大型海藻的生态化养殖不仅能够获取较高的经济效益,还能够有效控制水体营养盐水平,防止水体富营养化。尤其是在有大量陆源输入的海域,合理配比的贝藻养殖能够有效去除水体污染物,实现生态修复^[27]。

4 深海网箱养殖及其生态功能

长岛已投入使用大型深水智能网箱有2个(2020年7月前),其他大型网箱(包括鱼类和海珍品两种类型网箱)正处于建设中。我国延长封海期限后,黑鲷、鲈鱼等鱼类夏季价格偏高,而网箱养殖周期短,效益较高,已经成为重要的养殖模式。长岛已有的大型养殖网箱主要养殖品种为黑鲷,主要通过冰鲜饵料投喂,采用冰鲜饵料虽然具有传播疾病的风险,但目前尚无可替代饵料,因此可持续发展的未来必然需要研发出适宜网箱养殖鱼类的专用人工饵料。

由于远洋鱼类会被环境中的漂浮结构强烈吸引^[28],因此网箱首先是作为鱼类聚集设施(Fish Aggregation Devices, FADs)^[29]或者漂浮人工鱼礁

(Floating Artificial Reefs, FARs) 而存在, 吸引着大量野生种群靠近网箱, 对于残余饵料去除率可达到 40% - 80%^[30], 大大降低了诱发网箱邻近海底区域富营养化的可能性。从另一个角度来看, 一定范围内的富营养化程度, 会吸引邻近海底大量底栖动物的聚集和种群恢复。在红海海域, 调查发现深海网箱吸引了大量的野生珊瑚礁鱼类而不是远洋鱼类^[31], 且 65% 以上为成鱼, 这从侧面表明网箱 FADs 效应至少部分替代了珊瑚礁的功能, 深海网箱可作为漂浮类人工构筑物, 扩大了生态功能辐射范围。

而深海网箱产生的负面生态影响, 首先是生态陷阱(Ecological trap)影响, 例如, 停止养殖投喂后相当于饵料供给的突然停止, 对于野生种群来说相当于环境巨变, 其结果是导致野生聚集种群数量急剧下降^[32]; 其次是人为对野生种群的捕捞, 养殖鱼类与野生鱼类之间的基因交流(养殖逃逸)以及疾病传播^[33]等, 反而会增加野生鱼类种群的脆弱性, 亟需立法保护。

鉴于长岛远离陆地, 人为干扰噪声较少, 有利于开展网箱养殖后的生态评估工作, 制定有效的管理政策。可考虑在未来的 10 - 20 年, 采取将牧场与网箱有效结合的布局方式, 具体表现为鱼礁 + 鱼类网箱 + 海珍品网箱模式, 三者之间的比例和布局间距要根据所处海域的水文地质条件、气候变化等因素综合考虑设计、探索并及时纠正, 这就更需要要在布局上留有可操作的空间, 为后期的纠错和改正提供便利条件。

5 全球气候变化下的可持续发展

全球气候变化驱动的海洋暖化、酸化、缺氧区等一直以人们不易察觉的方式影响着海洋生物种群的分佈^[34,35]。气候变化对海洋生物的生理生态影响, 以及生物的响应机制成为近年来生态学家研究的热点^[36,37]。然而, 全球气候变化对于水产养殖业的影响研究相对滞后。贝类、鱼类等养殖物种的早期发育过程是在人工控制条件下进行的, 其应对自然环境的能力较弱。故, 气候变化对水产养殖未来可能产生的影响、这些影响将在何处产生、渔业系统和管理措施该如何适应, 这些问题的思考就显得尤为重要和紧迫。

对于自然种群来说, 气候变化除导致特定的三场一通道发生变化以外, 整个生物区系都可能集体向北或向深海迁徙, 而耦合的生物群落结构和物种间的相互关系, 例如捕食、共生等匹配度亦很有可能大大降

低, 进而影响生态系统的稳定性和可持续性。大量南方鱼类种群或地理种群会入侵至渤海湾内, 例如, 在长岛佳益平台附近已发现大型石斑鱼个体(2019年5月), 冬季大量鲈鱼种群(新的地理种群)洄游在南北长山岛附近。所以针对长岛的养殖业必须提前做好以下工作, 这也是全球水产养殖业的共性问题^[38]: ①气候变化(暖化、酸化、缺氧)对水产养殖生产(如: 特定物种水产养殖活动空间分布)的影响及其应对措施; ②气候变化下养殖物种的表型可塑性和适应潜力, 适应性选择育种、新品种的开发或养殖; ③缓解气候变化对海水养殖影响的适应性措施(包括政府和渔业协会等制定海洋政策和规划措施, 科研人员开发基于生态系统的水产养殖模式并进行养殖实践)。

6 展望

通过结合历史资料, 人们可以更好地探索渔业资源生物面对人为因素干扰、气候变化等压力下的进化潜力, 这种解析对于科学保护长岛野生渔业资源至关重要。因此, 应当深入掌握长岛海域主要经济物种的适应性进化特征以及适应性潜力, 更好地为渔业资源保护和管理提供可参考的科学依据。

开展科学水产养殖、防止过度捕捞是保护渔业资源量恢复的有效手段。水产养殖的合理布局是长岛水产养殖业可持续发展的前提和基础, 应当充分发挥长岛统一的地域、海域和行政区划这一有利条件, 尽快形成产业联盟, 解决水产养殖发展状况高度不平衡、生产分布不均等情况。在生态理念的长期指导下, 保障长岛地区水产养殖与环境保护协调发展^[39]。

参考文献

- [1] 谭忠盛, 吴永胜, 万飞. 渤海海峡跨海工程自然条件分析[J]. 中国工程科学, 2013, 15(12): 32-38.
- [2] 姜胜辉, 王楠, 成海燕, 等. 渤海海峡水动力分布特征研究[J]. 中国海洋大学学报: 自然科学版, 2019, 49(S1): 66-73.
- [3] 李晓炜, 赵建民, 刘辉, 等. 渤海湾渔业资源三场一通道现状、问题及优化管理政策[J]. 海洋湖沼通报, 2018(5): 147-157.
- [4] 于金珍, 张燕伟, 卞晓东, 等. 渤海鳀鱼产卵场关键影响因素识别及变迁预测[J]. 中国环境科学, 2020, 40(5): 2214-2221.
- [5] 金显仕, 窦硕增, 单秀娟, 等. 我国近海渔业资源可持续产出基础研究的热点问题[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(1): 124-131.

- [6] 卞晓东, 万瑞景, 金显仕, 等. 近30年渤海鱼类种群早期补充群体群聚特性和结构更替[J]. 渔业科学进展, 2018, 39(2): 1-15.
- [7] 钟海波, 王亲波, 杜文峰, 等. 长山列岛湿地现状与功能恢复的探讨[J]. 山东林业科技, 2010, 40(2): 120-122, 28.
- [8] 陈新军, 周应祺. 论渔业资源的可持续利用[J]. 资源科学, 2001, 23(2): 70-74.
- [9] LUCEY S M, AYDIN K Y, GAICHAS S K, et al. Evaluating fishery management strategies using an ecosystem model as an operating model [J]. Fisheries Research, 2021, 234: 105780. DOI: 10. 1016/J. FISHRES. 2020. 105780.
- [10] DELL'APA A, KILBORN J P, HARFORD W J. Advancing ecosystem management strategies for the Gulf of Mexico's fisheries resources: Implications for the development of a fishery ecosystem plan [J]. Bulletin of Marine Science, 2020, 96(4): 617-640.
- [11] SURMA S, PITCHER T J, KUMAR R, et al. Herring supports Northeast Pacific predators and fisheries: Insights from ecosystem modelling and management strategy evaluation [J]. PLoS ONE, 2018, 13(7): 0196307. DOI: 10. 1371/journal. pone. 0196307.
- [12] SINHA S, BANERJEE A, RAKSHIT N, et al. Importance of benthic-pelagic coupling in food-web interactions of Kakinada Bay, India [J]. Ecological Informatics, 2020, 61: 101208. DOI: 10. 1016/J. ECOINF. 2020. 101208.
- [13] HALL S J, DUGAN P, ALLISON E H, et al. The end of the line: Who is most at risk from the crisis in global fisheries? [J]. AMBIO, 2010, 39(1): 78-80.
- [14] JACKSON J B C, KIRBY M X, BERGER W H, et al. Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems [J]. Science, 2001, 293(5530): 629-637.
- [15] DÍAZ PAULI B. Fisheries-induced evolution [J]. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics, 2015, 46: 461-480.
- [16] HUTCHINGS J, FRASER D. The nature of fishing- and farming-induced evolution [J]. Molecular Ecology, 2008, 17: 294-313.
- [17] WALSH M R, MUNCH S B, CHIBA S, et al. Maladaptive changes in multiple traits caused by fishing: Impediments to population recovery [J]. Ecology Letters, 2006, 9(2): 142-148.
- [18] BOONSTRA W, HANH T. Adaptation to climate change as social-ecological trap: A case study of fishing and aquaculture in the Tam Giang Lagoon, Vietnam [J]. Environment Development and Sustainability, 2015, 17(6): 1527-1544.
- [19] BERNATCHEZ L, WELLENREUTHER M, ARANEDA C, et al. Harnessing the power of genomics to secure the future of seafood [J]. Trends in Ecology & Evolution, 2017, 32(9): 665-680.
- [20] BELTON B, LITTLE D, ZHANG W, et al. Farming fish in the sea will not nourish the world [J]. Nature Communications, 2020, 11(1): 5804. DOI: 10. 1038/s41467-020-19679-9.
- [21] 章守宇, 孙宏超. 海藻场生态系统及其工程学研究进展[J]. 应用生态学报, 2007, 18(7): 1647-1653.
- [22] 全为民, 沈新强, 罗民波, 等. 河口地区牡蛎礁的生态功能及恢复措施[J]. 生态学杂志, 2006, 25(10): 1234-1239.
- [23] 杨心愿. 祥云湾海洋牧场人工牡蛎礁群落特征及其生态效应[D]. 北京: 中国科学院大学, 2019.
- [24] COEN L D, DUMBAULD B R, JUDGE M L. Expanding shellfish aquaculture: A review of the ecological services provided by and impacts of native and cultured bivalves in shellfish-dominated ecosystems [M]// SHUMWAY S E. Shellfish Aquaculture and the Environment. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc., 2011.
- [25] 刘媛媛. 枸杞岛贻贝养殖区生态效应及修复策略研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016.
- [26] 赵素芬, 孙会强. 杂色鲍与2种海藻混养效果研究[J]. 水产养殖, 2017, 38(1): 40-46.
- [27] 汤坤贤, 范祥, 李和阳, 等. 南方典型富营养化海区生态修复技术与策略[J]. 应用海洋学学报, 2021, 40(1): 163-169.
- [28] CASTRO J J, SANTIAGO J A, SANTANA-ORTEGA A T. A general theory on fish aggregation to floating objects: An alternative to the meeting point hypothesis [J]. Reviews in Fish Biology & Fisheries, 2002, 11(3): 255-277.
- [29] MORENO G, DAGORN L, CAPELLO M, et al. Fish aggregating devices (FADs) as scientific platforms [J]. Fisheries Research, 2015, 178: 122-129.
- [30] FELSING M, GLENCROSS B, TELFER T. Preliminary study on the effects of exclusion of wild fauna from aquaculture cages in a shallow marine environment [J]. Aquaculture, 2005, 243(1/2/3/4): 159-174.
- [31] ZGÜL A, ANGELS D. Wild fish aggregations around fish farms in the Gulf of Aqaba, Red Sea: Implications for fisheries management and conservation [J]. Aquaculture Environment Interactions, 2013, 4: 135-145.

- [32] TUYA F, SANCHEZ-JEREZ P, DEMPSTER T, et al. Changes in demersal wild fish aggregations beneath a sea-cage fish farm after the cessation of farming [J]. *Journal of Fish Biology*, 2006, 69(3): 682-697.
- [33] WEIR L K, GRANT J W. Effects of aquaculture on wild fish populations: A synthesis of data [J]. *Environmental Reviews*, 2005, 13(4): 145-168.
- [34] HOEGH-GULDBERG O, BRUNO J F. The impact of climate change on the world's marine ecosystems [J]. *Science*, 2010, 328(5985): 1523-1528.
- [35] POLOCZANSKA E S, BROWN C J, SYDEMAN W J, et al. Global imprint of climate change on marine life [J]. *Nature Climate Change*, 2013, 3(10): 919-925.
- [36] PIÑEIRO-CORBEIRA C, BARREIRO R, CREMAD-ES J, et al. Seaweed assemblages under a climate change scenario: Functional responses to temperature of eight intertidal seaweeds match recent abundance shifts [J]. *Scientific Reports*, 2018, 8(1): 12978. DOI: 10.1038/s41598-018-31357-x.
- [37] 李晶晶, 秦松, 刘福利, 等. 全球变化下的海藻学术和应用新趋势[J]. *科学通报*, 2020, 65(5): 334-338.
- [38] PERNET F, BROWMAN H. The future is now: Marine aquaculture in the anthropocene [J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2021, 78(1): 315-322.
- [39] LE GOUVELLO R, HOCHART L-E, LAFFOLEY D, et al. Aquaculture and marine protected areas: Potential opportunities and synergies [J]. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 2017, 27: 138-150.

Discussion on the Sustainable Development of China's Fishery Economy: A Case of Changshan Archipelago

WU Haiyi¹, SONG Zude², WANG Xianlei^{1,3}, TANG Junwei², LIU Kaikai¹, CHI Wendan¹, SONG Jingjing¹, YU Daode¹, GUO Wen¹

(1. Marine Science Research Institute of Shandong Province, Qingdao, Shandong, 266104, China; 2. Marine Economic Promotion Center of Chang Island Marine Ecological Civilization Comprehensive Test Zone, Yantai, Shandong, 265800, China; 3. National Marine Scientific Center (Qingdao), Qingdao, Shandong, 266071, China)

Abstract: Changshan Archipelago (hereinafter referred to as Changdao) is one of the eight archipelagos in China. It is located at the confluence of the Yellow Sea and the Bohai Sea. As the portal of the Bohai Sea, the win-win situation of ecological environmental protection and fishery economic development is of very important strategic significance. In the context of global climate change and the impact of human activities, the marine environmental protection and ecological restoration were taken as the starting point, and the fishery resource management and ecological aquaculture and other issues were focused on to discuss the sustainable development of Changdao fishery economy in a multi-level and multi-dimensional manner. Meanwhile, the fishery development in other similar regions around the world were also compared and analyzed to summarize similarities and differences, and to comprehensively consider ecological sustainability, social value and economic feasibility. It is expected to provide an operable management framework for the fishery of Changdao and even the Bohai Sea, and provide scientific theories that can be used for reference in promoting the construction of marine ecological civilization in China.

Key words: Changshan Archipelago, fishery economy, sustainable development, marine ecological civilization construction

责任编辑: 米慧芝