



“鱼类全生活史”型海洋牧场构建理念与技术

梁振林^{1*}, 郭战胜¹, 姜昭阳¹, 朱立新¹, 孙利元²

(1. 山东大学海洋学院, 山东省生态型人工鱼礁实验中心, 山东 威海 264209;

2. 山东省水生生物资源养护管理中心, 山东 烟台 264003)

摘要: 海洋牧场是一种新型的海洋渔业生产方式, 休闲垂钓型海洋牧场是其重要的组成部分。本文在系统梳理休闲垂钓型海洋牧场研究和产业发展现状的基础上, 针对我国休闲垂钓型海洋牧场成鱼补充量不足的问题, 以“产卵—仔稚鱼—幼鱼—成鱼”为保护链条, 提出构建“鱼类全生活史”型海洋牧场的理念和相关技术, 可在同一海洋牧场区域内完成鱼类全部生活史, 同时可以恢复鱼类资源、增加生物多样性, 为休闲垂钓型海洋牧场建设的发展起到示范作用。“鱼类全生活史”型海洋牧场因休闲垂钓型海洋牧场的构建而提出, 但其理念同样适用于其他生物种类比较集中、能够在海洋牧场区完成其全部生活史或大部分生活史的资源养护型、资源增殖型海洋牧场的构建。

关键词: 休闲垂钓; 鱼类生活史; 海洋牧场; 人工鱼礁; 构建技术

中图分类号:

文献标志码: A

我国是人口大国, 也是海洋大国, 渔业资源丰富, 2018年全国水产品总产量达到6 457.66万t^[1], 渔业总产值逐年稳步上升。虽然成绩斐然, 但是由于长期的过度捕捞、粗放式养殖、栖息地破坏和海洋环境污染等原因, 造成我国海洋环境恶化、养殖生物病害频发、海产品品质下降等问题日趋严重, 传统的海水养殖、捕捞已难以为继, 近海渔业资源面临枯竭的境地^[2]。转变渔业发展方式, 是我国海洋渔业可持续发展亟待探索和解决的问题, 海洋牧场是海洋渔业转型升级的主要发展方向之一, 大力发展海洋牧场不仅可以满足人们日益增长的对海产品的需求, 更是恢复渔业资源、改善海洋生态环境的有效途径^[3]。以山东省许多休闲垂钓型海洋牧场为代表的投礁型海洋牧场, 在快速发展的同时, 也存在着从理念到建设的一些根本性问题, 比如人工鱼礁的结构选型设计和牧场建设主要以诱集鱼类中的成鱼为目标, 缺乏对目标

鱼种的“产卵—仔稚鱼—幼鱼—成鱼”的全生活史保护, 在开钓后牧场区域内鱼类不同规格混杂、数量急剧减少, 造成钓客体验下降、垂钓营业期较短等问题。为了休闲型海洋牧场的可持续性发展, 笔者提出了在海洋牧场有限范围内构建完整鱼类资源保护的“鱼类全生活史型海洋牧场”的构建理念与相关技术。本文结合国内外一些海洋牧场建设的先进经验, 针对“鱼类全生活史”型海洋牧场进行初步解说, 以期为我国现代化海洋牧场的建设和发展提供参考。

1 休闲垂钓型海洋牧场研究和发展现状

1.1 休闲垂钓型海洋牧场发展现状

国外海洋牧场建设比较早, 海洋牧场建设和研究主要集中在日本、美国和韩国, 各国建设的目标也有差异。日本和韩国建设海洋牧场以生境保护和修复、增殖渔业资源为目的, 美

收稿日期: 2020-01-05 修回日期: Sarticle_revised_date

资助项目: 国家自然科学基金(41771544); 国家重点研发计划(2016YFE0205700)

通信作者: 梁振林, E-mail: liangzhenlin@sdu.edu.cn

国建设海洋牧场的目标是增殖保护渔业资源和开发休闲渔业^[4-5]。除此之外,澳洲、欧洲等沿海国家也纷纷投放人工鱼礁、增殖放流,建设海洋牧场^[6-7]。我国海洋牧场建设始于二十世纪70年代末,经过40多年的发展,海洋牧场建设类型呈现多样化,包括增殖型海洋牧场、养护型海洋牧场和休闲型海洋牧场^[8]。

海洋牧场建设是促进滨海生态旅游产业发展的重要途径,除了生态修复,建设海洋牧场有利于休闲渔业的综合开发,休闲渔业是滨海休闲产业的重要业态之一。休闲垂钓型海洋牧场是以休闲垂钓为核心,按照“礁、鱼、船、岸、服”五配套的建设思路,通过资源优化配置和合理利用,实现了一二三产业融合发展,实现了“一条鱼”产生“多条鱼”的价值,创造出了更大的经济和社会效益^[9]。据统计,全球参与休闲垂钓人口占总人口的11.5%,渔获产量约占总产量的12%^[10]。欧洲约有870万休闲海钓者,参与率为1.6%,休闲海钓支出约为58.9亿欧元^[11];美国休闲海钓业发展比较早,已经形成规模化的休闲海钓行业,每年可为国民经济贡献630亿美元的产值^[5];韩国统营海洋牧场自1998年建立以来,截止到2006年,通过休闲海钓累计获利33.325亿韩元^[12]。我国沿海休闲渔业始于二十世纪80年代末,随着经济的快速发展,我国休闲渔业持续快速发展,占渔业经济和渔业第三产业经济总量的比重稳步提升,2018年我国沿海休闲渔业产值约525.16亿元,占休闲渔业总产值的62.55%,海洋垂钓及采集业营业额约40.93亿元,山东、辽宁和广东三省份位居前三^[13]。以山东省为例,从2014年起,按照“投放生态礁、放流恋礁鱼、建造专业船、整治海岸线、完善配套服务”五配套的建设思路,创建了基于海洋牧场的15处省级休闲海钓示范基地,创立了“渔夫垂钓”品牌,“渔夫垂钓”系列赛事已成为国内最有影响力的海钓活动之一,“到山东,有鱼钓”已成为山东滨海旅游的新亮点,带动了海洋休闲旅游等相关产业快速发展^[9]。

鱼类资源作为休闲垂钓型海洋牧场建设成败的关键因素,不仅是重要的旅游资源之一,也是休闲渔业活动质量的判断标准。休闲海钓业的快速发展,对鱼类资源产生许多影响。如美国、加拿大等国家某些地区休闲垂钓渔获量已经超过传统渔业,对近海渔业资源的可持续

发展产生重要影响,长期以往,甚至成为生物种群退化、个体小型化、生物多样性下降等的元凶^[14]。我国休闲海钓渔获量呈持续增长趋势,虽然无法与传统渔业产量相提并论,但是增长速度已经超过传统渔业^[1,14],具有不可忽视的发展态势。虽然目前我国休闲海钓对近海渔业资源尚没有造成太大影响,但是存在着钓场内钓捕量不受约束等问题,对鱼类资源存在潜在的破坏风险。欧美发达国家针对休闲垂钓拥有较为完善的法律体系,比如实行钓鱼证制度,设置禁渔区、禁渔期,对钓具、垂钓种类以及鱼的规格和数量等事项都有详细的规定,以保护渔业资源,避免渔业资源的过度消耗^[15]。目前我国没有针对休闲垂钓型海洋牧场出台相应的法律法规和管理规范,但是沿海很多省份,如山东省先后出台了《山东省休闲海钓管理暂行办法》^[16]、《山东省休闲海钓钓场认定办法(试行)》^[16]和《休闲海钓渔船试点管理暂行办法》^[17],对海域内从事休闲海钓活动的单位和个人明确规定了要求。虽然与欧美日等国家相比,我国在休闲海钓的制度建设方面尚存较大差距,但各级政府也正在借鉴国外休闲垂钓和海洋牧场建设和发展的经验,并根据国情,有序推动我国休闲垂钓型产业快速发展。

1.2 休闲垂钓型海洋牧场研究现状

相对于海洋牧场工程建设如火如荼地开展,休闲垂钓型海洋牧场的理论与工程技术研究相对比较薄弱。目前的研究主要集中在人工鱼礁区休闲海钓效果评价、休闲海钓鱼类相关研究和生态型人工鱼礁设计等方面。

人工鱼礁区休闲海钓效果评价 人工鱼礁主要通过流场效应、生物效应和集鱼效应发挥作用,人工鱼礁投放后恋礁性和趋礁性鱼类丰度会有所增加,驱使休闲海钓爱好者前往礁区进行垂钓。目前人工鱼礁区休闲海钓的效果主要通过调查问卷和录像的方法进行评估^[18]。Keller等^[18-19]先后利用录像和调查问卷研究了悉尼礁区船钓和休闲海钓渔获量,发现礁区休闲海钓人数和渔获量远超过河口区域。Hooper等^[20]利用调查问卷的形式研究英国海上风电场平台附近休闲海钓效果,结果表明,1/4的调查者已经去过风电场附近钓鱼,73%的人没有意愿前往进行海钓。Ramos等^[21]通过录像和直接观察相结合

研究葡萄牙南部休闲海钓影响因素,目标是休闲垂钓者是否偏好前往人工鱼礁区,以及确定环境和经济要素的重要性。

休闲海钓鱼类相关研究 世界各国人工鱼礁区休闲海钓目标鱼类呈现出典型的区域性,如中国主要海钓种类包括鲉科(Scorpaenidae)(许氏平鲉(*Sebastods schlegelii*)、褐菖鲉(*Sebastiscus marmoratus*))、六线鱼科(Hexagrammidae)的大泷六线鱼(*Hexagrammos otakii*)、鲷科(Sparidae)(真鲷(*pagrosomus major*)和黑鲷(*Spondyliosoma cantharus*))、鲷科(Serranidae)(石斑鱼类)等,美国以大口黑鲈(*Micropterus salmonides*)、美国红鱼(*Sciaenops ocellatus*)、黑线鳕(*Melanogrammus aeglefinus*)和鲷科鱼类等为主,欧洲垂钓主要目标物种包括鲷科、鲭科(Scombrida)和鲷科等鱼类。目前对休闲海钓目标鱼类的相关研究主要集中在人工鱼礁诱集效果^[22-24]、摄食生态位^[25-26]和运动行为^[27-28]等。

生态型人工鱼礁设计 我国在海洋牧场建设发展早期,北方沿海主要投放以底播海参、鲍鱼为目的的石头礁和简单混凝土构件礁,南方沿海主要投放以增殖鱼类为目的的箱体型混凝土构件礁^[29]。随着休闲垂钓型海洋牧场的发展,以生态修复、诱集鱼类为目的的不同种类生态型人工鱼礁相关研究逐渐开展。如姜昭阳等^[30-33]对上升流礁、导流板礁和乱流礁进行了设计,并对其进行了数值模拟,这些生态型人工鱼礁礁型不仅能够诱集鱼类,而且具有较好的流场效应和稳定性能显著的优点。

1.3 我国休闲垂钓型海洋牧场存在的问题

品牌缺乏 地域特色明显的休闲垂钓品牌是吸引海内外钓客的重要手段之一。理想情况是,沿海各省份(地域)根据自己的海域环境特点和鱼类资源情况,建立起一系列特色明显的休闲海钓旅游品牌。但现状是仅山东省拥有一个“渔夫垂钓”品牌,其他沿海各地对于休闲垂钓型海洋牧场的开发形式较为单一,短时间内难以形成具有明显地方特色的海钓品牌。即使是山东省的“渔夫垂钓”品牌,在钓场品质、鱼类资源质量等品牌内涵的建设和挖掘上仍然存在较大的提升空间。

海钓体验不理想 这方面的突出问题是,钓场中大小鱼混杂,甚至在很多情况下以

幼鱼或小型鱼类居多,及影响了钓获体验,也对鱼类资源的养护产生不利影响。目前休闲垂钓型海洋牧场建设所投放人工鱼礁的礁型、规格、礁区的布局和规划,基本都是以诱集成鱼为主要考虑因素,鱼类行为等基础研究也都是关于鱼礁集鱼效应及其影响因素,较少涉及对鱼类性腺发育和产卵期、发育早期(鱼卵、仔稚鱼和幼鱼)的生态环境需求,造成垂钓区不同发育阶段的鱼类共存。

海钓营业期短 由于很少按照鱼类不同发育阶段对生态环境的不同需求,对海洋牧场进行分区规划和人工鱼礁设计,实际上迄今为止已建成的海洋牧场,其投放人工鱼礁的种类一般不超过2种。除了造成钓场中大小鱼混杂,海钓体验差以外,还由于大量的幼鱼被过早钓获,钓场缺乏鱼类资源补充基础,造成休闲海钓的营业期短,经济效益差等经营问题,影响了海洋牧场的可持续发展。

2 海洋牧场鱼类生活史特征

2.1 海洋牧场鱼类行为特征

根据鱼类行为特点,人工鱼礁区鱼类可分为3种类型^[34]。I型:身体的某部位或大部分需接触鱼礁的贴礁种类,即恋礁性鱼类;II型:身体不接触鱼礁但在鱼礁周围游泳和海底栖息的趋礁种类,即趋礁性鱼类;III型:在礁体表面以外的中上层空间活动,且通常对礁体并不作出明显反应的洄游种类,即洄游性鱼类。综合文献对我国不同区域鱼类群落结构的调查结果,结合鱼类的生态习性,我国四大海域所分布的海洋牧场中,所分布的三种类型鱼类代表种类合计有79种^[35-50],其中恋礁性鱼类(I型)46种,趋礁性鱼类(II型)27种,洄游性鱼类(III型)7种(表1)。恋礁性鱼类主要以六线鱼科、鲉科、篮子鱼科(Siganidae)、鲷类(包括鲷科、笛鲷科(Lutjanidae)、天竺鲷科(Apogonidae)、石鲷科(Oplegnathidae)等)和鲷科(石斑鱼类)鱼类为主,趋礁性鱼类主要以鲆鲽类和鲷类为主,洄游性鱼类主要以鲹科(Carangidae)和鲭科为主。人工鱼礁区为恋礁性、趋礁性和洄游性鱼类提供良好的栖息、庇护、索饵和产卵场所。我国黄渤海、东海和南海均有各级各类海洋牧场区分布,每个牧场区域内鱼类资源情况也有差异。

表 1 海洋牧场区域不同类型鱼类

Tab. 1 Different types of fish in marine ranching areas

| 类型 type | 科 family | 种 species | |
|---|--|---|--|
| I 型: 恋礁性鱼类 First Type: reef-specialist species | 六线鱼科 Hexagrammidae | 大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i> , 斑头六线鱼 <i>Agrammus agrammus</i> | |
| | 鲈科 Scorpaenidae | 褐菖鲈 <i>Sebastes marmoratus</i> , 许氏平鲈 <i>Sebastes schlegelii</i> , 铠平鲈 <i>Sebastes hubbsi</i> | |
| | 白鲟科 Ephippidae | 白鲟 <i>Ephippus orbis</i> | |
| | 鸡笼鲟科 Drepanidae | 斑点鸡笼鲟 <i>Drepane punctata</i> | |
| | 隆头鱼科 Labridae | 云斑海猪鱼 <i>Halichoeres nigrescens</i> | |
| | 鲷科 Carangidae | 白舌尾甲鲷 <i>Uraspis helvola</i> , 六带鲷 <i>Caranx sexfasciatus</i> , 马拉巴若鲷 <i>Carangoides malabaricus</i> , 及达副叶鲷 <i>Alepes djedaba</i> | |
| | 篮子鱼科 Siganidae | 点篮子鱼 <i>Siganus guttatus</i> , 莹斑篮子鱼 <i>Siganus oramin</i> , 爪哇篮子鱼 <i>anus javus</i> , 刺篮子鱼 <i>Siganus spinus</i> , 褐篮子鱼 <i>Siganus fuscensens</i> | |
| | 锦鲷科 Pholidae | 方氏云鲷 <i>Enedrias fangi</i> | |
| | 金线鱼科 Nemipteridae | 金代齿颌鲷 <i>Gnathodentex aureolineatus</i> , 金钱鱼 <i>Scatophagus argus</i> | |
| | 锥齿鲷科 Pentapodidae | 灰裸顶鲷 <i>Gymnocranius griseus</i> | |
| | 鲷科 Sparidae | 真鲷 <i>pagrosomus major</i> , 黑鲷 <i>Spondylisoma cantharus</i> , 黑棘鲷 <i>Acanthopagrus schlegelii</i> , 灰鳍棘鲷 <i>Acanthopagrus berda</i> , 二长棘鲷 <i>Paerargyrops edita</i> | |
| | 笛鲷科 Lutjanidae | 红鳍笛鲷 <i>Lutjanus erythropterus</i> , 约氏笛鲷 <i>Lutjanus johni</i> , 红笛鲷 <i>Lutjanus sanguineus</i> , 紫红笛鲷 <i>Lutjanus argentimaculatus</i> , 金带笛鲷 <i>Lutjanus vaigiensis</i> , 五带笛鲷 <i>Lutjanus spilurus</i> | |
| | 石鲈科 Pomadasyidae | 横带髭鲷 <i>Hapalogenys analis</i> , 花尾胡椒鲷 <i>Plectorhinchus cinctus</i> | |
| | 石鲷科 Oplegnathidae | 条石鲷 <i>Oplegnathus fasciatus</i> , 斑石鲷 <i>Oplegnathus punctatus</i> | |
| | 大眼鲷科 Priacanthidae | 长尾大眼鲷 <i>Priacanthus tayenus</i> | |
| | 天竺鲷科 Apogonidae | 半线天竺鲷 <i>Apogon semilineatus</i> | |
| | 鲷科 Serranidae | 云纹石斑鱼 <i>Epinephelus moara</i> , 青石斑鱼 <i>Epinephelus awoara</i> , 玳瑁石斑鱼 <i>Epinephelus quoyanus</i> , 赤点石斑鱼 <i>Epinephelus akaara</i> , 宝石石斑鱼 <i>Epinephelus areolatus</i> , 纵带石斑鱼 <i>Epinephelus latifasciatus</i> , 布氏石斑鱼 <i>Epinephelus bleekeri</i> | |
| | II 型: 趋礁性鱼类 Second Type: reef-generlist species | 龙占鱼科 Lethrinidae | 星斑裸颊鲷 <i>Lethrinus nebulosus</i> |
| | | 鲷科 Pleuronectidae | 圆斑星鲷 <i>Verasper variegatus</i> , 石鲷 <i>Platichthys bicoloratus</i> , 星斑川鲷 <i>Platichthys stellatus</i> , 高眼鲷 <i>Cleisthenes herzensteini</i> , 黑光鲷 <i>Liopsetta obscura</i> , 钝吻黄盖鲷 <i>Pseudopleuronectes yokohamae</i> |
| | | 舌鲷科 Cynoglossidae | 短吻舌鲷 <i>Cynoglossus abbreviatus</i> , 焦氏舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i> , 宽体舌鲷 <i>Cynoglossus robustus</i> , 半滑舌鲷 <i>Cynoglossus semilaevis</i> |
| 牙鲆科 Paralichthyidae | | 褐牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i> , 桂皮斑鲆 <i>Pseudorhombus cinnamomeus</i> | |
| 康吉鳗科 Congridae | | 星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i> | |
| 海鲷科 Embiotocidae | | 五带豆娘鱼 <i>Abudefduf vaigiensis</i> | |
| 海鲷科 Ariidae | | 中华海鲷 <i>Arius sinensis</i> | |
| 石首鱼科 Sciaenidae | | 白姑鱼 <i>Argyrosomus argentatus</i> , 黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i> | |
| 鲂鲷科 Triglidae | | 短鳍红娘鱼 <i>Lepidotrigla micropterus</i> | |
| 狗母鱼科 Synodontidae | | 长蛇鲷 <i>Saurida elongata</i> , 多齿蛇鲷 <i>Saurida tumbil</i> , 花斑蛇鲷 <i>Saurida undosquamis</i> | |
| 合齿鱼科 Synodontidae | | 龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i> | |
| 鲷科 Rajidae | | 孔鲷 <i>Raja porosa</i> | |
| 鰕虎鱼科 Gobiidae | | 钟馗虾虎鱼 <i>Triaenopogon barbatus</i> , 舌虾虎鱼 <i>Glossogobius giurinus</i> , 栉虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i> , 矛尾刺虾虎鱼 <i>Chaeturichthys stigmatias</i> | |
| III 型: 洄游性鱼类 Third type: immigrant species | | 海鲷科 Muraenesocidae | 海鲷 <i>Muraenesox cinereus</i> |
| | | 狼鲈科 Moronidae | 花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i> |
| | 鲭科 Scombridae | 日本鲭 <i>Scomber japonicus</i> , 蓝点马鲛 <i>Scomberomorus niphonius</i> | |
| | 石首鱼科 Sciaenidae | 黄唇鱼 <i>Bahaba flavolabiata</i> | |
| | 鲷科 Engraulidae | 赤鼻棱鲷 <i>Thryssa kammalensis</i> | |
| 鲷科 Carangidae | 五条鲷 <i>Seriola quinqueradiata</i> | | |

注: 许多文献把花鲈归为鲷科, 本文参照相关鱼类分类学文献, 将其归为狼鲈科

Notes: Many literatures classified *L. japonicus* into Serranidae, and we classified it into Moronidae with reference to related taxonomic literatures in this paper

海洋牧场按照地理区分,可分为长江以北的温带海洋牧场、长江以南至海南岛以北的亚热带海洋牧场和海南岛以南的热带海洋牧场。其中温带海洋牧场的鱼类分布以“物种数量少,单物种生物量大”为特征,并以恋礁型鱼类(I型)居多,主要分布物种有鲷科的许氏平鲷、六线鱼科的大泷六线鱼等,季节性种类有花鲈(*Lateolabrax japonicus*)和蓝点马鲛(*Scomberomorus niphonius*)等。亚热带海洋牧场以鲷科和鲈科石斑鱼类为主。热带海洋牧场以珊瑚礁鱼类为主,如鲹科、金线鱼科鱼类。

2.2 海洋牧场鱼类生活史特征

鱼类整个生活史过程包括受精卵、仔稚鱼、幼鱼和成鱼等几个阶段。鱼类在不同的发育阶段往往需要不同的生活环境(包括水温、盐度、饵料生物、栖息空间等)。一般而言,在上述的三种类型鱼类中,I型和II型鱼类对生活环境的要求范围较宽泛,因而定居性较强,是海洋牧场的主要栖息鱼类。虽然某些II型鱼类,如星康吉鳗,在一生之中需要长距离的生殖洄游,但至少在其幼鱼到性成熟前的数年间,具有较强的定居性。III型鱼类对生活环境的要求较苛刻,且随着生活史阶段的不同而有较大的变化幅度,所以往往都需要进行较长距离的洄游,来满足某生活史阶段的需求。该型鱼类是海洋牧场的过客,只在某特定时间访问海洋牧场区域。但无论哪种类型,绝大多数的这些鱼类都会在繁殖季节在沿岸水域选择适宜的场所(如海藻场、岩礁区、近海内湾等)进行产卵或产仔(如某些卵胎生的鲷科鱼类)。受精卵孵化后,进入浮游幼体阶段,当鱼类能够自主游动后,或继续岩礁区生活^[51],或开始新生命周期的洄游生活^[52]。随着年龄的增长,I型和II型鱼类的栖息的水深会有所增加,III型鱼类则由近岸向外海移动。但即使生态习性相近的同一类型鱼类,其对生存环境的需求也不能一概而论。例如:六线鱼属内不同六线鱼喜好的生活环境在空间上有所不同,斑头六线鱼和叉线六线鱼喜生活在海草丰富的浅水海域,而大泷六线鱼则喜生活在深水岩礁区^[53]。总之,全面了解牧场区域鱼类生活史时空格局特征,包括鱼类的发育过程、有关生理学和行为、生长率和死亡率、栖息环境、生态位、资源量评估等,对

评估海洋牧场建设的效果和鱼类资源动态变化具有重要意义。

2.3 我国休闲垂钓型海洋牧场建设实践与鱼类生活史的矛盾

目前影响我国海洋牧场区域鱼类生活史过程主要因素有以下三个方面:

(1) 产卵场遭到破坏或不完善。在沿岸海域,海藻场是绝大多数恋礁性、趋礁性、洄游性鱼类及头足类的产卵场。但是随着海洋环境的恶化及过度开发,海底荒漠化程度严重,很多传统经济动物的产卵场遭到破坏,沿岸海水的浑浊度较高,海藻场或海草床的种植和修复难以大规模实现。

(2) 忽视仔稚鱼和幼鱼保护问题。我国现阶段的人工鱼礁区建设,投放的主要以石块礁、小型混凝土构件礁、沉船礁为主。对于石块礁、小型混凝土构件礁形成的生物群落,主要以刺参增殖、藻类附着、聚集仔稚鱼为主。而对于沉船礁等大型构件礁,主要以聚集成鱼为主。这样也就使得鱼卵在从藻场孵化成为仔稚鱼之后,向深水岩礁区或者大型构件礁的人工鱼礁区过渡时,其面临着极大的生存压力。而这部分鱼类过早被钓获,实际上造成了海洋牧场区的“生长型过度捕捞”。因此,非常有必要在鱼类从仔稚鱼向成鱼成长过程中的幼鱼阶段,为其提供一个生存空间。

(3) 缺乏成鱼的保护。目前休闲垂钓型海洋牧场所投放人工鱼礁的礁型、规格、礁区的布局 and 规划,基本都是以诱集成鱼为主要考虑因素,长期无节制、无保护措施的海钓行为,除了导致海洋牧场成鱼数量急剧减少,影响当年的海钓营业期以外,还会造成翌年鱼类繁殖亲体数量不足,形成“补充型过度捕捞”,对海洋牧场的可持续发展极为不利。所以,海洋牧场区的鱼类成鱼,不仅是钓获对象,也应该是保护对象。

3 “鱼类全生活史”型海洋牧场理念与构建技术

“鱼类全生活史”型海洋牧场的基本理念是为了实现休闲垂钓型海洋牧场的绿色可持续性发展,根据鱼类生活史不同发育阶段的生态习性,在同一海洋牧场范围内同时为鱼类提供产

卵、仔稚鱼培育、幼鱼成长和成鱼庇护等栖息场所,以便为钓场提供持续不断的成鱼资源供给,增加钓客体验,延长钓鱼营业期。

3.1 鱼类生活史不同阶段的人工鱼礁

产卵保护礁 根据沿海常见鱼类早期生活史的生物学特征,以海岸线为基础,在水深4~6m的海域构建以海草床为主的海中林型产卵保护礁。①在海水透光性较好区域,投放藻礁,增殖或移植大型藻类^[54]。②在沿岸浑浊度较高的水域,海藻场或海草床的种植和修复难以大规模实现。利用麻、纤维等材料密度小且有一定粘附性能的特点制作成人工模拟海藻,在框架型主骨架的基础上挂设若干人工模拟海藻,投放后在海底形成类似海底森林的形状,不但非常有利于岩礁性、洄游性鱼类黏性卵的附着,不受外界因素的侵扰,也可为岩礁性、洄游性鱼类的仔稚鱼提供庇护场所^[55]。

幼鱼培育礁 根据海洋牧场主要岩礁性鱼类生态特点,在水深10~15 m,主要通过鱼礁内部空间和内外通道等的针对性设计,构建仅适宜幼鱼栖息,而不适合成鱼栖息和垂钓的综合培育型人工鱼礁。同时,礁体主框架上部和内部悬挂附着基,附着基有助于贝类附着和藻类生长,可清洁局部海域的水质^[56]。

成鱼藏鱼礁 针对主要垂钓鱼类成鱼的生态习性,从遮蔽效果、内部空间大小和复杂性要素入手,构建以内部空间大且易藏大量成鱼、外缘复杂且不利于钓获为特征的藏鱼礁,如开口较小的集装箱、公交车等礁型。如前所述,成鱼藏鱼礁所聚集的鱼类,除了通过扩散效应为钓场提供成鱼资源以外,也是维持翌年鱼类繁殖群体数量的重要保障。

成鱼集鱼礁(钓鱼礁) 与成鱼藏鱼礁不同,钓场区人工鱼礁应不以大量诱集鱼类栖息为主要功能,具备一定的诱集成鱼功能,对幼鱼的诱集能力较差,同时具有较大的开放空间。根据鱼类行为学的既往认知,小尺度的鱼礁,或者内部结构复杂、空间狭窄的鱼礁更容易诱集小型鱼类或大型鱼类的幼鱼^[57],可以选择主尺度在2 m以上、结构简单的大型混凝土构件礁、敞开式船型礁等对成鱼进行聚集,在水深20 m及以上范围内形成成鱼钓获资源丰富的海钓钓场,满足日益增长的休闲海钓产业对大量成

鱼资源的需求^[58]。

3.2 “鱼类全生活史”型海洋牧场体系构建

针对休闲垂钓型海洋牧场中成鱼补充来源不足的难题,在同一海洋牧场区域内,根据岩礁性、洄游性鱼类不同发育阶段生物学习性和休闲海钓的目的,在不同水深分别投放产卵保护礁、幼鱼培育礁、成鱼藏鱼礁和成鱼集鱼礁,为岩礁性、洄游性鱼类提供产卵、仔稚鱼培育、幼鱼成长和成鱼栖息的场所。调节鱼类各个生活史阶段的栖息容量,达到各世代间的数量平衡。从而能够为海洋牧场区休闲垂钓行业持续提供充足的、大量的成鱼资源,有效解决我国休闲海钓行业成鱼数量不足、钓场规格混杂、钓场营业期短、产业发展受限等问题。

由于牧场内生物如部分底栖生物、礁体附着生物和浮游生物是鱼类的饵料,是集鱼、诱鱼的主要生物环境因子之一,其种类组成、数量变化直接影响海洋牧场的生态效应,在构建“鱼类全生活史”型海洋牧场同时,有必要进行生物群落跟踪调查,实时了解牧场区域内生物多样性状况,一旦出现问题,及时提出解决方案。同时,为实现“鱼类全生活史”型海洋牧场的全链条布局,构建海洋牧场环境要素多参数智能检测系统,建立从监测、预警和管理的综合保障体系,实现海洋牧场水面和海水环境要素的自动采集,建立完善的效果评价技术,在发生异常情况前能够及时进行预判、预报^[59]。

“鱼类全生活史”型海洋牧场的构建离不开理论研究作为支撑,除了继续进行对海洋牧场已开展的相关研究,如人工鱼礁集鱼效果评价^[60]、海洋牧场生物群落结构特征^[49]和海洋牧场鱼类的年龄组成^[61-63]、遗传多样性^[6, 64-65]和胃含物组成^[25-26, 66-67]等,针对鱼类全生活史型海洋牧场构建的特点,还需进行以下几个方面的研究:①鱼类各生活史阶段的环境需求与行为生态学的细致研究,以便为相应的人工鱼礁设计和布局提供理论支撑。②为达到各生态功能区之间生物量平衡的目的,需要进行鱼类全生活史生态能流评估技术研究,精确评估休闲海钓鱼类不同发育阶段能量流动变化趋势,以及不同生态位之间的能量传递路径和通量,为海洋牧场区内各生态功能区的鱼类生态容量评估和区域规划提供理论支撑;③海洋牧场区鱼类资源评

估理论与技术研究。这是一个难点,迄今为止的一些评估技术,与广域的渔业资源调查与评估相比,无论是理论支撑或是取样技术,很难说有什么突破,还需要进一步从理论和技术两方面进行探索;④进行人工鱼礁生物耦合研究,探究海洋牧场区人工鱼礁、环境和生物的相互作用和内在机制;⑤由于休闲垂钓型海洋牧场的渔获物主要为钓客自主消费,极少流入市场,其渔获物的消费过程一旦出现问题,很可能严重影响该行业的健康发展。所以除了海洋牧场构建本身的技术因素以外,还需要关注渔获物体内重金属含量、寄生虫和疾病等状况,包括对人类海上排泄排废进行无害化处理,严格防控海洋牧场外源污染等。另外还可以研发海洋牧场休闲海钓目标鱼类品质快速检测技术,为休闲海钓者提供放心美味的渔获物。

在满足基础条件的基础上,“鱼类全生活史”型海洋牧场体系建设需要各级各部门的管理措施保驾护航,主要包括国家和地方政府、海洋牧场实际运营者和休闲海钓爱好者三个层面。①国家和地方政府:虽然从国家到地方政府先后出台了休闲海钓和海洋牧场的相关管理办法,但都是管理其资格申报和动态考核等方面,至今未出台相关的法律法规严格约束企业和个人行为,国家和地方政府在现有管理办法的基础上,学习欧美各国对渔业资源保护的措施,进一步出台法律法规和管理办法对海洋牧场运营过程中出现严重损害渔业资源可持续发展的行为进行处罚。②海洋牧场实际运营者:目前我国海洋牧场实际运营者基本都是以企业为主,企业在建设“鱼类全生活史”型海洋牧场同时,应该制定海洋牧场运营管理章程,设立休闲海钓海域范围,仅限于海钓者在成鱼集鱼礁附近活动,使鱼类在非钓区较好的生长,同时,企业应该注重牧场区域渔业资源的可持续性,切忌为了追求经济利益超负荷运营。③休闲海钓爱好者:作为休闲海钓的直接参与者,海钓者应该严格要求自己,我国海洋牧场渔业资源需要大家共同保护,在增加海钓美好体验的同时,把握好海钓鱼类的尺寸和数量。

4 展望

目前,中国海洋经济进入快车道,海洋牧场建设是实现海洋经济可持续发展的重要手

段。虽然我国海洋牧场建设取得了一定的成绩,但是基础研究薄弱,凸显的问题还是很多。海洋牧场是一个多学科交叉融合的大工程,需要不同学科、不同科研单位以及政校企多方联合,聚焦重大的科学问题,突破关键技术瓶颈,实现海洋牧场从理念到技术、装备及管理的整体现代化。“鱼类全生活史”型海洋牧场的构建理念,综合考虑了海洋环境保护、生态修复、生物资源养护和休闲娱乐等多方面,可为未来海洋牧场发展提供示范和参考。

我国北方地区大规模构建的休闲垂钓型海洋牧场,主要垂钓目标鱼种只有土著的许氏平鲷、大泷六线鱼等几个种类,另外加上季节洄游性的花鲈、蓝点马鲛等。由于土著的许氏平鲷、大泷六线鱼等基本上可在一个海洋牧场区完成其全部生活史,因而提出了“鱼类全生活史”保护为理念的休闲垂钓型海洋牧场的构建设想,这一理念同样适用于其他生物种类比较集中、能够在海洋牧场区完成其全部生活史或大部分生活史的资源养护型、资源增殖型等其他类型的海洋牧场构建。

参考文献:

- [1] 农业农村部渔业渔政管理局,全国水产技术推广总站,中国水产学会. 2019年中国渔业统计年鉴[M]. 北京:中国农业出版社,2019.
Fisheries and Fisheries Administration Bureau of Ministry of Agriculture and Rural Affairs, National Fisheries Technology Extension Center, China Society of Fisheries. China Fisheries Statistical Yearbook 2019[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2019(in Chinese).
- [2] 张国胜,陈勇,张沛东,等. 中国海域建设海洋牧场的意义及可行性[J]. 大连水产学院学报, 2003, 18(2): 141-144.
Zhang G S, Chen Y, Zhang P D, *et al.* Significance and feasibility of establishing marine ranching in Chinese sea area[J]. Journal of Dalian Fisheries University, 2003, 18(2): 141-144(in Chinese).
- [3] 章守宇,周曦杰,王凯,等. 蓝色增长背景下的海洋生物生态城市化设想与海洋牧场建设关键技术研究综述[J]. 水产学报, 2019, 43(1): 81-96.
Zhang S Y, Zhou X J, Wang K, *et al.* Review of marine livestock ecological urbanization hypothesis and marine ranching construction key-technology against blue

- growth background[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2019, 43(1): 81-96(in Chinese).
- [4] 博采众长: 国外海洋牧场建设经验借赏[J]. *中国农村科技*, 2018(4): 56-57.
- Absorbing: Borrowing foreign experience in marine ranching construction[J]. *China Rural Science & Technology*, 2018(4): 56-57(in Chinese).
- [5] 鲍洪彤, 徐启春, 鲍柯. 美国海洋休闲垂钓状况调查及启示[J]. *中国海洋经济*, 2019(1): 189-200.
- Bao H T, Xu Q C, Bao K. A survey of marine recreational fishing in the United States and Its Implications[J]. *Marine Economy in China*, 2019(1): 189-200(in Chinese).
- [6] Kitada S. Economic, ecological and genetic impacts of marine stock enhancement and sea ranching: A systematic review[J]. *Fish and Fisheries*, 2018, 19(3): 511-532.
- [7] Loneragan N R, Jenkins G I, Taylor M D. Marine stock enhancement, restocking, and sea ranching in Australia: Future directions and a synthesis of two decades of research and development[J]. *Reviews in Fisheries Science*, 2013, 21(3-4): 222-236.
- [8] 中华人民共和国农业部. SC/T 9111-2017海洋牧场分类[S]. 北京: 中国标准出版社, 2017.
- The Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. SC/T 9111-2017 Classification of marine ranching[S]. Beijing: China Standards Press, 2017(in Chinese).
- [9] 耕耘蓝色国土推动绿色发展-全国海洋牧场建设典型经验交流[J]. *中国水产*, 2018(11): 4-10.
- Cultivating blue land and promoting green development: Typical experience exchanges of national marine ranching Construction[J]. *China Fisheries*, 2018(11): 4-10(in Chinese).
- [10] Arlinghaus R, Tillner R, Bork M. Explaining participation rates in recreational fishing across industrialised countries[J]. *Fisheries Management and Ecology*, 2015, 22(1): 45-55.
- [11] Hyder K, Weltersbach M S, Armstrong M, *et al.* Recreational sea fishing in Europe in a global context - Participation rates, fishing effort, expenditure, and implications for monitoring and assessment[J]. *Fish and Fisheries*, 2018, 19(2): 225-243.
- [12] Pyo H D. Assessing the economic feasibility of a marine ranching project in Tongyoung[J]. *Ocean and Polar Research*, 2009, 31(4): 305-318.
- [13] 速读《中国休闲渔业发展监测报告(2019)》[J]. *中国水产*, 2019(11): 21.
- Quickly reading 《Leisure fishery development monitoring report of China (2019)》[J]. *China Fisheries*, 2019(11): 121(in Chinese).
- [14] 张广海, 张震. 渔业资源视角下中国沿海休闲渔业发展研究[J]. *中国渔业经济*, 2019, 37(3): 34-42.
- Zhang G H, Zhang Z. Research on the development of recreational fisheries in the coastal regions of China from the perspective of fishery resources[J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2019, 37(3): 34-42(in Chinese).
- [15] 张震. 基于海洋牧场建设的休闲渔业开发研究[D]. 青岛: 中国海洋大学, 2015.
- Zhang Z. Research on the development of recreational fishery based on the construction of marine ranching[D]. Qingdao: Ocean University of China, 2015(in Chinese).
- [16] 山东省海洋与渔业厅. 山东省海洋与渔业厅关于印发《山东省休闲海钓管理暂行办法》、《山东省休闲海钓钓场认定办法(试行)》的通知[EB/OL]. 鲁海渔函[2013] 614号, (2013-12-31). http://hyj.shandong.gov.cn/zwgk/jfwj/201401/t20140102_594526.html.
- Shandong Provincial Department of Ocean and Fishery. Notice of Shandong Provincial Department of Ocean and Fishery on printing and distributing the Interim measures of Shandong province for the management of recreational sea fishing and the Measures of Shandong province for identification of recreational sea fishing grounds (trial)[EB/OL]. 2013, NO.614, (2013-12-31). http://hyj.shandong.gov.cn/zwgk/jfwj/201401/t20140102_594526.html (in Chinese).
- [17] 山东省海洋与渔业厅. 山东省海洋与渔业厅关于印发《休闲海钓渔船试点管理暂行办法》和《海洋牧场平台试点管理暂行办法》的通知[EB/OL]. 鲁海渔[2017] 84号, (2017-08-18). http://www.shandong.gov.cn/art/2017/9/5/art_2259_27061.html.
- Shandong Provincial Department of Ocean and Fishery. Notice of Shandong Provincial Department of Ocean and Fishery on printing and distributing the Interim measures for the trial management of recreational sea-fishing boats and the Interim measures for the pilot management of Marine ranching platforms[EB/OL]. 2017, NO.84, (2017-08-18). http://www.shandong.gov.cn/art/2017/9/5/art_2259_27061.html (in Chinese).

- [18] Keller K, Steffe A S, Lowry M, *et al.* Monitoring boat-based recreational fishing effort at a nearshore artificial reef with a shore-based camera[J]. *Fisheries Research*, 2016, 181: 84-92.
- [19] Keller K, Steffe A S, Lowry M B, *et al.* Estimating the recreational harvest of fish from a nearshore designed artificial reef using a pragmatic approach[J]. *Fisheries Research*, 2017, 187: 158-167.
- [20] Hooper T, Hattam C, Austen M. Recreational use of offshore wind farms: Experiences and opinions of sea anglers in the UK[J]. *Marine Policy*, 2017, 78: 55-60.
- [21] Ramos J, Santos M N. Facilitating fishing decisions in an artificial reef area off southern Portugal: A case study using generalized additive models[J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 2015, 31(S3): 24-34.
- [22] 刘鸿雁, 吕洪斌, 张沛东, 等. 人工鱼礁模型和大型海藻对许氏平鲈和大泷六线鱼幼鱼的诱集作用[J]. *水产学报*, 2018, 42(1): 48-59.
- Liu H Y, Lv H B, Zhang P D, *et al.* Attraction effect of artificial reef model and macroalgae on juvenile *Sebastes schlegelii* and *Hexagrammos otakii*[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2018, 42(1): 48-59(in Chinese).
- [23] Davis T R, Smith S D A. Proximity effects of natural and artificial reef walls on fish assemblages[J]. *Regional Studies in Marine Science*, 2017, 9: 17-23.
- [24] Granneman J E, Steele M A. Effects of reef attributes on fish assemblage similarity between artificial and natural reefs[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2015, 72(8): 2385-2397.
- [25] 盖珊珊, 赵文溪, 宋静静, 等. 小黑山岛人工鱼礁区许氏平鲈和大泷六线鱼的营养生态位研究[J]. *生态学报*, 2019, 39(18): 6923-6931.
- Gai S S, Zhao W X, Song J J, *et al.* Study on trophic niches of *Sebastes schlegelii* and *Hexagrammos otakii* in the artificial reef area of Xiaoheishan Island[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 39(18): 6923-6931(in Chinese).
- [26] Wu Z X, Zhang X M, Dromard C R, *et al.* Partitioning of food resources among three sympatric scorpionfish (*Scorpaeniformes*) in coastal waters of the northern Yellow Sea[J]. *Hydrobiologia*, 2019, 826(1): 331-351.
- [27] Froehlich C Y M, Garcia A, Kline R J. Daily movement patterns of red snapper (*Lutjanus campechanus*) on a large artificial reef[J]. *Fisheries Research*, 2019, 209: 49-57.
- [28] Williams-Grove L J, Szedlmayer S T. Depth preferences and three-dimensional movements of red snapper, *Lutjanus campechanus*, on an artificial reef in the northern Gulf of Mexico[J]. *Fisheries Research*, 2017, 190: 61-70.
- [29] 姜昭阳, 郭战胜, 朱立新, 等. 人工鱼礁结构设计原理与研究进展[J]. *水产学报*, 2019, 43(9): 1881-1889.
- Jiang Z Y, Guo Z S, Zhu L X, *et al.* Structural design principle and research progress of artificial reef[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2019, 43(9): 1881-1889(in Chinese).
- [30] 姜昭阳, 梁振林. 一种上升流式人工鱼礁: 中国, 201510001246.5[P]. 2015-04-22.
- Jiang Z Y, Liang Z L. Rising streaming artificial fish reef: CN, 201510001246.5[P]. 2015-04-22(in Chinese)
- [31] Jiang Z Y, Liang Z L, Tang Y L. Numerical analysis of the effect of an inner structure of a cubic frame reef on flow field[J]. *Marine Technology Society Journal*, 2019, 53(2): 83-92.
- [32] 姜昭阳, 梁振林, 刘扬. 一种乱流式人工鱼礁: 中国, 201510261882.1[P]. 2015-08-19.
- Jiang Z Y, Liang Z L, Liu Y. Turbulence artificial reef: CN, 201510261882.1[P]. 2015-08-19(in Chinese).
- [33] Jiang Z Y, Liang Z L, Zhu L X, *et al.* Numerical simulation of effect of guide plate on flow field of artificial reef[J]. *Ocean Engineering*, 2016, 116: 236-241.
- [34] Nakamura M. Evolution of artificial fishing reef concepts in Japan[J]. *Bulletin of Marine Science*, 1985, 37(1): 271-278.
- [35] Wu Z X, Zhang X M, Lozano-Montes H M, *et al.* Trophic flows, kelp culture and fisheries in the marine ecosystem of an artificial reef zone in the Yellow Sea[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2016, 182: 86-97.
- [36] Sun P, Liu X Z, Tang Y L, *et al.* The bio-economic effects of artificial reefs: Mixed evidence from Shandong, China[J]. *ICES Journal of Marine Science*, 2017, 74(8): 2239-2248.
- [37] 王志超, 陈国宝, 曾雷, 等. 防城港人工礁区内5种恋礁鱼类的声学标志跟踪[J]. *中国水产科学*, 2019, 26(1): 53-62.
- Wang Z C, Chen G B, Zeng L, *et al.* Exploration of 5 species of rock fishes in the Fangchenggang artificial reef area using ultrasonic biotelemetry[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, 26(1): 53-62(in Chinese).

- [38] 孙习武, 张硕, 赵裕青, 等. 海州湾人工鱼礁海域鱼类和大型无脊椎动物群落组成及结构特征[J]. 上海海洋大学学报, 2010, 19(4): 505-513.
Sun X W, Zhang S, Zhao Y Q, *et al.* Community structure of fish and macroinvertebrates in the artificial reef sea area of Haizhou Bay[J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2010, 19(4): 505-513(in Chinese).
- [39] 方光杰, 孙利元, 唐衍力, 等. 基于刺网和地笼渔获物的人工鱼礁区资源丰度比较研究[J]. 中国海洋大学学报, 2018, 48(S1): 23-33.
Fang G J, Sun L Y, Tang Y L, *et al.* A comparative study on fishery resource of artificial reefs based on gillnet and cage catches[J]. Periodical of Ocean University of China, 2018, 48(S1): 23-33(in Chinese).
- [40] 曾雷, 唐振朝, 贾晓平, 等. 人工鱼礁对防城港海域小型岩礁性鱼类诱集效果研究[J]. 中国水产科学, 2019, 26(4): 783-795.
Zeng L, Tang Z Z, Jia X P, *et al.* Study on the trapping effect of artificial reefs on small reef fishes in Fangchenggang Gulf[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2019, 26(4): 783-795(in Chinese).
- [41] 徐浩, 曾晓起, 顾炎斌, 等. 人工鱼礁对山东莱州朱旺港海区游泳动物的群落结构及季节变化的影响[J]. 中国海洋大学学报, 2012, 42(5): 47-54.
Xu H, Zeng X Q, Gu Y B, *et al.* The effect of artificial reefs on the community structure and seasonal variation of Nektons in Zhuwang harbor, Laizhou, Shandong[J]. Periodical of Ocean University of China, 2012, 42(5): 47-54(in Chinese).
- [42] 董天威, 黄六一, 唐衍力, 等. 日照前三岛人工鱼礁对渔业资源影响的初步评价[J]. 中国海洋大学学报, 2015, 45(8): 38-45.
Dong T W, Huang L Y, Tang Y L, *et al.* Preliminary evaluation of artificial reef around Rizhao Qiansan island on the enhancement of fishery resources[J]. Periodical of Ocean University of China, 2015, 45(8): 38-45(in Chinese).
- [43] 汪振华, 章守宇, 王凯, 等. 三横山人工鱼礁区鱼类和大型无脊椎动物诱集效果初探[J]. 水产学报, 2010, 34(5): 751-759.
Wang Z H, Zhang S Y, Wang K, *et al.* A preliminary study on fish and macroinvertebrate enhancement in artificial reef area around Sanheng Isle, Shengsi, China[J]. Journal of Fisheries of China, 2010, 34(5): 751-759(in Chinese).
- [44] 汪振华, 章守宇, 王凯. 三横山鱼礁生境鱼类和大型无脊椎动物群落特征[J]. 生态学报, 2010, 30(8): 2026-2035.
Wang Z H, Zhang S Y, Wang K. Fish and macroinvertebrates community structure in artificial habitat around Sanheng Isle, Shengsi, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2010, 30(8): 2026-2035(in Chinese).
- [45] 赵静, 章守宇, 汪振华, 等. 嵊泗人工鱼礁海域鱼类和大型无脊椎动物群落结构特征[J]. 中国水产科学, 2010, 17(5): 1045-1056.
Zhao J, Zhang S Y, Wang Z H, *et al.* Analysis on community structure and diversity of fish and macroinvertebrate in Shengsi artificial reef area[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(5): 1045-1056(in Chinese).
- [46] 于晴, 唐衍力. 威海西港人工鱼礁区鱼类和大型无脊椎动物群聚特征[J]. 渔业现代化, 2015, 42(3): 65-72.
Yu Q, Tang Y L. Analysis on community structure and diversity of fish and macroinvertebrates in artificial reef area around Xigang, Weihai[J]. Fishery Modernization, 2015, 42(3): 65-72(in Chinese).
- [47] 王新萌, 唐衍力, 孙晓梅, 等. 威海小石岛人工鱼礁海域渔获物群落结构特征及其与环境因子相关性[J]. 海洋科学, 2016, 40(11): 34-43.
Wang X M, Tang Y L, Sun X M, *et al.* Catch community structure characteristics and their relationships with environmental factors in the Xiao Shidao artificial-reef sea area of Weihai[J]. Marine Sciences, 2016, 40(11): 34-43(in Chinese).
- [48] 贾晓平, 陈丕茂, 唐振朝, 等. 人工鱼礁关键技术研究 与示范[M]. 北京: 海洋出版社, 2011.
Jia X P, Chen P M, Tang Z C, *et al.* Research and Demonstration on the Key Technologies of Artificial Reef[M]. Beijing: China Ocean Press, 2011(in Chinese).
- [49] 陈丕茂, 秦传新, 舒黎明. 珠江口人工鱼礁场生态效应 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2018.
Chen P M, Qin C X, Shu L M. The Ecological Effects of Artificial Reefs in the Pearl River Estuary[M]. Beijing: China Agriculture Press, 2018(in Chinese).
- [50] 陈丕茂, 袁华荣, 贾晓平, 等. 大亚湾杨梅坑人工鱼礁区渔业资源变动初步研究[J]. 南方水产科学, 2013, 9(5): 100-108.
Chen P M, Yuan H R, Jia X P, *et al.* Changes in fishery resources of Yangmeikeng artificial reef area in Daya
中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

- Bay[J]. *South China Fisheries Science*, 2013, 9(5): 100-108(in Chinese).
- [51] Stallings C D, Wall K R, Simard P, *et al.* Integrating basic and applied ecology using paired artificial-natural reef systems[R]. Florida: Florida Artificial Reef Summit, 2015.
- [52] 集美水产学校. 鱼类学与海洋经济动物[M]. 北京: 中国农业出版社, 1993.
- Jimei Fisheries School. Ichthyology and marine economic animals[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1993(in Chinese).
- [53] 段妍, 董婧, 李梦遥. 六线鱼属鱼类繁殖行为学研究进展[J]. 水产科学, 2015, 34(11): 726-732.
- Duan Y, Dong J, Li M Y. Research Progress in Reproductive Behavior of greenlings (Hexagrammida: *Hexagrammos*)[J]. *Fisheries Science*, 2015, 34(11): 726-732(in Chinese).
- [54] 姜昭阳, 梁振林, 朱立新. 一种可移植海洋藻类的生态型人工鱼礁: 中国, 201510656696.8[P]. 2016-02-03.
- Jiang Z Y, Liang Z L, Zhu L X. Ecological type artificial fish reef to which marine algae is transplanted: CN, 201510656696.8[P]. 2016-02-03(in Chinese).
- [55] 姜昭阳, 郭战胜, 梁振林, 等. 一种海中林型产卵保护礁: 中国, 201510656696: A[P]. 2018-12-18.
- Jiang Z Y, Guo Z S, Liang Z L, *et al.* Sea-in forest oviposition protection reef: CN, 201510656696: A[P]. 2018-12-18(in Chinese).
- [56] 姜昭阳, 郭战胜, 梁振林, 等. 一种综合培育型人工鱼礁: 中国, 201810770614.6[P]. 2018-12-18.
- Jiang Z Y, Guo Z S, Liang Z L, *et al.* Integrated cultivation-type artificial fish reef: CN, 201810770614.6[P]. 2018-12-18(in Chinese).
- [57] 李东, 侯西勇, 唐诚, 等. 人工鱼礁研究现状及未来展望[J]. *海洋科学*, 2019, 43(4): 81-87.
- Li D, Hou X Y, Tang C, *et al.* A review on the progress of artificial reef research[J]. *Marine Sciences*, 2019, 43(4): 81-87(in Chinese).
- [58] 姜昭阳, 郭战胜, 梁振林, 等. 鱼类全生活史型海洋牧场: 中国, 201810770650.2[P]. 2018-12-18.
- Jiang Z Y, Guo Z S, Liang Z L, *et al.* Fish whole life history marine ranching: CN, 201810770650.2[P]. 2018-12-18(in Chinese).
- [59] 张小波, 姜静波, 张立斌, 等. 海洋牧场环境要素自动采集系统的设计[J]. *海洋科学*, 2017, 41(6): 61-64.
- Zhang X B, Jiang J B, Zhang L B, *et al.* Automatic acquisition design for environmental factors of marine ranching[J]. *Marine Sciences*, 2017, 41(6): 61-64(in Chinese).
- [60] 周艳波, 蔡文贵, 陈海刚, 等. 人工鱼礁生态诱集技术的机理及研究进展[J]. *海洋渔业*, 2010, 32(2): 225-230.
- Zhou Y B, Cai W G, Chen H G, *et al.* The mechanism and research progress on fish attraction technique for artificial reefs[J]. *Marine Fisheries*, 2010, 32(2): 225-230(in Chinese).
- [61] Rogers T A, Fowler A J, Steer M A, *et al.* Spatial connectivity during the early life history of a temperate marine fish inferred from otolith microstructure and geochemistry[J]. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 2019, 227: 106342.
- [62] 魏联. 基于耳石形态、鉴龄及微化学分析重塑次南极电灯鱼生活史过程[D]. 上海: 上海海洋大学, 2018.
- Wei L. Reconstructing life history processes of *Electrona carlsbergi* based on morphology, ageing and microchemistry of otolith[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2018(in Chinese).
- [63] 朱国平, 魏联. 南极鱼类年龄与生长研究进展[J]. 水产学报, 2017, 41(10): 1638-1647.
- Zhu G P, Wei L. Age and growth of Antarctic fish species: A review[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2017, 41(10): 1638-1647(in Chinese).
- [64] Grant W S, Jasper J, Bekkevold D, *et al.* Responsible genetic approach to stock restoration, sea ranching and stock enhancement of marine fishes and invertebrates[J]. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 2017, 27(3): 615-649.
- [65] 冯晓婷, 杨习文, 杨雪军, 等. 基于微卫星标记对长江江苏段鱖增殖放流效果评估[J]. *中国水产科学*, 2019, 26(6): 1185-1193.
- Feng X T, Yang X W, Yang X J, *et al.* Microsatellite method assessment of the effects of restocking enhancement of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) in Jiangsu reaches of the Yangtse River[J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2019, 26(6): 1185-1193(in Chinese).
- [66] 席晓晴, 鲍宝龙, 章守宇. DNA条形码在鱼类胃含物种类鉴定中的应用[J]. *上海海洋大学学报*, 2015, 24(2): 203-210.
- Xi X Q, Bao B L, Zhang S Y. Application of DNA barcoding in species analysis of fish stomach content[J].

- Journal of Shanghai Ocean University, 2015, 24(2): 203-210(in Chinese).
- [67] 吕末晓. 鲃、斑鲈幼鱼食物组成及其与环境浮游植物的关系研究[D]. 上海: 上海海洋大学, 2016.
- Lv X M. Study on the diet composition of juvenile of *Liza haematocheila* and *Konosirus punctatus* and its relationship with ambient phytoplankton[D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2016(in Chinese).

Construction concept and technology of the marine ranching mode of the whole life history of fishes

LIANG Zhenlin^{1*}, GUO Zhansheng¹, JIANG Zhaoyang¹, ZHU Lixin¹, SUN Liyuan²

(1. Ecotype Artificial Reef Experimental Center of Shandong, Marine College, Shandong University, Weihai 264209, China;
2. Shandong Hydrobios Resources Conservation and Management Center, Yantai 264000, China)

Abstract: The marine ranching is a new type of marine fishery production, the leisure marine ranching is an important component. This paper reviews the research and development state of the recreational sea-fishing marine ranching. According to the shortage of adult fish replenishment in China's recreational sea-fishing marine ranching, the concept of "spawning-larvae and juvenile fish-yong fish-adult fish" as the protection chain, to build the conception and related technologies of the marine ranching mode of the whole life history of fishes. Which can finish the fish life history in the same marine ranching area, and also can restore fish resources, increase biodiversity. The new marine ranching mode plays a demonstration role for the development of recreational sea-fishing marine ranching. This new type of marine ranching is proposed based on the construction of recreational fishing marine ranching, but its concept is also applicable to the construction of conservation and resource-proliferation marine ranching with concentrated other biological species that can complete their entire life history or most of their life history.

Key words: recreational sea fishing; life history of fishes; marine ranching; artificial reef; construction technology

Corresponding author: LIANG Zhenlin. **E-mail:** liangzhenlin@sdu.edu.cn

Funding projects: National Natural Science Foundation of China (41771544); National Key R & D Program of China (2016YFE0205700)