

DOI: 10.12264/JFSC2020-0195

潮流与布放时间对青岛石雀滩海域海洋牧场刺网 CPUE 的影响

李忠义^{1,2}, 于小涛^{1,2}, 关丽莎^{1,2}, 林群^{1,2}, 李娇^{1,2}, 单秀娟^{1,2}, 金显仕^{1,2}

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, 山东省渔业资源与生态环境重点实验室, 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 266235

摘要: 准确的单位捕捞努力量渔获量(CPUE)是评价海洋牧场建设效果的基础, 网具布放时间与潮流是影响海洋牧场等近岸渔业资源 CPUE 的偏差源。本研究通过对比青岛石雀滩海域国家级海洋牧场 2 种大潮期布放(布放时间分别为 24 h 与 48 h)与大潮刚结束后布放(布放时间为 24 h)的刺网 CPUE, 探讨潮流与网具布放时间对海洋牧场渔业资源刺网调查的影响。研究发现: (1) 相比大潮期布放 24 h 与 48 h 2 种调查方式, 大潮刚结束后布放 24 h 调查捕捞的渔业资源种类分别增加 16 和 12 种, 种类数增幅分别为 145.455%和 80.000%, 且种类 CPUE 增加种类要多于减少种类, CPUE 分别增加 92.224 kg/(km²·h)和 91.141 kg/(km²·h), 增幅分别为 160.147%和 156.792%; (2) Wilcoxon 符号秩检验发现大潮刚结束后布放 24 h 调查与大潮期布放 24 h 与 48 h 2 种调查方式 CPUE 间都存在显著差异($P=0.006$, $n=7$; $P=0.032$, $n=7$), 但大潮期 2 种布放时间调查结果间不存在显著差异($P=0.230$, $n=7$); (3) 对比大潮期布放 48 h 与布放 24 h 两种调查结果, 布放 48 h 比布放 24 h 渔业资源种类增加了 10 种, 增幅达 90.91%。布放 48 h 有 7 种渔业资源种类 CPUE 下降, 下降幅度为 0.111~14.047 kg/(km²·h); 有 14 种 CPUE 增加, 增加幅度为 0.010~8.678 kg/(km²·h); CPUE 布放 48 h 比布放 24 h 增加了 0.541 kg/(km²·h), 增幅仅为 0.939%。总体而言, 青岛石雀滩海洋牧场渔业资源大潮刚结束后调查相比大潮期 2 种调查, 资源种类和 CPUE 都大幅增加, 大潮刚结束后调查优于大潮期调查; 大幅延长刺网布放时间能增加网获种类和某些种类的 CPUE, 延长刺网布网时间对于查明研究海域渔业资源种类组成很有必要。本研究结果可为海洋牧场等近岸渔业资源调查提供科学参考。

关键词: 潮流; 刺网; 布放时间; 海洋牧场; 渔业资源评估; CPUE

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2021)02-0195-10

海洋牧场建设的目标是恢复生态系统, 通过投放人工鱼礁和增殖放流来重组生态系统食物网结构和功能, 以达到恢复生态系统的目的^[1-4]。日本于 2015 年开始在西濑户内海实施 Satoumi 计划, 通过增强海洋牧场初级生产力和各种群补充量, 通过生态溢出效应建立其与自然生态系统的通道, 以逐步恢复海洋生态系统^[5-6]。而生态溢出效应的实施须基于对海洋牧场渔业资源与食物网能量流

动的准确掌握。开展渔业资源调查, 摸清海洋牧场渔业资源种类组成、生活史、资源状况等本底数据, 才能科学地进行资源管理, 指导海洋牧场的生产, 提高海洋牧场生态效应、经济效应和社会效益, 进而维持海洋牧场的可持续发展。

摸清海洋牧场渔业资源的丰度与结构是一项挑战性工作, 目前所有的海洋牧场渔业资源调查方法在评估渔业资源丰度、分布与年龄结构时都

收稿日期: 2020-07-04; 修订日期: 2020-08-13.

基金项目: 国家重点研发计划项目(2018YFD0900905); 山东省支持青岛海洋科学与技术试点国家实验室重大科技专项(2018SDKJ0501); 农业农村部财政项目“海洋牧场示范区效果评估”; 农业农村部黄渤海渔业资源环境重点野外科学观测试验站和山东省泰山学者工程专项.

作者简介: 李忠义(1974-), 副研究员, 主要从事海洋生态研究. E-mail: lizy@ysfri.ac.cn

通信作者: 金显仕, 研究员. E-mail: jin@ysfri.ac.cn

存在一定的偏差,弄清各种调查网具的最优实施条件是网具联合使用的基础,进而相互弥补各自固有缺点^[7]。拖网无法在浅底或粗糙底质环境下作业,通常在工作的中间时段达到最佳捕获状态,牧场面积相对较小,每站作业时间相对较短,不易达到最佳工作状态,即使是变水层拖网,因作业面积相对较小,早期的拖网会影响后期拖网的渔获量^[7],且拖网对大个体鱼的渔获量相对较低^[8-9];围网需有声学的辅助,不能随意进行调查取样^[10];垂钓因垂钓者经验差异太大,数据无法标准化,难以进行比较研究^[11];地笼网选择性较强,捕获种类与网获量都相对较少^[12];刺网存在对小个体鱼的网获量相对较低及网获累积的固有缺点^[7],还与天气、水透明度、调查持续时间^[13-15]及鱼类自身的游泳、视觉能力及体态等因素有关^[16-17]。目前低频率波束的声学调查在评估渔业资源的体长分布与密度时选择性相对较小,且通常要求水深大于 10 m,另声学调查在研究鱼类的种类组成,至少是对鱼类的年龄估计时,仍需实体样本加以辅助^[10]。刺网因其易操作性,目前是海洋牧场渔业资源调查最常用的网具。掌握刺网的最优布放条件,摸清其影响因素,有利于提高海洋牧场渔业资源调查结果的精度。

潮流是温带海岸生态系统动力学的主要驱动力,主要通过影响饵料等低营养层次生物的分布和生态来影响近岸生态系统的功能与产出^[18]。海洋牧场水域面积相对较小,黄渤海区通常在 3 km² 以上,东海和南海区通常在 1 km² 以上,潮流等海洋与天气因素可能会对其渔业资源调查结果产生影响。

本研究以青岛鲁海丰食品有限公司石雀滩海域国家级海洋牧场示范区作为试点,通过对比刺网布放时间分别为大潮期 24 h、大潮期 48 h 和大潮刚结束后 24 h 3 种调查方式的渔获物种类与 CPUE,探讨潮流与布放时间对海洋牧场刺网渔业资源调查的影响。

1 材料与方法

1.1 数据来源

数据来源于 2019 年 10 月 29 日—11 月 1 日(农

历十月初二至初五,大潮期)和 2019 年 11 月 4—5 日(大潮刚结束后)在青岛鲁海丰食品有限公司石雀滩海域国家级海洋牧场示范区进行的定置刺网渔业资源调查,调查区域为 35°53'40"~35°54'50"N、120°12'40"~120°14'10"E(图 1)。单片刺网高 2.3 m,长度 112 m,网目 8.7 cm,调查采用 2 张单片刺网串联。开始布放时间固定在下午 14:00,布放持续时间分别为大潮期 24 h、48 h 与大潮刚结束后 24 h。所有样品的处理、分析鉴定、资料整理和数据处理均按《海洋监测规范》(GB 17378-2007)^[19]和《海洋调查规范》(GB/T 12763-2007)^[20]规定的方法进行。

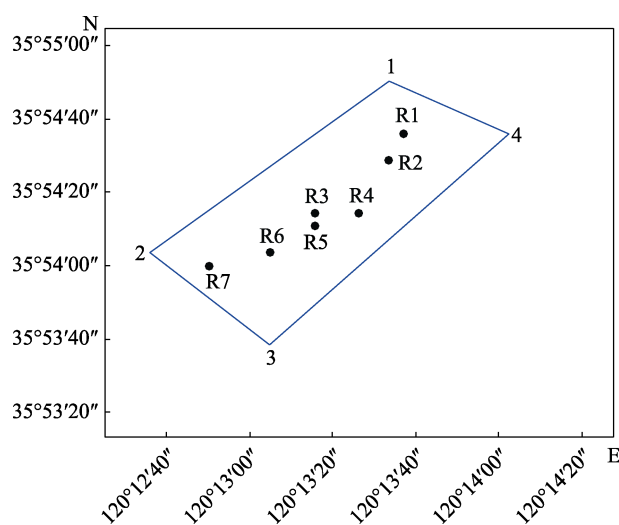


图 1 石雀滩海洋牧场调查区域及站位设置

Fig. 1 The sampling stations in Qingdao Shique Beach marine ranching

1.2 分析方法

对大潮期与大潮刚结束后刺网不同布放时间调查情境下,渔获种类数和 CPUE[kg/(km²·h)] 进行描述;运用 R 软件包进行数据的统计分析,采用 Wilcoxon 符号秩检验,检验不同调查情境下各种渔获物 CPUE 的整体大小差异, $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果与分析

2.1 大潮期布放

大潮期间进行了布放 24 h 和 48 h 的刺网渔业资源调查,二种调查方式共捕获 21 种渔业资源种类,其中 10 种只在布放时间 48 h 中出现,2 种只

在布放时间 24 h 中出现, 两种布放时间的共有种 9 种。总体而言, 大潮期增加布放时间能增加捕捞的渔业资源种类, 增加的种类大部分为底层种类, 如 鞭腕 虾 (*Lysmata vittata*)、大 洸 六 线 鱼 (*Hexagrammos otakii*)、方氏云鳚(*Enedrias fangi*)、褐 菖 鲇 (*Sebastiscus marmoratus*)、鲩 (*Miichthys miiuy*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、十一刺栗壳蟹(*Asthenognathus inaequipes*)、星康吉鳗(*Conger myriaster*)、长吻红舌鳎(*Cynoglossus lighti*)和栉江瑶(*Atrina pectinata*)。相比布放 24 h 调查方式, 布放 48 h 调查捕捞到的资源种类有 7 种 CPUE 下降, 下降幅度为 0.111~14.047 kg/(km²·h), 降幅最大与最小种类分别为牙鲆(*Paralichthys olivaceus*)和长蛸(*Octopus variabilis*); 有 14 种 CPUE 增加, 增加幅度为 0.010~8.678 kg/(km²·h), 增幅最大与最小种类分别为栉江瑶和鞭腕虾。Wilcoxon 符号秩检验发现, 相对布放 24 h, 布放 48 h 调查取样不能显著增加 CPUE, 即布放 24 h 与布放 48 h 总 CPUE 间没有显著性差异($P=0.232$, $n=7$), 大潮期增加刺网的布放时间并不能显著增加其 CPUE。

2.2 大潮后布放

大潮刚结束后进行了布放 24 h 刺网渔业资源调查, 捕获 27 种渔业资源种类, 比大潮期间布放 24 h 增加了 16 种, 增幅达 145.455%; 比大潮期布放 48 h 增加了 12 种, 增幅达 80.000%; 增加的生物种类大部分为底层种类, 如虫鲆(*Eopsetta grigorjewi*)、孔 鳐 (*Raja porosa*)、木 叶 鳐 (*Pleuronichthys cornutus*)、縳 鳚 (*Azuma emmion*) 和一些甲壳类; 一些近底层种类, 如叫姑鱼 (*Johnius grypotus*) 和绿鳍马面鲀 (*Thamnaconus modestus*), 其中绿鳍马面鲀为离岸近底层鱼类, 通常栖息于 50~120 m 处, 其借助潮流, 在沿岸海洋牧场人工生境与外海自然生态系统间建立了能流通道; 另外还有中上层鱼类中颌棱鳀(*Thrissa mystax*)(表 1)。

相比大潮期布放 24 h, 大潮刚结束后布放 24 h, 其捕捞到的资源种类有 6 种 CPUE 下降, 占捕捞种类数的 22.222%, 下降幅度范围为 0.292~8.875 kg/(km²·h), 降幅最大与最小种类分别为许

氏平鲈(*Sebastes schlegelii*)和强壮菱蟹(*Parthenope validus*); 有 21 种 CPUE 增加, 占捕捞种类数的 77.778%, 增加幅度范围为 0.121~68.155 kg/(km²·h), 增幅最大与最小种类分别为黄姑鱼(*Nibea albi-flora*)和方氏云鳚(*Enedrias fangi*); 总 CPUE 增加了 92.224 kg/(km²·h), 增幅达 160.147% (表 1)。相比大潮期布放 48 h, 大潮刚结束后布放 24 h, 其捕捞到的资源种类有 13 种 CPUE 下降, 占捕捞种类数的 38.235%, 下降幅度分别为 0.010~8.678 kg/(km²·h), 降幅最大与最小种类分别为栉江瑶(*Atrina pectinata*)和鞭腕虾(*Lysmata vittata*); 有 21 种 CPUE 增加, 占捕捞种类数的 61.765%, 增加幅度分别为 0.073~68.155 kg/(km²·h), 增幅最大与最小种类分别为黄姑鱼和方氏云鳚; 总 CPUE 增加了 91.141 kg/(km²·h), 增幅达 156.792%(表 1)。

应用 Wilcoxon 符号秩检验分析大潮刚结束后布放 24 h 与大潮期间布放 24 h 和 48 h CPUE 的差异, 发现相比大潮期间布放 24 h, 大潮刚结束后布放 24 h 调查的 CPUE 显著增加($P<0.05$, $n=7$); 大潮刚结束后布放 24 h 调查的 CPUE 相比大潮期布放 48 h, 也是显著增加($P>0.05$, $n=7$), 相比大潮期, 大潮刚结束后刺网的 CPUE 显著增加, 由此可知潮流对刺网渔业资源调查结果有显著影响。

3 讨论

3.1 布放时间对刺网 CPUE 的影响

作为一种被动选择性网具, 刺网捕获游泳距离长、游泳速度快及不规则体型生物种类的概率要大, 对游泳能力弱及小个体的生物种类捕获率相对较低。延长其在水中的布放时间, 能增加对此类生物的捕获率^[7]。渔业资源种群结构即使在短时间内也会有连续的空间变化, 生物因捕食与被捕食, 其数量也会有昼夜的垂直与水平迁移变化^[20-21]。这种昼夜变化会影响刺网的捕获率, 涵盖昼夜时间尺度的刺网布放能消除这种偏差^[22]。刺网还存在捕获累积效应, 即随着渔获物在刺网上的捕获积累, 刺网空白面积逐渐减少, 同时靠近网具的生物能感受到刺网上生物的死亡与挣扎信息, 从而避而远之, 使得刺网的捕捞率随时间延长逐渐下降^[23]。

表 1 青岛石雀滩海洋牧场秋季渔业资源刺网 CPUE
Tab. 1 The CPUE of gillnet in Qingdao Shique Beach marine ranching in autumn

				kg/(km ² ·h)			
种类 species	调查时间/h investigation time			种类 species	调查时间/h investigation time		
	大潮期 during spring tide		大潮刚结束后 just after spring tide		大潮期 during spring tide		大潮刚结束后 just after spring tide
	24	48	24		24	48	24
鞭腕虾 <i>Lysemata vittata</i>	0.000	0.010	0.000	木叶鲷 <i>Pleuronichthys cornutus</i>	0.000	0.000	0.322
虫鲈 <i>Eopsetta grigorjewi</i>	0.000	0.000	5.602	皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>	0.000	0.000	1.248
大泷六线鱼 <i>Hexagrammos otakii</i>	0.000	3.876	15.652	强壮菱蟹 <i>Parthenope validus</i>	0.745	3.556	0.452
方氏云鲷 <i>Enedrias fangi</i>	0.000	0.049	0.122	青鳞沙丁鱼 <i>Sardinella Zunasi</i>	0.000	0.000	0.157
海燕 <i>Asterina pectinifera</i>	0.769	7.087	2.508	日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>	6.999	4.165	3.428
褐菖鲉 <i>Sebastes marmoratus</i>	0.000	1.821	4.884	三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>	0.000	0.687	0.000
黑鲷 <i>Sebastes schlegelii</i>	11.559	3.505	2.684	十一刺栗壳蟹 <i>Asthenognathus inaequipes</i>	0.000	0.023	0.000
黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>	0.000	0.000	68.154	随鲷 <i>Azuma emmion</i>	0.000	0.000	1.040
金乌贼 <i>Sepia esculenta</i>	0.000	0.000	0.000	细纹爱洁蟹 <i>Atergatis reticulatus</i>	0.000	0.000	0.340
凯平鲉 <i>Sebastes hubbsi</i>	0.000	0.000	0.410	小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>	1.465	2.329	0.276
孔鳐 <i>Raja porosa</i>	0.000	0.000	36.561	星康吉鳗 <i>Conger myriaster</i>	0.000	0.336	0.000
口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>	0.540	0.163	1.068	牙鲆 <i>Paralichthys olivaceus</i>	14.047	0.000	10.573
枯瘦突眼蟹 <i>Oregonia gracilis</i>	0.000	0.000	2.013	长蛸 <i>Octopus variabilis</i>	0.111	0.000	0.670
罗氏海盘车 <i>Asterias rollestoni</i>	0.000	0.000	2.911	长吻红舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i>	0.000	0.392	0.000
绿鳍马面鲀 <i>Thamnaconus modestus</i>	0.000	0.000	6.995	栉江瑶 <i>Atrina pectinata</i>	0.000	8.678	0.000
马粪海胆 <i>Hemicentrotus pulcherrimus</i>	14.227	6.858	26.854	栉孔扇贝 <i>Chlamys Farreri</i>	0.000	0.000	0.569
脉红螺 <i>Rapana venosa</i>	6.264	7.696	11.786	中颌棱鲉 <i>Thryssa mystax</i>	0.862	0.223	0.122
鲈 <i>Miichthys miiuy</i>	0.000	6.675	0.000				

刺网的固有缺陷与水生生物的生活习性需延长其布放时间，而刺网因捕获累积效应又不能无节制地延长时间，为达到最佳捕获效果，需协调两者间的时长，但目前就刺网的布放时间还未达成统一标准。dos Santos 等^[24]对里约热内卢北海岸鱼礁区进行渔业资源种类组成与丰度调查，其

单一网目刺网的布放时间为起始于日落的 24 h; Boswell 等^[25]采用 5 种网目组合的刺网对路易斯安那州巴拉塔里亚湾渔业资源进行生物量与个体大小调查，刺网总布放时间为 2 h, 先期布放 1 h, 取下渔获物后，在同一地点再布放 1 h。2003 年 Olin 等^[7]采用 12 种网目组合的刺网，分 6 个时段

对芬兰 Hiidenvesi 湖泊的鱼类群落结构进行了全天 24 h 的取样调查。2004 年 Olin 等^[12]采用 12 网目组合的刺网对比研究了芬兰两个湖泊白天连续 12 h、晚上连续 12 h, 白天分段 12 h (08:00~20:00, 4 h/t), 晚上分段 12 h (08:00~20:00, 4 h/t)、晚上连续 4 h (08:00~20:00)及晚上分段 4 h (08:00~20:00, 1 h/t)几种布放时间渔业资源调查结果的对比研究。欧洲标准化委员会制定了用于河流与湖泊渔业资源调查的刺网使用标准, 详细制定了捕获底层鱼类与中上层鱼类的刺网规格, 该标准的广泛使用支撑了江河湖泊渔业资源在自然和人为条件下群落结构和宏观生态学的研究, 但标准没规定网具在水中的统一布放时间^[26], 委员会下的成员国多数执行 12 h 的布放时间^[12]。

国内目前尚无统一的复合刺网标准规格, 也无刺网在水中的统一布放时间, 见诸报导的各种刺网在水中的布放时间差异较大。刺网在近海渔业资源调查时长通常较长, 有晚上 12 h 的布放^[27], 也有长达 4 d 的布放^[28]; 刺网在海湾与人工鱼礁等近岸海域及湖泊等淡水水域渔业资源调查时长相对较短, 但时长与时段差异显著, 有白天 1 h^[29]、白天 2 h^[30]、晚上 2 h^[31]、白天 3 h^[32]、黄昏至清晨 12 h 左右^[33-34]、白天与晚上 24 h^[35], 甚至还有长达 8 d^[36]等不同时间的布放。

基于渔业资源的昼夜垂直与水平迁移, 本研究将刺网的基础布放时间设为 24 h, 涵盖了调查水域渔业资源的昼夜差异。并在其基础上增加了 48 h 的布放时间, 以探讨刺网布放时间长短对网获种类与 CPUE 的影响。对比研究大潮期布放 48 h 与布放 24 h 两种调查结果, 发现布放 48 h 有 7 种渔业资源种类 CPUE 下降, 14 种增加, 增加种类数 2 倍于减少种类数。两种调查方式总 CPUE 仅相差 0.541 kg/(km²·h), 两者间没有显著性差异 ($P>0.05$), 推测布放 48 h 相对布放 24 h 已存在捕捞累积效应。刺网对游泳能力弱的生物捕获率相对较小, 延长其在水体中的布放时间, 能增加此类生物的捕获率。大潮期 48 h 布放时间比 24 h 布放时间网获种类增加了 10 种, 增幅达 90.91%, 增加的 10 种捕获种类有鲢、大泷六线鱼、方氏云

鲷、褐菖鲉、星康吉鳗、长吻红舌鲷和一些甲壳类种类。这些种类游泳速度相对较慢, 虽然尚未找到这些种类的游泳速度, 但与鲢同属石首科, 体长 27~29 cm 的大黄鱼(*Pseudosciaena croces*), 其游泳速度为 1.8 km/s^[37]; 与星康吉鳗体形相同的欧洲鳗鲡(*Anguilla rostrata*), 其游泳速度为 1.61 km/s; 与方氏云鲷同体形的绵鲷(*Pholis gunnellus*), 其游泳速度只有 0.43 km/s^[38]。相比于游泳速度中等的鲱与鳕等鱼类, 这些新增种类的游泳速度都不算快^[38]。由此推测, 虽然刺网存在捕获累积效应, 但增加其在水体中的布放时间, 能增加游泳能力弱的生物种类的捕获率。在研究海洋牧场渔业资源种类组成时, 有必要延长刺网的布放时间, 具体延长时间需深入研究。

3.2 潮流对刺网 CPUE 的影响

海洋牧场是近海生态系统的小生境, 由于空间尺度较小, 易受短时间因素的影响与干扰, 如水文与水质理化参数、沉积物环境指标、生物指标及人类活动等^[39]。有研究表明在调查评估近岸生态系统渔业资源量时, 需考虑潮流的影响。Embling 等^[40]在评估苏格兰东北部北海的福斯湾和梅岛周围水域玉筋鱼(*Ammodytes* spp.)资源时发现, 如不考虑潮流的影响, 其资源量通常会被低估。其提议在温带沿海生态系统调查时, 评估模型中需整合潮流因子与鱼类行为因子, 以提高鱼类资源评估的准确性。

潮流是温带海岸生态系统动力学的主要驱动力, 能通过影响无机盐及有机饵料生物的分布和生态来影响捕食者的摄食生态。当潮水处于涨落阶段时, 海水处于激烈的运动状态, 水中溶解氧多, 另大潮扰动牧场水体沉积物, 进而改变微生物的生化需氧量反应、硝化反应和沉积物的氧化还原反应, 这种影响迅速直接, 影响其营养流, 给海洋牧场水体带来更多的无机盐等营养成分, 为近岸水域的初级生产提供能量支撑^[18]。近岸水域的浮游动物还具有随海水周期性的涨潮和落潮而出现在不同水层的现象^[41], 退潮期间, 浮游生物会垂直移动到深层水体, 从而留在更加稳定的近岸水域, 避免被退潮时的海水带走^[42-43]。诸多研究

表明,潮流能在垂直与水平方向聚集浮游植物与浮游动物等饵料生物,产生营养聚集(trophic focusing)^[44-45];Gómez-Gutiérrez 等^[46]在墨西哥马格达莱纳河口研究发现,太平洋桡足类在大潮期间沿锋面出现大密度表层聚集,而小潮期间的浮游动物生物量与泻湖中的浮游动物相似,相对较低。Riley^[47]认为,潮流期浮游植物与浮游动物在时空上存在斑块状分布,能促进捕捞者对其摄食,进而提升整个生态系统的产出。Sharples 等^[48]研究发现浮游植物与浮游动物作为生态系统的生产者 and 初级消费者,在近岸水域的兴发易受潮流影响。

潮流不仅能影响海洋牧场等近岸生态系统的低营养层次生物的分布与生态,也能影响高营养层次生物的生态习性,通常高营养层水生生物对潮流有聚集等行为反应^[49]。Eggertsen 等^[50]利用远程水下摄像研究了潮水流速度对莫桑比克南部岩礁鱼类的影响,发现在 0~1.44 m/s 流速下,潮流对底栖鱼类的组成没有显著影响,底栖鱼类是维持鱼礁区群落结构的基础;而中上层鱼类对环境的改变很敏感,潮流大小对中上层鱼类的丰度和组成有负面影响,且存在物种特异性,故在海洋牧场管理中应考虑潮流的生态重要性。Goncalves^[51]研究了白鲷(*Diplodus sargus*)幼鱼随潮流的迁移,发现其摄食习性随潮位的变化而变化。Lee^[52]通过水下摄像对南海东沙岛附近海草床的鱼类丰富度和多样性进行了定量研究,发现涨潮时鱼类丰度和多样性增加。巴西研究者发现,即使在干旱等极端事件下,潮流和昼夜的交互脉冲仍是潮间带红树林鱼类群落结构首要且稳定的决定性因素^[53]。研究发现大西洋鼠海豚(*Phocoena phocoena*)于涨潮期间,进入北海和荷兰瓦登海之间的马尔斯湾,捕食涨潮时增加的鱼类,在退潮期间离开^[54]。

本研究通过对比青岛石雀滩海洋牧场大潮刚结束后与大潮期渔业资源的刺网调查结果,发现大潮刚结束后布放 24 h 相比大潮期布放 24 h 与 48 h 渔业资源种类和总 CPUE 都大幅增加,总 CPUE 分别增加了 260.146%和 256.794%;大潮刚结束后 CPUE 与大潮期两种布放时间 CPUE 间存在显著差异性,而大潮期 2 种布放调查 CPUE 相

互间不存在显著差异。大潮刚结束后捕获的渔业资源种类也比大潮期两种布放时间捕获的种类大大增加,增加的底栖生物种类平时用地笼网与刺网都难以获取。本研究证实如不考虑潮流的影响,海洋牧场的总资源量也会被低估。潮流是海洋牧场渔业资源调查评估偏差源之一,在评估其渔业资源量时,应考虑整合此因素。

4 结论

潮流通常会加剧捕捞率的极值变化。潮流作为渔业资源量评估偏差源之一,其规模很少被量化,能导致资源量的高度不确定性。海洋牧场作为一种小面积水域的近岸半人工半自然生境,受潮流与人类活动的干扰相对较大,其渔业资源评估结果如不考虑潮流的影响,很容易影响结果解释和栖息地评估^[50],在评估其渔业资源量时,应考虑整合潮流等因素。

通常主动网具的调查采样时间相对较短,被动网具的调查采样时间要长^[24],作为海洋牧场常用的调查网具刺网,其在水中的布放时间没有统一的标准。理论上布放时间低于 24 h,调查结果将无渔业资源的昼夜垂直与水平迁移变化差异,如布放时间过久,可能又存在刺网的捕获累积效应。然而本研究在大潮期内大幅延长刺网布放时间仍能增加网获种类和某些种类的 CPUE,说明在调查渔业资源种类组成时,有必要延长刺网的布放时间,具体延长时间有待进一步研究。

参考文献:

- [1] 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.
- [2] Lee S G, Rahimi Midani A. National comprehensive approaches for rebuilding fisheries in South Korea[J]. Marine Policy, 2014, 45(3): 156-162.
- [3] Taylor M D, Chick R C, Lorenzen K, et al. Fisheries enhancement and restoration in a changing world[J]. Fisheries Research, 2017, 186: 407-412.
- [4] Lee M O, Otake S, Kim J K. Transition of artificial reefs

- (ARs) research and its prospects[J]. *Ocean & Coastal Management*, 2018, 154: 55-65.
- [5] Koiwa Nobutake. Fifty years of cultivation Fisheries-in the fertile sea[J]. *Fisheries Economics Research*, 2014, 58(2): 39-43. [小岩信竹. 栽培漁業 50 年の足跡—豊饒の海へ[J]. 漁業経済研究, 2014, 58(2): 39-43.]
- [6] Tanaka T, Ota Y. Reviving the Seto Inland Sea. Japan: Applying the principles of Satoumi for marine ranching project in Okayama[C]//Proceedings of the 15th French-Japanese Oceanography Symposium. *Marine Productivity: Perturbations and Resilience of Socio-ecosystems*. Cham: Springer, 2015: 291-294.
- [7] Olin M, Malinen T. Comparison of gillnet and trawl in diurnal fish community sampling[J]. *Hydrobiologia*, 2003, 506-509(1-3): 443-449.
- [8] Bethke E, Arrhenius F, Cardinale M, et al. Comparison of the selectivity of three pelagic sampling trawls in a hydroacoustic survey[J]. *Fisheries Research*, 1999, 44(1): 15-23.
- [9] Hjellvik V, Godø O R, Tjøstheim D. Diurnal variation in bottom trawl survey catches: Does it pay to adjust?[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2002, 59(1): 33-48.
- [10] Jurvelius J, Kolari I, Leskelä A. Quality and status of fish stocks in lakes: Gillnetting, seining, trawling and hydroacoustics as sampling methods[J]. *Hydrobiologia*, 2011, 660(1): 29-36.
- [11] Emmrich M. Fish assemblages in European lakes-Comparison of sampling methods and analysis of size structure[D]. Berlin: Humboldt University, 2013: 5-6.
- [12] Olin M, Kurkilahti M, Peitola P, et al. The effects of fish accumulation on the catchability of multimesh gillnet[J]. *Fisheries Research*, 2004, 68(1-3): 135-147.
- [13] Hamley J M. Review of gillnet selectivity[J]. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1975, 32(11): 1943-1969.
- [14] Minns C K, Hurley D A. Effects of net length and set time on fish catches in gill nets[J]. *North American Journal of Fisheries Management*, 1988, 8(2): 216-223.
- [15] Buijse A D, Schaap L A, Bust T P. Influence of water clarity on the catchability of six freshwater fish species in bottom trawls[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1992, 49(5): 885-893.
- [16] Dahm E, Hartman J, Jurvelius J, et al. Review of the European Inland Fisheries Advisory Commission (EIFAC) experiments on stock assessment in lakes[J]. *Journal of Applied Ichthyology*, 1992, 8(1-4): 1-9.
- [17] Hansson S, Rudstam L G. Gillnet catches as an estimate of fish abundance: A comparison between vertical gillnet catches and hydroacoustic abundances of Baltic Sea herring (*Clupea harengus*) and sprat (*Sprattus sprattus*)[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1995, 52(1): 75-83.
- [18] Sanjib K D, Dibyendu B, Sudipto R. Use of biotic community structure as a measure of ecological degradation[J]. *Chinese Journal of Applied & Environmental Biology*, 2007, 13(5): 662-667.
- [19] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Standardization Administration of China. GB 17378-2007 the Specification for Oceanographic Survey-Sediment[S]. Beijing: Standard Press of China, 2008. [中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB 17378-2007 海洋监测规范—沉积物的测定[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.]
- [20] General Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine of the People's Republic of China. Standardization Administration of China. GB/T 12763-2007 the Specification for Oceanographic Survey[S]. Beijing: Standard Press of China, 2008. [中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. GB/T 12763-2007 海洋调查规范[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.]
- [21] Bohl E. Diel pattern of pelagic distribution and feeding in planktivorous fish[J]. *Oecologia*, 1979, 44(3): 368-375.
- [22] Helfman G S. Twilight activities and temporal structure in a freshwater fish community[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 1981, 38(11): 1405-1420.
- [23] Kennedy W A. The relationship of fishing effort by gill nets to the interval between lifts[J]. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 1951, 8b(4): 264-274.
- [24] dos Santos L N, Brotto D S, Zalmon I R. Fish responses to increasing distance from artificial reefs on the Southeastern Brazilian Coast[J]. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 2010, 386(1-2): 54-60.
- [25] Boswell K M, Wilson M P, MacRae P S D, et al. Seasonal estimates of fish biomass and length distributions using acoustics and traditional nets to identify estuarine habitat preferences in Barataria Bay, Louisiana[J]. *Marine and Coastal Fisheries*, 2010, 2(1): 83-97.
- [26] BS EN 14757: 2005. Water quality. Sampling of fish with multi-mesh gillnets[S]. BSI Standards, 2005.

- [27] Li X S, Guo R, You Z B, et al. Fishing capacity comparison of different types of gillnet in the Yellow Sea[J]. Fisheries Science, 2019, 38(4): 451-457. [李显森, 郭瑞, 尤宗博, 等. 黄海不同型刺网的渔获选择性比较[J]. 水产科学, 2019, 38(4): 451-457]
- [28] Xu G Q, Li P F, Zhang H L, et al. Catch community diversity index based performance analysis of deep water drift net[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2019(2): 70-80. [徐国强, 李鹏飞, 张洪亮, 等. 基于渔获群落多样性指标的深水流刺网渔具作业性能分析[J]. 海洋湖沼通报, 2019(2): 70-80.]
- [29] Ying R, Jiang L, Yin F M, et al. Analysis of community structure and diversity of nekton in Kaozhouyang Bay using gill nets and cages[J]. South China Fisheries Science, 2019, 15(4): 1-10. [应锐, 蒋力, 尹芳敏, 等. 基于刺网、地笼的考洲洋游泳动物群落结构和多样性分析[J]. 南方水产科学, 2019, 15(4): 1-10]
- [30] Chen P M. A survey on catch in artificial reef area of Zhongshan City[J]. Journal of Tropical Oceanography, 2005, 24(3): 73-80. [陈丕茂. 中山人工鱼礁区渔获物调查[J]. 热带海洋学报, 2005, 24(3): 73-80.]
- [31] Zhang S, Hu Z J, Chen L P, et al. Temporal and spatial variations in fish community structure in Dianshan Lake and the effect of mesh size on its structural characteristics[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology, 2019, 25(4): 877-884. [张顺, 胡忠军, 陈丽平, 等. 基于刺网的淀山湖鱼类群落结构时空变化及网目大小对其产生的影响[J]. 应用与环境生物学报, 2019, 25(4): 877-884.]
- [32] Li Y Z, Lin Z J, Chen P M, et al. Survey for coral reef fish resources in the center & north waters of the Nansha Islands[J]. Journal of Fisheries of China, 2003, 27(4): 315-321. [李永振, 林昭进, 陈丕茂, 等. 南沙群岛中北部重要岛礁鱼类资源调查[J]. 水产学报, 2003, 27(4): 315-321.]
- [33] Guo C B, Wang R, Qu X, et al. Assessing fish assemblages in a shallow Yangtze River lake using multi-mesh gillnets and dense-mesh weirs[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2018, 42(6): 1116-1123.
- [34] Ye S W, Lin M L, Li L, et al. Abundance and spatial variability of invasive fishes related to environmental factors in a eutrophic Yunnan Plateau lake, Lake Dianchi, southwestern China[J]. Environmental Biology of Fishes, 2015, 98 (1): 209-224.
- [35] Zhao J, Zhang S Y, Zhou X J, et al. Comparative analysis of two sampling gillnets of rocky reef area in Gouqi Islands, Shengsi, Zhejiang[J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(2): 311-320. [赵静, 章守宇, 周曦杰, 等. 浙江嵊泗枸杞岛岩礁生境两种刺网采样网具的比较[J]. 水产学报, 2013, 37(2): 311-320.]
- [36] Yan L, Tan Y G, Yang L, et al. Catch composition and diversity of gillnet fishery in the Pearl River Estuary coastal waters of the South China Sea in autumn[J]. South China Fisheries Science, 2016, 12(1): 111-119. [晏磊, 谭永光, 杨吝, 等. 珠江口水域秋季刺网的渔获组成及多样性分析[J]. 南方水产科学, 2016, 12(1): 111-119.]
- [37] Wu F F, Wang P, Gui F K, et al. Preliminary study on sustained swimming time and critical swimming speed of *Pseudosciaena crocea*[J]. Fishery Modernization, 2014, 41(4): 29-33. [吴飞飞, 王萍, 桂福坤, 等. 大黄鱼续航时间和临界游泳速度的初步研究[J]. 渔业现代化, 2014, 41(4): 29-33.]
- [38] Zhou H S. Information about the fish swimming speed[J]. Freshwater Fisheries, 1979, 9(5): 26-27. [周汉书. 鱼类游泳速度点滴[J]. 淡水渔业, 1979, 9(5): 26-27.]
- [39] Dai B L, He Y L. Temporal-spatial scale problem of offshore ecosystem health assessment[J]. Water Saving Irrigation, 2012(6): 60-63. [戴本林, 贺玉龙. 近海生态系统健康评价的时空尺度问题研究[J]. 节水灌溉, 2012, (6): 60-63.]
- [40] Embling C B, Illian J, Armstrong E, et al. Investigating fine-scale spatio-temporal predator-prey patterns in dynamic marine ecosystems: A functional data analysis approach[J]. Journal of Applied Ecology, 2012, 49(2): 481-492.
- [41] Kimmerer W J, Burau J R, Bennett W A. Tidally oriented vertical migration and position maintenance of zooplankton in a temperate estuary[J]. Limnology and Oceanography, 1998, 43(7): 1697-1709.
- [42] Rogers H M. Occurrence and retention of plankton within the estuary[J]. Journal of the Fisheries Research Board of Canada, 1940, 5a(2): 164-171.
- [43] Carriker M R. Ecological observations on the distribution of oyster larvae in New Jersey estuaries[J]. Ecological Monographs, 1951, 21(1): 19-38.
- [44] Zamon J E. Tidal changes in copepod abundance and maintenance of a summer *Coscinodiscus* bloom in the southern San Juan Channel, San Juan Islands, USA[J]. Marine Ecology Progress Series, 2002, 226: 193-210.
- [45] Genin A. Bio-physical coupling in the formation of zooplankton and fish aggregations over abrupt topographies[J]. Journal of Marine Systems, 2004, 50(1-2): 3-20.
- [46] Gómez-Gutiérrez J, Martínez-Gómez S, Robinson C J. Influence of thermo-haline fronts forced by tides on near-surface zooplankton aggregation and community structure in Bahía Magdalena, Mexico[J]. Marine Ecology Pro-

- gress Series, 2007, 346: 109-125.
- [47] Riley G A. A model of plankton patchiness[J]. Limnology and Oceanography, 1976, 21(6): 873-880.
- [48] Sharples J, Tweddle J F, Mattias Green J A, et al. Spring-neap modulation of internal tide mixing and vertical nitrate fluxes at a shelf edge in summer[J]. Limnology and Oceanography, 2007, 52(5): 1735-1747.
- [49] Kruse M, Taylor M, Muhando C A, et al. Lunar, diel, and tidal changes in fish assemblages in an East African marine reserve[J]. Regional Studies in Marine Science, 2016, 3: 49-57.
- [50] Eggertsen L, Hammar L, Gullström M. Effects of tidal current-induced flow on reef fish behaviour and function on a subtropical rocky reef[J]. Marine Ecology Progress Series, 2016, 559: 175-192.
- [51] Gonçalves A R, de Sousa L, Duarte-Coelho P, et al. Tidal variation in a rocky inter-tidal fish population: The case of white seabream *Diplodus sargus* juveniles[J]. Marine Ecology, 2015, 36(4): 1468-1471.
- [52] Lee C L, Huang Y H, Chung C Y, et al. Tidal variation in fish assemblages and trophic structures in tropical Indo-Pacific seagrass beds[J]. Zoological Studies, 2014, 53: 56-68.
- [53] Castellanos-Galindo G A, Krumme U. Long-term stability of tidal and diel-related patterns in mangrove creek fish assemblages in North Brazil[J]. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 2014, 149: 264-272.
- [54] Ijsseldijk L L, Camphuysen K C J, Nauw J J, et al. Going with the flow: Tidal influence on the occurrence of the harbour porpoise (*Phocoena phocoena*) in the Marsdiep area, The Netherlands[J]. Journal of Sea Research, 2015, 103: 129-137.

Effect of spring tide and gillnet investigation time on the fishery resources assessment in Qingdao Shique Beach marine ranching

LI Zhongyi^{1,2}, YU Xiaotao^{1,2}, GUAN Lisha^{1,2}, LIN Qun^{1,2}, LI Jiao^{1,2}, SHAN Xiujuan^{1,2}, JIN Xianshi^{1,2}

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; Shandong Provincial Key Laboratory for Fishery Resources and Eco-environment, Qingdao 266071, China;
2. Laboratory for Marine Fisheries and Food Production Processes, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266235, China

Abstract: Accurate catch per unit effort (CPUE) is the basis of assessing the performance of marine ranching. Tidal currents and investigation times of survey nets are two main factors affecting the accuracy of assessments of nearshore fishery resources. In this study, we evaluated the performances of gillnets survey using different placement times by deploying during a spring tide (24 h and 48 h) and after the spring tide (24 h) at the Qingdao Shique Beach marine ranch. The effects of the spring tide on the fishery resources assessment in marine ranching was then discussed. Results showed that: (1) the method that investigated the fisheries after the spring tide for 24 h found 16 and 12 more fishery species than those of 24 h and 48 h assessments during the spring tide by increasesing 145.455% and 80.000%, respectively. Same situation happened to the catches by increasesing of 92.224 kg/(km²·h) (160.147%) and 91.141 kg/(km²·h) (156.792%), respectively. (2) There was no significant difference in the fishery catches between 24 h and 48 h investigation during the spring tide, while there were significant differences in the fishery catches between the 24 h investigation after the spring tide and the 24 h or 48 h investigation during the spring tide. (3) Comparison between the results of 24 h and 48 h investigation during the spring tide showed that the latter method result caught 10 more fishery species with 90.91% increase. The catches of seven fishery species decreased 0.111–14.047 kg/(km²·h) using the latter method, while those of 14 fishery species increased using the latter method, with catch increases of 0.010–8.678 kg/(km²·h). The total catch of the latter method only increased by 0.541 kg/(km²·h) (0.939%), and there was no significant difference in the total catch between the two methods. In conclusion, the gillnet fishery resources results from the 24 h investigation after the spring tide was better than both 24 h and 48 h investigations during the spring tide, with higher fishery species numbers and catches. More fishery species and larger catches were obtained with longer gillnets placement time, which made it necessary to identify the composition of the fishery resources. The results of this study provide a scientific reference for the assessment of nearshore fishery resources, such as marine ranching.

Key words: spring tide; gillnet; investigation time; marine ranching; fishery resources assessment; CPUE

Corresponding author: JIN Xianshi. E-mail: jin@ysfri.ac.cn