

DOI: 10.19663/j.issn2095-9869.20211025001

http://www.yyqxjz.cn/

张家旭, 左涛, 左明, 王安东, 王俊, 牛明香. 基于生计渔业调查的黄河口西南侧潮间带渔业生物多样性及其季节变化. 渔业科学进展, 2023, 44(2): 10-19

ZHANG J X, ZUO T, ZUO M, WANG A D, WANG J, NIU M X. Seasonal biodiversity of fishery resources by set net in the intertidal zone to the southwest of the Yellow River estuary. Progress in Fishery Sciences, 2023, 44(2): 10-19

基于生计渔业调查的黄河口西南侧潮间带 渔业生物多样性及其季节变化*

张家旭^{1,5} 左涛^{1,2①} 左明³ 王安东⁴ 王俊^{1,2} 牛明香^{1,2}

(1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所 山东 青岛 266071; 2. 青岛市海洋科学与技术试点国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室 山东 青岛 266071; 3. 东营市海洋发展研究院 山东 东营 257091; 4. 山东黄河三角洲国家级自然保护区管理委员会 山东 东营 257091; 5. 东营市自然资源和规划局东营港经济开发区分局 山东 东营 257020)

摘要 基于2020年黄河口须子网生计渔业和生物组成周年监测数据,开展黄河口潮间带渔业生物多样性及其季节变化研究,评价须子网生产对黄河口渔业资源补充的影响。结果显示,黄河口潮间带的渔业生物种类丰富,共鉴定记录61种生物,以鱼类和甲壳类居多。生物多样性和优势种组成均具有明显的月变化。多样性水平以夏季7—8月较高,秋季10—11月较低;5—9月、10—11月组群分别具有较高的种类组成相似度。各类群的数量组成中,4—7月螺类数量居多,8月螺类和鱼类数量居多,9月鱼类数量居多,10—11月蟹类数量居多。鱼类是各调查月渔获的优势类群,其中,花鲈(*Lateolabrax maculatus*)和鲈(*Liza haematocheila*)为各调查月都出现的优势种。个体大小—频数百分比分布显示,黄河口潮间带是小型渔业生物以及多种幼鱼分布的重要区域。4—9月,渔获物的主体均由个体重量<2g的生物组成(44%~82%),鱼类以个体质量<20g为主,优势种类组成月更替明显。研究表明,开展须子网生计渔业调查和监测是采集黄河口沿岸咸、淡水交汇区潮间带包括鱼类补充群体在内的诸多渔业生物分布资料的有效途径。研究还表明,须子网渔业生产虽为黄河口沿岸当地传统的生计渔业,但其低选择性及在迁移通道的布设方式等易对渔业资源自然补充和增殖养护群体造成破坏,建议主管部门根据幼鱼种类组成和出现季节特征,重点在夏季和初秋季对该渔业的网目和布设区域进行相应管控。

关键词 渔业资源; 生物多样性; 须子网; 潮间带; 黄河口

中图分类号 S932.4 **文献标识码** A **文章编号** 2095-9869(2023)02-0010-10

黄河口是我国三大河口(长江口、珠江口和黄河口)之一,其邻近海域生物资源丰富,是渤、黄海渔业生物重要栖息、产卵、育幼、索饵场和洄游通道。

已有研究表明,自20世纪50年代以来,在环境变化及捕捞的影响下,黄河口邻近海域的渔业生物群落结构和多样性发生重大变化,生物组成小型化和低值化

* 科技部国家重点研发计划(2019YFD0901202)、青岛市海洋科学与技术试点国家实验室海洋生态与环境科学功能实验室青年人才培养项目(LMEES-YTSP-2018-04-03)和中国海油海洋环境与生态保护公益基金项目(CF-MEEC/TR/2018-06)共同资助。张家旭, E-mail: 1317657622@qq.com

① 通信作者: 左涛, 副研究员, E-mail: zuotao@ysfri.ac.cn

收稿日期: 2021-10-25, 收修改稿日期: 2021-11-15

明显(邓景耀等, 2000; 朱鑫华等, 2001; Jin *et al.*, 2013; 陈宁等, 2017), 渔业资源面临严重的衰退压力(Jin *et al.*, 2013; 孙鹏飞等, 2014; 杨尧尧等, 2016)。

为加强生境保护和资源养护, 黄河口沿岸海域多被划入国家级海洋生态特别保护区, 禁止大型商业渔船作业。但受历史遗留问题的影响, 此海域仍存在少量以家庭为单位的多类型生计渔业, 主要生产渔具有流刺网、弓子网、地笼和须子网(俗称定置网)等。其中, 须子网生产是该水域生计渔业中最为传统的生产方式之一, 集中在黄河口西南侧紧邻小岛河至广利河口外浅滩水域, 生产季节介于农历节气“惊蛰”至“小雪”间。虽然该渔业的从业人员老龄化严重且生产规模总体呈下降趋势, 但须子网属于导陷插网陷阱类渔具, 是农业部【2013】2号通告中禁用和限制性使用的渔具之一, 其网目小、选择性低、生产捕获物的幼鱼比例高, 严重威胁河口区渔业资源群体的补充(高慧良等, 2016)。因此, 有必要对黄河口须子网生产实施跟踪调查和监测, 以了解该渔业方式的生产状况, 评价渔具捕捞渔获物选择效率, 为规范渔具使用和实际生产、兼顾渔业资源保护和渔民生计、制定长期保护区管理规划和资源养护政策提供依据。

已有的黄河口邻近海域相关渔业研究报道中, 调查网具常采用底拖网(吕振波等, 2013; 孙鹏飞等, 2014; 翟璐等, 2015; 杨尧尧等, 2016; 王晶等, 2016; 王娇等, 2018)和弓子网(张旭等, 2009、2010; 李凡等, 2013), 受调查船及上述网具适用水深等所限, 研究区域多限于较深的潮下带及近海水域。而在诸多生物幼体迁移或洄游通道的重要节段——咸、淡水连接处的潮间带和浅滩, 由于水深浅且受潮汐影响日变化大, 常规调查船不易操作, 相关研究报道少(高慧良等, 2016)。而须子网为被动型定置网具, 选择性低, 操作简单灵活, 捕捞小型鱼、虾蟹类效率较高, 多布设于潮间带及浅滩、渔业生物迁移或洄游通道。如能借助当地生计渔业分布和须子网渔具特点, 可以有效采集咸、淡水交汇区潮间带和浅滩渔业生物数据资料, 弥补以往调查方法不足, 促进黄河河口渔业生物早期补充群体的分布和迁移相关研究的开展。

为此, 2020年通过走访方式, 调研黄河口须子网生计渔业生产, 了解该类渔业现状, 并开展了渔获生物组成的周年监测分析, 以深入认识黄河口潮间带和浅滩渔业生物多样性特征, 评价须子网生产对黄河口渔业资源补充的影响, 研究结果将为黄河口生态国家级海洋特别保护区建设和制定渔业资源养护措施提供科学参考。

1 材料与方 法

1.1 监测点和采样方法

调研显示, 黄河口沿岸从事须子网生计渔业生产约 50 户, 其中, 从事连续生产有 20 余户, 渔民年龄均在 50 岁以上, 10% 的渔民年龄已超过 60 岁。生产区域多数分布于黄河口南侧, 其中, 多数在小岛河口, 少数在广利河口, 两区域的插拦网开口宽度均值分别为 250 m/户和 500 m/户。生产时间为除 12 月—翌年 3 月冰期外的 4—11 月。

监测点设在某连续生产渔户的生产点。该生产点(37°26'52"N, 118°57'59"E)位于小岛河口南侧 24 km, 距岸垂直距离约 3 km (图 1a)。该位点最高潮时水深约 3 m, 最低潮时可直接目视海底。取样网具为渔户自制须子网(图 1b), 海上插拦网呈 M 形, 拦网开口宽 400 m、网高 1.5 m、网目 20 mm, 外内栏网单侧长分别为 200 m 和 150 m, 拦网的 3 个凹折角和开口两端各设陷阱网囊 1 个, 网囊直径 70 cm、长度 1.5 m、网目 20 mm。以 24 h 取渔获物 1 次定义为 1 网次。

2020 年 4—11 月期间, 每月定期选择海况良好、渔获量相对较多的大潮日(农历初三或十八)前后, 收集监测点的渔获物 2~4 网次。分析渔获物时, 先粗拣、大致分为鱼类、虾蟹类、螺类和其他, 再依据《海洋调查规范 第 6 部分: 海洋生物调查》(GB/T12763.6-2007)进行渔业生物学取样、种类鉴定和计数及生物学测定。生物种类分类名称参考《中国海洋生物名录》(刘瑞玉, 2008)。

1.2 数据处理

渔获量分别采用每网次渔获生物量(g/net 或 kg/net)和每网次渔获生物个体数(ind./net)表示。对该月所有网次渔获量取均值得到月渔获量。6 月渔获物中还出现约 61 kg 海蜇(*Rhopilema esculentum*), 因其仅单月出现, 故未计入。

参考卞晓东等(2018), 基于 α 多样性测度方法, 采用物种丰富度指数(D)、Shannon 多样性指数(H')和 Pielou 均匀度指数(J')分析渔获物的生物组成多样性; 基于 β 多样性测度方法, 采用 Jaccard 种类相似性指数比较相邻月间渔业生物的种类组成更替程度, 该指数值 < 0.25 时为极不相似, 介于 0.25~0.50 时为中等不相似, 介于 0.50~0.75 时为中等相似, > 0.75 时为极相似; 采用相对重要性指数(IRI)确定渔业生物组成种类中的优势种, IRI > 1000 时定为优势种。

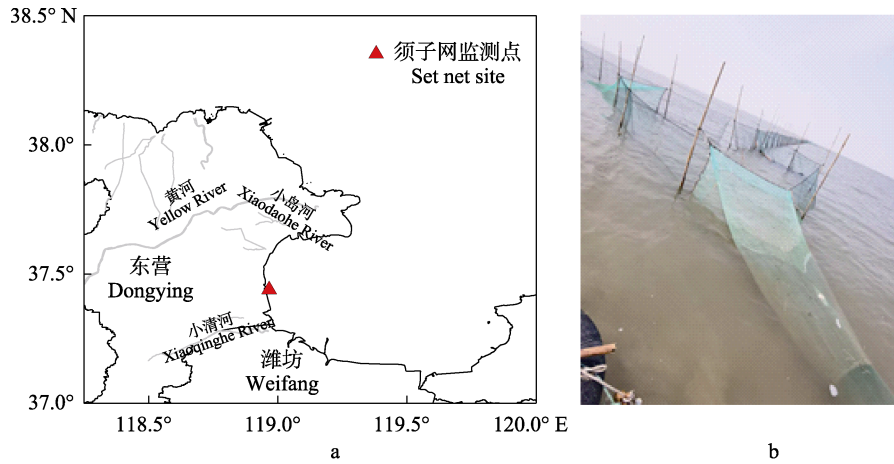


图1 黄河口西南侧潮间带须子网渔业生物监测调查位置示意(a)和须子网实景照(b)
Fig.1 Geographic distribution (a) and fishing scene (b) of set net in the intertidal zone to the southwest of the Yellow River estuary

2 结果

2.1 渔获量

4—11月的月渔获量介于13~29 kg/net、750~5300 ind./net之间,以9月最高、7月最低(图2)。就生物量而言,鱼类是各调查月的优势类群,各月占比超过50%,平均占比达67%;就个体数量而言,鱼类是6—9月渔获中的优势类群,在月渔获生物个体

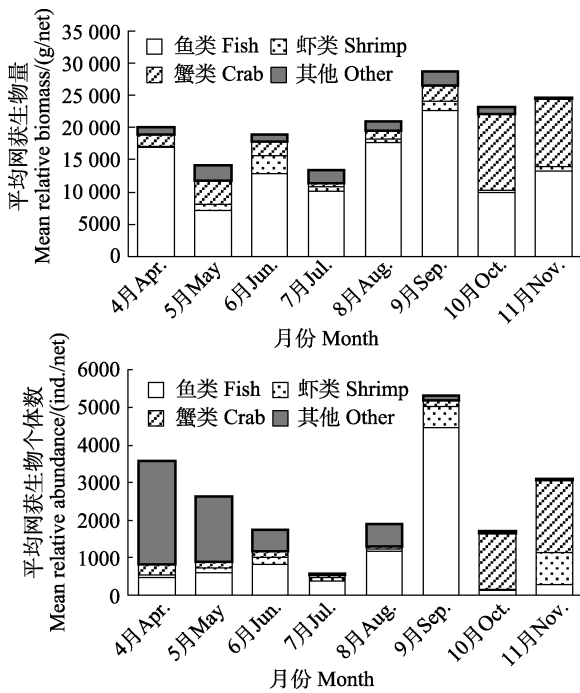


图2 黄河口西南侧潮间带须子网渔获物生物量和数量组成
Fig.2 Relative biomass and abundance of set net catches in the intertidal zone to the southwest of the Yellow River estuary

数中的占比为47%~83%;螺类和蟹类分别为4—5月、10—11月渔获的优势类群,其在月渔获生物个体数中的占比分别为65%~77%和63%~90%。

2.2 种类组成和多样性

共鉴定记录4门4纲15目42科58属61种,其中,鱼类34种,甲壳动物中的虾、蟹类23种,其他4种。8月出现种类数最多,有36种;11月出现种类数最少,为21种;月均出现28种,仅有10种在所有调查月都出现。

各调查月份的 H' 多样性指数介于0.53~2.67之间,均值为1.88; J' 均匀度指数值介于0.17~0.84之间,均值为0.58;多样性和均匀度指数季节变化趋势相同,7月最高,10月最低。物种丰富度指数 D 介于2.37~4.74之间,平均值为3.47,4—8月呈上升趋势,8月达峰值后逐月下降(图3)。

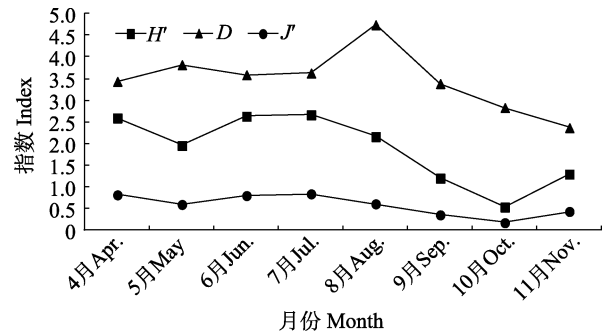


图3 黄河口西南侧潮间带须子网渔获物 Shannon H' 多样性指数、物种丰富度指数 D 和 Pielou J' 均匀度指数
Fig.3 Shannon H' diversity, species richness D , and Pielou J' even indices of set net catches in the intertidal zone to the southwest of the Yellow River estuary

总渔获物的 β 多样性指数值为 0.42~0.59 (图 4), 平均相似性指数值为 0.52, 显示其种类组成在相邻月间处于中等相似水平。主要组成类群中, 鱼类和虾类 β 多样性指数值多 < 0.50, 表明相邻月间的种类组成中等不相似, 种类月更替率较高; 蟹类的 β 多样性指数值多 > 0.60, 6—8 月间甚至接近 90%, 表明蟹类的月间种类组成相似度高, 月更替率较低。

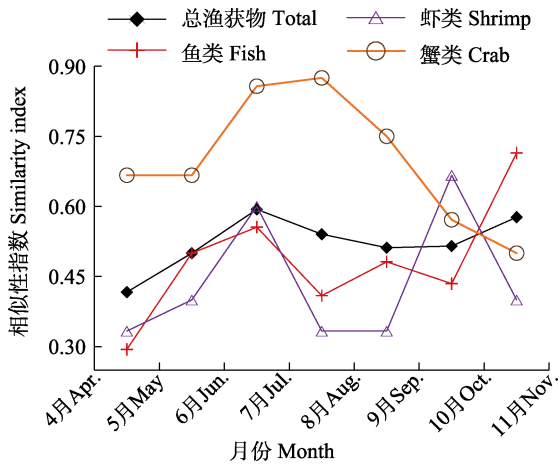


图 4 黄河口西南侧潮间带须子网渔获物的 β 种类组成相似性指数

Fig.4 β similarity index of set net catches in the intertidal zone to the southwest of the Yellow River estuary

基于种类组成的聚类分析显示(图 5), 不同季节采集的渔获物组成在 57% 的相似水平下, 可分为 2 个组群: 5—9 月组群和 10—11 月组群。2 个组群的种类组成差异达显著水平(ANOSIM, $r=0.764$, $P<0.05$)。

2.3 优势种组成

表 1 显示优势种组成存在季节差异。其中, 花鲈在全部调查月份中均为优势种, 其生物量占总渔获物生物量的 15%; 鲛在除 6 月和 9 月外的其他月份调查中为优势种; 此外, 在较多月份(>4)出现的优势种还

有斑鲆 (*Konosirus punctatus*) 和矛尾刺虾虎鱼 (*Acanthogobius hasta*)。

2.4 个体大小分布

与聚类分析结果相似, 4—9 月和 10—11 月 2 组在生物个体大小分布组成上表现明显不同(图 5)。4—9 月, 个体质量 < 2 g 的生物是渔获物个体数量组成的主体, 4—7 月该质量组的生物类群为螺类, 8 月为螺类和鱼类, 9 月则为鱼类。10—11 月, 渔获物中数量最多的是个体质量介于 5~10 g 的小型蟹类(图 6)。就鱼类而言, 其个体平均质量为 13 g/ind., 月均值以 9 月最低(5 g/ind.), 10 月最高(74 g/ind.)。4—9 月都以个体质量 < 20 g 组的个体居多, 该质量组个体占鱼类总数的 80%, 其中, 4—5 月以质量组 2~5 g 的个体居多、8—9 月以质量 < 2 g 的个体居多。个体质量 < 20 g 组的鱼类种类组成中, 4 月以虾虎鱼类、5 月以花鲈、6—8 月以斑鲆数量居多; 7 月和 8 月还有较多的白姑鱼(*Pennahia argentata*)、虾虎鱼类、鲛等; 9 月的幼鱼种类组成多样化, 包括青鳞小沙丁鱼(*Sardinella zunasi*)、赤鼻棱鯧(*Thrissa kammalensis*)、中颌棱鯧(*Thrissa mystax*)、多鳞鱣(*Sillago sihama*)、叉尾圆颌针鱼(*Tylosurus melanotus*)、虾虎鱼类、鲛等。

3 讨论

本研究基于黄河口须子网渔业生产开展了周年定点监测, 虽然监测水面范围小, 但采集记录的生物种类涵盖了黄河口邻近海域大多数已报道的渔业生物种类(陈大刚等, 2000; 郑亮, 2014), 丰富度和多样性指数水平也与大面调查的结果相近(孙鹏飞等, 2014)。这不仅反映了黄河口潮间带与河口区近海水域相似, 都具有丰富的渔业生物种类, 是渔业生物重要的分布区域, 而且也证实了本研究方法的可行性, 借助当地生计渔业生产和须子网渔具渔法, 采集黄河

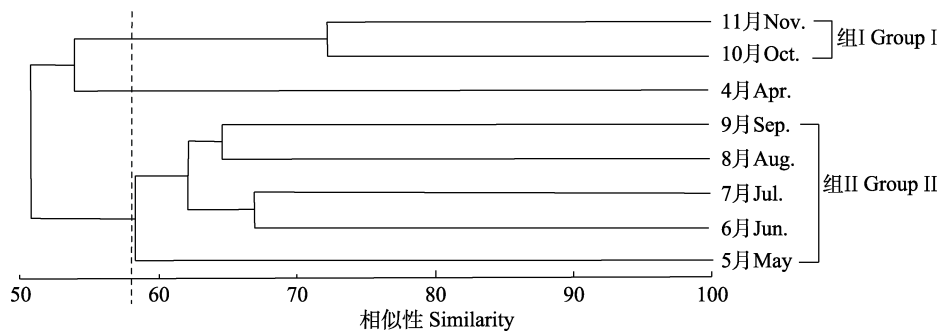


图 5 黄河口西南侧潮间带须子网渔获物月种类组成聚类分析

Fig.5 Cluster analysis based on the species compositions of set net catches in the intertidal zone to the southwest of the Yellow River estuary

表1 黄河口西南侧潮间带须子网渔获物的优势种(IRI>1000)组成

Tab.1 Dominant species (IRI>1000) of set net catches in the intertidal zone to the southwest of the Yellow River estuary

| 物种 Species | 4月 Apr. | 5月 May | 6月 Jun. | 7月 Jul. | 8月 Aug. | 9月 Sep. | 10月 Oct. | 11月 Nov. |
|---|------------|-----------|------------|------------|------------|------------|-------------|-------------|
| 海蜆 <i>Rhopilema esculentum</i> | | | + | | | | | |
| 脊腹褐虾 <i>Crangon affinis</i> | | | | | | | | + |
| 脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i> | | | | + | | | | |
| 细螯虾 <i>Leptochela gracilis</i> | | | | | | | | + |
| 日本蛄 <i>Charybdis japonica</i> | + | + | | | | | | |
| 日本大眼蟹 <i>Macrophthalmus japonicus</i> | | + | | | | | + | + |
| 泥脚隆背蟹 <i>Carcinoplax vestita</i> | | | + | | | | | |
| 口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i> | | + | | | | | | |
| 斑螯 <i>Konosirus punctatus</i> | | | + | + | + | + | | |
| 赤鼻棱鳀 <i>Thrissa kammalensis</i> | | | + | | | | | |
| 花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i> | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 鲃 <i>Liza haematocheila</i> | + | + | | + | + | | + | + |
| 白姑鱼 <i>Pennahia argentata</i> | | | | | + | | | |
| 青鳞小沙丁鱼 <i>Sardinella zunasi</i> | | | | | | + | | |
| 蓝点马鲛 <i>Scomberomorus nipponius</i> | | | + | + | | | | |
| 六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i> | | | | | + | | | |
| 矛尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius hasta</i> | + | | + | + | + | + | | |
| 拟矛尾虾虎鱼 <i>Parachaeturichthys polynema</i> | + | | | | | | | |
| 红鳗虾虎鱼 <i>Taenioides rubicundus</i> | | | | | | | | + |

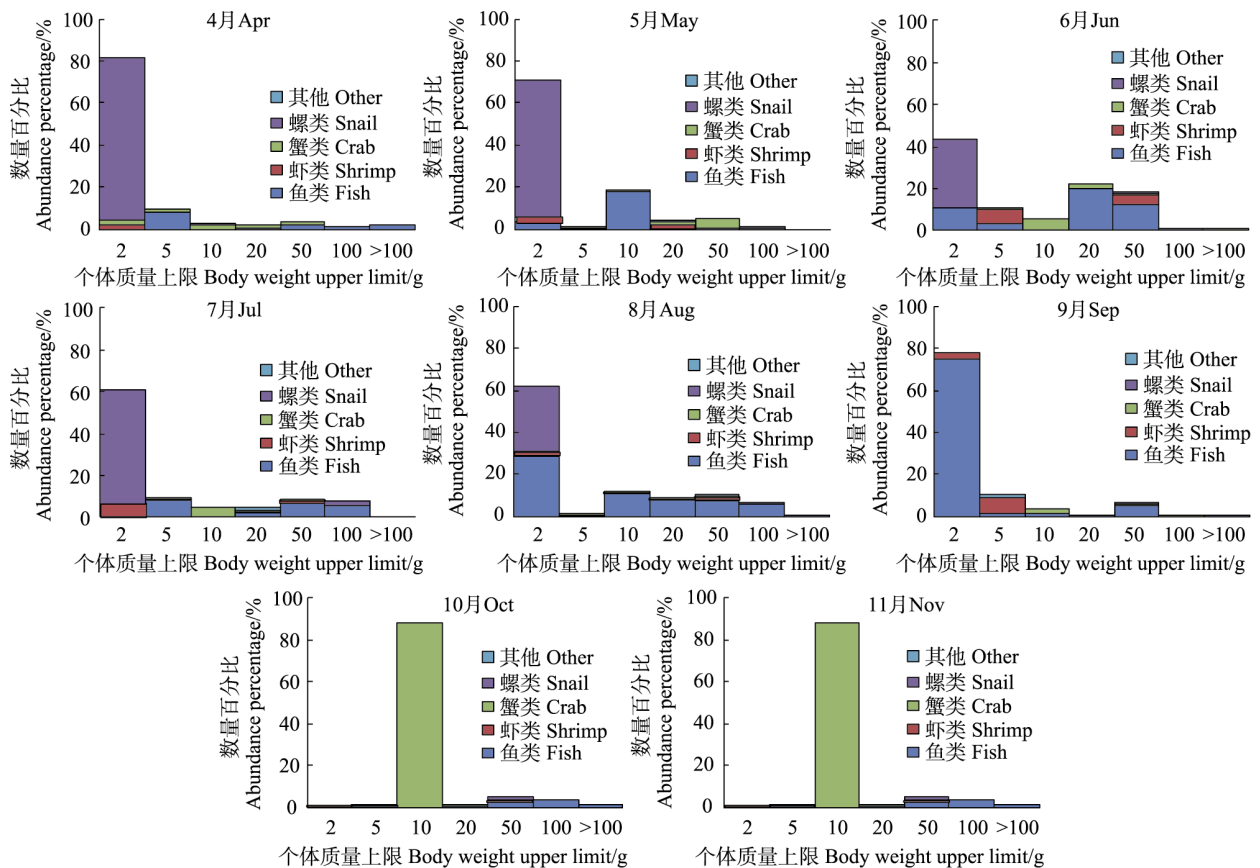


图6 黄河口西南侧潮间带须子网渔获物个体质量(g)-数量百分比分布

Fig.6 Individual body weight-abundance percentage distributions of set net catches in the intertidal zone to the southwest of the Yellow River estuary

口潮间带渔业生物多样性资料数据,是弥补常规调查方法的不足、提高黄河口渔业数据的区域完整性的有效途径。

与 2012 年底拖网调查中有关渔业生物种类组成的结果(郑亮, 2014)相比较,本研究增加了鲈形目(Perciformes)、颌针鱼目(Beloniformes)和银汉鱼目(Atheriniformes)的 5 种鱼类,未出现鲑形目(Salmoniformes)、鲉形目(Scorpaeniformes)、鲈形目和鲑形目(Tetraodontiformes)等偏深水底栖分布的鱼种。此外,结果 2.3 中青鳞小沙丁鱼仅在 9 月为优势种,而在底拖网调查中,7—9 月青鳞小沙丁鱼均为优势种(郑亮, 2014)。结果 2.4 显示,须子网渔获中以小型生物种类为主,个体质量 < 20 g 的幼鱼所占数量比例较高,这与使用相同网目(20 mm)的弓子网的调查结果(李凡等, 2013)相似,但其认为 8 月鱼类个体质量最低,而本研究中,鱼类个体质量均值以 9 月最低。上述种类组成和出现季节的不同可能与调查所涉月份及网具的选择性差异有关。

黄河口邻近海域是诸多渔业生物资源产卵场、育幼场和洄游迁移通道所在。本研究结果也证实,在黄河口邻近海域潮间带,小型渔业生物特别是幼鱼资源丰富,尤其是在 9 月,超过 75% 的渔获量由多种幼鱼贡献(见 2.4)。在采集到的渔获物中,还发现如鲈和花鲈等多个鱼种从幼体到性成熟个体均有分布。此外,结果 2.2 和 2.4 显示,此海域渔业生物的优势种组成存在明显的种类更替,生物多样性具有明显的月变化。春、夏之交(5—6 月)以及秋季(9—10 月)水域内组成的生物类别发生明显的转变,个体质量 < 20 g 以下的鱼类的优势鱼类种群月更替更为明显,4 月为虾虎鱼类,5 月为花鲈,6—8 月为斑鲈,7、8 月为白姑鱼、虾虎鱼类、鲈等,9 月则为蓝点马鲛、中颌棱鲷、青鳞小沙丁鱼等中上层洄游鱼类。上述研究结果可为该水域制定有针对性的渔业资源补充群体养护策略提供依据。

黄河口须子网生产多布设河口外的潮间带及浅滩,沿海岸线横切潮水的流向设置网具来拦截和捕获生物。由于小型生物个体游泳能力较弱,受潮汐水流作用一旦冲入囊网,则无法逃脱,因此,潮间带上布设的须子网极可能阻断许多生物种类由河口迁移或洄游进入开阔海域。此外,在须子网渔获物中,除出现大量的幼鱼外,还发现相当数量的当年增殖放流物种,如海蜇、中国明对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)、半滑舌鳎(*Cynoglossus semilaevis*)等。其中,6—7 月,海蜇单网次捕获量超过 60 kg,但个体伞径均在 200 mm 以下,中国明对虾平均体长约 6 cm,半滑舌鳎的个

体重量不超过 20 g,均为刚放流或放流后不久的小个体。根据粗略估算,黄河口沿岸须子网渔业年产量应超过 300 t,幼鱼产量约 120 t、900 万尾(按 2.4 中鱼类个体平均质量 13 g/ind.计),其中,个体质量 < 5 g 的幼鱼产量应超过 20 t、500 万尾,约是山东省东营市 2020 年鱼类总放流量(半滑舌鳎,规格为 2~5 g/尾,共 65 万尾)的 8 倍。因此,在增殖放流期间布设须子网,极可能会严重损害增殖资源养护和修复效果,需要在夏季和秋初及增殖放流期对须子网生产和渔具渔法采取必要的管控措施,尽可能减少其对区域内渔业资源养护的不利影响。

4 结语

基于黄河口沿岸须子网生计渔业的周年监测结果,开展了黄河口潮间带渔业生物多样性研究。研究发现,黄河口潮间带的渔业生物种类丰富,是小型生物以及多种鱼类补充群体分布的重要区域。采集当地渔业生产数据,能够补充现有调查资料的不足,促进相关的渔业生态研究。须子网渔业生产虽为黄河口沿岸当地传统的生计渔业,但其低选择性和在迁移通道的布设方式等问题,易造成对渔业资源自然补充和增殖养护群体的破坏,建议主管部门对该渔业的网目、布设区域以及生产季节进行相应的管控。

致谢: 须子网生产监测渔获样品由山东省东营市小岛河坝头和南海铺的渔民提供,陈瑞盛、陈阳春和陈加强参与渔业调研、样品采集和分析工作,在此一并致谢!

参 考 文 献

- BIAN X D, WAN R J, JIN X S, *et al.* Ichthyoplankton succession and assemblage structure in the Bohai Sea during the past 30 years since the 1980s. *Progress in Fishery Sciences*, 2018, 39(2): 1-15 [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. *渔业科学进展*, 2018, 39(2): 1-15]
- CHEN N, YANG Y Y, WEI Z H, *et al.* Composition and distribution of fishery resources before and after the water and sediment discharge regulation in the Yellow River estuary. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2017, 24(5): 953-962 [陈宁, 杨艳艳, 魏振华, 等. 调水调沙前后黄河口渔业资源结构变化. *中国水产科学*, 2017, 24(5): 953-962]
- CHEN D G, SHEN W Q, LIU Q, *et al.* The geographic characteristics and fish diversity in the Laizhou Bay and Yellow Sea estuary. *Journal of Fishery Sciences of China*,

- 2000, 7(3): 46–52 [陈大刚, 沈谓铨, 刘群, 等. 莱州湾及黄河口水域地理学特征与鱼类多样性. 中国水产科学, 2000, 7(3): 46–52]
- DENG J Y, JIN X S. Study on fishery biodiversity and its conservation in Laizhou Bay and Yellow River estuary. *Zoological Research*, 2000, 21(1): 76–82 [邓景耀, 金显仕. 莱州湾及黄河口水域渔业生物多样性及其保护研究. 动物学研究, 2000, 21(1): 76–82]
- GAO H L, HUANG L Y, LI L, *et al.* Analysis on the catch composition of Xuzi net at Yellow River estuary in spring and summer. *Fishery Modernization*, 2016, 43(2): 62–67 [高慧良, 黄六一, 李龙, 等. 黄河口海域春季和夏季须子网渔获物组成分析. 渔业现代化, 2016, 43(2): 62–67]
- JIN X S, SHAN X J, LI X S, *et al.* Long-term changes in the fishery ecosystem structure of Laizhou Bay, China. *Science China (Earth Sciences)*, 2013, 56(3): 366–374
- LI F, LÜ Z B, WEI Z H, *et al.* Seasonal changes in the community structure of the demersal fishery in Laizhou Bay. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2013, 20(1): 137–147 [李凡, 吕振波, 魏振华, 等. 2010年莱州湾底层渔业生物群落结构及季节变化. 中国水产科学, 2013, 20(1): 137–147]
- LIU R Y. Checklist of marine biota of China Seas. Beijing: Science Press, 2008 [刘瑞玉. 中国海洋生物名录. 北京: 科学出版社, 2008]
- LÜ Z B, LI F, QU Y B, *et al.* Fish community diversity in the Huanghe estuary and its adjacent area in summer, 2010. *Progress in Fishery Sciences*, 2013, 34(2): 10–18 [吕振波, 李凡, 曲业兵, 等. 2010年夏季黄河口及邻近海域鱼类群落多样性. 渔业科学进展, 2013, 34(2): 10–18]
- SUN P F, SHAN X J, WU Q, *et al.* Seasonal variations in fish community structure in the Laizhou Bay and the Yellow River estuary. *Acta Ecologica Sinica*, 2014, 34(2): 367–376 [孙鹏飞, 单秀娟, 吴强, 等. 莱州湾及黄河口水域鱼类群落结构的季节变化. 生态学报, 2014, 34(2): 367–376]
- WANG J, XU B D, REN Y P, *et al.* Size spectrum of fish community and its seasonal change in the Yellow River estuary and its adjacent waters. *Periodical of Ocean University of China (Natural Science)*, 2016, 46(7): 44–53 [王晶, 徐宾铎, 任一平, 等. 黄河口及邻近水域鱼类群落长度谱及其季节变化. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2016, 46(7): 44–53]
- WANG J, ZHANG C L, XUE Y, *et al.* Taxonomic diversity of fish community in the Yellow River estuary. *Haiyang Xuebao*, 2018, 40(4): 86–95 [王娇, 张崇良, 薛莹, 等. 黄河口鱼类群落分类学多样性的研究. 海洋学报, 2018, 40(4): 86–95]
- YANG Y Y, LI Z Y, WU Q, *et al.* Interannual Variations in community structure and species diversity of fishery resources in the Laizhou Bay. *Progress in Fishery Sciences*, 2016, 37(1): 22–29 [杨尧尧, 李忠义, 吴强, 等. 莱州湾渔业资源群落结构和多样性的年际变化. 渔业科学进展, 2016, 37(1): 22–29]
- ZHAI L, XU B D, JI Y P, *et al.* Spatial pattern of fish assemblage and the relationship with environmental factors in Yellow River Estuary and its adjacent waters in summer. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2015, 26(9): 2852–2858 [翟璐, 徐宾铎, 纪毓鹏, 等. 黄河口及其邻近水域夏季鱼类群落空间格局及其与环境因子的关系. 应用生态学报, 2015, 26(9): 2852–2858]
- ZHANG X, ZHANG X M, GAO T X, *et al.* Composition of catches by beam trawl and its seasonal variations in Yellow River estuary. *Progress in Fishery Sciences*, 2009, 30(6): 118–124 [张旭, 张秀梅, 高天翔, 等. 黄河口海域弓子网渔获物组成及其季节变化. 渔业科学进展, 2009, 30(6): 118–124]
- ZHANG X, ZHANG X M, GAO T X. Comparative analysis on catch composition with two fishing gears at Yellow River estuary in spring. *South China Fisheries Science*, 2010, 6(1): 59–67 [张旭, 张秀梅, 高天翔. 春季黄河口海域2种网具渔获物组成的比较分析. 南方水产, 2010, 6(1): 59–67]
- ZHENG L. Preliminary study of fish community structure in Yellow River estuary waters. Master's Thesis of Shanghai Ocean University, 2014 [郑亮. 黄河口海域鱼类群落结构初步研究. 上海海洋大学硕士研究生学位论文, 2014]
- ZHU X H, LIAO F, LIU D, *et al.* Spatio-temporal pattern and dominant component of fish community in the Yellow River estuary and its adjacent waters. *Studia Marina Sinica*, 2001, 43: 141–151 [朱鑫华, 缪锋, 刘栋, 等. 黄河口及邻近海域鱼类群落时空格局与优势种特征研究. 海洋科学集刊, 2001, 43: 141–151]

(编辑 冯小花)

Seasonal Biodiversity of Fishery Resources by Set Net in the Intertidal Zone to the Southwest of the Yellow River Estuary

ZHANG Jiayu^{1,5}, ZUO Tao^{1,2①}, ZUO Ming³, WANG Andong⁴, WANG Jun^{1,2}, NIU Mingxiang^{1,2}

(1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao, Shandong 266071, China; 2. Marine Ecology and Environmental Science Laboratory, Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao, Shandong 266071, China; 3. Marine Development Research Institute, Dongying, Shandong 257091, China; 4. Shandong Yellow River Delta National Nature Reserve Management Committee, Dongying, Shandong 257091, China; 5. Dongying Natural Resources and Planning Bureau, Dongying Port Economic Develop Area Substation, Dongying, Shandong 257020, China)

Abstract The Yellow River estuary is one of the three largest estuaries along the coastal waters of China, along with the Yangtze and Pearl River estuaries. Its adjacent seawaters are rich in biological resources, with abundant fish habitat, spawning grounds, and migration channels in the Bohai Sea and the Yellow Sea. However, as the waters are too shallow for a survey ship, data was insufficient for research in the intertidal zone of the salt and freshwater interchange. Instead, by interviewing and analyzing the daily catches by the set net of the local fishermen, this study explored the fishery biodiversity in the intertidal zone of the Yellow River estuary from April to November 2020. Yellow River estuary is rich in fishery resources, especially small fishery organisms and fish recruitment stocks. There were monthly variations in the dominant species composition and biodiversity index. A total of 61 species were recorded, most of which were fish and crustaceans. The diversity, evenness, and species richness index increased in summer (July and August) and decreased in autumn (October and November). By cluster analysis of the species compositions, the surveyed months can be divided into two groups: May to September, and October to November. *Lateolabrax maculatus* and *Liza haematocheila* were the most common and dominant species in all surveyed months. The main contributors to the catch of each month were: snails from April to July, snails and fish in August, fish in September, and crabs from October to November. Catches by the set net were mainly composed of individuals with body mass <2 g from April to September. From body mass-frequency distributions, fish with body mass <10 g were the main contributors to total catches from April to September. The mean body mass of fish in all surveyed months was 13 g/ind.. The dominant fish species with body mass with <20 g were: Gobioidae in April; *L. maculatus* in May; *Konosirus punctatus* in June; *Pennahia argentata*, Gobioidae, and *L. haematocheila* in June to August; and *Sardinella zunasi*, *Thrixa kammalensis*, *T. mystax*, *Sillago sihama*, *Tylosurus melanotus*, Gobioidae, and *L. haematocheila* in September. From the above results, the local set net fishery survey proved to be an effective method of collecting fishery data in the intertidal zone and can be incorporated in studies considering the distribution of fishery resources and breeding grounds in the seawaters adjacent to estuaries. In addition, this study provided clear evidence that set net fishing practices could severely impact the natural recruitment and stock enhancement of fish resources due to the low selectivity of nets and the overlap with larval fish migration channels. The number of larval fish captured by the set net fishery was, roughly estimated, several times higher than the local enhancement released. To minimize the effects of net mesh size, considering the spatial-temporal distributions of fish larvae, set net fishing practices should be concentrated to summer and early autumn, though further research is required to comprehensively account for both the protection of fishery resources and livelihoods.

Key words Fishery resource; Biodiversity; Intertidal; Set net; Yellow River estuary

① Corresponding author: ZUO Tao, E-mail: zuotao@ysfri.ac.cn

续表

| 种类 Species | 4 月 Apr. | 5 月 May | 6 月 Jun. | 7 月 Jul. | 8 月 Aug. | 9 月 Sep. | 10 月 Oct. | 11 月 Nov. |
|---|-------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|
| 多鳞鱻 <i>Sillago sihama</i> | | | | | + | + | | |
| 白姑鱼 <i>Pennahia argentata</i> | | | | | + | + | | |
| 黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i> | | | | | | + | | |
| 叫姑鱼 <i>Johnius grypotus</i> | | | | | + | | | |
| 红鳔虾虎鱼 <i>Taenioides rubicundus</i> | | + | + | + | + | + | + | + |
| 六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i> | | + | + | | + | | | |
| 矛尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius hasta</i> | + | + | + | + | + | + | + | + |
| 矛尾虾虎鱼 <i>Chaemrichthys stigmatias</i> | | | | | | + | | |
| 拟矛尾虾虎鱼 <i>Parachaeturichthys polynema</i> | + | | | | | + | + | + |
| 纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trionocephalus</i> | + | + | | | | + | | |
| 髯缟虾虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i> | | + | | | | | | |
| 长丝虾虎鱼 <i>Cryptocentrus filifer</i> | | | + | | + | + | + | + |
| 小带鱼 <i>Eupleurogrammus</i> sp. | | | + | | | | | |
| 真鲷 <i>Pagrus major</i> | | | | + | + | + | | |
| 半滑舌鳎 <i>Cynoglossus semilaevis</i> | | | + | + | + | | + | + |
| 短吻红舌鳎 <i>Cynoglossus joyneri</i> | | + | | | | | | |
| 石鲈 <i>Kareius bicoloratus</i> | | | | | + | | | |
| 叉尾圆颌针鱼 <i>Tylosurus melanotus</i> | + | | | | + | + | + | + |
| 日本下鱈鱼 <i>Hyporhamphus sajori</i> | | + | + | | + | | | |
| 长蛇鲻 <i>Saurida elongata</i> | | | | | | | | + |
| 尖海龙 <i>Syngnathus acus</i> | + | | | | | | | |
| 布氏银汉鱼 <i>Allanetta bleekeri</i> | | | + | | + | + | | |