

DOI: 10.12264/JFSC2021-0026

## 黄河口西南侧潮下带中国明对虾放流迁移跟踪

左涛<sup>1,3</sup>, 左明<sup>2</sup>, 王俊<sup>1,3</sup>, 张家旭<sup>1,4</sup>, 陈瑞盛<sup>1</sup>, 孙坚强<sup>1</sup>

1. 中国水产科学研究院黄海水产研究所, 山东 青岛, 266001;
2. 东营市海洋经济发展研究院, 山东 东营 257091;
3. 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 266237;
4. 中国海洋大学水产学院, 山东 青岛 266003

**摘要:** 黄河口西南侧潮下带是渤海中国明对虾 [*Fenneropenaeus chinensis* (Osbeck, 1765)] 重点增殖放流区。本研究于 2020 年 4—12 月采用定点设站结合生产调研对此海域内小岛河河口中国明对虾放流迁移进行跟踪调查, 研究增殖放流中国明对虾在放流早期迁移和入海后的分布特点及放流效果, 为优化放流技术策略、提高增殖放流效率提供实践参考。结果显示, 小岛河河口放流虾苗开闸后进入河道, 沿河道向外迁徙, 3~7 d 进入海域, 未发现对虾个体溯河上游; 不同大小的幼虾出闸、滞留放流通道时长不同, 小个体虾出池慢、滞留河道时间长, 大个体虾出池快、入海时间短; 潮下带开阔海域内, 仅在进入放流期后的 6—8 月出现中国明对虾, 且其数量逐月减少, 8 月开捕后中国明对虾分布数量和范围急剧减少至基本不出现。上述结果进一步证实黄河口西南侧潮下带区现存中国明对虾来源于当年增殖放流群体, 建议在类似小岛河河口的开阔河口区, 增殖放流中国明对虾时选用相对大规格的虾苗, 以缩短开闸放流滞留时间, 获得更高放流效率。

**关键词:** 中国明对虾; 增殖放流; 迁移; 分布; 黄河口

中图分类号: S931

文献标志码: A

文章编号: 1005-8737-(2021)09-1091-09

中国明对虾 [*Fenneropenaeus chinensis* (Osbeck, 1765)] 又称中国对虾、东方对虾, 属节肢动物门 (Arthropoda), 甲壳纲 (Crustacea), 十足目 (Decapoda), 对虾科 (Penaeidae), 明对虾属, 是我国最早开展规模化增殖放流、放流数量和投入资金最多的单一物种<sup>[1]</sup>。1984 年至今, 我国已持续开展中国明对虾增殖放流 30 余年, 苗种繁育、中间暂养、放流方式等相关的增殖放流技术得到不断优化和完善<sup>[2-3]</sup>, 但规范并标准化资源增殖工作程序仍是中国明对虾增殖放流面临的主要问题<sup>[4]</sup>。相较于自然群体, 放流中国明对虾群体动态迁徙分布生态习性是否发生变化, 不仅是科学、准确评价放流效果的关键内容之一, 还是增殖放流

规范和操作规程制定调整的重要科学依据<sup>[5]</sup>。

黄河口西南侧潮下带、莱州湾侧是渤海中国明对虾重点增殖放流区, 该水域年放流中国明对虾量超过 10 亿尾。中国明对虾放流投放方式主要有直接投放、滑道投放和特种投放(提闸排放)<sup>[2]</sup>。在莱州湾, 大规模、大规格的虾苗放流多采用提闸排放方式, 即在离海较近设池, 虾苗经河道或特殊放流通道进入开阔海域。诸多学者运用海上生态调查结合分子技术就莱州湾放流海域内中国明对虾放流群体的迁徙分布开展了系列研究工作, 基本明确湾内海域对虾放流群体具有季节迁徙, 迁徙洄游路线与自然野生群体相似, 具有很强的地域代表性<sup>[5-8]</sup>。但放流早期幼虾的迁徙及其在放

收稿日期: 2021-01-18; 修订日期: 2021-02-24.

基金项目: 国家重点研发计划项目(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); 中国海油海洋环境与生态保护公益基金项目(CF-MEEC/TR/2018-06).

作者简介: 左涛(1976-), 副研究员, 主要从事渔业生态学研究. E-mail: zuotao@ysfri.ac.cn; 左明(1985-), 并列第一作者, 男, 工程师, 主要从事海洋渔业生态学研究. E-mail: zuoming257091@126.com

流河道的移动和分布方面的研究有所欠缺<sup>[8]</sup>, 对于放流幼虾是否还保留溯河上游生态习性等还存在疑问<sup>[5]</sup>。

2020年6月黄河口西南侧潮下带区域的东营垦利、潍坊昌邑和寿光等沿岸多个河口共放流中国明对虾虾苗 14 亿尾。本研究跟踪调查在黄河口西南侧小岛河、一次以提闸排放方式增殖放流中国明对虾过程, 开展放流前、中、后时期放流通道、入海水域的对虾的迁移、分布、生长研究, 目的在于掌握水域内放流对虾生态习性, 特别是了解放流早期幼虾的迁移习性特征, 为规范和完善现有中国明对虾放流技术、科学养护策略及水生生物增殖技术体系提供科学实践参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 放流通道、入海及生产定点调查区域

2020年6月13日至16日, 东营市垦利区惠鲁水产养殖有限公司在黄河口西南侧小岛河附近放流总量约为 1.7 亿尾的大规格中国明对虾仔虾苗。虾苗体长( $3.64 \pm 0.85$ ) cm, 体重( $0.63 \pm 0.19$ ) g。放流采取提闸放流方式, 放流开闸池有 54 个小池, 共计  $3.13 \text{ km}^2$ , 位于小岛河河口坝头上游约 2 km 处( $37.61^\circ\text{N}$ ,  $118.93^\circ\text{E}$ ), 距开阔入海口约 4.5 km (图 1), 放流时池内水温为  $28.68^\circ\text{C}$ , 盐度为 26.78。放流对虾入海通道为小岛河河道。小岛河河道直, 水面宽 15~20 m, 水深不足 1 m。6—9 月, 河道内水温变化小, 介于  $23\sim 29^\circ\text{C}$ 。8 月受上游泄洪及雨水影响, 盐度低降至 14, 其他季节盐度值介于 23~27。本研究跟踪对虾在放流通道迁移时, 在该路径上等间距设置 8 个站位, 相邻站位间隔约 600 m (图 2)。

放流入海监测区域范围为黄河口西南侧潮下带至小清河河口外开阔海域( $37.25^\circ\text{N}$  以北、 $119.25^\circ\text{E}$  以西), 其内设 4 个断面、13 个调查站位。6 月至 9 月, 该区域水温介于  $23\sim 29^\circ\text{C}$ , 盐度介于  $24\sim 29$ , 12 月水温为  $3\sim 7^\circ\text{C}$ , 盐度介于  $28\sim 31$ 。

生产监测定点( $37^\circ 26' 52''\text{N}$ ,  $118^\circ 57' 59''\text{E}$ )位于放流入海区域内, 距离小岛河入海口约 24 km, 是常年陷阱类网具生产点。各监测区域站位和生产监测站点地理分布见图 1。

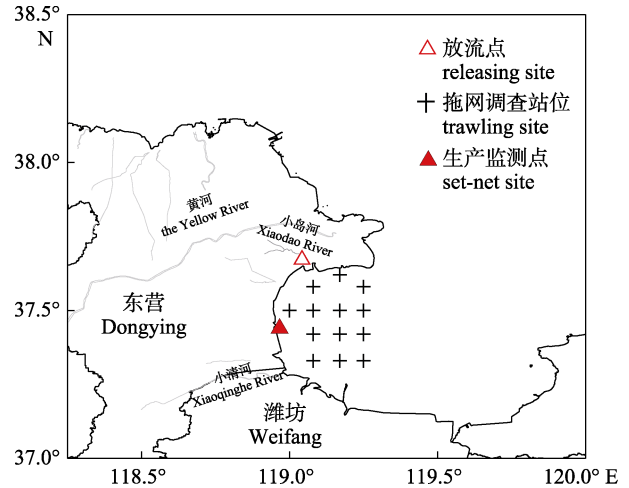


图 1 黄河口西南侧潮下带区中国明对虾放流池和入海区域、须子网监测站点设置示意

Fig. 1 Geographic distributions of *Fenneropenaeus chinensis* releasing site, trawling stations and set-net monitoring sites in the subtidal zone to the southwest of the Yellow River Estuary

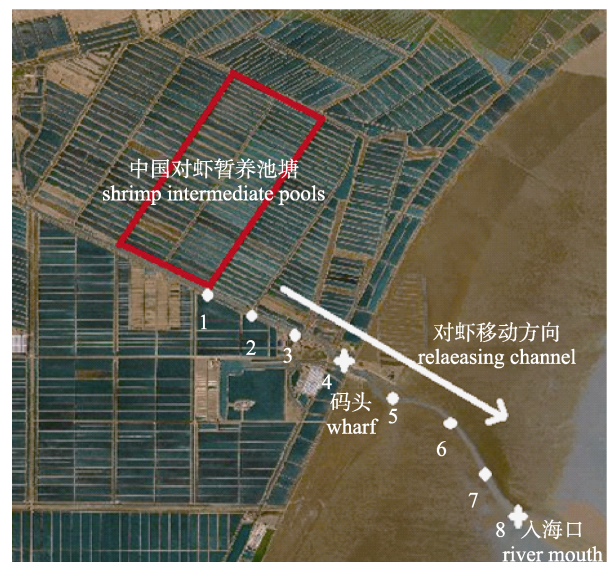


图 2 小岛河河口中国明对虾放流池、放流通道和监测位点示意

Fig. 2 *Fenneropenaeus chinensis* releasing pools, releasing channel and sampled stations at the Xiaodao Estuary

### 1.2 采样方法

跟踪调查时间自 4 月中旬始, 12 月末止。对虾放流开闸池排水期为 2020 年 6 月 13 日至 16 日, 整个研究时段可分为放流前、放流中和放流后 3 个阶段。各采样日期、调查区域、对虾采样方法见表 1。

表 1 调查区域、采样时间和采样方法  
Tab. 1 Investigating area, sampling date and sampling methods

| 采样时间 sampling time                  | 调查区域 investigating area                |                                      |                                |             |
|-------------------------------------|--|--------------------------------------|--------------------------------|-------------|
|                                     | 放流河道 releasing channel                 | 入海水域 open sea                        | 渔业生产定点 fishery monitoring spot |             |
| 放流前 before shrimp-release           | 4 月 15 日、18 日 April 15th and 18th      |                                      | 须子网 set net                    |             |
|                                     | 4 月 21 日-22 日 April 21st to 22nd       |                                      | 须子网 set net                    |             |
|                                     | 4 月 26 日-4 月 29 日 April 26th to 29th   | 单拖网 single trawler                   |                                |             |
|                                     | 5 月 26 日-5 月 31 日 May 26th to 31st     | 单拖网 single trawler                   |                                |             |
|                                     | 6 月 2 日-3 日 June 2nd to 3rd            |                                      | 须子网 set net                    |             |
|                                     | 6 月 11 日-12 日 June 11th to 12th        | 地笼 cage net                          |                                |             |
| 放流中 into the releasing channel      |  |                                      |                                |             |
| 开闸期 gate-opening time               | 6 月 13 日-16 日 June 13rd to 16th        | 地笼 cage net                          |                                |             |
| 闭闸期 gate-closing time               | 6 月 17 日-20 日 June 17th to 20th        | 地笼 cage net                          |                                |             |
| 放流入海后 into the sea                  |  |                                      |                                |             |
| 开捕前 catch-closing season            | 6 月 30 日-7 月 5 日 June 30th to July 5th | 单拖网 single trawler                   |                                |             |
|                                     | 7 月 2 日、4 日 July 2nd and 4th           |                                      | 须子网 set net                    |             |
|                                     | 7 月 15 日 July 15th                     | 单拖网 single trawler                   | 须子网 set net                    |             |
|                                     | 7 月 17 日 July 17th                     | 地笼 cage net                          |                                |             |
|                                     | 7 月 28 日-30 日 July 28th to 30th        | 单拖网 single trawler                   |                                |             |
|                                     | 7 月 30 日-31 日 July 30th to 31st        |                                      | 须子网 set net                    |             |
|                                     | 8 月 19 日、21 日 August 19th and 21st     |                                      | 须子网 set net                    |             |
|                                     | 8 月 22 日 August 22nd                   | 地笼 cage net                          |                                |             |
|                                     | 开捕后 catch-opening season               | 8 月 25 日-30 日 August 25th to 30th    | 单拖网 single trawler             | 须子网 set net |
|                                     |  | 9 月 20 日-23 日 September 20th to 23rd |                                | 须子网 set net |
| 9 月 26 日 September 26th             |  | 地笼 cage net                          |                                |             |
| 10 月 28 日-30 日 October 28th to 30th |  |                                      | 须子网 set net                    |             |
| 12 月 7-27 日 December 7th to 27th    |  | 单拖网 single trawler                   |                                |             |

放流通道调查布设站位用须子延绳倒须笼(俗称地笼, 以下用此简称)采样。该网具主尺寸 0.40 m×0.25 m×2 m, 网筒长度 2 m, 网囊长度两侧各 1 m, 网筒分 5 小节, 每小节均设有倒须装置入口, 相邻小节的入口相对分布, 入口尺寸为 0.15 m×0.1 m。网筒和网囊的网目尺寸均为 5 mm。采样前 24 h, 在各个布设位点预先放设地笼 3 个, 采集渔业生物后进行分类、计数和称重, 测定数据转换成单位捕捞努力量渔获量 CPUE, 以相对生物量[g/(d-net)]和相对数量密度[ind/(d-net)]来表示。虾苗分布的平均距离  $D = \frac{\sum(\text{各分布位点相对数量} \times \text{各分布位点距离})}{\sum \text{各分布位点相对数量}}$ 。

入海海域调查租用小型木质渔船“鲁河渔 71194”(长 14 m×宽 4.6 m, 44 kW, 吃水 0.8 m), 利用自制的单船单囊拖网(以下简称单拖网)以船速

为 2.0 kn 左右逐站底层拖网采样。网具的网口宽 15 m, 张口高 2~3 m, 网孔径 1.5 cm。对捕获的中国明对虾进行现场计数及体长和体重测量, 测定数据转换成单位捕捞努力量渔获量 CPUE, 以相对生物量[g/(h-net)]和相对数量密度[ind/(h-net)]来表示。采取扫海面积法估算区域内中国明对虾资源密度(ind/km<sup>2</sup>), 即相对数量/(捕捞效率×每小时扫海面积), 捕捞效率取 0.5。资源量估算方法为资源密度×调查区海域面积(1047 km<sup>2</sup>)。

生产定点调查用导陷插网陷阱类(俗称须子网, 以下用此简称)采样。网具拦网网长 400~500 m, 网高 1.5 m, 网囊直径 70 cm, 长度 1.5 m, 网目尺寸 20 mm。捕获的中国明对虾进行体长和体重生物学参数测定。测定的对虾生物学数据用于其个体大小分布分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 放流通道中国明对虾迁移分布

由图 3 可知, 放流前, 6 月 11—12 日, 小岛河河道内未采到中国明对虾及其幼苗; 开闸放流首日(6 月 13 日), 小岛河河道内开始发现中国明对虾幼苗; 放流第 3 天(6 月 15 日), 河道内虾苗的相对数量密度值最高; 放流第 4 天, 河道内虾苗相对数量密度值减半。闸池关闭后第 3 天(6 月 20 日), 即放流第 8 天及之后, 河道内未发现中国明对虾。7 月、8 月和 9 月中旬对河道监测调查, 均未发现中国明对虾。

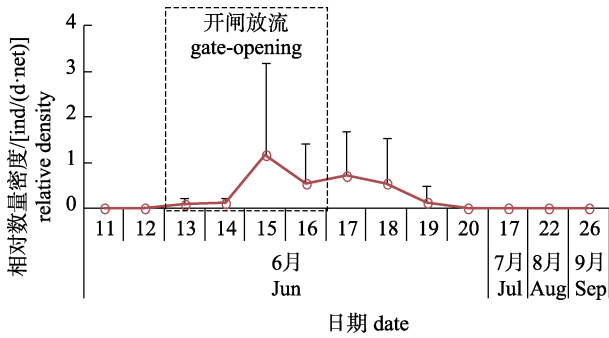


图 3 小岛河放流河道内对虾相对数量密度日变化  
Fig. 3 Daily relative density of *Fenneropenaeus chinensis* in the releasing channel of the Xiaodao River

由图 4 可见, 放流首日(6 月 13 日) 24 h 内, 河道内虾苗可分布至距离闸池出口 1~1.5 km。第 2 日末, 河道内虾苗分布最远可至距离闸池出口

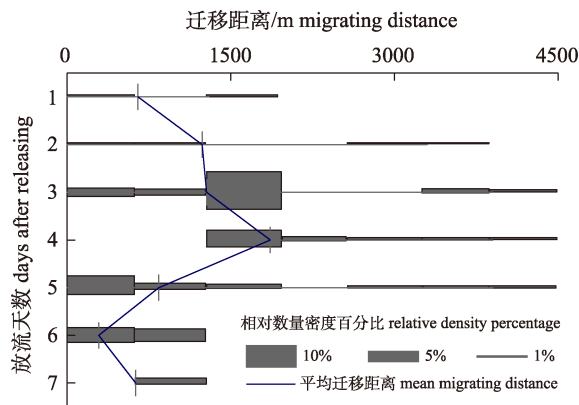


图 4 放流期间小岛河河道内中国明对虾相对数量密度百分比和平均迁移距离日分布

Fig. 4 Daily distributions of relative density percentage and distance from the releasing pools of *Fenneropenaeus chinensis* in the releasing channel of the Xiaodao River

2.5~3.5 km 处。放流第 3 天, 虾苗已分布至距离闸池 4.5 km、近入海口。各日虾苗的相对数量百分比组成中, 放流第 3 天, 距离闸口 1~2 km 区域, 对虾苗相对数量百分比值最高, 达 22%。放流首日至第 4 天, 对虾苗在河道中平均迁移距离随天数而渐增。

河道内各设站采集的虾苗的平均体重介于 0.23~2.27 g。由图 5 可得, 本次放流过程中, 较大个体的虾(体重>1 g)分布扩散快, 在放流第 2 天和第 3 天即迁移至近入海口, 到达离闸口 3.3~4 km 的第 6 位点和第 7 位点, 放流第 3 天之后, 河道内已少见较大个体虾苗; 较小个体的虾苗(个体重量<1 g)在第 3 天和第 4 天才分布扩散至近入海口。

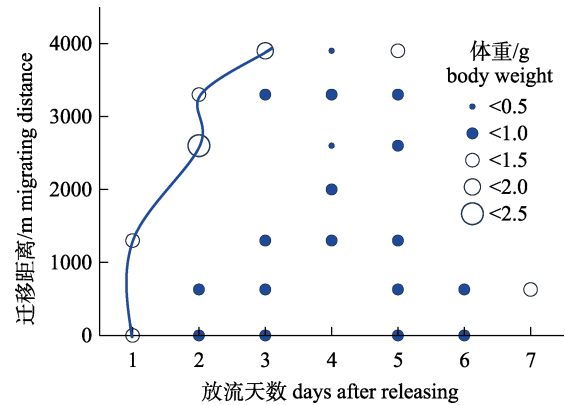


图 5 放流期间小岛河河道内不同监测点出现的中国明对虾虾苗平均体重

Fig. 5 Average body weight of *Fenneropenaeus chinensis* at monitoring points in the releasing channel of the Xiaodao River during the releasing period

### 2.2 放流入海水域的中国明对虾分布

在莱州湾西岸潮下带区域, 4 月底、5 月底和 12 月底海上调查均未采集到中国明对虾个体。放流后, 6 月底至 7 月初, 海上调查发现中国明对虾在该水域较为常见, 出现站位频率为 55%, 调查区域平均相对数量密度为 34.2 ind/h。由图 6 可知, 紧邻小岛河河口站位(水深 6 m)是中国明对虾的相对高密度区, 其相对数量密度值>250 ind/h。7 月末, 中国明对虾在该水域较为常见, 出现频率 66.67%, 平均相对数量密度为 22.5 ind/h, 中国明对虾分布中心有向调查东侧、湾中心相对深水区(10 m)移动趋势, 数量密度高值(>100 ind/h)出现

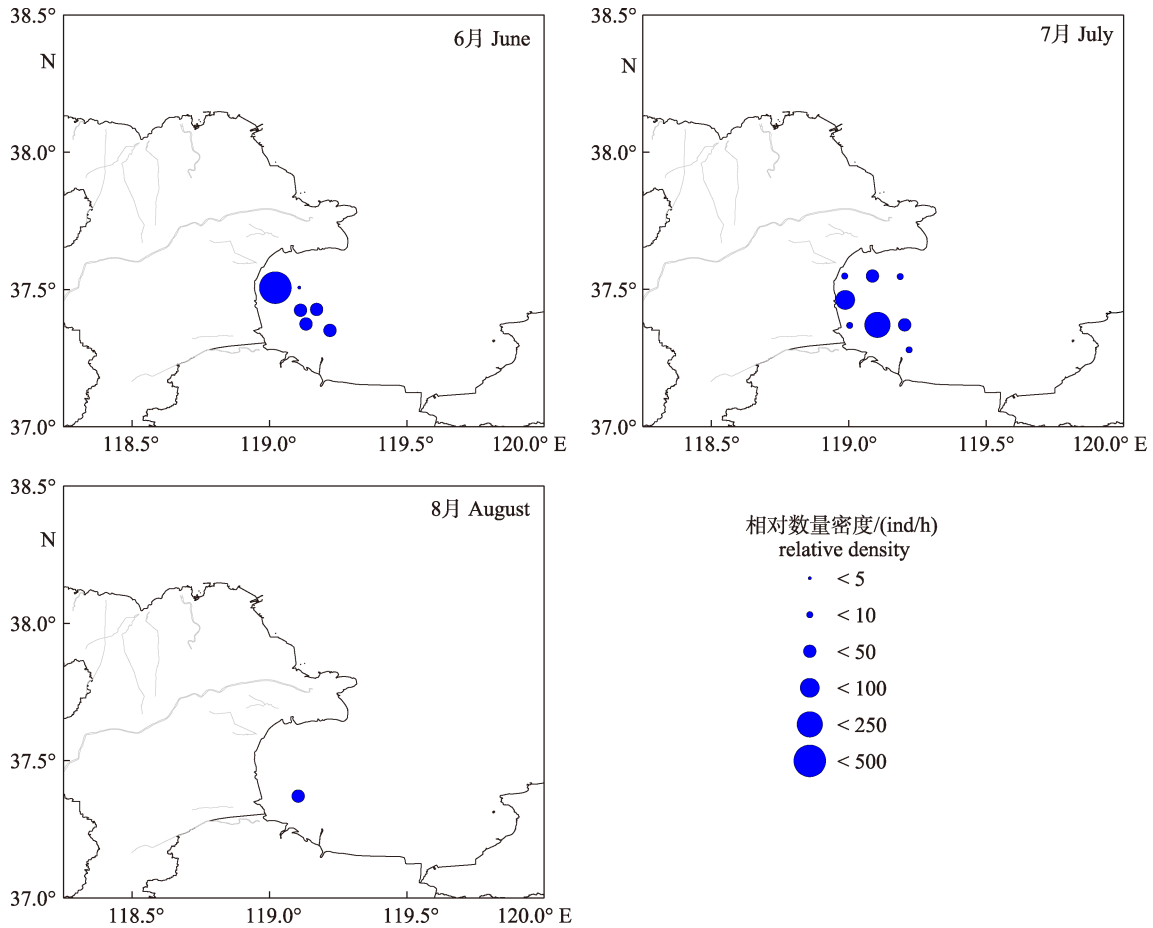


图 6 6—8 月放流入海水域中国明对虾相对数量密度分布  
 Fig. 6 Spatial distributions of relative density of *Fenneropenaeus chinensis* from June to August in the open sea to the southwest of the Yellow River Estuary

于小清河外水深大于 10 m 站位。8 月下旬, 调查区内中国明对虾少见, 仅在小清河外站位发现。

根据扫海面积法估算, 6 月底调查区域内中国明对虾资源密度为 966 ind/km<sup>2</sup>, 资源量约为 101.14 万尾; 7 月调查区域内中国明对虾资源密度为 664 ind/km<sup>2</sup>, 资源量约为 69.57 万尾。

2.3 生产定点监测

4—10 月须子网样中, 仅有放流后、开捕前的 7 月 2 日、4 日、30—31 日及 8 月 25 日采集到中国明对虾, 其他月份都未采集到中国明对虾。7 月 4 日采集到的中国明对虾最多, 总尾数超过 100 尾, 其次为 7 月 2 日, 采集到逾 20 尾, 7 月底和 8 月底采集到中国明对虾为 2~4 尾。

2.4 个体大小分布

表 2 中, 放流海区中国明对虾随着时间后推, 体长和体重都在增加。由个体体长频数分布(图 7)

可得, 7 月底须子网样的对虾个体大小分布较为分散, 6 月底、7 月初和 7 月中旬拖网样中对虾个体大小分布范围相近。

表 2 采集的中国明对虾平均体重和体长  
 Tab. 2 Mean body weight and body length of sampled *Fenneropenaeus chinensis*

| 时间<br>sampling time           | 体重/g<br>body weight | 体长/cm<br>body length |
|-------------------------------|---------------------|----------------------|
| 放流池 releasing pool            |                     |                      |
| 6 月 13 日 June 13rd            | 0.63±0.19           | 3.64±0.43            |
| 须子网 set net                   |                     |                      |
| 7 月 2—4 日 July 2nd to 4th     | 2.79±0.82           | 6.1±0.71             |
| 7 月 30—31 日 July 30th to 31st | 5.44±1.80           | 7.56±0.95            |
| 8 月 25 日 August 25th          | 22.86               | 12.55                |
| 拖网 Trawling                   |                     |                      |
| 7 月 1—4 日 July 1st to 4th     | 10.80±2.92          | 10.1±1.91            |
| 7 月 15 日 July 15th            | 11.65±3.71          | 9.8±1.05             |
| 7 月 30 日 July 30th            | 20.95±4.73          | 13.5±1.07            |
| 8 月 25 日 August 25th          | 50.05               | 16.1                 |



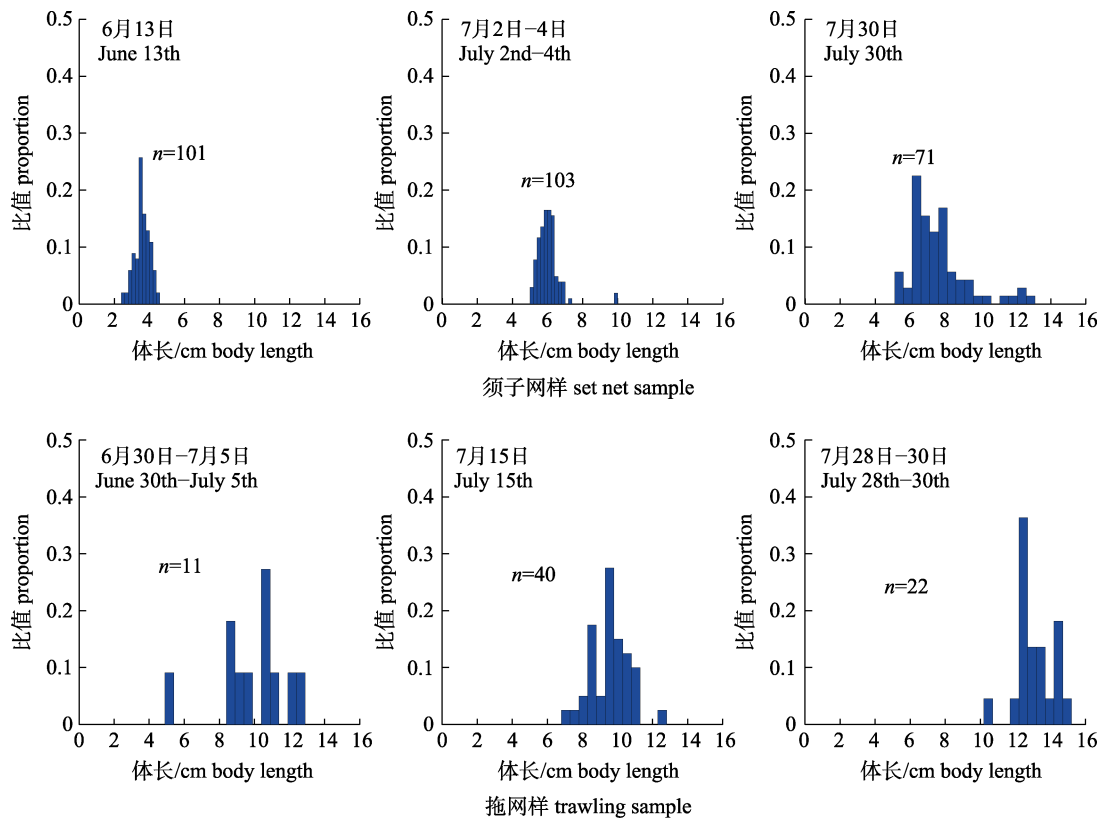


图 7 中国明对虾体长频数所占比值分布

Fig. 7 Histogram of body length frequency proportion of *Fenneropenaeus chinensis*

### 3 讨论

#### 3.1 放流通道虾苗的迁移特征

由本研究结果 2.1 可知, 虾苗从开闸放流进入小岛河河道, 沿河道迁移进入海域; 小个体的虾苗出池迁移慢, 滞留河道内时间略长, 大个体虾出池迁移快, 滞留河道内时间短; 3~7 d 放流虾苗完全入海, 放流 1 周之后放流河道内则未再发现中国明对虾及其幼苗, 即放流虾苗基本不在河道内作长时间停留。而在淮河河口, 放流中国明对虾幼虾会在河道内停留 1 个月甚至更久的时间, 在 6 月末、7 月初体长达到 60 mm 左右时开始向河口迁移<sup>[8]</sup>。小岛河放流对虾入海所需时间短, 在放流通道不作长时间停留, 推测可能与放流通道的水文条件有关。淮河河口河道弯曲, 河道长达 15 km, 水质环境适合中国明对虾幼体发育生长<sup>[8]</sup>; 而小岛河河口河道短且直, 由开闸池至入海口仅为 4.5 km, 受潮汐影响水位落差大, 河口有防潮堤坝, 河道多为渔船通航通道, 这些因素不利于

放流对虾个体在小岛河河道内的停留。中国明对虾自然群体早期生活史中, 在仔虾发育成幼虾阶段有由盐度较高的海域游向低盐河口地区溯河洄游的特性<sup>[3]</sup>。目前, 对于在人为干涉作用下, 增殖放流中国明对虾仔幼虾是否保留溯河洄游习性尚存在疑问<sup>[5]</sup>。本研究结果显示, 小岛河河口放流的中国明对虾虾苗自入海后并未表现逆河道上游, 其中可能的原因是, 放流的虾苗为大规格苗, 平均体长 > 3 cm, 多数虾苗处于仔虾后期及幼虾阶段, 另外, 小岛河河口坝堤、航道等工程设施也阻止了仔虾溯河上游。现有的调查结果还不足以判定幼虾的生态习性是否发生改变, 有待于结合分子生物学和其他技术研究进行考量和评估。

放流苗种规格的选择是增殖放流策略的重要内容, 它往往因放流海区生态条件而异。通常在封闭性较强的港湾、河道, 放流的种苗规格可小些, 而在较开阔的水域及河口海区, 多建议选用较大规格种苗<sup>[9]</sup>, 这是因为大规格虾抵御病害、逃避敌害能力优于小规格虾<sup>[10-11]</sup>。此外, 从本研究

结果可知, 小岛河河口放流的幼虾中, 大个体的虾苗迁移速度快, 能够在更短的时间内进入开阔海域, 实现分散分流, 操作性强, 而小个体的虾苗迁移速度慢, 受外界干扰的可能性增加, 因此建议在小岛河河口放流点对虾放流时继续选用大规格苗种。

### 3.2 入海水域的对虾分布

莱州湾西岸潮下带区是传统的中国明对虾产卵场, 其地理、水文条件适合中国明对虾繁殖发育<sup>[3]</sup>。从本研究海上和渔业生产定点跟踪调查(结果 2.2 和 2.3)结果显示, 放流区域内, 4—5 月未发现中国明对虾, 6 月才开始出现中国明对虾, 这也进一步证实了放流区域沿岸渔获的中国明对虾应来源于增殖放流群体, 中国明对虾野生群体极少或不出现<sup>[5,12-14]</sup>。图 6 显示, 6—7 月间, 调查区域内中国明对虾个体增大, 分布密度中心有向湾中部移动的趋势, 可能与莱州湾放流群体具有洄游活跃、分布广泛的特点有关。莱州湾中国明对虾放流群体在湾内停留时间较短, 随个体长大, 活动能力增强, 分布范围扩大, 逐渐向深水区移动, 迁移到湾外<sup>[5,8]</sup>。除受洄游迁移影响外, 8 月区域内中国明对虾数量少且出现频率低, 还可能受开捕后高捕捞强度影响所致。

### 3.3 放流对虾存活率估算

放流对虾存活率是评价放流效果最为直接的指标。它往往受当年的天气、放流苗种健康程度、放流数量、开捕强度等影响, 存在区域、季节和年间差异, 有时可直接反映回捕率。如 1996 年石城岛沿海渔捞对虾的回捕率为 0.25%, 与跟踪调查估测存活率值是相近的<sup>[15]</sup>。2012 年崂山湾中国明对虾放流调查估算的存活率为 0.02%<sup>[16]</sup>。黄骅、丰南 2005 年放流中国明对虾 6 月初存活率为 2.7%, 开捕前的 8 月 21 日为 0.82%<sup>[17]</sup>。2020 年东营市在莱州湾西岸约放流中国明对虾苗 4 亿尾。如果不考虑小清河以南其他放流点影响, 根据本研究结果 2.2 估算的对虾资源量和平均体重, 粗略估算, 6 月底调查区域内放流苗的存活率约为 0.25%, 存活量约为 100 万尾、10.8 t, 7 月底存活率约为 0.16%, 存活量约为 64 万尾、13.4 t。此值低于近年来山东半岛沿岸中国明对虾放流回捕率

1%~3%的评估值<sup>[5-6]</sup>。分析其偏低的原因, 莱州湾中国明对虾放流群体 6 月初放流后到 9 月前, 大体沿山东、河北渤海沿岸朝西北偏北方向、水深 10 m 以深区域迁移<sup>[5-8]</sup>, 而本研究调查区域仅限于 10 m 水深以浅水域, 并未完全涵盖放流对虾迁移分布区。推测 6 月和 7 月放流区内中国明对虾放流群体存活率值应略高于上述估值。

## 4 结论

本研究跟踪小岛河河口增殖放流中国明对虾的迁移分布, 发现放流幼虾开闸后进入河道, 不同大小的幼虾滞留放流通道的时长虽有不同, 但多表现为沿河道迁移进入海域, 未发现幼虾逆河上游。在黄河口西南侧潮下带, 放流后才出现较多中国明对虾, 放流前和开捕后都未采集到对虾个体, 推测放流区域沿岸渔获的中国明对虾应来源于增殖放流群体, 建议在此海域继续保持人工增殖放流方式以及推迟开捕或限捕, 推进放流苗种在自然海域形成繁殖群体, 达到中国明对虾自然种群补充和资源修复的生态效果。

### 参考文献:

- [1] Tang Q S. Strategic Research on the Fishery Stock Enhancement in China's Exclusive Economic Zone[M]. Beijing: China Ocean Press, 2019: 20-42. [唐启升. 我国专属经济区渔业资源增殖战略研究[M]. 北京: 海洋出版社, 2019: 20-42.]
- [2] Ministry of Agriculture of the People's Republic of China. Aquatic Product Standard of the People's Republic of China: Technical specification for the stock enhancement of hydrobios—China shrimp. SC/T 9419-2015[S]. Beijing: China Agriculture Press, 2015. [中华人民共和国农业部. 中华人民共和国水产行业标准: 水生生物增殖放流技术规范: 中国对虾 SC/T 9419-2015[S]. 北京: 中国农业出版社, 2015.]
- [3] Deng J Y, Ye C C, Liu Y C. Chinese Shrimp and Its Resource Management in the Bohai and Yellow Seas[M]. Beijing: China Ocean Press, 1990: 1-283. [邓景耀, 叶昌臣, 刘永昌. 渤海黄海的对中国对虾及其资源管理[M]. 北京, 海洋出版社, 1990: 1-283.]
- [4] Li C J. Current status and prospect of *Fenneropenaeus chinensis* resources enhancement in Northern Yellow Sea[J]. Agricultural Engineering Technology, 2020, 40(17): 82, 86. [李成久. 黄海北部中国对虾资源增殖现状和发展趋势[J]. 农业工程技术, 2020, 40(17): 82, 86.]

- [5] Wang W J. Effect Evaluation and Ecological Security of *Fenneropenaeus chinensis* Stock Enhancement and Release [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2020: 81-108. [王伟继. 中国对虾增殖放流效果评估与生态安全[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020: 81-108.]
- [6] Li Z Y, Wang J, Zhao Z L, et al. Resources enhancement of *Fenneropenaeus orientalis* in the Bohai Sea[J]. Progress in Fishery Sciences, 2012, 33(3): 1-7. [李忠义, 王俊, 赵振良, 等. 渤海中国对虾资源增殖调查[J]. 渔业科学进展, 2012, 33(3): 1-7.]
- [7] Zhang B, Jin X S, Wu Q, et al. Enhancement and release of Chinese shrimp in Laizhou Bay[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2015, 22(3): 361-370. [张波, 金显仕, 吴强, 等. 莱州湾中国明对虾增殖放流策略研究[J]. 中国水产科学, 2015, 22(3): 361-370.]
- [8] Yang S, Song N, Gao T X, et al. Tracking surveys and growth study of released *Fenneropenaeus chinensis*[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2017(1): 102-108. [杨爽, 宋娜, 高天翔, 等. 莱州湾放流中国对虾的跟踪调查及其生长研究[J]. 海洋湖沼通报, 2017(1): 102-108.]
- [9] Zhang C M, Ye Q T. The releasing technique and the enhancement effect on the small post larvae of *Penaues orientalis* in Dongwuyang Bay[J]. Journal of Fisheries of China, 2000, 24(2): 134-139. [张澄茂, 叶泉土. 东吾洋中国对虾小规格仔虾种苗放流技术及其增殖效果[J]. 水产学报, 2000, 24(2): 134-139.]
- [10] Deng J Y, Ren S M, Zhu J S. Experiment on releasing size of Chinese shrimp[J]. Journal of Fisheries of China, 1996, 20(2): 188-192. [邓景耀, 任胜民, 朱金声. 中国对虾苗种放流规格试验[J]. 水产学报, 1996, 20(2): 188-192.]
- [11] Chen L, Liu H Y, Jiang H L, et al. The cost comparison of releasing different sizes of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* into the northern Yellow Sea[J]. Journal of Dalian Ocean University, 2014, 29(2): 188-192. [陈雷, 刘海映, 姜洪亮, 等. 黄海北部放流不同规格中国对虾的成本比较[J]. 大连海洋大学学报, 2014, 29(2): 188-192.]
- [12] Li K Z, Wang C G, Liang H Y, et al. Research on contribution rate of resources on proliferation and releasing of *Penaues chinensis* in southern Shandong Peninsula[J]. Journal of Yantai University (Natural Science and Engineering Edition), 2019, 32(2): 165-170. [李科震, 王承国, 梁海永, 等. 增殖放流对山东半岛南部中国对虾资源贡献率的研究[J]. 烟台大学学报(自然科学与工程版), 2019, 32(2): 165-170.]
- [13] Lu X, Dong T W, Yu B S, et al. Review and reflection of *Fenneropenaeus chinensis* stock enhancement in Shandong Province[J]. Shandong Fisheries, 2018, 35(6): 42-46. [卢晓, 董天威, 于本淑, 等. 山东省中国对虾增殖放流回顾与思考[J]. 齐鲁渔业, 2018, 35(6): 42-46.]
- [14] Xu B Q, Lü Z B, Li Z J, et al. The growth characteristics and spatial distribution of *Fenneropenaeus chinensis* in Laizhou Bay[J]. Acta Ecologica Sinica, 2016, 36(3): 803-810. [徐炳庆, 吕振波, 李战军, 等. 莱州湾中国对虾生长特性及其空间分布[J]. 生态学报, 2016, 36(3): 803-810.]
- [15] Lin J, Li P J. Experimental and productive release of *Fenneropenaeus chinensis* larvae in the fishing ground of Haiyang Island[J]. Fisheries Science, 1997, 16(3): 11-14. [林军, 李培军. 中国对虾出池仔虾在海洋岛渔场生产性放流增殖试验[J]. 水产科学, 1997, 16(3): 11-14.]
- [16] Yuan W, Lin Q, Wang J, et al. Assessment of enhancement effectiveness of Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* stock in the Laoshan Bay[J]. Progress in Fishery Sciences, 2015, 36(4): 27-34. [袁伟, 林群, 王俊, 等. 崂山湾中国对虾(*Fenneropenaeus chinensis*)增殖放流的效果评价[J]. 渔业科学进展, 2015, 36(4): 27-34.]
- [17] Zhou J, Li Y Q, Zhang H P, et al. Tracking investigation and effect evaluation of *Fenneropenaeus chinensis* stock enhancement in China Seas[J]. Hebei Fisheries, 2006(7): 27-30. [周军, 李怡群, 张海鹏, 等. 中国对虾增殖放流跟踪调查与效果评估[J]. 河北渔业, 2006(7): 27-30.]



## Tracking surveys of released *Fenneropenaeus chinensis* in the subtidal zone to the southwest of the Yellow River Estuary

ZUO Tao<sup>1,3</sup>, ZUO Ming<sup>2</sup>, WANG Jun<sup>1,3</sup>, ZHANG Jiaxu<sup>1,4</sup>, CHEN Ruisheng<sup>1</sup>, SUN Jianqiang<sup>1</sup>

1. Yellow Sea Fisheries Research Institute, Chinese Academy of Fishery Sciences, Qingdao 266001, China;
2. Marine Economy and Development Research Institute, Dongying 257091, China;
3. Marine Ecology and Environmental Science Laboratory; Pilot National Laboratory for Marine Science and Technology (Qingdao), Qingdao 266237, China;
4. College of Fisheries, Ocean University of China, Qingdao 266003, China

**Abstract:** Chinese shrimp *Fenneropenaeus chinensis* is the first species to experience large-scale stock enhancement in the coastal waters of China. The subtidal zone to the southwest of the Yellow River estuary is one of the main releasing areas for stock enhancement of this species in the Bohai Sea. In June 2020, *F. chinensis* individuals were directly released in the subtidal zone near the Xiaodao River Estuary. To examine the movement of released shrimp, optimize releasing strategies, and provide a practical reference for relevant management, temporal-spatial distributions of released shrimp were studied based on follow-up investigations in the 4.5 km river/release channel and subtidal zone. Shrimp samples from trawling and set nets caught at fixed stations were analyzed from April to December in 2020. The results showed that shrimp larvae released from the gate-opening pools entered the estuary and finally reached the open sea along the river channel 3–7 days later. No shrimp were found upstream in the river channel. Size difference among individual shrimp was associated with the time spent swimming out of the pools and remaining in the river channel. Smaller shrimp swam more slowly out the gate-opening pool and remained in the river channel longer than larger individuals. In the subtidal zone, few shrimp were sampled in April and May. Shrimp individuals began to appear only after release in June, and disappeared by the end of August. The number and occurring frequency of *F. chinensis* decreased monthly from June to August. Based on the results of this study, relatively large shrimp individuals are recommended for Chinese shrimp stock enhancement in the Xiaodao River Estuary, as they have strong swimming ability, which could reduce the gate-opening time and achieve a higher releasing efficiency. This study also provides evidence that Chinese shrimp stock in the subtidal zone originate from the artificial released population of the same year.

**Key words:** *Fenneropenaeus chinensis*; enhancement; movement; distribution; Yellow River Estuary

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

ZUO Ming. E-mail: zuoming257091@126.com