

Zhang C G, Wang T, Han D Y, *et al.* Changes in fishery resources communities in the yangtze river estuary during the initial period of “10-Year Fishing Ban” on the yangtze river [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2025, 49(8): 082513. [张成功, 王婷, 韩东燕, 等. 长江“十年禁渔”初期长江口水域渔业资源的变化 [J]. 水生生物学报, 2025, 49(8): 082513.]

## 长江“十年禁渔”初期长江口水域渔业资源的变化

张成功<sup>1</sup> 王婷<sup>2,3</sup> 韩东燕<sup>1,3,4</sup> 赵静<sup>1,3</sup>

(1. 上海海洋大学海洋生物资源与管理学院, 上海 201306; 2. 上海市水生野生动植物保护研究中心, 上海 201306;  
3. 长江口水生生物监测与保护联合实验室, 上海 201306; 4. 国家远洋渔业工程技术研究中心, 上海 201306)

**摘要:** 为了解长江“十年禁渔”期间长江口水域渔业资源的变动, 研究基于2017—2023年长江口水域渔业资源调查数据, 从资源量、优势种、群落多样性等方面分析了禁渔前后长江口水域渔业资源的变动情况。结果表明, 2017—2023年间, 长江口水域共监测到渔业资源126种, 其中鱼类68种, 虾蟹类43种, 软体动物15种, 禁渔前后渔业资源种类和资源量存在明显的变化。禁渔前(2017—2020年)长江口渔业资源状况持续衰退, 种类数由2017年的37种降低到2019年的30种, 资源丰度由2017年的0.56 kg/(kn·h)降低到2019年的0.25 kg/(kn·h); 禁渔后(2021—2023年)种类数及资源丰度呈上升趋势, 种类数上升至2023年的86种, 资源丰度上升至5.20 kg/(kn·h)。长江口水域优势种由禁渔前的三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、安氏白虾(*Exopalaemon annandalei*)等甲壳类为主转变为禁渔后棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、刀鲚(*Coilia nasus*)、凤鲚(*Coilia mystus*)等鱼类为主, 表明长江口鱼类的资源有所恢复。2017—2023年, 长江口水域多样性指数变化趋势不一致, Shannon-Wiener呈现逐步升高的趋势, Margalef呈现先降低后升高的趋势, Peilou指数历年来波动较小。随着禁渔政策的持续, 长江口水域渔业资源逐步向好。

**关键词:** 长江口; 渔业资源; 十年禁渔; 年际变化

**中图分类号:** S932.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2025)08-082513-08

**doi:** 10.3724/1000-3207.2025.2024.0369 **CSTR:** 32229.14.SSSWXB.2024.0369



长江口是亚洲第一大河口, 在长江冲淡水、沿岸流、台湾暖流等多种洋流和水团影响下, 呈现出“三级分汊, 四口入海”的地理特征<sup>[1]</sup>, 具有丰富的营养物质和饵料资源, 是众多鱼类、虾蟹类等渔业资源的产卵场和索饵场<sup>[2]</sup>。长期以来, 受过度捕捞、重大水利工程、环境污染等人类活动的影响, 传统经济鱼类资源衰退, 长江口渔业资源组成发生变化, 高营养级的大个体鱼类逐渐被低营养级小个体鱼类及虾类和蟹类等甲壳动物所取代<sup>[3]</sup>, 长江口水域生态系统总体上呈资源量下降、物种濒危程度增加、生物多样性减少的趋势<sup>[4]</sup>。为保护长江口在内的长江流域渔业资源多样性, 维护生态平衡<sup>[5]</sup>, 我国政府于2021年1月起全面在长江流域实施“十年禁

渔”政策<sup>[6]</sup>, 以期恢复长江流域渔业资源多样性。

渔业资源状况是评价水域生态系统完整与健康的重要指标, 渔业资源的组成和空间分布对生态系统物质循环和能量流动起到重要作用<sup>[7]</sup>。渔业资源变动关系着禁渔的成效。目前已有学者关注长江“十年禁渔”如何影响长江流域渔业资源结构, 研究多集中在长江干流及支流, 研究对象以鱼类群落居多<sup>[8,9]</sup>, 对长江口水域关注较少。长江口水域位于河海交界处, 其渔业资源同时受上游水域渔业资源及近海洄游性鱼类的影响。随着禁渔政策的持续实施, 需深入探索长江口渔业资源的变动情况, 并关注其对禁渔政策的响应, 旨在为科学评价长江十年禁渔的成效提供有力支撑。

**收稿日期:** 2024-09-26; **修订日期:** 2025-02-05

**基金项目:** 上海市农业科技兴农技术创新项目(沪农科创字2022第2-1号)资助 [Supported by the Shanghai Agricultural Science and Technology Innovation Project]

**作者简介:** 张成功(2002—), 男, 硕士研究生; 主要从事长江口水域研究。E-mail: 572841636@qq.com

**通信作者:** 赵静(1984—), 女, 博士, 讲师; 主要从事采样设计和水生生物保护。E-mail: jzhao@shou.edu.cn

本研究基于2017—2023年在长江口开展的渔业资源调查,从渔业资源种类组成、数量及群落结构等方面,探究长江口禁渔前后渔业资源变动特征,为长江禁渔效果评估提供科学依据,为渔业资源保护提供支持。

## 1 材料与方法

### 1.1 数据来源

本研究数据采于2017—2023年在长江口水域(121°00′—123°00′E, 31°00′—32°00′N)开展的渔业资源多样性调查(图1, 为了更加准确地对比渔业资源的年际变化,故删除2023年新增的一个站点)。调查时间为每年的2月(冬季)、5月(春季)、8月(夏季)和11月(秋季),调查船为沪崇渔1511号。调查网具为双囊底拖网,网口宽6 m,网高2 m,网纲长6 m,囊网网目大小为20 mm。作业航速为2 kn/h,作业时间为30min左右。渔获物样本经实验室进行种类鉴定、计数、称重等工作。调查及样品分析参照《海洋监测规范》(GB17378—2007)和《海洋调查规范》(GB12763—2007)进行。在对监测数据分析前,按照拖网时间1h和拖速1 kn进行数据标准化处理。

### 1.2 群落相似性和种类更替率

本研究采用 $\beta$ 多样性测度方法,即使用Jaccard指数评价渔业资源的种类相似性<sup>[10]</sup>,分析禁渔前后长江口渔业资源相似性,计算公式:

$$I = \frac{j}{a+b-j}$$

式中,  $I$ 为群落相似度,  $a$ 为禁渔前长江口水域累计

物种数,  $b$ 为禁渔后长江口水域累计物种数,  $j$ 为两个区域共有物种数。  $0 \leq I < 0.25$ 时为极不相似,  $0.25 \leq I < 0.5$ 时为中等不相似,  $0.5 \leq I < 0.75$ 时为中等相似,  $0.75 \leq I < 1$ 时为极相似<sup>[11]</sup>。在本研究中,将2017—2020年定义为禁渔前年份,2021—2023年定义为禁渔后年份,下同。

采用种类更替率( $R$ )来反映禁渔前后的物种更替情况<sup>[12]</sup>,计算公式:

$$R = [(a+b-2c)/(a+b-c)] \times 100$$

式中,  $c$ 为禁渔前后出现的共同物种数,  $a$ 和 $b$ 为禁渔前后分别出现的物种数。

### 1.3 群落优势度

应用相对重要性指数(Index of relative importance, IRI)分析长江口渔业资源的物种优势度<sup>[13]</sup>。计算公式:

$$IRI = (N_i + W_i) \times F_i \times 10^4$$

式中,  $N_i$ 表第 $i$ 种物种个体数量占所捕渔获总数量的比例,  $W_i$ 代表第 $i$ 种物种质量占所捕渔获总质量的比例,  $F_i$ 代表第 $i$ 种物种出现的站位数占总采样站位数中比例。设定 $IRI \geq 1000$ 的物种为优势种,  $100 \leq IRI < 1000$ 的物种为常见种,  $1 \leq IRI < 100$ 的物种为少见种<sup>[14]</sup>。

### 1.4 生物多样性

本研究采用Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )<sup>[15]</sup>, Margalef丰富度指数( $D$ )<sup>[16]</sup>, Pielou均匀度指数( $J'$ )<sup>[17]</sup>, 分析长江口2017—2023年渔业资源多样性, 计算公式:

$$D = \frac{S-1}{\ln N}$$

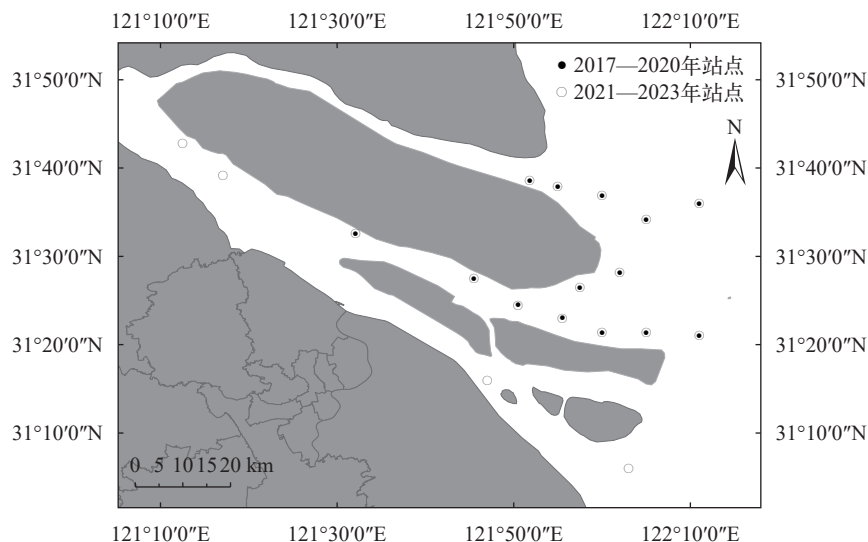


图1 2017—2023年长江口渔业资源调查站位分布图

Fig. 1 Distribution of fishery resources survey stations in the Yangtze River Estuary

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

$$J' = \frac{H'}{\ln S}$$

式中,  $S$ 代表渔获物总种类数,  $N$ 代表渔获物总数量,  $P_i$ 代表第 $i$ 种物种个体数量占渔获总数量的比例。

分析与作图使用Microsoft Excel 2019、IBM SPSS Statistics 19、PRIMER 6和Arc GIS软件。

## 2 结果

### 2.1 禁渔前后长江口渔业资源的资源丰度变化

在禁渔前, 资源丰度整体呈现下降趋势, 从2017年的0.56 kg/(kn·h)下降到2019年的0.25 kg/(kn·h), 降幅达55%, 在2020年有所回升至0.55 kg/(kn·h)。在禁渔后, 资源丰度呈现大幅上升趋势, 在2023年达到最高值5.20 kg/(kn·h)。经ANOVA分析检验, 禁渔前后长江口水域渔业资源的资源丰度存在显著性差异( $P < 0.05$ ), 禁渔后资源丰度显著增加(图2)。

### 2.2 禁渔前后长江口渔业资源物种组成

2017—2023年, 共监测到渔业资源种类126种, 隶属于22目61科94属, 其中鱼类68种, 占总种类数的53.9%, 虾类22种(17.4%), 蟹类21种(16.6%), 软体动物15种(11.9%)。在禁渔前, 2020年监测到的渔业资源总种类数最高为38种, 2018和2019年最低仅30种。在禁渔后, 长江口水域总种类数呈现显著增长趋势, 2021年监测到的渔业资源总种类数为61种, 2022年为68种及2023年为86种。2017—2023年均监测的站点有14个, 共监测到渔业资源种类123种, 隶属于21目60科93属; 其中禁渔前监测到渔业资源种类62种, 禁渔后监测到渔业资源种类115种。从相同站点来看, 禁渔后长江口渔业资源种类数明显

增加。从不同类别看, 以鱼类与经济甲壳类的种类数量增长较为明显, 而软体动物种类数整体变化幅度较小(图3)。

禁渔前后群落的相似性指数Jaccard为0.42, 禁渔前后长江口水域群落组成为中等不相似。禁渔前后种类更替率为46.30%, 种类更替现象明显。禁渔前后均监测到的物种有安氏白虾(*Exopalaemon annandalei*)、三疣梭子蟹(*Portunus trituberculatus*)、棘头梅童鱼(*Collichthys lucidus*)、龙头鱼(*Harpodon nehereus*)等。禁渔后新监测到的物种有黄颡(*Setipinna taty*)、皮氏叫姑鱼(*Johnius belangerii*)、拟穴青蟹(*Scylla paramamosain*)等。

### 2.3 优势种的组成变化及鱼类的生态习性组成变化

2017—2023年, 长江口水域渔业资源优势种具有明显的年际变化(表1)。从种类组成上来看, 安氏白虾是长江口水域最主要的优势种, 在大部分年份均有较高的优势度。在禁渔后, 长江口渔业资源优势种由以安氏白虾、三疣梭子蟹等底栖甲壳类逐渐向以棘头梅童鱼、窄体舌鳎(*Cynoglossus gracilis*)、刀鲚(*Coilia nasus*)、凤鲚(*Coilia mystus*)等鱼类转变。禁渔后长江口年度优势种数量有所提升, 由禁渔前每年2—3种增加为禁渔后年均5种。

禁渔前后长江口水域鱼类的摄食类型和生态类型比例发生了较大的改变。从摄食类型来看, 禁渔前监测到3种浮游食性鱼类, 12种杂食性鱼类, 15种肉食性鱼类, 禁渔后监测到6种浮游食性鱼类, 29种杂食性鱼类, 28种肉食性鱼类。禁渔后3种食性的鱼类种类数均有增加, 其中杂食性鱼类和肉食性鱼类种类数增加明显(图4)。杂食性鱼类的生物量丰度和资源丰度由禁渔前的20.45%和31.02%下降到禁渔后9.71%和15.36%, 肉食性鱼类的生物量丰度和资源丰度由禁渔前的65.86%和58.36%上升

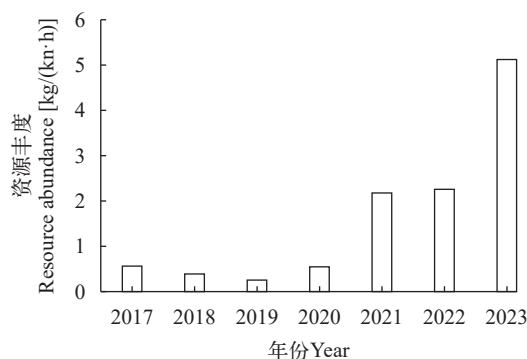


图2 长江口水域资源丰度年际变动

Fig. 2 Inter-annual variability of relative resources in the Yangtze River Estuary

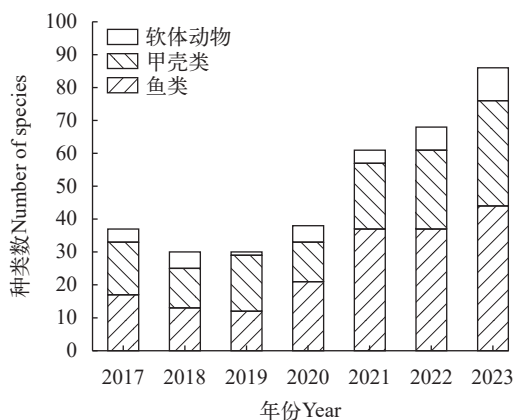


图3 种类数年际变动

Fig. 3 Inter-annual variation in number of species

到禁渔后88.66%和83.77%。

从生活习性类型来看, 禁渔前监测到5种淡水性鱼类, 6种洄游性鱼类, 9种海洋性鱼类, 10种河口性鱼类; 禁渔后监测到8种淡水性鱼类, 7种洄游性鱼类, 25种海洋性鱼类, 23种河口性鱼类。禁渔后4种生活习性的鱼类种类数均有一定增加, 其中海

表 1 禁渔前后长江口优势种及优势度

Tab. 1 Dominant and common species in the Yangtze River Estuary before and after the fishing ban

| 年份Year | 优势种Dominant species                   | IRI  |
|--------|---------------------------------------|------|
| 2017   | 三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i> | 4879 |
|        | 安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>    | 2820 |
| 2018   | 三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i> | 1577 |
|        | 脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>   | 3619 |
| 2019   | 三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i> | 2991 |
|        | 脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>   | 4615 |
| 2020   | 安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>    | 4520 |
|        | 葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>        | 1724 |
|        | 刀鲚 <i>Coilia nasus</i>                | 1295 |
|        | 脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>   | 3414 |
|        | 河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>          | 2326 |
|        | 安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>    | 1282 |
| 2021   | 窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>      | 1169 |
|        | 葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>        | 1138 |
|        | 棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>      | 3110 |
|        | 三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i> | 2369 |
| 2022   | 安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>    | 1507 |
|        | 长吻鲢 <i>Leiocassis longirostris</i>    | 1098 |
|        | 安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>    | 4368 |
|        | 凤鲚 <i>Coilia mystus</i>               | 3363 |
| 2023   | 棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>      | 2825 |
|        | 刀鲚 <i>Coilia nasus</i>                | 2320 |
|        | 长吻鲢 <i>Leiocassis longirostris</i>    | 1809 |

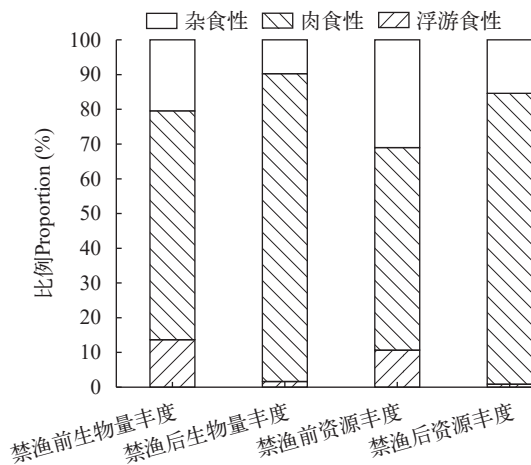


图 4 不同摄食类型鱼类丰度变动

Fig. 4 Changes in abundance of fish in different feeding types

洋性鱼类和河口性鱼类种类数增加明显(图 5)。河口性鱼类的生物量丰度和资源丰度由禁渔前的 20.45%和 23.99%下降到禁渔后的 8.96%和 11.46%, 洄游性鱼类的生物量丰度和资源丰度由禁渔前的 23.47%和 16.62%上升到禁渔后的 56.67%和 28.88%。

## 2.4 群落多样性年际变动

2017—2023年, 长江口水域多样性指数变化趋势不一致, Shannon-Wiener指数为 1.36—1.91, 最高值出现在 2022 年, 最低值出现在 2019 年(图 6)。Margalef 指数为 1.14—2.28, 最高值出现在 2023 年, 最低值出现在 2019 年。Pielou 指数为 0.51—0.73, 变化幅度较小。在 2017—2023 年期间, Shannon-Wiener 整体呈现升高的趋势, 在 2022 年最高, 2023 年有所降低。Margalef 整体呈现先降低后升高的趋势, 尤其是禁渔以来, 呈现逐年升高的趋势。Pielou 指数历年来波动较小, 呈现出较为稳定的趋势。经 ANOVA 检验, 禁渔前后 Margalef 指数存在极显著性差异 ( $P < 0.01$ ), Shannon-Wiener 指数和 Pielou 指数无显著性差异 ( $P > 0.05$ )。

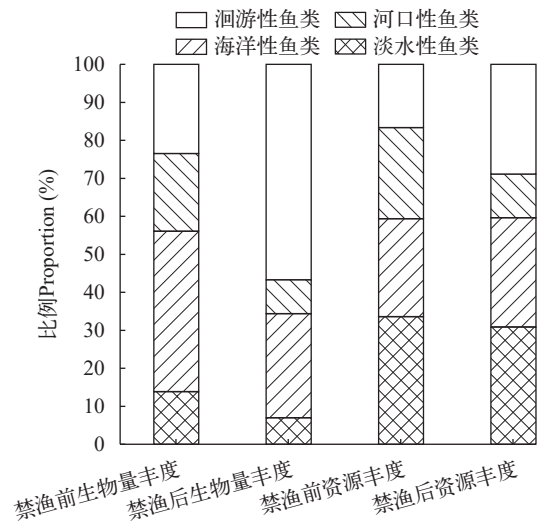


图 5 不同生活习性鱼类丰度变动

Fig. 5 Changes in abundance of fish of different habitats

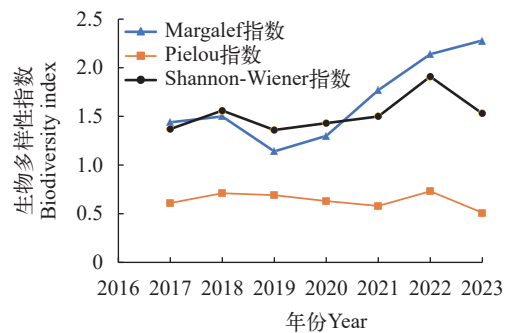


图 6 群落多样性年际变动

Fig. 6 Inter-annual variation in diversity



### 3 讨论

#### 3.1 长江口渔业资源种类组成变化

禁渔是保护渔业资源、维护水域生态平衡及实现渔业可持续发展的重要管理策略<sup>[6, 18]</sup>。许多研究均表明, 长江十年禁渔政策的实行可以有效恢复渔业资源状况, 罗斌<sup>[8]</sup>对长江十年禁渔初期巢湖鱼类资源进行研究, 与禁渔前的调查相比, 巢湖在禁渔后第二年调查到的鱼类种类数目有所增加; 方东东等<sup>[9]</sup>通过对长江石首江段开展鱼类群落结构变化分析, 发现禁渔后(2021—2022年)调查到的鱼类种类数均高于禁渔前。长江口禁渔后渔业资源的变化与上述结论保持一致, 在长江“十年禁渔”开展的第三年, 长江口的物种数目较禁渔前一年已增加了131%, 这已初步表明禁渔政策对群落恢复起到了促进作用。随着十年禁渔政策的实施, 长江口水域监测到的物种数量显著增加(相同调查站点下)。增加的物种主要包括暗纹东方鲀(*Takifugu obscurus*)、菊黄东方鲀(*Takifugu flavidus*)等鲀科鱼类, 六丝钝尾虾虎鱼(*Amblychaeturichthys hexanema*)、犬齿背眼虾虎鱼(*Oxudercus dentatus*)等虾虎鱼科鱼类, 以及东海红虾(*Plesionika izumiae*)、刀额新对虾(*Metapenaeus ensis*)等甲壳类生物。

禁渔政策移除了水域承受的大量人类扰动, 可以有效改善栖息地质量, 从而促进渔业资源恢复<sup>[19]</sup>。就禁渔前后的鱼类不同生态类型的变化来看, 长江口禁渔后海洋性鱼类和洄游性鱼类增多, 这表明随着长江水域禁渔政策的实施, 水域栖息环境得到改善, 饵料资源逐渐丰富<sup>[20]</sup>, 洄游性鱼类尤其是长期栖息在东海的洄游性鱼类洄游至长江口进行索饵活动。禁渔后还新监测到拟穴青蟹、日本沼虾(*Macrobrachium nipponense*)等甲壳类, 这些渔业资源的增加不仅丰富了长江口的物种多样性, 还通过物种的持续增加, 进一步增加生态系统的稳定性<sup>[21]</sup>。

#### 3.2 长江口渔业资源丰度的变化

本次研究结果显示, 长江口渔业资源的资源丰度在禁渔后显著上升。王银平等<sup>[22]</sup>对长江下游的渔业资源研究结果显示在长江禁渔政策实施首年, 长江下游渔业资源单位捕捞努力量渔获量增加了138.8%; 向飞飞等<sup>[23]</sup>对金沙江下游向家坝水库鱼类资源进行调查, 发现禁渔2年后向家坝库区的鱼类种群密度、资源丰度都明显大于禁渔前; 此外刘凯等<sup>[24]</sup>研究表明, 春季禁渔后崇明北滩小型鱼类资源量在禁渔后均有上升, 鱼苗的数量和资源量占比也急剧上升, 其中棘头梅童鱼和小黄鱼变化最为明显。本研究与上述学者的结果保持一致, 这也表明

禁渔政策对渔业资源丰度的提升已初步显现。此外, 本研究发现长吻鮠、棘头梅童鱼、刀鲚等肉食性鱼类资源丰度在禁渔后增长明显。相较于杂食性鱼类和浮游食性鱼类, 肉食性鱼类往往摄食种类选择较为狭窄, 对生物饵料要求更高, 易受到外界扰动影响, 对环境的适应能力较弱<sup>[25]</sup>。

#### 3.3 长江口水域优势种变化

在禁渔后, 长江口水域优势种发生了显著变动, 这主要受两方面影响: 一是非生物因素的直接导致优势种产生波动, 如人为捕捞、生态因子变化等; 二是外界干扰导致群落变动, 进一步导致生态系统响应, 优势群落改变<sup>[26]</sup>。禁渔前长江口水域的优势种主要由甲壳类生物(三疣梭子蟹和安氏白虾等)占据主导地位, 优势种的群落结构较为单一。随着禁渔的实施, 长江口渔业资源的种群结构发生了显著变化, 优势种逐渐转变为棘头梅童鱼、凤鲚等小型经济鱼类, 这表明水域内的鱼类整体呈现稳步恢复态势。棘头梅童鱼作为一种近海小型鱼类, 群聚性较弱, 很少被大量捕获<sup>[27]</sup>, 但禁渔后持续成为长江口水域的优势种, 并于禁渔第二年成为长江口的最优势物种, 这进一步表明伴随着禁渔的实施, 水域环境改善, 生物饵料更加充足, 一些以棘头梅童鱼为代表的小型经济鱼类开始大幅增加。

刀鲚作为一种洄游性鱼类, 其资源量在禁渔后有着明显增加, 但却由禁渔前的优势种转变为禁渔后的常见种。这种较为反常的现象有可能是由于刀鲚管理政策及其恢复速度和其他渔业资源恢复速度不一所导致。国家于2020年开始禁止刀鲚的天然捕捞, 此政策使得刀鲚资源迅速恢复<sup>[28]</sup>, 因此于2020年成为优势种; 禁渔后之所以转变为常见种是因为洄游性鱼类需要长距离迁移和适应不同环境条件, 相较于淡水性鱼类和河口性鱼类, 其生长速度和繁殖周期更长<sup>[29]</sup>。随着禁渔政策的实施, 大量洄游性鱼类开始生殖洄游回到长江口, 并且禁渔后海洋性鱼类的资源也进一步上升, 因此刀鲚未能持续成为优势种。上述结论皆表明在禁渔政策实施的初期, 由于人类扰动的迅速停止, 各物种不同程度的响应速度使得优势度和资源量的变化并不展现出同一趋势, 禁渔初期多样性指数仅为评估禁渔对长江口渔业资源的影响提供参考。

#### 3.4 长江口渔业资源多样性变化

多样性指数是用于评估群落结构稳定性的指标, 反映物种丰富度和个体数量的均匀分布程度, 一般来讲, 物种越多、个体数量分布越均匀, 其数值越高<sup>[30]</sup>。长江口水域在禁渔政策实施后, 其群落Shannon-Wiener和Margalef指数均显著上升, 特别

是Margalef指数变化显著,表明长江口渔业资源种群数量及种类都大幅增加。这一变化显示禁渔政策对长江口渔业资源的恢复具有积极影响,推动了群落结构向更复杂、多样的方向发展。在禁渔政策实施后,群落的richness指数持续上升,但Shannon-Wiener指数在2023年出现下降。这归因于不同鱼类恢复速度的不一致性,小型鱼类快速繁衍而长寿鱼类增加缓慢,导致群落结构动态变化,优势种相对丰度的显著改变影响了Shannon-Wiener指数。

与Magurran提出的Shannon-Wiener指数一般范围(1.5—3.5)对比,禁渔以来长江口水域的Shannon-Wiener指数仍处于中下水平,离良好健康的水域生态还有一些差距<sup>[31]</sup>。Pielou指数反映群落多样性与理想状态的差距<sup>[32]</sup>,在本研究中,Pielou指数未出现明显的变化,说明禁渔已进行三年,长江口水域群落多样性尚未恢复至理想水平。生物完整性指数(BII)是衡量长江禁渔效果最为直观的指标。根据2023年发布的《长江流域水生生物资源及生境状况公报》数据显示,2021—2023年期间,生物完整性指数的得分呈现出逐年递增的趋势。具体而言,2023年长江口的生物完整性指数得分达到了31.1,相较于2022年提高了6.7分,同时生境状况指数也有所上升。然而由于长江口区域的鱼类种类数量仍然相对匮乏,因此,生物完整性指数的评价等级依然维持在“差”的级别。生物完整性指数与Pielou指数的年际变化趋势均清晰地反映出:长江禁渔政策虽已初见成效,但要构建一个健康、稳定的群落生态系统,仍面临诸多挑战与差距。这些指数的变化不仅是对当前生态状况的客观反映,也为未来长江水域生态保护和修复工作提供了重要的参考依据。

渔业资源多样性和生活环境息息相关,受到空间和生境复杂性的影响<sup>[33]</sup>。Jaccard指数的结果显示,禁渔前后渔业资源的群落结构呈现出中等程度的不相似,禁渔后长江口渔业资源物种丰富性提高,资源量上升,群落结构优化,表明禁渔对长江口生态环境产生了一定程度的积极影响。

## 4 总结

自十年禁渔政策实施以来,长江口水域的渔业资源发生了显著的变化。这些变化主要体现在以下几个方面:首先,渔业资源的种类数量和资源丰度均呈现显著增加的趋势,这表明禁渔政策有效地促进了渔业资源的恢复与增长。其次,群落的优势种发生了更替,棘头梅童鱼、刀鲚等小型经济鱼类逐渐成为了新的优势种群,这反映了禁渔后生态位

和种群结构的变化。其次群落的Margalef和Shannon-Wiener指数也有了显著提升,显示禁渔政策提高了生态系统的复杂性和稳定性。尽管取得了这些积极的进展,当前长江口水域生态系统与理想状态之间仍存在一定差距,由于恢复过程尚未完善,因此需要继续推进禁渔政策,并同步进行持续的生态监测,以便更好评估渔业资源对“十年禁渔”的响应,也希望能对未来优化和管理保护政策提供部分参考。

(作者声明本文符合出版伦理要求)

## 参考文献:

- [1] Zhuang P. Habitats and aquatic animals in the Yangtze Estuary [J]. *Science*, 2012, **64**(2): 19-24. [庄平. 长江口生境与水生动物资源 [J]. *科学*, 2012, **64**(2): 19-24.]
- [2] Xu Y, Xian W W, Li W L. Invertebrate community structure and its relationship with environmental factors in the Yangtze River Estuary and its adjacent waters in spring and autumn, 2012 [J]. *Periodical of Ocean University of China*, 2014, **44**(7): 82-90. [徐勇, 线薇薇, 李文龙. 2012年春季和秋季长江口无脊椎动物群落结构及其与环境因子的关系 [J]. *中国海洋大学学报(自然科学版)*, 2014, **44**(7): 82-90.]
- [3] Yang K E. Fish community characteristics and size structure stability assessment in the Yangtze River Estuary [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2022. [杨柯迹. 长江口鱼类群落特征及粒径结构稳定性分析 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2022.]
- [4] Sun G Y. Study on the protection of aquatic biodiversity in the Yangtze River [J]. *Resources Economization & Environmental Protection*, 2023(8): 13-17. [孙贵艳. 长江水生生物多样性保护研究 [J]. *资源节约与环保*, 2023(8): 13-17.]
- [5] Li L H, Liu Y Y. Summary of measures and research on fishing ban in the Yangtze River basin under the background of great protection of the Yangtze River [J]. *China Fisheries*, 2022(1): 63-67. [李立辉, 刘依阳. 长江大保护背景下长江流域禁渔措施与研究概述 [J]. *中国水产*, 2022(1): 63-67.]
- [6] Li Q, Ma T, Yang H L. Ten-year fishing ban at Yangtze: systematic protection and governance practice of large river basin [J]. *Science*, 2021, **73**(5): 7-10. [李琴, 马涛, 杨海乐. 长江十年禁渔: 大河流域系统性保护与治理的实践 [J]. *科学*, 2021, **73**(5): 7-10.]
- [7] Dai X J, Yang Z J, Tian S Q, et al. Taxonomic diversity of fish species in the off southern Zhejiang, East China Sea [J]. *Haiyang Xuebao*, 2019, **41**(8): 43-51. [戴小杰, 杨志金, 田思泉, 等. 浙江南部近海鱼类分类多样性研究 [J]. *海洋学报*, 2019, **41**(8): 43-51.]
- [8] Luo B. Studies on fish resources of Chaohu Lake in the early period of Ten-year fishing ban in the Yangtze [D]. Guizhou: Guizhou University, 2023. [罗斌. 长江十年禁

- 渔初期巢湖鱼类资源现状研究 [D]. 贵阳: 贵州大学, 2023.]
- [9] Fang D D, Yang H L, Zhang H, *et al.* Interannual variation of fish community structure in Shishou section of Yangtze River [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2023, **32**(11): 2338-2347. [方冬冬, 杨海乐, 张辉, 等. 长江石首江段鱼类群落结构年际变化及禁渔效果 [J]. 长江流域资源与环境, 2023, **32**(11): 2338-2347.]
- [10] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity [J]. *Taxon*, 1972, **21**(2/3): 213-251.
- [11] Ma K P, Liu C R, Liu Y M. Measurement method of biological community diversity II. Measurement method of  $\beta$ -diversity [J]. *Biodiversity Science*, 1995, **3**(1): 38-43. [马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II  $\beta$ 多样性的测度方法 [J]. 生物多样性, 1995, **3**(1): 38-43.]
- [12] Du F Y, Wang X H, Jia X P, *et al.* Species composition and characteristics of macrobenthic fauna in Daya Bay, South China Sea [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2011, **18**(4): 877-892. [杜飞雁, 王雪辉, 贾晓平, 等. 大亚湾海域大型底栖生物种类组成及特征种 [J]. 中国水产科学, 2011, **18**(4): 877-892.]
- [13] Jin X S, Deng J Y. Variations in community structure of fishery resources and biodiversity in the Laizhou Bay, Shandong [J]. *Biodiversity Science*, 2000, **8**(1): 65-72. [金显仕, 邓景耀. 莱州湾渔业资源群落结构和生物多样性的变化 [J]. 生物多样性, 2000, **8**(1): 65-72.]
- [14] Cheng J S, Yu L F. The change of structure and diversity of demersal fish communities in the Yellow Sea and East China Sea in winter [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2004, **28**(1): 29-34. [程济生, 俞连福. 黄、东海冬季底层鱼类群落结构及多样性变化 [J]. 水产学报, 2004, **28**(1): 29-34.]
- [15] Shannon C E. A mathematical theory of communication [J]. *Acm Sigmoble Mobile Computing and Communications Review*, 2001, **5**(1): 3-55.
- [16] Margalef D R. Information theory in ecology [J]. *International Journal of General Systems*, 1958, **3**(1): 36-71.
- [17] Pielou E C. The measurement of diversity in different types of biological collections [J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1966(13): 131-144.
- [18] Fu X F, Xiao M H, Fu G Z. Study on fishery development and ecological protection in Poyang Lake [J]. *Chinese Fisheries Economics*, 2015, **33**(2): 52-56. [傅小峰, 肖鸣鹤, 傅国桢. 鄱阳湖渔业发展与生态保护探析 [J]. 中国渔业经济, 2015, **33**(2): 52-56.]
- [19] Du L F, Xu J X, Li Y B, *et al.* Fish community characteristics and spatial pattern in major rivers of Beijing City [J]. *Research of Environmental Sciences*, 2019, **32**(3): 447-457. [杜龙飞, 徐建新, 李彦彬, 等. 北京市主要河流鱼类群落的空间格局特征 [J]. 环境科学研究, 2019, **32**(3): 447-457.]
- [20] Dong F, Fang D D, Zhang H, *et al.* Protection and development after the ten-year fishing ban in the Yangtze River [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2023, **47**(2): 245-259. [董芳, 方冬冬, 张辉, 等. 长江十年禁渔后保护与发展 [J]. 水产学报, 2023, **47**(2): 245-259.]
- [21] Bai C. Biodiversity of periphyton and its relationship to ecosystem function in Mijiang River, Jilin Province [D]. Dalian: Dalian Ocean University, 2023. [白辰. 吉林省密江河着生藻类多样性及其与生态系统功能的关系研究 [D]. 大连: 大连海洋大学, 2023.]
- [22] Wang Y P, Deng Y M, Liu S L, *et al.* Status analysis of fish community in the lower reaches of the Yangtze River at the beginning of 10-year fishing ban and assessment of fishing ban effect [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2023, **47**(2): 206-218. [王银平, 邓艳敏, 刘思磊, 等. 禁捕初期长江下游鱼类群落现状分析及禁渔效果初步评估 [J]. 水产学报, 2023, **47**(2): 206-218.]
- [23] Hu F F, Zhu T B, Gong J L, *et al.* Acoustic study of fish resources in Xiangjiaba Reservoir in the lower reaches of Jinsha River during the early period of ten-year fishing ban [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2023, **47**(2): 233-244. [胡飞飞, 朱挺兵, 龚进玲, 等. 十年禁渔初期金沙江下游向家坝水库鱼类资源变化的水声学声学研究 [J]. 水产学报, 2023, **47**(2): 233-244.]
- [24] Liu K, Zhang M Y, Xu D P, *et al.* Effects of spring closed season on fishery community of the north beach of Chongming, the Yangtze River [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2006, **13**(5): 834-840. [刘凯, 张敏莹, 徐东坡, 等. 长江春季禁渔对崇明北滩渔业群落的影响 [J]. 中国水产科学, 2006, **13**(5): 834-840.]
- [25] Liu X N. A preliminary study on adaptability of feeding ecology about several species of predatory fishes [J]. *Journal of Hubei Agricultural College*, 1996, **16**(4): 280-283. [刘晓娜. 几种肉食性鱼类摄食形态学适应的初步研究 [J]. 湖北农学院学报, 1996, **16**(4): 280-283.]
- [26] Liao C S, Chen S B, Ye S W, *et al.* Fish assemblage structure and age and growth of the primary fish populations in the Three Gorges Reservoir [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2021, **28**(6): 695-702. [廖传松, 陈思宝, 叶少文, 等. 三峡水库鱼类群落结构及主要鱼类种群年龄与生长 [J]. 中国水产科学, 2021, **28**(6): 695-702.]
- [27] Wu Z X, Chen X L. *Collichthy lucidus* Richardson a preliminary study on the age and phasic growth of *Collichthy lucidus* [J]. *Journal of Zhejiang College of Fisheries*, 1991, **10**(2): 140-143. [吴振兴, 陈贤亮. 棘头梅童鱼年龄与阶段生长的初步研究 [J]. 浙江水产学院学报, 1991, **10**(2): 140-143.]
- [28] Ma F J, Yang Y P, Fang D A, *et al.* Characteristics of *Coilia nasus* resources after fishing ban in the Yangtze River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2022, **46**(10): 1580-1590. [马凤娇, 杨彦平, 方弟安, 等. 长江禁捕后长江口刀鲚资源特征 [J]. 水生生物学报, 2022, **46**(10):



- 1580-1590.]
- [29] Sun Z N. Diversity of fish communities in the adjacent waters of the Yellow River Delta [D]. Shanghai: Shanghai Ocean University, 2023. [孙振宁. 黄河三角洲邻近海域鱼类群落多样性 [D]. 上海: 上海海洋大学, 2023.]
- [30] Li W H. Analysis of the value of biodiversity [J]. *Scientific Research & Management*, 2003, **12**(3): 82-85. [李渭华. 浅析生物多样性的价值 [J]. 科研与技术, 2003, **12**(3): 82-85.]
- [31] Magurran A E. Ecological Diversity and Its Measurement [M]. Princeton: Princeton University Press, 1988.
- [32] Sun J, Liu D Y. The application of diversity indices in marine phytoplankton studies [J]. *Acta Oceanologica Sinica*, 2004, **26**(1): 62-75. [孙军, 刘东艳. 多样性指数在海洋浮游植物研究中的应用 [J]. 海洋学报, 2004, **26**(1): 62-75.]
- [33] Ornellas A B, Coutinho R. Spatial and temporal patterns of distribution and abundance of a tropical fish assemblage in a seasonal *Sargassum* bed, Cabo Frio Island, Brazil [J]. *Journal of Fish Biology*, 2005(53): 198-208.

## CHANGES IN FISHERY RESOURCES COMMUNITIES IN THE YANGTZE RIVER ESTUARY DURING THE INITIAL PERIOD OF “10-YEAR FISHING BAN” ON THE YANGTZE RIVER

ZHANG Cheng-Gong<sup>1</sup>, WANG Ting<sup>2,3</sup>, HAN Dong-Yan<sup>1,3,4</sup> and ZHAO Jing<sup>1,3</sup>

(1. School of Marine Biological Resources and Management, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. Shanghai Research Center for Aquatic Wildlife Conservation, Shanghai 201306, China; 3. Joint Laboratory for Monitoring and Protection of Aquatic Organisms in the Estuary of the Yangtze River, Shanghai 201306, China; 4. National Engineering and Technology Research Centre for Pelagic Fisheries, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** To investigate the fluctuations in fishery resources in the Yangtze Estuary during the “Decade-long Fishing Ban”, we analyzed the changes in fishery resources before and after the implementation of the ban based on survey data from 2017 to 2023 in this study. The analysis covered aspects such as resource abundance, dominant species, and community diversity in the Yangtze Estuary waters. The results showed that 126 fishery resource species were monitored in the Yangtze River Estuary from 2017 to 2023, including 68 fish species, 43 shrimp and crab species, and 15 mollusc species. There were obvious inter-annual changes in fishery resource species and resource quantity before and after the fishing ban. Before the fishing ban (2017—2020), the fishery resource status of the Yangtze River Estuary continued to decline, with the number of species decreasing from 37 in 2017 to 30 in 2019, and the relative resource quantity decreasing from 0.56 kg/(kn·h) in 2017 to 0.25 kg/(kn·h) in 2019. After the fishing ban (2021—2023), the number of species and resource quantity both increased significantly, with the number of species increased to 88 in 2023, and the amount of resources increased to 5.20 kg/(kn·h). The shift in dominant species in Yangtze River Estuary, from crustaceans such as *Portunus trituberculatus* and *Exopalaemon annandalei* before the fishing ban to fish species such as *Collichthys lucidus*, *Coilia nasus*, and *Coilia mystus* after the ban, indeed serves as a positive indicator. From 2017 to 2023, the change trend of the diversity index in the waters of the Yangtze River Estuary was inconsistent, with Shannon-Wiener showing a gradual increasing trend, Margalef showing a decreasing and then increasing trend, and the Peilou index fluctuating less over the years. With the continuation of the fishing ban policy, the aquatic communities in the Yangtze River Estuary waters are in a state of gradual recovery.

**Key words:** Yangtze River Estuary; Fishery resources; 10-year fishing ban; Inter-annual variability



附录 S1 2017—2023年长江口渔业资源组成

Appendix S1 Composition of fishery resources in the Yangtze River Estuary during 2017—2023

| 目Order | 物种Species                                   | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------|---------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 鱼类     |                                             |      |      |      |      |      |      |      |
| 鲅鲚目    | 黄鲅鲚 <i>Lophius litulon</i>                  | +    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
| 灯笼鱼目   | 龙头鱼 <i>Harpadon nehereus</i>                | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
| 鲷形目    | 半滑舌鲷 <i>Cynoglossus semilaevis</i>          | —    | —    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 寡鳞舌鲷 <i>Cynoglossus oligolepis</i>          | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 短吻红舌鲷 <i>Cynoglossus joyneri</i>            | —    | —    | —    | +    | +    | +    | +    |
|        | 宽体舌鲷 <i>Cynoglossus robustus</i>            | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 窄体舌鲷 <i>Cynoglossus gracilis</i>            | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 长吻舌鲷 <i>Cynoglossus lighti</i>              | —    | —    | —    | —    | +    | —    | —    |
| 鲱形目    | 赤鼻棱鲱 <i>Thryssa kammalensis</i>             | —    | —    | —    | —    | —    | +    | —    |
|        | 刀鲚 <i>Coilia nasus</i>                      | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 凤鲚 <i>Coilia mystus</i>                     | —    | +    | —    | —    | +    | +    | +    |
|        | 黄鲫 <i>Setipinna taty</i>                    | —    | —    | —    | —    | +    | +    | +    |
|        | 鳙 <i>Ilisha elongata</i>                    | —    | —    | —    | +    | +    | —    | +    |
|        | 中华侧带小公鱼 <i>Stolephorus chinensis</i>        | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
| 胡瓜鱼目   | 大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i>         | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
| 鲤形目    | 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>              | —    | —    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>             | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>                  | —    | —    | —    | —    | +    | —    | +    |
|        | 似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>                | —    | —    | —    | +    | —    | —    | +    |
|        | 长蛇鲂 <i>Saurogobio dumerili</i>              | +    | —    | —    | —    | +    | +    | +    |
| 鲈形目    | 银姑鱼 <i>Pennahia argentata</i>               | +    | +    | —    | —    | —    | —    | —    |
|        | 斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>       | +    | —    | —    | —    | +    | —    | —    |
|        | 带鱼 <i>Trichiurus japonicus</i>              | —    | —    | —    | —    | —    | +    | —    |
|        | 黄姑鱼 <i>Nibea albiflora</i>                  | —    | —    | —    | —    | +    | +    | —    |
|        | 灰鲈 <i>Pampus cinereus</i>                   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 棘头梅童鱼 <i>Collichthys lucidus</i>            | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 睛尾蝌蚪虾虎鱼 <i>Lophiogobius ocellicauda</i>     | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 孔虾虎鱼 <i>Trypauchen vagina</i>               | +    | +    | —    | +    | +    | +    | +    |
|        | 拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>     | +    | +    | +    | —    | +    | +    | +    |
|        | 镰鲈 <i>Pampus echinogaster</i>               | —    | —    | —    | —    | +    | +    | —    |
|        | 鳞鳍叫姑鱼 <i>Johnius distinctus</i>             | —    | —    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 六丝钝尾虾虎鱼 <i>Amblychaeturichthys hexanema</i> | —    | —    | —    | —    | +    | +    | —    |
|        | 矛尾虾虎鱼 <i>Chaemrichthys stigmatias</i>       | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 鳊 <i>Miichthys miui</i>                     | —    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 皮氏叫姑鱼 <i>Johnius belangerii</i>             | —    | —    | —    | —    | +    | +    | +    |
|        | 犬齿背眼虾虎鱼 <i>Oxuderces dentatus</i>           | —    | —    | —    | —    | —    | +    | —    |
|        | 中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>           | —    | —    | +    | +    | —    | —    | —    |
|        | 少鳞鳊 <i>Uranoscopus oligolepis</i>           | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trigenocephalus</i>    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 细鳞鲈 <i>Terapon jarbua</i>                   | —    | —    | —    | —    | +    | —    | —    |
|        | 香斜棘鲈 <i>Repomucenus olidus</i>              | —    | —    | —    | +    | +    | +    | —    |
|        | 小黄鱼 <i>Larimichthys polyactis</i>           | —    | —    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 髯缟虾虎鱼 <i>Tridentiger barbatus</i>           | —    | —    | —    | +    | +    | —    | +    |
|        | 鲈 <i>Terapon theraps</i>                    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 淞江鲈 <i>Trachidermus fasciatus</i>           | —    | —    | +    | —    | —    | —    | —    |

续表 S1

| 目Order | 物种Species                                 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------|-------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| 鳎目     | 多鳞四指马鲛 <i>Eleutheronema tetradactylum</i> | —    | —    | —    | —    | +    | +    | +    |
|        | 海鳎 <i>Muraenesox cinereus</i>             | —    | —    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 尖吻蛇鳎 <i>Ophichthus apicalis</i>           | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 裙鳍蛇鳎 <i>Ophichthus urolophus</i>          | —    | —    | —    | —    | —    | +    | —    |
| 鲶形目    | 光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>         | +    | —    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>        | —    | +    | —    | +    | +    | +    | +    |
|        | 长吻鮠 <i>Leiocassis longirostris</i>        | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
| 鲈形目    | 暗纹东方鲈 <i>Takifugu obscurus</i>            | —    | —    | —    | —    | +    | —    | +    |
|        | 黄鳍东方鲈 <i>Takifugu xanthopterus</i>        | —    | —    | —    | +    | +    | +    | +    |
|        | 菊黄东方鲈 <i>Takifugu flavidus</i>            | —    | —    | —    | —    | +    | +    | —    |
|        | 双斑东方鲈 <i>Takifugu bimaculatus</i>         | —    | —    | —    | —    | —    | +    | —    |
|        | 丝背细鳞鲈 <i>Stephanolepis cirrhifer</i>      | —    | —    | —    | —    | +    | —    | —    |
| 鲟形目    | 杂交鲟 <i>hybrid sturgeon</i>                | —    | —    | —    | —    | +    | —    | —    |
| 鲉形目    | 东方豹鲂鮄 <i>Dactyloptena orientalis</i>      | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
| 鲷形目    | 鲷 <i>Liza haematocheila</i>               | —    | —    | —    | —    | +    | +    | —    |
|        | 鲷 <i>Mugil cephalus</i>                   | —    | —    | —    | +    | +    | —    | —    |
| 虾类     |                                           |      |      |      |      |      |      |      |
| 十足目    | 口虾蛄 <i>Oratosquilla oratoria</i>          | +    | +    | +    | —    | +    | +    | +    |
|        | 日本猛虾蛄 <i>Harpisquilla japonica</i>        | —    | —    | +    | —    | —    | —    | +    |
| 十足目    | 安氏白虾 <i>Exopalaemon annandalei</i>        | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 刺螯鼓虾 <i>Alpheus hoplocheles</i>           | —    | —    | —    | —    | +    | —    | —    |
|        | 大管鞭虾 <i>Solenocera melanthero</i>         | —    | —    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 刀额新对虾 <i>Metapenaeus ensis</i>            | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 东海红虾 <i>Plesionika izumiae</i>            | —    | —    | —    | —    | +    | —    | —    |
|        | 葛氏长臂虾 <i>Palaemon gravieri</i>            | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 哈氏仿对虾 <i>Parapenaeopsis hardwickii</i>    | —    | —    | —    | +    | +    | +    | +    |
|        | 脊尾白虾 <i>Exopalaemon carinicauda</i>       | —    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 假长缝拟对虾 <i>Parapenaeus fissuroides</i>     | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 巨指长臂虾 <i>Palaemon macrodactylus</i>       | +    | —    | —    | —    | +    | +    | +    |
|        | 日本鼓虾 <i>Alpheus japonicus</i>             | +    | +    | +    | —    | —    | +    | +    |
|        | 日本沼虾 <i>Macrobrachium nipponense</i>      | —    | —    | —    | —    | +    | —    | +    |
|        | 细螯沼虾 <i>Macrobrachium superbum</i>        | —    | —    | —    | —    | +    | —    | +    |
|        | 秀丽白虾 <i>Palaemon modestus</i>             | —    | —    | +    | +    | —    | +    | —    |
|        | 长毛对虾 <i>Penaeus penicillatus</i>          | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 中国毛虾 <i>Acetes chinensis</i>              | +    | —    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 中国对虾 <i>Panaeus chinensis</i>             | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 中华管鞭虾 <i>Solenocera crassicornis</i>      | —    | —    | —    | +    | —    | —    | +    |
|        | 周氏新对虾 <i>Metapenaeus joyneri</i>          | +    | +    | +    | —    | +    | +    | +    |
| 蟹类     |                                           |      |      |      |      |      |      |      |
| 十足目    | 豆形拳蟹 <i>Pyrhila pisum</i>                 | +    | +    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 红线黎明蟹 <i>Matuta planipes</i>              | +    | —    | +    | +    | —    | +    | +    |
|        | 拟穴青蟹 <i>Scylla paramamosain</i>           | —    | —    | —    | —    | +    | +    | +    |
|        | 矛形梭子蟹 <i>Portunus hastatoides</i>         | —    | —    | +    | —    | —    | —    | +    |
|        | 泥脚隆背蟹 <i>Carcinoplax vestita</i>          | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 弯螯活额寄居蟹 <i>Diogenes deflectomanus</i>     | —    | +    | —    | —    | —    | —    | —    |
|        | 日本拟平家蟹 <i>Heikeopsis japonica</i>         | +    | —    | —    | +    | +    | +    | +    |
|        | 日本蟳 <i>Charybdis japonica</i>             | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |

续表 S1

| 目Order | 物种Species                               | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 |
|--------|-----------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
|        | 绒毛细足蟹 <i>Raphidopus ciliatus</i>        | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 三疣梭子蟹 <i>Portunus trituberculatus</i>   | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 胜利黎明蟹 <i>Matuta victor</i>              | —    | —    | —    | —    | +    | —    | —    |
|        | 双斑蟳 <i>Charybdis bimaculata</i>         | —    | —    | —    | —    | +    | +    | +    |
|        | 红螯螳臂相手蟹 <i>Chiromantes haematocheir</i> | +    | —    | —    | —    | +    | —    | —    |
|        | 细点圆趾蟹 <i>Ovalipes punctatus</i>         | —    | —    | +    | —    | —    | +    | —    |
|        | 狭颚新绒螯蟹 <i>Neoeriocheir leptognathus</i> | +    | +    | —    | —    | +    | +    | +    |
|        | 锈斑蟳 <i>Charybdis feriata</i>            | —    | —    | —    | —    | —    | +    | —    |
|        | 直额蟳 <i>Charybdis truncata</i>           | —    | —    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 中华虎头蟹 <i>Orithya sinica</i>             | +    | —    | +    | —    | —    | +    | +    |
|        | 中华绒螯蟹 <i>Eriocheir sinensis</i>         | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
|        | 字纹弓蟹 <i>Varuna litterata</i>            | —    | —    | +    | +    | —    | —    | —    |
| 软体动物   |                                         |      |      |      |      |      |      |      |
| 八腕目    | 长蛸 <i>Octopus variabilis</i>            | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
| 海螂目    | 黑龙江河蓝蛤 <i>Potamocorbula amurensis</i>   | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
| 海鳃目    | 强壮仙人掌海鳃 <i>Cavernularia obesa</i>       | —    | —    | —    | —    | —    | +    | —    |
| 帘蛤目    | 短文蛤 <i>Periglypta petechialis</i>       | —    | —    | —    | —    | —    | +    | —    |
|        | 美女白樱蛤 <i>Macoma candida</i>             | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 四角蛤蜊 <i>Mactra veneriformis</i>         | —    | —    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 蟪蛄 <i>Sinonovacula constricta</i>       | +    | +    | —    | —    | —    | +    | +    |
|        | 毛蚶 <i>Anadara kagoshimensis</i>         | +    | +    | —    | +    | +    | +    | —    |
|        | 河蚶 <i>Corbicula fluminea</i>            | +    | +    | +    | +    | +    | +    | +    |
| 枪形目    | 火枪乌贼 <i>Loliolus beka</i>               | —    | —    | —    | +    | —    | —    | +    |
| 十腕目    | 曼氏无针乌贼 <i>Sepiella maindronide</i>      | —    | —    | —    | —    | +    | —    | +    |
| 新腹足目   | 白龙骨乐飞螺 <i>Lophiotoma leucotropis</i>    | —    | —    | —    | —    | —    | —    | +    |
|        | 半褶织纹螺 <i>Nassarius sinarus</i>          | —    | —    | —    | —    | +    | —    | —    |
|        | 红带织纹螺 <i>Nassarius succinctus</i>       | —    | +    | —    | +    | —    | +    | —    |
|        | 纵肋织纹螺 <i>Nassarius variciferus</i>      | +    | +    | —    | +    | —    | —    | +    |