

## 2017—2021年长江天鹅洲故道鱼类群落结构变化、成因分析及对长江江豚迁地保护的启示\*

邱龙辉<sup>1</sup>, 吉芬芬<sup>1</sup>, 丘宇慧<sup>1</sup>, 张三峰<sup>1</sup>, 沈建忠<sup>1\*\*</sup>, 龚成<sup>2</sup>, 徐春永<sup>2</sup>

(1: 华中农业大学水产学院, 长江经济带大宗水生生物产业绿色发展教育部工程研究中心, 武汉 430070)

(2: 湖北长江天鹅洲白鱄豚国家级自然保护区管理处, 石首 434400)

**摘要:** 长江天鹅洲故道是长江江豚首个迁地保护区, 其中充足而适口的饵料鱼类资源是长江江豚种群健康发展的保障。为此, 根据2017年10月—2021年4月对长江天鹅洲故道进行的7次鱼类调查数据, 结合禁捕前的历史数据, 对其鱼类群落结构演变进行了分析, 并针对长江江豚饵料鱼的供应状况对天鹅洲故道内鱼类资源管理提出了建议。调查期间, 共采集到鱼类57种, 其中, 蒙古鲌(*Culter mongolicus*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)和鳙(*Aristichthys nobilis*)等大中型鱼类生物量明显增加, 而鳊(*Hemiculter leucisculus*)和似鳊(*Pseudobrama simoni*)等小型鱼类生物量呈现下降趋势。鱼类群落优势种逐渐由太湖新银鱼(*Neosalanx taihuensis*)、短颌鲚(*Coilia brachygnathus*)和鳊等小型鱼类转变为鳙、蒙古鲌和拟尖头鲌(*Culter oxycephaloides*)等大中型鱼类, 尤其是新近出现的拟尖头鲌种群发展迅速。同时, 短颌鲚和鳊等小型鱼类的体重在减小, 而鲢、鳙等大中型鱼类规格在持续提高。长江江豚以小型鱼类和大中型鱼类的幼鱼为食, 其资源下降将威胁长江江豚种群的维持和发展。为保障天鹅洲故道内长江江豚的食物供应, 建议适当地捕捞鲢、鳙、蒙古鲌和拟尖头鲌, 减缓鲢、鳙对小型鱼类的食物竞争压力, 以及降低蒙古鲌和拟尖头鲌对小型鱼类的捕食压力; 同时丰水期加强故道与长江的连通, 引入更多长江干流繁殖的小型鱼类资源; 并通过建设人工鱼巢以改善故道内鳊等产粘性卵小型鱼类的繁殖条件, 增加小型鱼类资源量。

**关键词:** 天鹅洲故道; 鱼类群落结构; 鱼类生物量; 小型鱼类; 长江江豚

## Evolution of fish community structure, cause analysis and implications for *ex-situ* conservation of Yangtze finless porpoise in Tian-e-Zhou Oxbow of Yangtze River\*

Qiu Longhui<sup>1</sup>, Ji Fenfen<sup>1</sup>, Qiu Yuhui<sup>1</sup>, Zhang Sanfeng<sup>1</sup>, Shen Jianzhong<sup>1\*\*</sup>, Gong Cheng<sup>2</sup> & Xu Chunyong<sup>2</sup>

(1: Engineering Research Center of Green Development for Conventional Aquatic Biological Industry in the Yangtze River Economic Belt, Ministry of Education, College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, P.R.China)

(2: Baiji National Natural Reserve of the Tian-e-Zhou Oxbow in Yangtze River, Shishou 434400, P.R.China)

**Abstract:** Tian-e-Zhou Oxbow is the first habitats for the *ex-situ* reserve established for the Yangtze finless porpoise. The rich and abundant forage fish resources are the guarantee for the healthy development of the Yangtze finless porpoise population. Therefore, the change of fish community structure was analyzed with combined of seven fish surveys data in Tian-e-Zhou Oxbow of Yangtze River from October 2017 to April 2021 and historical data before the fishing ban. In view of forage fish of Yangtze finless porpoise, some suggestions were provided for the scientific management of fish resources in Tian-e-Zhou Oxbow. During the investigation, 57 fish species were collected. The biomass of large and medium-sized fish such as *Culter mongolicus*, silver carp and bighead carp increased significantly while the biomass of small-sized fish such as *Hemiculter leucisculus* and *Pseudobrama Simoni* showed a declining trend. The dominant fish species gradually changed from small-sized fish such as *Neosalanx taihuensis*, *Coilia brachygnathus* and *Hemiculter leucisculus* to large and medium-sized fish such as bighead carp, *Culter mongolicus* and *Culter oxycephaloides*, in particular, the newly emerged *Culter oxycephaloides* population developed rapidly. Meanwhile, the body-weight of small-sized fish

\* 2022-01-24 收稿; 2022-06-27 收修改稿。

国家重点研发计划项目(2019YFD0900703)资助。

\*\* 通信作者; E-mail: jzhsh@mail.hzau.edu.cn。

such as *Coilia brachygnathus* and *Hemiculter leucisculus* was decreasing, but the body-weight of large and medium-sized fish was increasing. Because the Yangtze finless porpoise feeds on the small-sized fishes and juveniles of large and medium-sized fishes, the decline of their food resources would threaten the maintenance and growth of the Yangtze finless porpoise population. In order to ensure food supply for the Yangtze finless porpoises in Tian-e-Zhou Oxbow, it suggested that rational capture of silver carp, bighead carp, *Culter mongolicus* and *Culter oxycephaloides* should be taken into consideration in order to reduce the food competition pressure of silver carp and bighead carp and the predation pressure of *Culter mongolicus* and *Culter oxycephaloides* on small-sized fishes. Besides, another measures to increase the small-sized fish resources like strengthening the connectivity of the oxbow with Yangtze River in the wet season to introduce more small-sized fish resources from Yangtze River and laying artificial fish nests in the oxbow to improve the breeding conditions for the small-sized fish species with adhesive eggs such as sharply should be carried out.

**Keywords:** Tian-e-Zhou Oxbow; fish community structure; fish biomass; small-sized fish; Yangtze finless porpoises

长江天鹅洲故道(29°46'71"~29°51'45"N, 112°31'36"~112°37'30"E)坐落于湖北省石首市,长江中游北岸,水面积约为13.7 km<sup>2</sup>。1972年因长江六合垸江道自然裁弯取直而形成,1998年沙滩子大堤的修筑使得天鹅洲故道与长江完全隔断,从流水生态系统转变成受人为调控的静水生态系统<sup>[1]</sup>。自1990年在天鹅洲故道首次引入5头来自长江干流的长江江豚进行迁地保护<sup>[2]</sup>,其种群规模不断扩大,至2015年快速上升至60多头<sup>[3]</sup>,2021年4月中国科学院水生生物研究所白鱀豚课题组考察的结果显示已上升至101头。长江江豚种群的不断增长,对天鹅洲故道生态环境特别是饵料鱼的供应提出了严峻的挑战,Li等<sup>[4]</sup>通过构建2017年水生生态系统Ecopath模型,估算得到天鹅洲故道长江江豚环境容纳量仅为89头,显然长江江豚的数量已超过其估算的环境容纳量。

为了保障长江江豚所需的饵料鱼类资源,2017年末天鹅洲故道开始施行严格的禁渔措施,同时补充了一部分小规模鲢、鳙鱼种作为长江江豚的饵料鱼。随着天鹅洲故道长江江豚数量的持续增长以及鲢、鳙鱼种的投放,天鹅洲故道内鱼类资源与群落结构可能发生变化。凌去非等<sup>[5]</sup>以及龚江<sup>[3]</sup>曾对天鹅洲故道鱼类群落有过分析,但其监测期间尚未禁渔,自天鹅洲故道2017年禁渔后,鱼类群落结构相关的研究较少,尤其是长期的系统化监测更是缺乏。在天鹅洲故道长江江豚数量超过了环境合理容纳量的背景下,鱼类资源的长期监测是了解长江江豚饵料供应保障及生存风险评估的重要基础和前提。本研究基于2017—2021年对长江天鹅洲故道开展的7次鱼类资源调查,对天鹅洲故道内鱼类生物量的时空变化特征以及鱼类群落结构变化的成因行了分析,以期科学地管理天鹅洲故道鱼类资源,保障长江江豚饵料鱼供应以及为长江江豚迁地保护的健康发展提供依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 调查采样点和时间设置

为了全面反映天鹅洲故道鱼类资源现状,根据故道栖息地空间分布特征设置了3个采样点,自西向东按照周边乡镇地名依次为新堤村(29°49'39.94"N, 112°33'9.69"E)、黄瓜岭(29°50'59.04"N, 112°34'48.40"E)及长狹子(29°49'2.78"N, 112°36'35.64"E)(图1),其中新堤村与长狹子位于故道两端,黄瓜岭位于故道中部。

鉴于鱼类大多在春、夏季繁殖,秋、冬季出现补充群体,为较为全面地了解天鹅洲故道鱼类资源变化情况,按春、秋(冬)季进行鱼类资源调查监测,具体调查时间为2017年秋季(10月)、2018年冬季(12月)、2019年春季(5月)、2019年秋季(10月)、2020年春季

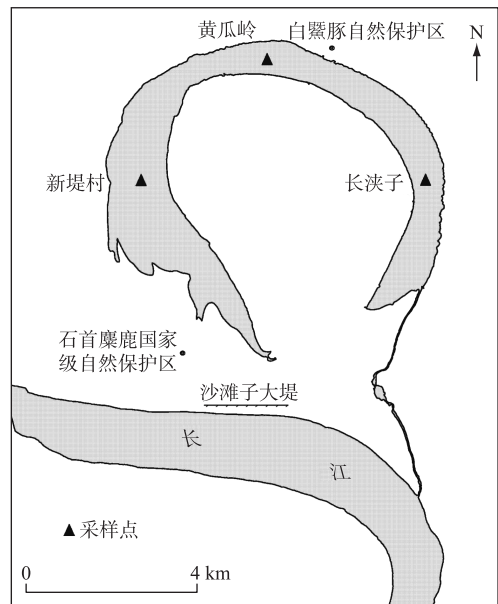


图1 长江天鹅洲故道调查采样点分布  
Fig.1 Distribution of sampling sites in Tian-e-Zhou Oxbow of Yangtze River

(4月)、2020年秋季(11月)和2021年春季(4月)。

## 1.2 调查方法

调查所用渔具以围网(长350 m,高10~15 m,网目0.5 cm)为主,辅以地笼(长20 m,高30 cm,网目1 cm)和单层刺网(长30 m,高1 m,网目2.5 cm)。围网作业由两艘机动船到达采样点下网,所围近圆形水域半径约为56 m,面积约1 hm<sup>2</sup>,将进入围网的鱼类全部捕捞上岸进行统计;单层刺网、地笼则置于离生活区较近的古道中部进行捕捞作业。不同网具分别统计渔获量、鉴定种类,并抽样测定鱼类体长、体重等常规生物学数据。鱼类分类鉴定参照《中国淡水鱼类检索》<sup>[6]</sup>、《中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目》(中卷)<sup>[7]</sup>、《中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目》(下卷)<sup>[8]</sup>、《中国动物志 硬骨鱼纲 鲶形目》<sup>[9]</sup>。

## 1.3 数据分析

鱼类群落中个体小、性成熟早且相对繁殖力高的种类被统称为小型鱼类<sup>[10]</sup>,本研究将初次性成熟小于2龄,最大体长小于24 cm的鱼类定义为小型鱼类<sup>[11]</sup>。优势种分析采用Pinkas相对重要性指数(index of relative importance, IRI)<sup>[12]</sup>。

$$IRI = (N+W)F \quad (1)$$

式中, $N$ 为渔获物中各种类的数量占比; $W$ 为渔获物中各种类的重量占比; $F$ 为某种类在样品中的出现次数与调查次数之比。定义相对重要性指数 $IRI \geq 1000$ 的种类为优势种, $100 \leq IRI < 1000$ 的为重要种, $10 \leq IRI < 100$ 的为常见种, $1 \leq IRI < 10$ 的为一般种, $IRI < 1$ 的为罕见种<sup>[13-14]</sup>。

本研究以单位面积内渔获量评估天鹅洲古道鱼类生物量的变化情况,计算名义为 $Y$ ,即使用围网所围水域内的渔获重量来计算鱼类生物量,计算公式如下:

$$Y_i = W_i / C \quad (2)$$

式中, $W_i$ 为在 $i$ 采样点围网作业所捕获鱼类总重量(kg); $C$ 为围网单次铺设所得水域面积,约为1 hm<sup>2</sup>;以3个采样点鱼类生物量 $Y$ 来反映鱼类的时空分布情况。将获取的不同区域鱼类生物量数据导入Arc GIS 10.2软件,采用反距离加权法(inverse distance weight, IDW)进行空间插值运算,进而可视化。

## 2 结果与分析

### 2.1 长江天鹅洲古道鱼类组成变化

2017年10月—2021年4月7次捕捞,统计渔获物总重5734.9 kg,约89.5万尾(附表I)。共采集到鱼类57种,其中小型鱼类35种,占比61.4%。天鹅洲古道鱼类种类数呈秋、冬季高于春季的特征,2017—2020年的秋、冬季鱼类种类数均接近40种,而2019—2021年的春季种类数虽然在上升,但最高也只有36种。棒花鱼(*Gobio rivularis*)、彩石鲮鱼(*Rhodeus lighti*)、大眼鲮(*Siniperca kneri*)和纵带鲮(*Leiocassis argentivittatus*)于2017—2019年出现过,2020年开始未采集到。与之相反,似鲮(*Toxabamis swinhonis*)、尖头鲮(*Culter oxycephalus*)、兴凯鲮(*Acheilognathus chankaensis*)、鲃(*Silurus asotus*)、波氏吻虾虎鱼(*Rhinogobius cliffordpopei*)和乌鳢(*Channa argus*)在2017—2019年未采集到,2020年开始在古道中被采集到。而外来种麦瑞加拉鲮(*Cirrhinus mrigala*)在2017年和2020年秋季被采集到,由于其在自然条件下不能顺利过冬,第二年均在古道中消失。

### 2.2 长江天鹅洲古道鱼类生物量时间变化特征

对围网渔获物进行统计分析可知,2017—2021年天鹅洲古道鱼类资源总体呈上升趋势,鱼类生物量从34.4 kg/hm<sup>2</sup>上升至553.0 kg/hm<sup>2</sup>。其中,鲮(*Aristichthys nobilis*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)和蒙古鲃(*Culter mongolicus*)等大中型鱼类上升趋势最为明显,分别上升了422.9、58.3和22.8 kg/hm<sup>2</sup>。小型鱼类秋季生物量呈一定的上升趋势,从2017年的25.2 kg/hm<sup>2</sup>上升至2020年的38.1 kg/hm<sup>2</sup>,其中贝氏鲮(*Hemiculter bleekeri*)和银鲃(*Squalidus argentatus*)上升最明显,分别增加了10.4和6.4 kg/hm<sup>2</sup>。但是,春季小型鱼类生物量却不断下降,从2019年的30.4 kg/hm<sup>2</sup>下降至2021年的5.8 kg/hm<sup>2</sup>,下降最明显的为鲮(*Hemiculter leucisculus*)和似鲮(*Pseudobrama simoni*),分别下降了6.5和9.7 kg/hm<sup>2</sup>。2017—2021年,大中型鱼类与小型鱼类生物量两级分化现象逐渐明显,小型鱼类生物量占比从2017年最高的73.4%下降至1.1%,而大中型鱼类生物量占比则从26.6%上升至98.9%(表1)。

### 2.3 长江天鹅洲故道鱼类生物量空间变化特征

长江天鹅洲故道鱼类区域分布表现为两端高而中部相对较低的特征(图2)。2017年10月—2021年4月,故道各采样点鱼类生物量均不断升高,其中新堤村最为明显,从38.7 kg/hm<sup>2</sup>上升至836.5 kg/hm<sup>2</sup>;长浣子次之,从39.6 kg/hm<sup>2</sup>上升至167.7 kg/hm<sup>2</sup>;而黄瓜岭鱼类平均生物量从24.9 kg/hm<sup>2</sup>增加至128.9 kg/hm<sup>2</sup>,变化最小。新堤村、黄瓜岭和长浣子大中型鱼类生物量分别上升了832.0、111.4和143.3 kg/hm<sup>2</sup>,其中新堤村以鳊和鲢的生物量上升最为明显,分别上升了711.4和98.9 kg/hm<sup>2</sup>。黄瓜岭大中型鱼类生物量上升最明显的种类为蒙古鲃和鳊(*Elopichthys bambusa*),分别上升了44.4和8.8 kg/hm<sup>2</sup>。与大中型鱼类上升趋势不同的是,2017—2021年各采样点小型鱼类生物量总体呈下降趋势,新堤村和长浣子分别下降32.1和18.8 kg/hm<sup>2</sup>,下降的种类主要为短颌鲚(*Coilia brachygnathus*)和太湖新银鱼(*Neosalanx taihuensis*)。黄瓜岭小型鱼类生物量也下降了7.5 kg/hm<sup>2</sup>,但2020年秋季出现短暂上升,主要为短颌鲚、贝氏鲃和银鮡,相比2020年春季分别增加了30.9、21.2和18.5 kg/hm<sup>2</sup>。

表1 长江天鹅洲故道鱼类生物量的季节变化

Tab.1 Seasonal variation of fish biomass in Tian-e-Zhou Oxbow of Yangtze River

时间 (年-月)	小型鱼类		大中型鱼类		总生物量/ (kg/hm <sup>2</sup> )
	生物量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	占比/ %	生物量/ (kg/hm <sup>2</sup> )	占比/ %	
2017-10	25.2	73.4	9.2	26.6	34.4
2018-12	7.0	18.4	30.7	81.6	37.7
2019-05	30.4	49.6	30.8	50.4	61.2
2019-10	29.2	13.7	183.7	86.3	212.9
2020-04	22.8	32.2	47.9	67.8	70.8
2020-11	38.1	12.9	258.8	87.1	296.9
2021-04	5.8	1.1	547.6	98.9	553.0

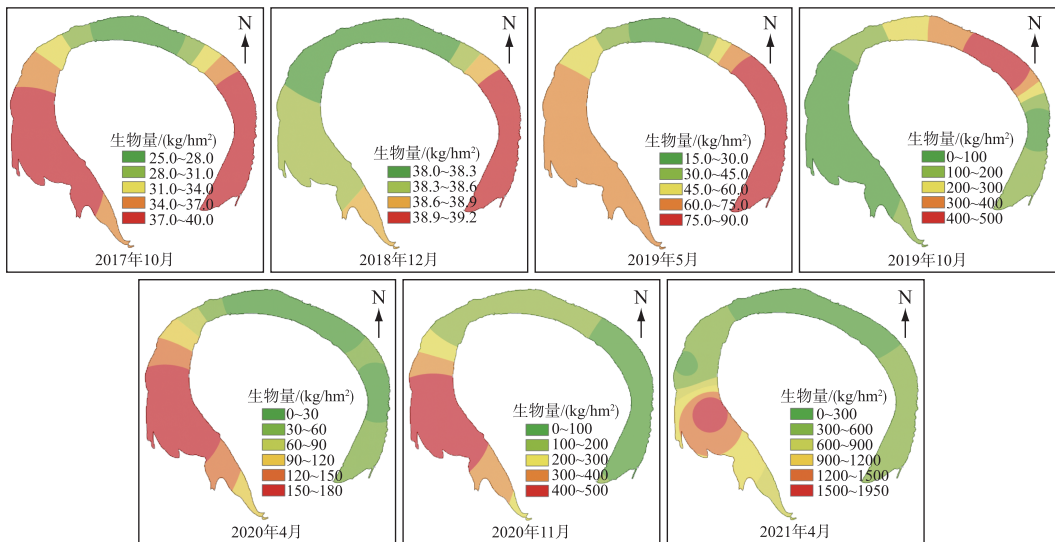


图2 长江天鹅洲故道鱼类生物量的空间变化

Fig.2 Spatial variation of fish biomass in Tian-e-Zhou Oxbow of Yangtze River

### 2.4 长江天鹅洲故道鱼类群落结构变化

天鹅洲故道自2017年末禁渔至2021年4月,大中型鱼类优势度(*IRI*)不断上升,而小型鱼类则呈下降的趋势(图3)。天鹅洲故道常见优势种为短颌鲚、太湖新银鱼、鲃、银鮡、蒙古鲃和鳊,其中浮游食性的小型鱼类太湖新银鱼、短颌鲚和鲃的*IRI*指数在不断降低,短颌鲚于2017年10月、2020年4月*IRI*指数为6602.1和8639.8,是故道绝对优势种,于2021年4月下降至372.1变为重要种;太湖新银鱼在2017年10月、2018年12月为9355.4和6738.7成为故道绝对优势种,到2021年4月以771.5降至调查期间最低;同为浮游食性的鲃于2018年12月达到1674.7后逐渐降低,在2021年4月大幅下降至19.3,由优势种变为常见种;而贝氏鲃则与鲃相反,由2017年10月的281.3不断上升,于2020年11月上升至1361.0成为优势种。浮游食性的

大型鱼类鲢、鳙 *IRI* 指数则不断上升,鳙 2017 年 10 月以 1123.7 成为优势种,至 2021 年 4 月上升至 4773.8,成为优势度最高的优势种。碎屑食性鱼类似鳊于 2019 年 5 月上升至最高的 2160.0 后逐年下降,而相同食性的黄尾鲴则于 2021 年 4 月以 1211.3 首次成为天鹅洲故道优势种;杂食性鱼类银鲴 *IRI* 指数在 2020 年 4 月下跌后迅速上升,至 2021 年 4 月达到调查期间最高值 3735.2。食鱼性鱼类除达氏鲌 2020 年 11 月成为优势种后下降变为重要种外,蒙古鲌和拟尖头鲌 *IRI* 指数均于 2017 年 10 月—2021 年 4 月间呈上升趋势,其中蒙古鲌连续 3 年为天鹅洲故道优势种,拟尖头鲌则从 2017 年 10 月的 0.3 上升至 2021 年 4 月的 404.5,由罕见种变为重要种。

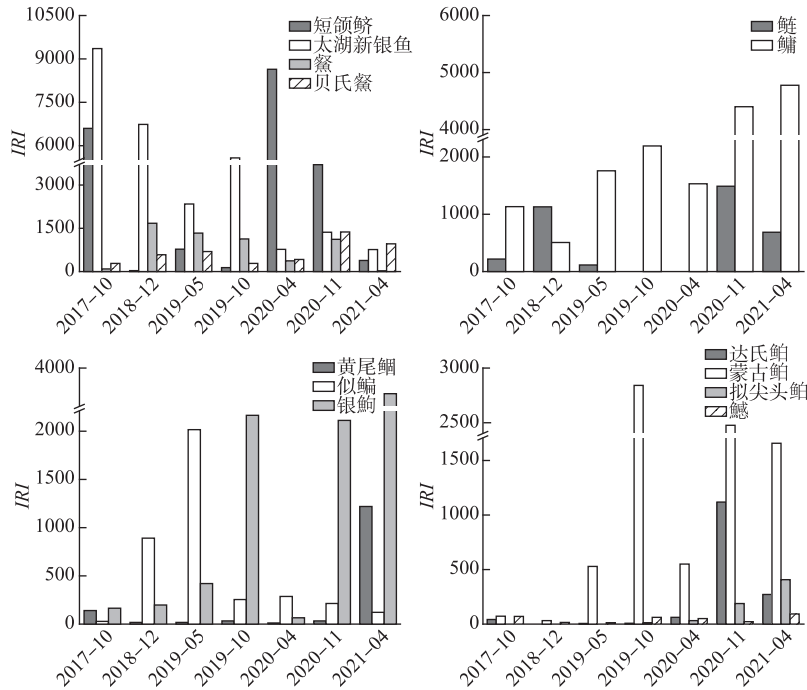


图 3 长江天鹅洲故道主要鱼类相对重要性指数 (*IRI*) 变化

Fig.3 Changes of relative importance index (*IRI*) of main fish in Tian-e-Zhou Oxbow of Yangtze River

### 2.5 长江天鹅洲故道主要鱼类体重变化

2017 年 10 月—2021 年 4 月,长江天鹅洲故道大中型鱼类体重增大,而小型鱼类体重总体呈减小的趋势(图 4)。其中,大型浮游食性鱼类鳙的最大体重与平均体重均上升,2021 年 4 月最大体重达 19900 g,平均体重为 7451 g。鲢 2020 年 11 月种群中出现 45.8% 体重在 100~300 g 之间的个体,导致平均体重下降至 1963 g。食鱼性鱼类除了鳊和鳊最大体重分别上升了 7524.0 和 4475.5 g 外,蒙古鲌和拟尖头鲌的最大体重也增加非常明显,2020 年 11 月采集到蒙古鲌与拟尖头鲌的最大体重分别为 1862.0 和 2980.0 g,高于过去其他调查时期。蒙古鲌与拟尖头鲌种群中小于 10 g 的幼鱼占比分别上升了 22.4% 和 54.5%,导致 2021 年春季其平均体重大幅下降。黄尾鲴与拟尖头鲌类似,最大体重不断上升,于 2021 年春季采集到体重为 836.1 g 的最大个体,于 2019 年开始小于 50 g 的补充群体与大规格个体同时存在。与大中型鱼类不同,小型鱼类贝氏鲮、鳊和短颌鲚的最大体重分别下降了 14.1、6.4 和 32.3 g,其中鳊与短颌鲚 2020 年秋季小于 5 g 的幼鱼占比更是上升至 92.7% 和 85.7%,使其平均体重均下降至低于 3 g。似鳊和银鲴最大体重均呈上升趋势,分别上升了 6.6 和 12.1 g,但似鳊小于 5 g 的个体减少了 28.9%,导致其平均体重上升,而银鲴小于 5 g 的个体上升了 47.9%,导致其平均体重下降了 2.8 g。

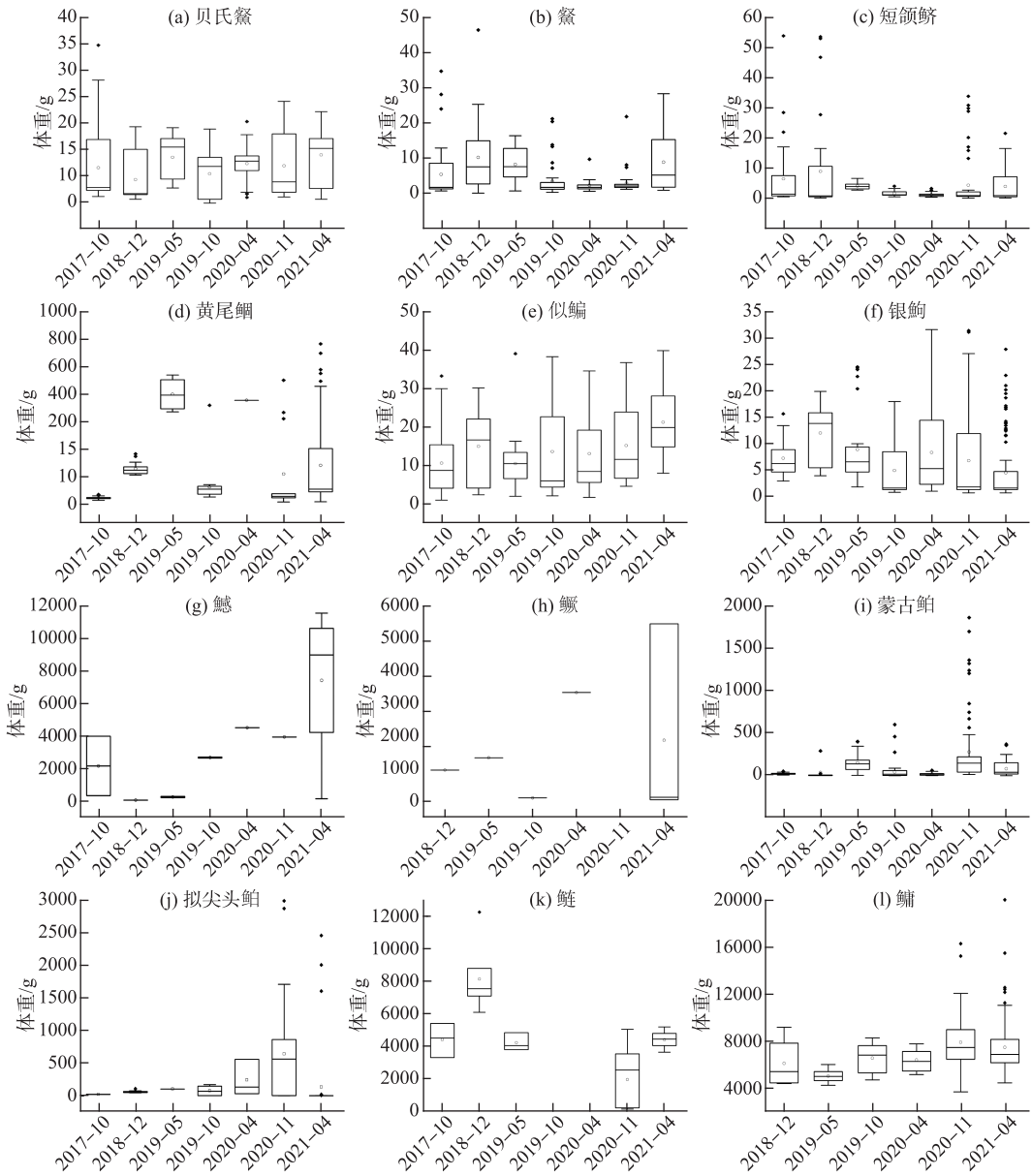


图4 长江天鹅洲故道主要鱼类体重变化

Fig.4 Weight changes of main fish in Tian-e-Zhou Oxbow of Yangtze River

### 3 讨论

#### 3.1 2017—2021年长江天鹅洲故道鱼类时空变化特征及其成因

天鹅洲故道2017年10月—2021年4月共采集到57种鱼类(附表I),相比龚江等<sup>[3]</sup>报道的51种总体增加了6种,其中未采集到的有4种,新增的种类10种。其中尖头鲌(*Culter oxycephalus*)、光唇蛇鲌(*Saurogobio gymnocheilus*)、洞庭小鳊鲌(*Microphysogobio*)、华鳊(*Sarcocheilichthys sinensis*)、兴凯鲌、纵带鲌、光泽黄颡鱼(*Pelteobagrus nitidus*)、波氏吻虾虎鱼和鲴(*Megalobrama skolkovii*)可能为来自长江干流繁殖的鱼类;新增的外来种麦瑞加拉鲮可能与养殖池塘逃逸有关,2017与2020年夏季降水量均较高,高降水量使得池塘水

位快速上升,导致麦瑞加拉鲮逃逸至天鹅洲故道。未采集到的大斑花鳅(*Cobitis macrostigma*)和柏氏薄鳅(*Leptobotia pratti*)是在长江干流繁殖的鱼类,而细鳞鲴(*Xenocypris merolepis*)、黄颡(*Hypseleotris swinhoni*)在天鹅洲故道为罕见种<sup>[3]</sup>。

2010—2011年及2015—2016年天鹅洲故道鱼类群落中优势种均为短颌鲚、贝氏鲮和鲮等小型鱼类<sup>[3]</sup>。而2017—2021年,随着故道全面禁渔与鲢、鳙鱼种的投放,鱼类群落结构逐渐由小型鱼类向大中型鱼类演变。其中,大型浮游生物食性鱼类鲢和鳙的生物量上升了481.2 kg/hm<sup>2</sup>;食鱼性鱼类生物量上升了32.0 kg/hm<sup>2</sup>,其中蒙古鲌、鳊和拟尖头鲌分别上升了23.0、5.6和1.7 kg/hm<sup>2</sup>;而以短颌鲚、鲮和太湖新银鱼为主的小型浮游动物食性鱼类生物量下降了22.0 kg/hm<sup>2</sup>。天鹅洲故道鱼类生物量在逐年上升的情况下,江豚所需的小型鱼类资源却持续下降。究其原因有多个方面,首先,在半自然水域中长江江豚日食量平均占体重的6.3%<sup>[15]</sup>,2021年4月天鹅洲故道江豚数量已达101头,小型鱼类受到长江江豚的捕食压力提高;其次,蒙古鲌和拟尖头鲌对小型鱼类的捕食能力较强<sup>[16-17]</sup>,2017—2021年其生物量及个体规格均提高,并发现有大量蒙古鲌和拟尖头鲌的补充群体,其种群的增长对小型鱼类的捕食作用加强;与此同时,2020—2021年天鹅洲故道鲢和鳙的平均体重分别为2940.2和7572.5 g,与凌去非和李思发<sup>[5]</sup>监测到的71.15和84.19 g相比,规格明显上升;而短颌鲚、银鲌等小型鱼类平均体重与龚江等<sup>[3]</sup>的监测结果相比减小。天鹅洲故道内鲢和鳙规格增大、生物量上升,必然造成对以浮游生物为食的其他小型鱼类的食物竞争加强,导致小型鱼类资源下降。

有研究表明,鱼类群落空间分布与水体中总磷、叶绿素 $a$ 浓度存在正相关关系<sup>[18-21]</sup>,2020年天鹅洲故道新堤村总磷年均含量为0.058 mg/L,明显高于其他区域(未发表数据),且浮游生物的生物量存在两端较高而中部较低的特征<sup>[1,22]</sup>,更充足的食物源为鲢、鳙、太湖新银鱼和短颌鲚等鱼类的聚集提供了条件。

### 3.2 鱼类群落结构的变化对天鹅洲故道长江江豚迁地保护的启示

天鹅洲故道2017年全面禁捕后,虽然鱼类生物量逐年上升,但江豚所需的小型鱼类资源却持续下降,这将给天鹅洲故道的长江江豚种群带来不利影响。因此,为保障天鹅洲故道长江江豚能够获得充足的饵料鱼资源,加强鱼类群落结构的调控与管理势在必行。

3.2.1 针对性捕捞大中型鱼类 分析表明,2017—2021年天鹅洲故道鲢、鳙、鳊、拟尖头鲌和蒙古鲌等大中型鱼类规格与优势度不断提高。大中型鱼类种群的增长势必会通过食物竞争和捕食压力对小型鱼类资源的维持造成十分不利的影响,进而减少天鹅洲故道长江江豚的食物供应,威胁到长江江豚种群的维护和发展。为此,建议在客观评估的基础上,制订科学的捕捞方案予以捕捞,以利于短颌鲚、鲮等小型鱼类种群的增长,保障长江江豚的饵料鱼供应。

3.2.2 丰水期加强灌江纳苗 相同的捕捞方式捕获的小型鱼类种类数和生物量往往在秋季高于春季,与春夏季鱼类繁殖后有补充群体进入渔获物有关,这些补充群体一部分来自故道自然繁殖,一部分来自灌江纳苗。每年5—9月汛期天鹅洲故道会开闸引入长江水,届时在长江干流繁殖的鱼类可以随之进入天鹅洲故道<sup>[23]</sup>。据2017—2019年董春燕等<sup>[24]</sup>对长江干流石首江段渔获物和孟秋等<sup>[25]</sup>对监利江段鱼类早期资源的调查发现,贝氏鲮和银鲌为长江中游优势鱼类。而贝氏鲮和银鲌为江湖洄游型鱼类<sup>[26-28]</sup>,产漂流性卵,须在长江干流繁殖,其仔稚鱼随长江水进入天鹅洲故道,导致秋季资源量上升。为提高天鹅洲故道小型鱼类的资源量,应在长江丰水期加强天鹅洲故道与长江的连通,加大灌江纳苗力度,引入更多长江干流繁殖的小型鱼类资源。

3.2.3 设置人工鱼巢 半自然水域中的长江江豚最喜食的食物种类主要为水体中上层鱼类<sup>[29]</sup>,且对于长江江豚来说,鲮的适口性相对较好<sup>[15,30]</sup>。有研究表明,长江江豚具有随鱼群迁移的行为特征<sup>[31]</sup>,丰富的中上层小型鱼类资源处更适宜长江江豚的栖息<sup>[32]</sup>。天鹅洲故道长江江豚最主要分布区为新堤村附近水域<sup>[33]</sup>,与该水域中上层小型鱼类生物量高一致,其次为长狹子附近水域,故道中部最低。以此可推测在天鹅洲故道内自然条件下,长江江豚优先捕食对象也为水体中上层的短颌鲚、鲮等小型鱼类。

2019年10月和2020年11月鲮的生物量分别为8.7和3.4 kg/hm<sup>2</sup>,高于调查期间其他时期。其中2020年11月与历史上2016年10月<sup>[3]</sup>相似,可能与这些年份天鹅洲故道水位较高有关,水位提高会淹没大量植被,为产粘性卵的鲮提供了繁殖基质和躲避敌害的场所,从而使得鲮生物量上升。但是,天鹅洲故道高水位运行将使坐落在江滩子大堤上的麋鹿保护区面临麋鹿栖息地减少、幼崽生命受到威胁等一系列问题<sup>[34]</sup>。

2019年水位低于2020年, 鲢生物量却高于2020年, 可能与2019年设置了人工鱼巢有关。人工鱼巢是由天然或人工材料制作而成的鱼类产卵孵化场所, 对产粘性卵的鱼类具有良好的增殖效果<sup>[35-36]</sup>。禁捕前故道内大规模的拉网捕捞等人为活动, 严重干扰了水生植被的自然演替过程, 高等水生植物生物量持续减少, 已没有明显的水草带<sup>[2, 37-38]</sup>, 导致产粘性卵鱼类的繁殖条件遭到了破坏。而生态修复工程周期长, 对当下故道长江江豚饵料鱼资源严重缺乏形势的缓解作用有限。因此, 对缺乏沉水植物、难以维持高水位运行的天鹅洲故道而言, 建议在鱼类繁殖时期设置人工鱼巢, 以促进鲢及其他产粘性卵鱼类的繁殖。

致谢: 感谢湖北长江天鹅洲白鱄豚国家级自然保护区管理处野外调查采样工作的支持, 以及深圳市地球自然基金会的资助, 在此谨致谢忱!

## 4 附录

附表 I 见电子版(DOI: 10.18307/2023.0315)。

## 5 参考文献

- [ 1 ] Huang D, Li X, Wang ZF *et al.* Phytoplankton community structure and water quality assessment in the Tian-e-Zhou Oxbow of the Yangtze River. *Journal of Hydroecology*, 2016, **37**(5): 8-14. DOI: 10.15928/j.1674-3075.2016.05.002. [ 黄丹, 李霄, 望志方等. 长江天鹅洲故道浮游植物群落结构及水质评价. 水生态学杂志, 2016, **37**(5): 8-14.]
- [ 2 ] Zhang XF, Wei Z, Wang XQ *et al.* Studies on the feasibility of establishment of a semi-natural reserve at Tian-e-Zhou (swan) Oxbow for Baiji, *Lipotes vexillifer*. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1995, **19**(2): 110-123. [ 张先锋, 魏卓, 王小强等. 建立长江天鹅洲白鱄豚保护区的可行性研究. 水生生物学报, 1995, **19**(2): 110-123.]
- [ 3 ] Gong J, Wang T, Li X *et al.* Interannual variation of the fish community structure in the Tian-e-Zhou Oxbow of the Yangtze River. *Journal of Hydroecology*, 2018, **39**(4): 46-53. DOI: 10.15928/j.1674-3075.2018.04.007. [ 龚江, 王腾, 李霄等. 长江天鹅洲故道鱼类群落结构特征及其年际变化. 水生态学杂志, 2018, **39**(4): 46-53.]
- [ 4 ] Li YT, Wang D. Estimation of the carrying capacity of Yangtze finless porpoise (*Neophocaena asiaorientalis asiaorientalis*) in Tian-e-Zhou Oxbow based on linear food network model. *Applied Ecology and Environmental Research*, 2020, **18**(5): 6981-6994. DOI: 10.15666/aeer/1805\_69816994.
- [ 5 ] Ling QF, Li SF. Species diversity of fish community in Swan Oxbow of Changjiang River. *Journal of Fishery Sciences of China*, 1998, **5**(2): 1-5. [ 凌去非, 李思发. 长江天鹅洲故道鱼类群落种类多样性. 中国水产科学, 1998, **5**(2): 1-5.]
- [ 6 ] 朱松泉. 中国淡水鱼类检索. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995.
- [ 7 ] 陈宜瑜. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目(中). 北京: 科学出版社, 1998: 1-531.
- [ 8 ] 乐佩琦. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目(下). 北京: 科学出版社, 2000.
- [ 9 ] 褚新洛. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲴形目. 北京: 科学出版社, 1999: 1-230.
- [ 10 ] Zhang TL, Li ZJ, Guo QS. Investigations on fishes and fishery of four lakes along the middle and lower basins of the Changjiang River. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2008, **32**(2): 167-177. [ 张堂林, 李钟杰, 郭青松. 长江中下游四个湖泊鱼类与渔业研究. 水生生物学报, 2008, **32**(2): 167-177.]
- [ 11 ] Tang JF, Ye SW, Li W *et al.* Status and historical changes in the fish community in Erhai Lake. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 2013, **31**(4): 712-723. DOI: 10.1007/s00343-013-2324-7.
- [ 12 ] Pinkas L. Food habits study. Food habits of albacore bluefin tuna & bonito in california waters, 1971.
- [ 13 ] Yang Z, Zheng HT, Xiong MH *et al.* Variation characteristics of fish community structure and biodiversity in autumn before and after impoundment of Pengshui hydropower station. *Environmental Science & Technology*, 2011, **34**(8): 22-29. [ 杨志, 郑海涛, 熊美华等. 彭水电站蓄水前后鱼类群落多样性特征. 环境科学与技术, 2011, **34**(8): 22-29.]
- [ 14 ] Xu DP, Liu K, Zhang MY *et al.* Biodiversity and community structure of small-sized fish in the nearshore of Changshu reach in the Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2012, **21**(4): 448-453. [ 徐东坡, 刘凯, 张敏莹等. 长江常熟江段近岸小型鱼类群落结构及多样性探析. 长江流域资源与环境, 2012, **21**(4): 448-453.]
- [ 15 ] Yu DP, Jiang WH, Mi L. Preliminary observations on feeding behavior of finless porpoises in a semi-nature reserve of Yangtze River. *Acta Theriologica Sinica*, 2003, (3): 198-202. DOI: 10.16829/j.slxb.2003.03.003. [ 于道平, 蒋文华, 糜励. 半自然水域中长江江豚食性与摄食行为的初步观察. 兽类学报, 2003, (3): 198-202.]
- [ 16 ] Wang YL, Li HC, He YF *et al.* Morphological variations of feeding organs of five species of *Culter* from Changhu Lake. *Freshwater Fisheries*, 2016, **46**(6): 26-32. [ 王亚龙, 李昊成, 何勇凤等. 长湖 5 种鲃摄食器官形态学的比较. 淡水渔业, 2016, **46**(6): 26-32.]
- [ 17 ] Liu ES. Changes of fish community, the mechanism of changes, and the effects of the changes on environment in Taihu Lake. *Journal of Hydroecology*, 2009, **30**(4): 8-14. [ 刘恩生. 太湖鱼类群落变化规律、机制及其对环境影响分析. 水生态学杂志, 2009, **30**(4): 8-14.]
- [ 18 ] Lian YX, Li C, Ye SW *et al.* Fish spatial distribution patterns and controlling factors in Yudong Reservoir, Yunnan Plateau. *J Lake Sci*, 2018, **30**(6): 1755-1765. DOI: 10.18307/2018.0626. [ 连玉喜, 李昌, 叶少文等. 云南高原渔洞水库鱼类空间分布格局及主要影响



- 因子. 湖泊科学, 2018, **30**(6): 1755-1765.]
- [19] Zheng MT, Yang Z, Hu L *et al.* Spatiotemporal variation of fish community structure and its driving factors in the backwater area of Xiaojiang River. *Journal of Hydroecology*, 2021: 1-18. DOI: 10.15928/j.1674-3075.202107280261. [郑梦婷, 杨志, 胡莲等. 小江回水区江段鱼类群落结构的时空变动及驱动因素分析. 水生态学杂志, 2021: 1-18.]
- [20] Hu MQ, Wang YP, Liu SL *et al.* Fish community diversity and its relationship with environmental variables in Qili Lake wetland in Anqing. *Chinese Journal of Ecology*, 2021, **40**(8): 2485-2495. DOI: 10.13292/j.1000-4890.202108.032. [胡敏琦, 王银平, 刘思磊等. 安庆七里湖湿地鱼类群落多样性特征及其影响因素. 生态学杂志, 2021, **40**(8): 2485-2495.]
- [21] Liu YS, Gu XK, Tang SK *et al.* Fish community structure and its relationship with main environmental variables in the East Taihu Lake. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, **41**(2): 769-780. [刘燕山, 谷先坤, 唐晟凯等. 东太湖鱼类群落结构特征及其与环境因子的关系. 生态学报, 2021, **41**(2): 769-780.]
- [22] Huang D, Shen JZ, Hu SD *et al.* Zooplankton community structure and water quality assessment in Tian-e-Zhou Oxbow of the Yangtze River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2014, **23**(3): 328-334. [黄丹, 沈建忠, 胡少迪等. 长江天鹅洲故道浮游动物群落结构及水质评价. 长江流域资源与环境, 2014, **23**(3): 328-334.]
- [23] Yang J, Chen PX. Movement and behavior of finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides* scuiwei) at Swan Oxbow, Hubei Province. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1996, **20**(1): 32-40. [杨健, 陈佩薰. 湖北天鹅洲故道江豚的活动与行为. 水生生物学报, 1996, **20**(1): 32-40.]
- [24] Dong CY, Li JY, Zhang H *et al.* Fish resource status in the White-Flag Dolphin National Nature Reserve of Tian-e-Zhou Oxbow, Yangtze River. *Journal of Hydroecology*, 2021, **42**(3): 86-92. DOI: 10.15928/j.1674-3075.202001060002. [董春燕, 李君轶, 张辉等. 长江天鹅洲白暨豚国家级自然保护区鱼类资源现状. 水生态学杂志, 2021, **42**(3): 86-92.]
- [25] Meng Q, Gao L, Wang DQ *et al.* The early-stage fish resources and effects of ecological regulation on fish reproduction at the Jianli section of the Yangtze River. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2020, **27**(7): 824-833. DOI: 10.3724/SP.J.1118.2020.19337. [孟秋, 高雷, 汪登强等. 长江中游监利江段鱼类早期资源及生态调度对鱼类繁殖的影响. 中国水产科学, 2020, **27**(7): 824-833.]
- [26] Li DS, Wu XF, Xie ZY *et al.* Role of minnows in fish-farming reservoirs and control of their populations. *Acta Ecologica Sinica*, 1988, **8**(4): 304-310. [李德尚, 吴雄飞, 谢宗墀等. 杂鱼在养鱼水库中的作用及其种群控制. 生态学报, 1988, **8**(4): 304-310.]
- [27] Wang HL, Li MZ, Gao Z *et al.* The status of the early-stage fish resources in the Fengdu section of the Three Gorges Reservoir. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2015, **39**(5): 954-964. DOI: 10.7541/2015.125. [王红丽, 黎明政, 高欣等. 三峡库区丰都江段鱼类早期资源现状. 水生生物学报, 2015, **39**(5): 954-964.]
- [28] Liu F, Zhang FB, Wang X *et al.* Relationships between reproduction activities of fishes with drifting eggs and environmental factors in the Chishui River. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2019, **43**(S1): 77-83. DOI: 10.7541/2019.170. [刘飞, 张富斌, 王雪等. 赤水河产漂流性卵鱼类的繁殖活动及其与环境因子之间的关系. 水生生物学报, 2019, **43**(S1): 77-83.]
- [29] Lu ZC, Tian JS, Wang ZH *et al.* Using stable isotope technique to study feeding habits of the finless porpoise (*Neophocaena asiaorientalis* ssp. sunameri). *Acta Ecologica Sinica*, 2016, **36**(1): 69-76. DOI: 10.5846/stxb201407071390. [鹿志创, 田甲申, 王召会等. 应用碳氮稳定同位素技术研究江豚(*Neophocaena asiaorientalis* ssp. sunameri)食性. 生态学报, 2016, **36**(1): 69-76.]
- [30] Yang BS. Preliminary observations on feeding choice of finless porpoises in semi-nature reserve. *Environmental Protection and Technology*, 2019, **25**(5): 18-21. [杨丙山. 半自然水域中长江江豚食物选择的初步观察. 环保科技, 2019, **25**(5): 18-21.]
- [31] Wang CR, Suo WW, Jiang GM *et al.* Spatial distribution of the Yangtze finless porpoise and relationship to fish density in East Dongting Lake, China. *China Environmental Science*, 2019, **39**(10): 4424-4434. [王崇瑞, 索纹纹, 蒋国民等. 东洞庭湖长江江豚及其与鱼类资源相关性. 中国环境科学, 2019, **39**(10): 4424-4434.]
- [32] Zhang XK, Yu DP, Wang HL *et al.* Fish community structure in main habitat of the finless porpoise, the Anqing section of Yangtze River. *Acta Ecologica Sinica*, 2016, **36**(7): 1832-1839. DOI: 10.5846/stxb201409251904. [张晓可, 于道平, 王慧丽等. 长江安庆段江豚主要栖息地鱼类群落结构. 生态学报, 2016, **36**(7): 1832-1839.]
- [33] 李永涛. 天鹅洲江豚生境选择、环境容纳量和种群生存力分析——迁地保护理论初探[学位论文]. 北京: 中国科学院大学, 2017.
- [34] Zhang HS, Ai JS, Wen HJ *et al.* The environmental status and protection of the habitat of Shishou elk. *Advances in Meteorological Science and Technology*, 2018, **8**(5): 109-112. [张怀胜, 艾劲松, 温华军等. 石首麋鹿栖息地环境生态现状及其保护. 气象科技进展, 2018, **8**(5): 109-112.]
- [35] Pan P, Li YF, Li XH. Effect evaluation of artificial fishnest on common carp (*Cyprinus carpio*) in Xijiang River. *Freshwater Fisheries*, 2016, **46**(6): 45-49. [潘澎, 李跃飞, 李新辉. 西江人工鱼巢增殖鲤鱼效果评估. 淡水渔业, 2016, **46**(6): 45-49.]
- [36] Wang JH, Jiang W, Gao Y *et al.* Use of artificial fish nets and incubators in Three Georges Reservoir to conserve fish species with adhesive eggs. *Journal of Hydroecology*, 2018, **39**(5): 116-120. DOI: 10.15928/j.1674-3075.2018.05.017. [王军红, 姜伟, 高勇等. 人工鱼巢及孵化暂养槽在三峡水库产粘性卵鱼类资源保护中的应用. 水生态学杂志, 2018, **39**(5): 116-120.]
- [37] Cheng PX, Zhang XF, Wei Z *et al.* Appraisal of the influence-upon Baiji *Lipotes vexillifer* by the Three-gorge Project and conservation strategy. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1993, **17**(2): 101-111. [陈佩薰, 张先锋, 魏卓等. 白暨豚的现状和三峡工程对白暨豚的影响评价及保护对策. 水生生物学报, 1993, **17**(2): 101-111.]
- [38] Li SF, Lu GQ, Zhou BY. Feasibility studies on genetic conservation of Chinese carps in swan oxbow of the Changjiang River. *Journal of Fisheries of China*, 1995, **19**(3): 193-202. [李思发, 吕国庆, 周碧云. 长江天鹅洲故道“四大家鱼”种质资源天然生态库建库可行性研究. 水产学报, 1995, **19**(3): 193-202.]

附表 I 长江天鹅洲故道鱼类名录

Attached Tab. I A list of fishes in the Tian-e-Zhou Oxbow of the Yangtze River

种名	201710	201812	201905	201910	202004	202011	202104	生态类型
鳊科 Engraulidae								
*短颌鲚 <i>Coilia brachygnathus</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,SF
银鱼科 Salangidae								
*太湖新银鱼 <i>Neosalanx taihuensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,SF
*大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i>	+	+		+		+		S,P
鲤科 Cyprinidae								
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,O
*鲫 <i>Carassius auratus</i>	+	+		+		+	+	S,O
鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	+	+	+	+	+	+	+	M,P
赤眼鳟 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	+	+		+		+	+	M,O
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	+	+	+	+	+	+	+	M,G
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	+	+		+			+	M,DF
*似鲮 <i>Toxabamis swinhonis</i>						+		S,O
*鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,SF
*贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	+	+	+	+	+	+	+	M,SF
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,P
蒙古鲌 <i>Culter mongolicus</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,P
达氏鲌 <i>Culter dabryi</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,P
尖头鲌 <i>Culter oxycephalus</i>						+	+	S,P
拟尖头鲌 <i>Culter oxycephaloides</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,P
红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	+			+		+		S,P
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	+			+		+		S,O
鲂 <i>Megalobrama skolkovii</i>		+			+	+	+	S,G
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>		+		+	+	+	+	S,G
*飘鱼 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	+	+		+				S,O
黄尾鲂 <i>Xenocypris davidi</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,D
*银鲂 <i>Xenocypris argentea</i>	+			+	+			S,D
*似鲂 <i>Pseudobrama simoni</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,D
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	+	+	+			+	+	M,SF
鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>	+	+	+	+	+	+	+	M,SF
*麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	+	+		+	+	+	+	S,O
*银鮡 <i>Squalidus argentatus</i>	+	+	+	+	+	+	+	M,DF
*蛇鮡 <i>Saurogobio dabryi</i>	+	+	+	+	+		+	S,DF
*光唇蛇鮡 <i>Saurogobio gymnocheilus</i>		+	+		+		+	S,DF
*棒花鱼 <i>Gobio rivularis</i>	+	+						S,O
*洞庭小鱮鮡 <i>Microphysogobio tungtingensis</i>		+	+	+	+	+	+	S,O

*黑鳍鲸 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	+			+	+	+	+	S,O
*华鲸 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i>				+	+	+		S,O
*花鳍 <i>Hemibarbus maculatus</i>	+	+		+		+		S,DF
麦瑞加拉鲮 <i>Cirrhinus mrigala</i>	+					+		S,G
*大鳍鱮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	+			+	+	+	+	S,O
*兴凯鱮 <i>Acheilognathus chankaensis</i>						+		S,O
*高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>		+		+				S,O
*彩石鲮 <i>Rhodeus lighti</i>	+							S,O
鲈科 Cobitidae								
*泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	+	+		+	+		+	S,O
*点面副沙鳅 <i>Parabotia maculosus</i>						+		S,O
*中华花鳅 <i>Cobitis sinensis</i>				+	+			S,O
鲇科 Siluridae								
鲇 <i>Silurus asotus</i>							+	S,P
鲿科 Bagridae								
*黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	+		+	+		+	+	S,O
*光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>		+	+				+	S,O
*长须黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i>	+					+		S,O
*纵带鲿 <i>Leiocassis argentivittatus</i>				+				S,O
鲢科 Channidae								
乌鲢 <i>Channa argus</i>							+	S,P
真鲈科 Percichthyidae								
鳊 <i>Siniperca chuats</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,P
大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	+							S,P
虾虎鱼科 Gobiidae								
*子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	+	+	+	+	+	+	+	S,DF
*波氏吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius cliffordpopei</i>							+	S,DF
塘鳢科 Eleotridae								
*沙塘鳢 <i>Odontobutis obscura</i>		+				+	+	S,P
刺鳅科 Mastacembelidae								
*刺鳅 <i>Mastacembelus aculeatus</i>	+		+			+		S,P
鱚科 Hemiramphidae								
*间下鱚 <i>Hyporhamphus intermedius</i>	+	+		+		+	+	S,SF
总数/小型鱼类数	40/23	36/21	21/14	39/24	33/20	40/20	36/19	

注：“+”表示采集到样本；“\*”表示小型鱼类；M：洄游性鱼类；S：定居性鱼类；P：食鱼性；O：杂食性；G：草食性；SF：浮游食性；DF：底栖食性；D：碎屑食性。