

文章编号: 1674-5566(2024)01-0114-10

DOI: 10.12024/jsou.20230304118

## 2021年度长江口江心青草沙水库鱼类群落结构

邢 烁<sup>1,2</sup>, 张 成<sup>1,2</sup>, 陈立婧<sup>1,2</sup>, 龚小玲<sup>1,2</sup>

(1. 上海海洋大学 水产种质资源发掘与利用教育部重点实验室, 上海 201306; 2. 上海海洋大学 水产科学国家级实验教学示范中心, 上海 201306)

**摘要:** 为了解长江口江心青草沙水库的鱼类群落结构, 于2021年对该水库进行了鱼类资源调查和群落结构分析。共采集鱼类3 209尾, 分属于9目13科36属46种, 以鲤科淡水鱼类为主; 鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、鳙(*Aristichthys nobilis*)、花鲢(*Hemibarbus maculatus*)、鲫(*Carassius auratus*)、刀鲚(*Coilia nasus*)、翘嘴鲌(*Culter alburnus*)、长蛇鮠(*Saurogobio dumerili*)、花鲈(*Lateolabrax japonicus*)的IRI均超过1 000, 为优势种; 优势种生态位分析显示肉食性和杂食性鱼类在食物资源和生存环境存在较高的生态位重叠, 这两种鱼类种群规模扩大受到食物、空间等资源的限制会比生态位重叠低的更大; 鲢、鳙与其他鱼类生态位重叠较低, 在水库内受到的食物、空间等资源的竞争较小。年度的Margalef种类丰富度指数( $D$ )为5.70, Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )为3.01, Pielou均匀度指数( $J$ )为0.78, Simpson优势度指数( $C$ )为0.81, 与2015—2019年水库的调查相比, 青草沙水库鱼类物种多样性提升明显, ABC曲线表明鱼类群落结构受外界因素干扰小, 总体而言, 青草沙水库鱼类更加丰富, 群落处于稳中向好的状态。

**关键词:** 长江口; 江心水库; 鱼类群落结构; 生态位; 鱼类多样性

**中图分类号:** S 917.4 **文献标志码:** A

长江口江心青草沙水库位于上海市长兴岛上的冲积沙洲青草沙上, 是我国目前为止最大的江心水库, 总面积近70 km<sup>2</sup>, 有效库容4.35亿m<sup>3</sup>, 日供水规模为719万m<sup>3</sup>[1], 水的流动主要依赖进、出和取水口。青草沙水库取水口有细密的隔栅和拦污网, 主要用于拦截脏物和油污, 但一些个体小的鱼类及卵、仔稚鱼等会随取水入库, 库中有些鱼类也会随下游排水口的开启进入长江。因水库常年保持稳定的有效库容, 也会形成相对稳定的鱼类群落结构。在水库建成之初胡忠军等[2]对水库鱼类群落结构进行了调查, 共调查到18种鱼类。王绍祥等2011年[3]对水库鱼类群落组成、多样性等进行了调查, 共调查到22种鱼类。易欣鑫等[4]对2015—2019年水库鱼类群落变化进行了研究, 共调查到51种鱼类。表明随着水库运行时间的推移, 鱼类群落结构逐渐在发生变化, 鱼类群落结构的特征会

直接影响到水库生态系统的稳定性, 进而影响到生态系统中的生物和非生物物质能量流动, 并对水质造成影响。

了解水库鱼类群落结构对水库制定管理措施有重要参考。近年来受长江生态恢复影响, 青草沙水库鱼类种类和结构是否有所变化? 结构特点如何? 群落结构是否稳定? 通过调查与分析青草沙水库的鱼类群落结构, 旨在了解水库环境、水库管理模式与鱼类之间的相关关系, 为青草沙水库水资源管理提供借鉴和为青草沙水库的鱼类群落结构的变迁等研究提供基础资料。

### 1 材料与方法

#### 1.1 采样区域和时间

根据水库地形、地貌、进排水及前期调查结果, 在水库内设置8个刺网采样点(S1-S8)和4个

收稿日期: 2023-03-14 修回日期: 2023-05-14

基金项目: 上海城投原水有限公司项目(D-8006-19-0088)

作者简介: 邢 烁(1997—), 男, 硕士研究生, 研究方向为鱼类生态学。E-mail: 18764552340@163.com

通信作者: 龚小玲, E-mail: xlgong@shou.edu.cn

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

地笼网点(D1-D4),样点位置见图1。刺网规格为长100 m宽4 m,网眼大小为2、4、6、8和10 cm共5种,依据采样点的水深、水流等因素选择网具,每个采样点放置刺网两条,24 h后收取。地

笼网规格为0.5 m×0.5 m×12 m,网眼为4 cm;地笼网每个网点放置两条,放置48 h后收取。2021年分别在1、3、5、7、10、12月共计采样6次。

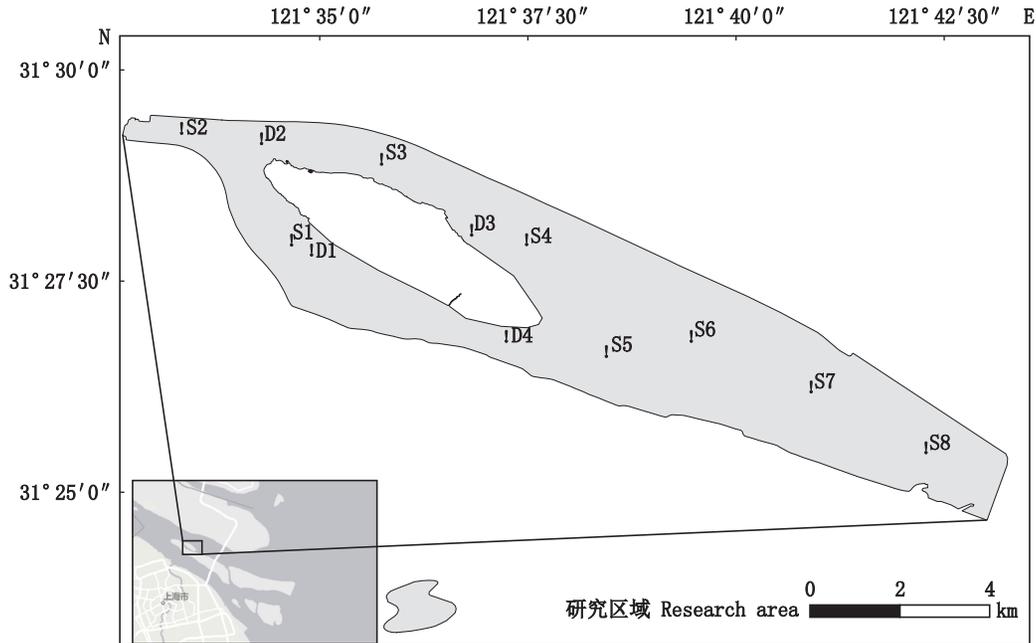


图1 2021年长江口江心青草沙水库鱼类调查区域示意图

Fig. 1 A schematic diagram of the survey area of Qingcaosha Reservoir in the Yangtze River Estuary in 2021

## 1.2 样品的保存和鉴定

采集的样本置于含冰袋的保温箱内运回实验室进行进一步鉴定分析,并标注采样信息。量鱼板测量长度( $\pm 1$  mm),电子秤测量质量( $\pm 0.01$  g)。鱼类鉴定参照《中国动物志》<sup>[5-12]</sup>,根据唐文乔等<sup>[13]</sup>的划分方法将鱼类生态类型分为淡水性、河口性和洄游性3种,食性分为滤食性、杂食性、草食性和肉食性4种。

## 1.3 分析方法

### 1.3.1 物种优势度

优势种采用Pinkas相对重要性指数(Index of relative importance, IRI)进行分析,公式为

$$I_{RI} = (N + W) \times F \quad (1)$$

式中: $N$ 为采集到的各种鱼类数量占全部渔获物中数量的百分数; $W$ 为采集到的各种鱼类质量占总渔获物质量的百分数; $F$ 为采集到的各种鱼类在采样周期内出现频率的百分数。划分标准为 $IRI > 1000$ 时为优势种, $500 < IRI < 1000$ 时为重要种, $200 < IRI < 500$ 为常见种, $100 < IRI < 200$ 为一般种, $IRI < 100$ 为稀有种<sup>[14]</sup>。

### 1.3.2 物种多样性

鱼类群落多样性采用Margalef种类丰富度指数( $D$ )<sup>[15]</sup>、Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )<sup>[16]</sup>、Pielou均匀度指数( $J$ )<sup>[17]</sup>、Simpson优势度指数( $C$ )<sup>[18]</sup>分析<sup>[19]</sup>。Margalef种类丰富度指数( $D$ )是反映鱼类资源丰富度程度的重要指标, $D$ 值越高,鱼类资源越丰富。Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )是反映群落结构稳定性的重要指标,群落物种越丰富, $H'$ 越高,当水域生态环境受到胁迫时,物种数和个体数均会减少,导致 $H'$ 降低<sup>[20]</sup>。Pielou均匀度指数( $J$ )常用来衡量鱼类分布均匀程度。Simpson优势度指数( $C$ )反映了鱼类群落的多样性, $C$ 值越高,群落多样性越好。

各指数计算公式如下:

$$D = \frac{S - 1}{\ln N} \quad (2)$$

$$H' = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i \quad (3)$$

$$J = \frac{H'}{\ln S} \quad (4)$$

$$C = 1 - \sum_{i=1}^S (P_i)^2 \quad (5)$$

式中: $S$ 为全部渔获物中的种类数; $N$ 为全部渔获物中总个体数; $P_i$ 为全部渔获物中第*i*种个体 $P_i$ 在全部渔获物中的比例。

### 1.3.3 生态位

采用Shannon指数计算生态位宽度( $B_i$ ),采用Pianka指数计算生态位重叠值( $Q_{ik}$ )<sup>[21]</sup>,计算公式如下:

$$B_i = -\sum_{j=1}^R P_{ij} \ln P_{ij} \quad (6)$$

$$Q_{ik} = \frac{\sum_{j=1}^R P_{ij} P_{kj}}{\sqrt{\sum_{j=1}^R P_{ij}^2 \sum_{j=1}^R P_{kj}^2}} \quad (7)$$

式中: $R$ 为本年度调查的总次数; $P_{ij}$ 和 $P_{kj}$ 分别为种类*i*和种类*k*在*j*调查时的个体数占总个体数的比例<sup>[22]</sup>。

生态位宽度按时间可以分为春季、夏季、秋季、冬季<sup>[23]</sup>。 $B_i$ 为生态位宽度,值越大表明该物种适应环境和利用生态资源的潜力越大,根据生态位宽度可将鱼类划分为广生态位种( $B_i \geq 1$ )、中生态位种( $0.6 \leq B_i < 1$ )和窄生态位种( $0.6 < B_i$ )。生态位重叠可以反映群落中不同鱼类对资源利用的相似性,值越大则两种鱼类对资源的利用重叠度越高,一般用 $Q_{ik}$ 表示生态位重叠, $Q_{ik}$ 值越大则重叠程度越高, $Q_{ik} > 0.3$ 则重叠有意义, $Q_{ik} > 0.6$ 为显著重叠<sup>[24]</sup>。本研究选取优势种作为生态位分析的研究对象。

### 1.3.4 丰度生物量曲线

丰度生物量曲线(简称ABC曲线)被用来检

测鱼类群落种类组成变化和受干扰程度。ABC曲线统计量 $W$ 为正值时对应生物量曲线在丰度曲线之上,表明群落处于未受外界干扰状态;当统计量 $W$ 为负值时对应生物量曲线在丰度曲线之下,表明群落受到严重的外界干扰<sup>[25]</sup>。ABC曲线公式如下:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^S (W_i - N_i)}{50(S - 1)} \quad (8)$$

式中: $W_i$ 和 $N_i$ 为ABC曲线中第*i*种鱼类对应的生物量和丰度的累积百分比; $S$ 为渔获物中鱼类种类数。

## 1.4 统计分析

用PRIMER 6软件进行分析,使用ArcMap 10.8、Excel进行绘图。

## 2 结果

### 2.1 鱼类组成

2021年共采集鱼类3 209尾,总质量为943 816.13 g。经鉴定共有鱼类46种,分属于9目13科36属(附录),以鲤形目鲤科鱼类为主,鲤形目28种鱼类中鲤科有27种(图2)。

### 2.2 食性和生态类型

肉食性鱼类最多,有24种,占总种类数的52%;杂食性鱼类有18种,占39%;草食性和滤食性鱼类均只有2种。从生态习性来看,淡水性鱼类最多,有31种,种类数占比67%;其次是河口性鱼类,有11种,占比24%;洄游性鱼类有4种,占比9%。

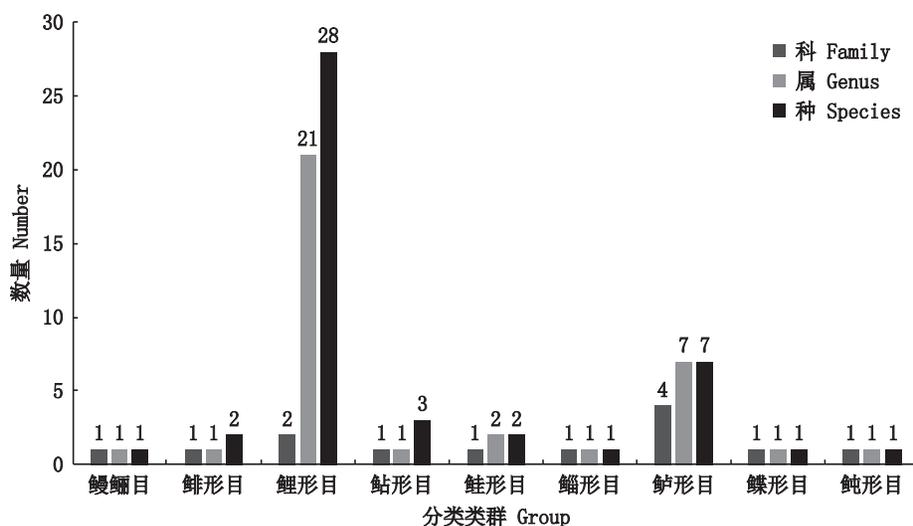


图2 2021年长江口江心青草沙水库渔获物中鱼类分类组成

Fig. 2 The fish classification composition of Qingcaosha Reservoir in the Yangtze River estuary in 2021

### 2.3 鱼类优势度

Pinkas 相对重要性指数分析得出,在青草沙水库鱼类中,鲢、鳙、花鲢、鲫、刀鲚、翘嘴鲌、长蛇鲡、花鲈等 8 种为优势种;重要种有贝氏鲈、银鲌;常见种有鳊和鲮 2 种;一般种有斑尾刺虾虎鱼、鲤、凤鲚 3 种(表 1)。这些鱼类在青草沙水库大

多一年四季均有捕获。

### 2.4 鱼类多样性

2021 年青草沙水库全年鱼类的 Margalef 种类丰富度指数( $D$ )为 5.70, Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ )为 3.01, Pielou 均匀度指数( $J$ )为 0.7, Simpson 优势度指数( $C$ )为 0.81。

表 1 2021 年长江口江心青草沙水库鱼类相对重要性指数(IRI)及优势鱼类生态位宽度

Tab. 1 The relative importance index (IRI) of fish and niche breadth of dominant fish in Qingcaosha Reservoir of the Yangtze River Estuary in 2021

物种 species	相对重要性指数 IRI	生态位宽度 Niche width	物种 species	相对重要性指数 IRI
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	3 160.3	0.371 9	胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i>	19.5
鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>	3 026.6	0.504 8	鳃 <i>Elopichthys bambusa</i>	13.2
花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	2 225.4	0.787 9	拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	7.6
鲫 <i>Carassius auratus</i>	1 676.4	0.805 2	瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	7.1
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	1 461.3	0.883 3	细鳞鲮 <i>Xenocypris microlepis</i>	4.3
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	1 426.2	0.515 1	似鲮 <i>Pseudobrama simoni</i>	4.1
长蛇鲡 <i>Saurogobio dumerili</i>	1 100.3	0.879 6	黄尾鲮 <i>Xenocypris davidi</i>	4
花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>	1 033.4	0.697 0	大鳍鲮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	3.9
贝氏鲈 <i>Hemiculter bleekeri</i>	730.9		黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	3.3
银鲌 <i>Squalidus argentatus</i>	642		达氏鲌 <i>Culter dabryi</i>	3.2
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	466.1		舌虾虎鱼 <i>Glossogobius giuris</i>	3.2
鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	289.2		圆吻鲮 <i>Distoichodon tumirostris</i>	2.9
斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	136.2		草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	2.8
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	130.4		香斜棘鲮 <i>Repomucenus olidus</i>	2.5
凤鲚 <i>Coilia mystus</i>	129.3		似刺鲮 <i>Paracanthobrama guichenoti</i>	2.2
尖头鲌 <i>Culter oxycephalus</i>	93.5		光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	1.6
日本鳊 <i>Anguilla japonica</i>	87.3		红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	0.9
大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i>	75.7		六带鲮 <i>Caranx sexfasciatus</i>	0.8
蒙古鲌 <i>Culter mongolicus</i>	71.1		银鲮 <i>Xenocypris argentea</i>	0.7
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	70.7		暗纹东方鲀 <i>Takifugu obscurus</i>	0.7
鲮 <i>Mugil cephalus</i>	54.1		兴凯鲮 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	0.6
半鲮 <i>Hemiculterella sawagei</i>	53.4		居氏银鱼 <i>Salanx cuvieri</i>	0.6
半滑舌鲮 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	24.5		纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trigonocephalus</i>	0.6

### 2.5 生态位

#### 2.5.1 生态位宽度

依据生态位宽度公式计算出 2021 年度青草沙水库鱼类优势种生态位宽度为 0.371 9~0.883 3, 其中鲢(0.371 9)生态位宽度最低,刀鲚(0.883 3)生态位宽度最高(表 1)。

#### 2.5.2 生态位重叠

依据生态位重叠公式计算出青草沙水库中花鲢和翘嘴鲌生态位重叠最高(0.935 7),其次为

翘嘴鲌和花鲢(0.928 9),刀鲚和长蛇鲡的生态位重叠同样很高(0.928 3),翘嘴鲌和鳊的生态位重叠最低(0.146 0),见表 2,重叠度最高的和最低的相差 6.4 倍。

### 2.6 ABC 曲线特征

用 2021 年长江口江心青草沙水库采集到的鱼类的生物量和丰度构建群落 ABC 曲线,生物量曲线位于丰度曲线之上,且  $W=0.109$ ,表明青草沙水库鱼类没有受到严重干扰(图 3)。

表2 2021年长江口江心青草沙水库优势鱼类生态位重叠  
Tab. 2 Niche overlap of dominant fish in Qingcaosha Reservoir of the Yangtze River Estuary in 2021

物种 Species	鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	鲫 <i>Carassius auratus</i>	刀鲚 <i>Coilia nasus</i>	翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	长蛇鲇 <i>Saurogobio dumerili</i>	花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>
鳊 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	0.570 3	0.414 1	0.871 0	0.569 9	0.170 0	0.291 4	0.206 0
鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>		0.351 7	0.898 5	0.477 5	0.146 0	0.438 6	0.459 0
花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>			0.470 5	0.666 6	0.935 7	0.756 4	0.927 8
鲫 <i>Carassius auratus</i>				0.452 1	0.218 2	0.452 1	0.420 9
刀鲚 <i>Coilia nasus</i>					0.374 9	0.928 3	0.482 9
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>						0.543 8	0.928 9
长蛇鲇 <i>Saurogobio dumerili</i>							0.672 9

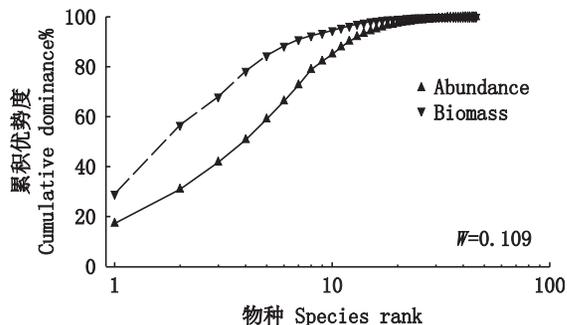


图3 长江口江心青草沙水库2021年鱼类群落ABC曲线  
Fig. 3 ABC curve of fish community in Qingcaosha Reservoir of the Yangtze River Estuary in 2021

### 3 讨论

#### 3.1 种类

自2010年水库建成以来,2010年共调查到18种<sup>[2]</sup>,2011年调查到22种<sup>[3]</sup>,2015—2019年5年共调查到51种,但单年调查最高种类为31种<sup>[4]</sup>,而在2021年的调查中共采集到鱼类46种,青草沙水库鱼类种类近10年来有了大幅度上升,分析其原因一方面在水库建成之初,鱼类数量较少,不易调查到。随着水库运行管理,水库内环境日趋稳定,鱼类在水库内繁衍生息,种群数量出现增长,加之水库近年来投放相当数量的鱼类,水库取水时鱼卵、仔稚鱼、幼鱼也会进入水库,这些因素为水库鱼类种类数提升提供了可能。

#### 3.2 鱼类群落特征

鱼类种类以鲤形目为主,2021年共调查到鲤形目鱼类28种;从鱼类食性来看肉食性鱼类和杂食性鱼类占据绝对优势;从生活习性来看,淡水性鱼类占三分之二,这与易欣鑫等调查到的水库以淡水性鲤科鱼类为主的状态相似<sup>[4]</sup>。从2021

年调查结果来看,青草沙水库仍然会是鲤科鱼类在水库内占据优势,肉食性鱼类因水库内丰富的小型鱼类提供了充足的饵料,会持续保持自己的优势地位。淡水性鱼类因青草沙水库的蓄水功能的提升,水库进一步淡化,加上历年投放的均为鳊、鳙、翘嘴鲌等淡水性鱼类,使得它们在水库中继续维持优势地位。

青草沙水库中有鳊、鳙、花鲢、鲫、刀鲚、翘嘴鲌、长蛇鲇、花鲈这八种优势种,与胡忠军等<sup>[2]</sup>调查到的贝氏鲮、刀鲚、鲫三种优势种有所差别;与易欣鑫等<sup>[4]</sup>调查到的鳊、鳙、鲫三种优势种相比数量有所增加。水库在上游湖心岛周边水生植物丰富,各处水深差异较大,在进水口附近存在冲击区,富含丰富的饵料生物;在水库下游水深较深,水草较少,这些为水库内鱼类的生长繁殖提供了良好的自然和生物条件,保证了鱼类数量稳步提高,形成了鱼类多样性上升,鱼类群落结构更加复杂,优势种数量增多的现象。

如表3,2021年全年青草沙水库的Margalef种类丰富度指数(D)为5.7,与水库2010年和2015—2019年调查到的数据相比有较大提高,可见水库内鱼类资源丰富程度有了很大提高。2021年全年的Shannon-Wiener多样性指数(H')为3.01,与2010年和2015—2019年调查到的数据相比有较大提高,反映了水库内鱼类多样性有很大丰富。2021年全年的Pielou均匀度指数(J)为0.78,与2015—2019年调查到的最高值0.83相比有所降低,但比最低值0.76略高,总体来看近几年鱼类均匀度没有发生明显变化。在2021年青草沙水库中Simpson优势度指数(C)为0.81,与2010年相比有了很大提高,优势度上升明显。综合表4数据来看,2021年水库内各指数

都维持在较高的水平,与2010年和2015—2019年做出的指数相比大部分有了较大的提高,与长江内<sup>[26-27]</sup>相比鱼类资源丰富程度和均匀程度

还明显偏低,鱼类多样性已经略高于长江部分区域。

表3 2021年长江口江心青草沙水库鱼类群落指数与其它时间地域的比较

Tab. 3 The fish community index of Qingcaosha Reservoir in the Yangtze River Estuary in 2021 compared with other time and regions

评价指标/时间区域 Evaluation index / time zone	2021年 青草沙 2021QCS	2015-2019年 青草沙 2015-2019QCS	2010年 青草沙 2010QCS	2021年 陈行 2021CH	2018年 安庆段 2018AQ	2017年 靖江段 2017JJ
Margalef种类丰富度指数(D) Margalef species richness index (D)	5.70	3.76-4.30	1.26	5.00	6.92	7.81
Shannon-Wiener多样性指数(H') Shannon-Wiener diversity index (H')	3.01	2.55-2.70	1.13	2.06	2.56	2.87
Pielou均匀度指数(J) Pielou evenness index (J)	0.78	0.76-0.83	0.69	0.9	0.64	0.91
Simpson优势度指数(C) Simpson dominance index (C)	0.81	-	0.41	-	0.88	0.67

### 3.3 鱼类群落结构

对优势种进行生态位分析,生态位宽度显示所有优势种均不是广生态位种,但花鲢、鲫、刀鲚、长蛇鮈、花鲈属于中生态位种,鲢、鳙、翘嘴鲌属于窄生态位种。生态位宽度的意义表明花鲢、鲫、刀鲚、长蛇鮈、花鲈对环境的适应能力和利用水库内资源的潜力更大,鲢、鳙、翘嘴鲌适应能力和资源利用能力相对较弱,特别是鲢生态位宽度最低,如环境发生改变,鲢可能受环境变化影响最大。优势种的生态位重叠显示,花鲢和翘嘴鲌的生态位重叠最高,依据生态位重叠的意义和二者在水中生活的区域和食性分析,它们虽然在生活的水层和食性上存在差异,但因为在青草沙水库中它们主要分布在上游浅水区,水深较浅,生活区域重合较大,因此二者在食物和空间资源利用上存在重叠,相互之间竞争激烈。此外花鲢和花鲈、翘嘴鲌和花鲈、长蛇鮈和刀鲚这3组生态位重叠也在0.9以上,它们之间在食物和空间分布上也存在类似的竞争。翘嘴鲌和鳙的生态位重叠最低,二者在摄食方面存在较大差异,且鳙在下游水深较深处分布较密集,在当前环境下它们之间的竞争很小。此外翘嘴鲌和鲢,翘嘴鲌和鲫,长蛇鮈和鲢,花鲈和鲢的生态位重叠均小于0.3,表明它们在当前环境下对资源的竞争不明显。通过对优势种的生态位分析,可以看到当前条件下水库内肉食性和杂食性鱼类的生态位宽度较宽,生态位重叠较高,虽然适应环境能力较强但食物资源和生存空间环境存在重叠,对资

源的竞争会在一定程度上限制这两个类群的大幅度扩大。鲢鳙鱼类在当前环境下在生存资源方面竞争较小,但是因为鲢、鳙不能在水库内自繁,如没有投放,种群也不会有太大变化;如投放则会影响到水环境,水环境也会影响到种群的生长。

ABC曲线分析表明,青草沙水库鱼类群落结构总体上没有受到干扰,群落稳定性好。与易欣鑫等<sup>[4]</sup>ABC曲线分析结果相类似,现行的鱼类群落结构可能会在一定的时间内维持动态平衡。因此,可以推断水库管理方式对水库鱼类来说是合理和有效的。

总体来看,水库内鱼类的群落结构近年来趋于稳定,已经形成了具有水库特色的鱼类群落结构。从趋势发展来看,未来水库内鱼类多样性会进一步丰富,整体鱼类群落结构将变得更为稳固,水库与水库内的鱼类作为一个有机的整体会相互促进,协调发展。

### 参考文献:

- [1] 魏宪芸,顾静,张名全,等.上海市江心水库鲢、鳙年龄结构及生长特性[J].上海海洋大学学报,2019,28(1):49-57.  
WEI X Y, GU J, ZHANG M Q, et al. Age structure and growth of silver carp and bighead carp in Qingcaosha Reservoir in Shanghai [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2019, 28(1): 49-57.
- [2] 胡忠军,吴昊,陈立侨,等.长江口青草沙水库正式供水前的鱼类群落结构特征[J].水产学报,2012,36

- (8): 1234-1241.
- HU Z J, WU H, CHEN L Q, et al. Structure of fish assemblages before drinking-water supplies in Qingcaosha Reservoir of Yangtze River Estuary [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2012, 36(8): 1234-1241.
- [3] 王绍祥, 高春霞, 田思泉, 等. 青草沙水库中上层鱼类群落组成及多样性分析[J]. *上海海洋大学学报*, 2014, 23(4): 594-601.
- WANG S X, GAO C X, TIAN S Q, et al. Community composition and diversity of pelagic fishes in Qingcaosha Reservoir [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2014, 23(4): 594-601.
- [4] 易欣鑫, 蔡之惊, 秦智杰, 等. 上海青草沙水库鱼类群落结构的年际变化[J]. *上海海洋大学学报*, 2021, 30(4): 664-674.
- YI X X, CAI Z J, QING Z J, et al. Analysis of interannual variations for the fish community structure in Shanghai Qingcaosha Reservoir [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2021, 30(4): 664-674.
- [5] 陈宜瑜. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目(中) [M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- CHEN Y Y. *Fauna sinica osterichthyes Cypriniformes II* [M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [6] 乐佩琦. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目(下) [M]. 北京: 科学出版社, 2000.
- LE P Q. *Fauna sinica osterichthyes Cypriniformes III* [M]. Beijing: Science Press, 2000.
- [7] 李思忠, 王惠民. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲈形目 [M]. 北京: 科学出版社, 1995.
- LI S Z, Wang H M. *Fauna sinica osterichthyes flounders* [M]. Beijing: Science Press, 1995.
- [8] 苏锦祥, 李春生. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲈形目 海蛾鱼目 喉盘鱼目 鲈形目 [M]. 北京: 科学出版社, 2002.
- SU J X, LI C S. *Fauna sinica osterichthyes Tetraodontiformes Pegasiformes Gobiesociformes Lophiiformes* [M]. Beijing: Science Press, 2002.
- [9] 张世. 硬骨鱼纲 鲈形目 海鲢目 鲈形目 鼠鲮目 [M]. 北京: 科学出版社, 2001.
- ZHANG S. *Fauna sinica osterichthyes Acipenseriformes Elopiformes Clupeiformes Gonorhynchiformes* [M]. Beijing: Science Press, 2001.
- [10] 张春光. 中国动物志 硬骨鱼纲 鳗鲡目 背棘鱼目 [M]. 北京: 科学出版社, 2010.
- ZHANG C G. *Fauna sinica osterichthyes Anguilliformes Notacanthiformes* [M]. Beijing: Science Press, 2010.
- [11] 钟俊生 伍汉霖. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲈形目(五) 虾虎鱼亚目 [M]. 北京: 科学出版社, 2008.
- ZHONG J S, WU H L. *Fauna sinica osterichthyes Perciformes V Gobioidae* [M]. Beijing: Science Press, 2008.
- [12] 诸新洛, 郑葆珊, 戴定远. 中国动物志 硬骨鱼纲 鲈形目 [M]. 北京: 科学出版社, 1999.
- ZHU X L, Zheng B S, Dai D Y. *Fauna sinica osterichthyes Siluriformes* [M]. Beijing: Science Press, 1999.
- [13] 唐文乔, 诸廷俊, 陈家宽, 等. 长江口九段沙湿地的鱼类资源及其保护价值[J]. *上海水产大学学报*, 2003, (3): 193-200.
- TANG W Q, ZHU T J, CHEN J K, et al. Resources and conservation valuation of fishes of Jiuduansha wetland in Changjiang River estuary [J]. *Journal of Shanghai Fisheries University*, 2003, (3): 193-200.
- [14] 曹过, 李佩杰, 王媛, 等. 长江下游镇江和畅洲北汉江段鱼类群落多样性研究[J]. *水生态学杂志*, 2018, 39(6): 73-80.
- CAO G, LI P J, WANG Y, et al. Study on Fish Community Diversity in the North of Hechangzhou Section of the Lower Yangtze River [J]. *Journal of Hydroecology*, 2018, 39(6): 73-80.
- [15] ULANOWICZ R E. Information theory in ecology [J]. *Comput Chem*, 2001, 25(4): 393-399.
- [16] SHANNON C E. The mathematical theory of communication (Reprinted) [J]. *M D Comput*, 1997, 14(4): 306-317.
- [17] PIELOU E C J. The Measurement of Diversity in Different Types of Biological Collections [J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 13: 131-144.
- [18] GATES C E, LUDWIG J A, REYNOLDS J F, et al. Statistical Ecology, a Primer on Methods and Computing [J]. *Journal of Wildlife Management*, 1990, 54(1): 197.
- [19] 朱书礼, 陈蔚涛, 李新辉, 等. 柳江鱼类群落结构及多样性研究[J]. *水生生物学报*, 2022, 46(3): 375-90.
- ZHU S L, CHEN W T, LI X H, et al. PATTERN OF FISH ASSEMBLAGE STRUCTURE AND DIVERSITY IN LIUJIANG RIVER [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2022, 46(3): 375-390.
- [20] 张静, 陈永俊, 张然, 等. 2008年夏季东山湾游泳动物种类的组成和多样性[J]. *应用海洋学学报*, 2013, 32(2): 222-230.
- ZHANG J, CHEN Y J, ZHANG R, et al. Nekton species composition and biodiversity in Dongshan Bay during 2008 summer [J]. *Journal of Applied Oceanography*, 2013, 32(2): 222-230.
- [21] 李婷婷, 容丽, 王梦洁, 等. 黔中喀斯特次生林主要物种的生态位及种间联结性动态变化[J]. *热带亚热带植物学报*, 2021, 29(1): 9-19.
- LI T T, RONG L, WANG M J, et al. Dynamic Changes in Niche and Interspecific Association of Major Species of Karst Secondary Forest in Central Guizhou [J]. *Journal of Tropical and Subtropical Botany*, 2021, 29(1): 9-19.
- [22] 宋晨, 孟周, 王晓波, 等. 2019-2020年夏季舟山海域浮游动物优势种生态位及其生态分化[J]. *海洋学报*, 2022, 44(10): 127-139.

- SONG C, MENG Z, WANG X B, et al. Ecological niches and ecological differentiation of dominant zooplankton species in the Zhoushan waters in summer 2019-2020[J]. Haiyang Xuebao, 2022, 44(10): 127-139.
- [23] 陈斯侃, 晏玉莹, 曾亚军. 贵阳阿哈湖国家湿地公园优势鸟类共存机制[J]. 四川动物, 2019, 38(3): 340-348.
- CHEN S K, YAN Y Y, ZENG Y J. Coexistence Mechanism of Dominant Birds in the Guiyang Ahahu National Wetland Park [J]. Sichuan Journal of Zoology, 2019, 38(3): 340-348.
- [24] 刘坤, 俞存根, 郑基, 等. 舟山群岛近岸海域春秋季节主要鱼类功能群特征及其生态位分析[J]. 浙江大学学报(理学版), 2021, 48(5): 592-605.
- LIU K, YU C G, ZHENG J, et al. Analysis of functional groups characteristics and niche of major fish species in the coastal waters of Zhoushan Islands in spring and autumn [J]. Journal of Zhejiang University (Science Edition) , 2021, 48(5): 592-605.
- [25] 何海生, 刘金殿, 张爱菊, 等. 曹娥江不同江段鱼类的物种多样性和优势度[J]. 浙江农业科学, 2020, 61(2): 359-364, 389.
- HE H S, LIU J D, ZHANG A J, et al. Species diversity and dominance of fishes in different sections of the Cao'e River [J]. Journal of Zhejiang Agricultural Sciences, 2020, 61(2): 359-364, 389.
- [26] 朱宗波, 王银平, 蔺丹清, 等. 长江近口靖江段近岸鱼类群落多样性[J]. 安徽农业大学学报, 2021, 48(4): 614-619.
- ZHU Z B, WANG Y P, LIN D Q, et al. Species diversity of fish in Jingjiang section near the coast of the Yangtze River estuary [J]. Journal of Anhui Agricultural University, 2021, 48(4): 614-619.
- [27] 叶昆, 严燕, 朱孝彦, 等. 长江安庆段皖河口汇流区鱼类群落特征[J]. 生态学杂志, 2021, 40(6): 1811-1819.
- YE K, YAN Y, ZHU X Y, et al. Fish community characteristics in the confluence area of Wanhe estuary in Anqing section of the Yangtze River[J]. Chinese Journal of Ecology, 2021, 40(6): 1811-1819.

## Fish community structure of Qingcaosha Reservoir in the Yangtze River Estuary in 2021

XING Shuo<sup>1,2</sup>, ZHANG Cheng<sup>1,2</sup>, CHEN Lijing<sup>1,2</sup>, GONG Xiaoling<sup>1,2</sup>

(1. Key Laboratory of Exploration and Utilization of Aquatic Genetic Resources, Ministry of Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China; 2. National Experimental Teaching Demonstration Center of Aquatic Science, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** In order to understand the fish community structure in Qingcaosha Reservoir in the Yangtze River estuary, the fish resources investigation and community structure analysis were carried out in 2021. A total of 3209 individuals were collected, identified and classified into 9 orders, 13 families, 36 genera and 46 species. The freshwater carnivorous fish species are the largest. The Index of Relative Importance, IRI of *Hypophthalmichthys molitrix*, *Aristichthys nobilis*, *Hemibarbus maculatus*, *Carassius auratus*, *Coilia nasus*, *Culter alburnus*, *Saurogobio dumerili* and *Lateolabrax japonicus* were more than 1 000 and all were dominant species. The niche analysis of dominant species showed that carnivorous and omnivorous fish had higher niche overlap in food resources and living environments. The population expansions of the two groups of fish should be more limited by food, space and other resources than the low niche overlap groups. The niche overlap among Silver carp, Bighead carp and other fish is lower, and the competitions for food, space and other living resources in the reservoir are also lower. In 2021, the Margalef species richness index ( $D$ ) was 5.70, the Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ) was 3.01, the Pielou evenness index ( $J$ ) was 0.78, and the Simpson dominance index ( $C$ ) was 0.81. Compared with the results of fish diversity and the community structure from 2015 to 2019 in the Reservoir, the diversity index is increasing significantly. The ABC curve analysis showed that the community structure was less disturbed by external factors.

**Key words:** Yangtze River Estuary; Jiangxin Reservoir; fish assemblage structure; ecological niche; fish diversity

附录 长江口江心青草沙水库 2021 年鱼类目录及食性生态分布  
**Appendix Fish catalogue and feeding ecological distribution of Qingcaosha Reservoir in the middle of Yangtze River Estuary in 2021**

目 Order	科 Family	属 Genus	物种 Species	食性 Diet	生态类型 Ecotype
鳗鲡目 Anguilliformes	鳗鲡科 Anguillidae	鳗鲡属 <i>Anguilla</i>	日本鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	C	M
鲱形目 Clupeiformes	鳀科 Engraulidae	鲱属 <i>Coilia</i>	凤鲱 <i>Coilia mystus</i> 刀鲱 <i>Coilia nasus</i>	C	M
鲤形目 Cypriniformes	鲤科 Cyprinidae	蛇鲡属 <i>Saurogobio</i> 鲮属 <i>Xenocypris</i>	长蛇鲡 <i>Saurogobio dumerili</i> 银鲮 <i>Xenocypris argentea</i> 细鳞鲮 <i>Xenocypris microlepis</i> 黄尾鲮 <i>Xenocypris davidi</i>	O	F
		银鲮属 <i>Squalidus</i> 鲮属 <i>Acheilognathus</i>	银鲮 <i>Squalidus argentatus</i> 兴凯鲮 <i>Acheilognathus chankaensis</i> 大鳍鲮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	O	F
		圆吻鲮属 <i>Distoechodon</i> 鲂属 <i>Megalobrama</i> 鳊属 <i>Parabramis</i> 似鳊属 <i>Pseudobrama</i>	圆吻鲮 <i>Distoechodon tumirostris</i> 团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i> 鳊 <i>Parabramis pekinensis</i> 似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i>	O	F
		似刺鳊鲃属 <i>Paracanthobrama</i> 鲮属 <i>Hemibarbus</i> 原鲃属 <i>Cultrichthys</i> 鲃属 <i>Culter</i>	似刺鳊鲃 <i>Paracanthobrama guichenoti</i> 花鲮 <i>Hemibarbus maculatus</i> 红鳍原鲃 <i>Cultrichthys erythropterus</i> 翘嘴鲃 <i>Culter alburnus</i> 蒙古鲃 <i>Culter mongolicus</i> 尖头鲃 <i>Culter oxycephalus</i> 达氏鲃 <i>Culter dabryi</i>	C	F
		鳊属 <i>Aristichthys</i> 鲢属 <i>Hypophthalmichthys</i> 鲫属 <i>Carassius</i> 鲤属 <i>Cyprinus</i> 草鱼属 <i>Ctenopharyngodon</i> 鲮属 <i>Hemiculter</i>	鳊 <i>Aristichthys nobilis</i> 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> 鲫 <i>Carassius auratus</i> 鲤 <i>Cyprinus carpio</i> 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i> 鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i> 贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i>	F'	F
		半鲮属 <i>Hemiculterella</i> 鳊属 <i>Elopichthys</i>	半鲮 <i>Hemiculterella sawagei</i> 鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	O	F
	胭脂鱼科 Catostomidae	胭脂鱼属 <i>Myxocyprinus</i>	胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i>	O	F
鲿形目 Siluriformes	鲿科 Bagridae	黄颡鱼属 <i>Pelteobagrus</i>	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i> 瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i> 光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	C	F
鲑形目 Salmoniformes	银鱼科 Salangidae	银鱼属 <i>Salanx</i> 大银鱼属 <i>Protosalanx</i>	居氏银鱼 <i>Salanx cuvieri</i> 大银鱼 <i>Protosalanx hyalocranius</i>	C	E
鲱形目 Mugiliformes	鲱科 Mugilidae	鲱属 <i>Mugil</i>	鲱 <i>Mugil cephalus</i>	O	E
鲈形目 Perciformes	鲈科 Serranidae	花鲈属 <i>Lateolabrax</i>	花鲈 <i>Lateolabrax japonicus</i>	C	E
	虾虎鱼科 Gobiidae	缟虾虎鱼属 <i>Tridentiger</i> 舌虾虎鱼属 <i>Glossogobius</i> 狼牙虾虎鱼属 <i>Odontamblyopus</i>	纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trigonocephalus</i> 舌虾虎鱼 <i>Glossogobius giuris</i> 拉氏狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus lacepedii</i>	C	E
		刺虾虎鱼属 <i>Acanthogobius</i>	斑尾刺虾虎鱼 <i>Acanthogobius ommaturus</i>	C	E
	鲱科 Callionymidae	斜棘鲱属 <i>Repomucenus</i>	香斜棘鲱 <i>Repomucenus olidus</i>	O	E
	鲈科 Carangidae	鲈属 <i>Caranx</i>	六带鲈 <i>Caranx sexfasciatus</i>	C	E
鳎形目 Pleuronectiformes	舌鳎科 Cynoglossidae	舌鳎属 <i>Cynoglossus</i>	半滑舌鳎 <i>Cynoglossus semilaevis</i>	C	E
鲉形目 Tetraodontiformes	鲉科 Tetraodontidae	东方鲀属 <i>Takifugu</i>	暗纹东方鲀 <i>Takifugu obscurus</i>	C	M

注:C为肉食性;O为杂食性;H为草食性;F'为滤食性;F为淡水性;E为河口性;M为洄游性。

Notes: C.carnivorousness; O.omnivory; H.herbivory; F'.filterfeeding; F.freshwater; E.estuary; M.migration.