

DOI:10.14188/j.ajsh.2020.06.003

长江江豚重要栖息地清节洲水域鱼类群落结构

连玉喜^{1,2}, 杨晓鸽^{1,2*}, 张心璐², 郑爱芳^{1,2}, 李世健³, 陈敏敏^{1,2}, 于道平^{1,2}

- (1. 安庆师范大学水生生物保护与水生态修复安徽省高等学校工程技术研究中心, 安徽 安庆 246133;
2. 安庆师范大学生命科学学院, 安徽 安庆 246133;
3. 中交第二航务工程勘察设计院有限公司, 湖北 武汉 430071)

摘要: 长江清节洲水域是长江江豚的重要栖息地之一, 为了解该水域鱼类群落结构特征, 于2017年4月、7月、10月和2018年2月对该水域鱼类群落进行了季节性调查。调查共采集鱼类38种, 隶属于5目8科29属, 其中鲤科鱼类占优势, 占总种类数的68.4%。相对重要性指数结果显示鱼类群落优势种为贝氏鲮(*Hemiculter bleekeri*)、似鲮(*Pseudobrama simony*)、银鲴(*Xenocypris argentea*)和刀鲚(*Coilia nasus*)。按生活习性划分, 定居性鱼类占绝对优势, 占总种数的78.9%; 在空间上, 中上、中下和底层鱼类分布较为均衡, 占总种数的比例依次为36.8%, 28.9%和34.2%; 从食性上划分, 杂食性和肉食性鱼类较多, 分别占总种数的44.7%和39.5%。Shannon-Weiner指数、Simpson指数、Margalef指数和Pielou均匀度指数依次分别为0.820~1.711, 0.601~0.981, 1.640~3.423和0.249~0.592。单因素方差分析表明, 除春夏季与秋冬季的Margalef指数存在显著性差异($P < 0.05$), 各指数在时间和空间均无显著性差异($P > 0.05$)。与历史资料相比, 该区域鱼类群落呈现物种多样性降低和群落结构小型化的趋势。因此, 建议加强该水域鱼类资源的监测和保护, 以维护长江生态系统的稳定与江豚栖息地的适合度。

关键词: 长江江豚; 清节洲; 栖息地; 鱼类群落

中图分类号: Q958.11

文献标识码: A

文章编号: 2096-3491(2020)06-0629-08

Fish community structure around main habitat of the Yangtze finless porpoise, the Qingjiezhou shoal of Yangtze River

LIAN Yuxi^{1,2}, YANG Xiaoge^{1,2*}, ZHANG Xinlu², ZHENG Aifang^{1,2}, LI Shijian³, CHEN Minmin^{1,2},
YU Daoping^{1,2}

- (1. Research Center of Aquatic Organism Conservation and Water Ecosystem Restoration in Anhui Province, Anqing Normal University, Anqing 246133, Anhui, China;
2. College of Life Science, Anqing Normal University, Anqing 246133, Anhui, China;
3. CCCC Second Harbor Consultants Co. Ltd., Wuhan 430071, Hubei, China)

Abstract: Protection of important habitat is crucial to the Yangtze finless porpoise. The community structure and species diversity of fish in the waters around the Qingjiezhou shoal which is an important habitat for Yangtze finless porpoise were investigated seasonally between April 2017 and February 2018. A total of 38 fish species from 29 genera, 8 families, and 5 orders were collected during the investigation, with cyprinids accounting for 68.4% of the collected species. The dominant species were *Hemiculter bleekeri*, *Pseudobrama simony*, *Xenocypris argentea* and *Coilia nasus* according to the index of relative importance. Sedentary fish (78.9%) species were the most frequent of the ecological

收稿日期: 2020-07-20 修回日期: 2020-08-10 接受日期: 2020-09-04

作者简介: 连玉喜(1986-), 博士, 讲师, 研究方向为保护生物学。E-mail: lianyx177@163.com

* 通讯联系人: 杨晓鸽(1987-), 博士, 讲师, 研究方向为濒危鱼类保护。E-mail: flyingdove2007@163.com

基金项目: 安徽省高等学校自然科学研究项目(KJ2018A0376; KJ2018A0377); 国家青年自然科学基金项目(31800357; 31902377)

引用格式: 连玉喜, 杨晓鸽, 张心璐, 等. 长江江豚重要栖息地清节洲水域鱼类群落结构[J]. 生物资源, 2020, 42(6): 629-636.

Lian Y X, Yang X G, Zhang X L, et al. Fish community structure around main habitat of the Yangtze finless porpoise, the Qingjiezhou shoal of Yangtze River [J]. Biotic Resources, 2020, 42(6): 629-636.

groups, and omnivorous (44.7%) and piscivorous (39.5%) fish species were the most frequent of the feeding functional groups, whereas fish species were relatively evenly in spatial distribution. The values of Shannon-Weiner index, Simpson index, Margalef index and Pielou evenness index were 0.820—1.711, 0.601—0.981, 1.640—3.423, 0.249—0.592, respectively. One-way ANOVA indicated that there were no significant differences of fish diversity both temporally and spatially ($P>0.05$) except for the Margalef index between different seasons ($P<0.05$). Fish community tended to decline in diversity and miniaturization in individual size when compared with historical data. Therefore, strengthening monitor and protection measures are recommended to maintain the stability of the Yangtze River ecosystem and habitat suitability for the Yangtze finless porpoise.

Key words: Yangtze finless porpoise; Qingjiezhou; habitat; fish community

0 引言

长江江豚(*Neophocaena asiaeorientalis*)主要分布于长江中下游干流及洞庭湖和鄱阳湖两个大型通江湖泊^[1,2],随着长江生态环境的恶化以及白暨豚(*Lipotes vexillifer*)的功能性灭绝,江豚成为目前长江仅存的淡水鲸类。然而由于食物资源减少、渔业捕捞伤害、航运干扰、水体污染和水工建设等因素的影响,长江江豚生存现状日益恶化^[3],种群数量急剧下降,从二十世纪90年代初的2700头下降至2017年的1012头,生存形势十分严峻^[3-5]。

有研究表明,食物资源匮乏、栖息地片段化和质量下降可能是导致长江江豚种群衰退的重要因素^[3]。长江江豚对栖息地有着较强的选择性,研究发现80%的江豚在离岸300 m以内的水域活动,尤其偏好水流缓慢的浅水区、河口汇流区,以及长江洲滩近岸水域^[4,6,7]。随着长江江豚种群数量的持续下降,长江干流其分布空白区的数量不断增加,江豚栖息地片段化的程度日益加剧^[8]。鉴于江豚严峻的生存形势,安庆江段又是长江干流江豚密度最高的江段之一^[4],安庆市政府于2007年在安庆江段建立了长江豚类自然保护区。安庆市长江豚类自然保护区北岸上始安庆市宿松县叶家湾,南岸系江西省九江市张家洲北侧边滩;北岸下至安庆市迎江区合兴村,南岸系池州市马石山,涉及九江市、池州市和安庆市部分江段,全长152 km,总面积42 162 hm²,核心区、缓冲区和实验区的面积分别占保护区总面积的14.2%、25.7%和60.1%。建立保护区的目的在于

最大限度地保护以淡水豚类为代表的珍稀水生动物及其赖以生存的淡水生态系统,目前保护区内约有江豚180头。

食物丰富度是表征江豚栖息地适合度的重要因素之一^[6],长江江豚在自然水域主要捕食鱼类和虾类^[9],鱼类资源的丰富度直接影响江豚栖息地的适合度。清节洲水域涵盖安庆江豚自然保护区的核心区与缓冲区,是长江江豚的重要栖息地之一^[7,8]。因此,研究该重要栖息地的鱼类资源状况及群落结构对于探究长江江豚栖息地选择规律,以及栖息地的保护和修复都具有重要意义。同时可为“长江干线武汉至安庆段6米水深航道整治工程非主通航汉道江豚栖息地修复及设立施工期江豚临时庇护所”提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 研究区域

调查地点为长江下游安徽省安庆段清节洲水域(30.343918°N~30.492902°N, 116.873513°E~116.990769°E)(图1),属官洲水道,是长江下游典型的鹅头型河道,河道弯曲,沙洲发育良好,水面宽度为600~1 200 m,水深3.0~31.6 m(表1)。该水域为长江江豚的重要栖息地之一,全年均有长江江豚在此活动^[7,8]。

1.2 调查方法

分别于2017年4月(春季)、7月(夏季)、11月(秋季)和2018年2月(冬季)对各取样水域进行调查。取样网具为电拖网,其规格为40 m(长)×3 m

表1 清节洲水域各样点环境特征

Table 1 Environment characteristics of sampling sties in Qiejiezhou waters

样点	中心坐标(Coordinates)	水深(Depth)/m	透明度(Transparency)/(m·s ⁻¹)	底质类型(Sediment type)
S1	30.413394° N, 116.927696° E	8.5~21.0	30	泥土
S2	30.374977° N, 116.894327° E	3.0~8.5	35	砂砾
S3	30.407359° N, 116.888979° E	4.2~9.0	33	泥沙
S4	30.445755° N, 116.924737° E	7.6~31.6	30	泥沙

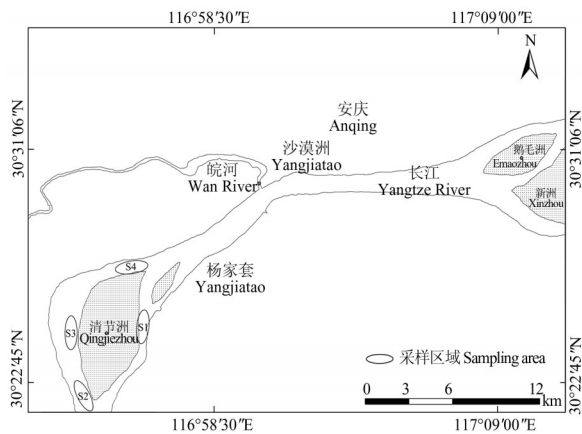


图1 清节洲水域及样点设置
Fig. 1 Sampling sites in Qingjiezhou waters

(高),网目直径为28 mm,输入电压为12 V,输出电压为300 V;自下游向上游贴水底拖行,水深为3~6 m,距离岸边5~30 m,速度为0.8~1.0 m/s,每个取样水域拖行距离为500 m。收集所有的捕获鱼类,采集后的渔获物在新鲜状态下进行鉴定、测量和统计。

种类鉴定、空间生态位和营养生态位划分参照《长江鱼类》^[10]、《江苏鱼类志》^[11]。测量长度精确到1 mm,重量精确到0.1 g。根据栖息环境和洄游方式,清节洲水域鱼类可划分为江海洄游性、江湖洄游性和定居性3种生态类群;根据摄食种类和食性类型划分,营养方式可划分为肉食性、杂食性、植食性、浮游生物食性和碎屑食性5类。

1.3 数据分析及处理

1.3.1 群落优势种

采用相对重要性指数(index of relative importance, IRI)计算鱼类优势度^[12]。

$$IRI = (N + W) \times F$$

式中, N 为第*i*种鱼的尾数占总尾数的百分比, W 为第*i*种鱼的质量占总质量的百分比, F 为第*i*种鱼出现次数占总调查样点的百分比。

将 $IRI \geq 500$ 的物种定为优势种, $100 \leq IRI < 500$ 的物种定为亚优势种, $1 \leq IRI < 100$ 的物种定为常见种, $IRI < 1$ 的物种定为偶见种^[13]。

1.3.2 多样性指数

根据调查数据情况,清节洲水域鱼类多样性采用Shannon-Wiener多样性指数、Simpson多样性指数、Margalef丰富度指数和Pielou均匀度指数来进行统计与分析^[14~17],以反映群落结构的多样性与均匀性。不同季节或样点间物种组成的相似性采用Jaccard相似性指数进行衡量^[15]。计算公式如下:

(1)Shannon-Wiener指数(H):

$$H = - \sum_{i=1}^s (n_i/N) \ln(n_i/N)$$

(2)Simpson指数(λ): $\lambda = 1 - \sum_{i=1}^s (n_i/N)^2$

(3)Margalef指数(R): $R = (S - 1)/\ln N$

(4)Pielou指数(J): $J = H/H_{\max} = H/\ln S$

(5)Jaccard相似性指数(C_j): $C_j = c/(a + b - c)$

式中: n_i 为第*i*个物种数量, N 为群落中所有物种数量; S 为群落中物种种类数量; a 、 b 分别为两样点或季节中的全部物种数, c 为两样点或季节共有物种数。

对不同样点或季节的物种数量、多样性指数先进行正态性检验和方差齐性检验,对符合正态分布和具有方差齐性的数据采用单因素方差分析(one-way analysis of variance, ANOVA)进行统计检验,不符合正态分布或方差不齐的数据采用Kruskal-Wallis进行统计检验。采用SPSS 22.0进行数据统计分析。

2 结果与分析

2.1 鱼类种类组成

本次调查共采集渔获物81.7 kg,计3 969尾,发现鱼类38种,隶属5目8科29属(表2)。其中,鲤科种类最多,共21属26种,占总种数的68.4%;鳊科4种,占总种数的10.5%;鲃科和沙塘鳢科各2种,分别占总种数的5.3%;鳊科、鳊科、鲃科和吻虾虎鱼科各1种,分别占总种数的2.6%。四个样点中,S4采集种类最多,为25种,S3采集种类最少,为18种,各样点采集物种数目无显著性差异($df=3$, $P=0.894$);不同季节采集的物种数具有显著性差异($df=3$, $P=0.023$),春季和夏季要显著高于秋季和冬季,其中春季采集种类最多,为27种,冬季采集种类最少,为12种。

从空间生态位划分,中上层鱼类最多,为14种,占总种数的36.8%;底层鱼类次之,为13种,占总种数的34.2%;中下层鱼类为11种,占总种数的28.9%。从生活习性划分,定居性鱼类最多,为30种,占总种数的78.9%;江湖洄游性鱼类次之,为6种,占总种数的15.8%;江海洄游性种类最少,只有2种,占总种数的5.3%。从食性上划分,杂食性鱼类最多,为17种,占总种数的44.7%;肉食性鱼类次之,15种,占总种数的39.5%;草食性、浮游生物食性和碎屑食性较少,分别为3种、2种和1种,各占总种数的7.9%,5.3%和2.6%。

表 2 清节洲水域渔获物种类组成及生态类型
Table 2 Species composition and ecotypes of fishing catch in Qiejiezhou waters

物种(Species)	空间生态位 (Spatial niche)	营养生态位 (Trophic niche)	生活习性 (Living habits)	相对重要性指数 (IRI)
鳊科 (Engraulidae)				
刀鲚 (<i>Coilia nasus</i>)	ML	O	RS	529.4
鱖科 (Hemirhamphidae)				
间下鱖 (<i>Hyporhamphus intermedius</i>)	MU	C	RS	3.3
鲤科 (Cyprinidae)				
草鱼 (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)	ML	H	RL	15.8
赤眼鲮 (<i>Squaliobarbus curriculus</i>)	MU	O	SE	21.6
青鱼 (<i>Mylopharyngodon piceus</i>)	ML	C	RL	41.4
鳊 (<i>Elopichthys bambusa</i>)	MU	C	RL	6.1
鲮 (<i>Ochetobius elongatus</i>)	MU	O	RL	0.9
鳊鱼 (<i>Pseudolaubuca sinensis</i>)	MU	O	SE	16.8
寡鳞鳊鱼 (<i>Pseudolaubuca engraulis</i>)	MU	O	SE	7.3
鳊 (<i>Hemiculter leucisculus</i>)	MU	O	SE	0.3
贝氏鳊 (<i>Hemiculter bleekeri</i>)	MU	O	SE	5 377.4
翘嘴鲮 (<i>Culter alburnus</i>)	MU	C	SE	382.4
蒙古鲮 (<i>Culter mongolicus</i>)	MU	C	SE	1.0
达氏鲮 (<i>Culter dabryi</i>)	MU	C	SE	6.3
鳊 (<i>Parabramis pekinensis</i>)	ML	H	SE	216.9
团头鲂 (<i>Megalobrama amblycephala</i>)	ML	H	SE	113.0
黄尾鲂 (<i>Xenocypris davidi</i>)	ML	O	SE	5.8
银鲂 (<i>Xenocypris argentea</i>)	DE	O	SE	818.7
似鳊 (<i>Pseudobrama simoni</i>)	MU	O	SE	4 013.3
鲂 (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	MU	P	RL	186.7
鳊 (<i>Aristichthys nobilis</i>)	MU	P	RL	6.6
花鳊 (<i>Hemibarbus maculatus</i>)	DE	O	SE	0.7
麦穗鱼 (<i>Pseudorasbora parva</i>)	ML	O	SE	0.2
蛇鲂 (<i>Saurogobio dabryi</i>)	ML	O	SE	2.3
银鲂 (<i>Squalidus argentatus</i>)	ML	O	SE	3.5
大鳍鲂 (<i>Acheilognathus macropterus</i>)	ML	D	SE	0.2
鲤 (<i>Cyprinus carpio</i>)	DE	O	SE	119.1
鲫 (<i>Carassius auratus</i>)	ML	O	SE	3.6
鲮科 (Bagridae)				
黄颡鱼 (<i>Pelteobagrus fulvidraco</i>)	DE	C	SE	16.1
瓦氏黄颡鱼 (<i>Pelteobagrus vachelli</i>)	DE	C	SE	458.2
光泽黄颡鱼 (<i>Pelteobagrus nitidus</i>)	DE	C	SE	342.8
长须黄颡鱼 (<i>Pelteobagrus eupogon</i>)	DE	C	SE	34.1
鲇科 (Siluridae)				
鲇 (<i>Silurus asotus</i>)	DE	C	SE	25.6
大口鲇 (<i>Silurus meriordinalis</i>)	DE	C	SE	126.8
鲈科 (Serranidae)				
鳊 (<i>Siniperca chuatsi</i>)	DE	C	SE	4.7
沙塘鳢科 (Odontobutidae)				

续表

物种(Species)	空间生态位 (Spatial niche)	营养生态位 (Trophic niche)	生活习性 (Living habits)	相对重要性指数(IRI)
河川沙塘鳢(<i>Odontobutis potamophila</i>)	DE	C	SE	0.4
小黄鲈鱼(<i>Micropercops swinhonis</i>)	DE	O	SE	1.7
吻虾虎鱼科(Gobiidae)				
子陵吻虾虎鱼(<i>Rhinogobius giurinus</i>)	DE	C	SE	1.0

注:O,杂食性;P,浮游生物食性;H,植食性;D,碎屑食性;C,肉食性;MU,中上层;ML,中下层;DE,底层;RL,河湖洄游性;SE,定居性;RS,江海洄游性

Note: O, omnivore; P, planktivore; H, herbivore; D, detritivore; C, carnivore; MU, middle and upper layers; ML, middle and lower layers; DE, demersal; RL, river-lake migratory; SE, sedentary; RS, river-sea migratory

2.2 群落优势种

依据相对重要性指数(IRI),清节洲水域鱼类优势种有贝氏鲮(*Hemiculter bleekeri*)、似鳊(*Pseudobrama simony*)、银鲌(*Xenocypris argentea*)和刀鲚(*Coilia nasus*)4种,共占鱼类总数量的79.6%,总重量的40.9%(表2),重量占比远低于数量比例的原因在于这四种优势鱼类皆为小型鱼类。亚优势种鱼类有瓦氏黄颡鱼(*Pelteobagrus vachelli*)、翘嘴鲌(*Culter alburnus*)、光泽黄颡鱼(*Pelteobagrus nitidus*)、鳊(*Parabramis pekinensis*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、大口鲶(*Silurus meriordinalis*)、鲤(*Cyprinus carpio*)和团头鲂(*Megalobrama amblycephala*)8种,占鱼类总数量的16.4%,总重量的43.0%。常见种类20种,分别为青鱼(*Mylopharyngodon piceus*)、长须黄颡鱼(*Pelteobagrus eupogon*)、鲇(*Silurus asotus*)、赤眼鲮(*Squaliobarbus curriculus*)、鲢鱼(*Pseudolaubuca sinensis*)、黄颡鱼(*Pelteobagrus fulvidraco*)、草鱼(*Ctenopharyngodon idellus*)、寡鳞鲢鱼(*Pseudolaubuca engraulis*)、鳊(*Aristichthys nobilis*)、达氏鲌(*Culter dabryi*)、鳊(*Elopichthys bambusa*)、黄尾鲌(*Xenocypris davidi*)、鳊(*Siniperca chuatsi*)、鲫(*Carassius auratus*)、银鲌(*Squalidus argentatus*)、间下鲌(*Hyporhamphus intermedius*)、蛇鲌(*Saurogobio dabryi*)、小黄鲈鱼(*Micropercops swinhonis*)、蒙古鲌(*Culter mongolicus*)和子陵纹虾虎鱼(*Rhinogobius giurinus*),占

鱼类总数量的3.8%,总重量的15.9%;偶见种为有鳍(*Ochetobius elongatus*)、花鲮(*Hemibarbus maculatus*)、河川沙塘鳢(*Odontobutis potamophila*)、鲮(*Hemiculter leucisculus*)、麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*)和大鳍鲮(*Acheilognathus macropterus*)6种,占鱼类总数量的0.1%,总重量的0.3%。

2.3 鱼类多样性

清节洲水域鱼类群落多样性指数变幅较大(表3)。Shannon-Weiner指数(*H*)为0.820~1.711,春季要低于其余三个季节,但统计分析结果表明,不同季节得到Shannon-Weiner指数之间不存在显著性差异($df=3, P=0.21$);S4样点要低于其余三个样点,原因在于该样点贝氏鲮和似鳊优势度极高,因而均匀度受到影响,但差异不显著($df=3, P=0.305$)。Simpson指数(λ)为0.601~0.981,春季要高于其余三个季节,但不存在显著性差异($df=3, P=0.447$);不同样点Simpson指数相近,无显著性差异($df=3, P=0.274$)。Margalef指数(*R*)为1.640~3.423,春季和夏季要显著高于秋季和冬季($df=3, P=0.002$);不同样点无显著性差异($df=3, P=0.943$)。Pielou均匀度指数(*J*)为0.249~0.592,春季要低于其余三个季节,但无显著性差异($df=3, P=0.778$);不同样点间无显著性差异($df=3, P=0.053$)。

2.4 鱼类组成的时空特征

清节洲水域不同季节和不同样点鱼类物种组成的时空差异如表4所示。根据Jaccard相似性系

表3 清节洲水域鱼类物种多样性
Table 3 Diversity indices of fish species in Qiejiezhou waters

指标	S1	S2	S3	S4	春季	夏季	秋季	冬季
物种数	20	22	18	25	27	25	13	12
Shannon-Weiner指数(<i>H</i>)	1.625	1.692	1.711	1.235	0.82	1.351	1.287	1.284
Simpson指数(λ)	0.711	0.738	0.729	0.601	0.981	0.63	0.638	0.635
Margalef指数(<i>R</i>)	2.847	3.043	2.887	3.188	3.423	3.291	1.691	1.64
Pielou均匀度指数(<i>J</i>)	0.542	0.547	0.592	0.384	0.249	0.42	0.502	0.517

数,在时间上,春季和夏季,以及夏季和冬季的鱼类物种组成均具有较高的相似性,Jaccard相似性系数分别为0.486和0.423,共有17种和11种;其余各季节间鱼类组成相似性较低,Jaccard相似性系数均低于0.345,共有6~10种。在空间上,S1和S3物种组成相似性较低,Jaccard相似性系数为0.357,共有种为10种;其余各样点物种组成均具有较高的相似性,Jaccard相似性系数均高于0.406,共有种为12~14种。

表4 清节洲水域鱼类物种组成的时间和空间差异 Table 4 Temporal and spatial differences of fish species composition in Qiejiezhou waters		
时空	比较对象	Jaccard相似性系数
时间	春-夏	0.486
	春-秋	0.29
	春-冬	0.345
	夏-秋	0.226
	夏-冬	0.423
	秋-冬	0.316
空间	S1-S2	0.429
	S1-S3	0.357
	S1-S4	0.452
	S2-S3	0.52
	S2-S4	0.406
	S3-S4	0.433

3 讨论

3.1 鱼类资源现状及变化

长江安庆段上承鄱阳湖和长江中游来水,下接感潮河段,受径流和潮汐的双重影响^[18]。该江段水流平缓,沙洲发育充分,湖泊众多,良好的水文环境和丰富的饵料资源使其成为鱼类优良的栖息和繁育场所。本次清节洲水域调查共发现鱼类38种,物种数量及组成与1994—2004年在沙漠洲及皖河口调查的38种^[19],2013—2014年皖河口调查的35种^[20],以及2015年春季在杨家套至江心洲水域调查的36种较为接近^[21],但要低于1990—2004年在沙漠洲及皖河口调查的46种和2017年在新洲水域调查的64种^[22,23]。不同调查中,总体上定居性鱼类组成较为稳定,河口鱼类和洄游性鱼类差异较大。物种数量及组成产生差异的原因一方面可能源于长江水环境的变化和渔业捕捞,但更可能归结于以下两个因素:首先是渔具的选择性,因为每种渔具都具有选择性。本次及2013—2014年皖河口调查采用渔具为电拖网,其余调查采用渔具有定置张网、网簰、地笼、流刺

网和多目刺网^[19-23]。电拖网受网目、拖行速度以及拖行水层等因素的限制,因此采集种类较少,而采用多种渔具相结合的调查方法,种类通常较多;其次,时间和空间的影响,调查时间和空间跨度越大,频次越高,越有可能采集到更多的种类。

3.2 鱼类群落结构特征及变化

在鱼类组成比例上,2004年之前的优势种主要为鲢、鲤、鲫、黄颡鱼类、鲇、鳊类和草鱼,2013年后主要优势种为鲇、鲫、黄颡鱼类、刀鲚、似鳊、银鲴和鳊类^[19-23]。最大的转变是鲢、鲤和草鱼等大型经济鱼类比例的降低,与此对应的是黄颡鱼类、似鳊、银鲴和鳊类等小型鱼类比例的上升。这种现象的产生在很大程度上是环境因素和过度捕捞共同作用的结果,长江涉水工程造成大型鱼类栖息地和产卵场萎缩,进而导致这些鱼类资源的减少^[24];过度捕捞导致主要经济鱼类资源衰退,尤其是凶猛性鱼类,减轻了对小型鱼类的捕食压力,使小型鱼类得以大量繁殖,引起群落结构小型化^[25]。

根据生活习性划分的结果,此次调查中江海洄游性鱼类占比为5.3%,接近2017年新洲水域的6.1%^[23],但要低于1990—2004年沙漠洲及皖河口水域调查的10.9%^[22]。江海洄游性鱼类的减少可能与长江下游捕捞强度的加大有关,捕捞技术的进步,捕捞手段的多样化,使渔民的捕捞效率显著提升,这些洄游性鱼类在从长江口溯河而上的过程中,由于层层捕捞,数量急剧减少。以“四大家鱼”为主体的江湖洄游性鱼类所占比例则较为稳定。在空间分布上,中上、中下和底层鱼类组成较为均衡,这与2017年在新洲水域调查中鱼类群落的组成特征较为吻合^[23]。本次调查杂食性鱼类和肉食性鱼类最多,与以往调查具有较高的一致性,反映安庆江段鱼类群落的营养结构较为稳定^[19-23]。

清节洲水域春夏季节采集的物种数目要远高于秋冬季节,且春季与夏季具有最高的物种相似度,这些都与鱼类的季节性活动相关。春夏季节水温适宜、饵料丰富,鱼类倾向于在沿岸带浅水繁殖、觅食和肥育;秋冬季节水温降低,大部分鱼类会进入深水区越冬,减少活动,一些耐低温鱼类则继续在浅水区活动^[10]。此外,春夏季节的Margalef丰富度指数要显著高于秋冬季节,其原因在于物种数在以种类与个体数计算的Margalef指数中起着较为重要的作用^[23],因此与物种数目的季节趋势一致。

3.3 鱼类资源保护的重要性

长江沙洲水文环境复杂,饵料资源丰富,具有极高的鱼类生物多样性^[15]。调查中发现,清节洲水域

鱼类 Shannon-Weiner 多样性指数和 Pielou 均匀度指数均处于较低水平,且要低于下游河段 2015 年春季和 2017 年的调查结果^[21, 23]。一方面源于鱼类分布的区域差异,更多的原因则源于人为活动的影响。首先是渔业捕捞,研究表明,长江安庆段鱼类多样性指数与渔业捕捞强度的增大呈显著的负相关关系^[26]。其次是涉水工程,如河道整治、码头建设、建闸筑坝、河岸固化等,使鱼类的适宜栖息地不断被压缩,阻碍鱼类洄游,影响鱼类正常的生长和繁殖活动^[27]。多年以来,长江安庆段的涉水工程已导致该江段的鱼类多样性产生了明显下降^[28]。此外,还有水环境污染、外来物种入侵等,水质污染不仅直接影响鱼类资源,还对浮游生物、底栖生物等鱼类饵料资源造成危害,间接影响鱼类多样性^[29]。外来入侵鱼类由于适应能力强,会大幅度地挤占土著鱼类的生态位,往往会导致群落多样性的降低^[29]。

鱼类作为生态系统中的重要类群,对于维持生态系统结构与功能的稳定至关重要。清节洲水域地处长江下游,加强该江段鱼类资源的保护,有利于维护该江段江湖复合生态系统的稳定。此外,2006—2017 年的长江豚类考察结果表明,安庆江段是长江干流江豚分布最密集的江段^[2, 5]。然而,江豚在自然水域主要捕食鱼类^[9],河道整治和河岸固化破坏了鱼类栖息地和产卵场,岸带固化后临近水域的鱼类资源急剧下降。从而导致长江江豚栖息地的丧失和生境破碎化的加剧。研究表明,江豚的分布与固化河岸长度所占的比例呈显著负相关^[30]。随着长江江豚种群数量的持续下降,保护鱼类资源,维持其栖息地适合度对于江豚保护显得尤为重要^[6]。因此,无论是从保护长江鱼类资源本身或者长江江豚种群,以及维护长江生态系统的角度,都应当加强鱼类资源保护。

参考文献

- [1] 高安利,周开亚. 关于江豚的古籍记载及现代研究[J]. 兽类学报, 1993, 13(3): 223-234.
Gao A L, Zhou K Y. Notes on classical literatures and contemporary researches on the finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides*) [J]. Acta Theriologica Sinica, 1993, 13(3): 223-254.
- [2] Zhou X, Guang X, Sun D, *et al.* Population genomics of finless porpoises reveal an incipient cetacean species adapted to freshwater [J]. Nat Commun, 2018, 9(1): 1276.
- [3] Wang D. Population status, threats and conservation of the Yangtze finless porpoise [J]. Chinese Sci Bull, 2009, 54: 3473-3484.
- [4] 张先锋,刘仁俊. 长江中下游江豚种群现状评价[J]. 兽类学报, 1993, 13(4): 260-270.
Zhang X F, Liu R J. The population of finless porpoise in the middle and lower reaches of Yangtze River [J]. Acta Theriologica Sinica, 1993, 13(4): 260-270.
- [5] Huang J, Mei Z, Chen M, *et al.* Population survey showing hope for population recovery of the critically endangered Yangtze finless porpoise [J]. Biol Conserv, 2020, 241:108315.
- [6] 魏卓,张先锋,王克雄,等. 长江江豚对八里江的利用及其栖息地现状的初步评价[J]. 动物学报, 2003, 49(2): 163-170.
Wei Z, Zhang X F, Wang K X, *et al.* Habitat use and preliminary evaluation of the habitat status of the Yangtze finless porpoise (*Neophocaena phocaenoides asiaeorientalis*) in the Balijiang section of the Yangtze River, China [J]. Acta Zool Sin, 2003, 49(2): 163-170.
- [7] 于道平,王江,杨光,等. 长江湖口至荻港段江豚春季对生境选择的初步分析[J]. 兽类学报, 2005, 25(3): 302-306.
Yu D P, Wang J, Yang G, *et al.* Primary analysis on habitat selection of Yangtze finless porpoise in spring in the section between Hukou and Digang [J]. Acta theriol sin, 2005, 25(3): 302-306.
- [8] Zhao X J, Barlow J, Taylor B L, *et al.* Abundance and conservation status of the Yangtze finless porpoise in the Yangtze River, China [J]. Biol Conserv, 2008, 141(12): 3006-3018.
- [9] 陈佩薰,刘仁俊,王丁. 白鱔豚生物学及饲养与保护[M]. 北京: 科学出版社, 1997.
Chen P X, Liu R J, Wang D. Biology of Baiji, and its rearing and conservation [M]. Beijing: Science Press, 1997.
- [10] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 长江鱼类[M]. 北京: 科学出版社, 1976.
Fish Research Office of Hubei Institute of Aquatic Biology. Fishes of the Yangtze River [M]. Beijing: Science Press, 1976.
- [11] 倪勇,伍汉霖. 江苏鱼类志[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
Ni Y, Wu H L. Fishes of Jiangsu Province [M]. Beijing: China Agriculture Press, 2006.
- [12] Pinkas L. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[J]. Fish Bull, 1971: 152.
- [13] 陈国宝,李永振,陈新军. 南海主要珊瑚礁水域的鱼类物种多样性研究[J]. 生物多样性, 2007, 15(4): 373-381.
Chen G B, Li Y Z, Chen X J. Species diversity of fish-

- es in the coral reefs of South China Sea [J]. *Biodivers Sci*, 2007, 15(4): 373-381.
- [14] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication: theory of communication [M]. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- [15] Simpson E H. Measurement of diversity [J]. *Nature*, 1949, 163(4148): 688.
- [16] Margalef R. Information theory in ecology [J]. *General System*, 1958, 3: 36-71.
- [17] Pielou E C. *Ecological Diversity* [M]. New York: Wiley, 1975: 1-165.
- [18] 庄平, 王幼槐, 李圣法, 等. 长江口鱼类[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2006.
- Zhuang P, Wang Y H, Li S F, *et al.* Fishes of the Yangtze estuary [M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2006.
- [19] 徐东坡, 张敏莹, 刘凯, 等. 长江安庆江段春禁前后渔业生物多样性变化[J]. *安徽农业大学学报*, 2006, 33(1): 76-80.
- Xu D P, Zhang M Y, Liu K, *et al.* Biodiversity variation of fishery community in Anqing section of the Yangtze River before and after the spring closed season [J]. *J Anhui Agric Univ*, 2006, 33(1): 76-80.
- [20] 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[J]. *生态学报*, 2016(7): 1832-1839.
- Zhang X K, Yu D P, Wang H L, *et al.* Fish community structure in main habitat of the finless porpoise, the Anqing section of Yangtze River [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2016(7): 1832-1839.
- [21] 刘明典, 李鹏飞, 黄翠, 等. 长江安庆段春季鱼类群落结构特征及多样性研究[J]. *水生生态学杂志*, 2017, 38(6): 64-71.
- Liu M D, Li P F, Huang C, *et al.* Spring community structure and species diversity of fish in the Anqing section of Yangtze River [J]. *Journal of Hydroecology*, 2017, 38(6): 64-71.
- [22] 张敏莹, 徐东坡, 刘凯, 等. 长江安庆江段鱼类调查及物种多样性初步研究[J]. *湖泊科学*, 2006, 18(6): 670-676.
- Zhang M Y, Xu D P, Liu K, *et al.* Ichthyologic survey and primary studies on diversity of fishery species in Anqing section of the Yangtze River [J]. *J Lake Sci*, 2006, 18(6): 670-676.
- [23] 王银平, 匡箴, 蔺丹清, 等. 长江安庆新洲水域鱼类群落结构及多样性[J]. *生态学报*, 2019, 40(7): 2417-2426.
- Wang Y P, Kuang Z, Lin D Q, *et al.* Community structure and species diversity of fish around the Xingzhou shoal in the Anqing section of the Yangtze River, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2019, 40(7): 2417-2426.
- [24] 陈永柏, 廖文根, 彭期冬, 等. 四大家鱼产卵水文水力特性研究综述[J]. *水生生态学杂志*, 2009, 30(2): 130-133.
- Chen Y B, Miao W G, Peng Q D, *et al.* A summary of hydrology and hydrodynamics conditions of four Chinese carps' spawning [J]. *J Hydroecology*, 2009, 30(2): 130-133.
- [25] 刘其根, 沈建忠, 陈马康, 等. 天然经济鱼类小型化问题的研究进展[J]. *上海海洋大学学报*, 2005, 14(1): 79-83.
- Liu Q G, Shen J Z, Chen M K, *et al.* Advances of the study on the miniaturization of natural economical fish resources [J]. *J Shanghai Fish Univ*, 2005, 14(1): 79-83.
- [26] 施炜纲, 刘凯, 张敏莹, 等. 春季禁渔期间长江下游鱼虾蟹类物种多样性变动(2001-2004年)[J]. *湖泊科学*, 2005, 17(2): 169-175.
- Shi W G, Liu K, Zhang M Y, *et al.* Changes of biodiversity of fishery species in the lower reaches of the Yangtze River during the spring closed season [J]. *J Lake Sci*, 2005, 17(2): 169-175.
- [27] 陈大庆, 段辛斌, 刘绍平, 等. 长江渔业资源变动和管理对策[J]. *水生生物学报*, 2002, 26(6): 685-690.
- Chen D Q, Duan X B, Liu S P, *et al.* On the dynamics of fishery resources of the Yangtze River and its management [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2002, 26(6): 685-690.
- [28] 卢松, 陆林, 凌善金, 等. 人类活动对安庆沿江湖泊湿地影响的初步研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2004, 13(1): 65-71.
- Lu S, Lu L, Lin S J, *et al.* Impact of human activities on lakes and wetlands along the Yangtze River in Anqing, Anhui province [J]. *Resour Environ Yangtze Basin*, 2004, 13(1): 65-71.
- [29] Sala O E. Global biodiversity scenarios for the year 2100 [J]. *Science*, 2000, 287(5459): 1770-1774.
- [30] 陈敏敏, 刘志刚, 黄杰, 等. 固化河岸对长江江豚栖息活动的影响[J]. *生态学报*, 2018, 38(3): 945-952.
- Chen M M, Liu Z G, Huang J, *et al.* Effects of artificial riverbanks on distribution of the Yangtze finless porpoise in the Anqing section of the Yangtze River main stem [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2018, 38(3): 945-952.

□

(编辑: 张丽红)