

DOI: 10.5846/stxb201901160130

王银平, 匡箴, 蔺丹清, 李佩杰, 杨彦平, 刘凯. 长江安庆新洲水域鱼类群落结构及多样性. 生态学报, 2020, 40(7): 2417-2426.

Wang Y P, Kuang Z, Lin D Q, Li P J, Yang Y P, Liu K. Community structure and species diversity of fish around the Xinzhou shoal in the Anqing section of the Yangtze River, China. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(7): 2417-2426.

长江安庆新洲水域鱼类群落结构及多样性

王银平, 匡 箴, 蔺丹清, 李佩杰, 杨彦平, 刘 凯*

农业农村部长江下游渔业资源环境科学观测实验站, 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 无锡 214081

摘要:沙洲水域环境良好, 饵料资源丰富, 栖息生境多样, 为鱼类的生长繁殖提供了优良的生存环境。为了解长江安庆新洲水域鱼类群落结构特征, 于 2017 年 4 月、7 月、10 月和 12 月对安庆江段新洲水域鱼类群落进行季节性调查。共采集鱼类 64 种, 分属 5 目 11 科 48 属, 其中 62.5% 为鲤科鱼类。以物种数和多样性指数分析群落多样性特征, 结果表明新洲水域鱼类种类多样性水平较高。单因素方差分析表明, 该群落多样性季节差异显著 ($P < 0.05$), 空间差异不明显。新洲水域鱼类群落优势种为鳊 (*Parabramis pekinensis* Basilewsky, 1855)、鲤 (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)、贝氏鲮 (*Hemiculter bleekeri* Warpachowsky, 1887)、银鲴 (*Squalidus argentatus* Sauvage et Dabry, 1874) 和似鳊 (*Pseudobrama simoni* Bleeker, 1864)。4 种摄食功能群中, 杂食性 (42.19%) 和肉食性 (35.94%) 鱼类物种数比例较高; 3 种生态类群中, 淡水定居性鱼类占绝对优势 (84.37%); 3 种栖息水层类型中, 底层鱼类物种数比例较高, 占 37.50%。大型经济鱼类占总渔获物比例低 ($< 0.01\%$), 但个体较大, 因而相对重要性指数 (IRI) 高。总体上, 新洲鱼类群落多样性和丰富度指数较高, 均匀度指数偏低, 个体小型化趋势明显。捕捞强度过大、水利工程建设导致的江湖阻隔及外来物种入侵是新洲水域渔业资源衰退的主要因素。由此, 建议持续开展长江渔业资源监测, 加强长江干流沙洲水域渔业资源保护。

关键词: 长江; 多样性; 群落结构; 生态类群; 摄食功能群

Community structure and species diversity of fish around the Xinzhou shoal in the Anqing section of the Yangtze River, China

WANG Yinping, KUANG Zhen, LIN Danqing, LI Peijie, YANG Yanping, LIU Kai*

Scientific Observing and Experimental Station of Fishery Resources and Environment in the Lower Reaches of the Changjiang River, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China

Abstract: Due to good water quality, abundant natural resources, and multiple biotopes, the shoal of Xinzhou provides excellent fish habitat. The community structure and species diversity of fish in the waters around the Xinzhou shoal were investigated seasonally in 2017. A total of 64 fish species from 50 genera, 12 families, and six orders were collected during the investigation, with cyprinids accounting for 62.50% of the collected species. Analysis of species richness and diversity indicated that the fish diversity of the Xinzhou waters was high, with great seasonal variation, and one-way ANOVA indicated that there were no significant spatial differences in fish diversity. *Parabramis pekinensis* Basilewsky, 1855, *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, *Hemiculter bleekeri* Warpachowsky, 1887, *Squalidus argentatus* Sauvage et Dabry, 1874, and *Pseudobrama simoni* Bleeker, 1864, were the dominant species. Omnivorous (42.19%) and piscivorous (35.94%) fish species were the most frequent of the four feeding functional groups, and sedentary fish species (84.37%) were the most frequent of the three ecological groups, whereas demersal fishes (37.50%) were the most frequent of the three habitat

基金项目: 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心基本科研业务费 (2017JBFR05); 农业部淡水生物多样性保护重点实验室开放课题 (LFBC0902); 农业财政专项“长江渔业资源与环境调查” (CJDC-2017-22)

收稿日期: 2019-01-16; 网络出版日期: 2019-12-26

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liuk@ffrc.cn

types. Large commercial fishes accounts for a very small percentage of the whole fishes, but they have a high relative importance index (IRI) value due to its big body. Overall, both the diversity and richness of the fish community around the Xinzhou shoal were high, and community evenness was stable, even though the trend of miniaturization continued. Overfishing, the disconnection of lakes from the Yangtze river due to hydraulic engineering construction, and alien species invasion could explain why the fishery resources is declining in the last decades. The continuous monitoring of fish resources is recommended to better understand the dynamics of fishery resources and to support the implementation of protection and conservation measures.

Key Words: Yangtze River; diversity; community structure; ecological group; feeding functional group

安庆江段位于长江下游安徽境内,上起宿松县汇口镇,下至枞阳县老洲镇,全长 243 km,约占整个安徽江段总长的 2/3。长江安庆江段作为下游典型的感潮河段,受径流和潮汐的双重影响^[1]。在潮水的作用下,该江段水流平缓,沙洲众多,良好的水文环境和丰富的饵料生物使其成为长江下游水生动物优良的栖息和繁育场所^[2]。长江安庆江段属分汉型河道,沿岸有许多湖泊和支流汇入长江,再加上河道弯曲,在水力条件的作用下形成了十分多样的栖息地环境,鱼类种类繁多,渔业资源丰富^[2-3]。该江段分布有安庆市江豚自然生态保护区、长江刀鲚国家级水产种质资源保护区等重要生态敏感区,是鱼类觅食、栖息的重要场所^[4]。新洲是安庆江段众多沙洲中的一个,四面滨江,潮落即洲,潮涨即江,常水位水域面积 12.24 km²。同时,新洲水域位于刀鲚保护区的核心区,其科研价值和环境生态地位不容小觑。

随着经济的快速发展,人类涉水活动趋于频繁,长江下游水文情势、水温和泥沙条件等已发生改变^[5],水利枢纽工程建设进一步加速了鱼类等水生生物栖息环境的改变^[6]。沙洲水域的鱼类群落将会如何响应有待研究,因此亟待加强对长江鱼类群落结构及其多样性的系统研究。长江安庆江段鱼类研究始于 20 世纪 90 年代初,有报道共进行过数次详实不等的渔业资源调查,内容主要集中在鱼类种属记录及渔业生产状况^[7],人类活动对鱼类多样性的影响等方面。近年来,关于安庆段鱼类群落结构和多样性特征的研究较少,仅张敏莹等^[2]依据 1990—2004 年长江下游渔业资源动态监测数据,从群落结构及生物多样性变化等方面对安庆江段鱼类群落进行了描述,刘明典等^[8]对安庆江段春季鱼类群落结构及物种多样性现状进行研究。鱼类群落结构变化是对人为影响及水域环境变化的响应,其演变过程不仅可能导致渔业功能的退化,也会使水域生态系统失去自我调控的重要功能,因此保持特定水域鱼类群落结构的合理性是长江渔业管理与生态系统恢复的关键^[9]。本研究采用网簖、多目刺网和地笼等多种网具对长江安庆新洲水域鱼类群落结构和多样性空间分布特征进行调查,以探究鱼类群落结构特征及渔业资源现状,同时为安庆江段渔业资源保护和恢复提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样方法

于 2017 年 4 月、7 月、10 月和 12 月对安庆江段新洲水域鱼类群落进行季节性调查,设置新洲头 (30°29′31.19″N, 117°9′27.81″E)、新河口 (30°29′13.11″N, 117°8′31.52″E) 和鹅毛洲尾 (30°31′33.82″N, 117°11′16.96″E) 共 3 个采样区域 (图 1)。采用网簖 (网长 20 m, 网宽 10 m, 网目 1 cm) 进行鱼类样品采集,地笼 (网长 10 m, 网目 1 cm) 和多目刺网 (网长 150 m, 网目从小到大分别为 1.2、2、4 cm) 补充鱼类种类调查,地笼和多目刺网每月中下旬连续采样调查 3 d,网簖和地笼放置 24 h 后收集渔获物。多目刺网当日晚上放置,次日清晨起网收集。渔获物收集后立即放置于冰盒上,带回实验室依据相关文献鉴定到种^[10],利用数显游标卡尺和电子天平测定所有鱼类的体长和体重。体重精确到 0.1 g,体长精确到 0.01 mm。

各采样区域总氮 (TN)、总磷 (TP)、透明度 (SD) 和叶绿素 a (Chl.a) 等水质指标及岸线分布特征测定与鱼类采样同步进行,具体结果见表 1。

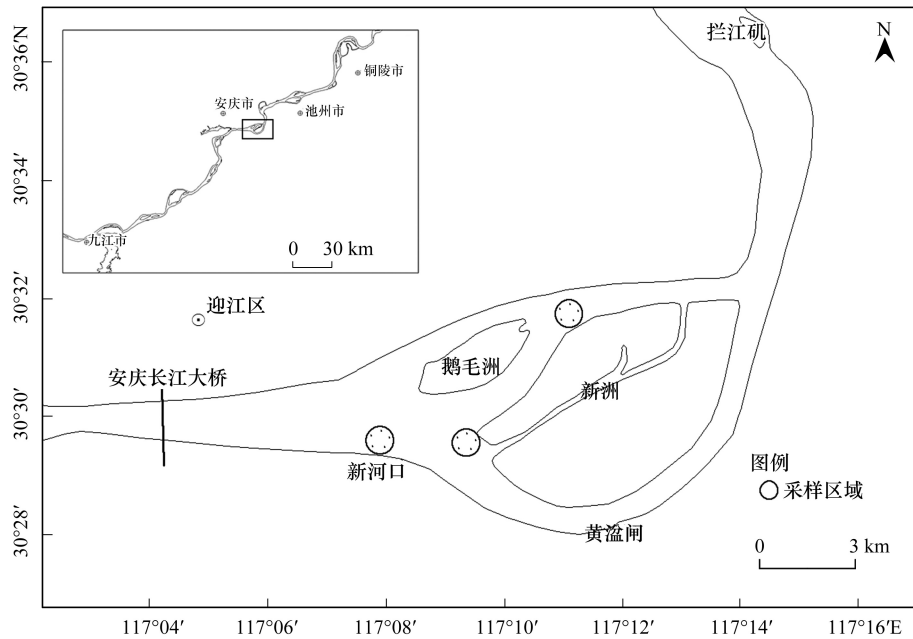


图 1 新洲水域鱼类采样区域

Fig.1 Fish sampling transects in waters of Xinzhou

表 1 安庆新洲水域不同采样区域环境特征比较

Table 1 Environment characteristics in different sampling area of Xinzhou wates

采样区域 Sample area	水深 Depth/m	透明度 Transparency/m	总氮 Total nitrogen/ (mg/L)	总磷 Total phosphorus/ (mg/L)	叶绿素 a Chlorophyll a/ (μg/L)	高锰酸 盐指数 Permanganate index/(mg/L)	岸线特征 Shoreline feature
新洲	28.81	0.33	2.17	0.12	3.41	2.83	石质固化岸线,洲头为浅 型沙滩
新河口	25.93	0.29	2.19	0.12	3.41	2.69	泥质岸线,浅水区有湿生 植物
鹅毛洲	27.51	0.30	2.16	0.12	4.02	2.74	砂质岸线

1.2 数据分析

1.2.1 生态类群

按照鱼类的栖息环境和洄游方式,新洲水域鱼类存在 3 种生态类群^[11]。参照鱼类食性文献资料和食性类型划分方法,新洲水域鱼类可划分为肉食性、杂食性、植食性、浮游食性和碎屑食性 5 类^[10]。根据已有文献^[4],将初次性成熟小于 2 龄,最大体长小于 24 cm 的鱼类划为小型鱼类。根据鱼类在垂直空间的分布差异,将其分为中上层、中下层和底层鱼类^[12]。

1.2.2 鱼类优势种

鱼类优势种利用相对重要性指数^[13](index of relative importance, IRI)进行表征。

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

式中,IRI 为相对重要性指数, 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, $100 \leq IRI < 500$ 的物种定为常见种, $10 \leq IRI < 100$ 的物种定为一般种, $IRI < 10$ 的物种定为少见种^[14]。

1.2.3 生物多样性指数

鱼类物种调查数据采用 Shannon-Weiner 指数(H)^[15], Wilhm 改进指数(H')^[16], Pielou 均匀度指数(E)^[17]和 Simpson 优势集中度指数(C)^[14]进行分析评价。计算公式如下:

$$H = -P_i \ln(P_i)$$

$$H' = -\sum_{i=1}^s (W_i/W) \ln(W_i/W)$$

$$E = H/\ln S$$

$$C = 1 - \sum_{i=1}^s (P_i)^2$$

式中, P_i 为鱼类群落中第*i*种鱼的个体数占有所有鱼类总个体数的比例。 W 为渔获物总生物量, W_i 为第*i*个物种生物量, S 代表所有鱼类种类数。

采用单因素方差法(ANOVA, One-way analysis of variance)对渔获物数量及重量、物种数季节及采样区域间的差异进行检验分析,若差异显著,再次进行 Tukey 多重比较。利用 IBM SPSS Statistics 24.0 进行数据统计分析。

2 结果

2.1 鱼类种类组成

本次调查共采集渔获物 135.4 kg, 共计 15049 尾, 鱼类 64 种, 隶属 6 目 11 科 48 属(表 2)。鲤科鱼类占优势, 共 29 属 40 种, 占总物种数的 62.5%; 其次为鳊科 6 种, 占 9.4%; 鳅科和沙塘鳢科占 6.3%, 均为 4 种; 其他 7 科种类数均较少, 共占总物种数的 15.6%。其中, 小型鱼类总计 32 种, 占总物种数的 50.0%, 数量占总量的 69.3%。3 个采样区域中, 新河口水域鱼类种类最多为 52 种, 新洲头和鹅毛洲尾均为 50 种。4 个采样季节中, 夏季物种最多为 44 种, 春季最少为 28 种。

表 2 新洲水域鱼类种类组成和生态类群

Table 2 Species composition and ecological guilds of fish community in Xinzhou waters

物种 Species	生态类群 Ecological guilds			物种 Species	生态类群 Ecological guilds		
鲱形目 Clupeiformes				中华鲮 <i>Rhodeus sinensis</i>	O	SF	D
鳊科 Engraulidae				点纹银鲈 <i>Squalidus wolterstorffi</i> *	O	SF	L
刀鲚 <i>Coilia nasus</i> *	C	RS	U	红鳍原鲈 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	C	SF	U
鲤形目 Cypriniformes				小口小鰾 <i>Microphysogobio microstomus</i> *	O	SF	L
鲤科 Cyprinidae				鳅科 Cobitidae			
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	P	RL	U	泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i> *	O	SF	D
鳊 <i>Aristichthys nobilis</i>	P	RL	U	中华花鳅 <i>Cobitis sinensis</i> *	O	SF	D
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	O	SF	D	紫薄鳅 <i>Leptobotia taeniaps</i> *	C	SF	D
鲫 <i>Carassius auratus</i>	De	SF	L	花斑副沙鳅 <i>Parabotia fasciata</i> *	O	SF	D
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	H	SF	L	斗鱼科 Belontiidae			
鳊 <i>Hemiculter leuciscus</i> *	P	SF	U	圆尾斗鱼 <i>Macropodus ocellatus</i> *	O	SF	L
鲢 <i>Megalobrama skolkovii</i>	O	SF	L	刺鳅科 Mastacembelidae			
鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>	C	RL	U	中华刺鳅 <i>Mastacembelus aculeatus</i>	C	SF	D
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idellus</i>	H	RL	L	鲈形目 Perciformes			
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	C	RL	L	鲈科 Serranidae			
花鳊 <i>Hemibarbus maculatus</i> *	C	SF	L	鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	C	SF	D
麦瑞加拉鲮 <i>Cirrhinus mrigalcarp</i> *	O	SF	D	大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	C	SF	D
华鳊 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i> *	C	SF	L	中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	C	RS	U

续表

物种 Species	生态类群 Ecological guilds			物种 Species	生态类群 Ecological guilds		
蛇鮈 <i>Saurogobio dabryi</i> *	O	SF	L	沙塘鳢科 <i>Odontobutidae</i>			
似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i> *	P	SF	L	乌鳢 <i>Channa argus</i>	C	SF	D
似鲮 <i>Toxabramis swinhonis</i> *	P	SF	U	沙塘鳢 <i>Odontobutis obacurus</i> *	C	SF	D
银鮈 <i>Squalidus argentatus</i> *	O	SF	L	小黄鲮鱼 <i>Micropercops swinhonis</i> *	O	SF	L
银鲴 <i>Xenocypris argentea</i>	H	SF	L	子陵吻虾虎 <i>Rhinogobius giurinus</i> *	C	RS	D
鳊鱼 <i>Pseudolaubuca sinensis</i> *	O	SF	U	鲇形目 <i>Siluriformes</i>			
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i> *	O	SF	U	鲿科 <i>Bagridae</i>			
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i> *	O	SF	D	黄颡鱼 <i>Pseudobagrus fulvidraco</i> *	O	SF	D
达氏鲃 <i>Culter dabryi</i>	C	SF	L	长吻鮠 <i>Leiocassis longirostris</i>	C	RL	D
蒙古鲃 <i>Culter mongolicus</i>	C	SF	U	瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	O	SF	D
翘嘴鲃 <i>Culter alburnus</i>	C	SF	U	圆尾拟鲿 <i>Pseudobagrus tenuis</i>	O	SF	D
贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i> *	P	SF	U	长须黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i> *	O	SF	D
赤眼鲮 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	O	SF	U	光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i> *	O	SF	D
团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i>	H	SF	L	鲇科 <i>Siluridae</i>			
黑鳍鳊 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	O	SF	D	鲇 <i>Silurus asotus</i>	C	SF	D
黄尾鲴 <i>Xenocypris davidi</i>	H	SF	D	大口鲇 <i>Silurus meridionalis</i>	C	SF	D
细鳞鲴 <i>Xenocypris microlepis</i>	O	SF	L	颌针鱼目 <i>Beloniformes</i>			
兴凯鲮 <i>Acheilognathus chankaensis</i> *	De	SF	U	鲿科 <i>Hemirhamphidae</i>			
斑条鲮 <i>Acheilognathus taenianalis</i> *	O	SF	U	间下鲿 <i>Hyporhamphus intermedius</i> *	C	RS	U
宽鳍鳊 <i>Zacco platypus</i>	O	SF	U	胡瓜鱼目 <i>Osmeriformes</i>			
马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	C	SF	U	银鱼科 <i>Salangidae</i>			
寡鳞鲈 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>	O	SF	U	陈氏短吻银鱼 <i>Salangichthys tangkahkeii</i> *	C	SF	U
高体鳊 <i>Rhodeus ocellatus</i> *	De	SF	U				

*: 小型鱼类 Small fish; O: 杂食性 Omnivore; P: 浮游生物食性 Planktivore; H: 植食性 Herbivore; De: 碎屑食性 Detritivore; C: 肉食性 Carnivore; U: 中上层 Upper; L: 中下层 Lower; D: 底层 Demersal; RL: 河湖洄游性 River-lake migratory; SF: 淡水定居性 Sedentary fish; RS: 江海洄游性 River-sea migratory

2.2 鱼类优势种组成

相对重要性指数 (IRI) 值高于 500 的鱼类有鳊 (*Parabramis pekinensis* Basilewsky, 1855)、鲤 (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758)、贝氏鲮 (*Hemiculter bleekeri* Warpachowsky, 1887)、银鮈 (*Squalidus argentatus* Sauvage et Dabry, 1874) 和似鳊 (*Pseudobrama simoni* Bleeker, 1864) 5 种, 为该水域优势鱼类, 占鱼类总数量的 47.81%, 总重量的 52.64% (表 3)。IRI 在 100—500 间的常见种有 12 种, 最常见的为江海洄游型物种刀鲚 (*Coilia nasus* Temminck et Schlegel, 1846), 而子陵吻鰕虎 (*Rhinogobius giurinus* Rutter, 1897) 为一般常见种。IRI 在 10—100 间的一般种有 22 种, 包括点纹银鮈 (*Squalidus wolterstorffi* Regan, 1908)、红鳍原鲃 (*Cultrichthys erythropterus* Basilewsky, 1855)、间下鲿 (*Hyporhamphus intermedius* Cantor, 1842) 和外来物种麦瑞加拉鲮 (*Cirrhinus mrigalcarp* Hamilton, 1822) 等。少见种有 25 种, 肉食性鱼类如鳊 (*Siniperca chuatsi* Basilewsky, 1855)、中国花鲈 (*Lateolabrax maculatus* McClelland, 1844) 和鳊 (*Elopichthys bambusa* Richardson, 1845) 等。鳊鱼 (*Pseudolaubuca sinensis* Bleeker, 1865)、小黄鲮鱼 (*Micropercops swinhonis* Gtinter, 1873) 等小型鱼类数量占比和出现频率均较高, 但较小的体重导致 IRI 值偏低。IRI 值排名前 20 的物种中, 小型鱼类 10 种, 占渔获物总数量的 57.53%; 而重量仅占 10.03%。

2.3 鱼类生态类群

从洄游习性看, 淡水定居性鱼类最多, 有 54 种, 包括鲤、鲫、鳊、鲮 (*Hemiculter leucisculus* Basilewsky, 1855)、鲃 (*Megalobrama skolkovii* Dybowski, 1872) 和翘嘴鲃 (*Culter alburnus* Basilewsky, 1855) 等, 占总物种数的 84.85% (图 2)。江海洄游性鱼类最少, 仅有 4 种, 分别为刀鲚、中国花鲈、子陵吻鰕虎鱼和间下鲿, 占 6.06%。

表 3 新洲水域鱼类优势种组成

Table 3 Composition of dominant fish species in Xinzhou waters

物种 Species	数量百分比 N/% Quantity percentage	重量百分比 W/% Weight percentage	出现频率 F/% Frequency	相对重要性指数 IRI Index of relative importance
鳊 <i>Parabramis pekinensis</i>	5.47	12.42	83.33	1491.05
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	3.34	33.29	33.33	1221.02
贝氏鲮 <i>Hemiculter bleekeri</i> *	23.22	5.00	25	705.45
银鲌 <i>Squalidus argentatus</i> *	8.01	0.45	83.33	704.71
似鳊 <i>Pseudobrama simoni</i> *	7.77	1.48	58.33	539.58
刀鲚 <i>Coilia nasus</i> *	3.03	0.68	100	371.19
鲫 <i>Carassius auratus</i>	2.93	2.24	58.33	301.67
中华花鳅 <i>Cobitis sinensis</i> *	2.46	0.067	100	252.86
紫薄鳅 <i>Leptobotia taeniaps</i> *	2.85	0.52	75	252.51
光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i> *	3.84	1.63	41.67	227.70
银鲴 <i>Xenocypris argentea</i>	4.90	3.29	25	204.64
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	1.66	20.60	8.33	185.50
鲇 <i>Silurus asotus</i>	0.34	1.43	100	176.62
陈氏短吻银鱼 <i>Salangichthys tangkahkeii</i> *	2.90	0.087	41.67	124.54
鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>	0.16	2.31	50	123.35
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	1.14	0.43	75	117.75
子陵吻鰕虎 <i>Rhinogobius giurinus</i> *	2.41	0.072	41.67	103.42
点纹银鲌 <i>Squalidus wolterstorffi</i> *	1.04	0.053	75	81.71
红鳍原鲌 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	0.47	0.28	100	74.80
麦瑞加拉鲮 <i>Cirrhinus mrigalcarp</i>	0.34	0.38	100	72.23

* : 小型鱼类 Small fish

从鱼类栖息空间划分,底层鱼类最多,有 24 种,包括鲤、麦瑞加拉鲮、黑鳍鲈 (*Sarcocheilichthys nigripinnis* Günther, 1873)、黄 颡 鱼 (*Pseudobagrus fulvidraco* Richardson, 1846)和大口鲇 (*Silurus meriordinalis* Chen, 1977)等,所占比例为 39.39% (图 2)。中上层鱼类次之,为 22 种,包括鲢、鳙、鲮、似鲮 (*Toxabramis swinhonis* Günther, 1873)、翘嘴鲌和中国花鲈等,所占比例为 33.33%;中下层鱼类最少,共 18 种,包括鲫、鳊、鲂、银鲌、小口小鰕鲈 (*Microphysogobio microstomus* Yue, 1995)和小黄魮鱼等,所占比例为 27.28%。

据摄食类型看,以杂食性鱼类最多,有 27 种,包括鲤、鲂、麦穗鱼、棒花鱼 (*Abbottina rivularis* Basilewsky, 1855)、黑鳍鲈和黄颡鱼等 (图 2);肉食性鱼类次之,有 23 种,如刀鲚、鳊、青鱼 (*Mylopharyngodon piceus* Richardson, 1846)、翘嘴鲌、鳊和大口鲇等;碎屑食性鱼类最少,仅有 3 种,分别为鲫 (*Carassius auratus* Linnaeus, 1758)、兴凯鲌 (*Acheilognathus chankaensis* Dybowsky, 1872)和高体鳊 (*Rhodeus ocellatus* Kner, 1866)。

2.4 鱼类多样性分析

从多样性指数看,新洲水域鱼类多样性较高,Shannon-Weiner 指数 (*H*)、Wilhm 改进指数 (*H'*) 和 Simpson 优势集中度指数 (*C*) 变化范围分别为 2.14—2.64、1.92—2.48 和 0.83—0.96。Pielou 均匀度指数 (*E*) 亦较高,变化范围为 0.67—0.76 (表 4)。

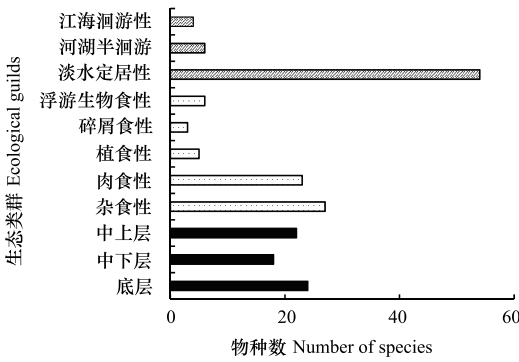


图 2 新洲水域鱼类生态类群

Fig.2 Fish ecological types in Xinzhou waters

新洲水域鱼类种类较多,共 64 种(表 2),但采样区域间的差别较小,3 个采样区域鱼类种数分别为 52、54 和 50 种(表 4)。鱼类物种数季节间差异明显,夏、秋季种类较多,分别为 46 和 42 种,而春、冬季节较少,分别仅有 30 和 34 种,部分种类如华鳊(*Sarcocheilichthys sinensis* Bleeker, 1871)、青鱼、蛇鮈(*Saurogobio dabryi* Bleeker, 1871)、达氏鲃(*Culter dabryi* Bleeker, 1871)和团头鲂(*Megalobrama amblycephala* Yih, 1955)均出现在夏、秋季调查中,而冬、春季未发现。新洲头鱼类的 H 、 H' 、 E 和 C 均高于新河口及鹅毛洲尾,但多样性指数采样区域间差别不显著($P>0.05$)。鱼类的 H 、 H' 、 E 和 C 均在冬季最高,夏季次之,季节间差异未达显著水平($P>0.05$)(表 4)。

表 4 新洲水域鱼类物种多样性指数(均值 $\pm$ 标准误)Table 4 Species diversity indices of fish communities in Xinzhou waters (mean $\pm$ SE)

类别 Items		物种数 Species	H	H'	E	C
区域 Area	鹅毛洲尾	52	2.52±0.46	2.19±0.38	0.63±0.07	0.94±0.18
	新河口	54	2.48±0.19	2.27±0.21	0.61±0.12	0.96±0.36
	新洲头	50	2.64±0.59	2.48±0.12	0.67±0.16	0.94±0.49
季节 Season	春季	30	2.27±0.18	1.92±0.37	0.67±0.19	0.83±0.25
	夏季	46	2.14±0.25	2.18±0.51	0.55±0.28	0.94±0.11
	秋季	42	2.19±0.34	2.18±0.10	0.58±0.20	0.93±0.35
	冬季	34	2.24±0.13	2.32±0.41	0.63±0.08	0.92±0.03

H : 香农威纳指数, Shannon-Weiner index; H' : Wilhm 改进指数, Wilhm improvement index; E : Pielou 均匀度指数, Pielou evenness index; C : Simpson 优势集中度指数, Simpson dominance index

3 讨论

3.1 渔业资源现状与历史变化

长江安庆江段江面开阔,水流较缓,下游江段在潮汐的顶托作用下泥沙加速沉积导致诸如新洲等的沙洲密布,为鱼类的繁殖和索饵提供了优良的基础条件。本次新洲水域共调查到鱼类 64 种,种类数与 20 世纪 90 年代的 63 种相近^[7],但明显低于 2004 年长江安庆段湖泊湿地鱼类调查的 98 种^[6]。本次调查比张敏莹等^[2]安庆江段调查的鱼类物种数多了近 20 种,可能与研究区域间差异存在较大关系。本次研究对长江安庆段新洲 3 个不同生境类型的水域进行了调查,新河口水域为浅型草滩,鹅毛洲尾水域为浅型泥沙底质,而新洲洲头水域为石质底质,基本覆盖了各种鱼类栖息生境类型。张敏莹等^[2]调查的沙漠洲和皖河口水域均为泥沙底质,鱼类栖息生境较单一,种类较少。本次研究与刘明典等^[8]2015 年长江安庆段鱼类的调查结果相近,且鱼类种类组成相似。与芜湖和铜陵江段一样^[18-19],新洲水域鱼类也以鲤科鱼类物种数最多,共 29 属 40 种,占总物种数的 62.50%。

从新洲水域鱼类组成来看,鱼类存在明显资源小型化趋势,与湖泊、水库等水体的研究结果相似^[20]。大型经济鱼类数量减少,青鱼、草鱼、鲢和鳙 4 种常见经济鱼类数量比例不足 2%,而小型鱼类比例达到渔获物总量的 69.3%,与 2002—2004 年相同江段小型鱼类占 45.7%和 2013—2014 年的 54.3%相比,小型鱼类比例有明显增加(表 5)^[2, 4]。鱼类群落小型化趋势在很大程度上是环境因素和捕捞因素共同作用的结果,强大捕捞压力下,高营养级捕食者(通常是个体较大、经济价值较高的种类)持续减少,并导致渔获物组成向个体较小、营养层次较低、经济价值不高的种类转变^[21]。另一方面,自然水域中的小型鱼类会通过占据其他鱼类生态位从而加剧鱼类群落的不稳定性,导致鱼类群落结构趋向小型化和单一化^[22],新洲水域小型鱼类比例高,说明鱼类群落结构复杂度降低,群落稳定性受到威胁,需加强渔业资源保护。本次研究中,部分洄游型鱼类(如日本鳗鲡 *Anguilla japonica* Temminck et Schlegel, 1846)和河口鱼类(如鲮 *Mugil cephalus* Linnaeus, 1758)未出现,这与张晓可等^[4]的研究一致,但 2002—2004 年时洄游型物种还较多^[2],洄游型鱼类的减少可能与下游大量的

闸坝建设及其他涉水工程有关。本次研究出现了如宽鳍鱲 (*Zacco platypus* Temminck et Schlegel, 1846)、马口鱼 (*Opsariichthys bidens* Günther, 1873)、小口小鰾鮡和圆尾拟鲿 (*Pseudobagrus tenuis* Günther, 1873) 等先前文献中未采集到的物种。

表 5 长江安庆段渔获物组成年际变化

Table 5 Composition of fish catches and ratios of different fish groups

变量 Variables	2002—2004 年	2003—2010 年	2013—2014 年	2017 年
参考文献 References	张敏莹等 (2006) [3]	徐东坡 (2010) [2]	张晓可 (2016) [4]	本次调查数据
网具类型 Nets type	定置张网	定置网	电拖网和多目刺网	网簰、地笼和多目刺网
渔获量 Catches/kg		43.19	1.39	135.4
物种数 Species	46	50	35	64
四大家鱼比例 Ratios of Chinese carps/%	29.97	未统计	<0.01	2.55
小型鱼类比例 Ratios of small-sized fish/%	45.65	46.30	54.30	69.34

3.2 鱼类群落结构时空变化

新洲水域鱼类的 Shannon 指数变化范围为 2.14—2.64, 处于 Magurran [23] 提出的多样性指数的一般范围 (1.5—3.5) 内, 同时丰富度指数和均匀度指数也处于正常范围内的较高水平 (表 3)。丰富度指数和均匀度指数反映了水域中鱼类种类数与物种分布情况, 较高的丰富度指数和均匀度指数表明新洲水域鱼类群落结构复杂度较高, 群落具有一定稳定性。3 个采样区域中, 新洲洲头水域鱼类多样性最高, 可能与复杂水文环境条件下形成的丰富多样栖息地环境有关。长江干流在新洲洲头分为北汊、中间夹江和南汊 3 股水道, 洲头北侧为夹江, 水体流速大, 水体混合度高, 喜激流鱼类种类多。洲头南侧为牛头山水道, 水流对洲头的冲击及水流方向的改变, 使得洲头南侧水体流速小, 形成回水区。回水区较缓的水体流速利于有机物在洲头水域的沉积, 浮游生物和底栖动物资源丰富, 从而为鱼类提供了丰富的食物来源 [24]。同时水体泥沙沉积, 在洲头形成了大片浅滩, 枯水期部分露出水面, 丰水期没入水中, 水域环境良好, 有利于水生生物种群的生长与繁殖, 也为鱼类等提供了优良的栖息环境 [25]。浅型沙洲水生植物种类及密度较高, 为不同繁殖和栖息类型鱼类提供了良好的生长繁殖环境, 因此鱼类种类多, 群落结构复杂 [18]。从环境因子与多样性指数分析结果看, 新洲水域鱼类多样性与水体理化指标无显著相关性 ($P>0.05$, 表 6)。另外, 在流域生态系统中, 不同河段或不同支流由于所处流域内空间位置上的差异, 即使其非生物环境条件较为一致, 但其生物环境因子及其生态过程往往存在差异, 这将导致这些河段或支流具有不同的鱼类群落结构 [26]。

表 6 多样性指数与环境因子之间的相关性

Table 6 Relations between diversity indices and environmental factors

环境因子 Environmental factors	<i>H</i>	<i>H'</i>	<i>E</i>	<i>C</i>
透明度 Transparency	-0.135	0.008	-0.640	0.430
总氮 Total nitrogen	-0.104	-0.304	0.129	-0.213
总磷 Total phosphorus	-0.224	-0.101	0.422	-0.522
叶绿素 a Chlorophyll a	-0.360	0.294	0.025	-0.173
高锰酸盐指数 COD _{Mn} Permanganate Index	0.019	-0.447	0.722	-0.776 *

* $P<0.05$; *H*: 香农威纳指数, Shannon-Weiner index; *H'*: Wilhm 改进指数, Wilhm improvement index; *E*: Pielou 均匀度指数, Pielou evenness index; *C*: Simpson 优势集中度指数, Simpson dominance index

长江等河流系统的水文和水位等条件受季节性干旱和洪涝的影响, 具有更高的季节动态 [27], 因此鱼类群落的物种组成和数量变化也比湖泊、水库等静水环境更为明显 [28]。新洲水域鱼类群落季节间差别也非常明显, 夏、秋季鱼类物种数明显较冬、春季多, 季节间物种数最多相差 18 种。鱼类种群动态除受外界环境因素影响外, 其生活史不同阶段也影响着鱼类群落结构及其多样性, 如繁殖活动可引起大量补充群体的增加、洄游鱼类的周期性栖息地转化可引起鱼类群落组成的变化等 [29]。绝大多数鱼类的繁殖活动集中在春季末期和夏季

初期,有大量补充群体加入,因此夏、秋季鱼类物种数、个体数及多样性指数都较高,这在本次研究中有明显的体现。冬季鱼类种类及多样性的显著下降可能与水温急剧降低造成的渔业资源贫乏有关^[29]。因此,本研究中鱼类多样性明显的季节变化很可能与鱼类自身潜在的繁殖期群体补充及越冬死亡有关。

新洲水域鱼类以杂食性鱼类为主,这与黄浦江、黄河等大型河流的鱼类调查研究结果一致^[12, 30-31]。与单一食性的鱼类相比,杂食性鱼类具有更大生存优势,其可摄食食物种类更加多样,生态位幅度较宽,因此对环境的适应能力更强。从空间分布来看,底层鱼类在群落中占据优势地位,这与被动型网具进行渔业资源调查方式有较大关系,被动型网具通常放置在浅型河湾或沙洲附近,底栖动物资源丰富,能为更多鱼类提供充足的饵料^[32]。本次研究中,鱼类生态类群季节和采样区域间没有明显差异,这可能与调查水域跨度较小有关。

3.3 鱼类多样性的影响因素

自然水体中,鱼类个体通过生长、繁殖和死亡等方式进行种群生活史,同时也会通过迁入和迁出等行为方式来进行种间交流,但总体上能够保持种群的动态平衡^[33]。随着人类水域活动的加强,鱼类种群平衡被破坏,渔业资源小型化趋势明显。影响鱼类群落结构的主要人类活动主要有以下几个方面:(1)过度捕捞导致鱼类资源量明显下降、鱼类小型化。施炜纲等研究表明,2001—2004 春季禁渔期间(4—6 月),安庆江段鱼类物种多样性指数与中华绒螯蟹、刀鲚等的专项捕捞证的发放数量呈显著的负相关关系^[34]。捕捞技术的提升,渔民捕捞手段的多样化,网具网眼越来越密,导致捕捞鱼类的捕捞规格越来越小^[35];另外,鱼类繁殖季节大量亲鱼的捕捞对鱼类资源的补充群体造成的伤害也是渔业资源衰退的重要原因。(2)涉水工程建设破坏鱼类栖息环境,洄游型鱼类产卵、繁殖需要的洄游通道被阻隔,洄游型鱼类大量减少甚至灭绝^[36]。建国以来,安庆在其长江干流修建了诸如同马大堤、枞阳江堤和东兴圩等大大小小的江堤近 300 km,兴建整修大中型通江涵闸 6 座,小型涵闸仅 700 座。同时,湖口建闸形成江湖阻隔,破坏了江湖复合生态系统,导致沿江湿地溯河洄游鱼类消失,江湖洄游鱼类生物多样性明显下降^[6]。为满足经济发展的需要,近年更是修建了码头、桥梁等涉水工程,减少了鱼类适宜的栖息范围,进一步压缩了鱼类的生存空间^[8]。(3)航运繁忙,安庆江段位于长江三角洲城市群上游,是皖赣鄂三省交界处及全国重要的综合交通枢纽,被视为连接中游与下游航道运输的咽喉要道,航运十分繁忙。资料显示,安庆江段船舶日均流量 2007 年为 1375 艘次,2008 年为 1188 艘次,2007 年长江安庆段各港口、码头进出港船舶达 40846 艘次。船舶数量大幅增加,压缩了鱼类的活动空间,直接影响到鱼类栖息地质量,干扰了鱼类的摄食、繁殖和聚群等正常的行为活动。(4)外来种入侵,调查发现,麦瑞加拉鲮等外来种在渔获物中占有一定比例,这些鱼类适应能力强、生长快、繁殖率高、扩散迅速,与土著鱼类在空间、食物等方面已成竞争规模,对土著种生存造成较大威胁,从多方面威胁鱼类群落多样性的稳定。

4 结论与建议

本研究对长江安庆江段新洲水域鱼类种类组成与多样性进行了周年调查,共鉴定鱼类 64 种,隶属 6 目 11 科 48 属,主要为淡水定居性鱼类,江河洄游型和江海洄游型鱼类较少。新洲水域水质环境良好,栖息生境多样,水生植被物种丰富,为鱼类等水生生物提供了优良的生长繁殖条件。新洲水域小型鱼类占渔获物总数的 65% 以上,渔业资源小型化明显。基于长江水域渔业资源衰退和鱼类资源小型化的现状,建议加强对长江渔业的监管与引导,以确保长江下游渔业资源的可持续利用。

参考文献 (References):

- [1] 庄平,王幼槐,李圣法,邓思明,李长松,倪勇. 长江口鱼类. 上海:上海科学技术出版社,2006.
- [2] 徐东坡. 长江下游鱼类群落结构及物种多样性的研究[D]. 南京:南京农业大学,2010.
- [3] 张敏莹,徐东坡,刘凯,施炜纲. 长江安庆江段鱼类调查及物种多样性初步研究. 湖泊科学,2006,18(6): 670-676.
- [4] 张晓可,于道平,王慧丽,万安,蒋泽球,陈寿文. 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.
- [5] 陈大庆,段辛斌,刘绍平,施炜纲,王博. 长江渔业资源变动和管理对策. 水生生物学报,2002,26(6): 685-690.
- [6] 卢松,陆林,凌善金,宣国富. 人类活动对安庆沿江湖泊湿地影响的初步研究. 长江流域资源与环境,2004,13(1): 65-71.

- [7] 胡菊英, 姚闻卿. 长江下游安徽江段的鱼类. 安徽大学学报: 自然科学版, 1996, 26(1): 96-101.
- [8] 刘明典, 李鹏飞, 黄翠, 段辛斌, 陈大庆, 刘绍平. 长江安庆段春季鱼类群落结构特征及多样性研究. 水生生态学杂志, 2017, 38(6): 64-71.
- [9] Scheffer M, Carpenter S, Foley J A, Folke C, Walker B. Catastrophic shifts in ecosystems. *Nature*, 2001, 413(6856): 591-596.
- [10] 朱松泉. 中国淡水鱼类检索. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995.
- [11] 陈宜瑜, 褚新洛, 罗云林. 中国动物志: 硬骨鱼纲: 鲤形目(中卷). 北京: 科学出版社, 1998.
- [12] 茹辉军, 王海军, 赵伟华, 沈亚强, 王勇, 张晓可. 黄河干流鱼类群落特征及其历史变化. 生物多样性, 2010, 18(2): 179-186.
- [13] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food Habits of Albacore, Bluefin Tuna, and Bonito in California Waters. California: Department of Fish and Game, 1971, 152: 1-105.
- [14] 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. 生物多样性, 2007, 15(4): 373-381.
- [15] Shannon C E, Weaver W. The Mathematical Theory of Communication: Theory of Communication. Urbana: University of Illinois Press, 1949.
- [16] Wilhm J L. Use of biomass units in Shannon's formula. *Ecology*, 1968, 49(1): 153-156.
- [17] Pielou E C. Ecological Diversity. New York: Wiley, 1975: 1-165.
- [18] 严云志, 郭丽丽, 李国龙. 长江铜陵段老洲水域鱼类资源的初步调查研究. 安徽师范大学学报: 自然科学版, 2006, 29(6): 575-578.
- [19] 邓朝阳, 朱仁, 严云志. 长江芜湖江段鱼类多样性及其群落结构的时空格局. 淡水渔业, 2013, 43(1): 28-36.
- [20] 毛志刚, 谷孝鸿, 曾庆飞, 周露洪, 王小林, 吴林坤, 曹萍, 孙明波. 太湖鱼类群落结构及多样性. 生态学杂志, 2011, 30(12): 2836-2842.
- [21] Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres F Jr. Fishing down marine food webs. *Science*, 1998, 279(5352): 860-863.
- [22] Rochet M J, Trenkel V M. Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2003, 60(1): 86-99.
- [23] Magurran A E. Why diversity? // Magurran A E, ed. *Ecological Diversity and Its Measurement*. Dordrecht: Springer, 1988: 1-5.
- [24] 于道平, 黄敏毅, 赵凯, 陈寿文. 长江东流河道整治对长江江豚种群数量的影响. 兽类学报, 2012, 32(4): 330-334.
- [25] 杜浩, 班璇, 张辉, 危起伟, 陈大庆. 天然河道中鱼类对水深、流速选择特性的初步观测——以长江江口至涇市段为例. 长江科学院院报, 2010, 27(10): 70-74.
- [26] Grenouillet G, Pont D, Hérissé C. Within-basin fish assemblage structure: the relative influence of habitat versus stream spatial position on local species richness. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2004, 61(1): 93-102.
- [27] Allan J D, Castillo M M. *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. 2nd ed. Netherlands: Springer, 2007.
- [28] Grossman G D, Moyle P B, Whitaker Jr J O. Stochasticity in structural and functional characteristics of an Indiana stream fish assemblage: a test of community theory. *The American Naturalist*, 1982, 120(4): 423-454.
- [29] 王文剑, 储玲, 司春, 朱仁, 陈文豪, 陈方明, 严云志. 秋浦河源国家湿地公园溪流鱼类群落的时空格局. 动物学研究, 2013, 34(4): 417-428.
- [30] 陈小华, 李小平, 程曦. 黄浦江和苏州河上游鱼类多样性组成的时空特征. 生物多样性, 2008, 16(2): 191-196.
- [31] 李捷, 李新辉, 谭细畅, 李跃飞, 何美峰, 罗建仁, 林建志, 苏少芳. 广东肇庆西江珍稀鱼类省级自然保护区鱼类多样性. 湖泊科学, 2009, 21(4): 556-562.
- [32] 胡忠军, 吴昊, 陈立侨, 刘其根. 长江口青草沙水库正式供水前的鱼类群落结构特征. 水产学报, 2012, 36(8): 1234-1241.
- [33] 殷名称. 鱼类生态学. 北京: 中国农业出版社, 1995: 188-189.
- [34] 施伟纲, 刘凯, 张敏莹, 徐东坡. 春季禁渔期间长江下游鱼虾蟹类物种多样性变动(2001-2004年). 湖泊科学, 2005, 17(2): 169-175.
- [35] 王银平. 太湖鲢种群特征及鱼类种间关系研究[D]. 南京: 中国科学院南京地理与湖泊研究所, 2016.
- [36] 朱轶, 吕偲, 胡慧建, 王忠锁, 贾亦飞, 何木盈, 黄小军, 雷光春. 三峡大坝运行前后西洞庭湖鱼类群落结构特征变化. 湖泊科学, 2014, 26(6): 844-852.