



## 禁捕初期长江下游鱼类群落现状分析及禁渔效果初步评估

王银平<sup>1</sup>, 邓艳敏<sup>1,2</sup>, 刘思磊<sup>1</sup>, 李佩杰<sup>1</sup>, 刘凯<sup>1\*</sup>

(1. 中国水产科学研究院淡水渔业研究中心, 农业农村部淡水渔业和种质资源利用

重点实验室, 江苏 无锡 214081;

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:** 为了解禁捕初期长江下游鱼类群落结构特征, 实验于2021年春季、夏季、秋季和冬季对长江下游鱼类群落进行4次调查。结果显示, 实验共采集鉴定鱼类84种, 分属10目18科63属, 其中47.62%为鲤科鱼类。以物种数和多样性指数分析群落多样性特征, 结果表明长江下游鱼类多样性水平较高, 但鱼类种类较历史记录偏少。单因素方差结果显示, 鱼类种类数、种群数量和重量空间差异显著, 季节差异不明显。群落优势种为光泽黄颡鱼、鳊、鲢、短颌鲚、贝氏鲈等9种。4种摄食功能群中, 肉食性(47.62%)和杂食性(40.47%)鱼类物种比例较高; 洄游习性方面, 淡水定居性鱼类占绝对优势(76.19%); 3种栖息水层类型中, 底层鱼类物种数比例较高(46.43%)。大型经济鱼类占总量比例低, 但个体相对较大, 因而相对重要性指数(IRI)更高。长江下游鱼类多样性指数为3.28, 水域鱼类多样性水平较高。长江下游鱼类个体小型化、低龄化现象依然存在, 长江十年禁渔实施后, 禁渔效果初步显现, 鱼类物种数、多样性指数和单位捕捞努力量渔获量均有所增加。建议进一步加强禁捕期科研监测, 加大监管力度, 保障长江下游鱼类资源得以有效恢复, 巩固禁捕成效。本研究可掌握禁捕初期长江下游鱼类群落基本特征及变动趋势, 为长江下游禁渔效果评估和长江水生生物完整性指数评价提供支撑。

**关键词:** 长江十年禁渔; 长江下游; 群落多样性; 生态类群; 效果评估

**中图分类号:** S 931

**文献标志码:** A

长江下游是从鄱阳湖湖口至长江口的干流江段, 全长约940 km, 上端与我国最大淡水湖鄱阳湖连通, 形成江湖复合生态系统, 末端连接长江口, 受潮汐影响明显。受上游径流和近口段潮汐的双重影响, 下游河段呈现出典型的感潮特征<sup>[1]</sup>, 是淡水、咸淡水生态系统过渡的重要生态廊道。长江下游有许多湖泊和支流汇入长江, 河道弯曲, 水流交汇冲刷, 在水力条件的作用下形成了众多沙洲, 栖息生境多样, 独特生境条件使其成为鱼

类优良的繁殖、育肥场所和洄游物种的生命通道, 鱼类种类繁多, 渔业资源丰富<sup>[2]</sup>。历史资料记载, 长江下游共采集鉴定鱼类129种, 包括日本鳊鲂(*Anguilla japonica*)、刀鲚(*Coilia nasus*)、中华绒螯蟹(*Eriocheir sinensis*)等洄游性物种, 中华鲟(*Acipenser sinensis*)、胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)、松江鲈(*Trachidermus fasciatus*)等国家重点保护物种<sup>[3]</sup>。同时, 长江下游也是长江唯一小型鲸类长江江豚(*Neophocaena asiaorientalis*)重要的栖息水域。

收稿日期: 2022-09-20 修回日期: 2023-01-14

资助项目: 农业农村部财政专项“长江下游渔业资源与环境调查(CJDC-2017-22)”; 农业农村部财政专项“长江禁捕后常态化监测专项(2022)”

第一作者: 王银平(照片), 从事渔业生态学研究, E-mail: wangyp@ffrc.cn

通信作者: 刘凯, 从事鱼类生态学及物种保护研究, E-mail: liuk@ffrc.cn



近年来, 人类日益频繁的涉水活动引发长江水文节律、径流量和泥沙含量改变, 水利枢纽建设阻断鱼类洄游通道<sup>[4]</sup>, 航道整治、挖沙采石、岸线利用等破坏鱼类栖息生境<sup>[5]</sup>, 巨大的捕捞压力导致鱼类小型化与低龄化, 众多因素导致鱼类物种数减少, 资源衰退, 多样性降低。针对长江水域生态环境现状, 习近平总书记指出把修复长江生态环境摆在压倒性位置, 共抓大保护, 不搞大开发, 以减缓长江鱼类资源衰退趋势, 有效缓解长江当下“无鱼”之困。2019年12月, 农业农村部决定自2021年1月1日实行暂定期为10年的常年禁捕, 期间禁止天然渔业资源的生产性捕捞。长江大保护战略全面实施, 鱼类栖息生境质量和栖息环境条件改善, 加之捕捞压力消除, 鱼类物种数、群落结构及多样性将如何演变亟待研究。长江下游鱼类系统研究始于20世纪70年代, 文献记载始于21世纪初, 研究主要集中于鱼类早期资源、鱼类资源时空分布及鱼类与环境的关系<sup>[6-7]</sup>, 群落多样性研究较少。徐东坡<sup>[8]</sup>根据2003—2010年长江下游安庆和常熟定置网调查数据, 定量分析了长江下游鱼类群落的年际、季节和时空动态及多样性变化, 但此研究点位较少, 调查结果缺乏全面性。鱼类群落多样性变化是对人类活动和水域环境的适应, 明晰其变化规律及环境适应模

式是长江渔业资源科学保护的基础, 也是渔业管理与生态系统恢复的关键<sup>[9]</sup>。本研究采用三层复合刺网和定置(串联)倒须笼壶对长江下游干流鱼类进行调查, 在掌握禁捕初期鱼类组成、多样性及时空分布基础上, 完成长江下游禁渔效果的初步评估, 以期为长江下游渔业资源保护和恢复提供科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样和评估方法

于2021年4月、7月、10月和12月对长江下游干流鱼类群落进行了季节性调查, 设置安庆、池州、铜陵、芜湖、马鞍山、南京、镇江、扬州、泰州、苏州和南通共11个鱼类样本采集站位, 每个站位设置3个采样点, 编号为站点中文名大写字母加数字编号, 如安庆站位3个监测点分别为AQ1、AQ2、AQ3, 其他站位依例编号(图1)。依据行政区划和江段长度, 将长江下游分为长度大致相等的4个研究区段, 安庆至池州江段(安池段)、铜陵至马鞍山江段(铜马段)、南京至扬州江段(宁扬段)和泰州至南通江段(泰通段)。利用三层复合刺网(网长50 m, 网高2 m, 网目2、6、10和14 cm)和定置(串联)倒须笼壶(网长20 m,

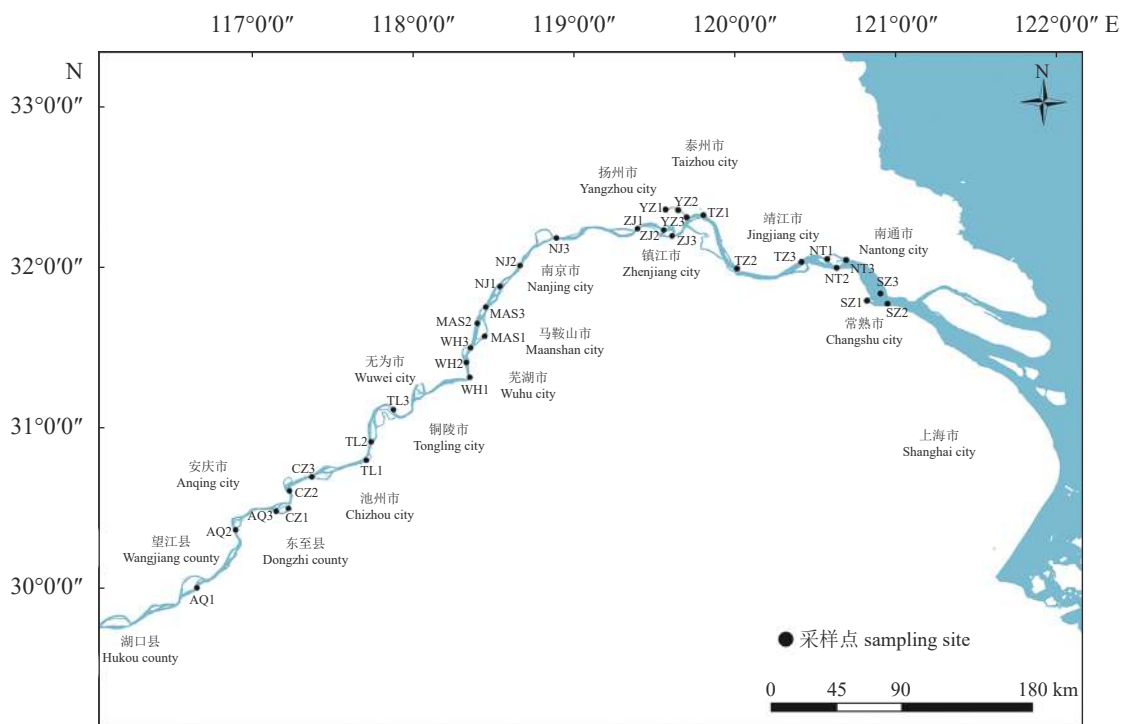


图1 鱼类样本采集站点

Fig. 1 Fish sampling sites in the lower reaches of Yangtze River

网宽网高均为 40 cm, 网目 1.6 cm) 采集鱼类样本。样本采集时间为月中下旬, 每个样点放置 2 条三层复合刺网和 3 条定置 (串联) 倒须笼壶, 当日下午将网具放至指定样点, 次日上午起网收集鱼类样本, 网具单次放置时间为 12 h。样本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<sup>[10-11]</sup>, 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 0.01 g, 体长精确到 0.01 mm。

为科学客观评价禁渔效果, 选取 2020 年和 2021 年监测网具、监测时间、监测方式一致的安庆、铜陵、芜湖、马鞍山、南京和泰州 6 个江段的采样点数据进行对比分析, 评估指标包括鱼类物种数、Shannon-Weiner 多样性指数和单位捕捞努力量渔获量 (CPUE)。

实验过程中, 操作人员严格遵守中国水产科学研究院淡水渔业研究中心实验动物伦理委员会伦理规范, 并按照中国水产科学研究院淡水渔业研究中心实验动物伦理委员会制定的规章制度执行。

## 1.2 数据处理与分析

**生态类型** 根据垂直空间栖息偏好, 将鱼类分为中上层、中下层和底层 3 类; 依据迁徙特征将鱼类归为淡水定居、河湖洄游、河口定居、江海洄游 4 类。参照鱼类食性文献资料和食性类型划分方法, 长江下游鱼类可划分为植食性、浮游食性、杂食性、鱼食性和碎屑食性 5 类<sup>[10]</sup>。将初次性成熟小于 2 龄, 最大体长小于 24 mm 的鱼类划为小型鱼类<sup>[12]</sup>。

**鱼类优势种** 采用 Pinkas 相对重要性指数 (index of relative importance, IRI)<sup>[13]</sup> 表征群落优势种, 计算公式:

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

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  $i$  种鱼的重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<sup>[14]</sup>。

**多样性指数** 本实验采用 Shannon-Weiner 多样性指数 ( $H'$ )<sup>[15]</sup>, Pielou 均匀度指数 ( $E$ )<sup>[16]</sup>、Margalef 丰富度指数 ( $F$ )<sup>[17]</sup>、Simpson 优势度指数 ( $D$ )<sup>[18]</sup> 表征鱼类群落特征; 采用  $\beta$  多样性测度方法, 即

Jaccard 指数 ( $I$ )<sup>[19]</sup> 评价鱼类群落种类相似性。计算公式:

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

$$E = H' / \log_2 S$$

$$F = (S-1) / \ln N$$

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

$$I = j / (a + b - j)$$

式中,  $P_i$  为群落中第  $i$  个种的个体数占总个体的比例,  $H'$  为群落实际物种多样性指数,  $S$  为总物种数,  $N$  为总个体数,  $a$  为研究区域 A 中物种数,  $b$  为研究区域 B 中物种数,  $j$  为研究区域 A 和 B 中共有物种数。0  $\leq I < 0.25$  时, 区域物种组成极不相似, 0.25  $\leq I < 0.5$  时, 区域物种组成中等不相似, 0.5  $\leq I < 0.75$  时, 区域物种组成中等相似, 0.75  $\leq I < 1$  时, 区域物种组成极度相似<sup>[20-21]</sup>。

采用单因素方差法 (One-Way Analysis of Variance, ANOVA) 对鱼类物种数、种群数量及重量、多样性指数时空差异进行检验分析, 若差异显著, 再次进行 S-N-K 多重比较。利用 Excel 和 IBM SPSS Statistics 25.0 进行数据统计分析并作图。

## 2 结果

### 2.1 鱼类种类组成

长江下游共采集鱼类样本 24 689 尾, 重 1 729.14 kg, 共鉴定出鱼类 84 种, 隶属 10 目 18 科 63 属 (表 1)。其中, 鲤科鱼类为优势类群, 共计 40 种, 占总物种数的 47.62%; 鲮科 8 种、虾虎鱼科 6 种, 分别占 9.52%、7.14%; 鳊鲃科、胭脂鱼科、鲴科、鱮科和鲈科等 10 科各鉴定出 1 种, 共占总物种数的 11.90% (表 1)。

### 2.2 鱼类生态习性

长江下游淡水定居性鱼类最多, 包括鳊、鳊、鲫、鲂和翘嘴鲌等 64 种, 占总物种数的 76.19%; 江海洄游和江湖半洄游鱼类各 8 种, 共占总物种数的 19.05%; 河口鱼类最少, 包括鲴、矛尾复虾虎鱼、纹缟虾虎鱼、香斜棘鲃 4 种, 占 4.76% (图 2-a)。从栖息水层看, 底层鱼类最多, 包括鲃、尖头塘鳢、圆尾拟鲮、黄颡鱼、子陵吻虾虎鱼等 39 种, 占总物种数的 46.43%。中下层鱼类 27 种, 包括达氏鲃、花鲢、青鱼、银鲴、唇鲢等, 占总物种数的 32.14%; 中上层鱼类最少, 包括鲮、大银鱼、间下鱮、飘鱼、鲢等 18 种, 占总物种数的 21.43% (图 2-b)。

表 1 长江下游鱼类种类组成和生态类型

物种 species				生态类型 ecological guilds			物种 species				生态类型 ecological guilds		
<b>鳗鲡目</b>	<b>Anguilliformes</b>						铜鱼	<i>Coreius heterodon</i>	O	RL	D		
鳗鲡科	Anguillidae						棒花鱼	<i>Abbottina rivularis</i> *	O	SF	D		
日本鳗鲡	<i>Anguilla japonica</i>	C	RL	D			蛇鮈	<i>Saurogobio dabryi</i> *	O	SF	L		
<b>鲱形目</b>	<b>Clupeiformes</b>						长蛇鮈	<i>Saurogobio dumerili</i> *	O	SF	L		
鳊科	Engraulidae						光唇蛇鮈	<i>Saurogobio gymnocheilus</i> *	O	SF	L		
刀鲚	<i>Coilia nasus</i> *	C	RS	L			兴凯鲚	<i>Acheilognathus chankaensis</i> *	De	SF	U		
短颌鲚	<i>Coilia brachygnathus</i> *	C	SF	L			大鳍鲚	<i>Acheilognathus macropterus</i> *	O	SF	U		
<b>鲤形目</b>	<b>Cypriniformes</b>						斑条鲚	<i>Acheilognathus taenianalis</i> *	O	SF	U		
胭脂鱼科	Catostomidae						高体鲚	<i>Rhodeus ocellatus</i> *	De	SF	U		
胭脂鱼	<i>Myxocyprinus asiaticus</i>	De	RL	L			鲤	<i>Cyprinus carpio</i>	O	SF	D		
鲤科	Cyprinidae						鲫	<i>Carassius auratus</i>	De	SF	L		
青鱼	<i>Mylopharyngodon piceus</i>	C	RL	L			松浦镜鲤	<i>Cyprinus carpio</i> var. <i>specularis</i>	O	SF	D		
草鱼	<i>Ctenopharyngodon idella</i>	H	RL	L			麦瑞加拉鲮	<i>Cirrhinus mrigala</i> *	O	SF	D		
赤眼鲮	<i>Squaliobarbus curriculus</i>	O	SF	U			花鲮科	Cobitidae					
鲮	<i>Elopichthys bambusa</i>	C	RL	U			中华花鲮	<i>Cobitis sinensis</i> *	O	SF	D		
贝氏鲮	<i>Hemiculter bleekeri</i> *	P	SF	U			泥鳅	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> *	O	SF	D		
鲮	<i>Hemiculter leucisculus</i> *	P	SF	U			大鳞副泥鳅	<i>Paramisgurnus dabryanus</i> *	O	SF	D		
红鳍原鲮	<i>Cultrichthys erythropterus</i>	C	SF	U			紫薄鳅	<i>Leptobotia taeniaps</i> *	C	SF	D		
鳊	<i>Parabramis pekinensis</i>	H	SF	L			武昌副沙鳅	<i>Parabotia banarescui</i> *	C	SF	D		
鲂	<i>Megalobrama skolkovii</i>	O	SF	L			<b>鲇形目</b>	<b>Siluriformes</b>					
团头鲂	<i>Megalobrama amblycephala</i>	H	SF	L			鲇科	Bagridae					
翘嘴鲮	<i>Culter alburnus</i>	C	SF	U			长须黄颡鱼	<i>Pelteobagrus eupogon</i> *	O	SF	D		
达氏鲮	<i>Culter dabryi</i>	C	SF	L			黄颡鱼	<i>Pseudobagrus fulvidraco</i> *	O	SF	D		
蒙古鲮	<i>Culter monggolicus</i>	C	SF	U			光泽黄颡鱼	<i>Pelteobagrus nitidus</i> *	O	SF	D		
尖头鲮	<i>Culter oxycephalus</i>	C	SF	D			瓦氏黄颡鱼	<i>Pelteobagrus vachelli</i> *	O	SF	D		
拟尖头鲮	<i>Culter oxycephaloides</i>	C	SF	U			长吻鮠	<i>Leiocassis longirostris</i>	C	RL	D		
似鲮	<i>Toxabramis swinhonis</i> *	P	SF	U			粗唇鮠	<i>Leiocassis crassilabris</i>	C	SF	D		
飘鱼	<i>Pseudolaubuca sinensis</i> *	O	SF	U			圆尾拟鮠	<i>Pseudobagrus tenuis</i>	O	SF	D		
银鲮	<i>Xenocypris argentea</i>	H	SF	L			大鳍鮠	<i>Hemibagrus macropterus</i>	O	SF	D		
黄尾鲮	<i>Xenocypris davidi</i>	H	SF	D			鲇科	Siluridae					
细鳞鲮	<i>Xenocypris microlepis</i>	O	SF	L			鲇	<i>Silurus asotus</i>	C	SF	D		
似鲮	<i>Pseudobrama simoni</i> *	P	SF	L			大口鲇	<i>Silurus meridionalis</i>	C	SF	D		
鲮	<i>Aristichthys nobilis</i>	P	RL	U			<b>胡瓜鱼目</b>	<b>Osmeriformes</b>					
鲢	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	P	RL	U			银鱼科	Salangidae					
花鲢	<i>Hemibarbus maculatus</i>	C	SF	L			大银鱼	<i>Protosalanx hyalocranium</i> *	C	RL	U		
唇鲢	<i>Hemibarbus labeo</i>	O	SF	L			<b>鲱形目</b>	<b>Mugiliformes</b>					
似刺鲃鮠	<i>Paracanthobrama guichenoti</i>	O	SF	D			鲱科	Mugilidae					
麦穗鱼	<i>Pseudorasbora parva</i> *	O	SF	U			鲱	<i>Mugil cephalus</i>	O	EF	D		
黑鳍鲈	<i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	O	SF	D			<b>颌针鱼目</b>	<b>Beloniformes</b>					
华鲈	<i>Sarcocheilichthys sinensis</i> *	C	SF	L			鱮科	Hemirhamphidae					
银鲈	<i>Squalidus argentatus</i> *	O	SF	L			间下鱮	<i>Hyporhamphus intermedius</i> *	C	RS	U		



· 续表 1 ·

物种 species	生态类型 ecological guilds			物种 species	生态类型 ecological guilds		
<b>鲈形目 Perciformes</b>				红狼牙虾虎鱼 <i>Odontamblyopus rubicundus</i> *	C	SF	D
鲈科 Serranidae				矛尾复虾虎鱼 <i>Synechogobius hasta</i> *	O	EF	D
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	C	RS	U	黏皮鲮虾虎鱼 <i>Mugilogobius myxodermus</i> *	O	SF	D
鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	C	SF	D	舌虾虎鱼 <i>Glossogobius giuris</i> *	C	SF	D
大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	C	SF	D	纹缟虾虎鱼 <i>Tridentiger trigenocephalus</i> *	C	EF	D
斑鳊 <i>Siniperca scherzeri</i>	C	SF	D	月鳢科 Channidae			
长身鳊 <i>Coreosiniperca roulei</i>	C	SF	L	乌鳢 <i>Channa argus</i>	C	SF	D
鳊科 Callionymidae				刺鲃科 Mastacembelidae			
香斜棘鲃 <i>Repomucenus olidus</i> *	De	EF	D	刺鲃 <i>Mastacembelus aculeatus</i> *	C	SF	D
沙塘鳢科 Odontobutidae				<b>鲈形目 Pleuronectiformes</b>			
小黄鲈 <i>Micropercopis swinhonis</i> *	O	SF	L	舌鳎科 Cynoglossidae			
河川沙塘鳢 <i>Odontobutis potamophila</i> *	C	SF	D	窄体舌鳎 <i>Cynoglossus gracilis</i>	O	RL	D
尖头塘鳢 <i>Eleotris oxycephala</i>	C	RS	D	<b>鲈形目 Tetraodontiformes</b>			
虾虎鱼科 Gobiidae				鲉科 Tetraodontidae			
子陵吻虾虎 <i>Rhinogobius giurinus</i> *	C	RS	D	暗纹东方鲀 <i>Takifugu obscurus</i>	O	RL	L

注: \*表示小型鱼类; O. 杂食性鱼类, P. 浮游生物食性鱼类, H. 植食性鱼类, De. 碎屑食性鱼类, C. 肉食性鱼类; U. 中上层鱼类, L. 中下层鱼类, D. 底层鱼类; RL. 河湖洄游型鱼类, SF. 淡水定居型鱼类, EF. 河口型鱼类, RS. 江海洄游型鱼类; 图2同  
Notes: \* stands for small fish; O. omnivore fish, P. planktivore fish, H. herbivore fish, De. detritivore fish, C. carnivore fish; U. upper, L. lower, D. demersal; RL. river-lake migratory fish, SF. sedentary fish, EF. estuarine fish, RS. river-sea migratory fish; the same as in fig.2

长江下游肉食性鱼类物种数最多, 包括鳊、鳊、刀鲚、翘嘴鲌、圆尾拟鲮等 40 种, 占总物种数的 47.62%; 浮游食性鱼类物种数最少, 包括鲢和鳙 2 种, 占总物种数的 2.38%(图 2-c)。所有鱼类中, 产沉/黏性卵物种数 53 种, 占总物种数的 63.10%, 产漂流性卵和浮性卵鱼类共 27 种; 特殊产卵类型鱼类最少, 共 4 种, 占总物种数的 4.76%(图 2-d)。

### 2.3 鱼类现存量时空分布

空间对比结果显示, 不同江段物种数差别显著 ( $P<0.05$ ), 宁扬段物种数最多为 66 种, 铜马段物种数最少为 57 种, 区域共有种有 45 种(表 2)。从上游往下游, 鱼类数量呈显著 ( $P<0.05$ ) 递减趋势; 鱼类重量区域差异显著 ( $P<0.05$ ), 但总体呈现下游高于上游。

季节对比结果显示, 共有种 47 种, 春夏季和秋冬季物种数、鱼类数量差异显著 ( $P<0.05$ ), 春季物种数最多为 70 种, 夏季鱼类数量最多为 7 737 尾, 冬季物种数最少 60 种, 秋季鱼类数量最少为 5 292 尾; 鱼类重量与物种数、鱼类数量趋势相反, 秋冬季鱼类重量显著 ( $P<0.05$ ) 高于春夏季, 春季和夏季鱼类重量差异不明显(表 2)。

长江下游鱼类群落 Jaccard's 系数介于 0.50~0.75 之间, 总体在空间尺度上呈现中等相似特征。

同时, 水域分布越近, Jaccard's 系数更大, 相似性更高, 如安池段和铜马段的 Jaccard's 系数为 0.73, 而安池段和泰通段的 Jaccard's 系数为 0.60, 安庆段和铜马段鱼类群落相似性明显比安池段和泰通段的高(表 3)。

### 2.4 鱼类群落优势种

长江下游 IRI 值大于 500 的鱼类有光泽黄颡鱼、鳊、鲢等 9 种, 为优势鱼类, 占总鱼类数量的 54.68%, 占总鱼类重量的 52.37%(表 4)。IRI 介于 100~500 的鱼类有银鲌、细鳞鲌、鲂等 18 种, 为长江下游常见种, 最为常见物种包括淡水定居种类银鲌、细鳞鲌、鲂 3 种, 较常见的物种主要为重要经济种刀鲚、长吻鲌、蒙古鲌 3 种。一般种 ( $10 \leq IRI < 100$ ) 12 种, 包括花鲢、大眼鳊、日本鳊等。少见种 ( $IRI < 10$ ) 45 种, 主要包括国家级保护物种胭脂鱼, 外来物种麦瑞加拉鲮、松浦镜鲤, 偶见种鳊、香斜棘鲃、小黄鲈等。飘鱼、小黄鲈等小型鱼类数量占比和出现频率均较高, 体重较小导致相对重要性指数偏低。IRI 值排名前 20 的物种中, 小型鱼类 11 种, 占鱼类总数的 60.49%; 而重量仅占 23.41%(表 4)。

不同江段中, 鱼类优势种总体上保持一致, 安池段、铜马段、宁扬段和泰通段第 1 优势种分别为光泽黄颡鱼、光泽黄颡鱼、鲢和鳊, 但也存

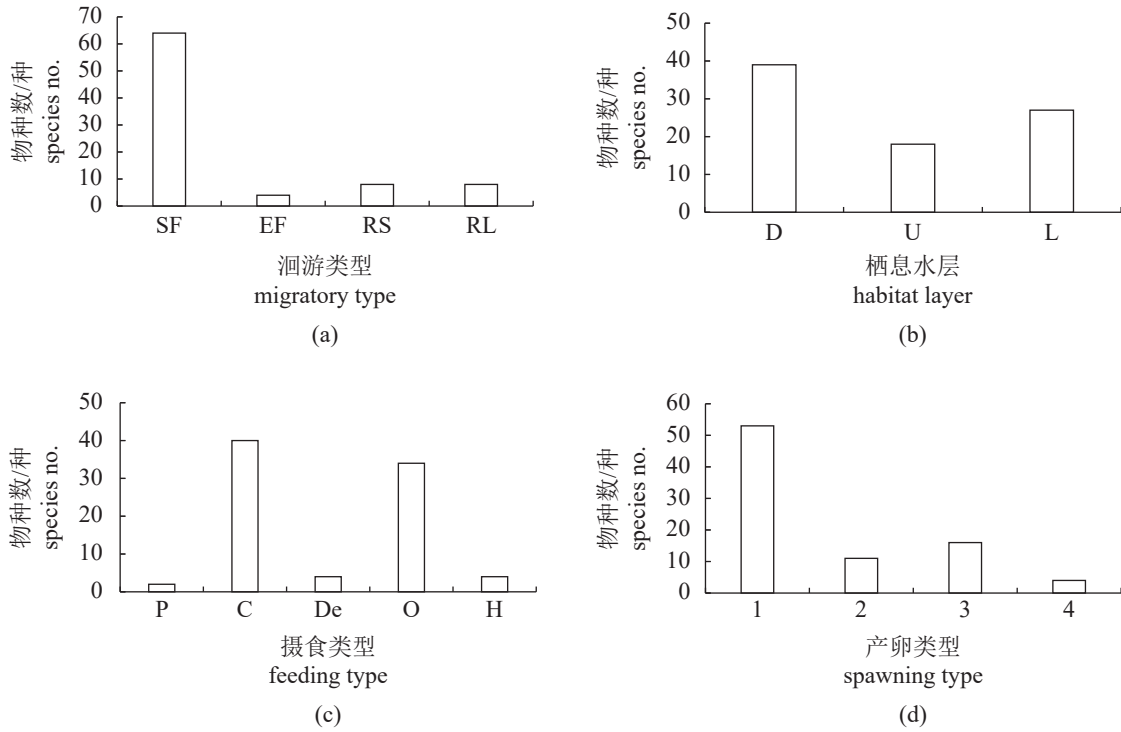


图 2 长江下游鱼类生态类型

1. 沉/黏性卵, 2. 浮性卵, 3. 漂流性卵, 4. 特殊卵

Fig. 2 Fish ecological types in the lower reaches of the Yangtze River

1. demersal egg, 2. buoyant egg, 3. drifting egg, 4. special egg

表 2 长江下游鱼类物种、数量及生物量时空差异 (均值±标准误)

Tab. 2 Species number, quantity, and weight of fish in the lower reaches of the Yangtze River (mean±SE)

指标 index	物种数/种 species no.	数量/尾 quantity	重量/kg weight
空间 spatial	安池段 Anqing-Chizhou	8030±198 <sup>a</sup>	393.89±13.19 <sup>b</sup>
	铜马段 Tongling-Maanshan	7236±155 <sup>b</sup>	293.97±52.23 <sup>c</sup>
	宁扬段 Nanjing-Yangzhou	5338±108 <sup>c</sup>	587.09±38.28 <sup>a</sup>
	泰通段 Taizhou-Nantong	4085±121 <sup>d</sup>	454.18±29.57 <sup>b</sup>
时间 temporal	春季 spring	6632±165 <sup>b</sup>	325.54±16.77 <sup>c</sup>
	夏季 summer	7737±288 <sup>a</sup>	290.49±20.32 <sup>c</sup>
	秋季 autumn	5028±163 <sup>c</sup>	501.30±38.07 <sup>b</sup>
	冬季 winter	5292±89 <sup>e</sup>	611.81±55.26 <sup>a</sup>

注: 同列数据肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ ), 下同  
Notes: In the same column, values with different lowercase letters superscripts mean significant difference ( $P < 0.05$ ), the same below

在区域差异, 如安池段和铜马段优势种排名前 5 的种类中, 短颌鲚、贝氏鲶、达氏鲃、鲂在宁扬段、泰通段较少; 而宁扬段、泰通段优势种排名前 5 的种类中, 细鳞鲷、窄体舌鲷和鲫较多 (表 4)。

### 2.5 鱼类群落多样性

长江下游鱼类 Shannon-Weiner 多样性指数 ( $H'$ )

为  $3.28 \pm 0.17$ , Pielou 均匀度指数 ( $E$ ) 为  $0.51 \pm 0.02$ , Margalef 丰富度指数 ( $F$ ) 为  $8.21 \pm 2.22$ , Simpson 优势度指数 ( $D$ ) 为  $0.94 \pm 0.11$  (图 3、图 4)。空间分布上, 铜马段和泰通江段鱼类多样性分别为  $2.76 \pm 0.11$ 、 $2.93 \pm 0.09$ , 显著低于 ( $P < 0.05$ ) 宁扬段的  $3.35 \pm 0.18$ , 其他江段间鱼类多样性无明显差异; 鱼类均匀度指数、丰富度指数和优势度指数无明显的

表 3 长江下游鱼类群落空间相似性

Tab. 3 Spatial similarity of fish community in the lower reaches of the Yangtze River

区域 research zones		安池段 Anqing-Chizhou	铜马段 Tongling-Maanshan	宁扬段 Nanjing-Yangzhou	泰通段 Taizhou-Nantong
安池段	Anqing-Chizhou	/	0.73	0.69	0.60
铜马段	Tongling-Maanshan	0.73	/	0.73	0.66
宁扬段	Nanjing-Yangzhou	0.69	0.73	/	0.69
泰通段	Taizhou-Nantong	0.60	0.66	0.69	/

表 4 长江下游鱼类优势种组成

Tab. 4 Composition of dominant fish species in the lower reaches of the Yangtze River

物种 species	下游 lower reaches			安池段 Anqing-Chizhou			铜马段 Tongling-Maanshan			宁扬段 Nanjing-Yangzhou			泰通段 Taizhou-Nantong		
	N%	W%	IRI	N%	W%	IRI	N%	W%	IRI	N%	W%	IRI	N%	W%	IRI
光泽黄颡鱼 <i>P. nitidus</i>	14.15	3.47	1732	14.84	6.51	2135	20.52	5.48	2600	9.00	0.76	976	19.95	3.04	2299
鳊 <i>P. pekinensis</i>	5.29	12.67	1638	2.60	7.79	1039	2.81	10.56	1337	8.35	12.91	2126	7.93	17.96	2589
鲢 <i>H. molitrix</i>	1.61	15.44	1196	1.55	15.30	1685	1.27	13.14	1441	1.80	20.73	2253	1.44	10.20	1165
短颌鲚 <i>C. brachygnathus</i>	9.50	2.87	1150	12.29	4.75	1704	13.24	6.47	1971	6.42	1.39	782			
贝氏鲟 <i>H. bleekeri</i>	8.81	1.50	923	6.89	1.64	853	15.41	3.52	1893	6.98	0.64	762	9.60	1.19	1080
鳊 <i>S. chuatsi</i>	1.44	8.63	618	1.12	8.88	750	1.20	12.33	1354	2.84	12.29	1514			
蛇鮈 <i>S. dabryi</i>	5.85	1.14	601	8.01	1.85	986	5.17	2.14	731	6.67	0.81	747			
鲫 <i>C. auratus</i>	2.86	5.00	566							3.72	5.09	882	4.40	8.58	1298
似鳊 <i>P. simoni</i>	5.17	1.65	562	5.55	2.29	785	6.19	3.57	976						
达氏鲃 <i>C. dabryi</i>				5.71	8.10	1381	2.20	3.19	539						
鲂 <i>M. skolkovii</i>				5.01	6.57	1158	3.22	5.29	851	2.82	3.51	633			
长须黄颡鱼 <i>P. eupogon</i>				4.85	1.51	636	7.32	1.71	903						
蒙古鲃 <i>C. mongolicus</i>				1.26	4.70	596									
银鲌 <i>X. argentea</i>							2.71	2.99	570	6.26	1.81	807			
鳊 <i>A. nobilis</i>										0.35	10.65	825			
银鲌 <i>S. argentatus</i>										6.08	0.28	636			
草鱼 <i>C. idellus</i>										0.65	5.53	619			
细鳞鲌 <i>X. microlepis</i>													4.81	21.09	2590
窄体舌鲌 <i>C. gracilis</i>													7.93	5.36	1329
中国花鲈 <i>L. maculatus</i>													7.42	3.24	1065
长蛇鮈 <i>S. dumerili</i>													5.58	1.91	749
黄颡鱼 <i>P. fulvidraco</i>													3.19	1.84	503

空间差异 (图 3)。不同季节, 鱼类的多样性指数、鱼类均匀度指数、丰富度指数和优势度指数没有

显著差异 ( $P>0.05$ , 图 4)。

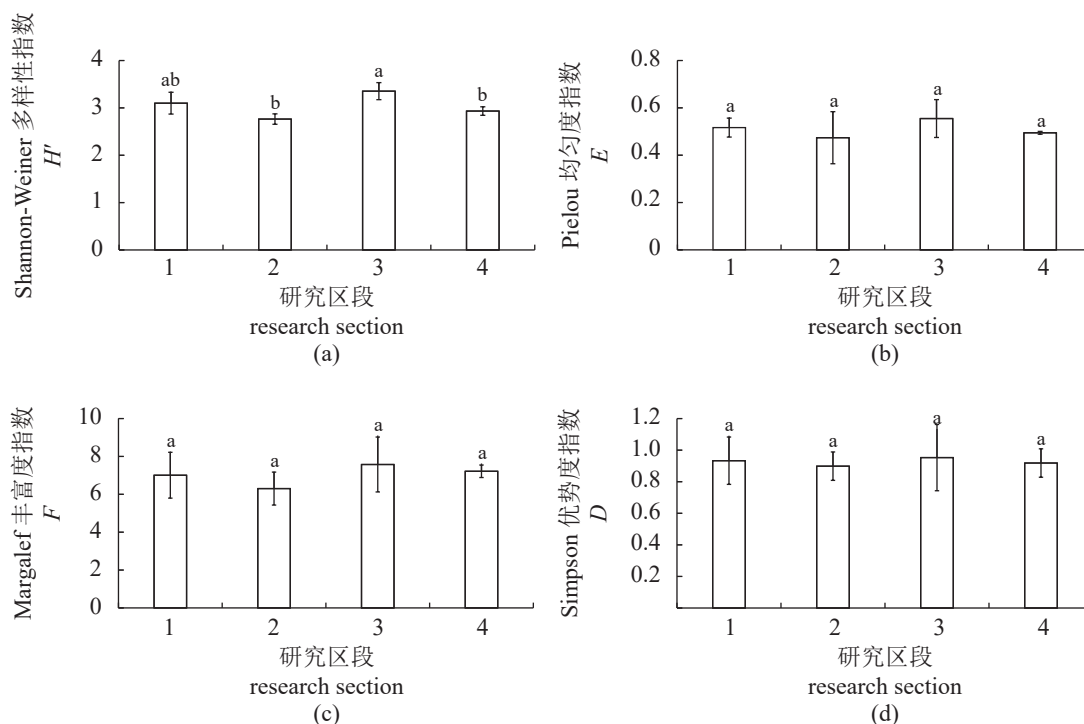


图 3 长江下游鱼类群落多样性空间差异 (均值±标准误)

1. 安池段, 2. 铜马段, 3. 宁扬段, 4. 泰通段; 肩标不同小写字母表示差异显著 ( $P<0.05$ ), 下同

Fig. 3 Spatial variation of fish species diversity indices in the lower reaches of the Yangtze River (mean±SE)

1. Anqing-Chizhou, 2. Tongling-Maanshan, 3. Nanjing-Yangzhou, 4. Taizhou-Nantong; values with different lowercase letters superscripts mean significant difference ( $P<0.05$ ), the same below

## 2.6 禁渔后鱼类群落结构及多样性变化

2021 年为全面实施长江十年禁渔的第 1 年, 为科学客观评价禁渔效果选取的安庆、铜陵、芜湖、马鞍山、南京和泰州 6 个江段, 共采集鉴定出鱼类 77 种, 占历史记录最大值的 59.69%, 比 2020 年增加 6 种, 增幅为 8.45%。Shannon-Weiner 多样性指数为 3.17, 比 2020 年增加了 16.54%。单位捕捞努力量渔获量为 11.94 kg/船·d, 与 2020 年相比增幅达 138.80%。鱼类物种数、多样性指数和单位捕捞努力量渔获量均呈增长趋势 (表 5)。

## 3 讨论

### 3.1 鱼类资源现状与历史变化

长江下游受径流和潮汐顶托双重作用, 水流缓慢, 泥沙沉积, 小型沙洲密布, 为鱼类提供了优良的繁殖、索饵和栖息环境<sup>[1]</sup>。本次研究长江下游共调查鉴定鱼类 84 种, 仅占土著鱼类历史记

录 129 种的 65.12%<sup>[3]</sup>, 种类组成发生了明显改变, 20 世纪 70 年代常见的鲌、鳊、鳙等在本次研究中未发现。本研究中, 长江下游洄游鱼类种类和数量锐减, 与已有研究结果一致<sup>[12, 22]</sup>。据文献记载, 自赣江万安水电站竣工后, 江湖半洄游鱼类长江鲌的产卵场逐渐消失, 资源量下降, 20 世纪 90 年代初长江鲌难觅踪迹<sup>[23]</sup>, 与洄游通道阻断有较大关系。本研究仅在南京江段发现胭脂鱼 1 尾, 说明其自然群体极小, 这之前三峡大坝、葛洲坝建立后的长期影响有一定关系, 同时也与过度捕捞、水域污染和胭脂鱼胚胎发育时间较长、孵化期死亡率较高等繁殖生物学特征因素有关<sup>[24]</sup>。研究表明, 鱼类的空间分布格局与生境异质性和稳定性密切相关, 鱼类群落在相对自然的生境中表现更高的完整性, 自然生境适宜更多的鱼类生存, 鱼类物种数、资源量保持较高水平<sup>[25-26]</sup>。历史上鱼类更多的栖息于河湾沟渠、缓洄水区域, 水体混合程度高, 水陆交界面面积大, 关键生境



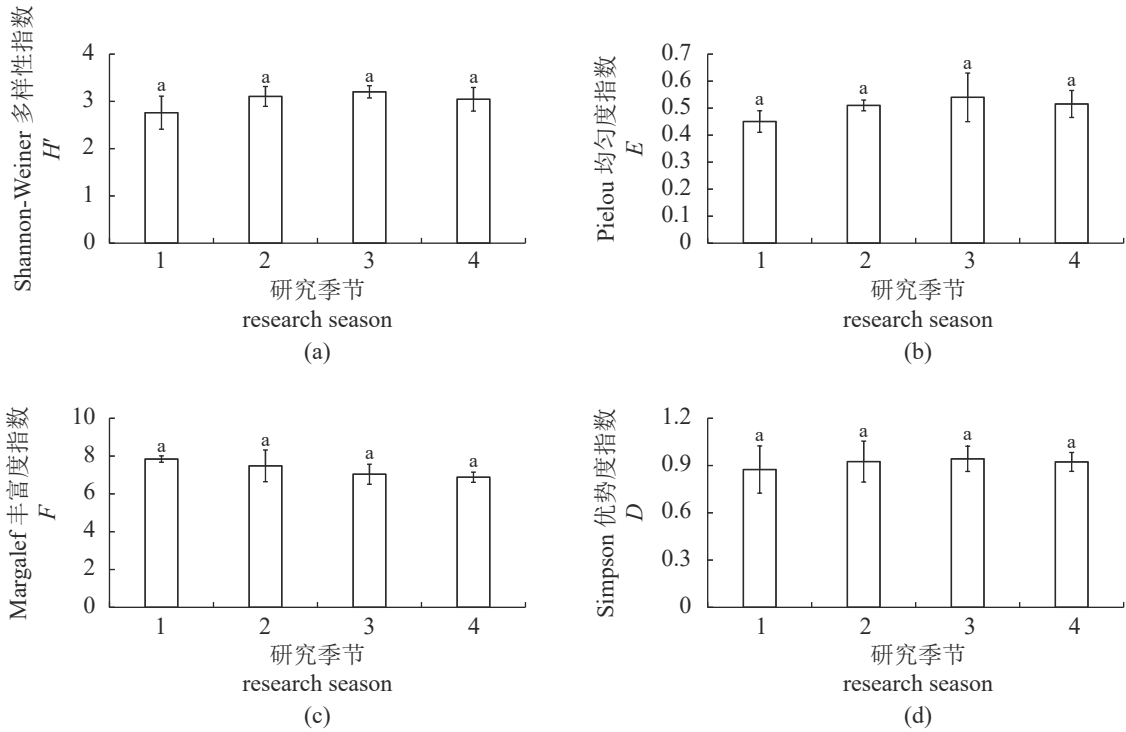


图 4 长江下游鱼类群落多样性季节差异 (均值±标准误)

1. 春季, 2. 夏季, 3. 秋季, 4. 冬季

Fig. 4 Seasonal variation of fish species diversity indices in the lower reaches of the Yangtze River (mean±SE)

1. spring, 2. summer, 3. autumn, 4. winter

表 5 长江下游鱼类特征值年际对比

Tab. 5 Annual comparison of fish eigenvalues in the lower reaches of the Yangtze River

特征值 value	年份 year		历史值 historical record
	2021	2020	
物种数 species	77	71	129(1979年) <sup>[3]</sup>
$H'$	3.17	2.72	2.77(2018—2020年)*
CPUE(kg/船·d)	11.94	5.00	/

注: \*表示2018—2020年数据来自中国水产科学研究院淡水渔业研究中心

Notes: \*stands for data 2018—2020 from Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences

类型较多<sup>[27]</sup>。为满足农业灌溉等需求, 长江下游涉水工程兴起, 鱼类原生栖息生境破坏严重, 鱼类栖息空间压缩, 鱼类物种减少, 多样性降低。

长江下游鱼类存在明显小型化趋势, 与湖泊、水库等水体的研究结果相似<sup>[28-29]</sup>。大型经济鱼类资源量较少, 小型鱼类数量占 64.72%, 与王银平等<sup>[12]</sup> 长江安庆新洲水域小型鱼类占比类似, 与长江安庆段相比, 比例增加明显<sup>[2, 8]</sup>。鱼类小型化很大程度上是自然环境胁迫和过度人为捕捞共同作用的结果, 强大的捕捞压力下, 个体大、经济价

值高的捕食者显著减少, 鱼类向个体小、营养层次低、低经济价值的种类转变<sup>[30]</sup>。另一方面, 水域中小型鱼类会占据其他鱼类生态位加剧群落的不稳定性, 导致鱼类群落结构趋向小型化和单一化<sup>[31]</sup>, 长江下游小型鱼类比例偏高, 说明鱼类群落结构复杂度降低, 群落稳定性受到威胁, 凸显了实施长江十年禁渔的必要性。2021 年为长江十年禁渔的第 1 年, 长江下游的物种数较 2020 年增长 8.45%, 多样性指数比 2020 年增长了 16.54%, 初步表明禁渔政策对群落恢复起到了促进作用。

### 3.2 鱼类群落结构时空变化

长江下游鱼类 Shannon-Wiener 指数为 3.28, 处于 Magurran<sup>[32]</sup> 提出的多样性指数一般范围 (1.5~3.5), 鱼类多样性较高。长江下游鱼类丰富度指数和均匀度指数较高 (表 3), 说明群落结构复杂, 群落相对稳定。不同区域中, 宁扬水域鱼类多样性最高, 与复杂水文环境条件下形成的丰富多样栖息地环境有关, 宁扬江段洲滩数量和汇入支流数量多, 较大支流有滁河、秦淮河、秦淮新河和廖家沟等, 大型沙洲有新济洲、新生洲、子母洲等, 水流对沙洲的冲刷导致水流方向改变,

水体流速小, 形成有机物汇集的洄水区, 为鱼类提供了丰富的食物来源<sup>[33]</sup>。泥沙沉积形成浅滩, 为水生植物繁生提供条件, 鱼类种类多, 群落结构复杂。宁扬江段还分布有南京长江江豚省级自然保护区、镇江长江豚类省级自然保护区和长江扬州段四大家鱼国家级水产种质资源保护区, 保护管理的力度较大, 水域环境良好, 是水生生物栖息的优良场所<sup>[34]</sup>。从流域生态看, 即使不同江段非生物环境条件较为一致, 生物环境因子及其生态过程也会存在差异, 导致鱼类群落结构有所差异<sup>[35]</sup>。

长江下游鱼类群落结构呈中等相似, 但多样性指数空间差别显著 ( $P < 0.05$ ), 宁扬江段多样性指数显著高于泰通江段, 宁扬江段浅型沙洲较多, 为鱼类提供丰富多样的栖息生境和食物资源。鱼类种群动态演变还受自身生物特性影响, 不同生活史阶段, 群落结构和多样性差别较大, 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<sup>[36]</sup>。绝大多数鱼类的繁殖活动集中在3—8月, 繁殖盛期为4—6月, 期间有大量补充群体加入, 夏末秋初鱼类物种数、个体数及多样性指数都较高, 且幼鱼群体较大。冬季水温较低, 鱼类新陈代谢速度减缓, 捕食需求降低, 因此活动减少, 导致监测到的鱼类物种及资源量降低<sup>[36]</sup>。

长江下游以肉食性鱼类为主, 而黄浦江、黄河等大型河流以杂食性鱼类为主<sup>[14, 35-36]</sup>, 研究结果有所差别。长江实施十年禁捕前, 长江下游以杂食性鱼类为主<sup>[12, 22]</sup>。与单一食性鱼类相比, 杂食性鱼类可摄食的食物种类更加多样, 生态位幅度较宽, 因此对环境的适应能力更强, 生存优势更大。肉食性鱼类摄食鱼类, 能量需求较高, 受人类活动干扰的影响明显<sup>[37]</sup>。肉食性鱼类占据优势地位, 有效支撑禁捕后鱼类物种数、多样性指数和单位捕捞努力量渔获量增加, 禁渔效果明显, 鱼类群落结构得到优化。本研究中, 底层鱼类物种数占46.43%, 这可能与被动网具通常放置在浅型河湾或沙洲附近, 底栖动物资源丰富有关<sup>[38]</sup>。

### 3.3 鱼类群落结构及多样性的影响因素

天然水体中, 鱼类通过生长、繁殖和外部个体的迁入等形式来补充群体数量, 优化群落结构, 并保持种群动态平衡<sup>[39]</sup>。目前, 长江下游鱼类物种数较历史记录明显减少, 鱼类等水生生物面临

的威胁主要有3个方面: (1) 外来种入侵。文献调研发现, 长江下游外来物种增加, 数量占比逐渐升高<sup>[40]</sup>。本研究中, 外来种麦瑞加拉鲮和松浦镜鲤比例较高, 这与外来种适应能力强、生长快、扩散迅速等特性有明显关系。(2) 生境破碎化。水利工程导致流水生境散失, 下泄低温水导致鱼类繁殖推迟; 航道整治破坏鱼类栖息地底质, 水体泥沙含量升高, 水体浑浊; 岸坡硬化破坏自然岸线, 导致鱼类产卵、索饵场所减少, 栖息生境片段化、破碎化等, 鱼类遗传多样性降低, 群落简化<sup>[41]</sup>。(3) 捕捞压力大。长江十年禁渔实施前, 强大的捕捞压力下, 鱼类资源衰退明显, 鱼类小型化、低龄化和低值化<sup>[12]</sup>。长江十年禁渔实施后, 捕捞对鱼类群落的影响不复存在, 鱼类群落结构及稳定性将得到有效提升。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

### 参考文献 (References):

- [1] 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 and Technical Publishers, 2006 (in Chinese).
- [2] 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]. Journal of Lake Sciences, 2006, 18(6): 670-676 (in Chinese).
- [3] 湖北省水生生物研究所鱼类研究室. 北京: 长江鱼类 [M]. 科学出版社, 1976: 221-229.  
Fish laboratory of Hubei hydrobiology institute. Fish of Yangtze River [M]. Beijing: Science Press, 1976: 221-229 (in Chinese).
- [4] 曹炳伟. 河道整治工程对水产种质资源保护区的环境影响评价研究 [J]. 江西化工, 2013, 4(4): 359-361.  
Cao B W. Studies on environmental impacts of river training works on aquatic germplasm resources conservation area [J]. Jiangxi Chemical Industry, 2013, 4(4): 359-361 (in Chinese).
- [5] 蒋宁, 蒋波, 雷国平. 航道整治对东流水道四大家鱼栖息地适宜度的影响 [J]. 人民长江, 2019, 50(5): 5-9, 14.  
Jiang N, Jiang B, Lei G P. influence of waterway regulation project on habitat suitability index of four major Chinese carps in Dongliu channel in lower Yangtze

- River[J]. Yangtze River, 2019, 50(5): 5-9,14 (in Chinese).
- [6] 邓超, 王银平, 颜元杰, 等. 长江下游秋季近岸鱼类群落特征[J]. 生态学杂志, 2021, 40(5): 1491-1498.
- Deng C, Wang Y P, Yan Y J, *et al.* The characteristics of nearshore fish community in the lower reaches of Yangtze River in autumn[J]. Chinese Journal of Ecology, 2021, 40(5): 1491-1498 (in Chinese).
- [7] 陈家长, 孙正中, 瞿建宏, 等. 长江下游重点江段水质污染及对鱼类的毒性影响[J]. 水生生物学报, 2002, 26(6): 635-640.
- Chen J C, Sun Z Z, Qu J H, *et al.* water pollution and its toxicity to fishes in the major areas of the lower reaches of the Yangtze River[J]. Acta Hydrobiologica Sinica, 2002, 26(6): 635-640 (in Chinese).
- [8] 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.
- Xu D P. Study on fish community composition and biodiversity in lower reaches of Changjiang River [D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010 (in Chinese).
- [9] 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 (in Chinese).
- [10] 朱松泉. 中国淡水鱼类检索 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995.
- Zhu S Q. The synopsis of freshwater fishes of China [M]. Nanjing: Jiangsu Science and Technology Press, 1995 (in Chinese).
- [11] 倪勇, 朱成德. 太湖鱼类志 [M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2005.
- Ni Y, Zhu C D. Fishes of the Taihu lake[M]. Shanghai: Shanghai Scientific & Technical Publishers, 2005 (in Chinese).
- [12] 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, 2020, 40(7): 2417-2426.
- Wang Y P, Kuang Z, Lin D Q, *et al.* Community structure and species diversity of fish around the Xinzhou shoal in the Anqing section of the Yangtze River, China[J]. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(7): 2417-2426 (in Chinese).
- [13] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters[M]. California: Fish Bulletin, 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[J]. 生物多样性, 2007, 15(4): 373-381.
- Chen G B, Li Y Z, Chen X J. Species diversity of fishes in the coral reefs of South China Sea[J]. Biodiversity Science, 2007, 15(4): 373-381 (in Chinese).
- [15] Shannon C E, Weaver W. The mathematical theory of communication[M]. Urbana, IL: The University of Illinois Press, 1949.
- [16] Pielou E C. The measurement of diversity in different types of biological collections[J]. Journal of Theoretical Biology, 1966, 13: 131-144.
- [17] Margalef D R. Information theory in ecology[J]. Genetics and Systematics, 1958, 3: 36-71.
- [18] Simpson, E H. Measurement of diversity[J]. Nature, 1949, 163(4148): 688.
- [19] Whittaker R H. Evolution and measurement of species diversity[J]. Taxon, 1972, 21(2-3): 213-251.
- [20] 李捷, 李新辉, 贾晓平, 等. 西江鱼类群落多样性及其演变[J]. 中国水产科学, 2010, 17(2): 298-311.
- Li J, Li X H, Jia X P, *et al.* Evolvement and diversity of fish community in Xijiang River[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2010, 17(2): 298-311 (in Chinese).
- [21] 刘毅, 林小涛, 孙军, 等. 东江下游惠州河段鱼类群落组成变化特征[J]. 动物学杂志, 2011, 46(2): 1-11.
- Liu Y, Lin X T, Sun J, *et al.* Fish community changes in Huizhou segment of Dongjiang River[J]. Chinese Journal of Zoology, 2011, 46(2): 1-11 (in Chinese).
- [22] 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, 36(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, 36(7): 1832-1839 (in Chinese).
- [23] 刘广根. 峡江鲟鱼及其资源衰退的原因分析与对策[J]. 江西农业科技, 2002(5): 40-41.
- Liu G G. Analysis the reasons of *Tenualosa reevesii* resources decline and the recovery strategy[J]. Jiangxi Agricultural Science & Technology, 2002(5): 40-41 (in Chinese).
- [24] 石小涛, 王博, 王雪, 等. 胭脂鱼早期发育过程中集群行为的形成[J]. 水产学报, 2013, 37(5): 705-710.
- Shi X T, Wang B, Wang X, *et al.* ontogenetic changes in schooling behavior during larval and early juvenile stages of Chinese sucker (*Myxocyprinus asiaticus*)[J]. Journal of Fisheries of China, 2013, 37(5): 705-710 (in Chinese).
- [25] 杜龙飞, 徐建新, 李彦彬, 等. 北京市主要河流鱼类群落的空间格局特征[J]. 环境科学研究, 2019, 32(3): 447-457.
- Du L F, Xu J X, Li Y B, *et al.* Fish community charac-

- teristics and spatial pattern in major rivers of Beijing city[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2019, 32(3): 447-457 (in Chinese).
- [26] 王晓宁, 彭世贤, 张亚, 等. 滦河流域鱼类群落结构空间异质性与影响因子分析[J]. *环境科学研究*, 2018, 31(2): 273-282.  
Wang X N, Peng S X, Zhang Y, *et al.* analysis of fish community spatial heterogeneity and its driving factors in the Luanhe River Basin[J]. *Research of Environmental Sciences*, 2018, 31(2): 273-282 (in Chinese).
- [27] 茹辉军, 王海军, 赵伟华, 等. 黄河干流鱼类群落特征及其历史演变[J]. *生物多样性*, 2010, 18(2): 169-174.  
Ru H J, Wang H J, Zhao W H *et al.* Fishes in the mainstream of the Yellow River: assemblage characteristics and historical changes[J]. *Biodiversity Science*, 2010, 18(2): 169-174 (in Chinese).
- [28] 毛志刚, 谷孝鸿, 曾庆飞, 等. 太湖鱼类群落结构及多样性[J]. *生态学杂志*, 2011, 30(12): 2836-2842.  
Mao Z G, Gu X H, Zeng Q F, *et al.* Community structure and diversity of fish in Lake Taihu[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2011, 30(12): 2836-2842 (in Chinese).
- [29] 刘春池, 高欣, 林鹏程, 等. 葛洲坝水库鱼类群落结构特征研究[J]. *长江流域资源与环境*, 2012, 21(7): 843-849.  
Liu C C, Gao X, Lin P C, *et al.* Fish community structure in Gezhouba reservoir[J]. *Resources and environment in the Yangtze basin*, 2012, 21(7): 843-849 (in Chinese).
- [30] Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, *et al.* Fishing down marine food webs[J]. *Science*, 1998, 279(5352): 860-863.
- [31] Rochet M J, Trenkel V M. Which community indicators can measure the impact of fishing? A review and proposals[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2003, 60(1): 86-99.
- [32] Magurran A E. Why diversity?//Magurran A E. *Ecological diversity and its measurement*. Dordrecht: Springer, 1988: 1-5.
- [33] 于道平, 黄敏毅, 赵凯, 等. 长江东流河道整治对长江江豚种群数量的影响[J]. *兽类学报*, 2012, 32(4): 330-334.  
Yu D P, Huang M Y, Zhao K *et al.* Impact of river training on the population abundance of Yangtze finless porpoises in Dongliu section of the Yangtze River[J]. *Acta Theriologica Sinica*, 2012, 32(4): 330-334 (in Chinese).
- [34] 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 (in Chinese).
- [35] Grenouillet G, Pont D, Hérisse C. Within-basin fish assemblage structure: the relative influence of habitat versus stream spatial position on local species richness[J]. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 2004, 61(1): 93-102.
- [36] 王文剑, 储玲, 司春, 等. 秋浦河源国家湿地公园溪流鱼类群落的时空格局[J]. *动物学研究*, 2013, 34(4): 417-428.  
Wang W J, Chu L, Si C *et al.* Spatial and temporal patterns of stream fish assemblages in the Qiupu headwaters national wetland park[J]. *Zoological Research*, 2013, 34(4): 417-428 (in Chinese).
- [37] 蒋忠冠, 曹亮, 张鹏. 洞庭湖鱼类的群落结构及其时空动态[J]. *水生生物学报*, 2019, 43(S1): 42-48.  
Jiang Z G, Cao L, Zhang E. Spatio-temporal variations of fish assemblages in the Dongting lake[J]. *Acta Hydrobiological Sinica*, 2019, 43(S1): 42-48 (in Chinese).
- [38] 胡忠军, 吴昊, 陈立桥, 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 (in Chinese).
- [39] 殷名称. *鱼类生态学* [M]. 北京: 中国农业出版社, 1995: 188-189.  
Yin M C. *Fish ecology*[M]. Beijing: China Agriculture Press, 1995: 188-189 (in Chinese).
- [40] 陈家长, 沈公铭, 孟顺龙, 等. 长江下游流域水产养殖外来物种调查研究[J]. *中国农学通报*, 2010, 26(3): 315-319.  
Chen J C, Shen G M, Hu H Z, *et al.* investigation and study on the aquacultural alien species in the lower reaches of Yangtze River[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(3): 315-319 (in Chinese).
- [41] 朱轶, 吕偲, 胡慧建, 等. 三峡大坝运行前后西洞庭湖鱼类群落结构特征变化[J]. *湖泊科学*, 2014, 26(6): 844-852.  
Zhu Y, Lv S, Hu H J, *et al.* Changes in fish community structure in west Dongting Lake after the operation of the Three Gorges Dam[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2014, 26(6): 844-852 (in Chinese).



## Status analysis of fish community in the lower reaches of the Yangtze River at the beginning of 10-year fishing ban and assessment of fishing ban effect

WANG Yinping<sup>1</sup>, DENG Yanmin<sup>1,2</sup>, LIU Silei<sup>1</sup>, LI Peijie<sup>1</sup>, LIU Kai<sup>1\*</sup>

(1. Key Laboratory of Freshwater Fisheries and Germplasm Resources Utilization, Ministry of Agriculture and Rural Affairs, Freshwater Fisheries Research Center, Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuxi 214081, China;

2. National Demonstration Center for Experimental Fisheries Science Education, Shanghai Ocean University, Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Water course in the lower reaches of the Yangtze River is bent, and flow pattern is tangled, which leads to diverse habitat, and makes it a good breeding, feeding place and important migration channel for fish. In order to study the fish community structure during initial period of 10-year fishing ban, fish was collected seasonally from April to December 2021, in the lower reaches of the Yangtze River. A total of 84 fish species from 63 genera, 18 families and 10 orders were collected during the investigation, with dominance by Cyprinids (47.62% of total species). Results of the species numbers and diversity indices showed that fish diversity was high in the lower reaches of the Yangtze River, while species are less than historical records. One-way ANOVA indicated that significant spatial differences were found for fish species, number and biomass, while no obvious differences were observed among seasons. *Pelteobaggrus nitidus*, *Parabramis pekinensis*, *Hypophthalmichthys molitrix*, *Coilia brachygnathus*, *Hemiculter bleekeri* and other 4 species were the dominant species. Piscivorous (47.62%) and omnivorous (40.47%) fishes prevailed in species number among the 4 feeding functional groups, sedentary fishes (76.19%) predominated among the 3 ecological groups, and demersal fishes (46.43%) predominated among the 3 habitat types. The number of large commercial fishes account for a small part of the fish community, but the index of relative importance is high due to the comparatively large individuals. The Shannon-Weiner index in the lower reaches of the Yangtze River is 3.28, which indicate the fish is relatively diversified. In the present study, the richness index was also high, while community evenness was stable. Overall, the fish continue to become smaller and younger, the fishery resources declined clearly, fish species, diversity index and catch per unit effort increased during initial period of 10-year fishing ban, and effect of the prohibition gradually appeared. In order to consolidate the effect of 10-year fishing ban, promote fish resources recovery, and optimize fish community structure, further scientific monitoring and higher strength patrol were recommended in the Yangtze River. Our study can obtain the basic characteristics of fish communities during initial period of 10-year fishing ban, and can also provide reference for fishing ban effect evaluation and aquatic organisms integrity index assessment.

**Key words:** 10-year fishing ban in Yangtze River; lower reaches of the Yangtze River; diversity; ecological group; effect assessment

**Corresponding author:** LIU Kai. E-mail: Liuk@ffrc.cn

**Funding projects:** Project of Yangtze Fisheries Resources and Environment Investigation from the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P. R. China (CJDC-2017-22); Normalized Monitoring Program after 10-year Ban on Yangtze fishing (2022) from the Ministry of Agriculture and Rural Affairs, P. R. China