

禁渔初期长江中游沅水流域鱼类群落结构及其历史变化

张棠斯 刘良国 罗丛强 谢晓 孙远东

FISH COMMUNITY STRUCTURE AND ITS HISTORICAL CHANGES IN THE YUANSHUI RIVER OF MIDDLE REACHES OF THE YANGTZE RIVER DURING EARLY PERIOD OF THE FISHING BAN

ZHANG Tang-Si, LIU Liang-Guo, LUO Cong-Qiang, XIE Xiao, SUN Yuan-Dong

在线阅读 View online: <https://doi.org/10.7541/2025.2024.0328>

您可能感兴趣的其他文章

Articles you may be interested in

菜子湖禁捕初期鱼类群落特征及其历史变化

CHARACTERISTICS AND HISTORICAL CHANGES OF FISH COMMUNITY IN CAIZI LAKE DURING THE EARLY PERIOD OF THE “10-YEAR FISHING BAN”

水生生物学报. 2024, 48(8): 1414–1424 <https://doi.org/10.7541/2024.2023.0298>

禁渔初期长江宜昌–城陵矶江段鱼类资源时空分布特征

SPATIAL-TEMPORAL DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF FISH RESOURCES IN YICHANG-CHENGLINGJI RIVER SECTION OF THE YANGTZE RIVER IN THE EARLY PERIOD OF FISHING BAN

水生生物学报. 2024, 48(4): 546–557 <https://doi.org/10.7541/2024.2023.0173>

长江上游保护区干流江安–重庆段禁渔初期鱼类时空分布特点

SPATIAL AND TEMPORAL DISTRIBUTION CHARACTERISTICS OF FISH IN THE MAIN STREAM OF THE UPPER YANGTZE RIVER RESERVE JIANG’ AN-CHONGQING SECTION IN THE EARLY PERIOD OF FISHING BAN

水生生物学报. 2024, 48(4): 558–567 <https://doi.org/10.7541/2024.2023.0122>

柳江鱼类群落结构及多样性研究

PATTERN OF FISH ASSEMBLAGE STRUCTURE AND DIVERSITY IN LIUJIANG RIVER

水生生物学报. 2022, 46(3): 375–384 <https://doi.org/10.7541/2022.2021.013>

长江中游宜昌江段鱼类早期资源现状及水文影响条件

THE STATUS OF THE EARLY-STAGE FISH RESOURCES AND HYDROLOGIC INFLUENCING CONDITIONS IN THE YICHANG SECTION IN THE MIDDLE REACHES OF THE YANGTZE RIVER

水生生物学报. 2020, 44(5): 1055–1063 <https://doi.org/10.7541/2020.122>



关注微信公众号，获得更多资讯信息

doi: 10.7541/2025.2024.0328

CSTR: 32229.14.SSSWXB.2024.0328

禁渔初期长江中游沅水流域鱼类群落结构及其历史变化

张棠斯^{1,2} 刘良国² 罗丛强² 谢晓² 孙远东¹

(1. 湖南科技大学生命科学与健康学院, 湘潭 411100; 2. 湖南文理学院生命与环境科学学院, 水产生物资源与环境生态湖南省工程研究中心, 动物学湖南省高校重点实验室, 常德 415000)

摘要: 为了解禁渔初期长江中游沅水流域鱼类群落结构特征及其历史变化, 于2022—2023年采用传统的渔具捕捞法, 对沅水流域的7个采样站点进行鱼类资源调查, 共采集鉴定鱼类120种, 隶属9目19科69属, 其中鲤形目鱼类最多(85种), 占70.83%, 在科级分类单元, 以鲤科鱼类最多(73种), 占60.83%; 优势种有细鳞鲮(*Plagiognathops microlepis*)、银鲃(*Squalidus argentatus*)、鳊(*Aristichthys nobilis*)、伍氏华鲮(*Sinibrama wui*)、鲤(*Cyprinus carpio*); 生态习性、食性、栖息地类型分别以湖沼定居型(53.33%)、杂食性(65.00%)和底栖型(43.33%)鱼类为主; 不同采样站点的鱼类多样性指数存在差异, 季节变化上春夏季的鱼类多样性指数均大于秋冬季; 群落相似性及聚类分析表明, 沅水鱼类可分为4个类群, 除靖州和洪江的鱼类群落呈中等相似外, 其余站点之间均呈中等不相似。与禁渔前十年(2010—2011年)的鱼类调查结果比较, 禁渔初期沅水土著鱼类物种数增加15种, 其中鳊(*Ochetobius elongatus*)、白甲鱼(*Onychostoma simum*)、瓣结鱼(*Folifer brevifilis*)、湘华鲮(*Decorus tungtin*)等珍稀特有鱼类频繁出现; 在鱼类群落中, 小型鱼类数量和重量占比相对下降, 中大型鱼类数量和重量占比相对上升; 一些常见经济鱼类的平均体重比禁渔前明显增加。调查结果表明, 沅水流域十年禁渔效果初步显现, 但与20世纪70—80年代鱼类资源相比仍然存在差距, 沅水水电梯级开发等其他人类活动对鱼类资源的影响依然存在。研究为沅水及长江流域后续禁渔、鱼类增殖放流和渔业渔政部门管理等工作提供参考。

关键词: 十年禁渔初期; 沅水流域; 鱼类资源; 多样性指数; 群落结构

中图分类号: S932.4 文献标识码: A 文章编号: 1000-3207(2025)05-052501-10



沅水是长江中游洞庭湖水系一级支流, 起源于贵州省东南部, 在贵州境内称清水江, 东流至湖南境内洪江市与澧水汇合后始称沅水。沅水是湖南省的第二大河流, 在湖南境内干流全长568 km, 流域面积51066 km², 流经洪江、辰溪、泸溪、沅陵、桃源等县市, 中途接纳澧水、巫水、溆水、辰水、武水、酉水等多个支流, 最后于常德德山注入洞庭湖; 沅水流域属亚热带季风气候区, 降雨量充沛, 具有河流、水库和湿地等多种生境类型。沅水流域充足的水资源和多样的水域生态环境为鱼类生长创造了优越的条件, 鱼类资源非常丰富。据邓中彝等^[1]1989年对沅水鱼类资源的调查并结合有关资料报道, 沅水水系有鱼类135种, 隶属6目16科

77属, 其生态类型多样, 包括河海洄游型鱼类如鳗鲡(*Anguilla japonica*), 河湖洄游型鱼类如“四大家鱼”、鳊(*Elopichthys bambusa*)、鳊(*Ochetobius elongatus*)等, 喜流水鱼类如泸溪直口鲮(*Rectoris luxiensis*)、湘华鲮(*Sinilabeo tungting*)、小口白甲鱼(*Onychostoma sima*)、瓣结鱼(*brevifilis brevifilis*)等, 湖沼定居型鱼类如鲫(*Carassius auratus*)、鲤(*Cyprinus carpio*)、鲃(*Silurus asotus*)、鲮属、黄颡鱼属鱼类等多种类型。

近几十年来, 由于频繁的人类活动如过度捕捞, 涉水工程, 工业生活废水污染, 特别是沅水主干和支流水电梯级的相继开发, 对沅水鱼类物种资源特别是洄游和半洄游性鱼类资源造成了极大影响, 江

收稿日期: 2024-08-31; 修订日期: 2024-10-22

基金项目: 国家重点研发计划(2022YFD2400102); 国家自然科学基金(31572619)资助 [Supported by the National Key R & D Program of China (2022YFD2400102); the National Natural Science Foundation of China (31572619)]

作者简介: 张棠斯(2000—), 女, 硕士研究生; 主要研究方向为鱼类资源多样性与保护利用研究。E-mail: zxc2226652@163.com

通信作者: 刘良国, 博士, 教授; 主要研究方向为水生动物资源与遗传育种。E-mail: llg1818@126.com

河生态系统遭受严重破坏, 沅水鱼类资源多样性呈明显下降趋势, 一些珍稀特种类如中华鲟(*Acipenser sinensis*)、鲟(*Tenulosa reevesii*)、鳊、胭脂鱼(*Myxocyprinus asiaticus*)、鳙等已经极少看到甚至绝迹^[2-4]。农业农村部通告从2021年1月1日开始全面实施的长江十年禁渔政策, 其目的就是保护长江流域水生生态系统, 保护并恢复长江鱼类多样性^[5]。随着长江流域十年禁渔的实施, 鱼类捕捞压力消除, 水域生态环境逐渐向好, 在此背景下, 长江流域鱼类群落结构将会发生怎样的改变? 为了了解这一状况, 本研究以长江中游沅水流域鱼类资源为对象, 于2022—2023年对沅水干流及其部分支流进行鱼类资源监测, 分析沅水流域鱼类群落结构特征, 并与禁渔前的沅水鱼类资源调查数据作比较, 探讨禁渔初期沅水流域的鱼类资源变化, 为进一步做好沅水乃至长江流域后续禁渔、鱼类增殖放流和渔业渔政部门管理等工作提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查方法

2022年3月—2023年12月, 在湖南境内沅水流

域共设7个采样点, 分别为靖州、洪江、辰溪、龙山、永顺、沅陵、常德江段, 其中干流4个, 支流3个(图1)。靖州采样点位于沅水支流渠水, 是流水河段, 河道较窄; 洪江采样点位于洪江水电站坝下江段约7.7 km, 河道宽阔, 水流较急; 辰溪采样点在大沅潭水电站坝下江段约9.2 km, 在沅水干流和支流辰水的交汇处, 为流水河段, 流速较快, 河水较浅; 龙山和永顺采样点位于沅水支流酉水, 是流水河段, 河道狭窄; 沅陵采样点位于五强溪水库库区, 河道宽阔, 水流较为平缓; 常德采样点距上游桃源水电站约48 km, 下游与西洞庭湖相连, 河道宽阔, 近似湖泊生态环境。每个采样点分春夏(3—6月)和秋冬(9—12月)季节进行调查采样, 以区域性采样为主, 一年两次, 每次调查时间10d。

经湖南省农业农村厅批准, 通过与当地渔政部门与渔民协商约定, 采取传统的渔具捕捞法进行鱼类资源样本采集。捕捞网具以刺网(网目规格100、70、50、30和10 mm)和地笼为主, 辅以流刺网(网目规格120和100 mm), 每次采样使用每种规格刺网的数量为两条, 每条刺网的长度为100 m, 地笼总长度为200 m, 于先天下午放网, 第二天早上收

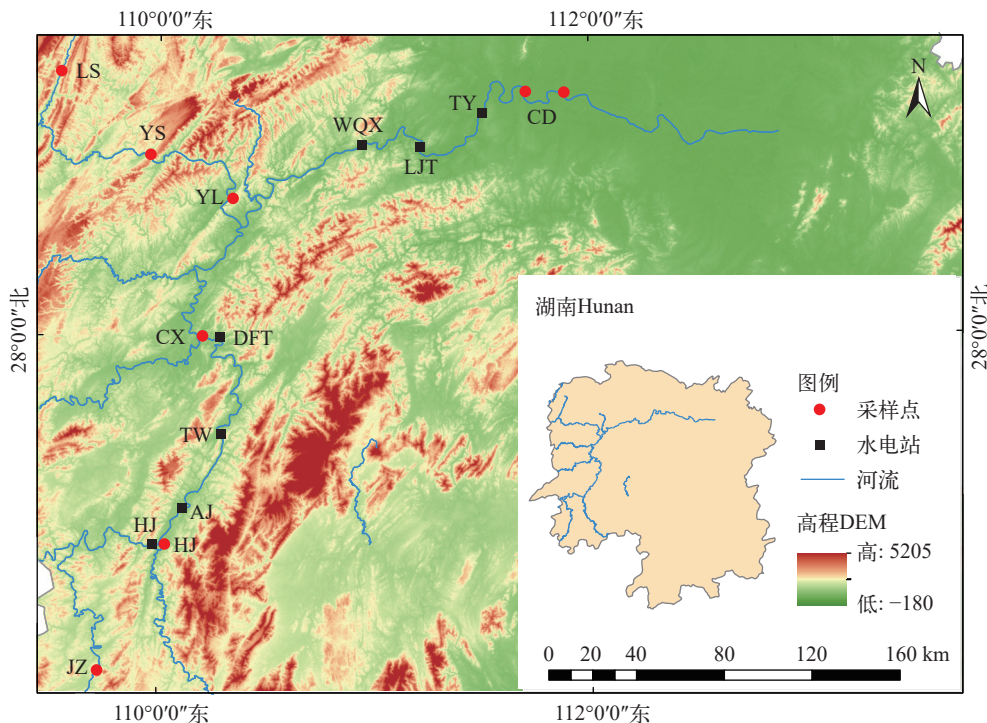


图1 沅水鱼类资源调查采样点区位图

Fig. 1 The sampling sites of fish resources investigation in the Yuan River

采样点: JZ. 靖州; HJ. 洪江; CX. 辰溪; LS. 龙山; YS. 永顺; YL. 沅陵; CD. 常德; 水电站: HJ. 洪江水电站; AJ. 安江水电站; TW. 铜湾水电站; DFT. 大沅潭水电站; WQX. 五强溪水电站; LJT. 凌津滩水电站; TY. 桃源水电站; 下同

Sampling sites: JZ. Jingzhou; HJ. Hongjiang; CX. Chenxi; LS. Longshan; YS. Yongshun; YL. Yuanling; CD. Changde; Hydropower station: HJ. Hongjiang hydropower station; AJ. Anjiang hydropower station; TW. Tongwanhydropower station; DFT. Dafutan hydropower station; WQX. Wuqiangxi hydropower station; LJT. Lingjintan hydropower station; TY. Taoyuan hydropower station; the same applies below

网, 单次放网时间约10h。对采集的渔获物进行物种鉴定、现场拍照、测量并记录体长和体重, 将不能确认的种类冷冻带回实验室鉴定。物种的鉴定与分类主要依据《中国动物志—硬骨鱼纲—鲤形目(上卷)》《中国动物志—硬骨鱼纲—鲤形目(中卷)》《中国动物志—硬骨鱼纲—鲤形目(下卷)》《中国动物志—硬骨鱼纲—鲇形目》《湖南鱼类志》《中国淡水鱼类检索》《Fishes of the World (Fifth edition)》^[6-12]。

1.2 数据处理与分析

鱼类优势种分析 采用相对重要性指数(Index of relative importance, IRI)分析沅水鱼类优势度, 计算公式:

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

式中, N 为一种鱼类的尾数占总尾数的百分比(%), W 为该鱼类的重量百分比(%), F 为该鱼类出现的频率, 即出现的站点占总站点的百分比(%)。为了解各种鱼类在群落中的重要性, 将相对重要性指数 $IRI \geq 1000$ 的种类定为优势种, $100 \leq IRI < 1000$ 的定为常见种^[13, 14]。

多样性指数分析 统计所用数据为2022—2023年调查采样的总和, 渔获物统计所用渔具为刺网和地笼, 渔具的规格和数量不变, 运用以下公式计算鱼类多样性:

Shannon-Wiener多样性指数(H'):

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

Pielou均匀度指数(E): $E = H' / \ln S$

Margalef物种丰富度指数(D)= $(S - 1) / \ln N$

群落相似性分析 鱼类群落相似性采用Jaccard相似性指数计算, 基于Jaccard距离对鱼类群落聚类分析公式:

Jaccard相似性指数(Q): $Q = j / (a + b - j)$

Jaccard距离(J): $J = 1 - Q$

式中, P_i 为第 i 个物种的个体数与总个体数的比值, S 为群落中总物种数, N 为群落中所有个体数量, a 为A群落的物种数, b 为B群落的物种数, j 为两群落共有的物种数。当 $0 \leq Q < 0.25$ 时, 两群落物种组成极不相似, $0.25 \leq Q < 0.5$ 时, 为中等不相似, $0.5 \leq Q < 0.75$ 时, 为中等相似, $0.75 \leq Q < 1$ 时, 为极度相似。

2 结果

2.1 鱼类物种组成

2022—2023年在沅水流域7个采样点共采集鱼类12033尾, 总重2990.82 kg, 鉴定为120种, 隶属9目19科69属。其中, 2022年监测到83种, 2023年监测

到106种, 种类数比2022年增长27.71%。在连续两年监测到的120种鱼中, 鲤形目85种, 占总种类数的70.83%, 其次是鲇形目17种占14.17%, 鲈形目9种占7.50%, 虾虎鱼目4种占3.33%, 其他目的物种数均仅为1种; 在科级分类阶元, 以鲤形目鲤科鱼类为最大类群, 有73种, 占总物种数的60.83%; 其次是鲇形目的鲿科13种和鲈形目的鲈科8种, 分别占总物种数的10.83%、6.67%; 沙鳅科5种、花鳅科3种, 各占4.17%、2.50%; 爬鳅科、鲃科、鰕鳃科和沙塘鳢科各2种; 胭脂鱼科、鳊科、鱖科、鳢科等10科各1种。

在120种沅水鱼类中, 长江特有种有拟尖头鮠、紫薄鳅、洞庭孟加拉鲮等14种; 外来种有镜鲤、松浦镜鲤、大鳞鲃、麦瑞加拉鲮、蓝鳃太阳鱼、斑点叉尾鲴6种; 列入《中国生物多样性红色名录》^[15]受胁物种18种, 包括极危(CR)物种鳢、胭脂鱼、长须黄颡鱼3种, 易危(VU)物种厚颌鲂、小口白甲鱼、稀有白甲鱼、紫薄鳅、细体拟鲃5种, 近危(NT)物种鳊、南方鳅鲃、瓣结鱼、白甲鱼、长吻鲃、漓江鳅、中国少鳞鳅、暗鳅、长身鳅、波纹鳅10种; 国家二级重点保护野生动物有胭脂鱼1种; 湖南省重点保护野生动物有南方鳅鲃、铜鱼、暗鳅、长身鳅等14种。

2.2 鱼类优势种

禁渔初期(2022—2023年)沅水全流域鱼类优势种共有5种, 根据相对重要性指数(Index of relative importance, IRI)由大到小排序依次为细鳞鲴、银鮡、鳊、伍氏华鳊和鲤, 优势种数量和重量占比分别为32.56%和42.21% (表1)。

在不同季节和不同采样江段, 鱼类优势种存在差异。在不同季节, 春夏季沅水全流域优势种按相对重要性指数由高到低依次为鳊、鲢、银鮡、伍氏华鳊、细鳞鲴、鲤6种; 秋冬季全流域优势种依次为细鳞鲴、拟尖头鮠、银鮡、鳊、鲤、伍氏华鳊、蛇鮡、鳙8种。在不同采样江段, 常德优势种有鳊、鲢、银鮡、蛇鮡、鳙5种; 沅陵优势种有拟尖头鮠、鳙、鲤、细鳞鲴4种; 永顺优势种有翘嘴鮠、鳙、大眼鳅、拟尖头鮠、银鮡5种; 龙山优势种有贝氏鲈、鳙、伍氏华鳊、鲈、银鮡、蛇鮡、南方拟鲈7种; 辰溪优势种有银鮡、伍氏华鳊、鲤、草鱼、鲫、细鳞鲴6种; 洪江优势种为细鳞鲴、伍氏华鳊、银鮡、鲤4种; 靖州优势种为伍氏华鳊、鲫、鲤3种。

2.3 鱼类生态类型

根据鱼类的生态习性^[16], 可将沅水鱼类分为河湖洄游型、湖沼定居型(喜缓流或静水)、河流型

(喜流水)3类, 河湖洄游型鱼类包括短颌鲚、鳊、鳊、鳊、草鱼、青鱼、鳊等19种, 占总物种数的15.83%; 湖沼定居型鱼类包括鲃类、鲃亚科、黄颡鱼属、鲤、鲫等64种, 占总物种数的53.33%; 河流型鱼类包括瓣结鱼、中华倒刺鲃、白甲鱼、稀有白甲鱼等37种, 占总物种数的30.83%。此次调查未发现江海洄游性鱼类。

根据鱼类的摄食习性^[17], 可将沅水鱼类分为杂食性、肉食性、植食性3类(表1), 杂食性鱼类包括大多数鲤科、鳅类、鲃科等78种, 占总物种数的65.00%; 肉食性鱼类包括鲃类、鳊属、沙塘鳢属等34种, 占总物种数的28.33%; 植食性鱼类包括黄尾鲮、鳊、伍氏华鳊等8种, 占总物种数的6.67%。

根据鱼类的栖息水层^[18], 可将沅水鱼类分为中

上层、中下层、底栖3类(表1)。中上层鱼类包括鲃、拟尖头鲃、大眼鳊等39种, 占总物种数的32.50%, 中下层鱼类包括细鳞鲮、银鲃、白甲鱼等29种, 占总物种数的24.17%; 底栖鱼类包括鳊类、鳊科、塘鳢科等52种, 占总物种数的43.33%。

2.4 鱼类多样性时空分布

在不同采样点, 鱼类物种数的分布为常德68种, 沅陵59种, 永顺51种, 龙山39种, 辰溪38种, 洪江58种, 靖州45种。Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef丰富度指数的变化范围分别为2.41—3.15、5.40—8.36, 其中, 常德、沅陵和洪江3个采样点的Shannon-Wiener指数和Margalef指数较高, 鱼类物种多样性较丰富, 这可能与这3个采样点位于沅水干流, 河道宽阔, 鱼类饵料资源丰富有关; 靖州、永

表1 湖南沅水鱼类优势种及相对重要性指数

Tab. 1 Dominant species and relative importance index of fish in the Yuanshui River of Hunan Province

江段/季节 River section/ Season	种类 Species	尾数占比 N (%)	重量占比 W (%)	相对重 要性 指数 IRI	江段/季节 River section/ Season	种类 Species	尾数占比 N (%)	重量占比 W (%)	相对重 要性 指数 IRI
沅水全流域 Yuanshui	细鳞鲮 <i>P. microlepis</i>	5.41	14.04	1945	辰溪Chenxi	银鲃 <i>S. argentatus</i>	33.20	3.70	3691
	银鲃 <i>S. argentatus</i>	14.17	0.66	1483		伍氏华鳊 <i>S. wui</i>	18.34	15.17	3351
	鳊 <i>A. nobilis</i>	0.85	15.72	1420		鲤 <i>C. carpio</i>	2.29	31.04	3334
	伍氏华鳊 <i>S. wui</i>	10.60	2.10	1270		草鱼 <i>C. idellus</i>	0.60	14.38	1498
	鲤 <i>C. carpio</i>	1.53	9.69	1122		鲫 <i>C. auratus</i>	9.27	5.01	1428
春夏季(全流 域)Spr. & Sum.	鳊 <i>A. nobilis</i>	1.28	23.35	2463	龙山Longshan	细鳞鲮 <i>P. microlepis</i>	3.09	10.99	1408
	鲢 <i>H. molitrix</i>	1.47	17.96	1942		贝氏鲮 <i>H. bleekeri</i>	19.37	8.60	2797
	银鲃 <i>S. argentatus</i>	14.67	0.61	1528		鳊 <i>A. nobilis</i>	0.80	21.94	2274
	伍氏华鳊 <i>S. wui</i>	12.58	2.12	1470		伍氏华鳊 <i>S. wui</i>	13.96	8.30	2226
	细鳞鲮 <i>P. microlepis</i>	3.15	8.09	1124		鲮 <i>H. leucisculus</i>	11.26	4.62	1588
秋冬季(全流 域)Aut. & Win.	鲤 <i>C. carpio</i>	1.53	9.19	1071	银鲃 <i>S. argentatus</i>	11.62	2.36	1398	
	细鳞鲮 <i>P. microlepis</i>	7.18	18.78	2597	蛇鲃 <i>S. dabryi</i>	7.09	5.06	1215	
	拟尖头鲃 <i>C. oxycephaloides</i>	5.83	11.59	1742	南方拟鲃 <i>P. dispar</i>	4.39	5.87	1026	
	银鲃 <i>S. argentatus</i>	13.77	0.70	1448	永顺Yongshun	翘嘴鲃 <i>C. alburnus</i>	19.95	30.96	5091
	鳊 <i>P. pekinensis</i>	2.72	9.54	1226		鳊 <i>A. nobilis</i>	0.72	28.71	2943
	鲤 <i>C. carpio</i>	1.53	10.09	1162		大眼鳊 <i>S. kneri</i>	7.74	6.18	1392
	伍氏华鳊 <i>S. wui</i>	9.05	2.08	1113	拟尖头鲃 <i>C. oxycephaloides</i>	4.97	8.07	1304	
	蛇鲃 <i>S. dabryi</i>	9.89	0.83	1071	银鲃 <i>S. argentatus</i>	11.69	0.70	1239	
鳊 <i>A. nobilis</i>	0.50	9.64	1014	沅陵Yuanling	拟尖头鲃 <i>C. oxycephaloides</i>	19.19	23.62	4281	
靖州Jingzhou	伍氏华鳊 <i>S. wui</i>	41.81	20.61		6242	鳊 <i>A. nobilis</i>	3.17	34.55	3771
	鲫 <i>C. auratus</i>	11.07	23.29		3436	鲤 <i>C. carpio</i>	3.23	11.05	1428
	鲤 <i>C. carpio</i>	1.80	8.51	1031	细鳞鲮 <i>P. microlepis</i>	7.82	2.28	1010	
洪江Hongjiang	细鳞鲮 <i>P. microlepis</i>	23.21	52.33	7554	常德Changde	鳊 <i>P. pekinensis</i>	9.00	17.03	2603
	伍氏华鳊 <i>S. wui</i>	13.96	3.19	1715		鲢 <i>H. molitrix</i>	2.08	17.78	1986
	银鲃 <i>S. argentatus</i>	15.51	0.69	1620		银鲃 <i>S. argentatus</i>	18.10	0.30	1840
	鲤 <i>C. carpio</i>	1.22	12.14	1336		蛇鲃 <i>S. dabryi</i>	13.96	0.31	1427
					鳊 <i>A. nobilis</i>	0.79	13.43	1422	

顺、龙山的Shannon-Wiener指数和Margalef指数相对较低, 这可能与这3个采样点均位于沅水支流有关, 靖州采样点位于支流渠水, 永顺、龙山采样点位于支流酉水, 渠水、酉水支流均为流水江段, 河道狭窄, 鱼类物种多样性相对较低。辰溪采样点位于沅水主干, 但鱼类物种多样性也相对较低, 这可能与该采样点为流水河段, 流速较快, 河水较浅有关。7个采样点的Pielou均匀度指数为0.63—0.77, 整体处于较高水平, 变化范围不大, 说明各站点的鱼类群落物种分布均匀(图2)。

不同季节的鱼类物种数分别为春夏季100种, 秋冬季96种。春夏季Shannon-Wiener指数、Margalef指数和Pielou指数分别为3.53、11.55和0.77; 秋冬季Shannon-Wiener指数、Margalef指数和Pielou指数分别为3.39、10.78和0.74(图3), 春夏季的3项多样性指数均大于秋冬季, 这与多数鱼类的产卵期在春夏季有关, 春夏季鱼类的产卵与索饵活动比秋冬季频繁, 易监测到更多物种。

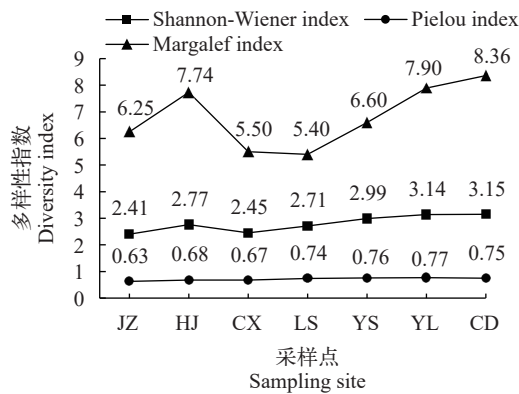


图2 沅水鱼类多样性指数空间变化

Fig. 2 Spatial variation of fish diversity index in Yuanshui River

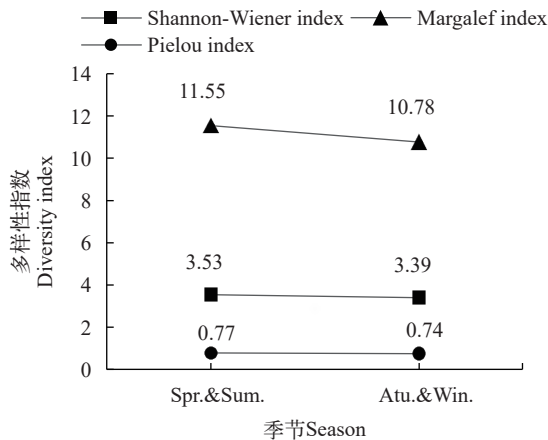


图3 沅水鱼类多样性指数季节变化

Fig. 3 Seasonal variation of fish diversity index in Yuanshui River

2.5 各江段鱼类群落相似性

采用Jaccard相似性指数对沅水鱼类群落相似性进行分析, 同为上游的洪江与靖州的相似性指数大于0.5, 呈中等相似, 其余采样点之间的相似性指数均大于0.25且小于0.5, 呈中等不相似。沅陵与常德的相似性指数总体大于两者与上游辰溪、洪江、靖州任一采样点的相似性指数, 同为支流的龙山与永顺之间的鱼类群落相似性指数大于两者与常德、沅陵、辰溪、洪江任一干流采样点的相似性指数(图4)。

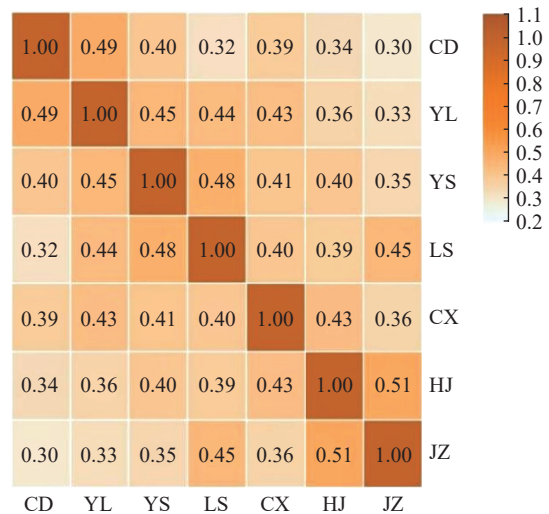


图4 湖南沅水鱼类群落相似性

Fig. 4 Spatial similarity of fish community in Yuanshui River

7个采样江段鱼类群落除洪江与靖州呈中等相似外, 其余采样点之间呈中等不相似, 这与不同江段的地形条件、水体特性、地理距离和水电大坝的阻隔密切相关。洪江与靖州的鱼类群落呈中等相似, 这主要与两个采样点同处于上游水域流水性水体、地理距离较近有关。沅陵五强溪水库采样点河道较宽, 水流较平缓, 适于多种湖沼定居型鱼类如拟尖头鮠、蛇鮠、鳊属鱼类等栖居, 常德江段与西洞庭湖相连, 河道宽阔, 近似于湖泊生境, 同样适于湖沼定居型鱼类栖居, 因而常德江段与沅陵五强溪水库江段的鱼类群落存在一定的相似性。龙山与永顺之间的鱼类群落存在一定的相似性, 则与这两个采样点同处于酉水支流、流水性水体、无大坝阻隔, 距离相近有关。

根据Jaccard距离对各采样江段鱼类群落进行聚类分析(图5), 沅水鱼类群落可分为4个类群, 其中, 沅水中下游的沅陵和常德聚为一个类群, 沅水支流永顺和龙山聚为一个类群, 沅水上游靖州和洪江聚为一个类群, 辰溪单独为一个类群。沅水鱼类

群落聚类为4个类群,反映了这4个类群所处江段的生境相似性和差异。

2.6 十年禁渔前后鱼类资源变化

因1989年邓中彝等^[1]对沅水鱼类的调查结果缺少完整的鱼类名录及各种类的尾数、重量数据,我们采用比较完整的刘良国等^[3]2010—2011年沅水鱼类调查数据与本次调查作比较。刘良国等^[3]将沅水分成怀化、五强溪水库和常德3个江段,为便于与2010—2011年鱼类调查结果进行比较,我们将本研究的靖州、辰溪、洪江归为怀化江段,龙山、永顺、沅陵归为五强溪水库江段,常德江段不变。本次调查共采集鉴定沅水土著鱼类114种,比十年前调查到的物种数(99种)多15种,比沅水流域历史记载最多种类(135种)少21种^[1]。整个沅水流域鱼类尾均重是248.55 g,与十年前尾均重(52.68 g)相比增长371.8% (表2)。

本文将禁渔前后怀化、五强溪水库和常德江段渔获物重量占比排名前十的鱼类物种进行列表对比,从表3可见,禁渔前后渔获物结构发生了明显变化:禁渔前一些数量和重量占比均占优势的小型鱼类,如银鮡、蛇鮡、黄颡鱼、光泽黄颡鱼、子陵吻虾虎鱼等禁渔后其优势相对降低,而一些禁渔前重量占比不占优势的中大型鱼类,如拟尖头鮠、鲂、细鳞鲴、黄尾鲴等,禁渔后优势明显。这种现象在怀化和常德江段表现比较突出,五强溪水库在禁渔前十年由于发展水库养殖,鲢、鳙、鲤、翘嘴鲌等中大型鱼类的数量和重量占比较高,本次调查仍然占有较高比例;在3个江段的主要渔获物中,禁

渔前后存在一些数量和重量占比较高的相同种类,如怀化江段的鲤、伍氏华鳊,五强溪水库的鳙、鲤、翘嘴鲌,常德江段的鲤、鳊、翘嘴鲌,但是,这些相同鱼类的数量占比大多数为禁渔后高于禁渔前,且大多数种类的平均体重禁渔后远高于禁渔前,反映了禁渔初期良好的禁捕效果。

3 讨论

3.1 禁渔初期沅水流域鱼类资源现状

本次调查共鉴定沅水流域鱼类120种,隶属9目19科69属,其中鲤形目85种,占总种类数的70.8%,其次是鲇形目(17种)、鲈形目(9种)和虾虎鱼目(4种),其余各目均为1种。监测到国家二级重点保护动物胭脂鱼,湖南省重点保护动物14种,列入2021版《中国生物多样性红色名录》中极危(CR)、易危(VU)、近危(NT)等级受胁物种18种。自1989年有过报道但在近30年来没有发现的沅水主要经济鱼类如白甲鱼、稀有白甲鱼、湘华鲮和瓣结鱼等,本次调查又重现中上游水域。这说明禁渔后沅水鱼类捕捞压力解除,水域生态变好,沅水流域珍稀野生鱼类资源呈明显恢复的态势。

从鱼类物种种类组成上分析,沅水鱼类的生态类型以湖沼定居型、杂食性和底栖型为主:湖沼定居型鱼类占比(53.33%)高于河流型(30.83%)和河湖洄游型(15.83%),杂食性鱼类占比(65.00%)高于肉食性(28.33%)和植食性(6.67%),底栖型鱼类占比(43.33%)高于中上层(32.50%)和中下水层(24.17%)。本文从鱼类物种种类的数量占比上分析了沅水各江段鱼类的生态习性,与鱼类物种种类组成的分析结果一致,各江段鱼类物种种类数量也是以湖沼定居型鱼类占优势,这与沅水大多江段长期处于一种缓流或类似静水的湖泊生境有关,沅水下游常德江段与洞庭湖相连,常德江段往上是一座被水电大坝分隔的梯级水库,常德江段和梯级水库的库区均为类似静水湖泊的生态环境,适合湖沼定居型鱼类的栖居和生长。沅水杂食性鱼类如大多数鲤科、鳅类、鲮科等鱼类在种类数上的占比高达65.00%,

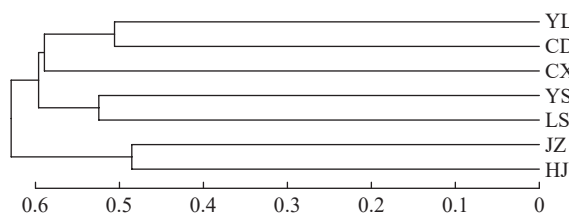


图5 沅水鱼类群落结构聚类

Fig. 5 Cluster of fish assemblages in the Yuanshui River

表2 禁渔前后沅水鱼类物种、数量和重量比较

Tab. 2 Differences in species number, quantity, and weight of fish in Yuanshui River before and after the fishing ban

年份Year	调查区域Research area	物种数Species	数量(尾)Quantity	重量Weight (kg)	平均重量Average weight (g)
2022—2023	怀化Huaihua	76	4145	844.81	203.82
	常德Changde	67	3022	1200.26	397.36
	五强溪水库Wuqiangxi Reservoir	80	4866	945.18	194.24
2010—2011	怀化Huaihua	69	4036	126.32	31.30
	常德Changde	77	4646	173.60	37.37
	五强溪水库Wuqiangxi Reservoir	66	4440	391.38	88.15

这与这些鱼类的饵料来源广, 对水域环境的适应力强, 生存优势大密切相关, 正因如此, 这些鱼类在数量上的占比(57.09%)也具有明显优势。沅水底栖鱼类多为花鳅科、沙鳅科、爬鳅科和鲮科鱼类, 它们在沅水中占比较高, 这与这些鱼类分布的江段河床多卵石或淤泥, 具有丰富的食物来源如浮游生物和藻类等相关。

本次调查到的沅水流域鱼类Shannon-Weiner多样性指数、Pielou均匀度指数和Margalef丰富度指数均处于较高水平。在不同季节, 春夏季的Shannon-Wiener指数、Margalef指数和Pielou指数高于秋冬季, 物种总数比秋冬季多4种, 在春夏季监测到的大鳞副泥鳅、长体小鰾、河川沙塘鳢等

27种鱼类在秋冬季没有发现, 这主要与天气水温变化有关, 春夏季水温上升, 是多数鱼类的繁殖产卵期, 鱼类索饵活动更频繁。而秋冬季水温较低, 鱼类的新陈代谢降低, 活动减少, 或进入深水区越冬, 如大鳞副泥鳅在冬季水温下降至5℃以下时, 即钻入泥中(20—30) cm越冬, 不易被监测到。在秋冬季可以检测到的白甲鱼、小口白甲鱼、紫薄鳅等22种鱼类在春夏季也没有发现, 这可能与这些鱼类多为底栖鱼类, 秋冬季节河流水位降低便于捕捞有关。

3.2 禁渔后沅水流域鱼类资源变化分析

本次禁渔初期的鱼类资源调查表明, 沅水现有土著鱼类114种, 比禁渔前十年(2010—2011年)刘良国等^[3]调查到的物种数(99种)多15种, 渔获物尾

表3 禁渔前后各江段主要渔获物种类、数量、重量变化

Tab. 3 Changes in major catch species, quantity, and weight in each river section before and after the fishing ban

江段 River section	2010—2011年				2022—2023年			
	种类 Species	数量占比 N (%)	重量占比 W (%)	均重 Average weight (g)	种类 Species	数量占比 N (%)	重量占比 W (%)	均重 Average weight (g)
怀化 Huaihua	银鲃	32.86	16.87	16.07	细鳞鲃	11.12	42.68	782.09
	黄颡鱼	10.92	14.52	41.63	鲤	1.66	15.00	1836.44
	鲤	1.13	13.48	372.76	草鱼	0.63	6.15	1999.90
	伍氏华鳊	5.92	11.78	62.33	伍氏华鳊	24.00	6.13	52.06
	鲃	2.10	10.77	160.40	黄尾鲃	1.09	4.15	778.89
	鲫	5.28	8.19	48.55	湘华鲮	0.60	3.23	1091.05
	蒙古鲃	0.79	4.35	171.32	鲫	6.97	3.19	93.37
	马口鱼	6.72	3.98	18.54	拟尖头鲃	1.35	2.56	386.41
	大鳍鲃	1.62	2.51	48.62	翘嘴鲃	1.09	1.87	350.89
五强溪水库 Wuqiangxi Reservoir	粗唇鲃	1.69	2.40	44.34	稀有白甲鱼	1.16	1.57	275.96
	鳊	0.68	24.39	3140.00	鳊	1.52	32.05	4093.27
	鲤	0.97	11.26	1025.36	拟尖头鲃	8.10	17.64	423.05
	蒙古鲃	2.79	9.98	315.12	翘嘴鲃	8.51	9.26	211.50
	鳊	3.77	9.64	225.20	鲤	1.54	8.79	1107.16
	翘嘴鲃	1.23	8.63	620.78	鲢	0.51	4.47	1691.47
	大眼鳊	7.64	7.12	82.10	大眼鳊	4.54	2.44	104.24
	鲮	30.49	6.63	19.16	黄尾鲃	0.70	2.40	666.46
	银鲃	27.67	5.72	18.22	细鳞鲃	2.55	1.59	120.95
	光泽黄颡鱼	16.55	5.40	28.75	瓦氏黄颡鱼	1.73	1.45	163.68
常德 Changde	鲃	1.4	4.45	280.14	草鱼	0.21	1.44	1357.65
	鲫	13.62	18.10	49.64	鲢	2.08	17.78	3388.68
	鲤	1.12	12.59	418.18	鳊	9.00	17.03	751.71
	黄颡鱼	8.78	9.82	41.77	鳊	0.79	13.43	6719.54
	鲃	2.17	9.43	162.65	鲤	1.32	6.66	2000.37
	鳊	2.84	8.02	105.35	拟尖头鲃	2.32	3.75	643.73
	翘嘴鲃	0.59	5.65	355.84	细鳞鲃	2.18	3.69	671.36
	蒙古鲃	1.13	5.36	176.60	黄尾鲃	2.51	3.46	547.15
	蛇鲃	5.83	4.85	31.06	瓦氏黄颡鱼	5.00	3.44	273.77
	银鲃	10.08	4.47	16.57	翘嘴鲃	1.46	3.37	919.05
子陵吻虾虎鱼	17.26	3.09	6.69	鲂	1.36	3.06	895.69	

均重与十年前相比增长371.8%, 鱼类物种数的增多和渔获物尾均重的增长, 说明禁渔初期的禁捕效果明显。怀化、五强溪水库江段的物种数均多于十年前同江段数据, 但常德江段比十年前少10种(表2), 这可能与本次调查采样点的选取、采用渔具、网次和时长等有关。本次常德江段采样点的选取主要依据设立的水产种质资源保护区而定, 选择沅水下游的牛鼻滩和滨江路两个水域, 而十年前的采样点还包括河汊、隰市、漳江等水域, 调查网具本次主要采用定置刺网与地笼, 十年前还使用了拖网等渔具, 这样导致一些鱼类特别是底栖鱼类本次未能捕获到。

本次调查发现, 禁渔前一些数量和重量占比具有优势的小型鱼类, 如银鮡、蛇鮡、黄颡鱼、光泽黄颡鱼、子陵吻虾虎鱼等, 禁渔后其优势相对降低; 而一些禁渔前重量占比不占优势的中大型鱼类, 如拟尖头鮠、鲂、细鳞鲌、黄尾鲌等, 禁渔后优势明显。分析认为, 小型鱼类的减少可能与食物链的动态调整有关, 禁渔后, 由于中大型鱼类没有天敌, 加之捕捞压力消除, 其数量增加, 相应挤压了小型鱼类的捕食空间; 一些肉食性中大型鱼类直接以小型鱼类为食, 从而导致过去占比较高的一些小型鱼类禁渔后其占比相对下降。此外, 随着禁渔政策的实施, 沅水流域的生态环境逐渐改善, 一些越冬候鸟的数量上升, 它们以小型鱼类为食, 可能也是引起小型鱼类比例减少的原因。

然而, 本次调查沅水土著鱼类物种数与沅水梯级水库未建成前鱼类物种数(135种)相比少21种^[1]。这说明, 禁捕虽然使一部分鱼类物种资源得以恢复, 但水电梯级开发对鱼类资源仍然存在较大影响。据查, 在禁渔前十年(2010—2011年), 沅水干流已建成投产或在建的梯级电站有10座, 沅水最大支流西水已建成梯级电站6座, 至今, 沅水干流规划建设的15座梯级电站已全部建成。在水电大坝建成后, 水域生态环境发生变化, 江河由河道型向湖泊型转变, 流速减缓、水体加深、河床底部冲刷减少、泥沙累积, 水库下泄对下游的水温、水位、水流变动影响加大, 加之河床冲刷, 导致下游鱼类产卵场的生态环境、产卵条件发生改变。由此给鱼类的繁殖与生存造成极大影响, 鱼类区系组成发生改变^[4]。例如, 在沅水五强溪江段未成水库库区之前, 一些喜流水生活的鱼类像小口白甲鱼、稀有白甲鱼、瓣结鱼、湘华鲮、泸溪直口鲮等均有分布, 随着水库大坝的建成, 这些鱼类因不适应静水环境而从库区消失或往上游迁移至上游流水江段或其他支流。这些鱼类并没有因为禁渔的实施而在库区出现或

增加, 说明水电开发引起的生境改变对鱼类资源变化的影响依然存在。

3.3 沅水鱼类资源保护建议

与2010—2011年相比, 本次调查的鱼类资源虽有明显恢复迹象, 但和1989年调查到的鱼类资源仍有一定差距, 以往的主要经济鱼类如湖南吻鮡(*Rhinogobio hunanensis*)、泸溪直口鲮在本次调查中未发现, 部分曾经的常见经济鱼类占比较低, 如小口白甲鱼在本次调查中仅有1尾(0.008%)、瓣结鱼10尾(0.08%), 说明沅水流域鱼类资源的恢复仍需要一个长久的过程。除过度捕捞外, 其他人类活动对鱼类的影响依然存在, 因此, 为了更好地保护沅水流域水域生态, 还可以从以下方面进行加强或调整: (1) 针对沅水一些重点保护和珍稀鱼类的出现, 进一步加强沅水水域特别是特有珍稀鱼类资源保护区的生态保护。本次监测到多种重要保护鱼类, 这与沅水流域设立的多个保护区如沅水特有鱼类国家级水产种质资源保护区息息相关, 这些保护区有利于维护水域生态环境的稳定性与多样性, 为濒危物种的繁殖产卵和迁徙通道提供更有力的保护, 从而恢复鱼类多样性, 促进生态平衡。(2) 持续科学且有针对性的鱼类增殖放流。可根据目标江段鱼类资源的调查结果进行有针对性的增殖放流, 并依据当地实际情况灵活调整^[19], 如本次调查到的鲢与往年相比数量和重量均明显增多, 说明沅水五强溪水库对“四大家鱼”的增殖放流对鱼类资源的补充具有重要作用。(3) 针对一些洄游性鱼类的消失、减少或不足, 如鲟、中华鲟、鳊、胭脂鱼等, 恢复一定的江湖连通性, 可在综合降水、农业生产等活动的条件下在鱼类繁殖、索饵期适当保持闸门开放, 为洄游型鱼类提供洄游通道^[20], 增加洄游型鱼类在总群落中的占比。(4) 针对一些喜流水生活的鱼类从水库库区上溯迁移至上游流水江段或其他支流现状, 如白甲鱼、湘华鲮、瓣结鱼等, 可在流水生活鱼类较多的上游或支流如龙山至永顺江段设立流水性生活鱼类资源保护区。(5) 针对沅水底栖鱼类占有较高比例的现状, 严格监督河道采砂和打击违法采砂行为, 以防底栖鱼类的栖息地与产卵场被破坏, 减轻漂浮的砂石对鱼类索饵等活动造成的不利影响^[21, 22]。

(作者声明本文符合出版伦理要求)

参考文献:

- [1] Deng Z N, Cai M Y. Effects on Yuanjiang River fish resources of Wuqiangxi water conservancy project [J]. *Freshwater Fisheries*, 1992, 22(4): 12-16. [邓中彝, 蔡明艳, 陈景星. 五强溪水利工程对沅江鱼类资源的影响

- [J]. 淡水渔业, 1992, **22**(4): 12-16.]
- [2] Xiang P, Liu L G, Wang D, *et al.* Status and historical changes of fish resources of Wuqiangxi Reservoir on Yuanshui River in Hunan Province [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2016, **28**(2): 379-386. [向鹏, 刘良国, 王冬, 等. 湖南沅水五强溪水库鱼类资源现状及其历史变化 [J]. *湖泊科学*, 2016, **28**(2): 379-386.]
- [3] Liu L G, Yang C Y, Yang P H, *et al.* Status and diversity of fish resources of Yuanshui river in Hunan Province, China [J]. *Oceanologia et Limnologia Sinica*, 2013, **44**(1): 148-158. [刘良国, 杨春英, 杨品红, 等. 湖南境内沅水鱼类资源现状与多样性分析 [J]. *海洋与湖泊*, 2013, **44**(1): 148-158.]
- [4] Liu L G, Yang C Y, Yang P H. Study on Fish Resources and Chromosomes in Dongting Lake Water Systems [M]. Beijing: Science Press, 2018: 4-5. [刘良国, 杨春英, 杨品红. 洞庭湖水系鱼类资源与染色体研究 [M]. 北京: 科学出版社, 2018: 4-5.]
- [5] Cao W X. 10-year fishing ban is an important measure for the great protection of the Yangtze River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2022, **46**(1): 1. [曹文宣. 十年禁渔是长江大保护的重要举措 [J]. *水生生物学报*, 2022, **46**(1): 1.]
- [6] Cao W X. Fauna Sinica: Osteichthyes: Cypriniformes I [M]. Beijing: Science Press, 2024: 1-318. [曹文宣. 中国动物志-硬骨鱼纲-鲤形目(上卷) [M]. 北京: 科学出版社, 2024: 1-318.]
- [7] Chen Y Y. Fauna Sinica: Osteichthyes: Cypriniformes II [M]. Beijing: Science Press, 1998: 102-448. [陈宜瑜. 中国动物志-硬骨鱼纲-鲤形目(中卷) [M]. 北京: 科学出版社, 1998: 102-448.]
- [8] Yue P Q. Fauna Sinica: Osteichthyes: Cypriniformes III [M]. Beijing: Science Press, 2000: 1-567. [乐佩琦. 中国动物志-硬骨鱼纲-鲤形目(下卷) [M]. 北京: 科学出版社, 2000: 1-567.]
- [9] Chu X L, Zheng B S, Dai D Y. Fauna Sinica: Osteichthyes: Siliuriformes [M]. Beijing: Science Press, 1999: 1-191. [褚新洛, 郑葆珊, 戴定远. 中国动物志-硬骨鱼纲-鲴形目 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 1-191.]
- [10] Wu Y A, Li H, Liao F C, *et al.* Hunan Fish Journal [M]. Beijing: Science Press, 2021: 48-442. [伍远安, 李鸿, 廖伏初, 等. 湖南鱼类志 [M]. 北京: 科学出版社, 2021: 48-442.]
- [11] Zhu S Q. The Synopsis of Freshwater Fishes of China [M]. Nanjing: Phoenix Science Press, 1995: 5-191. [朱松泉. 中国淡水鱼类检索 [M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1995: 5-191.]
- [12] Nelson J S, Grande T, Wilson V H, *et al.* Fishes of the World. Fifth edition [M]. Hoboken. New Jersey: John Wiley and Sons, 2016: 1-752.
- [13] Deng Y M, Wang Y P, Hu M Q, *et al.* Fish community diversity and environmental influencing factors in Poyang Lake before the fishing ban [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2023, **47**(2): 029314. [邓艳敏, 王银平, 胡敏琦, 等. 禁捕前鄱阳湖鱼类群落多样性及环境影响因子研究 [J]. *水产学报*, 2023, **47**(2): 029314.]
- [14] Liu L G, Xie X, Huang Y F, *et al.* Status of fish resources in Hunan Maoli Lake national wetland park [J]. *Wetland Science*, 2024, **22**(1): 25-30. [刘良国, 谢晓, 黄艳飞, 等. 湖南毛里湖国家湿地公园的鱼类资源现状 [J]. *湿地科学*, 2024, **22**(1): 25-30.]
- [15] Jiang Z G, Jiang J P, Wang Y Z, *et al.* Red list of China's vertebrates [J]. *Biodiversity Science*, 2016, **24**(5): 501-551. [蒋志刚, 江建平, 王跃招, 等. 中国脊椎动物红色名录 [J]. *生物多样性*, 2016, **24**(5): 501-551.]
- [16] Yang Z, Chen X J, Tang H Y, *et al.* Fish resources and their variation characteristics in the upstream and downstream of Yinpan Dam in Wujian River before and after the impoundment of the reservoir [J]. *Ecology and Environmental Monitoring of Three Gorges*, 2019, **4**(4): 70-81. [杨志, 陈小娟, 唐会元, 等. 乌江银盘水电站蓄水前后坝上和坝下江段的鱼类资源及其变动特征 [J]. *三峡生态环境监测*, 2019, **4**(4): 70-81.]
- [17] Liu L G, Yang P H, Yang C Y, *et al.* Status and diversity of fish resources of the Lishui river in Hunan province [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2013, **22**(9): 1165-1171. [刘良国, 杨品红, 杨春英, 等. 湖南境内澧水鱼类资源现状与多样性研究 [J]. *长江流域资源与环境*, 2013, **22**(9): 1165-1171.]
- [18] Tang C, Deng H T, Tian H W, *et al.* Analysis on the characteristics of fish community structure in the main stream section of the National Nature Reserve for Rare and Endemic Fish in the upper reaches of the Yangtze River [J]. *Journal of Fisheries of China*, 2023, **47**(2): 81-100. [唐成, 邓华堂, 田辉伍, 等. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区干流段鱼类群落结构特征分析 [J]. *水产学报*, 2023, **47**(2): 81-100.]
- [19] Zhang Z M, Yang Y, Ding H P, *et al.* Design of fish breeding and release schemes based on fish resource surveys: case study of Zhadun water control project [J]. *Journal of Hydroecology*, 2023, **44**(1): 41-48. [张志明, 杨洋, 丁慧萍, 等. 基于鱼类资源调查的增殖放流方案前期研究——以扎敦水利枢纽为例 [J]. *水生态学杂志*, 2023, **44**(1): 41-48.]
- [20] Shang K Y, Jiang M, Lin P C, *et al.* River-lake disconnection on fish taxonomic distinctness in lakes from middle and lower reaches of the Yangtze River [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2023, **47**(1): 133-150. [尚坤钰, 姜明, 林鹏程, 等. 江湖阻隔对长江中下游湖泊鱼类群落分类多样性的影响 [J]. *水生生物学报*, 2023, **47**(1): 133-150.]
- [21] Tong L L, Guo C B, Wang R, *et al.* Research status of water environment and fish resources under multiple Human disturbances in the Ganjiang River Basin: A review [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, **28**(12): 2879-2892. [仝路路, 郭传波, 王瑞,

等. 多重人类活动干扰下赣江流域水环境和鱼类资源的研究现状分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(12): 2879-2892.]

[22] Gao Y, Xie Y H, Zou D S. Review on environmental

effects and management to sand and gravel mining [J]. *Journal of Sediment Research*, 2017, 42(2): 74-80. [高耶, 谢永宏, 邹冬生. 采砂对河道生态环境的影响及对策综述 [J]. 泥沙研究, 2017, 42(2): 74-80.]

FISH COMMUNITY STRUCTURE AND ITS HISTORICAL CHANGES IN THE YUANSHUI RIVER OF MIDDLE REACHES OF THE YANGTZE RIVER DURING EARLY PERIOD OF THE FISHING BAN

ZHANG Tang-Si^{1,2}, LIU Liang-Guo², LUO Cong-Qiang², XIE Xiao² and SUN Yuan-Dong¹

(1. Hunan University of Science and Technology, Xiangtan 411100, China; 2. Zoology Key Laboratory of Hunan Higher Education, Hunan Engineering Research Center of Aquatic Organism Resources and Environmental Ecology, Hunan University of Art and Science, Changde 415000, China)

Abstract: In order to understand the structural characteristics and its historical changes in the Yuanshui River, located in middle reaches of the Yangtze River, during early period of the fishing ban, a fish resource survey was conducted at 7 sampling stations between 2022 and 2023 using traditional fishing gear. A total of 120 fish species were collected and identified, which belonged to 9 orders, 19 families, and 69 genera. The largest group was *Carpiformes*, comprising 85 species (70.83%). At the family-level, the most abundant group included 73 species (60.83%). The dominant species were *Plagiognathops microlepis*, *Squalidus argentatus*, *Aristichthys nobilis*, *Sinibrama wui*, and *Cyprinus carpio*. In terms of ecological habits, resident species (53.33%), omnivorous (65.00%), and demersal fishes (43.33%) were predominant. Fish diversity indices varied among sampling sites, with greater seasonal variation observed in spring and summer compared to fall and winter. The community similarity and clustering analyses showed that the Yuanshui River fish community could be divided into four groups. Except for Jingzhou and Hongjiang, which exhibited moderate similarity, and the rest of the sites showed moderate dissimilarity. Compared with a previous fish survey in the ten years before the fishing ban (2010—2011), the number of indigenous fish species in Yuanshui River increased by 15 species at the beginning of the fishing ban, including the frequent appearance of rare and endemic species such as *Ochetobius elongatus*, *Onychostoma simum*, *Folifer brevifilis*, and *Decorus tungtin*. In the fish community, the proportion of small-sized fish decreased and the proportion of the medium- and large-sized fish, both in terms of number and weight, increased. Additionally, the average weight of some common species showed a significant rise compared to pre-ban levels. The results of this survey suggest that the effect of the ten-year fishing ban in Yuanshui River are becoming apparent. However, there remains a gap when compared to fish resources from the 1970s and 1980s, and the impact of hydroelectricity developments along the Yuanshui River and other human activities still exist. This study provides a reference for the subsequent fishing ban, fish stocking and releasing programs, and fishery management efforts in Yuanshui River and Yangtze River Basin.

Key words: Early stage of the ten-year fishing ban; Yuanshui River; Fish resources; Diversity index; Community structure

续表 I

物种Species	生态类型Ecological guild	JZ	HJ	CX	LS	YS	YL	CD	2010—2011年
黑鳍鳈 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	SE O L	+	+					+	+
江西鳈 <i>Sarcocheilichthys kiangsiensis</i>	SE O L	+	+	+		+			+
小鳈 <i>Sarcocheilichthys Parvus</i>	SE O L	+	+			+			
长体小鳈 <i>Microphysogobio elongates</i>	R O De	+							
银鳈 <i>Squalidus argentatus</i>	SE O L	+	+	+	+	+	+	+	+
点纹银鳈 <i>Squalidus wolteratorffi</i> [☆]	R O L	+	+	+		+			
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	SE O De	+			+		+		+
洞庭棒花鱼 <i>Abbottina tungtingensis</i>	SE O De								+
吻鳈 <i>Rhinogobio typus</i>	R O De					+		+	+
蛇鳈 <i>Saurogobio dabryi</i>	SE O De	+	+	+	+	+	+	+	+
光唇蛇鳈 <i>Saurogobio gymnocheilus</i> [☆]	R O De		+						
细尾蛇鳈 <i>Saurogobio gracilicaudatus</i> [☆]	SE O De	+	+	+					
中华鲮 <i>Rhodeus sinensis</i>	SE O U	+			+	+			
高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>	SE O U	+	+		+				+
彩石鲮 <i>Rhodeus lighti</i>	SE O U								+
多鳞鲮 <i>Acheilognathus polylepis</i>	SE O U								+
大鳞鲮 <i>Acheilognathus macropterus</i>	SE O U		+					+	+
无须鲮 <i>Acheilognathus barbatulus</i> [☆]	SE O U		+						
寡鳞鲮 <i>Acheilognathus hypselonotus</i> ^{☆☆}	SE O U		+						+
广西鲮 <i>Acheilognathus meridianus</i>	SE O U	+	+						+
越南鲮 <i>Acheilognathus tonkinensis</i>	SE O U	+	+					+	+
兴凯鲮 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	SE O U		+						
短须鲮 <i>Acheilognathus barbatus</i>	SE O De							+	+
峨眉鲮 <i>Acheilognathus omeiensis</i> [☆]	SE O U							+	
南方鳅鲃 <i>Gobiobotia meridionalis</i> [★]	R C De		+	+					+
中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i> ^{☆☆}	RL O De						+		+
光倒刺鲃 <i>Spinibarbus hollandi</i>	R O L								+
刺鲃 <i>Spinibarbus caldwelli</i> [★]	R O L		+						
吉首光唇鱼 <i>Acrossocheilus jishouensis</i> [☆]	SE O L				+	+	+		+
半刺光唇鱼 <i>Acrossocheilus hemispinus</i>	R O U	+							+
白甲鱼 <i>Onychostoma simum</i> [★]	R O L						+		
稀有白甲鱼 <i>Onychostoma rarum</i> [★]	R O L		+				+		
小口白甲鱼 <i>Onychostoma lini</i>	R O L				+				
瓣结鱼 <i>Folifer brevifilis</i> [★]	R O L	+	+		+				
湘华鲮 <i>Decorus tungtin</i> [★]	R O L		+						
泸溪直口鲮 <i>Rectoris luxiensis</i> ^{☆☆}	R O De								+
洞庭孟加拉鲮 <i>Bangana tungting</i> [☆]	SE O De						+		
麦瑞加拉鲮 <i>Cirrhinus mrigala</i> [△]	SE O De							+	
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	SE O De	+	+	+	+	+	+	+	+
镜鲤 <i>Cyprinus carpio var. specularis</i> [△]	SE O De							+	+
松浦镜鲤 <i>Cyprinus carpio Songpu mirror</i> [△]	SE O De		+						
鲫 <i>Cyprinus auratus</i>	SE O De	+	+	+	+	+	+	+	+
大鳞鲃 <i>Luciobarbus capito</i> [△]	RL O L						+		
亚口鱼科 Catostomidae									
胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i>	RL C L							+	
花鳅科 Cobitidae									
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	SE O De			+	+	+	+	+	+

续表 I

物种Species	生态类型Ecological guild	JZ	HJ	CX	LS	YS	YL	CD	2010—2011年
中华纹胸鮡 <i>Glyptothorax sinense</i>	R C De								+
胡瓜鱼目Osmeriformes									
银鱼科Salangidae									
太湖新银鱼 <i>Neosalanx taihuensis</i>	R O U							+	+
短吻间银鱼 <i>Hemisanx brachyrostralis</i>	R O U								+
颌针鱼目Beloniformes									
鱖科Hemiramph									
间下鱖 <i>Hyporamphus intermedius</i>	RL C U	+	+				+		+
合鳃鱼目Synbranchiformes									
刺鲃科Mastacembelidae									
中华刺鲃 <i>Sinobdella sinensis</i>	SE C De	+					+	+	+
合鳃鱼科Synbranchidae									
黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	SE C De								+
攀鲈目Anabantiformes									
鱧科Channidae									
乌鱧 <i>Channa argus</i>	SE C De	+					+		+
丝足鲈科Osphronemidae									
圆尾斗鱼 <i>Macropodus chinensis</i> [★]	SE C U								+
虾虎鱼目Gobiiformes									
虾虎鱼科Gobiidae									
粘皮鲇虾虎鱼 <i>Mugilogobius myxodermus</i>	R C De						+		
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	R C De	+	+	+	+	+			+
塘鳢科Odontobutidae									
中华沙塘鳢 <i>Odontobutis sinensis</i>	SE C De	+	+				+	+	+
河川沙塘鳢 <i>Odontobutis potamophilus</i>	SE C De						+	+	
黄魮鱼 <i>Hypseleotris swinhonis</i>	SE C De								+
鲈形目Perciformes									
鲈科Serranidae									
中国少鳞鲈 <i>Coreoperca whiteheadi</i>	SE C U	+	+						+
鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	SE C U	+	+				+	+	+
暗鳊 <i>Siniperca obscura</i> [★]	SE C U						+		+
大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	SE C U	+	+	+	+	+	+	+	+
斑鳊 <i>Siniperca scherzeri</i>	SE C U	+	+	+	+	+	+	+	+
长身鳊 <i>Siniperca roulei</i> [★]	R C U						+	+	
漓江鳊 <i>Siniperca loona</i>	SE C U		+						
波纹鳊 <i>Siniperca undulata</i> [★]	SE C U	+							
多锯鲈科Polyprionidae									
中国花鲈 <i>Lateolabrax maculatus</i>	D C U								+
棘臀鱼科Centrarchidae									
蓝鳃太阳鱼 <i>Lepomis macrochirus</i> [△]	SE O De		+						

注: (1) SE. 湖沼定居型(喜缓流或静水); R. 河流型(喜流水); RL. 河湖洄游型; D. 河海洄游型; C. 肉食性; O. 杂食性; H. 植食性; U. 中上层; L. 中下层; De. 底栖; (2) ☆. 长江特有种; ★. 湖南省重点保护种; △. 外来种

Notes: (1) SE. resident fish; R. rheophilic fish; RL. river-lake migratory; D. diadromous fish; C. carnivore; O. omnivore; H. herbivore; U. upper; L. lower; De. Demersal; (2) ☆. Yangtze River endemic fish; ★. Hunan provincial key protected fish; △. Exotic fish