

## ◆水产渔业◆

长江上游保护区重庆段鱼类重要栖息地水环境及鱼类分布特征研究<sup>\*</sup>李燕<sup>1</sup>, 李锋<sup>1</sup>, 张闯<sup>1\*\*</sup>, 王维<sup>2</sup>, 段聪<sup>2</sup>

(1. 重庆市水产科学研究所, 重庆 401120; 2. 重庆市珍稀特有鱼类国家级自然保护区管理处, 重庆 402260)

**摘要:**为探究长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区(以下简称“保护区”)重庆段鱼类重要栖息地(产卵场、索饵场和越冬场)的水环境及鱼类分布特征,本研究分别于2021年冬季(越冬期)、2022年夏季(产卵期)、2022年秋季(索饵期)在保护区重庆段设置羊石(S<sub>1</sub>)、松溉(S<sub>2</sub>)、白沙(S<sub>3</sub>)、油溪—龙华(S<sub>4</sub>)、江津城区(S<sub>5</sub>)、珞璜(S<sub>6</sub>)等6个调查江段,开展3次水声学调查并分析各江段的水质状况。水声学调查结果表明,3次探测鱼类的平均密度相差不大,分别为0.584、0.590、0.595 ind./m<sup>2</sup>,所探测的重要栖息地以古家沱、丁家沱、江口、王家沱等产卵场鱼类分布较多。鱼类密度在不同江段存在显著性差异( $P < 0.05$ ),整体表现为下游高于上游;重要栖息地鱼类密度在不同江段存在显著性差异( $P < 0.05$ ),而在不同时期差异不显著( $P > 0.05$ ),且整体明显大于非重要栖息地。水质监测结果表明,上、下游水质差异不明显,7个水质指标中除总氮外其余指标均达到Ⅲ类地表水标准,符合渔业水质要求。综上,保护区重庆段鱼类重要栖息地水质状况良好,能满足鱼类生长繁殖的需要。

**关键词:**长江上游;保护区;鱼类栖息地;水声学;水环境;鱼类密度

中图分类号:S932.4 文献标识码:A 文章编号:1005-9164(2024)02-0295-07

DOI:10.13656/j.cnki.gxkx.20240619.010

长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区(以下简称“保护区”)在长江上游水域生态系统中具有代表性和典型性<sup>[1]</sup>,是长江上游珍稀特有鱼类的集中分布区,其特殊的地理环境为鱼类提供了产卵、索饵、越冬等重要栖息地。《长江重庆段鱼类产卵场名录》(重庆市农业局重渔政渔港〔1999〕7号文件)记载,保护区

重庆段内有35个产卵场。危起伟<sup>[1]</sup>在2007—2008年的调查结果显示,保护区重庆段有35个产卵场,28个索饵场。何滔等<sup>[2]</sup>在2014—2015年的调查结果显示,保护区重庆段有25个产卵场。保护区拥有复杂的鱼类区系组成和丰富的鱼类生态类群<sup>[3]</sup>。危起伟<sup>[1]</sup>的考察报告显示,保护区共发现鱼类199种,重

收稿日期:2023-08-22

修回日期:2023-09-22

<sup>\*</sup> 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区鱼类资源监测评价项目(2021—2022年)资助。

## 【第一作者简介】

李燕(1985—),女,高级工程师,主要从事渔业资源与环境、水产品质量安全研究,E-mail:929345769@qq.com。

## 【\*\*通信作者简介】

张闯(1982—),男,高级工程师,主要从事渔业资源与环境、水产养殖研究,E-mail:50276121@qq.com。

## 【引用本文】

李燕,李锋,张闯,等.长江上游保护区重庆段鱼类重要栖息地水环境及鱼类分布特征研究[J].广西科学,2024,31(2):295-301.

LI Y, LI F, ZHANG C, et al. Study on the Water Environment and Fish Distribution Characteristics of Fish Important Habitat in Chongqing Section of the Upper Reaches of Yangtze River Reserve [J]. Guangxi Sciences, 2024, 31(2): 295-301.

庆段有鱼类 9 目 22 科 98 属 166 种, 其中珍稀特有鱼类 50 种, 包括国家一级重点保护野生动物 2 种, 国家二级重点保护野生动物 12 种, 重庆市重点保护野生动物 9 种, 长江上游特有鱼类 46 种。目前, 人类活动、城镇化建设等因素不同程度地影响着保护区鱼类重要栖息地的功能以及鱼类的分布情况, 因此需要持续开展栖息地状况普查和生物多样性调查。

长江十年禁渔计划实施以后, 为了保护鱼类资源, 减少对资源的破坏, 需采用更便捷、有效、不破坏资源的方式对鱼类重要栖息地现状和水生生物多样性进行研究。水声学探测方法具有快速方便、不伤害鱼体、信号可视化等优点, 广泛地应用于鱼类资源评估和时空分布研究中<sup>[4-8]</sup>, 目前国内已有研究者将水声学探测技术应用于湖泊或江河鱼类资源量评价, 研究鱼类的时空分布特征。孙立元等<sup>[4]</sup>利用水声学探测技术探测长江上游(向家坝—宜宾)鱼类空间分布情况, 结果发现鱼类呈聚集分布, 枯水期鱼类栖息在深水区。李祥艳<sup>[5]</sup>研究发现, 保护区干流江安—重庆段各江段鱼类密度差异显著, 下游江段鱼类密度相对高于上游。以上研究区域虽然与保护区重庆段有一定的重合, 但是针对性相对较弱。因此, 为探究保护区重庆段鱼类重要栖息地水环境现状和鱼类分布特征, 本研究对保护区重庆段水环境的理化指标进行监测, 并应用水声学探测技术分段探测鱼类密度, 以期初步掌握保护区重庆段鱼类重要栖息地现状, 为鱼类重要栖息地的保护提供科学参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 点位布设

参考历史资料<sup>[1,2]</sup>, 将鱼类产卵场、索饵场和越冬场作为本次研究的重要栖息地。分别于 2021 年冬季(12 月, 越冬期)、2022 年夏季(6 月, 产卵期)、2022 年秋季(10 月, 索饵期)在保护区重庆段开展 3 次水声学调查和水质监测。设置羊石(S<sub>1</sub>)、松溉(S<sub>2</sub>)、白沙(S<sub>3</sub>)、油溪—龙华(S<sub>4</sub>)、江津城区(S<sub>5</sub>)、珞璜(S<sub>6</sub>)等 6 个位点(图 1), 每个位点探测距离为 5—10 km, 每个位点水质监测设左(L)、中(M)、右(R)3 个采水点。

### 1.2 水声学探测

利用科学鱼探仪[EY60(200 kHz), 挪威 SIM-RAD 公司]开展水声学探测, 探测前先对仪器进行校正。仪器波束角为 7°, 换能器发射灵敏度 185 dB, 接收灵敏度 -189 dB, 探头入水深度约 0.8 m, 探测脉冲宽度 128 μs, 发射能量 105 W, 增益 20logR。水面

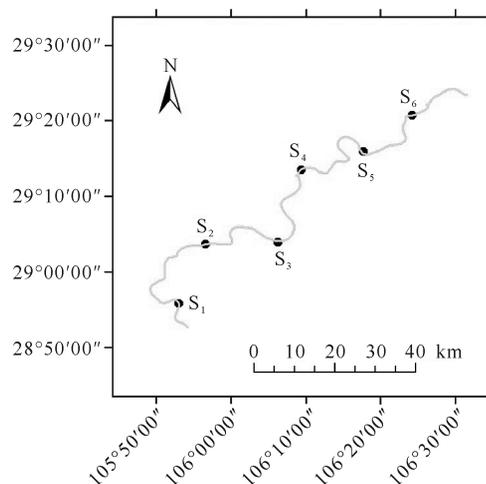


图 1 采样位点

Fig. 1 Sampling positions

较宽的江面, 探测船只按“之”字型走航进行探测; 水面较窄的江面或岛屿内部水壕, 采取左右双向探测的方式, 船速为 6—9 km/h。采用 Echoview 7.0 软件处理 ER60 程序采集的水声学数据, 利用回声计数法<sup>[9]</sup>获取不同区域的声学积分值(NASC, m<sup>2</sup>/nmi<sup>2</sup>)和平均面积的后向散射系数(S<sub>a</sub>), 利用单体追踪计数法<sup>[9]</sup>获取不同区域单体鱼类的平均目标强度(TS, dB), 然后对 3 个鱼体信号进行轨迹追踪和判别, 将背景噪声阈值设置为 -70 dB, 分段分析的长度设置为 1 000 m。鱼类密度计算公式如下:

$$S_a = \text{NASC} / (4\pi \times 18522), \quad (1)$$

$$\sigma_{bs} = 10^{\text{TS}/10}, \quad (2)$$

$$\bar{\rho} = \bar{S}_a / \bar{\sigma}_{bs}, \quad (3)$$

式中,  $\sigma_{bs}$  为后向散射截面(m<sup>2</sup>/ind.),  $\rho$  为密度(ind./m<sup>2</sup>)。

### 1.3 水样采集与处理

利用溶氧仪[ProODO, 塞莱默(中国)有限公司]现场测量左、中、右采水点水体的溶解氧(DO), 利用多参数水质测定仪(Manta+35, 美国 Eureka 公司)测量水温(T)和 pH 值。用 5 L 有机玻璃采水器采集水面以下 0.5 m 处的样品, 取 500 mL 水样于玻璃采样瓶中, 加 1 mL 浓硫酸固定, 随后立即送回实验室冷藏保存、备检。

### 1.4 理化指标测定

样品检测前先从冷藏室取出, 恢复至室温, 按照《渔业生态环境监测技术规范 第 3 部分: 淡水》(SC/T 9102.3—2007)<sup>[10]</sup>中规定的检测标准进行样品前处理, 总氮(TN)、总磷(TP)和氨氮(NH<sub>3</sub>-N)利用紫外可见分光光度计(UT1901, 北京普析通用仪器

有限责任公司)测定,高锰酸盐指数(COD<sub>Mn</sub>)采用滴定法测定。检测结果按照《地表水环境质量标准》(GB 3838—2002)<sup>[11]</sup>和《渔业水质标准》(GB 11607—1989)<sup>[12]</sup>中的方法进行判定。

### 1.5 统计分析

采用 SPSS 18.0 软件对检测数据进行统计分析,结果以平均值±标准差(M±SD)的形式表示。对各江段鱼类密度数据进行无重复双因素方差分析(Two-way ANOVA),运用 Duncan 法进行事后检验,比较不同调查时期及江段之间是否存在显著性差异。采取单因素方差分析(One-way ANOVA)对重要栖息地鱼类密度进行分析,运用最小显著差异法(LSD法)进行多重比较,分析重要栖息地与非重要栖息地鱼类密度在不同时期调查江段是否存在显著性差异。采取 Pearson 相关性分析检验鱼类密度与水质指标的相关性。

## 2 结果与分析

### 2.1 鱼类密度

#### 2.1.1 调查江段鱼类密度

调查江段鱼类密度如表 1 所示。6 个调查江段在越冬期、产卵期、索饵期鱼类平均密度分别为

表 1 调查江段鱼类密度

Table 1 Densities of fish in investigated river sections

江段 River section	鱼类密度/(ind./m <sup>2</sup> ) Densities of fish/(ind./m <sup>2</sup> )			全年均值 Annual average
	越冬期 Overwintering period	产卵期 Oviposition period	索饵期 Baiting period	
S <sub>1</sub>	0.443	0.483	0.481	0.469±0.023 <sup>e</sup>
S <sub>2</sub>	0.365	0.386	0.413	0.388±0.024 <sup>f</sup>
S <sub>3</sub>	0.507	0.527	0.504	0.513±0.013 <sup>d</sup>
S <sub>4</sub>	0.626	0.617	0.660	0.634±0.023 <sup>e</sup>
S <sub>5</sub>	0.675	0.694	0.678	0.682±0.010 <sup>b</sup>
S <sub>6</sub>	0.888	0.835	0.832	0.852±0.032 <sup>a</sup>
Average of the entire river section	0.584±0.188 <sup>A</sup>	0.590±0.160 <sup>A</sup>	0.595±0.156 <sup>A</sup>	

Note: the mean is M±SD. Lowercase letters indicate significant differences in the same column ( $P < 0.05$ ), capital letters indicate significant differences in the same line ( $P < 0.05$ ).

不同江段重要栖息地鱼类密度均大于非重要栖息地,其全江段均值之间有显著性差异( $P < 0.05$ )。不同江段重要栖息地鱼类密度之间有显著性差异( $P < 0.05$ ),鱼类密度整体表现为下游大于上游;而不同江段非重要栖息地鱼类密度之间差异不显著( $P > 0.05$ ),仅 S<sub>1</sub> 显著低于 S<sub>2</sub>、S<sub>3</sub>、S<sub>4</sub>、S<sub>6</sub>(表 3)。

调查江段所覆盖的 21 个重要栖息地鱼类密度情

况如图 2 所示。一些典型产卵场在越冬期、产卵期、索饵期均表现出较高的鱼类密度,如古家沱、丁家沱、江口和王家沱产卵场在不同时期鱼类密度均大于 1.000 ind./m<sup>2</sup>,高于同时期产卵场的鱼类密度。部分重要栖息地鱼类密度分布时间差异明显,如九层岩产卵场在产卵期鱼类密度为 1.260 ind./m<sup>2</sup>,明显高于越冬期和索饵期;三抛河产卵场在越冬期鱼类密度

#### 2.1.2 重要栖息地和非重要栖息地鱼类密度

重要栖息地与非重要栖息地鱼类密度时间分布结果见表 2。同时期重要栖息地的鱼类密度均大于非重要栖息地,不同时期重要栖息地和非重要栖息地鱼类密度之间均无显著性差异( $P > 0.05$ )。重要栖息地与非重要栖息地鱼类密度全年均值之间存在显著性差异( $P < 0.05$ )。

表 2 重要栖息地与非重要栖息地鱼类密度时间分布

Table 2 Time distribution of fish density in important and non-important habitats

时期 Period	鱼类密度/(ind./m <sup>2</sup> ) Densities of fish/(ind./m <sup>2</sup> )	
	重要栖息地 Important habitat	非重要栖息地 Unimportant habitat
	Overwintering period	0.956±0.166 <sup>a</sup>
Oviposition period	0.942±0.179 <sup>a</sup>	0.361±0.076 <sup>a</sup>
Baiting period	0.945±0.229 <sup>a</sup>	0.303±0.064 <sup>a</sup>
Annual average	0.948±0.182 <sup>A</sup>	0.333±0.072 <sup>B</sup>

Note: the mean is M±SD. Lowercase letters indicate significant differences in the same column ( $P < 0.05$ ), capital letters indicate significant differences in the same line ( $P < 0.05$ ).

表 3 重要栖息地与非重要栖息地鱼类密度空间分布

Table 3 Spatial distribution of fish density in important and non-important habitats

江段 River section	鱼类密度/(ind./m <sup>2</sup> ) Densities of fish/(ind./m <sup>2</sup> )	
	重要栖息地 Important habitat	非重要栖息地 Unimportant habitat
	S <sub>1</sub>	0.867±0.111 <sup>cd</sup>
S <sub>2</sub>	0.683±0.000 <sup>d</sup>	0.311±0.025 <sup>a</sup>
S <sub>3</sub>	0.983±0.152 <sup>abc</sup>	0.325±0.051 <sup>a</sup>
S <sub>4</sub>	1.081±0.183 <sup>ab</sup>	0.314±0.018 <sup>a</sup>
S <sub>5</sub>	0.929±0.085 <sup>bc</sup>	0.368±0.030 <sup>ab</sup>
S <sub>6</sub>	1.142±0.063 <sup>a</sup>	0.417±0.122 <sup>a</sup>
Average of the entire river section	0.948±0.182 <sup>A</sup>	0.333±0.072 <sup>B</sup>

Note: the mean is M±SD. Lowercase letters indicate significant differences in the same column ( $P < 0.05$ ), capital letters indicate significant differences in the same line ( $P < 0.05$ ).

为 1.620 ind./m<sup>2</sup>, 明显高于产卵期和索饵期; 燕坝索饵场在索饵期鱼类密度为 1.786 ind./m<sup>2</sup>, 明显高于产卵期和越冬期。

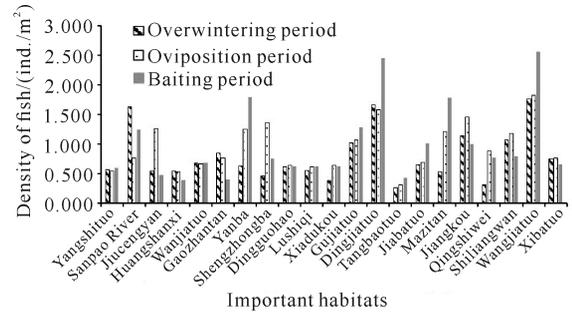
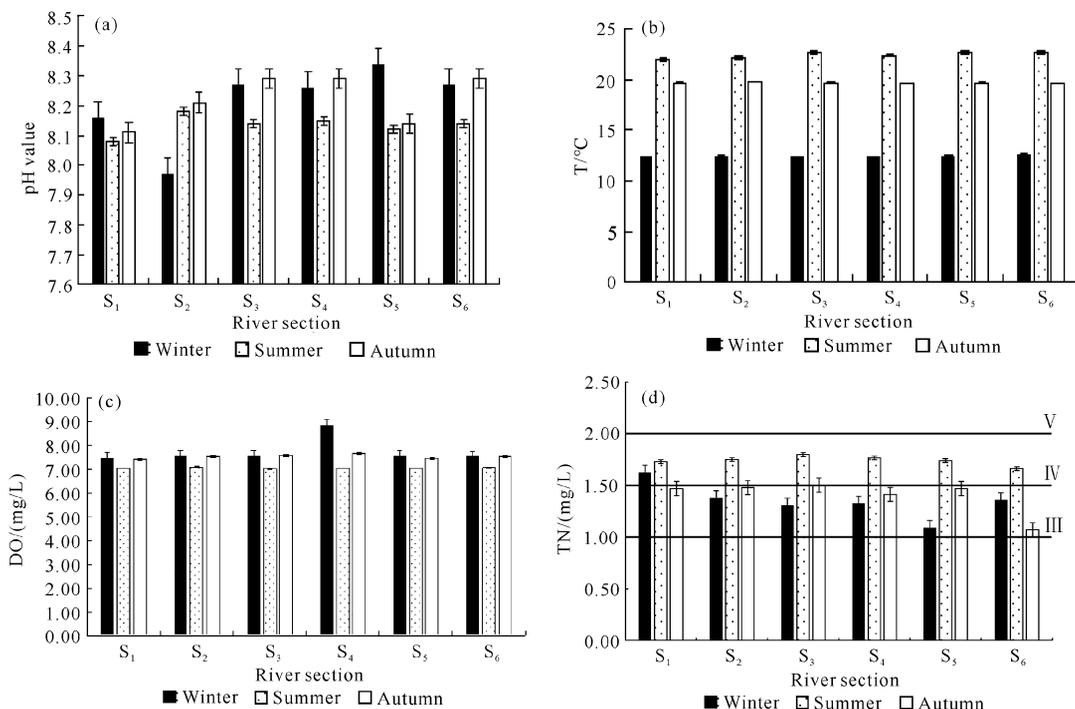


图 2 重要栖息地鱼类密度

Fig. 2 Densities of fish in the important habitats

2.2 理化指标

调查江段的理化指标测定结果见图 3。pH 值、T 和 DO 在 3 个时期的监测中均未表现出明显的上下游差异[图 3:(a)–(c)], 均在《渔业水质标准》(GB 11607–1989)和《地表水环境质量标准》(GB 3838–2002)的范围内, 其变化趋势符合季节变化规律, 其中 pH 值和 DO 夏季低于秋、冬季, T 夏季高于秋、冬季。夏季 TN 浓度均超过 IV 类地表水限值[图 3(d)], COD<sub>Mn</sub> 未超过 II 类地表水限值[图 3(e)], TP 和 NH<sub>3</sub>-N 未超过 III 类地表水限值[图 3:(f)、(g)]。综上, 除 TN 外其他指标均达到 III 类地表水标准, 符合渔业水质要求。



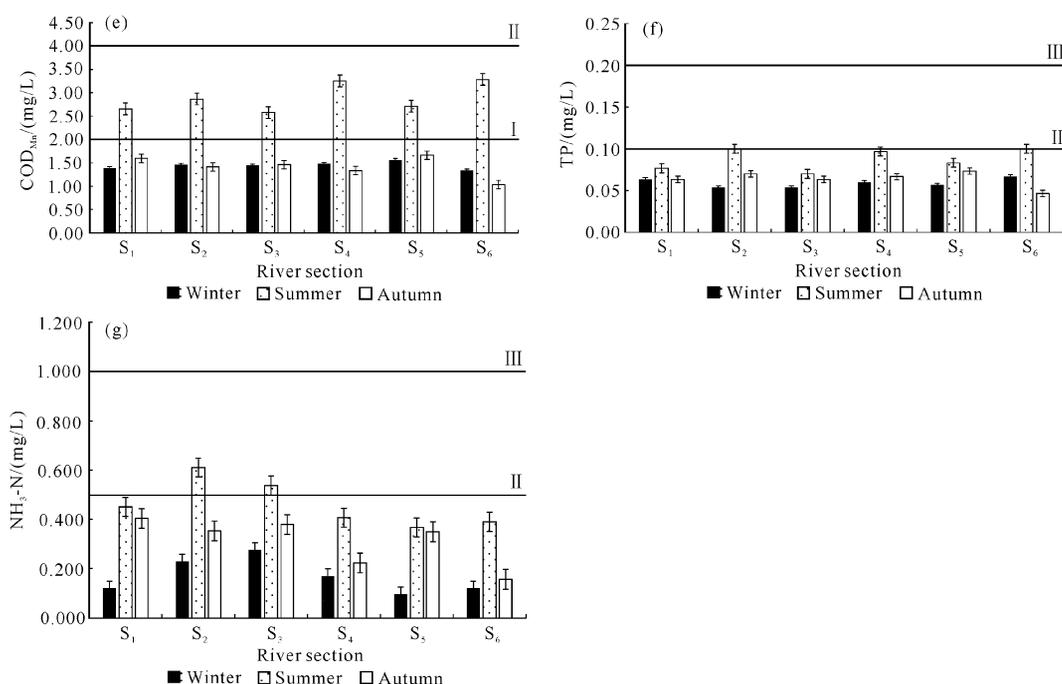


图3 调查江段的理化指标测定结果

Fig. 3 Measurement results of physical and chemical indicators for each investigated river section

### 2.3 鱼类密度与理化指标的相关性分析

由 Pearson 相关性分析结果(表 4)可知,越冬期、产卵期、索饵期的鱼类密度与 pH 值、T、DO、TP 呈正相关,与 TN、COD<sub>Mn</sub>、NH<sub>3</sub>-N 呈负相关,但均无显著相关性。3 个时期的鱼类密度与 pH 值、TP 的正相关性明显大于 T 和 DO,而与 TN、NH<sub>3</sub>-N 的负相关性明显大于 COD<sub>Mn</sub>。

表 4 鱼类密度与水化学指标相关性分析

Table 4 Correlation analysis between densities of fish and hydrochemical index

	pH value	T	DO	TN	COD <sub>Mn</sub>	TP	NH <sub>3</sub> -N
Overwintering period	0.705	0.283	0.112	-0.398	-0.217	0.766	-0.538
Oviposition period	0.759	0.234	0.084	-0.424	-0.161	0.772	-0.581
Baiting period	0.703	0.254	0.206	-0.403	-0.158	0.786	-0.589

## 3 讨论

### 3.1 鱼类分布的差异性

鱼类分布的差异性与栖息地环境具有密切关系。孟宝等<sup>[13]</sup>研究发现不规则河道能为鱼类产卵场的形成提供基础物理条件,是部分珍稀特有鱼类具有完整生活史不可或缺的生境条件。周磊等<sup>[14]</sup>研究发现洪

潮江水库鱼类空间分布是多种非生物因素共同作用的结果。适宜的水文条件能够吸引更多不同生活习性的鱼类,满足鱼类繁殖和越冬的需要,湾沱、浅滩、相对平缓的流水更有利于饵料生物的繁殖和大部分鱼类的栖息<sup>[15-17]</sup>。

本研究发现鱼类分布表现出时空差异。在时间分布上,部分重要栖息地在不同时期鱼类密度相差较大,燕坝索饵场索饵期鱼类密度为 1.786 ind./m<sup>2</sup>,明显高于产卵期和越冬期。少数兼具多种功能的典型产卵场的鱼类密度受调查时间的影响较小,如古家沱、丁家沱、王家沱等大型产卵场兼具鱼类越冬和索饵的功能,在不同时期鱼类分布均较多,这与其自身的水文条件、水质环境、水域的深度和宽度、沿岸生境、饵料生物状况、人类活动和城镇化建设的影响程度有关。在空间分布上,下游江段鱼类平均密度大于上游江段,结合文献<sup>[1,5]</sup>和实际情况,分析该结果出现的原因可能有以下 3 个方面:一是上游江段以漂流性产卵场为主,索饵场和越冬场分布相对较少,鱼类产卵结束后到下游缓冲区和实验区索饵、越冬;二是上游江段水浅、水流急,鱼类信号易被干扰信号掩盖,影响分析结果;三是受上游江段激流浅滩水域环境的限制,少部分栖息地探测船只无法驶入,不能获取相关数据。松溉段为受以上因素影响较典型的江段,分布有桌子沱、万家沱、二梁子、三梁子、牛屎滩、温中坝

内浩等漂流性产卵场<sup>[18,19]</sup>,但水流紊乱、水较浅,部分水域无法进入探测,探测干扰较大,数据分析难度较大,可能导致分析结果误差大。

### 3.2 水环境调查结果

本研究水环境调查结果发现,产卵期(夏季)高锰酸盐指数、总氮、总磷、氨氮浓度均明显高于越冬期(冬季)和索饵期(秋季),可能是因为夏季为丰水期,雨水冲刷使更多的污染物进入水体,导致监测指标浓度上升;而秋季由于水体的自我修复,污染物浓度下降到较低水平。中国水产科学研究院长江水产研究所、中国科学院水生生物研究所等23家单位联合开展长江水生生物资源与环境本底调查(2017—2021),结果显示总氮和总磷为长江流域水体主要的超标污染物<sup>[3]</sup>。张敏等<sup>[20]</sup>于2006—2013年在长江上游珍稀特有鱼类保护区的监测数据显示,江津段总氮浓度为1.16—2.43 mg/L,全部水样超过Ⅳ类地表水限值,部分超过Ⅴ类地表水限值。该调查结果说明保护区重庆段总氮含量存在超过Ⅳ类地表水,甚至是Ⅴ类地表水的情况。本研究结果显示,夏季总氮含量在Ⅳ—Ⅴ类地表水范围内,秋、冬季在Ⅲ—Ⅳ类地表水范围内,与杨海乐等<sup>[3]</sup>和张敏等<sup>[20]</sup>的调查结果具有一致性。

### 3.3 水声学探测的影响因素

水声学探测方法具有快速方便、不伤害鱼体、信号可视化等优点。影响水声学探测的因素较多,如存在探测盲区、探测走航方式、航行速度、仪器性能、仪器参数、天气状况、鱼类对调查船的逃避行为等都会影响最终探测结果的准确性<sup>[21]</sup>。本研究发现对未知水域的探测,可以先通过预探测初步了解水域的水深、面积和底质情况等,然后再合理设置仪器条件和探测方式,最好选择水较清澈的晴天进行探测,可减少探测的干扰信号。水声学探测技术具有较强的应用性,在应用过程中需要避免不利因素的影响,才能更好地应用于鱼类重要栖息地等相关研究。

## 4 结论

本研究对保护区重庆段鱼类重要栖息地的水环境现状和鱼类分布特征进行了探究,结果显示,保护区重要栖息地的鱼类密度整体高于非重要栖息地,鱼类分布表现出空间差异,各江段鱼类密度差异显著,下游显著高于上游;鱼类季节性分布差异不明显。理化指标测定结果显示,水温、溶解氧、pH值等指标符合季度性变化规律,主要超标指标为总氮,主要超标

季节为夏季丰水期;重要栖息地理化指标符合渔业水质要求,总体达到Ⅲ类地表水,满足鱼类生长繁殖的需求,符合栖息地的功能需求;鱼类密度与理化指标无显著相关性。综上,保护区重庆段重要栖息地水质状况良好,对维持重要栖息地功能的需要提供了参考。

### 参考文献

- [1] 危起伟. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区科学考察报告[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [2] 何滔, 魏耀东, 卢群, 等. 长江上游珍稀特有鱼类自然保护区重庆段渔业资源现状调查[J]. 水产研究, 2018, 5(2): 85-97.
- [3] 杨海乐, 沈丽, 何勇凤, 等. 长江水生生物资源与环境本底状况调查(2017—2021)[J]. 水产学报, 2023, 47(2): 1-28.
- [4] 孙立元, 危起伟, 张辉, 等. 基于水声学的长江上游向家坝至宜宾江段鱼类空间分布特征[J]. 淡水渔业, 2014, 44(1): 53-58.
- [5] 李祥艳. 禁渔初期长江上游保护区干流江安-重庆江段鱼类时空分布特征[D]. 重庆: 西南大学, 2022.
- [6] 石妮. 长江重庆段四大家鱼国家级水产种质资源保护区鱼类时空分布特征的研究[D]. 重庆: 重庆师范大学, 2019.
- [7] 陶江平, 陈永柏, 乔晔, 等. 三峡水库成库期间鱼类空间分布的水声学研究[J]. 水生态学杂志, 2008, 1(5): 25-33.
- [8] 任玉芹, 陈大庆, 刘绍平, 等. 三峡库区澎溪河鱼类时空分布特征的水声学研究[J]. 生态学报, 2012, 32(6): 1734-1744.
- [9] KIESER R, MULLIGAN T J. Analysis of echo counting data: a model [J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 1984, 41(3): 451-458.
- [10] 中华人民共和国农业部. 渔业生态环境监测技术规范: 第3部分 淡水: SC/T 9102. 3—2007 [S]. [出版地不详: 出版者不详], 2017.
- [11] 国家环境保护总局, 国家质量监督检验检疫总局. 地表水环境质量标准: GB 3838—2002[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [12] 国家环境保护局. 渔业水质标准: GB 11607—1989[S]. 北京: 中国标准出版社, 1990.
- [13] 孟宝, 张继飞, 叶华, 等. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区鱼类产卵场功能现状分析及保护启示[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(11): 2772-2785.
- [14] 周磊, 李育森, 施军, 等. 基于水声学探测的洪潮江水库鱼类资源空间分布及其与环境因子的相关性[J]. 渔业科学进展, 2021, 42(1): 1-10.
- [15] 任杰, 彭期冬, 林俊强, 等. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区重要鱼类繁殖生态需求[J]. 淡水渔业,

- 2014, 44(6): 18-23.
- [16] 李倩. 长江上游保护区干流鱼类栖息地地貌及水文特征研究[D]. 北京: 中国水利水电科学研究院, 2013.
- [17] 王欢, 刘猛. 长江上游国家级保护区珍稀特有鱼类生境需求耦合分析[J]. 能源与环境, 2020(1): 70-71.
- [18] 刘建虎, 何滔, 卢群, 等. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区重庆段重要栖息地现状调查及保护对策研究[R]. 重庆: 西南大学, 2022.
- [19] 刘建虎, 郑永华, 张春霖, 等. 江津区一江四河“三场一通道”敏感水域调查报告[R]. 重庆: 西南大学, 2015.
- [20] 张敏, 孙志禹, 陈永柏, 等. 长江上游珍稀特有鱼类保护区水环境因子时空分布格局研究[J]. 淡水渔业, 2014, 44(6): 24-30.
- [21] 任玉芹, 王珂, 段辛斌, 等. 水声学探测在江河鱼类资源评估中的技术分析[J]. 渔业现代化, 2010, 37(2): 64-68.

## Study on the Water Environment and Fish Distribution Characteristics of Fish Important Habitat in Chongqing Section of the Upper Reaches of Yangtze River Reserve

LI Yan<sup>1</sup>, LI Feng<sup>1</sup>, ZHANG Chuang<sup>1\* \* \*</sup>, WANG Wei<sup>2</sup>, DUAN Cong<sup>2</sup>

(1. Chongqing Fishery Science Research Institute, Chongqing, 401120, China; 2. Chongqing National Nature Reserve Management Office of Rare and Endemic Fish, Chongqing, 402260, China)

**Abstract:** In order to explore the water environment and fish distribution characteristics of important habitats (spawning grounds, feeding grounds, and wintering grounds) in Chongqing Section of the Upper Reaches of the Yangtze River Reserve (hereinafter referred to as the “Reserve”), in winter 2021 (Overwintering period), summer 2022 (Oviposition period) and autumn 2022 (Baiting period), six survey river sections were set up in the Chongqing section of the reserve, including Yangshi ( $S_1$ ), Songgai ( $S_2$ ), Baisha ( $S_3$ ), Youxi—Longhua ( $S_4$ ), Jiangjin urban area ( $S_5$ ), Luohuang ( $S_6$ ). Three hydroacoustic surveys were carried out and the water quality of each river section was analyzed. The results of hydroacoustic survey showed that the average densities of fish in the three times were 0.584, 0.590 and 0.595 ind./m<sup>2</sup>, respectively. The important habitats detected were mainly distributed in spawning grounds such as Gujiatuo, Dingjiatuo, Jiangkou and Wangjiatuo. There were significant differences in fish density in different river sections ( $P < 0.05$ ), and the overall performance was higher in the downstream than that in the upstream. The density of fish in important habitats was significantly different in different river sections ( $P < 0.05$ ), but not significantly different in different periods ( $P > 0.05$ ), and the overall density was significantly higher than that in non-important habitats. The results of water quality monitoring showed that there was no obvious difference in water quality between upstream and downstream. In summary, the water quality of important habitats in the Chongqing section of the protected area is good, which can meet the needs of fish growth and reproduction. Except total nitrogen, the other seven water quality indexes all reached the class III surface water standard, which met the requirements of fishery water quality. In summary, the water quality of the important habitats for fish in the Chongqing section of the reserve is good, which can meet the needs of fish growth and reproduction.

**Key words:** upper reaches of Yangtze River; reserve; fish habitat; hydroacoustics; aquatic environment; fish density

责任编辑: 唐淑芬