

文章编号: 1674-5566(2025)05-1145-13

DOI: 10.12024/jsou.20241104686

三岔河中游黔中水利枢纽工程水域鱼类组成及多样性

吴瑶洁¹, 李世凯^{2,3}, 吴侯学^{2,3}, 王艳艳^{2,3}, 张效平^{2,3}, 吴雷⁴, 向松⁵, 韦明晓¹

(1. 贵州省水利投资(集团)有限责任公司, 贵州 贵阳 550002; 2. 贵州省水产研究所, 贵州 贵阳 550025; 3. 贵州省特种水产工程技术中心, 贵州 贵阳 550025; 4. 华中农业大学 水产学院, 湖北 武汉 430070; 5. 贵州水投黔中水利工程有限责任公司, 贵州 贵阳 550002)

摘要: 为探究三岔河中游现有鱼类的种类组成和多样性特征, 分别于2022—2023年的丰水期和枯水期在三岔河中游黔中水利枢纽工程水域设置9个采样点, 对鱼类资源进行了3次调查, 分析了该水域的鱼类资源现状及物种多样性。结果显示: 在三岔河中游黔中水利枢纽工程水域共调查到鱼类30种, 分属于3目6科26属, 其中鲤形目鱼类最多, 有23种, 占总数的76.67%。有保护鱼类7种, 外来物种2种。优势种为鲮(*Hemiculter leucisculus*)、鳊(*Aristichthys nobilis*)、中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)和鲫(*Carassius auratus*)。鱼类多样性指数 Margalef 种类丰富度指数(D)、Shannon-Wiener 多样性指数(H')、Pielou 均匀度指数(J')和 Simpson 优势度指数(C)分别为3.96、1.93、0.57和0.75。 β 多样性指数分析显示, 黔中水利枢纽工程库区和坝下水域的 β_c 和 β_r 分别为8.0和15.8。库区和坝下水域的Jaccard相似性指数 JSI 为0.47, 分析显示为“中等不相似”。研究表明, 库区水域和坝下水域间的生境差异较大, 鱼类物种存在一定分化。本研究为三岔河黔中水利枢纽水域的鱼类多样性保护和科学管理提供了基础调查数据。

关键词: 三岔河; 黔中水利枢纽; 鱼类组成; 多样性

中图分类号: S 931.1 **文献标志码:** A

三岔河位于贵州省西北部, 发源于贵州省西部乌蒙山脉威宁县盐仓镇花渔洞, 是长江重要支流乌江的上游, 干流全长325.6 km, 流域面积7 264 km², 流经六盘水市钟山区、安顺市西秀区、毕节市纳雍县等12个区县^[1-2]。黔中水利枢纽工程位于贵州省三岔河中游, 是以灌溉和城市供水为主, 兼顾发电等综合利用的大型水利工程及跨流域调水工程, 是贵州省重要的灌溉和饮用水源地之一, 于2015年下闸蓄水, 水库正常蓄水位为1 331 m, 总库容量为1.089×10⁹ m³, 平均水深为80 m, 具有饮用、发电、防洪和灌溉等功能^[3]。工程由水源、灌区、城市供水三大块组成。其中, 水源工程由枢纽大坝、泄洪系统、坝后电站、灌溉取水系统等组成; 灌区工程由输水渠系工程和田间工程组成; 城市供水工程由贵阳供水工程和安顺

供水工程组成。关于黔中水利枢纽工程水域的研究集中在水化学特征、水体富营养化及水质评价等方面^[4-8], 对于其鱼类组成及多样性的报道除在乌江^[9]的整体调查研究中有零星涉及外, 还未见系统的报道。鱼类是水生态系统的重要组成部分, 在维持生态系统平衡方面发挥了重要作用^[10]。因此, 亟需对三岔河中游黔中水利枢纽工程水域开展鱼类调查, 了解其鱼类组成和多样性, 以期在三岔河的鱼类资源保护和丰富乌江鱼类资源数据提供基础资料和科学支撑。

1 材料与方法

1.1 样点设置

本研究采样点分布位于三岔河中游黔中水利枢纽工程水域, 结合库区地形、地貌及根据代

收稿日期: 2024-11-05 修回日期: 2025-04-15

基金项目: 黔中水利枢纽一期工程2018—2022年鱼类增殖放流效果监测评估项目[QZSLYQ-059-FW-ZZFLJC(01)-2018]

作者简介: 吴瑶洁(1987—), 女, 高级工程师, 研究方向为湖库水生态修复与保护。E-mail: wuyaojie9637@163.com

通信作者: 韦明晓, E-mail: 530296113@qq.com

版权所有 ©《上海海洋大学学报》编辑部(CC BY-NC-ND 4.0)

Copyright © Editorial Office of Journal of Shanghai Ocean University (CC BY-NC-ND 4.0)

<http://www.shhydx.com>

表性、概括性和全面性原则,分别在黔中水利枢纽工程库区和大坝下游的干流和支流河段中设置9个采样点,样点位置见图1。具体为:库区水域采样点A(位于阳长镇马店村,105°11′19.903″E, 26°37′16.651″N)、B(位于百兴镇蒋家寨村, 105°17′22.276″E, 26°32′0.164″N)、C(位于牛场乡岔河村, 105°21′22.367″E, 26°30′30.334″N)、D(位于鸡场乡务卜村, 105°23′57.912″E, 26°31′55.877″N)、E(位于张家湾镇天生桥村, 105°23′36.913″E, 26°33′7.960″N);大坝下游采样点F(位于新场镇平寨村, 105°21′33.815″E, 26°27′28.645″N)、G(位于岩脚镇罗家寨村, 105°23′36.967″E, 26°23′53.700″N)、H(位于龙河镇新桥村, 105°26′21.865″E, 26°19′43.889″N)和I(位于龙河镇龙场村, 105°27′53.194″E, 26°19′45.188″N)。

1.2 样本采集和鉴定

分别于丰水期(2022年7月)和枯水期(2022年12月及2023年3月)共3次对黔中水利枢纽工程水域的9个采样点进行鱼类样本采集。每个采样点使用规格为长50 m宽2 m,网眼大小分别为2、6、10和14 cm的刺网各1条共4条;同时在适合位置放置规格为长18 m,高0.33 m,宽0.45 m,网眼大小为0.4 cm的底置笼网2条,刺网和底置笼网均放置24 h后收取。每个采样点每次连续开展鱼类采集5 d。现场对采集到的鱼类标本进行鉴定并测量体长(精确至0.1 mm)和体质量(精确至0.1 g)。对于渔获物数量超过30尾的鱼类种类,随机选取30尾形态完好的样本进行测量,其余均每尾进行测量。鱼类形态鉴别主要依据《贵州鱼类》^[11]《中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目(中)》^[12]《中国动物志 硬骨鱼纲 鲤形目(下)》^[13]《中国动物志 硬骨鱼纲 鲇形目》^[14]等书籍。

1.3 数据处理

1.3.1 物种优势度

采用Pinkas相对重要性指数(Index of relative importance, IRI)对鱼类群落优势种进行分析,该指数综合了个体数、生物量和出现频率3个因素,计算公式如下:

$$IRI=(N+W) \times F \quad (1)$$

式中: N 为采集到的某一种鱼类的尾数占渔获物总尾数的百分比; W 为某一种鱼类的质量占渔获物总质量的百分比; F 为采集到的某一种鱼类出现的采样点占总采样点的百分比。划分标准为 $IRI \geq 1\,000$ 时为优势种, $500 \leq IRI < 1\,000$ 时为重要种, $200 \leq IRI < 500$ 为常见种, $100 \leq IRI < 200$ 为一般种^[15],本研究中明确 $IRI \geq 1\,000$ 时为优势种。

1.3.2 物种多样性

鱼类群落多样性采用Margalef种类丰富度指数(D)^[16]、Shannon-Wiener多样性指数(H')^[17]、Pielou均匀度指数(J')^[18]和Simpson优势度指数(C)^[19]进行分析^[15,20]。各指数计算公式如下:

$$D=(S-1)/\ln N \quad (2)$$

$$H'=-\sum_{i=1}^S (P_i \times \ln P_i) \quad (3)$$

$$J'=H'/\ln S \quad (4)$$

$$C=1-\sum_{i=1}^S (P_i)^2 \quad (5)$$

式中: S 为渔获物的种类数; N 为渔获物中的总个体数; P_i 为渔获物中第 i 种占总个体数的比例。

β 多样性指数Cody指数(β_c)表示不同区域间的生境差异和变化^[21]。

$$\beta_c=(g+l)/2 \quad (6)$$

式中: g 为区域A有,区域B没有的鱼类物种数; l 为区域B有,区域A没有的鱼类物种数。

Routledge指数(β_r)为不同区域间的鱼类分化和隔离程度^[22]。

$$B_r=[S^2/(2r+S)]-1 \quad (7)$$

式中: S 为A和B两个区域总的鱼类物种数, r 表示A和B两个区域共有的鱼类物种数。

1.3.3 相似性分析

采用Jaccard相似性指数JSI,对比衡量三岔河中游黔中水利枢纽工程水域不同采样点之间鱼类群落结构差异。

$$JSI=j/(a+b-j) \quad (8)$$

式中: j 为A和B两个区域共有的鱼类物种数; a 、 b 分别为区域A、B的鱼类物种数。当JSI的值为0~0.25时,为“极不相似”;0.25~0.50时,为“中等不相似”;0.50~0.75时,为“中等相似”;0.75~1.00时,为“极相似”^[20]。

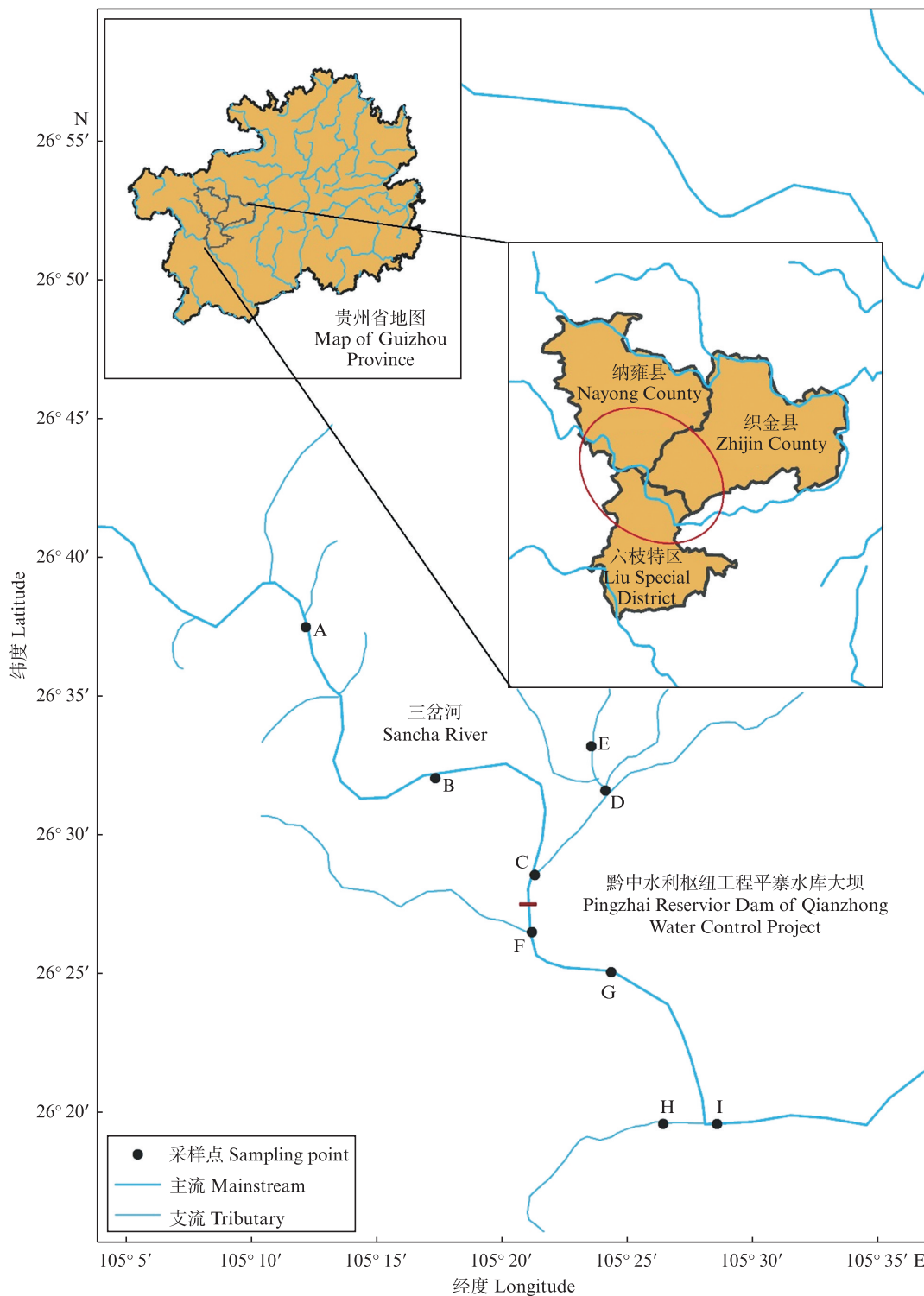


图1 三岔河中游黔中水利枢纽工程水域鱼类采样示意图

Fig. 1 Sampling sites in the middle reaches of the Sancha River (Qianzhong Water Control Project Area)

2 结果

2.1 三岔河中游黔中水利枢纽水域鱼类种类组成

本次调查在三岔河中游黔中水利枢纽水域采集到鱼类标本 1 518 尾,渔获物总质量为 253 431.2 g,见表 1。经鉴定,采集到的鱼类有 30 种,隶属于 3 目 6 科 26 属,见表 2。其中,鲤形目鱼类最多,有 23 种,占物种总数的 76.67%;其次为鲇形目,有 5 种,占物种总数的 16.67%;鲈形目最少,有 2 种,占物种总数的 6.67%。从科的水平看,鲤科鱼类种类最多,为 23 种,占物种总数的 76.67%;其次为鲇科和鳊科,分别为 2 种,各占总物种数的 6.67%;钝头鲂科、虾虎鱼科和太阳鱼科分别为 1 种,各占总物种数的 3.33%。

从库区水域和坝下水域整体分布情况看,在库区水域 5 个采样点采集到的鱼类有 20 种,在坝下水域 4 个采样点采集到的鱼类有 24 种。其中,马口鱼、鲮、鳊、麦穗鱼、中华倒刺鲃、白甲鱼、泉水鱼、齐口裂腹鱼、四川裂腹鱼、灰裂腹鱼、岩原鲤、鲤、鲫、大口鲇等 14 种鱼类是在库区水域和坝下水域均有采集到的鱼类。仅在库区水域采集到的鱼

类有唇鲮、花鲮、鲈鲤、云南光唇鱼、麦瑞加拉鲮和鲇等 6 种;仅在坝下水域采集到的鱼类有青鱼、草鱼、鲢、棒花鱼、高体鳊、白缘鲢、粗唇鲂、切尾拟鲮、子陵吻虾虎鱼和蓝鳃太阳鱼等 10 种。

根据表 1,从渔获物种类看,在位于龙河镇龙场村的采样点 I 和位于岩脚镇罗家寨村的采样点 G 采集到的鱼类种类较多,分别为 15 种和 14 种;在位于鸡场乡务卜村的采样点 D 采集到鱼类最少,仅有 4 种。从渔获物尾数看,在位于张家湾镇天生桥村的采样点 E 采集到的数量最多,有 426 尾,占渔获物尾数的 28.06%;其次为采样点 I,有 389 尾,占渔获物尾数的 25.63%;位于阳长镇马店村的采样点 A 仅采集到 34 尾,为各采样点中渔获物尾数最少的采样点。从渔获物质量上看,在采样点 D 和 E 采集到渔获物质量较多,分别为 59 152.5 g 和 50 968.8 g;在位于新场镇平寨村的采样点 F 的渔获物质量最少,仅为 5 956.0 g。采样点 D 虽采集到的鱼类种数和数量相对较少,但渔获物质量最多,主要是由于采集到 22 尾规格较大的鳊鱼。采样点 F 的渔获物种类主要以小规格的鲮、马口鱼和泉水鱼为主。

表 1 三岔河中游黔中水利枢纽工程水域各采样点渔获物组成分析
Tab. 1 Composition of fish catch for each sampling section of the middle reaches of Sancha River
(Qianzhong Water Control Project Area)

采样点 Sampling sites	种类数 Species/种	数量 Quantity/尾	数量比 Proportion/%	渔获物质量 Mass/g	质量比 Proportion/%
A	10	34	2.24	7 664.0	3.02
B	9	60	3.95	27 950.9	11.03
C	10	64	4.22	38 817.0	15.32
D	4	68	4.48	59 152.5	23.34
E	10	426	28.06	50 968.8	20.11
F	9	139	9.16	5 956.0	2.35
G	14	186	12.25	17 451.0	6.89
H	10	152	10.01	31 336.0	12.36
I	15	389	25.63	14 135.0	5.58
合计 Total		1 518	100.00	253 431.2	100.00

表2 三岔河中游黔中水利枢纽工程水域鱼类名录、分布和生态类型
 Tab. 2 Species composition, distribution and ecological types of fish in the middle reaches of Sancha River
 (Qianzhong Water Control Project Area)

种类 Species	库区水域 Reservoir area					坝下水域 Downstream water areas				生态类型 Ecological types
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	
鲤形目 Cypriniformes										
鲤科 Cyprinidae										
马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	+					+	+	+	+	3; U; R; D; O
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>									+	1; L; R; S-P; C
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>							+			1; L; R; S-P; H
鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	3; U; N; D; O
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>							+	+	+	1; U; R; S-P; H
鳙 <i>Aristichthys nobilis</i>	+	+	+	+			+	+	+	1; U; R; S-P; C
唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>	+		+							3; B; N; D; C
花鲮 <i>Hemibarbus maculatus</i>	+	+								3; B; N; D; C
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>					+		+	+	+	2; L; N; V; O
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>							+	+	+	3; B; N; D; O
高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>						+		+	+	2; L; N; S; O
中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i>	+	+	+	+		+	+	+		3; B; R; S-P; O
鲈鲤 <i>Percocypris pingi</i>	+									3; U; R; D; C
云南光唇鱼 <i>Acrossocheilus yunnanensis</i>					+					3; L; N; D; O
白甲鱼 <i>Onychostoma sima</i>		+					+	+		3; L; R; D; O
泉水鱼 <i>Pseudogyrinocheilus procheilus</i>	+	+			+	+	+		+	3; L; R; V; O
麦瑞加拉鲮 <i>Cirrhinus mrigala</i>			+							3; L; R; S-P; O
齐口裂腹鱼 <i>Schizothorax prenanti</i>					+	+	+			3; L; R; D; O
四川裂腹鱼 <i>Schizothorax kozlovi</i>					+	+				3; L; R; D; O
灰裂腹鱼 <i>Schizothorax griseus</i>			+		+	+				3; L; R; D; O
岩原鲤 <i>Procypris rabaudi</i>		+	+				+			2; L; N; V; O
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>			+				+			2; B; N; V; O
鲫 <i>Carassius auratus</i>	+	+	+	+	+	+	+		+	2; L; N; V; O
鲇形目 Siluriformes										
鲇科 Siluridae										
大口鲇 <i>Silurus meridionalis</i>					+				+	2; B; N; D; C
鲇 <i>Silurus asotus</i>	+	+	+		+					2; B; N; D; C
钝头鮠科 Amblycipitidae										
白缘鮠 <i>Liobagrus marginatus</i>									+	3; B; N; V; C
鲿科 Bagridae										
粗唇鮠 <i>Leiocassis crassilabris</i>									+	3; B; N; V; C
切尾拟鲿 <i>Pseudobagrus truncatus</i>									+	3; B; N; D; C
鲈形目 Perciformes										
虾虎鱼科 Gobiidae										
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>								+		3; B; N; D; C
太阳鱼科 Centrarchidae										
蓝鳃太阳鱼 <i>Lepomis macrochirus</i>									+	2; U; N; D; O

注:1.江湖洄游型;2.静水定居型;3.溪流定居型;U.中上层鱼类;L.中下层鱼类;B.底层鱼类;N.喜静缓流鱼类;R.喜流水鱼类;P.产浮性卵的鱼类;S-P.产漂流性卵的鱼类;V.产黏性卵的鱼类;D.产沉性卵的鱼类;S.喜贝产卵鱼类;H.植食性鱼类;C.肉食性鱼类;O.杂食性鱼类。

Notes: 1. River-lake migratory type; 2. Still water resident type; 3. Stream resident type; U. Upper-middle layer fish; L. Lower-middle layer fish; B. Bottom-dwelling fish; N. Fish preferring still and slow-moving waters; R. Fish preferring flowing waters; P. Fish that produce floating eggs; S-P. Fish that produce drifting eggs; V. Fish that produce adhesive eggs; D. Fish that produce demersal eggs; S. Fish that prefer shellfish spawning; H. Herbivorous fish; C. Carnivorous fish; O. Omnivorous fish.

2.2 鱼类生态类型

三岔河中游黔中水利枢纽工程水域鱼类生态类型划分如表2和图2所示。从食性来看,杂食性鱼类最多,有17种,占总种数的56.67%;肉食性鱼类有11种,占总种数的36.67%;植食性鱼类最少,仅有2种,占总种数的6.67%。从栖息水层来看,中上层鱼类有6种,占总种数的20%;中下层鱼类有13种,占总种数的43.33%;底层鱼类有11种,占总种数的36.67%。从生活习性来看,溪流定居型鱼类最多,有18种,占总种数的60%;静水定居型次之,有8种,占总种数的26.67%;江湖洄游型鱼类最少,有4种,占总种数的13.33%。

2.3 保护鱼类和外来物种

三岔河中游黔中水利枢纽工程水域采集到的鱼类中,列入《中国生物多样性红色名录-脊椎动物卷(2020)》的有7种:鲈鲤、灰裂腹鱼评估等级为濒危(EN);齐口裂腹鱼、四川裂腹鱼、岩原鲤和白缘鲂4种评估为易危(VU);白甲鱼为近危(NT)^[23]。列入国家重点保护野生动物名录的有鲈鲤、岩原鲤等2种,保护等级均为二级^[24]。列入贵州省重点保护野生动物名录的有3种:齐口裂腹鱼和四川裂腹鱼的野外种群保护等级为易危(VU);灰裂腹鱼的野外种群保护等级为濒危(EN)^[25]。

本次调查结果显示,三岔河中游黔中水利枢纽工程水域的外来物种有麦瑞加拉鲮和蓝鳃太阳鱼2种。

2.4 鱼类群落结构分析

三岔河中游黔中水利枢纽工程水域鱼类相对重要性指数(IRI)如计算结果如表3所示。结果显示,从整体上看,鲮、鳊、中华倒刺鲃和鲫等4种鱼类为该水域的优势种(IRI>1 000)。

另外根据对库区水域及坝下水域分析结果显示,库区水域的优势种与整体分析的结果一致,均为鲮、鳊、中华倒刺鲃和鲫;而坝下水域的优势种有6种,除鲮、鳊、中华倒刺鲃和鲫外,马口鱼和鲢也是优势种。

2.5 鱼类物种多样性的空间变化

三岔河中游黔中水利枢纽工程水域鱼类多样性指数分析结果见表4。结果显示,从各采样点的情况看,库区水域位于阳长镇马店村的采样点A、百兴镇蒋家寨村的采样点B和坝下水域岩脚镇罗家寨的采样点G和龙河镇龙场村的采样点I的物种多样性较高;库区水域位于鸡场乡务卜村的采样点D和坝下水域新场镇平寨村的采样点F物种多样性较低。从整体情况看,坝下水域的鱼类多样性要高于库区水域。

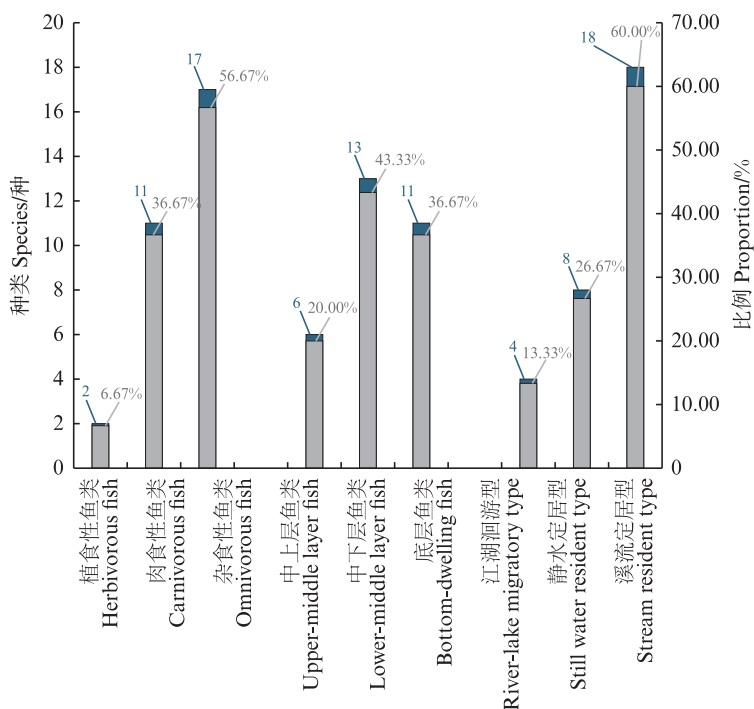


图2 三岔河中游黔中水利枢纽工程水域鱼类生态类型

Fig. 2 Ecological types of fish in the middle reaches of Sancha River (Qianzhong Water Control Project Area)

表3 三岔河中游黔中水利枢纽工程水域鱼类相对重要性指数分析
Tab. 3 Index of relative importance of fish in the middle reaches of Sancha River(Qianzhong Water Control Project Area)

物种 Species	数量 Quantity/尾	数量比(N) Proportion	质量 Mass/g	质量比(W) Proportion	出现站点 Sampling sites	出现频率 Frequency/%	IRI
马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i> ☆	69	4.55	2 753	1.09	5	55.56	274.32
青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>	1	0.07	240	0.09	1	11.11	0.07
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	1	0.07	60	0.02	1	11.11	0.02
鲢 <i>Hemiculter leucisculus</i> * ☆	659	43.41	18 738.7	7.39	9	100.00	32 099.11
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i> ☆	20	1.32	17731	7.00	3	33.33	307.26
鳙 <i>Aristichthys nobilis</i> * ☆	59	3.89	109 927.1	43.38	7	77.78	13 112.35
唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>	2	0.13	2 284	0.90	2	22.22	2.64
花鲮 <i>Hemibarbus maculatus</i>	3	0.20	1 301	0.51	2	22.22	2.25
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	54	3.56	769	0.30	4	44.44	47.97
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	47	3.10	848	0.33	3	33.33	34.53
高体鲮 <i>Rhodeus ocellatus</i>	56	3.69	305	0.12	3	33.33	14.80
中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i> * ☆	70	4.61	19 571	7.72	7	77.78	2 769.71
鲈鲤 <i>Percocypris pingi</i>	1	0.07	52	0.02	1	11.11	0.02
云南光唇鱼 <i>Acrossocheilus yunnanensis</i>	5	0.33	1 882	0.74	1	11.11	2.72
白甲鱼 <i>Onychostoma sima</i>	4	0.26	1 134	0.45	3	33.33	3.93
泉水鱼 <i>Pseudogyrinocheilus procheilus</i>	44	2.90	2 772	1.09	6	66.67	211.36
麦瑞加拉鲮 <i>Cirrhinus mrigala</i>	1	0.07	760	0.30	1	11.11	0.22
齐口裂腹鱼 <i>Schizothorax prenanti</i>	7	0.46	2 334	0.92	3	33.33	14.16
四川裂腹鱼 <i>Schizothorax kozlovi</i>	17	1.12	4 001	1.58	2	22.22	39.29
灰裂腹鱼 <i>Schizothorax griseus</i>	10	0.66	4 049	1.60	3	33.33	35.08
岩原鲤 <i>Procypris rabaudi</i>	8	0.53	3 084	1.22	3	33.33	21.38
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	2	0.13	1 429	0.56	2	22.22	1.65
鲫 <i>Carassius auratus</i> * ☆	353	23.25	54 508.4	21.51	8	88.89	44 458.39
大口鲶 <i>Silurus meridionalis</i>	2	0.13	598	0.24	2	22.22	0.69
鲶 <i>Silurus asotus</i>	5	0.33	1 697	0.67	4	44.44	9.80
白缘鲢 <i>Liobagrus marginatus</i>	2	0.13	38	0.01	1	11.11	0.02
粗唇鲃 <i>Leiocassis crassilabris</i>	2	0.13	119	0.05	1	11.11	0.07
切尾拟鲢 <i>Pseudobagrus truncatus</i>	1	0.07	104	0.04	1	11.11	0.03
子陵吻虾虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	8	0.53	27	0.01	1	11.11	0.06
蓝鳃太阳鱼 <i>Lepomis macrochirus</i>	5	0.33	315	0.12	1	11.11	0.45
合计 Total	1 518	100.00	253 431.2	100.00			

注:标注“*”为库区水域优势种类;标注“☆”为坝下水域优势种类。
Notes: “*” Dominant fish species in the reservoir waters; “☆” Dominant fish species in the downstream waters.

2.6 β多样性指数

三岔河中游黔中水利枢纽工程水域库区和坝下水域的 β_c 和 β_r 分别为8.0和15.8。各采样点之间的 β_c 和 β_r 如表5所示。 β_c 指数分析结果显示,库区和坝下水域整体及部分采样点之间的 β_c 较高,说明鱼类的生境差异较大,如坝下位于龙河镇龙场村的采样点I与库区位于阳长镇马店村的采样点A和位于牛场乡岔河的采样点

C。库区水域之间和坝下水域之间的 β_c 较低,说明这些采样点之间鱼类的生境差异相对较小。
 β_r 指数分析结果显示,库区和坝下水域整体及上下游各采样点之间的 β_r 指数较高,说明这些采样点间鱼类物种出现一定的分化现象。库区上游采样点之间的 β_r 指数相对较低,表明鱼类物种分化不明显。

表4 三岔河中游黔中水利枢纽工程水域鱼类多样性空间变化
Tab. 4 Spatial changes of fish diversity in the middle reaches of Sancha River(Qianzhong Water Control Project Area)

采样点 Sampling sites		H'	J'	D	C
库区水域 Reservoir area	A	2.02	0.57	2.55	0.84
	B	1.66	0.41	1.95	0.77
	C	1.50	0.36	2.16	0.67
	D	1.19	0.28	0.71	0.67
	E	1.23	0.20	1.49	0.62
	库区水域整体 Overall situation of the reservoir area	1.64	0.55	2.93	0.71
坝下水域 Downstream water area	F	1.15	0.23	1.62	0.53
	G	1.70	0.32	2.49	0.72
	H	1.54	0.31	1.79	0.67
	I	1.76	0.30	2.35	0.76
	坝下水域整体 Overall situation of the downstream water area	1.91	0.60	3.40	0.74
三岔河中游黔中水利枢纽工程水域整体 Overall situation of the middle reaches of the Sancha River (Qianzhong Water Control Project Area)		1.93	0.57	3.96	0.75

表5 三岔河中游黔中水利枢纽工程水域间鱼类β多样性分析
Tab. 5 Analysis of β_c and β_r diversity in the middle reaches of Sancha River(Qianzhong Water Control Project Area)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A		5.8	7.8	5.9	11.1	8.5	11.2	11.1	13.8
B	2.5		7.0	5.1	10.2	9.3	8.8	10.2	14.8
C	4.0	3.5		5.9	11.1	10.2	11.2	13.1	17.9
D	3.0	2.5	3.0		9.6	6.7	9.3	7.6	12.2
E	6.0	5.5	6.0	5.0		7.0	12.9	15.4	13.8
F	4.5	5.0	5.5	3.5	3.5		10.3	10.2	12.9
G	5.5	4.5	6.0	5.0	7.0	5.5		8.3	12.3
H	6.0	5.5	7.0	4.0	8.0	5.5	4.0		10.5
I	7.5	8.0	9.5	6.5	7.5	7.0	6.5	5.5	

注:左下角β_c; 右上角β_r。
Notes: β_c means below diagonal; β_r means above diagonal.

2.7 鱼类相似性分析

三岔河中游黔中水利枢纽工程水域库区和坝下水域鱼类物种 jaccard 相似性指数 JSI 为 0.47, 结果为“中等不相似”。各采样点之间的鱼类物种相似性指数 JSI 值见表 6。结果显示, 除库区水域中采样点 A 和 B(0.58)、坝下水域采样点 H 与 G(0.50)为“中等相似”外, 其余各采样点之间均不相似。其中采样点 A 与采样点 E、H、I; 采样点 B 与 I; C 与 E、H、I; D 与 E、I; E 与 H、I 之间均为“极不相似”。

3 讨论

3.1 鱼类物种组成

乌江是长江上游右岸最大的支流, 渔业资源丰富。《贵州鱼类志》中记录乌江(贵州境内)的鱼类有 106 种^[26];《贵州鱼类》中记录乌江(贵州境内)的鱼类有 129 种^[11]。关于乌江(贵州境内)的鱼类资源现状调查, 王智慧等^[27]报道乌江索风营水电站库区有鱼类 35 种, 鲤形目鱼类占物种总数的 74.29%; 曾之珣等^[28]报道清水河有鱼类 57 种, 隶属于 6 目 15 科 50 属, 其中鲤形目占 70.18%; 代

应贵等^[29]报道石阡河有鱼类 32 种,隶属 3 目 9 科 28 属,鲤形目占 71.9%;梵净山及临近地区中乌江水系的土著鱼类有 53 种,分属 4 目 10 科 43 属^[30];王雪等^[9]通过 2017—2021 年的调查,报道乌江有鱼类 107 种,隶属 6 目 22 科 73 属,其中鲤形目有 53 种,占总数的 49.63%,优势种为鲫、鲮、中华倒刺鲃和马口鱼;程如丽^[31]等基于环境 DNA 技术分析,在乌江干流共检测出鱼类有 32 种,隶属 5 目 9 科 25 属,其中鲤形目占比约为 56.25%,其中在乌江上游三岔河普定库区检测到鱼类 14 种,引

子渡水电站库区检测到 19 种;陈云川^[32]等采用传统调查方法在六冲河上游调查发现有 45 种鱼类,分属 5 目 11 科 38 属 45 种,鲤形目占 68.89%;采用 eDNA 技术,共检测出 5 目 14 科 51 属 64 种鱼类。本次在三岔河黔中水利枢纽水域采集到的鱼类有 30 种,隶属于 3 目 6 科 26 属,鲤形目鱼类有 23 种,占物种总数的 76.67%,优势种为鲮、中华倒刺鲃和鲫。整体上看,三岔河中游黔中水利枢纽工程水域的鱼类组成特点与乌江干流或支流其他江段的鱼类组成特点也较为一致。

表 6 三岔河中游黔中水利枢纽工程水域鱼类相似性分析
Tab. 6 Analysis of similarity of fish in the middle reaches of Sancha River (Qianzhong Water Control Project Area)

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
A									
B	0.58								
C	0.43	0.46							
D	0.40	0.44	0.40						
E	0.25	0.27	0.25	0.17					
F	0.36	0.29	0.27	0.30	0.46				
G	0.33	0.44	0.33	0.29	0.26	0.35			
H	0.25	0.27	0.18	0.27	0.11	0.27	0.50		
I	0.25	0.20	0.14	0.19	0.25	0.26	0.38	0.39	

从鱼类的食性结构来分析鱼类群落结构,有研究表明^[33-34],杂食性鱼类的数量占比低于 20% 时,说明鱼类群落结构较好,占比超过 45% 时则群落结构较差。本次在三岔河黔中水利枢纽水域采集到的杂食性鱼类有 17 种,占鱼类总数的 56.67%,表明该水域的鱼类群落结构较差。这与金方彭^[35]等在澜沧江中上游功果桥到乌弄龙江段的调查结果较为相似。

3.2 鱼类多样性空间特征

Margalef 种类丰富度指数 (D)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H')、Pielou 均匀度指数 (J') 和 Simpson 优势度指数 (C) 等物种多样性指数涉及了生物量、物种数和丰度等参数,是衡量群落结构和功能的重要指标^[36],且在鱼类多样性的研究中广泛使用^[37-40]。Margalef 种类丰富度指数 (D) 反映的是鱼类资源丰富度程度, D 值越高,说明鱼类资源越丰富;Shannon-Wiener 多样性指数 (H') 反映的是鱼类群落结构的稳定性,当该水域中鱼类群落物种越丰富, H' 越高;Pielou 均匀度指数 (J') 一般用来衡量鱼类分布均匀程度;Simpson 优势度指数 (C) 则反映了鱼类群落的多样性, C

值越高,说明群落多样性越好。多样性分析结果显示,本次在三岔河黔中水利枢纽水域的调查中,多样性指数与王雪等^[9]对乌江的调查相比相对偏低,这可能是由于在鱼类调查中采样点的数量、渔获物数量、采用的鱼类采集方式较为单一、调查频次偏少等因素有关。另外,库区水域和坝下水域鱼类多样性分析显示,坝下水域的鱼类多样性指数均稍高于库区水域。从各采样点生境来看,库区水域的采样点除上游的阳长镇马店村采样点 A 位于流水和静水交汇区外,其余采样点均位于静水区域,而坝下水域无论是干流还是支流的采样点,均以流水为主,库区水域和坝下水域中各采样点生境差异明显。由于鱼类多样性变化不仅与栖息地环境有密切关系,也与水域中水流流速、水体深度、河床底质等特征有关,导致库区水域和坝下水域的鱼类多样性存在差异。

β 多样性指数分析显示,库区和坝下水域的生境差异较大,且鱼类物种出现一定的分化现象。同时,相似性分析结果显示,三岔河黔中水利枢纽工程水域不同区域之间的鱼类物种组成差异较大,库区水域和坝下水域中鱼类物种的相

似性结果为“中等不相似”。其主要原因是水库大坝建设改变了河流的生境,造成区域河段生境破碎、鱼类洄游通道受阻隔及产卵场发生改变。且蓄水后,大坝上下游区域因水体流速、流量、水温等存在差异,导致鱼类在种类、数量和多样性上亦存在较大差别^[41]。

3.3 保护对策

本次在三岔河中游黔中水利枢纽工程水域采集到的保护鱼类有 7 种,占鱼类种数的 23.33%。其中齐口裂腹鱼、四川裂腹鱼、灰裂腹鱼和岩原鲤均有一定数量,主要是与水库建设和运营管理等有关单位近年来一直持续对这些种类开展的增殖放流工作有关。据统计,自 2018 年开始,相关单位每年向该水域放流规格为 5~10 cm 的四川裂腹鱼、云南光唇鱼、白甲和岩原鲤等有 60 余万尾。这也是严格落实“长江十年禁渔”政策的阶段性成效。在外来物种方面,蓝鳃太阳鱼在王雪等^[9]对乌江上游和中游的调查中均有发现,而麦瑞加拉鲮则是首次在乌江支流中发现。虽采集到的数量较少,主要与本次调查的区域、频次和采集方式等有关,但外来物种入侵可能会影响三岔河乃至乌江的鱼类组成和结构变化,需持续重点关注。

三岔河作为乌江主要支流,针对该水域的鱼类组成特点,就持续做好鱼类资源保护提出如下建议。(1)继续严格落实“长江十年禁渔”政策,加强对三岔河水域禁渔的执法监管,保持高压严管态势;强化“长江十年禁渔”宣传力度,提高公众对长江禁捕重要性的认识,鼓励公众积极参与到对该水域的生态保护中来,确保禁渔工作的长期稳定进行。(2)对于该水域中的保护种类灰裂腹鱼,针对灰裂腹鱼规模化繁育还存在的技术瓶颈,组织开展人工繁殖技术研究,突破其规模化人工繁殖及幼鱼培育技术,适时开展增殖放流工作,以补充其种群数量。对已开展增殖放流的四川裂腹鱼、齐口裂腹鱼等种类,要持续做好增殖放流后的监测评估工作,并根据监测评估结果调整放流规模。(3)强化对外来鱼类的关注和管理。加大对不规范放生行为的监督。政府及水库运营管理部门开展的增殖放流的物种需经有资质的鉴定机构进行种质鉴定后方可进行,防止在该水域引入新的外来物种;对已存在的外来物种入侵情况进行进一步的调查和评估。并根据调查

评估结果,及时采取适当措施对外来鱼类进行清理,防止外来鱼类与该水域的土著种形成竞争关系,从而影响土著种的组成和多样性。

作者声明本文无利益冲突。

参考文献:

- [1] 侯祎亮. 贵州省三岔河流域水化学特征及其影响因素分析[D]. 贵阳: 贵州大学, 2016.
HOU Y L. Hydrochemical characteristics and the possible controls in karst-dominated terrain: case study from Sanchahe River Basin, Guizhou province, China [D]. Guiyang: Guizhou University, 2016.
- [2] 沈丹. 贵州省三岔河流域地貌研究[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2019.
SHEN D. Study on geomorphology of Sancha River Catchment in Guizhou Province [D]. Guiyang: Guizhou Normal University, 2019.
- [3] 李梨, 周忠发, 邹艳, 等. 岩溶水库水体总有机碳剖面分布特征及影响机制研究[J]. 北京大学学报(自然科学版), 2024, 60(2): 277-288.
LI L, ZHOU Z F, ZOU Y, et al. Distribution characteristics and influence mechanism of total organic carbon profile in karst reservoir [J]. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis, 2024, 60(2): 277-288.
- [4] 谢江婷, 周忠发, 王翠, 等. 平寨水库水体氢氧同位素及水化学特征[J]. 长江科学院院报, 2023, 40(7): 41-49.
XIE J T, ZHOU Z F, WANG C, et al. Hydrogen and Oxygen Isotopes and Hydrochemical characteristics of water in Pingzhai reservoir [J]. Journal of Changjiang River Scientific Research Institute, 2023, 40(7): 41-49.
- [5] 李永柳, 周忠发, 孔杰, 等. 喀斯特地区河流水化学季节变化特征及成因分析——以平寨水库上游流域为例[J]. 环境化学, 2023, 42(2): 478-486.
LI Y L, ZHOU Z F, KONG J, et al. Seasonal variation characteristics and causes of river water chemistry in Karst: Taking the area of Pingzhai Reservoir as an example [J]. Environmental Chemistry, 2023, 42(2): 478-486.
- [6] 李永柳. 喀斯特高原湖泊叶绿素 a 浓度遥感反演研究——以平寨水库为例[D]. 贵阳: 贵州师范大学, 2022.
LI Y L. Remote sensing inversion of chlorophyll a concentration in karst Plateau Lakes: A case study of Pingzhai Reservoir [D]. Guiyang: Guizhou Normal University, 2022.
- [7] 孔杰, 周忠发, 但雨生, 等. 基于分形插值模型的平寨水库水体富营养化评价[J]. 灌溉排水学报, 2021, 40(1): 123-130.
KONG J, ZHOU Z F, DAN Y S, et al. Using fractal

- interpolation to evaluate eutrophication at Pingzhai Reservoir in Guizhou Province[J]. *Journal of Irrigation and Drainage*, 2021, 40(1): 123-130.
- [8] 马松,魏榆,韩翠红,等.喀斯特水库水化学特征及对无机碳沉积通量的指示[J].*湖泊科学*, 2021, 33(6): 1701-1713.
- MA S, WEI Y, HAN C H, et al. Hydrochemical characteristics in karst reservoirs and its implication for inorganic carbon deposition fluxes[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2021, 33(6): 1701-1713.
- [9] 王雪,吕振宇,曾圣,等.乌江鱼类种类组成及多样性[J].*水产学报*, 2023, 47(2): 029310.
- WANG X, LYU Z Y, ZENG S, et al. Species composition and diversity of fish in the Wujiang River[J]. *Journal of Fisheries of China*, 2023, 47(2): 029310.
- [10] 王媛,凡迎春,徐东坡.大溪水库和沙河水库主要鱼类营养结构的时空变化[J].*生态学报*, 2021, 41(8): 3215-3225.
- WANG Y, FAN Y C, XU D P. Temporal and spatial variations in the trophic structure of key species in Daxi and Shahe Reservoir[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2021, 41(8): 3215-3225.
- [11] 杨兴,李建光,王艳艳,等.贵州鱼类[M].北京:科学出版社,2022.
- YANG X, LI J G, WANG Y Y, et al. *Fishes in Guizhou* [M]. Beijing: Science Press, 2022.
- [12] 中国科学院中国动物志编辑委员会.中国动物志-中卷-硬骨鱼纲 鲤形目[M].北京:科学出版社,1998.
- Fauna Sinica Editorial Board. *Fauna Sinica: Osteichthyes: Cypriniformes (Volume II)* [M]. Beijing: Science Press, 1998.
- [13] 中国科学院中国动物志编辑委员会.中国动物志-下卷-硬骨鱼纲 鲤形目[M].北京:科学出版社,2000.
- Fauna Sinica Editorial Board. *Fauna Sinica: Osteichthyes: Cypriniformes (Volume III)* [M]. Beijing: Science Press, 2000.
- [14] 诸新洛,郑葆珊,戴定远.中国动物志 硬骨鱼纲 鲇形目[M].北京:科学出版社,1999.
- CHU X L, ZHENG B S, DAI D Y. *Fauna Sinica: Osteichthyes: Siluriformes* [M]. Beijing: Science Press, 1999.
- [15] 邢烁,张成,陈立婧,等.2021年度长江口江心青草沙水库鱼类群落结构[J].*上海海洋大学学报*, 2024, 33(1): 114-123.
- XING S, ZHANG C, CHEN L J, et al. Fish community structure of Qingcaosha Reservoir in the Yangtze River Estuary in 2021 [J]. *Journal of Shanghai Ocean University*, 2024, 33(1): 114-123.
- [16] 孙儒泳,李庆芬,牛翠娟.基础生态学[M].北京:高等教育出版社,2002: 143-144.
- SUN R Y, LI Q F, NIU C J. *Basic Ecology* [M]. Beijing: Higher Education Press, 2002: 143-144.
- [17] SHANNON C E. The mathematical theory of communication (Reprinted)[J]. *M D Comput*, 1997, 14(4): 306-317.
- [18] PIELOU E C. The measurement of diversity in different types of biological collections[J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 13: 131-144.
- [19] GATES C E. Reviewed Works: *Statistical ecology, a primer on methods and computing* by J. A. Ludwig, J. F. Reynolds; *Ecology Simulation Primer* by G. L. Swartzman, S. P. Kaluzny[J]. *The Journal of Wildlife Management*, 1990, 54(1): 197-198.
- [20] 陈旭,刘雄军,孙威威,等.抚河源自然保护区鱼类群落结构及主要物种生长特征[J].*水生生物学报*, 2020, 44(4): 829-837.
- CHEN X, LIU X J, SUN W W, et al. Fish community structure and growth characteristics in the Fuheyuan nature reserve, Jiangxi Province[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2020, 44(4): 829-837.
- [21] CODY M L. Towards a theory of continental species diversities: Bird distributions over Mediterranean Habitat Gradients [M]//CODY M L, DIAMOND J M. *Ecology and Evolution of Communities*. Cambridge: Harvard University Press, 1975: 214-257.
- [22] ROUTLEDGE R D. On Whittaker's components of diversity[J]. *Ecology*, 1977, 58(5): 1120-1127.
- [23] 生态环境部,中国科学院.中国生物多样性红色名录—脊椎动物卷(2020) [EB/OL]. (2023-05-19). https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.
- Ministry of Ecology and Environment of the People's Republic of China, Chinese Academy of Sciences. *China Biodiversity Red List - Vertebrates Volume (2020)* [EB/OL]. (2023-05-19). https://www.mee.gov.cn/xxgk/2018/xxgk/xxgk01/202305/t20230522_1030745.html.
- [24] 国家林业和草原局,农业农村部.国家重点保护野生动物名录[EB/OL]. [2021-02-01]. http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/202102/t20210205_6361292.htm.
- National Forestry and Grassland Administration, Ministry of Agriculture and Rural Affairs of the People's Republic of China. *List of national key protected wild animals* [EB/OL]. (2021-02-05). http://www.moa.gov.cn/govpublic/YYJ/202102/t20210205_6361292.htm.
- [25] 贵州省人民政府.贵州省重点保护野生动物名录[EB/OL]. (2023-12-26). https://www.guizhou.gov.cn/zwgk/zfgb/gzsfzb/202402/t20240205_83788080.html.
- Guizhou Provincial People's Government. *Key Protected Wild Animal List of Guizhou Province* [EB/OL]. (2023-12-26). https://www.guizhou.gov.cn/zwgk/zfgb/gzsfzb/202402/t20240205_83788080.html.

- [26] 伍律. 贵州鱼类志[M]. 贵阳: 贵州人民出版社, 1989.
WU L. Fishes of Guizhou Province [M]. Guiyang: Guizhou People's Publishing House, 1989.
- [27] 王智慧, 陈许, 辜永河, 等. 乌江索风营水电站库区鱼类资源现状调查及预测评价[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2001, 19(4): 7-11.
WANG Z H, CHEN H, GU Y H, et al. Investigation and prediction of fish resources at Suofengying Hydropower Station reservoir in the Wujiang River [J]. Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences), 2001, 19(4): 7-11.
- [28] 曾之暄, 刘飞. 贵州清水河鱼类多样性现状[J]. 贵州师范大学学报(自然科学版), 2020, 38(6): 11-18.
ZENG Z H, LIU F. Current status of fish diversity in the Qingshui River of Guizhou province [J]. Journal of Guizhou Normal University (Natural Sciences), 2020, 38(6): 11-18.
- [29] 代应贵, 李敏, 王晓辉. 石阡河鱼类物种多样性研究[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(2): 57-58.
DAI Y G, LI M, WANG X H. Study on the species diversity of fish in the Shiqian River [J]. Guizhou Agricultural Sciences, 2005, 33(2): 57-58.
- [30] 代应贵, 李敏. 梵净山及邻近地区鱼类资源的现状[J]. 生物多样性, 2006, 14(1): 55-64.
DAI Y G, LI M. Fish resources around Fanjing Mountain, Guizhou [J]. Biodiversity Science, 2006, 14(1): 55-64.
- [31] 程如丽, 罗杨, 张玉凤, 等. 基于环境DNA技术的乌江干流梯级水电站库区的鱼类多样性[J]. 水产学报, 2025, 49(3): 140-157.
CHENG R L, LUO Y, ZHANG Y F, et al. Fish diversity of the cascade hydropower reservoir area of the Wujiang River based on environmental DNA technology [J]. Journal of Fisheries of China, 2025, 49(3): 140-157.
- [32] 陈云川. 环境DNA技术在六冲河上游鱼类资源调查中的应用研究[D]. 重庆: 西南大学, 2020.
CHEN Y C. Application of environmental DNA Technology in fish resources investigation in the upper reach of Liuchong River [D]. Chongqing: Southwest University, 2020.
- [33] KARR J R. Assessment of biotic integrity using fish communities[J]. Fisheries, 1981, 6(6): 21-27.
- [34] KARR J R FAUSCH K D, ANGERMEIER P L, et al. Assessing biological integrity in running waters: a method and its rationale [J]. Illinois Natural History Survey Special Publication, 1986(S5): 1-28.
- [35] 金方彭, 吴俊颀, 左鹏翔, 等. 澜沧江中上游功果桥—乌弄龙江段鱼类资源现状及物种多样性[J]. 水产科技情报, 2024, 51(1): 57-64.
JIN F P, WU J J, ZUO P X, et al. Status of fishery resources and species diversity in the middle and upper reaches of the Lancang River (Gongguo Bridge-Wunonglong section) [J]. Fisheries Science & Technology Information, 2024, 51(1): 57-64.
- [36] 邹远超, 唐成, 谢伟, 等. 沱江中游鱼类资源现状及多样性[J]. 水产学报, 2023, 47(2): 029308.
ZOU Y C, TANG C, XIE W, et al. Analysis of fish resources status and diversity in the middle reaches of Tuojiang River [J]. Journal of Fisheries of China, 2023, 47(2): 029308.
- [37] 巩政, 刘艳超, 冯慧喆, 等. 基于多维度指数的雅鲁藏布江鱼类多样性评价及群落构建过程分析[J]. 湖泊科学, 2024, 36(1): 213-222.
GONG Z, LIU Y C, FENG H Z, et al. Fish diversity evaluation and community assembly process analysis in the Yarlung Tsangpo River based on multi-faceted indices [J]. Journal of Lake Sciences, 2024, 36(1): 213-222.
- [38] 张作鹏, 要晨阳, 吴玲, 等. 怒江云南段鱼类多样性现状与威胁因子[J]. 生物多样性, 2024, 32(7): 24076.
ZHANG Z P, YAO C Y, WU L, et al. Fish diversity and threat factors in the Yunnan section of the Nujiang River [J]. Biodiversity Science, 2024, 32(7): 24076.
- [39] 凌岚馨, 范共, 胡云, 等. 环境DNA技术与传统捕捞揭示崇明岛内河鱼类多样性[J]. 上海海洋大学学报, 2022, 31(6): 1434-1444.
LING L X, FAN G, HU Y, et al. Integrating environmental DNA technology and traditional fish survey to reveal the diversity of fishes in the rivers on the Chongming Island [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2022, 31(6): 1434-1444.
- [40] 李诗佳, 施利燕, 钟俊生, 等. 长江口南部水域春、秋季鱼类群落结构比较[J]. 上海海洋大学学报, 2024, 33(1): 135-149.
LI S J, SHI L Y, ZHONG J S, et al. Comparative study on fish community structure in spring and autumn in the southern waters of the Yangtze River Estuary [J]. Journal of Shanghai Ocean University, 2024, 33(1): 135-149.
- [41] 黄亮. 水工程建设对长江流域鱼类生物多样性的影响及其对策[J]. 湖泊科学, 2006, 18(5): 553-556.
HUANG L. Impacts of hydraulic works on fish biodiversity in the Yangtze River Valley and countermeasures [J]. Journal of Lake Sciences, 2006, 18(5): 553-556.

Species composition and diversity of fish in the middle reaches of the Sancha River(Qianzhong Water Control Project Area)

WU Yaojie¹, LI Shikai^{2,3}, WU Yuxue^{2,3}, WANG Yanyan^{2,3}, ZHANG Xiaoping^{2,3}, WU Lei⁴, XIANG Song⁵, WEI Mingxiao¹

(1. Guizhou Water Conservancy Investment Group Co., Ltd, Guiyang 550002, Guizhou, China; 2. Fisheries Research Institute of Guizhou Academy of Agricultural Sciences, Guiyang 550025, Guizhou, China; 3. The Engineering and Technology Center of Special Fisheries of Guizhou Province, Guiyang 550025, Guizhou, China; 4. College of Fisheries, Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, Hubei, China; 5. Guizhou Qianzhong Water Conservancy Engineering Co., Ltd. Guiyang 550002, Guizhou, China)

Abstract: To explore the species composition and diversity characteristics of the existing fish in the middle reaches of the Sancha River, nine sampling sites were set up in the water area of the Qianzhong Water Control Project in the middle reaches of the Sancha River from the dry season and the flood season in 2022 and 2023. Three surveys were conducted on fish resources, and the current status of fish resources and species diversity in the water area were analyzed. The results showed that a total of 30 fish species were surveyed in the middle reaches of the Sancha River, belonging to 3 orders, 6 families, and 26 genera. Cypriniformes were the most abundant with 23 species, accounting for 76.67% of the total. There were 7 protected fish species and 2 exotic species. The dominant species were *Hemiculter leucisculus*, *Aristichthys nobilis*, *Spinibarbus sinensis*, and *Carassius auratus*. The fish diversity indices were Margalef's species richness index (D) at 3.96, Shannon-Wiener diversity index (H') at 1.93, Pielou's evenness index (J') at 0.57, and Simpson's dominance index (C) at 0.75. The β -diversity indices analysis showed that the β_c and β_r for the reservoir area and downstream water area of the Qianzhong Water Control Project Area were 8.0 and 15.8, respectively. The Jaccard similarity index (JSI) between the reservoir and downstream water areas was 0.47, indicating a moderate dissimilarity. The study suggests that there is a significant habitat difference between the reservoir area and downstream water area, with a certain differentiation in fish species. This study provides fundamental survey data for the conservation of fish diversity and scientific management in the Qianzhong Water Control Project Area.

Key words: Sancha River; Qianzhong Water Control Project; fish composition; diversity