

赤水河威信段鱼类多样性及动态特征研究*

洪梓晋¹, 吴程^{1,2**}, 黄显杰³, 裴莹¹, 李继业⁴, 李柏樵⁵,
申亮^{1,2}, 常梅秀¹, 邓缘媛¹, 李宛莹¹, 曾明⁴, 胡永杰¹,
付彦琪¹, 李涛⁵, 赵祖权³, 陈文善³, 李学华³

(1. 昆明学院农学与生命科学学院, 云南昆明 650214; 2. 昆明学院昆明滇池(湖泊)污染防治合作研究中心, 云南昆明 650214; 3. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区云南管护局, 云南昭通 657099;
4. 中交一公局集团有限公司, 北京 100024; 5. 云南森捷环境工程有限公司, 云南昆明 650034)

[摘要] 近年来, 赤水河鱼类资源经历了受损、保护、恢复的过程. 目前研究与实践集中于赤水河云南段, 而对威信境内鱼类多样性研究未见报道. 因此, 结合历史相关资料及近年调查数据, 研究了赤水河威信段鱼类多样性动态特征. 结果表明, 赤水河威信段鱼类有5目10科46属51种, 其干支流鱼类多样性相似度高, 不同空间尺度鱼类优势种组成有所差异, 且近年鱼类物种恢复成效明显, 其中干流鱼类2023年物种数是2019年的2.72倍.

[关键词] 赤水河; 水生态; 鱼类; 生物多样性

[中图分类号] S932.4 [文献标志码] A [文章编号] 1674-5639(2024)03-0057-11

DOI: 10.14091/j.cnki.kmxyxb.2024.03.008

鱼类资源的多样性保护已成为社会发展的客观需求, 鱼类不仅是水域生态系统中重要的组成部分, 还是维持淡水生态系统功能的关键类群^[1,2]. 同时, 它也是实施生物多样性保护与管理不可或缺的组成部分^[3]. 随着人类活动范围的不断扩大与全球气候的不断变化, 鱼类多样性的改变与水域生态环境安全越来越紧密相关^[4]. 系统开展鱼类多样性调查研究, 掌握鱼类的现状以及面临的威胁, 不仅是保护淡水生态系统的前提, 也是区域生物多样性评估和淡水生态系统健康评估的关键指标, 并且对地区发展具有不可估量的生态意义、历史价值和经济效益^[4-6].

长江上游是我国鱼类生物多样性最丰富的地区之一, 淡水鱼类分布共有286种, 其中长江水域特有种多达124种, 远超中国其他水系的特有鱼类比率^[7-10], 以及拥有长江上游白鲟 *Psephurus gladius*、长江鲟 *Acipenser dabryanus*、胭脂鱼 *Myxocyprinus asiaticus*、川陕哲罗鲑 *Hucho bleekeri* 和滇池金线鲃 *Sinocyclocheilus grahami* 等多种珍稀鱼类的重要栖息地, 在中国鱼类生物多样性保护方面占据极其重要的地位^[11]. 因此, 2005年中国国务院办公厅批准建立了“长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区”, 该保护区地跨四川、云南、贵州和重庆3省1直辖市, 该保护区河流总长度1138.31 km, 总面积317.14 km²^[9,12], 是中国目前最长的河流型自然保护区^[12]. 近年来, 随着人类活动范围的不断扩大, 自然资源的过度开发与利用, 淡水鱼类多样性正面临环境退化、栖息地丧失和外来种入侵等多重威胁^[13-15], 其中影响流域内土著鱼类多样性及其分布的因子主要有修筑电站和河坝、过度捕捞、排放污水等^[10].

* [收稿日期] 2023-11-29

[作者简介] 洪梓晋, 男, 云南石林人, 昆明学院职员, 博士, 研究方向为水生生态学.

** [通信作者] 吴程, 男, 海南琼山人, 昆明学院正高级工程师, 博士, 研究方向为生物保育与生态修复, E-mail: 41010537@qq.com.

[基金项目] 云南省“兴滇英才支持计划”青年人才专项项目(YNWR-QNBJ-2020-099); 云南省教育厅科学研究基金项目(2023J0829); 昆明学院引进人才科研项目(YJL23003, YJL23027); 云南省高校河湖生态健康评估与修复重点实验室专项项目(无编号); 昆明学院2023年科研特色团队项目(XJ20230038).

在长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区中,赤水河云南保护区地质地貌复杂,自然环境多变,鱼类资源丰富,是云南省唯一一个珍稀特有鱼类国家级自然保护区,也是长江上游重要的生态屏障^[16],而赤水河云南威信段作为该自然保护区的一部分,在鱼类资源保护中起到重要作用.因地方发展,赤水河云南威信段水生生态系统受干扰严重,为保护赤水河的鱼类资源,恢复水生生物良好的栖息生境条件,云南省高度重视赤水河云南段的生态环境治理与水生生态恢复.据报道2015年,昭通市流域内17座小水电站及拦河坝全部拆除完毕^[16],2017年1月1日率先实施10年全面禁渔计划,赤水河云南段近10年来已经举行了增殖放流活动10余次,主要放流一些赤水河的土著鱼类.主要有裂腹鱼 *Schizothorax grahami*、岩原鲤 *Procypris rabaudi*、胭脂鱼 *Myxocyprinus asiaticus*、中华倒刺鲃 *Spinibarbus sinensis*、长薄鳅 *Leptobotia elongata* 等珍稀特有鱼类^[17].

近年来,有关赤水河云南段的鱼类研究的报道多集中在赤水河整个云南段,侧重种类组成、总体分布情况、早期资源现状、基础生物学特征、资源量估算和遗传多样性等^[12,18-21],但未见赤水河云南威信段相关研究.因此,本研究在整编相关资料的基础上,系统研究赤水河威信段鱼类多样性时空分布特征,掌握其时空特征及近年保护成效,以期对威信县赤水河鱼类资源保护及其水域生态系统修复提供科学依据.

1 研究区域概况

长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区于2005年4月14日经国务院批准建立,本研究区域位于该保护区赤水河云南段的威信县境内,该研究区为滇川黔渝的源头部分,是乌蒙山腹地,地处云贵高原和四川盆地过渡地带.赤水河云南段保护区水系包括赤水河干流及主要支流,其中赤水河干流(云南段)涉及镇雄县、威信县17个乡镇、152个村(社区)31.24万户104.2万人,流域内有4.96 km²属于长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区,总长97 km;主要支流包括妥泥河、铜车河、石坎河、倒流河等支流^[22-24].

本研究区为赤水河威信县境内的主要赤水河干流及支流水系,包括石坎河(起点为扎西镇巷,上游称扎西河,总长:31.5 km,150°5'58.18" E,27°51'31.81"N)、倒流水河(起点双河乡菜营村河口,总长:13.69 km,东经105°18'13.12"E,27°48'55.55"N)等一级支流,以及沙坝头河(石坎河支流,起点为扎西镇罗坭村老包顶,总长:15.49 km,105°0'46.36" E,27°45'11.55" N)、苦猪河(倒流水河支流,起点为双河乡老盆地,总长:17.84 km,105°9'33.61" E,27°51'51.62"N)等二级支流.

2 数据来源与调查方法

2.1 数据来源

本研究数据源自两个部分:1) 历史文献与内部未发表资料;2) 2022年与2023年对研究区的现场调查、访问数据.

2.2 调查鉴定方法

于2022年5,6,9,10,11月至2023年8月和10月,课题组对赤水河流域云南威信段的赤水河干流、石坎河、沙坝头河、苦猪河、倒流水河开展了鱼类调查(图1,注:底图无修改),以及对管护站人员、渔民进行了调研、访问.对采样到的标本现场进行物种鉴定,对尾数、体长、体重等指标进行测量记录,并调研了鱼类近年变化的原因.

在现场调查过程中,部分鱼类标本添加甲醛溶液(10%)进行保存,大部分采集的鱼类原地鉴定后放生.鱼类种类鉴定主要参考《云南鱼类志》^[25]《金沙江流域鱼类》^[26]《云南鱼类名录》^[27]《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷)》^[28]《中国动物志硬骨鱼纲鲇形目》^[29]和《中国物种红色名录》^[30].此外,通过知网、万方、Web of Science等数据库检索信息以及研究组人员积累的未公开资料等材料,系统整编研究区鱼类数据与信息,形成赤水河威信段鱼类分布清单.

2.3 数据分析方法

本研究使用Excel 2010整理与统计基本数据信息,采样点与调查点地图在ArcGIS 10.2中制作.

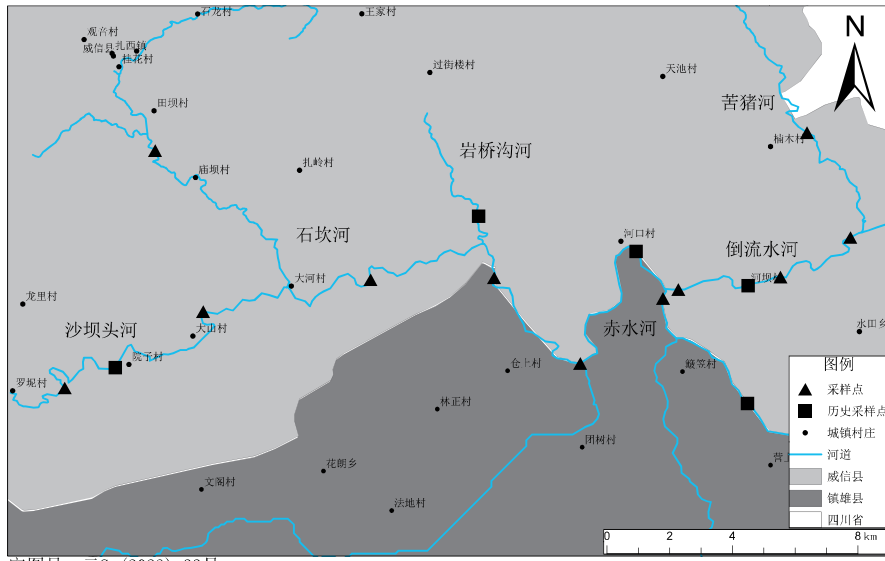


图1 赤水河威信段样点图

本研究参考相对重要性指数 (IRI) 衡量不同物种的优势度^[31]的基础上, 结合本研究实际情况进行优化, IRI 计算公式如下:

$$IRI = (N_i + W_i) F_i \times 100\% \quad (1)$$

其中, N_i 、 W_i 和 F_i 分别代表某种鱼类占总捕捞量的数量、质量的比例及在调查中出现的频率. 优势划分按照: $IRI \geq 1000$ 的物种定为优势种, $100 \leq IRI < 1000$ 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.

3 结果与分析

3.1 赤水河流域威信段鱼类物种组成情况分析

结合历史文献资料、2022 年和 2023 年调查数据 (表 1、表 2), 赤水河流域威信段分布的鱼类物种有 5 目 10 科 46 属 51 种, 占赤水河流域云南段物种总数的 66.23%, 与镇雄段分布物种数量 (49 属 59 种) 接近.

表 1 赤水河流域云南段各区域鱼类多样性组成情况

类型	赤水河流域威信段					赤水河流域镇雄段	赤水河流域云南段
	石坎河流域	倒流水河流域	威信段支流流域	赤水河干流威信段	总计		
目	3	3	3	5	5	5	5
科	4	6	6	10	10	10	11
属	14	24	26	43	46	49	61
种	16	24	28	48	51	59	77

表 2 赤水河流域威信段不同区域鱼类分布情况

序号	目	科	种	拉丁名	石坎河流域	倒流水河流域	赤水河干流威信段
1			短体副鳅	<i>Paracobitis potanini</i> (Günther)	-	+	+
2			红尾荷马条鳅	<i>Homatula variegata</i> (Dabry de Thiersant)	+	+	+
3			戴氏山鳅	<i>Oreias dabryi dabryi</i> (Sauvage)	+	-	-
4	1. 鲤形目 Cypriniformes	1) 鳅科 Cobitidae	贝氏高原鳅	<i>Triplophysa bleekeri</i> (Sauvage et Dabry)	+	+	+
5			宽体沙鳅	<i>Botia reevesae</i> (Chang)	-	-	+
6			泥鳅	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor)	+	+	+
7			大鳞副泥鳅	<i>Paramisgurnus dabryanus</i> (Sauvage)	+	-	+

续表 2

序号	目	科	种	拉丁名	石坎河流域	倒流水河流域	赤水河干流威信段
8			峨眉后平鳅	<i>Metahomaloptera omeiensis omeiensis</i> (Chang)	-	+	+
9		2) 平鳍鳅科	犁头鳅	<i>Lepturichthys fimbriata</i> (Günther)	-	-	+
10		Homalopteridae	西昌华吸鳅	<i>Sinogastromyzon sichuangensis</i> (Chang)	+	+	+
11			侧沟爬岩鳅	<i>Beaufortia liui</i> (Chang)	-	-	+
12			泉水鱼	<i>Pseudogyrincheilus procheilus</i> (Sauvage et Dabry)	+	+	+
13			墨头鱼	<i>Garra pingi pingi</i> (Tchang)	-	+	+
14			华鲮	<i>Sinilabeo rendahli</i> (Kimura)	-	-	+
15			宽唇华缨鱼	<i>Sinocrossocheilus labiatus</i> (Su, Yang et Cui)	-	+	+
16			云南盘鮡	<i>Discogobio yunnanensis</i> (Regan)	-	+	-
17			草鱼	<i>Ctenopharyngodon idellus</i> (Cuvier et Valenciennes)	-	-	+
18			鲤	<i>Cyprinus caupio</i> (Linnaeus)	+	+	+
19			鲫	<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus)	+	+	+
20			岩原鲤	<i>Procypris rabaudi</i> (Tchang)	-	-	+
21			金沙鲈鲤	<i>Percocypris pingi</i> (Tchang)	-	-	+
22			中华倒刺鲃	<i>Spinibarbus sinensis</i> (Bleeker)	+	+	+
23	1. 鲤形目		白甲鱼	<i>Onychostoma sima</i> (Sauvage et Dabry)	-	+	+
24	Cypriniformes		四川白甲鱼	<i>Onychostoma angustistomata</i> (Fang)	-	-	+
25		3) 鲤科	云南光唇鱼	<i>Acrossocheilus yunnanensis</i> (Regan)	+	+	+
26		Cyprinidae	翘嘴鲃	<i>Culter alburnus</i> (Basilewsky)	-	-	+
27			半鲮	<i>Hemiculterella sawagei</i> (Warpachowsky)	-	-	+
28			唇鲮	<i>Hemibarbus labeo</i> (Pallas)	-	-	+
29			圆口铜鱼	<i>Coreius guichenoti</i> (Sauvage et Dabry)	-	-	+
30			棒花鱼	<i>Abbottina rivularis</i> (Basilewsky)	-	+	+
31			麦穗鱼	<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck et Schlegel)	-	+	+
32			高体鲮鱼	<i>Rhodeus ocellatus</i> (Kner)	-	-	+
33			短须鲮	<i>Acheilognathus babatulus</i> (Günther)	-	+	+
34			宽鳍鲮	<i>Zacco platypus</i> (Temminck et Schlegel)	+	+	+
35			马口鱼	<i>Opsariichthys bidens</i> (Günther)	-	-	+
36			中华细鲫	<i>Aphyocypris chinensis</i> (Günther)	-	+	+
37			昆明裂腹鱼	<i>Schizothorax grahami</i> (Regan)	+	+	+
38			短须裂腹鱼	<i>Schizothorax wangchiachii</i> (Fang)	+	-	-
39			四川裂腹鱼	<i>Schizothorax kozlovi</i> (Nikolsky)	+	-	+
40		4) 鲇科	南方鲇(大口鲇)	<i>Silurus meridionalis</i> (Chen)	-	-	+
41		Siluridae	鲇	<i>Silurus asotus</i> (Linnaeus)	-	-	+
42			光泽黄颡鱼	<i>Pelteobagrus nitidus</i> (Sauvage et Dabry)	-	-	+
43	2. 鲇形目	5) 鲮科	瓦氏黄颡鱼	<i>Pelteobagrus vachelli</i> (Richardson)	-	+	+
44	Siluriformes	Bagridae	切尾拟鲮	<i>Pseudobagrus truncatus</i> (Regan)	-	-	+
45			粗唇鲮(乌苏鲮)	<i>Leiocassis crassilabris</i> (Günther)	-	-	+
46		6) 鮡科	中华纹胸鮡	<i>Glyptothorax sinensis</i> (Regan)	-	+	+
47		Sisoridae	青石爬鮡	<i>Euchiloglanis davidi</i> (Sauvage)	-	-	+
48	3. 鲿形目	7) 青鲿科	青鲿	<i>Oryzias latipes</i> (Temminck et Schlegel)	+	+	+
	Cyprinodontiformes	Oryziatidae					
49		8) 鲈科	鳊	<i>Siniperca chuatsi</i> (Basilewsky)	-	-	+
	4. 鲈形目	Serranidae					
50	Percoidei	9) 鰕虎鱼科	子陵吻鰕虎鱼	<i>Rhinogobius giurinus</i> (Rutter)	-	-	+
		Gobiidae					
51	5. 合鳃鱼目	10) 合鳃鱼科	黄鳝	<i>Monopterus albus</i> (Zuiew)	-	-	+
	Synbranchiformes	Synbranchidae					

注：“+”表示该鱼种在赤水河流域威信段存在分布，“-”表示未存在分布。

从支流鱼类分布情况看(表1、表2),威信段支流流域分布有28种,占赤水河流域威信段物种数量的54.90%,其中石坎河流域分布有16种,较倒流水河流域物种数量(24种)低,二者分别占支流流域物种数量的31.37%和47.06%;从干流鱼类分布情况看,赤水河干流威信段分布有48种,占赤水河流域威信段物种数量的94.18%。

3.2 赤水河流域威信段干支流鱼类相似度分析

根据研究结果,赤水河流域威信段干支流鱼类相似度总体上表现出:赤水河流域威信段不同干支流空间范围目级阶元鱼类分类单元的相似度由高级分类单元向细分阶层的分类单元呈现递降趋势,且目级阶元分类单元相似度较高(平均值为85.00%),科属种3个阶层鱼类分类单元的相似度平均值分别为72.22%、60.76%和56.49%(表3)。

表3 赤水河流域威信段干支流鱼类相似度一览表 %

区域	目	科	属	种
石坎河-倒流水河 ^①	100.00	100.00	78.57	75.00
石坎河-威信支流 ^②	100.00	66.67	53.85	57.14
石坎河-干流威信段 ^③	100.00	44.44	30.23	29.17
倒流水河-石坎河 ^④	100.00	66.67	58.33	50.00
倒流水河-威信支流	100.00	100.00	92.31	85.71
倒流水河-干流威信段	60.00	66.67	55.81	47.92
威信支流-干流威信段 ^⑤	60.00	66.67	60.47	52.08
威信支流-流域威信段 ^⑥	60.00	66.67	56.52	54.90
平均值	85.00	72.22	60.76	56.49

注:①石坎河-倒流水河表示石坎河流域与倒流水河流域共有种与石坎河流域鱼类物种的比例;②石坎河-威信支流表示石坎河流域鱼类物种与赤水河支流流域的比例;③石坎河-干流威信段表示石坎河流域鱼类物种与赤水河干流威信段鱼类物种的比例;④倒流水河流域3个相似度对比区域注释内容同上;⑤威信支流-干流威信段表示赤水河支流流域鱼类物种与赤水河干流威信段鱼类物种的比例;⑥威信支流-流域威信段表示赤水河支流流域鱼类物种与赤水河流域威信段鱼类物种的比例;目科属阶元相似度注释与种的注释相同。

从表3可以看出,赤水河流域威信段干支流鱼类不同分类单元的相似度不同。在目级阶元中,赤水河流域威信支流鱼类均由3个相同目分类阶层的物种组成,相似度为100%,而倒流水河流域与赤水河干流威信段、威信段支流流域与赤水河干流威信段、威信段支流流域与赤水河流域威信段3个不同区域鱼类相似度有所下降,仅为60.00%。在科级阶元,倒流水河流域鱼类与赤水河支流流域鱼类相似度均为100%,这说明倒流水河流域鱼类的科组成在一定程度上可用来反映赤水河威信段支流流域鱼类科组成特征。

在属级阶元和种级阶元上,8个对比区域属和种的相似度均非常接近,这与研究区鱼类组成多为单种属的情况大体一致。另一方面,倒流水河流域与赤水河威信段支流流域鱼类在种属级阶元的相似度高于石坎河,其中倒流水河-威信支流的属种比例为92.31%和85.71%,而石坎河-威信支流的属种比例为53.85%和57.14%。从倒流水河流域与石坎河流域属种相似度可以看出,两条河流共有鱼类与倒流水河鱼类数量的比例低于其与石坎河鱼类数量的比例,石坎河流域与倒流水河流域共有种和石坎河流域鱼类物种的比例为75.00%,而石坎河流域与倒流水河流域共有种与倒流水河流域鱼类物种的比例仅为50.0%。显然,倒流水河鱼类属种数量相对较多(表3),因此,属种层面上,倒流水河流域鱼类信息在一定程度上可用来反映赤水河威信段支流流域鱼类属种组成特征。

同时,4个分类阶层赤水河支流流域鱼类与干流威信段的相似度均高于50%(表3),这说明支流流域鱼类是干流威信段多个物种栖息繁育的场所,并以倒流水河流域生境更加紧密。这可能与倒流水河保护或修复的成效有直接关系。

3.3 赤水河威信段鱼类时空动态变化特征

研究结果表明(表2、表4和图2),在科级阶元,石坎河流域记录有4个科的鱼类,2014—2023年4次调查均出现3个科的鱼类;在种级阶元,石坎河流域鱼类分布有16种鱼类,且2014—2023年呈明显的增长趋势,近两年石坎河流域鱼类物种较2014年增长近半。

表4 赤水河流域威信段2014—2023年不同区域鱼类物种数量

类型	区域	2014年	2019年	2020年	2022年	2023年	2014—2023年
种	石坎河流域	7	—	7	11	10	16
	倒流水河流域	8	10	11	—	11	20
	赤水河干流威信段	—	18	27	—	43	49
科	石坎河流域	3	—	3	3	3	4
	倒流水河流域	4	3	4	—	4	6
	赤水河干流威信段	—	5	7	—	8	10

注：“—”表示未进行调查。

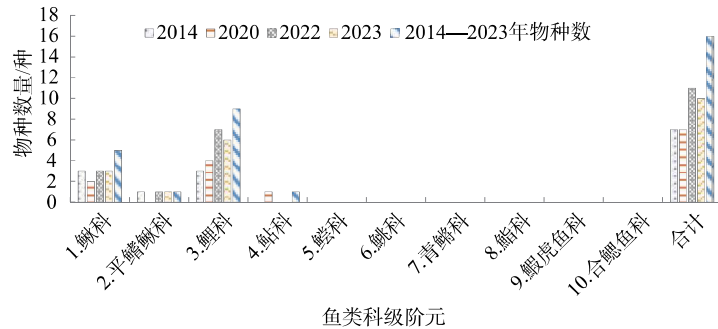


图2 不同年份石坎河流域鱼类物种组成

对倒流水河流域而言,该支流流域鱼类记录有20个种类,其同期调查到的鱼类物种较石坎河流域丰富(图3)。在科级阶元,石坎河流域鱼类记录有6个科的鱼类,2014—2023年4次调查中出现了3次4个科、1次3个科的鱼类。在种级阶元,倒流水河流域鱼类分布有20种鱼类,且2014—2023年呈明显的增长趋势,2023年倒流水河流域鱼类物种较2014年增长37.5%。

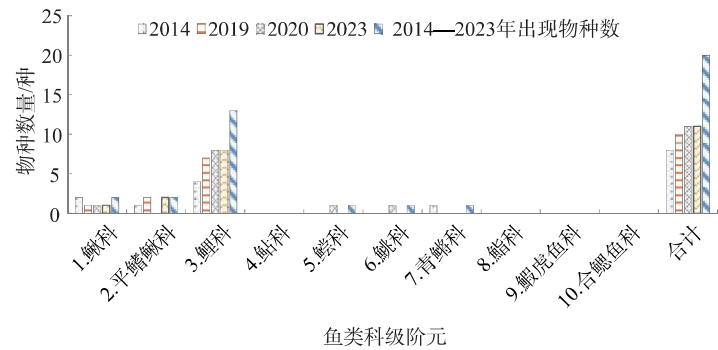


图3 不同年份倒流水河流域鱼类物种组成

对赤水河干流威信段而言,该干流河段近5年鱼类增长明显(图4)。在科级阶元,赤水河干流威信段鱼类记录有10个科的鱼类。近5年3次调查中出现的科的数量明显上涨:2019年出现5个科,2020年出现7个科,2023年出现8个科,较2019年增长了60%。在种级阶元,赤水河干流威信段鱼类分布有49种鱼类,且2019—2023年呈明显的增长趋势。2023年赤水河干流威信段鱼类物种是2019年的2.72倍。

3.4 赤水河威信段珍稀特有鱼类物种组成分布情况

研究表明,赤水河流域威信段珍稀特色(长江特有种类)鱼类主要由鳅科、平鳍鳅科、鲤科、鮡科物种组成共计19种,其中以鲤科物种最多,占流域珍稀鱼类总数的47.37%(表5、表6)。在赤水河流域威信段、赤水河干流威信段、支流全部、倒流水河流域、石坎河流域5个不同空间尺度上珍稀特有鱼类物种分布有较大差异,其各区域分布数量分别为19,17,12,10,8种。随着流域空间尺度变小,珍稀特有鱼类物种数量呈现出明显下滑趋势。同时,研究结果也反映出部分珍稀特有鱼类多分布或仅分布于干流上,如原岩鲤、金沙鲈鲤、圆口铜鱼等,其他部分珍稀特有鱼类也可见于支流干流。上述情况总体反映出了赤水河威信段干流生境的多样性,说明干流适宜珍稀鱼类的生长栖息(表5、表6、图5)。

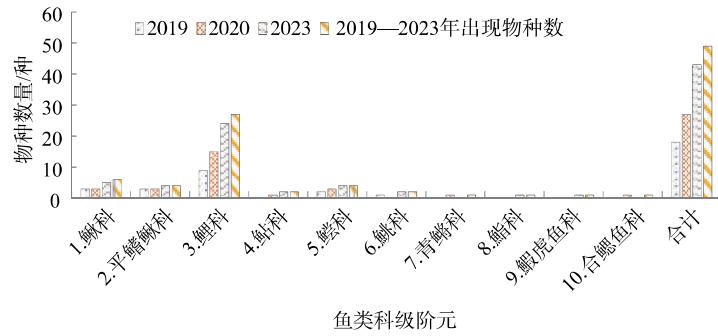


图4 不同年份赤水河干流威信段鱼类物种组成

表5 赤水河流域威信段珍稀特有鱼类物种组成与分布

科	种	拉丁名	石坎河流域	倒流水河流域	支流全部	赤水河干流威信段	赤水河流域威信段
鳅科 Cobitidae	短体副鳅	<i>Paracobitis potanini</i> (Günther)	-	+	+	+	+
	戴氏山鳅	<i>Oreias dabryi dabryi</i> (Sauvage)	+	-	+	-	+
	贝氏高原鳅	<i>Triplophysa bleekeri</i> (Sauvage et Dabry)	+	+	+	+	+
	宽体沙鳅	<i>Botia reevesae</i> (Chang)	-	-	-	+	+
平鳍鳅科 Homalopteridae	峨眉后平鳅	<i>Metahomaloptera omeiensis omeiensis</i> (Chang)	-	+	+	+	+
	犁头鳅	<i>Lepturichthys fimbriata</i> (Günther)	-	-	-	+	+
	西昌华吸鳅	<i>Sinogastromyzon sichuangensis</i> (Chang)	+	+	+	+	+
	侧沟爬岩鳅	<i>Beaufortia liui</i> (Chang)	-	-	-	+	+
鲤科 Cyprinidae	泉水鱼	<i>Pseudogyrincheilus procheilus</i> (Sauvage et Dabry)	+	+	+	+	+
	云南盘鮈	<i>Discogobio yunnanensis</i> (Regan)	-	+	+	-	+
	岩原鲤	<i>Procypris rabaudi</i> (Tchang)	-	-	-	+	+
	金沙鲈鲤	<i>Percocypris pingi</i> (Tchang)	-	-	-	+	+
	中华倒刺鲃	<i>Spinibarbus sinensis</i> (Bleeker)	+	+	+	+	+
	云南光唇鱼	<i>Acrossocheilus yunnanensis</i> (Regan)	+	+	+	+	+
	圆口铜鱼	<i>Coreius guichenoti</i> (Sauvage et Dabry)	-	-	-	+	+
	昆明裂腹鱼	<i>Schizothorax grahami</i> (Regan)	+	+	+	+	+
	四川裂腹鱼	<i>Schizothorax kozlovi</i> (Nikolsky)	+	+	+	+	+
鲃科 Sisoridae	中华纹胸鲃	<i>Glyptothorax sinenses</i> (Regan)	-	+	+	+	+
	青石爬鲃	<i>Euchiloglanis davidi</i> (Sauvage)	-	-	-	+	+

“+”表示某个河段出现该物种,“-”表示未存在分布。

表6 赤水河流域威信段珍稀特有鱼类物种数统计

流域	特有鱼类种数				合计	占赤水河干流威信段比例/%	占赤水河流域威信段比例/%
	鳅科 Cobitidae	平鳍鳅科 Homalopteridae	鲤科 Cyprinidae	鲃科 Sisoridae			
石坎河流域	2	1	5	0	8	47.06	42.11
倒流水河流域	2	2	5	1	10	58.82	52.63
支流全部	3	2	6	1	12	70.59	63.16
赤水河干流威信段	3	4	8	2	17	100	89.47
赤水河流域威信段	4	4	9	2	19	—	100

3.5 赤水河威信段优势/常见鱼类类群分析

从上述分析可以看出,赤水河威信段支流在鱼类保护中有着重要的作用,利用近两年数据,即2021年11月—2023年11月期间调查与收集的数据,分析石坎河与倒流水河优势/常见鱼类类群(表7)。研究

结果表明,不同的空间尺度,优势种分布情况差异大。

对石坎河流域而言,流域优势鱼类种群为云南光唇鱼、宽鳍鱲、昆明裂腹鱼3种,西昌华吸鳅为常见种类,其他种类为一般种。对石坎河上游而言,其优势鱼类种群为宽鳍鱲,鲫和云南光唇鱼为常见种类,其他种类为一般种。而石坎河下游则以西昌华吸鳅、云南光唇鱼、宽鳍鱲、昆明裂腹鱼4个物种为优势类群。可见,在整个石坎河流域中,宽鳍鱲在不同空间尺度上均为的优势种类,这反映其有着良好的适应能力,并广布于石坎河流域。而云南光唇鱼、昆明裂腹鱼、西昌华吸鳅3种长江特有种适应范围仅次于宽鳍鱲,主要集中于石坎河流域下游。

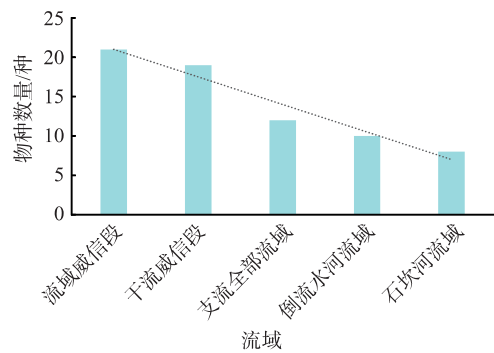


图5 赤水河威信段珍稀特有鱼类物种不同区域分布

表7 赤水河威信段优势/常见鱼类类群分析一览表

科	种	拉丁名	石坎河上游	石坎河下游	石坎河流域	倒流水河上游	倒流水河下游	倒流水河流域
鳅科 Cobitidae	红尾荷马条鳅	<i>Homatula variegata</i> (Dabry de Thiersant)	—	2	2	3	3	3
	贝氏高原鳅	<i>Triplophysa bleekeri</i> (Sauvage et Dabry)	2	—	2	—	—	—
	戴氏山鳅	<i>Oreias dabryi dabryi</i> (Sauvage)	2	—	2	—	—	—
	泥鳅	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i> (Cantor)	2	2	2	1	—	1
	大鳞副泥鳅	<i>Paramisgurnus dabryanus</i> (Sauvage)	—	2	2	—	—	—
	峨眉后平鳅	<i>Metahomaloptera omeiensis omeiensis</i> (Chang)	—	—	—	—	2	2
	西昌华吸鳅	<i>Sinogastromyzon sichuangensis</i> Chang	—	4	3	2	2	2
鲤科 Cyprinidae	泉水鱼	<i>Pseudogyrincheilus procheilus</i> (Sauvage et Dabry)	—	—	—	—	2	2
	墨头鱼	<i>Garra pingi pingi</i> (Tchang)	—	—	—	2	—	2
	鲤	<i>Cyprinus caupio</i> (Linnaeus)	2	—	2	2	2	2
	鲫	<i>Carassius auratus</i> (Linnaeus)	3	—	2	3	—	2
	中华倒刺鲃	<i>Spinibarbus sinensis</i> (Bleeker)	—	—	—	—	4	3
	白甲鱼	<i>Onychostoma sima</i> (Sauvage et Dabry)	—	—	—	2	2	2
	云南光唇鱼	<i>Acrossocheilus yunnanensis</i> (Regan)	3	4	4	—	4	4
	棒花鱼	<i>Abbottina rivularis</i> (Basilewsky)	—	—	—	2	—	2
	麦穗鱼	<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck et Schlegel)	—	—	—	—	1	1
	宽鳍鱲	<i>Zacco platypus</i> (Temminck et Schlegel)	4	4	4	3	4	4
	昆明裂腹鱼	<i>Schizothorax grahami</i> (Regan)	—	4	4	3	3	4
	短须裂腹鱼	<i>Schizothorax wangchiachii</i> (Fang)	—	2	2	—	—	—
四川裂腹鱼	<i>Schizothorax kozlovi</i> (Nikolsky)	—	2	2	—	—	—	
鲃科 Sisoridae	中华纹胸鲃	<i>Glyptothorax sinenses</i> (Regan)	—	—	—	2	—	2

注: 1 为少见种, 2 为一般种, 3 为常见种, 4 为优势种。

对倒流水河流域而言,流域优势鱼类种群为云南光唇鱼、宽鳍鱲、昆明裂腹鱼3个物种,红尾荷马条鳅、中华倒刺鲃为常见种类,其他种类为一般种。对倒流水河上游而言,该河段未见明显占据优势的物种,常见红尾荷马条鳅、鲫、宽鳍鱲、昆明裂腹鱼,而倒流水河下游则以中华倒刺鲃、云南光唇鱼、宽鳍鱲3个物种为优势种类,红尾荷马条鳅、昆明裂腹鱼为常见种类,其他种类为一般种。这说明倒流水河上下游物种分布差异程度较石坎河大。

从上述分析可以看出,在石坎河流域与倒流水河流域,宽鳍鱲是绝对的优势鱼群,并与云南光唇鱼、昆明裂腹鱼共同形成赤水河威信段支流流域的优势物种。

4 讨论与结论

1) 赤水河威信段干支流鱼类多样性相似度高,支流是干流部分鱼类的重要栖息繁育生境。

赤水河威信段石坎河、倒流水河两条支流为汇入赤水河干流的河流。其流向与其鱼类多样性分布结果表明, 赤水河威信段符合河流因上游到下游纵向梯度呈现变化(非生物环境、生物因子和生态过程)而导致的鱼类群落组成也发生梯度性变化, 物种丰富度逐渐增加的趋势^[32]。同时, 根据赤水河流域威信段干支流鱼类4个分类阶层相似度结果分析表明, 在目科属种4个分类阶元上, 赤水河干流鱼类50%的物种可能来源于威信段支流鱼类的自上而下的短距离迁移和游栖(表2)。且根据现场调查及与保护区管理部门交流调研发现, 两个支流流域中下游河段, 存在多段底质以砾岩、石滩为主的河段, 可为以产沉性卵为繁殖类型的鱼类提供良好的繁殖条件^[33,34]。根据调查分析, 研究区两条重要支流下游是云南光唇鱼(*Acrossocheilus yunnanensis*)、昆明裂腹鱼(*Schizothora grahami*)、宽鳍鱲(*Zacco platypus*)、西昌华吸鳅(*Sinogastromyzon sichuangensis*)等长江特有种或常见种潜在的零散产卵场, 同时也是赤水河干流多种鱼类的稳定栖息繁育场所。这表明支流(尤其是支流下游河段)对赤水河威信段鱼类保护有着重要意义。研究结论为赤水河威信段水生生态系统恢复、重要河段生境保护提供了科学依据, 也为进一步的赤水河鱼类保育与管理工作提供了技术支撑。

2) 长江特有种成为赤水河威信段支流优势种, 且不同的空间尺度优势种组成有所差异。

根据研究结果, 宽鳍鱲、云南光唇鱼和昆明裂腹鱼均是赤水河威信段支流流域的优势种群, 这表明赤水河威信段支流主要以小型鱼类为主, 且对长江特有种(云南光唇鱼 *Acrossocheilus yunnanensis* 和昆明裂腹鱼 *Schizothora grahami*) 保护方面起到重要作用。本研究推测, 赤水河威信段支流地处低纬度山地高原, 而此处流速多变、水位低、河床类型多样和无大型捕食天敌的生境条件, 为长江特有种小型鱼类凭借成熟时间早、生长速度快和繁殖能力强等特点逐渐占据栖息地空间, 大量繁殖并逐渐成为赤水河威信段的优势种。张登成等^[35]发现赤水河下游流速较缓的支流小型鱼类成为优势种, Ye等^[36]发现长江中下游浅水水域小型鱼类由于大型鱼类匮乏以及自身繁殖能力强等有利条件逐渐成为优势种, 这与本研究结果一致。

从不同支流的优势种可以看出, 赤水河威信段两条支流不同空间尺度优势种组成有所差异。主要表现为两条赤水河威信支流均出现上游优势种少, 下游优势种多的现象(表8)。这可能是由于下游河道相比上游河道生境包容性更大、多样性更高, 从而导致下游鱼类优势种增多。此外, 研究结果表明, 宽鳍鱲(*Zacco platypus*)是赤水河威信段支流绝对的优势种群(表8), 这可能与宽鳍鱲(*Zacco platypus*)生态生物特征有关。该鱼类是一种喜好激流生境的小型鲤科鱼类, 在高捕食压力的生境中也有广泛的分布^[37], 相比其他小型鱼类而言, 其运动能力和繁殖力强且种群庞大, 因此, 它在赤水河干支流均有分布, 且在两条支流中均为优势种^[38]。

表8 赤水河威信段不同支流优势鱼类物种组成

序号	区域	优势种
1	石坎河上游	宽鳍鱲
2	石坎河下游	宽鳍鱲、云南光唇鱼、昆明裂腹鱼、西昌华吸鳅
3	石坎河流域	宽鳍鱲、云南光唇鱼、昆明裂腹鱼
4	倒流水河上游	无明显优势种
5	倒流水河下游	宽鳍鱲、云南光唇鱼、中华倒刺鲃
6	倒流水河流域	宽鳍鱲、云南光唇鱼、昆明裂腹鱼

注: 云南光唇鱼、昆明裂腹鱼、西昌华吸鳅、中华倒刺鲃4种为长江特有鱼类。

3) 赤水河威信段鱼类保护取得明显成效, 但保护工作仍需努力。

2005年, 国务院办公厅批准建立了“长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区”^[12], 并制定了一系列的保护措施与管理条例^[39], 包括禁止违法利用、占用赤水河流域水域岸线; 在赤水河流域水生生物保护区全面禁止生产性捕捞; 禁止在赤水河流域开放水域养殖、投放外来物种或者其他非本地物种种质资源; 禁止未取得排污许可证或者违反排污许可证的规定排放污染物; 禁止使用禁用的农药, 向河道内丢弃农药、农药包装物; 禁止向水体排放油类、酸液、碱液或者剧毒废液; 禁止在赤水河流域安排重污染企业和项目; 禁止在赤水河干流和珍稀特有鱼类洄游的主要支流进行小水电开发等。2017年, 云南省正式建立了“长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区云南管护局”(下文简称管护局), 率先实施10年全面禁渔计划, 并于2019年拆除赤水河威信段8座小型水电站, 同时严格控制赤水河两岸农业用地与污水排放。根据本研究结果, 赤水河

威信段、石坎河、倒流水河与赤水河干流威信段鱼类数量自2014年至2023年均呈明显的增长趋势,其中赤水河干流威信段鱼类种类增长最为明显。根据2019—2023年研究数据,2023年赤水河干流威信段鱼类物种是2019年的2.72倍。可见,采取的一系列措施对鱼类保护取得了较好的成效。

同时,近十年赤水河威信段支流(石坎河流域和到流水河流域)鱼类增长较赤水河干流弱,这可能与该两条支流的水深、流速、河道宽窄、河床底质、水质变化等河流生境有关。例如,Walters等^[40]发现美国山区河流域鱼类的丰度与密度与流域的面积和河流的尺寸有关,而鱼类群落的物种组成则与河流的比降、河床底质等有关。骆辉煌^[41]则发现长江上游保护河道曲折多变,河道蜿蜒度高,急滩深潭上下交替,且河床底质以砂砾石居多,是鱼类理想的栖息场所。这一观点与本研究的推测是一致的。因此,这为赤水河鱼类保护与管理系统化开展工作提供了一定的科技支撑。

致谢:本研究得到刘淑伟、雷春云两位老师在研究工作中的帮助,特此感谢。

[参考文献]

- [1] 刘钊,代鑫. 浅析鱼类资源的多样性保护[J]. 科技创新导报,2018,15(12):149.
- [2] VILLÉGER S, BROSSE S, MOUCHET M, et al. Functional ecology of fish: current approaches and future challenges [J]. *Aquatic Sciences*, 2017, 79(4): 783-801.
- [3] 陈召松,安蓓,王子旺,等. 黄河兰州段鱼类多样性与保护[J]. 生物多样性,2021,29(12):1658-1672.
- [4] 廖静秋,黄艺. 应用生物完整性指数评价水生态系统健康的研究进展[J]. 应用生态学报,2013,24(1):295-302.
- [5] DUDGEON D, ARTHINGTON A H, GESSNER M O, et al. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges [J]. *Biological Reviews*, 2006, 81(2): 163-182.
- [6] ALBERT J S, DESTOUNI G, DUKE-SYLVESTER S M, et al. Scientists' warning to humanity on the freshwater biodiversity crisis [J]. *Ambio*, 2021, 50(1): 85-94.
- [7] 曹文宣. 长江上游特有鱼类自然保护区的建设及相关问题的思考[J]. 长江流域资源与环境,2000,9(2):131-132.
- [8] 何勇凤. 长江上游特有鱼类分布格局与稀有鮡种群分化的研究[D]. 武汉:中国科学院水生生物研究所博士学位论文,2010.
- [9] 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.
- [10] 陈锋,黄道明,赵先富,等. 新时代长江鱼类多样性保护的思考[J]. 人民长江,2019,50(2):13-18.
- [11] 黎良,袁维林,刘飞. 赤水河赤水市江段鱼类资源现状[J]. 长江流域资源与环境,2015,24(11):1884-1890.
- [12] 刘飞,刘定明,袁大春,等. 近十年来赤水河不同江段鱼类群落年际变化特征[J]. 水生生物学报,2020,44(1):122-132.
- [13] BARBAROSSA V, SCHMITT R J P, HUIJBREGTS M A J, et al. Impacts of current and future large dams on the geographic range connectivity of freshwater fish worldwide [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2020, 117(7): 3648-3655.
- [14] HAUBROCK P J, PILOTTO F, INNOCENTI G, et al. Two centuries for an almost complete community turnover from native to non-native species in a riverine ecosystem [J]. *Global Change Biology*, 2021, 27(3): 606-623.
- [15] SU G, LOGEZ M, XU J, et al. Human impacts on global freshwater fish biodiversity [J]. *Science*, 2021, 371(6531): 835-838.
- [16] 邓琳. 设立国家级赤水源自然保护区的建议[J]. 创造,2022,30(6):79-81.
- [17] 唐志荣,桂嘉鸿. 赤水河流域(云南段)渔业资源增殖放流活动:20万尾昆明裂腹鱼、云南光唇鱼在赤水河安家落户、繁衍生息[J]. 云南农业,2020(10):2.
- [18] 夏治俊,余梵冬,唐永忠,等. 赤水河流域样点独特性对鱼类 β 多样性的贡献[J]. 水产学报,2023,47(2):128-142.
- [19] 王月. 赤水河鱼类环境DNA宏条形码参考数据库的构建及应用[D]. 大连:大连海洋大学硕士学位论文,2022.
- [20] 薛晨江,金方彭. 云南省渔业科学研究院开展赤水河流域水生生物监测[J]. 致富天地,2021(10):47.
- [21] 石教旭,陈廷琴,汪梅,等. 赤水河云南段鱼类资源现状及保护建议[J]. 农业与技术,2023,43(13):122-126.
- [22] 李浩林,赵亚辉,张洁,等. 金沙江下游与长江上游珍稀、特有鱼类国家级自然保护区鱼类物种多样性比较[J]. 淡水渔业,2014,44(6):104-108.
- [23] 陈蕾,邱凉,翟红娟. 赤水河流域水资源保护研究[J]. 人民长江,2011,42(2):67-70.

- [24] 给水排水期刊编辑部. 云南加快推进赤水河流域保护立法 [J]. 给水排水, 2021, 57 (5): 95.
- [25] 褚新洛, 陈银瑞, 等. 云南鱼类志 [M]. 北京: 科学出版社, 1989.
- [26] 张春光, 杨君兴, 赵亚辉, 等. 金沙江流域鱼类 [M]. 北京: 科学出版社, 2019.
- [27] 陈小勇. 云南鱼类名录 [M]. 动物学研究, 2013, 34 (4): 281-337.
- [28] 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.
- [29] 褚新洛, 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.
- [30] 汪松. 中国物种红色名录: 第2卷 脊椎动物 [M]. 北京: 科学出版社, 2009.
- [31] 刘鹏飞, 景丽, 任泷, 等. 固城湖鱼类群落结构现状及其与环境因子的关系 [J]. 大连海洋大学学报, 2022, 37 (5): 841-849.
- [32] 陈兵, 孟雪晨, 张东, 等. 河流鱼类分类群和功能群的纵向梯度格局: 以新安江流域为例 [J]. 生态学报, 2019, 39 (15): 5730-5745.
- [33] 李轩, 赵进勇, 张晶, 等. 赤水河上游鱼类产卵场砾石群修复模拟研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2023, 32 (5): 939-949.
- [34] 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硕士学位论文, 2013.
- [35] 张登成, 王孟, 李斐, 等. 赤水河流域综合规划对鱼类资源的影响及保护对策研究 [J]. 环境科学与管理, 2021, 46 (9): 35-40.
- [36] YE S, MOREAU J, ZENG W, et al. Growth and mortality of two small fishes, *Toxabramis swinhonis* Günther, 1873 and *Hyporhamphus intermedius* (Cantor, 1842), in a Yangtze shallow lake (China) assessed by length frequency analysis [J]. Journal of Applied Ichthyology, 2014, 30 (3): 479-484.
- [37] 孟子豪, 李学梅, 王旭歌, 等. 汉江上游支流堵河宽鳍鱲的年龄与生长特征研究 [J]. 淡水渔业, 2020, 50 (5): 55-61.
- [38] 曹安娜. 中国不同地区宽鳍鱲的系统地理学及甬江种群的生物学研究 [D]. 广州: 中山大学硕士学位论文, 2020.
- [39] 云南省水利厅. 云南省赤水河流域保护条例 [EB/OL]. (2021-05-30) [2023-10-01]. http://webc.yn.gov.cn/html/2021/qitawenjian_0707/48844.html.
- [40] WALTERS D M, LEIGH D S, FREEMAN M C, et al. Geomorphology and fish assemblages in a Piedmont river basin, U. S. A [J]. Freshwater Biology, 2003, 48 (11): 1950-1970.
- [41] 骆辉煌, 杨青瑞, 李倩, 等. 长江上游珍稀特有鱼类保护区鱼类生境特征初步研究 [J]. 淡水渔业, 2014, 44 (6): 44-48.

Research on the Diversity and Dynamic Characteristics of Fish in the Weixin Section of Chishui River

HONG Zijin¹, WU Cheng^{1,2}, HUANG Xianjie³, PEI Ying¹, LI Jiye⁴, LI Baiqiao⁵, SHEN Liang^{1,2},
CHANG Meixiu¹, DENG Yuanyuan¹, LI Wanying¹, ZENG Ming⁴, HU Yongjie¹,
FU Yanqi¹, LI Tao⁵, ZHAO Zuquan³, CHEN Wenshan³, LI Xuehua³

(1. School of Agronomy and Life Sciences, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214; 2. Kunming Dianchi Lake Environmental Protection Collaborative Research Center, Kunming University, Kunming, Yunnan, China 650214;
3. Yunnan Management and Conservation Bureau of Rare and Endemic Fish in National Nature Reserve in the Upper Reaches of the Yangtze River, Zhaotong, Yunnan, China 657900; 4. China First Highway Engineering Co., Ltd., Beijing, China 100024; 5. Yunnan Senjie Environmental Engineering Co., Ltd., Kunming, Yunnan, China 650034)

Abstract: In recent years, the fish resources of Chishui River have experienced the process of damage, protection and recovery. Most of the recent research and practice focus on Chishui River of Yunnan Province, but there is no report on the research of the fish biodiversity in Weixin County. Combined with historical data and recent survey data (2021.11-2023.10), we examined the dynamic characteristics of fish diversity in the Weixin Section of Chishui River. The results show that there are 5 orders, 10 families, 46 genera and 51 species distributed in Weixin section of Chishui River Basin. Its main stream and its tributaries have a high similarity in fish diversity, the composition of dominant species varies at different spatial scales, the marked achievements were scored in the restored fish species in the study area in recent years and the number of species in 2023 was 2.72 times that in 2019.

Key words: Chishui River; water ecology; fish; biodiversity

(责任编辑: 陈伟超)