



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

唐成^{1,2}, 邓华堂¹, 田辉伍¹, 吴兴华³, 唐锡良⁴,
蒲艳¹, 王导群¹, 段辛斌¹, 刘绍平¹, 陈大庆^{1*}

(1. 中国水产科学研究院长江水产研究所, 湖北 武汉 430223;

2. 华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070;

3. 中国长江三峡集团有限公司, 湖北 武汉 430010;

4. 中国三峡建设管理有限公司, 四川 成都 610023)

摘要: 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区位于向家坝坝下江段, 随着金沙江下游梯级水电站相继蓄水运行和“十年禁渔”政策的实施, 保护区干流段鱼类群落可能会发生改变。为探究“十年禁渔”前保护区干流段鱼类群落结构特征, 基于该江段 2017—2019 年渔获物监测数据, 对鱼类种类组成、生态类型、群落相似度、物种优势度、生物多样性以及群落结构稳定性等特征进行分析。结果显示, 本次调查共采集到鱼类 134 种, 隶属于 7 目 21 科 83 属, 其中长江上游特有鱼类有 27 种, 外来物种有 12 种, 分别占总种类数 20.15% 和 8.96%。鱼类群落以底层、产沉性卵、杂食性鱼类为主。等级聚类分析 (Cluster) 和非度量多维尺度分析 (NMDS) 显示, 在一定的相似性水平上, 保护区干流段鱼类的群落类型基本可分为 3 组, 宜宾、泸州与合江可以聚为一组, 巴南、江津分别独立成组。保护区干流优势种共有 14 种, 其中瓦氏黄颡鱼是整个研究区域的优势种, 在合江站点的优势度最高, IRI 值为 27.00%。Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Margalef 指数和 Pielou 指数变化范围分别为 2.725~3.306、0.883~0.942、5.833~8.811 和 0.699~0.773, 表明保护区干流鱼类物种丰富, 群落分布均匀度较高。ABC 曲线分析结果显示, 江津站鱼类群落结构稳定性相对较高, 其余站点鱼类群落结构均受到中度干扰。本研究补充了保护区干流鱼类群落研究的基础数据, 以期为该江段鱼类资源管理与“十年禁渔”生态评估提供科学依据。

关键词: 群落结构; 鱼类组成; 生态类型; 多样性; 长江上游

中图分类号: S 931

文献标志码: A

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”) 由向家坝至重庆地维大桥间的长江干流以及岷江、沱江、赤水河等支流河段

组成, 主要保护对象有白鲟 (*Psephurus gladius*)、长江鲟 (*Acipenser dabryanus*)、胭脂鱼 (*Myxocyprinus asiaticus*) 等珍稀濒危鱼类以及众多长江上游

收稿日期: 2022-09-19 修回日期: 2023-01-13

资助项目: 农业农村部财政专项“长江渔业资源与环境调查 (2017-2021)”；中国长江三峡集团有限公司项目 (201803081)；国家重点研发计划 (2018YFD0900903)；中国水产科学研究院创新团队项目 (2020TD09) 资助；中国水产科学研究院基本科研业务费资助 (2021CG02)；国家自然科学基金 (51909271)；生态环境部生物多样性调查、观测和评估项目 (2019-2023)

第一作者: 唐成 (照片), 从事渔业资源研究, E-mail: 1119720793@qq.com

通信作者: 陈大庆, 从事渔业资源研究, E-mail: chdq@yfi.ac.cn



特有鱼类^[1]。保护区干流水面宽阔, 水流缓急交替, 河道蜿蜒曲折, 具有急流、浅滩、深潭等不同生境类型, 孕育了丰富的水生生物资源, 是我国十分重要的鱼类产区^[1-2]。然而, 由于保护区干流两岸城镇、工矿开发强度上升, 以及上游金沙江梯级电站相继蓄水, 其原有生境仍持续遭受破坏, 生态功能难以全面维持, 鱼类区系分布与资源状况发生改变, 多样性衰退的趋势尚未缓解^[3-5]。

目前, 关于保护区干流鱼类群落已有较多报道^[6-11], 但是有关金沙江下游梯级电站全面运行后保护区干流段鱼类群落结构的研究尚无细致报道。随着梯级电站全面蓄水运行, 势必会改变河流的水文情势和自然形态^[12], 对鱼类生殖、索饵和越冬洄游产生影响, 甚至阻隔不同鱼类群落间的遗传交流^[13], 从而导致鱼类种类组成和群落结构特征发生改变。另外, 长江“十年禁渔”政策的实施亦可能对保护区干流段的鱼类种群和群落动态产生新的影响。因此, 为了全面反映保护区干流当前的渔业资源状况, 满足对“十年禁渔”“生境修复”等长江大保护新形势下的渔业资源的保护需求。本研究在农业农村部专项“长江渔业资源与环境调查(2017—2021)”主导下, 基于保护区干流 2017—

2019 年渔获物监测数据, 对其鱼类群落特征现状和历史变化趋势进行分析与讨论, 研究结果补充了保护区干流鱼类群落研究的基础数据, 为该江段鱼类资源管理、“十年禁渔”效果和生物多样性评估、关键栖息地修复提供参考。

1 材料与方法

1.1 调查方法

结合鱼类区系组成、生境特点以及支流汇入等情况在保护区干流设置宜宾、泸州、合江、江津、巴南等 5 个调查站点(图 1), 分别于 2017 年 7—8 月, 10—12 月; 2018 年 7—8 月, 10—11 月; 2019 年 7 月, 9—11 月进行了 6 次鱼类资源调查。以聘请渔民主动捕捞的方式采集鱼类标本, 针对不同生境和不同体型的鱼类采用多种渔具配合使用的捕捞方法进行调查, 渔具类型主要有流刺网、定置刺网、地笼、百袋网以及濠网。参照《中国动物志》^[14-15]、《四川鱼类志》^[16]对渔获物种类进行现场鉴定, 测量每尾鱼的全长(mm)、体长(mm)和体重(g)等基础生物学数据并及时放回捕捞水域, 意外死亡个体进行标本处理保存, 同时

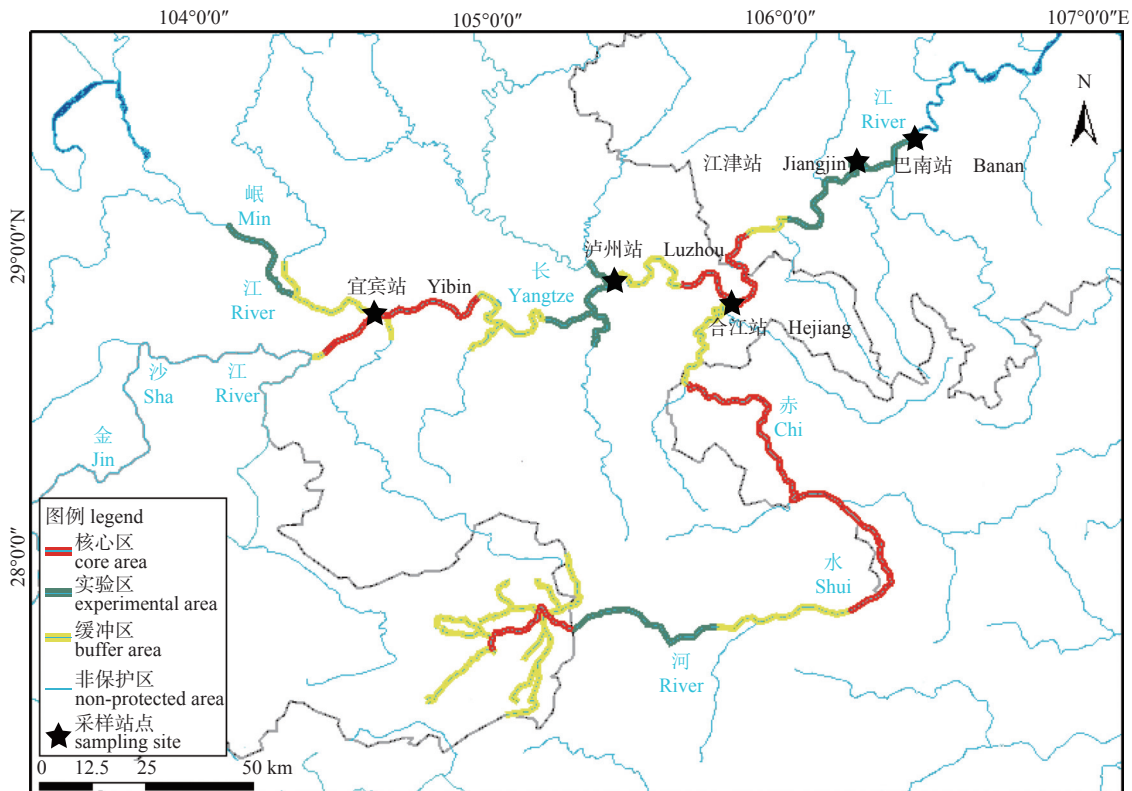


图 1 保护区干流鱼类资源调查站点设置示意图

Fig. 1 Setting map of fish resources investigation sites in the main stream of reserve

准确记录每尾鱼采集地点、采集日期、船次等信息。对现场难以鉴定的鱼类先进行测量和拍照, 再用无水乙醇或者 10% 甲醛固定, 最后统一带回实验室结合解剖观察进行进一步分析鉴定。

1.2 数据分析

鱼类生态类型划分 参考历史资料^[16-18], 通过对调查区域鱼类的栖息水层、生境偏好、产卵类型和食性等特点进行整理分析后, 对其生态类型进行划分。根据鱼类栖息水层划分为中上层、中下层和底层 3 种类型; 根据鱼类对流水生境的喜好程度分为喜流水性鱼类和喜静缓流性鱼类; 根据鱼卵类型分为浮性卵、漂流性卵、黏性卵、沉性卵和喜贝产卵 5 种类型; 根据鱼类成年阶段主要食物的组成为植食性、肉食性和杂食性。

群落相似度分析 利用 Primer 6.0 软件进行分析, 将鱼类种类和相对丰度数据作为原始矩阵, 经平方根转换后, 构建不同采样站点的 Bray-Cruttis 相似性系数矩阵, 采用等级聚类分析 (Cluster) 和非度量多维尺度分析 (nonmetric multidimensional scaling, NMDS) 来研究群落结构, 并划分成不同的群落组^[19]。采用单因素的相似性分析 (One-way Analysis of Similarity Statistics, One-Way ANO-SIM) 检验各组之间的差异性, 显著性水平为 $\alpha=0.05$ ^[20]。

物种优势度分析 在分析渔获物重量百分数及数量百分数的基础上, 采用相对重要性指数^[21] (index of relative importance, IRI) 对调查区域渔获物的优势度进行研究, 其计算公式如下:

$$IRI = (P_N + P_W) \times F$$

式中, P_N 代表某种鱼类的数量百分比; P_W 代表某种鱼类的质量百分比; F 是某种鱼类在调查期间出现的频率, 本文选取 IRI 值大于 3% 的鱼类作为优势种^[17]。

生物多样性分析 为反映保护区干流鱼类群落的生物多样性高低及变化趋势, 采用 Shannon-Wiener 指数^[22]、Simpson 指数^[23]、Margalef 指数^[24] 和 Pielou 指数^[25] 进行分析, 计算公式如下:

$$\text{Shannon-Wiener 指数: } H = - \sum_{i=1}^S P_i \ln P_i$$

$$\text{Simpson 指数: } D = 1 - \sum_{i=1}^S P_i^2$$

$$\text{Margalef 指数: } d = \frac{S-1}{\ln N}$$

$$\text{Pielou 指数: } J = \frac{H}{\ln S}$$

式中, $P_i = n_i/N$, n_i 为 i 种的个体数; N 为所有种类总个体; S 为物种数。

群落结构稳定性分析 采用 Warwick 提出的数量—生物量比较曲线^[26] (abundance biomass comparison curve, ABC 曲线) 方法, 对各调查站点鱼类群落结构的稳定性进行分析。 W 值为 ABC 曲线的一个统计量, 计算公式如下:

$$W = \sum_{i=1}^S (B_i - A_i) / [50(S-1)]$$

式中, S 为物种数, B_i 和 A_i 分别为曲线中种类序号对应的生物量和数量的累计百分比。

该方法是通过 W 值和比较生物量优势曲线与数量优势曲线在同一坐标系中的分布情况对群落结构的稳定性进行分析。当鱼类群落处于稳定状态时, W 值为正, 生物量优势曲线处在数量优势曲线上方; 当鱼类群落受到中度干扰时, W 值趋近于 0, 两条曲线相互接近或交叉; 当鱼类群落受到严重干扰时, W 值为负, 生物量优势曲线处在数量优势曲线下方^[27-29]。

2 结果

2.1 鱼类种类组成

本次调查共采集到鱼类 48 040 尾, 2 057.92 kg, 鉴定出鱼类 134 种, 隶属于 7 目 21 科 83 属 (表 1, 表 2)。其中鲤科鱼类种类最多, 有 77 种, 占总种类数 57.46%; 其次为鳅科鱼类和鲮科鱼类, 分别有 14 种和 13 种, 分别占总种类数 10.45% 和 9.70%; 平鳍鳅科有 5 种, 占总种类数 3.73%; 鲴科有 3 种, 占总种类数 2.24%; 鲟科、塘鳢科、鰕虎鱼科、钝头鮠科、鮡科和鮠科均有 2 种, 各占总种类数 1.49%; 银鱼科、鯉科、鲱科、胭脂鱼科、鳊科、鲈科、丝足鲈科、丽鱼科、鲴科和鳊科均只有 1 种, 各占总种类数 0.75%。长江上游特有鱼类有红唇薄鳅 (*Leptobotia rubrilabris*)、圆筒吻鲃 (*Rhinogobio cylindricus*)、拟缘鳅 (*Liobagrus marginatoides*) 等 27 种, 占总种类数 20.15%。外来物种有散鳞镜鲤 (*Cyprinus carpio* var. *specularis*)、麦瑞加拉鲮 (*Cirrhina mrigala*)、斑点叉尾鲴 (*Ictalurus punctatus*) 等 14 种, 占总种类数 10.44%。

2.2 鱼类生态类型

鱼类生态类型统计结果显示 (表 1, 图 2), 栖息于中上层的鱼类有 29 种, 占总种类数 21.64%;

表 1 保护区干流鱼类种类、分布及生态类型

Tab. 1 Species, distribution and ecological types of fish in the main stream of the reserve

种类 species	分布范围 distribution range					生态类型 ecological type			
	YB	LZ	HJ	JJ	BN	栖息水层 location	生境偏好 habitat preference	产卵类型 spawning type	食性 food type
鲟形目 Acipenseriformes									
鲟科 Acipenseridae									
1. 长江鲟 <i>Acipenser dabryanus</i>		+	+	+	+	B	R	V	O
2. 杂交鲟*		+	+		+	B	R	V	O
鲑形目 Salmoniformes									
银鱼科 Salangidae									
3. 太湖新银鱼 <i>Neosalanx taihuensis</i> *					+	U	N	D	C
鲱形目 Clupeiformes									
鲱科 Clupeidae									
4. 美洲鲱 <i>Alosa sapidissima</i> *				+		U	R	P	O
鲹科 Engraulidae									
5. 短颌鲹 <i>Coilia brachygnathus</i> *					+	U	N	P	C
鲤形目 Cypriniformes									
胭脂鱼科 Catostomidae									
6. 胭脂鱼 <i>Myxocyprinus asiaticus</i>	+	+	+	+	+	L	R	D	O
鲴科 Cobitidae									
7. 红唇薄鲴 <i>Leptobotia rubrilabris</i> ★	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
8. 小眼薄鲴 <i>Leptobotia microphthalmala</i> ★	+		+			B	R	S-P	O
9. 长薄鲴 <i>Leptobotia elongata</i> ★	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
10. 紫薄鲴 <i>Leptobotia taeniops</i>	+	+	+	+		B	R	S-P	O
11. 大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>		+		+	+	B	N	D	O
12. 短体荷马条鳅 <i>Homatula potanini</i> ★		+	+	+	+	B	R	D	O
13. 红尾荷马条鳅 <i>Homatula variegata</i>	+	+	+	+		B	R	D	O
14. 花斑副沙鳅 <i>Parabotia fasciata</i>	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
15. 中华花鳅 <i>Cobitis sinensis</i>		+				B	R	S-P	O
16. 安氏高原鳅 <i>Triplophysa angeli</i>					+	B	R	D	O
17. 贝氏高原鳅 <i>Triplophysa bleekeri</i>	+	+				B	R	D	O
18. 泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	O
19. 宽体沙鳅 <i>Botia reevesae</i> ★			+			B	R	S-P	O
20. 中华沙鳅 <i>Botia superciliaris</i>	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
鲤科 Cyprinidae									
21. 宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i>	+	+			+	U	R	D	O

种类 species	分布范围 distribution range					生态类型 ecological type			
	YB	LZ	HJ	JJ	BN	栖息水层 location	生境偏好 habitat preference	产卵类型 spawning type	食性 food type
22. 马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	+				+	U	R	D	O
23. 青鱼 <i>Mylopharyngodon piceus</i>				+	+	L	R	S-P	C
24. 草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	+	+	+	+	+	L	R	S-P	H
25. 洛氏鲮 <i>Phoxinus lagowskii</i>		+				B	N	V	O
26. 丁鲷 <i>Tinca tinca*</i>		+		+		B	N	V	O
27. 赤眼鲷 <i>Squaliobarbus curriculus</i>	+		+		+	U	N	S-P	O
28. 鳊 <i>Elopichthys bambusa</i>					+	U	R	S-P	C
29. 黄尾鲷 <i>Xenocypris davidi</i>				+	+	L	N	S-P	O
30. 银鲷 <i>Xenocypris argentea</i>	+	+	+		+	L	N	S-P	O
31. 细鳞鲷 <i>Xenocypris microlepis</i>					+	L	N	V	O
32. 圆吻鲷 <i>Distoechodon tumirostris</i>			+			L	N	S-P	O
33. 鲮 <i>Parabramis pekinensis</i>	+	+	+	+	+	L	N	S-P	H
34. 似鲮 <i>Pseudobrama simoni</i>	+	+	+	+	+	L	N	S-P	O
35. 鲮 <i>Aristichthys nobilis</i>	+	+	+	+	+	U	R	S-P	C
36. 鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	+	+	+	+	+	U	R	S-P	H
37. 高体鲂 <i>Rhodeus ocellatus</i>				+	+	L	N	S	O
38. 中华鲂 <i>Rhodeus sinensis</i>	+	+	+	+	+	L	N	S	O
39. 彩石鲂 <i>Rhodeus lighti</i>		+				L	N	S	O
40. 大鳍鲂 <i>Acheilognathus macropterus</i>		+			+	L	N	S	O
41. 峨眉鲂 <i>Acheilognathus omeiensis</i> ★	+	+	+	+	+	L	N	S	O
42. 兴凯鲂 <i>Acheilognathus chankaensis</i>	+	+	+	+	+	L	N	S	O
43. 寡鳞鲂 <i>Pseudolaubuca engraulis</i>	+	+	+	+	+	U	N	S-P	O
44. 鲂 <i>Pseudolaubuca sinensis</i>	+	+	+	+	+	U	N	D	O
45. 大眼华鲂 <i>Sinibrama macrops</i>					+	U	R	S-P	O
46. 四川华鲂 <i>Sinibrama taeniatus</i> ★	+					U	R	S-P	O
47. 高体近红鲂 <i>Ancherythroculter kurematsui</i> ★	+		+		+	U	R	V	C
48. 黑尾近红鲂 <i>Ancherythroculter nigrocauda</i> ★	+	+	+		+	U	R	V	C
49. 汪氏近红鲂 <i>Ancherythroculter wangi</i> ★				+		U	R	V	C
50. 红鳍原鲂 <i>Cultrichthys erythropterus</i>	+	+				U	N	V	C
51. 尖头鲂 <i>Culter oxycephalus</i>			+		+	U	N	D	C
52. 蒙古鲂 <i>Culter mongolicus</i>	+	+	+	+	+	U	N	D	C

种类 species	分布范围 distribution range					生态类型 ecological type			
	YB	LZ	HJ	JJ	BN	栖息水层 location	生境偏好 habitat preference	产卵类型 spawning type	食性 food type
53. 翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	+	+	+	+	+	U	N	D	C
54. 达氏鲌 <i>Culter dabryi</i>		+	+			U	N	D	C
55. 半鲈 <i>Hemiculterella sauvagei</i> ★	+	+	+	+	+	U	N	D	O
56. 鲈 <i>Hemiculter leucisculus</i>	+	+	+	+	+	U	N	D	O
57. 贝氏鲈 <i>Hemiculter bleekeri</i>	+	+	+	+	+	U	N	D	O
58. 张氏鲈 <i>Hemiculter tchangi</i> ★	+	+	+	+	+	U	R	D	O
59. 南方拟鲈 <i>Pseudohemiculter dispar</i> *					+	U	R	D	O
60. 厚颌鲂 <i>Megalobrama pellegrini</i> ★	+	+	+	+		L	R	D	O
61. 团头鲂 <i>Megalobrama amblycephala</i> *	+	+				L	N	V	H
62. 唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
63. 花鲮 <i>Hemibarbus maculatus</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
64. 麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	+	+	+	+	+	L	N	V	O
65. 华鲮 <i>Sarcocheilichthys sinensis</i>		+	+		+	L	N	S-P	O
66. 黑鳍鲮 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>	+					L	N	S-P	O
67. 短须颌须鲃 <i>Gnathopogon imberbis</i>	+	+		+	+	L	R	D	O
68. 嘉陵颌须鲃 <i>Gnathopogon herzensteini</i> ★				+		L	R	D	O
69. 银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>	+	+	+	+	+	L	R	S-P	O
70. 点纹银鲃 <i>Squalidus wolterstorffi</i>			+			L	R	S-P	O
71. 铜鱼 <i>Coreius heterodon</i>	+	+	+	+	+	L	R	S-P	O
72. 圆口铜鱼 <i>Coreius guichenoti</i> ★	+	+	+	+	+	L	R	S-P	O
73. 吻鲃 <i>Rhinogobio typus</i>	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
74. 圆筒吻鲃 <i>Rhinogobio cylindricus</i> ★	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
75. 长鳍吻鲃 <i>Rhinogobio ventralis</i> ★	+		+	+	+	B	R	S-P	O
76. 裸腹片唇鲃 <i>Platysmacheilus nudiventris</i> ★	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
77. 棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	O
78. 钝吻棒花鱼 <i>Abbottina obtusirostris</i> ★				+		B	N	D	O
79. 似鲃 <i>Pseudogobio vaillanti</i>					+	B	R	S-P	O
80. 光唇蛇鲃 <i>Saurogobio gymnocheilus</i>		+				B	R	S-P	O
81. 蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
82. 宜昌鳅鲃 <i>Gobiobotia filifer</i>	+	+	+	+	+	B	R	S-P	C

种类 species	分布范围 distribution range					生态类型 ecological type			
	YB	LZ	HJ	JJ	BN	栖息水层 location	生境偏好 habitat preference	产卵类型 spawning type	食性 food type
83. 裸体异鳔鮠 <i>Xenophysogobio nudicorpa</i> ★	+		+	+		B	R	S-P	C
84. 异鳔鮠 <i>Xenophysogobio boulengeri</i> ★	+	+	+	+	+	B	R	S-P	C
85. 中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i>	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
86. 大鳞鲃 <i>Luciobarbus capito</i> *	+	+	+			U	N	S-P	O
87. 宽口光唇鱼 <i>Acrossocheilus monticolus</i> ★		+				U	N	D	O
88. 白甲鱼 <i>Onychostoma sima</i>	+	+	+	+	+	B	R	D	O
89. 瓣结鱼 <i>Folifer brevifilis</i>					+	L	R	D	C
90. 麦瑞加拉鲮 <i>Cirrhhina mrigala</i> *	+				+	B	N	D	O
91. 伦氏孟加拉鲮 <i>Bangana rendahli</i>	+	+	+		+	B	R	D	O
92. 墨头鱼 <i>Garra imberba</i>	+			+		B	R	D	O
93. 泉水鱼 <i>Pseudogyrinocheilus procheilus</i>		+	+			B	R	V	O
94. 岩原鲤 <i>Procypris rabaudi</i> ★	+	+	+	+	+	B	R	V	O
95. 鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	+	+	+	+	+	B	R	V	O
96. 散鳞镜鲤 <i>Cyprinus carpio</i> var. <i>specularis</i> *	+	+	+		+	B	R	V	O
97. 鲫 <i>Carassius auratus</i>	+	+	+	+	+	L	R	V	O
平鳍鲃科 Homalopteridae									
98. 峨眉后平鲃 <i>Metahomaloptera omeiensis</i>	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
99. 犁头鲃 <i>Lepturichthys fimbriata</i>	+	+	+	+	+	B	R	S-P	O
100. 中华金沙鲃 <i>Jinshaia sinensis</i> ★	+		+	+	+	B	R	S-P	O
101. 短身金沙鲃 <i>Jinshaia abbreviata</i> ★				+		B	R	S-P	O
102. 四川华吸鲃 <i>Sinogastromyzon szechuanensis</i> ★		+	+	+		B	R	S-P	O
鲇形目 Siluriformes									
鲇科 Siluridae									
103. 鲇 <i>Silurus asotus</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
104. 南方鲇 <i>Silurus meridionalis</i>	+	+	+			B	N	D	C
鲿科 Bagridae									
105. 光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	+	+	+	+	+	L	N	D	C
106. 瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
107. 长须黄颡鱼 <i>Pelteobagrus eupogon</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
108. 黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
109. 粗唇鲿 <i>Leiocassis crassilabris</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
110. 长吻鲿 <i>Leiocassis longirostris</i>	+	+	+	+	+	B	R	D	C

种类 species	分布范围 distribution range					生态类型 ecological type			
	YB	LZ	HJ	JJ	BN	栖息水层 location	生境偏好 habitat preference	产卵类型 spawning type	食性 food type
111. 凹尾拟鲮 <i>Pseudobagrus emarginatus</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
112. 切尾拟鲮 <i>Pseudobagrus truncatus</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
113. 细体拟鲮 <i>Pseudobagrus pratti</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
114. 圆尾拟鲮 <i>Pseudobagrus tenuis</i>	+	+		+	+	B	N	D	C
115. 短尾拟鲮 <i>Pseudobagrus brevicaudatus</i>			+			B	N	D	C
116. 乌苏拟鲮 <i>Pseudobagrus ussuriensis</i>	+	+		+		B	N	D	C
117. 大鳍鲮 <i>Mystus macropterus</i>	+	+	+		+	B	R	D	C
钝头鲮科 Amblycipitidae									
118. 白缘鲮 <i>Liobagrus marginatus</i>	+	+		+	+	B	R	D	C
119. 拟缘鲮 <i>Liobagrus marginatoides</i> ★	+	+	+	+	+	B	R	V	C
鲮科 Sisoridae									
120. 福建纹胸鲮 <i>Glyptothorax fokiensis</i>	+					B	R	D	O
121. 中华纹胸鲮 <i>Glyptothorax sinensis</i>	+	+	+	+	+	B	R	D	O
鲮科 Ictaluridae									
122. 斑点叉尾鲮 <i>Ictalurus punctatus</i> *	+	+				B	N	V	O
鲈形目 Perciformes									
鲈科 Serranidae									
123. 鳊 <i>Siniperca chuatsi</i>	+	+	+	+	+	L	N	P	C
124. 斑鳊 <i>Siniperca scherzeri</i>	+	+	+		+	L	R	P	C
125. 大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	+	+	+	+	+	L	N	P	C
鲈科 Percidae									
126. 梭鲈 <i>Sander lucioperca</i> *	+		+	+	+	L	N	V	C
塘鳢科 Eleotridae									
127. 沙塘鳢 <i>Odontobutis obscurus</i> *	+	+	+	+	+	B	N	V	C
128. 黄魮鱼 <i>Hypseleotris swinhonis</i>	+					B	N	V	C
鰕虎鱼科 Gobiidae									
129. 褐吻鰕鲯鱼 <i>Rhinogobius brunneus</i>			+	+	+	B	N	D	C
130. 子陵吻鰕鲯鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	+	+	+	+	+	B	N	D	C
丝足鲈科 Osphronemidae									
131. 叉尾斗鱼 <i>Macropodus opercularis</i>					+	L	N	P	O
鳢科 Channidae									
132. 乌鳢 <i>Channa argus</i>		+	+		+	B	N	P	C
丽鱼科 Cichlidae									
133. 尼罗罗非鱼 <i>Oreochromis niloticus</i> *				+	+	B	N	D	O

· 续表 1 ·

种类 species	分布范围 distribution range					生态类型 ecological type			
	YB	LZ	HJ	JJ	BN	栖息水层 location	生境偏好 habitat preference	产卵类型 spawning type	食性 food type
颌针鱼目 Beloniformes									
鱮科 Hemiramphidae									
134. 间下鱮 <i>Hyporamphus intermedius</i>	+					U	N	V	O

注: ★: 长江上游特有鱼类; *: 外来鱼类; +: 本次调查中出现的鱼类; YB: 宜宾站; LZ: 泸州站; HJ: 合江站; JJ: 江津站; BN: 巴南站; 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: 喜贝产卵的鱼类; H: 植食性鱼类; C: 肉食性鱼类; O: 杂食性鱼类
 Note: ★: Endemic fish in the upper reaches of the Yangtze River; *: Exotic fish; +: Fish appearing in this survey; YB: Yibin station; LZ: Luzhou station; HJ: Hejiang station; JJ: Jiangjin station; BN: Banan station; U: Pelagic fish; L: Lower middle fish; B: Bottom fish; N: Quiet and slow-flowing fish; R: flowing fish; P: Fish that produce floating eggs; S-P: Fish that produce drifting eggs; V: Fish that produce sticky eggs; D: Fish that produce sunken eggs; S: The fish that likes shellfish to lay eggs; H: Herbivorous fish; C: Carnivorous fish; O: Omnivorous fish

表 2 保护区干流鱼类区系组成

Tab. 2 Composition of fish fauna in main stream of the reserve

目 Order	种 species	百分比/% percentage	科 Family	种 species	百分比/% percentage
鲟形目 Acipenseriformes	2	1.49	鲟科 Acipenseridae	2	1.49
鲑形目 Salmoniformes	1	0.75	银鱼科 Salangidae	1	0.75
鲱形目 Clupeiformes	2	1.49	鳊科 Engraulidae	1	0.75
			鲱科 Clupeidae	1	0.75
			鲤科 Cyprinidae	77	57.46
鲤形目 Cypriniformes	97	72.39	平鳍鳅科 Homalopteridae	5	3.73
			鳅科 Cobitidae	14	10.45
			胭脂鱼科 Catostomidae	1	0.75
			鳢科 Channidae	1	0.75
			鲈科 Percidae	1	0.75
			鲷科 Serranidae	3	2.24
鲈形目 Perciformes	11	8.21	丝足鲈科 Osphronemidae	1	0.75
			塘鳢科 Eleotridae	2	1.49
			鰕虎鱼科 Gobiidae	2	1.49
			丽鱼科 Cichlidae	1	0.75
			鲮科 Bagridae	13	9.70
			钝头鮠科 Amblycipitidae	2	1.49
鲇形目 Siluriformes	20	14.93	鮠科 Ictaluridae	1	0.75
			鲇科 Siluridae	2	1.49
			鮡科 Sisoridae	2	1.49
颌针鱼目 Beloniformes	1	0.75	鱮科 Hemiramphidae	1	0.75
合计 total	134	100.00	合计 total	134	100.00

栖息于中下层的鱼类有 34 种, 占总种类数 25.37%; 栖息于底层的鱼类有 71 种, 占总种类数 52.99%。栖息生境偏好流水性的鱼类有 69 种, 喜静缓流的鱼类有 65 种。产沉性卵的鱼类有 54 种, 所占比例最高, 占总种类数 43.30%; 产漂流性卵和黏性卵的鱼类次之, 分别有 45 种、22 种。杂食性鱼类 85 种, 肉食性鱼类 45 种, 植食性鱼类 4 种。

2.3 种群分布特征

鱼类种群分布情况为宜宾站 93 种, 长江上游特有鱼类 19 种; 泸州站 94 种, 长江上游特有鱼类 16 种; 合江站 90 种, 长江上游特有鱼类 21 种; 江津站 85 种, 长江上游特有鱼类 21 种; 巴南站 98 种, 长江上游特有鱼类 16 种。各调查站点长江上游特有鱼类占比分别为 20.43%、17.02%、

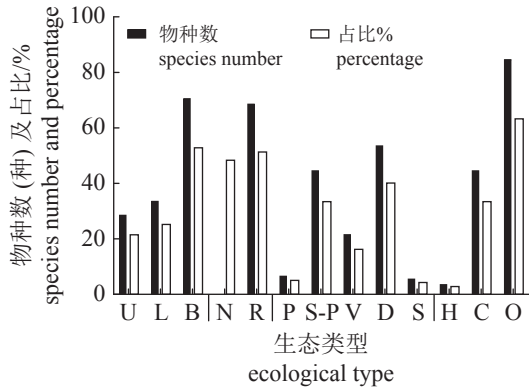


图2 保护区干流鱼类生态类型

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: 产粘性卵的鱼类; D: 产沉性卵的鱼类; S: 喜贝产卵的鱼类; H: 植食性鱼类; C: 肉食性鱼类; O: 杂食性鱼类

Fig. 2 Ecological types of fish in the main stream of the reserve

U: Pelagic fish; L: Lower middle fish; B: Bottom fish; N: Quiet and slow-flowing fish; R: flowing fish; P: Fish that produce floating eggs; S-P: Fish that produce drifting eggs; V: Fish that produce sticky eggs; D: Fish that produce sunken eggs; S: The fish that likes shellfish to lay eggs; H: Herbivorous fish; C: Carnivorous fish; O: Omnivorous fish

23.33%、24.71%、16.33%。Cluster 聚类分析结果表明, 在相似性水平为 52.14% 时, 保护区干流段鱼类的群落类型基本可分为 3 组, 组 I 为宜宾、泸州与合江 3 个采样站点, 组 II 为巴南站, 组 III 为江津站 (图 3)。NMDS 分析与 Cluster 聚类分析的结果基本相似, 在相似性水平为 55% 时, 鱼类群落大体上可以分为 3 组。NMDS 的胁强系数为 0.12, 说明排序有一定的解释意义, 可以用 NMDS 二维点图表示。One-Way ANOSIM 检验结果显示, 保护区干流段鱼类群落的组间差异极显著 (全局 $R=0.874$, $P=0.001$)。

在本次调查中, 四川华鳊 (*Sinibrama taeniatus*)、黑鳍鳊 (*Sarcocheilichthys nigripinnis*)、福建纹胸鲃 (*Glyptothorax fokiensis*) 等 5 种鱼类仅在宜宾站出现; 中华花鳊 (*Cobitis sinensis*)、光唇蛇鲃 (*Saurogobio gymnocheilus*)、宽口光唇鱼 (*Acrossocheilus monticolus*) 等 5 种鱼类仅在泸州站出现; 宽体沙鳅 (*Botia reevesae*)、圆吻鲃 (*Distoechodon tumirostris*)、点纹银鲃 (*Squalidus wolterstorffi*) 等 4 种鱼类仅在合江站出现; 嘉陵颌须鲃 (*Gnathopogon herzensteini*)、钝吻棒花鱼 (*Abbottina obtusirostris*)、短身金沙鳅 (*Jinshaia abbreviata*) 等 5 种鱼类仅在江津站出现; 鳊 (*Elopichthys bambusa*)、细鳞鲃 (*Xenocypris microlepis*)、大眼华鳊 (*Sin-*

ibrama macrops) 等 10 种鱼类仅在巴南站出现。其中, 四川华鳊、宽口光唇鱼、宽体沙鳅等 7 种为长江上游特有鱼类。

2.4 物种优势度

在本次调查的渔获物中蛇鲃的数量百分比最高, 占 15.22%; 铜鱼的质量百分比最高, 占 16.55%。相对重要性指数 (IRI) 计算结果显示 (表 3), 优势种共有 14 种, 包括铜鱼 (*Coreius heterodon*)、瓦氏黄颡鱼 (*Pelteobagrus vachelli*)、吻鲃 (*Rhinogobio typus*)、鲤 (*Cyprinus carpio*)、蛇鲃 (*Saurogobio dabryi*)、鲫 (*Carassius auratus*)、圆筒吻鲃、圆口铜鱼 (*Coreius guichenoti*)、草鱼 (*Ctenopharyngodon idella*)、鲃 (*Silurus asotus*)、黄颡鱼 (*Pelteobagrus fulvidraco*)、鲟 (*Hemiculter leucisculus*)、大鳍鱬 (*Mystus macropterus*)、光泽黄颡鱼 (*Pelteobagrus nitidus*), 占渔获物总数量的 56.17%, 总重量的 71.38%。长江上游特有鱼类 2 种, 其中圆口铜鱼是江津站的优势种, IRI 值为 6.17%; 圆筒吻鲃是合江站与江津站的优势种, IRI 值分别为 3.47% 和 10.96%。

不同站点的鱼类群落中, 优势种和优势度存在明显的差异。宜宾站优势种有 5 种, 瓦氏黄颡鱼优势度最高, IRI 值为 12.30%; 泸州站优势种有 8 种, 瓦氏黄颡鱼优势度最高, IRI 值分别为 13.73%; 合江站优势种有 7 种, 瓦氏黄颡鱼优势度最高, IRI 值为 27.00%; 江津站优势种有 4 种, 铜鱼优势度最高, IRI 值高达 38.28%; 巴南站优势种有 9 种, 蛇鲃优势度最高, IRI 值为 32.86%。整体上看, 瓦氏黄颡鱼、蛇鲃、吻鲃等体型较小的鱼类占主要优势。

2.5 物种多样性

根据保护区干流段 2017—2019 年渔获物调查数据, 对其进行生物多样性分析, 结果显示该江段鱼类物种丰富, Shannon-Wiener 指数、Simpson 指数、Margalef 指数和 Pielou 指数变化范围分别为 2.725~3.306、0.883~0.942、5.833~8.811、0.699~0.773。分析不同年份鱼类的多样性指数 (图 4) 发现, Shannon-Wiener 指数与 Simpson 指数在宜宾、合江、巴南 3 个站点呈现逐年下降的趋势; Margalef 指数在宜宾、合江和江津 3 个站点内呈现逐年下降的趋势; Pielou 指数在宜宾和巴南两个站点呈现逐年下降的趋势。分析不同站点鱼类的多

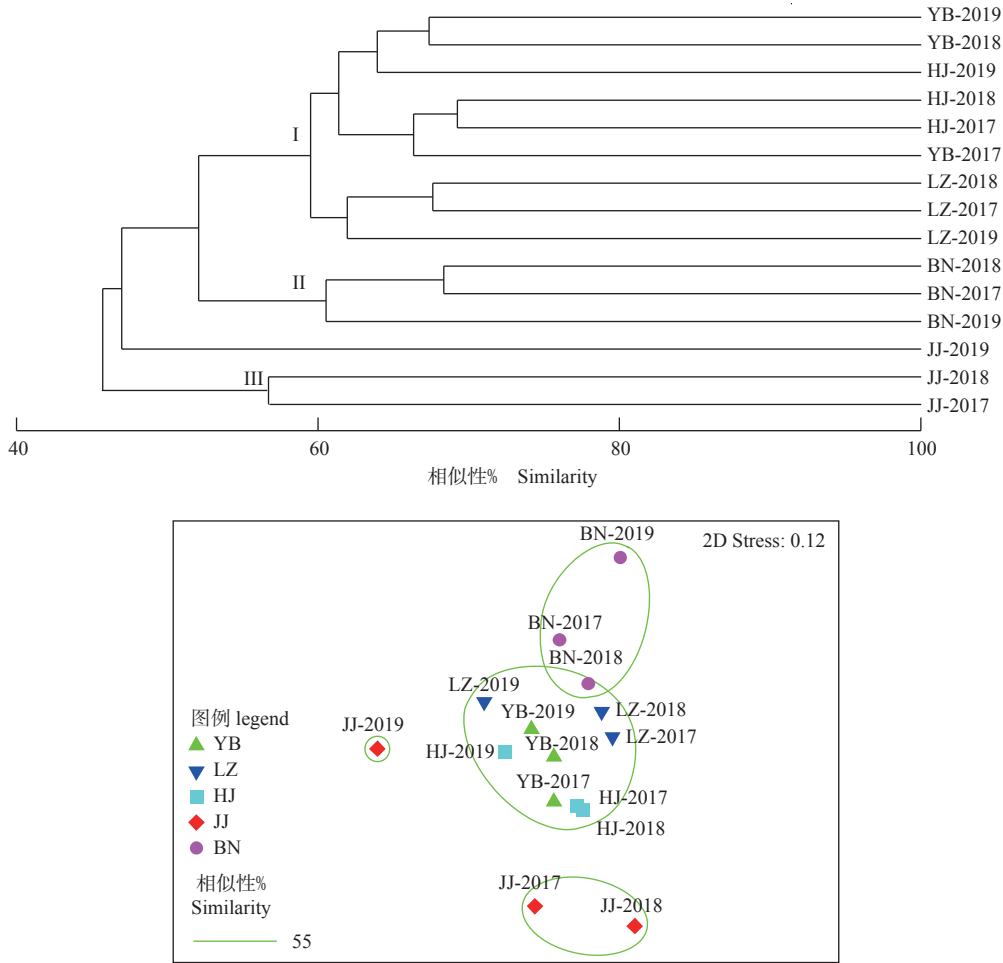


图 3 保护区干流段鱼类群落 Cluster 聚类和 NMDS 排序图

YB: 宜宾站; LZ: 泸州站; HJ: 合江站; JJ: 江津站; BN: 巴南站

Fig. 3 Clustering and NMDS sequencing analysis of fish community structure in the main stream of the reserve

YB: Yibin station; LZ: Luzhou station; HJ: Hejiang station; JJ: Jiangjin station; BN: Banan station

样性指数 (图 5) 发现, Shannon-Wiener 指数和 Simpson 指数在泸州站达到最高; Margalef 指数在宜宾站最高, 江津站最低; Pielou 指数在各站点之间变化幅度不大, 均值都大于 0.700, 说明各站点鱼类群落分布均匀度都比较高。

2.6 群落稳定性

为判断保护区干流段鱼类群落稳定性情况, 对各采样站点的渔获物数据进行 ABC 曲线分析 (图 6)。结果显示, 江津站的生物量优势度曲线在数量优势度曲线上方, 表明该站点鱼类群落结构的稳定性相对较高, 受到的干扰程度较低; 宜宾、泸州和合江三个站点的生物量优势度曲线与数量优势度曲线互相靠近, 呈现出不同程度的交叉, 表明其群落结构受到了中度干扰; 巴南站生物量优势度曲线在数量优势度曲线上方, 但其起点相

互靠近。根据各站点不同年份 ABC 曲线计算的 *W* 值的变化范围为 -0.103~0.169 (表 4)。其中, 江津站的 *W* 值均大于 0, 合江站和巴南站仅 2019 年的 *W* 值小于 0, 泸州站仅 2018 年的 *W* 值小于 0, 宜宾站 2018 和 2019 年的 *W* 值均小于 0。

3 讨论

3.1 鱼类种类组成及变化趋势

本次调查共采集到鱼类 7 目 21 科 134 种, 鱼类种类比较丰富, 较 2010—2012 年的调查 111 种^[10]有所增加, 但与历史记录资料^[16, 30]相比, 鱼类种类数大幅减少。据于晓东等^[30]报道, 长江上游主干流 (宜宾至宜昌干流) 鱼类有 168 种, 其中 63 种鱼类在本次调查中并未采集到, 这可能与本次调查仅涉及保护区干流段 (宜宾至巴南) 有关。同时

表 3 保护区干流各站点优势种及渔获物组成

Tab. 3 Dominant species and catch composition of the main stream of the reserve in each site

种类 species	保护区干流 main stream of the reserve			YB			LZ			HJ			JJ			BN		
	$P_N\%$	$P_W\%$	IRI	$P_N\%$	$P_W\%$	IRI	$P_N\%$	$P_W\%$	IRI	$P_N\%$	$P_W\%$	IRI	$P_N\%$	$P_W\%$	IRI	$P_N\%$	$P_W\%$	IRI
铜鱼 <i>Coreius heterodon</i>	2.78	16.55	5.87	0.22	2.90	<3.00	0.31	1.84	<3.00	1.92	8.64	3.70	12.31	43.64	38.28	2.44	24.45	9.82
瓦氏黄颡鱼 <i>Pelteobagrus vachelli</i>	8.25	9.13	11.60	9.65	12.08	12.30	9.58	10.69	13.73	14.86	16.63	27.00	5.86	2.70	4.39	3.23	2.42	4.39
吻鮰 <i>Rhinogobio typus</i>	3.77	7.15	6.18	6.99	10.36	10.31	4.14	9.51	7.78	5.63	11.80	12.00	1.86	1.94	<3.00	0.80	1.11	<3.00
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	2.47	6.47	3.44	1.27	7.75	<3.00	2.55	9.67	6.57	1.24	1.88	<3.00	0.84	4.37	<3.00	4.90	9.89	10.57
蛇鮰 <i>Saurogobio dabryi</i>	15.22	5.43	13.63	10.50	7.43	11.67	13.91	4.78	13.67	18.25	6.70	17.82	3.20	1.04	<3.00	24.06	9.34	32.86
鲫 <i>Carassius auratus</i>	5.64	5.12	6.27	4.98	4.16	4.48	8.29	7.11	11.27	2.96	3.86	4.25	1.57	1.03	<3.00	7.76	11.39	17.63
圆筒吻鮰 <i>Rhinogobio cylindricus</i>	2.10	4.26	<3.00	0.63	2.25	<3.00	1.10	3.20	<3.00	1.99	4.52	3.47	8.44	7.28	10.96	0.90	3.09	<3.00
圆口铜鱼 <i>Coreius guichenoti</i>	0.87	3.89	<3.00	0.21	0.87	<3.00	0.74	2.73	<3.00	1.41	5.47	<3.00	2.77	7.42	6.17	0.21	1.26	<3.00
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	0.67	2.89	<3.00	0.46	1.87	<3.00	0.71	2.35	<3.00	0.24	2.73	<3.00	0.99	2.42	<3.00	0.90	5.90	3.45
鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>	0.97	2.85	<3.00	0.16	2.15	<3.00	0.06	0.51	<3.00	0.01	0.20	<3.00	3.20	7.77	<3.00	1.80	3.49	<3.00
鲇 <i>Silurus asotus</i>	1.59	2.64	<3.00	0.54	1.10	<3.00	2.51	5.61	4.02	0.95	2.02	<3.00	0.44	0.63	<3.00	2.67	3.75	4.07
黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	3.24	2.43	<3.00	3.55	2.19	<3.00	7.85	6.42	7.52	1.08	1.08	<3.00	2.85	0.87	<3.00	0.90	0.70	<3.00
翘嘴鲌 <i>Culter alburnus</i>	1.16	2.13	<3.00	0.95	2.57	<3.00	0.80	2.43	<3.00	1.15	2.67	<3.00	1.77	1.66	<3.00	1.31	1.10	<3.00
鲢 <i>Hemiculter leucisculus</i>	4.46	2.12	<3.00	9.68	4.19	7.20	0.80	0.40	<3.00	5.96	3.13	3.42	1.80	1.50	<3.00	3.73	2.01	3.92
长薄鳅 <i>Lepiobotia elongata</i>	1.17	1.82	<3.00	1.84	3.59	<3.00	0.32	0.48	<3.00	1.55	1.61	<3.00	2.51	2.51	<3.00	0.42	1.18	<3.00
大鳍鱠 <i>Mystus macropterus</i>	1.52	1.81	<3.00	0.51	0.55	<3.00	5.11	5.03	5.45	1.48	2.18	<3.00	—	—	—	0.26	0.37	<3.00
光泽黄颡鱼 <i>Pelteobagrus nitidus</i>	3.60	1.50	<3.00	3.07	2.57	<3.00	3.50	1.43	<3.00	3.74	1.16	<3.00	1.98	0.63	<3.00	4.80	2.28	5.85
蒙古鲌 <i>Culter mongolicus</i>	0.42	1.33	<3.00	0.01	0.07	<3.00	1.15	3.22	<3.00	0.69	2.22	<3.00	0.30	0.28	<3.00	0.07	0.10	<3.00
长吻鮠 <i>Leiocassis longirostris</i>	0.34	1.25	<3.00	0.16	0.38	<3.00	0.15	0.69	<3.00	0.41	4.04	<3.00	0.18	0.38	<3.00	0.67	0.41	<3.00
唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>	1.36	1.18	<3.00	3.72	4.15	<3.00	1.52	0.98	<3.00	0.92	0.88	<3.00	0.30	0.22	<3.00	0.21	0.09	<3.00

注: P_N : 数量百分比; P_W : 重量百分比; IRI: 相对重要性指数; —: 无捕捞量; YB: 宜宾站; LZ: 泸州站; HJ: 合江站; JJ: 江津站; BN: 巴南站

Notes: P_N : quantity percentage; P_W : weight percentage; IRI: importance relative index; —: no catch; YB: Yibin station; LZ: Luzhou station; HJ: Hejiang station; JJ: Jiangjin station; BN: Banan station

也有大量研究表明, 中华鲟、鳗鲡 (*Anguilla japonica*)、鲸 (*Luciobrama macrocephalus*)、鳊 (*Ochetobius elongatus*) 等大型洄游性鱼类在长江上游资源量大幅度下降甚至绝迹, 原因可能是葛洲坝、三峡大坝相继运行, 使原有连续的河流生态系统分隔成不连续的环境单元, 阻滞了鱼群的洄游进化, 从而严重影响其栖息分布的区域及种群繁衍^[31-33]。四川白甲鱼 (*Onychostoma angustisto-*

mata)、川西鲮 (*Sarcocheilichthys davidi*)、云南鲮 (*Xenocypris yunnanensis*) 等 26 种长江上游特有鱼类在本次调查中未出现, 这可能与保护区干支流人类活动的持续影响有关。长江经济带沿江城镇持续开发、上游干支流梯级水电站相继蓄水, 可能导致保护区河道生境与水文情势发生改变, 适宜生境压缩, 鱼类产卵场、索饵场和越冬场都出现不同程度功能退化, 对鱼类摄食、生长与繁殖

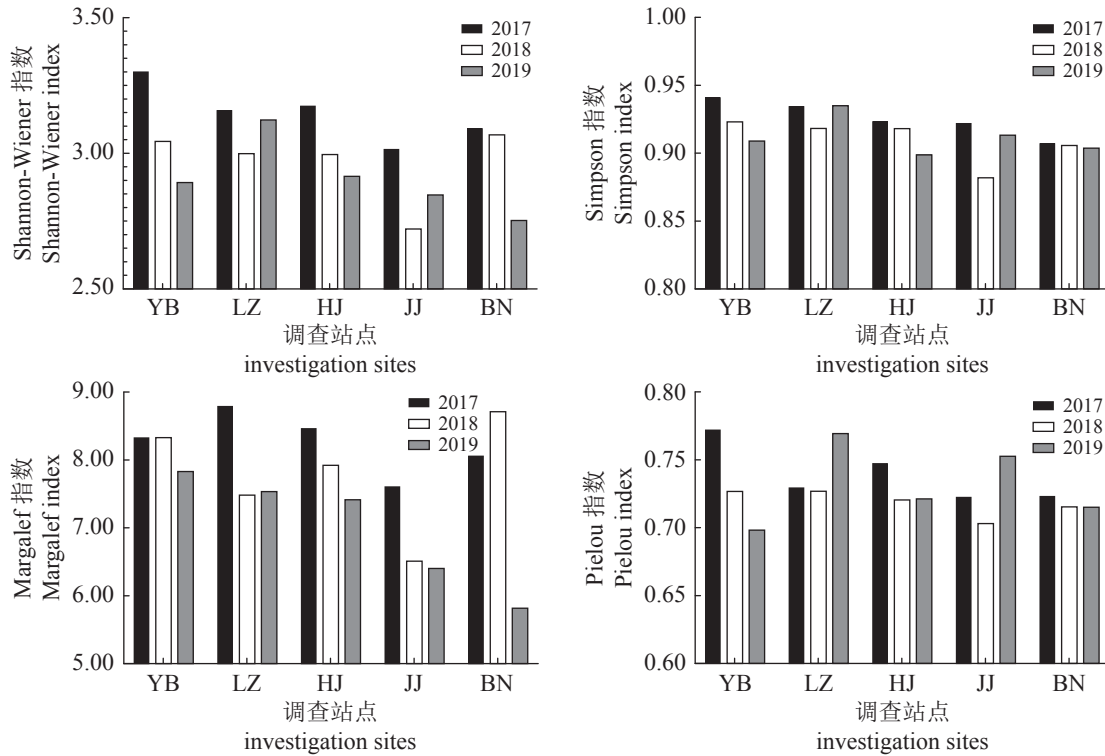


图 4 保护区干流各站点鱼类多样性特征值年际变化

YB: 宜宾站; LZ: 泸州站; HJ: 合江站; JJ: 江津站; BN: 巴南站

Fig. 4 Interannual variation of characteristic values of fish diversity in the main stream of the reserve

YB: Yibin station; LZ: Luzhou station; HJ: Hejiang station; JJ: Jiangjin station; BN: Banan station

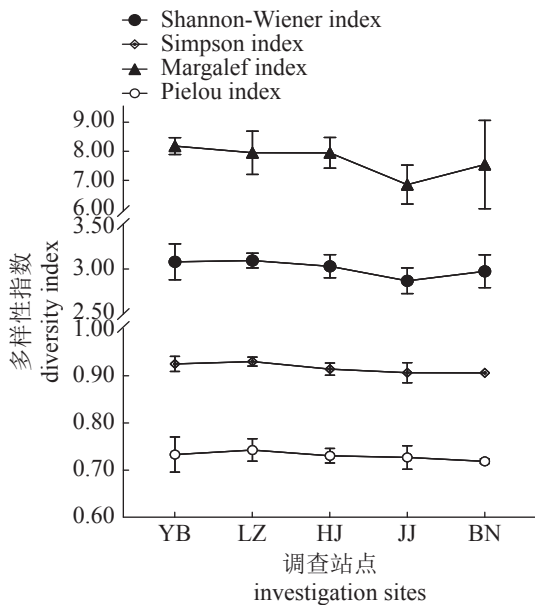


图 5 保护区干流鱼类多样性特征值空间变化

YB: 宜宾站; LZ: 泸州站; HJ: 合江站; JJ: 江津站; BN: 巴南站

Fig. 5 Spatial variation of characteristic values of fish diversity in main stream of the reserve

YB: Yibin station; LZ: Luzhou station; HJ: Hejiang station; JJ: Jiangjin station; BN: Banan station

造成不利影响^[5, 34]。另外, 西昌华吸鳅 (*Sinogastromyzon sichangensis*)、黄石爬鮡 (*Euchiloglanis kishinouyei*) 等特有鱼类多来自于金沙江下游或其他支流, 自拦河蓄水以后, 这类鱼类向保护区干流的迁移受阻, 干流的鱼类种群难以得到补充^[35]。本次调查还采集到了散鳞镜鲤、麦瑞加拉鲮、斑点叉尾鲴等 14 种外来鱼类, 相较于 2010—2012 年的调查数据^[10], 种类数增加了 8 种, 这类物种往往对环境具有很强的适应性, 能够对土著鱼类造成巨大的竞争压力^[36], 存在较大的生态风险。

研究表明, 保护区干流鱼类群落结构主要由栖息于底层、产沉性卵和漂流性卵的鱼类构成。保护区干流河流底质以砂砾石、沙泥质为主^[2], 饵料资源丰富, 为底栖鱼类提供了适宜的生境。同历史数据^[10]相比, 产漂流性卵的鱼类比例变化不大, 产黏性卵的鱼类比例下降了 24.48%, 产沉性卵的鱼类比例上升了 27.20%, 这可能是由于人类活动的加剧严重破坏了保护区干流鱼类 (尤其是产黏性卵的鱼类) 的产卵场和索饵场。孟宝等^[5]对保护区鱼类产卵场功能现状进行分析时发现, 宜宾江段有 61.11% 鱼类产卵场出现功能退化或严重

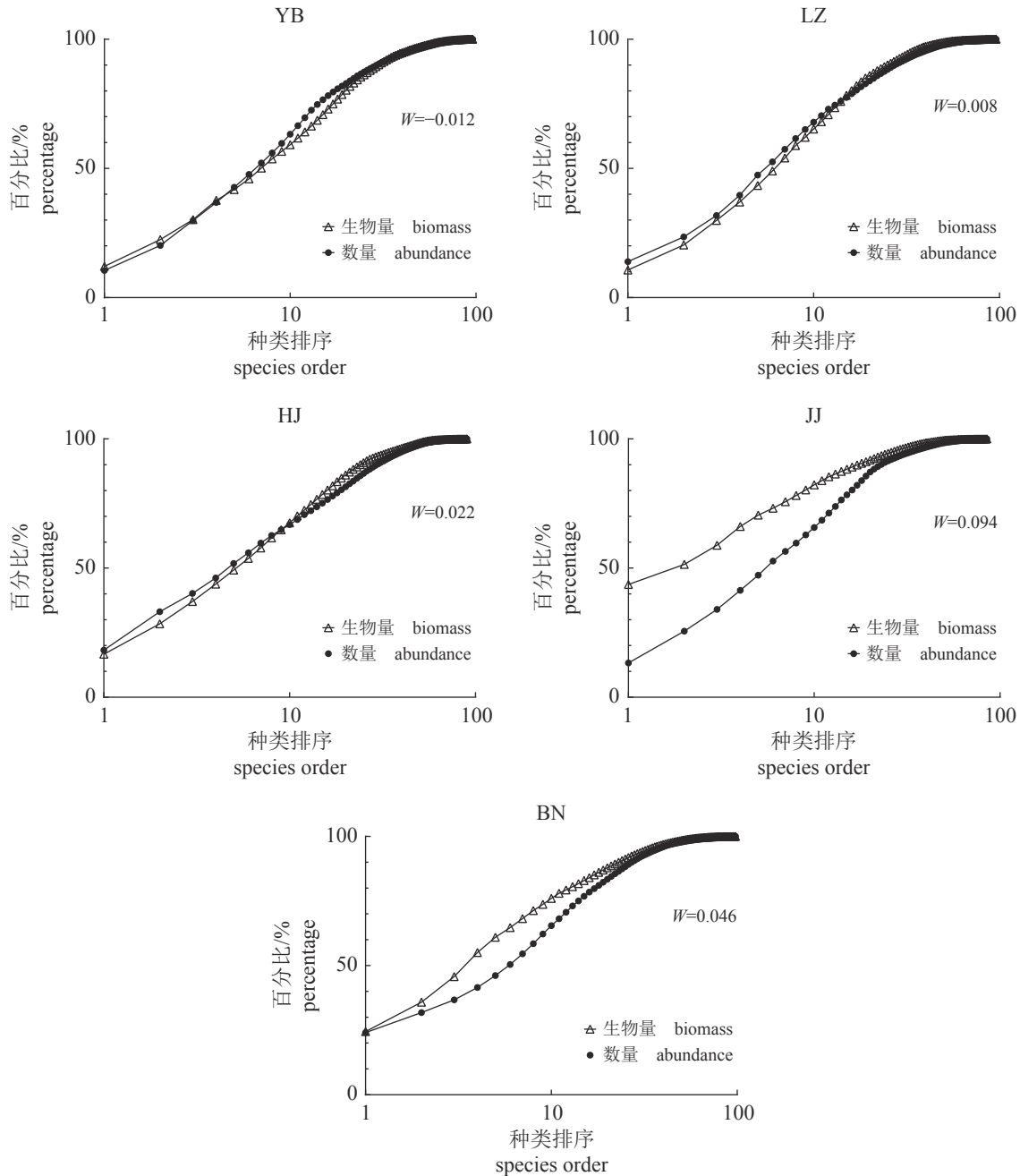


图 6 保护区干流各站点鱼类 ABC 曲线

YB: 宜宾站; LZ: 泸州站; HJ: 合江站; JJ: 江津站; BN: 巴南站

Fig. 6 ABC curve of fish in main stream of the reserve

YB: Yibin station; LZ: Luzhou station; HJ: Hejiang station; JJ: Jiangjin station; BN: Banan station

退化的现象, 这些产卵场的传统产卵种类主要是鲤, 鲫等产黏性卵的鱼类以及长江鲟 (*Acipenser dabryanus*)、岩原鲤 (*Procypris rabaudi*) 等珍稀特有鱼类。

本研究发现, 瓦氏黄颡鱼、蛇鲇、吻鲇等小型鱼类在保护区干流鱼类群落中占据主要优势。与高天珩等^[10]2010—2012 年调查结果相比, 长薄

鳅 (*Leptobotia elongata*)、长鳍吻鲇、圆口铜鱼等珍稀特有鱼类的渔获物比重大幅度下降。圆口铜鱼的渔获物比重在宜宾站从 6.31% 下降到了 0.87%, 在合江站从 10.81% 下降到 5.47%, 在江津站从 11.05% 下降到 7.42%; 长鳍吻鲇的渔获物比重在宜宾站从 10.69% 下降到了 0.55%, 在合江站从 9.21% 下降到 1.71%, 在江津站从 8.32% 下降到

表 4 保护区干流段各站点鱼类群落 W 值年际变化Tab. 4 Interannual variation of fish community W value in the main stream of the reserve

	YB	LZ	HJ	JJ	BN
2017	0.013	0.006	0.051	0.077	0.086
2018	-0.013	-0.002	0.006	0.169	0.025
2019	-0.046	0.055	-0.030	0.095	-0.103

YB: 宜宾站; LZ: 泸州站; HJ: 合江站; JJ: 江津站; BN: 巴南站

YB: Yibin station; LZ: Luzhou station; HJ: Hejiang station; JJ: Jiangjin station; BN: Banan station

了 0.63%。尽管保护区干流实施了禁捕政策^[8], 但保护区河段内依然存在影响鱼类生存和栖息生境的人类活动, 这使得鱼类资源衰退的趋势尚未根本缓解, 保护区保护功能尚未能充分发挥。

3.2 鱼类群落多样性及稳定性特征

鱼类群落多样性指数是用来反映河流生态系统中鱼类资源现状的重要指标, 相关研究始于 20 世纪 60 年代^[37-39]。参考 Magurran^[40] 提出的多样性指数一般范围 (1.5~3.5), 保护区干流鱼类群落的 Shannon-Wiener 指数 (2.725~3.306) 在各调查站点处于较丰富的水平, 与保护区其他支流江段鱼类群落相比, 高于南广河^[41]、金沙江下游^[42], 与岷江下游^[43] 相近, 保护区干流沿程高程变化较大, 生境异质性较高, 能够维持较高的生物多样性。除此之外, Shannon-Wiener 指数的大小还取决于群落的丰富度及均匀度, 均匀度和丰富度越高, 生物多样性就越高^[44]。与段辛斌等^[8] 的研究结果相比, 宜宾站和巴南站 Shannon-Wiener 指数的年平均有所增加, 鱼类群落结构更加复杂, 反映出了“春季禁渔”政策的长期有效性。与高天珩等^[10] 的研究结果相比, 春夏季和秋冬季的 Shannon-Wiener 指数的平均值在宜宾、合江和江津三个站点均有所降低, 在一定程度上反映了保护区干流部分江段鱼类资源衰退的趋势尚未全面缓解。

ABC 曲线最早由 Warwick^[26] 提出, 应用于评价海洋底栖动物群落受干扰程度, 近年来也应用于内陆渔业研究中^[27-29]。保护区干流鱼类群落的 ABC 曲线分析结果表明, ABC 曲线的特征与群落中优势种个体的大小有关。宜宾站两条优势度曲线出现交叉, W 值的均值小于零, 该站点受干扰程度较大, 并且其优势种均为小型鱼类; 泸州站和合江站 ABC 曲线特征相似, W 值趋近于零, 两个站点均受到中度干扰, 优势种中以小型鱼类为主, 大型鱼类数量和生物量的占比偏低; 江津站生物量优势度曲线总体上在数量优势度曲线的上

方, W 值均大于零, 该站点受到的干扰程度较低, 优势种中大型鱼类数量和生物量的占比较高; 而巴南站鱼类群落的稳定性在不同年份间有一定的波动, 优势物种也随之改变, 这与李圣法^[45]、Blanchard 等^[46] 的研究结果一致。整体上看, 保护区干流宜宾至江津江段鱼类群落沿程受干扰程度逐渐降低, 这可能与沿程支流的汇入有关。随着沱江、赤水河等大型支流的汇入, 水文情势逐渐趋于自然状态, 生态系统自我调节能力逐步增强, 鱼类群落受干扰程度下降^[47], 而巴南站点位于三峡库区的回水变动区, 蓄水时会缩减偏好流水生境的鱼类栖息地, 从而对鱼类群落产生影响。

3.3 鱼类资源保护建议

在长江上游地区, 密集的梯级水电开发导致众多河流生境破碎化, 但是保护区干流仍然保持着相对完整的自然生境, 是许多珍稀濒危鱼类和长江上游特有鱼类不可或缺的繁殖栖息地^[2], 研究其群落结构对该江段鱼类资源修复与保护具有重要意义。受诸多因素的影响, 保护区干流鱼类种类数大幅下降, 特有鱼类资源呈现衰退趋势。针对这些问题, 提出以下建议。

严格落实“十年禁渔”政策 在 20 世纪 70 年代, 保护区干流渔获物组成以岩原鲤、圆口铜鱼等中大型特有鱼类为主, 渔获物比重可达 80%^[6], 而本次调查采集到长江上游特有鱼类 27 种, 渔获物比重仅占 13.45%(包括小型特有鱼类)。由此可见, 保护区干流特有鱼类资源衰退的趋势尚未缓解, 而“十年禁渔”可以大幅度降低鱼类捕捞压力, 使鱼类资源逐渐恢复。因此, 建议严格落实“十年禁渔”政策, 加大执法力度, 坚决打击违法捕捞活动; 同时加强禁渔宣传, 提高当地居民鱼类资源保护的意识, 引导他们积极参与禁渔护渔工作。

加强鱼类重要栖息地的保护与修复 随着长江经济带的持续发展, 保护区干流人类活动

愈加强烈, 鱼类产卵场、索饵场等重要栖息生境受到影响。针对在保护区干流可以进行自然繁衍的鱼类(如长薄鳅、长鳍吻鲟等), 要严格管控涉水活动, 积极开展河流生态环境修复工作, 加大保护区干流鱼类重要栖息地的保护力度。对于产卵场仅分布于金沙江中下游或其他支流的鱼类(如圆口铜鱼等), 应积极开展替代生境研究, 追踪其活动规律, 为其自然繁衍寻找新庇护所。

适时调整增殖放流鱼类种类与数量, 加强部分珍稀特有鱼类野外种群构建。农业农村部《关于做好“十四五”水生生物增殖放流工作的指导意见》中强调要求逐步加大珍贵濒危和地方特有水生生物种放流比重, 严格控制不同鱼类放流比例。长薄鳅、圆口铜鱼、长鳍吻鲟等长江上游特有鱼类对于维持保护区干流生物多样性具有重要意义, 目前这些特有鱼类在保护区江段的资源量显著降低, 逐渐成为偶见种, 建议加强这些鱼类的增殖放流关键技术研究, 同时扩大其放流规模, 并对增殖放流的生态效益进行科学评估。针对长江鲟等极小种群的鱼类, 开展种质抢救性收集保存, 优化就地保护和迁地保护设施, 开展野外种群构建研究工作, 填补保护区重要物种保护空缺。

加强外来物种风险评估监测。外来物种入侵已经成为全球关注的热点问题之一^[48-49]。监测结果表明, 保护区干流段外来鱼类的种类数较十年前显著增加。大部分长江上游特有鱼类对栖息生境具有很强烈的依赖性^[3], 生态位空间狭小, 外来物种对土著鱼类尤其是特有鱼类的生态位侵占将更加突出。因此, 根据《外来入侵物种管理办法》(农业农村部 自然资源部 生态环境部 海关总署令 2022 年第 4 号), 要加强外来物种常规监测, 严格把关保护区周边水域外来物种的引入, 防止外来物种逃逸进入保护区, 同时加强其风险评估监测, 并根据实际情况提出有效的控制措施。

(作者声明本文无实际或潜在的利益冲突)

参考文献 (References):

- [1] 孙志禹, 张敏, 陈永柏. 水电开发背景下长江上游保护区珍稀特有鱼类保护实践[J]. *淡水渔业*, 2014, 44(6): 3-8.
Sun Z Y, Zhang M, Chen Y B. Protection of the rare and endemic fish in the conservation area located in the upstream of the Yangtze River[J]. *Freshwater Fisheries*, 2014, 44(6): 3-8 (in Chinese).
- [2] 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.
Wei Q W. Scientific Investigation Report on National Nature Reserve for the Rare and Endemic Fishes in the Upper reaches of the Yangtze River[M]. Beijing: Science Press, 2012 (in Chinese).
- [3] 曹文宣. 长江上游水电梯级开发的水域生态修复问题[J]. *长江技术经济*, 2019, 3(2): 5-10.
Cao W X. Water Ecological restoration in the cascade development of hydropower in the upper reaches of the Yangtze River[J]. *Technology and Economy of Changjiang*, 2019, 3(2): 5-10 (in Chinese).
- [4] 潘保柱, 刘心愿. 长江流域水生态问题与修复述评[J]. *长江科学院院报*, 2021, 38(3): 1-8.
Pan B Z, Liu X Y. A review of water ecology problems and restoration in the Yangtze River basin[J]. *Journal of Yangtze River Scientific Research Institute*, 2021, 38(3): 1-8 (in Chinese).
- [5] 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.
Meng B, Zhang J F, Ye H, *et al.* Current situation and protection enlightenment of the function of fishing spawning grounds in the national nature reserve for the rare and endemic fishes, upper reaches of the Yangtze River[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2019, 28(11): 2772-2785 (in Chinese).
- [6] 但胜国, 张国华, 苗志国, 等. 长江上游三层流刺网渔业现状的调查[J]. *水生生物学报*, 1999, 23(6): 655-661.
Dan S G, Zhang G H, Miao Z G, *et al.* A survey on the commercial trammel net fishery in the upper reaches of the Yangtze River[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1999, 23(6): 655-661 (in Chinese).
- [7] 刘清, 苗志国, 谢从新, 等. 长江宜宾江段渔业资源调查[J]. *水产科学*, 2005, 24(7): 47-49.
Liu Q, Miao Z G, Xie C X, *et al.* Survey of fishery resource in Yibin district in the Yangtze River[J]. *Fisheries Science*, 2005, 24(7): 47-49 (in Chinese).
- [8] 段辛斌, 刘绍平, 熊飞, 等. 长江上游干流春季禁渔前后三年渔获物结构和生物多样性分析[J]. *长江流域资源与环境*, 2008, 17(6): 878-885.
Duan X B, Liu S P, Xiong F, *et al.* Analysis of fishing
中国水产学会主办 sponsored by China Society of Fisheries

- structure and biodiversity in the upper mainstream of the Yangtze river before and after three years' spring fishing off[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2008, 17(6): 878-885 (in Chinese).
- [9] 李雷, 危起伟, 吴金明, 等. 长江宜宾江段渔业资源现状调查[J]. *长江流域资源与环境*, 2013, 22(11): 1449-1457.
- Li L, Wei Q W, Wu J M, *et al.* Current status of Fish Assemblages in Yibin Reaches of the Yangtze River[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2013, 22(11): 1449-1457 (in Chinese).
- [10] 高天珩, 田辉伍, 叶超, 等. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区干流段鱼类组成及其多样性[J]. *淡水渔业*, 2013, 43(2): 36-42.
- Gao T H, Tian H W, Ye C, *et al.* Diversity and composition of fish in the mainstream of national nature reserve of rare and endemic fish in the upper Yangtze River[J]. *Freshwater Fisheries*, 2013, 43(2): 36-42 (in Chinese).
- [11] 田辉伍, 何春, 刘明典, 等. 长江上游干流三层流刺网渔获物结构研究[J]. *淡水渔业*, 2016, 46(5): 37-42.
- Tian H W, He C, Liu M D, *et al.* Study on structure of gillnet catches in the upper reaches of the Yangtze River[J]. *Freshwater Fisheries*, 2016, 46(5): 37-42 (in Chinese).
- [12] 李婷, 唐磊, 王丽, 等. 水电开发对鱼类种群分布及生态类型变化的影响——以溪洛渡至向家坝河段为例[J]. *生态学报*, 2020, 40(4): 1473-1485.
- Li T, Tang L, Wang L, *et al.* Distribution characteristics and ecological types changes in fish communities under hydropower development from Xiluodu to Xiangjiaba reach[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40(4): 1473-1485 (in Chinese).
- [13] 邵科, 杨志, 唐会元, 等. 观音岩水电站蓄水前后金沙江攀枝花江段鱼类群落结构及变化特征[J]. *长江流域资源与环境*, 2020, 29(11): 2417-2426.
- Shao K, Yang Z, Tang H Y, *et al.* Changes of fish community structures in Panzhuhua section of the Jinsha river before and after impoundment of the Guanyinyan hydro-power station[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2020, 29(11): 2417-2426 (in Chinese).
- [14] 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: 1-454.
- Chen Y Y. *Fauna Sinica, Osteichthyes, Cypriniformes II* [M]. Beijing: Science Press, 1998: 1-454 (in Chinese).
- [15] 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.
- Yue P Q. *Fauna Sinica, Osteichthyes, Cypriniformes, III* [M]. Beijing: Science Press, 2000: 1-567 (in Chinese).
- [16] 丁瑞华. 四川鱼类志 [M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1994.
- Ding R H. *The Fishes of Sichuan, China* [M]. Chengdu: Sichuan Science and Technology Press, 1994 (in Chinese).
- [17] 魏念, 张燕, 吴凡, 等. 三峡库区鱼类群落结构现状及变化[J]. *长江流域资源与环境*, 2021, 30(8): 1858-1869.
- Wei N, Zhang Y, Wu F, *et al.* Current status and changes in fish assemblages in the Three Gorges Reservoir[J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2021, 30(8): 1858-1869 (in Chinese).
- [18] 边坤, 张建禄, 苟妮娜, 等. 应用鱼类生物完整性指数评价秦岭黑河流域健康状况[J]. *水生态学杂志*, 2021, 42(3): 23-29.
- Bian K, Zhang J L, Gou N N, *et al.* Ecological health assessment of Heihe river, Qinling, using the fish-based index of biotic integrity[J]. *Journal of Hydroecology*, 2021, 42(3): 23-29 (in Chinese).
- [19] Lozupone C, Knight R. UniFrac: A new phylogenetic method for comparing microbial communities[J]. *Applied and Environmental Microbiology*, 2005, 71(12): 8228-8235.
- [20] Clarke K R, Warwick R M. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation* [M]. 2nd ed. Plymouth: Plymouth Marine Laboratory, 2001.
- [21] Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I L K. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters[J]. *Fishery Bulletin*, 1971, 152(1): 1-105.
- [22] Shannon C E, Wiener W. *The Mathematical Theory of Communication* [M]. Urbana: University of Illinois Press, 1963: 1-65.
- [23] Simpson E H. Measurement of diversity[J]. *Nature*, 1949, 163(4148): 688.
- [24] Margalef D R. Information theory in ecology[J]. *United Kingdom: International journal of General Systems*, 1958, 3: 36-71.
- [25] Pielou E C. Species-diversity and pattern-diversity in the study of ecological succession[J]. *Journal of Theoretical Biology*, 1966, 10(2): 370-383.

- [26] Warwick R M. A new method for detecting pollution effects on marine macrobenthic communities[J]. *Marine Biology*, 1986, 92(4): 557-562.
- [27] 吴倩, 李潮, 高天扬, 等. 流溪河保护区鱼类群落结构及其时空变动[J]. *水产科学*, 2020, 39(2): 234-244.
Wu Q, Li C, Gao T Y, *et al.* Community structure and spatio-temporal variation of fish in Liuxi river reserve[J]. *Fisheries Science*, 2020, 39(2): 234-244 (in Chinese).
- [28] 滕航, 田辉伍, 刘寒文, 等. 金沙江下游支流黑水河鱼类资源现状[J]. *生态学杂志*, 2021, 40(5): 1499-1511.
Teng H, Tian H W, Liu H W, *et al.* Fish resources status in Heishui River, a tributary of the lower reaches of Jinsha River[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2021, 40(5): 1499-1511 (in Chinese).
- [29] 党莹超, 戴小杰, 吴峰. 淀山湖鱼类群落结构季节性变化分析[J]. *水产科学*, 2021, 40(3): 361-368.
Dang Y C, Dai X J, Wu F. Seasonal variations in fish community structure in the Dianshan lake[J]. *Fisheries Science*, 2021, 40(3): 361-368 (in Chinese).
- [30] 于晓东, 罗天宏, 周红章. 长江流域鱼类物种多样性大尺度格局研究[J]. *生物多样性*, 2005, 13(6): 473-495.
Yu X D, Luo T H, Zhou H Z. Large-scale patterns in species diversity of fishes in the Yangtze River Basin[J]. *Biodiversity Science*, 2005, 13(6): 473-495 (in Chinese).
- [31] 易雨君, 王兆印. 大坝对长江流域洄游鱼类的影响[J]. *水利水电技术*, 2009, 40(1): 29-33.
Yi Y J, Wang Z Y. Impact from dam construction on migration fishes in Yangtze River Basin[J]. *Water Resources and Hydropower Engineering*, 2009, 40(1): 29-33 (in Chinese).
- [32] Xie P. Three-gorges dam: Risk to ancient fish[J]. *Science*, 2003, 302(5648): 1149-1151.
- [33] 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.
Liu F, Liu D M, Yuan D C, *et al.* Interannual variations of fish assemblage in the Chishui river over the last decade[J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2020, 44(1): 122-132 (in Chinese).
- [34] 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.
Ren J, Peng Q D, Lin J Q, *et al.* The fish reproduction ecological requirements of the National Nature Reserve for the rare and endemic fishes in the upper reaches of the Yangtze River[J]. *Freshwater Fisheries*, 2014, 44(6): 18-23 (in Chinese).
- [35] 杨志, 唐会元, 万力, 等. 三峡库区上游江津江段鱼类群落结构的年际变化[J]. *生态学杂志*, 2014, 33(6): 1565-1572.
Yang Z, Tang H Y, Wan L, *et al.* Inter-annual dynamics of fish community structure in the Jiangjin section of the upper Three Gorges Reservoir[J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2014, 33(6): 1565-1572 (in Chinese).
- [36] 刘春池, 牛建功, 张涛, 等. 我国伊犁河鱼类群落结构及外来鱼类适生性[J]. *生态学报*, 2022, 42(7): 2571-2581.
Liu C C, Niu J G, Zhang T, *et al.* Fish community structure and habitat suitability of alien fishes in the Ili River, China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2022, 42(7): 2571-2581 (in Chinese).
- [37] Wilhm J L. Use of biomass units in Shannon's formula[J]. *Ecology*, 1968, 49(1): 153-156.
- [38] Bechtel T J, Copeland B J. Fish species diversity indices as indicators of pollution in Galveston Bay, Texas[J]. *Contributions in Marine Science*, 1970, 15: 103.
- [39] Hillman R E, Davis N W, Wennemer J. Abundance, diversity, and stability in shore-zone fish communities in an area of Long Island Sound affected by the thermal discharge of a nuclear power station[J]. *Estuarine and Coastal Marine Science*, 1977, 5(3): 355-381.
- [40] Magurran A E. *Ecological diversity and its measurement*[M]. Princeton: Princeton University Press, 1988: 7-45.
- [41] 代梦梦, 杨坤, 黎树, 等. 长江上游支流南广河的鱼类多样性及资源现状[J]. *生物多样性*, 2019, 27(10): 1081-1089.
Dai M M, Yang K, Li S, *et al.* Fish diversity and resource status in the Nanguang River, a tributary of upper Yangtze River[J]. *Biodiversity Science*, 2019, 27(10): 1081-1089 (in Chinese).
- [42] 屈霄, 郭传波, 熊芳园, 等. 梯级开发下金沙江下游鱼类群落结构特征及环境驱动因子[J]. *水生态学杂志*, 2020, 41(6): 46-56.
Qu X, Guo C B, Xiong F Y, *et al.* Characterization of the fish community and environmental driving factors during development of cascaded dams in the lower Jinsha river[J]. *Journal of Hydroecology*, 2020, 41(6): 46-56 (in Chinese).

- Chinese).
- [43] 吕浩, 田辉伍, 段辛斌, 等. 岷江下游干流段鱼类资源现状及其多样性分析[J]. 长江流域资源与环境, 2018, 27(1): 88-96.
- Lv H, Tian H W, Duan X B, *et al.* Analysis of fish resources status and diversity in the lower reaches of the Minjiang river[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2018, 27(1): 88-96 (in Chinese).
- [44] 颜文超, 宋伟华, 俞存根, 等. 瓯江口海域春秋季节鱼类多样性及群落结构研究[J]. 海洋湖沼通报, 2018(6): 132-141.
- Yan W C, Song W H, Yu C G, *et al.* Studies on fish diversity and community structure in spring and autumn in Oujiang estuary[J]. Transactions of Oceanology and Limnology, 2018(6): 132-141 (in Chinese).
- [45] 李圣法. 以数量生物量比较曲线评价东海鱼类群落的状况[J]. 中国水产科学, 2008, 16(1): 136-144.
- Li S F. Status of fish community in East China Sea using the method of abundance-biomass comparison (ABC) curve[J]. Journal of Fishery Sciences of China, 2008, 16(1): 136-144 (in Chinese).
- [46] Blanchard F, Leloc'h F, Hily C, *et al.* Fishing effects on diversity, size and community structure of the benthic invertebrate and fish megafauna on the Bay of Biscay coast of France[J]. Marine Ecology Progress, 2004, 280: 249-250.
- [47] Song Y Q, Cheng F, Ren P, *et al.* Longitudinal recovery gradients of drifting larval fish assemblages in the middle reach of the Yangtze River: impact of the Three Gorges Dam and conservation implementation[J]. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 2019, 76(12): 2256-2267.
- [48] Guisan A, Petitpierre B, Broennimann O, *et al.* Unifying niche shift studies: insights from biological invasions[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2014, 29(5): 260-269.
- [49] Shuai F M, Lek S, Li X H, *et al.* Biological invasions undermine the functional diversity of fish community in a large subtropical river[J]. Biological Invasions, 2018, 20(10): 2981-2996.

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

TANG Cheng^{1,2}, DENG Huatang¹, TIAN Huiwu¹, WU Xinghua³, TANG Xiliang⁴,
PU Yan¹, WANG Daoqun¹, DUAN Xinbin¹, LIU Shaoping¹, CHEN Daqing^{1*}

(1. Yangtze River Fisheries Research Institute of Chinese Academy of Fishery Sciences, Wuhan 430223, China;

2. College of Fisheries Huazhong Agricultural University, Wuhan 430070, China;

3. China Three Gorges Corporation, Wuhan 430010, China;

4. China Three Gorges Construction Management Co., Ltd, Chengdu 610023, China)

Abstract: The National Nature Reserve of Rare and Endemic Fish in the upper reaches of the Yangtze River is located in the lower reaches of Xiangjiaba Dam. With the impoundment of cascade hydropower stations in the lower reaches of Jinsha River and the implementation of the "ten-year fishing ban" policy, the fish community in the main stream of the reserve may change. In order to explore the characteristics of fish community structure in the main stream of the Reserve before the "ten-year fishing ban", based on the catch monitoring data from five sampling sites of this section from 2017 to 2019, the characteristics of fish species composition, ecological types, community similarity, species dominance, biodiversity and community structure stability were analyzed. The results showed that 134 fish species were collected in this investigation, belonging to 7 orders, 21 families and 83 genera, among which 27 species were endemic to the upper reaches of the Yangtze River and 12 species were exotic, accounting for 20.15% and 8.96% of the total species respectively. The fish community was dominated by demersal fish, sunken eggs and omnivorous fish. Cluster analysis and Nonmetric Multidimensional Scaling (NMDS) analysis showed that the fish community types of five sections in the main stream could be basically divided into three groups at a certain level of similarity, as Yibin, Luzhou and Hejiang sections formed one group, Jiangjin section and Banan section formed separate groups independently. There were 14 dominant species, among which *Pelteobagrus vachelli* was the dominant species in the whole area, with the highest dominance in Hejiang section where the IRI value was 27.00%. Shannon-Wiener index, Simpson index, Margalef index and Pielou index ranged from 2.725 to 3.306, 0.883 to 0.942, 5.833 to 8.811, 0.699 to 0.773, respectively. As a result, fish species diversity and the community distribution uniformity was high in the main stream of the reserve. The results of ABC curve analysis showed that the fish community structure in Jiangjin section was relatively stable, but moderately disturbed in the other section. This study could supplement the basic data of fish community information in the main stream of the nature reserve, and also provide theoretically scientific support for fish resource management and ecological evaluation of "ten-year fishing ban" in this section of the river.

Key words: community structure; fish composition; ecological type; diversity; the upper reaches of the Yangtze River

Corresponding author: CHEN Daqing. E-mail: chdq@yfi.ac.cn

Funding projects: Ministry of Agriculture and Rural Affairs Finance Special Project "Yangtze River Fisheries Resources and Environment Survey Project"; Project of China Three Gorges Corporation (201803081); Supported by the National Key R&D Program of China (2018YFD0900903); the Innovation Team Project of Chinese Academy of Fishery Sciences (2020TD09); Central Public-interest Scientific Institution Basal Research Fund, CAFS(NO. 2021CG02); National Natural Science Foundation of China (51909271); the Biodiversity Investigation, Observation, and Assessment Program (2019—2023) of the Ministry of Ecology and Environment of China