•研究报告•

长江上游支流南广河的鱼类多样性及资源现状

代梦梦¹ 杨 坤² 黎 树¹ 王小东¹ 宋昭彬^{1,3*}

1 (四川大学生命科学学院四川省濒危野生动物保护生物学重点实验室, 成都 610065)

2 (西华师范大学生态研究院, 四川南充 637009)

3 (四川大学生命科学学院生物资源与生态环境教育部重点实验室, 成都 610065)

摘要: 南广河是长江上游一级支流, 为全面了解该河流的鱼类多样性, 作者于2017年11月至2018年9月在南广河干流及支流28个采样点进行了6次调查, 共采集鱼类64种, 隶属于5目13科48属, 其中四川省重点保护鱼类有鲃鲤(*Percocypris pingi*)和岩原鲤(*Procypris rabaudi*) 2种, 长江上游特有鱼类17种, 列入《中国脊椎动物红色名录》的濒危和易危的鱼类有9种。南广河现有分布鱼类以小型种类为主, 宽鳍鱮(*Zacco platypus*)和鲤(*Cyprinus carpio*)为优势种。南广河鱼类多样性总体较高, Margalef丰富度指数、Shannon-Wiener多样性指数、Simpson优势度指数及Pielou均匀度指数分别为6.57、3.10、0.93、0.74; 中游河段的鱼类种类和数量较丰富, 分别占渔获物总种类和总数量的65.63%和28.98%; 支流镇舟河的鱼类种类和数量也较丰富, 分别占37.50%和20.48%。南广河不同河段的鱼类种类组成具有明显差异, 大坝建设和过度捕捞可能影响了鱼类分布并导致其资源量下降。

关键词: 南广河; 物种多样性; 鱼类资源; 优势种

Fish diversity and resource status in the Nanguang River, a tributary of upper Yangtze River

Mengmeng Dai¹, Kun Yang², Shu Li¹, Xiaodong Wang¹, Zhaobin Song^{1,3*}

1 Sichuan Key Laboratory of Conservation Biology on Endangered Wildlife, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610065

2 Institute of Ecology, China West Normal University, Nanchong, Sichuan 637009

3 Key Laboratory of Bio-Resources and Eco-Environment of Ministry of Education, College of Life Sciences, Sichuan University, Chengdu 610065

Abstract: Nanguang River is a tributary of upper Yangtze River that provides important resources and food to various communities. To understand the current status of fish diversity within Nanguang River, we sampled the river and its primary tributaries six times from November 2017 to September 2018. A total of 64 fish species were collected, two of which (*Percocypris pingi* and *Procypris rabaudi*) are protected fish in Sichuan Province, 17 species were endemic to the upper Yangtze River, and 9 were listed as endangered or vulnerable species in *Red List of China's Vertebrates*. The most dominant fish were small in size, of which *Zacco platypus* and *Cyprinus carpio* were most dominant. Additionally, the Nanguang River fish community possess considerable diversity based on Margalef species richness index, Shannon-Wiener diversity index, Simpson dominance index, and Pielou evenness index values. While there are obvious differences in fish composition across different reaches of the Nanguang River, dam construction and overfishing may have considerably impacted fish distribution and fish resources, the results of which our investigation presents.

Key words: Nanguang River; species diversity; fish resources; dominant species

南广河是长江上游一级支流, 古称符黑水、符江, 发源于云南省威信县大雪山北麓, 流经云南省

威信县, 四川省珙县、筠连县和高县, 在宜宾市南广镇汇入长江。该河干流全长约222 km, 流域面积

收稿日期: 2019-08-20; 接受日期: 2019-11-02

基金项目: 四川省水产局科研项目(17H0836)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: zhsong@scu.edu.cn

约4,800 km², 主要支流有宋江河、巡司河、镇舟河、洛亥河等。南广河流经云贵高原与四川盆地过渡区域, 地形复杂多样, 珙县石碑乡以上为上游河段, 山高坡陡, 水流湍急; 石碑乡至高县为中游河段, 山间多冲积槽坝, 水量增多, 水流渐缓; 高县以下为下游河段, 属盆地边缘丘陵区, 河谷逐渐开阔, 水体较深, 水流缓慢(宜宾市志编纂委员会, 2010)。南广河河道蜿蜒曲折, 河流水量丰富, 为水生生物及鱼类提供了多种栖息生境。

迄今为止, 南广河干流上已建成月江、来复、油罐口、孝儿、两河口、石板滩、上罗、罗渡、石碑、石梯等水电站, 支流上建设的小型水电站也较多, 电站建设引起的水文情势改变和河道阻隔对鱼类资源和分布等有明显的影响(原居林等, 2009)。历史上南广河的鱼类资源非常丰富, 根据20世纪90年代的调查, 南广河有鱼类90余种(丁瑞华, 未发表资料)。2012年, 吴波等(2014)在南广河四川境内的干流河段仅采集到鱼类32种, 并发现渔业资源明显衰退, 指出修建水电站、过度捕捞和水体污染是主要原因。但是, 由于调查点设置有限, 调查范围仅涉及四川境内的南广河干流河段, 且渔获物的数量较少, 可能未反映南广河流域的鱼类资源状况。因此, 全面调查南广河干、支流的鱼类资源, 对该流域鱼类多样性保护具有积极意义, 也为科学评价水电站建设对鱼类资源的影响提供一些价值参考。

1 材料与方法

1.1 样本采集

本次调查在南广河干流及主要支流共设置28个采样点, 其中, 干流设置18个采样点(M1–M18), 4条一级支流共设置10个采样点(T1–T10)(图1, 表1), 基本覆盖了南广河干、支流不同河段及生境。调查时间为2017年11月, 2018年1、3、5、7、9月, 每次调查持续约10 d。干流河段鱼类采集以雇请渔民在指定采样点放置刺网捕捞为主, 地笼为辅。支流鱼类采集则以刺网、地笼捕捞为主, 辅以小型背包式电鱼机捕捞(经渔业主管部门批准)。同时, 走访渔民、沿河居民, 以了解南广河历史上的鱼类种类组成及鱼类资源变化情况等。刺网网长主要为30 m、40 m、50 m, 网高为1–2 m, 网目大小主要为2 cm、3 cm、5 cm, 每个采样点放置2张网, 采样时间约为12 h; 地笼规格为长10 m、宽0.30 m、高0.25 m, 网目

图1 南广河鱼类资源调查采样点。符号代表含义见表1。
Fig. 1 Sampling sites of fish investigation in the Nanguang River. Symbol meanings are shown in Table 1.

为5 mm, 每个采样点放置4个, 采样时间约12 h; 电捕时逆河流方向在单程长约500 m的河段采样约45 min。采集到的样本参考《四川鱼类志》(丁瑞华, 1994)、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(中卷)》(陈宜瑜, 1998)、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷)》(乐佩琦, 2000)、《中国动物志·硬骨鱼纲·鲇形目》(褚新洛等, 1999)等进行鉴定, 并测量全长(精确至1 mm)、体长(精确至1 mm)、体重(精确至0.01 g), 统计个体数量。对现场难以确定种类的样本先拍照、测量, 然后用10%的福尔马林或95%的乙醇浸泡固定, 带回实验室进一步鉴定。鱼类种类的濒危等级依据《中国脊椎动物红色名录》(蒋志刚等, 2016), 学名依据Kottelat (2013)和Fishbase (www.fishbase.org)。

1.2 数据分析

(1) 群落优势种

采用Pinkas相对重要性指数(index of relative importance, *IRI*)(Pinkas et al, 1971)划定南广河流域鱼类群落的优势种。计算公式为:

表1 南广河鱼类资源调查采样点信息
Table 1 Information of sampling sites for fish investigation in the Nanguang River

河流 River	河段 Reach	采样点(代码) Sampling site (Code)	纬度 Latitude (N)	经度 Longitude (E)
干流 Mainstream	上游 Upstream	高田乡 Gaotian Township (M1)	27°57'	105°09'
		罗布乡 Luobu Township (M2)	27°57'	105°02'
		旧城镇 Jiucheng Town (M3)	28°02'	105°04'
		观斗乡 Guandou Township (M4)	28°02'	104°58'
		石碑乡 Shibei Township (M5)	28°06'	104°57'
	中游 Midstream	罗渡电站库区 Reservoir of Luodu Hydropower Station (M6)	28°05'	104°51'
		罗渡大桥 Luodu Bridge (M7)	28°06'	104°49'
		上罗镇 Shangluo Town (M8)	28°08'	104°48'
		共腾村 Gongteng Village (M9)	28°11'	104°42'
		沐滩乡 Mutan Township (M10)	28°13'	104°40'
		孝儿镇 Xiaoer Town (M11)	28°16'	104°40'
		趟滩乡 Zantan Township (M12)	28°19'	104°38'
		文江镇 Wenjiang Town (M13)	28°22'	104°34'
	下游 Downstream	贾村 Jia Village (M14)	28°30'	104°29'
		来复镇 Laifu Town (M15)	28°33'	104°34'
		大窝镇 Dawo Town (M16)	28°36'	104°37'
		月江镇 Yuejiang Town (M17)	28°39'	104°40'
		南广镇 Nanguang Town (M18)	28°41'	104°41'
支流 Tributary	洛亥河 Luohai River	洛亥镇 Luohai Town (T1)	28°01'	104°54'
		黄桷村 Huangjue Village (T2)	28°04'	104°51'
	镇舟河 Zhenzhou River	大雪山镇 Daxueshan Town (T3)	27°55'	104°43'
		镇舟镇 Zhenzhou Town (T4)	28°01'	104°41'
		维新镇 Weixin Town (T5)	28°09'	104°41'
	巡司河 Xunsi River	武德乡 Wude Township (T6)	28°05'	104°35'
	宋江河 Songjiang River	双腾镇 Shuangteng Town (T7)	28°06'	104°29'
		塘坝乡 Tangba Township (T8)	28°07'	104°27'
		羊田乡 Yangtian Township (T9)	28°14'	104°30'
		罗场镇 Luochang Town (T10)	28°17'	104°29'

$$IRI = (N + W) \times F \times 10^4 \tag{1}$$

式中, N 为某一类 的尾数占总尾数的百分比, W 为某一类 的重量占总重量的百分比, F 为某一类 出现的频率。定义 $IRI \geq 1,000$ 的为优势种; $1,000 > IRI \geq 100$ 的为常见种; $100 > IRI \geq 10$ 的为一般种; $IRI < 10$ 的为偶见种(程济生和俞连福, 2004; 熊飞等, 2014)。

$$D = (S - 1) / \ln N \tag{2}$$
$$H' = -\sum P_i \ln (P_i) \tag{3}$$
$$F = 1 - \sum (P_i)^2 \tag{4}$$
$$J' = H' / \ln S \tag{5}$$

式中, S 为渔获物中的物种数, N 为渔获物中个体总数, P_i 为第*i*个物种的个体数占总个体数的比例。

2 结果

2.1 鱼类种类组成

采用 Margalef 种类丰富度指数 (D)(Margalef, 1958)、Shannon-Wiener 多样性指数 (H')(Shannon & Wiener, 1949)、Simpson 优势度指数 (F)(Simpson, 1949)和 Pielou 均匀度指数 (J')(Pielou, 1975)分析南广河流域的鱼类群落多样性, 相关计算公式如下:

调查期间共采集到鱼类 64 种, 隶属于 5 目 13 科 48 属(附录 1), 其中, 鲤形目鱼类最多, 为 4 科 38 属 47 种, 占总种数的 73.44%; 其次是鲇形目, 为 4 科 5 属 12 种, 占总种数的 18.75%; 鲈形目为 3 科 3 属 3 种, 占

总种数的4.69%; 鳗鲡目和合鳃鱼目都仅有1科1属1种, 各占1.56%。在不同科中, 鲤科鱼类最多, 共36种, 占总种数的56.25%; 其次是鳊科, 为8种, 占12.50%; 鳅科5种, 占7.81%; 条鳅科和爬鳅科均3种, 各占4.69%; 鲇科2种, 占3.13%; 鳗鲡科、钝头鮠科、鮡科、合鳃鱼科、真鲈科、鰕虎鱼科及鱧科均为1种, 各占1.56%。

采集鱼类中, 长江上游特有鱼类17种, 包括短体副鳅(*Homatula potanini*)、长薄鳅(*Leptobotia elongata*)、四川华鳊(*Sinibrama taeniatus*)、高体近红鮰(*Ancherythroculter kurematsui*)等。四川省重点保护鱼类2种, 分别为鲈鲤(*Percocypris pingi*)和岩原鲤(*Procypris rabaudi*)。列入《中国脊椎动物红色名录》的濒危物种(EN) 3种, 分别为鳗鲡(*Anguilla japonica*)、鲈鲤和昆明裂腹鱼(*Schizothorax grahami*); 易危物种(VU) 6种, 分别为中华沙鳅(*Sinibotia superciliaris*)、长薄鳅、厚颌鲂(*Megalobrama pellegrini*)、齐口裂腹鱼(*Schizothorax prenanti*)、岩原鲤和白缘鳅(*Liobagrus marginatus*)。

2.2 渔获物组成

调查期间共采集鱼类14,666尾, 总重量276.03 kg。其中, $IRI > 1,000$ 的优势种为宽鳍鱲(*Zacco platypus*)和鲤(*Cyprinus carpio*), 其数量和重量占比之和分别达到18.29%和27.18%; $IRI > 100$ 的常见种有鲫(*Carassius auratus*)、麦穗鱼(*Pseudorasbora parva*)、高体鲮鱼(*Rhodeus ocellatus*)、切尾拟鲮(*Tachysurus truncatus*)等17种鱼类, 其数量和重量占比之和分别达到66.97%和44.91%; $IRI < 10$ 的偶见种有28种, 其数量和重量占比之和仅为2.62%和9.20% (表2)。17种长江上游特有鱼类中有13种都为偶见种, 长吻鮠(*Tachysurus dumerili*)、乌鲢(*Channa argus*)、白甲鱼(*Onychostoma simum*)、鲢(*Hypophthalmichthys molitrix*)、岩原鲤和鲈鲤等中、小型经济鱼类也多为偶见种。渔获物中大多数个体的规格较小, 如宽鳍鱲(7.27 g)、麦穗鱼(5.03 g)、高体鲮鱼(2.63 g)、切尾拟鲮(15.32 g)、马口鱼(*Opsariichthys bidens*)(14.56 g)、瓦氏黄颡鱼(*Tachysurus vachellii*)(17.30 g)、唇鲮(*Hemibarbus labeo*)(36.11 g)和蛇鮈(*Saurogobio dabryi*)(13.46 g)等鱼类的平均体重均较小。

本次调查在南广河干流共采集鱼类56种8,783尾, 占渔获物总数量的59.89%; 4条支流共采集鱼类

41种5,883尾, 占渔获物总数量的40.11%。干流上游至河源河段共采集31种2,950尾; 中、下游河段各采集42和43种, 分别占渔获物总种类数的65.63%和67.19%, 但中游河段采集数量最多(4,250尾), 占渔获物总数量的28.98%, 表明南广河中游河段鱼类资源较为丰富。中游支流镇舟河采集鱼类24种3,004尾, 分别占渔获物总种类和总数量的37.50%和20.48%, 是鱼类资源较为丰富的一条支流, 其次为巡司河和宋江河, 采集样本数量分别占渔获物总数量的8.55%和7.95%。中上游支流洛亥河虽采集到鱼类22种, 但数量较少, 仅459尾, 占渔获物总数量的3.13% (表3)。

2.3 鱼类多样性

基于不同河段渔获物显示, 南广河干流Margalef种类丰富度指数为3.75–5.70, 支流为2.10–3.43; 干流Shannon-Wiener多样性指数为2.60–3.14, 支流为1.91–2.30; 干流Simpson优势度指数为0.88–0.94, 支流为0.79–0.86; 干流Pielou均匀度指数为0.77–0.84, 支流为0.64–0.74。可见, 南广河干流河段鱼类多样性高于支流, 其中下游河段多样性最高, 上游河段较低(图2)。

基于全年渔获物显示, 南广河Margalef种类丰富度指数为6.57, Shannon-Wiener多样性指数为3.10, Simpson优势度指数为0.93, Pielou均匀度指数为0.74。可见, 南广河鱼类种类丰富度及多样性总体较高。

2.4 鱼类分布特点

南广河不同河段的鱼类组成具有一定的差异性, 分布于干流下游河段的鱼类主要有子陵吻鰕虎鱼(*Rhinogobius giurinus*)、大眼鳊(*Siniperca kneri*)、鲫、鳊(*Hemiculter leucisculus*)、唇鲮、翘嘴鲮(*Culter alburnus*)和鲤等; 分布于干流中游河段的鱼类主要有高体鲮鱼、麦穗鱼、宽鳍鱲、乐山小鰕鮡(*Microphysogobio kiatingensis*)、切尾拟鲮、棒花鱼(*Abbottina rivularis*)、唇鲮和蛇鮈等; 干流上游至源头河段的鱼类主要为宽鳍鱲、瓦氏黄颡鱼、蛇鮈、贝氏高原鳅(*Triplophysa bleekeri*)、红尾副鳅(*Homatula variegata*)、泉水鱼(*Pseudogyrinocheilus prohilus*)和齐口裂腹鱼等。支流宋江河、巡司河、镇舟河的鱼类组成相似, 多为宽鳍鱲、麦穗鱼、切尾拟鲮、红尾副鳅、短体副鳅、泥鳅(*Misgurnus anguillicaudatus*)、高体鲮鱼等小型鱼类, 但在宋江河、

表2 南广河鱼类的相对重要性指数
Table 2 The index of relative importance of fish species in the Nanguang River

种类 Species	数量百分比 Percentage of number (%)	重量百分比 Percentage of weight (%)	出现频率 Frequency of occurrence	相对重要性指数 Index of relative importance (IRI)	优势类型 Dominant type
宽鳍鱮 <i>Zacco platypus</i>	17.65	6.82	0.71	1,747.45	D
鲤 <i>Cyprinus carpio</i>	0.65	20.37	0.54	1,125.78	D
鲫 <i>Carassius auratus</i>	2.48	8.89	0.75	852.53	C
麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	9.29	2.48	0.71	840.62	C
高体鲃 <i>Rhodeus ocellatus</i>	9.95	1.39	0.64	728.73	C
切尾拟鲃 <i>Tachysurus truncatus</i>	4.64	3.77	0.75	630.83	C
马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	3.71	2.87	0.54	352.39	C
瓦氏黄颡鱼 <i>Tachysurus vachellii</i>	3.80	3.49	0.46	338.42	C
唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>	2.20	4.23	0.46	298.45	C
短须颌须鲃 <i>Gnathopogon imberbis</i>	4.38	1.21	0.50	279.59	C
棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>	5.28	1.67	0.39	272.95	C
红尾副鲃 <i>Homatula variegata</i>	3.91	1.28	0.50	259.44	C
乐山小鲃 <i>Microphysogobio kiatingensis</i>	4.83	1.27	0.39	239.44	C
蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>	3.61	2.58	0.32	199.23	C
子陵吻鰕虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>	2.93	0.63	0.54	190.79	C
泉水鱼 <i>Pseudogyrinocheilus prochilus</i>	1.66	2.62	0.43	183.77	C
翘嘴鲃 <i>Culter alburnus</i>	0.38	5.05	0.25	135.87	C
短体副鲃 <i>Homatula potanini</i>	2.82	0.91	0.36	133.23	C
泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	1.11	0.55	0.61	101.08	C
光泽黄颡鱼 <i>Tachysurus nitidus</i>	1.77	1.15	0.29	83.56	G
黄颡鱼 <i>Tachysurus fulvidraco</i>	0.45	1.22	0.46	77.76	G
大眼鳊 <i>Siniperca kneri</i>	1.03	2.53	0.21	76.35	G
鲢 <i>Silurus asotus</i>	0.20	1.19	0.46	64.28	G
草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>	0.07	2.88	0.21	63.11	G
福建纹胸鲃 <i>Glyptothorax fokiensis</i>	1.69	0.62	0.25	57.84	G
粗唇鲃 <i>Tachysurus crassilabris</i>	0.49	0.71	0.46	55.98	G
贝氏高原鳅 <i>Triplophysa bleekeri</i>	2.17	0.40	0.18	45.79	G
齐口裂腹鱼 <i>Schizothorax prenanti</i>	0.70	1.63	0.18	41.64	G
南方鲢 <i>Silurus meridionalis</i>	0.16	2.60	0.14	39.40	G
花鲢 <i>Hemibarbus maculatus</i>	0.51	0.89	0.25	34.92	G
四川华吸鳅 <i>Sinogastromyzon szechuanensis</i>	1.13	0.15	0.25	31.99	G
大鳍鱬 <i>Hemibagrus macropterus</i>	0.27	0.99	0.25	31.54	G
大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>	0.29	0.29	0.36	20.83	G
中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i>	0.06	0.84	0.18	16.08	G
黑尾鲮 <i>Hemiculter tchangi</i>	0.80	0.45	0.11	13.45	G
中华沙鳅 <i>Sinibotia supercilialis</i>	0.32	0.16	0.21	10.21	G
云南光唇鱼 <i>Acrossocheilus yunnanensis</i>	0.31	1.03	0.07	9.63	R
其他 Others	2.30	8.17	1.50	62.13	R

D: 优势种; C: 常见种; G: 一般种; R: 偶见种。
D, Dominant species; C, Common species; G, General species; R, Rare species.

表3 南广河不同河段渔获物组成

Table 3 Composition of fish collected from different reaches of the Nanguang River

河流 River	河段 Reach	种数 Number of species	种数百分比 Percentage of species (%)	数量 Sample size	数量百分比 Percentage of quantity (%)
干流 Mainstream	上游 Upstream	31	48.44	2,950	20.11
	中游 Midstream	42	65.63	4,250	28.98
	下游 Downstream	43	67.19	1,583	10.79
	小计 Total	56	87.50	8,783	59.89
支流 Tributary	洛亥河 Luohai River	22	34.38	459	3.13
	镇舟河 Zhenzhou River	24	37.50	3,004	20.48
	巡司河 Xunsi River	16	25.00	1,254	8.55
	宋江河 Songjiang River	21	32.81	1,166	7.95
	小计 Total	41	64.06	5,883	40.11

图2 南广河不同河段的鱼类多样性。UM: 上游(干流); MM: 中游(干流); DM: 下游(干流); LT: 洛亥河(支流); ZT: 镇舟河(支流); XT: 巡司河(支流); ST: 宋江河(支流)。

Fig. 2 Fish diversity of different reaches in the Nanguang River. UM, Upstream (Mainstream); MM, Midstream (Mainstream); DM, Downstream (Mainstream); LT, Luohai River (Tributary); ZT, Zhenzhou River (Tributary); XT, Xunsi River (Tributary); ST, Songjiang River (Tributary).

镇舟河上游河段还分布有贝氏高原鳅及泉水鱼,而在镇舟河上游大雪山镇(T3)河段还分布有少量齐口裂腹鱼。广泛分布于宋江河、巡司河和镇舟河的小型鱼类在洛亥河中分布较少,仅采集到少量宽鳍鱲、切尾拟鲮、红尾副鳅等,而长薄鳅、薄鳅(*Lepotobia pellegrini*)、黑尾近红鲃(*Ancherythroculter nigrocauda*)、鲈鲤和短身金沙鳅(*Jinshaia abbreviata*)等在该河段能采集到。

南广河3种濒危鱼类中鳡仅在下流贾村(M14)河段采集到,昆明裂腹鱼及鲈鲤均在支流洛亥河中下游罗渡乡黄桷村(T2)河段采集到。易危物种中华沙鳅、厚颌鲂分布于干流下游河段;齐口裂腹鱼在

干流上游源头河段、支流镇舟河上游源头河段及洛亥河下游河段都有采集到;岩原鲤在干流中游珙县共腾村(M9)河段及洛亥河下游河段采集到;白缘鳅主要分布于干流中上游上罗(M8)至石碑乡(M5)河段;而长薄鳅仅在洛亥河下游河段采集到。长江上游特有鱼类多分布于干、支流的中上游河段,如短体副鳅、华鲮(*Bangana rendahli*)、四川华吸鳅(*Sinogastromyzon szechuanensis*)和白缘鳅等,仅有四川华鲮、半鲮(*Hemiculterella sauvagei*)和黑尾鲮(*Hemiculter tchangii*)等少数几种特有鱼类分布于干流下游河段(附录1)。

3 讨论

3.1 南广河鱼类资源现状及变化趋势

南广河历史上分布鱼类有90余种,本次调查采集到鱼类64种,物种数量明显减少,但仍较为丰富。与吴波等(2014)的调查结果(32种)相比,增加32种,包括红尾副鳅、贝氏高原鳅和齐口裂腹鱼等分布于南广河干流或支流上游的鱼类,草鱼(*Ctenopharyngodon idella*)、鲢、厚颌鲂和乌鳢等分布于下游至河口河段的中、小型经济鱼类,以及黑鳍鳊(*Sarcocheilichthys nigripinnis*)、短须颌须鲃(*Gnathopogon imberbis*)、银鲃(*Squalidus argentatus*)和乐山小鲃等多种小型鱼类。调查区域及采样方法的局限性应是之前的调查未采集到这些种类的主要原因。结合《四川鱼类志》等文献资料及访问调查,发现南广河历史上还曾分布有赤眼鳟(*Squaliobarbus curriculus*)、鲮(*Ochetobius elongatus*)、鳊(*Elopichthys bambusa*)、鳙(*Hypophthalmichthys nobilis*)、

蒙古鲃(*Chanodichthys mongolicus*)、达氏鲃(*C. dabryi*)、四川白甲鱼(*Onychostoma angustistomata*)和瓣结鱼(*Folifer brevifilis*)等鱼类,但本次调查均未采集到。鉴于本次调查比较系统,调查范围涵盖了所有干、支流,调查周期和持续时间较长,因而可以推断这些未采集到的种类在南广河的种群数量可能已极其稀少,甚至绝迹。

南广河鱼类优势种组成较为单一,只有宽鳍鱲和鲤,并且与常见种的 IRI 指数相差较大。一般来说,在干扰因素较多的河流生境中,优势种通常由一个或少数几个种类组成(Cabral et al, 2001),因此该流域可能受到了较多外来因素的影响。南广河流域渔获物以小型鱼类为主,超过50%的优势种与常见种均为小型鱼类,中等经济鱼类在渔获物中的比例较小,多为偶见种。南广河的鱼类资源呈衰退趋势,主要表现为体型较大的经济鱼类在渔获物中比例下降、规格变小,这与长江干流宜宾江段渔业资源变化相一致(熊飞等, 2015)。众多水电站建设导致的生境改变,以及过度捕捞等可能是造成南广河鱼类资源衰退的主要原因。

3.2 南广河鱼类多样性及分布特点

南广河干流下游至河口河段水体较深,河道宽阔,饵料丰富,且长江干流部分鱼类会上溯到月江电站至河口河段进行产卵和索饵,鱼类种类数及多样性较高;而上游河段水体较浅,水流量小,栖息生境相对简单,且由于梯级水电站的阻隔,中、下游鱼类无法上溯到上游河段,因此鱼类种类数较少、多样性较低。本次调查发现南广河的鱼类多样性指数相对较高,总体要高于雅砻江支流安宁河(茹辉军等, 2016)、长江上游支流大宁河(杨峰等, 2013)等,但低于长江上游保护区干流宜宾段(高天珩等, 2013)、岷江下游干流宜宾段(吕浩等, 2018)以及赤水河(吴金明等, 2010)等,主要原因可能为河流自然生境差异以及人为干扰程度不同等。

南广河鱼类资源呈现出上游至中游增加,中游至下游降低的趋势。本次调查发现,南广河干流中游河段鱼类种类和数量都较为丰富,下游河段虽种类最为丰富,但由于电站大坝的长期阻隔,导致下游河段多为深水库区,样本采集受到一定影响,且下游至河口河段渔业捕捞强度较大,因此调查期间采集到的渔获物数量较少。南广河支流中,中游的镇舟河鱼类资源比较丰富,与中下游支流巡司河、

宋江河相比,该支流上大坝数量较少,人为干扰程度相对较小。

南广河流域不同河段的鱼类种类具有明显差异,干流下游一些电站的库区水体较深,水面较宽,一些喜静水、缓流水的鱼类如鲤、鲫、大眼鲈和翘嘴鲈等成为该河段的主要种类。干流中上游以及支流宋江河、镇舟河、巡司河中下游河段,连续的小型梯级水电站将河流分割成兼有流水、缓流水和静水的多种栖息环境,使喜流水和喜静水的一些小型鱼类得以共存,麦穗鱼、鲫、宽鳍鱲和乐山小鰾等成为主要分布的鱼类。而干流源头,以及支流宋江河、镇舟河上游和源头河段多急流和浅滩,水温较低,底质多为乱石或卵石,为一些喜流水、低温的鱼类提供了适宜栖息的生境,如贝氏高原鳅、泉水鱼和齐口裂腹鱼等。支流洛亥河下游河段未修建水电站,河口与罗渡电站库区及库区上游相连,河流连通性较好,适于长薄鳅、黑尾近红鲃和鲈鲤等喜流水性鱼类生存,且该河段两岸多石缝、石灰岩溶洞,溶洞洞口处水温较低,分布于南广河干支流上游的冷水鱼类如泉水鱼和齐口裂腹鱼等也在该河段采集到。南广河鱼类物种的分布特点体现了鱼类对于自然栖息生境差异的选择和适应性(费骥慧等, 2012)。

3.3 南广河鱼类资源保护建议

南广河作为长江右岸一级支流,对维护长江流域鱼类物种多样性具有重要作用。但是,该河流干、支流上已建的水电站数量较多,电站大坝导致河流生境破碎化,并在一定程度上阻碍了鱼类的迁移通道,可能造成了鱼类种类较历史记录大幅减少,尤其是一些具有迁移习性的鱼类,目前只在下游至河口段有少量分布。同时,南广河流域的渔业捕捞强度过大,本次调查的渔获物以小型鱼类为主,中等及较大型鱼类占比较小。为保护南广河的鱼类多样性,逐步恢复其资源量,提出以下保护建议:(1)加强渔政监管,加大保护宣传力度。控制捕捞强度和捕捞规格,严禁毒鱼、电鱼等非法捕捞方式,严格落实每年3—6月的禁渔期制度,逐步提高渔民的保护意识。(2)修复河道生境,适时拆除部分小型闸坝。南广河流域已建水电站较多,为减缓其对鱼类迁移的阻隔影响,有必要修复河道的连通性,特别是干流上游及支流上一些小型电站因建设年代久远、库区淤积等原因,已经不再运行或基本丧失发电效益,

应依据相关生态环境保护政策, 对其进行拆除以恢复河流连通性。(3)开展人工增殖放流。向南广河干、支流放流一些珍稀、特有鱼类, 以及具有重要经济价值的种类, 主要包括岩原鲤、鲈鲤、白甲鱼、华鲮、中华倒刺鲃(*Spinibarbus sinensis*)、厚颌鲂、长吻鮠等, 以增加其野外资源量。

致谢: 四川大学生命科学学院的研究生吴波、文秦超、邹芮、梁思倩、吴慧和李茂华等参加了部分野外调查工作, 四川省宜宾市、高县、珙县、筠连县等渔政管理部门对调查工作给予了大力支持, 在此特别感谢!

参考文献

- Cabral HN, Costa MJ, Salgado JP (2001) Does the Tagus estuary fish community reflect environmental changes? *Climate Research*, 18, 119–126.
- Chen YY (1998) *Fauna Sinica (Osteichthyes): Cypriniformes (II)*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [陈宜瑜 (1998) 中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目 (中卷). 科学出版社, 北京.]
- Cheng JS, Yu LF (2004) The change of structure and diversity of demersal fish communities in the Yellow Sea and East China Sea in winter. *Journal of Fisheries of China*, 28, 29–34. (in Chinese with English abstract) [程济生, 俞连福 (2004) 黄、东海冬季底层鱼类群落结构及多样性变化. 水产学报, 28, 29–34.]
- Chu XL, Zheng BS, Dai DY (1999) *Fauna Sinica (Osteichthyes): Siluriformes*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [褚新洛, 郑葆珊, 戴定远 (1999) 中国动物志·硬骨鱼纲·鲇形目. 科学出版社, 北京.]
- Ding RH (1994) *The Fishes of Sichuan*. Sichuan Publishing House of Science and Technology, Chengdu. (in Chinese) [丁瑞华 (1994) 四川鱼类志. 四川科学技术出版社, 成都.]
- Fei JH, Wang XZ, Shao XY (2012) Spatial pattern of fish community in the Erhai Lake. *Journal of Fisheries of China*, 36, 1225–1233. (in Chinese with English abstract) [费骥慧, 汪兴中, 邵晓阳 (2012) 洱海鱼类群落的空间分布格局. 水产学报, 36, 1225–1233.]
- Gao TH, Tian HW, Ye C, Duan XB (2013) Diversity and composition of fish in the mainstream of National Nature Reserve of Rare and Endemic Fish in the Upper Yangtze River. *Freshwater Fisheries*, 43, 36–42. (in Chinese with English abstract) [高天珩, 田辉伍, 叶超, 段辛斌 (2013) 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. 淡水渔业, 43, 36–42.]
- Jiang ZG, Jiang JP, Wang YZ, Zhang E, Zhang YY, Li LL, Xie F, Cai B, Cao L, Zheng GM, Dong L, Zhang ZW, Ding P, Luo ZH, Ding CQ, Ma ZJ, Tang SH, Cao WX, Li CW, Hu HJ, Ma Y, Wu Y, Wang YX, Zhou KY, Liu SY, Chen YY, Li JT, Feng ZJ, Wang Y, Wang B, Li C, Song XL, Cai L, Zang CX, Zeng Y, Meng ZB, Fang HX, Ping XG (2016) Red List of China's Vertebrates. *Biodiversity Science*, 24, 500–551. (in Chinese and in English) [蒋志刚, 江建平, 王跃招, 张鹗, 张雁云, 李立立, 谢锋, 蔡波, 曹亮, 郑光美, 董路, 张正旺, 丁平, 罗振华, 丁长青, 马志军, 汤宋华, 曹文宣, 李春旺, 胡慧建, 马勇, 吴毅, 王应祥, 周开亚, 刘少英, 陈跃英, 李家堂, 冯祚建, 王燕, 王斌, 李成, 宋雪琳, 蔡蕾, 臧春鑫, 曾岩, 孟智斌, 方红霞, 平晓鸽 (2016) 中国脊椎动物红色名录. 生物多样性, 24, 500–551.]
- Kottelat M (2013) The fishes of the inland waters of Southeast Asia: A catalogue and core bibliography of the fishes known to occur in freshwaters, mangroves and estuaries. *The Raffles Bulletin of Zoology*, 27, 1–663.
- Lü H, Tian HW, Duan XB, Chen DQ, Shen SY, Liu SP (2018) Analysis of fish resources status and diversity in the lower reaches of the Minjiang River. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 27, 88–96. (in Chinese with English abstract) [吕浩, 田辉伍, 段辛斌, 陈大庆, 申绍祎, 刘绍平 (2018) 岷江下游干流段鱼类资源现状及其多样性分析. 长江流域资源与环境, 27, 88–96.]
- Margalef R (1958) Information theory in biology. *General Systems Yearbook*, 3, 36–71.
- Pielou EC (1975) *Ecological Diversity*. John Wiley and Sons, New York.
- Pinkas L, Oliphant MS, Iverson ILK (1971) Food habits of albacore, bluefin tuna, and bonito in California waters. *Fish Bulletin*, 152, 1–105.
- Ru HJ, Zhang Y, Li YF, Wang HM, Shen ZW, Wu XX, Li R, Sheng Q, Ni ZH (2016) Community composition and status of fish resources in Anning River. *Journal of Hydroecology*, 37, 68–74. (in Chinese with English abstract) [茹辉军, 张燕, 李云峰, 王红梅, 沈子伟, 吴湘香, 李荣, 盛强, 倪朝辉 (2016) 雅砻江支流安宁河鱼类群落组成及资源现状. 水生态学杂志, 37, 68–74.]
- Shannon CE, Wiener W (1949) *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana.
- Simpson EH (1949) Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
- Wu B, Wang Y, Zhou B, Song ZB (2014) Status of fish resources in the Nanguang River in Sichuan Province. *Sichuan Journal of Zoology*, 33, 460–465. (in Chinese with English abstract) [吴波, 王莹, 周波, 宋昭彬 (2014) 四川南广河的鱼类. 四川动物, 33, 460–465.]
- Wu JM, Zhao HT, Miao ZG, Chen YX, Zhang FT, Wang JW (2010) Status and conservation of fish resources in the Chishui River. *Biodiversity Science*, 18, 162–172. (in Chinese with English abstract) [吴金明, 赵海涛, 苗志国, 陈永祥, 张富铁, 王剑伟 (2010) 赤水河鱼类资源的现状与保护. 生物多样性, 18, 162–172.]

- Xiong F, Liu HY, Duan XB, Liu SP, Chen DQ (2014) Community structure of fish and resources utilization in Jiangjin section of the upper Yangtze River. *Journal of Anhui University (Natural Science Edition)*, 38, 94–102. (in Chinese with English abstract) [熊飞, 刘红艳, 段辛斌, 刘绍平, 陈大庆 (2014) 长江上游江津江段鱼类群落结构及资源利用. *安徽大学学报(自然科学版)*, 38, 94–102.]
- Xiong F, Liu HY, Duan XB, Liu SP, Chen DQ (2015) Present status of fishery resources in Yibin Section of the Upper Yangtze River. *Journal of Southwest University (Natural Science Edition)*, 37, 43–50. (in Chinese with English abstract) [熊飞, 刘红艳, 段辛斌, 刘绍平, 陈大庆 (2015) 长江上游宜宾江段渔业资源现状研究. *西南大学学报(自然科学版)*, 37, 43–50.]
- Yang F, Yao WZ, Deng HT, Chen DQ, Liu SP, Duan XB (2013) The current situation of fish resources in the Daning River after the impoundment of the Three Gorges Reservoir. *Freshwater Fisheries*, 43, 51–52, 56–57. (in Chinese with English abstract) [杨峰, 姚维志, 邓华堂, 陈大庆, 刘绍平, 段辛斌 (2013) 三峡库区蓄水后大宁河鱼类资源现状研究. *淡水渔业*, 43, 51–52, 56–57.]
- Yibin City Chronicles Compilation Committee (2010) *Yibin City Chronicles: 1911–2000 (I)*. Zhong Hua Book Company, Beijing. (in Chinese) [宜宾市志编纂委员会 (2010) 宜宾市志: 1911–2000 (上). 中华书局, 北京.]
- Yuan JL, Zhu JJ, Zhang AJ (2009) Effective calculation and protected countermeasures of Qincun Reservoir Dam construction to the fish resources. *Journal of Hydroecology*, 30, 123–127. (in Chinese with English abstract) [原居林, 朱俊杰, 张爱菊 (2009) 钦寸水库大坝建设对鱼类资源的影响预测及其保护对策. *水生态学杂志*, 30, 123–127.]
- Yue PQ (2000) *Fauna Sinica (Osteichthyes): Cypriniformes (III)*. Science Press, Beijing. (in Chinese) [乐佩琦 (2000) 中国动物志·硬骨鱼纲·鲤形目(下卷). 科学出版社, 北京.]
- (责任编辑: 陈小勇 责任编辑: 闫文杰)

附录 Supplementary Material

附录1 南广河鱼类名录

Appendix 1 Fish species in the Nanguang River

<http://www.biodiversity-science.net/fileup/PDF/2019264-1.pdf>

代梦梦, 杨坤, 黎树, 王小东, 宋昭彬. 长江上游支流南广河鱼类多样性及资源现状. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1081–1089.
http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019264

附录1 南广河鱼类名录
Appendix 1 Fish species in the Nanguang River

种类 Species	保护现状 Conservation status	干流 Mainstream			支流 Tributary			
		上游	中游	下游	洛亥河	镇舟河	巡司河	宋江河
		Upstream	Midstream	Downstream	Luohai River	Zhenzhou River	Xunsi River	Songjiang River
I 鳗鲡目 Anguilliformes								
(一)鳗鲡科 Anguillidae								
1.鳗鲡 <i>Anguilla japonica</i>	EN			+				
II 鲤形目 Cypriniformes								
(二)条鳅科 Nemacheilidae								
2.红尾副鳅 <i>Homatula variegata</i>		+	+		+	+	+	+
3.短体副鳅 <i>Homatula potanini*</i>		+	+			+	+	+
4.贝氏高原鳅 <i>Triplophysa bleekeri</i>		+				+		+
(三)鳅科 Cobitidae								
5.中华沙鳅 <i>Sinibotia superciliaris</i>	VU	+	+	+	+			
6.长薄鳅 <i>Leptobotia elongata*</i>	VU				+			
7.薄鳅 <i>Leptobotia pellegrini</i>					+			
8.泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>		+	+	+		+	+	+
9.大鳞副泥鳅 <i>Paramisgurnus dabryanus</i>		+	+	+		+	+	
(四)鲤科 Cyprinidae								
10.宽鳍鳊 <i>Zacco platypus</i>		+	+	+	+	+	+	+
11.马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>		+	+	+		+	+	+
12.草鱼 <i>Ctenopharyngodon idella</i>			+	+				
13.鲢 <i>Hypophthalmichthys molitrix</i>				+				
14.高体鳊鲂 <i>Rhodeus ocellatus</i>		+	+	+		+	+	+
15.四川华鲮 <i>Sinibrama taeniatus*</i>				+				

代梦梦, 杨坤, 黎树, 王小东, 宋昭彬. 长江上游支流南广河鱼类多样性及资源现状. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1081–1089.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019264>

16.高体近红鮡 <i>Ancherythroculter kurematsui</i> *			+						
17.黑尾近红鮡 <i>Ancherythroculter nigrocauda</i> *								+	
18.半鲮 <i>Hemiculterella sauvagei</i> *						+			
19.鲮 <i>Hemiculter leucisculus</i>			+		+				
20.黑尾鲮 <i>Hemiculter tchangi</i> *			+		+				
21.翘嘴鮰 <i>Culter alburnus</i>			+		+				
22.厚颌鲂 <i>Megalobrama pellegrini</i> *	VU				+				
23.唇鲮 <i>Hemibarbus labeo</i>		+	+		+			+	
24.花鲮 <i>Hemibarbus maculatus</i>		+	+		+				
25.麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>		+	+		+		+	+	+
26.黑鳍鲈 <i>Sarcocheilichthys nigripinnis</i>					+				
27.短须颌须鲂 <i>Gnathopogon imberbis</i>		+	+		+			+	+
28.银鲃 <i>Squalidus argentatus</i>			+		+				
29.点纹银鲃 <i>Squalidus wolterstorffi</i>					+				
30.棒花鱼 <i>Abbottina rivularis</i>		+	+		+		+	+	
31.钝吻棒花鱼 <i>Abbottina obtusirostris</i> *					+				
32.乐山小鰾鲃 <i>Microphysogobio kiatingensis</i>		+	+				+	+	+
33.蛇鲃 <i>Saurogobio dabryi</i>		+	+		+				
34.中华倒刺鲃 <i>Spinibarbus sinensis</i>		+	+		+			+	
35.鲃鲤 <i>Percocypris pingi</i> *	EN, PP							+	
36.云南光唇鱼 <i>Acrossocheilus yunnanensis</i>		+						+	
37.白甲鱼 <i>Onychostoma simum</i>								+	
38.华鲮 <i>Bangana rendahli</i> *			+						
39.泉水鱼 <i>Pseudogyrinocheilus prochilus</i>		+	+				+	+	+
40.墨头鱼 <i>Garra imberba</i>			+				+		+
41.齐口裂腹鱼 <i>Schizothorax prenanti</i> *	VU	+	+				+	+	

代梦梦, 杨坤, 黎树, 王小东, 宋昭彬. 长江上游支流南广河鱼类多样性及资源现状. 生物多样性, 2019, 27 (10): 1081–1089.
<http://www.biodiversity-science.net/CN/10.17520/biods.2019264>

(十)合鳃鱼科 Synbranchidae									
61.黄鳝 <i>Monopterus albus</i>									+
V 鲈形目 Perciformes									
(十一)真鲈科 Percichthyidae									
62.大眼鲈 <i>Siniperca kneri</i>				+				+	
(十二)鰕虎鱼科 Gobiidae									
63.子陵吻鰕虎鱼 <i>Rhinogobius giurinus</i>		+		+				+	+
(十三)鳢科 Channidae									
64.乌鳢 <i>Channa argus</i>						+			

* 长江上游特有鱼类; EN: 濒危物种; VU: 易危物种; PP: 四川省重点保护鱼类。
* Species endemic to the upper Yangtze River; EN, Endangered species; VU, Vulnerable species; PP, Protected fish species in Sichuan Province.