

新建元江县跨江大桥段的水生生物资源调查与评估

王正阳¹, 黄松茂¹, 何琳剑², 张铭泉², 赵玉娇², 彭军¹, 孔令富^{1*}

(1. 云南农业大学动物技术科学学院, 云南昆明 650201; 2. 云南省高原渔业资源保护与可持续利用重点实验室, 云南昆明 650201)

摘要 为了解新建元江县跨江大桥对水生生物的影响, 对新建元江县跨江大桥段位于元江鲤国家级水产种质资源保护区范围内进行水生生物调查。参照《内陆水域渔业自然资源调查手册》, 采用实地捕捞、市场调查、走访了解等方法进行水生生物的调查研究。结果表明: 该江段河水水质处于地表水标准Ⅳ类, 水生生物的种类和数量较多, 生物量较高。4个采样点共采集到水生藻类6门48种, 以绿藻、蓝藻、硅藻为主, 其中硅藻种类最多, 绿藻生物量最大。采集浮游动物4大类18种, 其中原生动物种类最多, 枝角类生物量最大。采集到底栖动物3门11种, 其中软体动物种数最多, 节肢动物门次之。采集到的水生维管束植物9种。鱼类共调查到20种, 以鲤形目最多, 鲇形目次之。此次调查结果可为评价大桥施工期和运营期对保护区水生生物的影响提供依据, 并协助制定科学有效的水生态保护补偿措施。

关键词 水生生物; 水质状况; 鱼类资源; 调查; 评价; 新建元江县跨江大桥

中图分类号 Q17 **文献标识码** A

文章编号 0517-6611(2021)12-0074-06

doi: 10.3969/j.issn.0517-6611.2021.12.020

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Investigation and Evaluation of Aquatic Biological Resources in the Newly Built River-spanning Bridge in Yuanjiang County
WANG Zheng-yang¹, HUANG Song-mao¹, HE Lin-jian² et al (1. Institute of Animal Science and Technology, Yunnan Agricultural University, Kunming, Yunnan 650201; 2. Key Laboratory of Plateau Fishery Resources Conservation and Sustainable Utilization, Yunnan University, Kunming, Yunnan 650201)

Abstract In order to understand the impact of the Newly Built River-spanning Bridge in Yuanjiang County on aquatic organisms, aquatic organisms surveys were conducted on the Newly Built River-spanning Bridge in Yuanjiang County located in the Yuanjiang Carp National Aquatic Germplasm Resources Protection Zone. Refer to “Manual for Investigation of Natural Resources of Fisheries in Inland Waters”, use methods such as on-site fishing, market surveys, and visits to investigate and study aquatic organisms. The results showed that the water quality of the river in this section was in Grade IV of the surface water standard. There were many types and quantities of aquatic organisms, and the biomass was relatively high. A total of 48 species of 6 phyla of aquatic algae were collected from 4 sampling points, mainly green algae, cyanobacteria and diatoms. Among them, the species of diatoms were the most, and the biomass of green algae was the largest. 18 species of zooplankton were collected in 4 major categories, among which protozoa had the most species and cladocerans had the largest biomass. We collected 11 species of benthic animals in 3 phyla, among which molluscs had the most species, followed by arthropods. We collected 9 kinds of aquatic vascular plants. A total of 20 species of fish had been investigated, of which cypriniformes were the most numerous, followed by siluriformes. The results of this survey can be used to provide a basis for evaluating the impact of the bridge on the aquatic organisms in the protected area during the construction and operation period of the bridge, and to assist in formulating scientific and effective compensation measures for water ecological protection.

Key words Aquatic organisms; Water quality status; Fish resources; Survey; Evaluation; Newly Built River-spanning Bridge in Yuanjiang County

元江跨江大桥位于玉溪市元江县, 拟建为涉水工程, 涉水面积约为 128 m²。该大桥的建设目的是连接东西两岸, 优化该县的交通, 工程属于民生工程。玉溪市元江县属红河水系, 红河上游元江, 元江县城段最大流量 1 900 m³/s, 最小流量 3.5 m³/s, 平均流量 167 m³/s, 河水流量受降雨制约, 动态变化大, 水流湍急, 无航运之利^[1-5]。跨江大桥可能会对该河流域的水生生态造成影响, 主要是在施工和运营期对保护区的生态结构及功能完整性、主要生物物种资源、种群结构、生物多样性等方面造成一定影响。因此在大桥建设之前, 应做好相应的调查与评估工作, 并根据调查与评估结果提出相应的保护补偿措施^[6]。笔者通过对拟建大桥河段里的水生生物、水质状况、鱼类资源现状进行调查, 比较分析保护区水生生物资源优势种及现状, 评估大桥的建设实施和运营期间对保护区生态环境造成的影响; 结合保护对象的生物学特性, 模拟大桥建成对水生生态系统的动态变化, 并总结规律;

最终提出预防或减轻建设大桥对保护区影响的保护补偿措施。

1 材料与方法

1.1 采样点设置 评价区域(图 1 中的试验区 and 核心区)设置 1#~4#共 4 个采样点, 采样点自上而下分别为 4#、3#、2#、1#, 具体位置为样点 1#(102°00′24.34″E, 23°35′41.72″N)、采样点 2#(102°00′26.57″E, 23°35′55.04″N)、采样点 3#(102°00′16.69″E, 23°36′33.13″N)、采样点 4#(101°59′57.79″E, 23°36′43.33″N)。采样时间在 2018 年 11 月 22—27 日和 2019 年 1 月 6—10 日 2 个时段采集水样及水生生物, 调查内容包括渔业资源; 珍稀、特有和濒危水生生物; 鱼类等水生生物生态功能区; 早期鱼类资源量; 底栖生物、浮游生物种类和密度; 水质现状调查评估。

1.2 调查方法 自然环境以现场踏勘和生境照片记录为主, 收集和查阅资料为辅。水质环境检测由元江县环境监测中心出具报告。参照《内陆水域渔业自然资源调查手册》^[7], 采用实地捕捞、市场调查、走访了解等方法进行水生生物的调查研究。并根据《中国淡水藻类》^[8]和《淡水微型生物与底栖动物图谱》^[9]进行鉴定分析。水生维管束植物依据《中国

基金项目 国家农业综合开发省级集中科技示范推广项目(KX141903300)。
作者简介 王正阳(1993—), 男, 河南周口人, 硕士研究生, 研究方向: 水产动物养殖与生态渔业资源。* 通信作者, 副教授, 硕士, 硕士生导师, 从事水产种质资源保护与利用研究。
收稿日期 2020-11-05

水生维管植物图谱》^[10] 分类鉴定。鱼类调查参照评价区域河段上设置不同断面,对调查范围内的鱼类资源进行全面调查。采取捕捞、市场调查和走访相结合的方法,采集鱼类标

本、收集资料、做好记录。通过对标本的分类鉴定、资料的分析整理,根据《云南鱼类志》^[11-12] 及相关资料记载,编制鱼类种类组成名录。

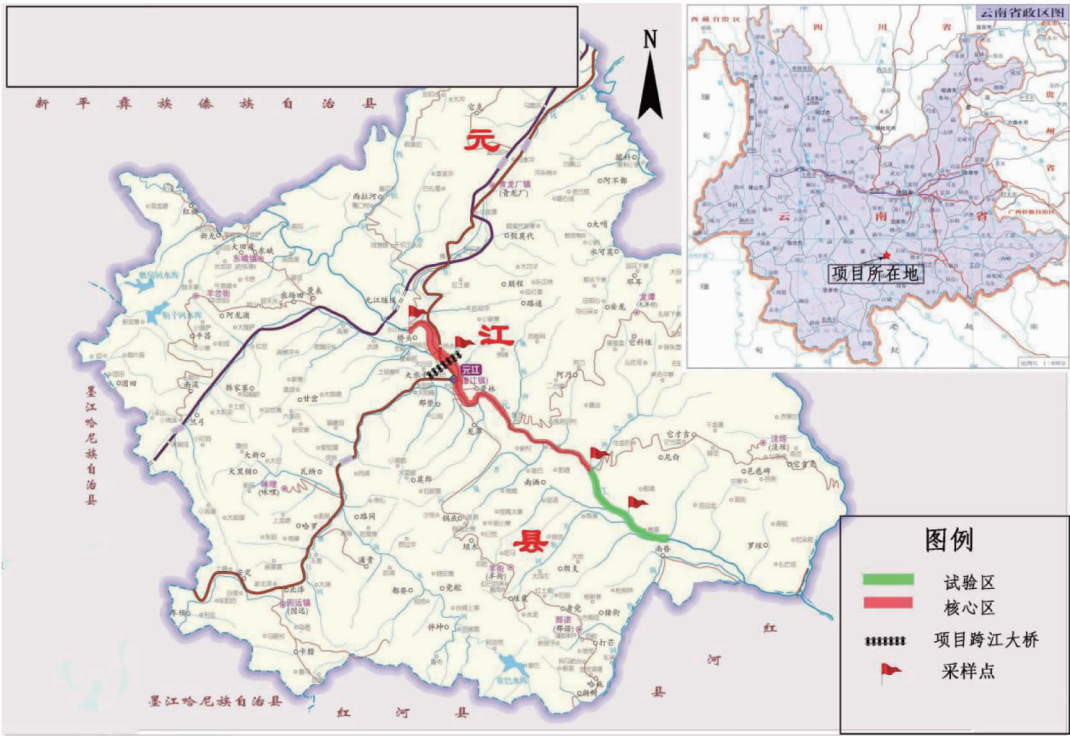


图1 采样点布置
Fig.1 Sampling point layout

2 结果与分析

2.1 水环境质量 评价区域内水体浑浊且有较多的泥沙,水质呈弱碱性,水体中有机物和营养盐含量高。对照 GB

3838—2002 地表水标准,对评价区水质监测和常规水质检测结果(表 1)表明评价区水质处于地表水Ⅳ类。

表 1 元江水质监测结果统计
Table 1 Statistics of water quality monitoring results in Yuanjiang

采样点 Sampling point	水温 Water temper- ature//℃	pH	溶解氧 DO mg/L	高锰酸 盐指数 Perman- ganate Index mg/L	五日生化 需氧量 BOD mg/L	氨氮 Ammonia mg/L	石油类 Petroleum mg/L	化学需 氧量 COD mg/L	总氮 TN mg/L	总磷 TP mg/L	锌 Zn mg/L	氟化物 Fluoride mg/L
1#断面 No.1 site	25.5	8.00	6.92	1.59	1.59	0.159	0.010	10.4	1.160	0.054	0.050	0.118
2#断面 No.2 site	24.9	7.99	7.02	1.71	1.48	0.102	0.010	10.8	0.848	0.040	0.050	0.114
3#断面 No.3 site	22.0	7.90	7.35	1.96	1.79	0.156	0.010	10.6	1.310	0.045	0.050	0.135
4#断面 No.4 site	22.0	7.86	7.48	1.87	1.36	0.130	0.010	12.7	1.190	0.048	0.060	0.138
采样点 Sampling point	硒 Se mg/L	砷 As mg/L	镉 Cd mg/L	六价铬 Cr VI mg/L	氰化物 Cyanide mg/L	阴离子 表面火性 Anionic surface fire//mg/L	硫化物 Sulfide mg/L	气压 Air pressure kPa	气温 Air temperat- ure//℃	水样状况 Water condition	备注(是 否断流) Remarks (whether the flow is cut off)	
1#断面 No.1 site	0.000 40	0.001 0	0.001 0	0.030	0.001 2	0.050	0.005	96.2	25.5	浑浊	否	
2#断面 No.2 site	0.000 40	0.001 5	0.001 0	0.024	0.001 5	0.050	0.005	98.2	27.8	浑浊	否	
3#断面 No.3 site	0.000 40	0.001 5	0.001 0	0.008	0.001 5	0.050	0.013	97.0	24.0	浑浊	否	
4#断面 No.4 site	0.000 40	0.001 0	0.001 0	0.011	0.001 0	0.050	0.008	97.1	23.5	浑浊	否	

2.2 浮游植物 经调查(表 2),1#~4#断面水生藻类共 6 门 48 种。藻类结构是以硅藻为主的硅藻,绿藻型结构。硅藻门

观察到有 19 种,占总种数的 39.58%;绿藻门 13 种,占总种数的 27.08%;蓝藻门 9 种,占总种数的 18.75%;裸藻门 3 种,占

总种数的 6.25%;黄藻门 2 种,占总种数的 4.17%;隐藻门 2 种,占总种数的 4.17%。在 2#中巨颤藻、短棘盘星藻为优势种,在 1#、3#中只发现偶见种和常见种没有优势种,4#只发现偶见种。

1#~4#断面浮游植物生物量分别为 1.498、1.074、0.904、

0.729 mg/L,平均生物量为 1.051 mg/L,其中绿藻门生物量占比最大,1#~4#断面分别为 43.60%、35.71%、27.45%、27.38%,其次是硅藻门和蓝藻门。1#~4#断面浮游植物种类组成有所差异(表 2),且取样时河水中泥沙含量较多。

表 2 评价区浮游植物名录
Table 2 List of phytoplankton in the assessment area

门 Phyla	种 Species	出现地点 Presenting site			
		1#断面 No.1 site	2#断面 No.2 site	3#断面 No.3 site	4#断面 No.4 site
蓝藻门 Cyanophyta	小颤藻 <i>Oscillatoria tenuis</i>			+	+
	小形色球藻 <i>Chroococcus minor</i>	++	++	++	+
	巨颤藻 <i>O.prtnceps</i> Vauch	+	+++	++	+
	纸形席藻 <i>P.papyraceum</i> Gom			+	+
	水华束丝藻 <i>A.flos-aquae</i>		++	+	+
	点形念珠藻 <i>N.punctiforme</i>		++	+	+
	螺旋纤维藻 <i>Ankistrodesmus spiralis</i>	+	+	+	+
	微小色球藻 <i>Chroococcus minutus</i> (Kutz) Nag	+	+	+	
	鱼腥藻 <i>Anabaena</i>	+	+		+
硅藻门 Bacillariophyta	近缘桥弯藻 <i>Cymbella affinis</i>		++	+	+
	舟形桥弯藻 <i>C.naviculiformis</i> auersw.	+	+	+	
	双头舟形藻 <i>Navicula cincta</i>	+	++	+	+
	系带舟形藻 <i>Navicula cincta</i>		+	+	+
	隐头舟形藻 <i>Navicula cryptocephala</i>		++	+	+
	扁圆卵形藻 <i>C.placentula</i>	+	++	+	+
	近缘针杆藻 <i>Cynedra affinis</i>	++	+		+
	肘状针杆藻 <i>Synedra.danica</i>	+	+	+	+
	粗壮双菱藻 <i>Sarirella robusta</i>		++	+	+
	短小舟形藻 <i>Navicula exigua</i>	+	+	++	+
	钝脆杆藻 <i>F.capucina</i>		+	+	+
	尖头针杆藻 <i>Synedra acus</i>	+	++	++	+
	近线形菱形藻 <i>Nitzschia subinearis</i>		+	+	+
	椭圆形舟形 <i>N.schonfeldii</i>	+			+
	中间异极藻 <i>G.intricatum</i>	+	+	+	+
	变异直链藻 <i>M.varians</i>		+	+	+
	尖针杆藻 <i>S.acus</i>	+	+		+
	丝状菱形藻 <i>N.filiformis</i> (W.Smith)		+	+	
	绒毛平板藻 <i>T.flocculosa</i> (Roth.) Kutz	+	+		
	多形丝藻 <i>Ulothrix variabilis</i>		++	++	
绿藻门 Chlorophyta	集星藻 <i>Actinastrum hantzschii</i>	+			+
	小球藻 <i>C.vulgaris</i>	+		+	+
	锐新月藻 <i>C.acerosum</i>	+	++	+	
	实球藻 <i>P.morum</i>	+	++	+	+
	普通水绵 <i>S.communis</i>	+	+		+
	粗水绵 <i>S.Pirogyrasp</i> Kutz	+		+	+
	尾丝藻 <i>Uronema confervicolum</i> Lag.		++	+	+
	细丝藻 <i>U.tenerrina</i> (Kutz.) Kutz	+	+	+	
	短棘盘星藻 <i>P.boryanum</i> (Turp.) Men.	+	+++		
	小新月藻 <i>C.parvulum</i> Nag			+	+
	别针新月藻 <i>C.acerosum</i> (Schr.)		+		
	四尾栅藻 <i>Scenedesmus quadricauda</i> (Turp) Bre'b	++		+	
	梨形扁裸藻 <i>Phacus pyrum</i>		+	+	+
裸藻门 Euglenophyta	暗绿囊裸藻 <i>Trachelomonsa euchlora</i>	+	+	+	+
	尖尾裸藻 <i>Euglena axyuris</i>		+		+
	嗜蚀隐藻 <i>Cr.erosa</i>	+	+	+	+
隐藻门 Cryptophyta	吻状隐藻 <i>Cr.rostrata</i>		+	+	+
	小型黄丝藻 <i>T.minus</i> (Will.)	+	+	+	
黄藻门 Xanthophyta	拟丝藻黄丝藻 <i>T.ulothrichoides</i> Pasch.	+	+		

注: +偶见种, ++常见种, +++优势种
Note: + occasional species, ++ common species, +++ dominant species

2.3 浮游动物 经调查(表 3), 1#~4#断面浮游动物共 4 大 类 18 种,其中原生动物 7 种,占总种数的 38.89%;轮虫 5 种,

占总种数的 27.78%; 枝角类 4 种, 占总种数的 22.22%; 桡足类 2 种, 占总种数的 11.11%。

1#~4#断面的浮游动物生物量分别为 0.689、0.733、0.494、0.593 mg/L, 平均生物量为 0.627 mg/L; 其中枝角类生物量占比最大, 1#~4#断面分别为 76.92%、66.85%、70.85%、74.20%。浮游动物数量以原生动物最多。总体来说, 评价区断面 1#生物量小于断面 2#的生物量与生境有关, 浮游动物生物量分布整体不均匀。

表 3 评价区浮游动物名录

Table 3 List of zooplankton in the assessment area

类别 Category	种 Species	出现地点 Presenting site			
		1#断面 No.1 site	2#断面 No.2 site	3#断面 No.3 site	4#断面 No.4 site
原生动物门 Protozoa	盘状表壳虫 <i>Arcella discoides</i>	+	+	+	+
	瓶沙壳虫 <i>Diffugia urceolata</i>		+	+	+
	梨型沙壳虫 <i>Diffugia phriformis</i>		+	+	+
	缘急游虫 <i>Strombidium wirid</i>	+	+	+	+
	单环栉毛虫 <i>Didinium balhianii</i>	+	+		+
	梨型沙壳虫 <i>Diffugia phriformis</i>	+	+	+	
	浮游累枝虫 <i>Epistylis rotans</i>			+	+
轮虫类 Rotifrt	蓴花臂尾轮虫 <i>Brachionus ealyciflorus</i>	+	+	+	+
	长刺异尾轮虫 <i>Trichoerca elongata</i>	+	+		
	螺形龟甲轮虫 <i>Keratellacochlearis</i>	+	+	+	+
	裂足轮虫 <i>Schizocerca diversicornis</i>		+	+	+
	盘状鞍甲轮虫 <i>Lepadella patella</i>		+	+	
枝角类 Cladocera	短尾秀体蚤 <i>Diaphanosoma brachyurum</i>	+	+	+	+
	长额象鼻蚤 <i>Basmina longirostris</i>	+	+	+	+
	圆形盘肠蚤 <i>Chydorus sphaericus</i>	+	+	+	+
	直额裸腹蚤 <i>Moina rectirorstris</i>	+	+		+
桡足类 Copoepoda	广布中水蚤 <i>Mesocyclops leuckarti</i>	+	+		
	无节幼体 <i>Nauplii</i>		+	+	

2.4 底栖动物 经调查(表 4), 1#~4#断面共采集到底栖动物 3 门 11 种, 其中软体动物门有 5 种, 占总种数的 45.46%; 节肢动物门 4 种, 占总种数的 36.36%; 环节动物门 2 种, 占总种数的 18.18%。其中软体动物门种类最多, 节肢动物门次

之, 环节动物门 2 种分别为霍甫水丝蚓和腹平扁蛭。1#~4#断面软体动物门中的河蚌与椭圆萝卜螺比较常见, 节肢动物门中的摇蚊幼虫和蜉蝣也比较常见。

表 4 评价区底栖动物种类名录

Table 4 List of benthic animal species in the assessment area

门 Phyla	种 Species	出现地点 Presenting site			
		1#断面 No.1 site	2#断面 No.2 site	3#断面 No.3 site	4#断面 No.4 site
软体动物门 Mollusca	河蚌 <i>Corbicula fluminea</i>	+	+	+	+
	中华圆田螺 <i>Cipangopaludina cahayensis</i>	+	+		
	椭圆萝卜螺 <i>Radix swinhoei</i>	+	+		+
	背角无齿蚌 <i>Anodontawoodianawoodiana</i>	+		+	
	福寿螺 <i>Pomacea canaliculata</i> Spix	+	+	+	
节肢动物门 Arthropoda	摇蚊幼虫 <i>Tendipes</i> sp.	+	+	+	+
	蜉蝣 <i>Ephemera</i> sp.	+	+	+	+
	小划蝽 <i>Sigara substriata</i>		+	+	+
	水蝇 <i>Ephydra</i>	+		+	+
环节动物门 Annelida	霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> Claparède			+	+
	腹平扁蛭 <i>Glossiphonia complanata</i>	+	+	+	

2.5 水生维管束植物 经调查(表 5), 4 个断面采集水生维管束植物共 9 种。4 个断面水中泥沙含量较多, 岸边多为岸生湿生植物。

2.6 鱼类

2.6.1 鱼类的种类组成。经调查(表 6), 此次采样共采集到鱼类 20 种共 108 尾, 重量为 9 856.5 g。其中鲤形目鲤科鱼类 75 尾、鳅科鱼类 3 尾、鲇形目 17 尾、合鳃鱼目的 4 尾和鲈形目 9 尾。以鲤形目最多, 鲇形目次之。

2.6.2 鱼类区系组成。采用李思忠^[13]的划分方法, 元江鱼类区系组成为华南区的怒澜亚区。

表 5 评价区水生维管束植物名录
Table 5 List of aquatic vascular plants in the assessment area

门类 Phyla	类型 Types	种类 Species
被子植物门 Angiospermae	挺水植物 Emerged plant	芦苇 <i>Phragmitis communis</i>
		水葱 <i>Scirpus prostrata</i>
		小叶狸藻 <i>Utricularia gibba</i>
	浮叶植物 Floating-leaved plant	眼子菜 <i>Potamogeton distinctus</i>
	漂浮植物 Floating plant	凤眼莲 <i>Eichornia crassipes</i>
		浮萍 Common Duckweed
	沉水植物 Submergedplant	金鱼藻 <i>Ceratophyllum demersum</i>
	湿生植物 Hygrophyte	喜旱莲子草 <i>Alternanthera philoxeroides</i>
		水蓼 <i>Polygonum hydropiper</i>

表 6 评价区域内鱼类
Table 6 Fishes in the assessment area

目 Orders	科 Families	种 Species	采集数量 Number of collections//尾
鲤形目 Cypriniformes	鲃科 Cobitidae	横纹南鳅 <i>Schistura fasciolatus</i>	1
		泥鳅 <i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	2
	鲤科 Cyprinidae	丽色低线鳊 <i>Barilius pulchellus</i>	2
		马口鱼 <i>Opsariichthys bidens</i>	7
		<i>Hemiculter leucisculus</i>	12
		花 <i>Hemibarbus maculatus</i>	8
		麦穗鱼 <i>Pseudorasbora parva</i>	6
		棒花鱼 <i>Abbotina rivularis</i>	8
		南方白甲鱼 <i>Onychostoma gerlachi</i>	4
		云南四须鲃 <i>Barbodes huangchuchieni</i>	1
		元江华鲮 <i>Bangana lemassoni</i>	2
		墨头鱼 <i>Garra pingi</i>	3
		华南鲤 <i>Cyprinus carpio rubrofusus</i>	15
		鲫 <i>Carassius auratus</i>	7
鲇形目 Siluriformes	胡子鲇科 Clariidae	胡子鲇 <i>Clarias fuscus</i>	2
	鮡科 Sisoridae	巨鮡 <i>Bagarius yarrelli</i>	7
	鲿科 Bagridae	黄颡鱼 <i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	8
合鳃鱼目 Synbranchiformes	合鳃鱼科 Synbranchidae	黄鳝 <i>Monopterus albus</i>	2
	刺鲀科 Mastacebelidae	大刺鲀 <i>Mastacembelus armatus</i>	2
鲈形目 Perciformes	丽鱼科 Cichlidae	尼罗罗非鱼 <i>Oreochromis nilotica</i>	9

2.6.3 珍稀、特有和濒危水生生物现状与评价。无珍稀和国家、省级保护鱼类,也无特有的狭域分布的鱼类。《中国濒危动物红皮书·鱼类》记载流域内分布的暗色唇鱼、唇鱼和异鳊,属易危等级,此次调查未采集到上述 3 种鱼类。

2.6.4 鱼类产卵场。元江水系主要分布鱼类以鲤科为主,流域无产漂浮性鱼卵的鱼类。对现场采集鱼类的分析及走访沿江居民和主要渔民,并结合鱼类生物学特性和水文学特征的鱼类进行分析,评价区内有 2 个产卵场,主要是元江鲤、鲫等产黏性卵的鱼类在此产卵,产卵时间集中在每年 3—6 月。

3 讨论与结论

浮游植物是水域中的初级生产者,其生物量也可反映水体富营养化程度^[14]。浮游植物的种类组成和物种的丰富度是水域生态系统重要的生物学指标,其种类组成、物种丰富度和优势种群变化都可作为外界环境变化的依据,调查结果

可为判定大桥建成对水生生物的影响提供依据。通过对元江流域鱼类资源进行调查分析,其分布有 87 种鱼类,以鲤形目最多,鲇形目次之^[11]。此次在评价区内调查共收集 20 种鱼类,鱼类的种类构成以鲤形目最多,鲇形目次之,与元江流域整体鱼类种类结构一致。此外,元江流域未发现大型长距离洄游性鱼类,可能会在干流和支流之间有短距离洄游鱼类如越鳊、斑鳊等,洄游通道已被上游流域建设多个水电站截断,与大桥建设关联度不大。

建设大桥对评价区环境影响可分为施工期和运营期,施工期对评价区的水环境影响较大,时间较短;运营期对评价区的水环境影响较小,时间长;施工期和运营期对水生态影响为主要影响,主要通过生态补偿来恢复水生生物的种群结构^[15-19]。对评价区的水生生物影响表现如下:①浮游生物。局部水域悬浮物增加,水体透明度下降,会影响该水域浮游植物的光合作用,造成浮游植物种群密度和数量减少。此

外,以浮游植物为食的浮游动物也会随之减少。随着时间的推移,浮游生物生物量会慢慢恢复。②底栖动物。密度较大的悬浮物会大量沉积水底,覆盖河床,同时也会掩埋部分生活砾石间地栖动物,可能会使底栖动物的死亡或迁移。③水生维管束植物。在施工期人类的活动对水生维管束植物的影响较小,在运营期间随着时间的推移也会逐渐恢复,种类和组成基本保持不变。④鱼类。大桥不存在阻隔,洄游性鱼类无法洄游是因为干流及支流的建设的水电站造成的阻隔,与大桥建设关联度不大。通过实际的考察调研,评价区域内并未发现产卵场,大桥的建设也不会改变评价区的生境^[20-22]。

评价区域内涉水工程占用河道面积有限,其他无任何涉水生生产经营活动。在施工期和运营期会对保护区造成直接影响,但影响是有限的,整个评价区保护区域为 600 hm²,而建设项目直接涉水工程占用河道面积约 128 m²,占比不到十万分之三,直接造成的水生生物损害的占比也很小。

评价区域内涉水工程占用河道面积小,对水体和水生生物影响有限,而且大多能在短期恢复,但依旧需做生态补偿,补偿方式为增殖放流,放流时间为 6 年(施工期 2 年,运营期 4 年),放流鱼类为评价区重点保护对象元江鲤,数量 100 000 尾/a,规格为 5~7 cm^[23]。对保护区水域生态环境进行为期 6 年的监测,去掌握这种影响的程度和机理,预测水生态环境可能出现的变化趋势并制定防治对策,督促业主严格执行各项保护措施。在大桥建设的施工期和运营期应开展环保和管理措施、环境监测、科学研究以及监测、监管等一系列措施^[24-25]。

参考文献

[1] 任向宇,刘俊生,孙政.某水电站坝址左岸拱间槽边坡岩体稳定性分析研究[J].资源环境与工程,2008,22(S1):5-7.

[2] 金军,杨坤光.金沙江白鹤滩水电站坝址区断层变形特点及成因分析[J].地质科技情报,2007,26(5):17-22.

[3] MOORE A A, PALMER M A. Invertebrate biodiversity in agricultural and urban headwater streams: Implications for conservation and management [J]. Ecological applications, 2005, 15(4): 1169-1177.

(上接第 73 页)

[27] 周葆华,操璟璟,朱超平,等.安庆沿江湖泊湿地生态系统服务功能价值评估[J].地理研究,2011,30(12):2296-2304.

[28] 崔丽娟.鄱阳湖湿地生态系统服务功能价值评估研究[J].生态学杂志,2004,23(4):47-51.

[29] 陈鹏.厦门湿地生态系统服务功能价值评估[J].湿地科学,2006,4(2):101-107.

[30] 王娟,马文俊,陈文业.黄河首曲-玛曲高寒湿地生态系统服务功能价值估算[J].草业科学,2010,27(1):25-30.

[31] 庄大昌.洞庭湖湿地生态系统服务功能价值评估[J].经济地理,2004,

[4] BRITTINGHAM M C, MALONEY K O, FARAG A M, et al. Ecological risks of shale oil and gas development to wildlife, aquatic resources and their habitats [J]. Environmental science & technology, 2014, 48(19): 11034-11047.

[5] 李刚,解福燕,李成鹏.元江县 60 年降水变化特征及成因分析[J].云南科技管理,2014,27(4):27-29.

[6] 武祥伟,梁云安,李映民,等.南捧河轩莱水电站坝址段水生生物资源调查与评价[J].云南农业大学学报,2014,29(6):806-814.

[7] 张觉民,何志辉.内陆水域渔业自然资源调查手册[M].北京:农业出版社,1991.

[8] 胡鸿钧,李尧英,魏印心,等.中国淡水藻类[M].上海:上海科学技术出版社,1980.

[9] 周凤霞,陈剑虹.淡水微生物与底栖动物图谱[M].2 版.北京:化学工业出版社,2011.

[10] 中国科学院武汉植物研究所.中国水生维管束植物图谱[M].武汉:湖北人民出版社,1983.

[11] 褚新洛,陈银瑞.云南鱼类志:上册[M].北京:科学出版社,1989.

[12] 褚新洛,陈银瑞.云南鱼类志:下册[M].北京:科学出版社,1990.

[13] 李思忠.中国淡水鱼类的分布区划[M].北京:科学出版社,1981.

[14] 冉隆田,张正清.重庆乌江彭水水电站坝址区岩溶发育特点及工程意义[J].资源环境与工程,2008,22(S1):33-38.

[15] 张婷,马行厚,王桂苹,等.鄱阳湖国家级自然保护区浮游生物群落结构及空间分布[J].水生生物学报,2014,38(1):158-165.

[16] 蔡玉鹏.大型水利工程对长江中下游关键生态功能区影响研究[D].南京:河海大学,2007.

[17] PERERA H A C C, 李钟杰, DE SILVE S S, 等.三峡水库不同区域对鱼类群落结构和鱼类组成动态的影响[J].水生生物学报,2014,38(3):438-445.

[18] 张俊友.广润河流域水生生物资源调查与水生生态环境评价[D].武汉:华中农业大学,2005.

[19] 陈文江,谭炳卿,吕友保.巢湖生态调水对鱼类资源的影响分析[J].合肥工业大学学报(自然科学版),2012,35(12):1681-1685.

[20] 刘梦石.呼玛河大桥工程对呼玛河自然保护区的影响及保护[D].哈尔滨:东北林业大学,2015.

[21] 周小愿.水利水电工程对水生生物多样性的影响与保护措施[J].中国农村水利水电,2009(11):144-146.

[22] 高勇,常剑波.过鱼设施对鱼类资源保护的意义[C]//中国海洋湖沼学会鱼类学分会、中国动物学会鱼类学分会 2004 年学术研讨会摘要汇编.北京:中国动物学会,2004.

[23] 曹园园,曠向宁,卫萍萍.我国流域生态补偿标准主要算法探讨[C]//2014 年全国河湖污染治理与生态修复论坛.[出版地不详]:[出版者不详],2014.

[24] 蔡焱,贺玉龙,杨立中,等.浅谈高速铁路桥梁钻孔灌注桩施工对水环境的影响及防治措施[J].河南科技,2010(16):17-18.

[25] 宋文玲,钱谊,苏晓星.大丰风电场建设对盐城自然保护区的生态影响分析[J].环境监测管理与技术,2011,23(4):32-36.

24(3):391-394,432.

[32] SARUKHAN J, WHYTE A, HASSAN R, et al. Millenium ecosystem assessment: Ecosystems and human well-being [M]. Washington, DC: Island Press, 2005.

[33] 吴平,付强.扎龙湿地生态系统服务功能价值评估[J].农业现代化研究,2008,29(3):335-337.

[34] 熊凯,孔凡斌.湖泊湿地生态补偿标准研究:以鄱阳湖湿地为例[M].北京:经济管理出版社,2017.

[35] 庞丙亮.湿地生态系统服务价值评价的去重复性计算研究[D].北京:中国林业科学研究院,2014.