

# 大渡河乐山段鱼类群落结构特征研究

邓旭艳<sup>1</sup>, 王文君<sup>2</sup>, 方艳红<sup>2</sup>, 黄道明<sup>2</sup>

(1. 中国水电建设集团四川电力开发有限公司, 四川 成都 610041;

2. 水利部中国科学院水工程生态研究所, 水利部水工程生态效应与生态修复重点实验室, 湖北 武汉 430079)

**摘要:** 为了解大渡河乐山段鱼类群落结构和多样性的分布特征, 2015年11月至2017年4月, 在大渡河河口乐山市沙湾区至市中区长约30 km的河网段布置7个采样断面, 采用定置刺网、地笼和电捕等方法, 进行了4次鱼类资源调查。结果表明, 调查期间共采集到鱼类57种, 隶属于5目、13科、48属; 其中, 鲤形目(38种)占总数的66.67%; 鲇形目(13种)占22.81%; 鲈形目(4种)占7.02%; 合鳃目(1种)和鲢形目(1种)均占1.75%。该区域鱼类群落以杂食性、底栖、适应缓流生境的种类为主。根据优势度指数(index of relative importance, IRI)分析, 安谷电站坝上库区河段鱼类优势种有7种, 坝下河段有8种, 生态河道有8种。鱼类群落多样性指数以安谷电站坝下河段最高。生态类群分析表明, 安谷电站坝上与坝下江段的鱼类群落结构差异显著, 渔获物个体小型化趋势明显。目前的水电开发和过度捕捞是影响大渡河乐山段鱼类资源最主要的胁迫因素。

**关键词:** 大渡河; 鱼类群落结构; 优势种; 生物多样性

**中图分类号:** Q145    **文献标志码:** A    **文章编号:** 1674-3075(2020)02-0053-09

大渡河发源于青海省境内的果洛山南麓, 是长江上游岷江水系最大支流。两源河足木足河与绰斯甲河在双江口汇合后始称大渡河。干流全长约1 062 km, 天然落差4 175 m, 全流域面积77 400 km<sup>2</sup> (不包括青衣江), 河口多年平均流量1 500 m<sup>3</sup>/s, 年径流量470亿 m<sup>3</sup>。大渡河按河道特征及降水特性区分, 一般以泸定以上为上游, 泸定至乐山市铜街子为中游, 铜街子以下为下游。大渡河乐山段与青衣江、岷江交汇, 汉濠纵横, 多叉道、漫滩、砾洲, 也有少量深潭, 水流缓急交错, 是大渡河上下游与青衣江、岷江鱼类迁移交流的通道, 分布有大渡河多种鱼类。项目组于2007年曾在该河段开展鱼类资源的调查, 采集到鱼类67种, 主要为分布于江河平原的鮡亚科和鲃亚科以及鲢科等东亚类群, 也有部分适应急流生活的东洋区系类群, 如鳅科、平鳍鳅科、鮡科和钝头鮡科等种类。

安谷水电站工程是大渡河干流梯级开发中的最后一级, 枢纽位于四川省乐山市沙湾区嘉农镇, 上游

距乐山市沙湾区约15 km, 下游距乐山市市中区约15 km。安谷水电站于2015年8月正式投产运营。电站建成后, 形成约11.4 km的库区和坝下约10 km的泄洪渠与尾水渠, 河道左侧保留了较原始的网状生境结构生态河道。大渡河乐山市沙湾区至市中区原有的网状、开放、连通的河流系统被分割成电站坝上河段、坝下河段与左侧生态河道3种生态结构差异显著的区段。安谷水电站建成后, 改变了生存环境, 鱼类群落为适应不同生境条件将建立新的平衡结构。本文通过探究大渡河乐山段鱼类群落结构的分布特征, 分析安谷水电站的建设对鱼类群落结构的影响, 旨在保护和恢复大渡河鱼类物种多样性, 为安谷水电站现有鱼类保护措施进一步完善提供参考。

## 1 材料与方法

### 1.1 调查区域与时间

鱼类样本采自大渡河河口乐山市沙湾区至市中区长约30 km的河网段。结合河段的生境条件共布置7个采样断面(图1), 调查时间为2015年11月、2016年4月、2016年9月和2017年4月。

安谷水电站的建设使大渡河乐山段形成了环境特征差异明显的区段, 为分析不同生境条件下鱼类群落结构及生物多样性的空间分布特征, 本文将调查区域分为安谷水电站坝上河段、坝下河段以及左侧生态河道3个部分; 其中, 坝上河段为电站库区,

收稿日期: 2018-08-15

**基金项目:** 水利部公益性行业科研专项项目(200901009), 中国水利水电建设集团公司科研项目(AG2012/S-46-A); 中国水利水电建设集团公司监测项目(AG2014/S-83)。

**作者简介:** 邓旭艳, 1982年生, 男, 高级工程师, 主要从事水电移民环保工作。E-mail: 274471566@qq.com

**通信作者:** 王文君, 1980年生, 女, 高级工程师, 主要从事水生态保护与修复工作。E-mail: 26759040@qq.com

水流平缓,水面宽阔,泥沙沉积;坝下河段为电站泄洪渠与尾水渠,水流湍急,河道顺直,两岸硬质化;生态河道急缓流交错,河道蜿蜒,生境多样化。

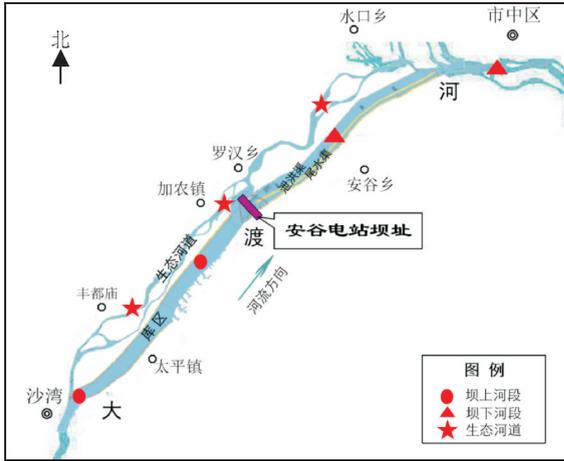


图1 大渡河乐山段鱼类采样断面

Fig.1 Location of sampling transects in the Leshan section of Dadu River

## 1.2 调查方法

鱼类调查方法参考《内陆水域渔业自然资源调查手册》(张觉民,1991)。采集工具和捕捞方式主要有定置刺网、地笼和电捕;其中,定置刺网的网目为2~10 cm,网高2~5 m,网长50~100 m,地笼网目1 cm,较浅水域则配合电捕。以上几种采集工具及其捕捞方式,基本采集到了研究区域不同类型水体中的鱼类,保证了获得数据的完整性。

测量采集鱼类样本的形态数据,全长和体长精确到0.1 cm;体重精确到0.1 g。在采样现场直接对鱼类样本进行鉴定至种。当场不能确定的种类,先进行活体拍照,再用10%的福尔马林溶液固定后带回实验室进一步鉴定。种类鉴定参考相关文献(湖北省水生生物研究所鱼类研究室,1976;丁瑞华,1994;陈宜瑜等,1998;伍汉霖等,1999;褚新洛等,1999;乐佩琦等,2000)。

## 1.3 数据分析

本文采用 Shannon-Wiener 多样性指数( $H'$ ) (Wilhm, 1968)、Pielou 均匀度指数( $J'$ ) (Pielou, 1975)、Margalef 丰富度指数( $R$ ) (Margalef, 1957; 李博等,2000)分析大渡河乐山段鱼类群落的生物多样性;通过优势度指数(index of relative importance, IRI)确定鱼类优势种(Pianka, 1971)。

$$H' = -\sum_{i=1}^S \frac{W_i}{W} \ln \frac{W_i}{W}$$

式中: $W_i$  为第*i*种鱼类重量; $W$  为鱼类总重量; $S$  为鱼类总种类数。

$$J' = H' / \ln S$$

式中: $H'$  为物种多样性指数; $S$  为鱼类总种类数。

$$R = (S - 1) / \ln N$$

式中: $S$  为鱼类总种类数; $N$  为鱼类总尾数。

$$IRI = (N\% + W\%) \times F\%$$

式中: $N\%$  为某一类鱼的尾数占总尾数的百分比; $W\%$  为某一类鱼的重量占总重量的百分比; $F\%$  为某一类出现的区段数占总取样区段数的百分比。本文以  $IRI > 500$  的种类定为优势种。

## 2 结果与分析

### 2.1 鱼类种类组成

本次调查共采集到鱼类 11 622 尾、115.62 kg, 隶属 5 目、13 科、48 属、57 种(表 1)。其中,鲤形目 38 种,占总种类数的 66.67%;鲇形目 13 种,占 22.81%;鲈形目 4 种,占 7.02%;合鳃目和鳊形目各 1 种,均占 1.75%。在科水平上,坝上河段采集到鲤科种类占 55.26%,鳊科和鳅科分别占 13.16%;坝下河段鲤科种类占 50.00%,鳊科和鳅科分别占 14.00%;生态河道鲤科种类占 56.76%,鳊科占 16.22%,鳅科占 10.81%。可见各调查区段均以鲤科种类为主,其次是鳊科和鳅科,其他科的种类偶见。

采集的鱼类中,坝下河段种类最多(50 种),坝上河段(38 种)与生态河道相对较少(37 种)。

本次采集到的种类中,有 1 种四川省级保护水生野生动物小眼薄鳅 (*Leptobotia microphthalmina*);红皮书种类 1 种,为易危种 (VU) 即长薄鳅 (*Leptobotia elongata*);红色名录种类 3 种,其中濒危种 (EN) 2 种,白缘鱼鳅 (*Liobagrus marginatus*)、黄石爬鮡 (*Euchiloglanis kishinouyei*);易危种 (VU) 1 种,长薄鳅 (*Leptobotia elongata*)。长江上游特有鱼类 9 种,分别为短体副鳅 (*Paracobitis potanini*)、山鳅 (*Oerias dabryi*)、长薄鳅 (*Leptobotia elongata*)、小眼薄鳅 (*Leptobotia microphthalmina*)、四川华鳊 (*Sinibrama taeniatus*)、裸腹片唇鮡 (*Platysmacheilus nudiventris*)、异鳔鳅鮠 (*Xenophysogobio boulengeri*)、短身金沙鳅 (*Botia superciliaris*)、黄石爬鮡 (*Euchiloglanis kishinouyei*)。

### 2.2 鱼类生态类型

本次研究从鱼类对水流的适应性、食性和栖息空间分布几个方面统计分析大渡河乐山段鱼类的生态类型(表 1)。

表 1 大渡河河口鱼类种类组成

Tab.1 Fish species composition in the Leshan section of Dadu River

种类	坝上河段	坝下河段	生态河道	生态习性
<b>鲤形目 CYPRINIFORMES</b>				
<b>鳅科 Cobitidae</b>				
副鳅属 <i>Paracobitis</i>				
红尾副鳅 <i>P. variegatus</i>	+	+	+	R, I, BE
短体副鳅 <i>P. potanini</i>	+	+	+	R, I, BE
山鳅属 <i>Oerias</i>				
山鳅 <i>O. dabryi</i>	+	+	+	R, I, BE
沙鳅属 <i>Botia</i>				
中华沙鳅 <i>B. superciliosus</i>		+		R, C, BE
薄鳅属 <i>Leptobotia</i>				
长薄鳅 <i>L. elongata</i>	+	+		R, C, BE
小眼薄鳅 <i>L. microphthalmus</i>		+		R, O, BE
泥鳅属 <i>Misgurnus</i>				
泥鳅 <i>M. anguillicaudatus</i>	+	+	+	N, O, BE
<b>鲤科 Cyprinidae</b>				
鳊属 <i>Zacco</i>				
宽鳍鳊 <i>Z. platypus</i>	+	+	+	R, O, MU
马口鱼属 <i>Opsariichthys</i>				
马口鱼 <i>O. bidens</i>	+		+	R, C, MU
草鱼属 <i>Ctenopharyngodon</i>				
草鱼 <i>C. idellus</i>		+		N, H, MD
鲮属 <i>Xenocypris</i>				
银鲮 <i>X. argentea</i>	+	+	+	N, O, BE
鲢属 <i>Hypophthalmichthys</i>				
鲢 <i>H. molitrix</i>	+		+	N, P, MU
鳊属 <i>Rhocheilus</i>				
高体鳊 <i>R. ocellatus</i>	+		+	N, O, MU
华鳊属 <i>Sinibrama</i>				
四川华鳊 <i>S. taeniatus</i>	+	+	+	N, O, MD
半鲮属 <i>Hemiculterella</i>				
半鲮 <i>H. sauvagei</i>		+		N, O, MU
鲮属 <i>Hemiculter</i>				
鲮 <i>H. leucisculus</i>	+	+	+	N, O, MU
鱼骨属 <i>Hemibarbus</i>				
唇鱼骨 <i>H. labeo</i>	+	+	+	N, I, MD
花鱼骨 <i>H. maculatus</i>	+	+	+	N, I, MD
麦穗鱼属 <i>Pseudorasbora</i>				
麦穗鱼 <i>P. parva</i>	+	+	+	N, O, MD
鲮属 <i>Sarcocheilichthys</i>				
黑鳍鲮 <i>S. nigripinnis</i>	+	+	+	R, O, MD
颌须鲮属 <i>Gnathopogon</i>				
短须颌须鲮 <i>G. imberbis</i>	+	+	+	N, O, MD
银鲮属 <i>Squalidus</i>				
银鲮 <i>S. argentatus</i>	+	+	+	N, O, MD
吻鲮属 <i>Rhinogobio</i>				
吻鲮 <i>R. typus</i>		+		N, O, BE
片唇鲮属 <i>Platysmacheilus</i>				
裸腹片唇鲮 <i>P. nudiventris</i>		+		R, O, BE
棒花鱼属 <i>Abbotina</i>				
棒花鱼 <i>A. rivularis</i>	+	+	+	R, O, BE
钝吻棒花鱼 <i>A. obtusirostris</i>	+	+	+	R, O, BE
小鰾鲮属 <i>Microphysogobio</i>				
乐山小鰾鲮 <i>M. kacheensis</i>	+	+	+	R, O, MD
蛇鲮属 <i>Saurogobio</i>				
蛇鲮 <i>S. dabryi</i>	+	+	+	N, O, BE

续表 1

种类	坝上河段	坝下河段	生态河道	生态习性
异鳔鲈属 <i>Xenophysogobio</i>				
异鳔鲈 <i>X. boulengeri</i>	+	+		R, I, BE
鳅属 <i>Gobiobotia</i>				
宜昌鳅 <i>G. filifer</i>		+		R, I, BE
倒刺鲃属 <i>Spinibarbus</i>				
中华倒刺鲃 <i>S. sinensis</i>		+		R, O, BE
白甲鱼属 <i>Onychostom</i>				
白甲鱼 <i>O. simus</i>		+	+	R, H, BE
泉水鱼属 <i>Pseudogyriinocheilus</i>				
泉水鱼 <i>P. prochilus</i>	+	+	+	R, O, BE
鲤属 <i>Cyprinus</i>				
鲤 <i>C. carpio</i>	+	+	+	N, O, BE
鲫属 <i>Carassius</i>				
鲫 <i>C. auratus</i>	+	+	+	N, O, BE
平鳍鳅科 Homalopteridae				
犁头鳅属 <i>Lepturichthys</i>				
犁头鳅 <i>L. fimbriata</i>		+		R, O, BE
金沙鳅属 <i>Jinshaia</i>				
短身金沙鳅 <i>J. abbreviata</i>		+		R, O, BE
后平鳅属 <i>Metahomaloptera</i>				
峨嵋后平鳅 <i>M. omeiensis</i>	+	+	+	R, O, BE
<b>鲇形目 SILURIFORMES</b>				
鲇科 Siluridae				
鲇属 <i>Silurus</i>				
鲇 <i>S. asotus</i>	+	+	+	N, C, BE
鲮科 Bagridae				
黄颡鱼属 <i>Pelteobagrus</i>				
黄颡鱼 <i>P. fulvidraco</i>	+	+	+	N, C, BE
瓦氏黄颡鱼 <i>P. vachelli</i>	+	+	+	N, C, BE
鲮属 <i>Leiocassis</i>				
粗唇鲮 <i>L. crassilabris</i>	+	+	+	N, C, BE
拟鲮属 <i>Pseudobagrus</i>				
切尾拟鲮 <i>P. truncatus</i>		+	+	N, C, BE
细体拟鲮 <i>P. pratti</i>	+		+	N, C, BE
短尾拟鲮 <i>P. brevicaudatus</i>		+		N, C, BE
凹尾拟鲮 <i>P. emarginatus</i>	+	+	+	N, C, BE
鲮属 <i>Mystus</i>				
大鳍鲮 <i>M. macropterus</i>		+		R, C, BE
钝头鲮科 Amblycipitidae				
鱼殃属 <i>Liobagrus</i>				
白缘鱼殃 <i>L. marginatus</i>	+	+	+	R, C, BE
鲃科 Sisoridae				
纹胸鲃属 <i>Glyptothorax</i>				
福建纹胸鲃 <i>G. fukianensis</i>	+	+	+	R, I, BE
石爬鲃属 <i>Euchiloglanis</i>				
黄石爬鲃 <i>E. kishinouyei</i>	+			R, I, BE
鲃科 Ictaluridae				
鲃属 <i>Ameiurus</i>				
黑鲃 <i>A. melas</i>		+		N, O, BE
<b>合鳃目 SYNBRANCHIFORMES</b>				
合鳃科 Synbranchidae				
黄鳝属 <i>Monopterus</i>				
黄鳝 <i>M. albus</i>	+			N, C, BE
<b>鲈形目 PERCIFORMES</b>				
鲈科 Serranidae				
鳊属 <i>Siniperca</i>				
鳊 <i>S. chuatsi</i>		+		R, C, BE
斑鳊 <i>S. scherzeri</i>		+		R, C, BE

续表 1

种类	坝上河段	坝下河段	生态河道	生态习性
虾虎鱼科 Gobiidae				
吻虾虎鱼属 <i>Rhinogobius</i>				
子陵吻虾虎鱼 <i>R. giurinus</i>	+	+	+	N, I, BE
鱧科 Channidae				
鱧属 <i>Channa</i>				
乌鱧 <i>C. argus</i>		+		N, C, BE
<b>鲮形目 CYPRINODONTIFORMES</b>				
花鲮科 Poeciliidae				
食蚊鱼属 <i>Gambusia</i>				
食蚊鱼 <i>G. affinis</i>			+	N, O, MU

注:“+”-采集到,R-亲流性,N-缓流或静水,I-食无脊椎动物,H-草食性,C-肉食性,O-杂食性,P-食浮游生物,MU-中上层,MD-中下层,BE-底栖。

Notes:“+”-collected species,R-riffle,N-slow flow,I-invertebratvorous,H-herbivorous,C-carnivorous,O-omnivorous,P-planktotrophic,MU-upper and middle layer,MD-middle and lower layer,BE-benthic

调查水域鱼类对水流的适应类型主要分为亲流水型和适宜缓流(或静水)型两种。坝上河段分布有适宜缓流或静水型鱼类 22 种,占 57.89%;亲流水型 15 种,占总种数的 39.47%。坝下河段分布适宜缓流或静水型鱼类 26 种,占 52.00%;亲流水型 22 种,占 44.00%。生态河道分布缓流或静水型鱼类 22 种,占 59.46%;亲流型 13 种,占 35.14%。

调查水域鱼类的食性主要包括浮游生物食性、无脊椎动物食性、草食性、肉食性、杂食性 5 种。坝上河段分布有杂食性鱼类 18 种,占总种数的 47.37%;肉食性 10 种,占 26.32%;食无脊椎动物的鱼类 9 种,占 23.68%;食浮游生物鱼类 1 种,占 2.63%。坝下河段分布有杂食性鱼类 25 种,占总种数的 50.00%;肉食性 14 种,占 28.00%;食无脊椎动物的鱼类 9 种,占 18.00%;草食性 2 种,占 4.00%。生态河道分布有杂食性鱼类 19 种,占总种数的 51.35%;肉食性 9 种,占 24.32%;食无脊椎动物的鱼类 7 种,占 18.92%;草食性和食浮游生物鱼类各 1 种,分别占 2.70%。

调查水域鱼类栖息空间的垂直分布主要分为中上层、中下层和底栖层 3 种。坝上河段分布有底栖鱼类 26 种,占总种数的 68.42%;中下层 7 种,占 18.42%;中上层 5 种,占 13.16%。坝下河段有底栖鱼类 39 种,占 78.00%;中下层 8 种,占 16.00%;中上层 3 种,占 6.00%。生态河道有底栖鱼类 24 种,占 64.86%;中下层 7 种,占 18.92%;中上层 6 种,占 16.22%。

各调查区段鱼类生态类型均以适宜缓流或静水型、杂食性、底栖鱼类为主;其中,坝下河段适宜亲流水型以及底栖鱼类占比较坝上河段和生态河道高;而各河段采集到的鱼类食性类型分布差异不明显。

### 2.3 鱼类优势种

优势种是数量、重量和出现频度都显著高的种类(Pinkas et al,1971),反映了某一鱼类在群落中重要性。根据大渡河河口乐山段鱼类群落相对重要性指数 IRI>500 的统计结果(表 2),坝上河段鱼类优势种有蛇鮈、鲤、宽鳍鱻、棒花鱼、唇鱼骨、乐山小鳔鮈和鲫共计 7 种,占坝上河段渔获物总尾数的 72.29%,占总重量的 79.30%;坝下河段鱼类优势种有短体副鳅、鲤、福建纹胸鲃、白缘鱼、峨眉后平鳅、蛇鮈、山鳅和鲃共计 8 种,占坝下河段渔获物总尾数的 85.62%,占总重量的 66.48%;生态河道鱼类优势种有宽鳍鱻、鲤、山鳅、棒花鱼、鲫、蛇鮈、乐山小鳔鮈和麦穗鱼共计 8 种,占生态河道渔获物总尾数的 83.74%,占总重量的 86.99%。

调查的 3 个区段中,坝上河段鱼类优势种与其他两区段差异明显。该区段鱼类优势种以游泳能力强、喜欢栖息在水流湍急处的种类为主,包括短体副鳅、福建纹胸鲃、白缘鱼、峨眉后平鳅、山鳅共计 5 种,占坝下河段渔获物总尾数的 83.09%;而坝下河段与生态河道的优势种鱼类中有 6 种共有种,且优势种主要是喜欢选择静水与缓流条件的种类,如鲤、鲫、鲃、棒花鱼、麦穗鱼等,生态河道中仅有喜激流型的山鳅 1 种。

### 2.4 鱼类生物多样性指数

多样性指标是用来判断生态系统与生物群落稳定性的重要指标;其中,物种多样性指数、均匀度指数与丰富度指数在相关的研究中运用较多(费鸿年,1981;林楠等,2006;孙宝权等,2007;张敏莹等,2007;卢占晖等,2009;张雅芝等,2009;John et al,1984)。鱼类均匀度指数可用来衡量鱼类群落中个体数量和生物量分布的均匀程度,反映了鱼类群落

的稳定趋势(孙忻等,2001)。鱼类丰富度指数体现了鱼类群落中物种的数量及种类的丰富程度;而物种多样性指数则同时综合了鱼类群落中物种的丰富度和分布的均匀度这两方面的因素,表明其群落结构的复杂程度。

表2 大渡河乐山段鱼类优势度分析

Tab.2 Dominance analysis of the fish community in the Leshan section of Dadu River

位置	种类	数量比/%	重量比/%	IRI
坝上河段	蛇鮈	41.20	32.93	7413.03
	鲤	0.95	22.49	1562.47
	宽鳍鱲	8.01	5.62	1135.96
	棒花鱼	8.58	3.67	817.25
	唇鱼骨	1.42	8.31	810.38
	乐山小鲈	10.44	1.63	804.98
坝下河段	鲫	1.69	4.65	634.07
	短体副鲈	55.57	7.33	5504.17
	鲤	0.33	30.96	1173.55
	福建纹胸鮡	6.03	5.11	1113.93
	白缘鱼	9.37	6.44	988.26
	峨眉后平鲈	7.93	2.57	919.25
生态河道	蛇鮈	1.82	4.08	589.84
	山鲈	4.18	3.11	547.06
	鲈	0.38	6.87	543.62
	宽鳍鱲	40.30	38.19	7848.78
	鲤	1.22	27.65	1283.49
	山鲈	10.83	2.99	1228.71
	棒花鱼	9.64	3.88	1202.55
	鲫	2.91	7.30	1020.79
蛇鮈	8.11	3.05	744.14	
乐山小鲈	5.59	1.82	740.28	
麦穗鱼	5.13	2.11	562.96	

大渡河乐山坝上、坝下、生态河段的鱼类生物多样性指数见图2。Shannon-Wiener多样性指数( $H'$ )、Pielou均匀度指数( $J'$ )、Margalef丰富度指数( $R$ )的空间分布由高至低为:坝下河段>坝上河段>生态河道。

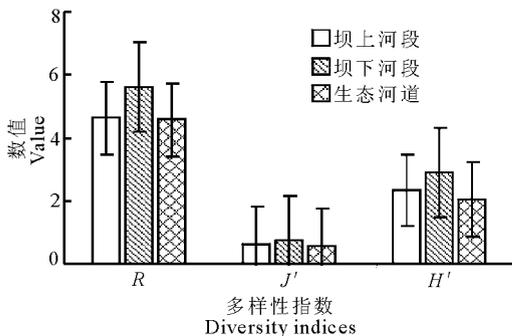


图2 大渡河乐山段鱼类生物多样性指数

Fig.2 Biodiversity indices of the fish community in the Leshan section of Dadu River

### 3 讨论

#### 3.1 鱼类群落特征与分布规律

本次调查中,大渡河乐山段鱼类群落组成以鲤科为主,与长江流域其它区域鱼类种类组成特点一致(严云志等,2006;邓朝阳等,2013)。大渡河乐山段鱼类种类、生态类型、优势种和多样性指数在安谷水电站坝上河段、坝下河段以及生态河道的分布均有明显差异。鱼类是水生生态系统中较顶级的消费者,而环境条件的改变直接影响其群落的功能、结构、分布、演替机制(宋天祥等,1999;邵晓阳等,2006;何美峰等,2011)。

本次调查的大渡河乐山段位于山区河流出口的冲积扇平原上,承接上游的来水来沙,同时又受下游岷江和青衣江的顶托,使得该河段形成了十分复杂的平面形态,河道沿程宽窄相间、水流散乱、汉濠纵横、洲岛遍布。安谷水电站建成后,右侧河网原有河道渠道化、顺直化,过水断面变宽。坝上库区长约11.4 km,左右岸部设置混凝土面板堆石坝副坝,库区水流明显变缓,水深增加;坝下尾水渠与泄洪渠并行,全长约9.2 km,堤身采用混凝土面板砂卵石填筑,河道宽浅、流速大。左侧生态河道基本保持原有的河网形态,急缓流交替,径流量较小。大渡河乐山段被大坝分隔成了形态结构各异的3个河段。

在自然河流生态系统中,河流的纵向连通性、水文条件等是影响鱼类群落结构的主要环境因素(Poff et al,1995);而水利水电工程的建设对河流生态系统进行了分割,打破了河流形态的连续化(董哲仁,2003);明显改变了河道的水文情势,引发鱼类群落结构的变化(Watters,1996;Helfrich et al,1999;Porto et al,1999;Henriette et al,2001;Quist et al,2003)。大渡河乐山段在安谷水电站建设后,电站坝下河段采集到的鱼类种类以及鱼类生物多样性指数均明显高于坝上河段以及生态河道,说明坝下河段鱼类种类丰富且分布较均匀,群落结构更稳定,喜激流底栖的鱼类较坝上河段和生态河道多。

坝下河段与青衣江、岷江直接连通,其间鱼类直接迁移、交流,因此坝下河段鱼类种类丰富且分布更均匀;坝下河段受泄洪渠与尾水渠泄水的冲刷,水流湍急,优势种以喜激流型的鱼类为主,如短体副鲈、福建纹胸鮡、白缘鱼、峨眉后平鲈、山鲈等。坝上河段受大坝阻隔,与下游鱼类资源的交流受阻,且水流平缓,而生态河道近似溪流生境,水浅河窄,鱼类栖

息空间较少,因此坝上河段和生态河道鱼类种类较少,鱼类多样性指数相对较低,优势种以适宜静缓流水体的鱼类为主,如鲤、鲫、棒花鱼等。

修建水电站引起的生境破碎及流态改变对鱼类群落影响深远(常剑波等,2006;Dudgeon et al,2006)。本文不同河段鱼类群落组成和分布的差异,也体现了鱼类群落对电站建设带来的生境片段化的响应,预计随着电站的长期运行,这些差异分化将更明显。

### 3.2 优势种组成及鱼类小型化原因

大渡河乐山段渔获物较工程建设前的鱼类个体明显小型化,对比工程建设前后均采集到的 31 种鱼

类个体的平均体重(图 3),发现仅唇鱼骨、长薄鳅、异鳔鳅、马口鱼、黑鲟 5 种鱼类个体平均体重在本项目调查中略有增加,其他种类均减少。渔获物常见种中的小型种类较工程建设前增加,即工程建设前常见的切尾拟鲮、宜昌鳅、蛇鮈、福建纹胸鮡、异鳔鳅、中华纹胸鮡、长鳍吻鮈、宽鳍鱲等小型鱼类数量占比为 57.24%,重量占比为 36.51%;而本项目调查中,常见的蛇鮈、宽鳍鱲、短体副鳅、乐山小鳔鮈、棒花鱼、山鳅、白缘鱼、福建纹胸鮡、峨眉后平鳅、黑鳍鳉、麦穗鱼等小型鱼类数量占比 84.76%,重量占比为 45.34%。可见,调查河段主要渔获物的小型化趋势明显,鱼类资源质量整体下滑。

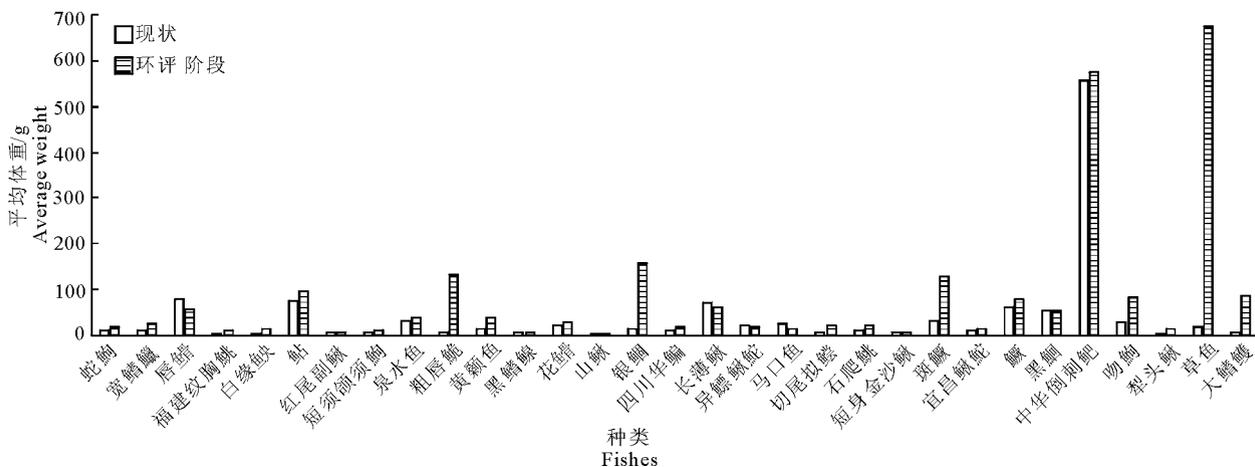


图 3 工程建设前后鱼类个体平均体重对比

Fig.3 Comparison of average individual weights of primary fish species before and after construction of Angu hydropower station

河湖鱼类群落小型化通常是环境因素与捕捞因素共同作用的结果(毛志刚等,2011)。本次调查河段鱼类个体小型化的原因主要有 3 个方面:

(1)安谷电站建设后,左侧河网按生态流量下泄,水流相对稳定,河网较自然状态下更向单一化方向发展,鱼类栖息活动空间相应缩小,限制了大型个体在左侧河网栖息。溢洪道下泄流量有限,水浅,分布的种类基本上是小个体。尾水渠的硬化失去了原有河流滩潭交替的格局,不利于鱼类栖息,即使有个别大型鱼类上溯至尾水渠,也很快退缩至尾水渠以下河段繁衍栖息。虽然库区水面积及水深增大,应该有大型个体分布,但水库蓄水初期,大型个体种群增长的延迟效应,难以很快形成种群,加上库区总体面积不大,鱼类完成生活史全过程较为困难,大型个体通过左侧河网及鱼道上溯受到限制,库区大型个体目前也没有形成资源优势。

(2)大型鱼类经济价值较高,人类对其无节制的捕捞导致数量减少、个体变小;而小型鱼类的经济价

值不高,捕捞强度小。作为大型鱼类的食物,大型鱼类减少,小型鱼类被捕食的几率减少,数量相对增多。Pauly等(1998)提出,在捕捞的影响下,个体较大、经济价值较高的高营养级捕食者将持续减少,导致优势种的构成中个体较小、经济价值不高、营养层次较低的种类逐渐增加。

(3)小型鱼类的食物充分、个体小、生命周期短、繁殖率高、适应性强,资源更新较快,种类和数量比例增大。大个体鱼类生命周期较长、综合繁殖力相对较低,受捕捞的影响明显大于小个体的鱼类,这种影响又会通过一些生态学过程被进一步放大,最终导致鱼类群落结构发生变化(刘恩生,2009)。

#### 参考文献

- 常剑波,陈永柏,高勇,等,2006.水利水电工程对鱼类的影响及减缓对策[C]. 水利水电开发项目生态环境保护研究与实践[M]. 北京:中国环境科学出版社:239-253.
- 陈宜瑜,褚新洛,罗云林,等,1998.中国动物志:硬骨鱼纲:鲤形目(中卷)[M]. 北京:科学出版社.

- 褚新洛,郑葆珊,戴定远,等,1999. 中国动物志:硬骨鱼纲:鲇形目[M]. 北京:科学出版社.
- 邓朝阳,朱仁,严云志,2013. 长江芜湖江段鱼类多样性及其群落结构的时空格局[J]. 淡水渔业,43(1): 28-36.
- 丁瑞华,1994. 四川鱼类志[M]. 成都:四川科学技术出版社.
- 董哲仁,2003. 水利工程对生态系统的胁迫[J]. 水利水电技术,34(7):1-5.
- 费鸿年,何宝全,陈国铭,1981. 南海北部大陆架底栖鱼群聚的多样度以及优势种区域和季节变化[J]. 水产学报,5(1): 1-20.
- 何美峰,袁定清,陈启春,2011. 福建松溪鱼类群落的多样性特征[J]. 水生态学杂志,32(2):121-126.
- 湖北省水生生物研究所鱼类研究室,1976. 长江鱼类[M]. 北京:科学出版社.
- 乐佩琦,单乡红,林人端,等,2000. 中国动物志:硬骨鱼纲:鲤形目(下卷)[M]. 北京:科学出版社.
- 李博,杨持,林鹏,2000. 生态学[M]. 北京:高等教育出版社.
- 林楠,苗振清,卢占晖,等,2006. 东海中部夏季鱼类群落结构及其多样性分析[J]. 广东海洋大学学报,29(3): 42-47.
- 刘恩生,2009. 太湖鱼类群落变化规律、机制及其对环境的影响分析[J]. 水生态学杂志,2(4): 8-14.
- 卢占晖,苗振清,林楠,2009. 浙江中部近海及其邻近海域春季鱼类群落结构及其多样性[J]. 浙江海洋学院学报,28(1): 51-56.
- 毛志刚,谷孝鸿,曾庆飞,等,2011. 太湖鱼类群落结构及多样性[J]. 生态学杂志,30(12):2836-2842.
- 邵晓阳,黎道丰,蔡庆华,2006. 香溪河鱼类群落及资源评价[J]. 水生生物学报,30(1): 70-74.
- 宋天祥,张国华,常剑波,等,1999. 洪湖鱼类多样性研究[J]. 应用生态学报,10(1): 86-90.
- 孙宝权,李恒翔,严岩,2007. 西大亚湾海域鱼类群落的多样性研究[J]. 水产科学,26(7): 394-399.
- 孙忻,王丽,2001. 北京小龙门森林鸟类群落划分与生态分析[J]. 生态学杂志,20(5): 25-31.
- 伍汉霖,钟俊生,等,1999. 中国动物志:硬骨鱼纲:鲈形目[M]. 北京:科学出版社.
- 严云志,郭丽丽,李国龙,2006. 长江铜陵段老洲水域鱼类资源的初步调查研究[J]. 安徽师范大学学报(自然科学版),29(6): 575-578.
- 张觉民,1991. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京:科学出版社.
- 张敏莹,徐东坡,段金荣,2007. 长江常熟江段渔业群落结构及物种多样性初步研究[J]. 生态科学,26(6): 525-530.
- 张雅芝,黄良敏,2009. 厦门东海域鱼类的群落结构及种类多样性研究[J]. 热带海洋学报,28(2): 66-76.
- Dudgeon D, Arthington A H, Gessner M O, et al, 2006. Freshwater biodiversity: importance, threats, status and conservation challenges[J]. Biological Reviews, 81(2): 163-182.
- Helfrich L A, Liston C S, Hiebert M A, et al, 1999. Influence of low-head diversion dams on fish passage, community composition, and abundance in the Yellow-stone River, Montana[J]. Regulat, Rivers: Research Mgmt, 7: 21-32.
- Henriette I J, James A C, Kenneth B L, et al, 2001. A theoretical study of river fragmentation by dams and its effects on white sturgeon populations[J]. Environmental Biology of Fishes, 60: 347-361.
- John M, Eadie, Allen K, 1984. Resource heterogeneity and fish species diversity in lakes[J]. Canadian Journal of Zoology, 62(9): 1689-1695.
- Margalef D R, 1957. Information theory in ecology[J]. International Journal of General Systems, (3): 36-71.
- Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, et al, 1998. Fishing down marine food webs[J]. Science, 279: 860-863.
- Pianka E R, 1971. Ecology of the Agamid lizard *Amphibolus isolepis* in Western Austria[J]. Copeia, (3) 527-536.
- Pielou E C, 1975. Ecological diversity[M]. New York: John Wiley: 46-49.
- Pinkas L, Oliphant M S, Iverson I, 1971. Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters[J]. Fishery Bulletin, 152: 1-105.
- Poff N L, Allan J D, 1995. Functional organization of stream fish assemblages in relation to hydrological variability[J]. Ecology, 76: 606-627.
- Porto L M, McLaughlin R L, Noakes D L G, 1999. Low-head barrier dams restrict the movement of fishes in two Lake Ontario streams[J]. North American Journal of Fisheries Management, 19(4): 1028-1036.
- Quist M C, Guy C S, Schultz R D, et al, 2003. Latitudinal comparison of walleye growth in North America and factors influencing growth of walleyes in Kansas reservoirs[J]. North American Journal of Fisheries Management, 23: 677-692.
- Watters G T, 1996. Small dams as barriers to freshwater mussels (*Bivalvia*, *Unionoida*) and their hosts[J]. Biological Conservation, 75(1): 79-85.
- Wilhm J L, 1968. Use of biomass units in Shannon's formula[J]. Ecology, 49: 153-156.

## Fish Community Structure in the Leshan Section of Dadu River

DENG Xu-yan<sup>1</sup>, WANG Wen-jun<sup>2</sup>, FANG Yan-hong<sup>2</sup>, HUANG Dao-ming<sup>2</sup>

(1.China Hydropower Construction Group Sichuan Electric Power Development Co., Ltd., Chengdu 610041,P.R.China;

2.Key Laboratory of Ecological Impacts of Hydraulic-Projects and Restoration of Aquatic Ecosystem of Ministry of Water Resources, Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources and Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430079,P.R.China)

**Abstract:** Dadu River, in the upper Yangtze River system, is the largest tributary of Minjiang River. The Leshan section of the Dadu River is the fish migration channel between the upper and lower Dadu River (between Qingyi River and Minjiang River) and is inhabited by many of the Dadu River fish species. Angu hydropower station, located in the Leshan section, began operating in August, 2015, and construction and operation of Angu hydropower station has altered fish habitat. In this study, we explored the spatial distribution and diversity of the fish community in the Leshan section and analyzed the effect of Angu hydropower station on fish community structure. The objectives were to protect and restore fish biodiversity in Dadu River and provide a reference for conserving the fish community in the Leshan section. A field survey of fish stock was carried out across seven transects on four occasions, from November 2015 to April 2017, along 30 km of the Leshan section. Fish samples were collected by means of fixed gill nets, bottom cages and electrofishing. The length, weight and species of all specimens collected were determined. The Shannon-Wiener diversity index ( $H'$ ), Pielou evenness index ( $J'$ ) and Margalef richness index ( $R$ ) were used to characterize fish community diversity. The index of relative importance (IRI) was used to describe species dominance. A total of 57 fish species were collected, belonging to 48 genera, 13 families and 5 orders. Cypriniformes (38 species) was the dominant taxa, accounting for 66.67% of the total fish species, followed by Siluriformes (13 species, 22.81%), Perciformes (4 species, 7.02%), Synbranchiformes (1 species, 1.75%) and Cyprinodontiformes (1 species, 1.75%). Ecological guilds in the fish community included benthic, omnivorous and species preferring slow water habitats. The IRI index revealed 7 dominant species above Angu dam and 8 dominant species below the dam. The fish community structure was significantly different in the river sections above and below the dam, with fish community diversity higher below the dam. Further, a tendency towards miniaturization of natural fish resources was evident in the river section investigated. Hydroelectric development and overfishing were identified as the major threats to fish resources in the Leshan section of Dadu River.

**Key words:** Dadu River; fish community structure; dominant species; biodiversity