

# 大坝截流前后金沙江观音岩水电站 鱼类群落功能多样性的变化

苏国欢<sup>1,2</sup>, 沙永翠<sup>1,2</sup>, 熊 鹰<sup>3</sup>, 张培育<sup>1,2</sup>, 徐 军<sup>1\*</sup>

(1. 中国科学院水生生物研究所, 湖北 武汉 430072;

2. 中国科学院大学, 北京 108000; 3. 华中农业大学水产学院, 湖北 武汉 430070)

**摘 要:** 人类活动通过对非生物因素和生物多样性的作用从而对生态系统功能产生了巨大的影响。大量的理论和实验研究表明, 物种功能性状在连接群落组成改变和生态系统进程转变中起着重要作用。由于物种功能性状的差异, 栖息环境改变后, 群落中容易适应新环境的物种占据优势, 难以适应的物种数量减少甚至消失, 从而导致整个群落结构发生改变, 进而使整个生态系统进程发生转变。通过评价金沙江观音岩水电站大坝截流前后鱼类群落组成情况, 结合不同种类功能性状的差异, 采用生物多样性评估方法和功能多样性指数分析方法两种不同手段, 对比分析截流前后大坝下游鱼类群落结构和功能多样性的变化, 从而分析大坝建设的生态效应。结果表明: Bray-Curtis 相异指数前后差异较大, 辛普森指数无明显变化; 功能多样性指数的变化表明大坝截流对水体中体型较大, 口下位, 食谱宽度较窄的鱼类生存和活动造成了一定的破坏, 导致拥有这些特征的鱼类数量减少甚至消失, 降低了下游鱼类群落的功能多样性, 进而对该区域整个生态系统功能产生影响。

**关键词:** 功能多样性; 性状; 功能丰富度; 功能均匀度; 功能离散度; 生态系统

中图分类号: X826 文献标识码: A 文章编号: 1004-8227(2015)06-0965-06

DOI: 10.11870/cjlyzyyhj201506010

淡水生态系统为全球生物多样性提供了多种生态系统服务, 由于人类活动, 大多数的淡水区域, 尤其是湖泊发生了很大变化, 淡水生态系统生物多样性正在以很快的速度丧失。长江水系有鱼类 400 余种, 其中终生在淡水中生活的纯淡水鱼类有 350 种左右, 另有中华鲟等海河洄游性鱼类 10 种, 花鲈等咸淡水鱼类 40 余种<sup>[1]</sup>。长江被形象地誉为我国淡水鱼类种质资源库, 然而, 由于受人类酷渔滥捕、水利工程建设、环境恶化等因素的影响, 长江流域的鱼类资源状况不容乐观。尤其是长江上游的一些水量较大的河流, 特别是金沙江、雅砻江和大渡河, 水能资源蕴藏丰富, 是水电开发的重点河流。目前, 长江上游干支流已建、在建大型水电站(装机容量 30 万 kW 及以上)24 座, 占全流域的 54.5%, 其他各类小型水电站不计其数<sup>[2]</sup>。

大坝建成截流后形成阻隔, 可能对生境连通性及生物资源的交流产生不利影响; 在坝下江段, 大坝

下泄水及电站尾水在下泄过程中受到剧烈搅动, 容易出现气体过饱和现象; 此外, 日调峰运行将快速频繁地改变坝下江段的水流流速以及水位等水文要素, 这些必然会导致坝下江段的鱼类群落组成发生改变, 而监测截流前后坝下江段鱼类群落结构变化不仅可以反映电站修建前后生态环境变化趋势对其的影响, 而且能够积累水库的生态学研究资料<sup>[3]</sup>。

传统意义上对生物多样性的评估, 使用简单的多样性指数仅仅考虑了现存的物种数量(物种丰度)和物种生物量(物种多度)分布的均匀度<sup>[4]</sup>。然而, 这些指标只在分类特性上提供了生物多样性判断。不同物种在生理、生态、形态特征等方面都存在着巨大差异<sup>[5,6]</sup>, 这些差异是传统的生态研究方法中没有考虑到的, 最近, 在植物、动物群落研究领域都提出了特定的功能类群对生态系统过程解释的重要性<sup>[7]</sup>, 以性状为基础的功能多样性研究在预测生态系统功能中起到越来越重要的作用。功能多样性的

收稿日期: 2014-05-26; 修回日期: 2014-09-18

基金项目: 国家自然科学基金(31170439; 31370473)

作者简介: 苏国欢(1990~), 男, 硕士研究生, 主要从事淡水生态学与生态化学计量学方面研究. E-mail: sugu39@163.com

\* 通讯作者 E-mail: xujun@ihb.ac.cn

定义是指特定生态系统中物种功能性状的数值和范围<sup>[8]</sup>。据此定义功能多样性的测定实质就是功能性状多样性的测定,而功能性状是指那些可以影响生态系统功能过程的生物性状。对鱼类而言,功能性状包括体型、体长、口位、眼间距、鳍面积、洄游性、食谱宽度和产卵习性等。两个具有相同物种数的群落,由于种间性状的相似/相异程度不同,很可能在功能多样性方面表现出较大差异。可以说功能多样性是生物多样性的非常重要的组成部分,也是反映生态系统功能的重要特征<sup>[6,9]</sup>。

基于此,我们通过使用传统的生物多样性评估方法和功能多样性指数分析方法两种不同手段对金沙江段观音岩水电站截流前后生态系统功能的改变进行分析。本研究的主要目的包括两个方面:一是评估金沙江观音岩水电站的修建对生态系统功能造成的影响,为以后水利工程的建设提供一定的参考依据,也为本文作者下一阶段的研究奠定一定的基础;二是通过对比分析得到较为有效可靠的生态系统功能评估方法。

## 1 材料与方法

### 1.1 样品采集

观音岩水电站为长江上游河段金沙江水电基地中游河段“一库八级”水电开发方案的最后一个梯级水电站,位于云南省华坪县与四川省攀枝花市的交界处。观音岩水电站于 2011 年 1 月 6 日开始截流,使观音岩水电站库区及下游江段水文情势发生了较大的变化。鱼类样品 2004~2012 年数据来源于文献<sup>[2,10~12]</sup>,2013 年 6 月份在攀枝花市格里坪镇江段进行了为期 15 d 的采样,频率 1 次/d。通过租用当地渔民的渔船外出捕鱼,样品采集所用渔具多为刺网、地笼、脱网等,鱼类样品采集之后,鉴定种类(不能当场鉴别的鱼类,制成标本带回实验室进行鉴定),测量其体长、体重、全长。体长为吻端至最后一枚鳞片(有鳞鱼类)或者最后一枚脊椎骨(无鳞鱼类)之间的长度,精确到 1 mm。称量体重等重量指标使用电子天平,精确到 0.1 g<sup>[13]</sup>。记录所需鱼类性状,回实验室后对照鱼类志相关描述进行校核。

### 1.2 分析方法

#### 1.2.1 群落非相似性指数

鱼类群落结构差异性的研究采用 Bray-Curtis 相异指数<sup>[14]</sup>(Bray-Curtis Dissimilarity, BC)计算,公式如下:

$$BC = 1 - 2S_T / (S_1 + S_2)$$

式中: $S_1$  为 1 时间段(1 样地)的所有物种个体数之和; $S_2$  为 2 时间段(2 样地)的物种个体数之和; $S_T$  为 1 时间段和 2 时间段(1 样地和 2 样地)共有种个体数较小值之和。非相似性指数 BC 越高,表示两群落结构差异越大。

#### 1.2.2 生物多样性指数

鱼类群落简单生物多样性指数采用辛普森指数<sup>[15,16]</sup>(Simpson Index)计算,Simpson 指数数值越大,表示群落的生物多样性越高。计算公式如下:

$$\lambda = 1 - \sum_{i=1}^S \left( \frac{N_i}{N} \right)^2$$

式中: $S$  是群落中总的物种数; $N_i$  是群落中第  $i$  个物种的个体数; $N$  是群落中所有物种个体总数。

#### 1.2.3 功能多样性指数(Functional Diversity Index)

此次分析引入 3 个独立的功能多样性指数,分别为功能丰富度(Functional Richness, FRic),功能均匀度(Functional Evenness, FEve),功能离散度(Functional Divergence, FDiv)。

功能丰富度指数是指物种在群落中所占据的功能空间的大小,一个群落的功能丰富度既取决于功能性状值的范围,也取决于物种所占据的功能生态位<sup>[17]</sup>。功能丰富度指数较低,意味着潜在的有效资源未被完全利用,从而使生产力水平降低<sup>[18]</sup>。计算公式如下:

$$FRic = \int \max_i [f_i(x)] dx$$

其中,  $f_i(x) =$

$$\exp \left[ -\frac{1}{2} (x - \mu_i)^T \sum_i^{-1} (x - \mu_i) \right]$$

式中: $x$  为性状值; $i$  为物种; $\mu_i$  为物种  $i$  的平均性状值; $\sum_i$  为每个物种性状的方差/协方差矩阵; $f_i(x)$  为群落中所有物种性状空间的从属函数<sup>[19]</sup>。

功能均匀度指数是指群落内物种功能性状在生态位空间分布的均匀程度,体现群落物种对有效资源的利用效率<sup>[17]</sup>。当物种多度分布不均或物种间功能距离不均匀时候,该值会减小。它是利用所有成对物种的多度权重距离计算多维性状空间的最小生成树(Minimum Spanning Tree),然后测量最小生成树分支长度的均匀性<sup>[20]</sup>。计算公式如下:

$$FEve = \frac{\sum_{l=1}^{s-1} \min \left( PEW_L, \frac{1}{S-1} \right) - \frac{1}{S-1}}{1 - \frac{1}{S-1}}$$

$$\text{其中, } PEW_L = \frac{EW_L}{\sum_{L=1}^{S-1} EW_L}$$

$$\text{其中, } EW_L = \frac{dist(i, j)}{w_i + w_j}$$

式中:  $S$  为物种数,  $EW_L$  为均匀度权重;  $dist(i, j)$  为物种  $i$  和  $j$  的欧式距离;  $w_i$  为物种  $i$  的相对丰富度;  $L$  为分支长;  $PEW_L$  为分支长权重。

功能离散度指数是定量测定群落中物种特征值的空间异质性,反应群落功能性状的多度分布在性状空间中的最大离散程度,通过计算性状到性状凸包重心距离多度权重的离散度得到该值<sup>[20]</sup>。计算公式如下:

$$FDiv = \frac{\Delta d + \overline{dG}}{\Delta |d| + \overline{dG}}$$

$$\text{其中, } \Delta d = \sum_{i=1}^S w_i \times (dG_i - \overline{dG})$$

$$\Delta |d| = \sum_{i=1}^S w_i \times |dG_i - \overline{dG}|$$

$$\overline{dG} = \frac{1}{S} \sum_{i=1}^S dG_i$$

式中:  $S$  为物种数;  $w_i$  为物种  $i$  的多度;  $dG_i$  为物种  $i$  的性状值距离重心的距离,这里用欧氏距离表示。

### 1.2.4 统计软件及方法

Bray-Curtis 相异指数、辛普森指数运用 SPSS (Statistical Product and Service Solutions) 软件进行计算。功能多样性指标运用 R 语言<sup>[21]</sup> FD 程序包进行计算,分别从取食功能、运动功能、洄游功能 3 个功能进行分析,鱼类性状选取最大体长、体型、食谱宽度、口位和洄游性 5 个指标。计算结果采用独立样本  $t$  检验进行数据差异的分析。

## 2 结果

物种丰富度由建坝截流前的 59 种降低到建坝截流后的 38 种(表 1,表 2),物种数减少了 21 种,减少比率占截流前的 35.6%,总重量和总数量都有所增加,截流前后鱼类群落 Bray-Curtis 相异指数为 0.58,相比较 Villeger 等<sup>[7]</sup>的研究结果此数值较大, Simpson 指数截流后有所减少,但差异并不显著(独立样本  $t$  检验,  $P > 0.05$ )。

对功能丰富度指数进行显著性检验,如图 1 所示,截流前后,取食、运动和洄游功能丰富度都没有显著性差异。对功能均匀度指数进行显著性检验,

表 1 金沙江观音岩水电站大坝截流前后鱼类名录  
Tab.1 List Fishes of Guanyinyan Dam, Jinsha River, (Before and After Closure)

中文名	拉丁名	截流前	截流后
棒花鱼	<i>Abbottina rivularis</i>	+	+
华鲮	<i>Bangana rendahli</i>	+	
鲫	<i>Carassius auratus</i>	+	+
鳊	<i>Hypophthalmichthys nobilis</i>		+
鲤	<i>Cyprinus carpio</i>	+	+
圆口铜鱼	<i>Coreius guichenoti</i>	+	+
墨头鱼	<i>Garra pingi pingi</i>	+	+
福建纹胸鮡	<i>Glyptothorax fokiensis</i>	+	+
中华纹胸鮡	<i>Glyptothorax sinensis</i>	+	+
宜昌鮡	<i>Gobiobotia filifer</i>		+
裸体异鱈鮡	<i>Xenophysogobio nudicorpa</i>	+	
贝氏鲮	<i>Hemiculter bleekeri</i>	+	
鲮	<i>Hemiculter leucisculus</i>	+	
半鲮	<i>Hemiculterella sauvagei</i>	+	+
中华间吸鳅	<i>Hemimyzon sinensis</i>	+	+
中华金沙鳅	<i>Jinshaia sinensis</i>	+	+
粗唇鮠	<i>Leiocassis crassilabris</i>	+	+
长薄鳅	<i>Leptobotia elongata</i>	+	+
紫薄鳅	<i>Leptobotia taeniops</i>	+	+
犁头鳅	<i>Lepturichthys fimbriata</i>	+	+
拟缘鳅	<i>Liobagrus marginatoides</i>	+	
白缘鳅	<i>Liobagrus marginatus</i>	+	+
黑尾鳅	<i>Liobagrus nigricauda</i>	+	
圆尾斗鱼	<i>Macropodus opercularis</i>	+	
黄魮鱼	<i>Micropercops swinhonis</i>	+	
泥鳅	<i>Misgurnus anguillicaudatus</i>	+	+
黄鲮	<i>Monopterus albus</i>	+	
白甲鱼	<i>Onychostoma sima</i>	+	
罗非鱼	<i>Oreochromis niloticus niloticus</i>	+	
短体副鳅	<i>Paracobitis potanini</i>	+	
红尾副鳅	<i>Paracobitis variegatus</i>	+	+
黄颡鱼	<i>Pelteobagrus fulvidraco</i>	+	
瓦氏黄颡鱼	<i>Pelteobagrus vachelli</i>	+	
鲈鲤	<i>Percocypris pingi pingi</i>	+	
凹尾拟鲮	<i>Pseudobagrus emarginatus</i>	+	+
细体拟鲮	<i>Pseudobagrus pratti</i>		+
切尾拟鲮	<i>Pseudobagrus truncatus</i>	+	
泉水鱼	<i>Pseudogyrinocheilus procheilus</i>	+	+
南方拟鲮	<i>Pseudohemiculter dispar</i>	+	
麦穗鱼	<i>Pseudorasbora parva</i>	+	+
吻鮠	<i>Rhinogobio typus</i>	+	
长鳍吻鮠	<i>Rhinogobio ventralis</i>	+	+
子陵吻鮠	<i>Rhinogobius giurinus</i>	+	+
彩石鲃	<i>Rhodeus lighti</i>	+	
高体鲃	<i>Rhodeus ocellatus</i>	+	
中华鲃	<i>Rhodeus sinensis</i>	+	+
蛇鮠	<i>Saurogobio dabryi</i>	+	+
银鮠	<i>Squalidus argentatus</i>	+	
光唇蛇鮠	<i>Saurogobio gymnocheilus</i>	+	
细鳞裂腹鱼	<i>Schizothorax chongi</i>	+	+
长丝裂腹鱼	<i>Schizothorax dolichonema</i>	+	
四川裂腹鱼	<i>Schizothorax kozlovi</i>	+	
齐口裂腹鱼	<i>Schizothorax prenanti</i>		+
短须裂腹鱼	<i>Schizothorax wangchiachii</i>	+	
鲃	<i>Silurus asotus</i>	+	+
南方鲃	<i>Silurus meridionalis</i>	+	+
宽体沙鳅	<i>Sinibotia reevesae</i>	+	+
中华沙鳅	<i>Sinibotia superciliaris</i>	+	+
中华刺鲃	<i>Spinibarbus sinensis</i>		+
前鳍高原鳅	<i>Triplophysa anterodorsalis</i>	+	+
短尾高原鳅	<i>Triplophysa brevibarba</i>	+	
拟硬刺高原鳅	<i>Triplophysa pseudoscleroptera</i>	+	+
细尾高原鳅	<i>Triplophysa stenura</i>	+	+
宽鳍鱮	<i>Zacco platypus</i>	+	+
总计		59	38

表 2 截流前后鱼类群落结构的变化  
 Tab. 2 Changes in Fish Community Structure Before and After the Closure

时期	物种丰富度	总重量 (kg)	总数量	Bray-Curtis 相异指数	Simpson 指数
截流前	59	17.33	654	0.58	0.857
截流后	38	17.48	775		0.852

如图 2 所示,取食功能均匀度指数由截流前的 0.67 降低到截流后的 0.61,  $P < 0.05$ , 结果显示产生了显著性差异,运动和洄游功能均匀度没有显著差异。对功能离散度指数显著性检验,如图 3 所示,截流前后,取食、运动和洄游功能离散度都没有显著性差异。

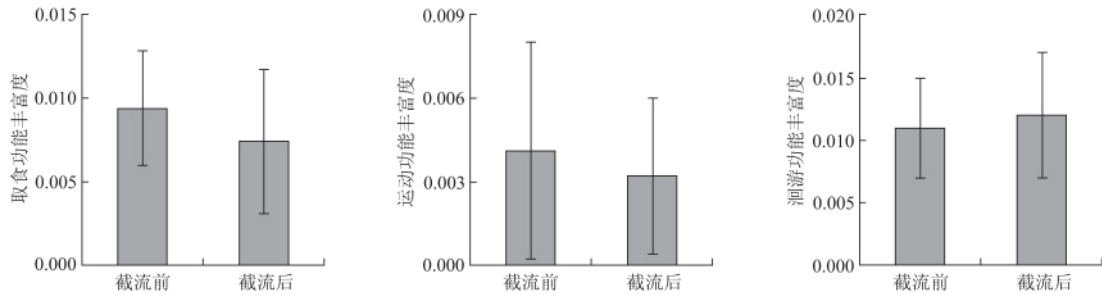
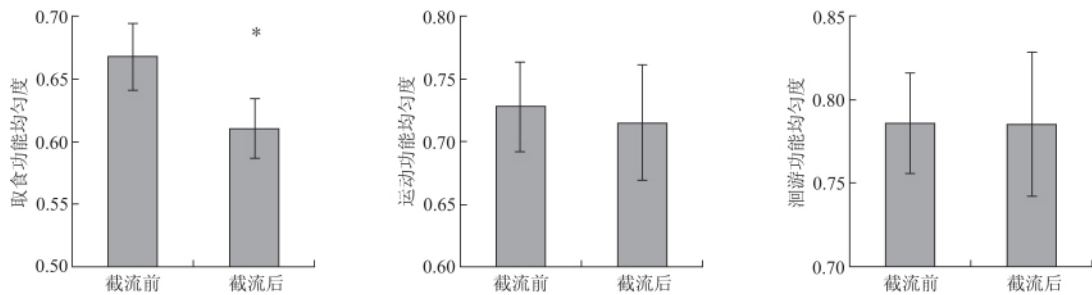


图 1 截流前后鱼类群落取食、运动和洄游功能丰富度变化

Fig. 1 Changes in Functional Richness for Food Acquisition Locomotion and Migration of the Fish Community Before and After the Closure



注:取食功能均匀度截流前后差异显著( $P < 0.05$ )。

图 2 截流前后鱼类群落取食、运动和洄游功能均匀度变化

Fig. 2 Changes in Functional Evenness for Food Acquisition Locomotion and Migration of the Fish Community Before and After the Closure

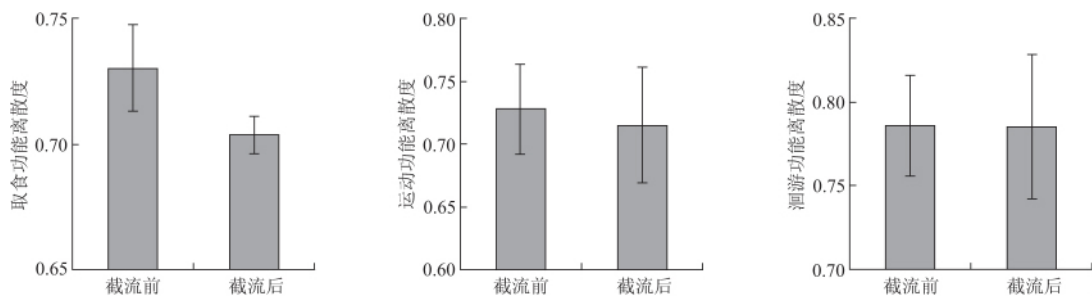


图 3 截流前后鱼类群落取食、运动和洄游功能离散度变化

Fig. 3 Changes in Functional Divergence for Food Acquisition Locomotion and Migration of the Fish Community Before and After the Closure

### 3 分析与讨论

传统多样性指数分析结果表明在物种数明显减少的情况下,Bray-Curtis 相异指数数值相对较大,

而 Simpson 指数没有显著地变化,说明虽然在建坝前后鱼类群落的组成结构发生了较大变化,但生物多样性并没有显著降低<sup>[22]</sup>。

功能多样性分析结果显示,虽然物种数大量减少,但取食、运动和洄游的功能丰富度和离散度都并

没有显著性降低,在功能均匀度的分析中也仅有取食功能在截流前后发生了变化,可以看出物种丰富度的降低不一定会导致功能多样性的降低,两者之间并不存在明显的相关关系<sup>[23]</sup>,同时也表明长江上游金沙江流域鱼类资源丰富,这使得在截流后物种数量大量减少的情况,其功能丰富度和功能离散度并没有发生显著的变化,这一结果也和刘建康等<sup>[24]</sup>,危起伟等<sup>[25]</sup>,段辛斌等<sup>[26]</sup>描述的长江上游具有丰富的鱼类资源的结论基本相符。虽然金沙江流域鱼类资源丰富,但观音岩水电站的建设对环境的影响已经初现,从功能多样性的角度分析可以看出截流已经对当地生态系统造成了一定程度的破坏。

综合鱼类运动功能、取食功能和洄游功能在3个功能多样性指数计算结果的分析中可以看出,大坝截流对鱼类功能多样性的破坏最先表现在对食物的获取方面,也可以说鱼类的取食功能对环境的变化最为敏感。

在鱼类功能均匀度的分析中显示截流前后鱼类群落的取食功能均匀度差异显著,对比原始数据发现齐口裂腹鱼、短须裂腹鱼、四川裂腹鱼、华鲮、白甲鱼等最大体长在300 mm以上,口下位、以刮食藻类为主,食谱宽度较窄的鱼类在截流后都没有再捕捞到,由此可以推断大坝截流后,水体环境发生变化,使水体中体型较大,口下位,食谱较窄的鱼类无法适应,对这一类群的鱼类的取食功能产生了较大的破坏,因而使得整个鱼类群落取食能力的功能均匀度产生影响。鱼类的取食功能均匀度数值显著降低,其在生态学意义上表明鱼类群体在取食功能性状轴组成的多维空间的分布均匀度降低,群体中一些与取食功能相关的性状逐渐趋同,多样性降低,呈现单一化,进而可能导致整个河流生态系统功能退化<sup>[7]</sup>。从上面的对比分析中可以发现,功能多样性相对于传统的分类多样性分析方法更能准确将生物多样性的变化和生态系统功能联系起来,而且反应更为灵敏,从而能够比较迅速全面的反映出生态系统的变化,这正是功能多样性分析方法的优势<sup>[20]</sup>。

由于现阶段大坝正处于建设初期截流阶段,还没有开始蓄水发电,虽然对坝下水体造成了一定的干扰,但在对鱼类功能多样性的调查结果中发现,仅取食功能均匀度指数发生了显著变化,这一结论说明大坝截流并没有完全破坏鱼类的生活环境<sup>[27]</sup>,因而也不能确切说明大坝建设破坏了鱼类功能多样性,需要在大坝正式运行蓄水发电后继续收集数据,扩充数据样本量,进一步计算分析结果,从而得出更

为可靠的结论。

## 参考文献:

- [1] 曹文宣. 有关长江流域鱼类资源保护的几个问题[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(2): 163-164.
- [2] 徐薇, 乔晔, 龚昱田. 长江上游鱼类资源变迁及其保护评析[J]. 人民长江, 2012, 43(1): 67-71.
- [3] 杨志, 郑海涛, 熊美华, 等. 彭水电站蓄水前后鱼类群落多样性特征[J]. 环境科学与技术, 2011, 34(8): 22-29.
- [4] PIELOU E C. An introduction to mathematical ecology[M]. Wiley-Interscience, 1969.
- [5] LEPS J, BROWN V K, LEN D, et al. Separating the chance effect from other diversity effects in the functioning of plant communities[J]. Oikos, 2001, 92(1): 123-134.
- [6] 江小雷, 张卫国. 功能多样性及其研究方法[J]. 生态学报, 2010, 30(10): 2766-2773.
- [7] VILLEGER S, MIRANDA J R, HERNANDEZ D F, et al. Contrasting changes in taxonomic vs. functional diversity of tropical fish communities after habitat degradation[J]. Ecological Applications, 2010, 20(6): 1512-1522.
- [8] DIAZ S, CABIDO M. Vive la difference; Plant functional diversity matters to ecosystem processes[J]. Trends in Ecology & Evolution, 2001, 16(11): 646-655.
- [9] 张金屯, 范丽宏. 物种功能多样性及其研究方法[J]. 山地学报, 2012, 29(5): 513-519.
- [10] 唐会元, 杨志, 高少波, 等. 金沙江中游圆口铜鱼早期资源现状[J]. 四川动物, 2012, 31(3): 416-421.
- [11] 高少波, 唐会元, 乔晔, 等. 金沙江下游干流鱼类资源现状研究[J]. 水生态学杂志, 2013, 34(1): 43-49.
- [12] 吴江, 吴明森. 金沙江的鱼类区系[J]. 四川动物志, 1990, 9(3): 23-26.
- [13] 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.
- [14] BLOOM S A. Similarity indices in community studies: Potential pitfalls[J]. Mar Ecol Prog Ser, 1981, 5(2): 125-128.
- [15] HURLBERT H S. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters[J]. Ecology, 1971, 52(4): 577-586.
- [16] 吴坤君, 龚佩瑜, 盛承发. 昆虫多样性参数的测定和表达[J]. 昆虫知识, 2005, 42(3): 338-340.
- [17] MASON N W H, MOUILLOT D, LEE W G, et al. Functional richness, functional evenness and functional divergence: The primary components of functional diversity[J]. Oikos, 2005, 111(1): 112-118.
- [18] PETCHEY O L. Integrating methods that investigate how complementarity influences ecosystem functioning[J]. Oikos, 2003, 101(2): 323-330.
- [19] SCHLEUTER D, DAUFRESNE M, MASSOL F, et al. A user's guide to functional diversity indices[J]. Ecological Monographs, 2010, 80(3): 469-484.

- [20] VILLEGER S, MASON N W, MOUILLOT D. New multidimensional functional diversity indices for a multifaceted framework in functional ecology[J]. *Ecology*, 2008, 89(8): 2290-2301.
- [21] IHAKA R, GENTLEMAN R. R. a language for data analysis and graphics[J]. *Journal of Computational and Graphical Statistics*, 1996, 5(3): 299-314.
- [22] 中国科学院生物多样性委员会. 生物多样性研究的原理方法[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1994.
- [23] VILLEGER S, RAMOS MIRANDA J, FLORES HERNANDEZ D, et al. Low functional beta-diversity despite high taxonomic beta-diversity among tropical estuarine fish communities[J]. *PLoS One*, 2012, 7(7): e40679.
- [24] 刘建康, 康曹文. 长江流域的鱼类资源及其保护对策[J]. *长江流域资源与环境*, 1992, 1(1): 17-23.
- [25] 危起伟. 长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区考察报告[M]. 北京: 科学出版社, 2012.
- [26] 段辛斌. 长江上游鱼类资源现状及早期资源调查研究[D]; 武汉: 华中农业大学硕士学位论文, 2008.
- [27] 刘瑞秋. 三峡大坝截流前后长江中上游江段水化学特性的初步调查[J]. *水生生物学报*, 2000, 24(5): 446-450.

## CHANGES OF FUNCTIONAL DIVERSITY IN FISH COMMUNITY BEFORE AND AFTER A DAM CLOSURE IN THE GUANYINYAN HYDROPOWER STATION

SU Guo-huan<sup>1,2</sup>, SHA Yong-cui<sup>1,2</sup>, XIONG Ying<sup>3</sup>, ZHANG Pei-yu<sup>1,2</sup>, XU Jun<sup>1</sup>

(1. Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 108000, China;

3. College of Fisheries, HuaZhong Agricultural University, Wuhan 430070, China)

**Abstract:** Human activities have strong impacts on ecosystem functioning through their effect on abiotic factors and on biodiversity. Classically, biodiversity changes have been assessed using diversity indices that take into account the number of species present (species richness) and the evenness of abundance distribution among species. However, such indices based only on taxonomic identity provide an incomplete view of biodiversity. Indeed, they do not take into account the biological identity and differences among species. While a lot of theoretical and experimental studies have shown that species functional traits play an important role in connecting changes in community composition and shifts in ecosystem processes. Based on this, we used two different methods, the traditional biodiversity assessment and functional diversity index, to analyze the change of ecosystem function before and after the dam closure of the Guanyinyan Hydropower Station. The purpose of this study is twofold: one is evaluation of the effects of the Ganyinyan Hydropower Station construction in the Jinsha River on the ecological system function, providing certain reference basis for the construction of water conservancy projects in the future, also laying a certain foundation for the author's next phase study. The second is through comparison and analysis to find a more effective and reliable method of assessing ecosystem function. Due to differences in functional traits of species, after habitat change, species that can adapt to new the environments will dominate in community, while species that can't adapt to the new environment will reduce the number or even disappear, leading to the community structure change, and thus make the entire ecosystem process shift. In this paper, by monitoring the fish community composition before and after the Guanyinyan dam construction, combined with the difference of fish functional traits, analyzed the changes of fish community structure and functional diversity before and after the closure of the dam, then make an evaluation of the impact caused by dam construction. Our results show that dam closure has caused some damages on the existence and behavior of the species with larger size, hypostomatous and narrow recipes width; resulted in a decrease in the number of or even disappear of the fish and reduced the functional diversity of fish communities downstream, and then a certain effect on the entire ecosystem function of this area.

**Key words:** functional diversity; traits; richness; evenness; divergence; ecosystem