

# 四川雪宝顶国家级自然保护区泗耳河电站 对流域小型脊椎动物的影响

黄俊忠<sup>1</sup>, 邓露修<sup>1</sup>, 赵定<sup>1</sup>, 鲜骏仁<sup>2</sup>

(1. 四川雪宝顶国家级自然保护区管理局, 四川 平武 622550; 2. 四川农业大学, 四川 温江 611130)

**摘要:** 近年来, 水电开发的生态影响在全球范围内得到了越来越多的关注和研究。在中国西南山地, 已有研究表明, 不断增加的水坝建设正在威胁着当地的生物多样性。为了量化评估小型水坝建设对当地小型脊椎动物群落的影响, 2010年4月~6月, 采用围栏陷阱法, 历时60 d, 总取样工作量1 140陷阱日, 对雪宝顶保护区泗耳河小型电站水坝坝体施工区、上游和下游小型脊椎动物进行调查, 共捕获分属3纲5目9科16种共计117只小型脊椎动物, 包括两栖类8种29只、爬行类2种25只、哺乳类8种63只。以5%作为判别优势种和稀有种的指标, 小鼯鼠(*Sorex minutus*)、铜蜓蜥(*Sphenomorphus indicus*)、褐家鼠(*Rattus norvegicus*)、华西蟾蜍(*Bufo andrewsi*)、中华蟾蜍(*Bufo bufogargarizans*)这5个种为群落优势种。群落中不同物种数量服从负指数分布。经单因素方差分析, 水坝坝体区域与下游的捕获总数存在显著差异, 与上游的捕获物种数存在显著差异。小水坝工程建设对小型脊椎动物物种多样性和多度存在显著负面影响。本研究为山区小水坝建设过程影响评估及未来水坝运行过程中的生物多样性保护策略制定提供了科学依据。

**关键词:** 生物多样性; 围栏陷阱; 群落结构; 雪宝顶国家级自然保护区

中图分类号: Q959

文献标识码: A

文章编号: 1003-5508(2015)05-0056-06

## The Impact of Minor-dam Construction on Small Vertebrate Community—A Case Study from Xuebaoding National Nature Reserve, Sichuan

HUANG Jun-zhong<sup>1</sup>, DENG Lu-xiu<sup>2</sup>, ZHAO Ding<sup>2</sup>, XIAN Jun-ren<sup>3</sup>

(1. Xuebaoding National Nature Reserve, Pingwu, Sichuan Province 622550;

2. Sichuan Agriculture University, Wenjiang, Sichuan Province 611130)

**Abstract:** During the past decades, the ecological impact of hydropower development has been drawing an increasing attention worldwide. In the mountainous area of southwest China, numerous studies have reported that the increasing dams are threatening the local biodiversity. In order to understand the effect of dams on native small vertebrate community, pitfall traps were used to survey the community composition, abundance and distribution pattern of small vertebrates crossing three sampling habitats: the dam construction area, upstream and downstream areas of the dam. The study was conducted from April to June, 2010 in the Sier River basin within the Xuebaoding National Nature Reserve, Sichuan Province. 19 pitfall traps were set up and 117 animals of 18 species were captured with a survey effort of 1 140 trap-nights. They belonged to 9 families, 5 orders, 3 classes. The small vertebrates captured during the survey included 8 amphibian species (29 individuals, 24.8%), 8 mammal species (63 individuals, 53.8%) and 2 reptile species (25 individuals, 21.4%). Five dominant species (85 individuals) accounted for the majority (72.6%) of captured animals: *Sorex minutus*, *Sphenomorphus indicus*, *Rattus norvegicus*, *Bufo an-*

收稿日期: 2015-06-29

基金项目: WWF(世界自然基金会)野生动植物保护基金(10000891-2.4.01.02)。

作者简介: 黄俊忠(1976-), 男, 硕士, 林业工程师, 主要从事野生动植物保护与自然保护区管理工作, E-mail: 235680909@qq.com。

drewni and *Bufo gargarizans*. The structure pattern of the community fitted the negative distribution. The animal abundance of the construction area was significantly lower than that of the downstream area, and the species richness of the construction area was significantly lower than that of the upstream area. The results indicated that the construction of minor-dam had a negative impact on the local community of small vertebrates. This study provided the baseline for evaluating the ecological impact of minor-dam construction and developing future conservation strategies accordingly.

**Key words:** Biodiversity, Pitfall trap, Community structure, Species richness, Xuebaoding National Nature Reserve

水坝工程环境影响的论证、预测和评价越来越受到人们高度关注,这种关注经历了点-线-面-体的发展演化<sup>[1~5]</sup>,即对水利工程建设与环境影响相互关系的思维空间的认知转变,是从点上工程到河段、河流梯级开发,再到库区生态与环境研究,最后是流域、自然-社会-经济的复合生态系统进行研究。评价方法也在注重当前发展评价的基础上结合长远预测,从单纯发展评价到对策、实施、反馈和再对策的完整过程体系评价。

中国西南山地作为全球 34 个生物多样性热点地区之一,孕育了该地区独特的生物、景观和文化的多样性。已有研究显示,水坝正逐渐成为威胁中国西南山地热点地区的生物多样性的的重要因素<sup>[6]</sup>。与在江河干流修筑大型水坝所引起的危害和反对意见相比,小型水坝由于只抬高河面水位,不截流,不形成大型水库,对环境和社会的危害较小而受到世界水坝委员会的肯定和支持。但实际上刚好相反,在近 50 年中,由于水坝工程的建设对两栖类动物繁殖生境和卵的影响,全球 1/3 的两栖动物种群出现显著衰退,其中在我国的为 39.88% (Lind et al., 1996)。其中,小水坝在生态系统特别脆弱和敏感的地区,很大程度改变和破坏了原来的流域环境和质量,这种改变对两栖爬行类和小型兽类动物是非常敏感的。

四川雪宝顶国家级自然保护区是以大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 等珍稀野生动植物为保护重点的“基因库”,在“中国生物多样性保护综述”中列为“A”级,为具有全球意义的保护区<sup>[7]</sup>,同时也是长江中上游重要水源涵养地的自然保护区。本研究以雪宝顶保护区泗耳河流域小水坝建设为研究案例,以区内小型脊椎动物为对象,力求摸清泗耳河流域水坝截流之前小型脊椎动物的分布现状,分析小型水坝建设施工对该区域小型脊椎动物分布影响原因,为水坝施工建设管理及实施生态恢复提供科学依据,以及为水坝建成使用后对流域管理提供可比

性基础资料,探讨同类地区小流域开发及环境影响评估手段和方法。

## 1 研究地点和方法

### 1.1 研究地点

四川雪宝顶国家级自然保护区(北纬 31°59'31"~33°2'41",东经 103°50'31"~104°58'13")位于四川盆地西北部,青藏高原向四川盆地过渡的东缘地带,长江的二级支流涪江的上游地区,最高海拔雪宝顶 5 400 m,最低海拔 1 600 m。因海拔相对高差悬殊,区域内形成了亚热带、暖温带、温带、寒温带、亚寒带和寒带的立体气候。保护区处于中国西南山地生物多样性地区,大熊猫集中分布区岷山山系的腹心地带,是以保护大熊猫、牛羚 (*Budorcas taxicolor*)、川金丝猴 (*Rhinopithecus roxellarae*)、珙桐 (*Davidia involu-crata* Bail) 等珍稀野生动植物及森林生态系统的野生生物类型保护区,面积 636.15 km<sup>2</sup>。由于所处的特殊地理位置,雪宝顶保护区成为了岷山山系地质、地貌、气候、水文、生物多样性等的典型代表区,具有高度的重要性、特殊性和保护价值<sup>[7]</sup>。

保护区内主要有虎牙河、土城河和泗耳河,均汇入涪江。本研究即在保护区内的泗耳河流域开展(如图 1)。泗耳河为嘉陵江涪江支流涪江(即通口河)左岸支流白草河的北源,发源于松潘县伐子岭东麓,沟长 50 km,流域面积约 800 km<sup>2</sup>,河床落差 1 170 m,平均比降 31‰。泗耳河在保护区段长 37.6 km,年平均流量 624 m<sup>3</sup>·s<sup>-1</sup>,年总径流量 1.97 亿 m<sup>3</sup>。泗耳河电站是由四川星辰水电投资有限公司开发建设的梯级电站,设计总装机容量 8 万 kW,分为一、二、三级电站。本研究区域位于二级电站施工区。二级电站装机容量 3.6 万 kW,采取坝坝引水方式取水,于 2003 年开工,因 5·12 地震影响,正在进行坝体区施工。二级电站坝址位于泗耳河干流雪宝顶保护区段三道沟处,断面处多年平均流量

为  $6.37 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , 截流后将在上游形成长  $0.5 \text{ km}$  的库区淹没区, 下游形成长  $8 \text{ km}$  的减水河段, 全部在保护区内, 从坝址处下泄流量设计不低于  $1.16 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , 以保障减水河段综合用水需要。



图1 研究区域图

监测方法—围栏陷阱法<sup>[8]</sup>, 对泗耳河小水坝施工区域及上、下游区域进行调查。野外调查中共设置“一字型”围栏陷阱 19 个, 距离河道不超过  $10 \text{ m}$ , 每个陷阱单独编号, 偶数号位于河道西岸, 奇数号位于河道东岸, 在同段河道成对比组设置(见图 2)。根据水坝施工可能的影响范围, 1#~6#陷阱位于水坝施工区上游; 7#~12#陷阱位于电站施工区; 13#~19#陷阱位于电站施工区下游(参见表 1)。

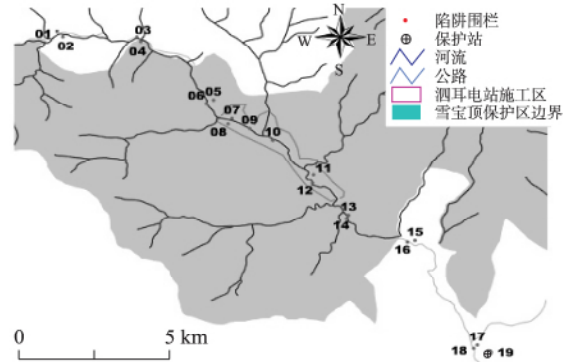


图2 围栏陷阱位点图

## 1.2 研究方法

本研究采用一种简便实用的小型陆栖脊椎动物

表1 围栏-陷阱的位置及小生境记录

编号	小地名	GPS 位点( E, N)	海拔( m)	陷阱位置	小生境描述
01 #	泗耳沟	103.98653° , 32.34209°	1 990	电站上游	一级电站规划的划区, 村集体林, 柳树林下, 距离河道约 5 m。
02 #	泗耳阴山	103.98927° , 32.34428°	2 000	电站上游	一级电站的规划区, 河对面, 村集体林, 柳树林下, 靠河边约 10 m, 旁边有一小溪。
03 #	俄若居	104.01075° , 32.34195°	1 860	电站上游	俄若村集体林, 针阔混交林, 距离河边约 10 m, 一非法料场旁边。
04 #	俄若居	104.00939° , 32.34253°	1 850	电站上游	俄若村集体林地, 公路与河道之间的灌木地, 距河道约 5 m。
05 #	广草坪	104.03287° , 32.32486°	1 770	电站上游	保护区境内。过溜索到河对面的灌木林下, 离河边约 5 m, 无人为干扰。
06 #	三道沟	104.03284° , 32.32396°	1 770	电站上游	保护区境内。路边的一片柳树林中, 距离河边约 4 m, 牛羊活动干扰较大。
07 #	三道沟	104.03690° , 32.31784°	1 760	施工区	电站大坝工地上游约 50 m, 保护区内的灌木林下。
08 #	三道沟	104.03719° , 32.31681°	1 770	施工区	电站大坝施工区旁边, 支流交汇处。
09 #	电站大坝	104.04361° , 32.31535°	1 730	施工区	电站大坝库房旁边的灌木林下, 建筑垃圾、生活垃圾多。
10 #	泡子沟口	104.04939° , 32.31092°	1 680	施工区	电站施工生活区外面的杜鹃林中, 周围环境卫生非常差。
11 #	板栅子	104.06277° , 32.29881°	1 650	施工区	金家湾隧道施工区和生活区, 灌木林下, 距离河边 8 m。
12 #	金家湾	104.06256° , 32.29992°	1 640	施工区	金家湾河对面的阔叶林中, 林下湿度大, 是一片厥类植物, 距河边 5 m。
13 #	西蕃桥	104.07293° , 32.28676°	1 520	电站下游	西蕃桥东桥头, 桥下的一片灌木林下, 距河边 3 m。
14 #	西蕃桥	104.07230° , 32.28554°	1 520	电站下游	西蕃桥西桥头, 靠桥头的一片针阔混交林中, 距河边 5 m。
15 #	梯子岩	104.09115° , 32.27801°	1 470	电站下游	支沟和河流的交汇处, 一大石头旁边的水趾是繁殖点, 内有卵团、卵带和成群的蝌蚪。
16 #	梯子岩	104.09046° , 32.27776°	1 550	电站下游	15 号陷阱的河正对面, 公路旁边的灌丛中, 距离河边约 5 m。
17 #	靴子岩	104.11282° , 32.24170°	1 390	电站下游	泗耳茶坊街外面的河滩地上, 距河边约 3 m, 周围的生活垃圾多。
18 #	靴子岩	104.11400° , 32.24094°	1 330	电站下游	小沟与泗耳河汇合处的一片厚柏地中。厚柏高 1 m 左右未成林, 间距 1 m~1.5 m, 看起来比较空旷, 靠河边约 5 m。
19 #	茶坊	104.11660° , 32.24158°	1 330	电站下游	泗耳保护站外面的河滩地, 灌木林中。

围栏材料采用 PVC 彩条布, 长  $6 \text{ m}$ 、高  $0.5 \text{ m}$ , 两端用木桩固定, 两侧各设 1 个掉落桶。掉落桶采

用口径  $36 \text{ cm}$ 、底径  $25 \text{ cm}$ 、深  $45 \text{ cm}$  的光滑塑料桶, 桶内加入  $5 \text{ cm} \sim 10 \text{ cm}$  深的水和少量碎瓦片, 并放

入少量石块。设置陷阱时,记录各组围栏陷阱的小地名、GPS 位点、海拔、植被类型和主要影响因子。围栏陷阱调查于 4 月~6 月开展,每月的 4 号~24 号各进行一轮为期 20 d 的调查,即 4 号打开陷阱开始,间隔 1 d 检查陷阱并收集数据 1 次,24 号检查后关闭陷阱,次月 4 号打开陷阱继续调查。每次检查记录的内容包括:监测点位置、监测日期、捕获的物种、性别、头体长(cm)、体重(g)、数量等数据,填写“围栏-陷阱法调查表”。对活体鉴别测量记录后,做剪脚趾标记放生;对已死亡和暂不能识别的动物,采用 10% 的福尔马林溶液制成浸制标本进行鉴别。

### 1.3 数据整理与分析

以单个掉落桶开放 1 d 作为 1 个陷阱日。以某一物种总捕获数是否超过全部捕获数的 5% 作为判别优势种和稀有种的标准<sup>[9~12]</sup>。群落内物种相对数量分布模式可视为对该群落的一个概述(Ludwig and Reynolds, 1988 暂无),其方法是将物种依照相对数量由高到低排序,然后依序数相对数量的比值作图。

用 Excel 2003 进行数据整理及图表制作,数据采用 Mean ± SD 表示,其中 Mean 为算术平均值,SD 为标准差。SPSS Statistics 17.0 软件中的单因素方差分析(包括 LSD 检验和方差齐性检验)检验不

同位置(即在建水坝施工区、上游及下游)的小型脊椎动物的捕获数、物种数是否存在差异。显著性检验  $P < 0.05$  为差异显著。

## 2 研究结果

### 2.1 物种组成与多度

此次调查期间,每个陷阱开放 60 陷阱日,19 个围栏陷阱共计调查 1140 陷阱日。捕获小型脊椎动物分属 3 纲 5 目 9 科 16 种,共计 117 只(图 3,表 2),包括 6 种两栖类、两种爬行类、8 种哺乳类。从数量上看,哺乳类数量较多,有 63 只,占 53.8%;其次是两栖类 29 只,占 24.8%;爬行类 25 只,占 21.4%。

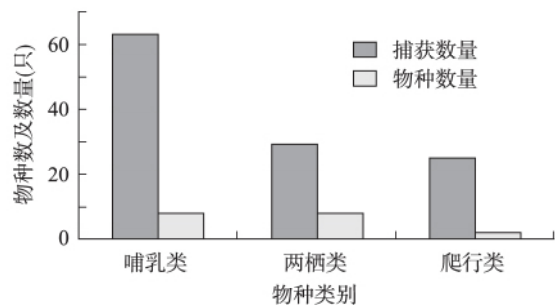


图 3 泗耳河流域小型脊椎动物组成

表 2 泗耳河流域小型脊椎动物组成

纲 Class	目 Order	科 Family	种 Species	数量 No. of captured individuals
两栖纲 Amphibia	有尾目 Caudata	小鲵科 Hynobiidae	北方山溪鲵 <i>Batrachuperus tibetanus</i> Schmidt	6
		无尾目 Salientia	角蟾科 Megophryidae	西藏齿突蟾 <i>Scutiger boulengeri</i> Bedriaga
	蟾蜍科 Bufonidae		中华蟾蜍 <i>Bufo gargarizans</i>	6
			华西蟾蜍 <i>Bufo andrewsi</i> Schmidt	9
			中国林蛙 <i>Rana chensinensis</i>	2
	蛙科 Ranidae		四川湍蛙 <i>Amolops mantzorum</i>	2
		斑腿泛树蛙 <i>Polypedates leucomystax</i>	1	
爬行纲 Reptilia	有鳞目 Squamata	树蛙科 Rhacophoridae	铜蜓蜥 <i>Sphenomorphus indicus</i>	24
		石龙子科 Scincidae	秦岭滑蜥 <i>Scincella tsinlingensis</i>	1
			姬鼯鼠 <i>Sorex minutus</i>	34
哺乳纲 Mammalia	食虫目 Insectivora	鼯鼠科 Soricidae	黑齿鼯鼠 <i>Blarinella quadraticauda</i>	1
			微尾鼯鼠 <i>Anourosorex squamipes</i>	4
		鼯鼠科 Talpidae	长吻鼯鼠 <i>Euroscaptor longirostris</i>	4
			少齿鼯鼠 <i>Uropsilus soricipes</i>	3
			长尾鼯鼠 <i>Scaptonyx fuscaudus</i>	3
		啮齿目 Rodentia	鼠科 Muridae	龙姬鼠 <i>Apodemus latronum</i>
	褐家鼠 <i>Rattus norvegicus</i>			12
	合计	5 目	9 科	16 种

### 2.2 群落结构

研究区域内小型脊椎动物群落内属于优势种的动物有 5 种(图 4):小鼯鼠、铜蜓蜥、褐家鼠、华西蟾蜍和中华蟾蜍,其余 13 种都是稀有种。3 种优势种

的总捕获数 85 只,占全部捕获数的 72.6%,最多的是小鼯鼠 34 只(占 29.1%)、其次是铜蜓蜥 24 只(20.5%)、褐家鼠 12 只(10.3%) 相对较少。除此之外的华西蟾蜍 9 只(占 7.7%) 和中华蟾蜍 6 只(占

5.1%)

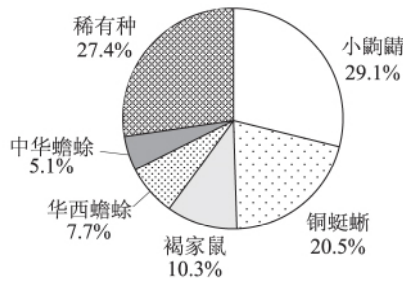


图4 泗耳河流域小型脊椎动物物种多度图

群落内物种相对数量分布模式可视之为对该群落的一个概述(Ludwig and Reynolds,1988)。其方法是将物种依照相对数量由高到低排序,然后依序数相对数量的比值作图(图5)。以14种动物的捕获数分析,群落中的不同物种数量服从负指数分布,即个体数特别多的物种非常少,而多数物种的个体数非常少。

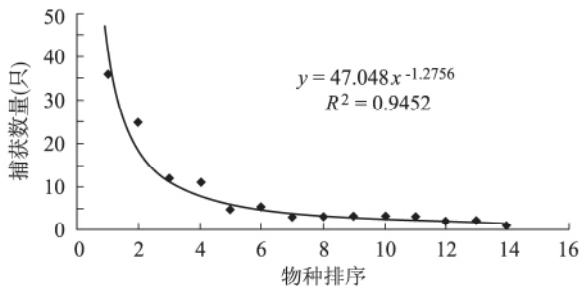


图5 泗耳河流域小型脊椎动物的分布模式

### 2.3 空间分布

#### 2.3.1 空间数量分布

比较水坝坝体施工区、上游、下游围栏陷阱捕获的小型脊椎动物物种数、捕获数,结果显示(图6):水坝上游共捕获12种39只,水坝坝体施工区共捕获7种26只,水坝下游共捕获9种56只,坝体施工区捕获的种数和个体数最少。

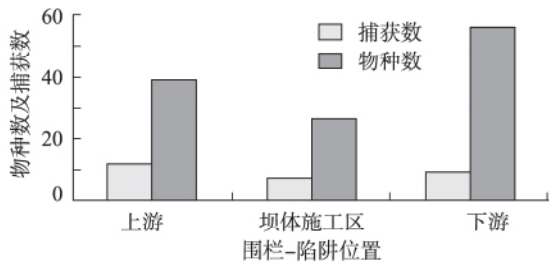


图6 泗耳河流域小型脊椎动物空间分布格局

#### 2.3.2 空间密度分布

以每百陷阱日的捕获率作为相对密度,水坝上

游每百陷阱日的捕获率达10.3%;水坝坝体施工区每百陷阱日的捕获率达6.8%;水坝下游每百陷阱日的捕获率达14.7%。由此可见,水坝坝体施工区的小型脊椎动物捕获率最小。

#### 2.3.3 捕获总数分布

单因素方差分析结果显示(表3), $P_{\text{坝体-上游}} = 0.185 > 0.05$ , $P_{\text{上游-下游}} = 0.303 > 0.05$ ,即水坝施工区与上游的捕获数不存在显著差异,上游和下游的捕获数也不存在显著差异。 $P_{\text{坝体-下游}} = 0.027 < 0.05$ ,即泗耳河流域的水坝施工区与下游的捕获数存在显著差异。

表3 总捕获数与水坝施工关系

(I) 位置	(J) 位置	均值差 (I-J)	标准误	显著性	95% 置信区间	
					下限	上限
上游	坝体	2.167	1.561	0.185	-1.16	5.49
	下游	-1.667	1.561	0.303	-4.99	1.66
坝体	上游	-2.167	1.561	0.185	-5.49	1.16
	下游	-3.833*	1.561	0.027	-7.16	-0.51
下游	上游	1.667	1.561	0.303	-1.66	4.99
	坝体	3.833*	1.561	0.027	0.51	7.16

#### 2.3.4 捕获种数分布

单因素方差分析结果显示(表4), $P_{\text{坝体-下游}} = 0.113 > 0.05$ , $P_{\text{上游-下游}} = 0.352 > 0.05$ ,即水坝坝体施工区与下游的捕获物种数不存在显著差异,上游和下游的捕获数也不存在显著差异。 $P_{\text{坝体-上游}} = 0.018 < 0.05$ ,即泗耳河流域水坝坝体施工区与上游的捕获物种数存在显著差异。

表4 总捕获物种种数与水坝施工关系

(I) 位置	(J) 位置	均值差 (I-J)	标准误	显著性	95% 置信区间	
					下限	上限
上游	坝体	1.833*	0.694	0.018	0.35	3.31
	下游	0.667	0.694	0.352	-0.81	2.15
坝体	上游	-1.833*	0.694	0.018	-3.31	-0.35
	下游	-1.167	0.694	0.113	-2.65	0.31
下游	上游	-0.667	0.694	0.352	-2.15	0.81
	坝体	1.167	0.694	0.113	-0.31	2.65

## 3 讨论和建议

### 3.1 小型脊椎动物作为研究对象的确定

根据相关的研究和实践<sup>[9,13,14]</sup>表明,小型脊椎动物作为稳定、灵敏、高效衡量生态环境变化的指针物种,即两栖类、爬行类和小型哺乳类具有诸多的优越性。这是因为:第一,小型脊椎动物与昆虫类动物和大型脊椎动物相比,在生态环境发生变化时没有过度的敏感和迅速反应,也不需要较长的时滞;第

二, 小型脊椎动物种群数量较大, 常常集群栖息活动, 迁徙能力有限, 活动区域较狭窄且相对固定, 有明显的特征, 便于观察、扑捉和定量统计。

### 3.2 调查数据不完善的原因分析

调查过程中, 可能造成数据丢失和不充分的原因, 一是设置围栏陷阱的水平和经验; 二是存在掉落桶丢失和围栏损坏的现象; 三是野生动物识别专业水平问题。

### 3.3 泗耳河小型脊椎动物分布影响分析

#### 3.3.1 主要影响因子

电站坝体施工区上游和下游, 保护区内的主要影响是放牧, 保护区外的主要影响是农耕和放牧; 电站施工区内主要是工程施工和放牧。由于泗耳村交通落后, 边远偏僻, 人口少, 传统的放牧和农耕方式长期存在, 且数量较少, 因此在保护区内及整个泗耳河流域, 放牧和农耕不作为主要的干扰因子, 而将短时间内对环境造成急剧改变的电站施工作为主要影响因子。

#### 3.3.2 电站施工对环境的直观影响

一是改变河流季节性流量和流向; 二是破坏水体质量; 三是改变和破坏河道两侧土壤和地表植被系统; 四是夜间施工的光照和噪音; 五是粉尘油污、建筑垃圾、生活垃圾污染的影响。

#### 3.3.3 生态作用影响

本次研究是以生态作用为出发点, 对具有密切关系的占据相似生态位的小型脊椎动物群落进行调查。结论和结果显示, 水坝坝体与下游的捕获数存在显著差异, 水坝坝体与上游的捕获物种数存在显著差异, 其他的均不存在显著差异, 即水坝的建设还是对本流域的小型脊椎动物构成了显著的负面影响, 导致了由水坝为分界线的上、下游的物种的种类及数量的减少。从而分析这种影响主要是施工建设期间, 通过短期的、剧烈的环境破坏引起的, 这与客观的状况还是基本一致的。

### 3.4 泗耳河小水坝建设管理建议

小型水坝同样能对流域的动物群落生态系统造成负面的影响, 而且长期来看, 这种负面影响大小现在还无法估量, 故建议:

(1) 建设工程环境影响评价审批部门提高对生

物资源影响的评价要求;

(2) 施工企业制定完善的生态施工管理制度, 包括施工工序过程中的生态处理、员工的教育管理、施工区的宣传等, 并纳入企业考核;

(3) 施工企业建立生态监理员制度, 邀请资源管理部门, 如自然保护区工作人员作为生态监理员, 参与生态施工管理制度和生态恢复措施的制定, 并全程指导和监督制度措施的执行, 将生态监理放到与工程质量监理同样重要的地位;

(4) 资源管理部门应建立长期的跟踪监测机制, 以准确评估小型水坝的利弊, 为未来的流域工程建设提供参考资料, 从而实现自然保护区的有效保护和科学合理开发资源的共赢。

### 参考文献:

- [1] 王丘玲. 水坝对环境影响的经济分析方法[J]. 环境科学研究, 1993, 6(6): 38~43.
- [2] Copeman V A, Meng Mphil. The Impact of Micro-Hydropower on the aquatic environment[J]. CIWEN, 1997, 1(11): 431~436.
- [3] 赵惠君, 张乐. 关注大坝对河流环境的影响[J]. 山西水利科技, 2002, 1(1): 92~96.
- [4] 陈国阶. 三峡库区生态与环境问题[J]. 科技导报, 1997, 1(2): 49~52.
- [5] 于连生, 王菊, 孙达. 自然资源评价论及其应用[M]. 北京: 化学工业出版社, 2004.
- [6] 李成, 顾海军, 戴强, 等. 草坡河流域小水电开发对无尾两栖动物的影响[J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17(21): 117~121.
- [7] 符建荣, 刘少英, 王新. 四川雪宝顶自然保护区的鸟类资源[J]. 四川林业科技, 2007, 28(4): 42~47.
- [8] 古晓东, 梁春平, 戴强, 等. 一种简便实用的小型陆栖脊椎动物监测方法——围栏陷阱法[J]. 2009, 28(2): 273~275.
- [9] 武晓东, 施大钊, 刘勇, 等. 库布其沙漠及其毗邻地区鼠类群落结构分析[J]. 兽类学报, 1994, 14(1): 43~50.
- [10] 姜运良, 卢浩泉, 李玉春. 鲁西、南平原农作区小型兽类群落组成几季节变化[J]. 兽类学报, 1994, 14(4): 299~305.
- [11] 鲍毅新, 丁平, 诸葛阳, 等. 舟山岛东部地区小型兽类的群落组成与动态分析[J]. 兽类学报, 1995, 15(3): 222~228.
- [12] 王清, 王小明, 胡锦鑫, 等. 唐家河自然保护区小型兽类群落结构[J]. 兽类学报, 2003, 23(1): 39~44.
- [13] 郑渝池, 刘志君, 李成, 等. 四川泗耳自然保护区及邻近地区两栖爬行动物初步调查[J]. 四川动物, 2003, 22(3): 165~167.
- [14] 孙治宇, 刘洋, 冉江洪, 等. 四川雪宝顶自然保护区的兽类[J]. 四川动物, 2006, 25(1): 96~98.