

岷江上游秋季浮游动物群落结构及水平分布特征

方艳红¹, 方红伦², 王文君¹, 杨 钟¹, 简 东¹

(1. 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;
2. 湖南澧水流域水利水电开发有限责任公司, 湖南 长沙 410014)

摘要: 为了解岷江上游水电梯级河段浮游动物种类组成、密度和生物量及其多样性指数水平分布, 于2011年秋季对岷江上游水电梯级浮游动物进行调查。结果显示, 岷江上游秋季浮游动物有140种, 平均密度3 321.1个/L, 平均生物量1.2567 mg/L。紫坪铺水电站浮游动物优势种比映秀镇以上引水式梯级的丰富, 其密度是映秀镇以上河段的25倍, 生物量是映秀镇以上河段的143倍。依据浮游动物密度和生物量进行聚类分析, 岷江上游25个站点分别聚为四大类。紫坪铺库区静缓流河段浮游动物多样性指数高于库区流水河段及映秀镇以上河段。岷江上游映秀镇以上河段和紫坪铺浮游动物群落特征差异较大, 可能与生态环境有关。由于岷江上游生态环境破坏较为严重, 本次浮游动物群落特征调查可为今后生态修复提供参考。

关键词: 岷江上游; 浮游动物; 群落特征; 水平分布

中图分类号: Q145 **文献标志码:** A **文章编号:** 1674-3075(2018)06-0030-07

岷江是长江上游左岸一级支流, 岷江上游指岷江流域都江堰以上区域, 干流河长约340 km, 流域面积22 564 km², 位于青藏高原向四川盆地过渡地带(102°37'~103°58' E, 30°50'~33°10' N), 三面高山环抱, 多为峡谷地段, 水流湍急, 自然落差大, 水力资源丰富, 是长江水电开发最超前的支流, 也是我国水电开发最早的流域。到目前为止, 岷江上游河段已建成大中型水电站29座, 在较小的支流还有小型电站100多座, 水电总装机容量达300万kW(侯宝灯等, 2010)。2011年岷江调查江段黑水河汇口至都江堰, 已建有吉鱼、铜钟、姜射坝、中坝、福堂、太平驿、映秀湾、紫坪铺8座水电站。吉鱼至映秀湾7座电站是引水式开发, 由于电站截流工程过多, 减水河段频繁“脱水”, 加重了流域湿地生态系统退化, 生物多样性降低。紫坪铺水库具有不完全年调节性能, 已形成从河流到湖泊的转化。

岷江生态问题已有众多学者提出, 如鱼类的生存(丁瑞华, 2012)、梯级开发水电站累积影响(侯宝灯等, 2010)等。在河流生态系统中, 浮游动物是一类重要生物类群, 也是水生生物食物链的重要环节,

其种类组成、数量的时空变化对河流生态系统结构、功能运转、渔业资源和环境产生影响。因此, 开展浮游动物群落结构研究, 对岷江上游生态修复具有十分重要的理论和实践意义。

1 材料与方法

1.1 采样点设置

2011年9月20日至10月20日对岷江上游进行调查。根据岷江上游干流水电开发现状, 浮游动物监测将干流分为引水式开发河段(映秀镇以上), 坝式开发河段(紫坪铺库区)。映秀镇以上引水式开发河段监测点主要设在电站上游的流水河段、库区、坝下减水河段及支流, 紫坪铺监测点设在库湾、库区、坝下及支流, 共布置25个监测点(图1)。

1.2 样品采集与处理

原生动、轮虫定性样品用25号浮游生物网, 枝角类和桡足类定性样品用13号浮游生物网, 划“∞”字形捞取, 所采原生动、轮虫水样用10%鲁哥氏液固定, 枝角类和桡足类用1%福尔马林固定。定量样品从表层往下每隔1 m取水柱混合水样2 L, 在室内静置48 h后虹吸去上层清液, 取下层约30 mL浓缩样品作为轮虫、原生动定量之用; 取水柱混合水样40 L, 用25号浮游生物网过滤后为甲壳动物定量样品。采样、鉴定和分析参照文献方法(王家楫, 1961; 沈嘉瑞等, 1979; 蒋燮治和堵南山, 1979; 章宗涉和黄祥飞, 1991; 沈韫芬, 1999)。

收稿日期: 2016-12-14 修回日期: 2018-07-26

基金项目: 四川省紫坪铺开发有限公司“紫坪铺水利枢纽工程竣工环境保护验收”; 中国水利水电建设集团公司科研项目(AG2012/S-46-D)。

作者简介: 方艳红, 1982年生, 女, 高级工程师, 主要从事水生态学生态研究。E-mail: fyh1901@126.com

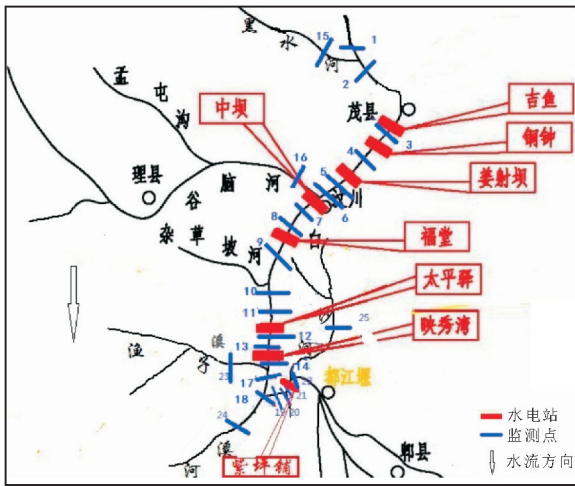


图 1 采样点分布

Fig.1 Location of sampling stations

1.3 数据处理

采用优势度(Y)、Shannon-Wiener 多样性指数(H)、Margalef 多样性指数(D)、Pielou 均匀度指数(J)对群落结构进行分析。相应公式如下:

$$Y = \frac{N_i}{N} f_i$$

$$H = - \sum_{i=1}^S \frac{N_i}{N} \log_2 \frac{N_i}{N}$$

$$D = \frac{S-1}{\ln N}$$

$$J = \frac{H}{\log_2 S}$$

式中: N_i 为第 i 种物种密度; N 为该物种群落总密度; S 为该物种群落总种类数; f_i 为第 i 种物种出现频率;以 $Y \geq 0.2$ 为优势种。

数据统计和聚类分析采用统计软件 SPSS 19 进行处理分析。

2 结果与分析

2.1 浮游动物种类组成及分布

本次调查在岷江上游共检出浮游动物 76 属 140 种。其中原生动物种类最多,共计 42 属 80 种,占浮游动物种类组成的 57.14%;其次是轮虫 20 属 37 种,占 26.43%;桡足类 6 属 12 种,占 8.57%;枝角类 8 属 11 种,占 7.86%。

映秀镇以上河段共检出浮游动物 68 种,其中原生动物占映秀镇以上河段种类数的 75%,轮虫占 17.65%,枝角类占 1.47%,桡足类占 5.88%;浮游动物优势种为刺胞虫、绿急游虫、椎轮虫、旋轮虫等。紫坪铺库区共检出浮游动物 111 种,其中原生动物占库区总种类的 50.45%,轮虫占 28.83%,枝角类占

10.81%,桡足类占 9.91%;浮游动物优势种为放射太阳虫、轴丝光球虫、辐射射纤虫、蚤中缢虫、绿急游虫、王氏铃壳虫、锥形似铃壳虫、爱德里亚狭甲轮虫、前节晶囊轮虫、卵形彩胃轮虫、针簇多肢轮虫、疣毛轮虫、尖尾疣毛轮虫(表 1)。映秀镇以上河段和紫坪铺库区优势种相似指数仅为 0.06,紫坪铺库区浮游动物优势种明显比映秀镇以上河段多,且以适宜静缓流纤毛虫、疣毛轮虫种类为主。

表 1 岷江上游浮游动物优势种及优势度

Tab.1 Zooplankton dominant species and dominance degree in the upper Minjiang River

浮游动物种类	映秀镇 紫坪铺	
	以上	库区
刺胞虫 <i>Acanthocystis</i> sp.	0.02	
放射太阳虫 <i>Actinophrys</i> sol		0.04
原生 轴丝光球虫 <i>Actinosphaerium eichhorni</i>		0.03
蚤中缢虫 <i>Mesodinium pulex</i>		0.04
辐射射纤虫 <i>Actinobolina radians</i>		0.03
绿急游虫 <i>Strombidium viride</i>	0.09	0.09
王氏似铃壳虫 <i>Tintinnopsis wangi</i>		0.04
锥形似铃壳虫 <i>T. conicus</i>		0.12
爱德里亚狭甲轮虫 <i>Colurella adriatica</i>	0.07	
前节晶囊轮虫 <i>Asplancha priodonta</i>		0.03
卵形彩胃轮虫 <i>Chromogaster oualis</i>		0.03
针簇多肢轮虫 <i>Polyarthra trigla</i>		0.03
疣毛轮虫 <i>Synchaeta</i> sp.		0.34
尖尾疣毛轮虫 <i>S. stylata</i>		0.07
旋轮虫 <i>Philodina</i> sp.		0.07

岷江上游各监测点浮游动物群落结构存在显著差异,紫坪铺库区明显高于映秀镇以上河段(图 2)。映秀镇以上江段 3 号站点浮游动物种类最多,为 19 种;14 号站点最少,为 5 种。紫坪铺库区浮游动物种类最多的是 21 号站点,为 48 种;紫坪铺库尾支流 23 号站点最少,仅有 10 种;紫坪铺水库 17 号站点和坝下支流 15 号站点均为 16 种。

2.2 浮游动物密度和生物量

2.2.1 密度组成及分布 岷江上游浮游动物密度在 30~29 722.67 个/L,平均为 3 321.1 个/L。岷江上游映秀镇以上河段浮游动物密度在 30~705 个/L,平均为 346.89 个/L。岷江映秀镇以上浮游动物密度组成原生动物所占比例最高(98.31%),轮虫偶见(1.62%),枝角类和桡足类密度极少。在空间分布上,3~6 号站点(吉鱼坝下-中坝自然河段)浮游动物密度高于 7~13 号站点(中坝坝下至映秀镇江段),其最高值是 6 号站点 705 个/L,最少为 11、14 号站点,均为 30 个/L。紫坪铺库区浮游动物密度 180.08~29 722.1 个/L,平均 8 608.5 个/L,其中原生动物占库区总密度的 70.47%,轮虫占

29.47%，枝角类占0.04%，桡足类占0.02%。紫坪铺库区浮游动物密度随着水流逐渐变缓密度逐步升高，在20号站点达到最高，库尾支流鱼子溪23号站

点密度最少(图3)。由映秀镇上游河段与紫坪铺库区于水文情势的不同，紫坪铺库区浮游动物密度平均是映秀镇以上河段密度平均的25倍。

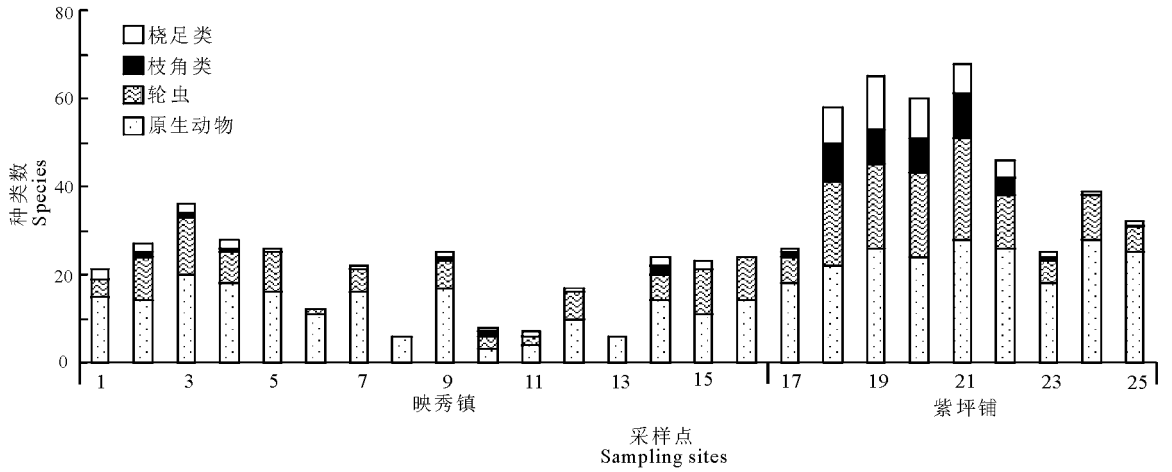


图2 岷江上游秋季浮游动物种类水平分布

Fig.2 Horizontal distribution of zooplankton species in the upper Minjiang River

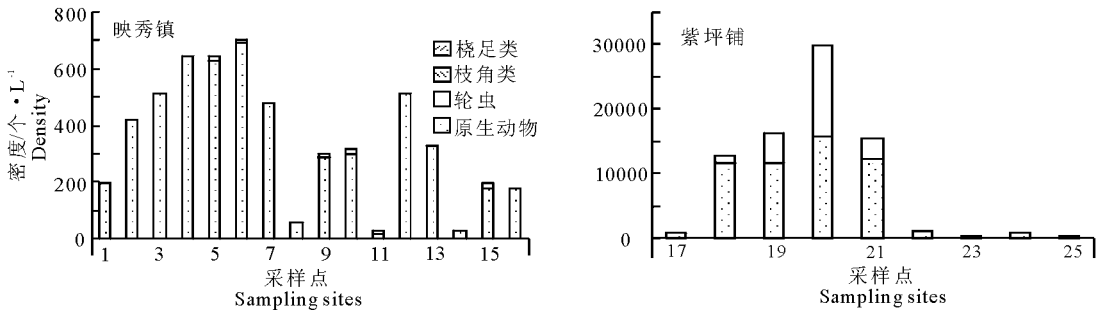


图3 岷江上游浮游动物密度水平分布

Fig.3 Horizontal distribution of zooplankton density in the upper Minjiang River

2.2.2 生物量组成及分布 岷江上游浮游动物生物量在0.0015~17.6822 mg/L,平均1.2567 mg/L。在生物量组成中,轮虫的贡献最大,为1.1002 mg/L,贡献率达到87.54%。映秀镇以上河段浮游动物生物量在0.0015~0.0525 mg/L,平均0.0241 mg/L;此江段生物量组成中,原生动物贡献率最大,为70.85%。紫坪铺库区浮游动物生物量在0.0391~17.6822 mg/L,平均3.4480 mg/L,紫坪铺

库区生物量贡献最大的是轮虫,贡献率为88.28%。岷江上游映秀镇以上河段、紫坪铺库区浮游动物生物量在水平分布上变化与密度相似(图4)。映秀镇以上河段6号监测点最高,库区20号监测点最高。紫坪铺库区与映秀镇以上河段浮游动物生物量组成发生了明显变化,库区由于检出大个体轮虫、枝角类和桡足类数量较多,浮游动物生物量平均是映秀镇以上江段生物量平均的143倍。

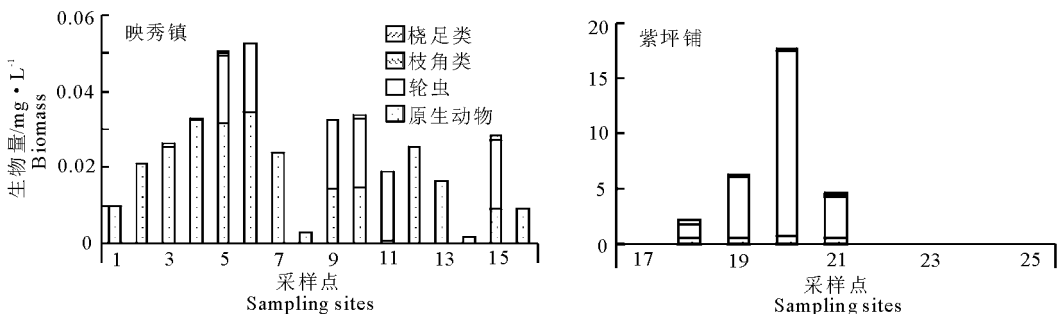


图4 岷江上游浮游动物生物量水平分布

Fig.4 Horizontal distribution of zooplankton biomass in the upper Minjiang River

2.3 浮游动物聚类分析

利用浮游动物的密度和生物量作为变量, 利用 SPSS 19 软件进行系统聚类(图 5)。岷江上游浮游动物聚类分析选定标尺为 5, 紫坪铺水库及上游江段 25 个站点分别聚为 4 大类。映秀镇以上河段 1~16 号站点、紫坪铺库尾 17 号站点、紫坪铺坝下 22 号站点、紫坪铺支流 23、24、25 号站点聚为第一类, 紫坪铺 18 号站点聚为第二类, 紫坪铺 19、21 号站点聚为第 3 类, 20 号聚为第 4 类。

2.4 多样性指数

岷江上游浮游动物多样性指数见图 6。映秀镇以上河段 Shannon-Wiener 多样性指数在 0.41~2.25, 平均为 (1.51 ± 0.54) ; Margalef 多样性指数在 0.19~1.13, 平均为 (0.68 ± 0.32) ; 均匀度指数在 0.44~1.00, 平均为 (0.72 ± 0.19) 。紫坪铺库区 Shannon-Wiener 多样性指数在 0.82~3.90, 平均为 (2.62 ± 1.06) ; Margalef 多样性指数在 0.67~3.42, 平均为 (1.74 ± 1.13) ; 均匀度指数在 0.35~0.83, 平

均为 (0.71 ± 0.15) 。从 3 种指数范围来看, 各指数最低点在映秀镇以上 16 号监测点, 各指数最高点在紫坪铺库区 21 号监测点, 紫坪铺库区 Shannon-Wiener 多样性指数、Margalef 指数明显高于映秀镇以上河段, 而紫坪铺库尾 17 号、坝下 22 号、支流 23、24、25 号站点与映秀镇以上河段接近。

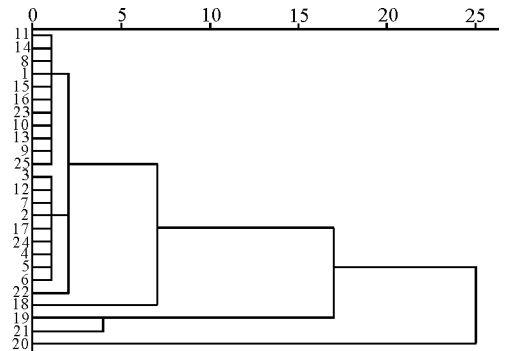


图 5 岷江上游各采样点浮游动物聚类分析

Fig.5 Dendrogram of the zooplankton community for all sampling sites in the upper Minjiang River

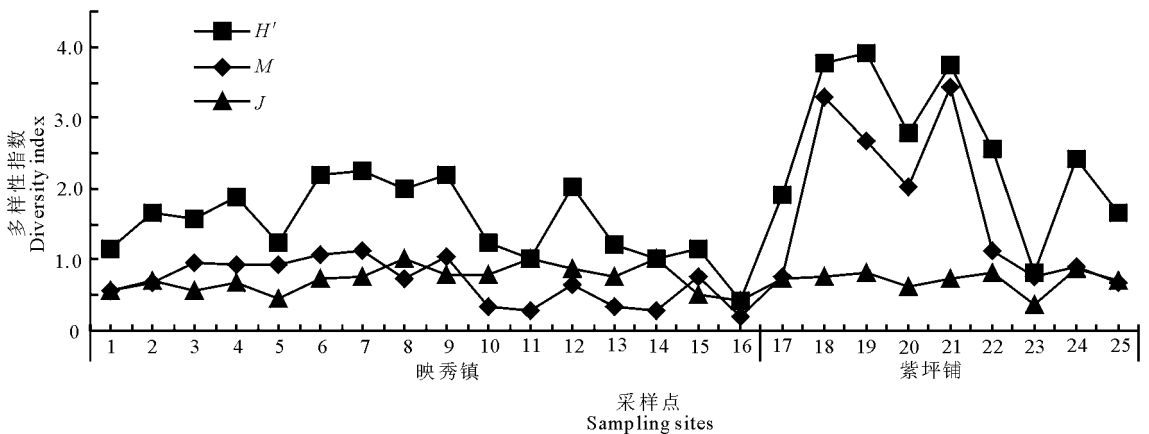


图 6 岷江上游浮游动物多样性指数及均匀度

Fig.6 Zooplankton diversity indices for each sampling site in the upper Minjiang River

3 讨论

3.1 岷江上游游动物群落特征

本次调查岷江上游浮游动物群落结构在物种数、密度主要取决于原生动物, 其次是轮虫, 枝角类和桡足类所占比例较少。本次结果与西南地区河流大渡河老鹰岩河段(黄允优, 2016)、西藏帕隆藏布(张军禄等, 2016)、易贡藏布(王启军等, 2015)、尼洋河(龚迎松等, 2012)浮游动物群落结构相似, 均以原生动物占绝对优势。

同一流域不同样点的环境因子存在着差异, 浮游动物的种类、密度构成在空间分布上有所不同。西藏尼洋河流域巴松错浮游动物的种类和现存量均

大大高于湖泊的上下游(龚迎松等, 2012); 额尔古纳河流域根河和哈乌尔河水温较低和流速较高导致浮游动物少于湖区和其它水域(姜英等, 2010); 碧溪河流域库区、河流浮游动物种类分别是 230 种、121 种, 库区与河流仅 1 种相同优势种, 库区、河流浮游动物密度分别是 282.65 个/L、125.06 个/L(李媛, 2016); 泾河流域浮游动物群落特征显示, 河流上游高海拔地区流下来的水温较低影响浮游动物生长、繁殖, 也是影响浮游动物群落结构空间格局的重要环境因子(白海峰等, 2015)。湍急河段不适合浮游动物生存, 水流缓慢的湖泊更适合浮游动物生存, 增加了浮游动物多样性。

本次调查岷江上游映秀镇以上小水电梯级河道

受电站调节性能的影响,库区和坝下水位频繁涨落及减水河段脱水严重,浮游动物赖以生存的生境处于不停的变换中,浮游动物在水中随波逐流,漂移不定,其种类为68种、密度346.89个/L、生物量0.0241 mg/L、多样性指数在1.6以下。紫坪铺库区以形成了河流向湖泊的转化,水动力减弱,水体滞留时间延长,浮游动物生活稳定,其种类比映秀镇以上河段多43种,密度是映秀镇以上河段的25倍,由于大个体轮虫、枝角类和桡足类大量出现,生物量明显增加,是映秀镇以上河段的143倍。从聚类分析来看,岷江上游映秀镇上游引水式梯级河段、支流、紫坪铺坝下具有急流河流特征的河段分为第一类;紫坪铺库区浮游动物群落特征与龙滩水库(方艳红等,2011)、资阳老鹰水库(陈勇等,2013)水库相似,根据库区水动力特征分为急流、缓流和静缓流区域。

3.2 岷江上游浮游动物的多样性

物种多样性是衡量一定区域内群落或生境中物种的丰富度、变化程度或均匀度,通过常用群落结构特征,描述群落演替方向、速度和稳定成度,反应环境变化对其影响。有研究显示,中度干扰假说(Intermediate disturbance hypothesis)认为中等程度的干扰频率能维持较高的物种多样性。如果干扰频率过低,少数竞争力强的物种将在群落中取得完全优势;如果干扰频率过高,只有那些生长速度快、侵占能力特强的物种才能生存下来;只有干扰频率中等时,物种生存的机会最多,群落多样性最高(李共国等,2015)。岷江上游映秀镇以上河段处于中度干扰假说的两个极端:一方面因为山区人口密度相对较低,人类活动较少,对河流生态干扰小;另一方面小水电站梯级运行对河流水文情势调控过于频繁,二者结合导致映秀镇以上河段浮游动物 Shannon-wiener 多样性指数平均为1.51,浮游动物群落较为简单。紫坪铺库区离都江堰市区较近、映秀镇和库湾支流为旅游景区,人类活动干扰中等,浮游动物 Shannon-Wiener 多样性指数平均2.62,物种丰富,群落结构复杂。甬江干流(李共国等,2015)、晋江流域(谢进军等,2005)、渭河流域(白海锋等,2014)浮游动物多样性特征与此相似。

3.3 梯级水电对浮游动物群落的影响

水电工程建设会改变水生生物的栖息地,使水生生物的生长发育发生改变,其种类和数量都会受到影响(Georg et al,2008)。本次调查选取与范继辉等(2006)岷江上游水电开发对环境的影响映秀湾水电站相同监测点进行对比分析,结果显示,随时间

推移,天然江段轮虫种类和密度减少,生物量略有增加,库区、减水河段种类和现存量大量减少或消失(表2)。这一结果与左江流域开发山秀电站建设后浮游动物种类减少了53.8%(任重等,2016)以及西南宝兴河“一库六级”河段浮游动物种类呈显著减少趋势一致(黄勇,2016)。西南高坝水库形成后,水动力减弱、透明度增加等因素使水生生态体系由以底栖附着生物为主的“河流型”异养体系向以浮游生物为主的“湖沼型”自养体系演化(王超,2017)。紫坪铺水电站建成后,由河流变为缓流湖泊型水库浮游动物(轮虫、枝角类、桡足类)密度由成库前的51.43个/L增加到1800.03个/L,生物量由成库前的0.5366 mg/L增加到2.4579 mg/L(方艳红等,2016);这一结果与黄勇(2016)对宝兴河跷碛电站(龙头水库)的研究结果相似。国内关于引水式梯级电站对浮游动物影响报告较少,本次调查引水梯级河段浮游动物种类、现存量减少,是受水电梯级叠加影响,还是与其它环境因子有关,还需进一步探讨。

表2 映秀湾水电站浮游动物监测

Tab.2 Comparison of zooplankton monitoring results at Yingxiuwan Hydropower Station in 2006 and 2011

年份	项目	轮虫	桡足类	密度/ 个·L ⁻¹	生物量/ mg·L ⁻¹
2006	天然江段	5	1	23	0.1440
	库区江段	2	1	6	0.0187
	减脱水河段	2		6	0.0099
2011	天然江段(6)	1	0	15	0.18
	库区江段(14)	0	0	0	0
	减脱水河段(15)	0	1	0	0

注:项目中的6、14、15为本次调查监测断面。

Note: Sampling Sites 6, 14 and 15 are the comparison river section.

3.4 浮游动物在生态修复中的应用

岷江上游由于引水式水电站梯级开发造成了河道内水位频繁涨落,严重破坏了生态环境。针对这一现状,何潇等(2011)提出了鱼类生境修复与河流廊道修复。浮游动物群落结构对水环境的任何变化都极为灵敏,浮游动物作为指示物种已广泛运用于疏浚工程(徐晓军等,2013)、水生态修复中,本次调查岷江上游浮游动物群落结构特征为今后岷江上游生态修复提供参考。

参考文献

- 白海锋,赵乃锡,殷旭旺,等,2014. 渭河流域浮游动物群落结构及其与环境因子的关系[J]. 大连海洋大学学报,29(3):260-266.
- 白海锋,李丽娟,项珍龙,等,2015. 泾河水系浮游动物群落结

- 构及其与环境因子的关系[J]. 大连海洋大学学报, 30(3):291-297.
- 陈勇,于飞,何东琼,等,2013. 资阳老鹰水库浮游动物群落结构周年变化[J]. 四川环境, 32(12):70-74.
- 丁瑞华,2006. 岷江上游鱼类及保护问题[J]. 四川动物, 25(4):819-821.
- 范继辉,刘巧,麻泽龙,等,2006. 岷江上游水电开发对环境的影响[J]. 四川环境, 25(1):23-27.
- 方艳红,常秀玲,黄道明,等,2011. 红水河龙滩水库浮游动物群落结构特征[J]. 水生态学杂志, 32(5):50-54.
- 方艳红,王文君,黄道明,等,2014. 岷江紫坪铺水库夏、秋两级浮游动物群落结构特征[A]//中国环境科学学会学术年会论文集(第12卷)[C]. 北京:中国环境科学学会.
- 龚迎春,冯伟松,余育和,等,2012. 西藏尼洋河流域浮游动物群落结构研究[J]. 水生态学杂志, 22(6):35-42.
- 何潇,房强,栗小龙,2011. 岷江上游生态修复探讨[J]. 中国水运, 11(11):156-157.
- 侯宝灯,朱晓旭,梁川,2010. 岷江上游典型河段水电梯级开发水环境累积影响[J]. 人民长江, 41(7):32-37.
- 黄勇,2016. 西南山地河流梯级水电开发的生态影响研究-以宝兴河为例[D]. 哈尔滨:东北林业大学.
- 黄尤优,曾燊,刘守江,等,2016. 大渡河老鹰岩河段的水生生物群落结构及水质评价[J]. 环境科学, 37(1):132-140.
- 姜英,姚锦仙,庞科,等,2010. 额尔古纳河流域秋季浮游动物群落结构特征[J]. 北京大学学报(自然科学版), 46(6):870-876.
- 蒋燮治,堵南山,1979. 中国动物志:淡水枝角类[M]. 北京:科学出版社.
- 李共国,包薇红,徐石林,等,2015. 甬江干流浮游动物群落结构季节动态与水环境的关系[J]. 水生生物学报, 39(1):1-12.
- 李媛,2016. 碧流河水库及流域浮游生物群落结构与粒径谱研究[D]. 大连:大连海洋大学, 34-49.
- 任重,王丽,黄绍峰,2016. 左江流域梯级电站开发对流域水生生态环境影响回顾及改善对策[A]//. 加强城市水系综合治理 共同维护河湖生态健康——2016 第四届中国水生态大会论文集[C].
- 沈嘉瑞,戴爱云,张崇洲,等,1979. 中国动物志:淡水桡足类[M]. 北京:科学出版社.
- 沈韞芬,1999. 原生动植物学[M]. 北京:科学出版社.
- 王超,2017. “西南水电高坝大库梯级开发的生态保护与恢复”研究构想[J]. 工程科学与技术, 49(1):19-26.
- 王家楫,1961. 中国淡水轮虫志[M]. 北京:科学出版社.
- 王启军,姜维,赵虎,等,2015. 易贡藏布江浮游生物调查及多样性分析[J]. 基因组学与应用生物学, 34(11):2408-2414.
- 谢进金,许友勤,陈寅山,2005. 晋江流域水质污染与浮游动物四季群落结构的关系[J]. 动物学杂志, 40(5):8-13.
- 徐晓军,汤琳,张锦平,等,2013. 浮游动物监测评价在疏浚工程环境影响评价中的应用[A]//中国环境科学学会学术年会论文集(第4卷)[C]. 北京:中国环境科学学会.
- 张军禄,边坤,许涛清,等,2016. 西藏帕隆藏布秋季浮游生物群落结构特征[J]. 基因组学与应用生物学, 35(3):647-655.
- 张军燕,张建军,杨兴中,等,2009. 黄河上游玛曲段春季浮游生物群落结构特征[J]. 生态学杂志, 28(5):983-987.
- 章宗涉,黄祥飞,1991. 淡水浮游生物研究方法[M]. 北京:科学出版社.
- Georg Albert Janauer, Eva Lanz, Udo Schmidt-Mumm, et al, 2008. Aquatic macrophytes and hydro-electric power station reservoirs in regulated rivers: man-made ecological compensation structures and the ecological potential [J]. Ecohydrology Hydrobiology, 8(2/4):149-157.

(责任编辑 万月华)

Autumn Zooplankton Community Structure and Horizontal Distribution in the Upper Minjiang River

FANG Yan-hong¹, FANG Hong-lun², WANG Wen-jun¹, YANG Zhong¹, JIAN Dong¹

(1.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)

2.Hunan Lishui River Basin Water Conservancy and Hydro Power Development Co., Ltd, Changsha 410014, P. R. China)

Abstract: The development of cascaded hydropower on the upper Minjiang River has resulted in serious ecological problems and attracted the attention of investigators. In this study, we investigated the zooplankton community in the upper Minjiang River, from Heishui River cove to Dujiangyan, a reach along which eight hydropower stations have been developed. From September 20 to October 20 of 2011, zooplankton were investigated at 25 sampling sites, focusing on species composition, density, biomass and the horizontal distribution of community diversity indices. A total of 140 zooplankton species from 76 genera were identified, with dominance by protozoans (80 species, 40 genus), followed by rotifers (37 species, 20 genus), copepods (12 species, 6 genus) and cladocerans (11 species, 8 genus). Zooplankton community density and biomass averaged respectively, 3 321.1 ind/L and 1.2567 mg/L in the upper Minjiang River during autumn. Zooplankton in the Zipingpu Hydropower Station Reservoir area are richer than in the upper reaches near Yingxiu Town, the reach where diversion-type cascaded hydropower stations were constructed. Zooplankton density and biomass were 25 times and 143 times higher in the Zipingpu area than the Yingxiu area. Cluster analysis, based on density and biomass, shows that the 25 study sites were clustered in four groups. Zooplankton diversity indices in the static reaches of Zipingpu Reservoir area were higher than in the flowing and upper reaches near Yingxiu Town. Community characteristics of zooplankton in the upper reaches of Yingxiu Town were noticeably different from those in the Zipingpu Reservoir area and result from differences in the ecological environment. This survey of zooplankton community provides a reference for future ecological restoration of the upper Minjiang River.

Key words: upper Minjiang River; zooplankton; community structure; horizontal distribution