DOI:10.15928/j.1674-3075.2015.01.006

拉萨河中下游底栖动物群落结构特征分析

简 东,黄道明,常秀岭,张 庆,谢 山,陈 峰,陈 胜

(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,武汉 430079)

摘要:2013年10月,在拉萨河热震藏布-河口中下游河段及支流共设置16个采样断面(拉萨河干流10个、支流4个,雅鲁藏布江汇口2个),对底栖动物进行了调查。样品分析结果表明:拉萨河评价河段干、支流底栖动物共31种,其中环节动物5种,占16.13%;软体动物3种,占9.68%;节肢动物23种,占74.19%。优势种有正颤蚓(*Lumbricus tubifex*)、四节蜉(Baetidae sp)、多足摇蚊(*Polypedilum* sp)、隐摇蚊(*Cryptochironomus* sp)、网石蝇(Perlodidae sp)、钩虾(Gammaridae sp)等。直孔电站影响河段底栖动物现存量较高,密度、生物量平均分别为31 911个/m^2、117.65 g/m^2。剔除直孔电站影响河段,拉萨河干流底栖动物密度、生物量分别为32个/m^2、0.92 g/m^2,支流密度、生物量分别为63个/m^2、0.78 g/m^2。底栖动物Shannon-Wiener指数为0~2.02。直孔电站运行对拉萨河中、下游河段底栖动物整体影响较小;对库区河段底栖动物群落结构影响较大,群落结构由流水型向耐氧、静水型的环节动物、摇蚊转化。

关键词:拉萨河;底栖动物;群落结构;直孔水电站

中图分类号:Q958.15 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2015)01-0040-07

拉萨河全长551 km,落差1 810 m,平均坡降0.34%。根据河谷形态和地质状况,拉萨河大致分为上、中、下游3段。上游河段从源头的麦底藏布、色荣藏布到桑曲汇入口,长约250 km,河床平均坡降0.37%;中游河段从热振藏布到旁多扒曲汇入口,长约60 km,河床平均坡降约0.26%;下游河段从旁多到曲水县境内雅鲁藏布江汇入口,长约240 km,河床平均比降约0.19%。主要支流有麦曲、桑曲、乌鲁龙曲、扒曲、雪绒藏布、墨竹玛曲、澎波曲和堆龙曲等(布多等,2009)。直孔电站是拉萨河干流上的大型水电站,坝址位于墨竹工卡县唐加乡和尼玛江热乡学绒藏布汇口以下,2003年5月正式开工,2006年12月首台机组发电,2007年9月工程竣工,电站装机容量10万kW,年平均发电量4.07亿kW·h。直孔水库正常蓄水位3 888 m,总库容1.75亿m^3,调节库容1.07亿m^3,具季调节能力。直孔水电站海拔高程3 800~3 900 m。电站以上,平均海拔高程在4 500 m以上的流域植被稀疏,居住人口少;平均海拔高程在4 500 m以下流域,为纯农牧业区。电站以下河道迂回曲折,支流众多,河谷宽阔,农耕发达,为拉萨地区主要粮食产区。

大型底栖无脊椎动物参与河流生态系统的物质循环与能量流动,处于河流生态系统的中间环节,是联系能量来源和顶级猎食者的主要环节,对维持河流生态系统的完整性起着重要的作用,并能较好地反映过去一段时间内水体受干扰和胁迫的累积效应(李镇等,2011)。由于大型底栖动物对环境变化较为敏感,常作为指示生物用于评价水质。水电站建设改变了原河道的水文情势,库区底栖动物种群结构的演变因涉及水生态系统的稳定以及鱼类饵料丰度而深受关注,是水电工程建设前期环评项目中不可或缺的研究课题之一。

拉萨河作为雅鲁藏布江最重要的支流之一,目前有关其底栖动物种群结构的研究成果不多,直孔电站运行后库区底栖动物演化研究尚无人涉及。一般来说,水库形成后底栖动物群落结构的演替是个动态过程,需经过3~4年方才进入稳定期(董双林和赵文,2004)。由于西藏地区建成年限长于5年的大型水电站较少,区域内大型水电站运行后底栖动物的演变探讨整体属于空白,因此研究直孔电站库区底栖动物的演化以及电站建设后拉萨河底栖动物群落结构特点,从中分析影响机理,对预测高原水库生境底栖动物的演化趋势、妥善处理西藏地区水资

收稿日期:2014-03-05 **修回日期:**2014-10-28

基金项目:中国水电顾问集团成都勘测设计研究院"直孔水电站建设对水生生态影响后评价研究"。

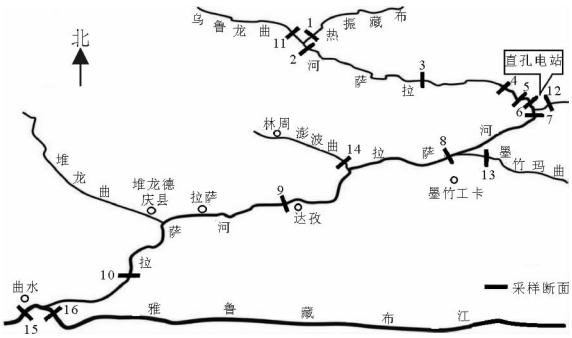
作者简介:简东,1963年生,男,江西新余人,工程师,主要从事水利工程建设对底栖动物的影响评价。E-mail: jiandong_625@.com

源开发与水资源保护的矛盾以及流域生境保护等均有较为重要的意义。2013 年 10 月,作者通过研究拉萨河中、下游底栖动物种群结构特点,分析了影响拉萨河底栖动物群落结构的主要生态因子,回顾评价了直孔水电站运行对底栖动物的影响,为拉萨河流域水生态保护及西藏地区大型水电站建设环境评价等提供依据。

1　材料与方法

1.1　采样断面设置

共设置 16 个采样断面(拉萨河干流 10 个、支流 4 个,雅鲁藏布江汇口 2 个)(图 1)。干流热振藏布 – 直孔库尾段设热振藏布、旁多、布冈 3 个采样断面(编号 1、2、3),直孔电站影响河段设直孔库尾、直孔库中、直孔坝前、直孔坝下 4 个采样断面(编号 4、5、6、7),墨竹工卡 – 拉萨河河口段设墨竹工卡、达孜、拉萨下 3 个断面(编号 8、9、10),支流设乌鲁龙曲、雪绒藏布、墨竹玛曲、澎波曲 4 个采样断面(编号 11、12、13、14),雅鲁藏布江设拉萨河汇口上、拉萨河汇口下 2 个断面(编号 15、16)。



1:热振藏布,2:旁多,3:布冈,4:直孔库尾,5:直孔库中,6:直孔坝前,7:直孔坝下,8:墨竹工卡,9:达孜,10:拉萨下,11:乌鲁龙曲,12:雪绒藏布,13:墨竹玛曲,14:澎波曲,15:拉萨河汇口上,16:拉萨河汇口下

图 1　拉萨河中下游底栖动物采样断面示意

Fig. 1　Location of zoobenthos sampling sites in the middle and lower reaches of the Lhasa River

1.2　样本采集与处理

直孔库区定量标本用 1/16 的彼得生采泥器采集,每个采样点采泥样 4 ~ 5 个,采集的泥样用 40 目网筛初步筛洗后带回室内分拣;定性样品用 D 形踢网(kick-net)收集。其余断面定量标本划定面积后用 D 形踢网(kick-net)收集,定性标本用 D 形踢网(kick-net)及抄网采集。分拣出的节肢动物、软体动物用 75% 的酒精固定,环节动物用 5% 的福尔马林固定,固定 24 h 后转入 70% 的酒精内保存。

室内用解剖镜和显微镜,参照相关文献资料(陈义,1959;何志辉,1982;津田松苗,1962;刘月英,1959)对底栖动物样品进行分类鉴定;定量标本用滤纸吸去样品表面水分后,按不同种类统计个体数、称重,计算密度和生物量。

1.3　数据分析

底栖动物群落多样性采用 Shannon-Wiener 指数(H')计算,计算公式:

$$H' = -\sum P_i \log_2 P_i \quad (1)$$

$$P_i = N_i / N \quad (2)$$

式中:H' 为多样性指数,P_i 为样品中属于第 i 种个体的比例,N_i 为样品中第 i 种生物的个体数,N 为样品中生物总个体数。

水质分类采用 5 级水质标准(黄玉瑶等,1982):$H'=0$(无大型底栖无脊推动物)为严重污染,$H'=0\sim1$ 为重污染,$H'=1\sim2$ 为中度污染,$H'=2\sim3$ 为轻度污染,$H'>3$ 为清洁。

2　结果与分析

2.1　底栖动物种类及组成

拉萨河评价河段干、支流底栖动物共 31 种,隶属 22 科 30 属(表 1)。其中环节动物 5 种,占 16.13%;软体动物 3 种,占 9.68%;节肢动物 23 种,占 74.19%。优势种有正颤蚓 *Lumbricus tubifex*、四节蜉、多足摇蚊 *Stictochironomus* sp、隐摇蚊 *Cryptochironomus* sp、网石蝇、钩虾等。

拉萨河评价河段干流底栖动物 21 种,支流底栖动物 20 种,干、支流底栖动物种数分布、种类结构大致相同。

2.2　底栖动物现存量

评价区内直孔电站影响河段底栖动物现存量较高,密度、生物量平均分别为 31 911 个/m^2、117.65 g/m^2。剔除直孔电站影响河段,拉萨河干流底栖动物密度、生物量分别为 32 个/m^2、0.92 g/m^2,支流密度、生物量分别为 63 个/m^2、0.78 g/m^2。支流底栖动物密度高于干流,但因软体动物数量分布少,生物量小于干流。

2.3　底栖动物水平分布

2.3.1　热振藏布 – 直孔库尾　该河段底质以卵石、泥沙为主,水流较急,周边区域主要为牧业区,底栖动物 12 种,环节动物、节肢动物所占比重分别为 8.33%、91.67%,种类主要由蜉蝣目、毛翅目、襀翅目等清洁水体指示物种构成,底栖动物密度、生物量分别为 34 个/m^2、0.22 g/m^2。

2.3.2 直孔电站影响河段(直孔库区) 直孔电站影响河段底栖动物8种,环节动物、软体动物、节肢动物所占比重分别为12.50%、25.00%、62.50%。主库区底质为深厚的淤泥,主要种类为正颤蚓、隐摇蚊。该河段底栖动物密度、生物量分别为31 911个/m^2、117.65 g/ m^2。

表1 拉萨河中下游底栖动物名录

Tab.1 Species composition of zoobenthos in the middle and lower reaches of the Lhasa River

种类	采样点															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
环节动物																
带丝蚓科 Lumbsriculidae sp										+						
蛭蚓科 Branchiobdellidae sp																+
正颤蚓 *Lumbricus tubifex*					+	+			+			+				
多毛管水蚓 *Aulodrilus pluriseta*														+		
巨毛水丝蚓 *Limnodrilus grandisetosus*													+			
霍甫水丝蚓 *Limnodrilus hoffmeisteri*		+									+					
软体动物																
耳萝卜螺 *Radix auricularia*										+				+		+
球蚬 *Sphaerium lacustr*						+										
尖膀胱螺 *Physa acuta*							+			+						
节肢动物																
四节蜉科 Baetidae sp	+		+					+			+					
似四节蜉属 *Baetodes* sp												+				
溪劾蜉属 *Rhithrogena* sp		+														
小蜉科 Ephemerellidae sp			+													
多足摇蚊属 *Polypedilum* sp		+							+	+						+
齿斑摇蚊属 *Stictochironomus* sp													+			
隐摇蚊属 *Cryptochironomus* sp		+			+		+				+					
摇蚊属 *Chironomus* sp					+									+		
直突摇蚊属 *Orthocladius* sp											+					
环足摇蚊属 *Cricotopus* sp											+					
斑特突摇蚊属 *Thienemanimyia* sp			+								+					
摇蚊蛹 *Chironomidae* Pupa											+					
朝大蚊属 *Antocha* sp			+													
大纹石蛾属 *Macronema* sp		+	+									+			+	
短石蛾科 Brachycentridae sp			+													
沼石蛾科 Limnophilidae sp												+				
等翅石蛾科 Philopotamidae sp												+				
龙虱科 Dytiscidae sp				+												
水龟甲科 Hydrophilidae sp				+												
塘水螟属 *Elophila* sp				+												
石蝇科 Perlidae sp												+				
网石蝇科 Perlodidae sp	+	+	+								+					
钩虾科 Gammaridae sp			+				+		+	+				+		+

2.3.3 墨竹工卡-拉萨河河口 该河段河道开阔,底质为卵石、沙质,底栖动物共8种,环节动物、软体动物、节肢动物所占比重分别为25.00%、25.00%、50.00%,主要种类有多足摇蚊、钩虾、带丝蚓(*Lumbsriculidae* sp)等,底栖动物密度、生物量分别为37个/m^2、1.62 g/m^2。拉萨市以下河段受生产、生活污水影响较为明显,水色黄绿,主要种类有多足摇蚊、钩虾、带丝蚓、耳萝布螺(*Radix auricularia*)等。

2.3.4 支流 支流底栖动物共20种,环节动物、软体动物、节肢动物所占比重分别为20.00%、15.00%、75.00%,底栖动物密度、生物量分别为63个/m^2、0.78 g/ m^2。

乌鲁龙曲、雪绒藏布两支流蜉蝣目、毛翅目、襀翅目等清洁水体指示物种均有检出。墨竹玛曲与上述两支流水文情势类似,底质以卵石、砾石为主,水清澈,可能是上游铜矿开采的原因;蜉蝣目、毛翅目、襀翅目种类未检出,在缓流区有少量水丝蚓、摇蚊科种类分布。澎波曲底质以泥沙、卵石为主,因有林周县城、选矿厂等生产、生活污水注入,水生态环境与其他支流差异较大,底栖动物主要种类有钩虾、摇蚊(*Chironomus* sp)、多毛管水蚓(*Aulodrilus pluriseta*)

等。

2.3.5　雅鲁藏布江汇口上下　雅鲁藏布江评价河段底栖动物 5 种,环节动物、软体动物、节肢动物所占比重分别为 20.00%、20.00%、60.00%,底栖动物密度、生物量分别为 36 个/m^2、0.58 g/m^2。拉萨河汇口上断面底栖动物以毛翅目为主,汇口下断面受拉萨河影响,种类组成与拉萨下断面类似,但数量低于拉萨下断面。

2.4　生物多样性指数

评价区底栖动物 Shannon-Wiener 指数在 0 ~ 2.02(表 2),干流热振藏布、布冈及支流乌鲁龙曲、雪绒藏布底栖动物生物多样性指数相对较高。直孔库区水域底栖动物种类较少,且耐氧型环节动物数量在密度组成中所占比重极大,生物多样性指数远低于评价区其他水域。

表 2　拉萨河中下游底栖动物多样性指数

Tab. 2　Shannon-Wiener diversity index of zoobenthos in the middle and lower reaches of the Lhasa River

断　面	定量种数/种	Shannon-Wiener 指数
1. 热振藏布	4	1.16
2. 旁多	4	0.99
3. 布冈	8	1.29
4. 直孔库尾	3	1.09
5. 直孔库中	3	0.02
6. 直孔坝前	3	0.05
7. 直孔坝下	2	0.56
8. 墨竹工卡	1	0
9. 达孜	3	0.90
10. 拉萨下	5	1.37
11. 乌鲁龙曲	8	2.02
12. 雪绒藏布	6	1.19
13. 墨竹玛曲	2	0.56
14. 澎波曲	4	0.73
15. 拉萨河汇口上	1	0
16. 拉萨河汇口下	4	1.27

3　讨论

3.1　拉萨河底栖动物群落结构的主要影响因子

外界环境因子短期和长期变化都影响着底栖生物的分布和丰度,在诸多的环境因子中,必有主次之分(李宝泉等,2005)。拉萨河属高海拔河流,影响该河流底栖动物群落结构的生态因子包括海拔、流速、溶氧、有机污染等。

同一温度下,溶解氧与空气中的氧分压呈正相关,随着海拔的上升,溶解氧是逐步下降的,因此底栖动物对不同海拔高度的响应是存在差异的。在海拔 2 900 ~ 3 500 m 范围内,底栖动物总物种丰度、水生昆虫物种丰度及其他类群物种丰度均呈现随高程增加而增加的趋势,在 3 500 ~ 3 800 m 内达到最大,在海拔超过 3 800 m 后,又恢复到较低水平(徐梦珍等,2012)。拉萨河评价河段热振藏布断面海拔最高,为 4 066 m,拉萨下断面海拔最低,为 3 615 m,两者海拔高差为 400 多 m。从底栖动物种类分布结果看,热振藏布、旁多、布冈、墨竹工卡、达孜、拉萨下断面底栖动物分别有 4、4、8、1、3、5 种,可能是海拔高差较小,评价区段内底栖动物总物种丰度随海拔高度变化规律不显著。

水电站建设对原河道水文情势的改变主要表现在流速、溶解氧等方面。直孔水电站运行后,其主库区河段水流相对静止,底质淤积层深厚,深水区底层处于低氧状况,水体流速、溶解氧等生态指标明显有别于拉萨河其他水域。从底栖动物种类结构看,直孔电站库区底栖动物以耐氧型的环节动物、摇蚊为主,流水型种类如蜉蝣目、毛翅目等在此基本绝迹,底栖动物种类结构与拉萨河其他水域差异较大,可见流速、溶解氧等因子的变化对底栖动物群落结构的影响较为直接。由于流速、溶解氧等因子显著变化区域主要在直孔库区,相对全流域而言范围有限,因此难以成为影响拉萨河中、下游河段底栖动物群落结构的主导因子。直孔电站运行对拉萨河中、下游河段底栖动物整体影响较小。

有机污染对底栖动物的影响往往是结构性的,水体中营养负荷的高低对底栖动物群落特征具有极强的指示作用。拉萨河热振藏布 - 直孔库尾段底栖动物种类结构中,蜉蝣目、毛翅目、襀翅目占有一定比重,群落特征表现为对低营养负荷清洁水体的响应。直孔主库区底层低氧环境是由于有机物在此大量累积、分解,消耗大量溶解氧所形成的,因此营养负荷也是影响直孔主库区底栖动物种类结构的主要因子之一。墨竹工卡 - 拉萨河河口段人口密度大,农耕发达,营养负荷对底栖动物影响较为明显。襀翅目、毛翅目生物在该河段已完全消失,墨竹工卡断面有少量蜉蝣目生物检出,达孜断面开始出现耐污能力较强的多足摇蚊,拉萨下断面底栖动物主要种类为带丝蚓、多足摇蚊、钩虾、耳萝布螺等,水质已呈现较为明显的污染特征。从拉萨河中、下游河段底栖动物种类结构分析,拉萨河水体中有机污染物含量自上而下应该是逐步增加的。由于有机污染物的影响,澎波曲与其他支流底栖动物种类结构有差异,拉萨河汇入雅鲁藏布江后也造成汇口上、下河段底栖动物种类结构迥异。

综上所述,拉萨河评价区底栖动物受有机污染

影响较为明显,底栖动物种类结构自上而下有规律地显现出对不同营养负荷的响应,因此影响拉萨河中、下游河段底栖动物群落结构的主要因子为有机污染。2005年拉萨河墨竹工卡,拉萨市段尚属于Ⅰ类水(宗永臣,2010),2011年拉萨河达孜、拉萨市段为Ⅱ类水(阿琼和冀磊,2012年),到2013年维持拉萨河Ⅲ类水已成为拉萨市"十二五"工作重点。可见拉萨河水质有逐年下降的趋势,应引起有关部门的高度重视。

3.2 直孔水电站对库区河段底栖动物群落结构的影响

坝式水电站建设对原河道水文情势的改变较为剧烈,水库建成后,库区河段流速下降将导致泥沙沉积,营养物质累积,并有可能在深水区底层水体形成低氧环境。低氧环境不仅改变了底栖动物群落结构,同时对生物量和丰度也有很大影响(袁伟等,2010)。

直孔水库建库前,库区河段底栖动物6种,其中蜉蝣目2种、襀翅目1种、蚋科生物1种、摇蚊科生物2种①。直孔水库蓄水、运行后,电站运行影响河段底栖动物共8种。库尾、库湾水域局部有一定的微流,蜉蝣目等流水型种类未检出,主要种类为龙虱、水龟甲等;库中、坝前主库区水体相对静止,底质淤积层厚,底栖动物4种,正颤蚓、隐摇蚊、摇蚊(*Chironomus* sp)为该区域的优势种,底栖动物密度、生物量平均分别为63 816个/m^2、234 g/m^2;坝下河段水流急,底质为长有青苔的块石、卵石,主要种类有钩虾、尖膀胱螺。从电站运行前后数据对比看出,直孔电站建设对库区河段底栖动物群落结构有较大影响。电站运行后,原有蜉蝣目、襀翅目等流水型种类在电站影响河段基本消失,区段内底栖动物种类水平分布差异较大,表现为对不同生境类型的适应性。主库区由于底层处于低氧环境,底栖动物优势种由正颤蚓、隐摇蚊、摇蚊等耐氧型种类构成,且密度极高;库湾、库尾水域因流态变化频繁,种类以适应各种流态的龙虱、水龟甲等半翅目水生昆虫为主;近坝下河段受发电尾水冲刷影响,底栖动物以游泳能力较强的钩虾、附着能力较强的膀胱螺属软体动物为主。由于生境类型增加、耐氧型种类在库区大量滋生,直孔电站运行后,电站影响河段底栖动物种类、密度、生物量较建库前均有所增加。

3.3 关于高海拔地区水体的水质评价

底栖动物对河流生态状况反应比较敏感、迅速,当河流生态发生变化时,底栖动物能够首先感受到这种变化,并在短时间内作出反应,因此常作为环境监测的指示物种(田世民等,2010)。生物多样性指数通过描述群落中各物种的组成状况来反映水体有机污染对群落造成的影响,从而对水质级别进行划分,其理论依据是有机污染的加重会导致耐污物种数量的增加,对水生生物的种类多样性产生负面影响。目前国际上应用最多的多样性指数是Shannon-Wiener指数(吴东浩等,2011)。本研究,依据Shannon-Wiener指数水质分类标准,拉萨河热振藏布、布冈及支流乌鲁龙曲、雪绒藏布等断面属于中度污染,这与上述各水域中检出有蜉蝣目、襀翅目、毛翅目等清洁水体指示物种形成矛盾,可能与拉萨河的海拔高、溶解氧相对较低有关。大型底栖无脊椎动物种类多样性指数与水中溶解氧成正相关关系(任淑智,1991)。相同水质条件下高原河流溶解氧含量与平原河流是存在差异的。姜红石等(2010)研究,在相同水质条件下,20℃时清洁水中理论饱和溶解氧拉萨为5.68 mg/L,广州为9.03 mg/L,拉萨理论饱和溶解氧仅为广州的63 %。直孔水库主库区水质评价为重度污染,也与目测结果及同期藻类检出结果存在较大差异。可能是因为直孔水库主库区沿岸消落区水位变化较大,底栖动物主要集中于深水区淤泥中且种类较为匮乏;底栖动物对小生境依存度高,相对于藻类等水生生物,分布均匀度较差等。Shannon-Wiener指数理论依据是有机污染加重会导致耐污物种数量的增加,在影响生物群落生长的多项因子中仅考虑了有机污染,忽略了海拔、流速、水位、底质等非化学因素的重要作用。关于高海拔地区水体的水质评价问题有待进一步研究。

参考文献

阿琼,冀磊.2012. 拉萨河河流水质状况综合评价[J].西藏科技,228(3):24-26.

布多,许祖银,吴坚扎西,等.2009.拉萨河流域选矿厂分布及其对环境的影响[J].西藏大学学报:自然科学版,24(2):33-38.

陈义. 1959. 中国动物图谱:环节动物[M].北京:科学出版社.

董双林,赵文.2004.养殖水域生态学[M].北京:中国农业出版社.

何志辉. 1982. 淡水生物学:上册[M].北京:农业出版社.

黄玉瑶,滕德兴,赵忠宪,等.1982.应用大型无脊椎动物群落

① 张家波.2002.西藏拉萨河直孔水电站水生生物调查与评价成果报告[R].

结构特征及其多样性指数监测蓟运河污染[J]. 动物学集刊,(2):133 – 146.
津田松苗. 1962. 水生昆虫学[M]. 东京:北隆馆.
姜红石,何群华,阿琼,等. 2010. 高海拔和低海拔地区 BOD_5 监测分析比较研究[J]. 广东化工,37(8):244 – 245.
李宝泉,李新正,于海燕,等. 2005. 胶州湾底栖软体动物与环境因子的关系[J]. 海洋与湖沼,36(3):193 – 198.
李镇,张 岩,袁建平,等. 2011. 大型底栖无脊椎动物在河流健康评价中的发展趋势[J] . 南水北调与水利科技,9(4):96 – 101.
刘月英. 1959. 中国经济动物志:淡水软体动物[M]. 北京:科学出版社.
任淑智. 1991. 北京地区河流中大型底栖无脊椎动物与水质关系的研究[J]. 环境科学学报,11(1):31 – 46.
田世民, 王兆印,徐梦珍,等. 2010. 底栖动物与水生栖息地面积耦合机制研究[J]. 人民黄河,32(11):19 – 23.
吴东浩,王备新,张咏,等. 2011. 底栖动物生物指数水质评价进展及在中国的应用前景[J]. 南京农业大学学报,34(2): 129 – 134.
徐梦珍,王兆印,潘保柱,等. 2012. 雅鲁藏布江流域底栖动物多样性及生态评价[J]. 生态学报,32(8):2351 – 2360.
袁伟, 金显仕, 戴芳群,等. 2010. 低氧环境对大型底栖动物的影响[J]. 海洋环境科学,29(3):293 – 296.
宗永臣. 2010. 基于模糊评价的拉萨河水环境现状分析[J]. 中国给水排水,26(4):105 – 108.

(责任编辑　张俊友)

Zoobenthos Community Structure in the Middle and Lower Reaches of Lhasa River

JIAN Dong, HUANG Dao-ming, CHANG Xiu-ling, ZHANG Qing, XIE Shan, CHEN Feng, CHEN Sheng

(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: Zhikong power station, a large power station located in the middle reaches of Lhasa River, began operating in September, 2007. Since construction was completed and operation began, zoobenthos community succession in the reservoir area has not been reported, even though it has changed the aquatic ecosystem and bait fish abundance. This study characterizes the zoobenthos community in the reservoir and the middle and lower reaches of the Lhasa River. Results will provide insight for predicting zoobenthos community dynamics on the plateau reservoir, managing the conflicting interests between development and water resource protection in Tibet and support habitat conservation in the river basin. A one month investigation on the zoobenthos was conducted at 16 sampling sites in the middle and lower reaches of Lhasa River and its tributaries (from Rezhenzangbu to the estuary) in October 2013, 10 sites in the main stem of Lhasa River, 4 in the tributaries and 2 in the estuaries of the Yarlung Zangbo River. Quantitative zoobenthos samples for Zhikong reservoir area were collected with a Peterson bottom sampler (1/16 m^2). Four to five mud samples were obtained at each site and mud samples were screened and rinsed with a 40 mesh screen. Qualitative zoobenthos samples were collected with a kick-net. Quantitative and qualitative samples for other sites were collected with kick-net and brail dip net. The obtained arthropods and mollusks were fixed with 75% alcohol and the annelids were fixed with 5% formalin and all samples were then preserved with 70% alcohol for an identification sequence, counting and weighing in the laboratory. A total of 31 species of zoobenthos were observed in the stem and tributaries of the Lhasa River, including 5 annelid species (16.13%), 3 mollusk species (9.68%) and 23 arthropod species (74.19%). The dominant species were Baetidae sp., *Polypedilum* sp., *Cryptochironomus* sp., Perlodidae sp., Gammaridae sp. and *Lumbricus Tubifex*. The standing stock of zoobenthos in Zhikong reservoir area was high, with the average zoobenthos density of 31 911 ind/m^2 and biomass of 117.65 g/m^2. While the average density and biomass of zoobenthos in the stem and the tributaries were 32 ind/m^2, 0.92 g/m^2 and 63 ind/m^2, 0.78 g/m^2, respectively, excluding the zoobenthos community in Zhikong reservoir area. The Shannon – Wiener index for the zoobenthos community ranged from 0 – 2.02. In general, the operation of Zhikong power station has little effect on the community structure of zoobenthos in the middle and lower reaches of the Lhasa River, but a large impact in Zhikong reservoir. The number of species, zoobenthos density and biomass increased significantly in Zhikong reservoir after the Zhikong power station began operating and the zoobenthos species composition has succeeded from lotic species to oxytolerant and lentic species.

Keywords: Lhasa River; zoobenthos; community structure; Zhikong power station