

文章编号:1004-8227(2010)12-1462-09

# 乌江梯级电站开发对大型底栖无脊椎动物群落结构和多样性的影响

陈 汧<sup>1</sup>,李厚琼<sup>2</sup>,吴 迪<sup>3</sup>,秦樊鑫<sup>3</sup>

(1. 贵州师范大学中国南方喀斯特研究院,贵州 贵阳 550001;2. 贵州师范大学研究生处,贵州 贵阳 550001;  
3. 贵州省山地环境信息系统与生态环境保护重点实验室,贵州 贵阳 550001)

**摘 要:**为了解乌江贵州段的底栖动物资源现状以及梯级电站开发对底栖动物群落结构和多样性的影响,对 18 个断面的底栖动物进行了调查。底栖动物多样性通过 Shannon-Wiener 多样性指数进行计算。结果显示:自然河段中,底栖动物物种丰富,以节肢动物占优势,物种丰富度和密度均以思南断面最高,生物多样性则以沿河二桥断面最高;群落类型复杂,环节动物-软体动物-节肢动物为优势群落,软体动物为群落中的优势类群。梯级水库的修建使底质环境差异变小,底栖动物物种丰度、密度和生物多样性降低,群落类型趋于简单,优势类群表现不明显,并且水库建成的年代越久,底栖动物的丰度、密度就越低,群落的组成类群就越少,物种组成以寡毛类和摇蚊类为主。研究表明,梯级电站的修建对底栖动物的物种组成、密度分布、多样性、群落类型等都造成了负面影响。

**关键词:**乌江;梯级电站;大型底栖无脊椎动物;群落;影响

文献标识码:A

乌江是长江上游南岸最大的支流,也是贵州最大的河流,发源于贵州西部高原乌蒙山脉东麓威宁县的香炉山,流经威宁、贵阳、沿河等 25 个县(市)境,于涪陵注入长江,在维系长江流域水资源中发挥着重要作用。河流全长 1 037 km,多年平均径流量 1 650 m<sup>3</sup>/s,天然落差 2 123.5 m,平均比降 2.05‰,年均气温 13~18℃,年降水量 900~1 400 mm,年日照时数 1 200~1 400 h,年总辐射 90~110 kcal/(cm<sup>2</sup>·a),地形复杂,气候复杂多变<sup>[1]</sup>。

贵州境内乌江干流全长 802 km,有 30 余条支流汇入。干流计划建水电站 9 座,至 2006 年底,已建成发电 6 座,这些电站是西部大开发战略中“西电东送”的重要组成部分,在经济和社会发展中发挥着重大效益。底栖动物是生物适应环境和与环境协同演化的产物,是水生生态系统中重要的分解者,因此其在水生生态系统的平衡中起着重要作用,其功能的正常发挥是人类可持续利用水资源的重要基础。然而,由于水电的开发,特别是河流大坝的大规模建设,使建库河段的水文特征发生改变如水流速变缓,水深增加,水位(水量)<sup>[2]</sup>、水温<sup>[3]</sup>、溶解氧发生变化,

底泥理化性质<sup>[4]</sup>改变等,以致改变系统的物质转化和输送通量以及河流生态环境<sup>[5~8]</sup>等,形成类似于“湖泊”的生态系统,有的学者将其称为“蓄水河流”<sup>[9]</sup>。这些改变影响了生物群落及其与水环境的和谐关系,进而影响了人类对区域水资源的可持续利用模式选择。因此,水库大坝的建设对河流生物群落和生态系统健康的影响已成为当代科学工作者关注的热点<sup>[10~14]</sup>。

有关乌江底栖动物多样性和群落结构的系统研究较少<sup>[15]</sup>,乌江梯级电站修建对底栖动物多样性及群落结构的影响尚未见报道。研究乌江水库河段与自然河段的底栖动物群落结构与多样性,在于了解乌江的底栖动物资源现状,揭示梯级电站建设对底栖动物群落结构及多样性的影响。

## 1 研究方法

### 1.1 断面布设

分别于已建成电站的普定、东风、乌江渡、洪家渡、索风营水库库头上游 100m 设置定量取样断面 5

收稿日期:2009-12-23;修回日期:2010-06-07

基金项目:贵州省自然科学基金项目(黔科合 J 字[2006]2098)

作者简介:陈 汧(1968-),男,贵州省遵义人,副教授,主要从事环境科学与生态学研究。E-mail:gy\_chenhu@163.com



>楠木渡(26)>乌江大桥(23)>鸭池河(22)>江界河(21)>百果沱(19)>思林电站(16)>构皮滩电站(14)>木浪大桥(10)>大乌江(7)>索风营电站(6)、洪家渡电站(6)>东风电站(4)>乌江电站(3)>普定电站(2),表现为自然河段断面物种数多于电站(水库)断面的物种数。

表 1 取样断面环境特征

Tab.1 Environmental Characteristics of Sampling Sections

断面名称	断面性质	底质特征
普定电站	1994 年建成水库	淤泥和枯枝落叶为主
木浪大桥	自然河段	细沙为主,兼粗石,水流较急
洪家渡电站	2004 年建成水库	地表泥色泥,粗沙
东风电站	1994 年建成水库	淤泥为主,少部分枯枝
鸭池河	自然河段	粗沙为主,少部分淤泥,水流较急
索风营电站	2006 年建成水库	地表泥色泥,粗沙
乌江电站	1983 年建成水库	淤泥为主,少部分枯枝
乌江大桥	自然河段	细沙,粗石,水绵等,水流较急
楠木渡	自然河段	细沙,水绵、水草等,水流缓
江界河	自然河段	淤泥、细沙,水流缓
构皮滩电站	自然河段	细沙,水流一般
大乌江	自然河段	卵石,粗沙,水流急
思林电站	在建水库	细沙,水流急
思南	自然河段	细沙,多种水草,水绵等,水流较缓
百果沱	自然河段	粗沙,卵石,水流急
沙沱电站	在建水库	细沙,水草,水流较缓
沿河二桥	自然河段	石滩,粗沙,少部淤泥,水流一般
思渠	自然河段	卵石为主,水流较缓

从种的分布看,出现频次 $\geq 50\%$ 以上的种有夹杂带丝蚓(*Lumbriculus variegates*)、泥泞拟钉螺(*Tricula humida*)、光滑狭口螺(*Stenothyra glabra*)、琵琶拟沼螺(*Assiminea lutea*)、狭萝卜螺(*Radix tagoii*)、卵萝卜螺(*Radix ovata*)、闪蛄(*Corbicula nitens*)等,它们是该河流的常见种。

2.3 底栖动物物种丰度、密度与多样性

通过定量采集,获底栖动物 79 种,以思南断面的物种最为丰富,有 32 种,占定量物种丰度的 40.51%。丰度的变化趋势为思南>沙沱>思渠>乌江大桥>沿河二桥>鸭池河>楠木渡、江界河>构皮滩电站>木浪大桥、百果沱>索风营电站、思林电站>东风电站、大乌江>洪家渡电站、乌江电站>普定电站。

底栖动物的密度为 96~19 261 个/m<sup>2</sup>,平均密度为 2 869.72 个/m<sup>2</sup>,以思南的密度最高,为 19261 个/m<sup>2</sup>,东风电站的密度最低,只有 96 个/m<sup>2</sup>。密度的变化趋势为思南>江界河>楠木渡>沙沱电站>思渠>乌江大桥>构皮滩电站>鸭池河>木浪大桥

>百果沱>沿河二桥>索风营电站>思林电站>大乌江>洪家渡电站>乌江电站>普定电站>东风电站(图 2)。

可见,水库断面底栖动物的丰度和密度低于大多数自然河段底栖动物的丰度和密度。

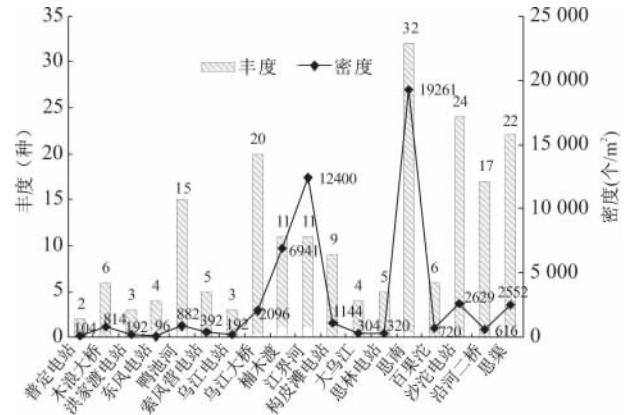


图 2 底栖动物的物种丰度与密度

Fig.2 Species Richness and Density of Macroinvertebrate

各断面底栖动物的生物多样性指数显示,沿河二桥、乌江大桥、沙沱电站、思渠和思南等断面具有较高的生物多样性,普定电站、楠木渡、江界河等断面生物多样性相对较低。除少数断面外,自然河段断面的生物多样性高于水库断面。多样性指数的变化趋势为沿河二桥>乌江大桥>沙沱电站>思渠>思南>鸭池河>木浪大桥>东风电站>百果沱>思林电站>大乌江>构皮滩电站>洪家渡电站>索风营电站>乌江电站>普定电站>江界河>楠木渡(图 3)。

2.4 底栖动物的群落类型

研究显示,乌江的底栖动物群落有线形动物-环节动物-软体动物-节肢动物、环节动物-软体动物-节肢动物、环节动物-软体动物、环节动物-节肢动物、软体动物-节肢动物、软体动物等 6 种类型,其中以环节动物-软体动物-节肢动物群落类型占优势,包括 6 个断面,软体动物群落类型最少,仅 1 个断面(图 4)。

从各群落的组成类群看,以鸭池河、乌江大桥、思渠等断面较为复杂,含线形动物、环节动物、软体动物和节肢动物 4 大类群,以百果沱断面的类群组成最为简单,仅有软体动物。以软体动物为主的群落和只有软体动物的群落达 12 个,占取样断面总数的 75.00%,表明软体动物是该河流群落中的优势类群。水库断面的群落组成类群以环节动物和节肢动物为主,优势类群表现不明显。

表 2 乌江底栖动物名录

Tab. 2 List of Macroinvertebrates in Wujiang River

种类	普定电 站	木浪大 桥	洪家渡电 站	东风电 站	鸭池河	索风营电 站	乌江电 站	乌江大 桥	楠木渡	江界河	构皮滩电 站	大乌江	思林电 站	思南	百果沱	沙沱电 站	沿河二 桥	思渠
线虫 (Nematoda) sp.					+		+									+		+
参差仙女虫 <i>Nais variabilis</i>					+						+							
多突瓣皮虫 <i>Slavina appendiculata</i>					+										+			
苏氏尾鳃蚓 <i>Branchiura sowerbyi</i>			+		+	+				+	+		+			+		+
正颤蚓 <i>Tubi flex tubi flex</i>										+								+
皮氏管水蚓 <i>Aulodrilus pigueti</i>			+											+				
管水蚓 <i>Aulodrilus</i> sp.													+					
淡水单孔蚓 <i>Monopylephorus limosus</i>									+								+	
单孔蚓 <i>Monopylephorus</i> sp.										+			+					
维奈夫盘丝蚓 <i>Bothrioneurum vejdoskyanum</i>				+						+								
盘丝蚓 <i>Bothrioneurum</i> sp.														+		+		
霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hofmeisteri</i>							+	+	+	+	+		+	+		+		
夹杂带丝蚓 <i>Lumbriculus variegates</i>	+	+		+		+		+	+	+	+							+
腹平扁蛭 <i>Glossiphonia complanata</i>																+		+
宽身扁蛭 <i>Glossiphonia lata</i>	+	+						+						+				
扁蛭(1) <i>Glossiphonia</i> sp.														+				
扁蛭(2) <i>Glossiphonia</i> sp.						+								+				
宁静泽蛭 <i>Helobdella stagnalis</i>										+				+				
苇氏巴蛭 <i>Barbronia weberi</i>								+				+	+	+		+		
环棱螺 <i>Bellamyia</i>						+												
球河螺 <i>Rivularia globosa</i>									+				+	+			+	+
泥泞拟钉螺 <i>Tricula humida</i>									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
格氏拟钉螺 <i>Tricula gregoria</i>									+	+				+	+	+	+	+
长角涵螺 <i>Alocinma longicornis</i>									+									
纹沼螺 <i>Parafossarulus striatulus</i>														+				+
赤豆螺 <i>Bithynia fuchsiana</i>												+	+	+		+		
光滑狭口螺 <i>Stenothyra glabra</i>									+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
拟沼螺 <i>Assiminea</i> sp.					+													
琵琶拟沼螺 <i>Assiminea lutea</i>						+				+	+		+	+	+	+	+	+
泉膀胱螺 <i>Physa fontinalis</i>										+		+	+					
耳萝卜螺 <i>Radix auricularia</i>		+						+					+	+	+	+		
折叠萝卜螺 <i>Radix plicaiula</i>		+						+	+				+	+		+	+	+
椭圆萝卜螺 <i>Radix swinhoei</i>								+					+	+				
狭萝卜螺 <i>Radix tagoii</i>					+			+	+	+		+	+			+		+
卵萝卜螺 <i>Radix ovata</i>		+			+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
尖萝卜螺 <i>Radix acuminata</i>											+		+					
小土蜗 <i>Galba pervia</i>					+			+					+	+				+
截口土蜗 <i>Galba truncatula</i>					+			+					+	+		+		
扁旋螺 <i>Gyraulus compressus</i>								+	+									
白旋螺 <i>Gyraulus albus</i>		+			+								+	+				
凸旋螺 <i>Gyraulus convexiusculus</i>		+			+			+	+		+		+	+				
大脐圆扁螺 <i>Hippeutis umbilicalis</i>					+			+					+				+	
尖口圆扁螺 <i>Hippeutis cantori</i>								+	+				+					
半球多脉扁螺 <i>Polypylis hemisphaerula</i>							+						+	+	+		+	
淡水壳菜 <i>Limnoperna lacustris</i>								+	+				+	+	+	+	+	
贻贝 (Mytilidae) sp.									+				+	+			+	+
闪蚬 <i>Corbicula nitens</i>	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
河蚬 <i>Corbicula fluminea</i>	+			+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
刻纹蚬 <i>Corbicula largillierti</i>	+									+			+	+		+	+	
细蚬 <i>Corbicula tenuis</i>													+	+				
湖球蚬 <i>Sphaerium lacustre</i>													+	+		+		

续表 2

种类	普定电站	木浪大桥	洪家渡电站	东风电站	鸭池河	索风营电站	乌江电站	乌江大桥	楠木渡	江界河	构皮滩电站	大乌江	思林电站	思南	百果沱	沙沱电站	沿河二桥	思渠
截状豌豆蝇 <i>Psidium subtruncatum</i>									+							+		
豌豆蝇 <i>Psidium</i> sp.					+													
泥介虫 <i>Ilyocypris</i>																+#		
薄壳介虫 <i>Doterocypris</i>									+#					+#		+	+#	+#
蜉蝣(1) <i>Ephemera</i> sp.										+	+		+#			+#		
蜉蝣(2) <i>Ephemera</i> sp.										+								
徐氏蜉 <i>Ephamera hsui</i>														+				
小裳蜉 <i>Leptophlebia</i>								+#						+			+	
等蜉 <i>Isonychia</i>															+			
长附蜉 <i>Metretopus</i> sp.															+			
细蜉 <i>Caenis</i>																	+	
箭蜓 <i>Gomphus</i>														+				
蜓 <i>Aeschna</i>								+#	+	+								
江鸡 <i>Macromia clio</i>																+#		
角鱼蛉 <i>Corydalus cornutus</i>																	+#	
田鳖 <i>Kirkaldyia deyrrollei</i>				+#														
松澡虫 <i>Notonecta</i>															+	+#		
原石蚕 <i>Rhyacophila</i>					+#													
低头石蚕 <i>Neureclipsis</i>																		+#
纹石蚕 <i>Hydropsyche</i>													+					+
长角石蚕 <i>Leptocerus</i>																		+
沼石蚕 <i>Limnophilus</i>		+																+
水螟 <i>Nymphula</i> sp.								+#										
长角泥甲(Elminthidae) sp.																+	+#	
球甲(Sphaeriidae) sp.																		+
水龟虫 <i>Hydrochara</i> sp.								+										
牙甲(1) <i>Coelostoma</i> sp.															+			
牙甲(2) <i>Coelostoma</i> sp.																		+
<i>Berosus peregrinus</i> *														+				
<i>Enochrus simulans</i> *														+				
叶甲(Chrysomelidae) sp.														+			+#	
沼甲 <i>Helodes amamiensis</i>								+										
按蚊 <i>Anopheles</i>															+			
大蚊 <i>Tipuia</i> sp.								+#										
亮大蚊 <i>Limonia</i> sp.								+#										+
毛蠓 <i>Dasyhelea</i> sp.					+#									+#				
麻虻 <i>Haematopota tristis</i>																+#		
麻虻 <i>Haematopota</i> sp.														+#				
长足虻 <i>Dolichopus</i> sp.								+#										
池畔蛾蚋 <i>Telmatoscopus</i> sp.																+		
菱附摇蚊 <i>Maclopelopia nebulosa</i>																+#		
菱附摇蚊 <i>Maclopelopia</i> sp.										+					+			
花纹前突摇蚊 <i>Parocladius choreus</i>				+#		+#												
前突摇蚊 <i>Parocladius</i> sp.										+				+				
罗甘小突摇蚊 <i>Micropsetra logana</i>								+#		+	+#		+	+				+
粗腹摇蚊 <i>Pelopia</i> sp.		+											+					
拟长附摇蚊 <i>Paratanytarsus</i> sp.					+#											+#		+#
流水长附摇蚊 <i>Rheotanytarsus</i> sp.			+#		+#													
长附摇蚊 <i>Tanytarsus</i> sp.																		+#
内摇蚊 <i>Endochironomus</i> sp.																		+#
多足摇蚊 <i>Polypedilum</i> sp.			+#		+#											+#		
隐摇蚊 <i>Cryptochironomus</i> sp.															+		+	+

续表 2

种类	普定电站	木浪大桥	洪家渡电站	东风电站	鸭池河	索风营电站	乌江电站	乌江大桥	楠木渡	江界河	构皮滩电站	大乌江	思林电站	思南	百果沱	沙沱电站	沿河二桥	思渠
侧叶雕翅摇蚊 <i>Glyptotendipes lobi ferus</i>														+				
雕翅摇蚊 <i>Glyptotendipes</i> sp.					+									+		+	+	
摇蚊 <i>Chironomus enteronomorphae</i> *			+		+													
摇蚊 <i>Chironomus tentans</i> *									+									
摇蚊(1) <i>Chironomus</i> sp.																		+
摇蚊(2) <i>Chironomus</i> sp.																+	+	+
环足摇蚊 <i>Cricotopus</i> sp.				+	+									+	+		+	
毛突摇蚊 <i>Chaetocladius</i> sp.														+			+	+
拟毛突摇蚊 <i>Paratrichocladius</i> sp.																		+

注: \* : 种类鉴定来源于《日本图说》(川合祐次,1985); #: 定量种类

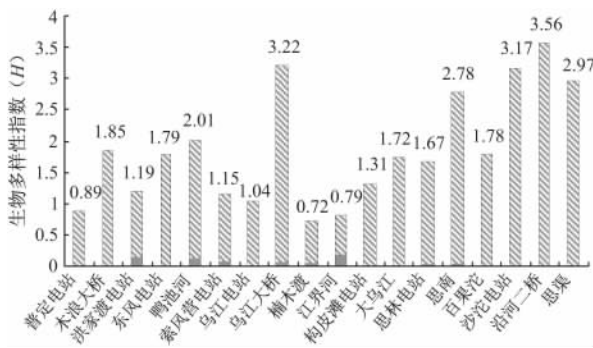


图 3 底栖动物生物多样性指数的变化趋势  
Fig. 3 Variation Trend of the Biodiversity Index of Macroinvertebrate

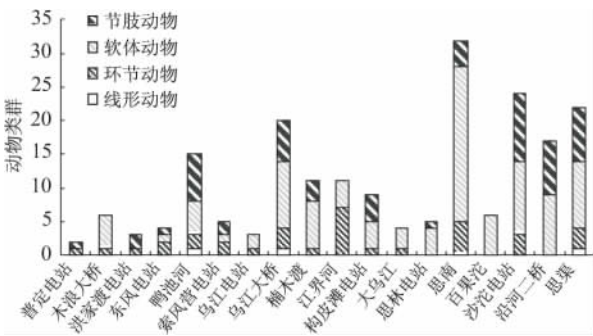


图 4 底栖动物群落的组成类群

Fig. 4 Composition Groups of Macroinvertebrate Community

### 3 讨论

#### 3.1 梯级电站对底栖动物物种组成的影响

乌江属山区峡谷型河流,生境复杂,底质环境差异较大,因此自然河段的底栖动物物种非常丰富,视水文状况和底质环境差异不同程度地分布线形动物、环节动物、软体动物和节肢动物的种类。从表 2

看,包括营自由生活(或寄生生活)的线虫类,喜栖于流水、底质为粗沙或卵石环境的蜉蝣类,喜栖于腐殖质比较丰富的寡毛类、昆虫纲中双翅目的种类,以及栖息于缓流或急流、多种底质环境的软体动物、蛭类等。而在水库河段,由于库坝的修筑,阻断了自然河道的连续性,水流变缓,底层溶解氧降低,底质差异变小而类似于湖泊底质,因此生活的种类主要是一些对水中的溶解氧要求不高且要求营养物质丰富或具有较高耐污性质的种类,如苏氏尾鳃蚓(*Branchiura sowerbyi*)、皮氏管水蚓(*Aulodrilus pigueti*)、维冀夫盘丝蚓(*Bothrioneurum vejdoskyanum*)、霍甫水丝蚓(*Limnodrilus hofmeisteri*)、夹杂带丝蚓(*Lumbriculus variegates*)、宽身扁蛭(*Glossiphonia lata*)、花纹前突摇蚊(*Parocladius choreus*)、多足摇蚊(*Polypedilum* sp.)、摇蚊(*Chironomus enteronomorphae*)等,软体动物和除摇蚊以外的其它昆虫种类都非常少。研究表明,电站的修建已对底栖动物的物种组成造成了很大影响,这与其他学者的研究结果类似<sup>[12~14]</sup>。

#### 3.2 梯级电站对底栖动物物种丰度、密度和多样性的影响

影响底栖动物丰度和密度的因素包括物理、化学和生物因素<sup>[2~4,10,16,18~20]</sup>,研究主要从河段的流速和底质的机械组成进行考察。结合表 1、图 2 可知,自然河段的物种丰度除大乌江和思林断面外,都在 6 种或 6 种以上,最高为思南断面,达 32 种,而水库断面均在 5 种以下。前者在丰度上的优势种为软体动物,后者表现不明显。表明梯级水库的修建大大降低了相应河段底栖动物的物种丰度。大乌江和思林断面物种丰度偏低可能与其水流较急、底质主要为沙或卵石等因素有关。

在密度方面,自然河段断面均在 300 个/m<sup>2</sup> 以上,而水库断面除索风营电站断面为 392 个/m<sup>2</sup> 外,其他断面均在 200 个/m<sup>2</sup> 以下。二者在密度上的优势种则是环节动物、软体动物和节肢动物均有。可见,梯级水库修建对密度的影响表现出与物种丰度类似的结果,但在优势种的影响上与之有差别(表 3)。索风营电站断面动物密度偏高可能与索风营水库建成不久而使底质环境变化尚未趋于稳定有关。水库河段丰度和密度研究结果与其他学者的相似<sup>[13,17,20]</sup>。

表 3 乌江底栖动物密度优势种

Tab. 3 Dominant Species of Macroinvertebrate Density in Wujiang River

断面	密度优势种(%)	断面	密度优势种(%)
普定电站	花纹前突摇蚊 (69.20)	江界河	霍雨水丝蚓 (88.20)
木浪大桥	夹杂带丝蚓 (54.10)	构皮滩电站	罗甘小突摇蚊 (63.50)
洪家渡电站	球环梭螺 (66.70)	大乌江	狭萝卜螺 (42.1)
东风电站	维囊夫盘丝蚓 (50.00)	思林电站	光滑狭口螺 (60.0)
鸭池河	拟长附摇蚊 (68.90)	思南	泥泞拟钉螺 (31.6)
索风营电站	闪蛄 (77.50)	百果沱	闪蛄 (53.3)
乌江电站	霍雨水丝蚓 (75.00)	沙沱电站	贻贝一种 (34.3)
乌江大桥	小土蜗 (29.00)	沿河二桥	贻贝一种 (25.0)
楠木渡	霍雨水丝蚓 (89.90)	思渠	闪蛄 (45.70)

生物多样性指数是底栖动物物种丰度和个体数的综合反映,表征水体的功能状况,凡是影响丰度和

密度的因素都可能对多样性造成影响。从表 1 和图 3 看出,在自然河段,除楠木渡和江界河断面外,生物多样性指数均大于 1.3,而水库断面生物多样性指数均在 1.2 以下。表明电站的建设降低了相应库区的生物多样性。综合表 3,楠木渡和江界河断面生物多样性较低与断面受到较重污染而导致霍雨水丝蚓的密度较高有关。

研究还发现,物种丰度、密度分别与水库年数呈显著的负相关关系 ( $r = -0.453, -0.521; p < 0.05$ ),即随着水库建成年数的增加,底栖动物的物种丰度、密度呈现下降趋势(图 5(a)、(b))。多样性指数的变化并不表现这种规律性,这可能与水库建成不同年数的底质变化差异和各断面水质差异等有关(图 5(c))。

### 3.3 梯级电站对底栖动物群落类型的影响

生物群落是生物长期适应环境并与环境协同演化的结果,自然河段的底质环境差异较大,因此其群落类型丰富。结合图 4,其群落既有简单类型也有复杂类型,以环节动物-软体动物-节肢动物型为主,群落的组成类群多少不一但优势类群表现明显。由于乌江上游梯级水库的修建,改变了相应河段的水文循环与理化性质,使底质环境趋于单一化,底栖动物的群落类型也趋于稳定,主要是环节动物(寡毛类)-节肢动物(摇蚊类)型,群落的组成类群上也以寡毛类或摇蚊类占优势,这与其他学者的研究相符<sup>[12,14,16]</sup>,但优势类群总体表现并不明显。

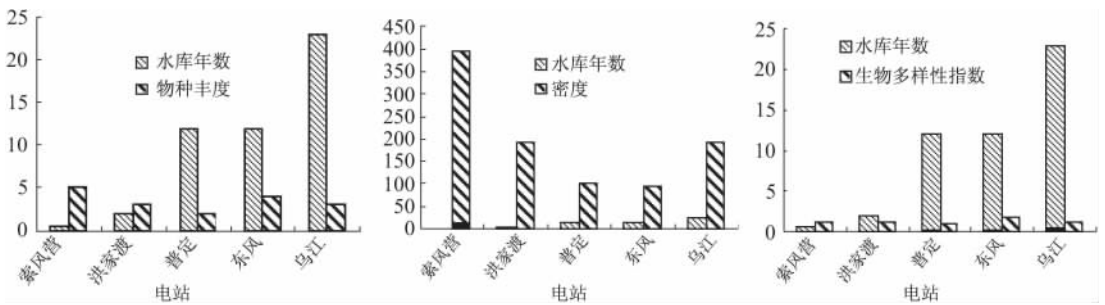


图 5 梯级水库对底栖动物物种丰富度(a)、丰度(b)、多样性指数(c)的影响

Fig. 5 Influence of the Step Reservoirs on Richness(a), Density(b) and Biodiversity Index(c) of Macroinvertebrate

此外,群落的组成类群数分别与水库年数呈显著的负相关关系 ( $r = -0.807; p < 0.05$ ),即随着建库年数增加,群落的类群数呈减少的趋势(图 6),这与上述水库河段物种丰度和密度的结果一致。

## 4 结论

乌江干流自然河段河床生境多样,为底栖动物

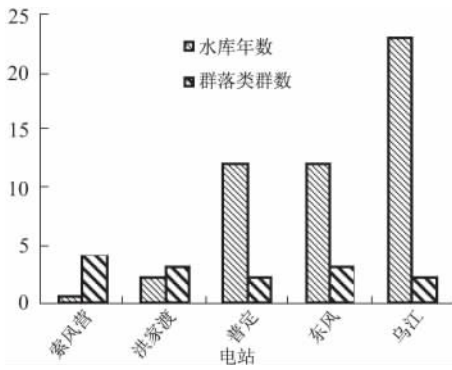


图 6 梯级水库对底栖动物群落的影响

Fig. 6 Influence of the Step Reservoirs on Community Groups of Macroinvertebrate

群落提供了较好的栖息环境,因此底栖动物群落丰富,物种组成较为分散。近 20 余 a 来,由于梯级水库的陆续建成蓄水,改变了河流水文循环与河床底质,对底栖动物的群落组成和分布产生了重要影响,表现为水库内底栖动物的丰度、多样性、密度、群落类型等不及自然河段丰富,优势类群不明显,动物以耐污、耐低氧的种类集中分布为主。水库建成的时间越久,对底栖动物的影响就越大。

致谢 高渐飞、周玮进行图件的绘制,代先俊、戴晓光、张国敏参与标本的采集与整理,一并致谢。

## 参考文献:

[1] 贵州省地方志编纂委员会.《贵州省志·地理志》(下册)[M]. 贵阳:贵州人民出版社,1988:764~909.

[2] 杨丽虎,陈进,常福宣,等.梯级水库对生态系统基流的累积影响[J].武汉大学学报(工学版),2007,40(3):22~26.

[3] 邓云,李嘉,李克锋,等.梯级电站水温累积影响研究[J].水利科学进展,2008,19(2):273~279.

[4] 傅小城,吴乃成,周淑婵,等.引水型电站对河流底栖动物栖息地的影响及生态需水量[J].生态学报,2008,28(5):1943~1948.

[5] 陈进,黄薇.梯级水库对长江水沙过程影响初探[J].长江流域资源与环境,2005,14(6):786~791.

[6] 陈进,黄薇,张卉.长江上游水电开发对流域生态环境影响初探[J].水利发展研究,2006(8):10~17.

[7] 徐文贤.闽江支流梯级电站开发对生态环境的影响及防治措施[J].四川环境,2007,26(6):63~68.

[8] 郭艳娜,冯新斌,闫海鱼,等.乌江流域梯级水库入出库河流中总汞和甲基汞的时空分布[J].长江流域资源与环境,2009,18(4):356~360.

[9] 刘丛强,汪福顺,王雨春,等.河流筑坝拦截的水环境响应——来自地球化学的视角[J].长江流域资源与环境,2009,18(4):384~396.

[10] MARTIN W D, EMILY H S, CAILIN H O, et al. Stream ecosystem response to small dam removal: Lessons from the Heartland[J]. Geomorphology, 2005, 71: 227~244.

[11] 苏维词.乌江流域梯级开发的不良环境效应[J].长江流域资源与环境,2002,11(4):387~392.

[12] 邵美玲,谢志才,叶麟,等.三峡水库蓄水后香溪河库湾底栖动物群落结构的变化[J].水生生物学报,2006,30(1):64~69.

[13] 邵美玲,韩新芹,谢志才,等.香溪河流域梯级水库底栖动物群落比较[J].生态学报,2007,27(12):4963~4971.

[14] 肖红,李钟玮,包军,等.大庆水库底栖动物群落调查及生物学评价[J].环境科学与管理,2006,31(9):181~183.

[15] 宋大祥.西南武陵山地区动物资源和评价[M].北京:科学出版社,1994:62~84.

[16] 吕光俊,熊邦喜,刘敏,等.不同营养类型水库大型底栖动物的群落结构特征及其水质评价[J].生态学报,2009,29(10):5339~5349.

[17] 傅小城,唐涛,蒋万祥,等.引水型电站对河流底栖动物群落结构的影响[J].生态学报,2008,28(1):45~52.

[18] 段学花,王兆印,程东升.典型河床底质组成中底栖动物群落及多样性[J].生态学报,2007,27(4):1664~1672.

[19] SOLDNER M, STEPHEN I, RAMOS L, et al. Relationship between macroinvertebrate fauna and environmental variables in small streams of the Dominican Republic[J]. Water Research, 2004, 38(2004):863~874.

[20] 戴雅奇,熊昀青,由文辉.疏浚对苏州河底栖动物群落结构的影响[J].华东师范大学学报(自然科学版),2003(3):83~87.

# EFFECTS OF STEP HYDROELECTRIC EXPLOITS ON COMMUNITY STRUCTURE AND BIODIVERSITY OF MACROINVERTEBRATES IN WUJIANG RIVER

CHEN Hu<sup>1</sup>, LI Hou-qiong<sup>2</sup>, WU Di<sup>3</sup>, QIN Fan-xin<sup>3</sup>

(1. Institute of South China Karst, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 2. Office of Graduate Education, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China; 3. Key Laboratory Information System of Mountainous Area and Protection of Ecological Environment of Guizhou Province, Guizhou Normal University, Guiyang 550001, China)

**Abstract:** To understand the resources of macrozoobenthos and the impact of step hydro-power station upon the community structure and biodiversity of macroinvertebrates along Wujiang River in Guizhou section, the benthic fauna of 18 sampling sites were investigated. The diversity of benthic fauna was calculated by Shannon-Wiener diversity index. The results showed that in the natural river of Wujiang River, there were rich benthic species which dominated by the arthropod species. The species richness and density of Sinan sampling plot was highest, the biodiversity of Yanhe second-bridge sampling plot was highest. Annelid-mollusk-arthropod were dominant community of complex communities, and the mollusks were dominant species. The construction of step hydro-power station decreased the differences in sedimentary environment, and the richness, density and diversity of benthic species, simplified the community types, and made the performance of dominant groups not obvious. The standing crops of the macroinvertebrates decreased with the operating time of the reservoir. And oligochaetes and chironomids composed the main species composition. The results showed that the construction of step hydro-power station had a negative impact on the benthic fauna species composition, density, diversity and community types.

**Key words:** Wujing River; step hydro-power station; macroinvertebrates; community; effects