

三峡水库蓄水后香溪河库湾底栖动物群落结构的变化

邵美玲^{1,2} 谢志才¹ 叶麟^{1,2} 蔡庆华¹

(1. 中国科学院水生生物研究所,淡水生态与生物技术国家重点实验室,武汉 430072; 2. 中国科学院研究生院,北京 100039)

摘要:2003年8月到2004年8月对长江三峡水库香溪河库湾的底栖动物进行了定量研究。共采到底栖动物26种,隶属4门6科,总平均密度为276 ind./m²,总平均生物量为0.301 g/m²,优势种为霍甫水丝蚓和前突摇蚊幼虫。与其他同类型的水库比较香溪河库湾的现存量相对较低。研究结果同时显示随着蓄水时间的延长,底栖动物的现存量在逐渐增加。霍甫水丝蚓和前突摇蚊幼虫等耐污种发展为优势种,表明水质有恶化的趋势,寡毛类的平缓发展说明目前香溪河库湾的沉积情况尚不严重。

关键词:三峡水库;蓄水初期;香溪河;底栖动物;密度;生物量

中图分类号:Q178.51 **文献标识码:**A **文章编号:**1000-3207(2006)01-0064-06

底栖动物生活在水底,栖息环境相对固定,由于具有相对长的生命周期、容易采集、移动能力弱、物种容易鉴定和对不同的生境有不同的敏感度等特点^[1,2],因而对环境变化有良好的指示作用。目前,用底栖动物来指示水质的报道较多^[3-6]。此外,底栖动物对沉积作用亦有一定的指示作用^[7]。尤其是目前全球的水库都面临着沉积作用的威胁^[8],因此在水库(库湾)中研究底栖动物更有其突出意义。

香溪河是三峡坝首的第一大支流,发源于神农架林区,流经神农架林区的木鱼、红花和兴山县的湘坪、南阳、高阳、峡口,最终在秭归县香溪镇北岸注入长江^[9]。2003年6月三峡水库蓄水至135m^[10]后,从秭归县香溪镇至兴山县峡口镇^[11]河段水位升高,水流减缓,形成三峡水库的一个典型库湾。本文报道三峡水库蓄水初期香溪河库湾底栖动物的群落结构及一周年内底栖动物逐月变动的情况,以期从底栖动物的角度评价大型水电工程对生态的影响提供相应的知识积累。

1 材料与方法

1.1 样点分布和采样时间 自香溪河口逆河而上共设置了7个采样点,分别记为X01-X07(图1),样

点的设置基本能反映香溪河库湾底栖动物的状况。2003年8月至2004年8月每月的中下旬采集,其中2003年12月因采泥器故障未能采集到底栖动物。

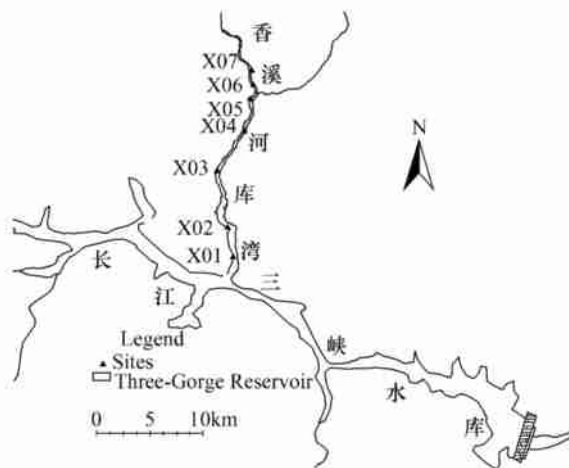


图1 采样点分布图

Fig. 1 Distribution of sampling sites in Xiangxi Bay, Three Gorges Reservoir

1.2 样品的采集和处理 用1/16m²的改良彼得生采样器。泥样经200μm网径的纱网筛洗干净后,在解剖盘中用肉眼将底栖动物检出,置入50mL的塑料标本瓶中保存(10%的福尔马林)。标本经鉴定后,计数和称重(湿重),其密度和生物量最终折算

收稿日期:2005-08-31;修订日期:2005-09-25

基金项目:中国科学院知识创新工程重要方向项目(KSCX2-SW-111);国家自然科学基金重点项目(30330140);国家重点基础研究发展规划(973)项目(2002CB412300)资助

作者简介:邵美玲(1980—),女,江苏南通人;硕士研究生。主要从事底栖动物生态学研究。野外采样中得到周广杰、汤宏波、曹明等的大力协助,特此致谢

通讯作者:蔡庆华, E-mail: qhcai@ihb.ac.cn.

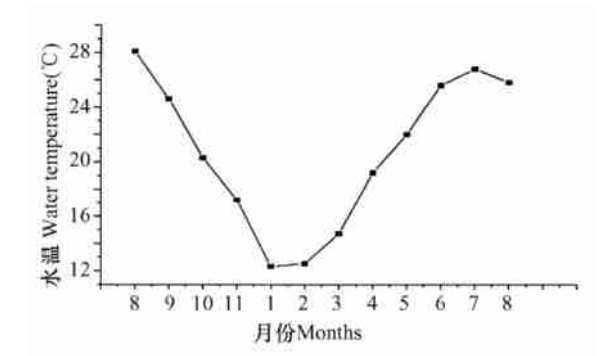


图2 各月的平均水温

Fig.2 Water temperature of Xiangxi Bay from August 2003 to August 2004

成每平方米的含量。

采集底栖动物的同时,测量了各样点的水温(图2)。

2 结果

2.1 底栖动物的种类组成

调查期间共采集到底栖动物 26 种(表 1),隶属 4 门 6 科。其中双壳类 2 科 2 种,占 7.7%;寡毛类 2 科 13 种,占 50%;摇蚊科 10 种,占 38.5%;线形动物 1 种,占 3.8%。香溪河库湾底栖动物主要由寡毛类和摇蚊幼虫组成,其中前突摇蚊幼虫(*Procladius* sp.)和霍甫水丝蚓(*Limnodrilus hoffmeisteri*)的出现频率最高,在 12 个月中均有出现。其他习见种有苏氏尾鳃蚓(*Branchiura sowerbyi*)、颤蚓科一种(*Tubificidae* sp1.)和多足摇蚊一种(*Polypedilum scalaenum* group sp.)。

表 1 香溪河库湾底栖动物名录

Tab.1 Taxa of zoobenthos found in Xiangxi Bay from August 2003 to August 2004

种类 Taxon	出现频率(%) Frequency of occurrence												
	月份	8	9	10	11	1	2	3	4	5	6	7	8
线形动物 Nematoda			14								29		
仙女虫科 Naididae													
肥满仙女虫 <i>Nais inflata</i>									29	43	43		
费氏拟仙女虫 <i>Paranais frici</i>										29			
特城史氏虫 <i>Stephensoniana trivandana</i>				14	14				14				
仙女虫科一种 Naididae sp.												14	
颤蚓科 Tubificidae													
霍甫水丝蚓 <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i>		14	29	57	43	43	43	29	71	43	86	43	57
多毛管水蚓 <i>Aulodrilus pluriseta</i>					14	14							14
皮氏管水蚓 <i>Aulodrilus pigueti</i>											14		14
管水蚓一种 <i>Aulodrilus</i> sp.				14									
维奈夫盘丝蚓 <i>Bothrioneurum vejdoskyanum</i>							14						14
厚唇嫩丝蚓 <i>Teneridrilus mastix</i>											14		
苏氏尾鳃蚓 <i>Branchiura sowerbyi</i>			14			29	43	29	14		14	14	14
颤蚓科一种 Tubificidae sp1.					29	29			29	29	14	14	14
颤蚓科一种 Tubificidae sp2.						14							
摇蚊科 Chironomidae													
菱跗摇蚊 <i>Clinotanypus</i> sp.		14	14										
前突摇蚊 <i>Procladius</i> sp.		29	71	29	29	43	57	71	43	71	71	43	29
长跗摇蚊 <i>Tanytarsus</i> sp.									14			14	
多足摇蚊一种 <i>Polypedilum scalaenum</i> group sp.		43	14	14	29	71	43	29	14	14	14		
二叉摇蚊 <i>Dicrotendipes</i> sp.					14	14			29				
羽摇蚊 <i>Chironomus plumosus</i>										29			
摇蚊亚科一种 Chironominae sp1.												14	
摇蚊亚科一种 Chironominae sp2.										14			
直突摇蚊亚科一种 <i>Orthocladiinae</i> sp.												14	
摇蚊科一种 Chironomidae sp.												14	
贻贝科 Mytilidae													
湖沼股蛤 <i>Limnoperna lacustris</i>									29				
蜆科 Corbiculidae									14				

2.2 底栖动物的现存量

平均密度和生物量分别为 276ind./m^2 和 0.301g/m^2 。密度最高的前三种分别为霍甫水丝蚓 (102ind./m^2 , 占总密度的 37.0%)、前突摇蚊幼虫 (78ind./m^2 , 28.3%) 和肥满仙女虫 (*Nais inflata*) (46ind./m^2 , 16.7%)。生物量最高的前三种分别为霍甫水丝蚓 (0.115g/m^2 , 占总生物量的 38.2%)、苏氏尾鳃蚓 (0.079g/m^2 , 26.2%) 和前突摇蚊幼虫 (0.077g/m^2 , 25.6%)。苏氏尾鳃蚓由于个体远大于前突摇蚊幼虫, 虽然其密度不高, 但是

生物量较大。

2.2.1 底栖动物现存量的周年变化 图3是底栖动物密度和生物量随时间变化的分布图。从中可以看出, 随着蓄水时间的延长, 底栖动物主要是寡毛类的现存量有逐渐增加的趋势。尤其是相对于2003年8月, 2004年8月有了较大幅度的上升, 密度和生物量分别增加了7.8倍和13.3倍。其中4、5、6月的密度远高于其他月份, 这是由于这三个月个体很小的肥满仙女虫大量出现(表1); 而生物量方面, 1—6月份的生物量都较高。

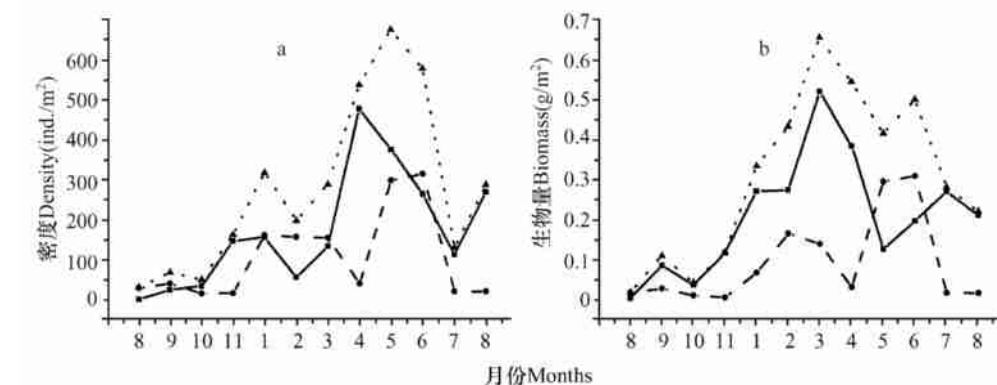


图3 香溪河库湾底栖动物密度和生物量的逐月变化

Fig. 3 Monthly density and biomass of zoobenthos in Xiangxi Bay from August 2003 to August 2004

—■— Oligochaetes --●-- Chironomids •▲• Zoobenthos

2.2.2 优势种现存量的周年变化 从图4可以看出, 蓄水初期, 霍甫水丝蚓的现存量较低。自2003年11月, 该种的数量明显增加, 此后, 现存量相对来说比较稳定。其

密度在6月份达到最高 (235ind./m^2), 生物量在4月份最高 (0.301g/m^2)。2004年8月的密度为2003年8月的71.5倍, 可见蓄水对霍甫水丝蚓的影响非常显著。

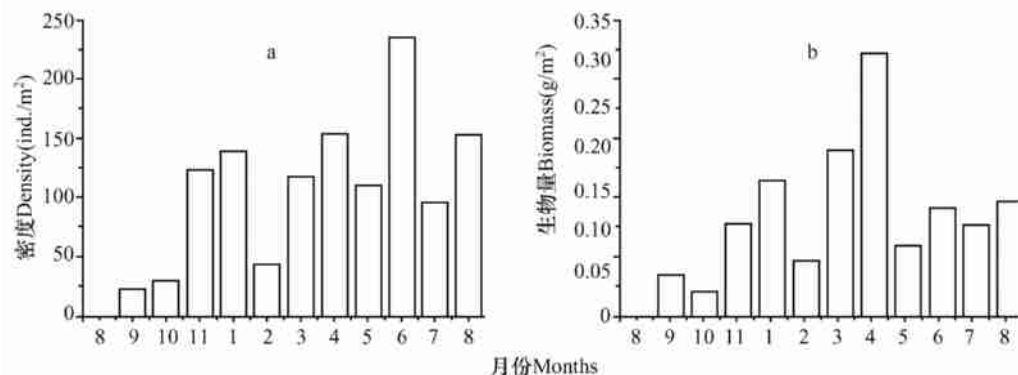


图4 霍甫水丝蚓密度和生物量的逐月变化

Fig. 4 Monthly density and biomass of *L. hoffmeisteri* in Xiangxi Bay from August 2003 to August 2004

从图5中可以看出, 香溪河库湾前突摇蚊幼虫的现存量一年有两个明显的高峰, 即1—3月和5—6月。1—3月的密度和生物量各占全年的

26.0%和35.4%, 5—6月分别占62.5%和58.7%。比较2003年8月和2004年8月可以发现蓄水对其的影响甚小。

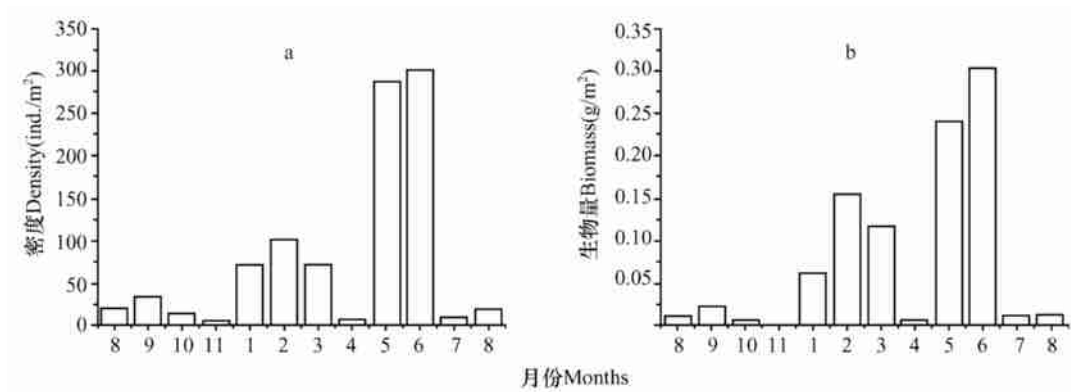


图 5 前突摇蚊幼虫密度和生物量的逐月变化

Fig.5 Monthly density and biomass of *Procladius* sp. in Xiangxi Bay from August 2003 to August 2004

3 讨论

3.1 与同类型其他水库比较

香溪河库湾底栖动物主要以静水种为主,从表 2 可以看出,其现存量相对较低,物种组成以及优势种为水库常见种。较低的现存量说明在三峡水库蓄

水一年多的时间里,香溪河库湾仍然不适合底栖动物的生存。原因包括以下两个方面:首先,三峡水库蓄水后,香溪河下游由“流水”变成“静水”状态,水文条件的剧烈变化(包括流速锐减,水深剧增等)是底栖动物现存量低的主要原因;其次,蓄水时间较短,也限制了底栖动物的发展。

表 2 与同类型的水库相比较

水库名称 Name of reservoir	平均水深 Mean depth (m)	种类数 No. of taxa	优势种 Dominant species	平均密度 Mean density (ind./ m ²)	平均生物量 Mean biomass (g/ m ²)	资源来源 Reference
漫湾电站 Manwan Hydropower Station Reservoir	51	12	花纹前突摇蚊 ^a	239.9	7.31	[12]
浮桥河水库 Fuqiaohe Reservoir	5.6	47	霍甫水丝蚓 ^b 前突摇蚊 ^c 中国长足摇蚊 ^d 摇蚊属 ^e	529.1	3.53	[13]
大伙房水库 Dahuofang Reservoir	< 34	34	颤蚓科 ^f	1110.7	未知	[14]
密云水库 Miyun Reservoir	< 43.5		摇蚊幼虫 ^g 寡毛类 ^h	2478.05	19.76	[15]
香溪河库湾 Xiangxi Bay	30	26	霍甫水丝蚓 ^b 前突摇蚊 ^c	276	0.301	本文

a. *Procladius choreus*; b. *Limnodrilus hoffmeisteri*; c. *Procladius* sp.; d. *Tanytarsus chinensis*; e. *Chironomus* sp.; f. *Tubificidae*; g. *Chironomidae*; h. *Oligochaeta*.

漫湾电站^[12] 1996 年的密度和生物量分别为 96.3ind./ m² 和 0.217g/ m²,1997 年分别为 210.8ind./ m² 和 0.258g/ m²,1998 年分别为 412.5ind./ m² 和 21.45g/ m²。从中可以看出其现存量有一个跃进的过程。可见底栖动物一旦适应了环境,其发展非常迅速。虽然三峡水库蓄水初期香溪河库湾底栖动物的现存量比较

低,但从图 3 也可以预见其现存量在一定时期内将继续上升。

3.2 关于优势种的初步讨论

据 Poddubnaya 报道,霍甫水丝蚓是喜温动物,其繁殖与水温有密切关系,水温过高或过低都会影响其繁殖。在 Rybinsk 水库中,霍甫水丝蚓新生个体在

6月初出现,8—9月份即可成熟并第一次繁殖,持续2—2.5个月,来年春天第二次繁殖,第三次繁殖在秋天,其生命周期为2—3年。

从图4可见,2003年8—9月密度上升,但幅度较小,2003年11月和2004年6月密度明显增加,且这两个月虫体比较小,因此可以推测这两个月为香溪河库湾霍甫水丝蚓主要的繁殖期。图2展示的是各月的平均水温,从中可以看出,9—11月和4—6月的水温比较适宜,可见适宜的水温起了关键性的促进作用,与poddubnaya的结果一致。

摇蚊以幼虫越冬,故1—3月的现存量较高。其一般每年有两个世代,第一个在春季,第二个在夏季,羽化时间与环境条件有关。所以可能4月和7—8月,摇蚊蛹从水底升到水面羽化使得摇蚊的现存量骤降。尤其是3—4月水温跃升得较快,可能促使摇蚊幼虫大量羽化。夏季羽化也是蓄水对其影响不大的主要原因。同时,图5提示,底栖动物逐月的变动不大,可以按季度采集,但是至少在蓄水初期,在香溪河库湾按季度采集是不合适的。

3.3 对环境变化的指示作用

3.3.1 水质 香溪河库湾优势种比较明显,群落结构相对简单。霍甫水丝蚓已经被较多的文献证实与水体营养水平呈明显正向相关趋势^[5,6]。前突摇蚊幼虫、苏氏尾鳃蚓等的耐污值也非常高^[2,8]。峡口镇以及香溪河上游的城镇如高阳镇人口密集,附近集中了香溪河流域中的大部分工矿企业,生活污水和工业废水排放对河流水质的污染严重^[9],蓄水后水体相对静止,可能会进一步加剧污染,因而形成了适合耐污种生存的环境。可以初步看出,香溪河库湾的水质有恶化的趋势。

3.3.2 沉积 寡毛类从功能摄食类群上说几乎都是直接收集者(Catherer-collector),可以指示泥沙沉积的情况^[7]。而至2004年8月,香溪河库湾的寡毛类发展比较稳定,从图3可以看出,虽然总体来说寡毛类较摇蚊幼虫稍占优势,但寡毛类也并未能发展为占绝对优势的类群,可见目前香溪河库湾的沉积情况不算严重。

参考文献:

- [1] Liu Y, Vermaat J E, Ruyter E D de, et al. Modification and application of biomonitoring ISO-BMWP method of macrofauna in river pollution evaluation in China [J]. *Acta Scientiarum Naturae Universitatis Sunyatseni*, 2004, 43(4): 102—105 [刘玉, Vermaat J E, Ruyter E D de, 等. ISO-BMWP底栖动物监测法在中国河流有机污染评价中的修正及应用. 中山大学学报(自然科学版), 2004, 43(4): 102—105]
- [2] Barbour M T, Gerritsen J, Snyder B D, et al. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish, second edition [S]. U. S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D. C., 1999
- [3] Ma X F, Xiong B X, Wang M X, et al. The community structure and biodiversity of macrozoobenthos in Daoguanhe Reservoir, Hubei province [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2004, 16(1): 49—55 [马徐发, 熊邦喜, 王明学, 等. 湖北道观河水库大型底栖动物的群落结构及物种多样性. 湖泊科学, 2004, 16(1): 49—55]
- [4] Wan C Y, Wu X H, Hu C L, et al. Investigation and comprehensive assessment of zoobenthos of reservoirs in Jiangsu Province [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2004, 16(1): 43—48 [万成炎, 吴晓辉, 胡传林, 等. 江苏省水库底栖动物调查及其综合评价. 湖泊科学, 2004, 16(1): 43—48]
- [5] Xiong J L, Mei X G, Hu C L. Comparative study on the community structure and biodiversity of zoobenthos in lakes of different pollution states [J]. *Journal of Lake Sciences*, 2003, 15(2): 160—168 [熊金林, 梅兴国, 胡传林. 不同污染程度湖泊底栖动物群落结构及多样性比较. 湖泊科学, 2003, 15(2): 160—168]
- [6] Gong Z J, Xie P, Tang H J, et al. The influence of eutrophication upon community structure and biodiversity of macrozoobenthos [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2001, 25(3): 210—216 [龚志军, 谢平, 唐汇娟, 等. 水体富营养化对大型底栖动物群落结构及多样性的影响. 水生生物学报, 2001, 25(3): 210—216]
- [7] Donohue I, Irvine K. Seasonal patterns of sediment loading and benthic invertebrate community dynamics in Lake Tanganyika, Africa [J]. *Freshwater Biol.*, 2004, 49: 320—331
- [8] World Commission on Dams. Dams and Development: A new framework for decision-making [R]. UK and USA: Earthscan Publications Ltd, 2000
- [9] Ye L, Li D F, Tang T, et al. Spatial distribution of water quality in Xiangxi River, China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2003, 14(11): 1959—1962 [叶麟, 黎道丰, 唐涛, 等. 香溪河水质空间分布特性研究. 应用生态学报, 2003, 14(11): 1959—1962]
- [10] Zhang J S, Zhao N S, Mao X B. Analysis on the impoundment process of Three Gorges Reservoir up to EL. 135m [J]. *Water Power*, 2003, 12: 19—21 [张继顺, 赵南山, 毛小波. 三峡水库135m蓄水过程分析. 水力发电, 2003, 12: 19—21]
- [11] Kuang Q J, Hu Z Y, Zhou G J, et al. Investigation on phytoplankton in Xiangxi River Watershed and the evaluation of its water quality [J]. *Journal of Wuhan Botanical Research*, 2004, 22(6): 507—513 [况琪军, 胡征宇, 周广杰, 等. 香溪河流域浮游植物调查与水质评价. 武汉植物学研究, 2004, 22(6): 507—513]
- [12] The College of Life Sciences and Chemistry of Yunnan University, Manwan Hydropower Station of Yunnan Province. The ecological environment and biological resources of Manwan Hydropower Station Reservoir along Lancang River in Yunnan, China [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Press, 2000 [云南大学生命科学与化学学院, 云南省漫湾发电厂. 云南澜沧江漫湾水电站库区生态环境与生物资源. 昆明: 云南科技出版社, 2000]

- [13] Peng J H, Liu J S, Xiong B X, *et al.* Preliminary studies on community structure and biodiversity of zoobenthos in Fugiaohe Reservoir, Hubei province[J]. *Journal of Lake Sciences*, 2002, **14**(1): 90—96 [彭建华, 刘家寿, 熊邦喜, 等. 湖北浮桥河水库底栖动物的群落结构及生物多样性. 湖泊科学, 2002, **14**(1): 90—96]
- [14] Shi Y Q, Li S Y, Cui S F, *et al.* Water quality and community structure of aquatic organisms in Dahufang Reservoir, Liaoning Province [J]. *Journal of Dalian Fisheries University*, 2003, **18**(1): 23—28 [史玉强, 李树莹, 崔双发, 等. 辽宁大伙房水库水质及水生生物群落结构的研究. 大连水产学院学报, 2003, **18**(1): 23—28]
- [15] Zhao M, Wang X L, Qin X Y, *et al.* An investigation on the hydrobiology in Miyun Reservoir [J]. *Journal of Fishery Sciences of China*, 2001, **8**(1): 53—58, 81 [赵萌, 王秀琳, 秦秀英, 等. 密云水库水生生物调查. 中国水产科学, 2001, **8**(1): 53—58, 81]

MONTHLY CHANGE OF COMMUNITY STRUCTURE OF ZOOBENTHOS IN XIANGXI BAY AFTER IMPOUNDMENT OF THREE GORGES RESERVOIR

SHAO Mei-Ling^{1,2}, XIE Zhi-Cai¹, YE Lin^{1,2} and CAI Qing-Hua¹

(1. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Sciences; State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Wuhan 430072;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

Abstract: The community structure of zoobenthos was investigated in Xiangxi Bay, Three Gorges Reservoir, from August 2003 to August 2004. Benthic invertebrate samples were sampled monthly except December 2003 with a modified Peterson grab (grab surface area 0.0625 m²). The samples were passed through a sieve of mesh size 200 μ m and material retained was preserved in 10 % formaldehyde for sorting of the invertebrates from the sediment. All sorted invertebrates were identified as far as possible. Benthic abundance and biomass were calculated per unit area of sediment. A total of 26 taxa were identified, among which, 2 Lamellibranchia (belonging to two families, 7.7 % of the total taxa number), 13 Oligochaeta (two families, 50 %), 10 Chironomidae (38.5 %) and 1 other animal (3.8 %). The average density and biomass were 276 ind./m² and 0.301 g/m², respectively. Oligochaetes and chironomids constituted the major groups, and *Limnodrilus hoffmeisteri*, *Procladius* sp., *Branchiura sowerbyi*, Tubificidae sp1. and *Polypedilum scalaenum* group sp. were the common taxa in this reservoir system. Among them, *L. hoffmeisteri* and *Procladius* sp. were the dominant species, and contributed to 37.0 % and 28.3 % of the total density, respectively. While compared with *Procladius* sp., *L. hoffmeisteri* were influenced by impoundment more evidently. The standing crop of zoobenthos in Xiangxi Bay was relative low, compared with other similar reservoirs. While the taxa was similar. Our studies demonstrated that the standing crop was increased gradually along with the time. The total density and biomass were increased 7.8 and 13.3 times as those of initial impoundment, separately. Polluted-tolerance taxa overwhelmed the system indicating that the water quality was degrading. Because oligochaetes may function as an indicator of high sediment loading and the relative abundance of oligochaetes and chironomids in Xiangxi Bay varied obviously among months, the sediment loading in Xiangxi Bay might be not serious.

Key words: Three Gorges Reservoir; Initial impoundment; Xiangxi bay; Zoobenthos; Density; Biomass