

三峡水库坝前段蓄水前后枝角类的周年变化

薛俊增^{1,2} 叶麟¹ 蔡庆华¹ 刘建康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. 杭州师范学院生命科学院, 杭州 310036)

摘要: 三峡水库蓄水前后, 作者从2002年6月至2004年7月按月在坝前段(茅坪—归州)采集枝角类, 研究蓄水前后枝角类的变化, 结果显示蓄水前该江段水流急不适合枝角类栖息, 仅在水流相对较缓的岸边采集到2种; 蓄水后水环境较适宜枝角类生活, 周年内共采集到20种, 并存在着明显的季节变化和水平分布上的差异, 文中对其原因进行了分析讨论。

关键词: 枝角类; 种类组成; 三峡水库; 水库蓄水

中图分类号: Q178.51 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2006)01-0058-06

三峡水库是举世瞩目的大型水利枢纽工程。2003年6月蓄水至135m高程后, 库区段水环境发生了巨大变化, 生物群落也随之发生变化。枝角类是重要的水生动物类群, 其种类和数量的变化直接影响着其他浮游生物和以其为饵的鱼类, 进而影响到水生态系统中其他生物^[1]。20世纪50年代三峡水库论证时也曾对其淹没区小水体的浮游甲壳动物进行过调查, 并对建库后浮游甲壳动物的种类组成进行了预测^[2]; 水库建设中也有报道探讨三峡库区生物多样性问题^[3], 蓄水前后对浮游植物进行过调查^[4], 但对浮游甲壳动物没有进行系统的研究。对水库枝角类的研究多是在水库蓄水后进行的, 有关水库库区蓄水前后枝角类的比较研究则较少^[5-6]。作者对三峡水库蓄水前后周年坝前段(茅坪—归州)的枝角类进行研究, 以期对三峡水库水生态系统的研究、水环境管理、第二和第三阶段蓄水后浮游甲壳动物的研究、渔业资源的保护和利用以及水生态系统中浮游甲壳动物的演替提供基础。

1 材料与方法

2002年6月—2004年7月在三峡水库的坝前

库区(茅坪—归州)设5个采样断面(图1), 蓄水前(2002年6月—2003年5月)每断面设2个采样点, 蓄水后(2003年6月—2004年5月)除九畹溪因水面狭窄设左岸和右岸2个采样点外, 其他断面在左岸、右岸和江中各设1个采样点(图1), 每月中旬用25号浮游生物网和5L采水器进行定性和定量采集枝角类标本, 以福尔马林固定, 回实验室后鉴定种类和分析数据。



图1 三峡水库坝前库区(茅坪—归州)采样点位置示意图

Fig. 1 Sampling site of Three Gorges Reservoir in Hubei area (from Maoping to Guizhou)

收稿日期: 2005-07-31; 修订日期: 2005-09-28

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); 淡水生态与生物技术国家重点实验室开放基金资助项目(2004FB03)资助

作者简介: 薛俊增(1966—), 男, 山东莒县人; 博士, 副教授。主要从事水生生物生态学和发育生物学研究

通讯作者: 蔡庆华, E-mail: qhcai@inb.ac.cn

2 结果

2.1 种类组成的变化

研究结果显示, 三峡水库坝前库区(茅坪—归州)枝角类在蓄水前后种类组成有较大变化, 与 1959 年的调查及预测也有差异。蓄水前(2002 年 6 月—2003 年 5 月)在 5 个断面定点的定性和定量常规采样中没有采集到枝角类标本, 作者也只在茅坪和归州断面的近岸回水处采集到枝角类 2 种; 蓄水后各断面各采样点都有枝角类采集到, 蓄水 1 周年内共采集到枝角类 20 种, 种类数明显增加(表 1)。

表 1 三峡水库蓄水前后枝角类种类组成的变化
Tab. 1 Composition of Cladoceran before and after impoundment in Three Gorges reservoir

种类组成	蓄水前	蓄水后	库区小 水体	预测 (1959)
薄皮溞科 Leptodoridae				
透明薄皮溞 <i>Leptodora kindti</i>		+		+
仙达溞科 Sidae				
长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>		+	+	
短尾秀体溞 <i>D. brachyurum</i>		+	+	
溞科 Daphniidae				
隆线溞 <i>Daphnia carinata</i>			+	
蚤状溞 <i>D. pulex</i>			+	
僧帽溞 <i>D. acallata</i>		+		
长刺溞 <i>D. longispina</i>		+	+	+
盔形溞 <i>D. galata</i>	+	+		
老年低额溞 <i>Sinocephalus vetulus</i>			+	
拟老年低额溞 <i>S. vetuloides</i>		+		
棘体网纹溞 <i>Ceriodaphnia setosa</i>		+		
黎氏网纹溞 <i>C. rigaudi</i>			+	
平突船卵溞 <i>Saphroleberis mucronata</i>		+	+	
裸腹溞科 Moinidae				
模糊裸腹溞 <i>Moina dubia</i>			+	
象鼻溞科 Bosminidae				
筒弧象鼻溞 <i>Bosmina coregoni</i>	+	+	+	+
脆弱象鼻溞 <i>B. fatalis</i>		+		
颈沟基合溞 <i>Bosminopsis deitersi</i>		+	+	+
粗毛溞科 Macrothricidae				
粉红粗毛溞 <i>Macrothrix rosea</i>			+	
盘肠溞科 Chydoridae				
直额弯尾溞 <i>Camptocercus rectirostris</i>		+		
矩形尖额溞 <i>Alona rectangula</i>			+	
肋形尖额溞 <i>A. costata</i>		+	+	
点滴尖额溞 <i>A. guttata</i>		+		
奇异尖额溞 <i>A. eximia</i>		+		
锐额溞 <i>Alonella</i> sp.				+
矛状平直溞 <i>Pleuroxus hastate</i>				+
钩足平直溞 <i>P. hamulatus</i>		+		
驼背盘肠溞 <i>Chydorus gibbus</i>		+		
圆形盘肠溞 <i>C. sphaericus</i>		+	+	
卵形盘肠溞 <i>C. ovdis</i>		+	+	
蜂巢盘肠溞 <i>C. fawcarmis</i>			+	

2.2 蓄水周年枝角类的季节变化

蓄水后, 三峡水库枝角类除象鼻溞外, 其他种类都存在季节变化现象, 并表现出显著的差异, 以开始蓄水

的第一个月(2003 年 6 月) 和蓄水后的 2004 年 4 月出现种类最多(表 2)。枝角类季节变化现象除受自身的生物学特性决定外, 也可能是受水体环境因素影响。

表 2 三峡水库蓄水后枝角类的季节变化
Tab. 2 The seasonal variation of Cladoceran after impoundment in Three Gorges reservoir

种类组成 Species	2003 年							2004 年				
	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5
透明薄皮溞 <i>Leptodra kindti</i>			+									
长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>		+										
短尾秀体溞 <i>D. brachyurum</i>	+	+	+	+							+	
僧帽溞 <i>Daphnia cucullata</i>	+									+	+	+
长刺溞 <i>D. longispina</i>								+		+		
盔形溞 <i>D. galeata</i>	+						+					
拟老年低额溞 <i>Simocephalus vetuloides</i>	+											
棘体网纹溞 <i>Ceriodaphnia setosa</i>	+				+						+	
平突船卵溞 <i>Sapholeberis mucronata</i>											+	+
筒弧象鼻溞 <i>Bosmina coregoni</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
脆弱象鼻溞 <i>B. fatalis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
颈沟基合溞 <i>Bosminopsis detersi</i>	+	+							+	+	+	+
直额弯尾溞 <i>Camptoceraus rectirostris</i>							+					
肋形尖额溞 <i>Alona costata</i>											+	
点滴尖额溞 <i>A. guttata</i>								+	+	+	+	+
奇异尖额溞 <i>A. eximia</i>											+	
钩足平直溞 <i>Plauxoxus hamulatus</i>				+								
驼背盘肠溞 <i>Chydorus gibbus</i>	+											
圆形盘肠溞 <i>C. sphaericus</i>	+											
卵形盘肠溞 <i>C. ovalis</i>										+		
种类数	10	5	4	4	3	2	4	4	4	7	10	6

2.3 蓄水周年枝角类的水平分布

茅坪至归州的坝前段库区, 只有短尾秀体溞、僧帽溞、筒弧象鼻溞、脆弱象鼻溞、颈沟基合溞和点滴尖额溞 6 个种在 5 个断面都曾有出现, 其他 14 种则

只在部分断面出现。即 20 种枝角类中, 约 1/3 的枝角类在 5 个断面都有分布, 但约 2/3 的种类在分布上有差异(表 3), 显示水体环境虽有一定的相似性, 但也存在明显差异。

表 3 三峡水库蓄水后枝角类的水平分布
Tab. 3 Horizontal distribution of Cladoceran after impoundment in Three Gorges Reservoir

种类组成 Species	采样断面 Sampling sites				
	茅坪	杉木溪	九畹溪	香溪	归州
透明薄皮溞 <i>Leptodra kindti</i>	+	+		+	+
长肢秀体溞 <i>Diaphanosoma leuchtenbergianum</i>	+				
短尾秀体溞 <i>D. brachyurum</i>	+	+	+	+	+
寡刺秀体溞 <i>D. paucispinosum</i>	+			+	+
多刺秀体溞 <i>D. sarsi</i>		+		+	+
僧帽溞 <i>Daphnia cucullata</i>	+	+	+	+	+
长刺溞 <i>D. longispina</i>	+		+		
盔形溞 <i>D. galeate</i>	+				
拟老年低额溞 <i>Simocephalus vetuloides</i>			+		
棘体网纹溞 <i>Ceriodaphnia setosa</i>				+	+
平突船卵溞 <i>Saphroleberis mucronata</i>	+		+	+	+
筒弧象鼻溞 <i>Bosmina coregoni</i>	+	+	+	+	+
脆弱象鼻溞 <i>B. fatalis</i>	+	+	+	+	+
颈沟基合溞 <i>Bosminopsis detersi</i>	+	+	+	+	+
直额弯尾溞 <i>Camptoceraus rectirostris</i>	+				
肋形尖额溞 <i>Alona costata</i>	+				
点滴尖额溞 <i>A. guttata</i>	+	+	+	+	+
奇异尖额溞 <i>A. eximia</i>					+
钩足平直溞 <i>Platroxus hamulatus</i>		+			
驼背盘肠溞 <i>Chydorus gibbus</i>		+			+
圆形盘肠溞 <i>C. sphaericus</i>					+
卵形盘肠溞 <i>C. ovalis</i>	+			+	

3 讨论

三峡水库坝前茅坪至归州段, 蓄水前属西陵峡江段, 除茅坪和归州处稍宽外, 其他江段皆为峡谷, 滩多水急, 是典型的激流型河流生态系统。枝角类种类稀少, 20 世纪 50 年代三峡水库论证时在该段干流中没有采集到枝角类^[2], 作者在常规的断面定点采样中也没有采集到, 在各断面岸边水流较缓的回水处增加采样点后, 才在茅坪和归州断面的近岸处采集到 2 种枝角类, 显示枝角类不适宜在大型的非间歇性的激流河流生态系统中生长。有学者认为激流型淡水系统包含池塘、缓流区和河流中河床下至地下水间的区域等栖息地, 枝角类主要为底栖性种类^[7]。很显然长江三峡段峡谷中的激流型河流生态系统与这种激流型淡水系统是有明显差别的, 具有特殊的生态特征, 在枝角类甚至水生生物的组成上也不同, 但随着三峡大坝的截流蓄水, 这一典型的激流型河流生态系统也随之消失, 该江段水环境演

变为相对静水型的水库生态系统, 枝角类的种类组成也发生了相应变化。除蓄水前库区干流中的透明溞和筒弧象鼻溞在蓄水后仍然存在外, 蓄水后新采集到枝角类 18 种, 总计达到 20 种(表 1), 其他水库的研究结果显示蓄水前后枝角类种类组成的变化也有类似规律^[5,6]。三峡水库蓄水前后周年的水体理化因子温度、pH、电导、浊度等除个别月份外, 年度变化规律基本一致, 因而认为导致蓄水前后枝角类种类变化的主要原因是水生态系统的改变, 产生了适宜枝角类栖息的环境。

三峡水库蓄水后采集到的 20 种枝角类中, 其中有 9 种在 1959 年的库区小水体调查和 2003 年蓄水后都有采到; 有 8 种在 1959 年的库区小水体调查中有采到而在 2003 年蓄水后也没有采到; 有 11 种在 1959 年的库区小水体调查中没有采到, 2003 年蓄水后采到; 1959 年的调查报告中预测到种的在蓄水后会出现的枝角类有 6 种, 其中有 4 种在 2003 年蓄水

后采集到, 2 种未采集到(表 1)^[2]。2003 年三峡水库蓄水后采集到的枝角类, 与 1959 年三峡水库论证时在小水体中采集到的种类及当时预测蓄水后可能出现的种类有一定差异, 可能由以下原因导致, 一是水库流域小水体特别是农田由于近来农药、化肥以及有害物的污染, 枝角类的种类发生了变化; 其次是干流的缓流处有枝角类栖息, 以前没有采集到; 再次本文研究范围仅是坝前茅坪至归州段, 并不是整个库区, 时间也仅是蓄水后一年, 同时也仅是初次蓄水 135m 而不是大坝建设完成后的 175m 水位库区。

有关水库枝角类的研究, 主要是在水库蓄水后开展的, 并且多是伴随着对整个浮游动物的研究进行的^[8-17]。三峡水库蓄水后周年内在坝前采集到的 20 种枝角类中, 除筒弧象鼻溞和脆弱象鼻溞周年都有出现外, 其他种类都有明显的季节性, 春夏季出现的种类数多于秋冬季(表 2), 有些种类只在一年中的某一个单一月份出现, 该种随水流汇入后可能不适应水库环境而消失。水库、湖泊中浮游动物的季节演替通常被认为与生物和非生物两方面的因素有关, 生物方面包括可利用的作为食物的浮游植物资源量及其被摄食可能性的变化^[13], 非生物因素则与水交换系数及温度有关^[13]。三峡水库蓄水周年枝角类春夏种类组成较秋冬丰富, 主要由温度与枝角类的温度适应性生物学特征协同作用的结果。水库蓄水初期由于水位的升高导致库区土地淹没, 外源性营养物质的汇集, 使得库区营养盐和有机物质增加^[9, 10], 大坝的截流蓄水导致水流变缓, 随水而来的部分枝角类在短时间内获得了适宜的生活环境, 因而在蓄水的第一个月(6 月份)枝角类种类和数目都有较大的增加。随着降雨和蓄水早期水体高含量的泥沙, 使得该段时间内透明度一直偏低, 从而对枝角类栖息产生影响。秋季开始由于水体的稳定和降雨的减少, 透明度明显升高, 影响枝角类季节变化的则主要是温度。

在水平分布上, 20 种枝角类中, 只有短尾秀体溞、僧帽溞、筒弧象鼻溞、脆弱象鼻溞、颈沟基合溞和点滴尖额溞 6 个种在 5 个断面都曾出现, 其他 14 种则只在部分断面出现。浮游动物水平分布的差异性是由复杂的生物和非生物的环境因素决定的^[14], 三峡水库为峡谷型水库, 第一阶段蓄水至 135m 后, 纵向长度约 400 余 km, 这段流域内支流众多, 枝角类的组成和分布会有差异; 同时水库横向窄、纵向长的特点以及蓄水初期水体状态难稳定等因素, 也会影响枝角类的组成和分布, 使水生生物在水平分布

特别是纵向的水平分布上出现差异。

参考文献:

- [1] Korponai J, Paulovits G, Matyas K, *et al.* Long-term changes of cladoceran community in a shallow hypertrophic reservoir in Hungary [J]. *Hydrobiologia*, 2003, **504**: 193—201
- [2] Borutsky E B, Wang Q L, Chen S Z, *et al.* Hydrobiological survey of the region of the projected dam-reservoir of Three Gorges with propositions for fisheries management [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 1959, (1): 1—29[波鲁茨基, 王乾麟, 陈受忠, 等. 长江三峡水库库区水生生物调查和渔业利用的规划意见. 水生生物学集刊, 1959, (1): 1—29]
- [3] Huang Z L. Biodiversity conservation for the Three Gorges Project [J]. *Biodiversity Science*, 2001, **9**(4): 472—481[黄真理. 三峡工程中的生物多样性保护. 生物多样性, 2001, **9**(4): 472—481]
- [4] Kuang Q J, Bi Y H, Zhou G J, *et al.* Study on the phytoplankton in the Three Gorges Reservoir before and after sluice and the protection of water quality [J]. *Acta Hydrobiologica Sinica*, 2005, **29**(4): 353—358[况琪军, 毕永红, 周广杰, 等. 三峡水库蓄水前后浮游植物调查及水环境初步分析. 水生生物学报, 2005, **29**(4): 353—358]
- [5] Shen C J, Sung T S. Faunal studies of the plankton crustaceans of the San-Men Xia reservoir (Before and after filling) on the Yellow River, China [J]. *Acta Zoologica Sinica*, 1962, **14**(sup): 31—52[沈嘉瑞、宋大祥. 黄河三门峡水库蓄水前后的浮游甲壳动物. 动物学报, 1962, **14**(增): 31—52]
- [6] Chen S Z. Study on the planktonic crustacea in the Yangtze River before and after Gezhou Dam. Symposium on Crustacean Research in China [M]. Beijing: Science Press, 1986, 252—253[陈受忠. 葛洲坝截流前后长江浮游甲壳动物的研究. 甲壳动物学论文集. 北京: 科学出版社, 1986, 252—253]
- [7] Dole Olivier M J, Galassi D M P, Mammonier P, *et al.* The biology and ecology of lotic microcrustaceans [J]. *Freshwater biology*, 2000, **44**: 63—91
- [8] Peng J H. The plankton crustaceans of Lushui reservoir [J]. *Reservoir Fisheries*, 1994, (3): 19—23[彭建华. 陆水水库的浮游甲壳动物. 水利渔业, 1994, (3): 19—23]
- [9] Zheng L, Qi S, Li D Y, *et al.* Plankton investigation for the reservoir of Guangzhou pumped storage power station [J]. *Ecologic science*, 1996, (1): 15—21[郑磊、杞桑、李大勇, 等. 广州抽水蓄能电站蓄水库蓄水初期浮游生物调查. 生态科学, 1996, (1): 15—21]
- [10] You J T, Lin Q Q, Hu R, *et al.* Trophic state and plankton distribution in a newly constructed reservoir, Feilaixia reservoir [J]. *Ecologic science*, 2002, **21**(1): 21—24[游江涛、林秋奇、胡韧, 等. 飞来峡水库蓄水初期营养状态及浮游生物分布特征. 生态科学, 2002, **21**(1): 21—24]
- [11] Krzanowski W. Zooplankton of the dam reservoir on the Sola at Tresna in the first year after its construction [J]. *Acta Hydrobiologica*, 1971, **13**(3): 323—333
- [12] Vasconcelos V. Seasonal fluctuation in the zooplankton community of Azibo reservoir (Portugal) [J]. *Hydrobiologia*, 1990, **196**(3): 183—191

[13] Wolfinbarger W C. Influences of biotic and abiotic factors on seasonal succession of zooplankton in Hugo Reservoir, Oklahoma, U. S. A. [J] . *Hydrobiologia*, 1999, **400**: 13—31

[14] Seda J, Devetter M. Zooplankton community structure along a trophic gradient in a canyon-shaped dam reservoir[J] . *Journal of Plankton Research*, 2000, **22**(10) : 1829—1840

[15] Sampaio E V, Rocha O, Matsumura-tundisi T and Tundisi J G. Composition and abundance of zooplankton in the limnetic zone of seven reservoirs of the Paranapanema River, Brazil [J] . *Brazilian Journal of Biology*, 2002, **62**(3) : 525—545

[16] Ramirez Garcia P, S Nandini, Sarma S S S, Robles Vaalderama E, Cuesta I, Maria Dolores Hurtado. Seasonal variations of zooplankton abundance in the freshwater reservoir Valle de Bravo (Mexico) [J] . *Hydrobiologia*, 2002, **467**: 99—108

[17] Bernot R J, Dodds W K, Quist M C, Guy C S. Spatial and temporal variability of zooplankton in a great plains reservoir [J] . *Hydrobiologia*, 2004, **525**: 101—112

VARIATION OF CLADOCERANS FROM MAOPING TO GUIZHOU IN THE THREE GORGES RESERVOIR BEFORE AND AFTER IMPOUNDMENT

XUE Jun-Zeng^{1,2}, YE Lin¹, CAI Qing-Hua¹ and LIU Jian-Kang¹

(1. Institute of Hydrobiology, The Chinese Academy of Science; State Key Laboratory for Freshwater Ecology and Biotechnology, Wuhan 430072;
2. School of Life Sciences, Hangzhou Normal College, Hangzhou 310036)

Abstract:The Three Gorges Reservoir was filled at 1 Jun. , 2003. The water level of the reservoir rose up to 135m. The lotic river ecosystem evolved into relative lentic reservoir ecosystem before the dam. The community composition of aquatic life changed with the environmental variation. We sampled the cladocerans at 5 sites from Maoping to Guizhou every month during June, 2003 to July, 2004. There only 2 species were sampled before impoundment at the 5 sites in the reservoir. This result showed the lotic ecosystem didn't suit for inhabit for cladocerans. There 20 species were sampled after impoundment at the 5 sites in the reservoir during the first year. The reservoir ecosystem supplied habitat for the water flea. The cladoceran composition changed with season and distribution after impoundment in the reservoir. The species except *Bosmina coregoni* and *B. fatalis* varied with season and showed different in composition. The species enriched at the first month (June, 2003) after impoundment and in the spring (April, 2004) . Six species (*D. brachyurum*, *Daphnia acullata*, *Bosmina coregoni*, *B. fatalis*, *Bosminopsis deitersi* and *Alona guttata*) distributed in five sampling sites. The others species distributed in part sampling sites.

Key words:Cladoceran; Species composition; Three Gorges Reservoir; Filling phase of reservoir