

长江上游轮虫群落纵向演替研究

胡菊香, 郑金秀, 赵先富, 池仕运, 高少波, 吴生桂

(水利部中国科学院水工程生态研究所, 湖北 武汉 430079)

摘要:2005~2007年在长江上游通天河至重庆江段干支流设60个采样站, 2003~2007年在重庆以下至三峡水库坝前水域设33个采样断面进行轮虫调查, 结果在长江上游(通天河至重庆)江段共采集到138种(含亚种)轮虫, 隶属于2纲、3目、22科、40属; 重庆以下至三峡水库坝前共采集到167种轮虫, 隶属于2纲、3目、23科、47属; 三峡水库蓄水后的第1年、第2年, 重庆以下至三峡水库坝前水域轮虫种类数迅速增长, 到蓄水后的第3年开始下降。通过不同区域轮虫群落相似性比较, 水电开发强度较大的金沙江下游与三峡库区轮虫群落相似性明显高于金沙江上中游江段, 表明水电开发对金沙江下游、长江上游宜宾至重庆段轮虫群落产生了较为明显的影响。

关键词:长江上游; 轮虫; 群落; 演替

中图分类号:S917.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1674-3075(2009)02-0094-07

长江是中国第一大河, 发源于青藏高原唐古拉山主峰各拉丹东的西南侧。按水文、地貌特点划分, 河源至宜昌江段为长江上游, 长度为4 529 km, 占长江干流全长的72.0%; 上游流域面积 $1.006 \times 10^8 \text{ km}^2$, 占长江流域总面积的55.6%。长江上游作为我国淡水生物多样性资源最为丰富的地区之一, 随着近年来长江干流及其主要支流大规模的水电开发, 以及环境污染和采砂等一系列人为因素的影响, 其流域特征及生态环境正发生显著变化(胡征宇和蔡庆华, 2006; 杨丽虎等, 2007; 邵景安, 2008)。

轮虫是一类营浮游、底栖或周丛生活的小型水生无脊椎动物, 广布于江河、溪涧、湖泊、水库及潮湿土壤和苔藓中, 是后生动物中拥有最高繁殖力的一个类群。轮虫在河流湖泊水库等不同的生态系统中, 其群落结构存在明显差异。在河流形成水库的过程中, 它往往能以最快的速度抢占生态系统中的空生态位, 成为水库生态系统中的重要组成成分并将初级生产者(藻类和细菌等)转换成次级消费者(昆虫、甲壳动物和鱼类的幼体)可利用的形式; 其转换效率极高, 以至于总浮游生物现存量的30%由

其产生, 因而其在淡水生态系统的结构组成、物质循环和能量传递过程中均具有重要的作用(May & Bass, 1998; Duggan, 2001; Branco et al, 2002; Burger et al, 2002)。关于长江流域轮虫的种类组成和分布已有过一些研究(韩德举和胡菊香, 1995; 韩德举, 1996; 游江涛等, 2002; 温新利等, 2004; 王庆和杨宇峰, 2007; 彭刚等, 2008), 但对于长江上游轮虫的研究只有零星的报道(E B 波鲁茨基等, 1959; 林锡芝和胡美琴, 1985; 梁义芬, 2002; 陈大庆等, 2005; 周淑婵等, 2006), 尤其对河流生态系统转变成水库生态系统过程中, 轮虫的演变规律缺乏系统研究。针对水库建成初期轮虫不同时空尺度下的变化规律开展研究, 可以揭示河流生态系统的演变过程, 预测水利工程对长江上游生态系统的影响, 为减缓人类活动对自然环境造成的不利影响提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区域概况

本研究分为5个区域: A区(长江上游的通天河)、B区(金沙江上中游)、C区(金沙江下游)、D区(长江宜宾至重庆朝天门)和E区(重庆朝天门至三峡水库坝前)。

1.1.1 A区 通天河-囊极巴陇至巴塘河口江段, 位于海拔3 000~4 000 m, 河谷开阔, 河槽宽浅, 一般河宽300~1 700 m, 河道蜿蜒曲折, 水流缓慢散乱, 汊流很多。

1.1.2 B区 金沙江上中游-巴塘河口以下到雅砻江河口上游江段, 基本上属高原气候区, 山高谷深, 除局部河段为宽谷外, 河流穿行于峡谷之中, 比

收稿日期: 2009-03-04

基金项目:国家自然科学基金重大项目(30490233); 中国长江三峡工程开发总公司生态与环境保护项目和农业部长江上游珍稀特有鱼类国家级自然保护区水生生物与自然环境综合调查联合资助; 科技部水利部公益性行业科研专项(200701008); 水利部公益性行业科研专项(200701029)。

作者简介: 胡菊香, 1966年生, 女, 湖南常德人, 副研究员, 主要研究方向为水生态学。E-mail: hujx@mail.ihe.ac.cn

降大,河水湍急。石鼓至雅砻江口段规划有 8 个梯级,尚未开工建设。

1.1.3 C 区 金沙江下游-雅砻江河口至长江宜宾岷江上游江段,其中巧家至屏山区间属于暖温带气候区。干流规划有乌东德、白鹤滩、溪洛渡、向家坝 4 个梯级,正在建设的有向家坝水电站和溪洛渡水电站,并计划于 2012 年和 2013 年实现蓄水发电目标。支流雅砻江上已建成的有雅砻江二滩水电站,以礼河已建成 4 个梯级水电站,横江上已建成张窝水电站,其余支流上建成多座小型水电站。

1.1.4 D 区 长江宜宾至重庆朝天门江段,金沙江在宜宾附近汇集了岷江之后,河道蜿蜒于四川盆地之内,河床平缓,沿途接纳沱江、赤水河和嘉陵江等

众多支流,水量大增,江面变宽,属亚热带温湿气候区,这一区域的支流上已建多座水电站。

1.1.5 E 区 长江重庆朝天门至三峡水库坝前江段,三峡水库自 2003 年蓄水 135 m 以来,水库水位不断上升。2004~2006 年 9 月,水库在 135~139 m 水位之间运行,水位的年最大变幅为 4 m;2006 年 10 月~2008 年 9 月,水库在 145~156 m 水位之间运行,变幅 11 m;2008 年 11 月水库已试验性蓄水到 172 m,将在 145~175 m 水位之间运行,变幅 30 m,三峡水库的回水区已到达重庆主城区。

各研究区域的自然环境因子见表 1(潘久根,1999;彭亚,2004;王玲和易瑜,2003)。

表 1 长江上游各研究区域自然环境因子比较
Tab.1 Environmental factors of every research area in the upper reaches of Yangtze River

研究区域 Research area	A 区 A area	B 区 B area	C 区 C area	D 区 D area	E 区 E area
河流长度/km River length	813	1 558	768	400	600
落差/m Fall	1 000	2 560	719	100	三峡水库蓄水前 120
多年平均流量/m ³ ·s ⁻¹ Everage flow over the years	385 (直门达)	1700 (渡口)	4 450(屏山); 4 920(宜宾)	11 100(寸滩); 8 580(长江干流)	13 900 (三峡坝址)
年径流量/亿 m ³ Annual runoff	124 (直门达)	539 (渡口)	1 430(屏山); 1 550(宜宾)	3 456 (寸滩)	4 510
含沙量/kg·m ⁻³ Sediment	0.783	0.796(渡口)	1.71(屏山)	1.27(寸滩)	

1.2 采样时间及站点布设

A 区和 B 区干支流江段的采集时间为 2005 年 5 月和 10 月,C 区干支流江段的采集时间为 2006 年 5 月和 10 月,D 区干支流江段的采集时间为 2006 年 10 月、2007 年 5 月和 10 月。在长江上游干流共设 38 个采样站,支流设 24 个采样站,支流采样站距河

口 5km。E 区在三峡水库蓄水前的 2003 年 5 月进行采集;2004~2006 年成库后,每年 5 月、10 月进行 2 次采集,干流(成库后为主航道)设 16 个采样断面,支流(成库后为库湾)设 17 个采样站,采样站分布见图 1。

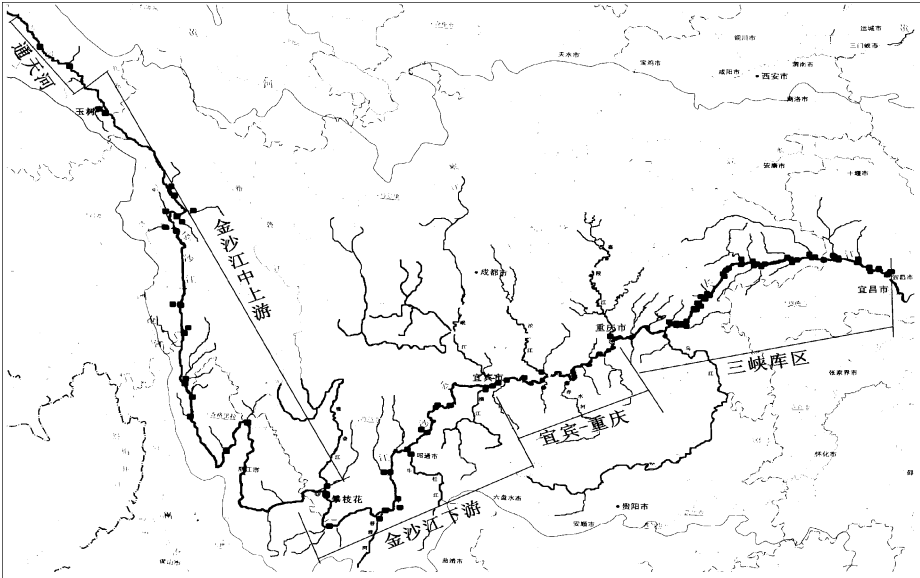


图 1 长江上游调查区域示意
Fig.1 Sketch map of research area in the upper reaches of Yangtze River

1.3 采样方法

定性样品用 25 号浮游生物网(孔径为 30μm)采集,用 50mL(5%)的福尔马林固定。河流定量样品用 2.5 L 采水器采水 10 L,取混合水样 2 L,立即用 15% 的鲁哥氏液固定,若泥沙含量过高,则用 20% 的鲁哥氏液固定。三峡水库成库后,定量样品用 2.5 L 采水器于 5 个深度(0、5、10、20、40 m)各采

水 5 L,取混合水样 2 L,用 15% 的鲁哥氏液固定。定量样品静置 48 h 后用虹吸法吸去上清液,将沉淀物浓缩至 30 mL。轮虫计数采用 1 mL 计数框,在 O-LYMPUS 显微镜下全片计数,取 2 片的平均值。轮虫的种类鉴定参照王家辑(1961)、Koste(1978)和诸葛燕(1997)的分类系统。各采样区域站点数量及样品数见表 2。

表 2 长江上游各采样区域站点数量及样品数比较

Tab. 2 The number of sampling sites and samples of every area in the upper reaches of Yangtze River

研究区域 research area	A 区 A area	B 区 B area	C 区 C area	D 区 D area	E 区 E area
站点数(干流/支流)Number of Sampling sites(main stream/tributaries)	2	11/9	10/9	15/6	16/17
样品数(干流/支流)Number of samples(main stream/tributaries)	4	17/17	20/18	36/12	16/17(2003 年);32/31(2004 年); 38/31(2005 年、2006 年、2007 年)

1.4 数据分析方法

百分比相似性指数(Percantage Similarity of Community - PSC)被用于轮虫群落种类变动特点研究,其计算公式为:

$$PSC = 100 - 0.5 \sum |P_{ik} - P_{jk}|$$

其中,PSC 表示群落*i*和*j*之间的相似性,变动范围是 0~100;100 表示 2 个群落完全一样,*P_{ik}*和*P_{jk}*分别表示第*k*个物种在群落*i*和*j*中的百分含量。

2 结果与分析

2.1 轮虫种类组成及分布

2003~2007 年,所有调查区域共采集到 199 种轮虫(含亚种),隶属于 2 纲、3 目、24 科、49 属。其中,蛭态目轮虫经固定后不易鉴定,许多种类只鉴定到属。长江上游通天河至重庆江段(包括 A、B、C、D 4 个研究区域)3 年(2005~2007 年)共采集到 138 种(含亚种)轮虫,隶属于 2 纲、3 目、22 科、40 属,分布最广的是旋轮虫(*Philodina*)、钝齿单趾轮虫(*Lecane lunaris*)、西藏叶轮虫(*Notholca tibetica*)、小链巨头轮虫(*Cephalodella catellina*)和水轮虫(*Epiphanes*);E 区 5 年(2003~2007 年)共采集到 167 种(含亚种)轮虫,隶属于 2 纲、3 目、23 科、47 属,5 年均出现的种类是旋轮虫(*Philodina*)、盘状鞍甲轮虫(*Lepadella patella*)、月形腔轮虫(*Lecane luna*)、钝齿单趾轮虫(*Lecane lunaris*)、萼花臂尾轮虫(*Brachionus califlorus*)、角突臂尾轮虫(*Brachionus angularis*)、方形臂尾轮虫(*Brachionus quadridentatus*)、壶状臂尾轮虫(*Brachionus . urceus*)、螺形龟甲轮虫(*Keratella cochlearis*)、曲腿龟甲轮虫(*Keratella valga*)、矩形龟甲轮虫(*Keratella quadrata*)、等棘异尾轮虫(*Tricho-*

cerca similis)、方块鬼轮虫(*Trichotria tetractis*)和广布多肢轮虫(*Polyarthra vulgaris*)。

种类组成具体到每个研究区域有所不同(见表 3)。A 区(2005 年)共采集到 21 种。旋轮科、臂尾轮科和椎轮科种类最多,均为 4 种,占总种数的 19.05%;其次是狭甲轮科、腔轮科和三肢轮科,均为 2 种,占总种数的 19.05%;其余科的轮虫种类数较少。

B 区(2005 年)共采集到 52 种。臂尾轮科种类最多,有 12 种,占总种数的 23.08%;其次是旋轮科和椎轮科,均为 8 种,占 15.38%;然后是狭甲轮科 5 种,占 9.62%;其余科的轮虫种类数较少。

C 区(2006 年)共采集到 81 种。臂尾轮科种类最多,有 14 种,占总种数的 17.28%,其次是椎轮科 13 种,占 16.05%,然后是腔轮科 11 种,占 13.58%,其余科的轮虫种类数较少。

D 区(2006~2007 年)共采集到 77 种。臂尾轮科、腔轮科和异尾轮科种类最多,均有 10 种,占总种数的 12.99%;其次是椎轮科 8 种,占 10.39%;然后是狭甲轮科和腹尾轮科 7 种,占 9.09%。

从通天河顺流而下至重庆江段轮虫种类组成的纵向演替规律为:旋轮科、椎轮科、棘管轮科和三肢轮科种类所占比例逐渐减少,腔轮科、鬼轮科、前翼轮科、异尾轮科、腹尾轮科、疣毛轮科、镜轮科和晶囊轮科种类所占比例逐渐增加。

E 区(2003~2007 年)共采集到 167 种。腔轮科种类最多,为 26 种,占总种数的 15.57%;其次是臂尾轮科 21 种,占 12.57%;然后是异尾轮科 16 种,占 9.58%;椎轮科 14 种,占 8.38%;疣毛轮科 12 种,占 7.19%;旋轮科 9 种,占 5.39%;狭甲轮科、腹

尾轮科、晶囊轮科和三肢轮科均为 8 种,占 4.79%。上述 10 个科的轮虫种类数合计为 130 种,占总种数的 77.84%,其余 13 个科的轮虫种类数较少。

2003 年在三峡水库蓄水前 E 区共采集到 42 种。腔轮科种类最多,有 10 种,占总种数的 23.81%;其次是臂尾轮科 8 种,占 19.05%;然后是异尾轮科 5 种,占 11.90%。2004 年即水库蓄水后的第 1 年共采集到 61 种,臂尾轮科种类最多,有 14 种,占总种数的 22.95%;其次是腔轮科 10 种,占 16.39%;然后是异尾轮科和疣毛轮科,均为 5 种,占 8.20%。2005 年共采集到 111 种,腔轮科种类最多,有 19 种,占总种数的 17.12%;其次是臂尾轮科 18 种,占 16.22%;然后是异尾轮科 14 种,占 12.61%。2006 年共采集到 98 种,臂尾轮科种类最

多,有 19 种,占总种数的 19.39%;其次是异尾轮科和疣毛轮科,均为 11 种,占 11.22%;然后是腔轮科和椎轮科 10 种,占 10.20%。2007 年共采集到 83 种,臂尾轮科种类最多,有 16 种,占总种数的 19.28%;其次是腔轮科 14 种,占 16.87%;然后是疣毛轮科 10 种,占 12.05%。

三峡水库由蓄水前 42 种轮虫上升到蓄水后第 1 年的 61 种,种类增长了 45%;蓄水后第 2 年轮虫种类达到了 111 种,较蓄水后第 1 年种类增长了 81.97%;蓄水后第 3 年轮虫种类开始下降,只有 98 种,较上一年种类下降了 11.71%;蓄水后第 4 年轮虫种类继续下降,只有 83 种,较上一年种类下降了 15.31%。由此表明,随着三峡水库蓄水时间加长,E 区的轮虫种类逐渐减少。

表 3 研究区域轮虫种类组成

种/%

研究区域 Research area	A 区 A area	B 区 B area	C 区 C area	D 区 D area	E 区 Earea				
					2003a	2004a	2005a	2006a	2007a
宿轮科 Habrotrichidae	0	1/1.92	1/1.23	0	1/2.38	1/1.64	1/0.9	1/1.02	1/1.20
旋轮科 Philodinidae	4/19.05	8/15.38	2/2.47	4/5.19	3/7.14	4/6.56	6/5.41	1/1.02	2/2.41
盘网轮科 Adinetidae	0	1/1.92	0	0					
猪叻轮科 Dicranophoridae	0	1/1.92	2/2.47	2/2.60	0	0	1/0.9	4/4.08	0
狭甲轮科 Colurellidae	2/9.52	5/9.62	6/7.41	7/9.09	3/7.14	3/4.92	5/4.50	4/4.08	4/4.82
腔轮科 Lecanidae	2/9.52	4/7.69	11/13.58	10/12.99	10/23.81	10/16.39	19/17.12	10/10.20	14/16.87
晶囊轮科 Asplanchnidae	0	0	2/2.47	3/3.90	1/2.38	1/1.64	5/4.50	5/5.10	3/3.61
棘管轮科 Mytilinidae	1/4.76	2/3.85	2/2.47	1/1.30	0	1/1.64	1/0.9	1/1.02	2/2.41
臂尾轮科 Brachionidae	4/19.05	12/23.08	14/17.28	10/12.99	8/19.05	14/22.95	18/16.22	19/19.39	16/19.28
须足轮科 Euchlanidae	0	1/1.92	2/2.47	1/1.30	1/2.38	2/3.28	4/3.6	1/1.02	2/2.41
鬼轮科 Trichotriinae	0	0	1/1.23	2/2.60	2/4.76	2/3.28	2/1.8	2/2.04	2/2.41
水轮科 Epiphanidae	1/4.76	1/1.92	2/2.47	1/1.30	0	0	3/2.7	2/2.04	2/2.41
前翼轮科 Proalidae	0	0	1/1.23	2/2.60	0	0	3/2.7	1/1.02	0
椎轮科 Notommatidae	4/19.05	8/15.38	13/16.05	8/10.39	4/9.52	2/3.28	5/4.5	10/10.20	7/8.43
异尾轮科 Trichocercidae	1/4.76	1/1.92	7/8.64	10/12.99	5/11.90	5/8.20	14/12.61	11/11.22	6/7.23
腹尾轮科 Gastropodidae	0	1/1.92	4/4.94	7/9.09	1/2.38	3/4.92	6/5.41	2/2.04	3/3.61
疣毛轮科 Synchaetidae	0	1/1.92	6/7.41	6/7.79	2/4.76	5/8.20	9/8.11	11/11.22	10/12.05
镜轮科 Testudinellidae	0	1/1.92	2/2.47	2/2.60	0	2/3.28	3/2.7	1/1.02	2/2.41
三肢轮科 Filiniidae	2/9.52	2/3.85	1/1.23	1/1.30	0	3/4.92	2/1.8	6/6.12	3/3.61
六腕轮科 Hexarthriidae					0	1/1.64	1/0.9	1/1.02	1/1.20
高乔轮科 Scardiidae					0	0	1/0.9	1/1.02	0
胶鞘轮科 Collothecidae	0	1/1.92	1/1.23	0	0	1/1.64	1/0.9	1/1.02	1/1.20
聚花轮科 Conochilidae	0	0	1/1.23	0	0	1/1.64	1/0.9	3/3.06	2/2.41
簇轮科 Flosculariidae	0	1/1.92	0	0	1/2.38	0	0	0	0
种类数	21	52	81	77	42	61	111	98	82

从表 3 中还可以看出,三峡水库蓄水后,种类显著增加的有臂尾轮科轮虫,蓄水后第 1 年增加了 6 种,增幅 75%;第 2 年又增加了 4 种,增幅为 28.6%;第 3 年又增加了 1 种,增幅为 5.56%;第 4 年虽然减少了 3 种,降幅为 15.8%,但总种数仍然有 16 种,较蓄水前增长了 100%。腔轮科轮虫只在 2005 年有较大增长,较蓄水前增长了 1 倍,2006 年又开始下降到蓄水前的水平;异尾轮科轮虫在 2005

年和 2006 年有较大增长,较蓄水前增长了 1.8 倍和 1.2 倍,2007 年又开始下降到蓄水前的水平;晶囊轮科轮虫种类在蓄水的第 2 年开始增加;疣毛轮科随着水库蓄水时间增长,种类越来越多;椎轮科在蓄水的第 3 年逐渐增加,腹尾轮科在蓄水的第 2 年、第 3 年逐渐增加;猪叻轮科、棘管轮科、前翼轮科、水轮科、镜轮科、三肢轮科、六腕轮科、高乔轮科、胶鞘轮科和聚花轮科轮虫在蓄水前均未检出,蓄水后第 1

年或第 2 年开始出现;鬼轮科、宿轮科和狭甲轮科种类蓄水前后没有太大的变化。

2.2 轮虫的相似性比较

将 E 区 2003 ~ 2007 年的轮虫种类进行相似性比较,从表 4 中可以看出,三峡水库蓄水后的 4 年(2004 ~ 2007 年)轮虫群落与蓄水前的相似性都小于 35%,表明三峡水库蓄水前的 E 区轮虫群落不同于蓄水后的 E 区群落。但三峡水库蓄水后的 E 区第 1 年(2004 年)与第 2 年(2005 年)的相似性达到 47.75%,第 2 年(2005 年)与第 3 年(2006 年)的相似性达到 61.26%,第 3 年(2006 年)与第 4 年(2007 年)的相似性达到 62.25%,蓄水 4 年轮虫群落相似性逐渐上升,说明三峡水库蓄水后的 E 区轮虫群落正逐渐趋于稳定。

表 4 E 区轮虫的相似性指数比较 %
Tab.4 Rotifer similarity index in E area

年份/a	2003	2004	2005	2006	2007
2003	100	34.43	24.32	26.53	26.83
2004		100	47.75	43.88	52.44
2005			100	61.26	57.66
2006				100	62.25
2007					100

将处于河流状态的 A、B、C、D 区轮虫进行相似性比较,从表 5 中可以看出,A 区与其余 3 个区的相似性较低,表明 A 区的轮虫群落具有独特性;B 区与 C 区的相似性也不高,只达到 35.80%;而 C 区与 D 区的相似性达到 56.79%,说明这 2 个区域的轮虫群落组成比较接近。

将 A、B、C、D 区的轮虫群落与 E 区不同时间的轮虫群落进行比较,从表 6 中可以看出,A 区与 E 区无论是三峡水库蓄水前还是蓄水后,相似性都小于 12.20%;B 区与 E 区的相似性也小于 37.70%;而 C 区与三峡水库蓄水前的 E 区相似性只有 29.63%,与三峡水库蓄水后的 E 区相似性较高且逐年增加,与 2007 年的 E 区达到 58.54%的相似性;D 区与三峡水库蓄水后的 E 区相似性也较高,与 2007 年的 E 区达到 51.22%的相似性。

表 5 长江上游(通天河至重庆)
各江段相似性指数比较 %

Tab.5 Similarity index of each river sections in the upper reaches of Yangtze River (from Tongtian to Chongqing)

调查区域	A	B	C	D
A	100	30.77	12.35	14.29
B		100	35.80	32.47
C			100	56.79
D				100

表 6 长江上游(通天河至重庆)江段与三峡
水库轮虫的相似性指数比较 %

Tab.6 Rotifer similarity index between upper
reaches(from Tongtian to Chongqing) and TGR

调查 区域	E 区				
	2003a	2004a	2005a	2006a	2007a
A	11.90	9.83	9.01	10.20	12.20
B	28.85	37.70	26.13	28.57	30.49
C	29.63	45.68	50.45	52.04	58.54
D	29.87	42.85	48.65	47.96	51.22

3 讨论

长江上游水流湍急、含沙量大,一般来讲是不利于轮虫普遍种类的生长和繁殖的,但长江上游支流、溪涧甚多,其水源主要是由山水积成而后流经山地数十里至数百里才入长江。这些支流、溪涧虽然在汛期特别是当地暴雨后流量猛增,含沙量变大,但枯水季节水少而清,十分利于轮虫的生长和繁殖。长江上游流域多山地,几乎没有湖泊,所以轮虫区系除了江中原有的外,唯一来源就是支流及溪涧。较大的支流如雅砻江、岷江、沱江、嘉陵江和乌江都已建成 1 个或多个水库,水库蓄水淹没稻田或富营养性浅水小水体,其中的轮虫十分丰富,水库的轮虫区系不再贫乏,其下泄水对长江中的轮虫区系影响显著。长江上游的一些小型支流,水库建成的更多,其下泄水最终汇入长江干流和三峡水库,长江上游的轮虫区系因此变得十分丰富。E B 波鲁茨基等(1959)从江津至宜昌为未来的三峡水库做了水生生物的本地调查,他认为上述这些小水体中的浮游动物区系比较丰富和复杂,是未来三峡水库中浮游动物区系形成的主要来源,本研究在 5 个区域 5 年共采集到 199 种轮虫正好印证了上述观点。

C、D、E 区轮虫群落相似性较高表明,干支流已建成较多水电站的 C、D、E 区轮虫群落已经受到水电开发的影响,水库下泄水导致河流轮虫群落结构产生了变化,处于河流状态的 C、D 区的轮虫群落结构本应该与同样处于河流态的 A、B 区相似,却因为水库的存在与 E 区有较高的相似性。而 A、B 区由于通天河和金沙江上中游江段的水电开发尚未进行,其轮虫群落结构仍然维持河流态。

随着长江上游的水电开发,曾经的湍流不息的长江上游将变成一系列梯级水库相连的非自然河流,长江上游的生态系统将发生巨大变化。本文将所揭示的轮虫群落特征与时间过程相联系,可以初步阐明生态环境的变化导致的轮虫群落的时空演替规律,为长江上游长期的生态学研究打下良好基础。

志谢:本研究由于时间长、区域广、野外调查人员众多,在此对所有参加野外采集工作的人员表示感谢!

参考文献:

- E B 波鲁茨基,王乾麟,陈受忠,等. 1959. 长江三峡水库库区水生生物调查和渔业利用的规划意见[J]. 水生生物学报, (1):1-32.
- 陈大庆,常剑波,顾洪宾. 2005. 金沙江一期工程对保护区生态环境的影响与对策[J]. 长江科学院院报,22(2):21-24.
- 韩德举. 1996. 陆水水库的浮游生物及营养类型[J]. 湖泊科学,8(4):351-358.
- 韩德举,胡菊香. 1995. 长江仪征~崇明段的轮虫调查[J]. 动物学杂志, 30(1):1-8.
- 胡征宇,蔡庆华. 2006. 三峡水库蓄水前后水生态系统动态的初步研究[J]. 水生生物学报, 30(1):1-6.
- 梁义芬. 2002. 长江上游南溪段饵料生物资源初步调查[J]. 四川动物, 21(4):229-230.
- 林锡芝,胡美琴. 1985. 葛洲坝截流前长江干流的浮游动物[J]. 淡水渔业, (1):22-23.
- 潘久根. 1999. 金沙江流域的河流泥沙输移特性[J]. 泥沙研究, (2):46-49.
- 彭刚,边文冀,陈校辉. 2008. 长江江苏段浮游动物群落结构调查报告[J]. 水利渔业,28(4):109-111,120.
- 彭亚. 2004. 金沙江水电基地及前期工作概况(一)[J]. 中国三峡建设, (4):37-38.
- 邵景安. 2008. 三峡水库蓄水后长江水系重庆段河道形态的变化特征[J]. 资源科学,30(9):1 431-1 436.
- 王家辑. 1961. 中国淡水轮虫志[M]. 北京:科学出版社.
- 王玲,易瑜. 2003. 长江上游寸滩水文站水沙变化分析[J]. 水利水电快报,24(1):14-15.
- 王庆,杨宇峰. 2007. 珠江广州河段轮虫群落结构的初步研究[J]. 水生生物学报,31(2):233-239.
- 温新利,席贻龙,张雷,等. 2004. 青弋江芜湖段轮虫群落结构和物种多样性的初步研究[J]. 生物多样性, 12(4):387-395.
- 杨丽虎,陈进,黄薇,等. 2007. 长江上游梯级水电开发情况及对生态环境的影响初探[J]. 中国农村水利水电, (3):79-81.
- 游江涛,林秋奇,胡韧,等. 2002. 飞来峡水库蓄水初期营养状态及浮游生物分布特征[J]. 生态科学,21(1):21-24.
- 周淑婵,黄祥飞,唐涛,等. 2006. 香溪河库湾轮虫现状及水质评价初探[J]. 水生生物学报,30(1):52-87.
- 诸葛燕. 1997. 中国典型地带轮虫的研究[D]. 武汉:中国科学院水生生物研究所.
- Branco, et al. 2002. Limnological features of Funil Reservoir (R J Brazil) and indicator properties of rotifers and cladocerans of the zooplankton community[J]. Lakes & Reservoir: Research and Management, 7:87-92.
- Burger D F, Hogg I D, Green J D. 2002. Distribution and abundance of zooplankton in the Waikato River, New Zealand [J]. Hydrobiologia, 479:31-38.
- Duggan I C. 2001. The ecology of periphytic rotifers[J]. Hydrobiologia, 446/447: 139-148.
- Koste W. 1978. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas Bd. II [M]. Gebrüder, Bornträger, Berlin.
- May L & Bass J A B. 1998. A study of rotifers in the River Thames, England, April - October, 1996 [J]. Hydrobiologia, 387/388:259-265.

(责任编辑 万月华)

Longitudinal Succession of Rotifer Communities in the Upper Reaches of Yangtze River

Hu Ju-xiang, Zheng Jin-xiu, Zhao Xian-fu, Chi Shi-yun, Gao Shao-bo, Wu Sheng-gui

(Institute of Hydroecology, Ministry of Water Resources, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430079, China)

Abstract: Rotifers were sampled along the upper reaches of the Yangtze River, with 60 sampling sites on main stream from the source (Tongtian River) to Chongqing in 2005 ~ 2007, and 33 sites in the Three Gorges Reservoir (from Chongqing to the Dam) in 2003 ~ 2007. There were 138 species of rotifers (including subspecies) collected in the upper reaches (from Tongtian River to Chongqing), belonging to 2 classes 3 orders 22 families and 40 genera while 167 species were collected in the reaches from Chongqing to the Dam, belonging to 2 classes 3 orders 23 families and 47 genera. The number of rotifer species increased rapidly in TGR during the first and second year after the impoundment, but decreased from the third year. The analysis of Percentage Similarity of Community (PSC) between different reaches shows that the rotifer communities have been affected by the hydropower development in the lower reaches of Jinsha River and the upper reaches of Yangtze River from Yibin to Chongqing.

Key words: rotifer community, longitudinal succession, Yangtze River