

长江上游支流抱龙河浮游生物现状及多样性评价

何滔, 刘建虎, 张春霖, 郑永华, 冯兴无

(西南大学动物科技学院, 重庆北碚 400715)

摘要: 为分析三峡蓄水后长江上游支流浮游生物的种群结构特征, 2012年11月—2013年3月对长江三峡库区支流抱龙河的长江断面、窄门子断面、葡萄坝断面和纸厂断面进行了浮游生物的调查, 共采集到浮游植物6门24科35属125种, 其中硅藻门种类最多, 为88种, 分属10科18属, 占总种数的70.4%; 浮游动物3门12科19属56种, 其中轮虫种类最多, 为29种, 占总种数的51.8%。长江口、窄门子、葡萄坝和纸厂四个断面的Shannon-wiener指数分别为3.17、3.40、2.36、4.34。通过4个断面的Shannon-wiener多样性指数值可以看出, 葡萄坝段的水质有轻度污染, 其余段水质清洁。从四个断面的Pielou均匀度指数可以看出, 抱龙河流域的浮游生物均匀度比长江干流高, 物种分布更均匀。

关键词: 长江上游; 抱龙河; 浮游生物; 多样性

中图分类号: S932.8

文献标识码: A

文章编号: 1000-6907-(2014)03-0051-05

DOI:10.13721/j.cnki.dsyy.2014.03.009

Species and diversity of plankton in Baolong River on the upper reaches of the Yangtze River

HE Tao, LIU Jian-hu, ZHANG Chun-lin, ZHENG Yong-hua, FENG Xing-wu

(College of Animal Science and Technology, Southwest University, Beipei 400715, Chongqing, China)

Abstract: Species composition of plankton in Baolong river on the upper reaches of Yangtze River was evaluated from November 2012 to March 2013. A total of 125 species of phytoplankton were collected, belonging to 6 phylum, 24 family and 35 genus. The bacillariophyta exhibited the highest species diversity, with 88 species (70.4% of the total) belonging to 10 family and 18 genus. And 56 species of zooplankton were found, belonging to 3 phylum, 12 family and 19 genus. The rotifers exhibited the highest species diversity, with 29 species (51.8% of the total). The Shannon-Weiner indices of four sections (Yangtze River Estuary, Zhai Men Zi, Grape Dam and Paper Mill) were 3.17, 3.40, 2.36 and 4.34 respectively. The water in the section of Grape Dam was slightly polluted. By analyzing the Pielou index, it was found that the species evenness in Baolong river was higher than that in the Yangtze river.

Key words: The upper reaches of Yangtze river; diversity; Baolong river; plankton.

三峡水库于2003年开始蓄水, 作为一个河道型水库, 库区水体的水生生态系统在蓄水前后有着显著的变化^[1-2]。抱龙河为三峡库区长江右岸一级支流, 位于巫山县东南部, 发源于湖北省建始县铜岩子, 由南向北流经湖北建始进入巫山县境, 经天竹坝、十二洞, 在抱龙镇无夺桥注入长江, 全长22.3 km。三峡蓄水前, 该河流为不通航河段, 三峡工程175 m蓄水后, 蓄水位为回水至谭家坝段(距河口10.7 km)。由于蓄水后河道变宽变深, 水

流变慢, 其水生生态系统, 尤其是浮游生物的群落结构必然有所改变。本文根据在抱龙河的定点调查资料, 分析了三峡蓄水后该水域浮游生物的种群结构特征, 并对其物种多样性进行了评价。

1 调查范围及方法

1.1 调查范围

抱龙河从长江口至摸钱洞间的长江断面(N: 31°01'14.64"; E: 110°02'50.17")、窄门子断面

收稿日期: 2013-10-25; 修订日期: 2014-01-09

资助项目: 三峡库区重要支流航道整治工程(2012130 “三峡库区抱龙河航道整治工程对水生生态影响专题评价研究”; 教育部中央高校基本业务费(XDJK2013C013)

第一作者简介: 何滔(1985-), 男, 讲师, 博士, 研究方向为水生生物资源学。E-mail: hh1985@swu.edu.cn

(N: 31°00′12.55″; E: 110°02′34.74″) 葡萄坝断面(N: 30°59′28.05″; E: 110°02′00.55″) 和纸厂断面(N: 30°58′19.10″; E: 110°01′02.33″) (图1)。

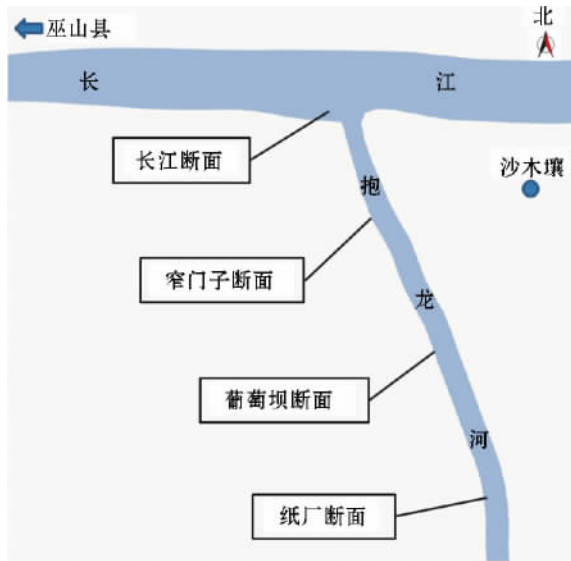


图1 调查断面布设

Fig. 1 Locations of investigation sections

1.2 采样方法

在抱龙河的窄门子、葡萄坝和纸厂3个断面分别布设左、中、右3个水样测点，抱龙河长江口设一测点作为对照。采集包括定性采集和定量采集。

浮游植物的定性采集采用25号筛绢制成的浮游生物网在水中作“∞”拖曳采集。定量采集则用1 000 mL采水器在不同水层中采集一定量的水样，经等量充分混合后，取1 000 mL的水样，加入15 mL鲁哥氏液固定，经过24 h以上的静置、沉淀和浓缩为标准样。

原生动物和轮虫的定性采集采用25号筛绢制成的浮游生物网在水中拖曳采集，将网头中的样品放入50 mL样品瓶中，加福尔马林液2~2.5 mL进行固定。定量采集则采用2 500 mL采水器在不同水层中采集一定量的水样，经充分混合后，取2 000 mL的水样，然后加入鲁哥氏液固定，经过48 h以上的静置沉淀浓缩为标准样。

枝角类和桡足类定性采集采用13号筛绢制成的浮游生物网在水中拖曳采集，将网头中的样品放入50 mL样品瓶中，加福尔马林液2~2.5 mL进行固定。定量采集则用2 500 mL采水器在不同水层中采集等量的水样，经充分混合后，装在不透明的木桶里在自然光直射下沉淀10 min左右，取30 mL的水样用25号筛绢制成的浮游生物网过滤后，将

网头中的样品放入100 mL样品瓶中，加福尔马林液5 mL进行固定。带回实验室后浓缩定容至5~10 mL。

1.3 分析方法

1.3.1 种类鉴定

浮游生物种类的鉴定类参照《中国常见淡水浮游藻类图谱》^[3]。

1.3.2 现存量计算

浮游植物的数量 $N = \frac{P_n V}{v}$ ，其中 N 为1升水中浮游植物的数量(ind./L)； V 为1升水样经浓缩后的体积(mL)； v 为计数框的容积(mL)； P_n 为每片计数所得个数(ind.)。

浮游植物生物量(湿重)的计算参照《内陆水域渔业自然资源调查手册》^[4]，没有的种类则直接采用体积法换算，即根据不同种类的体形，按最近的几何形测量其体积。

浮游动物的数量 $N = \frac{Vp}{Wc}$ ，式中 V 为水样沉淀浓缩后的体积(mL)； c 为计数框的容积(mL)； W 为采水样的容积(L)； p 为镜视各类浮游动物个数。

浮游动物生物量的计算采用体积换算法。

1.3.3 多样性评价

Shannon Wiener 指数(物种多样性)：

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i;$$

Pielou 指数(物种均匀度)：

$$J = (- \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i) / \ln S$$

以上各式中 S 为群落的总种数， N 为观察到的个体总数， N_i 为第 i 种的个体数， P_i 为物种 i 的个体数 N_i 占有个体总数 N 的比例，即 $P_i = N_i / N$ 。

2 调查结果

2.1 抱龙河浮游生物现状

2.1.1 浮游植物现状

(1) 种类组成

抱龙河长江口至摸钱洞水域共检出浮游植物共6门24科35属125种(含变种)。其中硅藻门10科18属88种，占被调查藻类总种类数的70.4%；绿藻门8科8属22种，占总种类数的17.6%；蓝藻门2科5属8种，占总种类数的6.4%；黄藻门1科1属1种，占总种类数的0.8%；裸藻门2科3属5种，占总种类数的4.0%；金藻门1科1属1种，占总种类数的0.8%。(图2，图3)。

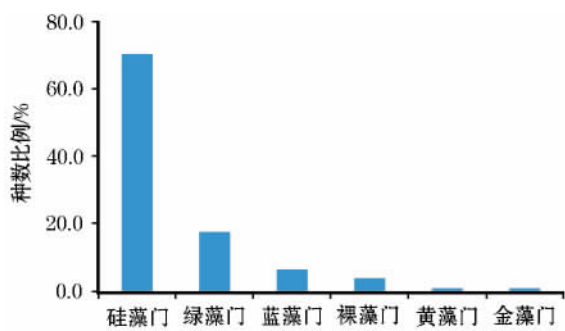


图 2 抱龙河评价区段浮游植物的组成
Fig. 2 Composition of phytoplankton in Baolong river

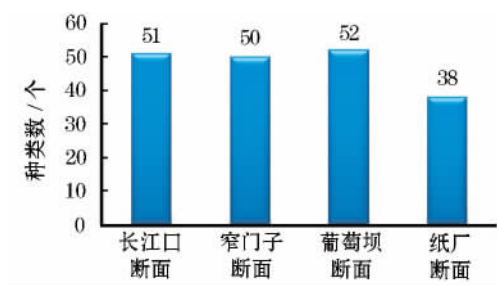


图 3 抱龙河评价区段浮游植物种类及其空间分布
Fig. 3 Distribution of phytoplankton in Baolong river

(2) 优势种

硅藻占了总种数的近 71%，为优势类群，硅藻中以普通等片藻的细胞密度最大，左右岸细胞密

度平均达到 8.8×10^3 个/L，其次为简单舟形藻、小环藻和尖针杆藻以及卵形菱形藻等，这几种藻类在被调查藻类中占绝对优势，构成该河段的优势种。

表 1 调查断面的浮游植物优势种

Tab. 1 Dominant species of phytoplankton in the investigation sections	
采样断面	优 势 种
长江口	普通等片藻、卵形菱形藻、尖针杆藻、变异直链藻、简单舟形藻、微绿舟形藻、颤藻、束缚色球藻、小球藻、四尾栅藻、普通水绵
窄门子	普通等片藻、美丽双菱藻、扭曲小环藻、尖针杆藻、变异直链藻、简单舟形藻、针状蓝纤维藻
葡萄坝	扁圆卵形藻、扭曲小环藻、尖针杆藻、变异直链藻、简单舟形藻、微绿舟形藻、二角盘星藻、小球藻、外穴裸甲藻
纸 厂	长圆舟形藻、普通水绵

注：100 个视野计数浮游植物细胞数 = 20 时定义为该断面的优势种。

(3) 现存量

调查断面浮游植物现存量中，其生物量(湿重)为 0.075 ~ 0.219 mg/L；藻类细胞密度为 $2.691 \times 10^4 \sim 5.522 \times 10^4$ 个/L。分析结果表明，硅藻门植物种群密度和生物量最大，占绝对优势，硅藻门藻类平均数量和平均生物量分别占浮游植物总平均数和总平均生物量的 71.4% 和 74.0%。

表 2 调查断面浮游植物现存量

Tab. 2 Biomass of phytoplankton in the investigation sections

调查断面	浮游植物总量		各门藻类植物数量/生物量占总量的比例/%					
	数量/ (10^4 个/L)	生物量/ (mg/L)	硅藻门	绿藻门	蓝藻门	黄藻门	裸藻门	金藻门
长江口	2.937	0.098	$\frac{68.63}{69.98}$	$\frac{15.69}{17.46}$	$\frac{5.88}{10.38}$	$\frac{1.96}{1.32}$	$\frac{9.80}{0.85}$	/
窄门子	4.423	0.168	$\frac{71.21}{74.89}$	$\frac{19.64}{18.54}$	$\frac{12.12}{6.58}$		$\frac{1.96}{0.31}$	/
葡萄坝	5.522	0.219	$\frac{58.82}{77.09}$	$\frac{23.53}{11.90}$	$\frac{15.69}{8.74}$	$\frac{1.51}{1.32}$	$\frac{1.96}{0.31}$	$\frac{1.52}{0.35}$
纸 厂	2.691	0.075	$\frac{87.04}{73.99}$	$\frac{3.70}{16.97}$	$\frac{7.41}{8.80}$	$\frac{1.85}{1.28}$	$\frac{1.96}{0.31}$	/

2.1.2 浮游动物

(1) 种类组成

调查断面检出浮游动物种类共计 3 门 12 科 19 属 56 种。其中，原生动物 12 种，占浮游动物种类总数的 21.4%；轮虫 29 种，占 51.8%；枝角类 9

种，占 16.7%；桡足类 6 种，占 10.7% (图 4，图 5)。

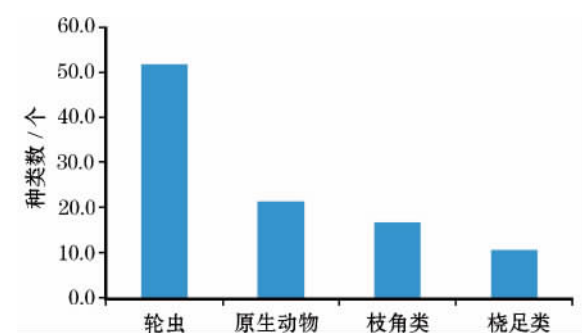


图4 抱龙河评价区段浮游动物的组成
Fig. 4 Composition of zooplankton in Baolong river

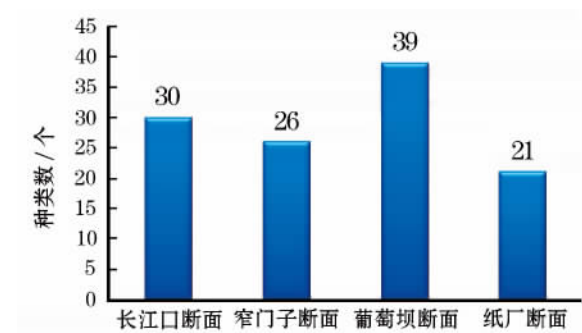


图5 抱龙河评价区段浮游动物种类及其空间分布
Fig. 5 Distribution of zooplankton in Baolong river

(2) 优势种

轮虫占了总种数的 51.8%，为优势种，具体

轮虫种类见表 3。

表3 调查断面的浮游动物优势种
Tab. 3 Dominant species of zooplankton in the investigation sections

采样断面	优 势 种
长江口	囊形单趾轮虫、月形腔轮虫、弯曲腿龟甲轮虫、螺形龟甲轮虫、萼花臂尾轮虫、壶状臂尾轮虫
窄门子	囊形单趾轮虫、萼花臂尾轮虫、螺形龟甲轮虫
葡萄坝	囊形单趾轮虫、裂足臂尾轮虫、蹄形腔轮虫、跃进三肢轮虫、长三肢轮虫、尾三肢轮虫、萼花臂尾轮虫、尖角单趾轮虫、绿色近剑水蚤
纸 厂	尾突臂尾轮虫

注：100 个视野计数浮游动物细胞数 = 20 时定义为该断面的优势种

(3) 现存量

浮游动物平均数量为 3.180 个/L，平均生物量 2.653×10^{-2} mg/L。从浮游动物各类别的数量和生物量上看，调查断面轮虫数量所占比例最高，其平均值为 45.84%，其次为原生动物，其平均值为 35.55%，枝角类和桡足类所占比例分别为 4.87%、13.26%；桡足类生物量所占比例最高，其平均值为 62.69%，其次是轮虫和枝角类，分别占 18.80%、15.87%。

表4 调查断面浮游动物现存量
Tab. 4 Biomass of zooplankton in the investigation sections

调查断面	浮游动物总量		各类浮游动物数量占总量的比例/% 各类浮游动物生物量占总量的比例/%			
	数量/(个/L)	生物量/(mg/L)	原生动物	轮虫	枝角类	桡足类
长江口	4.980	0.036	$\frac{30.83}{2.23}$	$\frac{47.50}{14.19}$	$\frac{8.33}{24.97}$	$\frac{13.33}{57.62}$
窄门子	3.370	0.028	$\frac{38.45}{1.83}$	$\frac{49.64}{29.89}$	/	$\frac{10.91}{68.28}$
葡萄坝	2.690	0.023	$\frac{37.37}{3.88}$	$\frac{40.84}{12.31}$	$\frac{6.26}{22.63}$	$\frac{15.54}{61.18}$
纸 厂	1.680	0.019	$\frac{35.55}{2.65}$	$\frac{45.99}{18.80}$	$\frac{4.87}{15.87}$	$\frac{13.26}{62.69}$

2.2 多样性指数

2.2.1 浮游植物多样性指数

通过统计分析得出，四个调查断面(长江口、窄门子、葡萄坝、纸厂)浮游植物的 Shannon-wiener 指数分别为 3.17、3.40、2.36、4.34；Pielou 指数分别为 0.431、0.647、0.839、0.868，见表 5。

表5 调查断面浮游植物多样性指数值及水质状况评价

Tab. 5 Diversity indexes of phytoplankton in the investigation sections

断面	Shannon Wiener 指数	Pielou 均匀度指数	指示水质状况
长江口	3.17	0.431	水质清洁
窄门子	3.40	0.647	水质清洁
葡萄坝	2.36	0.839	轻度污染
纸 厂	4.34	0.868	水质清洁

2.2.2 浮游动物多样性指数

通过统计分析得出, 四个调查断面(长江口、窄门子、葡萄坝、纸厂) 浮游动物的 Shannon-wiener 指数分别为 3.25、3.87、2.05、3.66; Pielou 指数分别为 0.579、0.681、0.859、0.896, 见表 6。

表 6 调查江段浮游动物生物多样性指数
Tab.5 Diversity indexes of zooplankton in the investigation sections

断面	Shannon Wiener 指数	Pielou 均匀度指数	指示水质状况
长江口	3.25	0.579	水质清洁
窄门子	3.87	0.681	水质清洁
葡萄坝	2.05	0.859	轻度污染
纸 厂	3.66	0.896	水质清洁

3 讨论

况琪军等^[5]比较分析了三峡库区湖北段在蓄水前后浮游植物的变化, 发现蓄水后绿藻的种类增多, 而硅藻的种类则减少。张远等^[6]研究了三峡库区二期蓄水后浮游植物组成和分布的变化, 发现部分断面浮游植物数量显著增加。王志坚等^[7]调查了重庆长江江段的浮游植物群落, 共发现有藻类植物 10 门 49 科 116 属 434 种。其中硅藻最多, 有 199 种; 曾辉^[8]在 5 次长江全河流调查期间共发现 107 个分类单位。其中硅藻为 55 种, 占所发现藻类的 51%, 是长江的优势种类; 西南大学研究人员 2007 年 8 月在库区奉节、巫山段的调查中, 检出 3 个采样点有藻类植物 4 门 19 科 46 属 156 种(含变种)。其中硅藻有 117 种, 占总种数的 75%。本次在三峡库区长江支流抱龙河的浮游植物种类数量和藻类细胞密度调查结果与前期各单位在长江不同江段的调查结果相类似。

抱龙河段浮游动物种类数较多, 但种群密度不高, 比较而言, 原生动物和轮虫的种类相对较多, 桡足类中的无节幼体、桡足幼体和成体与枝角类在调查断面北岸和南岸测点均有出现, 但频率不高; 原生动物和轮虫类种群密度很低。本次调查浮游动

物种类少、种群密度低, 可能与调查断面水温较低等因素有关。

Shannon-Wiener 物种多样性指数^[9]可以反映水体的水质状况, 当物种多样性指数大于 3 时, 水质清洁; 指数为 2~3 时为轻度污染; 1~2 时为中度污染; 0~1 时为重度污染。从浮游生物的 Shannon-wiener 多样性指数值可以看出, 在抱龙河 4 个调查断面中, 只有葡萄坝段的 Shannon-wiener 指数值位于 2~3 之间, 其余三个断面的指数值均大于 3, 故葡萄坝断面的水质有轻度污染, 其余断面水质清洁。Pielou 均匀度指数为群落的实测多样性与最大多样性的比率^[10]。从四个断面浮游植物和浮游动物的均匀度指数来看, 从长江口断面到纸厂断面, 抱龙河浮游生物均匀度是不断上升的, 说明抱龙河流域的浮游生物均匀度要比长江干流高, 物种的分布也更均匀。

参考文献:

[1] 冯 坤, 万成炎, 彭建华, 等. 三峡库区 26 条支流浮游甲壳动物的群落结构[J]. 水生生态学杂志, 2012, 33(4): 40-48.
[2] 郑丙辉, 张 远, 富国, 等. 三峡水库营养状态评价标准研究[J]. 环境科学学报, 2006, 26(6): 1022-1030.
[3] 翁建中. 中国常见淡水浮游藻类图谱[M]. 上海: 上海科学技术出版社, 2010.
[4] 张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册[M]. 北京: 科学出版社, 1991.
[5] 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[J]. 水生生物学报, 2005, 29(4): 353-357.
[6] 张 远, 郑丙辉, 刘鸿亮. 三峡水库蓄水后的浮游植物特征变化及影响因素[J]. 长江流域资源与环境, 2006, 15(2): 254-2.
[7] 王志坚, 王明书, 等. 丰都长江二桥工程对水生生物影响专题评价报告[R]. 2008, 西南大学.
[8] 曾 辉. 长江干流浮游植物组成与生物量的时空分布[J]. 中国环境与生态水力, 2008: 439-445.
[9] Margalef R. Diversity [A]. Sournia A. Phytoplankton Manual: Monographs on Oceanographic Methodology 6 [C]. Paris: UNESCO, 1978: 251-260.
[10] 马克平, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 H' 多样性的测度方法(下) [J]. 生物多样性, 1994, 2(4): 231-239.

(责任编辑: 陈细华)