

四明湖水库浮游生物现状调查及评价

周志明¹, 朱俊杰¹, 顾志敏¹, 贾永义¹, 周锡南²

(1. 浙江省淡水水产研究所, 浙江 湖州 313000; 2. 余姚市四明湖水库管理局, 浙江 宁波 315430)

摘要:2006–2007年分4次对余姚四明湖水库水质理化指标、浮游生物群落结构进行了调查,并进行了多样性指数分析及渔产潜力估算。结果表明,四明湖水库浮游植物种类共计8门、47种(属),其中以绿藻为最优势类群,占总密度的36.2%;浮游动物共计3大类、30种,其中原生动物占40%;浮游植物年均生物量为10.20 mg/L,浮游动物年均生物量2.36 mg/L。从水体理化指标数据来看,四明湖水库水质属于II–IV类;从浮游植物群落结构和多样性指数分析结果来看,水库属于富营养水平;根据相关公式估算四明湖水库的鱼产潜力为2 076 kg/hm²。

关键词:四明湖水库;浮游生物;鱼产潜力;营养等级

中图分类号:Q178.2 **文献标志码:**A **文章编号:**1674–3075(2011)03–0104–04

四明湖水库地处浙江四明山区北麓、余姚梁弄镇境内,为全省八大大型水库之一。水库三面环山,属浙东低山丘陵区北部的断陷堆积盆地,地势南高北低。水库始建于1958年10月,库容1.24亿m³,集雨面积103.1 km²,养殖面积760 hm²,平均水深7.3 m,大坝为典型的黄泥心墙土坝,坝长600 m,高16.65 m。流域内常住人口3万多人,大部分人口和工业厂房集中在环库周边;是一座结合防洪、供水、灌溉、发电、养鱼和旅游等综合利用功能的大(二)型水库。

浮游生物是淡水生态系统中的重要组成部分,在能量流动、物质循环和信息传递中起着至关重要的作用,研究水库的浮游生物群落结构是了解该库区生态系统结构的基础。浮游生物种类组成、数量分布以及丰度通常呈季节性变化,是浮游生物群落动态的重要特征,也是判断水体富营养化程度的关键指标之一。以浮游生物作为生物监测、评价水体营养水平、估算水体鱼产潜力等重要指标在国内外已被广泛采用(郑洪萍,1997;Clarke & Warwick,2001),进行水生态学研究将为治理和综合利用水库资源提供重要的科学依据。为有效评价四明湖水库资源现状,我们对其水生生物资源进行了实地采样分析,并对水库当前的营养水平进行了分析评估,以为四明湖水库的水环境保护及渔业可持续利用提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 采样点设置

参考《水生生物监测手册》(国家环保局水生生物监测手册编委会,1993)、《内陆水域渔业自然资源调查试行规范》(全国渔业自然资源调查和淡水专业组,1980)和《水库渔业资源调查规范》(水利部中国科学院水库渔业研究所,1997)及其他相关标准和资料(国家环境保护总局,1989;水利部中国科学院水库渔业研究所,1999),确定四明湖水库调查断面分别为上、中、下游3处,具体见图1和表1。



图1 四明湖水库3个采样断面位置示意

Fig.1 Distribution of three sections in Siminghu Reservoir

1.2 试验方法

1.2.1 水质理化指标测定 于2006年11月30日、2007年4月28日、2007年8月31日和2007年10月15日共4次进行水样采样。分析测定的主要理化指标包括水体透明度、水温、溶氧、氨氮、硝酸

盐、亚硝酸盐、总磷等。测定方法参照《水和废水监测分析方法》进行(国家环境保护总局,1989)。仪器主要为721分光光度计。

表1 四明湖水库3个采样断面的地理坐标
Tab.1 Geographical position of three sections in Siminghu Reservoir

采样点	位置描述	北纬	东经
1号(上游)	梁弄口	29°56'56"	121°04'24"
2号(中游)	湖心	29°56'24"	121°04'06"
3号(下游)	坝前水域	29°55'32"	121°04'03"

1.2.2 浮游植物测定 取混合水样 500 mL, 装入采样瓶中, 加入适量鲁哥氏液固定, 带回实验室静置 24 h 后, 弃去上清液, 浓缩后于高倍镜下鉴定藻种, 并进行计数。取样时间同水样采集。

1.2.3 浮游动物测定 取混合水样 500 mL, 装入采样瓶中, 加入福尔马林固定至最终浓度为 5%, 带回实验室静置 24 h 后, 弃去上清液, 浓缩后于解剖镜和显微镜下鉴定并计数。取样时间同水样采集。

1.3 多样性评价方法

表2 四明湖水库主要水质监测指标
Tab.2 Water quality data of the Siminghu Reservoir

时间	透明度/ m	水温/ ℃	溶解氧/ mg · L ⁻¹	氨氮/ mg · L ⁻¹	硝酸盐/ mg · L ⁻¹	亚硝酸盐/ mg · L ⁻¹	总磷/ mg · L ⁻¹
2006-11-30	1.28	10	4.5	0.23	0.09	0.005	0.12
2007-04-28	1.13	18	5.0	0.51	0.13	0.009	0.17
2007-08-31	0.93	32	4.8	0.87	0.16	0.011	0.23
2007-10-15	0.96	30	-	0.26	0.20	0.005	0.06

2.2 浮游植物

本次调查发现,四明湖水库浮游植物种类经鉴定共计8门、47种(属);其中,蓝藻门10种(属),占21.3%;绿藻门17种(属),占36.2%;硅藻门11种(属),占23.4%;隐藻门2种(属),占4.3%;裸藻门3种(属),占6.4%;甲藻门2种(属),占4.3%;黄藻门2种(属),占4.34%。4次采样的浮游植物平均生物量为10.20 mg/L(见表3)。

表3 四明湖水库浮游植物生物量
Tab.3 Biomass of phytoplankton in Siminghu Reservoir

采样时间	Siminghu Reservoir			mg/L
	1号 (上游)	2号 (中游)	3号 (下游)	
2006-11-30	12.6	2.1	16.6	10.50
2007-04-28	8.4	7.9	10.3	8.87
2007-08-31	6.5	8.8	9.6	8.30
2007-10-15	14.8	9.5	15.1	13.10
平均	10.6	7.1	12.9	10.20

样品中,数量上以绿藻、蓝藻、硅藻为主。在季

1.3.1 物种丰富度指数(D)

$$D = (S - 1) / \ln N$$

式中:D为Margalef指数,为物种丰富度指数之一,S为物种数目,N为所有物种个体数之和。

1.3.2 Shannon-Wiener 指数(H')

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \log_2 P_i$$

式中:P_i为第i种的个体数与样品总数的比值,S为群落中的个体总数。

1.3.3 均匀度指数(J)

$$J = H' / \log_2 S$$

式中:S为种类数。

1.3.4 鱼产潜力估算

鱼产潜力 = $\frac{\text{利用率} \times \text{P/B 系数} \times \text{库容} \times \text{生物量}}{\text{饵料系数}}$

2 结果与分析

2.1 水质分析

水质分析监测结果见表2。

节变化上,四明湖水库浮游植物秋、冬季较高,春季次之,夏季最低。

2.3 浮游动物

四明湖水库的浮游动物经鉴定共计3大类、30种;其中,原生动物12种(属),占40%;轮虫类10种(属),占33.3%;枝角类4种(属),占13.3%;桡足类4种(属),占13.3%。4次采样的平均浮游动物生物量为2.36 mg/L(见表4)。

表4 四明湖水库浮游动物生物量
Tab.4 Biomass of zooplankton in Siminghu Reservoir

采样时间	Siminghu Reservoir			mg/L
	1号 (上游)	2号 (中游)	3号 (下游)	
2006-11-30	2.65	1.31	3.10	2.35
2007-04-28	2.26	2.73	3.53	2.84
2007-08-31	1.26	1.71	2.16	1.71
2007-10-15	2.85	1.67	3.10	2.54
平均	2.26	1.86	2.97	2.36

样品中,数量上以原生动物、轮虫为主,生物量

上以桡足类和轮虫为主。在季节变化上,四明湖水库浮游动物春季最高,秋季其次,夏季最低。

2.4 水库营养等级评价

2.4.1 水质与营养等级评价 依据国标《地表水环境质量标准》,四明湖水库溶解氧在 4.5 ~ 5.0 mg/L,介于Ⅱ~Ⅲ类水质;氨氮 0.23 ~ 0.87 mg/L,介于Ⅱ~Ⅲ类水质;总磷 0.06 ~ 0.23 mg/L,介于Ⅱ~Ⅳ类水质。

2.4.2 浮游植物与营养等级评价 经统计和计算后的藻类多样性指数见表 5。从表 5 可知,四明湖水库浮游生物密度均大于 100 万个/L,属于富营养型。Margalef 指数(*D*)介于 1~2,显示四明湖水库属于富营养型;Shannon-Wiener 指数(*H'*)均小于 1,均匀度指数均在 0.3 以下,显示四明湖水库水质属于富营养型。可见不同的指标和标准对水质的评价结果一致,均显示四明湖水库为富营养型,但其程度尚未达到严重等级。这与从种群结构上分析四明湖水库的营养型是一致的,根据 Wetezl (1975) 提出的营养类型特征,四明湖水库藻类多为蓝藻、绿藻和硅藻等,属富营养类型。

表 5 四明湖水库浮游植物密度和多样性指数
Tab.5 Density and diversity index of phytoplankton in Siminghu Reservoir

项目	2006 – 11 – 30	2007 – 04 – 28	2007 – 08 – 31	2007 – 10 – 15
浮游生物密度/ × 10 ⁶ 个 · L ⁻¹	15.34	10.16	11.89	13.23
Margalef 指数	1.03	1.28	1.11	1.39
Shannon-Wiener 指数	0.48	0.44	0.54	0.47
均匀度指数	0.19	0.16	0.21	0.16

2.5 四明湖水库鱼产力估算

四明湖水库浮游植物的年均生物量为 10.20 mg/L,库容以 1.24 × 10⁹ m³ 计,浮游植物 P/b 系数为 60,利用率为 30%,饵料系数为 30,则该水体以浮游植物为食的鲢鱼产力为 7 589 t,平均鱼产潜力为 999 kg/hm²。

浮游动物的年均生物量为 2.36 mg/L,参照何志辉 (1994) 所提供的资料,结合四明湖水库的实际情况,B/P 系数取 25,鱼类对浮游动物的利用率取 40%,饵料系数取 10,水库库容 1.24 × 10⁹ m³;则四明湖水库浮游动物提供的鱼产力为 2 927 t,平均鱼产潜力为 385 kg/hm²。

细菌和腐屑可提供的鱼产力为浮游生物的 50%,即 5 258 t;则该水库总的鱼产潜力为 15 774 t,平均为 2 076 kg/hm²。

3 讨论

3.1 理化指标的季节变化

四明湖水库水体虽然属于富营养化状态,但蓝藻水华爆发较少。水体透明度一直维持在 1 m 左右。从氨氮含量上看,秋冬季节氨氮含量较低,水质为Ⅰ类;春夏氨氮含量较高,水质居于Ⅱ~Ⅲ类。水体中氨氮含量在夏季最高,此结果与姜作发等 (2004) 研究结果相同。因为氨氮在水中不稳定,首先向亚硝酸盐氮转化,其次向硝酸盐转化,它们在含量关系上有一定的联系;陈红兵等 (2007) 也有类似的研究结果。总磷含量在秋季最低,这主要是由于秋季藻类大量繁殖、生长消耗所致。

3.2 浮游生物的变化

与浙江省淡水水产研究所 1983 年的调查情况 (浮游植物 5.77 mg/L、浮游动物 1.47 mg/L) 相比较 (浙江省水库渔业资源和渔业利用调查报告,浙江省淡水水产研究所,1985),其浮游生物总量显著低于本次调查结果。表明随着社会经济的发展,四明湖水库也同样面临着较严重的污染问题,水库富营养化压力逐渐加大,浮游生物含量渐增。种群的优势种在各个季节均有表现,硅藻多出现在水温较低的冬、春季,而蓝藻在水温较高的夏、秋季占优势。

3.3 营养等级现状

通过监测 2006 – 2007 年四明湖水库的浮游植物群落,发现该水库浮游植物密度均大于 100 万个/L,且以蓝藻、绿藻和硅藻为优势类群,初步判定该水库处于富营养水平。通过浮游植物多样性指数分析得出,该水库的 Margalef 指数(*D*)介于 1~2,Shannon-Wiener 指数(*H'*)均小于 1,均匀度指数均在 0.3 以下,3 种多样性指数均表明四明湖水库已处于富营养化状态。多样性指数法的评价结果与浮游植物群落结构的评价结果一致,也说明采用浮游植物评价水质的方法是切实可行的,水环境决定了浮游植物种群或群落结构的特征,浮游植物的变化也反映出了水体质量的变化。

3.4 鲢鳙放养与“水华”控制

四明湖水库 1959 年开始蓄水,其生态系统仍处于发育阶段,但群落更替平缓,较稳定。四明湖在营养盐较高时未发生“水华”,主要是与湖中始终保持一定生物量的鲢鳙有关 (刘其根等,2007)。水体中的主导生态过程是从营养盐 – 藻类 – 藻食生物或从有机碎屑 – 食碎屑生物的物质或能量流动路径。由于受大量面源污染及底泥等营养盐的上行效应影

响,初级生产者如藻类等将首先受到较大影响,并大量繁殖,而处于下一营养级的浮游动物、食藻鱼类等生物量的变化却相对滞后。针对这些问题,在水库中进行保水渔业开发,水体中保持一定数量的鲢鳙种群至关重要,特别是当水体受到较大营养盐输入而且环境条件(温度和光照等)又非常适合藻类繁殖时,对于控制“水华”暴发具有重要的生态意义。因此在四明湖实施保水渔业,即通过湖区大规模放养鲢鳙,从而切实增强水体下行控制作用来防止“水华”和改善水质是可行且必要的。

参考文献

- 陈红兵,蔡丽华,向坤,等. 2007. 白河水库退渔还库水质状况分析及变化规律[J]. 水利科技与经济, 13(11): 844-846.
- 国家环境保护总局. 1989. 水和废水监测分析方法(第3版)[M]. 北京:中国环境科学出版社.
- 国家环保保护总局. 1993. 水生生物监测手册[M]. 南京:东南大学出版社.
- 何志辉,王喜庆. 1992. 碧流河水库的水化学、浮游生物和初级生产力[J]. 大连水产学院学报, 7(2-3): 1-18.
- 何志辉. 1994. 淡水生物学[M]. 北京:中国农业出版社.

- 姜作发,唐富江,董崇智,等. 2004. 黑龙江勤得利湾水质理化特征[J]. 水产学杂志, 17(2): 15-19.
- 刘其根,陈立侨,陈勇. 2007. 千岛湖水华发生与主要环境因子的相关性分析[J]. 海洋湖沼通报, (1): 117-124.
- 全国渔业自然资源调查和淡水专业组. 1980. 内陆水域渔业自然资源调查试行规范[M]. 北京:科学出版社.
- 史为良,夏德昌. 1996. 辽宁省水库鲢鳙鱼产力的评估[J]. 中国水产科学, 3(3): 48-61.
- 水利部中国科学院水库渔业研究所. 1997. 水库渔业资源调查规范(SL167-96)[M]. 北京:百花文艺出版社.
- 水利部中国科学院水库渔业研究所. 1999. 水库渔业营养类型划分标准(SL218-98)[M]. 哈尔滨:哈尔滨出版社.
- 郑洪萍. 1997. 浮游藻类在水质监测及评价中的应用[J]. 福建环境, 14(5): 20-21.
- 赵文,殷旭旺. 2009. 英那河水库渔业生态学调查[J]. 大连水产学院学报, 24(3): 221-230.
- Clarke K R, Warwick R M. 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation (2nd Edition)[M]. PRIMER-E; Plymouth: 2-15.
- Wetzel R G. 1975. Limnology[M]. Philadelphia, London, and Toronto. W B Saunders Company.

(责任编辑 万月华)

Investigation and Assessment of Planktonic Population in Siminghu Reservoir

ZHOU Zhi-ming¹, ZHU Jun-jie¹, GU Zhi-min¹, JIA Yong-yi¹, ZHOU Xi-nan²

(1. Zhejiang Institute of Freshwater Fisheries, Huzhou 313000, China;

2. Yuyao Siminghu Reservoir Administration, Ningbo 315430, China)

Abstract: An investigation on physicochemical index and planktonic population was conducted between 2006 and 2007. Diversity index analysis and potential fishery production estimation were also carried out. Total 47 species phytoplankton samples were observed; the majority of them was Green Algae, which occupied 36.2%. Total 30 species zooplankton samples were observed, in which Protozoa was the main group. The annual average biomass of phytoplankton and zooplankton were 10.20 mg/L and 2.36 mg/L respectively. The physicochemical index data showed that the water quality of Siminghu Reservoir was between Class II and IV. Moreover, the analysis result of planktonic population and diversity index showed that the trophic level of Siminghu Reservoir was in eutrophic state. Meanwhile, the potential fishery yield was at 2 076 kg/hm² according to estimation.

Key words: Siminghu Reservoir; plankton; potential fishery production; trophic level