

密云水库环境的现状和变化趋势*

秦秀英 陈 露 王秀琳 刘建萍 赵 萌

(北京市水产科学研究所, 100075)

摘 要 根据1996年对密云水库调查的部分结果, 分析了该水库生物理化环境的现状和变化趋势, 并进行了营养程度评价。结果表明: 水温有明显的4季变化, 溶解氧和pH适中; 无机氮含量丰富, 无机磷很缺乏, N/P大大超过16/1, 浮游植物数量和生物量年平均值分别为 $405.55 \times 10^5 \text{ L}^{-1}$ 和 3.0135 mg/L , 浮游动物数量和生物量年平均值分别为 65.2661 L^{-1} 和 2.4712 mg/L 。与历史同期相比, 无机氮略有下降, 无机磷下降很显著, 但浮游植物量却有很大提高。密云水库为中营养型水库, 但有富营养化趋势。

关键词 生物理化环境, 营养盐, 富营养化趋势, 密云水库

密云水库地处北纬 $40^{\circ}23'$, 东经 $116^{\circ}50'$, 平均海拔75 m, 山谷型水库。建于1958年, 1959年拦洪蓄水, 是潮白河水系上最大的水库, 流域面积 $15\,788 \text{ km}^2$, 其中白河和潮河分别占 $9\,072$ 和 $6\,716 \text{ km}^2$ 。是一座以防洪灌溉和渔业为主的综合利用水库, 且为北京市民的主要饮用水源。总库容43.75亿 m^3 , 相应的水面面积为 188 km^2 , 最大水深43.5 m, 正常养鱼面积为 91 km^2 。

本文主要根据1996年的调查结果, 并与历史同期(1980~1981年)资料相比较, 从生物理化环境角度出发, 对其主要物理、生物、化学要素的量值和分布进行讨论, 并结合有关生态饵料环境实验结果, 对密云水库的生物理化环境现状进行评价。

1 材料与方法

调查时间为1996年4月至12月, 每月采样1次(黑白瓶试验2月1次)。根据水的主要出、入口位置和鱼类繁殖区域, 全库共设7个采样点, 分表、中、底3层采样^[1]。

分析项目: 温度、pH、透明度、溶解氧、化学耗氧量、硝酸盐、氨氮、亚硝酸盐、总氮、磷酸盐、总磷、浮游植物、浮游动物、底栖动物和水体初级生产力。分析方法按《内陆水域渔业自然资源调查手册》^[1]进行。

收稿日期: 1997-10-05

* 北京市科委项目(951501900)的部分内容

2 结果和分析

2.1 水温

4~12 月间, 12 月水温最低, 表层平均水温为 3.8℃; 8 月最高, 表层平均水温为 29.5℃; 其它月份居于过渡状态, 水温的月变化如图 1 所示。水温的垂直分层不明显, 一般来说, 春、夏季从表层到底层温度略有下降。

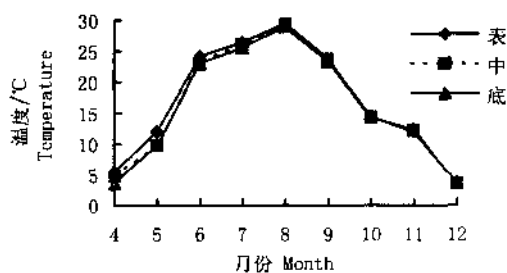


图1 水温的月变化

Fig.1 Variation of water temperature over the year

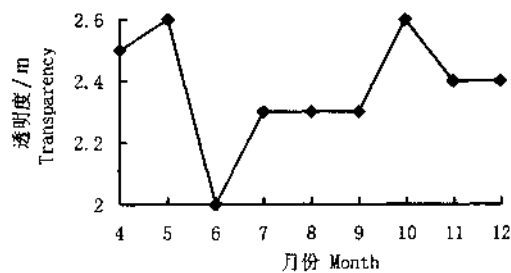


图2 透明度的月变化

Fig.2 Variation of transparency over the year

2.2 透明度

水的透明度反应水的浑浊程度及太阳光进入水的深度, 其值大小主要取决于浮游植物量及腐屑、泥沙含量^[2]。由图 2 可见, 夏季透明度较其它季节低些, 这与夏季浮游植物大量繁殖和大量降雨造成的泥沙搅动等有关。

2.3 溶解氧

溶氧的绝对含量受水温控制, 温度升高, 溶氧含量下降^[3,8]。由图 3 可见, 冬季 12 月溶氧含量最高, 表层平均为 12.90 mg/L; 夏季 7 月最低, 表层平均为 8.40 mg/L, 变化幅度为 4.50 mg/L。变化趋势与温度呈较好的负相关。

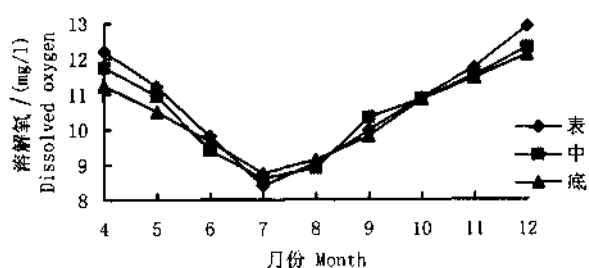


图3 溶解氧的月变化

Fig.3 Variation of DO over the year

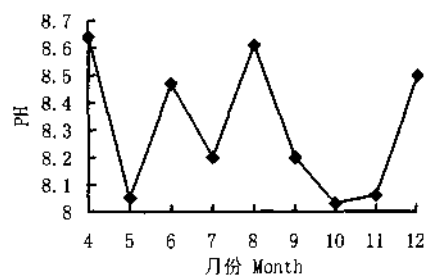


图4 pH的月变化

Fig.4 Variation of pH over the year

2.4 pH

水库水为天然的缓冲溶液, 因而其 pH 变化幅度较其它参数小。一般来说, 水的 pH 变

化与水生生物的活动、水温、空气中 CO_2 分压的变化和底质中有机碎屑的腐解有关^[3]。由图 4 可见, pH 最高值出现在 4 月, 平均为 8.64, 最低值出现在 10 月, 平均为 8.03, 变化幅度为 0.61。冬季和早春 pH 出现高值可能与水温较低有关, 夏季 pH 出现高值可能与浮游植物大量繁殖、光合作用消耗水中 CO_2 有关。

2.5 营养盐

水中营养盐的含量对自养生物数量变动的影响, 比光照更为重要, 各种自养生物对营养物质的浓度有一定的需求范围, 不足或超量都影响其生长和繁殖。

2.5.1 无机氮 通常所说的水中无机氮包括 NO_3^- 、 NO_2^- 、 NH_4^+ 和 NH_3 , 其中 NO_3^- 、 NH_4^+ 是藻类可直接吸收的形式, NO_2^- 在低浓度时也可某些藻类利用。由图 5 可见, 密云水库冬季 12 月无机氮含量最高, 平均达 1.54 mg/L; 夏季 8 月最低, 平均为 0.89 mg/L; 其它月份处于中间状态。占无机氮主体的 NO_3^- -N 变化规律与无机氮类似, 也是冬季高、夏季低, 变化幅度为 1.23~0.75 mg/L。 NO_3^- -N 夏季含量低是由于浮游植物大量繁殖吸收所致。 NH_4^+ -N (包括分子 NH_3) 冬季 12 月含量最高, 平均为 0.30 mg/L; 5、10 和 11 月处于最低值, 为 0.025 mg/L。可见, 夏季 NH_4^+ -N 含量并未处于全年最低值, 大概是由于该季节氨化作用及浮游动物和鱼类的排泄作用大于藻类对 NH_4^+ -N 的吸收作用。 NO_2^- -N 占无机氮含量甚低, 且月变化不太显著, 年平均含量为 0.009 mg/L。

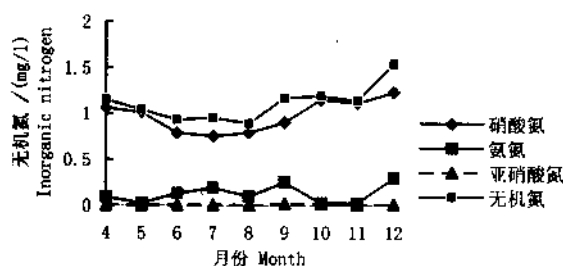


图 5 无机氮的月变化

Fig.5 Variation of Inorganic nitrogen over the year

2.5.2 磷酸盐和总磷 天然水中通常存在缺磷现象, 磷往往成为初级生产力的限制因子。由调查结果可知, 密云水库全年 PO_4^{3-} -P 含量均低于检出限 0.025 mg/L, 说明水中磷酸盐极其缺乏。总磷含量 7 月最高, 平均为 0.042 mg/L; 11 月最低, 平均为 0.010 mg/L, 变化幅度为 0.032 mg/L, 月平均值为 0.022 mg/L (图 6)。密云水库夏季 (8 月除外) 总磷含量高于其它季节, 这是由潮白河水暂时带入的, 还是由浮游动物大量代谢造成的尚需进一步研究。8 月总磷含量较夏季其它月份低, 可能与此期间浮游植物对磷酸盐和溶解有机磷的吸收作用比较显著有关。

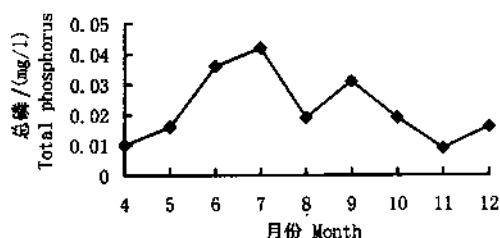


图 6 总磷的月变化

Fig.6 Variation of total phosphorus over the year

2.5.3 氮磷比 是对水体营养程度进行描述的重要指标, 水生植物体中 N/P 比值平均为 16/1, 水中 N/P 比值约为 16/1, 偏离 16/1 过高或过低都可使浮游植物的生长受到某一相对低含量元素的限制^[9]。一般氮磷比是指水中无机氮与无机磷之比。由于密云水库全年无机磷含量均低于检出限, 其无机氮和无机磷之比至少在 78.90/1 之上。近年来有人发现有机磷可以转化为磷酸盐且许多藻类可直接吸收溶解有机磷^[2], 因而以无机氮与总磷之比来描述水体的氮磷相对丰富程度也具有一定意义, 即便如此, 密云水库每月的氮磷比都大大超过 16/1,

由表 1 可见,7 月 N/P 比值最低,为 49.91/1;11 月最高,达 283.15/1。可见,密云水库磷含量相对很低。

表 1 无机氮/总磷(IN/TP)的月变化

Table 1 Variation of inorganic nitrogen/total phosphorus over the year

月份 month	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IN/TP	255.37	140.01	56.37	49.91	101.70	83.20	142.37	283.15	207.68

2.6 浮游植物

水样中观察到的浮游植物隶属 5 门共 42 属,其数量和生物量的变化趋势如图 7 所示。由图 7 可见,密云水库浮游植物数量和生物量 6 月最高,分别为 $2.101.14 \times 10^5 \text{ L}^{-1}$ 和 $15.924.3 \text{ mg/L}$;12 月最低,分别为 $10.87 \times 10^5 \text{ L}^{-1}$ 和 $0.072.8 \text{ mg/L}$;全年平均值分别为 $405.55 \times 10^5 \text{ L}^{-1}$ 和 $3.013.5 \text{ mg/L}$ 。各门浮游植物数量的大小为:硅藻门(63.32%)>绿藻门(26.99%)>蓝藻门(7.23%)>金藻门(1.45%)>甲藻门(1.02%);生物量的大小为:硅藻门(59.85%)>绿藻门(17.80%)>甲藻门(16.37%)>蓝藻门(4.29%)>金藻门(1.56%)。1996 年密云水库浮游植物的优势种为硅藻和绿藻。

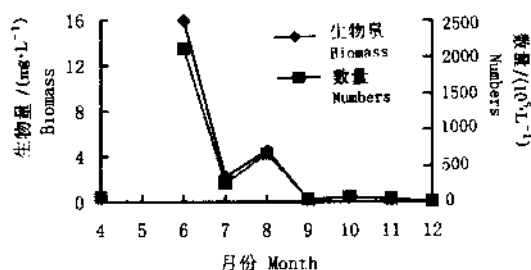


图 7 浮游植物的月变化

Fig.7 Variation of phytoplankton quantities over the year

年浮游动物数量的 55.04%,占生物量的 76.61%;原生动物最少。变化趋势见图 8。

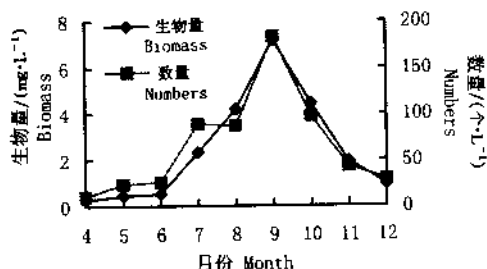


图 8 浮游动物的月变化

Fig.8 Variation of zooplankton quantities over the year

2.7 浮游动物

水样中观察到的原生动物 9 种,轮虫类 10 种,枝角类 5 种,桡足类 3 种。其中,原生动物各种类数量都较少;轮虫类以聚花轮虫(*Conochilus* sp.)为主;枝角类以象鼻水蚤(*Bosmina* sp.)和僧帽水蚤(*Daphnia cucullata*)为最多;桡足类猛水蚤(*Harpacticoida*)最多。浮游动物数量和生物量全年平均值分别为 $65.266.1 \text{ L}^{-1}$ 和 $2.471.2 \text{ mg/L}$ 。其中,桡足类占全

2.8 底栖动物

观察到摇蚊幼虫、水蚯蚓和软体动物,其数量平均值分别为 $1.207.24$ 、 $2.843.72$ 、 72.00 m^{-2} ,生物量分别为 5.43 、 10.15 、 6.16 g/m^2 。其中,水蚯蚓生物量最高,占 46.69%。

2.9 水体初级生产力

采用黑白瓶测定水体初级生产力,测得其变化趋势见图 9,年平均值 $P(\text{O}_2) = 2.78 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。水体初级生产力的变化趋势与各季节日照强度和日照时数等关系密切。

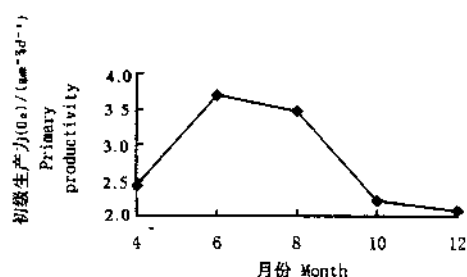


图9 水体初级生产力的月变化

Fig.9 Variation of primary productivity of water over the year

3 讨论

3.1 密云水库 1996 年与 1980~1981 年水化学状况的对比

1996 年与 1980~1981 年相比(表 2), 氨氮显著下降, 这除可能与无机氮硝化作用增强有关外, 还可能与浮游植物在氮循环中最先吸收氨氮有关^[10]; 磷亦大幅度下降, 这可能与浮游植物的吸收、潮白河补给的磷量不足以及下沉等原因有关。调查结果表明, 1996 年与 1980~1981 年同期相比, 浮游植物生物量明显

增大, 1980~1981 年密云水库月平均浮游植物生物量为 2.489 0 mg/L, 1996 年相应值为 3.823 0 mg/L, 浮游植物对磷的吸收不容忽视。多数研究者认为, 氮、磷营养物质浓度升高是藻类繁殖的因素, 其中尤以磷为关键^[4]。虽然密云水库磷酸盐的缺乏目前尚未对水中藻类的大量繁殖造成限制, 但缺磷的现象应予以足够的重视。

表 2 1980~1981 年* 和 1996 年密云水库水化学调查结果比较

Table 2 Comparisons of results between 1980~1981 and 1996

项目 items	1980~1981 年	1996 年
温度/℃ temperature	14.94	16.23
透明度/m transparency	2.58	2.43
溶解氧/(mg·L ⁻¹) dissolved oxygen	10.07	10.52
pH	8.12	8.31
硝酸盐/(mg·L ⁻¹) nitrate-N	0.93	0.98
氨氮/(mg·L ⁻¹) ammonia-N	0.20	0.13
亚硝酸盐/(mg·L ⁻¹) nitrite-N	0.040	0.009
总无机氮/(mg·L ⁻¹) total IN	1.17	1.12
磷酸盐/(mg·L ⁻¹) phosphate-P	0.038	<0.025
总磷/(mg·L ⁻¹) total phosphorus	/	0.022

* 除透明度和磷酸盐之外, 其它项目为 1976~1980 年同期观测数据¹⁾

All the items are the data of 1976~1980 except those of transparency and phosphate-p

3.2 密云水库环境现状及其评价

密云水库温度、溶解氧和 pH 适中, 无机氮丰富, 无机磷缺乏, 有效磷可能低于临界值下限 0.017 mg/L^[11], N/P 在 49.91/1 之上, 远远大于正常值 16/1。但是, 目前密云水库磷酸盐的缺乏尚未对浮游植物的生长造成限制, 1996 年浮游植物生物量的平均值为 3.013 5 mg/L, 浮游动物生物量为 2.471 2 mg/L, 水体初级生产力 $P(O_2) = 2.78 \text{ g/m}^2 \cdot \text{d}$ 。

关于水体营养水平划分的方法很多^[5, 6, 12, 13], 考察的指标一般包括营养盐含量、有机质浓度、浮游植物产量和现存量等, 不同方法划分的结果虽会有差异, 但总趋势还是一致的。

1) 密云水库渔业自然资源调查报告, 1983.3~29

根据目前比较通用的淡水湖库营养水平划分方法^[7],可以得出密云水库为中营养型水库。上述划分方法是以浮游植物初级生产量作为分类的主要依据,密云水库浮游植物的初级生产量已接近于富营养型水库指标的下限,这说明密云水库有一定的富营养化趋势。针对这一特点如何在保证饮用水水质标准的前提下,加大库水交换率,控制有机质流入,合理引进鱼种,改善生物群落结构,采用生物净化手段,抑制水库的富营养化趋势,达到既净化水质又增殖鱼类的目的是目前亟待解决的问题。

参 考 文 献

- 1 张觉民,何志辉. 内陆水域自然资源调查手册. 北京:农业出版社,1991. 1~392
- 2 李永函. 淡水生物学. 北京:高等教育出版社,1993. 183~258
- 3 雷衍之. 淡水养殖水化学. 广西:广西科学技术出版社,1992. 42~76
- 4 吴学周主编. 中国大百科全书(环境科学). 北京:中国大百科全书出版社,1983. 102~103
- 5 舒金华. 我国主要湖泊富营养化程度的评价. 海洋与湖沼, 1993, 24(6):616~620
- 6 曹斌,宋建社. 湖泊水质富营养化评价的模糊决策方法. 环境科学, 1991, 12(5):88~91
- 7 何志辉. 中国湖泊和水库的营养分类. 大连水产学院学报, 1987, 1:1~10
- 8 Prosser C C, F A Brown. Comparative animal physiology. London, W B Sandess Company, 1992. 153~197
- 9 M Burton. Washing away the phosphate myths. Municipal Journal, 1992, 24:24~27
- 10 I C Van der Vlugt, et al. Fisheries management as an additional lake restoration measure: biomanipulation scaling ~ up problems. Hydrobiologia, 1992, 233(3):213~224
- 11 Harvey H W. The chemistry and fertility of sea water. Cambridge. 1957
- 12 Ignatiades L, M Karydis, P Vounatsou. A Possible method for evaluating oligotrophy and eutrophication based on nutrient concentration scales. Mar Pollut Bull, 1992, 24(5):238~243
- 13 M Karydis, G Tsirtsis. Ecological indices: a biometric approach for assessing eutrophication levels in the marine environment. The Science of the Total Environment, 1996, 186(3):209~219

Status and tendency of environment in Miyun Reservoir

Qin Xiuying Chen Lu Wang Xiulin Liu Jianping Zhao Meng

(Beijing Fisheries Research Institute, 100075)

Abstract The water temperature of Miyun Reservoir changes perceptibly with seasons, and the DO and pH of the water are moderate. The environment of the reservoir is favorable for the growth of freshwater organisms. The inorganic nitrogen is very abundant, but the phosphate is very scarce, and N/P ratio is much higher than 16/1. The yearly average numbers of phytoplankton and annual mean biomass are $405.55 \times 10^5 \text{ L}^{-1}$ and 3.013 5 mg/L respectively, while those of zooplankton are 65.266 L^{-1} and 2.471 2 mg/L. Compared with historical data, the content of inorganic nitrogen decreases slightly, and that of phosphate decreases considerably, but the numbers of phytoplankton increases greatly. Although Miyun Reservoir is a kind of mesotrophic waters, it tends to be eutrophic.

Key words bio-physic-chemical environment, nutrient salt, eutrophic tendency, Miyun reservoir