

密云水库内湖富营养化现状分析*

刘晓端¹ 葛晓立¹ 杜桂森² 徐清¹
张承炜³ 刘霞² 潘小川⁴

(1 国家地质实验测试中心,北京 100037 2 首都师范大学生物系,北京 100037;
3 北京市密云水库管理处,北京 101512 4 北京大学医学部公共卫生学院,北京 100083)

提 要 2001 年的调研结果显示,由于网箱养鱼的影响,密云水库内湖已成为富营养水体,库区水体处于中营养水平,但有向富营养化发展的趋势.内湖水体通过侧渗、扩散等途径与库区水体进行物质交换.当水位达到 150m 以上时,水漫过相隔的窄坝,内湖与库区连为一体,内湖对库区的污染加重.内湖是库区的内污染源.应取消内湖的网箱养鱼,减少内源污染,稳定密云水库水质.

关键词 密云水库 富营养化
分类号 P343.3

密云水库位于密云县的中部,距县城北约 10km.属于四面环山的山间盆地水库,南侧的白河、潮河河谷为盆地出口,地形总趋势为北高南低.

水库兴建于 1958 年 9 月,1959 年 6 月拦洪蓄水.水库最高蓄水位 159.9m,最大库容量 43.75 × 10⁸ m³,最大水面面积 188km²,是华北地区最大的山谷型水库.

水库由主库区和内湖两部分组成,内湖位于水库南部,最大蓄水量 0.965 × 10⁸ m³,占水库总蓄水量的 2.21%,最大水面面积 5.095km²,当水位低于 150m,主库和内湖由 3 号坝隔开.

为增加北京市淡水鱼的供应量,密云水库从 1984 年开始进行网箱养鱼实验,1992 年达到高潮,已达 20hm².为防止大规模网箱养鱼对水库水质造成污染,1994 年决定撤消在水库主库区的网箱养鱼点,网箱养鱼全部集中在内湖.关于网箱养鱼对水质的影响曾有报道^[1].

为了研究内湖水体富营养化的现状,网箱养鱼对水库水质的影响,以及内湖水质与主库水质的关系,于 2001 年对密云水库内湖和主库区的营养状况进行了调研.

1 研究方法

选择并分析了与水体富营养程度密切相关的 15 个项目,即水深、水温、浊度、透明度(SD)、总有机碳(TOC)、pH 值、总氮(TN)、亚硝酸盐氮(NO₂-N)、硝酸盐氮(NO₃-N)、氨氮(NH₃-N)、总磷(TP)、化学耗氧量(COD_{Mn})、生化需氧量(BOD₅)、溶解氧(DO)和浮游藻类^[2].根据密云水库的形态学特征,在主库区选择 8 个采样点,在内湖选择有代表性的 3 个测点(图 1),GPS 定位,于 2001 年 5 月(枯水期)和 9 月(丰水期)两次作现场调查,各测点从表层开始向下每 5m 间隔取

* 国家重点基础研究发展规划项目资助(1999045705)

收稿日期 2002-02-01 收到修改稿日期 2002-06-25.刘晓端,女,1951 年生,研究员.

样,分别进行定性、定量测定和统计分析.



图1 密云水库采样分布图

Fig.1 Location of sampling station in Miyun Reservoir

2 结果与讨论

2.1 调查结果

密云水库主库区和内湖物理、化学、生物 15 项指标的测定结果见表 1、2.

表1 密云水库主库区与内湖物理、化学和生物指标测定结果*

Tab.1 The Parameters of Physics, Chemistry and Biology in Miyun Reservoir and inner lake

	库区	内湖
平均水深(m)	23.63	13.75
水温(℃)	14.9	19.0
SD(m)	2.31	1.42
浊度	2.66	10.85
TOC(mg/L)	4.94	7.01
pH	8.30	8.26
TN(mg/L)	0.875	0.617
NO ₂ -N(mg/L)	0.018	0.003
NO ₃ -N(mg/L)	0.678	0.064
NH ₃ -N(mg/L)	0.127	0.453
TP(mg/L)	0.022	0.139
COD _{Mn} (mg/L)	1.96	4.28
BOD ₅ (mg/L)	0.59	1.77
DOC(mg/L)	5.37	3.11

* 数据为密云水库库区和内湖 2001 年 5 月、9 月各采样点测定的平均数

表 2 密云水库库区与内湖浮游藻类的群落结构和细胞密度

Tab.2 Community composition and cell density of phytoplankton in Miyun Reservoir

	库区($\times 10^4$ cells/L)	百分比(%)	内湖($\times 10^4$ cells/L)	百分比(%)
细胞密度	405.23	100	4271.37	100
硅藻门	114.13	28.16	30.95	0.72
绿藻门	139.18	34.35	217.68	5.10
蓝藻门	17.42	4.30	3980.39	93.19
金藻门	103.32	25.50	0.12	0.003
隐藻门	27.10	6.69	36.80	0.86
黄藻门	1.50	0.37	3.94	0.09
甲藻门	2.58	0.64	1.49	0.03

2.2 库区与内湖水体的营养程度评价

国内外有关研究表明, N、P 是导致水体富营养化的主要营养元素^[3,4]. THOMAS 和坂本(SAKAMOTO)综合各国的湖泊研究情况, 提出按 N、P 水平对湖泊营养程度进行分级. 表 3 显示密云水库主库区虽然 TN 偏高, 但总体仍处于中营养阶段, 内湖水体则已是富营养型.

表 3 Thomas 和坂本的判定标准

Tab.3 Judgement standard of THOMAS and SAKAMOTO

	TH($\mu\text{g/L}$) ¹⁾	无机 N($\mu\text{g/L}$) ²⁾	TK($\mu\text{g/L}$) ³⁾	TN($\mu\text{g/L}$) ³⁾
极贫	< 5	< 200	—	—
贫	—	—	2 - 20	20 - 200
贫 - 中	5 - 10	200 - 400	—	—
中	10 - 30	300 - 650	10 - 30	100 - 700
中 - 富	30 - 100	500 - 1500	—	—
富	> 100	> 1500	20 - 90	500 - 1300
流动水	—	—	2 - 230	50 - 1100
密云库区	22	—	22	525
密云内湖	139	—	139	617

1) Thomas 2) 坂本

湖泊中 TN、TP、COD_{Mn} 和 SD 等参数是反应水体营养状态的重要指标, 而且存在着明显的相关性. Carlson 以 SD 及其与 TN、TP、COD_{Mn} 的相关性为基础, 推导出系列湖泊营养状态指数-TSK(Trophic station index), 利用指数的大小来判别湖泊的营养状态^[5]. TSI < 37, 贫营养; TSI 38 ~ 53, 中营养; TSI > 53, 富营养.

表 4 显示, 密云水库主库区水体为中营养, 内湖水体为富营养.

浮游藻类的群落结构和细胞密度也表明内湖水体的富营养特征. 内湖水体浮游藻类的群落结构为蓝藻(Cyanophyta)型, 在群落中蓝藻占绝对优势(93.19%), 优势种是高山立方藻(*Eucapsis alpina* Chem. et Shauta.) (图 2) 为富营养型水体指示种. 内湖浮游藻类细胞密度已达 4271.37×10^4 cells/L, 是主库区水体的 10.5 倍(表 2). 显示出内湖水体的富营养状态. 主库区水体浮游藻类的群落结构属于绿藻(Chlorophyta)—硅藻(Bacillariophyta)型, 在

表 4 密云水库的 TSI 值

Tab.4 TSI value of Miyun Reservoir

	SD	TP	COD _{Mn}
库区	48.0	48.7	49.9
内湖	54.9	75.3	57.8

群落中分别占 34.35%和 28.16% ,细胞密度为 405.23×10^4 cells/L(表 2). 优势种是两缘尺骨针杆藻(*Synedra* var. *amphirynchs* Her.) 四齿光甲藻(*Glenodinium quadridens* Stein.), 为中营养水体指示种, 显示出主库区水体的中营养状态. 内湖与主库区水体丰水期和枯水期浮游藻类群落结构和细胞密度的见图 2、3.

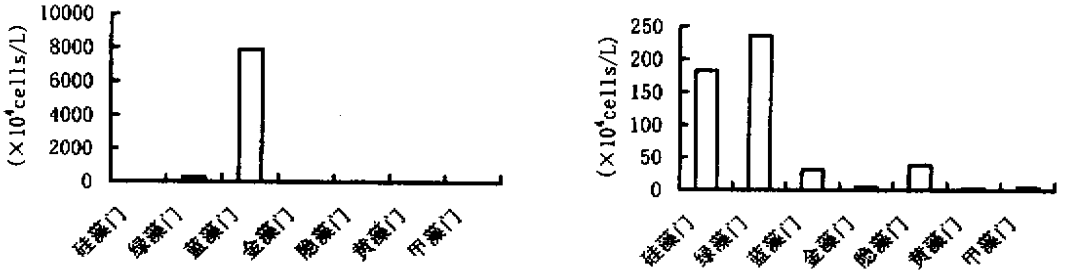


图 2 内湖和主库区丰水期藻类比例

Fig.2 Phytoplankton comparison of inner lake and Reservoir region in high water level period

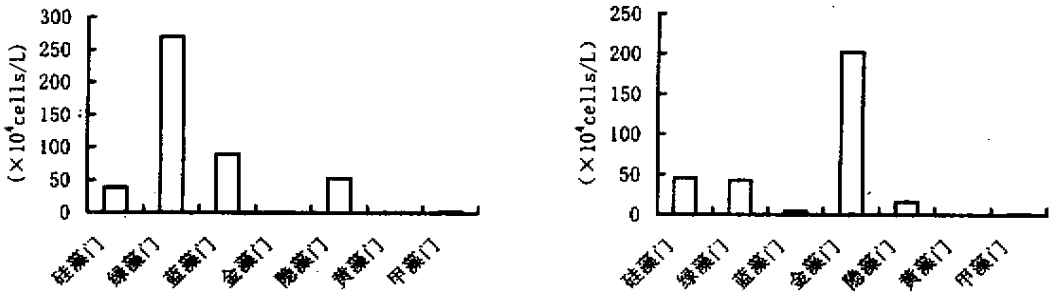


图 3 内湖和主库区枯水期藻类比例

Fig.3 Phytoplankton comparison of inner lake and Reservoir region in low water level period

与主库区相比,内湖水体的富营养化特征还表现为浑浊度、TOC、BOD₅ 的升高和 DO 的下降(表 1).

2.3 内湖水质与主库区水质的关系

上述调研结果显示,密云水库内湖水体为富营养,主库区水体为中营养,两水体仅有一窄坝相隔,在水位低于 150m 时,内湖水通过侧渗、扩散等途径与主库区水发生物质交换.当水位达到 150m 以上时,水漫过窄坝,两水体相连,直接进行物质交换.

密云水库主库区水体已达中营养,且 TN、TP 和浮游藻类增长较快,并出现了富营养种类,如铜绿微囊藻(*Microcystis aeruginosa* Kütz.) 湖泊色球藻(*Chroococcus limneticus* Lemm.) 斜生栅藻(*Scenedesmus obliquus* Kütz) 等.主库区水体有明显的向富营养发展趋势.据初步调查,污染源主要是面源,其次是点源和内源.内湖是重要的内污染源,在库区水体向富营养发展进程中起着推进作用.

2.4 内湖水体富营养化原因分析

初步调查显示,密云水库内湖富营养化的主要原因是 N、P 等营养盐和有机质含量的增高导致水体中浮游藻类大量增殖^[6],并以蓝藻占优势,出现富营养化的系列特征。营养盐和有机质主要来源于内湖的网箱养鱼。网箱养鱼造成水体人为富营养化的原因主要表现在三个方面:(1)由于复合饲料和鱼体排泄物的溶解、分解,增加了水体中 N、P 等营养盐类的负荷,在水体与外界的物质交换中输入大于输出,导致营养物质积累,自养型生物—浮游藻类和以其为食物的浮游动物大量繁殖^[6],使水体浑浊度增加、SD 下降。(2)使网箱区水生生物群落中生产性有机体超过了消耗性有机体,自养型生物合成的有机体超过了异样型生物的需要。加之饲料和鱼类排泄物的溶解,大量有机碎屑和胶体分散于水中。有机质积累导致水体 DO 减少, COD_{Mn} 和 BOD 增加。(3)网箱区水底由于沉积了大量剩余饲料、鱼类排泄物和浮游生物残体,形成很厚的黑臭底积物,有机质、TN、TP 含量均很高,分别为 10.75%、0.641%、0.392%。同时由于水底温度低,缺氧,抑制了好氧性细菌的活动,以厌氧分解为主,有机质分解缓慢。底积物的厌氧发酵对水质构成潜在威胁,并有持效性。

北京是一座严重缺水的特大型城市,由于污染严重,官厅水库于 1997 年被迫退出饮用水源地,目前密云水库为北京市唯一地表饮用水水源地。保护好密云水库的水质和水量,避免水体发生富营养化,使之能够可持续利用,对于首都的经济发展、人民生活 and 2008 年第 29 届奥运会在北京的成功举办均具有重要作用。应尽快取消内湖的网箱养鱼,以削减水体营养盐和有机质负荷,控制浮游藻类过量滋生^[7],稳定库区水质。

参 考 文 献

- 1 杜桂森,韩志泉,孟繁艳等.网箱养鱼对水质影响的研究,首都师范大学学报(自然科学版),1993,14(4)
- 2 金相灿,屠清瑛.湖泊富营养化调查规范(第二版).北京:中国环境科学出版社,1990:286~295
- 3 陈水勇,吴振明,俞伟波等.水体富营养化的形成、危害和防治.环境科学与技术,1999,2:11~15
- 4 Thomas GH, Karyony IA, Hassan. Phosphorus-nitrogen loading and trend of fish catch as index of lake Mariut eutrophication. *J Egypt Public Health Assoc.* 1993, 68(5-6):593-615
- 5 顾丁锡,舒金华.湖泊水污染预测及其防治规划方法.北京:中国环境科学出版社,1988
- 6 Sakamoto M. Primary production by phytoplankton community in some Japanese lake and its dependence on depth. *Archiv fur Hydrobiologie* 1996, 62:1-28
- 7 Khorot ev VG. The role of algae in the pollution of reservoirs and problem of controlling their number. 1st and 2nd VSA-VSSR Symp on the Effects of Pollution Upon Aquatic Ecosystems 1978, 82-86

Analysis on Eutrophication Status of Inner Lake in Miyun Reservoir

LIU Xiaoduan¹ GE Xiaoli¹ DU Guisen² XU Qing¹
ZHANG Chengwei³ LIU Xia² PAN Xiaochuan⁴

(1 : National Research Center of Geoanalysis , Beijing 100037 , P. R. China ;

2 : Dept. of Biology , Capital Normal University , Beijing 100037 , P. R. China ;

3 : Administrative Office of Miyun Reservoir , Beijing 101512 , P. R. China ;

4 : Occupational and Environmental Health School of Public Health , Beijing University , Beijing 100083 , P. R. China)

Abstract

Monitoring data in 2001 indicate that inner lake in Miyun Reservoir has reached eutrophication because of pollution of net-cage fishculture. The main water body of reservoir belongs to mesotrophication and tends to be eutrophication. The water body of inner lake exchange substance with main water body of reservoir through permeation and spread. When the water lever is over 150m , the waters between water bodies are linked together. Inner lake pollutes reservoir region seriously. Inner lake is a pollution source in Miyun Reservoir. For stabilizing water quality of Miyun Reservoir , it is necessary to stop activity of net-cage fishculture in inner lake.

Keywords :Miyun Reservoir ; eutrophication