密云水库水质现状及发展趋势*

杜桂森 孟繁艳 李学东 张为华 王建厅 武殿伟

(首都师范大学生物系, 北京 100037) (北京市水文总站, 北京 100038)

摘要 1996—1997 年对密云水库库区水体和流域内水环境状况的初步调查表明: 库区水体的营养程度为中营养型; 浮游藻类的群落结构为绿藻(*Chlorophyta*)-硅藻(*Bachillariophyta*)型; 湖泊的营养特征为浮游植物响应型, 水质尚好. 但水体中 TN、TP 含量已分别达到 1.21mg · L^{-1}和 0.025mg · L^{-1}, 浮游藻类细胞密度已达到 3417 Cells · ml^{-1}. 水质有明显的向富营养化发展的趋势. 对库区水体营养盐类增长的原因作了分析, 并提出了保护水资源的措施.

关键词 密云水库, 浮游植物, 中营养.

Water Quality and Development Trend of Miyun Reservoir

Du Guisen Meng Fanyan Li Xuedong Zhang Weihua Wang Jianting Wu Dianwei

(Dept. of Biology, Capital Normal Univ., Beijing 100037) (Hydrographic Station of Beijing, Beijing 100038)

Abstract Miyun reservoir is an main source of water that supplying potable water for Beijing. The research in 1996- 1997 indicates that nutrition level of the water body belongs to middle nutrition type; Community structure of the planktonic algae belongs to green algae-diatom type; Nutrition characteristic of the water body belongs to responding type of planktonic algae. The water quality is still better. But the density of planktonic algae, the content of total nitrogen and total phosphorus are rising, the water body tends to be of eutrophication.

Keywords Miyun reservoir, middle nutrition, phytoplankton.

密云水库位于北纬 40°23′, 东经 116°50′, 是北京市的主要饮用水源地, 年供水量约 $6\times10^8 m^3$, 约占全市年地表供水量的 73.3%. 通过多年依法管理和保护, 水质比较清洁, 一直维持在国家地面水环境质量Ⅱ类标准的水平上. 但由于流域内人类经济活动的迅速发展, 库区水体面临着富营养化的威胁. 笔者等于 1996 年—1997 年, 对库区水体的营养状况和流域内的主要制约因子做了初步调查, 从淡水生态系统角度对水体营养状态与主要生态因子的相关性作了探讨, 并提出了保护密云水库水质的建议.

1 研究方法

从与富营养化有关的湖泊生态系统各要素中选择了蓄水量、表层水温(℃)、透明度(SD)、pH 值、总氮(TN)、总磷(TP)、COD_{Mn}、BOD_5、叶绿素 a(Chla)、浮游藻类、细菌和大肠杆菌 12 个项目进行定性、定量测定[1]. 在库区选择 5 个有代表性的断面, 于 1996-06—10 和 1997-04, 同步采样 4 次, 各项参数测定结果见表 1、2. 密云水库浮游藻类的细胞密度(04-10) 平均为 3417 Cells · L^{-1}. 共检出 7 门 54 属[2], 其中以绿藻(*chlorophyta*)、硅藻(*Bacillariophyta*)占优势, 属数分别占总数的 40.8% 和 26.5%, 细胞数量分别占总数的 53.5% 和 34.7%, 浮游藻类的群落结构为绿藻-硅藻型; 湖泊的营养特征为浮游植物响应型.

2 库区水体营养程度分析

2.1 水体中的 N、P 含量

Thomas 和坂本综合各国湖泊研究状况提出按 N、P 水平对湖泊营养状态进行分级[3]. 从表 3 可以看出, 密云水库水体的 N、P 水平属中营养.

2.2 水体的营养状态指数

湖泊中 TN、TP、Chla、COD_{Mn}和 SD 等是反映水体营养程度的主要指标, 而且存在着明显的相关性. Carlson 以 SD 及其与 TN、TP、COD_{Mn}和 Chla 的相关性为基础、推导出一系列湖泊营养态指数 —— TSI(Trophic state index) 计算公式, 利用指数的大小来判别湖泊的营养状态[3]: TSI< 37 贫营养, TSI 38～53 中营养, TSI > 53 富营养.

密云水库水体 4 项参数的 TSI 值计算结果为:

TSI(SD) = 46.49 TSI(TP) = 50.57

TSI(Chla) = 50.48 TSI(COD) = 50.41

水体的营养程度属中营养型.

---

* 北京市教育委员会资助项目
杜桂森: 男, 51 岁, 教授
收稿日期: 1998-07-18

表 1　密云水库水体的主要物理、化学指标

取样时间	蓄水量 $10^8/m^3$	表层水温 /℃	透明度 /m	pH 值	TN /mg·L⁻¹	TP /mg·L⁻¹	COD_{Mn} /mg·L⁻¹	BOD_5 /mg·L⁻¹	叶绿素 a /mg·L⁻¹	细菌 /菌落数·ml⁻¹	大肠杆菌 /菌落数·ml⁻¹
1996-06-12	26.63	22	2.2	7.4	1.38	0.02	1.3	0.9	0.002566	17	27
1996-08-07	28.91	26	2.9	7.4	1.03	0.08	1.7	1.2	0.001898	233	2380
1996-10-09	33.17	18	2.4	7.4	1.46	未	2.7	0.8	0.005238	94	161
1997-04-17	30.66	10	2.7	8.1	0.97	未	2.5	0.7	0.00096	26	40
平均	29.84	19.0	2.25	7.58	1.21	0.025	2.05	0.90	0.002666	93	652

表 2　密云水库各门浮游藻类的细胞密度/Cells·ml⁻¹

取样时间	总量	绿藻	硅藻	金藻	黄藻	蓝藻	隐藻	甲藻
1996-06-12	3887	2739	871	221	55	0	0	0
1996-08-07	3016	1950	484	28	14	415	125	0
1996-10-09	4233	2324	1826	0	14	0	69	0
1997-04-17	2531	1134	941	166	0	180	69	42
平均	3417	1787	1031	104	21	149	66	10

表 3　托马斯和坂本的判定标准

营养程度	托马斯划分法		坂本划分法	
	TP/μg·L⁻¹	无机 N/μg·L⁻¹	TP/μg·L⁻¹	TN/μg·L⁻¹
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
密云水库	25.0		25.0	637

3　讨论

3.1　库区水体营养程度发展趋势分析

根据 Thomas、坂本的判定标准和 Carlson TSI 指数划分法评价密云水库的水质为中营养型, 水质尚好. 但与以前的调查资料相比, 库区水体向富营养化发展的趋势是比较明显的. 水体中的浮游藻类比 1981 年减少了 19 个属、生物多样性在衰退, 但细胞密度却增加了 2.7 倍, 而且群落结构由硅藻(*Bacillariophyta*)-绿藻型(*Chlorophyta*)转变为绿藻-硅藻型. 蓝藻(*Cyanophyta*)所占比例由 0.6% 上升到 4.7%(表 4), 并且出现富营养型水体的指示种类——微囊藻(*Microcystis* 和颤藻(*Oscillatoria*). 库区水体主要的物理、化学指标与 1988 年相比, TN 增长 59.2%, TP 增长 56.3%, COD_{Mn}增长 5.1%, Chla 增长 11.6%、SD 下降 35.1%(见表 5).

表 4　密云水库浮游藻类的比较

时间	属数	细胞/Cells·L⁻¹	所占比例/%				
			硅藻门	绿藻门	金藻门	蓝藻门	隐藻门
1981	73	1276	47.9	26.3	0.3	0.6	21.9
1996～1997	54	3417	32.5	56.2	3.3	4.7	2.1

表 5　密云水库主要理化指标的比较

时间	pH	TN /mg·L⁻¹	TP /mg·L⁻¹	COD_{Mn} /mg·L⁻¹	BOD /mg·L⁻¹	Chla /mg·m⁻³	SD/m
1987—1988	8.1	0.76	0.16	1.95	1.8	2.388	3.9
1996—1997	7.6	1.21	0.025	2.05	0.9	2.666	2.5

近年来, 密云水库由于营养盐类(特别是 N、P)的输入大于输出, 打破了湖泊生态系统原有的自然生态平衡, 使与之相适应的自养型生物生长繁殖较快, 而导致浮游藻类群落结构改变、使种类减少, Chla 上升、SD 下降等一系列水体向富营养型发展的特征出现. 如不采取有效的防治措施, 其富营养化趋势将进一步加剧.

3.2　库区水体营养物质的来源

(1) 工业污染源　密云水库上游的潮河、白河为 2

大主要入库水源, 其流域内的各种污染源直接影响着库区水体的质量. 潮河流域内有酿酒厂、制药厂、造纸厂各 1 家, 铁矿 7 座, 日处理矿石 20t 以上的金选矿 5 座, 群采小金矿百余处. 在上述工业污染源中, 除 4 座铁矿和 5 座金矿建有尾水处理设施外, 其余厂矿的废水均直接排放. 尤其是群采小金矿, 采用的方法和工艺均较原始, 矿渣、污水任意排放. 据统计, 潮河流域年接纳污水量约 399×10^4t. 白河流域内有县乡属工矿企业 12 家, 其中铁矿 4 座、金矿 2 座、人造板厂、化工厂、造纸厂、水泥厂、酿酒厂、冷烫厂各 1 家. 水泥厂、酿酒厂和冷烫厂无废水处理设施, 污染源年排放废污水量约 96.73×10^4t.

(2) 农业污染源　密云水库流域内, 农业污染源主要是农田、果林施用化肥和农药, 经降水径流淋洗、灌溉尾水回归、侧渗等形式, 将部分氮、磷和有毒、有害物质汇入河流形成污染. 据调查潮河流域内 1994 年化肥施用量为 9411t, 其中氮肥占总量的 85%. 化肥多年平均施用量为 159kg/hm^2. 化肥施用量年增长率为 34.3%. 潮河流域内农药用量 1994 年为 22400kg, 1995 年为 28510kg, 增长率为 32%. 白河流域 1994 年化肥施用量为 39922t, 平均用量为 359.5kg/hm^2. 农药施用量为 1013.5t, 平均用量为 9.13kg/hm^2. 中国环境科学研究院的研究表明, 水田对化肥的利用率为 30%—50%, 旱田的利用率 40%—60%, 其余的通过分解、挥发、渗漏、淋溶等途径流失到环境中, 污染水体.

(3) 生活污染源　生活污染源主要为饮食、洗涤、医院污水、生活垃圾等. 密云水库全流域总人口 86 万多, 其中农业人口 78 万多, 占 91.4%, 非农业人口 7 万多占 8.6%. 生活污水入河量为 61.089×10^4t/a, 其中潮河流域 36.625×10^4t/a, 占 60%, 白河流域 24.465×10^4t/a, 占 40%. 全流域生活污水为工业废污水量的 1/8.

(4) 面污染源　主要由水土流失及暴雨径流淋洗下垫面形成, 与岩性、坡度、土壤种类、土层厚度、植被类型、土地利用、水土保持措施等有密切关系. 据资料统计, 全流域尚有水土流失面积 6637km^2, 占流域总面积的 42%, 其中潮河水系占 14.8%; 白河水系占 17.9%, 水库周边区占 9.3%. 潮、白两河上游植被覆盖率较低, 水土流失面积比较集中. 每遇暴雨, 大量泥沙被冲下山, 甚至产生泥石流, 大量泥沙通过河道输入水库, 不但淤积库容, 而且夹带氮、磷及各种有机物质, 影响水库水质. 据资料统计, 37 年来密云水库共淤积泥沙约 1.21×10^8m^3, 严重威胁着水库的寿命和水质.

4 建议

(1) 对流域内的企业进行重新登记和审查, 有废水处理设施的企业, 应使设备运转起来, 充分发挥作用. 对无废水处理设施的企业, 应促其建立, 废水不达标不应排放.

(2) 推广生态农业, 逐年减少化肥、农药施用量. 扩大有机肥使用面积, 推广生态治虫, 建立生态环境村, 逐步使密云水库周边和上游地区成为绿色食品基地.

(3) 继续做好小流域治理, 有计划地在水库周边和上游地区植物造林, 封山育林, 扩大植被覆盖度, 减少地表径流冲刷, 延长水库寿命. 减少水体营养盐类的负荷, 能够有效地控制浮游藻类的密度.

(4) 在已有工作基础上, 进一步调查研究, 制定密云水库水质保护的中, 长期规划, 严格立法和执法.

参 考 文 献

1 刘鸿亮. 湖泊富营养化调查规范. 北京: 中国环境科学出版社, 1987. 272—277

2 胡鸿均. 中国淡水藻类. 上海: 上海科学技术文献出版社, 1980. 9—57, 89—115, 133—193, 247—411

3 顾丁锡, 舒金华. 湖泊水污染预测及其防治方法. 北京: 中国环境科学出版社, 1988. 32—37