

# 金海水库夏季浮游植物群落结构与水质调查

郭琦<sup>1</sup>, 裴国霞<sup>1\*</sup>, 贾利生<sup>2</sup>, 王利明<sup>1</sup>, 魏乐<sup>1</sup>

(1. 内蒙古农业大学水利与土木建筑工程学院, 内蒙古 呼和浩特 010018;  
2. 呼和浩特市自来水公司, 内蒙古 呼和浩特 010018)

**摘要:** 2012年夏季对金海水库水体物理和化学指标和浮游植物的群落结构组成进行了调查。结果表明, 水库整体水质状态较为良好, 金海水库夏季综合营养状态指数为42.34, 水库水体在一定程度上已经呈现中营养水平向轻度富营养化转化的趋势。通过夏季对金海水库浮游植物的调查, 共检出浮游植物27种, 其中绿藻门14种, 硅藻门7种, 甲藻门2种, 蓝藻门2种, 裸藻门2种。优势种属为绿藻门和硅藻门, 其中绿藻门的种类和数量均居于首位。

**关键词:** 金海水库; 水质浮游植物; 营养状态

中图分类号: X17; X824

文献标识码: B

文章编号: 1006-2009(2013)03-0030-04

## Study on Community Structure of Phytoplankton and Water Quality in Summer in Jinhai Reservoir

GUO Qi<sup>1</sup>, Pei Guo-xia<sup>1\*</sup>, JIA Li-sheng<sup>2</sup>, WANG Li-ming<sup>1</sup>, WEI Le<sup>1</sup>

(1. Water Conservancy and Civil Engineering College of Inner Mongolia Agricultural University Huhhot, Neimenggu 010018 China; 2. Inner Mongolia HHHT Auto Water Company Huhhot, Neimenggu 010018, China)

**Abstract:** To understand the Jinhai Reservoir's water quality, the physical and chemical indicators and phytoplankton community structure of the reservoir in summer 2012 were monitored. The results showed that reservoir water quality state was relatively well overall, the value of synthetical nutrition state index was 42.34, the water body of reservoir showed the tendency of transformation from mesotrophication to light eutrophication. The result introduced that 27 species of phytoplankton was detected during survey period in Jinhai Reservoir. Including 14 species of Chlorophyta, 7 species of Bacillariophyta, 2 species of Pyrrophyta, 2 species of Cyanophyta and 2 species of Euglenophyta. The dominant was Chlorophyta and Bacillariophyta, Chlorophyta had the most diversified species and quantity.

**Key words:** Jinhai reservoir; Water quality; Phytoplankton; Nutritional status

2002年呼和浩特市引黄供水一期工程投入运行, 2009年以来随着黄河源水水质不断下降, 特别是到了冬季以后黄河原水氨氮升高, 严重影响了供水水质。水源地水质的变化给水厂的处理工艺以及出水水质造成一系列影响。为了确保居民生活用水的质量, 对黄河源水的监测显得尤为重要。于2012年6—8月对金海水库水体物理和化学指标、浮游植物群落结构组成进行了调查。

### 1 调查区概况

金海调蓄水库位于内蒙古自治区呼和浩特市

南二环昭君路出口25 km处的二道凹村, 是呼和浩特市城区利用黄河源水最重要的水源地之一。该水库水面整体近似为正方形, 长宽分别约1 500 m, 水库水面积约为227万m<sup>2</sup>, 其中城市供水的库容920万m<sup>3</sup>, 死库容340万m<sup>3</sup>, 总库容1 260万m<sup>3</sup>。

引黄入呼供水工程工艺流程为: 取水泵站→预

收稿日期: 2012-12-18; 修订日期: 2013-01-30

基金项目: 内蒙古自然科学基金资助项目(2011 MS 0611)

作者简介: 郭琦(1989—), 男, 山西晋中人, 硕士研究生, 研究方向为水环境污染与防治。

\* 通讯作者: 裴国霞 E-mail: peiguoxia@126.com

沉系统→加压泵站→金海调蓄水库→金河净水厂→呼市市区。金海调蓄水库中的水由 2 根 DN 1 800 mm、 $l=16.47$  km 的管道通过重力有压流输水到金河水厂,设计流量为  $Q=2.55$  m<sup>3</sup>/s。

2 调查方法

2.1 采样时间与采样点位

于 2012 年 6 月—8 月,每月采样一次。在金海水库库首、库中和库尾分别设置 3 个监测断面,每个断面分别设置 3 个垂线,共计 9 个采样点,在每个采样点水下 0.5 m 处采集表层水样。1 为出水口,3 为进水口,见图 1。

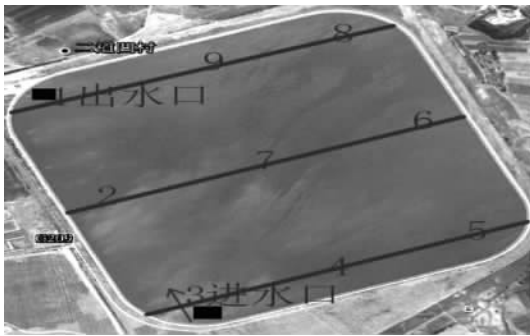


图 1 金海调蓄水库采样点

Fig. 1 Sampling sites in Jinhai Reservoir

2.2 监测项目及分析方法

监测项目为 pH 值、水温、DO、SD、TN、TP、Chla 和 I<sub>Mn</sub>,藻类种属的鉴定以及计数。在水下 0.5 m 处用采样器采集水样并测定以上各指标,其中 pH 值、水温、DO、SD 测定采用各便携式设备和塞氏盘进行现场测定,TN、TP、Chla 和 I<sub>Mn</sub> 分析参照地表水分析国家标准<sup>[1]</sup>;浮游植物定量采集用采水器在水面下 0.5 m 处定量采集样品 1 000 mL,并用鲁哥氏碘液固定后,在实验室静置 24 h,浓缩至 30 mL,取 0.1 mL 在光学显微镜下进行二三次的镜检计数,藻类种属的鉴定及计数采取胡鸿钧<sup>[2]</sup>的方法。利用专业的统计学软件 SPSS 18.0 对水库的环境因子进行相关性分析。

2.3 评价方法

2.3.1 综合营养状态指数

综合营养状态指数采用修正的卡尔森指数方法,计算公式如下:

$$TLI(\Sigma) = \sum_{j=1}^m W_j \times TLI(j) \quad (1)$$

式中: TLI(Σ) ——综合营养状态指数;

$W_j$  ——第  $j$  种参数的营养状态指数的相关权重;

TLI( $j$ ) ——第  $j$  种参数的营养状态指数;

$m$  ——评价参数的个数。

以 Chla 作为基准参数,则第  $j$  种参数的归一化的  $W_j$  计算公式为:

$$W_j = \frac{r_{ij}^2}{\sum_{j=1}^m r_{ij}^2} \quad (2)$$

式中:  $r_{ij}$  ——第  $j$  种参数与基准参数 Chla 的相关系数;

$m$  ——评价参数的个数。

中国湖泊(水库)的 Chla 与其他参数之间的相关关系  $r_{ij}$  及  $r_{ij}^2$  见表 1。

表 1 中国湖泊(水库)部分参数与 Chla 的相关关系  $r_{ij}$  及  $r_{ij}^2$  值<sup>[3]</sup>

Table 1 The values of  $r_{ij}$  and  $r_{ij}^2$  for the relations of Chla and some parameters of lake water in China<sup>[7]</sup>

参数	Chla	TP	TN	SD	I <sub>Mn</sub>
$r_{ij}$	1	0.84	0.82	-0.83	0.83
$r_{ij}^2$	1	0.705 6	0.672 4	0.688 9	0.688 9

2.3.2 各项目营养状态指数计算公式

$$TLI(\text{Chla}) = 10(2.5 + 1.086 \ln \text{Chla})$$

$$TLI(\text{TP}) = 10(9.436 + 1.624 \ln \text{TP})$$

$$TLI(\text{TN}) = 10(5.453 + 1.694 \ln \text{TN})$$

$$TLI(\text{SD}) = 10(5.118 - 1.94 \ln \text{SD})$$

$$TLI(\text{I}_{Mn}) = 10(0.109 + 2.661 \ln \text{I}_{Mn})$$

2.3.3 湖泊营养状态分级

水体富营养化水平分级标准见表 2。

表 2 水体富营养化水平分级标准

Table 2 Eutrophication classification standard of Chinese lakers

营养状态分级	评分值 TLI(Σ)	定性评价
贫营养	TLI(Σ) ≤ 30	贫营养
中营养	30 < TLI(Σ) ≤ 50	中营养
(轻度)富营养	50 < TLI(Σ) ≤ 60	轻度富营养
(中度)富营养	60 < TLI(Σ) ≤ 70	中度富营养
(重度)富营养	70 < TLI(Σ)	重度富营养

3 结果与分析

金海调蓄水库理化指标监测结果见表 3。

3.1 水库水体物理和化学指标

表 3 金海调蓄水库理化指标监测结果

Table 3 The chemical and physical index in survey in Jinhai Reservoir

理化指标	$T / ^\circ\text{C}$	pH 值	$\rho(\text{TN}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{TP}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{Chla}) / (\text{mg} \cdot \text{m}^{-3})$	$h(\text{SD}) / \text{m}$	$\rho(I_{\text{Mn}}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$	$\rho(\text{DO}) / (\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$
6 月	25.7	8.50	1.43	0.02	5.41	0.72	1.55	7.06
7 月	26.3	8.42	1.85	0.03	3.05	0.48	1.84	4.11
8 月	24.7	7.89	1.07	0.03	2.08	0.37	1.75	5.36
限值		6~9	$\leq 1$	$\leq 0.05$			$\leq 6$	$\leq 5$

由表 3 可见,水体 pH 值符合限值规定且在夏季变化幅度不大,但是随着藻类逐渐进行光合作用吸收  $\text{CO}_2$  影响了水体中碳酸平衡<sup>[4]</sup>,在藻类光合作用强烈时大量  $\text{CO}_2$  被消耗,导致水体 pH 值上升,在藻类光合作用减弱后  $\text{CO}_2$  吸收较少,从而导致 pH 值下降。TN 值稍高,TP 值较低。Chla 从 6—8 月呈逐渐升高趋势,这与浮游植物细胞生长早期时,Chla 值较高,细胞老化后 Chla 值下降<sup>[5]</sup> 的特点吻合。SD 从 6—8 月呈现逐渐下降趋势,且 SD 与 Chla 呈正相关关系( $r = 0.9877$ ), $I_{\text{Mn}}$  值不高,呈现一种稳定状态,DO 总体上符合限值。

3.2 水库综合营养状态评价

根据综合营养状态指数法对金海水库夏季 6—8 月的营养水平分别进行评价。结果表明,金

海水库在 6—8 月 TLI( $\Sigma$ ) 值分别为 41.07、43.71 和 42.25,平均值为 42.34。整体而言,金海水库夏季处于中营养水平状态,其中 Chla,SD 和 TN 对 TLI( $\Sigma$ ) 贡献率比较大。

3.3 水库夏季浮游植物群落组成以及数量变化

水体中的浮游植物是水生生物资源的重要组成部分,其个体、种群、群落特性对水环境状态变化极为敏感。通过监测浮游植物评价水质污染和营养水平在国内外已被广泛采用<sup>[6-9]</sup>。通过夏季 6—8 月 3 次采样共检测到浮游植物 5 门 27 种,其中绿藻门 14 种,硅藻门 7 种,甲藻门 2 种,蓝藻门 2 种,裸藻门 2 种。3 次采集所得浮游植物的种类和数量组成见表 4。

表 4 金海水库浮游植物种类和数量组成

Table 4 Community composition and quantity of phytoplankton in Jinhai Reservoir

浮游植物	绿藻门	硅藻门	蓝藻门	甲藻门	裸藻门	合计
6 月	143	62.3	0	4.91	1.27	211.5
7 月	233	16.1	26.8	0.84	0	276.7
8 月	287	32.3	13.6	0.91	0	333.8
平均	221	36.9	13.47	2.22	0.42	274.0

由表 4 可见,镜检后硅藻门出现的种类有圆筛藻、脆杆藻、针杆藻、小环藻、舟形藻、直链藻和等片硅藻,绿藻门出现的种类有小球藻、角星鼓藻、新月藻、衣藻、四角藻、栅藻、十字藻、顶棘藻、弓形藻、月牙藻、蹄形藻、卵囊藻、包氏卵囊藻和湖生卵囊藻,蓝藻门出现的种类有腔球藻和色球藻,甲藻门出现的种类有多甲藻和角甲藻,裸藻门出现的种类有葡萄异鞭和裸藻。金海水库夏季浮游植物在数量上总体呈现上升趋势。夏季优势种属为绿藻门和硅藻门,其中绿藻门的种类和数量均居于首位,且绿

藻门数量上升趋势更加明显。

呼和浩特市金海水库地处半干旱的农牧交错区,属温带大陆性季风气候,四季气候变化明显。南方夏季气温炎热,水库处于高温状态,而金海水库夏季温度适中,同时监测表明水库水体透明度变化较大,适宜硅藻和绿藻生长繁殖<sup>[10]</sup>。同太湖等严重蓝藻水华的湖泊相比,金海水库 TN 和 TP 等营养盐含量相对较低,因此蓝藻数量较少。另外,监测结果未出现一些湖泊水体污染的生物指示种,在一定程度上表明水库水质较好。

### 3.4 环境因子相关关系分析

Chla 是反映浮游植物数量的一个重要指标, TN 和 TP 是浮游植物生长繁殖所必须的元素。Chla 与 TP 呈负相关关系 ( $r=0.959$ ), Chla 和 TN 相关性很差。SD 与 TP 呈负相关关系 ( $r=0.999$ ), SD 和 TN 相关性很差。SD 与浮游植物数量呈现负相关 ( $r=0.985$ ), 浮游植物数量增加后水体透明度下降, 相关研究表明 SD 可以作为在一定程度上评价浮游植物数量的一个标准<sup>[11]</sup>。浮游植物数量与 TP 呈现正相关关系 ( $r=0.883$ ), 同时金海水库夏季氮磷比约 50:1, 因此 TP 浓度与浮游植物的数量密切相关, TP 浓度的高低则成为限制浮游植物生长的因素。其他环境因子则与浮游植物的数量没有明显的相关性。

### 4 结论

通过以上对金海调蓄水库水体各方面的分析, 2012 年 6—8 月金海调蓄水库整体营养状态为中营养状态水平, 水库整体水质状态较为良好。水体 TN 值稍高, TP 值较低, 氮磷比较高, 水库属于磷控制型水源地。

浮游植物作为水体物质代谢和能量循环的初级生产者在维持水生态系统的平衡中起着十分重要的作用<sup>[12]</sup>。通过了解金海水库浮游植物种类组成和数量特征的情况发现, 夏季浮游植物共出现 5 门 27 种, 其中绿藻门 14 种, 硅藻门 7 种, 甲藻门 2 种, 蓝藻门 2 种, 裸藻门 2 种。绿藻门的种类和数量均居于首位, 硅藻门次之。夏季水体优势种属较为明显, 同时优势种属的类型决定了浮游植物所处的群落特征。因此, 金海调蓄水库夏季属于绿藻—硅藻型为主, 间有蓝藻—甲藻—裸藻型水源地群落。

由于 2012 年夏季黄河水量较以往有所增大,

在采样前均有不同程度的降雨, 而雨水又对污染物有一定稀释作用, 会对营养盐及浮游植物产生不同程度影响。因此, 后续会对浮游植物在秋冬季节的变化更加密切关注, 随着冬季的到来将增加对水库冰体各个指标的测定, 并研究水库在寒冷条件下的营养状态。

#### [参考文献]

- [1] 国家环保总局. 水和废水监测分析方法 [M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
- [2] 胡鸿钧, 魏印心. 中国淡水藻类: 系统、分类及生态 [M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [3] 金相灿. 中国湖泊环境 (第一册) [M]. 北京: 海洋出版社, 1995.
- [4] 王蕾, 杨敏, 郭召海, 等. 密云水库水质变化规律初探 [J]. 中国给水排水, 2006, 22(13): 45-48.
- [5] 张觉民, 何志辉. 内陆水域渔业自然资源调查手册 [M]. 北京: 农业出版社, 1991.
- [6] 赵怕冰, 许武德, 郭宇欣. 生物的指示作用与水环境 [J]. 水资源保护, 2002(2): 11-16.
- [7] 刘宇, 沈建忠. 藻类生物学评价在水质监测中的应用 [J]. 水利渔业, 2007(4): 5-7.
- [8] KAMENIR Y Z, DUBINSKY T Z. Phytoplankton size structure stability in a meso-eutrophic subtropical lake [J]. Hydrobiologia, 2004, 520: 89-104.
- [9] 蔡庆华. 湖泊富营养化综合评价方法 [J]. 湖泊科学, 1997, 9(1): 89-94.
- [10] CROSSETTI L O, BICUDO C E D. Phytoplankton as an monitoring tool in a tropical urban shallow reservoir (Garcas Pond): the assemblage index application [J]. Hydrobiologia, 2008, 610(1): 161-173.
- [11] 张运林, 陈伟民, 周万平, 等. 2001、2002 年天目湖 (沙河水库) 浮游植物的生态学研究 [J]. 海洋湖沼通报, 2006(2): 31-37.
- [12] 雷欢, 梁银栓, 朱爱民, 等. 三峡书库董河庄河浮游植物及其与水质的关系 [J]. 湖泊科学, 2010, 22(2): 195-200.

本栏目责任编辑 李文峻

#### • 简讯 •

### 气候变暖或将加剧全球降水分布不平衡

新华网消息 美国一项最新研究成果显示, 全球变暖可能会加剧全球降水分布不平衡, 其中多雨地区降雨会更多, 干旱地区将更干旱。

美国航天局戈达德航天中心的研究人员通过对 14 种气候模型进行电脑模拟分析, 测算出全球变暖对降雨模式的影响。分析显示, 全球气温每升高 1 华氏度 (0.56℃), 暴雨量增加 3.9%, 影响最大的是赤道附近的热带地区, 其中太平洋赤道地区和亚洲季风区出现暴雨的概率将增加。

与此同时, 部分地区也将更干旱少雨。该研究显示, 全球气温每升高 1 华氏度, 全球无雨时间将增加 2.6%。在北半球, 受影响最大的包括美国西南部、中国西北部、巴基斯坦和北非、中东等干旱地区; 在南半球, 南非、澳大利亚西北部、巴西东北部以及中美洲沿岸地区等, 可能会面临更多干旱。

摘自 www.jshb.gov.cn 2013-05-08