

防治技术

# 吉林省兴隆水库氮磷营养盐特征分布及生态治理对策

夏克立<sup>1</sup>,金香琴<sup>1\*</sup>,胡国宏<sup>1</sup>,陈伟强<sup>1</sup>,熊占山<sup>1</sup>,张家松<sup>1</sup>,  
赵长友<sup>2</sup>,车明海<sup>2</sup>,杨立峰<sup>2</sup>,董学峰<sup>2</sup>

(1.吉林省水产科学研究院,吉林 长春,130033;  
2.通榆县水产管理总站,吉林 通榆,137200)

**摘要:**为了解兴隆水库水体营养盐时空分布和水质现状,分别于 2016 年 5 月和 7 月在湖区内设置 5 个采样断面,分析了水体的理化指标和氮磷营养盐的特征指标。结果表明,兴隆水库水质具有明显的季节性,水质 pH 值偏碱性,溶解氧丰富,平均值高于 8 mg/L,总磷均超过 0.2 mg/L,总氮均超过 1.2 mg/L,三态氮中氨氮和硝态氮占主要比重,高锰酸盐指数超过地表水环境标准(GB3838-2002) Ⅲ类标准。兴隆水库营养盐浓度超负荷,需从连续实时监测水质、准确定位水库功能以及采取生物净水技术方面进行生态治理。

**关键词:**兴隆水库;总氮;总磷;限制性营养因素;生态治理

中图分类号:X52 文献标识码:B 文章编号:1006-8759(2017)02-0027-04

## DISTRIBUTION OF NITROGEN AND PHOSPHORUS NUTRIENTS AND ECOLOGICAL MANAGEMENT COUNTERMEASURES IN XINGLONG RESERVOIR

XIA Ke-li<sup>1</sup>, JIN Xiang-qin<sup>1</sup>, HU Guo-hong<sup>1</sup>, CHEN Wei-qiang<sup>1</sup>, XIONG Zhan-shan<sup>1</sup>,  
ZHANG Jia-song<sup>1</sup>, ZHAO Chang-you<sup>2</sup>, CHE Ming-hai<sup>2</sup>, YANG Li-feng<sup>2</sup>, DONG Xue-feng<sup>2</sup>.  
(1. Jilin Fisheries research Institute I, Changchun 130033, China;  
2. Tongyu Fisheries Management Station, Tongyu, 137200, China.)

**Abstract:** Nitrogen and Phosphorus are the primary pollutants and main indicators of eutrophication in xinglong Reservoir. In this study, the spatial-temporal distribution of nitrogen and phosphorus and water quality condition in xinglong Reservoir were investigated. The study was carried out in May and July 2016 at 5 sampling stations in reservoir. The results indicate that nutrient salt of nitrogen and phosphorous varied obviously with the seasons, the pH value of water quality showed alkaline, the concentration of dissolved oxygen is high (average>8 mg/L). The concentration of TN all over 1.2 mg/L and the concentration of TP all over 0.2 mg/L. The concentration of ammonia and nitrate main proportion on the inorganic nitrogen. The permanganate indexes were exceed the level of environmental quality standards for surface water (GB3838-2002). The nutrient concentrations overload in Xinglong reservoir, should be continuous real-time monitoring of water quality, accurate positioning the reservoir function and adopt biological water purification technology.

**Key words:** Xinglong reservoir Total nitrogen total phosphorus Nutrient limiting factor Ecological Management

兴隆水库位于吉林省通榆县城西北 45 公里处,是坐落在松花江流域嫩江水系霍林河北股河道上的一个平原中型水库,以防洪、灌溉为主。兴隆水库校核洪水位 163.74 m,总库容 7 720 万  $m^3$ 。兴隆水库是吉林省河湖连通工程中连接向海自然保护区和霍林河的重要节点,自工程实施以来,原本干涸的兴隆水库得以补水,2016 年 8 月水位达到 162.00 m。兴隆水库湿地面积逐渐增加,生物多样性也逐渐提高,生态环境逐渐恢复。为了能够充分利用水资源,了解兴隆水库基本水质情况,本文在 2016 年春季和夏季对水体中的营养盐进行了跟踪监测,为河湖连通工程提供有效的基础资料和科学依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 采样调查

2016 年 5 月和 7 月,分别对兴隆水库进行了 2 次采样,分别是 2016 年 5 月和 2016 年 7 月。根据库区状况设置了 5 个采样点,分别记为 1#~5#,见图 1。

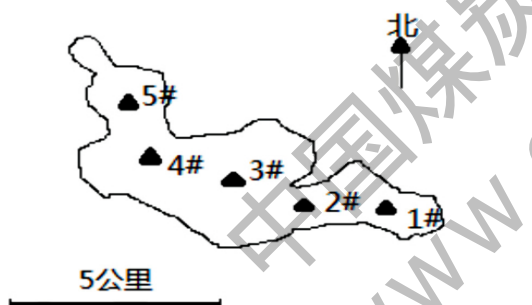


图 1 兴隆水库采样点分布

### 1.2 调查内容分析方法

利用便携式溶解氧仪和 pH 计测定水温、溶解氧、pH 值,用塞氏盘测定透明度(SD)。水化指标采集水样拿回实验室进行分析,包括总氮(TN)、总磷(TP)、铵态氮、亚硝酸态氮、硝酸态氮和高锰酸盐指数,检测方法参照《水和废水监测分析方法》<sup>[1]</sup>。

### 1.3 数据分析

数据利用 Excel 进行整理,利用 Spss19.0 进行单因素方差分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 水体理化特征

兴隆水库库区水温具有季节性变化,各采样点水平变化不明显,5 月水温为 16.74~17.61  $^{\circ}C$ ,7 月水温为 26.00~26.90  $^{\circ}C$ 。库区 pH 值季节变化不明显,水平变化不大,5 月 pH 值为 8.87~10.98,7 月 pH 值为 9.03~9.60,pH 值偏碱性,兴隆水库位于吉林省西部盐碱地区域,因此水质呈偏碱性,而夏季由于降雨等稀释作用 pH 值降低。溶解氧基本呈饱和或过饱和状态,7 月份溶解氧略高于 5 月份,5 月份溶解氧为 8.12~8.79 mg/L,7 月份溶解氧为 7.66~9.61 mg/L。透明度 7 月高于 5 月,5 个采样点中 4# 采样点透明度最高,5 月透明度值为 0.33~0.80 m,7 月 0.40~1.00 m,7 月透明度升高的主要原因是兴隆水库中沉水植物以及岸边的高等植物大量生长所致,兴隆水库中从 6 月开始 3# 采样点周围生长大量的狐尾藻以及芦苇,起到了水质净化的效果(见表 1)。

表 1 兴隆水库主要理化指标

	水温/ $^{\circ}C$		pH		溶解氧/(mg/L)		溶解氧饱和度/(%)		SD/(m)	
	5 月	7 月	5 月	7 月	5 月	7 月	5 月	7 月	5 月	7 月
1#	16.74	26.70	10.98	9.06	8.452	8.34	95.57	103.89	0.38	0.50
2#	17.50	26.00	10.53	9.01	8.344	8.45	95.85	104.00	0.33	0.40
3#	17.23	26.10	10.8	9.07	8.79	9.61	100.7	118.48	0.40	0.45
4#	17.4	26.90	9.80	9.60	8.43	9.43	96.60	117.87	0.80	1.00
5#	17.61	26.60	8.87	9.03	8.12	7.66	93.59	95.26	0.41	0.50

### 2.2 氮磷营养盐特征

兴隆水库 2016 年 5 月至 7 月氮磷营养盐变化见图 2。兴隆水库 2016 年 5 月至 7 月总磷变化范围在 0.21~0.35 mg/L,除了 2# 外,各采样点 7 月总磷浓度略高于 5 月,经单因素方差分析没有

显著性差异,各采样点之间 4# 和 5# 采样点总磷浓度明显高于其他采样点,存在显著性差异 ( $P < 0.05$ )。总氮浓度变化 5 月份为 0.90~1.07 mg/L,7 月份为 0.80~1.45 mg/L,1#、2# 和 3# 采样点 7 月份总氮浓度高于 5 月份,存在显著性差异 ( $P <$

0.05), 4# 和 5# 没有明显变化。这与兴隆水库周边环境气温和外界负荷、内源负荷的特点密切相关。兴隆水库的外源污染负荷主要来自于养殖污染、自然库岸经雨水冲刷流入。兴隆水库属于平原型低洼水库, 水位较浅, 大风和波浪的搅动引起沉积物再悬浮产生氮磷释放, 另外, 水温的增高也增强了沉积物对氮磷的释放<sup>[2]</sup>。按照水环境质量标准(GB3838-2002)兴隆水库总氮浓度 5 月份达到Ⅲ类, 7 月份达到Ⅳ类, 而总磷浓度达到劣Ⅴ类。

氨氮浓度变化幅度 5 月份为 0.29~0.35 mg/L, 7 月份 0.27~0.61 mg/L, 2# 采样点 7 月份氨氮浓度最高。亚硝氮浓度变化 5 月份 0.025~0.039 mg/L, 7 月份 0.058~0.077 mg/L, 7 月份各采样点均高于 5 月份, 存在显著性差异( $P < 0.05$ )。硝态氮浓度变化 5 月份 0.34~0.402 mg/L, 7 月份 0.555~0.663 mg/L, 7 月份各采样点均高于 5 月份, 存在显著性差异( $P < 0.05$ )。三态氮中, 氨氮浓度和硝态氮浓度之和占 90% 以上, 而在 7 月份亚硝酸盐氮和硝酸盐氮明显升高, 说明随着水温的升高, 溶解氧丰富的条件下氨氮被氧化作用形成亚硝酸盐氮和硝酸盐氮。而兴隆水库水质呈弱碱性也加速了硝化作用(图 2)。

水体中藻类的生长和水库中氮、磷营养盐的含量有直接关系。Redfield<sup>[3]</sup>研究发现, 海洋中的无机营养比值和有机生物体的元素组成之间存在显著的一致性, 提出在理想条件下, 藻类生长会有一个相对固定的元素原子比, 这一概念叫做 Redfield 比值, 即  $C:N:P=106:16:1$ , 即一个磷原子对植物生物量的贡献相当于 16 个氮原子、106 个碳原子, 它通常被用来界定水体中营养盐的限制特定。一般认为, 当水体中的氮磷摩尔浓度比超过 16 时, 浮游动物的生长就会受到磷元素缺乏的限制; 反之, 则是氮限制。另外, Sakomoto<sup>[4]</sup>发现, 当海藻  $N:P$  原子比值在 10~17 范围内时, 氮和磷对叶绿素的生产量的作用几乎相同(氮、磷同时限制或者说都不限制生产量); 当  $N:P$  原子比值小于 10 时, 叶绿素的生产量仅受氮限制; 当  $N:P$  原子比值大于 17 时, 叶绿素的生产量只受磷的限制。根据 Redfield 和 Sakomoto 的研究结果, 确定  $TN/TP$  比进行分析, 两个临界点的选取分别为 10 和 17, 且这种选取方式适用于我国八大生态分区的湖库<sup>[5]</sup>。

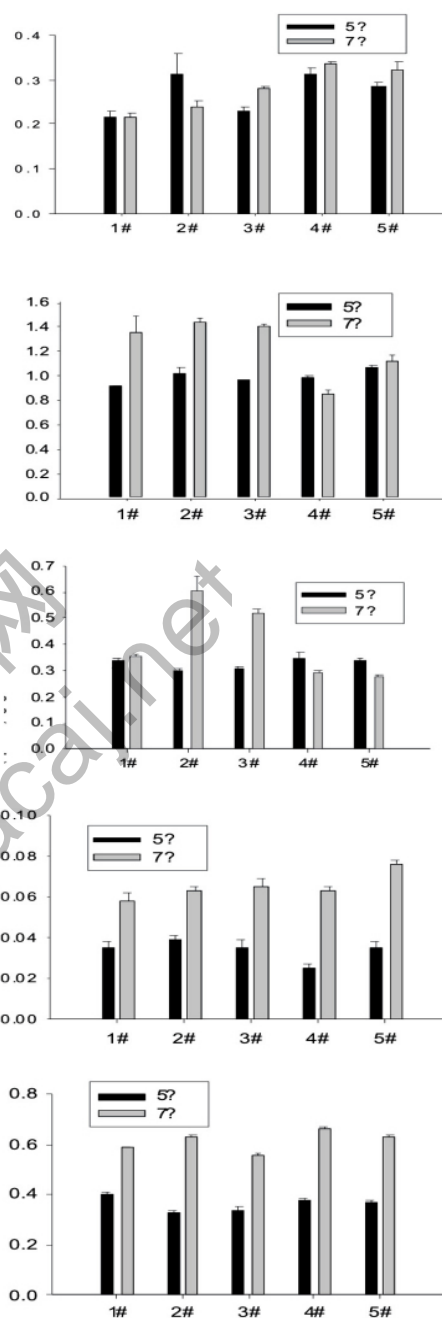


图2 兴隆水库氮磷营养盐的变化

兴隆水库水体中氮磷比及限制性营养元素分析见表 2。可见, 兴隆水库 7 月份氮磷比值比 5 月份有所增高, 这是由于 7 月份总氮的浓度升高所致。但均表现为氮为限制性营养元素。当环境中氮和磷的浓度较高时, 藻类细胞可通过奢侈性吸收储存氮磷营养, 借以抵御外界环境的不利变化。总体上, 兴隆水库各采样点不同时期磷的浓度均超过 0.2 mg/L, 而氮的浓度相对较低, 故体现氮为限制性营养元素。

表2 兴隆水库氮磷比及营养限制因素

采样点	氮磷比 5月	营养限制 因素	氮磷比 7月	营养限制 因素
1#	4.19	N	6.31	N
2#	3.29	N	5.99	N
3#	4.18	N	5.03	N
4#	3.11	N	2.51	N
5#	3.75	N	3.50	N

### 2.3 高锰酸盐指数的变化

高锰酸盐指数是水体中有机物含量的综合反映。如图3所示,兴隆水库5月份高锰酸盐指数变化范围在6.65~9.19 mg/L,7月份10.14~11.63 mg/L,7月份明显升高。按照水环境质量标准(GB3838-2002)兴隆水库高锰酸盐指数5月份达到Ⅲ类,7月份达到Ⅱ类。有研究发现,高锰酸盐指数和温度具有明显的正相关关系,这是由于水温的升高可以使水体中微生物活动加剧。

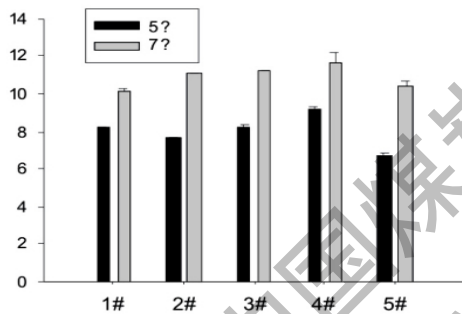


图3 兴隆水库高锰酸盐指数变化

## 3 结论

### 3.1 水质特征

兴隆水库的营养盐变化具有明显的季节性,受降雨影响较大,空间上不存在明显差异性。水质总氮、总磷、高锰酸盐指数均超过地表水环境标准Ⅲ类标准。氮是浮游生物生长的限制性因素。降低氮磷浓度成为生态治理的主要问题。

### 3.2 生态治理对策

进行实时生态监测,为水库生态保护提供依据。水库的水质随着时间、空间发生变化,准确掌握水质是制定正确对策的保障。生态监测能够对特定区域范围内生态系统和生态系统组合体的类型、结构和功能及其组合要素进行系统的测定。兴隆水库常年干涸,水质数据缺乏,应及时建立生态

监测制度。

准确定位水库功能,制定可持续发展模式。兴隆水库地处向海自然保护区内,以灌溉防洪为主要功能,必须有效发挥水库的基本功能为中心,辅以渔业发展。兴隆水库水体营养丰富,溶解氧较高,周围没有大面积的面源污染,因地制宜,实施生态养殖。

依循生态规律,建立生物净水水质的模式。兴隆水库水体中目前亟待解决的是氮磷营养超负荷问题。氮磷营养超负荷是水环境面临的普遍性问题。运用高等水生植物净化水质是对富营养化水体进行生态修复的重要手段之一。水生植物可以有效吸收水体中的氮磷等营养物质,同时对水生藻类具有生长抑制作用,控制藻类暴发,改善水质<sup>[6-9]</sup>。此外,兴隆水库夏季氮磷比接近7,非常适宜藻类生长,已经具备形成大面积藻类暴发的条件,因此应逐渐加大滤食性鱼类的放养密度。鲢鳙作为我国传统的养殖品种,也是典型的滤食性鱼类,能直接滤食水体中浮游生物,使浮游植物减少和种类小型化,减轻了藻类水华灾害的发生。

### 参考文献:

- [1] 魏复盛.水和废水监测分析方法(四版)[D].北京:中国环境科学出版社,2002:223-284.
- [2] 柴夏,史加达,刘从玉,等.大钟岭水库氮磷营养盐季节变化及其与水质的关系[J].安徽农业科学,1994;7(4):12-20.
- [3] Redfield A C. The biological control of chemical factors in the environment[J]. American Scientist,1958;46:205-221.
- [4] Sakamoto M. Primary production by phytoplankton community in some Japanese lakes and its dependence on lake depth [J]. Archiv für Hydrobiologie,1966;62:1-28.
- [5] 刁晓君,席北斗,何连生,等.基于生态分区的我国湖泊营养盐控制目标研究[J].环境科学,2013;34(5):1687-1694.
- [6] Irfanullah H M, Moss B. Factors influencing the return of submerged plants to a clear-water, shallow temperate lake [J]. Aquatic Botany, 2004;80(3): 177-191.
- [7] Gumbrecht T. Nutrient removal processes in freshwater submersed macrophyte systems[J]. Ecological Engineering, 1993; 2(1): 1-30.
- [8] Gumbrecht T. Nutrient removal capacity in submersed macrophyte pond systems in a temperate climate [J]. Ecological Engineering, 1993; 2(1): 49-61.
- [9] Xie Y F, Hu Y H, Liu Z W, et al. Effects of sediment resuspension on the growth of submerged plants [J]. Acta Scientiae Circumstantiae,2007;27(1): 18-22.