

DOI :10.3969/j.issn.1004-6933.2012.03.010

青岛棘洪滩水库氮磷营养盐分析

芮翠杰¹, 马继平¹, 刘玉华², 葛建华², 李捷¹, 宋志文¹

(1. 青岛理工大学环境与市政工程学院, 山东 青岛 266033; 2. 山东省引黄济青工程棘洪滩水库管理处, 山东 青岛 266110)

摘要 根据棘洪滩水库 2000—2009 年水质监测数据, 分析该水库水体中总氮(TN)、总磷(TP)及叶绿素(Chl-a)等水质指标的变化情况, 并进行富营养化评价。结果表明: TN 质量浓度超出地表水 V 类标准, TP 质量浓度满足地表水 II 类标准, $\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP})$ 值为 80.6~246.2, 水库属于磷(P)限制型。TN 质量浓度冬季、春季较高, 夏季、秋季逐渐降低; TP、Chl-a 质量浓度在夏末和秋季较高, 春季和冬季较低。水库营养盐主要来源是引水, 水库水质 2000—2009 年近 10 年的营养程度均为中营养。

关键词 棘洪滩水库; 总氮; 总磷; 叶绿素; 富营养化

中图分类号: X524 文献标识码: A 文章编号: 1004-6933(2012)03-0051-04

Analysis of nitrogen and phosphorus nutrients in Jihongtan Reservoir

RUI Cui-jie¹, MA Ji-ping¹, LIU Yu-hua², GE Jian-hua², LI Jie¹, SONG Zhi-wen¹

(1. School of Environmental and Municipal Engineering, Qingdao Technological University, Qingdao 266033, China;
2. Jihongtan Reservoir Management Section of Management Bureau of Water Division from the Yellow River into Qingdao of Shandong Province, Qingdao 266110, China)

Abstract: Based on monitoring data of the water quality in the Jihongtan Reservoir in Qingdao City from 2000 to 2009, the variations of TN, TP, and chlorophyll-a in the water of the reservoir were analyzed, and a eutrophication assessment was conducted. The results show the following: The concentration of TN exceeded the Class V standard of surface water, and the concentration of TP met Class II standard of surface water. The ratio of TN to TP ranged from 80.6 to 246.2. The reservoir appeared to be phosphorus-limited. The concentration of TN was higher in winter and spring, and lower in summer and autumn. The concentrations of TP and chlorophyll-a were higher in late summer and in autumn, and lower in spring and winter. Water diversion was the main source of nutrients in the reservoir. The eutrophication assessment shows that the water nutrition was at the middle level in the reservoir from 2000 to 2009.

Key words: Jihongtan Reservoir; TN; TP; chlorophyll-a; eutrophication

棘洪滩水库作为我国目前最大的平原围坝型水库, 是引黄济青工程唯一的调蓄水库, 也是青岛市饮用水源地之一。刘浩等^[1]对 2004—2006 年监测的棘洪滩水库水体主要理化指标 TN、TP、COD_{Mn} 和浮游藻类进行了详细报道, 并对水库水质作出评价, 认为该水库的营养程度为中营养。水体的富营养化主要是 N、P 等营养元素超过一定限值, 致使浮游植物大量繁殖, 水体透明度下降, 耗氧量增加。有研

究^[2-3]指出, N、P 是湖泊水库富营养化的主要限制性因素。为了有效控制水库的富营养化, 全面了解水库中 N、P 营养盐质量浓度的变化规律是十分必要的。笔者分析棘洪滩水库 2000—2009 年近 10 年 TN、TP 和 Chl-a 的年际及季节变化规律, 并进行富营养化评价, 旨在为水库的富营养化控制提供理论依据。

基金项目 水利部公益性行业科研专项(200901063)

作者简介 芮翠杰(1985—), 女, 硕士研究生, 研究方向环境分析化学。E-mail: ruicuijie@yahoo.com.cn

通讯作者: 马继平, 副教授。E-mail: majiping2001@yahoo.com.cn

1 研究区域概况与数据来源

1.1 区域概况

棘洪滩水库是山东省引黄济青工程的唯一调蓄水库,位于胶州市、即墨市和青岛市城阳区交界处,负责向青岛市及周边地区供水。水库由围坝、泵站、进水闸、放水闸、泄水闸、桃源河改道等工程组成,属平原围坝型,整个围坝呈八角形。库区面积达到 14.422 km²,围坝长 14.277 km,设计水位 14.2 m,总库容 1.46 亿 m³,建设资金 1.4 亿元,设计供水量为 30 万 m³/d。

1.2 数据来源

在棘洪滩水库设进水口和出水口 2 个采样点,采集水面以下 0.5 m 和 4.0 m 处的混合水样,每月采样 1 次。2000 年 1 月至 2009 年 12 月青岛市环境监测站及青岛市水环境监测中心每月月初对上述 2 个采样点采样测定。各项的监测分析均采用标准分析方法^[4]。

2 结果与讨论

2.1 N、P 营养盐变化分析

2.1.1 TN 质量浓度变化分析

2000—2009 年棘洪滩水库 TN 质量浓度变化范围为 0.78~2.96 mg/L,平均为 2.27 mg/L(以 N 计),超出 GB 3838—2002《地表水环境质量标准》V 类水标准。水体中氮营养盐的主要存在形态有 NH₃-N、NO₃⁻-N、NO₂⁻-N 和有机氮。根据监测数据,NH₃-N 占 TN 的 3.81%,NO₂⁻-N 占 TN 的 0.73%,NO₃⁻-N 占 TN

的 77.24%,有机氮占 TN 的 18.22%,可知含氮营养盐主要以 NO₃⁻-N 的形式存在。从 2006—2009 年水库 TN 质量浓度季节变化趋势(图 1(a))可以看出,TN 质量浓度呈现出明显的季节变化规律:春季>冬季>夏季>秋季。分析原因,棘洪滩水库通常是在冬季和春季引水,给水库带来了外源性含氮营养盐,同时冬春季气温低,水中浮游植物进入休眠或死亡状态,TN 的消耗量小,夏秋季温度升高,浮游植物生长旺盛,藻类急剧地消耗无机氮,使 TN 质量浓度下降。

2.1.2 TP 质量浓度变化分析

2006—2009 年棘洪滩水库 TP 质量浓度变化范围为 0.005~0.030 mg/L,平均值为 0.014 mg/L,年际变化较小,满足地表水 II 类标准($\rho(\text{TP}) \leq 0.025 \text{ mg/L}$)。水库水体 TP 质量浓度较低,这可能是由于黄河水含有大量泥沙,水体中的磷酸盐易吸附于水体中的悬浮颗粒物上的结果^[5]。从 2006—2009 年水库 TP 质量浓度季节变化趋势(图 1(b))可以看出,TP 质量浓度夏秋季节偏高,春冬季节偏低。研究表明,温度升高,能够促进沉积物中 P 的释放^[6]。因此,夏秋季节水库沉积物中的 P 易发生释放现象,导致水体 TP 质量浓度升高。

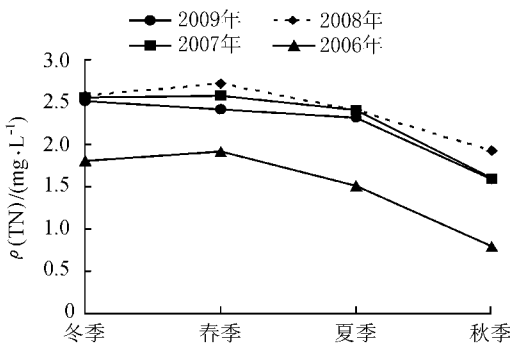
2.1.3 $\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP})$ 值变化分析

N、P 是植物生长必需的营养元素。有学者^[7]指出,水体中 $\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP})$ 的值在 10~15 时最有利于藻类增殖。通常认为, $\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP}) < 10$,N 是藻类生长的限制性因素^[2]。屠清瑛等^[3]经过研究,认为在 $\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP}) > 14$ 的情况下,P 是藻类生长的限制性因素。表 1 是 2000—2009 年 10 a 间棘洪滩水库入、出口 2 个监测点 $\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP})$ 值情况。由表 1 可见,水库 $\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP})$ 值远远高于 14,属于 P 限制型水库。但是水库的营养盐比例不平衡,致使浮游植物生长受制于某一相对不足营养盐的特征。引水水源带来的无机氮的量远大于磷酸盐的量可能是主要原因^[8]。虽然水体 TN 质量浓度较高,由 N、P 比限制了藻类等微生物过量繁殖。

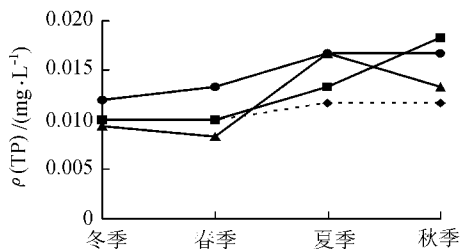
表 1 2000—2009 年棘洪滩水库入口和出口

$\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP})$ 值

年份	入口	出口	年份	入口	出口
2000	100.6	105.9	2005	142.6	138.7
2001	121.9	105.0	2006	81.2	115.4
2002	103.7	80.6	2007	105.8	102.7
2003	103.3	140.0	2008	117.0	214.4
2004	186.4	246.2	2009	113.5	119.6



(a) TN



(b) TP

图 1 2006—2009 年棘洪滩水库 TN、TP 质量浓度季节变化

2.1.4 营养盐来源分析

营养盐来源按进入途径可分为外源和内源,外源主要来自工业污水排放、流域径流、降水降尘和引

入源水中的营养盐,内源主要来自库内,包括底泥的营养盐回归及生物体的死亡分解。棘洪滩水库是平原围坝型水库,不会接受流域径流污染和工业污水。降水降尘中所含的 N、P 与人口稠密和经济发达程度有关,棘洪滩水库地处郊区,降水降尘中所含营养盐相对较少。因此,外源主要来自引入源水中所含的营养盐。水库引水水源以黄河水、大沽河水和峡山水库水为主,其中峡山水库水质氮含量较高^[9]。由图 2 可见,2004 年水库 TN 质量浓度明显增高。根据水库历年引水情况,2004 年水库主要引用峡山水库水源,给水库带来了大量外源含氮营养盐,导致水库 TN 质量浓度明显偏高,而其他年份主要引用含营养盐浓度相对较低的黄河水。可见,水库营养盐质量浓度变化受到引水的影响。由于棘洪滩水库水体交换率较高,长年呈流动状态,营养盐沉积相对减少,内源污染不是主要因素。因此,棘洪滩水库的营养盐来源主要是引水。

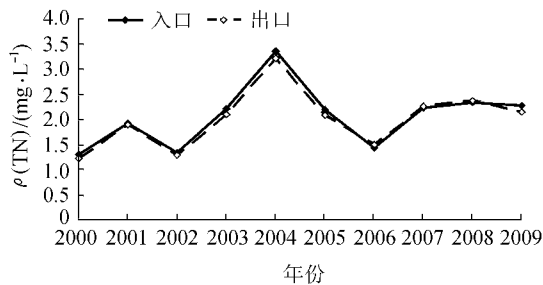


图 2 2000—2009 年棘洪滩水库出入口 TN 质量浓度年际变化

2.2 Chl-a 质量浓度变化分析

Chl-a 在浮游植物细胞中所占比例较稳定,其浓度能反映浮游植物密度和生物量大小,常被作为衡量水体富营养化程度的一个重要指标^[10-11]。因此,研究水体富营养化应将 TN、TP 与 Chl-a 质量浓度结合起来。由图 3 可见,Chl-a 质量浓度的季节变化规律为 秋季 > 夏季 > 冬季 > 春季,温度是造成浮游植物数量季节变化明显的主要原因^[12]。在冬季尽管水体中营养物浓度高,但由于低水温、低光照强度,浮游植物的生物量和生产力降低,导致 Chl-a 质量

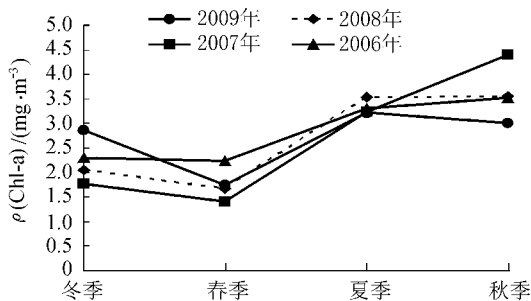


图 3 2006—2009 年棘洪滩水库 Chl-a 质量浓度季节变化

浓度降低。夏季水温升高,浮游植物可充分利用水体中的营养盐类,生产力和生物量逐渐提高,导致 TN 质量浓度下降,Chl-a 质量浓度升高。Chl-a 质量浓度季节变化趋势与 TP 质量浓度的季节变化基本一致,TP 促进浮游植物的生长繁殖,TP 质量浓度升高,Chl-a 质量浓度也升高。

2.3 富营养化评价

水库富营养化评价采用《湖泊富营养化调查规范(第 2 版)》推荐的评分法,当营养状态指数值 $M < 30$ 时,水体处于贫营养状态;当 $30 \leq M \leq 50$ 时,水体处于中营养状态;当 $M > 50$ 时,水体处于富营养状态。2006—2009 年监测的各评价指标如表 2。从表 2 可见,2006—2009 年棘洪滩水库富营养程度均为中营养,富营养指数 4 年的年均值为 44.1,营养化指数呈上升趋势。从表 2 中 5 个指标对水库富营养化污染的分担率来看,TN 的污染分担率高达 33.28%,2006—2009 年 TN 质量浓度年均值呈上升趋势,在一定程度上导致了营养化指数的上升。同时棘洪滩水库为 P 限制型水库,P 质量浓度的增加将促进浮游植物的生长。因此,控制 N、P 的入库量是控制棘洪滩水库富营养化的关键。

表 2 棘洪滩水库 2006—2009 年富营养化评价

年份	$\rho(\text{Chl-a})$ ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	$\rho(\text{TP})$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{TN})$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	SD/ m	M	营养 状态
2006	3.562	0.013	1.500	2.975	1.60	43.9	中营养
2007	3.138	0.014	2.260	2.917	1.69	43.4	中营养
2008	2.792	0.011	2.358	2.783	1.76	44.0	中营养
2009	2.618	0.0179	2.141	2.792	1.73	45.1	中营养

3 结 论

通过对棘洪滩水库 2000—2009 年近 10 a 水质监测数据进行分析,得出以下结论:

a. 水体 N、P 营养盐的年际变化趋势中,TN 质量浓度超出地表水 V 类标准,年际变化较为明显;TP 质量浓度满足地表水 II 类标准,年际变化较小; $\rho(\text{TN})/\rho(\text{TP})$ 值远远高于 14,棘洪滩水库属于 P 限制型水库。

b. 水体 N、P 营养盐的季节变化规律中,TN 质量浓度冬春季节较高,夏秋季节逐渐降低,这与 Chl-a 质量浓度的变化规律相反;TP 质量浓度夏秋季节较高,冬春季节较低,TP 质量浓度的升高会促进 Chl-a 质量浓度的升高。

c. 富营养化分级评价结果表明,水库水体处于中营养状态,且 2006—2009 年水库富营养指数有上升的趋势。

d. 水库营养盐主要来源于引水,选用水质较好的引水源,控制 N、P 的入库量是控制棘洪滩水库富

营养化的关键。

参考文献：

[1] 刘浩,王善聚,刘玉华,等. 棘洪滩水库近 10 年水质变化及评价 [J]. 安全与环境学报, 2008 (5) : 95-99.
[2] 刘建康. 高级水生生物学 [M]. 北京: 科学出版社, 1999 : 328.
[3] 屠清瑛,顾丁锡,尹澄清,等. 巢湖富营养化研究 [M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1990: 95.
[4] 国家环境保护总局《水和废水检测分析方法》编委会. 水和废水检测分析方法 [M]. 4 版. 北京: 中国环境科学出版社, 2002.
[5] 王毛兰,胡春华,周文斌. 丰水期鄱阳湖氮磷质量浓度变化及来源分析 [J]. 长江流域资源与环境, 2008, 17 (1) : 138-142.
[6] 陈蓓. 南宁市南湖沉积物磷释放研究 [J]. 南方国土资源

源, 2008 (9) : 66-68.

[7] 刘浩,刘玉华,崔群. 棘洪滩水库水质现状分析及富营养化防治对策 [J]. 山东水利, 2006 (7) : 3-5.
[8] 王广成,郭述启,王权. 峡山水库水污染与生态系统关系及修复措施 [J]. 齐鲁渔业, 2007, 24 (7) : 48-49.
[9] 刘丰录,刘成杰,徐莹华,等. 峡山水库水质管理与渔业资源利用 [J]. 水利渔业, 2005, 25 (4) : 73-85.
[10] COTTINGHAM K L, CARPENTER S R. Population, community and ecosystem variates as ecological indicators: phytoplankton responses to whole lake enrichment [J]. Ecological Applications, 1998, 8 (2) : 508-530.
[11] WALKS D J, CYR H. Movement of plankton through lake-stream systems [J]. Freshwater Biology, 2004, 49 (6) : 745-759.
[12] 沈东升. 平原水网水体富营养化的限制因子研究 [J]. 浙江大学学报: 农业与生命科学版, 2002, 28 (1) : 94-97.

(收稿日期 2011-08-29 编辑 徐娟)

《水资源保护》征订启事

中国科技核心期刊 RCCSE 中国核心学术期刊

《水资源保护》是河海大学和中国水利学会环境水利研究会共同主办的科学技术期刊,创刊于 1985 年,双月刊,国内外公开发行人,国内统一连续出版物号:CN32-1356/TV,ISSN 1004-6933。

《水资源保护》主要刊登与水资源保护有关的基础研究,应用技术,工程措施,综合述评,以及水资源管理、评价、监测、优化配置,节水技术,水环境污染控制等方面的文章。近年来,重点关注与水有关的生态环境领域中的研究方向,新增设相关的基础研究、防治技术、城市水环境治理等内容。

主要读者对象:与水资源保护工作有关的工程技术人员、科研人员、管理人员以及大专院校的师生。

《水资源保护》邮发代号 28-298,双月刊,每期定价 12 元,全年共 72 元,每逢单月 30 日出版。可在全国各地邮局订阅,也可直接与编辑部联系订阅。

地址 210098 南京市西康路 1 号 河海大学《水资源保护》编辑部

电话/传真 (025) 83786642 E-mail :bh@hhu.edu.cn

网址 :kkb.hhu.edu.cn/web/indexbh.asp ?l_id = 34