

烟台门楼水库氮磷营养盐的分布及其成因分析

宋 键, 金秉福, 张云吉

(鲁东大学地理与资源管理学院, 山东 烟台 264025)

摘 要: 根据近年来对门楼水库监测的数据, 利用综合富营养指数法评价, 综合分析总磷(TP)、总氮(TN)、叶绿素 a (chl a)、高锰酸钾指数(COD $_{Mn}$)、透明度(SD)等参数, 分析表明烟台门楼水库的水质呈现恶化趋势, 水质呈中营养状态, 控制水质富营养化的当务之急就是控制入库氮的量。

关键词: 门楼水库; 氮磷比; 富营养化; 总氮

中图分类号: X524

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2007)03-0321-03

Distribution of Nitrogen and Phosphorous Concentration and Causal Analysis in Menlou Reservoir, Yantai

SONG Jian, JIN Bing-fu, ZHANG Yun-ji

(The Geography and Resource Management College of Ludong University, Yantai, Shandong 264025, China)

Abstract: Based on the monitoring data of the Menlou Reservoir in recent years, using the synthetical nutrition state index, analyse the indexes of total nitrogen(TN), total phosphorous (TP), chlorophyll, COD $_{Mn}$, SD synthetically. The results show that the water quality has become eutrophication. The tender of the water quality will worsen. In order to prevent the aggravation of the eutrophication, measures should be taken to decrease the input of the N.

Key words: Menlou Reservoir; nitrogen and phosphorous ratio; eutrophication; total nitrogen

前 言

城市水源地的水质状况关系到城市居民的健康, 因此水源地的水质一直是倍受关注的热点问题。烟台门楼水库是烟台市主要的供水源地, 根据近年来门楼水库监测的数据, 对门楼水库的水质状况和富营养化水平进行了评价, 发现水库富营养化是门楼水库目前面临的最大的生态环境问题, 而且富营养化的速度相当快。

1 门楼水库的区域环境概况

门楼水库位于烟台市福山区门楼镇西南大沽夹河支流清洋河下游, 北纬 $37^{\circ}00' \sim 37^{\circ}40'$, 东经 $120^{\circ}20' \sim 120^{\circ}50'$, 距门楼镇 2 km 左右, 总库容 2.02 亿 m^3 , 控制流域面积 1 077 km^2 , 包括栖霞城区、松山镇、亭口镇、庙后镇、臧家庄镇、福山张格庄镇、高村镇及蓬莱王庄乡、大柳行镇, 共九个乡镇和城区, 其中山区占 80%, 丘陵占 20% (如图 1 所示)。这些地区多为农业生产区, 近些年来, 随着这些地区经济的快速发展, 排入水库的工业用水、生活用水也连年增多, 水库的水质在逐年恶化, 富营养化速度很快。

2 数据来源以及评价标准

本文所用数据来源于《烟台市环境质量报告书》, 为烟台市环境监测中心站测定, 在水库枯水期、平水期、丰水期各监测两次。水环境质量评价所依据的标准为 GB3838-2002《地表水环境质量标准》, 富营养化评价采用中国环境监测总站推荐的湖泊(水库)富营养化综合评价方法及分级技术规

定(中国环境监测总站制定)。



图 1 门楼水库位置图

3 水质状况分析

3.1 氮磷营养盐时间变化特征

根据目前收集的资料, 门楼水库的氮磷营养盐的含量在不同的季节变化是很明显的(如表 1 所示^[2], 2004 年数据不全, 仅有全年平均总磷数据), 在不同的季节里水质的状况不同。从年均值来看, 有些年份磷的含量超标, 80 年代磷的含量普遍超标, 最小值为 0.03 mg/L, 最大值为 0.073 mg/L, 平均值为 0.046 mg/L, 进入 90 年代磷的含量虽然仍很高(最大值为 0.08 mg/L), 但是呈现减少趋势, 最小值为 0.02 mg/L, 均值为 0.0376 mg/L。总的来看, 磷的含量呈逐年下降的趋势(如图 2 所示), 多年平均含量为 0.034 mg/L。近 5

* 收稿日期: 2006-09-04

基金项目: 山东省教育厅(J98L51); 国家自然科学基金(40101005)

作者简介: 宋 键(1982-), 男, 山东枣庄人, 硕士研究生, 研究方向水环境污染; 金秉福(1963-), 男(满族), 辽宁大连人, 教授, 主要从事水环境研究。

年来,由于门楼水库上游的水环境的综合治理,家庭生活污水得到了很好的控制,磷的平均含量为 0.02 mg/L,含量符合国家公布的城市水源地的饮用水标准中的Ⅲ类水标准,总磷(TP)≤0.025 mg/L^[1],Ⅲ类水主要适用于集中式生活饮用水地表水源地一级保护区、珍稀水生生物栖息地等。门楼水库近年磷含量数据表明,磷元素超标已经得到了很大的改善,目前门楼水库的水质状况主要体现在氮的含量变化上。

表 1 各个年份不同季节磷的含量 mg/L

年份	枯水期平均值	平水期平均值	丰水期平均值	年均值
2001	0.018	0.032	0.031	0.027
2002	0.022	0.013	0.019	0.018
2003	0.014	0.021	0.018	0.017
2004	-	-	-	0.018

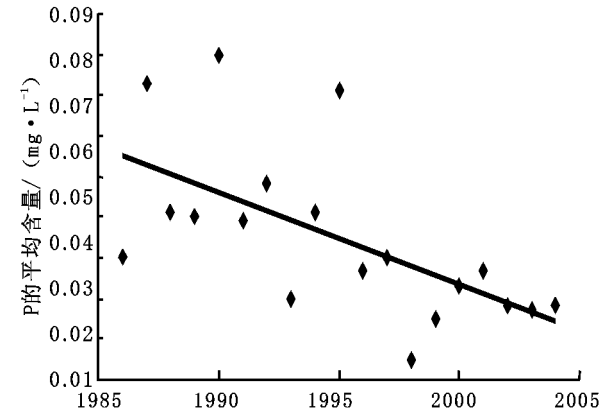


图 2 各个年份磷的年均含量

3.1.1 枯水期

在枯水季节里,总氮(TN)的含量相对其它季节来说最大,严重超过了国家颁布的饮用水标准Ⅲ类水的氮的含量,Ⅲ类水总氮(TN)≤1.0 mg/L^[1],而Ⅲ类水主要适用于集中式生活饮用水地表水源地二级保护区、鱼虾类越冬场所等,各年份枯水期氮含量数据(2004 年数据不全,仅有全年平均总氮数据)如表 2 所示^[2],可见各年份枯水期氮含量严重超标,属劣Ⅲ类水标准(劣Ⅲ类水标准总氮(TN)≤2.0 mg/L)。

表 2 各年份枯水期氮的含量

年份	枯水期平均值	平水期平均值	丰水期平均值	平均值
2001	6.5	11.23	9.66	9.23
2002	11.82	7.8	10.28	9.52
2003	6.82	8.13	4.39	6.41
2004	-	-	-	8.78

枯水季节里氮的含量相对较大,这可能是由于这一时期雨量的减少,生活污水和厂矿企业的工业高浓度的含氮废水排入河流,使得库区中氮的浓度增大。

3.1.2 平水期

与前面的分析相似,由于这一时期水库水体的交换速率有一定的回升,平水期里水体中氮的浓度也有一定幅度的回升。这可能是由于这一时期藻类的生长速率有一定的下降,部分藻类发生腐烂,以及底质淤泥中释放含氮营养盐,导致了水中氮的浓度的增大。

总氮(TN)的浓度≥5 mg/L,均属于劣Ⅲ类水标准(劣Ⅲ类水标准总氮(TN)≤2.0 mg/L),监测数据如表 2 所示^[2]。

3.1.3 丰水期

在丰水期里,总氮(TN)的含量增大,各年份丰水期氮含量数据如表 2 所示^[2]。这主要是由于库区汇水区域为农业生产区,农业生产使用大量的化肥,多年平均化肥施用强度

为 1 500 kg/hm²,这一地区大部分为山地和丘陵,土壤的保水保肥性差,气候上又是雨热同期,施用的大量化肥在雨季随河水进入库区,库区中氮的浓度并未因为雨期水量的增多而变小,恰恰相反,这一时期的氮含量相比枯水期和平水期仍较大,这同时也说明库区主要是氮的点源流失所致。

分析结果同以上相同,总氮(TN)的浓度≥5 mg/L,均属于劣Ⅲ类水标准(劣Ⅲ类水标准总氮(TN)≤2.0 mg/L)。

3.2 氮磷营养盐空间分布变化

根据 2004 年的监测数据^[2],如表 3 所示,水库测点位置参考图 1。氮磷营养盐含量在门楼水库的空间分布呈从西北入口向东南出口递减的趋势,在水库中心氮磷的含量最小,磷的含量为 0.015 mg/L,氮的含量为 8.53 mg/L。这说明门楼水库的氮主要来源于汇水区域的点源流失,在入口处氮的含量比较大,随着水体在库区的运动,有机氮在好氧微生物的作用下逐渐的被分解成 NH₃ 释放掉,因此水库中心的氮含量值较低。在东南由于受陆源氮的影响,氮的含量相对中心来说有所增加。在出口处因接触陆源的范围变小,受周边陆源的影响也变小,所以相对水库周边其它地区氮的含量要低。

表 3 氮磷营养盐在门楼水库的空间分布 mg/L

入库测点	水库入口	水库中上	水库中心	水库东南	水库出口	平均
总磷	0.018	0.017	0.015	0.016	0.016	0.018
总氮	8.78	8.8	8.53	8.66	8.55	8.78

3.3 氮磷比变化

目前很多学者研究水体中氮磷比的变化,以此观察污染水体是否适应藻类的生长^[3,4],据最近 20 年的监测资料^[2],门楼水库的氮磷比如图 3 所示。80 年代比较低,平均值为 47.17,至 1990 年以来氮磷比增大,平均值为 290,最大值为 1 206(1998 年),这主要是因为 90 年代以来氮的含量逐年增加,而磷的含量逐年的减少。根据国家环保总局制定的可饮用地表水环境质量标准可以计算出 N/P 比最大为 40,可见门楼水库的 N/P 比严重超标,不符合国家制定的地表饮用水标准,N 成为门楼水库水质恶化的首要元素。

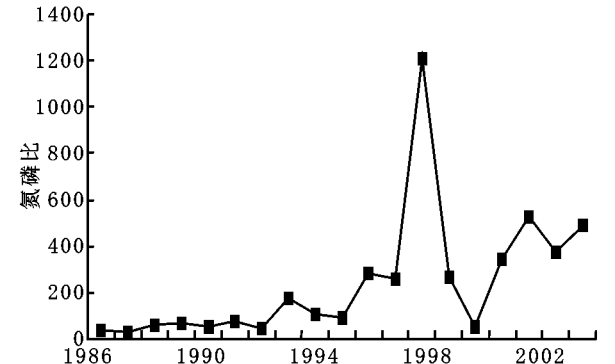


图 3 门楼水库的氮磷比变化

3.4 水质富营养化状况评价

水库富营养化评价采用湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规定。评价指标有 5 项:叶绿素 a(chla)、总磷(TP)、总氮(TN)、透明度(SD)、高锰酸钾指数(COD_{Mn})。

评价采用的方法是常用的综合状态指数评价法^[5-8]。2004 年监测的各评价指标如表 4 所示^[2]。依据公式进行水库富营养状态分析计算,分析表明门楼水库综合营养状态指数(TLI(Σ))为 41.57,呈中营养状态。从各个指标污染分担率来看,总氮的污染分担率最高为 39.23%,因此控制水库无机氮入库量是控制水库的富营养化的关键^{2,3}。总氮超标的主要原因为近年降水较多,丰水期降雨比较集中,水库汇水区域内点源氮、磷流失,经河流进入水库,从而造成了总氮超标。

表 4 2004 年门楼水库富营养化指标

入库测点	叶绿素 <i>a</i> ($\text{mg} \cdot \text{m}^{-3}$)	总磷/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	总氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	透明度 /m	高锰酸钾指 数/($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	TLI	营养 状态
水库入口	2.807	0.018	8.78	2.29	3.1	43.62	中营养
水库中上	1.907	0.017	8.8	2.5	3.05	41.95	中营养
水库中心	1.022	0.015	8.53	2.53	2.99	39.53	中营养
水库东南	1.112	0.016	8.66	2.45	3	40.14	中营养
水库出口	1.845	0.016	8.55	2.42	2.99	41.6	中营养
平 均	2.807	0.018	8.78	2.49	3.1	41.57	中营养
污染分担率	19.86	12.48	39.23	14.95	13.48		

4 原因分析

门楼水库氮营养盐超标是由多方面原因造成的,经调查可以归为以下四条。

(1) 水库流经区域多为农业生产区。据统计,本区多年平均耕地为 1 647 hm²,为增加农产品产量,农民大量施用化肥,多年平均化肥施用量为 2 700 t。农业区多为丘陵和山地,土壤保水保肥性不好,且这一地区雨热同期,降水比较集中,雨季农业生产使用的氮肥流失严重。研究表明,水体中的氮含量与汇水区氮肥使用量成正比比例关系^[11],因此,本区化肥的大量使用是造成水中氮含量增多的原因之一。

参考文献:

[1] GB3838— 2002,地表水环境质量标准[S].
[2] 烟台市环境监测中心站. 烟台市环境质量报告书[R].
[3] 翟美华, 刘乔芳. 门楼水库总氮偏高的原因分析[J]. 中国环境监测, 2005, 21(4): 18— 19.
[4] 刘冬燕, 赵建夫, 张亚雷, 等. 富营养水体生物修复中浮游植物的群落特征[J]. 水生生物学报, 2005, 29(2): 177— 183.
[5] 沈锡芬, 章宗涉, 龚循矩. 微型生物监测新技术[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1990.
[6] 金相灿, 刘鸿亮. 中国湖泊富营养化[M]. 北京: 中国环境科学出版社, 1990. 103— 135.
[7] 楼文高. 湖库富营养化人工神经网络评价模型[J]. 水产学报, 2001, 25(5): 474— 478.
[8] CHEN J+ning, ZHANG Tian-zhu, DU Peng-fei. Assessment of water pollution control strategies: a case study for the Dianchi Lake[J]. Journal of Environmental Sciences, 2002, 14(1): 76— 78.
[9] JIN Kang-ren, THMOAS James R. Assessing lake okeechobee eutrophication with water quality models[J]. Journal of Water Resources Planning & Management, 1998, 124(1): 22— 30.
[10] 金相灿, 等. 中国湖泊环境[M]. 北京: 海洋出版社, 1995.
[11] 烟台市人民政府烟台年鉴编辑部. 烟台年鉴(2002)[M]. 北京: 中国出版社, 2003.
[12] 胡雪峰, 许世远, 等. 上海市郊中小河流氮磷污染特征[J]. 环境科学, 2001, 22(6): 66— 68.
[13] 贾晓珊, 徐昕荣, 等. 珠江流域河网底泥的氮磷污染特征及释放机理[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2005, 44(2): 107— 110.
[14] 刘天齐, 林肇信, 刘逸农. 环境保护概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 1993.
[15] 刘培桐, 薛纪渝, 王华东. 环境学概论[M]. 北京: 高等教育出版社, 2002.

(上接第 320 页)

加强和改进土地开发整理工作的通知》(国土资发【2005】29 号), 中国将在今后一个时期内, 大力开展基本农田整理。通过基本农田整理, 增加耕地面积, 提高耕地质量, 改善农业生

参考文献:

[1] 土地整理“ 以田生田” 再筑中国粮食安全“ 长城”[N]. 人民日报海外版, 2005-03-12(2).
[2] 高向军. 土地整理— 重点保护基本农田[N]. 中国国土资源报, 2005-11-3(1).
[3] 高向军. 土地整理理论与实践[M]. 北京: 地质出版社, 2003. 44— 50.
[4] 刘可清. 关于土地整理与国家粮食安全的思考[J]. 资源· 产业, 2001, (4): 5— 7.
[5] 魏丹斌, 尚凯. 土地整理— 我国耕地保护的重要举措[J]. 河南地质, 2001, 19(2): 93— 100.
[6] 任雪琴. 浅析我国的粮食安全问题[J]. 中国农业大学学报(社会科学版), 2006, (1): 44— 48.
[7] 刘和平, 朱霖. 提高粮食综合生产能力: 确保粮食安全的重要支撑[J]. 宜春学院学报(社会科学), 2005, 27(3): 45— 48.
[8] 张利娅. 粮食安全与农业可持续发展[J]. 信阳农业高等专科学校学报, 2005, 15(4): 12— 14.
[9] 田野. 影响我国粮食安全的主要隐患及对策建议[J]. 粮食问题研究, 2004, (2): 29— 32.
[10] 邵文杰. 保护和提高粮食综合生产能力[N]. 光明日报, 2003-12-04(4).

(2) 生活用水未经处理就大量的排入河流, 污染严重。门楼水库的上游是庵里水库, 白洋河连接着这两个水库, 沿途大量的生活污水和工业用水直接排入了白洋河, 白洋河曾一度污染严重。栖霞城区在 2004 年才建成一座污水处理厂投入使用, 大量的未经处理的高浓度的含氮污水被排入库区, 这也是造成门楼水库含氮量偏高的原因。

(3) 库区内养殖大量的禽畜, 且多为家庭散养。据烟台市统计局的统计, 在 2002 年库区养殖大牲畜 0. 899 7 万头, 猪 3. 945 8 万头, 羊 1. 969 6 万只, 家禽 57. 170 2 万只, 兔 10. 345 5 万只^[11], 库区周围养殖禽畜的生活污水量也是不容忽视的。

(4) 水库内底质淤泥及动植物遗体的分解也是造成水库内氮含量的原因之一, 很多学者都对此做过研究^[12— 13]。由于库区位于农业生产区, 且多为山区和丘陵区, 本区雨热同期, 降水比较集中, 水库底泥沉积较厚, 在一定程度上造成了水库氮含量偏高。

根据所监测到的数据分析, 表明门楼水库呈现中营养化, 但由于主要是无机氮超标, 对人体的健康不会带来危害。湖泊学家一致认为, 富营养化是水体衰老的一种表现^[14— 15], 鉴于胶东半岛缺水, 城市饮用水源地不多, 因此一定要切实的做好保护好城市饮用水源地。