

Analysis of Water Quality and Improvement Measures—Taking Lingao Lake in Baishui County, China as an Example

Jia Song Lei Guo Shanshan Feng Huan Wang Xiaoyan Wang

School of Environment and Life Sciences, Weinan Normal University, Weinan, Shaanxi, 714099, China

Abstract

In order to study the changes in the water quality of Lingao Lake, China 12' sampling points were arranged in Lingao Lake in November 2019 and sampled and analyzed to determine the turbidity, total dissolved solids (TDS), electrical conductivity (EC), pH value, and chemical requirements of the samples. There are 8 indicators of oxygen (COD), total hardness, dissolved oxygen (DO), and water temperature. This study uses the Nemerow index method and the single-factor pollution index method to analyze and investigate the current water quality of Lingao Lake. Using Nemerow index method, the four indexes of Lingao Lake's water temperature, pH value, total hardness and dissolved oxygen meet the Class II standard of GB3838-2002 *Surface Water Environmental Quality Standard*, and the single factor pollution index method is used to obtain the pollution index of pH value, DO and COD all meet Class III water quality standards. Through the water quality analysis and evaluation of the study area, it provides basic data for the sustainable open utilization of water resources in Lingao Lake, and proposes improvement measures to ensure the safety of water resources utilization.

Keywords

nemerow index method; single factor pollution; improvement measures

水质分析及改善措施——以中国白水县林皋湖为例

宋佳 郭蕾 冯珊珊 王欢 王晓艳

渭南师范学院环境与生命科学学院, 中国·陕西 渭南 714099

摘要

为研究中国林皋湖水质变化, 于2019年11月在林皋湖布置12个样点并进行采样分析, 测定样品浊度、总溶解固体(TDS)、电导率(EC)、pH值、化学需氧(COD)、总硬度、溶解氧(DO)、水温8个指标, 本次研究运用了内梅罗指数法和单因子污染指数法, 分析查究了林皋湖水质现状。使用内梅罗指数法得出, 林皋湖水温、pH值、总硬度及溶解氧4个指标均符合GB3838—2002《地表水环境质量标准》Ⅱ类标准, 使用单因子污染指数法得出, pH值、DO、COD的污染指数均符合Ⅲ类水质标准。通过研究区水质分析及评价, 为林皋湖水资源可持续开放利用提供基础数据, 提出改善措施, 保障水资源利用安全。

关键词

内梅罗指数法; 单因子污染指数法; 改善措施

1 引言

近些年来, 伴随着社会经济的快速发展和人口数量增长, 对水资源的需求也迅速增加。大量没有经过处理的工业污水、生产废水直排放到湖泊或海中, 水环境遭到破坏, 水质也越来越差。中国水污染的问题限制了经济的发展, 威胁到生态系统, 损害了人们的生活和健康。

自20世纪70年代以来, 世界上所有国家都已开始发展

其经济, 注重技术发展。但是随着经济效益的提高和科技的不断发展, 自然资源的污染问题也跟着到来^[1]。目前, 水污染已成为全球性问题。在中国七大水系的近400个监测断面, 劣于Ⅴ类水质的近27%, 基本上没有了其利用功能。2006年, 七个不合标准的第五节水系统的比例略低, 仅为26%, 而中国地表水中的地下水比例仍为28%。在水资源相对匮乏的中国北方, 污染状况更加严峻。

中国水环境的保护与管理受到越来越多的关注。自1980年以来, 已经在全国范围内进行了水质评估。环境质量评估是根据水评估的目标, 选择相关的水质量标准, 环境质量标

【作者简介】宋佳(1999-), 女, 中国陕西咸阳人, 本科在读, 从事地理科学研究。

准和评估方法,以评估水体的使用。通常使用国家或地方当局宣传的水质标准作为评估标准^[2]。目前,研究水质的方法有模糊综合分析法、内梅罗指数法、灰色关联分析法及单因子污染指数法等。内梅罗指数法是当前国际上进行综合污染指数计算最常运用的方法之一,该方法是一种兼顾极值或突出最大值的计权型多因子环境质量指数^[3],能够较全面地反映各种污染物的协同作用,从而较准确地评价各类环境要素的污染程度^[4]。单因子污染指数法被广泛使用,尤其是在环境影响评估方面。

中国白水林皋湖水质评价尚未开展系统工作,林皋水库位于白水河中段,可以供水、灌溉、防洪,负责1.1万人、1.3万头牲畜的饮水,在本地区农业生产和经济发展担任了重要角色。因此,对林皋湖水质评价工作显得尤为重要。本研究以林皋湖为研究对象,采集12个地段水样,进行8项指标分析,旨在发现林皋水库水质分布特征,开展水环境质量综合分析。

2 研究区概况

林皋湖位于中国陕西渭南白水林皋镇内,又叫做林皋水库,它的名字来自主要支流林皋河。林皋湖地处109° 16' ~109° 45' E, 35° 4' ~35° 27' N之间,融合了云台山、方山,形成山水联动的“两山一湖”绿色自然生态格局。它属于温带大陆性季风气候,年均降水量622mm,全年降水量的80%集中在6、7、8月,常常会有暴雨出现。林皋水库建于1966年2月,1971年12月竣工,在20世纪70年代开始运营。湖区常年气温平均11.4℃,最高25℃,持续时间很短,年日照2200~2600h以上,大坝长460m,高33.3m,控制流域面积330km²,总面积2200~2700亩,总库容3300万m³,流域年平均径流量1680万m³。林皋湖主要水源为北沟河、林皋河及白石河,汇入白水河,其灌溉面积为12万亩,水量较为充沛^[5]。

3 材料与方法

3.1 布点采样

2019年11月,根据林皋湖流经路线,采样点北至林皋河村南至圣颜源家,西起段家河东达林皋慢城旅游景区,如图1所示,共布置12个采样点,采集湖水水样12个。

3.2 样本测试及分析方法

本次测试实验,测定了水的浊度、TDS、EC、pH值、

温度、COD、总硬度、DO这8个指标。浊度使用便携式浊度仪(GDYS-101SZ2)检测;使用笔式pH检测计(AS-PH5)测定样品pH值;TDS和EC由TDS、EC二合一测量计(ec-01)检测;总硬度采用EDTA滴定法测定;采集COD水样时,现场加1ML硫酸锰及2ML碱性碘化钾固定剂,需要盖好瓶盖摇匀,使其充分反应,使用碘量法测定,DO采用重铬酸钾法测。

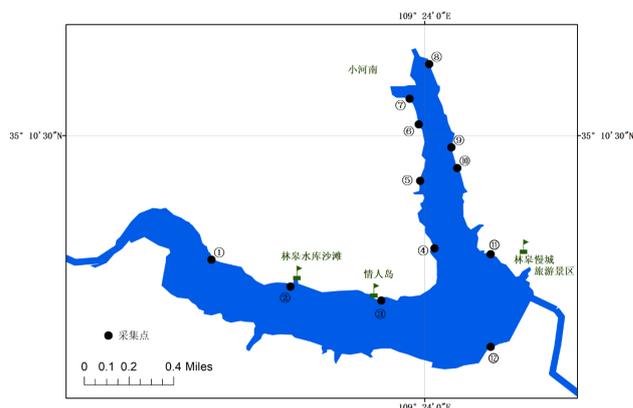


图1 研究区及采样点分布

4 评价方法

4.1 内梅罗指数法

内梅罗指数法是当前国际上进行综合污染指数计算最常用的方法之一。该方法先求出各因子的分指数,再求出各分指数的平均值,取最大分指数和平均值计算。在计算污染分指数时,往往某种污染物超标倍数很高,而其他若干污染物都不超标,平均状况也不超标,实际上某种污染因子超标就会造成对水环境的危害。该指数法考虑到了各污染物的平均污染水平、个别污染物的最大污染状况、水的用途,设计是比较合理的。

内梅罗水质指标计算公式:

$$PI_j = \sqrt{\frac{\max\left(\frac{C_i}{S_{ij}}\right)^2 + \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{S_{ij}}\right)^2}{2}}$$

其中,PI_j代表的是第j类标准的内梅罗综合污染指数;C_i代表的是i污染因子的实测浓度;S_{ij}为i污染因子在j种标准下的标准值。

4.2 单因子污染指数法

单因子污染指数法是一种通过比较污染水平和污染评估标准来确定水质等级的方法。采用单因子污染指数法确定主

要污染因子,这种方法被广泛应用,尤其是环境影响评估中。单因子污染指数法仅考虑最严重污染评价因素对整个评价结果的影响,强调最严重的评估因子在总体评估中的关键作用,削弱其他因素的作用^[6]。

①单因子污染指数的计算通式为:

$$PI_j = \sqrt{\frac{\max\left(\frac{C_i}{S_{ij}}\right)^2 + \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{S_{ij}}\right)^2}{2}}$$

其中, P_i 为第 i 项污染物的污染指数; C_i 为第 i 项污染物的实测值,单位 mg/L; C_0 表示 i 污染物的评价标准,单位为 mg/L。

② pH 的计算方法:

如果 $pH \leq 7$ 时,计算公式为:

$$P_{pH, j} = \frac{7.0 - pH_j}{7.0 - pH_{sd}}$$

如果 $pH > 7$ 时,计算公式为:

$$P_{pH, j} = \frac{pH_j - 7.0}{pH_{su} - 7.0}$$

其中, P_{pH_j} 为 j 采样点的 pH 的污染指数; pH_j 为 j 采样点的 pH 值; pH_{sd} 为评价标准中的下限值 6; pH_{su} 为评价标准中的上限值 9。

③ DO 的计算方法:

当 $DO_j \geq DO_s$ 时,计算公式为:

$$P_{DO, j} = \frac{|DO_f - DO_j|}{DO_f - DO_s}$$

当 $DO_j < DO_s$ 时,计算公式为:

$$P_{DO, j} = 10 - 9 \frac{DO_j}{DO_s}$$

其中, DO_f 代表是某水温、气压条件下的饱和溶解氧浓度; $DO_f = 468 / (31.6 + T)$, T 为水温,单位是 $^{\circ}C$; DO_s 为溶解氧评价标准限值,单位是 mg/L; DO_j 为 DO 在 j 采样点实测统计值。

污染指数得出后,其污染的程度能分成 5 个等级; 1.5 以上为极重污染; 1.0~1.5 为严重污染; 0.6~1.0 为较重污染; 0.2~0.6 为中污染; 污染指数 0~0.2 为轻污染。

4.3 评价标准依据

选取 pH 值、溶解氧、化学需氧量水质指标,依照国家 GB3838—2002《地表水环境质量标准》等级划分标准,运用单因子污染指数法的水质分析方法,对林皋湖监控断面的水环境质量进行分析评价。表 1 为本项目检测指标的地表水环境质量标准。

5 结果与分析

5.1 各指标综合分析

根据采样分析结果所得, pH 变化幅度较大,从 1~9 点

处逐渐下降,在采样点 9 处得到最小值, 9~12 点处逐步增加; 水质浊度基本都在维持在 10~30 之间,在采样点 10 处达到最大值 60.1NTU,在采样点 8 处达到最小值 3.73NTU; TDS 和 EC 整体变化幅度不大,在采样点 8 处达到最大值; DO 和总硬度在各河段整体变化不大, DO 在 1、3、8 处达到最大值,总硬度在 10 处取到最大值; COD 在整个河段中都处于 6~14 之间,在 7 处达到最大值 14,在 4 处取得最小值 6。

表 1 地表水环境质量标准

分类						
序号	标准值	I 类	II 类	III 类	IV 类	V 类
项目						
1	pH 值(无量纲)			6—9		
2	溶解氧	≥	饱和率 90%(或 7.5)	6	5	3 2
3	化学需氧量	≤	15	15	20	30 40

5.2 内梅罗指数法

根据美国学者内梅罗《河流污染科学分析》一书中所提到的该污染指数的 14 个水质指标参数^[7],选取本次实验所测定的温度、pH 值、总硬度及溶解氧 4 个指标,采用内梅罗指数法进行分析评价。

对比表 2 的内梅罗水质指数污染等级划分标准,结合表 3 内梅罗污染数,可以看出林皋湖 12 个采样点的内梅罗污染指数均位于 0.8~0.96 之间,均大于 0.6 小于 1,水质较为清洁,符合 II 类水质标准。内梅罗指数法突出污染指数最大的指标对评价结果的的影响,其中采样点 1 和 12, pH 达到最大值 8.7,通过计算,得出 1, 12 采样点内梅罗指数均为 0.957,是 12 个点中内梅罗污染指数最大值,也都符合 II 类标准。

5.3 单因子污染指数法

为了尽量与现行的国家水环境质量评价方法结合,与环办[2011]22号《地表水环境质量评价办法(试行)》一致,采用 GB3838—2002《地表水环境质量标准》表 1 中除水温、总氮和粪大肠菌群以外的 21 项指标^[8],包括本次实验所测定的 pH 值、DO、COD。

表2 内梅罗水质指数污染等级划分标准

P	<0.6	0.66~1.0	1.06~1.3	1.36~1.6	1.6~2.8	>2.8
水质等级	I	II	III	IV	V	劣于V

表3 各采样点内梅罗污染指数

采样点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
污染指数	0.957	0.935	0.925	0.936	0.935	0.903	0.892	0.893	0.871	0.934	0.924	0.957

表4 各采样点单因子污染指数

采样点	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P _{pH}	0.85	0.75	0.7	0.75	0.75	0.6	0.55	0.55	0.45	0.7	0.7	0.85
P _{DO}	0.151	0.177	0.194	0.424	0.406	0.399	0.62	0.191	0.436	0.465	0.242	0.198
P _{COD}	0.4	0.6	0.45	0.2	0.5	0.5	0.7	0.4	0.4	0.4	0.55	0.4

由表4可以看出,各采样点的 P_{pH}、P_{DO}、P_{COD} 均小于1,能够满足 GB3838—2002《地表水环境质量标准》中的Ⅲ类标准。其中 pH 的污染指数在 0.2~1.0,在 9 点处取最小值 0.45,属于中污染,在 1 和 12 点处取最大值 0.85,属于较重污染; DO 污染指数在 0~1.0 之间,1 点处取到最小值 0.151,属于轻污染,7 点处取到最大值 0.62,属于较重污染; COD 污染指数在 0.2~1.0 之间,在 4 点处取到最小值 0.2,属于轻污染,在 7 处取得最大值 0.7,为较重污染。

其中,7 点处 COD 和 DO 污染指数均大于 0.6,属于较重污染。COD 是估算总水污染物排放量的关键指标,并且是水污染的主要因素。它可以反映出水体的污染程度。其含量越高,水中使用的溶解氧就越多,从而减少了水的氧气,并加速了水质的恶化。1 和 12 点的 pH 污染指数为 0.85,也属于较重污染,其原因应该是周围居民生活污水排放,同时农作物化肥污染,使 pH 污染指数偏高。

6 讨论

河流水质的变化是多种因素综合作用的结果。区域自然环境和社会环境的变化会对河流水质产生影响。

林皋水库水质指标呈现出水质浊度空间差异大的特点,主要原因有以下几个方面。

6.1 垃圾焚烧

采样点 10 浊度高的原因是附近餐馆较多,人为倾倒的

废水,沿岸焚烧的垃圾、人们烧烤留下的垃圾进入河流,造成水中胶体颗粒和悬浮物增多,水体浊度增大。

6.2 施工影响

林皋慢城景区正在建设中。灰尘和污水流入河中。建筑污水的影响给水带来了非常奇特的气味,浊度高,透明度差。

6.3 水生生物对水质的影响

采样点 8 和 9 的水附近种植有芦苇和香蒲等,并且栽培植物的根和身体具有吸附和捕获水中悬浮物的作用,因此其水浊度低得多。原理是芦苇的根部分泌有机物并吸收水中的悬浮液,植物有机体阻止水的流动并减慢水流,从而降低水的浊度,使悬浮液沉淀出来以提高透明度的^[9,10]。林皋湖水具有大量溶解氧的原因是水中有许多藻类,并且氧气是通过光合作用产生的。水温、气压、pH 值、水生植物水量及光合作用都会使溶解氧受影响。

7 结论

①通过各指标综合分析可以得出,林皋湖 pH 值在 7.9~9 之间,属于弱碱水; TDS 浓度范围在 212~258 mg/L; EC 在 424~526 us/cm 之间,适于发展鱼类养殖业;总硬度 197~296 mg/L 之间,属于微硬水; COD 在 6~14 mg/L 之间,属于 I 类水; DO 均位于 8~11mg/L 之间,属于 I 类水。

②使用内梅罗指数法探究表明,林皋湖温度、pH 值、总硬度及溶解氧 4 个指标内梅罗指数,均大于 0.6 小于 1,符合 II 类水质标准。

③使用单因子污染指数法分析表明,林皋湖 pH 值、DO、COD 的污染指数均符合 III 类水质标准。

8 改善措施

考虑到林皋湖在水库调度过程中的多样性,我们将积极

研究生态可持续发展,对可能出现的情况进行规划,并及时处理新问题。

8.1 完善水质监测制度

要加强林皋湖水质检测。认真执行水库管理及水源保护条例,完善林皋水库出水口水质自动监测站;规范水质监测断面布局,使监测断面、监测时间、频率和监测因子等统一;建立完善的林皋湖上游水质动态监测网络和数据库;加强管理人员,增加水质检测仪器设备,定期检测林皋湖水质。

8.2 对林皋水库及输水干渠进行隔离防护

根据水源安全标准化建设和标准化建设的要求,考虑水源保护的需要,对林皋水库水源地输水干渠实行物理隔,组织围网工程,清理围网内的违章建筑和问题,实行封闭管理。此外,要完善库区视频监控系统,配备库区漂浮物清除器,完善库区管理区巡查设备,加强执法监督力量^[11]。

8.3 推进林皋湖保护“三个建设”

加强周边地区组织建设,扎实推进林皋水库水源保护区农村基层组织建设,深入开展“奋发图强”活动;加强周边地区基础设施建设,依托林皋水库现有的农业工程基础,努力搞好农业生产、农民生活、农村生态等基础设施建设;加强社会事业建设,加强水源保护区文化教育设施、医疗卫生体系和社会保障体系建设,改善人民的基本生活条件,提高人民的生活水平^[12]。

9 结语

目前,林皋水库已采取多种保护措施。但由于种种原因,仍有许多问题需要政府和有关部门高度重视。提高周边村庄

居民对林皋湖的保护意识,并加强对水源保护的宣传,普及居民水源保护知识,使林皋湖的水资源得到保护。

参考文献

- [1] 陈晓君. 试论国内外水质检测处理方法的现状及意义 [J]. 化工管理, 2020(8):50-51.
- [2] 权轻舟. 沈河湿地水环境质量综合评价 [J]. 湖北农业科学, 2019,58(21):76-81.
- [3] 陈京都,戴其根,许学宏,等. 江苏省典型区农田土壤及小麦中重金属含量与评价 [J]. 生态学报, 2012,32(11):3487-3496.
- [4] 韩术鑫,王利红,赵长盛. 内梅罗指数法在环境质量评价中的适用性与修正原则 [J]. 农业环境科学学报, 2017,36(10):2153-2160.
- [5] 贺志馨,权晓娟. 白水县林皋湖生态养殖探析 [J]. 陕西水利, 2014(S1):219-220.
- [6] 张航,柴勇,叶志义. 单因子指数法分析重庆清水溪非点源污染 [J]. 科技传播, 2011(10):230-231.
- [7] 关伯仁. 评内梅罗的污染指数 [J]. 环境科学, 1979(4):67-71.
- [8] 嵇晓燕,孙宗光,陈亚男. 城市地表水环境质量排名方法研究 [J]. 中国环境监测, 2016,32(4):54-57.
- [9] 张倩. 太湖挺水植物群落对水体净化能力研究 [D]. 南京:南京林业大学, 2011.
- [10] 曹昀,王国祥,黄齐. 人工湿地改善长江水体透明度的示范研究 [J]. 人民长江, 2009,40(20):85-87.
- [11] 张倩. 太湖挺水植物群落对水体净化能力研究 [D]. 南京:南京林业大学, 2011.
- [12] 张丽丽,王治霞,贾希征. 淄博市太河水源地保护的对策 [J]. 山东水利, 2010(9):8-9+12.