

某湖库型集中式饮用水源地特征污染物现状分析及治理对策研究

陆金国, 聂晨曦

文山州生态环境局麻栗坡分局生态环境监测站, 云南 文山

收稿日期: 2023年6月23日; 录用日期: 2023年7月24日; 发布日期: 2023年7月31日

摘要

本文利用某湖库型集中式饮用水源地近年来的水环境质量监测数据, 对其特征污染物进行现状分析, 提出该饮用水源地治理对策。

关键词

湖库型, 饮用水源地, 特征污染物, 治理对策

Analysis on the Status Quo of Characteristic Pollutants in a Lake-Type Centralized Drinking Water Source and Research on Its Control Countermeasures

Jinguo Lu, Chenxi Nie

Ecological Environment Monitoring Station of Malipo Branch of Ecological Environment Bureau of Wenshan Prefecture, Wenshan Yunnan

Received: Jun. 23rd, 2023; accepted: Jul. 24th, 2023; published: Jul. 31st, 2023

Abstract

Based on the monitoring data of water environment quality of a certain lake and reservoir type centralized drinking water source in recent years, the present situation of its characteristic pollutants was analyzed, and the treatment countermeasures were put forward.

Keywords

Lake-Reservoir Type, A Source of Drinking Water, Characteristic Pollutant, Treatment Strategy

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 前言

某湖库型集中式饮用水源地于 1958 年 11 月兴建, 1992 年扩建, 2011 年进行除险加固处理, 是一座以人畜饮水为主的小(二)型水库, 属于地表水型水源, 现状功能为饮用水, 水质功能类别为地表水 III 类。该水库设计洪水位 1559.01 m, 校核洪水位 1559.17 m, 正常蓄水位 1559 m, 死水位 1541.67 m, 总库容 72.42 万 m³, 兴利库容 64.35 万 m³, 调洪库容 5.42 万 m³, 死库容 2.65 万 m³。为进一步加强对该饮用水源地的水质监管, 共设置 2 个水质监测点位开展水质监测工作, 监测点位示意图如图 1 所示。

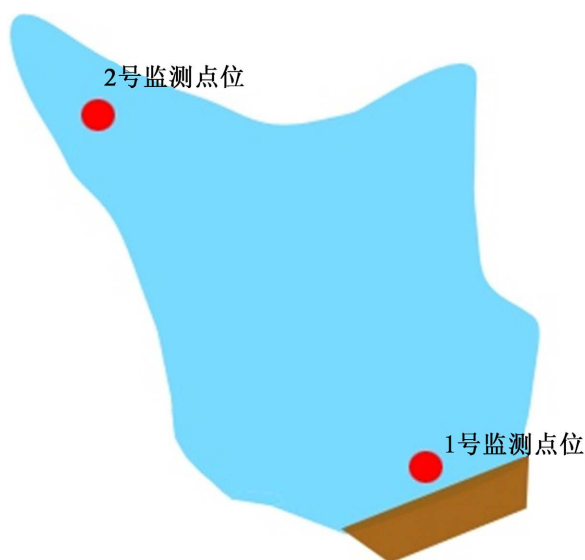


Figure 1. Schematic diagram of the monitoring points of a lake-type drinking water source

图 1. 某湖库型饮用水源地监测点位示意图

本文以该湖库型饮用水源地 2021 年 5 月至 2023 年 3 月水质监测数据为基础, 对其水环境质量现状和特征污染物进行统计分析, 进一步掌握该饮用水水源地环境状况, 提出治理对策, 加强该饮用水源地污染防治和管理能力建设, 切实推动该饮用水水源地环境保护专项整治工作的全面开展, 为持续改善该饮用水源地水质及其水环境管理提供参考依据。

2. 水质评价方法、评价指标

2.1. 水质评价方法

本文采用单因子评价方法, 根据《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)标准限值对照标准进行分析, 确定水质常规监测指标达标状况[1]。

2.2. 评价指标

2021年5月至2023年3月分别对该水库1号监测点位和2号监测点位开展了5次水质监测, 监测项目为《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)表1的24项指标包括水温、pH、溶解氧、高锰酸盐指数、化学需氧量(COD_{Cr})、五日生化需氧量(BOD₅)、氨氮、总磷、总氮、铜、锌、氟化物、硒、砷、汞、镉、六价铬、铅、氰化物、挥发酚、石油类、阴离子表面活性剂(LAS)、硫化物、粪大肠菌群, 表2的5项指标包括硫酸盐、氯化物、硝酸盐氮、铁、锰和叶绿素a、透明度共31项指标[2]。

3. 水质评价结果

3.1. 整体水质现状评价

该湖库型集中式饮用水源地共设有2个监测点位, 分别为1号监测点位、2号监测点位, 根据各监测点位2021年至2023年现有相关月份监测数据, 以年平均浓度的方式进行年份水质评价, 各监测点位水质评价结果见表1。

Table 1. A list of water quality evaluation results at each monitoring point

表 1. 各监测点位水质评价结果一览表

断面名称	水质目标	监测时间	水质现状	达标情况	超标因子
1号监测点位	III类	2021.05	IV类	超标	COD、高锰酸铵指数、BOD ₅
		2021.10	IV类	超标	高锰酸铵指数、BOD ₅
		2022.04	IV类	超标	COD、高锰酸铵指数、BOD ₅
		2022.11	IV类	超标	COD、高锰酸铵指数、BOD ₅
		2023.03	IV类	超标	COD、高锰酸铵指数、BOD ₅
2号监测点位	III类	2021.05	IV类	超标	COD、高锰酸铵指数、BOD ₅
		2021.10	IV类	超标	高锰酸铵指数、BOD ₅
		2022.04	IV类	超标	COD、高锰酸铵指数、BOD ₅
		2022.11	IV类	超标	COD、高锰酸铵指数、BOD ₅
		2023.03	IV类	超标	COD、高锰酸铵指数、BOD ₅

根据评价结果, 2021年5月至2023年3月该饮用水源地2个监测点位水质均未能达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类水质标准。1号监测点位2021年5月至2023年3月水质达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV类水质标准, 超标因子为COD、高锰酸盐指数、BOD₅; 2号监测点位2021年5月至2023年3月水质达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) IV类水质标准, 超标因子为COD、BOD₅、高锰酸盐指数。

3.2. 各监测点位水质现状评价

根据《地表水环境质量评价办法》(环办〔2011〕22号)文件要求及《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)标准限值要求, 结合该饮用水源地2个水质监测点位水质监测结果情况。选取COD、BOD₅、高锰酸盐指数作为主要污染物对水质变化趋势及主要污染物指标变化趋势进行分析。

3.2.1. 1号监测点位水质现状评价

1号监测点位作为该饮用水源地的取水口, 水质目标执行《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类水质标准, COD、BOD₅、高锰酸盐指数标准限值分别为: 20 mg/L、4 mg/L、6 mg/L, 2021年5月至2023年3月水质监测结果见表2。

Table 2. List of water quality monitoring results at No.1 monitoring point
表 2. 1号监测点位水质监测结果一览表

监测时间	COD (mg/L)			BOD ₅ (mg/L)			高锰酸盐指数(mg/L)		
	监测结果	标准限值	评价	监测结果	标准限值	评价	监测结果	标准限值	评价
2021.05	26	20	超标	5.1	4	超标	6.7	6	超标
2021.10	19	20	达标	4.8	4	超标	6.6	6	超标
2022.04	25	20	超标	5.0	4	超标	6.8	6	超标
2022.11	21	20	超标	4.6	4	超标	6.5	6	超标
2023.03	25	20	超标	4.9	4	超标	6.7	6	超标
月平均值	24	20	超标	4.88	4	超标	6.66	6	超标

根据表 2 监测结果显示, 2021 年 5 月至 2023 年 3 月, 1 号监测点位 COD、BOD₅、高锰酸盐指数均未能达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类水质标准要求。监测期间 COD、BOD₅、高锰酸盐指数出现不同程度的超标情况。其中监测期间 COD 最高值为: 26 mg/L, 超过标准 0.3 倍, BOD₅ 最大值为: 5.1 mg/L, 超过标准 0.275 倍, 高锰酸盐指数最大值为: 6.8 mg/L, 超过标准 0.133 倍, 各项水质指标逐月变化情况见图 2 至图 5。

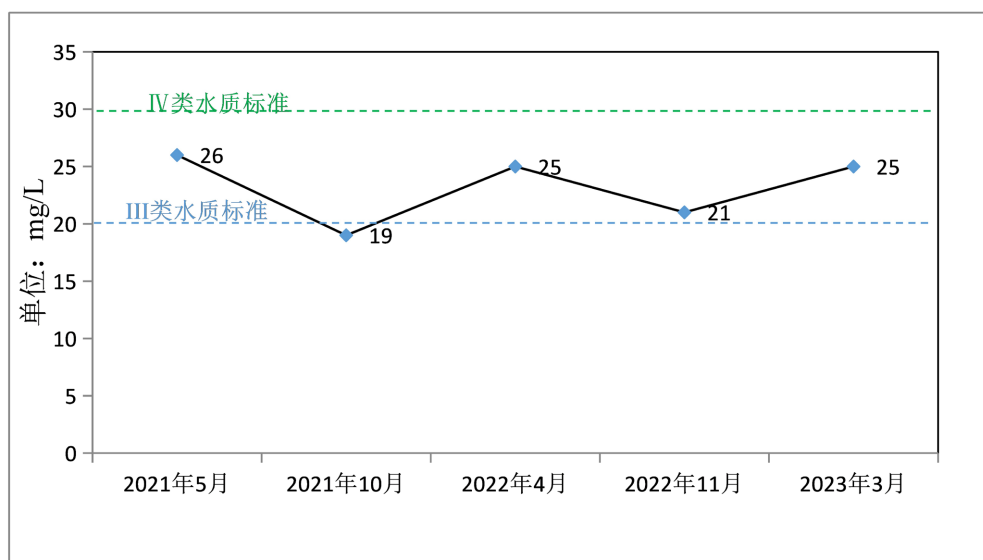


Figure 2. COD change trend chart of No.1 monitoring point
图 2. 1号监测点位 COD 变化趋势图

根据图 2, 1 号监测点位 COD 浓度变化情况为: 2022 年 5 月~2023 年 3 月 COD 仅 2021 年 10 月能达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类水质标准要求, 旱季 COD 浓度略高于雨季, 监测期间累计出现 4 次超标, 超标月份分别为 2021 年 5 月、2022 年 4 月、2022 年 11 月、2023 年 3 月, 监测结果最大值为 26 mg/L, 超标倍数为 0.3 倍。

根据图 3, 1 号监测点位 BOD₅ 浓度变化情况为: 2022 年 5 月~2023 年 3 月 BOD₅ 浓度相对稳定, 旱季 BOD₅ 浓度略高于雨季, 浓度范围为 4.6 mg/L~5.1 mg/L, 监测期间累计出现 5 次超标, 超标月份分别为 2021 年 5 月、2021 年 10 月、2022 年 4 月、2022 年 11 月、2023 年 3 月, 超标倍数分别为 0.35 倍、0.2 倍、0.25 倍、0.3 倍、0.225 倍。

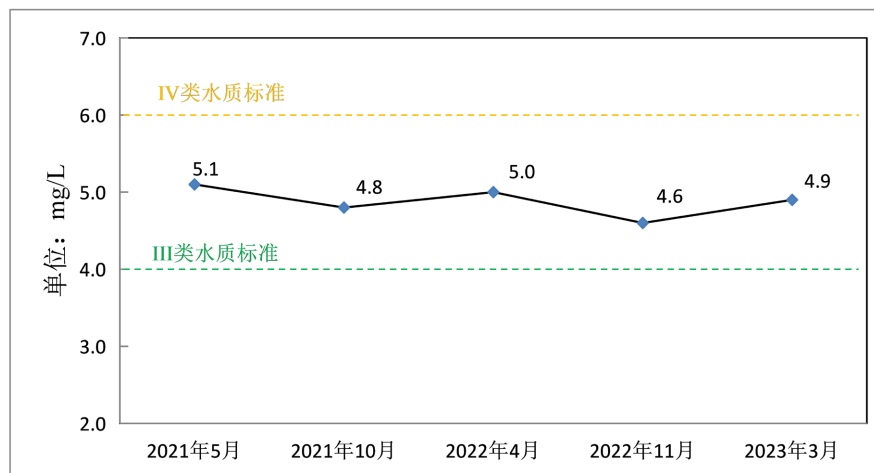


Figure 3. BOD₅ change trend chart of No.1 monitoring point

图 3. 1号监测点位 BOD₅ 变化趋势图

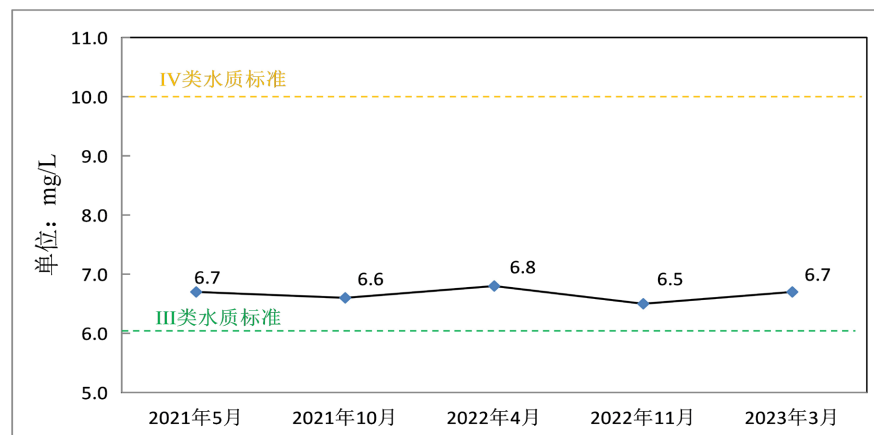


Figure 4. The change trend of permanganate index at No.1 monitoring point

图 4. 1号监测点位高锰酸盐指数变化趋势图

根据图 4, 1号监测点位高锰酸盐指数浓度变化情况为: 2022年5月~2023年3月高锰酸盐指数浓度相对稳定, 旱季高锰酸盐指数浓度略高于雨季, 浓度范围为 6.5 mg/L~6.8 mg/L, 监测期间累计出现 5 次超标, 超标月份分别为 2021年5月、2021年10月、2022年4月、2022年11月、2023年3月, 超标倍数分别为 0.12 倍、0.1 倍、0.13 倍、0.08 倍、0.12 倍。

3.2.2.2 2号监测点位水质现状评价

2号监测点位作为该饮用水源地的重点参照点位, 功能区水质目标为 III 类, COD、BOD₅、高锰酸盐指数标准限值分别为: 20 mg/L、4 mg/L、6 mg/L。2021年5月至2023年3月水质监测结果见表 3。

根据表 3 监测结果显示, 2021年5月~2023年3月, 2号监测点位 COD、BOD₅、高锰酸盐指数均未能达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类水质标准要求。监测期间 COD、BOD₅、高锰酸盐指数出现不同程度的超标情况, 其中监测期间 COD 最高值为: 25 mg/L, 超过标准 0.25 倍, BOD₅ 最大值为: 5.0 mg/L, 超过标准 0.25 倍, 高锰酸盐指数最大值为: 6.7 mg/L, 超过标准 0.117 倍, 各项水质指标逐月变化情况见图 5 至图 7。

Table 3. A list of water quality monitoring results at No.2 monitoring point
表 3. 2 号监测点位水质监测结果一览表

监测时间	COD (mg/L)			BOD ₅ (mg/L)			高锰酸盐指数(mg/L)		
	监测结果	标准限值	评价	监测结果	标准限值	评价	监测结果	标准限值	评价
2021.05	25	20	超标	5.0	4	超标	6.7	6	超标
2021.10	19	20	达标	4.6	4	超标	6.7	6	超标
2022.04	24	20	超标	5.0	4	超标	6.6	6	超标
2022.11	21	20	超标	4.5	4	超标	6.4	6	超标
2023.03	25	20	超标	4.9	4	超标	6.7	6	超标
月平均值	22.8	20	超标	4.8	4	超标	6.62	6	超标

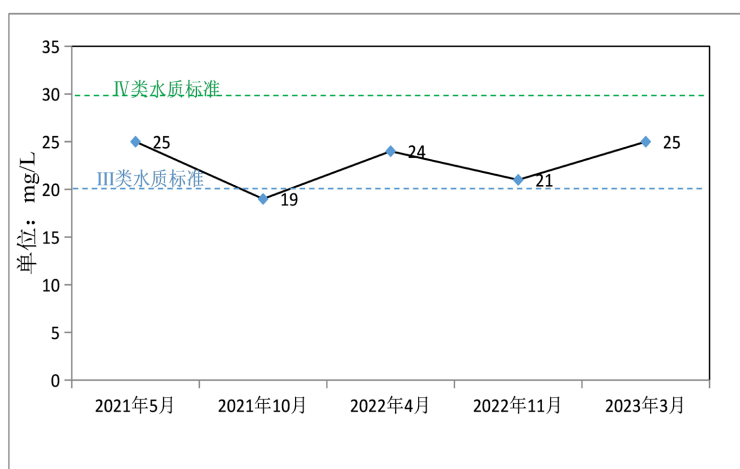


Figure 5. COD change trend chart of No.2 monitoring point
图 5. 2 号监测点位 COD 变化趋势图

根据图 5, 2 号监测点位 COD 浓度变化情况为: 2022 年 5 月~2023 年 3 月 COD 仅 2021 年 10 月能达到《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类水质标准要求, 旱季 COD 浓度略高于雨季, 监测期间累计出现 4 次超标, 超标月份分别为 2021 年 5 月、2022 年 4 月、2022 年 11 月、2023 年 3 月, 监测结果最大值为 25 mg/L, 超标倍数为 0.25 倍。

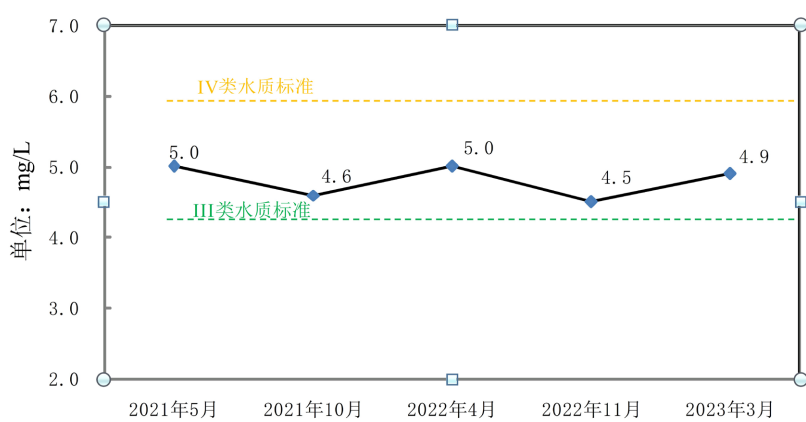


Figure 6. BOD₅ change trend chart at No.2 monitoring point
图 6. 2 号监测点位 BOD₅ 变化趋势图

根据图 6, 2 号监测点位 BOD₅ 浓度变化情况为: 2022 年 5 月~2023 年 3 月 BOD₅ 浓度相对稳定, 旱季 BOD₅ 浓度略高于雨季, 浓度范围为 4.5 mg/L~5.0 mg/L, 监测期间累计出现 5 次超标, 超标月份分别为 2021 年 5 月、2021 年 10 月、2022 年 4 月、2022 年 11 月、2023 年 3 月, 超标倍数分别为 0.25 倍、0.15 倍、0.25 倍、0.125 倍、0.225 倍。

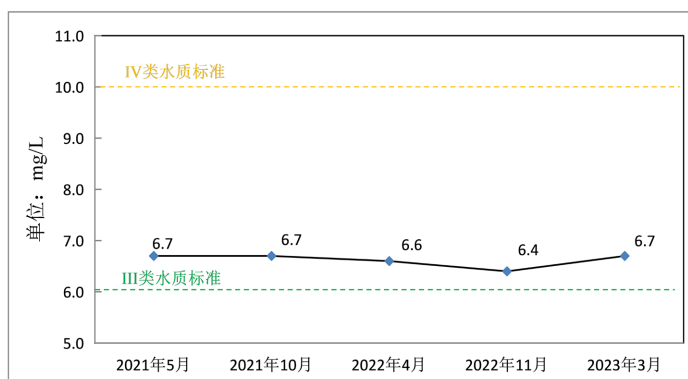


Figure 7. The change trend of permanganate index at No.2 monitoring point
图 7. 2 号监测点位高锰酸盐指数变化趋势图

根据图 7, 2 号监测点位高锰酸盐指数浓度变化情况为: 2022 年 5 月~2023 年 3 月高锰酸盐指数浓度相对稳定, 旱季高锰酸盐指数浓度略高于雨季, 浓度范围为 6.4 mg/L~6.7 mg/L, 监测期间累计出现 5 次超标, 超标月份分别为 2021 年 5 月、2021 年 10 月、2022 年 4 月、2022 年 11 月、2023 年 3 月, 超标倍数分别为 0.12 倍、0.12 倍、0.10 倍、0.07 倍、0.12 倍。

4. 主要水环境问题原因分析

一是该湖库型饮用水源地建设年限长, 从 1958 年建设至今未开展过库区淤泥清理, 在水源地保护区划定前, 一级保护区内经常出现放牧情况, 加之水源补给方式单一(水源补给的主要方式为汛期雨水补给, 几乎无地表径流流入)。二是该饮用水源保护区范围内涉及农村生活、农业种植、畜禽养殖及水土流失等面源污染, 经过常年的污染物累积, 该饮用水源地底质污染物浓度偏高, 最终导致该饮用水源中 COD、BOD₅、高锰酸盐指数等污染物浓度常年超过《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准。

4.1. 农村生活污水污染

据调查, 该水库保护区范围内涉及农村居民约 10 户, 人口 75 人, 未建农村生活污水集中处理设施。参考第一次全国污染源普查数据, 采用人均排污系数法核算农村生活污水及污染物排放量, 该水库饮用水源地保护区范围内污水、化学需氧量、氨氮、总氮、总磷排放量分别为 178.7 t/a、0.145 t/a、0.0005 t/a、0.005 t/a 和 0.0015 t/a。

4.2. 农村生活垃圾污染

根据保护区范围内人口统计结果及排污系数计算, 采用人均排污系数法核算农村生活垃圾及污染物排放量, 保护区范围内生活垃圾、化学需氧量、氨氮、总氮、总磷排放量分别为 0.23 t/a、0.023 t/a、0.0007 t/a、0.0012 t/a、0.0005 t/a。

4.3. 农业种植污染

该水库保护区内耕地面积总计为 2.23 hm², 均为旱地。耕地种植施用的化肥农药流失对水源地造成

污染, 运用第一次全国污染源普查成果, 使用流域内耕地面积污染流失的平均强度, 得到旱地肥料化学需氧量、总氮、总磷、氨氮的流失系数分别为 1.5 kg/亩、0.824 kg/亩、0.095 kg/亩、0.105 kg/亩。

4.4. 畜禽养殖污染

经统计, 该水库饮用源地保护区有少量畜禽养殖, 年末出栏肉猪 120 头、羊 50 只、牛 15 头、家禽 175 羽。根据《第一次全国污染源普查畜禽养殖产排污系数手册》(2008 年)计算, 水库饮用源地保护区范围内污染物外排量分别为化学需氧量 26.86 t/a、氨氮 0.938 t/a、总氮 1.34 t/a、总磷 0.287 t/a。

4.5. 水土流失污染

根据水库保护区内水土流失现状, 对保护区范围内的土壤氮磷含量进行综合分析, 流失土壤中总氮含量取 1.32 g/kg, 总磷含量取 19.30 mg/kg, 化学需氧量含量取 2.13%, 按照 20% 的淋溶率计算水土流失污染物入库量, 化学需氧量、总氮、总磷入库量分别为 1.001 t/a、0.062 t/a、0.001 t/a。

5. 治理对策

5.1. 实施库区淤泥清理

旱季来临进入枯水期需对库区内累计的淤泥进行清理, 清除库区内累积的生活垃圾、畜禽粪便、农膜等固体废物, 降低库内底质污染物浓度, 切实解决因淤泥累积而产生特征污染物浓度本底值偏高的问题。

5.2. 实施一级保护区生态防护治理

通过实施退耕还林还草、逐步清退一级保护区内的耕地、禁止区内新开垦耕地等方式实施一级保护区生态防护治理[3]。

5.3. 实施面源污染控制

一是实施农村生活面源治理, 倡导水源保护区内农村生活垃圾就地分类、综合利用, 按照“组保洁、村收集、乡(镇)转运、县(市)区处置”的模式对生活垃圾进行收集, 采用农村卫生厕所对生活污水进行处置, 加强对水源保护区内农村生活污水及生活垃圾的收集处理, 降低对水库水质的影响。二是实施畜禽养殖面源治理, 结合“提升城乡人居环境五年行动计划”, 对保护区内农户畜禽养殖实施“改圈”, 规范农村畜禽养殖, 加强相关宣传教育工作, 提高农户污染防范意识, 减少畜禽养殖粪便排入库区内。三是实施测土配方施肥, 针对目前耕地化肥施用过量, 化肥氮、磷、钾配比不协调, 农作物品质下降、农田氮、磷流失严重等问题, 实施测土配方施肥技术, 科学使用化肥农药[4]。

5.4. 实施生态恢复与建设

根据保护区内的土地利用现状、水土流失现状、水土保持工作方向和水源保护的相关要求, 水源地保护区的一级保护区全部作为生态用地。二级保护区采取农业用地措施(坡改梯、经济果木林种植、植物护埂、保土耕作、植物篱、坡面水系措施、作业便道措施、挖沙采石场迹地恢复措施)、生态用地措施(水土保持林、种草、封禁治理措施)、小型水利水保工程措施(溪沟整治、拦砂坝)及其他辅助措施, 力争保护区内平均土壤侵蚀模数降至轻度(500 t/km²a)以下, 流域水土流失总量降低 50% 以上。对饮用水水源地保护区进行生态修复、生态建设工程, 加强生态保护, 提高保护区内自然净化能力, 促进生态良性循环, 改善和保护饮用水源水质。

5.5. 实施管理能力建设

加强水库饮用水水源地管理能力建设,做到“一源一档”,严格按《中华人民共和国环境保护法》《中华人民共和国水法》《中华人民共和国水污染防治法》《饮用水水源保护区污染防治管理规定》等相关法律法规要求,开展水源保护区环境监管,定期巡查水源地保护区,严禁畜禽放牧等可能污染水源的活动,定期开展饮用水水源地环境状况评估[4]。

6. 结论

该湖库型饮用水水源地因常年未进行清淤处理和存在面源污染导致 COD、BOD₅、高锰酸盐指数等污染物浓度常年超过《地表水环境质量标准》(GB3838-2002) III类标准,通过实施库区淤泥清理、实施一级保护区生态防护治理、实施面源污染控制、实施生态恢复与建设、实施管理能力建设等治理对策能有效改善其水质。

参考文献

- [1] 环境保护部. 地表水环境质量评价办法: 环办〔2011〕22号[Z]. 2011.
<https://www.mee.gov.cn/gkml/hbb/bgt/201104/W020110401583735386081.pdf>, 2023-04-05.
- [2] 国家环境保护总局. GB3838-2002 中华人民共和国地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国环境出版社, 2002.
- [3] 张红举, 陈方. 太湖流域面源污染现状及控制途径[J]. 水资源保护, 2010, 26(3): 87-90.
- [4] 钱易, 唐孝炎. 环境保护与可持续发展[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.