

暮底河水库水质变化趋势及其富营养化评价

肖建伟, 李玉勇, 李应飞

云南省生态环境厅驻文山州生态环境监测站, 云南 文山

收稿日期: 2024年3月25日; 录用日期: 2024年4月26日; 发布日期: 2024年6月17日

摘要

本文分析了暮底河水库2013年~2022年水质变化趋势, 使用湖泊(水库)富营养状况评价方法对其水质状况进行评价。结果表明, 水质状况较好, 水质类别为II类。2013~2016年间TLI指数呈现上升趋势, 在2016年后保持基本稳定后略有所上升, 水质处于中营养化状态, 水质状况呈现逐渐恶化趋势。同时, 针对水源地保护提出保护对策。

关键词

暮底河水库, 水质, 趋势分析, 富营养化

Trend of Water Quality Change and Evaluation of Eutrophication in Mudihe Reservoir

Jianwei Xiao, Yuyong Li, Yingfei Li

The Ecological and Environmental Monitoring Station of DEEY in Wenshan, Wenshan Yunnan

Received: Mar. 25th, 2024; accepted: Apr. 26th, 2024; published: Jun. 17th, 2024

Abstract

The article analyzes the trend of water quality changes in the Mudihe Reservoir from 2013 to 2022, and evaluates its water quality status using the eutrophication evaluation method of lakes (reservoirs). The results indicate that the quality condition is good, and the water quality is classified as Class II. The TLI index showed an upward trend from 2013 to 2016, and remained basically stable after 2016, with a slight increase. The water quality was in a moderately eutrophic state, the water quality is showing a gradually deteriorating trend. At the same time, propose protection measures for water source protection.

文章引用: 肖建伟, 李玉勇, 李应飞. 暮底河水库水质变化趋势及其富营养化评价[J]. 环境保护前沿, 2024, 14(3): 467-472. DOI: 10.12677/aep.2024.143064

Keywords

Mudihe Reservoir, Water Quality, Trend Analysis, Eutrophication

Copyright © 2024 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. 引言

暮底河水库位于云南省文山市城西北部,盘龙河右岸一级支流暮底河下游河段,属红河流域泸江水系,是文山市重要的供水水源地。暮底河水库为中型水库,设计库容 5784.90 万立方,正常蓄水位 1338.00 m,相应库容 5677.20 万立方米,兴利库容 4572.14 万立方米,灌溉面积 5.28 万亩。每年提供城市工业、生活用水 2451 万立方米。近年来,随着经济社会的发展,城镇化推进等因素,暮底河水库入库污染物趋势加剧。经验表明,随着水库运行时间的不断增长,水库外环境污染物的汇入及水库水体流速较慢,水库污染物富集且降解污染物的能力下降,可能会引起水库水环境质量下降面临环境风险。[1]本文根据暮底河水库取水口 2013~2022 年监测数据,取监测指标年平均值对暮底河水库水质进行分析与评价。

2. 监测基本情况

2.1. 监测断面

为了解暮底河水库水质状况,本文采用暮底河水库取水口监测断面 2013~2022 年连续 10 年监测数据进行分析评价。

2.2. 监测项目

选取《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002) [2]表 1 中总氮(TN)、总磷(TP)、叶绿素 a (chl_a)、COD_{Mn}、溶解氧(DO)、pH 和透明度(SD)等参数。

2.3. 评价及分析方法

水质类别采用《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)表 1 进行单因子评价。营养状态评价选取总氮(TN)、总磷(TP)、叶绿素 a (chl_a)、透明度(SD)及高锰酸盐指数(COD_{Mn}) 5 项进行计算,采用营养状态指数法评价。同时,水库水质的污染变化趋势采用 Spearman 秩相关系数法进行评价。

3. 水质评价及变化趋势分析

3.1. 2013~2022 年暮底河水库水质变化趋势分析

评价参数选取国家《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的总氮(TN)、总磷(TP)、高锰酸盐指数(COD_{Mn})、溶解氧(DO)、pH 和透明度 SD 等。暮底河水库取水口 2013~2022 年水质监测重点指标参趋势变化见图 1。

对 2013~2022 年暮底河水库监测数据进行分析,从图 1 趋势变化图可以看出,2013~2022 年,总磷、pH、BOD₅ 指标基本保持稳定,变化不明显;总氮、叶绿素 a 和 COD_{Mn} 呈现明显的上升趋势;溶解氧指标在 2019 年后有呈现上升趋势;但透明度指标在 2013~2022 年间呈现不断下降的趋势。根据国家《地表

水环境质量标准》(GB3838-2002)对水库指标进行单因子评价,其评价结果见表1[2]。根据《地表水环境质量评价办法(试行)》规定评价指标为:《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)表1中除水温、总氮、粪大肠菌群以外的21项指标,总氮不作为日常水质评价指标。可以看出暮底河水库2013~2022年间,除2017、2019、2022年三年出现总氮超标,其他指标均未出现超标现象,这一现象可能与当地的农业结构和地形及土壤性质相关。水库水质状况较好,水质类别为Ⅱ类。

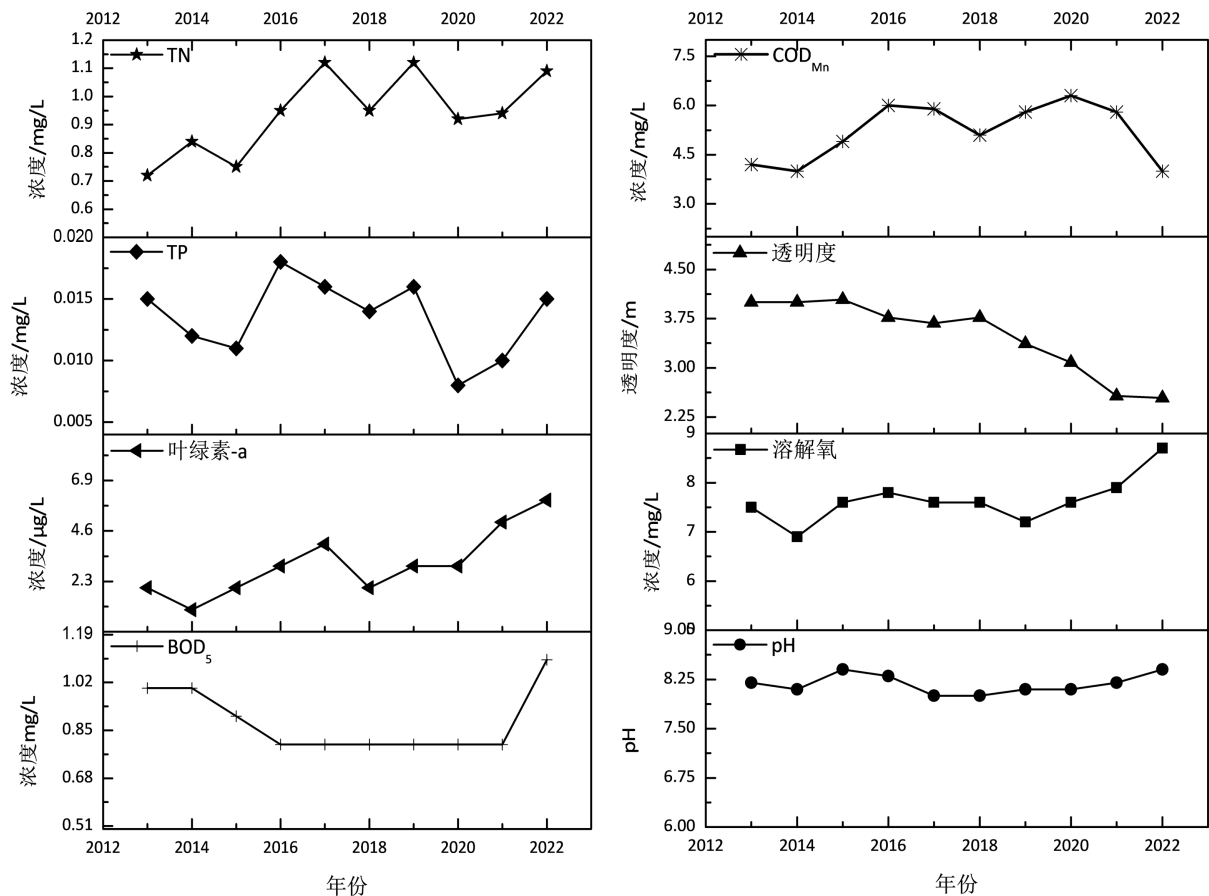


Figure 1. Trends in key water quality monitoring indicators of Mudihe Reservoir from 2013 to 2022

图1. 暮底河水库2013~2022年水质监测重点指标变化趋势

Table 1. Water quality pollution status of Mudihe Reservoir from 2013 to 2022

表1. 暮底河水库2013~2022年水质污染状况

年份	项目	水质类别	超标项目和超标倍数
2013		Ⅱ	无
2014		Ⅱ	无
2015		Ⅱ	无
2016		Ⅱ	无
2017		Ⅱ	总氮 0.12 倍
2018		Ⅱ	无

续表

2019	II	总氮 0.12 倍
2020	II	无
2021	II	无
2022	II	总氮 0.09 倍

3.2. 富营养化评价

造成水体富营养化是由于河流或湖泊等水体中过量的营养物质氮、磷等使藻类以及其他水生生物快速生长，水体透明度和溶解氧变化，造成水体水质恶化，加速水体老化从而使水体生态系统和水功能受到阻碍和破坏。^[3]目前，有关湖泊富营养化的评价方法主要有：特征法、参数法、生物指标评价法、磷收支模型法、营养状态指数法和数学分析法。其中，营养状态指数法(TLI)是综合多项富营养化指标，包括湖水透明度、藻类叶绿素含量以及湖水总磷浓度并将其转换为营养状态指数，从而对湖泊营养状态进行连续分级的方法。^{[3]-[8]}根据《湖泊(库)富营养化评价方法及分级技术规定》评价标准(总站[2001] 090号文件)，用 TLI 法对暮底河水库 2013 年~2022 年进行富营养化状态评价，指标中 5 个因子相应权重分别为 $W(chla) = 0.266$ ， $W(TP) = 0.188$ ， $W(TN) = 0.179$ ， $W(COD_{Mn}) = 0.183$ ， $W(SD) = 0.183$ ，其富营养状态综合评价表见表 2，综合营养状态指数及各水质参数 TLI(j)变化趋势见图 2。

从表 2 及图 2 中可以看出，2013~2022 年，各项营养指标中总氮、叶绿素 a 和 COD_{Mn} 对富营养化贡献较大，每年各项营养指标贡献率均 $\geq 17.5\%$ 。 $W(chla)$ 、 $W(TN)$ 、 $W(SD)$ 总体呈现逐年升高的趋势。暮底河水库 2013~2022 年营养状态指数在 32~40 之间，水库均处于中营养状态，从 2013 年至 2016 年间，TLI 指数呈现快速增长趋势，然后在 2016~2022 年间基本保持稳定后略有所上升，总体呈现上升趋势。从表 3 计算结果可以发现，营养状态指数变化趋势定量分析秩相关系数 $r_s = 0.759$ 且 $> r(0.564)$ ，呈现显著上升趋势。

Table 2. Comprehensive evaluation of eutrophic status from 2013 to 2022
表 2. 2013~2022 年富营养状况综合评价表

年份	Chla		SD		TP		TN		COD_{Mn}		TLI	营养状况
	$\mu g/L$	TLI	m	TLI	mg/L	TLI	mg/L	TLI	mg/L	TLI		
2013	2	33	4.00	24	0.015	26	0.72	49	4.2	39	34	中营养
2014	1	25	4.00	24	0.012	23	0.84	52	4.0	38	32	中营养
2015	2	33	4.04	24	0.011	21	0.75	50	4.9	43	34	中营养
2016	3	37	3.77	25	0.018	29	0.95	54	6.0	49	39	中营养
2017	4	40	3.68	26	0.016	27	1.12	56	5.9	48	39	中营养
2018	2	33	3.77	25	0.014	25	0.95	54	5.1	44	39	中营养
2019	3	37	3.37	28	0.016	27	1.12	56	5.8	48	39	中营养
2020	3	37	3.08	29	0.008	16	0.92	53	6.3	50	37	中营养
2021	5	42	2.57	33	0.010	20	0.94	53	5.8	48	39	中营养
2022	6	44	2.54	33	0.015	26	1.09	56	4.0	38	40	中营养

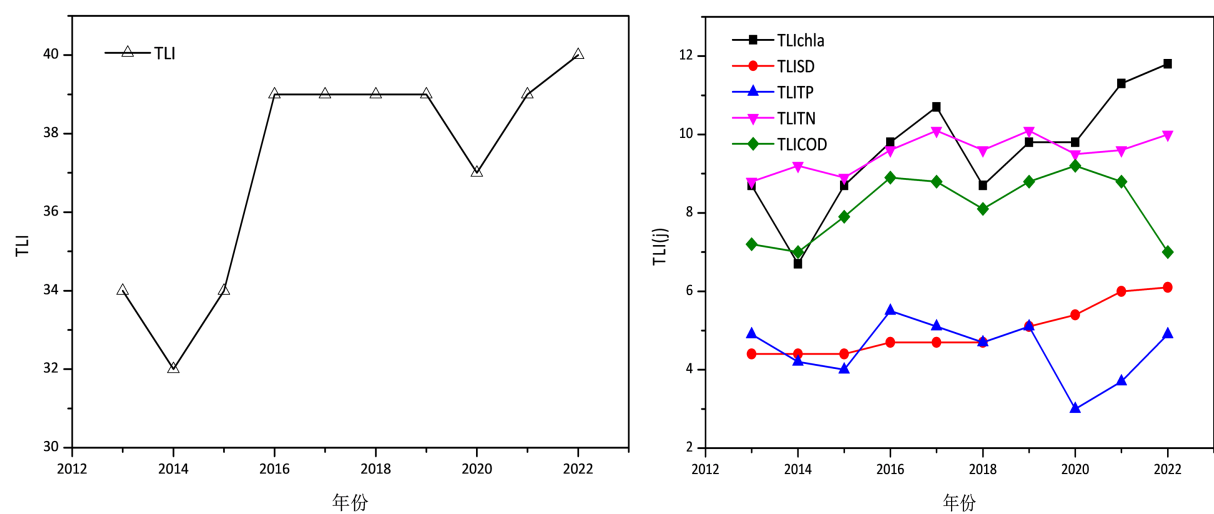


Figure 2. Comprehensive nutrient status index and trend of changes in TLI(j) of various water quality parameters
图 2. 综合营养状态指数及各水质参数 TLI(j)变化趋势

Table 3. Correlation coefficients of nutritional status evaluation indicators
表 3. 营养状态评价指标相关系数

参数	总磷	总氮	透明度	叶绿素 a	高锰酸盐指数	营养状态指数
Spearman 相关系数	-0.195	0.567	-0.939	0.802	0.250	0.759

注：N = 10 在显著性水平 $\alpha = 0.05$ 下， $r = 0.564$ 。

综上分析，2013~2022 年暮底河水库水质评估为Ⅱ类，水库各项营养指标中总氮、叶绿素 a 和 COD_{Mn} 对富营养化贡献较大，水库富营养状态指数总体呈现上升趋势，水质呈现逐渐恶化趋势。

4. 讨论

暮底河水库水体的富营养化主要受以下几种原因的影响。一是暮底河水库流域内地表径流携带部分污染物进入水库；二是水库上游存在老者底、五家寨、以勒冲村和烂泥寨等多个村庄，流域内农村面源污染可能未得到完全有效控制，造成部分污染物进入水库；此外，暮底河水库周围及上游有诸多面积的丘陵坡地等耕地，且耕地多属于红壤区，红壤土壤呈酸性且肥力较低，农民多使用化肥来提高生产力，雨季造成氮磷等污染物随雨水转移进入水库，所以入库河流携带的外源污染物、居民区生活污水和农业面源污染成为暮底河水库水体中污染物的主要来源。

5. 结论与建议

5.1. 结论

暮底河水库主要功能是作为饮用水水源地，2013~2022 年间水库水质评估为Ⅱ类，使用 TSI 法计算水库的水质状况定量评估其处于中营养化状态，水库各项营养指标中总氮、叶绿素 a 和 COD_{Mn} 对富营养化贡献较大，富营养状态指数呈现上升趋势，水质呈现逐渐恶化的趋势。

5.2. 建议

为有效控制水库水体污染区上升趋势，建议采取以下相应的措施：

(1) 加强上游流域周边环境管理，加快上游农村污水截污，处理设施的建设，做好污水处理设施后期

运行运维工作，同时建议加强农村污水设施运维的监管，防止上游农村污水未经处理进入水库。

(2) 加强农业面源污染的防治，实施生态农业，推广绿色农业种植，减少农药化肥的使用量，综合治理改善周边耕地土壤结构，减少水土流失，从而促进水资源保护与周边农业经济协调发展。

(3) 加强水库管理及水质监测，全方位关注暮底河水库水环境质量状况，以便采取相应的解决措施。同时，加强对饮用水水源地保护的宣传教育，让保护意识深入人心，营造水资源保护氛围。

参考文献

- [1] 王宏伟. 紫坪铺水库水环境质量现状及保护措施探析[J]. 四川水力发电, 2018, 37(4): 36-39.
- [2] 中华人民共和国生态环境部. GB3838-2002. 地表水环境质量标准[S]. 北京: 中国标准出版社, 2002.
- [3] 金相灿, 屠清瑛. 湖泊富营养化调查规范[M]. 第2版. 北京: 中国环境科学出版社, 1990.
- [4] 蔡庆华. 湖泊富营养化综合评价方法[J]. 湖泊科学, 1997, 9(1): 89-94.
- [5] 蔡庆华. 武汉东湖富营养化的综合评价[J]. 海洋与湖沼, 1993, 24(4): 335-339.
- [6] 王悠. 佛山市主要集中式饮用水水源地富营养化及水华分级评估[J]. 供水技术, 2023, 17(4): 15-18.
- [7] 朱佳琪, 黄寅. 鄱阳湖富营养化现状及成因分析[J]. 能源研究与管理, 2023, 15(2): 95-99.
- [8] 王延军, 徐敏, 孟凡生, 等. 长江中游黄盖湖富营养化趋势分析及原因诊断[J]. 湖泊科学, 2023, 35(4): 1183-1193.