

# 石梁河水库水质现状及其富营养化治理方法探讨

于兴志, 冯 龙, 徐正飞, 李 寅

(连云港市水利局, 江苏 连云港 222006)

**摘要:**以石梁河水库 2016—2019 年水质监测数据为基础, 对库区水质采用单因子分析及对库区富营养化采用修正的 Carlson 营养状态指数法分析, 并通过探讨可行措施, 以改善水库水质及富营养化现状。

**关键词:**石梁河水库; 单因子法; Carlson 营养状态指数

**中图分类号:**X832      **文献标识码:**B      **文章编号:**1007-7839(2020)01-0031-04

## Discussion on the water quality status and eutrophication management methods in Shilianghe Reservoir

YU Xingzhi, FENG Long, XU Zhengfei, LI Yin

(Lianyungang Water Resources Bureau, Lianyungang 222006, Jiangsu)

**Abstract:** Based on the water quality monitoring data of Shilianghe Reservoir from 2016 to 2019, the single factor analysis method was used to analyze the water quality of reservoir area and the modified Carlson nutrient status index was used to analyze the eutrophication of the reservoir. Feasible measures were explored to improve the water quality of the reservoir.

**Key words:** Shilianghe Reservoir; single - factor analysis method; Carlson Nutritional Status Index

石梁河水库位于新沭河中游, 是淮河流域沂沭泗水系洪水东调南下工程的重要组成部分<sup>[1-2]</sup>。为连云港市的“高质发展、后发先至”提供了有力的防洪和水源保障, 未来围绕石梁河水库引水至开发区、国家自贸实验区供水, 保障徐圩石化基地备用供水线, 进一步提高石梁河水库的水质要求。为了确保水库水质满足用水需求, 水库水质采取合理评价标准及方法并采取相应措施治理污染显得尤为重要。

### 1 水质评价标准及方法

本文采用单因子指数法评价, 入库河道水质的

高锰酸盐、氨氮、总磷的指数作为评价项目, 以 GB3838—2002《地表水环境质量标准》为评价标准依据(表 1), 对石梁河水库入库河流水质情况进行统计分析。

水质评价方法采用单因子指数法评价, 单因子指数法计算公式:

$$p_i = \frac{C_i}{C_{0i}} \quad (1)$$

式中:  $p_i$  为该污染物的污染指数;  $C_i$  为该污染物的实测浓度值;  $C_{0i}$  为该污染物的评价标准值(允许浓度值)。

收稿日期: 2019-11-08

作者简介: 于兴志(1970—), 男, 工程师, 硕士, 主要从事节水管理和工程管理工作。

达标率计算公式:

$$L = \frac{\text{达标次数个数}}{\text{总监测次数个数}} \times 100\% \quad (2)$$

超标倍数计算公式:

$$S = \frac{\text{该项实测浓度值} - \text{评价标准值}}{\text{评价标准值}} \quad (3)$$

表 1 地表水环境质量标准基本项目标准限值 单位:mg/L

项目	$\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$	$\rho(\text{NH}_3 - \text{N})$	$\rho(\text{TP})$
Ⅲ类水标准	6	1.0	0.2(湖、库 0.05)
Ⅳ类水标准	10	1.5	0.3(湖、库 0.1)
Ⅴ类水标准	15	2.0	0.4(湖、库 0.2)

## 2 石梁河水库单因子法水质分析

本文数据主要来源于连云港市环保局 2016—2019 年采集水质常规监测数据,监测频次为每月 1 次。采用数据进行单因子分析,确定库区水质情况,为库区管理提供科学数据支撑。对石梁河水库 2016—2019 年水质监测数据进行单因子法分析氨氮、高锰酸盐、总磷变化趋势及确定水质类别。

### 2.1 入库河道水质分析

水库入库河道主要包括新沭河、朱范河、石头门河、西朱范河<sup>[3]</sup>,分别以新沭河大兴桥断面、朱范河 G327 桥断面、石头门河 G327 桥断面、西朱范河库西横山公路北桥断面 2016—2019 年水质监测数据分析入库河道水质情况。

由表 2 可以看出,新沭河入库水质达标率达到 57%,均在Ⅳ类水以上,且主要超标因子为高锰酸盐指数;朱范河水质均为Ⅴ类或劣Ⅴ类,水质状况为重度污染;石头门河和西朱范河水质均在Ⅳ类,属水质较差,特别西朱范河总磷严重超标;由此看出入库河道水质均较差,均达不到Ⅲ类水要求,需要对入库河道水质进一步提高,从源头治理入库河道水质问题。

### 2.2 库区水质情况分析

库区水质采用分析坝前水质监测数据,由图 1~3 变化趋势看出,2016—2019 年水库氨氮指标浓度呈下降趋势,均在Ⅲ类标准值控制线以下;高锰酸盐指数浓度近 3 年变化不大,均在 4 mg/L 上下波动状态,均在Ⅲ类标准值控制线以下;总磷浓度近几年变化较大,2016 年至 2017 年 8 月,均在Ⅲ类标准值控制线以下,而 2017 年 9 月至今呈增加趋势,

超出Ⅲ类标准值控制线。

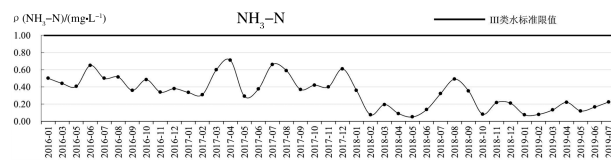


图 1 2016—2019 年石梁河水库氨氮质量浓度

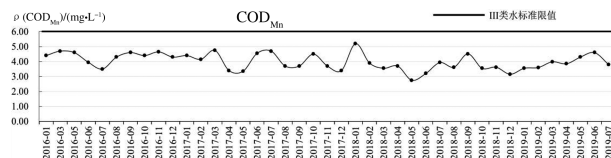


图 2 2016—2019 年石梁河水库高锰酸盐指数质量浓度

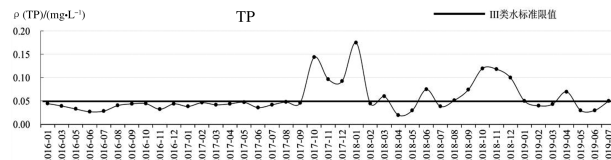


图 3 2016—2019 年石梁河水库总磷质量浓度

由表 3 得出,石梁河水库氨氮质量浓度为 0.05~0.71 mg/L,平均质量浓度为 0.34 mg/L,达标率为 100.0%;高锰酸盐指数质量浓度为 2.75~5.20 mg/L,平均质量浓度为 4.00 mg/L,达标率为 100.0%;总磷质量浓度为 0.02~0.18 mg/L,最大超标倍数 2.50 倍,平均质量浓度为 0.06 mg/L,达标率为 70.7%。主要超标因子为总磷(0.13)。综上分析得出,2016 年石梁河水库水质良好,符合地表水Ⅲ类标准;2017 年及 2018 年水质符合地表水Ⅳ类标准,为轻度污染,主要超标因子为总磷;2019 年石梁河水库水质良好,符合地表水Ⅲ类标准。

## 3 水库富营养化分析

本文对水库健康评价指标采用 Carlson 营养状态指数,通过各指标的权重进行综合计算水库综合营养状态指数,确定水库水质健康程度。选取对反映湖泊富营养化具有一定代表性的水质参数对石梁河水库富营养化状况进行分析评价。采用修正的 Carlson 营养状态指数,即综合营养状态指数公式计算各点的综合营养状态指数  $I$ 。将每年 12 个月的  $I$  值进行平均,获得监测点年  $I$  值,对 2016—2019 年的综合营养状态指数进行比较分析。

综合营养状态指数  $I$  的计算公式为

$$I = \sum_{j=1}^m W_j I_j \quad (4)$$

式中: $I$  为综合营养状态指数; $I_j$  为第  $j$  种参数的营养状态指数; $W_j$  为第  $j$  种参数营养状态指数的权重。

表 2 入库河道 2016—2019 年断面水质监测数据分析

入库河道名称	项目	监测质量浓度/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	平均质量浓度/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	最大超标倍数	达标率/ %	水质类别
新沭河	COD <sub>Mn</sub>	4.20 ~ 8.80	6.21	0.47	57.9	Ⅳ
	TP	0.08 ~ 0.34	0.17	0.70	63.2	Ⅲ
	NH <sub>3</sub> - N	0.33 ~ 7.46	1.60	6.46	94.7	Ⅲ
朱范河	COD <sub>Mn</sub>	4.90 ~ 28.25	12.32	3.71	5.6	Ⅴ
	TP	0.21 ~ 3.02	0.91	14.10	0.0	劣Ⅴ
	NH <sub>3</sub> - N	0.31 ~ 6.45	1.99	5.45	44.4	Ⅴ
石门头河	COD <sub>Mn</sub>	4.75 ~ 21.40	7.31	2.57	41.2	Ⅳ
	TP	0.10 ~ 0.57	0.24	1.85	58.8	Ⅳ
	NH <sub>3</sub> - N	0.33 ~ 9.68	1.17	8.68	82.4	Ⅳ
西朱范河	COD <sub>Mn</sub>	3.50 ~ 20.75	7.88	9.58	43.8	Ⅳ
	TP	0.04 ~ 2.12	0.50	9.58	43.8	劣Ⅴ
	NH <sub>3</sub> - N	0.06 ~ 4.71	1.30	3.71	56.3	Ⅳ

表 3 石梁河水库 2016—2019 年水质监测数据分析

序号	项目	监测质量浓度/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	平均质量浓度/ ( $\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$ )	最大超标倍数	达标率/ %	水质类别
1	NH <sub>3</sub> - N	0.05 ~ 0.71	0.34	—	100.0	Ⅲ
2	COD <sub>Mn</sub>	2.75 ~ 5.20	4.00	—	100.0	Ⅲ
3	TP	0.02 ~ 0.18	0.06	2.50	70.7	Ⅳ

各参数营养状态指数的权重参照金相灿等<sup>[4]</sup>《中国湖泊富营养化》一书中调查得出的各参数与的相关关系计算确定。将相关权重带入上式后就如下面公式所示: $I = 0.266 I_{\text{Chla}} + 0.183 I_{\text{SD}} + 0.188 I_{\text{TP}} + 0.179 I_{\text{TN}} + 0.183 I_{\text{COD}_{\text{Mn}}}$ ;

其中, $I_{\text{Chla}}$ 、 $I_{\text{SD}}$ 、 $I_{\text{TP}}$ 、 $I_{\text{TN}}$ 、 $I_{\text{COD}_{\text{Mn}}}$ 按照如下计算方法获得,计算公式:

$I_{\text{Chla}} = 10(2.500 + 1.086 \ln \rho(\text{Chla}))$  (5)

$I_{\text{SD}} = 10(5.118 - 1.940 \ln(\text{SD}))$  (6)

$I_{\text{TP}} = 10(9.436 + 1.624 \ln \rho(\text{TP}))$  (7)

$I_{\text{TN}} = 10(5.453 + 1.694 \ln \rho(\text{TN}))$  (8)

$I_{\text{COD}_{\text{Mn}}} = 10(0.109 + 2.661 \ln \rho(\text{COD}_{\text{Mn}}))$  (9)

式中: $\rho(\text{Chla})$ 为 Chla 的质量浓度, $\text{mg}/\text{m}^3$ ;SD 为透

明度, $\text{m}$ ; $\rho(\text{TP})$ 、 $\rho(\text{TN})$ 、 $\rho(\text{COD}_{\text{Mn}})$ 分别为 TP、TN 及 COD<sub>Mn</sub>的质量浓度, $\text{mg}/\text{L}$ 。

湖泊(水库)营养状态分级:依据中国环境监测总站《湖泊(水库)富营养化评价方法及分级技术规范》,采用 0 ~ 100 的一系列连续数字对湖泊(水库)营养状态进行分级,分级标准为见表 4。在同一营养状态指数下,指数值越高,其营养程度越重。

根据上述评价方法,石梁河水库 2016—2019 年综合营养状态指数评价结果如表 5 所示。

表 5 可知,石梁河水库 2016—2019 年综合营养状态指数在富营养限值左右波动,2016 年和 2017 年为中营养,2018 年为轻度富营养,2019 年为中营养。

表 4 湖泊(水库)营养状态分级方法

贫营养	中营养	富营养 $I > 50$		
		轻度富营养	中度富营养	重度富营养
$I < 30$	$30 \leq I \leq 50$	$50 < I \leq 60$	$60 < I \leq 70$	$I > 70$

表 5 石梁河水库综合营养状态指数评价结果

时间	$I(\text{Chla})$	$I(\text{SD})$	$I(\text{TP})$	$I(\text{TN})$	$I(\text{COD}_{\text{Mn}})$	$I$	富营养化程度
2016 年	52.68	61.33	40.90	51.37	40.06	49.45	中营养
2017 年	51.96	60.12	47.10	50.82	37.93	49.02	中营养
2018 年	51.74	61.56	49.65	60.89	35.74	50.59	轻度富营养
2019 年	37.30	51.41	43.27	77.46	37.58	47.78	中营养

4 结论和建议

4.1 结论

通过近 5 年入库河道水质评价,新沭河、朱范河、石头门河、西朱范河入库水质均较差,均达不到Ⅲ类水要求,需要对入库河道水质采取净化措施,改善入库水体水质。

通过分析库区水质及富营养化得出 2016 年和 2019 年水质良好,符合地表水Ⅲ类标准,2017 年和 2018 年水质符合地表水Ⅳ类标准,为轻度污染,主要超标因子为总磷;库区水体富营养化 2016 年和 2017 年为中营养,2018 年为轻度富营养,2019 年为中营养。

4.2 建议

协调跨区域,联合强化监督。石梁河水库处于新沭河中游,水质受上游来水影响较大,加强监测入库河道水质,定期向流域机构汇报入库水质情况,通过流域机构协调,加强水资源保护和水污染防治的监管力度。

利用经济杠杆,促进污水达标排放。通过征收水资源污染补偿费,尽快建立水资源污染经济损失评估和补偿机制,通过“谁污染、谁承担”,采用经济杠杆减少水库来水污染。

调整产业结构,控制污染源<sup>[5]</sup>。将水库生态保护范围划入禁养区,在禁养区范围禁止进行畜牧养殖;通过优化调整入库河道沿线产业结构,关停、技

改污染企业,减少工业污染;实施高效农业,降低农业面源污染。

因地制宜,生态举措提升水质。库区滩地种植及鱼塘采取生态田埂工程、生态沟渠工程、生态塘整治工程及种植生态涵养林等措施;水库水面采取水生植物根系吸收水中氮磷等生态措施,清理库区网箱养殖鱼,合理规划养殖规模、方式,采取放养鲢鳙鱼吞食藻类生物,进一步控制水体富营养。

入库河道,分类整治。新沭河和石门头河采取生态净化工程改善入库水质;朱范河、西朱范河通过截污工程,选择适当位置建设污水处理厂,经过净化达标后入库区。

进一步论证石梁河水库生态环境容量,以量确定纳污量和截污量,为水资源保护与合理利用提供科学依据。

参考文献:

[1] 李春华,朱丽向. 石梁河水库库区开发利用存在问题及对策[J]. 江苏水利, 2006(4).

[2] 单新中. 石梁河水库资源优化配置的探索[J]. 水利发展研究, 2006, 21(7).

[3] 冯龙,朱丽向. 石梁河水库水污染分析及防治措施[J]. 中国水利, 2004(17).

[4] 金相灿. 中国湖泊富营养化[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1990.

[5] 刘悦,燕海云,时丽霞. 东营市水环境质量分析及污染防治对策[J]. 中国水利, 2004(17).