

小清河水质时空动态分析

王月敏,鲁素芬,赵喜富

(山东省水文中心,山东 济南 250002)

【摘要】通过对小清河 2014—2023 年水质类别、超标项目、综合污染指数等进行分析,得出:小清河近 10 年水质类别有明显变好趋势,向好点集中在 2017—2019 年;超标指标逐渐变少,由 2014 年的 9 种下降到 2023 年的 1 种;2014—2023 年综合污染指数有显著下降趋势,说明小清河治理成效显著,水质明显变好。

【关键词】小清河;水质;动态分析;超标项目;综合污染指数

【中图分类号】X824

【文献标志码】A

【文章编号】1009-6159(2025)-03-0001-04

Temporal and Spatial Dynamic Analysis of the Water Quality of Xiaoqing River

WANG Yue-min, LU Sufen, ZHAO Xifu

(Hydrological Center of Shandong Province, Jinan, Shandong 250002, China)

Abstract: Through the analysis of the water quality categories, exceeding-standard items, and comprehensive pollution index of Xiaoqing River from 2014 to 2023, it is concluded that the water quality categories of Xiaoqing River have shown an obvious improvement trend in the past ten years, and the improvement is concentrated from 2017 to 2019. The number of exceeding-standard indicators has gradually decreased, dropping from 9 types in 2014 to 1 type in 2023. The comprehensive pollution index has shown a significant downward trend from 2014 to 2023, indicating that the treatment of Xiaoqing River has achieved remarkable results and the water quality has improved significantly.

Key words: Xiaoqing River; Water quality; Dynamic analysis; Exceeding-standard items; Comprehensive pollution index

自 20 世纪 70 年代以来,小清河流域内经济快速发展,人们对环境保护认识不到位,导致河道侵占严重,水源减少,工业废水和生活污水排放量逐年增加,使小清河水体遭受污染,水环境日益恶化,严重影响了济南市及沿河地区社会经济的发展^[1]。自 20 世纪 80 年代开始,山东省政府和沿途各市陆续出台了相关政策对小清河进行治理^[2],自 2017 年山东省全面实行河湖长制以来,2020 年、2021 年,省委、省政府主要负责同志陆续签发第 5 号、第 7 号省总河长令,有序推进美丽幸福河湖建设,构建全方位立体化的管护新格局。水质质量直接反应了河道治理成效,因此选取适当方法对小清河水质进行评价,从时间和空间上分析小清河水质动态变化情况,在分析小清河治理成效的同时,查找小清河水质存在的问题,剖析病因,为科学合理地制定河湖管理保护

目标、措施提供依据和支撑,为各级河长、湖长及相关主管部门履行河湖管理保护职责提供参考,促进河湖长制落地。

1 研究对象概况

小清河发源于济南市区四大泉群,自西向东流经济南槐荫区、天桥区、历城区、高新区、章丘区,滨州邹平市、博兴县,淄博高青县、桓台县,东营广饶县、农高区,潍坊寿光市,共 5 个市的 12 个县(市、区),于寿光市羊口镇注入莱洲湾,全长 229 km。在历史上曾是一条具有防洪、排涝、灌溉、航运、景观等多功能的人工运河,也是唯一能够实现海河联运的河流,为沿线经济社会的发展发挥了不可替代的作用。

收稿日期:2025-01-12

作者简介:王月敏(1989—),女,工程师

对小清河 2014—2023 年 11 个站点水质进行评价,从上游到下游 11 个站点分别为 S1~S11。其中,S1~S3 位于济南市,S4 为济南/滨州界,S5 位于滨州,S6 为滨州/淄博界,S7 位于淄博,S8 为淄博/滨州界,S9 位于滨州,S10 为滨州/东营界,S11 为东营/潍坊界。

2 水质评价方法

2.1 水质类别评价

水质类别评价方法采用单因子评价法^[9]:先根据各水质参数浓度值与《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)限值的比对结果确定单项参数水质类别(当不同类别标准值相同时,应遵循从优不从劣原则),然后取各参数评价结果的最差类别作为评价结果。根据《地表水资源质量评价技术规程》(SL395-2007),年度评价采用水质站全年 12 个月监测数据的算术平均值进行水质类别评价。

2.2 年度超标项目

根据《地表水资源质量评价技术规程》(SL395-2007),年度水质站超标项目应根据水质项目年度的超标率确定。年度超标率大于 20%的水质项目为年度水质站超标项目。应将年度水质站超标项目按超标率由高至低排序,排序列前三位的超标项目为年度水质站主要超标项目。水质项目年度超标率应按式(1)计算。

$$FC_i = (1 - FG_i / FN_i) \times 100\% \quad (1)$$

式中: FC_i 为水质项目年度超标率; FG_i 为水质项目年度达标次数; FN_i 为水质项目年度评价次数。

2.3 综合污染指数

水质综合污染指数法,是在分析计算超标项目的基础上,确定出污染指标,再分析计算污染指标的综合污染指数。河湖水质指数计算方法参照《城市地表水环境质量排名技术规定(试行)》^[10],并以水质站代表河长为权重,采用加权平均法计算河流综合污染指数。

根据《城市地表水环境质量排名技术规定(试行)》,水质综合污染指数法需先计算出河流水质监测站各单项指标的水质指数 P_i ,再综合得出站点水质指数 $P_{站}$ 。低于检出限的项目,按照 1/2 检出限参加计算各单项指标浓度的算术

平均值,综合污染指数越小代表水质越好,越大代表水质越差。

各指标的实测浓度值与该指标限值的比值即为该指标的水质指数,指标限值为《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中的Ⅲ类标准值。

单项指标的水质指数^[9]计算公式为:

$$P_i = C_i / CS_i \quad (2)$$

另外,指标 pH 的水质指数计算公式为:

$$P_i = \begin{cases} 6/C_i, & C_i < 6 \\ 1, & 6 < C_i < 9 \\ C_i/9, & C_i > 9 \end{cases} \quad (3)$$

指标溶解氧的水质指数为:

$$P_i = CS_i / C_i; \quad (4)$$

式中: C_i 为第 i 个指标的实测浓度值; CS_i 为第 i 个指标的标准限值; P_i 为第 i 个指标的水质指数。

各水质站的综合污染指数计算公式为:

$$P_{站} = \sum_{i=1}^n P_i / n \quad (5)$$

式中: P_i 同式(2); n 为评价指标个数; $P_{站}$ 为监测站的综合污染指数。

河流水质综合污染指数计算公式为:

$$P = \omega \cdot P_{站} \quad (6)$$

式中: $P_{站}$ 同式(5); ω 为各水质站代表权重; P 为河流水质综合污染指数。

3 评价结果

3.1 水质类别变化

采用单因子评价法对小清河 2014—2023 年 11 个站点年度水质进行评价(其中 S5 从 2020 年开始监测,S3 站点 2021 年未监测),评价指标为《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)中除水温、总氮和粪大肠菌群外的 21 项水质指标(石油类从 2020 年开始监测分析),经分析得出小清河 2014—2023 年 11 个水质站点的水质类别,将 I 类~劣 V 类分别记为数字 1~6,其水质类别变化情况如图 1 所示。

由图 1 可以看出,小清河 11 个站点水质类别在近几年均有明显的降低趋势,其中除 S1 和 S6 外,其它 10 个站点 2023 年水质类别均为近几年最低水质类别。

S1 站 2016 年水质类别为劣 V 类,从 2017 年

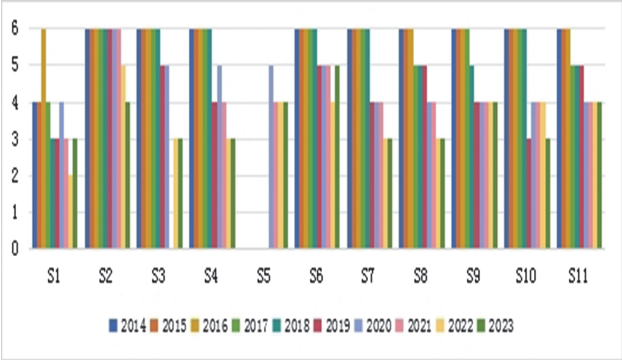


图1 小清河 2014—2023 年水质类别变化情况

开始水质类别逐渐降低,至 2021—2023 年水质类别降至Ⅱ类、Ⅲ类;

S2 站 2014—2021 年水质均为劣 V 类,至 2022 年水质为 V 类,2023 年水质类别降为Ⅳ类;

S3、S4、S6、S7、S10 共 5 个站点 2014—2018 年水质均为劣 V 类,从 2019 年水质类别逐渐下降,其中 S3、S4、S7 和 S10 站 2023 年水质降为Ⅲ类,S6 站 2022 年、2023 年水质分别为Ⅳ类、V 类;

S5 站从 2020 年开始监测,2020 年水质为 V 类,2021—2023 年水质均为Ⅳ类;

S8 和 S11 站 2014—2016 年水质为劣 V 类,从 2017 年水质类别逐渐下降,S8 站 2022 年、2023 年水质类别降为Ⅲ类,S11 站 2020—2023 年水质类别均为Ⅳ类;

S9 站 2014—2017 年水质为劣 V 类,2018 年水质降为 V 类,2019—2023 年水质均为Ⅳ类。

3.2 超标项目变化情况

根据前述超标项目评价方法,年度超标率大于 20%的水质项目为年度水质站超标项目。经分析,2014—2017 年小清河超标项目主要有高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、氟化物、挥发酚、阴离子表面活性剂、溶解氧 9 种项目,2018—2020 年超标项目主要有高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、溶解氧 6 种项目,2021 年超标项目主要有高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮 4 种项目,2022—2023 年超标项目主要为氨氮 1 种项目。由此可以得出,小清河 2014—2023 年超标项目个数呈逐步减少趋势。

经统计,2014—2018 年评价站点均超标,超标率为 100%,2019 年、2020 年、2021 年站点超标率分别为 50%、55%和 40%,2022 年为 9%,2023 年为 18%。说明小清河站点超标率自 2019

年以后呈显著下降趋势。

2014—2023 年小清河 11 个水质监测站超标项目情况统计见表 1。

表 1 2014—2023 年小清河 11 个水质监测站超标项目情况统计表

年份	超标项目	超标项目种类	站点超标率
2014	高锰酸盐指数,化学需氧量,五日生化需氧量,氨氮,总磷,挥发酚,阴离子表面活性剂,溶解氧	8	100%
2015	高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、氟化物、挥发酚、阴离子表面活性剂、溶解氧	9	100%
2016	高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、氟化物、阴离子表面活性剂、溶解氧	8	100%
2017	高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、氟化物、溶解氧	7	100%
2018	高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、溶解氧	6	100%
2019	高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、溶解氧	6	50%
2020	高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、溶解氧	6	55%
2021	高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮	4	40%
2022	氨氮	1	9%
2023	氨氮	1	18%

经统计,小清河 2014—2023 年 11 个水质站点超标项目总个数分别为 42、41、36、31、28、12、13、6、1、2 站项,有明显减少趋势,2022 年仅 S2 站氨氮超标,2023 年 S2 和 S3 站均为氨氮超标,小清河 2014—2023 年 11 站点参与评价的 21 个项目中,超标项目变化趋势如图 2 所示。

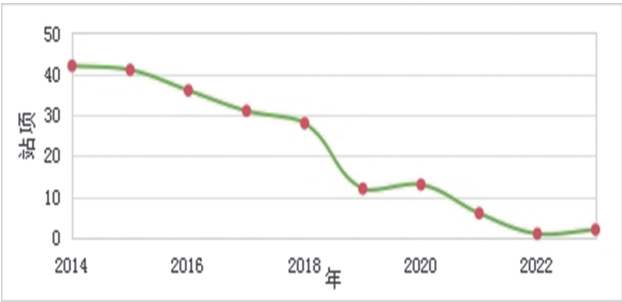


图 2 小清河 2014—2023 年超标项目数量变化曲线图

3.3 综合污染指数变化趋势

根据分析结果,2014—2023 年小清河超标项目主要为高锰酸盐指数、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、氟化物、挥发酚、阴离子表面

活性剂、溶解氧 9 个项目。以该 9 项指标为参评指标,计算小清河 11 站点 2014—2023 年综合污染指数,其变化趋势如图 3 所示。以各站点代表河长为权重,按加权平均计算小清河 2014—2023 年污染指数,变化趋势如图 4 所示。

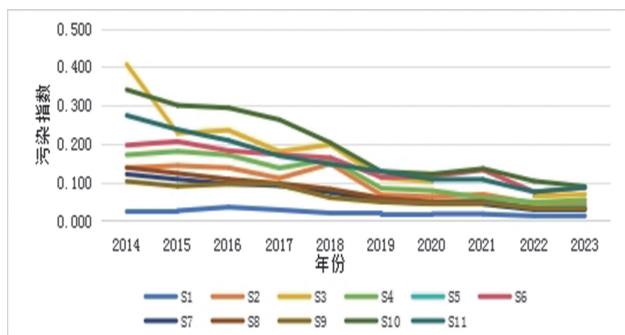


图 3 小清河 11 站点主要超标项目综合污染指数变化曲线图

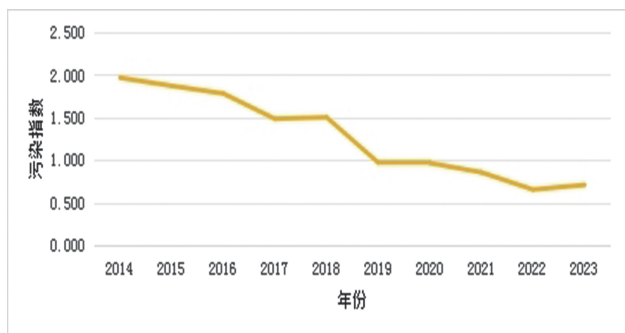


图 4 小清河 2014—2023 年主要超标项目综合污染指数变化曲线图

由图 3 可以看出,S1 站 2014—2023 年污染指数值小且变化不大,其它 10 个水质站污染指数均有下降趋势,其下降趋势由大到小依次为 S10、S11、S3、S4、S6、S2、S8、S7、S9、S5,且 2014—2023 年各水质站水质污染指数差异逐渐缩小,尤其在 2019 年以后各水质站水质污染指数差异趋于稳定。

由图 4 可以看出,小清河 2014—2023 年综合污染指数呈明显下降趋势,尤其在 2019 年小清河综合污染指数下降最为显著。

4 结论与建议

4.1 结论

1)2014—2023 年,小清河水质类别呈变好趋势,干流 11 个水质站 2014 年除 S1(Ⅳ)、S5(2020 年开始监测)外,其它 9 个测站水质均为劣 V 类,到 2023 年除 S2(Ⅳ)、S5(Ⅳ)、S6(V)、S9(Ⅳ)、

S11(Ⅳ)外,其它 6 个测站水质均为Ⅲ类。

2)小清河各站点水质变好点集中在 2017—2019 年,其中 S8 和 S11 共 2 站为 2017 年开始变好,S9 站为 2018 年,S3、S4、S6、S7 和 S10 共 5 站为 2019 年,黄台桥为 2021 年。

3)小清河超标项目种类明显减少,在 2014—2023 年间超标项目由 9 种逐渐减少到仅氨氮 1 种项目,且站点超标率自 2019 年呈显著下降。

4)2014—2023 年小清河各站点综合污染指数逐渐减小,且综合污染指数差异逐渐缩小,在 2019 年后集中向好。

5)2014—2023 年小清河综合污染指数呈下降趋势,且 2019 年综合污染指数下降最为显著。

4.2 建议

通过分析,小清河 2014—2023 年间水质有明显改善,但仍存在超标情况,故在今后小清河保护治理方面提出以下建议:

1)持续加强工业污染防治,控制城市和农业面源污染,加强农村生活污染和畜禽养殖污染防治,加强入河排污口和支流入口处水质监测。

2)继续加强水生态修复,大力推进河湖生态修复及保护,禁止侵占自然河湖及湿地等的水源涵养空间。在规划基础上稳步实施退耕还湖还湿、退渔还湖,恢复河湖水系自然连通,加强水生物资源养护,提高水生物多样性。

3)加强执法监管,积极建立群众监督管理机制,对水体、水域岸线的生态环境质量进一步改造和提升,加强水生态保护举措,建立完善的河流生态监测体系,加快小清河生态系统改善。

参考文献

- [1] 谭永明.济南市小清河水质评价及环境需求量分析[D].济南:山东大学,2009:5~16.
- [2] 刘文杰.小清河流域水环境保护政策回顾性评价[D].济南:山东大学,2017:19~26.
- [3] 丁冉,肖伟华,于福亮,等.水资源质量评价方法的比较与改进[J].中国环境监测,2011,27(3):63~68.
- [4] 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.
- [5] 王珊珊,张然,梁悦,等.城市水质指数法在地表水环境质量评价中的应用[J].环境监控与预警,2022,14(1):67~71.

(责任编辑 崔春梅)