

干扰深圳河流水质稳定达标与逐步提升的 污染要素与影响因素清单

陈耀聪 咎帅君 林喆 陶益*

清华大学深圳国际研究生院

DOI: 10.12238/ems.v6i6.8053

[摘要] 随着城市化的快速发展,开展城市河流水质稳定达标与逐步提升的研究,对于保护城市水环境、促进城市可持续发展具有重要意义。本研究针对南方某市 FT 河进行了为期 3 年的水质月度跟踪监测。结果表明,FT 河中溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮等 6 项指标为主要污染要素,其中总氮和氨氮为敏感水质因子,且在雨季期间超标次数明显增多。降雨与河流水质变化存在一定的关联性,特别是在雨季期间。城市河道水质与河道周边开发强度、面源污染截留系统等因素紧密关联。建议短期内强化污水处理厂的消毒工艺以及对河道进行清淤。中远期可采取拦截与渗滤堰净化相结合的方式,建立雨污分流管网体系,防止污水排入河道。

[关键词] 水质达标、水质提升、总氮、氨氮、雨季

List of Pollution Elements and Influencing Factors that Disturb the Stable and Gradual Improvement of Shenzhen River Water Quality

Chen Yaocong, Zan Shuaijun, Lin Zhe, Tao Yi *

Tsinghua University Shenzhen International Graduate School

[Abstract] With the rapid development of urbanization, conducting research on the stable and gradual improvement of urban river water quality is of great significance for protecting the urban water environment and promoting sustainable urban development. This study conducted a 3-year monthly tracking and monitoring of water quality for the FT River in a southern city. The results showed that dissolved oxygen, chemical oxygen demand, five-day biochemical oxygen demand, ammonia nitrogen, total phosphorus, and total nitrogen were the main pollution factors in the FT River. Among them, total nitrogen and ammonia nitrogen were sensitive water quality factors, and the number of exceeding standards significantly increased during the rainy season. There is a certain correlation between rainfall and changes in river water quality, especially during the rainy season. The water quality of urban river channels is closely related to factors such as the intensity of development around the river channels and the interception system of non-point source pollution. Suggest strengthening the disinfection process of sewage treatment plants and dredging the river channel in the short term. In the medium and long term, a combination of interception and filtration weir purification can be adopted to establish a rainwater and sewage diversion network system to prevent sewage from being discharged into the river.

[Keywords] water quality meets standards, water quality improvement, total nitrogen, ammonia nitrogen, rainy season

1. 引言

城市河流作为城市生态系统的重要组成部分,不仅承载着城市的历史与文化,同时也是城市居民生活和休闲的重要场所。然而,随着城市化的快速发展,城市河流面临着水质污染、生态退化等一系列问题,这些问题不仅影响河流的自然功能,也对城市居民的生活质量产生了负面影响。因此,

开展城市河流水质稳定达标与逐步提升的研究,对于保护城市水环境、促进城市可持续发展具有重要意义。

近年来,针对城市河流水质污染调查与提升已有不少的研究与报道。邵一奇等人依托枫泾河水质提升工程,通过现状水文、水环境和水生态问题分析,提出枫泾河污染源治理、生态系统构建和水动力提升的治理措施,总结了典型城市特

征河道治理思路。凌茜等人对南方城市河流主要汇入河段监测断面的氨氮、总磷和溶解氧浓度进行4年跟踪监测,以期探讨河流污染治理的持续成效、影响因素以及发展方向。研究发现该城市河流考核断面氨氮和总磷浓度均值逐年下降,水质持续改善,稳定达到《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)IV类考核标准;常规监测断面水质各项指标持续改善,超标断面和超标倍数减少。然而,城市河道降雨期间水质季节性波动和超标问题,以及跨界河段初期降雨面源污染防治仍然突出,尤其是城市开发强度大、人口密度及活动频率高的区域,需要持续调查与关注。水污染治理后的水生态系统重建与自净功能恢复对城市河流水环境稳定与发展至关重要。

本研究针对南方某市的FT河为研究对象,通过为期3年的水质月度跟踪监测,对城市河道水质的现状进行了全面的评估和分析。旨在识别影响FT河水质的主要污染要素和敏感水质因子,并提出了一系列水质提升调控策略,改善FT河的水质状况,恢复和提升河流的生态功能。该研究为城市河流水质管理提供科学依据,实现城市河流水质的稳定达标与逐步提升提供参考和指导。

2. 材料与方法

2.1 水质调查站位

城市河道的补水通常是为了维持河道的生态平衡和景观效果,一般采用污水处理厂处理后的水(再生水)作为城市河道补水的来源,这不仅实现了水资源的节约和再利用,还有助于保护和改善城市水环境,是一种经济、环保且可持续的水资源管理方式。但因城市河道与城市发展的关系息息相关,城市河道水质与河道周边开发强度、面源污染截留系统等因素紧密关联。本研究针对南方某市FT河开展为期3年的水质月度跟踪监测工作。分别选取FT河的中游及河口开展取样工作,取样监测点情况如图1所示。

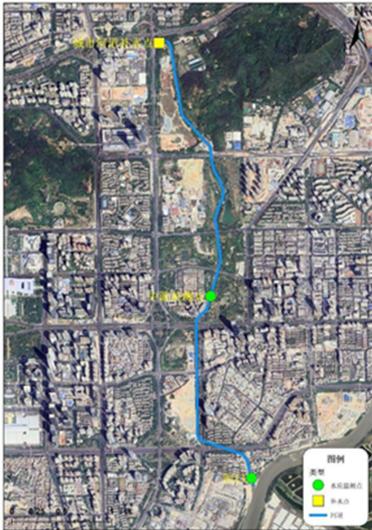


图1 取样监测点示意图

2.2 水质常规指标检测

本章节监测数据为2021年—2023年监测数据结果,监测频率为:每月采一次样品。FT河共2个监测断面,分析指标选用《地表水环境质量标准》(GB 3838-2002)“地表水环境质量标准基本项目标准限值”中规定的7个指标,包括:溶解氧、化学需氧量、生化需氧量、pH、总磷、总氮、氨氮等7个指标。除pH与溶解氧是采样现场使用多参数水质检测仪测定外,其余5项指标均按照GB 3838-2002中“地表水环

境质量标准基本项目分析方法”进行实验室分析。

2.3 数据分析

FT河水环境功能区全部执行GB 3838-2002中地表水IV类水质标准。数据绘图采用Origin2021完成,监测布点方案采用ArcMap 10.7。

3. 结果与讨论

3.1 水质月度监测

将水质数据按时间尺度绘制成浓度变化曲线,如图2至图8所示。综合得出FT河以下水质数据特征:

在2021至2023年期间共有36次监测数据,中游段与下游段合计共72次监测数据。

3.1.1 溶解氧

在FT河中游断面,溶解氧浓度在5.53—9.56 mg/L浓度范围内波动;在FT河河口断面,溶解氧浓度在0.12—8.74 mg/L浓度范围内波动。对照GB3838-2002国家标准IV类水质标准限值,两个断面合计有6次超标。

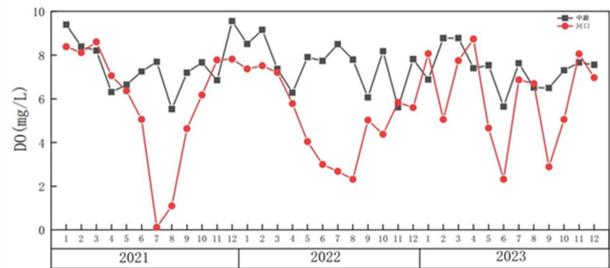


图2 2021年—2023年FT河DO数据时间变化统计图

3.1.2 化学需氧量

其中在FT河中游断面,化学需氧量浓度在4—15.1 mg/L浓度范围内波动;在FT河河口断面,化学需氧量浓度在0.12—8.74 mg/L浓度范围内波动。对照GB3838-2002国家标准IV类水质标准限值,FT河所有化学需氧量监测数据均达到标准要求。

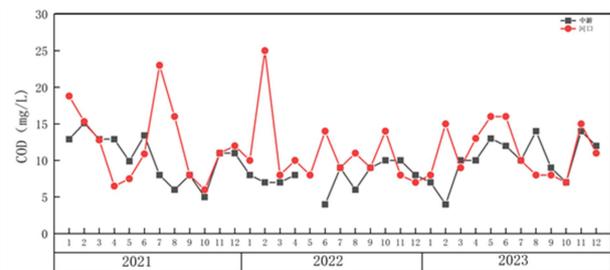


图3 2021年—2023年FT河COD数据时间变化统计图

3.1.3 BOD₅

在FT河中游断面,BOD₅浓度在0.5—4 mg/L浓度范围内波动;在FT河河口断面,BOD₅浓度在0.6—4.8 mg/L浓度范围内波动。对照GB3838-2002国家标准IV类水质标准限值,FT河所有BOD₅监测数据均达到标准要求。

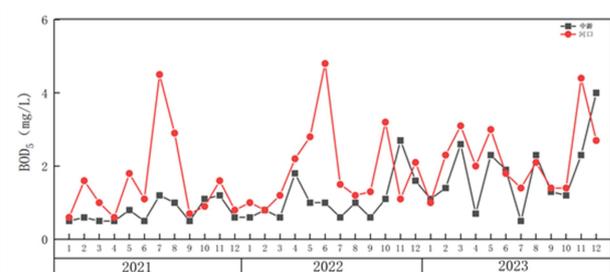


图4 2021年—2023年FT河BOD数据时间变化统计图

3.1.4 pH

在 FT 河中游断面，pH 在 6.6—8.7 范围内波动；在 FT 河河口断面，pH 在 6.9—8.1 范围内波动。对照 GB3838-2002 国家标准 IV 类水质标准限值，FT 河所有 BOD₅ 监测数据均达到标准要求。

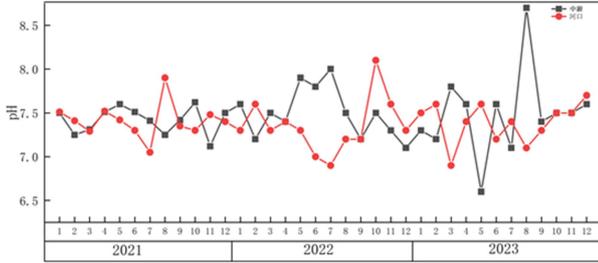


图 5 2021 年—2023 年 FT 河 pH 数据时间变化统计图

3.1.5 总磷

在 FT 河中游断面，总磷浓度在 0.02—0.17 mg/L 浓度范围内波动；在 FT 河河口断面，总磷浓度在 0.02—0.47 mg/L 浓度范围内波动。对照 GB3838-2002 国家标准 IV 类水质标准限值，两个断面合计有 1 次超标。

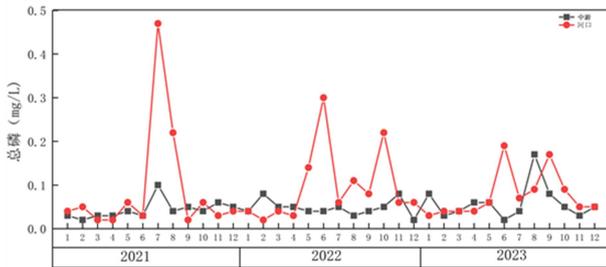


图 6 2021 年—2023 年 FT 河总磷数据时间变化统计图

3.1.6 总氮

在 FT 河中游断面，总氮浓度在 2.84—11.2 mg/L 浓度范围内波动；在 FT 河河口断面，总氮浓度在 3.78—12.26 mg/L 浓度范围内波动。对照 GB3838-2002 国家标准 IV 类水质标准限值，两个断面合计有 36 次超标。

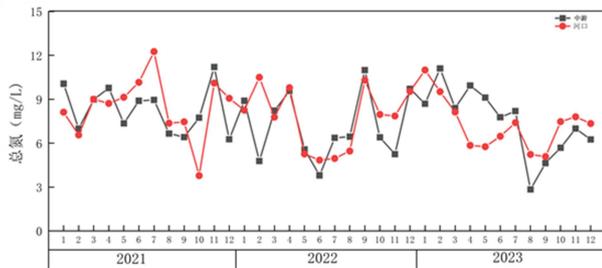


图 7 2021 年—2023 年 FT 河总氮数据时间变化统计图

3.1.7 氨氮

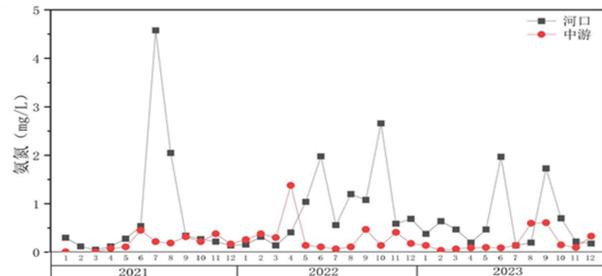


图 8 2021 年—2023 年 FT 河氨氮数据时间变化统计图

在 FT 河中游断面，氨氮浓度在 0.01—1.38 mg/L 浓度范围内波动；在 FT 河河口断面，氨氮浓度在 0.05—4.58 mg/L 浓度范围内波动。对照 GB3838-2002 国家标准 IV 类水质标准限值，两个断面合计有 6 次超标。

3.2 超标情况及典型时空情况

3.2.1 敏感水质因子

对照 IV 类标准值为基准，2021 年 1 月至 2023 年 12 月期间共有总氮、氨氮、溶解氧、总磷共计 4 项指标出现了过 IV 类标准值，其余指标均未出现超标情况。其中总氮、粪大肠菌群、氨氮、溶解氧、总磷等 5 项水质因子为主要敏感的水质因子。

以标准限值中 III 类标准值为基准，2021 年 1 月至 2023 年 12 月期间共有总氮、总磷、溶解氧、氨氮、石油类、五日生化需氧量、高锰酸盐指数、化学需氧量共计 6 项指标出现了过 III 类标准值。

表 1 敏感水质因子统计表

超标次数合计	对标 IV 类水质标准	对标 III 类水质标准
总氮	72	72
氨氮	6	10
溶解氧	6	11
总磷	1	4
五日生化需氧量	0	2
化学需氧量	0	2

3.2.2 敏感水质断面

以标准限值中 III 类及 IV 类标准值为基准，统计分析相关断面在 2021 年 1 月至 2023 年 12 月期间的敏感水质因子超标频次，识别出 FT 河的敏感水质断面。FT 河的河口断面超标频次较高。

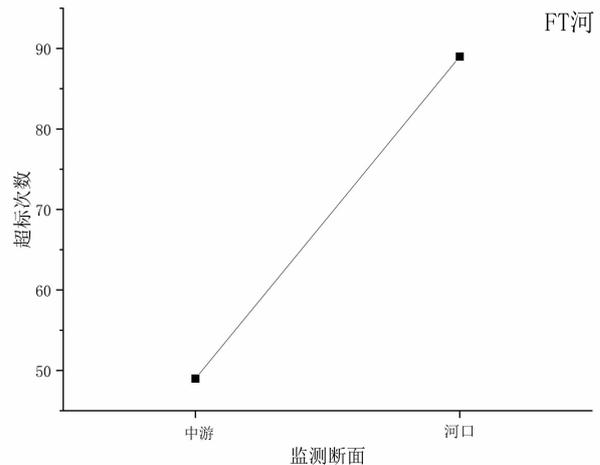


图 9 河流断面超标次数统计图 (超过 IV 类标准)

表 2 FT 河各断面超标次数统计表

断面	中游	河口
合计	36	49
溶解氧	0	6
化学需氧量	0	0
五日生化需氧量	0	0
氨氮	0	6
总磷	0	1
总氮	36	36

3.2.3 水质敏感时间

1) 对照IV类标准值

以标准限值中III类标准值为基准，统计分析相关断面在2021年1月至2023年12月期间的敏感水质因子月度超标频次，识别出FT河的敏感水质时间。根据数据统计可以看出，进入雨季河流水质因此超标次数呈现明显升高趋势，在8月达到最高值，随后恢复至低水平。

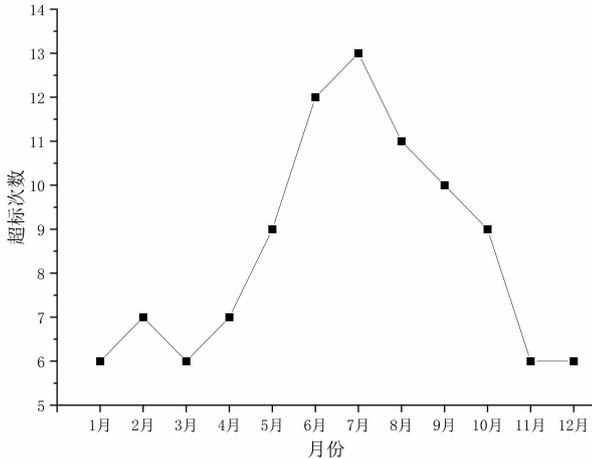


图10 河流月度超标次数统计图 (超过IV类标准)

表3 FT河月度超标次数统计表

月份	超标次数合计	总氮	氨氮	溶解氧	总磷	五日生化需氧量	化学需氧量
1月	6	6	0	0	0	0	0
2月	6	6	0	0	0	0	0
3月	6	6	0	0	0	0	0
4月	6	6	0	0	0	0	0
5月	6	6	0	0	0	0	0
6月	9	6	2	1	0	0	0
7月	10	6	1	2	1	0	0
8月	9	6	1	2	0	0	0
9月	8	6	1	1	0	0	0
10月	7	6	1	0	0	0	0
11月	6	6	0	0	0	0	0
12月	6	6	0	0	0	0	0

4. 结论与建议

根据水质月度监测结果数据统计分析，FT河的污染要素因子包括了溶解氧、化学需氧量、五日生化需氧量、氨氮、总磷、总氮。从3月开始，河流水质超标次数呈现明显升高趋势，在7月达到最高值，随后恢复至低水平。在时间线上，南方市雨季时间为每年的4月至10月期间，河流的水质变化与降雨有一定的关联性。河道污染主要风险时间段为每年的4月至10月雨季期间。

根据FT河污染水质特点，建议该河段通过提升污水处理厂总氮消纳能力，降低排污水中硝酸盐浓度，包括采用污水深度脱氮工艺(硫/铁自养脱氮工艺，藻菌深度脱氮工艺等)。针对河道中出现较多的淤泥和污水处理厂消毒不彻底的问题，短期内建议强化污水处理厂消毒工艺，针对河道淤泥问题建议机械清淤或添加缓释材料进行底泥原位修复。对由于

雨水溢流引起的氨氮超标，短期内可添加可降解生物填料或吸附剂，实现污染物的原位削减。中远期，FT河应采取拦截与渗滤堰净化相结合的方式，最大限度减少入河污染物的输入。例如建立雨污分流管网体系，合理规划污水处理厂，完善城乡结合部的基础设施体系。构建雨水初期弃流设施，对进入河道的雨水进行处理。同时，应加强监管，对污染物排放从严管控，防止污水排入河道。此外，为提升河道的长期净化能力，在综合治理时，应尽量保留自然河流原态，对于人工痕迹较重的河流进行修复时，应合理设计河道段平面线形，使其尽量优化为蜿蜒型河道。恢复河流的多向性流动，形成不同的水文条件，更多地激发微生物的生物活性，对水质净化产生积极作用，并为河流生物创造更加丰富的仿生条件。

【参考文献】

[1]《地表水环境质量标准》(GB3838-2002)

[2]田完红. 山西饮用水源地水质健康评估分析[J]. 地下水, 2021, 43(02): 90-91+258. DOI: 10.19807/j.cnki.dxs.2021-02-028.

[3]张雅卓, 吕淑婷, 季廷翠. 城市边缘区河道景观生态修复策略研究[J]. 河北工程大学学报(自然科学版), 2019, 36(04): 37-44.

[4]凌茜, 邵义萍, 杨扬, 等. 南方城市河流水质变化趋势与稳定对策研究[J]. 给水排水, 2023, 59(S1): 634-639+643. DOI: 10.13789/j.cnki.wwe1964.2023.02.20.0002.

[5]邵一奇, 严敏哲, 忻飞, 等. 城市特征河流水质提升及健康水生态系统构建——以常熟市枫泾河为例[J]. 湿地科学与管理, 2023, 19(06): 25-29.

[6]陈帅, 张瑞娜, 卜培彦. 城市河流污染现状及评价分析的研究进展[J]. 应用化工, 2024, 53(04): 925-929. DOI: 10.16581/j.cnki.issn1671-3206.20240029.004.

[7]张莹. 重污染城市河流水污染特征分析及补水方案研究[D]. 重庆大学, 2021. DOI: 10.27670/d.cnki.gcqdu.2019.000638.

[8]王翔. 城市河流污染问题浅探[J]. 城镇供水, 2012(03): 76-79. DOI: 10.14143/j.cnki.czgs.2012.03.010.

[9]叶兆木, 彭瑶, 赵芳, 等. 水环境现状调查及评估方法分析[J]. 环境影响评价, 2020, 42(03): 92-96. DOI: 10.14068/j.ceia.2020.03.021.

[10]车伍, 张伟, 李俊奇. 城市初期雨水和初期冲刷问题剖析[J]. 中国给水排水, 2011, 27(14): 9-14. DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2011.14.003.

[11]范重阳. 城镇化进程中城市河流污染治理困境突破[J]. 人民论坛, 2014(17): 138-140. DOI: 10.16619/j.cnki.rmlt.2014.17.002.

作者简介: 陈耀聪, 男, 民族, 汉族, 1993年9月, 广东深圳, 本科, 助理工程师, 研究方向, 环境生态评价与科研。

曾帅君, 助理研究员/博士后。

林喆, 助理工程师/工程师。

通讯作者: 陶益, 副教授。

项目: 深圳市高等院校稳定支持计划(WDZC20200819163549002)