

Analysis and Countermeasures of Water Quality Fluctuation during Rainfall in Urban Rivers with Baseflow Deficiency

Qianyi Zhao Wangzi Zhou

Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan, Hubei, 430010, China

Abstract

The main sources of water in urban rivers with scarce basic flow are the effluent from sewage treatment plants and the discharge from reservoirs. The overall water volume is relatively low, and the water quality fluctuates greatly due to factors such as incomplete separation of rainwater and sewage during rainfall. The paper takes Maozhou River in Shenzhen as an example to deeply analyze the main sources of pollutants in the main and tributary rivers during rainfall, and proposes targeted engineering and non engineering measures for different sources, which can provide reference for the construction and management of water quality standards in similar areas.

Keywords

scarcity of basic flow; urban waterways; water quality fluctuation analysis; countermeasure research

基流匮乏型城市河道降雨期间水质波动分析及对策研究

赵潜宜 周王子

长江勘测规划设计研究有限责任公司, 中国 · 湖北 武汉 430010

摘 要

基流匮乏型城市河道来水主要为污水处理厂尾水及水库下泄, 总体水量偏少, 降雨期间受雨污分流不彻底等因素影响水质波动较大。论文以深圳市茅洲河为例, 深入剖析了降雨期间河道干支流污染物主要来源, 并围绕不同来源针对性提出工程及非工程措施, 可为类似区域水质达标建设管理提供参考。

关键词

基流匮乏; 城市河道; 水质波动分析; 对策研究

1 引言

城市化进程的加快及人口增长与城镇集中迁移带来的水环境污染是当今社会面临的主要问题。围绕“控源截污、内源治理、生态修复、活水保质”的系统治理思路, 各类工程陆续实施, 城市治水工作初显成效^[1-2]。然而对于基流匮乏型城市河道^[3], 非降雨期间河道水体补给来源主要包括污水处理厂尾水及水库下泄, 总体水量偏少。虽然通过系统治理, 基本解决了污水直排问题, 并通过活水工程及生态修复等措施, 河道水体在晴天能稳定达标; 但降雨期间, 仍有大量污染物通过混错接管网随雨水进入河道, 造出水体污染物超标。下面以茅洲河为例分析典型基流匮乏型城市河道降雨期间水质波动原因, 并针对性提出解决措施。

2 研究区概况

茅洲河为广东省深圳市的第一大河, 发源于深圳境内

的羊台山北麓, 干流全长约 43km, 流域面积约 388 km², 是深圳与东莞的界河。茅洲河流域(深圳境内)有河流 52 条, 其中干流 1 条(下游段为界河), 一级支流 24 条, 二三级支流 27 条; 东莞市境内 9 条均为一级支流, 汇入茅洲河下游干流中。茅洲河流域水系图见图 1。

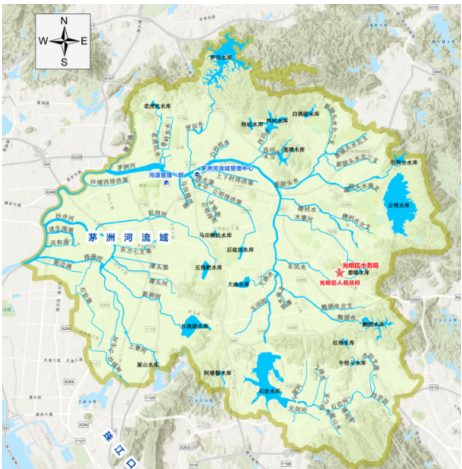


图 1 茅洲河流域水系图

【作者简介】赵潜宜(1991-), 男, 中国湖北潜江人, 博士, 工程师, 从事水环境治理研究。

历史上的茅洲河是深圳市的“母亲河”，是沿岸居民的饮用水源。20世纪90年代开始，随着城市化进程的加快，茅洲河流域治河治污设施建设日显滞后，下游国控断面氨氮、总磷浓度分别高于地表水Ⅴ类水标准值数十倍，水体污染、生态平衡破坏，茅洲河全线成了污染严重的“墨汁河”。2016年以来，深圳市政府高位推动治理茅洲河，立足市情水情和超大型城市河流污染特征，经过科学谋划，以“治水十策”和“十个全覆盖”为技术路线，强调全流域统筹、全要素治理及全周期管理的治水体系，流域范围内水质快速、显著提升^[4]。2019年11月起，茅洲河水质达地表水Ⅴ类，为1992年来最好水平，全流域原有的40个黑臭水体全部消除黑臭。共和村国控断面氨氮由2015年的23.3mg/L下降至2020年的1.15毫克/升，实现从重度黑臭到地表水Ⅳ类的跨越。2020年、2021年共和村国控断面年均水质主要指标达到Ⅳ类，2022、2023年达到Ⅲ类（考核标准为Ⅳ类）。茅洲河2021年获评生态环境部首批18个美丽河湖案例之一，2022年获评广东省第二届国土空间生态修复十大范例，2023年获评广东省水利风景区，2024年获评住房和城乡建设部28个城市更新典型案例之一。

通过对2022年1月至2023年5月茅洲河共和村断面水质随降雨的变化分析可知，共和村断面水质随降雨的波动明显。降雨发生后（雨强不低于25mm/d），共和村断面溶解氧浓度存在降低现象，同期氨氮、总磷、高锰酸钾指数上升。在18场大雨及以上等级的降雨（大于25mm/d）中，共和村断面溶解氧浓度在雨中或雨后2天内相较雨前降低41.59%，同期氨氮、总磷和高锰酸钾指数分别增加335.29%、67.28%、16.68%。经统计，2022年1月至2023年5月主要控制断面降雨期间天数占总返劣Ⅴ类天数超90%，说明降雨是其水质波动的主要因素^[5]。

3 水质波动原因分析

结合茅洲河流域管理实践经验，经系统分析，茅洲河共和村断面的污染物来源主要有深圳侧支流、东莞侧支流、干流箱涵溢流、Y38等干流沿线排口、雨水泵站前池、水质净化厂尾水及面源污染等途径，其中深圳侧支流污染物来源主要包括截污总口溢流、支流沿河截流系统溢流、市政污水管网冒溢、支流排涝泵站、厂站补水、支流补水点、面源污染及其它（见图2）。

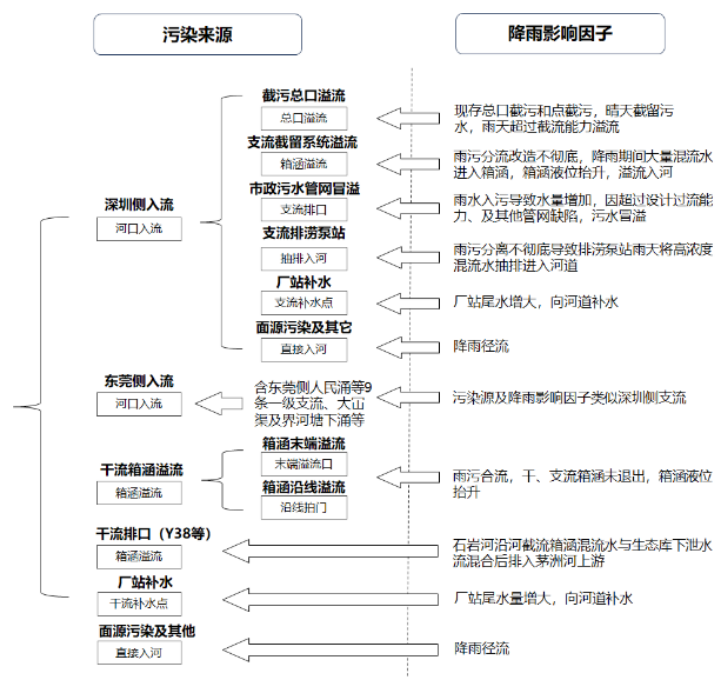


图2 污染源及其降雨影响因子

对前述污染源进行梳理，其中流域内各主要污水厂站出水均能稳定达到准Ⅳ类排放标准，故厂站尾水不会对共和村断面产生负面影响；面源污染及其他途径（如工厂偷排）也可造成部分污染物入河，但面源污染大部分通过初雨调蓄池拦截，工厂偷排现象为个例。故这几部分污染源一般不被视为影响在降雨期间水质恶化的主要途径。

而支流作为茅洲河干流的主要汇水来源，将承担降雨期间流域内绝大部分入河污染物，汇聚至干流；茅洲河干流箱涵仍未完全退出污水系统，降雨期间箱涵水量激增，在调

蓄设施满负荷后高浓度混流污水在干流箱涵末端和侧面拍门溢流至河道；茅洲河沿线未整治完成或整治不彻底的排口在降雨期间存在超标雨水排放入河。同时，雨污分流不彻底导致污水管网超负荷冒溢产生的污水由雨篦子进入雨水系统入河。茅洲河干流污染将主要由这几部分产生。经初步判断，以上部分污染源是造成河道水质波动的重要原因，进一步分析导致支流水体污染、干流箱涵溢流及沿河排口雨水超标原因，则可以得到茅洲河降雨期间水质波动原因如下。

3.1 污水零直排创建尚未完成

茅洲河流域范围污水零直排创建尚未完成,部分老旧小区(城中村),排水管网破损严重、渗漏点多、排查整治难,且餐饮一条街众多,面源污染较为严重,同时受施工占道审批制约,零直排创建较难推进,降雨期间这些小区(城中村)成为污染入河的重要原因。

3.2 截污总口的设置

截污总口是降雨期间雨水入污导致污水溢流的主要因素之一,一方面当水量超过截流口过流能力时,混流污水在总口处直接溢流,另一方面当截污管或污水管液位抬升时可能造成沿线检查井、泄压口溢流。

3.3 干支流箱涵方面

茅洲河干流箱涵定位为初雨收集转输通道,随着近年雨污分流逐步完善,箱涵水量逐年减少,且浓度逐年降低。由于沿河调蓄池及箱涵的调蓄作用,单场中小雨(24小时累计降雨小于25mm)基本不溢流;随着降雨量进一步增大,干流箱涵易于末端及拍门处发生溢流。

3.4 市政管网污水冒溢

市政管网污水冒溢主要成因:一是降雨期间雨水混入市政污水系统,如截污总口、沿河截流箱涵、混错接、污水管网破损等,大量雨水混入抬升了污水管网液位导致冒溢;二是部分淤堵、塌陷管段,瞬时强降雨时过流能力不够易发生冒溢;三是部分地势低洼区域受降雨期间市政干管高水位顶托影响,易发生冒溢;四是部分倒坡管段或倒虹吸管段,既直接降低了管网过流能力,又容易发生淤堵;五是污水泵站或水质净化厂站达到最大处理能力而限流,因顶托造成上游污水冒溢。

3.5 排涝前池

受局部雨污分流不彻底影响,部分雨水泵站前池晴天积存污水,水量不一,晴天前池污水通过弃流泵抽排至市政管网。降雨期间,该部分污水和雨水混合后通过开闸或泵站抽排进入河道,对河道水质造成一定冲击。

3.6 调蓄池调度运用

茅洲河流域共有调蓄池(调蓄塘)11座,总调蓄规模58.53万 m^3 。调蓄池在降雨初期“收浓弃淡”方面发挥了重要作用(见图2)。但由于目前调蓄池进水主要按照水位调度,在“收浓弃淡”方面仍较为粗放,需结合水质、雨型等进一步精准调度。由于调蓄容积及厂站处理能力有限,随着降雨强度的增加,箱涵易于末端及阀门处发生溢流。

4 对策研究

4.1 工程措施方面

①深入推进雨污分流工作,进一步做好正本清源查漏补缺、市政管网混错接整改、老旧管网修复改造、暗涵暗渠治理等。对存在地下水渗漏、巷道狭窄等不具备创建条件的

小区开展评估,随城市更新、旧城改造等工程一并实施。强化面源污染整治,全面推行排水设施网格化监管,试点推动环卫地面冲洗废水截排等工作。

②结合雨污分流改造措施,推进现状仍存在的截污总口和溢流排口整治,减少汛期污染物随雨水入河问题。

③推进沿河截流箱涵退出污水系统。针对目前仍作截流管使用的干支流箱涵,全力推进箱涵晴天减水量,使其早日退出污水系统;针对暂时作为污水管使用的箱涵,应加快相关污水管网规划建设,在新管建成之前,要进一步排查改造,使箱涵封闭运行,完全剥离进入箱涵的雨水。

④展排涝泵站前池污水整治:雨前尽量排空前池积存污水,减少污水入河;结合污水零直排区创建,进一步开展上游污水溯源排查整治。

⑤完善市政管网及互联互通调度通道,打通污水调度技术壁垒,充分发挥富余厂站污水处理产能。

4.2 非工程措施方面

①以提升河道水质和进厂BOD浓度为目标加强降雨期间流域污水统筹调度,主要包括污水处理厂间污水处理调度、干支流箱涵收浓弃淡调度、Y38等典型排口调度、调蓄池优化调度及加强爆管、塌陷等突发事件污水应急调度。

②茅洲河作为东莞、深圳界河,承接深圳、东莞两地来水,应进一步完善深圳东莞两市关于茅洲河治理管理的日常沟通协调渠道和长效机制。

③进一步发挥流域管理机构统筹协调中枢平台作用,尤其是降雨期间防洪和污水调度统筹协调中枢作用,重点做好雨前、雨中、雨后调度,最大限度发挥厂、网、河、池、闸等应对降雨的综合效益。

5 结语

论文以深圳市茅洲河为例分析了典型基流匮乏型城市河道降雨期间水质波动原因,并围绕导致支流水体污染、干流箱涵溢流及沿河排口雨水超标核心原因,针对性提出了工程措施及非工程措施,可为类似区域水质达标建设管理提供参考。

参考文献

- [1] 王逢武,吴宁,黄毓祥,等.大湾区典型城市流域水环境综合整治现状及趋势[J].给水排水,2023,59(11):60-67.
- [2] 李骏飞,李欢,杨磊三.粤港澳大湾区创新治水模式分享[J].中国给水排水,2020,36(8):1-6.
- [3] 米广杰.城市流域水环境综合治理思路和策略[J].清洗世界,2021,37(7):94-95.
- [4] 李爱民,梁英,倪天华,等.基流匮乏型城市黑臭河流的治理模式及其主要技术方法——以贾鲁河为例[J].环境保护,2015,43(13):20-23.
- [5] 邵宇航,楼少华,唐颖栋,等.深圳市茅洲河流域某小微水体治理方法与实践[J].中国给水排水,2023,39(14):134-140.