

城市河道断面水质达标正反馈整治模式下的流域雨污分流综合治理项目设计

闫超¹, 刘小平¹, 汪天祥²

1. 中水珠江规划勘测设计有限公司, 广东 广州 510000

2. 大连理工大学, 辽宁 大连 116000

摘 要 : 城市河道水环境综合整治是改善河道水质, 消除黑臭水体, 提升城市生活品质, 改善人居环境的重要内容, 本文根据城市河道整治工程正反馈整治模式理论研究, 将流域雨污分流综合治理的工程措施与河道水质目标改善对应, 实现工程进度与水质目标改善的正相关, 该治理模式更能直观的反映出工程进度与水质改善的关系, 是城市河道断面水质达标正反馈模式的实际应用。

关 键 词 : 正反馈; 雨污分流; 倒灌; 黑臭水体

Design of Comprehensive Management Project For Rainwater and Sewage Diversion in Urban River Sections under the Positive Feedback Management Model to Meet Water Quality standards

Yan Chao¹, Liu Xiaoping¹, Wang Tianxiang²

1 China Water Resources Pearl River Planning, Surveying & Designing Co., Ltd. Guangzhou, Guangdong 510000

2 Dalian University of Technology, Dalian, Liaoning 116000

Abstract : Comprehensive improvement of urban river water environment is an important part of improving river water quality, eliminating black and odorous water bodies, improving urban living quality, and improving human settlement environment. Based on the theoretical research on the positive feedback improvement model of urban river improvement projects, this paper corresponds the engineering measures of comprehensive management of rainwater and sewage diversion in the basin with the target improvement of river water quality, and realizes the positive correlation between the progress of the project and the improvement of water quality targets. This management model can more intuitively reflect the relationship between the progress of the project and the improvement of water quality, and is the practical application of the positive feedback model of water quality compliance in urban river sections.

Keywords : positive feedback; sewage and rainwater separation; backflow; black and smelly water bodies

一、整治范围概况及存在问题

(一) 流域及水质概况

茅洲河流域面积398.13km², 是深圳市与东莞市的界河。20世纪90年代以来, 两岸企业、人口爆发式增长, 导致茅洲河受到严重污染, 氨氮、总磷等指标超过地表水V类水质标准的十几倍, 被媒体称作“珠三角污染最重的河”, 根据相关研究深圳光明新区、宝安区、东莞长安镇对茅洲河的污染贡献分别为27.3%、31.5%、41.2%^[1]。

茅洲河整治工作启动以来, 深莞两市都对茅洲河整治投入了大量的人力和物力, 从大到产业结构调整、截污治污系统建设、面源污染控制^[2], 小到化粪池系统治理^[3]等方面入手, 其中东莞主要实施了茅洲河堤岸整治、截污次支管网建设工程、清淤工程以及水质净化厂提标改造等工程, 随着相关工程建成并发挥作用, 茅洲河水环境质量得到了巨大的改善。2019年11月, 茅洲河共和村国考断面水质首次消除劣V类, 实现历史性转折; 2020年, 随着整治工作不断深入, 水质进一步改善, 全年达到IV类标准, 茅洲河告别“黑

臭”四十年的历史, 其2019至2020年水质见表1。

表1 茅洲河共和村国考断面水质变化

时间	溶解氧	氨氮	总磷	水质类别
2019年1-11月	3.60mg/L	0.74mg/L	0.12mg/L	IV类
2020年1-11月	4.65mg/L	0.34mg/L	0.09mg/L	IV类
同比变化	29.20%	-53.80%	-21.70%	不变

茅洲河治理工作取得了较好的工作成效同时, 政府也深刻的认识到, 鉴于部分支流仅实现消除黑臭, 还不能稳定消除劣V类, 流域治理工作尚有短板, 无法满足人民群众日益增长的优美生态环境需要, 需要进一步开展提质增效^[4], 对支流开展水环境治理工作。

本工程治理河道为茅洲河一级支流, 位于长安镇西北部, 北接环山渠, 南入茅洲河, 全长约6.1km, 集水面积约6.25km², 是长安镇内住建部督办治理的4条黑臭水体之一, 河道明暗交接, 环山渠至S358省道段约3.3km主要为暗渠, 分为3支, 分别为锦绣路排洪渠、横增路排洪渠和坂田水库排洪渠, 渠宽2m~3m不等; S358省道至东引河段约1.1km为明渠, 河宽约20m; 东引河以南段约1.7km为暗渠, 宽约10m。

表2东莞侧内河涌水质达标情况（2020年10-12月）

序号	河涌	消除黑臭		达V类水或以上	
		天数	达标率	天数	达标率
1	河道	49	100%	26	53.1%

（二）区域排水概况

流域内污水进入现状污水处理厂，处理厂设计出水水质达到《城镇污水处理厂污染物排放标准》（GB18918-2002）一级A标准及广东省地方标准《水污染物排放限值》（DB44/26-2001）的第二时段一级标准两者各指标中较严值，处理后尾水排入茅洲河。

经过多年的建设，镇内污水系统日趋完善，镇内已建市政污水管约500km，管网密度达8.0km/km²。基本上实现了市政道路上污水管网全覆盖，基本具备源头雨污分流的实施条件。

河道流域范围内雨水管线长约74.17km，管道和渠道兼具，规格尺寸繁多。河道流域共有排水地块37个，其中完全雨污分流地块12个，不完全雨污分流地块24个，合流地块1个。根据本次摸底成果显示，已完成雨污分流地块依然存在分流不彻底的现象，12个已完成雨污分流的地块中，仍存在错混接，雨污分流效果有待改善。

（三）存在问题

- 1) 存在污水管网空白区，亟需查漏补缺
- 2) 雨污错接漏接现象突出
- 3) 污水处理厂进水浓度低，运行效能低

2018年~2020年，污水处理厂CODcr进水浓度129.5mg/L~230.3mg/L，约为建城函[2016]198号要求最低浓度的49.8%~88.6%，进水浓度无改善甚至还逐步降低；BOD进水浓度61.7mg/L~98.6mg/L，约为建城[2019]52号文规定最低浓度的61.7%~98.6%，进水浓度也呈现逐步降低的趋势。

4) 污水管网高水位运行

根据污水才处理厂1月~8月运行数据，污水处理厂管网（厂前）月平均水位-6.00m~-0.96m，平均-3.78m，管网水位位于管顶以上2.05m~7.09m，平均4.28m。根据《室外排水设计标准》（GB50014-2022，污水管道最大充满度0.75，污水管网处于高水位运行状态。

5) 滨海地区地势低，水系发达，影响合流制排水系统效能

据统计，镇内已建截流井超过1000座，主要采用拍门防止地表水倒灌。该镇位于沿海片区，地势较低，尤其东引河以南区域，水系发达，暗渠众多，地下管网纵横交错，互联互通，防倒灌设施难以面面俱到，地表水倒灌风险大，影响污水系统效能，也是污水管网高水位运行的主要原因。

6) 排水管网淤塞，影响河道水环境和区域水安全

镇内工程建设强度极大，工程建设过程中，不可避免发生水土流失，沉积于排水管道。另外因为市政道路雨污两套系统不完善，原有排水管线普遍是合流管，承担雨水和旱季污水的排放功能，随着污水管网不断完善，原合流管逐步过渡为雨水管，但是管内沉积的污染物并没有因为管道性质的变化而消失，存在于排水系统中的沉积物随排水进入受纳水体后，将严重污染水体的水质；同时也对排水系统的管理和运行带来许多问题^[9]，市政道路上排水管网，因为各类工程建设，淤塞后排水不畅，导致路面积水，影响区域水安全。

二、工作思路及目标

（一）工作思路

本工程针对污染治理过程中存在的问题，按照“系统治理、流域统筹，远近结合、标本兼治，综合施策、多措并举”的理念，全面排查片区内的现状环境条件，梳理已实施的相关治污工程，分析造成水环境问题突出的主要原因，控制好面源污染和管控好工业企业非法排放，继续加快推进正在实施治污工程。在此基础上，通过全面统筹、合理规划、查漏补缺，建立完善的污水收集处理体系，推进源头雨污分流工作，实现“管网全覆盖、污水全收集、管道全输送、末端全处理”，确保地表水水环境水质达标和污水处理厂进水浓度提升。

（二）工作目标

（1）雨水污水两套系统目标

在排水管线摸查、错混接整改、排水管道修复的基础上，通过市政污水管网查漏补缺，构建独立完整的污水和雨水管网系统，实现管网的全覆盖和全收集。

（2）截流井整治目标

关闭和消除具有倒灌风险的截流井。

（3）地块雨污分流目标

实施雨污分流的地块需严格达标，地块内部雨水管/污水管分别接入市政道路雨污水管，确保市政道路雨水系统内晴天无污水，做到污水不入河。

（4）地表水水质目标

2021年12月底，实现河道考核断面水质消除劣V类。

三、正反馈式整治方案规划

城市河道水质达标正反馈整治模式是首先分析河道特征，结合污染源于水系关系划分控制流域，排水单元，根据河道水质目标系统规划源头产物，过程集污系统、末端治污系统方案，从而将水质目标与工程措施有机结合，实现工程措施与水质目标改善同步，形成正反馈式整治^[6]。

（一）源头产污系统

源头产污系统可以划分点源、面源、内源三大类；点源污染主要包括生活污水、工业企业污水、废水，主要的问题是污水直排、污水错接雨水管、废水错接雨水管。对于生活污水、工业企业污水直排问题应在市政道路上新建污水管，并结合用排水情况、路由情况、经济情况、时间情况考虑对用水单元规划地块小总口截污或者雨污分流方案，以避免污水直排。

本工程针对源头产物系统，主要采用地块雨污分流及地块内小总口截流的方式处理。

（二）过程集污系统

过程集污系统是产污单元和治污单元的连接环节，也就是通过管网系统将源头污水输送至污水厂或一体化、分散式等水处理系统，从而实现污染通量的削减。主要存在的问题是污水漏接、外水混入，具体表现为市政道路上的管网覆盖不全、雨污水错混接、管网淤积破损、小河道或暗涵作为污水通道，针对此类问题本工程主要采用污水管网完善工程，完善污水收集系统管网，通

过雨污水错混接整改解决部分污水漏接，外水混入问题，通过倒灌截流井改造工程解决大部分倒灌，进而解决外水混入问题。

(三) 末端治污系统

在初步规划污染末端治污系统的规模、处理标准后，反过来还需结合源头产污系统、过程集污系统的建设与管理规划，将整个流域的一体化、分散式、污水厂等处理措施进行复核，优化确定末端治污系统的规模与处理标准。同时在管理方面需强化对处理系统的进出水质、进水负荷进行监管，以保障按照设计工况运行。重复上述过程即可确定各个片区的整治方案。

本工程下游污水处理厂设计规模15万 m³/d，出水水质标准满足一级 A 标准，规模及出水水质均满足要求。

四、正反馈模式下的工程措施

(一) 污水收集系统完善方案设计

河道流域共有排水地块37个，其中已完成雨污分流地块12个，未完全雨污分流地块25个。本次拟对XA-21、XA-06、JX-38、JX-39、WS-06、WS-14等地块实施雨污分流，对XA-03、XA-15、XA-12部分区域地块实施简易雨污分流。

(二) 污水转输系统完善方案设计

河道片区污水管网查漏补缺工程设计补充DN300~DN400污水管网共1591m。

(三) 雨水系统完善方案设计

错混接整改方案设计

河道流域共有排水地块37个，根据摸查资料成果河道流域有水源头1161个，根据错混接整改原则纳入本工程整治的337个，督促排水户自行整治756个，渗漏点封堵8处。

截流井整治工程

本次流域范围内共计调查出94处截流井，根据镇街补水调度中论述本河道为排水通道。涨潮时，水闸开闸引水并控制河涌水位低于1.54m（85高程）河涌水位高于1.54m，则河水会进入市政雨水管道，并倒灌进入市政截污管网，故本工程以1.54作为截流井是否倒灌的判定标准，合流管底高程大于1.54m则截流井日常不会发生倒灌现象，合流管高程小于1.54m，日常运行过程中截流井存在倒灌风险，结合调度排查^[7]可判定河道流域共计倒灌截流井28座，目前截流井倒灌评估与预防的措施有多种包括采用数值模拟评估倒灌风险^[8]，采用智能截流井预防倒灌^{[9][10]}等。

结合工程实际本工程截流井整治措施主要有取消和结合地块简易雨污分流上移等2种方式，根据污水管网高水位运行工况下的截污的经验^[11]，本工程倒灌截流井均考虑取消，非倒灌区总口截留井考虑取消或上移，工程实施过程中，确有地块污染源整改不到位或由于客观原因无法整治，可视具体情况保留一部分地块内部非倒灌区域的截流井。

(四) 雨水（合流）管涵清疏方案设计

雨水（合流）管道淤堵及污染物沉积是引起河道水质反复及城市内涝的一个容忽视的因素，鉴于2021年4月份长安镇降雨发生了内涝情况，客观反映了雨水管道排水能力不足、地面雨水收集能力差等问题，本次清疏工程将雨水口清理列为工作重点实施。

五、实施计划与整治效果

本项目的实施有效提升了污水收集、处理系统能效。此外，在理清雨污两套系统后，源头雨污分流持续实施将进一步提升污水收集、处理系统能效，达到预期设计目标，切实高效削减污染负荷，保障水生态环境。

本项目在摸清现状污水管网和雨水管网的基础上，通过对市政路上的雨水和污水系统进行优化与改造，形成完善的雨水和污水管网系统，确保雨水经雨水管网就近排入河道。通过本次管网完善工程的实施，通过对工作范围内各排水分区的雨污分流和小片区截流，实现现状沿河截流井的取消，项目实施后，河道片区建成区雨污分流比例由现状的17.1%提高到88.7%，减少雨天溢流频次和溢流规模，改善内河涌的水环境质量，完成了年度考核达标的任务。本工程整治完成后内河涌水质见表3。

表3 2023年1-12月河涌水质平均值

流域	河流	水质目标	水质类别	是否达标	溶解氧 (mg/L)	COD (mg/L)	氨氮 (mg/L)	总磷 (mg/L)	备注
茅洲河流域	三八河	V类	V类	是	4.1	18	2.00	0.26	

六、一些思考

1. 随着水环境治理工程的逐渐深入，一些原有被忽视或者隐藏难以解决的问题逐渐浮出水面，如暗渠内的排污口，巷道内的错混接等，而排查这些问题将会投入大量的人力物力，其成本远超传统勘察设计费用，此部分资金的落实也关系到现状问题的摸查及工程实施的效果。

2. 珠三角部分地区经常受潮水及雨水顶托，很多阀门存在大雨打不开的现象，治理水污染过程中需要同步考虑雨污同治。

3. 社区雨污分流工作往往推进难度较大，进度往往落后于水质考核，在社区雨污分流完成之前临时的污水收集措施是必须的。

参考文献

- [1] 彭溢, 廖国威, 陈纯兴, 等. 茅洲河污染源分析及治理对策研究 [J]. 广东化工, 2014, 41(15):2.DOI:10.3969/j.issn.1007-1865.2014.15.099.
- [2] 李锐, 吴凤连, 陈小刚, 等. 深圳市茅洲河流域水环境提升对策 [C]// 中国环境科学学会. 2014中国环境科学学会学术年会(第三章). 深圳市深港产学研环保工程技术股份有限公司; 深圳市宝安区水环境生态修复技术中心, 2014:6.
- [3] 郝鑫瑞, 方刚, 唐颖栋, et al. 茅洲河流域高密度建成区化粪池系统治理实践 [J]. 中国给水排水, 2024(004):040.
- [4] 《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》.
- [5] 汤霞, 陈卫兵, 李怀正. 城市排水系统沉积物特性及清淤方式研究进展 [J]. 城市道桥与防洪, 2013(3):5.DOI:10.3969/j.issn.1009-7716.2013.03.031.
- [6] 汪天祥, 肖许冰, 闫超, 等. 城市河道断面水质达标正反馈整治模式研究 [J]. 中国水利, 2020(5):4.DOI: CNKI: SUN: SLZG.0.2020-05-018.
- [7] 石顺权, 唐雨语, 陈德业, 等. 联合调度策略用于河网区污水系统倒灌口排查 [J]. 中国给水排水, 2023, 39(24):115-121.DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.24.020.
- [8] 张楠, 颜军, 何卫华, 等. 基于数值模拟的污水截流系统倒灌与溢流诊断 [J]. 给水排水, 2020(S01):204-208.
- [9] 常显志, 陈冬青, 罗肖肖. 滨海城市智能截流井防倒灌堰门高度研究 [J]. 科技创新与应用, 2024(23).
- [10] 谭建国, 蔡桂安, 余路路. 智能截流井在惠州市城区截污治污工程中的应用 [J]. 广东水利水电, 2020(10):4.
- [11] 胡和平, 陈德业, 闫超, 等. 污水管网高水位运行工况下的截污方案探讨 [J]. 给水排水, 2019, 45(4):6.DOI:10.13789/j.cnki.wwel1964.2019.04.008.