

雨污分时分流模式研究与应用

陈建余¹,周 瑛²,陈 彬²,翟 林³,罗肖肖³,王伟强⁴,林秋明⁵

(1.广州市生态环境局南沙区分局,广东 广州 511455;2.广州市南沙区水务局,广东 广州 511455;3.广东省冶金建筑设计研究院有限公司,广东 广州 511455;4.广东省建筑设计研究院有限公司,广东 广州 510010;5.广州市市政工程设计研究总院有限公司,广东 广州 510060)

摘 要:雨污分流是我国排水行业的一个重要研究课题。分析当前雨污分流治理模式现状及存在问题,提出雨污分时分流新型分流模式。论述及研究雨污分时分流模式的概念及实施路径,基于污水收集效果,从五个路径建立新型雨污分流模式,创新绩效考核体系,增强效能管控,采用数字化手段开展工程管理,提出反向污水治理新模式,将污水治理从总量排序向效能排序转变。结合某村镇的排水案例分析,验证模式的有效性,为排水行业内提供借鉴,促进我国排水事业的良好发展。

关键词:合流制排水系统;雨污分流;溢流污染;分时分流;分质分效

中图分类号: TU992

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)10-0142-04

0 引 言

合流制是我国排水管网系统长期面临的状态,我国合流制排水管渠数量多、建设情况复杂、运行问题突出,已成为制约城市水环境质量提升的关键^[1]。合流制溢流污染作为典型的面源污染问题已成为我国城镇水环境污染的主要原因之一,研究表明合流制溢流污水的 COD 和 SS 浓度远高于生活污水和径流污水^[2]。除溢流污染影响河涌水环境质量外,合流污水也可进入污水处理厂,挤占其处理空间,减低污水处理厂的工程效益和社会效益。近年来,各地均通过截污控源、管网改造等措施逐步实现雨污分流,降低合流系统的占比,降低合流系统的影响,但效果欠佳。唐磊等^[3]的研究表明管渠的合流原因分 3 种,一是本身仅有一套排水管渠,二是上下游衔接导致的合流,三是“错接”导致的合流。合流制污染来源主要分为三个部分:地表径流、生活污水和管道沉积物^[3]。一味的追求雨污分流,一方面加重了各地的财政负担,另一方面,即使花了大力气实现雨污分类,也会因为后续“错接”等形成新的合流制,陷入反反复复的困境。本文提出雨污分时分流新型分流模式,

并对其实现路径进行研究分析,实践表明,新型雨污分流模式具有良好的现实意义。

1 当前雨污分流模式

雨污分类的概念起源于 1987 年发布的《室外排水设计规范》(GBJ14—87),该规范中提出城市新建城区宜采用雨污分流制,之后,在各地的排水规划中陆续提出合流制逐步改造为雨污分流制^[4]。进入 21 世纪,全国各地陆续开展了轰轰烈烈的雨污分流改造工程,排水系统的雨污分流经历了截流式分流制、市政雨污分流、入巷入户雨污分流等阶段,随着雨污分流的深入,工程投资越来越大、难度越来越高,带来的污水处理厂进水浓度大幅度提升,但雨污分流的效果可持续性逐步面临“返合”的困境。

国内雨污分流工程也大致经历了两个阶段,第一阶段以工程量为主,零星开展相关的雨污分流工程,侧重对合流污水的收集,在方案上以主干污水系统、截流井完善为主,通过在合流管渠末端增设截污闸、截污堰等截流设施进行整治,实现旱季污水收集。该阶段特点是工程离散型强、系统性不足,实际的分流效果较差,但为污水处理厂带来了可观的污水量。第二阶段逐步关注分流的效果,提出了污水收集率等基本目标,但因目标过大、实操性较弱,同时缺乏系统性的管控,本质也是以工程量为主,工程投资巨大,运维管养费用巨大及专业程度要求高,最终大部分工程项

收稿日期:2024-08-30

作者简介:陈建余(1974—),男,博士,从事水务、生态环境行业管理工作。

通信作者:周瑛(1981—),女,博士,从事水务行业管理工作。电子信箱:15433694@qq.com

目实际效益难达预期。

2019年4月,国家三部委联合印发《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》,要求各地制定出台本地区的城镇污水处理提质增效三年行动方案,提出生活污水处理的工作重心由“数量增加”向“质量提升”转变^[5]。2022年7月,住建部、发改委联合发布《“十四五”全国城市基础设施建设规划》,要求BOD低于100 mg的污水处理厂开展“一厂一策”整治,提升厂区进水浓度。传统的单纯依靠工程量思维做雨污分流的观念已不能满足当前的需求。

2 雨污分时分流模式提出与应用

2.1 基本概念

传统雨污分流是空间上的雨污分流,即需要设置雨水、污水2套排水管网系统,目标是雨污水各行其道,工程量大、实施难度大,即使实现短暂的分流,因后续管理不善也极有可能重新返回合流状态。此外,传统的雨污分流工程主要采用传统基建投资模式,灵活度较小,具有一定的延迟性,资金效益难达到预期。而雨污分时分流模式的核心基于2点,一是污染物的有效收集与处理,从传统的关注管网工程量转变至关注工程效果,关注在整个治理过程中污染物总量的削减;二是将空间上的雨污分流转变为时间上的雨污分流,通过对不同浓度的水量进行差异化处理,实现雨污分流。

2.2 实现路径

从污水收集的效果出发,新型雨污分流模式的实现路径主要有以下5个方面。

2.2.1 创新绩效考核体系,增强效能管控

绩效考核的核心是全方位分类设置考核指标,在污水治理工程中,将工程的核心目标分解,规范全过程系统治理、源头削减、过程控制和末端治理的管控要求。典型如设定河涌水质目标和排水口整治目标、污水接驳问题整改目标、工业污染源排查目标、关键节点水量水质目标,并辅以自动监测设备和运行信息系统保障,确保治水的根本成效和目标。

2.2.2 以效定价、以效定支

在建立健全绩效考核体系基础上,将考核结果与一定比例的工程建设费用挂钩,实现工程效果才有工程费用,促进工程治理转向效能治理。一是划定投资“红线、黄线”,促使参建单位自觉优化设计方案和控制工程投资,一条红线即招标项目立项建安费

控制数,一条黄线即立项建安费下浮8%控制线,超出红线由中标单位自行出资建设,越过黄线按照比例最多核减工程结算价2%绩效目标考核金。二是实施全覆盖绩效目标考核制度,对各参建单位均设置中标价的20%作为绩效考核金,工程验收后进行1~2 a运行期考核,着力构建各实施单位在日常的施工质量、进度、安全和运行等管理中互相监督、内在约束的新局面。三是对前期、施工、运维工作分阶段明确比例,合理设定考核周期和单期考核金,根据“当期绩效考核金=总得分×单期考核金”,支付各服务单位的考核金。

2.2.3 数字化治理方式

数字化治理的核心是有组织的工程管理,包括了工程管理信息化和运维管理信息化两个层级。一是以信息化助力提升管理水平,建立工程调度指挥中心并建立项目建设和运行管理综合信息化平台,运用大数据和信息化手段,从原始的管理方式转向信息化管理方式,实现信息技术与工程施工现场管理深度融合。通过准确、高效、实时、可追溯的监督管理方式,以信息化手段提升工程标准化进程,提高施工现场现代化管理水平和项目实际成效,进一步探索破解工程“看不住、看不到”的问题。二是通过视频监控、流量计、水质在线监测仪等设备,加强智慧运维,有效解决污水治理设施由于时空分布不均带来的运维困难,通过物联网+互联网构建的数字化运维技术可实时感知设施运行状况,且设施运行异常时可及时报警,实现问题早发现、早解决,运维质量有保障。

2.2.4 创新“反向治理”模式

传统的污水治理工程需经历可研编制→立项→初步设计→施工图设计→施工招标→施工等流程,一方面流程漫长,急需解决的问题难以短时整治,另一方面,由于传统雨污分流项目不能在可研编制阶段接入详细的物探、测量等手段,导致前端问题摸查不清晰,过于注重方案工程量而忽视治理效果、针对性差,后续的效果大打折扣。新型雨污分流模式探索出一种反向治理模式,创新工程建设程序、将现有程序倒置,即先有治理团队再有图纸工程量,通过设计、施工团队的细致调研,制定出效果显著、资金节约的方案。治理模式从总量排序向效能排序转变,这是科学治污、精准治污关键。南沙某污水系统提质增效采用反向治理模式,投资仅1.5亿元,实现了污水厂BOD浓度自50 mg/L至100 mg/L的飞跃,效果显著。

2.2.5 注重做系统做功能

传统雨污分流的观念是哪里有问题就开展哪里的项目,缺乏系统的治理观念,工程切割较为明显。在新型雨污分流时间中,侧重治水的系统观,关注源(污染源)—管(排水管)—厂(污水处理厂)—河(河涌水系)的关系,对于污染源,应重点关注大型污染源的污水收集效果,对于排水管网,应重点关注其坡度、密闭性、过流能力三要素,充分发挥 CCTV、QV 等检测手段,对症下药,确保其能正常的收集及转输污水,对于污水处理厂,应评估其纳污系统内的污水量,关注其实际进水水量、水质变化以及与设计水量、水质的差异;对于河涌水系,应重点关注各排水(污)口的污水排放情况,保障污水入厂、雨水入河的基本要求。此外,侧重工程目标—工程方案—工程效果—长制久清的全流程管控,避免纯粹为做工程而做工程。通过对比产污量、治污成本、治污效果,从而筛选重要的治理对象,促进污染物当量的快速有效削减。

3 案例分析

3.1 南涌片区概况

如图 1 所示,南涌片区是南沙区黄阁镇中心镇区大井村、东里村、大塘村、莲溪村等 4 个村(约 29 578 人)聚集区,区域内房屋建筑密集,属于典型的城中村聚集区,片区内有南涌合流箱涵贯穿而过,长约 1.27 km,尺寸 $B \times H = 1\ 600\ \text{mm} \times 1\ 200\ \text{mm} \sim 3\ 000\ \text{mm} \times 2\ 800\ \text{mm}$,为区域内重要的防洪排涝通道。南涌合流箱涵在雨季产生较大的溢流污染,严重影响下游南涌的河涌水质。

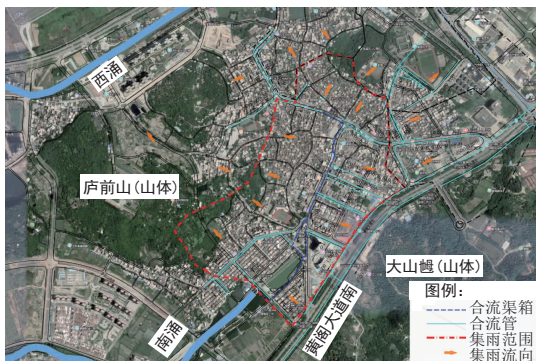


图 1 南涌流域示意图

3.2 治理难点

南涌片区污水治理的难点主要有 3 方面:(1)区域内房屋密集,建设年代久远,巷道宽窄不一;(2)污水量大,直排对于河涌水质影响较大;(3)合流箱涵对河涌污染影响较大。如采用彻底雨污分流,则投资

大、工期长,采用末端大截流,则极易产生溢流污染、冲击市政污水系统。

3.3 技术路径

对于南涌片区的污水治理,一方面跳出治水的思路困境,能分即分,分合相宜,对具备分流条件、群众支持的区域坚持雨污分流,对实施难度较大、对周边房屋建筑安全影响大的区域,保留一定范围合流区域,在末端进行分质分效处理,降低对群众生活影响;第二是确立以削减污染物排放量为核心目标,在消除内源污染基础上,建立分质分效思路;第三是重点关注合流排水管网,尤其是合流箱涵的三要素(坡度、密闭性、过流能力)。对此采取的技术路径为:“清淤为先”消除内源污染,消除管道沉积物在雨季冲刷污染,消除污染物“零存整取”、恢复过水断面;“理顺坡度”,“保障密闭性”避免地下水渗入;“分质分效”实现不同浓度污水有效处理,尽量削减入河污染物总量。

南涌片区分质分效的技术工艺路线如图 2 所示。根据南涌合流渠箱汇水分区不同降雨量及对应的水质、水量,设计 4 种运行工况。通过水质水量的在线监测设备,实施监控水质、水量变化,动态调整运行状态。工况一(晴天,高浓度工况):渠箱水量较小,主要为未彻底收集的污水、结构渗水及少量的山水,渠箱内污水 COD 大于 150 mg/L 时,初雨调蓄池进水闸门关闭、液压旋转堰门关闭,处于大截流模式,污水经 1# 提升泵站进入市政污水管网系统,最终进入下游南沙污水处理厂。工况二(晴天,中浓度工况):渠箱水量较小,主要为未彻底收集的污水、结构渗水及少量的山水,渠箱内污水 COD 在 100~150 mg/L,初雨调蓄池进水闸门打开(不发生调蓄作用,仅过流)、液压旋转堰门关闭,处于截流模式,污水经 2# 提升泵站进入生化处理系统,经曝气生物滤池主要污染物达到国标一级 A 标准,进入生态塘处理进行深度处理,最终尾水补水至南涌。工况三(雨天,早期,高、中浓度工况):渠箱水量较大,主要为污水与地表径流的混合物,初雨调蓄池进水闸门打开(开始调蓄)、液压旋转堰门关闭,处于截流模式,污水经 2# 提升泵站进入调蓄池调蓄(调蓄池容积约 5 000 m³/d),在调蓄的同时合流污水经过物化系统(转鼓微滤机+磁混凝沉淀系统)和生态塘处理后排放南涌,降雨结束后优先将调蓄池内的合流污水经过物化系统(转鼓微滤机+磁混凝沉淀系统)和生态塘处理后排放南涌。工况四(雨天,中后期,低浓度工况):渠箱水量大,浓度较低,且闸门打开行洪。

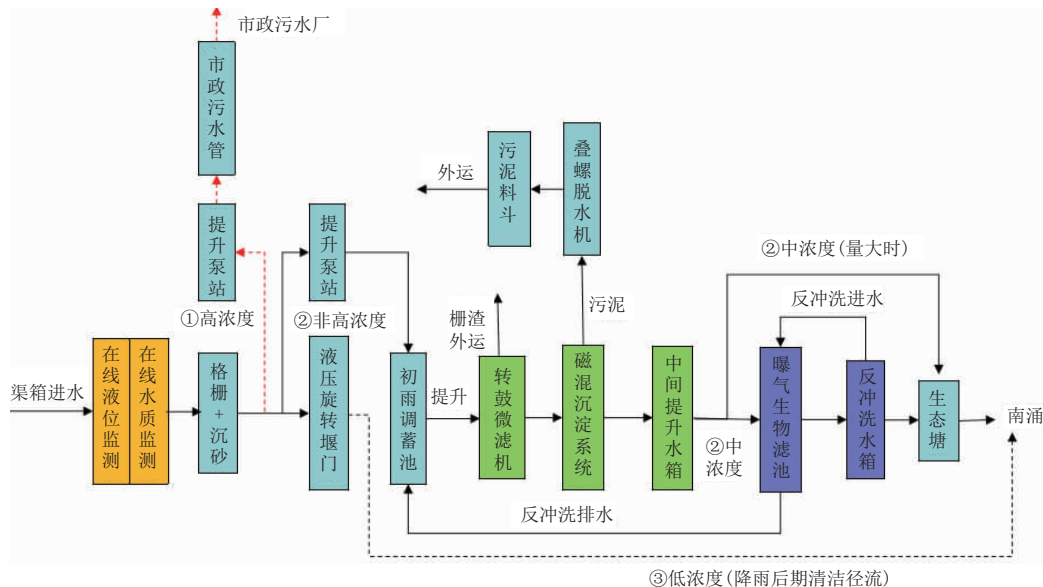


图2 分质分效工艺流程

3.4 治理效果

2021年旋转堰门及1#提升泵站完成,基本实现工况一和工况三,2021年12月第一次清淤、2022年6月第二次清淤、渠箱底坡度改造和渠箱修复完成,水质明显改善,根据生态环境部门的监测显示,南涌已基本消除劣V类。随着分流区的初步完善和末端分时分流理念的落地和分质分效设施实施,周边环境将进一步改善,污染物将更有效的处理。

4 展望

(1)目前国内有关合流区域溢流污染尚未出台完善的技术、措施、排放标准及法律法规体系,相关探索性或试点的工程主要依据《海绵城市建设评价标准》(GBT51345—2018)、《污水综合排放标准》(GB8978—1996)等标准管控主要指标,如SS不应大于50 mg/L、氨氮不应大于5 mg/L等,排放管控指标不统一,从长远来看,在国家层面,应尽快予以完善,以促进污水治理事业的良好发展。

(2)传统雨污分流工程主要依赖建设工程模式,在雨污分流开展早期,指导性较强,随着雨污分流技术和理念进入深水区和瓶颈区,常规方式和方法能

查出的问题基本被解决,更加隐秘且难以发现的污水排放的点位、管网的错混接、各种外水点对排水管网的影响因素逐步增大,传统工程治理模式不再适合的治理需求。南沙区黄阁镇实施的南涌片区分时分流(分质分效)项目通过实践,优化建设程序,突破传统基建程序的限制,创新的提出了新型的雨污分流模式。

(3)新型雨污分流模式因其投资省、效果好、施工影响小等优势,具有蓬勃的生命力。

本文通过分析研究其实施路径,并通过案例分析,为国内类似地区的水环境治理提供了思路。

参考文献:

- [1] 唐磊,刘广奇,程小文,等.海绵城市背景下合流制改造及溢流污染控制路径研究[J].给水排水,2024,50(4):54-61.
- [2] 刘宇轩,高雅弘,王振北,等.城镇合流制排水系统溢流污染控制综述[J].环境工程,2023,41(12):32-47.
- [3] 韩杰,于磊,蔡辉艺,等.基于监测与模型的典型合流制排水系统溢流污染来源解析[J].给水排水,2024,50(4):76-82.
- [4] 赵杨,车伍,杨正.中国城市合流制及相关排水系统的主要特征分析[J].中国给水排水,2020,36(14):18-28.
- [5] 翟林,罗肖肖.南方河网地区城镇污水系统外水摸查方法探讨[J].山西建筑,2023,49(9):147-149,165.