

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2024.24.017

基于污水系统提质增效的老城区合流暗涵排查整治

刘洋¹, 郑欣欣¹, 庄兆恒², 崔诺¹, 赵鹏³, 刘绪为¹,
尹放¹

(1. 中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300381; 2. 中广核环保产业有限公司, 广东 深圳 518100; 3. 天津大学 环境科学与工程学院, 天津 300072)

摘要: 老城区合流暗涵排查整治是一个难题。结合老城区暗涵问题和污水系统提质增效的要求,四川省某老城区暗涵排查整治项目在依靠无人机、无人船、侧扫声呐等新兴技术对暗涵内排口污染精准溯源的基础上,提出合流暗涵“一口一策”的系统化整治思路,对不同类型、口径、水量的涵内排口制定具有针对性的整治方案,采用截污挂管等工程措施,实现精准治污目标。改造后合流暗涵下游河口COD呈明显下降趋势,污水收集系统进水COD呈上升趋势,同时实现了黑臭水体治理与污水系统提质增效的预期目标。

关键词: 合流暗涵; 雨污分流; 提质增效; 排查整治

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2024)24-0106-06

Investigation and Regulation of Old Urban Combined Culverts Based on Quality and Efficiency Improvement of Sewage System

LIU Yang¹, ZHENG Xin-xin¹, ZHUANG Zhao-heng², CUI Nuo¹, ZHAO Peng³,
LIU Xu-wei¹, YIN Fang¹

(1. North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China; 2. CGN Environmental Protection Industry Co. Ltd., Shenzhen 518100, China; 3. School of Environmental Science & Engineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: It is difficult to investigate and regulate combined culverts in old urban areas. In order to solve the underground culvert problem and meet the requirements for improving the quality and efficiency of the sewage system, the investigation and renovation project of underground culverts in an old urban area of Sichuan Province proposes a systematic regulation idea of “one outfall, one strategy” for the combined culverts, based on accurately tracing the pollution source of the culvert inner outfall by emerging technologies such as drones, unmanned boats and side-scan sonar. Targeted regulation plans are formulated for the inner outfall of different types, sizes and flow, and engineering measures such as intercepting pipe are adopted to achieve accurate pollution control goals. After transformation, the COD concentration in the downstream estuary of combined culverts shows an obvious downward trend, while the influent COD concentration of sewage collection system shows an increasing trend. The expected goals of improving both the quality and efficiency of black and odorous water treatment and sewage system have

基金项目: 国家重点研发计划项目(2021YFC3001405)

通信作者: 尹放 E-mail: 793433795@qq.com

been achieved.

Key words: combined culvert; diversion of stormwater and sewage; quality and efficiency improvement; investigation and regulation

我国城市污水系统普遍效能不高,其中老城区管网更是存在排水系统不完善、运维管理机制不健全、管网结构性和功能性缺陷多等问题^[1]。老城区一般处于高密度建成区,其空间、环境和人员等要素相对密集复杂,对城市水环境和排水管网系统要求较高。随着城市的更新发展,南方城市许多承载山泉水和雨水的泄洪渠道逐渐被改造为暗涵^[2],但由于老城区旧渠道的污水错接、乱排现象严重,便形成了合流暗涵^[3]。沿途污水无法被市政污水管网收集,只能通过暗涵直排或溢流进入水体,暗涵的末端截流还会引起雨水、污水、倒灌河湖水、地下水大量进入污水处理厂,造成污水处理厂进水污染物浓度偏低、处理压力大,污水收集与处理系统能效降低,并且影响河道水质,所以合流暗涵是外水入侵污水管网最主要的通道之一^[4-5]。

为了落实提质增效的政策要求,杜绝雨污水管混错接和污水直排现象,逐步实现城镇排水系统由“规模增长”向“质量提升”的转变^[6],针对不同暗涵,选用针对性的排查手段和治理思路显得格外重要。以四川省某市老城区暗涵排查实践及治理思路为例,总结了基于提质增效背景下的暗涵排查技术路线要点、治理思路和项目经验,可为类似的老城区暗涵排查、治理及提质增效相关工作提供借鉴。

1 项目概况

该市位于华夏系四川沉降带之川中褶皱带内,地势西高东低。全市境内流域面积为10 km²以上的河流有37条,其中A河属于穿城水系之一,自北向南贯穿新老城区。老城区面积约30 km²,部分管网分流改造工程已经实施,但仍存在管网系统不完善、管道淤积严重、雨污混接现象普遍等问题。

与A河干支流直接相连的主要泄洪渠道有4条,简称东、西、南、北四大干渠(见图1),随着城市的发展和土地建设,渠道逐渐被改造成暗涵,在收集山泉水的同时沿途污水也被排入暗涵。在该项目实施之前,四大暗涵起始点不明,涵内情况未知,为了进一步提升区域生活污水集中收集率,严控污水入涵,改善A河水质,对长约5.62 km的四大干渠

暗涵进行排查,确定了技术路线要点,制定了“一口一策”的整治方案并在实际项目中应用。

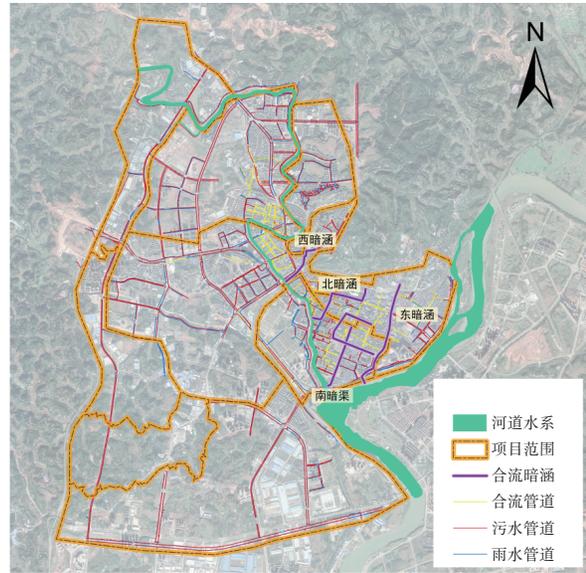


图1 四川省某市老城区工程范围

Fig.1 Project scope of the city's old urban area in Sichuan Province

2 暗涵排查整治技术路线

暗涵排查工作首先是收集资料和现状调查,将已有设计、施工、竣工、历史检测资料等作为调查的参考资料,并收集权属单位在暗渠维护工作中常遇到的技术难点作为暗涵排查的重点,重新对缺乏资料的暗涵进行勘察、测绘及检测。

排查首先明确东西南北四大暗涵的起始点,查清沿途检查井等附属设施、周边水体环境、暗涵的性质、类型和主体特征。排查暗涵的主要要素包括尺寸、埋深、起点终点、路径、涵室数量(单涵、双涵、三涵)、涵内水深、淤积情况,以及暗涵内部排水口的坐标、高程、管径、材质、类型、水深,进行排水类别溯源^[7]。

涵内旱季排水口的溯源是本次暗涵排查的重点和难点。针对暗涵内部的排水口进行溯源调查评估工作,识别出水类别,对污水和合流排口上溯污染物来源,并针对具体污染物源头进行改造方案设计。溯源调查评估以暗涵内部两侧排水口为基

点,通过示踪剂、仪器探查、周围管线现状调查、水质分析和地上地下联动调查的方式,采用无人机、无人船、侧扫声呐等技术手段识别排口,精准识溯污染物来源。根据排查成果,暗涵接入排口通常为市政混接雨水算子、商户私排管、居民户化粪池出水管等。

针对不同的暗涵内排口,制定了“一口一策”的改造方案(见图2):首先,根据溯源情况进行性质分类,将涵内排口分为合流排口、污水排口和雨水排口。而后,针对合流排口进一步判断,若为雨天水量较大且源头具备雨污分流改造条件,则上游进行雨污分流改造后,通过截污纳管将污水接入市政管网;若为雨天水量较小且难以实施雨污分流改造的合流排口,则进一步对排口情况进行水量计算、评估、监测,采用截污纳管方式进行改造,接入合适的市政污水管道。针对污水排口采用涵内截污挂管方式进行改造,接入市政污水管网。同时,针对暗涵内雨水排口进行水质监测,明确无污水混错接情况后备案登记(不进行改造)。

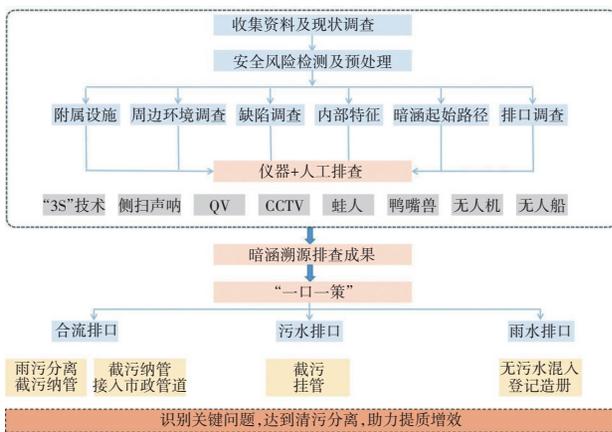


图2 暗涵排查整治技术路线

Fig.2 Technology roadmap of culvert investigation and reconstruction

根据以上制定的“一口一策”暗涵改造方案完成全部的改造工作后,最终对暗涵内部保留的雨水排放口登记造册、设立台账,建立监管制度,形成日常维护习惯。

3 暗涵排查实践

3.1 暗涵排查成果

由于区域内东西南北四大暗涵起始点不明,借助“地上+地下”联动,结合“3S”技术(遥感RS、地理信息系统GIS、全球定位系统GPS)以实现城市地

下管网的无接触管线测量,结合历史排查管网资料校核测绘成果,上溯暗涵起点。排查后的四大暗涵主体信息见表1。

表1 暗涵主体信息

Tab.1 Information of culverts

暗涵名称	暗涵长度/m	暗涵尺寸	淤泥厚度/m	排水口数量/个
东暗涵	1 273	3 000 mm×1 600 mm	0.2~0.7	109
	501	DN1 500	0.1~0.4	
西暗涵	571	2 400 mm×1 700 mm	0.1~0.3	53
	60	2 400 mm×1 700 mm	0.1~0.15	6
南暗涵	1 812	2 500 mm×3 000 mm	0.3~0.6	38
北暗涵	535	1 400 mm×2 000 mm	0.1~0.4	48
	451	1 700 mm×2 000 mm	0.1~0.3	
	426	2 000 mm×2 000 mm	0.2~0.4	

以西干渠暗涵为例,排查情况如图3所示。



a. 暗涵区位



尺寸: 2 700 mm×1 400 mm
视频编号: HSAV62640255-AN3
基本情况:
方涵架结构完整, 过水断面保存完好;
无严重结构性和功能性缺陷;
平均淤积约为10%~15%;
存在障碍物缺陷2处, 排水口59处。

b. 排查成果

图3 西干渠暗涵排查

Fig.3 Investigation of west culvert

西干渠暗涵全长 631 m, 起于公园路与凤岭路交口附近, 暗涵汇流面积约 0.6 km², 上游收集凤岭路沿线片区居民污水, 下游沿线收纳地上区域居民及商户污水, 水流组成包括污水、雨水以及山泉水。始端有 60 m 明渠段, 暗涵末端设现状拍门及截污泵

站,将污水至附近截污管网。

排查发现,暗涵末端拍门年久失修,河道高水位时暗涵末端仍存在河水倒灌现象,导致部分河水通过截污泵站进入污水系统,降低了污水系统运行效能。与此同时,系统还存在一定程度的污水直排

现象。按照前述技术路线对西干渠暗涵内部排水口的基本信息进行统计(见表2),其中排水口的类型确定以COD作为水质分析的特征值,结合地上排水户正向排查和地下排水口反向溯源,利用测绘数据校核排水口成果。

表2 西干渠暗涵排水口调查

Tab.2 Investigation on the drainage outlets in west culvert

排水口编号	材质	尺寸	排口性质	排查情况	COD/(mg·L ⁻¹)	溯源情况	整改建议
HSAV1381165-HSAV1381175	水泥砂浆	DN1 800	合流	有水	>150	市政污水	改接
WSAVB000018-WSAVB000017	水泥砂浆	DN250	污水	有水	>150	商户	挂管截污
WSAVB000015-WSAVB000001	水泥砂浆	DN250	污水	有水	>150	居民	挂管截污
HSAVB000026-HSAVB000019	砖砌方沟	300 mm×300 mm	合流	有水	<150	市政混接雨水	改接
WSAVB000090-WSAVB000032	砖砌方沟	200 mm×200 mm	污水	有水	>150	居民	挂管截污
WSAVB000053-WSAVB000042	PVC	∅150 mm	污水	有水	>150	商户	挂管截污
WSAVB000055-WSAVB000044	砖砌方沟	200 mm×200 mm	污水	有水	>150	居民	挂管截污
WSAVB000056-WSAVB000080	砖砌方沟	150 mm×150 mm	污水	有水	>150	居民	挂管截污

3.2 西干渠暗涵改造整治

改造的总体思路是收集沿途污水,还暗涵于清水。西干渠暗涵排口十分复杂,源头排水单元部分为老旧小区,分流改造难度较大,周边大部分市政管网距离较远且管径较小,可容纳的改造接入污水量有限。因此,本次改造整治工程结合暗涵的排口性质、口径大小、标高、水量等多方因素考虑,最终根据口径与水量大小分类设计改造方案,对于污水直排采取控源截污改造措施。西暗涵整治改造分为以下两类:

① 污水大口径排水口改造

污水大口径排水口改造方案示意图4。



图4 污水大口径排水口改造方案

Fig.4 Reconstruction scheme of large-diameter sewage outlet

针对大口径排水口污水直排的情况,暗涵改造采取就近切改到市政污水管网的方式,例如管段编号为HSAV1381165的排水口口径可达1 800 mm,承接上游0.6 km²区域的排水。排查及水质水量监测结果表明,该排口为合流排口,旱天污水流量相对较小,雨天流量较大。在溯明源头后,对源头小区进行雨污分流改造,将源头雨水接入雨水管网。同时,针对排口的旱天流量进行计算及现场监测,流量约1.4 L/s,流速约0.25 m/s。西侧DN800市政污水管水力运行状况良好,为非满管流,经设计计算可容纳该排口污水,因此将其就近接入市政污水管。

② 污水小口径排水口改造

污水小口径排水口改造见图5。



b. 排口实景



c. 挂管改造前



d. 挂管改造后

图 5 污水小口径排水口改造方案

Fig.5 Reconstruction scheme of small-diameter sewage outlet

基于长期水量监测和污水量计算结果,明渠段 5 个小口径排水口均为商户与居民私接管,间歇性排放,排水量较小,长期处于非满管运行状态,总平均流量为 2.3 L/s。针对商户私排管、居民户化粪池出水管这种小口径污水管网直接入涵的情况,选择采用挂管截污方式^[8-9],高程接近的管网采取统一挂管截流,下游就近接入市政污水管网。西干渠的起始某段为明渠段,有 5 个小口径污水排水口直排进明渠段,并进入暗涵,通过挂管截污将 5 个污水排水口串联接入新建污水管网,实现沿途污水全截流。

3.3 整治效果

根据西干渠的“一口一策”治理方案,对暗涵内部及明渠的 8 个有水流出的问题排水口进行整改,将 5 个明渠段及 1 个暗涵内部的小口径市政污水管采用截污挂管进行改造,将 2 个合流管道经过水量分析后就近接入污水系统。暗涵诊断排查结束时间为当年 12 月,挂管截污和管网改接工程于次年 5 月和 9 月完工。自改造实施以来,西干渠末端河口 COD 浓度呈逐月下降趋势;次年 9 月将西干渠上游大管径排污口改接后,COD 降至 40 mg/L 以下,次年 12 月多次末端河口监测显示,COD 变化已趋于稳定(见图 6)。因此,取消了暗涵末端截污泵站并对末端拍门设施进行了修缮。暗涵改造实现清污分流,使清水入河、污水入厂,即将进入污水收集系统的山泉水和雨水剥离,提高了暗涵接入污水系统的 COD 浓度,从而实现污水收集系统进水浓度的

提升。

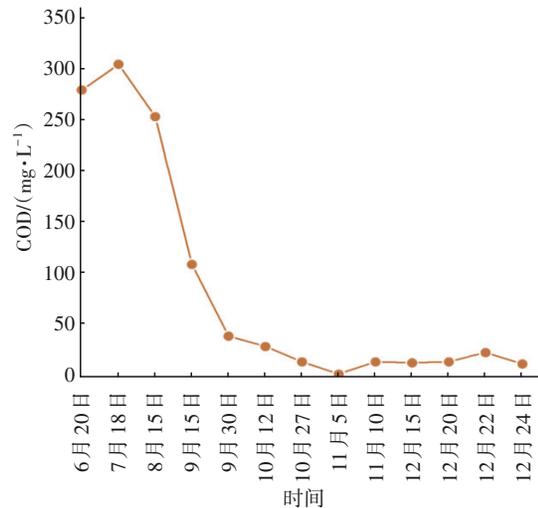


图 6 次年暗涵末端改造后河口处 COD 变化

Fig.6 Changes of COD in the estuary after reconstruction of the end of culvert outlet in the next year

改造后污水收集系统 COD 变化如图 7 所示,与改造前相比进水 COD 上升约 4.83%。

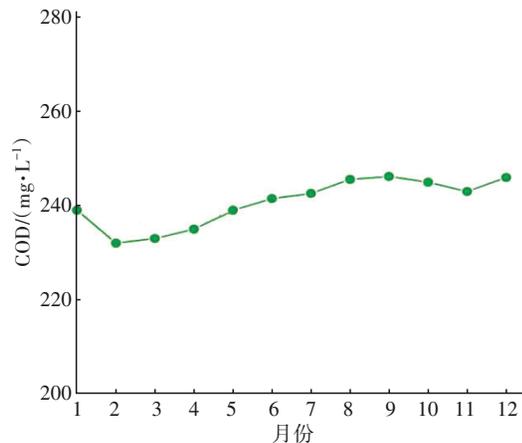


图 7 改造后污水收集系统的 COD 变化

Fig.7 COD change of sewage collection system after reconstruction

通过以上排查设计整治及监测数据可知,西干渠内部的污水已被截流至污水管网,暗涵内雨污分流效果显著。项目范围内暗涵改造后污水系统新增收集量约 500 m³/d,剥离外水约 1 500 m³/d,排查清楚暗涵内部淤积情况后,指导暗涵清淤工程,节省措施性工程投资数十万元,节省污水处理费用约 60 万元/a。

4 结语

老城区排水系统复杂,合流暗涵更是受到排查条件的制约,分流改造难度较高,局限性较大。暗

涵排查应集成多种检测手段,做到信息全记录、排口全溯源、成果全面,排水口识溯工作应细致、精准。基于污水系统提质增效,通过“一口一策”的针对性暗涵排口改造方法对暗涵内不同类型排口进行分流改造,还暗涵于清水,进一步提高市政管网的污水收集率,削减入河污染物,改善水环境质量,为暗涵排查整治、污水提质增效、黑臭水体治理相关工程实践提供设计方法和思路。

参考文献:

- [1] 吴文俊. 老城区排水管网收集效能诊断技术研究[D]. 北京:清华大学, 2010.
WU Wenjun. A Preliminary Study on Diagnostic Techniques for Old Town Drainage System Performance [D]. Beijing: Tsinghua University, 2010 (in Chinese).
- [2] 金惠振. 浅谈明沟暗渠化在城市建设中的作用[J]. 城市道桥与防洪, 2001(1):39-40.
JIN Huizhen. Elementary introduction to role of hidden channelization of open ditches in urban construction [J]. Urban Roads Bridges & Flood Control, 2001(1):39-40 (in Chinese).
- [3] 王伟, 崔勇, 朱福造, 等. 清污分流系统在污水收集提质增效中的应用研究[J]. 价值工程, 2020(16):175-177.
WANG Wei, CUI Yong, ZHU Fuzao, *et al.* Research on application of water-sewage diversion system in sewage collection to improve quality and efficiency [J]. Value Engineering, 2020(16):175-177(in Chinese).
- [4] 唐建国, 王家卓, 马洪涛. 完善城市排水系统, 巩固和提升黑臭水体整治成效[J]. 给水排水, 2018, 44(1):1-7.
TANG Jianguo, WANG Jiazhao, MA Hongtao. Complete the urban drainage system, consolidate and improve the effect of black smelly water [J]. Water & Wastewater Engineering, 2018, 44(1):1-7(in Chinese).
- [5] 唐建国, 张悦, 梅晓洁. 城镇排水系统提质增效的方法与措施[J]. 给水排水, 2019, 45(4):30-38.
TANG Jianguo, ZHANG Yue, MEI Xiaojie. Strategies and methods for improving the quality and efficiency of the urban drainage system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(4):30-38(in Chinese).
- [6] 李乐, 赵光竹, 周成龙, 等. 城市排水暗涵全面调查技术研究[J]. 城市勘测, 2021(4):154-157.
LI Le, ZHAO Guangzhu, ZHOU Chenglong, *et al.* Research on comprehensive investigation technology of urban drainage culvert [J]. Urban Geotechnical Investigation & Surveying, 2021(4):154-157 (in Chinese).
- [7] 马兰, 林林, 朱际明, 等. 合流暗渠清污分流工程改造及探析[J]. 给水排水, 2021, 47(6):75-78.
MA Lan, LIN Lin, ZHU Jiming, *et al.* Analysis on the essence of the diversion project of water and wastewater in interflow underground channel [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(6):75-78 (in Chinese).
- [8] 赵文军. 老城区排水管网改造设计探讨[J]. 科技资讯, 2019(8):47-48.
ZHAO Wenjun. Discussion on reconstruction design of drainage pipe network in old city [J]. Science & Technology Information, 2019(8):47-48(in Chinese).
- [9] HALFAWY M, DRIDI L, BAKER S, *et al.* Integrated decision support system for optimal renewal planning of sewer networks [J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 2008, 22(6):360-372.

作者简介:刘洋(1994-),男,黑龙江齐齐哈尔人,硕士,工程师,主要从事排水管网检测、诊断研究工作。

E-mail:444563779@qq.com

收稿日期:2023-11-14

修回日期:2024-02-05

(编辑:衣春敏)