

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.06.022

深圳茅洲河流域暗涵雨污分流改造实践

邵宇航, 楼少华, 唐颖栋, 吕权伟, 宋卓霖
(中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 310014)

摘要: 针对城市暗涵内排水口雨污混流严重的问题,以深圳市茅洲河流域某暗涵整治为例,从暗涵排口调查、排口分类及排口整治三个方向,介绍了暗涵雨污分流改造的实施方法,为水环境治理、暗涵整治等相关工程提供了设计思路和经验。

关键词: 暗涵; 雨污分流; 排水口治理; 黑臭水体; 提质增效

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)06-0122-06

Practice of Stormwater and Sewage Diversion Reformation at Culverts in Maozhou River Basin of Shenzhen

SHAO Yu-hang, LOU Shao-hua, TANG Ying-dong, LÜ Quan-wei, SONG Zhuo-lin
(PowerChina Huadong Engineering Corporation Limited, Hangzhou 310014, China)

Abstract: Aiming at the serious problem of mixed stormwater and sewage drainage at urban culvert outlets, taking the reformation of a culvert in Maozhou River basin of Shenzhen as an example, the implement method to divert stormwater and sewage at the culvert is introduced from three aspects including culvert outlet investigation, classification and management, which provides design ideas and experiences for related projects such as water environment treatment and culvert reformation.

Key words: culvert; stormwater and sewage diversion; drainage outlet management; black and odorous water body; improve quality and efficiency

2018 年 9 月 30 日,住房和城乡建设部、生态环境部发布《城市黑臭水体治理攻坚战实施方案》,标志着城市黑臭水体整治进入攻坚阶段。2019 年 5 月,住房和城乡建设部、生态环境部和发改委联合发布《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021 年)》,要求 3 年内基本消除污水直排口,消除城中村、老旧城区和城乡接合部污水收集与处理的空白区,基本消除黑臭水体。方案中还要求,针对污水处理厂进水 BOD_5 浓度偏低的情况,要制定系统化整治方案;对现状排水管网要进行系统混接错接排查。

暗涵作为城市普遍存在的一种排水构筑物,是污水直排、雨污水混接错接的重灾区,也是排水系统改造的难点。在以往的工程项目中,为了确保暗涵中混流的污水不进入河道,常常采用在暗涵末端设置总口截流的方式对污水进行收集。这种方法虽然在旱季有一定的作用,但是雨季时会有大量的污水溢流至河道,并且降雨时雨水会通过截流管进入污水处理厂,对管道和污水处理厂造成冲击。为了落实提质增效方案,需进一步提高污水收集率,杜绝污水直排和错接混接现象。以深圳茅洲河流域暗涵整治为例,介绍了相应改造的技术路线和工程实施效

基金项目: 广东省重点领域研发计划项目(2019B110205005)
通信作者: 邵宇航 E-mail: 328734800@qq.com

果,旨在为暗涵整治和排水管网提质增效相关工作提供可借鉴的案例。

1 暗涵现状及工程概况

1.1 现状暗涵主要问题

大多数城市地下暗涵是城市地块开发过程中采用加盖硬化等人工措施对自然河道、沟渠进行改造而形成的排水渠道、涵洞。随着城市化的不断发展,越来越多的城市内河空间被侵占,河道逐渐失去自然生态断面而被改造为暗涵化河道,仅保留了基本的行洪能力。暗涵作为雨水行洪通道,在城市防洪排涝方面发挥着重要的作用,但其作为排水通道也存在诸多的问题。

① 暗涵内排口调查难度大

城市地下暗涵尺寸范围广,大到宽十余米,高三四米,小到宽和高均在1 m以内。相较于传统的市政排水管道来说,部分暗涵长距离没有检修口,其内部环境封闭,含有大量的有毒有害气体,在不采取必要的相关措施条件下,无法通过人工或CCTV检测等常规手段对暗涵内部进行排查,因此获取暗涵内部排口信息需要花费较大代价。

② 暗涵中污水横流,影响下游河道水质

城市地下暗涵往往分布于河道上游或两侧,属于河道水系范围的一部分,具有汇集转输雨水的功能。但实际上,城市地下暗涵除承接雨水以外,还可能包含山溪水、地下水、墙壁渗水、污水等,其中污水的排放会直接影响暗涵下游的河道水质,使河道水体发生严重恶化,影响周边水环境质量。

③ 地下暗涵运维管理难度大

暗涵相较于市政排水管道,上部覆土通常比较浅,并且部分暗涵距建筑物较近,使得暗涵两侧排水单元或建筑私接、乱接的现象非常严重。根据茅洲河流域管渠排查结果,暗涵的混接错接情况要比雨水管道更加严重。地下暗涵由于结构相对封闭,因此当有污水流入暗涵时,很难第一时间发现和定位,给相关管理部门管养维护工作带来极大的挑战。

④ 部分建成区地下暗涵改造困难

城市中自然河道通常有河道蓝线作为管理部门保护河道的依据,但河道上游或两侧的地下暗涵通常没有明确的保护范围,使得在城市地块开发过程中,有大量房屋沿暗涵两侧而建,甚至有在暗涵上部建设建筑物的情况,因此针对这一类暗涵的改造实施难度很大。

恢复城市地下暗涵的正常功能,确保污水不入涵,对暗涵排口实施雨污分流改造,是改善暗涵下游河道水质、提高区域污水收集率的重要方法之一。

1.2 工程概况

茅洲河流域宝安段河道全长约19.71 km,除干流外,还包括潭头河、万丰河等18条支流,干支流合计约96.56 km。根据调查统计,与河道干支流直接相连的暗涵有130余条,暗涵断面尺寸为1.0 m × 1.3 m ~ 16.0 m × 3.3 m,总长约101 km。除了河道两侧和上游,部分河道干流本身也被市政道路覆盖成为暗涵化河道,例如茅洲河某一级支流长约2.23 km,其干流全部为暗涵。在本项目实施前,其下游入河口长期取样检测结果显示(见图1),2018年河口氨氮均值为14.7 mg/L,其中在1月—3月和10月—12月的旱季,氨氮均值16 mg/L;在4月—10月的雨季,水闸开启,上游雨水下泄进茅洲河干流,雨水冲刷使得氨氮值略有下降,氨氮均值11.38 mg/L。2018年暗涵水中溶解氧均值1.6 mg/L,旱季、雨季溶解氧含量差别不大。水质检测结果显示,该段暗涵长期处于重度黑臭状态。

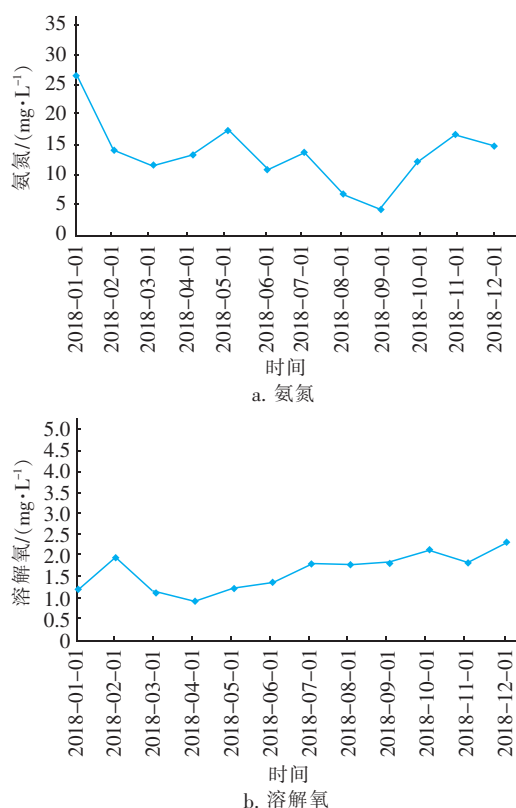


图1 某暗涵改造前河口氨氮及溶解氧含量

Fig. 1 Contents of ammonia nitrogen and dissolved oxygen in a buried culvert estuary before reconstruction

为了进一步提升区域污水收集率,削减入河污染物量,改善茅洲河水质,对约 101 km 的暗涵进行了整治,制定了暗涵雨污分流改造技术路线并在工程中应用。

2 暗涵雨污分流改造技术路线

暗涵雨污分流改造的第一步是对暗涵内部排放口进行调查和分类,本次在暗涵排放口调查阶段,通过人工携带专业化设备,对暗涵内部排口及相关信息进行采集,再结合现状已有的资料,对每个排放口进行初步分类^[1-2]。

在本项目中除了常规的检测手段外,还利用了三维激光扫描仪辅助探测暗涵内部情况及排放口数据信息。三维激光扫描仪主要应用在隧道三维建模、工程变形监测等工程中,该技术也是首次用于暗涵排口调查。

近两年深圳大面积推行了住宅小区、工业厂区内雨污分流改造,已基本实现了雨污分流管网的全覆盖。本次在暗涵排放口调查中发现,管网源头错接乱接导致的雨污混流排放口占暗涵总排口的大多数。此类排放口是本次暗涵雨污分流改造的重点和难点,在以往的河道水环境整治项目中,常常忽视对混流排放口的源头改造,仅在末端设置截流井或新建沿河截污管道来进行末端排口整治。这种方法虽然可以在旱季确保污水不入河,但雨季时污水会溢流到暗涵中,对水体造成污染。当河道水位较高时,还会存在河水倒灌污水管的风险。

本项目针对雨污水混流排口,对其污染源进行了溯源排查。溯源排查以暗涵两侧混流排放口为起点,向上游调查污染物来源,通过在污染源制定改造方案以实现雨污分流的目的。根据本项目溯源排查结果,错接的污染源点通常以雨污混流立管、化粪池出水管,以及污水排放到雨水算子等情况为主。

针对不同类型的暗涵排放口,本次整治过程中制定了分类改造方案。对于紧邻暗涵的污水直排口,主要进行末端封堵,以就近接入市政污水管为主;对于有污水混接的雨水排口,根据溯源调查结果,在源头对污染源进行纠正,保留现状排放口。对于合流制的溢流排放口,主要通过扩大相应的截流倍数、减小溢流频次等方法进行改造。除此之外,还有诸多其他类型的污水入涵情况,如沿涵两侧商户通过雨水算子乱排乱倒,对于这部分主要通过管理或执法手段要求其规范化排水。

在暗涵排查过程中,还会存在由于暗涵破损或结构性缺陷造成的两侧渗水等情况,建议根据暗涵损坏程度制定相应的暗涵修复或局部改造方案,确保地下水或两侧墙体渗水尽量不进到暗涵中。待暗涵内排放口改造完毕并且局部暗涵渗漏或缺陷整治完成后,需要对最终保留的雨水排放口进行数据建档,方便后续运维管理。本次暗涵雨污分流改造技术路线如图 2 所示。

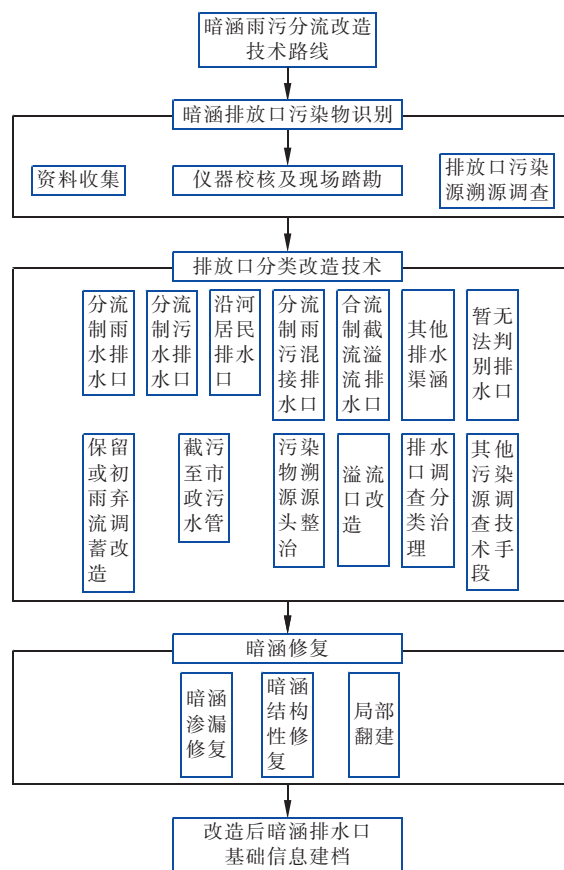


图2 暗涵雨污分流改造技术路线

Fig. 2 Technical route for diversion of rain and sewage through buried culvert

3 暗涵雨污分流改造实践

3.1 暗涵排口调查

在排放口调查阶段,需要对暗涵内部各类排放口的尺寸、位置、竖向标高以及是否有水排出、排口水质、水量等信息进行统计,其中水质可根据具体情况选择合适的指标来指示流水类型,本次选取氨氮值作为水质检测特征值。再通过调查数据信息,周边管线探测结果以及现场调研,综合对暗涵排口类型进行判定。根据排放口调查成果,结合已有管网数据,将排放口与管网资料进行数据校对。校对后

如有管线信息缺失的情况需要进行补充测量,确保将暗涵两侧排口的岸上管线信息补充完整,为后续

制定暗涵排口雨污分流改造方案提供准确的数据信息。某暗涵排口调查部分信息见表 1。

表 1 某暗涵排口调查部分信息

Tab. 1 Some information of investigation on a culvert outlet

排放口编号	排口管径/mm	管底标高/m	排口材质	探查是否有水流出	水样氨氮/ ($\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$)	初步判定 排放口类型
DSWC-44-L-17	200×200	1.39	混凝土	有水	10~20	混流口
DSWC-44-L-20	1 200	3.09	混凝土	无水	—	雨水口
DSWC-44-L-30	800	0.47	混凝土	有水	10~20	混流口
DSWC-44-L-31	800	0.36	混凝土	有水	>20	混流口
DSWC-44-L-51	300	0.24	混凝土	有水	>20	混流口
DSWC-44-L-53	800×300	-0.46	混凝土	有水	>20	混流口
DSWC-44-L-55	800	-0.7	混凝土	有水	>10~20	混流口
DSWC-44-L-56	400	-0.54	混凝土	有水	>10~20	混流口
DSWC-44-L-57	400	-0.48	混凝土	有水	>20	混流口
DSWC-44-L-58	300	-0.07	混凝土	有水	>20	混流口

某河道上游暗涵长约 1 km,断面尺寸 1.5 m×2.0 m~2.7 m×2.1 m,排放口共 136 个,其中排查时有水流出的排放口有 45 个,氨氮>20 mg/L 的有 37 个。管径分布见表 2。排口分布见图 3。

表 2 某暗涵排口调查

Tab. 2 Investigation of a culvert outlet

管径分布/ mm	旱季无水 流出/个	旱季有水 流出/个	现状排口已 废弃/个	合计/个
≤300	55	26	17	98
300<管径≤600	18	18	0	36
>600	1	1	0	2
合计	74	45	17	136

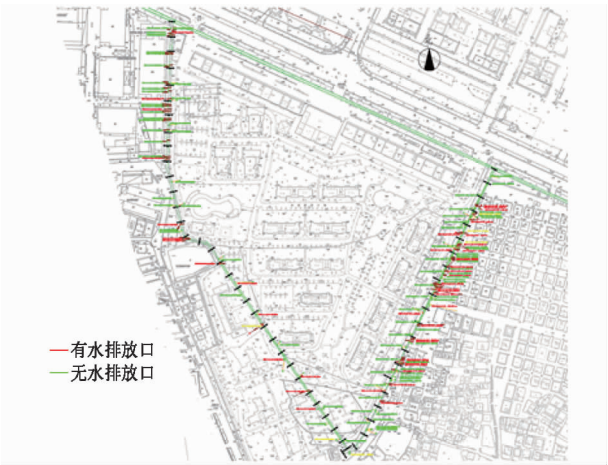


图 3 暗涵内排口分布平面图

Fig. 3 Buried culvert outlet distribution plane

根据调查结果、检测水质以及已有管线资料进行判定,在 45 个有水流出的排放口中,排水户污水直排的有 22 个,雨水管混流污水的有 23 个。

3.2 暗涵排口雨污分流改造

根据改造技术路线,本次改造的总体思路是将现状暗涵作为雨水通道,对于污水直排和雨污混接的污染源从岸上进行雨污分流改造,针对不同类型的排放口制定有针对性的整治方案,做到分类整治、精准治污。根据对本条暗涵排放口调查结果,将该段暗涵内排放口分为 3 类。

① 沿涵污水直排口改造

此类排放口多为小管径的出户管、化粪池出水管或者暗涵旁高层建筑的立管,以小管径管道为主。对这一类型的排放口,在暗涵内部对其进行封堵,并在临涵的一侧新建污水管道,将污水接入到市政污水管中^[3]。暗涵某一段有连续 4 个污水直排口接入暗涵内部,通过在岸上新建污水管道,将 4 个排放口串联接入道路南侧市政污水管(见图 4)。

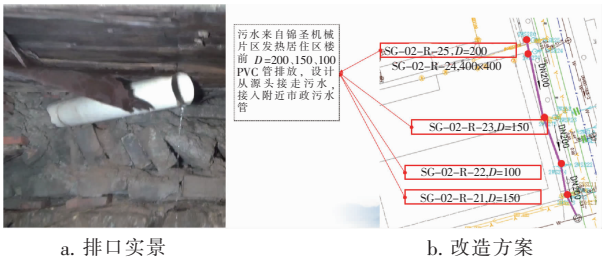


图 4 污水直排口及改造设计方案

Fig. 4 Sewage outlet and reconstruction design scheme

② 混流排口改造

在本次暗涵整治改造中,对现状雨水排口有污水混入的情况,采取源头整治的办法,保留现状排口,在污染源头对污水错接点进行纠正。例如编号

为 DSWC-44-L-R-08 的排放口(见图5),此排放口管径为 800 mm,排放口中有水流出且氨氮指标在 10 mg/L 以上,初步判定有污水混入雨水管。通过岸上管线探测及现场排查发现,此排放口为暗涵东侧住宅小区的雨水排放通道,小区中有化粪池出水错误地接入到该段管道。针对该排放口,保留其雨水排放功能,在小区内部将上游化粪池就近改道接入小区内污水管道。

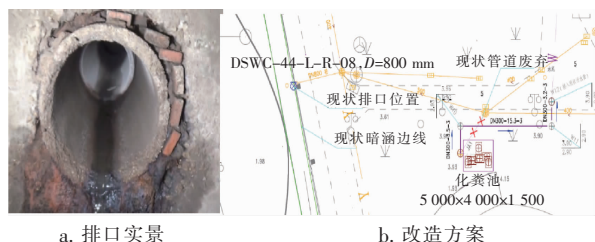


图5 混流排放口及改造方案设计

Fig.5 Design of mixed flow discharge outlet and reconstruction scheme

③ 雨水排口改造

针对现状暗涵中没有污水流出的雨水排放口,一般保留现状排口。针对面源污染较严重的区域,结合现场实际条件及下游管道承接能力,可选择设置雨水限流弃流设施或雨水调蓄池^[4]。除了上述排口类型之外,还存在诸如合流制排口溢流,已改造排口渗水等其他类型排口有水流出的情况,需要根据实际情况制定合理的改造方案。

3.3 整治效果

将该段暗涵内 45 个有水流出的问题排口进行了改造,对 22 个污水直排口进行封堵,就近接入市政污水管;对雨污混流的 23 个排水口,通过污染源溯源,在上游进行整治,改造后暗涵总雨水排口为 114 个。

暗涵排口改造后,暗涵末端(河口)水样氨氮和溶解氧变化如图6所示。

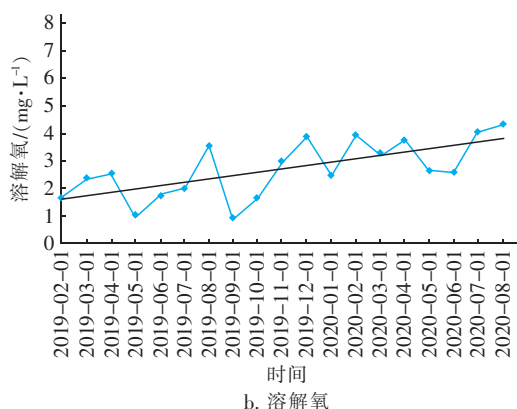
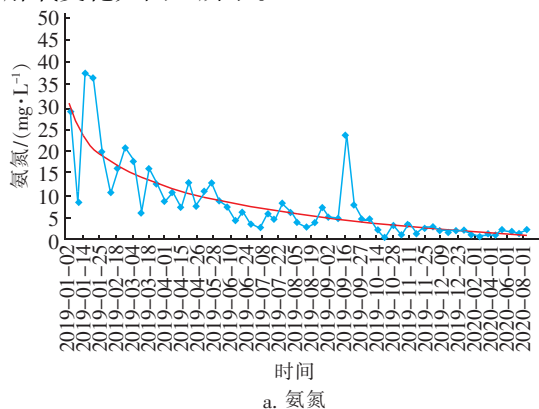


图6 暗涵排口改造后河口氨氮和溶解氧变化

Fig.6 Changes of ammonia nitrogen and dissolved oxygen in the estuary after reconstruction of culvert outlet

本项目实施时间为 2019 年年中,监测结果显示,自项目实施以来氨氮浓度呈逐月下降趋势,在 2019 年上半年氨氮均值为 15.7 mg/L,2019 年下半年均值为 4.36 mg/L,其中后 2 个月均值为 1.98 mg/L。溶解氧均值自 2019 年以来有所上升,2020 年溶解氧均值为 3.4 mg/L,2018 年均值为 1.63 mg/L。2020 年 1 月—3 月氨氮均值浓度为 0.71 mg/L,4 月进入雨季以来略有上升,氨氮均值浓度为 1.66 mg/L,但总体均值维持在 2.0 mg/L 以内,基本消除黑臭水体。结合排水口水量数据预测,改造后周边地区新增加污水收集量约 700 m³/d。该段 3.3 km 长的暗涵排口整治,合计新建管道 > 650 m,投资 < 200 万元,但排口整治前置工程如暗涵淤泥清除、安全检修孔设置等投资较大,该段暗涵排口整治工程投资约占暗涵整治总投资的 20%。

4 结语

暗涵作为城市河道的重要排水构筑物,是水环境治理中的“硬骨头”。通过对暗涵进行雨污分流改造,可以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。在同类型项目改造过程中应重点关注以下问题:

① 暗涵分流改造的第一步也是最重要的一步,就是对现状暗涵内排放口进行调查和类型判定,暗涵整治前需重视现状排口调查工作。建议结合现场调查、排口水质水量检测数据、现有管线资料以及物探信息综合判定排放口类型,为后续方案制定打下基础。

② 由于暗涵内作业具有一定的安全风险,暗涵排口排查和改造过程中需要严格做好安全保障工

作,制定专项安全应急预案,杜绝意外发生。

③ 城市暗涵分布面广,情况复杂难预测,部分地区即使确定排放口及上游管道类型,仍然没有雨污分流改造的条件,针对复杂情况应综合考虑整治方案,做到近远期结合,最大程度地将污水在源头进行接驳。

④ 暗涵中雨污水混流排口的污染物溯源是暗涵分流改造的难点,通常需要花费较大的人力物力,在实施过程中应制定合理的溯源方法和模式,建议有条件的地区在暗涵整治过程中对上游雨水管道进行系统检测,使得整治工作更加系统。

参考文献:

- [1] 张悦,唐建国. 城市黑臭水体整治——排水口、管道及检查井治理技术指南(试行)[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2016.
ZHANG Yue, TANG Jianguo. Remediation of Urban Black and Odorous Water Bodies—Technical Guidelines for Remediation of Outlets, Pipelines and Manholes (Trial) [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2016 (in Chinese).
- [2] 李一平,鞠茂森. 全国河长制湖长制适用技术指南[M]. 北京:中国水利水电出版社,2019.

- LI Yiping, JU Maosen. Technical Guidelines for the Application of National River Chief and Lake Chief [M]. Beijing: China Water & Power Press, 2019 (in Chinese).
- [3] 高小平. 老城区雨污分流改造工程的对策与思考[J]. 中国给水排水, 2015, 31(10): 16–21.
GAO Xiaoping. Countermeasures and thinking about rainwater and sewage separation reconstruction project in old town [J]. China Water & Wastewater, 2015, 31(10): 16–21 (in Chinese).
- [4] 宋宜嘉,梅凯,王先明. 我国城市合流管网雨污分流改造的思考与对策[J]. 安全与环境工程, 2013, 20(1): 63–64, 74.
SONG Yijia, MEI Kai, WANG Xianming. Thoughts and countermeasures for the transformation of rainwater and sewage diversion in confluence pipe network [J]. Safety and Environmental Engineering, 2013, 20(1): 63–64, 74 (in Chinese).

作者简介:邵宇航(1990–),男,黑龙江齐齐哈尔人,硕士,工程师,主要从事水环境整治、市政给排水设计工作。

E-mail: 328734800@qq.com

收稿日期: 2019–11–07

修回日期: 2020–09–24

(编辑:衣春敏)

(上接第121页)

- 量及含砂率分析[J]. 环境工程, 2013, 31(增刊): 321–323.
WANG Jianwei, LIAO Zuliang. The analysis of the inorganic content and sand content in sludge from typical municipal wastewater treatment plants [J]. Environmental Engineering, 2013, 31(S): 321–323 (in Chinese).
- [4] 吴燕明,陈小明,周夏凉,等. 超音速等离子与超音速火焰喷涂 WC–10Co4Cr 涂层的性能及磨损机理[J]. 材料热处理学报, 2016, 37(10): 165–171.
WU Yanming, CHEN Xiaoming, ZHOU Xialiang, et al.

Properties and wear mechanism of WC–10Co4Cr coating prepared by SPS and HVOF [J]. Transactions of Materials and Heat Treatment, 2016, 37(10): 165–171 (in Chinese).

作者简介:刘勇(1963–),男,北京人,大学学历,高级工程师,主要从事污泥处置工作。

E-mail: liuyongmb@163.com

收稿日期: 2020–10–05

修回日期: 2020–12–03

(编辑:衣春敏)