

工程实例

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2020.24.021

高密度建成区暗涵应急截污工程技术研究

王 双, 项立新, 杨明轩, 唐颖栋, 王俊然, 王 雄
(中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州 311122)

摘 要: 以南方某高密度建成区暗涵黑臭水体治理为例,研究了暗涵应急截污工程技术的应用。在满足河道100年一遇行洪标准条件下,通过内源控制、暗涵截污等措施,达到暗涵取消总口、清污分流的目的,实现了暗涵的水质提升并消除黑臭。

关键词: 高密度建成区; 黑臭水体; 控源截污

中图分类号: TU992.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2020)24-0115-05

Study on Emergency Interception Engineering Technology of Culverts in High Density Built-up Area

WANG Shuang, XIANG Li-xin, YANG Ming-xuan, TANG Ying-dong, WANG Jun-ran,
WANG Xiong

(Power China Huadong Engineering Co. Ltd., Hangzhou 311122, China)

Abstract: Taking the treatment of black and odorous water body in a high density built-up area in south China as an example, the application of emergency interception engineering technology of culverts is studied. On the premise of meeting the standard of flood discharge once every 100 years in river channel, the purposes of eliminating the main outlet and separating the clean water and sewage of the culvert are achieved through measures such as internal source control, pollution interception by culvert and etc. Thus the water quality of the culvert is improved and black and odorous water body is eliminated.

Key words: high density built-up area; black and odorous water body; source control and pollution interception

随着城镇化速度逐渐加快,城市尤其是高密度建成区由于用地紧张及土地建设需求,河道被建筑群、公路等覆盖,由明变暗。部分暗涵长期处于黑暗、密闭的状态下,污水排入暗涵后容易厌氧发臭,形成黑臭水体^[1]。城市排水管网系统建设与城镇化的进程存在脱节现象,雨污混接、污水直排,使大量污水进入河道^[2-3]。同时,暗涵上方通常为居民

集中区、公路主干道等,导致岸上截流、雨污分流困难^[4]。段腾腾等^[5]在西南某市区A河道的暗涵治理中,采用截污挡墙实现了暗涵内控源截污的目标。该方法能够收集暗涵沿程的排污口旱季污水,但雨季时未经雨污分流的混流排口会增加末端污水管的运行负荷。

现结合现场实际情况,采用截污管对某暗涵内

基金项目: 广东省重点领域研发计划资助项目(2019B110205005)

通信作者: 王双 E-mail:287136228@qq.com

排污口进行截流,为高密度建成区暗涵应急截污工程提供借鉴和参考。

1 暗涵现状

1.1 研究区域

A河道位于南方某市区,主渠总长度为6.8 km,由于城市发展迅速,上游段主渠及支渠共3.04 km被改造为钢筋混凝土矩形暗涵(见图1),下游段为明渠,暗涵段与明渠段由翻板闸隔断,原暗涵污水在翻板闸前明渠段采用总口截流,旱季混流污水通过闸门控制全部进入DN2 000污水管。根据现场踏勘,旱季流水排口有19个,编号为W1~W19。A河道主涵及支涵桩号及尺寸见表1,水深为0.5~1.0 m,淤积厚度为0.05~0.4 m,暗涵覆土深度为

0~22.02 m。

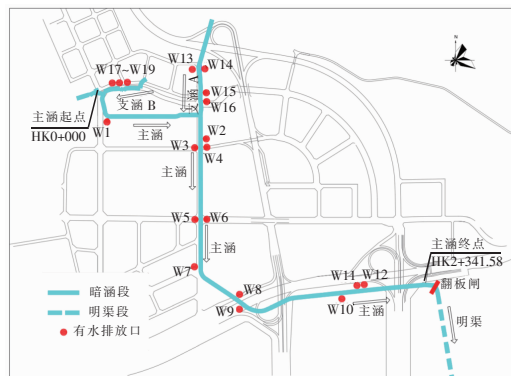


图1 项目区域位置

Fig.1 Regional location of the project

表1 主涵及支涵尺寸

Tab.1 Size of main and branch culverts

项目	桩号	长度/m	孔数/个	尺寸/(m×m)	淤积厚度/m	覆土深度/m
主涵	HK0+000.00~HK0+050.00	50	1	4×2.5	0.2~0.4	0~1.77
	HK0+050.00~HK0+585.00	535	1	4.3×2.6	0.1~0.2	0
	HK0+585.00~HK1+490.00	905	1	5.9×3.5	0.1~0.35	0~4.49
	HK1+490.00~HK2+341.58	851.58	2	4.9×4.5	0.1~0.4	0~3.29
支涵A	HAK0+000.00~HAK0+353.07	353.07	1	3×2	0.04~0.24	9.3~22.02
	HAK0+353.07~HAK0+452.83	99.76	1	5.5×3.5	0.1~0.26	0~14.36
支涵B	HBK0+000.00~HBK0+247.18	247.18	1	2×1.9	0.05~0.4	2.49~4.99

1.2 暗涵水质现状

根据2018年9月—11月旱季对该暗涵排放口的调查,排放口一共103个,旱季流水排放口19个。暗涵末端COD及氨氮含量均超出地表V类水限值,具体如图2所示。

该暗涵污水水质较差,为劣V类水。其中,9个排放口的COD浓度超出地表V类水限值,13个排放口的氨氮含量超出地表V类水限值,COD浓度超标0.90~2.68倍,氨氮浓度超标0.06~31.55倍。暗涵污水水质超标严重,对河道水体水质的影响较大,末端总口截流使河道内长期清污混流,形成黑臭水体。

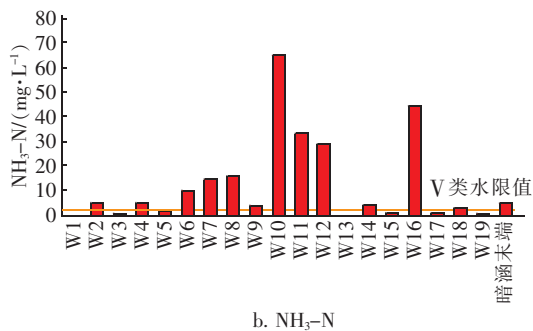


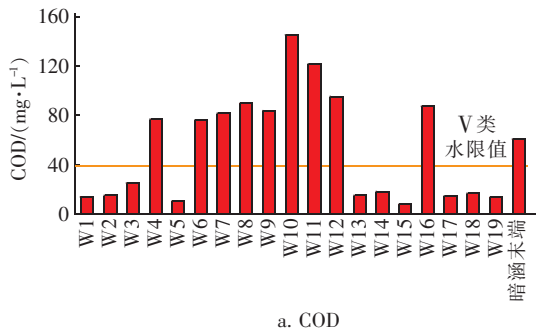
图2 监测点COD、NH₃-N浓度

Fig.2 COD, NH₃-N concentration at monitoring points

2 总体治理思路及研究方法

2.1 总体治理思路

根据对现状的调查,A河道干支涵主要存在以下问题:①旱季未达V类水标准排入暗涵的雨污混流排口有13个,导致河道形成黑臭水体;②暗涵两侧污水管道覆盖不全面,且暗涵末端涵底标高低于污水管管底标高;③受空间限制,暗涵周围城中村在短期内雨污分流困难,部分管道内污水直排入河。为尽快改善河道周边水环境,需对暗涵进行综合整



治,同时结合岸上雨污分流、正本清源工程进度,研究截污措施的存续和利用价值,确保河道水质“长制久清”。

暗涵总体治理思路见图3。

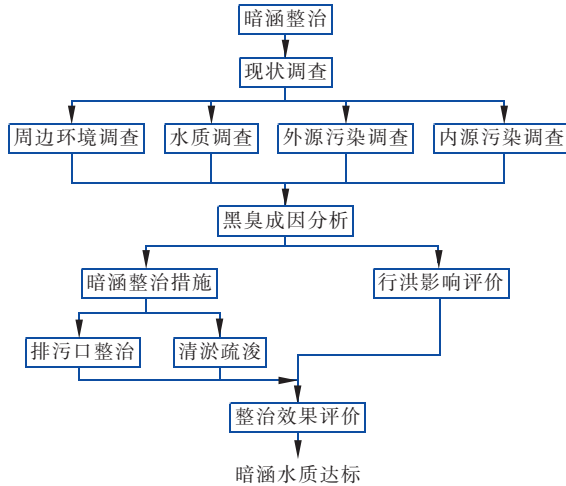


图3 暗涵总体整治技术路线

Fig.3 Comprehensive treatment plan of culverts

根据总体治理思路,本次治理目标需满足:①正本清源,清污分流。结合当地正本清源改造进度,同步采取措施实现生态基流与截流污水的分离。②清淤疏浚,行洪排涝。对河道清淤截污后,应满足河道100年一遇的行洪要求。③建管并举,长效管理。本着“三分建、七分管”的原则,截污方案充分考虑管养维护的要求^[6]。

2.2 研究方法

旱季流水排口氨氮含量测定采用纳氏试剂分光光度法(HJ 535—2009),COD含量测定采用重铬酸盐法(HJ 828—2017)。采用数值模拟法分析截污措施对暗涵的行洪影响,防洪标准为100年一遇,计算数学模型采用圣维南偏微分方程组:

$$\begin{cases} B \frac{\partial Z}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial s} = q(t) \\ \frac{1}{g} \frac{\partial v}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial s} \left(Z + \frac{v^2}{2g} \right) + \frac{Q}{A} \frac{|Q|}{K^2} = 0 \end{cases} \quad (1)$$

式中 B ——水面宽, m

Z ——水位, m

t ——时间, s

Q ——流量, m^3/s

S ——距水道某固定断面沿流程的距离, m

q ——旁侧入流, m^3/s

v ——断面平均流速, m/s

g ——重力加速度, m/s^2

A ——过水断面面积, m^2

K ——过水断面的流量模数

行洪计算:①清淤工况,暗涵清淤后的暗涵断面,计算主、支涵水面线;②截污工况,在清淤后的断面基础上,考虑截污工程实施后的暗涵断面,计算主、支涵水面线。

根据A河道历史资料,采用主涵出口处水位作为本次模型计算的下边界水位,暗涵出口处100年一遇水位为12.44 m(1956年黄海高程系)。

3 暗涵截污方案

3.1 截污思路

根据排口位置及汇水区污水量测算,需改造的排口为13个,其中W4、W14为DN1 200, W6、W11、W12为DN1 000, W18为DN1 600, W2为2 m×2 m, W5为2 m×1.7 m, W7为2.4 m×1.9 m, W10为 $\varnothing 700$ mm, W16为 $\varnothing 600$ mm, W8为DN600, W9为DN500。为防止污水直排入河,在暗涵内敷设截污管,根据水量预测及水利校核,截流污水量约为 $0.47 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,高日污水量为 $0.82 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。设计截污管为DN400~DN500,设计坡度与暗涵坡度一致,总体设计坡度 $\geq 0.2\%$ (见图4)。暗涵下游截污管中存在一处横跨管,位置桩号为HK1+490.01,该处存在高差为3.35 m跌水斜坡(坡度为 42°),为使横跨管不占用行洪断面,斜坡左侧DN400截污管横跨至右侧,增加截污管管径至DN500并设置跌水井,使下游DN500截污管设计坡度为0.2%。截污管检查井按30~50 m断面间距布设,同时在每个排口相近位置布设检查井收集排口污水。

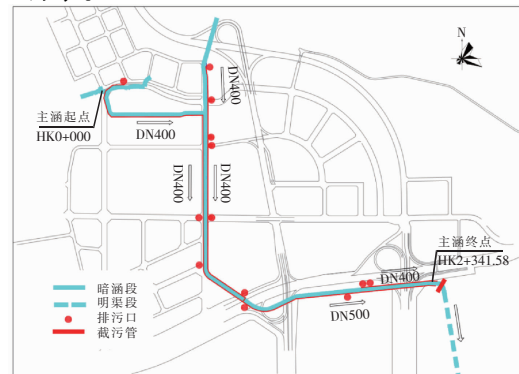


图4 设计截污管分布

Fig.4 Distribution of sewage interception pipes

根据排污口的尺寸、类型及水质,排口改造方案主要有4类,分别为单堰1、单堰2、截污斗1及截污斗2(见图5)。其中,根据旱季实际污水量,排口单堰的高度均取16 cm,截流倍数 $n_0 < 2$,且单堰截流仅用于管径 $\geq \text{DN}1\ 000$ 的排水渠,以减小截污对雨水管渠行洪排涝能力的影响。截污斗截流方案用于竖向排口及管径 $< \text{DN}1\ 000$ 的排水渠。排口改造后,截污管仅收集旱季污水及部分初小雨,雨季时排口雨水均通过溢流通道流入暗渠。

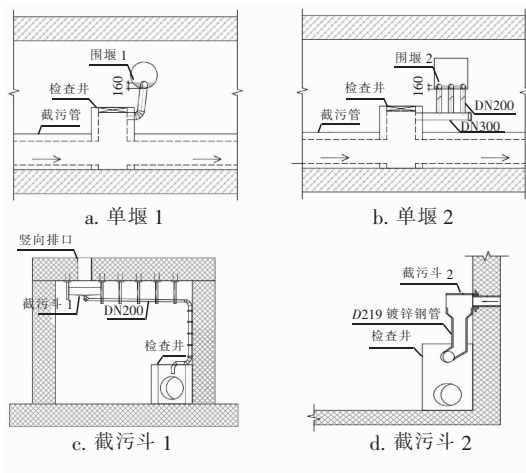


图5 排口改造方案

Fig. 5 Reconstruction scheme of sewage outfalls

3.2 末端接驳

暗涵末端南北两岸接驳点均在A河道翻板闸前的明渠段,截污管接入左右现状污水管。北侧DN400截污管管底标高为9.60 m,现状DN500污水管管底标高为9.28 m,可顺接接入。南侧DN500截污管管底标高为9.62 m,原总口截流DN2 000污水管管底标高为9.41 m,可顺接接入。

3.3 方案优化研究

由于暗涵截污管施工管养困难,存在大量有毒有害气体,所以截污方案应充分考虑工程落地、行洪影响及后期管养需求。暗涵截污管及检查井采用塑料管及塑料成品井,接口处均采用承插式橡胶圈接口连接,在保证防渗漏功能的同时,还便于运输、安装。当管道需要敷设在河道内时,需采用混凝土包封,传统的四面包封占河道横断面积较大,需进行方案优化^[7]。本次工程根据钢筋混凝土暗涵结构特点,采用两侧包封,且截污管贴暗涵壁敷设(见图6)。相对传统方案,该方案分别减少了DN400和DN500截污管包封横断面积的37.18%和

34.67%。

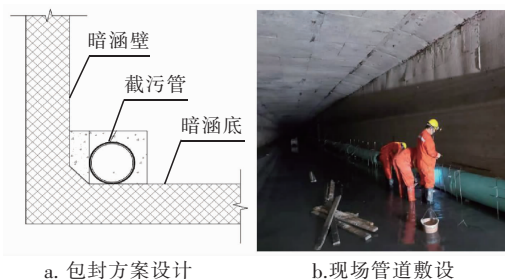


图6 截污管包封方案

Fig. 6 Envelopment scheme of sewage interception pipes

暗涵内截污管仅收集旱季污水及部分初雨,在敷设时还应考虑雨季溢流问题。截污管检查井井深1.0~1.1 m,井顶标高普遍低于100年一遇设计洪水位。为防止洪水倒灌,在井的上方安装垂直拍门,雨季时雨水通过拍门溢流至暗涵,以此降低末端污水处理厂污水厂的污水负荷。

3.4 行洪影响及截污效果评价

根据计算,在不同工况下,A河道的主涵及支涵各断面水位均未超过暗涵涵顶(见图7、8)。

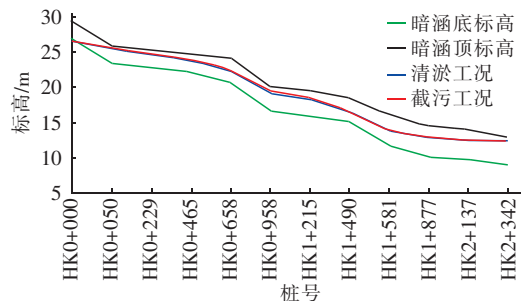


图7 不同工况下主涵水位

Fig. 7 Water level of main culvert under different conditions

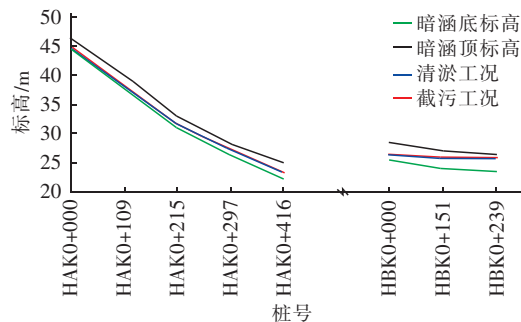


图8 不同工况下支涵水位

Fig. 8 Water level of branch culverts under different conditions

清淤工况下,各断面均存在0.4 m以上的安全余量。截污工况相较清淤工况仅管道包封部分占有暗涵断面,各断面水位上升0~0.24 m,除个别断面

外,各断面仍存在0.4 m以上的安全余量,且均表现为无压流。根据计算结果,A河道暗涵段通过清淤和截污措施后,主支涵防洪能力均能够满足100年一遇的行洪标准。

截污及清淤工程实施后,A河道暗涵段水质好转,根据现场连续3 d监测数据,氨氮 ≤ 0.3 mg/L, COD ≤ 20 mg/L。暗涵不仅不黑不臭,且COD及氨氮均达到地表Ⅲ类水水质标准。

4 结论

城市高密度建成区暗涵黑臭水体治理一直是城市黑臭水体治理的痛点及难点。在暗涵过流能力满足100年一遇的行洪标准下,通过清淤及应急截污措施,A河道暗涵段实现了“清污分流”目的,COD及氨氮浓度到达了地表Ⅲ类水水质标准。同时,暗涵截污管后期管养维护应结合片区防洪排涝规划、区域初期雨水污染控制规划以及海绵城市规划的建设,待片区内雨污分流、正本清源工程完成后,建议对排口截污措施逐一拆除,使暗涵截污管完成其历史使命,实现城市河道真正的“长制久清”。

参考文献:

- [1] 路金霞,柏杨巍,傲德姆,等. 上海市黑臭水体整治思路、措施及典型案例[J]. 环境工程学报,2019,13(3):541-549.
Lu Jinxia, Bai Yangwei, Ao Demu, *et al.* Analysis of regulation thoughts, measures and typical case for the black-stinking water body in Shanghai City, China [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2019, 13(3):541-549 (in Chinese).
- [2] 蒋海红,袁绍春,吕波,等. 重庆盘溪河黑臭水体治理方法初探[J]. 环境工程,2019,37(8):37-41.
Jiang Haihong, Yuan Shaochun, Lü Bo, *et al.* Strategy for elimination of black and odorous water bodies in Panxi river of Chongqing [J]. Environmental Engineering, 2019, 37(8):37-41 (in Chinese).
- [3] 张宜涛,华国轩,钟翔燕,等. 排海管涵截流改造在滨海城市黑臭水体整治中的应用[J]. 给水排水,2019,45(7):51-55.
Zhang Yitao, Hua Guoxuan, Zhong Xiangyan, *et al.* Case study of the sewage interception technology in control the urban black and odorous waters in coastal cities [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(7):51-55 (in Chinese).
- [4] 楼少华,吕权伟,任珂君,等. 从深圳治水历程研究高

密度建成区排水系统的选择与改造[J]. 中国给水排水,2018,34(18):18-21.

Lou Shaohua, Lü Quanwei, Ren Kejun, *et al.* Study on the selection and reconstruction of urban drainage system in high density construction area from the course of water control in Shenzhen [J]. China Water & Wastewater, 2018, 34(18):18-21 (in Chinese).

- [5] 段腾腾,耿震,胡邦,等. 城市河道综合治理中的暗涵整治[J]. 中国给水排水,2019,35(10):115-118.
Duan Tengting, Geng Zhen, Hu Bang, *et al.* Culvert regulation in the comprehensive treatment of an urban river [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(10):115-118 (in Chinese).
- [6] 刘晓玲,徐瑶瑶,宋晨,等. 城市黑臭水体治理技术及措施分析[J]. 环境工程学报,2019,13(3):519-529.
Liu Xiaoling, Xu Yaoyao, Song Chen, *et al.* Analysis of treatment technologies and measures for the urban black-stinking water body [J]. Chinese Journal of Environmental Engineering, 2019, 13(3):519-529 (in Chinese).
- [7] 黄伟,王阿华,桂衍武,等. 竹皮河流域水环境综合治理(城区段)沿河截污干管工程设计[J]. 中国给水排水,2019,35(24):70-74.
Huang Wei, Wang Ahua, Gui Yanwu, *et al.* Design of the main pipe project for intercepting wastewater along the river in comprehensive treatment of water environment of Zhupi River (district of urban area) [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(24):70-74 (in Chinese).



作者简介:王双(1993-),女,湖北黄石人,硕士,助理工程师,主要从事市政给排水设计、水环境整治工作。

E-mail:287136228@qq.com

收稿日期:2020-03-05