

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.14.023

深圳市茅洲河流域某小微水体治理方法与实践

邵宇航¹, 楼少华¹, 唐颖栋¹, 方刚¹, 唐晓斌², 任珂君¹

(1. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司 生态环境工程院, 浙江 杭州 310014;

2. 深圳市宝安区水务工程事务中心, 广东 深圳 518000)

摘要: 小微水体作为一种介于管道与河道之间的雨水转输通道,既具有河道的系统性,又具有管网数量多、分布广等特点。与河道相比,其具有生态基流量小、水体流动性差且距离人们居住环境更近等特点,以深圳市茅洲河流域某小微黑臭水体治理为例,结合其周边环境地域特点,通过新建清污分流渠、岸上城中村改造、再生水利用以及底泥清除等方法,有效改善了小微水体水质。改造后的小微水体通过景观节点打造,进一步提升了周边居民居住环境质量,为高密度建成区小微黑臭水体治理提供了相关改造经验。

关键词: 小微水体; 城中村改造; 再生水利用; 排水管网

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2023)14-0134-07

Method and Practice of a Miniature Water Body Management in Maozhou River Basin of Shenzhen

SHAO Yu-hang¹, LOU Shao-hua¹, TANG Ying-dong¹, FANG Gang¹,
TANG Xiao-bin², REN Ke-jun¹

(1. Institute of Ecological and Environmental Engineering, PowerChina Huadong Engineering Corporation Limited, Hangzhou 310014, China; 2. Shenzhen Bao'an District Water Engineering Affairs Center, Shenzhen 518000, China)

Abstract: As a stormwater transfer channel between pipeline and river, miniature water body has the characteristics of river system and wide distribution of pipe network. Compared with river channel, miniature water body, which is closer to people's living environment, has small ecological base flow and poor water mobility. Taking the management of a small black and smelly water body in Maozhou River basin of Shenzhen as an example, combining with the regional characteristics of its surrounding environment, the water quality of small and smelly water body is effectively improved by constructing pollution diversion channels, reconstructing the urban villages on the shore, utilizing the reclaimed water and removing the sediment. The reconstructed miniature water bodies are created through landscape nodes, further improving the living environment of surrounding residents, which could provide some experience for the improvement of miniature, black and smelly water body in high-density built-up areas.

Key words: miniature water body; urban village reconstruction; reclaimed water utilization;

基金项目: 广东省重点领域研发计划资助项目(2019B110205005)

通信作者: 唐颖栋 E-mail: tang_yd2@hdec.com

drainage pipeline

2018年9月,住房和城乡建设部与生态环境部联合印发《城市黑臭水体治理攻坚战实施方案》,要求各地区进一步巩固近年来治水成果,加快改善城市水环境质量,全面整治城市黑臭水体。为贯彻落实该实施方案,广东省和深圳市先后于2018年底和2019年初发布相关文件。根据《深圳市全面消除黑臭水体攻坚战实施方案》要求,全市范围内要在2019年底消除黑臭水体。方案中还要求,除了深圳市区诸多河道外,河道上游的支汊流也需要全部纳入整治范围。

以深圳茅洲河流域小微水体治理为例,介绍了主要整治技术思路及具体改造方法。

1 小微黑臭水体特点及治理难点

小微水体通常是指流域面积较小的明渠、坑塘、小河汉、小支涌等微型水体,在我国水系相对发达的南方城市比较常见。城市建设早期,小微水体主要承担雨水排水、调蓄等功能,随着城镇化的扩张和人口规模的扩大,越来越多的小微水体除了上述功能外,还承接了大量人类活动产生的污染物,导致水质恶化。

小微黑臭水体在治理过程中可借鉴以往黑臭河道治理的相关经验,但与河道相比,小微黑臭水体主要有如下特点:

① 生态基流量小。从汇水面积和流域规模的角度来讲,小微水体远小于一般城市河道,并且有相当数量的小微水体为人工渠道或坑塘,在旱季几乎无生态基流量。因此小微水体与河道相比其自净能力更差,水环境容量更低。

② 数量多且分布广。小微水体一般为河道上一级的排水通道,尺寸通常大于雨水管道。作为衔接管网与河道的排水通道,其既具有河道的特点,又具有管网分布广而散的特点。

③ 缺乏规划控制线。城市中的河道一般具有规划的河道蓝线,蓝线对于指导水务部门建设和管理河道具有重要作用,但小微水体通常没有明确的蓝线,周边建筑侵占和填堵小微水体的情况普遍存在,给水务部门建设和管理带来较大难度。

④ 污水直排现象较严重。小微水体相较于河道,通常距离居住区更近,水质对周边居民的影响

更大。从另一种角度来讲,由于距离建筑物更近,污水直排的情况也要比河道更加严重。

此外,小微水体还有诸如水体流动性差、底泥淤积较严重等特点。深圳市茅洲河流域宝安片面积约112 km²,合计共有142条、168 km长的小微水体。由于上述特点,相当部分的小微水体水质黑发臭。自2019年初开始,深圳市全面开展整治全市范围内的小微黑臭水体,茅洲河流域范围内的小微水体也同步启动了相关研究和整治工作^[1-2]。

2 总体整治技术路线

针对城市黑臭水体治理工作,主要围绕控源截污、内源治理、生态修复、活水保质四个方面来开展实施。通过对小微水体特点的分析,结合城市黑臭水体治理技术一般做法,确定此次茅洲河流域宝安片区小微黑臭水体整治技术路线(见图1)。

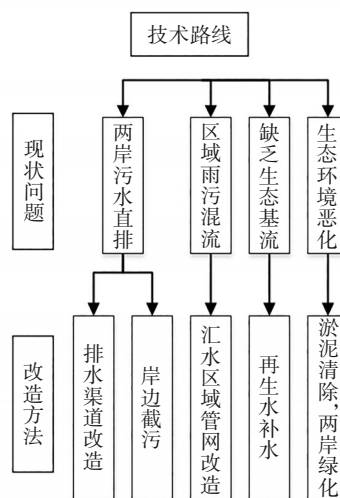


图1 小微水体整治总体技术路线

Fig.1 Reconstruction technical route of miniature water body

① 控源截污。国内在河道相关治理工程中主要通过新建沿河截污管道,对河道两岸的污水进行收集。小微水体无论长度还是数量,都远大于河道,因此不能简单地沿用河道治理双侧新建截污管道的方法。此次结合茅洲河流域小微水体主要特点,在控源截污方面主要采用两种思路:对于流域面积较大,且河道两侧排口数量较多的小微水体,根据实际情况,分段建设截污管道,对两岸排水口

进行改造;对于流域面积较小的小微水体,主要结合汇水范围内居住小区管网改造,对直排和混流的排口进行源头分流。对于两岸无敷设管道空间的极端情况,考虑局部采用河底敷管或渠道改造等办法,但要对改造前后的排水工况进行分析,并考虑后期清淤维护等因素。

② 内源治理。科学合理地确定底泥清淤量,既需要考虑清除受污染的底泥,又要考虑保留部分有机质含量较高的底泥,以确保坑塘或渠道具有良好的生态成长空间。

③ 活水保质。由于茅洲河流域绝大部分小微水体上游无清洁基流,因此主要从景观功能需求的角度来确定是否对小微水体进行补水。由于茅洲河流域河道已全面覆盖了再生水管网,因此主要从现状再生水管网取水来对小微水体进行补充。其他地区在考虑补水时可以根据周边实际情况进行水源水量分析及论证。

④ 生态修复。对于人工排水渠道,根据景观功能需求,选择部分有条件区域在河道两侧种植绿化。对于自然河汊和坑塘类水体,以恢复自然生态为主,尽量不过多人工干预。

3 典型案例

3.1 项目概况及存在的问题

此次整治的龙津涌全长 754 m,位于深圳市宝安区沙井街道,属于茅洲河流域一级支流衙边涌上游的一条支汊流。龙津涌北临帝堂路,南临辛安路,整条河道穿越沙井古墟,该地区也是深圳历史最悠久的城中村之一,年代最久的建筑可上溯至宋代时期,是深圳为数不多的具有历史意义的地区之一。

根据整治前水质检测结果,龙津涌水体各项指标均达到黑臭水体标准,周边气味较大,严重影响了附近居民的生活。通过现场调研发现,导致龙津涌现状黑臭的原因有很多,其中主要是两岸建筑污水直排、周边地区排水系统不完善、现状水动力条件差等。

龙津涌周边多为老旧房屋,巷道空间极其狭窄,在地下敷设污水管道收集系统实施难度大,并且对周边建筑结构安全有较大影响,因此改造依据前述总体整治技术路线,结合龙津涌自身特点,主要通过岸下渠道改造、岸上城中村改造、再生水补

水等工程措施来对龙津涌进行治理。龙津涌改造前水体黑臭及周边狭窄巷道情况见图2。



a. 水体黑臭

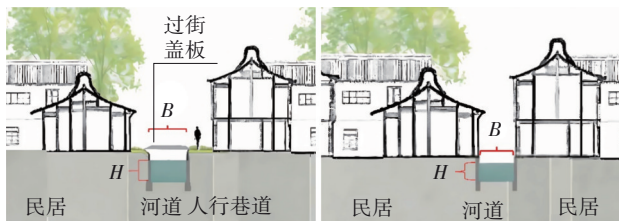
b. 周边巷道狭窄

图2 龙津涌水体黑臭且周边巷道狭窄

Fig.2 Black and smelly Longjin River and narrow surrounding roadway

3.2 现状渠道改造

通过对现状河道断面进行调查,龙津涌整体断面宽度为 1.2~3.6 m,部分区段房屋基础紧邻河道堤岸,中游区域两侧或单侧仅留有人行步道,典型断面见图3。为防止污水流入河道,需要对两岸直排口和混流口的污水进行收集,但受现状条件限制,在两侧新建截污管道无法全线贯通,因此此次设计对现状渠道进行改造,对两侧污水进行收集。



a. 典型断面形式(一)

b. 典型断面形式(二)

图3 龙津涌河道典型断面形式

Fig.3 Typical cross section of Longjin River

① 改造方法

针对有限空间截污管渠的设计,国内已有相关工程改造经验和做法^[3-4]。此次对龙津涌渠道改造有两种形式(见图4)。按照现状河道宽度分类,断面宽度较大时,在河底左右两侧新建截污沟渠,河道两侧的污水管道通过立管沿着两侧挡墙接入截污渠。对于现状两岸的雨污水混流沟,参考槽式截流井的做法,在排放到河道之前做小方井,小方井下留截污槽,槽内底连接截污管道,将旱季污水截流到截污渠;河道断面宽度较小时,考虑分层设置清水和污水通道,底部为污水通道,上部为雨水通道,河道两侧的直排污水管做法与第一类相同。

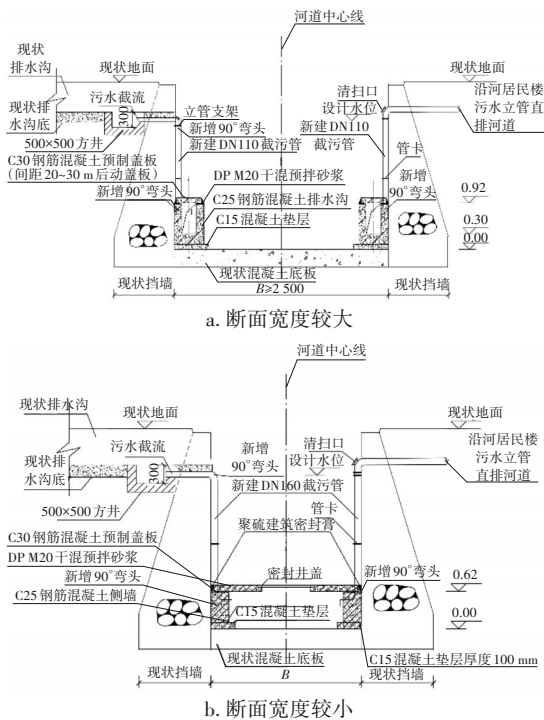


图4 两种渠道改造形式典型断面

Fig.4 Two typical transformation methods

考虑后期维护清淤方便,对渠道进行改造时,每隔一段距离需要设置检修密封井盖或密封可开活动盖板,在旱季时方便维护清淤。在整治完成后应在每年雨季来临前,对截污渠内的淤泥进行清除,通常可参考管道清淤方法,采用高压水枪冲洗或清渣器^[5]清理。

② 改造前后影响

此次改造后,渠道下部收集的污水和部分截流雨水接入下游市政污水管道。根据深圳市污水系统专项规划,针对雨污分流改造难度大的“三旧”区域,污水厂在远期改造考虑纳入了一定量初期雨水,茅洲河流域考虑纳入的初期雨水量为21 m³/d,调蓄水量按照一日内排至水质净化厂进行处理,即远期茅洲河流域预留初期雨水处理量为21 m³/d。龙津涌周边地区属于“三旧”区域改造范围,按照规划考虑了这部分初期雨水的处理量,根据龙津涌汇流面积计算龙津涌汇水区域考虑纳入的初期雨水量为1 250 m³/d。此次改造在接入市政污水管前通过设置限流闸门来控制进入下游管道的水量,远期结合配套污水厂和管网改造,调整闸门启闭参数,从而进一步收集拟纳入的1 250 m³/d初期雨水。

渠道改造后,龙津涌河道部分断面被占用,使

龙津涌排水能力有所降低。根据龙津涌两岸城中村改造以及相关城市更新计划,对比改造前后龙津涌集雨面积变化,校核改造后龙津涌的排水能力。根据断面形式,不同区段占用河道断面比例见表1。

表1 典型断面面积影响情况

Tab.1 Section reduction ratio

改造形式	改造前断面面积/m ²	改造后断面面积/m ²	断面缩小比例/%
两侧截污沟1	7.56	6.48	85.7
两侧截污沟2	7.40	6.32	85.4
两侧截污沟3	6.68	5.60	83.8
渠底截污沟4	4.40	2.90	65.9

改造后龙津涌变化最大的断面约为改造前的65.9%,对排水能力影响也最大,因此需要复核此断面是否满足排水需求。相关规划资料显示,该区域新建雨水管网重现期为3年一遇,龙津涌现状汇水面积约为12.2 hm²,根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2016)计算雨水量,并结合改造后渠道断面,复核排水能力基本满足3年一遇的排水需求。

目前龙津涌汇水范围内约有4.8 hm²属于城市更新拆迁区域,此部分区域拆迁后结合雨水规划,不再流入龙津涌内,因此在后期城市更新改造后,龙津涌汇水范围将会缩小到原来的60.7%,随着汇水面积的减小,改造后龙津涌排水重现期将进一步提高。龙津涌改造前、后汇水范围变化见图5。

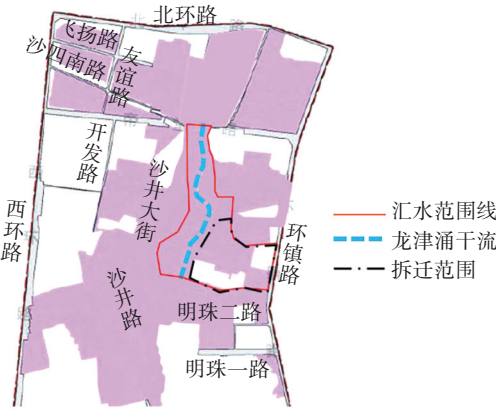


图5 龙津涌汇水范围变化情况

Fig.5 Changes in the catchment area of the Longjin River

3.3 岸上城中村改造

尽管通过渠道改造,可以解决污水排放到河道的问题,但两岸建筑物原有排水主要依靠建筑之间的排水沟,缺少独立的污水收集系统。龙津涌两岸建筑多为狭窄巷道,平均宽度为1.5 m,最窄的巷道

不足0.5 m。由于客观条件限制,此次岸上城中村排水改造本着“污水能收尽收,雨水有序排放”的原则,最大限度地污水收集到管道中。

根据两岸巷道宽度条件,排水沟改造分为3类。

① 对于巷道宽度 <1 m且两侧均有污水排放的区段,拟沿原排水沟排水线路,在排水沟底部敷设污水管道,在每个出户管接入点设置顺水三通检修口,三通检修口上部设置雨水口,一方面收集路面雨水,另一方面可作为污水检修口。二层以上立管则通过直角弯头组合接入污水管道,顺排水沟方向接入下游污水管,在旱季时通过底部污水管收集污水,降雨时雨水顺排水沟排出,见图6(方案1)。

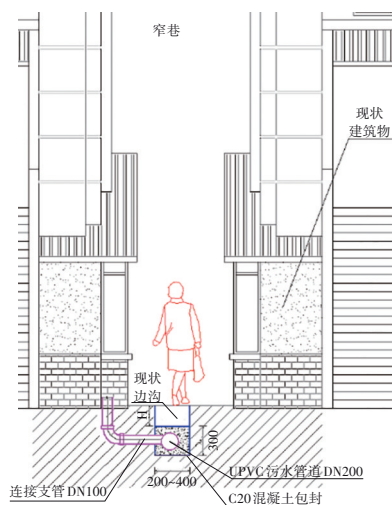


图6 窄巷道排水系统完善方案1

Fig.6 Narrow roadway drainage system improvement plan 1

原城中村中基本无化粪池,需定期对管道进行维护疏通,在改造中通过设置检修口方便后期疏通管道,对于有厕所排出物的管道,在接入口设置小方井,以防管道淤堵。做法见图7。

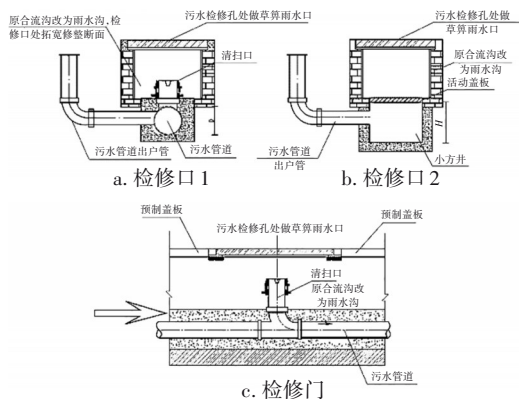


图7 排水检修口做法

Fig.7 Practice of drainage manhole

② 对于巷道 >1 m且巷道有污水排出的情况,拟拆除原有排水沟,在原排水沟槽底部敷设污水管道,污水检查口做法同方案1,在巷道一侧新建与原尺寸相同的排水沟收集路面雨水,天面雨水通过立管断接管排入雨水沟内,见图8(方案2)。

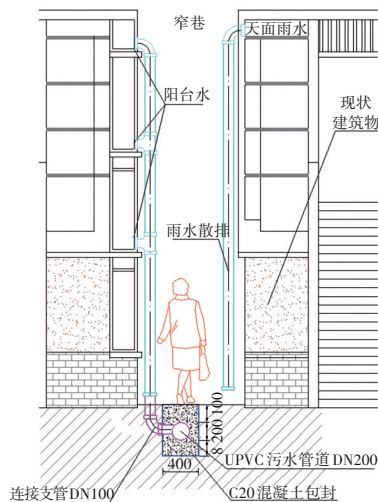


图8 窄巷道排水系统完善方案2

Fig.8 Narrow roadway drainage system improvement plan 2

③ 对于巷道宽度 <1 m的极窄巷道且一层无污水排出的窄巷道,由于几乎没有管道埋地条件,污水收集参考室内排水横支管的做法,利用管卡将污水管道固定在建筑一侧,通过明管将污水引入下游,出户管接入点接弯头检修口,见图9(方案3)。当极窄巷道一层有污水排出时,做法类似方案2,地面雨水以局部散排为主。

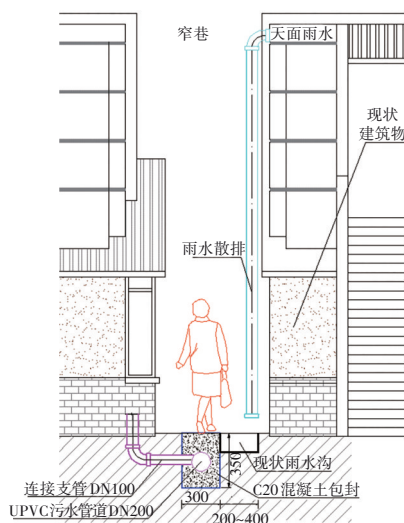


图9 窄巷道排水系统完善方案3

Fig.9 Narrow roadway drainage system improvement plan 3

通过对周边建筑区排水系统的改造,结合龙津涌渠道整治,基本形成以龙津涌流域范围线为单位,以龙津涌河道为主线的雨污水收集系统,确保污水和雨水有组织地收集和排放。

3.4 再生水补水

通过渠道和城中村改造,基本解决了污水直排入河的问题,但龙津涌在旱季时几乎呈现干涸状态。污水处理厂处理后的再生水,当水质达到相关要求时可作为较好的河道生态水源^[6],考虑龙津涌距离居民区很近,且具有一定的景观提升价值,此次拟利用现状再生水管网引水对龙津涌河道水进行补充。

河道需水量一般有 Tennant 法、湿周法、水量平衡测算等方法^[7],此次龙津涌补水主要考虑在旱季时维持一定的景观水位。在换水周期参数取值时,考虑换水周期过长会导致水质变差,影响补水效果;换水周期过短,耗水量大,投资较高,根据相关工程经验,一般封闭水体滞留时间过长就会较容易暴发水华^[8],结合国内相关工程经验^[9],此次换水周期定为5 d。计算公式如下:

$$Q_{\text{换}} = V/m \quad (1)$$

式中: $Q_{\text{换}}$ 为日均自净所需换水量, m^3/d ; V 为根据河道断面、水深确定的容积, m^3 ; m 为设计换水频次。

此次补水水位控制在0.5 m左右,结合断面尺寸和渠道长度计算,现状龙津涌明渠容积约为4 350 m^3 ,补水规模约为870 m^3/d ,考虑一定冗余度,设计再生水补水规模为1 000 m^3/d 。

通过查阅相关资料,深圳地区年平均降雨量约为1 900 mm,雨水资源较为充沛,但降雨季节性明显,主要集中在4月—10月,约占全年降雨量的78%,在雨季时水量较充沛,因此补水主要考虑在11月—次年3月的旱季进行,再生水经过龙津涌流入下一级河道。

3.5 其他措施

在对龙津涌改造前,渠道内为雨污水混流的排水通道,改造后龙津涌兼具雨水和污水双重排放功能。龙津涌在改造过程中,需对原有的沉积淤泥进行清除,受限于周边建筑过于密集,大型机械设备无进出通道,故以人工清淤为主,清除后的淤泥外送至淤泥处理中心进行脱水稳定化处理。除此之外,考虑龙津涌距离居民区较近,对景观需求较高,

在整治完成后还对渠道两侧进行绿化和景观节点打造,进一步提升周边居住环境。

4 整治效果

龙津涌经过渠道改造和周边排水完善等一系列工程措施整治后,改造效果明显,基本解决了周边污水直接排入河道的情况,改善了河道生态面貌。通过再生水的利用,底泥清淤以及相关景观措施改造,进一步提升了沿线休憩空间,改善了周边居民的生活质量。

整治前、后实景对比见图10。

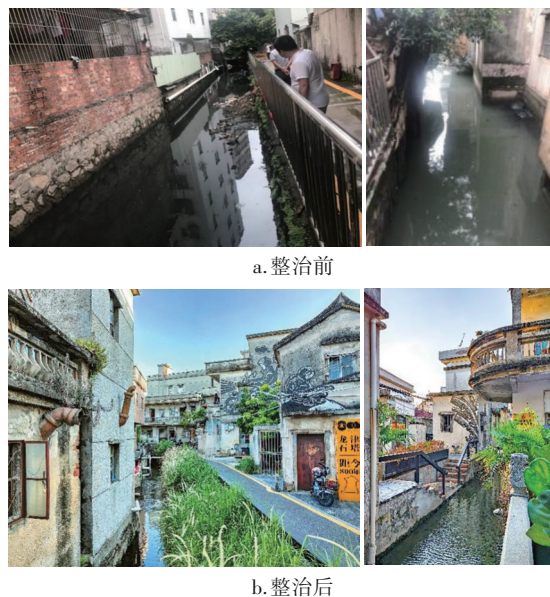


图10 龙津涌整治前、后变化

Fig.10 Changes of Longjin River before and after regulation

5 结语

小微水体作为管网下一级河道上一级的排水通道,兼具两者诸多特性,其对城市防洪排涝及污水系统的稳定运行有重要意义。在治理小微黑臭水体过程中可借鉴河道治理相关技术措施,但考虑到小微水体数量和分布上的广泛性,在整治过程中应根据每条小微水体的个性化特点,结合其流域范围内排水管网改造,对小微水体进行系统性治理。对于景观需求较高的小河汉或坑塘类水体,可结合再生水利用和局部景观节点打造来进一步提升周边居住环境。

参考文献:

[1] 方刚,唐颖栋,楼少华,等. 茅洲河流域水质净化厂污

- 水系统提质增效实践[J]. 中国给水排水, 2022, 38(20):96-101.
- FANG Gang, TANG Yingdong, LOU Shaohua, *et al.* Practice of improving quality and efficiency of the sewage system of a WWTP in Maozhou River basin [J]. China Water & Wastewater, 2022, 38(20):96-101 (in Chinese).
- [2] 关天胜. 海绵城市理念下高密度城区污水提质增效策略研究[J]. 给水排水, 2019, 45(12):59-64.
- GUAN Tiansheng. Research on the strategy of improving the quality and efficiency of high-density urban wastewater under the concept of sponge city [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(12):59-64 (in Chinese).
- [3] 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).
- [4] 梁丽峰. 黑臭水体涌底埋设复合钢管污水收纳管道施工技术[J]. 中国给水排水, 2019, 35(14):119-122.
- LIANG Lifeng. Construction technology of sewage composite steel pipe buried at the bottom of black and smelly water bodies [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(14):119-122 (in Chinese).
- [5] 黄超, 揭敏, 席鹏, 等. 管道淤堵的清淤技术应用[J]. 施工技术, 2019, 48(24):85-88.
- HUANG Chao, JIE Min, XI Peng, *et al.* Application of dredging technology for pipe blockage [J]. Construction Technology, 2019, 48(24):85-88 (in Chinese).
- [6] 孙永利, 郑兴灿. 科学推进城市黑臭水体整治工作的几点建议[J]. 给水排水, 2020, 46(1):1-3, 56.
- SUN Yongli, ZHENG Xingcan. Suggestions on restoration of black-and-odor urban water body [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46(1):1-3, 56 (in Chinese).
- [7] 杨毅, 邵慧芳, 唐伟明. 北京城市河道生态环境需水量计算方法与应用[J]. 水利规划与设计, 2017(12):46-50.
- YANG Yi, SHAO Huifang, TANG Weiming. Calculation method and application of water demand for ecological environment of urban river course in Beijing [J]. Water Resources Planning and Design, 2017(12):46-50 (in Chinese).
- [8] 胡和平, 蒋任飞, 文坛花, 等. 受潮汐影响的半封闭水体活水工程设计与运行[J]. 中国给水排水, 2019, 35(16):103-106.
- HU Heping, JIANG Renfei, WEN Tanhua, *et al.* Design and operation of semi-closed water flowing project with tidal influence [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(16):103-106 (in Chinese).
- [9] 栗玉鸿, 王家卓, 胡应均, 等. 城市明渠生态补水方法初探——以石家庄海绵城市规划中水环境提升为例[J]. 给水排水, 2019, 45(2):64-69.
- LI Yuhong, WANG Jiazhao, HU Yingjun, *et al.* Estimation of eco-environmental water requirement for open channels: a case study of sponge city plan of Shijiazhuang [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(2):64-69 (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:2020-07-26

修回日期:2020-08-24

(编辑:衣春敏)

深入实施乡村振兴战略,促进人水和谐