



DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.02.001

述评与讨论

截流式排水系统的完善措施及建议

李招群¹, 陈平², 徐福音³, 李雯敏¹

(1. 福州市水务投资发展有限公司, 福建 福州 350001; 2. 福建海峡环保集团股份有限公司, 福建 福州 350001; 3. 福州城市建设设计研究院有限公司, 福建 福州 350001)

摘要: 截流式排水体系建设是解决黑臭水体问题的重要技术路线,但容易引发污水处理厂进水污染物浓度下降、雨天污水溢流等问题。以福州市洋里污水处理厂片区为例,阐述了截流式排水系统面临的主要问题,针对截流式排水系统的特点制定完善措施并提出建议。从“截流系统-市政雨污系统-源头排水户”三个层面,介绍了逐步深入的实施措施和下一步建议。实践证明,正在实施的措施是行之有效的,目前洋里污水处理厂进厂BOD₅浓度相比之前已提升12%~26%,污水处理厂污染物收集总量提升29%~53%,可为城市污水处理效能的提升和内河治理成效的巩固提供借鉴。

关键词: 截流式排水系统; 城镇污水处理; 清污分流; 海绵城市改造

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)02-0001-07

Suggestions and Measures for the Intercepted Drainage System

LI Zhao-qun¹, CHEN Ping², XU Fu-yin³, LI Wen-min¹

(1. Fuzhou Water Investment & Development Co. Ltd., Fuzhou 350001, China; 2. Fujian Haixia Environmental Protection Group Co. Ltd., Fuzhou 350001, China; 3. Fuzhou City Construction Design & Research Institute Co. Ltd., Fuzhou 350001, China)

Abstract: The construction of intercepted drainage system is an important technical method to solve the problem of black and odorous water. However, it will lead to the low influent concentrations in wastewater treatment plant and severe sewage overflow in rainy days. Taking the area of Yangli sewage treatment plant in Fuzhou City as an example, this paper described the main problems of the intercepted drainage system, and put forward suggestions and improvement measures. Implementation measures that proved to be effective were introduced from three aspects of “intercepting system, municipal drainage system, community source drainage system”. After reconstruction, the concentration of BOD₅ in Yangli sewage treatment plant increased by 12%~26%, and the total amount of pollutants collected by the sewage system increased by 29%~53%. This project provides a successful case and reference for improving the efficiency of urban sewage treatment and consolidating the effectiveness of urban river treatment in other cities.

Key words: intercepted drainage system; urban sewage treatment; clean and dirty water separation; sponge city transformation

近年来,许多城市为了解决黑臭水体问题,通过新建截流管、截流井、提升泵井等设施,对沿河晴

天排污口进行末端截流。新建截流系统不影响分流改造,且相比全面的分流改造具有工期短、见效快、适用性强等特点,多数城市进行截流系统建设后城市内河水水质得到显著改善^[1-3]。然而,截流式排水系统容易出现污水处理厂进水污染物浓度下降、雨天污水溢流污染河道等问题^[4-5]。

2019年印发的《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》提出,要全面提升城市生活污水收集处理能力和水平,城市污水厂进水BOD₅低于100 mg/L的,要围绕服务片区管网制定“一厂一策”系统化整治方案,明确整治目标和措施。污水处理厂进水污染物浓度下降、雨天污水溢流污染河道,会严重影响污水处理厂的处理效能和污水收集水平。因此,针对现有截流式排水系统容易衍生的问题需要进一步地对排水系统进行改造和优化。以福州市洋里污水处理厂片区为例,阐述了现有截流式排水系统面临的问题,介绍了系统性的完善措施和建议,为改进截流式排水系统的工作提供参考。

1 片区现状

福州市地处东南沿海,属海洋性亚热带季风气候,每年5月—6月为雨季,年平均雨天149 d,年平均降雨量1 359.6 mm,雨量充沛。福州市洋里污水处理厂处理规模共60×10⁴ m³/d,执行一级A排放标准。洋里污水处理厂服务片区南起闽江,北至福州北三环路,东起福州东三环路,西至白马河,处于福州市的中心老城区范围。片区内常住人口约135万人,共有40条内河,收水区域面积为52.8 km²。片区内40条内河先后于2011年和2017年通过控源截污、生态修复、补水活水等方式进行了两轮整治,每条内河沿线均建立截流系统,共有截流管157.4 km,截流井441座。

2 存在的问题

2.1 污水处理厂进水污染物浓度下降

经过截流系统的建设后,污水处理厂一般易出现进水量增多、进水污染物浓度降低的情况,从而影响城市污水处理效能。2010年—2018年福州市洋里污水处理厂的进水BOD₅浓度及日均进水量变化如图1所示。

由图1可知,在2011年、2017年两轮内河治理及新建截污系统之后,污水处理厂都出现了进厂

BOD₅浓度明显降低的情况。2012年和2018年污水厂年均进水BOD₅浓度分别下降了26%和18%。经调研分析,污水处理厂进水污染物浓度降低的原因主要有三个:

① 市政雨污水管错接混接严重,雨天污水厂进厂水量会增加10%~20%,甚至出现雨后污水处理厂连续2~3 d满负荷运行的情况;

② 鉴于截流式排水体系雨污水管的复杂性,地下水、山涧水等低浓度外水容易通过截流系统混入污水系统;

③ 截流系统一旦存在病害或密闭性不达标等问题,内河水则会直接通过截流系统进入污水处理厂。

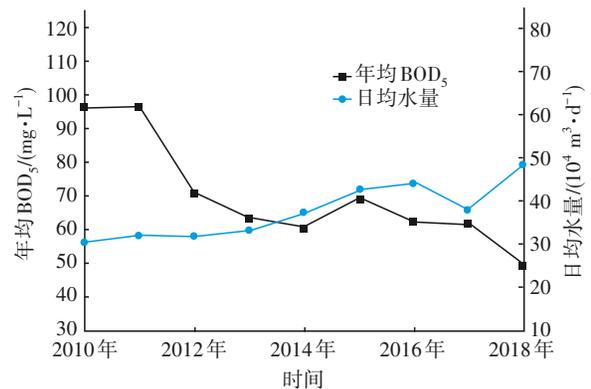


图1 2010年—2018年福州洋里污水处理厂进水水质、水量变化情况

Fig.1 Variation of influent quality and quantity in Fuzhou Yangli sewage treatment plant (2010–2018)

2.2 雨天污水溢流污染

受限于截流能力和下游污水处理厂的处理能力,部分截流井在雨季易发生溢流污染^[6]。降雨径流挟带的地面污染物、管道沉积污泥和混接污水会通过溢流等方式直接排入内河(溢流污水COD浓度甚至会超过同期的早流污水^[7]),形成短期污染,影响内河水水质。

以福州市洋里片区内的瀛洲河为例。瀛洲河全长1.1 km,新建的截流系统共设有19个截流排口,2019年全年共发生雨天截流排口溢流或因防涝调度开启截流井闸门的情况超过70次,其中次数最多的排口一年共溢流或调度开启闸门42次。对某次暴雨(6 h降雨量超过30 mm)后瀛洲河下游河道COD、NH₃-N等指标的检测显示(见图2),河道水质要在雨后24~48 h才能逐渐恢复到雨前的水质

标准。

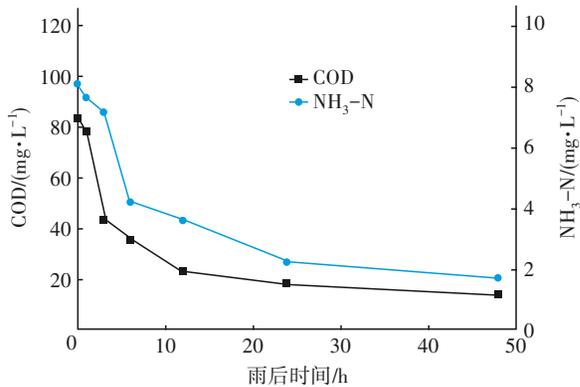


图2 福州市瀛洲河下游雨后水质变化情况

Fig.2 Variation of water quality after rain in the lower reaches of Yingzhou River in Fuzhou

3 实施措施

鉴于截流式排水系统目前存在的问题,应考虑截流系统的特殊影响并制定新的完善措施,从“截流系统-市政雨污系统-源头排水户”三个层面逐步深入改进。

3.1 截流系统方面

因质量问题、水位变化、设施失效等原因而导致的河水倒灌,是影响截流式排水系统最大的问题之一。针对目前截流系统存在的问题,可以采取以下措施完善整改。

① 加高河道内的检查井

由于城区内许多建筑沿河而建,短期内无法完成拆迁,部分截流设施只能布置在河道内,这种现象在老旧城区更为普遍。洋里污水处理厂片区内157.4 km的截流管,有超过20 km的截流管布置在河道内,河道内井顶标高低于常水位的检查井容易造成河水倒灌。因此应对所有河道内的检查井进行加高,保证检查井井顶标高位于常水位以上。检查井加高前、后对比如图3所示。



a. 检查井加高前 b. 检查井加高后

图3 检查井加高前、后对比

Fig.3 Comparison of manhole before and after heightening

加高检查井后,不仅减小了因压力井盖漏水而导致的河水倒灌的可能性,而且可以通过观察井内外水位差的方式检查河道内截流系统的运行情况,便于检修。

② 优化防倒灌设施

截流式排水体系的建立过程往往与河道景观提升同步进行,有些城市为了满足水体景观或游船通航等需求,抬升了河道的常水位。以洋里污水处理厂片区内的树兜河为例,树兜河全长1.85 km,沿河共有44个排口。经过城市内河治理后,树兜河常水位的标高从4.4 m提升至4.8 m,排口管底标高在常水位以下的数量从8个增至17个,排口分布与水位标高关系如图4所示。

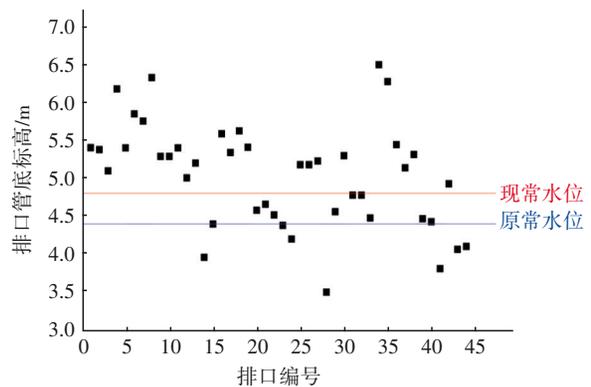


图4 树兜河排口分布与水位标高关系

Fig.4 Relationship between outlet distribution and water level for Shudou River

位于常水位以下的排口数量增多,对排口防倒灌设施的可靠性就会有更高的要求。传统的防倒灌设施容易出现拍门变形、鸭嘴阀老化、堰门高度不够等情况导致河水倒灌,因此,应将截流系统中的拍门、鸭嘴阀更换成防倒灌性能更为可靠的电动闸门,同时,对排口堰门和内河标高进行核对,确保堰门高度在河道常水位之上。

③ 梳理新旧截流系统的联系

有些河道的截流系统可能由不同的参建单位进行过多轮建设,旧的截流系统由于缺乏有效运维管养而病害较多。在新建截流系统前,务必要对旧截流系统进行梳理,可利用的旧截流系统与新系统的衔接处要做好密闭性处理;未利用的旧截流系统应彻底废除,确保河水不会由未利用的旧截流系统进入污水处理厂。

3.2 市政雨污系统方面

在老城区中由于地下管线复杂、场地限制等原因,实施管道修复和清污分流改造都是一个长期、循序渐进的过程,尤其在截流式排水系统中更加复杂。由于截流系统的影响,管网排查、清污分流改造和管网修复的方式和重点都要进行调整和优化。

① 排口溯源排查改造

排口的情况是管网系统病害的重要表象,是解决管网问题的关键入手点^[8]。首先应对淹没出流、水量大、频繁溢流的重点排口进行溯源排查,建立完整的“一口一策”档案资料,包括收集该排口上游雨污水管混接情况、管道病害情况、水位情况、水质情况、水量情况、排水户等信息,并制定专项改造方案。

对于水量大且BOD₅浓度高的截流排口上游,应

加强源头纳污工作,使污水直接进入市政污水干管系统,减少进入截流系统的污水量;对于水量大且BOD₅浓度低或频繁溢流的截流排口上游,应进行清污分流改造或截流设施质量整改。

② 排除污水系统中低浓度外水

除了倒灌河水外,进入污水系统的低浓度外水还包括在建工地抽排地下水、山涧水和渗透的地下水^[9],各类外水的排除措施分类如表1所示。特别值得注意的是,一般情况下雨水管道中的地下水渗透对排水系统影响不大,管网修复工作都是优先修复存在病害的污水管道。但在截流式排水体系下,除污水管中直接入渗的地下水外,河道沿线的雨水管道中入渗的大量地下水也有可能通过截流系统进入污水处理厂,因此也应加强对此类雨水管道的修复。

表1 排除外水的措施分类

Tab.1 Classification of measures to eliminate external water

外水来源	特点	排查措施	整改措施
在建工地抽排水	在城区分布较广,间歇性排水,水量较大	联合排水运维单位和行政主管部门,组织专门队伍进行网格化排查城区各在建工地的排水情况	严禁将水抽排至污水管道;距离河道较近且具备实施条件的工地应新建直排专用管;无法新建直排专用管的工地,必须将水抽排至就近未接入截流系统的雨水管
山涧水	分布相对集中,季节性较强,雨季水量较大	雨季期间排查山体周边的排水情况,查看是否有山涧水排入市政雨污水管	采用高水高排或直排城市内河,避免山涧水进入已被截流的雨水系统
地下水	分布最广,水量最大,排查难度大	利用用水低谷等市政管网低液位期间查看管网情况,排查雨污水管及井室等附属设施	加强已建管网的管理与养护,及时修复破损的市政污水管道,以及与截流系统相连的雨水管道,修复有渗水的井室等附属设施

③ 提高管网运行流速

截流式排水体系下,大量截流水进入市政污水管网系统,容易造成污水管网高液位、低流速运行。这种情况一方面增加了短时强降雨下区域内涝的风险,另一方面低流速时污水中的颗粒物质会沉积形成絮凝状物质,对管网污水主要成分进行吸附和降解,不仅容易造成局部管网淤积,而且会降低污水处理厂进水BOD₅的浓度^[10]。

为降低污水管网液位、提高运行流速可采用以下两项措施:一是系统性排查和分析污水管网中的高水位区域,结合排水规划和地块开发对污水管道进行扩容和增补,增加污水管网的覆盖率和输送空间;二是对排水泵站提升改造并保持泵站低液位运行,针对设施破损老化及输送能力不足的泵站进行提升改造,提高管网关键节点的输送能力和管网运

行流速。

3.3 源头排水户方面

目前多数小区、企事业单位等排水户源头错接混接严重,居民将洗衣、厨房等废水直接排入阳台雨水立管等现象非常普遍。排水户内部雨污水管网之间及其与市政雨污水管网接驳处混接率也比较高^[11]。因截流系统建设过程中已对大部分直排河道的排口进行截流处理,小区分流改造可按轻重缓急分批进行。为保障内河水质,建议优先对一批存在驳岸渗水或无法截流处理的沿河小区按“完善内部污水系统接入市政污水管、雨水系统尽量海绵化散排”的原则进行改造,再以错接混接的程度分批推广。

① 完善污水收集系统

小区污水收集系统的完善主要包括小区建筑

单体分流改造和小区内部排水系统改造。

建筑单体雨污分流改造视建筑层高、改造条件等分类设计,将阳台排污与屋面雨水分开,阳台排污立管经水封井后接入小区污水管网系统^[12]。为避免后期错接混接反复,宜在每一层楼合理预设接驳口。

小区内部排水系统改造包括对小区内雨污合流、错接乱排的雨污水管分流改造,存在结构性、功能性缺陷的排水管道修复,小区化粪池清掏和修复,菜场、沿街店面增设隔油池等,确保小区内污水接入市政污水系统。

② 海绵化改造

小区仅通过单纯的雨污水管分流改造,雨水还有可能通过截流系统或市政混流管进入污水处理厂,也无法解决面源污染物进入城市水体的问题^[13]。对小区进行海绵化改造不仅能提升对径流总量的控制率,而且能有效降低雨后径流产生的面源污染。同时,小区内海绵化设施还可以营造绿色舒适的环境,提升居民幸福感和生活品质,具有良好的环境效益和社会效益。

根据《福州市老旧小区海绵化改造设计导则》的设计理念和要求,在小区雨污水系统分流改造的过程中,因地制宜地设置下沉式绿地、透水铺装、生物滞留设施等可促进雨水吸纳、蓄渗和缓释的海绵化改造措施。沿河小区的雨水经过下沉式绿地等低影响开发设施或植草沟后直排内河,尽量不再接入市政雨水系统,避免雨水通过截流系统或市政混流管进入污水处理厂。

4 实施情况

自2019年开始,福州市洋里污水厂片区结合水系治理项目整改、排水管网改扩建项目、污水处理厂厂外管网建设项目、老旧小区改造等多个项目,按照“截流系统-市政雨污系统-源头排水户”三个层面对片区内截流式排水系统进行完善。目前,已完成旧截流井提升改造38座,旧截流管修复12.9 km;保障洋里污水处理厂片区内管网低液位运行,片区内5台污水提升泵平均运行液位降低约1 m;改造市政雨污水管错接混接1372处;新建和扩容污水管道约20 km;改造老旧小区共256个,其余实施措施也正在有序推进。如图5所示,洋里污水处理厂进水BOD₅浓度和污染物收集量在2019年后均

呈现明显提升,相比实施完善措施前进水BOD₅浓度提升12%~26%,污染物收集量提升29%~53%,提高了污水收集系统的效能,片区内污染物收集量的提升从另一个角度说明污水溢流污染问题也得到了有效缓解。

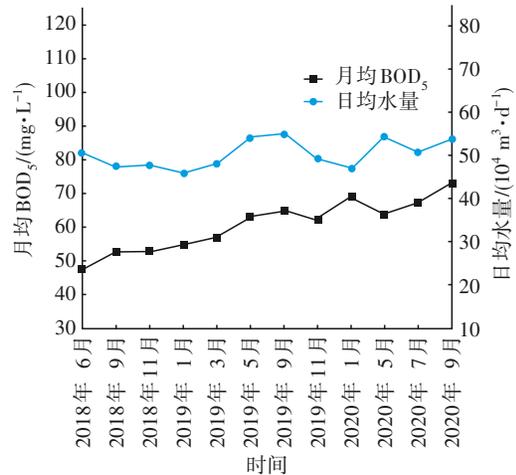


图5 2018年—2020年福州洋里污水处理厂进水水质、水量变化情况

Fig.5 Variation of influent quality and quantity in Fuzhou Yangli sewage treatment plant (2018–2020)

5 后续措施

实施过程中发现,完善截流式排水系统是一项系统、复杂、长期的工作。截流系统的整改通常需要河道水位调度的配合,整改时间短且施工难度大;市政雨污水管线由于历史原因资料不健全、系统性高水位、市政道路多次改造后许多井盖被覆盖等原因,导致排查修复困难;在建工地对排水管线的破坏和商户私排偷接频发,需要相关部门进一步进行有效的动态监管;排水系统混乱的小区数量众多,各个老旧小区一般排水系统资料不全,情况各异。目前,洋里污水处理厂进水浓度虽然得到明显提高,但仍有较大的提升空间。除了按照“截流系统-市政雨污系统-源头排水户”三个层面继续实行的完善措施外,后续可采取以下两方面的改进措施。

① 建立数字化监测和智慧调度系统

目前我国污水管道运行管理大多数还采用传统的人工管理方式,缺少长期的连续监测数据,对于污水管道的入渗情况只能通过事故发生或管道检修发现,依托现场调查和工程经验进行定性分析和改造^[14]。建议加快建立数字化排水监测和智慧调度系统,通过在片区内排水管网和截流系统上设

置的液位监测计、流量计、水质监测设备、远程调度系统等,打造数字化排水管网系统模型,采用在线动态监测、分析、模拟和智慧调度的方式,加强对重要截流溢流点和调蓄设施的监测,实现排水管网系统的有效调控,为排水管网的改造修复和运行管理提供科学决策的依据。

② 增设分散式污水处理设施

在城中村、城乡接合部等雨污混接严重且分流改造困难的地区,建议根据场地条件情况,建立区别于常规城市雨污水系统的独立系统——截流污水处理系统。通过“沿河截流管-调蓄池-小型分散式污水处理站-城市内河”的截流污水收集处理流程,形成局部小循环的分散处理^[15]。分散式污水处理设施不仅可以实现城市污水集中处理和分散处理相结合,避免长距离输送污水造成的污水流失、清水渗入等问题,而且可以给予内河一定程度的水源补给,有利于恢复河道自身生态功能。

6 结论及建议

① 截流系统的质量问题和外界环境变化会明显影响排水系统的运行,相比清污分流改造的难度和长期性,加高河道内截流井、优化防倒灌设施、梳理新旧截流系统等在截流系统上实施的确保河水不倒灌的措施是完善截流式排水系统最快速、最有效的方法。

② 在截流式排水体系下,无论是市政雨污水管网排查修复还是源头排水户内部雨污分流改造都要充分考虑截流系统的影响。在进行市政雨污水管修复时,需要加强对接入截流系统的雨水管、雨污混流管的修复工作,避免地下水通过截流系统进入污水厂;源头排水户内部的雨污分流改造应按“完善内部污水系统接入市政污水管、雨水系统尽量海绵化散排”的原则进行,减少雨水通过截流系统或市政混流管进入污水厂的可能性。

③ 完善截流式排水系统是一项系统、复杂、长期的工作,需要多个部门共同参与,各项建设项目协同推进,并增强排水数字化运维管理能力,才能解决截流式排水体系存在的问题,提升城市污水处理效能和巩固内河治理的成效。

参考文献:

[1] 蒋海涛. 新型排水体制在城市排水系统规划中的应用[J]. 中国给水排水, 2008, 24(8):1-4.

JIANG Haitao. Application of new drainage system to urban drainage planning [J]. China Water & Wastewater, 2008, 24(8):1-4(in Chinese).

[2] 高学珑. 截流式综合排水体制的提出与应用可行性分析[J]. 给水排水, 2013, 39(5):45-49.

GAO Xuelong. Novelty and application feasibility of intercepting integrated drainage system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2013, 39(5):45-49(in Chinese).

[3] 李晓莉,李益飞,许秋海,等. 截流式分流制在水系污染控制治理中的应用:以南昌市幸福水系为例[J]. 环境工程, 2020, 38(4):124-127,140.

LI Xiaoli, LI Yifei, XU Qiu Hai, et al. Application of intercepting shunt system in water pollution control and treatment: a case study on Xingfu water system in Nanchang [J]. Environmental Engineering, 2020, 38(4):124-127,140(in Chinese).

[4] 魏忠庆. 排水系统截污纳管存在的问题及对策[J]. 中国给水排水, 2017, 33(18):14-16.

WEI Zhongqing. Discussion about the problems and solutions of wastewater interception in combined sewer system[J]. China Water & Wastewater, 2017, 33(18):14-16(in Chinese).

[5] 孙永利. 城镇污水处理提质增效的内涵与思路[J]. 中国给水排水, 2020, 36(2):1-6.

SUN Yongli. Connotation and way of quality and efficiency improvement of municipal wastewater treatment [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36(2):1-6(in Chinese).

[6] 李立青,朱仁肖,尹澄清. 合流制排水系统溢流污染水量、水质分级控制方案[J]. 中国给水排水, 2010, 26(18):9-12,30.

LI Liqing, ZHU Renxiao, YIN Chengqing. Grade control solution for combined sewer overflow pollution quantity and quality [J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(18):9-12,30(in Chinese).

[7] 张怀宇,杨逢乐,李树苑,等. 城市排水系统的雨季COD溢流控制示范研究[J]. 中国给水排水, 2010, 26(22):23-25,42.

ZHANG Huaiyu, YANG Fengle, LI Shuyuan, et al. Demonstration study on COD overflow control of urban sewerage during rainfall [J]. China Water & Wastewater, 2010, 26(22):23-25,42(in Chinese).

[8] 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).
- [9] 张甫娜. 南方沿海某市污水收集系统提质增效对策研究[D]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学,2019.
ZHANG Funa. Study on Countermeasures of Improving Quality and Efficiency of Sewage Collection System in a Coastal City of Southern China [D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2019(in Chinese).
- [10] 樊玲凤, 胡家忠, 欧亮. 城市污水处理厂进水浓度偏低原因分析及对策研究[J]. *环境科学与管理*, 2016, 41(3):132-135.
FAN Lingfeng, HU Jiazhong, OU Liang. Research on low inlet concentration of urban sewage treatment plant and countermeasures [J]. *Environmental Science and Management*, 2016, 41(3):132-135(in Chinese).
- [11] 孟莹莹, 李田, 王溯. 上海市分流制小区雨水管道混接污染源分析[J]. *中国给水排水*, 2011, 27(6):12-15.
MENG Yingying, LI Tian, WANG Su. Study on sources of illicit discharge to separate stormwater systems in residential districts in Shanghai [J]. *China Water & Wastewater*, 2011, 27(6):12-15(in Chinese).
- [12] 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).
- [13] 王石, 陈丽媛, 孙翔, 等. 从“大截排”到清源和低影响开发——基于水质目标约束的情景模拟与规划[J]. *中国环境科学*, 2017, 37(10):3981-3990.
WANG Shi, CHEN Liyuan, SUN Xiang, *et al.* From rainwater and sewage interception to separation system combined with low impact development reconstruction in urban built-up area: a water quality constrained scenario stimulation and programming [J]. *China Environmental Science*, 2017, 37(10):3981-3990(in Chinese).
- [14] 盛政, 刘旭军, 王浩正, 等. 城市污水管道入流入渗监测技术研究与应用进展[J]. *环境工程*, 2013, 31(2):17-21.
SHENG Zheng, LIU Xujun, WANG Haozheng, *et al.* Study on field monitoring technology for urban drainage network system management [J]. *Environmental Engineering*, 2013, 31(2):17-21(in Chinese).
- [15] 高学珑. 对截流式综合排水体制的再思考[J]. *给水排水*, 2018, 44(5):13-15.
GAO Xuelong. Reconsideration of shutoff type integrated drainage system [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2018, 44(5):13-15(in Chinese).

作者简介:李招群(1977-),男,福建福州人,工程硕士,高级工程师,主要从事排水及水环境综合治理研究工作。

E-mail: fzwater2008@163.com

收稿日期:2020-12-07

修回日期:2021-01-07

(编辑:丁彩娟)

落实绿色发展理念, 全面推行河长制