

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.20.017

茅洲河流域水质净化厂污水系统提质增效实践

方 刚, 唐颖栋, 楼少华, 邵宇航, 甄万顺, 吕权伟
(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: 针对茅洲河流域某水质净化厂进水浓度低、水量波动大、运行水位高的问题,分别从污水干管节点水质变化特征、工业区废水水质、沿河截污管、雨污混接及总口截流四个维度开展调查与分析,有针对性地实施污水管修复与翻建、雨污分流改造、沿河截污管改造等工程。通过上述工程措施的实施,地下水、河水、雨水等进入污水系统的外水量减少,水质净化厂进水BOD₅浓度稳步提升,进水泵房水位波动幅度收窄,污水收集系统收集率显著提高,可为其他水质净化厂污水收集系统提质增效提供借鉴。

关键词: 水环境治理; 提质增效; 水质净化厂

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2022)20-0096-06

Practice of Improving Quality and Efficiency of the Sewage System of a WWTP in Maozhou River Basin

FANG Gang, TANG Ying-dong, LOU Shao-hua, SHAO Yu-hang, ZHEN Wan-shun, LÜ Quan-wei

(PowerChina Huadong Engineering Corporation Limited, Hangzhou 311122, China)

Abstract: Aiming at the problems of low influent concentration, large water quantity fluctuation, and high operating water level of a wastewater treatment plant (WWTP) in Maozhou River basin, four aspects are investigated and analyzed respectively, including the variation feature of water quality at main sewer nodes, wastewater quality of industrial district, interception pipes along the river, illicit connection of stormwater and sewage and interception of final outlet. Targeted implementation of sewage pipe repair and renovation, reconstruction of stormwater and sewage diversion, reconstruction of sewage interception pipes along the river and other projects were carried out. As the results of the above projects, the amount of external water such as groundwater, river and stormwater entering the sewage system has been reduced, the influent BOD₅ concentration has been steadily increased, the fluctuation range of the water level in the influent pump room has been narrowed, and the collection rate of the sewage collection system has been significantly improved, which could provide reference for improving the quality and efficiency of the sewage collection system of other WWTPs.

Key words: water environment treatment; improving quality and efficiency; wastewater treatment plant

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

为全面贯彻落实全国生态环境保护大会、中央经济工作会议精神和《政府工作报告》部署要求,加快补齐城镇污水收集和处理设施短板,尽快实现污水管网全覆盖、全收集、全处理。2019年4月29日,国家三部委联合印发了《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》^[1]。随后,广东省、深圳市相继出台了《广东省城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》和《深圳市污水处理提质增效行动实施方案(2020—2021年)》,提出了“截至2021年底水质净化厂平均进水BOD₅浓度达到120 mg/L、主要出水指标达到地表水Ⅳ类以上”的目标。

1 污水收集系统分析

深圳茅洲河流域某水质净化厂分两期建设,一期设计规模为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中设计进水BOD₅为130 mg/L,二期设计规模为 $35 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,其中设计进水BOD₅为150 mg/L,一、二期主要出水指标均执行地表水准Ⅳ类标准。该水质净化厂污水干管系统见图1。

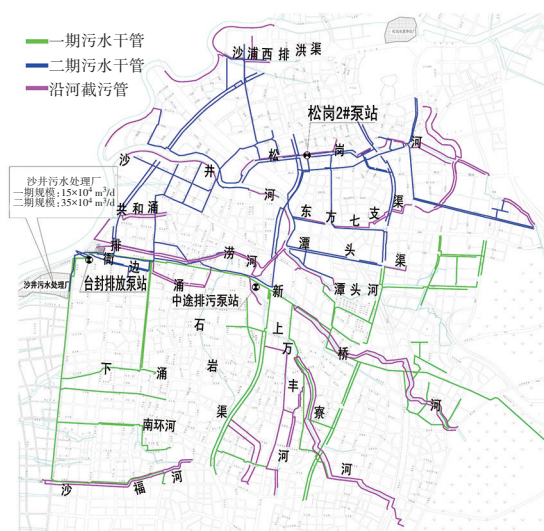


图1 水质净化厂污水干管系统

Fig.1 Main sewer system of the wastewater treatment plant

污水干管管径为DN300~DN200,干管系统总长约117 km。一期干管包括:①锦程路污水主干管及其支管,沙福河、南环沟、沙头涌、沙三四涌截污干管等;②石岩排污渠系统及其支管,西环路干管、新桥河截污管、上寮河截污管、宝安大道污水管、广深公路污水管等;③西沙路干管系统。二期

干管主要包括:①北环路干管;②松福大道干管;③朗碧路—沙江路干管;④松岗2#泵站污水管。

2 存在的问题

2.1 进水BOD₅浓度偏低

选取BOD₅作为指标,对该水质净化厂一、二期的进水浓度变化进行分析,结果如图2所示。

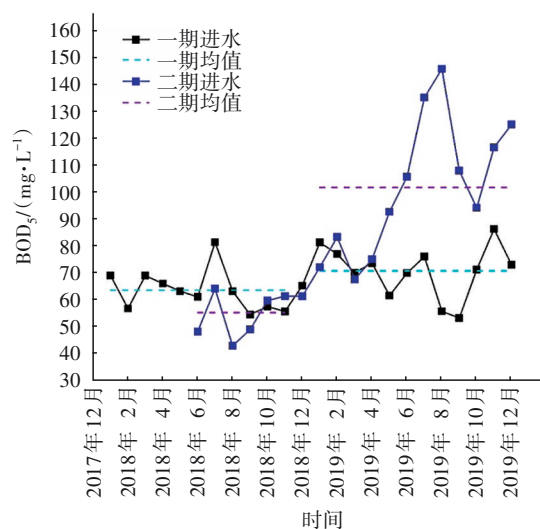


图2 水质净化厂进厂污水BOD₅月均浓度

Fig.2 Monthly BOD₅ concentration of influent of the wastewater treatment plant

2018年,该污水收集系统源头雨污分流改造工程尚未完工,月均BOD₅浓度较低,其中一期进水BOD₅年均值为63 mg/L,二期进水BOD₅年均值为55 mg/L。随着雨污分流建成区域面积的逐渐增加,BOD₅浓度显著提高。2019年,一期进水年均BOD₅浓度提升13%,达到71 mg/L;二期进水年均BOD₅浓度提升了85%,达到102 mg/L。然而,该浓度较深圳市要求的水质净化厂进水BOD₅目标(120 mg/L)仍有较大差距。包晗等^[2]研究表明,生活污水BOD₅浓度约为150~260 mg/L,这间接说明仍存在较大比例的低浓度水进入污水系统。

2.2 水量波动较大

2018年—2019年,该水质净化厂一、二期月处理水量变化情况如图3所示。可以发现,处理水量在每年1月—2月偏小,而5月—10月明显增多。其中,一、二期月处理水量最大值与最小值分别相差 $9.1 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 与 $19.4 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。一方面,这与该流域内人口结构、产业类型有关,春节期间(1月—2月)人口的大量流出、劳动密集型工厂的减产或停工可能导致污水产生量相对减少,相应地,随着大量人

口返深与工厂恢复正常运转,5月—10月污水产生量显著提高。另一方面,茅洲河流域属亚热带向热带过渡型海洋性气候,5月—10月正值当地雨季,处理水量上升也可能与雨水的贡献有关,这也间接说明了该污水收集系统存在雨污水混接、总口截流等亟待解决的问题。

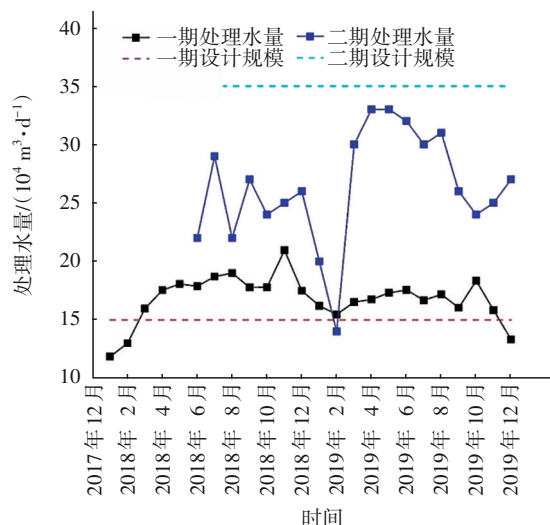


图3 水质净化厂月均处理水量

Fig.3 Monthly treatment scale of the wastewater treatment plant

2.3 运行水位总体偏高

2018年—2019年,该水质净化厂一、二期工程的进水泵房运行液位与设计液位的对比情况如图4所示。

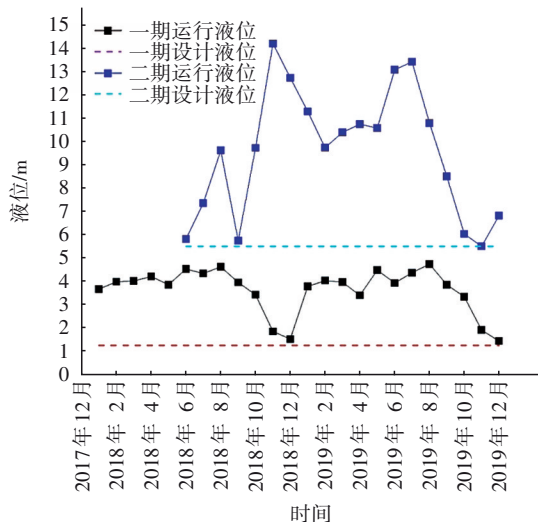


图4 水质净化厂泵池液位

Fig.4 Operation water level in the pump pool

可以发现,运行水位持续高于设计水位,其中一期最高运行水位高于设计水位3.5 m,二期最高运行水位高于设计水位8.7 m,且二期运行水位波

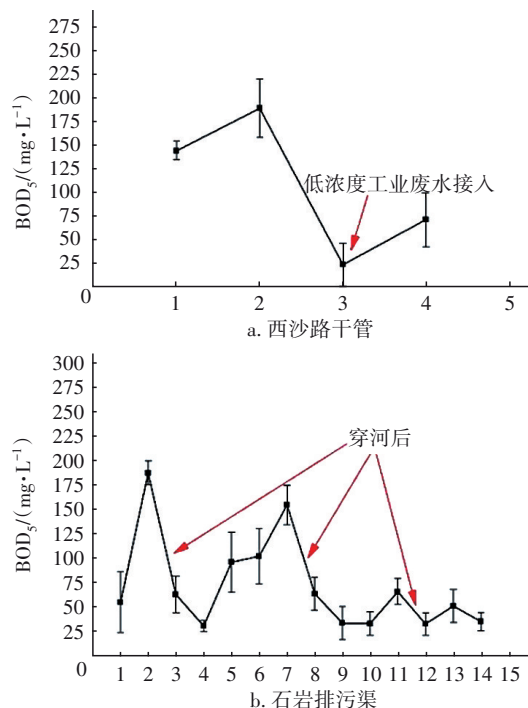
动较大。污水系统的高水位运行将导致上游管道中污水通过截流井进入雨水系统,并最终通过设置于河道旁的低高程雨水口排入自然水体,该现象在雨季尤为明显。污水管中高水位的持续顶托促使雨污水在截流井中充分混合,不仅降低了水质净化厂的进水污染物浓度,还将对流域内自然水体的生态环境造成极大的威胁。

3 调查和分析

为进一步探明水质净化厂进水浓度偏低的主要因素,就老旧管网缺陷导致的外水入侵、低浓度工业废水进入污水管、河水通过沿河截污管进入污水管、雨污混接及总口截流导致雨水进入污水管等问题进行了调查和分析。

3.1 主要干管水质分析

对该水质净化厂4条主要进水干管(西沙路干管、石岩排污渠、沙江路干管、锦程路干管)进行了污水水质的布点监测,主要监测指标为 BOD_5 。另外,由于水质净化厂地处茅洲河入海口,该区域内污水系统可能存在地下咸水或感潮河段河水入侵的问题,因此在锦程路干管段增测了污水中 Cl^- 含量。监测点位结合重要节点采用由上游至下游的方式进行布设,其中西沙路干管、石岩排污渠、锦程路干管属一期干管,沙江路干管属二期干管。主要污水干管水质监测数据见图5。



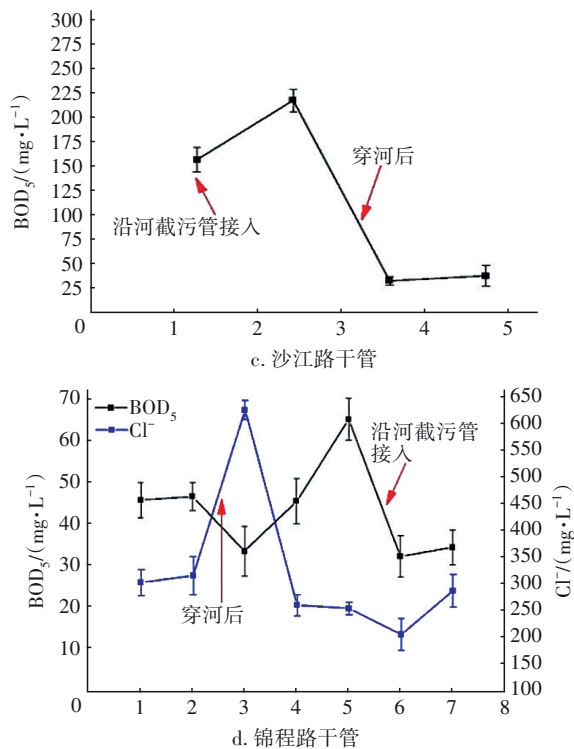


图5 主要污水干管水质监测数据

Fig.5 Monitoring data of water quality in main sewer pipe

西沙路干管 BOD₅ 浓度在 3# 监测点出现突变, 这主要受低浓度工业废水排入的影响。石岩排污渠平均 BOD₅ 为 73 mg/L, 最低仅为 32 mg/L, 尤其是 3 次穿越新桥河后 BOD₅ 浓度显著下降。造成石岩排污渠 BOD₅ 浓度整体偏低的主要原因可能有: 一是设施建成后运行维护的缺失导致管渠(尤其在穿河段)出现缺陷, 致使河水入侵至管道内; 二是部分河道有沿河截污管接入, 稀释了原干管内的污水浓度。沙江路干管 BOD₅ 浓度受沙井河沿河截污管接入与穿越沙井河段管道缺陷发生河水倒灌的影响而明显偏低。锦程路干管平均 BOD₅ 为 43 mg/L, 最低仅为 32 mg/L, Cl⁻ 浓度在管道穿越沙涌河后急速上升, 由 315 mg/L 升至 625 mg/L, 在穿越沙涌段存在来自感潮河道或地下咸水层外水的侵入, 说明该段管网缺陷问题十分严重。另外, 该管道附近沿河截污管污水及低浓度工业废水的排入也是 BOD₅ 整体偏低的主要影响因素。

3.2 工业废水的调查分析

该水质净化厂服务区域是深圳市宝安区的主要工业区。根据 2019 年 1 月—2020 年 10 月重点涉水企业排水数据, 结合同期水质净化厂水质、水量数据(见表 1)可以发现, 若剥离工业废水, 该水质净

化厂一期 BOD₅ 将提升 19 mg/L, 二期 BOD₅ 将提升 10 mg/L。

表 1 2019 年 1 月—2020 年 10 月水质净化厂和工业企业排水数据

Tab.1 Drainage data of wastewater treatment plant and industrial enterprises from Jan. 2019 to Oct. 2020

项 目		一期系统	二期系统
水质净化厂	处理水量/10 ⁴ m ³	9 752.8	17 635.2
	日均水量/(10 ⁴ m ³ ·d ⁻¹)	14.6	26.4
	BOD ₅ 平均浓度/(mg·L ⁻¹)	71	103
	BOD ₅ 总量/t	6 924.5	18 164.3
工业废水	企业数量/个	138	146
	排水量/10 ⁴ m ³	2 344.7	1 616.6
	日均排水量/(10 ⁴ m ³ ·d ⁻¹)	3.5	2.4
	BOD ₅ 平均浓度/(mg·L ⁻¹)	10	7
	BOD ₅ 总量/t	234.5	113.2
剥离工业废水后 BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)		90	113
BOD ₅ 提升值/(mg·L ⁻¹)		19	10

3.3 沿河截污管道调查分析

作为确保晴天污水不入河的最后一道屏障, 沿河截污管在一定时间内承担了至关重要的角色^[3]。但是随着雨污分流系统的不断完善, 沿河截污管的作用在逐渐减弱, 反而成为污水厂进水浓度偏低的重要影响因素之一。尤其是部分河道周边建筑密集, 沿河截污管不得不敷设于河道内, 管网运行风险大。根据现场排查, 目前该水质净化厂服务范围内共有 14 条河道建设了沿河截污管, 全长 78.2 km, 其中河内埋管 46.4 km, 占比 59.3%。由于维护难度较大, 此类河内埋管出现的结构性缺陷为外水的入侵创造了条件, 入侵的外水由此进入了污水系统并最终流入水质净化厂。

3.4 雨污混接及总口截流调查分析

在 2015 年以前, 该水质净化厂收集污水通道主要为现状截污干管。2016 年—2017 年, 片区雨污分流管网工程成功实施, 完成了二级污水干管的建设, 并在排水小区出口新建截流井, 收集合流水。2018 年以来, 为了实现源头雨污分流, 将整个茅洲河流域(宝安片区)划分为不同的排水单元, 进行“正本清源”和“溯源纳污”整治, 从而逐步消除截流井。由于该流域老城区、城中村密集, 排查溯源困难, 依然存在雨污混接的问题, 因此保留了部分截流井以确保旱季污水不入河。据统计, 该流域内前期共设各类型截流井 1 849 座, 随着雨污分流工程

的不断推进完善,目前已实现大部分截流井改造,大幅减少了雨水进入污水系统。少部分还未废除的截流井主要集中在老城区、城中村等难以分流区域,这类截流井的存在是导致水质净化厂进水浓度偏低的重要原因之一。

4 解决措施

4.1 污水管修复与翻建

为了减少地下水、河水等外水通过管道缺陷处进入污水系统,结合主要干管水质分析成果,从该水质净化厂配套的污水系统中选取了82 km污水管道作为治理对象,相继进行了清淤与检测。根据《城镇排水管道检测与评估技术规程》(CJJ 181—2012)要求,对检测结果进行了评估,并分别选取开挖修复、非开挖修复两种工程措施对管道缺陷进行处理。

管道修复方案的选择见表2。

表2 管道修复方案的选择

Tab.2 Selection of pipeline repair plan

修复指数(RI)	缺陷参数(F)	缺陷密度(S_M)	修复建议	修复方案
RI≤1			不修复	局部修复:管径<900 mm,局部树脂修复技术;管径≥900 mm,局部喷涂结构聚氨酯树脂修复技术。
1<RI≤4	F≤3	$S_M<0.1$	局部修复	整体修复:300 mm≤管径<500 mm,热塑固化修复技术/翻建;500 mm≤管径≤1 200 mm,紫外光固化法修复技术/翻建;管径≥900 mm,喷涂结构聚氨酯树脂修复技术/翻建
		$S_M≥0.1$	整体修复	
4<RI≤7	F>3	$S_M<0.1$	局部修复	
		$S_M≥0.1$	整体修复	
RI>7		$S_M<0.1$	局部修复	
		$S_M≥0.1$	整体修复/翻建	

4.2 雨污混接改造及总口消除

参照《深圳市正本清源行动技术指南(试行)》,结合现场不同建设条件,将已建排水建筑与小区分为五类,分别制定雨污分流改造方案,如表3所示。

针对老城区、城中村等巷道狭窄的区域,采取“上沟下管”的方式进行雨污分流改造,即雨水通过上面敷设的明沟排放,污水则通过位于明沟下方敷设的污水管道排放。

在源头雨污分流改造结束后,对前期工程设置的截流井进行封堵,从而降低雨水通过截流井进入污水系统的风险。

表3 雨污分流改造方案

Tab.3 Reconstruction plan of rainwater and sewage separation

类别	整改方案
I类	将原有建筑合流系统改为污水系统,直接接入市政污水系统;新建建筑雨水立管及小区内部雨水系统,接入市政雨水系统
II类	小区内新建雨水系统接入市政雨水系统,原有建筑合流立管末端设溢流设施接入新建小区雨水系统;原有小区合流系统作为污水系统
III类	将原有合流立管接入小区现状污水系统,新建建筑雨水立管接入小区现状雨水系统
IV类	原有建筑合流立管接入小区现状污水系统,立管末端设溢流设施接入小区现状雨水系统
V类	在小区出户管接入市政管道前设置限流设施进行截污

4.3 沿河截污改造

为解决河水倒灌及雨水进入沿河截污管的问题,将沿河截污管分为两类进行改造:一类作为市政污水管,原合流入河口经过污染源溯源整治已实现雨污分流,只需将原设计的沿河截污管上的截流管道进行封堵,让雨水直接释放入河;另一类作为初雨收集通道,若沿河截污管周边存在面源污染严重(如城中村、农贸市场等)区域,则可将原设计的截流井改造为弃流井,并在沿河截污管进入市政污水干管前的末端增设带有限流功能的分流井,从而控制进入污水干管的水量,防止污水干管高水位运行。对部分位于常水位线以下的入河排口,解决倒灌最有效的办法就是降低河道水体水位,将排水口暴露在河堤之上^[4],同时增设防倒灌设施,防止河水上漲通过弃流井进入市政污水管。

5 实施效果分析

2020年1月—2021年11月该水质净化厂运行液位及进水BOD₅浓度变化如图6所示。

可以发现,随着工程的不断推进,一期和二期运行液位逐渐降低至设计液位,波动幅度收窄,呈现逐渐稳定的趋势。一期进水年均BOD₅浓度由2020年的77 mg/L提升到2021年的112 mg/L,二期进水年均BOD₅浓度由2020年的108 mg/L提升到2021年的133 mg/L。这得益于不断深入开展的源头雨污分流工作,通过“管理+工程”的手段,采取边排查、边整改的方式,对重点污水干管进行水质监测和排查,对发现的雨污混接、漏接等情况进行改

造。实践表明:位于河道附近的总口截流井及管道容易受到河水及地下水入侵,通过污水管网修复与翻建、雨污混接改造与总口消除等工程措施,地下水、河水、雨水等外水进入污水系统的入侵量显著减少,有效实现了“管网低水位、进水高浓度”的污水系统提质增效目标。

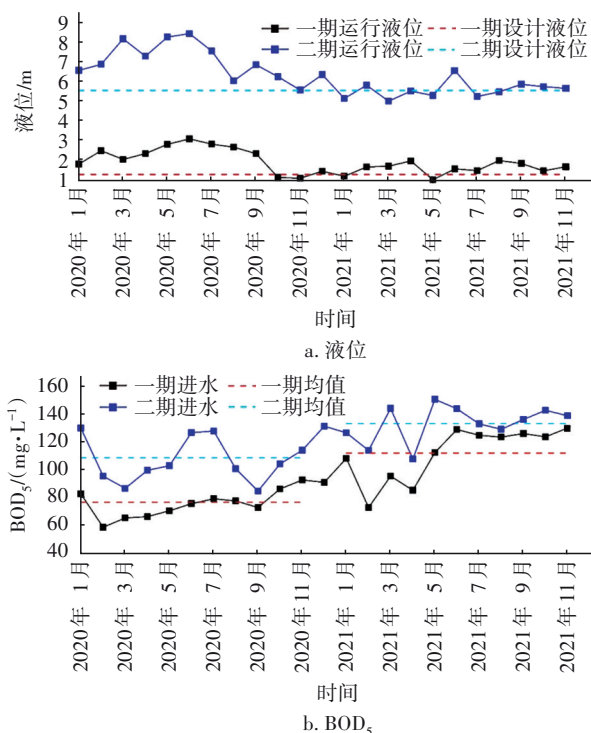


图6 改造工程实施后运行液位及BOD₅浓度变化情况

Fig.6 Change of operation water level and BOD₅ concentration after reconstruction

6 结论

污水系统的提质增效是一个系统工程,需要不断推进雨污分流系统建设,提高污水收集率,同时也需对已建成的管道及设施进行运行维护,及时“查缺补漏”。通过对流域内污水系统本底情况开展调查,分析污水系统提质增效工程中面临的主要问题,并针对性地提出了污水管网修复与翻建、雨污混接改造与总口消除及沿河截污改造方案,有效实现片区污水系统“管网低水位、进水高浓度”的提质增效目标。

接下来,针对本片区仍存在的工业废水进入污水系统问题,可进行工业废水分类处理和分类排放

管理。一方面,对有条件的排水大户,可对其进行技术升级改造,达标排放至附近水体,补充河道基流;另一方面,对高浓度工业废水,尤其是对食品企业,在不影响水质净化厂运行的前提下,落实废水直接纳管进厂。

参考文献:

- [1] 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).
- [2] 包晗,唐颖栋,方刚,等. 深圳茅洲河流域某污水收集片区外水侵入情况排查与整治[J]. 给水排水, 2021, 47(3): 74-78.
BAO Han, TANG Yingdong, FANG Gang, et al. Investigation and regulation on extraneous water intrusion into a sewage collection area in Shenzhen Maozhou River basin [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(3): 74-78(in Chinese).
- [3] 楼少华,唐颖栋,陶明,等. 深圳市茅洲河流域水环境综合治理方法与实践[J]. 中国给水排水, 2020, 36 (10): 1-6.
LOU Shaohua, TANG Yingdong, TAO Ming, et al. Methods and practice of comprehensive improvement of Maozhou River water environment in Shenzhen [J]. China Water & Wastewater, 2020, 36 (10): 1-6 (in Chinese).
- [4] 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).

作者简介:方刚(1990—),男,湖北武汉人,硕士,工程师,主要从事水环境治理、市政给排水相关设计及研究工作。

E-mail: Gang_Fang131@hotmail.com

收稿日期:2021-06-30

修回日期:2022-03-02

(编辑:衣春敏)