

述评与讨论

DOI: 10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.08.013

镇江市某城镇污水处理系统外水分析

董进波^{1,2}, 汤燕², 马顺博², 滕益莉², 王帆³

(1. 镇江市水业总公司, 江苏 镇江 212001; 2. 江苏满江春城市规划设计研究有限责任公司, 江苏 镇江 212008; 3. 江苏大学 环境与安全工程学院, 江苏 镇江 212013)

摘要: 污水系统内存在的低浓度外水是导致污水处理厂进水BOD₅偏低的主要原因,为了定量分析不同外水的水量,基于镇江市某城镇污水处理厂提质增效工作,跟踪监测该污水处理厂及其所属泵站在晴天和雨天时的水质水量变化,并与降雨量、排水户排水浓度建立联系。以服务区内水系平均BOD₅浓度代表外水平均浓度,评估各节点泵站受河(湖)水等持久性外水和降雨等瞬时性外水的影响程度,结果发现,不同泵站的外水来源比例以及受外水入侵程度不同。根据泵站评估结果指导污水收集系统进行排查,定位了缺陷部位并提出相应工程整改措施和总体的长效化管理措施。通过分析工程案例确定了措施的可行性,并根据预期削减水量对整改效果进行了预评估,表明了整改措施的有效,可为其他城镇污水处理厂定量分析和削减排水系统的低浓度外水提供参考。

关键词: 提质增效; 削减外水; 效果预评估

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)08-0092-07

Analysis of Extraneous Water in an Urban Sewage Treatment System in Zhenjiang

DONG Jin-bo^{1,2}, TANG Yan², MA Shun-bo², TENG Yi-li², WANG Fan³

(1. Zhenjiang Water Service Group, Zhenjiang 212001, China; 2. Jiangsu Manjiangchun Urban Planning and Design Co. Ltd., Zhenjiang 212008, China; 3. School of the Environment and Safety Engineering, Jiangsu University, Zhenjiang 212013, China)

Abstract: The extraneous water in the urban sewage treatment system is considered as the main cause for the low concentration of BOD₅ in the influent of urban sewage treatment plants. An urban sewage treatment plant in Zhenjiang has made efforts to improve quality and efficiency. In order to quantitatively analyze the quantity of various extraneous water, in sunny and rainy days, we track and monitor the changes of water quality and quantity in the sewage treatment plant and its pump stations. The changes were linked to the rainfall and the concentration of BOD₅ from drainage entities. The average concentration of BOD₅ for water systems within the service areas is applied as the average concentration of extraneous water, and the influences of stable extraneous water such as rivers and lake water and other transient extraneous water such as rainfall were evaluated on each pump station. The results show the proportion of extraneous water of different pump stations is different, and the degree of extraneous water intrusion is different. According to the evaluation results from the pump stations, we guided the investigation of the sewage collection system, and located the defective parts. Furthermore, corresponding

engineering rectification measures and overall long-term management measures were proposed. Through the analysis of this engineering case, the feasibility of the measures is determined. Moreover, according to the plan on extraneous water reduction, the rectification effect is pre-evaluated. Our work has proved the effectiveness of the rectification measures. This work can provide a reference for the quantitative analysis of water quality in other urban sewage treatment plants, and the protocols on the extraneous water reduction with low BOD₅ concentration.

Key words: improvement of quality and efficiency; extraneous water reduction; pre-evaluation of treatment effect

为加快补齐城镇污水收集和处理设施短板,尽快实现污水管网的全覆盖、全收集、全处理,三部委联合印发《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》,要求进水生化需氧量(BOD₅)低于100 mg/L的污水处理厂围绕服务片区管网制定“一厂一策”系统化整治方案,提高污水处理厂进水浓度。

BOD₅代表了微生物可以利用的碳源,是微生物维持正常生命活动的重要物质^[1],碳源不足不但会降低脱氮效果^[2],还会抑制聚磷菌释磷速率^[3],给污水处理达标排放带来更大的挑战。污水系统内存在的低浓度外水是导致城镇污水处理厂进水BOD₅浓度偏低的主要原因,因此,削减外水是开展“一厂一策”工作的重点。基于镇江市某城镇污水处理厂现状,针对提质目标计算需要削减的外水总量,以中途提升泵站为节点,定量分析该厂入侵外水的水量和来源,并提出削减外水的工程与管理措施,以期为同行业工作者提供系统性的参考。

1 镇江市某城镇污水处理厂现状

镇江市某污水处理厂位于镇江市主城区,服务面积81.53 km²,其中建成区面积为49.70 km²,服务区界内现存三大水系,共建成污水管网194.5 km、雨水管网347.4 km,建成区污水管网密度约3.91 km/km²,管网密度较低,区域污水收集率约为72.61%。服务区界内排水体制混杂,以完全分流式排水体制和截流式为主,但老城区仍存在合流制排水管网。

该厂现状处理规模20×10⁴ m³/d,总体来水以城镇居民生活排水为主,服务范围内共接管工业企业排水户243家,总排水量约为2 545 m³/d。现状处理工艺为A²/O工艺,出水水质可达一级A标准,尾水直排长江。

1.1 现状进水水质

该污水处理厂进水BOD₅浓度较低,长期低于考核标准要求的100 mg/L。以2018年为例,根据该厂提供的每日进水水质数据,得到了每月平均进水BOD₅浓度和进水量,趋势曲线如图1所示。

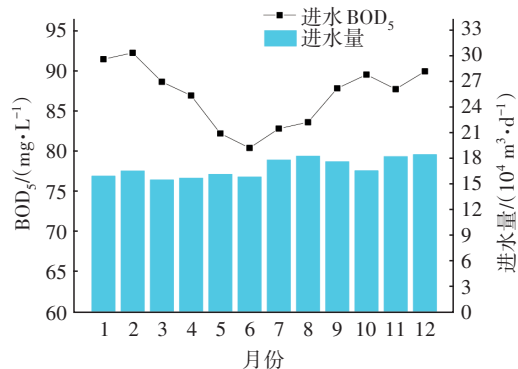


图1 2018年进水BOD₅及水量变化趋势

Fig.1 Trend of influent BOD₅ and quantity in 2018

由图1可知,2018年该污水厂年均进水量16.92×10⁴ m³/d,旱季(1月—5月)进水BOD₅均值为88.18 mg/L,雨季(6月—12月)进水BOD₅均值为85.97 mg/L。该厂现存的问题是进水BOD₅长期低于100 mg/L,甚至低于80 mg/L,不符合典型城镇生活污水水质范围,也无法达到考核要求,因此需要针对该厂现状,找到导致该厂进水BOD₅浓度偏低的因素,并制定相应的解决措施,以提高该污水处理厂的处理效能。总体而言,该厂进水水量与降雨关系密切,但进水BOD₅浓度波动较小,表明系统内长期保存了大量的低浓度外水,因此即使在雨季,进水水质也未能出现明显的波动。

1.2 现状泵站系统

该厂服务范围内主要泵站系统的结构层次及水量占比分别如图2、3所示。在这些泵站中,B-1泵站、B-2泵站、C-1泵站、C-2泵站、C-3泵站均为

二级泵站,不仅承担着污水提升任务,还负责提升雨污混接区域的来水,汇集并向下一级泵站输送污水,5座泵站的送水量占据了该污水处理厂设计进水流量的80%以上,分析这些泵站的水量和水质变化,能够便捷地找到入侵外水的来源方向,因此这5座泵站为该污水处理厂外水分析的关键节点。

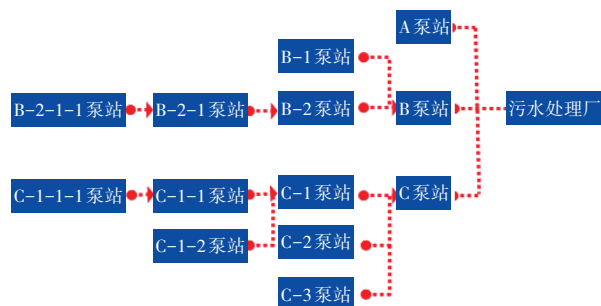


图2 主要泵站系统结构

Fig.2 System structure of main pump stations

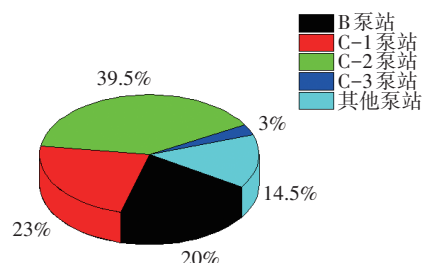


图3 泵站水量占比

Fig.3 Proportion of pump station water

2 污水系统内外水的定量分析

外水入侵是由于地形^[4]、设计缺陷^[5]、排水制度^[6]或违规排放^[7]等原因,导致不属于污水系统收纳的水体排入污水系统,从而造成污水总量增大、污染物浓度降低。根据入侵水体的性质不同,可分为地下水、河水、雨水等自然水体和施工排水、工业排水等社会水体。其中,自然水体又是入侵水体的主要来源,削减污水系统中的自然外水也是“一厂一策”工作削减外水的主要途径。由于排水管网是一个黑箱系统,实施削减外水措施之前,需要明确管网入侵外水的水量,根据现状水质、水质提升目标和物质守恒定律,可以预估污水系统内需要削减的低浓度水体总量,具体计算如下:

$$Q_e = \frac{C_g - C_0}{C_g - C_e} \cdot Q_0 \quad (1)$$

式中: Q_e 为需要削减的外水水量, m^3/d ; Q_0 为现状流量, m^3/d ; C_g 为污水处理厂进水 BOD_5 提质目标,

mg/L ; C_0 为现状平均进水 BOD_5 浓度, mg/L ; C_e 为清洁外水平均 BOD_5 浓度, mg/L 。

由图1可知,2018年该厂进水 BOD_5 浓度最低为 80.4 mg/L ,与之对应的进水流量为 $158\,718 \text{ m}^3/\text{d}$,服务区内清洁外水 BOD_5 (以全部河道的平均 BOD_5 计) 为 5 mg/L , BOD_5 提升目标为 100 mg/L ,根据式(1)计算可得该污水处理系统内需要削减的低浓度外水最低为 $32\,746 \text{ m}^3/\text{d}$,占原水量的 20.63% 。

由于各节点受外水入侵的程度不同,待削减的外水水量也不相同,因此还需要对各节点进行外水影响评估。需要削减的外水水量可根据水量平衡^[8-9]进行计算,具体如下:

$$Q_e = \frac{C_s - C_e}{C_s} \cdot Q_0 \quad (2)$$

式中: C_s 为节点服务范围内排水户排水平均 BOD_5 浓度, mg/L 。

3 泵站入侵外水分析

泵站是污水系统的重要构成,是区域污水的中转站,是保护污水系统的最后一道防线。调查关键泵站的水质和水量,定位外水入侵类型和入侵点,才能高效、精准地削减系统内的外水。

污水系统的自然外水又可以分为河(湖)水、地下水等持久性入侵水体以及雨(雪)水等非持久性入侵水体,这两种水体入侵管网的特征不同,判断方法也不同。该研究监测断面设置和水样保存均符合《水质 河流采样技术指导》(HJ/T 52—1999)和《水质 样品的保存和管理技术规定》(HJ 493—2009)要求。

3.1 河湖水、地下水及截流设施影响

河流湖泊等自然水体是污水系统内外水的重要来源,自然水体本身水量巨大,对污水系统的侵扰是剧烈而持久的。

为了计算入侵外水的水量,需要得到外水的水质,这就需要跟踪监测外水来源水质,该污水处理厂服务区界内共有3大水系,全部达到或优于地表水Ⅴ类标准。2018年每周3次对3大水系共20个断面的 BOD_5 浓度进行监测,各断面和水系全年平均 BOD_5 浓度如图4所示。

将晴天泵站进水污染物浓度与系统起始点浓度进行对比分析,可以得出该泵站受服务区界内河水倒灌、地下水入渗及截流设施运行的影响程度。其中地下水入渗量与地下水水位、降雨、河水倒灌

以及管道漏损等情况密切相关。

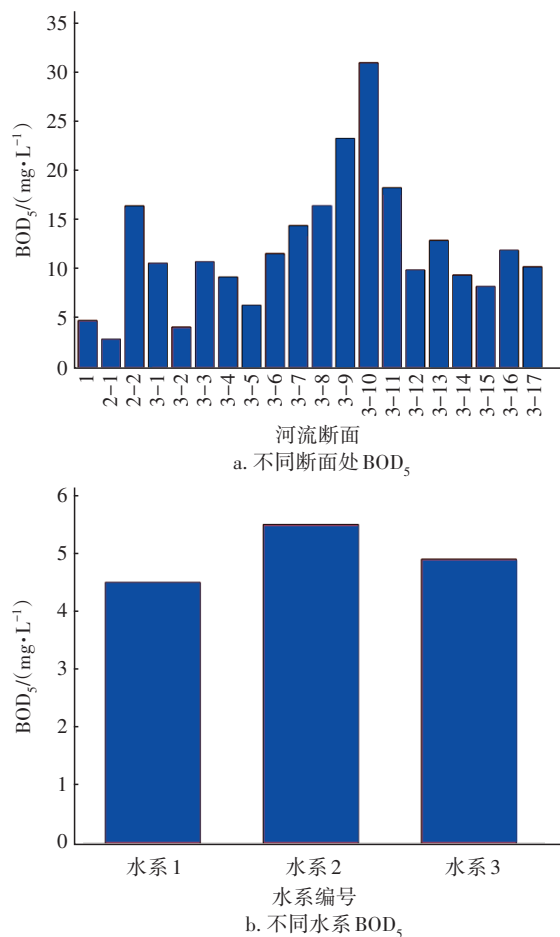


图4 2018年各断面和水系的平均BOD₅浓度数据

Fig.4 Average concentration data of BOD₅ in different sections and rivers in 2018

相关研究表明,在污水管道中污染物也会出现一定程度的降解^[10-12],降解程度随管道长度的增加而上升,而该污水处理厂所辖泵站距离排水户较近,因此开展评估时忽略污染物在管道中的沉积和降解对进水浓度的影响。在2018年全年每周对各泵站排水户进行一次BOD₅检测,取样时与上次降雨间隔应超过72 h,取排水户的全年平均值作为该泵站排水户的代表数值,得到了该污水处理厂主要提升泵站评估结果,如表1所示。

由表1可知,泵站B、C-1、C-2、C-3服务区界内的排水户排水呈现典型的生活污水特征,但由于低浓度的清洁外水持久性地渗入污水系统,生活污水与大量低浓度外水混合,使源头高浓度污水在输送过程中被稀释,导致泵站进水BOD₅浓度比源头排水分别下降66.6%、62.8%、58.2%和25.2%。

表1 各泵站受持久性外水入侵影响评价

Tab.1 Impact assessment of stable extraneous water intrusion on pump stations

泵站编号	排水户排水平均BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	泵站进水平均BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ 降低幅度/%	外水水量/(m ³ ·d ⁻¹)
B	203.5	68.0	66.6	27 305
C-1	186.6	69.5	62.8	29 662
C-2	174.8	73.0	58.2	47 363
C-3	161.0	120.5	25.2	1 558

3.2 降雨影响

降雨通过污水管道、截流井等渠道进入污水系统,使得污水水质短时间内急剧下降。通过比较晴天和雨天泵站进水BOD₅和水量的变化、降雨量与进水BOD₅的关系,可评估雨水对泵站水质的影响。结果(见图5、6)表明,降雨导致各泵站进水量增大,污水BOD₅浓度被进一步降低,具体程度见表2。

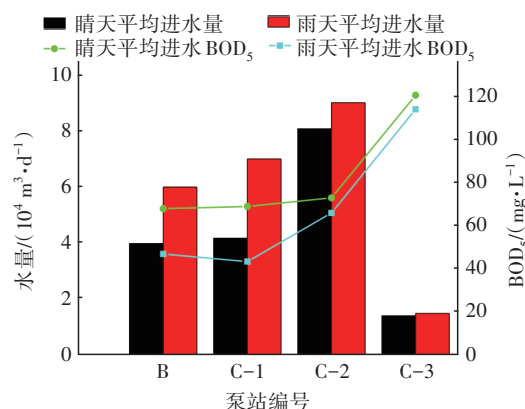


图5 晴、雨天水质及水量变化

Fig.5 Change of influent quality and quantity in sunny and rainy days

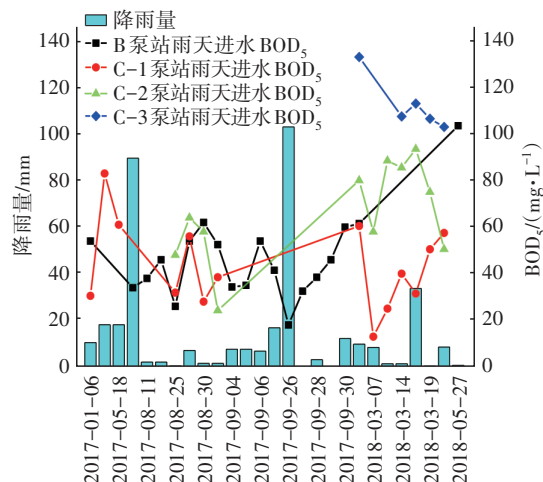


图6 降雨量与泵站进水水质关系

Fig.6 Relationship between rainfall and influent quality of pump stations

表2 各泵站受降水入侵影响评价

Tab.2 Impact assessment of precipitation intrusion in pump stations

泵站 编号	旱天平均BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	雨天平均BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	BOD ₅ 降 低幅度/%	雨天流量增 幅/(m ³ ·d ⁻¹)
B	68.0	46.9	31.10	20 143
C-1	69.5	43.5	37.41	28 217
C-2	73.0	66.0	9.59	9 265
C-3	120.5	114.0	5.39	844

由监测数据和评估结果可知,各泵站均受到雨水不同程度的入侵,导致水量增大,进水BOD₅浓度较旱天有所降低,各泵站受雨水的影响程度不同,BOD₅浓度分别降低31.10%、37.41%、9.59%和5.39%。

4 污水处理厂削减外水的措施与效果评价

定量分析了该污水系统存在的问题并评估各节点受不同外水的影响程度,提出应该从工程和管理角度个性化定制相应的整改措施。

4.1 雨水入侵点与整改措施

分析可知,B和C-1泵站受雨水入侵影响相对较大,应采取措施削减系统内的雨水。两个泵站主要服务老城区的排水户,混乱的排水体制是导致雨水排入泵站的主要原因。根据排查,共有45家源头排水户存在雨污合流的情况,根据不同的排水户情况,制定了相应的整改措施,具体如表3所示。

表3 排水户雨污分流整改方案

Tab.3 Improvement scheme of rainwater and sewage diversion for users

排水户种类	雨污分流整改方案
只有一套合流排水系统,但有条件新建一套排水管道的排水户	原有合流制排水系统改为污水系统,直接接入市政污水系统;新建排水户内部的雨水管道,接入市政雨水系统
有雨污两套排水系统,且有条件改造排水管道的排水户	内部污水立管及化粪池出水管改造后接入污水系统,内部雨水立管与雨水口连接管接入市政雨水系统
没有条件改造排水系统的排水户	在出户管接入市政管道前设置限流设施进行截污,雨水收集后就近排放

该污水处理厂服务区界内存在道路市政管网雨污错接的问题,排查发现500余处雨水管道错接入污水管道的情况,管道混错接分布情况与泵站受雨水影响程度相符。为此,在定位混错接点位后采取了封堵和重新连接措施。镇江市老城区管网建设复杂,存在着上下游管网不匹配的问题,且主要

发生在分流管道和合流或截流管网的交界处,往往以截流井为连接节点。对此,将上游雨污分流但缺少下游分流管道的截流井改造为普通的检查井,根据下游管道用途,封堵截流管道或溢流管道,并新建污水或雨水管道。

4.2 自然水体入侵点与整改措施

由表1可知,4个泵站均存在不同程度的持久性外水入侵问题,入侵水体可分为河(湖、江)水和地下水,主要是沿河道的截流雨水排口、截流设施、雨水暗涵和倒虹管进入污水收集系统。

根据CCTV和水质检测调查发现,该厂服务区界内的155个雨水排口中有部分排口长期淹没于河流水位之下,主要分布在B、C-1和C-2泵站的服务区界内;B泵站和C-2泵站服务区界内的42条倒虹管过河后污染物浓度均有不同程度的下降;C-1泵站服务区界内雨水暗涵年久失修,加之老城区复杂的排水体制,河水通过排口、倒虹管和暗涵倒灌后由合流、截流管道进入污水系统,不仅造成了污染物浓度的下降,也污染了自然水体。针对此情况,可采用以下措施:①对长、高均大于1.5m的雨水暗涵进行修复、清淤,将高小于1.5m的暗涵改造为管道;②对雨水排口加装防倒灌式闸阀;③通过水质调查,对过河前、后水质变化较大的倒虹管进行修复。

地下水主要通过管网破损部位进入污水收集系统,可采用CCTV对管网破损点进行排查^[13-14],定位破损部位,然后根据施工条件,选择不同的修复方式。

4.3 长效化管理手段

除了工程手段外,还应制定合理的监管制度,利用已有成果,实现长效化管理,与硬件结合,从根源预防污水系统性问题,包括:①健全排水管网建设质量管控机制;②健全污水接入和服务管理制度;③完善污水管网信息化建设;④建立排水户分类管理机制;⑤规范施工排水、游泳池排水等政策性外水管理机制。

4.4 整改可行性和效果预评估

工程中采取的整改措施及效果^[15-16]如表4所示。根据工程效果可知,该工程采取的整改措施切实有效,能够削减污水系统内的外水。根据管网运行经验和设计手册,理想状态下运行良好的污水管网中也会存在10%~15%的入渗地下水^[17],无法从

系统中剥离。综合考虑之后,此部分无法剥离的外水以原有水量的20%计,B、C-1、C-2、C-3泵站进水占污水厂全部进水的比例以80%计,则整改措施预估效果如表5所示。

表4 整改措施及效果

Tab.4 Measures and effects

外水类型	入侵节点	整改措施	整改效果
截流雨水、地下水	截流井、管网破损处	改造截流及沿河截流管道,修复管网破损处	泵站前池水位较整改前下降1.2 m ^[15]
山水、地下水	管网破损处	修补管网	满管率下降、进水闸水位下降、雨后系统恢复时间变短 ^[16]
河水、合流雨水	河流管道、排口	雨污分流、排口改造	BOD ₅ 浓度较改造前提高24.3%~61.1%,氨氮浓度提高22.8%~55.6% ^[16]

表5 整改效果预评估

Tab.5 Effect pre-evaluation of the measures

项目	原进水平均BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	削减后平均BOD ₅ / (mg·L ⁻¹)	可削减水量/ (m ³ ·d ⁻¹)	削减外水后水量/(m ³ ·d ⁻¹)
B泵站	68.0	139.8	27 305	18 696
C-1泵站	69.5	132.7	29 662	23 239
C-2泵站	73.0	128.5	47 363	43 490
C-3泵站	120.5	134.7	1 558	5 342
其余泵站	80.4	80.4		31 744

实施整改措施后,预计可将污水厂进水平均BOD₅由原本的80.4 mg/L提升至124.2 mg/L,同比提升54.5%,提升幅度明显。

5 结语

污水系统内存在的低浓度外水是导致案例污水处理厂进水BOD₅浓度偏低的主要原因。泵站是污水系统的重要构成,也是削减外水的关键节点,根据源头排水户排水数据和各泵站旱天进水BOD₅浓度对比,可以评估河(湖)水、地下水及截流设施入侵程度;通过比较各泵站旱天与雨天进水水质与水量的不同,可以评估污水水质受雨水侵扰的程度;这些评估结果准确指导了管网排查工作。工程实例和预评估结果表明,采用的工程措施能够有效减少排水系统中低浓度外水,可以使该厂进水BOD₅浓度达到考核要求。

参考文献:

[1] 王倩. 低碳源对活性污泥系统脱氮及微生物特性的

影响研究[D]. 西安:西安建筑科技大学,2019.

WANG Qian. Effects of Low Carbon Sources on Nitrogen Removal and Microbial Characteristics of Activated Sludge System [D]. Xi'an: Xi'an University of Architecture and Technology, 2019(in Chinese).

[2] 张兴兴,赵日祥,赵剑强. 碳氮比对亚硝酸盐反硝化过程NO与N₂O积累的影响研究[J]. 给水排水,2020,46(4):86-91.

ZHANG Xingxing, ZHAO Rixiang, ZHAO Jianqiang. Research of contrast the nitrification-back process of BCN and nitrite effect on the accumulations in NO and N₂O [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020, 46 (4): 86-91(in Chinese).

[3] 唐旭光,王淑莹,彭永臻,等. SBR法好氧段碳源浓度对吸磷的影响[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2011,42(10):3220-3224.

TANG Xuguang, WANG Shuying, PENG Yongzhen, et al. Effect of carbon source on phosphorus uptake in aerobic condition [J]. Journal of Central South University (Science and Technology), 2011, 42 (10): 3220-3224(in Chinese).

[4] 毛艳荣,卜俊玲,卢宝光,等. 广州市西朗污水处理系统提质增效案例分析[J]. 给水排水,2020,46(10):45-51.

MAO Yanrong, BU Junling, LU Baoguang, et al. Research on quality improvement and efficiency improvement of Xilang sewage treatment system in Guangzhou City [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020,46(10):45-51(in Chinese).

[5] 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).

[6] 杨楠,张栋俊,张练,等. 平原老城区污水处理提质增效实施策略分析[J]. 给水排水,2020,46(7):22-26.

YANG Nan, ZHANG Dongjun, ZHANG Lian, et al. Analysis of implementation strategies for improving wastewater treatment quality and effectiveness in the old urban plain area [J]. Water & Wastewater Engineering, 2020,46(7):22-26(in Chinese).

[7] 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).
- [8] 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).
- [9] 刘战广, 谭学军, 陈嫣. 基于水量平衡分析的城镇污水管网定性诊断研究[J]. *给水排水*, 2020, 46 (9): 113-118.
- LIU Zhanguang, TAN Xuejun, CHEN Yan. Qualitative diagnosis of urban sewage network based on water balance analysis [J]. *Water & Wastewater Engineering*, 2020, 46 (9): 113-118 (in Chinese).
- [10] 金鹏康, 王斌. 城市污水管网对水质的生化改善特性[J]. *环境工程学报*, 2016, 10 (7): 3401-3408.
- JIN Pengkang, WANG Bin. Improvement in biodegradability of wastewater quality in urban sewer system [J]. *Chinese Journal of Environmental Engineering*, 2016, 10 (7): 3401-3408 (in Chinese).
- [11] HVITVED-JACOBSEN T, VOLLERTSEN J, MATOS J S. The sewer as a bioreactor—a dry weather approach [J]. *Water Science & Technology*, 2002, 45 (3): 11-24.
- [12] RAUNKJÆR K, HVITVED-JACOBSEN T, NIELSEN P H. Transformation of organic matter in a gravity sewer [J]. *Water Environment Research*, 1995, 67 (2): 181-188.
- [13] 郭翔. CCTV管道检测在扬州污水提质增效行动中的应用[J]. *中国给水排水*, 2020, 36 (20): 67-70, 76.
- GUO Xiang. Application of CCTV pipeline inspection in Yangzhou sewage quality improvement and efficiency enhancement action [J]. *China Water & Wastewater*, 2020, 36 (20): 67-70, 76 (in Chinese).
- [14] 方震伟, 刘刚. 无锡市市政雨污水管道检测“四位一体”项目管理探讨[J]. *中国给水排水*, 2018, 34 (22): 37-40.
- FANG Zhenwei, LIU Gang. Discussion on the management of the “four-in-one” project for municipal wastewater and rainwater pipe inspection in Wuxi [J]. *China Water & Wastewater*, 2018, 34 (22): 37-40 (in Chinese).
- [15] 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).
- [16] 陈君翰, 苏健成, 张君贤, 等. 广州市猎德污水处理系统“一厂一策”系统化整治[J]. *中国给水排水*, 2020, 36 (22): 7-12.
- CHEN Junhan, SU Jiancheng, ZHANG Junxian, *et al.* “One plant, one policy” for systematic management of Guangzhou Liede sewage treatment system [J]. *China Water & Wastewater*, 2020, 36 (22): 7-12 (in Chinese).
- [17] 彭杰, 章涛. 昆山铁南片区污水管网地下水入渗情况调查[J]. *净水技术*, 2014, 33 (5): 96-99.
- PENG Jie, ZHANG Tao. Investigation of groundwater infiltration into sewage pipe network in Tienan District of Kunshan City [J]. *Water Purification Technology*, 2014, 33 (5): 96-99 (in Chinese).

作者简介: 董进波 (1981—), 男, 湖北天门人, 硕士, 高级工程师, 总经理, 主要研究方向为市政规划设计、海绵城市和水环境治理。

E-mail: zjsy0511@qq.com

收稿日期: 2021-04-12

修回日期: 2021-06-15

(编辑: 丁彩娟)