

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.08.020

城镇污水处理厂噪声污染防治案例分析

陆桂勇^{1,2}, 刘礼祥¹, 许光明³, 陈俊³, 王云辉², 戴泳²,
刘巍阳², 刘毅²

(1. 深圳市环水投资集团有限公司, 广东 深圳 518031; 2. 常州市深水城北污水处理有限公司, 江苏 常州 213022; 3. 常州市排水管理处, 江苏 常州 213022)

摘要: 随着城市发展,部分城镇污水处理厂厂界距离居民区越来越近,导致环境敏感度提升并极易引发“邻避效应”。污水处理厂应积极实施环境整治,提高环境管控标准和能力。某污水厂通过梳理分析找出厂内噪声污染关键点源和厂外周边环境关键敏感点,通过点源和面源治理,采用防止或减轻噪声的产生、阻断噪声传播、受众隔音等方法,实施一点一策的治理方案。厂内点源噪声平均下降 8 dB(A),厂外居民楼噪声平均下降 5~6 dB(A),取得良好降噪效果,多年来未发生居民投诉事件,达到“与邻为善,长期共存”的目标。

关键词: 污水处理厂; 邻避效应; 噪声污染

中图分类号: TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)08-0114-06

Case Analysis of Noise Pollution Prevention in Urban Sewage Treatment Plant

LU Gui-yong^{1,2}, LIU Li-xiang¹, XU Guang-ming³, CHEN Jun³, WANG Yun-hui²,
DAI Yong², LIU Wei-yang², LIU Yi²

(1. Shenzhen Huanshui Investment Group Co. Ltd., Shenzhen 518031, China; 2. Changzhou Shenshui Chengbei Sewage Treatment Co. Ltd., Changzhou 213022, China; 3. Changzhou Drainage Management Office, Changzhou 213022, China)

Abstract: With the development of cities, the boundary between some sewage treatment plants is getting closer to residential areas, leading to increased environmental sensitivity and NIMBY effects. Sewage treatment plants should actively implement environmental remediation to improve environmental control standards and capabilities. By sorting and analyzing the key point sources of noise pollution in the plant and the key sensitive points of the surrounding environment outside the plant, a sewage treatment plant adopts the methods of preventing or reducing noise generation, blocking noise transmission and sound insulation of the audience to implement the one-by-one treatment scheme. The noise of point source in the plant is reduced by 8 dB (A) on average, and the noise of residential buildings outside the plant is reduced by 5 – 6 dB (A) on average, achieving a good noise reduction effect. There has been no complaint events from residents for many years, achieving the goal of “being friendly to neighbors and co-existing for a long time”.

Key words: sewage treatment plant; NIMBY effect; noise pollution

近年来城市基础设施如污水处理厂、垃圾场、焚烧场的“邻避效应”案例多次发生,甚至引起突发公

共事件。就污水处理行业而言,因城市发展和规划调整,采用搬迁、地理等方式解决了一部分问题,取

得积极成效,但绝大多数已建污水厂却面临厂区与居民区长期共存的问题。解决好厂区周边环境问题,既能缓解矛盾,减少被投诉风险;又能优化环境服务,提高居民居住环境质量。

污水处理厂对厂区周边环境的影响主要有污水排放、臭气和噪声污染,以下主要对太湖流域某城镇污水厂噪声污染防治案例进行介绍与分析。

1 项目背景及噪声污染源分析

该城镇污水处理厂始建于1995年,设计总处理规模为 $15 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ 。分三期建设,每期 $5 \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,分别于1997年、1999年、2001年投产运行,主体工艺均采用AAO生物处理工艺。2008年进行提标改造,增加了混凝沉淀、V型滤池过滤、二氧化氯消毒工艺,改造后出水水质执行《城镇污水处理厂

污染物排放标准》(GB 18918—2002)一级A标准。

建厂初期,选址位于主城区下风向北侧区域,用地 12 hm^2 ,周边为渔业养殖场;2008年提标改造时在厂区南侧新征用地 2 hm^2 ,用于建设深度处理工艺构筑物及配套配电间、加药间等附属设施。目前该厂及周边已成为城区,周围小区众多,高楼林立。

1.1 全流程噪声污染源分析

该厂工艺流程:粗格栅→进水提升→细格栅→曝气沉砂池→AAO池→二沉池→二次提升→高效沉淀池→滤池→消毒池(见图1);主要附属设施包括:鼓风机房、回流泵房、加药间、污泥浓缩池、脱水机房、反冲洗风机房、二氧化氯发生器房、除臭设施等。污水处理厂噪声来源主要为机械设备产生的点源噪声、流体产生的面源噪声。

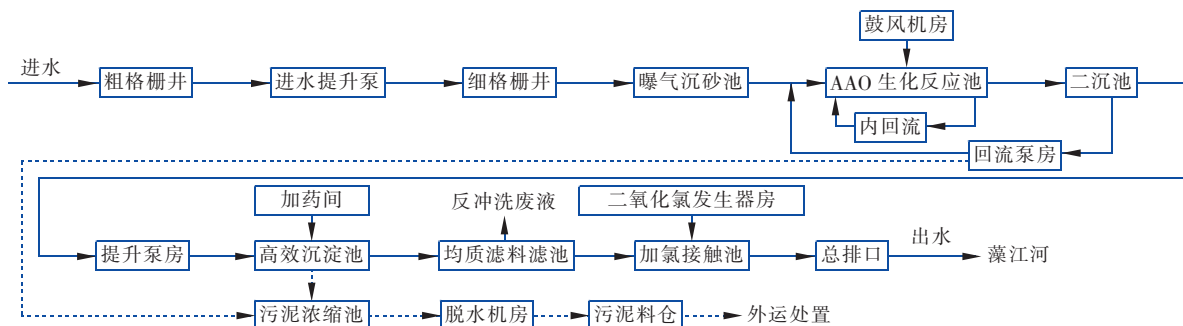


图1 污水处理全流程工艺

Fig. 1 Whole process flow chart of sewage treatment

① 设备噪声污染源

污水厂机械设备噪声源主要分为水上设备、水下设备。水下设备主要有潜水泵、潜水搅拌器、微孔曝气器等,该类设备在正常运行工况下,由于水流阻断了设备因振动、摩擦、旋转等产生的噪声的传播,而对环境噪声影响较小,不作为主要防治目标。水上设备分为室内设备和室外设备,其中室内设备主要有鼓风机、空气压缩机、离心脱水机、立式离心泵等,该类设备功率较大、转速高,设备产生的噪声强度高,是主要噪声点源污染防治对象;室外设备主要有格栅、除砂机、立式涡轮搅拌器、刮吸泥机、污泥浓缩机、除臭设施等,该类设备功率较小、转速偏低,单体设备噪声强度低,但由于室外安装,噪声的辐射传播效率高,对环境噪声仍具有一定影响。

② 流体噪声污染源

污水厂流体噪声源主要分为气流和水流产生的噪声。

气流产生的噪声主要来源于鼓风机及空气管线。鼓风机有连续运行风机和间歇运行风机。连续运行风机包括多级离心风机、单级高速风机和磁悬浮风机,主要用于曝气池供氧,该类风机持续且稳定地产生高强度噪声,是噪声污染防治的重点之一;间歇运行风机主要用于滤池反冲洗,选型为罗茨风机,该风机在滤池自动控制情况下,易产生时间较短、强度较高的突发噪声,是噪声污染防治的重中之重。空气管线分连续供气埋地管线和间歇供气架空管线,其中连续供气埋地管线由于流体稳定、土壤阻断等因素噪声污染较低;间歇供气架空管线流速与压力频繁变化、气流与管道摩擦产生较高的噪声,需要重点加以关注。

水流产生的噪声主要是各工艺构筑物高程差导致的水流与水流或水流与构筑物发生碰撞产生的噪声。根据水流途经不同场景,可将其产生的噪声分为:管、渠、槽。管道一般用于水力提升和远距离压

力输送,通常采用地埋或架空方式,且管道内充满水,噪声较低;渠道一般用于相邻短距离构筑物之间,多为架空设计,重力自流,流速较缓,噪声强度低;槽多用于沉淀池,一般均匀分布于池面、覆盖面广,易产生噪声的面源污染。

③ 厂内噪声源区域分布

由于该厂建设时间较早,后经过多次扩建和提标改造,噪声源分布较为分散。厂区平面设置布局中,噪声污染较重的鼓风机房位于厂区中间位置,其余主要噪声污染源离厂界较近。

具体情况为:

- a. 厂区东侧设有污泥脱水机房;
- b. 厂区南侧为进水区和深度处理区域,有提升泵房、除臭设施、高效沉淀池、反冲洗风机房、滤池;
- c. 西侧为输水管道和鼓风机房;
- d. 北侧为生物反应区和二沉池。

1.2 厂界噪声敏感度分析

根据厂界周边声功能区划分和噪声执行标准,结合厂内噪声污染源的噪声强度和噪声污染受众之间的距离,进行噪声敏感度分析。

1.2.1 厂界噪声执行标准

根据项目环评文件,该厂的厂界噪声执行标准根据项目周边声环境功能区划分进行了多次调整,具体情况见表1。

表1 厂界噪声执行标准

Tab.1 Standard of noise at boundary dB(A)

年份	区域	噪声		
		昼间	夜间	执行标准
1996	全厂	60	50	GB 12348—1990 II类
2000	全厂	55	45	GB 12348—1990 I类
2007	南西北厂界	55	45	GB 12348—1990 I类
	东厂界	70	55	GB 12348—1990 IV类

注:《工业企业厂界噪声标准》(GB 12348—1990)于2008年修订为《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348—2008),目前已修订为GB 12348—2019,自2019年10月1日起施行。

1.2.2 厂界周边环境敏感度分析

该污水厂周边环境复杂:东侧为内河航道,对岸为居民小区,以高层住宅为主;南侧为两个居民小区,其中A小区为高层住宅,与厂区仅一路之隔,B小区为低层住宅(6层),与间隔厂区有商业用房(4层);西侧为市场和商住场所,其中商住楼为高层;北侧为市场和住宅开发用地。

厂界周边环境布置见图2。



图2 厂界周边环境布置

Fig.2 Layout of plant surrounding environment

1.3 确定噪声污染源关键控制点

结合厂内噪声污染源分析和厂界噪声敏感度分析结果,确定噪声防治区域划分,同时确定东侧和南侧为噪声污染源关键控制点(见表2)。

表2 噪声污染源关键控制点

Tab.2 Key control points of noise pollution sources

厂界	厂内噪声源			厂外敏感点		关键控制点 是/否
	覆盖范围	强度	距离	市场	小区	
东	点源	中	远	无	高层住宅	是
南	面源	高	近	无	高层、低层	是
西	点源	高	远	有	商住	否
北	面源	低	远	有	待开发	否

2 噪声防治方案

噪声污染防治分为主动防治和被动防治。主动防治一般采取防止或减轻噪声产生的方法,被动防治一般采取阻断噪声传播和受众隔音的方法。受众隔音一般采用佩戴耳罩、耳塞等方式,用于高噪声环境下工作人员职业健康防护,不适用于居民。就污水处理厂而言,应采用主动防治方式进行噪声污染防治。根据每个噪声污染源的实际情况,一点一策,最终达到降噪目的。

2.1 厂内东侧片区治理方案

厂内东侧片区对应厂外居民区A,中间有河道间隔。主要噪声源为污泥脱水机房和2#除臭系统的机械设备及通风管道噪声。噪声源距离最近的居民楼约100 m。

2.1.1 脱水机房噪声防治

该厂采用离心脱水机,设备转速3 000 r/min,变频调节,24 h连续运行,运行时室内平均声压级为70~75 dB(A)。配套进出泥螺杆泵为低转速且置于泵坑内,噪声贡献值较低。

采取的降噪措施如下:①根据含水率控制要求

适当降低转速;②离心机基础安装加厚防振垫,减少振动引起的噪声;③螺杆泵室采用泡沫夹心板材制作隔音房,设置管道用于通风并接入除臭系统;④封闭脱水机房原有侧墙和顶部8个强排风口,重新布置通风管道接入除臭系统;⑤更换双层玻璃隔音窗;⑥关闭车间卷帘门,设隔音门用于员工巡检;⑦在脱水机房东侧厂界种植杨树,用于吸收噪声。

2.1.2 除臭系统噪声防治

除臭系统采用水洗+酸洗+碱洗+生物滤床除臭工艺,设计处理流量为 $150\text{ m}^3/\text{min}$,24 h连续运行。主要噪声源为风机、气管、喷淋塔及附属泵类设备。运行时平均声压级为 $67\sim 72\text{ dB(A)}$ 。

采取的降噪措施如下:①将露天安装的风机、喷淋塔等设施移至室内;②在满足通风效果和微负压状态下,变频调节风量;③气管固定时加装防振垫;④除臭排放口从厂界向厂内移位30 m,利用构筑物墙体反射面改变噪声传播方向,同时利用周围绿化降噪。

2.2 厂内南侧片区治理方案

厂内南侧片区对应厂外居民区B和居民区C,中间仅有双车道马路间隔。主要噪声源为提升泵房、高效沉淀池、V型滤池、反冲洗风机房。噪声源与居民区B直线距离约30 m、与居民区C直线距离约68 m。

2.2.1 提升泵房噪声防治

提升泵房共安装潜水泵6台,单台功率155 kW,水泵位于水下,设钢管导杆用于设备检修。泵房南侧设地埋式粗格栅和集水井,顶部留有设备检修口和栅渣提升机,另设人员巡检楼梯。

采取的降噪措施如下:①适当抬高泵房液位,利用水深阻噪;②水泵导杆顶部采用减振圈,减少水泵运行振动传导,或采用不锈钢钢丝导绳代替钢管导杆^[1];③水力提升至高位渠,产生水流跌落冲击,对高位渠进行加盖隔音;④地埋格栅井所有开口用可靠的封闭式钢格栅盖板密闭,盖板口沿用结构胶封堵;⑤栅渣提升机出口和巡检楼梯采用塑钢双层玻璃封闭,保证物和人的进出通道,同时不影响采光、降噪。

2.2.2 高效沉淀池噪声防治

高效沉淀池安装4台高速混凝搅拌器、8台低速絮凝搅拌器、4台刮泥机。设备运行时平均声压级为 $55\sim 61\text{ dB(A)}$ 。沉淀区共4组,每组16条出

水槽,单槽长7.5 m、宽35 cm、深40 cm,呈均匀分布。每组设一条封闭式水渠,最终合流至敞开式总出水渠并通过管道流至V型滤池。出水槽平均声压级为 $58\sim 65\text{ dB(A)}$,总出水渠平均声压级为 $61\sim 67\text{ dB(A)}$ 。

采取的降噪措施如下:①搅拌器变频改造,降低转速;②水质达标情况下不投加药剂、不开设备;③刮泥机改连续运行为2 h运行10 min,排泥时连续运行;④搅拌器加隔音罩;⑤出水渠安装叠梁阀,提高出水槽内液位,满足最大流量前提下,将槽内水流跌落高度降至5 cm以内;⑥总出水渠安装导流板缓冲水流;⑦在水渠上方钢格栅盖板上覆盖隔音橡胶板 and 人造草坪。

2.2.3 反冲洗风机房噪声防治

反冲洗风机房内设罗茨鼓风机2台(1用1备)、立式压力水泵3台(2用1备),滤池进入反冲洗程序后按气冲-气水冲-水冲方式自控间歇运行,每次冲洗时间12~15 min。运行工况下反冲洗风机房内噪声情况见表3。

表3 反冲洗风机房主要设备噪声

Tab.3 Noise data of main equipment in backwashing room

主要设备	型号	数量/台	功率/kW	频率/Hz	声压级/dB(A)
罗茨风机	BK9020	2(1用1备)	110	500~2 000	84~86
立式离心泵	DFG300/6/37	3(2用1备)	37	500~2 000	78~80

采取的降噪措施如下:①增加风机隔音罩吸音棉厚度,提高吸声效果;②空气管道加装隔音套层;③风机基础与地坪切割分离,填砂减少地坪振动导致的声音传播;④将原铝合金门改为钢制隔音门,门底部安装橡胶板以减少与地面的缝隙;⑤封闭百叶窗,单层窗改双层隔音玻璃窗;⑥将风机房南侧3个通风口改成进风口,安装进风消声器,风机房的北侧新设2个出风口,并安装出风消声器^[2]。

2.2.4 V型滤池噪声防治

V型滤池在反冲洗过程中,高气冲强度的压缩空气擦洗滤层,伴随着水流冲洗滤料,会产生大量气泡,此时的声压级达到 $70\sim 75\text{ dB(A)}$,对周围环境构成噪声污染。在没有反冲洗的情况下,滤池噪声主要来源于管廊间出水槽跌水。

采取的降噪措施如下:①将整个滤池上加盖密

封阳光板,将反冲洗过程中产生噪声密闭在滤池内;②管廊间出水槽加盖橡胶板,既阻挡噪声,又降低室内湿度和通风需求;③实行严格的夜间反冲洗管控,根据出水管道压力变化预判反冲洗时间,将反冲洗提前至昼间完成,避免夜间扰民;④在滤池靠近居民一侧栏杆上加装4套在线噪声测定仪并上传至中控系统,根据噪声强度和持续时间设定噪声报警值,出现长时间的噪声超标即报警,工作人员须到现场核查噪声超标原因并及时处理,防止因巡查不到位导致噪声扰民。

2.3 厂内西侧片区治理方案

厂区西侧主要噪声污染源为输水管渠和鼓风机房。鼓风机房安装有单级高速离心鼓风机6台,单台风机功率255 kW,运行时室内声压级达到85~90 dB(A)。

采取的降噪措施如下:①鼓风机房安装隔音门,保持关闭;②将通风进气口设置于面向厂区内的一侧;③鼓风机设备重置时采用噪声更低的水冷式磁悬浮风机,噪声可下降5~10 dB(A);④西侧厂界种植高大阔叶乔木;⑤输水管渠跌水处加盖密闭,既减少臭气,也降低噪声。

2.4 厂区北侧片区治理方案

厂区北侧主要噪声来源为二沉池。二沉池配水井和出水槽落差导致的水流跌落碰撞产生的流水声是主要噪声污染源。

采取的降噪措施如下:①配水井安装隔音罩阻止声音传播;②二沉池出水口设闸门,调整出水槽内液位,保证最大通量的前提下减少跌水落差,降低噪声面源污染。

3 噪声治理效果

厂界周边距离最近、噪声敏感度最高的居民小区B自2014年开工建设,2016年交付。在小区开始建设初期,即意识到噪声可能成为环境主要矛盾,于是厂区自2014年起开始制定噪声治理方案并逐步实施,其间不断改进并完善。2017年开始居民入住至今,未因噪声问题产生投诉,达到了预期效果。

3.1 各噪声源治理效果

各噪声点检测结果均明显下降,平均降幅约8 dB(A)。其中鼓风机房、反冲洗风机房、脱水机房等点源治理效果最为明显,下降幅度均 ≥ 10 dB(A);高效沉淀池和V型滤池也有7~8 dB(A)的下降,具体见表4。

表4 改造前、后主要噪声源噪声检测值对比

Tab.4 Comparison of noise values of main noise source before and after reconstruction dB(A)

噪声监测点	噪声检测值					
	昼间(10:00)			夜间(00:00)		
	改造前	改造后	下降值	改造前	改造后	下降值
鼓风机房室外	80	67	13	80	66	14
反冲洗风机房室外	73	63	10	72	62	10
脱水机房门口	79	68	11	78	67	11
高沉池上	61	53	8	60	52	8
高沉池下	55	50	5	55	50	5
V型滤池上	60	54	6	59	53	6
V型滤池下	54	49	5	55	50	5
平均值	66	58	8	65	57	8

3.2 居民区B住宅楼噪声改善效果

对该小区居民楼低层至高层在改造前后进行厂界、居民楼内噪声对比监测,室内室外噪声均有5~6 dB(A)的降幅,具体数据见表5。

表5 居民区B住宅楼噪声监测数据对比

Tab.5 Comparison of noise monitoring data of residential buildings in B residential area dB(A)

位置	楼外(22:00)			楼内(22:00)		
	改造前	改造后	差值	改造前	改造后	差值
1楼	50	44	6	45	42	3
3楼	50	44	6	46	43	3
5楼	54	48	6	49	43	6
7楼	56	51	5	49	43	6
9楼	57	52	5	49	44	5
11楼	57	52	5	50	44	6
13楼	57	52	5	49	43	6
15楼	58	52	6	48	42	6
17楼	58	52	6	49	44	5
18楼	53	46	7	48	42	6
楼顶平台	51	46	5	50	43	7
平均值	55	49	6	48	43	5

对比数据发现,低层噪声数据达到声功能区和厂界噪声标准;随着楼层越高,噪声值越高,说明楼宇外立面对噪声产生阻拦和聚集;顶楼又出现明显下降,说明噪声在该处被阻滞的影响降低;楼内数据相对比较稳定,噪声值均低于45 dB(A)。具体情况见图3。

另外,北侧1 km左右的高速公路和高铁对高层噪声有明显影响,高铁经过时楼外噪声达到60~62 dB(A)。

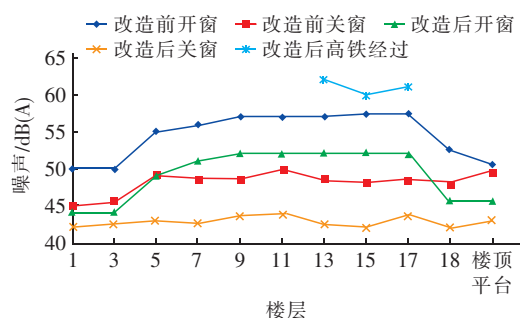


图3 改造前、后各楼层噪声趋势

Fig.3 Noise trend of each floor before and after reconstruction

4 结语

某污水厂通过全流程噪声源分析和厂界噪声敏感度分析,制定一点一策的噪声治理方案并予以实施,污染源噪声强度明显下降。厂界噪声检测合格,厂外距离最近的居民楼中低层住宅符合声环境控制要求,中高层住宅受整体环境影响略高,室内噪声情况良好。

改造实施后未有居民投诉的情况发生,具有较好的环境效益,对位于城市中心区的其他城镇污水处理厂噪声污染防治有一定参考价值。

参考文献:

- [1] 付碧辉,张良宽. 浅谈水泵房隔音、防振、噪音治理的几点做法[J]. 建筑工程技术与设计,2018(21):4028,4030
FU Bihui,ZHANG Liangkuan. Discussion on the methods of sound insulation, vibration prevention and noise treatment of water pump house [J]. Architectural Engineering Technology and Design, 2018 (21): 4028, 4030(in Chinese).
- [2] 周兆驹,孙良,姜向东. 污水处理厂罗茨风机噪声的综合治理[J]. 中国给水排水,2000,16(11):37-39.
ZHOU Zhaoju, SUN Liang, JIANG Xiangdong. Comprehensive noise control of roots blower in sewage treatment plant[J]. China Water & Wastewater,2000,16(11):37-39(in Chinese).

作者简介:陆桂勇(1980-),男,江苏泰州人,硕士,环保工程师,从事污水处理厂生产运营管理工作。

E-mail:13912302789@163.com

收稿日期:2020-09-23

修回日期:2020-10-16

(编辑:衣春敏)

(上接第113页)

LUO Huiyun,ZHANG Ling,LIU Shulin. Water quality detection and analysis of municipal sewage pipes in a city in South China [J]. Water & Wastewater Engineering,2016,42(6):119-124(in Chinese).

- [14] 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).

- [15] 苏诚,刘康怀,史奇峰,等. 小城镇污水处理排放标准小议[J]. 中国给水排水,2011,27(6):32-35.

SU Cheng,LIU Kanghuai,SHI Qifeng,et al. Discussion on small town sewage treatment and discharge standards [J]. China Water & Wastewater,2011,27(6):32-35(in Chinese).

- [16] 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).

- [17] 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:刘云帆(1988-),男,北京人,硕士,工程师,从事水资源、水环境及市政生态规划设计工作。

E-mail:2627791698@qq.com

收稿日期:2020-07-18

修回日期:2020-07-28

(编辑:衣春敏)