

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2023.12.004

# 镇江市“四位一体”排水管网诊断流程及工程实践

白永强, 鲁梅, 刘绪为, 崔诺, 尹放, 胡馨月  
(中国市政工程华北设计研究总院有限公司, 天津 300074)

**摘要:**《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》提出加快补齐城镇污水收集和设施短板,通过推进生活污水收集处理设施改造和建设,实施管网混错接改造、管网更新、破损修复改造等工程,实现清污分流、雨污分流、查漏补缺等目标,全面提升现有排水设施收集效能。结合镇江提质增效达标区“四位一体”排水管网诊断项目经验,总结归纳了提质增效达标区管网测绘、检测、排查一系列诊断工作与整改和修复设计的配合流程,可为其他城市开展污水处理提质增效排水管道“四位一体”项目提供参考。

**关键词:** 提质增效; 测绘; 检测; 排查; 诊断; “四位一体”项目

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2023)12-0026-06

## Diagnosis Process of “Four-in-one” for Drainage Network and Engineering Practice in Zhenjiang

BAI Yong-qiang, LU Mei, LIU Xu-wei, CUI Nuo, YIN Fang, HU Xin-yue  
(North China Municipal Engineering Design & Research Institute Co. Ltd., Tianjin 300381, China)

**Abstract:** The Three-year Action Plan for Improving the Quality and Efficiency of Urban Sewage Treatment (2019–2021) proposes to speed up the completion of the short board of urban sewage collection and treatment facilities. Projects such as the transformation of mixed and wrong connection of pipe networks, the renewal of pipe networks, and the repair and reconstruction of damaged pipes can be implemented by promoting the transformation and construction of domestic sewage collection and treatment facilities. Thereby the goals of separating clean water and sewage, separating rainwater and sewage, and detecting leakage and making up for defects can be achieved and comprehensively improve the collection efficiency of existing drainage facilities. Taking the experience of “four-in-one” drainage network diagnosis project in quality and efficiency improvement standard area in Zhenjiang, the matching process of diagnosis work and repair design in pipe network mapping, detection, investigation were summarized. The paper aims to provide a reference for other cities to carry out the “four-in-one” project of quality and efficiency improvement of drainage pipeline for sewage treatment.

**Key words:** quality and efficiency improvement; mapping; testing; investigation; diagnosis; “four-in-one” project

为进一步改善城市水环境质量,提升城镇污水收集处理效能,2020年5月,江苏省印发《江苏省城镇污水处理提质增效精准攻坚“333”行动方案》,在

全省县以上城市部署开展以“三消除”“三整治”“三提升”为主要内容的城镇污水处理提质增效精准攻坚行动。“三消除”指消除“城市黑臭水体、污水直排

口、污水管网空白区”;“三整治”指整治“工业企业排水、‘小散乱’排水、阳台和单位庭院排水”;“三提升”指提升“城镇污水处理综合能力、新建污水管网质量管控水平、污水管网检测修复和养护管理水平”。通过开展“333”行动,基本实现城镇污水管网全覆盖、全收集、全处理,进而实现“污水不入河、外水不进管、进厂高浓度、减排高效能”,再以“达标区”为载体,坚持由点及面,积极推进建设污水处理提质增效示范城市。

在此背景下,镇江市积极开展提质增效排水管网“四位一体”项目,以提质增效达标区为对象,以测绘、检测、排查、水质检测为手段,以评估和诊断为导向,以整改与修复设计为落脚点的模式<sup>[1]</sup>,实施排水管网混错接整改、管网更新改造、破损修复等工程,实现清污分流、雨污分流、查漏补缺的目标,全面提升现有排水设施收集效能。

### 1 “四位一体”排水管网诊断流程

提质增效达标区“四位一体”工作内容包括管网测绘、检测、排查、整改与修复设计四个环节(见图1),评估环节需要设计人员在测绘、检测、排查结果上,结合水质数据,定性、定量诊断排水管网的问题所在,从而为整改与修复设计提供依据。

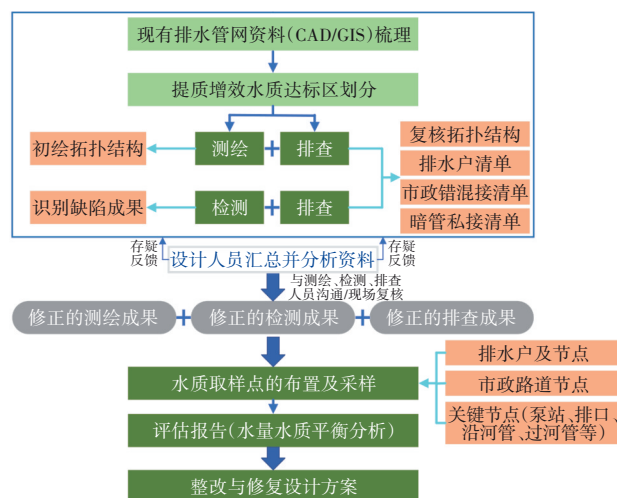


图1 “四位一体”排水管网诊断流程

Fig.1 Diagnosis process of “four-in-one” for drainage network

① 测绘。测绘过程主要是绘制排水设施完整的拓扑结构及属性,应结合仪器测量和人工判别两种方式进行。人工开井测绘需记录检查井及管道属性,并辅以判断支管类型,通过仪器测绘平面坐标及高程,得到数据库文件和CAD图形文件。测

绘内容包括:管道属性(雨水、污水或合流)、平面位置、流向、连接关系,管径、管材、管长,地面高程、管内底高程、管道水位;检查井属性(雨水、污水或合流)、平面位置、井顶高程、坐标,规格、材质,井底高程;泵站属性、平面位置、规模和运行数据等。排水口属性(雨水、污水或合流)需结合管道测绘资料,追溯上游拓扑结构判定属性,测绘内容包含类型、位置、标高、尺寸、水流情况和接纳水体等。通过测绘,可初步判断雨污混接情况,并在排水管网图上标明混错接位置。

② 检测。检测过程主要是查明管道存在的结构性缺陷和功能性缺陷,根据《城镇排水管道检测与评估技术规程》(CJJ 181—2012,以下简称《规程》)得出修复指数,以此作为排水设施整改与修复的设计依据。检测过程应以仪器检测为主,包括闭路电视检测、管道潜望镜检测和声呐检测等,人工判别辅助<sup>[2]</sup>。检测过程应严格按照《规程》的要求执行,再结合管网排查结果,优先对混错接管道及入渗严重的过河管道、河底敷设管道、沿河敷设管道,以及敷设年代久远、沿程水位变化异常的管道进行检测。结合检测结果,可对测绘成果进行补充和完善,进一步梳理出管道的混错接情况。

③ 排查。排查过程贯穿整个测绘、管道检测以及水质检测过程,结合上述成果,通过人为综合判断和分析,得到排查结果,包括排水管网淤堵、市政雨污水混接、污水直排、溢流污染、地表水倒灌、外水入渗等问题以及排水户接管情况。结合测绘和检测成果,通过排查可进一步纠正偏差,整理出更为完善、真实的排水系统。

④ 评估。完成测绘、检测、排查和水质检测工作后,应及时开展管网评估工作,以提质增效达标区为单元,对达标区内排水口溢流和倒灌、管网运行、雨污混错接、外水入渗、排水户接管、管网结构性缺陷及功能性缺陷等内容进行重点评估。评估是对测绘、检测、排查和水质检测的总结,全面诊断提质增效达标区内排水系统的问题症结,从而为整改与修复设计提供合理依据。

⑤ 整改与修复设计。根据测绘、检测、排查出的雨污混错接、分流不彻底等情况,对污水管道中的雨污错接管、未连通管、封堵管、破损管、倒坡管、超负荷管等进行整改设计;对检测出的缺陷严重的管道进行整改或修复设计,并结合市政道路周

边环境以及缺陷程度采取合理的修复方式。

## 2 提质增效达标区排水设施关键问题分析

根据测绘、检测、排查及水质检测的成果,以提质增效达标区为对象,识别关键问题,如污水直排口、混错接管道、过河管道、沿河管道、高水位管道和渗漏严重管道等,结合评估报告定量分析各类问题的影响程度,为整改与修复设计提供有效依据。

### 2.1 污水直排口

对达标区内污水排水口进行全面梳理,整理出排水口的数量、位置、类别、水量和水质等,并追溯排水口上游,若存在污水直排口,则形成整改问题清单,优先提出合理改造方案,杜绝污水直排现象。调查时应详细记录排水口信息,留存照片和视频资料。通过降低水体水位或排空水体等方法,充分暴露所有排水口后再进行调查,同时复核并完善原有排水口信息。对晴天有水排出的排水口以及设有临时封堵设施的排水口,应从排水口开始,结合测绘和排查成果,由下游到上游进行溯源。

### 2.2 混错接管道

通过测绘、检测及排查结果,对达标区内的排水管道进行全面梳理及分析,构建真实的排水管网拓扑结构,找出达标区内混错接管道,形成整改问题清单,提出改造方案,解决雨污不分现象。

### 2.3 过河管道

由于对过河倒虹管实施内部检测非常困难,因此,需要找到有效的检测方法来判断管道的运行状况,以评估管道的健康情况。可采用ROV搭载声呐检测技术、水密试验法或水质检测比对法确定,具备条件的可以利用2~3种方法分别进行检测,作为各方法校核的依据。

### 2.4 沿河管道

沿河管道埋设较深、距离较长且可能长期处于满水运行状态,因此,需着重检测管道缺陷情况,以评估管道的健康状况。可采用水质检测比对法和CCTV检测技术确定,具备条件的可利用2种方法进行验证,分别作为两种方法校核的依据。

### 2.5 高水位管道

管道高水位运行的原因有设计管径偏小、管道淤堵严重、管道标高衔接偏差、末端泵站前池水位较高、管道缺陷导致的地下水入渗及河水倒灌等<sup>[3-4]</sup>。因此,针对高水位运行的管道,应进行充分

的论证分析,对症下药。可采用水质检测比对法和CCTV检测技术确定,具备条件的可以利用2种方法进行验证,分别作为两种方法校核的依据。

### 2.6 渗漏严重管道

若管道存在破裂、脱节、错口、渗漏等结构性缺陷,则将导致地下水入侵或污水外渗。因此,设计人员需结合达标区内CCTV视频,梳理统计出直接产生渗漏的管道以及破损较为严重的管道<sup>[2]</sup>。

## 3 提质增效达标区“四位一体”项目实践

以镇江市2020年实施的市政排水管道“四位一体”项目某达标区为例,该达标区关键点为过河管道、沿河管道、高水位管道和渗漏严重管道,高水位段为和平路局部段,沿河段为运粮河西岸段和东岸段,过河段为桃园泵站至过粮河东岸沿河管段和运粮河西岸段至东岸沿河管段。

### 3.1 污水直排口

近年来,镇江市积极开展海绵城市及黑臭水体工程,针对城市水环境开展了系统性的治理工作,目前,该建成区运粮河沿线已全面消除污水直排口,同时,结合测绘、检测及排查成果,验证了该达标区不存在污水直排口。

### 3.2 混错接管道

根据测绘、检测及排查成果,该达标区内中山西路市政排水管道存在1处错接,该段污水管道接入雨水管道,导致污水排至头摆渡泵站,从而影响了运粮河水质。结合周边管网拓扑结构,并校核污水管道过水能力是否满足要求,最终,提出封堵错接管道,将上游污水检查井接入就近污水检查井,进而实现雨污分流。错接管道整改方案见图2。

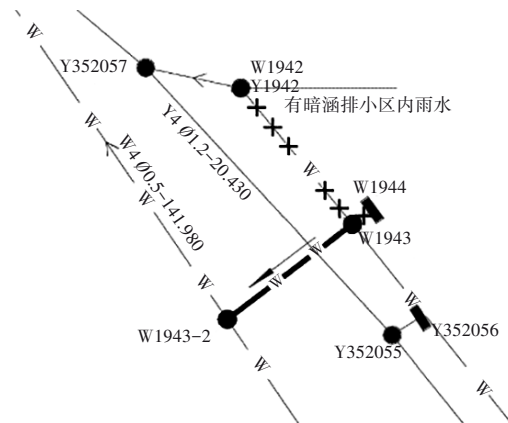


图2 排水管道错接整改方案

Fig.2 Rectification scheme for wrong connection of drainage pipeline



3.3 过河管道

根据测绘、排查成果梳理出该达标区共计两段过河管道,分别位于桃园泵站南侧、新河桥泵站北侧。由于管道为倒虹管形式,利用常规 CCTV 视频检测较为困难,故通过水密试验及水质检测比对两种方法判定过河管道是否存在导致渗漏的结构性缺陷。水密试验的注水高度需综合管道与检查井高差、河道水位合理选取,以确保试验的有效性。本工程注水高度选取 0.3~0.6 m,观察时间为 60 min。

① 桃园泵站南侧处过河管道

a. 水密试验法:对运粮河东岸沿河段上下游检查井进行气囊封堵,并于过河管道内注水至河道水位以上,通过观察 60 min 内检查井和河道水位标高变化来判断过河管道的缺陷情况。水密试验水位标高数据见表 1。可以看出,河道与检查井水位无明显变化,显示该过河管道无结构性缺陷。

表 1 桃园泵站处过河管道水密试验标高数据

Tab.1 Elevation data for water tightness test of river crossing pipeline at Taoyuan pumping station m

项 目	注水前	注水后 30 min	注水后 60 min
河道水位	3.643	3.642	3.643
检查井水位	4.103	4.103	4.104

b. 水质检测比对法:对河道水与管道过河前、后水样进行取样分析,通过水质数据波动来判断过河管道的缺陷情况,采样时考虑时空分布,下游较上游晚 1 min。具体水质检测数据见表 2。结果显示,过河前、后水质指标无明显波动,且与河道水质指标相差较大,显示该过河管道无结构性缺陷。

表 2 桃园泵站处过河管道水质检测数据

Tab.2 Water quality testing data of river crossing pipeline at Taoyuan pumping station  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

采样时间	过河前 COD	过河后 COD	过河前 $\text{NH}_3\text{-N}$	过河后 $\text{NH}_3\text{-N}$	河水 COD	河水 $\text{NH}_3\text{-N}$
10:00—10:01	178	179	27.87	27.85	22	1.15
10:15—10:16	178	177	28.23	28.36	22	1.20
10:30—10:31	176	178	27.55	27.43	22	1.35
10:45—10:46	180	179	28.16	28.23	23	1.05
11:00—11:01	179	178	28.74	28.34	21	1.13

综上所述,两种方法验证桃园泵站南侧处过河管道不存在结构性缺陷。

② 新河桥泵站北侧处过河管道

新河桥泵站北侧处过河管道检测方法同桃园泵站南侧处过河管道,水密试验水位标高数据及水

质检测比对法水质数据分别见表 3、4。

表 3 新河桥泵站处过河管道水密检测标高数据

Tab.3 Elevation data of water tightness test for river crossing pipeline at Xinheqiao pumping station

项 目	注水前	注水后 30 min	注水后 60 min
河道水位	3.618	3.618	3.617
检查井水位	3.945	3.947	3.946

表 4 新河桥泵站处过河管道水质检测数据

Tab.4 Water quality testing data of river crossing pipeline at Xinheqiao pumping station  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$

采样时间	过河前 COD	过河后 COD	过河前 $\text{NH}_3\text{-N}$	过河后 $\text{NH}_3\text{-N}$	河水 COD	河水 $\text{NH}_3\text{-N}$
10:00—10:01	182	182	25.36	25.13	22	1.25
10:15—10:16	185	186	26.33	25.98	23	1.21
10:30—10:31	183	182	25.33	25.31	21	1.15
10:45—10:46	185	186	25.49	25.78	21	1.18
11:00—11:01	184	184	25.99	25.46	22	1.19

综上所述,两种方法同样验证了新河桥泵站北侧处过河管道不存在结构性缺陷。

3.4 沿河管道

达标区内沿河管道共两段,分别为运粮河西岸段和运粮河东岸段,沿河段全线进行 CCTV 检测,以及水质检测。水质监测点位如图 3 所示,水质检测结果分别见表 5、6。通过 CCTV 视频整理出沿线存在的渗漏缺陷,并综合水质数据,可知两段沿河管道缺陷数量和等级呈上升趋势时,水质指标数据呈下降趋势,也验证了运粮河沿岸管道存在渗漏缺陷。

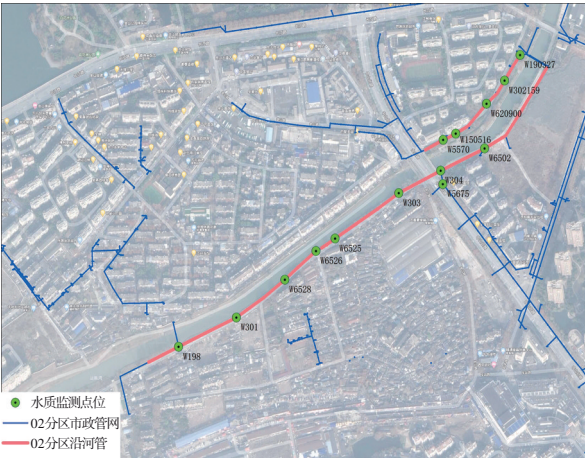


图 3 沿河管道水质监测点分布

Fig.3 Distribution of water quality testing points along the river

表 5 运粮河东岸沿河管道水质检测数据

Tab.5 Water quality testing data of pipeline along the east bank of Yunliang River

mg·L<sup>-1</sup>

检测指标	采样时间	监测点编号及下游缺陷							
		W198	W301	W6528	W6526	W6525	W303	W5675	W6502
		接口材料脱落 2 级缺陷				渗漏 3 级、错口 4 级、接口材料脱落 2 级、破裂 4 级缺陷			
COD	3 月 1 日 12:00	176	181	173	179	182	173	234	145
	3 月 1 日 19:00	201	193	202	186	196	177	188	280
	3 月 2 日 12:00	198	194	192	192	188	169	197	256
	3 月 2 日 19:00	196	203	191	188	185	175	185	132
	3 月 3 日 12:00	182	180	183	183	183	171	179	188
	3 月 3 日 19:00	212	180	183	200	193	163	247	176
NH <sub>3</sub> -N	3 月 1 日 12:00	38.11	35.69	31.32	35.65	30.11	30.11	43.91	33.91
	3 月 1 日 19:00	39.63	37.63	34.23	39.25	29.63	29.63	36.31	43.57
	3 月 2 日 12:00	40.17	38.66	38.12	38.07	38.17	38.17	46.34	45.41
	3 月 2 日 19:00	38.74	37.63	33.70	32.25	28.74	28.74	40.31	34.40
	3 月 3 日 12:00	41.67	33.26	38.63	33.09	31.67	31.67	38.16	29.33
	3 月 3 日 19:00	35.13	34.12	41.42	38.11	28.13	28.13	40.13	35.20

表 6 运粮河西岸沿河管道水质检测数据

Tab.6 Water quality testing data of pipeline along the west bank of Yunliang River

mg·L<sup>-1</sup>

检测指标	采样时间	监测点编号及下游缺陷				
		W5570	W150516	W620900	W302159	W190327
		变形 3 级、变形 2 级×2	变形 3 级、变形 4 级	变形 4 级×2、变形 3 级、错口 4 级、破裂 4 级	变形 4 级×2	
COD	3 月 1 日 12:00	178	177	170	160	155
	3 月 1 日 19:00	248	238	210	180	180
	3 月 2 日 12:00	166	176	176	165	165
	3 月 2 日 19:00	198	186	188	175	183
	3 月 3 日 12:00	196	198	190	180	153
	3 月 3 日 19:00	201	193	185	170	163
NH <sub>3</sub> -N	3 月 1 日 12:00	37.02	28.18	33.23	31.20	31.50
	3 月 1 日 19:00	40.94	33.26	38.79	25.17	27.05
	3 月 2 日 12:00	32.98	40.86	28.07	32.98	33.46
	3 月 2 日 19:00	35.16	32.51	30.12	32.13	23.16
	3 月 3 日 12:00	35.16	39.61	33.19	28.16	26.13
	3 月 3 日 19:00	43.14	36.95	29.90	25.13	26.99

3.5 高水位管道

达标区内高水位管道位于和平路,结合测绘数据发现,该段下游民主街排水管道处于施工区域,管道内存在大量淤堵,由此造成排水不畅而致水位

较高。

3.6 渗漏缺陷管道

结合检测报告以及 CCTV 视频资料,梳理出该达标区的渗漏缺陷,结果见表 7。

表 7 提质增效达标区内渗漏缺陷汇总

Tab.7 Summary of leakage defects in standard area of quality and efficiency improvement

管段编号	管径/mm	管道材质	管长/m	结构性缺陷	备注
W6525 ~ W302	1 000	混凝土管	109	纵向 23 m 处,环向 0912 位置存在 3 级渗漏	运粮河东岸
				纵向 23 m 处,环向 0612 位置存在 4 级错口	
				纵向 23 m 处,环向 1105 位置存在 2 级接口材料脱落	
W629277 ~ W629278	400	铸铁管	10.2	纵向 5.25 m 处,环向 1103 位置存在 3 级破裂	太古山路

### 3.7 评估报告

评估报告需要设计人员统筹测绘、检测、排查成果和水质数据,结合排水户属性,编制可切实为设计方案提供依据的评估报告。报告包含达标区概况(排水户和市政道路属性及周边环境)、检测和排查成果(经数轮复核后成果)、节点水质数据及变化规律初步分析、水质水量平衡终评估,全面诊断达标区内排水系统的关键问题,可作为整改和修复设计方案的依据。

### 3.8 整改与修复

根据测绘、检测、排查报告以及评估报告,进行整改与修复设计,具体方案分别见表8、9。

表8 整改设计方案汇总

Tab.8 Summary of rectification design scheme

序号	管道整改方案	材质	数量	备注
1	开挖新建管道	钢筋混凝土	10 m	污水管道
2	开挖新建管道	球墨铸铁	10 m	污水管道
3	新加检查井	砌块井	4座	
4	封堵雨水口	砖砌+砂浆抹面	15处	
5	封堵管道	砖砌+砂浆抹面	1处	

表9 修复设计方案汇总

Tab.9 Summary of restoration design scheme

序号	管道修复方案	材质	数量	备注
1	新加检查井	砌块井	4座	
2	开挖更换管道	球墨铸铁	376 m	原位
3	开挖新建管道	球墨铸铁	744 m	异位
4	原位局部点状修复(内衬法)		12处	18环
5	原位局部点状修复(注浆+不锈钢双胀环法)		5处	10环

结合评估报告,该达标区在排水户出水COD为240 mg/L的前提下,通过整改与修复工程的实施,末端COD理论上可由现状的194 mg/L提升至218 mg/L,提升约12.3%,满足近期目标。目前,该达标区排水管道整改与修复工程已实施完成,取得了良好效果。

## 4 结语

① 对城镇污水收集设施进行全面而有重点的调查是摸清污水管网家底、厘清污水收集设施问题、推进收集设施提质增效的前提和基础,通过建立城镇污水管网地理信息系统的动态更新机制,实现边排查、边建档、边修复、边更新,提升信息系统

数据的精准度,逐步提升运维、更新改造等动态数据的丰富度,落实周期性检测制度和运行维护长效机制,才能避免城镇排水系统后续的无序建设、日常的低效养护。

② 在城镇污水处理系统提质增效行动中,测绘、检测、排查、整改与修复设计“四位一体”的工作模式是解决污水收集系统低能效的关键,如何统筹、归纳“四位一体”各环节的重点内容是提质增效项目的重中之重。

### 参考文献:

- [1] 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).
- [2] 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).
- [3] 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).
- [4] 胡和平,王绍彪,廖瑜. 污水管网高水位运行原因及对策措施研究[J]. 给水排水,2021,47(2):128-132.  
HU Heping, WANG Shaobiao, LIAO Yu. Research on the causes and solutions for high water level operation of sewage system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2021, 47(2):128-132(in Chinese).

作者简介:白永强(1989-),男,山西朔州人,硕士,工程师,主要从事市政水处理研究和设计工作。

E-mail: baiyq0820@qq.com

收稿日期:2021-06-25

修回日期:2021-07-16

(编辑:丁彩娟)