

基于水质水量沿程分析的污水管网问题识别

张冰倩

[上海市市政工程设计研究总院(集团)有限公司,上海市 200092]

摘要:以安徽省某镇污水系统为例,对污水管网关键节点进行水质水量监测,根据监测数据对管网水质和水量进行沿程变化分析,识别污水管网存在的问题,为该镇污水处理提质增效提供支撑。分析结果表明,该镇市政污水管网COD浓度每千米沿程降低 (85.7 ± 17.5) mg/L,而流量每千米沿程增长 (70.0 ± 46.2) m³/h ($P=0.001$)。部分节点雨天COD浓度较早天下降超40%,节假日污水处理厂进水浓度显著低于工作日。综合水质与水量沿程变化分析及CCTV检测资料,确定了该镇污水管网结构性缺陷及雨污混接问题管段范围。

关键词:城镇污水管网;水质与水量;沿程分析;提质增效

中图分类号: TU992

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2025)06-0197-05

Identification of Problems in Sewer Network Based on Analysis of Water Quality and Quantity along Way

ZHANG Bingqian

[Shanghai Municipal Engineering Design Institute (Group) Co., Ltd., Shanghai 200092, China]

Abstract: Taking the sewage system of a town in Anhui Province as an example, the water quality and quantity at the key nodes of the sewer network are monitored. Based on the monitoring data, the along-way change in the water quality and quantity of sewer network is analyzed to identify the problems existing in the sewer network, which provides the support for improving quality and efficiency of the sewage treatment of this town. The analysis results show that the COD concentration in the municipal sewer network of this town decreases by (85.7 ± 17.5) mg/L per kilometer along the way, while the flow increases by (70.0 ± 46.2) m³/h per kilometer ($P=0.001$). The COD concentrations in some nodes decrease by more than 40% on rainy days compared with that on dry days. The concentration of the influent into the wastewater treatment plant (WWTP) on holidays is significantly lower than that on working days. By synthesizing the along-way change analysis on the water quality and quantity as well as CCTV inspection data, the scope of the pipe sections with structural defects in the sewer network and the problem of mixed connection of rainwater and sewage in this town are determined.

Keywords: town sewer network; water quality and quantity; along-way analysis; quality and efficiency improvement

0 引言

近年来,我国城镇污水收集处理设施建设发展迅速,全国已建污水管网总长约40万km,城镇污水处理率已提高至97%以上^[1]。然而,我国城镇污水系统仍存在一些突出问题,体现在“污水处理率”较高,但“污水集中收集率”普遍较低,即污水处理厂虽然处理了很多污水,但污染物的处理水平并不高^[2]。根本原因之一在于城镇排水管网普遍存在雨污混接、错接及结构性缺陷等问题,导致大量外水(雨水、河水、地下水等)混入污水管网,造成污水处理厂进

水浓度偏低^[3],而大量污染物排入水体。

2019年4月,住房城乡建设部、生态环境部和国家发改委三部委联合发布《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021年)》,要求三年期末城镇污水处理厂进水生化需氧量(BOD₅)浓度不低于100 mg/L,亟需对“问题”管网进行改造和修复。然而,大面积开展管网雨污混接调查及闭路电视(CCTV)检测会耗费大量资金及时间^[4],但对污水管网关键节点进行水质水量监测,分析管道流量及污染物浓度的沿程变化,则可帮助识别水管网存在的主要问题及确定问题管段范围,从而针对性开展污水处理提质增效行动。

安徽省C镇污水处理厂年平均日处理水量约1.3万t/d,进水化学需氧量(COD)平均浓度仅为

收稿日期: 2024-09-10

作者简介: 张冰倩(1993—),女,硕士,工程师,从事市政给排水设计工作。

53 mg/L。本文以C镇污水处理厂服务范围内污水管网为研究对象,委托第三方检测单位对管网的关键节点进行水质水量监测,根据监测数据对管网水质与水量进行沿程变化分析,结合管道CCTV检测资料,判断污水管网存在的问题,为该镇污水处理提质增效提供支撑。

1 污水系统概况

安徽省C镇污水处理厂主要服务全镇域范围,排水体制为雨污分流制,但部分区域仍为雨污合流。现状市政污水管网分别自西向东、自东向西沿两路进水总管进入污水处理厂,管径DN300~DN1 500,管材为HDPE双壁波纹管及钢筋混凝土管,总长约22 km。

C镇污水处理厂位于镇西南角附近,一期工程于2013年完成建设,设计规模1.5万 t/d,采用卡鲁塞尔氧化沟工艺。2021年完成二期扩建工程,扩建后总规模为3万 t/d,采用AAO+高效沉淀池+臭氧氧化+V型滤池工艺。

2 研究方法

2.1 监测指标

监测指标与测定方法见表1。

表1 监测指标与测定方法

序号	监测指标	测定方法	方法来源
1	COD	快速消解分光光度法	《水质 化学需氧量的测定 快速消解分光光度法》(HJ/T 399—2007)
2	流量	多普勒超声波流量计	—

2.2 采样要求

(1)同一污水干管监测点位按照从管网起端至污水处理厂的顺序采样,保持取样时间的一致性。

(2)实际的采样位置应在采样断面的中心。当水深大于1 m时,应在表层下1/4深度处采样;当水深小于或等于1 m时,在水深的1/2处采样。

(3)各点位采样频率每天3次:用水量高峰期间7:00—9:00、17:00—20:00各一次,离峰时间14:00—16:00一次,每次间隔时间宜大于2 h。

(4)同一点位每天采集水样的水质检测分析数据应包括不同时间段独立样品检测和3份水样的混合检测。

(5)旱天水样需要采集两天,采样时间间隔至少一天,且至少有一天为周六或周日。旱天水样采集

必须为降雨后三天。

(6)雨水水样采集的采样频率、点位要求与旱天相同,需要采集一天的雨水水样。

(7)采用多普勒超声波流量计监测流量时,日污水流量宜采用连续监测。

2.3 监测点位

监测点位主要布置在市政管网的干管交汇点及支管接入点(居住小区、工业企业等接入市政管网的前一个检查井)。此外,居住小区内部管网各选取2栋楼出户污水管监测水质数据。

3 结果与分析

3.1 水质水量监测结果

C镇污水系统关键节点水质水量监测结果见表2,其中B、F、Q三个点位因流量计现场安装条件不足未检测流量数据。

水质采用当天3次采样的混合样的检测数据,其中A节点在工作日检测的COD浓度超过1 600 mg/L,可能水样采集时取到了下部沉积物,为异常数据,后续分析中予以剔除。水量采用日平均流量,本次节点流量采用超声波流量计在线连续监测,取采样时间段内流量数据计算平均值。部分节点连续监测流量均为0,可能由于监测设备挂住垃圾等原因导致未测到有效数据。

3.2 水质水量沿程变化分析

将C镇污水管网分解为4条主线,分别是污水主线A-B-C-D、E-F-G-H、I-J-K-L-M-N-O-P、Q-R-S-T,分别对4条污水主线进行水质水量沿程变化分析。

3.2.1 主线A-B-C-D

污水主线A-B-C-D水质水量沿程变化如图1所示,管道内水质COD浓度沿程下降,而水量呈上升趋势。节点A为居住小区出口,旱天节假日COD浓度达454 mg/L,而下游市政管网COD浓度不足150 mg/L。市政管段C-D长1 136 m,COD浓度在旱天工作日每千米沿程降低71.6 mg/L,流量每千米沿程增长30.3 m³/h。这说明该管段可能存在一定结构性缺陷,导致外水混入,降低了管内污水COD浓度。结合CCTV检测资料(见图2),该污水管段存在多处1~4级渗漏缺陷,亟须修复。

此外,主线A-B-C-D水质浓度在雨天均低于旱天,而水量明显高于旱天。以节点C为例,该节点雨天工作日COD浓度比旱天工作日下降67.6%,而流

表2 污水管网关键节点水质水量监测数据

节点编号	旱天工作日		雨天工作日		旱天节假日	
	COD/(mg·L ⁻¹)	流量/(m ³ ·h ⁻¹)	COD/(mg·L ⁻¹)	流量/(m ³ ·h ⁻¹)	COD/(mg·L ⁻¹)	流量/(m ³ ·h ⁻¹)
A*	1 660.0	0	1 600.0	0	454.0	0
B	121.0	—	65.2	—	138.0	—
C	170.0	43.20	55.1	69.80	136.0	41.80
D	88.6	77.60	53.3	118.90	130.0	55.10
E*	297.0	0	46.2	0	268.0	0
F	132.0	—	115.0	—	161.0	—
G	123.0	13.70	64.4	37.20	66.0	21.50
H	42.4	94.40	53.8	98.40	93.7	103.10
I	389.0	1.32	64.6	7.24	75.4	4.44
J	92.5	22.50	54.0	51.50	83.8	34.20
K	109.0	5.42	45.9	51.60	105.0	24.70
K-1	147.0	70.30	54.4	64.20	63.4	0.07
K-2*	159.0	0	65.5	0	222.0	0
L	232.0	23.20	157.0	27.10	43.1	0.73
M	170.0	92.90	158.0	91.90	66.0	23.60
N	132.0	133.40	96.7	94.30	147.0	60.30
O*	35.5	0	52.3	0	83.8	0
P*	111.0	5.27	76.9	2.30	74.6	0
Q	121.0	—	46.2	—	36.3	—
R	92.1	36.00	85.3	28.20	24.5	2.47
S	26.6	24.70	75.1	19.40	77.4	2.56
T	114.0	15.80	87.3	11.80	65.2	10.10

注:1. 本表未包含小区内部楼栋出水节点水质监测数据;
2. *表示部分节点连续监测流量均为0,可能由于监测设备挂住垃圾等原因导致未测到有效数据。

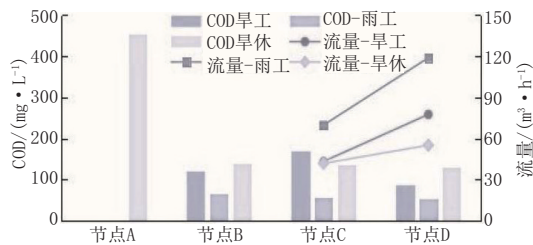


图1 污水主线A-B-C-D水质水量沿程变化图



图2 污水管段C-D CCTV检测照片

量较旱天增长61.6%,表明该节点上游排水管网可能存在雨污混接或合流问题,建议尽快开展雨污混接调查及改造工作。

3.2.2 主线E-F-G-H

污水主线E-F-G-H水质水量沿程变化如图3所示。起端节点E(居住小区出口)在旱天工作日及节假日的COD浓度分别为297、268 mg/L,而下游市政

管网节点H分别仅为35.5、83.8 mg/L。市政管段G-H长785 m,COD浓度在旱天工作日每千米沿程降低达102 mg/L,流量每千米沿程增长76.9 m³/h,说明该段管道极有可能存在较多缺陷,导致大量外水混入。结合CCTV检测资料(见图4),该污水管段存在多处渗漏、破裂等缺陷,亟需修复。

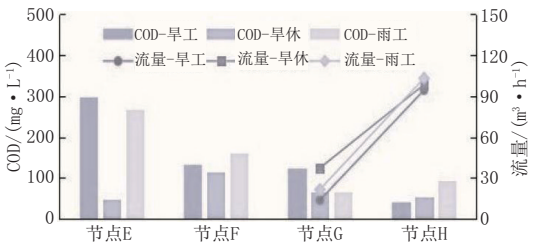


图3 污水主线E-F-G-H水质水量沿程变化图



图4 污水管段G-H CCTV检测照片

节点E雨天COD浓度下降至50 mg/L以下,其余节点雨天COD浓度与旱天差别不大。根据节点E所属居住小区内两栋居民楼出户污水管监测水质数据,出户污水浓度在雨天分别从旱天的208、573 mg/L下降至43.2、44.4 mg/L,下降率高达79.2%~97.3%,说明该小区内极可能存在较为严重的雨水立管混接进入污水管问题。

3.2.3 主线I-J-K-L-M-N-O-P

污水主线I-J-K-L-M-N-O-P水质水量沿程变化如图5所示。旱天工作日管道内污水COD浓度总体沿程下降,从起端的389 mg/L(节点I)下降至末端进厂前的111 mg/L(节点P)。COD浓度在节点L处有较明显上升,可能因为市政管段K-L两侧多为印染企业,排水水量及污染物浓度均较高。节点K-1(织造漂染公司)在旱天工作日平均水量达70.4 m³/h, COD浓度为147 mg/L。节点M处COD浓度较上游节点L处有所下降,而流量从23.2 m³/h增长至92.9 m³/h,每千米沿程增长115.5 m³/h,说明污水管段L-M管道可能存在一定缺陷,导致地下水、农田水等外水渗入。COD浓度在管段M-O沿程下降,一方面由于干管C-D、G-H汇入M-O主干管的污水COD浓度较低,另一方面可能与M-O主干管自身结构性缺陷有关。

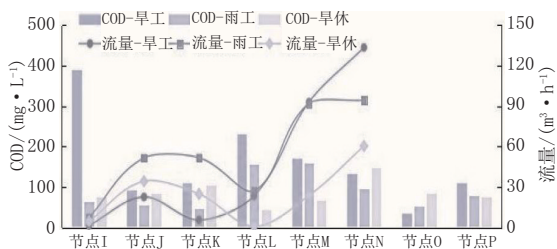


图5 污水主线I-J-K-L-M-N-O-P水质水量沿程变化图

主线I-J-K-L-M-N-O-P污水COD浓度在雨天沿程变化趋势与旱天大致相似,但整体浓度基本均低于旱天,水量较旱天也有一定增长。节点J雨天COD浓度较旱天下降41.6%,而流量增长129%。根据前期物探资料,节点J上游存在部分市政合流管直接汇入污水系统排往污水处理厂的情况,雨天雨水进入污水收集系统,降低进厂污水浓度,建议尽快进行市政雨污分流工作,并同步开展雨污混接调查及改造工作。此外,节点K-2(居住小区)COD浓度在雨天仅为65.5 mg/L,远低于旱天的159 mg/L,而小区内出户污水浓度较旱天变化不大,均大于150 mg/L,说明小区内部管网同样存在雨污合流/混接问题。

节假日管道内污水COD浓度沿程变化趋势与工

作日有一定区别。节点L节假日COD浓度及水量相比于工作日均显著较低,仅为工作日的18.6%。这主要由于管段K-L两侧多为工业企业,而节假日企业排水量下降,节点K-1(织造漂染公司)在节假日流量仅为0.07 m³/h。市政管段K-L在节假日沿程COD浓度每千米下降91.0 mg/L,说明污水管段K-L可能存在渗漏等缺陷,导致外水混入,影响管道内污水浓度。结合CCTV检测视频及报告等资料(见图6),K-L管段存在多处3、4级渗漏,检查井也存在井壁渗漏等缺陷,建议尽快实施修复。

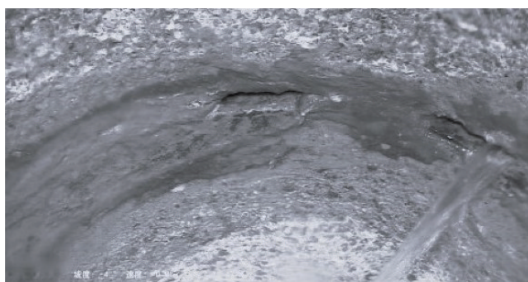


图6 污水管段K-L CCTV检测照片

3.2.4 主线Q-R-S-T

污水主线Q-R-S-T水质水量沿程变化如图7所示。旱天工作日市政管段R-S内污水COD浓度每千米沿程下降78.0 mg/L,说明该段管道可能存在一定缺陷。节假日管道内COD浓度及水量均较工作日显著下降,可能因为该管段两侧主要为工业企业,节假日排水量大幅减少。

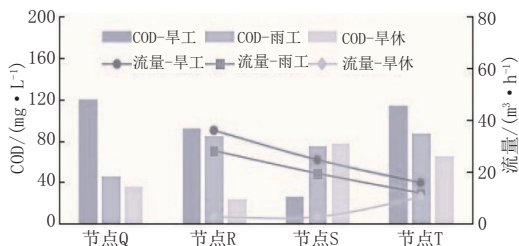


图7 污水主线Q-R-S-T水质水量沿程变化图

C镇污水处理厂两路进厂总管进厂前COD浓度(节点P、节点T)在节假日均低于工作日,分别从111、114 mg/L降低至74.6、65.2 mg/L,说明该镇进厂COD浓度受工业企业排放污水影响较大,当节假日工业企业排水量下降时,进厂COD浓度下降较明显。

4 结 语

(1)城镇污水管网庞大而复杂,大面积开展管网雨污混接调查及CCTV检测会耗费大量资金及时间,采用管网水质水量沿程变化分析方法可以有效确定问题管段范围,针对性开展污水处理提质增效行动。

(2) C 镇市政污水管网 COD 浓度每千米沿程降低 (85.7 ± 17.5) mg/L, 而流量每千米沿程增长 (70.0 ± 46.2) m³/h ($P = 0.001$)。结合 CCTV 检测视频资料, 管段 C-D、G-H、K-L、R-S 污水管道存在渗漏、破裂等结构性缺陷, 导致地下水、农田水等外水渗入, 影响管网内污水浓度, 建议尽快开展管网修复工作。

(3) C 镇污水干管内雨天 COD 浓度总体低于旱天。节点 J 雨天 COD 浓度较旱天下降 41.6%, 而流量增长 128.7%; 节点 C 雨天 COD 浓度比旱天下降 66.6%, 而流量增长 61.6%。这表明该两处节点上游排水管网极有可能存在雨污混接或合流问题, 建议尽快开展雨污混接调查及改造工作。

(4) 居住小区出水节点 COD 浓度雨天较旱天有较大幅度下降, 说明小区内部存在雨污合流/混接问题。源头雨污分流/混接改造工作通常是污水处理

提质增效的重点难点, 源头雨污混接问题不解决, 污水进厂浓度难以根本性提升, 建议逐步对住宅小区、企事业单位、沿街商铺等开展雨污分流及混接改造工作。

(5) C 镇工业区污水管道及污水处理厂进水 COD 浓度及流量在节假日均小于工作日, 说明该镇进厂 COD 浓度受工业企业排放污水影响较大, 当节假日工业企业排水量下降时, 进厂 COD 浓度下降较明显。

参考文献:

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 中国城乡建设统计年鉴 (2020)[M]. 北京: 中国统计出版社, 2021.
[2] 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, 24(35): 1-6.
[3] 刘战广, 谭学军, 陈嫣. 基于水量分析和节点监测的城镇污水管网评估诊断[J]. 中国给水排水, 2021, 37(17): 32-37.
[4] 徐祖信, 王诗婧, 尹海龙, 等. 基于节点水质监测的污水管网破损位置判定方法[J]. 中国环境科学, 2016, 36(12): 3678-3685.

(上接第 182 页)

院, 2012.
[8] 上海市水利工程设计研究院. 崇明环岛运河河南河中段(三沙洪~小漾港)整治工程施工图图集[M]. 上海: 上海市水利工程设计研究院, 2008.
[9] 河海大学设计研究院有限公司. 崇明区奚家港(前哨闸河~北横引河)河道整治工程可行性研究报告(含初步设计)[R]. 南京: 河海大学设计研究院有限公司, 2022.
[10] 长江勘测规划设计研究有限责任公司. 崇明区相见港(南横引河~草港公路)河道整治工程可行性研究报告(含初步设计)[R]. 武汉: 长江勘测规划设计研究有限责任公司, 2024.
[11] 上海友为工程设计有限公司. 崇明环岛运河南横引河东段(小漾港~北陈路)河道整治工程初步设计报告[R]. 上海: 上海友为工程设计有限公司, 2015.
[12] 上海市水利工程设计研究院. 崇明县通瀛河(涨水洪~瀛湖路)河道整治工程施工图图集[M]. 上海: 上海市水利工程设计研究院, 2015.
[13] 上海勘测设计研究院有限公司. 崇明明珠湖区域南横引河河道整治工程施工图图集[M]. 上海: 上海勘测设计研究院有限公司, 2017.
[14] 长江勘测规划设计研究有限责任公司. 崇明区四激港河道综合治理工程初步设计报告[R]. 武汉: 长江勘测规划设计研究有限责
任公司, 2021.
[15] 上海友为工程设计有限公司. 崇明区界河(环岛运河北河~界河北闸)整治工程初步设计报告[R]. 上海: 上海友为工程设计有限公司, 2021.
[16] 上海嘉定水务工程设计有限公司. 崇明区太平竖河(南大堤~盘船洪)河道综合治理工程(一期)初步设计报告[R]. 上海: 上海嘉定水务工程设计有限公司, 2022.
[17] 上海宝川水利设计有限公司. 崇明区小漾港河道疏浚那个可行性研究报告(含初步设计)[R]. 上海: 上海宝川水利设计有限公司, 2022.
[18] 中土大地国际建筑设计有限公司. 崇明区仓房港(南横引河~新海三星镇界)河道整治工程可行性研究报告(含初步设计)[R]. 石家庄: 中土大地国际建筑设计有限公司, 2024.
[19] 上海市崇明区人民政府, 上海市规划和国土资源管理局. 上海市崇明区总体规划暨土地利用总体规划(2017-2035): 沪府[2018] 40 号[EB/OL]. (2018-05-11)[2025-01-10]. <https://www.shcm.gov.cn/zjcm/ztgh/mobile/index.html#p=8>.
[20] 上海市水务局, 上海市财政局. 上海市河道整治工程项目和资金管理办法: 沪水务[2024] 161 号[EB/OL]. (2024-04-08)[2025-01-10]. <https://hyj.sh.gov.cn/zcwj/20211103/1c93273c58854a98bfd59bc269c30d29.html>.