

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2022.16.003

污水系统提质增效对策研究:以H岛污水系统为例

凌耀忠^{1,2}, 胡和平^{1,2}, 万晶晶^{1,2}, 廖瑜³

(1. 中水珠江规划勘测设计有限公司, 广东 广州 510610; 2. 水利部珠江水利委员会水生生态工程中心, 广东 广州 510610; 3. 广东珠荣工程设计有限公司, 广东 广州 510610)

摘要: H岛位于华南滨海地区,现状排水体制为截流式合流制,岛上污水管网密度约为2.7 km/km²,已建截流井64座。H岛污水管网水位位于管顶以上4.33~5.19 m,比正常运行水位偏高4.58~5.46 m,管网水位与潮位关系密切;污水处理厂进水COD为108.8~138.7 mg/L, BOD₅为49.2~63.2 mg/L,污水实际收集处理率仅为50%,污水系统效能低下。通过查阅资料及现场复核,分析了造成污水系统效能低下的原因,并提出了挤外水、强养护等针对性解决措施。

关键词: 污水系统; 高水位; 提质增效

中图分类号: TU992 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-4602(2022)16-0024-05

Study on Solutions for Quality and Efficiency Improvement of Wastewater System—Taking H Island Wastewater System as an Example

LING Yao-zhong^{1,2}, HU He-ping^{1,2}, WAN Jing-jing^{1,2}, LIAO Yu³

(1. China Water Resources Pearl River Planning Surveying & Designing Co. Ltd., Guangzhou 510610, China; 2. Aquatic Ecological Engineering Center, Pearl River Water Resources Commission of the Ministry of Water Resources, Guangzhou 510610, China; 3. Guangdong Zhurong Architecture & Engineering Design Co. Ltd., Guangzhou 510610, China)

Abstract: Island H is located in the coastal area of South China. The current wastewater system is an interception combined system. The density of the wastewater system in the island is about 2.7 km/km², and 64 interception wells have been built. The water level of the H island wastewater system is 4.33–5.19 m above the pipe top, which is 4.58–5.46 m higher than the normal operating water level. And the water level of the wastewater system is closely related to the tide level. The COD concentration of the wastewater treatment plant is 108.8–138.7 mg/L, and the BOD₅ concentration is 49.2–63.2 mg/L. The actual wastewater collection and treatment efficiency is only 50%. And the wastewater system quality and treatment efficiency should be upgraded. Through the data review and on-site check, the causes for the low quality and efficiency of the wastewater system were analyzed, and the corresponded solutions such as squeezing extraneous water and strengthening maintenance of wastewater system were proposed.

Key words: wastewater system; high water level; quality and efficiency improvement

基金项目: 中水珠江规划勘测设计有限公司研究项目(201903)

通信作者: 胡和平 E-mail: hhp023@163.com

1 项目概况

1.1 区域概况

某海岛(H岛)污水系统是某市已建的30多个污水系统之一,始建于2005年。H岛面积约18 km²,分布有4个社区,常住人口约2.8万人,土地开发利用强度较低。H岛位于滨海感潮区域,多年平均高潮位约1.4 m(85高程,下同),多年平均平潮位约0.75 m,多年平均低潮位约0.1 m。

由于高速公路的阻隔,北部3个社区污(废)水排入H岛污水处理厂进行处理,南部1个社区污(废)水近期采用分散式净水站处理,远期排入H岛污水处理厂集中处理。北部3个社区面积约11 km²,2016年—2018年日均用水量(0.79~0.84)×10⁴ m³/d,平均0.82×10⁴ m³/d。产污系数按0.85计,地下水入渗量按10%考虑,则2016年—2018年污水量为(0.73~0.89)×10⁴ m³/d,平均0.76×10⁴ m³/d。

1.2 污水系统概况

① 污水处理厂

污水处理厂位于H岛西北侧,规划占地8 hm²,总规模为7×10⁴ m³/d,计划分期建设,已建规模1×10⁴ m³/d,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标准及广东省地标《水污染物排放限值》(DB 44/26—2001)的较严值。

② 污水管网

H岛污水处理厂建设过程中,配套建设了污水干管,总长约8.8 km,近几年又陆续建设了约5.0 km污水次支管网,已建在建污水管网总长度约13.8 km。建成区面积约5.1 km²,现状污水管网密度约2.7 km/km²,已建在建截流井64座,采用鸭嘴阀防止地表水倒灌。

2 存在问题及原因分析

2.1 存在问题

① 污水管网高水位运行

项目启动以后,收集了相关技术资料,并组织技术力量对岛内污水系统运行工况进行了检测。污水管顶高程-4.00 m,典型月管网水位0.33~1.19 m,平均0.89 m,管网水位位于管顶以上4.33~5.19 m,月内水位变幅0.86 m。管网平均水位(0.89 m)略高于区域平均潮位(0.75 m),基本处于同一水平。典型日管网水位-1.12~1.67 m,管网水位位于

管顶以上2.88~5.67 m,平均4.79 m,典型日内水位变幅2.79 m。检测还发现,管网水位与河道潮位过程关系密切,潮位高时,管网水位高,反之亦然,随着潮位显著降低,管网水位也显著下降。

根据《室外排水设计规范》(GB 50014—2006,2016年版),DN1 000污水管道最大充满度为0.75。污水管网实际运行水位比正常运行水位偏高4.58~5.46 m,平均为5.16 m,处于高水位运行状况。

② 污水处理厂进水污染物浓度低

H岛污水处理厂2017年—2019年运行负荷和进水水质见表1。由表1可知,2017年—2019年污水处理厂负荷率为114%~124%,处于满负荷运行状态;进水污染物浓度低,COD平均为108.8~138.7 mg/L,BOD₅平均为49.2~63.2 mg/L。

表1 污水处理厂运行工况

Tab.1 Operating conditions of wastewater treatment plant

项目	负荷率/%	COD/(mg·L ⁻¹)	BOD ₅ /(mg·L ⁻¹)	SS/(mg·L ⁻¹)	NH ₃ -N/(mg·L ⁻¹)	TN/(mg·L ⁻¹)	TP/(mg·L ⁻¹)
2017年进水	124	138.7	63.2	92.8	19.9	24.7	2.2
2018年进水	116	137.2	62.0	96.3	19.4	24.4	2.3
2019年进水	114	108.8	49.2	91.2	14.8	19.3	2.4

近年来,国家有关部门先后多次发文,要求完善污水系统、提升污水系统效能。《城市黑臭水体整治——排水口、管道及检查井治理技术指南(试行)》(建城函[2016]198号)要求提升污水处理效益,减少污水外渗,排水管道敷设在地下水水位以下的地区,城市污水处理厂旱天进水COD浓度不低于260 mg/L。《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019—2021)》(建城[2019]52号)要求推进生活污水收集处理设施改造和建设,全面提升现有设施效能,城市污水处理厂进水BOD₅浓度低于100 mg/L的,要围绕服务片区管网制定“一厂一策”系统化整治方案,明确整治目标和措施。

2017年—2019年,H岛污水处理厂COD浓度仅为建城函[2016]198号规定最低浓度的42%~53%,BOD₅浓度仅为建城[2019]52号规定最低浓度的49%~63%,污水处理厂运行效能低下,实际的污水

收集处理率仅为50%左右。

③ 地表水环境质量差

由于污水管网密度低,污水系统效能低,污水有效收集率低,污水直排现象普遍,导致区域内河道水环境质量差,影响市民生产生活。

2.2 原因分析

2016年—2018年,污水厂服务范围的污水量为 $(0.73\sim 0.89)\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,平均 $0.76\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,污水处理能力 $1.0\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,大于污水处理需求,不存在污水处理能力不足的问题。结合管网水位及污水处理厂进厂浓度,导致污水处理厂效能低下的原因主要有河(海)水倒灌、外水入侵和地下水入渗等。

① 河(海)水倒灌

污水厂服务范围内已建在建污水管总长约13.8 km,管网密度约 $2.7\text{ km}/\text{km}^2$,管网密度较低,存在大量污水管网空白区。由于管网密度低,为了解决污水直排入河的问题,现状排水体制普遍采用截流式合流制,期望通过在入河排污口末端建设截流井,将旱季污水截流排入污水管网,最终输送到污水处理厂处理。污水厂服务范围内已建在建截流井64座,采用鸭嘴阀或拍门等防倒灌设施。截流井特性见表2。

表2 截流井特性

Tab.2 Characteristics of interception well

项 目	溢流口底高程/m	数量/座	占比/%
槽式截流井	≤ 0.1	8	13
槽式截流井	0.1~0.75	13	20
槽式截流井	0.75~1.4	23	36
槽式截流井	≥ 1.4	20	31

区域多年平均高潮位1.4 m,多年平均平潮位0.75 m,多年平均低潮位0.1 m。由表2可知,污水处理厂服务范围已建在建64座截流井中,有8座截流井溢流口底高程低于0.1 m,基本上常年淹没在水面下;有21座截流井溢流口底高程低于0.75 m,平均每天有12 h淹没在水面下;有23座截流井溢流口底高程介于0.75~1.4 m,会不定期淹没在水面下;整体而言,近69%的截流井存在河(海)水倒灌风险。河(海)水倒灌会降低污水处理厂的进水污染物浓度,导致污水处理厂运行效能低下。同时由于管网水位高,所有溢流口高程低于管网水位的截流井都将失去截流污水的功能,污水溢流入河,污染河道水环境^[1]。除此之外,区域地表水中氯离子

含量高,对污水处理厂设备有腐蚀性^[2],对污水处理厂活性污泥的活性也有影响^[3]。

另外,岛内已建在建污水管管径DN400~DN1 000,管道埋深1.5~8.1 m,经初步测算,污水管道及检查井总容积约6 000 m³。河道涨潮过程中进入污水系统的河水不仅直接进入污水处理厂,部分还存储于污水系统内部,处理存储于污水系统的河水约需1.4 d,而区域潮汐属于典型的半日潮,储存于污水系统的河水尚未处理完,又进入下一次涨潮过程,污水管道及检查井再次被灌满,这也是污水管网一直处于高水位运行的重要原因之一。

② 外水入侵

由于管网密度低,H岛内市政道路普遍只存在一套合流排水系统,清污混流,为了消除排污口,在入河排污口附近或者暗渠出口处建设截流井。因为清污混流,不属于污水范畴的清水也经合流系统排放,如雨水、山溪(泉)沟(渠)水、施工降水或基坑降水、漏损的自来水、渗入合流管网的地下水等,全部被截流井截流至污水系统,增加了“污水量”。

国内的污水处理厂都是按旱季规模进行设计,按雨季规模进行校核(总变化系数一般取1.3)。运行管理过程中,运维管理单位也一般按旱季规模进行调度,很少按雨季规模进行调度。这是部分城市甚至不允许按雨季规模进行调度,因为我国污水处理厂进水污染物浓度普遍较低,按雨季规模调度会大幅增加运行费用,但获得的环境效益却极其有限。

一方面,外水进入污水管网系统,增加了“污水量”,另一方面,污水系统末端的污水处理厂在设计阶段就没有考虑这部分外水,运行管理单位也不允许按雨季规模运行来处理这部分外水,所以外水进入污水系统增加的“污水量”得不到消纳,导致污水管网高水位、污水处理厂低效能运行。

③ 地下水入渗

污水厂服务范围内污水管埋深1.5~8.1 m,稳定地下水埋深约1.5 m,污水管全部敷设于地下水位以下,地下水可通过管道与管道之间、管道与检查井之间的脱节、错口、破裂、异物穿入等结构性缺陷,直接进入污水收集系统,也会增加“污水量”。

3 对策研究

3.1 加快污水管网建设,补齐污水系统短板

近年来,H岛所在的市级政府大力推进污水管网建设,市内部分镇街管网密度接近 $8.0\text{ km}/\text{km}^2$,广

州市污水管网密度目标为 10.0 km/km^2 ,而H岛已建在建污水管网密度仅为 2.7 km/km^2 ,管网密度处于较低水平,污水管网建设欠账较多,存在大量污水管网空白区。

为此,拟加大污水管网建设力度,计划在H岛新增污水管 21.22 km ,实现市政道路(路宽 6 m 以上)污水管网全覆盖,消除污水收集空白区,补齐污水管网等设施短板。新增污水管建成后,H岛污水管网密度将达到 6.82 km/km^2 ,为源头雨污分流及现况截流井的改造创造基本条件。

3.2 推进源头雨污分流工作,减少污水量

H岛污水管网密度处于较低水平,存在大量污水管网空白区,普遍采用末端截流的方式解决污水直排入河的问题,建设了64座截流井。H岛位于滨海地区,地势较低,河道水位受潮汐影响周期性变化,存在较为突出的地表水倒灌问题,导致污水处理厂进水污染物浓度降低,污水系统效能低。

为此,在推进污水管网建设的同时,应同步推进雨污分流工作,满足雨污分流条件的区域应分尽分,通过源头雨污分流工作,取消倒灌风险大的截流井,防止地表水倒灌,减少进入污水系统的外水,提升污水厂的进水污染物浓度,改善污水厂效能。

3.3 控制截流井增量,减少截流井存量

根据相关工程及雨污水管网摸查实践,地表水倒灌是污水管网高水位运行的主要原因,而地表水倒灌主要是通过截流井进入污水系统,尤其是一些滨海城市,地势低,河道水位受潮汐影响周期性变化,地表水通过截流井进入污水系统,导致污水管网高水位运行的风险尤为突出。

为此,应尽量通过源头雨污分流控制截流井增量,已经实施雨污分流的区域,存量截流井应及时封堵取消,减少截流井存量,杜绝地表水倒灌,减少进入污水系统的外水,降低污水管网水位,提升污水处理厂效能。

3.4 改造截流井,降低地表水倒灌风险

为了防止地表水倒灌,现有的截流式合流制中普遍采用鸭嘴阀或拍门作为防倒灌设施。通过雨污分流可控制截流井增量,并减少截流井存量。由于雨污分流工作受多种因素影响,实施难度大、周期长,彻底实现雨污分流也不现实,部分区域必然还需保持雨污合流的排水体制,部分现况截流井需要予以保留,但截流井倒灌对污水系统效能影响又

非常大,甚至是致命的影响。在合流制排水系统中,截污管管径通常为 $\text{DN}300\sim\text{DN}400$,以 $\text{DN}300$ 为例,满管过流能力为 $4600 \text{ m}^3/\text{d}$ (坡度取 0.003),即使考虑本区域半日潮的特征,倒灌时间按 12 h 计,一座截流井倒灌就会导致 $2300 \text{ m}^3/\text{d}$ 的外水进入污水系统,而H岛污水处理厂现状已建规模仅 $1.0\times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$,4座截流井倒灌就会挤占完污水系统的空间,因此截流井倒灌对H岛污水系统效能的影响尤为明显。

针对这些需要保留的截流井,可考虑将截流井上移至雨污合流地块附近,也可以考虑将截流井结构由槽式改为堰式,提高溢流口高程,降低地表水倒灌风险,或者将拍门、鸭嘴阀等防倒灌设施,改造为闸门或下开式堰门等防倒灌效果较好的防倒灌设施^[4],以减少进入污水系统的外水,提高污水处理厂效能。截流井改造方案分别见图1~3。

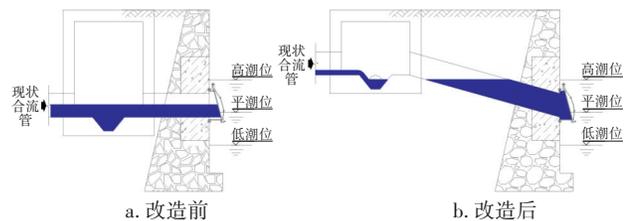


图1 截流井改造方案(上移)

Fig.1 Interception well reconstruction scheme (moving up)

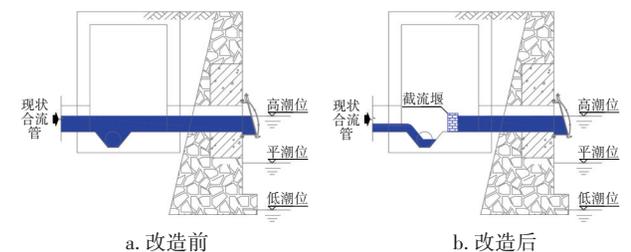


图2 截流井改造方案(截流堰)

Fig.2 Interception well reconstruction scheme (interception weir)

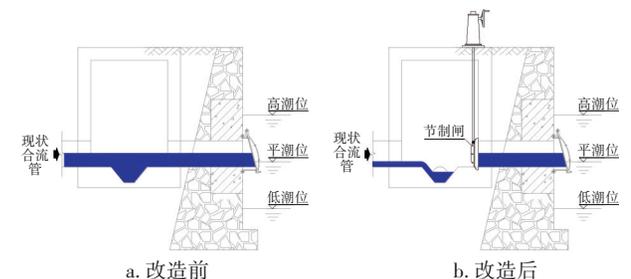


图3 截流井改造方案(节制闸)

Fig.3 Interception well reconstruction scheme (sluice gate)

3.5 高水高排,清污分流

工程实践表明,通过实施清污分流,整治合流渠箱,杜绝山泉水进入、河湖水倒灌,实现源头污水减量、河道减污,污水处理厂进水浓度提升40%以上^[5]。H岛中间山体地势高,植被茂盛,基本处于未开发状态,四周地势低,土地开发利用程度较高。根据H岛地形及土地开发利用特点,在山地边缘建设截洪沟,将雨水及山水截流至山水通道,与建成区的污水剥离,清污分流,让清水入河,污水入厂,提升污水处理厂效能。

3.6 创新管理体制,加强污水系统养护

排水系统是现代城市的重要基础设施,是城市的血脉,其结构稳固和功能保障是城市排水安全的重要保证,排水系统维护管养不善,将严重影响排水系统稳定可靠运行。

为此,应该加大排水系统养护投入,落实养护资金,建立立足本地、人员稳定的专业化队伍,建立常态化建设管养机制,加强排水系统维护管养工作,提高管道养护水平。另外,国家层面积极倡导“厂-网一体化”“厂-网-河(湖)一体化”、运营服务费与污水处理厂效能挂钩的按效付费机制,H岛污水系统是一座完全独立的系统,岛内地表水环境质量直接受污水系统影响,先行示范试点条件优良,建议通过运维管理体制创新,倒逼污水处理设施运行维护管理水平提升。

4 结语

污水处理厂进水污染物浓度低,污水系统效能低,根本原因是污水系统不完善造成的,应通过详细的内业评估和外业复核工作,对污水系统进行详细的排查,查明造成污水系统效能低下的具体原因。在此基础上,采取针对性的措施,减少进入污水系统的外水量,提高污水处理厂进水污染物浓度,提升污水系统效能。

另外,滨海城镇一般地势较低,合流制排水系统容易发生地表水倒灌,导致污水空间被外水挤占,清水入管,污水入河,污水系统效能难以提高,城市水环境难以得到改善。从系统稳定性和安全性方面考虑,分流制是一个更为妥当的选择。

参考文献:

- [1] 胡和平,马卓萃,谢海旗,等. 管网水位非正常工况下的截污纳管方案探讨[J]. 中国给水排水,2019,35(16):16-19.
HU Heping, MA Zhuoluo, XIE Haiqi, *et al.* Discussion on the scheme of sewage interception pipe under abnormal working condition of pipe network water level [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(16): 16-19 (in Chinese).
- [2] 房安富. 城市污水高氯离子环境下曝气系统的技术改造措施[J]. 中国给水排水,2019,35(20):110-113.
FANG Anfu. Technical renovation measures of aeration system in high chloride ion environment of urban sewage [J]. China Water & Wastewater, 2019, 35(20): 110-113 (in Chinese).
- [3] 王静,张雨山,徐梅生. 海水盐度对完全混合活性污泥法氨氮去除率的影响研究[J]. 工业水处理,2000,20(4):18-19.
WANG Jing, ZHANG Yushan, XU Meisheng. Effects of varying salinity on the removal efficiency of NH₃-N in the complete-mixing activated sludge process [J]. Industrial Water Treatment, 2000, 20(4): 18-19 (in Chinese).
- [4] 胡和平,陈德业,闫超,等. 污水管网高水位运行工况下的截污方案探讨[J]. 给水排水,2019,45(4):50-55.
HU Heping, CHEN Deyue, YAN Chao, *et al.* Discussion on sewage interception under high water level operating condition of sewage system [J]. Water & Wastewater Engineering, 2019, 45(4): 50-55 (in Chinese).
- [5] 裯倩红,刘罡,朱文玲. 广州:清污分离 提质增效[J]. 城乡建设,2019(12):10-12.
XUAN Qianhong, LIU Gang, ZHU Wenling. Guangzhou: clean and wastewater separation, quality and efficiency improvement [J]. Urban and Rural Development, 2019(12): 10-12 (in Chinese).

作者简介:凌耀忠(1964—),男,广东平远人,大学本科,高级工程师,主要从事涉水工程的规划设计工作。

E-mail:7486154@qq.com

收稿日期:2020-02-06

修回日期:2020-02-16

(编辑:丁彩娟)