

DOI:10.19853/j.zgjsps.1000-4602.2021.02.014

# 珠海市横琴新区污水系统病害分析及提质增效思路

陈泽鑫, 邹秋云, 江璟航, 苏勇豪  
(珠海供排水管网有限公司, 广东 珠海 519000)

**摘要:** 珠海横琴新区污水系统存在严重的病害问题,三大主干管存在至少 1 127 处病害,第一阶段水质监测结果表明,横琴总泵站的总氮浓度偏低,平均值仅为 14.8 mg/L,且氯化物及硬度已基本与外水浓度相当,说明外水进入污水系统问题十分严重。横琴新区要做到有效达到污水处理提质增效的目标,需要认清问题所在,不能仅仅关注管道病害修复,还需要政企协同发力,从源头、过程、末端系统地考虑治理方案,并辅以水质监测工作有效监控系统治理的效果,以指导实际治理工作。

**关键词:** 污水系统; 提质增效; 总氮

**中图分类号:** TU992 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2021)02-0078-07

## Analysis of Sewage System Problems in Hengqin New Area of Zhuhai City and Ideas of Improving Quality and Efficiency

CHEN Ze-xin, ZOU Qiu-yun, JIANG Jing-hang, SU Yong-hao  
(Zhuhai Water Supply and Drainage Pipe Network Co. Ltd., Zhuhai 519000, China)

**Abstract:** There are serious diseases in the sewage system of Hengqin New Area, including at least 1 127 diseases in the three main pipes. The first stage water quality monitoring results show that the total nitrogen concentration of Hengqin general pump station is low with the average value of only 14.8 mg/L, and the chloride and hardness concentrations are basically the same as those of the external water, which indicates that the external water seriously intruded the sewage system. In order to achieve the goal of improving quality and efficiency of sewage treatment, it is necessary to recognize the problems, not only focus on the repair of pipeline problems, but also the cooperation of government and enterprises to consider the treatment scheme from the source, process, and end system, supplemented by the effective monitoring of water quality, so as to guide the actual treatment work.

**Key words:** sewage system; improving quality and efficiency; total nitrogen

长期以来,珠海市排水系统管理条块分割、投入不足、管养粗放,导致排水管网大量淤塞和病害,给城市水安全、水环境带来较大影响。因此,珠海市在 2018 年 9 月正式印发《珠海市排水管理体制机制改革工作方案》,统一全市市政排水设施管养标准和管养单位,并设立两年过渡期对历史欠账排水设施进行集中整治,各区在过渡期开展排水设施清淤病害治理专项工作。在此背景下,要完成珠海市三年提质增效(2019 年—2021 年),提升污水处理厂进

厂污染物浓度,需要运用系统思维对市政污水系统进行病害分析,厘清进厂浓度低的主要原因,提出提质增效思路以指导排水设施清淤病害治理专项工作,最终实现提质增效的目标。

### 1 横琴新区雨污排水系统分析

#### 1.1 现状污水系统分析

根据供水数据,横琴新区整体上污水产量增长率逐年变小,近两年的污水增长率基本稳定在 13%,估算目前污水排放总量 $(4.5 \sim 5) \times 10^4 \text{ m}^3/\text{d}$ ,

见表 1。

表 1 近年横琴新区污水量估算

Tab. 1 Estimation of sewage output in Hengqin New Area in recent years

年份	用水量/ ( $10^4\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ )	估算污水量/ ( $10^4\text{ m}^3\cdot\text{d}^{-1}$ )	增长率/ %
2013	1.22	1.14	—
2014	2.55	2.38	109.35
2015	3.35	3.13	31.39
2016	3.79	3.55	13.28
2017	4.32	4.04	13.79
2018	4.83	4.52	11.89

横琴新区现状污水系统主要由三大主干管及 7 座污水泵站组成,污水经过各级污水泵站和三大主干管收集及转输最终进入横琴污水总泵站,再由总泵站提升调入南区水质净化厂进行处理。其中:三大主干管分别为横琴大道、港澳大道、环岛北路主干管;按 7 座污水泵站的纳污范围可将整个横琴新区的污水系统划分为 7 个相对独立的排水分区,分别见图 1 及表 2。



图 1 横琴新区现状污水系统分区

Fig. 1 Current sewage system division of Hengqin New Area

表 2 横琴新区现状污水系统分区

Tab. 2 Current sewage system division of Hengqin New Area

泵站名称	纳污范围
1#污水泵站	口岸居住区、中央商务区(小横琴山以东)
2#污水泵站	国际居住区(小横琴山以北)
3#污水泵站	国际居住区(小横琴山以南、天沐河以北)
4#污水泵站	天沐河以南、大横琴山以北区域
5#污水泵站	横琴长隆富祥湾片区
6#污水泵站	中央商务区
横琴总泵站	高新技术产业区

1.2 现状雨水系统分析

横琴新区现状雨水系统的排水分区主要分为北区排水分区、天沐河排水分区、东南排水分区、西南排水分区、南部排水分区五个相对独立的雨水排水分区,见图 2。

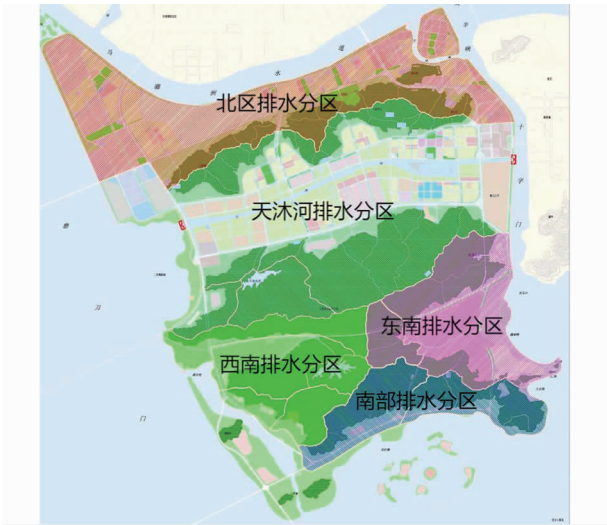


图 2 横琴新区现状雨水系统分区

Fig. 2 Current rainwater system zoning in Hengqin New Area

叠合雨水排水分区与污水子系统分区,可得各污水子系统所属的雨水排水分区,并可初步判断影响管道渗漏量的主要外水来源(见表 3)。

表 3 横琴新区现状污水系统分区与管道渗漏主要外水来源对应关系

Tab. 3 Corresponding relationship between the current sewage system division and the main external water sources of pipeline leakage in Hengqin New Area

污水系统分区	所属雨水排水分区	影响管道渗漏主要的外水来源
1#污水泵站分区	天沐河排水分区(天沐河至港澳大道)+ 北区排水分区(港澳大道以北)	天沐河(天沐河至港澳大道)+ 马骝洲水道及十字门水道(港澳大道以北)
2#污水泵站分区	北区排水分区	马骝洲水道
3#污水泵站分区	天沐河排水分区	天沐河
4#污水泵站分区	天沐河排水分区	天沐河
5#污水泵站分区	东南排水分区	十字门水道
6#污水泵站分区	北区排水分区	马骝洲水道
横琴总泵站分区	天沐河排水分区(天沐河至环岛北路)+ 北区排水分区(环岛北路以北)	天沐河+ 磨刀门+ 马骝洲水道

## 2 横琴新区排水系统病害情况

现状排水设施存在以下突出的病害问题:管网不通,导致部分污水泵站常年无法开启,如环岛北路主干管基本因管道塌陷问题无法通水,横琴大道及港澳大道主干管上游高水位运行,部分污水外渗进周边排洪渠;部分排水单元污水无法顺利接入周边市政污水管,导致从源头被迫将污水往雨水系统排放等。横琴新区于2019年完成管网清淤约91.3 km,主要针对三大主干管——横琴大道、港澳大道、环岛北路开展清淤检测及完成了部分管道修复。

横琴三大污水主干管存在较为严重的起伏,管道断面如图3所示。

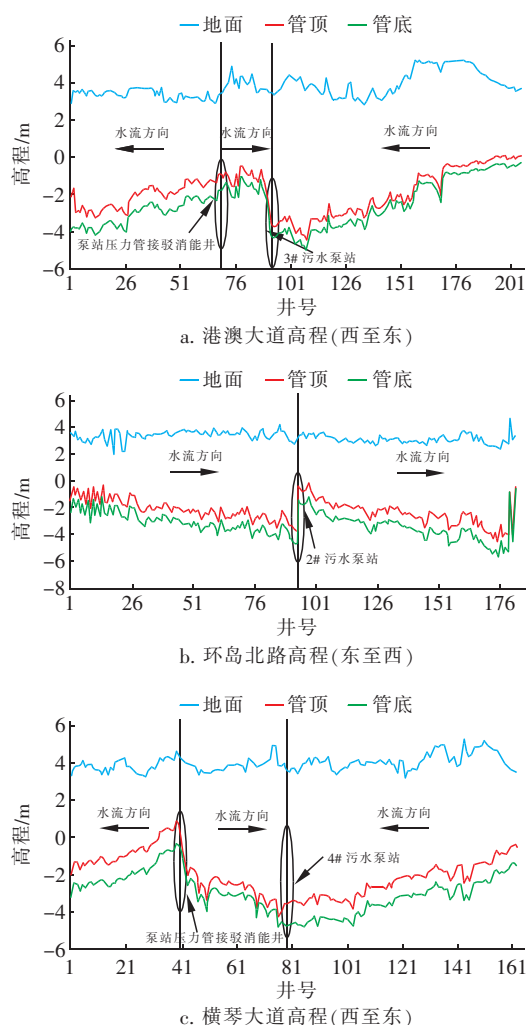


图3 三大主干管道纵断面图

Fig.3 Profile of three main pipelines

经统计,三大主干管存在至少1 127处病害,其中:管道塌陷性病害约28处,三、四级病害约478处,环岛北路平均每43 m有一处严重病害,港澳大

道平均每51 m有一处严重病害,横琴大道平均每55 m有一处严重病害。

## 3 横琴新区污水系统水质分析

### 3.1 确定水质特征因子及水质监测指标

原则上,水质特征因子的筛选需满足以下要求<sup>[1]</sup>:不同混接类型浓度差异显著;保守物质(基本上不发生物理、化学及生物反应);具有合适的检出限、灵敏度和较高的可重复性。因此,为有效辨别外水进入市政污水管,需要针对污水管内可能存在的水体进行分类,并根据各类水体的特点确定水质特征因子。经分析横琴新区内河及外河可知,横琴新区内河为天沐河,且该河设有东闸和西闸,为满足景观需要会进行蓄水;外河则为四面环海。故初步判定市政污水管道内水体可分类为生活污水、海水、地下水。

根据相关研究成果<sup>[2]</sup>:①生活污水的特征因子选总氮较优;②在高地下水位地区,浅层地下水由于溶解了石灰岩导致硬度值相对较高,推荐地下水的特征因子选硬度较合适。同时,考虑到海水为重要的外水来源,本次研究选氯离子作为表征海水的特征因子。

综上,结合提质增效及黑臭水体治理重点关注的水质指标(COD和氨氮),确定水质监测指标为COD、氨氮、总氮、氯离子、硬度。

### 3.2 水质监测布点原则

水质监测按照“源头、过程、末端、外围”4个方面进行点位布置。

布点具体要求及目的如下:

① 源头。各类属性的用水户(工地、酒店、小区、商业、写字楼、村、长隆),源头污水监测用来代表市政污水管起点污水各水质指标的浓度。

② 过程。污水主干管+支干管(按照约3 km<sup>2</sup>的小纳污范围来监测),通过监测管道过程各水质指标的变化,分析外水混接情况,分析不同工况污水管水质变化规律。

③ 末端。泵站进水前池+污水厂水质数据,用来分析污水分区的水量水质情况。

④ 外围。天沐河+村里的河+磨刀门,用来分析外水本底的水质情况。

结合2020年的排水设施清淤及病害工作推进,分为8个阶段开展水质检测工作,第1阶段对全岛泵站及个别排水大户进行取样,第2~8阶段分别针



对 7 座污水泵站的污水分区进行布点监测。

3.3 第 1 阶段全岛水质分析

在全面开展 2020 年的污水系统病害修复前,先对全岛进行整体的水质分析,对现在污水系统外水进入情况进行初步判断。

① 外水水质特征分析

外水水质数据见表 4。

以天沐河西闸为例,闸内外的氯化物平均值分别为 1 528、1 419 mg/L,总氮平均值分别为 2.87、1.54 mg/L,硬度平均值分别为 727、712 mg/L,结果表明外水的特征指标为氯化物和硬度,且总氮非常低。

表 4 外水水质数据

Tab.4 External water quality data

mg · L<sup>-1</sup>

采样点	采样时间	氨氮	COD	氯化物	总氮	硬度
天沐河西闸口内	5 月 15 日潮位低	0.51	118	1 324	1.60	760
	5 月 16 日潮位高	4.93	190	1 320	13.20	521
	5 月 17 日潮位高	0.21	199	1 663	1.20	831
	5 月 18 日潮位高	0.05	74	1 595	0.90	686
	5 月 19 日潮位高	0.09	11	1 368	0.50	690
	5 月 20 日潮位高	0.08	5	1 801	1.00	901
	5 月 21 日潮位高	0.13	<3	1 627	1.70	701
	平均值	0.86	99	1 528	2.87	727
天沐河西闸口外	5 月 15 日潮位低	0.58	190	1 367	1.20	694
	5 月 16 日潮位高	0.43	210	1 167	4.20	549
	5 月 17 日潮位高	0.27	34	2 017	1.30	937
	5 月 18 日潮位高	0.08	90	1 645	0.30	772
	5 月 19 日潮位高	0.04	14	844	0.70	541
	5 月 20 日潮位高	0.05	<3	1 386	2.00	780
	5 月 21 日潮位高	0.09	<3	1 510	1.10	709
	平均值	0.22	108	1 419	1.54	712

② 排水户水质分析

本次源头污水的采样包括长隆、各个自然村及红旗村接驳市政的末端出口。

排水户水质数据见表 5。

表 5 排水户水质数据

Tab.5 Water quality data of drainage households

mg · L<sup>-1</sup>

采样点 (平均值)	氨氮	COD	氯化物	总氮	硬度
红旗村	20.2	1 246	339	53.1	422
粗沙环村	48.4	421	252	61.6	360
石山村	38.0	414	522	51.2	578
四塘村	30.9	466	729	46.6	845
三塘村	29.8	500	464	45.9	785
下村	38.0	516	316	47.8	539
上村	39.9	599	287	59.0	419
向阳村	34.1	291	414	41.2	417
洋环村	54.8	485	264	63.5	735
长隆马戏城	9.6	596	557	32.3	454
总平均值	38.5	475	407	51.8	580

源头排水户总氮平均浓度达 51.8 mg/L,明显高于外水且数据整体离散不大,可作为生活污水的特征指标;氯化物浓度明显比外水要低,但硬度指标偏高,有接近外水的趋势,可能村子内存在地下水或山水渗漏的问题;长隆水质较村子要偏低,长隆作为横琴新区第一排水大户,下一步需要根据园区不同用水特性,如度假酒店、海洋王国、马戏城排查不同排口的水质情况。

③ 总泵站水质分析

总泵站水质数据如表 6 所示。横琴总泵站的总氮浓度偏低,平均值仅为 14.8 mg/L,且氯化物及硬度浓度已基本与外水浓度相当,说明外水进入污水系统十分严重。

横琴总泵站的上游泵站为 2#、3#、4#泵站,对比具体的水质数据可得,3#泵站污水系统较好,原因可能是目前在运行的污水管临近小横琴山脚的地质条件较好,而且周边无过多的在建排洪渠或在建工地的施工破坏;4#泵站污水系统表现出较高的氯化物和硬度浓度,说明该系统已经出现了大量外水进入;

2#泵站污水系统表现出了总氮浓度极为偏低的情况,总氮平均浓度仅为 4.2 mg/L,说明污水系统有效收纳的污水量非常小,有可能存在污水外溢的问题。

表6 总泵站及上游泵站水质数据

Tab.6 Water quality data of general pump station and up-stream pump station

mg · L<sup>-1</sup>

采样点	采样时间	氨氮	COD	氯化物	总氮	硬度
横琴总泵站	5月15日潮位低	10.9	236	1 728	14.1	760
	5月16日潮位高	11.8	350	1 700	15.3	357
	5月17日潮位高	10.2	260	2 354	13.6	1 329
	5月18日潮位高	11.0	40	1 680	13.8	1 364
	5月19日潮位高	9.4	243	1 588	18.5	882
	5月20日潮位高	10.2	255	1 457	18.2	847
	5月21日潮位高	6.7	797	741	10.2	541
	平均值	10.0	311	1 607	14.8	868
横琴2#泵站	5月15日潮位低	0.36	108	588	1.6	294
	5月16日潮位高	0.43	98	696	0.6	415
	5月17日潮位高	0.48	25	1 021	1.2	811
	5月18日潮位高	0.12	14	907	0.3	490
	5月19日潮位高	0.59	9	734	2.6	455
	5月20日潮位高	1.00	40	685	6.7	725
	5月21日潮位高	11.10	52	812	16.4	439
	平均值	2.01	49	777	4.2	518
横琴3#泵站	5月15日潮位低	17.0	240	736	18.1	384
	5月16日潮位高	20.5	295	170	55.1	263
	5月17日潮位高	20.8	135	802	22.4	913
	5月18日潮位高	21.7	102	861	28.0	654
	5月19日潮位高	13.5	670	617	24.1	478
	5月20日潮位高	16.7	480	904	25.5	604
	5月21日潮位高	5.5	48	361	9.0	388
	平均值	16.5	281	636	26.0	526
横琴4#泵站	5月15日潮位低	14.3	140	1 714	21.8	811
	5月16日潮位高	11.5	219	2 021	18.7	709
	5月17日潮位高	10.7	136	1 893	15.3	662
	5月18日潮位高	8.7	65	1 818	11.8	788
	5月19日潮位高	10.8	52	1 131	18.1	686
	5月20日潮位高	13.7	61	954	16.6	654
	5月21日潮位高	5.0	29	677	8.1	458
	平均值	10.7	100	1 458	15.8	681

#### ④ 横琴大道主干污水系统水质分析

如前所述,4#泵站水质数据不佳,为找到4#泵站系统水质不佳的区域,从污水系统着手进行分析:4#泵站系统上游为沿线排水户及5#泵站系统,而5#泵站系统较为简单,主要负责收纳红旗村和长隆的污水。

横琴大道主干污水系统5#泵站的水质数据如表7所示。5#泵站比4#泵站污水系统外水进入的

情况更加严重,5#泵站的氯化物和硬度平均浓度分别为2 070、975 mg/L,该数据说明5#泵站系统存在严重的外水进入。

造成该现象的原因可能有:横琴第一排水大户长隆排水水质浓度整体偏低;红旗村现状的截污系统海水倒灌严重;现状污水管网破损渗漏量大,下一步需针对以上可能存在的问题,逐一排查整改并加密该区域的监测。

表 7 横琴大道主干污水系统 5#泵站水质数据

Tab. 7 5# pump station water quality data of main sewage system of Hengqin Avenue mg · L<sup>-1</sup>

采样点	采样时间	氨氮	COD	氯化物	总氮	硬度
横琴 5#泵站	5 月 15 日潮位低	11.6	228	1 261	15.3	854
	5 月 16 日潮位高	10.8	750	2 347	13.3	1 035
	5 月 17 日潮位高	7.13	200	3 553	13.2	1 066
	5 月 18 日潮位高	3.87	196	1 953	5.5	788
	5 月 19 日潮位高	8.97	195	1 295	16.4	1 309
	5 月 20 日潮位高	4.66	15	3 577	9.8	1 317
	5 月 21 日潮位高	1.93	75	702	5.4	458
	平均值	6.99	237	2 070	11.3	975

⑤ 环岛北路主干污水系统水质分析

如前所述,2#泵站水质数据不佳,为找到 2#泵站系统水质不佳的区域,从污水系统着手分析:2#泵站系统上游为沿线排水户及 1#泵站和 6#泵站系统。

环岛北路主干污水系统水质数据见表 8,1#泵站和 6#泵站总体的污染物浓度均偏低,可能原因是该片区的污水系统尚未激活,污水系统存在较多重大病害,导致排水户的污水难以收集进入污水系统。

表 8 环岛北路主干污水系统水质数据

Tab. 8 Water quality data of main sewage system of Huandao North Road mg · L<sup>-1</sup>

采样点	采样时间	氨氮	COD	氯化物	总氮	硬度
横琴 6#泵站	5 月 15 日潮位低	5.97	23	98	7.20	141
	5 月 16 日潮位高	5.17	251	92	8.20	212
	5 月 17 日潮位高	5.68	15	489	9.50	1 583
	5 月 18 日潮位高	8.65	145	191	12.50	255
	5 月 19 日潮位高	3.46	153	248	8.80	325
	5 月 20 日潮位高	4.15	175	269	7.70	404
	5 月 21 日潮位高	0.85	15	177	1.30	204
	平均值	4.85	111	224	7.89	446
横琴 1#泵站	5 月 15 日潮位低	13.3	104	1 398	15.2	694
	5 月 16 日潮位高	12.0	65	516	13.3	263
	5 月 17 日潮位高	13.2	45	1 202	15.8	1 058
	5 月 18 日潮位高	10.2	115	663	12.8	443
	5 月 19 日潮位高	9.3	26	539	18.6	529
	5 月 20 日潮位高	10.5	17	776	18.6	396
	5 月 21 日潮位高	0.3	98	514	3.0	435
	平均值	9.8	67	801	13.9	545

⑥ 港澳大道主干污水系统水质分析

港澳大道主干污水系统水质数据(横琴 3#泵站)见表 6。港澳大道污水系统水质相对稳定,但因该污水系统南段污水管存在较为严重的病害和施工破坏,污水主要靠道路北侧污水管进行转输。故该系统需要加快启动南侧污水管修复,以恢复南侧污水管的通水功能,收纳周边排水户生活污水,才能有效提高该系统的污水浓度。

4 污水处理提质增效的思路

综上所述,横琴污水系统主要存在以下问题:①

管道病害严重,包括有数量较多的管道出现渗漏、严重的管道起伏等;②污水系统内污染物浓度严重偏低,系统末端氯化物和硬度浓度与外水浓度相当。现从污水系统病害治理角度,围绕“源头管控、过程修复、末端调度”三个方面提出具体的提质增效工作思路。

4.1 加强源头管控,推进排水户建档

排水户为污水系统的起点,是污水产生的源头。如果源头排水户接入市政管网的污水浓度低,则高要求的污水厂进厂浓度无从谈起。横琴新区作为一

个高定位且尚在开发的新区,具备非常好的条件,可由政府联合当地排水管养部门逐步做好排水户建档,将排水户按类型进行分类,如住宅、工地、酒店、工业企业、娱乐场所、村庄等。为在短期内通过排水户管控促进污水系统提质增效工作,建议结合横琴在建工地多、排水大户数量少且突出的特点,采用“以供定排,上水管下水”的方式,通过供水报装和用水数据,先建立工地、村庄、长隆大排水户的档案台账,对以上排水户的雨污排水口进行水质监控,如发现异常则联合排水执法部门,要求排水户进行整改,以有效提高排水户进市政污水的浓度。

#### 4.2 过程修复,堵住渗漏也要关注坡度

污水管网是污水系统的核心组成,也是源头污水的重要转输通道。横琴地下排水管网病害严重,且具有人工排洪渠数量多、地下水位高的特点,外水大量渗漏进入污水系统是提质增效工作的重大挑战,故管网修复工作刻不容缓。此外,横琴污水系统存在明显的起伏,管道坡度问题会影响排水水力条件,从而造成污水在行进过程中不断在沿程管道形成沉积,大量  $BOD_5$  和  $COD$  沉积在管道内,且长期沉积在管道内的含氮、磷物质通过水解反应会向水体释放氨氮、磷酸盐等溶解性物质,最终导致进厂  $BOD_5$  和  $COD$  浓度低及污水碳氮比严重失衡的问题<sup>[3]</sup>。

因此,建议对横琴污水系统坡度进行梳理,列出项目清单,有计划地安排管道开挖修复,逐步修复污水系统的坡度问题,恢复污水系统趋向正常的水力条件,才能有前提条件做到污水系统低水位运行,减少管道沉积,减少管养单位对污水管道的清淤频次,促进污水处理提质增效工作。

#### 4.3 末端泵站调度,降低污水系统水位

横琴新区污水系统三大主干系统,包括了7座污水泵站,即污水通过管网转输后由污水泵站逐级提升。污水系统的水位与泵站的进水前池为一个大连通器,如果污水泵站运行水位较高则会导致上游污水系统处于高水位运行,从而形成满管流,减小了管道流速,导致管道容易形成淤积。因此,末端污水

泵站合理调度,降低运行水位,是实现污水系统低水位运行的前提。

#### 5 结语

横琴新区地下排水系统的病害问题已暴露出来,2020年的排水设施清淤及病害治理工作十分紧迫,但要达到污水处理提质增效的目标,需要认清问题所在,不能仅仅关注管道病害修复,还需要政企协同发力,从源头、过程、末端系统地考虑治理方案,并辅以水质监测工作有效监控系统治理的效果,以指导实际治理工作。

#### 参考文献:

- [1] 徐祖信,汪玲玲,尹海龙,等.基于特征因子的排水管网地下水入渗分析方法[J].同济大学学报(自然科学版),2016,44(4):593-599.  
XU Zuxin, WANG Lingling, YIN Hailong, et al. Quantification of groundwater infiltration into urban drainage networks based on marker species approach[J]. Journal of Tongji University (Natural Science), 2016, 44(4):593-599(in Chinese).
- [2] 汪玲玲.基于化学质量平衡模型和概率分析的雨水管网混接诊断研究[D].上海:同济大学,2015.  
WANG Lingling. Source Apportionment of Non-storm Water Entries into Storm Drains Based on Chemical Mass Balance and Uncertainty Simulation [D]. Shanghai: Tongji University, 2015(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).

作者简介:陈泽鑫(1992-),男,广东潮州人,硕士,工程师,主要从事海绵城市试点建设、城市排水设施管养及城市排水管网开挖、非开挖修复工作。

E-mail:497443017@qq.com

收稿日期:2020-10-26

修回日期:2020-11-10

(编辑:衣春敏)