

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2022.02.035

南方城市污水提质增效方案与实践 ——以漳州市为例

吴志强¹, 栗玉鸿¹, 侯爱月¹, 马步云¹, 沈峰²

[1.中规院(北京)规划设计有限公司, 北京市 100044; 2.漳州市住房和城乡建设局, 福建 漳州 363005]

摘要:南方城市降雨量大,河网发达,地下水、山泉水丰富,城市生活污水处理提质增效的难度大。漳州市通过对现有污水系统的排查摸底,逐步确立了“源头治理、标本兼治、表里如一”的治理思路,针对雨水、清水对污水系统的影响,按照排水单元推进源头雨污分流、清污分离,推进城市生活污水处理提质增效工作,取得了明显成效。漳州市污水处理提质增效的治理路线及实践效果,可以为南方城市推进污水处理提质增效工作提供参考。

关键词: 源头治理,混错接,排水单元,地下水入渗,河水倒灌

中图分类号: X703

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2022)02-0122-05

0 引言

2019年4月,住房和城乡建设部、生态环境部、国家发改委联合印发《城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019-2021年)》^[1](以下简称《方案》),《方案》中提出了明确的目标:经过3年努力,地级及以上城市建成区基本无生活污水直排口,基本消除城中村、老旧城区和城乡结合部生活污水收集处理设施空白区,基本消除黑臭水体,城市生活污水集中收集效能显著提高。

漳州市于2018年10月,成功申报成为黑臭水体治理示范城市,结合《方案》目标要求及黑臭水体整治实践,漳州市明确了“源头治理、标本兼治、表里如一”的治水思路,将城市黑臭水体治理与污水处理提质增效工作统筹推进。

1 工程概况

漳州位于台湾海峡西岸,福建省东南部。气候属南亚热带气候,年降水量1560 mm左右。市区内河网密布,共有3大水系、25条内河,总长度达106 km。

漳州市区地处九龙江西溪和北溪之间的漳州平原,整体地形平坦。市区共有2个污水系统:东墩污水处理系统和西区污水处理系统。受地形、河网及污水处理厂分布影响,漳州市区污水系统采取多级泵站接续提排的方式来实现污水的收集、转输。

近年来,随着黑臭水体治理控源截污工程的推进,市区污水收集量显著增加。以东墩污水处理厂为例,东墩污水处理厂服务区域58.75 km²,服务人口47.1万人,设计处理能力13万t/d,2018年日均污水处理量10.6万t/d,2019年增长至12.2万t/d,运行负荷率92.3%,尤其是雨季已满负荷运行,见图1。

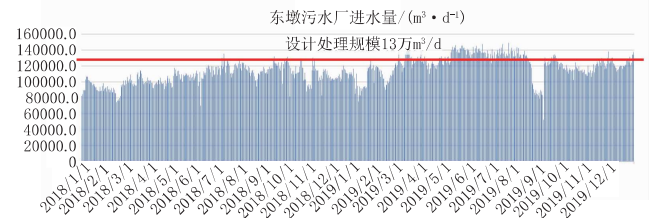


图1 2018—2019年东墩污水处理厂进水量

排水体制方面,漳州市现状排水体制以分流制为主,主要的合流制区域分布在城中村(75个)、老旧小区(59个)、农贸市场(3座)等区域,面积13.88 km²,占现状建成区总面积的20.48%。

分流制片区域内,由于早期排水管网建设管理存在一定问题,雨污水混错接情况突出。根据排查,漳州市建成区内雨污水混错接问题主要集中在两个方面:(1)排水户与市政管网接驳口混错接,共发现675处,以沿街商铺、居住小区和企事业单位接驳口为主;(2)排水户(如居住小区、公建单位)内部混错接,354个分流制居住小区中284个内部排水管网存在不同程度混错接,33个分流制农贸市场均存在混错接的情况,8.5 km²公建单位混错接严重。

2 现状污水系统主要问题

漳州市污水处理提质增效建设背景具有与多数

收稿日期: 2021-05-31

作者简介: 吴志强(1985—),男,硕士,工程师,从事水治理、水环境治理工作。

南方城市类似的特点:

(1)年降雨量大且年内分布不均,主要降水集中在6~9月份,单次降雨以中小降雨为主。

(2)域内河网密布,老旧建筑多临水而建,水环境质量差。

(3)水资源较为丰富,河水、地下水水位高,山泉水丰富。

同时,在污水处理提质增效方面也面临与其他南方城市相似的问题。

2.1 污水流失、雨水入管,严重降低影响水环境质量

2018年开始,为加快消除城市黑臭水体、消除沿河污水直排口,漳州市首先考虑采取截污的方式推进水环境整治。

截污方式主要有两种:门口截污和末端截污。门口截污就是在排水户出口支管设置截流井及截流支管,就近将雨水管道或合流管道中的污水截流进入市政污水管道排放。末端截污则是在雨水、合流管渠入河前设置截流井及沿河污水管道,将较大片区内的污水截流后统一排至污水管道。

门口截污相较于沿河末端截污工程量小,投资小,不受制于征地及沿河拆迁进度的影响,可以避免河水倒灌情况的发生。漳州市主要通过设置门口截污的方式截留污水。至2018年末,针对合流区域污水直排、分流区域混错接等问题,全市共设置281处“门口截污”措施,截留管径以DN200、DN300为主,有效解决了旱天污水入河的问题。但同时,雨天截流也对污水系统产生了很大影响:小雨时,截污措施持续截流雨水,不发生溢流,截流雨水量大。大雨时,雨水自污水系统源头迅速充满整个污水系统,加之污水提升泵站、污水处理厂能力有限,截流雨水将污水系统持续维持在高水位运行状态,导致大量生活污水无法收集处理,污水流失与雨水截流量大,严重降低生活污水集中收集效能,影响水环境质量。2018年、2019年市区污水集中收集率分别为43.9%、44.2%,进水BOD₅浓度均值分别为77.7 mg/L、71.2 mg/L,雨天影响突出。

根据2017、2018、2019年污水处理厂月均进水BOD₅浓度数据,污水处理厂进水浓度在6~9月份出现明显下降。同时,随着黑臭水体治理截污工作的推进,2019年较2017年,污水处理厂月均进水BOD₅浓度曲线波动明显增大(见图2),表明截污工作实施后,旱、雨天污水处理厂进水浓度差异愈加明显,雨季污水系统截留雨水量增大。

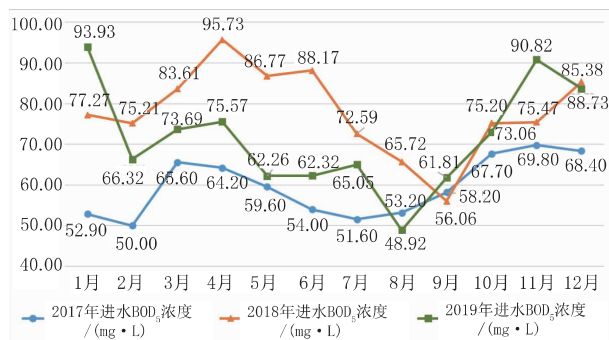


图2 2017—2019年东墩污水处理厂月均进水BOD₅浓度

根据2019年降雨情况,选取3月5—10日、5月15—21日、6月14—19日连续降雨时污水厂进水数据作为雨天工况,选取未发生降雨的11月污水厂进水数据作为旱天工况。雨天污水厂进厂BOD浓度均值为58.5 mg/L,进厂污水量均值14万t/d;旱天时污水厂进厂BOD浓度均值为90.8 mg/L,进厂污水量均值12.1万t/d。根据污染物平衡估算,雨季生活污水溢流量约为2.4万t/d,截污措施截流雨水量约为4.3万t/d。

2.2 外水入流入渗量大,降低了污水处理厂进水BOD₅浓度

旱天进入污水系统的外水主要有河水、地下水、山泉水、施工降水、自来水等。漳州具有典型的南方城市河水、地下水水位高,山泉水丰富的特点,导致污水系统入流入渗外水量大,降低污水集中收集效能。

2.2.1 河水倒灌

对于漳州,河水倒灌进入污水系统主要有两个途径:(1)自雨水排口、溢流口倒灌至截污措施,从而进入污水系统;(2)自污水过河管破损倒灌进入污水系统。

对此,首先结合河道常水位与沿河排口高程,分析识别出内河沿岸淹没出流排口共计259个(见图3)。通过对淹没排口对应排水管网调查、配合沿河污水干管降水位,未发现明显排口倒灌情况。其次,结合管网普查数据,对全市60处污水管道过河段开展排查,共发现1处污水倒虹吸管破损导致河水倒灌。

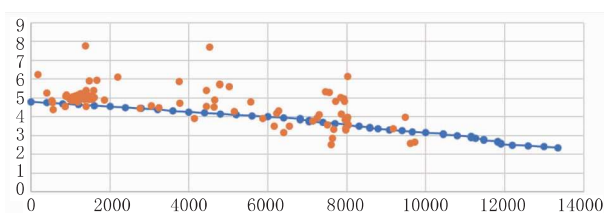


图3 九十九湾排口与河道常水位高程关系图

2.2.2 地下水入渗

地下水入渗主要是通过管道缺陷位置进入污水管网。首先,根据排水管网清淤检测结果,明确市区排水管网缺陷点位置;其次,结合地下水埋深分布情况、污水管道埋深、管网破损点分布等因素识别出片区地下水入侵高风险区域。第三,采用夜间最小流量法估算地下水入渗量:选取居民生活区下游污水管网节点安装在线水量监测设备,通过分析连续旱天生活污水变化情况,得出分散点位上游管网地下水入渗量(见图4),并计算得到不同区域单位长度管段入渗率。最终估算出市区污水管网地下水入渗量2.7万t,地下水入渗占比24%。同时,查阅其他城市地下水入渗资料:深圳市福田区地下水入渗占比约为25%^[2];德国34个污水处理厂服务区域的地下水渗入量平均值为35%;日本26个排水区域污水总量中渗入量与雨水流入量的统计结果,平均渗入量占污水总量的25.9%^[3]。参考相关城市情况,结合管网检测及水量平衡计算,认为计算所得地下水入渗量较为合理。

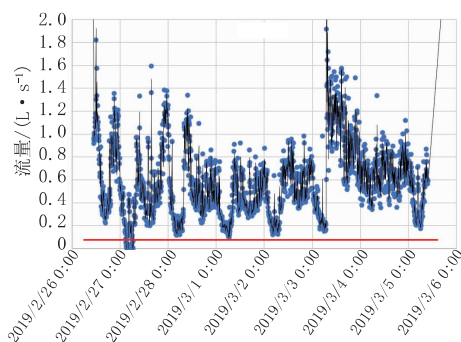


图4 管网水量监测数据

2.2.3 山泉水截流

通常情况下,山泉水通过沟渠排入城市内河。水环境整治过程中,部分近期无法全面源头改造的区域,为控制水环境污染,现状在暗渠出口设置末端截污,将暗渠来水截流进入污水系统。由于暗渠内污水、雨水、清水混杂,大量清水、雨水截入污水系统,降低污水厂进水BOD₅浓度,增加能耗。

首先依据现状地形,对研究片区进行水文分析,明确片区产汇流情况。结合现场调查,共发现山泉水截流点2处,截流山水量1300t/d。

3 整治措施

清水入流入渗、雨水截流以及雨天污水溢流是造成漳州市区污水集中收集效能不高的主要因素。因此,市区污水处理提质增效重点是推进“清污分

离”、“雨污分离”,控制排水管网“雨天溢流”。

“清污分离”、“雨污分离”主要通过修复及完善排水管网系统来实现。

控制排水管网“雨天溢流”主要是针对合流制或截流式分流制区域,一般而言有两种方式:

一种是通过增加管网、泵站、污水厂处理能力,建设调蓄设施等措施建立完善的溢流污染控制系统,减少污水流失,从而提高污水集中收集效能。如日本东京都地区合流制比例82%,为应对雨天合流制排水系统流量变化,对污水处理厂一级处理进行改造,雨天处理能力达到旱天的3~4倍^[4]。德国大部分城市保留了合流制的排水系统,从20世纪70年代开始建设大量不同类型的雨水调蓄设施,在保障污水处理效能的情况下,对雨水及溢流污水的分散调蓄以及过流净化处理,成为德国合流制溢流控制的重要技术策略^[5]。

一种是通过雨污分流改造、管网混错接改造,建立较为完全的分流制排水系统,实现“雨污分离”,减少污水系统中截流雨水量,腾出充分空间转输污水,从而避免雨天污水溢流。

漳州市现状排水系统以截流式分流制为主,雨季降雨集中、河网密布。若采用第一种方式,需要配套建设大量调蓄设施或大规模增加污水处理能力,投入多、占地大。同时,此种方式将雨水、清水、污水全部接入污水处理厂处理,降低污水厂进水BOD₅浓度,影响污水集中收集效能。因此,要控制雨天溢流、实现“雨污分离”,重点在于全面推进雨污分流、混错接改造等源头治理,构建尽可能完全的分流制排水系统。对于少量近期保留的合流区域,通过提升厂站能力的方式,完善合流制溢流污染控制措施。

综合上述方案,提出排水单元源头改造、管网改造修复、清污分流改造、污水厂扩建等工程措施。

3.1 排水单元源头改造

为保障源头治理全面彻底,便于责任落实、资金组织以及实现改造片区总体达标运维,按照市区镇街行政边界,结合城市路网将市区划分为179个排水单元、1391个排水户,各排水单元根据规划排水体制及排水户性质开展排查、设计、建设、验收、移交及运维。通过排水单元与市政接驳口排水达标情况进行片区总体验收及达标运维标准(见图5)。

3.1.1 沿街店面

按照沿街商铺分布的集中程度分类改造:

(1)集中商铺:针对沿街店面分布较集中的街道,



图5 东环城河片区排水单元排查情况

沿街新建污水支管,将店铺污水统一收集。为方便商铺污水出户管接入,新建污水收集支管每1~2个店面设置1座检查井,现状未排污店铺预留接口井。

(2)分散商铺:就近改接入市政污水管道。

截至目前,已实施9条市政道路、33条背街小巷沿街店面纳管改造。

3.1.2 居住小区

针对排查发现内部存在混错接排水的小区全面推进源头改造,改造内容主要包括建筑立管和室外排水管网改造。

室外排水管网改造方面,结合小区室外排水管网实际情况,确定翻建或混错接改造方案。针对建筑周边散水沟污水横流的问题,取消散水沟设计,通过调整竖向及布置雨水口收集雨水,避免后期住户改造污水立管时私自接入散水沟造成混接。同时,将污水管道设置于靠近建筑的一侧,雨水管道设置于污水管道外侧,杜绝后期住户污水出户管错接。

建筑立管改造方面,9层以上建筑立管改造较难实施,采用单根立管底部截流或多根立管分片区截流的方式进行改造;9层及以下建筑,原混接立管作为污水立管,新设雨水立管并实施断接,优先接入绿地、生态草沟等海绵设施,实现雨水“地上走”,污水“地下走”,控制径流污染,方便后期巡查维护。

截至目前,已实施217个小区源头排水系统改造。

3.1.3 城中村

漳州市区59个城中村污水结合城建计划进行分类整治:

十四五规划拆迁的城中村共48个,设计这些城中村近期保留末端截流,待拆迁完成后,严格按照雨污分流制新建雨污水管网。

十四五规划保留的城中村共11个,其中古城核心保护区的芳华里和龙眼营不具备改造施工的条件,设计保留合流系统;剩余9个城中村进行雨污分流改造。

3.2 管网修复

根据市政排水管道检测出的6214处管网缺陷(其中,Ⅲ、Ⅳ级结构性缺陷531处,Ⅲ、Ⅳ级功能性缺陷较221处),结合城建计划,优先推进Ⅲ级以上缺陷管网翻建及开挖修复工作。

截至目前,修复改造管网总长度为16.5 km,其中非开挖修复管道总长度为5.8 km,开挖修复管道总长度为10.7 km。管道修复的同时将现状砖砌污水检查井改造为预制装配式或模块式检查井。

3.3 清污分流改造

以开发区支渠为例,为避免末端截污将清水截流进入污水系统,在开发区支渠上游新建水库泄洪渠2.4 km,将开发区支渠上游水库清水引至下游东墩排洪渠,初步进行清水、污水的分流。同步实施蓝田开发区源头分流改造工程,实现暗涵内雨污分流。

3.4 污水厂扩建

根据用水量折算,至2021年东墩污水厂预测污水量为11.6万m³/d。外水入侵量按平均日综合生活污水总量的15%计算,东墩污水厂外水入侵量为1.7万m³/d。同时,至2021年底合流制排水体制面积5.5 km²。综合考虑漳州市人口分布特征和用水习惯,考虑按《室外排水设计规范》中规定的截流倍数下限取2倍计算雨季截流量。

经核算,东墩污水处理厂近期扩建规模至19.5万m³/d。扩建后,旱天污水厂规模运行余量为6.2万m³/d,雨天接近满负荷运行,可基本满足污染控制要求。

4 实践成效

随着漳州市污水处理提质增效工作的集中推进,市区污水集中收集效能有了明显提升。以市区城市生活污水处理厂为例(含东墩和西区污水处理厂),2017年市区两座污水厂进水总量为4563.4万t,至2020年进水总量达到5906.6万t,比增29.4%;2017年市区两座污水厂平均进水BOD浓度63.4 mg/L,经过两年整治,2020年两厂平均进水BOD浓度达到78.8 mg/L,比增24.2%;2020年污水集中收集率53.5%,较2017年(集中收集率31.2%)提升22.3个百分点,见表1。

5 总结与思考

漳州市作为南方多雨城市,在协同推进城市黑臭水体治理与污水处理提质增效工作中,采用“临时

表1 漳州市区污水集中收集情况

年度	污水处理厂 进厂水量 /(万 t·d ⁻¹)	污水处理厂进 厂 BOD 浓度 /(mg·L ⁻¹)	增长 /(mg·L ⁻¹)	城市生活 污水集中 收集率	增长百 分比
2017	12.5	63.4	—	31.2%	—
2018	13.9	77.7	14.3	43.9%	12.7%
2019	15.3	71.2	—	44.2%	0.3%
2020	16.2	78.8	7.6	53.5%	9.3%

门口截污+源头改造”的治理模式,在实践中取得了较为明显的成效,从实施难度、投资的经济性等方面也有一定的优势,可以为类似城市提供借鉴。同时,排水系统治理“三份靠治理、七分靠管理”,彻底的源头治理必须辅之以严格的源头管理。目前,漳州市正在逐步推进“厂-网-河”一体化管理,通过专业化管理队伍日常巡查,可以有效的减少源头混错接的

发生。通过构建污染源溯源执法机制,落实污染源管理行政执法工作,将进一步推进城市排水系统的完善。

参考文献:

[1] 住房和城乡建设部.关于印发城镇污水处理提质增效三年行动方案(2019-2021年)的通知[EB/OL].http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201905/t20190509_240490.html.
[2] 刘旭辉,张金松.深圳市排水系统地下水渗入量初步研究[J].中国给水排水,2013,29(3):77-79.
[3] 李田,时珍宝,张善发.上海市排水小区地下水渗入量研究[J].给水排水,2004,30(1):29-33.
[4] 王家卓,胡应均,张春洋,等.对我国合流制排水系统及其溢流污染控制的思考[J].环境保护,2018,46(17):14-19.
[5] 杨正,赵扬,车伍,等.典型发达国家合流制溢流控制的分析与比较[J].中国给水排水,2020,36(14):29-36.

(上接第107页)

的最优支点顶升量取为30~40 cm。

4 结 语

(1)采用支点顶升法可以有效地为组合连续梁负弯矩区桥面板提供预压应力,形成1.5~4.0 MPa左右的压应力储备。

(2)50 m+70 m+50 m,40 m+60 m+40 m和35 m+45 m+35 m三种跨径组合连续梁桥的最优支点顶升量可以分别取为60~70 cm、50~60 cm和30~40 cm。

(3)在成桥10 a后,由于混凝土收缩徐变的影响,中支点桥面板预压应力有较大损失,通过合理的钢筋配置可以将桥面板裂缝宽度控制在容许值以内,以满足结构耐久性要求。

参考文献:

[1] JTG D60—2015,公路桥涵设计通用规范[S].
[2] JTG/T D64-01—2015,公路钢混组合桥梁设计与施工规范[S].
[3] 刘玉擎.组合结构桥梁[M].北京:人民交通出版社,2005.
[4] 卢永成,邵长宇.长大公轨合建桥梁新技术[M].北京:中国建筑工业出版社,2015.
[5] 陈硕.钢-混组合连续梁桥施工过程受力性能及影响因素分析[D].石家庄:石家庄铁道大学,2018.
[6] 张煜.横向大跨度连续叠合梁施工阶段有限元计算分析[J].城市道桥与防洪,2020(9):76-79.
[7] 王志春,朱丰军,贾宇倩.高速铁路钢混叠合梁的顶升工艺研究[J].低碳世界,2019(4):186-187.
[8] 朱家海.连续组合梁负弯矩区支点顶升施工受力研究[J].中外公路,2014(6):110-113.
[9] 刘鲜庆,刘玉擎,罗杰,等.连续组合梁边支点顶升施工过程分析[C].第二十届全国桥梁学术会议,2012:650-654.