

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2024.11.038

感潮河网地区污涝共治设计与实践

林英,李骏飞,董倩倩,周双玉

(广东省建筑设计研究院集团股份有限公司,广东 广州 510010)

摘要:为解决感潮河网地区污水提质增效和内涝治理难题,以广州市中心城区某城中村为研究对象,按照“源头溯源、污涝共治、雨水分流、管网提标、泵闸强排”的综合治理思路,对工程范围内所有排口进行精准溯源,结合排水单元达标创建,实现排水单元和公共管网的雨污分流改造,释放污水和雨水通道;对雨水管渠过流能力进行评估,通过开挖和非开挖修复措施,实现管网升级改造,并结合一体化泵闸的建设,解决内涝点受潮汐顶托逢雨必涝的困境,为相关感潮河网地区污涝同治建设提供参考和借鉴。

关键词:污涝共治;感潮河网地区;一体化泵闸;雨污分流改造

中图分类号:TV82

文献标志码:B

文章编号:1009-7716(2024)11-0160-04

0 引言

随着极端气候引发的城市洪涝灾害频发,提升城市基础设施韧性已成为城市高质量发展的重要内容。为加快推进城市内涝治理,国务院办公厅印发了《国务院办公厅关于加强城市内涝治理的实施意见》^[1],要求实施河湖水系和生态空间治理与修复、雨污分流改造、管网和泵站建设与改造、排涝通道建设等,到 2025 年各城市因地制宜形成“源头减排、管网推进、蓄排并举、超标应急”的城市排水防涝工程体系。广州市为典型的感潮河网地区,受珠江感潮水系的影响,高潮位时对内河涌形成顶托,影响城市排涝能力。根据 2015—2020 年的历史内涝记录,广州全市共有 474 个内涝点^[2],其中受潮位影响的内涝点占比 16%,大部分分布在河网密集的中心城区。而深受内涝困扰的大部分城中村、旧城区还存在污水收集转输缺口问题。广州市人民政府在“十四五”规划中提出“坚持污涝同治,推进合流渠箱清污分流、排水单元达标创建等工作,从源头实现雨污各行其道;开展水浸点设施改造,系统治理城市内涝风险点”^[3]。本文以广州市某城中村的污涝共治工程为案例,总结感潮河网地区污涝共治设计经验,为同类工程项目提供经验参考。

收稿日期:2024-07-18

作者简介:林英(1986—),女,学士,高级工程师,主要从事污水处理及给水排水工程设计工作。

1 现状概况及问题分析

1.1 现状概况

该城中村位于广州市中心城区,工程设计范围约 51 hm²,其常住人口和流动人口共约 6.5 万人,建筑密度约 40%。设计范围内已建设雨、污水两套系统,污水支管自北往南收集地块污水,接入东西走向的主干管后倒虹穿越河涌往西接入进厂主管;雨水主干管渠沿南北走向的主干路敷设,收集片区内雨水,往南排入石路街涌,现状渠箱入涌口处设置有截污闸,详见图 1。石路街涌上游无补水水源,受珠江潮位影响(高、低潮位液位差约 2 m),旱季水深约 20~200 cm。工程范围内地势北高南低、东高西低,局部道路地势低洼,内涝频发。



图 1 工程范围排水现状

1.2 存在问题分析

1.2.1 管网缺陷及错混接严重,管道运行液位高

纳污范围内新建小区为雨污分流制,由于市政管道和小区管道建设不同步,造成雨污水管道混接现象较为普遍,合流制、分流制交替存在,排水体制混乱。对现状雨水管渠进行溯源排查,渠箱排口有29个,雨水管错混接口142个。

现状排水管渠建设年限久远,经隐患排查后发现,管道存在133处结构性和功能性缺陷,3~4级缺陷占比约26%。检查井内淤泥堵塞严重,清淤频繁,部分管道丧失转输功能。排查分析工程范围内污水管道运行液位,57%的管道运行充满度超过100%,局部管段雨季存在冒溢。

1.2.2 排水单元雨污分流不彻底

广州市为推进污水提质增效,在全市开展了排水单元达标创建工作,建立健全排水单元设施日常管养长效机制^[4]。本工程范围内共有58个排水单元,以住宅、商业为主,大部分尚未完成雨污分流改造,其中合流制单元39个,占比67%。部分排水单元缺乏污水接驳条件,生活污水通过雨水通道排入河涌,占用雨水管渠过流断面。

1.2.3 雨水管网建设标准低,存在雨水通道瓶颈

对工程范围内现状雨水管渠进行评估,约4%的现状管渠满足重现期5a一遇过流能力,其余96%的现状管渠不满足重现期1a一遇的过流能力。其中,现状渠箱在房屋骑压处过流能力从5a一遇骤变至低于1a一遇,形成雨水通道瓶颈,且流域内排水单元未完成雨污分流改造,大大降低了雨水通道排水能力。

1.2.4 局部区域地势低洼,排水受外江顶托明显,内涝频发

工程范围内地势北高南低,现状地面标高约6.70~8.92m,内涝点集中在南部地势低洼处,暴雨期间,外江水位7.00~7.20m,石路街涌液位受外江顶托,雨水管渠无法自流排出。图2中,以设计重现期为1a的暴雨强度进行评估:内涝点1尽管地势较高,但其下游管道过流能力不足;内涝点2~5地势低洼,受潮汐顶托,雨水无法自流排出;以上内涝点平均积水深度达30cm,退水历时3~24h。

2 改造思路

2.1 排水单元及公共管网实行错混接整改,恢复雨水通道排水能力

结合合流制排水单元和错混接口分布位置,经

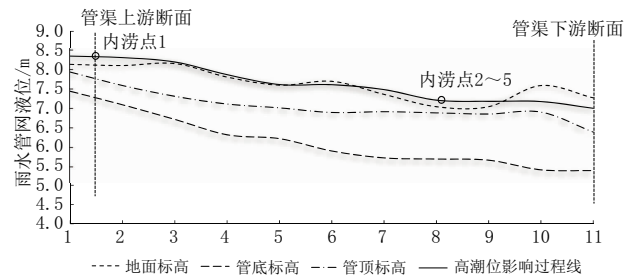


图2 改造前雨水管网液位分析图

过评估,排入上游雨水管道的污水量占雨水管道排水能力比值约8.8%~28%。对现状雨水管渠排口溯源到户,结合合流制排水单元整改,确保污水接入市政污水管道;对市政排水管道错混接口进行改造,确保公共管网雨污分流,有效恢复雨水通道排水能力。

2.2 以高水高排、中水中排为原则,优化汇水分区并改扩建雨水通道

对研究范围内雨水管渠过流能力进行评估,以高水高排、中水中排为原则,结合地势高程和管渠改扩建的实施条件,调整渠箱汇水分区。对于不具备实施条件的管渠,通过分流减轻下游管渠转输压力,避免现状管渠大规模的开挖改造;对于无法通过汇水分区分流满足过流能力的管段或存在结构性隐患的管段,按照设计标准进行重建。

2.3 以低水强排为原则,新增强排设施

工程范围内雨水分区属于自排区域,河道末端未设置强排泵站。分区内3处内涝点毗邻管渠出水口,由于地面标高均不满足20a一遇防洪标准,在暴雨时期,受外江液位升高影响,河水通过井口倒灌至路面。内涝点积水深度超过50cm,积水频率约1a 2~3次,退水时间超过4h。为解决内涝点汛期雨水倒灌和顶托问题,在雨水渠箱下游建设强排泵站,强排泵站兼顾旱季补水功能。

3 改造方案

3.1 排水单元雨污分流改造

工程范围内共58个排水单元全部完成排水单元雨污分流改造,使污水、雨水各行其道。

3.2 排口溯源改造,取消末端截污

采用QV、CCTV等检测手段,对合流渠箱排口及合流管道排口进行摸查,统计排口性质、排口规格、旱季流量,对旱天排污口向上溯源到户,记录排水户情况;梳理暗渠排污口摸查情况,结合排水单元改造,对单元出户管进行接驳,并新建市政污水支管,完善接驳条件。针对排水单元新建接驳井65座,整改错混接口150处,完善污水支管950m,减少污水

溢流,取消末端截污设施。

3.3 排水管道缺陷修复

结构性缺陷管道采用原位固化法和点状固化法进行修复^[5],减小外水渗入量;并对功能性缺陷管道进行清淤,保证管道正常运行。

3.4 合理划分汇水分区,改造雨水管网

(1)对工程范围内上游和中游雨水分区进行分流改造。新建雨水管道将道路两侧单元雨水收集后分别接驳至中部汇水分区。分流后渠箱汇水范围减小约 4.4 hm²。

(2)在出河涌末端新建分流渠箱,对下游雨水分区进行分流,减小主干渠转输压力,分流改造方案详见图 3。

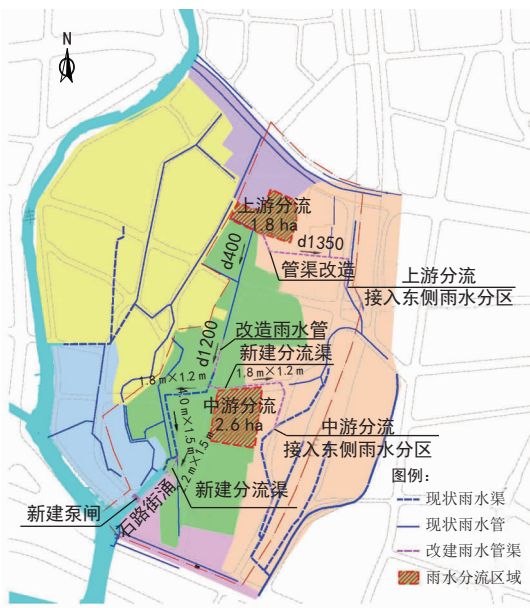


图 3 分流改造方案示意图

对改造管网 5 a 一遇设计重现期下排水能力和内涝点积水情况进行评估,当暴雨期间不遭遇外江顶托时,工程范围内排水顺畅,且无积水情况发生,详见图 4。

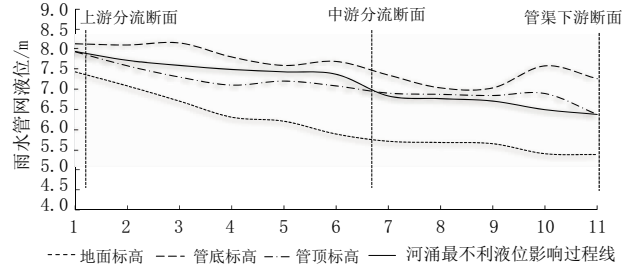


图 4 改造后雨水管网液位分析图

改造前后管网评估情况详见表 1。其中,管道改扩建占比 19.7%,管道现状利用率 80.3%。

3.5 新建强排站,降低外江水位顶托影响

由于受外江水位顶托,渠箱出水口需要新建闸站实现强排功能。本工程采用闸门和水泵合建的一体化泵闸,相比传统闸站能节省占地约 1 200 m²。一体化泵闸可实现 3 种不同运行工况:(1)关闭闸门,防止河水倒灌,同时开启水泵实现强排;(2)开启闸门,关闭水泵,实现河道重力自流;(3)关闭闸门,水泵反向引水,实现旱季河道补水功能,改善河道水动力,维持景观水位。

一体化泵闸坐落在河涌涌口平直段,由于河道周边无建设用地,所有建筑(变电室、控制室、库房、值班室、检修平台等)均位于泵闸上方,详见图 5。

3.5.1 设计标准

石路街涌规划排涝标准为 20 a 一遇 24 h 暴雨 24 h 排干不成灾,雨水管渠设计重现期为 5 a,泵站

表 1 雨水系统分流改造前后对比表

管渠位置	现状排水管(渠)规格	改造前			改造思路	改造后雨水管(渠)规格	改造后		
		汇水面积/hm ²	1 a 一遇设计标准评估	5 a 一遇设计标准评估			汇水面积/hm ²	1 a 一遇设计标准评估	5 a 一遇设计标准评估
A 线雨水管	d500	2.34	×	×	改造雨水渠	d600 ~ d1350	4.14	√	√
B 线雨水主管	d1000	4.04	×	×	调整汇水分区并局部改造雨水管渠	d1200	2.24	√	√
	上游段 1.8 m × 1.2 m	13.04	×	×	调整汇水分区并对中游分流	上游段 1.8 m × 1.2 m	8.6	√	√
C 线雨水主干渠	平直段 4.0 m × 1.5 m	25.24	√	√	保留	平直段 4.0 m × 1.5 m	20.8	√	√
	出口段 2.0 m × 1.0 m	29.16	×	×	瓶颈段保留,新建雨水渠分流和强排泵站	出口段 2 m × 1 m, 新建分流渠 2.2 m × 1.5 m	24.72	√	√
D 线雨水管	D600	3.56	×	×	改造雨水管	d600 ~ 1.5 m × 1.2 m	8.00	√	√

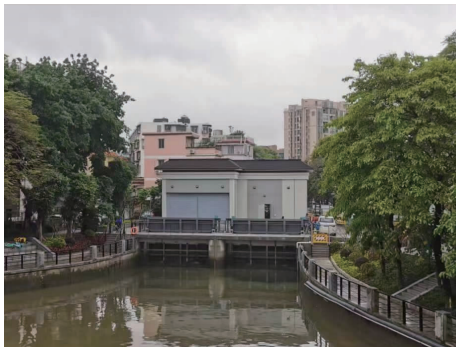


图5 一体化泵闸实景图

设计流量按上述标准取大值。同时,根据上位规划,中心城区排涝泵站应有效应对 100 a 一遇 6 h 设计暴雨,中心城区退水历时按 1~3 h 考虑。

由于广州市为感潮河网区域,降雨量和外江潮位是影响内涌水位的重要因素,本工程在排涝计算时,采用设计洪水与外江设计潮型的组合,以此计算内涌排涝最高水位。

3.5.2 泵站设计

根据设计标准,计算泵站设计流量 10.7 m³/s。结合现状实际条件,闸前内河涌长 100 m,涌底标高约 3.5~4.0 m,可利用内河涌调蓄功能,合理减小泵站规模,节约投资。在石路街涌水面率不变的情况下,在汛期通过河涌预腾空以增加调蓄空间,实现蓄排平衡^[6]。起调水位设计为 5.0 m,经调蓄计算,泵站设计流量可减小至 7.7 m³/s。设计启泵液位 5.0 m,最低运行液位 4.0 m,出水池最高液位 7.6 m。

一体化泵闸系统全长约 27 m,根据河道宽度共设 2 闸孔,闸孔尺寸 6.75 m × 5.50 m,采用一闸两泵布置形式,由叠梁闸、格栅、闸门泵、拍门等组成,详见图 6 泵闸剖面图。水泵共 4 台,采用全贯流卧式泵,单泵设计流量 2 m³/s,设计扬程 4.2 m,单台功率 160 kW。

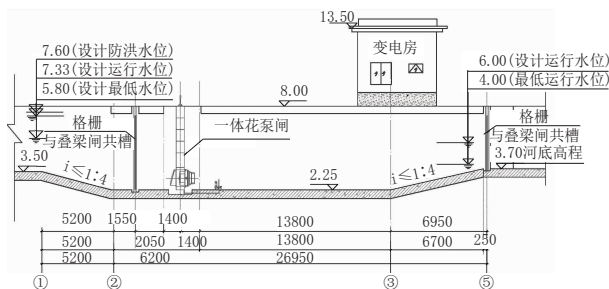


图6 泵闸剖面图(单位:mm)

4 运行效果与分析

4.1 运行效果

项目建成后,城中村污水得到了有效收集,石路街涌水质有所提升,污水管道运行液位下降,污水排

水顺畅,清淤频次减少。

新建雨水分流管渠结合一体化泵闸的运行,解决了城中村内涝点逢雨必涝的困境。项目建成以来,泵闸运行达 6 次(实际运行数据详见表 2),内涝点积水消除,社会效益和经济效益良好。

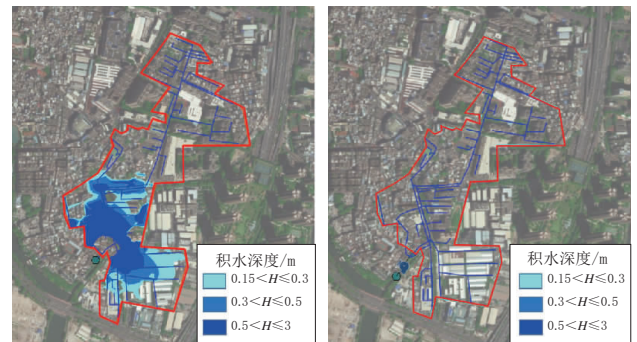
表2 泵闸实际运行工况

序号	运行日期	最大小时降雨量/mm	最大3h累积降雨量/mm	泵闸运行液位/m	水泵运行数量/台	运行时间/min
1	2024-4-21	13~15	38.7	6.2	2	30
2	2024-4-26	9~10	26.3	6.2	2	20
3	2024-4-28	12~13	34.3	6.2	2	20
4	2024-5-31	8.3~10	19.8	6.2	2	20
5	2024-6-7	30~40	84.2	6.0	3	45
6	2024-6-14 2024-6-15	30~80	98.7	6.0	3~4	60

4.2 内涝防治效果模拟分析

采用不同重现期的芝加哥降雨雨型下设计降雨对改造前后工程范围内内涝积水情况进行模拟,验证改造方案对积水范围和积水深度的影响。

在降雨重现期 5、20 a,降雨历时 2 h 情景下,工程范围内积水分布分别见图 7。



(a)改造前(重现期 5 a 一遇) (b)改造后(重现期 5 a 一遇)



(c)改造后(重现期 20 a 一遇)

图7 不同降雨情景下积水分布情况

5 结语

污水提质增效和内涝整治工作虽然相对独立,(下转第 173 页)

水体影响较大,且在实际应用中增氧范围有限。



图2 曝气设施

4.3.3 各种拦污设施

在河道排水口附近安装拦污装置,如图3所示,利用物理拦截和过滤作用,对入河污染物进行初次拦截,去除水体中较大悬浮物和部分有机无机污染物,减轻管道内淤积物对河道的影响。在河道中设置拦污网进行二次拦截,通过河道水体两侧的固定点连接钢丝绳穿孔组合,形成水面拦污网,拦截、隔离水体内的杂物和垃圾,后期再经由人工对网前垃圾进行及时打捞、清理。拦污网可有效地拦截部分上游垃圾,减小部分打捞人员汛期水上作业的难度。

5 结语

由以上资料分析可知,西土城沟河道的水体污染受汛期降雨径流影响最为明显,人工河道的自净能力和上游来水量同样影响着河道水质。针对以上



图3 排水口拦污装置

情况,建议采取下列措施:在汛期前进行管道清掏,减少污染物入河;利用水流调度,加快污染水体置换速度,并在雨后去污存清;更有计划地开展人工打捞,在雨后增次应对。而对于各种突发水体污染情况,则应具体问题具体分析,采用不同的应对措施以达到最佳的治理效果。

参考文献:

[1] 河海大学《水利大辞典》编辑修订委员会.水利大辞典[M].上海:上海辞书出版社,2015.

[2] 张钧,杨文武.水和废水中五日生化需氧量测定全程质量控制[J].环境科学与管理,2011,36(7):139-145.

[3] 王季震,张美一,陆建红.降雨对河流水质的不确定性影响研究[J].灌溉排水学报,2005,24(5):74-76.

[4] 张园.浅析影响城市河道水环境质量的因素[C]//第五届天津青年科技论坛论文集.天津:天津市科协,2006:798-800.

[5] 刘鹏.北京城市河道水环境改善技术措施探究[J].绿色科技,2021,23(8):66-71.

(上接第163页)

但在管网建成区往往需要同步开展。坚持污涝共治,在排口溯源的基础上,结合排水单元雨污分流改造,对排水系统进行精准分流,恢复污水和雨水管道的排水能力。

在感潮河网地区,由于用地限制、外江潮位顶托,一体化排涝泵闸的建设是行之有效的内涝治理手段。城市内涝治理属于系统化工程,需要构建从源头到末端,涵盖流域、城市、社区多层次的城市排水防涝工程体系,同时辅助多部门联动、多手段预警协同的非工程措施^[7],共同解决城市内涝问题。

参考文献:

[1] 国务院办公厅.国务院办公厅关于加强城市内涝治理的实施意见

[Z].北京:国务院办公厅,2021.

[2] 冯嘉宝,许欢,王婷.广州城市内涝的分布特征及其模拟[J].广东气象.2023,45(3):1-6.

[3] 广州市人民政府办公厅.广州市城市基础设施发展“十四五”规划[Z].广州:广州市人民政府办公厅,2022.

[4] 广州市水务局.广州市全面攻坚排水单元达标工作方案[Z].广州:广州市水务局,2019.

[5] 李佳良,刘建伟.非开挖修复工艺在污水处理提质增效项目中的应用[J].城市道桥与防洪,2023(3):179-182.

[6] 王贤萍,解明利,唐建国.“One Water”理念下的城市内涝防治对策思考[J].给水排水,2024,60(3):53-58.

[7] 吴江涛.引领黄河流域发展的“韧性都市”——郑州市“31382”防洪防涝规划体系的实践与探索[J].城市道桥与防洪,2023(10):13-16.