

滨海城市合流制区域暗涵综合整治工程实例

沈捷,姚宇

[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: 针对滨海城市合流制区域污染控制与内涝防治割裂的问题,以海口市大同沟分洪渠治理工程为研究对象,探索协同治理路径,响应海南自贸港生态文明要求,破解旱季污水直排、雨季溢流和高潮位内涝等复合型水问题。工程以“污涝共治”为核心,构建“控污+防涝”体系,采用“源头分流—过程控制—末端兜底”策略,遵循“应分尽分、截流为辅”原则,实施泵站改造、暗涵整治、雨污分流、末端截流等措施,规划增设雨水强排设施。结果表明,这种工程措施可有效截流污水、削减入海污染物,缓解内涝风险,实现水环境与水安全同步提升,构建了协同精准治理模式,为同类滨海城市提供可复制范例,具有重要理论与工程价值。

关键词: 暗涵整治;雨污分流;污涝共治

中图分类号: TU992

文献标志码:

文章编号: 1009-7716(2026)09-0273-05

An Example of Comprehensive Improvement Project for Culverts in Combined Sewer Areas of Coastal Cities

SHEN Jie, YAO Yu

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

Abstract: Aiming at the issue of the disconnection between pollution control and waterlogging prevention in the combined sewer areas of coastal cities, taking the Haikou Datonggou Flood Separation Channel Governance Project as the research object, the paths for collaborative governance are explored. In response to the ecological civilization requirements of the Hainan Free Trade Port, the complex water issues such as direct sewage discharge during the dry season, overflow during the rainy season, and waterlogging at high tide levels are addressed. Centered on the concept of “co-treatment pollution and waterlogging”, a system of “sewage control + waterlogging prevention” is established for the project. A strategy of “source separation - process control - end-stage interception” is adopted. The principle of “maximizing separation and supplementing with interception” is adhered. The measures such as pumping station reconstruction, culvert regulation, separation of rainwater and sewage, and end-stage interception are implemented. The rainwater forced drainage facilities are planned to add. The results show that this engineering measure can effectively intercept sewage, reduce pollutants flowing into the sea and alleviate the risk of waterlogging. The simultaneous improvement is achieved in water environment and water security, and a collaborative and precise governance model is established. The replicable examples are provided for similar coastal cities with the significant theoretical and engineering value.

Keywords: culvert regulation; separation of rainwater and sewage; co-treatment pollution and waterlogging

0 引言

我国城镇化进程中,特别是滨海城市面临着传统排水系统带来的环境影响和排涝安全风险。一些老旧城区暗涵存在着雨污混排、污泥淤积、缺乏管理等问题^[1-4],导致排放口处水体污染严重、内涝问题频发。深圳市光明区木墩河^[5]曾因暗涵长期缺乏监管、雨污混排,导致淤泥沉积,逐步形成黑臭水体。

佛山市顺德区^[6]暗涵改造前普遍存在结构性缺陷和功能性缺陷,使得暗涵的排水能力受到制约,雨季洪涝风险增大,威胁城市水安全。而合流制系统暗渠多存在各类外水通过截流井进入污水管网^[7],造成污水管网高水位运行^[8],污水处理厂进水浓度降低^[9],截污管道的建设对管道末端排口进行改造导致排水不畅^[10]等诸多问题,进而给排水系统安全运行、城市水环境、雨季防涝安全带来隐患^[11]。因此,暗涵综合改造亟待推进。

目前大部分暗涵改造工程主要针对老旧城区,改造方案大多为根据雨污分流的原则改接管道^[12],

收稿日期: 2026-02-28

作者简介: 沈捷(1986—),男,硕士,高级工程师,从事市政给排水和水环境综合治理咨询及设计工作。

对原有管道进行结构性修复^[13]等手段,改造目标较为单一。香港政府自2000年左右推行“净化海港计划”,旨在解决因城市发展而产生的海港污染问题^[14]。通过分阶段建设污水处理设施,利用地下深层隧道收集污水等综合措施,历时20余年不懈努力,解决城市发展导致的海港污染,使维多利亚港的水质得到显著改善^[15]。香港“净化海港计划”已成为海港城市水环境综合治理的先锋典范和模板,但主要是聚焦于滨海城市水环境的治理。而本工程面对的海口市大同沟分洪渠位于滨海城市,主要为截流式合流制区域,下游污水主干管长期处于高水位运行状态,导致污水逆流回灌箱涵,严重影响近海水环境。与此同时,由于大同沟分洪渠箱涵依靠重力自流排海,当遭遇海水高潮位时,重力排水所需的水力坡度不足,导致片区雨水排放不畅通,极易引发内涝灾害。因此,本工程面临着旱季污水直排、雨季溢流污染、高潮位内涝风险的复合问题,需针对水质水量分析调查、污水源溯源排查和排水管网问题系统研判,实施精准的综合治理。

海口市大同沟分洪渠是本工程的暗涵改造对象,更是自由贸易港的重要发展部分。《关于支持海南全面深化改革开放的指导意见》要求按照适度超前、互联互通、安全高效、智能绿色的原则,大力实施一批重大基础设施工程,加快构建现代基础设施体系。自由贸易港的定位对海口市生态文明建设提出了更高的要求,急需解决污水溢流、水体污染等影响生态环境的问题。本工程旨在消除大同沟分洪渠旱季污水直排与雨季溢流污染,有效缓解其对下游水环境的污染。同时,解决海水高潮位时片区雨水排放不畅导致的内涝问题。最终实现区域的“污涝同治”,同步提升水环境质量与水安全保障水平。

1 工程背景

1.1 区域概况

大同沟位于我国南方沿海城市,分洪渠箱涵起始段为双孔箱涵,末端为三孔箱涵,全程为暗涵,最终排入入海口。箱涵服务面积为70 hm²,服务范围北部为分流制区域,南部主要为合流制区域,具体分布如图1所示。箱涵服务范围内以城中村自建房和老旧小区为主,建筑物密集。暗涵末端虽设有截流井与现状污水主干管连接,但下游污水主干管长期处于高水位运行状态,导致污水逆流回灌箱涵现象频发。加之箱涵沿线存在众多污水直排口,多重因

素叠加造成入海口处水污染情况严重。



图1 大同沟分洪渠箱涵区位示意图

1.2 现有问题

(1)管网系统不完善,旱季污水直排与雨季溢流污染问题并存。片区存在大面积污水管网空白区,雨水管网系统碎片化,整体排水管网不完善。末端截流设施因闸门破损,截流效果不佳,且在下流污水主干管高水位时无法防止倒灌。上述因素导致暗涵旱天污水直排问题突出(见图2),雨天合流制溢流污染严重(见图3),是排海口处水体受污染的主要根源。



图2 大同沟分洪渠箱涵直排口现场



图3 片区雨污混接现场

下游污水主干管长期处于高水位运行状态的主要原因是下游污水主干管的中途提升泵站尚未按规划实施。另外,末端白沙门污水厂近年来进水BOD₅在95~120 mg/L,进水浓度处于正常范围,表明污水管网系统地下水入渗量较小,生活污水收集较为充分。目前污水主干管中途提升泵站正在建设中,沿线服

务范围也同步推进管网排查与整治工作,待相关工程实施完成、泵站投入运行后,污水干管高水位运行的问题将得到显著改善。

(2)缺少强排措施,雨天高潮位时,片区易发内涝。箱涵内雨水依靠重力自流排入下游入海口,由于缺乏雨水泵站等强排措施,当遭遇海水高潮位时,重力排水所需的水力坡度无法满足,导致片区雨水排放不通畅,极易引发内涝灾害。

2 综合整治方案

2.1 工程规模

本工程完善了大同沟分洪渠汇水范围内的污水管道系统,新建DN300~DN600污水主管道约3 800 m,分流改造现状污水混接点等;对大同沟分洪渠清理淤泥约4 000 m³,非开挖修复3处现状箱涵渗漏点;在近期无雨污分流条件的合流制排水系统末端,新建智能截流井1座,新建一体化提升泵站1座(旱季设计流量157 m³/h,雨季设计流量200 m³/h)。

2.2 污染源解析与水量分析

区域污染源主要包括:上游污水泵站(椰子岛污水泵站)直排日均直排污水量约7 500 m³;沿线零散直排口共25个,位于滨海丽景小区、海景湾花园小区、曼哈顿小区、龙华二横路、盐灶一横路和滨海立交桥下等位置,服务面积18.44 hm²,日均直排污水量约1 650 m³;合流制区域的滨海新村北部(8个排口)日均直排量约810 m³,八灶街(8个排口)日均直排污水量约214 m³;因滨海立交闸门破损及下游污水管高水位,日均倒灌量约1 600 m³(见表1)。

表1 污染源及水量分析

序号	区域污染源	直排污水量/ (m ³ ·d ⁻¹)	占比/%
1	上游椰子岛污水泵站直排	7 500	63.7
2	暗涵沿线零散直排口(共25个)	1 650	14.0
3	合流制区域直排(共16个)	1 024	8.7
4	暗涵末端截流点污水倒灌	1 600	13.6
合计		11 774	100

综上所述,大同沟分洪渠43处直排口,总日均直排污水量约11 774 m³/d。

2.3 建设内容

本工程遵循“应分尽分,截流以辅”的原则,对具备分流条件的区域,实施彻底的雨污分流改造,片区内污水进入污水系统,雨水进入大同沟分洪渠;对暂不具备分流条件的污水,在末端进行智能截流。彻底雨污分流污水量10 174 m³/d,占总直排污水量的

86.4%;末端截流污水量1 600 m³/d,占总直排污水量的13.6%。

本工程主要实施内容包括5个子项:(1)对上游污水泵站椰子岛泵站分流改造,消除1个直排口,削减直排污水量占比63.7%;(2)对25个直排口进行截流改造,削减直排污水量占比14.0%;(3)对滨海新村北部合流区域8个直排口进行分流改造,削减直排污水量占比6.9%;(4)对暗涵清淤修复及排口整治,包括暗涵非开挖修复3处、直排口混接改造5处,削减直排污水量占比1.8%;(5)末端截流提升改造,实施闸门井逆流改造1处,削减直排污水量占比13.6%。示意图如图4所示。

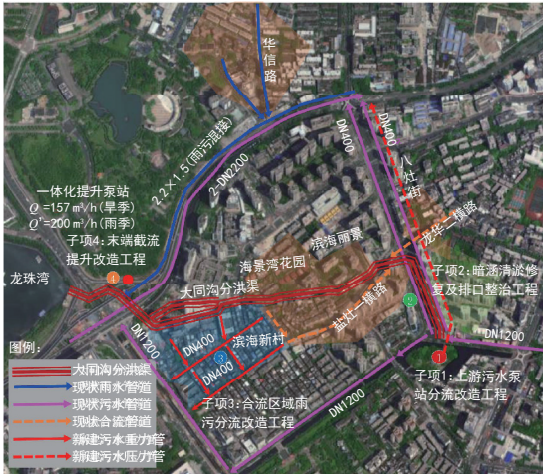


图4 项目主要建设内容示意图

3 暗涵改造技术路线

3.1 上游污水泵站分流改造

改造椰子岛泵站DN600污水出水管,将其就近接入市政污水主干管,彻底解决雨季溢流排入八灶沟的问题。具体包括新建DN600 PE管约750 m、新建DN800球墨铸铁管约20 m、注浆封堵现状污水管约7 m、配套破除恢复沥青路面及人行道约300 m²,如图5所示。

3.2 暗涵清淤修复及排口整治

对大同沟分洪渠全线进行清淤及修复,并对八灶街沿线8处直排口进行改造。对部分现状接入洞口采用“C30混凝土内部封堵+端面砖墙砌筑+外表面防水砂浆涂抹”的复合措施进行封堵。具体内容包 括:新建DN400球墨铸铁管约30 m,新建700×700钢筋混凝土污水检查小方井2座,新建φ1000钢筋混凝土污水检查2座,破除恢复人行道约75 m²,注浆封堵现状污水管约37 m,清淤约4 000 m³,污泥处置4 000 m³,大同沟分洪渠非开挖修复3处渗漏点、暗

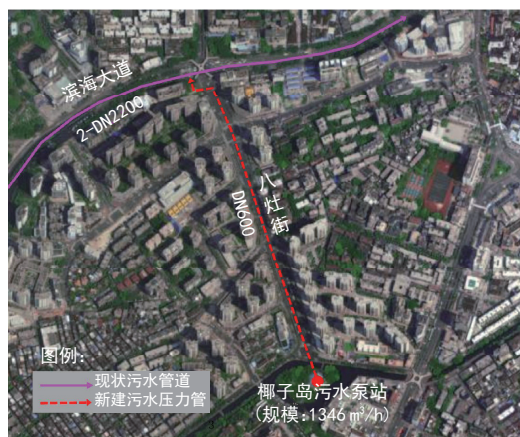


图5 八灶街新建污水压力管示意图

涵结构修复约50 m。

(1)暗涵非开挖修复方案:针对渗漏、腐蚀、破裂等不同缺陷,分别采取堵漏、水泥基砂浆喷筑、红砖修补与水泥基砂浆喷筑等精准修复措施。

(2)结构修复方案:对部分严重破损的盖板涵进行拆除重建,按钢筋混凝土结构设计,内径尺寸为(2~4.0)m×1.8 m及(2~4.5)m×1.6 m,顶板、侧壁壁厚450 mm,中隔壁壁厚300 mm,底板壁厚500 mm。在新老分洪渠结构交界处设置变形缝。

3.3 合流区域雨污分流改造

对滨海新村北部区域实施雨污分流改造,新建污水管道收集用户污水,保留原合流沟渠作为专用雨水通道。工程包括新建DN300-DN400球墨铸铁管约3 060 m(见图6),新建600 mm×600 mm钢筋混凝土污水检查小方井约1 143座,新建 $\phi 1000$ 钢筋混凝土污水检查井约63座,破除恢复沥青路面约3 000 m²,破除恢复人行道约3 000 m²,新建dn160 PE接户管约800 m,破除恢复现状给水管道约1 350 m,现状合流沟破除修复425 m,花坛树池破除修复1 000 m。



图6 滨海新村北部区域分流改造示意图

3.4 末端截流提升改造

为防止下游污水主干管高水位倒灌,在末端实施截流提升改造。封堵现状末端闸门井,由泵站提

升旱季污水至滨海大道污水主干箱涵。根据前期调查排摸及系统分析,大同沟分洪渠直排污水量约为1 600 m³/d。由于下游污水管网富余输送能力有限,远期可结合海绵城市建设措施推进源头减量,本工程截流倍数取2。新建14.7 m×9.3 m智能截流井1座,新建一体化截流提升泵站1座(旱季设计流量157 m³/h,雨季设计流量200 m³/h),将截流污水提升至滨海大道污水主箱涵(见图7)。实施智能化、精准化截流,工程量包括1 400 mm×1 400 mm流量计井1座, $\phi 1400$ 闸门井1座, $\phi 1000$ 钢筋混凝土污水检查井3座, $\phi 1000$ 压力释放井1座,DN400球墨铸铁管约30 m, DN250钢管约16 m,注浆封堵现状闸门井出水管约5 m。



图7 智能截流井及截流泵站位置示意图

3.5 完善流域强排措施

为解决海水高潮位顶托导致的内涝问题,本工程提出在排海口处新建1座雨水强排泵站的规划建设,建议建设规模36 m³/s(见图8)。该泵站作为流域排水系统的关键节点,将通过机械动力强制提升雨水,解决因地势低洼或潮汐顶托造成的排水不畅问题,是实现“污涝共治”中“涝”治理的核心工程措施。

4 总结与展望

本文以海口市大同沟分洪渠治理工程为对象,针对滨海合流制区域污涝复合型问题,以“污涝共治”为核心,遵循“源头分流—过程控制—末端兜底”策略与“应分尽分、截流为辅”原则,实施泵站改造、暗涵清淤修复、雨污分流、末端智能截流等工程,规划增设雨水强排泵站。工程完成3 800 m污水管道新建、4 000 m³暗涵清淤等建设,实现86.4%直排污水的源头分流和13.6%的末端精准截流,有效解决污水直排、倒灌问题,从根本上缓解高潮位内涝风



图8 大同沟分洪渠流域范围及强排泵站位置示意图

险,实现区域水环境与水安全同步提升,形成滨海合流制区域暗涵综合整治的成套方案。

本研究突破传统暗涵改造单一治理局限,创新落地“污涝共治”协同理念,构建控污与防涝融合体系;适配老旧城区现状的治理原则与多元技术手段结合的技术体系,为同类滨海城市解决复合型水问题提供可复制范例,也为海南自贸港等特殊区域的基础设施升级与生态建设提供实践参考。

截至目前,雨水强排泵站尚未落地,内涝治理成效尚缺乏长期验证,无长期动态数据与量化效益分析模型。后续计划推进强排泵站建设,开展长期监测并建立量化效益评估模型;依托数字孪生技术构建暗涵全生命周期智能化管理平台;制定适配滨海潮汐特征的整治技术标准,形成分区域标准化方案;结合海绵城市建设融入源头减排措施,构建全链条治理体系,提升滨海城市水系统韧性。

参考文献:

[1] 高绍智,陈明明,吴振朋,等.济南市小区雨污分流改造实例分析[J].四川建材,2024,50(12):230-231;234.

[2] 金惠振.浅谈明沟暗渠化在城市建设中的作用[J].城市道桥与防洪,2001(1):39-40.

[3] 王伟,崔勇,朱福造,等.清污分流系统在污水收集提质增效中的应用研究[J].价值工程,2020(16):175-177.

[4] 刘洋,郑欣欣,庄兆恒,等.基于污水系统提质增效的老城区合流暗涵排查整治[J].中国给水排水,2024,40(24):106-111.

[5] 何磊.深圳市高密度建成区暗涵复明综合整治工程实例分析[J].给水排水,2024,60(增刊1):334-340.

[6] 邓飞,潘焰菲,唐婕,等.城市建成区暗涵综合整治策略与实践——以佛山市顺德区A围区为例[J].市政技术,2025,43(6):215-222.

[7] 唐建国,张悦,梅晓洁.城镇排水系统提质增效的方法与措施[J].给水排水,2019,45(4):30-38.

[8] 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.

[9] 魏忠庆.排水系统截污纳管存在的问题及对策[J].中国给水排水,2017,33(18):14-16.

[10] 解铭.老城区雨污分流改造的设计与思考——以咸阳市中心城区为例[J].给水排水,2020,46(2):49-52.

[11] 陈德业,冯雪梦,符大煊,等.基于排水系统主动降水位的污涝同治方案设计[J].给水排水,2024,50(9):69-75.

[12] 鲁婷婷.市政雨污管网分流改造设计研究[J].江西建材,2024(5):125-127.

[13] 任璐.建成区老旧市政暗涵整治分析——以广东深圳龙岗区新乐街市政暗涵为例[J].江西建材,2024(10):140-142.

[14] 林锦慰.香港净化海港计划:环境影响评价[C]//中国环境科学出版社.中国环境科学学会学术年会论文集.上海:中国环境科学出版社,2010:1690-1694.

[15] 吴舒畅,王亮,陈思思,等.香港“净化海港计划”对城市污水处理的启示[J].城市道桥与防洪,2025(5):130-134.