

出水口泵闸组合式改造的实践和思考

杨雨阳¹, 宓益磊²

(1. 宁波北仑岩东排水设施运维管理有限公司, 浙江 宁波 315800; 2. 宁波市城市建设设计研究院有限公司, 浙江 宁波 315012)

摘要: 面对老城区排水管网重现期低、升级改造影响大、施工困难的现状, 老城区积水改造采用清淤疏通并修复现状排水管网的措施, 同时将出水口改造为泵闸组合式设施。经验算, 通过现状重现期为0.5年的排水管网及新建规模与之相匹配的排涝泵站, 系统的排水能力可应对的降雨量等级为“短时大暴雨”, 能充分发挥现状排水管道的排水能力, 实际效果较好。泵闸组合式出水口改造措施对周边环境的影响较小, 工程造价较低, 对老城区局部积水具有明显的改善作用, 可为其他老城区积水点的改造提供参考。

关键词: 老城区; 积水改造; 泵闸组合式出水口

中图分类号: TV122

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)08-0268-04

Practice and Reflection on Reconstruction of Outlet Combined with Pump and Gate

YANG Yuyang¹, MI Yilei²

(1. Ningbo Beilun Yandong Drainage Facilities Operation and Maintenance Management Co., Ltd., Ningbo 315800, China; 2. Ningbo Urban Construction Design Institute Co., Ltd., Ningbo 315012, China)

Abstract: Faced with the current situation of low recurrence period of drainage pipe networks in old urban areas, significant impacts of upgrading and reconstruction, and construction difficulties, the measures such as clearing and repairing the existing drainage pipe networks are taken in the waterlogging renovation of old urban areas, and at the same time, the outlet is reconstructed into pump-gate combined facilities. After calculation, through an existing drainage pipe network with a recurrence period of 0.5 years and the newly constructed waterlogging drainage pumping station with a scale matching it, the drainage capacity of the system can handle a rainfall level of “short-term rainstorms”, which can fully utilize the drainage capacity of the existing drainage pipes, and the actual effect is good. The pump-gate combined outlet renovation measures have a relatively small impact on the surrounding environment, the engineering cost is lower, and the improvement effect on local waterlogging in the old urban area is significant, which can provide a reference for the renovation of waterlogging points in other old urban areas.

Keywords: old urban areas; waterlogging renovation; pump-gate combined outlet

0 引言

部分建设年代久远的老城区, 在雨水管网建设时采用重力流直接排河的模式, 且当时雨水管网设计重现期低, 城区地势不高。在城区规模不大时, 由于周边有农田等天然防涝区域, 即使地势不高, 城区发生内涝的风险依然可控。

随着城市发展, 城市边界不断扩张, 周边土地逐渐被开发, 城区范围越来越大, 天然的防涝区域越来越

越小。当遭遇较大天气变化时, 地势较低的老城区因内河水位上涨, 易发生内涝, 其中地势低洼处更是内涝重灾区^[1-5]。

将地势低洼的老城区地坪抬高到安全内涝水位之上, 是解决内涝积水的有效途径之一。但是老城区地坪成片抬高牵扯面太大, 一般需结合城市拆迁重置项目综合实施, 短期内无法实现^[6-10]。面对这种情况, 本项目通过对排水管网末端现状出水口实施泵闸组合式改造, 配套设置强排泵站和防倒灌闸门, 使出水口具备重力流和压力流的双重排水功能, 从而较为高效地解决低洼区块的积水问题。

1 项目概况

宁波市北仑区某区块道路上现状雨水管管径为

收稿日期: 2026-01-31

作者简介: 杨雨阳(1986—), 男, 学士, 工程师, 从事排水设施管理养护工作。

通信作者: 宓益磊(1983—), 男, 硕士, 高级工程师, 从事给排水设计工作。电子信箱: 277970861@qq.com

DN500~DN800,综合水力坡降 $i=0.001\ 8$,材质为钢筋混凝土管,其汇水面积约为 $5.5\ \text{hm}^2$,现场位置如图1所示。

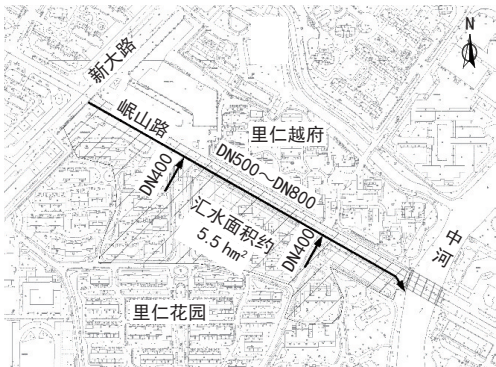


图1 某区块道路上现状排水管道示意图(单位:mm)

服务区域现状地坪标高为 $1.8\sim2.1\ \text{m}$,周边河道的常水位约为 $1.0\ \text{m}$,据养管人员反馈,前期降雨基本无积水。当河道水位涨到较高时,路面和地块会发生不同程度的积水。

图2展示了2022年“梅花”台风期间的降雨量和河道水位变化情况。

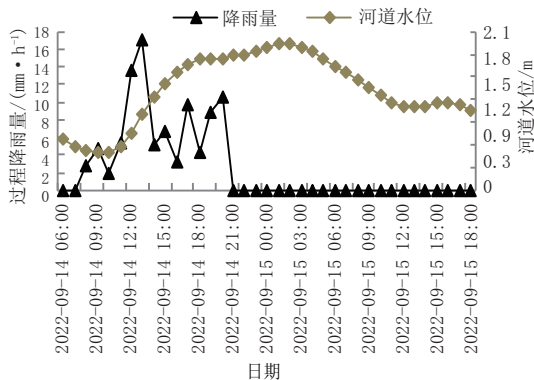


图2 某区块2022年“梅花”台风期间的降雨量与河道水位

2 排水方案比选

在项目前期,项目组对方案一(按现行标准新建雨水管道、泵站)和方案二(保留现状雨水管道、对出水口实施泵闸组合式改造)进行比选,结果如表1所示。

表1 排水方案比选表

项目	方案一	方案二
方案主要内容	按现行标准“重现期3年一遇”新建雨水管道,管径为DN400~DN1 200;新建雨水泵站规模为1 200 L/s;估算价格约为1 800万元	保留现状雨水管道(重现期约为0.5年),管径为DN400~DN800,对出水口实施泵闸组合式改造,泵站规模为463 L/s;估算价格约为120万元
主要政策处理	占地至少300 m ² ; 用电约为180 kW; 管道施工占用道路	局部占用沿河绿化; 用电约为37 kW; 材料机械进出占用道路
优点	排水设施满足现行规范要求	施工影响小、造价低,政策处理相对简单
缺点	施工影响大、造价高,政策极难处理	排水能力受限于现状管道管径

经过多次沟通,考虑到现状地块周边基本无冗余土地、道路保通压力极大、投资受限等因素,本项目最终选择按照方案二实施。

3 工程设计

3.1 施工工艺及附属

项目实施泵闸组合式出水口改造:安装DN800铸铁闸门,以防止雨水倒灌;安装 $(\phi 600)\ 834\ \text{m}^3/\text{h}$ — $4\ \text{m}$ — $18.5\ \text{kW}$ 潜水轴流泵2台(2用),采用井筒式施工工艺;安装不锈钢格栅,用于拦污;安装超声波液位仪2套,用于控制闸门开关和水泵启停;安装搅拌器1套,用于排除积泥。

系统运行采用自控和现场手动2种模式。

用电就近从公共变压器接引380 V低压电源,并配备80 kW移动发电机,作为备用电源。

3.2 平面与剖面布置

泵闸组合式出水口采用现浇钢筋混凝土结构,尺寸为 $6.1\ \text{m}\times4.7\ \text{m}\times4.8\ \text{m}$ (长 $\times$ 宽 $\times$ 高)。具体布置如图3和图4所示。

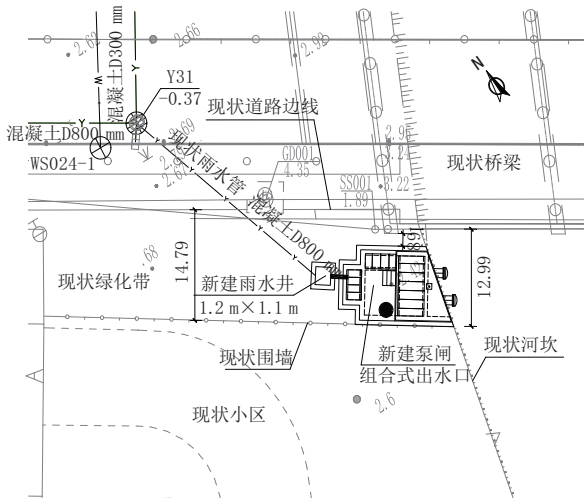


图3 组合式泵闸出水口平面布置图(单位:m)

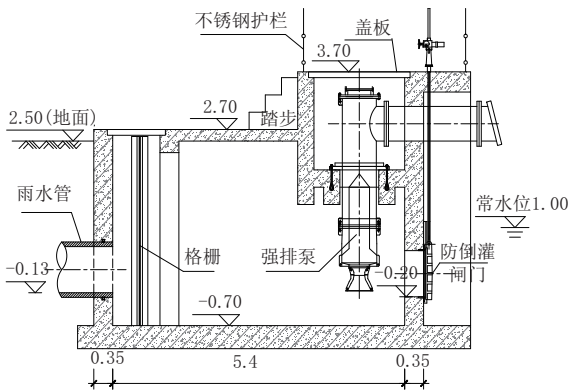


图4 组合式泵闸出水口剖面布置图(单位:m)

3.3 工程造价

该项目主要内容包括新建泵闸土建(含围堰和

基坑挖掘)、工艺设备安装、电气工程、自控工程、围墙和河坎修复等。工程初步设计概算建安费约为120万元。

4 效果分析

4.1 排涝能力

(1)管道设计按照恒定流条件计算,水力坡度取管道铺设的管底坡度值。以本项目中DN800管道为例,设计流量约为459 L/s^[11](见表2)。

表2 管道设计流量表

公称直径/mm	管底起点标高/m	管底终点标高/m	水力坡度/m	粗糙系数 <i>n</i>	设计流量 <i>Q</i> /(L·s ⁻¹)
DN800	-0.23	-0.37	0.001 4	0.014	459

在实际排水时,管道的通行能力与河道的水位有关^[12-13],本项目采用曼宁公式和伯努利方程进行计算。

$$h_r = h_G - h_p \tag{1}$$

式中: h_r 为河道水位,m; h_G 为地面高程,m; h_p 为雨水通过管道和井时的总损失,m。

$$h_p = \sum_{i=1}^N h_{fi} + \sum_{i=1}^N h_{ji} \tag{2}$$

式中: h_p 为雨水通过管道和井时的总损失,m; h_{fi} 为第*i*段雨水管道的沿程水头损失,m; h_{ji} 为第*i*个节点的局部水头损失,m。

$$h_{fi} = \frac{16n^2Q_i^2l_i}{\pi^2R_i^3D_i^4} \tag{3}$$

式中: h_{fi} 为第*i*段雨水管道的沿程水头损失,m; n 为管道粗糙系数,混凝土管取0.014; Q_i 为第*i*段雨水管道的流量,m³/s; l_i 为第*i*段雨水管道的长度,m; π 为圆周率,取3.14; R_i 为第*i*段雨水管道的水力半径,m; D_i 为第*i*段雨水管道的管径,m。

$$h_{ji} = \xi_i \frac{8Q_i^2}{g\pi^2D_i^4} \tag{4}$$

式中: h_{ji} 为第*i*个节点的局部水头损失,m; ξ_i 为第*i*个节点的局部阻力系数,在本项目中,管道出口局部阻力系数暂取1; Q_i 为第*i*个节点的雨水流量,m³/s; g 为重力加速度,取9.81 m/s²; π 为圆周率,取3.14; D_i 为第*i*个节点对应的管径,m。

$$Q_i = k_i \frac{Q}{1\,000} \tag{5}$$

式中: Q_i 为第*i*段雨水管道的流量,m³/s; k_i 为流量分配系数,取值为管段服务面积与总服务面积之比; Q 为管道出水口处的流量,L/s。

本项目管段参数如表3所示,地面高程按1.80 m

计,管道实际通行能力如图5所示。

表3 管段主要参数表

管段	管段管径 D/m	管段长度/ m	管道服务 面积/m ²	分配系数 <i>k_i</i>
第1管段	0.5	172	13 238	0.240
第2管段	0.6	138	33 966	0.615
第3管段	0.7	58	44 865	0.812
第4管段	0.8	136	55 253	1.000

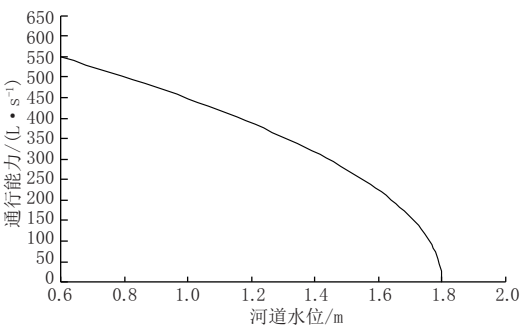


图5 管道实际通行能力图

由图5可知,随着内河水位上升,排水管道的实际通行能力持续下降。当内河常水位为1.0 m左右时,管道的通行能力约为450 L/s;当水位上升至1.6 m时,管道的通行能力下降至220 L/s左右。

在出水口实施泵闸组合式改造后,当内河水位上涨至1.2 m时,关闭闸门、开启排涝泵,维持井内水位不大于1.0 m,可以使DN800主管道保持约463 L/s的排水能力。

(2)本项目共安装2台潜水轴流泵,排水能力达到1 668 m³/h。强排设施服务区域面积约为5.5万 m²,径流系数值取为1,参考水利平均排除法的排涝流量计算方法^[14],排水能力折算为30.3 mm/h。该排水能力可应对的降雨量等级为“短时大暴雨”^[15]。短时气象服务降雨量等级如表4所示。

表4 短时气象服务降雨量等级表 单位:mm

降雨量等级	10 min 累积降雨量	30 min 累积降雨量	1 h 累积降雨量
短时小雨	<0.5	<1.0	<2.0
短时中雨	0.5 ~ 0.9	1.0 ~ 1.9	2.0 ~ 3.9
短时大雨	1.0 ~ 1.9	2.0 ~ 3.9	4.0 ~ 7.9
短时暴雨	2.0 ~ 4.9	4.0 ~ 9.9	8.0 ~ 19.9
短时大暴雨	5.0 ~ 15.0	10.0 ~ 30.0	20.0 ~ 50.0
短时特大暴雨	>15.0	>30.0	>50.0

4.2 实际运行效果

自2024年7月出水口泵闸改造完成并投入使用后,项目区域经历了“康妮”“竹节草”等降雨量较大的台风,整体上基本无明显积水,局部区域积水在较短时间内退去,不影响居民的雨后出行。

在小雨期间,强排泵关闭,闸门开启,依靠重力

流排出雨水;在降雨量较大、内河水位上升时,强排设施开启,可整体节省能源消耗,综合社会效益较好。

5 总 结

(1)在现状排水管网无法升级改造的情况下,本项目充分利用现状排水管网,对其进行必要的清通和修复,并将出水口改造为泵闸组合式出水口。本项目对于补齐排水设施短板、解决老城区内涝问题,具有重要的现实意义。根据项目的实施反馈,本项目改造对片区局部积水问题起到明显的改善效果,同时,施工过程对周边环境的影响相对较小,且相较于同类项目,本工程造价较低。

(2)城镇内涝防治是一项系统工程,应注重排涝除险设施、源头减排工程、排水管渠设施协同推进。由于雨水出水口较多,不建议以泵闸组合式出水口替代老城区的内涝防治系统工程,但可以将其作为改善老城区局部积水点的有效措施。如果全部采用泵闸组合式出水口,则建议配套专门的数据平台和管理中心,以便进行专业化管理。

(3)泵闸组合式出水口沿河设置,会占用沿河绿地,因此,在实施改造前,需要征得规划、水利等部门同意。

(4)现状管网重现期一般为 0.5~1 年,排涝泵站设施的规模宜按照管道的实际通行能力合理选择。

(5)应采取适当的措施,阻止周边区域的雨水汇

入已改造出水口的服务区域,避免大量周边雨水的汇入,大幅削弱改造项目的排涝效益。

参考文献:

[1] 姚陈珏.城市积水点局部改造方案研究[J].建筑科技,2022(3):50-52.

[2] 杨旭宏.城市内涝成因及规划设计对策探析[J].水利技术监督,2016(6):78-80.

[3] 桑林浩,杨丽萍,郑诗豪.城市内涝工程短板分析及措施研究[J].水电能源科学,2023,41(8):90-93.

[4] 姜芊孜,李金煜,王广兴.济南市主城区内涝积水特征及成因分析[J].水利规划与设计,2021(3):47-51.

[5] 李月明,郑雄伟.浙江省城市防洪排涝问题与对策[J].水利规划与设计,2012(3):1-3.

[6] 杨聪辉.广州老城区某流域内涝治理对策[J].水利技术监督,2021(9):62-64.

[7] 尹小斌,李益飞.老城区内涝和污水收集问题的优化解决方案探讨[J].中国给水排水,2017,33(24):27-29.

[8] 戴慎志,曹凯.我国城市防洪排涝对策研究[J].现代城市研究,2012(1):21-22.

[9] 陈威,糜宁,周铨,等.郾县老城区排水管网改造方案探讨[J].给水排水,2015,41(7):95-98.

[10] 李慧宁,毛斌,解铭,等.基于 Infoworks ICM 模型的老城区排涝安全研究:以中部某城市为例[J].环境工程,2023,41(增刊2):1137-1140.

[11] GB 50014—2021 室外排水设计标准[S].

[12] 刘俊,俞芳琴,张建涛.城市管道排水与河道排涝设计标准的关系[J].中国给水排水,2007,23(2):43-45.

[13] 钱海平,陆敏博,韩素华.城市雨水管道排水能力影响因素分析:以苏州市为例[J].净水技术,2016,35(2):80-83.

[14] SL 723—2016 治涝标准[S].

[15] T/CMSA 0013—2019 短时气象服务降雨量等级[S].

(上接第 262 页)

参考文献:

[1] 中华人民共和国生态环境部.2023 年中国生态环境状况公报(摘录)[J].环境保护,2024(11):53-65.

[2] 国家恶臭重点实验室.2018—2020 年全国恶臭/异味污染投诉情况分析[EB/OL].(2021-08-01)[2025-12-04].https://www.mee.gov.cn/xxgk2018/xxgk/sthjbs/202108/t20210802_853623.html.

[3] 孙鹏,钟声,徐政,等.大气氨气污染特征分析及其对 PM2.5 二次无机组分的影响[J].环境监控与预警,2024,16(2):1-6.

[4] 谢凯.城市污水处理厂恶臭气体及其控制技术研究[J].皮革制作与环保科技,2025,6(13):132-134.

[5] 李应芝.恶臭气体污染与评价[J].山东环境,1996(1):16-18.

[6] 张彪军.水处理过程中硫化氢的生物释放与硫转化机制研究[D].广州:华南理工大学,2023.

[7] HJ 1262—2022 环境空气和废气臭气的测定 三点比较式臭袋[S].

[8] 杨彦彦.环保工程中的污水处理思路及方法探索研究[J].皮革制

作与环保科技,2025,6(17):119-120;129.

[9] 李桂贤,余韬,李怡.水污染控制工程导学[M].北京:化学工业出版社,2020.

[10] 王宝贞,任南琪,隋军.城市污染水体综合治理工程技术[M].北京:化学工业出版社,2019.

[11] 张玉生,程磊.污水处理系统除臭技术应用进展[J].能源与环境,2021(6):72-74.

[12] 毕军鑫.平流式沉淀池优化设计研究[D].合肥:合肥工业大学,2015.

[13] 陆立海,陈国宁,林宏飞,等.污水厂好氧污水生物喷淋除臭技术探讨[A]//《环境工程》2019 年全国学术年会论文集(下册).北京:《环境工程》编委会,工业建筑杂志社有限公司,广西博世科环保科技股份有限公司,2019:139-143.

[14] 葛亚军,杨旭,曹占强,等.基于某南方填埋场筛分资源化车间氨气浓度分布的喷淋除臭工艺优化方向[J].环境卫生工程,2023,31(1):87-90.