

堰泵合建在城市畅流活水工程中的应用

杨 蕾¹, 陈 超², 严宁峰², 缪旭浩³, 狄祖兴³

(1. 南京市水利规划设计院股份有限公司, 江苏 南京 210022; 2. 溧阳市幸福河湖建设工程有限公司, 江苏 溧阳 213300;

3. 溧阳市水利管理中心, 江苏 溧阳 213300)

摘 要: 城市畅流活水工程是促进水动力, 提升水体自净能力, 改善水环境的有效途径。城市中的内河、断头河、人工景观河等往往为封闭或半封闭水体, 无法通过自然水流实现循环, 同时城市周边往往没有足够的水源可供引水, 或者引水成本过高。此时通过内部循环活水, 采用双向泵强制推动水体流动, 是更经济、可行的方案。以溧阳市护城河活水工程为例, 对双向潜水贯流泵、潜水轴流泵配双向流道方案进行对比分析, 最终选定采用双向潜水贯流泵与固定堰合建方案, 实现护城河双向水流控制调节。工程实施后活水效果显著, 有利于改善护城河沿线水质, 可供类似水利项目参考。

关键词: 城市畅流活水; 水动力; 堰泵合建; 双向潜水贯流泵; 固定堰; 现状挡墙保护

中图分类号: TV854

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2026)01-0263-06

Application of Weir-Pump Co-construction in Urban Flowing Water Projects

YANG Lei¹, CHEN Chao², YAN Ningfeng², MIAO Xuhao³, DI Zuxing³

(1. Nanjing Water Conservancy Planning and Design Institute Co., Ltd., Nanjing 210022, China; 2. Liyang City Happy Rivers and Lakes Construction Project Co., Ltd., Liyang 213300, China; 3. Liyang City Water Conservancy Management Center, Liyang 213300, China)

Abstract: Urban flowing water projects are an effective approach to promote the hydrodynamic force, enhance the self-purification capacity of water bodies and improve the water environment. Urban inland rivers, dead-end rivers and artificial landscape rivers are often closed or semi-closed water bodies, which cannot be circulated through natural water flow. Additionally, there is often insufficient external water sources available for diversion in urban areas, or the cost of water diversion is prohibitively high. In such cases, internal water circulation using bidirectional pumps to forcibly drive water flow is a more economical and feasible solution. Taking the Liyang City Moat Flowing Water Project as an example, the schemes of bidirectional submersible tubular pumps and submersible axial flow pumps with bidirectional flow channels are compared and analyzed. Ultimately, the co-construction scheme of bidirectional submersible tubular pumps and fixed weirs is selected to achieve the bidirectional water flow control and regulation of the moat. After project implementation, the flowing water effect is remarkable, which significantly improves the water quality along the moat, and can be referred for similar water conservancy projects.

Keywords: urban flowing water; hydrodynamics; weir and pump co-construction; bidirectional submersible tubular pump; fixed weir; existing retaining wall protection

0 引 言

随着城市的城市化发展和城市人口的增加, 以水资源短缺、水环境恶化、水资源利用不合理等为特征的水问题, 已成为城市经济、社会可持续发展的重要制约因素^[1]。其中水环境风险隐患突出^[2]。因

此, 实施畅流活水工程, 改善水体流动性, 推动城市水环境质量的提升^[3], 已成为当前城市水环境治理的重要举措。城市中的内河、断头河、人工景观河等往往为封闭或半封闭水体, 无法通过自然水流实现循环, 同时城市周边往往没有足够的水源可供引水, 或者引水成本过高。此时通过内部循环活水, 采用双向泵强制推动水体流动, 是更经济、可行的方案。

本文以溧阳市护城河活水工程为例, 对双向水泵机组与固定堰合建的选型及设计过程进行介绍和

收稿日期: 2025-08-13

作者简介: 杨蕾(1992—), 女, 学士, 工程师, 从事水利工程设计工作。

分析^[4],可供类似水利项目参考。

1 工程概况

1.1 项目背景

护城河位于溧阳市城市中心区域,为环形河道,以城中河为界,分为东西2段。目前护城河仅依靠城中河水位变化进行活水,水动力不足,活水效果不佳,水质混浊。溧阳市水利局于2023年启动了护城河活水工程的专项研究,决定在护城河东西2段河道范围内各新建1处1.0 m³/s的双向水泵机组,与固定堰合建,从而实现双向水流控制调节,促进护城河内部水体流动。

1.2 区域概况

1.2.1 区域水系

溧阳市中心城区河道众多,涉及外河主要包括芜申运河、溧戴河;内河主要包括城中河、护城河、老戴埠港河、茶亭河、燕河、燕山河、湾溪河、体育馆河、西山河、竹箐河、丹金溧漕河、北环河、西半夜浜等。项目范围内水系内环外散,呈辐射状,主流单一,断头浜较多。以城中河为总纲,3河交汇于1点,其他河道与之勾成河网。

溧阳市中心城区主要水系图见图1。



图1 溧阳市中心城区主要水系图

河道水流总体自西向东,汛期流向与泵站相关。

1.2.2 防汛特征水位

包围圈内河最高控制水位不超过4.50 m,内河泵站停机(最低排涝)水位4.00 m,内河设计排涝水位4.20 m。

1.2.3 地质条件

根据勘察结果,场地浅部主要分布②₂粉质黏土,局部分布③₁淤泥质粉质黏土,场地工程地质条件一般。②₂粉质黏土层地基土承载力允许值满足

设计要求,但该层土质不均,夹粉土薄层,局部软塑状,建议进行地基处理。

1.2.4 护城河现状

护城河位于城市中心区域,两侧均为早年砌石直立高挡墙,周边现状杆线、园建设施、住宅房屋众多,河内大多布有沿河栈桥、亮化工程等,建设条件较差。护城河现场照片见图2。



图2 护城河现场照片

护城河东段长度约1 570 m,西段长度约1 000 m,2段现状河底高程约0.4 m,常水位3.50 m,现状挡墙顶高程约7.50 m,河底及上口宽度约22 m。东段常水位下对应库容约10.7万 m³,西段常水位下对应库容约6.8万 m³。

1.3 规模论证

根据相关研究成果,对水生态系统较为成熟的河道,流速宜0.02~0.05 m/s;对于城区河道,流速宜0.1~0.15 m/s。故本次分析时,溧阳中心城区各河道目标流速取0.1 m/s。河道0.1 m/s流速对应的流量见表1。

表1 河道0.1 m/s流速对应的流量		单位:m ³ /s
河道名称	流量	
城中河	9.5	
湾溪河	10.6	
燕山河	2.9	
护城河	2.1	
竹箐河	7.6	
丹金溧漕河	12.0	
北环河	9.3	
老戴埠港河	6.2	
西山河	10.5	

由表1可知,护城河0.1 m/s流速对应的流量为2.1 m³/s。由此确定护城河东西2段各新建1处1.0 m³/s的双向机组,促进护城河水体流动。

2 工程特点和难点

溧阳护城河堰泵合建工程面临诸多技术难点:河道两侧均为高7.1 m的砌石直立挡墙,建设年代久远,结构稳定性较差^[5],且后方紧邻园建设施和住宅小区,施工空间极为有限;工程需实现双向抽水功

能,但受限于城市景观要求不能设置地上厂房;同时项目具有典型的低扬程、大流量运行特点,必须对水泵的选型及使用问题给予足够重视^[6]。此外,在确保水泵高效运行的同时,还需严格控制基坑开挖对现有挡墙结构的影响,并满足城市中心区严格的景观协调

性要求。这些因素共同构成了该工程的设计难点。

3 泵型选择

3.1 特征水位

溧阳护城河泵站基本水力参数见表 2。

表 2 护城河泵站(东西 2 处机组)基本水力参数表

设计流量/(m ³ ·s ⁻¹)	进水池运行水位/m			出水池运行水位/m			泵站特征扬程(净扬程)/m	
	最高	设计	最低	最高	设计	最低	最大	设计
1.0	3.70	3.50	3.00	3.72	3.52	3.02	3.72—3.00=0.72	3.52—3.50=0.02

经调查,护城河排口沿线最低标高为 3.77 m,新建泵站运行造成的 0.02 m 水位壅高不影响沿线排口出水。

3.2 泵型选择

由表 1 可知,本泵站具有典型的流量大、扬程小的特点^[7],采用潜水轴流泵或混流泵机组比较合适。考虑到本泵站为双向泵站,且不设地上厂房,一般可采用双向潜水贯流泵或潜水轴流泵配双向流道。

初选水泵台数均为 1 台,泵型优缺点比较见表 3。

表 3 泵型优缺点比较表

水泵形式	优点	缺点
潜水贯流泵	水力损失小;泵室挖深最小;辅助设备少	水泵检修一般需运回工厂;双向泵叶轮效率较低
潜水轴流泵	土建结构简单;机电设备安装快捷,辅助设备少	进水流道挖深最大;水泵检修一般需运回工厂;水泵装置效率较低

(1)双向潜水贯流泵方案。双向潜水贯流泵具有双向运行功能,可以根据实际需求进行双向引水^[8]。双向潜水贯流泵方案的泵室底板顶高程为 0.10~0.40 m,底板底高程为-0.50 m,泵室顶板顶高程为 3.80 m。

(2)潜水轴流泵配双向流道方案。潜水轴流泵通常用于单向和卧式泵装置,用于双向立式泵装置不多^[9]。潜水轴流泵配双向流道方案的泵室底板顶高程为-2.15 m,底板底高程为-2.85 m,泵室顶板顶高程为 5.30 m。

根据测量,护城河现状河底高程约为 0.4 m,双向潜水贯流泵方案需挖深 1.0 m 左右,潜水轴流泵配双向流道方案需挖深 3.35 m 左右,挖深大易造成河道两侧现状浆砌石高挡墙不稳且主体及支护工程投资较高;同时,双向潜水贯流泵方案的顶板顶高程高于河道常水位 0.3 m,潜水轴流泵配双向流道方案的顶板顶高程高于河道常水位 1.8 m,土建结构超出常水位过高会影响景观效果。综合以上因素,泵站推

荐选用双向潜水贯流泵^[10]。

双向潜水贯流泵是一种将电机与水泵集成一体、直接潜入水中工作的机泵装置。其水流方向与泵轴平行(贯流式),且通过可逆转的叶轮和导叶设计,实现正反向抽水。该泵采用潜水式一体化结构,大幅减少了土建投资和占地面积;同时,其安装维护可采用整体吊装形式,检修便捷,运维成本低,极大地提升了项目的经济性和运营灵活性。此外,该泵优良的汽蚀性能和稳定的运行特性,能够确保在项目水源水位变幅内长期安全稳定运行,是实现本项目智能化、无人化值守目标的理想设备选择。

3.3 型号选择

结合相关水泵样本,初选水泵型号为 600QGLS。泵站在设计流量下运行时,泵站各部分水力损失见表 4。600QGLS 泵型正向运行特性表见表 5,反向运行特性表见表 6。

表 4 护城河泵站(东西 2 处机组)在设计流量下的

水力损失

单位:m

部位	水头损失(东)	水头损失(西)
拦污栅等	0.200	0.200
水泵进口	0.116	0.151
异径三通		
管道	0.019	0.019
伸缩节 1	0.097	0.097
伸缩节 2	0.042	0.042
蝶阀		
闸阀		
渐扩管		0.012
弯管		
管道出口	0.202	0.202
拍门		
出水雍高	0.100	0.100
排水总损失	0.776	0.823

经型号选择,护城河泵站(东西 2 处机组)水泵型号均为 600QGLS,流量 $Q=1.0\text{ m}^3/\text{s}$,装机功率 $N=$

表5 600QGLS泵型正向运行特性表

机组位置	叶片安装角度/(°)	流量/(m ³ ·s ⁻¹)	扬程/m	转速/(r·min ⁻¹)	轴功率/kW	电机功率/kW	效率/%	叶轮外径/mm
东	-2	0.97	1.66	730	24.9	45	63.4	550
西	-2	1.04	0.85		16.5		52.5	

表6 600QGLS泵型反向运行特性表

机组位置	叶片安装角度/(°)	流量/(m ³ ·s ⁻¹)	扬程/m	转速/(r·min ⁻¹)	轴功率/kW	电机功率/kW	效率/%	叶轮外径/mm
东	-2	0.97	1.71	730	27.1	45	60.0	550
西	-2	1.04	0.90	730	18.1	45	50.6	550

45 kW,转速*n*=730 r/min,叶片安装角度-2°。

4 堰泵合建设计

4.1 设计标准

根据相关规划,护城河排涝标准采用20年一遇,堤防级别为4级。护城河泵站(东西2处机组)设计流量*Q*为1.0 m³/s,装机功率为45 kW。根据相关规范,护城河泵站级别为4级。

4.2 工程总布置

根据上述分析结果,确定护城河东西2段各新建1处1.0 m³/s的双向机组,促进护城河水流动。

工程总布置图见图3。



图3 工程总布置图

4.2.1 选址原则

(1)施工条件:选择良好的工程地质,满足施工进场、临时占地条件。

(2)合理布局:避开既有设施,减少对既有设施(如铺装绿化、现状管线、杆线、房屋、栈桥、凉亭、亮化工程等)的影响。

(3)具备良好的水电、交通等实施条件:在符合项目功能要求的前提下,尽量将新建设施建设在离外电接入点较近的地方,减少外电接入时电缆的敷设长度。

(4)与周边文化、景观协调:工程位置均位于城市中心区域,离溧阳文昌阁较近,项目建设需与周边文化、景观协调。

4.2.2 本次选址

根据上述选址原则,结合工程河段河道的现状,最终将护城河机组1号(西侧)定于南大街东边,护城河机组2号(东侧)定于安康桥西边。

4.3 总平面布置

以护城河机组2号(东侧)为典型进行介绍。堰泵平行于河道两侧挡墙布置,泵室布置于河中,两侧为溢流堰,北侧溢流堰过水断面净宽6.27 m,南侧溢流堰过水断面净宽5.89 m,河中泵室总宽度4.30 m,泵室内部净宽3.00 m。

两侧溢流堰堰顶高程3.80 m,底板顶高程为0.40 m,堰高3.40 m。结合泵室段平面布置长度,两侧溢流堰工程段各长24.19 m。

河中泵站依次布置进出水连接段、泵室段、进出水连接段。进出水连接段长5.00 m,泵室段长14.15 m,工程段总长24.19 m。

护城河机组2号(东侧)总平面布置图见图4。

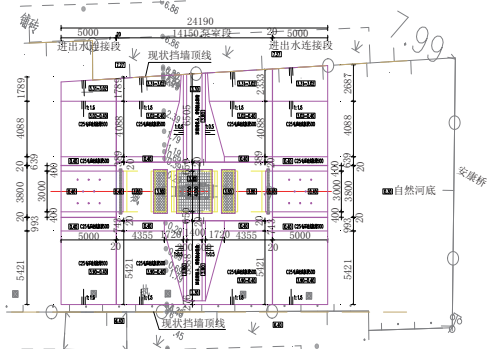


图4 护城河机组2号(东侧)总平面布置图(单位:)

4.4 土建设计

(1)两侧溢流堰。溢流堰为C25重力式毛石混凝土,内部设空箱,空箱内部采用土体充填增加自重保持稳定,可以有效地减少结构混凝土或其他材料用量,减轻荷载作用和造价^[11]。堰高3.40 m,堰顶高程3.80 m,堰顶宽2.0 m,兼顾生态功能和观赏效果^[12];堰顶留有通长1.4 m×0.5 m种植槽,回填种植土,种植挺水植物^[13]。

(2)河中泵站。进出水连接段长度5.0 m,净宽

3.0 m,采用C35钢筋混凝土U型槽结构,底板厚度400 mm,底板顶高程0.40 m,两侧墙身厚度400 mm,墙身顶高程0.90 m。泵室段考虑操作平台要求,纵向长度14.15 m,流道净宽3.0 m,底板完成面顶标高0.10~0.40 m,底板底高程-0.50 m,水泵安装中心高程1.20 m;进水口设固定拦污栅,尺寸为3.0 m×3.1 m(净宽×净高),泵室顶板标高为3.80 m。

护城河机组2号(东侧)纵横剖面设计图见图5至图7。

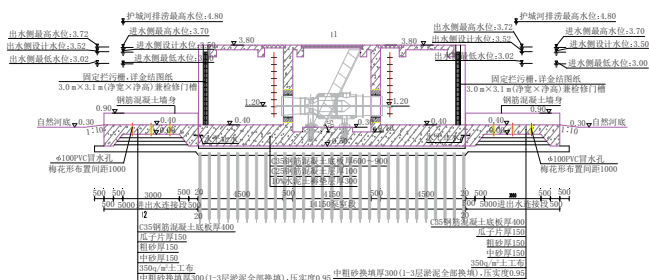


图5 护城河机组2号(东侧)纵剖面设计图(泵室)(单位:mm)

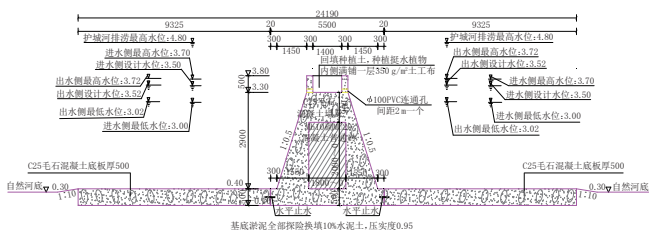


图6 护城河机组2号(东侧)纵剖面设计图(固定堰)(单位:mm)

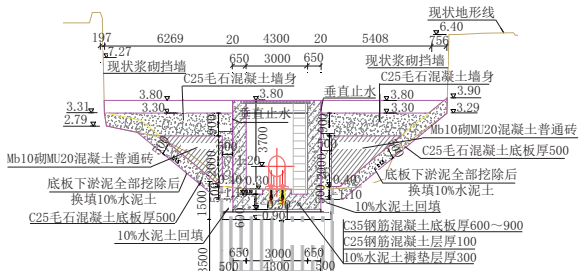


图7 护城河机组2号(东侧)横剖面设计图(单位:mm)

4.5 地基处理设计

由于泵室及进出水连接段基底应力较小,底部拟采用长 5 m 木桩进行地基处理,梢径 $\phi 120$,间距 500 mm,梅花形布置;桩身浸沥青防腐,木桩上部设置厚 300 mm 的 1:9 水泥土褥垫层。

4.6 配套设施设计

该工程对施工影响范围内的绿化、铺装、台阶、栏杆等设施按照不低于原标准恢复,保持河岸原有风貌。堰泵合建实施完成现场照片见图8。

5 现状挡墙保护方案

在堰泵合建工程实施过程中,确保护城河两侧



图8 堰泵合建实施完成现场照片

现状浆砌石高挡墙的稳定和安全是工程成败的关键环节之一。这些挡墙不仅是护城河结构的重要组成部分,承担着岸坡防护的重要功能,更是紧邻施工基坑的重要边界结构物。一旦发生基坑工程事故^[14],不仅会直接威胁施工人员、设备的安全,导致工程进度严重延误、成本剧增,更可能对护城河本身及邻近设施(如周边建筑、道路、管线)造成难以估量的次生灾害风险,严重影响工程的顺利推进和周边环境安全。因此,制定并实施一套科学、可靠、针对性强的现状挡墙保护方案至关重要。

基于对现场条件、挡墙结构特性(浆砌石材质高度、现状完整性评估)、基坑开挖深度、地质水文条件以及施工荷载的综合分析,该工程采用“钢管对撑+围檩+支承桩”的主动支护体系,对现状浆砌石挡墙进行加固保护。

本次护城河现状挡墙的保护措施采用 $\phi 609 \times 16$ mm 钢管对撑,钢支撑平面长度约 16.8 m,平面水平间距 6~7.4 m,竖向中心高程 4.20 m。现状浆砌石挡墙与对撑钢管间布置钢围檩 HN700 mm $\times$ 300 mm $\times$ 13 mm $\times$ 24 mm(双拼)1 道,两侧围檩均采用 $\phi 300$ 钢管桩进行支撑固定,桩长 6 m;对撑钢管的底部采用 $\phi 300$ 钢管桩进行支撑,桩长 10 m,桩底进入 4-1 粉质黏土层,地基承载力允许值为 160 kPa。

6 运行调度设计

为保障护城河水体流动性、提升水质自净能力,该工程采用“周期性脉冲活水”调度模式。护城河堰泵合建东西 2 套机组每隔 5 d 开启 1 次,每次开启 2 d。在汛期、旱季或水质异常时,可基于实时监测数据动态压缩或延长周期,充分发挥清水工程效益^[15]。

7 结 语

(1)城市中的内河、断头河、人工景观河等通过堰泵合建方式,可以实现双向水流控制调节,促进水

动力,提升水体自净能力,改善水环境。

(2)以溧阳护城河堰泵合建工程为例,经对双向潜水贯流泵与潜水轴流泵配双向流道方案的综合比选,最终采用双向潜水贯流泵方案。该方案具有三大显著优势:一是土建开挖深度小,能最大限度降低对现状建(构)筑物的影响;二是泵室净高设计合理,与周边景观协调统一;三是河道内施工采用专项挡墙保护措施,能确保施工安全。

(3)项目实施并投入运行后,解决了护城河水动力不足的根本问题,2台双向水泵机组提供了稳定的水流驱动,护城河已从一潭“静水”转变为一道“活水”,水流速度和水体更新周期得到了根本性改善。另外在改善水质方面也取得了显著成效,河水混浊度显著下降,透明度增加,水面漂浮物减少,整体视觉效果焕然一新。清澈流动的河水极大提升了沿岸的景观品质和市民的亲水体验,增强了市民的幸福感和获得感。

(4)双向潜水贯流泵与固定堰合建工程的实施成功达到了预期目标,为城市中的内河、断头河、人工景观河等治理提供了可靠的技术路径,对同类水利工程具有重要参考价值。

参考文献:

- [1] 邓洁.城区活水工程设计——以宣城市为例[J].山东化工,2021,50(12):175-177;180.
- [2] 郭佳,任铃.中国水环境污染的时空特征及影响因素研究[J].甘肃行政学院学报,2023(3):114-123;128.
- [3] 诸振兵.城市水污染控制与可持续治理策略研究[J].皮革制作与环保科技,2024,5(21):96-98.
- [4] 刘聪,陈义浦.虹吸式取水泵站在城市活水工程中的应用[J].水科学与工程,2024(5):62-64.
- [5] 卢艳檀.试析土木工程结构设计中的安全性与经济性[J].建材发展导向,2024,22(7):85-88.
- [6] 胡军,曾维寅,甘翔,等.节水灌溉工程中水泵的选用及使用问题[J].乡村科技,2019(31):118-119.
- [7] 袁芳,刘兴华.大流量、低扬程泵站机组选型设计研究[J].地下水,2020,42(6):247-250.
- [8] 周玉成,段文勇,刘海宇,等.双向潜水泵在不同方向上的性能特性研究[J].盐城工学院学报(自然科学版),2024,37(2):62-66.
- [9] 钱钧,周庆连,刘超,等.双向立式潜水轴流泵装置特性研究[J].中国农村水利水电,2016(2):101-105;108.
- [10] 张嘉诚.河口闸泵枢纽工程选址及选型的探讨[J].珠江水运,2022(23):91-93.
- [11] 林炉源.空箱式钢筋混凝土结构在排涝枢纽工程海堤中的应用[J].福建水力发电,2024(1):32-35;39.
- [12] 弓萍.观赏植物多样性的四季景观效果与配置方法[J].分子植物育种,2025,23(12):4163-4168.
- [13] 乐峰,程建敏,徐天文,等.基于水土保持理念的生态修复建设模式[J].江苏水利,2025(8):1-4.
- [14] 应乘风,马瞰,朱志杰,等.软土地区基坑支护设计与应用研究——以宁波市新京大厦基坑设计为例[J].安徽建筑,2025,32(9):105-108.
- [15] 吴志钢,范子武,洪磊,等.苏州城区活水联控联调系统架构设计[J].水利信息化,2022(5):69-73.