

# 基于联合控污调蓄工程的涉河施工关键技术研究

文 / 赵佳琪 上海汇成建设发展有限公司

**摘要：**联合控污调蓄工程是改善城市水环境的重要基础设施，在提升雨洪调控能力、削减污染排放和修复水生态系统方面具有重要作用。涉河施工作为此类工程中的关键环节，由于其面临复杂的水文地质条件和高环境保护要求，施工技术的合理性和科学性对工程质量和生态影响具有决定性作用。本文以淀浦河沿线联合控污调蓄工程为研究背景，系统分析了涉河施工中的技术难点，重点研究了拉森钢板桩围堰施工、盾构进出洞施工、盾构掘进过程中地表沉降的监控与控制和高承压水位及复杂地层条件下盾构掘进的施工关键技术。通过理论分析与实际工程相结合，提出了多项精细化施工管理与动态监测方法，有效解决了施工过程中的技术难点和风险控制问题。研究成果为同类工程的施工实践提供了可靠的技术支持，并为复杂水文地质环境下的调蓄工程施工技术发展提供了重要参考。

**关键词：**调蓄工程；拉森钢板桩围堰；盾构进出洞施工；复杂涉水地层；施工关键技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.13.064

## 引言

随着城市化进程的不断加快，城市水环境面临的污染问题日益严峻，尤其是汛期期间，大量雨污混合水直接排入水体，对城市水生态系统造成严重威胁<sup>[1-2]</sup>。联合控污调蓄工程作为一种集雨洪调控、污染削减和生态修复功能于一体的重要基础设施，逐渐成为解决城市水环境问题的有效手段<sup>[3-4]</sup>。在这一背景下，如何在联合控污调蓄工程中实施科学、高效、安全的施工技术，尤其是在涉河施工中，成了学术界和工程领域亟须解决的技术难题。

涉河施工作为联合控污调蓄工程中的关键环节，因其面临复杂的水文地质条件、高承压水位和严格的环境保护要求，对施工技术提出了严峻挑战。主要技术难点包括：围堰施工中的稳定性与水质保护、盾构进出洞施工过程中的精度控制、盾构掘进过程中地表沉降的监测与控制、高承压水位和复杂地层条件下的掘进技术等。这些难点不仅直接影响工程的施工质量和安全性，还对生态环境的保护提出了更高的要求。

本文以淀浦河沿线联合控污调蓄工程为研究背景，围绕涉河施工中的四个关键技术展开深入研究：拉森钢板桩围堰施工技术、盾构进出洞施工技术、盾构掘进过程中的地表沉降控制技术以及高承压水位及复杂地层条件下的盾构掘进技术。通过理论分析与实际工程相结合，提出了一系列精细化施工管理与动态监测方法，有效解决了施工过程中面临的技术难点和风险控制问题。本研究不仅为类似工程的施工实践提供了可靠的技术支持，也为复杂水文地质环境下的联合控污调蓄工程施工技术的发展提供了重要的参考与借鉴。

## 一、工程概况

淀浦河沿线联合控污调蓄工程二期（梅陇）项目位于罗秀路与龙州路西北角绿地、北潮港河道地下空间，其中调蓄设施位于罗秀路与龙州路西北角绿地，部分调蓄管道位于北潮港河道地下空间，为全地下构筑物。调蓄设施（含调蓄管道）占地约2690平方米，调蓄主体管道DN5000长约310米（均以实测为准），调蓄设计规模为8200立方米，工程平面位置图如图1所示。



图1 工程平面位置图

调蓄管道部分主体布置于北潮港河道下，管顶高程为-8.0m~-8.4m，现状防汛墙桩尖高程为-2.15m~-3.35m，调蓄管道管顶与防汛墙桩尖距离为4.65m~6.25m。围堰断面图如图2所示。围堰为双排拉森钢板桩结构，堤芯采用黏土回填，拉森钢板桩型号为PU400\*170型，桩长10m，距

围堰堤顶0.5m处各设置一排32a槽钢拉杆，堤芯采用黏土回填，顶部采用袋装土压盖，厚0.3m，围堰长51.1m，北端宽5.0m，南端宽3.4m，顶宽3.0m，围堰顶标高4.50m。顺水围堰。围堰平面及断面详见下图。北潮港宽17.4m，围堰宽3.4~5.0m，小于流断面的1/3，满足行洪要求。

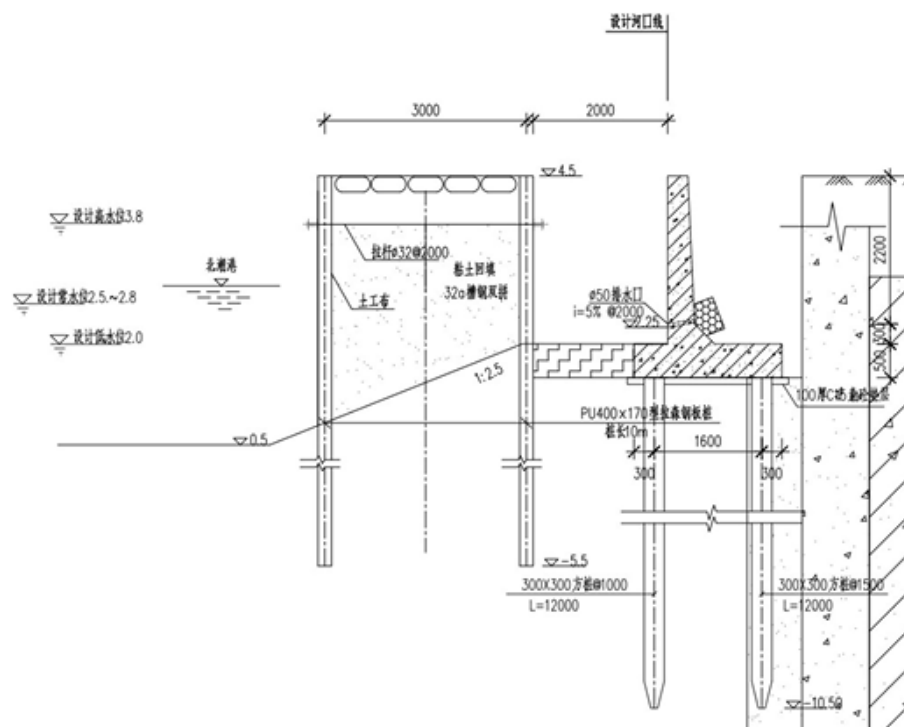


图 2 围堰断面图

拟建场地地基土的主要特征如下：地基土自上而下为第①层杂填土、第①2层素填土、第②层粉质粘土、第③层淤泥质粉质粘土、第④层淤泥质黏土、第⑤1层粉质粘土、第⑤2层粉砂、第⑤3-1层粉质粘土、第⑤3-2层粘质粉土、第⑦1层砂质粉土、第⑦2层粉砂。

## 二、联合控污调蓄工程涉河施工技术难点

### (一) 水文地质条件复杂

淀浦河沿线的地质条件复杂，施工区域邻近北潮港河道，地表水系发达，地表水与地下水高度连通。浅层潜水和深层承压水的波动对基坑开挖及结构抗浮设计带来显著压力，特别是在雨季和汛期，地下水位的波动可能导致基坑突涌和土体流失。此外，河道基底土层多为粉质粘土和淤泥质黏土，其低承载力和高渗透性在开挖过程中容易引发地基不均匀沉降。施工需采用高效的围护结构和止水措施，同时加强水文地质参数的实时监测，以确保基坑及围堰结构的安全性。与此同时，河道及地下水对混凝土的微腐蚀性需通过材料耐久性设计予以解决，以确保工程寿命。

### (二) 防汛墙改建与盾构施工的协调难度大

本工程中的防汛墙改建与盾构管道施工在空间上高度交叉，协调难度大。现有防汛墙为木桩基础，使用年限较长，强度及稳定性不足，盾构掘进过程可能引发墙体变形甚至破坏，因此必须在施工中采取全程保护措施，对墙体的关键部位进行加固和实时监测。此外，盾构施工路径受限于河道下方的复杂条件，需穿越多段曲线段，最小曲线半径仅为325米，对盾构设备的精度控制提出了更高要求。在此基础上，防汛墙改建与盾构施工的工期安排也需综合考量，由于防汛墙需在汛期改建，这进一步增加了施工期间防洪和结构保护的难度，要求施工单位制定严密的节点控制计划。

### (三) 涉河围堰施工对河道水质及行洪能力的影响

围堰施工是涉河工程的核心技术环节，对河道的水质保护和行洪能力提出了严格要求。围堰的施工可能导致河道断面缩窄，特别是在汛期水位高峰阶段，围堰的阻水效应会显著增加河道的行洪压力。与此同时，施工中的泥浆、施工废水等排放物如果未能妥善处理，会直接进入河道，引起水质污染，破坏生态平衡。为了减少围堰施工对河道环境的负面影响，设计时需严格控制围堰宽度，使其占用的河道面积保持在合理范围内，确保行洪能力维持在设计标准之上。围堰主体结构采用钢板桩，其止水性能和稳定性是关键。施工中需采用精密设备控制钢板桩的打入角度和深度，确保堰体具备良好的防渗能力。同时，通过在围堰内外布设沉淀池和三级过滤装置，对泥浆和废水进行分级处理，确保排放的水质符合国家环境保护标准。此外，为了兼顾生态保护和工程进度，需加强施工中的水质监测和数据分析，实时调整围堰内的施工工艺。

## 三、基于联合控污调蓄工程的涉河施工关键技术

### (一) 拉森钢板桩围堰施工关键技术

在淀浦河沿线联合控污调蓄工程中，围堰施工是保障涉河施工顺利推进的关键技术环节。本工程采用双排拉森钢板桩围堰，堤芯回填黏土，钢板桩型号为PU400×170型，桩长10米。施工长度为51.1米，围堰顶部宽度3.0米，设计确保围堰稳定性和阻水效果，满足行洪要求。钢板桩围堰施工流程包括测量放线、堰基清理、定位放样、安装导向框和打入钢板桩。

在涉河施工中，由于河床地质条件复杂，钢板桩施工常面临一系列问题，包括入深困难、桩体偏移、结构变形及桩缝渗漏等。针对这些问题，施工中可采取以下解决对策：

### 1. 入深困难的应对措施

钢板桩在打入过程中,若遇到土块或其他障碍物导致无法达到设计深度,可采用转角桩或弧形桩替代,确保施工顺利推进。

### 2. 桩体偏移的调整方法

钢板桩在打入时易因不均匀土压或障碍物作用发生偏移,可通过分段纠偏的方式进行调整。每次纠偏可将桩体拔出1m-2m后重新定位,重复数次振打直至桩体回归设计位置,从而减小整体偏移。

### 3. 结构变形的矫正

钢板桩如出现变形,可采用异形桩校正的方法。异形桩通过调整其倾角和实际地质条件更好贴合,最终提升施工精度,减少后续结构稳定性问题。

## (二) 盾构进出洞施工控制关键技术

盾构法的进出洞环节是隧道施工中风险最高的阶段之一,对整个工程质量和进度至关重要。其特点在于施工工序多、技术要求高,各种施工设备和工种交叉作业频繁,容易出现安全隐患。特别是在隧道进洞时的定位调整、出洞时的防水和土体稳定处理,以及接头部位的施工质量控制,都对施工管理提出了极高要求。因此,加强质量管理和精细化控制是保障施工安全的核心。以下是盾构进出洞施工控制关键技术:

(1) 施工前需对所有施工人员和机械设备进行培训和交底,明确作业流程和技术要求。同时完成进出洞口位置、底标高和洞周围地层的复核测量,确保盾构设备与洞口尺寸精准匹配。盾构机进洞和推进过程中,盾构进洞前100~200米必须进行定向复测,尤其是接受井施工和推进速度不匹配时。盾构施工必须离接收井60~100米停止推进。

(2) 确定合理的加固参数,加强进出洞口加固质量把控:施工过程中应安排专人对水泥掺量、垂直度和搭接情况以及桩位置进行重点监控,同时要第一时间记录槽壁和加固体之间加固的夹档和两侧包角情况。此外,应严格按照相关规范检测地接加固情况,在现场进行取样,并进行抗压、渗透系数等复试,复试指标和频率应满足设计要求。

(3) 水泥土加固出洞前探孔,宜“米”字型钻孔( $\phi 6 \sim 10\text{cm}$ ),鼻尖位置钻孔直径最好选用( $\phi 15 \sim 25\text{cm}$ ),但要根据实际情况,偏大为好,样洞应选择最薄弱的上面最有影响的地方。严禁先凿除后开样洞。

## (三) 盾构掘进施工过程中的地表沉降控制关键技术

盾构掘进过程中,地面沉降的控制是本工程的关键难点之一,必须确保地面沉降严格限制在允许范围内,以避免对周边环境和建筑物造成不利影响。以下是盾构掘进施工过程中的地表沉降控制关键技术:

(1) 在盾构掘进施工前,应对可能受影响的基础、建(构)筑物及地下管线进行详细评估,制定针对性预案。根据现场实际情况进行组织论证,确保预案的科学性和可操作性。

(2) 在掘进过程中,需保证盾构开挖面的稳定性,通过优化掘进速度、刀盘扭矩及注浆压力等关键参数,确保推进过程平稳。同时加强管片拼装、盾尾密封及热

熔管操作的精度控制,并结合实时监测数据对施工参数进行动态调整,确保施工质量和安全。

(3) 盾构掘进过程中,应快速充填盾构尾部与开挖面背后的空隙,防止土体位移或沉降。根据不同地质条件选择合适的注浆材料,合理控制注浆量、注浆压力及注浆时间,确保空隙填充饱满且稳定。

(4) 对建(构)筑物的敏感度及沉降允许值进行精确评估,制定沉降监测网,并实时采集和反馈数据。若发现沉降或变形异常,应及时启动应急预案,包括二次注浆或加固处理等,避免对周边环境造成影响。

## (四) 高承压水位及复杂地层条件下盾构掘进关键技术

本次盾构开挖面主要为④层淤泥质黏土及⑤<sub>1</sub>层粉质黏土。淤泥质黏土层及粉质黏土层之间物理力学性质差异较大,在施工时可能会引起上下两层排土不均匀,从而引起地层下沉,并造成盾构在线路上的偏离。同时场地地下水水位受北潮港水位影响较为明显,也给盾构掘进带来一定困难。针对上述工程难点,采用以下关键技术:

(1) 根据掘进工况动态调整盾构掘进推力、掘进速度等关键参数,确保刀盘具备高效的切削能力,同时控制刀具磨损在合理范围内,以提高施工效率。

(2) 以掘进面与刀盘面平行为标准监控盾构机的姿态。对于允许值内的方向偏差,可通过小角度逐步纠偏的方式解决,并加强管片拼装质量的控制,减少管片与盾尾之间的间隙。

(3) 向开挖面注入泡沫或膨润土浆液,以润滑和冷却刀具,减少开挖阻力,改善碴土排出性能,从而提高掘进效率。同时针对不同地质条件,调整注浆量和比例,以削弱刀盘扭矩、消除盾构旋转中的外力因素,稳定推进过程。

## 结语

本文以淀浦河沿线联合控污调蓄工程为研究对象,围绕涉河施工中的关键技术和施工方法,重点探讨了拉森钢板桩围堰施工、盾构进出洞施工控制、盾构掘进过程中地表沉降控制及高承压水位和复杂地层条件下盾构掘进技术的难点和解决方案。通过理论分析与实际工程相结合,提出了一系列技术措施和优化方案,以提高施工质量和效率,确保工程的安全顺利实施。研究结果表明,在联合控污调蓄工程中,科学合理的施工技术方案的精细化管理对于保证工程整体质量和施工安全具有重要意义。本文提出的关键技术措施在实际工程中取得了显著的效果,不仅有效提高了施工质量,还大幅降低了施工风险,对类似工程的实施具有较强的实践指导意义。

## 参考文献

- [1] 李庆,蔡然,王文亮,等.城市复合区域合流制溢流量对降雨特征的响应:基于截污工程的分析[J].环境工程学报:1-14.
- [2] 吉鹏,祁进.基于调蓄洞库的深圳河流域防洪方案研究[J].工程技术研究,2024,9(24):221-3.
- [3] 赵岳,孟祥奎,杨晶晶.模块化拼装钢围堰在密云水库调蓄工程中的应用分析[J].中国设备工程,2024,(10):11-3.
- [4] 崔瑜.北京地区水资源联合调蓄工程实践方案研究[D],吉林大学,2004.