

水利工程临时围堰施工关键技术及汛期安全防护研究

司春潮

江苏江淮水利集团有限公司 江苏 宿迁 223600

摘要：临时围堰是水利工程基坑施工的核心挡水临时结构，汛期复杂水文条件易引发渗漏、冲刷、滑移等安全隐患，严重制约工程施工安全与进度。本文梳理土石、钢板桩、装配式混凝土三类围堰的适用工况，剖析基础处理、填筑拼装、防渗施工核心技术，识别汛期安全风险及成因，针对性提出防渗加固、抗冲刷防护等技术及智能化管控措施。结合工程实例验证技术体系有效性，可为水利围堰汛期安全施工提供参考。

关键词：水利工程；临时围堰；施工关键技术；汛期安全防护

引言：水利工程多临河施工，临时围堰作为临时挡水构筑物，施工质量与汛期防护效果直接关乎整体工程建设安全。汛期水位骤涨、水流冲刷、风浪冲击等复杂工况，极易导致围堰结构破损、失稳溃决，引发工程安全事故。当前部分围堰施工工艺不规范、汛期风险管控不完善，安全隐患突出。基于此，本文系统研究围堰施工关键技术，识别汛期安全风险，构建专项防护与管控体系，助力提升水利工程围堰施工安全稳定性。

1 水利工程临时围堰施工关键技术研究

1.1 临时围堰常用类型及适用工况

(1) 土石围堰。土石围堰结构简单，填筑材料可就地取材，具有造价经济、施工便捷的显著优势，适用于河道流速平缓、河床地质松软、施工场地开阔的中小型水利工程。其结构自稳定性主要依赖填筑体自重与边坡坡度，施工灵活性强，但对水流冲刷和水位变动的适应性相对较弱。(2) 钢板桩围堰。钢板桩围堰由带锁口的型钢桩体相互咬合拼装而成，具有拼装快捷、挡水性能优良、可重复使用的特点。其桩体强度高，入土穿透能力强，尤其适用于工期紧张、水深较大、河床坚硬或含砾石层的河道施工场景，能够在水流湍急条件下形成可靠的封闭挡水结构。(3) 装配式混凝土围堰。装配式混凝土围堰采用预制混凝土构件现场拼装成型，具有结构标准化、拼装精度高、周转利用次数多的优势，适配标准化施工场景。该类型围堰尤其适用于常态化水利维修、短期临时挡水工程，可显著缩短施工准备周期，降低工程资源投入。

1.2 临时围堰核心施工关键技术

(1) 基础处理施工技术。基础处理是围堰安全稳定

的前提。针对不同河床地质条件，首先开展河床清淤、整平、夯实等基底处理作业，清除表面杂物与松散覆盖层；对于软弱河床，采用块石换填、碎石垫层或水泥土搅拌加固等技术，提高地基承载力，有效避免围堰建成后出现不均匀沉降导致结构开裂或失稳。(2) 主体填筑与拼装技术。土石围堰采用分层填筑、分层碾压方式作业，严格控制每层填筑厚度与压实度，确保填筑体密实均匀；钢板桩围堰施工需精准对位首桩，依次插打后续桩体，控制桩体垂直度与锁口咬合密实性，保障整体止水效果；装配式围堰按设计图纸标准化拼装，通过预埋锚固件与连接螺栓固定构件，确保结构整体性^[1]。(3) 防渗施工技术。防渗体系是围堰挡水功能的核心保障。针对围堰墙体、基础及接缝等易渗漏部位，综合采用土工膜铺设防渗、帷幕灌浆封闭基础渗流通道、桩间注浆止水等针对性措施。土石围堰迎水面通常铺设复合土工膜配合压重保护层，钢板桩围堰重点处理桩间锁口密封及桩底防渗，装配式围堰则需加强构件间止水胶条安装与拼接缝密封处理，全面提升围堰整体挡水防渗性能。

1.3 施工质量控制关键点

(1) 原材料质量管控。严格把控填筑土方、钢板桩、防渗材料等核心原材料质量，对填筑土进行颗粒级配、含水率及击实试验检测，对钢板桩进行材质强度、锁口尺寸及外观缺陷检验，对防渗土工膜进行抗拉强度、延伸率及渗透系数测试，杜绝不合格材料投入使用。(2) 施工过程动态管控。落实工序验收制度，实时监测填筑压实度、桩体垂直度、构件拼装精度及接缝密封效果，每道工序经检验合格后方可进入下道工序；采用测量仪器跟踪校核结构尺寸与定位偏差，发现偏差超限及时纠偏整改，确保施工全流程受控。(3) 成

型后质量检测。围堰合龙填筑完成后,系统开展渗漏检测(如围堰内抽水观察渗水点、采用示踪剂检测渗流路径)、结构稳定性检测(如监测位移变形、检查基础沉降量),全面排查质量隐患,确认围堰各项性能满足挡水及承重要求后方可投入后续主体工程施工。

2 水利工程临时围堰汛期安全风险识别与隐患分析

2.1 汛期围堰安全影响因素

(1) 水文气象因素。汛期水位骤涨使围堰挡水水头迅速升高,结构承受的静水压力与动水压力显著增大;水流流速大幅增加,对围堰迎水面产生强烈冲刷与脉动冲击;风浪叠加作用加剧波浪爬高,暴雨集中冲刷围堰坡面,易造成护面结构破损与填筑土体流失。(2) 结构自身因素。围堰施工存在的填筑压实度不足、接缝处理不严密等质量缺陷,直接削弱结构整体性与抗渗能力;设计阶段对汛期极端工况考虑不充分,安全储备偏低;长期浸水导致土石填筑体强度软化、金属构件锈蚀老化,围堰结构性能随运行时间持续劣化^[2]。(3) 人为管理因素。汛期巡查人员配置不足、检查频次偏低,难以及时发现初期渗漏等隐患迹象;管理人员对汛情发展趋势研判不准确,风险预警响应滞后;防汛物资储备不足、防护加固措施落实不及时,应急预案可操作性差且应急演练流于形式,应急处置能力薄弱。

2.2 汛期围堰主要安全风险类型

(1) 渗漏风险。高水位作用下,围堰基础与河床接触面、钢板桩锁口接缝、装配式构件拼接缝、新老填筑体结合处等部位,在水压持续作用下易形成渗水通道;渗流发展可引发管涌、流土等渗透破坏,随着细颗粒土体不断流失,渗漏范围快速扩大,最终导致围堰局部塌陷甚至整体溃决。(2) 滑移与倾覆风险。汛期高水位大流速条件下,围堰承受水平推力与上浮力显著增大;雨水下渗及河水长期浸润使填筑土体含水率升高、抗剪强度明显降低,基础底部摩擦力与抗滑力下降。当外力超过围堰抗滑、抗倾覆能力时,围堰将发生整体滑移变形或迎水面坡脚失稳导致局部倾覆坍塌。(3) 冲刷破损风险。汛期高速水流挟带泥沙、碎石及树木等漂浮物,对围堰坡面、坡脚及拐角部位产生持续撞击与磨蚀作用。坡面护砌结构被冲毁后,填筑土体直接暴露于水流中迅速流失,造成坡面坍塌、断面减小;坡脚淘刷削弱基础支撑,破坏围堰结构完整性。

2.3 风险隐患成因分析

(1) 设计层面。施工前期水文资料收集不充分,对

汛期历史最高水位、最大流速、洪水频率等关键参数分析深度不足,设计采用的水文计算参数与实际偏差较大;围堰结构设计未充分考虑汛期极端工况组合,安全系数取值偏低,结构抗风险安全储备不足。(2) 施工层面。施工工序不规范,基础处理不到位、填筑分层厚度超标、碾压遍数不足;防渗及加固工艺落实偏差,土工膜搭接宽度不够、钢板桩插打未能完全咬合、灌浆压力与浆液配比控制不严;隐蔽工程验收流于形式,施工质量不达标直接削弱围堰结构抗风险能力。(3) 管控层面。汛期专项安全管理制度不完善,汛前隐患排查工作滞后;水位、渗流量、位移变形等关键指标动态监测体系缺失,预警机制不健全;隐患排查发现的问题未能及时有效整改,风险持续累积最终酿成安全事故。

3 水利工程临时围堰汛期安全防护技术与管控措施

3.1 汛期围堰专项安全防护关键技术

(1) 防渗加固防护技术。针对汛期高水位作用下围堰基础、墙体接缝及新旧结合面易出现的渗漏隐患,采用高压灌浆技术对基础及墙体薄弱部位进行填充密实,灌注水泥浆或化学浆液封堵渗流通道;对防渗体系不完善的区域补铺复合土工膜,确保搭接宽度与锚固长度满足要求;对装配式围堰构件拼接缝及钢板桩锁口渗漏部位,采用专用止水材料进行封堵处理;对稳定性不足的墙体实施土方加厚培坡或锚杆加固,提升围堰整体结构稳定性与抗渗能力。(2) 抗冲刷防护技术。在围堰迎水面及坡脚部位铺设高强土工布或格宾石笼护面,形成柔性抗冲保护层;沿坡脚堆砌大块碎石或抛填混凝土预制块,增强坡脚抗淘刷能力;在水流流向改变及流速较大区域设置防冲桩或导流堤,引导水流方向,减小高速水流对围堰的直接冲击;同时设置漂浮物拦截网或拦漂索,阻挡树木、杂物等对围堰坡面的撞击与刮擦,有效维护围堰结构完整^[3]。(3) 临时补强应急技术。针对汛期突发水位暴涨、流速急剧增大等紧急情况,采用临时堆载砂袋或土袋增加围堰压重,提高抗滑稳定系数;增设型钢支撑或斜撑构件,增强围堰墙体的抗倾覆能力;对锚固系统进行紧急加固,增设地锚或加密锚杆,快速提升围堰抵抗突发荷载的能力。

3.2 汛期动态安全监测与预警体系构建

(1) 实时监测内容。沿围堰轴线及关键断面布设监测点位,重点监测围堰顶面及坡面沉降位移量、墙体渗漏水及渗水浑浊度、坡脚河床冲刷深度变化、河道水位及近壁流速等核心指标,建立完整的监测数据库。(2) 智能化监测技术应用。采用振弦式渗压计、

静力水准仪、超声波流速仪等物联网监测设备,配合高清视频监控系统,实现监测数据实时传输与自动采集分析;通过监测平台设定阈值,异常数据自动报警,替代传统人工定时巡查模式,大幅提升监测精准度与数据时效性。(3)分级预警机制。依据水位涨幅、渗流量变化、位移速率等监测指标,设置蓝色、黄色、橙色、红色四级预警标准,对应一般风险、较大风险、重大风险和特别重大风险;明确各级预警的启动条件、信息报送流程、响应措施与处置要求,实现风险早发现、早预警、早处置^[4]。

3.3 汛期安全管控与应急处置措施

(1)常态化安全管控措施。完善汛期专项安全管理制度,落实汛期24小时领导带班和专人值守巡查制度;汛前组织全面隐患排查,对围堰结构、防渗体系、排水设施逐一检查,建立隐患台账并限时整改;足量储备砂石料、编织袋、彩条布、排水泵等防汛物资;定期开展施工人员防汛安全培训与应急交底,确保全员掌握防汛基本知识及避险技能。(2)突发险情应急处置方案。针对渗漏、管涌、滑移、坍塌等典型突发险情,分别制定分级应急处置流程,明确应急指挥机构、各岗位人员职责分工及具体处置步骤;渗漏险情重点采取上游堵漏、下游导渗措施,滑移险情采取压重固脚、减缓坡度措施,坍塌险情采取削坡减载、支挡加固措施;同时配备充足排水设备,及时排除围堰内积水,防止险情扩大^[5]。(3)汛期施工调度优化。建立与水文气象部门的联动机制,依据实时水雨情预报动态调整施工计划;当预报水位接近警戒线或强降雨即将来临时,提前停止围堰基坑内高危作业,转移人员设备至安全区域;合理编排施工工序,将水上作业安排在低水位窗口期,从源头规避汛期安全风险。

3.4 工程应用效果分析

(1)工程概况。依托某河道综合治理工程,该段河道汛期水位变幅达3.5m,最大流速2.8m/s,围堰采用钢板桩结合土石填筑的复合形式,挡水高度6.2m,施

工期为汛前至汛中,面临水位骤涨、流速冲击及漂浮物撞击等多重风险。(2)技术与防护措施应用。施工中严格采用分层碾压填筑与钢板桩精准插打工艺保障围堰本体质量;防渗体系采用土工膜铺设为辅、帷灌浆为主的综合方案,重点部位设置双排灌浆孔封堵基础渗流通道。汛期防护方面,迎水面铺设格宾石笼护坡护脚,上游设置导流桩及拦漂网;部署渗压计、水位计及视频监控等智能监测设备,建立四级预警机制并开展多次应急演练。(3)应用效果评价。依托工程的专项防护与管控体系投用后,经历两轮超标洪水考验,围堰沉降位移、渗流量等指标均低于预警值,坡面护砌结构完好,未发生冲刷破坏及险情。智能监测系统提前识别渗漏趋势并发出预警,为提前处置争取了时间,验证了防护技术体系的可行性与实用性。

结束语

本文系统探究了水利工程临时围堰施工核心技术与汛期安全防护体系,明确不同围堰类型适配场景,厘清汛期水文、结构、管理三类风险成因,形成集施工质控、智能监测、应急防护于一体的综合防控方案。经实际工程验证,该体系可有效抵御汛期极端水文工况,规避围堰安全风险。研究成果可丰富水利临时工程施工技术体系,为同类河道水利工程汛期安全施工提供实践借鉴。

参考文献

- [1] 胡斌,张军,李超.水利工程临时围堰施工关键技术及稳定性控制[J].人民长江,2023,54(09):167-172.
- [2] 王磊,陈铭.汛期极端工况下水利围堰安全风险防控技术研究[J].水利水电技术,2024,55(04):134-140.
- [3] 周志军,杨浩.复杂水文地质条件下临时围堰防渗施工技术优化[J].水利学报,2022,53(11):1389-1396.
- [4] 刘鑫,吴峰.水利工程临时围堰服役期风险演化与汛期防护策略[J].中国农村水利水电,2023,23(06):198-203.
- [5] 张远.水利临时围堰精细化施工技术及汛期安全防护措施[J].工程技术研究,2025,10(14):112-114.