

水利水电工程围堰施工技术及要点研究

孔 旺

浙江省第一水电建设集团股份有限公司 浙江 杭州 310000

摘 要：水利水电工程在推动区域经济发展和提升人民生活水平方面起着至关重要的作用。然而，这类工程的建设过程中常面临着复杂的技术挑战，尤其是在围堰施工阶段。围堰施工不仅关乎工程的顺利进行，也直接影响到工程的安全性和功能实现。鉴于此，深入研究围堰施工技术的关键要点和常见问题，对于提高水利水电工程质量和保障水利水电工程安全具有重要意义。

关键词：水利水电工程；围堰施工；技术要点

通过对基础处理、主体结构构建、接缝处理和防水等关键技术环节的系统分析，确保了水利水电工程围堰施工的整体质量，望通过本项目的研究，能为有关领域的工作者在实际应用中提供一定的借鉴和理论基础。

1 水利水电工程围堰施工技术概述

1.1 围堰定义与核心功能。围堰是水利水电工程中用于临时阻隔水流的封闭结构，通过排水形成干地施工环境，保护基坑免受水流侵蚀，并为永久性建筑主体施工创造条件。其核心功能包括防洪保护、导流协同及施工安全保障，需满足防渗、抗冲刷等性能要求，并在工程结束后拆除。

1.2 围堰主要类型及适用场景。土石围堰。土围堰：适用于水深 $\leq 1.5\text{m}$ 、流速 $\leq 0.5\text{m/s}$ 的浅水区域，黏土或沙土分层填筑，顶部宽度1-2m，边坡坡度1：2~1：3。土袋围堰：编织袋填充黏土分层堆砌，中心设黏土芯墙增强防渗性，可适应较高流速的浅水工况。技术优势：抗震性能优异，施工便捷且适应复杂地质条件，机械化作业可大幅提升效率。板桩类围堰。钢板桩围堰：适用于砂砾层或黏土层，通过导向设备精准定位，锁口密封止水材料+震动锤下沉工艺，底部需加固以增强承载力。木板桩围堰：多用于低渗水性浅水区域，需控制木板强度均匀性以保障稳定性。混凝土围堰。采用抗渗混凝土浇筑，耐久性强，常用于大坝结合部施工，兼具临时防护与永久结构功能^[1]。

1.3 施工技术要点。导流方案设计。结合水文数据与施工周期选择全段或分段围堰，导流标准需涵盖初期导流、度汛及封堵阶段，设计流量直接影响工程造价与安全。围堰高度需高于历史最高水位（如某地1998.8标高）并增加0.5-0.7m安全余量。施工流程控制。土石围堰：合龙方向严格遵循自上游至下游，合龙后通过泥浆泵检测渗漏并加固底部。钢板桩围堰：合龙后需高压水枪清理

底部淤泥，并配置多圈结构提升整体稳定性。防参与质量控制。土质围堰采用黏土芯墙+土工布复合防渗，钢板桩锁口需注水试验验证密封性。动态监测水位、沉降及渗流量，汛期加强风险预警，弃渣远离河道防止次生灾害。

1.4 技术创新与发展趋势。模块化围堰。可拆装式围堰通过锚杆与连接件快速安装，避免焊接拆卸，显著提升施工效率与环保性。智能化技术应用。BIM技术模拟施工流程优化导流方案，自动导向打桩机提升钢板桩定位精度。新型材料研发。高抗渗复合材料、柔性防渗膜等逐步替代传统黏土芯墙，降低施工成本与资源消耗。

2 围堰在水利水电工程中的作用

2.1 核心功能。创造干地施工环境。围堰通过临时性封闭结构隔离水流，形成干地施工环境，便于基坑开挖及主体结构施工。其封闭区域内的抽水作业可降低地下水位，避免基底受渗透压力破坏。防护永久性建筑物。围堰在施工期间保护永久性水工设施（如大坝、闸门、机组等）免受水流冲刷、泥沙侵入及浮冰等外部冲击。

2.2 导流与防洪协同作用。导流系统配合。围堰与导流明渠、隧洞等设施协同工作，引导水流绕过施工区域，保障施工期间河道水流正常排泄。防洪安全保障。围堰高度需超过历史最高水位并预留安全余量（通常0.5-0.7m），防止汛期洪水倒灌基坑，确保施工安全。

2.3 结构支撑与工程防护。基坑稳定性维护。围堰作为临时支护结构，抵抗土压力及水压力，防止基坑侧壁坍塌，尤其适用于深水或软土地基施工。抗冲刷与防渗控制。迎水面采用石笼、混凝土板等防护措施抵御水流冲刷，内部通过黏土芯墙、土工布或钢板桩锁口实现防渗目标。

2.4 生态与环保要求。生态影响控制。现代围堰设计需兼顾鱼类洄游通道预留、底泥污染阻隔等生态保护需求，减少施工对水域生态系统的干扰。

2.5 临时性与经济性平衡。围堰作为临时设施,需在施工完成后高效拆除并回收材料(如钢板桩、模块化组件),避免资源浪费及环境破坏。

3 水利水电工程围堰施工要点

3.1 围堰类型选择与适用条件。土石围堰。土围堰:适用于水深 $\leq 1.5\text{m}$ 、流速 $\leq 0.5\text{m/s}$ 的浅水区域,堰顶宽 $1\sim 2\text{m}$,边坡坡度 $1:2\sim 1:3$,合龙方向需自上游至下游。土袋围堰:编织袋装黏土分层堆砌,中心设黏土芯墙增强防渗性,适用于较高流速浅水工况。技术优势:抗震性强,施工便捷,可结合开挖弃渣进行机械化施工。板桩围堰。钢板桩围堰:适用于砂砾层或黏土地基,需导向设备精准定位,锁口密封止水材料+震动锤下沉工艺,底部加固以提升承载力。木板桩围堰:用于低渗水性浅水区域,需控制木板强度均匀性。混凝土围堰。抗冲能力强,挡水水头高,可与永久建筑物结合,适用于大坝施工段^[2]。

3.2 导流与防洪设计要点。导流方案。结合水文数据选择全段或分段围堰,导流标准需覆盖初期导流、度汛及封堵阶段,设计流量直接影响工程安全与成本。围堰高度需高于历史最高水位(如某地1998.8标高)并增加 $0.5\sim 0.7\text{m}$ 安全余量,防止汛期洪水倒灌基坑。防洪协同。与导流明渠、隧洞协同引导水流,避免施工区域受直接冲刷,保障河道排泄功能正常。

3.3 施工流程与技术要求。土石围堰施工。分层填筑,迎水面坡度 $1:2\sim 1:3$,背水面坡度 $1:1.5\sim 1:2$,合龙后通过泥浆泵检测渗漏并加固底部。与岸坡接头处需扩大接触面或嵌入岸坡,延长防渗体接触范围。钢板桩围堰施工。施打顺序从上游向下游合龙,锁口需注水试验验证密封性,黏土地基避免射水下沉。双壁钢围堰需进行浮运稳定性验算,堰顶露出水面 $\geq 1.0\text{m}$,灌水定位需对称均衡。

3.4 防渗与质量控制。防渗措施。土石围堰采用黏土芯墙+土工布复合防渗,钢板桩锁口填充止水材料,混凝土围堰需抗渗混凝土浇筑。动态监测水位、沉降及渗流量,汛期加强风险预警。稳定性要求。土石围堰边坡稳定安全系数参照规范,混凝土围堰抗剪断安全系数 ≥ 3.0 。

3.5 技术创新与环保要求。模块化技术。可注水/抽水的围堰套筒支持快速拼装与拆除,减少材料损耗与施工难度。BIM技术优化导流方案,自动导向打桩机提升钢板桩定位精度。生态保护。施工弃渣远离河道,控制底泥污染扩散,预留鱼类洄游通道。

4 水利水电工程围堰施工质量控制要点

4.1 设计阶段质量控制。围堰类型选择与导流方案优

化。根据工程地质、水文条件(如流速、水深)合理选择围堰类型(土石围堰、钢板桩围堰或混凝土围堰),并匹配导流方案(全段或分段导流)。围堰高度需预留 $0.5\sim 0.7\text{m}$ 安全余量,确保汛期防洪安全。地质勘察与基础处理。施工前详细勘察地基承载力及渗透性,软土地基需采取加固措施(如换填、灌浆),防止围堰沉降或渗漏破坏。

4.2 材料与施工工艺控制。材料质量控制。土石围堰填筑料需检测级配、密实度及渗透系数,黏土芯墙需满足防渗要求。钢板桩锁口密封材料、防渗土工布等需符合抗老化、耐腐蚀标准。施工工艺规范。土石围堰分层填筑,压实度 $\geq 95\%$,迎水面坡度 $1:2\sim 1:3$,背水面坡度 $1:1.5\sim 1:2$ 。钢板桩围堰施打顺序需从上游至下游合龙,锁口注水试验确保密封性。

4.3 施工过程监测与动态调整。实时监测技术应用。采用沉降传感器、倾斜传感器实时监测围堰变形,结合无线传输模块生成数据报告,指导风险预警与施工调整。导流水位监测确保围堰内外水位差在设计范围内,避免渗透破坏。防渗与稳定性验证。土石围堰黏土芯墙渗透系数 $\leq 1\times 10^{-5}\text{cm/s}$,混凝土围堰抗渗等级 $\geq \text{W8}$ 。边坡稳定安全系数(土石围堰 ≥ 1.3)、抗剪断安全系数(混凝土围堰 ≥ 3.0)需定期校核。

4.4 验收标准与缺陷处理。单元工程验收标准。依据《水利水电工程单元工程施工质量验收标准》(SL/T 631系列)对填筑、防渗、护坡等分部工程进行逐项验收。围堰拆除后需检测基底残留物清理情况,避免污染水体。缺陷修复技术。发现渗漏点采用高压灌浆或土工膜补强,结构裂缝采用环氧树脂注浆修复。

5 水利水电工程围堰施工质量检测方法

5.1 传统质量检验方法。三级检验体系。自检:施工班组对单元工程完成后的全面自检,包括填筑密实度、材料配比等基础指标。互检:相同工种班组间交叉检查,重点验证施工工艺规范性(如钢板桩垂直度、黏土芯墙厚度)。专检:专职质检员对关键参数(如边坡坡度、渗流量)进行专业抽检,合格后提交监理验收。

5.2 材料与工艺检测。施工材料检测。土石料:检测级配、含水率(黏土 $\leq 25\%$)及渗透系数(黏土芯墙 $\leq 1\times 10^{-5}\text{cm/s}$)。钢材与混凝土:钢材抗拉强度 $\geq 420\text{MPa}$,混凝土抗渗等级 $\geq \text{W8}$,抗压强度 $\geq \text{C25}$ 。防渗材料:土工布耐老化试验、锁口密封材料止水性能验证。施工工艺验证。填筑密实度:采用环刀法或核子密度仪检测,要求压实度 $\geq 95\%$ 。钢板桩施工精度:垂直度偏差 $\leq 1/150$,锁口注水试验无渗漏。

5.3 智能化监测技术。实时沉降与变形监测。部署沉降传感器（精度 $\pm 0.1\text{mm}$ ）和倾斜传感器，通过无线传输模块生成动态数据报告，预警围堰失稳风险。结合BIM模型对比设计参数与实际监测数据，指导施工调整。渗流量与水位监测。采用渗压计监测背水面渗流量（允许值 $\leq 5\text{L/s}\cdot\text{m}$ ），导流水位差控制在设计范围内。

5.4 验收与缺陷处理检测。单元工程验收标准。依据《水利水电工程单元工程施工质量验收评定标准》（SL/T 631系列），对填筑层厚度、防渗结构等逐项验收。围堰拆除后检测基底残留物（如淤泥厚度 $\leq 10\text{cm}$ ），确保生态恢复达标。缺陷修复验证。渗漏点修复后复测渗流量，高压灌浆区域采用探地雷达验证裂隙封堵效果。

5.5 管理协同检测机制。第三方抽检制度。项目法人委托资质机构对永久工程关键指标（如混凝土抗渗性、钢板桩承载力）进行抽样检测，费用由责任方承担。汛期应急检测。配备便携式抽水设备与渗流监测仪，汛期每小时上报围堰稳定性数据。

6 水利水电工程围堰施工质量问题原因及解决方案

6.1 质量问题主要原因。材料管理不严。使用劣质黏土或骨料导致围堰防渗性能不足，钢材、土工布等材料强度不达标，易引发渗漏或结构失稳。材料进场检验流于形式，部分施工单位为降低成本以次充好。施工工艺不规范。导流设计未结合水文数据，围堰高度不足或合龙顺序错误（如未按上游至下游顺序施工），导致汛期洪水倒灌。人员技术水平不足。施工人员缺乏围堰技术培训，操作机械（如打桩机）精度低，未掌握防渗层铺设、灌浆封堵等关键工艺。地质与水文条件复杂。软土地基未加固处理，围堰底部承载力不足；砂砾层渗透性强，未针对性设计防渗结构，导致管涌破坏。

6.2 针对性解决方案。材料质量控制。建立材料进场台账，对黏土含水率、钢材抗拉强度等关键指标抽样

检测，禁止使用不合格材料。采用复合防渗材料（如土工膜+黏土芯墙）提升围堰抗渗性，降低渗漏风险。规范施工工艺。根据历史水文数据优化导流方案，围堰高度需超过最高水位 $0.5\text{--}0.7\text{m}$ ，合龙严格遵循自上游至下游顺序。土石围堰分层填筑时控制每层厚度 $\leq 30\text{cm}$ ，机械碾压密实度 $\geq 95\%$ ；钢板桩采用导向架定位，锁口注入膨润土密封。强化人员培训与监管。开展围堰专项技术交底，重点培训防渗层施工、渗漏应急处理等技能，实行持证上岗制度。引入第三方检测机构，对围堰边坡坡度、结构尺寸、渗流量等关键参数动态监测，发现问题立即整改。地基与渗漏处理技术。软土地基采用高压旋喷桩或水泥搅拌桩加固，提升底部承载力；砂砾层区域增设混凝土防渗墙截断渗流路径。渗漏应急处理：迎水面：抛填黏土或沙袋封堵裂缝，覆盖土工膜隔绝水流；背水面：设置砂石反滤层导排渗水，防止土体流失引发管涌；深层渗漏：采用双液灌浆或高压喷射注浆封堵裂隙。技术创新应用。采用BIM技术模拟围堰施工流程，优化导流方案与结构设计，减少人为误差。推广模块化围堰（如可拆卸钢围堰套筒），缩短施工周期并降低材料损耗。

总之，建立围堰施工质量责任追溯机制，明确分包单位与总包单位的管理边界。制定汛期围堰应急预案，配备抽水设备与抢险物资，定期开展防洪演练。通过采取合理的技术措施和管理策略，可以有效解决围堰施工中的技术难题，进而保障水电站工程的质量和安

参考文献

- [1]陈海云.水利水电工程围堰施工技术及要点探讨. 2023.
- [2]龚兴旺.水利水电施工中施工导流和围堰技术研究. 2022.