

水利施工围堰技术应用与施工

朱彩艳

泗洪县水利工程有限公司 江苏 宿迁 223900

摘要：水利施工围堰技术是保障工程安全与进度的关键措施，通过构建临时或永久性挡水结构，有效拦截水流、控制水位。其技术类型多样，包括土石围堰、混凝土围堰、钢板桩围堰等，需根据地质、水文条件及施工需求科学选型。施工过程中需注重基础处理、防渗排水、结构稳定性及动态监测，确保围堰在复杂环境下安全可靠。该技术广泛应用于水利水电、桥梁基础等工程，对提升施工质量与效率具有重要意义。

关键词：水利施工；围堰技术；应用；施工

引言：水利施工围堰技术作为水利工程中的关键环节，承担着创造干地施工环境、保障主体工程安全的重要任务。随着水利建设规模的不断扩大和施工条件的日益复杂，围堰技术的应用范围愈发广泛，技术要求也日益提高。本文旨在深入探讨水利施工围堰技术的分类、功能、设计要求及施工关键技术环节，并结合实际应用案例分析其技术要点，同时展望技术创新与发展趋势，以期为水利施工围堰技术的优化与应用提供参考与借鉴。

1 水利施工围堰技术概述

1.1 围堰的定义与分类

围堰是水利工程施工中，为创造干地施工条件而修建的临时性或永久性挡水建筑物，能拦截水流、控制水位，保障主体工程施工安全。（1）按材料分类：土石围堰以土、石为主要材料，成本低、施工简便，适用于中低水头工程；混凝土围堰强度高、防渗性好，常用于高水头、大流量场景；钢板桩围堰由钢板桩拼接而成，施工速度快、可重复利用，适合软土地基或临时挡水需求。（2）按结构形式分类：重力式围堰依靠自身重量维持稳定，结构简单，适用于地基承载力较强区域；悬臂式围堰通过悬臂结构平衡水压力，对地基要求较低；拱式围堰利用拱形结构将水压力传递至两岸山体，经济性和稳定性佳，适合峡谷地形。（3）按使用场景分类：临时围堰仅在施工期间使用，工程结束后拆除，注重施工便捷性；永久围堰与主体工程结合，长期发挥挡水作用，对结构耐久性要求高。

1.2 围堰的功能与设计的要求

（1）核心功能：挡水是基础功能，需拦截施工区域外水流；防渗可防止渗水影响施工，常用防渗墙、土工膜等措施；抗冲刷能抵御水流对围堰边坡和基础的侵蚀，保障结构安全。（2）设计原则：稳定性是关键，需验算抗滑、抗倾、防渗稳定；经济性要求在满足功能的

前提下，优化材料和施工方案，降低成本；环保性需减少对周边水域生态的破坏，施工后做好生态恢复。

1.3 围堰施工的关键技术环节

（1）选型与布置设计：结合工程地质、水文条件、施工工期等因素，选择合适类型的围堰；合理布置围堰位置和尺寸，确保不影响主体工程施工，同时满足挡水和排水要求。（2）材料选择与性能要求：根据围堰类型挑选符合强度、防渗、抗冲刷等性能的材料，如土石围堰需选择透水性小的土料和强度高的石料，钢板桩需具备良好的抗腐蚀性和抗弯性能。（3）施工工艺流程：先进行场地清理和基础处理，为围堰施工创造条件；接着按设计要求分层填筑或拼接围堰结构，同时做好防渗设施施工；最后进行围堰加固和质量检测，确保满足使用要求^[1]。

2 水利施工围堰施工技术的具体应用分析

2.1 典型围堰技术类型及适用场景

（1）土石围堰：适用条件为中低水头水利工程（水头 $\leq 15\text{m}$ ）、地质条件较好的河床或岸坡，尤其适合工期较紧、对成本控制严格的项目。施工要点方面，填筑需分层进行，每层厚度控制在30-50cm，选用透水性小的黏性土或壤土作为防渗体，石料作为支撑体；压实采用重型压路机，压实度不低于95%；防渗处理常用黏土心墙、土工膜铺设或水泥土搅拌桩防渗墙，确保渗透系数 $\leq 1 \times 10^{-6}\text{cm/s}$ 。（2）混凝土围堰：结构形式多为重力式或拱式，重力式适用于地基承载力强的区域，拱式适合峡谷地形。浇筑工艺采用分层分块浇筑，每层浇筑高度2-3m，块体间设置键槽和止水带；采用泵送混凝土，坍落度控制在120-160mm，确保混凝土密实度。温控措施至关重要，通过选用低热水泥、掺加粉煤灰等外加剂降低水化热，同时布置冷却水管，通入循环水带走热量，控制内外温差不超过25℃，防止裂缝产生。（3）钢板桩围

堰：打桩设备根据地质选择，软土地基用振动打桩机，硬土层用柴油锤打桩机。连接方式采用锁口连接，确保锁口严密，常用“U”型或“Z”型钢板桩；防渗处理在锁口处涂抹黄油或灌注水泥浆，防止渗漏；稳定性控制通过设置内支撑（如型钢支撑），间距根据水压力计算确定，同时监测桩身位移，确保偏差不超过10mm。适用于水深 $\leq 20\text{m}$ 、软土地基的桥梁基础或水利枢纽临时挡水工程^[2]。（4）其他新型围堰技术：装配式围堰由预制混凝土模块或钢模块组装而成，模块间通过螺栓连接，施工速度快，适用于临时应急工程，如抢险堵水；气囊围堰利用高强度橡胶气囊充气形成挡水结构，重量轻、运输便捷，适合浅水环境（水深 $\leq 5\text{m}$ ）的短期施工，工程结束后可回收重复利用，对环境影响小。

2.2 围堰施工中的关键技术问题

（1）基础处理与地基承载力控制：先清除基础表面的淤泥、腐殖土等软弱土层，采用换填砂石或灰土垫层提高地基承载力，垫层厚度根据地质勘察结果确定，一般为50-100cm；对于承载力不足的地基，采用水泥土搅拌桩或高压喷射注浆法加固，确保地基承载力满足围堰自重及水压力要求，避免不均匀沉降。（2）防参与排水系统设计：防渗系统根据围堰类型选择，土石围堰用黏土心墙或土工膜，混凝土围堰靠自身密实性防渗；排水系统包括围堰外侧的截水沟和内侧的集水井，集水井间距20-30m，配备水泵及时排出渗水，保持基坑干燥，防止渗水影响施工^[3]。（3）抗冲刷与稳定性加固措施：在围堰迎水侧铺设土工格栅或抛填块石，增强抗冲刷能力；对边坡进行压实或喷混凝土防护，防止边坡坍塌；根据计算设置抗滑桩或锚杆，提升围堰整体稳定性，尤其在汛期需加密监测频次，及时调整加固措施。（4）施工期监测与动态调整：监测内容包括围堰位移、沉降、渗压等，位移监测采用全站仪，渗压监测用渗压计，监测频率为每天1-2次；根据监测数据动态调整施工方案，如发现位移超标，及时增加支撑或放缓填筑速度，确保施工安全。

3 水利施工围堰施工质量控制与安全管理

3.1 质量控制要点

（1）材料质量检测与验收标准：针对不同围堰类型制定专项检测标准，土石围堰所用土料需检测颗粒级配、含水量（控制在最优含水量 $\pm 2\%$ ）、渗透系数（ $\leq 1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ），石料需检测抗压强度（ $\geq 30\text{MPa}$ ）、粒径（符合设计级配要求）；混凝土围堰原材料中，水泥需检验强度等级（不低于42.5级）、安定性，砂石料需检测含泥量（砂 $\leq 3\%$ 、石 $\leq 1\%$ ），外加剂需验证缓

凝、减水效果；钢板桩需检测厚度（偏差 $\pm 0.5\text{mm}$ ）、锁口尺寸（匹配度误差 $\leq 1\text{mm}$ ）及抗腐蚀性（涂层附着力的 $\geq 5\text{MPa}$ ）。验收时需出具第三方检测报告，不合格材料严禁入场。（2）施工过程质量控制：土石围堰填筑中，采用环刀法或灌砂法检测密实度（每层不少于3个检测点，压实度 $\geq 95\%$ ），同时监测填筑厚度（偏差 $\leq 5\text{cm}$ ）；混凝土围堰浇筑时，按规范制作混凝土试块（每100m³不少于1组），检测28d抗压强度（满足设计值100%以上），通过测温仪实时监测混凝土内部温度（内外温差 $\leq 25^\circ\text{C}$ ）；钢板桩打设中，用全站仪监测桩身垂直度（偏差 $\leq 1\%$ 桩长），锁口连接后进行注水试验（24h渗漏量 $\leq 0.5\text{L}/(\text{m}\cdot\text{d})$ ）。施工中需留存影像资料，形成过程质量台账^[4]。（3）成品验收与缺陷处理：成品验收需核查围堰尺寸（平面位置偏差 $\leq 20\text{cm}$ 、高度偏差 $\pm 5\text{cm}$ ）、防渗性能（渗漏量 \leq 设计值）、结构稳定性（沉降量 $\leq 10\text{mm}/\text{天}$ ）；若发现缺陷，如土石围堰局部密实度不足，需返工重新填筑并补压；混凝土围堰表面裂缝（宽度 $> 0.2\text{mm}$ ）需采用环氧树脂灌浆修补；钢板桩锁口渗漏，需重新灌注水泥浆或更换受损桩体。缺陷处理后需二次检测，直至达标。

3.2 安全管理措施

（1）施工风险识别与评估：提前识别各类风险，坍塌风险重点评估地基承载力（若承载力低于设计值80%需加固）、边坡坡度（土石围堰边坡比不陡于1:1.5）；渗漏风险评估防渗结构完整性（如土工膜焊接合格率需100%）；洪水风险需结合水文数据（重现期 ≥ 50 年一遇洪水标准）评估淹没概率。采用LEC法（危险性评价法）划分风险等级，高风险项（如汛期围堰施工）需制定专项管控方案。（2）安全防护技术：制定防汛应急预案，明确预警等级（蓝色、黄色、橙色、红色对应不同响应措施），储备防汛物资（如编织袋 ≥ 5000 条、抽水泵 ≥ 10 台、救生衣 ≥ 50 件）；每月开展人员安全培训，内容包括围堰坍塌逃生技巧、水上作业防护（穿戴救生衣、系安全绳）、设备操作规范（如打桩机作业半径内禁止站人），培训考核合格率需达100%；施工现场设置警示标识（如“禁止靠近边坡”“防汛通道禁止占用”），划分危险作业区域^[5]。（3）信息化监控手段：在围堰关键部位布设传感器，位移传感器（精度 $\pm 0.1\text{mm}$ ）监测边坡沉降与水平位移，渗压传感器（量程0-500kPa）实时采集渗压数据，数据超预警值自动推送报警信息；采用无人机每周开展2次巡查，拍摄围堰表面状况，识别裂缝、冲刷等隐患；建立信息化管理平台，整合监测数据与施工信息，实现风险可视化管控，提升应急响应效率。

4 水利施工围堰技术的创新与发展趋势

4.1 技术创新方向

(1) 新型材料应用：高性能混凝土在混凝土围堰中应用广泛，如自愈合混凝土可通过内部微生物或胶囊材料自动修复裂缝，提高围堰耐久性；复合材料（如碳纤维增强复合材料、玻璃纤维增强塑料）用于钢板桩或围堰构件，兼具轻质、高强度、抗腐蚀特性，能减少维护成本，尤其适用于海洋或高腐蚀水环境中的围堰工程，相比传统钢材可延长使用寿命5-10年。(2) 智能化施工设备：自动化填筑设备（如无人碾压机、智能布料机）在土石围堰施工中，可通过卫星定位与传感器实时调整填筑厚度和压实度，压实精度误差控制在 $\pm 1\%$ ，提升施工效率30%以上；3D打印技术可用于小型混凝土围堰构件预制，按设计模型精准打印，减少材料浪费，同时缩短构件生产周期，尤其适合异形围堰结构的快速施工。(3) 生态友好型围堰设计：采用可降解土工材料替代传统防渗膜，工程结束后可自然降解，避免土壤污染；生态袋围堰利用填充植物纤维的生态袋堆叠而成，兼具挡水与生态修复功能，袋内植物生长后可稳固边坡，减少水土流失，适用于河道生态治理类水利工程，降低对水域生态系统的破坏。

4.2 未来发展趋势

(1) 模块化与标准化设计：制定围堰构件通用标准，将围堰拆分为预制模块（如标准化钢板桩模块、混凝土拼接模块），模块可工厂批量生产，现场快速组装，大幅缩短施工工期，同时模块可重复利用于不同项目，降低资源消耗，预计未来5年内模块化围堰在临时水利工程中的应用占比将超50%。(2) 围堰与数字化技术的融合：BIM技术与物联网结合，构建围堰全生命周期

数字模型，实时集成施工数据、监测数据，实现围堰设计、施工、运维的可视化管理；大数据分析可通过历史施工数据与实时监测数据，预判围堰潜在风险，如提前7-10天预警渗漏或沉降隐患，提升围堰安全管控精度。

(3) 适应极端气候条件的围堰技术优化：针对暴雨、台风、低温等极端天气，研发高强度抗风围堰结构，增加防风缆绳与抗拔装置；低温环境下采用低温抗冻混凝土，添加专用防冻剂，确保混凝土在 -10°C 以下仍能正常浇筑硬化；同时优化围堰排水系统，提升极端暴雨天气下的排水能力，减少洪水对围堰的冲击。

结束语

水利施工围堰技术作为保障水利工程建设顺利推进的关键要素，其科学应用与规范施工至关重要。通过合理选型、精细设计、严格施工及全面监控，能够有效提升围堰的挡水、防渗与抗冲刷能力。未来，随着新型材料、智能化设备及生态友好理念的融入，围堰技术将朝着更高效、更安全、更环保的方向发展，为水利事业的可持续发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]严瑞.探讨施工导流和围堰技术在水利水电施工中的运用[J].科技资讯,2023,21(22):145-148.
- [2]秦鑫宇.水利施工围堰技术应用分析[J].城市建设理论,2023(29):213-215.
- [3]张兴旺.水利水电施工中施工导流和围堰技术研究[J].水上安全,2023(11):171-173.
- [4]田自璞.基于围堰技术的水利工程施工导流效果评估与优化研究[J].水上安全,2023(10):166-168.
- [5]宋艳龙.水利工程施工导流及围堰技术的应用[J].水科学与工程,2021,(04):47-49.