

水利工程混凝土防渗墙施工工艺优化与质量控制

张 婷

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830011

摘 要: 水利工程中混凝土防渗墙施工至关重要。本文围绕施工工艺优化与质量控制展开, 阐述施工前期地质适配、材料优化等基础工作, 分析核心施工工艺优化要点, 明确全过程质量控制关键环节, 探讨工艺优化与质量控制的协同机制, 为提升防渗墙施工质量, 保障水利工程安全稳定运行提供参考。

关键词: 水利工程; 混凝土防渗墙; 施工工艺优化; 质量控制; 协同机制

引言: 水利工程中, 混凝土防渗墙是保障工程安全稳定运行的关键结构。施工前期, 地质条件复杂多样, 不同岩土层对防渗墙设计与施工影响显著, 同时材料性能与配比适配也至关重要。核心施工环节涵盖成槽、钢筋笼制作安装、混凝土浇筑等多个方面, 每个步骤都关乎工程质量。施工全过程质量控制涉及多个要点, 工艺优化与质量控制相辅相成。深入探讨施工工艺优化与质量控制, 对提升防渗墙施工质量、保障水利工程长期效益具有不可忽视的意义。

1 施工前期工艺优化基础

1.1 地质适配性工艺方案优化

在水利工程混凝土防渗墙施工前期, 地质适配性工艺方案优化是关键环节^[1]。不同岩土层具有独特的物理力学性质, 这直接影响防渗墙结构参数设计。对于软土地基, 其承载力较低、变形较大, 防渗墙需具备更高的柔性与抗变形能力, 可适当将墙体厚度增加10-20厘米或采用柔性接头形式, 以适应地基变形, 防止因不均匀沉降导致墙体开裂。而对于坚硬岩石地层, 防渗墙需具备足够的强度与抗冲刷能力, 可减小墙体厚度5-10厘米, 采用刚性接头, 提升结构整体稳定性。地质条件对成槽工艺选择也有显著影响。在砂土层施工, 链斗法成槽效率较高, 但需严格控制开槽宽度与深度, 开槽宽度偏差控制在 ± 5 厘米以内, 深度偏差控制在 ± 10 厘米以内, 避免槽壁坍塌。在砂砾石层, 射水法通过高压水流切割土层, 需优化泥浆护壁性能, 将泥浆比重控制在1.1-1.2之间, 黏度控制在20-25秒, 确保槽壁稳定。遇到卵砾石层, 普通成槽方法难以实施, 可结合套阀式灌浆或循环钻灌阀跟管灌浆技术, 先对地层进行加固处理, 再进行成槽作业。

1.2 材料性能优化与配比适配

防渗混凝土原材料性能优化方向明确。水泥作为主要胶凝材料, 应选用低热水泥, 降低水化热, 减少混凝土开裂风险。骨料需级配良好, 粗骨料粒径不宜过大, 细

骨料含泥量需严格控制, 以提升混凝土密实性与抗渗性。防渗混凝土配合比优化要点在于平衡强度与抗渗性。通过调整水灰比、砂率等参数, 使混凝土既满足强度要求, 又具备良好抗渗性能。外加剂选型与掺量优化适配同样重要。减水剂可减少用水量, 提升混凝土流动性与强度; 引气剂可引入微小气泡, 改善混凝土抗冻性与抗渗性。需根据工程实际需求, 精准选择外加剂类型并确定最佳掺量。

2 核心施工工艺优化

2.1 成槽施工工艺优化

成槽设备选型与施工参数优化是成槽施工的基础。针对不同地质条件, 需精准选择成槽设备。在软土地基中, 液压抓斗成槽机凭借灵活性与高效性成为首选, 其抓斗开合幅度控制在1-2米, 提升速度控制在0.5-1米/分钟, 根据土层软硬程度调整, 确保成槽精度^[2]。在岩石地层, 双轮铣槽机展现出强大破碎能力, 铣轮转速控制在10-20转/分钟, 推进速度控制在0.1-0.3米/分钟, 需合理匹配, 避免设备过度磨损。槽段划分与衔接工艺优化同样关键。槽段长度需综合考虑地质条件、设备性能与施工效率, 一般槽段长度控制在5-8米, 过长易导致槽壁失稳, 过短则增加接头数量, 降低防渗效果。衔接工艺上, 采用刚性接头时, 需确保钢筋连接牢固、混凝土浇筑密实; 柔性接头则需注重止水材料性能与安装质量。成槽过程中孔壁稳定工艺优化不容忽视。通过优化泥浆性能参数, 如比重、黏度与含砂量, 形成有效泥浆护壁, 防止孔壁坍塌。清槽工艺优化与效果提升是成槽施工的最后环节。采用反循环清槽法, 利用泥浆循环将槽底沉渣带出, 清槽后需对槽底沉渣厚度进行严格检测, 确保符合设计要求。

2.2 钢筋笼制作与安装工艺优化

钢筋笼加工精度控制工艺优化需从源头抓起。钢筋下料长度需精确计算, 长度偏差控制在 ± 5 毫米以内, 弯曲角度与半径需符合设计要求, 焊接接头位置需错开布置, 相邻接头间距控制在50厘米以上, 避免应力集中。钢

筋笼吊装与定位工艺优化关乎施工质量。吊装前需对钢筋笼进行加固处理,防止吊装过程中变形。吊装时需选择合适吊点,一般设置4-6个吊点,确保钢筋笼垂直入槽。定位工艺上,采用定位钢筋或定位板,定位钢筋直径控制在12-16毫米,定位板厚度控制在5-10毫米,确保钢筋笼在槽段内位置准确。

2.3 混凝土浇筑工艺优化

导管布设与埋深控制优化是混凝土浇筑的关键。导管数量与间距需根据槽段长度与宽度确定,一般导管数量为2-4根,间距控制在2-3米,确保混凝土能够均匀覆盖整个槽底。导管理深需控制在合理范围内,埋深控制在1-3米,过浅易导致混凝土夹泥,过深则增加浇筑阻力。混凝土浇筑速度与连续性控制优化需根据混凝土供应能力与浇筑设备性能确定合理浇筑速度,一般浇筑速度控制在0.5-1米/小时,确保混凝土连续浇筑,避免出现冷缝。浇筑过程中防离析工艺优化需严格控制混凝土坍落度与扩展度,坍落度控制在18-22厘米,扩展度控制在40-50厘米,确保混凝土流动性适中。同时需控制导管提升速度,提升速度控制在0.2-0.5米/分钟,避免混凝土在导管内离析。

2.4 特殊工况施工工艺优化

深水环境防渗墙施工工艺优化需考虑水流速度、水深与波浪影响。当水流速度大于1米/秒、水深超过10米时,采用围堰或平台施工,为成槽与浇筑提供稳定作业面。复杂地质条件下防渗墙施工工艺优化需针对不同地质问题制定针对性措施。如遇到溶洞或断层,溶洞高度大于2米或断层宽度大于1米时,需先进行注浆加固处理,确保施工安全与质量。

3 施工全过程质量控制要点

3.1 施工前期质量控制

施工前期是奠定工程质量的基石,需对多个关键环节严格把控。原材料质量检验与控制是首要任务。水泥作为混凝土的主要胶凝材料,需检测强度、安定性等指标,确保符合设计标准。砂石骨料需检查粒径、含泥量与有害物质含量,避免因骨料问题影响混凝土性能。外加剂选型后,要对其减水率、引气量等性能进行验证,保证与混凝土适配性良好^[3]。施工设备调试与性能校验同样重要。成槽设备在进场前需进行全面调试,检查液压系统、动力系统运行状况,确保成槽过程中设备稳定可靠。混凝土搅拌设备需校验称量系统精度,保证混凝土配合比准确无误。运输车辆需检查密封性,防止混凝土在运输途中离析或水分散失。施工基准线与高程控制为后续施工提供精准定位。利用全站仪、水准仪等测量仪

器,建立精确施工控制网,对槽段位置、高程进行反复测量与复核,确保施工误差控制在允许范围内,为成槽、钢筋笼安装与混凝土浇筑奠定基础。

3.2 成槽阶段质量控制

成槽阶段质量直接影响防渗墙整体性能。槽孔尺寸与垂直度控制需采用先进测量技术,如测斜仪实时监测槽壁垂直度,垂直度偏差控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,发现偏差及时调整成槽设备参数。槽孔宽度需根据设计要求严格控制,宽度偏差控制在 ± 5 厘米以内,避免过宽增加混凝土用量,过窄影响钢筋笼安装。孔壁稳定性监测与控制是成槽阶段重点。通过监测泥浆性能参数变化,如比重、黏度,判断孔壁稳定状况。当泥浆性能下降时,及时调整泥浆配比或补充新泥浆,维持孔壁稳定。同时应密切关注地质条件变化,遇软弱地层提前采取加固措施。清槽后泥浆性能与槽底沉渣厚度控制关乎防渗墙底部质量。清槽后需对泥浆比重、黏度、含砂量进行检测,确保泥浆性能符合护壁要求。采用沉渣仪检测槽底沉渣厚度,沉渣厚度超标时,需再次进行清槽作业,直至满足设计要求。

3.3 钢筋笼制作与安装质量控制

钢筋笼制作与安装质量影响防渗墙结构强度。钢筋笼材质与加工质量控制需严格检验钢筋规格、型号与质量证明文件,确保钢筋性能符合要求。加工过程中,控制钢筋弯曲角度、焊接长度与接头位置,保证钢筋笼整体刚度与稳定性。钢筋笼安装位置与垂直度控制需借助定位装置与测量仪器。安装前在槽段内设置定位钢筋或定位板,引导钢筋笼准确就位。安装过程中,利用全站仪监测钢筋笼垂直度,发现偏差及时调整吊装设备,确保钢筋笼安装精度。

3.4 混凝土浇筑质量控制

混凝土浇筑质量决定防渗墙耐久性。混凝土拌制质量与运输过程控制需严格按配合比投料,控制搅拌时间与搅拌速度,保证混凝土均匀性。运输过程中保持车辆匀速行驶,减少颠簸,防止混凝土离析。浇筑过程中导管工况控制需确保导管密封良好,无漏水现象。根据混凝土浇筑进度适时提升导管,控制导管理深在合理范围,避免混凝土夹泥或导管拔脱。混凝土浇筑标高与密实度控制需在浇筑过程中实时监测混凝土面上升高度,确保浇筑标高符合设计要求。采用插入式振捣器对混凝土进行振捣,保证混凝土密实度,消除内部孔隙。

3.5 槽段衔接质量控制

槽段衔接质量影响防渗墙整体防渗效果。接头清理质量控制需在钢筋笼安装前,对接头部位进行彻底清理,去除泥皮、杂物等,清理深度不小于5厘米,保证接头清洁^[4]。

接头混凝土浇筑质量控制需确保混凝土充满接头空间，振捣密实，避免出现空洞或缝隙，形成连续防渗屏障。

4 工艺优化与质量控制的协同机制

4.1 工艺优化对质量控制的支撑作用

工艺优化是提升施工质量的内在动力，为质量控制搭建起稳固的框架。在成槽施工环节，精准的工艺优化能显著提升成槽质量。针对不同地质条件，合理选择成槽设备是关键。在软土地基中，液压抓斗成槽机凭借灵活性与高效性成为优选，通过优化抓斗开合幅度与提升速度，将抓斗开合幅度优化至1.5米，提升速度优化至0.8米/分钟，可确保槽孔尺寸精准、垂直度达标，为后续钢筋笼安装与混凝土浇筑提供良好基础。在岩石地层，双轮铣槽机展现出强大破碎能力，优化铣轮转速与推进速度匹配，将铣轮转速优化至15转/分钟，推进速度优化至0.2米/分钟，不仅能提高成槽效率，还能减少设备磨损，避免因设备故障影响施工质量。在混凝土浇筑阶段，优化导管布设与埋深控制工艺同样重要。依据槽段长度与混凝土供应能力，科学确定导管数量与间距，严格控制导管埋深范围，将导管数量确定为3根，间距确定为2.5米，埋深范围控制在1.5-2.5米，可有效防止混凝土夹泥、离析等问题，保证混凝土密实度与强度，从而提升防渗墙整体质量。

4.2 质量监测数据对工艺优化的反馈调整

质量监测数据是工艺优化的重要导向标，为施工工艺动态调整提供精准依据。在成槽过程中，运用测斜仪、沉渣仪等先进设备实时监测槽壁垂直度与槽底沉渣厚度。将监测数据与设计标准细致比对，若发现垂直度偏差超出允许范围，立即分析原因，调整成槽设备操作参数或采取纠偏措施，如调整抓斗或铣轮的行进方向与力度。若沉渣厚度超标，迅速组织二次清槽作业，并优化清槽工艺参数，如调整泥浆性能指标或清槽设备运行速度，确保槽底清洁度符合要求。在混凝土浇筑环节，密切监测混凝土面上升高度、导管埋深等数据。若浇筑速度过快导致混凝土离析，及时降低搅拌与运输速度，调整混凝土配合比，增加减水剂用量以改善流动性。若导管埋深

过浅引发混凝土夹泥，立即提升导管并重新调整埋深范围，保证浇筑质量稳定可靠。

4.3 施工全过程协同管控流程优化

施工全过程协同管控流程优化是实现工艺优化与质量控制协同的关键纽带。构建涵盖施工前期、成槽、钢筋笼制作安装、混凝土浇筑及槽段衔接等全过程的协同管控体系，明确各阶段质量控制要点与工艺优化方向。加强各部门间沟通协作，技术部门依据质量监测数据及时提出工艺优化建议，施工部门迅速响应并落实调整措施，质量部门全程监督把控，形成紧密衔接、高效运转的闭环管理机制。同时，借助信息化技术搭建施工管理平台，实现质量监测数据实时共享与工艺优化指令快速传达^[5]。通过平台对施工过程进行可视化监控，及时发现潜在问题并预警，提升协同管控效率与精准度。各部门在平台上协同工作，打破信息壁垒，确保施工全过程处于受控状态，实现工艺优化与质量控制的深度融合与协同提升，为打造高质量防渗墙工程提供有力保障。

结束语

水利工程混凝土防渗墙施工工艺优化与质量控制紧密相连。通过施工前期精心准备、核心工艺精准优化、全过程严格把控及协同机制有效运行，可提升防渗墙施工质量。这有助于增强水利工程防渗能力，保障长期稳定运行，为社会经济发展提供坚实支撑。

参考文献

- [1]黄鑫策,杨信.水利工程施工中混凝土防渗墙施工工艺研究[J].砖瓦世界,2023(2):178-180.
- [2]张雪,张松露.水利工程施工中混凝土防渗墙施工工艺研究[J].居业,2022(1):61-63.
- [3]陆朝友.水利工程施工中混凝土防渗墙施工技术的应用分析[J].科技资讯,2025,23(12):156-158.
- [4]刘铭瑞.水利工程施工中的混凝土防渗墙施工技术[J].建材发展导向,2025,23(6):55-57.
- [5]于耀龙.水利工程施工中的混凝土防渗墙施工工艺研究[J].工程技术研究,2023,5(3):56-58.