

水利水电工程防渗墙施工技术的现场应用难点及解决方案

吴跃辉

嵩县河湖事务中心

DOI:10.32629/hwr.v10i1.6763

[摘要] 水利水电工程是重要的民生基础设施,其防渗性能会直接影响到工程的安全与稳定性。防渗墙施工是水利水电工程构建防渗体系的核心工序,其施工质量将决定坝体、围堰等水工建筑物的运行安全水平。本文将分析水利水电工程防渗墙施工的核心技术环节,针对防渗墙施工技术中孔壁坍塌、泥浆性能失稳等现场应用难点,提出工艺优化、质量管控等针对性解决方案。希望为同类型水利水电工程防渗墙施工提供技术参考。

[关键词] 水利水电工程; 防渗墙施工; 现场应用难点; 施工技术优化

中图分类号: TV 文献标识码: A

Difficulties and Solutions of Construction Technology of Seepage Wall in Water Conservancy and Hydropower Projects

Yuehui Wu

Song County River and Lake Affairs Center

[Abstract] Hydropower and water conservancy projects are crucial infrastructure for people's livelihood. The seepage prevention performance of these projects directly affects their safety and stability. The construction of seepage prevention walls is the core process in building the seepage prevention system for hydropower and water conservancy projects, and the construction quality of these walls will determine the operational safety level of water conservancy structures such as dams and cofferdams. This paper will analyze the core technical aspects of seepage prevention wall construction in hydropower and water conservancy projects, and address the on-site application difficulties such as hole wall collapse and unstable mud performance in seepage prevention wall construction technology. It will propose targeted solutions such as process optimization and quality control. It is hoped that this will provide technical references for the construction of seepage prevention walls in similar hydropower and water conservancy projects.

[Key words] Hydropower and water conservancy projects; Construction of anti-seepage walls; Difficulties in on-site application; Optimization of construction techniques

前言

防渗墙具有结构整体性强、防渗效果显著等优势,在深基坑防渗加固、堤坝除险加固等工程中应用广泛。结合以往施工经验来看,防渗墙施工受多种因素影响,易在槽孔成型质量、泥浆性能控制、墙体浇筑密实度等方面出现问题。这既会延误施工进度,又会降低施工质量。因此,本文针对水利水电工程防渗墙施工技术的现场应用难点及解决方案开展探究是非常有必要的,能够针对现场应用难点提出切实可行的解决方案,提升防渗墙施工质量。

1 水利水电工程防渗墙施工的核心技术环节

防渗墙施工的工艺流程较为复杂,包括:测量放线、导墙施工、槽孔开挖、泥浆护壁、清孔换浆、墙体浇筑、墙体连接等。

只有各环节紧密衔接,才能够把控施工质量,提升防渗效果。从现场施工视角分析,核心技术环节主要包括三个方面:

第一,槽孔成槽施工。槽孔是防渗墙成型的基础,其垂直度、孔壁牢固性、槽段连接质量都会影响到墙体结构的完整性。施工过程中只有根据土层、岩层的具体情况,合理选择抓斗法、钻劈法、铣削法等工艺和相关设备,才能提升施工质量。一般情况下软土层可应用抓斗法、砂卵石地层可应用铣削法。

第二,泥浆护壁施工。泥浆能够在开挖槽孔的过程中保护孔壁不坍塌、带走渣土、冷却钻具等。施工时要根据现场的地质情况合理调整泥浆的黏度、失水量、密度等。还要实时监测泥浆性能,结合监测情况,添加膨润土、纯碱等添加剂,这样才能维持泥浆性能的稳定性。

第三, 墙体混凝土浇筑施工。防渗墙施工过程中一般应用水下混凝土浇筑工艺, 这要求混凝土易于搅拌、流动等。这样才能通过导管法实现连续性浇筑。为了防止出现断桩、夹泥的情况, 浇筑过程中要严格把控导管埋深, 实时测量混凝土面的上升高度, 严格控制浇筑质量。

2 水利水电工程防渗墙施工技术的现场应用难点

2.1 槽孔成槽施工的现场难点

第一, 复杂地质条件下槽孔成型困难。施工现场的地质条件复杂多变, 可能会出现破碎岩层、砂卵石层、岩溶地层等, 这会增加槽孔开挖过程中的孔壁坍塌、漏浆几率。例如: 砂卵石层的卵石粒径大、地层松散, 在抓斗开挖时可能会导致槽孔局部扩径、泥浆流失; 岩溶地层中的溶洞会导致泥浆渗漏, 如果不能及时处理, 可能会导致孔壁失稳坍塌。这些都会增加施工难度, 带来安全隐患。

第二, 槽孔垂直度难控制。防渗墙槽孔垂直度一般不能大于1/300。如果垂直度超标, 会影响槽段间的搭接, 进而出现防渗薄弱环节。在现场施工时, 如果地层软硬不均、钻机安装时出现偏差、调整的钻进参数不合理等, 也会影响槽孔垂直度。例如: 在地层软硬不均的情况下, 钻机在钻进时会从硬土层偏移至软土层, 导致槽孔倾斜。这需要频繁调整钻进方向, 才能把控操控垂直度。

第三, 槽段接头处理难度高。防渗墙是由多个槽段拼接成的, 接头处是防渗的薄弱位置。如果应用钻凿法处理接头, 可能会出现接头面清理不干净、搭接长度不够的问题。如果应用接头管法处理接头, 一旦没有抓住最佳拔管时机, 接头管就会与混凝土粘连。如果强行拔管还会导致接头管断裂, 进而影响施工质量。

2.2 泥浆护壁施工的现场难点

第一, 泥浆性能和地质条件适配性差。不同的地质层对泥浆性能有不同的要求, 在施工时如果未能根据地质变化及时调整泥浆配方, 可能会影响到护壁效果。例如: 在黏土地层施工时, 如果泥浆粘度较高会导致泥皮过厚, 影响混凝土和地层的粘结。在砂石地层施工时, 如果泥浆的粘度较低难以有效悬浮钻渣, 会导致孔底堆积大量钻渣, 这会影响墙体的承载力。

第二, 泥浆循环利用过程中性能衰减较快。在施工过程中泥浆多次循环使用后, 黏度会逐渐下降、含砂率会逐步提升, 整体性能逐步衰减。如果未能配备完善的泥浆净化设备做好净化处理, 就会降低泥浆的携渣能力, 导致孔底沉渣超标。这个过程还会磨损钻具, 增加设备成本。

2.3 墙体浇筑施工现场难点

第一, 水下混凝土浇筑难度大。水下混凝土浇筑难度大, 必须保证混凝土的连续供应。如果混凝土运输不及时导致浇筑中断, 就会产生冷缝。如果导管埋深过浅, 混凝土中可能会混入大量泥浆, 如果埋深过深, 就会影响到混凝土顶升, 导致堵塞。此外, 混凝土坍落度损失较快、和易性差等都会降低浇筑质量, 导致墙体出现空洞等问题。

第二, 特殊环境下浇筑施工受限。在冬季、汛期等特殊时段

施工, 混凝土浇筑工作会受诸多限制。在冬季, 低温环境会缩短混凝土的初凝时间, 加快坍落度损失速度。如果不做好保温处理, 导致混凝土受冻, 还会降低混凝土的强度。在汛期, 河水水位快速上涨、流速加快, 这会增加槽孔内的水压, 影响孔壁稳定性。

3 水利水电工程防渗墙施工技术应用难点的解决方案

3.1 槽孔成槽施工难点的解决方案

从技术层面分析, 要想提高槽孔成槽质量, 就要维持地层稳定性、精准控制钻进姿态。因此, 可从优化施工工艺和技术参数等方面入手。

第一, 复杂地质条件下的成槽工艺优化技术。在施工时如果遇到破碎岩层、砂卵石层等复杂地层, 要先采取加固措施提高地层稳定性, 再选择合适的成槽设备和工艺。针对砂卵石地层卵石粒径大、胶结性差的特点, 可以应用“铣削+抓斗”工艺。先用铣削击碎大粒径卵石, 再进行抓斗抓取。这个过程要调整泥浆的性能参数, 增加泥浆黏度和切力。这样才能够提升泥浆的悬浮钻渣和护壁能力; 针对岩溶发育地层溶洞较多, 易导致泥浆渗漏和孔壁失稳的特点, 可以应用注浆工艺填充加固溶洞。要结合溶洞大小选择不同类型的注浆材料。小型溶洞可进行水泥浆注浆, 大型溶洞可填充水泥砂浆、水泥和水玻璃混合浆等。注浆结束后要检测浆体是否达到设计强度, 强度达标后再进行槽孔开挖施工。

第二, 槽孔垂直度精准控制技术。要想控制槽孔垂直度, 就需进行施工全过程控制, 打造机械化和智能化结合的管控体系。施工前要做好钻机安装场地的平整压实工作。利用水平仪校准场地以及钻机平台, 确保钻机和地面处于垂直状态; 钻进过程中要根据地层岩性变化及时调整钻进参数。如果是软硬不均的地层, 可以采取轻压慢钻的工艺。尽量减少钻进时的侧向力, 防止因地层软硬不均而出现钻机偏移的情况; 还要应用垂直度自动监测和纠偏系统, 借助传感器实时采集操控垂直度等参数。如果偏差超出设计范围, 系统要及时调整钻进方向, 严格控制槽孔垂直度。

第三, 槽段接头施工工艺优化技术。要想控制槽段接头施工质量, 就要提升接头面清洁度、保障搭接长度。由于传统钻凿法无法彻底清理接头, 可以应用铣削式接头工艺。借助铣削机清理混凝土接头面, 清除接头面的浮渣、松散混凝土等。打造粗糙平整的接头面, 这样可以提升槽段间的粘结力; 如果采取的是接头管法工艺, 要把握拔管时机。可结合混凝土的初凝时间确定拔管间隔和速度, 拔管之前可敲击接头管判断混凝土的凝固情况。之后利用液压拔管机匀速拔管, 避免速度较快导致接头混凝土开裂、速度较慢导致接头管和混凝土粘连。

3.2 泥浆护壁施工难点的解决方案

在泥浆护壁施工时, 只有保证泥浆性能参数和地质条件动态匹配, 才可以在孔壁形成稳定的泥皮, 平衡地层压力。因此, 可从精准调配泥浆配方、完善循环净化系统等方面入手。

第一, 泥浆配方动态调整技术。施工前要做好地质勘察工作,

根据地层类型调配基础泥浆配方。在施工时要根据现场的地层变化进一步优化泥浆配方。如果是黏土地层，考虑到其造浆能力强的特点，可以调配黏度较低的泥浆配方，并添加分散剂降低泥浆强度。这样才不会因泥皮过厚而影响到混凝土和地层的粘结；如果是砂层和砂卵石层，要调配黏度较高的泥浆配方，可以适当增加膨润土、CMC等增黏剂。这样才能够提升泥浆的悬浮钻渣和保护能力；如果是破碎岩层，要将锯末等惰性材料和泥浆混合，这样可以堵塞岩层裂隙，避免泥浆渗漏。^[1]

第二，泥浆循环净化系统构建技术。考虑到泥浆在循环利用时会出现性能衰减的情况，必须做好泥浆的净化处理工作。这个过程要进行三级净化处理：利用振动筛去除循环泥浆中的大粒径钻渣、利用旋流器将泥浆中的细沙颗粒分离出来、利用离心机降低泥沙含浆率（<3%）；还要建设泥浆沉淀池和储备池，把已经净化好的泥浆放置在沉淀池静置。将静置沉淀好的泥浆放置在储备池，后续结合施工需求做好分级回用；要建立泥浆台账，详细记录各批次泥浆的循环次数、配方以及性能参数等。这样既方便后续使用，又能够全程管控泥浆质量。

3.3 墙体浇筑施工难点的解决方案

在水下混凝土浇筑施工时，只有优化混凝土性能、严格把控浇筑工艺、灵活应对特殊环境，才能够把控施工质量。因此，可以从精准把控浇筑质量、做好浇筑施工保障等方面入手。

第一，水下混凝土浇筑质量精准管控技术。首先，必须优化混凝土配合比，利用缓凝型减水剂调整混凝土的初凝时间。将混凝土陨落度严格控制在180~220mm，这有利于提升混凝土的流动性和易性；其次，要完善混凝土供应体系。合理规划混凝土的运输路线和搅拌站位置。配备完善的搅拌设备和运输车辆，防止混凝土出现供应中断或运输时间较长的情况；最后，在浇筑时要应用导管法浇筑工艺，导管埋深控制在2~6m。如果埋深过浅，要在第一时间补加导管，反之要及时提升导管。这个过程可以利用测绳测量混凝土面的上升高度，及时计算混凝土浇筑方量，这样才能够保证浇筑的均匀性。^[2]

第二，特殊环境下的浇筑施工保障技术。在冬季和汛期等特殊施工环境下，要制定专项保障技术。减少环境因素给浇筑施工造成的负面影响。在冬季施工时，要做好混凝土防冻保障工作。可以使用温水拌和混凝土，在拌合时可将温度控制在40~60℃。还可以在混凝土中添加防冻剂，降低混凝土冰点，避免混凝土因温度过低出现水化的现象。在混凝土运输和浇筑时都要做好保温措施，浇筑结束后要及时在表面覆盖保温棉、搭设保温棚。确保混凝土的养护温度符合设计要求，这也有利于提升混凝土强度；在汛期施工时，要做好排水工作。可以修筑排水沟等排水设施，及时清除槽孔内的积水，平衡槽孔内外部水压。还要利用定位桩固定浇筑平台和运输船，抵御水流冲击，防止平台偏移。要尽量缩短浇筑作业循环时间，提升浇筑速度，这样才能够提升浇筑质量。^[3]

4 结语

水利水电工程防渗墙施工包含了多道技术工序，施工复杂、难度大。现场应用难点主要集中在槽孔成槽、泥浆护壁和墙体浇筑施工环节。本文从施工角度出发，提出了优化成槽工艺、调整泥浆配方、加强浇筑质量管控等解决方案，能够有效解决施工难点，提升防渗墙的防渗效果，推动水利水电工程安全稳定发展。

[参考文献]

- [1]邓良超,闫国辉.基于水利水电工程防渗施工技术应用的研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(28):98-100.
- [2]黄新千.水利水电建筑工程中防渗墙施工技术的优化与应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(14):106-108.
- [3]潘德雄,厉旭龙.水利水电工程中超深塑性混凝土防渗墙施工技术研究[J].建筑技术开发,2024,51(08):36-39.

作者简介:

吴跃辉(1974--),男,汉族,河南省洛阳市人,工程师,本科,从事水利水电方向。