

试析水利水电工程防渗墙施工技术及质量控制

孟晓勇

湖南建投水利水电有限公司 湖南 长沙 413000

摘要: 本文围绕水利水电工程防渗墙施工技术及质量控制展开研究, 阐述防渗墙的核心作用、分类及施工核心要求, 分析地质、环境、人为三大影响因素。重点探讨钻孔浇筑、连续墙、高压喷射灌浆等主流施工技术及工艺要点, 从施工前、施工过程、施工后三个阶段明确质量控制重点, 提出常见质量缺陷的针对性处理措施, 为提升防渗墙施工质量、保障水利水电工程安全稳定运行提供理论参考与实践指导, 助力行业施工技术规范化发展。

关键词: 水利水电工程; 防渗墙; 施工技术; 质量控制

引言: 水利水电工程是保障水资源合理利用、防洪减灾的重要基础设施, 防渗墙作为工程核心防渗构筑物, 其施工质量直接关系工程整体安全与使用寿命。当前, 随着工程规模扩大与地质条件复杂化, 防渗墙施工面临诸多技术难题, 渗漏、墙体破损等质量隐患频发。基于此, 本文结合行业规范与施工实践, 系统分析防渗墙施工技术要点, 梳理质量控制关键环节, 以期解决施工中的实际问题, 推动水利水电工程防渗施工技术提质增效。

1 水利水电工程防渗墙相关基础理论

1.1 防渗墙的核心作用与分类

(1) 核心作用: 防渗墙是水利水电工程中关键的防渗构筑物, 核心作用体现在三个方面。一是有效阻挡地下水渗透, 切断渗流通道, 避免坝体、基坑出现管涌、流土等渗透破坏现象; 二是保护坝体及基坑稳定, 减少渗透压力对构筑物结构的冲击, 防止坝体失稳、基坑坍塌, 保障工程整体安全; 三是减少水资源浪费, 尤其在蓄水工程中, 可降低地下水渗漏量, 提高水资源利用率, 确保工程发挥正常蓄水、供水功能。(2) 常见分类: 防渗墙按不同标准可分为多种类型, 其中最常用的是按墙体材料和施工方式分类。按墙体材料分类, 主要包括混凝土防渗墙、泥浆防渗墙、塑性混凝土防渗墙等, 其中混凝土防渗墙强度高、防渗效果好, 应用最为广泛; 按施工方式分类, 可分为钻孔浇筑墙、连续墙、钢板桩防渗墙等, 钻孔浇筑墙适用于多种地质条件, 连续墙施工效率高、整体性强, 适配大型水利工程需求。

1.2 防渗墙施工的核心要求

(1) 技术要求: 施工需严格遵循相关技术标准, 明确关键指标控制。墙体厚度需根据工程规模、地质条件确定, 确保满足防渗和承载需求; 渗透系数是核心指标, 需控制在设计限值内, 保证防渗效果; 同时需满足规定的强度要求, 避免墙体因受力不均出现破损, 此外还需控

制墙体垂直度、平整度等指标, 保障施工质量。(2) 质量要求: 防渗墙施工质量直接决定工程防渗效果, 核心要求包括三点。一是墙体无裂缝、无渗漏, 杜绝出现贯穿性裂缝和渗漏通道; 二是墙体与基底及周边结构衔接紧密, 避免出现缝隙导致渗漏; 三是墙体整体完整性好, 无蜂窝、麻面等质量缺陷, 确保长期稳定发挥防渗作用^[1]。

1.3 水利水电工程防渗墙施工的影响因素

(1) 地质因素: 地质条件是影响施工的首要因素, 地层岩性直接决定施工工艺, 软土、砂层等地层易出现塌孔, 坚硬岩层则增加钻孔难度; 地下水水位过高会增加施工排水难度, 水位波动易导致墙体变形, 地下水水质中的腐蚀性物质会影响墙体材料耐久性。(2) 环境因素: 气候条件影响施工进度和质量, 高温易导致墙体材料干裂, 严寒会影响混凝土凝结, 雨天则可能造成基坑积水、边坡失稳; 施工场地条件也至关重要, 场地狭小会限制施工设备作业, 周边建筑物、地下管线则要求施工过程中严控振动, 避免产生不利影响。(3) 人为因素: 施工人员的操作水平直接影响施工质量, 操作不规范易导致钻孔偏差、墙体浇筑不密实等问题; 施工设备的精度也会影响施工效果, 钻机、浇筑设备等精度不足, 会导致墙体尺寸偏差、防渗性能下降, 同时设备维护不到位也可能引发施工故障。

2 水利水电工程防渗墙主要施工技术及工艺

2.1 钻孔浇筑式防渗墙施工技术

(1) 施工准备: 施工前需完成场地平整, 清除杂物、平整地表, 为设备进场和作业提供良好条件; 对钻孔机、浇筑设备等进行全面调试, 检查设备性能, 确保施工中正常运行; 制备符合要求的泥浆, 泥浆需具备良好的护壁、携渣和防渗性能, 为钻孔施工提供保障。(2) 核心工艺: 钻孔施工根据地质条件选用冲击钻、回旋钻等方法, 严格控制孔位偏差在设计范围内, 避免孔位偏移影

响墙体整体性；钻孔完成后进行清孔处理，清除孔底沉渣，确保孔底干净，防止影响混凝土浇筑质量；采用导管法进行混凝土浇筑，确保混凝土连续浇筑，避免出现断桩、蜂窝等缺陷^[2]。（3）施工注意事项：施工中需严格控制钻孔垂直度，避免钻孔倾斜导致墙体厚度不均，影响防渗效果；根据地层变化和施工进度，及时调节泥浆的黏度、比重等性能，确保泥浆始终满足护壁和携渣要求，防止塌孔事故发生。

2.2 连续墙防渗施工技术

（1）施工原理：利用专用成槽设备，在施工场地连续开挖形成槽段，槽段开挖完成后，及时浇筑混凝土或防渗材料，通过分段施工、合理衔接，最终形成连续、完整的整体防渗墙体，有效阻断地下水渗流通道，保障工程结构稳定。（2）关键工艺：结合工程规模、地质条件和施工效率，科学划分槽段长度，一般控制在6-8米，避免槽段过长导致槽壁坍塌；采用抓斗式、冲击式成槽设备进行施工，严格控制槽壁垂直度和槽宽，确保槽体尺寸符合设计要求；接头处理是核心环节，采用接头管法或钢板接头法，施工中及时清理接头处浮渣，确保相邻槽段衔接紧密，杜绝渗漏隐患。（3）技术优势与适用场景：该技术具有施工效率高、墙体整体性好、防渗效果佳、适应范围广等优势，且施工过程中对周边环境扰动较小；主要适用于大型水利水电工程，如大坝、水库、大型基坑防渗工程，尤其适合地质复杂、防渗要求高、施工工期紧的项目。

2.3 高压喷射灌浆防渗墙施工技术

（1）施工设备与材料：主要施工设备包括高压喷射机、钻机、浆液搅拌设备和注浆管，需确保设备压力稳定、操作便捷，钻机钻孔精度满足设计要求；灌浆材料以水泥浆为主，可根据施工需求添加膨润土、粉煤灰等外加剂，改善浆液的流动性、凝固强度和防渗性能，确保浆液适配不同地层条件。（2）施工工艺：首先采用钻机钻孔至设计防渗深度，确保钻孔垂直、孔壁完整；将高压喷射管插入孔底，启动高压喷射设备，将制备好的浆液以高压高速喷射而出，冲击、破碎地层土体，使浆液与土体充分混合；待浆液凝固成型后，形成连续、密实的防渗墙体，实现防渗目的。（3）施工参数控制：严格控制核心施工参数，喷射压力根据地层岩性调整，一般控制在20-40MPa，确保冲击破碎效果；喷射管提升速度控制在10-20cm/min，速度过快会导致浆液混合不充分，过慢则增加施工成本、影响施工进度；合理调节浆液浓度，确保浆液流动性良好且凝固后强度达标，保障防渗墙体质量^[3]。

2.4 其他常用防渗墙施工技术

（1）搅拌桩防渗墙施工技术及工艺要点：采用深层搅拌桩机，将水泥等固化剂与地基土体强制搅拌，形成连续的搅拌桩防渗墙。工艺要点包括控制搅拌深度和速度，确保固化剂与土体充分混合；严格控制桩位偏差和桩身垂直度，保证墙体连续性；养护期间做好保湿措施，确保桩体强度达标。（2）装配式防渗墙施工技术的应用现状：该技术采用预制防渗板材，现场拼装形成防渗墙，具有施工速度快、环保节能、质量易控制等优势。目前已在中小型水利水电工程中广泛应用，适用于地质条件较好、防渗要求适中的场景，随着预制技术的提升，其应用范围正逐步向大型工程拓展。

3 水利水电工程防渗墙施工质量控制要点

3.1 施工前质量控制

（1）施工方案审核：施工前需对防渗墙施工技术方​​案进行全面审核，重点审查技术方案的可行性，结合工程地质、水文条件，判断施工工艺、施工流程是否适配现场实际，能否满足防渗、强度等设计要求；同时审查质量保障措施的合理性，明确质量控制节点、责任分工、应急处理方案等，确保方案具备可操作性，从源头规避质量隐患，审核合格后方可启动施工。（2）原材料质量控制：原材料质量直接决定防渗墙施工质量，需严格把控水泥、砂石、外加剂、泥浆材料等的检验与验收工作。水泥需核查出厂合格证、检验报告，进场后抽样检测强度、安定性等指标；砂石需检验颗粒级配、含泥量、杂质含量，确保符合浇筑要求；外加剂需根据施工需求合理选用，进场后检测其性能，避免因外加剂不合格影响混凝土或浆液质量，所有原材料经检验合格后方可投入使用^[4]。（3）施工设备检查：施工前对所有进场设备进行全面检查与调试，包括钻孔机、浇筑设备、高压喷射设备、检测设备等。重点调试设备性能，检查设备运行稳定性，排查设备故障隐患；对设备精度进行严格校准，尤其是钻孔机、成槽设备的定位精度、垂直度控制精度，以及检测设备的测量精度，确保设备运行达标，为施工质量控制提供硬件保障。

3.2 施工过程中质量控制

（1）钻孔/成槽质量控制：钻孔或成槽是防渗墙施工的基础，需严格控制关键指标。孔位偏差需控制在设计允许范围内，避免因孔位偏移导致墙体衔接不畅；孔径、槽宽需符合设计要求，确保墙体厚度达标；垂直度控制尤为关键，采用水平仪、测斜仪等设备实时监测，及时调整钻孔或成槽角度，防止墙体倾斜、厚度不均；槽深需精准控制，确保达到设计防渗深度，避免因深度不足

影响防渗效果。(2) 浇筑/灌浆质量控制: 浇筑或灌浆环节直接影响墙体防渗性能和强度, 需严格把控施工参数。混凝土浇筑需控制浇筑速度, 采用导管法浇筑时, 确保导管埋深合理, 避免出现断桩、蜂窝、麻面等缺陷; 灌浆施工需控制灌浆压力, 根据地层条件实时调整, 防止压力过大导致地层扰动, 或压力过小影响浆液扩散; 同时保证浆液均匀性, 搅拌过程中严格控制材料配比, 避免浆液离析、沉淀, 确保浇筑或灌浆质量均匀稳定^[5]。(3) 接头质量控制: 接头是防渗墙的薄弱环节, 易出现渗漏隐患, 需重点控制。施工中及时清理接头处的浮渣、杂物, 确保接头面干净平整; 严格控制衔接工艺, 无论是钻孔浇筑墙的接头浇筑, 还是连续墙的接头管处理, 都需保证衔接紧密, 避免出现缝隙; 接头施工完成后, 及时进行检查, 发现问题立即处理, 确保接头防渗性能与墙体一致。

3.3 施工后质量检测与验收

(1) 检测方法: 施工完成后, 采用多种检测方法相结合的方式, 全面检测防渗墙质量。超声波检测用于检测墙体完整性, 排查墙体内部裂缝、空洞等缺陷; 钻孔取样检测用于检测墙体强度、密实度, 通过现场取样、实验室试验, 验证墙体强度是否符合设计要求; 渗水试验用于检测墙体防渗性能, 观测渗水量, 判断是否满足防渗标准, 确保检测结果全面、准确。(2) 检测指标: 重点检测三项核心指标, 一是墙体强度, 需达到设计规定的强度标准, 确保墙体具备足够的承载能力和抗破损能力; 二是渗透系数, 需控制在设计限值内, 保证墙体防渗效果, 杜绝渗漏隐患; 三是墙体完整性, 检测墙体是否存在贯穿性裂缝、空洞、接头不密实等缺陷, 确保墙体整体连续、完好。(3) 验收标准与流程: 验收工作需严格遵循水利水电行业相关规范和设计要求, 组建专业验收小组, 对施工资料、检测报告进行全面审核; 现场核查防渗墙外观质量、尺寸偏差等, 确认各项指标符合验收标准; 验收合格后, 及时整理施工图纸、检测报告、验收记录等资料, 按规定归档, 确保资料完整可追溯, 验收不合格需限期整改, 直至达标。

3.4 质量缺陷处理措施

(1) 常见质量缺陷: 防渗墙施工中常见的质量缺陷主要包括三类, 一是墙体裂缝, 多由施工过程中温度变化、混凝土收缩或施工操作不当导致, 可能影响墙体防渗性能; 二是墙体渗漏, 主要因接头不密实、墙体存在空洞或裂缝, 导致地下水渗透; 三是接头不密实, 多由接头清理不彻底、衔接工艺不到位引发, 是渗漏的主要隐患来源。(2) 针对性处理方法: 根据不同质量缺陷采取对应的处理措施, 确保缺陷彻底解决。对于墙体裂缝, 若裂缝较小, 采用压力灌浆修补, 注入防渗浆液填充裂缝; 若裂缝较大, 需进行加固处理, 增设加固层或局部返工。对于墙体渗漏, 排查渗漏点后, 采用灌浆封堵、铺设防渗层等方法, 阻断渗漏通道。对于接头不密实, 需清理接头处松散部分, 重新进行衔接施工, 必要时进行返工处理, 确保接头紧密、防渗达标。

结束语

综上, 水利水电工程防渗墙施工技术的合理应用与质量严格控制, 是防范渗透破坏、保障工程长效稳定运行的关键。不同施工技术适配不同地质与工程需求, 需科学选型、规范操作, 同时强化施工全流程质量管控, 及时处理各类质量缺陷。未来, 需结合科技创新优化施工工艺, 完善质量控制体系, 提升施工人员专业素养, 推动防渗墙施工技术向高效、环保、精准方向发展, 为水利水电工程高质量建设提供坚实支撑。

参考文献

- [1]张彬.水利工程泵站施工高喷防渗墙技术分析[J].珠江水运,2022,(9):101-103.
- [2]黄衍清.液压抓斗成槽混凝土防渗墙技术在水库除险加固中的应用[J].江西建材,2021,(5):171-172.
- [3]龚林.分析水利水电工程技术建筑中混凝土防渗墙施工技术[J].砖瓦,2020,(9):186-187.
- [4]郑付超.水利水电工程混凝土防渗墙施工技术[J].价值工程,2021,40(21):127-129.
- [5]王忠义.水利水电工程混凝土防渗墙施工技术[J].砖瓦世界,2021,(16):242-245.