

水利工程施工的混凝土防渗墙施工技术分析

张加文

天津市冀水工程咨询中心有限公司 天津 300000

DOI: 10.12238/ems.v7i10.15674

【摘要】水利工程建设中,混凝土防渗墙施工技术是保障工程防渗性能与长期稳定运行的关键手段。该技术通过构建连续垂直防渗体,有效阻断地下水渗透路径。文章主要针对水利工程施工混凝土防渗墙施工技术应用存在的不足以及技术要点等进行了分析,促使该技术能够正常投入使用,最大程度上提升防渗墙施工的质量和效果,为水利工程以及相关行业的进步发展奠定基础,满足新时代水利工程施工的标准要求。

【关键词】水利工程;混凝土防渗墙;施工技术

引言

水利工程作为国家基础设施建设的重要组成部分,承担着防洪等多重功能,对保障社会经济发展和人民生命财产安全意义重大。在水利工程建设中,防渗处理是关键环节,直接关系到工程的耐久性和运行效益。混凝土防渗墙技术凭借其适应性强等优势,在水利工程防渗领域得到广泛应用。然而,在实际施工过程中,该技术仍存在诸多问题,影响工程质量和防渗性能。因此,深入分析混凝土防渗墙施工技术,探索有效解决策略,具有重要的现实意义。

一、混凝土防渗墙技术概述

(一)混凝土防渗墙的定义与分类

混凝土防渗墙是在松散透水地基或土石坝体中连续造孔成槽,以泥浆固壁,在泥浆下浇筑混凝土而建成的防渗墙体。根据结构形式和施工方法的不同,混凝土防渗墙可分为桩柱式防渗墙、槽板式防渗墙、板桩灌注防渗墙等类型。桩柱式防渗墙通过钻机钻孔后回填混凝土形成桩柱,桩柱间相互搭接形成防渗墙;槽板式防渗墙利用大型冲击钻等工具挖掘槽孔,经泥浆护壁后浇筑混凝土成墙;板桩灌注防渗墙则是先将钢板桩压入地基,再通过小钢管输入防渗材料,边提钢板桩边形成防渗墙。

(二)混凝土防渗墙的技术特点

混凝土防渗墙技术在水利工程中其适应性强,可应用于松软淤泥及岩层等多种地质条件,通过调整施工参数与工艺,能在不同地层中有效构建防渗体系,满足工程防渗需求;防渗效果突出,作为连续墙体可截断渗漏通道,显著降低渗透系数,对堤防渗漏等问题具有根治作用,统计表明合理应用该技术可使渗漏险情大幅减少;耐久性方面,混凝土材料的高强度与抗侵蚀特性,能抵抗水流冲刷和化学侵蚀,确保防渗墙长期保持稳定性能,延长工程使用寿命;施工工艺成熟,

经多年实践发展已形成系统流程与质量控制体系,涵盖施工准备及混凝土浇筑等环节,每个步骤均制定明确技术标准与操作规范,从设备选型到材料配比,从成槽精度控制到浇筑工艺优化,为工程质量提供全方位保障,使该技术成为水利工程防渗处理的首选方案。

二、混凝土防渗墙施工技术要点

(一)施工准备工作

1.地质勘探与资料收集

施工前工作人员需对施工区域进行详细的地质勘探,了解地层结构等情况。通过钻探等手段,获取准确的地质资料,为施工方案的设计和施工参数的确定提供依据。例如,在余姚梁辉水库混凝土防渗墙施工中,针对坝体覆盖层为砂砾(卵)石层和局部段的夹泥砂砾石层,结构松散易坍塌的地质条件,制定了相应的施工措施。

2.施工场地布置

合理规划施工场地,搭建必要的临时设施,包括孔口导墙、混凝土运输和搅拌设备等。确保施工场地宽敞平整,满足大型施工设备的作业要求,保障施工工序的顺利衔接。如余姚梁辉水库施工中,构建了完善的施工场地设施,为施工提供了有力支持^[1]。

3.材料与设备准备

根据工程设计和施工要求,准备合格的施工材料,如水泥等。对材料进行严格的质量检验,确保其符合相关标准。同时,选用先进的施工设备,如冲击钻机、液压抓斗机等,并进行调试和维护,保证设备处于良好的运行状态。

(二)造孔成槽技术

1.造孔方法选择

常用的造孔方法有钻劈法等。钻劈法适用于多种地层,先钻主孔,再劈打副孔,形成槽孔;射水法利用高压水流切

割土层,通过泥浆护壁成槽,适用于砾土及砂砾石地层;锯槽法以锯刀稳定向前移动开槽,配合泥浆护壁,成槽效率高,适用于沙土和粘土等地层^[2]。在实际工程中,应根据地质条件、工程要求和设备情况,选择合适的造孔方法。例如,余姚梁辉水库采用钻劈法进行造孔,有效应对了复杂的地质条件。

2. 槽孔尺寸控制

槽孔的长度、宽度和深度应根据工程设计和地质条件合理确定。一般来说,槽孔长度控制在一定范围内,过短会增加接头数量,影响防渗墙的整体性;过长则可能导致施工难度增大,槽壁稳定性降低。槽孔宽度应满足混凝土浇筑的要求,确保混凝土能够充分填充槽孔。深度方面,要保证防渗墙嵌入不透水层或相对不透水层一定深度,以达到良好的防渗效果。如某水库工程中,防渗墙平均深度达一定标准,有效截断了渗漏路径^[3]。

3. 泥浆护壁技术

泥浆在造孔成槽过程中起着重要作用,能够防止槽壁塌陷,悬浮携带钻渣,冷却和润滑钻具。应根据地层情况选择合适的泥浆材料和配比,一般采用膨润土制作泥浆,并添加适量的增粘剂等处理剂,改善泥浆性能。在施工过程中,要实时监测泥浆的性能指标,如密度等,及时调整泥浆配比,保证泥浆质量。例如,在某水库工程中,针对地下卤水对泥浆的破坏作用,通过试验确定泥浆配比,加入适量分散剂,改善了泥浆性能,满足了施工要求。

(三) 混凝土浇筑技术

1. 混凝土配合比设计

根据工程要求和防渗墙的性能指标,设计合理的混凝土配合比。塑性混凝土具有大应变等特性,能适应较大的变形,在一些工程中得到广泛应用。其配合比设计需考虑水泥用量等因素,通过试验确定最佳配合比,使混凝土满足低弹模等要求。例如,某水库工程中,塑性混凝土配合比经实验中心确定,各项参数符合设计要求。

2. 浇筑方法选择

混凝土防渗墙浇筑通常采用直升导管法,将导管插入槽孔底部,通过漏斗将混凝土连续注入导管,使混凝土在泥浆下均匀上升。在浇筑过程中,要严格控制导管的埋深,一般保持在一定范围内,防止导管提空或埋入过深,影响混凝土浇筑质量。同时,要确保混凝土供应的连续性,避免出现冷缝。如余姚梁辉水库施工中,采用直升导管法浇筑混凝土,保证了浇筑质量。

3. 浇筑过程质量控制

在混凝土浇筑过程中,要实时监测混凝土的上升速度、高度和浇筑量,绘制浇筑指示图,及时调整浇筑参数。每一定时间测量一次孔槽中的混凝土深度,每隔一定时间对导管内混凝土深度进行测量,确保混凝土匀速上升,高差控制在一定范围内。同时,要注意观察槽口混凝土的情况,防止出现离析等问题,从而使得该项工作能够高质量落实^[4]。

三、混凝土防渗墙施工技术应用中存在的不足

(一) 施工技术应用不完善

混凝土防渗墙施工过程中涉及多种技术,如排水等,这些技术之间需要密切配合。然而,在实际施工中,由于各类技术差别较大,且对施工环境要求较高,常常出现互相影响的情况。例如,排水技术与防渗技术若协调不当,可能导致槽孔内积水,影响泥浆性能和造孔质量;高压喷射技术与混凝土浇筑技术衔接不好,可能造成防渗墙结构不均匀,降低防渗效果。许多施工单位未能充分重视技术之间的协同作用,导致施工技术无法达到预期效果^[5]。

(二) 施工风险把控不严

不同地质条件下的施工风险差异较大,在施工前准确确定混凝土防渗墙的厚度、选取合适的墙体材料至关重要。但在实际工程中,部分施工单位对地质勘察工作不够细致,对土质情况了解不充分,未能根据地质变化及时调整施工参数和材料选用。例如,在遇到透水性较强的地层时,若未采取有效的防渗措施或选用合适的墙体材料,可能导致渗漏加剧,影响工程安全。此外,对施工过程中可能出现的塌孔、漏浆等风险,缺乏足够的预防和应对措施,一旦发生风险事件,往往造成较大的损失^[6]。

(三) 施工技术管理松散

大型水利水电工程通常由总承包企业分包给各分包商进行修建,导致施工技术管理较为松散。在实际施工过程中,缺乏专业的管理人员进行现场监管,对技术指导和监察不够严格。分包商在施工过程中可能为了追求进度或降低成本,忽视施工技术规范和质量要求,导致整体施工质量下降。例如,在混凝土浇筑过程中,若未严格按照配合比进行搅拌,或浇筑工艺不符合要求,可能使混凝土强度不达标,影响防渗墙的耐久性和防渗性能。

四、提升混凝土防渗墙施工质量的策略

(一) 加强技术协同与应用优化

施工单位需构建覆盖全流程的技术管理架构,建立多层级技术协同机制,确保各专业施工技术形成有机整体。施工

准备阶段,应组织结构等专业技术团队开展联合方案论证,运用三维建模技术对施工方案进行可视化推演,重点明确钻孔工艺与防渗材料配比的衔接时序与温控措施的协同节点等关键技术接口,形成包含技术参数、验收准则的标准化交底文件包。施工过程实施动态技术管控,在造孔环节布设智能监测装置,实时采集孔深等参数,通过物联网平台自动比对设计值,当偏差超过允许范围时,系统立即触发预警并生成调整方案。针对排水与防渗技术协同,采用分级排水控制策略,在砂层段设置双层排水管网,通过变频泵动态调节抽排强度,维持槽内水位与设计值偏差不超过0.5米,同步监测泥浆黏度变化,自动补充膨润土保持护壁性能。引入BIM+GIS技术构建数字孪生模型,对混凝土浇筑温度场、防渗墙应力分布进行仿真分析,提前识别热裂风险区域,优化冷却水管布设方案。通过技术协同管理平台集成各环节数据,实现技术参数实时共享、问题闭环处理,确保施工全过程技术指标可控。

(二) 严格施工风险管控

地质勘察作为施工安全的基础保障,需在前期阶段构建系统性勘察体系。通过钻探取样等综合手段,对施工区域开展三维地质建模,重点查明地层结构及地下水赋存状态,确保获取的地质资料精度满足设计要求。基于勘察成果编制专项风险评估报告,运用层次分析法对地层失稳等风险源进行量化分级,明确各风险等级对应的管控标准。针对高风险地层制定差异化防控方案,透水性砂砾层采用双排防渗墙组合工艺,墙体厚度增加至1.2米,并掺入膨润土改性剂提升抗渗性能;软弱夹层区域实施预加固处理,通过高压旋喷桩形成复合地基;断层破碎带采用超前注浆加固技术,构建5米厚水泥-水玻璃双液止水帷幕。施工过程中建立动态监测网络,布设孔隙水压力计等智能传感设备,实时传输监测数据至风险管控平台。当监测指标超过预警阈值时,系统自动触发应急响应程序,通过调整施工参数或实施局部停工等措施,将风险控制在可接受范围内,保障施工全过程安全可控。

(三) 强化施工技术管理

在工程总承包管理模式,强化分包环节管控是保障施工质量的关键举措。总承包企业需构建覆盖全流程的技术管理体系,制定分级考核标准,将技术执行情况与分包商履约评价直接挂钩。专业技术人员配置应遵循“持证上岗、专岗专责”原则,实施驻场监管制度,通过每日巡查等手段,对关键施工节点进行技术复核与工艺指导。技术能力提升方面,建立常态化培训机制,按工种、层级定制培训课程,包含新工

艺应用等内容,同步开展技术比武等交流活动。材料设备管理需构建双重检验机制,入库前执行规格参数、质量证明文件核验,使用前进行二次抽检,建立不合格品退出台账。质量追溯体系应实现全要素覆盖,通过信息化手段记录施工参数等原始信息,设置质量预警阈值,对偏差超限情况立即启动整改程序。对责任单位及个人实施质量信用积分管理,将追溯结果与工程款支付、后续合作资格直接关联,形成闭环管控机制。

五、结束语

综上所述,在水利工程防渗处理领域,混凝土防渗墙施工技术因其独特的工程特性得到广泛应用。通过系统分析该技术在不同地质条件下的施工案例,发现其适应性强、防渗效果显著、耐久性优异且工艺体系成熟,但实际应用中仍存在需改进的环节。研究聚焦于地层复杂区域的成槽精度控制,针对漂石层、软硬互层等特殊地质,提出优化钻具组合与调整泥浆性能的解决方案;在材料配比方面,通过试验确定塑性混凝土的最佳掺合料比例,提升墙体抗裂性能与变形协调性;针对施工接缝处理难题,研发新型止水结构并完善施工工艺标准。同时,结合数值模拟与现场监测数据,建立防渗墙质量动态评估模型,实现施工过程实时调控。通过深化技术要点研究,明确造孔垂直度偏差应控制在一定范围内,混凝土坍落度需根据浇筑方式动态调整等关键数据。为当前工程提供技术支撑,更为后续类似项目积累经验数据,推动混凝土防渗墙施工技术向标准化方向发展,保障水利工程长期安全运行。

[参考文献]

- [1] 韩喻. 水利工程施工的混凝土防渗墙施工技术分析[J]. 2025 (4): 262-264.
- [2] 夏春秋. 水利工程混凝土防渗墙施工技术要点分析[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术, 2023 (2): 4.
- [3] 贾乐佳. 水利工程中混凝土防渗墙施工技术[J]. 水电水利, 2023, 7 (1): 82-84.
- [4] 李静波. 水利工程施工的混凝土防渗墙施工技术分析[J]. 中国水泥, 2024 (8): 99-101.
- [5] 吴伦. 水利工程施工中塑性砼防渗墙施工技术分析[J]. 安家, 2024 (12): 0112-0114.
- [6] 欧新文. 水利水电工程建筑中混凝土防渗墙施工技术的实践研究[J]. 中国地名, 2024 (3): 0187-0189.

作者简介: 张加文(1985—),男,汉族,河北省邢台市威县,本科,研究方向为水利工程。