

水利工程施工中的混凝土防渗墙施工技术

石耀明

洛阳水利勘测设计有限责任公司 河南 洛阳 471000

摘要: 在水利工程建设中,防渗处理是确保工程安全与稳定运行的关键环节,本文详述水利工程施工中混凝土防渗墙施工技术。涵盖防渗墙类型与适用条件,包括按结构形式、施工方法划分及适用地质条件分析;介绍施工工艺流程,如导墙、成槽、清孔等施工环节;阐述施工质量控制要点,涉及成槽、混凝土、墙体完整性检测及常见问题预防处理;还提出施工安全与环境保护措施,为水利工程建设中混凝土防渗墙施工提供全面指导。

关键词: 水利工程;混凝土防渗墙;施工技术;质量控制;安全环保

引言:水利工程中,防渗是保障工程安全稳定运行的关键。混凝土防渗墙凭借良好防渗性能,在众多防渗措施中应用广泛。能有效阻挡水流渗透,保护坝体等结构安全。随着水利工程建设规模扩大、要求提高,对混凝土防渗墙施工技术要求也日益严格。深入研究该技术,掌握其类型、施工流程、质量控制要点及安全环保措施,对提升水利工程建设质量具有重要意义。

1 混凝土防渗墙的类型与适用条件

1.1 按结构形式划分

混凝土防渗墙的结构形式主要分为槽孔型、桩柱型及组合式三种类型。槽孔型防渗墙通过挖掘连续或非连续的槽孔并浇筑混凝土形成,其中连续槽孔型防渗墙能够形成完整的防渗屏障,适用于对防渗要求较高的工程部位,如水库大坝坝基防渗,其防渗深度可达50米以上;非连续槽孔型则通过分段施工实现,适用于空间受限或施工条件复杂的区域,例如狭窄河谷地段的防渗处理,单段槽孔长度可控制在3-6米^[1]。桩柱型防渗墙由单桩或群桩构成,单桩防渗墙通过单根钻孔灌注混凝土形成独立防渗单元,适用于局部渗漏治理,如堤防局部管涌部位的封堵,单桩直径一般为0.8-1.5米;群桩防渗墙通过多根桩体协同作用构建防渗体系,常用于地基承载力不足或需要增强整体稳定性的场景,如软土地基上的防渗墙工程,群桩数量可根据工程规模确定,一般不少于5根。组合式防渗墙结合了槽孔与桩柱的结构优势,在关键部位采用槽孔结构确保防渗连续性,在非关键区域采用桩柱结构提高施工效率,形成优势互补的复合防渗体系。

1.2 按施工方法划分

不同施工方法适用于不同工程条件。液压抓斗成槽法利用液压抓斗的开挖与抓取功能,通过循环抓取土体形成槽孔,具有成槽速度快、适应性强等特点,在软土层和砂层中应用广泛,成槽速度可达每天10-15米。冲击钻进成槽

法通过冲击钻头的反复冲击破碎地层,适用于硬质土层和砾石层,但施工噪音较大且效率相对较低,在硬质土层中每天成槽进度约为2-3米。铣槽机成槽法采用旋转铣轮切削地层,能够高效处理坚硬岩层和复杂地质条件,尤其适合深槽施工,在坚硬岩层中每天成槽深度可达3-5米。多头钻成槽法通过多钻头同步作业实现快速成槽,在均匀地层中具有显著效率优势,但对地层均匀性要求较高,在均匀地层中每天成槽长度可达15-20米。

1.3 适用地质条件分析

地质条件是选择防渗墙类型的关键因素。软土层中,液压抓斗成槽法因成槽稳定性好而成为首选;砂层施工需重点关注槽壁稳定性,常采用泥浆护壁配合液压抓斗或铣槽机,泥浆比重控制在1.1-1.3之间;砾石层需选用冲击钻进或多头钻等穿透能力强的设备;岩层施工则依赖铣槽机的切削能力。地下水位高低直接影响泥浆性能要求,高水位条件下需选用黏度较高的泥浆维持槽壁稳定,黏度一般控制在25-35秒;渗透系数较大的地层需加强泥浆循环管理,防止渗流导致槽壁坍塌,渗透系数大于 1×10^{-3} 厘米/秒的地层需特别关注。不同施工方法对地质条件的适应性差异,决定了防渗墙选型需综合考量地层特性与施工可行性。

2 混凝土防渗墙施工工艺流程

2.1 导墙施工

导墙是防渗墙施工的首要结构,承担着定位导向、承受施工荷载及阻挡周边土体坍塌的多重功能。根据施工条件差异,导墙结构分为现浇混凝土与预制装配式两种形式。现浇混凝土导墙通过现场支模浇筑成型,整体性强且适应复杂地形;预制装配式导墙则提前在工厂制作标准节段,现场拼接安装,施工效率较高。导墙施工需严格控制尺寸精度,宽度应比防渗墙设计厚度增加10-20厘米余量,高度需超出地下水位50-80厘米距离,混

凝土强度等级需满足设计承载要求,一般不低于C20,确保施工期间结构稳定。

2.2 成槽施工

槽段划分需结合地质条件与设备性能,软土地层可适当延长槽段长度以减少接头数量,软土地层中槽段长度可控制在6-10米;硬质地层则需缩短槽段以提高成槽效率,硬质地层中槽段长度可控制在3-5米^[2]。施工顺序通常遵循"跳槽法",即间隔开挖相邻槽段以降低施工扰动。成槽设备操作需根据地层特性调整参数,液压抓斗在软土中宜采用较快提升速度以提高效率,提升速度可控制在0.5-1米/分钟;冲击钻机在岩层中需控制冲击频率防止设备损耗,冲击频率可控制在20-30次/分钟。槽壁稳定性通过泥浆护壁维持,泥浆液面需始终高于地下水位一定高度,一般高出地下水位30-50厘米,槽段连接部位需加强泥浆循环防止渗流导致坍塌。

2.3 清孔换浆

清孔作业旨在彻底清除孔底沉渣并优化泥浆性能,为混凝土浇筑创造良好条件。抽浆法通过空压机或泥浆泵将孔底渣浆抽出,置换法则向孔内注入新鲜泥浆置换含渣浆液。换浆标准需同时满足泥浆比重与含砂量控制要求,泥浆比重控制在1.1-1.2之间,含砂量控制在5%以内,比重过低易导致孔壁失稳,过高则影响混凝土结合质量,含砂量超标会降低防渗性能。清孔完成后需静置一段时间使泥浆性能稳定,静置时间一般为30-60分钟,检测合格后方可进行下道工序。

2.4 钢筋笼制作与吊装

钢筋笼设计需根据防渗墙受力特点布置主筋、箍筋与加强筋,主筋间距需满足抗弯承载要求,主筋间距一般控制在15-25厘米;箍筋间距需控制混凝土保护层厚度,箍筋间距一般控制在20-30厘米。制作工艺采用焊接或绑扎连接,焊接接头需错开布置避免应力集中,相邻焊接接头错开距离不小于50厘米;绑扎节点需牢固可靠。吊装设备选型需考虑钢筋笼重量与起吊高度,钢筋笼重量在5吨以内时可选用25吨汽车吊,重量在5-10吨时可选用50吨汽车吊。采用双机抬吊时需同步协调。起吊过程中需保持钢筋笼垂直度,缓慢下放至设计标高,通过定位架固定防止上浮或偏移。

2.5 混凝土浇筑

混凝土输送优先采用导管法,导管数量与布置需确保混凝土覆盖整个槽段,导管数量根据槽段宽度确定,一般每3-4米布置一根导管,泵送法适用于大体积混凝土连续浇筑。浇筑过程需严格控制导管理深,导管理深控制在2-6米之间,埋深过浅易导致混凝土离析,过深则增

加设备起拔难度。浇筑速度需与混凝土供应能力匹配,保持匀速上升防止形成冷缝,浇筑速度一般控制在1-2米/小时。混凝土面高程通过测绳测量与超声波检测双重控制,确保防渗墙顶部达到设计标高且厚度均匀。

2.6 接头处理

接头形式选择需兼顾防渗性能与施工便利性,钻凿法通过钻机破除相邻槽段混凝土形成连接面,接头管法利用预埋钢管拔出后形成连接槽,铣削法则通过铣槽机直接铣削接头部位。接头施工需确保清洁度,彻底清除残留泥浆与浮渣,清除深度不小于10厘米,连接强度需通过抗剪试验验证,抗剪强度一般不低于1.5兆帕。接头部位混凝土浇筑需加强振捣,确保新旧混凝土紧密结合形成连续防渗体系。

3 施工质量控制要点

3.1 成槽质量检测

成槽质量直接影响防渗墙防渗效果与结构安全。槽深检测采用测绳或激光测距仪,从导墙顶面垂直向下测量至槽底,确保实际深度满足设计要求,深度偏差控制在±10厘米以内。槽宽检测利用超声波测宽仪或专用尺具,在槽段不同位置多点测量,宽度偏差需控制在允许范围内,宽度偏差控制在±5厘米以内^[3]。垂直度检测通过成槽设备自带监测系统或外部垂线法实现,倾斜率超过标准时需及时纠偏,倾斜率控制在0.5%以内。槽壁稳定性监测重点关注泥浆液面变化,液面下降可能预示渗漏或坍塌风险,需立即补充泥浆并检查槽壁。渗漏情况通过观察泥浆返浆状态判断,若返浆含砂量异常增大或出现浑浊,需暂停施工并采取加固措施。

3.2 混凝土质量检测

混凝土性能对防渗墙耐久性起决定性作用。坍落度测试使用标准坍落度筒,通过混凝土塌落高度评估工作性能,数值过大易导致离析,过小则影响浇筑密实性,坍落度控制在18-22厘米。扩展度测试针对大流动性混凝土,测量混凝土在水平面扩展直径,确保满足泵送或导管法浇筑要求,扩展度控制在40-60厘米。抗压强度试验需按规范留置标准试件,在标准养护条件下测试28天强度,强度不达标时需分析原因并调整配合比,抗压强度一般不低于设计强度的1.1倍。抗渗性能试验采用逐级加压法,测定混凝土在规定压力下的渗水情况,抗渗等级需满足设计防渗标准,抗渗等级一般不低于W6。

3.3 墙体完整性检测

墙体完整性检测是验证防渗效果的关键环节。超声波检测法利用声波在混凝土中传播特性,通过接收反射波判断内部缺陷位置与大小,适用于墙体浅部缺陷检

测,检测深度一般不超过3米。钻孔取芯法通过专用钻机提取混凝土芯样,直观观察芯样连续性、密实度及接缝质量,取芯位置需覆盖墙体不同深度与接头部位,取芯直径一般为10厘米,每个检测部位取芯数量不少于3个。两种方法结合使用可全面评估墙体质量,为后续处理提供依据。

3.4 常见问题预防与处理

塌孔预防需保持泥浆性能稳定,泥浆比重与黏度需根据地层调整,成槽后及时浇筑混凝土减少空置时间,空置时间控制在4小时以内。卡钻预防需控制钻进速度,避免钻头在硬质地层中长时间停留,定期检查钻具磨损情况,钻头在硬质地层中每次钻进时间不超过30分钟。导管堵塞预防需确保混凝土供应连续,导管理深控制在合理范围,浇筑前检查导管密封性。问题发生后,塌孔需立即回填黏土或砂石稳定槽壁,回填高度需高出槽底1-2米;卡钻可尝试上下提动或旋转钻具解困,提动或旋转幅度控制在10-20厘米;导管堵塞需快速拆除清理或采用备用导管继续浇筑,确保施工质量不受影响。

4 施工安全与环境保护措施

4.1 施工安全措施

现场安全管理制度需贯穿施工全过程。人员培训分层次开展,新进场工人需接受基础安全教育,掌握岗位安全操作要点,特种作业人员则需通过专项考核取得操作资格后方可上岗。安全检查采取日常巡查与定期专项检查结合方式,重点排查成槽作业区、吊装作业区及临时用电线路,对发现的安全隐患建立整改台账,明确整改责任人与期限,确保隐患闭环管理。设备操作安全规范需细化到每个作业环节^[4]。成槽机启动前需检查液压系统密封性、抓斗连接牢固性及行走轨道平整度,作业过程中保持机身稳定,避免在斜坡或松软地面作业。吊车操作需严格核算起吊重量,严禁超载作业,起吊前试吊确认制动装置灵敏可靠,吊装作业时设置专人指挥,确保信号传递清晰准确,吊物下方禁止人员停留。应急预案制定需覆盖主要风险类型。针对坍塌事故,明确撤离路线与应急支护措施;触电事故需配备绝缘救援工具并规范断电操作流程;火灾事故则需规划疏散通道与灭火器配置点。定期组织应急演练,检验预案可行性,确

保事故发生时能够快速响应、有效处置。

4.2 环境保护措施

泥浆处理与排放控制注重资源化利用。建立泥浆循环系统,通过振动筛、旋流器等设备分离泥浆中砂石颗粒,分离后的泥浆经性能调整后重复使用,减少新鲜泥浆制备量。排放前检测泥浆pH值、悬浮物含量等指标,确保符合环保要求,禁止随意倾倒污染周边环境。噪声与粉尘控制从源头与传播途径双重管控。选用低噪声设备并加装消音装置,合理规划施工时间避开居民休息时段,施工时间控制在早上7点至晚上8点之间。施工区域设置围挡减少噪声扩散,围挡高度不低于2.5米;定期洒水降尘抑制扬尘产生,洒水频率根据天气情况确定,干燥天气每天洒水3-5次;运输车辆覆盖防尘网并限制车速,车速控制在20公里/小时以内,减少无组织排放。废弃物管理实行分类收集与合规处置。建筑垃圾按金属、混凝土、木材等类别分开存放,可回收材料交由专业单位处理,不可回收垃圾运至指定消纳场,消纳场距离施工场地不超过10公里。危险废弃物单独存放并委托有资质机构处置,避免二次污染,危险废弃物存放时间不超过7天。

结束语

混凝土防渗墙施工技术在水利工程防渗中作用重大。从类型选择到施工流程,再到质量把控与安全环保,每个环节紧密相连。严格遵循技术规范,做好各阶段工作,能有效提升防渗墙施工质量,保障水利工程安全。持续优化该技术,对推动水利事业发展,提高水资源利用效率与工程效益,有着不可忽视的现实意义。

参考文献

- [1]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.
- [2]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.
- [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]丁毅,李绍燕,彭保栓.水利工程中混凝土防渗墙施工技术浅析[J].南北桥,2022(15):166-168.