

# 水利工程施工中的混凝土防渗墙施工技术

卢伟<sup>1</sup> 王彬<sup>2</sup>

1. 邓州市水利工程建设有限责任公司 河南 南阳 473000

2. 河南龙楷建设工程有限公司 河南 南阳 473000

**摘要:** 水利施工中混凝土防渗墙至关重要。本文介绍其分类与适用场景,按施工方法、材料、地质条件分类阐述;详述核心流程,包括施工准备、成槽、材料制备与浇筑、接头处理;强调关键参数控制;分析常见问题及解决措施。通过系统研究,为水利工程混凝土防渗墙施工提供全面技术参考,保障工程防渗质量与安全。

**关键词:** 混凝土防渗墙; 施工方法; 地质条件; 施工流程; 技术参数

引言: 水利工程中, 防渗处理是保障工程安全稳定运行的关键环节。混凝土防渗墙凭借出色的防渗性能, 在各类水利工程中广泛应用。能有效阻挡地下水渗透, 防止工程出现渗漏破坏, 对维护工程结构完整性和功能正常发挥意义重大。深入探究混凝土防渗墙施工技术, 精准把握不同类型、地质条件下的施工要点, 对提升水利工程施工质量, 推动行业技术发展具有重要价值。

## 1 混凝土防渗墙的分类与适用场景

### 1.1 按施工方法分类

槽孔型防渗墙是当前应用最广泛的类型, 槽孔深度通常控制在20米到80米之间, 宽度保持在0.6米到1.5米的范围。这种墙体通过连续成槽浇筑形成整体结构, 防渗性能均匀可靠, 适合用于大型水利枢纽、堤防加固等对防渗要求高且防渗面积大的工程<sup>[1]</sup>。施工中可通过调整槽段长度适应不同场地条件, 尤其在深度较大的防渗工程中优势明显。桩柱型防渗墙以独立桩柱相互咬合形成防渗体系, 桩径一般为0.8米到2.0米, 桩体间距设置在1.5米到4.0米。单桩施工灵活性强, 对周边环境扰动较小, 常用于既有建筑物周边的防渗加固, 或是地形复杂、施工空间受限的区域。桩柱之间的咬合度直接影响整体防渗效果, 施工中需严格控制桩位精度和垂直度。混合型防渗墙结合槽孔与桩柱两种形式的优势, 在同一工程中根据不同区段的地质条件和防渗需求灵活组合。例如在防渗主体区域采用槽孔型保证整体性能, 在边角或临近建筑物的区域采用桩柱型减少扰动, 适用于地质条件多变、功能分区明确的复杂工程, 能实现技术经济性的平衡。

### 1.2 按材料分类

普通混凝土防渗墙强度等级涵盖C15至C30, 材料来源广泛且施工工艺成熟, 能满足大部分水利工程的防渗和结构承载需求。适用于地质条件相对稳定、无特殊变形要求的场地, 在中小型水库、渠道防渗工程中应用普

遍。塑性混凝土防渗墙弹性模量介于1000MPa到5000MPa之间, 兼具一定强度和良好柔韧性, 能适应地基的微小变形而避免开裂。多用于软土地基或可能发生轻微沉降的区域, 如围海造陆工程的防渗屏障, 可有效降低因地基变形导致的防渗失效风险。钢纤维混凝土防渗墙通过掺入体积率0.5%到2.0%的钢纤维提升抗裂性能和韧性, 抗冲击能力优于普通混凝土。适合用于存在水流冲刷、局部应力集中的防渗部位, 如溢洪道周边或地质破碎带的防渗处理, 能延长墙体使用寿命。

### 1.3 不同地质条件下的技术选型

软土层如淤泥质土施工需重点控制成槽稳定性, 通常采用抓斗式成槽机配合泥浆护壁, 泥浆密度根据土层含水量调整, 防止槽壁坍塌。同时放慢浇筑速度, 避免混凝土扩散过快导致墙体质量不均, 必要时采用插筋加固增强结合度。砂卵石层粒径多在2到20厘米, 成槽难度较大, 常选用冲击式钻机破碎卵石, 配合反循环泥浆系统及时清除槽内沉渣。针对大粒径卵石区域, 可预先采用孔内爆破辅助破碎, 确保槽孔尺寸符合设计要求, 浇筑前检测槽底沉渣厚度, 超标时及时处理。岩层抗压强度从10到100MPa不等, 施工需根据强度选择合适钻孔设备, 中低强度岩层可采用旋转钻机, 高强度岩层则需使用牙轮钻机。钻孔过程中控制钻进速度, 避免钻头过度磨损, 岩层与土层交界处需加强孔壁防护, 防止地质突变导致孔壁失稳, 浇筑时确保混凝土与岩层紧密结合形成封闭防渗体系。

## 2 混凝土防渗墙施工核心流程

### 2.1 施工准备阶段

场地平整与导墙施工是基础环节, 导墙深度通常在1.5米到3.0米之间, 宽度需比防渗墙厚0.2米到0.5米。导墙作为成槽施工的导向结构, 能有效固定槽口位置, 防止施工过程中槽口坍塌。施工前需清理场地内杂物与障

碍物,保证地面平整度满足设备作业要求,导墙浇筑后要做好养护工作,待强度达到设计标准的70%以上方可进入下一工序。泥浆制备与性能控制直接关系成槽质量,泥浆黏度应控制在25秒到50秒,密度维持在1.1克/立方厘米到1.3克/立方厘米。泥浆需选用优质黏土或膨润土为原料,配合纯碱等外加剂调配,确保具备良好的护壁、悬浮沉渣和冷却钻头作用。施工中需定期检测泥浆性能,若黏度不足或密度偏低,应及时补充原料调整,避免因泥浆性能不佳引发槽壁失稳问题。

## 2.2 成槽施工阶段

槽孔划分与施工顺序需结合工程规模和地质条件确定,单槽长度一般设置为4米到8米。划分时优先避开地下管线和构筑物,施工顺序多采用跳槽法,即间隔一个槽段施工,减少相邻槽段施工干扰,保障槽壁稳定性。每个槽段施工前需精确放线,确保槽孔位置和尺寸符合设计要求。成槽设备选型需因地制宜,液压抓斗适用于挖槽深度60米内的土层和软岩区域,具有施工效率高、槽壁平整的特点;冲击钻机则更适合硬岩地质,通过冲击破碎岩石形成槽孔。设备进场前需检查性能状态,施工中根据地质变化及时调整钻进参数,比如在硬岩区域放慢冲击频率,避免设备过度损耗。槽孔垂直度控制是关键技术指标,偏差需控制在0.3%以内。施工中可通过激光测斜仪实时监测,每钻进3米到5米检测一次,若发现垂直度超标,需及时调整钻杆角度或采用纠偏装置校正。槽孔开挖至设计深度后,需进行清槽处理,确保槽底沉渣厚度符合规范要求。

## 2.3 墙体材料制备与浇筑

混凝土配合比设计需兼顾强度和防渗性能,水胶比控制在0.4到0.6之间,砂率保持在40%到50%。原材料应选用强度稳定的水泥、级配良好的砂石,必要时掺入粉煤灰等掺合料改善和易性。配合比确定后需进行试配试验,验证混凝土的抗压强度、抗渗等级等指标是否满足设计需求。导管法浇筑工艺是保证墙体连续性的核心,导管间距设置为3米到5米,浇筑过程中导管理深需维持在1米到6米。导管安装前需进行密封性试验,防止浇筑时出现漏浆现象。浇筑时采用连续供料方式,混凝土坍落度控制在180毫米到220毫米之间,确保混凝土在槽内均匀扩散。浇筑连续性控制至关重要,中断时间需控制在30分钟以内<sup>[2]</sup>。施工前需制定应急预案,准备备用搅拌设备和运输车辆,若遇突发情况导致浇筑中断,应及时清理导管内混凝土,重新插管后再继续浇筑,避免出现施工冷缝。

## 2.4 接头处理技术

接头管法应用广泛,接头管直径比防渗墙小10厘米到20厘米。在先行槽段浇筑混凝土前,将接头管垂直插入槽段端部,待混凝土初凝后缓慢拔出,形成平整的接头面。拔管速度需与混凝土凝固速度匹配,过快易导致混凝土塌陷,过慢则可能造成接头管无法拔出。钻凿法适用于刚性接头施工,套筒厚度不小于0.5倍墙厚。通过钻机对相邻槽段接头处进行钻凿处理,清除浮渣和松动混凝土,形成粗糙接触面,增强接头处的抗渗能力和整体性。钻凿完成后需用高压水枪冲洗接头面,确保无杂物残留。塑性混凝土接头施工需注重材料兼容性,接头处宜选用与墙体同类型的塑性混凝土,保证接头与墙体变形协调。施工时加强接头处振捣,确保混凝土密实,同时做好养护工作,防止接头处因干缩出现裂缝,影响整体防渗效果。

## 3 关键施工技术参数控制

### 3.1 成槽精度控制

成槽精度直接决定墙体质量,槽孔深度偏差需控制在5厘米以内,槽宽偏差保持在正负2厘米范围。深度控制需结合地质勘察资料,施工前在钻具上做好深度标记,钻进至设计深度后,采用测绳配合重锤进行复核,确保与设计深度一致。若出现超深情况,需清理槽底后采用同级混凝土回填至设计深度;若深度不足,则需继续钻进至标准。槽宽控制需依赖设备性能和操作规范,液压抓斗施工时需调整斗齿间距,冲击钻机则要控制冲击幅度。施工中每完成一个槽段,使用专用卡尺沿槽孔长度方向均匀选取三个测点测量宽度,发现偏差及时调整设备参数。槽宽过大易增加混凝土用量造成浪费,过小则可能导致墙体厚度不足,影响防渗和承载能力。

### 3.2 泥浆性能动态调整

泥浆性能需根据地层变化动态调整,软土地层中泥浆密度应控制在1.1至1.2之间,此时泥浆主要发挥护壁作用,密度过高会增加施工阻力;砂层地质稳定性较差,泥浆密度需提升至1.2至1.3,通过增大浮力防止砂粒坍塌入槽。调整时需先检测原浆性能,再按比例加入黏土、膨润土或清水,搅拌均匀后重新检测,直至符合对应地层要求。泥浆回收率需保持在80%以上,既能降低材料消耗,又能减少环境污染。施工中需设置泥浆沉淀池和回收系统,槽内排出的泥浆经沉淀、过滤去除杂质后,检测性能指标,达标后重新送入槽内循环使用。对于性能无法恢复的废弃泥浆,需经过处理达到环保标准后再进行排放,避免污染周边土壤和水体。

### 3.3 混凝土浇筑质量控制

混凝土坍落度需严格控制在18厘米至22厘米,此范

围能兼顾流动性和和易性,确保混凝土在槽内均匀填充且不离析。浇筑前每车混凝土都需检测坍落度,采用坍落度筒进行现场测试,若坍落度偏小可适量加水调整,偏大则需加入干料中和,调整后需再次检测确认合格。混凝土初凝时间应不小于6小时,为浇筑施工预留充足时间,避免因初凝过快出现施工冷缝。初凝时间控制需从配合比设计入手,选用缓凝型外加剂,根据施工环境温度调整掺量,夏季高温时适当增加掺量延长初凝时间,冬季低温则减少掺量。浇筑过程中需记录混凝土进场时间和浇筑完成时间,确保在初凝前完成单个槽段浇筑。

#### 3.4 墙体质量检测标准

墙体抗压强度不得低于设计强度的90%,检测需在浇筑完成28天后进行,采用钻孔取芯法选取代表性试样,送至实验室进行抗压试验。每个防渗墙单元工程需至少选取3组芯样,若检测结果低于标准,需扩大检测范围,分析原因并采取加固措施。抗渗等级需达到W8及以上,对应的渗透系数不大于 $1 \times 10^{-8}$ 厘米/秒。抗渗检测采用抗渗试验仪,对芯样进行逐级加压,观察是否出现渗水现象,记录首次渗水时的压力值。墙体厚度偏差需控制在5%以内,通过超声波检测或钻孔取芯测量,厚度不足区域需评估对防渗性能的影响,必要时进行补墙处理,确保墙体满足设计要求。

### 4 施工中的常见问题与解决措施

#### 4.1 槽壁坍塌防治

槽壁坍塌是深基坑施工中需重点防控的风险,不仅会延误工期,还可能引发安全事故。泥浆护壁是控制坍塌的核心手段,实际操作中需通过性能优化增强护壁效果,将泥浆黏度提升至40到50秒区间<sup>[3]</sup>。黏度达标后的泥浆能在槽壁表面形成坚韧泥皮,有效阻隔地下水渗透,同时平衡土体侧压力,降低坍塌概率。槽孔暴露时间过长易导致土体结构失稳,这也是引发坍塌的重要因素。施工中需合理规划工序衔接,严格控制单槽施工周期,确保不超过72小时。提前做好材料进场、设备调试等准备工作,在成槽后快速推进后续工序,减少槽壁长时间暴露带来的安全隐患,从时间管控上为槽壁稳定提供保障。

#### 4.2 混凝土浇筑缺陷处理

混凝土浇筑过程中,导管堵塞会直接影响浇筑连续

性,进而引发一系列质量问题。预防该问题需从混凝土配合比源头把控,严格限制骨料最大粒径,确保不超过4厘米。同时要保障混凝土和易性与流动性,浇筑前检查导管通畅情况,浇筑中保持匀速下料,避免因骨料堆积或混凝土离析造成导管堵塞。冷缝是混凝土浇筑中另一种常见缺陷,多因浇筑间隔过长导致新旧混凝土结合不良。处理冷缝时需先对已硬化混凝土表面进行彻底凿毛,清除浮浆与松散颗粒,直至露出新鲜骨料。随后补浇强度等级高一级的混凝土,补浇过程中加强振捣,确保新旧混凝土紧密结合,恢复结构整体性与承载能力,避免因冷缝影响工程质量。

#### 4.3 接头渗漏治理

接头渗漏会影响结构防水性能,需通过科学灌浆处理解决。材料选择上优先采用环氧树脂类浆液,这类浆液黏结力强、抗渗性能优异,能有效填充接头缝隙,形成持久防水屏障。灌浆施工前需对渗漏部位进行精准定位,明确缝隙大小与走向,为灌浆操作提供依据。灌浆压力控制是治理成功的关键,施工中需将压力稳定在0.5到2.0兆帕之间。压力过低会导致浆液填充不充分,无法彻底封堵渗漏通道;压力过高则可能损坏结构接头,引发新的质量问题。施工中需配备专业压力监测设备,实时反馈压力数据,通过精准调控确保灌浆效果,彻底解决接头渗漏问题。

#### 结束语

混凝土防渗墙施工技术在水利工程中占据关键地位。通过对其分类、适用场景、核心流程、关键参数控制及常见问题解决措施的全面研究,能清晰掌握施工要点与难点。在后续施工中,严格遵循技术规范,精准把控各环节,可有效提升防渗墙施工质量,保障水利工程安全可靠运行,为水利事业持续发展筑牢坚实基础。

#### 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.