

# 土石坝防渗墙施工质量控制要点分析

李小双

四川二滩国际工程咨询有限责任公司 四川 成都 611130

**【摘要】**：土石坝防渗墙是控制坝体渗流、保障水利工程安全运行的重要结构，施工过程受地层条件、成槽工艺、泥浆性能、混凝土浇筑和接头处理等因素影响较大。施工中若出现槽壁坍塌、泥浆指标失控、墙体夹泥、接头渗漏和检测滞后等问题，容易削弱防渗连续性。通过施工准备校核、成槽参数控制、泥浆动态检测、导管浇筑管理、墙段接头清理和质量检测闭环，可有效提升墙体完整性、连续性和抗渗性能，为土石坝安全运行提供可靠保障。

**【关键词】**：土石坝；防渗墙；施工质量；成槽控制；质量检测

DOI:10.12417/2705-0998.26.09.017

## 引言

土石坝防渗墙施工质量直接关系到坝体渗流控制水平，墙体一旦出现夹泥、断墙、接头缺陷或渗透通道，后期处理难度大，运行风险也会明显增加。防渗墙多位于复杂地层中，施工空间隐蔽，质量缺陷不易被及时发现，成槽稳定、泥浆护壁、混凝土浇筑和墙段连接便成为施工控制的关键环节。工程实践表明，单纯依靠完工检测难以及时消除隐患，必须把质量控制前移到施工准备、过程管理和验收反馈之中。明确各环节常见问题及对应控制方法，有助于提高防渗墙成墙质量，减少渗漏风险，为土石坝长期稳定运行奠定基础。

## 1 土石坝防渗墙施工质量控制基础

### 1.1 防渗墙结构特点分析

土石坝防渗墙通常布置在坝体或坝基防渗薄弱部位，主要承担截断渗流通道、降低坝基渗透压力、增强坝体整体安全性的功能。其结构具有隐蔽性强、连续性要求高、墙体厚度受施工工艺约束明显等特点，质量缺陷一旦形成，后期修复难度较大。防渗墙多采用槽孔成墙方式，墙体需穿越覆盖层、砂卵石层、强透水层或风化岩层，不同地层对槽壁稳定、成槽垂直度和墙体密实性产生直接影响。墙体结构质量不仅取决于混凝土强度，还取决于墙体连续性、接头严密性、墙底嵌入深度和抗渗性能。绿色施工理念下，防渗墙结构控制还需兼顾材料利用效率、泥浆循环处理和施工扰动控制，使结构安全、资源节约和过程环保形成统一。

### 1.2 施工工艺流程梳理

土石坝防渗墙施工通常按照施工准备、测量放样、导墙施工、槽段划分、泥浆制备、成槽施工、清孔换浆、接头处理、混凝土浇筑和质量检测等流程展开。施工准备阶段需核对地质资料、坝体轴线、防渗设计参数和施工设备性能，避免工艺选择与地层条件不匹配。导墙施工需控制轴线位置、顶面高程和结构刚度，为成槽设备提供稳定导向<sup>[1]</sup>。成槽过程中应根据地层变化调整抓斗频次、钻进速度和泥浆指标，防止槽壁坍塌、孔斜超限和沉渣堆积。清孔换浆阶段重点控制槽底沉渣厚度、

泥浆密度、黏度和含砂率。混凝土浇筑需保持导管埋深、浇筑连续性和混凝土和易性，防止夹泥、断墙和离析。全过程可引入数字化监测、自动记录和数据追溯，提高质量控制的精细化水平。

### 1.3 质量控制目标确定

土石坝防渗墙施工质量控制目标应从几何尺寸、材料性能、墙体完整性、防渗效果和过程管理五个层面确定。几何尺寸方面，需保证墙体轴线位置、槽孔宽度、成槽深度、垂直度和墙底嵌入深度满足设计要求，避免形成局部薄弱带。材料性能方面，泥浆指标、混凝土配合比、坍落度、扩展度、初凝时间和抗压强度应与施工环境及浇筑要求匹配。墙体完整性方面，应重点控制接头连接、槽底沉渣、混凝土连续上升和墙段搭接质量，防止渗流沿缺陷部位集中发展。防渗效果方面，需通过取芯、声波检测、压水试验或渗透检测验证墙体密实程度。过程管理方面，应建立工序验收、参数复核、异常处置和检测反馈机制，形成以数据为依据的质量闭环控制。

## 2 防渗墙施工常见质量问题识别

### 2.1 成槽稳定不足问题

成槽稳定不足主要表现为槽壁坍塌、槽孔偏斜和槽底沉渣堆积，直接影响墙体连续性和密实性。复杂地层中砂卵石层、强透水层或风化岩层容易导致槽壁失稳，高水位或地下水渗透会增加槽壁破坏风险。成槽设备操作不均匀、抓斗频次或钻进速度控制不当会加剧槽壁振动和塌陷，泥浆护壁效果不足则无法形成有效支护。质量控制应从泥浆流变特性、槽壁坡度、抓斗参数和施工节奏进行精细化设计，结合实时监测槽孔变形与沉降情况，实现成槽稳定全过程可控，保证防渗墙结构完整性。

### 2.2 泥浆性能波动问题

泥浆性能波动是影响槽壁支护和混凝土浇筑连续性的核心因素。泥浆密度、黏度、含砂率、流变性及循环使用效率波动，会导致槽壁支护能力不足、沉渣厚度增加或混凝土浇筑出现夹泥现象<sup>[2]</sup>。泥浆体系对地层渗透水敏感，水量、颗粒配比和化学添加剂变化会引起快速流变变化。控制泥浆性能需建立

实时监测与调整机制,包括泥浆流变指标在线测量、循环处理和参数调节闭环,确保泥浆性能在设计范围内稳定,使墙体浇筑与槽壁支护协调一致,提高防渗连续性。

### 2.3 墙体接头缺陷问题

墙体接头缺陷主要体现在段间不连续、搭接不密或接缝渗漏,形成潜在渗流通道。墙段施工时间间隔、浇筑顺序及混凝土振捣不充分会导致接头局部离析或密实度下降,墙底沉渣未清理干净也会加剧缺陷。接头质量直接影响防渗墙整体抗渗性能,成为坝体渗漏隐患的关键环节。施工控制措施包括精确控制墙段划分、连续浇筑导管布置、接缝清理和振捣规范化操作,同时配合接头检测技术对密实度和连续性进行验证,以确保墙体接头实现设计防渗要求。

## 3 防渗墙施工质量控制方法细化

### 3.1 成槽垂直度控制方法

成槽垂直度控制应从测量放样、导向结构、设备参数和过程纠偏四个方面展开。施工前需复核防渗墙轴线、槽段边线和导墙中心线,确保导墙位置与设计轴线保持一致,防止初始偏差向深部放大。导墙施工应保证刚度、平整度和顶面高程,避免成槽设备运行时产生横向摆动。成槽过程中应根据地层硬度、颗粒级配和地下水条件合理控制抓斗下放速度、提升速度和抓取深度,避免因设备偏载或冲击过大造成槽孔倾斜。对深槽、砂卵石层和软硬交替地层,可采用分层缓进、低冲击成槽和实时测斜记录方式掌握孔斜变化。发现垂直度偏差接近控制限值时,应及时调整抓斗姿态、修正槽孔边壁或局部回填重抓。数字化施工条件下,可将测斜数据、设备运行参数和槽深信息同步记录,形成成槽过程质量追溯链条,提高垂直度控制精度。

### 3.2 泥浆指标检测方法

泥浆指标检测应贯穿制浆、循环、成槽、清孔和浇筑前验收全过程,重点控制密度、黏度、含砂率、胶体率、失水量和酸碱度等参数。制浆阶段需根据地层渗透性和颗粒组成确定膨润土掺量、外加剂种类和拌制时间,使泥浆具备稳定的护壁能力和悬浮能力。循环使用过程中,泥浆容易混入砂粒、碎石粉和水泥浆液,导致含砂率升高、黏度异常或失水量增大,应通过沉淀、筛分、除砂和补浆调配保持指标稳定<sup>[1]</sup>。成槽过程中需按槽段深度和地层变化增加检测频次,发现泥浆密度偏低时及时补充膨润土浆液,发现含砂率偏高时加强净化处理。清孔换浆阶段应重点检测槽底泥浆质量,防止高含砂泥浆滞留影响混凝土置换效果。绿色施工理念下,可建立泥浆循环利用台账,结合在线传感检测和自动预警系统,实现泥浆性能动态管理,减少废浆排放和质量波动。

### 3.3 混凝土连续浇筑方法

混凝土连续浇筑控制应以导管布置、材料性能、浇筑节奏和置换效果为重点。浇筑前需检查导管密封性、连接牢固度和

下设深度,确保导管底口距槽底位置合理,避免首批混凝土扩散不足或泥浆卷入。混凝土配合比应满足水下浇筑要求,保持适宜坍落度、流动性和抗离析能力,防止运输等待造成初凝时间缩短或和易性下降。浇筑过程中应保持导管理深稳定,严禁导管拔出混凝土面,避免形成断墙、夹泥和冷缝。混凝土上升速度需与槽段宽度、深度和供应能力相匹配,出现供应间断时应及时调整浇筑组织,避免停滞时间超过工艺允许范围。浇筑记录应包括开盘时间、方量、槽内混凝土面高程、导管理深和异常处置情况。智能化条件下,可利用液位监测、方量核算和浇筑曲线分析判断置换是否均匀,提高墙体连续性和密实性。

## 4 关键施工环节质量提升措施

### 4.1 施工准备复核措施

施工准备复核应从设计参数、地质条件、设备状态、材料质量和现场组织五个层面同步展开。开工前需对防渗墙轴线、墙厚、墙深、墙底嵌入层位和槽段划分进行复核,防止测量偏差影响后续成墙质量。地质资料应结合现场补充勘察成果进行校验,重点识别砂卵石层、透水夹层、软弱夹层和孤石分布,提前确定成槽设备组合、护壁泥浆配比和异常地层处理方案。设备复核应检查抓斗、冲击钻、泥浆泵、除砂装置和混凝土导管运行状态,保证关键设备满足连续施工要求。材料进场环节需核查膨润土、水泥、骨料、外加剂质量证明和复检结果。数字化管理可建立开工复核清单,将测量数据、设备检测记录 and 材料验收信息统一归档,减少准备阶段遗漏造成的质量隐患。

### 4.2 墙段连接处理措施

墙段连接处理应重点控制接头位置、接头清理、搭接精度和新旧混凝土结合质量。槽段划分阶段需结合坝轴线变化、施工设备能力和地层稳定情况确定接头布置,避免接头集中在强透水层或地层突变部位<sup>[4]</sup>。相邻墙段施工前,应对已成墙端部进行刷壁、清孔和沉渣清除,确保接触面无泥皮、浮渣和松散夹层。接头管、接头箱或套接成槽工艺使用时,应控制安装垂直度、拔管时间和拔管速度,防止接头变形、混凝土扰动和接缝空隙。后续槽段成槽时需核查搭接宽度和槽孔位置,保证新旧墙段形成连续防渗屏障。质量控制可引入接头部位成槽轨迹记录、混凝土面高程对比和声波检测数据分析,提高接缝缺陷识别精度,降低段间渗漏风险。

### 4.3 检测验收闭环措施

检测验收闭环应贯穿工序验收、过程检测、缺陷判定和整改复核全过程。成槽完成后需检查槽深、槽宽、垂直度、沉渣厚度和泥浆指标,未达到控制标准不得进入浇筑工序。混凝土浇筑过程中应记录每车混凝土坍落度、入槽时间、浇筑方量、导管理深和混凝土面上升高程,通过数据比对判断槽内置换是否均匀。成墙后可采用取芯、声波透射、弹性波检测、钻孔压

水或渗透试验等方式核查墙体连续性、密实度和防渗性能。发现夹泥、断墙、接头不密或局部渗透异常时,应根据缺陷位置和程度制定补强方案,并完成复检确认。信息化平台可将检测结果、整改记录和验收结论关联到具体槽段,形成可追溯质量档案,提升防渗墙施工质量管理的闭合度。

## 5 防渗墙施工质量控制效果评价

### 5.1 墙体完整性评价

墙体完整性评价重点在于检测墙体轴线偏差、垂直度、墙体厚度均匀性、槽底沉渣厚度和接头连续性。采用取芯、声波透射、弹性波检测及成槽轨迹比对等手段,可精确判断墙体内部结构是否存在断层、孔隙或局部松散。评价过程中需结合施工记录,如浇筑顺序、导管布置、泥浆性能及振捣参数,对潜在缺陷进行定位分析。通过连续数据对比和异常区域标注,能够快速识别局部弱区和接缝问题,为后续修复和加固提供依据,同时保证墙体整体连续性与结构完整性达到设计要求,提高防渗墙施工质量可靠性。

### 5.2 防渗性能评价

防渗性能评价侧重于墙体抗渗能力和渗流控制效果,通过压水试验、渗透试验、注水试验等方法测定墙体单位长度渗流量及渗压响应。评价过程中需关注槽底渗漏、墙段接缝渗流集中区域以及混凝土密实度与接头结合质量的对应关系。结合水

文和地质条件数据,可分析渗流通道形成原因及潜在隐患<sup>[5]</sup>。数据处理可采用渗流曲线分析和渗透率对比,确保墙体防渗性能满足设计指标,为土石坝安全运行提供科学评价依据,同时为施工过程改进提供闭环反馈。

### 5.3 施工管理成效评价

施工管理成效评价包括工序执行规范性、施工参数控制精度、施工记录完整性及异常处理响应速度。评价需结合施工前复核、成槽垂直度、泥浆监测、混凝土连续浇筑和接头处理等关键环节的数据,对施工全过程进行量化分析。数字化施工管理平台可对施工参数、检测记录和整改信息进行实时汇总,实现施工质量可追溯和异常快速响应。通过对比预定工艺标准与实际施工数据,能够评价管理措施对墙体完整性和防渗性能的影响程度,为施工质量优化提供科学依据,确保施工组织与技术措施高效协同,提升整体工程质量水平。

## 6 结语

土石坝防渗墙施工质量控制应立足成槽、泥浆、浇筑、接头和检测等关键环节,形成全过程精细化管控体系。成槽稳定可降低槽壁坍塌风险,泥浆指标稳定可保障护壁效果,连续浇筑可提升墙体密实度,接头处理可减少渗漏通道。检测验收闭环能够及时发现缺陷并完成修正,促使防渗墙质量更加可靠,为土石坝安全运行提供坚实支撑。

## 参考文献:

- [1] 夏璐.土石坝防渗墙损伤开裂防渗模拟及评价[J].黑龙江水利科技,2025,53(12):129-132.
- [2] 舒畅,侯玉娟.新型高分子防渗材料在土石坝防渗墙中的应用与耐久性分析[J].中国科技纵横,2025,(23):85-87.
- [3] 王娜.水利工程土石坝防渗施工质量控制要点与检测方法[J].新发现,2025,(21):85-87.
- [4] 张文兵,李青铭,李明超,等.考虑渗流溶蚀耦合效应的土石坝防渗墙长期服役性能研究[J].水利学报,2025,56(10):1314-1325.
- [5] 向登垚.纵向增强体土石坝防渗心墙施工质量控制[J].四川水利,2023,44(4):108-110.