

映射能力学习复杂规律,提升预测准确性。例如利用某城市管网多年历史数据,例如压力、流量、管道材质等,训练神经网络模型,可依据当前运行数据,精准预测未来一周不同区域的漏损可能性,为预防措施提供支持<sup>[9]</sup>。

### 3.3 漏损定位与预警

智慧水务平台通过声学探测、压力梯度分析及压力梯度分析技术,实现漏损精准定位与及时预警。声学探测是常用手段,借助听漏棒、检漏相关仪、噪声记录仪等声学传感器捕捉漏水低频噪声。听漏棒由人工手持接触管道,凭听觉判断漏水声方向与大小,初步锁定漏损区域;检漏相关仪依相关分析原理,在管道不同位置设置两个传感器,通过计算声波到达时间差,精准定位漏损点,精度达 $\pm 0.5$ 米;噪声记录仪可长时间连续监测管道噪声,将数据传至平台分析,实现漏损自动定位。压力梯度分析也是关键,依据流体力学原理,漏损会使漏点附近压力变化形成压力梯度。平台通过分析管网多个压力监测点数据,计算压力梯度判断漏损位置,如环状管网中,某区域漏损时,平台监测各压力点数据,计算相邻点压力差,根据压力梯度变化方向与大小,确定漏点在梯度变化最大区域附近,再结合其他技术精准定位。此外,平台设预警阈值,结合历史数据与专家经验,确定管网压力、流量等参数正常范围,超阈值则自动触发预警,以短信、弹窗等方式通知管理人员。如管网压力突降超阈值或夜间低峰期流量异常增大,系统立即报警,提示可能漏损,方便及时排查修复。

### 3.4 智能调度与控制

智慧水务平台依据数据分析结果,对供水系统实施智能调度与应急调度,核心目标是降低管网压力、减少漏损,保障供水稳定。智能调度中,平台通过构建供水调度模型,结合实时用水需求预测、管网压力及流量数据,优化水泵运行与阀门调节。用水高峰期,自动增加对应区域供水泵站的水泵运行数量,提升供水压力与流量,满足居民和企业用水需求;用水低谷期,减少水泵运行数量,降低管网压力,从源头减少漏损风险;同时调节管网阀门开度,平衡各区域供水压力,避免局部压力过高引发漏损,实现水资源合理分配。应急调度方面,若管网突发漏损或故障,系统能快速响应:自动切换供水线路、关闭相关阀门,缩小停水范围与时长。例如,某区域供水管网爆管时,系统实时检测到事故点附近压力异常,立即关闭事故点上下游阀门,同步启动备用供水线路,将受影响区域供水切换至其他水源;还会根据事故情况生成抢修方案,指导维修人员快速到场抢修,提升抢修效率,降低漏损造成的损失。

## 4 案例分析

某县城市化进程中供水需求增长,供水管网漏损问题凸显,该县响应政策创建“县级公共管网漏损治理试点城市”,县城发水务有限公司为此投建含物联网感知设备、大数据分析系统、智能决策模块的智慧水务平台,实现供水数据实时采集、分析及系统智能调度。2024年5月10日,平台监测到城东新区某个小区水流量异常。此前日用水量 $\leq 12$ 吨,5月9日后夜间最小流量从0.03吨/时升至0.7吨/时,KL值超正常阈值,系统预警。技术人员分析锁定绿化用户,扣减其异常水量后小区数据恢复正常。水务公司启动联动机制,营业所、抄表员与物业协作排查,发现系绿化灌溉管道末端开关损坏,维修后流量恢复。此次应用成效显著,避免日浪费12吨水,月省360吨,省去传统开挖高额成本,数小时解决问题,减少供用水纠纷。且自平台应用后,阳新县城区漏损率明显下降,为试点创建提供支撑,也为其他地区提供借鉴。

## 5 结语

本文通过对智慧水务平台在城市供水管网漏损控制中的应用进行系统性研究,形成了较为完整的理论与实践认知。智慧水务平台并非单一技术的应用,而是通过物联网、大数据、云计算、人工智能的深度协同,构建了“数据采集—分析处理—漏损定位—智能调控”的全闭环管理体系——物联网感知设备与蓝牙、NB-IoT等通信技术的结合,实现了管网压力、流量等关键数据的实时获取;大数据分析机器学习算法的应用,为漏损趋势预测与异常识别提供了科学依据;声学探测、压力梯度分析与阈值预警的联动,解决了传统漏损定位难、精度低的问题;而智能调度则在降低漏损风险的同时,保障了供水系统的稳定运行。某县的应用案例进一步证实了该平台的实际价值。未来,可进一步探索5G、边缘计算等新技术与平台的融合,提升数据处理的实时性与智能化水平;同时,可尝试建立跨区域水务数据共享机制,打破数据壁垒,让智慧水务平台在更大范围内发挥漏损控制效能,为城市水资源安全与水务行业高质量发展保驾护航。

### 参考文献

- [1] 胡明昭.智慧水务系统在城市供水管理中的创新应用与实践[J].水上安全,2025(9):16-18.
- [2] 程昶.城市供水管网漏损治理措施及成效分析[J].现代工程科技,2025,4(5):117-120.
- [3] 徐沪峰.城市供水管网系统智慧漏损控制技术研究[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2024(11):026-029.

# Construction technology and quality control of seepage wall in water conservancy and hydropower projects

Guo Chen

Sinohydro Bureau 7 Co., Ltd., Chengdu, Sichuan, 611130, China

## Abstract

In China's large-scale water conservancy and hydropower projects, seepage walls serve as critical control structures directly impacting overall stability and operational safety. Practical experience shows that seepage wall construction involves multiple processes including geological surveys, design selection, and on-site process coordination. Any deviation in these procedures may lead to concentrated seepage flow, foundation instability, or even pipe gushing, thereby endangering project safety. With recent advancements in deep foundation treatment technologies, seepage wall construction has expanded into deeper strata and complex geological conditions, demanding higher precision in construction techniques and scientific quality control. This article discusses construction technologies and quality control measures for seepage walls in water conservancy and hydropower projects, providing valuable references.

## Keywords

water conservancy and hydropower engineering; seepage walls; construction technologies; quality control; measures

## 水利水电工程防渗墙施工技术及其质量控制

陈果

中国水利水电第七工程局有限公司, 中国·四川·成都 611130

## 摘要

在我国大型水利水电工程的建设里, 防渗墙身为关键控制结构对工程整体的稳定性以及运行安全有着直接关联。结合实践来看, 水利水电工程防渗墙施工通常众多环节, 如地质勘察、设计选型及现场工艺衔接等等, 任何环节出现偏差都可能致使渗流集中、坝基失稳甚至出现管涌等问题, 继而危及项目安全。同时随着深层地基处理技术近些年的发展, 防渗墙施工已慢慢朝着深厚覆盖层以及复杂地层条件拓展, 对施工工艺精细化和质量控制科学性提出更高要求。基于此, 文章就水利水电工程防渗墙施工技术及其质量控制展开探讨, 以供参考。

## 关键词

水利水电工程; 防渗墙; 施工技术; 质量控制; 措施

## 1 引言

水利水电工程关乎民生民计, 是现代环境条件下较为重要的基础性工程。由于其规模大、建设周期长, 地理位置远离城镇, 地质水文复杂, 具有极高的施工难度, 再加上工程属性特殊, 若出现施工质量问题后果不堪设想。防渗墙施工是水利水电工程建设中的关键环节, 施工质量必须得到有效控制<sup>[1]</sup>。对此, 下文从防渗墙的概念切入, 阐述防渗墙施工主要技术环节及其质量控制措施展开探讨, 为类似工程给予具备可操作性的参考。

## 2 水利水电工程防渗墙概述

防渗墙是一种连续墙, 在松散、透水地层或土石坝(堰)

中能够起到较好的防渗效果, 其核心作用是减小坝体和地基渗透系数、增加渗径以及抑制潜蚀与管涌现象, 结合水利水电工程实际防渗墙大多设置在心墙坝、均质坝, 并以成槽灌注或钻孔注浆结合工艺构建连续止水屏障。为避免渗流绕逸确保墙体与基岩可靠接触, 防渗墙施工一般要穿透覆盖层直至抵达相对隔水层, 同时在区域地质条件复杂或者覆盖层有着较大厚度的情况下施工工艺须对软弱夹层、砂卵石层以及承压含水层等因素充分考量它们对成槽稳定性以及墙体均质性所产生的影响。

## 3 水利水电工程防渗墙施工技术

### 3.1 成槽与护壁工艺

在防渗墙施工过程中, 成槽工艺是保证结构完整性的核心环节, 施工时需结合地质条件合理选用液压抓斗、冲击钻或液压铣槽机, 其中液压铣槽机在卵石及强透水层段能有效减少偏斜与坍塌风险。为确保槽壁稳定, 必须在成槽同步

【作者简介】陈果(1987-), 男, 中国四川南江县人, 本科, 工程师, 从事水利水电工程施工技术及管理研究。

进行泥浆护壁,常采用膨润土泥浆循环系统维持正压平衡,其比重一般控制小于1.10,重复使用小于1.15,黏度维持在32~50s,重复使用32~60,滤失量需小于20ml,通过专用泥浆性能检测仪实时监测并进行动态调整。在遇到透水性强的砂砾层或卵石层时,需在膨润土体系中掺加CMC、聚丙烯酰胺等高分子稳定剂以提高悬浮性和抗渗能力。在槽段开挖进程里,槽壁垂直度偏差务必严格把控使其不超过1%,借助导墙达到精确定位,接着运用测斜仪以及成槽深度计展开同步监控,以此保证槽底和设计止水层能够形成可靠的咬合<sup>[2]</sup>。在覆盖层厚度较大的地段宜采用分段成槽工艺,同时槽段连接的地方预留搭接长度,此长度一般大于在槽宽的0.8倍,以保证接头密实连续防止形成渗流通道。泥浆循环系统内砂率要保持低于4%,借助沉砂池以及振动筛开展双重净化工作,以降低固相含量给槽壁摩擦带来的不利影响。最后,在施工进程当中一旦察觉到有缩颈的迹象出现,必须即刻提升泥浆液柱压力、迅速清渣操作及补充泥浆,如此一来恢复槽壁所具备的承载力以及稳定性。

### 3.2 混凝土及浆液灌注工艺

在水利水电工程的防渗墙施工中,混凝土及浆液灌注工艺把控对墙体的整体密实程度、抗渗性能有着直接的关联。进行塑性混凝土灌注中,通常以导管埋置或者定压泵送工艺保障混合料能够从槽底开始以逐层上升的方式推进,以防止出现离析、离浆或堵管等状况。为保证混凝土在长时间泵送及水下环境里仍有良好流动性与自密实性能,拌合物要严格控制水灰比及外加剂掺量以适应深槽条件。出于避免局部出现空洞或者夹层目的,在灌注时需让导管底端始终埋入新浇筑的混凝土内一定深度,而且要随着浇筑面的上升依次提升导管,以此保证填充能够连续且均匀<sup>[3]</sup>。在水泥-膨润土浆液灌注环节,主要依赖的是灌浆泵送系统。在整个灌入流程里需要始终保持流量恒定以及压力稳定,以此来避免浆液出现分散和渗漏的状况。同时施工现场设置专用泥浆置换系统,借由新浆持续灌入与旧浆回收方式达到浆液密实化以及保证浆液和槽壁紧密结合。深厚覆盖层的状况下为防止浆液出现上浮现象或者槽壁失去稳定,可采用分段灌注与间歇静置相结合的工艺,简单而言先是分批地把浆液注入,经过自然沉降以及析水排出等过程接着开展二次补灌操作。借助于该工艺实施能够让浆体结构实现均质化以增强墙体的稳定性。另外,防渗墙施工遇到高渗透性地层或者局部渗水量较大的区域时,需要在水泥-膨润土浆液基础之上辅以化学浆液开展二次灌注工作,借助于树脂类浆液或者有机硅类浆液使其形成致密的补强层,进而在墙体内部构建起多元复合防渗体系,最终进一步增强墙体整体的抗渗效果以及结构完整性。

### 3.3 接缝处理与防渗节点施工工艺

为进一步保证水利工程防渗墙施工质量,应开展系统性接缝处理与防渗节点施工以保证墙体连续性与密实性。对

于施工深度小于60米的防渗墙,针对相邻节段的防渗墙间接口处预埋适宜的止水带,如复合高分子止水带、橡胶止水带或者钢边止水带;随后施工缝面处理,通过特制的刷壁装置将初凝或硬化混凝土面进行处理,以促使新旧混凝土施工面紧密结合。针对成墙深度不小于60米的超深防渗墙时则可采取企口或凹凸接缝设计,施工中确保槽壁的接缝形状,从而实现良好的机械嵌固效果;对于地质条件较为复杂超深防渗墙墙段接缝部位可增加高喷灌浆进行进一步加固封闭,以确保接缝的有效封闭。基于防渗节点施工环节,防渗墙与坝基或岸坡结合界面等节点部位的接触带,首先是增加防渗墙的嵌岩深度,以满足防渗墙防止绕(渗)水的需要;其次对于比较破碎的岩石面,可考虑在墙底进行帷幕灌浆或化学灌浆开展补强封堵处理,以此避免出现渗流绕逸;同时若防渗墙所处地质条件较为特殊时还应开展二次补偿防渗,其通常为以聚氨酯类灌浆液注入或是设置膨胀性止水材料。最后,针对接缝处理与防渗节点施工必须严格按工艺要求分别控制好接缝位置以及止水构造埋设,同时还须以超声波检测或水压试验对灌注之后的接缝和节点开展密实度与连续性检验,从而有效保证防渗墙整体性能满足设计要求。

## 4 水利水电工程防渗墙施工质量控制措施

### 4.1 地基处理与前期准备控制

水利水电工程防渗墙施工中,地基处理与前期准备控制需从地质条件识别、软弱层加固、地下水控制、导墙施工精度及施工辅助设施布置等多方面系统实施。施工前应开展详尽的原位钻探及标准贯入试验,结合浅层地质雷达、地电阻率等手段,对覆盖层厚度、岩性组合及软弱夹层位置进行精细化绘制,并据此建立分层地基模型,为后续施工参数提供依据;对于软弱土层,应采用预压或振动置换结合高压注浆方式增强承载力,必要时辅以钢管桩或水泥搅拌桩形成复合加固体;砂卵石层及渗透性强的碎石层应通过分级注浆与浆液充填形成连续防渗屏障,并实时监测浆液压力与渗透响应,确保加固均匀性;高地下水水位区应布设多级降水井或集水沟系统,配合施工导流槽进行降水管理,同时结合水位监测仪对降水效果进行动态评估,以控制施工泥浆承压及槽壁稳定性;导墙施工过程中,应严格控制基准线布设与测量复核,采用全站仪及高精度水准仪保证平面位置偏差不超过 $\pm 5\text{ mm}$ ,高程偏差控制在 $\pm 10\text{ mm}$ 以内,导墙模板安装需对接紧密,缝隙密封并结合振动压实技术保证导墙整体刚度与垂直度;泥浆制备与循环系统应配备恒流搅拌机及泥浆储存池,依据地层特性调控比重、粘度及滤失量,施工过程中通过泥浆循环监测孔口压力及流速,实现护壁连续性与槽壁稳定性的动态控制。整体控制需将各环节有机结合,通过分项监测与反馈调整,确保施工前期地基处理与准备工作精确落实于现场操作<sup>[4]</sup>。

### 4.2 施工过程参数控制

水利水电工程防渗墙施工质量控制中,过程参数控制