

水利工程塑性混凝土防渗墙无损检测技术研究

文 / 潘 会 水发检测科技有限公司

摘要：塑性混凝土防渗墙是水利工程重要设施，多被用于建设堤坝、水库、渠道等构筑物中。因塑性混凝土防渗墙密封性、抗渗能力可直接影响到水利服务效果，需积极采用无损检测技术，提早发现并解决防渗墙出现的裂缝、渗透等问题。对此，本文首先阐述无损检测技术优势、在水利工程塑性混凝土防渗墙中的应用重要性。明确塑性混凝土防渗墙无损检测技术种类，提出无损检测技术应用方向与具体要点，以供参考。

关键词：水利工程；塑性混凝土防渗墙；无损检测技术

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2025.10.067

引言

在水利工程实施环节，对塑性混凝土防渗墙原材料及各结构展开无损检测，将无损检测结果应用在控制每道施工工序、评估工程总体质量中，能够有效提升工程精细化管控水平，确保工程始终处于高质高效实施状态。由于无损检测流程相对复杂，在开展过程中还应依照现行技术规范开展各项检测工作，核实检测结果的精准性及完整度。

一、水利工程塑性混凝土防渗墙无损检测技术优势及应用重要性

(一) 无损检测技术应用优势

无损检测就是在不破坏被检测物体完整性及性能的情况下，对物体某些表征展开非侵入或部分侵入的检测评估，避免物体在检测环节造成损坏。与传统破坏性检测技术相比，无损检测的检测速度更快、结果更为精准，能够在较短时间内获得精准全面的检测数据，使检测结果的可重复性、准确性都得到有力保障。

(二) 塑性混凝土防渗墙无损检测重要性

1. 配合质量管理

水利工程塑性混凝土防渗墙无损检测工作须依照国家标准、设计方案及试验规范，对材料及构件的各项参数展开全面测量。依据无损检测结果科学评定工程施工质量，为工程验收工作重要参考。现阶段水利工程塑性混凝土防渗墙建设规模增大、施工难度日渐提升，借助有效无损检测工作，可提升工程施工期间的规范性及质量水平，配合质量管理工作全面开展，为质量管理提供科学依据。

2. 把控施工进度

水利工程塑性混凝土防渗墙无损检测水平也可影响工程施工进程。在没有重视检测结果，或施工整改不到位的情况下，工程在解决质量问题时将会花费更多的时间及成本。因此管理部门应做好无损检测工作，确保试验工作能够扎实、有条理开展，使工程能够按照进度计划有序开展。

3. 保障工程经济效益

塑性混凝土防渗墙无损检测工作贯穿于工程施工全过程，施工单位利用无损检测结果，能够更好把控工程整体施工质量，选择物美价廉的施工材料，节约材料运

输及采购成本。通过无损检测，也可发现防渗墙施工环节存在的各类问题，注明检测期间出现的异常情况或意外情况，明确施工成本管理要点。

二、水利工程塑性混凝土防渗墙无损检测技术种类

(一) 超声波检测技术

在水利工程塑性混凝土防渗墙实施过程中，超声波检测是重要检测技术手段之一。超声波检测原理就是分析声波在不同材料与构件中传播速度、传播频率，判别材料性质与实际施工质量。因检测结构较为复杂，检测数据的变化较多，导致检测结果存在不确定性。超声波检测设备的造价高，对于施工及管护单位而言的负担较重，因此在塑性混凝土防渗墙施工中的应用范围较小。

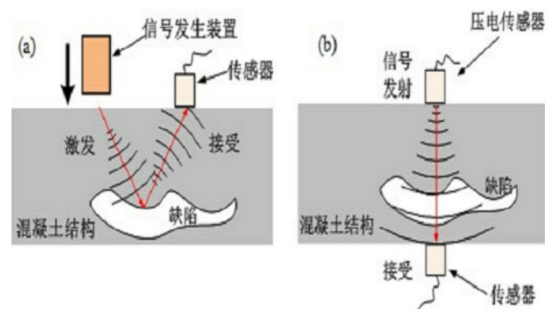


图1 超声波检测技术原理

(二) 无损图像检测技术

水利工程无损图像检测技术包括红外线检测技术、全息影像检测技术两种。其中，红外成像技术就是将物质分解为分子，因分子在不断变化过程中会产生不同热量，通过整合热量变化情况能够有效判别水利工程的热量分布规律。检测人员可借助热敏元件划分工程等温线，依据等温线分布情况分析工程施工过程中可能存在的不足之处，及时采取专项改善措施；激光全息检测技术应使用专业摄影设施获取被检测物体表面的全息影像图，分析全息图内容，找出工程出现问题的部位。相较于传统有损检测技术而言，无损图像检测技术具有设备成本高、结果准确等特征，多被应用在大中型水利工程质量检测中。且无损图像检测技术对检测人员的专业水平要求较高，需检测人员能够正确操作相关设备，结合检测结果辅助其他部门完成图纸优化及质量评估等工作。

（三）频谱分析技术

频谱分析技术就是利用不同介质在传播过程中产生的波频率，判断检测对象具体情况。在水利工程塑性混凝土防渗墙应用频谱分析技术，检测人员需首先对检测物体表面施加垂直重力，确保物体表面与重力融合并产生反应，出现不同波频。重力冲击不同区域，借助传感器频率信号，将检测信号转化为检测结果。使存在于检测物体内部的问题能够被及时发现。

（四）探地雷达技术

探地雷达技术就是借助电磁波作用，经过发射天线的强化后送到地下，运用信号接收设备展开探测工作，分析并整理相关数据信息的技术。在水利工程中，探地雷达技术通常用于检测地下管线、隧道、塑性混凝土防渗墙及堤防结构内部缺陷及构造中。同时，借助探地雷达设施也可监测地下河流与水位，建立决策型信息库，对建设及运维水利工程具有重要意义。

在使用探地雷达技术环节，因地下存在的构筑物会一定程度影响到探地雷达检测结果，需避免在附近有大量金属设施的情况下使用。探地雷达对环境的要求较高，不得在潮湿环境与温度较低的环境中使用，以免影响雷达探测的分辨率与精准度。

（五）基于机器视觉的检测技术

基于机器视觉的塑性混凝土防渗墙检测技术是无损检测行业重要发展趋势，可被更好应用在工程裂缝识别与宽度测量中。随着计算机技术日渐成熟，基于机器视觉的检测方式也应用在塑性混凝土防渗墙表面图像获取、裂缝自动识别理论、病害程度定量测量等环节。获取塑性混凝土防渗墙表现图像也运用到高级数码相机、CCD相机等先进设施，具有分辨率高、灵敏性强、体积小等优势。将图像采集与非基础类检测仪、爬壁机器人、飞行器结合在一起使用，也可满足大型水利工程隐蔽区域图像获取要求，由图像中分离的技术进行细致计算。由于在图像获取过程中会受环境因素影响，采集的图像存在噪声，影响图像观察，可以使用图像压缩方式进行去噪处理，增强图像观测的直观性。

相较于其他检测技术而言，基于机器视觉的检测方式具有操作便捷、灵活、结果直观且精确性强等特征，不仅可用于塑性混凝土防渗墙裂缝检测中，可应用在塑性混凝土防渗墙位移与挠度检测环节，通过被检测机构位移及挠度位置进行简单标记处理，借助图像采集匹配算法、结构位移算法分析结构位移与挠度值。

（六）垂直反射检测

垂直反射检测多用于检测水坝、土石坝等土建结构裂隙、孔洞等隐蔽缺陷。检测期间就是使用超声波探伤方式，使被检测结构表面接收超声波产生的反射波。该技术可以有效检测结构表面附近缺陷，具备准确度高、效率高等优势。由于垂直反射检测技术无需拆除塑性混凝土防渗墙体，可最大限度保障被检测结构的完整性及可靠度，检测过程相对稳定，有利于控制检测成本与工程维护费用。

三、水利工程无损检测技术应用方向

（一）原材料检测中的应用

塑性混凝土防渗墙原材料检测包括水泥安定性、胶砂强度、凝结时间、比表面积等。粗集料颗粒级配度、含泥量、含泥块量、针片状含量、堆积密度与压碎值；细集料颗粒级配度、含泥量、含泥块量、堆积密度；钢筋原材料屈服强度、抗拉强度、伸长值、重力偏差等试验项目。

砂石取样多使用料堆取样法，随机选取料堆中的材料，均匀采集样品。筛分塑性混凝土防渗墙材料过程中，部分检验不合格的项目还需在替换后进行加倍复检。将检验样品放置在检验平台，均匀搅拌潮湿材料，将材料制作成厚度为20厘米的圆饼状。将材料分为大约四等份，取两份重新拌合处理，直至把样品分为符合无损检测要求的份数。

混凝土是水利工程塑性混凝土防渗墙重要组成部分，检测获得的数值可直接影响到工程质量。要求试验模块尺寸与质量参与技术规范，明确试块弯拉强度值。在混凝土试块浇筑养护完成后核对尺寸，避免出现尺寸较大偏差。如果在试验过程中发现试块表面出现了蜂窝与麻面问题，需停止试验，利用水泥浆液填补找平。蜂窝麻面问题较为严重无法修补时，需重新制作试块，并严格检查试验流程，避免出现不合规操作问题。

（二）在外观检查中的应用

在对水利工程塑性混凝土防渗墙外观进行检测过程中，可结合外部结构的基本形状，分析施工质量问题。运用新型检测技术，分析塑性混凝土防渗墙大小、挠度、端部倾斜的缝隙等。注意在检测过程中还需要分析桥墩的位移情况，拱圈拱顶是否存在裂缝。在发现质量问题后与施工单位、监理单位共同商讨解决办法。

四、水利工程塑性混凝土防渗墙无损检测要点

本文以某水利项目主坝塑性混凝土防渗墙工程为例，该塑性混凝土防渗墙位于坝顶中轴线6.8m内，墙厚0.6m，高364.5m。防渗墙成槽施工采用纯抓法，墙端连接使用接头管法。一期与二期槽槽段长度6m，布置设置2m的预埋钢管。

（一）检测准备

做好试验前准备工作，包括检查设备与环境，熟知检测方法、技术标准、准备好试剂与消耗品。检测人员依照规定检验方法及项目参数要求开展专项检验活动，确保采集的数据清晰、准确。使用自动化检测方式，注明检测期间出现的异常情况或意外情况。由质量人员监督检测全过程，做好质量监督记录工作，及时纠正，不规范操作行为。

（二）检测资料

在检测期间，接样员依据日常检测要求填写检测通知书，通知书上包括待检工程名称、地点、客户名称、检测项目、联系人、具体时间及受理人签名等。由试验室负责人安排并实施检测项目、检测方法相关规定。依

照检测日期要求到达检测现场,检测工作所使用的仪器、材料应符合现场要求。如环境监测显示现场环境条件不满足检测要求,应停止检测活动,在检测条件达标后还可继续。检测工作应遵照规定检测方式,检测频率、检测程序开展,准确、清晰、完整地填写原始记录,检测完毕后由见证人签名确定。如委托人有特殊要求,应由其在委托书上备注说明原因。

(三) 塑性混凝土防渗墙检测情况

主坝塑性混凝土防渗墙需通过多次检测确定墙体性能。将塑性混凝土坍落度控制在 180—220mm 之间。在基础开挖前进行地质勘查及探坑确定,明确大坝基础岩石结构、地质构造与地下水流情况。对基坑开挖面展开测量及检查,确认开挖面是否平整,有无松动或裂缝情况。混凝土试块抗压强度分 6 组,取检测结果平均值,提升检测结果精准度。

塑性混凝土防渗墙施工前,检查槽段连接点预埋钢管

与连接处,确保预埋钢管各项性能符合设计要求。防渗墙施工期间,对施工工艺进行多次检测,确保施工流程与国家现行技术规范相符。防渗墙施工后,对整条防渗墙展开全面检测及评估,包括防渗墙厚度、强度、渗透率、预设坡度等项目。施工单位应结合实际施工情况灵活调整施工方案内容,确保塑性混凝土防渗墙性能与设计规范相符。

通过对比各无损检测技术应用优缺点,案例工程最终选择超声波检测技术。超声波检测信号使用处于传导、传递状态,在检测装置发出信息时,信号会应有水库水耦合到被检测物体表面,反射信号后由超声波检测装置接收,应由检测装置分析加工,获得被检测物体表面信息,包括检测物体厚度、材质与裂缝。使用水库水耦合剂时,超声波在被检测物体中的传播速度为 1600 到 3100m/s。该种波速变化可有效分析被检测物体结构与材质特征,将检测结果更好应用在防渗墙质量评估过程中,及时发现并解决墙体可能存在的变形或开裂等问题。

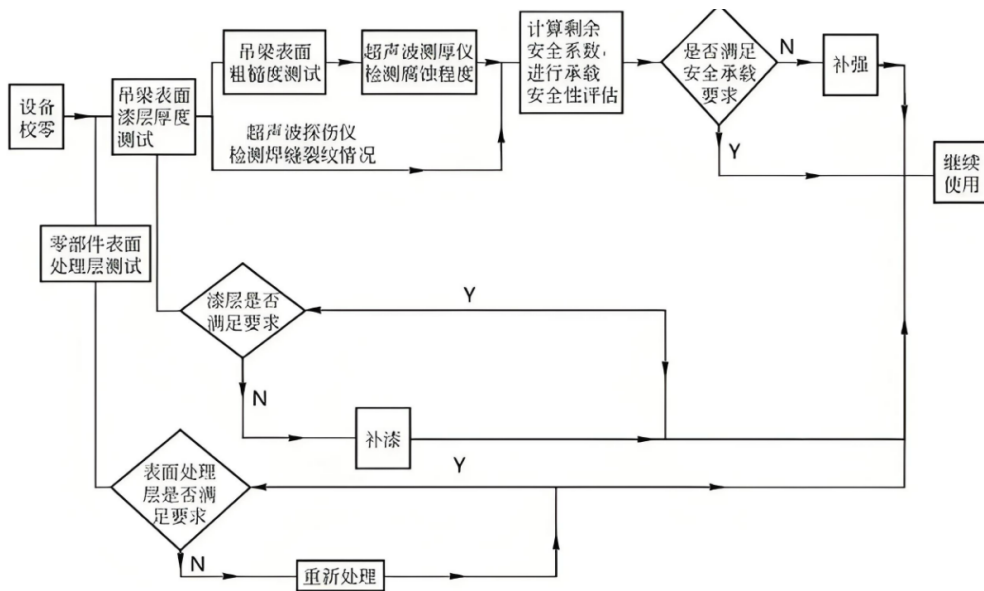


图 2 超声波检测流程

结语

总而言之,现阶段塑性混凝土防渗墙在水利工程中的应用范围更广,由塑性混凝土修筑成高密度防渗墙体结构可有效防止地下水渗透,提高工程整体抗渗效果。由于塑性混凝土防渗墙性能受环境因素、材料因素影响较大,在施工与施工后检测环节需着重使用无损检测技术手段,在不破坏墙体结构的情况下判断墙体内部情况,及时解决防渗墙质量缺陷问题,延长塑性混凝土防渗墙使用寿命。

参考文献

[1] 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, (08): 99-101.
 [2] 褚晓伟. 塑性混凝土防渗墙在水利工程建设中的实际应用 [J]. 东北水利水电, 2024, 42(07): 10-12+67.
 [3] 冯展平. 水利工程建设中塑性混凝土防渗墙的应用 [J]. 工程建设与设计, 2024, (02): 105-107.
 [4] 余枫璞. 浅析塑性混凝土防渗墙在岩前水库除

险加固工程中的应用 [J]. 地下水, 2023, 45(04): 287-289.

[5] 钟国胜. 塑性混凝土防渗墙赋存状态对堤坝稳定性影响研究 [D]. 安徽建筑大学, 2023.

[6] 张忠成. 混凝土防渗墙施工技术在水库防渗加固工程中的应用 [J]. 科学技术创新, 2022, (30): 139-142.

[7] 刘盼. 弹性波 CT 无损检测法在水工混凝土防渗墙检测中的应用 [J]. 黑龙江水利科技, 2022, 50(09): 141-142+178.

[8] 黄祖元. 浅谈水库混凝土防渗墙无损检测——超声波法的应用 [J]. 湖南水利水电, 2022, (04): 45-46.

[9] 赵平. 吉音水库槽孔混凝土防渗墙工程施工设计 [J]. 企业科技与发展, 2022, (01): 122-124.

[10] 李蕾. 水利工程中混凝土防渗墙施工技术浅析 [J]. 四川水泥, 2021, (11): 29-30.