

水利工程施工中的混凝土防渗墙施工技术

王尊之

山东省水利工程建设监理有限公司 山东 济南 250014

摘要：随着水利工程规模扩大，防渗技术成为保障工程安全的核心环节。本文聚焦水利工程施工中的混凝土防渗墙施工技术。首先概述了混凝土防渗墙在水利工程中的重要作用与基本特性。接着详细阐述了施工中的关键技术，涵盖垂直度控制、泥浆护壁、接头处理、混凝土浇筑以及特殊地层处理等方面。最后对施工技术发展趋势进行展望，包括智能化施工装备的应用、绿色环保材料的推广以及复合防渗体系的构建。旨在为水利工程中混凝土防渗墙施工提供全面的技术参考，推动该领域施工技术不断进步与创新。

关键词：水利工程；混凝土防渗墙；施工技术；发展趋势

引言：水利工程关乎国计民生，其安全与稳定至关重要。在水利工程建设中，防渗处理是保障工程质量和长期运行的关键环节。混凝土防渗墙作为一种有效的防渗结构，凭借其良好的防渗性能、适应性强等优势，在各类水利工程中得到广泛应用。然而，混凝土防渗墙施工过程复杂，涉及多种关键技术，且不同地质条件对施工技术要求各异。随着水利工程规模不断扩大、技术要求日益提高，深入研究混凝土防渗墙施工技术，探索其发展趋势，对于提升水利工程建设质量、保障工程安全运行具有重大现实意义。

1 水利工程中混凝土防渗墙的概念

(1)混凝土防渗墙是水利工程中极为重要的防渗结构，在保障工程安全稳定运行方面发挥着不可替代的作用。水利工程往往面临复杂的水文地质条件，水流的渗透可能对坝体、堤防等结构造成侵蚀、管涌等危害，严重影响工程安全。混凝土防渗墙凭借其良好的整体性和防渗性能，能够有效阻挡水流渗透，切断渗透通道，为水利工程构筑起一道坚固的防线，大大降低工程因渗漏引发的安全风险。(2)混凝土防渗墙具有广泛的适用性。无论是大型的水库大坝、水电站工程，还是中小型的河道堤防、灌溉渠道等水利设施，都能根据具体工程需求和地质条件，合理设计并施工混凝土防渗墙。它可适应不同的地层结构，如砂土、黏土、卵石层以及岩石等，通过调整施工工艺和参数，确保在不同地质环境下都能达到良好的防渗效果，满足各类水利工程多样化的防渗要求^[1]。(3)混凝土防渗墙在施工工艺上具有独特优势。其施工过程相对灵活，可根据工程实际情况采用不同的成槽方法，如钻劈法、抓取法、铣削法等。这些方法各有特点，能够针对不同地层和施工条件进行选择，提高施工效率和质量。同时，混凝土防渗墙施工对周边环境的

影响较小，在施工过程中能够较好地控制噪声、粉尘等污染，符合现代水利工程绿色施工的理念，有利于实现工程建设与环境保护的协调发展。

2 水利工程中混凝土防渗墙施工的关键技术

2.1 垂直度控制技术

(1)垂直度控制是混凝土防渗墙施工的核心环节，直接决定墙体轴线偏差与结构稳定性。在水利工程中，防渗墙需垂直插入地下，形成连续、均匀的防渗屏障。若垂直度偏差超标，将导致墙体接缝错位、应力集中，甚至引发渗漏通道，威胁工程安全。例如，在长江堤防加固工程中，垂直度偏差需控制在0.3%以内，否则渗透系数可能超过设计标准的10倍，无法满足防渗要求。(2)垂直度控制依赖高精度设备与实时监测系统。施工前需采用经纬仪对双动力多头深层搅拌桩机机身和塔架进行校正，确保初始垂直度在千分之一以内。施工过程中，需在机体上安装偏斜自动报警系统，通过传感器实时监测垂直度变化。当偏斜度超过允许范围时，系统自动报警，提示操作人员调整钻杆角度或停止提升，避免偏差累积。例如，三峡工程中采用钢导墙与槽内支撑体系，将槽壁变形控制在5毫米以内，有效保障了垂直度精度。(3)垂直度控制需结合地层特性动态调整施工参数。在松散砂层中，需降低钻进速度至0.5米/小时，减少对槽壁的扰动；在基岩段则采用分层冲击开挖，每层深度不超过1.5米，防止因地层突变导致垂直度失控。此外，通过BIM施工模拟系统预判接缝位置偏差，结合激光导向系统的液压抓斗，可实现40米深度下垂直度偏差小于0.3%，确保墙体轴线与设计一致。

2.2 泥浆护壁技术

(1)泥浆护壁技术是混凝土防渗墙施工中的关键支撑技术，其核心在于利用泥浆在槽壁形成稳定泥皮，以平

衡土压力与水压力，防止槽壁坍塌。在水利工程中，地下水位高、地质条件复杂，泥浆护壁技术能有效隔离地下水，为成槽作业创造干燥稳定的施工环境，确保防渗墙施工的连续性和安全性。若泥浆性能不佳，槽壁易出现坍塌、缩径等问题，导致混凝土浇筑质量下降，防渗效果大打折扣。

(2)泥浆的配制需严格遵循科学比例与性能指标。泥浆一般由水、膨润土、CMC（羧甲基纤维素钠）等外加剂混合而成，其比重需控制在1.05-1.25之间，粘度在18-25秒，含砂量不超过4%。比重过小，护壁效果差；比重过大，会降低泥浆流动性，增加泵送难度。粘度不足，排渣能力弱；粘度过高，则易造成钻头糊钻。同时，泥浆的pH值应保持在8-10之间，以维持其化学稳定性，防止泥浆变质影响护壁效果。(3)泥浆护壁技术的实施需结合实时监测与动态调整。施工过程中，需定期检测泥浆的比重、粘度、含砂量等指标，根据地层变化和施工进度及时调整泥浆配方。例如，在砂层中施工时，需适当增加膨润土用量，提高泥浆粘度；在粘土层中，则可减少外加剂使用，降低泥浆成本。此外，还需设置泥浆循环净化系统，通过沉淀、过滤等方式去除泥浆中的杂质，保持泥浆性能稳定，为混凝土防渗墙施工提供可靠保障^[2]。

2.3 接头处理技术

(1)在水利工程的混凝土防渗墙施工中，由于施工流程和工艺限制，防渗墙通常由多个单元槽段依次施工拼接而成，而接头处理技术就是确保这些单元槽段之间紧密连接、形成连续防渗体系的关键。若接头处理不当，极易在接头处形成渗漏通道，降低防渗墙的整体防渗性能，影响水利工程的安全稳定运行，所以接头处理技术至关重要。(2)常见的接头处理方式有多种。从连接形式上看，有刚性接头和柔性接头之分。刚性接头主要通过相邻槽段间设置连接结构，如接头管、套打接头等，使相邻槽段的混凝土紧密结合，增强结构的整体性和抗渗性。柔性接头则采用一些具有柔性的材料或构造，如橡胶止水带等，以适应一定的变形，防止因结构变形导致接头处开裂渗漏。在施工工艺方面，要严格控制接头的清理工作，在浇筑新槽段混凝土前，需将接头处的泥浆、浮渣等杂质彻底清除干净，保证新旧混凝土的良好粘结。(3)接头处理过程中对施工精度和质量要求极高。要精确控制接头位置和尺寸，确保相邻槽段的对接准确无误。同时，在混凝土浇筑时，要注意控制浇筑速度和高度，避免混凝土在接头处产生离析现象，影响接头质量。此外，还需对接头部位进行重点监测和检查，及时

发现并处理可能出现的问题，确保接头处理效果满足设计要求，保障混凝土防渗墙的防渗性能和结构安全。

2.4 混凝土浇筑技术

(1)混凝土浇筑是混凝土防渗墙施工的核心环节，其质量直接决定了防渗墙的结构、耐久性与防渗性能。在水利工程中，防渗墙需长期承受水压力、土压力等复杂荷载，且处于水下或潮湿环境，这就要求混凝土浇筑必须保证密实性、均匀性和整体性，避免出现孔洞、裂缝等缺陷，以确保防渗墙能够有效阻挡水流渗透，保障工程安全。(2)混凝土浇筑前的准备工作至关重要。要严格把控混凝土原材料质量，水泥、砂石、外加剂等需符合设计要求，并根据工程实际和施工条件合理确定配合比，确保混凝土具有良好的和易性与流动性。同时，对浇筑设备进行全面检查与调试，如导管需密封良好、无堵塞，输送泵能正常运行，以保证混凝土能够顺利输送至指定位置。此外，还需对槽孔进行清理，清除泥浆、杂物等，为混凝土浇筑创造良好条件。(3)浇筑过程中的操作规范与质量控制是关键。采用导管法进行水下混凝土浇筑时，要控制好导管埋入混凝土的深度，一般保持在2-6米，防止导管拔脱或埋入过深。混凝土浇筑需连续进行，避免出现施工冷缝，若因特殊情况中断，中断时间应控制在混凝土初凝时间内，并采取相应处理措施。同时，要控制好浇筑速度与高度，防止混凝土发生离析，确保混凝土均匀、密实地填充槽孔，形成高质量的混凝土防渗墙。

2.5 特殊地层处理技术

(1)在水利工程的混凝土防渗墙施工中，特殊地层如软土层、砂卵石层、岩溶地层等的存在，给施工带来了极大挑战。这些地层具有独特的物理和力学性质，软土层强度低、压缩性高，砂卵石层透水性强、稳定性差，岩溶地层则存在溶洞、裂隙等，若不采取有效的处理技术，极易导致槽壁坍塌、成槽困难、混凝土浇筑质量不佳等问题，严重影响防渗墙的施工进度与质量。(2)针对不同特殊地层需采用针对性处理技术。对于软土层，可采用预加固技术，通过向地层中注入水泥浆、化学浆液等，提高土体的强度和稳定性，形成加固体，增强槽壁的抗塌能力。在砂卵石层中，可选用冲击钻等强冲击力设备成槽，同时合理调整泥浆性能指标，增加泥浆的粘度和比重，增强泥浆的护壁效果，防止砂卵石颗粒塌落。对于岩溶地层，需先进行详细的岩溶探测，查明溶洞的位置、大小和充填情况，然后采用注浆填充、跨盖法等措施处理溶洞，确保施工安全。(3)特殊地层处理过程中需加强监测与动态调整。实时监测槽壁的垂直度、

泥浆性能指标以及周边地层的变形情况，根据监测数据及时调整施工参数和处理措施。如发现槽壁有坍塌迹象，应立即停止施工，采取相应的加固措施；若泥浆性能指标不符合要求，需及时调整泥浆配方，保证特殊地层处理效果满足设计要求，保障混凝土防渗墙的顺利施工和防渗性能^[3]。

3 水利工程施工中混凝土防渗墙施工技术发展趋势

3.1 智能化施工装备

随着科技飞速发展，智能化施工装备在水利混凝土防渗墙施工中展现出巨大潜力。未来，智能化施工装备将深度融合物联网、大数据与人工智能技术。在施工前，借助高精度传感器与三维建模技术，能精准勘测地质条件，为装备参数设定提供科学依据。施工过程中，智能化抓斗、钻机等装备可实时感知自身状态与周边环境，自动调整施工参数，如抓斗的抓取力度、钻机的钻进速度与角度，确保成槽精度与效率。同时，通过无线通信技术，各装备间实现信息互联互通，形成协同作业的智能系统。此外，智能化监控系统能对施工全程进行实时监测，及时发现并预警潜在问题，施工人员可依据数据分析结果远程操控装备，减少人工干预，提升施工安全性与质量，推动防渗墙施工向自动化、智能化迈进。

3.2 绿色环保材料

绿色环保材料是水利混凝土防渗墙施工技术发展的重要方向。传统施工材料在生产与使用过程中往往能耗高、污染大，而绿色环保材料则注重资源节约与环境友好。在水泥方面，新型低碱水泥、生态水泥等逐渐应用，其生产过程减少了对不可再生资源的依赖，降低了二氧化碳排放。外加剂也朝着绿色化发展，如高性能减水剂，不仅能提高混凝土性能，还能减少水泥用量，降低能耗。同时，利用工业废渣如粉煤灰、矿渣等制备的绿色混凝土，不仅解决了废渣堆放问题，还提升了混凝土的耐久性与抗渗性。此外，可降解的模板材料也在研发中，施工结束后可自然分解，减少建筑垃圾产生。绿色环保材料的应用将推动水利施工向可持续发展转型。

3.3 复合防渗体系

复合防渗体系将成为未来水利混凝土防渗墙施工的关键技术。单一防渗材料或结构往往存在局限性，难以应对复杂多变的工程环境。复合防渗体系通过将不同防渗材料或结构有机结合，发挥各自优势，实现优势互补。例如，将混凝土防渗墙与土工膜、塑性混凝土等组合，混凝土防渗墙提供高强度支撑，土工膜增强柔性与抗渗性，塑性混凝土适应变形能力强，共同构建多层次、全方位的防渗屏障。这种体系能有效应对不同地质条件与水力条件，提高防渗效果与工程可靠性。同时，复合防渗体系可根据工程实际需求灵活设计，通过优化材料组合与结构形式，降低成本，提升施工效率。随着技术不断进步，复合防渗体系将在水利施工中得到更广泛应用，为工程安全稳定运行提供坚实保障^[4]。

结束语

在水利工程不断追求高质量、可持续发展的当下，混凝土防渗墙施工技术作为保障工程安全稳定的关键环节，其重要性不言而喻。从精准的垂直度控制、可靠的泥浆护壁，到精细的接头处理、严谨的混凝土浇筑，再到针对特殊地层的巧妙应对，每一项技术都凝聚着智慧与经验。而智能化施工装备、绿色环保材料以及复合防渗体系等发展趋势，更为该技术注入了新的活力。未来，我们需持续探索创新，不断提升技术水平，让混凝土防渗墙施工技术更好地适应复杂工程需求，为水利事业的长治久安筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]陈国栋.分析水利水电工程技术建筑中混凝土防渗墙施工技术[J].四川水泥,2021(04):34-35.
- [2]马建国.水利工程堤防防渗施工技术分析[J].科技经济导刊,2020,28(26):65+64
- [3]龚林.分析水利水电工程技术建筑中混凝土防渗墙施工技术[J].砖瓦,2020(09):186-187.
- [4]韩佳梅.水利水电工程建筑中混凝土防渗墙施工技术的运用[J].工程技术研究,2022,4(16):115-116.