

水利水电工程施工中防渗技术探究

王 婷 孟令莉 马 超 徐金华
灌南县水利局 江苏 连云港 223500

摘 要：水利水电工程渗漏成因复杂，有自然地质条件及工程因素等。防渗技术主要有垂直、水平、注浆三种类型。防渗施工关键控制要点包括地质适应性评估、材料选择与性能验证、工艺参数精细化控制。应用中常见技术选型与地质不匹配、施工质量控制难、长期性能维护挑战等问题。可通过加强地质建模、引入先进检测监控手段、建立定期检测机制并实施预防性加固等措施应对，保障工程安全稳定。

关键词：水利水电工程；防渗技术；渗漏成因；施工控制；渗透稳定性

引言：在水利水电工程建设与运行中，渗漏问题关乎工程安全稳定，其成因涵盖自然地质条件与工程因素等多方面。为应对渗漏，垂直、水平、注浆等防渗技术应运而生。然而，在防渗技术实际应用里，存在技术选型与地质不匹配、施工质量控制难、长期性能维护挑战等诸多问题。深入剖析这些问题并探寻有效对策，对提升防渗效果、保障水利水电工程长期稳定运行意义重大。

1 水利水电工程渗漏的主要成因

在水利水电工程领域，渗漏问题始终是影响工程安全与稳定运行的关键因素，其成因复杂多样，多源于自然条件与工程因素的相互叠加、共同作用。（1）从自然条件方面来看，地质条件是引发渗漏的重要基础因素。部分水利水电工程所在区域的地质构造复杂，存在裂隙发育的岩层，这些裂隙为水流的渗透提供了天然通道，使得水能够轻易地穿过岩层，进入工程内部。同时，一些地区存在松散堆积体，其结构松散、孔隙率高，水的渗透性极强，在水的长期作用下，极易发生渗透变形，进而引发渗漏问题。（2）工程因素也是导致渗漏的关键原因。结构设计缺陷不容忽视，例如在工程的接缝处理上，若设计不合理或施工时未严格按照设计要求进行操作，接缝处就可能成为渗漏的薄弱环节。另外，材料耐久性不足同样会引发渗漏，当使用的防渗材料在长期的水力、化学等作用下，性能逐渐劣化，无法有效阻挡水的渗透，渗漏问题便会随之出现。（3）施工工艺不规范以及质量控制不严格对防渗体系的影响也十分显著。在施工过程中，若施工人员未遵循正确的施工工艺流程，或者对关键工序的质量把控不到位，就可能导致防渗体系局部出现缺陷，如防渗墙的厚度不均匀、混凝土浇筑不密实等，这些都会使防渗体系的整体性能下降，无法达到预期的防渗效果，从而加剧了渗透风险，对水利水

电工程的安全运行构成严重威胁^[1]。

2 防渗技术的主要类型

2.1 垂直防渗技术

垂直防渗技术作为水利水电工程中极为关键的防渗手段，其核心原理是通过构筑地下阻水屏障，精准切断渗流路径，有效阻止水体的渗透，保障工程的安全性与稳定性。（1）该技术常见的形式主要有防渗墙与高压喷射注浆。防渗墙通常选用混凝土或塑性混凝土作为成墙材料。混凝土防渗墙具有强度高、耐久性好等优点，而塑性混凝土防渗墙则具备较好的适应变形能力。这种技术广泛应用于坝基、围堰等深层部位的防渗处理，能够深入地下，形成连续的防渗帷幕，有效抵御地下水的渗透压力。（2）高压喷射注浆技术则是利用高压喷射流，通过旋喷、定喷等不同方式，使浆液与周围土体充分混合搅拌，进而形成具有一定强度和防渗性能的固结体。该技术尤其适用于砂卵石层或裂隙岩体等地质条件复杂的区域，可对其进行有效的补强和防渗处理，增强地基的稳定性，降低渗漏风险。

2.2 水平防渗技术

水平防渗技术是水利水电工程中一项重要的防渗手段，它主要依靠铺盖、衬砌等表层封闭措施，在工程表面构建起一道有效的防渗屏障，以此减少渗流量，保障工程的稳定与安全。（1）在众多水平防渗技术中，土工膜与复合衬砌是极具代表性的两种。土工膜具有极低的渗透性，能够紧密贴合渗流区域，有效阻止水分的渗透。而复合衬砌则是由多种材料复合而成，结合了不同材料的优点，不仅具备出色的防渗性能，还能适应一定的变形，增强防渗结构的稳定性。（2）这两种技术广泛应用于库盆、渠道及堤防工程等领域。在实际应用过程中，对于材料的选择与施工控制有着严格的要求。尤其要注重材料的抗老化性能，以确保其在长期的使用过程中

中,能够抵御自然环境的侵蚀,保持良好的防渗效果。同时,基层平整度控制也至关重要,只有基层平整,才能保证防渗材料铺设紧密、无缝隙,从而真正发挥水平防渗技术的作用^[2]。

2.3 注浆防渗技术

注浆防渗技术是水利水电工程中应对复杂地质渗漏问题的有效手段,其基本原理是借助专业设备,将精心配制的浆液精准地灌注到岩土体的裂隙、孔隙之中。随着浆液的填充与凝固,在岩土体内部逐渐形成一个连续且致密的网状防渗体系,有效阻隔水流的渗透通道,从而达到防渗的目的。(1)在实际应用中,浆液的选择至关重要。水泥基浆液凭借其成本较低、强度较高的特点,在许多工程中得到广泛应用;而化学浆液则具有可灌性好、凝固时间可调等优势,能更好地适应不同的渗透性需求。该技术尤其适用于岩溶发育区或构造破碎带等地质条件复杂的区域,可对这些区域的渗漏隐患进行有效处理。(2)注浆防渗技术的核心要点在于浆液配比的优化以及注浆压力的精准控制。合理的浆液配比能确保浆液的性能满足工程要求,而恰当的注浆压力则能保证浆液充分填充裂隙,提高防渗效果,保障水利水电工程的安全稳定运行。

3 防渗施工的关键控制要点

3.1 地质适应性评估

在水利水电工程防渗施工前,开展全面且详细的地质适应性评估是保障防渗效果的首要环节。这一评估工作需借助专业的地质勘察手段,深入探究地层的相关特性,不仅要精准掌握地层的渗透特性,明确不同深度、不同位置地层的透水性强弱,还需清晰了解构造分布情况,包括断层、裂隙、节理等地质构造的走向、规模和发育程度。基于这些详实的地质勘察数据,才能确保所选用的防渗技术与实际地质条件高度匹配。不同的地质条件对防渗技术的要求差异显著,例如,对于强透土层,由于其透水性强,水流容易通过,采用垂直防渗技术更为适宜。垂直防渗能够深入地下,构筑起一道连续的阻水屏障,有效切断渗流路径。而对于浅层松散地层,其结构相对松散,透水性相对较弱且深度较浅,此时可优先考虑水平铺盖的防渗方式。水平铺盖通过在地表铺设低渗透性材料,形成大面积的防渗层,减少地表水的下渗,从而达到防渗目的^[3]。

3.2 材料选择与性能验证

在水利水电工程防渗施工中,防渗材料的选择与性能验证是决定工程长期防渗效果的核心要素。防渗材料的渗透系数、抗压强度以及耐久性等关键性能指标,直

接关乎着整个防渗体系能否在复杂的水文地质环境和长期运行过程中保持稳定可靠。(1)为确保所选材料满足工程要求,必须通过严谨的室内试验与现场测试来验证材料参数。以土工膜为例,不仅要精确测定其厚度,因为厚度直接影响着防渗效果和使用寿命,还需重点检测其抗穿刺能力。在实际工程中,土工膜可能会受到尖锐物体的穿刺,若抗穿刺能力不足,就会导致防渗层破损,引发渗漏问题。(2)对于注浆浆液,流动性与固结时间是关键考察指标。良好的流动性能够保证浆液顺利注入岩土体裂隙中,而合适的固结时间则可确保浆液在填充裂隙后及时凝固,形成有效的防渗固结体。通过室内模拟试验和现场原位测试相结合的方式,全面、准确地掌握材料性能,为防渗施工提供坚实可靠的材料保障,从而提升整个水利水电工程的防渗质量和安全性。

3.3 工艺参数精细化控制

在水利水电工程防渗施工过程中,对关键技术参数进行严格且精细化的管控,是确保防渗工程质量达到设计标准、实现预期防渗效果的核心环节。(1)不同的防渗技术有着各自关键的技术参数。例如,在防渗墙施工中,成槽垂直度至关重要。若垂直度偏差过大,会导致防渗墙出现薄弱部位,影响其整体防渗性能,甚至可能引发渗漏隐患。注浆施工时,注浆压力与扩散半径是关键参数。注浆压力需精准控制,压力过小,浆液无法有效填充裂隙;压力过大,则可能破坏周围岩土体结构。而扩散半径的合理控制能保证浆液均匀分布,形成有效的防渗帷幕。对于土工膜焊接,焊接温度与速度直接影响焊接质量,温度过高或速度过快,可能导致焊接不牢固;温度过低或速度过慢,则可能使土工膜受损。(2)动态监测与反馈调整不可或缺。通过实时监测施工过程中的各项参数,一旦发现偏差,及时反馈并调整,能够保障防渗体在施工过程中始终保持连续性,避免出现局部缺陷,从而确保整个防渗体系稳定可靠,为水利水电工程的安全运行提供坚实保障。

4 防渗技术应用中的常见问题与对策

4.1 技术选型与地质条件不匹配

在水利水电工程防渗技术的实际应用中,技术选型与地质条件不匹配是一个较为突出的问题。部分工程在前期规划和设计阶段,对地层特性的勘察不够深入全面,未能充分考虑到地层的非均质性。不同区域的地层在岩性、结构、渗透性等方面存在显著差异,若采用单一的防渗技术,很可能无法适应复杂多变的地质条件,进而导致防渗体系出现局部失效的情况,影响整个工程的防渗效果和安全稳定。

针对这一问题,可采取以下应对措施。(1)要加强前期地质建模工作,运用先进的勘察技术和数据分析方法,构建精准的地质模型,详细了解地层的空间分布和特性变化,为防渗技术的选型提供科学依据。(2)可采用组合技术来提升防渗体系对地质条件的适应性。例如,将垂直防渗技术与水平防渗技术相结合,形成“垂直+水平”的复合防渗体系。垂直防渗可深入地下切断深层渗流通道,水平防渗则能在地表形成封闭的防渗层,二者优势互补,有效应对地层非均质性带来的挑战,保障防渗工程的可靠性和耐久性。

4.2 施工质量控制难点

在水利水电工程防渗施工过程中,复杂环境给施工质量控制带来了诸多棘手难题。水下施工时,水的浮力、水流冲击力以及能见度低等因素,会严重干扰施工操作,使得接缝处理难以达到精准要求,极易出现接缝缺陷,如接缝不严密、错位等,进而影响防渗体系的整体性。在高渗压区,强大的水压力会对防渗材料产生持续作用,可能导致材料出现损伤,像土工膜被高压水刺破、混凝土防渗墙产生裂缝等,降低材料的防渗性能^[4]。

为有效应对这些施工质量控制难点,需积极引入先进的无损检测与实时监控手段。无损检测技术能够在不破坏防渗结构的前提下,准确检测出内部缺陷。例如采用探地雷达评估防渗墙完整性,探地雷达通过发射高频电磁波并接收反射波,根据反射波的特征来分析防渗墙内部是否存在空洞、裂缝等缺陷,为及时修复提供依据。实时监控手段则可对施工过程进行全程跟踪,及时发现施工中的偏差并调整,确保施工质量始终处于可控状态,从而保障防渗工程在复杂环境下也能达到预期的防渗效果。

4.3 长期性能维护挑战

在水利水电工程长期运行过程中,防渗结构面临着诸多因素的考验,渗压和化学腐蚀便是其中较为突出的两大“杀手”,它们会导致防渗结构性能逐渐衰减。持续的渗压作用会使防渗结构承受较大的水压力,长期下来可能引发结构变形、开裂等问题,破坏其完整性。而

化学腐蚀则可能来自周围水体中的化学物质,这些物质会与防渗材料发生化学反应,导致材料性质改变,如强度降低、抗渗性变差等,进而影响防渗效果。

为有效应对这些长期性能维护挑战,需要建立一套科学完善的定期检测机制。通过定期对防渗结构进行全面细致的检查,及时掌握其性能变化情况,精准定位可能出现问题的薄弱区域。对于这些薄弱区域,要实施预防性加固措施。例如,对于存在渗漏隐患的部位,可采用注浆复灌的方法,将合适的浆液注入裂隙中,填充空隙,增强结构的密实性和抗渗性;对于出现破损的衬砌,应及时进行修补,恢复其原有的防渗功能,确保防渗结构在长期运行中始终保持良好的性能,保障水利水电工程的安全稳定。

结束语

水利水电工程防渗工作至关重要,关乎工程安全与稳定运行。渗漏成因复杂,涵盖自然与工程多方面因素。防渗技术类型多样,垂直、水平、注浆等技术各有优势与适用场景。施工时,地质评估、材料验证、参数控制等关键要点需严格把控。然而,实际应用中仍面临技术选型与地质不匹配、施工质量控制难、长期性能维护挑战等问题。通过加强地质建模、采用组合技术、引入先进检测监控手段、建立定期检测与预防性加固机制等对策,可有效应对挑战,提升防渗工程可靠性与耐久性,为水利水电工程长期安全稳定运行筑牢坚实防线。

参考文献

- [1]贺晓钢.水利水电工程施工中的防渗技术研究[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2024(11):115-118.
- [2]周卫东.水利水电工程施工中防渗技术探析[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(6):0170-0173.
- [3]闫海林.水利水电工程施工中边坡开挖支护技术的应用探究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2024(7):0044-0047.
- [4]王大宽.水利水电工程施工中的防渗处理技术探讨[J].中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术,2024(11):137-140.