

基于水利水电工程中防渗处理施工技术的研究

薛宝亮

陕西水利水电工程集团有限公司 陕西 西安 710018

摘要：本文聚焦水利水电工程防渗处理施工技术，阐述防渗处理基本原理，即通过设置防渗屏障改变水渗透路径。分析防渗处理对保证工程安全、延长使用寿命及在环境保护与水资源管理中的必要性。介绍防渗墙、灌浆防渗等施工技术分类与应用，还探讨防渗材料研发应用、施工方法改进创新及质量控制检测技术，为提升工程防渗性能、保障工程安全高效运行提供参考。

关键词：水利水电工程；防渗处理；施工技术

1 水利水电工程防渗处理的基本原理

水利水电工程常处于复杂多变的水文地质环境，面临水渗透引发的安全隐患，防渗处理旨在阻止或减少水渗透，保障工程稳定与安全，其基本原理主要基于水的渗透特性及工程结构特点。从本质上讲，水的渗透由压差驱动。在水利水电工程中，上下游水位差形成渗透压力，促使水沿工程结构薄弱环节移动。因此防渗处理的核心是设置有效防渗屏障，通过改变水的渗透路径、增加渗透阻力，使水难以穿透工程结构。防渗屏障通常由具备高强度与抗渗性能的材料构建，以土石坝为例，通过设置防渗墙或铺设防渗膜，能在坝体内部形成连续防渗层，有效阻断原本连通的渗透通道，填充孔隙与裂缝，防止水从坝体内部渗透。同时这些材料需具备良好耐久性，以抵抗长期水侵蚀及环境影响，确保在工程全寿命周期内维持防渗性能^[1]。防渗处理需注重工程结构整体性，不仅要对主要防渗部位精准施策，还需综合治理周边可能影响防渗效果的结构。唯有从整体层面进行防渗设计，才能全方位阻止水渗透，保障水利水电工程稳定运行。

2 水利水电工程防渗处理的必要性

2.1 防渗处理对保证工程安全的重要性

水利水电工程作为重要的基础设施，其安全运行直接影响到下游地区人民生命财产的安全和国民经济的稳定发展。而渗漏问题往往是导致工程安全事故的重要隐患之一。当工程出现渗漏时，水会在工程内部积聚，增加结构的自重和渗透压力。在土石坝中，如果坝体出现渗漏，水会带走坝体内部的细颗粒土，导致坝体内部形成空洞或管涌通道，使坝体的稳定性急剧下降。随着渗漏的不断发展，坝体可能会出现裂缝、滑坡甚至溃坝等严重后果。对于混凝土坝而言，渗漏可能会导致坝体内部的钢筋锈蚀。水通过混凝土裂缝进入坝体内部后，与

钢筋发生化学反应，使钢筋的体积膨胀，进一步加剧混凝土裂缝的扩展，形成恶性循环。这不仅会降低坝体的承载能力，还可能影响坝体的整体结构安全。渗漏还可能对工程的附属设施造成破坏。因此，进行防渗处理是保证水利水电工程安全运行的必要措施，通过有效地阻止水的渗透，可以降低工程发生安全事故的概率，确保工程结构在各种工况下都能保持稳定。

2.2 防渗处理对延长工程使用寿命的影响

水利水电工程的建设需要投入大量的人力、物力和财力，其使用寿命的长短直接关系到工程的经济效益和社会效益。而渗漏问题会加速工程的老化和损坏，缩短工程的使用寿命。在长期的水渗透作用下，工程结构中的材料会逐渐受到侵蚀。对于土石坝，水会使坝体土料的物理力学性质发生变化，如土料的含水量增加、强度降低等，导致坝体的变形和沉降加剧。随着时间的推移，坝体可能会出现不均匀沉降，引发裂缝等病害，影响坝体的正常使用^[2]。对于混凝土坝，水的渗透会使混凝土发生碳化、碱骨料反应等化学侵蚀，降低混凝土的强度和耐久性。水中的氯离子等有害物质会加速钢筋的锈蚀，使钢筋的有效截面积减小，承载能力下降。这些因素都会导致混凝土坝的性能逐渐恶化，缩短其使用寿命。通过进行防渗处理，可以有效减少水对工程结构的侵蚀作用。防渗屏障能够阻止水与工程结构材料直接接触，降低材料的劣化速度。良好的防渗处理还可以减少因渗漏引发的维修和加固工作，降低工程的维护成本，进一步提高工程的经济效益，延长工程的使用寿命。

2.3 防渗处理在环境保护与水资源管理中的作用

在环境保护方面，水利水电工程的渗漏会对周边生态环境造成严重影响。如果水库发生渗漏，大量的水会渗入地下，导致地下水位上升。这可能会使周边的土壤盐渍化，影响农作物的生长。地下水位上升还可能导

致沼泽化现象的出现，破坏原有的生态系统平衡。渗漏还可能污染地下水，工程中的一些有害物质可能会随着水的渗透进入地下水系统，对地下水资源造成污染。在水资源管理方面，防渗处理是提高水资源利用效率的重要手段。水利水电工程的主要功能之一就是调节和储存水资源。如果工程存在渗漏问题，大量的水会在储存过程中流失，导致水资源的浪费。通过进行防渗处理，可以有效地减少水的渗漏损失，提高水库的蓄水能力。同时，防渗处理还可以优化水资源的调配，在多水源联合调度中，准确掌握各个水利工程的蓄水情况至关重要。通过减少渗漏，可以使水资源的调配更加精确，提高水资源的管理水平，实现水资源的合理配置和高效利用，为区域经济的可持续发展提供有力保障。

3 水利水电工程防渗处理施工技术的分类与应用

3.1 防渗墙施工技术

防渗墙是水利水电工程中应用广泛的防渗结构，凭借出色的防渗效果与强适应性，在保障工程安全稳定运行方面发挥着关键作用。塑性混凝土防渗墙优势显著，其弹性模量低、变形能力强，可适应地基不均匀沉降。施工流程涵盖造孔、泥浆护壁与混凝土浇筑等环节。造孔时，借助冲击钻或抓斗等设备钻出具备一定深度和直径的槽孔，期间持续向孔内注入泥浆。泥浆不仅能稳固孔壁，防止塌孔，还可悬浮钻渣，便于排出。槽孔成型后，经导管将塑性混凝土浇筑其中，形成连续防渗墙体。该类防渗墙对各类地质条件适应性良好，在地基变形较大时，防渗与适应变形能力尤为突出。钢筋混凝土防渗墙强度和刚度俱佳，能抵御较大的水压力与土压力。施工工艺与塑性混凝土防渗墙相似，但额外配置钢筋以增强墙体抗拉、抗剪能力。它常用于防渗要求高、水头大的工程，如高坝、深基坑等。施工时，对钢筋加工安装质量、混凝土配合比及浇筑工艺把控严格，以此确保墙体质量达标。自凝灰浆防渗墙是采用新型材料构建的防渗结构，由水泥、膨润土、水玻璃等按比例混合而成。成槽时，自凝灰浆凭借良好流变性能自行凝固成墙。施工过程简便，无需专门混凝土浇筑设备，将灰浆注入槽孔，待其凝固后，即可形成兼具强度与防渗性能的墙体。该类防渗墙施工效率高、成本低，适用于工期紧张且防渗要求不苛刻的工程。

3.2 灌浆防渗施工技术

灌浆防渗施工技术是通过向工程结构中的孔隙、裂缝等部位注入浆液，填充这些空隙，形成连续的防渗帷幕，从而达到防渗的目的。水泥灌浆是应用最为广泛的一种灌浆方法，它以水泥为主要材料，根据工程需要添

加适量的外添加剂，配制成具有一定流动性和凝结性能的浆液。水泥灌浆适用于岩基、砂砾石地基等地质条件。在灌浆过程中，首先需要在工程结构上钻孔，然后通过灌浆泵将水泥浆液注入孔内。浆液在压力作用下，沿着岩体或土体中的孔隙、裂缝扩散，填充其中的空隙，将松散的颗粒胶结在一起，形成具有一定强度和防渗性能的结石体。化学灌浆是采用化学材料配制的浆液进行灌浆的方法^[3]。化学浆液具有粘度低、可灌性好、凝结时间可调等优点，能够有效地填充细微裂缝和孔隙。常见的化学灌浆材料有环氧树脂、聚氨酯、丙烯酸盐等。化学灌浆常用于对防渗要求较高、水泥灌浆效果不佳的工程部位。但化学灌浆材料成本较高，且部分化学材料具有一定的毒性，在施工过程中需要采取相应的安全防护措施。

3.3 其他防渗处理技术

除了防渗墙和灌浆防渗技术外，水利水电工程中还应用了一些其他的防渗处理技术。土工膜是一种高分子聚合物材料，具有优异的防渗性能和良好的柔韧性。它可以通过铺设在工程表面或埋设在工程内部来达到防渗目的。在土石坝中，常在坝坡或坝顶铺设土工膜，防止雨水渗入坝体。在渠道衬砌中，土工膜可以作为衬砌材料的一部分，减少水的渗漏损失。土工膜防渗技术的施工相对简单，成本较低，且对地基的适应性较强。但在施工过程中，需要注意土工膜的拼接质量，确保拼接部位不漏水，同时要防止土工膜受到尖锐物体的刺破，影响其防渗效果。高压喷射灌浆是利用高压水或高压浆液通过喷嘴喷射，冲击破坏周围土体，并与土粒混合搅拌，形成具有一定强度和防渗性能的凝结体。该技术可以在不破坏原有工程结构的情况下，对地基进行防渗加固。高压喷射灌浆可以根据工程需要采用不同的喷射形式，如定喷、摆喷、旋喷等，形成不同形状的防渗体。它适用于各种地质条件，尤其适用于处理软弱地基和砂砾石地基。但高压喷射灌浆的施工设备要求较高，施工工艺相对复杂，需要严格控制喷射压力、提升速度等参数，以保证施工质量。

4 水利水电工程防渗处理施工技术的优化与创新

4.1 防渗材料的研发与应用

随着科技的不断进步，新型防渗材料不断涌现，为水利水电工程防渗处理提供了更多的选择。研究人员通过优化混凝土的配合比、添加新型外添加剂等方式，开发出了高性能混凝土材料。这些材料具有更高的强度、更好的耐久性和更低的渗透性。高性能混凝土还具有较好的抗化学侵蚀性能，能够适应复杂的水文地质环境，延长工程的使用寿命。除了传统的土工膜外，一些新型

高分子防渗材料也逐渐得到应用。例如，膨润土防水毯是一种以天然钠基膨润土为主要原料，采用针刺法、针刺覆膜法或胶粘法加工制成的毡状防水材料。它具有遇水膨胀、自动修复微小裂缝等特性，防渗效果优异。另外，一些具有自修复功能的聚合物防渗材料也在研发中，这些材料在受到损伤后能够自动愈合裂缝，恢复防渗性能，大大提高了防渗材料的可靠性和耐久性。复合防渗材料是将两种或多种不同性能的材料复合在一起，发挥各自的优势，提高防渗效果。土工织物可以起到保护土工膜、增强膜与土体之间的摩擦力等作用，而土工膜则提供主要的防渗功能。这种复合防渗材料既具有良好的防渗性能，又具有较好的适应地基变形的能力，在水利水电工程中得到了广泛应用。

4.2 施工方法的改进与创新

在防渗处理施工过程中，不断改进和创新施工方法，可以提高施工效率和质量。随着自动化技术的发展，一些防渗处理施工设备逐渐实现了自动化。自动化灌浆设备可以精确控制灌浆压力、流量和浆液配比，保证灌浆质量。通过引入自动化监测系统，可以实时监测施工过程中的各项参数，及时发现并解决问题，确保施工的顺利进行。为了减少对工程原有结构的破坏，一些微创施工技术应运而生。例如，在处理混凝土裂缝时，采用微型灌浆孔进行灌浆，只需要在裂缝表面钻很小的孔，就可以将浆液注入裂缝内部，达到修补裂缝的目的。这种微创施工技术不仅可以减少施工对工程外观和结构的影响，还可以缩短施工工期，降低施工成本。在环保意识日益增强的今天，绿色施工技术在水利水电工程防渗处理中也得到重视。例如，在灌浆施工中，采用环保型灌浆材料，减少对环境的污染。优化施工工艺，减少施工过程中的噪音、粉尘和废水排放。在防渗墙施工中，合理利用开挖的土方，实现土方的平衡利用，减少土方外运和对周边环境的影响。

4.3 质量控制与检测技术

严格的质量控制和有效的检测技术是确保水利水电工程防渗处理施工质量的关键。在防渗处理施工过程

中，需要建立完善的质量控制体系，对每一个施工环节进行严格的质量监控。例如，在防渗墙施工中，要严格控制造孔的垂直度、孔深和孔径等参数，确保槽孔的质量符合设计要求。在混凝土浇筑过程中，要控制混凝土的配合比、坍落度和浇筑速度，保证混凝土的质量^[4]。对于灌浆施工，要严格按照设计要求控制灌浆压力、灌浆量和灌浆时间，确保灌浆效果。随着检测技术的不断发展，一些新型检测技术在水利水电工程防渗处理质量检测中得到了应用。红外热成像技术可以检测混凝土结构表面的温度分布，通过分析温度异常区域来判断是否存在渗漏隐患。这些新型检测技术具有检测速度快、精度高、对工程结构无损伤等优点，能够为防渗处理质量提供更加可靠的保障。建立质量追溯体系，对防渗处理施工过程中的各项数据进行详细记录，包括原材料的采购、检验，施工工艺的执行情况，质量检测的结果等。一旦发现质量问题，可以通过质量追溯体系快速查找问题的根源，采取相应的整改措施。质量追溯体系还可以为工程的后期维护和管理提供依据，确保工程在整个使用寿命内都能保持良好的防渗性能。

结束语

水利水电工程防渗处理施工技术至关重要，关乎工程安全、使用寿命及周边环境与水资源管理。通过不断研发新型防渗材料、改进创新施工方法以及强化质量控制与检测技术，能有效提升防渗处理效果。未来，应持续关注该领域技术发展，结合实际工程需求优化技术方案，为水利水电工程稳定运行和可持续发展筑牢坚实基础。

参考文献

- [1]蔡兴浩.水利水电工程防渗施工技术探讨[J].工程技术研究,2023,8(24):86-88.
- [2]吴林林,吴伟国.水利工程防渗施工处理技术应用探析[J].冶金管理,2023,(17):77-78.
- [3]胡俊.水利水电施工中防渗处理施工技术分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(7):89-91.
- [4]周杰.水利水电施工中防渗处理施工技术研究[J].大众标准化,2023(3):114-116.