

基于水利水电工程中防渗处理施工技术的研究

高礼奇 刘得超

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南 三门峡 472000

摘要：水利水电工程是国家基础设施重要部分，但渗漏问题影响严重。防渗技术至关重要，其分类多样，原理各异，涉及混凝土防渗墙、土工膜水平铺设、化学灌浆等技术。渗漏成因包括设计施工不当、环境因素及施工质量问题。防渗处理施工技术涵盖防渗墙、复合土工膜、灌浆、土料等技术。同时施工工艺与设备、管理与监督不断创新，生态友好型防渗技术也在探索实践。

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技术概述

水利水电工程作为国家基础设施的重要组成部分，对于水资源的合理调配、防洪减灾、发电灌溉等方面发挥着不可替代的作用。在水利水电工程的运行过程中，渗漏问题是一个较为常见且影响严重的病害。渗漏不仅会导致水资源的浪费，降低工程效益，还可能引发工程结构的破坏，威胁工程的安全稳定运行。因此，防渗处理技术对于水利水电工程至关重要。

1.1 防渗技术分类与原理

防渗技术依据作用原理与施工方式差异，分为多种类型。垂直防渗技术通过构建垂直于地面的防渗体来阻水，如混凝土防渗墙技术。利用专门造孔设备在土体成槽，再于槽内浇筑混凝土，形成连续墙体，阻断地下水渗透通道。其原理是混凝土高强度、低渗透性，可承受较大水压力，阻止水分通过。水平防渗技术是在水平方向设置防渗层，像土工膜水平铺设。土工膜作为高分子聚合物材料，柔韧性佳、防渗性能好。将其铺在工程基础或堤坝表面，能阻止水分在水平方向渗透。其防渗原理是依靠材料致密结构阻止水分子通过，同时土工膜与周围土体的摩擦力可保证其稳定性。化学灌浆防渗技术是向渗漏部位注入化学浆液，浆液在压力下渗透到土体或裂缝中，填充孔隙并固化，形成有强度和防渗性能的固结体，达到防渗目的。其原理是利用化学浆液的流动性和固化特性，改善土体或裂缝的物理力学性质，提高防渗能力。

1.2 防渗材料与设备

防渗材料选择对防渗效果至关重要，常见材料有混凝土、土工膜、沥青混凝土等。混凝土强度高、耐久性好，是大型水利水电工程常用防渗材料，可根据工程需求设计不同强度等级和配合比，以适应不同水压力和地质条件。施工时需严格把控原材料质量、配合比和浇筑

工艺，确保其密实性与防渗性能^[1]。土工膜是新型防渗材料，重量轻、柔韧性好、施工方便，分为聚乙烯（PE）土工膜、聚氯乙烯（PVC）土工膜等多种类型，性能有差异。选择时需考虑厚度、拉伸强度、断裂伸长率、渗透系数等指标，满足工程防渗要求。沥青混凝土防渗性能佳且适应变形能力强，常用于渠道衬砌和堤防防渗。由沥青、矿料等组成，经特定工艺形成防渗层，利用沥青粘结性和矿料级配形成致密结构，阻止水分渗透。防渗施工还需专业设备，如造孔设备用于混凝土防渗墙成槽施工，有冲击钻机、抓斗成槽机等，能根据地质条件成槽，保证槽孔垂直度和尺寸精度；灌浆设备用于化学灌浆，包括灌浆泵、搅拌机等，可均匀注入浆液；土工膜铺设设备有焊接机、展膜机等，能保证铺设质量和焊接强度。

2 水利水电工程渗漏问题的成因分析

2.1 设计不当与施工措施不当

设计是水利水电工程建设的基础，设计不当是导致渗漏问题的重要原因之一。在设计过程中，如果对工程地质条件、水文条件等调查不充分，可能会导致防渗设计方案不合理。设计参数的选择也会影响防渗效果，如防渗墙的深度、厚度设计不合理，或者灌浆孔的布置间距、深度不符合要求等，都可能导致防渗体系不完善，无法有效阻止水的渗漏。施工措施不当同样会引发渗漏问题。在施工过程中，如果施工人员没有严格按照设计要求和施工规范进行操作，就可能影响工程质量。例如，在混凝土防渗墙施工中，槽孔清孔不彻底，导致槽底残留泥浆和杂物，会影响混凝土与槽壁的粘结力，降低防渗墙的整体性；在土工膜铺设过程中，焊接质量不合格，存在虚焊、漏焊等问题，会导致土工膜出现渗漏通道；在灌浆施工中，灌浆压力、浆液配比控制不当，可能无法达到预期的灌浆效果，使防渗处理不彻底。

2.2 环境因素（如气候、地质条件）的影响

气候条件对水利水电工程的防渗性能有着重要影响。在寒冷地区，冬季气温较低，水分在土体或混凝土中结冰会产生冻胀力，导致土体或混凝土结构破坏，从而引发渗漏。降雨也是影响工程防渗的重要因素，大量的降雨会使地表水增加，水位上升，加大对工程防渗体系的压力。如果工程的排水系统不完善，雨水无法及时排出，可能会在工程内部积聚，导致渗漏。长期的雨水冲刷还可能破坏工程表面的防渗层，降低其防渗性能。地质条件是影响水利水电工程渗漏的根本因素之一。不同的地质构造和岩土性质对水的渗透性差异很大，另外，地下水的活动也会对工程的防渗性能产生影响。地下水的流动可能会带走土体中的细颗粒，导致土体结构疏松，降低其防渗能力^[2]。

2.3 多因素导致的施工质量问题

水利水电工程施工过程中，涉及多个环节和众多施工人员，任何一个环节出现问题都可能导致施工质量下降，进而引发渗漏。材料质量是影响施工质量的关键因素之一。如果使用的防渗材料质量不合格，如混凝土强度不达标、土工膜厚度不足或存在破损等，将直接影响防渗效果。在材料采购过程中，如果没有严格把控质量关，将不合格的材料用于工程建设，会给工程带来严重的渗漏隐患。施工工艺的合理性也对施工质量至关重要，不同的防渗技术需要采用相应的施工工艺，如果施工工艺不当，可能会导致防渗层出现缺陷。施工管理不善也是导致施工质量问题的主要原因。施工现场管理混乱，施工人员缺乏质量意识，不按照操作规程施工，或者对施工过程中的质量问题没有及时发现和处理，都会影响工程的防渗质量。施工过程中的交叉作业、工序衔接不当等也可能导致防渗层受到破坏，引发渗漏。

3 水利水电工程防渗处理施工技术

3.1 防渗墙技术

防渗墙技术是水利水电工程中常用的防渗处理方法之一，适用于各种地质条件下的防渗工程。其施工工艺主要包括造孔、清孔、混凝土浇筑等环节。造孔是防渗墙施工的关键步骤，常用的造孔设备有冲击钻机和抓斗成槽机。冲击钻机适用于较硬的地层，通过钻头的冲击作用破碎岩石，形成槽孔；抓斗成槽机则适用于砂砾石等地层，利用抓斗的抓取作用成槽。在造孔过程中，需要严格控制槽孔的垂直度和尺寸精度，确保槽孔质量符合要求。清孔的目的是清除槽孔内的泥浆和杂物，保证混凝土与槽壁的良好粘结。清孔方法有抽筒换浆法、气举反循环法等。抽筒换浆法是通过抽筒将槽孔内的泥浆

抽出，同时注入新的泥浆，反复进行直至槽孔内的泥浆性能符合要求；气举反循环法则是利用压缩空气将槽孔内的泥浆和杂物带出槽孔。混凝土浇筑是防渗墙施工的最后一道工序，通常采用导管法进行浇筑。导管法是将导管插入槽孔底部，通过导管将混凝土连续不断地灌入槽孔内，随着混凝土的上升，导管逐渐提升，确保混凝土始终充满槽孔，避免出现夹泥、断墙等质量问题。

3.2 复合土工膜防渗技术

复合土工膜防渗技术具有施工方便、成本低、防渗效果好等优点，广泛应用于渠道、堤防等工程的防渗处理。复合土工膜是由土工膜与土工织物复合而成的一种防渗材料，土工膜起到防渗作用，土工织物则起到保护土工膜、增加摩擦力等作用。在施工前，需要对基础进行处理，确保基础表面平整、坚实，无尖锐物和杂物，以免刺破土工膜。土工膜的铺设是关键环节，铺设时应从一端向另一端进行，避免出现褶皱和扭曲。在铺设过程中，需要控制土工膜的搭接宽度，一般采用焊接或粘接的方式进行搭接。焊接时，应使用专用的焊接机，控制好焊接温度和速度，确保焊接质量；粘接时，应选择合适的粘接剂，按照规定的工艺进行操作。土工膜铺设完成后，需要进行保护层施工，保护层可以采用砂砾石、混凝土等材料，其作用是防止土工膜受到外界因素的破坏，如紫外线照射、机械损伤等。保护层的施工应注意避免对土工膜造成损坏，确保土工膜的防渗性能。

3.3 灌浆防渗技术

灌浆防渗技术是通过向渗漏部位注入浆液，填充孔隙和裂缝，提高土体或岩体的防渗性能。灌浆材料的选择应根据工程的地质条件和防渗要求进行。常用的灌浆材料有水泥浆、化学浆液等。水泥浆具有成本低、强度高、结石体耐久性好等优点，适用于砂砾石地层和岩石裂隙的灌浆；化学浆液则具有可灌性好、凝结时间可调等优点，适用于细微裂缝和复杂地质条件的灌浆^[3]。灌浆施工工艺包括钻孔、洗孔、灌浆等环节。钻孔时，应根据设计要求确定孔位、孔深和孔径，确保钻孔质量符合要求。洗孔的目的是清除孔内的岩粉和杂物，保证浆液能够顺利灌入孔内。灌浆时，需要控制好灌浆压力、浆液配比和灌浆速度等参数，根据实际情况采用纯压式灌浆或循环式灌浆等方式。在灌浆过程中，需要密切观察灌浆情况，及时调整灌浆参数，确保灌浆效果。

3.4 土料防渗技术

土料防渗技术是利用当地的土料，经过加工处理后铺设在工程表面形成防渗层的一种传统防渗方法。常用的土料有粘土、壤土等。在施工前，需要对土料进行筛

选、粉碎等处理,去除其中的杂质和大颗粒,保证土料的均匀性。然后,按照设计要求的配合比将土料与水混合,搅拌均匀后进行铺设。土料防渗层的铺设可以采用人工夯实或机械碾压的方式。人工夯实适用于小面积的防渗层施工,机械碾压则适用于大面积的施工。在铺设过程中,需要控制好防渗层的厚度和压实度,确保防渗层的质量符合要求。一般来说,防渗层的厚度应根据工程的水头和地质条件确定,压实度应达到一定的标准,以保证防渗层的防渗性能。土料防渗技术具有材料来源广泛、成本低等优点,但也存在防渗性能相对较低、耐久性较差等缺点。在实际工程中,可以根据工程的具体情况和要求选择合适的土料和施工工艺。

4 水利水电工程防渗处理施工技术的优化与创新

4.1 施工工艺与设备的创新

随着科技的不断进步,水利水电工程防渗处理施工工艺和设备也在不断创新。在施工工艺方面,一些新的技术不断涌现。例如,采用高压喷射灌浆技术,通过高压水流和浆液的冲击作用,将土体切割并搅拌,同时注入浆液形成防渗体。这种技术具有施工速度快、防渗效果好等优点,尤其适用于复杂地质条件的防渗处理。另外,自凝灰浆防渗墙技术也是一种创新的施工工艺,它利用自凝灰浆在成槽过程中自行凝固形成防渗墙,无需进行混凝土浇筑,简化施工工艺,提高施工效率。在施工设备方面,智能化、自动化设备的应用越来越广泛。自动化的混凝土搅拌设备和浇筑设备能够提高混凝土的生产和浇筑效率,确保混凝土的质量稳定。另外,一些新型的检测设备也应用于防渗施工过程中,如无损检测设备可以对防渗层的质量进行快速、准确的检测,及时发现质量问题并进行处理。

4.2 管理与监督的创新

有效的管理与监督是确保水利水电工程防渗处理施工质量的重要保障。在管理与监督方面,也需要进行创新。建立信息化管理系统,利用现代信息技术对施工过程进行实时监控和管理。通过在施工现场安装传感器、摄像头等设备,实时采集施工数据和图像信息,并传输到管理平台。管理人员可以通过管理平台随时了解施工进度、质量等情况,及时发现和解决问题。信息化管理

系统还可以实现施工资料的电子化管理,方便资料的查询和共享。加强质量监督力度,建立严格的质量监督制度^[4]。除了传统的现场检查和抽样检测外,还可以引入第三方质量检测机构,对施工质量进行独立、公正的检测和评估。第三方质量检测机构具有专业的技术和设备,能够提供更加准确、可靠的检测结果,为工程质量提供有力保障。加强对施工人员的培训和管理,提高施工人员的质量意识和技能水平,也是确保施工质量的重要措施。

4.3 生态友好型防渗技术的探索与实践

随着人们对生态环境保护的重视,生态友好型防渗技术成为水利水电工程防渗处理领域的研究热点。生态友好型防渗技术旨在在保证防渗效果的前提下,减少对生态环境的影响。植物防渗技术不仅具有防渗效果,还能改善生态环境,美化工程景观。另外,一些新型的生态防渗材料也在不断研发和应用。例如,生物基防渗材料,它是利用天然生物材料制成的防渗材料,具有良好的防渗性能和可降解性,对环境友好。在施工过程中,应尽量减少对周边生态环境的破坏,采用环保型的施工工艺和设备,降低施工过程中的噪音、粉尘等污染。

结束语

水利水电工程防渗处理施工技术对于保障工程安全稳定运行意义重大。通过对防渗技术的深入研究与运用,不断优化施工工艺与设备,加强管理与监督,并积极探索生态友好型防渗技术,能够有效解决工程渗漏问题,提高工程效益,同时减少对生态环境的影响。未来,应持续加大在防渗处理技术领域的研发投入,推动水利水电工程向更加安全、高效、环保的方向发展。

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.