

水利水电施工中防渗处理施工技术研究

张 涛

中电建振冲建设工程股份有限公司 北京 100102

摘 要: 本文聚焦水利水电施工中的防渗处理施工技术。先分析渗漏成因、类型与危害, 凸显治理必要性。阐述了传统与新型防渗技术体系, 对比其性能与适用场景。随后介绍混凝土防渗墙、高压喷射灌浆等关键技术的工程应用。还探讨防渗施工质量控制体系、风险识别应对及经济性与环保性。旨在为水利水电工程防渗施工提供技术参考, 保障工程安全与效益。

关键词: 水利水电工程; 防渗处理; 施工技术

引言: 水利水电工程在国民经济发展中占据关键地位, 其安全稳定运行意义重大。然而, 渗漏问题一直是困扰水利水电工程的顽疾, 不仅威胁工程结构安全, 还会造成水资源浪费、引发次生灾害, 严重影响工程效益与周边生态环境。因此, 深入研究水利水电施工中的防渗处理施工技术, 采取有效措施治理渗漏, 成为保障工程长期安全运行、实现水资源合理利用的迫切需求。

1 水利水电工程渗漏成因与危害分析

1.1 渗漏的主要类型

水利水电工程渗漏类型依据不同划分标准可分为多种, 按渗漏通道形成时间可分为原生渗漏和次生渗漏, 原生渗漏由地质构造先天缺陷导致, 如断层、裂隙发育区域的渗漏; 次生渗漏则由工程施工扰动、运行荷载作用等后天因素引发。按渗漏部位可分为坝体渗漏、坝基渗漏、绕坝渗漏三类, 坝体渗漏多因混凝土浇筑缺陷、砌体缝隙填充不密实所致; 坝基渗漏源于地基土体或岩层渗透性强, 未做好防渗处理; 绕坝渗漏则发生在坝体与两岸山体衔接处, 因结合面密封不严形成渗漏通道^[1]。按渗漏水流形态还可分为集中渗漏和分散渗漏, 集中渗漏水流集中、流速大, 对工程危害更为直接, 分散渗漏则呈面状分布, 易逐步加剧工程损坏。

1.2 渗漏的危害

水利水电工程渗漏会对工程安全、运行效益及周边环境产生多重危害。首先, 渗漏会导致坝体、坝基土体含水量增加, 引发土体软化、湿陷, 降低地基承载力, 严重时会造成坝体沉降、位移, 甚至诱发管涌、流土等渗透破坏, 威胁大坝结构安全, 极端情况下可能导致大坝溃决, 引发重大洪涝灾害。其次, 渗漏会造成水资源大量流失, 降低水库蓄水能力和水电站发电效率, 影响工程供水、灌溉、发电等核心功能的正常发挥, 加剧水资源供需矛盾。同时, 渗漏水流携带的泥沙会淤积在工程

内部通道, 进一步恶化渗漏情况, 增加维修成本。

1.3 渗漏治理的必要性

水利水电工程渗漏治理具有极强的必要性和紧迫性。从工程安全角度, 渗漏是诱发工程结构破坏的主要隐患之一, 及时治理可有效避免渗透破坏加剧, 保障大坝等核心建筑物的稳定性和耐久性, 降低工程失事风险, 保护下游人民生命财产安全。从经济效益角度, 渗漏导致的水资源流失、设备损耗及维修费用增加, 会大幅提升工程运行成本, 治理渗漏可减少水资源浪费, 提升工程运行效率, 延长工程使用寿命, 降低长期运维投入, 保障工程投资效益最大化。从社会生态角度, 渗漏引发的次生灾害会破坏周边生态平衡和居民生活环境, 治理渗漏可维护区域生态稳定, 保障农业生产、居民生活正常秩序, 助力水利水电工程实现生态效益与社会效益的统一。

2 水利水电施工中防渗处理施工技术体系

2.1 传统防渗技术

水利水电工程中, 传统防渗技术历经长期实践的沉淀与积累, 已然构建起一套成熟完备的应用体系。这其中, 黏土防渗技术是较为常见的一种。它巧妙利用黏土自身低渗透性的特性, 通过铺设黏土心墙、黏土铺盖等具体形式, 有效阻断渗漏通道。该技术优势明显, 黏土材料来源广泛, 在许多地区都能轻松获取; 施工工艺相对简单, 施工人员经过简单培训即可上手操作; 成本也较为低廉, 能节省不少工程开支。不过, 它也有适用范围, 主要适用于中低水头、地质条件相对简单的工程。混凝土浇筑防渗技术也备受青睐, 它通过浇筑连续的混凝土墙体或面板, 形成一道坚固的屏障, 阻挡水流渗透。这种技术具有强度高、防渗效果稳定等突出特点, 能够承受较大的水压力和外力冲击。因此, 在坝体、闸室等核心部位的防渗施工中得到了广泛应用^[2]。传统帷幕灌浆技术同样不可或缺, 它通过向地层钻孔并注入浆液, 形

成连续的灌浆帷幕，从而封堵地下裂隙和孔洞，达到防渗目的。它适用于坝基深层防渗处理，但施工周期较长，而且对施工工艺精度要求颇高，需要施工人员具备丰富的经验和精湛的技艺。

2.2 新型防渗技术

随着水利水电工程建设技术的不断进步，多种新型防渗技术如雨后春笋般不断涌现，并得到了广泛的推广应用。高压喷射灌浆技术便是其中之一。它借助高压射流的强大力量切割地层，同时将水泥浆喷射出去，与地层土体充分混合形成固结体，进而构建起连续的防渗墙。这种技术施工效率极高，能在较短的时间内完成防渗作业，而且适应复杂地质条件的能力很强，无论是砂土、黏性土还是砂砾石等多种地层，都能进行有效的防渗处理。土工合成材料防渗技术以土工膜、土工格栅等材料为核心。通过精心铺设、焊接这些材料，形成一层可靠的防渗层。它具有重量轻、防渗性能极佳、施工便捷等诸多优点，特别适用于大面积防渗工程，如水库库区、蓄水池等。深层搅拌防渗墙技术利用深层搅拌桩机，将水泥浆与土体进行强制搅拌，从而形成防渗墙。这种技术施工时振动小，对周边环境的影响也较小，非常适用于软土地基的防渗处理，能有效保障工程的稳定性和安全性。

2.3 技术对比与适用性分析

传统防渗技术与新型防渗技术在性能、成本、适用场景等多个方面都存在着显著的差异，在实际工程中需要根据具体情况合理选择。传统黏土防渗技术虽然成本较低，但防渗效果相对有限，比较适合地质条件简单、水头较低的中小型工程，在这些工程中能够发挥其经济实惠的优势。传统混凝土防渗技术防渗效果稳定，但施工周期较长，更适合应用于对防渗强度要求高的核心部位，如大坝的关键区域等。新型高压喷射灌浆技术施工效率高，能适应复杂地质条件，不过材料成本较高，在一些对工期要求紧迫且地质条件复杂的工程中具有较大优势。土工膜防渗技术防渗效果好、施工快捷，但对铺设基面的平整度要求较高，且易受外力损坏，适用于大面积且基面条件较好的防渗工程。深层搅拌技术对软土地基的适应性强，但强度相对较低，在软土地基的防渗处理中是不错的选择。

3 关键防渗施工技术的工程应用

3.1 混凝土防渗墙施工技术

混凝土防渗墙施工技术堪称水利水电工程坝基及堤岸防渗的“中流砥柱”。施工前，细致的地质勘察必不可少，精准明确地层分布情况，以此为依据挑选合适的成槽设备，像冲击钻机、抓斗式成槽机等都是常用之选。在槽

孔开挖时，注入泥浆是维持槽壁稳定的关键举措，能有效防止坍塌。对泥浆性能的把控极为严格，其粘度、密度等指标都要符合标准，才能确保固壁效果。钢筋笼吊装环节，垂直度和位置精度容不得半点偏差，避免与槽壁碰撞，保障后续施工顺利进行。混凝土浇筑采用导管法连续作业，保证混凝土密实度，杜绝蜂窝、麻面等缺陷出现。该技术适应性极强，适用于各类复杂地质条件下的深层防渗，无论是土石坝坝基防渗，还是水库堤岸加固等工程，都能有效阻断深层渗漏通道，为工程基础稳定筑牢坚实防线。

3.2 高压喷射灌浆技术

高压喷射灌浆技术在水利水电工程防渗施工中占据着广泛应用的重要地位。其核心原理是借助高压泵，将水泥浆等浆液以高速射流的形式强力喷出，凭借强大的冲击力切割、置换地层土体，使浆液与土体充分混合并固结，最终形成坚固的防渗体^[3]。施工时，先要进行钻孔作业，钻孔深度依据防渗需求精确定。之后将喷射管下至预定深度，通过旋转或提升喷射管实现全方位喷射。该技术分为旋喷、摆喷、定喷三种形式，旋喷能形成柱状防渗体，摆喷和定喷则可形成板状或壁状防渗体。其适用范围极为广泛，砂土、黏性土、砂砾石等多种地层都能适用，尤其在地质条件复杂、传统技术难以施展的区域，如水库坝基帷幕防渗、基坑防渗等工程中，优势尽显。不仅施工效率高，而且防渗效果出色，为工程的防渗安全提供了可靠保障。

3.3 土工膜防渗技术

土工膜防渗技术凭借自身优异的防渗性能和便捷的施工特点，在水利水电工程大面积防渗场景中备受青睐，像水库库区、蓄水池、渠道等工程都广泛应用。该技术的核心在于选择合适规格的土工膜材料，常用的有高密度聚乙烯土工膜、聚氯乙烯土工膜等，需根据工程防渗要求和使用环境进行科学选择。施工流程包含多个环节，基面清理是首要步骤，要将杂物彻底清理，并进行压实平整，防止尖锐物体损坏土工膜。铺设时，保证土工膜平整无褶皱至关重要，搭接宽度也要严格符合规范要求。焊接环节采用专用焊机，确保焊接强度和密封性，避免出现渗漏隐患。施工完成后，还需进行注水试验，仔细检测防渗效果，只有确保无渗漏点，才能为工程的防渗安全交上一份满意答卷，保障工程长期稳定运行。

3.4 帷幕灌浆技术

帷幕灌浆技术是水利水电工程坝基深层防渗的关键“法宝”。它通过在坝基上下游方向精心布置灌浆孔，向孔内注入水泥浆、水泥黏土浆等浆液，填充地层裂隙和

孔洞,形成连续且严密的防渗帷幕,有效阻断地下水流通道。施工前,灌浆试验必不可少,通过试验确定浆液配比、灌浆压力、灌浆量等关键参数,为后续施工提供科学依据。施工过程包含多个步骤,钻孔时保证垂直度和孔位精度是基础;冲洗钻孔能清除孔内杂质,提高浆液与地层的结合效果;压水试验用于检测地层渗透性,为灌浆提供参考;灌浆采用分段灌浆方式,根据地层情况灵活调整灌浆压力,确保浆液充分填充。该技术适用于岩石地基、砂砾石地基等深层防渗工程,如大坝坝基、水电站厂房基础防渗等,为工程的安全稳定运行提供坚实支撑。

4 防渗施工质量控制与风险管理

4.1 质量控制体系

水利水电工程防渗施工质量控制体系涵盖施工全过程,需建立“事前预防、事中控制、事后验收”的全流程管控机制。事前预防阶段,需严格审核施工方案,确保技术方案可行、参数合理;加强原材料质量检验,对水泥、土工膜、浆液等原材料进行抽样检测,杜绝不合格材料投入使用;对施工人员进行技术培训和交底,明确施工规范和质量要求。事中控制阶段,加强施工工序质量管控,对钻孔、灌浆、铺设、焊接等关键工序进行旁站监理,实时监测施工参数,及时纠正违规操作;定期对施工质量进行抽检,如混凝土强度检测、土工膜焊接强度检测等。事后验收阶段,严格按照规范进行质量验收,开展渗漏检测、压实度检测等,对不合格部位及时整改,确保防渗施工质量符合设计要求。

4.2 风险识别与应对

防渗施工过程中面临多种风险,需精准识别并制定针对性应对措施。常见风险包括地质风险、施工技术风险、环境风险等。地质风险如施工中遇到未知断层、溶洞,易导致孔壁坍塌、渗漏加剧,应对措施为加强前期地质勘察,提前探明地质情况,制定应急预案,遇到复杂地质时及时调整施工方案。施工技术风险如灌浆压力不足导致防渗效果不佳、土工膜焊接不严密产生渗漏点,需

加强施工过程参数监测,严格执行施工规范,对关键技术环节进行专项管控。环境风险如施工过程中泥浆泄漏污染水体、植被破坏,需采取环保措施,设置泥浆沉淀池,妥善处理施工废弃物,减少对周边环境的影响。

4.3 经济性与环保性分析

防渗施工的经济性分析需综合考虑前期投资、施工成本、运维成本等因素,实现全生命周期成本最优。传统防渗技术如黏土防渗成本较低,但后期运维成本较高;新型防渗技术如高压喷射灌浆、土工膜防渗前期投资较高,但防渗效果稳定,后期运维成本低^[4]。实际应用中需结合工程规模、使用年限、地质条件等,选择性价比最优的技术方案。环保性分析需关注施工过程对周边生态环境的影响,优先选择环保型材料和施工工艺,如采用低污染浆液、减少施工振动和噪声、妥善处理施工废弃物等。同时合理的防渗处理可减少水资源浪费,保护水资源环境,实现工程建设与生态保护的协调发展,提升工程的生态环保效益。

结束语

水利水电施工中的防渗处理施工技术至关重要,关乎工程安全、经济效益与生态环境。通过研究渗漏成因与危害,明确治理必要性;构建传统与新型防渗技术体系,为不同工程提供选择;介绍关键技术应用,保障施工质量;完善质量控制与风险管理体系,兼顾经济性与环保性。未来,需持续创新防渗技术,提升施工水平,推动水利水电工程可持续发展。

参考文献

- [1]潘贵秀.水利水电施工中防渗处理施工技术研究[J].建材与装饰,2024,20(16):160-162.
- [2]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.
- [3]赵志勇.水利水电施工中防渗处理施工技术研究[J].数字化用户,2024(12):215-216.
- [4]欧阳桑.水利水电施工中防渗处理施工技术研究[J].数字化用户,2024(37):69-70.