

水利工程技术中的防水堵漏技术

唐 富 王 波

长江河湖建设有限公司 湖北 武汉 430000

摘 要：水利工程技术中的防水堵漏技术是一项至关重要的综合性技术，旨在解决水利工程中的渗水、漏水问题。该技术通过采用多种材料、工艺和设备，结合工程结构特点和渗漏成因，实现精准定位、材料适配和工艺优化。防渗墙、灌浆等关键技术方法广泛应用于水利工程的各个环节，确保工程结构的止水、防渗功能。施工前需细致勘察，施工中需严格控制质量，施工后需定期维护保养，以保障水利工程的长期安全稳定运行。

关键词：水利工程技术；防水堵漏技术；实际应用

引言：水利工程作为国民经济的基础设施，其安全性和稳定性至关重要。然而，渗漏问题一直是影响水利工程运行效率和安全性的的重要因素。防水堵漏技术作为解决这一问题的关键手段，不仅能有效阻断水分渗透，还能保护工程结构，延长使用寿命。本文将深入探讨水利工程技术中的防水堵漏技术，分析渗漏成因，介绍主要防水堵漏方法及材料，以期为水利工程的防水设计与施工提供科学参考和实践指导。

1 水利工程防水堵漏技术概述

1.1 防水堵漏技术的定义

防水堵漏技术是指通过一系列材料、工艺和设备，对水利工程中出现的渗水、漏水问题进行预防、治理和修复的综合性技术体系。它以阻止水的非正常渗透为核心目标，结合工程结构特点、水文地质条件和渗漏成因，采用主动预防与被动治理相结合的方式，实现工程结构的止水、防渗功能，保障水利工程的安全稳定运行。该技术不仅涉及材料科学、结构工程学等多学科知识，还需结合现场施工经验，形成系统性的解决方案。

1.2 防水堵漏技术在水利工程中的应用范围

该技术广泛应用于水利工程的各个环节和结构部位。在大坝工程中，用于坝体混凝土裂缝、坝基帷幕渗漏、廊道接缝等部位的处理；在堤防工程中，针对堤身管涌、堤岸渗漏、防渗墙接缝缺陷进行治理；在水闸、泵站工程中，用于闸室底板、闸墩裂缝、伸缩缝渗漏及机组基础渗水的修复；同时，在渠道、渡槽等输水建筑物中，可解决混凝土结构渗漏、接头止水失效等问题，确保水利工程的正常蓄水、输水和防洪功能。

1.3 防水堵漏技术的发展历程及现状

早期水利工程防水堵漏主要依赖黏土、麻丝等天然材料，采用简单的填塞、夯实工艺，技术较为粗放。20世纪中后期，随着合成材料的出现，卷材防水、涂料防

水等技术逐步应用，机械化施工水平有所提升。进入21世纪后，新型防水材料如高分子复合材料、渗透结晶型材料等不断涌现，结合无损检测技术、数值模拟分析的精准堵漏技术成为主流。目前，该技术已形成“预防为主、精准定位、材料适配、工艺优化”的发展模式，智能化监测与快速修复技术的融合，进一步提升了水利工程防水堵漏的效率和耐久性。

2 水利工程渗漏问题分析

2.1 渗漏问题的成因

（1）施工原因：施工过程中的质量把控不足是渗漏的主要诱因。混凝土浇筑时，若振捣范围不全面或振捣强度不够，易造成结构密实性不足，形成蜂窝状孔隙，成为渗水通道；施工工艺不当同样加剧渗漏风险，如伸缩缝止水带安装歪斜、搭接长度不足，或混凝土浇筑时分层间隔时间过长，导致施工缝结合不紧密，引发沿缝渗漏。此外，后期养护不到位使混凝土强度增长不足，抗渗性能下降，也会增加渗漏概率。（2）自然因素：长期降水会使工程结构持续承受水压，雨水通过表面裂缝或孔隙渗透至内部；地下水的长期侵蚀更为复杂，地下水中的硫酸盐、氯离子等会与混凝土中的成分发生化学反应，破坏混凝土结构，同时地下水的流动会带走结构中的胶凝材料，扩大渗漏通道。极端温度变化导致的热胀冷缩会使结构产生裂缝，冻融循环则会让混凝土内部形成冻胀应力，加剧结构破损，为渗漏提供条件^[1]。

（3）结构设计原因：材料选择不当是常见问题，如在高水头环境下选用抗渗等级偏低的混凝土，或止水材料耐老化性能不足，易在长期使用中失效；设计缺陷则体现在结构布局不合理，如防渗帷幕深度不够、未设置有效的排水系统，或对地质条件考虑不周，导致结构受力不均产生裂缝，形成渗漏路径。此外，设计中对施工可行性考虑不足，也会间接引发渗漏问题。

2.2 渗漏问题对水利工程的影响

(1) 安全隐患: 渗漏会逐步削弱工程结构的承载能力, 大坝渗漏可能导致坝基渗透变形, 引发坝体滑动失稳, 严重时造成溃坝; 堤防渗漏会引发管涌、堤身坍塌等险情, 威胁防洪安全; 水闸、泵站的基础渗漏可能导致底板掏空, 造成结构倾斜或倒塌, 对周边群众生命财产构成严重威胁。(2) 功能失效: 灌溉渠道渗漏会导致输水损失率升高, 无法满足农田灌溉需求, 影响农业产量; 水电站因渗漏导致水量流失, 会降低发电效率, 甚至无法达到设计发电量; 防洪工程渗漏会使其防洪标准下降, 难以抵御洪水侵袭, 丧失防洪排涝功能。(3) 经济损失: 渗漏修复需投入大量资金用于材料采购、设备租赁和人工成本, 大型工程的修复可能需要中断运行, 造成巨大间接损失; 水资源的浪费会增加供水成本, 降低工程经济效益; 若渗漏引发结构严重损坏, 还需承担重建费用, 进一步加重经济负担。

3 水利工程防水堵漏技术方法分析

3.1 防渗墙技术

3.1.1 防渗墙的特点与分类

防渗墙是在地下形成的连续防渗结构体, 具有防渗性能强、整体性好、适应多种地质条件的特点, 能有效阻断地下水渗透路径。按墙体材料可分为刚性防渗墙(如钢筋混凝土墙、素混凝土墙)和柔性防渗墙(如塑性混凝土墙、水泥土搅拌墙); 按成墙工艺可分为槽孔型防渗墙、桩柱型防渗墙和混合型防渗墙。刚性墙强度高、耐久性好, 适用于高水头工程; 柔性墙柔韧性强, 能适应地基变形, 多用于软土地基。

3.1.2 主要施工方法

(1) 链斗法: 通过链斗式挖槽机切削土层, 同时用泥浆护壁, 挖出的渣土由链斗输送至地面, 成槽后浇筑墙体材料。适用于黏土、砂土等软土地层, 成槽效率高, 但对坚硬岩层适应性差。(2) 射水法: 利用高压水流冲击地层形成槽孔, 配合机械取土, 泥浆护壁后浇筑混凝土。设备简单、操作灵活, 成墙厚度可调节, 适用于砂卵石含量较少的地层。(3) 锯槽法: 通过锯槽机的刀杆往复切割地层, 循环泥浆护壁, 成槽深度可达50米以上。成墙连续性好、精度高, 适用于黏土、砂土及软岩地层, 可形成大厚度防渗墙。(4) 多头深层搅拌水泥土法: 通过多头搅拌桩机将水泥浆与地土基强制搅拌, 形成水泥土防渗墙。施工无振动、无污染, 适用于软土地基, 成本较低, 墙体渗透系数小^[2]。

3.1.3 防渗墙技术在水利工程中的应用案例

某河堤加固工程中, 因堤基存在强透水层, 采用槽

孔型混凝土防渗墙处理。防渗墙沿堤线全长布置, 深度25米, 厚度0.8米, 有效切断了堤基渗漏通道。施工后, 堤后渗水现象完全消失, 堤身稳定性显著提高, 成功抵御了次年的特大洪水。

3.2 灌浆技术

3.2.1 灌浆技术的原理与分类

灌浆技术通过注浆管将浆液注入岩土体或结构缝隙, 浆液凝固后填充孔隙、胶结介质, 形成防渗帷幕或加固体。按材料分为水泥灌浆、化学灌浆(如丙烯酸盐、环氧树脂)和复合灌浆; 按功能分为防渗灌浆、加固灌浆和回填灌浆; 按压力分为低压($< 0.5\text{MPa}$)、中压($0.5\text{--}4\text{MPa}$)、高压($> 4\text{MPa}$)灌浆。

3.2.2 主要灌浆方法

(1) 高压喷射灌浆: 利用高压射流切割地层, 使浆液与土颗粒混合凝固, 形成柱状防渗体。适应地层广, 可在砂卵石层中施工, 适用于坝基、堤防防渗, 形成连续防渗帷幕。(2) 土坝坝体劈裂灌浆: 通过灌浆压力使坝体沿轴线劈裂, 注入泥浆形成防渗泥墙, 同时挤压坝体密实。适用于土坝坝体渗漏处理, 能恢复坝体防渗性能, 提高坝体稳定性。(3) 控制性灌浆: 通过精准控制压力、浆液浓度和注入量, 避免过度劈裂地层, 适用于既有工程加固或敏感部位防渗, 如闸基、隧洞衬砌接缝处理^[3]。

3.2.3 灌浆技术在水利工程中的应用案例

某水库大坝坝基存在断层破碎带, 采用水泥帷幕灌浆处理。沿坝轴线布置灌浆孔, 孔深50米, 采用孔口封闭灌浆法, 浆液由稀到浓逐级变换。灌浆后, 坝基渗透系数降至 10^{-7}cm/s 以下, 坝体扬压力明显降低, 确保了大坝安全运行。

3.3 其他防水堵漏技术

3.3.1 防水材料的选用与应用

根据工程部位选择材料: 混凝土表面采用聚氨酯防水涂料、聚合物水泥涂料, 形成弹性防水层; 变形缝采用橡胶止水带、遇水膨胀止水条, 配合聚硫密封胶密封; 地下结构采用SBS改性沥青卷材、高分子防水卷材, 形成多层设防体系。某水闸工程中, 闸室底板采用“卷材+涂料”复合防水, 有效解决了长期浸泡下的渗漏问题。

3.3.2 混凝土防水技术

通过优化配合比(采用抗渗等级 $\geq \text{P6}$ 的混凝土)、掺加膨胀剂、减水剂减少裂缝; 严格控制浇筑振捣, 确保密实性; 设置后浇带、伸缩缝, 采用跳仓法施工减少温度应力。某泵站工程中, 厂房混凝土采用补偿收缩混凝土, 配合二次振捣工艺, 实现了结构自防水, 运行5年

无渗漏。

3.3.3 穿墙管等联结部位的防水处理

穿墙管采用“止水环+密封胶”双重防水：刚性管道焊接环形止水片，与混凝土紧密结合；柔性管道采用橡胶密封圈，通过法兰压紧密封。预埋件周边设置加强筋，浇筑时确保混凝土密实，必要时采用预埋注浆管后期补灌。某输水隧洞的穿墙管处理后，完全杜绝了沿管渗漏现象。

4 防水堵漏技术在水利工程施工中的实际应用

4.1 施工前准备工作

(1) 现场勘查与方案设计：施工前需组织专业团队开展全面现场勘查，通过地质雷达、钻孔取样等技术手段，明确工程结构类型、渗漏隐患点分布、水文地质条件及周边环境因素。结合勘查数据，分析可能出现的渗漏风险，制定针对性防水堵漏方案，方案需涵盖材料选型、施工工艺、技术参数及应急措施。例如，在坝体施工前，需对坝基断层、裂隙分布进行详细探测，据此设计防渗帷幕的深度和布置方式，确保方案的科学性和可行性。(2) 材料准备与设备调试：根据设计方案采购符合标准的防水材料，如防渗墙混凝土、灌浆浆液、止水带、防水涂料等，进场前需进行性能检测，严禁使用不合格材料。同时，对链斗挖槽机、高压注浆泵、振捣器等施工设备进行全面调试，检查设备运行精度、压力参数及安全性能，确保设备在施工中稳定运行。例如，灌浆施工前需调试注浆泵的压力控制装置，保证注浆压力误差不超过设计值的5%，避免因设备问题影响施工质量。

4.2 施工过程中的关键控制点

(1) 施工缝的处理与防水措施：施工缝是渗漏高发部位，处理时需将混凝土表面凿毛，清除浮浆和杂物，用高压水枪冲洗干净后，铺设2-3cm厚的同强度等级水泥砂浆结合层。对于垂直施工缝，可预埋止水钢板或橡胶止水带，止水带中心线需与施工缝重合，固定牢固且不得破损，确保施工缝处形成连续防水屏障。(2) 混凝土浇筑与振捣密实度控制：混凝土浇筑需分层连续进行，每层厚度不超过50cm，采用插入式振捣器振捣，振捣间距控制在30-40cm，振捣时间以混凝土表面泛浆、不再下沉为宜，避免漏振、过振导致蜂窝、麻面。对于大体积混凝土，需采取分层浇筑、分层振捣的方式，同时控制浇筑温度，减少温度裂缝产生，增强混凝土自身抗渗性

能。(3) 防水材料的铺设与焊接质量检查：防水卷材铺设前需确保基层平整干燥，铺设时从低处向高处推进，搭接宽度不小于10cm，采用热熔焊接时需控制焊接温度和速度，确保焊缝牢固、无虚焊、无漏焊。铺设完成后，采用气压检测法检查焊缝质量，对不合格部位及时修补，保证防水层的完整性^[4]。

4.3 施工后的质量验收与维护保养

(1) 质量验收标准与方法：质量验收需依据《水利工程施工质量检验与评定规程》，采用外观检查、抽样检测、水压试验等方法。例如，防渗墙需检查墙体完整性，采用钻孔取芯法测定墙体渗透系数，要求渗透系数小于 $1 \times 10^{-6} \text{cm/s}$ ；防水层需进行闭水试验，24小时内无渗漏为合格。对验收中发现的渗漏点，需制定专项修复方案，整改合格后方可通过验收。(2) 维护保养措施与周期：投入运行后需定期进行维护保养，每月检查表面防水层是否破损、止水带是否老化，每季度采用渗漏监测系统检测工程渗漏量变化。对于发现的微小裂缝，及时采用环氧树脂浆液封闭；对防水材料老化部位，定期进行修补或更换，一般防水卷材的更换周期为5-8年，确保工程长期保持良好的防水性能。

结束语

综上所述，水利工程技术中的防水堵漏技术是确保工程长期稳定与安全的关键。通过采用科学合理的防水设计方案、高质量的堵漏材料及先进的施工技术，我们能够有效解决水利工程中的渗漏问题。未来，随着科技的不断进步，防水堵漏技术将持续创新与发展，为水利工程提供更多高效、环保的解决方案。我们期待防水堵漏技术在水利工程领域发挥更大作用，为保障水资源安全贡献力量。

参考文献

- [1] 华璐阳, 华联军, 王运. 防水堵漏技术在水利工程技术中的应用[J]. 科学技术创新, 2020, (06): 63-64.
- [2] 陈德江. 水利工程技术中的防水堵漏技术分析[J]. 黑龙江水利科技, 2020, (05): 51-52.
- [3] 张素艳. 水利工程技术中的防水堵漏技术要点探讨[J]. 长江技术经济, 2020, (12): 112-113.
- [4] 李良博. 水利工程技术中的防水堵漏技术研究[J]. 四川水泥, 2021, (14): 218-219.