

水利工程中水工建筑的防渗透技术分析

蒋佳慧

新疆水利水电勘测设计研究院有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v9i5.6357

[摘要] 水利工程中的水工建筑是科学调配水资源、防洪排涝及保障生态环境稳定的重要设施,其防渗透性能直接影响建筑物的安全性与耐久性。基于此,本文从水工建筑的特点出发,分析渗漏产生的多重原因,探讨防渗透技术的应用价值,并系统梳理防渗透施工的关键技术。通过综合现有理论与实践经验,提出科学合理的防渗措施,为提升水工建筑的整体质量提供参考依据。

[关键词] 水工建筑; 防渗透; 渗漏治理; 施工技术; 安全性能

中图分类号: TV698 **文献标识码:** A

Analysis of anti-seepage technology for hydraulic structures in water conservancy engineering

Jiahui Jiang

Xinjiang Water Resources and Hydropower Survey and Design Institute Co., Ltd

[Abstract] Hydraulic structures in water conservancy engineering are important facilities for ensuring water resource allocation, flood control and drainage, and ecological environment stability. Its anti-seepage performance directly affects the safety and durability of buildings. Starting from the characteristics of hydraulic structures, this article analyzes the multiple causes of leakage, explores the application value of anti-seepage technology, and systematically sorts out the key technical points of anti-seepage and plugging construction. By integrating existing theories and practical experience, scientific and reasonable anti-seepage measures are proposed to provide reference for improving the overall quality of hydraulic structures.

[Key words] hydraulic construction; Anti infiltration; Leakage control; Construction technology; safety performance

引言

水利工程作为国家基础设施建设的核心领域,其功能涵盖防洪、灌溉、发电及生态保护等多个方面。水工建筑作为水利工程的重要组成部分,长期处于复杂的水文地质环境中,面临的渗漏风险尤为突出。渗漏不仅会导致水资源浪费,还可能引发结构失稳、基础破坏甚至溃坝等严重后果。因此,研究水工建筑的防渗透技术具有重要的现实意义。当前,随着材料科学与工程技术的进步,防渗手段已从传统的刚性结构向柔性材料与智能化技术相结合的方向发展。然而,实际工程中仍存在因设计缺陷、施工质量不达标或环境因素影响导致的渗漏问题。本文旨在通过系统分析水工建筑的渗漏成因与防治策略,为相关工程提供理论支持与实践指导。

1 水利工程中水工建筑的特点

1.1 地域性

水工建筑的选址通常受地理条件与资源分布的制约,不同区域的地形地貌、地质构造及气候特征差异显著。例如,山区水利工程需应对陡峭坡面与岩体破碎问题,平原地区则需重点解

决软土地基的沉降风险。地域性特点决定了防渗透设计需因地制宜,充分考虑当地水文地质条件与潜在风险。

1.2 易变性

水工建筑的运行环境具有动态变化特性。水流压力、温度波动及地下水位的变化均可能引发结构应力调整,进而导致裂缝或接缝扩大。此外,季节性降雨、冰冻融雪等自然现象也会对建筑材料的性能产生影响,增加渗漏隐患。因此,防渗透技术需具备适应复杂环境的能力,以应对长期运行中的不确定性。

1.3 长期性

水工建筑的设计使用寿命普遍较长,通常需满足数十年乃至上百年的运营需求。长期暴露于水环境中,混凝土结构易发生碳化、腐蚀或冻融破坏,防渗层的老化也可能降低整体防护效果。为此,防渗措施需兼顾短期修复与长期维护,确保建筑物在全生命周期内的安全性与功能性。

2 水利工程中水工建筑的渗漏原因

2.1 施工质量与结构影响

2.1.1 施工质量影响

施工过程中的工艺控制不足是渗漏问题的常见诱因。例如,混凝土浇筑密实度不足可能导致蜂窝麻面现象,形成局部渗水通道;模板支撑体系不稳定可能引发跑浆,造成结构表面缺陷。此外,焊接工艺不合格或螺杆封堵不严也可能导致穿墙管部位出现渗漏。施工质量问题往往表现为微观缺陷,但在长期水力作用下可能逐步扩大,最终演变为结构性渗漏。

2.1.2 施工结构影响

水工建筑的结构设计若未充分考虑荷载分布与应力集中问题,可能引发局部开裂。例如,大体积混凝土因温控措施不当导致内外温差过大,可能产生收缩裂缝;接缝处理不合理则可能使连接部位成为渗漏薄弱点。此外,止水带安装位置偏差或固定不牢也可能削弱防渗效果。

2.2 自然与人为因素影响

2.2.1 自然因素影响

自然环境的变化对水工建筑的防渗性能构成持续挑战。冻胀土地区的冻融循环可能导致地基隆起,进而引发结构变形裂缝;强降雨或冰雪融化可能抬高地下水位,增加渗透压力。此外,地震活动可能使建筑物产生非预期形变,破坏原有防渗体系。

2.2.2 人为因素影响

施工管理的疏漏与后期维护的缺失是人为渗漏风险的主要来源。例如,施工团队未严格遵循设计规范,可能导致关键节点的施工质量不达标;材料采购环节的偷工减料行为可能降低防渗层的耐久性。此外,运行阶段缺乏定期检测与及时维修,可能使初期微小缺陷发展为重大安全隐患。

2.3 现场施工不严格

施工现场的管理混乱与工艺执行不到位会直接削弱防渗能力。例如,灌浆作业中浆液配比不准确可能导致填充不密实;防水层施工时涂刷厚度不均可能形成薄弱区域。此外,施工人员对技术标准的理解偏差或操作失误也可能导致防渗措施失效。

2.4 施工缝隙隐患多

水工建筑的施工通常涉及多个单元的拼接,单元间的缝隙若未妥善处理,可能成为渗漏路径。例如,分段浇筑的混凝土板块因热胀冷缩产生微裂缝;预制构件的接缝处若未设置弹性密封材料,则可能因振动或位移导致间隙扩大。此外,施工缝与变形缝的止水措施若未按设计要求实施,也可能埋下渗漏隐患。

3 防渗透技术在水工建筑施工中的应用价值

3.1 提高水工建筑的可靠性、安全性

有效的防渗透技术能够显著增强水工建筑的整体稳定性。通过阻断渗流路径,可减少水压对结构的侵蚀作用,避免因渗透压力过高引发的滑动或倾覆风险。例如,采用高性能混凝土与抗渗添加剂可提升材料的致密性,降低孔隙率;设置多道止水屏障则能实现冗余防护,即使局部失效仍能维持整体防渗功能。

3.2 延长水工建筑的运营寿命

防渗透技术的应用有助于延缓结构老化进程。通过减少水分侵入,可抑制钢筋锈蚀与混凝土碳化的速率,从而延长建筑物

的服役年限。例如,采用涂层保护技术可隔离水汽与有害离子的接触;设置排水系统可及时疏导积水,避免长期浸泡导致的材料劣化。

4 水工建筑物防渗透施工技术分析

4.1 高压灌浆堵漏技术

高压灌浆技术通过机械动力将浆液注入裂缝或空隙,利用压力使其扩散并固化形成连续防渗层。该技术适用于深层裂缝及大范围渗漏区域,尤其适合岩石地基或砂砾石层的渗透问题。施工时需根据地质条件选择浆液类型(如水泥浆、化学浆液),并通过钻孔布置与压力控制确保灌浆均匀性。此方法能有效修复复杂结构缺陷,提升整体防渗性能,延长工程使用寿命。

4.2 促凝灰浆堵漏技术

促凝灰浆技术通过添加速凝剂缩短浆液初凝时间,适用于突发性渗漏事故的紧急处理。例如,喷射促凝灰浆可快速封闭裂缝,阻止渗流扩大。其优势在于施工速度快,但需平衡浆液强度与耐久性,避免因过早硬化导致粘结力不足。该技术常用于临时封堵或应急抢修,后续仍需结合其他加固措施以确保长期稳定性。

4.3 防止槽内漏失技术

槽内漏失问题常见于地下连续墙或截渗帷幕施工。为减少浆液流失,可采用分级灌注法:先填充低流动性浆液形成骨架,再注入高流动性的补充浆液。同时优化钻孔参数(如孔距、排距)及控制灌浆压力,可有效降低漏失风险。该技术通过分阶段施工和精细化管理,确保浆液充分填充目标区域,提高防渗效果与施工效率。

4.4 直接堵漏施工技术

直接堵漏技术通过物理覆盖或化学反应封闭渗漏点,适用于表面裂缝或局部渗水区域。例如,聚合物砂浆修补混凝土表层缺陷,或嵌入膨胀止水条填充接缝间隙。该技术操作简便,但需确保修补材料与原结构的良好粘结性。此外,施工后应进行防水涂层处理,增强抗渗能力,避免因环境变化引发二次渗漏。

4.5 变形缝处理技术

变形缝是水工建筑中的典型渗漏部位,需结合弹性密封材料与刚性止水装置进行处理。例如,在变形缝内嵌入橡胶止水带,并在其表面涂抹防水涂料,形成双重防护。同时,定期检查止水带的完整性,及时更换老化部件,可维持防渗效果。该技术兼顾结构变形需求与密封性能,适用于复杂应力环境下的长期防渗需求。

4.6 氰凝灌浆施工技术

氰凝灌浆技术利用聚氨酯类化学材料的快速固化特性,适用于细微裂缝或复杂形态的渗漏通道。施工时需精确控制浆液配比与注射速度,确保其充分渗透并形成稳定的防渗膜。该技术具有适应性强、固化迅速的特点,但需注意化学材料的环保性与长期耐久性。通过科学设计与严格施工,可实现高效、持久的防渗效果。

4.7 渠道衬砌技术

渠道衬砌是经典防渗方法,通常采用混凝土板、砌石护坡或复合材料铺设。衬砌结构需与渠底及边坡紧密结合,避免因沉降差异产生裂缝。同时,衬砌表面应设置排水沟或导流槽,及时排除雨水或渗漏水,减少对结构的侵蚀。该技术通过物理阻隔与排水疏导相结合,显著降低渗漏风险,保障渠道运行的安全性与经济性。

4.8 修建防渗水墙

防渗水墙是一种垂直阻隔结构,通过连续浇筑或灌浆形成地下屏障,彻底切断渗流路径。其施工深度需穿透透水层并延伸至相对不透水岩层,依赖精准的地质勘探与施工工艺控制。例如,采用液压抓斗成槽或定向钻进技术,确保墙体的连续性与密实性。该技术适用于大型水利工程,可有效隔离水源,提升整体防渗能力。

4.9 化学补强技术

化学补强技术通过向结构内部注入加固剂,提高材料的抗渗性与力学性能。例如,环氧树脂灌注裂缝可填充空隙并增强结构强度;硅化剂渗透混凝土孔隙,形成致密网络。该技术适用于已有损伤的修复,但需评估化学物质与原材料的相容性。通过精准配比与科学施工,可在不破坏原结构的前提下,实现高效加固与防渗目标。

4.10 背水侧压技术

背水侧压技术通过在渗漏区域后方施加反向压力,迫使水体回流并减少渗透量。例如,在堤坝背水面设置排水井或压重块,利用水头差抑制渗流。该技术需结合监测设备实时调控压力值,避免过度加载导致结构失稳。通过动态平衡原理,既能缓解渗漏问题,又能保障建筑物的整体稳定性与安全性。

5 水工建筑防渗透的主要措施

5.1 明确渗漏水源

施工前需通过地质勘探、水文监测及历史数据分析,精准定位渗漏水源。例如,区分地表径流、地下水渗透或结构内部裂缝引起的渗漏,针对性选择堵漏方案。对于多源渗漏情况,需优先处理流量较大的主渗漏路径,再逐级完善次级防护措施。

5.2 编制施工计划

防渗透施工计划需涵盖技术方案、材料准备、设备配置及人员分工。例如,针对高压灌浆工程,需预先计算浆液需求量并规划钻孔布设;对于化学灌浆作业,需制定应急预案以防材料泄漏。施工计划的合理性直接影响进度与质量,需结合现场条件进行动态调整。

5.3 有效结合防堵措施

防渗透需综合运用堵漏技术手段,形成多层次防护体系。例如,在裂缝修补后增设排水盲管,既可阻止渗水又可疏导剩余水量;在止水带安装时配合注浆加固,提高接缝部位的整体性。此外,施工完成后应开展水压试验或渗流监测,验证防渗效果并及时修正缺陷。

6 结语

综上所述,水工建筑的防渗透性能直接关系到水利工程的安全运行与长期效益。通过高压灌浆、促凝灰浆、变形缝处理等多元技术手段,可有效修复结构缺陷并阻断渗流路径,提升整体稳定性。同时,科学的设计理念与严格的施工管理在防渗工程中具有决定性作用,需结合地质条件选择适配技术方案,优化工艺流程以实现精准防控。各类防渗透技术的协同应用,不仅增强了水工建筑抵御外部环境变化的能力,也为水资源高效利用提供了可靠保障。

[参考文献]

- [1]林武杰.水工建筑渗漏成因分析与控制方式研究[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(24):94-96.
- [2]马丽.水工建筑的防渗透技术分析[J].中国水运(下半月),2014,14(18):331-333.
- [3]钟林.水利工程中水工建筑的防渗透技术分析[J].水上安全,2025,(04):133-135.

作者简介:

蒋佳慧(1999--),女,满族,辽宁省兴城市人,硕士,助理工程师,水工结构。