水利水电工程防渗施工技术研究

李献峰
德州市河道管理服务中心　山东　德州　253000

摘　要：本研究针对水利水电工程防渗施工领域的现存痛点，从材料、结构、施工、地质四个维度系统拆解工程渗漏的核心生成逻辑，梳理当前防渗施工中材料适配性不足、工艺执行偏差、细部管控缺位等典型问题，逐一明确混凝土结构防渗、卷材与涂膜防渗、基础灌浆防渗三类核心技术的标准化作业边界。在此基础上构建覆盖材料全周期管控、工艺标准化落地、全过程质量闭环的优化应用体系，可为水利水电工程防渗施工的现场技术落地与质量管控提供体系化实操支撑，助力提升水工建筑物的渗流防控能力与长期运行安全冗余。

关键词：水利水电工程；防渗施工；施工技术

引言：在我国水利基础设施建设持续向复杂水文地质区域推进的背景下，防渗施工已成为决定水工建筑物服役寿命与运行安全的核心技术环节。当前部分已建与在建水利工程中，因防渗体系连续性不足引发的渗流破坏隐患仍时有发生，不仅会造成结构侵蚀、岩体劣化等慢性病害，极端工况下还会诱发重大工程安全事故。现有施工场景中仍普遍存在防渗技术应用不规范、管控体系碎片化的问题，难以适配现行高标准的工程建设要求。基于此，系统梳理防渗施工全链条技术逻辑，明确核心工艺的标准化执行要点并提出针对性优化策略，对补齐行业防渗施工技术管控短板具有明确的工程应用价值。

1 水利水电工程防渗施工概述

水利水电工程防渗施工是依托专用防渗材料、标准化施工工艺与结构性防渗构造，针对工程基础、坝体、闸体、输水渠道、水工构筑物缝隙等易渗漏部位开展的封闭、封堵与加固作业，核心作用是阻断水体非设计路径的渗透通道。其核心目标是系统性消除结构渗漏隐患，全面提升水工建筑物的密闭性与运行稳定性，从根源上规避长期渗流作用引发的结构侵蚀、岩体软化、扬压力超限等问题，避免因渗透破坏导致的工程功能失效与安全事故[1]。

水利水电防渗施工具备隐蔽性强、技术性要求高、工序关联性紧密的显著特征。绝大多数防渗作业集中在结构内部、基础底层、缝隙节点等隐蔽区域，施工完成后仅能通过少量检测指标间接验证效果，后续开展二次整改的成本极高，因此对一次性施工精度与工艺执行标准提出了严苛要求。同时，防渗施工并非独立作业环节，其实施过程与土方开挖、混凝土浇筑、结构砌筑等前置及平行工序深度交叉，前置工序的基面平整度、混凝土密实度、岩体完整性等质量参数，都会直接影响后续防渗层的贴合度与防渗体系的连续性。

在现行水利工程建设标准体系下，防渗施工已从单一的局部封堵措施，发展为覆盖坝基帷幕、坝体防渗层、接缝止水、排水导排系统的综合技术体系，施工全过程需严格遵循现行行业规范，通过精细化的过程管控，保障防渗体系的连续性、完整性与长期有效性，为水利水电工程全生命周期的安全稳定运行提供核心技术支撑。

2 水利水电工程渗漏成因及防渗施工现存问题

2.1 工程渗漏主要成因

水利水电工程渗漏问题的产生主要集中在材料、结构、施工、地质四个核心层面。在材料层面，防渗材料自身密实度不足、抗渗性能不达标、材料老化变形、材料配比不合理等问题，会直接导致防渗层出现渗水通道，降低整体抗渗能力。在结构层面，水工建筑物结构缝隙、沉降缝、伸缩缝处理不当，结构受力变形产生的细微裂缝，都会成为水体渗透的主要路径。在施工层面，混凝土浇筑振捣不密实、分层浇筑衔接处理粗糙、基层清理不到位、防渗层厚薄不均、细部节点处理缺失等施工缺陷，是引发后期渗漏的人为主要因素。在地质层面，工程场地土体孔隙率大、岩土结构松散、地下水压力较高，会持续对工程基础产生渗透作用，长期作用下引发基础渗漏问题。

2.2 防渗施工材料选用与配比不合理

防渗材料的性能是决定防渗施工质量的基础，当前部分施工环节存在材料选用不规范、配比把控不精细的问题。部分施工环节未结合工程地质条件、水体压力、施工部位差异化选用防渗材料，材料适配性不足，无法适配对应部位的防渗抗压需求。同时，防渗混凝土、防渗浆料、封堵材料的现场配比把控较为随意，水胶比、

外加剂掺量、骨料级配控制精度不足，导致成型后的防渗结构密实度较差，内部存在大量细微孔隙，整体抗渗强度达不到施工标准。此外，部分防渗材料存储、养护不当，出现受潮、变质、固化失效等问题，进一步降低防渗施工质量[2]。

2.3 施工工艺落实不规范，细部处理缺失

施工工艺落实不到位是引发渗漏隐患的核心人为问题。混凝土防渗施工中，存在浇筑速度不均衡、振捣不均匀、养护时长不足、温差控制不当等问题，极易引发混凝土裂缝，破坏结构防渗整体性。在卷材防渗、涂膜防渗施工中，基层打磨清理不彻底、基面含水率不达标、卷材搭接宽度不足、涂膜涂刷厚薄不均等工艺问题，会导致防渗层粘接不牢固、存在拼接缝隙，形成隐蔽渗漏通道。同时，工程阴阳角、施工缝、穿墙节点、结构接缝等关键细部位置，普遍存在简化施工流程、省略专项防渗处理的问题，细部防渗构造不完善，成为工程渗漏的高发区域。

3 水利水电工程核心防渗施工技术要点

3.1 混凝土结构防渗施工技术要点

混凝土结构是水利水电工程主体防渗体系的核心组成部分，其施工质量直接决定结构整体防渗能力与长期运行稳定性。（1）施工阶段需严格执行原材料质量管控流程，优先选用低水化热、高密实度、抗渗等级与工程设计要求完全匹配的混凝土原材料，精准管控骨料、水泥、外加剂的组分比例，系统性优化混凝土和易性与内部密实度，从材料源头减少内部连通孔隙的生成。（2）浇筑作业需严格遵循分层、分段、连续浇筑的工艺原则，合理管控浇筑厚度与推进速度，采用适配工况的高频振捣设备完成均匀振捣作业，全程杜绝漏振、过振引发的骨料离析与局部缺陷，保障混凝土整体密实状态统一。成型后需同步落实温控与保湿养护措施，合理调控结构内外温差，从工艺层面规避温度裂缝与干缩裂缝的产生。针对混凝土施工缝、沉降缝等天然防渗薄弱部位，需提前布设专用止水构造，通过止水带安装、防渗浆料嵌填封堵等组合工艺，保障结构接缝位置的防渗连续性[3]。

3.2 卷材与涂膜防渗施工技术要点

卷材防渗与涂膜防渗是水利水电工程表层防渗体系的常用技术类型，多用于水工建筑物面层、输水渠道坡面、附属结构的防渗处理，适配大面积薄型防渗施工场景，可在非结构性防渗部位形成连续的隔水屏障。（1）卷材防渗施工前需完成系统化基面处理作业，保证基层平整坚实，彻底清除表面浮尘、松动颗粒与尖锐凸起，严格管控基面含水率指标，避免粘接界面出现隔离层。卷材铺设过程中需保持适宜的松弛度，沿基准线均匀铺贴并同步辊压粘接，严格管控卷材搭接宽度与搭接部位的密封性能，搭接区域采用匹配卷材材质的专用粘接材料做密封处理，从工艺层面杜绝空鼓、翘边、贯通缝隙等质量缺陷。（2）涂膜防渗施工需严格执行多遍涂刷作业原则，前后两道涂刷工序保持垂直交叉走向，保证成膜后厚度均匀统一，对阴阳角、穿管节点、结构转角等防渗薄弱部位提前做加厚涂刷处理，最终形成连续密闭的整体防渗膜层。两类防渗工艺全部施工完成后，需划定专属作业保护区域，落实针对性成品保护措施，避免后续交叉施工破坏防渗层的结构完整性。

3.3 基础灌浆防渗施工技术要点

基础灌浆防渗是水利水电工程地基处理环节的核心防渗技术，主要针对工程地基松散岩土、孔隙地层、基础裂隙等天然渗流通道开展作业，核心作用是阻断地下水渗透路径，同步完成基础防渗体系的加固作业。（1）施工前需完成系统化的基础地质勘测工作，精准掌握地层岩土特性、裂隙分布与渗流发育规律，以此为依据确定灌浆孔布设位置、灌浆作业深度与灌浆控制压力，保障灌浆施工的靶向性与适配性。灌浆材料优先选用高强度、高流动性、固结性能优异的防渗浆料，严格管控各组分的配比精度，保证浆料可充分渗入并填充土体孔隙与结构裂隙内部。（2）施工全过程需按照分区、分段、循序渐进的工艺原则推进灌浆作业，动态调控灌浆压力与灌浆流量，规避压力过大引发的基体开裂、压力不足导致的裂隙填充不密实等质量缺陷。灌浆作业全部完成后，及时对灌浆孔进行封堵作业，同步做好表层防渗封闭处理，最终形成连续完整、内部密实的基础防渗固结层，全面提升地基整体抗渗承载能力。

4 水利水电工程防渗施工技术优化应用策略

4.1 严格把控防渗材料质量与配比管控

严格把控防渗材料质量与配比管控，是水利水电工程防渗体系落地的前置基础条件，直接决定后续防渗结构的成型质量与长期服役性能。（1）需建立覆盖材料选型、进场检验、现场应用全链条的闭环质量管控体系，结合工程不同施工部位的功能属性、现场实际水文地质条件、设计文件明确的防渗等级要求，科学匹配对应性能的防渗材料，从制度层面杜绝材料随意选用、混用乱用的不规范行为，保障材料性能与应用场景完全适配。（2）所有进场的防渗材料必须按批次完成规定的性能核验流程，重点核查密实度、抗渗性、粘接性、耐久性等核心指标，确认全部参数满足现行施工技术标准要求，

不合格材料直接清退，严禁进入现场施工环节，从进场端口阻断不合格材料的应用路径。建立现场材料精细化配比管控机制，结合实时施工环境、动态施工工况对配比参数进行合理微调，固定专职技术人员负责配料、搅拌、核验全流程作业，保证防渗浆料、防渗混凝土的性能稳定统一。同时规范材料现场存放管理，针对性落实防潮、防晒、防尘保护措施，避免材料提前发生性能失效，从源头筑牢防渗施工的基础质量防线[4]。

4.2 规范标准化施工工艺，强化细部防渗处理

规范标准化施工工艺、强化细部防渗处理，是保障水利水电工程防渗体系整体连续性的核心管控环节，也是破解渗漏高发痛点的关键抓手。（1）需针对不同防渗技术类型统一全流程施工工艺标准，细化混凝土防渗、卷材防渗、涂膜防渗、灌浆防渗的各道作业工序，明确每一个操作环节的执行标准、质量管控要点与施工约束要求，配套建立工艺执行追溯机制，从管理层面杜绝简化工序、违规操作等不规范施工行为。（2）针对混凝土浇筑、振捣、养护等决定主体结构防渗性能的关键工序，实施全覆盖全过程工艺管控，安排专职技术人员旁站监督作业流程，系统性防控裂缝、孔隙、夹层等常见质量缺陷的产生。将细部节点防渗作为专项管控重点，对施工缝、伸缩缝、阴阳角、穿墙管口、结构拼接缝等渗漏高发部位，单独编制针对性专项防渗施工方案，配套增设止水、封堵、加厚防渗构造，同步完成专项质量验收，系统性补齐细部防渗短板，最终保障工程整体防渗体系无断点、无盲区，实现全范围连续密闭的防渗效果。

4.3 落实全过程防渗施工质量管控

落实全过程防渗施工质量管控，是保障水利水电工程防渗体系最终达到设计要求的核心管理手段。需构建覆盖施工前期、施工中期、施工后期的全链条防渗质量管控体系，打破传统分段式管控的衔接盲区，实现防渗作业全周期的质量闭环管理。施工前期全面完成技术交底、基面验收、材料核验、专项方案复核等前置工作，提前识别并排查各类潜在施工隐患，从准备阶段规避影响防渗效果的不利因素。施工中期常态化开展动态巡检与工序交接验收，每道防渗工序完成后必须经过专项质量核验，确认合格后方可进入下一工序，第一时间纠正工艺偏差与新生施工缺陷。施工后期开展整体防渗性能专项检测与全域隐患排查，对防渗层的完整性、密闭性、厚度、密实度进行全面校验，对存在局部缺陷的部位及时完成针对性修补加固。通过全过程精细化管控，保障各类防渗施工技术的落地效果，全面提升水利水电工程结构的长期防渗稳定性[5]。

结束语

水利水电工程防渗体系的有效性，是支撑水工建筑物全生命周期安全运行的核心底线。本研究通过厘清渗漏多维度生成机制、明确三类主流防渗技术的标准化作业准则、搭建全链条技术优化管控框架，形成了覆盖从材料进场到最终性能核验的完整防渗施工技术应用体系。未来随着水利工程建设标准的持续升级，防渗施工技术还需进一步向精细化、集成化方向迭代，通过持续压缩工艺执行偏差、补齐细部防渗管控短板，从根源上降低渗流破坏风险，为各类水利水电工程的长期稳定运行筑牢坚实的技术屏障，助力我国水利基础设施体系的安全高质量发展。

参考文献

[1]王天雄.水利水电工程防渗施工技术研究[J].科技与创新,2026,(5):104-106.

[2]高鸿.基于水利水电工程防渗施工技术的实践研究[J].产业创新研究,2026,(12):129-131.

[3]魏万亮.防渗渠道施工技术在水利水电工程中的应用研究[J].产业创新研究,2026,(10):106-108.

[4]许志刚,李阳,么洪迪.水利水电工程灌浆施工技术研究[J].安家,2026,(8):0187-0189.

[5]么洪迪,许志刚,李阳.水利水电工程中水闸施工技术及管理措施研究[J].中国地名,2026,(8):0133-0135.