

浅谈水利水电堤防工程防渗施工与质量管理

黄 通

江苏禹王水利建设工程有限公司 江苏 宿迁 223800

摘 要: 水利水电堤防工程是防洪减灾的关键屏障,但其渗漏问题严重威胁工程安全、周边环境及防洪效益,制约工程长期稳定运行。传统防渗施工技术与管理模式存在协同性不足、技术应用局限等问题,新型防渗技术虽有发展但需系统整合。本文分析渗漏的多方面危害性,阐述垂直防渗、水平防渗等施工技术要点,探讨施工全流程质量管理措施,提出建立协同机制、强化技术创新、完善管理体系等优化策略,为水利水电堤防工程防渗施工与质量管理提供科学参考。

关键词: 水利水电堤防工程; 防渗施工技术; 质量管理; 协同优化策略

引言: 水利水电堤防工程作为水资源调控与防洪减灾的核心基础设施,对保障社会经济稳定发展具有不可替代的作用。堤防渗漏问题成为影响工程安全的突出隐患,渗漏不仅会削弱堤身结构稳定性、破坏周边水文地质环境,还会降低防洪效益、加速工程老化。当前,防渗施工技术与质量管理的脱节导致部分工程防渗效果不佳,亟需从技术应用与管理协同层面探索解决方案。本文以此为切入点,深入研究堤防工程防渗施工与质量管理,为提升工程安全性能提供支撑。

1 水利水电堤防工程渗漏的危害性

水利水电堤防工程作为防洪减灾的关键屏障,渗漏问题会对工程安全与周边环境造成多重危害。(1) 渗漏会削弱堤防主体结构的稳定性,水流持续渗透会带走堤身土壤中的细颗粒,导致堤身内部形成空洞或管涌通道,使堤身密实度下降,承载能力减弱,严重时可能引发堤身坍塌,直接丧失防洪功能。(2) 渗漏会破坏周边水文地质环境,渗漏水流会改变堤基及两岸的地下水位,可能导致沿岸土地沼泽化,影响农作物生长和植被存活;若渗漏区域存在盐渍化土壤,还会加剧土壤盐碱化程度,破坏土地资源的可持续利用。(3) 渗漏会降低工程的防洪效益,当堤防出现渗漏时,部分水量会通过堤身或堤基流失,不仅影响水资源的合理调配,还会在洪水来临之际,因堤防渗漏导致实际防洪能力低于设计标准,增加洪水漫溢的风险,威胁下游区域的生命财产安全。(4) 长期渗漏还会加速堤防工程的老化损坏,增加维修养护成本,缩短工程使用寿命,对水利水电工程的长期稳定运行构成潜在威胁。

2 水利水电堤防工程防渗施工技术

2.1 垂直防渗技术

垂直防渗技术是通过在堤防堤身或堤基中构建垂直

方向的防渗体,阻断水流垂直渗透路径的施工方法,适用于堤基透水层较深或堤身渗漏严重的场景。其核心原理是利用防渗体的低渗透性,形成一道贯穿堤身或堤基透水层的“屏障”,限制水流渗透。常用的垂直防渗技术包括防渗墙法、高压喷射注浆法和深层搅拌法等。(1) 防渗墙法通过专用设备在堤身或堤基中开挖槽孔,然后浇筑混凝土、水泥土或铺设土工膜等防渗材料,形成连续的防渗墙体。该技术防渗效果可靠,墙体整体性强,适用于多种地质条件,尤其在复杂地层中能有效控制渗漏。(2) 高压喷射注浆法则是利用高压喷射设备将水泥浆等浆液以高速喷射到地层中,浆液与地层土颗粒混合、凝固后形成防渗桩体或防渗墙,具有施工灵活、对周边地层扰动小的特点,适合在空间受限的区域施工。(3) 深层搅拌法通过深层搅拌机将水泥等固化剂与堤身或堤基土壤强制搅拌,使土壤固化形成防渗桩体,施工效率高、成本相对较低,常用于软土地基的防渗处理^[1]。

2.2 水平防渗技术

水平防渗技术是在堤防堤身表面或堤基顶部铺设防渗层,阻止水流水平方向渗透的施工技术,多应用于堤身表面渗漏或堤基表层透水的情况。水平防渗技术主要作用是切断表层水流的渗透通道,减少渗入堤身或堤基的水量。常见的水平防渗技术有铺设土工膜防渗、黏土铺盖防渗和复合土工膜防渗等。(1) 土工膜防渗是将高分子聚合物制成的土工膜铺设在堤防表面,利用其优异的防渗性能阻断水流渗透,具有重量轻、柔韧性好、施工简便等优点,能适应堤防的变形,且抗老化、耐腐蚀性能较强。(2) 黏土铺盖防渗则是采用塑性指数高、渗透性低的黏土材料,在堤基顶部铺设一定厚度的黏土铺盖层,通过黏土的低渗透性实现防渗,材料来源广泛、成本较低,但对黏土的质量要求较高,且施工时需严格

控制铺盖层的压实度,避免出现裂缝或孔隙。(3)复合土工膜防渗结合了土工膜和土工织物的优点,以土工膜为防渗主体,土工织物作为保护层和反滤层,既能保证防渗效果,又能提高防渗层的抗穿刺、抗拉伸能力,适用于对防渗要求较高的堤防工程。

2.3 其他防渗技术

除垂直防渗和水平防渗技术外,水利水电堤防工程中还常用一些辅助性或针对性的防渗技术,以应对特殊的渗漏情况或配合主要防渗技术使用,主要包括裂缝修补防渗技术、反滤排水防渗技术和灌浆防渗技术等。(1)裂缝修补防渗技术针对堤防工程中出现的裂缝渗漏问题,通过填充、灌浆等方式对裂缝进行处理,恢复堤防的防渗性能。常用的裂缝修补材料有水泥浆、环氧树脂砂浆等,对于细小裂缝可采用压力灌浆法,将修补材料注入裂缝内部;对于较宽裂缝则先清理裂缝,再填充防渗材料并压实。(2)反滤排水防渗技术通过设置反滤层和排水体,将渗入堤身或堤基的水流安全排出,防止管涌等渗透破坏的发生,反滤层通常采用级配良好的砂石料铺设,排水体可采用排水管、排水盲沟等,该技术虽不直接阻断渗漏,但能有效控制渗透水流,保护堤防结构安全。(2)灌浆防渗技术是将水泥浆、化学浆液等通过压力注入堤防的孔隙、裂缝或地层中,浆液凝固后填充空隙,形成防渗体,根据灌浆材料的不同可分为水泥灌浆、化学灌浆等,适用于堤身内部孔隙较大或裂缝较多的渗漏处理,能针对性地封堵渗透通道,提高堤防的整体防渗能力^[2]。

3 水利水电堤防工程防渗施工质量管理

3.1 施工前质量管理

施工前质量管理是防渗工程顺利实施的基础保障,需聚焦技术准备、资源配置与场地条件三大核心环节。(1)在技术准备方面,首要工作是深化设计文件审核,重点核查防渗方案的合理性,包括防渗材料选型、施工工艺参数、防渗体结构尺寸等内容,确保设计方案与工程地质条件、水文特性相匹配。同时,需组织技术人员编制详细的施工组织设计,明确防渗施工的流程、关键控制点、质量检验标准及应急预案,为现场施工提供技术指导。(2)资源配置管理需兼顾材料与设备两大要素。防渗材料需严格执行进场检验制度,对土工合成材料、防渗混凝土、水泥、砂石等原材料的物理力学性能进行抽样检测,确保材料质量符合设计要求。对于不合格材料,应坚决予以退场,杜绝使用。施工设备的管理则需提前对防渗施工所需的压实机械、浇筑设备、检测仪器等进行调试与校验,确保设备性能稳定、计量准确,避免因设备故障影响施工质量。(3)场地准备工作也不容忽视,需

完成施工区域的清表、平整及排水设施修建,清除地下障碍物,为防渗施工创造良好的作业条件。

3.2 施工过程中质量管理

施工过程是防渗质量形成的关键阶段,需实施全过程动态管控,重点强化工序质量、工艺控制与现场监测。(1)工序质量管控应遵循“三检制”原则,即班组自检、项目部复检、监理验收,对每一道工序进行严格把关。例如,在土工膜铺设施工中,需重点检查膜体的焊接质量,通过充气试验检测焊缝的密封性,确保无渗漏点;在防渗墙浇筑过程中,需控制混凝土的坍落度、浇筑速度及振捣密实度,防止出现蜂窝、麻面等质量缺陷。(2)施工工艺的规范化执行是保障防渗质量的核心。需加强对施工人员的技术交底与培训,确保其熟悉施工工艺要点与质量要求。在不同类型的防渗施工中,应采取针对性的工艺控制措施:对于高压喷射注浆防渗施工,需严格控制喷射压力、提升速度与浆液配比,保证防渗体的连续性与均匀性;对于黏土防渗层施工,需控制土料的含水率与压实度,通过现场试验确定最优压实参数,确保防渗层的密实性^[3]。(3)现场监测工作需同步开展,实时监测防渗体的变形、渗透压力等指标,一旦发现异常,及时采取调整措施,避免质量问题扩大化。

3.3 施工后质量管理

施工后质量管理是防渗工程质量保障的最后一道防线,主要包括竣工验收与运行养护两大内容。(1)竣工验收需依据设计文件与质量检验标准,对防渗工程的整体质量进行全面评估。验收内容涵盖防渗体的几何尺寸、物理力学性能、渗透系数等指标的检测,以及外观质量的检查。对于验收中发现的质量缺陷,需制定整改方案,明确整改责任人与时限,整改完成后重新组织验收,直至符合要求。(2)运行养护管理则是延长防渗工程使用寿命的关键。需建立常态化的巡查制度,定期对堤防防渗体进行外观检查,排查是否存在裂缝、渗漏、变形等异常情况。还需加强对防渗工程周边环境的管理,避免在防渗体附近进行开挖、堆载等可能影响工程安全的作业。并应根据工程运行情况,定期对防渗体进行维护与修复,例如对出现裂缝的防渗层进行灌浆处理,对老化的土工膜进行局部更换等,确保防渗工程长期保持良好的防渗性能^[4]。

4 水利水电堤防工程防渗施工与质量管理的协同优化策略

4.1 建立协同管理机制

建立协同管理机制是保障防渗施工与质量管理高效联动的关键。要打破施工与质量管控部门间的信息壁垒,

构建一体化沟通协作框架。(1) 组织架构上, 成立专项协同工作小组, 由施工技术与质量负责人共同牵头, 吸纳各工序班组长、质量检测人员参与, 明确各方职责分工, 实现施工与质控环节无缝衔接。(2) 信息共享是核心, 搭建实时信息交互平台, 同步整合防渗施工关键参数(如压实度、材料配比等)与质量检测数据(如原材料性能、工序验收结果等)。通过平台实现数据即时上传、查询与分析, 形成“施工-反馈-调整-质控”的良性循环。并定期召开协同工作例会, 集中研讨施工与质控问题, 共同制定解决方案, 避免责任推诿与工作脱节, 提升整体效率。

4.2 强化技术创新与应用

技术创新是推动防渗施工与质量管理协同升级的关键驱动力。(1) 在防渗施工技术方面, 应积极引入新型防渗材料与先进施工工艺, 提升施工过程的可控性与防渗效果的稳定性。例如, 推广使用高性能复合土工膜、改性沥青等新型防渗材料, 其优异的物理力学性能与抗渗性能可降低施工难度, 同时减少质量隐患; 采用智能化的施工设备如全自动土工膜焊接机、精准压实监测设备等, 实现施工操作的标准化与精准化, 减少人为因素对施工质量的影响。(2) 在质量管理技术应用上, 借助数字化监测技术实现对防渗施工全过程的动态质量管控。运用物联网技术布设传感器网络, 对堤防防渗结构的温度、应变、渗流量等指标进行实时监测, 数据通过云端平台进行分析处理, 一旦出现异常数据可自动发出预警, 便于质量管理人员及时介入核查。可引入三维建模技术对防渗施工过程进行模拟与可视化管理, 将施工进度与质量控制点进行关联标注, 直观呈现各阶段的质量状态, 为协同决策提供清晰的数据支撑, 使技术创新成果真正转化为提升施工质量与管理效率的有效手段。

4.3 完善质量管理体系

完善质量管理体系是保障防渗施工与质量管理协同效果的制度支撑。需以防渗施工的技术特点与质量要求为核心, 对现有质量管理体系进行细化与优化, 形成覆盖施工全流程的质量管控标准与流程。(1) 在质量目标设定

上, 将堤防工程的整体防渗要求分解为各分项工程、各工序的具体质量指标, 如土工膜接缝合格率、混凝土防渗墙渗透系数等, 使质量管控目标更加明确可衡量。(2) 强化过程质量控制流程, 在施工前制定详细的质量检验计划, 明确各环节的检测项目、检测频率与合格标准; 施工中严格执行“三检制”, 并将质量检测结果与施工工序流转直接挂钩, 上一道工序质量不合格不得进入下一道工序。(3) 建立质量追溯体系, 对施工所用材料、设备、人员及各工序的质量数据进行详细记录, 确保出现质量问题时能够快速定位原因并采取补救措施。(4) 引入持续改进机制, 定期对质量管理体系的运行效果进行评估, 结合施工与质控过程中的实际问题, 对体系中的管控标准、流程进行优化调整, 使质量管理体系始终与防渗施工需求相适配, 为二者的协同优化提供坚实的制度保障^[5]。

结束语: 水利水电堤防工程防渗施工与质量管理是保障工程长效运行的关键环节, 需兼顾技术应用与管理协同的双重需求。本文通过分析渗漏危害、梳理防渗技术、明确质量管理要点及提出优化策略, 构建了较为完整的防渗管控体系。未来, 随着新材料、智能化技术的发展, 堤防防渗施工与质量管理将向更高效、精准的方向迈进。因此, 重视技术创新与体系完善, 持续提升堤防工程的防渗能力, 为防洪减灾事业筑牢安全防线, 助力水利水电工程实现可持续发展。

参考文献:

- [1]黄先实.水利工程堤防防渗施工技术及其现场安全管理研究[J].广东安全生产技术,2025(8):28-30.
- [2]刘倩.水利工程堤防防渗施工技术分析[J].大众标准化,2023(14):64-66.
- [3]曾艳.试论水利水电堤防工程防渗施工与质量管理[J].建筑与装饰,2022(21):64-66.
- [4]郭鑫.刍议水利水电工程的施工质量与安全管理[J].水上安全,2023(5):191-193.
- [5]李丹.水利工程堤防防渗施工技术剖析[J].中文科技期刊数据库(引文版)工程技术,2022(6):231-235.