

水利工程防渗施工技术应用与质量管控

庞世杰

新疆兵团水利水电工程集团有限公司 新疆 昌吉 831700

摘要: 防渗施工是保障水利构筑物稳定运行的核心环节,复杂的野外临水作业环境,会对防渗施工成型效果与工程质量造成多重影响。本文围绕水利工程各类防渗施工场景与作业特性,梳理土体碾压、混凝土防渗、土工合成材料及灌浆防渗四类主流施工工艺,系统剖析材料适配、工序操作、环境干扰、管控疏漏等常见质量问题成因,从材料管控、工序细化、环境适配、全程动态监管多个维度,提出适配现场工况的精细化质量管控优化策略。

关键词: 水利工程; 防渗施工; 施工技术; 工序管控; 质量优化

引言: 水利工程长期服役于复杂水文地质环境,渗漏病害是影响坝体、堤防、渠道等水工结构安全性与耐久性的主要隐患。水体渗流会逐步破坏结构整体性,引发土体变形、结构开裂、设备受损等一系列工程问题,大幅缩短水利设施服役年限。为有效遏制渗漏问题,提升工程建设质量,需精准掌握各类防渗施工技术的应用要点,结合现场施工工况落实全流程质量管控,为水利工程安全稳定运行筑牢基础。

1 水利工程防渗施工工况与施工特性

1.1 水利工程防渗施工常见场景

水利工程防渗施工覆盖多种水工构筑物的建设与改造环节。坝体、闸室、堤防等挡水结构需要开展整体防渗处理,阻断水体通过结构本体向外渗透。渠道、输水隧洞等输水结构侧重内壁防渗处置,减少水体输送过程中的渗漏损耗。地基与基础防渗针对地下隐蔽区域开展施工,遏制地下水渗透引发的结构变形问题。部分工程护坡、回填土体也需要配套防渗处理,规避土体浸水软化带来的结构失稳^[1]。不同施工场景的结构形态、作业空间与施工条件存在明显差异,防渗施工的开展方式存在明显区别。

1.2 防渗施工所处环境施工特点

防渗施工大多依托露天临水场地开展,作业环境受水文与气象条件影响显著。施工区域土体含水率偏高,地层土质松软,结构基面长期处于潮湿状态,对防渗材料成型质量形成直接影响。水域周边场地地势低洼,积水积存现象多发,有效作业空间容易受到水体水位波动限制。野外施工环境温湿度波动明显,温差变化会干扰防渗材料固化成型状态,改变材料成型后的密实性能。复杂的现场环境提升施工操作难度,对防渗施工的精细

程度提出更高标准。

1.3 水工结构渗漏产生的主要诱因

水工结构渗漏问题的产生来源于结构、地层与施工多个方面。结构长期承受水体压力与持续渗流作用,内部细微孔隙与裂隙会逐步发育扩张,形成贯通性渗水通道。场地地层分布不均,土体密实度存在差异,软弱土层与松散堆积层容易成为地下水渗透的主要路径。施工阶段工序处理不够精细,基面清理不彻底、材料铺设不均匀、层间衔接处理不到位,都会留下渗漏隐患。结构长期服役过程中产生的细微变形,会破坏防渗体系的完整性,逐步诱发渗漏病害滋生。

1.4 防渗施工质量控制的特殊要求

防渗施工质量直接决定水工结构的服役稳定性,质量管控具备区别于普通土建施工的专属要求。施工全程需要保障结构层整体连续性,杜绝分层施工产生的衔接缝隙与施工断点。材料铺设、压实固化、层间处理等工序需要保持均匀统一,规避局部薄弱区域引发的集中渗漏问题。隐蔽施工环节占比高,管控工作需要聚焦细节开展全过程把控,减少后期隐患留存。结合临水、潮湿的特殊施工环境调整施工标准,适配复杂工况下的防渗成型需求,保障防渗体系长期稳定可靠。

2 水利工程主流防渗施工技术类型及应用方式

2.1 土体碾压防渗施工技术应用

土体碾压防渗是水利土方工程中适用性极强的基础防渗工艺,普遍用于堤防填筑、地基处理、库区回填等各类土方施工场景。技术原理通过物理压实方式重塑土体内部结构,采用分层摊铺、分层碾压的标准化施工模式,压缩土体内部松散孔隙,有效提升土层密实程

度与整体均匀性。土体透水能力会随压实效果提升显著降低,压实后的土层可形成稳定的防渗阻隔体系,有效阻挡地表水与地下水的渗透穿行。施工开展过程中,可根据现场土质差异灵活调整施工参数,合理控制摊铺厚度、碾压力度与作业频次,适配不同土质的压实成型规律^[2]。施工阶段重点管控摊铺平整度,精细处理层间结合位置,杜绝局部松散、虚铺过厚等常见施工问题。工艺操作简单易行,场地适配范围广,能够满足大面积土方防渗工程的建设需求。

2.2 混凝土结构防渗施工技术应用

混凝土防渗技术广泛应用于水工刚性结构的防渗构建工作,适配坝体、水闸、输水渠道、挡水墙体等各类永久性涉水构筑物。通过防渗专用混凝土整体浇筑成型,依托材料固化后高密度、低渗透的优良物理特性,切断水体渗透通道,增强结构整体抗渗性能与水流冲刷耐受能力。施工质量由材料配比、浇筑工艺、后期养护多个关键环节共同决定,优化骨料级配与胶凝材料比例,能够减少结构内部蜂窝孔隙的生成。保持浇筑作业的连续性,规避施工冷缝问题,配合充分振捣排出内部积存气泡,保障结构整体成型密实度。落实规范化养护流程,规避干缩开裂、表层脱落等常见质量缺陷,维持结构长期完整状态。成型后的防渗结构稳定性强、耐久周期久,可长期抵御渗流侵蚀与水流冲击。

2.3 土工合成材料防渗施工技术应用

土工合成材料防渗是轻量化新型防渗工艺,主要利用土工膜、复合土工布等专用防渗建材,在结构内部或表层构建连续隔水防护层。这类建材透水系数极低,铺设在土层表层或结构夹层位置,可形成完整封闭的隔水屏障,有效抑制水体渗流扩散。施工前期需要精细修整作业基面,彻底清理基面碎石、尖锐硬质杂物,杜绝材料铺设后出现穿刺、破损等质量问题。铺设过程保证材料平整舒展、无褶皱拉扯,重点把控板材搭接长度与热熔焊缝施工质量,确保接缝位置密闭不透水。铺设作业完成后,及时开展覆土防护与成品保护工作,隔绝紫外线长期暴晒、外力拉扯带来的材料老化与损伤。整体施工工序简便、成型速度快,能够适配渠道衬砌、蓄水池、临时围堰等多种防渗施工场景。

2.4 灌浆防渗加固施工技术应用

灌浆防渗加固技术专注处理深部地层、破碎岩体、结构缝隙等隐蔽区域的渗漏病害,是水利工程深层防渗治理的核心工艺。借助专业灌浆设备,将调配达标的浆液加压输送至地层裂隙与结构空隙内部,浆液逐步填充

各类空洞与缝隙空间,静置固化后形成高强度稳定固结体。固结体可彻底封堵原有渗水通道,压实松散岩土结构,有效提升地基与岩体的密实性、整体性。施工前期结合场地实际地质条件科学布置灌浆孔位,精准调控灌浆压力、浆液浓度与灌注速率,规避压力异常波动引发的地层扰动问题。施工全程遵循分段灌注、循序渐进的作业原则,保障浆液充分渗透、饱满填充缝隙结构。工艺可以处理表层施工无法覆盖的深层渗漏隐患,多用于复杂地基加固、老旧水工结构渗漏治理作业。

3 水利工程防渗施工常见质量问题及成因分析

3.1 施工材料适配性不足引发的防渗隐患

防渗材料的性能匹配程度,直接决定水工结构防渗体系的稳定能力。部分施工环节对材料选型把控不够严谨,未结合场地水文条件、地层特性及结构服役环境筛选适配建材。不同防渗场景对材料抗渗等级、耐腐蚀能力、变形性能存在差异化要求,选型失误会让材料性能难以适配现场施工工况。材料进场抽检环节把控不严,部分性能不达标的建材投入施工,固化或铺设后容易出现老化过快、变形开裂等问题^[3]。材料配比、改性处理不符合施工标准,也会降低防渗结构整体均匀性,留存持续性渗漏隐患。

3.2 施工工序操作不规范产生的质量缺陷

防渗施工工序精细度要求较高,不规范操作会直接破坏防渗体系的完整性。土体碾压施工存在虚铺厚度超标、碾压遍数不足、局部漏压等问题,土层密实度分布不均,形成透水薄弱区域。混凝土浇筑存在振捣不到位、浇筑间隔过长等问题,结构内部留存孔隙与冷缝,成为水体渗透通道。土工材料铺设存在搭接长度不足、焊缝不饱满、铺设褶皱等问题,接缝位置密闭性不足。灌浆施工存在浆液配比失衡、灌注速率不稳、孔位填充不密实等情况,裂隙封堵不够彻底,各类工序缺陷都会降低防渗施工质量。

3.3 现场施工环境造成的施工偏差问题

水利工程多处于露天临水场地,复杂环境会对防渗施工形成客观制约。场地土体长期含水饱和,基面潮湿积水,不利于防渗材料粘结固化,弱化材料与基体的结合强度。野外气温、湿度频繁变化,低温环境会延缓混凝土与浆液固化速度,高温天气容易加速材料水分蒸发,诱发结构干缩裂缝。大风、阴雨天气会干扰土工材料铺设、表层防渗施工开展,破坏施工成型状态。场地地形起伏、作业空间受限,也会影响施工操作精度,造成成型质量存在偏差。

3.4 施工过程管控疏漏带来的质量短板

防渗施工包含大量隐蔽作业内容,全过程管控缺失容易造成质量问题累积。施工前期技术核对不够细致,施工参数、作业标准未结合现场工况调整,作业开展缺少精准依据。施工中段巡检力度不足,细微操作缺陷无法及时整改,小范围质量缺陷逐步发展为整体性防渗隐患。隐蔽工序验收流程流于形式,部分不合格施工内容被后续工序覆盖,缺陷永久留存。全过程管控体系不够严密,无法对施工细节形成有效约束,拉低防渗工程整体施工质量水平。

4 水利工程防渗施工全过程质量管控优化措施

4.1 施工材料进场与适配管控优化

防渗工程整体稳定性依托建材性能作为支撑,科学完善的材料管控模式可以从源头规避各类施工隐患。正式开展施工作业前,结合工程所在地水文条件、地层结构特点以及防渗设计标准,针对性筛选适配施工现场工况的防渗材料。杜绝随意选用通用建材的粗放模式,让材料性能与施工场景相互匹配。严格落实进场抽样检测制度,针对水泥、骨料、土工膜、灌浆浆液等核心建材开展性能核验,筛除参数不达标、存在破损缺陷的物料。规范材料现场存放、预处理及配比操作流程,隔绝潮湿、暴晒等外界干扰,维持建材原始稳定性能^[4]。严谨的材料管控流程能够稳定施工基础条件,为后续防渗结构成型质量提供可靠保障。

4.2 各类型防渗施工工序管控优化

不同防渗施工工艺的操作要点与质控重点存在明显区别,精细化的工序管控可以大幅降低施工偏差出现概率。土体碾压防渗作业需要规范摊铺厚度,均匀控制碾压频次与作业力度,重点强化结构边角、分段衔接等易忽视薄弱区域的施工质量,保障填筑土体整体密实度均匀统一。混凝土防渗施工保持浇筑作业的连续性,规范振捣作业的深度与覆盖范围,减少内部孔隙、施工冷缝等常见质量缺陷。土工合成材料施工着重清理基面杂物与尖锐凸起,严格把控搭接宽度与热熔焊缝质量,维持防渗面层平整完整。灌浆防渗作业可根据现场裂隙宽窄、分布疏密的实际情况,灵活调配浆液浓度,合理把控灌注快慢,充分填充地层空隙,有效提升结构防渗与加固整体效果。

4.3 施工现场环境适配管控优化

水利防渗施工多处于露天临水场地,复杂多变的野外环境会直接影响结构成型效果。施工前期需要系统整治作业区域,彻底清理地表面层淤泥、积水与松散浮

土,修整出平整坚实的施工基面,保障防渗材料粘结固化的基础条件。结合季节气候变化规律合理规划施工时段,主动规避高温暴晒、低温霜冻、阴雨大风等不利天气,削弱温湿度波动对施工成型的负面影响。针对地形起伏大、作业空间狭窄的特殊施工区域,提前规划设备摆放位置与施工通行动线,适配现场有限作业条件。对现场场地进行规整处理并适配环境工况,搭建稳定可控的施工环境,减少外部因素诱发的施工质量偏差。

4.4 防渗施工全过程动态管控优化

水利防渗施工隐蔽工序占比高,质量隐患隐蔽性、滞后性较强,传统静态管控模式难以适配现场精细化施工需求。工程开工前期,需全面落实技术交底工作,逐项复核施工技术参数,依据现场实际工况调整标准化作业规范,清晰界定各施工流程的质量管控重点。施工期间建立常态化现场巡查机制,及时排查并整改各类细微施工缺陷,防止零星质量问题累积演变成成为结构性渗漏病害^[5]。严格执行隐蔽工程专项验收制度,各施工区段经检验质量合格后,方可开展后续施工工序。通过搭建全方位、全流程的管控体系,细化各岗位质量管理职责,压实现场施工细节管控力度,持续提升水利工程防渗施工的规范化程度与整体建设质量。

结束语

防渗施工质量管控是一项系统性、精细化的工程工作,贯穿水利工程施工建设全流程。各类防渗工艺适配不同施工场景,现场环境、施工操作与管理体系均会对防渗成效产生直接影响。通过规范建材选用与配比管理、细化各工序施工标准、优化现场作业环境,完善全过程动态管控体系,可有效规避施工渗漏隐患,提升水利工程防渗结构的密实度与稳定性,保障水利工程的建设品质与使用效能。

参考文献

- [1] 陈贵波,刘晓斌,李琪.基于岩溶发育特征的水利工程坝基防渗施工技术应用研究[J].水利技术监督,2026(7):348-351.
- [2] 李燕.灌浆施工技术在水利工程中的应用与质量控制研究[J].水上安全,2025(15):168-170.
- [3] 史亚琪.水利工程堤防防渗施工技术分析与应用探究[J].数字农业与智能农机,2026(2):75-77.
- [4] 张蕾,马岩.水利工程中堤防防渗施工技术的应用与探讨[J].科技与创新,2025(18):125-127.
- [5] 苏通,袁邦陆.防渗处理施工技术在水利工程中的具体应用[J].建筑与装饰,2025(11):178-180.