

水利水电施工技术和灌浆施工分析研究

周贝贝

中科华水工程管理有限公司 河南 郑州 450000

摘要: 本文聚焦水利水电施工技术与灌浆施工。构建涵盖基础、主体结构及辅助工程的核心施工技术体系,深度剖析灌浆技术分类、参数控制与质量检测。建立灌浆施工全流程质量控制体系,探讨施工技术与灌浆技术的协同适配、不同地质条件下的联动调整及全周期优化整合,旨在提升水利水电工程施工质量与效益,保障工程安全稳定运行。

关键词: 水利水电工程; 施工技术; 灌浆施工; 质量控制; 协同优化

引言: 水利水电工程是保障水资源利用与能源供应的重要基础设施, 施工技术水平直接决定工程质量与使用寿命。灌浆施工作为水利水电工程的关键技术, 在防渗、加固等方面发挥不可替代作用。当前工程建设中, 施工技术与灌浆技术的协同应用仍存在不足, 影响工程整体效益。深入分析水利水电施工技术与灌浆施工, 构建科学体系并优化协同路径, 对推动水利水电工程高质量建设具有重要现实意义。

1 水利水电工程核心施工技术体系构建

1.1 基础工程施工技术体系

地基处理技术需结合地质条件选择工艺, 地基开挖清理按设计范围分层推进, 同步清理杂物与松散土层, 为后续施工打牢基础。强夯技术适用于碎石土、砂土等粗颗粒地基, 通过重锤冲击增强密实度; 振冲技术依托振动与水冲形成碎石桩提升承载力; 置换技术针对软土地基, 用砂石、灰土替换软弱土层, 各加固技术操作要点需匹配地基特性。基础防渗技术聚焦阻断渗水路径, 地下连续墙施工先成槽再浇筑混凝土形成连续墙体; 钢板桩防渗墙通过打桩机将钢板桩逐根打入地层形成封闭结构^[1]。截渗沟沿渗水路径开挖沟槽并铺防渗材料; 排水盲沟埋于地下, 填充透水性材料汇集渗水, 两类工艺共同保障防渗效果。地基承载强化技术提升基础支撑力, 钻孔灌注桩先钻孔再下放钢筋笼、浇筑混凝土; 预制桩提前预制后通过锤击或静压植入地层。沉井与沉箱基础先制作井筒, 再通过排水或不排水方式下沉至设计标高, 后续填充混凝土完成构建, 全程需严控下沉精度。

1.2 主体结构施工技术体系

混凝土结构施工把控全流程质量, 搅拌运输按配比混合原材料, 用搅拌车保持和易性避免离析; 浇筑平仓分层进行, 每层厚度适配振捣设备, 振捣时控制插入深度与停留时间防漏振、过振; 温控防裂采取通水冷却, 通过预埋管道循环冷水降温, 表面铺保温材料减温差防

裂缝。土石坝施工注重稳定性与防渗性, 坝体填料选级配良好的土石料, 压实工艺按填料类型定碾压机具与遍数; 坝面施工按铺料、碾压、护坡顺序推进, 铺料控层厚与平整度, 碾压后及时铺护坡防冲刷; 坝体与岸坡结合处清理松散体, 用台阶式衔接增强强度。泄洪与输水建筑物施工适配功能, 闸室与溢洪道混凝土浇筑划分浇筑块防应力集中, 同步装止水带; 输水隧洞开挖按围岩条件选钻爆或盾构法, 开挖后及时衬砌混凝土防坍塌; 管道安装确保接口密封, 用焊接或法兰连接, 后续做压力试验测密封性。

1.3 辅助工程施工技术体系

边坡防护施工兼顾支护与排水, 锚杆、锚索支护按设计间距钻孔, 植入后注浆固定; 喷锚支护先喷混凝土再布锚杆形成联合体系。边坡排水系统沿边坡设排水沟与截水沟, 及时排雨水与渗水减压力。金属结构安装保精度与安全, 闸门与启闭设备安装前查尺寸, 安装时调平整度与垂直度保灵活; 压力钢管制作控焊缝质量, 安装用吊装设备精准就位, 做好连接与防腐; 预埋件浇筑前固定位置, 浇筑中监测位移防偏移。机电设备安装重调试, 发电机组精准定位定子与转子, 调试时测转速、电压等参数; 水泵与启闭机安装调水平度保传动配合; 电气控制系统布线按规范排列线缆, 调试时查线路通断与控制逻辑保安全。

2 灌浆施工技术深度分析

2.1 灌浆技术分类与工程适配性

按功能分类需匹配工程需求, 防渗灌浆中帷幕灌浆用于坝基、闸基, 形成防渗帷幕阻渗水; 固结灌浆针对松散岩体地基, 增强整体性与承载力。加固灌浆里接触灌浆处理混凝土与岩体接触面, 提升结合强度; 回填灌浆填充隧洞衬砌与围岩间隙, 保障结构稳定。堵水灌浆中裂缝灌浆封堵岩体或混凝土裂缝, 接缝灌浆处理施工缝, 均聚焦局部渗漏。按材料分类需依地层选料, 水泥

灌浆来源广、成本低,适用于一般岩土体防渗加固;化学灌浆流动性好、渗透性强,适配细微裂隙或复杂地层堵水^[2]。水泥-化学复合灌浆先灌水泥浆填大裂隙,再灌化学浆封细微通道,适用于防渗要求高的场景,选用需结合地层与工程目标。按工艺分类需适配施工条件,循环式灌浆通过浆液循环排杂质,适用于裂隙发育地层;纯压式灌浆一次性压入浆液,适用于裂隙细小或透水性低的地层。分段灌浆中自上而下分段适用于深孔或易坍塌地层,每段灌后封孔再钻;自下而上分段适用于稳定地层,减少封孔工序,流程依钻孔深度与地层稳定性定。

2.2 灌浆施工关键参数与工艺控制

材料性能参数需严控,浆液水灰比按地层透水性调,透水性大选低水灰比、小则选高水灰比;掺合料比例按设计加,保障浆液性能。流动性需满足设备输送,防管路堵塞;凝结时间适配施工进度,防影响扩散或延长周期;强度发展需符合承载需求,确保灌浆后强度达标。施工工艺参数需动态调,灌浆压力从低到高逐步升,防地层抬动或结构破坏;速率保持均匀,防扩散不均或效率低。段长划分结合钻孔深度与地层,深孔宜短段、浅孔可延长;封孔工艺选适配材料,确保密实防渗漏。特殊工况需针对性处理,岩溶地层先填溶洞再灌浆,用砂石、水泥砂浆等填,防浆液流失;裂隙发育区调压力、加速凝剂控扩散;高水位地层合理布孔、控顺序、设止浆塞,防串浆。

2.3 灌浆施工质量检测与效果评估

过程检测贯穿全程,压力流量用专用设备实时记,及时发现异常调工艺;浆液浓度密度定期取样分析,保配比合规;钻孔取芯在灌浆后选代表性孔位钻取,观填充与胶结情况评效果。效果评估需综合用方法,压水试验测透水率判防渗,需符合设计标准;声波测试测岩体完整性,速度提升表明强度与整体性增强;渗流监测在运行期观渗流量与渗压,稳定且合规说明防渗达标。常见问题需精准诊断,灌浆不饱满通过取芯、声波测试发现,多因扩散不均、压力不足;浆液串浆通过压力流量监测、现场观察判断,多与孔位近、地层连通好有关;孔斜偏差用测斜仪检测,超限时调工艺或重钻,保孔位合规。

3 灌浆施工全流程质量控制体系

3.1 施工前质量控制

技术准备需为施工打牢基础,灌浆设计方案审核要结合工程地质勘察报告,核查灌浆类型、参数设置是否匹配工程需求,确保方案科学。施工技术交底由技术人员向作业班组讲解流程、参数与注意事项,让操作人员

明确要求。人员培训考核围绕设备操作、参数控制、异常处理开展,考核合格方可上岗,避免操作不当影响质量。材料设备控制需严把进场关,灌浆材料按批次取样检验,检查水泥强度、细度、安定性与化学试剂纯度、浓度,不合格材料严禁使用。设备调试校准在施工前完成,测试灌浆泵压力稳定性、搅拌机均匀性,压力表送专业机构校准,确保设备运行正常、读数准确。场地钻孔准备需保障基础条件,用测量仪器复核钻孔位置与深度,避免孔位偏差影响灌浆范围。选择平整场地固定钻孔设备,通过垫木或支架防止施工中移位导致孔斜。根据地层特性保护孔壁,松散地层用套管护壁,防止孔壁坍塌。

3.2 施工过程质量控制

工序管控需全程精准,实时监测钻孔孔径、孔深与孔斜,确保孔径符合要求、孔深达设计标高、孔斜在允许范围。浆液制备按配比投料,保证搅拌时间充足,输送时检查管路密封性,防止泄漏污染。根据施工反馈调整压力与时间,压力异常升高减缓升压速度,吸浆量过大调整浆液浓度,确保过程平稳。异常处理需快速有效,灌浆中断立即关闭设备,查原因维修或清理管路后重新施工。漏浆冒浆先找漏点,轻微漏浆提高浆液浓度,严重漏浆用堵塞材料封堵。浆液凝结异常时检测配比与温度,凝结过快调水灰比或加缓凝剂,过慢加速凝剂,适配施工进度^[3]。过程记录需完整准确,专人填写施工日志,记录部位、设备、参数与人员,确保可追溯。记录灌浆压力、流量、浓度、时间等关键数据,避免遗漏错记。分类归档材料检测报告、设备校准记录与监测数据,为验收提供依据。

3.3 施工后质量验收

验收指标需明确合格标准,防渗性能验收以透水率限值为核心,通过压水试验检测灌浆区域透水率,需符合设计规定的限值要求,确保防渗效果达标。结构强度验收需检测岩体或混凝土强度,可通过钻孔取芯检测芯样强度,或采用无损检测技术评估,确保灌浆后结构承载能力满足工程需求。外观质量验收需检查灌浆孔封孔情况,封孔处需平整密实,无裂缝、空鼓等缺陷,避免因外观问题留下质量隐患。验收流程需遵循层级递进原则,分项工程灌浆质量验收针对单一灌浆工序,如钻孔、灌浆、封孔等,验收合格后方可开展下一分项工程。分部工程验收需整合多个分项工程成果,核查灌浆区域整体质量,评估是否满足分部工程质量要求。单位工程灌浆质量验收需全面审查所有分部工程验收资料,结合现场抽检结果,综合判断灌浆施工质量是否达到单

位工程验收标准。验收资料需完整规范,技术资料需包含灌浆设计方案、施工技术交底记录、人员培训考核资料,全面反映施工前准备情况。检测报告需整理压水试验、钻孔取芯、声波测试等报告,清晰呈现灌浆效果。质量评定资料需涵盖各阶段质量检查记录、验收意见,明确质量等级,为工程整体验收与后续运维提供完整的资料支撑。

4 水利水电施工与灌浆技术的协同优化

4.1 施工技术与灌浆技术的协同适配

施工技术与灌浆技术的协同需聚焦工序衔接的合理性,基础施工与帷幕灌浆的配合尤为关键。基础开挖至设计标高后,需先清理基坑松散土层,必要时采用小型压实设备对坑底轻压处理,再开展帷幕灌浆作业,避免开挖过程中扰动地层影响灌浆效果;灌浆完成且浆液达到设计强度后,方可进行基础后续施工,防止过早承载导致灌浆体开裂。主体结构施工与接触灌浆的协同需把控时机,混凝土浇筑至设计灌浆孔位标高时,需预留灌浆孔并做好保护,可在孔口设置临时封堵装置,待混凝土强度达到要求后及时开展接触灌浆,填补结构与岩体间隙,提升整体稳定性。此外,边坡防护施工与固结灌浆需同步规划,边坡开挖后先进行固结灌浆增强岩体完整性,灌浆范围需覆盖边坡潜在滑动面,再施工锚杆、喷锚支护,形成联合防护体系,避免边坡变形引发安全隐患。

4.2 不同地质条件下施工与灌浆技术的联动调整

针对不同地质条件需动态调整协同策略,软土地基施工中,先采用置换、强夯等技术处理地基,降低压缩性,处理深度需根据地基承载力要求确定,再开展防渗灌浆作业,选用高流动性浆液填充孔隙,可添加适量外加剂调节浆液扩散速度,防止浆液过度扩散导致地基扰动;施工过程中需控制开挖速度与灌浆压力,避免软土失稳。岩石地层施工时,先通过钻爆或盾构法开挖,钻爆施工需控制炸药用量减少岩体损伤,再根据岩层裂隙发育情况选择固结或帷幕灌浆,裂隙密集区采用分段灌浆工艺,段长可根据裂隙分布调整,确保浆液充分填充;开挖与灌浆需交替进行,每完成一段开挖及时灌浆加固,防止岩层坍塌。岩溶区施工需强化预处理,先采

用钻孔探测岩溶分布,绘制岩溶发育剖面图,再用砂石、水泥砂浆填充溶洞,填充高度需超出溶洞顶部50cm以上,随后开展堵水灌浆,选用速凝型浆液封堵通道;施工中需实时监测浆液扩散情况,调整灌浆参数,避免浆液大量流失。

4.3 工程全周期视角下施工与灌浆技术的优化整合

从工程全周期出发需统筹协同规划,前期设计阶段需结合地质勘察数据,同步制定施工与灌浆方案,明确各阶段协同节点与技术参数,如基础施工与灌浆的间隔时间、主体结构与灌浆的衔接顺序,避免后期方案冲突。施工阶段需建立动态反馈机制,通过监测数据评估施工与灌浆效果,若发现地基沉降超标,及时调整灌浆压力与施工进度,可增加灌浆孔密度强化加固效果;若结构强度不足,补充固结灌浆并优化后续施工工艺^[4]。运维阶段需整合施工与灌浆资料,建立工程档案,详细记录灌浆区域坐标、参数与效果,为后期检修提供依据;若出现渗漏、结构变形等问题,可基于历史数据快速制定修复方案,结合灌浆技术针对性处理,如渗漏点采用化学灌浆精准封堵,延长工程使用寿命,实现施工与灌浆技术的全周期协同价值。

结束语

水利水电施工技术与灌浆施工的系统分析及协同优化,为工程建设提供全面技术支撑。构建的施工技术体系与灌浆质量控制体系,可有效规范施工流程;两者协同策略能适配不同地质与工程阶段需求。未来需进一步结合技术创新,完善细节优化,持续提升工程技术水平。通过科学应用这些技术与策略,可保障水利水电工程长期稳定运行,为水资源与能源安全提供坚实保障。

参考文献

- [1]刘宏超.水利水电施工技术和灌浆施工分析研究[J].建材发展导向(上),2022,20(1):139-141.
- [2]王媛.灌浆技术在水利水电大坝施工中的应用分析[J].大众标准化,2023(3):43-45.
- [3]高翔.水利水电工程施工灌浆施工技术的应用研究[J].大众标准化,2023(10):138-140.
- [4]胡彦吉,白艳侠,陆晨红.水利水电工程灌浆施工技术与质量管理的策略分析[J].建筑与装饰,2022(12):91-93.