水利水电工程地基处理施工技术应用探究

尚永祥
中电建振冲建设工程股份有限公司成都分公司　四川　成都　610000

摘　要：水利水电工程地基施工受水文、土体、场地环境多重制约，施工条件具备较强的复杂性与特殊性。各类地基处理工艺可针对性改良软弱土体结构、阻断渗水通道、优化地基受力状态，本文结合水利工程场地施工特征，系统梳理土体加固、防渗止水、置换填充、排水固结等主流地基处理技术，剖析复杂水文、软弱土层、多工序衔接与现场工况带来的施工技术应用难题，从技术选型、流程优化、精细作业、现场管控四个维度，完善地基施工技术应用体系，有效提升水利水电工程地基施工的整体质量与稳定性。

关键词：水利水电工程；地基处理；施工技术；施工难点；技术优化

引言：地基结构的稳固性是保障水利水电工程整体建设质量与运行安全的重要前提。水利工程多临水布设，场地土体结构复杂、水文条件动态多变，特殊施工环境极易诱发地基沉降、渗水、土体失稳等不良问题。各类专用地基处理技术能够改良场地不良地质条件，消除地基潜藏的结构隐患。结合水利水电场地独有的施工特征，规范各类技术的应用流程，破解现场施工中的各类技术难题，能够持续提升地基结构的整体性与耐久性，为水利工程建设推进筑牢地质基础。

1 水利水电工程地基施工环境与施工特征

1.1 地基施工环境特征

水利水电工程多选址于河道、河谷及滨水区域，整体施工场景区别于常规土建工程作业环境[1]。区域内水汽富集，空气湿度长期维持较高水平，露天作业区域极易受到降水、径流、水位涨跌等自然因素的干扰。施工场地多存在地势起伏不均、地形复杂多变的情况，开阔规整的作业空间较为稀缺，各类施工工序的开展都会受到场地地形的约束。临水施工区域常年遭受水体浸润冲刷，表层土体稳定性偏弱，作业面易出现松散、湿软等状态变化。周边水系分布密集，外部水体极易侵入施工区域，持续干扰现场施工开展。施工环节需全程适配多变的户外自然条件，动态调整现场作业方式。

1.2 地基土体结构特征

水利水电工程场地土体长期与水体接触，沉积环境特殊，土体结构呈现出复杂性与多样性的特点。场地浅层多分布淤泥质土、粉质土及松散砂层，颗粒排布杂乱，孔隙分布不均，整体密实程度偏低。这类土层抗扰动能力薄弱，受到施工开挖、机械碾压等外力作用时，内部颗粒结构极易发生重组变动。深层土体长期处于水压覆盖环境，固结状态特殊，土层压缩属性、抗剪属性存在明显差异化表现。部分场地存在土层交错堆叠、软硬土体夹层交替分布的情况，均匀性与整体性较差。施工开展前需要精准甄别不同土层的结构差异，针对性制定地基处理施工方案。

1.3 水利水电工程场地水文地质特征

水利水电工程场地地下水体系发育完善，水体补给来源丰富，赋存形态多样。场地内部普遍分布上层滞水、潜水及承压水等水体类型，不同水体的埋藏深度、渗流状态互不相同。地下水会持续渗透浸润周边岩土体，不断改变土体原有物理力学状态，诱发土体软化、泥化等现象。岩溶裂隙、透水夹层等地质构造会形成隐蔽渗流通道，让地下水体分布更不均衡，局部区域出现水体富集、渗流紊乱的情况。水文条件会随季节更替产生动态变化，旱季水体埋深增大，雨季水体抬升富集，持续影响场地地质稳定。施工筹备阶段需全面摸排场地水文分布状态，规避各类水文隐患对地基施工的干扰。

2 水利水电工程常用地基处理施工技术类型

2.1 土体加固处理技术

土体加固处理技术多用于土质松软、孔隙发育、承载力偏弱的水利水电地基场地，是改良原生土体结构的主流施工工艺。施工通过物理压实、化学固化两类核心方式，调整土体内部颗粒排布形态，缩减土体内部多余孔隙。面对软土、杂填土等力学性能薄弱的土层，可搭配碾压、夯实、注浆等多种工艺改良土体状态[2]。注浆施工将固化浆液渗入土体缝隙，填补内部空洞，让松散零散的土体凝聚为完整稳固的结构层。强夯施工依靠高能冲击压实深层土体，缓解土体不均匀形变问题。

2.2 防渗止水处理技术

水利水电工程地基长期毗邻水域，岩土孔隙与构造裂隙极易形成透水通道，动摇地基整体稳定状态。防渗

止水处理技术主要针对各类透水通道开展封堵、阻隔作业，切断地下水渗透蔓延的路径。工艺类型涵盖帷幕防渗、表层防渗、裂隙封堵等多种形式，可适配不同深度、不同规模的地基渗水隐患。深层帷幕可在地基内部形成连续完整的隔水屏障，阻挡地下水侧向渗透窜动。表层防渗能够封堵浅层岩土的松散缝隙，减轻地表水长期下渗引发的土体软化问题。

2.3 置换填充处理技术

置换填充处理技术适配浅层不良土层集中、原位改良难度较大的地基施工场景，通过更换土体材质的方式清除浅层地基安全隐患。施工前期彻底挖除场地内稳定性差的淤泥质土、松散砂层与腐殖土层，清理干净基底残留的松散杂物与软弱夹层。选用级配合理、压实性好、抗渗能力优异的砂石、素土或灰土作为回填主材。回填作业采用分层铺设、分层压实的标准化施工模式，严格管控每层铺设厚度与压实质量，杜绝回填区域出现空鼓、松散、不均匀沉降等问题。

2.4 排水固结处理技术

排水固结处理技术针对性适配高含水率、高压缩性的饱和软土地基，依靠排水降压的方式实现土体固结稳定。软土内部留存大量自由水体，土体自然固结速度缓慢，承受外力荷载后极易出现持续性沉降变形。施工通过布设竖向排水构件、铺设水平排水垫层搭建完整排水体系，为土体积水排出构建通畅通道。在外荷载持续作用下，土体内部孔隙水逐步排出，土颗粒相互挤压贴合，土体孔隙空间不断收缩。土层压缩特性得到有效改善，整体抗变形能力稳步提升。

3 水利水电工程地基处理施工技术应用难点

3.1 复杂水文条件的技术适配难点

水利水电施工场地水文环境多变，地下水水位、渗流状态会随季节与周边水系变化持续波动，对地基处理技术落地形成极大阻碍。水体富集区域渗流路径杂乱无章，常规防渗、加固工艺难以精准适配动态变化的水文环境。地下水持续渗流会稀释注浆浆液浓度，拖延固化速度，弱化土体加固与裂隙封堵的实际成效。水位波动会改变土体饱和状态，让既定的施工参数失去适配性，导致施工工艺无法稳定发挥作用[3]。水文条件的动态不确定性，大幅提升施工方案的调整难度。

3.2 软弱土体环境的施工落地难点

水利工程场地普遍分布软土、淤泥土等不良土层，这类土体孔隙大、含水量高、结构稳定性弱，对各类地基处理技术的落地实施极为不利。软弱土体抗扰动能力极差，施工开挖、碾压、注浆等作业产生的外力扰动，都会引发土体结构形变、松散坍塌等问题。软土固结周期漫长，施工完成后土体形变仍会持续发生，难以快速形成稳定的地基结构。常规压实、加固工艺作用于软弱土层时，容易出现加固不彻底、受力不均的问题。

3.3 多技术组合施工的衔接难点

复杂水利地基场地无法依靠单一工艺完成处理作业，大多需要搭配多种施工技术协同完成地基改造。不同地基处理工艺的作业流程、施工节奏、技术标准存在明显差异，工序穿插过程中容易出现衔接断层。前期加固施工遗留的土体密实度差异，会影响后续防渗、排水施工的推进质量。排水固结作业形成的土体结构变化，也会干扰置换填充、注浆加固的施工效果。工序衔接不当容易造成施工缺陷累积，埋下地基稳定隐患。

3.4 现场复杂工况的技术制约难点

水利水电地基施工多处于露天临水场地，地形起伏杂乱、作业空间受限，整体施工工况复杂多变。场地狭窄区域无法开展大型机械作业，常规机械化施工工艺难以落地，只能依托人工辅助作业，降低施工效率与施工均匀度。临水作业区域易受径流、降水影响，作业面积水、土体泥泞都会干扰施工正常推进。场地内部土层分布不均、地质构造杂乱，会制约标准化施工工艺的统一实施。

4 水利水电工程地基处理施工技术优化路径

4.1 适配场地条件选用施工技术

水利水电工程不同施工场地的地质构造、土体性质、水文状态存在显著差异，固定单一的施工技术无法适配全部地基处理场景。正式开展地基施工前，需要完成全面细致的场地勘察工作，精准摸排土层分布、土体含水率、地下水埋深及渗流发育情况，厘清场地内部存在的不良地质问题。针对软土富集、含水率偏高的地基区域，优先选用排水固结技术，逐步改善土体压缩性能，从源头缓解地基沉降问题。针对裂隙发育、渗水问题突出的临水区域，优先布设防渗止水结构，阻断地下水渗透通道，保障地基土体干燥稳定。针对浅层劣质土层集中的场地，可采用置换填充技术替换不稳定土体，重塑地基受力结构。针对土体松散、承载力不足的区域，依托注浆、强夯等加固技术提升土体密实度[4]。结合场地真实地质与水文特征匹配对应施工工艺，摒弃同质化施工模式，能够从根本规避技术与场地不匹配引发的施工缺陷。

4.2 优化各环节施工操作流程

地基处理施工包含多道连贯工序，流程排布混乱、工序操作不规范，都会影响整体施工质量，诱发各类地基

安全隐患。施工单位需要结合场地施工特点与技术应用要求，梳理完整的施工链条，细化每一道作业环节的操作标准。梳理各类技术的施工先后顺序，明确单一工艺的作业边界，规避多技术组合施工出现工序交叉冲突、作业遗漏等问题。细化前期场地清理、土体预处理、设备布设的操作规范，为后续核心施工环节筑牢作业基础。把控中期加固、防渗、置换、排水等核心工序的操作细节，统一作业标准，减少人为操作偏差带来的施工质量波动。完善后期场地平整、质量自检、工序交接的作业流程，及时整改施工过程中暴露的细小缺陷。针对复杂工况，提前编制专项施工流程预案，应对场地突发的地质与环境变化。通过全流程规范化梳理，理顺施工推进节奏，保障地基处理各项工序有序高效落地实施。

4.3 提升技术施工精细作业水平

传统粗放式施工模式难以适配复杂水利地基的处理要求，精细化作业是提升地基施工质量、弱化技术应用难点的关键举措。施工人员需要摒弃粗放作业思维，聚焦各类施工技术的细节控制点，落实精细化作业要求。开展置换填充施工时，严格把控回填材料级配、分层铺设厚度与压实强度，杜绝回填层松散、空鼓、压实不均等问题。开展注浆加固作业时，精准控制注浆压力、注浆速度与浆液配比，根据土体孔隙发育情况调整作业参数，保证浆液充分填充土体裂隙与空洞。开展防渗施工时，细致排查地基隐蔽渗水通道，对细微裂隙、隐蔽透水夹层开展针对性封堵处理，消除隐蔽渗水隐患。开展排水固结施工时，规范布设排水体与排水垫层，保障土体积水能够顺畅排出。定期组织施工人员开展技术实操培训，积累复杂场地精细化作业经验，提升现场实操把控能力。

4.4 健全施工现场技术管控模式

完善的现场管控体系能够规范施工操作、约束施工行为，有效规避技术应用偏差与施工质量缺陷。施工单位需要结合水利地基施工的特殊性，搭建全方位、多层次的现场技术管控体系，覆盖施工全流程。组建专项技术管控小组，安排专业技术人员驻守施工现场，实时监督各类施工工艺的落地情况，及时纠正不规范作业行为。细化技术管控细则，明确不同施工技术的管控重点，针对水文适配、工序衔接、精细作业等关键环节加大管控力度。结合场地工况动态调整管控重点，雨季重点排查渗水、土体软化问题，复杂地质区域重点监督工艺适配与施工参数落实情况。建立常态化技术核查机制，定期核验地基施工成型质量，记录施工过程中的技术应用问题，积累现场整改经验[5]。完善技术交底制度，确保所有施工人员熟练掌握工艺标准、操作要求与风险防控要点。

结束语

水利水电工程地基处理技术的合理应用，是适配复杂临水地质条件、改善土体力学性能的重要手段。不同地基施工技术具备差异化适用场景与应用优势，现场复杂水文工况与土体条件会对技术落地形成多重制约。落实科学的技术选型方案，规范各工序施工流程，提升现场精细化作业水平，搭建完善的现场技术管控机制，可有效化解地基施工技术应用痛点，持续优化水利水电工程地基施工效果，保障工程建设与长期运行的整体稳定性。

参考文献

[1]刘思源.地基处理技术在水利水电工程中的应用探讨[J].水上安全,2025(2):151-153.

[2]严姗姗.水利水电工程基础处理施工技术探究[J].水上安全,2026(6):178-180.

[3]张旭林.水利水电工程施工中软土地基处理技术分析[J].科技资讯,2025,23(8):163-165.

[4]孙圆圆.水利水电工程基础处理施工技术关键点[J].工程建设与设计,2026(3):192-195.

[5]耿川,耿长亮.水利水电工程施工中不良地基处理技术研究[J].现代工程科技,2025,4(19):29-32.