

# 水利水电施工地基处理技术

汪 充

廊坊市广阳区水利水电工程处 河北 廊坊 065000

**摘要:** 水利水电工程安全稳定运行依赖地基可靠性能,地基承载不足、渗漏、变形等问题制约工程功能发挥与服役寿命,传统地基处理技术在复杂场景下适配性有限,新型技术仍需完善。本文解析灌浆加固、防渗屏障、桩基础加固等五类主流地基处理技术的原理、适用场景及施工要点,分析地质勘察、技术选型、质量控制等应用关键因素,提出推动新型材料、智能化施工、绿色环保技术应用的方向,为水利水电工程地基处理提供技术参考。

**关键词:** 水利水电施工;地基处理技术;灌浆加固;质量控制;技术发展趋势

引言:水利水电工程是保障社会民生与经济的重要基础设施,其安全稳定运行依赖地基的可靠支撑。工程建设中,地基需承受复杂荷载与恶劣环境影响,若存在承载不足、渗漏、变形等问题,将直接威胁工程安全与功能发挥。开展地基处理技术研究,对解决工程地基隐患、提升工程质量意义重大。

## 1 地基处理技术基础认知

### 1.1 水利水电工程地基的核心作用

水利水电工程地基是工程结构与大地连接的关键载体,承担着传递上部结构全部荷载的重要职责。无论是大坝、水电站厂房还是输水建筑物,其重量最终都会通过地基传递至下部地层,地基的稳定直接关系到整个工程结构能否安全运行<sup>[1]</sup>。在水利水电工程长期服役过程中,地基需要持续承受水压力、渗透力等特殊作用力,同时抵御水流冲刷、水位变化带来的环境影响。若地基支撑能力不足或稳定性欠佳,可能导致结构沉降、位移甚至开裂,进而影响工程正常功能发挥,威胁周边区域的安全。因此,地基的可靠支撑是水利水电工程实现防洪、发电、供水等核心功能的前提,也是保障工程长期运行安全的基础。

### 1.2 地基处理的核心目标

地基处理需通过科学技术手段,提升地基承载能力,确保地基能够稳定承受上部结构荷载,避免因承载力不足引发的结构失稳问题。在提升承载能力的同时,还需增强地基抗变形能力,控制地基在荷载作用下的沉降量和沉降差,防止结构因不均匀变形出现裂缝或功能损坏。水利水电工程常面临地下水渗透问题,地基处理需阻断地基内部可能存在的渗漏通道,减少渗水对地基结构的侵蚀,避免渗透破坏导致的地基强度降低。此外,针对不同地质条件,地基处理还需改善地基土的物理力学性质,如降低土的压缩性、提高土的抗剪强度,为工程结

构提供稳定可靠的受力环境,满足工程长期运行对地基性能的要求。

### 1.3 地基处理的基本原则

地基处理需与工程整体设计相适配,充分考虑工程结构形式、荷载特点和运行要求,确保处理方案能够融入工程整体设计体系,形成协同稳定的受力系统。地质条件是地基处理方案设计的重要依据,处理过程需紧密结合施工区域地层分布、岩土性质、水文状况等实际地质特征,选择适配的处理技术,避免脱离地质条件导致处理效果不佳。技术可行性是地基处理方案落地的关键,需综合评估施工场地条件、设备配备情况和施工技术水平,选择在现有技术能力范围内可顺利实施的方案。在保证技术可行和处理效果的基础上,还需兼顾经济性,通过对比不同处理方案的成本投入,选择性价比更高的方案,在满足工程质量和安全要求的前提下,实现资源的合理利用。

## 2 主流地基处理技术分类

### 2.1 灌浆加固类技术

灌浆加固类技术的核心原理是向地基内部的孔隙或裂隙注入特制浆液,浆液在空隙中扩散、填充并与周围介质胶结,形成整体结构,从而提升地基强度并增强防渗性能。主要技术类型中,防渗帷幕灌浆侧重于形成连续防渗墙体,阻断地下水渗透路径;固结灌浆通过浆液胶结岩土颗粒,提高地基整体密实度;接触灌浆则针对结构与地基接触面的缝隙,增强两者结合紧密性,不同类型技术在功能侧重上存在明显差异<sup>[2]</sup>。这类技术适用于裂隙岩体地基、松散砂砾石地基等存在空隙或裂隙的地质条件,能有效改善此类地基的工程性能。关键施工要点包括精准控制浆液配比以适配不同地质特性,合理调节灌浆压力避免破坏地基原有结构,科学规划灌浆顺序确保浆液均匀扩散,这些环节共同决定灌浆加固效果。

## 2.2 防渗屏障类技术

防渗屏障类技术通过在地基中构建连续且低渗透性的屏障结构,直接阻断地下水的渗透路径,减少渗水对地基的影响。主要技术类型涵盖钢筋混凝土防渗墙、素混凝土防渗墙、水泥土防渗墙以及土工合成材料防渗结构,钢筋混凝土防渗墙强度高、耐久性强,素混凝土防渗墙成本较低,水泥土防渗墙施工便捷,土工合成材料防渗结构适应性强,各类技术具备不同特征以适配多样需求。其适用场景广泛,可应用于各类松软地基、透水地基中存在防渗需求的工程,能根据地基透水情况和防渗标准选择适配技术。关键施工要点包含合理设计墙体厚度与深度以满足防渗要求,严格控制墙体连接部位的密封性防止渗漏通道产生,采取措施保障施工精度避免墙体出现缺陷,确保防渗屏障的完整性和可靠性。

## 2.3 桩基础加固类技术

桩基础加固类技术通过在地基中设置桩体结构,将上部结构传递的荷载有效传递至深层稳定地层,从而提升地基整体承载能力,减少地基沉降。主要技术类型有钻孔灌注桩、振冲碎石桩、高压旋喷桩、水泥土搅拌桩等,钻孔灌注桩承载能力强,振冲碎石桩可改善地基密实度,高压旋喷桩施工灵活,水泥土搅拌桩适用于软土地基,各类桩体结构特性不同,适用范围各有侧重。该技术适用于软土地基、承载力不足的松散地基等场景,能针对这类地基承载能力弱的问题提供有效解决方案。关键施工要点包括根据荷载需求和地质条件设计桩体直径与长度,严格控制桩身强度确保桩体承载能力,科学规划桩体间距保证地基受力均匀,这些要点直接影响桩基础加固的整体效果。

## 2.4 地基改良类技术

地基改良类技术借助物理、化学手段改变地基原有介质的物理力学特性,优化地基工程性能,提升地基承载能力和稳定性<sup>[3]</sup>。主要技术类型包含换填垫层法、强夯法、挤密法、高压喷射注浆法等,换填垫层法通过替换浅层软弱土改善地基条件,强夯法利用冲击能量夯实地基,挤密法通过挤压提高地基密实度,高压喷射注浆法通过浆液与土体混合形成加固体,各类技术作用机制存在差异。其适用场景包括浅层软弱地基、湿陷性黄土地基、松散砂土地基等,能根据不同地基类型的缺陷选择合适的改良方式。关键施工要点包括明确改良深度与范围以覆盖地基薄弱区域,合理控制施工能量避免对周边环境造成影响,确定改良后地基质量检测方向以验证改良效果,确保地基改良达到预期目标。

## 2.5 锚固加固类技术

锚固加固类技术通过锚杆或锚索施加预应力,将地基岩体或土体与深层稳定结构紧密连接,增强地基抗滑稳定性,防止地基出现滑动破坏。主要技术类型有预应力锚杆加固、预应力锚索加固等,预应力锚杆加固结构相对简单,适用于中小型工程,预应力锚索加固拉力更大,适用于大型工程,两类技术在结构组成和受力特点上有所区别。该技术适用于高边坡地基、岩质破碎地基、坝体与地基接触面等场景,能有效解决这类场景中地基抗滑稳定性不足的问题。关键施工要点包括根据稳定需求设计锚固深度以确保锚固效果,合理设定预应力值使锚杆或锚索发挥最佳作用,采取措施保障锚固体与地基的结合强度避免出现脱落,确保锚固加固结构的安全性和可靠性。

## 3 地基处理技术应用关键因素

### 3.1 地质条件勘察与分析

地质条件勘察与分析是地基处理技术应用的前提与基础,其准确性直接决定技术选择的科学性与适配性。地层分布勘察需清晰掌握施工区域不同土层、岩层的厚度、埋藏深度及空间分布规律,明确软弱夹层、断层破碎带等特殊地质构造的位置与范围,为判断地基承载薄弱区域、确定处理深度提供依据。岩土物理力学性质勘察需通过室内试验与现场测试,获取岩土的密度、含水率、压缩模量、抗剪强度、渗透系数等关键参数,这些数据是评估地基天然承载能力、变形特性及防渗性能的核心指标,也是后续技术方案设计的重要数据支撑。地下水状况勘察需全面了解地下水位埋深、水位变化规律、水流速度、水质成分及岩土渗透性,避免地下水在施工过程中引发管涌、流砂等问题,同时为选择防渗技术、确定排水措施提供参考,确保地基处理施工顺利开展。

### 3.2 技术选型的核心考量维度

技术选型需综合权衡多方面因素,确保所选技术与工程实际需求高度匹配。地基问题类型是首要考量,针对地基承载能力不足、沉降变形过大、渗漏严重等不同问题,需选择对应功能的处理技术,例如承载能力不足时可选用桩基础加固类技术提升承载能力,渗漏问题则需采用防渗屏障类或灌浆加固类技术阻断渗水路径。工程结构要求需结合水利水电工程的具体类型,如大坝、水电站厂房、输水渠道等,不同结构的荷载特点、安全标准及使用年限存在差异,技术选型需满足结构对地基承载力、变形控制精度及耐久性的特定要求<sup>[4]</sup>。施工环境限制同样不可忽视,施工场地的地形地貌、周边建筑物分布、生态敏感区域范围、气候条件及交通便利性等因素,会影响施工设备进场、施工工序安排及工期规划,

需选择在现有环境条件下可高效实施的技术,避免因环境限制导致施工成本增加或工期延误。

### 3.3 地基处理质量控制要点

质量控制贯穿地基处理全过程,是保障处理效果的关键。施工前需开展参数验证工作,通过室内试验或现场试施工,验证浆液配比、夯击能量、桩体参数等设计值的合理性,及时调整偏差参数,确保施工方案具备可行性。施工中需加强过程监测,采用专业仪器对施工关键环节进行实时监控,如灌浆压力变化、桩体垂直度、防渗墙浇筑质量等,及时发现并纠正施工偏差,避免质量隐患产生。施工后需开展效果评估,通过载荷试验、渗透试验、地质雷达检测等手段,检测地基处理后的承载能力、防渗性能、密实度等指标,判断是否达到设计要求,若未达标需及时采取补修措施,确保地基处理质量满足工程长期运行需求。

## 4 地基处理技术发展趋势

### 4.1 新型材料应用方向

新型材料研发与应用正成为推动地基处理技术升级的重要动力。高性能灌浆材料聚焦提升浆液的流动性、凝结速度与胶结强度,部分材料可根据地质条件实现凝结时间动态调节,适应复杂裂隙或孔隙的填充需求,同时增强与岩土介质的结合稳定性,延长地基加固效果的耐久性。环保型防渗材料注重降低生产与使用过程中的环境影响,部分材料采用可降解成分或工业废料再生加工,在保证低渗透性的同时减少污染物排放,契合工程建设的环保要求。高强度桩体材料则通过优化成分配比或采用新型复合结构,在减轻桩体自重的同时提升承载强度与抗腐蚀能力,适用于更复杂的水文地质环境,为桩基础加固技术拓展应用场景。

### 4.2 智能化施工技术发展

智能化技术正逐步渗透到地基处理施工的各个环节,显著提升施工效率与精度。智能化监测设备可实时采集施工过程中的关键数据,如灌浆压力、桩体垂直度、地基沉降量等,通过传感器与数据传输系统实现信息实时反馈,助力施工人员及时发现异常并调整操作。自动化施工装备能按照预设程序完成标准化作业,如自动控制灌浆量、精准调节强夯能量、同步完成桩体成孔与浇筑,

减少人工操作误差,保证施工质量的一致性。数字化施工管控系统整合勘察数据、施工参数与监测信息,通过三维建模与模拟分析优化施工方案,实现对施工全过程的动态管控,提升地基处理工程的智能化水平。

### 4.3 绿色环保技术创新

绿色环保理念正推动地基处理技术向低耗、无污染方向创新发展。低能耗施工工艺通过优化设备动力系统、改进施工流程减少能源消耗,如采用节能型强夯机械、优化灌浆作业时序,在保证施工效果的同时降低碳排放<sup>[5]</sup>。无污染材料使用优先选择无毒、低污染的原材料,如新型环保固化剂、可循环利用的防渗膜,避免材料对土壤与地下水造成污染,保护工程周边生态环境。地基资源循环利用技术探索将施工中产生的弃土、碎石等废料经过处理后重新用于地基改良,如将弃土加工成垫层材料、碎石用于桩体填充,减少建筑垃圾排放,实现资源的高效利用,推动地基处理工程向绿色可持续方向发展。

### 结束语

水利水电施工地基处理技术的有效应用,是保障工程安全稳定运行的关键。从深化地基处理基础认知,到科学选用主流技术类型,再到精准把控应用关键因素,每个环节都需紧密结合工程实际推进。面对技术发展新方向,积极探索新型材料、智能化与绿色环保技术的融合应用至关重要。唯有构建技术适配、质量可控、持续创新的地基处理体系,才能为水利水电工程高质量建设提供坚实保障,推动行业实现可持续发展。

### 参考文献

- [1]刘晨亮.水利水电工程施工中不良地基处理技术研讨[J].水上安全,2025(5):100-102.
- [2]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.
- [3]朱宗洲.水利水电工程施工中不良地基处理技术分析[J].建材发展导向,2024,22(23):114-116.
- [4]汪琪.水利水电施工中地基处理技术探讨[J].建筑与装饰,2023(3):178-180.
- [5]王浩,耿玉芝,李福.水利工程施工中软土地基处理技术研究[J].水上安全,2025(9):185-187.