

水利水电工程基础处理施工技术浅析

谭学品 周斯果

中国水利水电第七工程局有限公司 四川成都 610213

摘要：水利水电工程的建设质量直接关系到工程安全与长期稳定运行，其中基础处理施工技术尤为关键。本文首先阐述了工程基础处理的必要性，指出不良地质条件可能带来的沉降、渗漏等风险。在此基础上，详细探讨了包括灌浆加固、防渗墙施工、桩基处理以及软基处理在内的多种主流技术类型，并深入解析了其加固地基、提高承载力与防渗能力的基本工作原理。通过对各项关键技术施工流程、适用条件及核心要点的分析，明确了不同技术方案的选择需紧密结合具体工程的地质水文特征。研究结果表明，科学合理地选用与实施基础处理技术，能够显著提升地基的整体性与稳定性，有效保障上部主体结构的安全，对于延长工程使用寿命具有重要作用。

关键词：水利水电工程；基础处理；施工技术

一、研究概述

水利水电工程作为国家基础设施的关键组成，在防洪抗旱、水力发电、水资源调配等方面发挥着不可替代的作用。其建设质量直接关系到工程安全、区域经济发展乃至生态安全。水利水电工程多建于地质构造复杂、水文条件多变的区域，地基常面临软弱土层、岩溶发育、断层破碎带等不良地质条件，这些因素可能导致地基沉降、渗漏乃至结构失稳等严重风险。因此，基础处理施工成为保障工程长期安全稳定运行的首要前提和核心环节。正如研究指出，基础处理施工技术的优劣直接关乎工程安全与效益。当前，随着国家在“十四五”乃至更长时期对水安全与清洁能源的持续重视，水利水电工程建设正向更复杂地质环境与更高标准迈进。

截至目前，工程实践对基础处理技术的可靠性、适应性与精细化水平提出了更高要求。面对复杂多变的地质条件和多元化的功能需求，基础处理施工技术的精准性与高效性已成为保障水利水电工程安全的核心要素。然而，在实际施工中，如何科学选择并有效实施各类技术，仍是亟待系统梳理与深化研究的问题。基于上述背景，本研究旨在系统梳理与分析当前水利水电工程中常用的基础处理施工技术。通过明确基础处理的必要性，并详细探讨各类主流技术的类型与原理，本研究期望为工程实践提供清晰的技术参考框架。最终目的在于，通过科学合理地选用与实施基础处理技术，提升地基的整体性与稳定性，从而有效保障上部主体结构的安全，并对延长工程使用寿命起到积极作用。

二、水利水电工程基础处理的类型与原理

1. 基础处理的主要类型及其适用条件

水利水电工程基础处理技术种类多样，其选择与应用必须紧密结合具体工程的地质水文条件。针对不同的地基问题和工程需求，主要技术类型可归纳为加固类、防渗类以及软基处理类。加固类技术旨在提升地基承载力与整体稳定性，防渗类技术侧重于阻断地下渗流路径，而软基处理类则专门应对软弱土层的沉降与强度不足问题。

加固类技术中，灌浆加固与桩基处理应用最为广泛。灌浆加固通过压力将浆液注入岩土体的裂隙或孔隙，填充空隙并胶结松散介质，从而显著提高地基的整体性与强度。该技术尤其适用于岩体破碎、存在断层或裂隙发育的坝基、边坡及隧洞围岩加固。桩基处理，包括混凝土灌注桩与预制桩，通过在软弱土层或深厚覆盖层中设置深基础，将上部荷载传递至深层稳定地层，有效解决承载力不足问题，常见于电站厂房、泵站等对沉降控制要求较高的结构基础。

防渗类技术则以构建连续、低渗透性的屏障为核心目标。防渗墙施工，如水泥土防渗墙或塑性混凝土防渗墙，通过在坝基或坝肩形成垂直阻水帷幕，是阻断渗流、防止管涌等渗透破坏的关键手段，适用于透水性强的砂砾石层或覆盖层深厚地区。正如研究指出，防渗处理技术需根据材料性能与地质条件进行针对性选择。此外，灌浆技术中的帷幕灌浆也常被用于形成地下防渗帷幕，与防渗墙相辅相成。

针对软土地基，常采用排水固结与置换等处理方法。

排水固结法通过设置排水通道并施加预压荷载,加速软土中孔隙水的排出,促使土体固结并提高强度,适用于含水量高、渗透性低的淤泥或淤泥质土层。置换法则通过挖除软弱土层并换填强度较高的砂石等材料,快速形成稳定的人工地基,多用于局部地基处理或对变形敏感的小型构筑物。针对不同类型的不良地基,需选用相应的处理技术。

各类基础处理技术均有其特定的作用机理与最佳适用场景。科学选择技术方案的前提是对工程场地的地质条件、水文特征及结构要求进行详尽勘察与综合分析,以确保所选技术能够经济、有效地解决地基问题,为上部工程的安全稳定奠定坚实基础。施工单位务必慎重选择基础处理技术,并严格遵循相关技术规程。

2. 各类基础处理技术的加固机理与作用

各类基础处理技术的核心目标在于通过物理或化学手段,主动改善地基的力学性能与水文特性,其加固机理与作用各有侧重。灌浆加固技术主要通过压力将特定配比的浆液注入岩土体的裂隙、孔隙或空洞中。浆液在压力作用下渗入并填充这些空间,随后逐渐凝固硬化,将原本松散、破碎的岩土颗粒胶结成一个整体,如同为地基内部添加了“粘合剂”。这一过程有效提高了地基的整体性、密实度和抗压强度,并显著降低了其渗透性。对于软弱土层,排水固结法则侧重于加速土体的固结进程。该方法通过在软土层中设置砂井或塑料排水板等竖向排水通道,并施加堆载或真空预压荷载,促使土体中的孔隙水压力升高,水分得以沿着排水通道快速排出。随着孔隙水排出,土体颗粒间的有效应力相应增大,土体逐渐被压密,其抗剪强度和承载能力因此得到显著提升。桩基处理的作用机理则是通过深基础将上部结构的荷载传递至更深、更稳定的地层。无论是灌注桩还是预制桩,其桩身穿越软弱土层,将荷载通过桩侧摩阻力和桩端阻力分散并传递至持力层,从而有效规避浅层软弱土的不良影响,确保上部结构沉降均匀且控制在允许范围内。防渗墙技术则旨在构建一道连续的、低渗透性的垂直屏障。通过成槽、浇筑防渗材料(如塑性混凝土或水泥土)形成墙体,该墙体能有效截断或延长地下水渗流路径,大幅降低渗透坡降和渗流量,防止因渗流导致的管涌、流土等渗透破坏,是保障坝基和坝肩渗透稳定的关键。而置换法的机理最为直观,即直接将不能满足承载力要求的软弱土层挖除,换填强度高、压缩性小的砂、石或灰土等材料,从而快速形成一个性质优良的人

工地基。正如研究所指出,针对不同的地基问题,需采用具有针对性的加固技术方案。

三、水利水电工程基础处理关键技术分析

1. 软土地基处理关键技术对比与应用

软土地基在水利工程中普遍存在,其透水性差、孔隙率大等特点直接影响地基的稳定性与承载能力,若处理不当将显著影响工程安全。针对这类地基,排水固结法与置换法是两种经典且经济有效的关键技术,其适用条件、作用机理与施工要点存在明显差异,需根据工程具体条件进行科学选择与应用。

排水固结法主要适用于含水量高、渗透性低的饱和软黏土层,如淤泥或淤泥质土。其核心原理是通过在软土层中设置砂井或塑料排水板等竖向排水通道,并施加堆载或真空预压荷载,加速土体中孔隙水的排出。随着孔隙水压力消散,土体有效应力增加,从而促使土体固结压密,其抗剪强度和地基承载力随之逐步提高。该方法的优势在于能有效处理深厚软土层,且材料成本相对较低,但施工周期通常较长,对预压荷载的控制和固结时间的预估要求较高。

置换法则通过直接挖除不能满足设计要求的软弱土层,换填强度高、压缩性小的砂、碎石或灰土等材料,从而快速形成一个性质优良的人工地基。该方法适用于软弱土层厚度不大、或仅需对局部地基进行处理的场景,例如小型水工建筑物的基础或地基存在局部软弱夹层的情况。置换法具有施工工艺相对简单、处理效果见效快、变形控制明确等优点。然而,其工程量和土方开挖成本会随置换深度和范围的增加而显著上升,且开挖过程可能对周边土体稳定性和地下水位造成扰动。

在工程实践中,技术方案的选择需综合考虑软土层厚度与分布、工程对沉降和工期的要求、施工条件与经济性等多方面因素。对于深厚、大范围的软土地基,排水固结法往往是更经济合理的选择;而对于浅层或局部的软弱地基,置换法则能更快捷地解决问题。科学合理选用与组合这些关键技术,是优化软土地基性能、确保水利工程长期稳定运行的基础。

2. 复杂地质条件下的灌浆与防渗墙施工技术

在复杂地质条件下,如岩溶发育区、断层破碎带或深厚覆盖层区域,灌浆技术与防渗墙施工技术是保障水利水电工程地基稳定与渗透安全的核心手段,其施工工艺与质量控制面临严峻挑战。针对这类地基,灌浆技术需应对裂隙分布不均、浆液易流失等问题。实践中,常

采用高压喷射灌浆或复合灌浆工艺，通过调整浆液配比与灌注压力，确保浆液能有效填充岩体裂隙或土体孔隙，形成连续、密实的固结体或防渗帷幕。正如侯绍祥在研究中指出，高压喷射灌浆技术能有效处理基础底板的渗漏问题。施工过程中，需严格控制灌浆顺序、压力与终灌标准，以防止地层抬动或灌浆效果不佳。

防渗墙施工在复杂地质中同样关键，其目的在于构建一道垂直、连续的防渗屏障。在透水性强的砂砾石层或存在孤石、漂石的地层中，成槽施工难度较大。此时，可选用抓斗、冲击钻或铣槽机等多种设备组合进行成槽作业，并采用塑性混凝土或水泥土等适应性较强的墙体材料。施工需确保槽壁稳定、接头处理严密，以形成整体防渗性能优良的连续墙体。潘中圣探讨防渗处理技术时强调，需基于渗流力学原理，结合工程实际选择适宜的垂直防渗方案。此外，灌浆形成的帷幕与防渗墙墙体常协同工作，共同构成复合防渗体系，以应对复杂的水文地质条件。

在目前的当下，随着自动化灌浆设备与实时监测技术的应用，复杂地质条件下的灌浆与防渗墙施工正朝着更精准、更智能的方向发展。通过施工过程中的动态反馈与参数优化，能够显著提升处理效果的可靠性与均匀性，为工程长期安全运行奠定坚实基础。

结语

本研究系统梳理了水利水电工程基础处理的关键施工技术，并对其原理、类型、适用条件及关键技术要点进行了综合分析。结果表明，基础处理是保障工程长期安全稳定运行的根本所在。针对不同类型的不良地质条件，科学选择并合理应用灌浆加固、桩基处理、防渗墙施工及软基处理等技术，能够有效提升地基的整体性、承载力和抗渗性能，从而为上部主体结构提供可靠支撑。施工过程中，必须严格遵循技术规程，强化全过程质量控制，确保处理效果满足设计要求。

参考文献

- [1] 张金龙. 水利水电工程基础处理施工技术浅析[J]. 《治淮》，2023，(12)：58-59.
- [2] 尉阳阳. 水利水电工程基础处理施工技术[J]. 《大众标准化》，2025，(20)：40-42.
- [3] 唐博峰. 水利水电工程基础处理施工技术分析[J]. 《中国厨卫》，2025，(9)：253-255.
- [4] 潘中圣. 水利水电工程中防渗处理施工技术探讨[J]. 《价值工程》，2025，(34)：102-104.
- [5] 耿川. 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，(19)：29-32.