

水利工程基础处理对工程稳定性的影响研究

张森林, 项宇

江苏淮阴水利建设有限公司, 江苏 淮安 223001

DOI:10.61369/WCEST.2026010003

摘 要 : 水利工程基础处理是确保工程稳定性和安全性的重要环节。基础处理的质量直接影响到水利工程的承载能力、抗震性能及使用寿命。通过合理选择基础处理方法,可以有效避免基础沉降、滑移及不均匀变形等问题,提升工程整体稳定性。不同地质条件下的基础处理技术也有所差异,选择合适的处理措施能够减少工程风险。研究表明,基础处理技术的创新和优化对提高水利工程的长期稳定性具有重要作用。

关 键 词 : 水利工程; 基础处理; 稳定性; 地质条件; 抗震性能

Research on the Impact of Foundation Treatment in Water Conservancy Projects on Project Stability

Zhang Senlin, Xiang Yu

Jiangsu Huaiyin Water Conservancy Construction Co., Ltd., Huai'an, Jiangsu 223001

Abstract : Foundation treatment in water conservancy projects is a crucial aspect of ensuring project stability and safety. The quality of foundation treatment directly affects the load-bearing capacity, seismic performance, and service life of water conservancy projects. By reasonably selecting foundation treatment methods, issues such as foundation settlement, slippage, and uneven deformation can be effectively avoided, thereby enhancing the overall stability of the project. Foundation treatment techniques vary under different geological conditions, and selecting appropriate treatment measures can reduce project risks. Research indicates that innovation and optimization of foundation treatment techniques play a significant role in improving the long-term stability of water conservancy projects.

Keywords : water conservancy project; foundation treatment; stability; geological conditions; seismic performance

引言

水利工程作为基础设施建设的重要组成部分,其稳定性关系到人民生命财产安全以及社会经济发展。工程的基础处理是确保其安全性的关键步骤,不仅能有效防止地基沉降、滑移等问题,还能增强抗震能力,提高长期使用的可靠性。随着水利工程规模 and 技术的不断发展,如何根据不同地质条件选择合适的基础处理技术,成为了当前研究的热点问题。基础处理技术的不断创新,为水利工程的安全性和经济性提供了坚实保障,值得深入探讨和研究。了解和掌握基础处理的技术与方法,对于提升水利工程的整体稳定性具有至关重要的意义。

一、水利工程基础处理的基本概述

(一) 水利工程基础处理的定义与重要性

水利工程基础处理是指对水利工程建设过程中地基基础进行必要的加固、改良和修整,以确保其具备足够的承载力、稳定性和耐久性。基础处理的核心目标是通过优化地基性能,使水利工程能够在不同的地质环境中保持长期稳定运作。地基的质量直接关系到水利工程的整体安全性,尤其是在大坝、水库、渠道等关键设施的建设中,基础处理的必要性更加突出。通过有效的基础处理,可以防止基础沉降、滑移、地基不均匀变形等问题,避免出现因基础问题引发的工程事故,保证水利工程的安全性和经

济性。

(二) 水利工程常见的基础处理方法

在水利工程中,基础处理方法的选择依据地质条件和工程需求的不同而有所差异。常见的基础处理方法包括深层搅拌法、桩基法、注浆法、换填法等。深层搅拌法通过机械搅拌地土土壤,并加入固化剂,增强土体的强度和稳定性。桩基法适用于软弱地基,通过在地基上打入桩体,将荷载传递到更深层的土层,增强地基的承载能力。注浆法则通过向地基注入化学浆液或水泥浆,填充土体中的空隙,增加土体密实度和强度。换填法通过将不适合承载的土层替换为更具承载力的材料,改善基础的稳定性。这些方法各有其适用范围,需要根据不同工程的具体情况和地质条

件进行选择^[1]。如表1所示。

表 1 水利工程常见的基础处理方法

基础处理方法	基本原理	适用情况	主要作用
深层搅拌法	通过机械搅拌土体并掺入固化剂	软土、淤泥质土等	提高土体强度和稳定性
桩基法	将桩体打入地基，将荷载传递至深层土体	软弱地基、承载力不足地段	增强地基承载力
注浆法	向地基注入水泥浆或化学浆液	存在孔隙、裂隙的土层或岩层	提高密实度和整体强度
换填法	挖除不良土层并回填优质材料	浅层软弱或不稳定土层	改善基础稳定性和承载性能

（三）基础处理对水利工程稳定性的作用

基础处理技术对于水利工程稳定性的提升具有至关重要的作用。首先，基础处理能够有效提高地基的承载力，确保在水利工程施工过程中，地基能够承受上部结构的荷载，避免因基础不足而导致工程沉降或破坏。其次，基础处理能够增强地基的抗震性能，尤其在地震活跃区域，通过加固地基可以降低震后结构发生破坏的风险，提高工程的抗震韧性。此外，基础处理对水利工程的长期稳定性也至关重要。经过处理的地基能够适应不同的环境变化，如水位波动、温度变化等，确保工程在长期使用过程中不出现异常变形或沉降。基础处理技术的有效应用，能够为水利工程的安全运行提供可靠保障，减少后期维护成本，延长工程的使用寿命。

二、水利工程基础处理技术的选择与应用

（一）不同地质条件下的基础处理技术

在水利工程中，地质条件的差异是影响基础处理方法选择的关键因素之一。不同的土质、地下水位、岩层特征以及土层厚度等因素都决定了需要采取不同的基础处理技术。例如，在软弱土层中，地基的承载力较低，此时深层搅拌法或桩基法常用于加固土体，增强基础的稳定性。对于高水位地区，地下水的浮力作用可能导致基础不稳定，因此注浆法可以有效提高土体的密实度，防止水分渗透造成的不均匀沉降。在岩层复杂或硬度较高的地区，桩基和地下连续墙等技术可有效穿越不同的土层，提供更为稳固的基础。此外，在存在膨胀土的地区，常采用换填法或表面处理技术来减小膨胀土对基础的负面影响，防止由于土体膨胀引发的工程破坏。不同的地质条件需要针对性地选择合适的基础处理方法，以确保水利工程的稳定和安全^[2]。如图1所示。

（二）基础处理技术的适应性及局限性

尽管基础处理技术在水利工程中发挥着重要作用，但每种技术都有其适应性和局限性。深层搅拌法适用于粘性土和软土层的加固，但其在坚硬岩层或含水层较厚的地区应用效果较差，因为难以通过搅拌达到理想的固化效果。桩基法虽然能大幅度提高基础的承载力，但施工周期长、成本高，且在软弱地基中施工时可能出现桩间距过密或桩身不稳定的情况。此外，桩基施工过程中可能会对周围环境产生扰动，影响到附近建筑物的稳定。注浆法则在处理地下水问题时效果明显，但它对土壤的适应性较差，尤

其在砂土或粗粒土中效果较差，且施工时需要严密控制浆液的流动性和注入压力，否则可能导致浆液泄漏，影响处理效果。换填法的适应性主要限于土层厚度较浅、承载力较低的地区，若土层深厚或不均匀，换填难度增大，成本也随之上升。

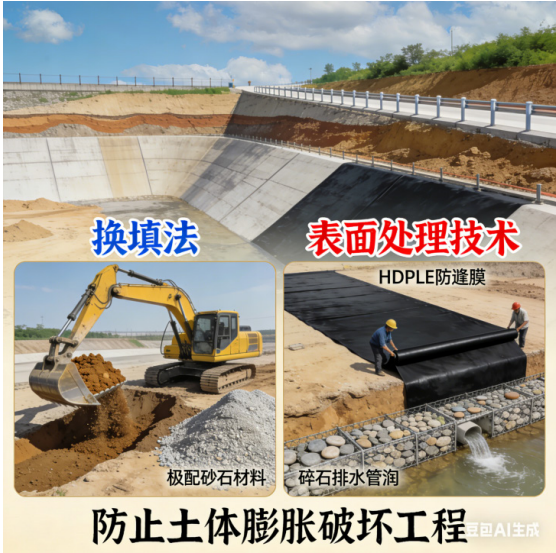


图 1 防止土体膨胀引发的破坏工程

（三）选择合适基础处理方法的关键因素

选择合适的基础处理方法需要综合考虑多个关键因素，首先是地质条件和土壤类型。不同的土壤类型如黏土、砂土或岩土对基础处理方法的适应性不同，因此必须详细分析地质勘察报告，了解土壤的物理力学性质，以便选择最合适的加固手段。其次，工程的规模和性质也是决定基础处理方法的关键因素。例如，大型水利工程需要更高的承载力和更长的使用寿命，因此应选用更加稳固和可靠的基础处理方法，如桩基法或深层搅拌法，而对于小型的水利工程，注浆法或换填法可能会更为经济实用。施工条件也是不可忽视的因素，尤其是在复杂地形或密集建筑区，施工空间的限制可能影响基础处理技术的选择，需考虑方法的可操作性与施工难度。最终，经济性和环境影响也是选择基础处理方法时的重要考量因素^[3]。

三、基础处理对水利工程稳定性的影响分析

（一）基础处理与地基承载力的关系

基础处理对水利工程的地基承载力起着至关重要的作用，尤其在软弱地基或不均匀土层中，地基承载力不足极易引发过大沉降或不均匀变形，进而影响工程整体稳定性。工程实践表明，未经处理的软土承载力一般仅为 50 ~ 100 kPa，难以满足水利工程结构需求。通过基础处理技术，可使地基承载力提高 1.5 ~ 3 倍，显著改善地基性能。例如，深层搅拌法通过机械搅拌并掺入水泥等固化剂，可使软土抗压强度提高 2 ~ 4 倍，地基承载力提高约 100% ~ 200%。在桩基法中，桩体将上部结构荷载有效传递至深层稳定土层或岩层，可使地基整体承载能力提高 2 ~ 5 倍，并将工后沉降量控制在 20 ~ 50 mm 以内。注浆法通过向地基注入水泥浆或化学浆液，填充土体孔隙，使地基密实度提高 10% ~ 30%，承载力普遍提高 30% ~ 80%。

这些基础处理技术不仅能够显著提高地基承载力，还能有效降低地基沉降速率，一般可使沉降量减少 40% ~ 70%，从而保证工程结构长期稳定运行，避免因地基变形引发的安全隐患^[4]。

（二）基础处理对抗震性能的提升作用

水利工程的抗震性能是其安全运行的重要保障，尤其在地震多发地区，合理的地基处理对提高工程抗震能力具有显著作用。研究和工程实例表明，未经处理的软弱地基在地震作用下，发生过量变形或液化的概率较高，可能导致坝体开裂、倾斜甚至失稳。

通过采用深层搅拌、桩基等基础处理方法，可明显提高地基的整体刚度和抗震韧性。相关试验结果显示，经深层搅拌处理后的地基，其抗剪强度可提高 50% ~ 150%，地震作用下的最大变形量可减少约 30% ~ 60%。桩基结构在地震中能够形成“桩—土共同作用体系”，有效分散和传递地震能量，使结构加速度反应降低 20% ~ 40%。

在易发生震后液化的砂土或软黏土地区，注浆法可显著降低孔隙水压力比，一般可使液化发生概率降低 60% 以上。同时，基础处理还能提高地基土层的弹性模量，使地基在地震作用下具备更好的能量耗散能力，从而有效提升水利工程的整体抗震性能，降低地震灾害损失 [5]。

（三）基础处理对水利工程长期稳定性的保障

水利工程具有使用年限长、运行环境复杂等特点，其长期稳定性高度依赖于地基与基础的性能。基础处理不仅解决了工程初期的承载与变形问题，还在长期运行过程中持续发挥稳定作用。工程实践表明，经过合理基础处理的水利工程，其设计使用寿命可延长 20 ~ 30 年。

在长期运行中，水位周期性变化、水流冲刷以及渗流作用可能导致地基土体结构破坏或强度衰减。采用换填法、注浆法等基础处理措施后，可使地基抗冲刷能力提高 40% ~ 70%，有效减少土体流失和空洞形成。在高湿度或冻融作用显著的地区，基础处理还能提高土体水稳性和抗冻胀性能，使冻胀变形量降低 50% 以上。此外，基础处理技术可显著减缓地基的长期沉降速率，使不均匀沉降发生概率降低 60% ~ 80%，从而减少后期维护与加固次数，降低运行成本。

四、水利工程基础处理技术的发展趋势与挑战

（一）水利工程基础处理技术的创新与发展

随着科技的进步和工程技术的不断发展，水利工程基础处理技术也经历了显著的创新与改进。从传统的基础处理方法到现代的高科技技术，基础处理的手段变得更加多样化和高效。例如，

智能化基础处理技术的出现，利用传感器和监控设备实时监测地基状况，及时调整处理方案，从而实现动态优化。这种技术不仅提高了施工的精确性，还能减少人工干预，降低风险。此外，复合基础处理技术的应用也越来越广泛，结合多种处理方法，如深层搅拌法与注浆法的联合使用，可以在更复杂的地质环境中达到更好的加固效果。新型材料的出现，如高性能水泥浆液、纳米技术材料等，也为基础处理技术提供了更多的可能性^[6]。

（二）面临的技术难题与挑战

尽管基础处理技术取得了长足进展，但在实际应用过程中仍面临诸多技术难题与挑战。一个显著问题是如何有效处理复杂地质条件下的基础加固。在极端软弱土壤或岩层交替的地区，传统的处理方法往往难以发挥最佳效果，需要根据地质条件不断调整技术方案，但这种灵活调整的难度较大，且施工周期较长，成本较高。此外，随着工程规模的扩大和水利工程的复杂性增加，如何实现大规模基础处理的高效、低成本化成为一个亟待解决的问题。特别是在深水区域、复杂水文条件下，基础处理技术的实施难度和风险也相应增加，如何应对水位波动和地下水压力等外部因素的影响，保证基础加固的长期效果，依然是技术领域中的一大挑战^[7]。

（三）未来水利工程基础处理技术的发展方向

未来，水利工程基础处理技术的发展将继续向智能化、绿色化和高效化方向推进。智能化技术将进一步集成更多的实时监测和自适应调整功能，能够根据地质条件和外部环境变化，自动优化处理方案，从而提高施工的精度和效率。基于大数据和人工智能的技术，将在地基处理的监测和评估中发挥更大作用，通过对海量数据的分析，精确预测地基变化趋势，提前发现潜在问题。绿色化发展趋势也将推动新型环保材料的应用，未来的基础处理技术将更加注重减少对环境的负面影响，如使用低污染、可再生的材料，减少施工中的能源消耗和废弃物排放。高效化则表现为处理方法的集成化和自动化，通过技术整合提升施工速度，降低成本，实现更快、更好、更经济的水利工程基础处理^[8]。

五、结语

水利工程基础处理技术在保障工程安全与稳定方面发挥着至关重要的作用。随着地质条件、施工技术和环境需求的不断变化，基础处理技术也在不断创新与发展。新型基础处理方法的出现，不仅提升了水利工程的承载能力和抗震性能，还提高了长期稳定性，为工程的可持续发展提供了坚实保障。然而，随着水利工程规模的扩大，复杂地质条件和环保要求也给基础处理技术带来了挑战。

参考文献

- [1] 汤志辉. 水利工程施工中软基基础处理技术研究 [J]. 城市建设理论研究 (电子版), 2025(28): 190-192.
- [2] 宋国锋, 李海波, 宁继勇. 水利工程大坝基础处理施工技术分析 [J]. 水上安全, 2025(02): 55-57.
- [3] 张鑫, 孙建乐. 水利工程基础处理施工技术 [J]. 建筑经济, 2024, 45(S2): 371-374.
- [4] 罗丽金. 水泥搅拌桩在水利工程护岸挡墙基础处理中的应用 [J]. 工程技术研究, 2024, 9(16): 78-80.
- [5] 常宏. 水利工程常见不良地基基础施工方法与处理策略探究 [J]. 水上安全, 2024(13): 164-166.
- [6] 张兴旺. 水利工程常见不良地基基础施工方法与处理策略探究 [J]. 建材发展导向, 2023, 21(24): 108-110.
- [7] 刘海涛. 水泥搅拌桩在水利工程护岸挡墙基础处理中的应用 [J]. 人民黄河, 2021, 43(S2): 201-202+204.
- [8] 王久春. 水利工程施工中软基基础处理技术分析 [J]. 运输经理世界, 2020(16): 139-140.