

# 水利工程深层搅拌桩地基加固分析

吕中东

山西水利职业技术学院 山西运城 044004

DOI: 10.12238/ems.v6i12.10792

[摘要] 深层搅拌桩技术是水利工程地基加固的重要手段。然而,在实际应用中仍存在诸多问题,如搅拌桩施工质量控制体系不完善、复杂地质条件下固化剂配比与搅拌参数选择不合理、深层软土地基中搅拌桩承载力与变形特性预测精度不足以及桩土协同作用机理研究不深入等。本文针对这些问题,提出了构建智能化施工监测系统、优化固化材料配比及搅拌工艺参数设计、建立地基变形与稳定性评估体系以及完善设计理论及施工工艺标准规范等优化策略,以期提升深层搅拌桩地基加固技术的应用效果提供参考。

[关键词] 水利工程; 深层搅拌桩; 地基加固; 施工质量控制; 优化策略

## Analysis of Deep Mixing Pile Foundation Reinforcement in Water Conservancy Engineering

Lv Zhongdong

Shanxi Water Conservancy Vocational and Technical College Shanxi Yuncheng 044004

[Abstract] Deep mixing pile technology is an important means of foundation reinforcement in hydraulic engineering. However, there are still many problems in practical applications, such as an imperfect quality control system for mixing pile construction, unreasonable mixing agent ratio and mixing parameter selection under complex geological conditions, insufficient accuracy in predicting the bearing capacity and deformation characteristics of mixing piles in deep soft soil foundations, and insufficient research on the mechanism of pile-soil interaction. This article proposes optimization strategies to address these issues, including building an intelligent construction monitoring system, optimizing the ratio of solidification materials and the design of mixing process parameters, establishing a foundation deformation and stability evaluation system, and improving design theory and construction process standards and specifications. The aim is to provide reference for enhancing the application effect of deep mixing pile foundation reinforcement technology.

[Keywords] water conservancy engineering; Deep mixing pile; Foundation reinforcement; Construction quality control; Optimization strategy

### 引言:

随着水利工程建设规模的不断扩大,地基加固技术的应用愈发广泛。深层搅拌桩作为一种经济高效的地基加固方式,在软土地基处理中得到了广泛应用。该技术通过将水泥、石灰等固化材料与软土充分搅拌,形成桩状固结体,从而提高地基的整体强度和稳定性。然而,在实际工程应用中,深层搅拌桩地基加固仍面临诸多挑战。本文将从当前存在的问题入手,探讨优化深层搅拌桩地基加固技术的可行策略,期为水利工程建设提供有益参考。

### 一、当前水利工程深层搅拌桩地基加固中常见的问题

1. 搅拌桩施工质量控制体系不完善导致桩体均匀性难以保证

深层搅拌桩施工质量直接影响地基加固效果,而施工质量控制体系的不完善是导致桩体均匀性难以保证的主要原因。目前,许多水利工程项目在搅拌桩施工过程中缺乏实时监测与反馈机制,对关键工艺参数的控制不到位,导致桩体密实度和强度分布不均。此外,现场施工人员专业素质参差不齐,操作不规范也是影响搅拌桩施工质量的重要因素。针对这些问题,亟需建立健全的施工质量控制体系,通过加强

过程监管和人员培训等措施,确保搅拌桩桩体均匀性满足设计要求<sup>[1]</sup>。

2. 复杂地质条件下搅拌桩固化剂配比与搅拌参数选择不合理

水利工程所处地质条件复杂多变,不同地层的物理力学性质差异显著。在进行深层搅拌桩地基加固设计时,需要根据场地的具体地质情况合理选择固化剂配比和搅拌参数。然而,当前许多工程在这一环节考虑不足,忽视了地质条件的影响,盲目套用经验配比和参数,导致搅拌桩固化效果不理想。为解决这一问题,应加强地质勘察工作,全面收集和分析场地的工程地质、水文地质等资料,结合室内试验和现场试验结果,优化固化剂配比和搅拌参数,确保其与场地实际情况相适应<sup>[2]</sup>。

3. 深层软土地基中搅拌桩承载力与变形特性预测精度不足

受制于深层软土地基的复杂性和不确定性,现有的搅拌桩承载力与变形特性预测方法在实际应用中往往难以达到理想的精度。一方面,软土地基的非线性应力-应变特性以及长期蠕变效应使得搅拌桩的受力行为难以准确把握;另一方面,

桩-土相互作用机制的复杂性也给预测模型的建立带来挑战。因此,亟需开展深入的理论和试验研究,结合现场监测数据不断修正和完善预测模型,提高深层搅拌桩桩承载力与变形特性预测的精度和可靠性。

4. 水利工程施工环境中搅拌桩土协同作用机理研究不深入

搅拌桩的加固效果不仅取决于桩体自身的性能,还与桩土之间的相互作用密切相关。然而,受制于水利工程特殊的施工环境,如地下水位较高、土层变化大等,桩-土协同作用机理的研究还不够深入,尚缺乏系统性和针对性。这导致在搅拌桩设计和施工过程中,对桩-土相互作用的考虑不足,进而影响地基加固效果。为此,需加强水利工程环境中桩土协同作用的基础研究,通过理论分析、数值模拟和模型试验等手段,揭示复杂环境因素对桩土相互作用的影响规律,为合理设计和施工提供指导。

## 二、水利工程深层搅拌桩地基加固的优化策略

1. 构建智能化施工监测系统提升搅拌桩成桩质量控制水平

智能化施工监测系统的构建为搅拌桩施工质量控制提供了有效解决方案,首先该系统通过在施工现场布设振动传感器、位移传感器及压力传感器等多种监测设备,实时采集桩机转速、扭矩、下料量、搅拌深度和提升速度等关键施工参数。其次,采集的数据经由无线传输网络实时上传至数据分析平台,利用深度学习算法对成桩质量进行动态评估,并对异常参数及时发出预警信号。再次,系统集成数字孪生技术,将实际施工场景映射为虚拟施工环境,实现施工过程的可视化管理与动态优化。通过建立施工质量数据库,对历史数据进行分析挖掘,总结施工经验,不断完善施工工艺参数,形成标准化施工指导方案。此外,智能化监测系统还能实现施工进度自动化记录与统计分析,对施工资源进行优化配置,提高施工效率。最后,系统配备远程监控功能,实现对多个施工现场的统一管理,及时发现和解决施工过程中的各类问题,确保工程质量始终处于受控状态。通过人工智能技术与传统施工监测的深度融合,推动施工过程向精细化、智能化方向发展,全面提升搅拌桩施工质量控制水平<sup>[3]</sup>。

2. 优化深层搅拌桩固化材料配比及搅拌工艺施工参数设计

深层搅拌桩加固效果的关键在于固化材料配比和搅拌工艺参数的科学设计,针对不同土层条件,开展系统的室内配合比试验研究,通过正交试验方法探究水灰比、水泥用量、掺合料种类及掺量等因素对固化效果的影响规律,建立配合比优化设计模型。基于数值模拟和现场试验,对搅拌桩直径、搅拌叶片布置形式、叶片倾角、搅拌头提升速度等工艺参数进行优化设计,建立参数优化数据库。运用智能搅拌设备,采用变频调速技术,实现搅拌过程的自动化控制,确保各项参数始终保持在最佳区间。引入超声波检测等无损检测技术,实时评估桩体均匀性和完整性,及时调整施工参数。积极探索纳米材料、高性能外加剂等新型固化材料的应用,提升固化效果。深入开展长期性能监测研究,评估不同配合比方案的耐久性能,建立材料配比与工程性能的对对应关系数据库。根据土质条件和工程要求,制定个性化的配合比和施工方案,结合实时监测数据,动态调整施工参数,优化搅拌工艺,确保桩体质量满足设计要求,实现搅拌桩加固效果的全面提升和工程质量的可靠保障。

3. 建立水利工程深层搅拌桩地基变形与稳定性评估体

系

科学完善的地基变形与稳定性评估体系是确保水利工程安全运行的重要保障。第一,构建多层次监测网络,包括地表沉降监测、分层沉降监测、水平位移监测、孔隙水压力监测和桩体应力监测等子系统,采用光纤传感、北斗定位等先进技术实现全方位实时监测。第二,建立地基变形大数据分析平台,运用时间序列分析、神经网络等方法建立变形预测模型,实现地基长期变形趋势的精确预测。第三,开发地基稳定性评估软件,集成极限平衡法、有限元法等多种分析方法,建立三维数值模型,对地基整体稳定性进行动态评估。第四,构建风险预警机制,设定多级预警阈值,制定应急处置预案。第五,建立健全评估指标体系,包括变形控制指标、稳定性评价指标和耐久性能指标等,实现对地基工程全生命周期的动态评估。同时,开展长期观测数据分析,总结变形发展规律,优化评估方法,提高预测精度。通过评估体系的建立与应用,及时发现和处置地基变形及稳定性问题,为水利工程的安全运行提供可靠保障。

4. 完善深层搅拌桩复合地基设计理论及施工工艺标准规范

深层搅拌桩复合地基技术的规范化发展需要完善相关理论体系和标准规范,一方面,深入开展复合地基力学行为研究,通过大型模型试验和现场试验,揭示桩土相互作用机理,建立考虑荷载传递、应力分散和变形协调的设计计算方法,构建适用于不同工况的计算模型,提高设计理论的科学性和可靠性。另一方面,系统总结工程实践经验,优化施工工序,细化质量控制要点,编制施工工艺规程和质量验收标准,加强新型固化材料、智能施工设备和检测技术的研发应用,拓展技术应用范围。积极建立工程案例数据库,开展长期性能跟踪研究,完善设计参数取值依据和质量控制指标,针对不同工程类型和地质条件,制定差异化的设计计算方法和施工技术要求,有效提高规范的适用性和可操作性<sup>[4]</sup>。在此基础上,充分借鉴国际先进经验,结合国内工程实践,构建具有中国特色的技术标准体系,通过加强产学研合作,促进科研成果转化,推动深层搅拌桩复合地基技术持续创新发展,为工程建设提供更加可靠的技术保障。

### 结语:

深层搅拌桩技术是一项成熟可靠的地基加固方法,在水利工程建设中发挥着重要作用。然而,面对日益复杂的工程环境和更高的建设要求,现有技术体系还存在诸多不足之处。因此,亟需在问题导向的基础上,从施工质量控制、材料配比与工艺参数优化、变形与稳定性评估以及理论与标准完善等方面入手,系统地提升深层搅拌桩地基加固技术水平。相信通过产学研各界的共同努力,必将推动水利工程建设的高质量发展,为保障工程安全和国计民生作出更大贡献。

### 【参考文献】

- [1]李岩.水利工程深层搅拌桩地基加固分析[J].工程技术研究,2023,8(17):217-219.
- [2]王碧,王冬华.水利工程施工中深层搅拌桩技术的应用[J].中外企业家,2019,(21):119.
- [3]杨钦涛.深层搅拌桩在水利工程地基处理中的应用分析[J].科技风,2018,(19):169-188.
- [4]袁文龙.深层搅拌桩技术在水利工程地基处理中的应用[J].低碳世界,2016,(22):109-110.

作者简介:吕中东,1967.04,男,汉族,山西绛县,副教授,本科,研究方向:水利工程施工及概预算。