

湿陷性黄土地基灰土挤密桩加固技术的施工工艺与质量控制研究

田 亮

陕西省沣西置业有限公司 陕西 西安 712000

摘 要：全文通过分析西安湿陷性黄土土体特性与施工环境影响因素，对比传统地基处理方法的局限性，探讨了灰土挤密桩加固技术施工工艺优化与工程施工中质量控制措施。研究构建了涵盖资源配置优化、标准化施工流程、智能质量监控的全过程系统管理体系，并提出更新技术标准体系、科研成果转化等若干发展建议，推动该技术不断创新。实践表明，该集成化方案有效解决了湿陷性黄土区桩基加固中的关键技术难题，显著提升了地基稳定性与工程施工过程的可控性，为同类地质条件下的工程建设提供了系统性理论与方法参考。

关键词：湿陷性黄土；灰土；挤密桩

引言

伴随着城市建设不断深入基础工程中湿陷性黄土问题长期存在，湿陷性黄土在遇水后易发生坍塌与压密现象，给建筑物安全性和耐久性带来严重隐患，灰土作为黄土地基重要组成部分其加固处理成为工程建设中关键技术难题。

1 优化施工工艺，提升桩基加固效果

1.1 分析土体特性及施工环境

西安这类地区作为我国典型湿陷性黄土区，其地质构造复杂、土体结构松散且含水率波动较大，通过对区域内土体取样与现场检测发现、孔隙率高、压缩性大，且受季节性降雨影响显著。湿陷性黄土在长期干湿循环作用下容易发生结构破坏，造成地基承载力降低。因此，在施工前需全面掌握该区域地基土体物理力学参数并结合西安地区地质调查数据，对土层厚度、含水率、密实度等进行系统评价，为挤密桩施工方案制定提供可靠依据^[1]。

1.2 选择合适挤密桩施工方案

本研究进行了多种加固方法的对比试验，试验内容涵盖强夯、换填、预浸水处理以及震动压实等常见工法，强夯试验虽能在短期内提高地基承载力，但在湿陷性黄土中因土体松散及含水率变化大，往往难以实现均匀加固，且施工过程中产生的振动容易对周边建筑物产生影响；换填试验虽然可通过更换部分土体来改善地基条件，但由于原土与填充材料之间存在界面不连续性，容易引发后期沉降不稳定，施工周期长、工程成本高；预浸水处理在某些情况下能够改善土体湿陷性能，但受限于施工环境的温湿度波动，其工艺控制较为复杂且效果不够显著；震动压实等其他方法虽然在局部区域显示

出一定优势，但均没有达到理想加固效果。经过大量现场试验数据充分分析对比，结果显示灰土挤密桩工法凭借高压注入与机械挤密相结合的方式，能够实现灰土的高效密实化显著提升地基承载力且施工过程参数可控、施工周期短、工程成本较低，可通过实时监控技术确保施工质量形成闭环管理。

1.3 制定标准化施工流程

施工时所有工序须严格按照灰土挤密桩流程作业，严格按照标准化操作规程施工。提前设定好相关参数，精确控制材料配比，设备运转，确保灰土压密均匀，达到整体效果稳定。现场应设置技术监控点，对挤密桩施工过程中产生的位移、压力及密实度等关键指标进行实时监测，并在数据异常时立即启动应急预案调整工艺参数，确保施工各阶段形成闭环管理^[3]。

通过搭建统一数字平台，将施工现场各环节数据集中采集，实现实时监控、数据共享与动态预警。利用传感器、自动检测设备等现代仪器，对挤密桩施工过程之中关键参数（如压力、位移和密实度）进行全程监测，确保每项工艺均严格按照设计要求执行。建立详细施工档案管理制度，对各阶段工序、设备运行状态及环境变化进行全程记录，形成数据追溯体系，为工程质量评估和后期维护提供科学依据。

2 整合资源配置，保障工程质量

2.1 编制详细施工方案

施工方案以详细地质勘察数据为基础，对土层结构、含水率、压缩特性等关键参数进行量化分析并明确不同区域加固重点，确保方案具有高度针对性和可操作性。依据工程规模及施工环境，应明确桩基布置、桩径

与桩长等技术参数,同时细化前期准备、工程实施、质量检测、设备维护等环节,规定每一阶段起止时间、作业内容和安全要求^[4]。

方案中对各类材料采购、运输、储存及现场使用流程作出明确规定,确保挤密桩加固过程中材料供应充足且符合技术质量标准。对施工机械配置、运转时间、使用率及维护周期进行精细安排并预设设备故障应急处理措施,确保施工期间设备始终保持高效稳定运行。针对施工班组详细制定人员进场、技术培训、考核等机制,确保每位作业人员严格遵守灰土挤密桩施工标准。通过实时监控施工进度、及时调整资源配置,预防施工过程中出现问题,保证各阶段工作节点有合理缓冲,防止因工期而影响施工质量。

2.2 强化技术培训及人员管理

针对灰土挤密桩施工精度要求和复杂工艺,各岗位人员必须具备扎实的理论基础与实际操作能力,制定系统培训方案势在必行。该方案涵盖新技术原理、设备使用、施工标准、安全规范和紧急处置等内容。培训过程中应注重理论与实践相结合,通过集中授课、设备操作演示等方式,使施工人员全面掌握施工工艺和关键技术参数。严格的培训考核制度能够真实反映员工技术水平和操作熟练度,确保每个作业环节均符合设计要求。施工现场可定期邀请专家进行指导,针对施工措施进行动态优化,及时解决实际工程问题。通过持续完善“培训-实操-反馈”联动机制,逐步形成一支专业素质高、应变能力强、作业规范的施工团队,为工程加固技术的持续推广和工程质量的长效保障打下坚实基础^[5]。

2.3 完善施工现场管理

成立专职管理班组,明确职责分工,制定详细操作规程和安全标准,要求各施工环节严格依照技术文件执行。现场布置固定监控设备,对挤密桩施工中压力、位移、密实度及环境温湿度进行实时检测,并按时记录数据形成完整档案。针对西安地区湿陷性黄土地质情况复杂,重点施工区域设立专项检查点,及时发现异常并迅速采取应急措施。管理人员通过定期巡查核验设备运行状态及数据准确性,发现问题立即整改,杜绝安全隐患,确保施工质量稳步提升。严格管理机制不仅保障工程安全,还为后续风险防控和质量追溯提供有力依据。

建立统一数据传输系统,将监控设备采集参数和现场进度同步上传,实现远程动态管理。系统内设专用模块自动分析施工数据,对异常波动提前预警,辅助决策人员迅速采取调整措施。构建完善档案管理制度,对施工过程中的各项检测记录、设备状态和安全日志进行分

类归档,确保数据可查、可溯。依托信息平台实现各管理部门协同作业,通过分工明确形成责任链条,避免信息孤岛现象。现场定期召开数据分析会,通报监控情况并针对风险点制定整改方案,确保施工进度稳步推进,严格落实技术要求。

3 强化施工监控,确保质量控制

3.1 建立实时监控体系

通过采用先进数据采集装置和自动化监控设备,现场各项数据能够即时传输至中央控制平台,实现远程集中处理和动态分析,构成数据闭环管理体系。针对湿陷性黄土分布广泛、地质条件复杂实际情况,应在不同工序关键部位设置监控节点,确保施工过程中各环节均能获得及时反馈^[6]。制定严格监控标准和操作规程,明确各设备安装位置、数据采集频率及传输规范,确保监控系统运行稳定可靠。利用信息化平台实现多点数据集成,对施工现场各项指标进行实时动态监控和智能预警,形成数据可视化展示,通过定期校验仪器精度和维护监控设备及时更新软件系统和硬件设施,确保技术指标始终符合设计要求。监控平台应具备故障自诊断功能,在系统异常时自动发出预警信号,并迅速定位问题所在,为现场调控提供依据。

3.2 应用智能检测技术

伴随着智能检测技术发展,将其引入挤密桩施工检测中可大大提高数据采集与处理效率。采用智能检测设备,如激光扫描仪、红外成像仪及自动化检测平台,对施工过程中桩体质量、灰土密实效果等进行精确检测,利用大数据分析 with 人工智能算法,对检测数据进行实时处理与预判,为施工决策提供科学依据。智能检测技术应用不光缩短了检测周期,还提高了检测精度,使得施工过程之中各项质量指标能够动态监控和及时调整,确保工程整体加固效果达到预期。

3.3 构建整改反馈机制

施工过程之中难免会出现因地质条件、设备故障或者施工操作失误等因素导致质量偏差,建立科学有效整改反馈机制显得十分重要,整改反馈机制应包含数据采集、问题分析、整改实施及复查等环节,一旦监控系统发现异常技术支持团队立即介入,进行现场检测和原因分析并针对性地制定整改方案,整改方案经专家审核后迅速实施整改完成后再由监控系统进行复查确保问题彻底解决,该机制在湿陷性黄土加固施工中应用后极大地缩短了问题响应时间提高了整体工程安全性与稳定性。

4 推广技术创新,促进工程可持续发展

4.1 开展试验示范项目

对类似西安地区湿陷性黄土地基灰土加固工程开展试验示范项目,在具代表性区域内精心选定施工现场,制定科学严谨的试验方案;项目筹备期间,充分调研区域地质构造、气候变化、水文情况及土体力学参数,确定合理施工工艺和关键技术指标;试验过程中严格按预定流程操作,实时采集桩体受力、位移、密实度等数据,确保监测指标真实反映施工效果。

试验示范项目实施后,开展全面评估和数据分析,对施工效果、加固性能及长期沉降情况进行客观检测;项目现场按预定方案采集各类指标数据,并利用先进仪器进行精密测量,确保数据真实、准确;试验成果为技术论证、工艺优化及标准制定提供科学支撑,同时验证各项加固参数和监控手段之合理性,为后续推广积累实践依据。

4.2 更新技术标准体系

结合国内外最新研究成果,依托大量试验数据和现场施工案例,系统修订并完善施工工艺、设备使用、质量检测及安全管理等各项技术指标。新标准体系应充分体现挤密桩施工工艺特点,明确桩径、桩长、施工速度、压力控制及灰土密实度等关键参数,确保各施工环节操作精准统一。还需融入智能监控与自动检测要求,制定数据采集、实时分析和异常预警等规范,保障施工全过程动态监控与风险及时处置。

标准体系应涵盖材料选用、施工设备性能、操作流程和检测方法等多个层面,并对各项指标设定严苛的验收标准,确保工艺实施与质量控制全面达标。制定过程中应邀请科研院校、设计单位和施工企业等多方专家共同论证,形成理论与实践相结合的标准文本。新标准既要反映工程技术进步,又须具有前瞻性和普适性,既能为不同区域加固工程提供技术范本,又能降低施工风险,提升工程稳定性和耐久性。

4.3 加强科研与实践结合

科研与工程实践密切结合是技术创新与推广的有效

路径。西安作为湿陷性黄土分布较广的重点区域,具备较好的实践条件,科研单位与施工企业应建立长期合作机制,共同开展灰土加固技术理论研究和现场试验。通过建立联合攻关课题、设立技术研发平台及定期组织学术研讨会,不断总结工程实践经验、改进技术工艺;科研成果应及时转化为施工应用,形成从实验室到现场的技术闭环,推动整个加固工程技术体系升级与完善,最终实现工程加固的可持续发展。

结论:随着智能监控、大数据以及自动化技术的持续进步,湿陷性黄土地基灰土挤密桩加固技术势必迎来跨越式的发展。通过运用先进的检测手段,能够达成施工全过程的实时精准调控,有效降低施工风险,显著提升工程稳定性。新型加固材料的研发与应用,以及标准体系的不断完善,将有力推动该加固工艺的持续优化,全方位保障工程质量。与此同时,多方的紧密协作,理论与实践的深度结合,会不断催生出技术创新成果,并加速其转化应用。未来,湿陷性黄土地基灰土挤密桩加固技术将深度融合绿色环保理念与信息化管理模式,为基础设施建设提供坚实有力的支撑,推动工程建设迈向智能化、可持续发展的崭新时代。

参考文献

- [1]高继章.灰土挤密桩处理湿陷性黄土地基载荷沉降试验研究[J].中国煤炭地质,2024,36(1):68-71,77.
- [2]周勤帮,段伟,王凯,等.灰土挤密桩加固湿陷性黄土地基效果分析[J].科技和产业,2024,24(11):238-246.
- [3]贾彬.灰土挤密桩法在湿陷性黄土地基处理中的应用[J].大众标准化,2023(16):141-143.
- [4]牛瑞祥.灰土挤密桩法在湿陷性黄土地基处理中的应用分析[J].四川建材,2023,49(10):68-70.
- [5]陈培,房琛,丁士君.灰土挤密桩在湿陷性黄土地区电厂冷却塔地基处理中的应用[J].建筑科学,2013,29(1):75-79.
- [6]张国成.灰土挤密桩法在湿陷性黄土地基处理中的应用[J].新材料·新装饰,2022,4(8):136-138.