

旋挖钻机干作业成孔技术在线路基础施工中的高效安全应用研究

金士敬

中国电建集团河南工程有限公司 河南 郑州 450000

摘要：旋挖钻机干作业成孔技术在输电线路基础施工中优势突出，本文围绕该技术核心构成、高效应用与安全控制三方面展开研究。阐述了旋挖钻机动力头、桅杆等核心组件工作原理及干作业成孔全流程工艺，分析了设备操作与钻进控制等关键点。探讨了施工前期准备、流程优化与效率提升路径，并识别设备老化、环境复杂等安全隐患，提出全流程防控措施与操作规范。同时针对直线段、特殊地形等基础类型分析技术适配性，为该技术推广应用提供参考。

关键词：旋挖钻机；干作业成孔技术；线路基础施工；安全控制；效率提升

引言：输电线路基础施工对成孔质量与效率要求严格，传统泥浆护壁工艺受限于环境污染与复杂地质适应性不足。旋挖钻机干作业成孔技术以旋转切削与循环取土方式实现成孔，摆脱泥浆依赖，在平原、山区、丘陵及戈壁滩等地下水位较低区域应用广泛。该技术涉及动力头驱动、桅杆支撑与主卷扬协同等多系统配合，工艺流程涵盖调垂、钻进、清孔等环节。深入分析干作业成孔技术在线路基础施工中的高效应用与安全控制要点，对于优化施工方案、降低工程风险具有重要实践价值。

1 旋挖钻机干作业成孔技术核心构成

1.1 旋挖钻机设备核心组件及工作原理

旋挖钻机设备核心组件涵盖动力头、桅杆、主卷扬、回转机构及行走系统，各组件协同运作构成完整作业体系^[1]。动力头作为核心动力输出部件，由液压马达、减速齿轮箱、主轴及钻杆连接装置构成。工作时，液压系统提供的高压油驱动液压马达运转，经减速齿轮箱将高速低扭矩转换为低速高扭矩输出，再通过主轴与钻杆连接装置将扭矩传递至钻杆，带动钻头完成切削动作。主卷扬由减速机、液压马达、卷筒等部件组成，负责钻具起落与渣土提取。回转机构可实现转台360°回转，便于对准孔位。行走系统通过液压控制实现设备移位与作业定位。整体工作机理围绕旋转切削与循环取土展开，钻杆在动力头驱动下高速旋转，配合主机重量与液压系统提供的下压力使钻头切入地层，切削产生的渣土通过钻头收集，经主卷扬提升至施工现场指定区域卸出，完成单次钻进循环。

1.2 干作业成孔核心工艺流程

干作业成孔核心工艺流程围绕桩孔成型的全环节有

序推进，兼顾作业效率与成型质量。作业前期需完成设备就位与调平，通过控制器采集倾角传感器信号，驱动液压油缸实现钻杆调垂，确保桅杆垂直与钻杆定位精准。当钻头装满渣土后，停止旋转并通过主卷扬提升钻杆至地面，将渣土卸至指定区域，随后操作设备回到钻孔位置继续下钻，循环往复直至达到设计孔深。钻孔达到设计深度后，采用笼式检孔器检查孔位、孔径及孔形，确认合格后，进行清孔作业，通过旋挖斗原位正向旋转收集孔底钻渣，反复清理直至沉渣厚度符合要求，清孔完成后，即完成整个成孔流程。

1.3 干作业成孔技术关键操作要点

干作业成孔技术关键操作要点，主要聚焦设备操作、钻进控制与质量管控三大维度。设备操作方面，需实时监测液压系统工作状态，通过设备显示器观察动力头输出扭矩、加压压力等参数，及时调整操作参数避免设备故障。钻杆调垂方面，需根据倾斜角度选择手动或自动模式，确保钻杆处于设定作业位置；钻进过程中，通过三向垂直控制系统反复检查成孔垂直度。钻进控制方面，钻进速度需结合地层变化灵活调整——硬地层向软地层过渡时可适当加快，软地层向硬地层过渡时需减速慢进，易缩径地层需增加扫孔次数。渣土需及时清运至指定弃土场，避免妨碍作业或造成环境影响。质量管控方面，钻孔过程中需详细记录钻进深度、速度及孔底标高；钻孔达到设计深度后，需对照地质报告核实地层情况；清孔作业需反复检测孔深，确保沉渣厚度满足技术要求，全程规避孔斜、缩径等质量隐患。

2 旋挖钻机干作业成孔技术在输电线路基础施工中的高效应用要点

2.1 输电线路基础施工中,干作业成孔的前期准备

输电线路基础施工中,干作业成孔的前期准备工作,需结合线路工程地质条件与施工需求系统开展,为高效作业奠定基础^[2]。需先完成施工区域地质勘察工作,结合线路走向与基础桩位分布,梳理地层岩性、地下水埋深及土层承载力等核心参数,为设备选型与钻进参数设定提供依据。设备准备环节,需选用适配输电线路基础桩径、桩深要求的旋挖钻机,对动力系统、液压系统及钻具进行全面检修校准,更换磨损部件并调试操作参数,确保设备性能稳定。桩位放线需采用精准测量技术,结合线路平面控制网与高程控制网,确定桩位中心坐标并做好标识,放线后需进行复核校准,规避桩位偏差。同时清理施工区域内障碍物,平整作业场地并铺设垫板,保障设备移动顺畅,划分渣土堆放区域与作业通道,合理规划施工区域,减少作业过程中的干扰因素。

2.2 输电线路基础施工中,干作业成孔的流程优化

输电线路基础施工中,干作业成孔的流程优化需立足输电线路施工连续性特点,简化冗余环节、做好各作业流程衔接。优化设备就位流程,根据桩位分布合理规划设备移动路线,减少设备移位时间,调垂作业采用自动化控制系统,缩短调垂耗时并提升精准度。钻进环节优化需结合线路基础桩的设计要求,整合钻进与渣土清运节奏,避免出现钻斗等待清运或清运车辆闲置的情况。清孔作业优化可采用分段清孔方式,钻进至一定深度后进行初步清孔,减少孔底沉渣堆积,最终清孔时,采用精准控速模式,提升清孔效率同时保障清孔质量。作业衔接方面,合理安排钻具更换、设备检修与渣土清运的时间,避免各环节脱节,结合输电线路施工进度要求,灵活调整各桩位作业顺序,实现多桩位有序并行作业,提升整体施工流程的顺畅性。

2.3 输电线路基础施工中,干作业成孔的效率提升路径

线路基础施工中干作业成孔的效率提升路径需围绕设备性能、操作水平与施工管理多方面推进。设备层面需选用大扭矩、高稳定性的旋挖钻机,配备适配不同地层的专用钻具,减少钻具更换频率,定期对设备进行维护保养,降低设备故障停机时间。操作层面需提升作业人员专业技能,熟练掌握不同地层的钻进技巧,精准调整钻进速度与下压力,避免盲目操作导致的效率损耗,通过规范操作减少孔斜、缩径等质量问题引发的返工。施工管理层面需建立完善的作业管理制度,明确各岗位职责,合理调配人力、设备与物料资源,避免资源浪费。同时结合线路施工的特殊性,优化作业时间安排,

避开不利施工时段,采用信息化管理手段,实时监测钻进参数与作业进度,及时发现并解决作业过程中的效率瓶颈,实现成孔作业效率稳步提升。

3 旋挖钻机干作业成孔技术在线路基础施工中的安全应用要点

3.1 线路基础施工中,干作业成孔的安全隐患识别

输电线路基础施工中,干作业成孔的安全隐患识别需聚焦设备、环境、操作三大核心维度,结合输电线路施工露天作业、地形复杂等特点系统开展。设备类隐患主要源于组件老化或调试不当,动力头液压系统泄漏,易导致动力输出中断;桅杆连接部位松动,可能引发结构失稳;钻杆磨损超标会造成断裂坠落风险;卷扬系统制动失效,则可能导致钻具坠落^[3]。环境类隐患与施工场地条件密切相关,输电线路施工区域地形起伏较大时,设备停放不平易发生侧翻;雨季作业地面湿滑会降低设备稳定性;邻近架空线路或地下管线时,钻进作业可能引发触电或管线破损。操作类隐患来自作业流程不规范,钻杆调垂偏差过大,易导致孔壁坍塌;渣土堆放过高,可能引发滑坡;作业人员未规范佩戴防护装备,可能增加人身伤害风险;违规调整设备操作参数,可能诱发设备故障。

3.2 输电线路基础施工中,干作业成孔的安全控制措施

线路基础施工中,干作业成孔的安全控制措施,需针对识别出的隐患,构建全流程防控体系。设备安全控制需建立定期检修保养机制,每日作业前,检查动力系统、液压系统及连接部位,及时更换磨损部件,作业中,实时监测设备运行参数,发现异常立即停机排查。场地安全控制,需根据输电线路地形条件,平整作业场地,铺设防滑垫板确保设备停放稳定,划分安全作业区域并设置警示标识,禁止无关人员进入作业半径。孔壁安全控制,需结合地层条件调整钻进速度,易坍塌地层适当放慢钻进节奏,必要时采取护孔措施,定期检查孔壁完整性,发现坍塌迹象及时处理。用电安全控制,需规范设备供电线路铺设,避开作业区域碾压,作业前检查电气设备绝缘性能,雨天暂停露天电气作业,防止触电事故发生。

3.3 输电线路基础施工中,干作业成孔的安全操作规范

输电线路基础施工中,干作业成孔的安全操作规范,需贯穿作业全部流程,明确操作标准、规程与行为准则。作业人员需经专业培训考核合格后方可上岗,上岗时规范佩戴安全帽、穿防滑鞋等防护装备,严禁酒后

或疲劳作业。设备启动前,需检查各组件状态,确认无误后按操作规程启动,调垂作业需精准控制角度,确保钻杆垂直后,方可开始钻进。钻进过程中严禁擅自离岗,不得随意调整设备核心操作参数,提升钻具时平稳操作,避免钻具晃动碰撞孔壁。渣土清运需按指定路线堆放,不得在作业区域边缘堆放过量渣土,防止坍塌伤人。作业结束后,需将设备停放至安全区域,关闭电源与液压系统,清理作业场地杂物,做好设备维护记录,确保后续作业安全有序开展。

4 旋挖钻机干作业成孔技术,在不同输电线路基础类型中的适配应用

4.1 输电线路基础中的应用适配

输电线路基础具有桩位分布均匀、受力相对均衡、施工空间相对开阔的特点,旋挖钻机干作业成孔技术的适配,需围绕施工效率与基础质量优化调整^[4]。适配过程需结合输电线路走向,合理规划设备作业动线,减少设备移位损耗,提升作业连续性。钻具选型,需优先选用适配基础桩径要求的螺旋钻斗或短螺旋钻头,兼顾钻进效率与孔壁完整性,针对输电线路基础对桩位偏差要求严格的特点,采用高精度测量技术校准桩位,钻进过程中通过自动化调垂系统持续修正钻杆垂直度,避免孔斜引发基础偏移。钻进参数需根据基础地层均匀性调整,保持钻进速度与下压力稳定,减少孔壁扰动,清孔作业采用分段清理模式,确保沉渣厚度符合直线段基础承载要求,适配基础批量施工的需求,实现成孔质量与作业效率的协同提升。

4.2 特殊地形线路基础中的应用适配

特殊地形线路基础涵盖山地、丘陵、河谷、戈壁滩等区域,此类区域地层复杂、地形起伏大、施工条件恶劣,旋挖钻机干作业成孔技术适配,需结合地形与地层特点针对性调整。山地与丘陵地形适配,需先平整作业场地,铺设高强度垫板分散设备载荷,防止设备侧翻,选用爬坡能力强的旋挖钻机,优化设备行走系统参数,提升地形适应性。钻具选型,需结合山地地层风化程度,选用耐磨型钻斗应对硬岩地层,钻进过程中根据地层变化灵活调整下压力与钻进速度,必要时采用套管护孔,避免孔壁坍塌。河谷地形适配,需重点关注地下水位变化,避开汛期作业,采用排水措施降低地下水位,确保干作业条件,选用防淤堵钻具,减少河谷砂层对成

孔质量的影响,钻进过程中加强孔位监测,规避地形沉降导致的桩位偏移,确保特殊地形线路基础成孔质量与结构稳定性。

4.3 旋挖干作业成孔与人工挖孔的适配对比

在输电线路基础施工中,在地下水较低的不同地层与地质条件下,旋挖干作业成孔与传统人工挖孔作业方式和适应性存在明显差异,结合不同基础的地形、地质等进行对比分析。人工挖孔施工主要采用一体化深基坑作业智能机,其耗时久、噪音大,有限空间作业风险较高,开挖效率受人力、地质等制约;而旋挖干作业采用机械化施工,钻进速度快,开挖效率高、噪音较低,在成孔过程中,施工人员不需要进入孔内,有效避免有限空间作业风险。在施工成本方面,虽旋挖设备进出场投入较高,但通过调整钻具,能够适配山地硬岩、河谷砂层等场景^[5],通用性强、工期短,综合成本更具优势,相比人工挖孔作业方式,更好地适配和满足输电线路基础施工需求。

结束语

旋挖钻机干作业成孔技术凭借钻进速度快、成孔质量优、作业安全高效等特点,已成为平原、山区、丘陵及戈壁滩等地下水位较低区域,重点使用的作业方式。通过明确设备核心构成与工艺流程,落实前期准备、流程优化与效率提升措施,同时构建安全隐患识别、控制措施与操作规范体系,能够有效保障施工质量与人员安全。针对直线段与特殊地形等不同基础类型合理适配钻具选型与钻进参数,可进一步提升成孔精度与结构稳定性。持续完善技术应用体系,结合工程实践积累经验,将推动输电线路基础施工水平稳步提高。

参考文献

- [1]谭艳帅.硬质地层粘土护壁旋挖钻干挖成孔施工技术[J].建筑机械,2023(2):29-31.
- [2]石洪庆.干法旋挖成孔灌注桩施工技术应用[J].商品与质量,2021(24):159.
- [3]张志伟.硬质地层条件下大直径桩基旋挖钻成孔工艺适用性研究[J].智能建筑与工程机械,2021,3(11):3-7.
- [4]魏磊.道路桥梁施工中的干成孔旋挖桩施工技术[J].电脑应用文粹,2024(12):346-348.
- [5]代永海,翟月斗.戈壁滩跟进式护筒旋挖桩应用技术研究[J].建筑技术开发,2024,51(11):101-103.