输电电缆线路拉管工艺质量控制

樊　博
内蒙古送变电有限责任公司　内蒙古　呼和浩特　010020

摘　要：输电电缆拉管施工是地下管线敷设的主流工艺，施工工况复杂、工序衔接紧密，极易产生各类成型质量缺陷。本文结合拉管施工全作业流程，梳理工序运行逻辑与场地地质、设备管材、人工操作等质量影响因素，剖析勘察筹备、钻孔扩孔、泥浆护壁及管道回拖各阶段常见质量问题与形成诱因。针对性提出各施工阶段的精细化管控方法，搭建设备物料、工序作业、人员技能及动态巡查一体化的长效管控体系，为输电电缆拉管施工质量提升提供规范化的技术参考。

关键词：输电电缆；拉管工艺；施工工序；质量缺陷；质量管控

引言：城市电网建设进程持续推进，地下电缆敷设模式逐步替代传统架空线路，成为电力传输网络搭建的主要方式。拉管工艺凭借占地少、施工灵活、对周边环境干扰小的优势，广泛应用于输电电缆穿越道路、城区地块的敷设施工中。现场施工受地质条件、设备适配度及人工操作等多重因素干扰，各作业环节容易出现轨迹偏差、孔壁破损、管材形变等质量问题。施工质量的不稳定，会影响电缆管线敷设精度与运行稳定性。依托完整施工流程梳理质量隐患、剖析问题成因并搭建系统化管控模式，能够有效规范现场施工作业。

1 输电电缆拉管工艺施工流程与质量影响要素

1.1 输电电缆拉管工艺标准施工工序

输电电缆拉管施工遵循固定的递进式工序逻辑，各环节依次推进、层层衔接。施工开展前需完成作业区域清理，规整作业空间，清除地面及地下各类障碍物。随后开展孔位精准定位，结合线路敷设需求确定钻孔轴线与出入土点位，做好点位标记。导向钻孔是工序推进的关键环节，通过专业设备沿预设轨迹完成浅层钻孔作业，搭建基础孔道雏形。钻孔作业结束后进入多级扩孔阶段，逐步扩大孔径规格，匹配电缆保护管外径尺寸，保障后续管材敷设空间充足[1]。孔道修整完成后，开展管材牵引穿管作业，将预制管材平稳送入成型孔道内部。最后完成孔道封堵、场地复原及管线规整，整套工序完整闭环，保障电缆拉管施工的规范性与完整性。

1.2 拉管施工场地环境与地质影响要素

场地环境与地质条件是左右拉管施工成型状态的基础条件。不同土层结构会改变钻孔及扩孔作业的推进难度，松散土层易出现孔壁不稳、孔道变形等问题，硬质土层会增加钻孔阻力，影响孔道成型的规整度。地下水位的高低会干扰孔道稳定性，水位偏高会引发孔壁渗水、塌孔等问题，破坏孔道原有形态。场地开阔程度约束设备摆放与作业范围，狭窄场地会限制设备操作幅度，导致钻孔轨迹偏移。地表地形起伏会改变钻孔受力状态，干扰点位精度，让预设施工轨迹出现偏差，直接影响整体施工成型质量。

1.3 施工设备与管材适配对施工质量的影响

施工设备性能与管材规格的匹配程度，直接决定拉管施工的成型效果。钻孔设备的动力参数、扭矩输出需适配施工土层与孔径需求，设备动力不足会造成钻孔推进卡顿、扩孔不彻底，设备参数超标则会扰动周边土层，造成孔道形变。牵引设备的拉力承载能力需契合管材自重与敷设长度，拉力把控不当会造成管材扭曲、移位等问题。管材自身的刚度、壁厚及材质均匀度，影响敷设后的成型状态。管材规格与孔径尺寸不匹配，会出现管材悬空、贴合不均的情况，降低管线敷设的稳定性，埋下后续运行的质量隐患。

1.4 施工操作行为对成型质量的作用机制

人工操作的规范性与精细化程度，是把控施工成型质量的核心变量。钻孔作业中，操作人员对钻进角度、推进速度的把控，决定钻孔轨迹的精准度。角度把控偏差会造成孔道偏移，破坏线路敷设的直线度。扩孔作业阶段，匀速有序的操作节奏，能够保障孔径均匀规整。操作节奏忽快忽慢，会造成孔壁凹凸不平，影响管材顺利敷设。管材牵引过程中，平稳匀速的操作方式可规避管材弯折、磨损问题。粗放式操作会引发管材变形、位置偏移等缺陷[2]。各道工序的操作细节，都会直接作用于孔道成型、管材敷设的最终状态，决定整体施工质量的优劣。

2 输电电缆拉管工艺施工质量现存问题与成因分析

2.1 前期勘察与施工筹备阶段存在的质量隐患

前期勘察与筹备工作的疏漏，会从源头滋生各类施

工质量隐患。现场勘察工作流于表面，无法精准探明地下土层分布、地下水分布及隐蔽构筑物分布情况，施工方案编制就会脱离现场实际条件。筹备阶段对作业场地清理不到位，残留的地下杂物、硬质障碍物会阻碍后续钻孔作业正常推进。技术筹备工作存在疏漏，施工参数未根据现场工况针对性调整，沿用通用施工标准应对复杂施工场景。材料与设备筹备检查流于形式，部分性能不达标的机具、规格偏差的管材进入施工现场。筹备环节的各类疏漏，都会为后续钻孔、铺管等核心工序埋下质量隐患，增加施工缺陷出现概率。

2.2 导向钻孔阶段施工偏差问题及产生原因

导向钻孔是把控管线敷设精度的核心工序，现场施工极易出现轨迹偏移、孔位偏差等常见问题。钻孔轨迹偏离预设轴线，多源于点位标定不够精细，前期放线定位存在细微误差，后续钻进作业会持续放大偏差数值。设备运行状态异常也会干扰钻孔精度，仪器校准不及时、传感设备数据偏差，会让操作人员无法精准判断钻进姿态。复杂地层工况会加剧钻孔偏差，软硬交错土层会让钻头受力不均，钻进方向发生偏移。人工操控节奏混乱，钻进速度、角度调整缺乏精细把控，都会造成钻孔轨迹错位、孔位偏移，破坏管线敷设的整体精度。

2.3 扩孔与泥浆护壁工序质量缺陷分析

扩孔与泥浆护壁工序易产生孔径不均、孔壁破损、护壁失效等质量缺陷。扩孔作业未遵循逐级扩孔原则，单次扩孔尺寸跨度偏大，会对孔壁土层造成强力扰动，引发孔壁脱落、孔径大小不一等问题。扩孔速度把控失衡，作业速度过快会挤压土层结构，速度过慢会造成孔壁风干松散。泥浆配置比例不合理，浆液粘稠度无法适配现场土层特性，松散土层中浆液固壁能力不足，硬质土层中浆液流动性较差。泥浆循环供给不持续，孔内浆液存量不足，无法形成有效护壁层，孔壁稳定性大幅下降，极易引发塌孔、缩径等施工缺陷。

2.4 回拖铺管阶段成型质量不稳定问题

回拖铺管阶段容易出现管材移位、形变、敷设不规整等成型质量问题。回拖作业速度把控不稳，匀速状态无法保持，瞬间拉力波动会拉扯管材，造成管材弯曲、扭转。孔道内部残留渣土、碎石未彻底清理，管材回拖过程中会受到摩擦挤压，表面出现破损，整体姿态发生倾斜。管材端头固定防护措施不到位，回拖过程中出现端头偏移、错位，整条管线敷设轴线出现偏差。施工人员未根据孔道实际状态调整回拖策略，僵硬执行固定作业流程。多重因素叠加会造成管线成型状态杂乱，敷设稳定性不足，整体施工成型质量难以统一。

3 输电电缆拉管工艺全流程质量控制优化措施

3.1 施工前期筹备阶段质量管控方式

施工前期筹备是阻断质量缺陷滋生的关键环节，需落实精细化管控模式。现场勘察工作需要深入细致，逐层排查地下土层结构、地下水分布及周边隐蔽构筑物分布情况，积累详实的现场数据。施工方案依据勘察数据针对性编制，调整施工参数与作业方式，适配场地实际工况。作业场地开展全方位清理，彻底清除地下杂物、硬质障碍物，平整作业区域地面，为设备布设与钻孔作业创造良好条件。进场机具提前开展整机检修与性能调试，排查动力系统、传感系统存在的隐患问题[3]。管材、辅助材料逐一开展外观与规格核验，筛选符合施工标准的用料。结合现场实际工况开展专项技术交底，明确各工序作业标准与管控重点，从源头提升施工基础质量。

3.2 导向钻孔作业精准化质量控制方法

导向钻孔的精度管控，需要贯穿钻孔作业全部过程。施工前期对测量仪器、导向设备进行专项校准，保障设备采集的数据真实准确。孔位放线、轴线标定采取多次复核模式，降低定位误差，杜绝初始偏差累积扩大。钻进作业依托地层变化调整作业节奏，针对软硬交错土层放缓钻进速度，维持钻头受力均匀。操作人员实时监测钻进轨迹状态，及时微调钻进角度与推进速率，修正细微轨迹偏移。针对复杂地层单独规划钻孔路径，规避地层不均匀结构对钻孔走向的干扰。严格把控每一段钻孔轨迹的直线度与平整度，保障成型导向孔完全匹配预设施工标准。

3.3 扩孔与泥浆系统施工质量优化管控

扩孔与泥浆护壁工序需依托规范作业标准优化施工状态。扩孔作业严格遵守逐级扩孔原则，控制单次扩孔尺寸跨度，减少土层扰动幅度，保护孔壁结构完整性。根据现场土层属性调控扩孔速率，均匀推进作业进度，规避孔壁挤压破损或风干松散问题。结合地层特点调配泥浆配比，优化浆液粘稠度与流动性，强化松散土层的固壁能力，提升硬质土层的渗透润滑效果。搭建稳定的泥浆供给与循环体系，持续补充孔内浆液，维持孔内液面高度。及时排查泥浆循环管路通畅性，清理管路淤积杂物，保障护壁效果持续稳定，有效规避塌孔、缩径等常见施工缺陷。

3.4 管道回拖与成型收尾阶段质量把控要点

管道回拖与收尾作业直接决定最终成型质量，需要落实精细化把控标准。正式回拖作业前彻底清扫孔道内部，清除残留渣土、碎石等杂物，减少管材敷设过程中的摩擦损伤。固定管材端头防护结构，加固连接部位，

规避敷设过程中出现偏移、错位问题。全程稳定回拖作业节奏，保持平缓匀速的作业状态，弱化拉力波动对管材结构的影响。结合孔道成型状态灵活调整作业方式，杜绝固化作业流程带来的适配性不足问题。管材敷设完成后及时核查管线姿态，微调偏移部位，规整管线整体布局。做好孔道封堵与场地复原工作，完善成品保护措施，保障管线成型状态规整稳定，满足输电电缆敷设的质量要求。

4 输电电缆拉管工艺质量长效管控保障体系

4.1 施工设备与管材质量常态化管控机制

设备与管材是拉管施工质量的基础载体，需建立常态化管控模式维持施工稳定性。针对各类施工机具制定固定维保计划，按作业时长、作业工况开展定期检修，重点排查动力系统、导向传感及牵引传动结构的运行状态，及时更换老化、磨损零部件，规避设备故障引发的施工缺陷。设备投入现场作业前，完成整机调试与精度校验，留存完整检修记录，维持设备运行性能稳定。管材管控落实全周期检查模式，进场阶段完成规格、外观、材质的逐项核验，存放阶段做好防潮、防挤压、防形变防护，规避存放环境因素造成的管材损伤[4]。严格落实物料管理流程，从设备运行、物料存放到现场使用形成闭环管控，夯实施工质量基础。

4.2 施工工序标准化作业管控体系

工序标准化能够约束各类不规范作业行为，稳定整体施工质量水平。结合输电电缆拉管施工的工况特点，梳理各工序核心作业细则，明确钻孔、扩孔、泥浆护壁、管材回拖等关键环节的作业规范。细化各工序操作要点、精度标准及作业禁忌，让现场作业拥有明确执行依据。搭建工序衔接管控模式，明确前后工序的交接标准与核验要求，杜绝工序衔接疏漏产生的质量隐患。针对不同地层、场地环境优化对应作业标准，摒弃单一固化的作业模式，提升标准体系的现场适配性。

4.3 施工人员作业规范与技能管控体系

现场作业人员的专业能力，直接决定工艺管控落地效果。建立常态化技能培育机制，围绕拉管施工核心工艺、精度把控要点、常见缺陷处置内容开展专项培训，补齐作业人员技术短板。落实作业行为规范管理，统一现场操作准则，杜绝随意化、经验化作业行为。搭建技能考核与作业督导模式，定期核查人员实操水平，督促作业人员严格遵循施工规范。引导作业人员主动适配现场工况，灵活调整操作方式，提升复杂工况下的施工把控能力。通过常态化培育与规范约束，稳定现场作业水准，降低人为因素引发的质量问题。

4.4 施工全过程动态质量巡查管控机制

动态巡查可及时发现并处置施工过程中的隐性质量问题，实现全过程质量把控。围绕施工筹备、钻孔作业、扩孔护壁、管材回拖及成品收尾全流程，划定重点巡查节点，明确各节点巡查内容与把控重点。开展常态化现场巡查工作，细致排查孔道成型状态、设备运行工况、管材敷设质量及工序操作规范性。针对巡查发现的轻微偏差与隐患，及时开展现场整改，避免问题持续累积扩大。记录各类施工质量问题与整改情况，形成完整的施工质量台账。依托动态巡查模式实现施工质量的实时把控，构建长效、稳定的质量管控格局。

结束语

输电电缆拉管施工质量管控贯穿作业全流程，任一工序的管控疏漏都会影响管线整体成型状态。通过梳理施工核心工序，分析环境、设备、人员带来的质量干扰问题，明确各施工环节常见缺陷的形成原因，配套适配各阶段的精细化优化管控措施。搭建覆盖设备管材、工序作业、人员管理及动态巡查的长效保障体系，可以全方位规范现场施工行为，改善拉管施工成型质量，强化输电电缆地下敷设工程的施工稳定性与工艺规范性。

参考文献

[1]张胜泽.银川都市圈供水工程电缆钻越黄河设计与施工[J].工程建设与设计,2023(15):222-225.

[2]齐斌.复杂地层非开挖水平定向钻进敷设电力线缆技术研究[J].电工技术,2025(7):96-98.

[3]袁梦,段胜男,张莎莎,等.城市电缆线路工程非开挖施工法技术经济分析[J].中国电力企业管理,2024(9):62-63.

[4]别青松.高压电缆护层接地故障查找技术的探讨[J].百科论坛电子杂志,2022(20):88-90.