

# 架空输电线路跨越生态敏感区的无接触式架线工艺

车永毅

中国水利水电第十一工程局有限公司 河南郑州 450001

DOI: 10.12238/ems.v8i1.17686

**[摘要]** 针对架空输电线路跨越生态敏感区时面临的生态保护与工程建设矛盾，本文围绕无接触式架线工艺开展专项探究，明确该工艺“导线不落地”的核心特征，同时解析张力平衡、空中牵引两项关键原理，从施工流程完整性、生态扰动程度及作业效率三个维度，与传统架线工艺展开差异分析，同步探究适配敏感区场景的轻量化牵引设备研发要点与动态张力控制系统的设计逻辑，关联森林植被区、湿地生态带及自然保护区周边等典型场景的应用实践案例，构建智能化效率提升方案、施工后即时生态修复策略及长期动态监测改进机制。研究结果显示，无接触式架线工艺能够达成生态低干扰与工程高效推进的协同目标，可为生态敏感区输电线路建设提供可靠技术保障，而其优化路径还能持续提升生态效益输出水平与工艺实际适配能力。

**[关键词]** 架空输电线路；生态敏感区；无接触式架线工艺；张力控制；生态效益

## 引言

随着电力基础设施向生态薄弱区域拓展，架空输电线路跨越森林、湿地、自然保护区等生态敏感区时，传统架线工艺受限于地面作业范围广、植被损毁率高、土壤压实程度上升等问题，往往给区域生态系统完整性带来难以逆转的干扰，如何平衡工程建设与生态保护已成为行业内亟待突破的核心议题。无接触式架线工艺以“导线不落地”为核心，依托张力平衡与空中牵引技术降低地表扰动，轻量化设备设计与精准控制属性，为敏感区线路搭建提供了全新技术路径；针对该工艺技术体系、敏感区适配应用及优化方向的探究，可弥补传统工艺在生态保护维度的不足，推动输电线路施工朝着绿色化、智能化方向转型，对保障能源输送安全、维护生态系统稳定具备重要现实价值。

### 一、无接触式架线工艺的核心技术体系与设备适配

### (一) 无接触式架线工艺的基本原理与核心特征

无接触式架线工艺的“无接触”核心要义，在于全流程规避架线主体与地面、植被产生直接接触，依托张力平衡与空中牵引的力学机制完成导线架设作业；施工环节依托专用装置不间断保持导线的稳定张力状态，使架线主体始终处于预先设定的空中路径，既能规避与地表生态要素形成摩擦或碾压作用，也可降低导线因接触地面引发的损耗问题。工艺优势集中体现在两个维度，一是生态干扰程度低，无需对作业区域开展大规模地面清障作业，可最大程度留存区域内原有生态环境样貌；二是空间控制精度高，通过精准调节装置参数指标，将导线在空中的位置偏差管控在极小区域内，满足复杂地形条件下的架设技术标准。无接触式架线工艺以“导线不落地”为核心，其核心施工链路可通过图 1 清晰呈现，全程依托张力控制与空中牵引实现低生态干扰作业。

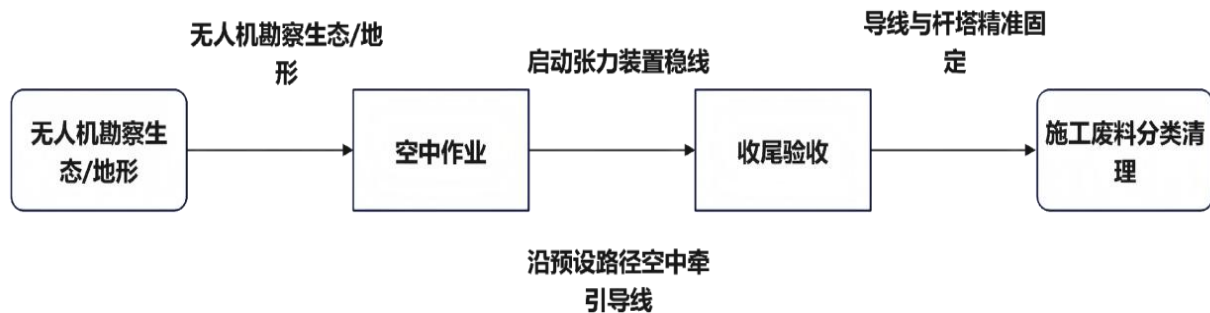


图 1 无接触式架线核心施工流程图

### (二) 无接触式架线与传统架线工艺的技术对比

传统架线与无接触式架线的技术分野集中呈现于三个维

度，施工流程层面传统架线依赖地面铺展导线后再逐步完成提升架设，无接触式则直接依托空中牵引实现导线布放，规避地面操作环节的耗时与风险；生态影响层面传统架线的地面作业环节常造成植被破坏率攀升，设备通行过程进一步加剧土壤压实程度，无接触式因无需开展地面大规模作业，对生态环境的扰动幅度大幅收缩；在作业效率层面无接触式省去地面清理、导线整理等冗余工序，尤其在生态敏感区无需为设备开辟大面积作业通道以保障通行，既为生态安全提供可靠保障，也推动整体施工效率的提升，其在敏感区域应用的核心价值由此凸显。

### （三）生态敏感区适配的无接触架线关键设备设计

结合生态敏感区的地形特质与环境禀赋，无接触架线关键设备需开展针对性适配设计。牵引设备依托结构精简达成轻量化适配，压缩整体体积与自重，便于在山地、湿地等复杂地形开展转运作业，无需大型机械辅助搬移，降低设备移动环节对地表植被的扰动。张力控制系统搭载动态调节功能，可实时捕捉外界风速波动，自动校准张力参数，规避风速骤变引发的导线张力失常，保护导线完好性并维持架设过程的稳定状态；设备整体采用环保材质加工，关键液压与润滑构件设置防泄漏构造，从源头阻断油污等有害介质渗出，防止对敏感区土壤、湿地造成污染，契合生态保护核心诉求。

## 二、无接触式架线工艺在典型生态敏感区的应用实践

### （一）森林生态敏感区无接触架线的施工方案

森林生态敏感区无接触架线以“高杆塔 + 大跨越”为核心作业框架，抬升杆塔高程、拓展档距跨度可减少杆塔布设数量对森林植被群落的占用，规避线路对森林生态廊道造成的分割效应。植被防护环节，施工前期借助无人机对线路沿线开展全域勘察，精准掌握乔木、灌木的分布区间与生长态势，据此划定最小作业半径，仅在必需区域推进设备部署与操作流程，避免多余区域的植被覆盖区遭受扰动；在某森林工程项目中，依托这套作业框架与防护手段，施工对植被的扰动得到有效管控，乔木损伤范围被严格限定，森林生态系统的完整性获得可靠保障。

（二）湿地生态敏感区无接触架线的路径优化与水文影响控制

湿地生态敏感区无接触架线以路径优化为首要准则，前

期规划环节深度融合湿地生态调查结论，避开湿地核心保育区与水生生物栖息区域，优先沿现有沟渠边缘规划线路走向，借助沟渠周边相对硬化的区域降低施工对湿地软土基质的扰动。施工期同步落实水文保护措施，严禁任何施工设备踏入水体范围，避免设备碾压引发湿地底泥扰动；在作业区域周边布设临时截水沟，引导施工产生的少量雨水或积水有序排出，防止泥沙随水流进入湿地水体形成淤积，始终维持湿地原有水文循环状态稳定，保障湿地生态功能完好性。针对施工过程中产生的废弃导线边角料、设备包装材料、生活垃圾等，按照可回收、有害、其他垃圾等类别划分收集容器，明确各类废弃物的收纳标准与存放位置，避免废弃物随意丢弃污染土壤或误入湿地水体；施工结束后，将分类收集的废弃物交由具备资质的专业机构运输处置，其中有害废弃物需单独封装并标注警示信息，确保全程不产生二次污染，契合无接触架线对生态环境“零额外干扰”的要求<sup>[1]</sup>。

（三）自然保护区周边无接触架线的施工流程与生态干扰规避

自然保护区周边无接触架线在施工流程中聚焦多维度生态干扰防控，施工时间精准把控，结合保护区内野生动物生活习性，避开动物繁殖季与活动高峰时段，降低施工活动对动物栖息、繁衍的干扰；设备选用依托低噪音牵引机型，削减机械运转产生的噪音分贝，避免噪声扩散影响保护区内动物行为模式；在人员管理环节提前划定固定施工通道与作业区域，严禁施工人员随意移动，防止人为踩踏破坏保护区周边植被覆盖。建立与保护区管理部门的协同机制，实时共享施工进度、作业范围等信息，接受其监督指导，确保施工全程契合保护区生态保护要求<sup>[2]</sup>。

## 三、无接触式架线工艺的优化方向与生态效益提升路径

### （一）基于智能化的无接触架线工艺效率优化技术

无接触架线工艺的效率优化可借助智能化技术推进，关键支撑为无人机巡检与 AI 张力调控系统的联动运转；施工环节无人机可替代传统人工开展线路沿线实时巡检，精准捕捉导线空中姿态、杆塔周边环境变化等信息，无需人员进入敏感区域实施实地勘察，降低人为活动对生态的扰动。AI 张力调控系统能基于无人机采集的数据与现场环境参数，自动调整张力设备运行参数，实现导线张力的动态精准控制，大幅减少人工干预环节，既提升整体作业效率，也可规避因人

工操作失误引发的导线偏移、设备故障等问题，进一步降低对周边生态环境的潜在风险。

### (二) 无接触式架线与生态修复技术的协同应用模式

无接触架线与生态修复技术可形成“施工后即时生态补救”的联动机制，在架线施工结束后即刻针对受影响区域启动生态修复作业，规避间隔期内生态环境发生退化或遭遇二次扰动；针对杆塔基础区，可依据所在敏感区生态特性补种本地原生植物，确保修复植被与周边生态系统高度契合，推动区域植被快速恢复<sup>[3]</sup>。这种时间衔接逻辑能最大程度压缩施工与修复的间隔周期，降低外界因素对施工迹地的干扰，避免因二次进场开展修复工作造成的生态扰动，让架线工程与生态修复构建良性互动关系，助力敏感区生态功能快速回归原有水平。

### (三) 长期生态效益监测与无接触架线工艺改进机制

无接触架线工艺的长期优化需构建完备的生态效益监测框架与工艺迭代机制，监测指标框架需覆盖植被覆盖率、物种多样性、土壤肥力等核心维度，以此全面反映架线工程对敏感区生态的长期作用，监测频率则需结合生态演变规律设定，施工后定期开展监测工作，持续追踪生态恢复进程<sup>[4]</sup>。依托监测获取的数据可梳理工艺应用中的短板，若监测发现某区域因杆塔间距不合理导致物种栖息地受影响，可针对性调整后续无接触架线的杆塔布置参数，进而构建“监测—分析—改进—应用”的闭环流程，推动无接触架线在生态保护层面实现持续优化。无接触式架线工艺的生态效益提升依赖完整闭环推进，其“施工—修复—监测—优化”的核心流程可通过图2直观呈现。

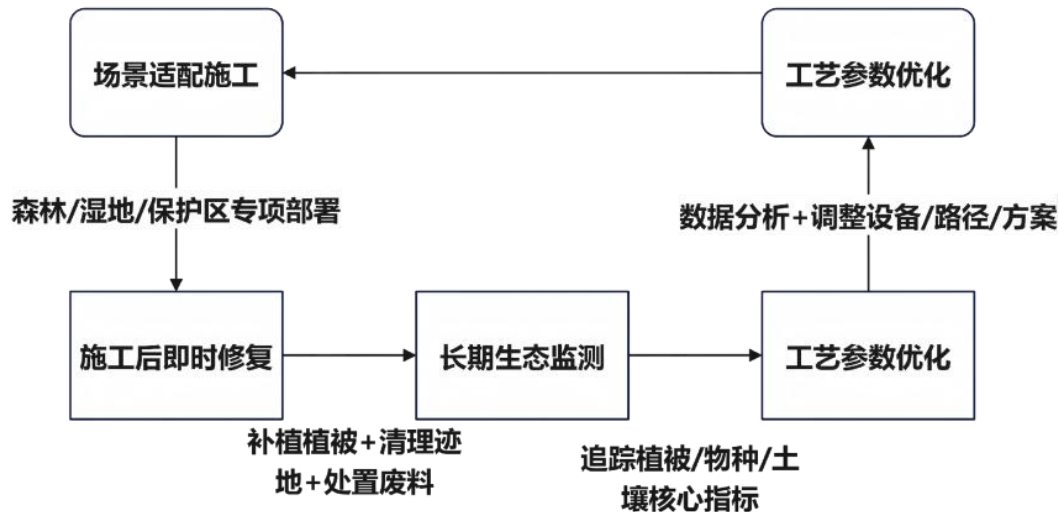


图2 生态敏感区无接触架线“施工—修复—优化”闭环流程图

### 结语

本文系统解构无接触式架线工艺的技术本质，厘清其“导线不落地”的核心定位，依托张力平衡与空中牵引两项关键机制达成低生态干扰与高精度控制的双重特性，对比传统工艺过程中，进一步凸显设备轻量化、环保化设计对敏感区场景的适配价值；针对森林、湿地、自然保护区三类典型生态场景，具象呈现适配性施工方案与专项生态保护手段；围绕智能化技术融合、施工后即时生态修复、长期监测改进闭环三个维度，搭建工艺优化与生态效益提升的完整实施路径。这一工艺为化解生态敏感区输电线路建设中的核心矛盾提供了可操作的技术路径，其迭代优化方向亦为能源基础设施绿色化、精准化发展提供了实践层面的参照。

### [参考文献]

- [1] 郑榜刚. 500 kV 架空输电线路张力架线施工技术研究[J]. 电工技术, 2024, (S2): 539-541.
- [2] 刘宏志, 赵英琦, 刘克, 等. 架空输电线路机械化施工方案造价分析[J]. 山东电力高等专科学校学报, 2024, 27(05): 65-69+74.
- [3] 赵辉. 输电线路架空工程施工风险分析与管控[J]. 电力安全技术, 2024, 26(09): 19-22+31.
- [4] 张建业, 黄迎亚. 分析 500kV 架空输电线路张力架线施工技术[J]. 电气技术与经济, 2024, (03): 123-125.
- [5] 刘许凡, 杜海强, 樊云龙, 等. 架空输电线路机械化施工设计应用概述[J]. 电工技术, 2024, (05): 105-109.