

高压输电线路全过程机械化施工技术要点

陶智鹏，张鑫

宁夏超高压电力工程有限公司，宁夏 银川 750000

DOI:10.61369/WCEST.2026020022

摘 要： 随着电网建设规模不断扩大与输电线路工程复杂程度提高，传统以人工为主的施工方式在效率、安全与质量控制方面逐渐受到限制。全过程机械化施工通过引入专业施工装备与系统化作业组织，使基础施工、杆塔组立以及导地线展放等环节实现机械设备主导作业，在提升施工效率的同时降低劳动强度与安全风险。机械化施工推动输电线路工程施工组织方式与技术体系持续优化，为提升工程施工质量与效率提供技术支撑，并促进输电工程施工模式向更加高效、安全与规范方向发展。

关 键 词： 高压输电线路；机械化施工；杆塔组立；导地线展放；施工技术

Whole Process Mechanized Construction Technology and Key Points of High Voltage Transmission Line

Tao Zhipeng, Zhang Xin

Ningxia Ultra High Voltage Power Engineering Co., Ltd., Yinchuan, Ningxia 750000

Abstract： With the continuous expansion of power grid construction scale and the improvement of the complexity of transmission line engineering, the traditional manual construction method is gradually limited in efficiency, safety and quality control. Through the introduction of professional construction equipment and systematic operation organization, the whole process of mechanized construction can realize the leading operation of mechanical equipment in the links of foundation construction, tower assembly and ground wire laying, so as to improve the construction efficiency and reduce the labor intensity and safety risk. Mechanized construction promotes the continuous optimization of the construction organization mode and technical system of the transmission line project, provides technical support for improving the quality and efficiency of the project construction, and promotes the development of the construction mode of the transmission line project in a more efficient, safe and standardized direction.

Keywords： high voltage transmission line; mechanized construction; tower assembly; conductor and ground wire spreading; construction technology

引言

高压输电线路是电力系统实现跨区域能源输送的重要基础设施，其建设质量直接关系到电网运行的安全性与稳定性。近年来，随着电网工程建设范围不断向山区、丘陵及复杂地形区域延伸，施工环境条件与工程组织难度明显增加，传统依赖人工和简易设备的施工方式在效率、安全以及施工质量稳定性方面逐渐难以满足工程建设需求。机械化施工技术的应用为输电线路工程施工模式带来新的变化，通过利用专业施工机械、运输设备与张力放线装置等装备，可以在多个施工环节中实现机械主导作业，使施工过程更加规范有序。机械设备在施工中的广泛应用不仅能够减少高强度人工作业，也有助于提升施工过程的安全保障水平。在电网工程规模持续扩展的背景下，系统梳理输电线路机械化施工的关键技术与实施要点，对于提升工程施工效率、优化施工组织管理以及推动电网建设技术水平提升具有现实意义。

一、高压输电线路全过程机械化施工的技术基础

（一）输电线路机械化施工的发展背景与技术内涵

随着电网建设规模不断扩大，高压输电线路工程在山区、丘陵以及跨越复杂地形区域中的建设任务逐渐增多，施工环境条件更加复杂，对施工效率与安全管理提出更高要求。传统输电线路

施工方式多依赖人工配合简易机械设备完成，施工周期较长，劳动强度较大，在复杂地形环境中容易受到多种条件限制。机械化施工技术的推广应用，使施工过程逐渐由人工作业为主转向设备作业为主，通过专业施工装备参与基础施工、杆塔组立与导地线展放等关键环节，形成较为稳定的施工技术体系。机械化施工不仅改变了施工组织方式，也推动输电工程施工逐渐向标准化与专

业化方向发展，在保障工程质量的同时提高整体施工效率。

（二）全过程机械化施工体系的构成要素

全过程机械化施工体系由施工设备系统、施工技术方案以及施工组织管理机制共同构成。施工设备系统主要包括基础施工机械、吊装设备、张力放线设备以及运输设备等，不同设备在施工阶段承担不同功能，通过合理配置能够形成较为完整的施工装备体系。施工技术方案是机械化施工顺利实施的重要基础，需要根据地形条件、线路长度以及杆塔结构形式进行科学设计，使设备配置与施工流程之间保持协调关系^[1]。施工组织管理则对施工过程中的设备调度、人员协作与施工进度进行统一安排，通过建立稳定的作业流程，使机械设备在不同施工阶段能够保持连续作业状态。多种要素相互配合构成完整的机械化施工体系，为输电线路工程施工提供技术支撑。

（三）机械化施工与传统施工模式的差异

机械化施工模式与传统施工方式在作业组织、施工效率以及安全管理方面存在明显差异。传统施工模式中，大量施工环节需要依赖人工完成，施工人员在搬运、吊装与线缆展放等过程中承担较大体力劳动，作业效率与人员经验存在较大关联。机械化施工通过专业设备承担主要施工任务，使人工作业逐渐转向设备操作与技术管理，施工过程更加规范。机械设备能够在短时间内完成较大规模作业任务，在复杂地形条件下仍能保持较稳定的施工效率。机械化施工也有助于减少高空与高强度人工作业，使施工过程中的安全风险得到一定程度控制，整体施工质量与效率随之提升。

二、高压输电线路全过程机械化施工关键技术

（一）基础工程机械化施工技术

基础工程是输电线路施工的重要环节，其施工质量直接影响杆塔结构稳定性。机械化基础施工通常利用旋挖钻机、挖掘设备以及混凝土搅拌设备等机械装备完成基坑开挖与混凝土浇筑作业。机械设备在施工中能够保持较稳定的作业精度，使基坑尺寸与深度符合设计要求。机械化施工在混凝土浇筑环节能够实现连续作业，有利于提高混凝土结构的整体质量。在部分复杂地形区域，通过合理布置施工平台与设备作业路径，可以使机械设备顺利进入施工区域，减少人工挖掘所带来的效率限制，使基础施工过程更加高效。

表1 输电线路机械化施工主要设备及功能

施工环节	主要机械设备	主要功能	技术特点
基础施工	旋挖钻机、挖掘机、混凝土搅拌设备	完成基坑开挖与基础浇筑	提高基础施工效率与精度
杆塔组立	汽车吊、履带吊、抱杆起重装置	完成塔材吊装与塔体组立	吊装稳定性高、作业效率高
导线展放	张力放线机、牵引机、放线滑车	控制导线张力并完成展放	防止导线磨损与变形
材料运输	工程运输车、履带运输车	运输塔材与施工设备	适应复杂地形运输

为更加直观地反映输电线路全过程机械化施工中常用设备类型及其作用，可对不同施工环节所使用的主要施工装备进行归纳整理，如表1所示。

（二）杆塔组立机械化施工技术

杆塔组立是输电线路施工中的关键工序，其施工难度较高，对设备性能与施工组织要求较为严格。机械化组塔技术主要依靠起重设备与专用吊装设备完成杆塔构件的吊装与安装作业。施工过程中，通过合理选择吊装设备类型以及吊装方式，使杆塔构件能够在稳定状态下完成安装。设备操作人员根据施工方案对吊装角度与吊装高度进行控制，使杆塔结构在组装过程中保持稳定。机械化组塔技术在大型输电工程中应用较为广泛，通过设备协同作业能够减少高空人工操作，使施工效率与安全性得到明显提升。

（三）导线展放机械化施工技术

导线展放是输电线路施工中的重要环节，其施工质量直接影响线路运行性能。机械化展放技术通常采用张力放线设备与牵引设备进行作业，在放线过程中通过控制张力值与牵引速度，使导线在展放过程中保持稳定状态^[2]。张力放线设备能够有效避免导线在展放过程中与地面或障碍物发生接触，从而减少导线损伤的风险。

在导线线机械化展放过程中，导线张力控制是保证施工质量的重要技术环节。张力过大会增加导线受力并可能影响导线结构稳定性，张力过小则容易造成导线弧垂过大或与地面发生接触，因此需要根据线路档距与弧垂条件进行合理计算。导线张力关系通常可表示为：

$$T = \frac{wL^2}{8f}$$

式中：T为导线张力（N），w为导线单位长度重量（N/m），L为线路档距长度（m），f为导线弧垂（m）。通过对导线张力参数进行合理计算与控制，可使导线在展放过程中保持稳定受力状态，从而提高导线施工质量与安全水平。在长距离输电线路施工过程中，机械化张力放线设备能够保持连续作业状态，使导线展放效率得到明显提升，同时减少人工干预程度，使施工过程更加规范稳定。

（四）施工运输与设备协同作业技术

输电线路工程施工区域往往分布在跨度较大的区域，施工材料与设备运输成为影响施工效率的重要因素。机械化施工通过建立完善的运输体系，使材料运输与施工设备运行形成协调关系。施工现场通常采用运输车辆、履带式设备以及简易运输设施完成材料转运任务，使施工材料能够及时到达作业区域。设备协同作业技术通过合理安排设备作业顺序，使不同施工环节之间保持衔接关系。运输系统与施工设备之间形成稳定配合，有助于提高施工效率并减少作业等待时间。

三、全过程机械化施工的组织管理与技术控制

（一）施工方案设计与机械设备配置

机械化施工顺利实施需要依托科学合理的施工方案。施工方案设计过程中需要综合考虑线路走向、地形条件以及施工设备性能，使施工方案具有较强的可操作性。设备配置是施工方案的重

要组成部分，不同施工阶段需要选择适合的施工机械，使设备性能能够满足施工要求。设备数量与作业能力之间需要保持合理匹配，使施工过程保持连续性。通过科学配置设备资源，可以使施工效率得到有效保障。

（二）施工过程质量控制与技术管理

机械化施工虽然依赖设备完成主要作业，但施工质量仍需要通过严格技术管理进行控制。施工单位在工程实施过程中需要建立完善的技术管理制度，对基础施工、杆塔组立以及导线展放等关键环节进行质量检查^[3]。设备操作过程需要严格按照施工规范进行，使设备运行状态保持稳定。技术管理人员通过现场检查与数据记录，对施工过程中的关键技术参数进行监控，使工程质量符合设计标准。规范化管理能够使机械化施工在效率提升的同时保持稳定质量水平。

（三）施工安全管理与风险控制机制

输电线路工程施工过程中存在高空作业、设备吊装以及复杂地形作业等多种风险因素，安全管理在施工组织中具有重要地位。机械化施工通过设备替代部分高风险人工作业，使施工风险得到一定程度降低。施工单位需要建立安全管理制度，对设备运行状态进行定期检查，使设备在安全条件下运行。施工人员需要接受安全培训，掌握设备操作规范与应急处理方法。在施工现场通过安全监督与风险评估，使潜在风险能够得到及时识别与控制。

四、高压输电线路机械化施工技术应用优化路径

（一）施工装备智能化与信息化融合应用

随着电力工程施工技术持续发展，施工装备逐渐呈现出智能化与信息化融合的趋势。传统机械设备多依赖人工操作与经验判断，设备运行状态与施工参数难以形成系统记录，而智能化施工装备能够通过传感系统与数据采集模块，对设备运行状态、施工进度以及关键技术参数进行实时监测。施工管理人员通过信息平台能够及时掌握施工现场设备运行情况，对施工进度与施工质量进行动态管理。部分大型吊装设备与张力放线设备已经逐步引入自动控制与远程监测功能，使设备操作更加稳定，施工过程更加可控。信息系统在施工管理中的应用，使施工数据能够形成持续积累，为后续工程建设提供经验参考，也有助于推动输电线路施工逐渐向数字化管理模式转变。

（二）施工流程标准化与协同管理机制

全过程机械化施工的顺利实施离不开稳定的施工流程体系。

通过建立标准化施工流程，可以使不同施工阶段之间形成清晰的衔接关系，使施工活动保持连续性与稳定性。在施工组织过程中，需要对基础施工、杆塔组立以及导线展放等关键环节进行流程细化，使设备操作步骤、质量检查内容以及技术控制要求形成统一规范。标准化流程不仅有助于提高施工效率，也能够减少施工过程中由于操作方式差异所带来的质量波动。机械化施工通常涉及多种设备与多个作业小组，协同管理机制在施工组织中具有重要作用。通过加强设备管理人员、技术管理人员以及施工班组之间的信息沟通，可以使施工任务在不同阶段实现有效衔接。协同管理能够减少施工等待时间，使设备利用率保持较高水平，从而提升整体施工效率。

（三）机械化施工效率与资源配置优化

在输电线路工程建设过程中，机械化施工效率不仅取决于设备性能，还与施工资源配置方式密切相关。施工单位需要结合工程规模、线路长度以及施工环境条件，对设备、人员与运输资源进行统筹安排，使施工资源能够在不同阶段发挥合理作用^[4]。设备配置需要根据施工任务进行动态调整，在基础施工阶段重点配置土方设备与混凝土施工设备，在杆塔组立阶段加强吊装设备投入，在导线展放阶段合理安排张力放线设备与牵引设备。通过对施工进度进行持续跟踪，可以及时发现设备利用效率变化情况，并根据实际施工需求进行资源调配。合理的资源配置方式能够减少设备闲置与重复调度现象，使施工过程保持较高效率。在长期工程建设实践中，逐渐形成稳定的设备配置经验，有助于进一步提升机械化施工水平，使输电线路工程建设在效率、安全与质量方面保持良好平衡。

五、结语

随着电网建设规模不断扩大与施工环境日益复杂，输电线路施工方式逐渐由传统人工作业向机械化施工模式转变。全过程机械化施工通过将专业施工装备与规范化施工组织相结合，使基础施工、杆塔组立以及导地线展放等环节形成稳定高效的作业体系，在提升施工效率的同时降低高强度人工作业比例，为工程安全与施工质量提供更加可靠的技术保障。随着智能装备与信息化技术不断融入工程建设实践，机械化施工将在施工效率、质量控制与安全管理方面发挥更加显著作用，对推动输电线路工程建设水平提升具有积极意义。

参考文献

- [1] 李坚, 李聪. 输电线路全过程机械化施工关键技术应用研究 [J]. 灯与照明, 2025, 49(02): 160–162+168.
- [2] 罗崇盛. 高压输电线路施工技术与检修方法分析 [J]. 通讯世界, 2024, 31(11): 94–96.
- [3] 刘宏志, 赵英琦, 刘克, 文婷, 张灿. 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.
- [4] 曹远, 孟昭显, 管良. 高压输电线路施工技术与检修策略研究 [J]. 电子测试, 2019, (23): 105–106+83.