

输电线路全过程机械化施工关键技术应用研究

董良均

国网湖北省电力有限公司十堰供电公司 湖北 十堰 442700

摘要：本文聚焦输电线路全过程机械化施工关键技术应用。阐述了全过程机械化施工概念、流程，分析其施工效率高、成本低、质量优、安全性好等优势。详细探讨基础施工、杆塔组立、架线施工、附件安装与调试等环节的机械化技术，并提出技术创新、成本控制、人员培训等应对策略。结合实际案例，说明该模式可缩短工期、降低成本、保障质量，为电网建设提供参考。

关键词：输电线路；全过程机械化施工；关键技术

引言：随着电力需求的增长，电网建设规模不断扩大，对输电线路施工的效率和质量提出更高要求。传统输电线路施工依赖大量人力，存在效率低、质量受人为因素影响大等问题。而全过程机械化施工凭借其标准化、规范化、高效化等优势，成为现代化电网建设的重要方向。研究其关键技术应用，对提升输电线路施工水平、推动电网建设发展具有重要意义。

1 输电线路全过程机械化施工概述

1.1 全过程机械化施工的概念

输电线路全过程机械化施工是指从输电线路的规划、设计、施工到后期的运维等各个环节，全面采用机械化手段进行作业的一种施工模式。在传统输电线路施工中，大量依赖人力进行基础开挖、杆塔组立、架线等工作，不仅劳动强度大、施工效率低，而且施工质量受人为因素影响较大。而全过程机械化施工则通过引入各种先进的机械设备和自动化技术，实现施工过程的标准化、规范化和高效化。这种施工模式能够有效缩短施工周期，降低施工成本，提高工程质量，减少对施工人员体力的依赖，适应现代化电网建设对高效、优质、安全施工的要求。

1.2 全过程机械化施工的流程

输电线路全过程机械化施工流程主要包括以下几个阶段：首先是施工准备阶段，这一阶段需要对施工现场进行详细的勘察，包括地形地貌、地质条件、周边环境等，根据勘察结果制定合理的施工方案和机械配置计划。完成施工机械设备的选型、采购或租赁，并进行调试和维护，确保设备处于良好的运行状态^[1]。其次是基础施工阶段，按照设计要求，利用机械化设备进行基础开挖、钢筋绑扎、混凝土浇筑等作业。不同的地质条件需要选择合适的机械设备，如在软土地基中可采用长螺旋钻孔机进行钻孔灌注桩施工。另外是杆塔组立阶段，根

据杆塔的类型和重量，选用合适的起重设备进行组立，如对于较高的铁塔，可采用流动式起重机与抱杆相结合的方式组立。然后是架线施工阶段，利用张力放线设备进行导地线的展放，通过牵引机和张力机的配合，使导地线在一定的张力下展放，保证导地线的弧垂符合设计要求。最后是附件安装与调试阶段，使用机械化工具进行绝缘子、金具等附件的安装，并进行电气试验和调试，确保输电线路能够安全稳定运行。

2 输电线路全过程机械化施工的优势

输电线路全过程机械化施工具有诸多显著优势。从施工效率方面来看，机械化施工能够大大缩短施工周期。传统的人工施工方式，由于受到人力限制，施工进度较慢，而机械化设备具有高效、连续作业的特点，能够在较短时间内完成大量的施工任务。在成本方面，虽然机械化施工初期需要投入一定的资金用于设备购置和维护，但从长期来看，能够降低施工成本。机械化施工减少人工的使用，降低了人工成本，同时由于施工效率提高，缩短工期，减少设备租赁时间和管理成本。在质量方面，机械化施工能够实现施工过程的标准化和精准化，提高工程质量。机械设备能够按照设定的参数进行作业，减少人为因素对施工质量的影响，保证基础尺寸的准确性、杆塔组立的垂直度以及架线的弧垂精度等。另外，机械化施工还具有较高的安全性，减少施工人员在危险环境中的作业时间，降低安全事故的发生概率。

3 输电线路全过程机械化施工关键技术分析

3.1 基础施工机械化技术

基础施工是输电线路施工的重要环节，机械化技术的应用能够提高基础施工的质量和效率。常见的机械化基础施工技术包括旋挖钻孔灌注桩技术、冲击钻孔灌注桩技术等。旋挖钻孔灌注桩技术适用于多种地质条件，具有成孔速度快、孔壁稳定性好等优点。旋挖钻机通过

钻头的旋转和提升,将土渣排出孔外,形成桩孔,然后进行钢筋笼下放和混凝土浇筑。冲击钻孔灌注桩技术则主要用于硬质土层或岩石地层,冲击钻机通过冲击钻头的上下冲击作用破碎岩石或土层,形成桩孔^[2]。在施工过程中,需要根据不同的地质条件选择合适的钻头和施工参数,确保桩孔的质量。还有一些新型的基础施工机械化技术,如微型桩施工技术,适用于空间受限或地质条件复杂的地区,具有施工灵活、对周边环境影响小等优点。

3.2 杆塔组立机械化技术

杆塔组立是输电线路施工的关键工序之一,机械化技术的应用能够提高杆塔组立的安全性和效率。流动式起重机是杆塔组立中常用的机械设备,具有起重量大、机动性好等优点。根据杆塔的类型和重量,选择合适的吨位的流动式起重机进行组立。在组立过程中,需要合理确定起重机的站位和臂长,确保杆塔能够安全、准确地就位。抱杆也是一种常用的杆塔组立设备,适用于各种类型的铁塔组立。抱杆通过提升系统和牵引系统的配合,将杆塔分段吊起并组立。近年来,随着技术的不断发展,一些新型的杆塔组立机械化技术也应运而生,如直升机组立杆塔技术,适用于山区、沼泽等交通不便的地区,能够快速、高效地完成杆塔组立任务,但该技术对操作人员的技术要求较高,且成本相对较高。

3.3 架线施工机械化技术

架线施工是输电线路施工的重要环节,机械化技术的应用能够保证导地线的展放质量和效率。张力放线技术是目前架线施工中常用的机械化技术,通过牵引机和张力机的配合,使导地线在一定的张力下展放。牵引机提供导地线展放的动力,张力机则控制导地线的张力,保证导地线在展放过程中不与地面或其他障碍物接触,避免导地线受到损伤。在架线施工过程中,还需要使用一些辅助设备,如放线滑车、压接机等。放线滑车用于支撑导地线,减少导地线与地面的摩擦;压接机则用于导地线的连接,保证连接的可靠性和电气性能,随着无人机技术的发展,无人机在架线施工中也得到了一定的应用,如用于导地线的牵引和巡视等。

3.4 附件安装与调试机械化技术

附件安装与调试是输电线路施工的最后道工序,机械化技术的应用能够提高附件安装的效率和质量。在绝缘子安装方面,可以使用绝缘子串提升装置,将绝缘子串快速、准确地提升到安装位置,减少了人工搬运和安装的工作量。金具安装也可以采用机械化工具,如电动扳手等,提高安装速度和紧固力矩的准确性。在电气试验和调试方面,使用各种先进的测试设备,如高压试

验变压器、局部放电检测仪等,对输电线路进行全面的电气性能测试,确保线路能够安全稳定运行。另外,还可以利用智能化监测系统对输电线路的运行状态进行实时监测,及时发现和处理潜在的问题^[3]。

4 输电线路全过程机械化施工应对策略

4.1 技术创新与装备研发

为了推动输电线路全过程机械化施工的发展,需要不断加强技术创新和装备研发。一方面,要加大对新型施工机械设备的研发投入,针对不同的施工环节和地质条件,开发出更加高效、智能、环保的机械设备。例如,研发具有自适应功能的旋挖钻机,能够根据不同的地质条件自动调整钻进参数,提高成孔效率和质量。另一方面,要加强施工技术的创新,将先进的自动化技术、信息技术等应用到输电线路施工中,实现施工过程的智能化控制。

4.2 成本控制与效益提升

在输电线路全过程机械化施工中,成本控制和效益提升是关键,要合理控制设备购置和维护成本。在设备购置时,要进行充分的市场调研和性价比分析,选择质量可靠、价格合理的设备。同时加强设备的维护和管理,定期进行保养和检修,延长设备的使用寿命,降低设备维修成本。要通过优化施工方案和提高施工效率来降低施工成本。例如,合理安排施工顺序,减少设备的闲置时间;采用先进的施工技术,缩短施工周期,降低人工成本和管理成本。还可以通过加强施工过程中的质量管理,减少返工和维修费用,提高工程的整体效益。

4.3 人员培训与安全管理

输电线路全过程机械化施工对施工人员的素质和技能要求较高,因此需要加强人员培训。一方面,要对施工人员进行机械设备操作和维护培训,使其熟悉设备的性能、操作规程和维护方法,提高操作技能和设备维护水平。另一方面,要加强施工人员的安全培训,提高其安全意识和自我保护能力。在施工过程中,要建立健全安全管理制度,加强对施工现场的安全检查和监督,及时发现和消除安全隐患。同时要为施工人员配备必要的安全防护用品,确保施工人员的生命安全。

5 输电线路全过程机械化施工关键技术应用案例

某地区开展一条全长约50公里的高压输电线路建设,该线路沿线地质条件复杂,存在大面积软土层和局部岩石层,给施工带来巨大挑战。为应对这一难题,施工团队采用全过程机械化施工模式,取得了显著成效。

(1) 在基础施工阶段,面对复杂地质,施工团队采用旋挖钻孔灌注桩技术与冲击钻孔灌注桩技术相结合的

方式。针对软土层区域,选用旋挖钻机作业。旋挖钻机钻进能力强、定位精准,成孔速度较传统人工挖掘大幅提升,原本人工挖掘一个桩孔需3-5天,旋挖钻机仅需8-12小时,且成孔孔壁稳定性好,有效减少塌孔等质量问题,确保桩孔质量。对于岩石层区域,则采用冲击钻机。冲击钻机依靠强大冲击力破碎岩石,虽施工速度较旋挖钻机在软土层中慢,但能应对坚硬岩石,保证桩孔顺利钻进至设计深度,满足工程要求。(2)杆塔组立阶段,根据150基不同类型、重量从20吨到80吨不等的杆塔,施工团队选用合适吨位的流动式起重机。针对每基杆塔实际情况,精确计算起重机的站位、臂长和起重量等参数。通过精确计算与合理站位安排,确保杆塔安全、准确就位。实际组立过程中,平均每基杆塔组立时间从传统施工方式的2-3天缩短至1-1.5天,组立效率大幅提高,且组立精度达到毫米级,有力保障杆塔的垂直度和稳定性^[4]。(3)架线施工阶段,采用张力放线技术,借助牵引机和张力机配合,使导地线在规定张力下展放。此技术确保导地线弧垂精度,将弧垂误差控制在设计值的 $\pm 1.5\%$ 以内,远低于传统施工方式误差范围。引入无人机进行导地线牵引和巡视。无人机机动性强、视野广,能快速准确将导地线牵引至指定位置,并实时巡视架线过程,及时发现并处理问题。无人机辅助施工使架线施工效率提高约40%,施工人员安全风险也大幅降低。(4)附件安装与调试阶段,使用绝缘子串提升装置和电动扳手等机械化工具。绝缘子串提升装置可轻松将绝缘子串提升至安装高度,避免人工搬运的高强度劳动和安全隐患;电动扳手提高金具安装速度和紧固力矩准确性,使每个金具安装时间从传统手工安装的10-15分钟缩短至3-5分钟。最后通过电气试验和调试,对输电线路进行全面检测,包括绝缘电阻测试、耐压试验等,确保

线路安全稳定运行。(5)该工程采用全过程机械化施工模式后,成果显著。施工周期从预计的18个月缩短至12个月,缩短约33.3%;施工成本从预算的8000万元降低至6000万元,降低约25%。同时工程质量得到有效保障,后续运行中未出现因施工质量问题导致的线路故障。此案例表明,全过程机械化施工模式能有效应对复杂地质条件,提高施工效率、降低成本、保障质量,为该地区电力供应的稳定性和可靠性提供有力支持,也为类似工程提供宝贵经验。

结束语

输电线路全过程机械化施工关键技术的应用,为电网建设带来了显著成效。通过各环节机械化技术的合理运用,不仅缩短施工周期、降低成本,还保障工程质量与施工安全。随着技术不断创新与装备持续研发,全过程机械化施工模式将不断完善,在电网建设中发挥更大作用,助力电力行业高质量发展,为经济社会发展提供坚实电力支撑。

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(2):160-162,168.DOI:10.3969/j.issn.1008-5521.2025.02.052.
- [2]张强,汪楚清.输电线路全过程机械化施工关键技术应用研究[J].山西建筑,2023,49(5):115-118.DOI:10.13719/j.cnki.1009-6825.2023.05.029.
- [3]李丹乐,李佳丽,俞昇森,等.变电站建筑物天然采光方案的设计研究[J].电力勘测设计,2024,(11).DOI:10.13500/j.dlkcsj.issn1671-9913.2024.11.014
- [4]郑毅,樊莎莎,张佩琪.高压输电线路全过程机械化施工应用[J].山西电力,2024,(6).DOI:10.3969/j.issn.1671-0320.2024.06.007.