输电线路工程机械化施工监理管控研究

黄建国
广东粤鼎工程咨询有限公司　广东 肇庆　526000

摘　要　随着输电线路机械化施工的普及，监理管控暴露出多重短板。本文结合电网机械化施工量化评价机制与山地线路工程实例，梳理了基础、组塔、架线等核心工序的监理管控要点，并从制度标准、设备全周期管理、专业队伍建设3个维度提出优化对策。在信息化技术支撑下，通过数字化台账与智能监测手段，可进一步提升监理管控的实时性与精准性。依托220 kV山地线路工程开展实证验证，结果表明，分层量化监理模式能将标段综合机械化率提升至87.2%，实现施工安全、质量与工期的协同优化，可为同类线路机械化施工监理提供实践参考。

关键词　输电线路；机械化施工；工程监理；全过程管控；机械化率；信息化管理

Research on Supervision and Control of Mechanized Construction of Transmission Line Projects

Huang Jianguo
Guangdong Yueding Engineering Consulting Co., Ltd., Zhaoqing 526000, Guangdong Province, China

Abstract　With the widespread adoption of mechanized construction in transmission line projects, supervision and control have exposed multiple shortcomings. Based on the quantitative evaluation mechanism of mechanized construction in power grids and a practical case of a mountainous transmission line project, this paper reviews the key supervision and control points of core processes including foundation construction, tower erection, and conductor stringing, and proposes optimized countermeasures from three dimensions: institutional standards, full-life-cycle equipment management, and professional team development. Supported by information technology, digital ledgers and intelligent monitoring can further enhance the real-time capability and precision of supervision. Verified through a 220 kV mountainous transmission line project, the hierarchical and quantitative supervision model effectively raised the comprehensive mechanization rate of the contract section to 87.2%, achieving the coordinated optimization of construction safety, quality, and schedule, and providing practical reference for the supervision of mechanized construction in similar transmission line projects.

Key words　Transmission line; Mechanized construction; Engineering supervision; Full-process control; Mechanization rate; Information management

当前，电网建设正加速向高山、峡谷等复杂地形延伸，传统人工作业模式在安全性、效率及质量稳定性上的局限性日益凸显，全面推进线路工程机械化施工已成为行业转型的必然趋势。然而，随着各类专用机械装备的密集投入，当前线路机械化监理主要存在三重短板：一是专用管控标准不完善。现行规范适配性不足，缺乏山地施工及各机械化工序的细分细则，各单位执行标准不一，现场管控缺乏明确依据。二是设备全周期监管存在断点。进场性能核验、日常运维巡检及退场状态复核流于形式，设备参数、防护装置与人员资质核查不彻底，安全隐患难以提前排查并形成闭环。三是监理人员专业储备不足。多数人员未接受机械化装备实操培训，难以识别新型设备违规操作，且对机械化率量化核算流程掌握不深，易导致数据统计与过程核查偏差。此外，现有管控多依赖纸质记录与人工统计，信息化应用不足，数据分散且更新滞后，难以支撑全过程动态管控与精准追溯。上述问题共同削弱了监理管控的实际效能[1-2]。

1　输电线路机械化施工核心工序监理管控要点

1.1 基础工程机械化施工前置与过程监理管控要点

基础工程保障线路结构安全，监理需兼顾前置审查与全过程管控。前置阶段需专项审核施工方案，重点核查地质勘察数据适配性及基坑开挖与混凝土浇筑设备选型合理性；进场环节严格核验旋挖钻机、挖掘机及混凝土搅拌设备性能参数，同步完成水泥、钢筋、砂石等原材料报验与质量检测。施工过程中，全程管控基坑开挖深度、边坡稳定性及混凝土振捣密实度等关键节点，严格控制基坑深度偏差在+100 mm、－50 mm以内，逐基核查机械化施工台账，确保基础工程机械化率不低于80%，最终完成基础尺寸、混凝土强度及地脚螺栓位置专项验收。现场核查数据同步录入数字化监理台账，实现机械使用情

况实时统计与可追溯管理。

1.2 杆塔组立机械化施工安全与质量监理管控要点

杆塔组立作为核心工序，监理需建立全流程闭环管控体系。前置阶段专项审核施工方案，重点核查设备选型与地形、塔型的适配性；进场环节严格核验起重机、内悬浮抱杆等设备性能参数、安全防护装置及人员资质，杜绝不合格设备与人员进场。施工过程中，全程旁站管控起吊重量、作业半径警戒及塔材拼接精度等关键节点，严格控制杆塔整体垂直度偏差在3‰以内，同步核查机械化施工台账，确保杆塔组立工序机械化率不低于85%，最终完成组塔后质量验收闭环管控[3]。考虑到山地地貌常伴随狭小作业面及高空阵风干扰，针对高风险吊装作业，可借助智能监测设备实时采集起吊重量与作业半径等参数并实施超限预警，提升旁站监督精准性。

1.3 张力架线机械化施工专项监理管控要点

张力架线关乎线路运行安全，监理实施全工序专项管控。前置阶段审核放线方案，重点核查张力计算、放线区段划分及交叉跨越防护方案的合理性；进场环节严格核验张力机、牵引机额定参数与导线规格匹配度，同步完成压接设备及测量工器具校验核查。施工过程中，全程管控放线张力、导线磨损及紧线弧垂等核心指标，严格控制导线磨损率不超过0.5%、紧线后弧垂偏差在 ± 2.5%以内，逐区段核查机械化施工台账，确保架线工程机械化率不低于90%，最终完成架线后电气性能与外观质量专项验收。放线张力、弧垂等关键数据可通过数字化采集终端实时上传，形成可查询、可分析的电子台账，为质量追溯提供数据支撑。

2 输电线路工程机械化施工监理管控优化对策

2.1 健全机械化施工专项监理管控制度与标准体系

针对输电线路施工全流程，搭建监理管控标准框架，细化基础开挖、杆塔组立、张力架线等核心工序配套管控细则，明确各工序机械化应用的最低管控限值、监理检查节点、旁站监督规则及竣工验收准则，弥补传统通用监理规范对机械化作业适配性的不足。针对山地、丘陵等复杂地貌，编制差异化管控指引，完善监理现场作业手册及过程台账管理规范，以硬性规定确保中、高风险工序旁站覆盖率与机械使用台账核查覆盖率均达100%，打造统一、可落地、可量化考核的标准化管控体系，为现场监理提供清晰执行依据[4]。由于机械化装备迭代较快，相关标准还需预留动态修订空间，避免标准滞后于现场装备的实际应用。同时，将数字化台账、智能监测等信息化手段纳入标准体系，明确数据采集、上传、分析与追溯要求，推动监理管控由人工记录向数字化管理转型。

2.2 构建机械设备全生命周期监理管控机制

建立覆盖设备进场、使用、维保至退场的全流程闭环监理模式。进场阶段逐项核验设备性能指标、安全防护构件、出厂合格证明及特种操作证件，确保进场设备核验合格率达100%，杜绝不合格器械及无证人员投入施工。使用阶段落实每日班前复查与台账抽查制度，施工机械日常巡检覆盖比例不低于95%，对安全隐患执行登记、整改、复查闭环管理，隐患整改清零率达100%。撤场阶段完成机械损耗与故障记录最终复核，留存完整全周期管控档案，实现设备风险源头可控、全程可追溯[5]。依托信息化管理平台，将进场核验、日常巡检、隐患整改及退场复核纳入线上闭环管理，实现设备全周期数据动态更新与随时调阅。

2.3 搭建专业化监理队伍，提升机械化管控专业水平

建立常态化分层分级培训体系，打造适配机械化施工监管需求的专职监理队伍。围绕机械施工工艺流程、设备参数、安全管控要点及机械化率核算方法开展专项教学，配套理论笔试与现场实操双重考核，保障培训人员考核通过率不低于90%。落实关键岗位持证上岗要求，设置年度继续教育硬性指标，监理人员每年专项技能培训时长不少于40学时，通过现场技术交底、实物指导及资深人员带教等模式，补齐监理人员在新型装备与量化管控方面的认知短板，全面提升现场监管专业能力。同时，加强监理人员信息化素养培训，使其熟练掌握数字化台账与智能监测平台的操作，适应机械化施工数字化管控新要求。

3 工程实例应用与管控效果分析

3.1 项目概况与机械化施工总体方案

本案例选取南方电网220 kV山地架空输电线路新建工程作为研究载体。线路总里程28.6 km，全线新建铁塔72基，沿线山地地貌占比72%，沟壑密集、运输条件受限，部分塔位无直达道路，大型机械需通过索道或骡马转运，单纯依靠人工作业安全隐患突出且周期长。项目结合地形条件编制机械化施工专项方案，涵盖物料索道转运、基坑机械化开挖、预制钢筋笼加工、履带机组塔及张力展放导线等全链条作业。将基础、组塔、架线三大关键工序进行划分，设定标段综合机械化率控制目标为85%，明确基础工序最低管控阈值为80%、杆塔组立为85%、架线工序为90%，并匹配分体式钻孔机、智能组塔吊机及全自动压接机等专用装备配置清单，明确各子工序机械选用评分标准。项目同步搭建数字化监理管理平台，将各工序机械

使用数据、核查记录及评分结果纳入线上管理，为机械化率核算与过程追溯提供信息化支撑。

3.2 项目机械化施工监理管控实施方案

项目监理部搭建三级专项管控架构，配备3名专职监理人员负责全过程监督，建立事前方案审核、事中现场旁站、事后量化核验的闭环管理流程。针对四大施工阶段编制专属监理作业指引，梳理12项关键停检点与28项现场核查指标，对杆塔吊装、导线展放等高风险工序执行100%旁站监督。监理人员每日核对设备维保记录及特种作业证件，每周开展全线机械化应用专项巡检，按月逐基统计各子工序机械使用数据，形成过程机械化率台账；同时建立现场问题整改跟踪台账，统一归档检查记录与评分表单，实现全过程管控留痕与数据追溯。借助数字化监理平台，现场核查数据实时上传、自动汇总，机械化率台账由系统按月生成，有效减少人工统计偏差，提升数据统计效率与准确性。

3.3 现场监理管控实施难点与解决措施

现场监理推进过程中暴露出三类典型难题：山地区段设备转场路径狭窄，索道与履带机械交叉作业带来多重安全风险；多工序同步穿插施工，易出现机械混用及管控责任边界模糊问题；部分监理人员对工序权重与机械化率核算逻辑掌握不足，数据统计易生偏差。针对上述问题，监理组提前踏勘全线，优化12处机械转运点位，划定分区作业警戒隔离带；出台交叉施工管控细则，明确各工序专属作业时段与责任人；组织3场机械化施工专项培训及2次现场实操考核，全体监理人员考核通过率达100%。施工周期内，监理累计排查设备与工艺类隐患42项，全部完成闭环整改，隐患清零率达100%。针对数据统计偏差，监理组统一采用数字化台账系统进行机械化率核算，并通过平台内置的交叉作业碰撞预警功能，规范了多机种协同作业的路径与调度指令，通过标准化模板与自动校验功能，有效降低了人工误差。

3.4 管控实施效果分析与经验总结

随着成套监理管控举措落地，本项目各项机械化指标均达到管控目标：标段综合机械化率实测值为87.2%，超出预定阈值2.2%，其中基础工序机械化率为82.5%、组塔工序为86.8%、张力架线工序为91.3%。项目全过程未发生机械伤害及导线损伤等安全质量事故，整体工期较原计划缩短12 d，人力投入较传统人工施工降低40%，造价控制在批复概算区间内。从项目实践提炼出3条可复用的管控经验：一是按工序权重搭建分层量化监理核查机制，细化各子工序机械评分细则；二是落实机械设备进场、使用到退场的全周期动态巡检；三是常态化开展监理实操培训，提升人员机械化数据核算与现场隐患识别能力。同时，依托数字化监理平台实现数据实时采集、台账自动生成与过程可追溯，显著提升了监理管控的效率与精准度，可为同类山地输电线路监理提供实践参照。

4 结束语

本文围绕输电线路机械化施工监理管控开展系统性分析，梳理了现场管控中标准不完善、设备监管漏洞及监理专业能力不足等问题，明确了基础、组塔、架线三大关键工序的监理核心要点，并从制度、设备管理及人员培养层面形成了完整优化方案。结合220 kV山地线路工程实践验证，该管控模式能有效提升机械化施工落地成效，降低现场安全质量风险。未来，随着智能化施工装备的迭代升级，监理管控应进一步向“数据驱动+智能辅助”模式演进，后续可结合智能监测设备与数字化台账系统持续升级监理手段，完善机械化施工量化管控体系，推动电网线路监理管理向标准化、精细化方向发展。

参考文献

[1]刘杰锋,王帅,王艳军,等.基于张北-白土窑500kV线路工程机械化施工应用研究[J].电工技术,2023(S1):80-82.

[2]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.

[3]鲁勇,王怡文,李俊杰,等.输电线路全过程机械化施工设计管理[J].中国电力企业管理,2023(30):48-49.

[4]徐向佳.输电线路全过程机械化施工管理与控制[J].电力设备管理,2021(15):161-163.

[5]马晓通,郭沛,孟晗,等.输电线路机械化施工成本管控[J].中国电力企业管理,2023(27):54-55.

（本文编辑 吴文博）

