

电力线路工程施工管理与安全与风险研究

李岩

内蒙古送变电有限责任公司, 内蒙古 呼和浩特 010000

DOI:10.61369/EPTSM.2026050002

摘 要： 随着社会用电需求持续增长及能源结构向清洁能源转型，电力线路工程作为能源输送的核心载体，其施工管理与安全风险控制面临多重挑战。当前，工程规模扩大、施工环境复杂化、技术要求升级等因素，导致传统管理模式在风险预警、资源配置、跨部门协同等方面存在不足。极端天气频发、地质条件多变等外部环境进一步加剧了施工安全风险，而人员素质参差不齐、设备老化、管理机制滞后等问题则成为制约工程安全与效率的关键因素。本文从施工管理优化、安全风险识别与控制、技术与管理创新三个维度展开研究，提出通过数字化工具实现动态监控、构建风险预警体系、强化人员培训与安全监管等对策，旨在提升电力线路工程施工管理的精细化水平，保障工程安全、高效推进，为新型电力系统建设提供理论支持与实践参考。

关 键 词： 电力线路工程；施工管理；安全风险；风险预警；技术创新

Research on Construction Management, Safety, and Risks of Electric Power Transmission Line Projects

Li Yan

Inner Mongolia Power Transmission and Transformation Co., Ltd., Hohhot, Inner Mongolia 010000

Abstract： With the continuous growth of social electricity demand and the transition of the energy structure towards clean energy, electric power transmission line projects, as the core carriers of energy transmission, face multiple challenges in terms of construction management and safety risk control. Currently, factors such as the expansion of project scale, the increasing complexity of construction environments, and upgraded technical requirements have led to deficiencies in traditional management models in areas such as risk early warning, resource allocation, and cross-departmental collaboration. External environmental factors, including frequent extreme weather events and variable geological conditions, have further exacerbated construction safety risks. Meanwhile, issues such as the uneven quality of personnel, aging equipment, and outdated management mechanisms have become key constraints on project safety and efficiency. This paper conducts research from three dimensions: construction management optimization, safety risk identification and control, and technological and management innovation. It proposes countermeasures such as achieving dynamic monitoring through digital tools, constructing a risk early warning system, and strengthening personnel training and safety supervision. The aim is to enhance the refined level of construction management for electric power transmission line projects, ensure the safe and efficient progress of projects, and provide theoretical support and practical references for the construction of new-type power systems.

Keywords： electric power transmission line projects; construction management; safety risks; risk early warning; technological innovation

一、电力线路工程施工管理现状与挑战

（一）管理机制滞后

传统施工管理模式多依赖事后检查与经验决策，缺乏对施工全流程的动态监控能力。例如，部分工程在杆塔组立、架线施工等关键环节仍采用人工巡检，难以实时感知设备状态与环境变化，导致隐患发现滞后。此外，跨部门协同机制不完善，设计、施工、运维等环节存在信息壁垒，影响工程效率与质量。

（二）人员与设备风险

施工人员素质参差不齐，部分人员缺乏安全意识与专业技能，易出现违规操作。例如，高空作业未规范佩戴安全带、电气操作未验电放电等行为，直接威胁人身安全。同时，设备老化与维护不足问题突出，部分机械（如吊车、张力机）因长期使用导致性能下降，增加故障风险。

（三）环境与外部因素

施工环境复杂化，如山区、跨水域作业面临地质灾害、气候

突变等风险。例如，暴雨可能导致基坑坍塌，大风可能引发杆塔倾覆。此外，征地拆迁纠纷、居民阻工等社会问题频发，进一步延误工期并增加管理成本。

二、电力线路工程施工安全风险识别与控制

（一）高空作业风险识别与控制的系统性设计

电力线路施工中，高空作业是风险密度最高的环节之一，其核心风险点为坠落与物体打击。坠落风险的形成与作业平台稳定性、人员防护措施及环境因素直接相关。作业平台若未经过强度计算或长期使用导致结构老化，可能因承载力不足引发坍塌；人员未规范系挂安全带或安全带质量不合格，则直接失去坠落保护屏障。^[1]物体打击风险则多源于工具、材料坠落或部件滑脱，尤其在多层交叉作业时，下方人员暴露于无防护空间，易受高空坠物伤害。

控制措施的设计体现了“预防－阻断－隔离”的递进逻辑。作业前风险评估与专项方案制定是预防层，通过分析作业高度、气候条件、设备状态等要素，明确安全技术要求，避免盲目施工。人员防护层面，强制要求佩戴合格安全带并规范系挂，将坠落冲击力分散至身体强壮部位，同时安全带需定期检测，确保锁扣、织带无损伤。作业平台检查验收是阻断层，通过荷载试验、连接节点检查等手段，确认平台稳定性符合设计标准，杜绝带病使用。临边防护与警戒区设置是隔离层，通过护栏、安全网等物理屏障阻止人员靠近危险边缘，下方警戒区禁止无关人员进入，避免交叉作业干扰。这些措施共同构建了高空作业的全流程风险控制网络，从源头消除隐患到过程阻断风险，最终通过空间隔离降低事故后果严重性。

（二）电气安全风险控制的本质安全导向

电气安全风险的核心是触电与设备故障，其发生与设备绝缘性能、操作流程规范性及保护装置可靠性密切相关。触电风险的本质是人体与带电体的意外接触，可能因设备漏电、误操作或保护失效引发。设备故障则多源于绝缘老化、过载运行或机械损伤，导致短路、接地等异常状态，进一步扩大触电风险范围。

控制措施围绕“设备本质安全－操作行为安全－保护装置可靠”三方面展开。施工前电气设备全面检查是确保本质安全的关键，通过绝缘电阻测试、外观破损检查等手段，排除设备带病运行可能。验电器使用与验电放电是操作行为安全的核心，通过专业工具确认无电状态，避免因误判导致触电；操作人员佩戴绝缘手套则形成二次防护，即使设备意外带电，也可通过绝缘材料阻断电流路径。设备可靠接地与漏电保护装置安装是保护装置可靠的体现，接地系统将故障电流导入大地，降低接触电压；漏电保护装置通过快速切断电源（动作电流 $\leq 30\text{mA}$ 、动作时间 $\leq 0.1\text{s}$ ），在人体触电初期即中断电流，最大限度减少伤害。

（三）机械操作风险控制的动态管理机制

机械操作风险的核心是碰撞与压伤，其发生与设备状态、操作技能及环境条件密切相关。碰撞风险多源于机械失控或操作空间狭窄，如吊车摆臂撞击杆塔、运输车辆碰撞作业人员；压伤风

险则多因液压系统泄漏、制动装置失效或违规操作引发，如张力机夹头突然松脱导致钢丝绳反弹伤人。

控制措施构建了“设备防护－人员资质－环境适配”的动态管理机制。机械转动部分安装防护罩是设备防护的基础，通过物理隔离阻止人员接触旋转部件，避免衣物缠绕或肢体卷入。操作人员培训持证上岗是人员资质的核心，通过理论学习与实操考核，确保操作人员掌握设备性能、操作规程及应急处置方法，减少因技能不足导致的误操作。定期维护与关键部件检查是设备状态管理的关键，通过液压系统压力测试、制动装置灵敏度检测等手段，及时发现并修复泄漏、卡滞等隐患，确保设备处于安全运行状态。恶劣天气暂停作业是环境适配的体现，大风可能导致机械倾覆，雷雨可能引发电气短路，通过暂停作业避免设备在非稳定环境下运行。

（四）环境与地质风险控制的工程适应性策略

环境与地质风险的核心是坍塌与滑坡，其发生与地质条件、施工方法及气候因素密切相关。坍塌风险多源于基坑开挖未放坡或支护不足，导致土体失稳；滑坡风险则多因山区施工未避开断层、软弱夹层等地质隐患，或排水不畅导致雨水渗透软化土体。

控制措施体现了“地质适配－施工规范－气候响应”的工程适应性策略。基坑开挖按方案放坡或支护是施工规范的核心，通过边坡角度计算、支护结构选型等手段，确保土体稳定性符合设计要求；定期监测边坡位移、沉降等参数，及时发现变形趋势并采取加固措施。山区施工前地质勘查是地质适配的基础，通过钻探、物探等手段查明地下岩层分布、断层位置及软弱夹层厚度，避开高风险区域，选择稳定地质条件施工。设置排水系统是气候响应的关键，通过截水沟、排水管等设施，将地表水、地下水引导至安全区域，防止雨水冲刷边坡或渗透软化土体。

三、电力线路工程施工管理创新与实践

（一）数字化施工管理工具的应用与效能提升

电力线路施工中，数字化工具的应用重构了传统管理模式的时空边界，实现了从经验驱动到数据驱动的转变。BIM+GIS技术的集成应用，通过三维建模与地理信息系统的深度融合，将线路路径规划从二维平面提升至三维空间。这种技术手段不仅能直观展示线路与地形、建筑物、植被的空间关系，更可通过模拟施工过程，提前发现杆塔定位偏差、导线弧垂不足等碰撞问题，避免因设计缺陷导致的返工与资源浪费。其核心价值在于将设计阶段的隐性风险显性化，通过虚拟仿真降低现场施工的不确定性。^[2]

物联网监控技术的部署，则将设备管理从被动响应转向主动预防。在杆塔、导线等关键部位安装应力、温度传感器，实时采集结构受力与热胀冷缩数据，结合AI算法对设备状态进行动态分析。当监测数据偏离安全阈值时，系统自动触发预警机制，提示维护人员提前介入，防止因设备疲劳、环境侵蚀引发的断裂、倒塔等事故。

（二）风险预警与应急管理机制的构建

风险预警与应急管理机制的核心，在于通过数据整合与流程

再造，构建覆盖风险识别、评估、响应的全链条防控体系。大数据风险评估技术的运用，将历史事故数据、气象信息、地质条件等多源数据融合，通过机器学习算法构建施工风险图谱。该图谱不仅能量化不同工况下的风险等级，更可动态更新风险参数，适应施工环境的变化。

动态应急预案的制定，则体现了风险响应的灵活性。基于大数据评估结果，将应急预案划分为不同响应级别，明确各等级下的资源调配规则与指挥流程。通过移动端 APP 实现应急信息的实时推送与资源定位，确保现场指挥人员能快速获取周边可用设备、人员、物资信息，实现应急资源的精准投放。

（三）人员与设备全生命周期管理的实践路径

人员与设备全生命周期管理的核心，在于通过标准化流程与数字化手段，实现资源利用的最大化与风险控制的最小化。技能培训体系的一体化设计，将理论学习、实操训练与考核认证有机结合，形成闭环管理。^[3]针对高空作业、电气操作、机械操作等关键岗位，制定差异化的培训课程，通过模拟器、实景演练等方式，提升人员的操作熟练度与应急处置能力。考核环节则采用

“操作 + 问答”双重模式，确保培训效果可量化、可追溯。这种培训模式不仅提升了人员技能水平，更通过标准化流程降低了因操作不当引发的风险。

设备维护制度的精细化实施，则通过预防性维护与状态监测的结合，延长了设备使用寿命。制定基于设备运行数据的维护计划，明确液压系统、制动装置等关键部件的检查周期与标准，防止因部件老化导致的故障。

四、结语

电力线路工程施工管理与安全风险控制是保障电网稳定运行的核心环节。通过数字化工具赋能、风险预警机制完善、人员与设备全生命周期管理，可显著提升施工效率、降低事故率。未来需进一步探索 AI、5G 等新技术在施工管理中的应用，构建“智能感知 - 精准决策 - 快速响应”的新型管理模式，为新型电力系统建设提供坚实保障。同时，需加强政策引导与标准制定，推动行业向安全化、智能化、绿色化方向发展。

参考文献

-
- [1] 龚艳燕. 如何做好电力线路工程施工中的管理工作 [J]. 门窗, 2019, (24): 177.
[2] 张涛. 特高压输电线路工程施工管理后评价研究 [D]. 华北电力大学, 2019.
[3] 李瑞. 电力系统中输电线工程管理的常见问题及对策 [J]. 科技创新导报, 2018, 15(14): 181+183.