新型电力工程施工现场安全风险管控与优化策略研究

梁　鑫

中邮通建设咨询有限公司　山西　太原　030000

摘　要：为解决新型电力工程施工场景复杂、新型风险频发、点多面广、工期紧张、人员流动大等安全难题，本文立足新型电力工程施工特征，梳理安全风险管控相关理论，从人员、设备、环境、管理四维度剖析施工安全风险现状与管控短板。结合典型安全事故案例总结管控漏洞，从风险识别评估、全过程动态管控、人员培训、智能管控赋能等方面提出系统化优化策略，可为新型电力工程施工现场安全风控及行业安全管理升级提供参考。

关键词：新型电力工程；施工现场；安全风险管控；优化策略

引言：双碳目标下，新能源、特高压、储能等新型电力工程建设提速，成为新型电力系统构建的核心支撑。此类工程施工场景特殊、新工艺设备密集、交叉作业多，且普遍呈现施工点位分散、工期压紧、作业人员频繁更换等特点，导致大量新型隐蔽安全风险叠加，传统粗放的安全管控模式已难以适配施工需求。施工现场安全事故频发，暴露出现有风控体系精准度不足、智能化水平低、人员流动管控薄弱等问题。基于此，本文开展施工现场安全风险管控研究，针对性制定优化策略，助力工程安全高质量建设。

1 新型电力工程施工现场安全风险管控相关理论与概述

1.1 新型电力工程核心内涵与施工特征

（1）新型电力工程核心范畴。新型电力工程是以服务新型电力系统建设为目标，广泛接入新能源、深度融合数字化技术、支撑高弹性电网运行的电力基础设施建设项目，主要包括新能源发电工程、特高压输变电工程、智能电网改造工程及储能配套电力工程等类型。（2）新型电力工程施工核心特征。施工场景复杂多变，涵盖山地、戈壁、海上等极端环境，且工程标段分散、作业面广，管理跨度大；施工工期普遍偏紧，多工序交叉并行，赶工现象突出；作业人员流动性极大，熟练工流失频繁，培训衔接困难；新型智能化设备密集部署，自动化施工机具广泛使用；高空及带电作业风险突出，施工作业安全裕度小；受气象条件、设备供货等影响，工期波动大，进一步加剧了组织管理难度。

1.2 施工现场安全风险管控核心理论

（1）风险识别与评估理论。风险识别采用工作分解结构-风险分解结构耦合分析法，系统排查施工全过程危险源；风险评估采用 LEC 法（格雷厄姆评价法）与层次分析法相结合的定性定量评估体系，按风险等级划分为红、橙、黄、蓝四级，为分级管控提供依据。（2）动态安全管控理论。基于 PDCA 循环原理，构建“预警—响应—处置—反馈”动态闭环管控模型，利用物联网传感数据实时驱动风险阈值更新，实现风险状态的动态感知与管控措施的滚动优化[1]。（3）精细化管理理论。以“精、准、严、细”为核心，将安全责任逐级分解至最小作业单元，聚焦人员资质认证、设备全生命周期管理、环境实时监测、管理流程标准化四大维度，实现安全管控精准施策。

1.3 新型电力工程施工安全风险分类与管控原则

（1）施工安全风险分类。按事故致因理论划分为人员风险（如人员流动频繁、技能参差不齐导致操作失误，临时用工多、培训覆盖不足）、设备风险（如起重机械故障、储能电池热失控）、环境风险（如强风雷暴、地质地形复杂多变）、管理风险（如作业面多、标段分散导致监管力量稀释，多单位协同缺位，赶工期挤占安全投入）四大维度。（2）安全风险管控基本原则。坚持预防为主（源头防范化解风险）、动态管控（实时跟踪风险状态）、精准施策（风险等级匹配差异化措施）、全员负责（层层压实安全主体责任）、全程闭环（风险识别—措施落实—效果验证全链条管理）五大原则，确保管控体系适配新型电力工程施工的复杂需求。

2 新型电力工程施工现场安全风险现状及管控问题分析

2.1 施工现场安全风险识别与现状分析

（1）人员作业风险现状。施工人员对光伏支架跟踪系统、储能变流器等新型设备操作技能不足，持证率偏

低；工期紧、人员流动大，新进人员岗前培训不足，三级安全教育落实不到位；安全意识薄弱，习惯性违章频发，高处作业不系安全带、带电违规作业突出；特种作业持证审批不严，临时替换人员资质审核缺失。（2）设备设施风险现状。新型智能设备运维保养不及时，状态监测手段缺乏，故障发现滞后；新能源专用设备安装调试不规范，光伏吊装、储能就位等环节操作随意；新旧设备混用，配套性差，安全防护装置缺失或失效，本质安全水平不足。（3）施工环境风险现状。工程多位于戈壁、高山、近海等复杂地形，物资运输困难、施工条件恶劣；极端高温、大风、雷暴天气下仍强行作业；带电施工环境复杂，临近高压线路安全距离不足；临时用电私拉乱接、漏电保护缺失等隐患普遍[2]。（4）管理制度风险现状。现有安全管控制度主要针对传统电力工程，对漂浮式海上风电、电化学储能等新型场景缺乏专项细则；安全风险预警机制不完善，隐患排查闭环管理落实不到位。

2.2 施工现场安全风险管控现存问题

（1）风险识别精准度不足。对锂电池热失控、高压直流输电电磁危害等新型风险认识不充分，辨识不全面；识别依赖传统经验，缺乏智能化手段，部分新型风险长期处于监管盲区。（2）风险管控模式滞后。管控粗放，未实现差异化分级管控；以事后整改为主，事前预防和事中动态管控不足。施工点多面广、工期压缩，安全巡查频次和覆盖范围削减，管控体系难以适配智能化、动态化施工场景。（3）人员安全管控体系不完善。新型电力施工专项培训教材和考核标准缺失，培训针对性不强；人员流动快，培训频次和深度不足；现场监管人员知识结构陈旧，对新型工艺风险认知匮乏，监管专业性不足。（4）智能化管控应用程度低。智能视频监控、无人机巡检、物联网预警等设备普及率低，数据采集不规范，信息孤岛突出，数字化管控体系尚未有效落地。

2.3 典型施工安全事故案例剖析与启示

（1）典型事故案例选取。 选取某山地光伏电站组件安装坠落事故、某特高压线路跨越施工触电伤亡事故、某电化学储能电站调试爆燃事故等新型电力工程施工安全典型案例。（2）事故成因深度分析。 人员维度：违规作业、安全意识淡薄，工期紧张下轮换频繁、技能衔接断层；设备维度：安全防护装置失效、质量缺陷等隐患长期未除；环境维度：复杂地形与恶劣气象加剧风险；管理维度：风险辨识不到位、现场监管缺位、应急预案缺失，多因素耦合致灾。（3）案例管控启示。薄弱环节集中于新型风险辨识不足、智能化监测手段缺失、专项培训体系空白。亟需构建系统化风险识别框架，强化智能监控应用，健全专项培训与考核机制，阻断风险向事故演变链条，为优化策略提供依据。

3 新型电力工程施工现场安全风险管控优化策略

3.1 构建精准化风险识别与评估体系

（1）完善全场景风险识别机制。针对新型电力工程工序复杂、场景多样的特点，系统梳理地基处理、设备安装、电气调试、并网投运等全流程施工工序，逐项辨识专属风险点。重点纳入储能电池安装热失控风险、海上风电吊装涌浪风险、特高压直流场电击风险、智能设备程序误动风险等新型风险类型，同时考虑多作业面交叉、赶工期带来的组织性风险，建立涵盖常规风险与新型风险的标准化风险清单，实现风险辨识无盲区、全覆盖。（2）优化风险等级评估方法。在传统 LEC 法基础上，引入风险矩阵法与贝叶斯网络相结合的评估模型，综合考虑事故可能性、后果严重度及风险可接受水平三个维度。针对不同类型风险设置差异化评估指标权重，将评估结果按红、橙、黄、蓝四色分级，明确各级风险对应的管控主体、管控频次与处置标准，实现分级分类精准管控[3]。（3）建立动态风险更新机制。依托施工进度计划，设定关键节点风险评审触发条件，每完成一个分项工程或发生设计变更、设备更换、极端天气等情况时，自动触发风险清单与评估结果的滚动更新。明确风险动态评估的责任主体与更新周期，确保风险信息始终与施工现场实际状况保持一致，保障风险管控的时效性与有效性。

3.2 优化施工现场全过程动态管控模式

（1）强化事前预防管控。严格执行施工安全条件准入制度，在每一分项工程开工前，逐一核验安全技术交底是否落实、施工机具是否完好、作业环境是否达标、人员资质是否匹配，建立“条件清单＋逐项确认＋签字背书”的开工前置审查流程，从源头切断风险向隐患转化的通道。针对工期紧张、作业面多的情况，合理调配安全监管资源，确保每个标段开工前条件确认到位。（2）落实事中动态监管。在施工现场部署高清视频监控、UWB 定位、环境传感等智能感知设备，搭建作业行为自动识别与预警系统，对高空作业未系安全带、带电区域违规闯入、起重臂下站人等违章行为实现秒级识别与即时告警。同时安排专职安全巡查员进行现场补充监管，针对多作业面分散的特点，实施分区域包保责任制，形成“机器不间断监控＋人员重点时段巡查”的双重监管格局。（3）完善事后闭环整改。建立“排查—登记—整改—复查—销号—追责”六步闭环管理流程，对排查

发现的隐患按严重程度分为一般隐患、重大隐患两个层级，分别明确整改时限、整改责任人与验收标准。整改完成后由安全管理部门组织复查验收，复查合格方可销号，并同步分析隐患成因，制定同类问题预防措施，杜绝同一隐患在同一作业面重复出现[4]。

3.3 健全人员安全管控与培训体系

（1）完善分级培训机制。按照管理人员、技术人员、一线作业人员、特种作业人员四个层级，分别制定差异化培训方案。管理人员侧重新型电力工程安全法规、风险管理理论培训；技术人员侧重新工艺安全技术规程、智能化设备原理培训；一线作业人员重点强化新型设备操作规范、应急处置技能培训；特种作业人员专项开展持证技能复训。针对人员流动频繁的特点，建立“快速上岗准入培训 + 定期深化复训”双阶模式，确保新进场人员在最短时间内掌握基本安全操作要点，培训采用“理论授课 + 虚拟仿真实操 + 现场演练”相结合方式，确保培训效果落地。（2）健全考核与奖惩机制。建立月度安全绩效考核制度，将安全培训出勤率、安全知识考核成绩、现场违章记录、隐患整改配合度等指标量化纳入考核体系。考核结果与绩效工资、岗位晋升、评优评先直接挂钩，对考核优秀者给予奖励，对连续不达标者实施停工再培训或调岗处理，形成正向激励与反向约束并重的安全责任落实机制。（3）组建专业化安全监管队伍。从现有安全管理人员中选拔骨干，开展新型电力工程安全风险识别、智能监控系统操作、应急救援指挥等专项能力提升培训，考核合格后持证上岗。同步引入外部专家资源，建立新型电力施工安全专家库，定期开展现场诊断式安全检查与技术指导，提升监管队伍整体专业水平。

3.4 推进安全管控智能化与制度体系建设

（1）搭建数字化安全管控平台。整合施工现场视频监控、环境传感监测、人员定位、隐患上报、整改跟踪等模块，构建“感知—分析—预警—处置—评估”一体化的数字化安全管控平台。平台具备风险分布可视化、违章自动抓拍、隐患闭环追踪、安全数据分析等功能，实现对多作业面、多标段安全态势的全局掌控，为管理决策提供数据支撑。（2）完善适配新型工程的管控制度。对照现行安全管理制度与新型电力工程施工实际之间的差距，重点补充智能设备操作规程、新能源组件安装安全规范、储能系统调试防护规定、带电作业安全细则等专项制度。组织行业专家编制新型电力工程施工现场安全作业指导书，明确各工序安全操作标准与管控要求，填补制度空白，确保管控制度与工程实践相适配[5]。（3）健全应急保障体系。针对新型电力工程特有的安全事故类型，编制储能电池起火爆炸、光伏阵列大面积倾覆、特高压触电等专项应急处置预案。每季度至少组织一次全流程应急演练，检验预案可操作性和应急物资储备情况，同步建立与属地消防、医疗、电力调度等部门的高效联动机制，确保突发事件发生时响应迅速、处置科学、损失最小。

结束语

本文系统分析新型电力工程施工现场安全风险类型与管控现存问题，结合事故案例厘清风险成因，构建了精准化、动态化、智能化的安全风险管控优化体系。通过完善风险评估机制、全过程闭环管控、人员专项培育、数字化赋能管理，可有效弥补传统管控短板。未来可结合不同新型电力工程的场景特性，持续迭代管控策略，进一步提升施工现场安全风险防控的专业性与实效性。

参考文献

[1] 何敏, 秦亮. 面向新型电力系统现场作业的安全风险管控智能检测算法 [J]. 高电压技术,2023,49(6):2442-2457.

[2] 王浩, 李军. 新型电力基建工程施工安全风险演化规律与分级管控研究 [J]. 中国电力,2024,57(5):189-196.

[3] 刘阳, 张博文. 双碳背景下新型电力工程施工安全管理短板与优化路径 [J]. 电力安全技术,2023,25(9):98-113.

[4] 陈立. 电力工程施工现场应急管理体系与风险防控优化 [J]. 中国应急管理科学,2022,8(2):45-51.

[5] 迟玉超. 新型电力工程施工现场安全管理体系构建与实施策略 [J]. 电工技术,2025,47(S1):683-688.