

电力施工安全风险识别与防控研究

钮 斌

(江苏天云电力建设有限公司, 江苏 苏州 215300)

摘 要 电力施工是能源基础设施建设的关键部分, 作业环境复杂、技术要求高、影响因素多, 安全风险防控与施工人员生命安全、工程质量、能源供应稳定紧密相关。本文根据电力施工安全风险的动态性、复杂性特点, 突破传统风险识别和防控的局限, 构建“多维识别—智能预警—协同防控”的一体化架构。通过对电力施工安全风险多维分类及演化规律的分析, 创建风险识别的数字化途径, 塑造全生命周期防控体系, 融合智能技术应用实践, 以期为电力施工安全管理的数字化转型提供参考。

关键词 电力施工; 安全风险; 风险识别; 智能防控

中图分类号: TM7

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.06.028

0 引言

电力是国民经济的能源支柱, 电力行业基础设施建设的规模、质量直接影响社会经济的稳定发展。电力施工包含输变电工程、配电设施安装、电缆敷设等诸多领域, 作业环境涵盖高空、地下、带电环境等多种复杂情况, 受到人员、设备、环境、技术等各种风险因素的相互影响。近些年, 电力工程向着规模化、智能化方向发展, 施工工艺不断更新, 新型设备和技术被广泛使用, 传统安全风险表现形式日趋隐蔽, 新的风险点不断出现, 给电力施工安全管理造成严峻考验, 因此开展电力施工安全管理研究意义重大。实践中可破解新型风险识别、传统管理适配等难题, 通过科学防控与流程优化, 保障人员安全、工程质量及设施稳定投运; 行业层面需推动管理理论与智能化施工融合, 为规范制定、技术升级赋能, 助力高质量发展; 社会层面则筑牢能源安全屏障, 维护生产生活秩序, 夯实国民经济能源根基。

1 电力施工安全风险的特征与多维分类

1.1 电力施工安全风险的核心特征

电力施工安全风险不同于其他行业风险, 具有明显的特殊性, 其主要特点有四个: 一是复杂性。电力施工涉及专业多, 施工流程繁杂, 需要协调人员、设备、材料、技术等要素, 各个要素之间彼此关联、相互影响, 形成复杂的风险网络, 单个风险因素有可能引发连锁反应, 导致风险扩大。二是动态性, 施工过程中作业环境、施工进度、技术参数等都在不断变化, 风

险因素也随之动态变化, 自然环境的突变、设备运行状态的劣化、施工工艺的调整等都会产生新的风险点, 加大了风险管控的难度。三是隐蔽性, 部分风险因素, 如设备内部缺陷、电缆绝缘老化、地下管线分布不明等, 不能通过直观地观察来发现, 风险的积累过程具有隐蔽性, 一旦爆发就会直接引发安全事故, 给风险识别带来极大的困难。四是危害性, 电力施工同电能直接相关, 触电、高处坠落、设备爆炸等安全事故不仅会造成施工人员伤亡, 还会造成电力设备损坏, 引起大面积停电, 造成连锁性的经济损失和社会影响^[1]。

1.2 电力施工风险分类

本文提出一种基于风险源本质及其作用机制的多维分类方法, 将安全风险系统划分为四类核心范畴: 人为风险、设备风险、环境风险与管理风险。

1.2.1 人为风险

人为风险主要指因人员操作失误、技能不足、安全意识缺失或心理生理因素引发的风险。据统计, 在各类工程事故中, 人为因素所致事故占比常高达70%~80%。

1.2.2 设备风险

设备风险包含因设备自身缺陷、技术落后、维护不当或兼容性问题导致的风险。其中: 技术风险作为重要子类, 具体表现为: (1) 施工工艺风险: 如混凝土浇筑工艺不当导致结构强度不达标; (2) 设计缺陷风险: 如图纸错误引发施工冲突, 某桥梁工程曾因设计计算失误导致预应力张拉阶段梁体开裂; (3) 设备技术风险: 如自动化控制系统与现有设备不兼容, 造

作者简介: 钮斌(1984-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 电力施工。

成施工中断；（4）技术创新风险：未经充分验证的新技术应用可能带来不确定性，如某项目首次采用新型灌浆材料，因现场环境适配性不足而出现渗漏。

1.2.3 环境风险

环境风险来源于施工所处的自然条件与外部干扰：

（1）自然环境风险：如极端天气（暴雨、台风）影响施工安全，根据气象部门资料，2022 年因暴雨导致的工地塌方事故占当年地质灾害类事故的 40%；（2）作业环境风险：包括照明不足、通风不良、场地狭窄等，长期在照明不足环境下作业，工人失误概率可能上升 25%；（3）外部干扰风险：典型如地下管线信息不明，某市地铁施工曾因误断市政电缆导致大面积停电，直接经济损失超千万元。

通过环境勘测、实时监测与应急预案，可显著降低此类风险的发生概率。

1.2.4 管理风险

管理风险源于安全管理制度不健全、责任落实不到位或流程不规范，主要包括：（1）制度体系风险：缺乏系统安全标准或更新滞后；（2）责任落实风险：岗位安全职责模糊，多头管理导致责任虚化；（3）资源配置风险：安全投入不足，如某项目为压缩成本削减安全培训预算，事故率同比上升 18%；（4）应急管理风险：应急预案缺失或演练流于形式，无法有效应对突发事件。

2 电力施工安全风险识别方法的创新

风险识别是安全防控的前提和基础，传统的专家调查法、故障树分析法、安全检查表法等，在复杂的电力施工场景中常常表现出主观性强、效率低、动态适应性差等缺点，不能满足现代施工安全管理的需求^[2]。随着数字化、智能化技术的迅速发展，将物联网、大数据、建筑信息模型（BIM）等技术与风险识别方法深度融合，构建新型风险识别路径，已经成为提高风险识别精度和时效性的主要途径。

2.1 数字化感知驱动的实时风险识别

数字化感知技术通过在施工现场布设各种传感器、监测设备来实现对人员、设备、环境等风险因子的实时数据采集，为风险识别提供客观、准确的数据支持。人员监测可使用智能安全帽、定位手环等设备来获取施工人员的位置、作业状态、生理指标，及时发出人员进入危险区域、违规操作等警报；设备监测可以利用振动、温度、电流等传感器，不断对设备的运行参数进行监测，通过数据分析找出设备故障隐患；环境监测可以利用气象、气体、地质等监测设备，对温湿度、风速、有害气体浓度、地层沉降等数据实施监测，

从而达到对自然与作业环境风险的动态预警^[3]。数字化感知技术克服了传统人工巡查方式的不足，可以实现对风险因子的全天候、全方位监测，大大提高了数据采集的实时性、准确性，为风险识别工作打下了可靠的数据基础。

2.2 以大数据融合为基础的风险关联分析和预测

在电力施工过程中产生施工数据、设备数据、环境数据、历史事故数据等，都包含着丰富的风险信息。利用大数据技术对多源数据进行融合和分析，可以发现风险因子之间内在的联系，从而实现风险的预测性识别。具体而言，首先要构建电力施工安全风险数据库，整合历史事故记录、施工规范、设备运维信息等各类数据，形成风险因子库和事故案例库；其次，使用关联规则挖掘、聚类分析、神经网络等数据挖掘算法，分析风险因子之间相关性和演变路径；最后，根据历史和实时数据建立风险预测模型，预测不同施工阶段及作业场景下风险发生的概率和影响程度，实现风险的早期预警^[4]。大数据融合分析方法可以弥补传统识别模式的缺陷，从大量的数据中发现隐藏的风险，使风险识别由“被动应对”变为“主动预测”，提高风险防控的前瞻性、准确性。

3 全生命周期视角下电力施工安全风险防控体系构建

电力施工安全风险贯穿于施工准备、施工实施及竣工验收全过程，各阶段的风险特征与防控重点各不相同。构建全生命周期安全风险防控体系，可实现风险的全过程、动态化管理，增强防控工作的系统性与实效性。该体系以“预防为主、防治结合、协同联动”为原则，涵盖施工准备阶段的风险预控、施工实施阶段的动态防控、竣工验收阶段的风险复盘三大环节，形成“技术—管理—人员”三位一体的防控机制。

3.1 施工准备阶段风险预控及方案优化

施工准备阶段属于风险防控的源头，主要工作是全方位辨识可能存在的风险，改进施工方案，为后续施工安全打下基础。具体措施有：第一，开展全面风险预评估，结合施工图纸、现场勘查资料、历史案例等各方面信息，采用数字化识别与传统方法相结合的方式，对本阶段各类风险因子进行全面识别，评价风险等级及影响范围，形成风险评估报告；第二，根据风险评估结果优化施工方案和安全技术措施，对施工工艺、设备选型、人员安排、作业流程等进行调整，制定针对性的安全防护方案；第三，加强人员培训和设备检查，开展专业技能、安全知识教育，重点培训新型设备操作、应急处置等内容，对施工设备、防护

用品进行全面检查、调试,确保符合安全规范;第四,完善安全管理制度、责任体系,建立健全的管理制度、操作规程、应急预案,明确各岗位安全职责,建立监督考核机制,推动责任落实。

3.2 施工实施阶段:动态控制、智能预警

施工实施阶段是风险防控的重要环节,主要任务就是对风险进行实时监测,及时发出风险预警,采取有针对性的防控措施,防止风险变成安全事故。一是创建智能监测预警系统,依靠物联网、大数据、BIM等技术对人员、设备、环境状态实施实时采集,对风险展开预测分析。当风险抵达预警阈值的时候,及时发出预警信号,提醒有关人员采取防控措施;二是加强现场动态管控,管理人员经由可视化管理平台随时掌握施工现场风险散布情况,重点加强对带电作业、高空作业、动火作业等高风险作业环节的现场监督,严格执行作业许可制度,保证施工人员依照安全操作规程展开施工;三是创建协同联动防控体系,加强施工单位、监理单位、建设单位、设备供应商等各方的沟通协作,形成防控合力,及时共享风险信息,协调解决施工过程中出现的安全问题;四是强化应急处置能力,配备充足的应急救援物资和设备,组建专业的应急救援队伍,定期开展应急演练,提高施工人员的应急处置能力,确保事故发生后能够快速响应、有效处置,减少事故损失^[5]。

3.3 竣工验收阶段:风险复盘与经验沉淀

竣工验收阶段的主要任务是对施工过程风险防控的效果进行评价,复盘风险事件,总结经验教训,为以后工程的风险防控提供借鉴。一是对风险防控效果进行评价,通过施工过程风险监测数据、安全事故记录、质量验收结果等,对风险防控体系有效性进行全方位的评价,分析防控措施的落实情况及存在的问题;二是对施工过程中出现的风险事件、安全隐患进行分析,找到风险产生的根本原因,总结防控工作中的经验教训,形成风险复盘报告;三是完善风险数据库和防控方案,将风险复盘结果、新发现的风险因子、有效的防控措施等加入风险数据库中,改进风险识别方法和防控体系,为以后类似工程的风险防控提供数据支持和实践经验;四是开展安全管理工作总结,对施工过程的安全管理工作进行全面总结,表彰先进典型,整改存在的问题,不断提高安全管理水平。

3.4 智能防控技术的实践应用与效果分析

为验证本文提出的风险识别与防控体系的有效性,结合电力施工的实际场景,开展智能防控技术的实践应用。在某电力施工项目中,采用数字化感知设备、

大数据分析平台、BIM+GIS可视化管理系统,构建了全生命周期的风险防控体系,取得了良好的应用效果。

在风险识别方面,通过部署物联网传感器,实现了对施工人员、设备、环境的实时监测,累计采集各类数据10万余条,通过大数据分析平台挖掘出设备温度异常、人员违规进入危险区域等潜在风险点30余个,提前预警率达到90%以上,相比传统识别方法,风险识别的精准度与时效性显著提升;在防控措施落实方面,基于BIM+GIS可视化管理系统,优化了施工方案,避免了3处空间冲突风险,通过智能预警系统及时发出预警信号,成功处置了5起设备异常与人员违规事件,未发生安全事故;在人员管理方面,通过安全培训与技能考核,施工人员的安全意识与操作技能明显提升,违规操作发生率下降70%以上。

实践结果表明,本文提出的风险识别与防控体系能够有效提升电力施工安全风险的管控水平,降低安全事故发生率,缩短应急响应时间,为电力施工安全管理提供了有效的技术支撑与管理模式。

4 结束语

电力施工安全风险具有复杂性、动态性、隐蔽性和危害性等特点,根据风险源的本质和作用机制,可以将风险源分为人为风险、技术风险、环境风险和管理风险四大类,形成层次分明的多维分类体系。传统风险识别方法存在明显不足,数字化感知驱动的实时识别、大数据融合的关联分析与预测、BIM+GIS的可视化识别等新的路径,可以大大提高风险识别的准确性、及时性。从全生命周期的角度出发,建立施工准备阶段风险预控、施工实施阶段动态防控、竣工验收阶段风险复盘的全生命周期安全风险防控体系,并结合技术、管理、人员三位一体的防控机制,可实现风险全过程、动态化管控。

参考文献:

- [1] 王琦,潘铁铮.电力工程施工现场临时用电的特点与安全管理措施探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2023(30):4-6.
- [2] 蔡德江.电力工程施工现场临时用电及其安全技术应用分析[J].城市建设理论研究(电子版),2023(11):1-3.
- [3] 贾云博,张永焯,黄伟文,等.基于KanBIM和物联网的电力工程现场安全行为识别方法研究[J].工程管理学报,2022,36(05):154-158.
- [4] 梅毅.电力工程施工现场临时用电安全措施探讨[J].光源与照明,2022(09):247-249.
- [5] 张皓.电力工程项目的施工质量与安全管理体系分析[J].集成电路应用,2023,40(03):324-326.