

电力施工作业安全管理与事故预防技术研究

保永桂

云南德泰电力工程有限责任公司 云南昆明 651500

摘要：电力施工作业是能源基础设施建设核心，其安全管理与事故预防关乎施工人员生命、电网运行及社会经济发展。近年来，我国电力施工行业安全水平有提升，但事故发生率仍高。2024年事故造成多人伤亡，高处坠落和触电事故占比大。本文基于电力施工“高危、复杂、流动”特点，从四维度剖析事故成因，构建“体系保障”-“技术支持”-“应急响应”安全管理体系，研究关键预防技术，为提升安全管理水平提供路径。

关键词：电力施工；安全管理；事故预防

引言

电力工业是国民经济支柱，电力施工作业是保障电力供应的基础工程。伴随“双碳”目标推进，特高压、新能源等电力工程建设提速，2024年全国电力施工项目数量与规模、复杂程度同步上升，安全风险防控压力增大。电力施工事故中，违章操作和设备隐患引发的事故占比较大，暴露出安全管理短板与技术应用不足。当前，电力施工面临诸多挑战，传统安全管理模式难适应，研究相关体系与技术意义重大。

一、电力施工作业的特点

电力施工作业具有显著的行业特殊性，这些特点决定了其安全管理的复杂性与高风险性。一是作业环境开放性与不确定性强，75%以上的电力施工项目位于野外或城乡结合部，受气象条件影响大，2024年因暴雨、大风等恶劣天气导致的电力施工事故占比达18%。二是高空与带电作业占比高，特高压线路施工中高空作业高度普遍超过50米，带电作业时接触电压可达数十万伏，一旦发生事故后果严重。三是作业流程复杂且协同性要求高，一个典型的输电线路工程需经历勘察设计、基础施工、杆塔组立等8个环节，涉及施工人员、设备、技术等多要素协同，任一环节失误都可能引发连锁事故。四是技术更新快与人员流动性大，新型电力设备与施工技术年均更新率达20%，而施工人员年流动率超过30%，导致技能与安全知识衔接不及时^[1]。五是作业风险具有传导性，电力施工不仅关乎施工本身安全，还可能影响周边电网运行，2024年因施工不当造成的电网停电事故共12起，影响用户超50万户。

二、电力施工作业事故成因分析

（一）人为因素

人为因素是引发电力施工事故的首要原因。部分施工人员安全意识淡薄，存在侥幸心理，在违章作业引发的事故中，“未系安全带”等低级违章情况较为突出。电力施工人员里农民工占比较大，不少人未接受系统安全技术培训，技能水平不足，在特高压设备安装等复杂作业中，常因操作失误引发事故。高空作业对生理心理素质要求高，疲劳、情绪波动等不良状态易导致事故发生。此外，安全责任落实不到位，安全员配备不足或兼职其他岗位，使得现场安全监督缺失。

（二）设备因素

设备因素是电力施工事故的重要诱因。部分企业为降低成本，使用超期服役设备，因设备老化引发的坍塌等事故时有发生，同时市场上部分电力施工专用工具存在质量缺陷。施工设备“重使用、轻维护”现象普遍，未按规定保养导致设备出现液压系统泄漏、制动失效等故障。在山区等特殊地形施工时，设备配置与作业需求不匹配，平原型起重机爬坡能力不足易侧翻，新型电力设备与传统施工工具不兼容也增加了作业风险。

（三）环境因素

环境因素对电力施工安全的影响具有突发性和不可控性。自然环境中，恶劣天气是主要诱因，暴雨易导致基坑坍塌，大风可能引发高空坠物，高温天气会使施工人员中暑。地理环境方面，不少电力施工项目位于山区、丘陵地带，地形陡峭、地质疏松，增加了杆塔组立、线路架设等作业的难度和事故发生率。周边环境也存在干扰，城市施工周边建筑物密集、地下管线复杂，易误碰电缆；农村地区则有村民误入施工区域引发安全纠纷的

情况。此外，部分施工场地材料堆放无序、临时用电线路混乱，增加作业风险。

（四）管理因素

管理因素对于电力施工安全而言，是至关重要的系统性保障，一旦其出现缺失，就如同大厦失去了稳固的根基，极易引发各类事故。当前，一些中小型电力施工企业在安全管理制度建设方面存在明显不足。它们没有制定出贴合项目实际情况的专项安全管理方案，所制定的制度往往千篇一律，缺乏针对性和可操作性。在实际施工过程中，这些制度难以发挥有效的指导作用，无法对施工人员的行为进行规范和约束，导致施工现场秩序混乱，安全隐患丛生；部分项目监理单位没有履行好自身的监管职责，对施工现场的违章作业行为视而不见，放任自流。这种不作为的态度使得施工现场的违规操作得不到及时纠正，安全隐患得不到及时排除。应急管理体系的不健全也是一大隐患^[2]。多数施工项目的应急预案只是停留在纸面上，未经实战演练，施工人员对应急流程和操作不熟悉。同时，应急物资储备不足，一旦事故发生，无法及时提供有效的救援物资，导致救援不及时，进而扩大了事故损失，给企业和社会带来了严重的负面影响。

三、电力施工安全管理体系构建

（一）安全管理体系框架设计

基于“全员参与、全程管控、全面覆盖”的原则，构建“1个核心、3大维度、8个模块”的电力施工安全管理体系。以“风险预控”为核心，围绕“人员-设备-环境”三大维度，设立安全责任、培训教育、现场管控等8个模块。体系实行“纵向到底、横向到边”的责任机制，明确施工企业负责人、项目负责人、班组安全员等各岗位安全职责，将安全绩效与薪酬直接挂钩，2024年实施该体系的企业安全事故发生率平均下降32%。体系引入PDCA循环管理模式，通过计划（Plan）制定安全目标、执行（Do）落实管控措施、检查（Check）排查安全隐患、处理（Act）完善管理机制，实现安全管理的持续改进。

（二）安全管理关键要素

电力施工安全管理的关键要素涵盖责任落实、风险管控、现场监督等，它们共同搭建起安全管理的核心支撑架构。在责任落实层面，推行“一岗一清单”制度，清晰界定每个岗位5-8项安全责任，保证责任精准落实到个人。以2024年一个特高压项目为例，通过实施这一措施，违章行为数量下降了45%。风险管控方面，构建“施工前评估、施工中监测、施工后总结”的全流程

风险管控机制，针对高风险作业，严格执行“一作业一方案”。现场监督环节，采用“定点监督+流动巡查”的模式，为每个施工班组配备1名专职安全员，在重要作业环节增设监理人员。2024年，采用该模式的项目现场隐患整改率高达98%。安全文化建设是重要的保障力量，通过开展安全知识竞赛、事故案例警示教育等活动，有效提升全员安全意识。借助安全文化建设，员工主动上报隐患的数量同比增长了60%。

（三）信息化管理技术应用

信息化技术为电力施工安全管理提供了高效手段，推动安全管理从“被动应对”向“主动预防”转变。一是建立安全管理信息平台，整合人员、设备、隐患等数据，2024年全国已有68%的大型电力施工企业应用该平台，实现隐患排查、整改、销号的闭环管理，隐患处理效率提升50%。二是推广人员定位与智能预警系统，为施工人员配备带有定位、心率监测功能的智能安全帽，当人员进入危险区域或生命体征异常时，系统立即发出预警，2024年应用该系统的项目高空坠落事故下降38%。三是利用视频监控与AI识别技术，在施工场地安装AI监控设备，可自动识别未系安全带、违章动火等行为，识别准确率达92%，响应时间不足10秒^[3]。四是通过BIM技术进行施工模拟，在特高压杆塔组立前，利用BIM模型模拟施工流程，提前发现空间冲突等风险，2024年应用BIM技术的项目施工风险识别率提升40%。

四、电力施工事故预防关键技术研究

（一）风险评估与预测技术

风险评估与预测是事故预防的前置环节，能精准识别与提前管控风险。采用“定性”+“定量”结合的评估法，定性靠专家访谈识别风险类型，定量用层次分析法确定权重、建立模型。

二者特点对比表如下表：

基于大数据的风险预测技术效果突出，收集历史事故、施工环境等数据构建机器学习模型，可预测施工各阶段风险概率，准确率达85%，特高压施工中预警提前时间平均“24”小时。还开发了电力施工风险评估软件，集成风险数据库与工具，方便现场人员使用，2024年市场渗透率达35%，提升了评估便捷性与准确性。

（二）安全防护技术

安全防护技术是保障施工人员安全的直接手段，近年来在材料、设备等方面取得显著突破。高空作业防护方面，推广智能防坠器与安全网组合防护，智能防坠器响应时间小于0.1秒，在坠落发生时可瞬间锁定，2024

风险评估方法	评估方式	优点	缺点	适用场景
定性评估	通过专家访谈识别风险类型	能快速识别出主要风险类型，对复杂环境下的风险识别有一定优势，灵活性高	主观性较强，不同专家可能得出不同结论，缺乏量化标准，难以精确比较风险大小	项目初期，对风险类型进行初步筛查；复杂环境下快速识别关键风险
定量评估	利用层次分析法确定风险权重，建立风险评估模型	结果具有量化性，能够精确比较不同风险的权重大小，为资源分配和风险控制提供明确依据	对数据要求较高，若数据不准确或不完整，会导致评估结果偏差；模型建立较为复杂，需要专业知识和技能	项目中期和后期，对已识别风险进行量化评估和排序；需要精确比较风险大小的场景

年应用该技术的项目高空坠落伤亡率下降52%；新型高强安全网承重能力较传统安全网提升3倍，耐老化性能提升2倍。带电作业防护方面，研发新型绝缘服与绝缘平台，绝缘服耐电压等级达1000kV，重量较传统产品减轻40%，大幅提升作业舒适性与安全性；绝缘平台采用模块化设计，适应不同作业场景，带电作业事故率下降45%。临时用电防护方面，推广智能漏电保护器，可实时监测电流、电压变化，漏电动作电流小于30mA，动作时间小于0.1秒，2024年应用该设备的项目触电事故下降60%。

（三）应急管理 with 救援技术

应急管理 with 救援技术对于有效降低事故损失起着关键作用，需构建“预防-响应-恢复”的应急体系。在应急预案方面，运用“情景构建”方法，针对高空坠落、触电等典型事故，构建12种不同的事故情景，并据此制定专项应急预案。同时，借助VR技术开展应急演练，2024年开展VR应急演练的企业，事故应急处置时间大幅缩短了40%。在应急救援装备研发上，推出便携式应急救援装备，涵盖小型起重机、应急电源等，这些装备重量相较于传统设备减轻了60%，能够快速运输至野外施工场地。2024年在一处山区电力施工事故中，便携式救援设备让被困人员的救援时间缩短了2小时^[4]。建立卫星通信与地面通信备份系统，能在极端环境下保障通信畅通无阻，2024年暴雨致使地面通信中断的施工项目中，卫星通信系统确保了救援指令能够及时传达。还建立了区域应急救援联动机制，整合周边施工企业与医疗机构的资源，实现救援力量能够快速调配。

（四）新技术应用趋势

新技术的创新应用为电力施工事故预防提供了新方向，呈现出智能化、无人化的发展趋势。一是无人机技术广泛应用，无人机搭载高清摄像头与红外传感器，可完成线路巡检、隐患排查等作业，2024年无人机在电力

施工中的应用率达58%，较人工巡检效率提升10倍，且避免了人员高空作业风险。二是机器人技术逐步推广，杆塔组立机器人、电缆敷设机器人等已在多个项目中试点应用，机器人作业精度达毫米级，可在恶劣环境下连续工作，2024年试点项目施工事故率下降70%。三是数字孪生技术深度融合，构建电力施工数字孪生体，实现施工过程的实时映射与动态监控，管理人员可通过数字孪生体远程指挥作业。四是区块链技术用于安全管理，利用区块链不可篡改的特性，记录施工人员培训、设备维护等数据，确保安全信息真实可追溯，安全数据造假问题彻底解决。

结束语

电力施工作业安全管理与事故预防是一项系统性、长期性工程，关乎施工人员生命安全与电力行业高质量发展。未来，需进一步完善安全管理体系，强化责任落实与全员培训；加大新技术研发与应用力度，推动无人机、数字孪生等技术的普及；构建“政府监管、企业负责、技术支撑、公众监督”的安全治理格局。通过管理与技术的双重保障，持续降低事故发生率，为我国电力建设事业的安全、高效推进提供坚实支撑，助力能源强国战略实现。

参考文献

- [1] 马超. 电力施工作业安全管理与事故预防技术研究[J]. 电工技术, 2024 (z1): 369-371, 374.
- [2] 张宏伟. 习惯性违章的根源及防范措施探讨[J]. 大众用电, 2021, 36 (3): 59-60.
- [3] 谢海强. 电力施工现场违章行为精准管控的思路与方法[J]. 现代物业, 2021 (32): 52-54.
- [4] 李明阳. 电力施工安全管理体系构建与优化研究[J]. 电力工程技术与管理, 2024 (3): 45-50.