

# 新形势下电力基建工程施工安全管控体系优化研究

高天浩

陕西龙源新能源有限公司 陕西 西安 710100

**【摘要】**：电力基建工程是电网升级核心载体，施工安全关联电网稳定与人员财产安全。当前电力基建施工安全管控存在传统模式局限、风险识别预警低效、数据采集处理滞后、责任协同机制不完善等问题。结合电力基建施工核心需求，依托智能感知、物联网技术与行业标准规范，从感知硬件部署、风险识别处理、评价模型构建、一体化平台设计四个维度优化管控体系，提出实施流程与保障措施。优化后体系可提升风险识别与预警效率，推动管控模式数字化转型，实现安全风险防控，为电力基建工程高质量、本质安全建设提供支撑。

**【关键词】**：电力基建工程；安全管控；智能感知；风险分级；一体化平台

DOI:10.12417/2811-0722.26.07.014

## 引言

电网建设向规模化、高复杂度升级，输变电、杆塔组立等电力基建工程作业场景愈发复杂，高空、深基坑等高危环节风险突出，对安全管控实时性、精准性要求更高。传统安全管控模式难以适配新形势管控需求，风险漏判、预警滞后、责任落实不到位等问题频发，易引发人身伤亡、设备损坏等安全事故。结合电力基建施工安全管控现状与问题，依托智能感知、大数据技术，优化构建科学高效的安全管控体系，破解传统管控痛点，推动安全管控从“事后处置”转向“事前预判、事中管控”，为电力基建工程安全有序推进提供理论与实践支撑。

## 1 电力基建工程施工安全管控现状与问题

### 1.1 传统安全管控模式存在的局限性

电力基建工程现场仍普遍依赖人工巡检、纸质记录与经验判断的传统安全管控模式，输变电工程、杆塔组立、电缆敷设等复杂作业场景中，人工巡查无法覆盖高空、深基坑、偏远山区等高危区域，易出现巡查盲区与风险漏判<sup>[1]</sup>。冀北地区 220kV 输变电工程中，传统模式下安全检查需逐点人工核验，流程繁琐且标准不统一，无法实时跟踪人员违章、设备隐患、环境突变等动态风险，管控响应滞后于现场风险演化速度，过度依赖管理人员经验，风险判定主观性强、管控措施针对性不足，难以适配大规模、高复杂度电力基建项目的安全管理要求。

### 1.2 现场安全风险识别与预警效率不足

电力基建现场作业环节多、风险因素交叉耦合，传统风险识别依靠事后复盘与定期排查，无法实时感知与提前预警，风险识别平均耗时远超现场应急处置需求。部分项目引入视频监控，仅能实现画面查看，不具备智能分析能力，人员未佩戴安全防护用具、违规操作、机械侵限等风险无法自动识别告警，预警触发全靠人工盯屏，漏警率、迟警率居高不下。部分项目尝试构建风险识别模型，识别算法适配性差、数据处理效率低，无法快速输出风险等级与处置建议，难以满足施工现场“早发现、早预警、早处置”的安全管控核心需求。

### 1.3 管控数据采集与处理手段相对滞后

现场安全管控数据采集仍以传感器单点采集、人工录入为主，数据来源分散、格式异构、传输延迟，环境数据、人员数据、设备数据、作业数据无法互联互通，形成数据孤岛。部分项目部署物联网感知设备，未实现前端智能预处理，所有原始数据直接上传后台，造成数据传输压力大、处理效率低，采集过程中易受现场电磁干扰、环境遮挡影响产生异常数据，缺乏标准化异常检测与修复机制，数据准确性与可用性难以保障<sup>[2]</sup>。数据处理采用人工统计分析，无法快速挖掘风险关联规律，难以支撑风险动态评估与管控，与数字化安全管控要求存在明显差距（见图1）。

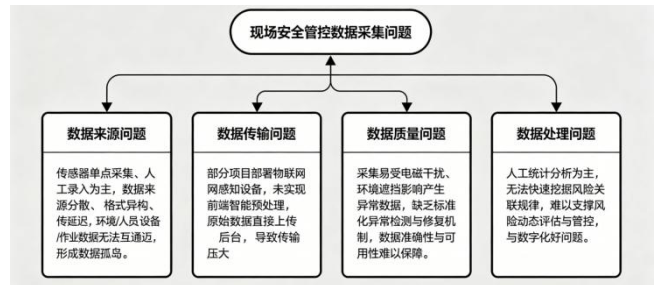


图1 现场安全管控数据采集问题

### 1.4 安全管控责任落实与协同机制不完善

电力基建工程涉及建设、施工、监理、运维等多方主体，现场安全管控责任边界模糊、协同效率低下，安全检查、隐患整改、风险处置等环节缺乏闭环管理流程。部分项目责任分工仅停留在制度层面，未结合现场作业场景将管控责任细化至具体岗位、具体环节，出现隐患整改推诿、风险处置响应迟缓等情况。各方信息传递依靠线下沟通与文件流转，数据共享不及时、指令传达不到位，跨主体协同管控能力不足，无法形成“全员参与、全程管控、协同联动”的安全管理格局，安全管控措施难以落地见效。

## 2 新形势下电力建设工程安全管控体系优化依据

### 2.1 电力建设工程施工安全管控核心需求

电网建设持续升级,电力建设工程呈现作业场景复杂、施工周期紧凑、风险点密集的特征,对安全管控提出实时感知、快速识别、精准预警、闭环管控的核心需求。施工现场需动态监测人员、设备、环境、作业全要素,风险识别从“事后分析”转向“事前预判、事中管控”,管控流程需标准化、责任落实需具体化、数据应用需智能化,保障高空作业、深基坑作业、带电作业等高危环节安全,防范人身伤亡、设备损坏、电网停运等安全事故,满足电力建设工程高质量建设与本质安全提升的核心要求。

### 2.2 智能感知与物联网技术应用支撑

前端智能感知、物联网、无人机巡检等技术为安全管控体系优化提供硬件与技术基础,可实现施工现场全维度、无盲区数据采集<sup>[3]</sup>。国网冀北电力220kV输变电工程中,搭载AS3992射频芯片的物联网前端感知设备、四旋翼无人机智能巡检系统已规模化部署,可实时采集视频、环境、位置等异构数据,前端感知模块具备现场数据初步处理能力,结合差分算法、遗传算法完成异常数据检测与修复,为风险识别提供高质量数据支撑,解决传统采集手段滞后、数据可靠性不足的技术痛点。

### 2.3 安全风险评价与分级管控标准规范

国家电网公司已发布电力基建施工安全风险评估、分级管控相关标准,为体系优化提供制度依据。结合施工现场实际构建模糊聚类最大树算法、风险评价指标体系,通过绝对值减数法构建模糊相似矩阵,量化各风险因素关联度与权重系数,实现微弱风险、弱风险、中风险、强风险、高强风险的分级。现有风险评价模型与分级标准已在冀北、江苏等多地电力基建项目验证应用,可确保风险管控符合行业规范,实现分级处置、精准防控。

### 2.4 数字化管控平台建设与运行条件

Windows Server系列、64位网络操作系统等成熟技术环境,为一体化安全管控平台搭建提供稳定运行基础,云端存储、边缘计算、大数据分析技术可支撑海量现场数据处理。电网企业已具备数字化平台建设的技术储备、资金保障与运维能力,多地电力公司已建成基建安全管理信息化平台,具备用户管理、风险预警、电子地图查询、项目管控等基础功能,可快速完成功能升级与模块拓展,为一体化安全管控体系落地提供软硬件支撑与运行保障。

## 3 电力建设工程施工安全管控体系优化设计

### 3.1 智能感知前端硬件部署与数据采集优化

以无人机搭载物联网前端感知设备为核心,构建“空中巡检+地面监测”的全方位、立体化感知网络,针对电力基建施

工现场高空作业、设备密集、区域广阔的特点,按作业分区科学部署高清视频传感器、温湿度/扬尘/噪声等环境传感器、人员设备定位传感器,实现关键作业点无死角覆盖<sup>[4]</sup>。射频收发端统一采用AS3992芯片,搭配专用信号隔离、放大及解调电路,有效抵御施工现场电磁干扰、信号衰减等问题,保障数据传输的稳定性与实时性。四旋翼无人机预先规划最优巡检航线,结合GPS定位模块实现监测点精准定位,前端智能感知模块全天候实时采集视频、图像、环境参数等异构数据,通过边缘计算节点完成数据去噪、筛选、压缩等初步预处理,大幅减少无效数据上传量,提升数据采集效率与质量,最终形成覆盖施工全场景、全时段、全要素的智能感知数据采集体系,为后续安全管控提供可靠的数据支撑。

### 3.2 施工安全风险识别与异常数据处理机制

为保障安全风险识别准确性,建立“前端采集—差分检测—遗传修复—智能识别”的全流程闭环数据处理机制,电力基建施工中数据易受干扰、易出现偏差,采用一阶减法前向差分与相邻两项求和算法,提取各类感知数据的特征值,绘制二维散点图,结合无监督学习算法快速判定数据异常点,再利用局部离群因子(LOF)算法识别异常样本,剔除无效干扰数据。识别出的异常数据,采用遗传算法进行二进制编码、迭代计算、交叉变异等操作,完成数据修复与校准,最大限度还原数据真实性,保障风险识别的数据基础可靠。依托修复后的精准数据,实时分析人员违章操作、施工设备故障、现场环境超标等各类安全风险点,实现风险自动识别、精准定位与分类标注,为后续预警处置、应急响应提供及时、可靠的决策依据,防范安全事故发生。

### 3.3 安全风险评价指标与分级管控模型构建

结合电力基建现场人员操作、设备运行、环境条件、管理体系四大核心风险因素,构建全面、量化的多维安全风险评价指标体系,涵盖人员资质、设备完好率、环境达标情况、管理制度落实等多个细分指标。依托异常修复后的精准数据建立初始数据矩阵,采用平移—极差变化法对各类指标数据进行标准化处理,消除量纲差异,通过绝对值减数法构建模糊相似矩阵,量化各评价指标间的关联度。运用模糊聚类最大树算法生成无向连通赋权图,按预设截割水平划分风险类别,结合权重计算公式确定各风险元素的权重系数,通过风险评价指数公式计算综合风险值,划分微弱、弱、中、强、高强五个风险等级。最终形成“指标量化—权重计算—等级判定—分级管控”的标准化模型,为不同等级风险制定差异化管控策略,实现风险分级施策、精准管控(见图2)。

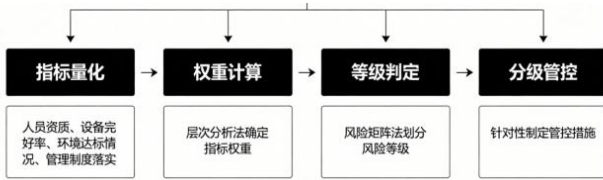


图2 安全风险评价指标与分级管控模型构建

### 3.4 一体化安全管控平台功能模块设计

搭建集数据采集、风险识别等功能于一体的电力基建数字化安全管控平台，整合前端感知数据，设置七大核心模块实现闭环管控。各模块分别负责数据接收、修复校准、风险分级、预警推送等工作，平台实时展示现场数据与风险信息，支持风险处置线上闭环，实现全生命周期管理，适配现场操作需求，支持多端访问，满足双重管控需求，全面提升安全管控效率。

## 4 电力基建工程安全管控体系实施与效果保障

### 4.1 管控体系现场部署与运行流程

以220kV输变电工程为实施载体，按“硬件部署—数据接入—平台调试—试运行—正式运行”流程推进体系落地，现场完成无人机、物联网感知设备安装调试，接入所有前端感知数据，完成平台模块调试与算法适配<sup>[5]</sup>。制定标准化运行流程：无人机按规划航线巡检采集数据→前端模块传输数据→系统完成异常检测与修复→风险评价模型判定等级→平台自动推送预警信息→管控人员接收指令处置→整改结果上传闭环→系统留存数据归档，实现全流程自动化、标准化运行。

### 4.2 安全风险识别与预警效率提升措施

依托前端智能感知技术缩短数据采集周期，边缘计算与前端预处理可减少后台处理压力，差分计算与遗传算法快速完成异常数据处理，简化风险识别计算流程。优化预警推送机制，按风险等级分级推送至对应管控人员，开通短信、平台、移动端多渠道告警，结合国网冀北电力实际应用数据，风险识别平

均耗时压缩至6.57分钟，较传统模式大幅提升效率，算法优化降低漏警率、误警率，实现风险早识别、早预警、早处置。

### 4.3 管控责任落地与人员协同管理方案

将安全管控责任按风险等级、作业环节、岗位角色细化分解，明确各岗位风险管控、隐患处置、信息上报职责，通过平台绑定责任人员与管控区域，实现责任可追溯。建设、施工、监理、运维人员共用同一平台，建立多方协同机制，实现数据实时共享、指令同步传达、处置流程线上协同，设置分级权限管理，不同岗位对应不同操作功能，定期开展人员培训与实操考核，提升智能设备操作与平台应用能力，确保管控责任全面落实、跨主体协同高效运转。

### 4.4 体系应用效果评估与持续改进机制

建立多维度效果评估体系，从风险识别准确率、预警响应时间、隐患整改闭环率、管控效率提升幅度等指标量化评估体系应用效果，以现场风险预警次数、风险等级分布、事故发生率为核心依据，结合项目实际运行数据定期开展评估。收集现场运行问题、人员操作反馈，搭建持续改进机制，优化感知硬件部署、算法模型参数、平台功能模块，结合新施工工艺、新风险因素动态更新风险评价指标，形成“应用—评估—优化—提升”的闭环改进模式，保障管控体系持续适配电力基建施工安全管理需求。

## 5 结语

电力基建工程施工安全管控是保障电网高质量建设的核心环节，当前管控模式存在诸多不足，本文构建涵盖智能感知、风险处理、分级管控、一体化平台的全流程安全管控体系，明确体系实施流程与效果保障措施，有效解决传统管控中盲区多、效率低、协同弱等问题。技术赋能与流程优化实现施工全要素、全时段动态管控，提升风险识别预警与处置能力，推动安全管控向数字化、智能化转型。

## 参考文献：

- [1] 董磊.电力企业小型基建项目管理及安全风险管控[J].中国科技纵横,2025,(05):122-124.
- [2] 毛锋,付鹏.电力企业小型基建项目管理及安全风险管控[J].企业管理,2023,(S1):320-321.
- [3] 何洪洋,马松国,张滨,等.基于人工智能的电力基建反违章安全管控方法研究[J].电气应用,2023,42(11):50-55.
- [4] 项晓强,冯海全,王鹏,等.科技兴安理念在基建工程安全管理中的实践[J].农电管理,2022,(02):44-46.
- [5] 王丹.精管控保安全高质量建电网[J].河南电力,2022,(01):12-13.