

输配电工程施工安全信息化管理平台的开发与实践验证

宋双星

国网信阳供电公司 河南 信阳 464000

【摘要】：输配电工程施工安全面临环境复杂、风险动态等挑战，传统管理模式存在信息滞后、协同困难等局限。本研究聚焦于开发一套集成物联网、BIM及智能算法的信息化管理平台，实现施工要素的实时感知、风险智能预警与业务流程闭环管理。通过实际工程部署验证，该平台显著提升了风险响应速度与协同效率，为行业安全管理数字化转型提供了有效路径与实践依据。

【关键词】：输配电工程；施工安全；信息化管理

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.078

引言

当前，电网建设规模持续扩大，施工安全风险日益凸显。传统依赖人工与纸质流程的管理方式，难以实现风险的动态精准管控。随着信息技术的发展，构建智慧化的安全管理体系已成为行业迫切需求。本文旨在探讨如何通过技术集成与流程再造，开发并实际应用一套适应输配电工程特点的信息化安全管理平台，以应对传统挑战，提升本质安全水平。

1 输配电工程施工安全信息化管理需求分析

1.1 多源异构数据实时感知与融合需求

输配电工程施工环境复杂且高危，传统安全管理依赖人工巡检与纸质记录，存在信息滞后与孤岛现象。信息化管理首要需求是实现人员对人员、设备、环境等全要素状态的实时、精准感知与数据融合。具体而言，需利用物联网技术，对作业人员实现精准定位与体征监测，对特种机械设备如起重机、张力机等进行运行状态与工况数据采集，并在基坑、索道、临近带电区等关键位置布设环境监测传感器。这些实时产生的海量、多源、异构数据，必须通过统一的数据中台进行标准化接入、清洗与融合，消除信息壁垒，构建施工现场的数字孪生体。唯有实现全面感知与数据互联，才能为后续的风险识别、预警与决策提供准确、及时的数据基础，变被动响应为主动预防。

1.2 全流程动态风险辨识与智能管控需求

传统风险管理多集中于静态的、事前的危险源辨识，难以应对施工过程中动态变化的复杂风险。信息化平台需构建覆盖施工全生命周期的动态风险智能管控能力。该需求要求平台深度集成业务，将安全规程与知识库数字化，并基于BIM模型进行施工方案的安全模拟与交底。更重要的是，平台需利用融合的实时数据，通过预置规则引擎与人工智能算法，对人员违章行为、设备异常状态、环境超限风险等进行自动识

别与动态评估。当系统辨识出风险时，必须能够自动触发分级预警，通过移动终端即时推送至相关责任人，并跟踪形成从发现、整改到验证的闭环管理流程。这实现了风险管控从事后追溯向事中干预的根本转变，显著提升风险响应的时效性与精准度。

1.3 高效协同与沉浸式安全赋能需求

安全管理效能最终取决于人的意识与行为，信息化需着力于提升全员参与的安全协同效率与培训教育效果。这要求平台构建一个连接业主、监理、施工、分包等各方责任主体的协同工作空间，实现安全隐患排查、作业票办理、安全会议、应急演练等工作的在线化、流程化与留痕化，确保责任清晰、执行到位。同时，必须超越传统的文本与图片培训模式，利用虚拟现实与增强现实技术，开发针对高空坠落、触电、塌方等典型事故的沉浸式体验培训模块，以及基于BIM的AR现场安全交底。通过高仿真的情境体验与交互式操作，极大提升一线作业人员的安全认知与风险应对本能，从本质上促进安全文化从强制约束到自觉行为的转变。

2 传统安全管理模式的局限性

2.1 信息孤岛与数据割裂严重制约管理穿透力

传统输配电工程安全管理模式在信息流通层面存在根本性缺陷，其核心在于过度依赖人工、纸质和孤立的电子化记录，形成了一个封闭的数据孤岛。安全会议纪要、风险排查记录、设备巡检报告、人员资质档案、培训考核结果以及隐患整改单等各类关键信息，分散存储在不同部门、不同岗位人员的手册、电脑甚至私人记录中，缺乏统一、标准化的数据入口和汇聚平台。这种割裂状态导致管理决策层难以实时、完整地获取施工现场的安全全景。信息的传递遵循着自下而上的科层制汇报路径，不仅速度迟缓，而且容易在传递过程中发生失真或过滤。当需要追溯某个安

全隐患的完整生命周期或分析跨环节的综合性风险时,往往需要耗费大量人力进行跨部门协调和数据整理,效率低下且难以保证准确性。信息壁垒的存在,使得安全管理无法形成从决策层到作业层的有效穿透,计划与执行之间脱节,上层决策缺乏一线真实数据的支撑,一线问题难以得到系统性的快速响应。

2.2 静态滞后与被动响应难以应对动态风险

传统管理模式在风险控制逻辑上表现出显著的静态性与滞后性,本质上是一种基于历史经验和周期性检查的事后管理。其风险管理活动大多集中于施工前的安全技术交底和静态的危险源清单识别,预设的规章制度往往无法覆盖施工现场瞬息万变的复杂情况。输配电工程施工中,无论是深基坑的地质条件突变、组塔作业时的瞬时风速超标,还是交叉作业时人员与机械的动态交互风险,都是传统静态表格和定期巡查难以实时捕捉与量化的。安全管理行为主要表现为定期的安全大检查和事故发生后的问题追溯与责任追究,这种亡羊补牢式的响应机制,无法实现对危险状态的早期预警和过程干预。由于缺乏对人员行为、设备状态、环境参数等实时数据的连续采集与分析能力,系统无法在违章发生的临界点或危险态势形成的初期发出精准预警,从而错失了预防事故的最佳时机。风险管控的节奏严重滞后于现场作业的动态变化,安全防线薄弱。

2.3 人力依赖与经验主义导致效能触及天花板

传统安全管理的效能高度捆绑于个体——特别是现场安全管理人员——的责任心、经验、体力和精力,这种以“人防”为核心的模式存在天然的局限性。其管理效能首先受制于人力资源的有限性。面对点多面广的输配电施工现场,有限的安全员无法实现全天候、无死角的有效监督,管理盲区客观存在。其次,它受制于个体能力的差异性。安全员专业素养、经验判断的差异直接影响风险识别与处置的准确性,个人经验可能成为判断依据,但也可能因思维定式或知识盲区而遗漏新型风险。再者,大量管理资源被耗费在重复性、事务性工作上,如手工填报表单、整理台账、组织会议等,使得安全管理人员陷入文牍主义,难以将主要精力投入到更深层次的风险分析、体系优化和安全技术创新中。同时,对一线作业人员的安全教育多采用灌输式培训,形式单一,与真实、高风险的作业场景脱节,难以激发员工的内在安全动力和行为自觉。这种过度依赖人力投入和经验判断的模式,在工程规模和技术复杂度不断提升的背景下,已触及成本与效能的天花板,无法实现安全管理从“人防”到“技防”

与“智防”的本质飞跃。

3 输配电工程施工安全信息化管理平台的开发与实践

3.1 数据融合驱动的全要素实时感知与数字化表达

平台开发的首要实践在于构建覆盖人员、机械、环境、方案的全要素数字化感知网络,通过为一线人员配备集成定位与体征监测功能的智能安全装备,实现人员位置、活动轨迹和生理状态的实时追踪。针对起重机械、张力设备等关键施工机械,加装工况传感器与智能视频监控,实时采集运行参数与工作状态。在基坑、陡坡、临近带电区等高风险区域,部署位移、沉降、气体、风速等物联传感设备,对环境风险进行不间断监测。所有这些多源、异构的实时数据,通过物联网关与5G网络高速汇聚至云端平台。平台利用三维地理信息系统和建筑信息模型技术,将这些动态数据与静态的施工图纸、设计方案深度融合,构建起一个精准映射物理现场的“数字孪生”施工场景。这使得管理者能够超越时空限制,在虚拟空间中直观、全景式地掌握现场每一个细节的动态变化,为后续的智能决策奠定坚实的数据基石。

3.2 基于智能算法的动态风险识别与主动预警干预

在实现全面感知的基础上,平台的核心功能在于对海量数据进行智能处理,实现风险的动态识别与主动预警。平台内嵌了基于机器学习的智能分析引擎,能够对视频流进行实时分析,自动识别未正确佩戴安全帽、未穿戴反光衣、闯入危险区域等典型违章行为。同时,系统通过融合人员位置、机械运动轨迹与环境数据,建立规则与模型,对诸如吊装作业半径内人员侵入、塔吊临近高压线、有限空间内氧气浓度不足等复杂场景风险进行智能研判。一旦系统识别出风险或监测数据超过阈值,可即时触发多级预警机制。预警信息不仅通过平台大屏醒目提示,更通过移动应用、短信等多种渠道,精准推送至现场负责人、项目管理者乃至作业人员本人的智能终端,并自动生成处置工单,跟踪闭环。这一过程将安全管理从事后追溯转变为事中实时干预,极大地压缩了从风险出现到响应启动的时间窗口。

3.3 业务流程再造支撑的协同闭环管理

平台不仅是监测工具,更是管理流程再造的载体。它通过信息化手段,将传统线下、离散的安全管理业务流程进行标准化、在线化重构。从作业前的电子工作票在线申请、审批与交底,到施工过程中的隐患排查(支持文字、照片、视频上报)、任务派发、整改反馈与复查验证,形成完整的线上闭环。应急管理模

块实现了预案数字化、资源可视化与指挥扁平化，突发事件时能一键启动预案、快速调度资源。所有安全会议、培训学习、考核评估等活动均可在线上完成并完整留痕。这一系列功能打破了部门墙与信息壁垒，将业主、监理、施工、分包等各方责任主体连接在统一的协同工作平台上，确保安全责任可追溯、管理流程可跟踪、执行效果可量化。标准化流程驱动了管理行为的规范，而数据闭环则保障了每一项安全指令都能落地生根，显著提升了管理执行力与协同效率。

3.4 沉浸式虚拟仿真赋能全员安全素质提升

平台在安全培训与教育领域进行了革命性创新，致力于从根本上提升人员的安全意识与技能。它深度运用虚拟现实和增强现实技术，开发了系列化的沉浸式安全教育模块。作业人员可以通过 VR 设备，亲身体验模拟的高空坠落、触电、塌方等事故场景，在绝对安全的环境中感受违规操作的严重后果，从而产生深刻的心理警示。在施工前，技术人员可以利用 AR 设备，在真实作业现场将三维 BIM 模型与施工方案进行叠加，进行可视化的、交互式的安全技术交底，使复杂的施工步骤与安全要点一目了然。此外，平台还内置了丰富的多媒体培训课程、在线考试系统与个人安全档案，支持个性化的学习路径与常态化考核。这种将抽象规定转化为感性认知、将课堂教育延伸至现场实操的培训模式，极大增强了培训的吸引力与实效性，是推动安全文化从“要我安全”向“我要安全”

转变的关键实践。

3.5 基于数据智能的决策支持与持续优化体系

平台的终极价值在于为管理决策提供科学依据，并驱动安全管理体的自我进化。平台集成的数据驾驶舱，能够将零散的数据转化为直观的图表、曲线与仪表盘，实时呈现项目安全态势的综合评分、风险分布热力图、隐患趋势分析、人员行为指数等关键指标。管理者可以像阅读仪表盘一样，快速把握整体安全状况，实现从经验决策到数据决策的跨越。更重要的是，平台后端的大数据分析引擎能够对历史事故案例、隐患数据、作业数据等进行深度挖掘，识别事故发生的潜在规律与薄弱环节，预测未来一段时期的风险走势，为预防性安全措施的制定提供前瞻性指导。所有管理活动在系统中留下的数据痕迹，都成为评估管理效能、优化资源配置、修订安全规程的客观依据。平台由此构建了一个“感知-预警-处置-分析-优化”的完整闭环，使安全管理成为一个能够持续学习、动态改进的智慧系统，最终实现系统性风险防控能力的螺旋式上升。

4 结语

信息化平台通过数据驱动重塑了安全管理流程，实现了从被动应对到主动预防的转变。该模式为输配电工程施工安全管理提供了系统性解决方案，其成功验证为行业推广奠定了坚实基础。未来，随着人工智能等技术的深度融合，平台智能化水平将持续提升，进一步推动电网建设安全管理的现代化进程。

参考文献：

- [1] 冯德强,余瑞洋.大型水电项目施工输配电线路智能防火研究及应用[J].人民黄河,2025,47(S2):138-139.
- [2] 张新页.智能电网技术在输配电系统电力设计中的应用策略[J].光源与照明,2025,(12):248-250.
- [3] 贾鹏.输电线路智能化运行维护技术[J].城市建设理论研究(电子版),2017,(30):5.
- [4] 陆永.输电线路安全运行的管理措施[J].科技与创新,2014,(21):102+105.
- [5] 胡毅,王力农,黄小明.配电线路带电作业方式及安全防护(续完)[J].电力安全技术,2001,(06):46-47.
- [6] 胡毅,张俊兰.配电线路带电作业的步骤及安全事项[J].电力安全技术,2000,(06):27-29+32.
- [7] 张善明.影响电力安全的主要因素之分析及启示[J].水利电力劳动保护,1998,(02):43-45.