建设工程项目现场安全风险动态预警体系构建与应用

秦承炜

焦作煤业（集团）有限责任公司　河南　焦作　454000

摘　要：建设项目及安装工程工序交错、管线设备密集、立体交叉作业频繁，现场安全风险动态演变、易叠加突发，传统静态安全管控模式滞后性显著，无法适配现代化工程安全治理需求。本文聚焦建设与安装工程施工全流程，依托全维度风险辨识结果，搭建四级风险分级标准与三级动态预警指标体系，构建集数据采集、智能研判、分级推送、闭环整改于一体的动态预警架构。通过智能算法优化多源施工数据融合效果，破解现场风险预判弱、管控片面、整改滞后等问题，有效提升工程施工现场安全管控的精细化、智能化水平。

关键词：建设项目；安装工程；施工现场；安全风险；动态预警；智能管控

引言：建设项目与设备安装工程作业场景多变、专业交叉密集、管线施工复杂，高空作业、设备吊装、临时用电等工序易产生叠加性安全风险，事故隐患突发概率高。当前工程安全管理多采用定期巡检、事后整改的静态模式，风险预判能力不足，难以适配施工现场动态变化的安全工况。为补齐现场管控短板，本文结合智能监测与量化分析技术，搭建适配建设及安装工程的动态预警体系，推动安全管理从事后整改转向事前预判、事中精准管控，提升现场安全治理水平。

1 建设项目现场安全风险与动态预警核心界定

建设项目与设备安装现场工序交叉多、作业场景多变，人机设备集中作业导致安全风险波动大、突发性强，且隐患容易相互叠加扩散，各施工阶段风险差异明显。现场常见安全问题可分为五类：人员层面多为操作不规范、特种作业不达标、高空动火作业防护缺失；设备层面主要是吊装及安装机具维保不到位、带病作业、违规操作引发故障；环境层面包含场地狭小、天气波动、照明通风不足、多工种交叉干扰等问题；物料层面集中在机电管材、危险耗材堆放存储不规范、防护措施不到位；管理层面存在专项交底流于形式、现场管控松散、岗位职责落实不到位、应急保障不足等问题[1]。现场安全动态预警一改传统事后整改的被动模式，依托实时作业数据开展提前预判、分级预警。体系搭建贴合工程实际，严格遵循行业规范，保证研判科学准确，适配土建、设备安装各类复杂工况，操作简单、落地性强，可随施工进度和工序变化动态调整参数，实现现场风险全覆盖、精准化管控。

2 工程现场安全风险识别与预警指标体系

2.1 施工现场全维度风险源辨识

风险源辨识是建设项目与设备安装工程安全管控的基础，结合土建施工、设备吊装、管线敷设及多工种交叉作业工况，从人员、设备、环境、物料、管理五大维度开展全面隐患排查，规避隐患漏查、误查问题。人员维度重点核查作业人员资质与岗前培训情况，严查高空安装、动火作业、临时用电、设备调试等高危工序的违章操作、防护缺失等违规行为。设备维度常态化检查吊装器械、施工机具运行状态，核对维保台账，严控设备老化、带病作业、超负荷施工、防护装置缺失等高频隐患。环境维度针对窄场地、露天、密闭空间等场景，排查高空临边风险，兼顾气候、温湿度、照明通风不足带来的安全影响。物料维度规范机电管材、易燃易爆耗材的堆放、转运与存储作业。管理维度落实专项交底、现场巡查、隐患整改及应急保障工作，规避管理漏洞引发的安全问题。

2.2 动态预警指标体系与风险分级阈值

依托现场风险排查成果，结合建设项目、设备安装工程施工特点，搭建目标层、准则层、指标层三级预警指标体系，指标贴合现场实操、可量化统计，解决传统指标空泛、难以落地的问题。目标层统筹项目整体安全管控，为风险评估与预警管理明确核心方向；准则层涵盖人员、设备、环境、物料、管理五大维度，适配工程交叉作业、设备集中、物料繁杂的施工工况。指标层选取实用管控指标，对应作业人员、设备运行、作业环境、物料及现场管理，贴合日常安全巡检工作。结合行业规范与现场实测经验，将施工安全风险划为四级：一级低风险指标合规，实行常规管控；二级一般风险存在

轻微超标隐患，可即时整改；三级较大风险核心指标超标，需暂停局部作业专项整改；四级重大风险存在严重隐患，需立即停工启动应急处置流程。

2.3 现场风险管控核心要点

结合建设项目与设备安装工程施工实际，依托风险辨识与分级标准，现场采用差异化、精细化管控模式，摒弃传统粗放式统一管理方式。日常施工中，一、二级低风险隐患以常态化巡查为主，由安全员和班组及时整改轻微违规问题，保障施工平稳推进。针对高空安装、设备吊装、动火作业、临时用电等高危工序的三级较大风险，严格落实专项作业审批制度，作业前全面排查隐患，作业中全程旁站监督，防止风险叠加升级。遇到四级重大风险，立即停止相关作业，落实整改复核制度，隐患未验收合格严禁复工[2]。同时结合施工进度动态调整管控重点，基础阶段重点管控临时用电与场地安全，主体安装阶段紧盯高空与设备作业风险，收尾阶段严控零星作业与设备调试隐患，通过分级、分阶段精准管控，有效防范施工现场安全事故。

3 安全风险动态预警体系架构与模型构建

3.1 动态预警体系整体架构设计

结合建设项目和设备安装现场的实际施工情况，本次搭建的安全动态预警体系采用分层模块化结构，主要分为数据采集、数据整理、风险研判、预警推送、现场管控五个层级，各环节衔接运行，形成一套完整的现场安全闭环管控流程，有效解决了传统安全管理预判不及时、管控不到位、工序覆盖不全的常见问题。数据采集主要围绕现场人员、设备、作业环境、物料、管理五大维度，实时收集施工及设备安装的现场数据和台账资料，实现各工序全覆盖监测。通过筛选、纠错、标准化处理原始数据，剔除现场环境、设备故障带来的无效数据，保障数据真实可靠。系统依托现场预警指标和风险分级标准，结合实际工况开展风险评估，精准识别现场隐患位置、风险等级及变化趋势。根据研判结果分级推送预警提示，明确隐患问题与影响范围，同步转化为可落地的整改要求，指导现场隐患排查治理。同时，体系配套实用功能，可根据土建、设备安装、管线施工等不同工序灵活调整预警参数，留存全过程预警整改数据，并按岗位划分操作权限，贴合项目现场精细化安全管理需求。

3.2 多源风险数据动态采集与智能分析

建设项目及设备安装现场工序繁杂、工况多变，安全隐患随时可能发生，传统人工巡查存在疏漏、滞后等问题。本体系结合现场实际管控需求，搭配传感器、视频监控和项目管理平台，全方位采集现场安全数据。人员方面，依托门禁、智能穿戴设备和现场监控，实时把控作业人员在岗情况、操作规范度及安全防护佩戴情况，及时发现高空作业、安装施工中的违规行为。设备方面，通过施工机具、吊装设备内置监测装置，实时记录设备荷载、运行状态和故障信息，结合日常维保记录，排查设备带病作业、超负荷运行等安全隐患[3]。环境方面，利用现场监测设备，全天候收集风力、温度、照明、通风等环境数据，实时更新现场环境安全状态。物料方面，通过现场巡检与智能核查方式，管控机电管材、危险耗材的堆放存储情况，杜绝物料乱堆、防护不到位等问题。同时，系统整合各类零散数据，综合分析现场风险变化规律，精准排查隐患高发工序和点位，梳理多重风险叠加的隐患危害，弥补人工研判的不足，切实提升现场风险排查的精准度和时效性。

3.3 安全风险动态预警模型构建与推送机制

现场风险预警模型以三级预警指标体系为核心，结合综合评分与动态阈值调整方式，适配建设项目及设备安装工程的现场风险评估工作。依托层次分析法对各项指标分配权重，重点加大高空安装、设备吊装、动火、临时用电等高危工序的评判比重，贴合现场风险实际危害程度。模型实时调取现场监测数据，对照四级风险标准逐项评分，结合权重算出综合风险分值，精准判定现场安全状态。同时具备参数微调与隐患溯源功能，可根据不同施工工序调整评判标准，精准定位超标隐患点位，有效解决固定阈值适配性差的现场难题。针对四级风险制定差异化管控逻辑，低风险保持日常监测，一般风险整改局部轻微隐患，较大风险立即落实专项管控，重大风险第一时间停工排查。系统每分钟更新现场数据，快速捕捉风险变化。配套分级预警推送机制，依据风险等级分别推送至班组安全员、项目安全部门及全体管理人员，同步下发整改要求与应急举措，通过手机端、后台弹窗双向提醒，全程跟踪隐患整改全过程，实现现场风险闭环管控。

4 动态预警体系运行机制与现场应用优化

4.1 预警体系闭环运行机制

适配建设项目全施工、全安装周期，体系构建“数据采集-智能研判-预警推送-隐患处置-复核归档-参数迭代”六环节闭环运行机制，实现现场安全常态化智能管控。系统实时采集多维度作业风险数据，经标准化处理与模型智能研判后，分级分类推送预警信息；现场作业与管理人员依据预警线索开展隐患排

查、靶向整改，整改完成后提交系统核验；系统自动复核整改成效，达标隐患自动归档留存，未达标隐患自动升级预警、持续督办，直至隐患完全清零[4]。同时，体系依托项目历史监测数据、预警台账、事故隐患案例，复盘风险演化规律，动态优化指标权重与分级阈值，适配工序推进、场景切换带来的风险变化。该闭环机制彻底破解传统项目安全管理碎片化、滞后性、被动整改的弊端，构建事前预判、事中管控、事后迭代的全链条治理模式，大幅提升建设与安装工程现场安全管控的规范化、精细化水平。

4.2 体系现场落地应用路径与保障措施

结合建设项目施工全流程、安装工程分阶段作业特点，制定体系分层落地应用路径。施工准备阶段，完成现场智能监测设备布设、系统调试与项目专属参数设定，结合项目安装、施工特点定制预警标准，开展全员系统操作与安全管控培训。基础施工阶段，启动体系试运行，重点针对临时用电、场地整理、基础配套施工等工序测试预警功能，修正系统运行误差。主体施工与设备安装阶段，实现体系全域常态化运行，将高空安装、设备吊装、管线敷设、动火作业等高风险工序全部纳入预警管控，实现全工序风险动态监测。装饰与收尾阶段，聚焦室内安装、设备调试、零星作业，微调预警管控参数，保障项目收尾阶段施工安全。为保障体系长效稳定运行，建立全方位保障机制：制度层面，明确各岗位预警处置职责、流程与考核标准，规范预警处置全流程；技术层面，组建专项运维团队，负责监测设备校准、系统迭代优化、数据故障排查；人员层面，开展分层定岗培训，提升管理人员、作业人员的智能设备操作、隐患整改、风险处置能力；物资层面，配齐各类智能监测设备，定期更换老化、故障设备，保障数据采集精准度；考核层面，将预警处置成效、隐患整改闭环率纳入项目安全考核体系，倒逼管控措施落地。

4.3 工程应用难点与体系优化策略

结合建设项目与安装工程现场复杂工况，预警体系落地应用存在多项实操难点：现场露天作业、多场景切换易干扰监测设备，造成数据偏差，降低研判精度；土建施工、设备安装、管线作业等不同工序风险差异大，固定参数适配性不足；部分作业人员智能管控设备操作能力薄弱，预警处置、隐患整改规范性不足；多源异构数据整合难度大，数据融合效率低，影响研判时效性；部分隐蔽安装工序存在监测盲区，无法实现全域风险预警[5]。针对上述难点，制定针对性优化策略：优化监测设备布设方案，增加设备防护结构，搭载数据滤波程序，剔除环境干扰，提升数据采集精度；搭建场景化参数数据库，为不同施工、安装工序匹配专属风险阈值与指标权重，提升体系场景适配性；开展定岗专项实操培训，聚焦系统操作、隐患识别、预警处置等核心内容，提升全员专业能力；优化智能融合算法，统一多源数据格式，提升数据整合与风险研判效率；增补精细化监测设备，新增隐蔽安装工序预警指标，消除监测盲区；建立常态化体系迭代机制，结合项目施工案例持续优化模型参数与功能，全面提升预警体系的智能化、精准化、适配性。

结束语：施工安全动态预警体系适配建筑工程全施工流程管控需求，通过分层模块化架构与智能化分析技术，实现全域风险的实时监测、精准研判与分级处置。体系构建的闭环运行机制与场景化优化策略，有效解决了传统管控模式的各类实操难题，弥补现场安全治理的薄弱环节。这套成熟的预警管控模式，可为同类工程项目现场安全风险治理提供实用的参考与借鉴。

参考文献

[1] 罗芷馨. 智慧工地背景下建筑工程多维度风险预警体系构建 [J]. 建筑,2026(7)：122-125.

[2] 冯鹏展. 建筑工程施工现场安全风险动态评估与预警机制 [J]. 科技与创新,2025(23)：116-118.

[3] 李忠, 徐辉. 建筑工程项目风险动态预警与管理体系构建分析 [J]. 砖瓦世界,2026(8)：195-197.

[4] 方秀英. 智能化作业技术驱动下风电项目工程现场安全风险动态管控体系的构建 [J]. 中国信息界,2026,(4):55-57.

[5] 马春卫, 史树东. 建筑工程施工现场安全隐患智能识别与动态预警系统设计 [J]. 全面腐蚀控制,2026,40(1)：134-136.