

# 风险散发型企业全场景安全监管系统研究与开发

叶有志 俞洞晶 吕渤林

杭州华电能源工程有限公司, 浙江杭州, 310013;

**摘要:** 风险散发型企业因其生产场景、工艺流程、人员素质等方面的特点, 面临着更加复杂多变的安全风险挑战。本文在分析风险散发型企业特征和全场景安全监管核心要求的基础上, 指出当前风险监测碎片化、动态风险评估不足、应急响应滞后以及系统扩展性差等问题, 提出构建一体化监测网络、开发动态风险评估模型、实现智能预警与应急联动以及采用模块化系统设计等对策, 为风险散发型企业的安全监管提供了新的思路和方法。

**关键词:** 风险散发型企业; 全场景安全监管; 一体化监测; 动态风险评估

**DOI:** 10. 64216/3080-1508. 25. 03. 055

## 引言

随着现代工业的不断发展, 企业生产经营活动日益复杂, 安全生产面临的风险也呈现出多样化、动态化的特点。特别是对于风险散发型企业, 由于其生产场景分散、工艺流程复杂、人员素质参差不齐等特点, 传统的安全监管模式已难以适应新形势下的要求。为了有效应对风险散发型企业的安全挑战, 急需探索创新的安全监管理念和方法, 建立起全场景、全过程、全要素的安全监管体系, 切实提升企业本质安全水平。

## 1 风险散发型企业安全监管的理论框架

### 1.1 风险散发型企业的特征

首先, 风险散发型企业的生产场景较为分散。这类企业通常拥有多个生产基地或施工现场, 地理位置相距较远, 生产环境差异较大。分散的生产布局增加了安全管理的难度, 对风险识别、监测、预警等工作提出了更高要求<sup>[1]</sup>。

其次, 风险散发型企业的工艺流程较为复杂。不同生产场景下, 企业面临的工艺风险各不相同。复杂多变的工艺参数给安全监管带来诸多不确定因素, 需要建立起与之相适应的风险分析评估机制, 动态把握生产过程中的风险变化情况。

### 1.2 全场景安全监管的核心要求

一方面, 全场景安全监管要求对企业生产经营活动进行全覆盖、无死角的风险监测。利用物联网、大数据等技术手段, 构建起涵盖人、机、料、法、环等各类风险因素的一体化监测网络, 实现生产现场的实时动态监控, 及时发现和消除事故隐患。

另一方面, 全场景安全监管强调风险评估的动态性和针对性。针对风险散发型企业生产工艺和环境的动态变化特点, 需要开发适用于不同场景的风险评估模型, 对各类风险进行定量分析和等级评定, 从而为安全决策和应急管理提供科学依据。

### 1.3 技术支撑体系

其一, 大数据和人工智能技术是实现全场景安全监管的重要支撑。利用大数据技术对海量的生产运行数据进行采集、存储和分析挖掘, 通过机器学习算法建立起风险预测和智能预警模型, 可以大幅提升风险辨识和防控的时效性和准确性。

其二, 工业互联网平台为全场景安全监管提供了强大的连接支撑。通过构建工业互联网平台, 打通企业内外部数据壁垒, 实现跨场景、跨系统的数据汇聚和共享, 为安全监管提供全面、准确的数据支撑。同时, 借助工业互联网平台的开放性和扩展性, 可以方便地集成各类安全监管应用, 不断丰富和完善安全管理功能<sup>[2]</sup>。

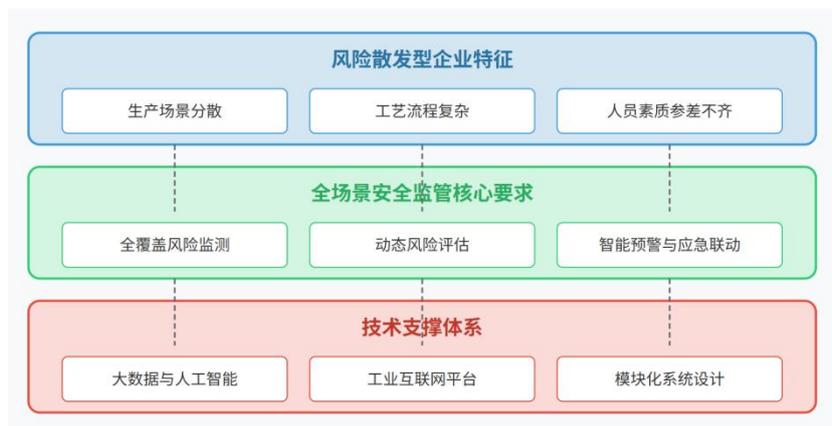


图1 风险散发型企业安全监管理论框架

## 2 风险散发型企业安全监管存在的问题

### 2.1 风险监测碎片化

一方面，当前风险散发型企业的安全监测系统较为分散，缺乏统一的数据采集和管理标准。不同生产场景下部署的监测设备种类繁多、接口不一，数据格式各异，导致监测数据难以有效汇聚和关联分析，无法形成全局性的风险视图。

另一方面，风险监测手段相对单一，以传统的人工巡检和定期检测为主，缺乏先进的传感监测和智能诊断技术。人工巡检效率低、不能实现全时空覆盖，易受主观因素影响；定期检测无法及时发现动态变化的风险因子，存在安全隐患被动应对的问题。

### 2.2 动态风险评估不足

其一，风险散发型企业缺乏针对性的风险评估模型和方法。由于不同生产场景下的风险类型和影响因素差异较大，通用性的风险评估模型难以准确刻画复杂多变的风险特征，导致风险评估结果与实际情况脱节，指导性和可操作性不强。

其二，风险评估缺乏数据驱动的定量分析手段。当前风险评估主要依赖专家经验判断，缺少必要的数据支撑，在一定程度上存在主观性和随意性。同时，静态的风险评估方式难以适应生产工艺和环境的动态变化，风险等级划分和管控措施滞后于风险发展态势<sup>[3]</sup>。

### 2.3 应急响应滞后

首先，应急管理流程缺乏必要的数字化、智能化手段支撑。预案编制、风险预警、指挥调度等环节高度依赖人工操作，应急信息难以快速、准确地各参与主体间传递共享，应急资源调配缺乏优化，难以实现快速响应和科学决策。

其次，应急演练针对性和有效性不足。演练方案设计未充分考虑风险散发型企业的生产特点和事故场景差异，演练过程流于形式，演练效果评估不够严谨细致，未形成持续改进优化的机制，导致应急处置能力提升有限。

### 2.4 系统扩展性差

其一，安全监管系统的软硬件架构相对封闭，可扩展性不强。系统内部模块间缺乏标准化接口，数据和功能难以灵活扩展；对外缺少开放的数据交换与系统集成机制，与企业其他业务系统实现互联互通、数据共享存在技术瓶颈。

其二，系统运行维护成本较高。专有软硬件产品价格不菲，系统二次开发难度较大，升级换代周期长，企业需要投入大量人力物力保障系统持续稳定运行。同时，系统操作门槛较高，使用培训和技术支持工作量大，进一步加重了企业的负担。

## 3 全场景安全监管系统的开发对策

### 3.1 构建一体化监测网络

#### 3.1.1 多源数据融合

首先，为实现全场景安全监管，需要统一不同来源监测数据的采集频率、格式和接口标准。生产现场存在各类监测设备和系统，采集的数据种类和格式多样，容易形成“数据孤岛”。利用数据清洗、特征提取等技术对原始数据进行规范化处理，消除不同源数据在格式和语义上的差异，使其可以在统一的平台进行汇聚和分析，全面感知生产状态<sup>[4]</sup>。

其次，海量监测数据的简单堆砌并不能发挥数据的价值，还需要深入挖掘数据间的内在联系。运用数据挖掘、机器学习等技术，建立多源异构数据的关联分析模

型，实现跨系统、跨场景的数据融合计算。比如，将设备振动数据与工艺参数数据进行关联分析，识别设备异常的早期征兆；将视频监控数据与电子围栏数据叠加分析，及时发现危险区域人员闯入等。

### 3.1.2 边缘计算部署

其一，云计算虽然能够提供强大的数据存储和计算能力，但对于实时性要求高的安全监管场景，将海量数据传输到云端处理的时延难以满足需求。采用边缘计算架构，在靠近数据采集端的位置就近部署智能网关和微

型服务器，可以实现数据的就地处理和存储。

其二，在边缘侧开发部署安全应用，可以更好地发挥边缘节点的地理位置优势，实现风险管控措施的快速触发和执行。比如，在各类传感器附近部署风险识别模型，对数据进行实时分析，一旦发现风险隐患，就触发声光报警提醒现场人员；在关键作业场所附近部署视频分析单元，实时检测作业人员的违规行为，并联动喷淋、断电等执行装置进行风险干预。

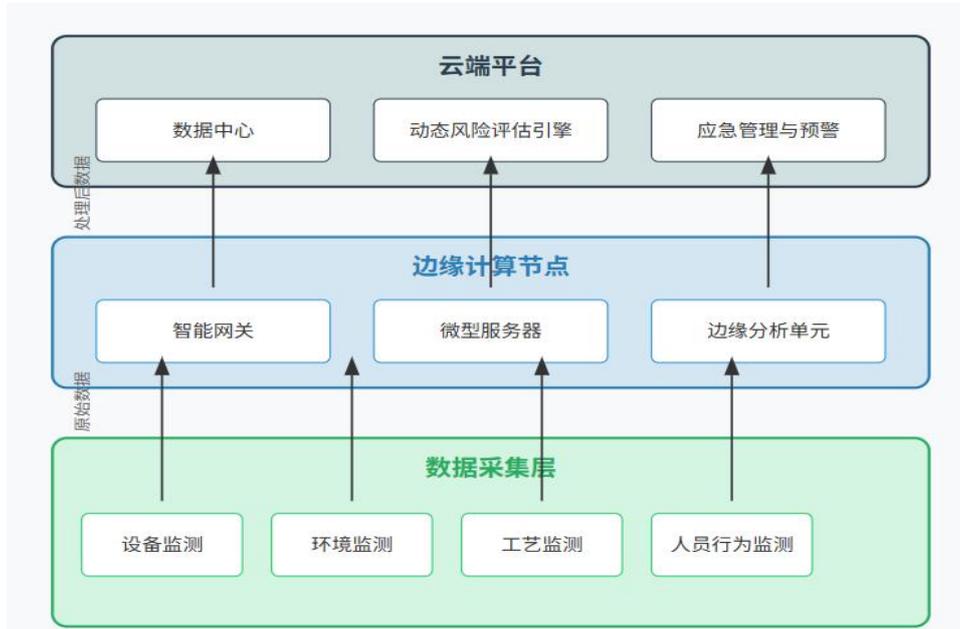


图2 基于边缘计算的一体化监测网络架构

## 3.2 开发动态风险评估模型

### 3.2.1 基于机器学习的风险预测

一方面，风险评估的基础是建立科学、合理的评估指标体系。针对生产过程的重点风险场景，如设备失效、危险物品泄漏等，构建多维度、多层次的评估指标，综合考虑设备状态、工艺参数、作业环境、人员行为等影响因素。

另一方面，机器学习为风险预测提供了有效途径。根据累计的风险特征样本，选择支持向量机、随机森林、神经网络等适用的算法，训练形成风险预测模型。通过大量的历史数据对模型进行训练优化，不断提高预测的准确性和泛化能力。一旦发现设备状态、工艺参数等监测数据发生异常变化，预测模型能够及时捕捉到风险发生的苗头，预判风险的发展趋势。管理人员据此采取超前预防措施，有效遏制事故苗头的发展。

### 3.2.2 多风险耦合算法

其一，生产系统是一个有机整体，各类风险因素不

是孤立存在的，往往表现出复杂的相互影响和耦合效应。比如，高温和易燃物品共存会极大提高火灾爆炸风险；有限空间作业与动火作业叠加更易导致中毒窒息事故。针对多风险耦合的实际，有必要开发风险之间相互作用的评估算法。利用贝叶斯网络、模糊推理等方法，建立风险因素之间的因果关系网络模型，揭示风险传导、转换的路径，量化分析不同风险之间的耦合效应，使评估结果更加接近生产实际<sup>[5]</sup>。

其二，多风险耦合评估虽然能够揭示更加全面的风险图景，但评估结果的可解释性还不够直观，不利于现场管控人员的快速决策。有必要在风险定量评估的基础上，形成清晰的风险分级标准。根据风险事件的发生概率和危害后果，对风险等级进行划分，建立风险分级预警规则。当评估的风险等级超过预设阈值时，系统自动触发相应等级的预警，提示管控人员采取针对性措施。

## 3.3 智能预警与应急联动

### 3.3.1 分级预警机制

首先,单一阈值的预警很难适应复杂多变的生产场景,容易出现预警不及时或虚警频发的问题。应根据风险评估结果,针对不同风险等级,合理设置梯度化的预警阈值,建立多级预警机制。将系统监测数据与风险阈值实时比对,当监测指标超过阈值时,自动触发相应级别的预警。采用数据可视化技术,通过大屏幕、移动终端等,直观呈现各类风险的等级、时空分布和演化趋势。

其次,在预警信息发布时,应根据风险等级采取差异化的策略。对于初级预警,如设备效率降低、原料质量波动等一般性风险,可采取声光报警、弹窗提示等方式,提醒现场作业人员加强设备巡检、调整生产参数等。对于高级预警,如危险工艺接近失控边界、有毒有害物质泄漏等重大风险,要启动应急响应流程。通过短信、电话、消息推送等多种渠道,快速通知车间主任、总工程师、应急救援人员等,并明确应急处置措施。

### 3.3.2 数字预案库

其一,安全生产涉及各种突发事故情景,每一种情景都需要制定专门的应急预案。这就需要建立一个覆盖各类风险场景、标准规范的事故应急预案库。利用大数据分析、案例推理等技术,系统总结以往事故的成因、发展、处置经验教训,形成一整套“事前预防、事中控制、事后评估”的预案知识库。将预案进行细化分解,明确事故发生时的应急组织架构、职责分工,优化应急物资储备、抢险救援路径。

其二,应急预案不是一成不变的,必须建立动态更新、持续完善的机制。要定期组织专项应急演练,全面评估预案的针对性、有效性、可行性。通过案例复盘,找出预案在组织指挥、资源调配、现场处置等环节存在的不足,有针对性地修订完善。

## 3.4 模块化系统设计

### 3.4.1 微服务架构

一方面,传统的单体架构存在业务耦合度高、扩展性差、可靠性不足的短板,越来越难以满足安全监管的高并发、高可用需求。采用微服务架构设计安全监管系统,遵循“单一职责、松耦合、高内聚”的原则,将复杂系统拆分为一系列细粒度、独立部署的微服务单元。每个微服务单元负责实现一个特定的业务功能,如数据采集服务、风险评估服务、预警服务等,服务与服务之间通过轻量级通信协议实现互联互通。各服务单元可根

据访问压力和数据规模,独立进行扩缩容,单点故障也不会影响全局。

另一方面,微服务虽然降低了服务间的耦合,但也带来分布式事务、服务发现、数据一致性等挑战。因此,在微服务的基础上,还需要配套建设统一的治理组件和中间件。如API网关,以“前台引流、后台聚合”的模式,为用户提供统一的访问入口,实现负载均衡、流量控制、安全认证等;服务注册中心,提供服务自动注册和动态发现的能力;配置中心,实现配置的集中管理和动态更新;消息队列,解耦服务间的同步调用,确保系统的高可用。

### 3.4.2 低成本 SaaS 方案

首先,将通用性强、实施周期短的安全管理功能以SaaS模式提供。企业无需采购硬件设备,也不用承担系统的开发、运维成本,可通过浏览器、移动APP等方式随时随地访问安全管理应用,即开即用,快速上线。

其次,针对风险散发型企业生产现场的个性化需求,可利用低代码开发平台快速定制。平台提供可视化开发工具和丰富的业务组件库,无需复杂编程即可实现业务需求,大幅缩短了功能的交付周期和成本。

## 4 结语

风险散发型企业安全监管是一项复杂的系统工程,对技术、管理、人员等方面都提出了较高要求。本文在分析风险散发型企业特征和安全监管需求的基础上,提出了构建全场景安全监管系统的整体思路,包括构建一体化监测网络、开发动态风险评估模型、实现智能预警与应急联动以及采用模块化系统设计等对策。

### 参考文献

- [1] 杨瀚波. 施工智能安全监管系统的场景应用研究[J]. 建设监理, 2024(7): 25-29.
- [2] 张晓伟, 王新闻. AI 智能化视频识别技术在高处作业吊篮安全监管中的研究与应用[J]. 工程与建设, 2025, 39(1): 246-248.
- [3] 刘术, 姜二龙, 韦广, 唐高翔, 田居易. 风电场安全生产管理系统研究与应用[J]. 机电信息, 2025(3): 1-5+9.
- [4] 刘家乐, 何勇, 蒋丰源. 新型水利水电工程智能安全监测系统研究[J]. 陕西水利, 2025(1): 103-105+112.
- [5] 李洋. 高速公路养护施工安全监管数智化系统设计[J]. 北方交通, 2024(7): 90-94.