

基于物联网技术的企业安全生产信息化平台构建运用

韦华阳

中控技术股份有限公司 浙江 杭州 310059

摘要:随着工业4.0和物联网(IoT)技术的快速发展,企业安全生产管理正逐步向智能化、信息化方向转型。本文探讨了基于物联网技术的企业安全生产信息化平台构建与应用,旨在通过实时数据采集、智能分析与预警,提升企业安全生产管理水平。平台整合了传感器网络、云计算、大数据分析等技术,实现了对生产环境、设备状态、人员行为的全方位监控,有效降低安全事故风险,提高了应急响应效率。结果表明,该平台能够显著提升企业安全生产的智能化水平,为企业安全风险管控数字化转型提供了可借鉴的解决方案。

关键词:物联网技术;危化品企业;安全生产;信息化平台

引言

安全生产是企业可持续发展的核心保障,传统安全管理模式因依赖人工巡检和事后处理,存在效率低、响应慢等问题。物联网及AI技术的兴起为解决这些问题提供了新的思路。通过部署智能传感器、边缘计算设备和云端分析平台,企业可以实现对生产全流程的实时监控与动态管理,从而构建更加高效、精准的安全生产体系。本文提出的企业安全生产信息化平台,以物联网技术为基础,结合大数据分析 with 人工智能算法,实现了对危险源的早期识别、风险预警和快速处置。

1 危化品企业高风险特性

危化品企业由于生产的特殊性,在整个生产和经营过程中都存在着较高的危险性:一是危化品本身所具有的易燃、易爆、毒害、强氧化及腐蚀性的危险性质;二是危化品生产经营过程中的各种工艺特点(包括原料选择、加工处理方法)以及生产设备的特点,这些都会给安全生产带来不利的影响^[1]。当以上诸多因素相互作用时,就有可能发生重大的安全事故。比如:易燃易爆物与空气混合达一定比例后遇到点火源就会立即引起燃烧或者爆炸;可燃气体泄漏容易形成较大的爆炸范围并迅速向四周蔓延,对周边环境造成污染并对人畜健康构成威胁甚至致命伤害;有些腐蚀性强的危化品能将金属材料烧蚀破坏,从而使得管道破裂跑料引发二次灾害等。同时,人为操作失误、管理漏洞或极端天气等外部因素也可能成为事故诱因,而危化品事故往往伴随有毒烟雾、碎片飞溅等次生危害,救援难度大,易造成群死群伤和长期生态影响,这对企业的实时监测预警能力、本质安全设计和应急响应效率提出了极高要求。

2 基于物联网技术的企业安全生产信息化平台构建

2.1 技术架构

该平台通过数据中台集成10类业务系统数据,采用RESTful API和Kafka消息队列实现高效数据交互;基于规则引擎Drools和LSTM时序预测构建风险引擎,实现实时风险计算与预警;运用WebGL和Three.js框架开发三维可视化模块,动态呈现GIS空间风险;最后通过层次分析法(AHP)与熵权法组合赋权构建评估模型,实现安全风险指数的量化评价,形成覆盖数据集成、风险分析、可视化展示及风险动态预警的全链条解决方案^[2]。

2.2 安全生产动态监控系统

基于物联网技术的安全生产动态监控系统可以对危化品企业的危险源关键风险指标(如温度、压力、气体泄漏浓度、液位、流量)进行24小时不间断的数据采集;针对人的不安全因素,还可以采用视频图像的智能分析方法识别工人违章操作和吸烟抽烟的不安全行为,再将这些原始信息送到边缘计算节点上做初步的数据清洗工作,再上传到云端服务器中,在这里使用多源数据融合的方法去除一些错误的信息并且生成一个综合的风险评价指数,如果这个风险评价指数超过预先设定好的阈值,根据风险指数大小,建立风险分级与处置机制,通过短信或电话方式通知各级相关负责人,另外还会同步向DCS系统发出指令要求它按照一定的程序来采取相应的控制手段比如紧急关闭阀门或者是打开消防水炮来进行灭火降温等工作。最后,整个系统依托3D仿真地图及人员定位技术,可以实时地把工厂的真实运行状况反映出来并快速找到事故发生地点,再根据历史数据通过AI机器学习模型用来预测未来可能出现的趋势性的安全事故,最终形成覆盖危险源主动监测预警、特殊作业管控、应急指挥调度的全流程闭环管理^[3]。

2.3 人员行为智能分析

人员行为智能分析依托于物联网感知层部署的高清

摄像头、UWB定位基站以及智能穿戴设备,持续性获取危化品生产区域内人员位置信息、人体运动轨迹、肢体动作、手持工具使用情况等相关数据,并采用计算机视觉技术(例如:YOLOv7目标检测、姿态估计模型)进行违规行为的自动识别,联动声光报警器进行现场告警提示,并将告警信息同步推送到安全管理平台;系统以人脸或工牌为载体完成特种作业人员身份认证工作,对于动火作业、受限空间作业等危险作业类型开展电子围栏式的动态监管,借助行为模式分析(LSTM时序网络)提前预知异常动作,形成“监测-预警-纠正-改进”的闭环管理,有效降低因人为失误导致的安全事故比例,提升本质安全水平^[4]。

2.4 危化品全生命周期追踪

基于物联网RFID电子标签、二维码以及区块链技术构建危化品全生命周期追溯体系,在原料采购入库、生产加工、仓储保管、销售发货等各个环节建立起完善的数字档案,并且以智能计量装置(含电子皮带秤)、储罐液位计和DCS控制系统为数据源采集原料购进数量、产品流向、出入库时间地点、现场温度湿度、投入配方比例、成品质量指标、废弃物类型等重要过程变量;借助于GIS定位技术监测运输过程中是否发生偏航或者驻留异常行为,将PDA防爆移动终端用于识别货物批次条码,配合RFID射频识别功能实现货物流转中批次管理(先进先出原则、存货最低存量警示),产线端通过MES制造执行系统收集工艺参数和物料损耗数据生成电子台账并关联MSDS资料文件,辅助决策者制定最优排程计划;最终根据废物类别生成相应的危废转运联单,形成闭环回路;此外,嵌入式合规性引擎模块负责检查流程运行中的法律法规符合度情况(比如,《危险化学品安全管理条例》等相关规定),一旦出现违规现象则会触发三级报警机制(包括超出最大允许储存量限制、禁止混装的两种物质进入同一场所等情况);最后,运用大数据挖掘算法提升企业库存周转效率,从而有效控制不必要的浪费行为并减少危废产出总量,达到全过程可视化管控的效果。

3 关键技术与应用场景

3.1 风险实时监测与预警

3.1.1 危险源多参数融合监测

通过对危险源内布置防爆型温度传感器、压力变送器、气体检测仪、液位计和气体泄漏传感器等多种类型感知元件,并对各重要参数(例如LNG储罐BOG蒸发率、氯气库房微量泄漏浓度)进行实时采样;采用卡尔曼滤波方法剔除单个感知元件漂移造成的测量误差后与DCS系统内的流量信息及阀门开关状态等工艺变量信息

进行特征级融合分析;基于构建的数字孪生模型建立被测对象的安全运行边界条件(例如反应釜的压力-温度安全包络线),使用LSTM神经网络对未来异常趋势的发展情况做出预判(例如聚合反应失控前的升温速率出现异常);当多参数综合关联分析的结果超过预先设定的风险级别门限时,则可由系统自动发出分层分类级别的告警信号(包括声光报警提示、短信推送通知以及紧急切断联锁控制指令等);并通过视频监控手段追踪现场事态发展;将相关监测数据及时上报至政府监管部门的重大危险源在线管控平台中以满足《危险化学品企业安全风险智能化管控平台建设指南(试行)》(应急厅【2022】5号)的要求。

3.1.2 泄漏检测算法

基于多传感数据融合和智能分析技术的泄漏检测算法首先通过红外热成像仪捕获由气体扩散导致的局部高温异常空间温度场;其次,借助于TDLAS原理获取目标气体分子浓度梯度的变化过程;最后,应用超声波传感器探测因管道破裂而产生的高频冲击噪声。算法层面针对原始时序数据的小波变换去噪预处理以及卷积神经网络(CNN)特征学习方法提取泄漏相关的特征(例如:甲烷在红外波段的吸收峰形状);接着使用支持向量机(SVM)分类器判别实际泄露事件或其他干扰源(TVOC/CO₂蒸气干扰),并结合卡尔曼滤波算法在线修正检测结果。该算法还引入了CFD数值模拟软件构建泄漏物扩散路径,并根据现场安装的气象站实测风速和风向参数计算出三维的危害区分布图。一旦确定发生泄漏,该算法就会立即触发EHS管理系统的应急预案(Emergency Response System),包括关断紧急切断阀门、打开喷淋稀释装置等措施。此外,在Modbus通讯协议的支持下,还会将泄漏的位置坐标、物质种类及泄漏范围等重要信息推送给应急指挥中心,从而实现了从“单阈值报警”到“多模式智能诊断”的转变。

3.2 智能巡检与作业管理

3.2.1 AR辅助巡检

借助于智能眼镜/平板终端上的SLAM空间定位和计算机视觉算法,将AR辅助巡检应用于危化品企业的生产过程中。巡检人员戴上AR眼镜后,系统会根据识别到的设备标识牌(采用OCR技术)显示对应的三维数字孪生模型,并且能够看到一些平时看不到的信息,例如:管道流向、阀门开关状态;利用红外热成像模块和可见光摄像机同时采集画面中的目标特征点位,实时标出设备表面有无高温异常(比如法兰泄露产生的热斑),或者是否有机机械损伤(比如腐蚀产生裂纹);内置AI语音助手引导标准化

的操作过程(比如泵组振动测量),如果遇到复杂的故障可以向远端的专家求助并且邀请其使用 AR工具对当前的状态进行标注指导;必须按标准顺序逐一完成电子化的巡检清单,重要参数值(比如压力表数值)可以通过图片识别直接录入数据库而不需要手动输入避免人为的错误;所有的巡检路线及操作行为都会被保存为不可篡改的数据资产,结合 GPS/UWB 室内定位绘制出可视化的巡检覆盖区域热力图,解决了以往纸质化巡检带来的遗漏检查以及重复检查的问题,使得巡检工作效率提升了 40%以上,隐患发现能力提高了 60%,还形成了一个可以查询的历史知识库来帮助新进员工的学习成长^[5]。

3.2.2 特殊作业电子许可

以物联网和移动互联网为基础,将危化品企业的高风险作业管理流程进行重新设计再造。基于企业微信或钉钉开发了电子作业票模块,实现了对动火、受限空间、高处、盲板抽堵、吊装、临时用电、断路、动土八大类特殊作业全过程的信息化管控;作业开始前由申请人使用手机 APP 提交电子版申请单,系统自动生成该区域的作业单据以及 JSA 风险分析表,并推送至审批人的待办列表上等待其审核签字(JHA/JSA 评审报告),同时联动作业现场环境的可燃气体和有毒气体监测仪检测数据和智能门禁系统,实时检测环境数据,开放指定人数的人员出入权限;作业过程中由蓝牙信标配合智能手环监测作业人员的位置和生理指标(比如受限空间内的氧气浓度)。最后就是把电子许可证与 DCS、EMS 等生产系统的数据进行了深度融合,在签发作业票时自动执行预操作(如工艺隔离、能量锁定),并关联应急响应资源(就近消防设备位置),使作业审批周期缩短70%,票据造假率降为零,事故发生率下降50%以上,实现特殊作业"申请-审批-执行-关闭"的全链条闭环管理。

3.2.3 应急响应优化

应急响应优化系统依托物联网实时感知能力、三维数字孪生技术及智能化的计算方法,建立全生命周期的企业级应急指挥平台,在接收到现场发生的火情、泄漏报警信息时,立即调取相应的事故类型(例如:苯罐区泄漏)以及对应的实时扩散情况(CFD+天气预报),基于事故类型(如苯罐区泄漏)和实时扩散模拟(CFD模型结合气象数据)生成最优处置方案。

结束语

基于物联网技术的企业安全生产信息化平台,通过实时数据采集、智能分析与自动化预警,实现了企业安全管理的数字化、智能化转型。该平台的应用不仅提升了企业对安全隐患的早期识别和快速响应能力,还优化了安全管理流程,降低了事故发生率,为企业的卓越运维发展提供了有力基础。未来,随着5G、人工智能、数字孪生等技术的深度融合,安全生产信息化平台将进一步向智能化、协同化方向发展,推动企业从被动防护向主动预防转变。

参考文献

- [1]何柏成.基于物联网技术的电力安全生产应用研究[J].通讯世界,2023,30(06):109-111.
- [2]张正全.基于物联网技术的安全生产风险监测预警系统的研究与应用[J].科学与信息化,2023(13):68-70.
- [3]陈祥,叶钰斌,徐雨.基于边缘计算的EHS管理系统研究[J].信息与电脑(理论版),2022,34(15):135-138.
- [4]范文锋.物联网技术在企业安全生产中的应用分析[J].科学与信息化,2023(18):41-43.
- [5]卢鹏飞.物联网技术在企业安全生产管理中的应用探索[J].智能城市应用,2023,6(11):59-61.