

化工企业“工业互联网+安全生产”平台建设与应用管理实践

周洪武, 程业宝

湖北 十堰 442700

DOI:10.61369/ERA.2025100022

摘要 : 围绕化工企业“工业互联网+安全生产”技术展开。通过科学部署温湿度、压力等多类型传感器, 实现危险化学品生产、存储等环节的实时监测; 运用大数据、人工智能技术进行多源数据采集分析, 挖掘潜在风险。开发先进安全控制算法, 实现智能预警与自动调控; 构建风险评估指标体系, 完成风险分级管控, 全方位保障化工企业安全生产。

关键词 : 化工企业; 工业互联网; 安全生产

Construction and Application Management Practice of the "Industrial Internet + Work Safety" Platform in Chemical Enterprises

Zhou Hongwu, Cheng Yebao

Shiyan, Hubei 442700

Abstract : It focuses on the "industrial Internet + Work Safety" technology for chemical enterprises. By scientifically deploying multiple types of sensors such as temperature, humidity and pressure sensors, real-time monitoring of the production and storage of hazardous chemicals can be achieved. Utilize big data and artificial intelligence technologies to collect and analyze multi-source data and explore potential risks. Develop advanced security control algorithms to achieve intelligent early warning and automatic regulation and control; Establish a risk assessment index system, complete risk classification and control, and comprehensively ensure the safe production of chemical enterprises.

Keywords : chemical enterprises; industrial internet; safe production

引言

随着化工行业的发展, 安全生产至关重要。2021年发布的《“工业互联网+安全生产”行动计划(2021—2023年)》强调了利用工业互联网提升安全生产水平的重要性。化工企业中危险化学品的管理涉及多个环节, 从实时监测到风险分级管控, 从隐患排查治理到应急处置等。基于工业互联网, 通过传感器网络部署、多源数据采集技术、融合机器视觉与工艺参数联锁的安全控制算法开发等多种手段, 可实现对化工企业生产过程的全面监控与管理, 提升安全生产的效率和准确性, 保障化工企业的稳定运行。广东腾龙化工科技有限公司作为一级重大危险源, 通过建设安全风险智能化管控平台, 实现了安全生产信息的电子化管理, 打破了信息孤岛, 提升了安全监督及异常决策的科学性和效率。

一、危险化学品安全监测技术体系

(一) 危险化学品实时监测技术

化工企业中危险化学品的实时监测至关重要。基于工业互联网, 传感器网络的合理部署是基础。通过在危险化学品储存、生产等关键区域科学放置各类传感器, 如气体传感器、温度传感器等, 可实时获取相关数据^[1]。多源数据采集技术则进一步确保数据的全面性和准确性。它不仅涵盖传感器采集的数据, 还包括生产流程中的相关参数、操作人员的行为记录等。广东腾龙化工科技有限公司通过人员定位系统, 采用GPS/北斗+蓝牙+4G/5G的

融合定位方案, 在保证精度的同时降低整体建设成本50%, 实现了人员实时定位、轨迹追踪、电子围栏、人员聚集警报管理等功能, 有效防范了人员误闯入作业区域的风险。

(二) 危险作业智能控制技术

融合机器视觉与工艺参数联锁的安全控制算法开发是危险作业智能控制技术的关键。机器视觉技术能够实时监测危险化学品作业现场的图像信息, 准确识别操作人员的行为、设备状态以及环境情况等关键要素^[2]。广东腾龙化工科技有限公司的特殊作业许可管理系统与人员定位、视频监控联动, 实现了作业全流程信息化管理。2024年较2023年, 特殊作业开票效率提高了262.5%,

节省签票审批时间共638小时，违章代签/未到现场签批数量由2023年的23件降至0件，错开重开电子票由2023年28件降至0件。

二、双重预防机制数字化建设

(一) 风险分级管控数字化

在风险分级管控数字化方面，基于知识图谱的危险源辨识与风险评估指标体系构建是关键^[3]。广东腾龙化工科技有限公司通过数字化双重预防管理系统，实现了风险分级动态管控、隐患排查治理闭环管理等功能。系统上线以来，共采集报警记录2230条，通过时序和因果分析算法模型，报警数量降至1183个，整体降低46.95%。中控室人均处理效率从50次/班提升至90次/班（提升80%），值班人员从6人/班减少至4人/班（减少33%）。

(二) 隐患排查治理智能化

化工企业可利用工业互联网技术构建隐患数据库^[4]。广东腾龙化工科技有限公司的安全风险智能化管控平台实现了隐患排查治理的全员参与化。通过系统将各级管控的风险隐患排查任务自动下放到个人，通过移动终端实现排查，真正做到了全员参与。系统记录的巡检数据可作为考核巡检人员工作绩效的依据，激励员工提高工作质量。

三、安全生产平台架构设计

(一) 平台系统架构设计

1. 边缘计算层架构

边缘计算层在化工企业“工业互联网+安全生产”平台中具有关键作用。它涉及分布式数据采集终端与边缘计算节点的合理部署^[5]。广东腾龙化工科技有限公司的设备完整性与预测性维修模块基于数字孪生对聚合工艺装置精细化建模，实时接入工艺生产参数，对生产过程进行复刻，实时掌握风险。同时，基于AI算法模型对设备健康度进行评估，实现预测性维修。

2. 平台服务层构建

在化工企业“工业互联网+安全生产”平台的服务层构建中，需充分考虑微服务架构下安全预警与应急指挥功能模块^[6]。安全预警模块可通过实时数据采集与分析，对设备运行状态、工艺参数等进行监测，提前识别潜在风险并发出预警；应急指挥模块则需整合多方资源，构建高效协同的指挥体系，确保在突发事件发生时能快速响应、科学决策。以江苏某大型石化企业为例，其部署的智能安全预警系统通过5G+工业互联网技术，实时采集反应釜温度、压力等3000余个关键参数，结合AI算法实现毫秒级异常检测，成功将事故预警时间从原来的15分钟缩短至30秒内。在应急指挥方面，该系统联动DCS控制系统、消防设施和应急预案库，2023年成功处置7起重大险情，平均应急响应时间较传统模式减少68%，有效避免了因人为误判导致的次生事故。

(二) 核心功能模块开发

1. 动火作业智能管控模块

动火作业智能管控模块是化工企业“工业互联网+安全生产”

平台的重要组成部分^[7]。该模块深度融合物联网、大数据与人工智能技术，实现动火作业全流程智能化管理。以广东腾龙化工科技有限公司为例，其特殊作业许可管理系统与人员定位系统、AI视频智能分析紧密联动。在动火作业申请阶段，系统自动核查作业环境风险；作业过程中，人员定位系统实时追踪作业人员动态，AI视频智能分析通过摄像头捕捉现场画面，对违规操作、安全隐患等进行智能识别。安全管理人员借助平台，可实时跟进现场状况，一旦发现异常，能迅速采取措施，如远程叫停作业、下达整改指令等，有效保障作业安全，降低事故发生概率。

2. 聚合工艺安全优化模块

聚合工艺安全优化模块涉及反应过程参数优化与失控预警联锁控制技术^[8]。在化工聚合反应中，温度、压力、物料配比等参数的精准控制至关重要。广东腾龙化工科技有限公司通过自动化过程控制优化，对聚合反应的各项参数进行实时监测与动态调整，显著提高了自控率。同时，运用PID在线离线整定技术，不断优化控制系统性能，使反应过程更加稳定。此外，该模块具备强大的失控预警联锁控制功能，当监测到反应参数偏离安全阈值时，系统会立即发出预警，并自动触发联锁装置，及时切断危险物料供应、启动降温降压措施，从根源上提升了聚合工艺的本质安全水平，避免因工艺失控引发重大安全事故。

四、关键技术应用与管理实践

(一) 应急处置技术研究

1. 泄漏扩散模拟技术

基于计算流体动力学（CFD）的泄漏扩散模拟技术在化工企业应急处置中具有重要应用^[9]。此技术借助专业软件，能够对化工生产过程中可能发生的化学品泄漏场景进行精准建模。通过输入泄漏源位置、泄漏速率、气象条件（如风速、风向、温度、湿度）以及周边地形地貌等关键参数，模拟化学品泄漏后在大气或特定空间内的扩散路径、浓度分布随时间的动态变化。例如在广东腾龙化工科技有限公司，一旦发生泄漏事故，该技术可迅速生成直观的扩散云图，为应急指挥人员清晰呈现危险区域范围。与此同时，公司的人员定位系统设置“紧急集合点”，紧急撤离时，系统通过后台发送撤离指令及最优撤离路线至人员定位终端，引导人员快速撤离，并实时统计安全区、非安全区的人员数量，助力应急指挥高效有序开展，最大程度降低事故损失。

2. 应急救援决策支持

多源信息融合的应急指挥辅助决策系统开发是应急救援决策支持的关键^[10]。该系统广泛收集化工企业内部的生产工艺数据、设备运行状态、人员分布信息，以及外部的气象数据、周边环境信息等多源数据，并运用先进的数据融合与分析算法，深度挖掘数据背后的关联与趋势。以广东腾龙化工科技有限公司为例，其承包商管理系统涵盖承包商准入、入厂、开工准备、现场管理、作业监控、考核评价、续用与退出、黑名单管理等全流程信息化、规范化动态管理。在应急救援时，该系统能将承包商相关信息，如人员位置、作业状态等，与其他应急数据整合，为救援决

策提供全面准确依据。而且，公司的数据与政府监管端同步共享，构建全省承包商黑名单库，进一步强化行业监管与应急协同能力，确保在关键时刻做出科学合理的救援决策，提升应急救援效率与效果。

（二）特种装备研发应用

1. 防爆型侦检装备研发

防爆型侦检装备研发在化工企业安全生产中至关重要。通过采用特殊的防爆材料和结构设计，确保装备在危险环境下能正常运行且不会引发爆炸。其研发涉及到对传感器技术的优化，提高对危险气体等的检测精度和灵敏度。同时，在通信技术方面，要保证装备能在复杂的化工环境中稳定传输数据。装备的外壳设计需符合严格的防爆标准，具备足够的强度和密封性。此外，研发过程还需考虑装备的便携性和操作的便捷性，以便在应急情况下能够快速部署和使用，为化工企业的安全生产提供可靠的侦检保障。

2. 应急堵漏技术装备

快速固化封堵材料在应急堵漏技术装备中具有重要作用。这类材料的开发注重其快速固化特性，能够在短时间内形成高强度的封堵结构。在工程化应用方面，其与应急堵漏技术装备紧密结合。例如，在化工企业中，当出现泄漏情况时，可通过特定的装备将快速固化封堵材料准确输送至泄漏点，材料迅速固化，有效阻止泄漏物质的进一步扩散。其研发过程需考虑化工环境的复杂性，确保材料在不同化学物质和温度、压力条件下都能发挥良好性能。同时，在应用管理实践中，要对材料的储存、运输和使用进行严格规范，以保障其在应急堵漏时的有效性和可靠性。

（三）高危领域安全对策

1. 硝化工艺安全优化

硝化工艺是化工生产中的高危工艺，其安全优化至关重要。在“工业互联网+安全生产”背景下，利用先进技术实现反应热失控预警与紧急泄放系统联动控制是关键。通过在硝化反应装置

上安装高精度的温度、压力等传感器，实时采集反应数据并传输至工业互联网平台。平台利用智能算法对数据进行分析，一旦监测到热失控迹象，立即自动触发紧急泄放系统。同时，系统还可根据实时数据动态调整工艺参数，如进料速度、冷却水量等，确保反应在安全范围内进行。此外，对相关设备进行定期维护和检查，并建立完善的应急预案和人员培训机制，提高企业应对突发事故的能力，保障硝化工艺的安全生产。

2. 氟化工艺本质安全

在化工企业“工业互联网+安全生产”平台建设中，针对氟化工艺本质安全至关重要。利用先进的传感器技术实时监测氟化工艺中的温度、压力、流量等关键参数，确保工艺运行在安全范围内。通过数据分析和智能算法，对工艺参数进行优化，提高生产效率的同时保障安全。在设备完整性管理方面，采用物联网技术对氟化设备进行实时状态监测，预测设备故障，及时进行维护和更换。建立严格的操作规程和应急预案，对操作人员进行专业培训，提高其对氟化工艺风险的认知和应对能力，确保在任何异常情况下都能迅速采取措施，避免事故发生。

五、总结

工业互联网在化工安全生产中的应用带来诸多创新。通过整合各类数据资源，实现对生产过程的实时监测与精准分析，有效提升风险预警能力。数字孪生技术为智慧安全管理系统开辟新路径，它能构建虚拟工厂模型，模拟各类工况，辅助决策制定，优化安全管理策略。展望未来，5G+边缘计算在重大危险源监控中具有广阔前景。5G的高速率、低延时特性可确保数据实时传输，边缘计算则能在本地快速处理数据，减少数据传输延迟和网络负载，两者结合将进一步提高监控的准确性和及时性，为化工企业安全生产提供更强大的技术支撑。

参考文献

- [1] 路鹏飞. M 化工企业安全生产管理优化研究 [D]. 南昌大学, 2019.
- [2] 李鑫. 化工企业生产安全风险画像技术应用与研究 [D]. 青岛科技大学, 2020.
- [3] 王少莉. 化工企业安全生产预警模型研究 [D]. 天津理工大学, 2017.
- [4] 陆祺. Z 市化工企业安全生产监管现状分析与完善对策研究 [D]. 江苏大学, 2023.
- [5] 席孝东. 镇江新区化工企业安全生产监管分级方法研究 [D]. 江苏大学, 2018.
- [6] 张国之, 王云龙, 穆波. 工业互联网在化工企业安全生产中的研究现状和发展趋势 [J]. 应用化工, 2022, 51(5):5.
- [7] 曾春焱, 张岚. 化工企业做好安全生产信息化管理平台建设工作 [J]. 化工管理, 2020(17):2.
- [8] 顾陆铭. 工业互联网时代工厂安全生产的思考与实践 [J]. 安家, 2022(10):0028-0030.
- [9] 付树亮. 简析化工企业安全生产与管理 [J]. 城市建设理论研究: 电子版, 2015, 5(026):5110.
- [10] 赵洪波. 新时期化工企业安全生产与管理探讨 [J]. 管理观察, 2016(26):3.