

大数据在化工安全风险预警中的应用研究

王春元 李永超

山东京博石油化工有限公司, 山东 滨州 256500

[摘要]化工生产环境具备高温、高压、易燃易爆等属性,安全风险来源多样且形态复杂,大数据技术为化工安全风险预警开辟了全新技术方向。依托生产监测、设备运行及环境相关数据搭建多维数据框架,借助数据整合、实时监测与智能分析手段,完成异常状态判定与风险走向预判。搭配数据标准化管控、信息平台搭建与安全管理协同模式,强化风险识别及预警工作效能。大数据支撑的安全预警体系,为化工行业落地精细化、智能化安全管理筑牢关键基础。

[关键词]大数据技术; 化工安全; 风险预警; 数据挖掘; 智能监测

DOI: 10.33142/ec.v9i5.19654

中图分类号: TQ086

文献标识码: A

Research on the Application of Big Data in Chemical Safety Risk Warning

WANG Chunyuan, LI Yongchao

Shandong Chambroad Petrochemicals Co., Ltd., Binzhou, Shandong, 256500, China

Abstract: The chemical production environment has properties such as high temperature, high pressure, flammability and explosiveness, and the sources of safety risks are diverse and complex. Big data technology has opened up a new technological direction for chemical safety risk warning. Building a multidimensional data framework based on production monitoring, equipment operation, and environmental related data, utilizing data integration, real-time monitoring, and intelligent analysis methods to determine abnormal states and predict risk trends. Combined with data standardization control, information platform construction, and security management collaboration mode, strengthen the efficiency of risk identification and early warning work. The security warning system supported by big data lays a key foundation for the implementation of refined and intelligent security management in the chemical industry.

Keywords: big data technology; chemical safety; risk warning; data mining; intelligent monitoring

引言

化工产业生产流程繁杂,装置运行条件苛刻,生产环节涵盖大量危险化学品,安全管理存在较大挑战。装置规模持续拓展,工艺系统复杂程度逐步提升,传统经验判断结合单一监测的管理模式,无法适配风险识别的实际要求。工业信息化与数据技术不断进步,生产环节数据可实现持续采集与分析,筑牢安全风险监测的技术根基。借助多源数据整合与智能分析手段,可识别生产系统内的潜在风险,为搭建化工安全风险预警体系提供关键支撑。

1 化工生产环境中安全风险特征及传统预警模式存在的局限性分析

1.1 化工生产过程复杂性带来的多源安全风险问题

化工生产系统涵盖原料储运、反应控制、分离提纯、废物处理等诸多环节,环节间保持密切的工艺关联状态,高温、高压与易燃易爆介质的普遍应用,让生产装置运行时始终处在高风险场景之中。各类反应设备、储罐及输送管线同步运转,生成温度、压力、流量、浓度等各类监测信息,单个参数出现异常变化,便会触发连锁反应放大安

全问题。各生产单元信息割裂与风险源相互叠加,危险因素表现出多源化与动态化的特点,复杂工艺环境中的设备损耗、介质渗漏、操作偏差等状况,同样提升了安全风险辨识与管控的整体难度。

1.2 传统安全监测方式在风险识别中的信息滞后问题

传统化工安全监测依靠固定监测设备与人工巡检搭配实施,数据来源相对单一,信息更新频次存在局限。监测系统侧重关键设备与核心参数管控,对生产系统整体运行状态缺少完整数据覆盖,异常状况发生时,监测信息需历经人工记录、整理与上报流程,风险信息在传递环节出现时间滞后^[1]。部分装置运用周期性检测与事后分析模式,无法即时察觉设备运行中的细微变化趋向。数据存储零散且缺少集中分析平台,潜在风险信号难以得到即时辨识与联动分析,削弱安全管理部门对风险变动的即时研判能力。

1.3 事故防控体系中风险预警能力不足的现实表现

部分化工企业安全管理体系内,事故防控多依托事后处置与经验判断,风险预警机制建设存在明显不足,安全管理信息多取自历史记录与阶段性检测数据,实时运行数

据的综合利用率处于较低水平。设备运行、环境监测及安全管理各类信息缺少有效整合,风险识别环节缺乏系统化的数据支撑。设备出现异常振动、压力波动或渗漏情况时,相关信息无法快速形成对应的预警提示。风险评估多依靠单一指标完成判定,复杂工况下多因素叠加的潜在危险缺少全面分析,事故隐患早期难以完成精准辨识。

2 大数据技术支撑下化工安全风险预警体系构建的基础条件分析

2.1 化工生产多源数据采集与信息整合机制构建

化工生产系统运行阶段会生成海量安全关联数据,涵盖设备运行参数、生产工艺参数、环境监测信息与安全管理记录等内容。借助自动化控制系统、传感监测设备与工业互联网技术,可采集温度、压力、流量、液位及有毒有害气体浓度等核心指标,搭建稳定的数据获取途径。生产装置、储运系统与环境监测设施的数据接口,需依托统一数据标准实现衔接,完成多类信息的集中存储与统筹管控。数据整合环节中,数据平台可归集处理不同系统的信息,让生产状态、设备运行与安全监测信息构建关联数据结构,为后续风险识别和安全分析筑牢完整数据支撑。

2.2 面向安全管理需求的数据处理与分析技术基础

化工安全风险预警体系搭建,依托海量数据的处理与分析工作,生产过程数据具备实时性、高更新率、多结构类型特征,可通过数据清洗、融合、建模完成原始信息处理^[2]。监测数据筛选与异常值判定,可优化数据质量,降低无效信息对分析结果的影响。分布式数据处理平台,可完成海量实时数据的存储与计算,适配多维度数据分析要求。数据分析环节,采用统计分析、模式识别、关联规则挖掘,可判定设备运行状态变化趋势,为安全管理供给数据支撑。

2.3 数据驱动环境下风险识别与预警模型形成机制

数据驱动的安全管理场景下,风险识别模型构建可依托多源数据的关联关系展开分析。历史事故数据、设备运行记录与实时监测数据可支撑建模工作,提取安全风险关联特征指标,确定风险判断规则。模型搭建环节需贴合化工工艺特性与设备运行规律,解析各类参数的变化关联,捕捉潜在风险的变动趋势。机器学习算法与预测模型能预判生产系统的异常波动,输出对应风险等级的评估结论,持续的数据更新与模型迭代,可提升预警模型识别准确度,让风险预警机制适配实际生产的安全管理要求。

3 大数据在化工安全风险识别与动态预警中的关键应用路径研究

3.1 基于实时监测数据的异常状态识别方法

化工生产装置连续运行时会生成海量实时监测数据,数据包含温度、压力、流量、振动及有害气体浓度等核心

指标,借助在线传感器与自动化控制系统,完成设备运行状态的不断监测,生成高频更新的数据流。异常状态识别环节,需对实时数据完成动态阈值设置,依托历史运行数据的统计分析划定正常运行区间。监测参数超出设定范围时,系统可及时判定潜在异常情形。结合设备运行曲线变化走向,对连续波动数据开展比对分析,捕捉温度异常上升、压力连续波动或振动数值增加的现象。实时数据监测与趋势识别相互配合,可在设备故障或工艺异常早期捕捉风险信号,为后续安全预警夯实基础。

3.2 多维数据关联分析在风险预测中的应用机制

化工安全风险由多种因素共同作用产生,单一数据指标无法完整反映系统运行状态,多维数据关联分析对风险预测至关重要,生产过程、设备运行与环境监测数据经数据平台整合,可搭建多变量分析模型,研判各类参数的变化关联^[3]。某沿海大型石化企业储罐区安全监测系统,整合温度、压力、液位及可燃气体浓度数据,动态监测储罐运行状态。监测数据显示,储罐内温度从 28℃ 升至 35℃,液位同步从 65% 升至 82%,罐区周边可燃气体浓度亦从 3% LEL 升至 7% LEL,系统关联分析判定为储罐密封性能下降引发的泄漏风险。数据异常持续 20min 后,监测平台发出风险预警,相关装置及时检修,规避可燃气体持续积聚引发的安全隐患,多维数据关联分析可精准识别复杂工况下的风险变化趋势。

3.3 智能算法支持下化工安全预警模型运行方式

大数据技术应用场景中,智能算法构成化工安全预警系统的核心技术支撑,机器学习与数据建模技术可完成历史运行数据的训练分析,提炼设备运行状态对应的核心特征参数。模型运行阶段,实时监测数据持续传入系统,与历史数据模型完成比对运算,判定背离常规运行模式的异常数据。聚类分析、神经网络与预测算法搭建的预警模型,可完成设备运行趋势的动态评定,依照异常状况划分对应风险等级。监测数据产生连续偏移时,系统可自主输出预警信号,留存参数变化的完整过程,算法迭代学习与模型持续优化,可提升安全预警系统风险识别准确度,推动化工生产安全监测向智能高效方向发展。

4 大数据驱动化工安全风险预警系统运行中的关键保障机制

4.1 化工生产数据标准化管理与数据质量保障措施

化工生产过程中产生大量不同系统与设备的数据,包括 DCS 控制系统数据、现场传感器监测数据、设备运行记录等,不同来源数据的格式、单位与采集频率差异显著,会干扰后续分析结果的准确性。数据标准化管理需统一规范数据采集方式、编码规则与参数单位,让温度、压力、

流量与浓度等关键指标在系统内保持统一表达。数据处理环节需建立清洗与校验机制,识别修正异常值、缺失值与重复数据,提升数据完整性与可靠性。依托数据质量监控模块持续评估监测数据,保障安全监测信息在采集、传输与存储环节的准确。

4.2 企业安全管理体系与数据预警系统协同运行机制

化工企业安全管理体系包含设备管理、工艺控制、应急处置等诸多环节,风险预警系统需与各类管理流程完成紧密衔接。生产监测数据与安全平台可借信息接口达成实时共享,设备运行状态可同步上传至安全管理系统^[4]。监测数据产生异常变化时,预警系统可将风险信息推送至安全管理模块,启动对应的风险评估与处置流程。安全管理制度内的巡检记录、设备维护记录与隐患信息可同步汇入数据平台,为风险识别供给对应的数据参考。生产系统与安全管理系统协同运转,可推动风险信息在企业内部快速流转,强化安全管理决策的效率与精准度。

4.3 信息技术平台对风险预警系统稳定运行的支撑

化工安全风险预警系统运行需稳定信息技术平台支撑,工业互联网平台、数据中心与云计算环境可为海量监测数据提供高效存储与计算能力,保障实时数据处理与模型分析稳定运转。平台建设需构建统一数据管理架构,将生产控制系统、设备监测系统与环境监测系统接入同一数据平台,完成信息集中管控。网络通信系统依托工业以太网与无线传输技术,保障数据在各系统间稳定传递,杜绝数据延迟与丢失。平台安全防护机制作用关键,依托权限管理与数据备份措施,保障关键安全数据在系统运行中维持完整性与可靠性。

5 推动化工行业安全治理能力提升的数据化风险预警体系优化路径

5.1 构建面向全流程安全管理的数据共享与协同机制

化工生产安全管理覆盖原料储存、生产运行、产品储运、设备维护等多个环节,各环节生成的数据具备突出的分散特点。搭建覆盖生产全流程的数据共享机制,需依靠统一的数据平台完成不同系统间的信息互通,让生产控制、设备监测、环境监测系统的数据完成集中汇聚与统筹管理。数据共享推进过程中,借助标准化接口达成各业务系统间的信息交互,使设备运行状况、生产参数变动、安全监测内容构成完整的数据链路。生产管理、设备管理、安全监管模块于同一平台实现信息配合,可对风险信息开展实时追踪与调整,让各环节间形成彼此配合的数据管理体系。

5.2 完善智能化风险识别模型提升预警准确水平

化工生产系统运行受工艺条件、设备状态、环境因素等多重因素影响,外部环境与内部工况的实时变动都会带

动风险水平改变,风险演化具备显著的动态特性。提升风险预警精准度需要持续优化风险识别模型,扩充生产运行参数与历史工况数据样本,对模型架构开展常态化训练与参数调整。数据建模阶段可结合设备全周期运行规律、工艺参数波动趋势与事故历史资料,筛选核心风险指标并提取有效特征,让模型捕捉生产中更隐蔽的异常变化形态。监测数据体量持续扩充时,模型可借助自主学习机制迭代参数,让预测结论贴合现场生产的真实工况。借助多模型协同运算,对各类风险开展综合研判,能切实提升风险识别的整体精度。

5.3 技术与管理融合驱动的安全治理升级

化工安全治理能力的提升,需将信息技术应用与企业安全管理体系开展深度融合,让各类技术手段在实际管理场景中发挥长效支撑作用。生产管理各流程内,风险预警系统与设备管理、隐患排查、应急管理制度实现高效衔接,各类监测数据可直接为安全管理决策提供核心支撑。设备运行参数、日常维护记录、现场实时监测信息依托统一信息平台实现集中管控,为各类安全评估工作提供完整且可靠的数据依据。安全管理实践过程中,技术平台可对风险动态变化开展不间断监测,将各类异常信息同步推送至对应管理系统,推动安全管理从传统经验判断逐步转向数据驱动的智能化管理模式。技术应用与管理机制的协同落地,可持续推动化工行业安全治理模式实现迭代优化。

6 结语

化工生产系统涉及的风险要素繁杂,大数据技术可为安全风险辨识与预警工作提供核心支撑。整合生产运行、设备监测与环境相关信息,可完成风险信息的动态解析与即时预警,强化安全管理的科学程度与前瞻属性。信息技术平台同安全管理体系协同运转,可助力风险防控机制实现持续优化。后续数据技术与智能算法不断迭代,化工安全预警体系会朝着高效、智能的方向发展,为行业安全治理水平的提升筑牢坚实的技术根基。

[参考文献]

- [1]成一.基于大数据技术的安全预警系统优化分析[J].集成电路应用,2025,42(9):256-257.
- [2]孙红斌.基于大数据分析的化工风险评估新方法研究[J].中国石油和化工标准与质量,2025,45(13):1-3.
- [3]黄雅娴.化工舆情分析系统的设计与实现[D].淮安:淮阴工学院,2025.
- [4]覃茂明.危化企业的电气防爆危险性分析与对策[J].工程技术研究,2025,10(2):174-176.

作者简介:王春元(1989—),男,汉族,山东东营广饶人,本科,中级工程师,化学工程与工艺。