

智能化技术在化工生产安全风险预警中的应用探析

杨 丽¹ 夏金峰² 阮浩华²

1.浙江南郊化学有限公司 浙江 绍兴 312369

2.浙江吉泰新材料股份有限公司 浙江 绍兴 312369

【摘要】：化工产业普遍存在高温高压、介质危险等工况，安全隐患隐蔽性强、扩散速度快，一旦失控极易引发重大事故。以往依靠人工排查、定点监测的方式，信息整合能力不足、响应速度较慢，难以实现风险的提前识别与有效防控。在产业数字化升级与安全监管趋严的背景下，智能感知、数据融合、智能分析等技术逐步应用于生产现场，为风险动态监测与早期预警提供了技术支撑。基于此，本文将结合行业实际，探讨智能化技术在化工安全预警中的应用路径与优化方向，以此助力企业构建更为可靠的安全防护体系。

【关键词】：智能化技术；化工生产；安全风险预警；应用

DOI:10.12417/2811-0722.26.06.089

引言

智能化技术可以化工企业安全生产全要素数字化管理为目标，围绕风险分级管控和隐患排查治理体系、化工过程安全管理、安全生产标准化等内容，建设集重大危险源监控信息、可燃有毒气体检测报警信息、企业安全风险分区信息、生产人员在岗在位信息和企业生产全流程管理信息等于一体的安全生产智能化管理平台，切实落实企业安全生产主体责任，全面提升企业安全生产管理水平。

1 智能化技术在化工生产安全风险预警中的应用意义

1.1 推动预警模式转型

智能化技术打破了传统化工安全预警的被动局限，实现从被动应对到主动防控的根本性转变。传统模式下，安全预警多依赖人工监测与经验判断，往往要等到安全风险显性化后，才能采取处置措施，难以实现隐患的提前管控。而智能化技术可实时捕捉生产全流程数据并进行动态解析，精准捕捉风险隐患的细微波动，提前识别潜在安全隐患并发出针对性预警提示，推动安全管理从“事后补救”转向“事前预防”，从根本上减少安全事故发生几率，筑牢化工生产安全的首要防线。

1.2 提升预警精准程度

智能化技术有效解决了传统预警方式的短板，显著提升安全风险预警的精准度与可靠性。化工生产涵盖多个环节、各类参数，传统预警受人为操作偏差、监测范围局限等因素影响，易出现误报、漏报问题，无法满足精细化安全管控需求。依托大数据解析、智能算法建模，智能化技术可整合生产全流程各类数据信息，剔除无效干扰因素，对风险等级进行科学研判与精准划分，保障预警信息的准确性与及时性，为安全处置决策提供坚实依据，避免因预警偏差造成安全风险蔓延。

1.3 降低管控运营成本

智能化技术通过自动化、智能化升级，有效降低安全管理

成本，提升管控整体效能。传统化工安全管理需投入大量人力物力，开展现场巡检、数据记录及风险排查等工作，不仅工作量繁重、管控效率偏低，还易因人为疏忽出现管控漏洞。智能化技术实现了风险预警的自动化与智能化，可替代部分人工重复性劳作，减少人力投入，降低人为操作失误带来的安全风险。同时，通过数据集中整合与智能解析，简化预警流程、缩短风险处置响应时长，实现安全管控成本与效能的最优适配。

1.4 助力行业规范发展

智能化技术的深度应用，能够健全化工安全管控体系，推动行业实现规范化发展。其推动化工安全风险预警构建起“数据采集—智能解析—精准预警—科学处置”的闭环管理模式，弥补了传统管控体系的短板，推动安全管理从经验驱动向数据驱动转型。这种规范化预警模式，可引导企业完善安全管理制度、提升安全管理标准化程度，同时为行业安全监管提供精准数据支撑，推动整个化工行业安全管控体系优化升级，助力行业实现高质量、规范化发展。

2 智能化技术在化工生产安全风险预警中的应用困境

2.1 技术适配性不足

化工生产多在高温、高压、腐蚀性强的复杂环境下开展，常规智能检测装置在这类场景中运行稳定性较差，易出现传感部件损耗、信号采集异常等问题，直接造成数据偏离真实情况、预警指令无法正常触发，如下表1所示。

表1 恶劣工况对智能监测设备运行影响统计

工况类型	设备故障率	数据失真率	有效预警率
高温高压	32.7%	28.3%	61.5%
强腐蚀	41.2%	35.6%	52.8%

与此同时，不少预警平台未依据化工生产流程进行针对性设计，通用分析模型难以准确判断多因素叠加形成的潜在风

险,类似反应釜传动部件故障等关联型隐患,易出现误判或未及时预警,难以匹配现场安全管控要求。

2.2 数据管理存在短板

智能化安全预警工作的高效开展,离不开海量各类数据的支撑与保障。但目前多数化工企业的现有系统是在不同时期逐步建设而成,各类设备与软件的标准不统一、数据格式互不兼容,使得生产工艺参数、设备运行状态、现场环境监测等各类数据分散存储在不同系统中,无法实现高效整合与互通共享。同时,化工生产过程中各类故障样本本身较为稀缺,部分企业的数据采集工作不够全面,数据更新也不及时,导致智能预警模型的泛化能力不足,难以精准预判各类新型安全风险。

2.3 应用成本居高不下

智能化技术在化工安全预警中的应用,需要投入大量资金用于技术研发、设备部署以及后期的维护保养。其中,特种传感器、智能网关等核心设备的价格相对昂贵,而且系统的调试、升级以及日常运维还需要持续投入资金。对于广大中小企业而言,自身资金实力有限,难以承担全套智能化预警系统的建设与长期运维费用,这就导致智能化预警技术在中小企业中的普及程度较低,多数中小企业依然依赖传统的人工巡检模式,安全预警效率偏低,难以实现风险的早发现、早处置。

2.4 复合型人才短缺

化工生产安全预警领域的智能化应用,需要一批既熟悉化工生产工艺,又掌握信息技术、智能设备操作的复合型专业人才。当前,化工行业内这类复合型人才的供给存在较大缺口,部分企业现有员工缺乏智能化设备操作、数据解读分析以及系统维护保养的能力,无法充分发挥智能化预警系统的核心功能。与此同时,复合型人才的培养周期较长,高校与企业之间的协同培养机制不够完善,难以快速填补人才缺口,进而制约了智能化技术在化工安全预警中的落地应用与效能发挥。

3 智能化技术在化工生产安全风险预警中的应用策略

3.1 优化技术适配体系,提升极端工况适配能力

面对智能化技术在化工极端作业环境中适配性不足的现实问题,需紧密结合化工生产工艺的独特性,搭建个性化、专业化的技术适配框架,有效解决设备易损耗、预警不精准的突出难题,如下表2所示。

表2 特种优化设备与常规设备工况运行对比

设备类型	故障率	数据稳定率	预警准确率
常规监测设备	42.6%	58.4%	57.2%
特种优化设备	11.3%	92.5%	89.7%

相关部门要加大特种智能化监测设备的研发力度,结合化工生产中高温、高压、强腐蚀的环境特征,优化设备的材质选

择与结构设计,着力提升设备的抗干扰、抗腐蚀性能,降低设备在复杂工况下的故障概率,保障监测数据的准确性与连续性。同时,避免简单套用通用化算法,结合不同化工企业的生产工艺差异,量身定制专属智能预警算法,全面考量多物理场耦合、多参数关联等复杂风险场景,持续优化算法的识别精度与响应效率,减少预警误报、漏报问题,让智能化预警技术真正贴合化工生产的实际需求,精准捕捉各类潜在安全风险。

3.2 完善数据管理机制,打破“信息孤岛”壁垒

数据是智能化安全预警工作的核心基础,只有实现数据的高效整合与规范管控,才能充分释放智能化技术的预警效能,破解当前数据分散、利用效率偏低的困境。为此,需统一化工企业各类智能化系统的技术标准与数据格式,对不同时期投入使用的设备与软件进行升级改造,推动生产工艺参数、设备运行状态、环境监测数据等各类数据的互通共享,彻底打破“信息孤岛”格局。同时,建立全面规范的数据采集机制,拓宽数据采集覆盖面,明确数据采集的频次与标准,确保采集的数据全面、精准、及时,有效弥补故障样本稀缺的短板。另外,还要搭建专业化的数据管理平台,强化数据的分类存储、清洗、分析与更新工作,建立健全数据质量审核机制,及时剔除无效数据、修正异常数据,提升数据整体质量,为智能预警模型的优化完善提供可靠的数据支撑,增强模型的泛化能力,实现对新型安全风险的精准预判。

3.3 优化成本管控模式,推动技术普及应用

针对智能化技术应用成本偏高、中小企业普及难度较大的问题,需构建多元化成本管控体系,着力降低技术应用门槛,推动智能化预警技术在各类化工企业中广泛落地。一方面,政府要加大对化工行业智能化转型的政策扶持与资金扶持力度,重点向中小企业倾斜,有效减轻企业的资金压力,引导企业主动投入智能化预警技术的建设与应用。另一方面,企业要优化资金投入结构,优先在核心生产环节、高风险区域部署智能化设备,避免盲目投入造成的资源浪费,同时加强与技术供应商的深度合作,通过集中采购、长期运维合作等方式,降低设备采购与后期运维成本。另外,还需推动智能化技术向模块化方向发展,根据企业的生产规模与安全防护需求,提供个性化的模块组合方案,让企业可以结合自身资金实力灵活选择,逐步完善智能化预警系统,推动智能化技术在中小企业中的普及应用,全面提升化工行业的安全预警整体水平。

3.4 强化复合型人才培育,释放技术应用效能

复合型人才短缺是阻碍智能化技术落地应用的关键瓶颈,需构建“培养+引进+激励”三位一体的人才培育体系,打造一支既熟悉化工生产工艺,又掌握智能化技术的专业人才队伍。相关部门需加强高校与企业的协同育人力度,优化人才培养方案,将化工工艺知识与智能化技术、信息技术有机融合,开设

针对性强的专业课程,全面提升学生的综合素养,为行业输送高素质专业人才。同时,企业要建立完善的内部培训机制,针对现有员工开展智能化设备操作、数据解读分析、系统维护保养等专项培训,提升员工的专业技能水平,让员工能够熟练运用智能化预警系统,充分发挥系统的核心效能。另外,还要加大复合型人才的引进力度,制定优惠的人才引进政策,吸引行业内优秀人才加入,有效弥补人才缺口。并在此基础上,建立健全人才激励机制,对表现突出的复合型人才给予表彰与奖励,充分调动人才的工作积极性与创造性,为智能化技术的高效应用提供坚实的人才保障。

3.5 健全管理保障体系,规范技术应用流程

完善的管理体系是智能化技术有序应用的重要支撑,需结合化工生产安全管理的实际要求,建立健全智能化预警技术应用的管理机制,规范应用流程,提升管理效能。相关部门需制定完善的智能化预警系统操作规范与管理制度,明确各岗位人员的职责分工,规范设备操作、数据采集、预警处置等各个环节的工作流程,避免因操作不规范导致预警失效。并在建立智能化预警系统定期检修与维护机制的基础上,安排专业人员对设备与系统进行定期检查、调试与升级,及时发现并解决系统运行过程中出现的问题,确保系统始终处于良好运行状态。同时,建立科学的预警处置机制,明确预警信号的分级标准与处置流程,确保一旦出现预警信号,相关人员能够快速响应、科学处置,最大限度降低安全风险。另外,还需加强对智能化技术应用的监督考核,将预警系统的应用效果纳入企业安全管理

考核体系,倒逼企业重视智能化技术的应用与优化提升。

3.6 构建协同联动机制,提升整体预警水平

化工生产安全风险预警是一项系统性工程,需打破企业内部、行业内部的协同壁垒,构建多方协同联动机制,整合各类资源,全面提升安全预警整体水平。在企业内部,加强生产、安全、技术等相关部门的协同配合,实现数据共享、信息互通,凝聚智能化预警工作合力,确保预警信息能够快速传递、高效处置。在行业层面,推动化工企业之间的协同合作,搭建行业内智能化预警技术交流平台,分享技术应用经验、故障处置思路等,促进技术的共同提升与广泛推广。同时,加强企业与科研机构、技术供应商的协同联动,依托科研机构的技术优势,开展智能化预警技术的研发与创新,针对行业共性痛点问题联合攻关,提升技术的先进性与适用性;借助技术供应商的专业能力,为企业提供全方位的技术支持与运维服务,保障智能化预警系统稳定运行。另外,还要加强与政府监管部门的协同配合,及时对接安全监管要求,完善预警标准体系,实现预警信息与监管信息的互通共享,提升化工行业安全监管的智能化水平。

总而言之,智能化手段正持续革新化工领域的安全预警模式,让传统被动应对逐步转向主动预判、精准防控。未来,仍需数据整合、模型迭代与现场适配等方面持续发力,将技术优势转化为实际安全效能。以科技支撑为抓手,协同完善管控体系,切实降低生产隐患,为化工产业稳健运行提供坚实保障。

参考文献:

- [1] 姚志洲.绿色化工理念下的安全生产管理与环境事故应急响应[J].中国轮胎资源综合利用,2026,(01):175-177.
- [2] 陈兆虎,胡勤亮,黄刚刚.化工工艺发展与安全生产标准化建设研究[J].石化技术,2025,32(09):239-241.
- [3] 宋琳,张成祥.化工企业安全风险智能化标准化管控系统建设研究[J].氮肥与合成气,2025,53(08):1-4+10.
- [4] 李喆.化工安全生产中存在的问题及其对策研究[J].浙江化工,2025,56(07):48-53.
- [5] 杨红琳.当代化工安全技术智能化发展趋势思考——评《化工安全技术》[J].中国安全科学学报,2022,32(01):213-214.