

化工仪表自动化与生产安全风险智能防控

胡继文

内蒙古久泰新材料科技股份有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 017000

摘要: 化工生产工况复杂且高危特性突出, 仪表自动化系统是保障工艺稳定、把控生产风险的核心载体。本文结合化工仪表的结构组成、运行特征及智能防控技术适配特性, 系统梳理仪表设备、自动化系统及复杂工况衍生的各类运行隐患。结合当下智能防控体系在数据采集、风险识别、系统协同层面的现存短板, 多维度优化仪表管控模式、智能分析体系与联动运行机制, 构建适配化工生产的智能化安全防控体系, 持续夯实化工生产安全管控基础。

关键词: 化工仪表; 自动化系统; 生产安全; 风险防控; 智能监测

引言: 现代化工生产呈现连续化、集约化、智能化的发展趋势, 各类自动化仪表广泛应用于工艺监测与参数调控环节, 直接影响生产线运行的稳定性与安全性。化工生产高温高压、介质腐蚀、电磁干扰等复杂工况, 容易诱发仪表故障与参数失控问题, 滋生各类安全隐患。传统安全管控模式较为被动, 难以适配高精度、动态化的风险管控需求, 依托智能技术升级防控体系、打通系统协同壁垒, 成为化工安全生产提质增效的重要路径。

1 化工仪表自动化体系与安全防控基础特性

1.1 化工自动化仪表系统组成与运行机制

化工自动化仪表是化工连续生产过程中参数管控的核心设施, 整套系统由检测、信号转换、核心控制、现场执行四大功能模块构成完整闭环。检测模块包含温度、压力、流量、液位等各类传感设备, 负责捕捉生产设备、反应介质的实时工况数据, 捕捉工艺运行中的细微状态变化。信号转换模块对现场采集的模拟信号进行整理、校正与编码, 转化为控制系统可识别的数字信号, 削弱现场环境干扰带来的数据误差^[1]。控制模块依托预设的工艺指标与控制逻辑, 对采集数据进行比对分析, 判断当前生产工况的稳定状态, 输出对应的调控指令。执行模块接收控制指令后, 驱动调节阀、变频装置、开关设备完成工艺参数修正, 让生产工况维持在规范区间。各模块分工明确、逐级衔接, 构成化工自动化生产管控的底层运行逻辑。

1.2 化工生产场景仪表自动化应用特征

化工生产工艺流程复杂, 作业环境特殊, 让仪表自动化应用形成区别于其他行业的独有特征。化工生产线多为连续化作业模式, 设备长期不间断运行, 仪表设备需要具备高强度稳定性与耐损耗能力, 适配长期高负荷运行状态。生产现场普遍存在高温高压、酸碱腐蚀、粉尘堆积等恶劣条件, 仪表结构与材质均经过特殊优化,

具备较强的环境抗干扰能力。化工反应参数变化速度快、波动范围小, 人工监测难以捕捉瞬时变化, 自动化仪表可以实现高频次精准采集, 完成精细化工况监测。生产工序划分细致, 设备布局紧凑, 各类仪表分区布设、分层管控, 针对性覆盖不同反应单元与输送环节, 保障整条生产线的监测覆盖完整有效。

1.3 智能防控技术适配化工安全管控的基础属性

智能防控技术依托数字化监测与智能算法架构, 为化工安全生产提供全新的管控支撑, 具备多项适配行业高危属性的基础优势。技术体系可以实现全时段无人值守监测, 覆盖生产车间、物料管线、储存区域等关键点位, 及时捕捉泄漏、超温、超压等危险工况。系统搭载智能研判逻辑, 依靠内置安全阈值完成数据分级判定, 精准识别普通参数波动与实质性安全隐患。异常工况出现后, 平台可快速触发预警提示, 为现场人员开展隐患处置预留充足时间。高危工况场景中, 智能防控体系可联动现场设备完成紧急切断、泄压降温等防护操作, 阻断风险蔓延扩散。技术体系能够积累长期运行数据, 为安全管理制度优化、隐患规律分析提供数据支撑, 推动化工安全管控模式持续升级。

2 化工仪表自动化运行安全隐患分析

2.1 仪表设备自身运行不稳定引发的潜在隐患

化工自动化仪表属于精密传感与测控设备, 长期投入工业运行会出现各类硬件损耗问题, 衍生多项隐蔽性安全隐患。仪表内部传感元件会随运行时长增加出现老化、灵敏度衰减等问题, 数据采集精准度逐步下降, 出现参数显示偏差、数值漂移等异常情况^[2]。部分仪表密封结构长期暴露在工业环境中, 会出现老化破损、密封性下降等问题, 水汽、粉尘或腐蚀性介质会侵入设备内部, 造成线路短路、元件损坏等故障。固定安装的仪表设备会受设备振动、环境形变影响, 出现接口松动、

点位偏移等状况,引发数据断传、信号中断等问题。小型精密零部件的磨损与老化具备极强的隐蔽性,日常常规巡检难以快速排查,微小故障持续累积会引发测控失效,造成工艺参数失控,给连续化化工生产带来直接安全威胁。

2.2 自动化系统运行适配性缺陷问题

化工自动化控制系统依托程序逻辑与数据算法完成管控作业,系统本身的适配性缺陷会诱发系统性运行风险。部分生产线的控制系统程序版本老旧,未结合生产工艺迭代完成同步升级,程序内置控制逻辑与现行生产流程匹配度不足,参数调控阈值存在偏差。系统数据处理算法存在固化短板,面对生产工况的非常规波动,无法灵活调整运算逻辑,容易出现数据误判、指令错发等问题。不同类型、不同品牌的仪表设备接入同一套控制系统时,数据传输协议存在差异,容易出现数据兼容故障,造成信息传输卡顿、数据丢失等现象。系统后台权限管控、程序防护机制存在漏洞,长期运行中会积累缓存冗余、程序漏洞,降低系统运行稳定性,严重时会引起系统卡顿、停机瘫痪,中断整体生产管控流程。

2.3 复杂化工工况下仪表运行风险诱发因素

化工生产工况的复杂性、不确定性,是诱发仪表运行故障、放大安全风险的外部核心因素。多数化工生产工序存在高温高压、酸碱腐蚀、物料冲刷等工况条件,恶劣环境会持续侵蚀仪表外部壳体与内部核心元件,加速设备老化失效。生产过程中的物料飞溅、蒸汽弥漫、粉尘堆积等现象,会覆盖仪表检测探头与传输接口,阻碍设备正常采集信号,弱化数据采集的实时性与精准度。化工生产线启停、负荷调整、物料切换等非常规操作,会造成工况参数剧烈波动,瞬间冲击会超出仪表常规监测负荷,引发设备暂时性失灵。现场电磁设备密集排布,复杂电磁环境会干扰仪表信号传输路径,造成信号紊乱、数据失真。各类外部环境因素相互叠加,会大幅提升仪表故障概率,弱化自动化管控效能,加剧化工生产的安全管控压力。

3 化工生产安全风险智能防控现存短板

3.1 风险感知与数据采集体系存在缺陷

化工行业智能防控工作的落地成效,高度依赖全面、精准、连续的现场数据支撑,现阶段多数企业的数据采集体系仍存在明显短板。测点布设存在不均衡问题,重点高危工序的监测点位相对密集,部分辅助生产区域、老旧管线节点存在监测盲区,细微风险无法被设备捕捉收录。部分在用监测仪表性能标准偏低,长期运行后采集精度大幅降低,数据更新节奏参差不齐,原始

监测数据存在失真、缺失等问题^[3]。数据采集维度较为单一,多聚焦温度、压力等常规工艺参数,对物料浓度、设备振动频率、环境微变等隐性风险参数采集覆盖不足。前端采集设备缺乏常态化校准维护机制,人工巡检排查存在疏漏,错误数据会持续录入系统,干扰后续风险分析工作的整体准确性。

3.2 智能分析与风险识别体系存在不足

智能分析模块是化工安全风险研判的核心环节,当前多数防控系统的分析识别能力难以适配复杂生产工况。系统内置分析模型通用性较强,没有针对不同生产工艺、不同设备工况做定制优化,对细微、渐变的安全风险识别精度不足。模型判定逻辑较为固化,只能依托固定阈值开展风险判定,难以识别多因素叠加引发的复合型隐患,对工况波动引发的隐性风险预判能力较弱。数据挖掘深度存在局限,仅能完成基础数据对比与异常提示,无法依托历史数据梳理风险演变规律,不具备提前预判隐患发展趋势的能力。风险分级研判机制不够细化,对轻重程度不同的隐患划分标准模糊,容易出现过度预警或漏判误判的情况,降低现场安全管控的精准度。

3.3 仪表自动化与智能防控协同衔接不足

仪表自动化系统与智能防控体系属于两套独立搭建的运行模块,二者衔接融合度不足,制约整体防控效能发挥。两套系统的数据架构、传输标准存在差异,数据互通存在壁垒,仪表采集的现场数据无法完整流转至防控平台,平台的防控指令也难以快速落地到现场设备。自动化仪表侧重工艺参数稳定调控,智能防控体系专注风险隐患监测预警,二者运行目标没有形成深度联动,管控流程存在割裂。系统联动响应机制不够完善,预警信号发出后,自动化设备无法自主配合完成调控、阻断等操作,多数应急处置仍依赖人工干预。软硬件适配性不足的问题长期存在,新旧设备混搭运行的场景下,系统联动延迟、指令执行偏差等问题频发,大幅限制智能防控体系的自动化、智能化升级进度。

4 化工仪表自动化与安全风险智能防控优化路径

4.1 优化化工自动化仪表运行管控体系

针对化工仪表硬件损耗、运行失稳等常见问题,企业需要搭建全流程、标准化的仪表运行管控体系。结合生产线工况差异,梳理不同区域仪表的运行负荷与损耗规律,制定差异化的检修、保养与更换方案,针对性处理元件老化、密封破损等高频故障问题^[4]。完善仪表常态化校准制度,固定周期对温度、压力、流量等各类监测仪表开展精度校验,清理探头粉尘、排查线路隐患,从源头减少数据失真与信号异常问题。淘汰精度落后、适

配性较差的老旧设备,按需更换耐高温、抗腐蚀、抗干扰的工业级智能仪表,适配复杂化工生产工况。细化仪表运行台账记录,完整登记设备运行时长、检修情况、故障类型,依托台账梳理设备运行规律,提前排查潜在故障,保障仪表设备长期稳定运行。

4.2 完善安全风险智能感知与分析体系

补齐数据采集与风险研判短板,需要从测点布局、数据维度、算法模型三个层面完成体系升级。补齐生产现场监测盲区,针对老旧管线、辅助工序、仓储区域等薄弱环节增补监测点位,实现生产全区域、全工序数据全覆盖。拓宽数据采集维度,在常规工艺参数采集基础上,增加环境工况、设备运行状态、物料特性等隐性风险数据采集内容,丰富智能分析的数据样本。迭代升级智能分析算法模型,结合企业生产工艺特点完成定制化调试,优化复合型风险、渐变式隐患的识别逻辑。细化风险分级判定标准,依托海量历史运行数据训练模型,提升隐患预判、风险分级的精准度,减少无效预警与风险漏判问题。

4.3 构建仪表自动化与智能防控协同运行模式

打破系统独立运行的壁垒,搭建互联互通、联动响应的一体化运行模式。统一仪表自动化系统与智能防控平台的数据传输标准与接口协议,打通数据流转通道,实现现场监测数据完整上传、防控指令精准下发的闭环流转。重塑一体化管控逻辑,整合工艺调控与安全防护工作内容,让设备参数调控贴合安全管控标准,实现生产稳定与风险防控双向兼顾。搭建联动响应机制,设定分级风险处置逻辑,轻微异常依托系统自主微调参数,高危隐患直接触发设备紧急管控动作,缩减人工处置耗时。统筹新旧设备适配改造,统一现场设备软硬件标准,解决系统联动延迟、指令执行偏差等问题,提升整体联动效率。

4.4 搭建常态化智能防控长效运行机制

智能防控效能的稳定发挥,需要依托规范化、常态

化的长效管理机制。建立技术迭代更新机制,结合工艺升级、设备更新持续优化防控系统功能,适配生产流程的动态变化。制定人员专项管理制度,明确运维人员的设备巡检、系统调试、数据复盘岗位职责,规范日常智能化管控操作流程。搭建定期复盘优化机制,汇总日常预警信息、故障案例、处置记录,梳理防控体系运行漏洞,针对性优化监测点位、算法模型与联动逻辑^[5]。强化技术与管理融合力度,把智能防控数据作为安全生产考核、工艺优化的重要依据,让智能化防控手段深度融入日常生产管控,夯实企业安全生产防线。

结束语

化工仪表自动化运行质量与智能防控水平,直接决定化工生产的安全管控层级。仪表设备损耗、系统适配缺陷与工况干扰,共同构成生产运行的主要安全隐患,同时数据采集不全、风险识别薄弱、系统协同不足也制约防控质量。通过优化仪表运维管控、升级智能分析体系、搭建一体化协同模式、完善常态化管控机制,可有效化解各类安全风险,完善化工安全生产智能化管控格局。

参考文献

- [1]赵猛猛,胡会林.探析化工仪表自动化在安全生产中的关键作用及保障机制[J].石油石化物资采购,2026(8):154-156.
- [2]范鹏鹏.面向本质安全的化工过程自动控制仪表优化设计[J].化工管理,2026(11):107-110.
- [3]王莹.自动化控制在化工安全生产中的应用[J].化工管理,2025(12):102-105.
- [4]吴江蛟.化工生产流程的安全优化与改进[J].化纤与纺织技术,2025,54(8):132-134.
- [5]李雨潇.化工行业中工艺流程设计对安全生产的影响[J].石油化工建设,2025,47(5):31-33.