自动化控制技术在化工安全生产与风险防范中的优化应用

李子剑

江苏清泉化学股份有限公司　江苏　盐城　224555

摘　要：化工生产工况特殊、高危介质集中，安全风险贯穿生产全流程，传统人工管控响应滞后、精度不足、存在管控盲区，难以适配现代化工安全管控需求。本文围绕化工安全生产风险防控痛点，探究 PLC、DCS、SIS 等自动化控制技术的应用原理与实践价值，分析其在参数调控、隐患监测、预警应急等环节的优化作用，结合行业应用现状梳理技术落地的突出问题，提出适配性升级、标准化运维、人才培育等优化策略。研究表明，合理运用自动化控制技术可减少人为失误，提升化工安全管控的精细化、智能化水平，为化工行业安全生产、风险防控提质增效提供坚实技术支撑。

关键词：自动化控制技术；化工生产安全；风险防范；智能管控

引言

化工产业是国民经济重要支柱，生产具备连续化、高压高温、介质高危等特点，安全隐患隐蔽性强、事故危害极大。传统人工巡检、手动调控的管控模式存在明显短板，难以满足现代化工安全生产标准。本文结合化工行业安全管控发展趋势，聚焦自动化控制技术的实操应用，探析技术对生产风险的防控赋能效果，助力化工行业完成安全化、标准化、智能化转型，推动产业稳定高质量发展。

1 化工安全生产现状与管控概述

化工生产工艺流程繁琐，涉及大量易燃易爆、有毒腐蚀类高危介质，物料储存、管道输送、化学反应及成品储运全流程均存在常态化安全隐患。生产过程长期处于高温、高压等严苛工况，设备微小故障、工艺参数偏移、操作不规范等问题，极易引发链式反应，造成介质泄漏、火灾爆炸、人员中毒等安全事故，风险隐蔽性强、突发概率高、管控难度较大。传统化工安全管理依赖人工巡检、手动调控与经验判断，定时巡检模式无法实现全天候动态监测，设备隐性隐患难以及时排查治理。人工操作受个人素养、身心状态影响，判断偏差与操作失误频发，是诱发安全事故的主要人为原因[1]。传统管控数据记录粗放、更新滞后，无法精准支撑风险预判与工艺优化，老旧设备联动性差，异常工况难以实现自动联锁防护，风险阻断能力不足。伴随化工行业标准化、精细化发展，传统人工管控模式的弊端持续凸显，依托自动化控制技术优化安全管控体系，成为化工行业防控生产风险、保障稳定运行的必然发展趋势。

2 化工安全生产核心自动化控制技术类型及原理

2.1 PLC 可编程逻辑控制系统

PLC 可编程逻辑控制系统是化工领域应用最为广泛的基础自动化控制设备，具备抗干扰能力强、运行稳定性高、操作简便、场景适配性强等优势，主要用于生产线单机设备管控、局部工艺流程调控。该系统依托预设标准化控制程序，接收现场各类传感器采集的温度、压力、流量等实时生产数据，通过高速运算与逻辑判别，精准完成阀门启闭、设备启停、工艺参数微调等自动化操作。系统高度适配化工生产中重复性、规律性的作业环节，彻底规避人工频繁操作引发的失误问题。目前广泛应用于化工物料输送、污水预处理、辅助设备运维等基础场景，可实现局部生产流程闭环自动化管控，稳固基础生产环节的稳定性，从源头降低基础性操作风险。

2.2 DCS 集散控制系统

DCS 集散控制系统是现代化工成套生产线的核心管控载体，采用“分散控制、集中管控”的核心运行架构，完美适配化工产业连续化、规模化的生产特征。系统将整条生产线拆解为多个独立控制单元，各单元配备专属控制模块，单独负责对应区域的参数监测、设备调控与异常管控，有效规避单点设备故障引发全线停机、瘫痪的问题。中央管控平台可集中汇总各单元实时生产数据，实现全线工况统一监控、数据整合统计、生产流程智能调度[2]。DCS 系统拥有极高的参数调节精度，可依据既定工艺标准，动态微调反应温度、系统压力、物料配比等核心指标，将生产工况稳定锁定在工艺允许区间，有效解决人工调控精度不

足、响应滞后的行业痛点，显著提升主线生产流程的安全稳定性与工艺规范性。

2.3 SIS 安全仪表系统

SIS 安全仪表系统是化工生产体系的核心安全防护屏障，区别于常规过程控制系统，核心职能聚焦高危工况风险防控与安全联锁保护，专门应对化工生产各类极端异常工况。系统持续监测核心生产设备、关键工艺节点的运行状态，一旦识别参数超标、设备故障、工况失衡等高危问题，无需人工干预，可自主启动联锁保护机制，快速完成紧急停机、物料切断、泄压降温、危险单元隔离等操作，彻底阻断风险扩散路径。SIS 系统具备独立运行逻辑与专属防护体系，毫秒级的响应速度可在事故萌芽阶段完成处置，杜绝小隐患演变为重大安全事故，是化工安全生产兜底防护的核心技术装置。

2.4 智能监测与预警控制系统

智能监测与预警控制系统依托物联网传感、大数据分析、智能算法等前沿技术，构建全方位、立体化的化工生产风险监测网络。系统通过在生产车间、工艺管道、物料储罐、作业区域布设高精度智能传感器，全天候采集可燃与有毒气体浓度、环境温湿度、设备振动幅度、管道承压状态等多维生产数据，依托大数据模型完成数据比对、分析研判与风险分级。针对超出安全阈值的异常数据，系统自动触发声光预警、终端推送提示，同步留存异常数据、生成隐患分析报告，为工作人员精准排查、快速整改提供数据支撑。该系统彻底弥补人工巡检存在的监测盲区、时效滞后等短板，推动化工隐患管控从传统被动处置模式转向主动预判、提前防控的智能化模式。

3 自动化控制技术在化工应用中的现存问题

3.1 技术场景适配性不足

国内多数中小型化工企业受资金、技术、生产规模条件限制，自动化设备升级进度缓慢，生产线普遍存在新旧设备混用、软硬件兼容性差的问题。老旧设备参数落后、接口标准不一，无法与新型自控系统高效联动，易出现数据失真、指令失效、联动卡顿等故障，制约自动化管控效能发挥[3]。部分企业智能化升级存在盲目跟风现象，一味引进高端设备，未结合自身工艺场景优化参数，设备功能与生产需求脱节，造成资源浪费，难以有效防控生产风险，大幅降低技术应用实效。

3.2 运维管理体系不够完善

自动化控制系统的长期稳定运行，高度依赖专业化、常态化的运维保障工作，但当前多数化工企业普遍存在重设备采购、轻运维管理的认知短板。企业尚未建立标准化的设备检修、传感器校准、系统升级、漏洞排查机制，传感器长期运行出现精度偏移、设备线路老化、系统程序存在漏洞等问题，无法及时排查整改，直接造成监测数据失真、调控指令失效，间接滋生全新的安全隐患。同时，部分企业自动化运维工作缺乏规范流程，没有建立完善的运维台账与故障处置标准，系统故障排查、修复效率偏低，无法及时解决系统运行异常问题，对生产线安全稳定运行造成持续影响。

3.3 复合型专业人才储备短缺

化工自动化控制技术属于交叉型技术体系，融合化工工艺、智能控制、大数据、物联网、网络安全等多领域专业知识，对一线操作、运维管理人员的综合专业能力有着较高要求。目前化工行业一线从业人员大多具备传统人工操作经验，但普遍缺乏自动化系统调试、故障排查、参数优化、智能研判的专业能力，难以充分发挥自动化系统的智能化管控效能。多数企业岗前培训体系不完善，培训内容侧重基础设备操作，缺少系统运维、风险研判、应急联动、故障溯源等核心模块，从业人员专业能力与智能化安全管控需求适配度不足，人才短板严重制约自动化技术的落地应用与效能发挥。

3.4 工业网络安全存在漏洞

化工自动化控制系统依托工业网络与数据平台运行，属于工业互联网的核心应用节点，全程面临网络入侵、数据篡改、系统瘫痪等网络安全风险。多数化工企业将管控重心放在生产安全层面，对工业网络安全重视程度不足，未搭建完善的防火墙、数据加密、访问权限分级管控体系，系统存在大量网络安全漏洞。外部恶意网络攻击、非法入侵操作，极易造成生产数据篡改、自动化控制指令错乱、系统整体瘫痪，进而引发生产线工况失控、安全联锁失效等重大安全问题，对化工连续化安全生产造成极大威胁。

4 自动化控制技术在化工安全生产中的优化应用策略

4.1 立足生产实际优化技术场景适配性

化工企业需摒弃盲目升级的理念，立足自身生产工艺、设备基础、风险特点，针对性推进自动化控制系统迭代升级。中小型化工企业可秉持重点升级、按需改造的原则，优先完成高危生产单元、关键工艺节点的设备更新，替换老旧落后设备，补齐核心风险环节的管控短板，以低成本实现安全管控能力提升。大型化工企业可推进全生产线智能化一体化升级，整合 DCS、SIS、智能监测预警等多套独立系统，搭建统一的智能安全管控

平台，实现各系统数据互通、联动协同。技术人员需贴合企业既定生产工艺标准，精准调试系统运行参数、优化智能控制逻辑，实现自动化设备与生产流程的高度适配，最大化释放自动化技术的风险防控价值。

4.2 健全制度体系推行标准化运维管理

标准化、常态化的运维管理是自动化系统稳定运行的核心基础，企业需构建完善的自动化系统运维管理制度体系，扭转重采购、轻运维的管理误区。制定常态化设备检修、传感器精度校准、系统软件升级、安全漏洞排查工作方案，定期整改设备故障、修正数据偏差、更新系统程序，保障自动化设备精准运行、控制系统稳定履职。建立全流程电子化运维台账，详细记录设备检修、故障处置、系统升级、参数调整等信息，实现运维工作全程可追溯、可核查。针对系统突发故障、异常工况，制定专项应急处置预案，明确故障处置流程与责任人，缩短故障排查与修复周期，规避系统失效引发的生产安全隐患。

4.3 强化人才培育搭建专业人才队伍

复合型专业人才是自动化技术落地落地见效的核心支撑，企业需搭建完善的人才引育体系，补齐行业人才短板。对外精准引进精通化工工艺、自动化控制、工业网络安全、大数据分析的复合型技术人才，专职负责系统调试、运维优化、技术升级、风险管控等核心工作，为智能化管控体系运行提供技术支撑[4]。对内构建分层分类的常态化岗位培训体系，针对一线操作人员，重点开展自动化设备基础操作、日常隐患识别、简单异常处置培训；针对专业运维人员，重点培训系统故障排查、参数优化、应急联动、漏洞修复等核心技能。定期组织技能考核与实景实操演练，持续提升从业人员专业素养与实操能力，打造适配智能化安全管控体系的专业团队。

4.4 筑牢防护屏障完善工业网络安全体系

针对自动化控制系统存在的网络安全隐患，企业需构建全方位、多层次的工业网络安全防护体系，守住智能化管控的安全底线。部署工业级防火墙、入侵检测系统、数据加密装置，有效阻隔外部网络攻击与非法入侵行为，从源头规避网络安全风险。建立分级授权访问机制，细化系统操作、数据调取、参数修改、设备管控权限，杜绝越权操作与数据篡改问题。定期开展网络安全漏洞排查、风险检测与安全评估，及时修复系统漏洞、更新安全防护程序。制定网络安全突发事件应急预案，明确网络攻击、系统瘫痪、数据异常等问题的处置流程，快速化解网络安全风险，保障自动化控制系统安全、稳定、高效运行。

4.5 推动技术融合实现智能升级迭代

随着人工智能、大数据、物联网等智能技术的持续迭代，化工自动化控制技术逐步向智能化、数字化、一体化方向转型升级。企业需主动顺应行业发展趋势，依托前沿智能技术优化现有自动化管控体系，实现生产风险智能研判、精准预警、自主处置[5]。利用大数据技术深度挖掘历年生产运行数据、隐患台账数据、事故案例数据，迭代优化系统预警阈值与控制逻辑，大幅提升风险预判的精准度。依托人工智能算法实现生产工艺自主优化、设备故障智能诊断、应急方案智能生成，全方位提升化工安全生产管控的智能化水平，推动化工行业安全管控模式完成从传统人工管控向智能数字化管控的全面转型。

结束语

综上所述，自动化控制技术可有效弥补化工传统人工管控短板，提升风险防控精度与效率，是现代化工安全生产的重要技术支撑。目前化工行业自动化技术应用仍存在适配性不足、运维体系不完善、专业人才匮乏、网络安全薄弱等问题。化工企业需结合生产实际，从场景适配、运维管理、人才建设、网络防护、智能迭代等方面优化技术应用体系。深耕自动化技术应用，能够有效降低安全事故概率，推动化工产业安全稳定高质量发展。

参考文献

[1] 周渝, 徐卫琼. 自动化控制技术在化工安全生产与风险防范中的优化应用 [J]. 当代化工研究,2024,(20):134-136.

[2] 石佳, 汪根, 何信. 自动化控制在化工安全生产中的应用及优化 [J]. 石化技术,2026,33(7):508-510.

[3] 王敏, 刘国强, 高艳, 等. 自动化控制在化工安全生产中的应用及优化 [J]. 内蒙古石油化工,2025,51(2):47-50.

[4] 金云. 自动化控制技术在化工安全生产与风险防范中的优化应用——基于智能算法与系统集成的创新实践 [J]. 中国科技论文在线精品论文,2025,18(3):7-9.

[5] 李彩平. 浅谈自动化控制在化工安全生产中的应用及优化 [J]. 中国石油和化工标准与质量,2025,45(4):7-9.