

现代化工仪表及化工自动化技术的协调应用研究

尤海源 薛 涛

榆能化学材料有限公司 陕西 榆林 719000

摘 要:煤化工行业生产工况复杂,仪表与自控系统协同稳定性直接关乎厂区生产安全与运行效率,行业一体化协同管控需求持续提升。本文划分现代化工智能仪表类别,梳理 DCS、PLC、SIS 主流自控体系,阐释二者双向信号互通、闭环联动适配原理,剖析协议适配、数据算法、分布式集成三大核心协同技术,从方案设计、运维管控、迭代升级构建实操应用路径。针对厂区仪表型号混杂、系统适配差、运维分工割裂等实际问题提出优化方法,贴合煤化工高温防爆生产工况,助力化工自控回路稳定联动,保障装置常态化安全生产。

关键词:现代化工仪表;化工自动化技术;协调应用;联动模式;关键技术;应用路径

引言:现阶段煤化工企业智能化改造稳步推进,智能化工仪表普及率持续提升,自动化控制系统已全覆盖生产工段。实际生产中,新旧仪表混用、通信协议不统一、仪表班组与自控班组独立作业,导致参数传输偏差、联锁响应延迟、跨工段联动失效等问题频发,制约装置平稳运行。基于企业现场运维、技改实操经验,本文立足化工生产工艺特点,研究仪表与自动化协同机理、核心技术及落地路径,解决软硬件适配、一体化管控实操难题,提升厂区自动化协同管控水平。

1 现代化工仪表与化工自动化技术概述

1.1 现代化工常用智能仪表类型

现阶段化工生产多为高温、高压、易燃易爆工况,行业所用仪表已逐步淘汰传统机械式仪表,全面普及数字化智能仪表。按照功能可分为三大类,第一类为过程检测仪表,包含压力、温度、液位、流量四大基础检测仪表,主要负责采集反应器、管道、储罐实时工况参数,是自动化调控的数据源头;第二类为执行调控仪表,以智能调节阀、电动执行器为主,接收系统指令完成介质流量、压力调节;第三类为辅助管控仪表,包含防爆变送器、在线成分分析仪、安全报警仪表,适配化工高危生产环境。此类仪表具备信号数字化传输、现场自主校准、故障自检功能,适配 DCS、PLC 系统接入标准,适配石油化工、精细化工等全品类生产线使用。

1.2 主流化工自动化控制技术体系

目前化工行业主流自动化技术形成层级化管控体系,适配不同规模化工厂区生产需求。分布式控制系统 DCS 为化工生产核心自控体系,多用于精馏、合成、反应等连续化工艺流程,可实现分区集中管控、参数闭环

调控;可编程逻辑控制器 PLC,多用于化工物料输送、启停设备、联锁保护等离散工序,运行抗干扰能力强;此外工业物联网自控技术、安全仪表 SIS 系统应用逐年普及,前者实现仪表远程组网监控,后者针对化工突发工况紧急停机泄压。整套自控体系依托信号总线完成数据交互,依托预设程序联动设备运行,实现化工生产少人化、标准化作业。

1.3 仪表与自动化技术协调应用核心内涵

二者协调应用并非设备简单拼接,而是实现数据、指令、工况全流程闭环联动。核心是以智能仪表为感知终端,精准采集现场生产数据,传输至自动化控制系统完成数据分析、运算研判;控制系统结合生产工艺下发调控指令,再由现场仪表执行调节、反馈核验,形成采集-研判-调控-反馈的闭环作业。协调应用的核心目的,(1)消除仪表与自控系统信号不兼容、响应不同步问题,保障工艺参数精准可控;(2)适配化工安全生产规范,降低人工干预频次,规避人为操作失误,平衡化工生产效率、产品质量与厂区生产安全,贴合现代化工智能化转型升级核心要求^[1]。

2 化工仪表与自动化技术协调适配原理与联动模式

化工仪表与自动化系统依托工业总线、标准通信协议完成硬件适配与信号对接,遵循工艺闭环调控逻辑完成协同作业,适配化工连续化生产工况,核心适配原理及联动模式如下:(1)双向信号适配原理。现场智能仪表依托 4-20mA 模拟量、Modbus 数字通信协议,完成工况参数模数转换,向上位自动化控制系统传输标准化采集信号;控制系统依据工艺阈值解析信号,下发开变量、调节量下行指令,实现仪表感知、系统调控的双向

信号互通,保障信号传输时序统一、格式兼容,为二者协同提供底层技术支撑。(2)闭环自控协同联动模式。该模式为化工生产主流联动形式,依托 DCS、PLC 闭环控制模块运行。由检测仪表采集温度、压力、流量工艺参数,系统对比预设工艺参数偏差,运算输出调节指令,驱动调节阀、执行器等现场仪表完成动作,仪表二次回传工况数据,修正调控幅度,形成闭环联动调控链路^[2]。

3 现代化工仪表与化工自动化技术协调应用的关键技术

3.1 高精度仪表与智能控制系统的适配技术

现阶段化工行业仪表品牌型号繁杂,模拟仪表、数字化仪表、总线型仪表混用,配套 DCS、PLC、SIS 控制系统版本不统一,硬件接口、通信协议差异化明显,设备原生兼容性缺陷突出,依托专项适配技术可完成硬件互通对接,核心技术内容如下:(1)标准化接口改造适配技术。针对老旧 4-20mA 模拟量仪表、新型 HART 总线仪表,采用模块化转接耦合技术,统一适配中控、西门子、霍尼韦尔主流自控系统接口,无需更换现场仪表本体,通过信号隔离转换器、协议网关,完成 Modbus、Profibus、HART 多协议互转,消除信号电平差值,统一系统采样接收格式。(2)现场一体化参数联动校准技术。摒弃仪表、系统分开校准模式,依托系统下位机组态功能,联动现场高精度温度、压力、流量仪表完成零点迁移、量程匹配、阻尼系数联动校准。结合化工常温、高温、负压现场工况,修正仪表温漂、静压误差,同步固化自控系统采样阈值,实现仪表采集数值、中控显示数值同源一致,消除软硬件对接数值偏差。(3)工况抗干扰协同适配技术。结合榆能化学煤化工粉尘腐蚀、电磁干扰强、高低温交变现场工况,对仪表供电线路做屏蔽接地处理,自控系统增设信号滤波程序,匹配防爆型适配模块。规避工况干扰造成的数据跳变、指令中断问题,强化恶劣化工工况下仪表与控制系统对接稳定性,保障联动数据传输连续可靠。

3.2 多源数据驱动的协同优化算法

化工反应、精馏工序工况具备非线性、滞后性特征,仪表采集点位多、数据体量繁杂,传统 PID 固定算法适配性不足,行业落地应用型多源数据协同算法,依托现场原生数据完成程序迭代,技术实操内容如下:(1)多源异构数据预处理算法。整合在线成分分析仪、压力变送器、液位仪表多维度异构数据,剔除厂区电磁干扰、仪表瞬时故障产生的异常噪点数据,完成时序数据清洗、归类分级,划分稳态生产数据、工况

波动数据,搭建可直接接入自控运算单元的标准化数据库。(2)改良型机器学习协同调控算法。在传统 PID 算法基础上嵌入轻量化机器学习模型,依托历史工艺数据集训练算法模型,识别仪表数据波动规律。针对聚合、精馏滞后性工艺,自主修正自控系统调节输出量,改变调节阀动作频次与开度,区别于固定参数调控模式,算法可跟随仪表实时数据自主适配工艺波动,适配连续化化工生产动态调控作业。

3.3 分布式协同控制系统集成技术

大型联合化工装置分区布局分散,反应区、储运区、尾气处理区工序独立,独立自控单元信息孤岛问题严重,分布式集成技术可完成全域设备组网集成,核心技术要点如下:(1)现场分层网络集成组网技术。按照现场仪表层级、控制站层级、中控管理层级搭建三层分布式网络,就地仪表接入现场控制子站,各工段子站依托工业冗余以太网互联互通,划分独立控制分区,分区故障不会联动全域系统停机,兼顾单工段自控独立性与全域联动互通性。(2)跨装置工艺联动组态集成技术。破除单装置独立组态壁垒,统一全域仪表设备点位编码、工艺联锁逻辑,集成 DCS 常规控制、SIS 安全联锁、GDS 气体检测三大自控单元。联动全厂可燃气体仪表、紧急切断仪表、换热调控仪表,设定跨工序联锁组态规则,实现原料输送、反应合成、成品储运全装置仪表与自控系统协同联动,适配大型化工一体化装置管控要求^[3]。

4 现代化工仪表与化工自动化技术协调应用的实践路径

4.1 协调应用的方案设计原则与流程

化工装置仪表与自控系统配套施工不可盲目选型组网,需遵循行业化工自控施工规范划定设计原则,按标准化工序推进落地,规避后期适配故障、联锁失效问题。(1)现场方案核心设计原则。第一,工况安全性原则,所有选型仪表具备对应防爆、防腐、防尘等级,自控联锁逻辑符合 GB/T50770 化工自动化设计国标,高危工段仪表独立配置冗余信号回路,规避信号中断引发生产事故;第二,软硬件适配性原则,优先选用同协议、同品牌配套仪表与控制模块,老旧厂区改造优先选用兼容型网关转接设备,严控跨品牌设备混用数量;第三,架构可扩展性原则,自控控制柜预留拓展点位,现场仪表总线预留接入端口,满足后期工段扩容、工艺改造加装仪表的组网需求;第四,运维简易性原则,方案设计统一仪表点位编号、系统组态代码,降低后期班组检修辨识难度。(2)标准化落地实施流程。一是工艺需求研

判,联合工艺班组、自控班组摸排工段参数控制精度、联锁等级、信号传输要求,划定检测点位、执行点位数量;二是设备选型匹配,结合工况参数选定变送器、调节阀型号,匹配DCS、SIS控制单元通信协议;三是现场布线组态设计,划分动力线缆与信号线缆敷设路径,完成中控控制逻辑、仪表量程组态编写;四是分体调试联动调试,先完成仪表单体校准,再联动控制系统做闭环联动测试;五是工况试运行核验,带料运行72h,记录参数偏差、响应时延,整改优化后完成方案验收交付。

4.2 全生命周期的协同运维与管理机制

当前多数化工企业仪表运维、自控运维班组分工割裂,分体检修模式极易遗留协同隐患,需搭建从进场安装到报废更换一体化协同管理机制,统一检修标准、故障处置流程,保障仪表与自控系统长期联动稳定。(1)前期安装调试协同管控。进场施工阶段,仪表施工人员与自控组态人员交叉作业,同步核对仪表地址码、总线波特率,统一中控采样量程与仪表本地量程;腐蚀工段仪表加装隔离配件,自控系统同步增设信号滤波程序,从施工源头减少联动干扰,同步留存接线图纸、组态备份文件,归档建立设备台账。(2)常态化运行协同管控。实行双班组联动巡检制度,日常巡检分为点位巡检、后台巡检,仪表班组核查现场仪表密封性、供电状态、表头参数,自控班组核查中控信号传输、指令输出、联锁投切状态;统一制定周期校准计划,每季度联动校准工艺关键仪表,每年完成全厂自控回路联动校验,同步更新系统误差补偿参数。(3)故障闭环运维管理。搭建联动故障处置机制,区分单体仪表故障、系统链路故障、组态逻辑故障,分类建档;依托自控后台故障代码,定位仪表断线、漂移、阀门卡滞联动问题,实行检修、复测、复盘闭环流程;同时建立备品备件协同台账,统一储备协议适配型仪表配件、信号转接配件,缩短联动故障抢修时长^[4]。

4.3 技术升级与迭代的协同路径

化工生产工艺、环保管控标准逐年更新,老旧仪表、原生自控程序会逐步适配不了新工艺要求,设备单方面升级极易造成联动脱节,需遵循同步适配、分步迭代原则,落实双向协同升级路径。(1)存量设备适配

迭代路径。针对在役在用成套自控系统,采用局部迭代模式,不整体更换中控主控设备,仅升级老旧模拟式检测、执行仪表,将4-20mA普通仪表更换为HART总线智能仪表,加装协议转换模块适配原有DCS系统;同步小幅优化自控PID调控参数、联锁阈值,适配环保尾气管控、原料提纯新工艺要求,低成本完成存量设备协同升级。(2)新增工艺同步配套路径。企业新建反应、精馏、储运工段时,遵循仪表与自控一体化采购原则,招标阶段划定通信协议、联动响应速度、数据互通标准,由同一服务商配套仪表硬件与控制程序,出厂前完成预联动调试,到场后直接对接厂区中控主干网络,从采购源头保障软硬件协同适配性。(3)长效技术协同优化路径。对接厂区技改部门,定期摸排全厂联动短板,针对电磁干扰强、调控滞后工段,迭代系统抗干扰程序,更换高精度抗干扰仪表;同步开展运维人员一体化培训,打破仪表、自控专业技术壁垒,适配智能化自控架构迭代节奏,适配化工行业精细化、低能耗生产管控新标准^[5]。

结束语:本文梳理了化工仪表与自动化技术基础内容、联动模式,结合企业现场工况总结协同应用关键技术,完善一体化设计、运维、升级全流程实践路径。研究得出,软硬件协议互通、全班组协同运维、设备同步迭代,是提升二者适配性的核心要点。化工仪表与自动化无法独立发挥管控作用,必须一体化配套管理。

参考文献

- [1] 周念. 现代化工仪表及化工自动化技术的协调应用研究[J]. 中国科技纵横,2026(3):67-69.
- [2] 梁日. 现代化工仪表及化工自动化技术的协调应用研究[J]. 中国科技纵横,2026(4):71-73.
- [3] 马清国. 现代化工仪表及化工自动化技术的协调应用研究[J]. 中文科技期刊数据库(全文版)工程技术,2025(3):220-223.
- [4] 曹俊平. 现代化工仪表及化工自动化技术的协调应用研究[J]. 山西化工,2023,43(9):128-130.
- [5] 尚鹏欣. 现代化工仪表及化工自动化技术的协调应用研究[J]. 中国科技期刊数据库工业 A,2024(2):0152-0155.