

石油化工仪表中自动化控制技术的应用及其经济性分析

郝成立 (中国石油化工股份有限公司天津分公司南港乙烯项目部, 天津 300270)

摘要: 石油化工仪表自动化控制技术的应用通过智能感知与自主调节系统的协同运作, 实现了工艺参数的精确管理与过程优化的突破性进展。文章从石油化工仪表中的自动化控制技术应用的经济性入手, 讨论石油化工仪表中自动化控制的关键技术, 最后分析自动化控制技术在石油化工仪表中的具体运用方式, 希望对相关研究带来帮助。

关键词: 石油化工; 仪表; 自动化控制技术; 经济性

中图分类号: TE968

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 026-0061-03

The Application and Economic Analysis of Automation Control Technology in Petrochemical Instrumentation

Hao Chengli (Nangang Ethylene Project Department, Tianjin Branch of Sinopec Corporation, Tianjin 300270, China)

Abstract: The application of petrochemical instrument automation control technology has achieved breakthrough progress in the precise management of process parameters and process optimization through the coordinated operation of intelligent perception and autonomous regulation systems. This article starts from the economic aspect of the application of automatic control technology in petrochemical instruments, discusses the key technologies of automatic control in petrochemical instruments, and finally analyzes the specific application methods of automatic control technology in petrochemical instruments, hoping to bring help to related research.

Key words: Petrochemical industry Instrument; Automation control technology “Economy”

在石油化工领域, 自动化控制技术通过实时监控、智能调节和精准联锁等功能, 显著提升了仪表系统的稳定性和可靠性。该技术将工艺参数反馈与设备控制深度融合, 减少了人工操作的随机误差, 有效预防安全事故并优化生产流程。从经济性角度看, 自动化设备虽初期投入较高, 但长期运行中通过降低能耗、缩短停机周期和提高原料利用率, 显著摊薄运维成本。

1 石油化工仪表中的自动化控制技术应用的经济性

1.1 提高控制与处理能力

自动化控制技术通过精准调节工艺参数与快速响应异常波动, 显著提升了生产过程的控制精度与处理效率, 其经济性主要体现在稳定运行条件下减少原料浪费与能源损耗, 同时降低了因人工干预滞后或操作失误导致的非计划停机风险。高效的数据分析与自适应调节能力进一步优化了设备负荷分配与反应条件匹配, 使复杂工艺流程的处理能力得到系统性强化, 既提升了单位时间产能, 又通过延长设备使用寿命与降低维护频次实现长期成本节约, 形成高效能、低损耗的良性生产循环^[1]。

1.2 提升石油化工仪表运行水平

石油化工仪表中自动化控制技术的应用通过动态校准精度、强化抗干扰能力及自我诊断功能, 切实提升了仪表的运行可靠性和工况适应性。其在减少零点漂移与量程偏差的同时, 通过智能预警机制主动识别

潜在故障, 大幅缩减仪表失准引发的连锁性工艺波动, 既降低了校准维护频次与备件更换需求, 又保障了生产参数的长期稳定跟踪。这种技术升级使仪表系统在复杂工况下维持最佳测量性能, 有效避免因数据失真导致的工艺修正成本增加, 通过提升基础数据质量强化了全流程决策的准确性, 形成从设备运维到生产优化的经济增益闭环。

1.3 促进石油化工仪表升级

自动化控制技术在石油化工仪表升级中通过集成智能感知与算法优化, 推动传统仪表向数字化、网络化转型, 其经济性源于硬件功能强化与软件协同能力的同步提升。智能化改造使仪表兼具高精度测量与远程诊断能力, 在减少现场调试频率的同时缩短故障排查周期, 既降低了设备迭代更新的边际成本, 又通过标准化通信协议提升多系统协同效率。技术升级后的仪表能够适应更复杂工况下的实时决策需求, 通过动态补偿机制抵消环境干扰对测量精度的影响, 避免因系统冗余或功能不足导致的重复投资, 最终以更集约的资源配置实现生产监测、预警与调控的一体化增效, 形成可持续的降本提质路径^[2]。

2 石油化工仪表中自动化控制关键技术

2.1 电磁干扰技术

石油化工仪表中的电磁干扰抑制技术通过多维度防护设计保障信号传输可靠性, 其关键技术涵盖仪表

本体屏蔽结构优化、信号线缆抗电磁耦合处理以及智能滤波算法的嵌入式开发。

高强度金属壳体与分层屏蔽技术阻断外部电磁场侵入，双绞线配合屏蔽层接地策略有效抑制共模干扰，而基于频谱分析的动态滤波机制可实时识别并消除工频谐波与脉冲噪声。控制系统通过自诊断模块监测电磁环境变化，结合自适应阻抗匹配技术维持信号完整性，在保障测量精度的同时显著提升了仪表在强电磁环境下的运行稳定性。

2.2 容错技术

容错控制技术通过多维防护机制确保系统在异常状态下持续可靠运行，核心技术包含冗余架构设计、实时故障辨识与动态补偿策略。多模态冗余架构采用异构传感器组合与表决机制消除单点失效风险，嵌入式自诊断系统通过特征值比对及时捕捉信号偏移或通讯异常，结合误差补偿算法对失真数据进行在线修正。智能容错模块能够在硬件损伤或软件逻辑错误发生时，自动切换至备用单元并重构控制回路^[3]。

2.3 新型 DCS 系统

石油化工仪表中的自动化控制关键技术以新型 DCS（分散控制系统）为核心，借助高度集成化、智能化的系统架构实现对生产过程的精准管理与协同控制。新型 DCS 系统通过模块化设计与开放协议兼容性，深度整合现场仪表、执行单元及控制算法，依托高速实时网络完成数据采集、逻辑运算与指令下发，显著提升系统响应速度和动态协调能力。其采用分布式计算架构与冗余容错机制，既降低了单一节点故障风险，又通过边缘计算技术提升本地数据处理效率。同时，系统内嵌的智能诊断与自适应优化功能可动态调整控制策略，适应复杂工艺条件变化，在保障装置安全稳定运行的基础上，进一步支撑能效优化与生产流程的精细化管控。

2.4 总线控制技术

石油化工仪表中的自动化控制关键技术以总线控制技术为核心，通过数字化通信网络实现设备间实时数据交互与协同控制。总线控制技术基于统一的通信协议标准，将分散的智能仪表、执行机构及控制器整合为有机整体，依托双向高速传输通道完成参数采集、指令下发及状态监控，大幅提升系统响应速度与整体协调性。其分布式架构设计降低了传统点对点布线的复杂度，增强系统扩展性和灵活性，同时通过冗余通信机制与故障自诊断功能强化了运行可靠性。在石油化工领域，该技术有效支撑了复杂生产流程的精细化控制需求，为装置安全稳定运行与优化调控提供了基础保障。

3 自动化控制技术在石油化工仪表中的具体运用方式

3.1 自动化控制压力仪表

自动化控制技术在压力仪表中的运用主要体现在智能监测与精准调节两方面。通过集成高灵敏度传感器与数字信号处理模块，系统实时采集压力参数并转化为标准化数据流，结合预设工艺阈值进行动态比对分析。智能算法基于历史运行特征建立压力波动模型，自动识别异常趋势并触发自适应调节机制，通过电子阀门或变频装置实现管路压力的快速闭环控制。系统内置冗余校验功能与故障自诊断程序，采用双回路监测设计确保关键节点的数据可靠性，同时通过安全连锁逻辑与超限应急响应模块联动，在压力偏离安全区间时自动启动保护性干预^[4]。

3.2 自动化控制温度仪表

石油化工领域温度仪表的自动化控制技术运用聚焦于精准监测与动态调节的结合。系统通过智能温度传感器实时采集工艺参数，结合数字滤波技术消除环境干扰，将温度信号转化为标准化数据流。控制模块基于 PID 自适应算法建立温度波动预测模型，智能匹配加热/冷却装置的响应策略，通过调节阀门开度或电功率输出实现温度闭环控制。系统采用冗余测温点与交叉校验机制保障数据可靠性，集成超温梯度分析功能，当检测到异常温升速率时自动触发分级报警并启动连锁保护程序，确保温度参数精准稳定地维持在工艺设定范围内。

3.3 自动化液位控制仪表

自动化控制技术运用主要依托智能监测与动态调节体系的搭建。系统通过雷达波、超声波等非接触式传感器实时采集储罐或反应器的液位数据，配合数字滤波技术排除介质波动干扰，生成连续稳定的液位变化曲线。控制单元依据工艺需求设定动态调节阈值，结合物料平衡模型与流量补偿算法，通过调节进出料阀门的开度实现液位精准闭环控制。系统采用多探头冗余布局与交叉校验机制确保测量可靠性，当检测到液位突变或持续偏离安全区间时，自动触发梯度分级报警并联动紧急切断装置。智能诊断模块通过分析液位波动特征识别仪表漂移或管路堵塞等异常，同步启动在线校准程序修正测量偏差，确保装置在复杂工况下的液位稳定与安全运行^[5]。

4 石油化工仪表中自动化控制技术的应用要点

4.1 石油化工仪表故障预防

自动化控制技术的应用关键在于依托智能监测与诊断系统构建预防性维护框架，重点通过实时数据采集与异常预警机制主动识别潜在故障风险。系统集成

传感器多维监测、信号分析算法及冗余容错设计,对仪表工作状态进行连续跟踪与健康度评估,借助智能诊断模型提前发现参数漂移、信号失真或硬件劣化迹象。自动化控制平台通过标准化自检流程、自适应校准功能及模块化组件替换策略,降低因环境干扰或器件老化引发的突发性故障概率,同时结合历史数据挖掘优化维护周期,显著提升仪表系统的稳定性和可靠性,从源头预防非计划停机风险。

4.2 石油化工仪表现场维护

石油化工仪表自动化控制技术的应用要点聚焦于构建多层次故障预防体系,通过智能感知、实时分析与动态反馈机制实现风险前置管控。系统利用高精度传感器与智能算法对仪表运行参数进行持续监测,依托数据融合技术识别异常波动或偏差趋势,结合预设阈值与智能诊断模型提前触发预警信号。自动化控制平台通过冗余备份设计、自适应校准功能及标准化自检程序,有效抵御环境干扰与元件老化影响,同时借助故障树分析与全生命周期管理策略优化维护方案,在确保仪表精度的基础上显著降低突发性故障风险,为装置连续稳定运行提供技术支撑。

4.3 优化石油化工仪表维护方式

石油化工通过实时状态监测与预测性诊断技术推动传统维护模式向主动式、精细化方向升级。系统依托高精度传感网络与数据融合分析,持续追踪仪表运行特征,利用智能算法识别性能衰减规律与隐性故障征兆,结合设备健康度评估模型动态生成维护建议。自动化控制平台通过远程诊断、自校准功能及模块化设计简化维护流程,支持在线参数调整与部件快速更换,降低停机维护需求。同时,基于机器学习的历史数据挖掘能力持续优化维护周期与资源配置策略,在提升维护效率的同时有效延长仪表使用寿命,实现全生命周期运维成本的科学管控^[6]。

4.4 建立仪表自动化管理系统

自动化管理系统的核心在于构建集成化、标准化的智能管控平台,通过统一的数据中枢实现仪表全生命周期管理。系统整合实时监测、智能诊断与维护决策功能,运用多源数据融合技术对仪表运行状态进行动态追踪,结合预设规则库与机器学习算法自动识别性能偏差及潜在风险。平台通过模块化架构设计适配不同工艺需求,支持远程校准、参数优化及故障自诊断,同时建立标准化操作流程与预警响应机制,实现设备维护从被动处置向主动预防的转变。借助自动化控制技术的协同作用,系统强化了仪表运行稳定性与维护时效性,通过持续优化的闭环管理模式推动管理效率与安全水平的整体提升^[7]。

4.5 加强安全保障系统的建设

首先,基于高精度传感网络与实时数据分析技术,系统对仪表运行状态进行全方位监测,通过智能诊断算法识别潜在风险特征,依托风险预警模型实现异常工况的早期发现与分级预警。其次,安全控制模块采用冗余设计策略与故障安全导向原则,结合安全联锁逻辑与应急切换功能,确保关键参数超标时自动触发保护机制。同时,通过建立故障隔离区与自愈控制算法,最大限度限制异常扩散范围,辅以动态安全评估模型持续优化防护阈值设定,形成“监测-预警-处置-反馈”的全流程闭环管理,有效提升仪表系统抗干扰能力与故障容错水平,为装置本质安全提供技术保障^[8]。

5 结束语

综上所述,石油化工行业中自动化控制技术的深化应用,标志着生产过程向智能化管控的实质性跨越。通过集成高精度传感装置与智能算法,系统实现了温度、压力、液位等核心参数的实时感知与自主调节,构建起覆盖全流程的动态响应机制。在经济层面,该技术体系通过优化资源配置降低能耗物耗,减少非计划停车带来的经济损失,同时有效规避人工操作偏差引发的安全环保风险。整体来说,自动化控制技术在提升装置本质安全水平的同时,形成具有持续竞争力的生产运营体系,为行业智能化升级提供了可靠支撑。

参考文献:

- [1] 王子才. 石油化工仪表中的自动化控制技术[J]. 化工设计通讯, 2023, 49(06): 29-31.
- [2] 李秋香, 孔令涛. 国内自动化控制技术在石油化工仪表中的运用[J]. 石化技术, 2023, 30(08): 13-15.
- [3] 梁博, 王晓萍. 化工企业电气仪表自动化控制技术的运用[J]. 化工管理, 2024, 13(05): 57-59.
- [4] 葛飞, 刘永志. 石化行业仪器仪表自动化控制技术应用浅析[J]. 仪器仪表用户, 2023, 30(03): 102-104+112.
- [5] 纪红霞, 张永辉. 仪表自动化在石油化工行业的应用[J]. 石油化工建设, 2022, 44(01): 124-126.
- [6] 曹石婧. 石油化工仪表自动化控制系统的相关讨论[J]. 中国设备工程, 2022, 25(14): 129-131.
- [7] 赵晓娟, 祁超. 自动化控制技术在石油化工仪表中的运用[J]. 化工设计通讯, 2022, 48(10): 82-84.
- [8] 李小军. 石油化工自动化检测仪表控制研讨[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44(22): 49-51.

作者简介:

郝成立(1970-), 男, 汉族, 河北安国人, 大学本科, 高级工程师, 研究方向: 石油化工行业仪表自动化。