

Research on the Application of Automatic Control Instruments in Chemical Project Construction

Weimin Hou

Shaanxi Guoneng Yulin Chemical Co., Ltd., Yulin, Shaanxi, 719000, China

Abstract

As the chemical industry transforms towards intelligence and high efficiency, automatic control instruments, serving as the core monitoring and control equipment in the production process, have their application level directly influencing the efficiency and safety of project construction. Traditional chemical production relies on manual operations, which are plagued by issues such as low efficiency, large errors, and high safety risks. In contrast, automatic control instruments, through the integration of sensors, microprocessors, and communication technologies, achieve real-time monitoring and precise regulation of key parameters like temperature, pressure, flow rate, and material level. In recent years, the fusion of computer programming technology, fieldbus technology, and embedded systems has further propelled automatic control instruments towards intelligence and networking, enabling them to undertake core functions in chemical project construction, such as optimizing process flows, reducing energy consumption, and preventing accidents. This paper focuses on the technical principles, functional implementations, and application effects of automatic control instruments in chemical project construction.

Keywords

Automatic control instruments; Chemical project construction; Intelligent control; Fieldbus technology; Safety optimization

自控仪表在化工项目建设中的应用研究

侯卫民

陕西省国能榆林化工有限公司, 中国·陕西 榆林 719000

摘要

随着化工行业向智能化、高效化方向转型, 自控仪表作为生产过程的核心监测与控制设备, 其应用水平直接影响项目建设的效率与安全性。传统化工生产依赖人工操作, 存在效率低、误差大、安全风险高等问题, 而自控仪表通过集成传感器、微处理器及通信技术, 实现了对温度、压力、流量、物位等关键参数的实时监测与精准调控。近年来, 计算机编程技术、现场总线技术及嵌入式系统的融合, 进一步推动了自控仪表向智能化、网络化发展, 使其在化工项目建设中承担起优化工艺流程、降低能耗、预防事故的核心功能。本文聚焦自控仪表在化工项目建设中的技术原理、功能实现及应用效果。

关键词

自控仪表; 化工项目建设; 智能化控制; 现场总线技术; 安全优化

1 自控仪表的技术原理与功能升级

自控仪表的核心功能源于传感器与微处理器的协同作用。传感器负责将温度、压力等物理量转化为电信号, 微处理器通过预设程序对信号进行分析处理, 最终输出控制指令。这一过程实现了从数据采集到决策执行的闭环控制, 显著提升了生产过程的精准性。

1.1 编程功能与硬件简化

计算机编程技术的引入为自控仪表赋予了可编程能力, 使其从依赖硬件逻辑电路的传统模式转向软件定义控制规则的灵活架构。传统仪表的控制功能通常通过固定电路实

现, 硬件结构复杂且功能单一, 修改控制逻辑需重新设计电路, 成本高且周期长。而编程技术的融入使仪表可通过软件编程调整测量范围、响应速度及控制策略, 显著简化了硬件结构。例如, 温度控制仪表通过编程可动态设定温度阈值, 根据不同工艺需求切换控制模式(如PID控制或模糊控制), 无需更换硬件即可适应多样化生产场景。^[1] 这种灵活性不仅降低了设备复杂度, 还减少了硬件故障点, 维护成本随之下降。

编程功能的实现依赖于微处理器与存储器的协同工作。微处理器执行预设程序, 对传感器采集的电信号进行运算处理, 生成控制指令; 存储器则保存控制算法、参数阈值及历史数据, 支持仪表的动态调整与自学习。例如, 压力控制仪表可通过编程设定多级压力报警值, 当压力接近临界点时, 系统自动切换至更精细的控制模式, 避免超压风险。此外,

【作者简介】侯卫民(1982-), 男, 本科, 工程师, 从事仪表自动化研究。

编程技术使仪表具备自诊断功能，可实时检测硬件状态，如传感器漂移或电路故障，并通过程序触发预警机制，减少非计划停机。

硬件简化还体现在模块化设计上。编程技术允许将控制功能分解为独立模块，每个模块通过软件定义输入输出关系，硬件仅提供基础接口。^[2]例如，流量控制仪表的硬件可统一为通用传感器接口与执行器驱动电路，控制逻辑通过软件配置实现不同流量范围的调节。这种设计降低了硬件开发成本，同时提升了仪表的通用性，同一型号仪表可通过编程适配多种工艺流程，缩短了项目交付周期。

1.2 智能化与数据处理能力

嵌入式系统与微处理器的结合推动了自控仪表向智能化方向发展，使其从单一参数监测工具升级为具备数据分析和决策能力的智能终端。传统仪表仅能实时显示测量值，而智能化仪表可通过内置算法对数据进行深度处理，包括非线性校正、温度压力补偿及故障诊断。例如，物位仪表在测量液体高度时，需考虑介质密度变化对测量结果的影响，智能化仪表可通过温度传感器数据自动修正密度值，消除环境因素导致的误差，提升测量精度。

数据处理能力的核心在于算法优化。微处理器运行复杂的数学模型，对传感器采集的原始数据进行滤波、拟合及补偿。例如，压力仪表在高温环境下测量时，传感器输出信号可能因温度漂移产生偏差，智能化仪表通过温度补偿算法实时修正压力值，确保数据准确性。此外，故障诊断算法可分析数据波动模式，识别传感器故障或工艺异常。例如，流量仪表若检测到流量值突然归零，而上下游压力正常，系统可判断为传感器堵塞或线路故障，而非工艺停机，从而指导维护人员快速定位问题。

智能化仪表还具备自适应控制能力。通过内置的自学习算法，仪表可根据历史数据优化控制参数。这种自适应能力使仪表能动态适应工艺变化，减少人工干预需求。例如，在化工反应釜中，智能化温度仪表可根据反应物浓度变化自动调整加热功率，维持最佳反应温度，避免因温度波动导致产品质量下降。

1.3 通信技术与网络集成

现场总线技术的普及使自控仪表成为工业互联网的基础节点，通过标准化协议实现与 DCS、PLC 等控制系统的实时通信。传统仪表采用点对点接线方式，数据传输延迟高且布线复杂，而现场总线技术（如 FF 总线、Profibus）通过单根电缆连接多台仪表，支持双向数据传输与设备互操作。^[3]这种网络化架构减少了布线成本，提升了系统可扩展性。

通信技术的核心优势在于数据共享与远程调控。仪表采集的参数可同时传输至多个控制系统，实现集中监控与分散控制。例如，温度仪表的数据可被 DCS 用于工艺优化，同时被 PLC 用于安全连锁，避免数据孤岛。此外，远程调控功能使操作人员可在控制室调整仪表参数，无需现场

操作。

网络集成还提升了系统响应速度。现场总线技术支持高速数据传输，仪表可即时反馈参数变化，控制系统据此快速调整执行机构。例如，压力仪表检测到管道压力突增时，通过总线将数据传输至 DCS，DCS 在毫秒级时间内发出指令，关闭进料阀门并启动泄压装置，防止超压事故。这种实时性使化工生产能快速应对工艺波动，保障系统安全稳定运行。此外，网络化架构支持设备状态监测，通过分析仪表通信数据可预测设备故障，提前安排维护，减少非计划停机。

2 自控仪表在化工项目建设中的核心应用

2.1 工艺参数精准控制

化工生产过程中，温度、压力、流量等工艺参数的稳定性直接影响产品质量与生产效率。自控仪表通过高精度传感器与闭环控制算法的协同作用，实现了对核心参数的实时监测与动态调节。传感器作为数据采集的前端，能够将物理量转化为电信号，其精度直接决定了控制系统的输入质量。例如，温度传感器采用热电偶或热电阻技术，可在高温、腐蚀等恶劣环境下持续工作，确保温度数据的准确性；压力传感器则通过压阻效应或压电效应，将压力变化转化为可测量的电信号，为压力控制提供可靠依据。

闭环控制算法是自控仪表实现精准控制的核心。微处理器接收传感器采集的数据后，通过预设的控制逻辑（如 PID 控制）进行运算，生成调节指令并驱动执行机构（如调节阀、加热器）动作。PID 控制算法通过比例、积分、微分三个环节的协同作用，能够快速响应参数波动并消除稳态误差。例如，在聚合反应中，温度的微小变化可能导致反应速率急剧变化，进而影响分子量分布。温度仪表通过 PID 算法实时调整加热功率，使釜内温度稳定在设定值附近，避免因温度超调或欠调导致产品质量波动。

参数控制的精准性还体现在多参数协同调节上。化工生产中，各参数之间存在复杂的耦合关系，单一参数的控制可能引发其他参数的波动。自控仪表通过多变量控制算法，能够同时处理多个参数的交互影响。这种多参数协同控制能力显著提升了工艺的稳定性与产品的一致性。

2.2 安全风险防控

化工项目建设中，安全风险防控是自控仪表的核心功能之一。自控仪表通过实时监测与预警机制，构建了覆盖生产全流程的安全防护体系。压力仪表作为安全监控的关键设备，能够连续检测管道、反应釜等设备的压力变化。当压力超过设定阈值时，压力仪表立即触发报警信号，并通过联锁装置关闭进料阀门或启动泄压装置，防止超压引发的爆炸或泄漏事故。

流量仪表在安全防护中同样发挥重要作用。通过监测介质流量，流量仪表能够识别管道堵塞、泄漏等异常工况。^[4]例如，当管道流量突然归零而上下游压力正常时，系统可判

断为管道堵塞；若流量持续异常波动，则可能为介质泄漏。流量仪表将异常数据上传至控制系统，触发应急流程，如关闭相关阀门、启动备用泵或通知操作人员排查故障，避免事故扩大。

物位仪表的安全功能主要体现在储罐与反应釜的液位控制上。通过实时监测液位高度，物位仪表能够防止因液位过高导致的满溢或因液位过低引发的空转风险。例如，在储罐区，物位仪表设定上下阈值，当液位接近上限时自动触发报警并停止进料；当液位低于下限时，系统禁止出料并提示补充原料。这种双重保护机制有效避免了因液位失控引发的安全事故。

2.3 能效优化与资源管理

化工项目建设中，能效优化与资源管理是降低运营成本、提升竞争力的关键。自控仪表通过数据采集与分析，实现了对能源与原料的精细化管理。流量仪表在能源监测中发挥核心作用，能够实时记录蒸汽、冷却水等能源介质的消耗量。结合温度、压力等参数，流量仪表可分析能源使用效率，识别无效能耗环节。例如，在加热系统中，流量仪表监测蒸汽流量，温度仪表监测被加热介质的温度，系统通过计算热效率，调整蒸汽供应量，避免因过量供汽导致的能源浪费。

物位仪表在原料管理中同样重要。通过精确监测储罐与反应釜的液位，物位仪表能够控制原料投加量，避免因投加过多导致的原料浪费或因投加不足引发的生产中断。例如，在连续化生产中，物位仪表与进料泵联动，当液位低于设定值时自动启动进料，高于设定值时停止进料，确保原料供应与生产需求精准匹配。这种按需投加模式减少了原料库存积压，降低了仓储成本。

数据驱动的能效优化还体现在工艺参数的动态调整上。自控仪表采集的工艺数据可上传至数据分析平台，通过算法

模型挖掘节能潜力。例如，系统分析历史数据发现，在特定工况下降低反应温度可减少蒸汽消耗，同时不影响产品质量。据此，自控系统调整温度设定值，实现能源消耗与生产效益的平衡。^[5]此外，数据平台还可预测设备能效衰减趋势，指导预防性维护，避免因设备故障导致的能源浪费。

资源管理的精细化还延伸至废水、废气等副产物的处理。流量仪表监测排放流量，结合成分分析仪表的数据，系统可优化处理工艺，减少处理剂用量。例如，在废水处理中，流量仪表与 pH 值仪表联动，根据废水流量与酸碱度动态调整中和剂投加量，降低处理成本。这种全流程的资源管理使化工项目在提升产量的同时，实现了能源与原料的高效利用。

3 结语

自控仪表在化工项目建设中的应用，已从单一参数监测发展为覆盖全流程的智能化控制系统。其通过技术升级不断拓展功能边界，成为提升生产效率、保障安全、优化资源的关键工具。随着人工智能、5G 等技术的融合，自控仪表将进一步推动化工行业向数字化、绿色化转型。

参考文献

- [1] 周富,何欢欢. 自控仪表在化工项目建设中的应用实践[J].中国氯碱,2024,(11):33-36.
- [2] 延海波. 化工装置自控仪表安装调试过程的质量把控[J].化工管理,2021,(33):180-181.
- [3] 刘鹏,闫鑫. 浅析化工项目自控仪表引压管的施工要点[J].化工管理,2018,(09):205.
- [4] 刘芬,阳天海. 化工项目自控仪表的施工要点分析[J].化学工程与装备,2017,(06):178-179.
- [5] 贾宇. 浅析化工项目自控仪表的施工要点[J].化工管理,2015,(17):86-87.