

智能化仪表在工业过程精准测控中的应用与优化

张嘉庆

宁夏源众人力资源服务有限公司 宁夏 银川 750000

【摘要】：智能化仪表作为工业自动化系统的重要组成部分，在工业过程精准测控中承担关键功能。传统测控方式在精度稳定性、数据实时处理及系统协同方面存在不足，制约了工业生产质量与效率的提升。依托数字传感技术、嵌入式处理技术与网络通信技术，智能化仪表实现了测量数据的高精度采集、在线补偿与自诊断管理，增强了过程控制的实时性与可靠性。在系统层面，通过优化仪表选型配置、完善数据融合算法与强化远程监测机制，可提升整体测控系统的协同性与稳定性。实践表明，合理应用与持续优化智能化仪表技术，有助于构建高精度、高稳定性的工业过程控制体系，为工业生产的精细化管理提供技术支撑。

【关键词】：智能化仪表；工业过程控制；精准测控；系统优化；数据融合

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.071

1 工业过程精准测控中的关键问题分析

工业过程精准测控体系建立在高精度测量、稳定信号传输与高效控制执行的基础之上，但在实际运行环境中，测控精度往往受到多种因素制约。工业现场存在高温、高压、强电磁干扰及粉尘腐蚀等复杂工况，传感元件在长期运行中易出现零点漂移、灵敏度衰减和响应迟滞，导致采集数据偏离真实工艺参数。部分传统仪表仍以模拟量输出为主，抗干扰能力有限，信号在远距离传输过程中易产生衰减与失真，影响控制系统的判断准确性。

从系统结构层面看，测量环节与控制环节之间的耦合度不足，也会削弱精准测控效果。部分生产装置在设计阶段未充分考虑数据采集频率与控制周期的匹配关系，造成控制指令滞后或过度调节，系统出现振荡与波动^[1]。复杂工业流程涉及多变量耦合控制，变量之间存在非线性与时变特性，若缺乏有效的数据融合与动态补偿机制，单一参数的精确测量难以保证整体控制品质。

在数据处理方面，海量实时数据的快速解析与有效利用成为影响精准测控的重要因素。若数据采集系统缺乏边缘计算能力，大量原始信号需传输至上位系统进行处理，容易形成通信负荷过重与响应延迟的问题。与此同时，异常数据识别与故障预警机制不完善，会使测量误差在系统中累积放大，进一步影响控制精度。运维管理水平同样直接关系到测控系统的稳定运行。部分装置未建立完善的在线校准与状态监测机制，仪表老化或性能下降难以及时发现，导致参数偏差长期存在。工业生产对产品质量与能耗指标的要求不断提高，若测控系统无法保持高精度与高稳定性，将难以满足精细化生产与节能降耗的技术标准。

2 智能化仪表在精准测控中的应用与优化路径

在工业过程精准测控体系构建中，智能化仪表的引入改变了传统单一测量与被动控制模式，使测量、计算与控制功能实现高度集成。依托高精度数字传感元件与嵌入式微处理器，智能化仪表能够对压力、温度、流量、液位等关键工艺参数进行多维度采集，并通过内置算法完成非线性补偿、温度漂移修正与动态滤波处理，显著提升测量数据的真实性与稳定性。数字信号输出替代传统模拟量传输，有效降低电磁干扰带来的误差积累，使数据在工业现场总线或以太网环境中保持完整性与一致性。

在控制层面，智能化仪表具备自诊断与自校准能力，通过对传感器状态、供电状况及信号波动进行实时监测，能够识别异常波形与潜在故障点，减少人为巡检频次。结合分布式控制系统与可编程逻辑控制器，仪表可将处理后的高质量数据直接参与闭环控制运算，优化比例积分微分控制参数设定，提高系统响应速度与调节精度。针对多变量耦合过程，智能化仪表支持多参数协同测量与数据融合运算，为先进控制策略提供可靠输入，实现对复杂工艺环节的精细调节。

在数据管理方面，嵌入式边缘计算技术为精准测控提供新的优化方向。智能化仪表在本地完成初级数据分析与异常筛选，减轻上位机系统的数据处理压力，同时缩短控制链路时延^[2]。通过引入卡尔曼滤波算法、模糊控制算法及自适应补偿模型，可对波动信号进行动态修正，提高对突发工况变化的响应能力。数据通信采用标准化协议，实现与制造执行系统和能源管理系统的互联互通，形成覆盖现场层、控制层与管理层的完整信息链路。

在系统优化层面，仪表选型与布置策略直接影响

测控效果。依据工艺流程特性进行精度等级匹配与量程合理配置,有助于降低测量误差范围。关键测点采用冗余设计与双回路结构,可增强系统可靠性。通过建立在线标定平台与远程参数调整机制,运行人员能够对仪表性能进行实时评估与修正,维持长期稳定的测量精度。智能化仪表支持历史数据追溯与趋势分析,为工艺参数优化提供数据支撑。

运维管理的数字化转型同样构成优化路径的重要内容。借助状态监测模块与故障预测模型,可实现基于数据的预防性维护,避免因设备异常引发控制精度下降。通过构建统一的资产管理平台,对仪表运行状态、校准周期与故障记录进行集中管理,有助于提高系统运行透明度与维护效率。智能化仪表在精准测控体系中的深度应用与持续优化,使工业过程控制由经验型调节逐步转向数据驱动型调节,强化了生产过程的稳定性与可控性。

3 智能化仪表提升工业过程测控精度的综合成效

智能化仪表在工业过程测控系统中的深入部署,使测量精度、控制品质与系统稳定性得到系统性提升。高分辨率传感单元配合数字信号处理模块,可实现对微小变化量的精确捕捉,显著降低量化误差与随机误差对测量结果的影响。通过多点温度补偿与线性化运算,仪表输出数据在不同工况条件下保持一致性,减少环境因素对测量准确度的干扰。高精度数据进入控制系统后,为控制模型提供可靠输入基础,使调节算法能够更准确地计算控制量,减小设定值与实际值之间的偏差。

在动态控制性能方面,智能化仪表对实时数据的快速处理能力提升了系统的响应速度。采样周期与控制周期的匹配更加合理,减少控制滞后带来的超调与

振荡现象^[3]。对于存在大惯性与时滞特性的工业对象,通过连续数据反馈与自适应修正机制,系统能够维持稳定的闭环运行状态,提升调节平稳度。控制精度的提高直接改善了产品质量波动范围,使关键工艺参数维持在更窄的允许区间内,增强生产过程的可重复性。

在系统可靠性层面,智能化仪表具备故障诊断与状态评估功能,对传感器异常、信号中断及供电波动进行实时识别,并将报警信息传输至监控平台。运行人员能够依据诊断数据进行针对性处理,避免误差长期积累对测控精度造成影响。冗余测量结构与自检机制相结合,提高系统的容错能力,保证关键控制环节在异常情况下仍能维持基本运行精度。

能源利用效率与资源配置水平也因测控精度提升而得到改善。高精度流量与压力控制有助于降低过量供给现象,减少能耗损失。温度与液位控制更加精准,可优化反应条件与物料配比,提高原材料利用率。数据长期积累形成完整的运行曲线,为工艺参数优化与能效分析提供依据,使生产过程向精细化与稳定化方向发展。智能化仪表在工业现场构建起以高精度数据为核心的控制体系,使测量与控制环节形成良性循环,持续强化工业过程的运行质量与技术水平。

4 结语

智能化仪表在工业过程精准测控体系中构建起高精度数据采集与高稳定性控制运行机制,强化了测量准确度与系统协同能力。借助数字处理、自诊断与数据融合技术,工业装置运行状态更加可控,参数波动范围明显收敛,生产质量与能效水平得到稳步提升,为工业控制系统向精细化与数字化方向发展奠定坚实基础。

参考文献:

- [1] 李智,陈保国,陈钰,孔陶茹.智能化控制技术及工业机器人对造纸过程节能减排的影响研究[J].造纸科学与技术,2025,44(9):39-42.
- [2] 郑连山.工业控制过程中电气及自动化仪表的优化设计[J].中国高新科技,2025(19):19-21.
- [3] 殷小波,尹旭.智能化仪表在化工过程控制的应用[J].化工管理,2021(17):131-132.