

# 智能仪表在工业过程自动控制中的可靠性研究

张 茹

宁夏源众人力资源服务有限公司 宁夏 银川 750000

**【摘要】**：智能仪表作为工业过程自动控制系统的重要组成部分，其运行可靠性直接关系到生产系统的稳定性与安全性。在复杂工况、高负荷运行及电磁干扰等因素影响下，仪表易出现测量偏差、通信异常与功能失效等问题，进而影响控制精度与系统协调性。围绕可靠性提升目标，从结构设计优化、硬件抗干扰能力增强、软件算法完善以及故障诊断机制构建等方面展开分析，结合运行维护与管理制度的协同改进，形成系统化保障路径。通过多层次技术措施与规范化管理手段的融合应用，可有效降低故障发生概率，提升数据准确性与响应稳定性，从而增强工业过程自动控制系统的整体运行质量与安全水平。

**【关键词】**：智能仪表；工业自动控制；可靠性；故障诊断；系统稳定性

DOI:10.12417/2811-0536.26.05.089

## 1 工业过程自动控制中智能仪表的可靠性问题分析

工业过程自动控制系统对数据精度与响应时效具有高度依赖，智能仪表作为现场感知与信息转换的关键节点，其可靠性问题往往源于复杂工况与系统耦合环境的长期叠加影响。高温、高压、强腐蚀介质以及持续振动等工艺条件，会对传感元件的灵敏度与稳定性产生持续扰动，导致测量漂移与零点偏移现象累积，削弱信号真实性。电磁干扰与谐波污染也可能通过供电线路与通信通道进入仪表内部电路，造成模数转换误差与数据采集异常，影响控制指令的准确传递。

在系统集成层面，智能仪表通常通过现场总线或工业以太网接入控制网络，通信协议兼容性不足或网络负载过高，会引发数据丢包与时延波动，降低控制回路的实时性<sup>[1]</sup>。部分仪表内部嵌入式软件结构复杂，算法冗余度不足或异常处理机制不完善时，容易在突发工况下产生逻辑紊乱，影响输出稳定性。电源模块老化、元器件参数衰减以及接插件接触不良等硬件隐患，也会在长期运行中逐步显现，形成潜在故障源。

运行管理环节对可靠性表现具有直接影响。安装位置选择不当、接地系统设计缺陷、屏蔽措施不到位，均可能放大外部干扰效应。维护周期安排不合理或缺乏在线诊断手段，会使微小偏差长期积累，最终演变为系统性失效。数据校准不及时与参数设置误差，还可能导致控制模型偏离实际工况，加剧系统波动。多因素交织作用下，智能仪表的可靠性问题呈现出隐蔽性与耦合性特征，对工业过程自动控制系统形成持续压力。

## 2 智能仪表可靠性提升的技术与管理路径

智能仪表可靠性提升的技术与管理路径需要在系统设计、功能实现与运行维护多个层面协同推进。面

向复杂工业现场环境，在硬件结构设计阶段应强化环境适应能力，通过选用高稳定度传感元件、宽温区电子组件以及耐腐蚀封装材料，提高仪表在高温、高湿及粉尘条件下的长期稳定性。关键测量模块可采用冗余结构或双通道采集方案，配合故障安全型设计理念，使系统在单点失效情况下仍能维持基本功能。电源部分引入稳压滤波电路与浪涌抑制装置，增强抗瞬态冲击能力，减少电压波动对测量精度的干扰。

信号处理与软件层面的优化同样构成可靠性提升的重要基础。通过引入数字滤波算法、自适应补偿模型与非线性校正技术，可有效抑制噪声干扰并修正测量误差。嵌入式程序架构应强化异常捕获与自恢复机制，在检测到数据越限或通信异常时自动执行重启与重构操作，避免系统停滞。数据采集模块与控制系统之间的接口设计需遵循统一通信标准，完善报文校验与时间戳同步机制，以提升数据一致性与传输完整性。利用在线自诊断功能对关键部件进行实时监测，通过状态参数变化趋势判断潜在故障，为预测性维护提供依据。

系统集成层面应构建多层级防护体系。现场仪表安装过程中加强接地系统设计，实施等电位连接与屏蔽布线措施，降低电磁干扰耦合效应。对控制网络实施分段管理与带宽优化，合理配置交换设备与冗余链路，提升通信稳定性<sup>[2]</sup>。关键测点可结合冗余传感器与交叉比对策略，形成多源数据验证机制，提高控制决策的可靠基础。对控制逻辑进行容错设计，通过设定合理的限幅参数与保护阈值，防止异常信号直接影响执行机构动作。

管理路径的完善为技术措施提供持续保障。建立规范化设备台账与全生命周期管理制度，对仪表选型、安装、调试、运行及退役全过程进行记录与评估。根

据工艺特点制定分级维护计划，引入定期校准与在线标定流程，确保测量精度处于允许误差范围内。借助工业大数据平台对历史运行数据进行统计分析，识别故障高发区域与薄弱环节，为改进措施提供量化依据。技术人员培训体系也应纳入可靠性建设框架，通过强化操作规范与故障处理流程，提高现场应急响应能力。

质量控制机制在可靠性管理中占据重要地位。对采购环节实施供应商评估与入厂检验，保证关键元器件性能符合技术标准。运行阶段建立故障反馈与闭环改进机制，将现场问题及时转化为设计优化方案，促进持续改进。通过技术优化与管理规范的协同推进，智能仪表在工业过程自动控制中的运行稳定性与数据可信度得以系统性增强，为控制系统提供坚实支撑。

### 3 可靠性优化对自动控制系统稳定运行的支撑机制

可靠性优化对自动控制系统稳定运行的支撑机制体现在测量链路、控制决策与执行反馈等多个环节的协同增强。工业过程自动控制系统依赖闭环控制结构实现对温度、压力、流量与液位等关键参数的动态调节，智能仪表作为信号采集端，其数据稳定性直接决定控制模型的运算基础。通过提高测量重复精度与长期漂移控制能力，控制器能够获得连续、可信的数据输入，PID调节或模型预测控制算法得以在准确边界条件下运行，避免因输入误差放大而产生振荡与超调现象。

在信号传输与处理层面，可靠性优化保障了数据链路的实时性与完整性。通信冗余结构与错误校验机制的完善，使控制系统在局部网络波动情况下仍能维持信息交互连续性，减少采样周期延迟对控制节拍的干扰。时间同步精度的提升有助于多变量控制系统实现协同调节，防止不同测点数据失配造成逻辑冲突。

#### 参考文献:

- [1] 韩玉麟.智能控制技术在工业自动化系统中的发展与应用研究[J].中国设备工程,2025(16):47-49.
- [2] 查东琼,叶元.智能控制技术在工业自动化中的应用研究[J].新潮电子,2025(6):58-60.
- [3] 郝翠霞.工业自动化智能控制系统的动态自适应优化策略[J].移动信息,2025,47(9):403-405.

对异常数据实施智能识别与滤除策略，可以避免瞬时干扰信号进入控制算法，从源头上抑制误动作的发生。

执行层面同样受益于仪表可靠性提升。高可信度测量结果为执行机构提供明确的调节依据，使调节阀、电机与变频装置在合理区间内动作，降低频繁启停带来的机械磨损与能耗波动<sup>[3]</sup>。系统在面对负荷变化或工艺波动时，能够依托稳定的数据反馈维持控制平衡，保证工艺参数处于设定值附近。可靠性优化还强化了故障隔离能力，当局部仪表出现异常时，冗余通道与容错逻辑可自动切换至备用路径，维持生产连续性。

从系统安全角度观察，智能仪表的稳定运行为联锁保护与安全仪表系统提供准确触发条件。安全回路对响应时间与触发精度具有严格要求，数据失真或延迟会削弱保护效果。通过提升硬件抗干扰能力与软件自检机制，安全信号的判定更加准确，紧急停机或限值控制能够在合理时间内执行，降低事故风险。过程数据的长期稳定记录还为工艺优化与故障溯源提供基础支撑，使控制策略调整建立在真实运行状态之上。多层次可靠性优化构建起由数据采集、信息传输、控制运算到执行反馈的完整支撑链路，使自动控制系统在复杂工况下保持稳定节奏与协调运行，保障工业生产过程连续性与控制精度。

### 4 结语

智能仪表可靠性水平直接影响工业过程自动控制系统的运行质量与安全程度。依托结构优化、算法完善与规范化管理措施，测量精度与系统稳定性得到持续提升，数据传输与控制执行保持协调状态。可靠性优化机制的完善，为工业生产连续运行与精细化控制提供坚实保障。