

工业自动化中热控仪表机电系统的智能化升级路径

牛银川

浙江山鹰纸业有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i6.8091

[摘要] 工业自动化领域中，热控仪表机电系统作为关键控制设备，其测量精度、运行稳定性与动态响应能力直接决定工业生产的能效水平与产品合格率。当前制造业智能化升级背景下，推进该系统的智能化改造已成为行业技术革新的重要发展方向。基于此，本文主要论述了热控仪表机电系统智能化升级的核心目标和关键技术，并给出了有效升级路径，为构建新一代工业设备智能管理体系提供方法论指导与实施框架。

[关键词] 工业自动化；热控仪表机电系统；智能化升级

Intelligent upgrading path of thermal control instrument electromechanical system in industrial automation

Niu Yinchuan

Zhejiang Shan Ying Paper Co., LTD.

[Abstract] In the field of industrial automation, thermal control instrument electromechanical systems, as key control devices, directly determine the energy efficiency and product qualification rate of industrial production through their measurement accuracy, operational stability, and dynamic response capabilities. Under the current context of intelligent upgrading in manufacturing, promoting the intelligent transformation of these systems has become an important direction for technological innovation in the industry. Based on this, this paper mainly discusses the core objectives and key technologies of intelligent upgrading of thermal control instrument electromechanical systems, and provides effective upgrade paths to offer methodological guidance and implementation frameworks for building a new generation of intelligent management systems for industrial equipment.

[Key words] industrial automation; thermal control instrument electromechanical system; intelligent upgrading

工业自动化领域正处于以数字化和智能化为主导的技术变革进程中，热控仪表机电系统作为支撑工业生产体系的核心功能组件，其技术性能提升已成为优化制造效能和强化能源调控的关键突破口。针对现有系统普遍存在的异构数据壁垒、动态响应延迟及运维经济性不足等共性难题，亟需通过构建融合自主感知与智能决策的集成化系统实现技术跨越。

一、热控仪表机电系统的智能化升级的核心目标

工业自动化领域热控仪表机电系统的智能化改造致力于集成前沿技术实现系统性能的整体跃升。其核心目标首要在于强化设备运行的持续性与安全系数，采用人工智能算法对装置工况进行动态追踪与缺陷识别，依托自主校正功能消除传统人工维护的时效延迟，系统化降低机械失效或参数失调导致的意外停机风险。同步推进能源管理精细化进程，通过构建多变量耦合能效分析模型，整合动态负荷特性分析与智能调节机制，

重构热能传输路径与供给模式，在保障生产质量刚性要求的同时达成能源转化效率的突破性提升，大幅压缩单位产品的综合能耗指标。技术升级过程中采用高密度传感阵列与分布式控制单元的联动架构，将热力参数的控制响应速度提升至微秒量级，并依托深度强化学习算法实现控制逻辑的迭代进化，保障制造过程始终处于效能峰值区域，全面提升产线运行速率与制品质量稳定性。在安全防护维度创新性建立失效模式知识图谱与态势感知系统，形成针对设备劣化、工艺偏移及工况扰动等多维度风险的全域防护网络。

二、热控仪表机电系统智能化升级的关键技术

（一）传感器技术

工业自动化中热控仪表机电系统的智能化升级高度依赖传感器技术的创新与应用，其通过精准采集温度、压力、流量等核心参数构建数据感知层，为智能决策提供基础支撑。高精度传感器采用微机电系统与纳米材料技术，显著提升测量分辨率与长期稳定性，确保复杂工况下数据采集的真实性与连续性。无线传感器网络通过低功耗通信协议与自组网技术，实现分布式节点的无缝连接，降低传统布线成本的同时增强系统灵活性与扩展性，尤其在高温、高湿等恶劣环境中表现出强抗干扰能力。光纤传感器凭借其本质防爆、耐腐蚀特性，在易燃易爆或强电磁干扰场景中替代传统电子传感器，利用光信号调制原理实现高灵敏度测量，并可通过复用技术构建多参数集成监测体系。智能传感器集成边缘计算模块，在数据采集端完成初步滤波、特征提取与异常诊断，结合自校准算法动态修正漂移误差，有效提升原始数据质量并降低云端处理负荷。多模态传感器融合技术通过时间同步与空间配准方法整合多源异构数据，为精准控温提供多维信息支撑。

（二）通信技术

工业自动化中热控仪表机电系统的智能化升级依赖通信技术构建高效可靠的数据传输网络，通过有线与无线技术融合实现设备层、控制层与管理层间的实时信息交互。工业以太网采用时间敏感网络（TSN）与确定性通信协议，确保温度、压力等关键参数的毫秒级同步传输，同时支持多协议兼容与高带宽需求，为复杂控制逻辑提供稳定通道。无线通信技术集成 5G 高传输速率与低时延特性，结合广域覆盖方案，实现远程设备集群的动态接入与数据回传，解决传统布线受限场景的通信难

题。光纤通信凭借抗电磁干扰与长距离无损传输优势，在高温、强腐蚀等极端环境中构建主干网络，保障核心数据的完整性与安全性。冗余环网设计通过多路径热备切换机制降低单点故障风险，配合数据压缩与加密技术优化信道利用率并防御外部攻击。通信协议标准化与边缘计算节点的协同部署进一步缩短端到端响应时间，形成跨层级、跨设备的协同控制架构，为热控系统自适应调节与全局优化提供实时数据支撑。

（三）数据采集与处理技术

在热控仪表系统智能化升级过程中，数据采集与处理技术通过多维感知网络与智能分析体系的协同作用，显著提升系统精确监测与自主决策能力。关键技术突破体现在研发宽频响应的分布式传感器阵列，整合温度、压力、流量等多参数同步检测单元，运用自适应滤波技术消除工业环境中的电磁干扰，保障数据采集的准确性与完备性。针对热力设备运行时变性和非线性特点，基于边缘计算构建实时数据清洗框架，采用滑动窗口动态校准配合异常值迭代修正方法，显著提高数据预处理效能。在信号分析维度，运用迁移学习算法构建设备运行特征库，通过机理模型与历史数据融合分析，实现热传导效率及能耗指标等核心参数的实时辨识与预测评估。该技术体系通过增强数据采集端的抗干扰性能与处理系统的实时响应能力，使热控系统达到毫秒级数据更新速率与微伏级信号识别精度，为智能化控制策略的可靠执行奠定数据基础。

三、工业自动化中热控仪表机电系统的智能化升级路径

（一）制定智能化升级规划

在工业自动化领域热控仪表系统的智能化升级规划制定中，应基于企业实际生产工艺需求与技术储备，结合行业技术发展动态与市场应用特征，形成科学系统的实施框架。需首要确立智能化建设的核心方向，着力提升系统动态响应能力、控制稳定度及能源利用效率等核心性能指标，通过建立量化指标体系为工程推进提供基准参照。实施过程应遵循分阶段推进策略，优先实施设备运行效能评估与通信接口标准化升级，搭建智能化改造的硬件支撑平台，继而推进控制模型优化与预测性维护模块开发，最终构建全流程智能管控闭环体系。技术路径规划需平衡技术实用性与创新前瞻性，重点融合边缘计算架构与自适应调控技术，形成层次分明的系统拓扑结构。资源统筹

方面应强化研发部门与生产单元的协同联动，科学配置技术研发与设备改造的资源配比，构建多学科协作平台。成效验证机制需建立多维监测模型，通过运行数据实时采集与阶段性效能对比分析确认目标完成度，形成持续改进的反馈链路。

（二）组建智能化升级团队

在工业自动化领域实施热控仪表机电系统智能化改造过程中，组建具有跨学科协同能力的专业化技术团队是实现系统性革新的重要支撑。该团队需系统集成热力学控制、智能算法开发、工业大数据分析、信息通信技术和项目统筹管理等多类专业人才，构建涵盖技术创新、数据治理与实施交付的全链条能力体系。热控工程师需深入理解热力学基础理论与设备运行机理，重点解析现有系统的热控逻辑与工艺参数需求；自动化控制专家应掌握工业物联网架构设计及智能控制算法研发，着力构建动态响应控制策略与设备协同运行机制；数据科学工程师需具备复杂工业场景下的多模态数据处理能力，依托建模分析实现设备健康评估与能效管理优化；信息技术专家聚焦工业级边缘计算平台搭建及云边端协同架构设计，重点解决工业通信安全防护与分布式算力调度问题；项目管控专家负责全流程技术方案论证、里程碑管控矩阵建立及多部门资源整合，保障项目全生命周期有序实施。团队内部需建立周期性技术研讨机制与知识管理体系，通过多维度能力培训推动专业认知深度交融，形成标准化的技术实施规范体系。

（三）引入先进智能化工具

在热控仪表系统智能化改造进程中，配置专业化工业级智能工具链是增强系统运行效能与决策准确性的重要路径。应重点部署模块化物联网平台，依托标准通信协议建立分布式设备接入架构，实现传感器、执行机构与上位控制系统的全要素数据交互通道，同步部署边缘计算节点完成毫秒级数据实时预处理。面向海量异构运行数据，需构建支持流式与批量混合处理的大数据中枢，整合时序数据库与机器学习框架，支撑设备运行模式特征提取与异常状态检测算法的快速迭代。在算法工程化层面，须开发包含多参数预测控制、能效动态优化等领域的专用算法仓库，采用容器化技术封装形成标准化服务组件。系统整合阶段应依托低代码开发环境构建可视化人机界面，融合数字技术创建虚实联动的仿真验证平台，完成控制策略的在线闭环测试。关键需强化工具链间的数据协同能力，运用统一数

据中台架构打通信息壁垒，结合知识图谱技术构建设备故障诊断模型，确保全系统智能化工具的深度耦合与协同运作。

（四）加强数据管理和分析

在工业自动化领域推进热控仪表机电系统智能化升级过程中，数据质量管控与分析效能提升需构建覆盖全流程的标准化数据采集框架，通过部署高精度传感器网络与冗余通信模块，实现温度、压力、流量等关键参数的实时捕获与传输。针对多源异构数据特征，应搭建分层式数据存储架构，运用边缘计算设备实现现场级数据预处理，结合云端数据湖技术构建统一数据仓库，并制定严格的数据清洗规范消除噪声与缺失值。在数据分析层面需整合时序分析、模式识别及机器学习技术，构建设备状态评估、能效优化预测等分析模块，通过动态关联历史运行数据与实时监测信息，实现系统运行趋势的挖掘与潜在风险的早期预警。建立数据可视化交互平台，将分析结果转化为可执行的工艺参数优化方案，形成从数据采集到决策执行的闭环应用体系。为保障数据资产的有效利用，需同步完善数据安全防护体系，采用区块链技术实现操作日志的不可篡改记录，形成支撑热控系统智能化升级的标准化数据治理体系。

总结

热控系统智能化升级是工业自动化与信息化深度融合的关键环节，对提升生产效能、优化能源消耗及强化安全保障具有举足轻重的战略意义。展望未来，相关人员应继续秉持求索精神，积极应对挑战，不断开拓创新，以期充分释放热控系统智能化升级在工业领域的巨大潜力。

[参考文献]

- [1]任瑞东.探讨电厂热控自动化系统运行的稳定性[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2022(3): 143-146.
- [2]王新明, 连旭, 王宇阳.火电厂热控自动化保护装置维护探究[J].中国科技期刊数据库 工业A, 2023.
- [3]连达得, 柯一鸿, 黄培松.热电厂 DCS 热控自动化技术的智能应用研究[J].装备维修技术, 2023(5): 29-32.

作者简介：牛银川，出生年月：1985 年 03 月 18 日，性别：男，民族：汉族，籍贯：陕西省宝鸡市，学历：本科，职称：中级工程师，研究方向：电子、机械设备、电子元器件与机电组件设备的研发、生产、制造、维护。