

火电厂DCS系统国产化改造中的控制策略应用

何肃

华电库车发电有限公司

DOI:10.32629/etd.v7i4.20286

[摘要] 随着电力行业的快速发展,火电厂作为能源供应地,其运行效率和稳定性关系到火电厂的最终发展。DCS系统(分布式控制系统)对火电厂的安全、经济运行起到了决定性作用,而针对火电厂DCS系统的国产化改造,本文通过深入探讨适用于国产化DCS系统的控制策略,并对改造中的适配性进行调整与优化,能够为火电厂DCS系统国产化改造提供必要的参考借鉴,从而助力我国火电厂实现安全、高效以及绿色运行。

[关键词] 火电厂; DCS系统; 国产化改造; 控制应用

中图分类号: TM621 文献标识码: A

Application of control strategies in the localization and upgrading of DCS systems in thermal power plants

Su He

Huadian Kuche Power Generation Co., Ltd.

[Abstract] With the rapid development of the power industry, the operational efficiency and stability of thermal power plants, as energy suppliers, are crucial to their ultimate development. Distributed Control Systems (DCS) play a decisive role in the safe and economical operation of thermal power plants. This paper, focusing on the localization of DCS systems in thermal power plants, delves into control strategies suitable for domestically produced DCS systems and adjusts and optimizes their adaptability during the retrofit process. This provides necessary reference for the localization of DCS systems in thermal power plants, thereby contributing to the safe, efficient, and green operation of my country's thermal power plants.

[Key words] thermal power plant; DCS system; localization retrofit; control application

引言

当前,我国火电厂DCS系统依赖于进口,不仅会面临高昂的采购与维护成本,而且还存在技术受限的风险。为此,深入推进DCS系统国产化的改造,成为当前该行业发展的必然趋势,而控制策略作为DCS系统的关键,其合理性应用直接关系到国产化改造的成效,这对推动我国火电厂自动化水平、保障能源安全具有至关重要的作用。

1 国产化改造的驱动因素

1.1 成本因素

在火力发电厂的运行体系中,DCS系统作为保障电厂安全、稳定及高效运行的核心控制装置,长期以来,我国火力发电企业高度依赖进口DCS系统,这一现状不仅推高了全生命周期经济成本,更在技术供应链层面形成结构性制约。具体而言,进口设备的采购环节涉及设备主体费用、国际物流及关税等多重附加支出,导致初始投资成本显著增加^[1]。在系统运维阶段,由于关键技术被少数国际厂商垄断,其对核心备件供应与专业技术服务的控

制,使得维护费用持续高企。一旦系统发生故障,维修周期延长且费用高昂,直接削弱电厂运行连续性,进而影响整体发电效率与经济效益。因此,推进DCS系统的国产化替代进程,可有效突破技术壁垒,优化采购与运维成本结构,显著提升火力发电企业的经济竞争力与市场适应能力。

1.2 技术安全因素

DCS系统作为火力发电厂运行的核心控制中枢,全面主导关键生产流程的调控与优化。我国火力发电企业长期依赖进口DCS系统,导致核心技术受制于国际供应商的技术垄断格局。在当前国际政治经济环境高度不确定性的背景下,此类技术依赖构成显著的战略风险。若国际关系恶化或贸易冲突升级,外国供应商可能实施技术禁运、供应限制等措施,进而引发火电厂生产中断及运行安全风险等严重后果。因此,推进DCS系统的国产化替代进程,掌握其核心技术,实现技术自主可控,可有效规避关键环节的技术依赖风险,切实保障国家能源安全体系的稳定性与火力发电厂的持续高效运行。

1.3 产业升级因素

DCS系统的国产化改造为我国自动化产业的转型升级提供了战略性机遇,当前,我国自动化产业虽已实现初步发展,但在高端控制技术领域与国际先进水平仍存在显著技术代差。国产化改造需求将驱动国内企业强化研发投入,突破核心关键技术瓶颈,优化产品性能与质量指标,从而推动自动化产业向高端化、智能化方向实现系统性升级。同时,国产化改造项目的实施将有效促进产业链上下游协同创新,形成规模化集聚效应,创造高质量结构性就业机会,全面提升我国自动化产业的综合竞争力。该进程不仅有助于强化制造业的技术自主性,更将有力助推我国制造业由规模扩张向质量效益型战略转型,加速实现从制造业大国到制造业强国的历史性跨越。

2 国产化DCS系统控制应用中存在的问题

2.1 硬件适配与控制策略实现

在DCS系统的工程实施过程中,硬件平台与控制策略的协同适配面临显著技术挑战。具体而言,国产化硬件在性能参数、接口规范及通信协议等关键维度与进口设备存在系统性差异,导致控制策略的兼容性障碍^[2]。例如,部分国产控制器的运算速度与精度指标未能满足复杂控制算法的实时性要求,致使控制指令执行产生时延或偏差。同时,部分I/O模块的信号采集范围及转换精度与原策略设定不匹配,直接削弱数据采集的准确性,进而影响控制决策的可靠性。为有效化解这些问题,需基于国产硬件的技术特性重构控制策略实现机制,针对运算能力较强的硬件平台,可引入高阶控制算法以优化系统动态性能。对于具备特殊通信接口的硬件,应开发定制化通信协议以保障数据传输的稳定性与实时性。通过这些技术路径的系统性整合,实现硬件平台与控制策略的深度耦合,从而确保DCS系统在国产化应用中的运行稳定性与控制效能。

2.2 软件平台与控制算法集成

DCS系统的软件平台与控制算法集成环节,面临系统性技术挑战,国产化软件平台受限于技术演进历程与研发积累的不足,在支持多样化控制算法的能力上呈现显著差异。例如,神经网络控制、模糊逻辑控制等先进智能算法,因软件平台架构设计的局限性及运算资源分配机制的不完善,难以实现高效适配,导致算法性能优势无法充分释放,进而制约系统控制精度与动态响应能力的优化。此外,控制算法在软件平台上的集成与调试机制尚未成熟。集成过程缺乏标准化流程与统一规范,易引发接口协议冲突、数据传输失真等技术故障。而调试环节则缺乏系统化的诊断工具与验证方法,难以精准定位算法运行中的异常,延长了系统开发周期并显著推高研发成本。这些问题的累积,严重阻碍了国产化DCS系统在控制应用层面的深度推广与效能提升。

3 国产化DCS系统控制策略的优化应用

3.1 基于数据驱动的控制策略优化应用

在DCS系统的控制应用中,为进一步提升其运行性能与系统稳定性,基于数据驱动的控制策略优化已成为关键技术路径。火电厂在长期运行过程中积累了大量涵盖设备状态、工艺参数及

环境变量的高维运行数据,这些数据蕴含了系统动态行为与过程机理的深层信息^[3]。通过对运行大数据进行系统性挖掘与分析,可为控制策略中关键参数的整定提供高精度、场景化的决策依据。例如,基于不同负荷工况下锅炉燃烧过程的历史数据,可量化燃料供给量、一次风与二次风配比等关键变量对燃烧效率及污染物生成的影响,如表1所示,从而优化燃烧控制逻辑,实现能效提升与排放控制的协同优化。

表1 DCS系统优化控制供给表

变量名称	量化值/范围	单位
燃料供给量	锅炉负荷75%时: 120t/h(煤粉)	t/h
一次风量	锅炉负荷75%时: 45,000 Nm ³ /h	Nm ³ /h
二次风量	锅炉负荷75%时: 67,500 Nm ³ /h	Nm ³ /h
一次风与二次风配比	40:60(基于锅炉负荷75%)	-
过量空气系数	1.2(设计值)	-
燃料与风量交叉限制	燃料量指令与总风量选小后输出	-
一次风压力	12kPa(设计值)	kPa
二次风压力	3.5kPa(设计值)	kPa
床温(循环流化床锅炉)	850-900℃(设计范围)	℃
排渣量	根据床层差压动态调整,维持料层厚度800-1000mm	mm

此外,构建高保真度的数据驱动模型是实现控制策略自适应调节的核心支撑,依托机器学习、深度学习等先进算法,可从海量运行数据中提取非线性动态特征,建立能够准确表征火电系统内在运行规律的数据模型。该模型具备实时状态感知与趋势预测能力,可在工况扰动发生时,依据预测输出动态调整控制参数。以汽轮机负荷变动为例,数据模型可提前预判其对主蒸汽压力、温度等关键热力参数的扰动效应,并驱动DCS系统自动修正相关控制回路设定值,从而保障机组在变工况下的安全稳定运行。此类机制显著增强了国产化DCS系统对复杂、多变运行环境的适应能力与控制精度,为其向智能化、自主化方向演进奠定了技术基础。

3.2 多控制策略融合应用

在DCS系统控制应用的优化进程中,多控制策略的融合架构展现出显著的技术潜力与工程价值。在传统控制方法中,如比例-积分-微分(PID)控制,因其结构简洁、鲁棒性强等特性,在工业自动化领域长期占据主导地位^[4]。然而,其在线性假设前提下对高度非线性、时变及强耦合系统的控制能力存在固有限制。相比之下,智能控制策略包括模糊逻辑控制、神经网络控制等,凭借其不确定性、非线性动态及复杂工况的自适应学习能力,在提升系统灵活性方面具有明显优势,但亦面临计算复杂度高、理论稳定性分析困难以及实时性受限等挑战。鉴于上述特点,探索经典控制与智能控制策略的协同融合机制具有重要的理论意义与实践价值。一种可行路径是将智能控制作为经典控制的动态补偿模块,例如,在PID控制框架中嵌入模糊推理机制,依据系统误差及其变化率实时调节比例、积分与微分增益,从而增强闭环系统的动态响应性能与抗扰能力。另一种有效范式是构建分层控制架构,上层采用智能算法进行工况识别、目标规划或参数整定,下层则依托经典控制策略执行高精度、高可靠性的底层回路调

控。而多策略融合不仅能够实现不同控制方法优势互补,显著提升系统在复杂、多变运行环境下的适应性、控制精度与整体稳定性,还可有效降低对精确数学模型的依赖程度,缓解因建模误差或参数漂移引发的控制偏差。该融合范式为国产化DCS系统在火电厂等高可靠性要求的工业场景中实现高效、稳健、智能化运行提供了可行的技术路径,亦为自主可控工业控制体系的深化发展奠定理论与工程基础。

3. 3 人机协同的控制策略优化应用

在DCS系统控制应用的优化体系中,针对人机协同机制的构建,火电厂运行人员在长期实践中积累了对设备特性、工艺流程及异常工况处置的深度认知,其经验性判断能力在应对非结构化扰动或复杂运行场景时具有不可替代的价值,远超当前自动化控制策略所具备的泛化能力^[5]。因此,在控制策略设计与实施过程中,应充分重视操作人员作为“智能决策节点”的作用,尤其在系统遭遇异常状态或处于边界工况时,其基于经验的快速干预可显著增强整体控制鲁棒性。为有效支撑人机协同,需构建高可用性的人机交互(HMI)界面,该界面应遵循信息可视化与操作高效性原则,实时呈现系统运行状态、关键过程变量及控制策略执行轨迹等核心信息,确保操作人员能够迅速、准确地掌握系统动态。同时,界面应支持对控制逻辑的有限度、安全可控的在线干预功能。例如,在系统出现瞬态波动时,操作人员可通过人机界面微调控制器参数以加速恢复稳态;在面对计划外或特殊运行工况时,亦可根据经验对控制策略的触发条件或执行逻辑进行适应性修正。此类人机协同机制不仅强化了控制系统的灵

活性与容错能力,也实现了人类经验智慧与算法自动化的有机融合,从而全面提升国产化DCS系统在复杂工业环境下的控制效能与工程实用性。

4 结语

针对火电厂DCS系统国产化改造时,通过合理选择优化控制,能有效提升国产化DCS系统的性能,从而实现火电厂运行参数的精准控制和系统稳定性提升。并且在国产化改造时,还需充分考虑火电厂实际运行需求和设备特点,并对其控制策略进行针对性的调整与优化,有助于为推动火电厂DCS系统国产化改造迈向更高水平奠定坚实的基础。

[参考文献]

- [1]孙一帆,许黎明.智深DCS系统在火电厂国产化改造中的设计及应用[J].设备监理,2024,(05):60-63.
- [2]江波,傅文才,吴涛,等.某电厂660MW燃煤机组DCS国产化改造方案分析[J].自动化应用,2024,65(24):82-84+90.
- [3]李宗攀.智深EDPF-NT+DCS在火电厂DCS国产化改造中的工程应用及其设计优化[J].自动化博览,2022,39(06):60-65.
- [4]王涛.火电厂热能DCS监测系统设计与应用验证[J].粘接,2026,53(03):893-896.
- [5]崔思源.火电厂DCS系统改进型PID控制优化方法[J].自动化应用,2026,67(03):78-81.

作者简介:

何肃(1993—),男,汉族,甘肃人,大学本科,助理工程师,研究方向:火电热控。