

# 火电厂DCS控制系统优化研究与应用

杨 勇

国能宁东第一发电有限公司 宁夏 银川 750408

**摘要：**本文以火电厂DCS控制系统为研究对象，阐述系统分层架构、控制器算法等基础理论，剖析现存实时性不足、资源分配不均、扩展性受限等性能瓶颈，明确提升控制精度、增强可靠性、实现节能降耗的优化目标。从硬件选型与冗余配置、软件算法改进与资源调度、系统模块化与边缘计算融合三方面提出优化策略，设计需求分析、方案设计、部署测试、运维改进的实施路径，为火电厂DCS系统性能提升与高效运行提供理论与方法支撑。

**关键词：**DCS控制系统；优化策略；硬件升级；软件重构；系统架构

**引言：**在火电厂生产中，DCS控制系统是保障生产稳定与高效的关键。其分层架构实现数据采集、监控与管理功能协同，通信网络保障信息交互。但部分系统存在实时性不足、资源分配不均、扩展性受限等问题，影响生产。优化DCS控制系统，提升控制精度、响应速度、可靠性与节能性，对火电厂适应工业发展、实现绿色发展意义重大，故开展此优化研究与应用。

## 1 DCS控制系统基础理论

### 1.1 DCS系统架构

DCS系统架构采用分层设计模式，不同层级承担特定功能并协同运作。现场控制层直接对接工业生产现场设备，负责采集各类过程变量数据，同时执行控制指令以调节设备运行状态，是系统与实际生产过程连接的关键环节<sup>[1]</sup>。监控层接收来自现场控制层的数据，对生产过程进行实时监测与可视化呈现，操作人员可通过该层级了解生产动态，下达操作指令调整控制参数，实现对生产过程的间接管控。管理层则聚焦于生产数据的汇总分析、生产计划制定以及资源调配，为企业决策提供数据支持，推动生产管理的规范化与高效化。通信网络是DCS系统架构的重要支撑，负责实现各层级间的数据传输与信息交互。数据传输机制需保障数据在网络中的稳定流转，包括数据的编码、解码规则，以及数据传输的时序控制。通过合理设计通信网络拓扑结构，选择适配的通信协议，可减少数据传输延迟，降低数据丢失或出错的概率，确保各层级间信息传递的及时性与准确性，为系统整体功能的实现奠定基础。

### 1.2 关键技术组成

控制器算法与逻辑设计是DCS系统实现精准控制的核心。控制器需依据生产工艺要求，采用合适的控制算法，如比例积分微分控制算法、预测控制算法等，对采集到的过程变量进行运算处理，生成相应的控制逻辑。

通过优化算法参数与逻辑设计，可提升控制器对生产过程变化的响应速度，增强控制精度，使生产过程始终保持在设定的最优运行区间。人机界面（HMI）交互技术致力于提升操作人员与系统的交互效率。界面设计需遵循简洁直观、操作便捷的原则，将复杂的生产数据以图表、曲线等易于理解的形式呈现，方便操作人员快速获取关键信息。同时，界面需设置清晰的操作入口，操作人员通过简单操作即可完成参数设置、指令下达等动作，减少操作失误，提升对系统的管控效率。冗余设计与容错机制用于保障DCS系统的稳定可靠运行。冗余设计通过设置备用设备或模块，如备用控制器、备用通信链路等，当主用设备或模块出现故障时，备用部分可快速切换投入使用，避免系统功能中断。容错机制则通过检测系统运行中的异常状态，采取相应的纠错或故障隔离措施，防止故障扩散影响整个系统运行，确保系统在部分组件出现问题时仍能维持基本功能，提升系统的抗风险能力。

## 2 DCS控制系统现存问题与优化需求

### 2.1 性能瓶颈分析

实时性不足是部分DCS控制系统运行中面临的突出问题，具体表现为控制延迟和数据同步问题。在工业生产过程中，控制指令从生成到执行若存在延迟，会导致设备调节不及时，影响生产过程的稳定性；数据同步问题则会使不同层级或模块间的数据无法保持一致，造成操作人员获取的生产信息存在偏差，进而可能引发误操作，干扰正常生产节奏。资源分配不均同样制约DCS控制系统性能发挥，主要体现在CPU和内存负载失衡。部分情况下，系统中某些模块或任务会占用过多CPU运算资源，导致其他关键控制任务无法获得充足运算支持，出现处理缓慢现象；内存负载失衡则表现为部分区域内存占用过高，而其他区域内存资源闲置，不仅降低内存

利用效率,还可能因内存不足导致系统运行卡顿,甚至引发程序崩溃风险。系统扩展性受限也成为影响DCS控制系统长期使用的重要因素。硬件兼容性不足使得新增或更换硬件设备时,常出现与现有系统无法适配的情况,增加设备升级难度和成本;软件模块化不足则导致系统功能扩展时,需对原有软件架构进行大幅调整,难以快速添加新功能模块,无法灵活满足生产工艺不断升级带来的新需求。

## 2.2 优化目标设定

提升控制精度与响应速度是DCS控制系统优化的核心目标之一。通过优化控制算法、改进数据传输机制等方式,减少控制指令执行偏差,使设备运行参数更贴近设定标准,同时缩短指令传输与执行的时间间隔,让系统能更快速地响应生产过程中的变化,保障生产过程稳定在最优状态<sup>[2]</sup>。增强系统可靠性与抗干扰能力是保障生产连续进行的关键优化方向。需通过完善冗余设计、优化容错机制等手段,降低系统因设备故障或外部干扰而中断运行的概率,确保在复杂工业环境中,系统仍能保持稳定运行,减少因系统故障导致的生产损失。实现节能降耗与绿色运行是DCS控制系统优化的重要发展方向。通过优化控制策略,合理调节设备运行参数,避免设备处于低效运行状态,减少能源消耗;通过精准控制生产过程,降低生产过程中废弃物的产生,推动工业生产向绿色、环保方向发展,符合当前产业可持续发展需求。

## 3 DCS控制系统优化策略与方法

### 3.1 硬件层面优化

控制器选型需结合工业生产的需求,综合考量运算能力、处理速度、接口数量等关键指标,选择性能适配的设备以避免资源过剩或不足。冗余配置在控制器优化中至关重要,通过设置备用控制器,当主控制器出现故障时,备用设备可快速切换投入运行,保障控制过程不中断。传感器是数据采集的核心部件,提升其精度需选用高灵敏度、低误差的产品,定期进行校准维护,减少环境因素对数据采集的干扰,确保采集到的温度、压力等数据真实可靠。执行器精度提升需优化其机械结构与控制部件,增强动作响应的准确性,使执行器能精准执行控制器下发的指令,缩小实际操作与预设要求的偏差。通信网络拓扑优化中,以太网环网设计具有显著优势。该设计将各节点设备以环形方式连接,形成闭合网络结构,当网络中某一段链路出现故障时,数据可通过环形的另一条路径传输,避免网络中断,同时能均衡各链路的数据负载,提升数据传输效率,保障各层级设备间数据交互的稳定性与实时性。

### 3.2 软件层面优化

控制算法改进是提升系统控制效果的关键。PID参数自整定技术可通过软件自动分析生产过程的动态特性,实时调整比例、积分、微分参数,避免人工整定参数的滞后性与误差,使控制过程更贴合生产需求。模糊控制算法能有效应对生产过程中的非线性、不确定性因素,通过模拟人类思维方式处理复杂数据,提升系统对复杂工况的适应能力,保障控制精度。任务调度与资源管理策略需根据任务的优先级与资源需求进行合理规划。软件可对不同类型的任务进行分类排序,优先分配资源给实时性要求高的控制任务,同时,动态调整CPU、内存等资源的分配比例,避免单一任务占用过多资源导致其他任务延迟,提升系统整体运行效率。数据压缩与存储效率优化需采用高效的压缩算法,在保证数据完整性的前提下,减少数据占用的存储空间,降低存储设备的负载。同时,软件可对数据进行分类存储,将高频访问的实时数据与低频访问的历史数据分开存储,优化数据读取路径,提升数据存储与读取的效率,减少数据处理延迟。

### 3.3 系统架构优化

模块化与标准化设计需将系统划分为多个功能独立的模块,每个模块遵循统一的接口标准与技术规范。这种设计使各模块可独立开发、测试与升级,当需要新增功能或更换模块时,无需对整个系统进行大规模改造,降低维护与升级成本,提升系统扩展的灵活性。分布式计算与边缘计算融合可将部分数据处理任务下沉至边缘节点设备,边缘节点可在靠近数据采集源头的位置完成数据预处理、实时分析等任务,减少数据传输至远程中心服务器的数量与延迟,提升数据处理的实时性。同时,分布式计算将复杂任务分解至多个节点协同处理,均衡计算负载,避免单一节点过载,提升系统整体运算能力。虚拟化技术应用中,控制器虚拟化通过软件模拟物理控制器的功能,在一台物理设备上可运行多个虚拟控制器实例。这种方式不仅能节省硬件设备的采购与维护成本,还可灵活调整虚拟控制器的数量与资源配置,适应不同生产场景的需求,便于对控制器进行统一管理与升级,提升系统运维效率。

## 4 DCS控制系统优化实施路径

### 4.1 需求分析与规划

需求分析需全面梳理工业生产对DCS控制系统的功能诉求与性能期望,明确优化目标的具体指标,例如控制精度提升范围、响应速度缩短时长等。同时需识别优化过程中的约束条件,包括现有硬件设备兼容性限制、生产过程不可长时间中断的要求、预算与工期限制等,

确保优化目标在实际可行的框架内推进<sup>[3]</sup>。制定分阶段实施计划需结合优化任务的复杂度与生产节奏，将整体优化工作拆解为若干个逻辑连贯的阶段。每个阶段明确具体任务内容、责任主体、完成时限与验收标准，例如第一阶段完成硬件设备选型与测试，第二阶段开展软件算法改进与调试等。分阶段计划可降低单次优化对生产的影响，便于及时发现并解决实施过程中的问题，保障优化工作有序推进。

#### 4.2 优化方案设计

硬件升级方案需根据需求分析结果，确定需更换或新增的硬件设备型号、数量与安装位置，例如选择运算速度更快的控制器、精度更高的传感器等，同时考虑新硬件与现有系统的兼容性，制定详细的硬件安装与调试流程。软件重构方案需明确软件架构调整方向、控制算法改进细节、数据处理流程优化方式等，例如重构软件模块结构以提升扩展性，改进PID算法以增强控制稳定性等。仿真验证需搭建与实际生产环境一致的模拟平台，将优化方案代入模拟环境中运行，测试方案在不同工况下的运行效果，验证控制精度、响应速度、稳定性等指标是否达到预期。风险评估需识别方案实施过程中可能出现的风险，例如硬件兼容性故障、软件运行异常导致生产中断、数据丢失等，针对各类风险制定预防措施与应急处理预案，降低优化过程中的不确定性。

#### 4.3 部署与测试

渐进式替换策略适用于硬件升级环节，通过逐步替换现有硬件设备，避免一次性更换导致系统全面停摆。例如先替换部分非关键岗位的控制器，待运行稳定后再替换核心控制设备，每次替换后需进行短期试运行，确认新硬件与系统的适配性。并行运行策略主要用于软件优化后的部署，让优化后的软件系统与原有系统同时运行，两套系统接收相同的生产数据并输出控制指令，通过对比两者的运行结果验证新软件的可靠性，待新软件运行稳定后再逐步替代原有系统。功能测试需针对优化后的系统开展全面的功能验证，检查各模块是否正常实现预期功能，例如数据采集模块能否准确获取传感器信号、控制模块能否正确执行指令、人机交互模块操作是

否便捷等。性能对比分析需将优化后系统的关键性能指标与优化前进行量化比较，例如控制延迟时间、数据同步效率、资源利用率等，通过对比验证优化方案的实际效果，若未达到预期则需回溯分析并调整方案。

#### 4.4 运维与持续改进

远程监控需搭建远程运维平台，实时采集系统运行数据，包括硬件设备状态、软件运行参数、生产过程变量等，通过平台实现对系统运行状态的远程实时查看，及时发现设备异常或性能下降趋势。故障诊断需建立完善的故障识别机制，通过分析系统运行数据中的异常特征，定位故障发生的模块与原因，例如通过CPU负载异常波动判断控制器故障，通过数据传输中断定位通信链路问题，并自动生成故障诊断报告与维修建议。基于反馈的动态优化机制需建立常态化的反馈收集渠道，定期收集操作人员对系统运行效果的评价、生产数据反映的系统性能变化、工艺调整对系统提出的新需求等信息。根据收集到的反馈，分析系统当前存在的不足，例如某些工况下控制精度仍需提升、软件操作流程存在冗余等，针对性地调整优化方案，持续改进系统性能，确保DCS控制系统始终适配生产需求的变化。

#### 结束语

火电厂DCS控制系统优化的全流程研究已形成完整框架，从梳理基础理论、剖析现存问题，到构建优化策略与实施路径。这套框架结合火电厂需求，通过硬件升级、软件改进及架构优化，可解决系统实时性、资源负载、扩展性问题，提升控制精度、可靠性与节能效果。后续可探索智能化算法与DCS融合，这套方案能为火电厂及其他工业领域提供实践指导，助力工业自动化水平提升，推动行业向高效、绿色、智能方向发展。

#### 参考文献

- [1]李实.DCS系统在电厂热工控制中运用与维护分析[J].集成电路应用,2023,40(09):302-303.
- [2]梁雪.刍议DCS在电厂热工控制系统中的应用与管理维护[J].中国设备工程,2023,(16):65-67.
- [3]许江淮.DCS在电厂热工控制系统中的应用与管理维护探讨[J].中国设备工程,2021,(23):86-87.