

# 燃气发电厂 DCS 系统编程优化与维护策略研究

冯河东

(广西钢铁集团有限公司能源总厂, 广西 防城港 535500)

**摘要** 钢铁生产耦合工况中, 燃气发电厂 DCS 系统面临负荷波动适配困难、故障频繁出现等诸多挑战。为确保系统安全稳定运转并提高效能, 本文着重于编程优化与全生命周期维护工作, 对燃烧控制逻辑开展模块化重构, 优化数据采集传输流程, 设计三重容错联锁保护程序, 同时与运行数据驱动的预防性维护、智能故障诊断、规范版本管理以及技能应急体系构建相结合, 旨在为同类型电厂 DCS 系统优化提供可参考的解决办法。经过试点应用检验, 系统月均故障率大幅降低, 维护成本减少, 设备可用率持续提升。

**关键词** 燃气发电厂; DCS 系统; 编程优化; 控制程序版本; 效能评估指标体系

**中图分类号**: TM62; TP3

**文献标志码**: A

**DOI**: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.07.002

## 0 引言

燃气发电厂在整个能源供应体系中占据重要地位, 在钢铁生产耦合工况中, 面临煤气管网压力波动、燃料热值不稳定这类复杂难题, 其关键的控制中枢、DCS 系统、运行状况直接关系到机组安全和能源利用效率。传统 DCS 系统暴露出诸多问题, 如控制逻辑适配性差、数据采集效率不高、联锁保护容错能力不足等, 再加上传统维护模式存在局限, 使得系统故障频繁出现、控制精度降低。基于此, 开展 DCS 系统编程优化与维护策略研究, 重构控制逻辑、优化数据处理流程、构建全生命周期维护体系, 以解决工况适配和稳定运行的难题, 为同类工业控制系统的优化提供技术借鉴。

## 1 燃气发电厂 DCS 系统运行现状与编程优化需求分析

### 1.1 煤气锅炉—蒸汽汽轮机联动系统架构及控制

煤气锅炉与蒸汽汽轮机联动系统的 DCS 控制运用分层分布式架构, 涵盖现场控制层、过程监控层以及管理决策层, 各层级经由高速工业以太网实现数据交互和指令传递。

过程监控层采用双环网冗余设计, 通信网络配置优先级策略以确保关键信号能实时传输, 信号分辨率可满足高保真采集要求。核心控制着重于机炉协调, 借助现场总线互联设备开展实时数据采集并执行基础控制指令, 构建从设备感知直至控制执行的闭环运行状态, 以此维系联动系统的稳定运行。

### 1.2 钢铁生产耦合工况下 DCS 系统编程运行现存问题

在钢铁生产耦合工况下, 煤气管网压力和燃料热值频繁波动, 使得 DCS 系统持续承受负荷冲击, 当前编程逻辑响应迟缓, 难以迅速适应工况变化, 控制逻辑适应性欠佳致使控制精度降低, 自动化控制误差偏大。编程还缺少针对波动工况的动态适配机制, 联锁保护逻辑冗余设计不够完善, 容易出现误触发或者漏触发问题。传统维护模式的缺陷更让系统不稳定性加剧, 难以达到联动系统对实时性和准确性的核心控制要求<sup>[1]</sup>。

### 1.3 基于安全与效能目标的 DCS 系统编程优化需求

为兼顾系统安全保障和效能提升这两个目标, DCS 系统编程优化要明确三个核心方向。在控制逻辑上强化其对工况的适配性, 以解决负荷波动时控制精度方面的问题, 数据采集环节要对监测点布局和采样策略加以优化, 从而提升数据传输效率, 保证存储的规范性, 在联锁保护方面增强容错能力以及故障预判功能, 减少突发故障带来的影响。多维度开展编程优化工作, 可使控制响应速度加快、故障发生率降低, 还能提高能源利用效率。

## 2 燃气发电厂 DCS 系统编程优化技术路径

### 2.1 煤气锅炉燃烧控制逻辑的模块化编程优化

煤气锅炉燃烧控制逻辑实施模块化优化, 以功能解耦为关键, 把复杂的控制流程拆成燃烧初始化、燃料调节、空气配比、负荷适配四大独立功能模块, 各

**作者简介**: 冯河东 (1982-), 男, 本科, 工程师, 研究方向: 自动化控制、仪器仪表。

模块经标准化接口开展数据交互,方便独立调试以及迭代升级。依据工况动态变化特性对功能块逻辑进行重构,着重强化适配燃料热值与管网压力波动的模块,嵌入参数自适应调整算法,凭借实时计算测量值变化速率来判断设备运行状况,动态修正 PID 控制参数<sup>[2]</sup>。面对长期运行引发的参数偏差,运用比例增益修正公式来优化控制逻辑,同步对控制回路死区和采样周期作出调整,防止误差被放大。于模块间设定联动校验机制,保证燃料供给和空气量时刻匹配,在钢铁生产耦合工况下使燃烧效率达到最大。

## 2.2 煤气—蒸汽联动系统数据采集与效率提升策略

提升数据采集效率可从优化监测点、提高传输速率以及构建预处理模型三个方向着手。于锅炉出口、汽轮机轴承、主蒸汽管道等关键位置加密布置监测点,并安置高精度传感器来获取温度、压力、流量等核心数据,以保证所采集数据既全面又准确。选用不低于 10 kHz 的采样频率和 1 秒刷新周期,借助现场总线与高速工业以太网搭建双传输通道,同时配置传输优先级策略来保证关键数据能实时传输且抖动处于合理区间。优化双传输通道的协同工作模式,提高数据传输的稳定性和抗干扰能力,持续优化动态采样频率调整机制,使其能更敏锐地感知参数变化,进一步提升数据采集的有效性和精准度。构建数据预处理模型,根据设备的故障模式和设备状态变化特征之间的关系,构建故障模式的特征矩阵,将不同故障模式的特征信号与实际设备的状态进行匹配,识别设备故障的类型和位置。矩阵中的每一行代表一个故障模式,每一列代表设备的不同运行特征,矩阵元素则表示某个故障模式与特征信号的关联度<sup>[3]</sup>。进行特征提取和冗余数据过滤,算出采集数据和历史健康指标的相似度,筛选出有效信息存入数据库,给煤气—蒸汽联动系统精准控制提供高保真的数据源支撑。

## 2.3 连锁保护程序的容错性编程优化设计

连锁保护程序容错性优化围绕“预测—冗余—分级”三重设计逻辑展开,开展设计工作,构建故障模式特征矩阵,整合历史故障数据和实时运行参数,提取各类故障典型特征指标,剖析故障模式与特征信号内在联系,提前预判潜在故障隐患,从根源减少突发故障引发非必要连锁动作的风险。冗余设计增强备份机制,控制核心采用双 CPU 热备冗余配置,通信链路采用双光纤通道冗余架构,连锁逻辑设置独立备份模块,实现主备模块实时数据同步,确保单一组件故障时系统维持基础连锁保护功能。分级设计构建故障分级响应模式,按严重程度划分为预警、降负荷、紧急

停机三级,每级配备专属连锁动作逻辑,触发告警提示、参数调节、安全截断流程,防止过度保护造成非计划停机,融入故障自诊断算法设计,结合时序数据趋势特征迅速识别故障类型,完善连锁动作延时校验机制,合理设定阈值过滤瞬时干扰信号,降低误触发概率,保障系统稳定运行。

## 3 燃气发电厂 DCS 系统全生命周期维护策略构建

### 3.1 基于运行数据的预防性维护方案制定

借助 DCS 系统海量运行数据构建多维度的设备健康状态评估模型,以温度、压力、流量这些实时参数为依据,把过去 1 年的运行数据和故障记录整合起来,确定平均无故障时间、故障率、性能下降率等核心的设备健康评估指标。运用时序数据处理算法探寻参数的变化规律,计算当下设备状态与历史健康状态的相似程度,进而精准预估关键组件剩余的使用时长。依据评估结果对设备的健康等级予以划分,针对不同的健康等级拟定差异化的维护周期与具体内容,对健康等级良好的设备适当延长维护间隔时间,着重对参数变化趋势进行监测,对等级中等的设备增加对关键部件的检查频率<sup>[4]</sup>。对等级较低的设备开启预防性维修工作,及时更换老化的组件,构建维护数据闭环更新体系,把维护的实际效果反馈到评估模型之中,不断提升维护方案的针对性和有效性。

### 3.2 DCS 系统软硬件故障的快速诊断与处置策略

建立完备的 DCS 系统软硬件故障特征库,对控制器、传感器、通信模块等硬件故障,以及程序逻辑、数据传输等软件故障的典型特征信号分类梳理。构建双层诊断流程,也就是“特征匹配+智能算法”模式,先借助故障模式特征矩阵做初步匹配,接着运用深度学习算法提取信号深层特征,以此实现对故障类型与位置的快速定位,使诊断准确率处于较高水准。制定分级处置策略,对于硬件故障采用冗余组件快速切换,并且同步安排故障部件更换,面对软件故障则启动程序版本回滚或者逻辑块修复,防止故障扩散。明确系统恢复步骤,先让核心控制功能恢复,然后逐步完善辅助功能,记录故障处置的整个过程,更新故障特征库,优化诊断算法,把平均维护响应时间控制在合理区间。

### 3.3 控制程序版本管理与升级维护规范

制定控制程序版本分类存储的标准规范,依据功能模块、更新时间以及适用工况展开分类编码工作,运用双备份存储这一可靠机制,保障历史版本具备可追溯性,存储期限不少于 3 年。构建严格版本变更审批流程,变更申请要清晰阐明修改缘由、范围以及预

期成效,经过技术审核与风险评估之后方可实施。在升级维护前搭建模拟测试环境以还原实际运行工况,验证新版本程序兼容性、稳定性与控制精度,防止升级对机组运行产生不良影响,升级过程采取分阶段实施策略,先于非关键控制回路进行测试,之后逐步推广到全系统,同时设置升级断点和回滚机制,一旦出现异常能够迅速恢复到原版本。完善版本维护档案,详细记载每次升级的时间、具体内容、测试结果以及运行反馈情况<sup>[5]</sup>。

### 3.4 维护人员技能体系与应急响应机制建设

搭建多层次维护人员技能培训架构,包含DCS系统编程逻辑、硬件构造、故障诊断算法以及智能维护工具的实际操作运用。借助典型故障实例开展沉浸式培训活动,定时开展技能考核与技术研讨,设立跨部门协作应急响应制度,清晰界定维护、运行、技术等部门的职责划分。拟定分级应急响应程序,常规故障由现场维护人员自行处理,重大故障则启动应急指挥中心;统一调配资源迅速应对,编写具有针对性的应急方案,定期开展实战性质的应急演练,增强团队协同处理能力。经技能提升与制度健全,实现维护成本降低、设备平均可用率提升,维持系统持续稳定运转。

## 4 燃气发电厂DCS系统编程优化与维护策略的实践效能评估

### 4.1 效能评估指标体系设计

构建包含安全性、稳定性、经济性、响应速度这四个维度的评估指标体系,确定各维度量化准则。安全性指标涉及联锁保护有效率、故障误触发率,规定有效率不少于99%、误触发率小于1%,稳定性指标选择月均故障率、平均停机时间、设备可用率,经济性指标着重单位能耗、月均维护成本、控制精度,控制误差要低于1%,响应速度指标包含采样响应时间、故障诊断耗时,将单次诊断时间把控在合理区间,对各指标依权重加权算出综合效能值,以此构建科学统一的评估标准。

### 4.2 优化维护策略的试点应用与数据监测

以某燃气发电厂3台机组当作试点,部署经优化的DCS编程逻辑以及全生命周期维护策略,明确需监测的核心参数涵盖煤气锅炉燃烧效率、主蒸汽压力温度、汽轮机转速还有系统故障信号等。采用每秒刷新一次的周期采集实时数据,历史数据存储周期设为1年。通过DCS系统自带采集模块和智能诊断平台开展联动监测,设置5个关键测试点位,定时记录指标数据,同时同步跟踪维护执行状况与策略适配成效,以此保证监测数据能全方位反映系统运行状态。

### 4.3 优化前后系统运行参数对比与成效分析

对比试点机组优化前后的运行数据能发现明显成效,月均故障率自优化前的0.5~0.8次降低到0.05~0.3次,平均停机时间也缩短至0.8~1.8小时,单位能耗降至3200~3600kW·h,维护成本月均下降15.4%,自动化控制误差被控制在0.5%~1.0%,响应速度提高30%以上,设备平均可用率提升0.6%,联锁保护有效率达到99.5%。这些数据说明编程优化和维护策略成功化解了工况适配不佳、故障频繁出现等状况,实现系统安全与效能的双重提高。

### 4.4 策略的适应性调整与推广应用建议

依据试点结果来拟定适应性调整策略,小型燃气发电厂可精简部分智能算法,着重对核心控制逻辑加以优化。中型电厂全面运用现有的策略,按照实际需求来调整监测点的密度。大型电厂增添控制核心的冗余配置,增强跨机组数据的协同性。在推广过程中要同步开展维护人员的技能培训工作,提供标准化的实施手册并给予技术支持。提议分阶段推进此项工作,先于同类型钢铁耦合工况电厂进行推广,之后再慢慢覆盖不同能源结构的燃气发电厂,实现燃气发电厂的稳定高效运行。

## 5 结束语

本文针对燃气发电厂DCS系统于钢铁生产耦合工况运行时存在的难点,构建一套涵盖“编程优化—维护保障—效能验证”的完备技术体系。从试点验证情况来看,系统故障率、维护成本、控制误差等关键指标均有明显改善,这充分证实了该技术路径与维护策略具备实际应用价值。未来可进一步深入推进人工智能与大数据的融合应用,从而不断拓展系统的适用范围并提升其运行效能。

### 参考文献:

- [1] 景青,许德杰,白刚.基于小型DCS的化工自动化生产线维护与故障诊断[J].设备管理与维修,2025(22):125-127.
- [2] 刘晨.DCS控制系统在电厂热控设备维护中的优化应用[J].自动化应用,2025,66(21):21-23.
- [3] 柴虎,金青峰,王建,等.分布式控制系统DCS报警管理策略优化研究[J].自动化博览,2025,42(10):34-37.
- [4] 张辰武.基于DCS控制系统的温度传感器精度提升研究[J].装备维修技术,2025(01):56-59.
- [5] 章海峰,高瞳.基于深度学习的工业自动化控制DCS系统维护方法[J].自动化应用,2025,66(06):12-14.