

# 集散系统在电厂汽机锅炉中的应用

刘杏杏

(山东省环能设计院股份有限公司, 山东 济南 250000)

**摘要** 电厂汽机锅炉运行的稳定、安全与经济直接关系到电力供应的可靠性。传统控制方式调节精度不高, 操作难度较大, 故障排查烦琐, 难以适配现代电厂大容量、高参数机组需求。集散系统融合计算机技术、自动化控制技术与通信技术, 集中管理与分散控制的结合是其核心优势, 现已逐步替代传统控制模式, 支撑电厂汽机锅炉的运行控制。研究表明, 集散系统依靠分层分布式架构, 把控制功能分散到各现场控制单元, 可实现中央集中监控管理, 精准采集运行参数, 实时完成调节、预警与保护操作。

**关键词** 集散系统; 电厂汽机锅炉; 锅炉燃烧; 锅炉给水; 过热蒸汽温度

中图分类号: TM62

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.10.021

## 0 引言

电力行业是国民经济的基础产业, 生产效率与运行安全直接影响工业生产与民生保障。我国电力工业稳步发展, 大容量、高参数火电机组应用渐广, 对汽机锅炉控制的自动化、精度与可靠性要求更高。汽机与锅炉是电厂发电核心设备, 运行状态相互关联影响, 汽机将蒸汽热能转化为机械能带动发电, 锅炉承担燃料燃烧、蒸汽产生任务, 两者协同稳定是高效发电的前提。

## 1 集散系统的工作原理

### 1.1 数据采集环节

现场检测设备包含各类传感器、变送器, 会实时捕捉汽机锅炉运行时的各类参数, 温度、压力、流量、液位及设备运行状态均在其中, 随后将这些物理参数转换成标准电信号, 如 4 ~ 20 mA 模拟信号、开关量信号都属于这类信号, 再通过 I/O 卡件传递给控制站<sup>[1]</sup>。控制站会对采集到的信号做滤波、放大、转换等处理, 剔除干扰信号, 保障数据的准确与可靠, 将处理好的数据发送至通信网络, 供操作站、工程师站查看使用。

### 1.2 逻辑处理环节

控制站依据工程师站下装的控制逻辑与参数设置, 对收集到的运行参数展开分析判断, 执行对应的控制算法, PID 控制算法是常用种类, 进而计算出适配的控制指令。控制逻辑的设计是集散系统应用的核心, 需结合汽机锅炉的运行工艺与控制需求, 搭建复杂的连锁保护逻辑与调节逻辑, 保障机组正常工况下稳定运行, 异常工况下及时启动保护动作。

### 1.3 控制输出环节

控制站将计算出的控制指令, 通过 AO 卡件、DO 卡件传递给现场执行设备, 调节阀、变频器、开关阀均属于这类设备, 驱动这些设备完成对应动作, 实现对汽机锅炉运行参数的调节与控制, 保障各项参数维持在合理范围。

### 1.4 集中监控环节

操作站通过通信网络实时接收控制站传输的运行数据, 将其以数字、曲线、图形等形式直观呈现在监控界面, 操作人员可通过操作站掌握汽机锅炉运行状态, 查看参数变化趋势与报警信息, 必要时可手动干预调整。工程师站也能通过通信网络监控系统运行, 完成系统维护、调试与故障排查工作。

## 2 电厂汽机锅炉的运行特点

汽机锅炉运行的复杂性, 源于自身结构的复杂与运行工艺的烦琐, 涉及燃料燃烧、热量传递、能量转化等多个物理化学过程, 受多种因素影响, 这些因素的细微变动会造成参数波动, 加大控制难度。运行的连续性是电厂生产的核心要求, 汽机锅炉启动后需长时间连续运转, 尽量减少停机, 否则会造成不小经济损失。控制系统需具备较高可靠性与稳定性, 避免故障引发停机, 且汽机锅炉启停烦琐、耗时长, 对控制精度要求更高。

运行的关联性体现在汽机与锅炉运行状态的相互影响、相互制约, 锅炉产生的蒸汽参数决定汽机运行状态, 汽机负荷变化也会反向影响锅炉燃烧调整与蒸汽供

作者简介: 刘杏杏 (1999-), 女, 本科, 助理工程师, 研究方向: 能源与动力工程。

应，两者运行需相互匹配。运行的敏感性表现为汽机锅炉运行参数对外部干扰反应明显，微小波动就可能影响机组安全与效率，控制系统需具备较高调节精度与快速响应能力，及时抑制参数波动，保障机组稳定运行。

### 3 集散系统在电厂汽机中的具体应用

#### 3.1 汽机启动与停止控制中的应用

汽机启动与停止的动态过程，复杂程度较高，控制精度的把控、操作规范的执行，直接关联汽机部件的完好程度，也决定运行过程的安全等级。启动阶段的核心，是转速、温度、压力等关键参数的逐步提升，停止阶段则是各类参数的缓慢回落，两者都必须遵循循序渐进的原则，不能出现任何突变，否则容易造成汽机部件的损坏，增加设备的损耗成本。工程师借助工程师站，结合汽机自身的型号规格、参数标准以及现场实际运行工艺，编写适配性强的启动与停止控制逻辑，明确各运行阶段的参数设定值、升温升压的合理速率，细化所有关键内容后，将控制逻辑下装至控制站，确保每一条控制指令都能准确传输、有效执行<sup>[2]</sup>。

操作人员在操作站发出启动指令后，控制站便按照预设控制逻辑，自动调控调速汽门、抽汽阀等相关设备的动作，缓慢提升汽机转速，同时实时捕捉缸体温度、轴向位移、振动等关键参数，根据参数细微变化灵活调整控制指令，保障转速提升平稳有序。整个启动过程中，集散系统持续处于实时监控状态，参数一旦偏离预设范围，会立即发出报警信号，自动调整控制策略，提前防范设备损坏。停止过程的控制逻辑与启动阶段大致相近，但控制侧重点不同，控制站按预设程序，自动控制各类设备逐步降低转速，直至汽机平稳停机，同步完成辅助设备的停运操作，保障停机过程规范且安全。

#### 3.2 汽机转速与负荷控制中的应用

汽机运行控制的核心是转速控制与负荷控制，控制效果直接决定电厂发电的整体质量和发电效率。转速稳定是电能频率合格的核心保障，转速若出现较大波动，电能频率就会偏离标准范围，影响各类用电设备的正常运行；负荷调节的合理性，不仅关系电厂自身的发电效率，还会对电网运行的稳定性造成直接影响，调节不当极易引发电网波动。集散系统应用于转速与负荷控制后，引入PID控制算法，通过算法的精准运算，实现转速与负荷的精准调节，汽机运行的稳定性与经济性大幅提升，不必要的能耗损失被有效降低。控制站承担参数采集与指令执行的核心任务，实时捕捉汽机转速、负荷、主蒸汽压力等关键参数，将

实际转速与额定转速精准比对，算出两者偏差后，通过PID算法运算出合适的控制指令，传输至调速汽门，通过调整汽门开度，使转速恢复至额定标准。电网负荷变化时，调度中心发出调整指令，操作人员在操作站接收指令后，设置新的负荷设定值，控制站立即捕捉设定值变化，比对实际负荷与新设定值的偏差，灵活调整调速汽门开度与抽汽阀动作，实现负荷精准调节。

#### 3.3 汽机参数监测与连锁保护中的应用

温度、压力、位移、振动等各类关键参数的稳定，是汽机安全运行的核心前提，任何一项参数出现异常，若发现不及时、处理不到位，都有可能造成汽机部件损坏，严重时还会引发重大安全事故，带来巨大的经济损失与安全隐患。集散系统的应用，可以解决传统监测与保护模式的弊端，实现各类参数的实时监测、故障提前预警与自动保护，大幅提升汽机运行安全性，降低安全事故发生率。控制站通过现场各类检测设备，实时捕捉汽机运行中的各类参数，汽机缸体温度、主蒸汽温度与压力、凝结水参数、轴向与径向位移、振动、润滑油温与油压等，均在实时监测范围之内。采集到的参数，会实时传输至操作站，以数字、曲线等直观形式显示，操作人员能实时查看参数变化，及时掌握汽机运行状态，发现异常可快速干预<sup>[3]</sup>。

集散系统会提前预设各类参数的报警阈值与保护阈值，阈值设定结合汽机运行标准与实际工况，保证合理性与科学性。参数超过报警阈值时，操作站会发出声音与灯光双重报警，记录报警时间、参数与类型，为故障排查提供参考；超过保护阈值时，控制站无需人工干预，立即执行连锁保护动作，快速切断故障源头，最大限度降低损失。系统还具备参数趋势分析功能，能实时记录参数变化趋势，形成完整的趋势曲线，工程师通过分析曲线，可掌握参数变化规律，预判潜在故障隐患，提前采取处理措施，实现预防性维护，减少故障发生率，延长汽机使用寿命。

### 4 集散系统在电厂锅炉中的具体应用

#### 4.1 锅炉燃烧控制中的应用

燃烧控制作为锅炉运行控制的核心，其效果直接影响锅炉燃烧效率、蒸汽参数稳定性与环保排放指标，对锅炉运行的经济性、安全性与环保性，都有着不可忽视的影响。锅炉燃烧控制的核心目标，是让燃料充分燃烧、减少浪费，合理调节风煤比，使炉膛温度、烟气含氧量等关键参数稳定在预设范围内，减少污染物排放、兼顾环保要求，保证蒸汽产量与参数能满足汽机运行需求，实现两者协同运行。

集散系统应用后,实现燃烧过程的全自动化控制,通过精准调节风煤比,提升燃烧效率,减少燃料浪费与污染物排放。控制站实时捕捉炉膛温度、烟气含氧量、燃料供应量、送风量、引风量等与燃烧相关的参数,结合燃料品质与汽机负荷需求,通过内置算法自动算出合适的风煤比,再控制给煤机、送风机等设备动作,精准调节燃料供应量与送风量,保证燃料充分燃烧。系统采用双闭环控制策略,内环控制烟气含氧量,外环控制炉膛温度,内环通过调节送风量,将烟气含氧量控制在 3%~5% 的合理范围,保证燃料充分燃烧;外环通过调节燃料供应量,稳定炉膛温度,保证蒸汽参数合格。

#### 4.2 锅炉给水与汽包水位控制中的应用

给水控制与汽包水位控制,是锅炉运行控制中最关键的环节之一,控制效果直接影响锅炉安全运行与蒸汽参数稳定,也关系锅炉使用寿命与运行经济性。汽包水位过高会导致蒸汽带水,影响蒸汽品质、汽机运行效率与部件完好,严重时会导致锅炉满水跳闸、中断发电;水位过低则会造成锅炉缺水,损坏汽包与水冷壁等关键部件,严重时会导致锅炉爆炸事故。集散系统应用后,引入三冲量控制策略,以汽包水位、给水流量、蒸汽流量三个关键参数为核心,实现汽包水位的精准控制,大幅提升锅炉运行安全性,减少水位异常带来的隐患。控制站实时捕捉这三个关键参数,将实际汽包水位与预设水位精准比对,算出水位偏差,结合给水流量与蒸汽流量的偏差,通过 PID 算法算出合适的控制指令,传输至给水调节阀,通过调整阀门开度,精准调节给水流量,将水位稳定在合理区间<sup>[4]</sup>。

三冲量控制策略的优势在于能有效补偿蒸汽流量变化对水位的影响,避免蒸汽流量突变导致水位大幅波动:蒸汽流量突然增加时,水位会暂时下降,控制站提前增加给水流量,防止锅炉缺水;蒸汽流量突然减少时,水位会暂时上升,控制站提前减少给水流量,防止锅炉满水。控制站实时监测给水压力、温度等参数,根据变化调整控制指令,保证给水系统稳定运行;运行给水泵出现故障、给水参数下降时,系统及时报警,自动启动备用给水泵,保证给水连续,避免给水中断导致锅炉缺水跳闸,记录给水系统运行参数与故障信息,为故障排查与维护提供数据支撑。

一般情况下,集散系统采用的编程语言倾向于面向功能模块的汇编语言,编程语句通常由操作码和操作数组成。操作码主要是与、或、非等逻辑运算符,或者是加减等数字运算符;操作数涉及相应模块寄存器内的数据存储器地址。针对电厂汽机锅炉系统的特

点,程序结构主要分为初始化区、慢循环区和快循环区,初始化区负责存储模块功能实现运行过程中常用的参数以及固定参数;慢循环区处理普通数据监测及比对;快循环区处理高优先度的数据或信号处理。

#### 4.3 锅炉过热蒸汽温度控制中的应用

过热蒸汽温度是锅炉运行的重要参数,温度过高会导致汽机高压缸部件过热损坏,缩短设备使用寿命,增加维修成本,影响运行安全;温度过低则会降低蒸汽焓值,影响发电效率,增加能源消耗,还会加剧汽轮机末级叶片磨损,增加故障发生率。集散系统可实现过热蒸汽温度的精准调节,将温度稳定在预设范围内,提升机组运行效率与安全性。温度控制的核心是通过调节喷水减温器的喷水量改变过热蒸汽温度,控制站实时捕捉过热蒸汽温度、喷水流量等参数,比对实际温度与预设温度,算出偏差后,通过 PID 算法算出控制指令,传输至喷水调节阀,调整喷水量,让温度快速恢复至预设范围。为提升控制精度,系统采用分段控制策略,结合过热器结构,将其分为低温段、中温段与高温段,每段设置独立喷水减温器,控制站分别监测、调节每段温度,灵活调整喷水量,保证过热器出口蒸汽温度均匀稳定<sup>[5]</sup>。

## 5 结束语

我国电力工业的发展持续加快,大容量、高参数火电机组的应用范围也不断拓展,对汽机锅炉运行控制的自动化水平、运行可靠性以及运行经济性都提出了更高的要求。集散系统属于现代工业自动化控制领域的核心技术,集中管理与分散控制的有机结合是其核心优势,在电厂汽机锅炉运行中的应用十分广泛,能有效解决传统控制模式的诸多弊端,大幅提升汽机锅炉的运行稳定性、控制精度和发电效率,基本能契合电力工业发展带来的各类控制需求。

### 参考文献:

- [1] 谢又成,周育才,任萍,等.集散控制系统实验室的建设[J].实验室研究与探索,2007(05):119-121.
- [2] 舒采军,苏伟宪.GKS-9000分散控制系统在中小型火力发电厂中的应用[J].广东电力,2005(11):61-64.
- [3] 马骏,牛原渊.基于数字技术的火电厂锅炉节能降耗[J].数字技术与应用,2025,43(03):117-119.
- [4] 徐江.智能控制系统在电厂热工自动化中的应用[J].信息与电脑,2025,37(15):25-27.
- [5] 何宇峰.多目标优化在发电厂锅炉燃烧控制系统中的应用研究[J].电力设备管理,2025(23):119-121.