

# 电厂热工自动化控制系统的优化策略研究

郑怡慧

晋能控股山西电力股份有限公司 山西 太原 030006

**摘要:** 随着电力行业智能化发展浪潮推进,电厂热工自动化控制系统的重要性愈发凸显。本文围绕电厂热工自动化控制系统展开优化策略研究。首先介绍了系统的组成、功能及发展现状,接着剖析了系统现存的控制精度不足、抗干扰能力弱、集成度低以及维护管理困难等问题。针对这些问题,提出了一系列优化策略,涵盖应用先进控制算法提升控制精度、增强抗干扰设计、提升系统集成水平、完善维护管理体系以及强化人员培训与安全管理等方面。通过这些策略的实施,旨在提高电厂热工自动化控制系统的性能与可靠性,为电厂的安全稳定运行和高效生产提供有力保障。

**关键词:** 电厂热工自动化;控制系统;优化策略

**引言:** 在能源需求持续增长、电力行业竞争日益激烈的背景下,电厂的高效稳定运行至关重要。电厂热工自动化控制系统作为电厂的核心组成部分,负责对热力参数进行监测、控制与调节,直接影响着电厂的生产效率和安全性。然而,随着电厂机组规模的扩大和技术的发展,现有的热工自动化控制系统逐渐暴露出诸多问题,难以满足现代电厂的运营需求。因此,深入研究电厂热工自动化控制系统的优化策略,提升系统的整体性能,成为保障电厂可持续发展、提高能源利用效率的关键所在。

## 1 电厂热工自动化控制系统概述

### 1.1 系统组成与功能

电厂热工自动化控制系统由检测装置、执行设备、控制系统三大核心模块构成。检测装置通过温度传感器、压力变送器等设备,实时采集机组运行参数;执行设备依托电动阀门、伺服电机等,精准执行控制指令;控制系统以分散控制系统(DCS)为核心,集成数据采集、自动调节、顺序控制及安全保护功能。该系统可实现锅炉水位调节、燃烧优化、汽温控制等热工过程参数的闭环管理,同时具备超速保护、超压保护等安全机制,确保机组在复杂工况下稳定运行,提升发电效率与安全性。

### 1.2 系统发展现状

当前电厂热工自动化技术已进入智能化与一体化发展阶段。DCS系统在国内广泛应用,推动控制室集中化与运行组织优化,但国产DCS在可靠性及运维效率上仍与国外存在差距。随着EIC综合技术发展,电气控制逐步纳入DCS框架,实现炉、机、电一体化控制。同时,人工智能技术渗透至巡检领域,智能机器人通过多传感器融合实现设备泄漏自动诊断。未来,现场总线控制系统(FCS)将逐步替代传统DCS,结合三维可视化与大数据分析技术,推动“智慧电厂”建设,实现生产管理全流

程数字化与智能化<sup>[1]</sup>。

## 2 电厂热工自动化控制系统现存问题

### 2.1 控制精度不足

电厂热工自动化控制系统在实际运行中,控制精度不足的问题较为突出。一方面,部分测量元件性能受限,如温度传感器在高温、高压环境下易出现测量偏差,压力变送器受介质特性影响,导致数据采集不准确,进而影响控制决策。另一方面,控制算法的局限性导致调节效果欠佳,传统PID控制对复杂工况的适应性差,难以实现高精度的动态调节。此外,执行机构动作精度不足,如调节阀的线性度差、回差大,使得控制指令无法精准执行,最终造成系统输出与设定值存在偏差,影响机组运行的经济性和稳定性,甚至可能引发设备故障或安全事故。

### 2.2 抗干扰能力弱

电厂热工自动化控制系统易受多种干扰影响,抗干扰能力亟待提升。电磁干扰是主要问题之一,变电站、电动机等设备产生的强电磁场可能通过信号线耦合至控制系统,导致数据传输错误或控制指令异常。此外,环境干扰也不容忽视,高温、高湿、粉尘等恶劣环境会加速元件老化,降低系统可靠性。同时,系统内部干扰如电源波动、地线环路等也会影响信号质量。由于抗干扰设计不足,系统在复杂工况下易出现误动作,如传感器输出波动、执行机构失控等,严重影响机组安全运行,甚至导致非计划停机。

### 2.3 系统集成度低

当前电厂热工自动化控制系统集成度较低,制约了整体效能的发挥。硬件层面,不同厂商设备接口标准不统一,导致系统扩展时需额外配置转换装置,增加了布线复杂度和成本。软件层面,各子系统(如DCS、PLC、SCADA)数据格式和通信协议差异大,信息共享困难,形成“信息

孤岛”。功能层面，系统缺乏统一平台，监测、控制、管理等功能分散，操作人员需在多个界面间切换，降低了工作效率<sup>[2]</sup>。

#### 2.4 维护管理困难

电厂热工自动化系统维护管理面临诸多挑战。系统复杂性高，涉及硬件、软件、网络等多领域技术，维护人员需具备跨专业知识，但当前人才储备不足，导致故障定位和处理效率低下。备件管理混乱，部分老旧设备备件停产，采购周期长，影响故障修复时效。文档资料不完整，系统改造或升级后，图纸、说明书等资料未及时更新，给后续维护带来困难。此外，预防性维护不足，依赖事后抢修，易导致故障扩大化。

### 3 电厂热工自动化控制系统优化策略

#### 3.1 应用先进控制算法提高控制精度

(1) 引入智能控制算法。传统PID控制算法在应对复杂多变的热工过程时，存在控制精度不足、适应性差等问题。而智能控制算法如模糊控制、神经网络控制等，能根据系统实时状态自动调整控制参数。模糊控制通过模拟人类模糊推理过程，处理不确定信息，有效应对热工系统中的非线性、时变特性，提高控制鲁棒性；神经网络控制凭借强大的自学习与自适应能力，可精准逼近复杂非线性函数，实现对热工参数的精确控制。(2) 采用预测控制算法。预测控制基于模型预测系统未来输出，通过滚动优化与反馈校正，提前对控制量进行调整。在电厂热工系统中，它能根据当前工况和历史数据，预测未来一段时间内系统状态变化，提前制定控制策略，有效克服大滞后环节对控制精度的影响，提升系统动态响应性能。(3) 融合多种算法形成复合控制。单一算法往往存在一定局限性，将不同算法有机结合，可充分发挥各自优势。例如，将模糊控制与PID控制结合，利用模糊控制调整PID参数，既能保持PID控制结构简单的优点，又能提高系统对复杂工况的适应能力，进而提高热工自动化控制系统的控制精度。

#### 3.2 增强系统抗干扰设计

(1) 优化硬件抗干扰布局。在系统硬件设计阶段，应合理规划设备布局，将敏感元件与强干扰源保持安全距离，减少空间电磁辐射干扰。同时，采用屏蔽电缆传输关键信号，对电缆外层进行金属编织屏蔽处理，并确保屏蔽层可靠接地，有效阻断外部电磁场对信号线的耦合干扰。此外，在电源输入端增设滤波器，滤除电网中的高频谐波和瞬态脉冲，为系统提供稳定的直流电源，避免电源波动引发的干扰问题。(2) 强化软件抗干扰策略。在控制系统软件层面，通过数字滤波算法对采集的模拟信

号进行预处理，如算术平均滤波、中值滤波等，消除随机噪声和尖峰干扰。同时，采用看门狗定时器技术，实时监测程序运行状态，当系统因干扰出现死机或跑飞时，自动触发复位操作，恢复程序正常运行。此外，在数据传输过程中引入校验机制，确保数据完整性，防止因干扰导致的数据错误或丢失。(3) 完善接地与隔离设计。建立统一的接地系统，将设备外壳、屏蔽层、机柜等可靠接地，形成低阻抗回路，避免地电位差引发的干扰。对不同电位的电路模块采用电气隔离技术，如光耦隔离、变压器隔离等，切断干扰传播路径。在信号传输环节，通过隔离放大器或隔离变送器实现信号与电源的隔离，防止强电信号窜入弱电控制系统，从根本上提升系统的抗干扰能力和运行稳定性<sup>[3]</sup>。

#### 3.3 提升系统集成水平

(1) 统一硬件接口与通信协议标准。针对电厂热工自动化系统中不同厂商设备接口不兼容的问题，应推动硬件接口的标准化建设，制定统一的电气接口、机械接口规范，确保各类设备能够无缝对接。同时，采用国际通用的通信协议，替代原有的多种私有协议，实现设备间数据的高效、可靠传输。通过硬件接口与通信协议的统一，打破“信息孤岛”，为系统集成奠定基础。(2) 构建一体化软件平台。开发集成监测、控制、管理功能的综合性软件平台，将分散的DCS、PLC、SCADA等子系统整合至统一界面，实现数据共享与协同操作。平台应具备开放架构，支持第三方应用接入，并采用模块化设计，便于功能扩展与升级。通过一体化平台，操作人员可实时监控全厂热工参数，快速定位故障点，提高运维效率。(3) 强化系统冗余与容错设计。在关键环节（如控制器、通信网络、电源）采用冗余配置，确保单点故障不影响系统整体运行。通过热备份、冷备份等方式，实现故障设备的自动切换，缩短停机时间。同时，引入容错控制技术，当部分传感器或执行机构失效时，系统能自动调整控制策略，利用剩余资源维持基本功能，避免因局部故障引发全局性事故。通过冗余与容错设计，显著提升系统的可靠性与可用性，满足电厂连续运行的需求。

#### 3.4 完善维护管理体系

(1) 建立全生命周期设备档案。为每台关键设备建立包含采购、安装、调试、运行、维修、改造到报废全过程的电子档案，详细记录设备技术参数、历史故障、维修记录、备件更换等信息。通过数字化管理，实现设备状态的可追溯性，为维护决策提供数据支撑。例如，分析设备故障频率与运行时间的关系，可优化预防性维护周期；跟踪备件更换记录，可提前储备易损件，避免因

备件短缺导致维修延误。(2)推行状态监测与预测性维护。利用传感器与物联网技术,对设备运行状态进行实时监测,并通过数据分析模型预测设备劣化趋势。当监测数据超出阈值时,系统自动触发预警,提示维护人员提前介入检查。同时,结合设备历史数据与行业经验,制定动态维护计划,将传统定期维护转变为基于实际状态的按需维护,减少过度维护造成的资源浪费,延长设备使用寿命。(3)优化备件管理与供应链协同。建立分级备件库存体系,根据备件关键性、采购周期及使用频率,划分A、B、C类备件,分别采用不同的库存策略。与供应商建立信息共享平台,实时同步备件库存与需求计划,实现快速补货与紧急调配。此外,通过标准化备件型号与接口设计,减少备件种类,降低库存成本,并提升备件互换性,缩短维修时间,确保维护工作高效开展。

### 3.5 强化人员培训与安全管理

(1)构建分层分类的培训体系。针对不同岗位需求设计差异化培训内容,如操作人员侧重系统操作规范与应急处置流程,维护人员侧重设备原理与故障诊断技术,管理人员侧重系统规划与风险评估方法。培训形式采用“理论授课+虚拟仿真+实操演练”相结合,利用虚拟现实(VR)技术模拟热工系统运行场景,让学员在沉浸式环境中掌握操作技能,提升培训效果。同时,定期组织技能比武与知识竞赛,激发人员学习积极性,形成“比学赶超”的良好氛围。(2)完善安全管理制度与流程。制定覆盖热工系统全生命周期的安全管理手册,明确从设计、安装、调试到运行、维护各环节的安全规范与责任分工。建立风险分级管控机制,对系统潜在风险进行识别与评估,制定针对性防控措施并纳入日常巡检内容。(3)强化安全意

识与应急能力。定期开展安全警示教育,通过分析行业事故案例、分享内部隐患排查经验,提升人员安全风险感知能力。组织跨部门联合应急演练,模拟控制系统故障、火灾、泄漏等突发场景,检验人员应急响应速度与协同处置能力。演练后进行复盘总结,优化应急预案与资源调配方案,确保在真实事故中能够快速控制局面,最大限度减少损失,保障人员与设备安全<sup>[4]</sup>。

### 结束语

电厂热工自动化控制系统作为保障机组安全、高效运行的核心,其优化是提升电力生产效能的关键。并从控制算法升级、抗干扰设计强化、系统集成深化、维护管理完善及人员能力提升等多维度提出优化策略,旨在构建更智能、稳定、可靠的控制系统。未来,随着人工智能、大数据等技术的深度融合,热工自动化将向自主决策、自适应调节方向迈进。电厂需持续探索技术创新与管理升级,推动热工系统从“自动化”向“智慧化”转型,为电力行业高质量发展注入持久动力。

### 参考文献

- [1]吴尔夫.浅析火电厂热工自动化DCS控制系统的运用[J].中国设备工程.2024(10):117-119.
- [2]马驰.基于大数据的电厂热工自动化控制策略分析[J].中文科技期刊数据库(全文版)工程技术.2024(09):0122-0125.
- [3]刘亮.电厂热工自动化DCS控制系统的应用、设计与实现[J].石油石化物资采购.2024(10):244-246.
- [4]高飞.发电厂热工自动化系统中的新技术应用[J].集成电路应用,2023,40(08):236-237.