

火电厂热工自动化与信息化融合发展模式探究

张晓东

北方联合电力有限责任公司临河热电厂 内蒙古自治区 巴彦淖尔 015000

摘要: 在“双碳”目标与新型电力系统建设推动下,火电厂需清洁高效转型,热工自动化与信息化融合是突破发展瓶颈的关键。热工自动化保障机组稳定运行,信息化以数据赋能实现生产管理精准化。本文从基础理论出发,分析二者融合必要性,梳理数据采集、智能控制等关键技术,构建“平台支撑-数据驱动-智能决策”模式。研究表明,此模式能提升火电厂运行效率、强化安全保障,适配能源市场与环保要求,为其智能化升级提供支撑与参考。

关键词: 火电厂;热工自动化;信息化;融合发展模式

引言

在“双碳”目标与新型电力系统建设背景下,火电厂清洁高效转型迫在眉睫。热工自动化与信息化融合是突破发展瓶颈的核心路径,二者协同可实现生产数据赋能与机组智能管控。本文探究其融合发展模式,为火电厂智能化升级提供参考。

1 火电厂热工自动化与信息化基础理论

1.1 火电厂热工自动化概述

火电厂热工自动化是借助自动化控制技术与设备,对热力生产全流程实时监测、调节与控制的技术体系,是保障机组安全稳定运行的核心。它涵盖锅炉燃烧、汽轮机组运行、热力循环等关键环节,利用分散控制系统(DCS)、可编程逻辑控制器(PLC)等设备,精准调控温度、压力、流量等热工参数。发展上,从早期仪表、集中控制,演进到分布式与初步智能控制阶段。实际应用中,该系统能自动完成锅炉给水调节、汽温控制、燃烧优化等操作,降低人工干预强度,将参数控制精度提至 $\pm 0.5\%$ 以内,减少人为失误故障风险,为火电厂连续生产提供坚实保障。

1.2 火电厂信息化概述

火电厂信息化是以信息技术构建覆盖生产、管理、运维全流程的数据体系,实现管理模式与生产方式升级的技术手段。其核心架构含感知、网络、平台、应用层,通过部署工业传感器、以太网、数据平台等,打破信息壁垒。与热工自动化聚焦生产控制不同,信息化范围更广,涵盖生产实时监测与管理领域的设备台账、运维流程数字化、能耗统计等^[1]。当前,火电厂信息化从早期办公自动化(OA)、管理信息系统(MIS),向工业互联网、大数据分析演进,深度挖掘生产管理数据,为电厂决策提供支撑,推动其从“经验驱动”向“数据驱动”转型。

2 火电厂热工自动化与信息化融合的必要性分析

2.1 提升火电厂运行效率的需求

传统模式下,热工自动化系统与信息化系统相互独立,形成“信息孤岛”,制约了运行效率的提升。热工自动化系统虽能实现参数实时控制,但缺乏对历史数据与全局数据的分析能力,难以实现运行参数的最优调节;信息化系统则因数据采集滞后、与控制环节脱节,无法将分析结果及时转化为控制指令。两者融合后,通过实时采集热工自动化系统的运行数据,结合信息化系统的大数据分析能力,可精准识别机组运行的最优参数区间。例如,基于历史运行数据与实时工况,动态优化锅炉燃烧配比与汽轮机组负荷分配,使供电煤耗降低3-5g/kWh。同时,信息化系统可对设备运行状态数据进行趋势分析,实现运维计划的精准制定,减少非计划停机时间,将机组可用率提升至95%以上,显著提升火电厂运行效率与经济效益。

2.2 增强火电厂安全保障能力的需求

火电厂生产过程涉及高温、高压、易燃易爆等危险因素,安全保障是核心诉求。传统热工自动化系统虽具备故障报警功能,但报警信息分散、缺乏关联分析,难以实现故障的早期预警与精准定位;信息化系统则因与控制环节脱节,无法及时响应安全隐患。融合发展后,通过构建“实时监测-数据预警-应急控制”的闭环体系,可大幅增强安全保障能力。一方面,通过工业传感器实时采集热工参数与设备状态数据,结合信息化系统的故障诊断模型,实现对管道泄漏、设备异常磨损等隐患的早期预警,预警准确率可达90%以上;另一方面,当发生安全隐患时,信息化系统可快速联动热工自动化系统,自动执行停机、隔离等应急控制措施,将故障处置时间从分钟级缩短至秒级,最大限度降低事故损失,保障人员与设备安全。

2.3 适应能源市场变化的需求

随着电力市场化改革的深入,火电厂面临电价波动、

负荷需求多变的市场环境,传统“恒定负荷”运行模式已难以适应市场变化。热工自动化系统单独运行时,负荷调节响应滞后,无法快速匹配电网负荷需求;信息化系统则缺乏对生产环节的直接调控能力。两者融合后,可构建“市场需求-生产调控”的快速响应机制。信息化系统实时采集电网负荷需求、电价波动等市场数据,结合火电厂机组运行状态,通过大数据分析制定最优负荷调节策略,随后将调节指令精准下发至热工自动化系统,实现机组负荷的快速调整^[2]。例如,在电网负荷高峰期快速提升机组出力,在电价低谷期合理降低负荷,既满足电网调度需求,又通过“削峰填谷”提升火电厂的市场收益,增强其在能源市场中的竞争力。

2.4 满足环保要求的需求

“双碳”目标下,环保政策日趋严格,火电厂面临氮氧化物、二氧化硫等污染物排放的严苛约束,传统依赖人工监测与手动调节的环保控制模式已难以满足要求。热工自动化系统虽能控制环保设备运行,但缺乏对污染物排放数据的实时分析与精准调控能力;信息化系统则可实现排放数据的监测,但无法直接干预生产控制环节。融合发展后,通过构建“排放监测-参数优化-控制执行”的环保管控体系,可实现污染物排放的精准控制。信息化系统实时采集烟囱排放数据与锅炉燃烧参数,通过环保优化模型分析污染物生成机理,精准计算最优燃烧参数与环保设备运行参数,随后联动热工自动化系统调整锅炉配风、脱硫脱硝设备投运状态等,使污染物排放浓度稳定低于国家标准,同时降低环保设备能耗,实现环保与效益的协同提升。

3 火电厂热工自动化与信息化融合的关键技术

3.1 数据采集与传输技术

数据采集与传输技术是实现两者融合的基础,核心作用是打破“信息孤岛”,实现热工参数与管理数据的全面采集与实时传输。在数据采集方面,采用智能传感器、无线传感网络(WSN)等设备,实现对温度、压力、流量等热工参数,以及设备振动、油液品质等状态参数的全方位采集,采集精度可达0.1级,采样频率最高支持100Hz,满足实时控制需求。在数据传输方面,构建“工业以太网+5G”的双网络架构,工业以太网保障厂区内数据的高速稳定传输,延迟控制在10ms以内;5G技术则实现偏远区域设备数据与云端平台的实时交互,满足移动运维需求。同时,采用边缘计算技术对采集数据进行初步预处理,筛选有效数据并压缩传输,降低网络带宽占用,确保数据传输的实时性与可靠性。

3.2 数据集成与处理技术

数据集成与处理技术是实现数据价值转化的核心,主要解决多源异构数据的融合与分析问题。在数据集成方面,采用企业服务总线(ESB)、数据中台等技术,对热工自动化系统的实时数据库数据、信息化系统的关系型数据库数据,以及第三方系统数据进行标准化处理,通过统一的数据接口与数据模型,实现多源数据的集中存储与统一管理,数据集成准确率达99%以上。在数据处理方面,构建“实时处理+离线分析”的双重处理体系,采用流计算技术(如Flink)对实时运行数据进行毫秒级处理,支撑实时控制决策;采用批处理技术(如Spark)对历史数据进行深度分析,挖掘运行优化、故障诊断等规律^[3]。同时,通过数据清洗、去重、补全等数据治理手段,提升数据质量,为后续应用提供可靠的数据支撑。

3.3 智能控制技术

智能控制技术是实现融合应用的核心手段,通过将信息化分析结果转化为自动化控制指令,提升机组控制的智能化水平。其核心包括模糊控制、神经网络、模型预测控制等技术,结合火电厂热工系统的非线性、大滞后特性,构建智能控制模型。例如,在锅炉燃烧控制中,基于神经网络模型学习不同工况下的燃烧规律,结合实时采集的煤质数据、烟气成分数据,动态优化给煤量、配风量等控制参数,使燃烧效率提升2%以上;在汽轮机组调节中,采用模型预测控制技术,提前预判负荷变化趋势,实现汽压、汽温的精准调节,调节偏差控制在 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内。智能控制技术不仅提升了控制精度,更增强了系统对复杂工况与干扰因素的适应能力,保障机组稳定运行。

3.4 工业互联网平台技术

工业互联网平台是实现两者融合的核心载体,构建了“数据汇聚-能力沉淀-应用开发”的一体化支撑体系。平台采用“边缘层-平台层-应用层”的架构,边缘层实现数据采集与实时控制;平台层提供数据存储、计算、建模等基础能力,内置热工设备模型、运行优化算法等通用能力组件;应用层则基于平台能力开发运行监控、设备运维、能耗分析等专项应用。平台具备强大的兼容性,可接入不同厂商的DCS系统、PLC设备与信息化软件,实现跨系统的协同管理。同时,支持低代码开发模式,降低应用开发门槛,使电厂技术人员可根据实际需求快速开发定制化应用,实现融合应用的快速迭代与升级,为融合发展提供灵活的平台支撑。

3.5 信息安全技术

信息安全技术是保障融合系统稳定运行的底线,核心解决热工控制网络与信息化网络互联后的安全风险。采用“纵深防御”的安全架构,在网络边界部署工业防

防火墙、入侵检测系统 (IDS), 对进出控制网络的数据进行严格过滤, 阻断非法访问与恶意攻击; 在终端层面, 对DCS控制器、数据采集终端等设备进行安全加固, 安装工业主机安全防护软件, 防止病毒与恶意代码入侵; 在数据层面, 采用数据加密技术 (如AES加密) 对传输与存储数据进行加密处理, 对敏感数据实施访问权限管控, 确保数据不被泄露与篡改。同时, 建立安全应急响应机制, 定期开展安全演练, 及时发现并处置安全漏洞, 保障融合系统在安全可控的环境下运行。

4 火电厂热工自动化与信息化融合发展模式构建

4.1 融合发展模式的总体架构

构建“感知层-网络层-平台层-应用层”四层融合架构, 实现全流程融合。感知层部署智能传感器等, 全面感知热工参数与设备状态; 网络层以“工业以太网+5G”构建高速可靠传输通道, 保障数据实时交互; 平台层依托工业互联网平台, 集成、存储与计算数据, 沉淀核心能力; 应用层开发面向多领域的融合应用, 形成闭环体系。各层级衔接协同, 既保障热工自动化实时控制, 又发挥信息化数据分析优势, 为融合发展提供全面支撑。

4.2 基于工业互联网平台的融合模式

该模式以工业互联网平台为核心枢纽, 实现热工自动化系统与信息化系统的深度互联与能力协同。平台通过标准化接口接入DCS、PLC等热工自动化设备, 以及ERP、MIS等信息化系统, 实现多源数据的集中汇聚。在生产控制方面, 平台实时采集热工运行数据, 结合信息化系统的设备台账、运维记录等数据, 通过内置的智能控制模型生成优化控制指令, 下发至热工自动化系统执行; 在运维管理方面, 平台对设备运行状态数据进行实时监测与趋势分析, 自动生成设备健康评估报告与运维工单, 实现运维流程的数字化与精准化^[4]。

4.3 基于大数据分析的智能决策模式

该模式以大数据分析技术为核心, 通过对海量数据的深度挖掘, 为火电厂提供智能化决策支撑, 实现从“经验决策”向“数据决策”的转变。其核心流程包括数据

汇聚、模型分析、决策输出与执行反馈。首先, 汇聚热工运行数据、市场数据、环保数据等多维度数据, 构建海量数据资源池; 其次, 基于大数据分析平台, 采用机器学习、数据挖掘等算法构建运行优化、市场响应、环保管控等决策模型; 再次, 模型结合实时工况输出最优决策方案, 如负荷调节策略、燃烧优化参数等; 最后, 决策方案通过信息化系统下发至热工自动化系统执行, 同时将执行结果反馈至模型进行迭代优化。

4.4 融合发展的实施步骤与策略

遵循“循序渐进、精准施策”原则分四步实施: 现状评估规划, 明确现状与需求制定规划; 基础架构搭建, 部署硬件、升级网络、打通接口; 核心能力建设, 开展数据治理, 开发核心应用; 迭代优化推广, 上线试运行并优化推广。实施策略上, 强化技术研发与人才培养, 联合攻关关键技术, 培养复合型人才; 建立考核评价机制, 量化成效, 保障融合稳步推进。

结束语

火电厂热工自动化与信息化融合是应对能源转型、环保压力及实现智能化升级的必然之举。本文系统研究后构建了“平台支撑-数据驱动-智能决策”的融合体系, 给出完整实施路径。未来, 随着AI大模型等新技术发展, 融合将迈向更高阶段。火电厂要加大技术投入与人才培养, 优化融合模式, 推动深度融合, 助力新型电力系统建设和“双碳”目标达成。

参考文献

- [1]张向伟.自动控制理论在火电厂热工自动化中的应用研究[J].设备管理与维修,2022(08):41-42.
- [2]许光华.热工仪表在火电厂中的自动化控制及其应用研究[J].中国设备工程,2022(04):154-155.
- [3]张向伟.自动控制理论在火电厂热工自动化中的应用研究[J].设备管理与维修,2022(08):41-42.
- [4]李宽广.火电厂热工自动化系统设计中节能减排技术的应用探析[J].内蒙古煤炭经济,2021(18):170-171.