

火力发电机组集控运行技术的应用研究

王文明

新疆中泰化学托克逊能化有限公司，新疆吐鲁番托克逊 838100

摘要：火力发电机组集控运行技术是现代电厂智能化运行最典型、最成熟的手段，以高度集成的中央监控平台为基础，很好地实现了对机组全流程的集中监视、操作控制、运行优化及安全防护，因此本文对该技术的系统架构、功能模块及应用价值做了梳理，讨论其在提高机组自动化水平、强化安全监控、挖掘经济性潜力诸方面的作用。更难得的是，文中论证了集控技术借助多系统集成及智能算法融合所取得的运行效率、资源利用率的实质性提高，以及由此带来的非计划停运风险的降低。最后，又顺理成章地指出其向自适应控制、协同决策方向发展的最新趋势，为火电低碳转型提供直接的技术支撑。

关键词：火力发电；集控运行；智能控制；安全监控；系统集成

引言

由于全球能源结构转型的大背景下火力发电技术成熟、负荷调节能力强，火力发电在电力供应体系中仍承担着基荷保障的重要功能。而传统分散式控制模式因监控点分散、各系统协调困难、人为误操作概率高，不能很好地满足现代电厂对安全、经济、环保诸种指标的综合要求^[1]。因此集控运行技术将分布式控制系统、厂级监控信息系统、智能决策模块三者结合起来，形成了集中监视-控制-优化的闭环管理体系，既有利于资源集约化利用，又有利于决策智能化。目前，该技术已经是大型火电厂的标准配置，但其功能边界正在随信息技术的发展不断扩展。本文对集控技术的核心架构、功能实现及演进趋势予以系统梳理，以期为火力发电机组的安全高效运行提供理论参照，也切实促进能源生产模式的数字化升级。

一、集控运行技术的基本概念与系统架构

集控运行技术是现代火力发电厂十分成熟、典型的先进运行管理模式，即以高度集成的计算机控制系统为基础，对单台或若干台发电机组及辅助系统实行集中监视、操作、控制和优化。因此其系统架构一般建立在分布式控制系统或可编程逻辑控制器网络之上，以实时数据库为数据枢纽，把现场各点的传感器、执行器、控制器都接入中央控制室的操作员工作站。

中央控制室实质上就是运行指挥中心，配有大屏幕显示系统及若干功能完备、界面友好的操作员站，运行人员可在其中实时、直观地查看机组运行参数、设备状态信息、报警信号、性能指标等重要数据^[2]。更难得的是，系统整体设计严格遵循模块化、冗余配置的原则，可靠性高，可扩展性强，能为运行人员提供真正统一、高效的人机交互平台，也由此顺理成章地实现对机组启停、负荷调节、参数优化、故障处理诸种过程的集中、精细控制。

二、集中监视功能的核心作用

集中监视是集控运行技术的基础功能，也是保证机组安全稳定运行的先决条件，因此其设计有十分明确、严密的逻辑：先用完善的数据采集系统实时、可靠地采集机组运行中所有重要测点的数据，即锅炉燃烧工况、汽轮机振动及胀差、发电机电气参数、主要辅机状态、热力系统参数、环保指标等，继而对所采集数据做实时处理、分类存储、动态显示，以图形化、列表化、曲线化诸种形式呈现在操作员站上^[3]。更难得的是，先进的报警管理系统能按预设逻辑及阈值自动识别异常工况，分级报警、精准提示，切实引导运行人员及时、妥帖地采取措施。历史数据存储及分析功能，为运行优化、故障诊断、性能评估都提供了扎实的数据支撑。集中监视既减轻了运行人员巡检的负

担, 又因把各类信息有机、完整地加以整合, 能大大增强运行人员对机组整体运行态势的感知能力, 为之后的正确操作打下可靠基础。

三、集中控制功能的实现方式

由于集控运行技术是在集中监视的基础上发展的, 实现了机组主要操作指令的集中下发, 运行人员不必到现场, 就可以在中央控制室的操作员站上用鼠标、键盘或触摸屏等输入设备对锅炉燃烧器、给水泵、风机、汽轮机调节阀、发电机励磁系统诸设备进行远程操作。控制指令经控制网络可靠、及时地传送到现场控制器, 由其驱动执行机构完成具体动作。更难得的是, 控制方式非常齐全, 有手动、自动、顺序控制、联锁保护诸种模式, 而复杂的机组启停过程可由事先精心设计好的顺序控制系统予以自动化或半自动化处理, 因而大大降低了人工操作的劳动强度, 也极大减少了人为误操作的风险^[4]。集中控制功能本身即建立在高可靠性的控制网络、成熟稳健的控制算法、完善可靠的安全保护机制之上, 控制指令能准确、快速、安全地执行, 最终切实提高机组操作的便捷性、规范性及响应速度。

四、运行优化与经济性提升

集控运行技术的根本价值绝不止是安全监控, 更重要的是以智能化手段主动、系统地优化机组运行效率, 提高经济性, 运行优化功能有十分清晰、扎实的技术逻辑: 以系统内置的先进算法及专家知识库为基础, 结合机组特性模型及实时运行数据, 动态、精确地调整各运行参数以挖掘节能潜力。具体而言, 在燃烧控制中采用多变量协调优化模型, 实时优化风煤配比、燃烧器角度及配风方式, 让锅炉始终运行在最佳效率区间。在负荷管理中应用全厂机组特性曲线的经济分配模型, 智能协调多台机组出力, 做到整体煤耗最小化^[5]。凝结水系统优化控制策略精细调节凝结水泵运行频率及除氧器压力, 切实降低厂用电率, 而循环水系统根据环境温度、机组负荷自动调整运行方式, 最大限度减少冷端损失。更难得的是, 系统集成了性能计算模块, 能实时在线准确计算热耗率、厂用电率

等关键经济指标, 自动生成有数据支撑、有明确结论的能效诊断报告, 直接指导运行调整^[6]。更重要的是, 系统将长期运行数据与机器学习技术深度融合, 所用优化模型有自学习能力, 能识别运行规律、预测最优工况, 因此经济性从被动调整过渡到主动优化。

五、安全监控与故障诊断

保障机组运行安全是火力发电最基本、最重要的任务, 因此集控运行技术从系统设计之初就建立了层次分明、逻辑严谨、手段先进的安全防护体系, 对锅炉压力、汽轮机振动、发电机绝缘、辅机轴承温度等关键参数实行毫秒级连续监测, 以预设逻辑结合动态阈值的方式可靠、及时地识别异常工况, 发现参数超限或设备异常时即刻启动分级报警机制, 以声光报警、弹窗提示、短信通知诸种形式将预警信息准确、快速地传递给运行人员, 便于其及时响应。更难得的是, 在紧急情况下系统能按预设保护逻辑自动、果断地执行联锁动作, 诸如锅炉主燃料跳闸或汽轮机紧急停机, 从而切实阻断事故链的扩展。如果说故障诊断能力是集控系统最突出、最核心的竞争力, 那么其背后所依托的就是海量历史数据及设备运行特征库, 配合模糊推理、神经网络、故障树分析等先进算法, 构建起真正有物理意义、有逻辑支撑的多维故障诊断模型, 关联异常参数的因果关系, 精准识别故障模式, 明确缺陷设备, 最终生成含故障概率、影响范围、处置建议的完整、可靠的诊断报告^[7]。诊断结果以图形化界面直观呈现, 极大有利于运行人员快速制定抢修方案。更难得的是, 系统本身自带自学习功能, 能主动收集各类故障案例, 持续优化诊断规则库, 因而对复杂耦合故障的研判能力随时间推移而不断增强。

六、人机界面设计与运行支持

高效的人机界面设计是集控运行技术成功应用的根本保证, 其根本目的就是用直观、智能化的交互方式降低运行人员的认知负荷, 因而能提高操作效率、减少操作错误。因此现代集控系统的人机界面采用了高分辨率图形显示技术及先进可视化工具, 把机组运行信息以工艺流程画面、设备状态图、实时趋势曲线、

分级报警列表诸种形式予以清晰呈现,信息的传递既直观又有层次。更难得的是,界面布局严格遵循因人因工程原理,重要参数以色彩编码或动态突出方式予以强化显示,操作步骤有逻辑清晰、循序渐进的引导提示,决策流程因而大大简化。系统还配套完备、成熟的运行支持功能:操作指导手册、规程在线查询、交互式帮助系统、仿真培训模块等,均可直接调用以辅助运行人员掌握操作规范、应对异常工况。更重要的是,近年来信息技术迅猛发展,人机界面正在稳步、有力地向着智能化方向演进:自适应算法可根据使用者的偏好自动调整显示模式,语音识别、手势控制技术融入其中,手动操作负担切实减轻^[8]。与此形成完美配合的是,运行支持工具中嵌入了知识库及智能决策辅助模块,能主动给出实时优化建议及风险预警,真正帮助运行人员做出更准确、更可靠的专业判断。

七、系统集成与信息共享

集控运行技术的强大功能根本上源于其高度成熟、有层次的系统集成能力及相应的信息共享机制:现代集控系统绝不是孤立存在的,而是火力发电厂信息化、数字化架构中举足轻重、承上启下的核心部分,因此必然要与厂级监控信息系统、管理信息系统、分散控制系统、辅控程控系统、电气监控系统诸种子系统进行深度集成,且以统一的数据平台及标准化接口作为纽带,让生产实时数据、设备管理信息、运行指令、优化策略诸类数据在不同系统间流转共享。由此打破长期存在的信息孤岛,真正建成全厂统一的生产数据中心,运行监控、生产管理、设备维护、经营决策各业务板块都由此获得一致、可靠、及时的数据支撑。更难得的是,集成化架构直接带来了跨系统协同效率的实质性提高:运行人员能更快响应异常工况,维护人员能基于统一数据制定预防性维护计划,管理层能根据整合后的信息合理调配资源。信息共享机制也天然地有利于远程协作与专家决策,借助云平台或大数据分析工具,故障预警、优化建议均可做到即时传递。近年来物联网、人工智能技术的发展又将系统集成从单纯的数据交换推向智能协同的新阶段,系统在实现

数据流转的同时主动进行智能分析,因此数据安全性、隐私保护都能得到更充分、更妥善的保障。

结论

集控运行技术在火力发电机组中的应用已深刻重塑了传统运行模式,成为提升机组安全性、经济性与自动化水平的核心支撑。该技术通过构建高度集成的中央监控平台,实现了对机组运行全过程的集中监视、精准操作、动态优化与智能防护。实践表明,其应用显著降低了人工操作强度,提升了运行效率与决策准确性,优化了能耗指标,强化了安全屏障,为火力发电厂稳定、高效、环保运行提供了坚实保障。当前,集控系统已从基础监控向智能化、协同化方向纵深发展,融合大数据、人工智能与物联网技术,持续增强故障预警、运行优化及跨系统协同能力。未来,随着技术的迭代升级,集控运行将进一步提升自适应控制与智能决策水平,推动火力发电向数字化、精细化、低碳化方向转型。

参考文献:

- [1] 汪海洋. 高效能源利用下的火力发电机组集控运行系统性能优化研究[J]. 机电信息, 2024,(08):58-61.
 - [2] 周国梁, 王昱丹. 发电厂单元机组集控运行危险点预控分析[J]. 中国设备工程, 2024,(06):127-129.
 - [3] 沈闯. 火力发电厂发电机组集控运行技术探讨[J]. 光源与照明, 2023,(06):237-239.
 - [4] 文发红. 火力发电厂发电机组集控运行技术应用研究[J]. 光源与照明, 2022,(06):139-141.
 - [5] 欧阳海波. 分析发电机组集控运行技术在火力发电厂中的应用[J]. 建材与装饰, 2020,(01):234-235.
 - [6] 袁明玉, 张岩. 火力发电厂发电机组集控运行技术研究[J]. 电站系统工程, 2021,37(03):65-66.
 - [7] 吴跃国. 火力发电机组集控运行技术探讨[J]. 南方农机, 2019,50(18):182.
 - [8] 张力. 发电机组集控运行技术在火力发电厂中的应用探究[J]. 科技创新导报, 2018,15(15):38+40.
- 作者信息: 王文明(1988-04), 男, 汉, 黑龙江依安, 本科, 中级工程师, 研究方向: 煤化工领域