

火电厂集控运行优化思路

蔡悦

宁夏电投永利能源有限公司 宁夏 银川 750000

摘要: 在新型电力系统建设背景下, 电网深度调峰频次大幅增加, 传统火电厂集控运行模式暴露出诸多短板。本文系统分析火电机组集控运行在控制技术、数据协同、现场管理及设备适配等方面的现存问题, 围绕智能控制系统升级、负荷优化分配、运行参数调控、数据一体化建设展开技术优化, 同时完善标准化操作、人员培养及设备运维管理体系, 全方位提升机组运行稳定性与经济性, 为火电厂智能化、节能化运行提供可行的优化参考。

关键词: 火电厂; 集控运行; 优化思路

引言

当前新能源发电大规模并网, 电力供需结构持续变化, 对火电机组调峰能力、响应速度与运行经济性提出更高标准。传统集控运行存在调控技术滞后、智能化水平不足、人员操作不规范、老旧设备性能衰减等问题, 极易造成机组参数波动、能耗升高、运行稳定性下降。为适配电网调度新要求, 破解机组运行痛点, 本文结合现场实际工况, 多角度探究集控运行优化路径, 助力火电机组实现安全、高效、低碳的高质量运行目标。

1 火电厂集控运行概述及现存问题分析

1.1 火电厂集控运行核心体系

(1) 集控运行核心内涵: 火电厂集控运行是依托现代化自控技术, 实现机、炉、电、辅一体化的集中控制运行模式, 打破传统分散运行模式的局限, 通过统一调控机组各类设备, 协调各系统运行状态, 保障火电机组整体有序运转。(2) 集控系统核心构成: 整套系统由四大核心模块组成, 包含DCS控制系统、设备监测系统、负荷调度系统与安全防护系统, 各系统各司其职、相互配合, 构建起火电机组全域运行管控架构。(3) 集控运行核心目标: 核心运行目标聚焦三大维度, 一是保障发电机组长期安全稳定运行, 规避设备故障与运行风险; 二是优化运行参数, 实现机组节能降耗, 提升发电经济性; 三是精准对接电网需求, 严格满足电网调度各项要求^[1]。

1.2 集控运行技术层面现存问题

(1) 传统控制技术滞后: 传统PID控制响应速度滞后, 针对多设备联动场景的耦合调控能力薄弱, 难以适配当前电网深度调峰的复杂工况, 调控精度与适配性不足。(2) 数据协同性不足: 各运行子系统存在明显信息壁垒, 数据采集、传输、分析环节碎片化严重, 无法实现全域数据互通共享, 制约机组智能化、一体化调控落

地。(3) 智能化程度偏低: 系统缺乏运行状态动态预测、故障智能预警功能, 机组负荷分配、参数优化高度依赖人工经验, 调控精准度与效率难以提升。

1.3 集控运行管理与操作层面问题

(1) 运行操作规范性不足: 不同操作人员实操习惯差异较大, 机组变工况、启停等关键工况操作不统一, 导致机组运行参数波动, 能耗稳定性较差。(2) 人员专业能力参差不齐: 部分操作人员对智能化设备操控不熟练, 异常工况应急处置能力薄弱, 专业技能无法适配新型集控系统运行需求。(3) 运维管理体系不完善: 设备状态实时监测不到位, 故障隐患排查滞后, 缺乏常态化的设备优化与运维整改机制, 长期运行稳定性难以保障。

1.4 机组设备运行适配性问题

(1) 老旧设备性能衰减: 电厂部分辅机、监测设备服役年限较长, 设备老化导致运行性能衰减, 参数监测精准度下降, 直接影响集控系统整体调控精度。(2) 系统兼容性较差: 厂区新旧设备混用、多类控制系统并行, 设备与系统适配性不足, 频繁出现数据传输延迟、调控指令响应偏差等问题, 干扰机组稳定运行。

2 火电厂集控运行核心技术优化思路

2.1 控制系统智能化升级优化

(1) DCS系统迭代升级: 针对传统DCS系统运算负荷不均、响应速度慢、稳定性不足等问题, 推进国产化智能DCS系统的迭代升级与改造替换。通过科学优化DPU负荷配置方式, 均衡各控制单元运算压力, 改善系统卡顿、运算滞后等缺陷, 全面提升集控系统的数据处理能力、运行稳定性与指令响应速度, 为机组复杂工况精准调控提供可靠的基础平台。(2) 引入MPC模型预测控制: 摒弃传统单一PID控制适应性差、滞后性明显、多变量耦合调控能力弱的弊端, 引入先进的MPC模型预测控制技术。结合机组运行规律构建多变量动态数学模

型,能够实时预判工况变化趋势,提前修正控制偏差,有效适配机、炉、电多设备联动运行场景,实现多系统耦合工况下的精准、平稳调控^[2]。(3)搭建边缘计算架构:依托工业智能化技术,在机组各关键运行节点部署边缘计算节点,搭建就地边缘计算架构。改变传统云端集中处理的运行模式,实现设备运行数据的就地采集、实时分析与快速闭环调控,大幅降低数据传输延迟,减轻云端运算负荷,有效提升集控系统的实时性与动态响应能力。

2.2 机组负荷智能优化分配

(1)构建动态煤耗特性模型:充分挖掘电厂海量机组历史运行数据,融合最小二乘法与神经网络智能算法,精准拟合不同负荷区间、不同环境工况下的机组能耗变化规律。突破传统静态煤耗模型精度不足的局限,构建动态煤耗特性模型,精准反映机组实时能耗特征,为负荷智能分配提供可靠数据依据。(2)多目标负荷优化策略:摒弃单一以煤耗最低为标准的负荷分配模式,构建兼顾多重指标的多目标优化算法。综合考量机组煤耗成本、环保排放成本、设备启停损耗及运维成本等关键因素,智能优化厂级机组负荷分配方案,在保障机组安全稳定运行的前提下,实现全厂发电综合效益最大化。(3)适配电网调峰需求:针对当前电网新能源并网占比提升、深度调峰需求频繁的现状,优化机组AGC、AVC调控响应逻辑与参数策略。提升机组快速变负荷、低负荷稳燃、深度调峰的适配能力,缩短调度响应延迟,精准匹配电网调度指令,增强机组电网适配性与并网稳定性。

2.3 关键系统运行参数优化

(1)锅炉燃烧系统优化:根据机组实时负荷、煤质特性及炉膛工况变化,动态精准调整锅炉配风、配煤比例及送风配比。优化炉膛温度场、空气系数与燃烧工况,有效缓解燃烧不充分、炉膛结焦、排烟热损失过大等问题,显著降低不完全燃烧损耗,提升锅炉燃烧效率与经济性。(2)汽机循环系统优化:结合机组变负荷运行特性,对汽轮机主汽压力、主汽温度、凝汽器真空度、回热系统参数等核心指标进行精细化优化调整。合理匹配各参数运行区间,减少蒸汽节流损失、换热损耗与循环废热损耗,有效提升汽轮机组热力循环效率,降低机组供电煤耗。(3)辅机系统协同优化:改变各类辅机独立调控、运行脱节的现状,统筹冷却系统、除氧系统、给水系统、风烟系统等辅机设备运行参数。根据主机负荷变化联动调节辅机运行状态,杜绝辅机空载、高负荷低效运行现象,减少厂用电无效消耗,实现主辅设

备协同高效运行^[3]。

2.4 数据一体化管控优化

(1)打破系统信息壁垒:针对电厂各子系统独立运行、数据碎片化、信息孤岛突出的问题,全面整合控制、监测、调度、安防等各类子系统数据资源。搭建全域一体化数据共享平台,统一数据采集标准、传输协议与存储格式,实现全厂数据集中管理、统一分析、高效调用,支撑全域智能调控。(2)建立数据智能预警机制:依托大数据分析技术,梳理机组各类异常工况与设备故障特征,设置各运行参数科学精准的异常阈值。搭建数据智能研判与预警体系,实现设备隐患、参数超限、工况异常的提前预判与主动预警,改变传统事后处置模式,提升机组运行智能化防控水平。

3 火电厂集控运行管理与实操优化策略

3.1 标准化运行操作体系优化

(1)制定全工况操作规范:针对火电机组运行工况复杂、变负荷频次高的特点,全面细化机组启停、升降负荷、深度调峰、稳态运行及突发故障处置等全场景标准化操作流程。结合机组设备特性与现场运行实际,明确各操作环节的执行标准、操作顺序、风险要点及岗位配合要求,有效规避传统人工操作随意性强、流程不统一的问题,让各类工况操作均有章可循,提升机组运行稳定性。(2)统一参数调控标准:依托机组长期运行大数据与热力试验结果,精准划定不同负荷区间、不同环境温度及调峰状态下,机组主汽参数、炉膛风煤配比、凝汽真空、给水温度等核心参数的最优运行区间。统一集控人员参数调整幅度与调控逻辑,严格限制人工盲目调控行为,大幅降低人为操作偏差,稳定机组能耗水平,减少工况波动问题^[4]。(3)建立操作复盘机制:构建班组日常复盘、车间月度总结的常态化管控机制,定期汇总机组运行参数、能耗数据、操作记录及异常事件。针对运行工况波动、参数偏离最优区间、操作失误及能耗偏高等问题进行深度溯源分析,梳理操作短板与共性问题,结合分析结果持续优化完善操作流程,形成闭环优化的运行管理体系。

3.2 人员队伍能力优化建设

(1)构建分层培训体系:结合岗位层级与人员技能差异,搭建系统化、差异化的分层培训体系。针对新员工重点开展设备认知、基础操作、常规巡检等基础培训;针对在岗运行骨干,聚焦智能化DCS系统操作、深度调峰精细调控、异常工况识别处置等核心技能培训;针对技术管理人员,侧重系统优化、故障研判、统筹调度能力培养,全面适配智能化集控运行发展需求。(2)

搭建实操考核机制：建立科学完善的量化考核标准，摒弃传统形式化考核模式，将机组能耗指标、日常操作规范性、变工况调控质量、故障识别准确率及应急处置能力等核心内容纳入考核体系。将考核结果与岗位绩效、评优定级、岗位晋升深度挂钩，充分调动操作人员主动学习、规范操作的积极性，全面提升整体实操水平。

（3）开展技术交流与创新：定期组织班组、车间层级的技术研讨交流会，针对机组深度调峰适配性差、能耗偏高、异常工况处置难点等现场问题开展专项研讨。广泛推广优秀实操经验与节能优化方法，鼓励运行人员结合现场实际开展技术创新与运行优化改造，依托全员技术创新助力机组运行经济性与稳定性持续提升。

3.3 设备运维与状态管控优化

（1）推行状态检修模式：摒弃传统固定周期的粗放式定期检修模式，依托机组智能监测系统实时采集的设备振动、温度、压力、响应速度等运行数据，结合大数据趋势分析技术，精准判断设备运行状态与潜在缺陷。实现设备故障提前预判、精准检修，有效减少过度检修、无效检修作业，在保障设备安全运行的基础上，大幅降低运维人力与物资成本。（2）老旧设备迭代更新：针对电厂部分辅机设备、在线监测仪表、控制模块长期服役出现的性能衰减、精度下降、响应滞后等问题，制定系统化设备迭代更新方案。针对性更换老化失效的监测与控制设备，提升数据采集精准度与控制系统指令执行精度，从硬件层面保障集控系统调控的准确性与稳定性。（3）强化设备兼容性管控：建立完善的全厂设备软硬件适配数据库，详细记录新旧设备型号、系统版本、数据接口及通信协议等核心信息。在设备改造、系统升级、设备更换过程中，提前开展适配性检测调试，统一系统通信标准，有效解决新旧设备、软硬件适配性差导致的数据延迟、指令偏差、系统卡顿等问题，保障各系统高效协同运行^[5]。

3.4 安全与风险防控优化

（1）完善集控运行安全管理制度：结合智能化集控运行模式的全新特点，进一步细化各岗位安全职责，健全集控运行安全管理体系。重点规范机组启停、深度

调峰、高负荷运行等高危工况的操作流程与安全管控标准，明确岗位操作红线与安全责任，杜绝违规操作、习惯性违章行为，夯实机组安全运行的制度基础。（2）强化网络安全防护：针对智能化集控系统网络化、数据化运行带来的网络安全隐患，全面升级工业网络安全防护体系。部署工业级防火墙、入侵检测与防御系统，做好网络分区隔离、数据加密与访问权限管控，有效防范网络入侵、数据篡改、恶意指令干扰等安全风险，保障集控控制系统安全稳定运行。（3）建立应急处置预案：围绕机组停机、故障跳闸、参数超限、设备异常等各类突发工况，完善全覆盖、精细化的应急处置预案。明确突发故障的处置流程、岗位分工、处置时限与操作要点，定期开展常态化应急演练，提升运行班组快速响应、协同处置的应急能力，最大限度降低突发故障带来的安全风险与经济损失。

结束语

本文全面梳理火电厂集控运行各类现存问题，从技术升级、参数优化、数据管控、人员运维及安全防护多个维度，构建了系统化的集控运行优化方案。通过技术革新与管理提质双向结合，能够有效改善机组调控精度不足、能耗偏高、运行不稳定等问题。后续可依托大数据、人工智能技术持续迭代优化策略，持续提升机组智能运行能力，适配新型电力系统发展需求，推动火电行业节能降碳长效发展。

参考文献

- [1]路应才.新型电力系统背景下火电厂设备运行关键问题及优化策略[J].电力设备管理.2025,19(17):162-165.
- [2]王鹤,张洁.火电厂脱硝设备管理与节能减排的协同研究[J].中国设备工程.2025,11(24):247-249.
- [3]张慧,李健,吴青青,等.虚拟电厂通信网络体系架构及通信方式适配方法[J].电力信息与通信技术.2022,20(12):113-115.
- [4]张亮亮.通信系统在电厂工程的应用[J].集成电路应用.2021,36(8):324-327.
- [5]赵丽歌.无线通信技术在发电厂输煤程控系统中的应用[J].电子技术.2023,10(5):196-199.