

火电厂集控运行故障诊断与处理技术应用研究

朱 韬 王旭东 赵佳豪

华能陇东能源有限责任公司正宁电厂 甘肃 庆阳 745000

摘要: 本文围绕火电厂集控运行故障诊断与处理技术展开研究, 阐述集控运行系统构成、工况特点及锅炉、汽轮机、电气系统常见故障类型与成因, 分析故障对机组安全、效率及设备寿命的影响。对比传统与现代智能诊断技术的应用优势与局限, 结合实际应用场景, 总结故障处理基本原则、流程及典型故障处置方法, 提出技术优化策略, 为提升火电厂集控运行可靠性、降低运维成本提供理论支撑与实践参考, 助力火电厂实现安全高效自动化运行。

关键词: 火电厂; 集控运行; 故障诊断; 处理技术; 应用

引言: 随着火电厂自动化水平提升, 集控运行系统已成为机组安全高效运转的核心中枢, 但其涵盖设备繁多、工况复杂, 锅炉、汽轮机等核心设备易出现各类故障, 严重威胁机组稳定运行、增加能源损耗。当前传统诊断技术难以适配复杂故障需求, 智能技术应用仍有局限。因此, 系统研究集控运行故障诊断与处理技术, 优化技术应用方案, 对解决实际运维难题、提升火电厂生产效率、保障电力供应稳定具有重要现实意义与应用价值。

1 火电厂集控运行系统及常见故障分析

1.1 火电厂集控运行系统概述

(1) 集控运行系统核心构成。该系统以集散控制系统为核心, 融合数据采集、调节控制、连锁保护、报警监测等模块, 实现机、炉、电一体化管控, 打破单机独立运行模式, 整合锅炉、汽轮机、发电机及辅助设备的运行指令, 是火电厂自动化运行的核心中枢, 兼顾操控便捷性与运行安全性。(2) 集控运行工作流程与管控模式。采用集中监控、分散控制的模式, 运行人员在集控室通过操作台实时监测全机组工况, 下发启停、调节、停运等指令, 系统自动完成参数调节与故障预警。全程遵循闭环管控流程, 从工况监测、指令下达、设备执行到效果反馈, 全程高效衔接, 保障机组平稳运转^[1]。(3) 集控运行关键设备与运行参数。核心设备包含锅炉、汽轮机、发电机、给煤机、风机等, 关键运行参数涵盖温度、压力、水位、电流、电压、烟气排放指标等。这些参数是判断机组工况的核心依据, 运行人员需严控参数波动, 维持机组在额定区间内运行。

1.2 集控运行常见故障类型及成因

(1) 锅炉系统典型故障及诱因。常见故障有炉膛结焦、水位异常、燃烧不稳、排烟温度超标等, 多由燃料品质不佳、配风不合理、水循环故障、积灰堵塞等原因引发, 会直接破坏锅炉燃烧工况。(2) 汽轮机系统常见

故障及根源。主要故障包括振动超标、油温异常、真空下降、叶片磨损等, 根源多为设备磨损、润滑不足、蒸汽品质差、负荷骤变等, 极易影响汽轮机运转稳定性。(3) 电气系统及辅助设备故障分析。电气故障以电压波动、开关跳闸、绝缘损坏为主, 辅助设备常出现风机卡死、水泵故障, 多由线路老化、短路、设备过载、维护不到位等因素导致。

1.3 故障对机组运行的影响

(1) 对机组安全稳定运行的威胁。小故障会引发工况波动, 严重故障会触发机组停运, 甚至引发设备损毁、安全事故, 威胁生产人员人身安全。(2) 对机组运行效率与经济性的影响。故障会让机组偏离额定工况, 提升煤耗、电耗, 降低发电效率, 增加能源损耗, 拉高发电成本。(3) 对设备寿命及运维成本的损耗。长期带病运行会加速设备老化、部件磨损, 缩短设备使用寿命, 增加维修频次与耗材投入, 大幅提升运维总成本。

2 火电厂集控运行故障诊断技术及应用

2.1 传统故障诊断技术

(1) 经验判断法与参数分析法。经验判断法依托运行人员的实操经验, 通过感官观察设备运行状态、异常声响、气味等直观特征进行初步诊断, 适用于典型、易识别的故障场景; 参数分析法则聚焦温度、压力、电流、电压等核心运行参数, 对比额定工况与实际参数的偏差阈值, 结合故障历史数据判断故障类型, 是传统诊断的基础手段, 操作简便但主观性较强, 对复杂隐性故障识别能力有限。(2) 振动监测与信号分析技术。该技术通过传感器采集锅炉、汽轮机、发电机等旋转及往复运动设备的振动信号, 利用频谱分析、时域分析等方法提取特征频率, 匹配故障对应的振动规律, 精准定位轴承磨损、转子不平衡、齿轮啮合异常等故障。其核心优势在于可实现非接触式监测, 能实时捕捉设备动态特性, 是

旋转设备故障诊断的主流传统技术,但对复杂耦合振动的分解精度有待提升^[2]。(3)温度、压力等物理量监测诊断法。围绕设备关键部位的温度、压力、流量、液位等物理量搭建监测体系,通过分析物理量的突变趋势、异常波动区间,诊断设备过热、堵塞、泄漏、换热效率下降等问题。例如通过炉膛温度分布异常诊断燃烧不均,通过蒸汽压力骤降判断管路泄漏,该方法数据采集直接、稳定性强,但难以关联多物理量的耦合故障成因。

2.2 现代智能故障诊断技术

(1)大数据分析数据挖掘诊断技术。依托火电厂集控系统积累的海量历史运行数据、故障数据及设备台账数据,通过数据清洗、特征提取、关联分析等手段,挖掘数据间的潜在规律与故障关联关系。该技术可实现故障趋势预测、早期隐患识别,突破传统诊断的事后响应局限,同时整合多维度数据提升诊断全面性,但对数据质量与数据存储处理能力要求较高。(2)人工智能与机器学习诊断方法。以机器学习算法(如支持向量机、随机森林、神经网络)为核心,通过对大量故障样本的训练构建智能诊断模型,实现故障的自动识别、分类与成因分析。深度学习技术可自动提取故障深层特征,适配锅炉、汽轮机等复杂系统的非线性故障诊断,同时支持模型迭代优化,诊断准确率与效率显著提升,不过依赖高质量标注样本,小样本场景下泛化能力不足。(3)多源信息融合故障诊断技术。整合振动信号、温度压力数据、图像信息、声音特征等多源监测信息,通过信息层、特征层、决策层的融合处理,消除单一信息源的局限性。例如结合振动信号与温度数据诊断电气设备故障,融合图像识别与参数分析判断锅炉结焦程度,实现多维度信息的互补验证,提升复杂故障诊断的精准度与鲁棒性,是当前智能诊断技术的核心发展方向^[3]。

2.3 故障诊断技术在集控系统中的应用

(1)实时监测与故障预警应用。传统技术通过固定参数阈值搭建基础监测预警体系,针对典型故障实现实时报警;现代智能技术则基于大数据与AI模型,构建动态预警阈值与趋势预测模型,提前数小时至数天识别故障隐患,例如通过机器学习模型预测汽轮机轴承温度上升趋势,推送预警信息,实现从“事后处理”向“事前预防”转变,降低故障突发概率。(2)故障精准定位与类型识别应用。传统技术依赖人工结合多参数分析定位故障范围,效率较低;现代智能技术通过多源信息融合与AI算法,可精准锁定故障部件(如锅炉水冷壁某区域结焦、汽轮机某级叶片磨损),同时自动识别故障类型、成因及严重程度,例如利用多源信息融合技术区分电气系

统的短路故障与过载故障,为运维人员提供精准的故障处置依据,大幅缩短故障排查时间^[4]。(3)诊断技术应用效果与局限性分析。应用效果方面,传统技术成熟稳定、成本低廉,适配基础运维场景;现代智能技术显著提升诊断效率、准确率与预警及时性,降低运维成本与设备停机损失。局限性方面,传统技术对复杂故障与隐性故障识别能力弱;现代智能技术依赖高质量数据与算力支持,小样本、极端工况下模型泛化能力不足,且部分技术的部署与运维成本较高,需结合实际场景优化技术选型与应用方案。

3 火电厂集控运行故障处理技术与实践优化

3.1 集控运行故障处理基本原则与流程

(1)故障处理核心原则。火电厂集控运行故障处理需遵循“安全第一、快速响应、先主后次、先稳后治”的核心原则。安全优先是指优先保障人员人身安全与设备核心部件免受不可逆损毁,杜绝次生事故发生;快速响应要求运行人员在故障发生后第一时间判断工况,启动对应处置措施,缩小故障影响范围;先主后次需聚焦锅炉、汽轮机、发电机等核心设备故障,优先解决威胁机组稳定运行的关键问题;先稳后治强调先通过参数调整、负荷限制等手段维持机组基本稳定,再逐步开展故障修复与检修工作。(2)标准化故障处理流程。标准化流程分为“监测预警—应急处置—故障排查—恢复运行—复盘总结”五步。监测预警阶段通过集控系统实时数据捕捉异常信号;应急处置阶段快速采取隔离、降负荷、停机等措施,阻断故障扩散;故障排查阶段结合传统参数分析与现代智能诊断技术,精准定位故障类型与根源;恢复运行阶段按规程逐步调整参数,验证机组工况稳定;复盘总结阶段梳理故障处理过程,优化处置方案与操作规范,形成闭环管理。(3)应急处置预案制定。预案需覆盖锅炉灭火、汽轮机振动超标、电气系统跳闸等典型故障场景,明确不同故障的处置步骤、责任分工、物资保障及联动机制。预案制定需结合机组实际运行参数、设备型号及历史故障案例,细化操作指令与应急响应等级,定期组织演练优化预案可行性,确保故障发生时各岗位协同配合,高效开展应急处置。

3.2 典型故障专项处理技术

(1)锅炉故障应急处理与修复措施。针对炉膛灭火故障,立即投油助燃、调整配风,恢复燃烧稳定,若无效则紧急停机;针对水冷壁结焦故障,通过吹灰、降负荷运行缓解,严重结焦需停机采用机械除焦、高压水冲洗等方式清理;针对省煤器泄漏故障,快速判断泄漏位置与程度,小泄漏可降负荷运行,大泄漏则停机检修,

更换损坏管段；针对引风机、送风机故障，及时调整风机出力，切换备用风机，保障锅炉通风量与燃烧效率。（2）汽轮机故障停机与检修处理方案。汽轮机振动超标时，先降负荷排查原因，若振动持续超标则果断停机，检查转子、轴承、叶片等部件，更换磨损轴承、修复叶片磨损或校正转子平衡；针对油系统泄漏故障，立即切断油源、隔离泄漏区域，补漏或更换密封件，修复油泵故障；针对真空下降故障，排查凝汽器铜管结垢、泄漏及真空泵故障，通过清洗铜管、修复泄漏、更换真空泵等措施恢复真空度，无法即时解决则停机检修。（3）电气系统故障快速排查与恢复方法。电气系统跳闸故障时，先确认故障范围，禁止盲目合闸，通过绝缘测试、参数检测排查短路、过载故障，修复线路、更换损坏开关；针对发电机励磁故障，快速切换备用励磁系统，检查励磁绕组、调节器，排除励磁回路接触不良、元件损坏问题；针对变压器故障，立即停运，通过油色谱分析、直流电阻测试判断故障类型，处理绕组短路、铁芯过热等问题，恢复变压器正常运行；针对厂用电故障，切换备用电源，保障机组辅机供电，同步排查故障电源回路^[5]。

3.3 故障处理技术优化策略

（1）提升故障处理效率的措施。构建集控运行故障处理知识库，整合各类故障案例、处置流程及操作要点，实现故障快速检索与方案调用；优化故障处置流程，简化审批环节，明确应急处置授权机制，缩短决策响应时间；引入智能辅助决策系统，基于实时数据自动推荐故障处置方案，为运行人员提供精准操作指导；开展常态化故障处置技能培训，通过模拟仿真、实操演练提升人员应急处置能力与协同效率。（2）完善运维管理降低故障发生率。建立设备全生命周期运维体系，定期开展锅炉、汽轮机、电气设备的巡检、维护与保养，及时更换老化、磨损部件；强化设备状态监测，部署智能传感器、在线监测设备，实时采集设备运行数据，提前识别故障隐患；优化运维人员配置，组建专业运维团队，明确岗

位职责，建立运维考核机制，提升运维工作质量与执行力；规范备品备件管理，保障常用故障部件的储备与快速更换，缩短故障检修周期。（3）智能化故障处理体系构建。融合大数据、人工智能技术，搭建智能故障处理平台，整合多源监测数据，实现故障自动识别、分级预警与智能处置方案推荐；推进集控系统 with 智能运维平台的互联互通，实现故障数据、处置流程、运维记录的实时共享，构建故障处理—运维管理—预警预测的一体化体系；引入机器人巡检、无人机排查等智能化设备，替代人工完成高危、高频次巡检任务，提升故障排查的及时性与准确性；构建智能化应急指挥中心，实现故障处置的远程指挥、协同联动，优化故障处理整体效率。

结束语

本文系统梳理了火电厂集控运行故障诊断与处理技术的应用现状，明确传统与现代智能诊断技术的适配场景，总结典型故障处置要点及优化策略，有效回应了集控运行中故障诊断效率低、处置不规范等问题。结合火电厂智能化发展趋势，未来需进一步完善数据支撑体系、优化智能诊断模型，推动技术融合应用，持续提升故障预防与处置能力，为火电厂集控运行的安全、高效、经济发展提供更有力的技术保障。

参考文献

- [1]王凯.基于模糊神经网络的火电厂继电保护系统故障诊断方法[J].自动化应用,2023,64(13):209-212.
- [2]许延燕.探讨电厂继电保护故障诊断与现场处理方案[J].商业2.0(经济管理),2021,10(8):71-75.
- [3]王婷.火力发电厂电气设备的检修与维护[J].科技与创新,2024,6(22):80-82.
- [4]王磊,刘江,贾向虎.火电厂集控运行技术优化研究[J].中国科技信息,2024,12(17):94-96.
- [5]王璞.火电厂环保设备可靠性管理及运用研究[J].电力设备管理,2024,20(16):95-97.