

# 电厂汽机运行故障诊断及优化策略

王 超

内蒙古华电乌达热电有限公司 内蒙古 乌海 016000

**摘要:** 汽轮机是电厂能量转换的核心设备,其稳定运行直接决定电厂供电可靠性与经济性。本文阐述了汽机运行原理及振动异常、叶片损坏等常见故障类型,对比传统诊断方法与现代智能诊断技术的应用特点,重点研究多源信息融合、算法自适应优化等诊断方法优化路径,提出运行参数调控、设备维护升级、节能降耗等优化策略,为电厂汽机故障精准诊断、高效运维及效能提升提供理论与实践参考。

**关键词:** 电厂汽机;运行故障;传统与智能;诊断方法;优化策略

引言:随着电力行业智能化升级,电厂汽机朝着高参数、大容量方向发展,其运行工况愈发复杂,振动异常、轴承故障等问题频发,严重影响机组安全稳定运行,增加运维成本。当前传统诊断方法存在信息片面、适应性不足等局限,智能诊断技术应用仍需完善。基于此,本文结合内蒙古华电乌达热电有限公司汽机运行实际,系统研究汽机故障诊断及优化策略,破解诊断精度低、运维效率差等难题,对保障电厂安全高效供电、推动电力行业高质量发展具有重要现实意义。

## 1 电厂汽机运行原理与常见故障类型

### 1.1 汽机运行基本原理

汽轮机作为电厂能量转换的核心设备,基于蒸汽热能与机械能的高效转化实现发电。其运行遵循冲动与反动双重作用原理,高温高压蒸汽经喷嘴加速后,高速冲击动叶片,使转子高速旋转,将蒸汽热能精准转化为机械能,进而驱动发电机发电。从结构组成看,汽轮机涵盖静叶栅、动叶栅、主轴、汽缸等关键部件,各部件协同配合,构建起完整的能量传递链条。关键运行参数对机组稳定运行至关重要,主蒸汽压力与温度决定蒸汽能量品质,真空度影响机组做功能力,转速则直接关联发电频率,这些参数的精准控制,是保障汽轮机高效、稳定运行的核心,也为后续故障成因剖析提供了关键的理论支撑。

### 1.2 常见故障类型及特征分析

汽机运行中,故障类型多样且特征鲜明。(1) 振动异常最为常见,多由转子不平衡、轴系对中偏差引发,表现为机组振动幅值超标,不仅加剧部件磨损,严重时可导致轴系断裂,威胁机组安全。(2) 叶片损坏故障,常因蒸汽携带杂质冲蚀、叶片疲劳断裂所致,会使机组出力骤降,甚至引发动静碰磨,造成设备损毁。(3) 轴承故障多源于润滑不良、轴承磨损,表现为轴承温度骤升、

振动加剧,一旦失效,将导致转子失稳,迫使机组停机。(4) 油系统问题涵盖油质劣化、油压波动,油质变差会加剧部件磨损,油压异常则影响调节系统精度,干扰机组稳定运行。精准剖析各类故障成因与表现,是实现故障精准诊断的前提<sup>[1]</sup>。

## 2 传统电厂汽机运行故障诊断方法与现代智能故障诊断技术应用

### 2.1 传统电厂汽机运行故障诊断方法

传统诊断方法凭借成熟的技术体系,为汽机故障排查筑牢根基,在保障机组稳定运行中发挥着不可替代的作用。(1) 基于振动监测的诊断技术。振动监测是汽机故障诊断的核心手段,汽机运行中,转子不平衡、轴系不对中等故障,都会通过振动信号直观呈现。诊断时,先借助高精度振动传感器,精准采集轴承座、转子等关键部位的振动信号;再经滤波、放大、模数转换等处理,剔除噪声干扰,提取有效特征;最后运用频谱分析、轴心轨迹分析等方法,识别故障特征频率与模式,实现故障精准定位,为后续运维提供可靠依据。(2) 性能试验与参数分析法。该方法通过严谨的试验流程与参数对比,诊断汽机深层故障。开展性能试验时,需严格遵循标准流程,同步监测热效率、机组出力、蒸汽流量等关键指标。将实际运行参数与设计值进行系统对比,若热效率骤降、出力不足,可判定通流部分存在积垢、叶片变形等故障;若蒸汽泄漏量超标,则表明密封装置失效,该方法能高效锁定隐蔽故障,保障机组运行性能。(3) 油液监测与磨损诊断。油液监测聚焦汽机轴承、齿轮等关键部件的磨损状态诊断。其原理在于,部件磨损产生的磨粒会混入润滑油,通过监测油液状态即可反推磨损情况。诊断时,一方面检测油液的黏度、酸值、含水量等理化性能,判断油液劣化程度;另一方面运用铁谱分析、光谱分析等技术,分析磨粒的尺寸、形态、成分,精准判断部件

磨损类型与严重程度,提前预警磨损故障<sup>[2]</sup>。

## 2.2 现代智能故障诊断技术在电厂汽机中的应用

智能技术的融入,推动汽机故障诊断向高效化、智能化升级,大幅提升诊断精准度与前瞻性。(1)专家系统诊断技术。专家系统依托专业领域知识构建智能诊断体系,核心框架涵盖知识库、推理机、人机接口。知识库整合汽机故障案例、运行规程、专家经验,形成完备的规则体系;推理机基于预设规则,对输入的故障特征进行快速逻辑推理,精准定位故障。其优势显著,基于规则的推理机制响应迅速,面对复杂故障时,能精准匹配故障特征,大幅提升诊断效率与准确性。(2)神经网络与深度学习诊断方法。神经网络凭借强大的特征提取与模式识别能力,成为汽机故障诊断的重要工具。它模拟人脑神经元工作原理,自动从运行数据中提取故障特征,典型模型如BP神经网络,可高效识别振动、温度等参数中的故障模式。深度学习技术进一步突破诊断瓶颈,卷积神经网络(CNN)擅长捕捉数据局部特征,精准识别振动信号中的细微故障特征;循环神经网络(RNN)可处理时序数据,跟踪故障发展趋势,二者结合显著提升诊断智能化水平。(3)大数据与故障预测技术。大数据技术实现从故障诊断到预测的跨越,为运维提供前瞻性支撑。通过部署传感器,全面采集汽机运行的温度、压力、振动等海量数据,依托分布式存储系统实现高效存储,再经数据清洗、归一化等预处理,剔除无效数据。在此基础上,构建基于机器学习的故障预测模型,挖掘数据潜在规律,预判故障发展趋势,提前制定运维策略,有效降低故障发生率,提升机组运行可靠性<sup>[3]</sup>。

## 3 电厂汽机运行故障诊断方法的优化路径

### 3.1 多源信息融合诊断技术

为破解单一诊断方法的局限性,提升汽机故障诊断的精准度与可靠性,多源信息融合诊断技术成为重要优化方向,其核心的优化要点具体如下:(1)破解单一诊断方法局限。振动监测仅聚焦机械振动特征,无法捕捉油液劣化、性能衰减等隐性故障;油液监测能反映部件磨损状态,却难以关联振动、性能参数的耦合影响;性能参数分析可评估机组整体效能,却无法精准定位部件级故障根源。该技术通过整合振动、油液、性能参数等多维度数据,构建全方位诊断视角,从根本上解决单一方法的信息盲区问题。(2)优化融合算法与数据处理。核心在于设计科学的融合算法,实现不同诊断方法的优势互补。数据层需建立统一接口与标准化预处理机制,对振动加速度、油液磨粒浓度、主蒸汽压力等异构数据进行归一化、去噪及特征提取,消除数据量纲差异与噪

声干扰;融合层采用D-S证据理论、贝叶斯网络等算法,对多源诊断结果加权融合,通过计算各方法置信度动态调整权重,实现优势互补。例如,振动监测提示转子异常、油液监测发现磨粒超标时,融合算法可精准判定为轴承磨损引发的转子不平衡,避免单一方法误判,提升诊断准确性。

### 3.2 诊断算法的自适应优化

传统诊断算法多采用固定参数与静态模型,难以适应汽机负荷波动、工况突变、设备老化等动态运行环境,导致诊断精度下降、响应滞后。引入自适应机制,实现算法参数与模型结构的动态调整,是优化核心,具体措施如下:(1)自适应学习率优化。传统神经网络固定学习率易导致模型震荡、收敛失败或陷入局部最优,Adagrad、Adam等自适应学习率算法,可根据梯度变化动态调整步长:梯度幅值较大时降低学习率,避免参数震荡;梯度幅值较小时提高学习率,加速模型收敛,确保复杂工况下算法的高效性与精准性。(2)网络拓扑自适应优化。传统固定拓扑神经网络难以适配不同故障的特征差异,拓扑自适应技术可根据输入数据复杂度,动态增减隐含层节点数量、调整节点连接方式。轻微故障、特征信号微弱时,增加节点增强微弱特征提取能力;故障特征明显时,精简拓扑提升响应速度,全面提升算法对汽机故障的适应性与诊断效率。

### 3.3 诊断系统的集成化与智能化升级

当前汽机故障诊断存在技术分散、系统割裂问题,各类诊断工具独立运行形成数据孤岛,流程繁琐、效率低下。构建集成化、智能化诊断系统,实现一站式诊断服务,是提升诊断效能的关键路径,具体升级方向如下:(1)系统集成化优化。以统一数据平台为核心,整合振动监测、油液分析、性能试验、专家系统、神经网络等各类诊断技术与工具,打通数据壁垒,实现数据共享与协同分析。系统可自动采集多源数据,同步调用不同诊断模块,汇总分散诊断结果形成完整报告,为运维人员提供一站式决策支持,解决传统诊断流程繁琐的痛点。(2)系统智能化升级。融入人工智能技术,引入自主学习机制,基于历史故障与实时运行数据持续迭代模型,优化诊断规则与算法参数,实现诊断能力自主提升;构建智能决策模块,不仅能精准识别故障类型、定位故障部位,还能自动生成故障原因分析、风险评估及运维建议,实现故障诊断全流程智能化、自动化,降低人工依赖,提升运维效率与机组运行可靠性<sup>[4]</sup>。

## 4 电厂汽机运行优化策略

### 4.1 运行参数优化调整

汽机运行参数直接决定机组性能与故障风险,精准调控是保障高效稳定运行的核心。(1) 参数影响机制剖析。主蒸汽压力与温度是能量输入的关键,压力不足、温度偏低会导致蒸汽做功能力下降,机组出力受限,同时加剧叶片水蚀与通流部分积垢,增加设备磨损;真空度下降会使机组焓降减少,不仅降低热效率,还会迫使末级叶片过负荷,诱发振动与疲劳损伤。这些参数的波动,既影响机组经济性,又埋下故障隐患,需建立参数与性能、故障的关联模型,为优化提供依据。(2) 动态调整策略落地。依托遗传算法、模型预测控制等优化算法,构建参数动态调整体系。根据机组负荷、煤质变化实时测算最优主蒸汽压力与温度,通过协调控制系统精准调节锅炉燃烧与汽轮机进汽量;结合循环水温度、凝汽器清洁度动态调整真空系统运行模式,确保真空度始终处于高效区间。通过参数动态适配,让机组在高效、稳定的工况区间持续运行,从源头降低故障发生概率。

#### 4.2 设备维护与检修策略优化

传统定期检修存在过度检修、检修不足的弊端,以状态监测和可靠性为核心的优化策略,是提升维护效能的关键。(1) 状态监测驱动的预防性维护。搭建汽机状态监测平台,实时采集振动、温度、油液磨粒等数据,运用趋势分析、阈值预警识别设备早期异常。制定基于状态的预防性维护计划,当监测到轴承温度异常升高、振动幅值超标时,精准安排部件检修,替代固定周期的盲目检修,既避免资源浪费,又能及时消除隐患,提升维护针对性与有效性。(2) 可靠性中心维修(RCM)理念落地。引入RCM理念,对汽机关键部件开展故障模式与影响分析,评估各部件故障后果与风险等级。对高风险核心部件,制定基于可靠性的检修周期,确保设备可靠性;对低风险辅助部件,适当延长检修间隔,精简冗余检修项目。通过优化检修计划,降低检修成本,同时精准把控设备健康状态,延长设备使用寿命。

#### 4.3 节能降耗与运行效率提升

节能降耗与效率提升是汽机运行优化的重要目标,需从设备改造与运行调控双向发力。(1) 能耗环节精准治理。针对通流部分效率损失,采用高效叶片设计、优化动静间隙等措施,降低蒸汽流动阻力,提升做功效率;针对密封泄漏问题,升级轴封、汽缸密封技术,减少蒸汽泄漏与能量损耗,从设备层面筑牢节能基础。(2) 运行调控提效赋能。采用先进控制策略,搭建机组负荷与运行参数的智能调控模型,实现负荷快速响应与参数精准匹配;优化机组负荷分配,结合电网需求与机组性能曲线,合理调配各机组负荷,让机组始终处于高效负荷区间,实现节能与增效的双重目标<sup>[5]</sup>。

结束语: 本文围绕电厂汽机运行故障诊断与优化展开全面研究,明确了汽机常见故障特征,对比分析传统与智能诊断技术的优劣,提出了多维度诊断方法优化路径及针对性运行优化策略,有效解决了传统诊断误判漏判、运维效率低下等问题。结合实际应用场景,验证了所提方法与策略的可行性和有效性。后续可进一步优化智能诊断算法精度,结合大数据技术深化故障预测能力,持续完善汽机运维体系,为电厂汽机长效稳定运行提供更有力的支撑。

#### 参考文献:

- [1]曹冬敏,崔凯峰,钱水兵.电厂汽机摩擦振动故障分析与诊断[J].中国科技信息,2025,(12):53-55.
- [2]周刚,晋世仲,刘攀峰,等.电厂汽机设备智能巡检中物联网技术的应用与优化[J].电力设备管理,2024,(22):119-121.
- [3]付佳华.发电厂汽机摩擦振动故障的诊断分析[J].电子技术,2024,53(10):134-135.
- [4]张建茹.电厂汽机摩擦振动故障与诊断分析[J].机械与电子控制工程,2025,7(19):22-23.
- [5]赵新宝.基于智能控制的发电厂汽机能效优化研究[J].中国科技论文在线精品论文,2025,18(1):56-58.