

火电厂汽轮机常见故障诊断

吴志刚

国能亿利有限责任公司电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要: 本文介绍了火电厂汽轮机常见故障类型,包括振动、温度异常、压力异常、泄漏及润滑与密封系统故障等,阐述了各故障的表现与危害。探讨了振动分析、温度与压力监测、油液分析、声发射技术及智能诊断系统等故障诊断方法与技术,还给出了故障诊断流程与步骤,以及故障预防与维护策略。

关键词: 火电厂汽轮机;故障诊断;故障类型;诊断方法;预防维护

引言:火电厂汽轮机作为发电关键设备,其稳定运行至关重要。然而,运行中易出现多种故障,影响发电效率与安全。不同故障类型表现各异,危害程度也有所不同。准确诊断故障并采取有效处理措施,对保障汽轮机可靠运行意义重大。本文将详细剖析汽轮机常见故障、诊断及预防维护策略,为实际工作提供参考。

1 火电厂汽轮机常见故障类型

1.1 振动故障

转子不平衡是汽轮机振动异常的主要原因,由于材质不均、加工误差、叶片结垢或局部磨损,导致质量分布偏离旋转中心,产生离心力。随转速升高,振动加剧,表现为振动幅值变化和频谱中一倍频成分突出,加速轴承、密封件磨损,威胁设备安全。轴承磨损使轴瓦与轴颈间隙增大,承载能力下降,破坏稳定性;轴承松动则引发复杂频率的随机振动和异响。对中不良时,联轴器偏差使轴承受力不均,产生交变应力,导致轴向与径向振动同步增大,影响运行精度并缩短寿命。

1.2 温度异常故障

过热或过冷现象直接影响汽轮机性能。过热时,金属材料机械性能下降,强度和韧性降低,部件易发生变形、裂纹,如汽缸高温变形导致动静部件碰摩。过冷会使蒸汽湿度增加,水滴冲击叶片,造成叶片侵蚀,降低效率,还可能引发水蚀疲劳裂纹^[1]。冷却系统故障是温度波动的主因。冷却水管堵塞,循环水流量减少,冷却能力下降,导致汽轮机各部件温度升高。冷却水泵故障、阀门开度异常,影响循环水正常循环,使冷却效果不稳定。温度异常破坏机组热平衡,引发热应力变化,威胁设备安全稳定运行。

1.3 压力异常故障

进汽压力过高,蒸汽对叶片的冲击增强,转子轴向推力增大,易造成推力轴承过载、轴位移超标。若进汽压力偏低,蒸汽做功能力减弱,机组输出功率下降,运

行效率降低,难以维持正常负荷。排汽压力升高会使排汽焓值上升,有效焓降减小,热循环效率下降,能耗增加,排汽温度上升还可能引起低压缸变形,威胁设备安全。排汽压力过低时,末级叶片处蒸汽流速加快,容易产生激振力,诱发叶片振动,影响运行稳定性。压力参数偏离正常范围均会对汽轮机的安全性与经济性带来不利影响。

1.4 泄漏故障

汽缸密封泄漏导致汽轮机效率下降。高温高压蒸汽泄漏,使做功蒸汽量减少,机组出力降低。泄漏还会造成蒸汽窜入相邻腔体,破坏系统压力平衡,引发异常振动和噪声。泄漏的高温蒸汽可能烫伤工作人员,存在安全隐患。管道与阀门泄漏危害明显。蒸汽管道泄漏造成能源浪费,降低系统效率,泄漏点附近形成高温区域,威胁设备和人员安全。阀门泄漏导致介质流失,影响系统压力和流量控制,降低机组调节性能,严重时引发系统故障。通过听泄漏声、观察蒸汽痕迹等方法可初步识别泄漏位置。

1.5 润滑与密封系统故障

润滑油压力不足或质量下降影响汽轮机运行。压力不足使轴承润滑不良,油膜难以形成,加剧摩擦磨损,导致轴承温度升高、振动增大。润滑油氧化变质、混入杂质,润滑性能下降,加速部件磨损,堵塞油道,影响系统正常工作,严重时引发轴承烧损等重大事故。密封系统失效降低汽轮机性能。轴端密封失效,空气漏入真空系统,破坏真空度,降低机组效率;蒸汽外泄造成能源浪费和安全隐患。其他密封部位失效,导致介质泄漏,影响系统稳定运行,使机组经济性和可靠性下降。

2 火电厂汽轮机故障诊断方法与技术

2.1 振动分析法

振动信号采集是诊断基础,需合理布置传感器。在汽轮机轴承座、缸体等关键部位安装加速度或速度传感

器,确保与被测部件紧密贴合,避免安装松动影响信号准确性。信号采集频率根据机组转速和故障特征确定,保障完整捕捉振动细节。原始信号含噪声,需滤波处理后采用傅里叶变换转为频域信号,便于分析频率成分。频谱分析是识别故障的核心手段。不同故障对应不同频率特征:转子不平衡表现为一倍频幅值增大;轴承磨损使高频成分增加,并出现二倍频、三倍频谐波;对中不良则以二倍频突出为主。通过对比正常与故障状态的频谱图,分析频率、幅值及相位变化,可准确判断故障类型与严重程度。

2.2 温度与压力监测

实时监测关键部位温度与压力,在汽轮机进汽口、排汽口、轴承、汽缸等部位安装温度传感器和压力传感器。温度传感器多选用热电偶或热电阻,能快速、准确测量温度变化;压力传感器根据测量范围和精度要求选择合适类型,确保获取实时数据。通过数据采集系统将传感器信号转换为数字信号,传输至监控中心。设定阈值进行异常报警,依据汽轮机设计参数和运行经验,为各监测点设定温度、压力正常范围阈值。当监测数据超出阈值时,系统立即触发声光报警,通过网络向相关人员发送预警信息。值班人员可根据报警信息,结合历史数据和运行工况,初步判断故障原因,及时采取措施,防止故障扩大。

2.3 油液分析

润滑油成分与性能检测采用多种技术。检测润滑油黏度判断其流动性和润滑性能,黏度异常变化反映油质老化或混入杂质;检测酸值评估润滑油氧化程度,酸值升高表明润滑油氧化变质;通过光谱分析测定油中金属元素种类和含量,判断设备内部部件磨损情况;利用颗粒计数技术检测油液中固体颗粒数量和大小,评估油液清洁度^[2]。依据油液变化判断内部磨损,若油中铁元素含量持续增加,可能表明轴颈、轴承等铁基部件磨损;铜元素含量升高,暗示含铜部件如轴瓦存在磨损。分析磨损颗粒的形态、尺寸和分布,能进一步确定磨损类型,如疲劳磨损、磨粒磨损或粘着磨损,为故障诊断和维修提供依据。

2.4 声发射技术

声发射技术基于材料内部结构变化产生弹性波原理。汽轮机内部部件发生裂纹扩展、摩擦、撞击等异常时,释放弹性波向四周传播。声发射传感器将弹性波转换为电信号,经放大、滤波等处理后,提取信号特征参数。通过分析声发射信号的幅值、能量、频率等参数,判断内部是否存在异常。定位故障发生位置,在汽轮机

不同部位布置多个声发射传感器,组成传感器阵列。根据弹性波到达各传感器的时间差,运用时差定位算法计算故障源位置。结合声发射信号特征和设备结构,可准确确定故障具体发生部位,为检修提供精准指导。

2.5 智能诊断系统

结合专家系统、神经网络等智能算法,专家系统将领域专家知识和经验转化为规则库,构建推理机制。当输入汽轮机运行数据和故障特征时,系统依据规则库进行推理,给出故障诊断结果和处理建议。神经网络通过大量样本数据训练,学习故障特征与故障类型的映射关系,具备强大的模式识别和非线性处理能力,能对复杂故障进行诊断。构建智能系统实现故障自动诊断与预警,将多种智能算法集成,建立综合诊断模型。系统实时采集汽轮机运行数据,经预处理后输入诊断模型,自动分析判断故障类型、严重程度和发展趋势。一旦检测到故障,立即生成预警信息,并通过可视化界面展示故障信息和处理方案,提高故障诊断效率和准确性,保障汽轮机安全稳定运行。

3 火电厂汽轮机故障诊断流程与步骤

3.1 故障初步判断

故障发生时,运行参数与现象是初步判断的重要依据。机组振动值突然升高,伴随异常声响,结合转速、负荷变化,初步推测是否存在转子不平衡、轴承故障或对中不良等问题。若进汽压力骤降,排汽温度异常升高,可初步判断进汽系统或凝汽系统出现故障。润滑油压力下降、温度上升,预示润滑系统可能存在堵塞、泄漏或油泵故障。观察汽轮机各部件温度变化,如轴承温度超限,结合其他参数异常,初步分析是冷却系统故障,还是轴承自身磨损导致。通过对这些运行参数与现象的综合观察,快速形成故障初步推测,为后续诊断工作指明方向。

3.2 详细检测与分析

初步判断后,运用多种诊断方法深入检测。振动分析法中,采集关键部位振动信号,经滤波、频谱转换处理,分析频率成分与幅值变化,判断振动故障类型。温度与压力监测持续跟踪各测点数据,对比历史数据与阈值范围,确定温度、压力异常原因。油液分析检测润滑油黏度、酸值、金属元素含量等指标,判断油质状况与设备内部磨损情况。声发射技术捕捉内部异常弹性波信号,分析信号特征参数,发现潜在故障^[3]。智能诊断系统整合多源数据,利用专家系统规则与神经网络算法,提供综合诊断结果。将多种方法检测结果汇总,从不同角度分析故障关联性。如振动异常与温度升高同时出现,

结合油液分析中金属元素含量变化,综合判断是轴承磨损导致振动加剧、温度上升,还是其他故障引发连锁反应,从而确定故障性质。

3.3 故障定位与确认

在确定故障性质基础上,进一步精确确定故障位置与类型。对于振动故障,依据频谱特征与振动传感器布置位置,结合设备结构,判断是某级叶轮不平衡,还是某道轴承出现问题。声发射技术通过时差定位算法,确定内部裂纹或摩擦的具体位置。温度异常故障根据测点分布,锁定温度异常区域,结合管道走向、设备连接关系,确认是冷却水管堵塞,还是阀门故障导致局部过热。压力异常故障通过分析压力测点数据变化,排查管道、阀门、设备腔体,明确压力异常根源,最终精准定位故障并确认类型。

3.4 制定维修方案

根据故障严重程度与影响范围制定维修计划。轻微故障如润滑油轻度污染,可安排在线处理,更换滤芯、补充清洁润滑油。对于转子不平衡故障,若不平衡量较小,可通过动平衡试验,在适当位置配重校正;若不平衡量较大,则需拆卸转子,进行全面检查与修复。严重故障如汽缸密封泄漏,需停机检修,拆卸汽缸检查密封件损坏情况,更换密封件,重新调整密封间隙。制定方案时考虑维修时间、成本、所需备件与工具,确保维修过程安全高效,使汽轮机尽快恢复正常运行,保障发电系统稳定。

4 火电厂汽轮机故障预防与维护策略

4.1 定期检查与维护

建立科学的汽轮机检查维护机制,需制定明确的检查周期与维护项目。依据汽轮机运行时长和工况差异,设立日检、周检、月检以及年度深度检修制度。日检主要对设备外观进行巡查,关注是否存在异常振动、液体渗漏现象;周检重点检查关键部件的连接紧固性,避免螺栓松动引发运行隐患;月检则对润滑油品质进行全面分析,判断其润滑性能是否满足要求。年度深度检修时,需对汽轮机进行拆解,对内部转子、叶片等核心部件进行探伤检测,清除积垢,校准仪表精度,全方位确保汽轮机处于良好运行状态。

4.2 运行参数优化

汽轮机进汽、排汽等运行参数的合理调整,是降低故障风险的关键举措。在进汽环节,根据设备特性和负荷需求,精确调控进汽压力、温度和流量^[4]。既要保证发电出力,又要防止进汽参数过高导致部件承受过大热

应力,或参数过低引发效率下降、湿汽腐蚀等问题。在排汽环节,通过优化真空系统,保障排汽顺畅,降低背压。良好的排汽参数不仅能够提升汽轮机热效率,还能减少因排汽不畅带来的额外负荷,从运行层面有效减少故障发生的可能性。

4.3 人员培训与技能提升

运行与维护人员的专业能力直接影响汽轮机的运行安全与维护质量。构建系统的培训体系,培训内容涵盖汽轮机工作原理、操作规范、常见故障现象及处理方法。采用理论授课、模拟操作演练、案例分析等多样化培训方式,帮助人员深入理解设备运行逻辑,熟练掌握故障诊断流程与维修技巧。通过持续的学习与技能提升,使工作人员在实际工作中能够敏锐识别潜在故障隐患,并迅速采取有效处理措施,为汽轮机稳定运行提供人力保障。

4.4 备件管理与更新

备件管理与更新是保障汽轮机稳定运行的重要支撑。针对易损件如密封件、轴承,以及可能因突发故障损坏的重要部件,保持合理的备件库存。结合汽轮机运行状况和部件老化规律,及时对老化或损坏部件进行更换。老旧部件性能下降会导致设备振动加剧、效率降低,甚至引发连锁故障。及时更新这些部件,能够有效恢复汽轮机性能,避免因部件失效造成的停机损失,确保火电厂发电工作持续稳定进行。

结束语

火电厂汽轮机故障诊断与预防维护是保障发电系统稳定运行的关键。通过掌握常见故障类型,运用多种诊断方法与技术,遵循科学诊断流程,并采取定期检查维护、优化运行参数、提升人员技能及合理管理备件等策略,可有效降低汽轮机故障发生率,延长设备使用寿命,提高火电厂发电效率与安全性,为电力供应稳定提供坚实保障。

参考文献

- [1]梁炜.火电厂汽轮机辅机常见故障与检修方法研究[J].电力系统装备,2021(9):108-109.
- [2]张宇航.火电厂汽轮机辅机常见故障及检修维护对策[J].电力系统装备,2021(5):132-133.
- [3]章志龙.火电厂汽轮机运行故障处理技术探究[J].中国设备工程,2025,(02):205-207.
- [4]李宏海.火力发电厂汽轮机油系统常见故障原因及防控措施[J].科技资讯,2024,22(18):201-203.