

Research on the Degradation Mechanism and Online Monitoring Optimization of Turbine EH Oil Systems

Yu Ge

CHN Energy Taizhou Power Generation Co., Ltd., Taizhou, Jiangsu, 225327, China

Abstract

The EH oil system of the steam turbine is an important guarantee for the regulation and protection of the unit. In its normal working state, it plays a crucial role in ensuring the safe and economical operation of the steam turbine; The deterioration of EH oil quality can cause a series of problems such as regulation jamming and protection failure, which in turn can lead to non-stop accidents of the unit. This article takes a certain thermal power plant as an example, abandoning the vague theoretical discourse and starting from reality to explore the fundamental causes of EH oil system degradation. It analyzes problems such as oil oxidation, water intrusion, and particle pollution, and points out the low sensitivity, few monitoring items, and inaccurate alarms of existing online monitoring systems. Based on the on-site operation situation, corresponding improvement suggestions are proposed to improve and perfect the EH oil system degradation prevention mechanism, enhance the effectiveness and timeliness of monitoring, and promote the smooth and reliable operation of steam turbines.

Keywords

steam turbine; EH oil system; degradation mechanism; online monitoring; optimized path

汽轮机EH油系统劣化机理与在线监测优化研究

葛宇

国家能源集团泰州发电有限公司, 中国·江苏泰州 225327

摘要

汽轮机EH油系统是机组调节及保护的重要保障, 在其正常工作状态下, 对保证汽轮机安全经济运行起着至关重要的作用; 而EH油质变差会引起调节卡涩、保护失效等一系列问题, 进而造成机组非停事故的发生。本文以某火电厂为例, 摒弃空泛的理论论述方式, 从实际出发探讨EH油系统劣化的根本原因, 针对油液氧化、水分侵入、颗粒污染等问题进行剖析, 指出现有在线监测系统的灵敏度低、监测项目少以及报警不准等问题, 并根据现场运行情况提出相应的改进建议, 从而健全和完善EH油系统劣化预防机制, 提高监测的有效性和及时性, 促进汽轮机平稳可靠运行。

关键词

汽轮机; EH油系统; 劣化机理; 在线监测; 优化路径

1 引言

汽轮机是电力、化工等行业主要的动力设备, 而EH油系统负责对机组进行调节、控制阀门以及保护作用, 被称为汽轮机的“神经中枢”。EH油(电液控制油)有耐高温、防火、润滑性好的优点, 它的质量好坏决定了机组调节精度和安全性。在运行中由于EH油系统长时间工作在高温、高压、强氧化环境中, 在加上系统密封不良或者检修不到位等原因都会造成油品变质, 不但会减少EH油使用寿命、加大维修费用支出, 还会引起调节阀卡涩、液压部件损坏、保护系统误动作等问题, 影响到机组正常运行^[1]。目前大部分发电厂已经安装了EH油在线监测装置, 但是在使用过程中仍

然存在着监测范围有限、报警延迟、数据不准等接地气的问题, 很难及时准确掌握住油品变化情况。因此有必要进一步探讨EH油系统老化原因, 改进在线监控措施, 解决现场存在的监控困难问题, 这对保证汽轮机安全可靠运行、节约维修开支有着十分重要的现实指导作用。

2 汽轮机EH油系统劣化核心机理

2.1 油液氧化劣化机理

汽轮机运行时, 需要控制润滑油温度。在具体运行过程中, 受润滑油油温影响出现的故障也很频繁。润滑油系统温度高的原因很多, 这跟润滑油的功能关系很大。润滑油的主要作用是润滑轴承, 同时也可以降低轴承温度。假如汽轮机运行时温度过高, 油膜承载力将直接减少, 高温润滑油将与轴承表面产生干摩擦, 造成设备毁坏。假如长期运行, 会再次摩擦, 油品降低, 影响设备运行。这些问题的主要缘故

【作者简介】葛宇(1994-), 男, 中国江苏泰州人, 本科, 助理工程师, 从事汽轮机、EH油研究。

是冷油器出现的污渍、管道堵塞等问题。假如设计不符标准,总面积将不够,冷油器排出来气体时不能及时制冷。氧化劣化是EH油系统中最普遍、最主要的劣化方式,即EH油中基础油与氧气发生化学反应而产生有害成分从而丧失原有特性的过程。在汽轮机运行期间,EH油系统长时间工作在40~60℃范围内,某些部位由于散热不佳温度可能更高,在此条件下油液分子热运动加剧,促进氧化反应;此外系统内金属部件(例如阀芯、油管内壁)也会起到催化作用加快氧化反应进程,使得EH油中的抗氧化剂被耗尽。氧化劣化会产生有机酸、胶质、沥青质等物质,它们会使EH油粘度增加、酸值上升,不但会降低油液的润滑性和流动性,而且会造成滤网堵塞、液压元件损坏等问题甚至还会腐蚀系统管道造成“氧化-磨损-腐蚀”的连锁效应,对整个系统的安全稳定运行带来很大危害^[2]。

2.2 水分侵入劣化机理

水分侵入是引起EH油质变质的主要原因之一,在发电厂实际运行过程中经常出现。水分侵入主要有两种途径:一种是外部原因,即空气中含有一定量的水分通过系统的呼吸阀或者密封件间隙渗入到油中,在潮湿多雨的地方尤为严重;另一种是内部原因,例如冷却器破裂或者是液压部件的密封失效造成冷却水进入EH油中。水分进入到EH油之后会对油液起到破坏作用,使油液失去原有的润滑能力从而加剧对液压部件的损耗;另外,水分还会与油液中的添加剂产生化学反应使得添加剂失效并且导致油液乳化,从而使油液丧失流动性而不能很好地传递压力进而造成调节门卡涩、液压泵空转等问题的发生^[3]。同时,水分也会加快金属零件被氧化的速度,形成铁锈等杂质,进一步污染油液并促使系统恶化。

2.3 颗粒污染劣化机理

颗粒污染也是造成EH油质变的一个重要原因,颗粒杂质主要是由系统安装、检修以及运行过程中带入。在系统安装时,管道内部的铁锈、焊渣、灰尘等杂质未清除干净而残留在油液中;在运行期间,液压元件磨损产生的金属粉末、密封件老化脱落的橡胶粒子也会进入油液;在检修时,加注新油或更换旧油的操作不当也会带来外部的尘埃、杂质。这些颗粒杂质会对液压元件造成损害,例如阀芯、阀座的磨损会导致阀门泄漏、调节失灵等问题的发生;颗粒杂质还会堵塞滤网,使系统的压力出现偏差甚至破坏液压泵;另外,颗粒杂质还会起到氧化反应催化剂的作用加快油品氧化劣化进程,从而降低油品质量,“污染—磨损—氧化”恶性循环由此产生。

2.4 添加剂失效劣化机理

EH油中含有抗氧化剂、抗磨剂、防锈剂、破乳剂等多种添加剂,它们对保证EH油质量至关重要。随着时间推移,在高温、水汽以及杂质等作用下,这些添加剂会被耗尽或分

解失效,从而丧失原有功能,使EH油抗氧化性、润滑性和防腐蚀能力大幅降低,造成油质变坏。如抗氧化剂失效,则油品氧化速率急剧上升;抗磨剂失效,则液压部件磨损加剧;破乳剂失效,则油液乳化难以消除,进一步降低油品品质^[4]。同时,添加剂分解产物也会污染油液,成为新的劣化因素,加快系统的劣化速度。长时间使用之后,EH油的整体性能逐渐降低,酸值上升、粘度反常、清洁度恶化,不仅会影响调节系统的动作准确性以及响应时间,而且容易造成卡涩、泄漏等问题发生,危及机组的安全稳定运行。所以需要定期检查添加剂数量及润滑油的重要参数变化情况,在必要时进行过滤、再生或者补充等方式来保持EH油的良好状态,保证其良好的工作能力以及较长的服务周期,从而提高整个设备工作的可靠性。

3 汽轮机EH油系统在线监测现状及存在的问题

3.1 在线监测现状

目前,大多数发电厂对EH油系统进行在线监控主要是针对油液的粘度、酸值、水分含量等基本参数,使用的监测仪表大多是一表一测,少数电厂有综合型多参数一体化监测装置可以同时监控油液粘度、酸值、水分、颗粒度等多种参数并且具备数据实时回传以及报警功能。而在线监测的目的就是为了能够尽早地发现油液质量下降的趋势,在发生问题之前采取措施防止事故的发生给生产带来影响。但是在实际应用过程中由于受到检测技术和设备精度以及运行维护水平等因素的影响使得很多电厂的在线监测并没有起到应有的效果远远达不到精细化运维的要求。

3.2 存在的核心问题

第一是监测项目少,针对性弱。大部分在线监测系统只监测油液的基本参数,而忽视了对其中的添加剂含量以及氧化产物浓度等重要劣化指标进行检测,不能全面了解油液劣化的状况。比如仅仅监测酸值并不能准确把握油液氧化的程度,也无法及时预报氧化劣化的加剧情况,造成维修工作的被动局面。第二是灵敏度低,报警延迟。一些监测仪表的精度不够高,对于油液中的微小水分、细小杂质和少量添加成分的变化感知迟钝,在发现异常之后往往已经错过了最佳时机,此时油液已经发生了较为严重的变质甚至已经给设备带来了一定损害,失去了预防、干预的机会。第三是系统可靠性差,数据不准。由于受到外界环境如高温、震动以及电磁场的影响,一些在线监测装置极易发生损坏从而产生错误的的数据或者较大的波动,给检修人员造成误导,甚至影响到检修方案的选择。第四是监控与维护分离,缺少联动措施。在线监控平台只能做到监控报警功能,不能够与运维工作相结合,缺少对于监控报警后的应急处理措施,使得监控信息无法有效的指导维修工作,“监控归监控、维修归维修”。

4 汽轮机 EH 油系统在线监测优化路径

4.1 优化监测指标体系，提升监测全面性

基于 EH 油系统老化机理，完善在线监测项目设置，摆脱单一指标监控模式，做到全方位、全过程监控。在原有粘度、酸值、水分、颗粒度等基本检测项基础上新增加了添加剂含量、氧化产物浓度、油液乳化度等重要检测项目，在此基础上进一步增加抗氧化剂含量检测，可以及时了解添加剂耗损状况并适时补充添加剂来延缓油品老化过程；增加氧化产物浓度检测可以准确把握油品氧化程度从而做到对油品氧化老化的早期预报。根据现场运行情况的不同工况下油品劣化特性变化而改变各个项目的权重比例以提高检测的有效性，保证能够全面及时地发现油品劣化信息。

4.2 升级监测设备，提高监测灵敏度与稳定性

为了解决目前监测仪器灵敏度低以及稳定性差的问题，根据现场具体情况提高监测仪器性能。选择精度高、抗干扰性强、适用于高温振动环境的监测仪器，增强对微小水分、微小颗粒、添加剂微小变化等的检测能力，加快监测反应速度，做到及时发现劣化倾向；合理布置监测仪器安装点位，远离高温、震动及强电磁场区域，降低外界条件对监测结果造成影响；定期校验、保养监测仪器，排查设备隐患问题，保证监测数据真实有效，为运行维护工作提供有力支持。

4.3 建立智能化预警及联动处置体系，做到防患未然

解决监测和维护相脱离问题，形成“监测-报警-处理”联动体系，在线监测数据之上建立智能化报警程序，对不同监测参数下降临界值进行分级报警（一级报警、二级报警、三级报警），并有相应报警级别对应措施以及负责人。当某一项检测参数超过报警限值后，系统会发送报警信息到值班人员手机上，通知值班人员立即进行检修工作；对于不同类型报警采取不同应对策略：如果发现添加剂量不够，则迅速添加添加剂；如果是水分过高，则开启除水设备将油液中水分排出；如果是颗粒度过大，则更换滤网并对整个系统杂质进行清除，做到油质劣化的提前干预，防止事故进一步发展。

4.4 健全运维管理体系，加强监测数据分析应用

在线监测优化离不开良好的运维管理，根据现场运维

情况，制定合理的运维管理制度，确定监测装置校验周期以及保养程序，规定油液加注、更换、脱水等相关工作内容，降低由于人为原因造成的油液品质下降及监测值偏差。另外，做好运维人员培训工作，提高运维人员对于在线监测系统使用水平、数据分析能力以及应急处理水平，保证运维人员可以正确理解监测结果，尽早识别出油液质量恶化的征兆并迅速采取相应措施加以解决。最后，建立健全监测数据台账，保存所有监测数据以便后期查阅、研究，掌握油液劣化的趋势变化，在今后的监测改进、运维策略修订中作为依据，做到运维管理精细化、制度化。

5 结论

汽轮机 EH 油质劣化是由氧化、水分侵入、颗粒污染以及添加剂失效等多种原因综合作用造成，而这种劣化过程是有一定递阶性和相关性的，在一定程度上影响着汽轮机的安全平稳运行。目前 EH 油系统在线监控存在着监控项目单一、灵敏度较低、报警延迟严重、脱离实际运维等问题，无法及时有效的预防油液性能下降的风险。通过对优化监控指标体系、改进监控装置、建立智能化报警联动处理措施及健全维护管理制度等途径来改善现有状况，可以大大增强对在线监控的有效性、精确度和可靠性，做到油液性能下降的早发现、早干预，延缓系统的老化速度，节约维修费用。今后要根据汽轮机的工作条件变化不断改进和完善在线监控方案，促进监控技术和运维管理相结合，更好地保证汽轮机的安全稳定运行。

参考文献

- [1] 马亚东. 火力发电厂汽轮机油系统泄漏故障机理与密封优化研究[J]. 今日制造与升级, 2025, (12): 160-162.
- [2] 刘润田. 火力发电厂1000 MW二次再热机组汽轮机油系统研究[J]. 低碳世界, 2025, 15 (09): 64-66.
- [3] 陶建. 火电厂锅炉给水泵汽轮机油系统压力低跳闸问题处理[J]. 电力设备管理, 2025, (04): 71-73.
- [4] 李曦阳. 汽轮机油系统管道泄漏原因与对策分析[J]. 电子技术, 2024, 53 (11): 146-147.