

火电厂汽轮机润滑油系统常见故障及油质提升改造措施

安海阳, 阳欧, 李昶亮

东方电气集团东方汽轮机有限公司, 四川 德阳 618000

DOI:10.61369/EPTSM.2025060006

摘 要： 汽轮机润滑油系统对于火电厂的稳定运行起着至关重要的作用，其故障和油质问题直接影响汽轮机的性能与寿命。本文详细分析了火电厂汽轮机润滑油系统常见的故障类型，如油压异常、油温异常、油位异常、油质劣化等，并深入探讨了这些故障产生的原因。同时，针对油质提升改造，提出了一系列有效的措施，包括优化过滤系统、控制水分侵入、防止氧化污染等。通过实际案例展示了相关措施的实施效果，为火电厂汽轮机润滑油系统的稳定运行和油质改善提供了重要参考。

关 键 词： 火电厂；汽轮机；润滑油系统；故障分析；油质提升

Common Faults of Steam Turbine Lubrication System in Thermal Power Plant and Improvement Measures of Oil Quality

An Haiyang, Yang Ou, Li Changliang

Dongfang Electric Group Dongfang Steam Turbine Co., LTD. Deyang, Sichuan 618000

Abstract： The steam turbine lubrication system plays a vital role in the stable operation of thermal power plants, where both equipment failures and oil quality issues directly impact turbine performance and service life. This paper provides a comprehensive analysis of common operational failures in thermal power plant steam turbine lubrication systems, including abnormal oil pressure, temperature fluctuations, level irregularities, and oil degradation, while thoroughly examining their root causes. Furthermore, it proposes effective measures for oil quality enhancement, such as optimizing filtration systems, controlling moisture intrusion, and preventing oxidative contamination. Through practical case studies demonstrating implementation effectiveness, this research offers critical references for ensuring stable operation and improving oil quality in steam turbine lubrication systems at thermal power plants.

Keywords： thermal power plant; steam turbine; lubricating oil system; fault analysis; oil quality improvement

引言

在火电厂的发电设备体系中，汽轮机作为核心设备之一，其运行的稳定性和可靠性直接关系到整个电厂的发电效率和经济效益。汽轮机润滑油系统在汽轮机运行过程中扮演着不可或缺的角色，它承担着润滑、冷却、减振以及密封等重要功能。润滑油能够在汽轮机的轴承、轴颈等摩擦部件之间形成油膜，有效降低摩擦阻力，减少部件磨损，同时带走因摩擦产生的热量，确保部件工作温度在正常范围内。此外，润滑油还对汽轮机的调节系统和保安系统起到液压传动和控制作用。因此，深入研究汽轮机润滑油系统常见故障及油质提升改造方法具有重要的现实意义。

一、汽轮机润滑油系统常见故障分析

（一）油压异常

1. 油压降低

油压降低是汽轮机润滑油系统较为常见的故障之一。造成油

压降低的原因主要有以下几个方面：油泵故障是导致油压降低的重要因素，例如油泵内部零部件磨损、损坏，使油泵的输油能力下降，无法提供足够的油压。某火电厂曾出现由于油泵齿轮磨损严重，导致润滑油压从正常的0.25MPa降至0.15MPa，接近报警值。油管道泄漏也是常见原因，管道的焊缝开裂、法兰密封不

作者简介：

安海阳（1981.12-），男，河北人，硕士，东方汽轮机服务事业部高级工程师，研究方向：本体轴系结构；

阳欧（1980.01-），男，重庆人，本科，东方汽轮机服务事业部高级工程师，研究方向：辅机系统；

李昶亮（1995.05-），男，山西人，硕士，东方汽轮机服务事业部工程师，研究方向：通流提效优化。

严重情况，会使润滑油泄漏，系统内油量减少，进而油压降低。滤网堵塞同样不容忽视，当润滑油中的杂质、颗粒等在滤网处大量积聚，会阻碍润滑油的流通，造成油泵吸油困难，导致油压下降。此外，压力调节阀失灵，无法根据系统需求准确调节油压，也可能引发油压降低故障。

2. 油压波动

油压波动会使汽轮机的润滑和液压控制系统工作不稳定，影响机组的正常运行。油泵吸入空气是导致油压波动的常见原因之一，当油泵吸入管路密封不严或油箱油位过低时，空气容易混入油液中，随着油液的流动，导致油压产生波动。油系统中有水也会引发油压波动，水分会影响油液的黏度和流动性，破坏油膜的稳定性，进而造成油压不稳定。另外，油泵本身工作不稳定，如油泵电机转速波动、油泵内部部件配合不良等，也会导致油压出现波动现象。

（二）油温异常

1. 油温过高

油温过高会使润滑油的黏度降低，油膜承载能力下降，增加部件磨损的风险。冷油器故障是油温过高的常见原因，例如冷油器内部铜管结垢，降低了热交换效率，无法有效带走润滑油中的热量；冷油器冷却水量不足，也会导致冷却效果不佳，油温升高。润滑油循环不畅同样会引起油温过高，如管道堵塞、阀门开度不足等，使润滑油在系统中循环受阻，热量无法及时散发。此外，汽轮机负荷过高，产生的热量过多，若润滑油系统无法及时将热量带走，也会导致油温持续上升。

2. 油温过低

油温过低会使润滑油黏度增大，流动性变差，影响油膜的形成和建立，增加启动时的阻力。环境温度过低是导致油温过低的一个因素，在寒冷的季节，若润滑油系统的保温措施不到位，油温容易受环境影响而降低。加热装置故障也是油温过低的原因之一，当加热装置无法正常工作，无法对润滑油进行加热，导致油温难以维持在合适的范围。

（三）油位异常

1. 油位下降

油位下降通常表明润滑油系统存在泄漏问题。设备泄漏是油位下降的常见原因，如油管破裂、法兰密封不好等，会使润滑油直接泄漏到系统外部。冷油器泄漏也是导致油位下降的重要因素，当冷油器的铜管破裂时，润滑油会泄漏到冷却水中，造成油位降低。此外，油箱放油门没关严等情况，也会使润滑油流失，导致油位下降。

2. 油位上升

油位上升可能是由于轴封汽进入轴承座，使油中进水，导致油位上升。轴封系统运行不正常，如轴封汽压力过高，蒸汽会通过轴封间隙进入轴承座，与润滑油混合，使油液体积膨胀，油位上升。另外，冷油器泄漏时，如果冷却水压力高于润滑油压力，冷却水会进入润滑油系统，也会造成油位上升。

（四）油质劣化

1. 水分污染

水分侵入润滑油系统会对油质产生严重影响。冷油器泄漏是水分进入润滑油的主要途径之一，当冷油器的铜管出现裂缝或腐蚀穿孔时，冷却水会渗入润滑油中。轴封蒸汽泄漏也可能导致水分进入，若轴封汽压力调节不当，蒸汽会进入轴承箱，遇冷后凝结成水，混入润滑油中。此外，空气湿度较大时，若润滑油系统的呼吸器不能有效过滤水分，水分也可能通过呼吸器进入油箱，污染润滑油。

2. 颗粒污染

颗粒污染物主要来源于系统内部和外部。内部来源包括汽轮机运行过程中部件的磨损产生的金属颗粒，如轴承、轴颈等部位的磨损；以及润滑油氧化产生的油泥等杂质。外部来源主要是在设备检修、维护过程中，未做好防护措施，使灰尘、杂质等进入润滑油系统。另外，新油在储存和运输过程中，如果受到污染，也会将颗粒污染物带入系统。

二、汽轮机润滑油系统常见故障案例分析

（一）案例一：某电厂油压降低故障

某火电厂一台300MW汽轮机在运行过程中，润滑油压突然下降。运行人员立即对系统进行检查，发现油泵出口压力正常，但滤网前后压差增大。经进一步检查，确定是滤网被大量杂质堵塞，导致油泵吸油不畅，油压降低。由于及时发现并清理了滤网，油压恢复正常，避免了因油压过低引发的设备损坏事故。

（二）案例二：油温过高导致机组振动加剧

某火电厂一台600MW汽轮机在夏季高温时段运行时，出现油温过高的情况。随着油温升高，机组振动逐渐加剧。经检查，发现冷油器冷却水管结垢严重，热交换效率大幅降低。通过对冷油器进行清洗，并增加冷却水量，油温逐渐降低至正常范围，机组振动也随之减小，恢复了正常运行。

（三）案例三：油质劣化引发的设备故障

某电厂在定期油质检测中，发现汽轮机润滑油的颗粒度和水分含量严重超标，油质劣化明显。随后在机组运行过程中，出现轴承温度升高、设备异常磨损等问题。经分析，是由于冷油器泄漏和轴封蒸汽泄漏，导致水分和颗粒污染物进入润滑油系统，使油质恶化。通过对冷油器进行修复，调整轴封汽压力，并采用高效滤油设备对润滑油进行净化处理，油质逐渐恢复正常，设备运行也恢复稳定。

三、汽轮机润滑油油质提升改造措施

（一）优化过滤系统

1. 选用高精度滤芯

传统的润滑油过滤系统滤芯精度往往较低，难以有效去除微小颗粒污染物。因此，应选用过滤精度更高的滤芯，如 $\beta \geq 200$ ，过滤精度 $\leq 3\mu\text{m}$ 的滤芯，能够显著提高对油中微小颗

粒的过滤效果。某火电厂将原有的过滤精度为 $10\mu\text{m}$ 的滤芯更换为 $3\mu\text{m}$ 的高精度滤芯后，润滑油中的颗粒污染物含量明显降低，油质得到显著改善。

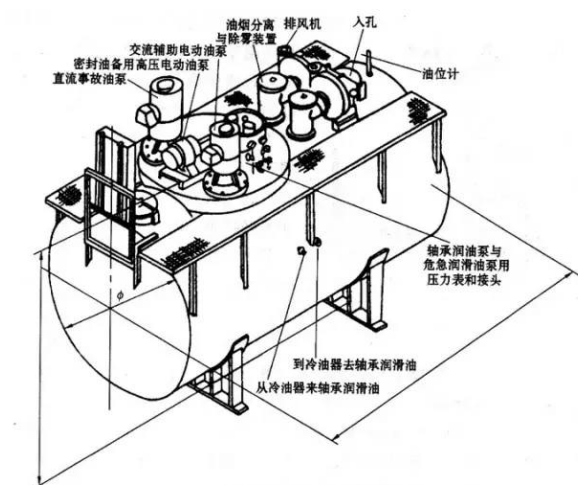


图1 组合油箱

2. 增设旁路循环过滤装置

在润滑油系统中增设旁路循环过滤装置，可实现对油液的持续净化。旁路循环过滤装置能够独立于主系统运行，对部分油液进行过滤，将过滤后的清洁油液再送回主系统。这样可以在不影响汽轮机正常运行的情况下，不断降低油液中的污染物含量。例如，某电厂安装旁路循环过滤装置后，经过一段时间的运行，润滑油的颗粒度从原来的 NAS8 级降低至 NAS6 级。

（二）控制水分侵入

1. 加强冷油器维护管理

定期对冷油器进行检查和维护，及时发现并修复泄漏问题。采用先进的检测技术，如无损探伤技术，对冷油器铜管进行检测，确保其无裂缝、腐蚀等缺陷。同时，要合理控制冷油器的运行参数，避免因温差过大或压力波动导致铜管损坏。某电厂通过加强冷油器维护管理，将润滑油中的水分含量从原来的 200ppm 降低至 50ppm 以下。

2. 优化轴封系统运行

调整轴封汽压力至合理范围，确保轴封蒸汽既能起到良好的密封作用，又不会泄漏进入润滑油系统。安装轴封蒸汽压力自动调节装置，根据机组运行工况实时调整轴封汽压力，提高轴封系统的稳定性。此外，要加强对轴封系统的日常巡检，及时发现并处理轴封泄漏问题。

（三）防止氧化污染

1. 控制油温

保持油温在合适的范围内，可有效减缓润滑油的氧化速度。优化润滑油冷却系统，确保冷却效果稳定可靠。安装油温自动调节装置，根据油温变化自动调整冷却水量，使油温始终维持在 $45\sim 55^{\circ}\text{C}$ 之间。例如，某电厂通过优化油温控制，润滑油的氧化速度明显降低，酸值增长缓慢，延长了润滑油的使用寿命。

2. 添加抗氧化剂

在润滑油中添加适量的抗氧化剂，能够抑制润滑油的氧化反应。选择质量可靠、性能稳定的抗氧化剂，并严格按照规定的比例添加。定期对添加抗氧化剂后的润滑油进行检测，确保其抗氧化性能满足要求。添加抗氧化剂后，润滑油的氧化诱导期显著延长，有效提高了油质的稳定性。

（四）加强日常维护管理

1. 建立严格的油质监测制度

定期对润滑油进行全面检测，包括颗粒度、水分、酸值、黏度等指标。采用先进的检测设备和技術，提高检测的准确性和及时性。根据油质检测结果，及时调整维护措施，确保油质始终处于良好状态。例如，某电厂建立了每周一次的油质常规检测和每月一次的全面检测制度，通过及时发现并处理油质问题，保障了汽轮机的稳定运行。

2. 规范设备检修操作

在汽轮机设备检修过程中，要严格遵守操作规程，做好防护措施，防止杂质、水分等污染物进入润滑油系统。检修后，对润滑油系统进行彻底清洗和检查，确保系统内无残留杂质。同时，对新更换的设备部件进行严格的清洁和检验，避免将污染物带入系统。

四、汽轮机润滑油油质提升改造效果评估

（一）油质指标对比

通过实施上述油质提升改造措施，某火电厂汽轮机润滑油的各项指标得到了显著改善。改造前，润滑油的颗粒度为 NAS8 级，水分含量为 150ppm，酸值为 0.2mgKOH/g ；改造后，颗粒度降低至 NAS6 级，水分含量降至 50ppm 以下，酸值稳定在 0.1mgKOH/g 左右。具体数据对比如表 1 所示：

表 1 某火电厂汽轮机润滑油的各项指标改造前后对比表

油质指标	改造前	改造后
颗粒度（NAS 级）	8	6
水分含量（ppm）	150	< 50
酸值（mgKOH/g）	0.2	0.1

（二）设备运行稳定性提升

随着油质的改善，汽轮机设备的运行稳定性得到了明显提升。设备的振动值明显降低，轴承温度保持在正常范围内，设备的磨损情况也得到了有效控制。例如，改造前汽轮机的振动幅值在 $50\mu\text{m}$ 左右，改造后降低至 $30\mu\text{m}$ 以下；轴承温度由原来的最高 70°C 降低至 60°C 左右。设备故障率大幅下降，检修周期延长，为火电厂的稳定发电提供了有力保障。

五、结论

汽轮机润滑油系统的稳定运行和良好的油质是火电厂汽轮机安全、高效运行的重要保障。通过对汽轮机润滑油系统常见故障的深入分析，如油压异常、油温异常、油位异常和油质劣化等，结合实际案例，明确了故障产生的原因和危害。针对这些问题，采取了一系列有效的油质提升改造措施，包括优化过滤系统、控

制水分侵入、防止氧化污染以及加强日常维护管理等。经过实际应用和效果评估，这些措施显著改善了汽轮机润滑油的油质，提升了设备运行的稳定性和可靠性，降低了设备故障率，延长了设备使用寿命，为火电厂带来了显著的经济效益和社会效益。在未来的火电厂运行管理中，应持续关注汽轮机润滑油系统的运行状况，不断优化和完善油质提升改造措施，确保汽轮机的稳定运行。

参考文献

- [1] 杨智. 油液监测技术下电厂汽轮机润滑油系统故障诊断方法 [J]. 电力设备管理, 2025, (09): 167–169.
- [2] 王晓斌. 基于油液监测技术的电厂汽轮机润滑油系统故障诊断方法 [J]. 电力设备管理, 2025, (09): 113–115.
- [3] 姚东跃. 浅谈电厂汽轮机润滑油系统的油质劣化原因及改善措施 [J]. 电工技术, 2024, (S2): 44–46.
- [4] 滕鲁. 火电厂汽轮机润滑油系统常见故障及油质提升改造 [J]. 设备管理与维修, 2024, (18): 115–117.