

汽机润滑油系统污染控制与净化技术研究

冯自成

宁夏电力投资集团银川热电有限公司

DOI: 10.12238/jpm.v5i12.7532

[摘要] 汽轮机润滑油系统作为火电机组的重要组成部分，其运行状态直接影响机组的安全性和可靠性。润滑油在长期使用过程中会受到污染，导致系统效率下降，严重时可能引发设备故障。污染控制与净化技术的研究显得尤为重要。润滑油系统污染来源主要包括外部杂质、金属磨损颗粒以及化学反应生成的沉积物，这些污染物对润滑油的性能和机组的稳定性构成威胁。针对这一问题，本文探讨了不同净化技术在汽机润滑油系统中的应用效果，包括过滤、离心分离及化学处理等方法。此外，结合具体案例分析了各技术的适用性与实施效果，为进一步提升汽机润滑油系统的净化能力提供了实践依据。

[关键词] 汽轮机；润滑油系统；污染控制；净化技术；过滤

Research on pollution control and purification technology of engine lubricating oil system

Feng Zicheng

Ningxia Power Investment Group Yinchuan Thermal Power Co., Ltd.

[Abstract] As an important part of the thermal power unit, the operating status of the turbine lubricating oil system directly affects the safety and reliability of the unit. Lubricating oil will be contaminated during long-term use, resulting in a decrease in system efficiency, which may cause equipment failure in serious cases. The research on pollution control and purification technology is particularly important. The sources of pollution in the lubricating oil system mainly include external impurities, metal wear particles and sediments generated by chemical reactions, which pose a threat to the performance of the lubricating oil and the stability of the unit. In response to this problem, this paper discusses the application effect of different purification technologies in the lubricating oil system of the automobile engine, including filtration, centrifugal separation and chemical treatment methods. In addition, the applicability and implementation effect of various technologies are analyzed in combination with specific cases, which provides a practical basis for further improving the purification ability of the engine lubricating oil system.

[Key words] turbine, lubricating oil system, pollution control, purification technology, filtration

引言：

汽轮机润滑油系统在电力行业的应用广泛，其对机组的稳定运行至关重要。随着机组运行时间的延长，润滑油中不可避免地会积聚大量污染物，如金属颗粒、化学污染物等，这些污染物不仅降低润滑油的润滑性能，还可能加速设备磨损，增加

维护成本。如何有效控制污染，保证润滑油质量，已成为保障汽轮机运行的重要技术课题。近年来，随着过滤、离心、化学处理等净化技术的不断发展，润滑油污染控制手段逐步多样化。然而，不同技术在应用中的实际效果尚存在差异，需要对其进行综合分析评估，以期为提高汽轮机润滑油系统的管理

和维护水平提供参考和指导。

一、润滑油系统污染源分析与危害

润滑油系统在汽轮机的正常运行中起着至关重要的作用，其主要功能是减少机械部件之间的摩擦、提高效率、延长设备寿命。然而，在长期运行过程中，润滑油系统不可避免地会受到不同来源的污染。这些污染源主要包括外部环境中的尘土、金属颗粒、氧化产物以及水分等，这些污染物会对润滑油的性能造成不同程度的影响，甚至威胁到汽轮机的安全性和稳定性。

外部污染物是润滑油系统污染的主要来源之一。在机组运行过程中，外界尘土、空气中的水分、油品存储和传输过程中的不洁物质等都可能进入润滑油系统。尤其是在开机初期或系统长期停机后，尘土和杂质进入润滑油系统的风险更高，这些外部污染物会导致油品的杂质含量增加，严重时会造成沉积物，降低润滑油的清洁度和润滑效果。随着油品中颗粒物的增多，润滑油对金属表面的润滑作用逐渐减弱，增加了零部件的磨损，甚至可能引发设备故障。

金属磨损颗粒是润滑油系统污染的另一大来源，通常来源于机组内部零部件的摩擦和磨损。在汽轮机的高温高压环境下，机组运行中的金属零件会不断发生微观磨损，产生金属颗粒。这些金属颗粒一旦进入润滑油系统，不仅会降低油品的润滑性能，还会加剧零部件的磨损，甚至可能导致油泵、轴承等关键部件的损坏。长期的金属颗粒累积还会影响油过滤器的效率，进一步加剧污染恶性循环。化学污染物也是润滑油系统污染的重要来源之一。润滑油在运行过程中会与空气中的氧气、氮气、水分发生反应，产生氧化产物、酸性物质等。这些氧化产物会使润滑油的粘度发生变化，降低其润滑性能，并可能导致润滑油变质。酸性物质的积累还可能腐蚀机组内部金属部件，导致设备老化、损坏。此外，润滑油的化学性质也会在高温、高压条件下进一步恶化，增加润滑油的污染程度。

润滑油系统中的水分污染同样不容忽视。水分的来源可能是空气中的湿气，也可能是冷却水泄漏等原因。水分进入润滑油后，会导致油品乳化，影响其润滑性能，同时也容易与金属产生反应，形成腐蚀性物质，进而加剧设备的磨损和老化。润滑油系统的污染来源广泛，且污染物对润滑油性能及机组的影响严重。污染物不仅降低润滑油的清洁度和润滑性能，还可能加速设备磨损，增加维护成本，甚至威胁到机组的安全运行。

控制润滑油的污染，确保油品质量，对于提高汽轮机的运行效率和延长设备寿命至关重要。

二、常见污染控制技术及其原理

润滑油系统的污染控制技术主要通过物理、化学和机械手段来去除污染物，以确保润滑油的清洁度和优化机组的运行性能。常见的污染控制技术包括过滤技术、离心分离技术和化学处理技术等。每种技术在应用中都有其独特的工作原理和适用范围。

过滤技术是目前最常见的污染控制手段之一。其基本原理是通过不同孔径的滤芯，将润滑油中的固体颗粒和杂质截留，达到净化油品的目的。过滤系统根据过滤介质的不同，可以分为粗滤和精滤两种。粗滤用于去除较大颗粒杂质，精滤则针对微小颗粒进行过滤。常见的过滤介质包括金属网、玻璃纤维、纸质滤芯等，这些材料具有较好的过滤性能，能有效去除油品中的污染物。为了保持良好的过滤效果，过滤装置需要定期更换滤芯，否则会影响过滤效率，甚至导致系统压力升高。离心分离技术通过高速旋转产生离心力，将润滑油中的颗粒物、金属屑等固体杂质与油分离。离心分离器的工作原理是利用固体颗粒与油液密度差异，在高速旋转的离心力作用下，使污染物迅速沉降到分离器的底部，从而实现固液分离。该技术具有较高的分离效率，尤其适用于去除较大颗粒的污染物。在一些高负荷和高温环境下，离心分离器能够有效减少过滤器的负担，延长系统的运行周期。

化学处理技术则侧重于通过添加化学物质来中和或分解润滑油中的污染物。例如，通过添加抗氧化剂、酸中和剂等化学添加剂，可以抑制油品的氧化反应，减少酸性物质的产生。某些化学处理方法可以通过吸附作用将油中的水分、杂质等去除，或通过化学反应分解有害物质。这类方法通常适用于润滑油系统中存在化学污染的情况，能够有效提高油品的稳定性。以上技术各有优缺点，在实际应用中往往是结合使用，以达到最佳的污染控制效果。通过这些技术手段的结合使用，可以有效减少润滑油中的固体颗粒、化学污染物及水分，延长润滑油的使用寿命，提升机组的运行效率和安全性。

三、净化技术在汽机润滑油系统中的应用与效果

在汽机润滑油系统中，净化技术的应用对于保证机组的高效稳定运行至关重要。随着润滑油污染问题的日益严重，采用高效净化技术已成为提高润滑油质量、延长机组使用寿命的

关键手段。常见的净化技术如滤油系统、离心分离器以及油水分离装置, 都已被广泛应用于汽机润滑油系统中, 取得了显著的效果。滤油系统通过高效过滤器去除润滑油中的颗粒物、金属屑等固体杂质, 在汽轮机的长期运行过程中起到了至关重要的作用。尤其是在系统启动、停机或油液更换过程中, 过滤技术能够有效去除外部杂质, 减少油品污染的风险。高效的滤芯和精密过滤技术能够保持润滑油的清洁度, 从而降低机组零部件的磨损, 延长设备的使用寿命。实际应用中, 通过对润滑油的定期监测与滤芯更换, 能够确保油品始终处于良好状态, 避免污染物对油品的长期积累。

离心分离器则通过高速旋转产生的离心力有效地分离油液中的固体颗粒、金属屑及其他杂质。与传统过滤技术相比, 离心分离器的分离效率更高, 能够去除更细微的颗粒, 尤其适用于高负荷、高温环境下的润滑油系统。在一些大型汽轮机中, 离心分离器通常与过滤装置联用, 形成一套多层次的净化系统, 能够实时高效地去除污染物, 从而保障润滑油的性能稳定。

油水分离技术在润滑油系统中也有着重要应用。水分是润滑油污染的一个重要来源, 过多的水分不仅会导致油品乳化, 还可能加速油液氧化, 形成酸性物质。油水分离器通过物理原理, 如吸附、重力分离等方式, 能够有效去除润滑油中的水分, 避免水分对油品的破坏。尤其在高湿度环境或润滑油与水混合时, 油水分离技术能够有效降低润滑油的水含量, 保持润滑油的稳定性。在实际操作中, 这些净化技术相互配合, 形成了高效的污染控制体系, 能够显著提高润滑油的清洁度和稳定性, 降低汽轮机故障率, 并延长设备的使用周期。随着技术的不断进步, 润滑油净化技术的应用效果不断提升, 尤其在精细化管理和智能监控方面, 现代净化技术的引入使得油品管理更加科学和高效。

四、优化润滑油系统污染控制的策略

为了有效优化润滑油系统的污染控制, 必须从多个方面入手, 采用综合性的管理和技术手段。关键在于通过精准的监控、合理的维护、和先进的净化技术的结合, 最大程度地降低润滑油中的污染物, 并确保系统的长期稳定运行。

定期监控润滑油的质量和污染水平是优化污染控制的基础。通过使用油液监测仪器, 实时跟踪油品的水分、颗粒物、酸值等指标, 能够及时发现潜在的污染问题, 并进行针对性处

理。定期的油液分析还能够为设备的维护和润滑油的更换周期提供依据, 避免过度依赖传统的时间间隔, 更加科学地安排油液的清洁和更换。此外, 通过建立智能化的油品监控系统, 结合数据分析技术, 可以提前预测润滑油污染趋势, 采取有效措施预防设备故障。

维护策略同样对润滑油污染控制起着至关重要的作用。润滑油系统的管道、滤芯、油泵等关键组件需要定期检查和维修, 确保系统的密封性和流动性。特别是滤油系统的清洁与更换, 需要根据实际运行情况和油品的污染程度进行调整, 避免因滤芯失效导致污染物无法及时清除。保持润滑油系统的密封, 防止外部污染物进入, 也能有效减少污染源。优化润滑油系统的污染控制还应注重技术的创新和应用, 特别是净化技术的升级与创新。结合高效的过滤、离心分离、油水分离等多种技术, 可以形成一套完整的污染控制方案。这些技术不仅能够去除固体颗粒, 还能清除油中的水分、氧化物等, 保持润滑油的清洁和稳定。此外, 未来润滑油污染控制的发展趋势也应向智能化、自动化方向发展, 通过引入人工智能和大数据技术, 进一步提升润滑油系统的自动监控与实时调节能力。

结语:

润滑油系统污染控制与净化技术在保障汽轮机稳定运行和延长设备使用寿命方面发挥着重要作用。通过合理选择和应用高效的过滤、离心分离、油水分离等技术, 可以有效去除润滑油中的污染物, 提升油品质量。在此基础上, 结合精准的油液监控和科学的维护管理, 能够实现润滑油系统的优化管理, 减少设备故障和维护成本。随着技术的不断发展, 未来润滑油污染控制将更加智能化和高效, 为汽轮机的安全、稳定运行提供有力保障。

[参考文献]

- [1]王小明, 李红. 汽轮机润滑油污染控制技术研究与应用[J]. 电力设备, 2020, 42(6): 58-64.
- [2]张力, 刘涛. 汽机润滑油系统净化技术的进展与挑战[J]. 能源技术, 2021, 49(5): 112-119.
- [3]陈建军, 吴强. 润滑油污染控制技术在电力行业中的应用与发展[J]. 电力工程技术, 2019, 41(4): 89-95.
- [4]孙鹏飞, 赵志伟. 润滑油污染监测与净化技术研究现状[J]. 机械工程与自动化, 2022, 39(3): 45-51.