

汽轮机润滑油系统改进与抗燃油技术应用研究 ——以提高设备性能与节能效果

王勇

华电国际电力股份有限公司天津开发区分公司

DOI: 10.32629/jpm.v7i4.8871

[摘要] 汽轮机作为电力、化工等行业的核心动力设备，其运行稳定性、可靠性直接影响整个生产系统的效率与安全。润滑油系统作为汽轮机的关键辅助系统，承担着润滑、冷却、清洁等重要功能，抗燃油技术则在汽轮机调节系统中发挥着不可替代的作用，二者共同决定了汽轮机的运行性能与节能水平。本文结合汽轮机运行的实际需求，深入分析当前润滑油系统存在的不足与抗燃油技术应用中的关键问题，探讨润滑油系统的改进路径与抗燃油技术的优化应用策略，旨在通过系统性的改进与合理应用，提升汽轮机设备运行性能，降低能源消耗，为汽轮机的高效、稳定、节能运行提供理论支撑与实践指导。

[关键词] 汽轮机；润滑油系统；系统改进；抗燃油技术；设备性能；节能效果

Improvement of Steam Turbine Lubricating Oil Systems and Application Research of Anti-Fouling Oil Technology: Enhancing Equipment Performance and Energy Efficiency

Wang Yong

Tianjin Development Zone Branch, Huadian International Power Co., Ltd.

[Abstract] As core power equipment in the power and chemical industries, steam turbines' operational stability and reliability directly impact the efficiency and safety of entire production systems. The lubricating oil system, serving as a critical auxiliary system, performs essential functions such as lubrication, cooling, and cleaning, while anti-fouling oil technology plays an irreplaceable role in turbine regulation systems. Together, these two components determine a steam turbine's operational performance and energy-saving capabilities. This paper addresses practical operational requirements by thoroughly analyzing existing shortcomings in current lubricating oil systems and key challenges in anti-fouling oil technology applications. It explores improvement pathways for lubricating oil systems and optimized strategies for implementing anti-fouling oil technology, aiming to enhance turbine performance, reduce energy consumption, and provide theoretical foundations and practical guidance for efficient, stable, and energy-efficient steam turbine operation through systematic enhancements and rational applications.

[Key words] steam turbine; lubricating oil system; system improvement; anti-fuel oil technology; equipment performance; energy-saving effect

引言

润滑油系统是汽轮机正常运行的“血液”，负责为汽轮机转子、轴承等关键运动部件提供润滑、冷却和保护，减少部件磨损，降低运行阻力，保障设备稳定运转；抗燃油技术则主要应用于汽轮机的调节系统，凭借其优异的抗燃性、稳定性，确保调节系统的精准控制与安全运行。当前，部分汽轮机润滑油系统存在油质易劣化、系统能耗偏高、运行可靠性不足等问题，抗燃油技术应用中也存在选型不合理、维护不到位等现象，制

约了汽轮机设备性能的充分发挥，增加了能源消耗。因此，开展汽轮机润滑油系统改进与抗燃油技术应用研究，针对现有问题提出切实可行的改进与应用方案，对提高汽轮机设备运行效率、降低能耗、延长设备使用寿命具有重要的现实意义。

一、汽轮机润滑油系统与抗燃油技术概述

(一) 汽轮机润滑油系统核心功能

汽轮机润滑油系统是保障汽轮机安全稳定运行的核心辅助系统，其核心功能主要体现在三个方面。一是润滑功能，通

过向汽轮机转子、轴承等运动部件表面输送润滑油，形成一层均匀的油膜，隔离相互接触的部件，减少摩擦阻力，避免部件发生干摩擦，降低磨损程度，延长部件使用寿命。二是冷却功能，润滑油在循环过程中会吸收运动部件摩擦产生的热量以及设备运行过程中传递的热量，通过冷却装置将热量散发出去，维持部件运行温度在合理范围内，防止因温度过高导致部件变形、油质劣化等问题。三是清洁功能，润滑油在循环过程中会携带部件磨损产生的金属碎屑、灰尘等杂质，通过过滤装置将这些杂质清除，避免杂质堆积导致部件磨损加剧、油路堵塞等故障，保障系统正常循环。

(二) 抗燃油技术核心特性

抗燃油是一种具有优异抗燃性能的特种液压油，主要应用于汽轮机调节系统，其核心特性决定了其在汽轮机运行中的适用性。抗燃油具有良好的抗燃性，相较于普通液压油，其燃点更高，在高温、高压环境下不易燃烧，能够有效避免因油液泄漏引发的火灾事故，保障调节系统的安全运行。同时，抗燃油具有优异的化学稳定性，在长期高温运行过程中，不易发生氧化、水解等反应，能够保持稳定的黏度、酸值等性能指标，减少油质劣化带来的影响。

(三) 二者与设备性能及节能的关联

汽轮机润滑油系统与抗燃油技术的运行状态，直接关联设备性能与节能效果。润滑油系统运行良好，能够有效减少部件摩擦损耗，降低设备运行阻力，提升设备运行效率，同时减少因部件磨损导致的故障停机，保障设备连续稳定运行，间接实现节能降耗。抗燃油技术的合理应用，能够确保汽轮机调节系统的精准控制，使汽轮机运行参数维持在最佳范围，减少因调节偏差导致的能源浪费，同时避免因调节系统故障引发的设备损坏，延长设备使用寿命，降低设备维护成本，进一步提升节能效果。反之，若润滑油系统存在缺陷、抗燃油技术应用不当，会导致设备磨损加剧、运行效率下降、能耗增加，甚至引发设备故障，影响生产正常进行。

二、汽轮机润滑油系统现存问题分析

(一) 油质劣化与污染问题突出

油质劣化与污染是当前汽轮机润滑油系统最突出的问题之一。润滑油在长期高温、高压运行过程中，会与空气、水分接触，发生氧化、水解等反应，导致油质劣化，表现为黏度变化、酸值升高、产生油泥等，降低润滑油的润滑、冷却性能。同时，外界的灰尘、杂质以及设备运行过程中产生的金属碎屑，容易混入润滑油中，造成油质污染，这些杂质会加剧部件磨损，堵塞油路和过滤装置，影响润滑油系统的正常循环，进而导致设备运行异常，增加能耗。

(二) 系统运行能耗偏高

部分汽轮机润滑油系统存在运行能耗偏高的问题，主要源于系统设计不合理与设备选型不当。在系统设计方面，油路布局不合理、管道阻力过大，导致油泵需要消耗更多的能量来维持润滑油的循环；冷却系统设计不完善，冷却效率低下，需要

额外消耗能源来降低润滑油温度。在设备选型方面，油泵、冷却器等设备的额定参数与汽轮机实际运行需求不匹配，导致设备长期处于低效运行状态，能源利用率偏低，增加了系统整体能耗。

(三) 运行可靠性与维护便利性不足

汽轮机润滑油系统的运行可靠性与维护便利性不足，制约了设备的稳定运行与节能效果。部分系统缺乏完善的监测装置，无法实时掌握润滑油的温度、压力、油质等运行参数，难以及时发现系统存在的隐患，容易引发设备故障。同时，系统结构设计复杂，部件布局不合理，导致维护操作不便，维护周期过长，维护成本偏高，且在维护过程中需要停机，影响设备的连续运行，间接增加了能源消耗。此外，部分老旧机组的润滑油系统部件老化严重，未及时更新改造，进一步降低了系统运行可靠性。

三、汽轮机润滑油系统改进策略

(一) 优化油质管理体系

针对油质劣化与污染问题，需建立完善的油质管理体系，从源头控制油质，延缓油质劣化。首先，优化润滑油选型，根据汽轮机的运行参数、工况条件，选择抗氧化、抗水解、抗污染性能优异的润滑油，提升润滑油的使用寿命。其次，完善油质监测机制，增设在线油质监测装置，实时监测润滑油的黏度、酸值、水分、杂质含量等参数，及时发现油质异常，采取过滤、更换等措施，确保油质符合运行要求。同时，加强润滑油的储存、加注管理，避免储存过程中受到污染，加注时严格过滤，防止杂质混入系统。此外，定期对润滑油进行净化处理，采用高效过滤、脱水设备，清除油中的杂质和水分，延缓油质劣化。

(二) 优化系统设计与设备选型

为降低系统运行能耗，需优化润滑油系统设计与设备选型，提升系统运行效率。在系统设计方面，优化油路布局，减少管道弯头和阻力，缩短润滑油循环路径，降低油泵运行负荷；完善冷却系统设计，采用高效冷却装置，提升冷却效率，减少冷却系统的能源消耗。在设备选型方面，根据汽轮机实际运行需求，选择额定参数匹配、效率高、能耗低的油泵、冷却器等设备，避免设备低效运行；采用变频调速技术，根据系统负荷变化，实时调节油泵转速，合理控制润滑油流量和压力，减少能源浪费。同时，对老旧系统的管道、部件进行改造升级，降低系统运行阻力，提升系统运行效率。

(三) 提升系统可靠性与维护便利性

为提升润滑油系统运行可靠性与维护便利性，需完善系统监测与维护机制，优化系统结构设计。首先，增设完善的监测装置，实现对润滑油温度、压力、流量、油质等参数的实时监测与报警，及时发现系统隐患，提前采取处理措施，减少故障发生。其次，优化系统结构布局，简化系统流程，合理布置部件位置，便于维护操作；选用结构简单、维护方便的部件，缩短维护周期，降低维护成本。同时，建立定期维护制度，对系统部件进行定期检查、清洁、更换，及时更换老化部件，确保

系统稳定运行；开展维护人员专业培训，提升维护技能，提高维护效率，减少维护停机时间。

四、抗燃油技术在汽轮机中的优化应用

(一) 合理选择抗燃油类型

抗燃油的选型直接影响其应用效果与设备运行安全，需根据汽轮机调节系统的运行工况、工作压力、温度等参数，合理选择抗燃油类型。不同类型的抗燃油在抗燃性、稳定性、润滑性等方面存在差异，应优先选择抗燃性强、化学稳定性好、润滑性能优异、与系统部件兼容性好的抗燃油。同时，结合设备运行需求，考虑抗燃油的使用寿命、维护成本等因素，选择性价比高的抗燃油，避免因选型不当导致油质劣化过快、部件磨损加剧、系统故障等问题，确保调节系统稳定运行，提升设备性能与节能效果。

(二) 规范抗燃油加注与净化流程

抗燃油的加注与净化流程不规范，容易导致油质污染，影响其应用效果。在抗燃油加注过程中，需严格按照操作规程进行，对加注设备、管道进行清洁，避免杂质混入；加注前对新油进行过滤处理，确保油质符合标准。同时，建立抗燃油定期净化制度，采用高效过滤、脱水、脱气设备，清除抗燃油中的杂质、水分和空气，防止油质劣化，维持抗燃油的稳定性能。此外，定期对系统油路进行冲洗，清除油路中的积污和杂质，避免油路堵塞，保障抗燃油循环顺畅，确保调节系统正常工作。

(三) 加强抗燃油系统维护与监测

加强抗燃油系统的维护与监测，是确保抗燃油技术有效应用的关键。建立完善的抗燃油监测机制，实时监测抗燃油的温度、压力、黏度、酸值等参数，及时发现油质劣化、系统泄漏等问题，采取针对性处理措施。定期对系统部件进行检查、维护，重点检查伺服阀、油动机、密封件等精密部件，及时更换老化、损坏的部件，避免因部件故障影响调节系统性能。同时，定期对系统进行密封性检查，防止抗燃油泄漏，避免能源浪费和安全隐患。此外，加强维护人员的专业培训，提升抗燃油系统维护技能，确保维护工作规范、高效开展。

五、改进与应用效果分析

(一) 设备运行性能提升效果

通过对汽轮机润滑油系统的改进与抗燃油技术的优化应用，汽轮机设备运行性能得到显著提升。润滑油系统的优化改进，有效解决了油质劣化与污染问题，减少了部件摩擦磨损，降低了设备运行阻力，提升了设备运行的稳定性和可靠性。抗燃油技术的合理应用，确保了调节系统的精准控制，使汽轮机运行参数维持在最佳范围，减少了调节偏差，提升了设备的运行效率。同时，系统故障发生率显著降低，设备停机时间减少，保障了设备的连续稳定运行，延长了设备使用寿命。

(二) 节能效果改善情况

润滑油系统改进与抗燃油技术优化应用，实现了显著的节能效果。润滑油系统的优化设计与设备选型，降低了系统运行阻力和设备能耗，油泵、冷却器等设备的能源利用率显著提升；

变频调速技术的应用，根据系统负荷变化合理调节设备运行状态，减少了无效能源消耗。抗燃油技术的优化应用，确保了调节系统的精准控制，减少了因调节偏差导致的能源浪费，同时减少了系统故障带来的能源损耗。此外，设备维护周期延长，维护成本降低，间接实现了节能降耗的目标。

(三) 应用可行性与推广价值

汽轮机润滑油系统改进策略与抗燃油技术优化应用方案，具有较强的应用可行性与推广价值。该方案结合汽轮机运行的实际需求，针对现有问题提出了切实可行的改进措施，无需对设备进行大规模改造，投资成本合理，实施难度较低，能够在各类汽轮机设备中推广应用。方案实施后，不仅能够提升设备运行性能、降低能耗，还能减少设备故障发生率，降低维护成本，为企业带来显著的经济效益和社会效益。同时，该方案的实施的经验，可为其他同类设备的系统改进与技术应用提供参考，推动行业内汽轮机设备的高效、节能、稳定运行。

结束语

汽轮机润滑油系统改进与抗燃油技术应用，是提升设备运行性能、实现节能降耗的关键举措。本文通过对汽轮机润滑油系统与抗燃油技术的概述，分析了当前润滑油系统存在的油质劣化、能耗偏高、可靠性不足等问题，提出了针对性的系统改进策略，探讨了抗燃油技术的优化应用方法，并对改进与应用效果进行了分析。研究表明，通过优化油质管理、完善系统设计、规范抗燃油应用与维护，能够有效提升汽轮机设备运行稳定性和效率，降低能源消耗，延长设备使用寿命。在工业生产向高效化、节能化发展的背景下，需持续深入研究汽轮机润滑油系统改进与抗燃油技术应用，结合技术发展趋势，不断优化改进方案，引入先进的技术和设备，进一步提升设备性能与节能效果。同时，加强技术推广与应用，推动汽轮机设备的绿色、高效运行，为行业的可持续发展提供支撑。未来，还需结合智能化技术，实现润滑油系统与抗燃油系统的智能化监测与控制，提升系统运行的自动化水平，进一步降低人力成本和能源消耗，实现更高层次的节能降耗目标。

[参考文献]

- [1] 马超, 冯敏敏. 给水泵汽轮机润滑油系统建压慢原因分析及改进措施[J]. 机电信息, 2023, (14): 77-79+84.
 - [2] 廖学书. 给水泵汽轮机润滑油系统水分超标原因分析及改进措施[J]. 中国设备工程, 2017, (07): 50-51.
 - [3] 孟奇, 段红玲. 汽轮机润滑油系统循环冲洗的改进措施[J]. 中国高新技术企业, 2021, (01): 36-37.
 - [4] 翟德双. N600-24.2/566/566 型汽轮机润滑油系统的启动调整试验与改进[J]. 电力设备, 2018, (07): 77-79.
 - [5] 卢官发. 汽轮机润滑油保护系统改进措施[J]. 电力安全技术, 2022, (12): 31-34.
- 基金项目：中国华电集团有限公司科技项目（CHDKJ-04-02-405）。