

汽轮发电机组密封油系统常见问题及处理措施探究

张浩

山西潞光发电有限公司 山西省 046000

【摘要】汽轮发电机组密封油系统的稳定性对设备安全和运行效率至关重要。系统中常见问题包括振动、进油跑氢以及氢气纯度不合格，这些问题源于设计缺陷、操作不当和维护不足。为解决上述问题，应从优化设备设计、加强设备检修维护、完善运行管理及引入新技术等方面入手。通过案例分析，提出了包括提高润滑油质量、优化安全阀设计、定期清理滤网、加强在线监测等针对性措施，为密封油系统的高效稳定运行提供了重要参考。

【关键词】汽轮发电机组；密封油系统；故障分析；检修维护；运行优化

Exploration of Common Problems and Solutions for Sealing Oil System of Steam Turbine Generator Unit
Zhang Hao

Shanxi Luguang Power Generation Co., Ltd. Shanxi Province 046000

【Abstract】The stability of the sealing oil system in steam turbine generator units is crucial for equipment safety and operational efficiency. Common problems in the system include vibration, hydrogen leakage from oil inlet, and unqualified hydrogen purity, which are caused by design defects, improper operation, and insufficient maintenance. To solve the above problems, efforts should be made to optimize equipment design, strengthen equipment maintenance and repair, improve operation management, and introduce new technologies. Through case analysis, targeted measures were proposed, including improving the quality of lubricating oil, optimizing the design of safety valves, regularly cleaning the filter screen, and strengthening online monitoring, providing important references for the efficient and stable operation of the sealing oil system.

【Key words】steam turbine generator set; Sealing oil system; Fault analysis; Maintenance and repair; operation optimization

1 汽轮发电机组密封油系统的常见问题

1.1 密封油系统振动问题

密封油系统振动是汽轮发电机组运行中的常见问题，直接影响机组安全与运行稳定性，其成因涉及设备设计、运行环境及维护不当等多方面。密封油泵作为主要振源，轴承磨损、转子不平衡或泵体机械松动均可能引发异常振动；密封油管道设计不合理（如支撑不当、长度过长）及管内流体动力效应，也会加剧振动。振动过大易引发附带设备共振，增加密封油泄漏风险，威胁机组安全。解决该问题需从三方面着手：优化设备动态特性设计与管道支撑布置，运行中通过振动传感器加强实时监测，定期维护设备并更换磨损部件，保障密封油系统平稳运行。

1.2 汽轮发电机进油、跑氢问题

汽轮发电机进油和跑氢问题是密封油系统故障的典型表现，严重时可能导致机组非计划停机。进油现象通常是由于密封油压力与氢气压力不平衡，密封油通过密封环进入发电机内部，引起线圈绝缘受损。而跑氢问题则是因密封性能下降，导致氢气从密封环处泄漏。这两种问题往往相辅相成，形成恶性循环。常见原因包括密封油系统压力调节阀失灵、密封环间隙不当或密封油品质不达标等。此外，密封油系统的温控不稳定，也会因油温过高或过低引发密封失效。为防止进油和跑氢问题，需确保密封油系统运行参数稳定：定期对差压阀、平衡阀进行检查清理，严格控制密封油与氢气的压差，保证密封油压力始终高于氢气压力；机组大修检查密

封环的磨损情况，及时更换老化部件；加强对密封油的品质监控，确保其颗粒度、水分、粘度等符合设计要求。

1.3 汽轮发电机氢气纯度不合格

氢气纯度不达标是汽轮发电机运行中的高风险隐患，会直接影响设备散热效率与运行安全性，严重时可能引发爆炸事故。其主要成因包括：密封油系统空氢窜油、密封性能衰减导致空气或杂质气体侵入氢气回路；密封油劣化或系统密封不严产生挥发物，进一步污染氢气。

2 汽轮发电机组密封油系统问题对策

2.1 密封油系统振动问题对策

针对密封油系统的振动问题，需要从设备设计、运行管理和维护优化等多方面采取综合措施。首先，在设备设计阶段，应优化密封油泵的结构和动态特性，采用更高精度的平衡校准技术，减少转子不平衡导致的振动。对油管设计需进行合理布局，避免过长或无支撑管道，确保管路刚性和流体动力稳定性。此外，可以在关键部件上增加减震装置，如弹性支撑或阻尼器，以降低振动的传递效应。在运行管理中，实时监测是解决振动问题的关键。通过安装振动传感器和在线监测系统，可以动态捕捉振动数据，及时识别异常情况并采取预防性措施。对操作参数的管理同样重要，如优化密封油流量和压力的设定范围，以减少运行不稳定性引发的振动。在维护过程中，定期检查密封油泵的轴承、叶轮转子和对轮部件，及时修复或更换磨损部件。此外，定期校准管道

支撑和紧固件，确保系统整体稳定性。通过这些措施，可以有效减少密封油系统的振动，确保设备运行平稳。

2.2 汽轮发电机进油、跑氢问题对策

解决汽轮发电机进油和跑氢问题，需要从系统设计、运行维护 and 质量管理等方面入手。首先，确保密封油系统设计合理，重点优化密封油压力与氢气压力之间的平衡控制系统，避免因压差过小或过大引发密封失效。在密封环设计中，应选择耐磨损、密封性能优异的材料，并确保密封环与轴的间隙符合标准。在运行维护中，需加强系统的压力控制和温度管理。密封油压力应始终高于氢气压力 85KPa，以防止氢气泄漏或油进入发电机内部。对差压阀、平衡阀及温控设备进行定期检查，确保其工作正常。同时，实时监测密封油系统的运行参数，通过在线监控技术检测密封油压力和温度变化，及时发现异常并处理。此外，对密封油的品质需严格把控，定期检测其粘度、颗粒度、水分和抗氧化性能，确保符合使用标准。通过系统设计优化、加强运行维护和油品控制，能够有效减少进油和跑氢问题的发生。

2.3 氢气纯度不合格问题的解决措施

氢气纯度不合格是影响发电机组运行效率和安全性的重要隐患，需要采取多层次措施解决。首先，从系统设计上优化密封油与氢气的隔离，增加密封环的密闭性，并在关键接口处添加二次密封结构，减少杂质气体的进入。

对密封油系统的排气设计需进行改进，避免油品挥发物污染氢气通道。

在运行管理和检修维护中，定期就地取样检测氢气的纯度，同时利用高精度分析仪器在线实时监测氢气浓度和氢中氧浓度，确保其始终处于安全范围内。对于检测到氢气纯度下降的情况，应立即查找原因，重点检查氢油差压、空侧侧油压是否在标准范围内，检查密封油质，进一步检查密封油泵、密封环和氢气回路的泄漏点，及时修复或更换问题部件。加强密封油油质的管理尤为重要，需在线过滤或定期更换密封油，保证油质合格，减少油品劣化带来的挥发物污染。此外，应配备完善的氢气净化装置，通过脱水、脱氧和吸附技术去除氢气中的杂质，确保氢气的高纯度。通过系统优化、实时监测和净化设备的应用，并定期对关键设备进行检修，可以有效解决氢气纯度不合格问题，提升发电机组的运行安全性和效率。

3 案例分析

本章通过两个典型案例分析汽轮发电机组密封油系统中的故障现象、原因及处理措施，旨在总结经验，为类似问题提供指导。

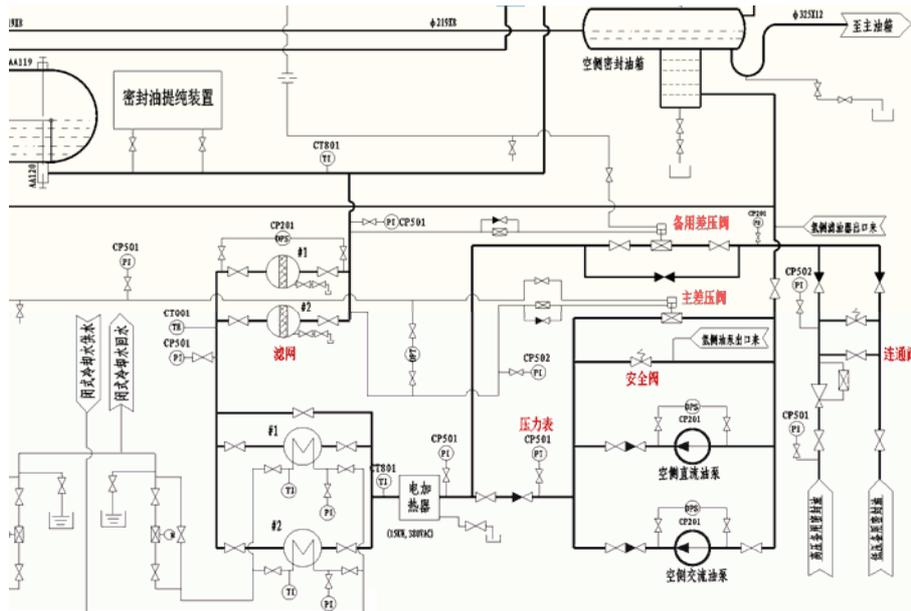


图 1 密封油系统图 (摘选)

3.1 案例 1 备用差压阀及高压备用油源故障

3.1.1 故障描述

某火电厂#1 机组备用差压阀存在内漏问题，2021 年 9 月 2 日对其解体检查后发现其波纹管正常，但阀体腔室油污多，且积聚在密封面上造成阀门内漏。由于阀芯结构限制无法大幅修研，避免弹簧压缩量变化导致调节失灵。对油污进行仔细清理，并用金相砂纸修研密封面。回装后将差压阀弹簧调至自由状态，保证此阀在高备用油压下处于关闭状态。此时启动高启泵，备用高压密封油来油 0.9MPa，缓慢开启备用差压阀前后手动门，出口油压基本无变化。密封面内漏

问题仍未解决。

2021 年 9 月 9 日，在汽轮机冲转过程中，高压备用油源压力随转速快速升高，最高达到 2.3MPa 左右。高压备用油源减压阀后压力表被冲爆，备用差压阀和主差压阀的波纹管因高压冲击受损，其中备用差压阀完全失效，主差压阀仍能维持基本运行。不过主差压阀阀杆一直在上下快速抖动，供油阀全关再微开 1/4 圈后稳定。

3.1.2 原因分析

由于备用差压阀长期未投运，且在密封油系统长期运行中出现过油质不合格情况，从而造成备用差压阀内部油污积

聚,进而造成阀芯卡涩及密封面脏污,影响阀门严密性。而在汽轮机冲转过程中,由于运行人员操作不当,低压备用油源手动门被关闭,同时高压备用油源至低压油源的连通阀也完全关闭,导致高压油无法流动,造成高压备用油源减压阀失效,无法有效调控压力。这种操作失误使系统承受了异常的高压冲击,远超备用差压阀波纹管设计压力,造成波纹管严重破损,差压阀失效,漏油严重。这些问题暴露出日常维护及运行操作中的不足,需通过加强油质管控和设备定修、加强操作人员培训、严格执行运行规程及强化监盘预控来避免类似问题的再次发生。只有系统性解决这些问题,才能确保机组运行的稳定性和安全性。

3.1.3 处理措施

为解决密封油系统中的问题,需采取多方面措施以确保设备的稳定运行。首先,应及时更换备用差压阀,以彻底消除其外漏与内漏问题。其次,对于高压备用油源减压阀,应进行解体检修,确保其减压功能正常运行,从而有效控制系统压力,防止压力异常升高。此外,在启机操作过程中,需优化操作规程,明确要求在汽机冲转前确保低压备用油源手动门和连通管阀门处于打开状态,以保证油路畅通,防止因操作失误引发的系统不稳定问题。最后,应加强对差压阀、平衡阀等设备的日常点检及定修管理。备用差压阀在投运时需特别注意油侧与汽侧差压,避免超过 0.3MPa 以防波纹管损坏。同时,重点监测运行中的压力波动,及时发现并处理潜在隐患,避免高压冲击对设备的损害。通过这些措施,可显著提高密封油系统的可靠性,减少故障发生频率,保障机组的安全稳定运行。

3.2 案例 2: 密封油滤网堵塞及氢油差压异常

3.2.1 故障描述

2021年5月27日,某火电厂#3机组密封油系统氢油差压逐步下降,发电机有漏氢隐患,且空侧密封油泵出口管路上的安全阀前压力表爆表、安全阀溢流管温度高,设备部及发电部人员结合综合分析后,旋转空侧密封油滤网刮板手柄,氢油差压逐步上升。随即持续对空氢侧滤网进行了在线清理:切至单滤网运行,将滤网后阀门关闭,退出运行,打开底部排污门,旋转滤网上方手轮,将脏东西刮下来,并在油压下带走。多次清洗滤网之后,安全阀前的压力表读数由爆表降至 0.6MPa 左右,氢油差压也升至 95KPa 左右。滤网堵塞直接影响空侧密封瓦处油压,造成氢油差压低。

3.2.2 原因分析

密封油系统运行中存在多重问题,其中密封油质差是主要原因之一。颗粒物超标导致滤网堵塞,影响油路的畅通,进而造成发电机密封瓦供油压力下降,氢油差压降低。此外,滤网的清理工作未能彻底执行,或因长期未清理积累杂质,

加剧了堵塞问题,进一步影响密封油供给的稳定性。泵出口安全阀整定压力过低或卡涩也是严重隐患,安全阀无法正常工作,容易导致内漏和溢流,给系统带来压力异常的问题。这些问题相互影响,使系统运行的安全性和可靠性大打折扣。要解决上述问题,必须从严控油质、定期清理滤网、安全阀定期整定等方面入手,确保密封油系统的高效运行,降低故障发生率,保障设备的稳定性和安全性。

3.2.3 处理措施

针对密封油系统中存在的油质差、滤网堵塞、安全阀问题等缺陷,需采取一系列处理措施以确保系统的稳定性和可靠性。首先,应定期取样化验油质,严格控制其颗粒度等关键指标,确保在密封油投运前及运行中达到系统设计要求,减少因颗粒物超标对滤网及系统的危害。其次,定期清理滤网是避免堵塞的关键,在线清理时需严格执行操作规程,确保滤网无杂质残留,避免因清理不彻底造成二次堵塞。此外,对泵出口安全阀的整定压力应进行全面检查和调整,确保其动作灵敏可靠,防止因整定不当或卡涩引发内漏或溢流。这些措施的实施能够有效提升密封油系统的运行效率和安全性,减少故障发生率,为机组的稳定运行提供坚实保障。

3.2.4 改进措施

为提升密封油系统运行效率与管理水平,需从技术升级与管理优化两方面推进改进。其一,引入差压报警等在线滤网监测设备,实时监控运行状态,快速定位堵塞问题并及时处置,降低隐患扩大风险;其二,健全滤网在线清洗记录台账,确保操作过程可追溯、清洗效果可管控;其三,优化过滤系统设计,采用多级过滤方案,进一步降低颗粒物含量,从源头减少对设备及系统的影响;其四,制定滤网清理与安全阀检测的定期检修计划,将相关工作纳入常规管理,保障设备始终处于最优运行状态。上述措施可有效降低系统运行风险、延长设备使用寿命、提升整体可靠性,为企业安全高效生产提供支撑。

4 结束语

汽轮发电机组密封油系统的问题解决需要从设备维护检修、运行管理和技术创新等多方面入手。通过对典型案例的分析,总结出改进措施,包括提升监盘预控能力、完善操作规程并严格执行、严控密封油质、加强日常巡检及维护、强化检修管理。这些措施不仅能够有效降低故障发生率,还为机组的长效稳定运行提供了保障。未来,通过智能化监测和管理手段的引入,可进一步提升系统的运行效率与安全性,为汽轮发电机组的高效可靠运行奠定坚实基础。

参考文献

- [1]汽轮发电机组密封油系统常见问题分析及处理措施. 严平.机电信息, 2019(17)
- [2]100、200MW 汽轮发电机组改进后的密封油系统. 贺丽玲.大电机技术, 1983(01)
- [3]汽轮发电机组双流环密封油系统分析. 李明.科技创新导报, 2015(33)