

## 660MW机组小机油系统进水的原因分析及对策

贺迪昭 何宇光  
陕西黄陵发电公司 陕西 延安 727307

**摘要：**本文围绕660MW机组小机油系统进水问题展开。阐述了小机油系统的结构、功能及重要性，深入分析进水原因，包括轴封压力过高、回汽不畅、轴封齿磨损及其他潜在因素。探讨了进水对系统性能和机组安全运行的不良影响。针对这些问题，提出加强系统监视预警、优化轴封系统、提高安装制造质量、强化运行维护以及应用新技术设备等对策，以保障机组稳定运行。

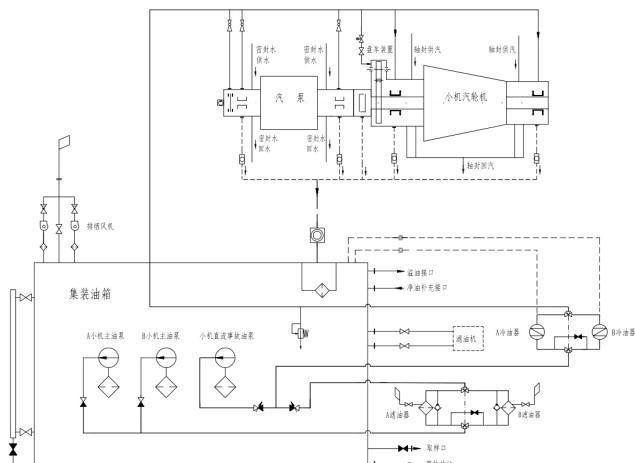
关键词：660MW机组；小机油系统；进水原因；对策

## 1 660MW 机组小机油系统概述

## 1.1 小机油系统结构与功能

660MW机组的小机油系统是保障小机及汽泵稳定、安全运行的“生命线”，在机组整体运行中起着不可或缺的支撑作用。其结构复杂且精密，各部件协同运作，共同完成润滑、冷却等关键任务。供油设备是系统的动力引擎，包括主油泵与直流事故油泵。正常运行时一台主油泵持续稳定供油，另一台备用，为轴承提供润滑与冷却；直流事故油泵作为最后一道防线，在交流电源中断时自动启动，避免断油引发严重事故。经过轴承后的润滑油回收至油箱。系统设置有过滤器，一用一备，可在线切换，用以拦截颗粒物等杂质，防止其损伤轴承等精密部件，延长设备寿命<sup>[1]</sup>。冷却装置设置两台板式换热器，通过辅机冷却水对润滑油进行冷却，维持润滑油在正常温度，保障润滑效果。相关控制仪表实时监测油压、油温、油位等参数，为运行人员提供精准的运行状态信息，确保小机油系统安全、稳定、高效运行。

## 1.2 小机油系统的重要性



目前，大多数660MW发电机组设计单台汽动给水

泵，给水泵的重要性不言而喻。而小机油系统是汽动给水泵组的重要组成部分。良好的润滑可以减少轴承的磨损，延长大修周期及使用寿命，降低机组的运行成本。因此确保660MW机组小机油系统的安全、稳定运行很重要。

## 2 660MW 机组小机油系统进水原因分析

## 2.1 轴封压力过高

在660MW机组中，轴封压力的合理控制对于小机油系统的正常运行至关重要。当轴封压力过高时，多余的蒸汽会通过轴封间隙进入轴承箱。这是因为轴封与转子之间存在一定的间隙，虽然在设计上已经尽量减小这个间隙，但在实际中，由于转子与汽缸存在相对转动，间隙无法完全消除。当轴封压力超过一定值时，蒸汽就会克服轴封间隙处的阻力，进入轴承箱。进入轴承箱的蒸汽会凝结成水，这些水分会混入润滑油中，导致小机油润滑油水分超标甚至润滑油发生乳化。轴封压力过高的原因可能是轴封供汽压力调节阀故障，无法根据机组负荷准确调节轴封供汽压力。

## 2.2 轴封回汽不畅

轴封回汽的目的是将轴封处泄漏出来的蒸气回收利用，同时保持轴封系统的压力稳定。如果轴封回汽管道堵塞、阀门故障或者回汽至凝汽器的通道受阻，轴封回汽就无法顺利排出。当轴封回汽不畅时，轴封母管内的压力会逐渐升高，蒸汽就会更容易通过轴封间隙进入轴承箱。回汽不畅还会导致轴封处的蒸汽在局部区域积聚，形成高温环境，造成轴承温度升高。轴封回汽不畅可能是阀门故障、卡涩、或阀芯脱落等。

### 2.3 轴封齿磨损

轴封齿是轴封系统中起密封作用的关键部件，其作用是通过多级齿的迷宫密封结构，增加蒸汽泄漏的阻力，减少蒸汽的外泄。然而在机组长期运行过程中，轴封齿会受到蒸汽的冲刷、转子的振动以及磨损等因素的

影响,导致轴封齿磨损。轴封齿磨损后,其密封效果会显著降低,轴封间隙会增大。蒸汽更容易通过磨损后的轴封间隙进入轴承箱,尤其是在轴封压力较高或者回汽不畅的情况下,进水问题会更加严重。轴封齿磨损的程度与机组的运行时间、运行工况以及轴封齿的材质等因素有关。如果机组经常在启停频繁、负荷波动大的工况下运行,轴封齿受到的冲击和磨损会加剧,进水风险也会相应增加。

#### 2.4 其他潜在原因

除了上述主要原因外,还有一些其他原因也可能导致660MW机组小机油系统进水。比如冷油器发生泄漏,如果冷却水压力大于润滑油压力,则冷却水会大量漏入润滑油侧,造成润滑油系统大量进水,影响机组安全运行。还有某些厂汽动给水泵采用浮动环式密封,通过凝结水对汽泵内部的高温水进行密封,并通过回水管道回收至凝汽器,系统设计时,在密封水回水管道设有阀门,若人员误操作,将密封水回水阀关闭,则会造成密封水回水不畅,通过浮动环进入润滑油系统回到油箱,造成油中进水。

### 3 660MW 机组小机油系统进水问题的影响

表 1 运行中汽轮机油质量

序号	项目	设备规范	质量指标	检验方法
1	外状		透明	DL/T 429.1
2	运动黏度( $40^{\circ}\text{C}$ )/ ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )	32*	28.8~35.2	GB/T 265
		46*	41.4~50.6	
3	闪点(开口杯)/ $^{\circ}\text{C}$		$\geq 180$ , 且比前次测定值不低 $10^{\circ}\text{C}$	GB/T 257 GB/T 3536
4	机械杂质	200 MW 以下	无	GB/T 511
5	洁净度 <sup>b</sup> (NAS 1638), 级	200 MW 及以上	$\leq 8$	DL/T 432
6	酸值/ mgKOH/g	未加防锈剂	$\leq 0.2$	GB/T 254
		加防锈剂	$\leq 0.3$	
7	液相锈蚀		无锈	GB/T 11143
8	吸乳化度( $54^{\circ}\text{C}$ )/min		$\leq 30$	GB/T 7505
9	水分/(mg/L)		$\leq 100$	GB/T 7600 或 GB/T 7601
10	起泡沫试验/mL	24 $^{\circ}\text{C}$	500/10	GB/T 12579
		93.5 $^{\circ}\text{C}$	50/10	
		后 24 $^{\circ}\text{C}$	500/10	
11	空气释放值( $50^{\circ}\text{C}$ )/min		$\leq 10$	SH/T 0308
12	旋转氧弹值/min		报告	SH/T 0193

\* 32, 46 为汽轮机的黏度等级。

<sup>b</sup> 对于润滑油系统和调速系统共用一个油箱,也用矿物汽轮机油的设备,此时油中洁净度指标应参考设备制造厂提出的控制指标执行。

小机油系统进水会对润滑油质造成严重危害。水分混入润滑油,会降低其粘度。润滑油粘度是保障润滑效果的关键指标,合适粘度可在轴承与轴颈间形成优质油膜,降低摩擦磨损。水分进入后,粘度降低,油膜承载力下降,轴承摩擦系数增大、磨损加剧,缩短轴承寿命。水分会诱发润滑油乳化,润滑油与水混合,在特定条件下形成乳浊液,乳化后的油丧失润滑性能,无法在轴承表面形成有效油膜。而且,乳化油会加速润滑油氧化变质,产生酸性物质与油泥等杂质,这些杂质进一步

污染油质,堵塞滤网,导致润滑油压力降低。小机油系统进水还会削弱冷却效果,水分进入润滑油会改变其热传导性能,导致散热能力变差。轴承运行时产生的热量无法及时散发,温度升高。高温不仅影响轴承性能与寿命,还可能引发连锁反应,如润滑油粘度进一步降低、油膜破裂等,最终严重影响小机油系统的稳定运行。

### 4 660MW 机组小机油系统进水问题的对策

#### 4.1 加强系统监视与预警

加强系统监视与预警是及时发现小机油系统进水问题的关键。定期化验润滑油油质,包括颗粒度及水分含量。加强对润滑油温、油压等关键参数的监视,例如油温异常升高可能是冷却装置故障或者油质劣化,油压波动可能意味着供油设备异常或者系统泄漏。其次,建立完善的预警机制,根据机组的历史运行数据和实际运行经验,制定合理的预警阈值,当监测参数接近或超过预警阈值时,系统能够自动发出预警信息,提醒运行人员关注小机油系统的运行状况<sup>[3]</sup>。预警信息可以通过声光报警传达给运行监盘人员,确保能够及时采取措施。另外,运行人员要加强对小机油系统的日常巡检,检查油箱油位、油泵振动等参数是否正常,管道有无泄漏等现象。通过加强系统监视与预警,能够做到早发现、早处理,将小机油系统进水问题的影响降到最低。

#### 4.2 优化轴封系统设计与维护

优化轴封系统的设计是防止小机油系统进水的重要手段。在设计阶段,要充分考虑机组的运行工况和轴封系统的密封要求,合理选择轴封的结构形式和材质。要优化轴封回汽管道的布置,减少管道的阻力,确保轴封回汽能够顺畅排出。合理设计轴封供汽压力调节阀的选型和调节特性,使其能够根据机组负荷和运行工况精确调节轴封供汽压力,避免轴封压力过高。在轴封系统的维护方面,要利用机组大修期,根据机组的运行时间和轴封齿的磨损程度、间隙大小等参数,对轴封齿进行检查和更换。对轴封供汽压力调节阀、轴封加热器等设备进行定期维护,确保其性能良好,能够正常工作。

#### 4.3 提高系统安装与制造质量

提高小机油系统的安装与制造质量是防止进水问题的基础。在制造过程中,要严格控制设备的质量。油箱、油管路等部件的制造要符合相关标准和规范,确保其密封性能良好。对于焊接部位,要进行严格的检测,防止出现焊接缺陷导致泄漏。在安装过程中,要严格按照安装工艺要求进行施工。油管路的安装要注意坡度和走向,油管路的连接要采用可靠的连接方式,如焊接、法兰连接等。

#### 4.4 加强运行管理与维护

加强运行管理与维护是保证小机油系统正常运行的重要保障。运行人员要严格按照操作规程进行操作，在机组启停过程中，要合理控制轴封系统的投运和退出，避免因操作不当导致小机油系统进水。在机组运行过程中，要加强对小机油系统参数的监视和调整。根据机组负荷和运行工况的变化，及时调整轴封供汽压力等参数，保证小机油系统的稳定运行。要定期对润滑油进行化验分析，检测油质的变化情况，如果发现油质指标异常，如水分含量超标、颗粒度超标等，要及时采取措施，加强滤油等<sup>[4]</sup>。建立完善的设备维护制度，定期对小机油系统的设备进行维护保养。对润滑油泵要进行定期切换和检查，确保其性能良好，对过滤器要定期更换滤芯，保证其过滤效果；对冷油器进行定期清理，提高冷却效率。

#### 4.5 应用新技术与设备

随着科技的不断进步，应用新技术与设备是解决660MW机组小机油系统进水问题的有效途径。引入智能监测与诊断系统，该系统能够实时采集小机油系统的各种运行参数，并通过数据分析对系统的运行状态进行评估和诊断。当系统出现进水等异常情况时，智能监测与

诊断系统能够快速准确地定位故障原因，并提供相应的处理建议，帮助运行人员及时采取措施解决问题。

#### 结束语

660MW机组小机油系统进水问题关乎机组安全稳定运行，影响重大。本文详细剖析了进水原因及其带来的多方面危害，并针对性地提出一系列切实可行的解决对策。电厂运行维护人员应高度重视小机油系统进水问题，在日常工作中严格落实各项措施，不断提升系统可靠性，为机组的安全高效运行筑牢坚实基础。

#### 参考文献

- [1] 汤伟.660MW机组小机油系统进水的原因分析及对策[J].清洗世界,2021,37(7):3-4.DOI:10.3969/j.issn. 1671-8909.2021.07.002.
- [2] 盛丽雯.火电厂小汽轮机油箱沉积物的分析研究[J].设备管理与维修.2024,(12).DOI:10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2024.06D.11.
- [3] 游科.汽轮机油系统常见问题及处理措施分析[J].应用能源技术,2021(11):35-37.
- [4] 石霖.电厂汽轮机检修中油系统常见故障与应对[J].科技风,2021(35):138.DOI:10.19392/j.cnki. 1671-7341.202135116.