

汽轮机 EH 油泵电流大异常分析

谭海山

广东大唐国际肇庆热电有限责任公司 广东 肇庆 526105

【摘要】：针对汽轮机 EH 油泵运行电流异常增大问题，以某电厂 9f 联合循环机组为研究对象，开展系统排查与原因分析。通过梳理异常概况、回顾历史处理经验、检测 EH 油质，并对油泵、溢流阀、伺服阀等关键部件进行逐一排查，结合详细运行数据验证故障原因。结果表明，伺服阀零位偏移及跳闸电磁阀 O 型密封圈腐蚀失效导致的内漏，是电流异常增大的核心原因。据此采取更换关键部件、校对阀位等处理措施后，设备恢复正常运行。本文形成的排查思路与处理方法，为同类型机组同类故障的诊断与解决提供技术参考。

【关键词】：EH 油泵；电流异常；内漏；伺服阀；跳闸电磁阀

DOI:10.12417/2811-0722.26.03.068

1 研究背景

电厂两台汽轮机由上海汽轮机有限公司设计制造，配套的 EH 油系统为上海汽轮机厂成套提供的高压抗燃油装置。该系统核心功能是为汽轮机执行机构提供稳定液压动力，同时维持抗燃油正常理化特性，其运行稳定性直接影响汽轮机调节精度与机组安全。自 2024 年 7 月起，两台机组 EH 油泵频繁出现运行电流偏高现象，且伴随 EH 油温度持续升高，需同时投入两组冷却器才能控制油温。此类异常不仅增加能耗，更对机组安全稳定运行构成严重威胁。为根治故障，本文开展系统性原因分析与故障排查，形成针对性处理方案。

2 系统概述

2.1 系统原理

汽轮机蒸汽阀门控制采用电液伺服系统，控制介质为高压抗燃油。系统核心元件为伺服阀，其根据 DEH 给定电信号与反馈电信号的偏差，控制阀芯运动，进而调节油动机活塞动作，驱动蒸汽进汽阀门开度变化，实现汽轮机蒸汽量调节与转速控制。系统主要由 EH 供油系统与 EH 油动机两部分组成，通过不锈钢压力油管与回油管连接。EH 油动机为单侧作用式，依靠 EH 供油系统的压力油开启，弹簧力关闭。油动机采用直装式设计，直接安装于阀门上，关闭弹簧室位于阀门与油动机之间，兼具隔热功能。油动机全关时，弹簧存在预压缩量以提供预压力，高压油作用于油缸活塞克服弹簧力后，油动机开启。从 EH 供油系统输出的压力油经过滤器后分为两路，一路通向快关电磁阀，另一路接入电液伺服阀。快关电磁阀为二位三通式，采用双冗余配置，正常工作时带电，压力油 P 口与控制油口 A 连通；汽轮机保护跳闸时失电，阀芯动作使 P 口封闭、A 口与回油口 T 连通，单向阀开启后控制油接入回油。电液伺服阀为二级伺服方向阀，由力矩马达、两级液压放大器及机械反馈系统构成，通过力矩平衡原理实现调门开度稳定控制。

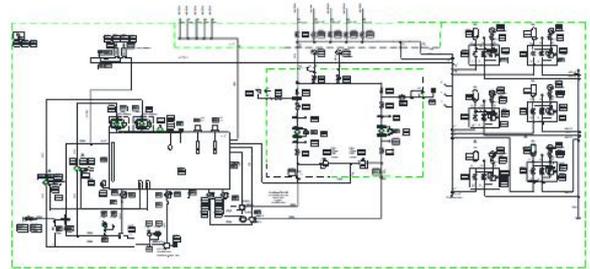


图 1 系统原理图

2.2 供油系统组成

EH 供油系统为集成式组合结构，核心部件包括油箱、压力油系统、在线循环系统及测量设备，结构紧凑便于安装布置。油箱材质为 0Cr18Ni9 不锈钢，公称容积 1135L，内部储存高压抗燃油，底部布置 EH 主油泵以保证吸入压头。油箱配备液位开关、油温热电阻、压力变送器等测量仪表，侧面设电气接线盒，顶部装有空气滤清器，侧面设油位指示器与放油门。压力油系统由两台并联的变量恒压主油泵、过滤器、溢流阀、蓄能器及压力测量装置组成。主油泵正常工作压力设定为 14MPa 或 16MPa，出口串联流量计以监测运行状态，吸油管装有滤器与自闭阀，滤芯堵塞时旁通阀自动开启防止油泵吸空。系统配置 6 只 50L 皮囊式蓄能器，充气压力 9.3MPa，用于维持变工况下油压稳定。在线循环系统包含冗余冷却系统与精密滤器再生系统。冷却系统由叶片泵、驱动马达、冷油器及过滤器组成，通过水温控制抗燃油温度；精密滤器由硅藻土滤器与纤维素滤器串联而成，硅藻土滤器吸附酸根离子与水分，纤维素滤器拦截杂质，保障油质清洁度。

2.3 核心技术规格

系统工作介质为 HFD-R 磷酸酯抗燃油，油液清洁度需满足 ISO4406 Code 18/15/12 或 NAS1638 6 级标准。主电机泵组采用 PVH74QIC 级柱塞变量泵，最大输出流量 108L/min，配套 30KW 电机；循环电机泵组采用 F3 级叶片泵，输出流量 47L/min，配套 2.2KW 电机。系统最低启动温度 10°C，冷却启

动温度 45°C，最高工作温度 55°C。

3 异常概况与历史处理

3.1 近期异常情况

2024年8月17日，2号机组启动挂闸后，2B EH 油泵电流从 21A 升至 25A，较正常电流偏高 4A，EH 油温度超 50°C，启动两台循环泵后油温控制在 45°C。2024年8月29日，1号机组启动挂闸后，1B EH 油泵电流从 24A 升至 29A，较正常电流偏高 8A，油温超 50°C，启动两台循环泵后油温降至 45°C；8月30日，该油泵电流自行降至 24A。

3.2 历史故障处理

两台机组投产以来，共记录 EH 油泵电流偏高故障 5 次，其中 1 号机组 2 次，2 号机组 3 次。2020年6月30日，1号机组 1A EH 油泵启动后电流 32A。关闭高压主汽门及高压调门供油截止门后，电流降至 20A；关闭中低压供油截止门无明显变化。更换高压调门伺服阀并定位后，电流恢复正常，故障原因为伺服阀阀套密封失效导致内漏。2024年7月11日，2号机组 2B EH 油泵电流升至 25A，油温达 51°C。关闭中压供油截止门后电流变化明显，初步判断中压调门伺服阀内漏。7月12日更换中压伺服阀并定位后，设备恢复正常。2024年7月17日，2号机组 1A EH 油泵电流偏高，停机后开展主汽门、调门开关试验无异常，重新定位高中压调门后，电流恢复正常。2024年7月24日、8月16日机组启动后，EH 油泵电流均正常。

4 系统排查

4.1 EH 油质排查

为排除油质恶化导致的部件磨损与内漏，对两台机组近半年 EH 油质进行检测，重点监测酸值与颗粒度两项关键指标，结果如表 1 所示。检测数据显示，所有指标均符合运行标准，油质无异常，可排除油质导致的故障。

时间	1号机酸值标准值 <0.15	1号机颗粒度 SAE 标准值 <6	2号机酸值标准值 <0.15	2号机颗粒度 SAE 标准值 <6
2024年8月	0.1	3	0.09	3
2024年7月	0.11	3	0.08	1
2024年6月	0.1	1	0.09	1
2024年5月	0.09	3	0.08	2
2024年4月	0.08	3	0.08	4
2024年3月	0.07	1	0.06	1

4.2 关键部件排查

(1) EH 油泵排查：EH 油泵采用变量恒压泵，正常工作压力 14MPa。现场观察显示，两台机组油泵启动初期电流均正

常，电流偏高现象均发生在汽机挂闸后，且电流随出口流量变化同步波动。初步判断油泵本体无故障，后续可通过倒换试验进一步验证。(2) 溢流阀排查：溢流阀设定值过低或密封不严会导致压力油直接回油箱，引发电流增大与油温升高。对两台油泵出口溢流阀后母管测温，结果显示母管温度低于油箱油温且接近环境温度，说明溢流阀无内漏。(3) 蓄能器排查：就地检查所有蓄能器压力正常，示数无明显偏差；对蓄能器放油母管测温，温度低于油箱油温且接近环境温度，排除蓄能器放油门未关闭或内漏的可能。(4) 管道排查：对 EH 油系统所有管道连接处进行全面检查，未发现漏油点，排除管道泄漏导致的电流异常。(5) 伺服阀排查：伺服阀内漏主要源于阀芯与阀套间隙异常，阀口磨损、腐蚀或卡涩均会增大内漏量，导致回油温升高。通过关闭油动机进油截止阀可判断内漏程度，结合历史故障数据，伺服阀内漏是既往电流偏高的主要原因，需重点排查。(6) 插装阀排查：插装阀密封圈损坏或阀芯密封面不严会导致先导油或控制油泄漏，需拆卸检查确认。结合后续试验数据开展针对性排查。(7) 油动机与阀门摩擦力排查：油动机活塞、油缸或密封件磨损会导致内漏，阀杆弯曲或氧化皮脱落会增大动作摩擦力，两者均可能引发电流升高。此类故障需拆卸油动机或返厂检测，检修难度较大，计划排除其他故障后再行确认。综合以上排查结果，导致 EH 油泵电流偏大的潜在原因集中为四项：伺服阀泄漏、插装阀泄漏、油动机内部泄漏、阀门或油动机动作摩擦力增大。

5 故障排查方法

5.1 油泵故障验证方法

机组停运后倒换两台 EH 油泵，对比倒换前后油泵出口流量与运行电流。若两者数值接近，可彻底排除油泵本体故障。

5.2 伺服阀零位内漏验证方法

启动 EH 油泵，在主汽门、调门关闭且电磁阀失电状态下，依次关闭高中低压汽门供油截止门。若关闭某一路截止门后电流明显下降，说明对应系统伺服阀零位内漏较大，可能为阀芯磨损所致。对伺服阀重新定位后再次测试，若电流仍偏高则需更换。

5.3 插装阀内漏验证方法

停机后对主蒸汽管道泄压疏水，调门测试可直接开展，主汽门测试需待锅炉汽水系统温度降至 100°C 以下、压力降至零后进行，防止冷水冷汽进入汽轮机。调门关闭状态下，对跳闸电磁阀 A、B 单独带电，若某一电磁阀带电时油泵电流增大，说明对应插装阀先导油回路存在泄漏。

5.4 调门开启后伺服阀内漏验证方法

将两个跳闸电磁阀同时带电，给调门发送大于 10% 的开度指令，观察油泵电流变化。若电流增大，说明伺服阀泄漏或插装阀阀芯密封面不严导致控制油回路泄漏。对伺服阀重新定位

后测试,若电流仍偏高,需更换伺服阀或拆卸插装阀检查密封面。主汽门插装阀泄漏测试采用相同方法。

5.5 其他故障验证方法

若上述排查均未发现异常,需重点检查油动机内部泄漏或阀杆摩擦力增大问题。考虑到此类检修需拆卸油动机或返厂检测,且机组需调峰运行,建议优先完成其他排查项目。

6 数据分析与故障确认

2024年9月4日1号机组停运后,开展EH油系统泄漏专项测试,重点记录油泵电流与出口流量数据,验证故障原因。

表2 故障原因

测试工况	油泵类型设定电流	电流单位 A	出口流量单位 L/min
主汽门调门跳闸电磁阀不带电	1A EH 油泵 17A	27	52.5
	1B EH 油泵 21A	31	50.1
1B EH 油泵运行供油门全部开启	1B EH 油泵 21A	30.8	50.1
1B EH 油泵运行单独关闭高压供油门	1B EH 油泵 21A	25.3	30
1B EH 油泵运行单独关闭中压供油门	1B EH 油泵 21A	23.6	22.5
1B EH 油泵运行单独关闭低压供油门	1B EH 油泵 21A	30.6	47.5

表3 数据分析

阀位指令	阀门类型	电磁阀状态	电流单位 A	流量单位 L/min
0%	高压调门	跳闸电磁阀1带电	37	72
		跳闸电磁阀2带电	36	68
		跳闸电磁阀1、2均带电	37	74
	中压调门	跳闸电磁阀1带电	30	47
		跳闸电磁阀2带电	30	47
		跳闸电磁阀1、2均带电	30	47

参考文献:

- [1] 贺栋红.1000MW 汽轮机组 EH 油泵电机运行电流异常分析与处理[J].东北电力技术,2023,44(06):58-62.
- [2] 杨森,高亮亮.某汽轮机组直流润滑油泵出力低分析与处理[J].河南电力,2023,(S1):63-65.
- [3] 武晓琛.600MW 汽轮发电机组主机直流油泵电流超额定浅析[J].河南电力,2021,(S2):71-72.
- [4] 郑文杰.汽轮机顶轴油系统振动分析及处理[J].机电信息,2020,(20):9-10.
- [5] 周锋.1000 MW 汽轮机 EH 油系统压力波动分析及处理[J].设备管理与维修,2019,(15):111-112.

阀位指令	阀门类型	电磁阀状态	电流单位 A	流量单位 L/min
	低压调门	跳闸电磁阀1、2均带电	23	20
		跳闸电磁阀1带电	30	48
		跳闸电磁阀2带电	30	48
		跳闸电磁阀1、2均带电	30	47
50%	中压调门	跳闸电磁阀1、2均带电	23	21
	低压调门	跳闸电磁阀1、2均带电	30	47
100%	中压调门	跳闸电磁阀1、2均带电	23	20
	低压调门	跳闸电磁阀1、2均带电	30	47

数据分析得出以下结论。一是1A与1B EH油泵运行电流偏差较小,排除油泵本体故障;二是单级关闭高压或中压供油门后,油泵电流与流量均明显下降,说明高、中压调门伺服阀零位存在偏移,是电流增大的重要原因;三是高压调门跳闸电磁阀带电后,油泵电流与流量显著高于中低压调门,表明高压跳闸电磁阀或插装阀存在泄漏。机务检修人员据此更换高、中压伺服阀并进行阀位校对,拆卸高压跳闸电磁阀及插装阀后,发现跳闸电磁阀O型密封圈存在腐蚀现象。更换密封圈后进行试运, EH油泵电流恢复正常,油温偏高问题彻底解决。

7 结论

汽轮机EH油泵电流异常增大的核心原因是系统内漏导致油泵出力增加。本次故障的具体原因为高、中压调门伺服阀零位偏移,以及高压跳闸电磁阀O型密封圈腐蚀失效,双重因素叠加导致内漏量增大,引发电流升高与油温上升。解决此类故障需遵循“先易后难、数据支撑”的排查原则:先通过油质检测、部件外观检查与温度测量,排除油质、油泵、溢流阀等基础部件故障;再通过分段关闭供油门、电磁阀带电测试等针对性试验,锁定内漏部件;最后结合运行数据验证故障原因,采取更换部件、校对阀位等措施根治故障。本次形成的故障排查思路与处理方法,可为同类型汽轮机EH油系统故障诊断提供技术参考,对提升机组运行稳定性、降低故障停机风险具有重要意义。