

第五届火电行业化学专业技术交流会论文

140MW双背压双转子机组 透平油水分超标的原因分析和处理方法

作者：何洪艳

单位：华电国际十里泉发电厂 邮编： 277103

[摘要]: 本文分析了双背压双转子机组透平油水分含量超标的原因、危害，通过不断摸索，提出了改进方法和处理措施，油质含水分恢复正常。

关键词

透平油

双背压双转子

水分

汽封改造

调整

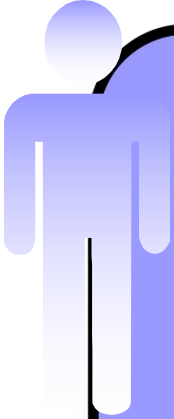
一、概 述

透平油油中进水会造成油系统腐蚀，机组部件发生锈蚀。同时，透平油也将失去润滑、散热和调速的作用，严重影响机组安全运行。

近年来我厂#5机组实施140MW等级汽轮机双背压双转子互换后多次发生水分含量超标，尤其是换完双背压双转子转子后有时会出现油中微水严重超标，最高达15086mg/L,同时油质外状出现了浑浊，破乳化度接近超标或超标，液相锈蚀试验出现了轻锈甚至是中锈，严重地影响着用油设备的安全、经济运行。

通过进行全面分析，找出了进水的原因，并及时进行增加低压前后轴端汽封圈数量、对轴加系统进行了相应冷却改造，将凝结水温度由80℃降至40℃左右，从而保证轴加对轴封汽的冷却能力正常，减少轴封漏气量、对汽封优化改造等处理措施，油中的水分达到标准要求。

二、汽轮机双背压双转子互换技术简介



我厂#5机组实施了140MW低压缸“双背压双转子互换”，该技术是循环水供热技术，即在供热工况运行时，机组使用新设计的动静叶片级数相对减少的双背压双转子低压转子，凝汽器运行双背压双转子（30～45kPa），对应排汽温度提高至80℃左右，利用循环水供热；通过对大型机组低压通流部分进行改造，采暖季节和非采暖季节，更换不同背压的低压转子，以实现机组采暖季节双背压双转子运行，利用高温循环水对热网供热，非采暖季节，机组恢复原正常背压运行状态，经济指标不变。“双背压双转子互换”后的机组全年运行的经济效益和节能效益提高。

二、汽轮机双背压双转子互换技术简介



试验结果表明：#5机组双背压双转子改造以后，双背压双转子工况下最高负荷达到113MW，达到了设计值；热耗率较改造前的8394.8 kJ/kWh降低了4671kJ/kWh，发电煤耗由330g/kWh降至139g/kWh，全年加权发电煤耗降低至266.3g/kWh，全年节煤量4.866万吨，节约燃料费用4136万元；每年节约标准煤8.476万吨。

三、透平油水分超标的危害

3.1 对调速系统的影响

透平油乳化能使调节系统中滑阀及套筒等部件严重锈蚀，造成滑阀卡涩，降低了调节系统灵敏度，以至引起机组运行中甩负荷。同时，还可能破坏轴承处的油膜，容易造成轴承和轴颈的磨损，引起机组振动超标。

3.2 对油循环系统的影响

乳化液沉积于油循环系统中，妨碍油的循环，造成供油不足，影响散热，容易引起轴承烧瓦，有可能发生严重事故。

三、透平油微水超标的危害

3.3 加速了油质劣化

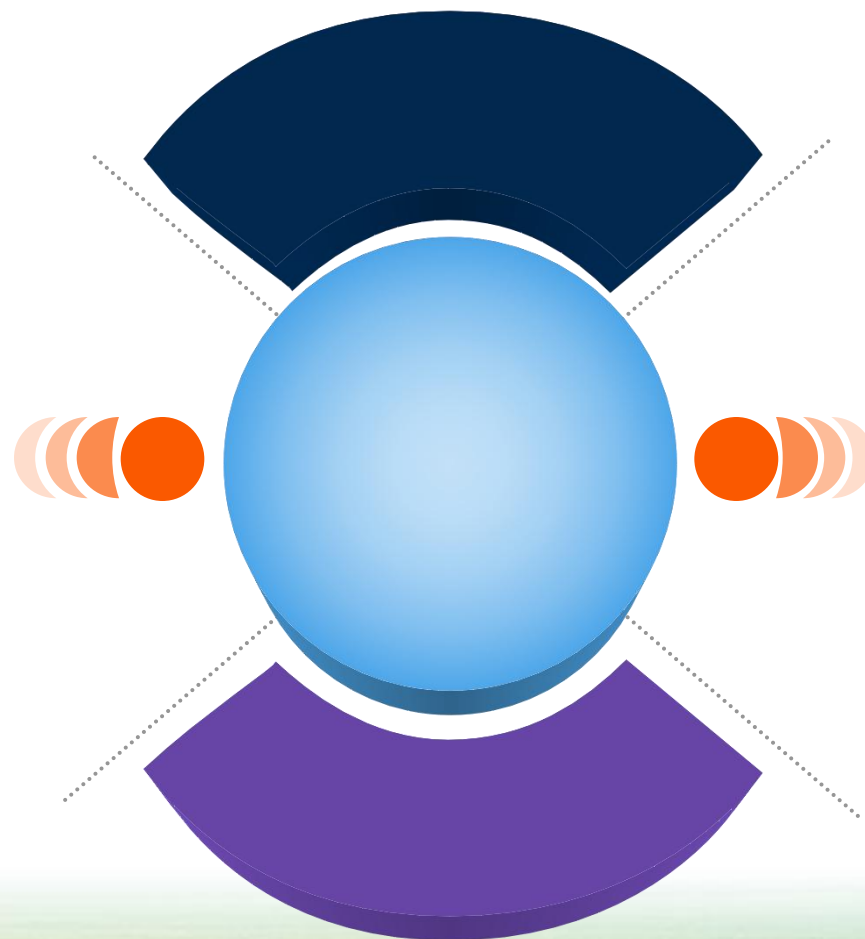
由于油中水分的存在,带水的油长期与金属部件接触,使金属表面不同程度的锈蚀,产生锈产物,加上运行维护不当,油过滤不及时,导致油中机械杂质的存在。水分还会促进透平油乳化,加速透平油的氧化,使酸值升高,产生较多的氧化沉积物,从而进一步延长了透平油的破乳化时间,加速了油质的劣化。

3.4 影响闪点的测定

透平油中含有水时,分散在油中的水会汽化形成水蒸气或者气泡覆盖在液面上,影响油的正常气化,使测定的闪点偏高。

四、我厂透平油的油质现状

近几年来，
#5机组实施
140MW等级
汽轮机双背压
双转子互换后
多次发生透平
油外状、水分
含量超标，



尤其是双背压
双转子转子运
行时，有时会
出现油中微水
严重超标，最
高 达
15086mg/L。

四、我厂透平油的油质现状

4.1 #5机组双背压双转子互换前油质的分析结果

次数结果标准项目	外状	微水	破乳化度	液相锈蚀	酸值	备注
	清	≤150mg/L	≤30分钟	无锈	≤0.3mgKOH/g	
1	透明	129	20'28"	无锈	0.154	
2	透明	143	25' 12"	无锈	0.122	
3	微浑	1062	28'56"	轻锈	0.065	水分合格后添加防锈剂
4	微浑	368	22'35"	无锈	0.116	
5	透明	263	15'40"	无锈	0.063	水分合格后添加防锈剂
6	透明	56	26' 12"	无锈	0.060	
7	透明	104	22' 14"	无锈	0.089	
8	透明	129	14' 09' '	无锈	0.136	
9	透明	89	11' 58' '	无锈	0.113	
10	透明	119	12' 11' '	无锈	0.104	
11	透明	69	12' 51' '	无锈	0.098	
12	透明	113	13' 59' '	无锈	0.112	
13	透明	78	12' 58' '	无锈	0.090	
14	透明	103	12' 01' '	无锈	0.060	

四、我厂透平油的油质现状

4.2 #5机组双背压双转子转子运行时油质的分析结果

次数结果标准项目	外状	微水	破乳化度	液相锈蚀	酸值	备注
	清	≤150mg/L	≤30分钟	无锈	≤0.3mgKOH/g	
1	微浑	2773	20'28"	无锈	0.084	
2	透明	583	20'56"	无锈	0.096	
3	浑浊	1937	21'56"	轻锈	0.105	水分合格后添加防锈剂
4	浑浊	1863	22'35"	无锈	0.109	
5	微浑	1394	15'40"	轻锈	0.116	水分合格后添加防锈剂
6	微浑	1937	16' 12"	无锈	0.100	
7	浑浊	7265	22' 14"	轻锈	0.186	水分合格后添加防锈剂
8	浑浊	15044	38' 09' '	中锈	0.243	添加防锈剂、破乳化剂
9	浑浊	11834	21' 58' '	轻锈	0.213	水分合格后添加防锈剂
10	浑浊	7265	12' 11' '	无锈	0.184	水分合格后添加防锈剂
11	浑浊	13948	49' 09' '	无锈	0.238	添加防锈剂、破乳化剂
12	浑浊	7944	13' 59' '	轻锈	0.112	水分合格后添加防锈剂
13	浑浊	15086	44' 09' '	中锈	0.240	添加防锈剂、破乳化剂
14	微浑	988	12' 01' '	无锈	0.060	

四、我厂透平油的油质现状

4.3 机组运行时主油箱检查情况

检查时发现主油箱油位上涨，油的外状浑浊不透明的现象。放水检查时放出水量不断增加，下面是放水检查的数据：

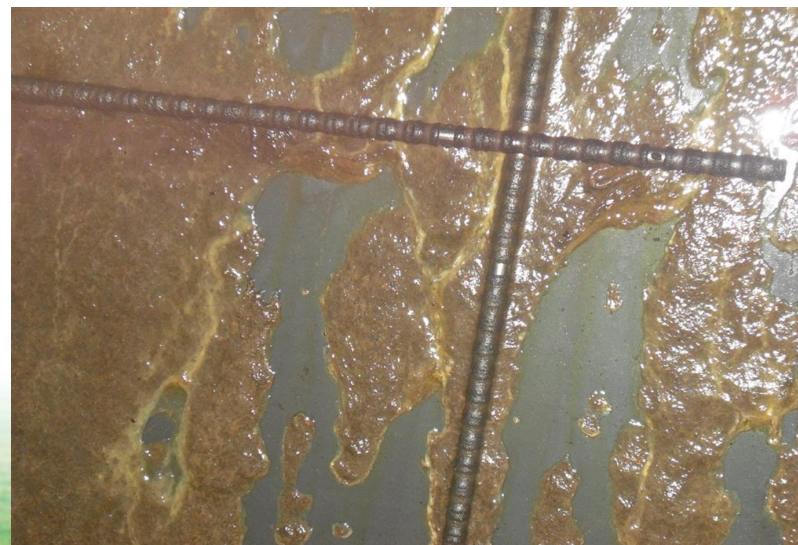
序号	1	2	3	4	5	6	7	8
放出水量(公斤)	18	32	27	45	30	35	60	49

四、我厂透平油的油质现状

4.4 机组大修时主油箱检查情况

机组大修时对#5机组主油箱进行了仔细的检查，发现主油箱内部油位以上的管道以及四壁上均附有大面积的锈，油箱底部有很多油泥。主油箱的原始状况见下图：

四、机组大修时主油箱的照片



五、透平油进水的原因分析

5.1 双背压双转子机组运行中轴封漏汽量大

机组双背压双转子运行期间，由于双背压双转子供热时，负荷波动、工况变化，低压缸排汽极易发生过热，排汽温度瞬间最高可达到150℃。凝结水温度最高可达80℃。凝结水温度升高，轴加热负荷增加，导致其对轴封回汽的冷却能力降低，同时造成回汽不畅，导致轴封处易漏汽，容易造成油中进水。机组运行中轴封漏汽量大，轴封汽就会漏入轴承油中，造成油中带水。造成主机油箱中频繁进水，由于运行中大量的水进入润滑油系统，随着油温升高，水蒸汽上升附着在油位以上的金属表面，导致主油箱内壁生锈、腐蚀。

五、透平油进水的原因分析

5.2 机组大修时汽封间隙调整不好

5.2.1

未严格按照轴封间隙标准调整调整轴封间隙到合格水平。



5.2.2

机组检修时主机前后轴封调整不好，漏气量太大。

五、透平油进水的原因分析

5.3 轴封蒸汽压力控制不当

汽轮机端部轴封蒸汽压力过高，温度过低和端部间隙过大，致使轴封漏汽自轴承室与轴的间隙进入油内。

5.4 透平油的牌号种类不当

机组大修时将透平油的牌号更换为#32透平油。因其粘度为 $28.8 \sim 35.2 \text{ mm}^2/\text{s}$ ，不符合140MW机组设计的 $41.4 \sim 50.6 \text{ mm}^2/\text{s}$ 的粘度标准。流体的粘性决定着摩擦副的承载能力、润滑膜厚度、摩擦损失、机械效率、润滑剂流量和温升等。粘度过低，轴承油温偏高，轴承振动增大，油膜变薄甚至形不成油膜，导致轴承磨损，轴封间隙增大，漏汽引起透平油水分超标。

5.5 冷油器侧压力控制不好

机组运行中如果冷油器油侧的压力大于水侧压力，如果发生冷油器管子泄漏时会造成油中进水。

五、透平油进水的原因分析

5.6 油中添加剂的含量不足。

油中添加的抗氧化剂和防锈剂具有亲油性的非极性基团，但在一定转速下极性基团对水具有一定的亲合能力。当油中含水分严重超标时，汽轮机高速旋转下，这些亲水的极性基团有了与水充分亲合的机会。当亲合力很大时，就会与水牢牢地结合在一起。同时，由于亲油性的非极性基团能溶于油中，从而通过这种物质的作用使水和油结合起来，产生乳化现象。因而要求透平油所锈蚀超标时加入的添加剂数量要充足，质量要合格，提高其抗乳化性能。

五、透平油进水的原因分析

5.7 主油箱排烟风机入口门开度不当

由于主油箱排烟风机入口门开度过大，负压增大，造成轴承箱进汽量变大，透平油含水超标。

六、水分超标时的处理方法

6.1 加强滤油处理

发现微水超时，及时联系汽机进行滤油处理，为了加快滤油速度，采用两台滤油机同时连续滤油的方式进行。双背压双转子转子运行时24小时连续运行滤油机。

六、水分超标时的处理方法

6.2加强轴封系统优化



6.2.1双背压双转子运行期间，凝结水温度升高，可在轴封径向间隙设计和冷态安装时，适当放大轴封间隙，要求不小于0.8-1.0mm，以保证运行安全。



6.2.2与原设计相比，增加低压前后轴封圈数，以减小漏汽量。并将轴封进汽压力调整至最低限度。



6.2.3在高压轴封处加装压缩空气。



6.2.4当低压缸排汽温度达到100℃以上时，为防止低压缸对其前后轴承箱的热辐射，采取遮热措施。

六、水分超标时的处理方法

6.3对低压缸转子改造

双背压双转子提高后，低压转子通流级数由 2×6 级减至 2×4 级，设计点选取在双背压双转子带供热抽汽量工况，提高低压第一级前压力至接近额定抽汽压力，以减少连通管节流压损。低压 2×4 级叶片及型线均重新设计，末级叶片叶高名义尺寸250mm。最后两级隔板采用平滑过渡的导流环代替，同时对后缸喷水系统进行改造，用后缸喷水进行降温。



6.4排烟风机入口门开度调整合适

排烟风机入口门开度不要开的太大，在满足安全运行时开度尽量小，以减少负压，运行人员将主油箱负压调整为 - 800pa至 - 1000pa范围内，减少蒸汽进入油中的数量。

六、水分超标时的处理方法

6.5加强油质监督

6.5.1当水分超标时增加主油箱放水次数，由每周的一次放水检查增加为每周2次，从油箱最低位置的放油管处进行放水检查，排放出油箱中的水。不让进入油中的水分长时间随油循环，油就不容易乳化。



6.5.2增加油质分析次数，及时进行破乳化度和锈蚀试验。如果发现破乳化度超标，及时进行滤油后的油质分析，如果依然超标，应及时添加破乳化剂。如果发现锈蚀，应加强油质分析，待油质水分合格后，及时添加防锈剂，并跟踪添加后的效果，确保试验结果为无锈。

六、水分超标时的处理方法

添加前 添加后	#5机双背压双转子改造前		#5机组双背压双转子改造后	
	锈蚀试验	破乳化度	锈蚀试验	破乳化度
	轻锈	28' 56' '	中锈	49' 09' '
分析结果	无锈	10' 47"	无锈	13' 59' '

六、微水超标时的处理方法

❖ 6.6运行人员加强检查及时调整

6.6.1 带负荷中，汽轮机运行人员应经常检查油温、油压，并从轴瓦回油油流情况和油中是否有水分（有水分时回油窗玻璃上凝结有水珠）。如果所有轴承油的温升都增加，可能是因为油质恶化油中进水所引起的。

6.6.2 运行人员根据负荷变化及时地调整汽封间隙，以防止蒸汽带水而引起油质进水。

6.6.3 加强透平油冷油器水压运行调整，必须确保冷却水压低于油压。通常要保证冷油器油侧压力大于水侧压力；防止冷油器管子泄漏时造成油中进水。

六、微水超标时的处理方法

6.7 进行监视仪表改造
#5机组要安装油压和水压监视仪表，并定期核对仪表的准确性；水压应具备调节手段，要组织对透平油油冷却水系统进行充分论证，保证在不同季节及各种系统运行工况下，水压始终低于油压。



6.8 在油档处加装气阻

新型气阻式密封油挡，确保最好的密封效果，使汽轮机组油中进水、漏水的问题得到彻底地解决。在#5机组油档的位置加装气阻，减少油中进水。在大修中，对主机#1瓦和#2瓦油挡加装气阻，确保机组的润滑油系统的安全。

六、微水超标时的处理方法

❖ 6.9 利用机组大修，进行工艺调整

6.9.1 加强油箱的清理

严格按照检修质量标准，通过打磨、用煤油等清洁剂擦拭等方式彻底清除主油箱内壁锈迹，确保金属表面光滑。

。

6.9.2 进行全实缸汽封间隙调整

本次大修中，对部分汽封进行布莱登汽封改造，所有汽封间隙的调整工作采用全实缸测量方法，改变了以外半缸调整汽封或者仅扣上半隔板和上半平衡环的做法。

6.9.3 将透平油牌号更换

将#32透平油更换为#46透平油，增大运动粘度，形成良好油膜，减少因磨损引起的油中水分超标。

六、微水超标时的处理方法

6.10 做好主油箱油位监督

在主机油箱处加装外置式磁翻板油位计，方便运行及检修人员准确判断大小机油箱油位，在大小机油箱各增加磁翻板油位计一套，为准确及时地判断油中进水提供保障。加强油位监视。要完善油位就地和远程监视手段。运行班组每班进行主油箱油位计浮标活动试验，及时核对就地油位计与DCS油位信号，确保油位显示正确。应至少每小时对油位变化情况进行一次检查，特别是对油位突然升高或降低和缓慢持续升高或降低的情况要敏感，及时核对油位并尽快查找原因；可以在DCS中对此现象设置报警功能，确保问题的及时发现和处理。

七、透平油处理前后的效果分析

7.1.1 油质质量得到大的改善

经过对油质处理后，油中的含水量等各项指标都得到了大的改善，下面是油质分析报表：

项目 机组	液相锈蚀试 验		外状		水分含量 (mg/L)									
	#5				#5									
分析结果	无锈	无锈	透明	透明	129	98	78	65	59	78	68	65	64	46

7.1.2 主油箱油泥和锈蚀明显减轻

大修检查油箱底部基本无油泥，油箱顶部、油位以上轻微或无锈蚀现象。

七、透平油处理前后的效果分析

7.1.1 油质质量得到大的改善

经过对油质处理后，油中的含水量等各项指标都得到了大的改善，下面是油质分析报表：

项目 机组	液相锈蚀试 验		外状		水分含量 (mg/L)									
	#5				#5									
分析结果	无锈	无锈	透明	透明	129	98	78	65	59	78	68	65	64	46

7.1.2 主油箱油泥和锈蚀明显减轻

大修检查油箱底部基本无油泥，油箱顶部、油位以上轻微或无锈蚀现象。

2014年机组大修主油箱检查照片1



2014年机组大修主油箱检查照片2



七、透平油处理前后的效果分析

7.2 节省了大量的化学药品

由于油质不合格，化试班都要加强取样分析，在连续超标时几乎每周都要加强分析，现在油质合格后，可以按照规定的周期进行测定，不仅节约了人力，同时节省分析药品5000多元。

7.3 减轻用油设备的腐蚀。

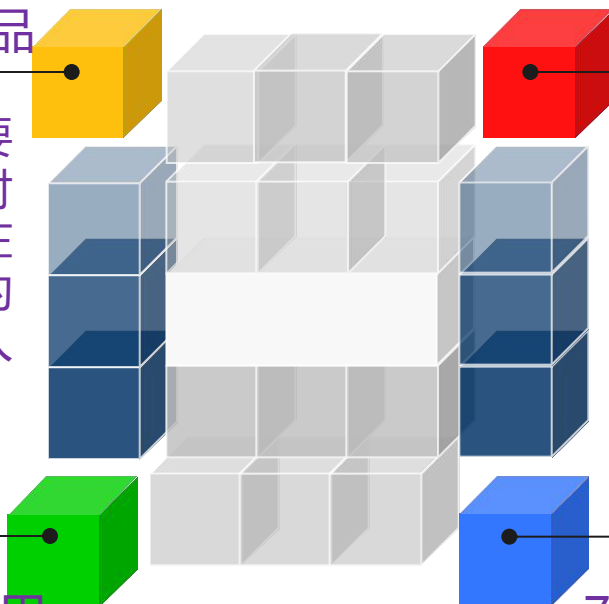
从每周的主油箱放水检查看，基本都无水放出。由于及时添加了破乳化剂、防锈剂，油和水的亲和力减弱，即使有少量的水进入油中，也能够很快分离，通过放水的方式排出水分。同时，防锈剂的添加在金属表面形成了一层保护膜，从而有效地减轻了设备的腐蚀。

7.4 节省几十万元的换油费用

因油质处理后合格，延长了透平油的运行周期，避免了因换油而造成的几十万元的经济损失。

7.5 节省了一定的电量

由于油质不合格，要连续24小时两台滤油机滤油，油质合格后，基本不再进行滤油处理，节省了一定的电量。



八、结束语

总之，通过试验、摸索，我们找到了双背压双转子机组影响透平油水分超标的的主要因素，基本掌握了水分超标时的有效处理方法。现在虽然油中水分含量合格，但为了防止水分超标影响用油设备的安全，我们缩短了透平油简化分析周期，尤其是对于每周放水检查出现异常的油质，立即取样进行水分定量分析、破乳化度和液相锈蚀试验，从而确保了用油设备的安全、经济运行。

参考文献

- [1] 透平油乳化原因及处理措施----绍兴火力发电厂化学资料网
- [2] 电力工业技术监督标准汇编----国家电力公司发输电运营部编

作者简介

何洪艳，女，1970年10月出生，现从事电厂化学运行车间主任助理兼化学监督专工工作。

通讯地址：华电电国际十里泉发电厂化学运行车间，

厂址：山东省枣庄市解放南路183号。

手机：15698021251；

办公电话：0632-3292765；

邮箱：hhy1970@163.com。

❖ 谢谢大家！

