

# Degradation and Treatment of Anti-oxidation Stability of Steam Turbine Oil in Mechanical Engineering

Feng Yu Jian Guan

Qinghuangdao Power Plant Co., Ltd., Qinghuangdao, Hebei, 066003, China

## Abstract

Turbine oil is inevitably oxidized and produces complex oxidation products during storage, transportation, and use. The generation of precipitation, sludge, and acidic products after oxidation is the fundamental cause of increased oil viscosity, equipment corrosion, decreased performance, and shortened service life. The oxidation products of oil can lead to deterioration of other properties of the oil product. If not removed in a timely manner, it will seriously damage the physical, chemical properties, and service performance of the oil product, shorten its service life, and directly affect the safe operation of the oil equipment. In the quality control of running oil, the oxidation of oil can not be judged only from the increase of main physical and chemical indexes such as acid value, and it is necessary to carry out rotating oxygen bomb test regularly to directly measure the actual antioxidant capacity of oil.

## Keywords

mechanical engineering; steam turbine oil; antioxidant stability; deteriorate; handle

## 机械工程中汽轮机油抗氧化安定性劣化及处理

于枫 关键

秦皇岛发电有限责任公司, 中国·河北 秦皇岛 066003

## 摘要

汽轮机油在贮运和使用中不可避免地会被氧化, 并产生复杂氧化产物。氧化后产生沉淀、油泥和酸性产物, 是造成油品粘度增加设备腐蚀, 导致使用性能下降和使用周期缩短的根本原因。油的氧化产物会导致油品其他性能的劣化, 若不及时除去, 将严重损害油品的物理、化学性质和使用性能, 缩短其使用寿命, 直接影响用油设备的安全运行。在运行油质量控制中, 不能仅从酸值等主要理化指标的增长来判断油品的氧化情况, 需要定期进行旋转氧弹测试来直接衡量油品的实际抗氧化能力。

## 关键词

机械工程; 汽轮机油; 抗氧化安定性; 劣化; 处理

## 1 汽轮机油品质异常情况

石油产品抵抗氧化作用而保持其性质不发生永久性变化的能力叫氧化安定性。火电厂用汽轮机油的氧化安定性是油质监督中最重要的化学性能之一。

我厂一号机检修化学检查发现主油箱底部油泥明显增多(见图1), 主机油滤芯更换时间间隔越来越短, 从160天左右更换一次迅速降至40~60天, 进一步降到7天, 主油箱滤网压差增大, 说明一号机汽轮机油油泥、胶质产生的速度非常快, 旋转氧弹时间为1号机24.5min, 该机组汽轮机油抗氧化安定性劣化的问题亟待解决。



图1 一号机主油箱油泥

## 2 润滑油氧化安定性监督现状

### 2.1 油品氧化安定性监督标准现状

GB/T 14541《电厂用矿物涡轮机油维护管理导则》规定新油(溶剂精制矿物油)旋转氧弹时间应 $\geq 300\text{min}$ ,

【作者简介】于枫(1986-), 女, 满族, 中国河北保定人, 硕士, 工程师, 从事电厂化学研究。

运行油应不低于原始测定值的 25%，且  $\geq 100\text{min}$ 。SH/T 0636《L—TSA 汽轮机油换油指标》规定旋转氧弹值低于 60min，应更换新油。

## 2.2 常见评价油品氧化安定性的方法

汽轮机油的氧化安定性最常见的评定方法有 SH/T 0193《润滑油氧化安定性的测定—旋转氧弹法》和 GB/T12581《加抑制剂矿物油氧化特性测定法》。GB/T12581 方法试验时间较长（上千小时），使得该试验的开展具备相当的难度。旋转氧弹法对仪器设备要求较高，从而造成以前国内电厂运行监测一般都不进行此项试验，新油验收也只能要求油品供货厂商作为保证指标提供出厂检验合格报告<sup>[1]</sup>。

## 2.3 影响汽轮机油氧化安定性的因素

新油的氧化安定性与所用基础油的性质、精制深度、添加剂的特性及质量、调制工艺有密切关系。环烷烃具有良好的抗氧化安定性能，芳烃容易氧化缩合生成胶质、沥青质，其含量对氧化安定性影响较大。非烃类化合物包括含氮化合物、含硫化合物、胶质及沥青质，对油品的氧化安定性均有不良影响。

影响运行汽轮机油氧化安定性的因素主要有油品的原始化学组成、温度条件、氧化时间、金属颗粒催化作用、抗氧化剂含量等。运行汽轮机油接触氧的时间越长，温度越高，氧化的程度就越深，随着酸值增高、粘度增大、氧化产物增多（胶质、沥青质、积碳及油泥）、挥发性气体增多（生成漆膜），这些氧化产物将对运行中的汽轮机油品质造成不利影响并加速汽轮机油的劣化，进而影响汽轮机的散热、润滑效果，严重情况下将影响轴瓦油膜厚度，给汽轮机安全运行带来极大隐患。

润滑油抗氧化能力主要依靠抗氧化剂。检测抗氧化剂含量的主要的方法有：旋转氧弹、红外光谱法。旋转氧弹方法的原理是：将一定量的润滑油装入放有铜丝的密闭容器中，充入一定压力的氧气，在 150℃ 恒温下不断旋转。在铜丝催化、富氧、高温条件下润滑油快速氧化并消耗氧气，当氧气压力下降到一定值时试验结束。试验所用的时间越长，表明润滑油的抗氧化能力越强<sup>[2]</sup>。

## 3 汽轮机油抗氧化剂种类及添加量确定

### 3.1 抗氧化剂添加种类确定

抗氧化剂的主要类型有屏蔽酚型（如 T501、T502）、芳胺型（如 T531、T534）、杂环化合物（如 ZDDP）等。酚型抗氧化剂，是一种广谱抗氧化剂，广泛应用于高分子材料、

石油产品中。胺型抗氧化剂，如 T534 成本较高、毒性大，主要用于高温下使用的润滑油，作为深度精制的汽轮机油抗氧化剂。杂环及含硫杂环型抗氧化剂如 ZDDP 是近年来研究较多的抗氧化剂，不仅具有抗氧化性能，而且还兼有极压抗磨、抗腐蚀等多种性能，常用于齿轮油和液压油。

针对本厂油品性质及各类抗氧化剂特点，选用 T501 作为抗氧化剂进行添加。T501 主要为 2,6-二叔基对甲酚。该产品色泽白，颗粒均匀，不溶于水，油溶性好，纯度  $> 99.5\%$ ，储存稳定性好，抗氧化性及防胶性优良，工作温度在 100℃ 以下，适用于变压器油、汽轮机油和液压油中。

### 3.2 T501 添加前小型试验

我厂购置了长沙卡顿 H1473 型旋转氧弹测定仪，开展了汽轮机油中抗氧化剂添加量及对汽轮机油的影响评价小型试验，数据见表 1。

表 1 一号机汽轮机油 T501 添加小试数据

添加 T501 (%)	0	0.50	0.75	1.00	2.00
试验结果 (min)	24.5	—	64	77	121

### 3.3 T501 母液浓度确定

T501 抗氧化剂母液配制数据见表 2。

表 2 T501 抗氧化剂母液配制数据

样品编号	#1	#2	#3	#4	#5	#6
溶解温度 /℃	45	45	45	50	50	50
溶解时间 /min	10	10.5	12.8	5.7	8	8
运动粘度 / $\text{mm} \cdot \text{s}^{-2}$	34.65	32.88	29.64	28.8	28.06	26.59
酸值变化值 /%	-7.2	-5.0	-13.0	-15.8	-16.8	-34.0
开口闪点 /℃	200	188	184	184	182	$\leq 160$
破乳化度 /min	29.5	25.0	22.5	21.5	19.7	—

### 3.4 T501 母液试验结果分析

T501 抗氧化剂易溶于汽轮机油中，试验中溶解温度为 45℃~50℃ 时溶解较快，在不断搅拌的情况下，平均溶解小于 15 分钟<sup>[3]</sup>。

T501 抗氧化剂添加量越高，油品粘度越低，酸值越低，开口闪点越低，破乳化度越低，因此随着 T501 的添加量增加对油品粘度、闪点有消极影响，对酸值、破乳化度有积极影响，根据小试试验数据，建议添加时母液的配制浓度为不超过 10% 为宜，总添加量以不超过 1% 为宜（见表 3）。

表3 一号机主机油添加 T501 后跟踪试验数据

指标	添加量 及时间	添加量			添加 300kg 后运行 6 天
		100kg	200kg	300kg	
旋转氧弹 min		32	53	78	75
颗粒度		8	8	8	6
运动粘度 mm <sup>2</sup> /s		34.75	34.49	34.55	34.49
开口闪点℃		208	204	204	208
水分 mg/L		27.9	26.5	27.6	27.0
酸值变化 mgKOH/g		-0.013	-0.025	-0.038	-0.040

从表3数据可以看出：运行6天后，跟踪监测的数据和预测值基本一致，添加T501抗氧化剂的1号机汽轮机油各项理化指标正常、旋转氧弹值稳定、颗粒度好转<sup>[4]</sup>。

## 4 结语

在运行油质量控制中，不能仅从酸值等主要理化指标的增长来判断油品的氧化情况，需要定期进行旋转氧弹测试来直接衡量油品的实际抗氧化能力。我厂采用旋转氧弹法对运行机组汽轮机油氧化安定性进行检测，及早发现了汽轮机油的劣化趋势与迹象，及时进行如添加抗氧化剂、必要的再生处理等相关措施，化学监督专业及时跟踪到汽轮机油加速劣化，为汽轮机油异常处理及策划换油抢出了时间。

## 参考文献

- [1] 吴宇,辽宁地区汽轮发电机组润滑油氧化安定性现状分析[J].东北电力技术,2014(10).
- [2] GB/T 14541—2005 电厂用运行矿物汽轮机油维护管理导则[S].
- [3] GB/T 7596—2008 运行中汽轮机油质量指标[S].
- [4] SH/T 0636—1996 L—TSA, 汽轮机油换油指标[S].