

Analysis of Factors Influencing Oil Particle Size in Electric Power Engineering

Feng Yu

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

Abstract

Particle pollution degree is an important indicator in the oil quality supervision of thermal power plants. It refers to the content of solid particles (mechanical impurities) in oil, reflecting the degree of oil pollution. In the production and operation of thermal power plant, solid particles will reduce the lubricating capacity of oil, damage the oil film, increase the friction between unit equipment and oil, accelerate the wear of equipment, damage the smooth surface of rotating machinery, greatly shorten the service life of instruments and equipment, and at the same time, particles in the oil will make the lubrication system in a serious overheating state, accelerate the oil acidification, and cause corrosion of metal parts. Excessive particle contamination of fire-resistant fuel may cause the speed control system of the unit to jam, malfunction, and seriously affect the safe and stable operation of the unit.

Keywords

electric power engineering; solid particles; security

浅析电力工程中油液颗粒度的影响因素

于枫

秦皇岛发电有限责任公司, 中国 · 河北 秦皇岛 066003

摘 要

颗粒污染度是火力发电厂油质监督中的一个重要指标, 是指油液中固体颗粒物(机械杂质)的含量, 反映油液污染的程度。在火力发电厂生产运行中, 固体颗粒物会使油液的润滑能力下降, 破坏油膜, 加大机组设备与油液的摩擦, 加快设备的磨损, 损害转动机械的光洁表面, 使仪器设备寿命大幅缩短, 同时使颗粒物在油中会使润滑系统处于严重超温工作状态, 加速了油的酸化作用, 造成金属零件的锈蚀。抗燃油颗粒污染度超标可能会引起机组调速系统卡涩、动作不畅失灵等情况, 严重影响机组安全稳定运行。

关键词

电力工程; 固体颗粒; 安全

1 引言

机械杂质(颗粒度)润滑油中不溶于汽油或苯的沉淀物或悬浮物, 经过滤分出的杂质称为机械杂质。润滑油中的机械杂质是润滑油在使用、贮存、运输中混入的灰尘、金属碎屑、金属氧化物、腐蚀产物等造成的。机械杂质在润滑油使用过程中会加速机械部件的磨损, 也会堵塞油路造成润滑失效, 因此要尽量减少润滑油中颗粒度的含量。油液颗粒度的指标涉及品种广泛: 运行中汽轮机油、抗燃油、绝缘油、液压油均有较严格的颗粒度指标。影响颗粒度的因素众多, 更高的颗粒度指标能够提高设备的安全系数, 必须对症分析, 才能更有效地解决油液颗粒度超标的隐患, 避免油质劣化, 保障转机设备安全。

【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。

2 影响油液颗粒度分析的十大因素

2.1 补油对油液颗粒度的影响

入厂新油本身颗粒度就在 SAE 4~5 级, 品质差的大于 6 级; 补油环境空气中的尘土及补油管路的清洁度也很难保证。因此, 补油必须通过滤杂滤油机补入油系统, 否则会給油系统带入杂质。

2.2 机组检修对颗粒度的影响

机组检修因为汽轮机揭缸、揭瓦、油箱清理等环节都是较长暴露在开放环境中, 油系统受到的污染是最严重的; 系统验收时会用面将附着在油系统内部的杂质粘几遍, 但仍存在大量死角粘不到; 启机前油系统回油后的油中杂质含量是很高的, 一般大于 SAE 12 级^[1]。

2.3 滤油设备运行及耗材对油液颗粒度的影响

2.3.1 滤油设备的运行方式、运行周期直接影响油品颗粒度的优劣

很多单位只是在颗粒度超标后才滤油, 不能做到长期

在线滤油。这种运行方式很难保证油品的颗粒度合格；尤其对于颗粒度指标要求最严的抗燃油而言，非连续滤油的方式会造成抗燃油颗粒度、酸值、电阻率等指标的全面超标。

2.3.2 耗材的管理及状态监测也是提高转机设备油品颗粒度的重要方面

低价中标会购入劣质滤芯、滤芯使用到一定周期会达到饱和、鼓包并释放杂质。

2.4 转机设备长期高负荷运行对油液颗粒度的影响

笔者所在公司空气预热器减速箱润滑油、支撑轴承及导向轴承多次发现因负荷大、环境恶劣（露天）造成油质污染、油质劣化（见图1）；4台炉空预器的油质劣化占到锅炉辅机油质劣化的80%以上，颗粒度经常高于SAE 12级。



图1 磨损的空预器支撑轴承

2.5 设备运行环境对油液颗粒度的影响

锅炉润滑油运行环境恶劣，空气粉尘主要由石英砂、灰尘、煤尘等杂质组成且含量较高，颗粒污染空气中的尘埃、纤维绒、水分等随油箱换气而进入介质。三期流化风机在投产初期油质普遍较差：油中石英砂、煤粉等杂质含量高，部分油中出现明显的金属磨屑，颗粒度指标均大于NAS1638 12级。

2.6 油中水分对油液颗粒度的影响

2.6.1 水分来源

①轴封漏气：轴抽风机运行不正常，轴封加热器不能形成负压，导致轴封回汽不畅，或者当轴封压力调整不当使漏汽或轴封抽汽管道不畅，也会增加轴端泄漏量。

②排烟风机形成的负压：汽轮机主油箱顶部安装了排烟风机，作用是排出主油箱上部的油气和水蒸汽，同时确保轴承回油顺利流回主油箱；排烟风机的存在使主油箱及轴承室内形成约-1.5kPa的负压。汽轮机轴承箱内负压与主油箱排烟风机形成的负压一致，汽机轴端漏汽就会经油档进入轴承箱汇流到主油箱。

③夏季潮湿空气因油箱负压进入主油箱。

2.6.2 水分对油中产生杂质的影响

润滑油含水量高，在高速搅拌的状态下会造成润滑油乳化：增加滤水难度、消耗破乳化剂及其他添加剂、降低润

滑散热效果、影响转机轴承的油膜厚度、润滑油长期水分超标将加速润滑油劣化、产生油泥。

2.6.3 水分对颗粒度测定的影响

激光颗粒度仪的检测是根据油样中的杂质能够遮光的特性进行的：杂质遮住的阴影面积就是颗粒度的大小、阴影的数量就是杂质的数量（见图2）。但油样中的乳化水、游离水也能达到遮光效果：激光计数器无法分辨杂质和乳化水、游离水，此时的颗粒度测试结果偏大很多，严重时颗粒度等级会偏高5个等级以上。水分对显微镜法测量颗粒度没有影响^[2]。

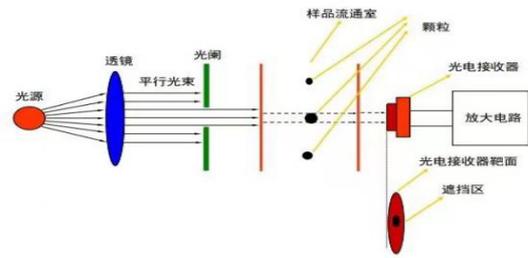


图2 激光颗粒度仪的检测原理

2.7 油温对油液颗粒度测定的影响

当油中水分偏高时，新取回的油样呈透明状（汽轮机油运行中温度在50℃左右）；但油样放置到室温后（温度在25℃左右）外观呈半透明状，此时做颗粒度，小颗粒杂质严重超标。原因是油温影响了油中水分的状态：由高温的溶解水转化为乳化水。遇此情况，需要将试油升温至50℃再测颗粒度。

2.8 油品添加剂对油液颗粒度的影响

①抗乳化添加剂的减少将影响油水分离效果。一方面加剧润滑油的皂化反应产生更多的油泥，增加油中杂质；另一方面造成油中含水量增加，干扰颗粒度测定。

②防锈剂随着油中含水量的增加将不断消耗，紧接着油中锈蚀产物增加，影响油品颗粒度。

③抗氧化剂。润滑油由于高温高压而逐渐氧化、老化；油液在空气氧化生成的有机酸易产生的油泥等；抗氧化剂随着机组运行、油中进水、滤芯截留等不断消耗；达到一定程度后，油品老化加速，油中颗粒度杂质将急剧增加（见图3）。



图3 汽轮机油箱中的油泥

2.9 取样操作、取样时机对油液颗粒度的影响

2.9.1 取样瓶准备

很多电厂颗粒度取样用专用瓶,价格高、清洗步骤繁琐,给试验人员增加了很大工作量。用过的石油醚瓶本身就是洁净度非常高的容器(SAE 4级),可以直接取运行中的润滑油。

2.9.2 取样时机

取样的代表性很多电厂掌握不好,不考虑设备运行状态、检修流程、机组启动步骤就无法客观评价油箱中的润滑油颗粒度品质。

2.10 不同测定方法对油液颗粒度的影响

颗粒污染度的测定原理不同可分为重量法、显微镜法、光阻法等。

2.10.1 重量法

重量法是让一定体积的油液样品通过微孔尺寸为 $0.8\mu\text{m}$ 的干燥滤纸,然后将留在滤纸上的污染物用溶液洗掉,干燥后再称量,即得污染物重量。重量法所需的测试装置比较简单,费用较低,但操作耗费的时间长,测定结果只能反映液体中所含颗粒的总量,而不反映颗粒的尺寸、颗粒数和尺寸分布,仅为一种定性的测量,且由于在分析过程中滤膜质量的变化,因而重复性较差,对一些颗粒含量较少的试样,常常无法得出结果,因此这一方法目前已很少采用。

2.10.2 显微镜法

显微镜法是经典的油液杂质分析方法:将过滤样液制成的样片放在专用的显微镜下与标准污染度等级样片进行对比,而不需进行各种颗粒尺寸计数,根据颗粒分布确定样液的污染度等级。显微镜法使用的设备简单,费用低,检测时间短,操作简便,是一种适合于现场进行液体颗粒污染度分析的简易方法(见图4)。显微镜法的优势测定速度快,可以分辨出杂质的种类,对杂质的定性较为准确,定量稍差,与重量法正好相反。

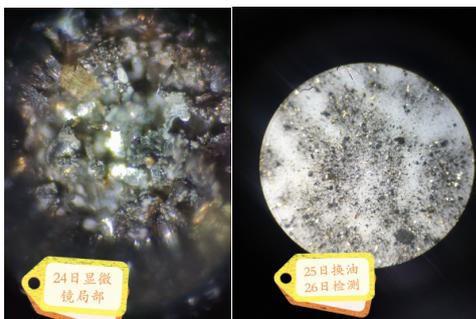


图4 显微镜颗粒度分析

2.10.3 光阻法

光阻法(激光颗粒度法)采用光阻塞原理,利用颗粒的遮光性对油液的颗粒进行检测。油液中的悬浮颗粒随油液

一同流经一个细小透明通道,一束与油液流动方向垂直,经过精密光学系统调理过的平行激光束照射在透明通道上形成一个窗口^[3]。透明通道以及激光术中没有颗粒时,激光接受器将接收到通过窗口的全部激光;而当有颗粒流经遮光窗口时,一部分激光将被颗粒遮挡或因散射、反射等而减少,这样到达激光接受器的激光将减少,激光的衰减量与颗粒的尺寸和个数即处在激光束中颗粒的投影面积成正比。激光颗粒度是目前普遍应用的润滑油颗粒度检测方法,但易受到高水分、油中气泡的干扰。

3 国标中润滑油颗粒度测定前处理方法的不足之处

DL/T432—2007《电力用油中颗粒污染度测量方法》中规定了激光颗粒度仪测定前油样的准备方法:充分摇动油样使颗粒分布均匀,将其置于超声浴中振荡(约10min)脱气。然后用激光颗粒度测试。该方法并未对超声浴的功率、温度、振荡时间以及静置时间做出规定。导致很多电厂采用国标方法测试润滑油颗粒度数据不稳定、重复性较差的情况频发。

4 笔者所在公司应对颗粒度国标不足的措施

DL/T432—2007没有考虑低含水量水分对润滑油激光颗粒度测定的影响,对油中气泡的排除没有考虑不同超声波功率的影响,实际操作中问题很多;国神集团多个电厂发生了激光颗粒度测定结果重复性差,最终发现问题都来自超声波前处理。为解决上述问题,笔者所在公司采用将试油转入洁净的试验瓶中在 50°C 烘箱中静置30min的前处理方法,有效解决了油中水分及油中气泡对激光颗粒度测定的双重干扰,达到了真实反映润滑设备颗粒污染状况的效果。

5 结语

润滑油颗粒度检测是发电厂转机润滑的重要指标;涉及机组的安全运行。论文从补油、检修、滤油设备、转机运行负荷、运行环境、油中水分、油温、油品添加剂、测定方法等十个方面对影响润滑油颗粒度检测的因素进行了分类分析,指明了润滑油颗粒度控制的有效手段。论文同时指出了国标方法中的不足之处,并提出了快捷、有效的应对措施,为快速、准确测量润滑油颗粒度,保障机组安全运行提供了有力专业支撑。

参考文献

- [1] 冯新南.温度、水分对透平油颗粒度影响浅析[C]//2015(第六届)电力行业化学专业技术交流会,2015.
- [2] 于萍,陈义强,刘胜宏,等.汽轮机油中颗粒度及其测试方法的试验研究[J].汽轮机技术,2003,45(4):3.
- [3] 吴宇,韩笑,杨少才.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,2014,35(10):5.