

汽轮机抗燃油的运行管理和监督

(广东省电力工业局试验研究所) 李 智
(深圳能源集团发电分公司化学分部) 马 强
(湛江发电厂) 潘日明

摘要:大型汽轮机电液调节系统(EHC)抗燃油的运行监督,在我国还是一项新而薄弱的工作。作者将工作中积累的经验加以系统总结,详细介绍了大型汽轮机电液调节系统抗燃油的运行监督和管理。

关键词:汽轮机; 电液调节系统; 抗燃油; 运行监督; 净化装置

中图分类号: TK263.7

文献标识码: C

1 前言

随着电力工业的高速发展,大容量、高参数机组投建越来越多。为了保障机组的安全经济运行,电液调节系统(EHC)的控制液多采用磷酸酯型抗燃油。抗燃油在我国电厂使用时间不长,尤以进口抗燃油居多,维护和管理方面也缺乏统一的规则可行,而且抗燃油在运行过程中也易受到水分、高温、颗粒杂质、系统材料的污染,影响它的使用性能,这就对系统和机组的安全埋下隐患,甚至还能造成严重后果,因此,加强对抗燃油的监督、维护和管理,对延长抗燃油的使用时间和保证设备的安全经济运行都具有重要的意义。

2 抗燃油的特性

抗燃油外观透明均匀,无沉淀物,新油略成淡黄色。其密度大于1,一般为1.11~1.17;闪点一般大于240℃;自燃点远大于透平油,一般高达600℃左右。抗燃油还具有低的挥发性和很好的润滑性,并且具有优良的抗磨性能。抗燃油的以上优点,能使其更好地满足高参数、大容量机组的需要,保证机组的安全和经济运行。

当然,抗燃油也不可避免地存在一些缺点:价格

偏高;密封用非金属材料有一定的选择性,若选用不合适的材料将会发生溶胀、腐蚀现象,导致液体泄漏、部件卡涩或加速磷酸酯的老化;磷酸酯还有一个溶剂效应,能除去新的或残存于系统中的污垢,被溶解部分留在液体中,未溶解的污染物则变松散,悬浮在整个系统中。因此,在使用磷酸酯作循环液的系统中要采用精滤装置,以除去不溶物;由于其密度大于1,油中的污染物易悬浮于液面而在系统中循环,造成部件堵塞与磨损,进水后也不易排放;磷酸酯抗燃油和所有的酯类一样,在一定的条件下能水解生成腐蚀性的有机酸,析出沉淀物;另外,该油具有微毒性,油烟及燃烧产物有刺激性,产生一定的 P_2O_5 。因此,加强监督管理就显得更为重要。

3 汽机调节系统用抗燃油系统的组成和功能

抗燃油系统由高压抗燃油供应系统和净化系统组成(如图1和图2所示)。

高压抗燃油供应系统的作用是向汽机电液调节系统提供高质量的具有良好阻燃性能的动力油。由图1可以看出,其大部分供油设备并列双套组成,可以互为备用。

净化系统由油路中的精密过滤器及旁路再生系统组成。精密过滤器可截除抗燃油中的颗粒杂质及污染物,旁路再生装置可降低酸值,减少沉淀物和颗粒污染、吸收水分、延缓抗燃油的老化速度。

4 系统的清理

4.1 油箱和管道的清洗

油箱和管道是液压系统的重要组成部分,其清洁与否对整个液压系统的污染状况有直接的影响。抗燃油的全部管道一律采用优质不锈钢管,并按照氩弧打底的方法进行焊接,以免焊缝结渣和产生氧

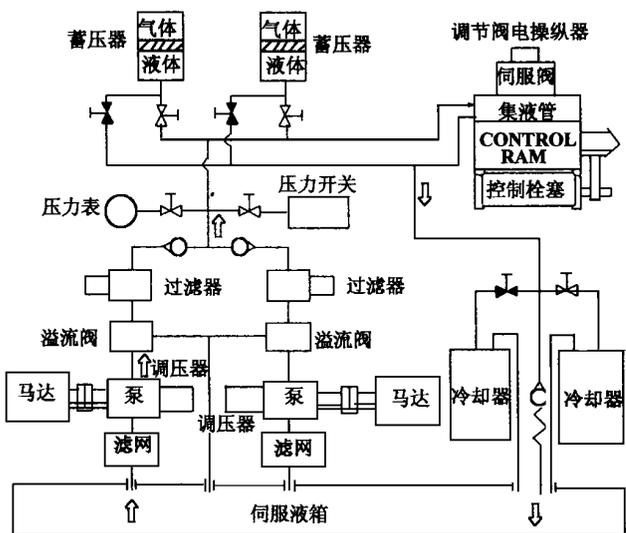


图1 高压抗油液供应系统

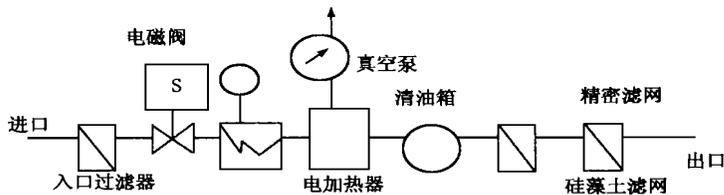


图2 抗燃油净化装置系统

化物。系统内的各部件要逐一清理，一些残留的焊渣、污染物、铁锈、毛刺应全部清理干净，特别是错油门、伺服阀等部件，表面如有锈蚀定要擦掉，油箱要用揉好的面沾以达到清洁效果，管道内壁的污染物可采用向管道通压力空气或蒸汽的方法清洗。

4.2 系统的冲洗

系统在组装完毕后需进行全面的清洗以清除在系统组装过程中带入的污染物。组装后的系统采用流通法进行清洗。清洗装置由液压泵、油箱、加热器、过滤器和管连接件等组成。系统中易污染及易损元件应用相应的管件旁路代替，精密过滤器应换上冲洗过滤器。

冲洗过滤器要求具有足够高的过滤精度和纳污容量，建议采用双过滤装置，可交替更换或清洗滤芯而不中断清洗。为了加强循环清洗的效果，应尽可能采用高的液流速度，一般应不低于系统额定流速的2倍，并且在系统回路的所有段内液流都应呈紊流状态。

适当提高循环油液的温度，有利于提高清洗的效果。抗燃油系统冲洗油温控制在 $41^{\circ}\text{C} \sim 46^{\circ}\text{C}$ 。整个清洗过程包括空载和加压清洗，并在压力反复变化（如 $1 \sim 10 \text{ MPa}$ ）下清洗。在清洗过程中，需要用铜锤敲打管道的焊口、法兰、接头等部位，敲打时

应沿管道上游端逐渐移向下游端。

清洗过程中，应注意过滤器的压差指示器，当过滤器滤芯堵塞压差超过极限值时应立即更换滤芯。清洗一段时间后，拆除旁路管件并将系统元件接入，再利用系统本身的液压泵进行循环清洗。操作所有液压阀，具有液压缸的系统应使液压缸全行程往复运动，以便将系统内各元件内部残留的污染物全部清洗出来。抗燃油冲洗过程中取样测定，颗粒污染度应达到 SAE A-6D (MOOG) 3 级标准，同时酸值不大于 0.1 mg/g ，才可结束冲洗，并彻底排放掉冲洗油，注入合格的新抗燃油，则系统才可进入调试阶段。

5 系统的运行管理

5.1 新油验收

为了加强抗燃油油质监督，新油验收应按指定标准进行，合格后存放于清洁、阴凉干燥、通风良好的地方。现场加油前应抽样检查，检修放油时不可用镀锌铁桶以防形成金属皂基，堵塞过滤器，应使用专用油桶存放，注明油种以免混淆。

5.2 抗燃油的监督检测

为了保证 EHC 系统的正常稳定运行，应随时对油质进行监督检测，以便随时掌握系统的运行情况，如发现问题，迅速采取有效处理措施，保证机组安全运行。

抗燃油分析项目及周期

试验项目	测试周期
颜色、外观、酸值	每月一次
氯含量、电阻率、闪点、水分	三个月一次
密度、凝点、自燃点、运动粘度、泡沫特性、颗粒污染度、矿物油含量	半年一次

5.3 运行温度控制

温度过高，抗燃油可能发生氧化或裂解，导致酸值迅速增加或产生沉淀物，使油质急剧劣化，因此抗燃油运行温度应控制在 55°C 以下，个别热点不能超过 120°C 。

5.4 抗燃油的混油试验

不同牌号的抗燃油原则上不宜混合使用，如必须相混时，则需保证欲混的两种油都是合格的，而且还要按厂家指定的方法进行混油试验，无油泥析出且混合后油的质量高于较差的一种时，才能混合使用。

5.5 油净化装置的投运

在启动运行系统的同时启动旁路再生装置,并保持该装置连续运行。定期检查液压系统过滤器前后压差,如果压差达到报警值应及时更换滤芯以确保工作液清洁。定期检查空气干燥器的硅胶,了解硅胶是否失效并及时更换,加强空气干燥器的检查能有效控制抗燃油的含水量。抗燃油长期处于高温下运行,容易引起氧化,因此装有旁路再生装置对油进行连续再生,一般装有硅藻土过滤器(经本人长时间的研究,研制出一种更好的吸附再生抗燃油的吸附剂),平时应不断对入口和出口油进行油质分析,当发现两端油酸值变化不大时应及时更换吸附剂和精密滤芯。

6 抗燃油的检测项目及意义

高品质的抗燃油保养必须做到以下两点:正确加入新抗燃油和经常测试运行中的抗燃油。抗燃油常用监督项目如下:

6.1 外观及颜色

新抗燃油一般呈浅黄色,如果运行中颜色变深,应分析其它控制指标。从外观可看出有无沉淀及浑浊。

6.2 密度

测定密度可以判断油品是否被其它液体污染,抗燃油密度(20℃)一般为 1.13~1.17 g/cm³。

6.3 水分

水分会导致抗燃油水解劣化,造成系统部件腐蚀。在储油器通气孔上需有高燥过滤器,在监督过程中要不停观察,避免来源于抗燃油冷却器的渗漏,并且经常检查其它吸水过滤器是否有效。对于抗燃油,水分应严格控制在≤0.1%(m/m)。

6.4 酸值

酸值是重要控制指标之一。高酸度会引起系统金属的腐蚀及加速抗燃油的水解,缩短抗燃油的寿命,导致产生沉淀、起泡及空气间隔等问题。在监督过程中要连续不断地用含吸附剂的过滤器进行净化处理。对于新抗燃油酸值控制在≤0.08 mg/g;对于运行中的中压抗燃油酸值控制在≤0.25 mg/g;对于运行中的高压抗燃油酸值控制在≤0.20 mg/g。

6.5 闪点

闪点降低,表明抗燃油中产生或者混入了易挥发可燃性组分,应采取适当措施,保证机组安全运行。闪点要求≥235℃。

6.6 自燃点

自燃点是保证机组安全运行的一项主要指标,

如果运行油自燃点降低,说明油品被矿物油或其它易燃液体污染,应迅速查明原因,妥善处理。抗燃油自燃点要求≤530℃。

6.7 氯含量

高氯含量会加速引起伺服阀电化学腐蚀。为防止氯污染应采取以下措施:只使用高品质的抗燃油及设备制造批准使用之抗燃油;不可使用含氯溶剂去清洁系统部件;无论何时用抗燃油,需冲洗新的或重新改造的部件。新抗燃油氯含量要求≤0.005%(m/m);运行中的中压抗燃油氯含量要求≤0.015%(m/m);运行中的高压抗燃油氯含量要求≤0.010%(m/m)。

6.8 体积电阻率

高的电阻率可帮助防止由电化学腐蚀引起的伺服阀损坏。要保持高的电阻率,必须做到以下几点:保持抗燃油在好的工作环境中运行;经常更换滤芯;防止矿物油和冷却水对抗燃油的污染。体积电阻率作为高压抗燃油的重要指标,要求≥5.0×10⁹Ω·cm(20℃)。

6.9 运动粘度

抗燃油运动粘度一般是稳定的,它的改变主要来源于污染,象在 EHC 系统中汽轮机的矿物润滑油的侵入会减少粘度。中压抗燃油粘度(40℃)为 28.8~35.2 mm²/s,高压抗燃油粘度(40℃)为 37.9~44.3 mm²/s。

6.10 颗粒污染

抗燃油中颗粒污染度的测定,是保证机组安全运行的重要指标,特别是新机组启动前的调速系统,必须进行严格的冲洗或过滤。颗粒污染主要来源于经常更换过滤滤芯,伺服阀损坏,输送泵磨损等。防止颗粒污染可以采取以下措施:在储油器上安装过滤器;在注入新油前需清洁输送泵和管路;经常测试抗燃油;维护保护好管路中的过滤器等。在广东电力系统,为了加强颗粒污染的检测,在电力试验所的组织下,每年对全省使用的抗燃油进行一次普查工作,要求不合格的油必须进行过滤,直至合格为止。控制指标为:高压新油应不大于 MOOG4 级,高压运行油应不大于 MOOG3 级;中压新油应不大于 MOOG6 级,中压运行油应不大于 MOOG5 级。

6.11 抗泡沫稳定性及空气释放值

泡沫主要由污染或抗燃油降解产生,它能导致较慢液压反应和输送泵或阀门损坏。对于高压新油要求≤91 ml(24℃),中压新油要求≤24 ml(24℃),运行油≤200 ml(24℃)。

(下转 79 页)

表 1 隔板损坏情况记录表

屏 序	焊缝裂开程度		裂缝中心位置		最大位移 mm	
	入口	出口	入口	出口	入口	出口
1	1/4	3/4	9:00	10:00	30	45
2	3/4	全开	4:00	2:00	45	35
3	全开	全开	9:30	2:00	75	55
4	3/4	3/4	1:00	11:00	95	55
5	4/5	全开	4:00	注 2	105	注 2
6	3/4	4/5	4:00	2:00	80	55
7	3/4	3/4	2:00	7:30	100	65
8	3/4	3/4	1:00	5:30	55	85
9	全开	3/4	11:00	1:00	70	75
10	全开	3/4	9:00	11:00	80	65
11	3/4	3/4	5:00	5:00	65	80
12	1/2	4/5	3:00	9:00	20	80

注 1. 裂缝中心位置分别由两端内视而得。

注 2. NO. 5 屏出口隔板翻转近 180° (见图 2)。

(3) 隔板所受热应力除引发上述变形外, 对焊缝还产生一剪力, 该剪力随隔板变凸程度增大而渐小。同时, 隔板变凸过程中, 对焊缝又产生一拉力, 该拉力随隔板变凸程度增大而渐大。或者说, 隔板逐渐变凸过程中, 上述剪力随之逐渐转变为拉力。正是在这些力的交互和反复作用下, 最终撕开焊缝且隔板变形移位。

由此可见, 采用焊接固定隔板的方法显然是不合理的。

4 处理办法

经有关各方慎重讨论, 采取如下处理办法:

(1) 切开集箱端盖, 割去原隔板, 打磨并吹除渣等。

(2) 用 10CrMo910 板加工新隔板和固定挡环, 隔板与集箱间不直接焊接, 挡环与集箱间对称焊接 4 段, 每段 60 mm, 隔板与挡环间分别于 4 点和 8 点处点焊 10 mm。焊材用奥 307、 $\Phi 3.2 \sim 4$ mm, 不需预热和焊后热处理。其结构如图 3 所示。

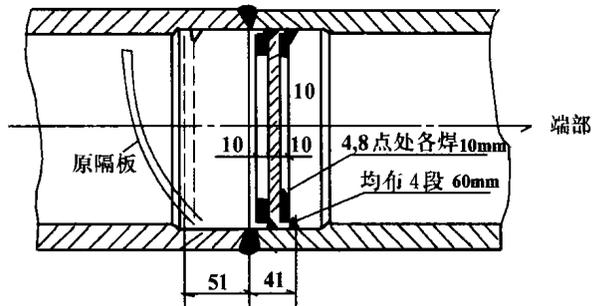


图 3 修复方案示意图

(3) 集箱端盖按相关规范恢复。

5 效果与启示

经上述方案处理后运行至今, 证明处理方案是成功的。为避免 3 号炉重蹈覆辙, 在安装过程中就以同样方案进行了改造, 实践证明改造是必须的。

(何静芳 编辑)

(上接 77 页)

7 几个需注意的问题

7.1 过滤介质的使用

在系统中大约用 1% 的过滤介质 (抗燃油总重); 在连续处理的基础上维持较低的抗燃油流量; 在未注入新抗燃油前不要打开过滤介质开关。

7.2 抗燃油沉淀问题

抗燃油沉淀主要来源于以下几个方面: 外部特别因素污染; 其它抗燃油或润滑油污染; 不相容弹胶物和密封垫污染; 来自于过滤介质或管路中的过滤器的污染; 抗燃油降解产生的磷酸金属盐沉淀等。沉淀可采用化学分析方法进行判别: 有氟或硅表明是弹胶物; 有钙、镁、铁、铝和磷则表明为磷酸盐。

8 结束语

随着越来越多的高参数、大容量机组的投产使用, EHC 系统使用抗燃油也就更加普及, 对抗燃油油质的监督检测也就更加受到重视, 因抗燃油油质不良而影响机组正常运行的现象也逐渐减少。但在我国对 EHC 抗燃油系统的运行管理及运行监督仍然还是一项新而薄弱的工作, 国家标准的推广与完善、国产抗燃油的开发普及也应马上摆到我们的工作日程中, 这就需要我们广大的油务工作者今后进一步努力, 保证机组的安全经济运行, 为国民经济的发展作出应有的贡献。

(何静芳 编辑)

This paper describes several types of self-made, simple and applicable equipment items, such as tube bending machines, collector tube closing-up machines and boiler head edge cutters, etc. The use of these machines is conducive to lowering the fabrication cost of boilers, thus enhancing the competitive edge of boiler makers and their products in the world market. **Key words:** boiler manufacture, equipment, development and fabrication

改变补充水方式的节能效益解析 = **An Analysis of the Economic Benefits Derived from Energy-saving through a Change in a Make-up Water Supply Mode** [刊, 中]/Chen Guohui, Ling Wandao, Xing Qinan (Xi'an Jiaotong University), et al // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 69 ~ 70

This paper discusses the economic benefits enjoyed by small and medium-sized thermal power plants using extra-pure demineralized water. Specially noted are the dual economic benefits realized by cogeneration power plants through a change in a make-up water supply mode. In this case when the make-up water is fed into a condenser the exhaust steam waste heat can be utilized, resulting in a reduction of the cold source loss. Moreover, heat regeneration economy may be enhanced when the make-up water inlet is relocated from a deaerator to the condenser. **Key words:** thermal power plant, exhaust steam waste heat utilization, make-up water system, improvement, energy-saving

PFBC 烟气中碱金属的脱除 = **Removal of Alkali Metal in PFBC Flue Gases** [刊, 中]/Han Chunli, Zhang Jun, Liu Kunlei (Southeastern University), et al // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 71 ~ 74

The presence of alkali metal in coal may cause corrosion of a flue gas-fired turbine in a PFBC unit. The present paper expounds the alkali metal removal mechanism and method, providing a realistic basis for the further study of such a removal process. **Key words:** alkali metal, removal, additive

汽轮机抗燃油的运行管理和监督 = **Operation Management and Supervision of Turbine Fire-resistant Oil** [刊, 中]/Li Zhi (Test Research Institute of Guangdong Electrical Power Bureau), Wei Qiang (Chemical Division of Shenzhen Energy Source Group Company Power Generation Subsidiary), Pan Riming (Zhanjiang Power Generation Plant), et al // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 75 ~ 77, 79

The operation supervision of fire-resistant oil for a large-sized turbine electro-hydraulic control system pertains to a new and weak link in power plant management. The authors in a systematic summing-up of their work experiences have given a detailed account of the above-mentioned supervision. **Key words:** steam turbine, electro-hydraulic control system, fire-resistant oil, operation supervision, purification device

由屏过爆管看集箱隔板损坏及处理 = **Analysis of the Failure of a Collector Partition Plate from the Perspective of a Platen Superheater Tube Explosion and its Treatment** [刊, 中]/Zhao Weiqing (Jinling Petrochemical Co. Thermal Power Plant) // Journal of Engineering for Thermal Energy & Power, 2000, 15(1). — 78 ~ 79