

ICS 27.100
F 23
备案号: 21235-2007

DL

中华人民共和国电力行业标准

DL/T 571 — 2007
代替 DL/T 571 — 1995

电厂用磷酸酯抗燃油 运行与维护导则

Guide for operation and maintenance of phosphate ester
fire-resistant fluid used in power plant

2007-07-20 发布

2007-12-01 实施

中华人民共和国国家发展和改革委员会 发布

目 次

前言	· II
1 范围	· 1
2 规范性引用文件	· 1
3 术语	· 1
4 试验项目	· 3
5 取样	· 4
6 新磷酸酯抗燃油质量标准	· 5
7 运行磷酸酯抗燃油质量标准	· 6
8 运行中磷酸酯抗燃油的监督	· 6
9 运行中磷酸酯抗燃油的维护	· 8
10 技术管理及安全要求	· 10
附录 A (资料性附录) 旁路再生系统原理及功能	· 11
附录 B (资料性附录) 磷酸酯抗燃油及矿物油对密封材料的相容性	· 12
附录 C (规范性附录) 矿物油含量测定方法	· 13
附录 D (规范性附录) NAS 1638 颗粒污染度分级标准	· 14

前 言

本标准是根据《国家发展改革委办公厅关于下达 2003 年行业标准项目补充计划的通知》（发改办工业[2003]873 号）下达的任务对 DL/T 571—1995《电厂用抗燃油验收、运行监督及维护管理导则》进行修订的。

本次修订主要是依据我国电力行业磷酸酯抗燃油的实际应用情况，在原导则的基础上进行的，本标准与 DL/T 571—1993 相比主要有以下差别：

- 原标准的名称修订为“电厂用磷酸酯抗燃油运行与维护导则”。
- 对原标准中抗燃油应具备的性能作了充实，补充了抗燃油在使用中的性能变化规律。
- 去掉了原标准正文及附录中对中压抗燃油和高压抗燃油的区分，合并为磷酸酯抗燃油。
- 对油质试验的项目和意义作了补充。
- 对原标准附录 A《新抗燃油质量标准》中的酸值、水分、电阻率、泡沫特性、颗粒污染度五项指标作了修订，增加了空气释放值、水解安定性两项指标。将原标准附录 A 放入正文中。
- 对原标准附录 B《运行中抗燃油质量标准》中的颗粒污染度、酸值、泡沫特性、电阻率四项指标作了修订，增加了空气释放值指标。将原标准附录 B 放入正文中。
- 对原标准中试验室试验项目及周期作了修订。
- 对运行油质异常原因及处理措施作了补充。
- 增加了废抗燃油处理的内容。
- 去掉了原标准中的附录 E《抗燃油自燃点测定方法》。
- 用 NAS 1638 颗粒污染标准取代了原标准中的 SAE 颗粒污染标准，并放在本标准附录 D 中。
- 增加了附录 A《旁路再生系统原理及功能》。

本标准的附录 A 和附录 B 为资料性附录，附录 C 和附录 D 为规范性附录。

本标准由中国电力企业联合会提出。

本标准由电力行业电厂化学标准化技术委员会归口并解释。

本标准起草单位：西安热工研究院有限公司。

本标准主要起草人：刘永洛、李焯峰、严涛。

本标准自实施之日起代替 DL/T 571—1995《电厂用抗燃油验收、运行监督及维护管理导则》。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至中国电力企业联合会标准化中心（北京市白广路二条一号，100761）。

电厂用磷酸酯抗燃油运行与维护导则

1 范围

本标准规定了汽轮机电液调节系统用磷酸酯抗燃油的运行与维护方法。
本标准适用于汽轮机电液调节系统用磷酸酯抗燃油的维护。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本标准，然而，鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本标准。

- GB/T 264 石油产品酸值测定法
- GB/T 265 石油产品运动粘度测定法和动力粘度计算法
- GB/T 1884 原油和液体石油产品密度实验室测定法（密度计法）
- GB/T 3535 石油产品倾点测定法
- GB/T 3536 石油产品闪点和燃点测定法（克利夫兰开口杯法）
- GB/T 7597 电力用油（变压器油、汽轮机油）取样方法
- GB/T 7600 运行中变压器油水分含量测定法（库仑法）
- GB/T 12579 润滑油泡沫特性测定法
- DL/T 421 绝缘油体积电阻率测定法
- DL/T 429.1 电力系统油质试验方法 透明度测定法
- DL/T 429.2 电力系统油质试验方法 颜色测定法
- DL/T 429.6 电力系统油质试验方法 运行油开口杯老化测定法
- DL/T 432 电力用油中颗粒污染度测量方法
- DL/T 433 抗燃油中氯含量测定方法（氧弹法）
- DL/T 706 电厂用抗燃油自燃点测定方法
- DL/T 5011 电力建设施工及验收技术规范—汽轮机机组篇
- SH/T 0124 含抗氧剂的汽轮机油氧化安定性测定法
- SH/T 0301 液压液水解安定性测定法（玻璃瓶法）
- SH/T 0308 润滑油空气释放值测定法

3 术语

下列名词术语适用于本标准。

3.1

抗燃性 fire-resistance

磷酸酯抗燃油的自燃点比汽轮机油高，一般在 530℃ 以上（按 DL/T 706 规定的方法试验），而汽轮机油的自燃点只有 300℃ 左右。汽轮机电液调节系统使用磷酸酯抗燃油，可以大幅度地降低因油泄漏而引起火灾的危险性。

磷酸酯抗燃油的自燃点在油的使用过程中一般不会降低，除非是受到了低自燃点成分如汽轮机油等的污染或发生分解，所以运行中的磷酸酯抗燃油应定期进行自燃点监测分析。

3.2

介电性能 dielectric property

磷酸酯抗燃油应具有较高的电阻率。提高磷酸酯抗燃油的电阻率可以减少因电化学腐蚀而引起的伺服阀等部件的损坏。

新油注入油系统时，应严格控制油的电阻率指标。抗燃油在运行过程中，随着使用时间的延长，油品的老化、水解以及可导电物质的污染等，都会导致电阻率降低，所以抗燃油在运行过程中，应投入旁路再生装置（参见附录 A），将油的电阻率维持在较高水平。如果油的电阻率低于运行标准，通过旁路再生装置仍不能恢复到合格范围，应采取换油措施，以免引起伺服阀及油系统的精密金属部件被腐蚀损坏而危及机组的安全运行。

3.3

氧化安定性 oxidation stability

磷酸酯抗燃油的氧化安定性取决于基础油的成分、合成工艺以及油中是否添加抗氧化剂。由于磷酸酯抗燃油在运行过程中，不可避免地要与空气接触发生氧化，而高温、水分、油中杂质以及油氧化后产生的酸性物质都会加速油质的劣化。所以选择氧化安定性好的油，在运行中严格控制油温、油中水分和杂质，保持油质纯净，对于延长运行油的使用寿命非常重要。

3.4

水解安定性 hydrolysis stability

磷酸酯抗燃油有较强的极性，在空气中容易吸潮，与水作用发生水解，可生成酸性磷酸二酯、酸性磷酸一酯和酚类物质等。水解产生的酸性物质对油的进一步水解产生催化作用，完全水解后生成磷酸和酚类物质。

运行中磷酸酯抗燃油水解后，导致油的酸值升高，会引起油系统金属部件的腐蚀，严重的水解会使油发生变质，直接危及电液调节系统的安全运行。所以，良好的水解安定性对于保持运行中磷酸酯抗燃油的油质稳定非常重要。

3.5

腐蚀性 corrosion

磷酸酯抗燃油对金属材料本身没有腐蚀性，但油中的水分、氯含量、电阻率和酸值等超标，会导致金属部件的腐蚀，造成不可修复的破坏。

3.6

溶剂效应 solubility

磷酸酯抗燃油的分子极性很强，对非金属材料有较强的溶解或溶胀作用，用于矿物油的部分密封材料如耐油橡胶等，不适用于磷酸酯抗燃油，使用磷酸酯抗燃油的电液调节系统的橡胶密封材料一般选用氟橡胶（抗燃油与一些常用密封材料的相容性参见附录 B）。

3.7

清洁度 particle contamination

由于电液调节系统的油压高，执行机构部件间隙小，机械杂质污染会引起伺服阀等部件的磨损、卡涩，严重时会造成伺服阀卡死而被迫停机，故运行中磷酸酯抗燃油应保持较高的清洁度。油中颗粒杂质污染一般来源于油系统部件的磨损、油质劣化产物或外界污染源的污染，可通过油系统内过滤器或旁路过滤除去。

3.8

空气释放特性和泡沫特性 foaming and air-release property

由于磷酸酯抗燃油系统的运行压力较高（14MPa 以上），如果运行油中夹带有较多的空气，会对油系统的安全运行构成较大的危害：

- a) 改变油的压缩系数，会导致电液控制信号失准，危及汽轮机组的安全运行。

- b) 在高压下, 油中气泡破裂, 造成油系统压力波动, 引起噪声和振动, 对油系统设备产生损坏。
- c) 高压下, 气泡破裂时在破裂区域产生的高能及气体中的氧会使油发生氧化劣化。
- d) 油中泡沫容易在油箱中造成假油位, 严重时导致跑油事故。

磷酸酯抗燃油的空气释放特性和泡沫特性变差一般是由于油的老化、水解变质或油被污染而造成的。在运行中应避免在油中引入含有钙、镁离子的化合物, 因为钙、镁离子与油劣化产生的酸性产物作用生成的皂化物会严重影响油的空气释放特性和抗泡沫特性。

4 试验项目

4.1 外观

按 DL/T 429.1 方法进行试验。观察油中是否有沉淀物及混浊现象, 这是判断油品是否被污染的直观依据。

4.2 颜色

按 DL/T 429.2 方法进行试验。新的磷酸酯抗燃油一般是淡黄色或接近无色的液体, 在运行中, 由于油质劣化会引起油的颜色加深。油的颜色变化反映了油的劣化程度, 如果运行中油品颜色急剧加深, 必须分析油的其他指标, 查明引起颜色变化的原因。

4.3 倾点

按 GB/T 3535 方法进行试验。确定油品的低温性能, 判断油品是否被其他液体污染。

4.4 密度

按 GB/T 1884 方法进行试验。判断补油是否正确以及油品中是否混入了其他液体。

4.5 运动黏度

按 GB/T 265 方法进行试验。判断补油是否正确以及油品是否被其他液体污染或劣化变质。

4.6 水分

按 GB/T 7600 方法进行试验。水分不但会导致磷酸酯抗燃油的水解劣化、酸值升高, 造成系统部件腐蚀, 而且会影响油的润滑特性。如果运行磷酸酯抗燃油的水分含量超标, 应迅速查明原因, 采取有效的处理措施。

4.7 酸值

按 GB/T 264 方法进行试验。当运行磷酸酯抗燃油的酸值升高较快时, 说明发生了老化或水解变质。应查明酸值升高的原因, 采取处理措施, 如加强滤油等, 以防止油质进一步劣化。

4.8 闪点

按 GB/T 3536 方法进行试验。运行磷酸酯抗燃油的闪点降低, 说明油中混入了易挥发可燃性组分或发生了分解变质, 应同时检测自燃点、黏度等项目, 分析闪点降低的原因。

4.9 自燃点

按 DL/T 706 方法进行试验。当运行中磷酸酯抗燃油的自燃点降低, 说明被矿物油或其他易燃液体污染, 应查明原因, 采取处理措施, 必要时停机换油。

4.10 氯含量

按 DL/T 433 方法进行试验。磷酸酯抗燃油中氯含量过高, 会对伺服阀等油系统部件产生腐蚀, 并可能损坏某些密封材料。如果发现运行油中氯含量超标, 说明磷酸酯抗燃油可能受到含氯物质的污染, 应查明原因, 采取措施进行处理。

4.11 电阻率

按 DL/T 421 方法进行试验。电阻率是磷酸酯抗燃油的一项重要油质控制指标, 运行磷酸酯抗燃油的电阻率降低, 可能是由于可导电物质的污染或油变质而造成的, 此时应检查酸值、水分、氯含量、颗粒污染度和油的颜色等项目, 分析导致电阻率降低的原因。

4.12 颗粒污染度

按 DL/T 432 方法进行试验。运行中磷酸酯抗燃油的颗粒污染度指标直接关系到机组的安全运行,

特别是新机组启动前或检修后的电液调节系统，必须进行严格的冲洗滤油，颗粒污染度指标合格后才能启动。运行中油的颗粒污染度增大，应迅速查明污染源，加强滤油，消除隐患。

4.13 泡沫特性

按 GB/T 12579 方法进行试验。用于评价磷酸酯抗燃油中形成泡沫的倾向及形成泡沫的稳定性。运行中磷酸酯抗燃油产生的泡沫随油进入油系统将影响到机组的安全运行，同时会加速油质劣化。因此运行中应严格控制油的泡沫特性指标。

4.14 空气释放值

按 SH/T 0308 方法进行试验。空气释放值表示油中夹带的空气逸出的能力，测量油的空气释放值，也可以推断油是否受到污染（如矿物油）以及油的劣化程度。

4.15 氧化安定性

按 SH/T 0124 方法或参考国外有关方法进行试验。氧化安定性试验的结果可以用来评价磷酸酯抗燃油的使用寿命。如果运行油酸值迅速增加或颜色急剧加深，应考虑进行氧化安定性试验，以确定需要采取的维护措施。

4.16 开口杯老化试验

按 DL/T 429.6 方法进行试验。确定不同品牌或同一品牌但酸值等指标差异较大的磷酸酯抗燃油是否可以混用。

4.17 矿物油含量

试验方法见附录 C。运行中磷酸酯抗燃油如果被矿物油污染，会降低磷酸酯抗燃油的抗燃性、空气释放特性及泡沫特性。如果发现矿物油含量超标，应查明原因，消除污染源，或更换新油。

4.18 水解安定性

按 SH/T 0301 方法进行试验，主要用于评定磷酸酯抗燃油的抗水解能力，如果运行油的颜色没有发生显著变化，而酸值升高，则可能是油的水解所致。此时应考虑测定油的水解安定性和水分含量，必要时测定油中的游离酚含量，分析酸值升高的原因。

5 取样

5.1 容器

取样容器为 500mL~1000mL 磨口具塞玻璃瓶，按 GB/T 7597 要求准备。

颗粒污染度取样容器使用 250mL 专用取样瓶，按 DL/T 432 要求准备。

5.2 取样部位

5.2.1 新油取样

磷酸酯抗燃油以桶装形式交货，取样按 GB/T 7597 方法进行。

5.2.2 油系统取样

油系统取样应符合下列要求：

- a) 所有用于测试的油样应从油箱底部回油侧的取样口取样。
- b) 如发现油质被污染，必要时增加取样点（如油箱顶部、过滤器或再生装置出口等）取样，以便查明污染原因。
- c) 取样前电液调节系统在正常情况下至少运行 24h。常规试验按 GB/T 7597 要求取样，颗粒污染度测试取样按 DL/T 432 要求进行。
- d) 油箱顶部取样时，先将箱盖清理干净后打开，用专用取样器从存油的上部及中部取样，取样后将箱盖复位封好。

5.3 样品标记

取样瓶上应贴好标签，标签包含以下内容：

- a) 电厂名称；

- b) 设备名称及编号;
- c) 运行时间;
- d) 磷酸酯抗燃油牌号;
- e) 测试项目内容;
- f) 取样部位;
- g) 取样日期;
- h) 取样人签名。

6 新磷酸酯抗燃油质量标准

新磷酸酯抗燃油的质量标准见表 1。

表 1 新磷酸酯抗燃油质量标准

序号	项 目	指 标	试验方法	
1	外 观	无色或淡黄, 透明	DL/T 429.1	
2	密度 (20℃) g/cm ³	1.13~1.17	GB/T 1884	
3	运动黏度 (40℃) mm ² /s	41.4~50.6	GB/T 265	
4	倾 点 ℃	≤-18	GB/T 3535	
5	闪 点 ℃	≥240	GB/T 3536	
6	自燃点 ℃	≥530	DL/T 706	
7	颗粒污染度 (NAS 1638) 级	≤6	DL/T 432	
8	水 分 mg/L	≤600	GB/T 7600	
9	酸 值 mgKOH/g	≤0.05	GB/T 264	
10	氯含量 mg/kg	≤50	DL/T 433	
11	泡沫特性 mL/mL	24℃	≤50/0	GB/T 12579
		93.5℃	≤10/0	
		24℃	≤50/0	
12	电阻率 (20℃) Ω·cm	≥1×10 ¹⁰	DL/T 421	
13	空气释放值 (50℃) min	≤3	SH/T 0308	
14	水解安定性	油层酸值增加 mgKOH/g	≤0.02	SH/T 0301
		水层酸度 mgKOH/g	≤0.05	
		铜试片失重 mg/cm ²	≤0.008	
a 按 ISO 3448—1992 规定, 磷酸酯抗燃油属于 VG46 级。				
b NAS 1638 颗粒污染度分级标准见本标准附录 D。				

7 运行磷酸酯抗燃油质量标准

运行中磷酸酯抗燃油的质量标准见表 2。

表 2 运行中磷酸酯抗燃油质量标准

序号	项 目	指 标	试验方法	
1	外 观	透 明	DL/T 429.1	
2	密度 (20℃) g/cm ³	1.13~1.17	GB/T 1884	
3	运动黏度 (40℃, ISO VG46) mm ² /s	39.1~52.9	GB/T 265	
4	倾 点 ℃	≤-18	GB/T 3535	
5	闪 点 ℃	≥235	GB/T 3536	
6	自然点 ℃	≥530	DL/T 706	
7	颗粒污染度 (NAS 1638) 级	≤6	DL/T 432	
8	水 分 mg/L	≤1000	GB/T 7600	
9	酸 值 mgKOH/g	≤0.15	GB/T 264	
10	氮含量 mg/kg	≤100	DL/T 433	
11	泡沫特性 mL/mL	24℃	≤200/0	GB/T 12579
		93.5℃	≤40/0	
		24℃	≤200/0	
12	电阻率 (20℃) Ω·cm	≥6×10 ⁹	DL/T 421	
13	矿物油含量 %	≤4	本标准附录 C	
14	空气释放值 (50℃) min	≤10	SH/T 0308	

8 运行中磷酸酯抗燃油的监督

8.1 新机组投运前的试验

新油注入设备后应进行油循环过滤,对油系统进行冲洗,以滤除系统内的颗粒杂质。在冲洗过程中取样测试颗粒污染度,直至测定结果达到设备制造厂要求的颗粒污染度后,停止冲洗过滤。油循环结束后,取样进行油质全分析,试验结果应符合表 1 的要求。

8.2 运行人员巡检项目

运行人员巡检下列项目:

- a) 定期记录油温、油箱油位;

- b) 记录油系统及旁路再生装置精密过滤器的压差变化情况；
c) 记录每次补油量、油系统及旁路再生装置精密过滤器滤芯、旁路再生装置的再生滤芯或吸附剂的更换情况。

8.3 试验室试验项目及周期

8.3.1 机组正常运行情况下，试验室试验项目及周期见表 3，每年至少进行一次油质全分析。

表 3 试验室试验项目及周期

序号	试验项目	第一个月	第二个月后
1	电阻率、颜色、外观、水分、酸值	每周一次	每月一次
2	颗粒污染度	两周一次	三个月一次
3	闪点、倾点、密度、运动黏度、氯含量、泡沫特性、空气释放值	四周一次	—
4	闪点、倾点、密度、运动黏度、氯含量、泡沫特性、空气释放值、矿物油含量、自燃点	—	六个月一次

8.3.2 机组检修重新启动前应进行油质全分析测试，启动 24h 后再次取样测定颗粒污染度。

8.3.3 每次补油后应测定颗粒污染度、运动黏度、密度和闪点。

8.3.4 如果油质异常，应缩短试验周期，必要时取样进行全分析。

8.4 油质异常原因及处理措施

根据运行磷酸酯抗燃油质量标准，见表 2，对油质试验结果进行分析。如果油质指标超标，应进行评估并提出建议，并通知有关部门，查明油质指标超标原因，并采取相应处理措施。表 4 为运行磷酸酯抗燃油油质指标超标的可能原因及参考处理方法。

表 4 运行中磷酸酯抗燃油油质异常原因及处理措施

项目	异常极限值	异常原因	处理措施
外观	混浊	1) 油中进水； 2) 被其他液体污染	1) 脱水处理或换油； 2) 考虑换油
颜色	迅速加深	1) 油品严重劣化； 2) 油温升高，局部过热	1) 更换旁路吸附再生滤芯或吸附剂； 2) 调节冷油器阀门，控制油温； 3) 消除油系统存在的过热点
密度 (20℃) g/cm ³	<1.13 或 >1.17	被矿物油或其他液体污染	换油
倾点 ℃	>-15		
运动黏度 (40℃) mm ² /s	与新油同牌号代表的 运动黏度中心值相差超 过±20%		
矿物油含量 %	>4		
闪点 ℃	<220		
自燃点 ℃	<500		

表 4 (续)

项目	异常极限值	异常原因	处理措施	
酸 值 mgKOH/g	>0.25	1) 运行油温高, 导致老化; 2) 油系统存在局部过热; 3) 油中含水量大, 使油水解	1) 调节冷油器阀门, 控制油温; 2) 消除局部过热; 3) 更换吸附再生滤芯, 每隔 48h 取样分析, 直至正常	
水 分 mg/L	>1000	1) 冷油器泄漏; 2) 油箱呼吸器的干燥剂失效, 空气中水分进入	1) 消除冷油器泄漏; 2) 更换呼吸器的干燥剂; 3) 更换脱水滤芯	
氯含量 mg/kg	>100	含氯杂质污染	1) 检查系统密封材料等是否损坏; 2) 换油	
电阻率 (20℃) $\Omega \cdot \text{cm}$	$<5 \times 10^9$	可导电物质污染	1) 更换旁路再生装置的再生滤芯或吸附剂; 2) 换油	
颗粒污染度 (NAS 1638) 级	>6	1) 被机械杂质污染; 2) 精密过滤器失效; 3) 油系统部件有磨损	1) 检查精密过滤器是否破损、失效, 必要时更换滤芯; 2) 检查油箱密封及系统部件是否有腐蚀磨损; 3) 消除污染源, 进行旁路过滤, 必要时增加外置过滤系统过滤, 直至合格	
泡沫特性 mL/mL	24℃	>250/50	1) 油老化或被污染; 2) 添加剂不合适	1) 消除污染源; 2) 更换旁路再生装置的再生滤芯或吸附剂; 3) 添加消泡剂; 4) 考虑换油
	93.5℃	>50/10		
	24℃	>250/50		
空气释放值 (50℃) min	>10	1) 油质劣化; 2) 油质污染	1) 更换旁路再生滤芯或吸附剂; 2) 考虑换油	

9 运行中磷酸酯抗燃油的维护

9.1 影响磷酸酯抗燃油变质的因素及防护措施

9.1.1 系统结构

汽轮机电液调节系统的结构对磷酸酯抗燃油的使用寿命有着直接的影响, 因此电液调节系统的设计安装应考虑以下因素:

- 系统应安全可靠。磷酸酯抗燃油应采用独立的管路系统, 管路中应尽量减少死角, 便于冲洗系统。
- 油箱容量大小适宜, 可储存系统的全部用油, 其结构应有利于分离油中空气和机械杂质。
- 回油速度不宜过高。回流管路出口应位于油箱液面以下, 以免油回到油箱时产生冲击、飞溅, 形成泡沫, 影响杂质和空气的分离。
- 油系统应安装精密过滤器、磁性过滤器, 随时除去油中的颗粒杂质。
- 抗燃油系统的安装布置应尽量远离过热蒸汽管道, 避免对抗燃油系统部件产生热辐射, 引起局部过热, 加速油的老化。
- 选择高效的旁路再生系统, 可随时将油质劣化产生的有害物质除去, 保持运行油的酸值、电阻率符合标准要求。

9.1.2 启动前的清洁度要求

启动前清洁度应符合下列要求：

- a) 设备出厂前，制造厂应严格检查各部件的清洁度，去掉焊渣、污垢、型砂等杂物，并用磷酸酯抗燃油冲洗至颗粒污染度小于或等于 6 级（NAS 1638）后密封。安装前应严格检查验收，合格后方可安装。
- b) 设备安装完毕后，应按照 DL/T 5011 及制造厂编写的冲洗规程制订冲洗方案，使用磷酸酯抗燃油对系统进行循环冲洗过滤。冲洗后，电液调节系统磷酸酯抗燃油的颗粒污染度应小于或等于 6 级（NAS 1638），方可启动运行。

9.1.3 机组启动后的试验

机组启动运行 24h 后，按表 3 规定从设备中取两份油样，一份作全分析，一份保存备查。油质全分析结果应符合表 2 的要求。

9.1.4 磷酸酯抗燃油系统运行温度

油系统局部过热或油温过高，都会加速磷酸酯抗燃油老化。当系统油温超过正常温度时，应查明原因，同时采取措施控制油温（运行油温应控制在 35℃～55℃）。

9.1.5 油系统检修

对油系统检修，除保证检修质量外，还应注意以下问题：

- a) 不能用含氯量大于或等于 1mg/L 的溶剂清洗系统部件；
- b) 按照制造厂规定的材料更换密封材料，磷酸酯抗燃油对密封材料的相容性见附录 B；
- c) 检修结束后，应进行油循环冲洗过滤，颗粒污染度指标应符合表 2 的规定。

9.1.6 添加剂

运行磷酸酯抗燃油中需加添加剂时，应作相应的评价试验，并对油质进行全分析。添加剂不对油品的理化性能造成不良影响。

9.2 补油

补油应注意以下问题：

- a) 运行中的电液调节系统需要补加磷酸酯抗燃油时，应补加经检验合格的相同品牌、相同规格的磷酸酯抗燃油。当运行油的酸值大于或等于 0.15mgKOH/g 时，补油前应进行混油试验，油样的配比应与实际使用的比例相同，试验合格方可补加。
- b) 当要补加不同品牌的磷酸酯抗燃油时，除进行混油试验外，还应对混合油样进行全分析试验，混合油样的质量应不低于运行油的质量标准。
- c) 补油时，应通过抗燃油专用补油设备补入，确保补入油的颗粒污染度合格。
- d) 补油后还应从油系统取样进行颗粒污染度分析，确保油系统颗粒污染度合格。
- e) 磷酸酯抗燃油与矿物油有本质的区别，不能混合使用。

9.3 换油

由于油质劣化，需要换油时，应将油系统中的劣化油排放干净，用冲洗油将油系统彻底冲洗后排空，注入新油，进行油循环，直到油质符合表 1 的要求。

9.4 运行中磷酸酯抗燃油的防劣措施

为了延长磷酸酯抗燃油的使用寿命，在运行中应对磷酸酯抗燃油进行在线过滤和旁路再生处理：

- a) 系统中精密过滤器的绝对过滤精度应在 3μm 以内，以除去运行中由于磨损等原因产生的机械杂质，保证运行油的清洁度。
- b) 对油系统进行定期检查，如发现精密过滤器压差异常，应及时查明原因、及时更换。
- c) 定期检查油箱呼吸器的干燥剂，如发现干燥剂失效，应及时更换，以免空气中水分进入油中。
- d) 在机组启动的同时投入旁路再生装置是防止油质劣化的有效措施，以便及时除去运行磷酸酯抗燃油老化产生的酸性物质、油泥、水分等有害物质。

- e) 在旁路再生装置投运期间，应定期从其出口取样测试酸值、电阻率；如果油的酸值升高或电阻率降低，说明吸附剂失效，需要更换再生滤芯及吸附剂；一般情况下，半年更换一次。

10 技术管理及安全要求

10.1 库存磷酸酯抗燃油的管理

对库存磷酸酯抗燃油应认真做好油品入库、储存、发放工作，防止油的错用、混用及油质劣化：

- a) 对新购磷酸酯抗燃油，验收合格方可入库；
- b) 对库存油，应分类存放，油桶标记清楚；
- c) 库房应清洁、阴凉干燥、通风良好。

10.2 建立健全技术管理档案

10.2.1 设备卡

设备卡包括机组编号、容量、电液调节系统型号、油压、油量、油品规格、设备投运日期等。

10.2.2 设备检修台账

设备检修台账包括油箱、冷油器、高中压调节阀和主汽门油动机等油系统部件的检查结果，处理措施，检修日期，补加油量以及累计运行时间等。

10.2.3 磷酸酯抗燃油质量台账

磷酸酯抗燃油质量台账包括新油、补充油、运行油、再生油的检验报告及退出油的处理措施、结果等。

10.3 安全措施

10.3.1 试验室应有良好的通风条件，加热应在通风厨中进行。

10.3.2 人体接触磷酸酯抗燃油后的处理措施如下：

- a) 误食处理：一旦吞进磷酸酯抗燃油，应立即采取措施将其呕吐出来，然后到医院进一步诊治。
- b) 误入眼内：立即用大量清水冲洗，再到医院治疗。
- c) 皮肤沾染：立即用水、肥皂清洗干净。
- d) 吸入蒸汽：立即脱离污染气源，送往医院诊治。

10.3.3 磷酸酯抗燃油具有良好的抗燃性，但不等于不燃烧，如有泄漏迹象，应采取以下措施：

- a) 消除泄漏点。
- b) 采取包裹或涂敷措施，覆盖绝热层，消除多孔性表面，以免磷酸酯抗燃油渗入保温层中。
- c) 将泄漏的磷酸酯抗燃油通过导流沟收集。
- d) 如果磷酸酯抗燃油渗入保温层并着火，应使用二氧化碳及干粉灭火器灭火，不宜用水灭火；磷酸酯抗燃油燃烧会产生有刺激性的气体，除产生二氧化碳、水蒸气外，还可能产生一氧化碳、五氧化二磷等有毒气体，因此，现场应配备防毒面具，防止吸入对身体有害的烟雾。

10.4 废磷酸酯抗燃油的处理

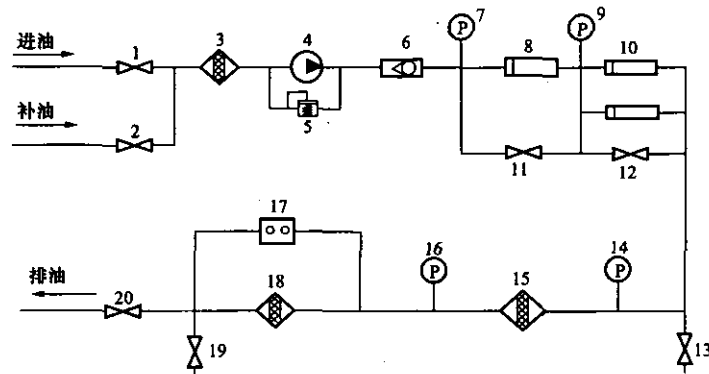
由于磷酸酯抗燃油是人工合成的化学液体，对环境有污染，不应随意排放。对报废以及撒落的磷酸酯抗燃油应妥善处理：

- a) 对于退出运行的磷酸酯抗燃油，应进行全面评价，应尽可能地再生利用。如果确实没有再生利用价值，采取制造厂回收或高温焚烧的方法处理。
- b) 对于撒落的抗燃油应尽量收集，如果难以收集，用锯末或棉纱汲取收集，采取高温焚烧的措施处理。

附录 A
(资料性附录)
旁路再生系统原理及功能

A.1 系统流程

磷酸酯抗燃油旁路再生装置一般由再生器、过滤器、脱水器、供油泵、压力报警等部分构成，系统流程如图 A.1 所示。



- 1—进油阀；2—补油阀；3—吸油滤油器；4—油泵；5—溢流阀；6—单向阀；7—系统压力表；8—脱水器；
9—再生器前压力表；10—再生器；11—脱水旁通阀；12—再生旁通阀；13—放油阀；14—粗滤器前压力表；
15—粗滤器；16—精滤器前压力表；17—压差报警器；18—精滤器；19—取样阀；20—排油阀

图 A.1 磷酸酯抗燃油旁路再生系统示意图

A.2 抗燃油旁路再生装置应具备的功能

A.2.1 再生功能

主要靠吸附剂的吸附作用将油中的酸性成分和极性杂质除去，从而达到降低酸值和提高电阻率的目的。

A.2.2 除水功能

主要靠吸水剂选择性地将油中水分吸附，从而保证油中水分合格。

A.2.3 过滤功能

系统中应设置最少两级过滤器，随时将油中的机械杂质过滤，保证油的颗粒污染度合格。

A.2.4 补油功能

可以通过旁路再生装置向油系统补入合格的抗燃油。

A.2.5 压力报警

旁路再生系统应设置压差报警装置，具有自动保护功能，当系统过滤器压力超过规定值时，自动报警停机，提醒运行或检修人员换滤芯。

附录 B
(资料性附录)

磷酸酯抗燃油及矿物油对密封材料的相容性

磷酸酯抗燃油及矿物油对密封材料的相容性见表 B.1。

表 B.1 磷酸酯抗燃油及矿物油对密封材料的相容性

材料名称	磷酸酯抗燃油	矿物油
氯丁橡胶	不适应	适应
丁腈橡胶(耐油橡胶)	不适应	适应
皮 革	不适应	适应
橡胶石棉垫	不适应	适应
硅橡胶	适应	适应
乙丙橡胶	适应	不适应
氟橡胶	适应	适应
聚四氟乙烯	适应	适应
聚乙烯	适应	适应
聚丙烯	适应	适应

附录 C
(规范性附录)
矿物油含量测定方法

C.1 适用范围

本方法适用于磷酸酯抗燃油中矿物油含量的测定。

C.2 方法概述

将一定量的试样加碱水皂化，然后用石油醚萃取其中的矿物油，蒸出溶剂，称重，计算出试样中矿物油含量。

C.3 仪器、试剂

- a) 250mL 锥形瓶；
- b) 加热回流装置；
- c) 250mL 分液漏斗；
- d) 150mL 烧杯或锥形瓶；
- e) 分析天平（精确到 0.1mg）；
- f) 瓷片或小瓷管；
- g) 20%NaOH 溶液或固体 KOH（分析纯）；
- h) 石油醚（分析纯，60℃~90℃）。

C.4 操作步骤

- a) 称取 $10\text{g} \pm 0.1\text{g}$ 试样加入 250mL 锥形瓶中，然后加入 50mL 20% NaOH 水溶液（或 40mL H_2O + 10g KOH）。
- b) 加入瓷片，防止爆沸。
- c) 装好回流装置。回流至少 1h，直到回流液清亮为止。
- d) 冷却至室温，用 50mL 蒸馏水冲洗回流冷凝管，使冲洗液流回锥形烧瓶中。
- e) 拆下回流装置。
- f) 将回流液转入 250mL 分液漏斗中。
- g) 用 50mL 石油醚冲洗锥形烧瓶，冲洗液倒入分液漏斗中与回流液混合。
- h) 将分液漏斗中的液体摇匀、静置，每隔 30s 放气一次。
- i) 将下层水溶液小心排去。
- j) 将上层石油醚溶液移入 150mL 烧杯中，静置 5min。
- k) 将干燥的 150mL 烧杯称重（精确至 0.1mg）。
- l) 将石油醚溶液倒入称重过的烧杯中，注意不让残留的水分进入该烧杯中。
- m) 在通风厨中将石油醚放在电热板或水浴上蒸发干净，进行称重。

C.5 计算

矿物油含量计算式为

$$\text{矿物油}(\%) = \text{残余物重}(\text{g}) / \text{样品重}(\text{g}) \times 100\%$$

附 录 D
(规范性附录)
NAS 1638 颗粒污染度分级标准

NAS 1638 颗粒污染度分级标准见表 D.1。

表 D.1 NAS 1638 颗粒污染度分级标准

分级	每 100mL 液体中的颗粒数				
	5 μ m~15 μ m	15 μ m~25 μ m	25 μ m~50 μ m	50 μ m~100 μ m	>100 μ m
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1000	178	32	6	1
3	2000	356	63	11	2
4	4000	712	126	22	4
5	8000	1425	253	45	8
6	16000	2850	506	90	16
7	32000	5700	1012	180	32
8	64000	11400	2025	360	64
9	128000	22800	4050	720	128
10	256000	45600	8100	1440	256
11	512000	91200	16200	2880	512
12	1024000	182400	32400	5760	1024