

# 电力油品添加剂对设备寿命影响的研究

赵丽文

北京唐浩电力工程技术研究有限公司 内蒙古 赤峰 024000

**摘要:** 随着电力行业的快速发展, 电力设备的安全运行和寿命延长成为行业关注的焦点。电力油品添加剂作为提高油品性能的重要手段, 对设备寿命具有显著影响。本文综述了电力油品添加剂的种类、作用机理及其对设备寿命的影响, 旨在为电力设备维护和油品选择提供参考。

**关键词:** 电力油品添加剂; 设备寿命; 抗氧化剂; 抗磨剂; 防腐防锈剂

## 引言

随着电力行业的快速发展, 电力设备的安全运行和寿命延长成为行业关注的焦点。电力油品作为设备润滑和绝缘的重要介质, 其性能对设备寿命具有决定性影响。电力油品添加剂作为改善油品性能的重要手段, 其种类和添加量的选择直接关系到设备寿命的长短。因此, 深入研究电力油品添加剂对设备寿命的影响, 对于提高电力设备的安全性和经济性具有重要意义。

### 1 电力油品的作用

电力油品在电力系统中扮演着至关重要的角色, 其主要作用包括: 一是润滑作用: 电力油品能够减少电力设备中金属部件之间的摩擦, 降低磨损, 提高设备的运行效率和使用寿命。特别是在发电机组、变压器等重型设备中, 油品的润滑作用尤为关键。二是绝缘作用: 在电力系统中, 许多设备需要保持绝缘状态以确保安全运行。电力油品, 如变压器油, 能够提供良好的绝缘性能, 防止电流泄露和短路现象的发生。三是冷却作用: 电力设备在运行过程中会产生大量的热量, 如果不及及时散热, 可能会导致设备过热而损坏。电力油品能够通过循环流动带走设备产生的热量, 起到冷却作用, 保持设备的正常运行温度。四是保护作用: 电力油品还能对设备起到保护作用。例如, 抗氧化剂能够延缓油品的氧化变质过程, 减少酸性物质和沉淀物的生成, 防止设备受到腐蚀和磨损; 防腐防锈剂则能在金属表面形成一层保护膜, 隔绝腐蚀介质与金属表面的接触, 延长设备的使用寿命。

### 2 电力油品添加剂的种类及作用机理

#### 2.1 抗氧化剂

在电力油品的长期运行过程中, 氧化是一个不可忽视的问题。油品在接触空气、高温或金属催化等条件下, 容易发生氧化反应, 导致油品性能下降, 甚至产生有害物质, 对电力设备造成损害。为了有效应对这一问

题, 抗氧化剂应运而生, 成为电力油品中不可或缺的添加剂之一。抗氧化剂的作用机理在于其能够捕捉油品中的自由基, 从而中断氧化链反应。自由基是油品氧化过程中的关键中间产物, 它们具有高度活性, 能够引发连锁反应, 导致油品分子结构的破坏和性能的下降。抗氧化剂通过自身的特殊结构, 能够与自由基发生反应, 将其转化为稳定的化合物, 从而阻止氧化链反应的继续进行<sup>[1]</sup>。在电力油品中, 常见的抗氧化剂包括受阻酚类和芳香胺类。受阻酚类抗氧化剂具有苯环上的羟基被取代基阻碍的结构特点, 这种结构使得它们能够有效地捕捉自由基, 形成稳定的自由基捕获体系。芳香胺类抗氧化剂则通过其分子中的氨基与自由基发生反应, 同样能够中断氧化链反应, 保护油品不受氧化损害。这些抗氧化剂在油品中的添加, 能够显著延缓油品的氧化变质过程。它们能够减少油品因氧化而产生的酸性物质、胶质和沥青质等有害物质, 这些物质不仅会降低油品的润滑性能, 还会对电力设备造成腐蚀和磨损。

#### 2.2 抗磨剂

在电力设备的运行过程中, 金属部件之间的摩擦是一个无法避免的问题。长期的摩擦不仅会导致设备性能的下降, 还可能引发严重的磨损, 甚至造成设备故障。为了有效应对这一问题, 抗磨剂被广泛应用于电力油品中, 成为保护金属部件、延长设备寿命的关键添加剂。抗磨剂的作用机理在于其能够在金属表面形成一层润滑膜, 这层膜能够显著降低摩擦系数, 减少摩擦过程中产生的热量, 从而减轻金属部件的磨损。在电力设备中, 常见的抗磨剂包括硫代磷酸酯和二烷基二硫代磷酸锌等。这些添加剂具有特殊的化学结构, 能够与金属表面发生化学反应, 形成一层牢固且持久的润滑膜。硫代磷酸酯类抗磨剂通过其分子中的硫原子与金属表面形成化学键合, 形成一层致密的润滑膜。这层膜不仅具有优异的润滑性能, 还能够有效隔离金属部件之间的直接接

触,减少磨损的产生。同时,硫代磷酸酯类抗磨剂还具有良好的热稳定性和抗氧化性能,能够在高温和氧化环境下保持润滑膜的稳定性和持久性。二烷基二硫代磷酸锌类抗磨剂则通过其分子中的二硫代磷酸根与金属表面发生反应,形成一层具有极压抗磨性能的润滑膜。这层膜能够在高压力和高温度的环境下保持稳定的润滑效果,有效减少金属部件之间的磨损和咬合。

### 2.3 防腐防锈剂

在电力设备的长期运行过程中,金属部件的防腐防锈问题至关重要。由于设备常常处于复杂多变的环境中,如潮湿、高温、氧化等,这些条件都极易导致金属部件的腐蚀和锈蚀。为了有效保护金属部件,延长设备使用寿命,防腐防锈剂在电力油品中扮演着举足轻重的角色。防腐防锈剂的核心作用在于其能够保护金属表面免受水、氧气等腐蚀介质的侵蚀。这类添加剂通常含有能与金属表面形成保护膜的特殊成分,其中有机磷化物和胺类是两种常见的类型。这些成分具有独特的化学性质,能够与金属表面发生化学反应,形成一层致密且牢固的保护膜。有机磷化物类防腐防锈剂通过其分子中的磷原子与金属表面形成化学键合,生成一层具有防腐性能的保护膜。这层膜不仅能够有效隔绝水分和氧气等腐蚀介质与金属表面的直接接触,还能够抑制金属表面的电化学反应过程,从而大大延长金属部件的使用寿命<sup>[2]</sup>。胺类防腐防锈剂则通过其分子中的氨基与金属表面发生吸附作用,形成一层致密的保护层。这层保护层能够阻挡腐蚀介质对金属表面的侵蚀,同时还具有一定的自修复能力,当保护膜受到轻微损伤时,能够迅速自我修复,保持防腐效果。通过添加防腐防锈剂,电力油品能够显著提高金属部件的防腐性能,减少腐蚀和锈蚀的发生。这不仅有助于保持设备的良好运行状态,还能够降低维护成本和更换频率,为电力系统的长期稳定运行提供有力保障。

## 3 电力油品添加剂对设备寿命的具体影响

### 3.1 抗氧化剂对设备寿命的影响

在电力设备的日常运行中,油品的氧化变质是一个不可忽视的问题。随着油品的老化,其性能会逐渐下降,导致设备故障率显著增加。然而,通过添加抗氧化剂,我们可以有效地延缓油品的氧化变质过程,从而显著延长设备的使用寿命。以变压器油为例,抗氧化剂的加入对油品的性能改善尤为明显。变压器是电力系统中至关重要的设备,其油品的品质直接关系到变压器的运行稳定性和寿命。在变压器油中添加抗氧化剂后,油品的酸值、介质损耗因数等关键指标会得到显著改善。酸

值是衡量油品氧化程度的重要指标,酸值过高会导致油品对金属部件的腐蚀加剧,而抗氧化剂的加入能够有效降低酸值的增长速率,保护金属部件免受腐蚀。同时,介质损耗因数的降低也意味着油品的电气性能更加稳定,减少了因油品老化而引发的电气故障。此外,抗氧化剂还能保持油品的粘度和润滑性。在电力设备中,许多部件都需要油品的润滑作用来减少摩擦和磨损<sup>[3]</sup>。随着油品的老化,其粘度和润滑性会逐渐降低,导致部件之间的摩擦增加,加速磨损。而抗氧化剂的加入能够稳定油品的粘度,保持其良好的润滑性能,确保设备在高温高压等恶劣环境下也能稳定运行。

### 3.2 抗磨剂对设备寿命的影响

在电力设备的运行过程中,金属部件之间的摩擦和磨损是不可避免的问题,它们不仅会降低设备的运行效率,还会缩短设备的使用寿命。然而,通过添加抗磨剂,我们可以有效地减少这种摩擦和磨损,从而显著提高设备的运行效率和寿命。以发电机组为例,这类重型设备在长时间、高负荷的运行过程中,其轴承、齿轮等关键部件极易因摩擦和磨损而受损。当在发电机组用油中添加抗磨剂后,这些部件的磨损程度会明显降低。抗磨剂能够在金属表面形成一层润滑膜,有效隔离了金属部件之间的直接接触,减少了摩擦系数的同时,也大大降低了磨损的产生。这样一来,设备的维修和更换频率得以显著降低,不仅节省了维修成本,还减少了因设备停机而带来的生产损失。此外,抗磨剂还能有效减少因磨损产生的金属碎屑和杂质对油品的污染。在设备运行过程中,金属部件的磨损会不可避免地产生一些微小的金属碎屑和杂质,这些物质一旦混入油品中,就会对油品的性能产生负面影响,甚至加速油品的劣化。而抗磨剂的加入能够显著减少这些金属碎屑和杂质的产生,保持油品的清洁度,从而延长油品的使用寿命,进一步提高设备的运行稳定性。

### 3.3 防腐防锈剂对设备寿命的影响

在电力设备的长期运行过程中,金属部件的腐蚀是一个不容忽视的问题,特别是在沿海地区等腐蚀性较强的环境中,这一问题尤为突出。腐蚀不仅会导致设备性能的下降,还可能引发严重的安全事故。然而,通过添加防腐防锈剂,我们可以有效地保护金属表面免受腐蚀介质的侵蚀,从而显著延长设备的使用寿命。以风电设备为例,这类设备通常安装在海边、山顶等风资源丰富,但这些地方往往也是腐蚀环境较为恶劣的地方。风电设备的塔架、叶片等关键部件,长期暴露在盐雾、潮湿等腐蚀介质中,极易发生腐蚀。一旦这些部件

受到腐蚀,不仅会影响设备的正常运行,还可能导致设备损坏,甚至引发安全事故。然而,当在风电设备用油中添加防腐防锈剂后,这些部件的腐蚀程度会明显降低。防腐防锈剂能够迅速与金属表面发生化学反应,形成一层致密且牢固的保护膜。这层保护膜能够有效地隔绝腐蚀介质与金属表面的直接接触,从而抑制了腐蚀的发生<sup>[4]</sup>。同时,这层保护膜还具有一定的自修复能力,当保护膜受到轻微损伤时,能够迅速自我修复,保持防腐效果。因此,在腐蚀性较强的环境中,添加防腐防锈剂的电力设备能够显著减少因腐蚀而产生的故障和损坏。这不仅延长了设备的使用寿命,还降低了设备的维修成本和更换频率。同时,也提高了设备的安全性和可靠性,为电力系统的稳定运行提供了有力保障。

#### 4 案例分析

##### 4.1 背景介绍

大唐华东电力试验研究院面对我国能源结构战略转型的大形势,积极把握构建新型电力系统的重要契机,科学配置资源,打造油气领域检测服务平台。该院油气检测中心通过创新联合体攻关、开发新检测方法、研制检测装置等多种途径,推动检测业务提质增效,不断提升行业引领能力。

##### 4.2 案例详情

在大唐华东电力试验研究院的油气检测实践中,他们发现电力用油在长时间运行过程中,容易受到氧化、磨损和腐蚀等因素的影响,导致设备性能下降、寿命缩短。为了解决这一问题,研究院与多家添加剂生产商合作,针对不同类型的电力设备,开发了专属的油品添加剂配方。例如,在变压器油中添加高效的抗氧化剂,如受阻酚类和芳香胺类化合物,以延缓油品的氧化变质过程。这些抗氧化剂能够捕捉油品中的自由基,中断氧化链反应,从而显著降低油品的酸值和介质损耗因数,延长变压器的使用寿命。同时,针对发电机组等重型设备,研究院还开发了含有抗磨剂和防腐防锈剂的油品添

加剂配方。这些添加剂能够在金属表面形成一层润滑膜和保护膜,减少摩擦磨损和腐蚀侵蚀,提高设备的运行效率和寿命。

##### 4.3 实施效果

通过在大唐华东电力试验研究院管辖的电厂中广泛应用这些含有专属添加剂的油品,设备故障率明显降低,维护成本显著下降。具体而言,变压器油的酸值和介质损耗因数等指标得到明显改善,轴承、齿轮等部件的磨损程度显著降低,塔架、叶片等部件的腐蚀程度也得到有效控制。这些变化直接导致了设备运行效率的提高和寿命的延长,为电厂的安全稳定运行提供了有力保障。

##### 结语

电力油品添加剂通过改善油品的性能,对设备寿命具有显著影响。抗氧化剂、抗磨剂和防腐防锈剂等添加剂的合理使用,能够延长设备寿命、提高运行效率、降低维护成本。未来,随着电力行业的不断发展和技术进步,电力油品添加剂的种类和性能也将不断得到改进和提升。因此,在电力设备维护和油品选择过程中,应充分考虑添加剂的作用和效果,以实现设备的长期稳定运行。同时,还需要加强对电力油品添加剂的研究和开发工作,以满足电力行业对高性能油品的需求。

##### 参考文献

- [1]赵莉华,环保、耐高温电力变压器油的应用可靠性及其老化机理研究.四川省,四川大学,2023-06-08.
- [2]范鹏.电力用油添加剂的作用与补加方法[J].化工管理,2017,(23):114.
- [3]胡学超,薛守洪,韦宏,等.电力用油中胶体变化与影响研究[J].设备管理与维修,2024,(20):34-36.
- [4]乔雨阳.电力变压器油色谱测定及分析[C]//中国电力技术市场协会.2023年电力行业技术监督工作交流会暨专业技术论坛论文集(下册).国华(赤城)风电有限公司,2023:4.