

基于润滑油分析的船用齿轮箱故障诊断技术探索

孙雁梁 金淑芸 陶守勤 裘逸明 汪淑君

杭州前进齿轮箱集团股份有限公司 浙江 杭州 311203

摘要: 润滑油分析技术为船用齿轮箱的故障诊断和预防性维护提供了一种高效、非侵入性的方法。本文深入探讨了润滑油分析在船用齿轮箱故障诊断中的应用,详细阐述了其原理、方法、优势及面临的挑战,旨在为相关领域的研究和实践提供有益的参考。

关键词: 润滑油分析; 船用齿轮箱; 故障诊断; 状态监测; 预防性维护

引言

船用齿轮箱是船舶动力系统中至关重要的部件,其性能状态直接关系到船舶的安全和运营效率。为了确保齿轮箱的正常运行,及时发现并处理潜在的故障是至关重要的。润滑油分析技术作为一种有效的状态监测和故障诊断手段,近年来在船舶行业中得到了广泛的应用。本文将对基于润滑油分析的船用齿轮箱故障诊断技术进行详细探讨,以期船舶的安全运行和维护提供技术支持。

1 润滑油分析技术的基本原理与方法

1.1 基本原理

润滑油分析主要基于对润滑油中各种成分的检测和分析。这些成分包括磨损金属元素、添加剂、污染物以及油液的物理和化学性质等。通过对这些指标的综合分析,可以判断齿轮箱的工作状态和潜在的故障风险。

1.2 方法

1.2.1 光谱分析

光谱分析是一种利用原子光谱或质谱技术来检测润滑油中金属元素含量的方法。这种分析技术的原理是基于不同元素原子在能级跃迁时会吸收或发射特定波长的光线,从而形成独特的光谱线。通过检测这些光谱线的强度和波长,我们可以精确地确定润滑油中各种金属元素的含量。在船用齿轮箱故障诊断中,光谱分析发挥着至关重要的作用。齿轮、轴承等部件在磨损过程中会产生金属微粒,这些微粒会混入润滑油中。通过光谱分析,我们可以检测到这些微粒中的金属元素,如铁、铜、铝等,从而判断哪些部件可能出现了磨损^[1]。例如,如果检测到铁元素的含量异常增高,这可能意味着齿轮或轴承出现了严重的磨损。这种精准的诊断方法有助于我们及时发现并解决潜在的故障,确保船舶的安全运行。

1.2.2 粘度测定

粘度测定是通过精确测量润滑油的流动阻力来评估其流动性的重要方法。润滑油的粘度直接关系到其润滑

效果,因此,对润滑油粘度的准确测定至关重要。在船用齿轮箱的运行过程中,粘度是一个关键指标,它不仅反映了润滑油的品质,还能间接反映齿轮箱的工作状态。通过粘度测定,我们可以了解润滑油在不同温度下的流动性,进而判断齿轮箱的润滑状态是否良好。如果润滑油粘度过高,可能会导致润滑不良,增加部件的磨损;粘度过低,则可能无法形成足够的油膜,同样会影响润滑效果。此外,粘度的变化还可以间接反映齿轮箱的工作温度,因为温度对润滑油的粘度有很大影响。因此,粘度测定是确保齿轮箱正常运行和预防性维护中不可或缺的一环。

1.2.3 酸值测定

酸值测定是评估润滑油中酸性物质含量的重要方法,对于判断润滑油的氧化程度和腐蚀性具有关键作用。在船用齿轮箱的使用过程中,润滑油会逐渐氧化,产生酸性物质,这些物质会加速油品的劣化,甚至对金属部件造成腐蚀。通过酸值测定,我们可以精确了解润滑油中酸性物质的含量,从而评估油品的氧化程度。如果酸值过高,说明润滑油已经严重氧化,可能需要更换。同时,高酸值也意味着润滑油可能对金属部件产生腐蚀,这对齿轮箱的长期稳定运行是极大的威胁。因此,定期进行酸值测定,及时发现并处理潜在的油品问题,是确保船用齿轮箱正常运行的重要措施之一。

1.2.4 颗粒计数

颗粒计数是一种通过统计润滑油中颗粒物数量和大小分布来评估齿轮箱状态的技术。这一技术能够精确地反映齿轮箱的清洁度和内部部件的磨损情况。在船用齿轮箱运行过程中,部件的磨损、润滑油的污染等都会产生颗粒物。这些颗粒物的大小、数量和形态都蕴含着重要的设备状态信息。例如,大量的小颗粒可能意味着齿轮箱内部存在普遍的微磨损,而大颗粒的出现则可能指示着某个部件的严重磨损或即将失效。通过颗粒计数,

我们可以及时发现齿轮箱内部的污染和磨损情况,从而采取相应的维护措施。这不仅能够预防设备故障,还能延长齿轮箱的使用寿命。因此,颗粒计数是船用齿轮箱状态监测和故障诊断中不可或缺的一环。

2 润滑油分析在船用齿轮箱故障诊断中的深入应用

2.1 磨损趋势分析

润滑油分析在船用齿轮箱故障诊断中扮演着至关重要的角色,特别是在磨损趋势分析方面。通过定期监测润滑油中的金属元素含量,我们能够洞察到齿轮箱内部部件的磨损情况,这对于预防设备故障、延长使用寿命具有重要意义。在进行磨损趋势分析时,我们关注的是润滑油中金属元素含量的变化。这些金属元素主要来源于齿轮箱内部部件的磨损。当齿轮、轴承或其他运动部件因摩擦而磨损时,它们会释放出微小的金属颗粒到润滑油中。通过定期采样和分析这些金属颗粒的含量,我们可以追踪到磨损的趋势。例如,如果铁元素的含量持续上升,这可能意味着某个部件如齿轮或轴承的磨损正在加剧。同样,铜或铝元素的增加也可能指示出特定部件的磨损情况。这种趋势分析不仅能帮助我们及时发现潜在的故障点,还能预测部件的使用寿命,从而制定出更为合理的维护计划^[2]。此外,磨损趋势分析还可以结合其他监测手段,如振动分析、温度监测等,以提供更全面的故障诊断信息。这种综合分析方法能够更准确地识别出故障模式和原因,为维修人员提供有力的决策支持。

2.2 添加剂耗竭预警

润滑油中的添加剂是其发挥优良性能的关键组成部分,它们对于保护齿轮箱部件和延长使用寿命具有举足轻重的作用。添加剂的种类繁多,包括抗氧化剂、抗磨剂、防锈剂等,每一种都承担着特定的功能,共同确保润滑油的品质和性能。在船用齿轮箱的运行过程中,润滑油中的添加剂会随着时间的推移逐渐消耗。这种消耗与齿轮箱的工作温度、负载、转速等多种因素有关。为了确保齿轮箱的正常运行,对添加剂的浓度进行定期监测显得尤为重要。通过高精度的化学分析方法,我们可以精确地测定润滑油中各种添加剂的浓度。一旦发现某种添加剂的浓度低于安全阈值,就意味着它可能无法继续提供足够的保护效果。这时,及时的补充或更换润滑油就显得至关重要。添加剂耗竭预警系统的建立,可以基于定期的润滑油分析结果。当监测到添加剂浓度接近或低于预设的警戒线时,系统会自动发出预警,提醒维护人员采取相应的措施。这种预警机制能够确保齿轮箱在关键时刻得到及时的保护,避免因润滑油性能下降而导致的设备故障。此外,通过对添加剂耗竭趋势的分

析,我们还可以优化润滑油的更换周期,既不过于频繁地更换造成浪费,也能确保在润滑油性能下降到危险水平之前进行更换。这种精细化管理不仅能延长齿轮箱的使用寿命,还能降低维护成本,提高运营效率。

2.3 污染物侵入监测

污染物侵入是船用齿轮箱运行中一个不可忽视的问题。水、燃料或其他外部污染物的意外侵入,都可能对齿轮箱的性能和使用寿命产生严重影响。这些污染物不仅可能破坏润滑油的化学平衡,导致润滑油性能下降,还可能对齿轮箱内部的金属部件造成腐蚀和磨损,进而增加设备故障的风险。润滑油分析在及时发现这些污染物并采取相应的清理措施方面发挥着关键作用。首先,通过润滑油分析,我们可以准确地检测出润滑油中是否存在水分、燃料或其他外部污染物。例如,使用卡尔·费休法可以精确测定润滑油中的水分含量,而色谱分析则能检测出燃料或其他有机污染物的存在。一旦发现污染物侵入,我们可以迅速采取措施进行清理。对于水分的侵入,可以通过加热、真空脱水或者更换新的润滑油来去除。如果检测到燃料污染,可能需要彻底冲洗齿轮箱并更换新的润滑油,以防止燃料对润滑系统和金属部件的进一步损害。此外,定期的润滑油分析还可以帮助我们建立污染物侵入的预警系统。当检测到污染物含量超过预设的安全阈值时,预警系统会自动触发,提醒维护人员及时采取应对措施。这种预警机制可以大大降低因污染物侵入而导致的设备故障风险^[3]。

2.4 油品老化评估

油品老化是润滑油在使用过程中不可避免的一个过程,它主要是由于润滑油在长时间的高温、高压和氧化环境下,其化学和物理性质发生变化所导致的。这种老化不仅会影响润滑油的性能,还可能对齿轮箱等设备的正常运行造成潜在威胁。因此,对润滑油的老化程度进行科学评估,是确保设备长期稳定运行的关键。在评估润滑油老化程度时,我们通常会关注几个关键指标,如粘度和酸值。粘度是衡量润滑油流动性的重要参数,随着油品的老化,其粘度往往会发生变化。通过定期检测润滑油的粘度,我们可以了解油品的流动性是否仍然符合要求,从而判断其老化程度。另一个重要指标是酸值,它反映了润滑油中酸性物质的含量。随着油品的老化,氧化和酸化反应会产生更多的酸性物质,导致酸值上升。高酸值不仅会加速润滑油的老化,还可能对金属部件造成腐蚀。因此,通过监测酸值的变化,我们可以更准确地评估润滑油的老化程度。除了粘度和酸值,我们还会综合考虑其他指标,如闪点、倾点等,以全面评

估润滑油的状态。这些指标的综合分析,可以为我们提供关于润滑油老化程度的全面视角。基于这些分析,我们可以为换油周期提供科学依据。当润滑油的老化程度达到一定程度时,其性能将无法再满足设备的要求,此时就需要及时更换新的润滑油。通过科学的油品老化评估,我们可以避免过早或过晚更换润滑油,从而实现设备的最优化运行和成本效益的最大化。

3 润滑油分析技术的优势与挑战

3.1 优势

润滑油分析在船用齿轮箱故障诊断中的应用展现了显著的优势,这些优势主要体现在非侵入性、实时性和预防性三个方面。首先,谈到非侵入性,这一技术允许我们在不拆解齿轮箱的情况下进行故障诊断。这是一个极其重要的优点,因为拆解齿轮箱不仅费时费力,还可能引入新的故障点。通过润滑油分析,我们可以从齿轮箱外部获取润滑油样本,进而分析其成分和性质,从而判断齿轮箱内部的工作状况。这种无损检测方式大大简化了诊断流程,减少了维护成本和时间。其次,实时性也是润滑油分析的一大优势。通过连续或定期的润滑油采样和分析,我们能够实时监测齿轮箱的工作状态。这意味着一旦出现故障迹象,如金属元素含量异常升高或添加剂浓度下降,我们可以迅速作出反应。这种实时监测能力对于确保船舶的安全运行至关重要,因为它允许我们在第一时间发现并处理潜在问题。最后,预防性维护是润滑油分析的另一个显著优点。通过早期发现故障迹象,如磨损颗粒的增加或油品的化学性质变化,我们可以及时采取措施来防止故障恶化。这种预防性策略不仅有助于避免设备严重损坏,还能显著减少停机时间,从而提高船舶的运营效率^[4]。通过润滑油分析,我们可以更好地规划维护计划,确保齿轮箱在最佳状态下运行,从而延长其使用寿命并降低总体维护成本。

3.2 挑战

润滑油分析在船用齿轮箱故障诊断中虽然具有诸多优势,但同时也面临着一些挑战。(1) 采样代表性是一个关键问题。由于齿轮箱内部油液的分布可能不均匀,如何确保采集到的润滑油样品能够真实反映齿轮箱的整体状况,需要细致的采样策略和操作技巧。(2) 分析准确性也至关重要。高精度的分析设备和训练有素的专业操作人员是确保分析结果准确可靠的关键因素。设备的精度和操作人员的专业水平直接影响到诊断的准确性。(3) 数据解读也是一个挑战。润滑油分析产生的数据复杂且多样,如何准确解读这些数据,并将其转化为实际的维护决策,需要丰富的经验和深厚的专业知识。这一过程对于确保齿轮箱的正常运行和预防性维护至关重要。

结语

基于润滑油分析的船用齿轮箱故障诊断技术为船舶的安全运行和维护提供了有力的技术支持。通过深入分析润滑油中的各种成分和指标,我们可以及时了解齿轮箱的工作状态和潜在的故障风险。未来,随着分析技术的不断进步和智能化诊断系统的发展,润滑油分析将在船用齿轮箱的状态监测和故障诊断中发挥更大的作用。为了进一步提高其准确性和可靠性,我们需要关注采样方法、分析设备的精度和稳定性等方面的持续改进和创新。同时,加强操作人员的培训和专业素养提升也是确保润滑油分析技术有效应用的关键因素。

参考文献

- [1] 王朝阁,刘桐,丁元庆,等.船用齿轮箱润滑油金属含量光谱分析[J].中国修船,2023,36(06):41-44.
- [2] 赵新泽,张勤,汪杰,等.基于油液分析的船舶艉轴异常磨损故障诊断[J].润滑与密封,2023,48(08):91-96.
- [3] 付秋波,陆继东,余亮英,等.基于润滑油的船舶柴油机状态监测与故障诊断[J].中国修船,2023(5):34-37.
- [4] 黎秋萍,贺石中,覃楚东,等.风电齿轮箱润滑油状态监测与故障诊断[J].润滑油,2023,38(3):35-40.