

结构与可靠性

在线式滑油品质分析传感测量技术 在高速柴油机上应用

顾俊杰¹, 张永洋²

(1. 河南柴油机重工有限责任公司, 河南洛阳 471039;
2. 海军驻洛阳四〇七厂军事代表室, 河南洛阳 471039)

摘要: 分析了高速柴油机运行过程中滑油的变质过程以及其参数的变化以及高速柴油机滑油监测的现状和存在的问题; 介绍了在线式滑油品质分析传感测量新技术, 并就具体产品的特点和应用进行了分析, 指出该技术具有广阔的应用前景。

关键词: 柴油机; 滑油品质; 在线式传感技术

中图分类号: TK428.9; TP212 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-4357(2010)06-0027-03

On-line Sensing Technology for Lube Oil Quality Analyzing Used on High-speed Diesel Engine

Gu Junjie¹, Zhang Yongxiang²

(1. Henan Diesel Engine Industry Co., Ltd., HenanLuoyang 471039;
2. Naval Deputy Office of 407 Factory, HenanLuoyang 471039)

Abstract: Deterioration of lube oil during the operation of high speed diesel engine and its change of parameters are analyzed. Motoring of high speed diesel engine's lube oil is studied both on its status and existing problems. On-line sensing technology for lube oil quality analyzing is introduced, and the features and application of the product using this technology is discussed. It is pointed out that this technology has broad prospect in application.

Keywords: diesel engine; lube oil quality; on-line sensing technology

1 前言

高速柴油机具有油耗低, 排放小, 扭矩大, 热效率高等显著优点, 其应用范围越来越广, 同时高速柴油机的可靠性要求高, 一般平均故障间隔时间要求为两千小时以上, 平均大修期可达一万小时以上。但由于其工作压力大, 工作过程相对粗暴, 不但要求各有关零件具有较高的结构强度和刚度, 而且在柴油机运行中各运动部件需要得到充分的润滑, 否则, 易造成轴承、气缸套内部及其他需要润滑的部件的磨损加剧。高速柴油机滑油的主要作用

是在高速柴油机运行过程中, 在摩擦副间建立油膜, 润滑运动部件, 同时使摩擦运动副得到冷却、清净和密封, 对摩擦副起到防蚀作用。良好的润滑能有效降低运动副的摩擦, 减缓机械磨损并可防止因运动摩擦产生的金属烧结, 从而延长柴油机的机械使用寿命。但是, 由于滑油在高速柴油机工作过程中一直处于循环使用的复杂环境, 其间剧烈的速度、温度变化和高压必定会加速滑油的变质, 加剧摩擦副零部件的摩擦和磨损, 加大柴油机的功率消耗。恶劣的工作条件更会加速柴油机橡胶密封件的老化及失效, 进而出现诸如滑油与水相串等, 影响

收稿日期: 2010-04-01; 修回日期: 2010-08-12

作者简介: 顾俊杰(1968-), 男, 工程师, 主要研究方向为高速大功率柴油机研发和应用, E-mail: gujunjie68@163.com。

到滑油的品质,造成滑油润滑能力下降,致使运动件产生异常机械磨损和擦伤,导致柴油机无法正常运转,最终影响柴油机的正常使用和有效寿命。因此对高速柴油机工作中的滑油变质过程进行监视和测量是十分必要。

2 高速柴油机滑油监测的现状及存在的问题

目前,对高速柴油机滑油的监测主要依靠传统的温度和压力传感器,其只能反映出高速柴油机在运行过程中滑油的环境温度及主油道的工作压力,而不能直接反映出滑油在使用过程中随时间推移而发生的变质状况。对于变质的滑油,传统的测定方法多为离线式测量,其主要是通过提取现场油样,在实验室进行各项理化指标化验对比和综合分析,来判定油液的质量和剩余使用寿命或查找失效原因。这种方式的测量结果滞后,实效性太差,不能满足现场实时测量的需求。等待测量结果的时间可能就是事故发生之时,如能在现场就关键指标进行准确测定,发生事故的几率就可降低。作为柴油机制造厂家也往往会根据滑油使用的经验,对正常使用中的柴油机规定一个基于柴油机累计运行时间的更换滑油周期,以确保其柴油机的有效使用寿命。然而其所推荐的更换滑油周期是个笼统的时间概念,难以细化,可操作性较差;特别是对于因柴油机本身因素而造成的突发故障,致使滑油在使用寿命期限内(更换滑油周期)急剧变质的情况(如油水相串、异常机械磨损等)则难以掌控,一般是凭借经验和其他手段来间接推断滑油的质量状况。

3 滑油的变质过程及参数变化

高速柴油机滑油的变质过程是随柴油机的使用相伴而生的,通常来讲,造成滑油品质下降的原因是由于油液受到污染而引起的,这些污染物包括金属磨损颗粒、氧化物、油泥、结炭、水分、沉淀物、燃油以及氢、氯、热、电、空气等,污染会造成滑油理化性能发生变化。对受污染滑油的分析往往需要通过测定其中许多参数来进行(滑油参数变化情况见图 1),滑油这一变质过程的监测是传统的传感器测量手段力所不及的。

在滑油众多理化指标中,黏度是油品最重要的指标,它能衡量滑油的润滑能力。滑油的降解和错用等都能通过黏度的测定来判断。黏度越大,油膜厚度也越大,润滑性能就越好。但黏度过大,不仅增加摩擦阻力,而且浪费能源。反之,过低的黏度

因不能形成足够的油膜而导致摩擦增大,损坏机械。油的黏度是否合适,不仅要看某一温度的黏度,还要看黏度随温度变化的性质,即油的黏温特性。高速柴油机在工作过程中,运动件的摩擦功耗转化成的热量绝大部分由滑油带走,因而使滑油温度升高,滑油的黏度大幅下降。例如:当滑油流经被润滑的运动副表面时,局部的高温、高压会使滑油氧化,同样,各种杂质的掺入也会降低滑油的流动性,最终导致黏度升高。因此,实时监测滑油的黏度变化能反映出滑油的质量状态和剩余使用寿命。

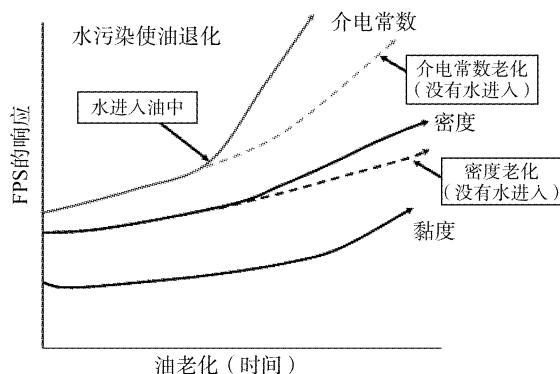


图 1 滑油参数变化情况

滑油受污染后其介电常数也会产生变化,那么根据介电常数的变化可以综合评定润滑油的质量和总体污染程度。例如:当滑油中含有一定量的水分时,会加速润滑油的酸化变质,并使机械部件产生锈蚀,最终影响柴油机的正常工作。那么通过测定润滑油中的含水量,利用油和水介电常数的差异可以判断润滑油变质程度。

滑油中的铁氧体磨损颗粒量,能有效反映机械部件运动表面的磨损状况和疲劳程度,并会导致油液相应理化指标的变化,特别是小磨损颗粒的产生往往是柴油机故障的关键征兆,那么准确测量小颗粒物的产生就能提供柴油机故障的预警指示。因此也常被用来作为检测油品质量的参数。

4 滑油变质过程在线式传感测量技术

为及时正确掌握滑油在其使用寿命期限内的品质变化情况,避免因滑油的品质变化造成柴油机故障,提高柴油机使用可靠性,需要对高速柴油机运行过程中滑油品质变化过程进行有效地监测。传感器监测技术在柴油机行业的应用由来已久,通过在柴油机上安装传感器,来完成对柴油机运行状态的实时监测和控制,从而有效维护柴油机的稳定运行,预防各类故障的发生;同时也为自动化控制技

术在柴油机上的应用提供了有力的技术支撑。目前已经广泛使用的传感器多为温度、压力(压差)、流量、液位等成熟产品,主要完成对柴油机相关温度、压力等参数的监测。但是随着柴油机自动控制技术的发展,故障诊断和 ECU 技术在柴油机控制领域的广泛应用,以往传统的传感器控制模式的局限性就突显出来,有时甚至难以满足技术要求。

在此情况下,新的传感监测技术应运而生,在线式润滑油品质分析传感测量技术,通过将传感器安装在柴油机油底壳或主油道上,使传感器直接面对柴油机运行过程中的滑油,运用光学、超声波、磁场、电容、电感等测量方法,对可能造成滑油污染而致使滑油品质下降变质的一些因素和正常油液本身的一些基本参数(如介电常数、黏度、铁氧体颗粒含量、密度、含水量、酸值等)进行监测来实现对滑油状况在线、实时的分析,并将分析结果以滑油污染程度的报警限值开关量或以润滑油受污过程及趋势的 4~20 Ma 模拟量,或将实时采集到的数据以 485 及 CAN 总线方式对外输出,将测量分析结果和现有柴油机监控系统集成,就可以较好地反应出高速柴油机运行过程中滑油的质量状况,从而使测量结果直接反映油品质量的动态状况。美国 MEAS 传感器公司生产的 FPS2800B12C4 传感器就是一种可以测量柴油机滑油状态的在线式油品分析传感器,其拥有独特的音叉探头专利技术,可对停滞或流动滑油的黏度、密度、介电常数、流体温度等参数进行在线监测,主要技术指标为:黏度 0~50.0 cP,密度 0~1.5 g/ml,介电常数 1.00~6.00,流体温度 -40~150 ℃。利用其传感器集成设计技术,监测数据可以实时通过传感器的四个引脚(CAN-L、CAN-H、24V 电源、接地)接线,以 J1939 通讯协议方式对外输出,对于因金属磨损颗粒、氧化物、油泥、结炭、水分、沉淀物、燃油以及氢、氯、热、电等因素造成污染的滑油状态,可根据上述监测数据对滑油的状态进行综合分析评定。目前,该项技术已经在约翰迪尔产品、卡特彼勒柴油机及依维柯为欧洲市场设计开发的新型柴油机上得到了成功的应用,并已通过美国康明斯柴油机 10 万英里磨损试验验证。芬兰维萨拉公司生产的 HMP228 型在线式滑油传感器,采用最新改进的聚酯薄膜电容测量技术,利用聚酯薄膜吸收滑油中水分子后电容发生改变的原理,监测滑油中水分的变化情况。该传感器将水活性作为监测参数,与传统的实验室滴定法相比,实时在线测量水活性更能准确地反映滑油中水分变化情况。该传感器可以同

时测量水活性和油品温度两个参数并由模拟通道输出,支持 RS232C/RS422/485 测量数据通讯传输。目前该产品已在 MAN 公司低速船用主机的润滑系统中使用。

我国在线式滑油品质分析传感测量技术研究也取得了一定的成果。先后开发出 FWS-2 型在线式滑油黏度传感器、FW-C1 型电容式滑油实时在线监测传感器、FWS-C II 型在线电容式水分检测传感器、PQM-1 型滑油机械磨损颗粒/黏度传感器,并取得多项国家专利。其中 PQM-1 型滑油机械磨损颗粒/黏度传感器,对机械磨损颗粒采用简便实用的磁塞检测方式,不仅能测量油品中小磨损颗粒(1 μm)和低浓度样本,还能同时检测滑油黏度的变化,为准确判断滑油和设备使用状况提供更多的测量信息,并可与二次仪表或控制装置连接,对铁氧体磨损颗粒变化进行实时动态在线监测。

上述传感器技术如果能够在高速柴油机上得到应用,对于高速柴油机有效利用能源,节能降耗,提升高速柴油机智能化监测水平,进一步提高柴油机综合保障能力具有重要意义。

5 在线式滑油品质分析传感测量技术的应用要求、前景及意义

在线式滑油传感技术在高速柴油机上的应用,不仅要考虑易于和现有的柴油机监控系统兼容集成,同时还要考虑其安装要求,以便于在柴油机上改装,这就需要该项技术的机械及电气接口(安装接口为标准尺寸)简便通用,方便在柴油机上安装。在线式滑油品质分析传感测量技术可以根据测量参数的不同分为单参数和多参数测量,单参数测量是对所关注的油液指标进行针对性的监测;而多参数测量是利用油液参数相关性来综合评定滑油油品质量。通过这些测量方法所得出的结果都能较好地反映出工作中滑油的质量状况。

在线式滑油品质分析传感测量技术因其测量工作环境复杂和恶劣,测量干扰因素众多,监测实施技术难度大等原因,目前在高速柴油机行业尚未有大量的应用,国内也只是在油田、水电等行业有应用的实例;国外的柴油机制造厂商也仅限于在大型柴油机上尝试该传感技术的应用,可以说这项新技术并未得以推广使用。但是,就在线式滑油品质分析传感测量技术本身而言,在柴油机行业的应用具有很多现实意义,它不但能拓展监控产品的功能,而且能改变传统的按期换油习惯,实现柴油机真正

(下转第 33 页)

依据柴油机油光谱分析，将 Fe 元素浓度界限值定为 100×10^{-6} ，机油的更换周期缩短为 65 ± 5 摩托小时，同时在每次出车前及当日一级保养时检查机油量，不够标准时应及时添加，若发现漏油或渗油应立即停车检查并排除故障。

4.3 调整加水口盖蒸汽活门开启压力，经常检查冷却水量

在平原地区，当蒸汽活门压力调到 58.8 ~ 78.4 kPa 时，冷却水的沸点可提高到 114 ~ 118 ℃，随着海拔高度升高，水的沸点也降低。为提高冷却液的沸点，减少冷却液的蒸发，可将加水口盖蒸汽活门的开启压力适当调大，使冷却水的压力始终保持在一定的范围^[4]，如表 1 所示。

表 1 加水口盖蒸汽活门压力与海拔高度的关系

海拔高度/m		0	500	1 000	1 500
开启压力 /kPa	最低值	58.8	63.7	68.6	83.3
	最高值	78.4	83.3	88.2	102.9

要经常检查冷却液量，加水时要加到散热器加水口螺纹的起点。冬季加注防冻液时应少加 5 ~ 6 L，即散热器上面两排散热管露出水面。同时，要注意夜间车辆保温或防水防冻等。

4.4 适当调大柴油机的供油提前角

为了改善柴油机在高海拔沙尘地区工作时的燃烧状况，提高其功率，降低排温，可适当调大柴油机供油提前角(海拔高度在 500 ~ 1 000 m 时，增大 2°；在 2 000 m 左右时，增大 3°；在 2 500 ~ 3 000 m 时，增大 4°^[4])，这样有利于燃烧趋于及时，降低后燃程度。同时，柴油机每工作 100 h 后应检查供油提前角，进行合理调整。

4.5 及时保养柴油机，并注意防风沙

车辆使用后，及时清除柴油机内外各机件及散

热器上的尘土，并润滑各操纵装置的活动关节。加油时，应首先清除加油口螺塞及加油口周围的沙尘，严防沙尘进入油箱。在清洗各机件时应选择避风沙处，清洗后的机件用布包好，以避免沙尘进入机件内部。

5 结 论

通过对沙漠地理气候特点分析及柴油机故障统计分类表明，空气滤清器堵塞、关键部件磨损严重及热负荷高是沙漠环境柴油机主要故障模式。鉴于空气中沙尘含量高、颗粒细小且坚硬，通过进排气过程及润滑系统引起空气滤清器堵塞和关键部件磨损，由于大气压力低、温度高、气候干燥及柴油机磨损严重等因素引起柴油机后燃严重，热负荷高，部件易烧损等原因，通过缩短空气滤清器清洗间隔期、缩短润滑油更换间隔期和机油、柴油粗、细滤清器清洗间隔期，可以降低空气滤清器堵塞故障率及缓解关键部件的磨损；而防止柴油机热负荷高的有效措施是调节合适的供油提前角度和蒸汽活门开启压力。

参考文献

[1] 车用柴油机环境影响评估研究[R]. 北京:装甲兵工程学院,2007. 10
[2] 《装甲车空气滤改进》技术总结报告[R]. 北京:装甲兵技术研究所,2006. 01
[3] 孔繁柯等. 军用车辆运用工程[M]. 北京:国防工业出版社,1991.
[4] 张雨等. 装甲车辆维护保养[M]. 北京:装甲兵工程学院,2004.
[5] 张家玺. 高原环境对车用柴油机使用性能影响分析[J]. 车用柴油机,2003(146):52 ~ 53.

(上接第 29 页)

意义的按质换油。尤其近年来伴随国际市场原油价格节节攀升，滑油及其它油品成本大幅增加，在线式滑油分析传感测量技术的应用，一方面能充分发挥滑油最大使用效能，节约能源，从而降低设备使用成本；另一方面，通过对油液质量的实时监测来

判断柴油机实际运行状态，避免故障发生，提供预先报警，从而延长设备使用寿命；并可对其他油品的在线检测提供借鉴意义。相信凭借润滑油品质分析传感技术出众的实时性能，必定会有广阔的应用前景。