

油液分析在设备状态监测中的应用

廖静卿

(广州港集团南沙港务有限公司 广州 510700)

摘要: 阐述了油液分析的基本原理及其实现方法,并以监测实例说明了油液分析技术在设备状态监测中的应用。

关键词: 油液分析; 状态监测; 故障诊断

中图分类号: TE626.3+8 **文献标识码:** B **文章编号:** 0254-0150(2005)4-207-2

目前对设备进行状态监测已成为一种行之有效的方法,被广泛应用到设备预知性维修中,而油样分析是设备状态监测的主要手段之一。设备运行状态的许多信息都反映在它所使用的润滑油中,因此通过对设备润滑油的污染、变质程度的检测,可以预知设备磨损状况的发展变化趋势,掌握零件使用的程度,及时了解机械潜在问题,在故障发生前适时修理,以降低机械维修成本和误工时间,提高设备利用率和安全性。

1 油样监测的内容

油样分析的组织管理过程包括取样、油样分析、故障诊断、用户反馈等步骤。

1.1 取样

选取的油样必须具有一般性和代表性,才能确保分析、预报故障的准确率。具体实施中应注意以下问题:

(1) 不同的设备在不同的工况条件下,进行油样监测的侧重点应有所不同。对低速、重载的工程机械与内燃机,监测金属元素浓度变化趋势相当重要;对液压油则应特别注意监测其污染度,因为液压系统和液压泵绝大多数故障是由清洁度问题引起的;而对齿轮油则要特别注意其承载能力及油品性能的问题,因而光谱与理化分析应放在首要地位。

(2) 为提高设备状态监测与故障诊断的准确率,每次提取的油样必须有代表性,应在设备处于运行状态时取样,取样要制定规范化的制度,对取样部位、取样数量、取样周期、取样瓶、标签、测试项目等均应明确规定,并由专人负责。

(3) 对设备建立档案,妥善保管,对监测结论及时提供反馈信息。

(4) 定期油样分析可与一系列的可供选择的维修计划结合起来。当某一故障被诊断出以后,就有一个与其匹配的维修计划可供采用。同样,定期油样分析还可用来检测用户所采用的保养计划的有效性。

1.2 油样分析

油样分析的主要内容包括以下两方面:

(1) 润滑油性能的测试:包括润滑油的质量指标、油品污染度、基础油与添加剂组分性能的变化趋势等,主要针对油品本身的质量,指导设备正确选油,视情换油,查询故障隐患与油样之间的关系,即监测设备的润滑状态。

(2) 润滑油中污染物质及磨损颗粒的定性定量分析:包括污染物质的种类、数量及磨损颗粒的数量、尺寸、颜色、成分、形状及其在油中的分布等。主要是针对设备当前的磨损状态,确认存在的故障隐患及其来源、部位、原因、程度及相应的解决措施,即监测设备的磨损状态。

对润滑油监测所采用的具体手段有理化分析、污染度测试、发射光谱分析、红外光谱分析、铁谱分析等。

1.2.1 理化分析

油品的基本质量指标有粘度、闪点、酸或碱值、水份等,不同类别的油还应加测一些反映其主要特性的指标,如倾点、防锈性、磨损值等,这些指标均应定期、定点抽检化验,而对设备选用的新油,均应按石油产品规定的标准测试,建立数据齐全的设备用油档案。

需要注意的是,所选测的理化指标应能反映设备用油特点和工况条件。如内燃机油主要用于润滑内燃机的汽缸、活塞、曲轴、连杆系统,其特点是薄膜状态存在的条件下,与高温含氧燃气接触。因燃油中一般都含有S元素,高温下燃烧便产生 SO_2 、 SO_3 ,若与空气中的水接触便产生 H_2SO_3 、 H_2SO_4 等有害物质,久之将造成设备的严重腐蚀。因此这类油样的重要理化指标之一是总碱值,此外还必须监测粘度、水分、闪点、不溶物或清净分散性等指标。而齿轮是机械上的动力传递部件,其特点是啮合位置不断改变,啮合面上不但有滚动,而且有滑动,摩擦机理复杂,机械及操作方面的诸多因素对润滑状态都有很大影响,因此齿轮油的基本要求是具有良好的粘温性和较高的承载能力、高附着性与高极压性,对齿轮油监测的主要理化指标是粘度、粘度指数、酸值、 p_b 值、 p_h 值等。

1.2.2 污染度测试

收稿日期: 2005-01-17

油品在使用过程中不可避免地受到污染的影响,污染来自油品内部及外部两方面。内部原因如油本身劣化产生的积碳、氧化物、高聚物等,外部原因如泄漏引起的燃油、水分、空气中灰尘、砂石等杂质的混入及运动摩擦副产生的磨损颗粒等。在这些污染因素中,以固体颗粒产生的影响最大,约占污染失效的90%以上。

油品污染给设备造成的损失是十分严重的,污染物和摩擦副表面的相互作用产生各种形式磨损,导致摩擦副表面损坏和性能下降,特别是液压油,是所有设备用油中对清洁度要求最高的一种。

污染度测试方法很多,大多情况下采用的是根据各项测试结果的综合分析,特别是结合光谱定量分析结果和铁谱显微镜直接观测的结果,划定污染度界限等级,根据每次测试值作出污染度变化趋势图。而对新油或精度要求较高的密闭液压系统用油通常仍采用颗粒计数法。

1.2.3 发射光谱分析

发射光谱分析用于分析油中所含金属的种类和数量。油中的金属来自三方面:油品添加剂自身带来的元素如Ca、Ba、P等,这类金属来源于油中极压或清净分散剂及抗磨剂等;外界污染物携入的,如V、Na、Si等;摩擦副表面产生的磨损颗粒混入油中使油中Fe、Al、Pb、Cr、Cu等元素明显增加。新油的金属含量是一定的,当污染或磨损出现时,就会使油中某些金属元素含量明显上升,因此经常监测油中金属元素含量是设备状态监测的必需而重要的手段之一。

由于发射光谱主要是测定油中的小尺寸颗粒,对大尺寸颗粒的测试误差较大,因此它适用于监测设备的正常磨损及磨损趋势的变化,以及初期较轻微的异常磨损。

1.2.4 红外光谱分析

红外光谱监测项目包括氧化值、酸碱值、总碱值、水分、积碳、燃油稀释等十余项。润滑油的性能主要取决于构成它的各组份的性能,油品的衰变、失效、更换等更是取决于各组份的变化程度,而这种变化主要属于化学变化,是物质分子结构发生变化引起的,仅通过一般的理化分析和发射光谱分析是无法准确判断的,因此,利用红外光谱是最直接、最有效也是最迅速的一种方法。

一般对管理失误造成油品牌号混淆不清、对新油质量有怀疑、新油入库检测和换油周期已到判断油品是否可继续使用等情况下,采用红外光谱分析结果准确、快速、有效,往往会起到事半功倍的效果。

1.2.5 铁谱分析

利用铁谱分析可直接分析油中金属颗粒的尺寸、形态、颜色、数量及分布状况等。实际应用中经常将发射光谱和铁谱两种方法结合在一起使用。这样既可定性又可定量分析油中金属元素含量;既可分析小颗粒又可分析大颗粒;既可监测以小尺寸颗粒为主的正常磨损状态,又可监测以大尺寸颗粒为主要特征的异常磨损状态。

2 油样分析的实例

我公司对7台斗轮堆取料机的主要部件斗轮减速箱进行润滑油监测,定期抽取油样委托广州机械科学研究院设备润滑与磨损状态监测中心进行监测,及时了解设备主要部件的技术状况。由于斗轮堆取料机工作环境差、工作负荷大,所以采用的分析手段有理化指标(氧化度、污染度、腐蚀度)、发射光谱分析、铁谱分析。表1~4是7号斗轮机在2004年8月取得的监测结果。

表1 润滑油指标

测试项目	氧化度(级)	污染度(级)	腐蚀度(级)
测定值	3.0	3.0	2.0

表2 元素浓度(发射光谱分析结果) 10^{-6} (质量分数)

磨损金属元素		污染元素		添加剂元素	
元素	测定值	元素	测定值	元素	测定值
Fe	109.8	Si	17.1	P	320.1
Al	0.0	V	0.0	Zn	38.1
Cu	34.8	Na	0.1	Ca	0.0
Pb	0.0	B	0.0	Mg	0.3
Cr	0.0			Ba	3.0
Mo	0.0				
Mn	0.0				
Sn	0.0				
Ag	0.0				
Ni	0.0				

表3 铁谱定量分析结果

测定项目	大磨粒读数 D_L	小磨粒读数 D_S	总磨损水平 $D_L + D_S$
测定结果	175.1	154.6	329.7

表4 磨损和其它污染颗粒特征

磨损颗粒类型	主要成分	尺寸范围/ μm	相对数量等级
正常磨损颗粒	钢	<10	少量
粘着擦伤颗粒	钢	10~110	少量
疲劳磨损颗粒	钢	10~100	少量
切削磨损颗粒	钢	10~20	个别
腐蚀磨损颗粒			无
氧化物	钢	10~30	个别
有色金属颗粒			无
外界污染颗粒	粉尘	5~15	个别
油品变质颗粒	油泥	5~25	个别

从表1~4可以得出如下结论:(下转第211页)

表 1 是 2[#]天然气发动机在 2002 年 3~7 月份的光谱检测数据。

从表 1 中可看出, 2[#]天然气发动机在 2002 年 3 月钠 (Na) 元素开始出现异常, 说明冷却系统存在微量漏水。机组运行一个月后, 光谱分析发现, 钠元素达到 299 mg/kg, 硅元素也有所上升。2002 年 4 月到 5 月底, 2[#]机组因电气系统故障停机检修, 开机 3 天后取样送检, 发现钠元素已上升到 454 mg/kg, 硅元素和各种磨损金属元素也在快速上升, 特别是铜元素已达到警告限值。2002 年 6 月 12 日对 2[#]发动机追加取样, 经光谱检测发现, 除钠元素继续升高外, 其它元素均有不同程度降低。这说明冷却液对发动机各摩擦副的腐蚀磨损程度在环境温度下要比工作温度时大得多。2002 年 7 月 12 日, 钠元素达到 758 mg/kg, 磨损金属元素铜、铅也达到严重磨损界限值。观察由 2002 年 7 月所制成的 2[#]发动机铁谱片, 发现上面存在红色和黑色氧化铁磨粒, 说明润滑系统含有水分,

摩擦副因润滑不良而产生的高热使金属磨粒表面严重氧化而形成严重磨损的颗粒。铁谱片上还有部分受到热效应的大粒度铜磨粒, 说明水的存在降低了润滑剂的承载能力, 导致严重磨损。铜合金常常作为巴氏合金轴瓦的底金属, 以达到与轴瓦钢背的良好粘接, 产生铜合金磨粒, 就说明轴承已经失效, 停机检修发现 2[#]发动机排气管破裂漏水, 12 个气缸中有 4 个气缸和活塞环严重磨损, 轴瓦和连杆小头的青铜衬套严重磨损。

4 结论

通过近几年来对天然气发动机冷却液泄漏的监测分析, 我们制定出天然气发动机冷却液泄漏产生的钠元素报警界限值: 当钠元素含量达到 300 mg/kg 时, 为警告界限值; 当钠元素含量在 400~500 mg/kg 时, 为停机检修值。使发动机冷却液泄漏的早期监测有了科学依据, 把事后的维修变成事前的发现和预测, 从而提高了设备完好率和利用率。

(上接第 208 页)

(1) 油中有少量磨损金属颗粒污染;

(2) 油中有少量钢质异常磨损金属颗粒, 需注意系统的运行情况。

因为该设备是 2003 年 10 月份投产的, 磨合期内未换油, 油中的金属颗粒是磨合期留下的。因此综合考虑设备实际运行情况采用了换油处理。换油后运转 2 个月没发现异常情况。

3 结束语

实践证明, 润滑油监测在设备状态监测中意义重大。在油样分析中, 理化分析是基础, 光谱分析是辅

助, 铁谱分析是核心, 三者有机结合, 为现场设备管理提供了科学可靠的依据。我公司对 7 台斗轮堆取料机的斗轮减速箱的长期连续跟踪监测, 使设备得到合理保养与管理, 延长了使用寿命, 其中 5 台斗轮机从 1995 年投产至今使用将近 10 年, 其斗轮减速箱还没大修过, 换油周期也提高了 1 倍。

参考文献

- 【1】贺石中. 油液分析在设备诊断技术中的应用研究. 1998.
- 【2】张晨辉, 林智亮. 设备润滑与润滑油应用. 北京: 机械工业出版社, 1994.

(上接第 209 页) 易控制从而造成不必要的失误。最新采用的内埋唇弹簧结构, 是把主唇弹簧共硫化在 DF 密封的主唇部位。这是一项实用新型专利技术, 目前已经广泛应用于多家钢铁公司的油膜轴承密封装置上。该结构具有结构简单美观、克服了掉簧的缺点、尺寸准确密封效果好的特点。

除了主唇弹簧结构改进以外, 封油唇、封水唇的过盈量也作了适当调整。磨损是造成 DF 密封损坏和使用寿命降低的主要原因, 接触式密封是依靠压力使

密封工作面与摩擦副表面紧贴来实现的, 接触面积与强制压力必须适度。过大的接触面积与强制压力会增大摩擦磨损。根据多年的实践经验, 我们对密封唇与摩擦副表面压力进行了适当调整, 从而适应了延长使用周期的需要。

3 结论

对 DF 密封的材料和结构进行改进后, 通过装机使用, 达到了预期的目的, 密封效果及使用寿命满足了设计要求, 取得了良好的经济效果。