

文章编号:1672-058X(2012)03-0079-04

油液中光的影响及其应用*

周 亮, 张贤明**, 梁新元, 卢浩闻, 杨 旭

(重庆工商大学 废油资源化技术与装备教育部工程研究中心, 重庆 400067)

摘 要:光对油液造成物理和化学两方面的影响,光照条件下油液会发生轻度氧化,同时由于油液中微小颗粒的存在,油液中会发生光的散射现象。介绍了油液中光的化学特性以及造成油液光敏感的原因;阐述了油液中光的散射现象原因和油液中光的吸收定理;并简要介绍了油液中两类典型的在线检测光传感器。

关键词:光安定性;光散射;光传感器

中图分类号:TH744

文献标志码:A

通常情况下,造成油液污染的来源可分为内部污染源和外来污染源两部分^[1]。其中内部污染源主要指新油液引入污染物,内部机器零件相对运动磨损产生的污染物和油液的理化性质改变形成的污染物。外来污染源主要指固体杂质、空气、水分以及其他种类的油液。一般情况下,光照下的油液会发生轻度氧化,光对油液的影响往往会被其他类污染所覆盖,因此仅作为油液的一种非主要影响因素,但是在对于光安定性差的加氢精制基础油来说,光会使油液老化,变浑浊并最终生成沉淀。研究油液的光安定性,研制新型的合适的光稳定剂对提高油品质量有着重要的意义。

同时在监测油液污染度的众多方法中,光散射法具有非接触、粒径范围大、实时监测等优势。利用光散射原理设计的光学型传感器将具备强的温度、电磁抗干扰性以及更短的反应时间。这些独有的优势将加速油液中光学特性的相关研究。

1 光在油液中的化学影响—光安定性

石油产品抵抗光照作用而保持其性质不发生永久性变化的性能指标指的就是光安定性。将试样在规定的日照(如紫外光)条件下照射后,以其颜色号,沉淀物量的大小或酸值变化来表示该石油产品的光安定性。作为劣质产品优质化,重质油品轻质化的重要加工手段,加氢技术一直备受关注。有研究表明,相对于溶液精制基础油来说,加氢处理基础油对光有着更强的光敏感性。加氢处理基础油在有氧和光照的条件下,油品会发生变质,即油液颜色变深,产生雾状絮凝物,最终生成沉淀,这一过程通常被认为是轻度氧化过程。

加氢处理基础油的光安定性差的原因,目前为止还没有定论。主要有 4 种看法^[2-4]:

(1) 氮化物是加氢处理基础油光敏感性的主要原因。早在 1967 年, Kartzmark 等在研究环烷基原油的

收稿日期:2011-10-12;修回日期:2011-11-24.

* 基金项目:重庆市科技攻关重点项目(CSTC,2009,AB3234);重庆市教委科技资助项目(KJTD201019,KJZH11211).

作者简介:周亮(1988-),男,湖北武汉人,硕士研究生,从事环保关键技术与设备研究.

** 通讯作者:张贤明(1955-),男,重庆市人,二级教授,硕士和博士后导师,从事废油资源化技术与装备研究,E-mail:zxm215@126.com.

组成、颜色和颜色安定性之间的关系时,发现油中氯化物的含量虽少,但在起始颜色中的构成却占大部分,因此认为氯化物是光敏感的主要因素。

(2) 非碱性氯化物是主要的原因。加氢裂化润滑油光照后的沉淀中含有一定量的氮,进一步的分离可以得到含硫化合物,碱性氯化物和非碱性氯化物。而由于前两者对紫外光不敏感,后者则非常不稳定,在分离时只能得到含氧化合物(一种可能是高沸点、高度极性的而且是加氢反应性差的化合物),因此认为加氢润滑油的变色可能是由于这类复杂的化合物引起的。

(3) 重芳烃是主要的原因。由于加氢处理润滑油光照后产生的沉淀主要是不溶于己烷的沥青质,且其碳氢比与油品色谱分离得到的重芳烃的碳氢比相似,故认为重芳烃使得加氢润滑油的光安定性变差。Novak等用色谱法分离加氢裂化油光照后的某一沉淀组分,证明了重芳烃是影响光安定性的主要因素。杨家雷分析加氢处理油光照沉淀物的芳构化程度,认为沉淀的生成和芳烃的结构有关。黄为民^[3]等通过对比加氢处理润滑油基础油和糠醛精制润滑油基础油中氯化物、重芳烃、中芳烃、轻芳烃和饱和烃对光安定性的影响,认为重芳烃是导致加氢处理基础油的光安定性比糠醛精制基础油光安定性差的主要原因。

(4) 部分饱和的多环芳烃是主要的原因。Gilbert用吸附色谱、薄层色谱结合常规仪器研究了加氢处理油的组成,发现油中加氢多环芳烃的含量很少,但是对紫外线敏感,极不稳定,并使油品变色甚至产生沉淀。王会东以新疆混合原油生成的加氢润滑油基础油为原料,对光照后的沉淀组成和加氢油各组分进行了光安定性影响分析,确认影响加氢处理基础油光安定性的主要组分为:含硫、氮的芳香杂环化合物和多环芳烃^[5]。

尽管油液光敏感的原因没有定论,但是毫无疑问,油液中发生了光氧化过程。根据光氧化历程的机理,加氢基础油用光稳定剂可分为紫外线吸收剂、激发态猝灭剂、氢过氧化物分解剂和自由基捕获剂。有报道称,用伊朗、沙特等国家的加氢基础油调制的变压器油通过加入适当的光稳定剂,在不影响表明张力、保持低温溶解性极好的情况下,其光安定性达到了与溶液精制变压器油相当的水平^[6]。

2 光在油液中的物理特性—光的散射

光照射油液的过程中,除了油液本身对光的微量吸收,另外由于油液中存在的污染物,如颗粒物等,光会在油液中所发生所谓的光现象,诸如光的散射,反射和吸收等。光学型传感器就是利用这类基本的光现象来实现在线实时监测油液中颗粒物的。

2.1 光散射原理

光的散射^[7]是原子或分子体系从入射光波中获得能量后,改变其传播方向和相位,甚至频率的再辐射(二次辐射理论)。由于造成散射现象的原因各不相同,光散射现象的表现形式和种类多种多样。对于同一种光散射现象,可以用不同的光学理论模型来解释。

光散射可分为两类,一类称为弹性散射,即指改变入射光的传播方向及相位的散射,如锐利散射、浑浊介质散射等。另一类称为非弹性散射,即除改变入射光的传播方向和相位外还改变入射光的频率,如喇曼散射、布里渊散射等。

散射^[8]的过程中常常伴随着吸收过程,当光线通过带有吸收性颗粒介质时,一部分被颗粒吸收,另一部分被颗粒散射,使得穿过介质后的光较入射光减弱,这种现象称之为消光。在很多情况下,光的吸收和散射是矛盾的,在引起光衰减的吸收和散射作用中,一个作用往往比另一个作用要强烈的多,这时就可只考虑矛盾的主要方面。例如在通过烟灰粉尘微粒介质时,吸收起主导作用,散射可忽略;而在太阳光经过大气层的消光则主要是因光散射引起的。

光在经过油池时,部分会在金属磨粒表面反射,部分会在半透明污染物上折射,同时部分入射光被颗粒

吸收,经过一系列复杂机理,入射光的光通量或透光强度会减弱。

2.2 光吸收定律

根据 Bouguer-Lambert 定律^[9]可知,设强度为 I_0 的光线通过厚度为 L 的不均匀介质(油液),由于悬浮在油中的颗粒对入射光的吸收和散射作用,是穿过颗粒的透射光强度减弱到 I ,那么光强度减弱符合公式:

$$I = I_0 \exp(-\tau L) \quad (1)$$

式中: τ 是与光强无关的比例系数,称之为衰减系数或浊度; L 为测量光程;

$$\tau = NK\sigma = \frac{\pi}{4}D^2NK \quad (2)$$

式中: K 为消光系数,表征每个颗粒对入射光的散射量,是粒径、波长及颗粒相对于介质的折射率的函数; N 表示颗粒个数浓度,即单位体积内的颗粒数; D 为颗粒直径; σ 为颗粒迎光面积。

根据上述公式(1)(2)可知,在理想条件下,消光系数和颗粒直径不变,则衰减系数与颗粒个数浓度成正比,同时由于衰减系数与光强有关,故而可以用光强衰减来表示油液中的浊度。

2.3 在线检测光传感器

根据这一原理,邓乐^[10]等研制一种反射式光纤油液污染传感器,其光源发射光束,经耦合器进入测量光纤和参考光纤,经由测量光纤的光束再经过传感探头、反射体反射后,部分光由接受光纤接受,接收到的光功率信号强度与测量区中的油液污染度有关;测量光纤的光束传输至光电探测器,该参考光路主要用于补偿光源波动等因素的影响。武汉理工大学的宗成强^[11]根据这一原理,利用光的透射,设计研制的光强自动调整在线油液检测装置。通过 LED 光源发射光束,经过聚焦透镜后穿过油池,到达对面的透镜,其中一部分连接接入显微镜,经放大,CCD 采集后在计算机上再现油池中磨粒的形貌,另一部分经过光敏二极管采集,转换成电信号,经放大滤波后,输入到单片机,并在单片机内运行计算,从而对光强进行调整。这两种方式的传感器对比见表 1。

表 1 两种传感器的区别

传感器名称	光源	传输方式	光路原理	信号转换及输出	优点
反射式光纤传感器	LED	光纤	反射式	采用光电转换电路,斩波稳零集成运放,差动放大器输出信号	能有效消除电源波动和外界杂散光的影响,结构简单,安装调整方便
光强自动调在线检测装置	LED	光纤	投射式	一部分采用 CCD 采集图像;另一部分采用光电转换,单片机运算并采用模糊控制技术	能够比较快速的对磨粒进行分类和统计,能过对光强进行自动调整

3 结束语

光在油液中的的化学特性实质上是一种轻度的氧化反应,在光照条件下,会加速加氢精制基础油的老化,加入适当的光稳定剂有利于缓解老化的过程;光学型在线油液监测设备的研制过程中,无论是利用光反射还是光投射,都是建立在光的散射现象和光吸收定理基础之上的。这类光学型传感器具备的响应速度快,环境适应性强,易于构成光纤传感收集数据等优势,将会实现基于光纤的油液传感监测装置产业化。

参考文献:

- [1] 张蕊,郭智勇. 液压系统油液污染对系统的影响[J]. 科技资讯,2011(4):44
- [2] 宋昭远,刘晓东,刘慧清. 加氢润滑油光安定性的影响因素及改善途径[J]. 辽宁石油化工大学学报,2004,24(3):53-57
- [3] 黄为民,祖德光. 加氢处理的润滑油基础油光安定性影响因素的研究[J]. 石油学报(石油化工),2000,16(4):31-37
- [4] 王会东. 加氢润滑油基础油光安定性研究进展[J]. 润滑油,2002,17(4):6-10
- [5] 王会东. 加氢润滑油基础油光安定性研究[D]. 北京:北京石油大学,2001
- [6] 李建明,王会东. 光稳定剂在加氢裂化润滑油基础油中的应用研究[J]. 精细石油化工进展,2003,4(4):29-32
- [7] 高永锋. 尘埃粒子光散射测量技术及微型光学传感器的研究[D]. 苏州:苏州大学,2005
- [8] 王清华. 光散射法颗粒大小与形状分析[D]. 江苏:南京工业大学,2003
- [9] 殷勇辉. 基于电感测量和光纤技术的在线油液监测方法研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2002
- [10] 邓乐,熊开选. 反射式光强调制型光纤油液污染度传感器[J]. 煤矿自动化,1997(1):53-55
- [11] 宗成强. 基于光强自动调整的在线油液监测装置的研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2006

The Effect of Light in Oil and Its Application

**ZHOU Liang, ZHANG Xian-ming, LIANG Xin-yuan,
LU Hao-wen, YANG Xu**

(Engineering Research Center for Waste Oil Recovery Technology and Equipment of Ministry of Education,
Chongqing Technology and Business University, Chongqing 400067, China)

Abstract: Light has two effects on oil in physics and chemistry, oil is mildly oxidized after exposing to light, meanwhile, light scattering phenomena can occur in oil because there are micro particles in oil. This paper introduces chemical property of light in oil and the cause for its light sensitivity, elaborates the reason for light scattering phenomena in oil and light adsorption theorem in oil and briefly presents two typical online-detecting light sensors in oil.

Key words: light stability; light scattering; light sensor

责任编辑:田 静