

润滑油光谱分析特征信息研究

魏海军 尹 峰 王宏志 关德林 于洪亮 孙培廷

(大连海事大学轮机工程学院 辽宁大连 116026)

摘要: 光谱分析技术是基于油液检测的机械设备故障诊断和分析零件失效的主要手段和方法, 而为了建立基于油液检测故障诊断专家系统所必需的知识库, 要求对获得的光谱分析数据进行真实准确的信息提取, 并能够提供相应的数学模型, 以便于信息的识别。本文对油液检测手段中的油料光谱分析进行描述, 分别建立了光谱分析的元素质量分数、相关元素质量分数比、元素质量分数梯度、相关元素质量分数梯度比 4 个参数。将建立的 4 个参数用于柴油机油架磨合试验数据的分析, 表明光谱分析特征信息可以较好地反映柴油机磨合过程, 实现了对柴油机油架磨合过程的状态监控。

关键词: 润滑油; 光谱分析; 特征信息

中图分类号: TH626.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-0150(2006)4-103-3

Study on the Character Information of Spectrometric Analysis of Lubrication Oil Monitor

Wei Haijun Yin Feng Wang Hongzhi Guan Delin Yu Hongliang Sun Peiting

(Marine Engineering College, Dalian Maritime University, Dalian Liaoning 116026, China)

Abstract: The spectrometric analysis is a basic method of the machine fault diagnosis and failure analysis based on oil analysis technology. The character information must be picked up from spectrometric analysis data in order to establish repository basis on oil monitoring fault diagnosis expert system, and the relevant mathematics model must be established to identify the information. The spectrometric analysis of oil analysis technology was described, and 4 character parameters of spectrometric analysis were established. Diesel running-in testing data was analyzed using these character parameters. The results show that the spectrometric analysis characters information can reflect the diesel running-in process and realize the state monitoring of the diesel running-in process.

Keywords: lubrication oil; spectrometric analysis; character information

对试验数据进行分析, 从中获取最有效的、最能代表柴油机状态的特征信息, 是开展基于油液检测故障诊断研究的关键。数据分析的基本任务是如何在试验所得数据中寻找变化规律和信息特征, 并从许多特征中找出那些最有效的特征, 然后研究如何把特征从高维空间压缩到低维空间, 以便有效地设计分类器。任何识别过程的第一步, 不论用计算机还是用人识别, 都要首先分析各种特征的有效性并选出最有代表性的特征。

对机械设备的润滑系统离线采集润滑油液, 然后对润滑油液的性质及润滑油液中的微粒进行定性和定量分析, 分析内容涉及摩擦学、润滑技术以及计算机技术与信息管理等领域。由于进行信息提取主要目的是为了建立评价系统所必需的知识库, 所以要求

信息提取真实准确, 并能够提供相应的数学模型, 以便于信息的提取和识别。

1 光谱分析技术特征信息描述

机械设备润滑油光谱分析数据中蕴含着丰富的信息, 这些信息与柴油机磨合的状态密切相关。如何把这些信息正确、全面地提取出来, 对柴油机的磨合状态作出正确的诊断, 正是光谱油料分析诊断方法在柴油机磨合中运用所要解决的问题。

利用发射光谱分析及技术, 可测定下列元素的含量: 铁 (Fe)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、铝 (Al)、硅 (Si)、铬 (Cr)、镁 (Mg)、钠 (Na)、镍 (Ni)、锡 (Sn)、钛 (Ti)、硼 (B)、钡 (Ba)、钼 (Mo)、锌 (Zn)、钙 (Ca)、磷 (P)、锑 (Sb)、锰 (Mn)、银 (Ag)。

其中, 应重点分析以下元素:

(1) 与磨损金属 (曲轴、轴承、缸套活塞环等部分材料) 有关的元素: 铁 (Fe)、铜 (Cu)、铅 (Pb)、铝 (Al)、镍 (Ni)、铬 (Cr)、锡 (Sn)、钼

收稿日期: 2005-05-09

作者简介: 魏海军 (1971—), 男, 副教授, 主要从事船舶工程油液状态监控与故障诊断的研究。E-mail: hx1@dlmu.edu.cn.

(Mo) 等;

(2) 与污染有关的元素 (来自空气或冷却水): 镁 (Mg)、钠 (Na)、硅 (Si)、钙 (Ca) 等;

(3) 与添加剂有关的元素: 钡 (Ba)、硼 (B)、钙 (Ca)、镁 (Mg)、磷 (P)、锌 (Zn)、钠 (Na) 等。

油样光谱分析所获得的油样中含有的各种元素的成分及其含量, 是评价机械设备运行过程磨损程度的一个重要指标。每种磨损元素质量分数绝对值的大小与机械设备中某种摩擦副磨损量的多少有直接的关系, 可判断磨粒产生的部位。例如, 铁 (Fe) 元素主要来自汽缸套、阀门、摇臂、活塞环、滚动轴承、齿轮、曲轴等部件, 铜 (Cu) 元素主要来自轴承、轴套、油冷器、齿轮、阀门、垫片等部件, 铅 (Pb) 元素主要来自轴承合金材料、密封件等, 铝 (Al) 元素主要来自衬垫、垫片、垫圈、活塞、附属箱体、凸轮轴、轴承表面合金材料等部件。

此外, 根据润滑油中的添加剂元素及污染元素的成分及含量, 还可判断润滑油的劣化变质程度。通过添加剂及污染元素可以判定各个具体的污染源, 例如, 硅 (Si) 主要来自空气带进来的灰尘、密封件、添加剂等; 硼 (B) 主要来自密封件、空气中带进的尘土、水、冷却系统泄漏等; 铜 (Cu) 也有可能来自铜冷却器的泄漏。

2 光谱分析特征信息的数学模型

光谱分析数据具有离散性、动态性等特点, 所以仅用一种数学方法是很难全面反映这些特点的, 应利用多种方法从不同侧面对数据作出完整的解释。光谱分析所能提取的信息参数种类有元素质量分数 C 、相关元素质量分数比 c 、元素质量分数梯度 G 、相关元素质量分数梯度比 g 这 4 个参数。

2.1 元素质量分数

元素质量分数的大小与柴油机中某种摩擦副磨损量的多少有直接的关系, 因此元素质量分数绝对值是评价设备磨损状态的一个重要考虑因素。元素质量分数随时间变化的函数关系, 反映了元素质量分数变化的动态规律性, 通常用线性回归或时间序列模型来描述, 从而对元素质量分数变化进行预测。

$$C = (p_1, p_2, \dots, p_n) \quad (1)$$

式中: p_i ($i=1, 2, \dots, n$) 表示油液中某一元素的质量分数。

2.2 相关元素质量分数比

若某几种元素质量分数的变化高度相关, 则可说明这几种元素的磨损变化规律相似, 来自于同一摩擦

副, 因此能判断故障的部位。

$$c_j = p_k, p_l, \dots, p_r \quad (2)$$

$$c = (c_1, c_2, \dots, c_m) \quad (3)$$

式中: p_k, p_l, p_r 表示某一元素的质量分数。

2.3 元素质量分数梯度

在实际中经常遇到检测到油液中的元素质量分数很高, 但是连续几次采样检测到的元素质量分数梯度却非常稳定, 此时, 如果只考虑磨损元素质量分数绝对值的大小, 很难判定设备处于异常状态, 应综合考虑元素质量分数梯度。元素质量分数梯度表示柴油机中某种摩擦副的磨损率, 是反映柴油机磨损程度和趋势变化的重要指标。

$$G_i = \frac{p_i - p_j}{t} \quad (4)$$

式中: p_i 表示本次取样时某一元素的质量分数; p_j 表示上一次取样时该元素的质量分数。

2.4 相关元素质量分数梯度比

若某几种元素质量分数梯度的变化高度相关, 则可说明这几种元素的磨损变化规律相似, 来自于同一摩擦副, 因此能判断故障的部位。

$$g_j = G_k, G_l, \dots, G_r \quad (5)$$

式中: G_k, G_l, G_r 表示某一元素质量分数梯度。

3 光谱分析特征信息的应用

对光谱的

特征信息分析

可知, 光谱分析

提取的信息

参数可以反映

柴油机摩擦副

磨合特征, 并

可以通过曲线

图谱的方法加

以表现。图 1 为

柴油机台架磨

合试验光谱分

析所得数据的

主要元素变化

元素质量分

数

C 、相关元素质量分数比 c 趋势图。

由图 1 可以看出, 1#和 4#柴油机润滑油中的铁 (Fe) 元素在磨合开始阶段变化较大, 这与磨合过程相符合; 在磨合结束阶段, 铁 (Fe) 元素的变化也比较大, 这就与磨合过程不相符; 在磨合的中间阶段, 铁 (Fe) 元素的变化比较平缓。另外, 硅 (Si) 的变化趋

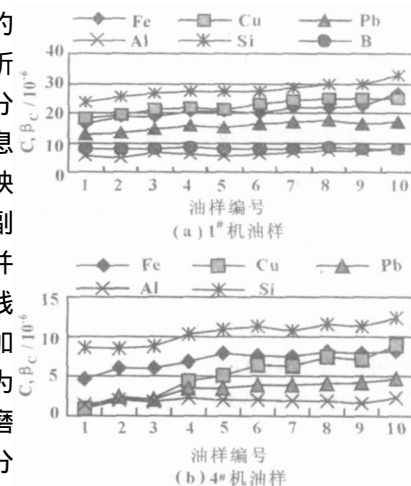


图 1 润滑油中主要元素变化趋势图

势与铁相类似,而铜(Cu)、铅(Pb)等元素在磨合结束阶段变化较为平缓。铁(Fe)元素主要来自气缸套/活塞环摩擦副,因此可知气缸套/活塞环在磨合程序所设定的磨合时间内并未达到良好的磨合。

图2~5对不同柴油机的同种元素铁(Fe)、铜(Cu)、铅(Pb)和铝(Al)的元素质量分数梯度 G 、相关元素质量分数梯度比 G_r 分别进行了对比。

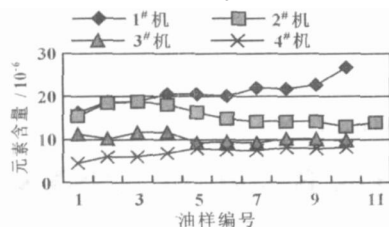


图2 润滑油中铁元素变化趋势图

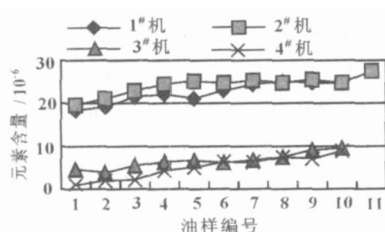


图3 润滑油中铜元素变化趋势图

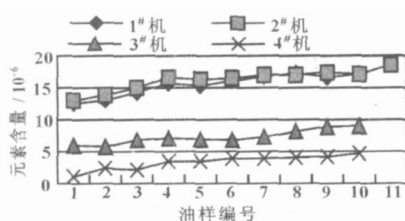


图4 润滑油中铅元素变化趋势图

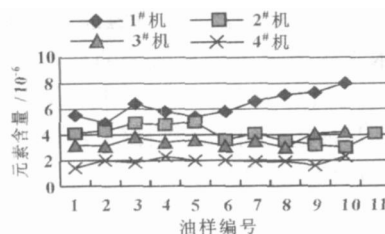


图5 润滑油中铝元素变化趋势图

图2~5中4台柴油机的型号相同,但所使用的润滑油不同,1#和2#柴油机使用柴油机厂所用的磨合润滑油CD40,不同的是1#柴油机加入了添加剂;3#柴油机使用康胜的磨合专用润滑油(新油);4#柴油机使用的是CD40润滑油(新油)。

从图中可以看出,3#柴油机所有磨损性元素的元素质量分数梯度 G 、相关元素质量分数梯度比 G_r 最

小,表明3#柴油机的磨合质量最好;4#柴油机其次,而2#柴油机和1#柴油机则较差,而实车检测结果也得出了相同的结论。从应用结果可以看出,光谱分析特征信息可以较好地反映柴油机磨合过程,实现了对柴油机台架磨合过程的状态监控。

4 结论

通过对机械设备润滑油检测光谱特征信息的研究,分别建立了光谱分析的元素质量分数 C 、相关元素质量分数比 c 、元素质量分数梯度 G 、相关元素质量分数梯度比 G_r 4个参数;将建立的4个参数用于柴油机台架磨合试验数据的分析,表明光谱分析特征信息可以较好地反映柴油机磨合过程,实现了对柴油机台架磨合过程的状态监控。本文的研究为基于油液检测故障诊断专家系统提供了技术支持,从而使专家系统的建立和开发成为可能,因此具有十分主要的理论价值和实际应用意义。

参考文献

- 【1】魏海军,关德林,孙培廷,等.磨合油对柴油机磨合过程的影响研究[J].润滑与密封,2005(5):55-56.
Wei Haijun, Guan Delin, Sun Peiting, et al. Study on the Process of Diesel Engine Running-in Using Lubricants Analysis Technology [J]. Lubrication Engineering, 2005 (5): 55 - 56.
- 【2】魏海军,于洪亮.油液监控诊断专家系统中光谱特征信息的提取与建立[J].润滑与密封,2003(1):105-106.
Wei Haijun, Yu Hongliang. Information Extraction and Knowledge-base Establishment in Expert System for Oil Monitoring and Diagnosis [J]. Lubrication Engineering, 2003 (1): 105 - 106.
- 【3】HU Y Z, TONDER K. Application of a Dynamic System Model for Running-in [J]. The Conference on Wear of Material, 1991: 233 - 236.
- 【4】严志军,朱新河,程东,等.基于信息融合技术的柴油机磨损模式识别方法[J].大连海事大学学报,2002,28(2):53-56.
Yan Zhijun, Zhu Xinhe, Cheng Dong, et al. Pattern Recognition Method for Wear Mode of Main Diesel Engine Based on the Information Fusion Technique [J]. Journal of Dalian Maritime University, 2002, 28 (2): 53 - 56.
- 【5】魏海军,胡庆存,尹峰.船舶机械油液检测光谱分析的特征参数研究[J].光谱学与光谱分析,2005(7):1125-1127.
Wei Haijun, Hu Qingcun, Yin Feng. Study on the Characteristic Parameter of Oil Spectrometric Analysis [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2005 (7): 1125 - 1127.