

润滑油光谱分析临界值的研究

石家庄铁道学院 田玉卓 蒋林章

内容摘要 本文考查分析了润滑油磨粒浓度监控诊断临界值问题,根据实验结果说明了我国不宜直接套用国外浓度临界值的方法,并提出了适合我国国情的浓度增长率的方法。

关键词: 光谱分析 临界值 润滑油 增长率

随着现代化施工机械日益向大型化、连续化、高效化方向发展,要求设备运行时保持正常工作状态就越显得重要。五十年代初,执行的单纯以时间周期为基础的计划修理,已迅速发展到了按需修理。其中,油样光谱分析就是现代化故障诊断技术之一。近年来,油样光谱分析技术和铁谱分析技术联用在故障诊断方面,给企业带来了十分可观的经济效益。油样光谱分析在判断机械故障时,一直沿用国外磨粒浓度“标准值”。沿用国外模式,相继制定出我国各种磨粒浓度极限值,并取得了一定的效果。但是,就此雷同地对进口设备不做具体使用条件的考查,直接仿效套用相应的浓度标准值进行故障诊断。笔者认为,这样做的结果会造成故障诊断可靠性差,对此提出不同看法。

1 国外浓度标准的制定及评价

对于刚投入使用的发动机(其它机械设备亦然),磨损量与磨损时间如图 1 所示,磨损速率和时间的关系如图 2 所示。机械设备正常使用期,磨损量与时间成线性关系,其磨损速率为一固定值。由于磨粒微小,大多数都悬浮于润滑油中,磨粒浓度是均匀的(大磨粒除外)。在整个换油周期内,由于补油量较小,磨粒浓度与时间的关系同样服从图 1 的规律,磨粒浓度增长率同样服从图 2 的规律。在一个换油周期(标准换油时间),通过考虑浓度的增长量和高浓度元素的组成,即可估计判断机械内部的磨损状况,对每种机型制定出相应元素的最高浓度范围——

《建筑机械》1995 年(11)

浓度临界值(浓度标准值)。那么在一定的换油时间内,当某些元素磨损显著偏离浓度临界值,或两个连续浓度值具有明显偏差时,如不再有其它误差,就可准确推测某些润滑部件状况不正常,机械不久将损坏。

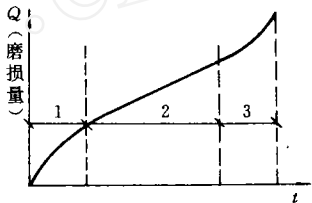


图 1 磨损量变化曲线

1. 磨合期 2. 正常使用期 3. 剧烈磨损期

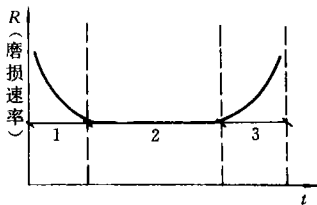


图 2 磨损速率变化曲线

1. 磨合期 2. 正常使用期 3. 剧烈磨损期

国外这种临界值的制定条件,前提必须保证定期换油,定期并及时取样检测,如日本的 KOWA(KOMATSU Oil and Wear Analysis) 取样时间间隔:

(1) 发动机

①如每隔 125 小时和 250 小时换油,则在

换油时抽取油样。

②如每隔 250 小时换油,则每隔 250 小时抽取油样。

③大修后 10 小时取样。

④发现浓度超常时,应缩短取样时间。

(2) 其它润滑部件

新机械在 1000 小时的工作中应每隔 250 小时抽取油样。1000 小时以后,每隔 500 小时取一次油样,大修后 50—250 小时之间取样。

图 3 为定期换油,定时取样光谱分析曲线,其中点 A 为磨粒浓度的正常值。在标准的换油时间内,处于正常磨换的部件,磨粒浓度大致相同,其值小于或等于临界值。B 点为故障预报点,该点浓度明显偏离正常浓度值。图 3 的诊断曲线表明,在标准的换油时间内,设备正常使用状态,磨粒浓度在一定限度内增长,其浓度值最大不能超过临界值。由此推论,浓度极值在定期换油的条件下是有意义的。

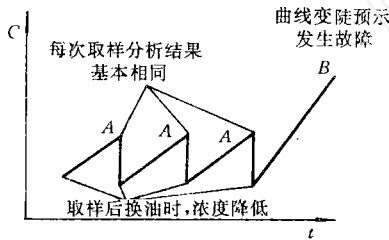


图 3 光谱浓度诊断曲线
C、磨粒浓度 t、油用时间

2 国内机械设备使用特征(包括进口设备、国产设备)

- 2.1 不按时换油,不定期补油(经考查发现,工程机械的发动机机油季节性换油)
- 2.2 按质换油(目前正在推广使用)
- 2.3 定期换油(少数工程机械设备)

在上述情况中,把前两种统称为不定期换油,如果考虑润滑油的实际使用周期远超过定期换油的标准时间,由图 1 的 C—t 规律还是存在。即在机械设备的正常使用期,油量保持一定时(补油量较小),磨粒浓度 C 随着润滑油的使用时间 t 而增长,当 $t > t_{\text{标}}$ (标准换油时间),

一定存在着对应时间 t 的浓度值 $C \gg C_{\text{标}}$ (磨粒标准浓度),此时取样进行光谱分析所预报的浓度值和标准的临界浓度值比较而推断故障,并无实际意义,由此造成的误差,就理论而言,属于系统误差(使用的实验方法或原理不完备而引起的误差)。

由此,对进口机械设备直接套用国外临界值进行判断比较,或仿效国外临界值方法,制定出国产机械设备的临界值或标准浓度区,而不考虑不定期换油的实际使用条件,势必造成故障诊断误差。由实验数据可说明这点。

表 1 950B 发动机油样光谱分析结果

分析日期	Cu 元素 浓度 10^{-6}	结果分析
89-03-28	26	接近偏大于临界值提示故障,立即抽样 $C \gg C_{\text{临}}$, 强行换油换新油
89-04-27	48	
89-05-29	67	
89-06-16	13	

上述结果表明,Cu 磨粒浓度为 48、67 时,严重偏离临界值,主要原因是润滑油长时间不换,但换油后,浓度值降到正常范围,发动机始终正常运行。

表 2 QY—20B 发动机油样光谱分析

分析期	Cu	Fe	Cr	Al	Si	Pb	结果分析
88-06-11	42	122	13	7	12	22	立即取样
88-07-14	50	135	14	8	16	27	检查滤芯

注:标——部分为超限部分

上述结果表明,Cu、Fe、Cr 三种磨粒浓度连续两次超出临界值,光谱诊断检查滤芯,拆检后未发现异常,其原因同样是油用时间长。

3 浓度增长率指标及评价

结合我国现行的不定期换油或按质换油体制,考虑润滑油磨粒浓度增长率更有实际意义,浓度增长率即单位时间内浓度增量 $(C_2 - C_1) / (h_2 - h_1)$ 。

机械设备在正常使用状况下,磨粒浓度的增长较缓慢,并服从一定的变化规律。在标准换油周期内如此,非标准换油周期内也是如此。磨粒浓度与用油时间成线性关系,那么磨粒浓度增长量与时间的关系同样服从浴盆曲线。浓度增长率保持不变(剔除大磨粒状态造成的光谱分析误差),由实验表明理论和实际较吻合。

$$C = \frac{\Delta C}{\Delta t} \cdot t + C_0 \quad (1)$$

C ——润滑油中金属磨粒的浓度 10^{-6}

t ——润滑油使用时间 h

ΔC ——金属磨粒浓度变化量 10^{-6}

Δt ——相应磨粒浓度改变时油用时数变化量 h

C_0 ——润滑油金属磨粒初始浓度 10^{-6}

上式表明,正常状态下的设备,在一定用油时间内,浓度增长率为一常数— $C-t$ 曲线的斜率,由此可推断,可以找到正常运行状态下的浓度增长率作为诊断故障的标准值。一旦设备发生故障,出现异常磨损,机油中磨粒浓度的增长率急剧增加,偏离正常值。由此建立数学模型:

$$y = a + bx \quad (2)$$

Q ——系数 10^{-6}

b ——系数 $10^{-6}/h$

用线性函数 $a + bx$ 来估计 y 的数学期望,进行线性回归

$$Q_{(a,b)} = \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i)^2 \quad (3)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial a} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0 \quad (4)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial b} = -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) x_i = 0 \quad (5)$$

得回归系数 $a = \bar{y} - b\bar{x}$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (6)$$

回归系数 b 为润滑油连续使用时的浓度增长率,对不定期换油的光谱分析,浓度增长率更有实际意义。

4 应用实例

图 4,图 5 曲线 a, a' 为 190 柴油机机油连续使用,正常运行时 Fe, Al 元素磨粒浓度——

用油时间的回归曲线。分析表明,铁、铝浓度增量变化异常,届时浓度增长率在监控图上对照情况,图中折线 b, b' 的斜率远远超出正常曲线斜率。分析认为,铁、铝磨粒浓度增长率增长较快,即单位时间磨损加剧,光谱诊断为拉缸现象,拆检发现,确属严重拉缸。

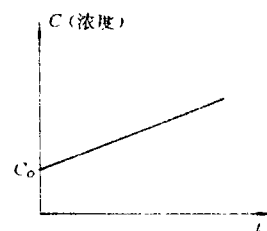


图 4 正常状况磨粒浓度变化曲线

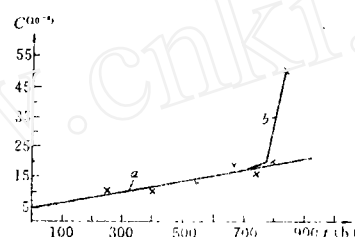


图 5 Fe 浓度变化监控图 (190 柴油机)

a. 正常磨损曲线, b. 故障磨损曲线

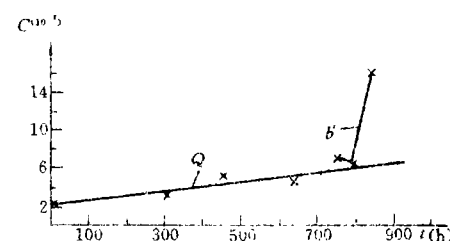


图 6 Al 浓度变化监控图 (190 柴油机)

Q', 正常磨损曲线, b', 故障磨损曲线

表 3 190 柴油机油样光谱分析数据与结果

用油 时数 h	Fe 浓度 10^{-6}	Al 浓度 10^{-6}	结果分析
733	16	7	Al, Fe 浓度增
783	19	6	长率明显偏离
833	51	17	正常斜率可能 会出现拉缸

从图中的回归曲线表明,设备正常使用期标准换油时间内,磨粒浓度增长率为常数,延长用油时间,浓度增长率仍为常数,由此说明,浓度增长率作为光谱故障诊断参数不仅适用于按时换油,对于不定期换油的工况其优越性更加突出。

5 结论

(1)润滑油光谱分析迄今,多用浓度临界值法,通过本文论述可见,此法只适用于按时换油的工况,不定期油和按质油过程,浓度增长率指标更有实际意义。

(2)在使用浓度增长率的线性回归过程中,

实验数据的取值,受到大磨粒磨损的影响,故要剔除粗大误差的影响因素。

(3)对于低含量的元素,曲线拟合效果较差,建议使用磨粒浓度均值与浓度增长量相合的方法来进行故障诊断。

参 考 资 料

- [1] 小松油样磨损分析手册,1987
 - [2] 易新乾:机械修理学,石家庄铁道学院,1984
 - [3] 误差与数据处理,北师大物理系,1986
- (作者地址:石家庄北环东路15号 邮编:500430)

超大型构件的液压同步整体提升技术

液压提升技术系列文章之二

同济大学 乌建中 卞永明 李伟哲

内容摘要 液压提升技术一反传统施工方法,采用钢绞线承重、提升器集群、计算机控制、液压同步整体提升新原理,结合现代化施工工艺,实现超大型构件的大跨度、超高空整体提升,具有提升重量、高度、跨度不受限制,自动化程度高,安全可靠性好,适应性通用性强等特点,应用前景广阔。

关键词:超大型构件 液压同步 整体提升

1 概述

液压提升技术是一项近年来发展起来的建筑施工新技术,该项技术以其新颖的设计构思,独特的施工方法,高超的自动化程度和良好的安全可靠,在上海东方明珠广播电视塔钢天线桅杆整体提升、在北京西客站主站房钢桁架整体提升以及在首都机场四机位机库大型屋面提升等重大工程中,获得了巨大成功,取得了显著的经济效益和社会效益。实践证明,它是一项很有应用前景的新技术。

液压提升技术一反传统施工方法,采用钢绞线承重,提升器集群,计算机控制,液压同步整体提升新原理,集机、电、液、传感器、计算机和控制论等多学科高技术于一体,结合现代化施工工艺,实现超大型构件的大跨度、超高空整

体提升,完成人力和现有设备难以完成的施工任务。例如,上海东方明珠广播电视塔钢天线桅杆全长118m,总重450t,要将其从地面整体提升到350m的电视塔单筒体顶部安装就位,使天线杆顶端达到468m的亚洲第一高度;又如,北京西客站主站房钢桁架门楼重1800t,从地面整体提升43.5m,将其安装于相隔45m的两幢15层主楼之间;再如,首都机场四机位机库大型屋面大梁重1200t,跨度132m,提升高度30m,等等。这些工程都有超大型构件的超高、特重、大跨等施工特点,采用传统的施工方法和设备,无论从安全性、可靠性、先进性和经济性等各方面来看,都不能满足要求,甚至有着难以解决的问题。比如,用卷扬机滑轮组提升,势必耗用大量的钢丝绳,受到卷扬机绳容量的限制,

CONSTRUCTION MACHINERY

No. 11 1995

Abstracts and Keywords

Study of hydraulic seal

This paper analyzes the cause and harm of hydraulic seal failure from the point of view of system engineering. It also proposes the design, manufacture, operating and maintenance measure to prolong its life time.

Key words: hydraulic seal overview study

Reliability is an important thing for developing enterprise

This paper describes the relationship between reliability and enterprise. It also states their development, meaning and basic content. It mainly explains the condition of developing reliability work.

Key words: reliability enterprise developing

A comprehensive evaluation of stability for track bulldozer

This paper describes the relationship between turn over grade angle of bulldozer and orientation angle proved by the model test which is based on the turn over theory of three classes instability. It also derives the slipping unstable grade angle under the travelling condition according to the different orientation angle. It fully considers the factors of travelling resistance, steering resistance moment, steering centrifugal force and track slippage. It evaluates comprehensively the stability of Bulldozer Shanghai-410.

Key words: track bulldozer stability comprehensive evaluation

Remote control device with micro-computer program for tower crane

This paper describes that to change manual control for remote control is an inexorable developing tendency for tower crane. The design and main technical characteristic of remote control device with microcomputer for tower crane are stated and the conclusion of technical appraisal committee is introduced.

Key words: tower crane remote control device microcomputer program control

Study on the critical values of Lubricating oil spectrum analysis

This paper studies the monitoring diagnosis critical values for lubricating oil grain concentration. The testing result shows that it is not suitable for China to use foreign concentration critical value directly. The paper provides a proper method on the concentration rate.

Key words: Spectrum analysis critical value lubricating oil concentration rate

Hydraulic synchronizing Lifting technology for the super structures

Introduction of hydraulic lifting technology, Part 1

Hydraulic lifting technology (anti-traditional construction method), using steel strand cable carrier, based on the principles of group lifters, computer control and hydraulic synchronizing lifting, combining with modern construction technology, make super structures with big span lift integrally safely, automatically reliably and highly. There is no limit in weight, height and span. Its application is wide in the future.

Key words: super structure hydraulic synchronizing integral lifting

Edited by: Editorial office of CONSTRUCTION MACHINERY

Address: 21 Fangjia Hutong, Andingmen Nei, Beijing, China

Chief Editor: Zhang Shiyong **Tel:** (010) 4019167 **Fax:** (010) 4017647

General Distributor: China International Book Trading Corp, P. O. Box 399, Beijing, China

Distributing Code: M4327 **ISSN** 1001-554X
