



# 滑油光谱分析技术在航空发动机维修中的应用

吴海

(中国飞行试验研究院飞行部 西安 阎良 710089)

[摘要]根据滑油光谱分析技术的分析原理、实施程序、检测周期,结合航空涡轮风扇式发动机的特点和维修实例进行探讨。

[关键词]滑油光谱 监控 金属含量

中图分类号:TE622.1

文献标识码:A

文章编号:1009-914X(2012)30-0307-02

## 1 前言

滑油光谱分析是一种成熟的分析技术,在大型航空发动机维修中的应用已取得较多的成功经验,它能提供发动机工作状况的广泛信息,是进行发动机故障检测、状态监控和可靠性管理的有效手段。在航空涡轮风扇式发动机的维修中,对怎样应用这一技术还比较陌生。但这一技术在涡轮风扇式发动机的状态监控和故障分析中显示出广阔的应用前景。

## 2 滑油光谱分析应用的基本原理

滑油光谱分析技术在航空发动机维修中的基本应用,是通过检测发动机滑油样品中所含固体杂质的成分及其数量,进而分析判断发动机的内部磨损情况、磨损发生部位和发动机的“健康”状况,以便出现异常情况时能及时地查找原因,采取措施,预防发动机可能出现的故障。

滑油光谱分析使用的设备是发射式直读分光仪。将少量滑油样品置于分光仪蒸发器内,利用分光仪发射出的强电火花,使滑油样品迅速蒸发,其所含各种成分的元素在强电火花下处于原子或离子状态,并发射出不同波长的光,分光仪将记录下这些光的波长和各成分的数量(以PPM为单位,即每百万份颗粒中所占颗粒的数量)。由于不同元素在高温下发射出的光的波长是不同的,因此,对照元素的光波频谱表,就能查出滑油中所含的各种成分。

## 3 滑油光谱分析在涡轮风扇发动机维修中的应用

### 3.1 滑油中的固体杂质

涡轮风扇发动机的滑油有二种基本类型的固体杂质,即金属、砂粒。由于发动机工作时轴承、齿轮及附件传动机构等高速运转,随着工作时间的增长,必然会造成机件的磨损,因此滑油中会出现一定量的金属元素。如果机件是正常磨损,则金属元素含量会保持在一个合理的范围内,从发动机结构材料分析,镁、钛元素主要存在于滑油箱、收油池等非转动部件,若大量出现这两种金属屑或滑油中这两种元素含量超标,主要是由于滑油对这些部件腐蚀造成的;铁、铜元素主要存在于发动机轴承、齿轮、附件传动等机构中,若大量出现这两种金属屑或滑油中这两种元素含量超标,主要是由于转动部件磨损造成的;就涡

轮风扇发动机的工作特点,磨损常常集中发生在这些部件上。这些零件在使用中磨损,产生的金属屑沉积在滑油中,如果一个零件非正常磨损,沉积在滑油中的这种金属成分的含量就会显著增加。

在滑油中出现硅元素的踪影,则说明外界尘土砂粒进入了发动机,必须提醒维修人员在加添滑油和维护滑油系统时注意采取防尘措施,检查工作程序有无错误之处,滑油油滤是否太脏、破损或安装错位,加入的滑油是否清洁。

### 3.2 定期监控图表的建立

在发动机的整个寿命期内任何时候都可进行滑油光谱分析,但最合适的是基于每个翻修周期间隔一定的时间绘制图表,间隔的时间应根据不同发动机的翻修期确定。

滑油样品经光谱分析后,将检测出的每种固体杂质成分和数量在监控图表上描绘出来。监控图表横坐标表示滑油采样时发动机的工作周期,纵坐标表示杂质的数量,计量单位是一百万份颗粒中所含该种元素的颗粒数,即百万分之几。按照一定工作时间的检测周期,每次检测后,在相应的横、纵坐标交叉点上标出一个点。经多次连续检测,将这些点用直线连接起来,就是某种固体杂质在发动机不同时期的含量变化曲线,即定期检测的履历(如图1、图2)。

图1、图2为某型发动机中、后轴承腔滑油光谱分析结果曲线,从图中可以看出,某发动机在2月21日至4月2日工作期间,发现滑油中铁成分含量从

附表:

元素	Ag	Cr	Cu	Fe	Mo	Ni	Ti
原标准	标准	3	1.5	2	4.5	2.5	2
	梯度	-	-	1.5	-	-	-
修订后的标准	标准	3.0	2	3.0	4.5	2	2
	梯度	-	-	1	-	-	-

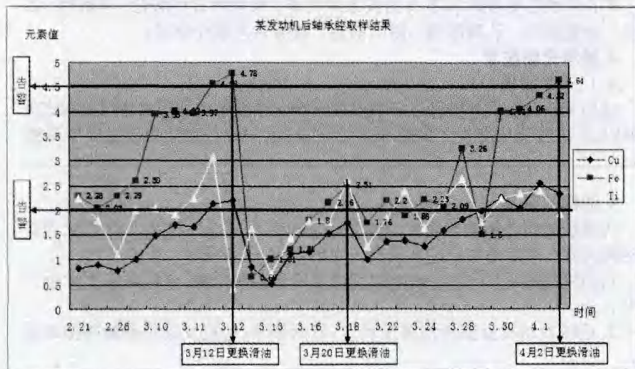


图1

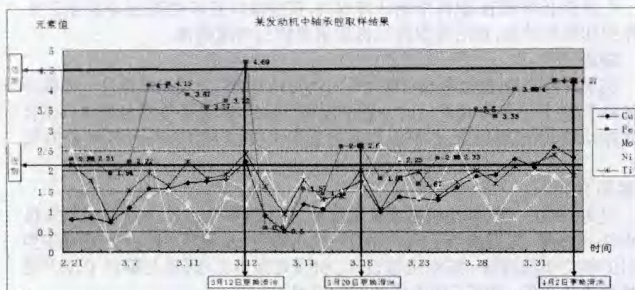


图2

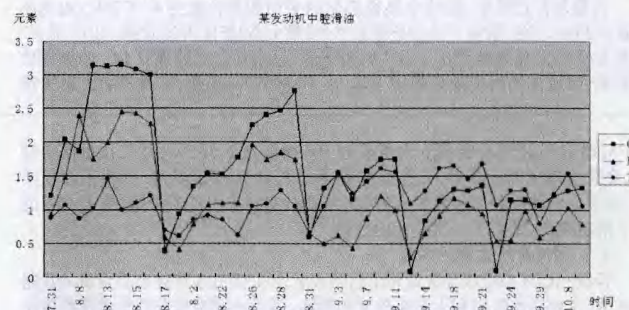


图3

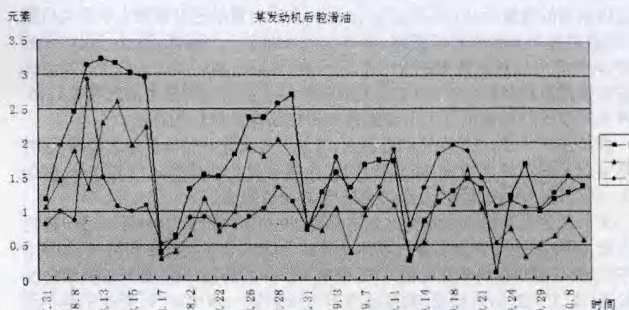


图4

# SUU 胺液净化技术在独山子石化的应用

吴建荣 陈 博 刘文君

(中国石油独山子石化公司独山子炼油厂第二联合车间 新疆 独山子 833600)

[摘 要] 本文分析了独山子石化胺液脱硫工艺中存在的主要问题,介绍了热稳定盐HSS的成因和SUU胺净化技术特点,SUU胺液净化技术在独石化炼油新区的应用情况,以及运用前后胺液的质量对比。运用后胺液质量明显提高,说明保证胺液净化设施连续运转的必要性。

[关键词] 胺液 热稳定盐HSS 胺净化技术 固体悬浮物

中图分类号:R123.7

文献标识码:A

文章编号:1009-914X(2012)30-0308-02

## 1 前言

胺液吸收法脱硫工艺的一个普遍存在的问题是溶剂除了吸收 $H_2S$ 和 $CO_2$ 外,常常也能和系统中存在的其他酸发生反应。在汽提条件下那些不挥发的酸是不能回收的,致使醇胺也不能完全再生,这种留在溶剂中的烷基醇胺盐称为热稳定盐(HSS)。胺液中热稳定盐HSS的积聚和固体悬浮物的增多,热稳定盐HSS浓度的增加和固体悬浮物的增多不仅导致了装置设备和管线的腐蚀,胺液过滤器频繁地更换,而且容易引起胺液发泡,增加胺液消耗,降低脱硫效率,消耗更多的再生蒸汽。通常的处理方法是:

- 增加过滤系统(机械+活性炭)。
- 增加复活釜。
- 添加少量消泡剂。
- 排掉部分胺液,补充新鲜胺液,用新鲜胺液进行部分置换。
- 进行胺清洗。

但这五种方法的能耗较大,且都无法去除胺液中的热稳定盐,所以不能彻底解决胺液存在的问题。传统的固体悬浮物去除工艺是通过增加过滤系统(机械+活性炭)或增加复活釜来减少胺液中的固体悬浮物。它只是常规意义上的表面或深层过滤,很难从胺液中去除各种尺寸甚至小于1微米的FeS颗粒。

为了解决在气体脱硫装置运行过程中,胺降解严重,导致溶剂中杂质增多,溶剂损耗增大,设备腐蚀严重,且溶剂中的杂质经常造成塔器设备及管线堵塞,严重影响装置的长周期运行及安全生产。我厂通过采用SUU胺净化新技术,使气体脱硫装置的胺液质量得到明显改善,达到了稳定操作、减轻腐蚀、降低溶剂损耗的目的,为装置的安稳长周期运行提供了保障。

## 2 装置运行中存在的问题

### 2.1 设备腐蚀

自2004年独石化建成投用第一套气体脱硫装置以来,贫富液换热器、贫液冷却器、塔顶酸性气冷却器、再生塔及其塔底再沸器均存在不同程度的腐蚀,其中再生塔及塔底再沸器腐蚀尤为严重。

### 2.2 胺液跑损

装置运行过程中,胺液中热稳定盐的平均质量分数为4.932%。如此高含量的热稳定盐,限制了约占胺液25%(质量分数)胺作用的发挥。另外,胺液中尚有平均质量分数为0.256%的固体悬浮物,加之胺降解产物、烃类物质的影响,使胺液的脱硫效果明显下降。为了确保产品质量,不得不加大系统新

鲜溶剂的置换量,从而使溶剂单耗达到0.25 Kg/t。而杂质的存在增加了溶剂的发泡性,造成胺液跑损严重。

### 2.3 系统堵塞

胺液中悬浮物质、黑色胶状物质的积聚和沉积易造成管线、换热器等设备堵塞,严重影响到装置的正常运行。

### 2.4 脱硫效果差

氨基酸含量高,束缚胺高、机械杂质多、胺液发泡严重,影响了装置的脱硫效果。

### 2.5 对装置平稳操作性差

胺液中杂质HSS和氨基酸能破坏系统的FeS保护层,不仅加大腐蚀速率,而且运行中增加胺的损耗及减少有效胺的量,引起溶液发泡、粘度上升、脱硫吸收塔拦液,从而影响到装置平稳操作,影响净化气的质量。为保证产品质量,不得不临时停产检修,清洗系统,更换溶液或补充部分新溶液。

## 3 装置热稳定盐HSS的成因

### 3.1 甲基二乙醇胺的降解变质

甲基二乙醇胺变质通常认为有热降解、化学降解、氧化降解和生成热稳定盐等。甲基二乙醇胺的热稳定性好,只要重沸器温度控制恰当(低于150℃),一般不会发生热降解。独石化炼油厂各套脱硫装置再生温度一般控制在120℃,贫液温度130℃左右,因此发生热降解而引起的溶液变质的可能性不大。化学降解主要是指原料气中的 $CO_2$ 、有机硫化物(如COS、 $CS_2$ )与醇胺反应生成难以再生的碱性化合物。在低于120℃的条件下, $CO_2$ 所致降解实际上是可以忽略的,MDEA浓度及 $CO_2$ 分压的影响均是很有限的。

热稳定盐是在胺吸收塔的进口工艺流中,胺与酸性成分和氧反应生成的,它们一旦生成很难再生,并且会降低胺系统的处理容量,故称为热稳定盐(HSS)。

HSS导致增加腐蚀、起泡,还会因产生腐蚀性副产物而造成多余的胺损失、高的过滤器更换率和不良的胺系统性能。常见的有甲酸盐、草酸盐、乙酸盐、硫氰酸盐、乙醇酸盐、丙二酸盐、硫酸盐与氯化物等。

## 4 胺净化新技术

### 4.1 工艺流程

独山子石化公司炼油新区二联合胺液净化系统是由北京世博恒业引进美国MPR公司的SSU胺净化系统,是全自动化的操作系统,包括去除固体悬浮

1PPM增加到4PPM,铜成分含量从1PPM增加到2.5PPM,并且在更换滑油后,金属含量短期下降后,又迅速回升,经分析认为,发动机中、后轴承磨损严重,必须立即停止使用发动机。随后将发动机送到主机厂所分解,检查结果证实了情况属实,预防了一次较大的故障

### 3.3 固体杂质含量的标准

检测完固体杂质成分含量和绘制图表后,还必须知道固体杂质含量的数据警戒值,才能以此做出有无潜在故障的判断。由于不同型号发动机的部件使用的金属材料含量并不相同,磨损产生的金属成分和含量也不相同,并且有些部件在翻修时是否镀铬、渗氮也会造成这种差异。因此,涡轮风扇式发动机滑油中固体杂质的含量标准并不是恒定的,固体杂质含量的标准应建立在发动机型号、制造过程中是否采用了镀铬、渗氮工艺来确定一个基准,通过一段时间的监控,将同型号发动机数据进行比较,还可进行修正,最终确定适合自己发动机特性的警戒值或数据标准。例如某发动机给出了发动机滑油光谱的参考数据,附表为某型发动机根据几年滑油光谱分析结果重新修订的标准。

需要注意的是,在发动机的磨合期,滑油中金属成分的含量会比较高,这时通常可以不采取任何措施,完成磨合后,金属含量会回落至正常的水平。例如图3、4所示某发动机后期工作时金属元素比较稳定。

另外部分发动机并没有给出光谱标准,除了数据标准以外,还有另一种判断方法,那就是从图表上看各种固体杂质或金属成分有没有急剧增加,如果含量并未超标,但曲线斜率变得很陡峭,说明某部件的磨损加剧,意味着需结合油滤检查、发动机振动值检查、磁塞检查等方法做进一步确认,以查找引起不正常磨损的原因。

## 4 油样的采集

为保证光谱分析的准确度,采集的滑油必须保持原始状态,确保不受到二次污染,因此,对滑油油样的采集有一定的要求,通常采取以下方式。

- 1、取样瓶应采用干燥、洁净的玻璃瓶或塑料瓶采集,采样量应不少于10毫升;
- 2、运转发动机直到滑油温度稳定,然后停车,检查发动机油量并提取油样;
- 3、最好在更换滑油时提取油样;如果不方便,则可在滑油在发动机内工作10小时后的任何时候提取油样;
- 4、油样必须清洁;取样前确认排放口,或加油口管非常清洁;取样前应先放掉约50毫升滑油,然后再取样以保证采集样品的准确性。

### 结语

需要注意的是,虽然滑油光谱分析对涡轮风扇航空发动机维修是一种很好的辅助手段,但它并不是惟一的分析手段和维护技术,还必须结合发动机试车监测振动值、内窥镜检查、油滤及磁塞检查等手段,才能综合判断发动机的状态。

### 作者简介:

吴海(1970-)男,航空机械维修工程师,航空理事会会员,从事飞机航空机械维修10多年,先后参与了歼六系列、教八系列、变稳机、歼\*\*系列等各型新机的航空机械维修、航空机械设计、试飞定型等工作,参与编写了K8V变稳机的维护手册、教练8型飞机的维护手册。