

飞机发动机磨损状态直读铁谱监测判据选择研究

校云鹏¹, 赵媛莉¹, 姜旭锋¹, 校云超², 项建党³

(1. 空军勤务学院航空油料物资系, 江苏 徐州 221000; 2. 空军霞浦场站, 福建 宁德 355103;
3. 94452 部队 63 分队, 河南 平顶山 467334)

[摘要] 文章简要介绍了直读铁谱监测的判据, 在此基础上应用直读铁谱技术, 对苏-27 飞机发动机滑油油样进行测定, 并对所得数据进行梳理分析, 得出各直读铁谱监测判据随飞机发动机运行时间的变化规律, 最后, 确定了对飞机发动机磨损状态的变化反映最灵敏的判断依据。

[关键词] 飞机发动机; 直读铁谱; 判据; 磨损状态监测; 磨损烈度指数

[中图分类号] TJQ

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-1865(2014)19-0167-02

Research on Aircraft Engine Condition Monitoring Direct Reading Ferrograph Wear Criterion Selection

Xiao Yunpeng¹, Zhao Yuanli¹, Jiang Xufeng¹, Xiao Yunchao², Xiang Jiandang³

(1. Air Force Service College, Aviation Oil and Material Department, Xuzhou 221000; 2. Air Force Xiapu Airport, Xiapu 355103;
3. 94452 Troops, 63 Detachment, Pingdingshan 467334, China)

Abstract: In the paper, the direct reading ferrograph monitoring criterion was introduced briefly, the S-27 aircraft engine lubricating oil sample were determined based on the application of direct reading ferrograph technology, then the data was carded and analyzed, it is concluded that the direct reading ferrograph monitoring criterion changing rule with the aircraft engine running time, finally, the most sensitive to the change of aircraft engine wear condition judgment basis was determined.

Keywords: aircraft engine; direct reading ferrograph; criterion; wear condition monitoring; wear intensity index

直读式铁谱仪是继分析式铁谱仪之后发明的具有准确定量和快速测试特点的铁谱仪, 主要用来确定润滑油中磨屑浓度和尺寸分布数据, 结构简单、制谱与读谱合二为一, 分析过程简便迅速, 且价格低廉, 对于磨损加剧的征兆—磨屑浓度和尺寸分布的变化很敏感, 用于对油样小磨粒浓度的定量测量, 有“定量铁谱”之称^[1]。

1 直读铁谱监测判据简介

直读式铁谱仪以 DL 和 DS 为基本定量分析参数, 即每毫升分析油中存在的磨粒相对含量百分数, 单位为 %·mL⁻¹, 其中 DL 表征大磨粒 (>5 μm), DS 表征小磨粒 (1~2 μm), 它们是无量纲的相对量。DL 和 DS 可以粗线条地表征油样中磨粒的粒度分布特点, 但如果要全面、灵敏地反映油样中磨粒量的变化, 还需要其它定量分析判据, 包括 LPC(磨损烈度)、IS(磨损烈度指数)、WPC(磨粒浓度)及 PLP(大磨粒百分数)等^[2]。详见表 1。

表 1 直读铁谱技术的判据

Tab.1 Direct reading ferrograph technology criterion

基本判据	大磨粒浓度 D_L
	小磨粒浓度 D_S
演化判据	磨损烈度 LPC , $LPC = D_L - D_S$
	磨损烈度指数 I_S , $I_S = D_L \cdot (D_L - D_S)$
	磨粒浓度 WPC , $WPC = (D_L + D_S) / \text{样品量}$
	大磨粒百分数 PLP , $PLP = (D_L - D_S) / (D_L + D_S) \times 100\%$
	磨粒浓度累加值, $\Sigma(D_L + D_S)$
	磨损烈度累加值, $\Sigma(D_L - D_S)$

本文将通过应用直读铁谱技术, 对苏 27 飞机发动机磨损状态进行跟踪监测, 以从现场取得的一批苏 27 飞机发动机滑油油样作为测定对象, 用直读式铁谱仪测得大量的飞机发动机磨粒浓度数据, 并通过数据分析来确定直读铁谱监测判据。

2 飞机发动机磨损状态监测实验

2.1 直读式铁谱仪工作原理

直读式铁谱仪分析速度快, 重复性好, 主要用于对大量油样的筛选工作—对油样中的磨粒做定量分析, 方便、迅速而较准确地测定油样内大小磨粒的相对数量^[3-6]。本实验所用直读式铁谱仪为北京铁路局科研所研究生产的 ZTP-X2 型直读式铁谱仪, 如图 1 和图 2 所示, 它是进行磨损趋势分析的定量仪器。

2.2 滑油直读铁谱监测试验

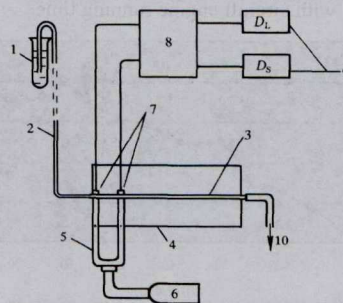
以从现场取得的一批苏-27 飞机发动机滑油油样作为测定对

象, 每个滑油样品取 1 mL, 用四氯乙烯作为粘度稀释剂, 按 ZTP-X2 型直读式铁谱仪操作规程测定 D_L 和 D_S 值, 然后计算出常用的定量分析参数。



图 1 ZTP-X2 型直读式铁谱仪

Fig.1 ZTP-X2 type direct-reading spectrometer



1. 油样; 2. 毛细管; 3. 沉淀管; 4. 磁铁; 5. 光导纤维; 6. 光源; 7. 光电; 8. 处理器; 9. LCD 显示屏; 10. 废油

图 2 直读式铁谱仪工作原理图

Fig.2 Direct-reading spectrometer principle diagram

油样预处理按美国材料试验学会(ASTM)标准进行。如原油样磨粒浓度较高: $DL \geq 100$; $DS \geq 70$, 应进行浓度稀释。稀释方法为“将精密滤过的同牌号净油或液体石蜡按比例加入原油样中, 配置成 10:1; 100:1; 1000:1, ……比例的油样”。最后, 取 1 mL 经预处理的油样注入干净试管内待用。

3 实验结果分析与结论

3.1 数据分析

根据直读铁谱监测实验中测得的数据 LPC 、 WPC 、 I_S , 结合直读铁谱监测判据的定义公式, 运用 EXCEL 函数计算出直读铁谱监测判据 PLP , 得出表 3。

表3 直读铁谱监测实验获取的判据

Tab.3 Experimental criterion of direct reading ferrograph monitoring

序号	使用时间/h	取样日期/(y.m.d)	D_L	D_s	LPC	WPC	I_s^*	PLP
1	0	2007.07.04	1.2	1.0	0.2	4.4	0.24	0.44
2	3	2007.07.07	1.7	1.5	0.2	6.4	0.34	0.64
3	6	2007.07.08	2.0	1.6	0.4	7.2	0.80	1.44
4	12	2007.07.10	4.5	4.4	0.1	17.8	0.45	0.89
5	13	2007.07.13	4.8	4.5	0.3	18.6	1.44	2.79
6	18	2007.07.14	6.6	6.3	0.3	25.8	1.98	3.87
7	20	2007.07.16	6.5	6.2	0.3	25.4	1.95	3.81
8	22	2007.07.17	6.1	5.3	0.8	22.8	4.88	9.12
9	28	2007.07.18	12.7	11.9	0.8	49.2	10.16	19.68
10	30	2007.07.20	14.3	12.7	1.6	54	22.88	43.2
11	32	2007.07.22	14.6	12.4	2.2	54	32.12	59.4
12	38	2007.07.25	14.8	12.6	2.2	54.8	32.56	60.28
13	40	2007.07.26	15.0	13.5	1.5	57	22.50	42.75
14	46	2007.08.03	15.4	14.8	0.6	60.4	9.24	18.12
15	50	2007.08.06	17.8	15.6	2.2	66.8	39.16	73.48
16	56	2007.08.10	18.6	17.8	0.8	72.8	14.88	29.12
17	61	2007.08.11	20.1	19.6	0.5	79.4	10.05	19.85
18	65	2007.08.12	16.7	15.2	1.5	63.8	25.05	47.85
19	71	2007.08.15	8.5	8.2	0.3	33.4	2.55	5.01
20	73	2007.08.18	9.4	8.6	0.8	36	7.52	14.4

运用 EXCEL 图表, 得出各直读铁谱监测判据随飞机发动机运行时间的变化规律如图所示:

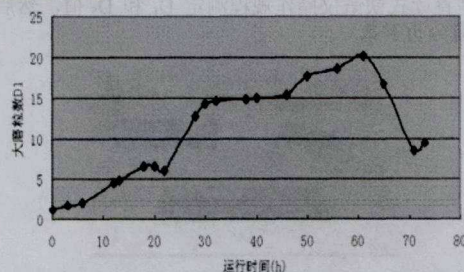


图3 大磨粒数 D_L 随飞机发动机运行时间的变化趋势图
Fig.3 Change trend chart of big grinding grain number D_L along with aircraft engine running time

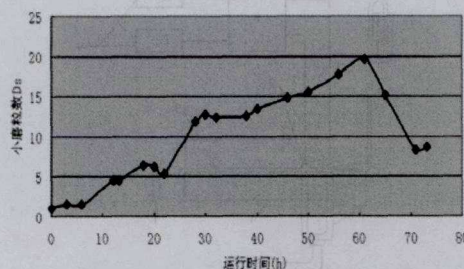


图4 小磨粒数 D_s 随飞机发动机运行时间的变化趋势图
Fig.4 Change trend chart of small grinding grain number D_s along with aircraft engine running time

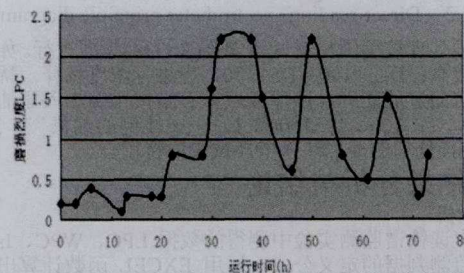


图5 磨损烈度 LPC 随飞机发动机运行时间的变化趋势图
Fig.5 Change trend chart of wear intensity LPC along with aircraft engine running time

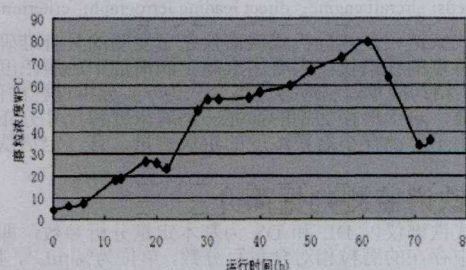


图6 磨粒浓度 WPC 随飞机发动机运行时间的变化趋势图
Fig.6 Change trend chart of wear particle concentration WPC along with aircraft engine running time

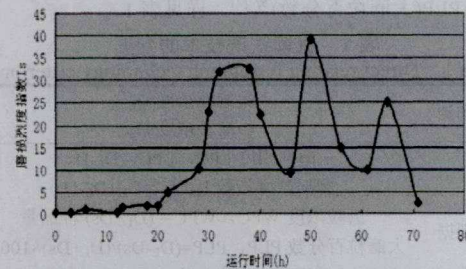


图7 磨损烈度指数 I_s 随飞机发动机运行时间的变化趋势图
Fig.7 Change trend chart of wear intensity index I_s along with aircraft engine running time

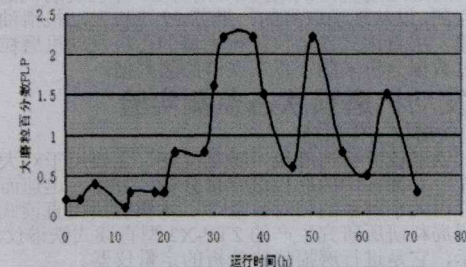


图8 大磨粒百分数 PLP 随飞机发动机运行时间的变化趋势图
Fig.8 Change trend chart of large grinding grain percentage PLP along with aircraft engine running time

(下转第166页)

水形成的共沸混合物(沸点94.1℃,含水33.4%);正丁醇、正丁醚与水形成的三元共沸混合物(沸点90.6℃,含水29.9%,正丁醇34.6%,正丁醚35.5%)^[2]。根据反应物和产物的物性常数,操作该实验时,在回流反应装置中加一分水器。分水器的作用是将回流液中的反应物送回反应瓶内继续反应,而将反应产生的水不断从反应体系中分离除去,从而使平衡向正反应方向移动。

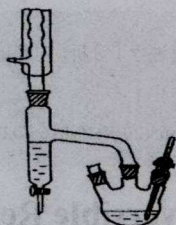


图3 回流分水装置

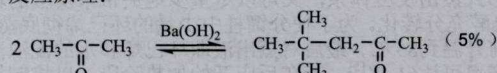
Fig.3 Reflux-water segregation apparatus

按图3搭好回流分水装置,分水器中可以事先加入一定量的水,小火加热烧瓶,保持回流。随着反应进行,分水器中的水量不断增加,当生成的水达到一定量,即可停止反应。该反应产率可达50%^[5]。

在回流分水装置中,作为带水剂的物质必须与水有最低共沸点,且在水中的溶解度很小,它可以是反应物或产物本身。如乙酸正丁酯合成中,反应初期利用原料正丁醇与水形成二元共沸物(沸点93.0℃,含水44.5%)或原料正丁醇、产物乙酸正丁酯和水形成三元共沸物(沸点90.7℃,含水27.1%)来分离除水^[3]。带水剂也可以是外加的第三组分,但第三组分必须是对反应物和产物不起反应的物质,通常加入的第三组分有苯,环己烷,氯仿,四氯化碳等。如苯甲酸乙酯合成中,通过加入带水剂苯与反应物乙醇及产物水形成三元共沸物(沸点64.6℃,含水74.1%,乙醇18.5%,水7.4%),不断将水带出反应体系,促使酯化反应完全^[6]。

1.4 索氏提取装置(丙酮的Aldol缩合)

反应原理:



酮发生Aldol缩合反应时,平衡偏向反应物一边,所得缩合产物的产率很低,如丙酮自身缩合生成二丙酮醇的产率只有5%。为提高产率,一个巧妙的方法是在索氏提取器中进行反应,不断使产物脱离平衡体系,从而使平衡向右移动,得到一定产率的羟酮

产物。以丙酮的Aldol缩合为例,具体装置如图4。

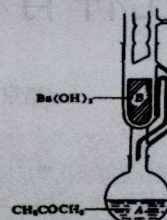


图4 索氏提取装置

Fig.4 Soxhlet extraction apparatus

操作时,将Ba(OH)₂放在纸筒B中,加热烧瓶A,使其中的丙酮(沸点56℃)回流,回流液滴在B内和Ba(OH)₂接触而生成二丙酮醇。待B中混合物液面超过虹吸管高度时即被吸回至A,由于二丙酮醇的沸点较高(沸点164℃),可以留在A中,而丙酮在B中继续反应,二丙酮醇不断在A中沉积下来,最终可达到70%的产率^[7]。

2 结论

综上所述,增加反应物浓度或减少生成物浓度是提高可逆反应产率的行之有效的方法。在实验研究中可以根据具体反应的特点,如反应物及产物的物理常数、理化性质、共沸物的形成等,选择和设计适宜的反应装置进行反应,并且通过实践不断完善和发展。

参考文献

- [1] 邢其毅,徐瑞秋,周政,等.基础有机化学[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [2] 曹健,郭玲香.有机化学实验[M].南京:南京大学出版社,2009.
- [3] 周科衍,高占先.有机化学实验(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2002.
- [4] 曾昭琼.有机化学实验(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2000.
- [5] 周科衍,高占先.有机化学实验教学指导[M].北京:高等教育出版社,1997.
- [6] 王清廉,李瀛,高坤,等.有机化学实验(第三版)[M].北京:高等教育出版社,2011.
- [7] 王积涛,胡青眉,张宝申,等.有机化学[M].天津:南开大学出版社,2002.

(本文文献格式:施梅,陈新,李丽.几种有机可逆反应实验装置的设计[J].广东化工,2014,41(19):165-166)

(上接第168页)

3.2 结论

由以上直读铁谱监测判据随飞机发动机运行时间的变化趋势图,通过对它们的比较分析^[7]可以看出:大磨粒数DL,小磨粒数Ds,磨粒浓度WPC等参数变化曲线比较平滑,变化趋势比较稳定,所以它们对飞机发动机磨损状态变化的灵敏度比较低;而磨损烈度LPC、磨损烈度指数Is和大磨粒百分数PLP等参数的变化曲线波动比较大,变化趋势不稳定,所以这三个判据的灵敏度相对较高;但是由于磨损烈度LPC和大磨粒百分数PLP的y轴幅值取得都是0.5,幅度小,而磨损烈度指数Is的幅值取得为5,幅值大,所以,综合上述分析,磨损烈度指数Is是上述参数中灵敏度最高的参数,即Is对飞机发动机磨损状态的变化反映最灵敏。

参考文献

- [1] 萧汉梁.铁谱技术及其在机械监测诊断中的应用[M].北京:人民交通出版社,1993.

- [2] 杨其明.磨粒分析—磨粒图谱与铁谱技术[M].北京:中国铁道出版社,2002.
- [3] 党学勇.基于铁谱技术的机车柴油机状态监测研究[D].成都:西南交通大学,2005:16-20.
- [4] 姚晓燕,孙福生等.铁谱监测技术在关键设备上的应用[J].石油化工设备技术,23(1),2002:65-66.
- [5] 岑子健.铁谱监测技术在设备磨损故障诊断中的应用[J].装备制造技术,2007,(9):84-86.
- [6] 樊庆和,韩维.铁谱分析技术在飞机液压系统故障分析中的应用[J].液压与气动,2007,5:59-61.
- [7] 陈金良.康明斯发动机磨合期油液监测方法的研究[D].徐州:徐州空军学院,2006.

(本文文献格式:校云鹏,赵媛莉,姜旭峰,等.飞机发动机磨损状态直读铁谱监测判据选择研究[J].广东化工,2014,41(19):167-168)