

航空发动机滑油监视与诊断系统软件研制*

陈 志 英

(北京航空航天大学动力系, 北京, 100083)

摘 要: 介绍了发动机滑油监视系统的功能和监测参数, 并讲述了软件系统总体设计方案, 给出了软件系统流程图, 论述了软件各功能模块的内容和特点, 本软件系统 EOMS 在厦门航空公司应用表明, 该软件系统具有实用性等特点。

主题词: 航空发动机, 滑油, 监控系统, 诊断系统

分类号: V233.42

STUDY OF OIL SYSTEM MONITORING AND FAULT DIAGNOSIS FOR AERO-ENGINE

Chen Zhiying

(Dept. of Jet Propulsion, Beijing Univ. of Aeronautics and Astronautics, Beijing, 100083)

Abstract: The function of engine oil monitoring system (EOMS) are introduced. The design ideas of the software system is described. The flowchart diagram of the system is given. It focuses on the content of each function model, analyzes some features of the software technology and assures some methods. The EOMS has successfully applied in China Xiamen Airlines Ltd, which shows that the system has its practical value.

Subject terms: Aircraftengine, Oil, Monitoring system, Diagnostic system

1 引 言

随着航空技术的不断发展, 追求高性能低成本发动机的同时, 使得接触滑油的零组件更趋向于高载荷、高工作温度及轻质量, 而有效的采用视情维修的滑油监视方法更加显得重要。滑油系统监视有助于减少不必要的零部件更换, 并能及时采取维修行动, 以降低逐步发展的故障模式的二次损伤, 从而降低费用, 减少空中停车率。

滑油监视系统主要监视传动系统, 主要功能包括^[1,2]: (1) 利用滑油监测参数, 即滑油压力、滑油温度、滑油消耗量和滑油油滤堵塞指示, 监视滑油系统自身的工作状态和发动机有关零组件的健康状况, 以保证滑油系统处于正常状态工作; (2) 通过分析滑油中的屑末状况, 如屑末含量、产生的速率、材质、形状、尺寸、尺寸分布和颜色等, 监视接触滑油的发动机传动系统零部件的磨损状况及故障特征; (3) 通过分析滑油的理化性能, 如氧化程度、胶体杂质的含量、粘度、闪点和总酸值等, 监视滑油的可使用性, 并提供有关发动机工作异常的信息。

2 软件系统总体设计

2.1 功能及流程图

要实现滑油系统工作状态监视、屑末监视和理化性能监视,滑油系统监视软件应包括数据管理、屑末分析、光谱分析、铁谱分析、滑油消耗量分析、滑油理化性能分析、滑油监视参数趋势分析等功能模块^[3]。软件系统流程图参见图 1。

2.2 数据管理模块

该模块是针对航空公司机群及发动机的管理而设计,它包括以下内容:(1) 有无新数据;(2) 飞机或发动机开户;(3) 安装或拆换发动机;(4) 飞机号及对应发位的发动机序列号;(5) 换发日期。这些管理信息将根据情况随时变更某项状况,以便监视人员作数据处理时调用。

2.3 监测数据分析模块

由图 1 可见,6 项监测数据分析手段是从不同角度监视滑油系统的运行状况。测量参数监视,一方面是通过机载监测数据,做出超限告警,实现飞行中的实时监视;另一方面在地面站通过数据处理建立 AR 模型,作出趋势分析和预测。

机载测量参数监视,即监视滑油系统自身的工作状况,又监视了发动机传动系统的运行状况。通过监测发动机滑油压力可判别滑油系统是否工作正常,如引起滑油压力升高的因素有滑油喷嘴堵塞、油滤堵塞或调压器工作不正常;引起滑油压力降低的因素有泄漏、油管破裂、油泵故障、油面太低或调压活门工作不正常。

滑油消耗量分析是通过记录飞行前和飞行后的滑油量,分析滑油消耗速率,从而得到有关滑油泄漏的信息,或得知燃油/滑油散热器损坏而在滑油中出现燃油污染的信息。由公式 $V_q = (Q_b - Q_a)/T_f$ 计算单位时间内滑油消耗速率。

滑油除作为润滑和冷却传动部件外,还作为屑末的运输媒介。在产生屑末的磨损过程中,滑油中含有丰富的有价值的磨损信息^[4]。

发动机停车后在滑油箱中抽取样品进行光谱分析^[5],测出滑油中金属元素及其含量,从而做出磨损金属浓度的超限检查和变化率分析,由于该浓度的变化率直接与磨损金属产生的速率相关,所以它是比浓度值本身更重要的参数。同样取样进行铁谱分析,测出磨损大颗粒和小颗粒两种浓度相关值 D_L 和 D_S ,由此可组合出不同形式的磨损严重程度的指标,如 $D_L(D_L - D_S)$; $D_L^2 - D_S^2$; $(D_L - D_S)/(D_L + D_S)$ 。

采集装在发动机回油路中的屑末收集器中的磨损屑末,通过提取屑末含量产生的速率、材质、颗粒形状、尺寸、尺寸分布和颜色等参数特征,建立故障磨损模式,利用专家系统软件判断故障模式和故障位置,即可判断出是哪个轴承、齿轮箱发生了故障磨损等。

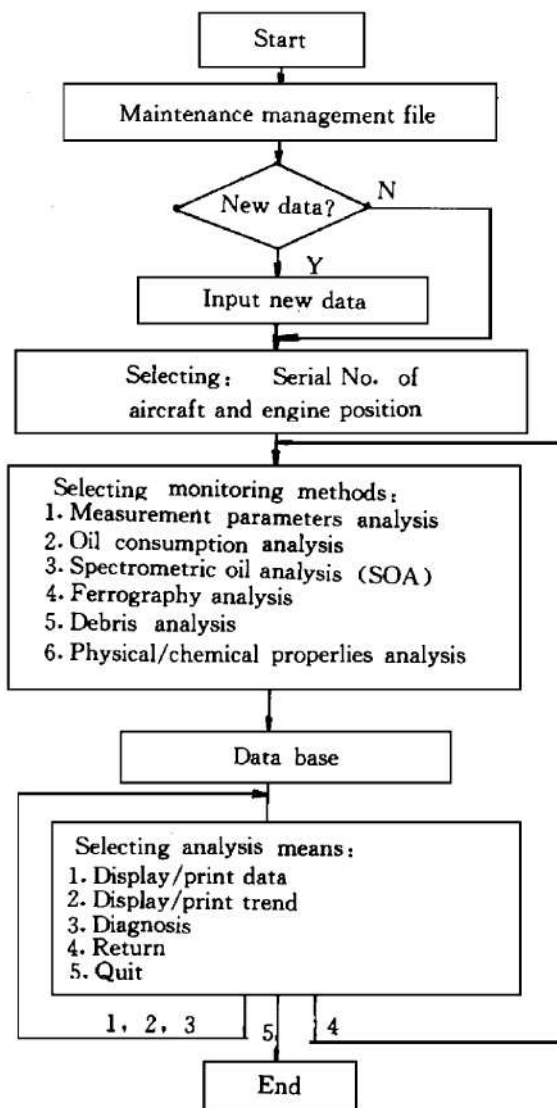


Fig. 1 Flowchart of oil system monitoring and diagnosis

滑油理化性能分析,可提供关于滑油状态以及某些发动机工作不正常的信息。通过监测滑油的氧化性、粘度、闪点等滑油性能的变化趋势,判断发动机故障,并做出该滑油的可使用性判别。

2.4 结果显示/输出

数据及分析结果可有几种输出方式供选择,可在显示器上显示原始数据、显示趋势图,可用闪烁与声音效果显示发动机滑油系统故障部位。上述结果也可打印输出。

3 考核与应用

3.1 模拟运行

本软件系统含有 20 个运行模块,模块之间靠数据文件传递信息,为保证数据传送的准确及传递路径可靠,整个软件系统进行了反复模拟运行。

模拟运行时假设有 4 架飞机投入运营,8 台发动机安装在飞机上。参考航空公司实测数据对软件系统全面的测试,并分别在 386、486 及 586 机上运行通过。由于第一版本的本软件系统 EOMS 采用 FORTRAN 语言编写,所以对机型的要求不高。在修改后的第二版本软件系统采用了 FORTRAN 语言与 C 语言分别编写不同模块的作法,即发挥了采用 FORTRAN 语言做数值计算处理的优势,又发挥了 C 语言作界面、数据显示、数据信息状态处理的优势。由于本软件系统并无复杂的数值计算及数据传输,因此在运行速度上不同机型差别不大。

3.2 应用情况

1994 年本软件 EOMS Version1.0 交付厦门航空公司运行,经 3 个月试运行,转入正式运行,公司的监控室已把它作为对发动机监控维护日常工作的内容。说明该软件系统对于监视发动机滑油系统工作状况是全面的,它具有经济实用价值。

图 2 给出了该公司监视一架波音 757 飞机的发动机滑油消耗量的情况。

由图 2 可见,该飞机右发动机滑油消耗量逐渐升高,最后达到并超过告警线,表明该发动机单位时间内滑油消耗量太大,从滑油消耗量的变化率来看,也是上升趋势。说明该发动机存在某种故障,经维修检查确信管路有漏油现象。

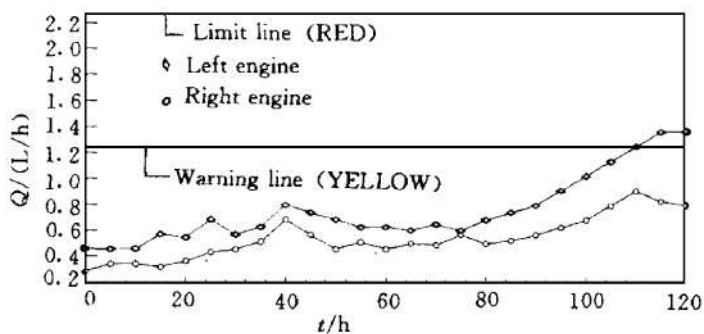


Fig. 2 Oil consumption trend

参 考 文 献

- 1 陈大光译. 航空发动机监视系统译文辑. 航空工业部三零一所, 1992.
- 2 张 津, 李其汉. 航空发动机状态监视与故障诊断. 北京航空航天大学动力系, 1993.
- 3 吴章通. 发动机滑油系统状态监控技术及应用研究. 北京飞机维修工程公司, 1993.
- 4 柯拉科特 R A. 编著. 孙维东译. 机械故障的诊断与情况监测. 北京: 机械工业出版社, 1986.
- 5 SAE E-32 Committee. Guide to oil system monitoring and fault diagnosis for aero-engines. SAE Aerospace Information Report, AIR 1828, 1984.

INVESTIGATION OF SPRAY CHARACTERISTICS BY USING PHASE-DOPPLER PARTICLE ANALYZER

Zhu Huimin Su Ke

(Shenyang Aeroengine Research Inst., Shenyang, 110015)

Abstract: Detailed spray characteristics were obtained for a dual-orifice atomizer using a phase-Doppler particle analyzer (PDPA) in this study. The PDPA measured point data were integrated into the line-averaged drop sizes over radial traverses and the cross-section-averaged sizes over the whole measured sections. The integrated PDPA data are greater as compared with the line-of-sight measurements given by a Malvern instrument, but reasonably consistent with the predictions based on the wave instability concept. The results from the investigation show that the PDPA is an effective instrument for providing a reliable approach of describing spray characteristics and determining the spraying quality.

Subject terms: Injector, Spraying, Granularity distribution, Mean droplet size⁺

应用相多普勒粒度仪研究喷雾特性^{*}

诸惠民 苏 克

(沈阳航空发动机研究所, 沈阳, 110015)

摘 要: 应用相多普勒粒度分析仪 (PDPA) 获得了双油路喷嘴详细的喷雾特性。将 PDPA 测得的空间点数据分别沿扫描径向和所在测量截面积分, 得到液滴的线平均和面平均直径。PDPA 的线积分数据比马尔文仪测得的线积分值要大; 面积分平均直径与液膜波不稳定理论计算的初始平均直径相符合。结果表明, 对描写喷雾特性和确定喷雾质量, PDPA 是可靠的测量装置。

主题词: 喷嘴, 喷雾, 粒度分布, 平均滴径⁺

分类号: V233.2

1 INTRODUCTION

Combustor performance is related directly to spray characteristics of nozzles. Spray characteristics are mainly obtained from non-intrusive measurements by using laser techniques with quick response and fair accuracy. Malvern laser-diffraction instruments have been used extensively in recent years to characterize dropletlet size distributions. The Malvern data are averages along the line-of-sight through the spray instead of spatially resolved, and no velocity information is obtained. Another serious deficiency is that mean droplet sizes measured by the Malvern are sometimes less than that of real sprays due to the multiple scattering^[1].

The phase-Doppler particle analyzer (PDPA) utilizes the laser light scattered by spherical particles to obtain simultaneously size and velocity. The droplet size can be measured accu-

^{*} 收稿日期: 1997-11-03, 修回日期: 1998-06-22