

直升机齿轮箱中润滑系统 滑脂的铁谱分析

Raymord J. Dalley著 黄毅 杨金枝 编译

一、前言

在当今工业和军事环境中，由于机械设备停机修理所造成的损失是难以挽回的——这不只是维修费用昂贵，而且失去了生产时间，如果在工作期间出现了故障还可能伤害操作人员。因此，维护管理人员正在开始寻求一些不仅能预报机械设备的故障，而且能估计故障出现的部位，甚至能提示到故障发生时机械设备还能工作多久的手段和方法。几年前美军在着手考察有关直升机齿轮箱的问题时，他们对油中磨损颗粒的分析产生了兴趣，现在他们已有了一个非常成功的（包括称之为铁谱的磨损颗粒分析技术）工况监控程序。

70年代末期以来，铁谱就一直被广泛应用，并且在不用停车就能诊断和预报机械设备的维修方面是一种非常有效的技术。本文将说明铁谱技术近年来的发展及其在润滑脂方面的应用情况，并给出几例揭示预告机械设备即将发生故障的高可靠性工况监控手段的实例及记录结果。

二、铁谱技术的发展情况

1. 原理

铁谱是一种对从流体中分离出的磨损颗粒进行显微镜检定和分析的技术，作为一种维护预测技术始于1971年，最初用于滑油中沉淀的磨损铁质颗粒。该项技术曾被成功地用来监控军用飞机发动机的工作状态，这促使了它在其它方面应用的发展。如，滑油中沉淀非磁性颗粒的方法修正及现代化工业中能溶解的滑脂的精制。

2. 铁谱仪

用于磨损颗粒分析的两种主要仪器是直读铁谱仪和分析铁谱仪。

a. 直读铁谱仪：直读铁谱仪是一种通过对流体试样的周期性定期检测来进行工况监控的，甚至非技术人员也能容易操作的组合便携式仪器，仪器能定量测定润滑油和液压油中磨损颗粒的浓度，采用这种仪器是一种发展趋势。

b. 分析铁谱仪：分析铁谱仪是对磨损颗粒作进一步详细分析的仪器，它通常要制备谱片，能提供分析数据及试样的永久性记录。

3. 显微镜

铁谱谱片的分析一般采用综合了生物和金相显微镜特点的显微镜进行，这种显微镜有反射和传导两种光源，且可同时使用。利用绿、红和偏振光滤色器来区分金属和非金属颗粒的体积、组成、形状及结构，还配有1个或多个摄像镜头、宽范围滤色器和光圈，这便于分析、处理和记录试样信息。

4. 铁谱颗粒分析软件技术(FAST系统)

FAST系统是近年来开发的一种非常先进、使用方便的数据管理及书写报告系统，它具有最先进的磨损数据的计算机贮存、比较和评定功能，使得以前需要手工完成的图表及质量报告的绘制变得既快又容易，而且准确性也较好。该系统大大地增强了铁谱的工况监控能力。

三、铁谱在润滑脂上的应用

1. 润滑脂溶剂的选择

目前使用的滑脂溶剂主要有两种，一种为30%甲苯和70%己烷的混合物，它对锂皂石油型滑脂的溶解非常有效，对其它类型滑脂的溶解性也很好。另一种为二甲苯，它适用于以白土作为增粘剂，基础油符合MIL-H-83282的非皂脂，美军直升机齿轮箱滑脂的铁谱试验方

法中就规定使用这种溶剂。

2. 润滑脂试样的制备

取大约 1ml 有代表性的滑脂试样，将其与 14ml 的甲苯—己烷溶液混合，同时加入约 24 个直径为 3 mm 的玻璃球，以帮助减少摇动时间，然后加 5 ml 过滤了的滑油，增大混合物的粘度，便于高密度大磨损颗粒沉入底部。最后摇动到全部混合即可。

3. 实例记载

世界各国都已证明在军用和民用工业中，磨损颗粒分析是机械工况监控过程最有效的方法之一。美军已提供了铁谱在直升机齿轮箱中得到成功应用的资料，下面的几个实例记载表明了铁谱作为磨损颗粒分析手段的使用情况。

1 号实例记载

飞机——直升机（战斗机）

部件型号——隔板附件

部件工作时间——775小时

铁谱分析——发现表明磨损状况的谱片上有高浓度铁颗粒，建议卸掉隔板并送做磨损分析。

指令——停飞

调查——对隔板的分解检查发现支撑附件有 1 个损坏的双向推力轴承，是由接触应力疲劳造成的。轴承内环球轨道上部有大约 102mm，下部约有 25mm，外环下部约有 13mm 的剥落区。

结果——该部件很容易修复，飞机可重新投入使用。

2 号实例记载

飞机——直升机（战斗机）

部件型号——起落架剪形装置和动作筒附件。

部件工作时间——71915小时

铁谱分析——表明有大量磨损及铜合金磨损的磨屑，建议卸下剪形装置和动作筒附件并送做磨损评定。

指令——立即停飞

检查——经对剪形装置和动作筒附件目视检查未发现明显缺陷，可是经分解检查发现问题如下：

题如下：

1*轴承内环球轨道周长的 30% 严重磨损，其余 70% 轻微磨损。外环轻微磨损并有硬质颗粒。

2*轴承内环球轨道周长 100% 严重磨损，外环有程度不同的磨损。另外 9 个滚珠有严重磨损。

3*和 4*轴承有轻微磨损并有硬质颗粒。

结果——经对剪形装置和动作筒附件的分析研究发现所报告的严重磨损及铜合金颗粒是由轴承磨损机械的接触应力疲劳引起的。该部件很容易修复。

3 号 实例记载

飞机——直升机（战斗机）

部件型号——T-53-L-703 型 3* 发动机

部件工作时间——29 小时

铁谱分析——发动机冲洗后，谱片上有高浓度磨屑。

指令——由于有高浓度铁磨屑而停飞，建议检查所有的轴承、减速器或驱动齿轮附件、隔板、垫片、花键等。

调查——发动机检查如下：

- 发动机外观未发现明显缺陷。

- 旋转部件（气体发生器和动力涡轮部分）转动自如，且无杂音。

- 油料过滤器、油箱及磁屑测定器清洁。

可是，发动机分解检查发现 4* 轴承存在如下问题：

- 滚珠轴承的保持罩破裂在一个滚珠套的两侧，另外有 1 个滚珠套严重变形，其它的也存在轻度变形磨损。

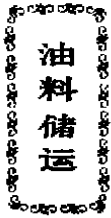
- 1 个滚珠残缺，1 个轻度磨损，其余的未见明显缺陷。

- 内外环有几处磨损。

结果——高浓度铁颗粒是 4* 轴承的滚珠与滚珠套磨损产生的，轴承套上的不均磨痕表明轴承的损坏是由于轴承套的不同心或不圆造成的。这种情况很容易修复，并可重新使用。

四、结论

对润滑脂进行铁谱分析的工作已有多年



从“沙漠盾牌”行动 看空中加油技术的现状与发展

Anthony Robinson 等著 张晓钟 摘译
Gérard Turbé

海湾危机特别是美国发起“沙漠盾牌”军事行动使得在应急条件下，“外空域”作战时空中加油至关重要。美国空军战略司令部（管理所有加油机）到1990年1月初已出动13,800架次以保障“沙漠盾牌”行动。这一过程包括了60,600飞行小时和26,000次空中加油，共加注了大约5,500万美制加仑的燃料，目的是完成从非战时期的基地到沙特阿拉伯的布署和在沙境内的战术性出动架次。

除此之外，加油机还运送了700万磅的货物和9,000名乘员，其中两用KC-10A加油机起了最大作用。由此得出的主要经验包括需要美国空军的加油机除具有标准加油舱外还应具备加油软管-锥管式加油系统。这将使得空军在一次出击时不仅能够为本部的飞机加油，还能够为海军或海军陆战队以及主要盟军的飞机加油，但这些飞机应装备有能与锥管式加油系统对接的加油管。现代化的装备有吊舱的锥管式加油系统的输油速度接近于硬管式系统。

KC-130是空中加油机中主力機種，属于C-130“大力士”军用运输机系列。美国海军陆战队使用的是KC-130F/R/T，此外美国空军应用HC-130和MC-130型空中加油机为执行空中救援和特别行动的直升机加油。1990年12月第一批2架新型HC-130H(N)被调往阿拉斯加州安克里奇（Anchorage）克里斯（Kulis）国民

了，美军在过去很少几年的工作经验就是这种技术在滑脂方面成功应用的最佳例证之一，其给人印象深刻的高命中率应该排除人们对分析中有关取样和干扰等许多问题的担忧。铁谱作为一种对磨损颗粒的分析手段，维护管理人员

警卫队空军基地第210空中救援中队。洛克希德航空系统公司（LASC）已向美国空军、海军和8个外国用户出售了138架“大力士”空中加油机。出口型KC-130H空中加油机与美国海军陆战队使用的KC-130R相似。

洛克希德航空系统公司国际发展计划部主任埃迪·格斯特福森（Eddie Gustafson）在接受“国际防务述评”期刊记者采访时指出，“大力士”空中加油机是唯一的具有所要求的速度范围能够给直升机和战斗机加油的空中加油机。

应几家外国用户的要求，洛克希德公司现正生产一种新型的“大力士”空中加油机，它使用由英国空中加油有限公司生产的Mark 32B翼下吊舱，这是除由美国Sargent-Fletcher公司的标准加油系统外所选用的系统。格斯特福森说：“将货机改装或生产成为空中加油机是可行的，但应用Sargent-Fletcher加油系统因为管线问题而困难重重，当然尽管有可能改进，我们真正追求的是推销具有任何系统的新型飞机。

“目前正在KC-130上作试验的空中加油系统和以前安装在麦道公司的KC-10A空中加油机相同，用于调查这种飞机的加油能力而使用的一种翼下可分离吊舱。然而KC-130装备将具备一条更长的加油软管使之有可能给直升

能够对机械工作状态及时做出正确的估价。

根据《Ferrographic Analysis of Grease Lubricated Systems in a Helicopter Gear Box》，NLGI Spokesman, August 1990 编译。