

直读式铁谱仪 在发动机滑油系统故障分析中的应用

樊庆和

(海军航空工程学院机械工程系, 山东烟台, 264001)

摘要: 介绍了直读式铁谱仪的特点和工作原理, 及其在发动机滑油系统故障分析中的应用。

关键词: 磨粒; 滑油系统; 故障分析

中图分类号: V 233.4

文献标识码: A

APPLICATION OF DIRECT READING FERROGRAPH TO FAULT ANALYSIS OF ENGINE SLIDE-OIL SYSTEM

FAN Qing-he

(Department of Mechanical Engineering, NAEI, Yantai, 264001)

Abstract: The paper introduces the characteristics and principle of direct reading ferrograph and its application to the fault analysis of engine slide-oil system.

Key words: abrasive particle; slide-oil system; fault analysis

0 引言

发动机作为飞机的动力源, 其能否正常工作, 直接关系到飞机的飞行安全。齿轮及轴承是航空发动机传动系统的重要环节之一, 齿轮起着传递扭矩, 驱动发动机正常工作的各种附件的作用, 轴承支承发动机转子, 使之正常运转。齿轮、轴承能否正常运转, 直接关系到发动机能否继续工作。

为保证齿轮和轴承的正常工作, 航空发动机都采用滑油对其进行润滑。滑油泵将滑油从油箱中抽出, 通过喷嘴对齿轮及轴承各部件进行润滑散热, 润滑后的滑油通过滑油回油泵输送回滑油箱^[1]。

尽管如此, 仍然难以避免由于齿轮和轴承的磨损而造成的飞行事故。因此, 通过监测发动机滑油中的金属粒子数量的变化, 来判断发动机各传动部件的工作情况, 对预防飞行事故具有十分重要的意义。

1 直读式铁谱仪的工作原理及特点

直读式铁谱仪是一种预防性维修仪器, 它具有

分析速度快、重复性好的特点, 因此被称为铁谱技术中的定量方法。其工作原理如图1所示^[2]。

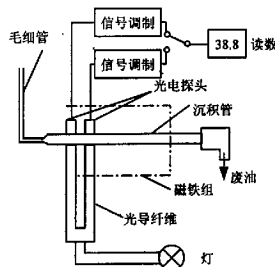


图1 直读式(DR)铁谱仪简图

被分析油样在虹吸作用下, 流经位于磁铁上方的玻璃材质的沉积管内。油中磨粒在磁场作用下, 按其大小依序沉积在玻璃管内壁上, 如图2, 由光导纤维将两束光引至大磨粒(大于 $5\mu\text{m}$)和小磨粒($1\sim 2\mu\text{m}$)的沉积位置。再用光敏探头接收穿过沉积磨粒层后的光信号, 并完成光电转换。仪器内

的电子线路将这个与磨粒沉积量相关的电信号放大和进行 A/D 变换, 最终在数显屏上直接显示出分别表征油样为大、小磨粒浓度的两个相对读数 D_L 和 D_S 。

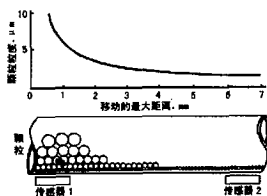


图2 直读式铁谱仪沉积管内磨粒沉积状态

2 利用直读式铁谱仪对滑油油样进行检测

由于发动机滑油系统所润滑的各齿轮和轴承等传动部件在相对运动时, 必然会由于相互间的磨损而产生碎屑, 这些碎屑以不溶的分散形式悬浮在滑油中。在正常情况下, 随着滑油使用时间的延长, 磨下的金属微粒数也随之增加 (如图3), 并呈一定的线性关系, 增加梯度也较小。但实际上由于外界条件变化, 金属微粒浓度随时间呈递增的趋势, 并非严格的线性关系。当滑油所润滑的部件出现异常磨损时, 滑油中大金属微粒的浓度会突然升高, 增长的梯度也会很大。^[3]

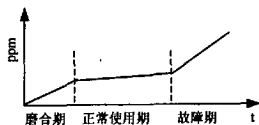


图3 微粒浓度随时间变化示意图

我们首先确定取样方法、部位和取样时间。可采用真空取样器取样, 该方法取样方便, 样品无污染, 有代表性。取样瓶和塑料管一次性使用。取样部位在通往滑油箱前的回油管路上, 取样时间在发动机停止工作30分钟后。

取样周期: 每10飞行小时取样一份。

把定期取出的滑油油样用直读式铁谱仪进行跟踪趋势分析。根据滑油中的微粒数量的变化, 以 D_L 为纵轴, 以取样时间间隔为横轴, 绘出大微粒数随时间的变化规律曲线, 如图4所示。一般情况下, 我们判定滑油系统所润滑的各部件是否磨损严重, 通常是根据滑油中大微粒的数量的变化来进行

判断的, 而小微粒通常情况下变化不大, 它是由于正常磨损造成的。所以, 我们通常只监测大微粒数量的变化。

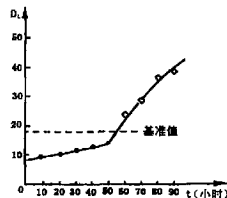


图4 D_L 随时间的变化规律

由图4分析可知, 在前50飞行小时, 滑油中的大微粒数量一直比较稳定, 说明齿轮、轴承等被润滑部件处于正常磨损状态。当飞行至50飞行小时, 滑油中的大微粒数量突然升高, 并在55飞行小时超过基准读数值, 这说明某个或某几个被润滑部件出现非正常磨损。

3 故障判断

由于滑油所润滑的各部件的成分大致相当, 很难确定非正常磨损具体发生在哪一个部件。我们根据以往的故障统计、检查的难易程度、轴承的受力情况等来确定检查的先后顺序, 以尽快地找出故障部件。

现以涡喷七乙发动机为例, 说明检查的先后顺序。

据统计, 在涡喷七乙发动机的被润滑部件中, 高压转子传动机构的故障率是最高的。高压转子传动机构由一对伞齿轮组成, 它通过一根传动轴传动固定在附件机匣中的附件传动机构, 附件传动机构由若干对圆柱齿轮和伞形齿轮组成, 它们传动的附件主要有: 发动机燃油系统的主燃油泵、加力燃油泵、中介泵; 滑油系统的滑油附件、油气分离器、离心通风器等; 飞机液压系统的主液压泵和助力液压泵; 另外还有起动发电机的传动机构, 这些部件又都位于附件机匣内, 检查起来比较方便, 因此, 应首先拆下附件机匣, 检查附件机匣内的各部件是否正常。

其次, 检查低压转子传动机构。它的故障率并不算高, 但检查起来比较方便, 因此, 我们把它列为第二大项检查内容。

最后, 检查发动机各轴承是否处于非正常磨损。由发动机各轴承允许的工作条件 (见表1),

还可以确定各轴承的检查顺序,即依次为中轴承、前中介轴承、后轴承、前轴承及后中介轴承。^[4]

表 1

轴承名称	工作转速 (r/min)	径向负荷 (N)	轴向负荷 (N)	工作温度 (℃)
前轴承	11500	4900		150
前中介轴承	500	3920	12740	170
中轴承	12000	2450	11760	130
后轴承	12000	4900		170
后中介轴承	500	1960		250

4 结 论

通过以上分析可以看出,直读式铁谱仪可帮助我们做好以下工作:

- (1) 判断滑油系统所润滑的各部件的工作状态。
- (2) 早期检测并矫正即将或正在发生的故障。
- (3) 确定维修是否恰当。
- (4) 有助于延长两次大修之间的服役寿命。

可见,用直读式铁谱仪对发动机滑油系统进行

故障诊断是十分及时和方便的。在飞机的飞行事故中,由于滑油系统所润滑部件的异常磨损而造成的飞行事故也屡见不鲜,且往往是等级事故,所以也是十分必要的。另外,它还可以大大缩短维修时间,节省大量的维修费用,及时发现故障、排除故障,大大提高装备的维修水平。

但直读式铁谱仪也存在不足之处,主要表现在它不能具体确定发生异常磨损的部件。对于这点不足,可结合发射光谱分析技术,根据各部件的特征元素,确定某部件是否发生异常磨损予以弥补。

参 考 文 献:

- 1 宋兆泓.航空发动机典型故障分析[M].北京:北京航空航天大学出版社,1993.3:248-266
- 2 徐敏等.设备故障诊断手册[M].西安:西安交通大学出版社,1998.10:237-262
- 3 樊庆和,等.光谱技术在飞机液压系统故障分析中的应用[J].航空维修,1998,(3):17-19
- 4 姚福友,等.喷嘴 7 乙型发动机构造[M].西安:空军工程学院,1992.10:73-84

学院博士学位授权学科介绍

通信与信息系统

是我院最早开展学位与研究生教育的学科专业之一,1986 年获得硕士学位授予权。主要研究方向包括:信号检测与信息融合技术,精确制导技术,自适应信息获取、传输与处理,C³I 综合数据处理系统。学科主要依托电子工程系,其他合作单位有光电技术教研室、火力与指挥控制教研室、电子战与反潜教研室、飞行器研究所等。学科师资力量强,博士生导师有电子工程系主任、工学博士、教授何友,海军精确制导技术专家刘隆和、周晓东教授,海军通信与导航技术专家康锡章教授,火力控制系统专家范洪达教授。学科点目前有教授 10 人,副教授 18 人,讲师 31 人。其中 11 名博士,41 名硕士。近 5 年来,共在国内外杂志和学术会议公开发表论文 418 篇,其中被 SCI、EI、ISTP 收录 71 篇;出版学术专著 16 部;获得国家级奖励的科研项目 5 项,省部级 58 项。

学科点的实验设备和条件优良,拥有以海军战术导弹重点实验室为核心的包括雷达、制导、电子对抗、通信与导航、微波技术、光电技术等实验室和信号检测与信息融合、智能制导、自动化测试、信息获取与处理等研究室在内的一系列实验(研究)室,总面积 1990 平方米,装备各类仪器设备总价值 1600 多万元。学科课题来源充足,拥有一批国防科研项目、全国优秀博士论文作者基金项目和其他委托合作项目,年均科研经费 600 万元以上。该学科点还与清华大学、北京航空航天大学、上海交通大学、西安交通大学、西安电子科技大学等著名大学有密切的学术联系。

目前在校博士生 15 名(含代培生 8 名),今年计划招收 8 名博士生。该学科正瞄准对台军事斗争准备的前沿课题奋力攻关,为培养海军建设高层次合格人才而奋发进取。

(周文松,杨 斌)