

航空发动机机械燃油泵典型故障诊断分析

曲洪业 张 朋

中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司, 辽宁 沈阳 110043

[摘要] 航空发动机相关燃油泵属于燃油控制系统中的主要元件, 其运行质量会威胁整个发动机的运行时间和运行稳定性。文章先分析了燃油泵运行流程和运行特性, 随后介绍了燃油泵典型故障诊断, 包括膜盒泄漏、单向活门故障, 希望能给相关人士提供有效参考。

[关键词] 航空发动机; 机械燃油泵; 典型故障

DOI: 10.33142/ec.v4i12.4825

中图分类号: V267

文献标识码: A

Typical Fault Diagnosis Analysis of Aeroengine Mechanical Fuel Pump

QU Hongye, ZHANG Peng

AECC Shenyang Liming Aero Engine Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110043, China

Abstract: Aeroengine related fuel pump is the main component of fuel control system, and its operation quality will threaten the operation time and stability of the whole engine. This paper first analyzes the operation process and characteristics of the fuel pump, and then introduces the typical fault diagnosis of the fuel pump, including capsule leakage and one-way valve fault, hoping to provide effective reference for relevant people.

Keywords: aeroengine; mechanical fuel pump; typical fault

引言

航空发动机内部燃油泵在出现运行故障没有进行及时处理的条件下, 容易限制燃油系统的稳定运行, 严重情况下还会威胁航空器的安全性。为此需要针对燃油泵相关运行故障进行系统分析和准确判断, 把握燃油泵问题成因, 形成有效的处理措施, 优化燃油泵综合运行质量。

1 燃油泵运行过程和特性分析

1.1 燃油泵运行过程

燃油泵的功能主要是发动机运行中能够促进燃油增压, 将其顺利传输至燃油调节器, 为发动机提供基础原料。发动机可直接驱动燃油泵, 齿轮结束一次减速处理后, 可以将对应转速进一步传递至凸轮, 使驱动推杆不断运动, 整体运行流程如下, 三个推杆和燃油泵共同组成基础杠杆结构, 在驱动凸轮旋转一圈后, 凸轮峰传达到推杆。在杠杆原理中, 燃油泵内基础推杆以及底部金属薄片持续朝上运动, 带动薄膜, 压缩弹簧, 下方薄膜泵室整体空间得到进一步扩展, 缩减内部压强, 在两侧压力差作用下, 使得单向活门被开启, 将单向出油活门直接压紧闭合, 基于相同压力差影响下, 燃油会顺着油口直接流入泵室当中, 带动整个凸轮进行旋转运动, 转离整个推杆, 后期推杆复位, 扩大内部压强, 单向出油口因为两侧不同压力影响下, 直接吸开, 关闭并压紧进油单向活门, 基于压力差影响下, 燃油顺着油口流出, 顺着燃油导管传送到燃油调节器内^[1]。

1.2 燃油泵运行特性

燃油泵相关操作特性主要包括以下几点: 第一是克服供油动脉, 因为发动机在运行中可以带动凸轮, 对应薄膜呈现出重复运动趋势, 直接把燃油送往出油口, 而该种操作中, 结合出油口进行分析, 燃油呈现出一种脉动式流动形式。为了帮助改善脉动故障, 可在油泵对应下层出油口合理设置薄膜, 上层因为空气流通, 形成一种空气弹性软垫。对应油口位置将大量燃油输出中, 使得空气软垫受压变形, 压缩室内空气, 其中某些燃油直接被滞留在空气软垫下凹空间中, 另外一部分空气会顺着油口流出。在关闭单向出油阀门后, 可以发现出油口内的燃油数量减少, 空气软垫下层空气室中出现空气膨胀现象, 原本下凹空间不见, 其中残留燃油直接排出, 继续顺着出油口传输到燃油调压器中, 如此从某种条件下可以有效控制供油脉动现象, 提升整体流量均匀性。

供油自动调节方面, 当发动机处于富油条件下, 对应供应量超出耗油量条件下, 泵室、输油管以及油口等部位形

成大量燃油集聚,产生反压力提升问题,该种状态下,薄膜开始膨胀变形,一直保持上升状态,一直达到张力平衡。推杆以及金属薄片只能将薄膜朝上拉动,不能顺利下推。所以尽管基于驱动凸轮影响下,推杆持续实施反复上下运动,但属于空转形式,无法带动薄膜共同运动。在泵室反压力小于薄膜以及对应弹簧张力时,燃油泵便会恢复正常供油,如此能够针对供油量实施灵活调节。两种泵室薄膜间存在一种通气孔,如此薄膜运动中,不会在下方构成真空度。此外,该通气孔顺着壳体线路和出口薄膜互相连通,构成空气垫。

2 燃油泵典型故障诊断

2.1 膜盒泄漏

膜盒主要可以分为上下两种薄片,中间通过金属环进行分隔,金属环边缘设置孔洞,用来将外部大气引入,所以膜盒中的气压一直高于外部大气。薄膜弹簧和上薄膜进行接触,基于弹簧压力和内部大气压影响下维持一种平衡状态,油液和上薄膜进行直接接触,处于弹簧弹力和内部气压影响下维持平衡。油液和下薄膜进行接触,基于油液压力和内部大气压影响下呈现出平衡状态。

薄膜在反复运动中如果超出限制标准,出现集中盈利峰值,达到最高应力值。薄膜内各个位置在运行中因为持续交变盈利受到一定影响。如果出现错误受力现象,则便会导致薄膜无法按照相关形变规律运行,较为严重情况下还会直接出现击穿和开裂等现象,具体因素如下:第一是因为进油压量少,进油压力低,使得气体进入进油口,油量不足,打空泵,形成气蚀现象,气体顺着油液压力呈现出持续变化状态,导致薄膜承受交变压力进一步扩大,对应频率提高,使薄膜出现疲劳损坏等问题,直接击穿。第二是没有将薄膜下方泵室内部空气彻底排除。气体体积随着油液压力呈现出持续变化趋势,构成气锤,直接打破隔膜。第三是因为驱动凸轮磨损,使得推杆行程超界,在排油和吸油中薄膜承受较大的单侧压力,使薄膜形变超出材料弹性形变界限,严重情况下,还会使薄膜直接破裂。第四是薄膜两端金属薄片处于气压和油液压力影响下产生变形问题,最终使推杆下沉、偏心,不断重复运动,导致薄膜拉裂。第五是,因为燃油泵设置在发动机内部,处于高振动、高温等运行环境内,导致薄膜老化速度进一步加快。除此之外,下薄膜和油液直接接触,长时间在油液中浸泡,因为腐蚀影响,导致薄膜老化速度加快,进出口对应单向活门产生卡滞和泄漏条件下,整个排油和吸油中的压力降低,使得薄膜受力不均。第七是动力系统压差影响,使薄膜超压,导致薄膜承受交变压力突然扩大^[2]。

2.2 单向活门故障

单向活门在燃油泵内发挥着重要作用,其核心功能变化保障燃油泵内油液单向进出,维持正向流通,反向密封截止。单向活门具体功能会受到吸油排油压力、燃油泵冲次、油液流速、阀体性能、油液特性多种元素共同影响。而燃油泵在具体运行中,存在诸多因素会导致活门故障,具体故障类型涵盖单向活门卡滞和活门泄漏等现象。而单向活门泄漏是一种磨损故障,至于单向活门卡滞则是卡阀类故障,两者失效诱因不同。

单向活门泄漏诱因如下,第一是燃油内混入各种细小杂质,流经单向活门中,产生单向活门卡滞,流经单向活门中因为机械损伤导致阀门失去密封效用,使阀门产生破损和划痕等问题,产生油液传输泄漏现象,而该种问题出现几率相对较低。第二是油液在长期接触密封部件中,会逐渐产生腐蚀问题,使对应元件老化速度加快,形成疲劳失效现象。结合单向活门启闭中的高速重复动作,导致密封部件和外部衬套之间磨损持续加剧,容易形成间隙问题。

单向活门卡滞成因包括油液内异物以及杂质影响,无法彻底关严,产生单向活门卡死以及阀体受力不均等问题。除此之外,处于两侧交变压力差影响下,阀体进行高速往复运动,对应弹性元件容易出现疲劳失效现象,无法使活门顺利达到目标位置。放油失效也是油泵常见问题之一,燃油泵对应进口活门产生紧固螺帽脱落现象,无法顺利开启活门,影响加力燃油泵稳定运行。

3 结语

综上所述,航空发动机作为航空器的重要心脏,会影响飞机运行安全性、经济性和可靠性。燃油泵在航空发动机中发挥着重要作用,为此相关维修技术和故障诊断技术会对发动机应用寿命产生直接影响。在具体工作实践中,因为燃油泵相关故障存在一种随机性和突发性特征,为了进一步优化燃油泵可靠性,使维修更为便捷,需要进行系统研究,准确判断燃油泵故障问题,为维修提供有效参考。

[参考文献]

[1] 苏志善,李华聪.某发动机燃油增压泵密封组件石墨环断裂失效分析[J].润滑与密封,2021(5):108-112.

[2] 楚娜娜,张曙光.基于 Simscape 模型的航空发动机系统安全性分析方法[J].航空动力学报,2021(4):885-896.

作者简介:曲洪业(1986.11-)男,毕业院校:沈阳航空工业学院;现就职单位:中国航发沈阳黎明航空发动机有限责任公司。