

PW1100G 发动机 LP35 滑油管接头失效分析

师多应¹, 崔珂², 武汉英³

1. 北京航空有限责任公司, 北京 100621

2. 中国国际货运航空股份有限公司机务维修工程部, 北京 101318

3. 北京飞机维修工程有限公司工程部, 北京 100621

摘 要 : PW1100G 发动机 LP35 管管接头漏油在世界机队造成多起发动机空中停车事件, 本文通过对案例进行失效分析, 并根据失效原因介绍了厂家管路设计改进方向。

关 键 词 : PW1100G; LP35 管接头; 失效分析

Failure Analysis of LP35 Oil Tube Adapter in PW1100G Engine

Shi Duoying¹, Cui Ke², Wu Hanying³

1. Beijing Airlines Co., Ltd. Beijing 100621

2. Air China Cargo Co., Ltd. Maintenance Engineering Department, Beijing 101318

3. Engineering Department of Beijing Aircraft Maintenance Engineering Co., Ltd. Beijing 100621

Abstract : The oil leakage of the PW1100G engine's LP35 oil tube adapter fitting has caused multiple in-flight shutdown events in the global fleet. This paper analyzes the failure cases and introduces the improvement directions for the manufacturer's oil tube design based on the causes of failure.

Keywords : PW1100G; LP35 adapter fitting; failure analyzes

引言

PW1100G-JM 发动机, 通常简称 PW1100G 或 PW1100, 是由普惠公司研发的新一代发动机, 也称为齿轮传动风扇发动机 (Geared Turbofan Engine, 简称 GTF)。这款发动机是空中客车 A320neo 系列飞机的选装动力, 该系列飞机是 120 到 200 座位级别的最新型飞机, 在民航客机市场中需求最大。在约 3,800 架 A320neo 系列飞机的已确认订单中, 约一半的飞机选择了 PW1100G-JM 发动机。

PW1100G 发动机的推力范围在 24,000 到 33,000 磅 (107 千牛顿到 147 千牛顿) 之间, 是一款轴流、双转子涡扇发动机, 拥有超高的涵道比和低速齿轮驱动风扇。这种独特的设计使得 PW1100 发动机在提供强大动力的同时, 保持了高效、环保的性能。

PW1100 发动机采用了先进的涡扇技术, 其风扇直径增至 4.4 米, 比传统的涡扇发动机增大了近 30%。它运用了创新的齿轮传动风扇技术, 通过低压转子轴上的齿轮系统, 有效地传递发动机旋转力至风扇, 从而显著提升燃油效率和降噪效果。与传统的涡扇发动机相比, PW1100 在燃油效率上提升了 16%, 噪音降低了 60%, 并且显著减少了二氧化碳与氮氧化物的排放。其紧凑的设计和轻量化特性, 使该发动机成为航空领域的优选动力方案之一。

截止 2023 年底, 中国民航有 11 家航空公司运行了约 200 架空中客车 A320neo 系列飞机。

一、背景介绍

2023 年, PW1100G 发动机世界机队频繁出现 LP35 滑油管路接头松动导致滑油突发泄露问题, 造成发动机空中停车事件, 严重影响飞行安全。

2023 年 7 月 4 日, 国内某航空公司执行北京至贵阳航班, 飞机下降阶段机组发现二号发动机滑油量下降到零, 驾驶舱出现

“LOP ECAM”警告。机组执行空中关停发动机, 飞机备降重庆。飞机落地后, 地面检查发现二号发动机角齿轮箱上连接的 LP35 滑油压力管发生滑油泄漏, 二号发动机拆下送修。

为预防空中停车事件的重复发生, 航空公司工程技术部门要求对公司机队 LP35 滑油压力管接头和角齿轮箱 / 主齿轮箱端壳体螺纹进行普查; 其次, 按照普惠公司新颁发的 SB 79-0034 要求, 每 1000 飞行循环重复执行 LP35 滑油压力管接头力矩检查^[1]; 另

外,中国民航局要求每750飞行小时对LP35滑油压力管接头是否存在间隙进行详细目视检查^[2]。

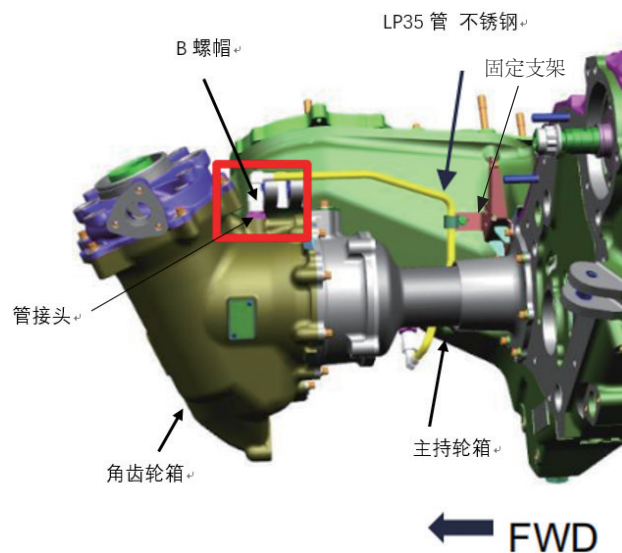
由于LP35滑油压力管滑油泄漏突然且滑油泄漏速度快,目前尚无有效的监控手段,只能依赖机组在空中关注发动机滑油量,当发动机滑油量出现异常下降情况时,建议机组油门收到慢车位以减缓滑油泄漏速度,同时考虑就近机场着陆。

基于以上案例处置,本文通过对PW1100G发动机空中停车事件的调查和分析,并根据LP35滑油压力管路接头失效原因介绍厂家管路设计改进方向。

二、LP35滑油压力管路接头失效原因分析

(一) LP35管和管路接头介绍

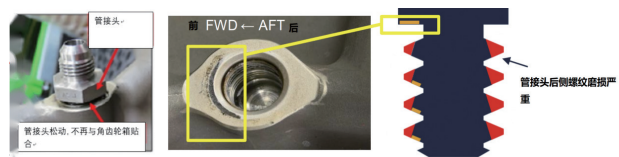
LP35管是PW1100G发动机上连接在主齿轮箱(Main Gear Box)和角齿轮箱(Angle Gear Box)之间,由主齿轮箱向角齿轮箱提供滑油的压力油管^[3]。在主齿轮箱和角齿轮箱两端,LP35滑油压力管通过B螺帽和管接头,分别连接到主齿轮箱和角齿轮箱的壳体上^[4-5]。此外,为了增加滑油管路的稳定性,在靠近主齿轮箱端安装了一个支架对LP35滑油压力管进行固定,如图1所示:



> 图1: LP35滑油压力管连接方式

(二) LP滑油压力管管路接头失效原因分析

LP35滑油压力管管路接头漏油案例集中在靠近角齿轮箱端,空中停车调查发现:滑油漏油管路接头与角齿轮箱壳体接口存在间隙,分解壳体接口后发现角齿轮箱壳体螺纹和管接头螺纹上均有非对称损伤,且管接头后侧螺纹磨损更严重^[6],如图2所示。

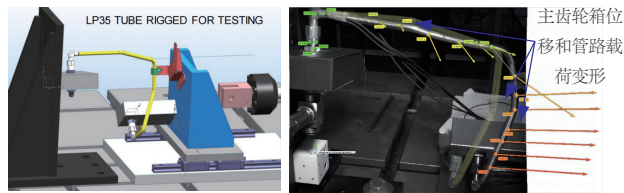


> 图2: LP35滑油压力管AGB端壳体和管接头螺纹损伤示意图

考虑飞机运行中PW1100发动机的工况:发动机运转时的机械振动、发动机工作温度、LP35滑油管安装位置等原因将使得主

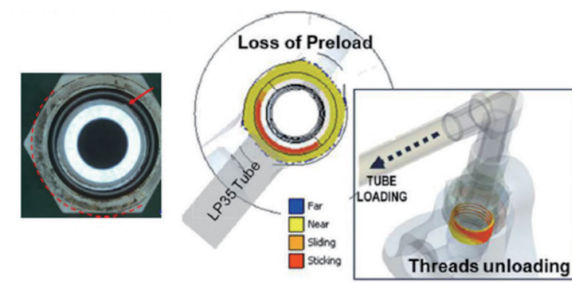
齿轮箱与角齿轮箱存在相对位移,导致LP35滑油压力管和管接头承受沿管路方向的拉应力,相关位移与管路变形见厂家模拟实验图^[7],如图3所示。

由于LP35滑油压力管固定支架安装在主齿轮箱(MGB)一端,因此,LP35滑油压力管主齿轮箱端管接头受力要远小于角齿轮箱端,这也是漏油主要发生角齿轮箱端的一个重要原因。



> 图3: 发动机运行期间主齿轮箱位移和LP35管载荷变形示意图

LP35滑油压力管角齿轮箱端管路接头与壳体之间采用O型密封圈进行密封,管路接头与壳体之间的预紧力能确保密封圈按要求固定。但是,在发动机运转过程中会出现LP35管拉应力大于预紧力,这时管路接头螺纹就会与角齿轮箱壳体螺纹之间出现前后位移,发动机长期工作后会造成前后螺纹损伤,螺纹损伤达到一定程度会出现管路接头预紧力突然丢失,进而导致管路接头密封失效,LP35滑油压力管滑油泄漏,如图4所示。



> 图4: 角齿轮箱端LP35滑油压力管路接头前后螺纹受力示意图

三、LP滑油压力管管路接头失效改进措施

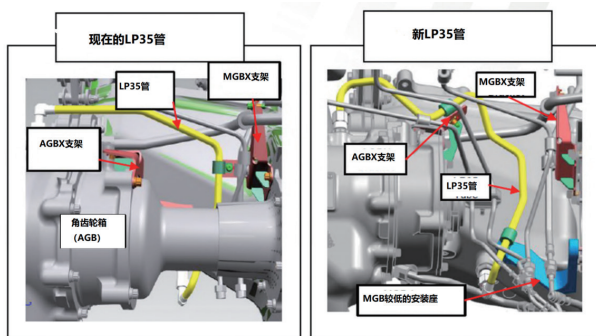
根据PW1100发动机LP35滑油压力管路接头失效原因分析,我们可以从增大角齿轮箱端管路接头预紧力和减少LP35滑油压力管所承受的拉应力两个方向去解决该问题,具体如下:

(一) 增大角齿轮箱端管路接头预紧力,该措施能够抵抗发动机运转时LP35滑油压力管拉应力造成的接头螺纹相对运动,减少管路接头螺纹损伤^[8-9]。

在工程实践中,由于该角齿轮箱管接头接近困难,空中客车给出了在不断开LP35管路接头的情况下,使用特殊工具对与管路接头相连的B螺帽力进行力矩检查,并增大其磅紧力矩,用于实现增加管路接头与角齿轮箱壳体间预紧力目的。

(二) 改变LP35滑油压力管路布局,减少发动机运转时LP35管路载荷对角齿轮箱端管路接头的拉应力^[10]。

目前,空中客车正在考虑从两个方向来减少发动机运转过程中LP35管对角齿轮箱端管路接头的拉应力:其一,增加LP35滑油压力管弯度,降低LP35滑油压力管刚性;其二,在调整主齿轮箱(MGB)端固定支架位置,增加角齿轮箱(AGB)端管路支架。如图5所示。



> 图5 新的 LP35 滑油压力管路设计图

四、结语

发动机滑油系统直接影响到发动机正常运转和飞机安全运行。发动机滑油管路设计必须充分考虑发动机在工作状态下管路连接部件之间可能出现位移的影响，本文通过对 LP35 滑油压力管路接头漏油案例进行失效分析，并根据失效原因介绍了厂家对于管路设计的改进方向，厂家给出的改进方案能否彻底解决 LP35 滑油压力管路接头漏油问题，后期还需通过实施改装后的运行数据进一步验证。

参考文献

- [1]PW1000G-79-00-0034 Rev.3, Issue Date 2024-07-16, 普惠服务通告 PW1000G-79-00-0034 Rev.3, 2024 年 7 月 16 日颁发.
- [2]《PW1100G 发动机 LP35 管接头漏油》维修警示信息 (编号: MAI-2023-007), 中国民用航空局飞行标准司 2023 年 7 月 11 日颁发.
- [3]PW1100G-JM Series Engine Manual (EM), Part No.5316992, 普惠 PW1100G-JM 系列发动机手册.
- [4]PW1100G-JM Series Engine Illustrated Parts Data (EIPD), PN 5316995, 普惠 PW1100G-JM 系列发动机零部件手册.
- [5]PW1100G-JM Series Power Plant Illustrated Parts Data (PIPD), Part No.5323695, 普惠 PW1100G-JM 系列动力装置零部件手册.
- [6]PW100G Customer Council Call, 空中客车客户委员会电话会议纪要 2021 年出版.
- [7]PW1100G Conference, 空中客车会议纪要 2022 年出版.
- [8]PW100G Customer Council Call, 空中客车客户委员会电话会议纪要 2023 年出版.
- [9]PW1000G-79-00-0033 Rev.003 Issue Date:2023-12-13, 普惠服务通告 PW1000G-79-00-0033 Rev.003, 2023 年 12 月 13 日颁发.
- [10]PW1100G-72-00-0236 Rev.002 Issue Date:2024-10-09, 普惠服务通告 PW1100G-72-00-0236 Rev.002 2024 年 10 月 9 日颁发.