

标题:

关于 CFM56-7B 发动机附件齿轮箱相关问题的分析报告

一. 问题概述

CFM56-7B 发动机运行过程中附件齿轮箱 (Accessory Gearbox, 简称 AGB) 内部部件损伤引起滑油系统污染, 导致滑油滤旁通灯亮或其它发动机参数异常, 严重的可能导致发动机空中停车。

2024 年 8 月, 国内 1 台 CFM56-7B 发动机空中滑油滤旁通灯点亮, 导致发动机空停。地面检查发现 AGB 3 号线 (驱动 EEC 发电机) 滚棒轴承外轨道的固定螺栓与起动机驱动盘发生严重磨损。

二. 已发生事件汇总

2015-2024 十年间, 全球范围内 AGB 原因导致的 CFM56-7B 发动机空停事件共 34 起, 每年事件数量和具体原因分布如下:

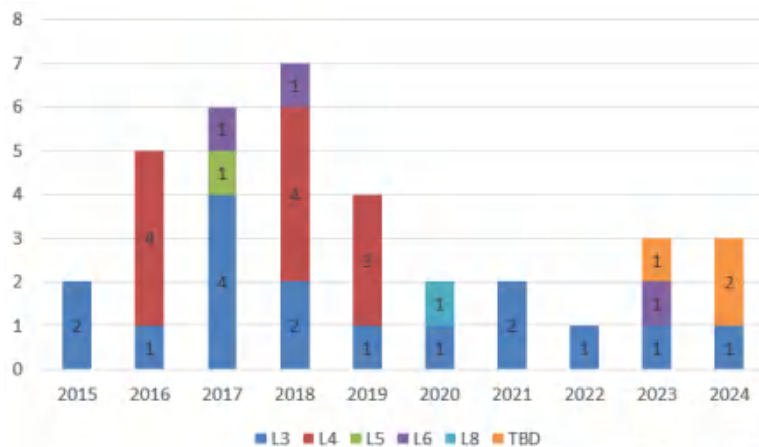


图 1. AGB 导致的空停事件统计 (数据来自 CFM 会议材料)

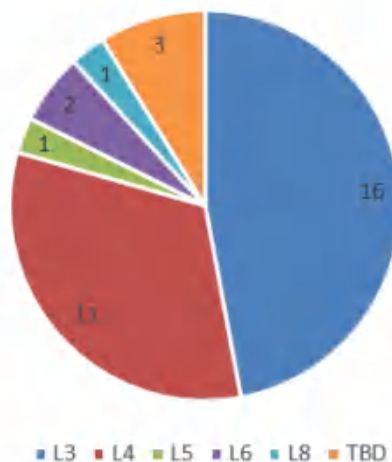


图 2. AGB 导致的空停事件-按线号统计

三. 可靠性数据

2015 年-2024 年期间，CFM56-7B 世界机队范围内 AGB 导致的空停事件共 34 起，最新空停率为 0.09 次/百万发动机小时，随着 AGB 4 号线改装 SB72-0564 和 3 号线改装 SB72-0879 的执行，AGB 空停率趋于稳定。

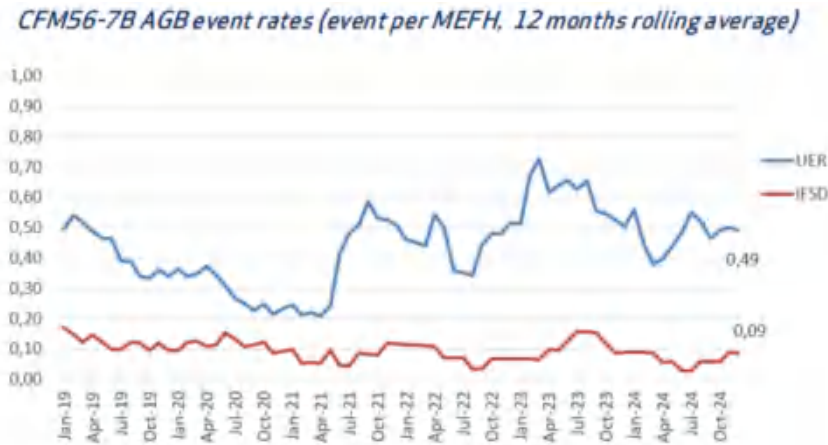


图 3. AGB 导致的空停和发动机非计划拆换 (摘自 2025 年 4 月 CFM 年会资料)

四. 工程分析

1. 系统原理

CFM56-7B 发动机 AGB 将发动机高压转子的机械能传递给附件 (3 号线驱动 EEC 发电机、6 号线驱动燃油泵、8 号线驱动 IDG、10 号线驱动液压泵、11 号线驱动润滑组件)，同时起动机通过 5 号线驱动高压转子、4 号线可人工转动高压转子，如图 4 所示。AGB 内部包含大量齿轮和轴承等转动部件，这些部件通过发动机滑油润滑和冷却。润滑冷却过 AGB 的滑油通过润滑组件中的回油泵抽吸至回油系统。

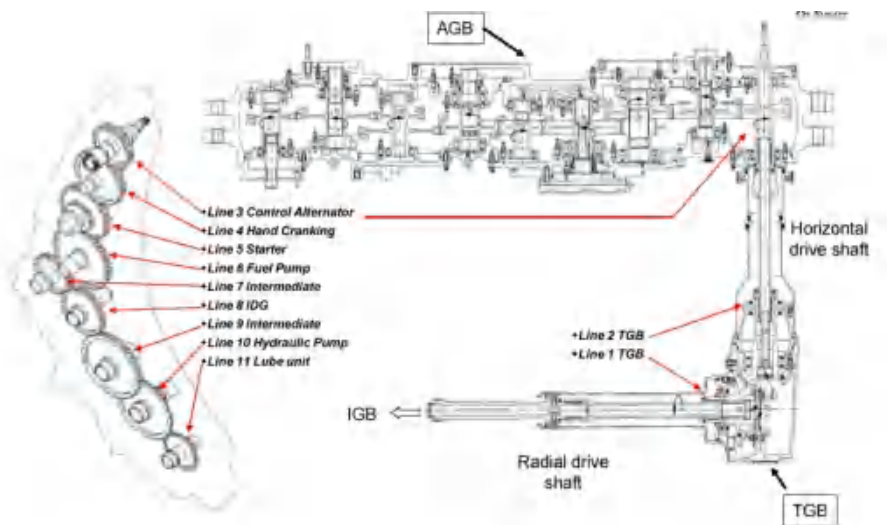


图 4. AGB 内部线号分布

## 2. 故障分析

由图 1 和图 2 可看出，AGB 导致的空停事件主要问题发生在 3 号线和 4 号线：4 号线主要问题表现为 N2 手摇驱动盖安装不当导致发动机后续运行过程中滑油渗漏，滑油渗漏导致低滑油量/低滑油压力关车；3 号线主要问题是 47 齿轮轴的滚棒轴承外轨道的螺柱因为高温和高振动导致螺柱松动，和 AGB 壳体发生磨损产生大量铝质碎屑，金属屑堵塞回油滤导致油滤旁通灯亮关车。

2009 年发动机厂家 CFM 发布 4 号线改装 SB72-0564（图 5），在该处增加碳封严的设计以减少滑油渗漏，AGB 件号升级至 340-046-508-0。随着改装的执行，2020 年起未再发生该类型的空停事件，该问题已基本得到解决。

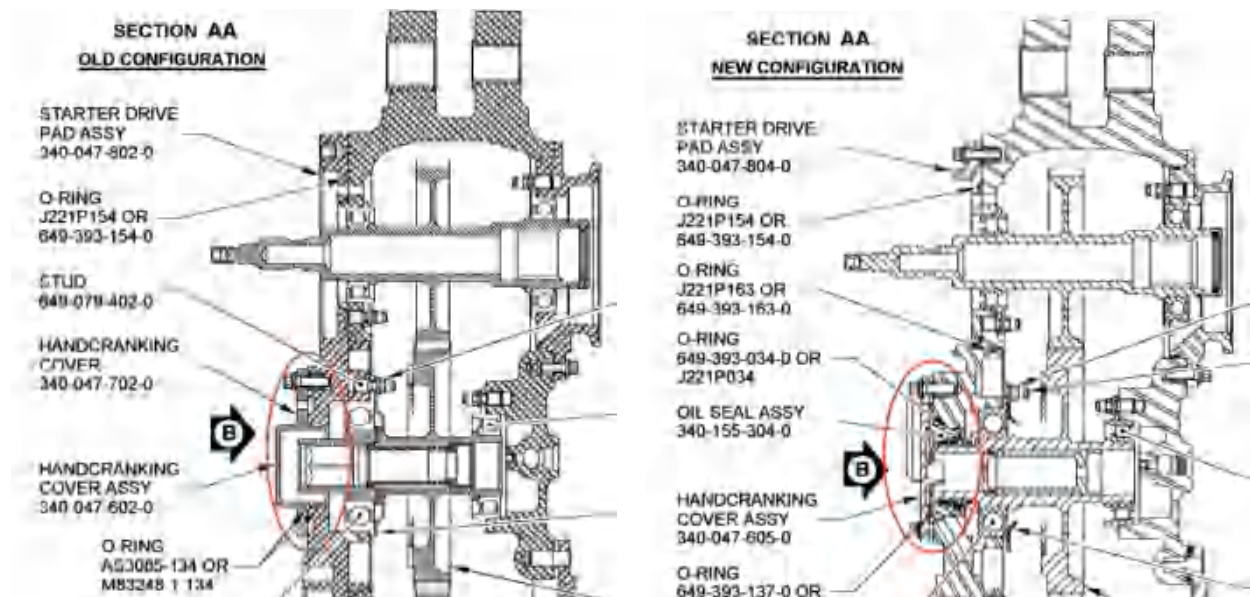


图 5. 4 号线改装 SB72-0564 示意图

2012 年发动机厂家 CFM 发布 3 号线改装 SB72-0879（图 6），将 47 齿轮轴的滚棒轴承外轨道的固定形式，由螺柱+螺套+螺帽固定在 AGB 壳体上改成由螺栓+螺套固定到起动机驱动盘上，以增强该处连接强度，AGB 件号升级至 340-046-509-0。目前在 3 号线位置上，件号为 340-046-509-0 的最新构型 AGB 发生 2 起空停事件（分别为前述 2024 年 8 月空停事件和 2018 年 1 起空停事件），其他均为 340-046-508-0 及之前旧构型。全球 14000 多台 CFM56-7B 发动机中已有 12800 台执行了改装 SB72-0879。

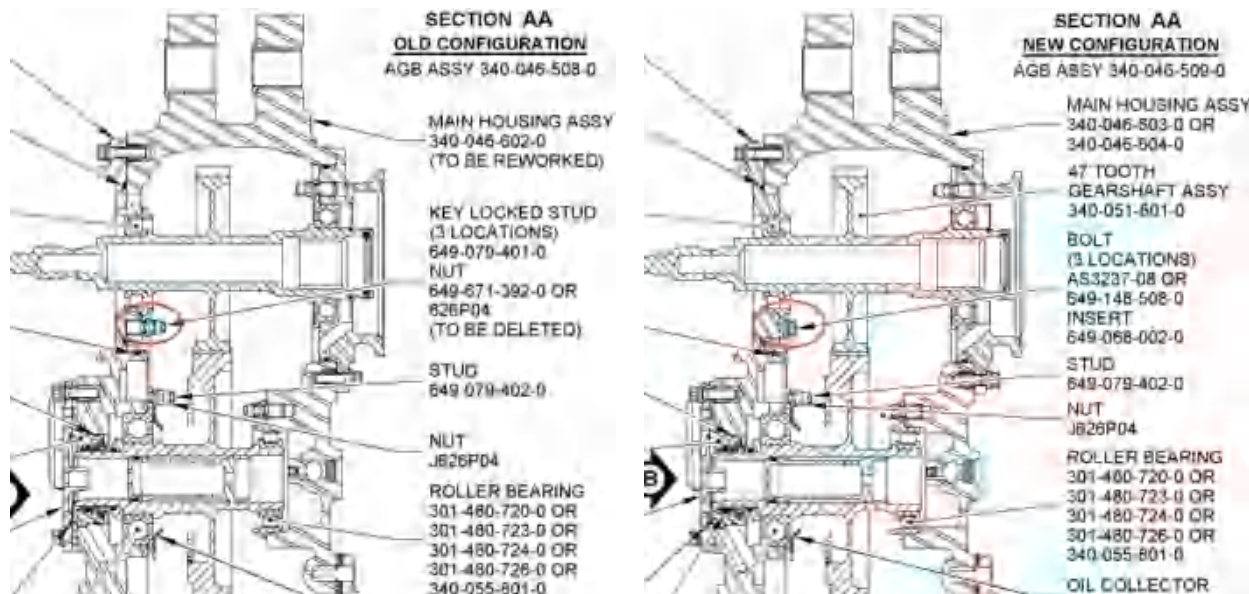


图 6.3 号线改装 SB72-0879 示意图

### 3. 2024 年 8 月空停事件调查

基本信息：发动机件号 CFM56-7B26，TSN=44376，CSN=23918，TSO=7309，CSO=4224，2020 年因更换寿命件送修；

AGB 件号 340-046-509-0，TSN=44376，CSN=23918，上次随发动机送修执行改装 SB72-0879，改装后使用 7309FH/4224FC；

EEC 发电机转子件号 85465-2，TSN=44376，CSN=23918，无修理历史；

EEC 发电机静子件号 87006-9，TSN=12505，CSN=7130，TSR=7315，CSR=4229。

故障现象：空中滑油滤旁通灯点亮，机组收油门后灯未熄灭，机组关车。

排查发现：EEC 自测有故障代码 73-21271，EEC 发电机输送到 EEC 的电压超出范围；

AGB/TGB 磁堵含有大量磁性碎屑（图 7），检测含有部分 M50 轴承材料；

拆下 EEC 发电机，发现发电机转子和静子磨损严重（图 8），安装区域含有大量金属屑（图 9），检测发现碎屑成分和磁堵类似；

拆下滑油回油滤和供油滤，检测发现含有大量铝质碎屑（图 10）。

AGB 送修：AGB 送修分解发现 3 号线 47 齿轮轴滚棒轴承外轨道固定螺栓和螺套从起动机驱动盘处脱出，起动机驱动盘螺栓安装处磨损严重（图 12），滚棒磨损明显，其他部件无明显损伤。

厂家调查：发动机厂家 CFM 对 AGB 的 3 号线部件进行了失效分析并于 2025 年 5 月作出了调查报告。调查认为 47 齿轮轴滚棒轴承外轨道与起动机驱动盘之间微小

位移，导致轴承固定螺栓和螺套的振动，振动导致螺栓螺套和起动机驱动盘之间的磨损，直到螺栓带着螺套从起动机驱动盘处脱出，磨损产生的金属屑在回油滤堆积导致滑油滤旁通灯亮从而造成本次空停事件。从调查报告结果看，本次新构型 AGB 3 号线失效模式与旧构型 AGB 基本相同，但根据现有检测手段暂无法确定失效根本原因，本次调查关闭，但 CFMI 提到会继续关注 AGB 的技术问题，以确定导致该失效模式的关键因素（单一或复合）。



图 7. AGB/TGB 磁堵碎屑



图 8. EEC 发电机转子和静子磨损



图 9. EEC 发电机安装区域金属屑



图 10. 滑油回油滤金属屑



图 11. 47 齿滚棒轴承外轨道固定螺栓和螺套脱出、起动机驱动盘磨损



图 12.47 齿滚棒轴承磨损

**五. 厂家措施**

- 1、针对 4 号线 N2 手摇驱动盖漏油问题，发布改装 SB72-0564（2009）增加碳封严的设计，AGB 件号升级至 340-046-508-0。
- 2、针对 3 号线滚棒轴承外轨道的螺柱松动磨损问题，发布 3 号线改装 SB72-0879（2012），将 47 齿轮轴的滚棒轴承外轨道的固定形式，由螺柱+螺套+螺帽固定在 AGB 壳体上改成由螺栓+螺套固定到起动机驱动盘上，以增强该处连接强度，AGB 件号升级至 340-046-509-0。
- 3、针对 EEC 发电机发布服务通告 SB73-0134（2017），以降低 EEC 发电机转子静子工作温度和重量。

**六. 航司措施**

- 1、按照 CAD2020-MULT-97 要求，禁装老构型 AGB(件号 340-046-503-0、340-046-504-0、340-046-505-0)。
- 2、对于件号 340-046-508-0 的 AGB 送修时或随发动机进厂时，执行改装 SB72-0879。
- 3、在翼将旧构型 EEC 发电机更换成 SB73-0134 介绍的新构型。

**七. 结论和建议**

- 1、随着改装 SB72-0564 的执行，4 号线 N2 手摇驱动盖漏油问题已基本得到解决。
- 2、2012 年以来已有 12800 台 AGB 执行 3 号线改装 SB72-0879 升级成 340-046-509-0，仅发生两起 3 号线问题导致的空停事件，概率较低。CFM 发布的 2024 年 8 月国内 AGB（件号 340-046-509-0）导致空停事件调查报告，目前尚无法确定根本原因，没有提供建议措施。
- 3、建议航司随部件送修或随发动机送修时执行改装 SB72-0879。
- 4、建议航司关注机队 EEC 发电机构型，可考虑在翼将旧构型 EEC 发电机更换成

SB73-0134 介绍的新构型，以减小 3 号线负荷。（各航司自定）

5、建议航司当检查 AGB/TGB 磁堵或滑油滤发现铝屑时，除了执行手册中步骤拆下 EEC 发电机外，建议用孔探仪从冷却孔伸入 AGB 内腔检查 3 号线滚棒轴承外轨道固定螺柱/螺栓的磨损情况。（各航司自定）

6、建议航司评估针对 340-046-509-0 之前构型的 AGB 安装基座螺栓状态及松动迹象采取一次性孔探检查的措施。注：2011 年 CFM WTT in Budapest 材料里提到孔探不是有效手段发现此缺陷。（各航司自定）