

标题： 关于 CFM56-7B 发动机 76 片构型高压涡轮叶片断裂问题的分析报告 R3

一. 问题概述

CFM56-7B 发动机 76 片构型高压涡轮叶片断裂导致空停。

二. 已发生事件汇总

1、世界机队发生多起 76 片构型的高压涡轮叶片断裂导致的空停事件, 2023 年 4 季度到 2024 年 3 季度共有 12 起事件 (不包括高风险的世界特定机队)。主要发生在 7B 发动机。

事件日期	发动机机型	高压涡轮叶片件号	自新循环
2023-10-15	5B4/3	2403M91P02	17438
2023-12-08	7B26E	2403M91P03	14395
2024-02-04	7B26E	2403M91P02	17057
2024-03-13	5B4/3	2403M91P03	18029
2024-03-23	7B26E	2403M91P02	18293
2024-04-10	7B26E	2403M91P03	14923
2024-05-02	5B6/3	2403M91P02	18031
2024-05-13	7B24E	2403M91P03	17492
2024-06-19	7B26E	2403M91P02	16089
2024-07-02	7B26E	2403M91P02	15376
2024-08-27	5B4/3	2403M91P02	18925
2024-09-24	7B26E	2403M91P03	16689

2、国内机队从 2022 年到 2025 年已有 7 起高压涡轮叶片榫头小颈裂纹导致的空停事件 (全球已发生 85 起)。

事件日期	发动机机型	发动机系列号	高压涡轮叶片件号	自新循环
2022-12-01	CFM56-7B	962508	2403M91P02	17045
2023-05-03	CFM56-7BE	862141	2403M91P03	11963
2024-04-10	CFM56-7BE	658239	2403M91P03	14923
2024-09-24	CFM56-7BE	658561	2403M91P03	16689
2025-06-08	CFM56-7B24E	862270	2403M91P03	13254
2025-06-15	CFM56-7B26E	658253	2403M91P03	16227
2025-06-28	CFM56-7B24E	661979	2403M91P03	13676

三. 可靠性数据

1. 厂家调查结果为 76 片构型的高压涡轮叶片的低周疲劳寿命对应力的变化非常敏感，叶片自身的偏差和发动机运行差异会影响叶片实际受力状态，造成小颈裂纹的萌生和扩展时间上存在差异。

2. 厂家基于全球 CFM56-5B 和 CFM56-7B 发动机由于高压涡轮叶片造成的发动机空停事件的数据分析划分出特定机队，并针对这些特定机队发布服务通告来减少高压涡轮叶片的使用时间。

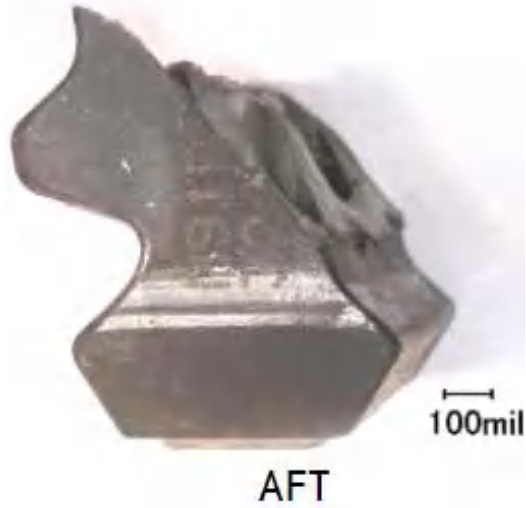
3. 2022 年以来，世界和国内机队因件号为 2403M91P03 的高压涡轮叶片失效导致发动机空停等运行事件数量明显增多，该件号高压涡轮叶片失效时的使用时间明显小于其他件号（如 2403M91P02）的叶片。

四. 工程分析

1、 高压涡轮叶片榫头小颈裂纹萌生于叶片背面，属于低周疲劳裂纹，高温与高负载是低周裂纹的萌生的主要促成因素：少数情况下小颈裂纹向上扩展导致叶片快速断裂飞出；大部分情况下小颈裂纹向下扩展不会直接导致事件，但进一步将加剧上压力面应力集中产生裂纹失效。



榫头小颈裂纹向上扩展



裂纹向上扩展叶片直接断裂飞出



榫头小颈裂纹向下扩展



向下扩展后上压力面应力集中断裂

2. 南航 658561 的高压涡轮叶片榫头断裂



658561 断裂高压涡轮叶片进厂状态



658561 断裂高压涡轮叶片的断口形貌

五. 厂家措施

- 1、厂家于 2019 年 10 月发布 SB72-0918R6 (CFM56-7B)，对于中国区运行过的高压涡轮叶片，建议客户在高压涡轮叶片 2403M91P02 构型使用到 17500 循环前更换，2403M91P03 构型使用到 20000 循环前更换。
- 2、厂家于 2021 年 5 月发布 SB72-1072 (CFM56-7B) 高压涡轮叶片管理，对于特定航司运行过的高压涡轮叶片建议减少使用时间。
- 3、厂家于 2023 年 4 月发布 SB72-1082 (CFM56-7B) 高压涡轮叶片管理，针对全球 2403M91P02 和 2403M91P03 构型叶片用户，建议在高压涡轮叶片使用到 17900 循环前更换。
- 4、厂家于 2023 年 10 月发布 SB72-1083 (CFM56-7B) 引入提升了耐久性的高压涡轮叶片 2403M91P06。
- 5、厂家于 2024 年 7 月发布 SB72-1087 (CFM56-7B) 高压涡轮叶片管理，针对特定航司机队(非中国区),建议 2026 年 1 月 31 日前更换受影响的高压涡轮叶片 2403M91P03。
- 6、厂家于 2025 年 4 月修订 SB72-1082 为 R1 版，进一步缩减 2403M91P03 构型叶片使用时间至 17200 循环。

六. 航司措施

- 1、关注高压涡轮叶片 2403M91P03，根据厂家 SB 建议时限进行更换。
- 2、部分航司在厂家建议基础上进一步缩减了时限，一些公司为 16000 循环，一些为 15000 循环左右。但缩减时限后带来成本大幅提升，且存在缺备发或叶片情况。
- 3、统计 76 片构型高压涡轮叶片进厂的裂纹检查情况。
- 4、部分航司针对 2403M91 构型叶片分别建立了裂纹风险评估模型。
- 5、部分航司还针对装有件号 2403M91P03 大于 15000 循环或件号 2403M91P02 大于 16000 循环高压涡轮叶片的发动机，制定了航班运行管控措施（如限飞航段小于 1 小时的航线、严格管控慢车冷却时间、尽量使用减推力起飞等）。

七. 结论和建议

- 1、建立发动机起飞减推力使用工作程序。
- 2、严格执行飞机启动后的暖车和落地后的冷车操作，确保足够的暖车和冷车时间，冷车至少不低于 4 分钟。
- 3、针对双发均安装有 2403M91P02/03 构型 HPT 叶片的飞机，且双发历史使用履历基本

2025 年 7 月 1 日 编写：MTU 任炎炎 修订：厦航周颖 审核：民航发动机专项工作组

一致的情况，在发动机循环数达到 14500 循环后应尽快安排串发，实现单架飞机双发的差异性运行和梯次管理，确保关键发动机的可靠性。

4、各航司件号为 2403M91P03 的 HPT 叶片硬时限不能超过 16000 循环，件号为 2403M91P02 的 HPT 叶片硬时限不超过 17500 循环。

5、建议各航司将件号为 2403M91P03 的 HPT 叶片软时限控制在不超过 14500 循环(含)。如超过 14500 循环，则需一机一策，细化控制，尤其是短跑道、高原等机场运行，以及不能执行飞行训练，需制定机组重点关注清单等。对于 14500 循环以上的发动机，需在 3 日内完成数据清洗和整理，由南航发动机监控系统进行风险评测。对于确定为高风险的叶片，应停止使用。如无特殊原因，在 7 月 11 日前未完成评测的，则不能超过 14500 循环使用。

6、在完成上述第一阶段评测工作后，开始第二阶段评测，对 13000 循环以上叶片进行安全评测。

7、所有航司即日起向飞标司反馈 2025 年 1 月 1 日起的该型号 HPT 叶片进厂检查数据及前期已有的检查数据，飞标司督促工作机制发有监控能力的单位进行研究，持续优化监控方案与拆换时限。

8、前期民航工程中心已整理出 QAR 数据格式及标准，各公司对照提出修订意见，之后各航空公司按标准格式进行数据统计。

9、建议航司持续探索开发 CFM56-7B 发动机 HPT 叶片裂纹有效监控方法和预测算法模型，利用算法模型对 HPT 叶片的历史运行数据进行回溯，分析找出高风险发动机，并采取相关管控措施。无条件开发的航司通过合适渠道获取使用，同时鼓励航司间分享 HPT 叶片运行使用数据。

10、建议局方敦促 OEM 尽快解决高压涡轮叶片备件供应短缺问题，缓解国内 CFM56-7B 发动机高压涡轮叶片需求紧张局面，降低国内 CFM56-7B 机队的运行风险。

11、建议局方敦促 OEM 尽可能提供相关制造及叶片损伤数据。