

# 探讨民用航空发动机持续适航维修特性评估

王俐贺

(东方航空技术有限公司 上海 201202)

**摘要:** 航空运输是现阶段一种最为便捷的运输方式,越来越多的人开始利用航空解决自身运输需求。对于民航运输业而言,确保其安全性是民航运输的重中之重,其中最为重要的就是民用航空发动机,其发挥了重要作用,发动机只有在全寿命周期之内,才能满足适航需求。适航分为两种,分别为初始适航以及持续适航,所谓持续适航在国际民航组织颁布的《适航手册》中进行了具体阐释,持续适航囊括的范围比较广泛,包括航空器全寿命期间任何时候都要遵循的当前有效的适航要求,并确保其时刻处于安全运行状态的所有工作过程,其中确保持续适航最为关键的手段就是维护和维修。

**关键词:** 民用航空; 发动机; 持续适航; 维修特性

## 引言

民用航空发动机维修旨在确保发动机及其构件的安全性及可靠性,且在持续执行预定功能的基础上运行及工作。所谓维修特性其实就是用以概述维修工作的关键内容及重要指标,根据相关数据将适航阶段划分为初始适航及持续适航。维修特性包括内容较多,但并不限于这些内容,例如维修可靠性数据、维修间隔、维修方式及故障类型等等。民用航空发动机在维护及维修过程中应该严格按照 OEM 提出的相关要求执行,持续适航维修所需的主要就是根据发动机运行过程中所产生的大量数据,尽管有很多数据产生,但是很少有航空公司对其进行深入挖掘和分析,此外,单单凭借航空公司根本不能形成具备研究价值的样本规模,然而不同航空公司之间实现数据共享又受到很多条件的限制。故而,对民航发动机维修数据进行收集整理,对持续适航维修特性评估方法进行深入研究,充分发挥这些数据的价值。

### 1、民航发动机风扇叶片硬物冲击损伤

民航发动机风扇叶片硬物冲击损伤不同,那么针对损伤的处理方式也大相径庭,民航公司在持续适航维修过程中常见的处理方式主要有三种分别为未超标放行、打磨维修以及更换叶片。其中未超标放行针对损伤类型及尺寸在发动机维修手册的允许范围当中的损伤,通常情况下采用直接放行的方式,对飞行循环进行观察,一旦材料缺失则会填制材料缺失清单,将其作为定检及返厂维修的重要参考。打磨维修就是超出放行标准的范围,但是却又在时维修手册标准范围内的损伤,这种损伤通常采用打磨的方式进行维修,倘若打磨后损伤尺寸与修理手册标准要求相吻合则可以放行。更换叶片针对那些超出手册中规定的损伤类型,又或者超出维修范围标准的损伤,一般采用直接更换叶片的方式进行维修,更换叶片时应该重视其配平要求,可通过成对更换或者顺序调整的方式更换叶片。

### 2、持续适航维修特性评估

#### 2.1 损伤类型及其处理方式

本文对 400 例样本的损伤类型及其处理方式进行了统计。

表 1 发动机损伤类型及其处理方式

	未超标放行	打磨维修	更换叶片	合计
缺口	37	140	28	205
凹坑	20	35	6	61
刻痕	8	14	6	28
撕裂	5	3	9	17
弯曲变形	35	15	6	56
不能确定	4	25	4	33
合计	109	232	59	400

由上表可以看出,损伤类型不同,则损伤处理方式也就不尽相同,并且有着明显的区分度:第一,缺口损伤的维修方式以打磨维修为主,其余两种维修方式数量相差不大。缺口损伤与凹坑及刻痕损伤相比,采用未超标放行的方式较多,这也就说明了在上述的三种损伤中,缺口损伤极易导致风扇叶片超出维修标准,因此在实际工作中应该注意此问题。第二,撕裂损伤就决定了这个损伤不可以通过打磨的方式进行维修,只能采取更换叶片的方式进行维修。第三,与其他损伤类型相比,弯曲变形采用未超标放行的维修方式占比是最高的,主要是因为硬物冲击造成风扇叶片弯曲变形量较少,一般与未超标放行的要求相吻合。

#### 2.2 发动机类型及其损伤处理方式

本文对 400 例样本的发动机类型及其损伤处理方式进行了统计。

表 2 发动机类型及其损伤处理方式统计

	未超标放行	打磨维修	更换叶片	合计
CF34	7	27	11	45
CFM56-3	5	16	5	26
CFM56-5	50	56	10	116
CFM56-7	32	115	7	154
TRENT700	10	20	5	35
V2500	5	11	8	24
合计	109	245	46	400

由上表可以看出,CF34 型号发动机采用打磨维修方式居多,这就说明,这种发动机缺口损伤较多,与 CFM56-7 与 CFM56-3、CFM56-5 型号的发动机相比,其采用打磨维修的凡是较多,而 CFM56-5 采用未超标放行维修方式在众多型号当中最多。

表 3 以缺口损伤类型为重点对不同发动机损伤处理方式进行分析

	未超标放行	打磨维修	更换叶片	合计
CF34	1	5	18	24
CFM56-3	1	4	3	8
CFM56-5	15	3	30	48
CFM56-7	16	6	66	88
TRENT700	3	1	14	18
V2500	2	4	8	14
合计	38	23	139	200

通过对 200 例缺口损伤的不同类型发动机损伤处理方式进行分析发现,第一,整体而言,缺口损伤处理方式多样化,根据发动机风扇叶片维修手册可以看出,发动机缺口尺寸不同则处理方式也就不同。第二,上述发动机类型中,CFM 类型发动机在出现硬物冲击损伤之后,多采用打磨的方式进行修理,而 V2500 类型发动机采用打磨及更换叶片维修方式数量不相上下,这就说明了 CFM 类型发动机的维修性及适用性与其他发动机类型相比具备较强优势,而 V2500 型发动机实际工作种损伤与控制标准要求之间差距较小,但是其维修性及适应性较差。

### 结束语

在本文中利用因素分析法构建民航发动机持续适航维修特性评估方法,通过发动机风扇叶片硬物冲击损伤持续适航维修收集的相关数据对其进行检验,通过研究得出以下结论:第一,对风扇叶片硬物冲击损伤类型及其处理方式进行分析发现不同损伤类型采用与之相对应的处理方式,在研究中发现,撕裂损伤几乎均采用更换叶片的方式进行维修,主要是因为这种损伤对发动机风扇叶片的力学性能危害息息相关。第二,对不同型号发动机及其损伤处理方式进行分析发现,发动机型号不同风扇叶片出现的相同损伤也存在不同的损伤容限,鉴于不同发动机叶片的设计及制造工序不尽相同,因此就算出现同一损伤也会有不同的处理方式。制造商在对风扇叶片制造技术进行优化和更新之后应该进一步提高其损伤容限。

### 参考文献

- [1] 马超,王玉娜,张雄飞,姜春生.民用航空发动机持续适航维修特性评估[J].航空发动机,2019,45(04):97-102.
- [2] 马超,王玉娜,武耀罡,徐建新.航空发动机风扇叶片硬物冲击损伤特征[J].航空动力学报,2017,32(05):1105-1111.
- [3] 马超,武耀罡,师利中,徐建新.航空发动机风扇叶片硬物冲击损伤的统计分析[J].航空维修与工程,2016(03):41-42.