

## 颁发专用条件征求意见稿

颁发专用条件 CJ-1000A 型发动机复合材料风扇叶片 征求意见稿

编号：PSC-33-006

反馈意见截止期：自通知颁发的15个工作日

### 1. 概述

申请人中国航发商用航空发动机有限责任公司（中国航发商发）拟在 CJ-1000A 型发动机上应用新颖独特设计特征。其碳纤维增强树脂基复合材料风扇叶片（复合材料风扇叶片）与传统金属风扇叶片相比存在明显不同，具体表现在载荷传递路径分布和失效模式上。现行有效的 CCAR 33.94 条款要求风扇叶片在盘上最外部固定榫槽位置失效脱落后能够被包容，该要求可能不适用于此新颖独特设计特征。

针对该新颖独特设计特征，应形成专用条件，以建立与现行有效适航规章具有同等安全水平的适航要求。对于该碳纤维增强树脂基复合材料风扇叶片新颖独特设计特性，应将内环面流道线部位作为释放叶片的失效位置开展风扇叶片脱落试验，代替当前 CCAR 33.94 条款要求的以盘上最外部固定榫槽位置作为释放叶片的失效位置。

### 2. 背景

CJ-1000A 型发动机是一型高涵道比、双轴涡扇发动机，并配备有全权限电子数字发动机控制系统。其中，低压转子系统由 7 级低压涡轮直接驱动的 3 级低压压气机（增压级）和 1 级高涵道比风扇构成，

高压转子系统由 2 级高压涡轮驱动 10 级高压压气机构成，燃烧室采用环形燃烧室并配装增材制造的贫油预混燃油喷嘴以降低污染物排放，风扇机匣和宽弦风扇叶片采用碳纤维增强树脂基复合材料构造，具有新颖和独特的设计特征。

与传统设计金属材料风扇叶片相比，复合材料风扇叶片具有明显不同的材料性能。现行有效的 CCAR 33.94 条款要求是基于金属风扇叶片单一载荷传递路径特征和服役经验制定的，并不适用于 CJ-1000A 型发动机采用的复合材料风扇叶片。复合材料设计具有多载荷传递路径的特点，并提供了叶片保持系统位置的止裂特征。

此外，正确设计的复合材料风扇叶片在流道线以下极不可能发生失效。因此，CAAC 考虑将内环面流道线部位作为释放叶片的失效位置开展风扇叶片脱落试验，代替当前 CCAR 33.94 条款要求的以盘上最外部固定榫槽位置作为释放叶片的失效位置。

CAAC 拟建立针对该发动机复合材料风扇叶片设计的专用条件。这一专用条件针对非传统载荷传递路径和失效模式，补充了相关要求，以达到和现行有效的 CCAR 33.94 (a) (1) 相同的安全水平。

CAAC 认为对内环面流道线下方叶片的任何设计、制造、材料或使用管理方面的更改，均属于会影响叶片完整性的更改。因此，CAAC 决定叶片应通过件号或系列号进行标记，且处于内环面流道线下方的叶片适用完整性要求。

复合材料叶片的性能高度依赖于基体材料和制造方法。申请人应开展满足 CCAR 33.15 条的材料试验确定材料属性，包括：缺陷的影

响、制造参数、污染、环境影响、叶片寿命周期中的运行损伤和服役过程中材料性能变化。

### 3. 适用范围

本专用条件适用于 CJ-1000A 型发动机。

### 4. 专用条件草案

CJ-1000A 型发动机复合材料风扇叶片：

对于 CCAR 33.94 条风扇叶片包容试验中盘上最外部固定榫槽位置作为叶片脱落位置的要求，由以下要求代替：

(a) 采用内环流道线平台作为释放叶片的失效位置开展风扇叶片脱落的整机试验。

(b) 采用试验和分析，或其它可接受的方法，表明风扇盘和叶片保持系统的最小材料属性能够承受 2 倍在批准的运行限制下的最大离心载荷而不产生失效。风扇叶片保持系统包括：风扇叶片内环面流道线以下至固定榫槽位置、叶片保持部件、风扇盘和风扇叶片安装特征。

(c) 采用经批准的程序为风扇叶片保持系统建立起动-停车应力循环运行限制。寿命评估中应包括高循环疲劳和低循环疲劳的影响。若运行限制小于 100000 循环，则应在持续适航文件第五章适航限制章节中明确。建立的风扇叶片保持系统起动-停车应力循环运行限制的程序，应满足以下针对风扇叶片保持系统的完整性要求：

(1) 工程计划中，应通过已验证的分析、及试验或服役经验充分识别或预估载荷、材料属性、环境影响、运行条件的建立和维护，

以及影响这些参数的部件影响。

(2) 制造计划中，应识别关键制造约束，确保风扇叶片保持系统能够按照工程计划中的要求稳定生产。

(3) 使用管理计划中，应定义服役过程中风扇叶片保持系统的维护和修理过程，以保证能够持续满足工程计划中的要求。

(d) 采用试验和分析，或其它可接受的方法，表明叶片流道环线以下部分的设计具有多重传力路径和/或止裂特征，从而能够防止分层或裂纹扩展导致叶片失效。

(e) 应表明，在发动机服役寿命周期内，由于各种可能原因导致单一叶片保持系统失效，从而造成 CCAR 33.75 条款中定义的危害性发动机后果的概率是极不可能的，低于  $10^{-9}$ /发动机飞行小时。

(f) 应通过分析或试验表明，发动机在满足 CCAR 33.75 条闪电击中复合材料风扇叶片要求的基础上，闪电击中造成的叶片损伤不会妨碍发动机持续安全运行。

(g) 在对上述 (a)、(b)、(c)、(d)、(e)、(f) 条要求进行试验和分析过程中，应考虑使用退化、制造分散度、最小材料属性、环境的影响。

(h) 建议使用机队监控和外场抽样检查计划，监控风扇叶片和保持系统完整性的使用情况。

(i) 每个风扇叶片应永久、清晰地标有件号和序列号。

## 5. 结论

颁发专用条件《CJ-1000A 型发动机复合材料风扇叶片》。

附：《颁发专用条件/批准豁免反馈意见表》（CAAC表AAC-267）

## 颁发专用条件/批准豁免反馈意见表

类别	<input checked="" type="checkbox"/> 颁发专用条件 <input type="checkbox"/> 批准豁免
征求意见稿编号	PSC-33-006
航空产品型号	CJ-1000A 型发动机
相关的适航规章和/或环保要求	
CCAR-21 第 21.16 条、CCAR-33-R2	
意见或建议	
姓名： _____（印刷体） _____（签名） 电话： _____ 传真： _____ 电子邮件 _____ 通信地址： _____ 日期： _____	

CAAC 表 AAC-267 (11/2012)