



中国民用航空局

## 咨询通告

文 号：民航规〔2020〕28号

编 号：AC-60-FS-010

下发日期：2020年10月9日

# 用于扩展包线训练的 飞行模拟机的鉴定

## 目 录

1. 依据和目的.....	- 1 -
2. 适用范围.....	- 1 -
3. 定义和术语.....	- 1 -
4. 参考资料.....	- 3 -
5. 基本要求.....	- 3 -
6. 生效.....	- 4 -
附录一 全失速改出训练的鉴定要求.....	- 5 -
附录二 复杂状态预防和改出训练的鉴定要求.....	- 12 -
附录三 发动机和机身结冰训练的鉴定要求.....	- 18 -
附录四 阵侧风起飞和着陆训练的鉴定要求.....	- 22 -
附录五 着陆弹跳改出训练的鉴定要求.....	- 24 -
附件一 大迎角模型的评估.....	- 26 -

## 1. 依据和目的

近年来，飞行中超出航空器正常运行包线或进入极端天气条件等因素（例如深度失速、进入复杂状态、结冰、阵侧风等）已经成为航空运行不安全事件或坠机事故的重要诱因，而中国民航近年来因着陆阶段弹跳引起的不安全事件也占据了相当的比重。因此有必要在飞行训练中增加与飞机复杂状态和恶劣天气运行有关的扩展包线训练，包括全失速改出、复杂状态预防和改出、发动机和机身结冰、阵侧风和着陆弹跳改出等训练科目，以提高飞行员的操纵技能和情景意识等基本功，培养良好的心理承受能力，让安全运行平稳可控。为了保证飞行训练质量，避免因飞行模拟机的性能缺陷或教员不当使用对飞行员训练造成负迁移，有必要对用于扩展包线训练的飞行模拟机进行鉴定。

本通告为用于扩展包线训练的飞行模拟机提供最低要求和鉴定标准。本通告不是满足规章的唯一标准和方法，飞行模拟训练设备运营人（以下简称运营人）也可采用中国民用航空局认为可接受的其它标准和方法。

## 2. 适用范围

本通告适用于依据CCAR-60部进行鉴定的C级和D级飞机飞行模拟机。

## 3. 定义和术语

a. 失速，是指超过迎角临界值所导致的气动升力的损失。失速可以在任何姿态和空速下发生，并可通过持续的失速警告加上至少下列一种情况来加以识别：

- (1) 抖振，有时候会较强；
  - (2) 俯仰失控和/或滚转失控；和
  - (3) 不能控制下降速率。
- b. 接近失速，是指接近失速警告与气动失速的飞行状况。
- c. 全失速改出，是指飞机首次失速指示（例如失速警告系统激活和抖杆等）已出现，且超过临界迎角进入失速之后的失速机动改出。
- d. 失速识别迎角，是飞机发生气动失速前的某个关键迎角，飞机在达到该迎角时将通过固有的飞行特性（例如抖振），或者驾驶舱安装的失速识别装置所表现的特征（例如推杆器激活），为飞行员提供清晰和明确指示，指示飞机进入失速状态。
- e. 复杂状态，是指一种非预期的飞行状态，即飞机无意间超过了正常航线运行或训练期间通常经历的参数值。复杂状态通常指飞机无意中超出下列条件：
- (1) 上仰大于 $25^{\circ}$ ，或
  - (2) 下俯大于 $10^{\circ}$ ，或
  - (3) 坡度角大于 $45^{\circ}$ ，或
  - (4) 参数在上述范围但与运行状态不相符的非正常空速。
- f. 飞行模拟机验证包线，是指有验证数据支持的飞行模拟机气动模型建模范围。
- g. 飞行模拟机训练包线，是指飞行模拟机验证包线的高可信度和中可信度区域，飞行模拟机在该区域内有能力开展复杂状态预防和改出训练。

h. 阵侧风起飞和着陆，是指飞机在侧风条件下起飞和着陆过程中，因不稳定气流导致出现横向非周期性阵风，风力持续时间短，风向随机变化，阵风瞬间风力超过飞机设计最大侧风能力，并伴随轻度至中度湍流，飞行员如果没有正确的操纵输入将导致飞机偏离或冲出跑道。

i. 着陆弹跳，是指当飞机初次接地时，因反弹使其获得升力，并在再次接地之前获得显著高度的现象。

#### 4. 参考资料

a. 《飞行模拟训练设备初始及持续鉴定与使用》(FAA 14 CFR Part 60) 第二次修订

b. 《飞行模拟训练设备鉴定标准手册》第四版 (ICAO 9625 4th Edition)

c. 《飞行模拟训练设备鉴定标准》第二次修订 (EASA CS-FSTD (A) issue 2)

d. 《航空器驾驶员训练指南-复杂状态预防和改出训练》

AC-91-FS-2015-30

e. 《运输类飞机复杂状态预防和改出训练指导材料》

IB-FS-2018-013

#### 5. 基本要求

如果飞行模拟机用于开展全失速改出、复杂状态预防和改出、发动机和机身结冰、阵侧风起飞和着陆、着陆弹跳改出等扩展包线相关的涉及民航管理规章规定的训练、检查、考试和获取飞行经历要求，运营人需要根据本通告申请鉴定。

- a. 对于本通告生效前已取得CCAR-60部合格证的飞行模拟机，运营人可以选择对其进行必要的升级改装，申请某个或全部上述训练的附加鉴定。
- b. 对于未取得CCAR-60部合格证的飞行模拟机，运营人可以结合初始鉴定以取得用于开展某个或全部上述训练的相关资质。

本通告规定的鉴定要求如下：

- (1) 附录一全失速改出训练的鉴定要求；
- (2) 附录二复杂状态预防和改出训练的鉴定要求；
- (3) 附录三发动机和机身结冰训练的鉴定要求；
- (4) 附录四阵侧风起飞和着陆训练的鉴定要求；
- (5) 附录五着陆弹跳改出训练的鉴定要求。

本通告附录中要求的符合性和能力声明以及客观测试结果应加入到主鉴定测试指南中，并在有效的目录索引中列明。

## 6. 生效

本通告2020年10月9日下发，自下发之日起施行。

## 附录一 全失速改出训练的鉴定要求

### 1. 目的

本鉴定要求旨在验证飞行模拟机在可以充分识别失速的迎角状态下的逼真度，以演示失速过程中飞机性能和操纵品质的降级以及从全失速飞行状态中改出的技术。

### 2. 一般要求

#### a. 大迎角建模

根据飞机类型，失速空气动力学建模必须包括静态和动态横向稳定性下降、操纵响应（俯仰、滚转和偏航）的降级、需要有效操纵偏转抵消的非指令性滚转响应或掉翼尖、明显的随机性或不可重复性、俯仰稳定性变化、马赫效应和失速抖振。

空气动力学模型必须包含支持训练的迎角和侧滑角范围，至少扩展到临界失速迎角+10°。

模型必须有能力捕捉失速特征的变化（例如俯仰过载转折点，特征抖振以及其它飞机失速指示）。空气动力学建模必须支持在以下飞行条件下的失速训练机动：

- (1) 机翼水平不带坡度（带1g过载）条件下进入失速；
- (2) 带至少25°坡度角转弯条件下进入失速（加速状态下进入失速）；
- (3) 有动力条件下进入失速（螺旋桨飞机）；
- (4) 处于第二阶段爬升、高空巡航（接近飞机性能极限）以及进

近或着陆阶段等飞机构型条件下进入失速。

要求提供符合性和能力声明，详细说明飞行模拟机失速特性的空气动力学建模方法、验证和校核。符合性和能力声明还必须包括飞行模拟机已由民航局认可的主观飞行专家评估的证明，见本通告附件一。

如果空气动力学模型中存在特定失速操作的已知限制（如飞机构型和失速进入方法），则必须在所需的符合性和能力声明中声明这些限制。

用于全失速训练的飞行模拟机还必须满足教员操作台对复杂状态预防和改出训练（UPRT）的要求，见本通告附录二。

应为教员提供详细指引，明确经过鉴定可用于全失速训练的飞机构型和失速机动程序。

#### b. 自动推杆系统

对于具有推杆系统的飞机，飞行模拟机的操纵力、位移和操纵面位置均应与所模拟飞机相同。

提供符合性和能力声明，说明推杆系统依据飞机制造厂家设计数据或其它可接受的参考数据完成了建模、编程和验证。其中应至少包括对自动推杆器的启动和取消逻辑以及作为自动推杆器启动结果的系统动态特性、操纵位移和操纵力的描述。

### 3. 客观测试

#### a. 推杆器系统操纵力校准（如适用）

本测试的目的是验证当推杆器系统激活时，操纵杆的瞬间反馈力，

本测试仅针对用于全失速改出训练任务的飞行模拟机的鉴定。

测试编号: 2.a.9

飞行条件: 地面或空中。

容差要求:  $\pm 10\%$  或 $\pm 5$ 磅 (2.2 daN) 杆力。

测试细节: 本测试可以通过在地面条件下驱动失速保护系统，以模拟空中飞行的条件下所产生的推杆器响应。

信息说明:

经民航局认可接受的航空器制造商设计数据可以用来作为验证数据。

本测试的要求可以通过失速特性测试中的操纵杆力验证测试满足。

b. 失速特性

本测试的目的是对飞机全失速状态下的“代表性特征”建模进行验证，本测试仅针对用于全失速改出训练任务的飞行模拟机的鉴定。本测试可以替代《飞机飞行模拟机鉴定性能标准》( AC-60-FS-2019-006 )中要求的2.c.8测试项。

测试编号: 2.c.8a

飞行条件: 第二阶段爬升，高高度巡航（接近性能限制条件），进近和着陆。

容差要求:

$\pm 3$  节失速警告速度和失速速度， $\pm 2.0^\circ$ 垂直法向失速阈值和初始抖振对应的迎角，必须绘制操纵输入并演示正确的趋势和幅度。

接近失速： $\pm 2.0^\circ$ 俯仰角， $\pm 2.0^\circ$ 迎角和 $\pm 2.0^\circ$ 坡度角。

失速警告至失速： $\pm 2.0^\circ$ 俯仰角， $\pm 2.0^\circ$ 迎角，并有正确趋势和幅度的滚转率和偏航率。

失速转折点和改出：提供符合性和能力声明，见本通告附件一。

此外，对于具有可逆飞行操纵系统或配备推杆器的飞行模拟机： $\pm 10\%$  或  $\pm 5$  磅（2.2 daN）杆力（在失速迎角之前）。

#### 测试细节：

每个失速测试必须在下列三种飞行条件下至少演示一次：

- (1) 机翼水平不带坡度（带1g过载）条件下进入失速；
- (2) 带至少 $25^\circ$ 坡度角转弯条件下进入失速（加速状态下进入失速）；
- (3) 有动力条件下进入失速（螺旋桨飞机）；

巡航飞行条件必须是襟翼收上（光洁）构型。第二阶段爬升飞行条件必须使用不同于进近或着陆飞行条件的襟翼设置。

如适用，记录失速警告信号和抖振的发生，应当记录从全失速改出到正常飞行的时间历程。失速警告信号的出现应当与抖振和失速正确关联。如飞机具有俯仰姿态突变或垂直加速度突变表现，其飞行模拟机应当演示这一特性。如飞机具有掉翼尖或失去滚转控制权表现，其飞行模拟机应当演示这一特性。

数值容差不适用于超过失速迎角范围，但应当通过失速改出来演示正确的趋势。有关数据源和所需迎角范围的其它要求和信息，见本通告附件一。

对于计算机控制的飞机：在正常和非正常模式下测试。对于带有

失速包线保护系统的计算机控制的飞机，正常模式测试只需达到可以演示系统正常工作的迎角范围，这些测试可用于满足与迎角有关的飞行机动和包线保护功能测试。非正常模式下必须通过失速识别和改出进行测试。

信息说明：

抖振的感知阈值应基于驾驶员座位上高于背景噪声 $0.03\text{ g}$  峰间法向加速度。初始抖振应基于驾驶员座位上的法向加速度，其相对于抖振的感知阈值的峰间值应稍大（一些飞机制造商使用 $0.1\text{ g}$ ）。

c. 运动抖振特性 – 失速抖振

本测试仅针对用于全失速改出训练任务的飞行模拟机的鉴定。

测试编号： 3.f.5

飞行条件： 第二阶段爬升，高高度巡航（接近性能限制条件），进近和着陆。

容差要求： 飞行模拟机测试结果应在总体上正确表现出飞机数据的曲线形状和变化趋势。在至少3个主尖峰频率上误差不超过 $\pm 2\text{Hz}$ 。

测试细节：

应当在飞行员感觉到的失速抖振阈值和失速迎角之间的范围内进行测试，不要求失速后特征测试。

信息说明：

如果无法提供失速抖振阈值和失速迎角之间的稳定飞行数据，则应对初始失速和失速迎角之间的时间段进行功率谱密度（PSD）分析。

#### 4. 本通告生效之前通过初始鉴定的飞行模拟机

- a. 失速特性客观测试只要求提供平飞状态下的第二阶段爬升、进近或着陆飞行条件。对于客观测试要求的巡航高度和转弯条件下失速机动特性，可以由一名民航局认可的主观飞行专家进行主观评估，并提供符合性和能力声明。
- b. 如果飞行模拟机的主鉴定测试指南中现有的试飞验证数据缺少所需的参数或无法完全满足本附录的客观测试要求，民航局可以接受替代数据的验证，包括由民航局认可的主观飞行专家进行的主观验证。
- c. 如果飞行模拟机的失速抖振已经由主观飞行专家评估验证过，则不需要提供运动抖振特性客观测试（本附录第3.c条）。如果其现有的主鉴定测试指南中已经包含了失速抖振客观测试，必须在升级大迎角和失速抖振模型后将重新运行的测试结果提供给民航局。
- d. 根据本通告附件一要求，民航局可以接受由数据供应商提供的符合性和能力声明，确认失速特性已经由主观飞行专家在民航局认可的工程模拟机或开发模拟机上进行主观评估。当通过工程模拟机或开发模拟机验证失速特性时，则需要针对本附录客观测试项3.a和3.c中描述的所有飞行条件提供额外的客观“匹配证明”测试，以验证失速模型和失速抖振在飞行模拟机上得到了正确的实施。

#### 5. 主观测试要求

针对全失速改出训练特点对飞行模拟机进行以下方面的主观测试评估：

大迎角、接近失速、失速警告、失速抖振和失速（起飞、巡航、进近和着陆构型），包括自动飞行系统和失速保护系统的反应。

## 6. 大迎角模型的评估

见本通告附件一大迎角模型的评估。

## 7. 符合性和能力声明

- a. 大迎角模型/自动推杆系统符合性和能力声明，见本附录第2.a条和第2.b条以及附件一。
- b. 主观飞行专家验证符合性和能力声明，见本附录第2.a条和附件一。

## 附录二 复杂状态预防和改出训练的鉴定要求

### 1. 一般要求

用于复杂状态预防和改出训练（UPRT）的飞行模拟机，需要有三个基本要素：飞行模拟机训练包线、教员反馈功能和复杂状态场景。

#### a. 飞行模拟机的训练包线

飞行模拟机的训练包线来源于飞行模拟机的验证包线。验证包线可以进一步地分为三个区域，有效的UPRT训练应当在飞行模拟机验证包线的高可信度和中可信度区域（即训练包线）内完成。

##### （1）试飞数据验证区域

试飞数据验证区域的飞行包线已被试飞数据所验证，通常是将飞行模拟机的性能与试飞数据进行对比。该对比使用鉴定测试指南中的测试和其它用于扩展模型的试飞数据。在此区域内，飞行模拟机的性能和动态响应与飞机相似，具有高可信度。需指出，并非将本区域严格限制于鉴定测试指南所测试的范围内，只要空气动力的数学模型已被试飞数据的结果验证，则可认为这部分的数学模型处于试飞数据验证区域。

##### （2）风洞和/或分析数据区域

此区域的飞行包线未与试飞数据进行对比，而是通过风洞测试或使用其它可靠的预测方法（一般由航空器制造商提供）来定义空气动力模型。要明确地指出，必须按照典型失速模型的定义，对空气动力模型的任何扩展完成评估验证。在此区域内，飞行模拟机的性能和动

态响应与飞机相似，具有中可信度。

### (3) 外推

这是在试飞验证和风洞/分析数据区域以外的推算区域。外推可以是对可靠数据的线性推算，同时保留开始推算之前的最后数值，或是其它一些集值。无论是由航空器制造商，还是飞行模拟机制造商提供，推算只是“最佳的猜测”。在此区域内，飞行模拟机的性能和动态响应与飞机相似，具有低可信度。短暂的进入该区域的飞行，仍可以保持对飞行模拟机的中等可信度，但是教员必须意识到飞行模拟机的响应可能会偏离真实飞机。

#### b. 教员反馈功能

飞行模拟机必须具备向教员提供信息反馈的功能，协助其向受训人员评估UPRT的训练状况。这些反馈信息必须能易于指示出模拟的真实性，受训人员的飞行操纵输入量的大小，以及对成功完成机动飞行有潜在影响的飞机运行限制。反馈功能应至少包含：

##### (1) 飞行模拟机验证包线的显示

必须能显示飞行模拟机验证包线的预期逼真度。可以在教员操纵台屏幕显示反映 $\alpha$ （迎角）/ $\beta$ （侧滑角）的包线交叉绘图；也可以使用能够清晰表示执行UPRT机动时飞行模拟机可信度水平的替代方法。交叉绘图或者其它替代方法必须至少能够显示襟翼收上和襟翼放出时的相关验证区域。验证包线必须从空气动力数据提供者获得，或者是源于原始空气动力数据提供者所提供的信息和数据源。

##### (2) 飞行操纵输入的显示

飞行模拟机必须采取一种方法供教员评估受训人员在复杂状态改出时的飞行操纵输入。在此反馈功能中还必须描述其它参数，例如操纵的杆力（飞行员施加到操纵装置的力）和电传操纵飞机的飞行操纵法则方式。对于被动式侧杆，由于它的位移即是飞行操纵的输入，所以无需显示飞行员施加到操纵上的力，还必须包括时间历程或其它记录飞行操纵位置的等效方法。

### (3) 飞机运行极限的显示

飞行模拟机必须向教员提供有关飞机运行极限的实时信息。所模拟飞机的参数必须实时动态显示，并且提供时间历程或等效形式。教员可用的参数至少应包括：

(a) 飞机空速和空速极限，包括失速速度和最大运行速度限制 (VMO/MMO)；

(b) 载荷因数和载荷因数极限；

(c) 迎角和失速识别迎角。失速识别迎角可以与飞行模拟机的验证包线一起显示。

#### c. 复杂状态的场景

教员操作台上有可选择的动态复杂状态场景，必须向教员说明驱动飞行模拟机进入复杂状态的方法，包括为实现进入复杂状态所需的飞行模拟机功能失效或降级的方法。通过不真实的飞行模拟机功能降级（例如降低飞行操纵有效性）以驱动飞行模拟机进入复杂状态，是不可接受的，除非这种功能降级只是单纯用来设置飞行模拟机状态，并将飞行员置于人-机控制闭环以外。

## 2. 功能和主观测试

### a. 空气动力特性鉴定

为确定在执行改出机动时，迎角和侧滑角的组合不超过试飞验证数据或风洞/分析数据的区域，必须对飞行模拟机进行特定的复杂状态改出鉴定。鉴定人员必须评估以下最低限度的复杂状态改出操作。运营人开发的其它复杂状态改出场景必须以相同的方式进行评估：

- (1) 机头向上，机翼水平的复杂状态；
- (2) 机头向下，机翼水平的复杂状态；
- (3) 大坡度的复杂状态。

飞行模拟机在用于超过失速警告激活迎角的复杂状态改出时，必须满足本通告附件一的要求。

对于带飞行包线保护和失速保护功能的飞机应当特别考虑，避免人为设置飞机复杂状态时，可能会导致飞机错误的进入保护降级模式。

### b. 复杂状态场景

教员操作台上至少具有机头向上、机头向下和大坡度的复杂状态场景及使用指导。

### c. 教员操作台

教员操作台必须具有反馈功能。在复杂状态改出训练中，教员能知晓机动超出了飞行模拟机的验证包线和飞机操作极限。反馈功能必须包括：

- (1) 飞行模拟机的验证包线。它必须采用 $\alpha$  (迎角) /  $\beta$  (侧滑角) 包线交叉绘图的形式，根据飞行验证的程度或预测方法的来源，描述

空气动力学模型的“可信度”。机动飞行时，包线必须能在飞行模拟机上向教员提供实时反馈。至少要具有襟翼收上和襟翼放出的包线；

(2) 飞行操纵输入。必须使教员能够评估受训人员的飞行操纵位移和操纵力（包括电传操纵在内）；

(3) 飞机操作极限。在机动飞行时，必须能显示与飞机形态一致的飞机操作极限。

#### d.符合性和能力声明

符合性和能力声明至少应包含以下内容：

(1) 阐明飞行模拟机验证包线的数据来源；

(2) 由具备适当资质的飞行员使用本附录所提供的方法，对下列内容进行评估并签署声明：

(a)通过教员操作台设定的每个复杂状态场景的特性，以及相关的训练机动；

(b)可以完成复杂状态的改出，且不会使飞行模拟机超出训练包线，或者在超出时，模拟的准确性仍处于可信的范围内。

### 3. 教员评估反馈界面示例

图1、2以图形方式描述上述三个飞行验证包线区域。迎角绘制在纵轴上，侧滑角绘制在横轴上。应注意，对飞行模拟机迎角和侧滑角数值的追踪，是贯穿于襟翼收上时的整个UPRT机动过程。

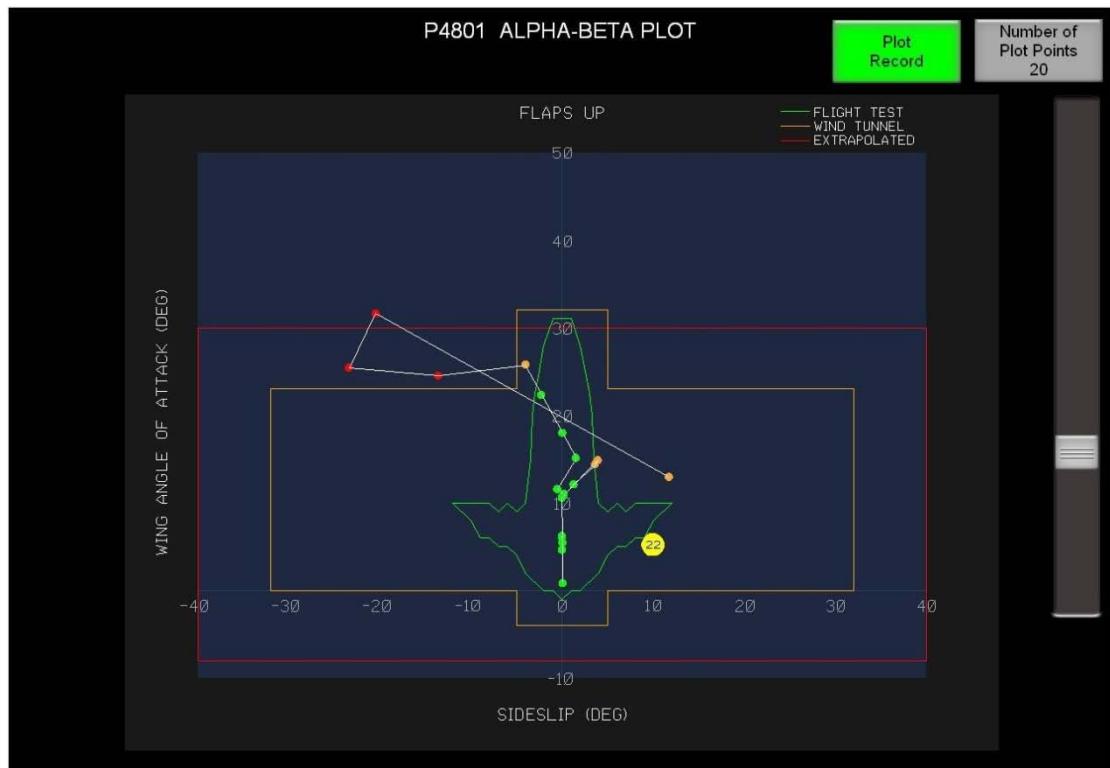
图1.a (迎角) / $\beta$  (侧滑角) 的验证包线和UPRT操作反馈显示

图2.教员操作台的信息反馈工具示例

### 附录三 发动机和机身结冰训练的鉴定要求

#### 1. 一般要求

对发动机和机身结冰的鉴定主要包括以下方面：

- a. 积冰模型的建立应充分考虑训练飞行员对冰的累积进行识别并采取要求的响应的特定技能。
- b. 积冰模型应包含航空器的特定识别提示。识别提示可以通过航空器制造商提供的支持数据确定，也可以采用其它可接受的分析方法获得。可接受的分析方法可以包括对风洞数据的分析或对升力面结冰后空气动力效应的工程分析，并要求由一名民航局认可的主观飞行专家进行调校和主观评估。
- c. 应至少具备一个通过客观测试的积冰模型，以证明模型已正确集成在飞行模拟机上，并能够根据训练需要生成正确的提示。
- d. 对结冰条件下飞机失速性能的验证如果超出临界失速迎角，还应当满足本通告附件一的要求。

#### 2. 符合性和能力声明

对于结冰效应的模拟要求提供符合性和能力声明，该声明主要包括以下信息：

- a. 描述在典型的飞行中结冰情况发生后，特定飞机所应出现的识别提示和降级影响。飞机结冰后除了整体阻力升高之外，典型的提示还可能包括升力下降、失速迎角减小、俯仰力矩变化、操纵效能降低，以及操纵力发生变化等。同时，飞机系统对积冰过程的反应应当与所

模拟飞机一致，应描述失速保护系统所受到的影响。上述描述应基于相关的源数据，例如航空器制造商提供的支持数据、事故/事件数据、或其它可接受的数据来源。如果历史事故/事件表明某种特定机体构型容易受到某种特定类型的积冰的影响，并要求特殊训练（例如过冷大液滴结冰或水平尾翼结冰），则飞行模拟机的积冰模型应考虑该训练要求。

b. 描述用于建立积冰模型的数据来源和分析方法。可接受的数据来源包括但不限于：试飞数据、适航取证数据、航空器制造商工程模拟数据或其它基于公认工程准则得到的分析数据。

### 3. 客观测试

客观测试的目的是为了演示积冰模型已经按照符合性和能力声明中的描述正确集成在飞行模拟机上，具有适当的提示和反应，并与经认可的数据源中的描述一致。在飞行模拟机的积冰模型中，应至少选择一个进行客观测试，并将测试结果纳入主鉴定测试指南中。应完成两个测试项，测试编号分别为2.i.1a和2.i.1b，其中一个测试项作为基准，用于演示没有结冰条件下的性能，而另一个测试项则用于演示结冰后的空气动力性能。测试的飞行条件应选择起飞、进近或着陆之一。

a. 记录的参数。客观测试应记录如下参数的时间历程曲线：

- (1) 高度；
- (2) 空速；
- (3) 法向加速度；

- (4) 发动机功率/设置;
- (5) 迎角/俯仰姿态;
- (6) 坡度角;
- (7) 飞行操纵输入;
- (8) 失速警告和失速抖振;
- (9) 演示结冰效果所需要的其它参数。

b. 演示的机动。应选择一个符合性和能力声明中所描述的积冰模型用于测试。所选择的机动应演示在大迎角姿态下，结冰效应导致从配平状态直到完全失速的全过程，并与无结冰效应下的基准测试进行比对。积冰模型应演示对机身、升力表面和发动机上结冰进行识别所必需的提示，并表现出具有代表性的性能和操纵品质降级，以便训练飞行员如何进行改出。典型的识别提示取决于所模拟的飞机，主要包括：

- (1) 失速迎角减小;
- (2) 失速速度提高;
- (3) 失速抖振触发速度提高;
- (4) 俯仰力矩变化;
- (5) 失速抖振特性变化;
- (6) 操纵效应或操纵力变化;
- (7) 发动机效应（功率变化、震动等）。

测试过程中可以设置并保持一个固定的结冰量，以便持续的评估空气动力效应。

#### 4. 主观测试

对飞行模拟机结冰效应的主观测试应当重点关注对积冰提示的识别，以及脱离结冰条件所需要执行的程序或机动。在本附录所要求的符合性和能力声明中对防冰系统的运行情况进行描述有助于解释飞行模拟机的响应，特别是当操作状态或冰的存在可能自动改变受保护的表面时。要求的测试程序如下：

- (1) 设置模拟机在飞行状态下，自动驾驶仪接通，自动油门断开，不使用防/除冰系统；
- (2) 激活结冰条件，结冰的速度应使得测试人员能够观察飞行模拟机及其系统的响应，对结冰状态的识别一般包括空速下降、俯仰姿态变化、发动机性能指示变化、全静压系统数据的变化；
- (3) 分别接通加温、防冰和除冰系统，检查上述系统是否产生应有效果，并最终使飞机恢复正常飞行状态。

## 附录四 阵侧风起飞和着陆训练的鉴定要求

### 1. 阵侧风模型

阵侧风应当是一个恒定风速风向的“基准侧风”和阵风分量的叠加。叠加效果应当足够满足训练目标，并加入颠簸增加真实感。阵风分量作为时间的函数，风速和风向应具有适当的随机性。基准风的设计应当依据所模拟的特定型号飞机的侧风能力和训练目标，并遵循已知的数据包建模的限制。

运营人可以自行开发满足本附录第2条要求的阵风模型。

在开发和调校阵风模型时，运营人应当考虑所模拟飞机的侧风能力以及飞行员的主观感受，并确保阵风模型不会超过空气动力模型和地面模型的性能限制。

### 2. 鉴定要求

飞行模拟机的空气动力模型和地面反作用模型应当提供与所模拟型号和组类飞机一致的地面操纵特性，包括转弯输入，侧风操纵，刹车，反推，减速和转弯半径等客观测试。

阵风模型应当突出在侧风条件下的阵风效果，并对风速和风向进行调校，以使飞行员在起飞或着陆滑跑时进行操纵避免飞机偏离跑道。

空气动力模型和地面反作用模型应当支持在不超过所模拟飞机的最大演示侧风条件下的侧风和阵侧风训练。

功能和主观测试将考察在不超过所模拟飞机的最大演示侧风条件下的阵侧风起飞、进近和着陆的性能及操纵品质。

### 3. 符合性和能力声明

无论使用何种阵风模型，运营人应当提供一份符合性和能力声明，至少包括以下内容：

- a. 描述构建阵风模型所使用的数据源、模型的集成、测试和使用方法以及限制。
- b. 以绘图方式展示地面风廓线、基准风和阵风模型。
- c. 由一名民航局认可的主观飞行专家协助调校并评估阵风模型在起飞和着陆训练科目中的真实性。
- d. 如果阵风模型随离地高度而改变（包括渐入或渐出），还应在符合性和能力声明中描述效果。

## 附录五 着陆弹跳改出训练的鉴定要求

### 1. 地面反作用建模

着陆弹跳的地面反作用模型必须产生适当的着陆弹跳或跳跃的效果，包括因不正常的飞机姿态着陆（例如尾橇、前轮接地或发动机触地等）引起的地面接触的效果和指示。

地面反作用模型，需要表现出地面反作用引起的起落架支柱压缩、轮胎摩擦以及相应的侧向力数据变化。这些是飞机着陆接触跑道时产生的反作用和效果，需要随接地时的重量、重心、空速、下降率等参数的变化而变化。并且地面反作用模型与空气动力模型交互，为机组着陆弹跳改出训练提供必要的逼真度。

### 2. 符合性和能力声明

对于着陆弹跳的模拟要求提供符合性和能力声明，该声明主要包括以下信息：

- a. 描述着陆弹跳或跳跃的实现方法，包括采用不正常的飞机姿态着陆实现的弹跳或跳跃；
- b. 描述着陆弹跳的地面反作用模型（包括起落架支柱压缩、轮胎摩擦和侧向力等模型）所使用的数据及来源；
- c. 描述起落架支柱压缩、轮胎摩擦以及相应的侧向力变化等模型，并说明它们随接地时的重量、重心、空速、下降率等变化的实现过程；
- d. 由一名民航局认可的主观飞行专家协助调校并评估地面反作用模型在改出训练中的真实性。

### 3. 鉴定要求

着陆弹跳的鉴定需要进行功能和主观测试。

飞行模拟机的空气动力模型和地面反作用模型应当提供与所模拟型号和组类飞机一致的地面反作用效果和地面运动特性。地面反作用效果包括因不正常的飞机姿态着陆（例如尾橇、前轮接地或发动机触地等）引起的地面接触的效果和指示。

同时，地面反作用效果需要表现出地面反作用引起的起落架支柱压缩、轮胎摩擦以及相应的侧向力变化，这些数据需要随接地时的重量、重心、空速、下降率等参数的变化而变化。

空气动力和地面反作用模型以及地面运动特性，应当支持在不超过所模拟飞机的最大弹跳效果或不引起飞机损坏条件下的着陆弹跳改出训练。

## 附件一 大迎角模型的评估

### 1. 一般要求

对大迎角模型的评估要求是全面评估飞机从接近并超出失速识别迎角到完全改出过程中的失速识别提示特征、失速性能和操纵品质。

通过基于时间历程的客观测试结果与试飞数据的严格对比并不能充分验证空气动力模型在不稳定和潜在不确定的飞行状态下（例如过失速状态）的性能。因此，附录一第3条规定的客观测试没有对超出失速识别迎角以外的任何参数规定具体数值容差，而是要求提供一份符合性和能力声明，定义失速气动模型所使用的验证数据来源和开发方法。

### 2. 提示逼真度的要求

对失速改出训练机动的评估，要求飞行模拟机提供以下水平的提示逼真度：

- a. 接近失速时的首次提示识别特征与所模拟的特定型别飞机一致（例如失速警告系统激活或者发生失速抖振）；
- b. 即将发生气动失速时，所呈现的提示识别特征与所模拟的特定型别飞机一致；
- c. 能够连续的模拟特定型别飞机从跨过临界失速迎角到完成改出过程中足够逼真的提示识别特征和操纵品质，确保成功完成全失速改出训练。

对于失速改出机动的验证，“足够逼真”是指针对特定型别飞机所

模拟的逼真度水平能够满足训练目标。

### 3. 空气动力模型的符合性和能力声明

运营人提供的符合性和能力声明应至少包括以下内容：

a. 验证数据源和建模方法

符合性和能力声明必须明确飞行模拟机的空气动力模型训练包线所使用的所有验证数据来源。这些验证数据可以来自航空器制造商、飞行模拟机制造商、第三方数据提供商或者民航局认可的其它数据提供商。需要特别强调，对飞机最小襟翼构型（所有不同的放出和收起形态）条件下失速测试采样的数据集合应当通过 $\alpha$ （迎角）/ $\beta$ （侧滑角）包线交叉绘图形式展示。如果验证数据来源于试飞，需要列出为满足对飞机失速识别迎角以外的大迎角扩展建模验证所使用的试飞机动类型以及每种机动使用的襟翼构型。如果没有或缺少足够的试飞数据来验证和开发大迎角模型（例如超过特定的迎角采集试飞数据可能存在安全风险），数据提供商在建立失速模型时可以使用可靠的分析方法、实验数据和经验数据（例如风洞数据）达到本附件所要求的迎角建模范围，并应当说明不同来源的验证数据的可信度，以明确在不同迎角状态和构型条件下执行改出训练的期望逼真度，保证失速改出动作的连续性和有效性。

b. 大迎角模型的有效范围

运营人必须声明气动模型的有效训练包线所对应的迎角和侧滑角范围。对于全失速改出训练，空气动力模型在失速识别迎角加 $10^{\circ}$ 的范

围内必须仍然保持足够的逼真度。为了明确大迎角模型的有效范围，失速识别迎角可定义为飞机在该迎角状态下将出现下列一种或多种特征，为飞行员提供清晰明确的失速识别提示，以立即阻止迎角继续增加：

- (1) 操纵杆处于俯仰行程后端的极限位置并保持2秒，飞机的仰角不再继续增加，并导致出现无法保持的下降率；
- (2) 发生非指令性的机头下俯，并且无法保持，同时可能伴随发生方向随机的失速横滚（掉翼尖）；
- (3) 出现严重的机体抖振提示，阻止迎角继续增加；
- (4) 推杆器激活。

大迎角模型的有效范围还必须能够模拟训练中因飞行员在推杆器激活后条件反射性的带杆动作所引起的飞机动态特性。对于装备了失速保护系统的飞机，大迎角模型的有效范围应在失速保护系统断开或者飞行控制模式降级（例如由于空速管或静压系统故障引起的飞行控制模式降级）的前提下扩展到失速识别迎角加10°。

c. 空气动力模型的失速特性。在大迎角模型有效范围内，符合性和能力声明还必须列出空气动力模型涵盖的适用于所模拟机型的下列失速特性，并简要介绍模拟这些特性所使用的方法：

- (1) 横向-纵向静态稳定性和动态稳定性的降低；
- (2) 操控响应（俯仰、横滚、偏转）有效性的降低；
- (3) 非指令性的加速横滚或需要大偏转输入操纵抵消的失速横滚；
- (4) 跨过临界失速迎角后的失速性能具有明显的随机性或不可重

复性；

- (5) 俯仰稳定性的改变；
- (6) 失速改出操纵的滞后性；
- (7) 马赫效应；
- (8) 失速抖振；
- (9) 迎角率效应。

#### 4. 主观飞行验证的符合性和能力声明

运营人必须提供一份符合性和能力声明来确认飞行模拟机已经由一名具备飞机失速特性丰富知识并被民航局认可的主观飞行专家进行充分验证。为了保证对飞行模拟机的失速特性验证具有权威性，主观飞行专家应当满足以下要求：

- a. 具有与所模拟机型相同型别等级或者相同组类的资质；
- b. 具有操纵飞机失速改出机动的直接经历，并且该飞机与所模拟飞机的制造厂家、型号和系列具有相同的型别等级。该失速经历必须包括手动操纵飞机进入大迎角状态并充分识别失速特征（例如剧烈抖振、推杆器激活等），再通过改出恢复稳定飞行；
- c. 如果主观飞行专家的失速改出经历是建立在相同型别等级但不同的制造厂家、型号和系列的飞机上，应当通过有效的文件说明该飞机区别于所模拟飞机的特殊失速识别提示特征和操作特性。有效文件应当包括飞机操作手册，航空器制造商的试飞报告或其它描述飞机失速特性的文件。

d. 必须熟悉在飞行模拟机上所要进行的失速改出操纵训练科目（例如常用飞机失速构型，失速进入方法等），以及为达到训练目标所需的识别提示特征和期望逼真度。确保针对训练中常用的失速构型和失速进入方法，飞行模拟机的失速模型已经得到充分的验证。

符合性和能力声明只要求在飞行模拟机的失速改出训练任务鉴定时提供，自鉴定合格之日起，只要失速模型未发生任何修订，则符合性和能力声明一直保持有效。如果飞行模拟机与民航局认可的工程/开发模拟机使用相同的空气动力模型和飞行控制模型，则民航局可以接受由数据提供商提供的符合性和能力声明，其中应声明主观飞行专家已经在该工程/开发模拟机上对失速特性进行了评估。

如果缺少满足失速经历要求的主观飞行专家，运营人可以向民航局说明无法满足本附件4.b条关于主观飞行专家失速改出经历要求的原因，并需包含以下信息：

- (1) 对飞行员可用性的评估，声明不能找到实际满足失速经历要求的合格飞行员；
- (2) 验证飞行模拟机有能力提供满足训练目标所需的失速识别提示特征和操纵特性的替代主观验证方法。