

飞机除冰防冰液保持时间测试方法 降雪条件

Test method for holdover time of aircraft deicing/anti-icing fluids—
Snow condition

(征求意见稿)

在提交反馈意见时，请将您知道的相关专利连同支持性文件一并附上。

XXXX—XX—XX 发布

XXXX—XX—XX 实施

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 样品要求	1
4.1 样品信息	1
4.2 批次	1
4.3 粘度	1
5 测试设备	2
5.1 总体要求	2
5.2 气象数据采集装置	2
5.3 计时装置	2
5.4 湿膜测厚仪	2
5.5 角度测量仪	2
5.6 照明设备	2
5.7 自然雪测试装置	2
5.8 人工雪测试装置	3
6 测试程序	4
6.1 自然雪下的耐久性时间测试程序	4
6.2 人工雪下的耐久性时间测试程序	5
7 记录	6
8 数据处理	6
8.1 回归拟合	6
8.2 修约	6
9 报告	6
参考文献	7

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中国民用航空局航空器适航审定司提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民用航空总局第二研究所、成都民航六维航化有限责任公司。

本文件主要起草人：靳俊升等。

飞机除冰防冰液保持时间测试方法 降雪条件

1 范围

本文件描述了飞机除冰防冰液在降雪条件下的保持时间测试方法，包括样品要求、测试设备、测试程序、数据处理和测试报告。

本文件适用于I/II/III/IV型飞机除冰防冰液在降雪条件下的保持时间测试。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

耐久时间 **endurance time**

飞机除冰防冰液在地面结冰条件下发生失效的时间。

注：当积聚的冰冻污染物在测试板上的任何五个十字准线标记处不再被吸收，或者当30%的测试板面积被积聚的降水覆盖时，则认为飞机除冰防冰液失效。

3.2

保持时间 **holdover time**

飞机除冰防冰液阻止航空器受保护表面形成霜或冰以及积雪的预计时间。

注：保持时间通过耐久性时间拟合修约得到。

3.3

雪 **snow**

冰晶形式的降水。

注：通常呈星形、枝状或混有未分支的冰晶。

4 样品要求

4.1 样品信息

飞机除冰防冰液制造商应向测试机构提供以下信息：

- 除冰防冰液样品特性（包括样品名称、类型、浓度、颜色、醇类型）；
- 粘度（包括数值和测试方法）；
- 冰点；
- 折射率；
- 化学品安全技术说明书（SDS）或其他适当的安全相关文件。

4.2 批次

测试样品应从同一批成品中提取。

4.3 粘度

II/III/IV型待测样品的粘度（测试条件为20℃，0.3 rpm）应等于（在测试误差范围内，约为±10%）或小于进行喷水防冰试验（WSET）测试时的样品粘度。制造商在制造后可通过某种工艺（如剪切）降低其粘度。

5 测试设备

5.1 总体要求

所有空气温度传感器、风速传感器、风向传感器、电子天平和计时装置、湿膜测厚仪、角度测量仪应保持在校准有效期内。

5.2 气象数据采集装置

5.2.1 空气温度传感器

空气温度传感器的最小量程应为-30℃至5℃，最低精度应为0.1℃。

5.2.2 风速传感器

风速传感器的最小量程应为0 m/s至20 m/s，最低精度应为0.1 m/s。

5.2.3 风向传感器

风向传感器量程应为0°至360°，最低精度应为3°。

5.2.4 电子天平

电子天平的最小量程应为0 kg至3 kg，最低精度应为0.1 g。

5.3 计时装置

计时装置最低精度应为1 s。

5.4 湿膜测厚仪

湿膜测厚仪的最小量程应为0 mm至10 mm，最低精度应为1 mm。

5.5 角度测量仪

角度测量仪的最小量程应为0°至15°，最低精度应为1°。

5.6 照明设备

宜配备人工照明，以便于观察冰冻污染物的形成，但其位置不应干扰空气、待测样品和测试板的温度。

5.7 自然雪测试装置

5.7.1 测试台架

测试台架由铝合金或其它适宜材料制成，应能同时放置至少3块测试板和1块集雪盘。测试台架的设计应尽量减少测试表面和支架之间的接触。

5.7.2 测试板

5.7.2.1 测试板材质为铝合金，铝合金应为7A04裸铝合金或2A12包铝合金，表面粗糙度 $Ra \leq 1.0 \mu m$ 。测试板的尺寸为500 mm×300 mm×3.2 mm（长×宽×厚）。为估算雪在测试板的覆盖面积，需要对测试板进行标记，在距测试板顶部和底部边缘25 mm处画两条水平线，距侧边25 mm处画两条垂直线，即每块测试板上划出450 mm×250 mm的工作区域，沿着中轴线画15个十字线点，示意图见图1。

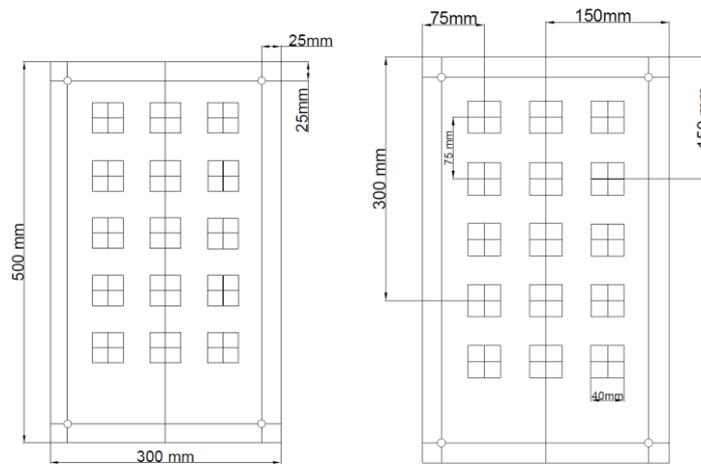


图1 测试板示意图

5.7.2.2 每个测试板均可拆卸，并放置在测试台上，能够以适宜方式使测试板长轴与水平面保持 10° 倾角。测试板应牢固地安装在测试台架上。例如，可在距离板边缘 25 mm 的范围内使用紧固件使测试板牢固连接，或使用固定在测试板和测试台架下侧的磁条进行固定。

5.7.3 积雪盘

积雪盘材质为铝合金，铝合金应为7A04裸铝合金或2A12包铝合金。积雪盘的外部尺寸为500 mm×300 mm×40 mm（长×宽×深），与水平面保持 10° 倾角并安装在测试台架上。

5.7.4 液体分布器

液体分布器外形为圆柱状，长度为300 mm、直径150 mm。液体分布器的上侧有一个开口，使除冰防冰液快速倒入液体分布器内。液体分布器的下侧有一条横槽，宽度为5 mm，使除冰防冰液均匀分布至测试板表面，示意图见图2。

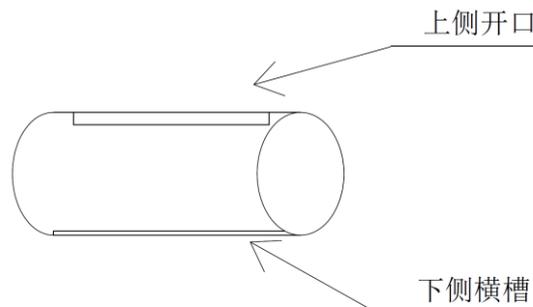


图2 液体分布器示意图

5.8 人工雪测试装置

5.8.1 人工雪模拟装置

5.8.1.1 由于自然降雪持续时间短，在不具备自然降雪条件时，可采用人工雪模拟装置进行飞机除冰防冰液耐久时间测试。人工雪模拟装置包括顶部筛网、支架、测试平面和振动电机。该装置由位于底部的电机产生振动，通过立柱将振动传导至顶部支架，并最终传导至筛网上，预先堆积在筛网上的积雪随着筛网的上下振动进行二次筛分并均匀地下落至下方的测试板上，通过调节振动电机频率可控制降雪强度。振动不应传导至测试板，示意图见图3。

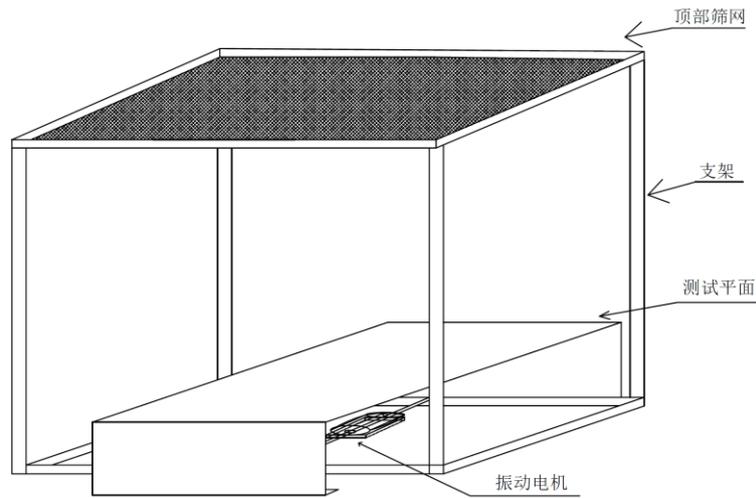


图3 人工雪模拟装置示意图

- 5.8.1.2 筛网和支架宜采用不锈钢等刚性材料制作，便于振动传导。
- 5.8.1.3 筛网目数宜为 10 日至 18 目，筛网与测试平面的距离应保持在 600 mm 以上。
- 5.8.1.4 振动电机频率应可调，使筛分后的降雪强度在 $3 \text{ g/dm}^2/\text{h}$ 至 $25 \text{ g/dm}^2/\text{h}$ 范围内变化。

5.8.2 测试板

测试板置于测试平面上，以适宜方法与水平面保持 10° 倾角。材质、尺寸、标记等应符合5.7.2的要求。

5.8.3 积雪盘

积雪盘置于测试平面上。材质、尺寸和安装应符合5.7.3的要求。

5.8.4 液体分布器

液体分布器外形、尺寸应符合5.7.4的要求。

6 测试程序

6.1 自然雪下的耐久性时间测试程序

6.1.1 测试前准备

- 6.1.1.1 以适宜方式对测试板进行清洁，使测试板无任何可见的污染物。
- 6.1.1.2 以适宜方式在测试板周围安装空气温度传感器、风速传感器和风向传感器。空气温度传感器与测试板距离不应超过 1.5 m。风速传感器、风向传感器与测试板距离不应超过 3 m。
- 6.1.1.3 测试环境应为室外自然降雪环境，测试应在风速小于 5 m/s 的条件下进行。

6.1.2 测试台架风向

测试板的长轴应朝向主导风向或在测试开始时朝向风放置。风向应至少每15 min记录一次。若测试期间风向改变，不应移动测试台架。

6.1.3 降雪强度测试

降雪强度测试步骤如下。

- a) 在测试台架上放置一个集雪盘，用于收集和称量雪。集雪盘在测试台架上的定位应使集雪盘的长轴与测试板的长轴平行。
- b) 集雪盘的底部和内侧应被至少 0.2 L 待测除冰防冰液原液润湿，使收集的降雪快速融化。然后称量润湿的积雪盘（精确至 0.1 g）。将集雪盘放在测试台架之前，记录收集起始时间。

- c) 集雪盘放在测试台架连续收集降雪，单次收集的时间不应超过 10 min。
- d) 每次集雪完成后，仔细擦去集雪盘边缘上聚积的积雪（积雪不应掉入盘中），然后立即进行称量，并记录数据收集结束时间。
- e) 平均降雪强度通过特定测试期间集雪盘中采集的降雪强度加权平均计算得出。

6.1.4 除冰防冰液准备

6.1.4.1 稀释要求

根据制造商提供的使用浓度，用硬水对测试样品进行75/25 (v/v) 和50/50 (v/v) 的稀释。用于稀释的硬水应按照以下程序制备：将400 mg±5 mg二水合醋酸钙 $[\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}]$ 和280 mg±5 mg七水合硫酸镁 $(\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O})$ （均为分析纯）溶解在1 L 符合GB/T 6682的三级水中。如果 $\text{Ca}(\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 不易获得，则使用分析纯的一水合醋酸钙 $[\text{Ca}(\text{CH}_3\text{CO}_2)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}]$ 或无水醋酸钙 $[\text{C}_4\text{H}_6\text{CaO}_4]$ ，并通过原子吸收法（或等效方法）确保硬水含有82.6 mg/L的 Ca^{2+} 。

6.1.4.2 II/IV 型液和未加热的 III 型液

测试开始前，除冰防冰液温度应控制在环境温度的±3 °C 范围内。将1 L 测待测除冰防冰液倾倒在液体分布器中，使除冰防冰液均匀分布在单个测试板表面。在倾倒除冰防冰液之前，应将测试板置于环境温度中至少10 min，使测试板温度与环境温度一致。

6.1.4.3 加热的 I 型液和 III 型液

将液体分布器水平放置在测试板的顶端，用适宜的方式支撑在测试板表面上方。使用沿着测试表面顶部边缘放置的液体分布器涂覆0.5 L加热到60 °C的待测除冰防冰液，以使除冰防冰液均匀分布在单个测试板表面。

6.1.4.4 测试条件

由于测试是在自然条件下进行的，因此降雪强度和空气温度均无法控制。在极小雪（3 g/dm²/h~4 g/dm²/h）、小雪（4 g/dm²/h~10 g/dm²/h）和中雪（10 g/dm²/h~25 g/dm²/h）以及各种温度范围开展测试。

6.1.5 计时

当除冰防冰液均匀分布到测试板上时，启动计时装置。观察测试板，当测试板30%面积被冰冻污染物覆盖时，飞机除冰防冰液失效，停止计时装置。所记录的时间为该除冰防冰液的耐久时间。

6.1.6 降雪形貌

宜使用覆盖有黑色绒布的平板收集降雪，并暴露在自然降雪中10 s，观察降雪形貌并记录。若降雪中夹冰粒或冰雹，则该次测试无效。

6.2 人工雪下的耐久性时间测试程序

6.2.1 测试前准备

6.2.1.1 以适宜方式对测试板进行清洁，使测试板无任何可见的污染物。

6.2.1.2 温度传感器与测试板距离不应超过 1.5 m。风速传感器、风向传感器与测试板距离不应超过 3 m。

6.2.2 除冰防冰液准备

见6.1.4。

6.2.3 人工雪要求

用于人工雪条件下耐久时间测试的地面积雪应为自然降雪后24 h内的蓬松积雪，不应结冰或结块。形状应为片状、星状、柱状、针状、立体枝状、柱帽状或不规则形状。

6.2.4 降雪强度调节

将积雪置于顶部筛网上，调节振动电机频率，确保降雪强度满足测试需求。降雪强度测试见6.1.3。

6.2.5 计时

当降雪强度调节完成后，将待测除冰防冰液倾倒在液体分布器中，同时启动振动电机时和计时装置。观察测试板，当测试板30%面积被冰冻污染物覆盖时，飞机除冰防冰液失效，停止计时装置。所记录的时间为该除冰防冰液的耐久时间。

7 记录

应记录所测试飞机除冰防冰液名称、编号、牌号、浓度信息；测试过程中的温度、降雪强度、风速、风向、测试起始时间和结束时间、耐久时间。

8 数据处理

8.1 回归拟合

根据收集到的所有耐久时间数据，使用幂律变换生成最佳拟合回归曲线，从而获得回归系数*a*、*b*和*i*。对于测试温度低于-14℃时得到的耐久时间数据，应单独进行拟合。至少需要25个数据点来生成飞机除冰防冰液原液的回归曲线，至少需要25和12个数据点来分别生成75/25 (v/v) 和50/50 (v/v) 飞机除冰防冰液稀释液的回归曲线。用于处理除冰防冰液收集的数据的方程如下：

$$t = 10^i R^a (2 - T)^b \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- t* ——耐久时间，单位为分钟 (min)；
- i*、*a*、*b* ——回归系数；
- R* ——降雪强度，单位为克每平方米每小时 (g/dm²/h)；
- T* ——测试温度，单位为摄氏度 (℃)。

注：使用每个温度范围的最低温度，绘制除冰防冰液在测试条件下的最佳拟合曲线。在环境温度高于0℃时，方程中使用的温度值为0℃。

得到回归系数*a*、*b*和*i*后，代入划分降雪强度类别的边界值 (3 g/dm²/h、4 g/dm²/h、10 g/dm²/h和25 g/dm²/h) 和每个温度段最低温度值，确定保持时间计算值的上限值和下限值。

8.2 修约

将通过拟合曲线计算得到的保持时间计算值修约至最接近的5 min，得到除冰防冰液在对应条件下的保持时间范围。但对于保持时间小于10 min的II/IV型液和保持时间小于20 min的III型液，其计算值向下修约至最接近的1 min。

9 报告

报告信息应包括但不限于所测试飞机除冰防冰液生产厂商、样品名称、牌号、浓度、测试过程中的温度、湿度、降雪强度和保持时间。

参 考 文 献

- [1] GB/T 25355—2010 航空器 地面除冰防冰液体法
 - [2] AC-121-50R2 地面结冰条件下的运行
-