

民航行业标准
《飞机除冰防冰液空气动力学性能试验
方法》
(征求意见稿)

编制说明

《飞机除冰防冰液空气动力学性能试验方法》编制组

2026年1月

一、工作简况

（一）任务来源

《飞机除冰防冰液空气动力学性能试验方法》为 2025 年标准计划外项目，标准编制周期为 12 个月。该标准由民航局航空器适航审定司出，牵头起草单位为中国民用航空总局第二研究所。

（二）主要起草单位和编制组成员

主要起草单位：中国民用航空总局第二研究所。

编制组成员：李志、靳俊升、王强、苏正良、梅拥军、彭华乔、李林、张亚博、刘曦非、魏亚、李文艳、周洪。

（三）标准制定的背景、目的和意义

在严寒的冬季，飞机表面的冰、霜、积雪等冰冻污染物会增加飞机的重量，大大降低飞机的飞行性能，影响飞行安全。据美国国家运输安全委员会统计自 1969 年到 2020 年，与结冰有关的飞行事故 380 余起，导致近 700 余人死亡，造成直接经济损失百亿元。因此，为了保障飞机在冬季的运行安全，飞机起飞前必须除去飞机表面的冰、霜、积雪等冰冻污染物。针对此问题，目前最常用的方法是喷洒飞机除冰防冰液，而喷洒后残留在飞机表面的除冰防冰液不符合“清洁飞机概念”，需采用标准试验方法来评估飞机除冰防冰液对飞机空气动力学性能的影响。

目前，国际通用的飞机除冰防冰液空气动力学性能评估方法的理论基础是测量其在平板表面上引起的边界层位移厚度（BLDT），主要的参考标准为 SAE AS 5900

Standard Test Method for Aerodynamic Acceptance of AMS1424 and AMS1428 Aircraft Deicing/Anti-Icing Fluids。该标准对飞机除冰防冰液空气动力学性能评估的试验程序、设施要求、验收标准等提出了明确的要求。但标准中规定的加速起飞条件主要模拟低海拔机场的起飞加速和爬升过程，未考虑高海拔机场所需更大的起飞速度。

SAE ARP 6852 Methods and Processes for Evaluation of Aerodynamic Effects of SAE-Qualified Aircraft Deicing/Anti-Icing Fluids 提出了多种方法来评估飞机除冰防冰液对飞机气动性能的影响，但其中的评估方法都是基于真实飞机的升力损失，不适用于实验室评估，同时该方法也并未考虑到高海拔机场的起飞过程。

目前国内暂无飞机除冰防冰液空气动力学性能的评估标准，仍采用 SAE AS 5900 开展相应试验。考虑到我国拥有全球最多的高海拔机场（全球总共 37 个，我国占 25 个），空气密度低会导致发动机推力减小，飞机空气动力学性能变差，使得对飞机关键表面空气动力学性能的要求比平原机场更高。另外，空气密度低也会导致起飞阶段剪切力低，除防冰液喷洒到飞机表面后，会形成更多残留，进一步影响飞机的空气动力学性能，因此有必要将高海拔机场条件下飞机除冰防冰液空气动力学性能的评估要求纳入标准中。

本标准的建立，不仅填补我国民航在飞机除冰防冰液空气动力学性能评估领域的空白，同时也突破国外标准的局限，构建涵盖全海拔高度的评估体系，满足我国在高海

拔机场环境下的验证需求，对确保飞机冬季运行安全具有重要的意义。

（四）主要工作过程

1. 组建编制组

本标准项目于 2025 年立项，中国民用航空总局第二研究所承担了标准的编写任务和相关技术要求研究工作。从 2023 年开始，我所便建立了飞机除冰防冰液空气动力学评估程序，研究不同海拔高度下飞机除冰防冰液空气动力学性能的评估方法和变化规律等。

2. 调研与技术研究

（1）调研国外飞机除冰防冰液空气动力学性能测试标准、研究论文以及相关测试报告。

（2）建立平原机场条件下飞机除冰防冰液空气动力学性能测试程序，并将测试结果与国际材料防冰实验室（AMIL）的测试报告进行对比，验证测试程序的准确性。

（3）建立高海拔机场条件下飞机除冰防冰液空气动力学性能测试程序，并征求专家意见。

（4）研究不同海拔高度下飞机除冰防冰液空气动力学性能变化规律。

3. 立项评审

2025 年 2 月 18 日，中国民航科学技术研究院（以下简称“航科院”）组织召开了标准立项评审会。编制组介绍了项目的研究背景、可行性与必要性、研究内容、研究方案、研究计划以及项目预期成果等方面，评审组听取编制

组的开题评审汇报，认为该标准项目目标明确、内容全面、方案可行。项目成果对我国飞机除冰防冰液空气动力学性能测试方法提供了技术依据，一致同意该项目通过立项评审。

4. 标准起草

2024年9月至2025年1月，开展标准起草工作。

编制组开展了飞机除冰防冰液对飞机气动性能的影响相关研究、国外空气动力学性能测试标准和测试报告的调研，也调研了国内高海拔机场飞机实际起飞参数等，进行了飞机除冰防冰液在不同海拔高度条件下的空气动力学性能变化规律，总结和提出了飞机除冰防冰液空气动力学性能测试的试验程序和试验流程，形成标准的草稿，内部组织讨论2次，修订和完善后形成了最终的《飞机除冰防冰液空气动力学性能试验方法》初稿。

5. 中期评审

2025年6月26日，航科院组织召开了标准中期评审会，邀请了民航局适航司、航科院民航法规与标准化研究所、四川大学、黑龙江机场集团、北京飞机维修工程有限公司、中国航空工业集团公司哈尔滨空气动力研究所、四川轻化工大学、中国商飞、西藏拉萨贡嘎机场机务中心和中国空气动力研究与发展中心的专家参加会议，本次会议主要针对标准中涉及的试验方法可行性进行了确认，对标准中试验方法及步骤进行了梳理，保证了方法的可行性和操作性。会议形成专家意见5条，专家组一致同意通过中期评审，建

议编制组尽快根据评审意见修改完善，形成标准征求意见稿，广泛征求意见。

6. 形成标准征求意见稿

2025年6月至2026年1月，在评审专家的意见建议基础上，编制组不断修改完善标准文本，同时邀请行业内专家对修改后的标准进行审核，依据审核意见，持续进行修订完善，形成标准征求意见稿。

二、编写原则和主要内容（如技术指标、参数、公式、性能要求、试验方法、试验规则等）的编写论据（包括计算、测试、统计等数据），修订标准时应说明主要技术内容的修改情况

（一）标准编写原则

编制组在充分研究和梳理国内外飞机除冰防冰液空气动力学性能评估标准和国内实际情况的基础上，参考了民航相关规章要求、国际组织相关研究资料，按照通用性、指导性、协调性、兼容性等原则制定该标准。

1. 通用性原则

本标准提出的飞机除冰防冰液空气动力学试验方法，涵盖所有海拔高度的机场，通用性强。

2. 指导性原则

目前民航业内尚未有针对飞机除冰防冰液空气动力学性能评估标准，本标准能够为飞机除冰防冰液的空气动力学性能评估起到指导作用。

3. 协调性原则

本标准提出的要求与目前国内相关法律法规、民航规章、国际民航组织标准、国际通用的相关标准等均无冲突。

4. 兼容性原则

本标准的试验方法、试验条件和判定依据既满足国际民航业通行标准要求，又适用于国内实际情况，具有兼容性原则。

(二) 标准主要内容

本标准共包括 10 章正文。

第 1、2 章，为标准的常规性描述，包括范围和规范性引用文件。

第 3 章为术语和定义，对边界层位移厚度等进行了定义。

第 4 章为仪器设备，提出本标准相关仪器设备的参数要求。

第 5 章为试验条件，提出飞机除冰防冰液空气动力学性能测试起飞条件选择，以及参考液的组成和性能要求。

第 6 章为试验设施要求，提出了风洞内嵌试验段的设计尺寸、风洞流场和温度场要求，给出了试验段风速计算公式。

第 7 章为飞机除冰防冰液要求，提出了待测飞机除冰防冰液在空气动力学性能试验之前需进行的性能测试。

第 8 章为试验流程，提出了飞机除冰液空气动力学性能测试时总体要求、具体流程以及残留液分析。

第9章为数据处理，提出了干态和液体的 BLDT 计算方法、飞机除冰防冰液 BLDT 最大可接受值计算方法以及最低可接受空气动力学温度的确定。

第10章为试验报告，指出了试验报告需包含的内容。

三、是否涉及专利，涉及专利的，说明专利名称、编号及相关信息

本标准不涉及专利。

四、主要试验或验证的分析、综述报告、技术论证、预期的经济效益和社会效益

(一) 主要试验或验证的分析、综述报告、技术论证

本标准在技术上主要参考 SAE AS 5900 Standard Test Method for Aerodynamic Acceptance of AMS1424 and AMS1428 Aircraft Deicing/Anti-Icing Fluids、SAE ARP 6852 Methods and Processes for Evaluation of Aerodynamic Effects of SAE-Qualified Aircraft Ground Deicing/Anti-icing Fluids 和 ISO 11078:1994 Aircraft de-icing/anti-icing non-Newtonian fluids, ISO type II, 结合 SAE AMS 1424 Fluid, Aircraft Deicing/Anti-Icing, SAE Type I 和 SAE AMS 1428 Fluid, Aircraft Deicing/Anti-Icing, Non-Newtonian (Pseudoplastic), SAE Types II, III, and IV 相关适航要求，选取典型飞机除冰防冰液，结合我国机场海拔高度分布情况，经过反复实验验证的基础上编制而成。开展的具体验证如下：

(a) 国际标准测试方法测试

根据 SAE AS 5900 标准测试方法，分别开展 0-4500m 海拔范围内 FCY-2 飞机除防冰液的空气动力学性能变化规律研究，测试结果如下：

表 1 不同海拔高度下 FCY-2 飞机除冰液空气动力学性能

海拔高度 (m)	T ₁ (°C)	T ₂ (°C)	RH(%)	V(m/s)	δ(mm)	BLDT 平 均值(mm)
0	-20.14	-20.77	48.07	67.32	6.72	6.76
	-19.66	-19.13	49.44	65.47	6.70	
	-18.89	-19.68	51.25	65.79	6.87	
500	-21.04	-20.67	47.64	65.22	6.83	6.83
	-19.99	-20.72	43.38	64.96	6.75	
	-20.71	-20.16	48.39	65.05	6.92	
1500	-18.63	-19.28	45.78	65.01	7.10	7.01
	-21.25	-21.59	46.24	63.78	6.93	
	-20.01	-20.51	49.21	66.29	6.99	
2500	-20.58	-20.43	49.12	64.17	7.24	7.27
	-18.42	-18.85	48.90	63.69	7.16	
	-19.53	-19.89	50.81	63.73	7.37	
3500	-21.49	-21.54	48.13	64.53	7.46	7.44
	-20.83	-20.76	52.06	64.29	7.33	
	-19.44	-19.76	52.92	64.35	7.52	
4500	-21.04	-21.31	51.29	64.93	7.58	7.67
	-20.98	-21.29	50.72	63.56	7.72	
	-19.64	-20.27	47.60	64.95	7.70	

从测试结果来看，随着海拔高度的增加，除冰液的边界位移层厚度也逐渐增大，意味着在高海拔机场，飞机除冰液的吹脱性变差。产生这种现象的原因是，测试前的静置导致除冰液失水，粘度变大，从而吹脱性变差。但这种测试是基于标准起飞速度（65m/s），高海拔机场由于空气密度低，升力小，其起飞距离和起飞速度都比平原机场的起飞距离和起飞速度大。

(b) 速度修正后测试

按照飞机起飞升力公式（见公式 1），假设飞机在高海拔机场与平原机场起飞时所需升力不变，那么可根据平原机场的起飞速度计算出高海拔机场的起飞速度，见公式 2。

$$L = \frac{1}{2} C_{\rho} S V^2 \quad (1)$$

式中：

L—飞机起飞时升力

C—阻力系数

ρ —空气密度

S—飞机迎风面积

V—飞机与空气的相对速度

$$V_h = \sqrt{\frac{\rho_h}{\rho_l}} \times V_l \quad (2)$$

式中：

V_h —高海拔机场起飞速度

V_l —平原机场起飞速度

ρ_h —高海拔机场空气密度

ρ_l —平原机场空气密度

根据以上两个公式计算出不同海拔高度的起飞速度（见表 2），基于此起飞速度，开展 0m/500m/1500m/2500m/3500m/4500m 海拔条件下 FCY-2 飞机除冰液的空气动力学性能变化规律研究，测试结果如下如表 3 所示。

表 2 不同海拔高度起飞速度

海拔高度(m)	离地35ft时的速度 v_2 (m/s)
≤ 500	65
$500 < \text{海拔高度} \leq 1500$	70
$1500 < \text{海拔高度} \leq 2500$	73
$2500 < \text{海拔高度} \leq 3500$	77
$3500 < \text{海拔高度} \leq 4500$	82

表 3 不同海拔高度下 FCY-2 飞机除冰液空气动力学性能

海拔高度(m)	$T_1(^{\circ}\text{C})$	$T_2(^{\circ}\text{C})$	RH(%)	V(m/s)	δ (mm)	BLDT 平均值(mm)
0	-20.93	-21.01	45.56	63.47	6.72	6.76
	-19.27	-20.46	45.64	65.38	6.70	
	-19.48	-20.13	47.48	64.89	6.87	
500	-21.04	-20.65	50.21	67.05	6.70	6.70
	-20.43	-19.45	47.12	66.01	6.75	
	-19.35	-20.01	43.54	65.49	6.66	
1500	-20.67	-20.23	49.51	70.67	6.48	6.54
	-19.01	-19.76	44.39	71.03	6.63	
	-21.43	-20.89	50.28	68.79	6.52	
2500	-19.58	-20.13	44.19	73.01	6.48	6.47
	-21.21	-20.74	48.98	74.19	6.35	
	-21.13	-20.61	43.10	74.08	6.57	
3500	-18.98	-19.35	44.68	78.54	6.38	6.33
	-20.47	-20.05	49.62	76.94	6.46	
	-19.48	-19.87	52.28	77.64	6.16	
4500	-20.59	-20.38	48.91	81.01	6.14	6.26
	-19.73	-20.07	46.45	82.19	6.36	
	-19.47	-19.82	47.20	81.88	6.27	

可以看出，海拔高度增加，起飞速度增大，FCY-2飞机除防冰液的BLDT值减小，吹脱性能变好。在特定海拔高度下，起飞速度对飞机除防冰液空气动力学性能的影响程度大于海拔高度的影响。为此编制组也调研了高海拔机场实

际起飞参数，飞机在高海拔机场的起飞速度的确远远高于平原机场的起飞速度，达到90m/s。本着测试更严苛的原则，采用该方法来模拟高海拔机场起飞加速过程是完全合理的。

（二）预期的经济效益

无。

（三）预期的社会效益

本标准实施后，填补了民航标准在飞机除冰防冰液空气动力学性能测试领域的空白，规范了飞机除冰防冰液空气动力学性能测试要求，降低飞机除冰防冰液对飞机气动性能带来的不利影响，有利于提高民航飞行安全的水平。

五、采用国际标准和国外先进标准的程度以及与国际、国外同类标准水平的对比情况

本标准不存在版权问题。

本标准跟踪和调研了国内民机最新现状，提出的主要技术指标既考虑到了与国外标准（如 SAE 标准）的协调一致性，同时兼顾满足国内民机使用环境的要求，指标要求更加全面。同时模拟飞机起飞加速测试（涵盖所有海拔的机场）与国外相关标准提出的技术指标相比更具有先进性。

六、与有关的现行法律、行政法规、民航规章和国家标准、行业标准的关系

本标准编写主要参考以下标准资料：

GB/T 6488-2022 液体化工产品 折射率的测定

GB/T 6682-2008 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 9724-2007 化学试剂 pH 值测定通则

GB/T 20856-2012 航空器 牛顿型除冰防冰液 I 型

GB/T 20857-2012 航空器 非牛顿型除冰防冰液 II、
III 和 IV 型

本标准与国内现行法律、法规和国家标准、行业标准相一致，无冲突。

七、重大不同意见的处理和依据

无。

八、贯彻标准的要求和措施建议（包括组织措施、技术措施、过渡办法等）

建议本标准发布实施后，行业标准化单位及时组织本标准宣贯，强化标准技术内容对后续工作的指导。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、重要内容的解释和其他应说明的事项

无。