

《民用飞机发动机火山灰高温流变性测量方法》  
(征求意见稿) 编制说明

《民用飞机发动机火山灰高温流变性测量方法》

团体标准

起草工作组

二〇二六年二月

# 《民用飞机发动机火山灰高温流变性测量方法》 (征求意见稿) 编制说明

## 一、工作简况

### 1.1 项目背景

民用航空是全球化时代的经济命脉与重要交通纽带，其安全性是国家和公众关注的焦点。航空发动机，作为飞机的“心脏”，其性能与可靠性直接决定了飞行安全。在现代高性能涡扇发动机中，为了提升热效率与推重比，涡轮前进口温度不断提高，已远超传统镍基高温合金的承温极限。为此，热障涂层技术应运而生，成为先进航空发动机不可或缺的关键技术。

然而，这片“护甲”正面临着一项严峻的自然环境挑战——火山灰腐蚀。火山喷发会将大量细小的硅酸盐矿物质抛射至高空，形成大范围的火山灰云。当飞机穿越此类空域时，火山灰会被吸入发动机，在超过 1200°C 的高温涡轮部件上熔化、沉积、渗透。熔融态的火山灰对 TBCs 具有极强的润湿性和流变性，它们会渗入涂层的多孔微观结构，在冷却过程中凝固，产生巨大的热应力，导致涂层鼓包、开裂和剥落。同时，火山灰会与 TBCs 材料发生剧烈的化学腐蚀反应，破坏涂层的相稳定性和微观结构，使其隔热性能急剧下降，并最终引发涂层的早期失效。

2010 年冰岛埃亚菲亚德拉冰盖火山喷发，导致欧洲空中交通瘫痪数日，经济损失高达数十亿欧元，此次事件让全球航空业深刻认识到火山灰的巨大威胁。目前，国内外尚无专门针对航空发动机火山灰高温流变性测量的统一标准。现有方法多借鉴玻璃或煤灰领域标准，无法准确模拟发动机极端工况下的动态热历程和化学环境。因此，建立一套科学、规范、可重复的《民用飞机发动机火山灰高温流变性测量方法》标准，是提升我国航空发动机安全性与可靠性的迫切需求。

### 1.2 主要工作过程

#### 1.2.1 准备阶段

2025 年 10 月，完成了《民用飞机发动机火山灰高温流变性测量方法》立项。成立标准编制组，标准主持人结合工作情况，对标准起草工作按工作内容、时间进度进行了安排部署。

#### 1.2.1 调研阶段

2025年10月至11月，标准编制组开展广泛、深入的调研，收集、整理了国内外相关标准、科研成果、专著、论文等，以及专家的意见与建议并进行了分析与探讨。同时，研究工程应用情况。

### 1.2.3 起草阶段

2025年11月，标准编制组经过多次研究和讨论，充分听取各单位的意见并研究相关资料，形成标准草案稿。

### 1.2.4 草案稿研讨阶段

2025年11月，标准编制组内部开展针对标准框架、标准定位、技术内容的内部研讨。

### 1.2.5 征求意见阶段

2026年1月至2月，标准组织进行意见征求，并完成《民用飞机发动机火山灰高温流变性测量方法》征求意见稿。

### 1.2.6 送审阶段

标准编制组根据各方意见与建议对标准内容进行修改和改善，形成送审稿，拟定2026年2月召开审查会。

### 1.2.7 报批

标准编制组根据审查专家的意见与建议对标准内容进行修改和完善，拟定2026年2月底形成报批稿。

### 1.2.8 发布

拟定2026年3月发布。

## 二、标准编制原则

### 2.1 一致性

本标准的编制一定程度上考虑了在我国现行法律、政策环境下对《民用飞机发动机火山灰高温流变性测量方法》团体标准施行的可操作性，同时对国内外相关方面的现行标准给予了应有的关注，以确保本标准与有关法律法规、其他标准的兼容性和一致性，且确保与国家标准、行业标准中的术语和词汇保持一致，采用国家标准中规定的术语和广大用户熟悉的词汇。

## 2.2 科学合理性

本标准在编制过程中，对相关术语、定义和技术指标等内容的叙述尽可能清楚、确切、规范，并通过标准的应用实践对所拟标准进行印证，同时考虑实际工作过程可能产生的问题以及其他类似应用的实际情况，使本标准执行起来尽可能易实现和可操作，充分满足使用要求。

## 2.3 可扩充性

本标准编制过程中，针对有关技术内容方面，注意加强与其他标准的兼容和协调，在科学性、适用性的前提下，尽量保持与现有相关规范的一致性。

## 2.4 规范性原则

本标准按照 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。

## 三、标准主要内容和相关依据

本标准的适用范围：适用于民用飞机发动机火山灰高温流变性测试的规划及实施。

主要技术内容：1 使用范围；2 规范性引用文件；3 术语与定义；4 符号、代号和缩略语；5 民用飞机发动机火山灰高温流变性测试原理及实验设备；6 民用飞机发动机火山灰高温流变性实验方法；7 数据采集及处理。

本标准依据浙江省“尖兵领雁”研发计划项目开展编制研究，并参考现行国家或行业规程规范标准。

本规范编制过程中，局部参考了以下标准或文件：

《玻璃黏度测定 旋转黏度计法》（GB/T 42414-2023）

《Standard Practice for Measuring Viscosity of Glass Above the Softening Point1》（ASTM C965-23）

## 四、本标准预期的经济效益和社会效益

通过提供统一、规范的高温流变性测试方法，可显著减少因测试方法不一致导致的重复试验、数据不可比等问题，提高研发效率，预计可将新材料与涂层体系的验证周期缩短 15% 以上，有效降低研发成本。基于本标准获得的准确火山灰高温粘度数据，可用于优化发动机

热端部件冷却设计、涂层选型与防护策略，从而提升发动机在火山灰环境下的耐受性，延长关键部件寿命，减少因火山灰导致的非计划停场维修与部件更换，为航空运营商节约可观的维护成本。同时，本标准为国内火山灰特性研究、测试设备开发、高温材料研发等产业链环节提供统一的技术依据，有助于提升产业链协同效率，推动相关高技术产业发展，为我国航空发动机产业参与国际竞争提供技术支撑。

本标准为科学评估火山灰高温流变行为及其对发动机的影响提供了关键方法依据，直接服务于民用航空飞行安全，有助于预防和降低因火山灰导致的发动机故障风险，保障乘客与机组成员生命安全，具有重大的公共安全价值。通过制定自主的测试标准，填补了国内在该领域的方法空白，有助于打破国外在航空极端环境测试领域的技术壁垒，提升我国航空安全研究的自主可控能力与核心竞争力。本标准的实施还将带动高温测试技术、模拟实验设备、特种材料研发等相关科技领域的进步，形成标准引领技术发展的良性循环，为我国从航空大国迈向航空强国提供扎实的技术基础与标准保障。

## **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**

本标准制定过程中，未检索到国际标准或国外先进标准，标准水平达到国内先进水平。

## **六、与有关的现行法律、法规和强制性国家标准的关系**

本标准符合现有的法律、法规。

## **七、重大分歧意见的处理经过和依据**

目前，没有分歧意见。

## **八、贯标的措施和建议**

本标准为团体标准，建议按照国家有关团体标准管理规定和中国科技产业促进会团体标准管理要求，在协会会员中推广采用本标准，鼓励社会各有关方面企业自愿采用该标准。

## **九、废止现行有关标准的建议**

无。

## **十、其他应予说明的事项**

无。