

《动态 pVTt 气体质量流量校准方法》 编制说明

一、基本信息

本标准名称为《动态 pVTt 气体质量流量校准方法》，属于团体标准中的“制定”类项目，由北京卫星环境工程研究所牵头立项，归口于中国计量测试学会统一管理。

标准由北京卫星环境工程研究所、天津大学、天津福路瑞特测控技术有限公司等单位联合起草，起草人员包括綦磊、孙立军、丁红兵等多位来自计量一线、科研机构和设备制造企业的专业技术骨干。

项目整体工作计划如下：

2026 年 06 月 15 日，完成标准初稿并征求专家意见；

2026 年 07 月 25 日，形成征求意见稿，广泛听取行业反馈；

2026 年 09 月 15 日，完成报批稿，提交评审备案。

经费预算为 10 万元，主要用于标准调研、编写与验证工作，具体包括：会议费 3 万元、专家费 3 万元、测试与比对验证费 4 万元。相关费用主要有国家重点研发计划项目资助，部分由参与编制的单位自筹。

二、背景、目的和意义

随着半导体工艺、先进制造、生物医疗、能源化工等行业对微小气体流量测量的依赖程度不断提高，对流量校准装置的精度、稳定性和可追溯性提出了更高要求。现有的气体流量计量标准体系主要集中在稳态法或较大流量范围（如 sL/min 级以上）的校准方法，对典型微小流量区间（0.005sccm -5sccm）的量值溯源缺乏统一规范。稳态法在阀门启闭及稳态建立过程中不可避免地引入热冲击与压力扰动，使得测量结果存在系统偏差和重复性不足，难以满足微小流量计量的需求。

国际上，ISO 10790 等标准主要对气体质量流量计的选型和应用提出指导，但未对微小流量的动态校准方法作出明确规定。

国内现行的 JJG、JJF 系列检定规程虽涵盖压力、温度、时间等单项量的溯源与检定，但尚未建立完整的微小气体流量校准规范。这一缺口导致各实验室和企业在开展相关校准时多依赖自建装置和经验方法，难以实现数据互认与溯源链统一。

本标准旨在建立一套基于动态 pVTt 方法的微小气体质量流量校准技术规范，通过规范装置结构、工作原理、校准程序、不确定度评定与结果表达，实现以下目标：

（一）形成统一的技术路线，提升微小气体流量校准的准确性和可重复性；

（二）建立可追溯的校准流程，为实验室和校准机构提供标准化操作依据；

（三）明确不确定度评定方法，确保校准结果具有科学性和可比性；

（四）为我国在微小气体流量领域建立系统的量值溯源链条提供技术支撑。

在此背景下，制定《动态 pVTt 气体质量流量校准方法》团体标准具有重要意义：

一是填补国内外标准空白，在 0.005sccm -5sccm 微小流量领域建立统一的校准方法，弥补现有标准体系的不足。

二是提升计量溯源水平，通过差压法与恒温控制的结合，有效降低环境波动对测量的干扰，实现更高的灵敏度与稳定性。

三是推动跨行业应用，半导体制造、航天推进剂计量、生物医疗气体输送等对微小流量依赖度高的领域提供计量保障。

四是增强国际竞争力，建立具有自主知识产权的校准方法，推动我国在气体流量计量领域的国际话语权。

五是促进科技创新与产业升级，为新型流量计研发、测试与验证提供溯源依据，推动产业链上下游的协同发展。

综上，该标准项目不仅针对当前行业痛点提出系统解决方案，也将有效提升我国天然气管网计量设备的安全性、准确性与智能化水平，具有显著的工程应用价值与推广前景。

三、标准编制原则和确定标准主要内容的论据

（一）标准编制原则

标准编制坚持科学性、系统性、合法合规性与可实施性的原则：

科学性：基于理想气体状态方程与质量守恒原理，结合实验室实际测量数据，确保参数设定有理论与实证依据；

系统性：覆盖装置结构、工作原理、校准程序、性能指标、不确定度分析、结果报告等全过程环节；

合法合规性：与《计量法》《标准化法》等法律法规保持一致，满足 JJF 1059.1《测量不确定度评定与表示》要求；

可实施性：结合实际实验室条件，确保条款操作性强，易于推广和落地。

（二）确定标准主要内容的论据

本标准主要内容依据动态 pVTt 方法的原理和实验实践，涵盖以下方面：

1. 范围与适用性：明确本方法适用于空气、氮气等近似理想气体，在 0.005sccm-5sccm 的质量流量或标况体积流量校准中使用。

2. 装置结构与原理：规定装置应包含标准容器、参考容器、差压计、温度传感器、真空系统及同步采集系统，并在恒温水浴中运行，以减少温度-压力耦合影响。

3. 校准程序：包括抽真空、流量调节、充气采集、有效区间选取、线性回归计算等步骤，确保结果准确可靠。

4. 性能要求：提出装置不确定度等级（0.05 级、0.1 级、0.2 级、0.5 级）、压力与温度测量的准确度、分辨力及漂移指标，以及流量稳定性指标。

5. 不确定度分析：系统分析容积、压力、温度、时间、气体常数、压缩系数等因素的不确定度来源，给出合成与扩展不确定度计算方法。

6. 记录与报告：要求报告包括设备与传感器编号、测试条件、回归参数、平均流量、扩展不确定度及异常说明，保证可追溯性。

四、与现行法律法规、强制性标准和其他有关标准的关系

本标准属于推荐性团体标准，制定过程中严格遵循国家相关法律法规，与现有强制性标准不冲突，起到细化和补充作用。

与法律法规的关系：本标准符合《中华人民共和国计量法》《中华人民共和国标准化法》《能源计量监督管理办法》等法律政策要求。

与现有标准的关系：标准与《JJF 1001 计量术语与定义》《JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示》《JJG 875 压力变送器检定规程》《JJG 860 工业铂电阻温度计检定规程》《JJG 119 电子计时器检定规程》等保持衔接，避免重复，起到工程化细化补充作用。

与国际标准的关系：标准充分参考 ISO/IEC Guide 98-3 (GUM) 等国际先进标准，但在微小流量领域创新性地采用动态 pVTt 方法，解决了稳态法校准受阀门冲击与热扰动影响较大的问题。