

全国物理化学计量技术委员会（MTC17）

湿度传感器动态响应测试规范

编制说明

2026 年 09 月

一、任务来源

为了保障湿度传感器动态响应参数的量值溯源及仪器性能计量评价、满足各实验室对湿度传感器动态响应精准测试的计量需求以及政府计量管理和市场监管需要，急需制定专门的湿度传感器动态响应测试计量规范。本校准规范起草任务由国家市场监督管理总局 2024 年下达（市监计量发 2025 年征集项目相关文件），归口单位为全国物理化学计量技术委员会。起草单位为中国航空工业集团公司北京长城计量测试技术研究所。

二、目的意义

湿度传感器已广泛用于环境试验、工业过程、气象、仓储、航空航天、计量检测、医疗环境控制等领域。随着氢燃料电池、高端芯片制造等产业发展，应用现场对湿度变化的实时监测能力提出了更高要求，传感器动态响应性能已成为影响过程控制和测量结果有效性的重要技术指标。

现行相关计量技术规范主要规定湿度示值误差、修正值、重复性等静态计量特性；部分规范虽涉及多路温湿度测量装置的响应时间或湿度变化率，但尚缺少面向单一湿度传感器、可统一执行的动态响应测试方法。不同单位采用的阶跃条件、响应判据、数据采集方式和计算方法不一致，导致同一传感器的响应时间结果难以比较。

制定本规范的目的，是统一湿度传感器动态响应测试的术语、测试条件、测量标准、试验程序、数据处理和结果表达方法，为传感器选型、性能验证、质量控制及动态修正提供可比、可复现的技术依据。

三、规范制定过程

2025 年 1 月，承担单位成立规范编制组，开展国内外相关标准、技术资料、产品说明书和测试方法调研，并与湿度传感器生产单位、使用单位及计量技术机构进行沟通。编制组围绕湿度阶跃的建立、传感器快速转移、动态信号采集、时间常数判定和不确定度评定等关键问题开展研究。

在前期研究基础上，编制组对不同品牌、不同原理的湿度传感器开展试验，分析传感器结构、湿度阶跃量、气体温度、采样间隔和响应判据对结果的影响，确定了以湿度阶跃量 63.2% 对应的响应时间作为时间常数，并可根据需要同时给出 10%、50% 和 90% 阶跃点的湿度响应时间。

2026 年 6 月形成规范草案。此后通过线上研讨、实地调研和内部技术审查等方式，

围绕测试设备组成、技术指标、测试步骤、数据处理和测量不确定度评定进行多轮修改，于 2026 年 8 月形成规范初稿和征求意见材料。征求意见数量、意见条数及其采纳情况应以最终征求意见汇总表为准，并在报审前据实补充。

四、 规范制定的主要技术依据及原则

4.1 主要技术依据

本规范以国家现行计量法律法规和计量技术规范体系为基础，主要依据 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》确定术语表达，依据 JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》建立不确定度评定方法，并参考 JJF 1049—2024《温度传感器动态响应校准规范》中阶跃激励、快速转移、高速采集、时间常数及响应曲线处理的技术思路。

同时参考 JJF 1076—2020《数字式温湿度计校准规范》、JJF 1272—2011《阻容法露点湿度计校准规范》、JJF 1564—2016《温湿度标准箱校准规范》以及 JJF（军工）165—2017《数字温湿度计校准规范》中有关湿度量值溯源、环境条件、湿度测量和响应特性的规定，并结合国内外主流湿度传感器产品说明书、编制组试验数据及使用单位需求确定本规范的技术内容。

4.2 编制原则

本测试规范遵循科学性、协调性、适用性、可操作性和量值可溯源原则。术语、符号和不确定度评定方法与现行计量技术规范保持一致；测试方法以可复现的湿度阶跃为基础，以高速采集的动态响应曲线为数据依据；测量标准和设备技术要求既保证测试结果有效，又兼顾国内实验室现有技术条件。

测试规范不直接规定不同用途湿度传感器统一的响应时间合格限，而是统一测试条件、响应判据和结果表达方式。对于厂家说明书采用 t_{63} 、 t_{90} 或笼统响应时间的情况，要求在明确阶跃百分数、湿度范围、气体温度等条件后进行比较，避免把不同试验条件下的标称值直接作为同一计量特性。

五、 主要技术内容的说明

规范制定组通过查阅相关技术文献、计量技术规范和产品说明书，对国内外湿度传感器生产厂家、使用单位及计量技术机构进行调研，经试验验证和充分讨论后制定本测试规范。规范主要内容包括范围、引用文件、术语和定义、概述、计量特性、测试条件、测试项目和测试方法、测试结果表达、复测时间以及附录。

5.1 仪器厂家调研

编制组调研了国内外主流电容式湿度探头、温湿度变送器及数字湿度传感器，重点收集产品说明书中的湿度测量范围、最大允许误差或准确度、输出形式、过滤器配置、响应时间及其试验条件。配套试验样品覆盖 Rotronic HC2A 系列、Vaisala HMP110 和 E+E EE160 等常用工业湿度传感器。主要技术指标汇总见表 1。

表 1 常用主流湿度传感器说明书技术指标调研汇总

厂家及型号	湿度范围	最大允许误差	响应时间指标	调研结论
Rotronic HC2A-S	(0~100)%RH	$\pm 0.8\%RH$ (10°C~30°C)	t_{63} 典型 10s; (35%RH→80%RH, 传感器处风速 1m/s)	明确给出 63%阶跃点、阶跃范围和风速,可与本规范时间常数定义对应
Vaisala HMP110	(0~100)%RH	$\pm 1.5\%RH$	t_{90} 约 17s (塑料格栅)、 20s (膜过滤器)、60s (烧结过滤器)	响应时间受过滤器影响显著; t_{90} 不能与 t_{63} 直接比较
E+E EE160	(0~100)%RH	23°C时 $\pm 2\%RH$	公开数据表未单列统一响应时间值	部分产品说明书只给静态准确度,说明有必要建立统一动态测试方法

由调研可见,不同厂家对“响应时间”的定义并不统一:有的给出达到阶跃量 63%的时间,有的给出达到 90%的时间;过滤器、气体流速、阶跃起止湿度和温度条件也不相同。因此,本规范不能直接采用某一厂家标称响应时间作为统一技术要求,而应首先统一测试条件和计算判据。

5.2 检定/校准用标准及设备

本规范采用气体介质湿度阶跃法建立动态阶跃。测量标准由 1 套湿度发生阶跃装置和 1 套高速采集设备组成。湿度发生阶跃装置由恒温设备、测试区和弹射机构组成,为被测湿度传感器提供温度稳定的测试区,同时建立两个稳定湿度环境,实现湿度阶跃;高速采集设备同步记录被测传感器输出及时间序列。

其他设备包括温湿度计、大气压力计以及与被测传感器匹配的供电和接口设备。所有测试设备应按其计量特性进行检定或校准并在有效期内使用。

5.3 计量特性的选择

厂家调研表明,湿度传感器说明书常见动态指标包括 t_{63} 、 t_{90} 或未说明阶跃百分数

的响应时间。其中，Rotronic HC2A-S 系列采用 63%阶跃点，Vaisala HMP110 采用 90%阶跃点，且响应时间随过滤器类型明显变化；部分工业变送器说明书仅给出静态准确度或笼统描述快速响应。这些指标的定义和试验条件不同，不能直接横向比较。

参考 JJF1049-2024《温度传感器动态响应校准规范》对一阶动态系统的处理方式，并结合湿度传感器试验曲线，本规范选择湿度阶跃量 63.2%所对应的时间常数 τ 作为主要计量特性。根据被测传感器实际情况或委托方要求，可同时给出达到阶跃量 10%、50%和 90%时的湿度响应时间 $\tau_{0.1}$ 、 $\tau_{0.5}$ 和 $\tau_{0.9}$ 。这样既可与采用 t_{63} 的厂家指标对应，也可换算、对照采用 t_{90} 等指标的产品，但比较时必须同时注明测试温度、阶跃范围等测试条件。

由于不同用途、结构和保护形式的湿度传感器响应速度差异较大，本规范不规定统一最大允许响应时间，而是规定测试方法、重复性要求和结果表达方式。产品是否满足具体响应时间限值，应依据产品标准、制造商技术文件或委托方要求判定。

六、征求意见及预审、终审情况

本校准规范相关资料完成后，按照委员会相关要求进行了意见的征求。

本规范于 2026 年 8 月中旬完成了征求意见稿、编制说明、试验报告及不确定度评定的编写工作。2026 年 XX 月上旬共发出征求意见稿 XX 份。截止至 X 月中旬，回收意见 XX 份，共提出意见和建议 XX 条。规范起草小组认真研讨了每条意见和建议，并对规范进行了修改。现将所有意见、建议及其处理结果和理由总结至征求意见汇总表中。

七、规范水平

本规范在现有湿度计量技术规范和温度传感器动态响应校准方法的基础上，首次系统提出湿度传感器动态响应测试的术语、计量特性、试验工况、测试标准、测试程序、数据处理和不确定度评定要求，填补了国内湿度传感器动态响应专用测试方法的空缺。

规范内容符合国内现有湿度量值溯源和试验设备能力，方法明确、操作可行，能够提升不同实验室测试结果的一致性和可比性。综合判断，本规范总体达到国内先进水平。