

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF XXXX-XXXX

湿度传感器动态响应测试规范

Measurement and Test Norm for
Dynamic Response of Humidity Sensor

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

国家市场监督管理总局 发布

湿度传感器 动态响应测试规范

Measurement and Test Norm for D
ynamic Response of Humidity Sensor

JJFXXXX-XXXX

归口单位：全国物理化学计量技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国物理化学计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

引 言	II
1 范围	1
2 引用文件	1
3 术语和计量单位	1
3.1 湿度阶跃量	1
3.2 时间常数	1
3.3 湿度响应时间	1
3.4 湿度发生阶跃装置	1
3.5 弹射机构	1
4 概述	2
4.1 结构和原理	2
4.2 用途	2
5 计量特性	2
6 测试条件	2
6.1 实验室环境条件	2
6.2 测试标准和其他设备	3
7 测试项目和测试方法	4
7.1 测试项目	4
7.2 测试方法	4
8 测试结果的表达	7
9 复测时间间隔	8
附录 A 原始记录参考格式	9
附录 B 测试报告内页格式	10
附录 C 湿度传感器动态响应测试结果测量不确定度评定示例	11
附录 D 湿度传感器响应时间作图法计算示例	15

引 言

本规范依据JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》和JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范在制定中参考了JJF1076-2001《湿度传感器校准规范》、JJF1049-1995《温度传感器动态响应校准规范》等文件的术语定义、技术要求和试验方法。

本规范为首次发布。

湿度传感器动态响应测试规范

1 范围

本规范适用于新制造（或新购置）、使用中及修理后的湿度传感器（或变送器）在气体介质中的动态响应（时间常数与响应时间）测试。被测对象可为直接显示相对湿度或露点温度的仪器，亦可为输出电信号、数字量等信号的传感器。

2 引用文件

本规程引用了下列文件：

JJF1001-2011 《通用计量术语及定义》

JJF 1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》

JJF1076-2020 《数字式温湿度计校准规范》

JJF1272-2011 《阻容法露点湿度计校准规范》

JJF1049-1995 《温度传感器动态响应校准规范》

JJF1564-2016 《温湿度标准箱校准规范》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

3 术语和计量单位

3.1 湿度阶跃量 humidity step

湿度阶跃变化前、后两个稳定状态湿度值之差。由低湿度到高湿度称为正阶跃（吸湿过程），由高湿度到低湿度称为负阶跃（脱湿过程）。

3.2 时间常数 time constant

对于可按一阶系统处理的湿度传感器，其输出量变化到相当于湿度阶跃量 63.2% 所需要的湿度响应时间，符号为 τ 。

3.3 湿度响应时间 humidity response time

当湿度出现阶跃变化时，湿度传感器的输出量变化到相当于该湿度阶跃量的某个规定百分数所需要的时间。变化到湿度阶跃量的 10%、50%、90% 所需要的时间，分别记为 $\tau_{0.1}$ 、 $\tau_{0.5}$ 、 $\tau_{0.9}$ 。

3.4 湿度发生阶跃装置 humidity generator and excitation device

用于产生不同湿度环境，并实现湿度阶跃量的装置。

3.5 弹射机构 ejection mechanism

使传感器从一个稳定湿度环境转移到另一个稳定湿度环境的机构。

4 概述

4.1 结构和原理

湿度传感器通常由防护与采样结构、湿敏元件、激励与信号转换模块、数据处理与输出模块等组成。湿敏元件与气体中的水分发生作用，使其电容、电阻、频率或其他电学量随湿度改变；该电学量经激励与信号转换、数据处理及必要的补偿后，形成模拟量、数字量等形式的湿度输出。湿度传感器组成如图 1 所示。

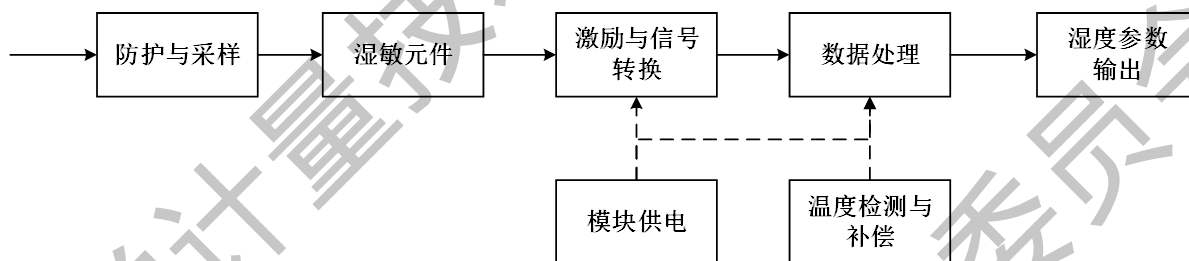


图 1 湿度传感器组成图

由于湿敏材料传质、吸附与脱附、保护罩扩散以及测量电路滤波等环节具有惯性，湿度传感器不能瞬时反映快速变化的环境湿度。其动态响应与传感器结构、材料、保护罩、气体温度、流速、湿度阶跃方向及阶跃量等有关。

4.2 用途

湿度传感器主要用于环境试验、工业过程、气象、仓储、航空航天、计量检测及其他场合的气体湿度参数测量。动态响应特性用于评价湿度传感器跟踪快速湿度变化的能力，并为传感器选型、动态修正提供依据。

5 计量特性

湿度传感器动态响应计量特性见表 1。

表 1 湿度传感器动态响应计量特性

序号	计量特性名称	说明
1	时间常数 τ	湿度阶跃量的 63.2%所对应的响应时间
2	湿度响应时间 $\tau_{0.1}$ 、 $\tau_{0.5}$ 、 $\tau_{0.9}$	湿度阶跃量的 10%、50%、90%所对应的响应时间 (根据被测传感器实际情况或委托方要求确定)
3	正、负阶跃响应	根据使用要求，分别给出吸湿和脱湿过程的动态响应结果

6 测试条件

6.1 实验室环境条件

表 2 实验室环境条件

环境参数	要求
温度	15℃~30℃，测试期间应保持稳定
相对湿度	≤80%RH
大气压力	86kPa~106kPa
其他	无影响测试结果的明显振动、气流扰动和强电磁干扰；供电条件满足被测传感器要求

6.2 测试标准和其他设备

测试所用测试标准、设备与仪器应经检定或校准，满足测试使用要求，并在有效期内。

6.2.1 测试标准

湿度发生阶跃装置及高速采集设备共同构成湿度动态响应测试标准，各设备均须经计量校准，且校准证书在有效期内，以确保测量参数的准确性和量值溯源性。所有计量标准详见表 3。

表 3 测试标准

序号	测试标准	数量	功能
1	湿度发生阶跃装置	1 套	为被测湿度传感器提供稳定温湿度环境与测试区，同时可夹持被测湿度传感器并在两个湿度环境之间快速转移，实现湿度阶跃
2	高速采集设备	1 套	同步采集被测湿度传感器输出及其时间序列，记录触发和响应过程

测试标准的技术要求详见表 4。

表 4 测试标准的技术要求

序号	测试标准	技术要求		用途
1	湿度发生阶跃装置	湿度范围	湿度范围可覆盖湿度阶跃的上、下限点，如无特殊要求，相对湿度应覆盖 20%~80%（20℃）	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
		温度范围	可覆盖所选测试点，若无特殊要求，应包含 20℃	
		湿度阶跃量	湿度范围应覆盖所选测试点。无特殊要求时，湿度范围应覆盖 20℃ 下的 20%RH~80%RH。建议低湿环境为 20%RH、高湿环境为 80%RH，湿度阶跃量不小于 40%RH；也可按被测传感器用途选择其他工况	
		湿度波动度	测试位置 10 min 内的湿度波动应优于湿度阶跃量的±1%。	
		气路与测试区	气路与测试区不应产生水汽冷凝、明显泄漏或妨碍传感器充分接触标准湿气的死区	
		弹射机构阶跃	应小于被测湿度传感器预计响应时间的	

2	高速采集设备	运行时间	10%	湿度传感器 动态信号采 集
		弹射机构夹持 与重复定位	应可靠夹持并重复定位被测传感器；移动不应损伤传感器或引入影响输出的拉扯、冲击和接触不良	
		信号测量	测量范围、输入形式、分辨力和最大允许误差应与被测传感器的电压、电流、频率或数字输出相匹配	
		采样间隔	应小于被测湿度传感器预计响应时间的10%	
		采集时长	单次采集时长应覆盖完整响应过程，宜不小于时间常数实际测量值的10倍	

6.2.2 其他设备

其他设备及技术要求详见表 5。

表 5 其他设备及其技术要求

序号	设备或仪器	测量范围	技术要求	用途
1	温湿度计	温度测量范围覆盖 15℃~25℃，湿度测 量范围覆盖 0%RH~ 80%RH	温度最大允许误差： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ； 湿度最大允许误差： $\pm 3\%\text{RH}$	测量和记录实验 室环境温度、湿度
2	大气压力计	86kPa~106kPa	压力最大允许误差： $\pm 100\text{Pa}$	测量和记录实验 室大气压力
3	供电及接口设备	与被测湿度传感器匹 配	电压、电流、通信和接地条件 满足制造商要求，不得显著影 响传感器输出	为被测传感器供 电并完成信号连 接

7 测试项目和测试方法

7.1 测试项目

测试项目为时间常数 τ ；根据被测湿度传感器的实际情况或委托方要求，可同时测试湿度响应时间 $\tau_{0.1}$ 、 $\tau_{0.5}$ 、 $\tau_{0.9}$ ，并可分别在正阶跃和负阶跃条件下进行。

7.2 测试方法

测试过程主要包括建立两个稳定湿度工况；湿度发生阶跃装置使被测湿度传感器接受湿度阶跃；由高速采集设备记录响应曲线；按作图法计算时间常数或规定百分数的湿度响应时间。湿度传感器测试连接框图如图 2 所示。

湿度发生阶跃装置

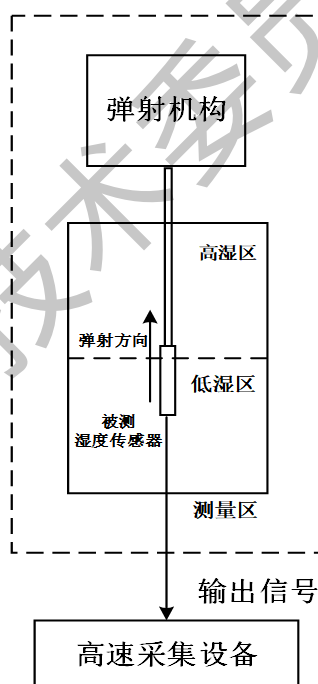


图2 湿度传感器测试连接框图

7.2.2 测试准备

a) 根据被测湿度传感器的使用范围和委托要求选择测试气体温度及初始、终止湿度。无特殊要求时，建议在 20°C 下，以 $20\%\text{RH}$ 作为低湿环境、 $80\%\text{RH}$ 作为高湿环境，湿度阶跃量应不小于 $40\%\text{RH}$ ；

b) 开启并设定湿度发生阶跃装置高湿区和低湿区的湿度值，使其产生的相对湿度稳定。

c) 将被测湿度传感器可靠安装在湿度发生阶跃装置的弹射机构上，使敏感部位在两端位置均处于内部的测试区；连接信号线和供电线，确认移动过程中连接可靠；

d) 设置湿度发生阶跃装置内部弹射机构的位移距离和速度，实测并记录阶跃运行时间，确认其小于被测湿度传感器预计响应时间的 10% 。

e) 设置高速采集设备的量程、采样间隔和记录时长，确认采样间隔小于预计响应时间的 10% ，且不会因内部平均、滤波或通信刷新率降低有效时间分辨率。

7.2.3 正阶跃（吸湿过程）测试步骤

a) 将被测湿度传感器置于湿度发生阶跃装置内部的低湿测试区内，待输出达到稳定。记录阶跃前相对湿度、温度和传感器初始输出；

b) 启动高速采集设备并记录初始稳定段；触发湿度发生阶跃装置的弹射机构，使被测湿度传感器迅速进入湿度发生阶跃装置的高湿测试区内，同时记录触发时刻和位移时间。

c) 持续记录被测湿度传感器输出，直至达到阶跃后的稳定状态。采集总时长宜不小于被测时间常数实际测量值的 10 倍；若采集后发现时长不足，应延长记录并重新测试。

d) 记录被测湿度传感器阶跃后相对湿度、温度参数。

e) 重复步骤 a) ~ d) 共测量 3 次。3 次结果与算术平均值的偏差均不应大于平均值的 10%，否则应重复操作，直至满足要求为止。

7.2.4 负阶跃（脱湿过程）测试步骤

根据客户要求，可按需进行负阶跃（脱湿过程）测试，即将被测湿度传感器的初始位置与终止位置互换，使其从湿度发生阶跃装置的高湿测试区快速转移至湿度发生阶跃装置的低湿测试区内，其余准备、采集、记录及重复性要求均按 7.2.3 中的步骤执行。

7.2.5 数据处理

将采集的湿度参数信号与对应时间绘制成湿度参数-时间动态响应曲线。在曲线上选取阶跃起点 A 和阶跃终点 C。A 对应阶跃前稳定段的末端，即响应开始偏离初始稳定值的位置；C 对应阶跃后稳定段的前端。设 A、C 两点的输出值分别为 H_A 和 H_C ，则湿度阶跃量按下式计算：

$$\Delta H = H_C - H_A \quad (1)$$

式中：

ΔH —为湿度阶跃量，%RH；

H_A —湿度阶跃前稳定段的末端，%RH；

H_C —湿度阶跃后稳定段的前端，%RH。

规定百分数 x ($x=0.1$ 、 0.5 、 0.632 或 0.9) 所对应的目标输出则为：

$$H_x = H_A + x(H_C - H_A) \quad (2)$$

式中：

H_x —湿度参数到达规定百分数 x 时所对应的湿度值，%RH。

由动态响应曲线得到 A 点对应的时刻 t_A 以及曲线首次到达 H_x 的时刻 t_x ，则相应动态湿度响应时间为：

$$\tau_x = t_x - t_A \quad (3)$$

式中：

τ_x —被测湿度传感器单次动态响应时间，s；

t_x —动态响应曲线达到 H_x 时所对应的时刻，s；

t_A —动态响应曲线达到 A 点（湿度阶跃前稳定段的末端）时所对应的时刻，s。

当 $x=0.632$ 时， τ_x 即为时间常数 τ 。若 H_x 落在相邻两个采样点 (t_i, H_i) 和 (t_{i+1}, H_{i+1}) 之间，具体时刻可采用线性插值计算：

$$t_x = t_i + [(H_x - H_i)/(H_{i+1} - H_i)](t_{i+1} - t_i) \quad (4)$$

每一测试工况取 3 次测量值的算术平均值作为结果：

$$\bar{\tau}_x = (\tau_{x,1} + \tau_{x,2} + \tau_{x,3})/3 \quad (5)$$

式中：

$\bar{\tau}_x$ —被测湿度传感器在该测试工况下的动态响应时间，s。若当 $x=0.632$ 时，即为该被测湿度传感器在该测试工况下的时间常数 τ ；

$\tau_{x,1} + \tau_{x,2} + \tau_{x,3}$ —被测湿度传感器在该测试工况下 3 次单次的动态响应时间，s。

负阶跃与正阶跃采用相同方法，按式（1）～式（5）计算，最终响应时间取绝对值。作图法示例见附录 A。

8 测试结果的表达

测试结果应在测试报告上反映，测试报告应至少包括以下信息：

- 标题，如“测试报告”；
- 实验室名称和地址；
- 进行测试的地点（如果与实验室的地址不同）；
- 报告的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- 客户的名称和地址；
- 被测对象的描述和明确标识；
- 进行测试的日期，如果与测试结果的有效性和应用有关时，应说明被测对象的接收日期；
- 如果与测试结果的有效性和应用有关时，应对测样品的抽样程序进行说明；

- i) 测试所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次测试所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 测试环境的描述；
- l) 测试结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对测试规范偏离的说明（若有）；
- n) 测试报告签发人的签名、职务或等效标识、以及签发日期；
- o) 测试结果仅对被测对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复测时间间隔

湿度传感器动态响应的复测时间间隔建议为 12 个月。复测时间间隔由传感器的使用频次、工作环境、稳定性、质量状况和使用要求等因素决定，使用单位可根据实际情况自主确定。对测试结果有怀疑、传感器受到异常冲击或污染、更换主要部件或修理后，应重新进行动态响应测试。

附录 A

原始记录参考格式

日期: _____ 原始记录号: _____

仪器名称: _____ 型 号: _____

生 产 厂: _____ 送 检 单 位: _____

室温: _____ °C 湿度: _____ %RH 压力: _____ Pa

阶跃方向	次数	$H_A/\%RH$	$H_C/\%RH$	$\Delta H/\%RH$	$\tau_{0.1}/s$	$\tau_{0.5}/s$	τ/s	$\tau_{0.9}/s$
正阶跃	1							
正阶跃	2							
正阶跃	3							
正阶跃	平均							
负阶跃	1							
负阶跃	2							
负阶跃	3							
负阶跃	平均							

测试人员: _____ 核验人员: _____

附录 B

测试报告内页格式

报告编号：

测试结果及数据

设备 编号	湿度/（%RH）			时间常数 τ /s	$U(\tau)$ ($k=2$)
	初始值 H_A / %RH	终止值 H_C / %RH	阶跃量 ΔH / %RH		

湿度发生阶跃装置弹射机构位移时间：_____ s；高速采集设备采样间隔：_____ s。

测试工况及说明：

(以下空白)

附录 C

湿度传感器动态响应测试结果测量不确定度评定示例

C.1 概述

本示例以 20℃ 下从低湿区向高湿区进行正阶跃测试为例，时间常数由动态响应曲线达到阶跃量 63.2% 处的时刻确定。

C.2 测量模型

时间常数 τ 为规定湿度正阶跃方向和测试工况下，被测湿度传感器输出从阶跃起点 A 到达阶跃量 63.2% 对应点 B 的时间间隔的多次测量平均值。按作图法，单次时间常数为：

$$\tau = \tau_B - \tau_A \quad (\text{C.1})$$

式中：

τ —单次测量的时间常数，s

τ_A —为阶跃起点 A 对应的时刻，s；

τ_B —为动态响应曲线到达阶跃量 63.2% (B 点) 对应的时刻，s。

每一测试工况重复测量 3 次，以 3 次时间常数的算术平均值作为测试结果：

$$\bar{\tau} = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_3) / 3 \quad (\text{C.2})$$

式中：

$\bar{\tau}$ —为时间常数测试结果，s；

τ_1 、 τ_2 、 τ_3 —为 3 次单次测量值，s。

C.3 测量不确定度的来源

湿度传感器动态响应的测量不确定度分量如下：

- (1) 被测湿度传感器重复性引入的标准不确定度 u_1 ；
- (2) 被测湿度传感器的测量误差引入的标准不确定度 u_2 ；
- (3) 阶跃起点选取引入的标准不确定度 u_3 ；
- (4) 湿度发生阶跃装置的波动度引入的标准不确定度 u_4 ；
- (5) 高速采集设备幅值误差引入的标准不确定度 u_5 。

C.4 测量不确定度评定

C.4.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

采用极差法估计单次测量的实验标准偏差。已知 3 次时间常数分别为 10.40s、11.15s 和 11.80s，当 $n=3$ 时，极差系数 $d_n=1.693$ ：

$$s(\tau) = (\tau_{\max} - \tau_{\min})d_n = (11.80 - 10.40)/1.693 = 0.827s \quad (C.3)$$

式中：

$s(\tau)$ —为单次时间常数的实验标准偏差估计值，s；

$\tau_{\max}$ —为 3 次结果的最大值；

$\tau_{\min}$ —为 3 次结果的最小值。

$$u_1 = s(\tau) / \sqrt{3} = 0.478s \quad (C.4)$$

C.4.2 被测湿度传感器的测量误差引入的标准不确定度 u_2

为保守评定湿度传感器测量误差引入的标准不确定度，采用该传感器最大允许误差开展评定。被测湿度传感器最大允许误差为 $\pm 3\%RH$ ；针对阶跃量 63.2%目标测量点测量误差影响，取误差区间半宽 a_s 为 3%RH，按均匀分布进行处理。

$$u(H_s) = a_s / \sqrt{3} = 1.732\%RH \quad (C.5)$$

式中：

a_s —为被测湿度传感器最大允许误差的半宽，%RH；

$u(H_s)$ —为被测湿度传感器湿度标准不确定度，%RH。

阶跃量 63.2%处斜率 S_B 为湿度传感器动态响应曲线在阶跃目标点 B 处的湿度变化速率，根据一阶响应曲线在时间常数位置的斜率计算公式可得：

$$S_B = \Delta H / e\tau = 60 / (2.718 \times 11.15) = 1.989\%RH/s \quad (C.6)$$

则目标点 B 处湿度换算为时间的灵敏系数为：

$$c_H = 1/S_B = 0.505s/\%RH \quad (C.7)$$

式中：

c_H —为 H_B 处湿度变化换算为时间变化的灵敏系数，s/%RH；

S_B —为响应曲线在 H_B 处的斜率，%RH/s。

得到目标点 B 处湿度换算为时间的灵敏系数 c_H 后，被测湿度传感器的测量误差引入的标准不确定度为：

$$u_2 = c_H u(H_s) = 0.875s \quad (C.8)$$

C.4.3 阶跃起点选取引入的标准不确定度 u_3

高速采集设备采样间隔为 0.10s，阶跃起点选取误差限的半宽取采样间隔的一半，取阶跃起点选取误差限的半宽为 $a_A=0.05s$ ，按均匀分布处理：

$$u_3 = a_A / \sqrt{3} = 0.029s \quad (C.9)$$

C.4.4 湿度发生阶跃装置的波动度引入的标准不确定度 u_4

湿度发生阶跃装置测试位置 10min 内的湿度波动限应优于湿度阶跃量的 $\pm 1\%$ 。已知湿度阶跃量 $\Delta H=60\%RH$ ，因此湿度波动度为 $0.6\%RH$ ，取半宽为 $0.3\%RH$ 。目标点斜率 $S_B=1.989\%RH/s$ ，目标点湿度换算为时间的灵敏系数 c_H 为 $0.505s/\%RH$ 。

将湿度波动限按均匀分布处理，通过目标点处的曲线斜率可换算为弹射机构有限位移时间引入的标准不确定度：

$$u_4 = c_H \times 0.3 / \sqrt{3} = 0.087s \quad (C.10)$$

C.4.5 高速采集设备测量误差引入的标准不确定度 u_5

设高速采集设备直接采集的输出量为 Y ，其示值误差限半宽为 a_Y ；被测湿度传感器的湿度输出关系为 $H=g(Y)$ 。高速采集设备的示值误差换算为等效湿度误差限半宽为：

$$a_{daq,H} = |\partial H / \partial Y| \cdot a_Y \quad (C.11)$$

式中：

$a_{daq,H}$ —为高速采集设备示值误差换算的等效湿度误差限半宽， $\%RH$ ；

Y —为高速采集设备直接采集的电压、电流、电阻或频率等输出量；

a_Y —为该输出量的示值误差限半宽；

$|\partial H / \partial Y|$ —为被测传感器输出量换算为湿度量的灵敏系数。

根据高速采集设备的技术指标，计算可得 $a_{daq,H}=0.05\%RH$ ，按均匀分布处理，可得高速采集设备幅值误差引入的标准不确定度：

$$u_5 = c_H \cdot a_{daq,H} / \sqrt{3} = 0.015s \quad (C.12)$$

C.4.6 不确定度分量汇总

主要的不确定度分量如表 C.1 所示。

表 C, 1 不确定度分量汇总

序号	不确定度来源	标准不确定度分量代号	评定方法	分布类型	置信因子 k	不确定度分量 u_i/s
1	测量重复性引入的标准不确定度	u_1	A	—	/	0.478
2	被测湿度传感器的测量误差引入的标准不确定度	u_2	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.875
3	阶跃起点选取引入的标准不确定度	u_3	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.029
4	湿度发生阶跃装置的波动度引入的标准不确定度	u_4	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.087
5	高速采集设备幅值误差引入的标准不确定度	u_5	B	均匀	$\sqrt{3}$	0.015

C.4.7 扩展不确定度计算

以上不确定度分量互相独立, 被测湿度传感器动态响应测试结果的合成标准不确定度为

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 1.01s \quad (C.13)$$

取 $k=2$, 则

$$U=2 \times u_c=2.02s \quad (C.14)$$

附录 D

湿度传感器响应时间作图法计算示例

D.1 示例条件

以某湿度传感器在 20℃ 下的正阶跃响应为例。湿度发生阶跃装置的低湿测试区稳定值为 20.0%RH，湿度发生阶跃装置的高湿测试区稳定值为 80.0%RH，湿度阶跃量为 60.0%RH。湿度发生阶跃装置的弹射机构实测位移时间为 0.08s，高速采集设备采样间隔为 0.10s，均小于被测传感器约 1s 响应时间的 10%。

D.2 响应曲线与读数

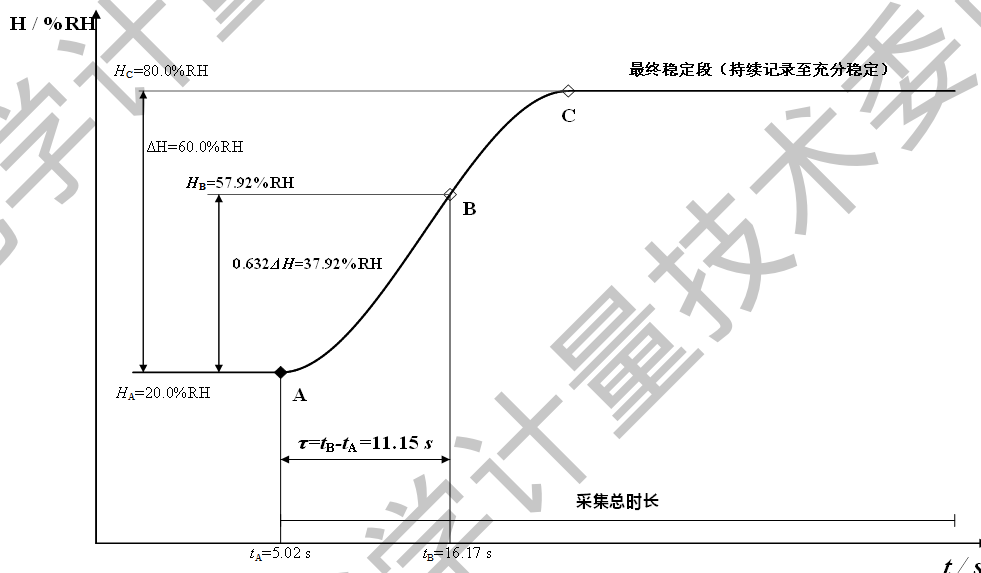


图 A.1 湿度传感器动态响应曲线

由阶跃前稳定段选取 A 点，读得 $H_A=20.0\%RH$ 、 $t_A=5.02s$ ；由阶跃后稳定段选取 C 点，读得 $H_C=80.0\%RH$ 。取阶跃段的 63.2% 点为 B 点，由 A 点至 B 点的时间间隔为时间常数 τ ；B 点湿度值为 $H_A+0.632\Delta H$ ，计算得 $H_B=57.92\%$ ，读得对应的 $t_B=16.17s$ 。

同理可计算动态响应曲线上其余 10%、50% 和 90% 的湿度点，目标湿度点对应的时刻分别为 6.78s、13.84s、和 20.90s。

D.3 计算步骤

a) 计算湿度阶跃量：

$$\Delta H = H_C - H_A = 80\%RH - 20\%RH = 60\%RH \quad (D.1)$$

b) 计算各规定百分数所对应的目标湿度：

$$H_{0.1} = H_A + x(H_C - H_A) = 20\%RH + 0.1 \times 60\%RH = 26\%RH \quad (D.2)$$

$$H_{0.5} = H_A + x(H_C - H_A) = 20\%RH + 0.5 \times 60\%RH = 50\%RH \quad (D.3)$$

$$H_{0.632} = H_A + x(H_C - H_A) = 20\%RH + 0.632 \times 60\%RH = 57.92\%RH \quad (D.4)$$

$$H_{0.9} = H_A + x(H_C - H_A) = 20\%RH + 0.9 \times 60\%RH = 74\%RH \quad (D.5)$$

c) 由图 A.1 读出各目标湿度对应时刻，并扣除阶跃起点时刻 t_A :

$$\tau_{0.1} = 6.78s - 5.02s = 1.76s \quad (D.6)$$

$$\tau_{0.5} = 13.84s - 5.02s = 8.82s \quad (D.7)$$

$$\tau_{0.632} = 16.17s - 5.02s = 11.15s \quad (D.8)$$

$$\tau_{0.9} = 20.90s - 5.02s = 15.88s \quad (D.9)$$

d) 若在阶跃量为 63.2% ($x=0.632$) 测试工况下, $\tau_{0.632}$ 即为时间常数 τ 。3 次测得时间常数分别为 10.40s、11.15s 和 11.80s, 则算术平均值为:

$$\bar{\tau} = (10.40s + 11.15s + 11.80s) / 3 = 11.12s \quad (D.10)$$

3 次结果与平均值的最大偏差为 0.68s, 相对偏差约为 6.1%, 小于 10%, 重复性要求满足。该工况时间常数结果记为 11.12s。

D.4 负阶跃说明

负阶跃与正阶跃采用相同的作图和计算方法, 按附录 A.3 读取规定百分数目标点对应的时刻并计算, 最终响应时间取绝对值即可。

中华人民共和国

国家计量技术规范

XXXXXXXX 校准规范

JJFXXXX—XXXX

国家市场监督管理总局发布