

JJF (皖)

安徽省地方计量技术规范

JJF (皖) 121-2022

温湿度变送器校准规范

Calibration Specification of Temperature-humidity transmitter

2022-01-04 发布

2022-02-15 实施

安徽省市场监督管理局 发布

温湿度变送器校准规范

Calibration Specification of
Temperature-humidity transmitter

JJF(皖)121—2022

归口单位：安徽省市场监督管理局

主要起草单位：合肥市计量测试研究院

参加起草单位：安徽省计量科学研究院

本规范委托合肥市计量测试研究院负责解释

本规范主要起草人：

徐亚迪（合肥市计量测试研究院）

刘媛媛（合肥市计量测试研究院）

沈燕春（安徽省计量科学研究院）

苏建红（安徽省计量科学研究院）

余 鹏（安徽省计量科学研究院）

参加起草人：

甘昌业（合肥市计量测试研究院）

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 标准器及配套设备.....	2
7 校准项目和校准方法.....	3
7.1 校准项目.....	3
7.2 校准方法.....	3
7.3 数据处理.....	4
8 校准结果的表达.....	5
9 复校时间间隔.....	6
附录 A 温湿度变送器校准时设备输出部分的连接方式.....	7
附录 B 温湿度变送器校准原始记录参考格式.....	9
附录 C 温湿度变送器校准证书内页参考格式.....	10
附录 D 温湿度变送器温度示值误差测量结果不确定度评定示例.....	11
附录 E 温湿度变送器湿度示值误差测量结果不确定度评定示例.....	15

引 言

本规范按照 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》的要求进行编写。

本规范为首次发布。

温湿度变送器校准规范

1 范围

本规范适用于温度测量范围 $(-20\sim 60)$ ℃，湿度测量范围 $0\sim 100\%$ RH的温湿度变送器的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 160 标准铂电阻温度计

JJF 1012-2007 湿度与水分计量名词术语及定义

JJF 1076 数字式温湿度计校准规范

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

JJF 1012-2007 界定的术语和定义适用于本规范。

4 概述

温湿度变送器（以下简称变送器）的基本工作原理是通过某些转换元件（一般为温度传感器和湿度传感器）按照一定的规律将温度、湿度信号分别转换成可用的输出电信号，该信号经放大，变为可传送的、统一的标准化输出信号。

温度传感器主要采用铂热电阻或半导体热敏电阻，湿度传感器主要采用电阻式湿敏元件或电容式湿敏元件，温度传感器和湿度传感器一般具有内置式和外置式两种安装方式。

变送器通常由测量单元、信号处理和转换单元组成，有些变送器增加了显示单元。变送器的原理框图如图1所示。

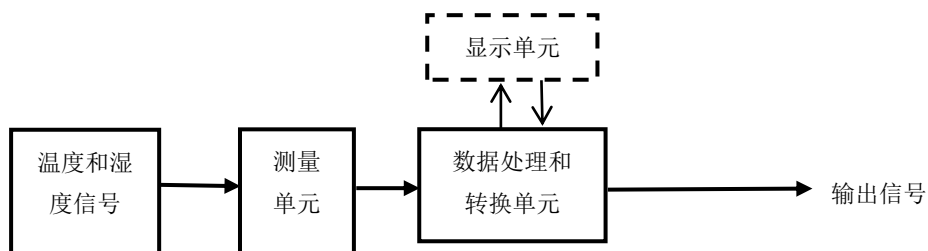


图1 温湿度变送器原理框图

变送器的标准化输出信号包括：0 mA~10mA、4 mA~20mA 或（1V~5V）等直流电信号，以及符合各种通信协议要求的数字量信号和具有特殊规定的其他标准化信号。

5 计量特性

变送器示值误差是将温度和湿度信号分别按照一定的方式转换成标准化电信号时产生的误差。

变送器示值误差用电信号表示。

注：本规范不对变送器示值误差进行准确度等级判定，如客户需要，其技术指标可参考产品说明书。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度在（20~30）℃；环境湿度不大于 85 %RH；温度波动度不超过±3 ℃/6h；周围除地磁场外，应无影响其正常工作的外磁场。

6.1.2 所用标准器及配套设备工作的环境应符合其相应规定的条件。

6.2 标准器及配套设备

校准时所需的标准器及配套设备可从表 1 中参考选择，标准器及配套设备引入的扩展不确定度 $U(k=2)$ 应不超过被校变送器最大允许误差绝对值的 1/3。

表 1 标准器及配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	标准铂电阻温度计	二等及以上	温度测量标准
2	电测设备	准确度等级不低于 0.02 级，分辨力不低于 0.1 mΩ	
3	精密露点仪	测量范围：（-20~40）℃（露点或霜点温度）， 最大允许误差：±0.2℃（露点或霜点温度），具有湿度显示功能，显示分辨力不低于 0.1 %RH	湿度测量标准
4	湿度发生器或温湿度标准箱	温度范围：（-20~60）℃，均匀度不大于 0.3℃， 波动度不超过±0.2℃； 湿度范围：（10~95）%RH，均匀度不大于 1.0 %RH，波动度不超过±0.8 %RH	提供温度、湿度场
5	直流电流表	上限不低于 20 mA，0.01 级~0.05 级	输出信号值的测量标准

表 1 (续)

序号	设备名称	技术要求	用途
6	直流电压表	0 ~5 V、0 ~50 V, 0.01 级~0.05 级	直流电压表可作为变送器电压输出信号值的测量标准；二者组合取代直流电流表作为变送器电流输出信号值的测量标准
7	标准电阻	100 Ω (250 Ω)，不低于 0.05 级	
8	交流稳压源	220 V, 50 Hz, 稳定度 1%, 功率不低于 1 kW	交流供电电源
9	直流稳压源	0 ~30 V, 最大允许误差: $\pm 1\%$; 其中 400 Hz~10 kHz 频率分量的纹波峰峰值 ≤ 40 mV	直流供电电源

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

示值误差校准项目包括温度示值误差和湿度示值误差。

7.2 校准方法

7.2.1 准备工作

将被校准的变送器放入湿度发生器的测试室内或温湿度标准箱的中心位置，输出部分按附录 A 的要求连接，同时放入标准温度计和精密露点仪的露点传感器（或将测试室内的湿气通过壁厚不小于 1 mm 的聚四氟乙烯管引入到测试室外的露点传感器）。

7.2.2 温度示值误差

依照从低温到高温的顺序进行校准，校准点依次为：15 $^{\circ}\text{C}$ ，20 $^{\circ}\text{C}$ ，30 $^{\circ}\text{C}$ 。也可根据用户要求合理选择校准点。湿度发生器或温湿度标准箱的温度达到设定值后稳定 10 min，然后每隔 2 min 记录标准温度计的测量值和直流电流表（或电压表）的显示值，共记录 3 组数据。然后做下一个校准点，直至所有的温度校准点测试结束。

读数时湿度发生器或温湿度标准箱实际温度与校准点的偏离应不超过 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 。

注：以温度表示的标准铂电阻温度计的测量值，根据电测设备测量的数据，依据 JJG 160 计算得出。

7.2.3 湿度示值误差

7.2.3.1 在温度校准点 20 °C 下，进行湿度示值误差的校准。

7.2.3.2 依照从低湿到高湿的顺序进行校准，校准点依次为：40 %RH，60 %RH，80 %RH。也可根据用户要求合理选择校准点。湿度发生器或温湿度标准箱的湿度达到设定值后稳定 10 min，然后每隔 2 min 记录精密露点仪的测量值和数字直流电流表（或电压表）的显示值，共记录 3 组数据。然后做下一个校准点，至所有的湿度校准点测试结束。

开始读数时湿度发生器或温湿度标准箱实际湿度与校准点的偏离应不超过 ±2.0%RH。

注：具有显示单元的变送器，其显示部分示值误差的校准按 JJF 1076 进行。

7.3 数据处理

7.3.1 温度示值误差的计算

7.3.1.1 计算出每个温度校准点下变送器实际输出值的平均值和标准温度计测量值的平均值。

7.3.1.2 变送器温度校准点输出值的示值误差按式（1）计算：

$$\Delta A = A - \left[\frac{A_m}{T_m} (T - T_0) + A_0 \right] \quad (1)$$

式中：

ΔA ——变送器温度校准点输出值的示值误差，mA 或 V；

A ——变送器温度校准点实际输出值的平均值，mA 或 V；

A_m ——变送器的输出量程，mA 或 V；

T_m ——变送器的温度输入量程，°C；

T ——标准温度计校准点测量值的平均值，°C；

T_0 ——变送器温度输入范围的下限值，°C；

A_0 ——变送器输出的理论下限值，mA 或 V。

7.3.2 湿度示值误差的计算

7.3.2.1 计算出每个湿度校准点下变送器实际输出值的平均值和精密露点仪测量值的平均值。

7.3.2.2 变送器湿度校准点输出值的示值误差按式（2）计算：

$$\Delta A' = A' - \left[\frac{A_m}{H_m} (H - H_0) + A_0 \right] \quad (2)$$

式中：

$\Delta A'$ ——变送器湿度校准点输出值的示值误差，mA 或 V；

A' ——变送器湿度校准点实际输出值的平均值，mA 或 V；

A_m ——变送器的输出量程，mA 或 V；

H_m ——变送器的湿度输入量程，%RH；

H ——精密露点仪校准点测量值的平均值，%RH；

H_0 ——变送器湿度输入范围的下限值，%RH；

A_0 ——变送器输出的理论下限值，mA 或 V。

8 校准结果的表达

经校准的温湿度变送器出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书至少应包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- j) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

建议复校间隔时间一般不超过一年。送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录 A

温湿度变送器校准时设备输出部分的连接方式

A.1 电流输出二线制温湿度变送器（见图 A.1），其中 T 代表温度输出端，RH 代表湿度输出端，V+代表变送器电源正极端。

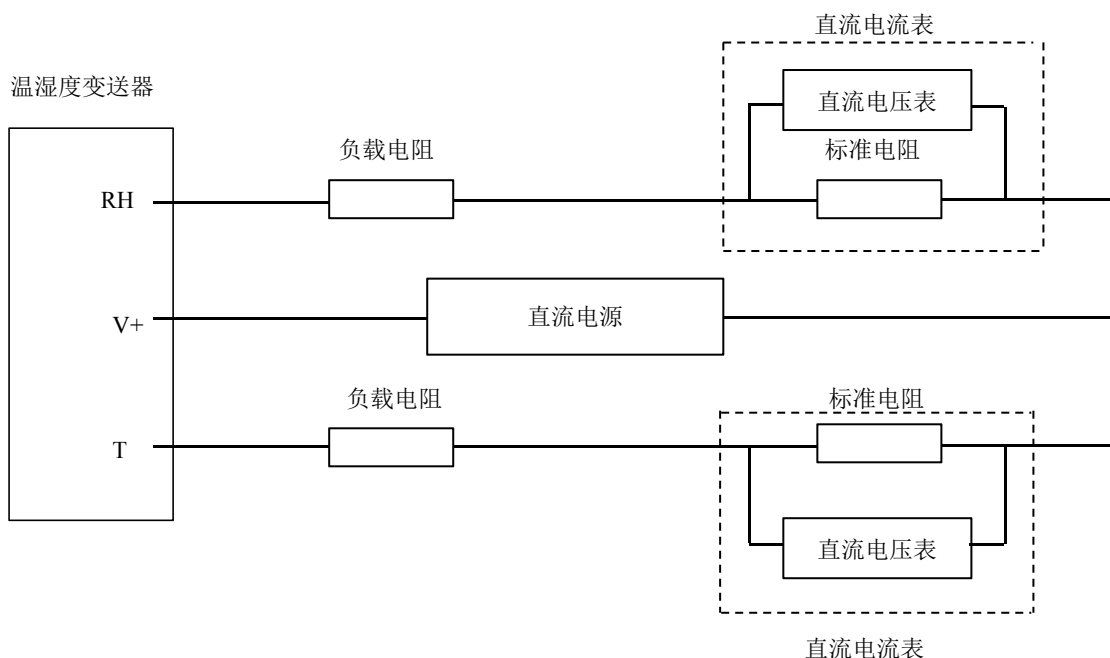


图 A.1 电流输出二线制温湿度变送器的连接方式

A.2 电流输出三线制温湿度变送器（见图 A.2），其中 T 代表温度输出端，RH 代表湿度输出端，V+代表变送器电源正极端，V-代表变送器电源负极端。

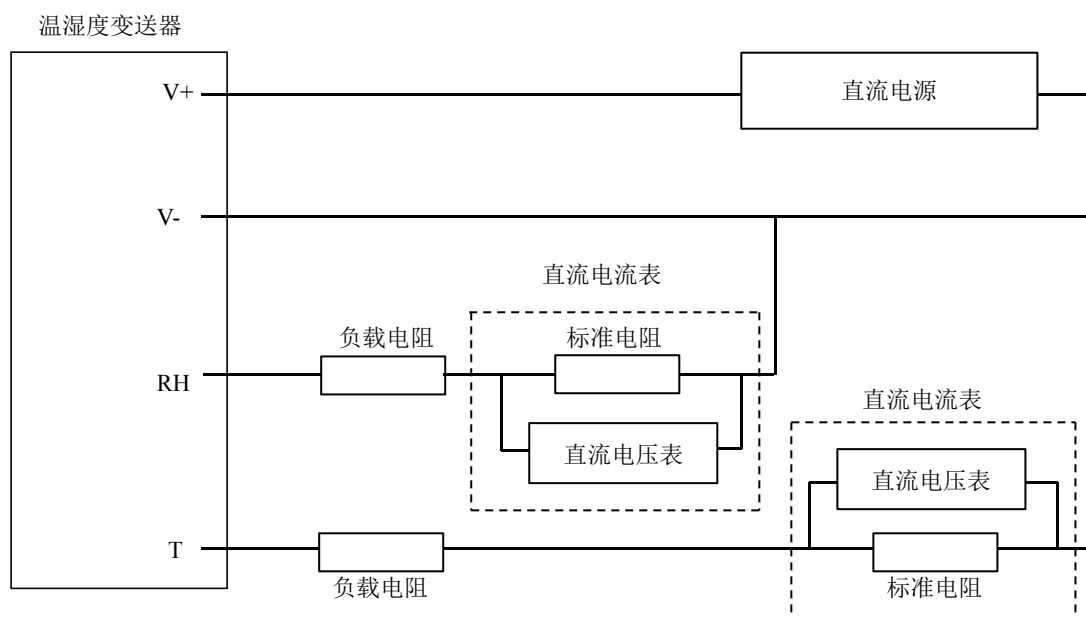


图 A.2 电流输出三线制温湿度变送器的连接方式

A.3 电压输出三线制温湿度变送器（见图 A.3），其中 T 代表温度输出端，RH 代表湿度输出端，V₊代表变送器电源正极端，V₋代表变送器电源负极端。

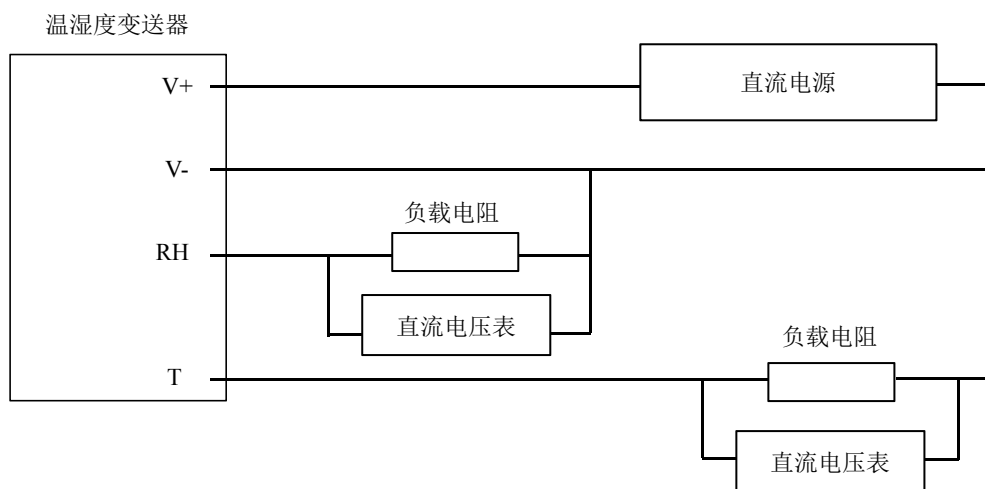


图 A.3 电压输出三线制温湿度变送器的连接方式

附录 B

温湿度变送器校准原始记录参考格式

委托单位				证书编号			
型号规格		制造单位		出厂编号			
测量范围	温度		湿度	输出范围			
标准器名称		型号/规格	编号		不确定度/准确度等级/最大允许误差	有效期	
技术依据			校准地点		温度	℃	湿度 %RH
1. 温度示值误差:							
校准点 (℃)	次数	输出显示值 ()	标准器读数 (℃)	理论输出值 ()	示值误差 ()	$U() (k=2)$	
	1						
	2						
	3						
	平均值						
	1						
	2						
	3						
	平均值						
	1						
	2						
	3						
	平均值						
2. 湿度示值误差 (温度 20 ℃时):							
校准点 (%RH)	次数	输出显示值 ()	标准器读数 (%RH)	理论输出值 ()	示值误差 ()	$U() (k=2)$	
	1						
	2						
	3						
	平均值						
	1						
	2						
	3						
	平均值						
	1						
	2						
	3						
	平均值						

校准员:

核验员:

校准日期:

年 月 日

附录 C

温湿度变送器校准证书内页参考格式

校准结果如下：

C.1 温度示值误差

校准点 (°C)	示值误差 ()	扩展不确定度 U () ($k=2$)

C.2 湿度示值误差 (温度 20 °C 下)

校准点 (%RH)	示值误差 ()	扩展不确定度 U () ($k=2$)

以下空白

附录 D

温湿度变送器温度示值误差测量结果不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 测量标准

D.1.1.1 标准铂电阻温度计：准确度等级：二等。

D.1.1.2 电测设备：精密测温仪：四线制电阻测量相对误差不大于 5×10^{-5} 。

D.1.1.3 多功能校验仪：直流电流测量档最大允许误差： $\pm (0.01\% \text{读数} + 0.005\% \text{量程})$ 。

D.1.1.4 温湿度标准箱：温度范围： $(5 \sim 50) \text{ } ^\circ\text{C}$ ，均匀度不大于 $0.3 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，波动度不超过 $\pm 0.2 \text{ } ^\circ\text{C}$ 。

D.1.2 被测对象

温湿度变送器，温度范围： $(0 \sim 40) \text{ } ^\circ\text{C}$ ，对应输出范围： $(4 \sim 20) \text{ mA}$ 。

D.1.3 测量方法：

在测量范围内选择 $20 \text{ } ^\circ\text{C}$ 校准点为例，依据本规范中温度示值误差校准方法，温湿度标准箱的温度达到设定值后稳定 10 min ，然后每隔 2 min 记录标准温度计的测量值和多功能校验仪的电流显示值，共记录 3 组数据。

D.2 测量模型

$$\Delta A = A - \left[\frac{A_m}{T_m} (T - T_0) + A_0 \right]$$

式中：

ΔA ——变送器温度校准点输出值的示值误差，mA 或 V；

A ——变送器温度校准点实际输出值的平均值，mA 或 V；

A_m ——变送器的输出量程，mA 或 V；

T_m ——变送器的温度输入量程， $^\circ\text{C}$ ；

T ——标准温度计校准点测量值的平均值， $^\circ\text{C}$ ；

T_0 ——变送器温度输入范围的下限值， $^\circ\text{C}$ ；

A_0 ——变送器输出的理论下限值，mA 或 V。

D.3 不确定度传播率和灵敏系数

测量模型中各个输入量的不确定度相互独立，根据不确定度传播率：

$$u_c^2 = [c_1 u(A)]^2 + [c_2 u(T)]^2$$

其中，灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta A}{\partial A} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta A}{\partial T} = -\frac{A_m}{T_m}$$

D.4 标准不确定度评定

D.4.1 变送器输入量 A 引入的标准不确定度 $u(A)$

变送器输出值引入的不确定度包括测量重复性与多功能校验仪两个来源。

D.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度 u_1

对被校温湿度变送器，选择 20 °C 校准点，连续测量 10 次，得到测量列：

表 D.1 测量列

单位：mA				
12.080	12.082	12.086	12.084	12.090
12.080	12.089	12.093	12.120	12.115

根据贝塞尔公式，得：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A_i - \bar{A})^2}{n-1}} = 0.015 \text{ mA}$$

实际测量以 3 次测量结果的平均值计算，则 $u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.009 \text{ mA}$

D.4.1.2 多功能校验仪示值误差引入的标准不确定度 u_2

多功能校验仪直流电流测量档最大允许误差为： $\pm (0.01\%RD + 0.005\%FS)$ ，考虑为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，引入的标准不确定度 u_2 为：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.01\% \times 12.083 + 0.005\% \times 60}{\sqrt{3}} = 0.003 \text{ mA}$$

D.4.1.3 因为 u_1 、 u_2 互不相关，所以输入量 A 引入的标准不确定度 $u(A)$ 为：

$$u(A) = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.010 \text{ mA}$$

D.4.2 标准温度计测量值 T 引入的标准不确定度 $u(T)$

温湿度标准箱的实际温度值，即以温度表示的标准温度计测量值，其不确定度来源包括标准温度计量值溯源、标准温度计周期稳定性、电测设备、温场不均匀性和温场波动度。

D.4.2.1 由标准铂电阻温度计量值溯源引入的不确定度 u_3

根据资料，在(0~50)℃范围内，二等标准铂电阻温度计溯源引入的不确定度为 0.004 °C ($k=2.58$)，则

$$u_3 = 0.004 / 2.58 = 0.002 \text{ °C}$$

D.4.2.2 由标准铂电阻温度计周期稳定性引入的不确定度 u_4

标准铂电阻温度计周期稳定性不超过 10 mK，服从均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则

$$u_4 = 0.010 / \sqrt{3} = 0.006 \text{ °C}$$

D.4.2.3 由电测设备引入的不确定度 u_5

电测设备最大相对误差为 $\pm(5 \times 10^{-5})$ ，标准铂电阻温度计在 20 °C 时的电阻值约为 27.5 Ω ，其电阻与温度的变化率约为 0.1 $\Omega/^\circ\text{C}$ ，由电测设备测量误差引入的标准不确定度服从均匀分布，则

$$u_5 = \left[\frac{5 \times 10^{-5} \times 27.5}{0.1} \right] / \sqrt{3} = 0.008 \text{ °C}$$

D.4.2.4 温场不均匀性引入的标准不确定度 u_6

温湿度标准箱的温场均匀性误差不超过 0.3 °C，其分布为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则其标准不确定度为：

$$u_6 = \frac{0.3}{2\sqrt{3}} = 0.087 \text{ °C}$$

D.4.2.5 温场波动度引入的标准不确定度 u_7

温湿度标准箱的温场波动度不超过 ± 0.2 °C，其分布为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则其标准不确定度为：

$$u_7 = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.116 \text{ °C}$$

D.4.2.6 因为 u_3 、 u_4 、 u_5 、 u_6 、 u_7 互不相关，所以标准温度计测量值 T 引入的标准不确定

度 $u(T)$ 为:

$$u(T) = \sqrt{u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2} = 0.146 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D.4.3 标准不确定度汇总表

各标准不确定度汇总见表 D.2。

表 D.2 温度示值误差的标准不确定度汇总表

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	$u(x_i)$ 的值	灵敏系数 c_i	$ c_i u(x_i)/\text{mA}$
$u(A)$	/	0.010	1	0.010
u_1	测量重复性	0.009		/
u_2	多功能校验仪	0.003		/
$u(T)$	/	0.146	$-\frac{16}{40} \text{ mA}/^\circ\text{C}$	0.059
u_3	标准温度计量值溯源	0.002		/
u_4	标准温度计周期稳定性	0.006		/
u_5	电测设备	0.008		/
u_6	温场不均匀性	0.087		/
u_7	温场波动度	0.116		/

D.5 合成标准不确定度

因为 $u(A)$ 、 $u(T)$ 互不相关，所以合成标准不确定度为:

$$u_c(\Delta A) = \sqrt{c_1^2 u^2(A) + c_2^2 u^2(T)} = 0.06 \text{ mA}$$

D.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为:

$$U = 2 \times u_c(\Delta A) = 0.12 \text{ mA}$$

附录 E

温湿度变送器湿度示值误差测量结果不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 测量标准

E.1.1.1 精密露点仪：测量范围：露点温度：(-30~50) °C，相对湿度：0~100%RH；不确定度： $U = 1.5 \%RH (k=2)$ 。

E.1.1.2 多功能校验仪：直流电流测量档最大允许误差： $\pm (0.01\% \text{读数} + 0.005\% \text{量程})$ 。

E.1.1.3 温湿度标准箱：湿度范围：(10~95) %RH，均匀度不大于 1.0 %RH，波动度不超过 $\pm 0.8 \%RH$ 。

E.1.2 被测对象

温湿度变送器，湿度范围：(5%~95%) RH，输出范围：(4~20) mA。

E.1.3 测量方法：

在测量范围内选择 40 %RH 校准点为例，依据本规范中湿度示值误差校准方法，温湿度标准箱的湿度达到设定值后稳定 10 min，然后每隔 2 min 记录精密露点仪的测量值 v 和多功能校验仪的显示值，共记录 3 组数据。

E.2 测量模型

$$\Delta A' = A' - \left[\frac{A_m}{H_m} (H - H_0) + A_0 \right]$$

式中：

$\Delta A'$ ——变送器湿度校准点输出值的示值误差，mA 或 V；

A' ——变送器湿度校准点实际输出值的平均值，mA 或 V；

A_m ——变送器的输出量程，mA 或 V；

H_m ——变送器的湿度输入量程，%RH；

H ——精密露点仪校准点测量值的平均值，%RH；

H_0 ——变送器湿度输入范围的下限值，%RH；

A_0 ——变送器输出的理论下限值，mA 或 V。

E.3 不确定度传播率和灵敏系数

测量模型中各个输入量的不确定度相互独立，根据不确定度传播率：

$$u_c^2 = [c_1 u(A')]^2 + [c_2 u(H)]^2$$

其中，灵敏系数：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta A'}{\partial A'} = 1$$

$$c_2 = \frac{\partial \Delta A'}{\partial H} = -\frac{A_m}{H_m}$$

E.4 标准不确定度评定

E.4.1 变送器输入量 A' 引入的标准不确定度 $u(A')$

变送器输出值引入的不确定度包括测量重复性与多功能校验仪两个来源。

E.4.1.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1 的评定

对被校温湿度变送器，选择 40 %RH 点，连续测量 10 次，得到测量列：

表 E.1 测量列 1

单位：mA

10.307	10.338	10.363	10.364	10.365
10.383	10.382	10.381	10.420	10.402

根据贝塞尔公式，得：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (A'_i - \bar{A}')^2}{n-1}} = 0.032 \text{ mA}$$

实际测量以 3 次测量结果的平均值计算，则 $u_1 = \frac{s}{\sqrt{3}} = 0.019 \text{ mA}$

E.4.1.2 多功能校验仪示值误差引入的标准不确定度 u_2

多功能校验仪直流电流测量档最大允许误差为： $\pm (0.01\%RD + 0.005\%FS)$ ，考虑为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，引入的标准不确定度 u_2 为：

$$u_2 = \frac{a}{k} = \frac{0.01\% \times 10.336 + 0.005\% \times 60}{\sqrt{3}} = 0.003 \text{ mA}$$

E.4.1.3 因为 u_1 、 u_2 互不相关，所以输入量 A' 引入的标准不确定度 $u(A')$ 为：

$$u(A') = \sqrt{u_1^2 + u_2^2} = 0.020 \text{ mA}$$

E.4.2 精密露点仪测量值 H 引入的标准不确定度 $u(H)$

温湿度标准箱的实际湿度值，即以湿度表示的精密露点仪测量值，其不确定度来源包括精密露点仪修正值、湿场不均匀性和湿场波动度。

E.4.2.1 精密露点仪修正值引入的标准不确定度 u_3 的评定

精密露点仪湿度修正值的扩展不确定度为 $U = 1.5\% \text{RH}$ ，包含因子 $k=2$ ，则标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{1.5}{2} = 0.75\% \text{RH}$$

E.4.2.2 湿场不均匀性引入的标准不确定度 u_4 的评定

温湿度标准箱的湿场均匀性误差不超过 $1.0\% \text{RH}$ ，其分布为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则其标准不确定度为：

$$u_4 = \frac{1.0}{2\sqrt{3}} = 0.29\% \text{RH}$$

E.4.2.3 湿场波动度引入的标准不确定度 u_5 的评定

温湿度标准箱的湿场波动度不超过 $\pm 0.8\% \text{RH}$ ，其分布为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，则其标准不确定度为：

$$u_5 = \frac{0.8}{\sqrt{3}} = 0.47\% \text{RH}$$

E.4.2.4 因为 u_3 、 u_4 、 u_5 互不相关，所以精密露点仪测量值 H 引入的标准不确定度 $u(H)$ 为：

$$u(H) = \sqrt{u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} = 0.94\% \text{RH}$$

E.4.3 标准不确定度汇总表

各标准不确定度汇总见表 E.2。

表 E.2 湿度示值误差的标准不确定度汇总表

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	$u(x_i)$ 的值	灵敏系数 c_i	$ c_i u(x_i) / \text{mA}$
$u(A')$	/	0.020	1	0.020
u_1	测量重复性	0.019		/
u_2	多功能校验仪	0.003		/

表 E.2 (续)

不确定度分量 $u(x_i)$	不确定度来源	$u(x_i)$ 的值	灵敏系数 c_i	$ c_i u(x_i) / \text{mA}$
$u(H)$	/	0.94	$-\frac{16}{90} \text{ mA/RH}$	0.168
u_3	标准器修正值	0.75		/
u_4	湿场不均匀性	0.29		/
u_5	湿场波动度	0.47		/

E.5 合成标准不确定度的评定

因为 $u(A')$ 、 $u(H)$ 互不相关，所以合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta A') = \sqrt{c_1^2 u^2(A') + c_2^2 u^2(H)} = 0.17 \text{ mA}$$

E.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，扩展不确定度为：

$$U = 2 \times u_c(\Delta A') = 0.34 \text{ mA}$$
