

**中国人民共和国工业和信息化部 发布**

202X-XX-XX实施

202X-XX-XX发布

电子式温湿度计校准规范

**Calibration Specification for**

**Electronic Temperature-hygrometers**

（送审稿）

 JJF（有色金属）XXX—XXXX

中华人民共和国工业和信息化部有色金属计量技术规范

电子式温湿度计校准规范

**Calibration Specification for**

**Electronic Temperature-hygrometers**



**JJF（有色金属）XXX-XXXX**

归 口 单 位：中国有色金属工业协会

主要起草单位：西南铝业(集团)有限责任公司

本规范委托有色金属行业计量技术委员会负责解释

**本规范主要起草人：**

XXX（西南铝业（集团）有限责任公司）

**参加起草人：**

xxx（xxx）

目 录

引 言 II

1 范围 1

2 引用文件 1

3 概述 1

4 计量特性 1

4.1 温度修正值 1

4.2 湿度修正值 1

5 校准条件 1

5.1 校准环境条件 1

5.2 校准用标准器及其他设备 1

6 校准项目和校准方法 2

6.1 校准项目 2

6.2 校准方法 2

7 校准结果表达 5

8 复校时间间隔 6

附录A 电子式温湿度计校准记录（参考格式） 7

附录B 电子式温湿度计校准证书内页参考格式 9

附录C 数字量型温湿度计温湿度修正值校准结果的不确定度评定示例 10

附录D 温湿度变送器校准结果的不确定度评定示例 16

引 言

本规范依据国家计量技术规范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。

本规范参考了JJF 1076-2020《数字式温湿度计校准规范》的相关内容。

本规范为首次发布。

电子式温湿度计校准规范

1. 范围

本规范适用于电参数型数字式温湿度计、温湿度记录仪、温湿度存储器、温湿度巡检仪、温湿度传感器、温湿度变送器等的校准。

其他原理的温湿度计也可参照本规范进行校准。

1. 引用文件

本规范没有引用文件。

1. 概述

电子式温湿度计（以下简称温湿度计）主要由感温元件、感湿元件、测量电路等部分组成。有的温湿度计具备显示功能，以数字形式直接显示出温度值和湿度值，称之为数字量型温湿度计；有的温湿度计将采集的温度、湿度转换为模拟信号输出，该模拟信号与温度、湿度变量之间有一给定的连续函数关系（通常为线性函数），称之为模拟量型温湿度计（比如温湿度传感器、温湿度变送器）。

1. 计量特性
	1. 温度修正值
	2. 湿度修正值
2. 校准条件
	1. 校准环境条件

环境温度：（20～30）℃；环境湿度：<85%RH；

* 1. 校准用标准器及其他设备

标准器及其配套设备可根据温湿度计的校准要求从表1中参考选择。

表1测量标准技术要求

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 序号 | 测量标准或设备 | 技术要求 | 用途 | 备注 |
| 1 | 精密露点仪 | 露点温度测量范围：（-30～+50）℃DP最大允许误差：±0.2℃DP | 湿度标准器 |  |
| 2 | 数字式温度计 | 温度测量范围：（0～100）℃最大允许误差：±0.05℃ | 温度标准器 |  |

续接表1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 3 | 湿度发生器或温湿度标准箱 | 湿度范围：（10～95）%RH湿度波动度不超过±0.8%RH（20℃）湿度均匀度不大于1.0%RH（20℃） | 提供温湿度场 |  |
| 温度范围：（5～50）℃温度波动度不超过±0.2℃温度均匀度不大于0.3℃ |
| 4 | 数字多用表 | 直流电流测量范围:（0～20）mA，直流电压测量范围:（0～1）V,（0～10）V准确度等级：0.05级 | 变送器输出信号测量标准 | 也可选用直流电压表、直流电流表等。 |
| 注：标准器和配套设备温度、湿度测量范围为一般要求，使用中以能覆盖被校设备实际校准范围为准。 |

1. 校准项目和校准方法
	1. 校准项目

校准项目可以根据被校仪器的预期用途选择使用。

* 1. 校准方法
		1. 外观检查

a)被校仪器的外形结构应完好，仪器名称、型号规格、测量范围、出厂编号、制造厂名或商标等应有明确的标记。

b)仪表外露部件（按钮、面板等）不应松动、破损；数字指示面板不应有影响读数的缺陷。

c)外接传感器引线必须接触良好。

d）仪表显示值应清晰、无叠字、亮度均匀，不应有不亮、缺笔划等现象；数字显示不应出现间隔跳动的现象，小数点、极性或过载的状态应显示正确。

* + 1. 准备工作

将标准温度计与精密露点仪的露点传感器、温度传感器置于湿度发生器或温湿度标准箱（以下称为测试室）的中心位置，被校仪器置于测试室的有效空间内，放置的方式与数量应不影响测试室有效空间内空气循环。

若精密露点仪的露点传感器置于测试室外，则需采用引气法，将测试室内的湿气通过壁厚不小于1mm的聚四氟乙烯或不锈钢管引入到测试室外的精密露点仪露点传感器，引气管口应置于测试室的有效区中心位置，与精密露点仪的测温传感器位置相近。

* + 1. 数字量型温湿度计校准

6.2.3.1温度修正值

温度校准点通常为：15℃、20℃、30℃。测试室的温度达到设定值后稳定10min,开始读数，每2min读一次，记录标准温度计与被校温湿度计的温度值，共记录3组数据，然后做下一个校准点，至所有校准点测试完成。按式（1）计算每个校准点温度修正值：

 （1）

式中：

——温湿度计温度修正值，℃；

——标准温度计温度示值的平均值，℃；

——被校温湿度计温度示值的平均值，℃。

6.2.3.2湿度修正值

测试室温度设定在20℃或25℃，当温度平衡后，一般由低湿（例如10%RH）到高湿的顺序进行校准，通常间隔20%RH做一个校准点。待湿度达到设定值后稳定10min开始读数，每2min读一次，记录精密露点仪与被校温湿度计的湿度示值，共记录3组数据，然后做下一个校准点，至所有校准点测试完成。按式（2）计算每个校准点湿度修正值：

 （2）

式中：

——温湿度计湿度修正值，%RH；

——精密露点仪湿度示值的平均值，%RH；

——被校温湿度计湿度示值的平均值，%RH。

注：如果需要在其他温度条件下校准温湿度计，可参照上述步骤进行。

* + 1. 模拟量型温湿度计校准

6.2.4.1温度修正值校准

如图1,安装连接好标准温度计、模拟量型温湿度计、数字多用表。模拟量型温湿度计温度校准点通常为：15℃、20℃、30℃。测试室的温度达到设定值后稳定10min后开始读数，每2min读一次，记录标准温度计的温度示值与数字多用表的示值，共记录3组数据，然后做下一个校准点，至所有校准点测试完成。按式（3）计算温度修正值：

 ( 3 )

式中：——模拟量型温湿度计温度修正值，℃；

 ——标准温度计温度示值平均值，℃；

 ——模拟量型温湿度计温度输入范围的下限值，℃；

 ——模拟量型温湿度计温度输入量程，℃；

 ——数字多用表示值的平均值，mA或V；

 ——模拟量型温湿度计输出量程，mA或V；

 ——模拟量型温湿度计输出的理论下限值，mA或V。

图1：模拟量温湿度计温度校准图

1-测试室；2-支架；3-模拟量型温湿度计；4-标准温度计传感器；5-标准温度计显示仪；6-数字多用表

6.2.4.2湿度修正值校准



图2：模拟量温湿度计湿度校准图

1-测试室；2-支架；3-模拟量型温湿度计；4-精密露点仪露点传感器；5-精密露点仪；6-数字多用表

如图2,安装连接好模拟量型温湿度计、数字多用表、精密露点仪及其露点传感器。测试室温度设定在20℃或25℃，当温度平衡后，一般由低湿（例如10%RH）到高湿的顺序进行校准，通常间隔20%RH做一个校准点。待湿度达到设定值后稳定10min开始读数，每2min读一次，记录精密露点仪的湿度示值与数字多用表的示值，共记录3组数据，然后做下一个校准点，至所有校准点测试完成。按式（4）计算湿度修正值：

 ( 4 )

式中：——模拟量型温湿度计湿度修正值，%RH；

 ——精密露点仪示值平均值，%RH；

 ——模拟量型温湿度计湿度输入范围的下限值，%RH；

 ——模拟量型温湿度计湿度输入量程，%RH；

 ——数字多用表示值的平均值，mA或V；

 ——模拟量型温湿度计输出量程，mA或V；

 ——模拟量型温湿度计输出的理论下限值，mA或V。

1. 校准结果表达

经校准的电子式温湿度计出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映。校准证书应至少包括以下信息：

1. 标题：“校准证书”；
2. 实验室名称和地址；
3. 进行校准的地点（如与实验室的地址不同）；
4. 证书的唯一性标识，每页及总页数的标识；
5. 客户的名称和地址；
6. 被校对象的描述和明确标识；
7. 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受日期；
8. 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
9. 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
10. 校准环境的描述；
11. 校准结果及测量不确定度的说明；
12. 对校准规范的偏离的说明；
13. 校准证书签发人的签名或等效标识；
14. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
15. 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。
16. 复校时间间隔

建议复校时间间隔为1年。送校单位可根据使用情况自主决定复校时间间隔，在使用过程中电子式温湿度计经过修理、更换重要部件的需要重新校准。

附录A

电子式温湿度计校准记录（参考格式）

数字量型温湿度计校准记录

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 记录编号 |  | 证书编号 |  |
| 送校单位 |  | 仪器制造厂 |  |
| 仪器名称 |  | 仪器编号 |  |
| 型号*/*规格 |  | 校准地点 |  |
| 环境条件 |  ℃ %RH | 校准依据 |  |

校准用主要标准器

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 规格型号 | 设备编号 | 技术特征 | 校准机构/证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

A.1 温度修正值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点（℃） | 标准值（℃） | 被校仪器示值（℃） | 修正值（℃） | 扩展不确定度*U*（℃）*,k* = 2 |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 | 1 | 2 | 3 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 　 |  | 　 | 　 |  |  |  | 　 |  |
|  |  | 　 |  | 　 | 　 |  |  |  | 　 |  |

A.2 湿度修正值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点（%RH） | 标准值（%RH） | 被校仪器示值（%RH） | 修正值（%RH） | 扩展不确定度*U*（%RH）*k* = 2 |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 | 1 | 2 | 3 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

模拟量型温湿度计校准记录

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 记录编号 |  | 证书编号 |  |
| 送校单位 |  | 仪器制造厂 |  |
| 仪器名称 |  | 仪器编号 |  |
| 型号*/*规格 |  | 校准地点 |  |
| 环境条件 |  ℃ %RH | 校准依据 |  |

校准用主要标准器

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 规格型号 | 设备编号 | 技术特征 | 校准机构/证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

A.3 温度修正值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点（℃） | 标准值（℃） | 被校仪器 | 修正值（℃） | 扩展不确定度*U*（℃）*k* = 2 |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 | 示值（mV） | 温度值（℃） |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | 　 |  | 　 | 　 |  |  |  |  | 　 |  |
|  |  | 　 |  | 　 | 　 |  |  |  |  | 　 |  |

A.4 湿度修正值

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点（%RH） | 标准值（%RH） | 被校仪器 | 修正值(%RH) | 扩展不确定度*U*（%RH）*k* = 2 |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 | 示值（mV） | 湿度值(%RH) |
| 1 | 2 | 3 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

附录B

## 电子式温湿度计校准证书内页参考格式

**校准结果**

B.1温度修正值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值（℃） | 被校仪器示值（℃） | 修正值（℃） | 校准结果的扩展不确定度 *U*（℃），*k* =2 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

B.2 湿度修正值

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 标准值（%RH） | 被校仪器示值（%RH） | 修正值（%RH） | 校准结果的扩展不确定度 *U*（%RH），*k* =2 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

附录C

数字量型温湿度计温湿度修正值校准结果的不确定度评定示例

**C.1 概述**

本次评定是对数字量型温湿度计温湿度修正值校准结果的不确定度评定，本评定方法遵循JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，评定所需条件如下：

**C.1.1 环境条件**：温度(15～25) ℃，湿度不超过85%RH。

**C.1.2 测量标准**：如表C.1所示。

表C.1 测量标准技术指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 测量标准或设备 | 主要技术指标 |
| 1 | 精密露点仪 | 露点温度测量范围：（-30～+50）℃DP，露点温度最大允许误差：±0.2℃DP；温度最大允许误差：±0.1℃ |
| 2 | 数字式温度计 | 温度测量范围：（0～100）℃；最大允许误差：±0.05℃ |
| 3 | 温湿度标准箱 | 湿度范围：（10～95）%RH；湿度波动度：±0.8%RH（20℃）；湿度均匀度：1.0%RH（20℃） |
| 温度范围：（5～50）℃；温度波动度：±0.2℃；温度均匀度：0.3℃ |

**C.1.3 被测对象**：数字量型温湿度计，测量范围为（0～100）%RH；温度分辨力为0.1℃,湿度分辨力为0.1%RH。

**C.1.4 测量方法**：按本规范的方法进行，将被校准的温湿度计放入温湿度检定箱的中心位置，同时放入标准温度计和精密露点仪的露点传感器、温度传感器。待温湿度检定箱内的温湿度达到设定值并稳定后，读取精密露点仪的相对湿度值、标准温度计的温度值与被校温湿度计的湿度和温度值。

**C.1.5 评定结果的使用**：在符合上述条件下的校准结果，一般可直接使用本不确定度的评定结果，其他情况下可参考此方法。

**C.2 测量模型**

**C.2.1 温度测量数学模型**

 C.1

式中：

——温湿度计温度修正值，℃；

——标准温度计温度示值的平均值，℃；

——被校温湿度计温度示值的平均值，℃。

**C.2.2 湿度测量数学模型：**

 C.2

式中：

——温湿度计湿度修正值，%RH；

——精密露点仪湿度示值的平均值，%RH；

——被校温湿度计湿度示值的平均值，%RH。

**C.3 测量不确定度的来源分析**

**C.3.1 温度不确定度来源**

测量重复性引入的标准不确定度分量 ，被校温湿度计分辨力引入的标准不确定度分量，标准温度计引入的标准不确定度分量，温湿度检定箱温度波动度和温度均匀度稳定性引入的标准不确定度分量。

**C.3.2 湿度不确定度来源**

测量重复性引入的标准不确定度分量，被校温湿度计分辨力引入的标准不确定度分量，精密露点仪引入的标准不确定度分量，温湿度检定箱湿度波动度和湿度均匀度引入的标准不确定度分量。

**C.4 测量不确定度的分量评定**

**C.4.1 温度修正值校准结果不确定度评定**

**C.4.1.1 被校温湿度计温度示值引入的标准不确定度分量** $u\_{1}(T)$

由于温湿度计的温度示值重复性很好，因此用分辨力引入的不确定度分量作为仪器温度示值引入的不确定度。被校温湿度计的温度分辨率为0.1℃，不确定度区间半宽为0.05℃，服从均匀分布。其引入的标准不确定度为：

$$u\_{1}(T)=\frac{0.05℃}{\sqrt{3}}=0.029℃$$

**C.4.1.2 标准温度计引入的标准不确定度分量** $u\_{2}(T)$

根据规范规定，标准温度计的最大允许误差为±0.05℃，误差区间半宽为0.05℃，服从均匀分布，其引入的标准不确定度为：

$$u\_{2}(T)=\frac{0.05℃}{\sqrt{3}}=0.029℃$$

**C.4.1.3 温湿度检定箱引入的标准不确定度分量** $u\_{3}(T)$

由于温湿度检定箱温度均匀度为0.3℃，温度波动度为±0.2℃。其服从均匀分布，则包含因子$k=\sqrt{3}$，由此可知：

温度均匀度带来的不确定度分量:$u\_{3}(T\_{1})=\frac{0.3℃}{2\sqrt{3}}=0.087℃$；

温度波动度带来的不确定度分量:$u\_{3}(T\_{2})=\frac{0.2℃}{\sqrt{3}}=0.115℃$；

所以温湿度检定箱引入的温度标准不确定度为：

$$u\_{3}(T)=\sqrt{u\_{3}^{2}(T\_{1})+u\_{3}^{2}(T\_{2})}=0.144℃$$

**C.4.1.4 温度校准结果不确定度分量汇总表**

 表C.2：温度校准结果不确定度分量汇总表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 被校温湿度计示值引入的标准不确定度分量 | $$u\_{1}(T)$$ | 0.029℃ |
| 标准温度计引入的标准不确定度分量 | $$u\_{2}(T)$$ | 0.029℃ |
| 温湿度检定箱引入的标准不确定度分量 | 温度均匀度 | $$u\_{3}(T\_{1})$$ | 0.087℃ |
| 温度波动度 | $$u\_{3}(T\_{2})$$ | 0.115℃ |

**C.4.1.5 温度合成标准不确定度计算**

由于各分量都相互独立，互不相关，各分量灵敏系数的绝对值都等于1。

$$u\_{c}(T)=\sqrt{0.029^{2}+0.029^{2}+0.144^{2}} ℃=0.15℃$$

**C.4.1.6 温度校准结果的扩展不确定度评定**

取*k*=2，得到扩展不确定度：

$$U(T)=k×u\_{c}(T)=2×0.15℃=0.3℃$$

**C.4.2 湿度校准结果不确定度评定**

**C.4.2.1 测量重复性引入的标准不确定度** $u\_{1}(H)$

采用A类方法进行评定。将温湿度计放入温湿度检定箱内，检定箱的温度稳定在20℃，按规范要求的升湿方法在30%RH～90%RH测量范围内，每隔20%RH读取精密露点仪和被校温湿度计湿度的显示值。记下在相同的条件下重复测量10次，得到测量修正值如表C.3所示：

表C.3 修正值测量结果 单位：%RH

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 校准点 | 修正值测量结果 | 标准偏差*S*H |
| 30 | 0.1 | 0.3 | 0.4 | 0.4 | 0.2 | 0.3 | 0.4 | 0.3 | 0.1 | 0.2 | 0.116 |
| 50 | 0.7 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 1.1 | 1.1 | 1.0 | 1.1 | 0.9 | 0.143 |
| 70 | 0.8 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.8 | 0.8 | 0.6 | 0.8 | 0.9 | 1.0 | 0.117 |
| 90 | 0.4 | 0.6 | 0.8 | 0.7 | 0.6 | 0.7 | 1.0 | 0.8 | 0.9 | 1.1 | 0.207 |

根据规范要求，实际测量时在重复性条件下按要求连续测量3次，以3次测量结果的算术平均值为最终测量结果，则：

$$u\_{1}(H)=\frac{S\_{H}}{\sqrt{3}}$$

表C.4：各校准点测量重复性引入的标准不确定度$u\_{1}(H)$ 单位：%RH

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 30 | 50 | 70 | 90 |
| $$μ\_{1}(H)$$ | 0.067 | 0.083 | 0.068 | 0.119 |

**C.4.2.2 被校温湿度计与精密露点仪分辨力引入的不确定度** $u\_{2}(H)$

因为被校温湿度计与精密露点仪的显示值分辨力均为0.1%RH, 可视为均匀分布，包含因子$k=\sqrt{3}$，因此由分辨力引入的标准不确定度为：

$$u\_{2}(H\_{1})=u\_{2}(H\_{2})=\frac{0.1\%RH}{2\sqrt{3}}=0.029\%RH$$

则：

$$u\_{2}(H)=\sqrt{u\_{2}^{2}(H\_{1})+u\_{2}^{2}(H\_{2})}=0.041\%RH$$

由于测量重复性引入的不确定度分量大于分辨力引入的不确定度分量，因此舍弃分辨力引入的不确定度分量。

**C.4.2.3 精密露点仪引入的湿度标准不确定度分量** $u\_{3}(H)$

由于精密露点仪的露点温度的最大允许误差±0.2℃DP，其半宽为：a=0.2℃DP,可视其为均匀分布，则包含因子$k=\sqrt{3}$，经软件计算，在20℃下各校准点露点温度变化0.2℃对应的相对湿度及其引入的标准不确定度见表C.5：

$$u\_{3}(H\_{DP})=\frac{H\_{DP}}{k}$$

表C.5：20℃时露点温度误差引入的标准不确定度 单位：%RH

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 30 | 50 | 70 | 90 |
| 0.2℃DP在各校准点对应的相对湿度*H*DP | 0.42 | 0.68 | 0.92 | 1.13 |
| $$u\_{3}(H\_{DP})$$ | 0.242 | 0.393 | 0.531 | 0.652 |

由于精密露点仪的温度测量的最大允许误差±0.1℃，其半宽为：a=0.1℃,可视其为均匀分布，则包含因子$k=\sqrt{3}$，经软件计算，在20℃下各校准点温度变化0.1℃对应的相对湿度及其引入的标准不确定度见表C.6：

$$u\_{3}(H\_{t})=\frac{H\_{t}}{k}$$

表C.6：20℃时温度误差引入的标准不确定度 单位：%RH

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 30 | 50 | 70 | 90 |
| 0.1℃在各校准点对应的相对湿度*Ht*  | 0.19 | 0.31 | 0.43 | 0.55 |
| $$u\_{3}(H\_{t})$$ | 0.110 | 0.179 | 0.248 | 0.318 |

则精密露点仪引入的湿度标准不确定度分量为：

$$u\_{3}(H)=\sqrt{u\_{3}^{2}(H\_{DP})+u\_{3}^{2}(H\_{t})}$$

计算结果如表C.7所示：

表C.7：精密露点仪引入的湿度标准不确定度 单位：%RH

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 30 | 50 | 70 | 90 |
| $$u\_{3}(H)$$ | 0.266 | 0.432 | 0.586 | 0.725 |

**C.4.2.4 温湿度检定箱引入的湿度标准不确定度** $u\_{4}(H)$

由于温湿度检定箱湿度均匀度优于1.0%RH（20℃时），湿度波动度优于±0.8%RH（20℃时）。其服从均匀分布，则包含因子$k=\sqrt{3}$，由此可知：

湿度均匀度带来的不确定度分量为：$u\_{4}(H\_{1})=\frac{1\%RH}{2\sqrt{3}}=0.29\%RH$

湿度波动度带来的不确定度分量为：$u\_{4}(H\_{2})=\frac{0.8\%RH}{\sqrt{3}}=0.462\%RH$

所以温湿度检定箱引入的湿度标准不确定度为：

$$u\_{4}(H)=\sqrt{u\_{4}^{2}(H\_{1})+u\_{4}^{2}(H\_{2})}=0.545\%RH$$

**C.4.2.5 灵敏系数**

 各分量都相互独立，互不相关，各分量灵敏系数的绝对值都等于1。

**C.4.2.6 湿度标准不确定度分量汇总表**

表C.8：湿度标准不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源 | 标准不确定度分量$u\_{i}(H)$ | 各校准点标准不确定度%RH | *|Ci|* |
| 30 | 50 | 70 | 90 |
| 测量重复性 | $$u\_{1}(H)$$ | 0.067 | 0.083 | 0.068 | 0.119 | 1 |
| 分辨力 | $$u\_{2}(H)$$ | 0.041 | 1 |
| 精密露点仪 | $$u\_{3}(H)$$ | 0.266 | 0.432 | 0.586 | 0.725 | 1 |
| 温湿度检定箱 | $$u\_{4}(H)$$ | 0.545 | 1 |

**C.4.2.7 合成标准不确定度的计算**

由于各不确定度分量相互之间彼此独立，则合成标准不确定度可按下式计算：

$$u\_{c}(H)=\sqrt{[|C\_{1}|u\_{1}(H)]^{2}+[|C\_{3}|u\_{3}(H)]^{2}+[|C\_{4}|u\_{4}(H)]^{2}}$$

经计算，各湿度校准点的合成标准不确定度如下所示：

$$u\_{c}(30\%RH)=\sqrt{0.067^{2}+0.266^{2}+0.545^{2}} \%RH=0.61\%RH$$

$$u\_{c}(50\%RH)=\sqrt{0.083^{2}+0.432^{2}+0.545^{2}} \%RH=0.70\%RH$$

$$u\_{c}(70\%RH)=\sqrt{0.068^{2}+0.586^{2}+0.545^{2}} \%RH=0.81\%RH$$

$$u\_{c}(90\%RH)=\sqrt{0.119^{2}+0.725^{2}+0.545^{2}} \%RH=0.92\%RH$$

**C.4.2.8 扩展不确定度的评定**

取*k* =2，则扩展不确定度可按公式$U(H)=k×u\_{c}(H)$计算。

经计算，各湿度校准点的扩展不确定度：

$$U(30\%RH)=2×0.61\%RH=1.3\%RH$$

$$U(50\%RH)=2×0.70\%RH=1.4\%RH$$

$$U(70\%RH)=2×0.81\%RH=1.7\%RH$$

$$U(90\%RH)=2×0.92\%RH=1.9\%RH$$

附录D

温湿度变送器校准结果的不确定度评定示例

**D.1 概述**

本次评定是对模拟量型温湿度计温湿度修正值校准结果的不确定度评定，本评定方法遵循JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》，评定所需条件如下：

**D.1.1 环境条件**：温度(15～25) ℃，湿度不超过85%RH。

**D.1.2 测量标准**：如表D.1所示。

表D.1 测量标准技术指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 序号 | 测量标准或设备 | 主要技术指标 |
| 1 | 精密露点仪 | 露点温度测量范围：（-30～+50）℃DP，露点温度最大允许误差：±0.2℃DP；温度最大允许误差：±0.1℃ |
| 2 | 数字式温度计 | 温度测量范围：（0～100）℃；最大允许误差：±0.05℃ |
| 3 | 特稳携式校验仪 | 最大允许误差：±（0.015%读数+0.0005V） |
| 3 | 湿度发生器或温湿度标准箱 | 湿度范围：（10～95）%RH；湿度波动度：±0.8%RH（20℃）；湿度均匀度：1.0%RH（20℃） |
| 温度范围：（5～50）℃；温度波动度：±0.2℃；温度均匀度：0.3℃ |

**D.1.3 被测对象**：模拟量型温湿度变送器，温度输入：（0～50）℃，温度输出：（0～10）V； 湿度输入：（0～100）%RH；湿度输出：（0～10）V。

**D.1.4 测量方法**：按本规范的方法进行，将被校准的温湿度变送器的传感器放入温湿度检定箱的中心位置，同时放入标准温度计和精密露点仪的露点传感器、温度传感器。温湿度变送器的输出端与特稳携式校验仪的测量接口相连接，待温湿度检定箱内的温湿度达到设定值并稳定后，读取精密露点仪的相对湿度值、标准温度计的温度值与特稳携式校验仪的直流电压示值。

**D.1.5 评定结果的使用**：在符合上述条件下的校准结果，一般可直接使用本不确定度的评定结果，其他情况下可参考此方法。

**D.2 测量模型**

**D.2.1 温度测量数学模型**

  （D. 1）

式中：——模拟量型温湿度计温度修正值，℃；

 ——标准温度计温度示值平均值，℃；

 ——模拟量型温湿度计温度输入范围的下限值，℃；

 ——模拟量型温湿度计温度输入量程，℃；

 ——数字多用表示值的平均值，mA或V；

 ——模拟量型温湿度计输出量程，mA或V；

 ——模拟量型温湿度计输出的理论下限值，mA或V。

**D.2.2 湿度测量数学模型**

 ( D.2 )

式中：——模拟量型温湿度计湿度修正值，%RH；

 ——精密露点仪读数平均值，%RH；

 ——模拟量型温湿度计湿度输入范围的下限值，%RH；

 ——模拟量型温湿度计湿度输入量程，%RH；

 ——数字多用表读数的平均值，mA或V；

 ——模拟量型温湿度计输出量程，mA或V；

 ——模拟量型温湿度计输出的理论下限值，mA或V。

实际测量中，以三次测量的算术平均值作为测量结果。

**D.3 测量不确定度的来源分析**

**D.3.1 温度修正值校准结果的不确定度分析**

**D.3.1.1 温度测量重复性引入的标准不确定度** $u\_{1}(V\_{T})$

采用A类方法进行评定。检定箱的温度稳定在20℃，待稳定后，读取特稳携式校验仪读数值，具体如表D.2所示：

表D.2 温湿度变送器温度重复性测量结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 测量结果（V） | 平均值(V) | 标准偏差S |
| 20℃ | 4.0423 | 4.0488 | 4.0455 | 4.0478 | 4.0462 | 4.0439 | 4.0478 | 4.0487 | 4.0459 | 4.0486 | 4.04655 | 0.0022V |

实际测量是取3次测量的平均值，则:

$$u\_{1}(V)=\frac{0.0022V}{\sqrt{3}}=0.00127V$$

其灵敏系数为：$C\_{1}(T)=\frac{∂∆T}{∂A\_{d}}=−\frac{T\_{m}}{A\_{m}}=−\frac{50℃}{10V}=−5℃/V$

**D.3.1.2 特稳携式校验仪引入的标准不确定度分量** $u\_{2}(V\_{T})$

标准器的最大允许误差为±（0.015%读数+0.0005V），取其半宽区间，假设其均匀分布，则：

$$u\_{2}(V\_{T})=\frac{(0.015\%×4.04655+0.0005)V}{\sqrt{3}}=0.00064V$$

其灵敏系数为：$C\_{2}(T)=C\_{1}(T)=−5℃/V$

**D.3.1.3 标准温度计引入的标准的不确定度分量** $u\_{3}(T)$

由于标准温度计的最大允许误差为±0.05℃，其半宽为0.05℃，服从均匀分布，则其引入的标准不确定度为：

$$u\_{3}(T)=\frac{0.05℃}{\sqrt{3}}=0.029℃$$

其灵敏系数为：$C\_{3}(T)=1$

**D.3.1.4 温湿度检定箱引入的标准不确定度分量** $u\_{4}(T)$

根据规范的要求，温湿度检定箱温度均匀度为0.3℃，温度波动度为±0.2℃。其服从均匀分布，则包含因子$k=\sqrt{3}$，由此可知，

温度均匀度带来的不确定度分量：$u\_{4}(T\_{1})=\frac{0.3℃}{2\sqrt{3}}=0.087℃$；

温度波动度带来的不确定度分量：$u\_{4}(T\_{2})=\frac{0.2℃}{\sqrt{3}}=0.115℃$

所以温湿度检定箱引入的温度标准不确定度为：

$$u\_{4}(T)=\sqrt{u\_{4}^{2}(T\_{1})+u\_{4}^{2}(T\_{2})}=0.144℃$$

**D.3.1.5 温度修正值校准结果标准不确定度分量汇总表**

表D.3 温度修正值校准结果标准不确定度分量汇总表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源 | 标准不确定度分量$u\_{i}(x)$ | 标准不确定度值 | 灵敏系数$C\_{i}(T)$ | |$C\_{i}(T)|∙u\_{i}(x)$ |
| 测量重复性 | $$u\_{1}(V\_{T})$$ | 0.00127V | $$−5℃/V$$ | 0.00635℃ |
| 特稳携式校验仪 | $$u\_{2}(V\_{T})$$ | 0.00064V | $$−5℃/V$$ | 0.0032℃ |
| 精密露点仪 | $$u\_{3}(T)$$ | 0.029℃ | 1 | 0.0029℃ |
| 温湿度检定箱 | $$u\_{4}(T)$$ | 0.144℃ | 1 | 0.144℃ |

**D.3.1.6 合成标准不确定度的计算**

$$u\_{C}(T)=\sqrt{[|C\_{1}(T)|×u\_{1}(V\_{T})]^{2}+[|C\_{2}(T)|×u\_{2}(V\_{T})]^{2}+u\_{3}^{2}(T)+u\_{4}^{2}(T)}=0.15℃$$

**D.3.1.6 扩展不确定度的评定**

取包含因子*k*=2，扩展不确定度的表达式为：

在校准点20℃，$U(T)=u\_{C}(T)×k=(0.15×2)℃=0.3℃$，*k*=2

**D.3.2 湿度修正值校准结果的不确定度分析**

**D.3.2.1 湿度测量重复性引入的标准不确定度**$u\_{1}(V\_{H})$

采用A类方法进行评定。将温湿度变送器放入温湿度检定箱内，检定箱的温度稳定在20℃，湿度设定在30%RH，待稳定后，读取被校温湿度变送器输出值，具体如下，30%RH的测量结果如下表D.4所示：

表D.4 温湿度变送器湿度重复性测量结果

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 测量结果（V） | 平均值(V) | 标准偏差S（V） |
| 30%RH | 3.1363 | 3.1389 | 3.1392 | 3.1378 | 3.1398 | 3.1365 | 3.1370 | 3.1394 | 3.1387 | 3.1385 | 3.13821 | 0.00072 |

实际测量是取3次测量的平均值，则:

$$u\_{1}(V\_{H})=\frac{0.00072V}{\sqrt{3}}=0.00042V$$

在其余校准点的测试方法同30%RH一样，各校准点重复性引入的标准不确定度具体如下表D.5所示:

表D.5 湿度各校准点测量重复性引入的标准不确定度

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点(%RH) | 30 | 50 | 70 | 90 |
| $μ\_{1}(V\_{H})$ (V) | 0.00042 | 0.0025 | 0.0029 | 0.0031 |

其灵敏系数为：$C\_{1}(H)=\frac{∂∆H}{∂A\_{d}}=−\frac{H\_{m}}{A\_{m}}=−\frac{100\%RH}{10V}=−10\%RH/V$

**D.3.2.2 特稳携式校验仪引入的标准不确定度分量** $u\_{2}(V\_{H})$

特稳携式校验仪的最大允许误差为±（0.015%读数+0.0005V），取其半宽区间，假设其均匀分布，则：

$$u\_{2}(V\_{H})=\frac{(0.015\%×4.04655+0.0005)V}{\sqrt{3}}=0.00064V$$

其灵敏系数为：$C\_{2}(H)=C\_{1}(H)=−10\%RH/V$

**D.3.2.3 精密露点仪引入的标准的不确定度分量**$u\_{3}(H)$

由于精密露点仪的露点温度的最大允许误差±0.2℃DP，其半宽为：a=0.2℃DP,可视其为均匀分布，则包含因子$k=\sqrt{3}$，经软件计算，在20℃下各校准点露点温度变化0.2℃对应的相对湿度及其引入的标准不确定度见表D.6：

$$u\_{3}(H\_{DP})=\frac{H\_{DP}}{k}$$

表D.6：20℃时露点温度误差引入的标准不确定度 单位：%RH

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 30 | 50 | 70 | 90 |
| 0.2℃DP在各校准点对应的相对湿度*H*DP | 0.42 | 0.68 | 0.92 | 1.13 |
| $$u(H\_{DP})$$ | 0.242 | 0.393 | 0.531 | 0.652 |

由于精密露点仪的温度测量的最大允许误差±0.1℃，其半宽为：a=0.1℃,可视其为均匀分布，则包含因子$k=\sqrt{3}$，经软件计算，在20℃下各校准点温度变化0.1℃对应的相对湿度及其引入的标准不确定度见表D.7：

$$u\_{3}(H\_{t})=\frac{H\_{t}}{k}$$

表D.7：20℃时温度误差引入的标准不确定度 单位：%RH

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 30 | 50 | 70 | 90 |
| 0.1℃在各校准点对应的相对湿度*Ht*  | 0.19 | 0.31 | 0.43 | 0.55 |
| $$u\_{3}(H\_{t})$$ | 0.110 | 0.179 | 0.248 | 0.318 |

则精密露点仪引入的湿度标准不确定度分量为：

$$u\_{3}(H)=\sqrt{u\_{3}^{2}(H\_{DP})+u\_{3}^{2}(H\_{t})}$$

计算结果如表D.8所示：

表D.8：精密露点仪引入的湿度标准不确定度 单位：%RH

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点 | 30 | 50 | 70 | 90 |
| $$u\_{3}(H)$$ | 0.266 | 0.432 | 0.586 | 0.725 |

**D.3.2.4 温湿度检定箱引入的湿度标准不确定度** $u\_{4}(H)$

由于温湿度检定箱湿度均匀度优于1.0%RH（20℃时），湿度波动度优于±0.8%RH（20℃时）。其服从均匀分布，则包含因子$k=\sqrt{3}$，由此可知：

湿度均匀度带来的不确定度分量为：$u\_{4}(H\_{1})=\frac{1\%RH}{2\sqrt{3}}=0.29\%RH$

湿度波动度带来的不确定度分量为：$u\_{4}(H\_{2})=\frac{0.8\%RH}{\sqrt{3}}=0.462\%RH$

所以温湿度检定箱引入的湿度标准不确定度为：

$$u\_{4}(H)=\sqrt{u\_{4}^{2}(H\_{1})+u\_{4}^{2}(H\_{2})}=0.545\%RH$$

**D.3.2.5 湿度修正值校准标准不确定度分量汇总表**

表D.9：湿度误差校准不确定度汇总表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源 | 标准不确定度分量$u\_{i}$ | 各校准点标准不确定度 | *Ci*(H) |
| 30%RH | 50%RH | 70%RH | 90%RH |
| 测量重复性 | $u\_{1}(V\_{H})$ (V) | 0.00042 | 0.0025 | 0.0029 | 0.0031 | -10%RH/V |
| 特稳携式校验仪 | $u\_{2}(V\_{H})$ (V) | 0.00064 | -10%RH/V |
| 精密露点仪 | $u\_{3}(H)$ (%RH) | 0.266 | 0.432 | 0.586 | 0.725 | 1 |
| 温湿度检定箱 | $u\_{4}(H)$ (%RH) | 0.545 | 1 |

**D.3.2.6 合成标准不确定度的计算**

由于各不确定度分量相互之间彼此独立，则合成标准不确定度可按下式计算：

$$μ\_{C}(H)=\sqrt{[|C\_{1}(H)|∙u\_{1}(V\_{H})]^{2}+[|C\_{2}(H)|∙u\_{2}(V\_{H})]^{2}+[|C\_{3}(H)|∙u\_{3}(H)]^{2}+[|C\_{4}(H)|∙u\_{4}(H)]^{2}}$$

经计算，各湿度校准点的合成标准不确定度如下所示：

$u\_{c}(30\%RH)=0.61\%RH$;

$u\_{c}(50\%RH)=0.70\%RH$;

$u\_{c}(70\%RH)=0.81\%RH$;

$u\_{c}(90\%RH)=0.91\%RH$。

**D.3.2.7 扩展不确定度的评定**

取包含因子*k*=2，各校准点扩展不确定度为：

$$U(30\%RH)=(2×0.61)\%RH=1.3\%RH$$

$$U(50\%RH)=(2×0.70)\%RH=1.4\%RH$$

$$U(70\%RH)=(2×0.80)\%RH=1.6\%RH$$

$$U(90\%RH)=(2×0.91)\%RH=1.9\%RH$$