

中华人民共和国国家计量技术规范

JJFXXXX—XXXX

温湿度巡回检测仪校准规范

Calibration Specification for Temperature and Humidity Itinerant Detecting
Instrument
(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

温湿度巡回检测仪校准规范

Calibration Specification for Temperature and Humidity

Itinerant Detecting Instrument

JJF XXXX—XXXX
代替 JJF 1171—2007

本规范经国家市场监督管理总局××××年××月××日批准，并自××××年××月××日起施行。

归口单位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：山东省计量科学研究院

中国测试技术研究院

参加起草单位：中国计量科学研究院

泰安磐然测控科技有限公司

北京康斯特仪表科技股份有限公司

本规范主要起草人：

参加起草人：

目 录

Equation Chapter 1 Section 1	1
引 言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文献.....	1
3 名词术语.....	1
4 概述.....	1
5 计量特性.....	2
5.1 温度示值误差.....	2
5.2 湿度示值误差.....	2
5.3 绝缘电阻.....	错误！未定义书签。
5.4 绝缘强度.....	错误！未定义书签。
6 校准条件.....	2
6.1 环境条件.....	2
6.2 标准器及配套设备.....	3
7 校准项目和校准方法.....	4
7.1 校准项目.....	错误！未定义书签。
7.2 校准方法.....	5
7.3 数据处理.....	8
8 校准结果.....	9
9 复校时间间隔.....	10
附录 A.....	1
附录 B.....	1
附录 C.....	2

引 言

本规范参照了国家计量技术规范 JJF1007-2007《温度计量名词术语及定义》和 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》中规定的相关术语、定义和编写规则，测量不确定度的评定参照 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》。

本规范代替 JJF1171-2007《温度巡回检测仪校准规范》，与 JJF1171-2007 相比，除编辑性修改外，主要变化如下：

- 增加了引言部分；
- 适用范围发生了变化，扩展了温度范围，增加了湿度范围；
- 校准用温度标准器发生了变化；
- 恒温设备技术指标要求发生了变化；
- 增加了湿度标准器；
- 增加了校准用湿度配套设备；
- 增加了湿度参数校准方法；
- 附录部分更换了温度示值误差校准的不确定度评定示例；
- 附录部分增加了湿度示值误差校准的不确定度评定示例；

本规范历次版本发布情况：

- JJG718-1991
- JJF1171-2007

温湿度巡回检测仪校准规范

1 范围

本规范适用于以热电偶、热电阻、半导体电阻测量温度，以电参数型湿度传感器测量湿度，测量范围在（-80~+1200）℃、（5~98）%RH 的温湿度巡回检测仪计量性能的校准。

2 引用文献

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1007-2007 温度计量名词术语及定义

JJF 1076-2001 湿度传感器校准规范

JJF 1262—2010 铠装热电偶校准规范

JJG 229-2010 工业铂、铜热电阻

GB/T 13639-2008 工业过程测量和控制系统用模拟输入数字式指示仪

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 名词术语

JJF1001-2011、JJF1007-2007 界定的及以下术语和定义适合于本规范。

3.1 温湿度巡回检测仪 temperature and humidity itinerant detecting instrument

使用温度、湿度传感器巡回测量一定密闭空间内温湿度参数的测量仪器。

3.2 巡检速度 itinerant detecting speed

巡检仪在计量特性满足使用要求的正常巡回检测状态下，由一个通道切换到下一个通道所使用的时间，单位为秒/通道。

3.3 示值误差 error of indication

巡检仪各通道的示值与标准值的差值。

4 概述

温湿度巡回检测仪（以下简称巡检仪）由温度传感器和（或）湿度传感器、显示及记录仪表构成，传感器的输出电参数随温度和湿度的变化而变化，并变换成统一规

格的电信号，由多路自动开关逐路选通，以采样、量化、编码和必要的辅助运算方法将模拟量转换成数字量，再经相应电路处理后，输出至驱动显示器和记录机构，周期性地采集被测信号。巡检仪一般用于测量密闭空间内的温度和（或）湿度分布，按其配置传感器的不同可分为温度巡检仪、湿度巡检仪和温湿度巡检仪。

巡检仪的典型结构如图 1 所示。

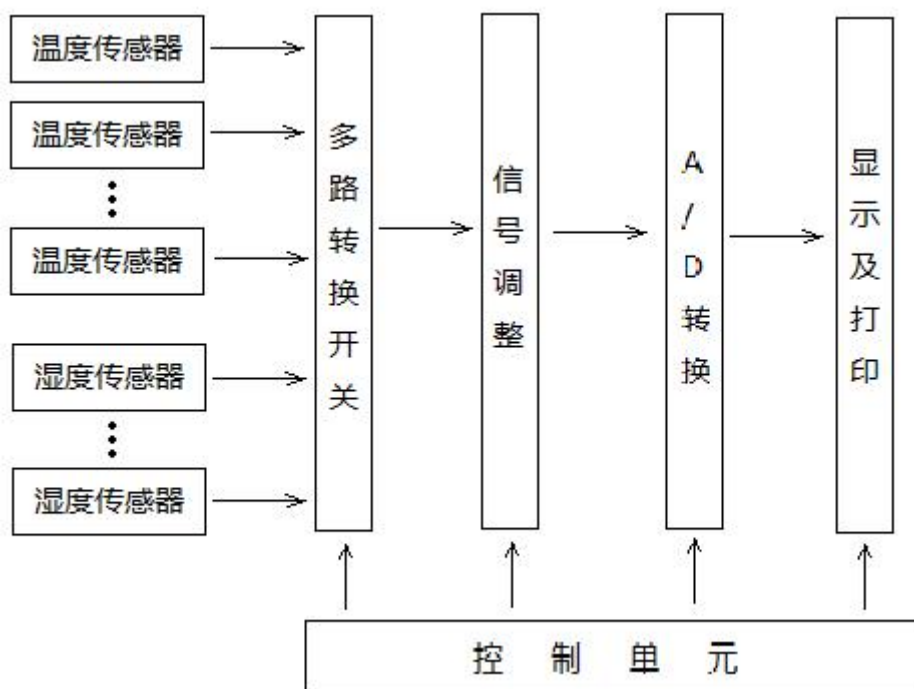


图 1 巡检仪典型结构图

5 计量特性

5.1 温度示值误差

应符合说明书要求。

5.2 湿度示值误差

应符合说明书要求。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度：（15~35）℃，湿度：≤85%RH；

当电测仪器及标准器对环境条件另有要求时，应满足其规定要求。

6.2 标准器及配套设备

6.2.1 标准器

标准器技术性能要求如表 1 所示。

表 1 标准器技术性能指标

序号	设备名称	技术性能指标	用途	备注
1	标准铂电阻温度计	二等	计量标准器	标准器测量范围应满足被校准巡检仪的要求。也可使用满足要求的其他计量标准器。
2	标准水银温度计	标准		
3	标准铂铑 10-铂热电偶	一等		
4	精密露点仪	露点或霜点温度 MPE: $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$; 温度 MPE: $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 。		

注：精密露点仪应加修正值使用。

6.2.2 配套设备

配套设备的技术性能要求如表 2 所示。

表 2 校准用配套设备技术性能指标

序号	设备名称	技术性能	用途	备注
1	电测设备	电阻相对误差不大于 5×10^{-5}	测量标准器的电阻值	与标准铂电阻温度计配套使用
		电压准确度等级不低于 0.01 级，分辨力不低于 $0.1 \mu\text{V}$	测量标准器的热电动势	与标准热电偶温度计配套使用
2	恒温设备	恒温槽： 温度均匀性不超过 0.01°C ，温度波动性不超过 $0.02^{\circ}\text{C}/10\text{min}$	温度源	1、使用标准铂电阻温度计作计量标准器时，恒温槽工作区深度不小于 300mm 2、可使用符合要求的其它恒温源
		检定炉： 温度范围满足校准的要求；热电偶插入均温块的深度与孔径之比 $> 10:1$ ；从孔底算起轴向 30mm 内温差 $\leq 0.5^{\circ}\text{C}$ ；孔底部同一截面任意孔间的温差绝对值 $\leq 0.25^{\circ}\text{C}$		

3	温湿度发生器	温度：范围为（5~50）℃；有效工作区域内，温度均匀性≤0.1℃，温度波动度不超过±0.1℃； 湿度：范围（5~95）%RH；有效工作区域内，温度为20℃时，湿度均匀性≤0.5%RH，湿度波动度不超过±0.5%RH	温湿度源	可使用符合要求的其它温湿度源
4	冰点恒温器	允差：±0.1℃	为标准铂铑10-铂热电偶标准器参考端提供0℃恒温场	/
6	水三相点瓶及其冻制装置	复现性不大于1mK	测量标准铂电阻温度计R _{tp} 值	/
7	读数装置	放大倍数5倍以上，水平可调	读标准水银温度计示值	也可使用其他可调视线读数装置
8	绝缘电阻表	直流电压500V，10.0级	测量绝缘电阻	/
9	耐电压试验仪	输出电压大于1500V，功率不低于0.25kW	测量绝缘强度	/
10	秒表	最小分度值不大于0.1s	测量巡检周期	/

注1：上述标准器及配套设备也可使用准确度等级不低于上述要求的其它设备。

注2：由温度标准器及配套设备引入的扩展不确定度不大于被校巡检仪温度最大允许误差的绝对值的1/3，由湿度标准器及配套设备引入的扩展不确定度不大于被校巡检仪湿度最大允许误差的绝对值的1/3。

7 校准项目

巡检仪的校准项目如表3所示。

表3 校准项目列表

校准项目	温度巡检仪	湿度巡检仪	温湿度巡检仪
温度示值误差	+	-	+
湿度示值误差	-	+	+
注：“+”号表示应校准，“-”号表示不校准。			

校准前应对巡检仪的外观、显示功能、巡检速度、打印功能、绝缘电阻和绝缘强度进行检查。

8 校准方法

8.1 检查项目

8.1.1 外观检查

巡检仪的外观结构应完好，说明功能的文字符号、标志、图形、数字和物理量代号等应符合相应的标准，并应清晰、端正。

巡检仪表面不应有明显的凹痕、外伤、裂缝和变形等现象，金属件不应有锈蚀及其他机械损伤。

巡检仪各部位开关、按键操作应灵活可靠。

金属（或塑料）封装必须密封良好，引线接插件必须接触良好；传感器所使用的保护管及引线应能承受相应的使用温度。

巡检仪各传感器应具有编号，与主机上的连接端子一一对应。

8.1.2 显示功能

巡检仪显示功能的检查，应在电源接通情况下进行，其显示数字及图像应清晰、无叠字。亮度应均匀，不应有缺笔画或无测量单位等现象，小数点和状态显示应正确。

具有负温度测量范围的巡检仪，当显示 0°C 以下温度时，巡检仪应显示“-”的极性符号；如有报警装置，应同时发出报警信号。

8.1.3 巡检速度

具备巡检速度指标的巡检仪，使用秒表测量巡检速度。使巡检仪传感器所处环境有明显变化，从第1通道显示数据变化时开始计数，到最后通道N显示数据变化时结束，巡检速度即为计数值除以 $(N-1)$ 。巡检周期应符合巡检仪说明书上给出的指标要求。

8.1.4 打印功能

具有打印功能的巡检仪，不应有错打、漏打或打印不清等现象。

8.1.5 绝缘电阻

在环境温度 $(15\sim 35)^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $45\%\sim 75\%$ 时，切断巡检仪外部电源并将巡检仪电源开关置于接通位置。使用绝缘电阻表检测，巡检仪电源端子-外壳（仅交流供电巡检仪检测）、电源端子-传感器之间的绝缘电阻不小于 $20\text{M}\Omega$ 。

8.1.6 绝缘强度

在环境温度（15~35）℃，相对湿度 45%~75%时，切断巡检仪外部电源并将巡检仪电源开关置于接通位置。按表 4 中规定的部位，使用耐电压试验仪施加频率为 50Hz 的试验电压，试验时电压值由零逐步平稳地上升到规定值，保持 1min，然后平稳地下降为零，应无击穿、电晕和火花，巡检仪应能正常工作。

表 4 试验电压

试验部位	试验电压/V
电源端子-外壳（仅交流供电巡检仪检测）	1500
电源端子-传感器	1000

8.2 温度示值误差

8.2.1 标准器选择

采用标准水银温度计作测量标准时，应使用读数望远镜读取其示值，估读到分度值的十分之一。

采用标准铂电阻温度计作测量标准时，其工作电流应不大于 1mA。

使用标准热电偶做测量标准时，标准偶的连接按照 JJF1262-2010 6.2.2.2 的规定。

8.2.1 准备工作

对温度传感器为 AA 级铂电阻的巡检仪，应使用标准铂电阻温度计作标准器，校准前将标准铂电阻温度计放入冻制好的水三相点瓶中测量其 R_{tp} 值，以此计算标准温度值。

如巡检仪各通道需输入传感器参数，且客户要求，可依据 JJG229、JJF1262、JJF1076 单独校准传感器，输入参数后再校准。在校准过程中，不得进行调整。

接通巡检仪电源，预热 30min。根据巡检仪的温度传感器的测温范围的不同，选择对应的标准器和配套设备。

a) 在恒温槽中进行校准时，如温度传感器能够与介质直接接触，可直接插入介质中；如不能直接接触，应将温度传感器放置在玻璃试管中，管内放入适当介质，介质高度约温度传感器长度的三分之二，玻璃试管内径应与传感器直径相适应。将装入传感器的玻璃试管插入介质中，为了消除玻璃试管内空气的对流，管口用脱脂棉塞紧。标准器与被检巡检仪温度传感器的测温端应尽可能在恒温槽工作区域内的同一水平面上。

b) 在检定炉中进行校准时，将标准热电偶套上高铝保护管和传感器分别插至均温块各孔底部，炉口处用绝缘耐火材料封堵。巡检仪温度传感器按通道号连接到主机上。

8.2.2 校准点的选择

校准点应根据巡检仪所配置温度传感器的类型确定。热电阻、半导体和低温热电偶传感器应在其测量范围内的整度点上均匀选择不少于 5 个校准点，一般应包括测量下限点和上限点。带有负温区的巡检仪，校准点应包括 0℃。

高温热电偶传感器在其测量温度范围内至少选择 3 个温度点。

也可以根据用户需要选择校准点。

8.3 校准方法

8.3.1 如在恒温槽中进行校准，应选择标准水银温度计或标准铂电阻温度计作为计量标准器。按照从低温到高温的顺序逐点进行校准。将恒温槽温度恒定在被检温度点上，恒温槽温度偏离校准点不得超过 0.2℃（以计量标准器示值为准），温度波动不超过 0.02℃/10min 时开始读数，其读数顺序如下：

标准 → 通道 1 → 通道 2 → … → 通道 n

每个校准点的测量次数为 2 次。

8.3.2 如在检定炉中进行校准，应选择标准铂铑 10-铂热电偶作为计量标准器。校准应由低温向高温逐点升温进行。当标准器温度偏离校准温度点±5℃以内，温度变化每分钟不超过 0.2℃时，开始读数。读数时，标准器读取电势值，巡检仪各通道读取巡检仪显示值。读数顺序如下：

标准 → 通道 1 → 通道 2 → … → 通道 n

每个校准点的测量次数为 4 次。在每一温度点的整个读数过程中，温度变化不得超过 0.5℃。

8.4 湿度示值误差

8.4.1 准备工作

将巡检仪的湿度传感器放入温湿度发生器测试室的有效工作区间内，同时放入精密露点仪的温度传感器和露点传感器（或将测试室内的气体通过壁厚不小于 1 毫米的聚四氟乙烯管引入到测试室外的露点传感器），应将精密露点仪的露点传感器放到温湿度发生器测试室循环风道的下风口，温度传感器比露点传感器靠近上风口，两者距离约（5~10）cm。

8.4.2 校准点的选择

在 10%RH~90%RH 范围内均匀的选择不少于 5 个校准点。也可根据用户需要选择校准点。

8.4.3 校准方法

校准时，先设定温湿度发生器的温度值为 20℃（或者用户要求的温度点）。当温度平衡后，设定温湿度发生器的湿度值，一般由低湿（例如：30%RH）到高湿（例如：90%RH）进行校准。

每个校准点在温湿度达到设定值后稳定 30 分钟（以标准器为准），然后每隔 2 分钟左右记录精密露点仪的湿度值和巡检仪各通道的湿度值，共记录 3 组数据。然后做下一个校准点，至所有的校准点测试结束。

8.5 数据处理

8.5.1 温度示值误差的计算

取各通道读数的平均值与实际温度的差值来确定该校准点的示值误差。

$$\Delta t(ij) = t(ij) - t_0(j)$$

式中， $\Delta t(ij)$ ——巡检仪第 i 通道第 j 个校准温度点的示值误差，℃；

$t(ij)$ ——巡检仪第 i 通道第 j 个校准温度点的读数的平均值，℃；

$t_0(j)$ ——第 j 个校准温度点的标准值，℃。

a) 若以标准水银温度计为标准器，则

$$t_0(j) = T(j) + A$$

式中， $T(j)$ ——标准器在第 j 个校准温度点的读数的平均值，℃；

A ——标准水银温度计的修正值，℃。

b) 若以标准铂电阻温度计为标准器，则

$$t_0(j) = t_1 + \frac{W_{t_0(j)} - W_{t_1}}{(dW/dt)_{t_1}}$$

式中， t_1 ——名义温度，℃；

$W_{t_0(j)}$ ——第 j 个校准温度点的标准铂电阻温度计的电阻比 $R_{t_0(j)} / R_{tp}$ ；

$R_{t_0(j)}$ ——第 j 个校准温度点的标准铂电阻温度计两次读数的平均值，Ω；

R_{tp} ——标准铂电阻温度计水三相点的电阻值，Ω；如巡检仪的最大允差不大于 ±0.1℃，该值应为新测得值。

W_{t_1} ——温度 t_1 时标准铂电阻温度计分度表给出的电阻比；

$(dW/dt)_{t_1}$ ——温度 t_1 时标准铂电阻温度计分度表给出的在温度 t_1 时对应的电阻比的变化率，℃⁻¹。

c) 若以标准铂铑 10-铂热电偶为标准器，则

$$t_0(j) = t_1 + \frac{e_{\text{标}}(t_1) - e_{\text{标证}}}{S_{\text{标}}(t_1)}$$

式中, t_1 ——名义温度, °C;

$e_{\text{标证}}$ ——标准热电偶证书上 t_1 温度点的热电动势值, mV;

$e_{\text{标}}(t_1)$ ——标准热电偶在 t_1 温度点附近, 测得的热电动势算术平均值, mV;

$S_{\text{标}}(t_1)$ ——标准热电偶在 t_1 温度点的微分热电动势, mV/°C。

8.5.2 湿度示值误差的计算

取各通道 3 次读数的平均值与实际湿度的差值来确定该校准点的示值误差。

$$\Delta U(ij) = U(ij) - U_0(j) - U_A(j)$$

式中: $\Delta U(ij)$ ——巡检仪第 i 通道第 j 个校准湿度点的示值误差, %RH;

$U(ij)$ ——巡检仪第 i 通道第 j 个校准湿度点的 3 次读数的平均值, %RH;

$U_0(j)$ ——精密露点仪第 j 个校准湿度点的 3 次读数的平均值, %RH;

$U_A(j)$ ——精密露点仪第 j 个校准湿度点的修正值, %RH

9 校准结果的表达

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:

- a) 标题“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 校准地点(如果与实验室的地址不同);
- d) 证书的惟一性标识(如编号), 页码及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识, 如型号、生产厂家和序列号等信息;
- g) 校准日期, 如果与校准结果有效性和应用有关时, 应说明被校对象的接收日期;
- h) 如果与校准结果有效性和应用有关时, 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, 应包括环境温度、相对湿度等;
- 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。

10 复校时间间隔

由于复校时间间隔的长短由仪器的使用情况、使用者和仪器本身质量等诸多因素决定，因此送校单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

为了确保巡检仪在其规定的技术性能下使用，建议复校时间间隔为 12 个月。

附录 A

温湿度巡回检测仪校准记录参考格式（温度）

送检单位：

地址

仪器名称											证书编号		
制造厂						型号						出厂编号	
标准器名称						标准器证书号						有效期至	
测温范围						不确定度（或准确度等级）							
校准依据								温度				湿度	%RH
校准日期	年 月 日					建议有效期至			年 月 日				
校准温度（℃）		显示值/℃											
校准点	标准器值	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9	CH10	扩展不确定度 /U k=2	
平均值													
标准修正值		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
标准实际值		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
通道修正值	/												
校准点	标准器值	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9	CH10	扩展不确定度 /U k=2	
平均值													
标准修正值													
标准实际值													
通道修正值													
校准点	标准器值	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9	CH10	扩展不确定度 /U k=2	
平均值													
标准修正值													
标准实际值													
通道修正值													

校准员：

核验员：

第 页/共 页

温湿度巡回检测仪校准记录参考格式（湿度）

送检单位：

地址

仪器名称								证书编号						
制造厂				型号					出厂编号					
标准器名称				标准器证书号					有效期至					
测温范围								不确定度（或准确度等级）						
校准依据								温度	℃		湿度	%RH		
校准日期	年 月 日			建议有效期至				年 月 日						
校准湿度（%RH）			显示值/%RH											
校准点	标准器示值	标准器实际值	CH 1	CH 2	CH 3	CH 4	CH 5	CH6	CH7	CH8	CH9	扩展不确定度 /U k=2		
平均值														
修正值														
平均值														
修正值														
平均值														
修正值														

校准员：

核验员：

第 页/共 页

附录 B

温湿度巡回检测仪校准证书内页参考格式

校准结果

- 1、功能性检查：
- 2、绝缘电阻：
- 3、绝缘强度：
- 4、温度示值误差：

单位：℃

校准温度	示值误差									测量不确定/U k=2
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9	

- 5、湿度示值误差：

单位：%RH

校准湿度	示值误差									测量不确定/U k=2
	CH1	CH2	CH3	CH4	CH5	CH6	CH7	CH8	CH9	

以下空白

附录 C

温湿度巡回检测仪温度示值误差测量不确定度评定示例一 (标准器为标准铂电阻温度计)

1 测量概述

1.1 测量环境：温度 20.6℃，湿度 56%RH。

1.2 被测对象：温湿度巡回检测仪（温度传感器为铂电阻温度计），显示分辨力 0.01℃。

1.3 测量过程

将温度传感器放置在玻璃试管中，用棉花塞紧管口。然后将标准铂电阻温度计和玻璃试管插入介质中，插入深度不少于 100mm。恒温槽偏离检定点的温度不超过 0.1℃（以标准器为准），标准器示值温稳定后进行读数，令巡检仪在所有通道巡回检测两个周期，分别计算平均值，得到标准铂电阻温度计和巡检仪各通道的示值。

对最大允许误差不大于±0.1℃的巡检仪，在最高校准温度点结束后，应立即测量标准铂电阻温度计水三相点值，并使用新测得的水三相点值来计算恒温槽实际温度。

1.4 测量主要标准器和配套设备见表 1

表 1 实验室的标准器和配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	标准铂电阻温度计及配套电测设备	1、标准铂电阻温度计：二等；测量范围（-196~660）℃； 2、电测设备相对误差不大于 5×10^{-5}	标准器
2	水三相点瓶	复现性 1mK	测量标准铂电阻 R_{tp} 值
3	恒温槽	1、温度范围：（-80~300）℃； 2、恒温时工作区域水平温差 ≤ 0.01 ℃，最大温差 ≤ 0.01 ℃， 3、温度波动性不超过 0.02℃/10min	温度源

2 建立测量模型

$$\Delta t(ij) = t(ij) - t_0(j) \quad (C.1)$$

式中， $\Delta t(ij)$ ——巡检仪第 i 通道第 j 个校准温度点的示值误差，℃；

$t(ij)$ ——巡检仪第 i 通道第 j 个校准温度点的读数的平均值，℃；

$t_0(j)$ ——第 j 个校准温度点的标准值，℃。

$$t_0(j) = t_1 + \frac{W_{t_0(j)} - W_{t_1}}{(dW/dt)_{t_1}}$$

式中， t_1 ——名义温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$W_{t_0(j)}$ ——第 j 个校准温度点的标准铂电阻温度计的电阻比 $R_{t_0(j)} / R_{tp}$ ；

$R_{t_0(j)}$ ——第 j 个校准温度点的标准铂电阻温度计两次读数的平均值， Ω ；

R_{tp} ——标准铂电阻温度计水三相点的电阻值， Ω ；如巡检仪的最大允差不大于 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ ，该值应为新测得值。

W_{t_1} ——温度 t_1 时标准铂电阻温度计分度表给出的电阻比；

$(dW/dt)_{t_1}$ ——温度 t_1 时标准铂电阻温度计分度表给出的在温度 t_1 时对应的电阻比的变化率， $^{\circ}\text{C}^{-1}$ 。

3 不确定来源

式 C.1 中，输入量 $t(ij)$ 标准不确定度来自被检巡检仪；输入量 $t_0(j)$ 的标准不确定度来自标准铂电阻温度计、电测设备和恒温槽。故温度巡检仪示值误差不确定度的来源包括被检巡检仪、标准铂电阻温度计、电测设备和恒温槽四个方面。

3.1 由被检巡检仪引入的标准不确定度包括被检巡检仪测量重复性引入的不确定度 u_1 和被检巡检仪分辨力引入的不确定度 u_2 。测量重复性引入的不确定度 u_1 中也包括了恒温槽波动性引入的不确定度。

3.2 由标准铂电阻温度计引入的标准不确定度包括其量值溯源引入的不确定度 u_3 、标准铂电阻温度计稳定性引入的不确定度 u_4 和水三相点电阻值变化引入的标准不确定度 u_5 。标准铂电阻温度计自热效应也是不确定度的来源之一。但由于该项影响已经包含在稳定性引入的标准不确定度之中了，所以可以忽略不计。

3.3 电测设备引入的标准不确定度 u_6 由其测量精度导致。

3.4 恒温槽引入的标准不确定度 u_7 由温场分布不均匀导致。

以 100°C 点为例分析第 1 通道，标准不确定度分量及来源见表 2。

表 2 标准不确定度分量及来源

不确定度分量	不确定度来源
被检巡检仪引入不确定度分量	被检巡检仪测量重复性引入的不确定度 u_1
	被检巡检仪分辨力引入的不确定度 u_2
标准器引入不确定度分量	其量值溯源引入的不确定度 u_3
	标准铂电阻温度计稳定性引入的不确定度 u_4
	水三相点电阻值变化引入的标准不确定度 u_5
	电测设备引入的不确定度 u_6

恒温槽引入的不确定度分量	恒温槽均匀性引入的不确定度 u_7
	恒温槽波动性引入的不确定度 u_8

4 标准不确定度的评定

4.1 被检巡检仪测量重复性引入的不确定度 $u_{1\delta}$

在同一实验条件下,连续 10 次测量被检巡检仪,第 1 通道读数见表 3(单位: °C)。

表 3 重复测量得到被测数据

第 1 次	第 2 次	第 3 次	第 4 次	第 5 次	第 6 次	第 7 次	第 8 次	第 9 次	第 10 次
100.01	100.04	100.05	100.06	100.05	100.06	100.05	100.04	100.03	100.02

用贝赛尔公式计算出标准偏差:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (\Delta t_i - \Delta \bar{t})^2}{10-1}} = 0.0166 \text{ } ^\circ\text{C}$$

实际是取 2 次读数的平均值, 所以

$$u_1 = S/\sqrt{2} = 0.0166/\sqrt{2} = 0.0117 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4.2 被检巡检仪分辨力引入的不确定度 u_2

被检巡检仪的分辨力为 $0.01 \text{ } ^\circ\text{C}$, 则半区间宽度为 $0.005 \text{ } ^\circ\text{C}$, 按均匀分布, 取 $k=\sqrt{3}$ 可得:

$$u_2 = 0.005 \text{ } ^\circ\text{C}/\sqrt{3} = 0.0029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4.3 标准铂电阻温度计溯源引入的不确定度 u_3

由证书知, 上级单位给出的测量不确定度 $U=0.006 \text{ } ^\circ\text{C}$, $k=2$, 则

$$u_3 = 0.006 \text{ } ^\circ\text{C}/2 = 0.003 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4.4 标准铂电阻温度计稳定性引入的不确定度 u_4

根据标准铂电阻温度计检定规程的要求, 其变化不应超过 10 mK , 区间半宽为 5 mK , 按均匀分布, 包含因子 $k=\sqrt{3}$, 则

$$u_4 = 0.005 \text{ } ^\circ\text{C}/2 = 0.0029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

4.5 水三相点电阻值变化引入的不确定度 u_5

规程要求在最高温度点校准结束后立即测定标准铂电阻温度计的水三相点电阻值，并使用新测得值进行计算，水三相点测得值的不确定度为 2mK ($k=2$)，则 $u_5 = 0.002/2 = 0.001^\circ\text{C}$ 。

4.6 电测设备引入的不确定度 u_6

用 34420A 纳伏/微欧表测量二等标准铂电阻温度计，该表 $100\ \Omega$ 档最大允许误差为 \pm （读数值 $\times 0.00006 +$ 量程 $\times 0.000002$ ），采用 B 类评定方法。估计为均匀分布， 100°C 时电测仪表平均读数为 $35.30119\ \Omega$ ，则 $(35.30119\ \Omega \times 0.00006 + 100\ \Omega \times 0.000002) / \sqrt{3} = 0.00134\ \Omega$ ，换算为温度后标准不确定度为：

$$u_6 = \frac{0.00133\ \Omega}{dr/dt} = 0.0134^\circ\text{C}$$

4.7 恒温槽均匀性引入的不确定度 u_7

恒温槽的工作区域最大温差为 0.01°C ，则半区间宽度为 0.005°C ，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ 可得：

$$u_7 = 0.005 / \sqrt{3} = 0.0029^\circ\text{C}$$

4.8 恒温槽波动性引入的不确定度 u_8

恒温槽波动性不超过 $0.02^\circ\text{C}/10\text{min}$ ，则区间半宽为 0.01°C ，按均匀分布，取 $k = \sqrt{3}$ 可得：

$$u_8 = 0.01 / \sqrt{3} = 0.0058^\circ\text{C}$$

5 合成不确定度 $u_c(x)$ 的评定

各输入量的标准不确定度汇总表见表 4。

表 4 各输入量的标准不确定度汇总表

不确定度分量	不确定度来源	不确定度数值/ $^\circ\text{C}$
被检巡检仪引入的不确定度分量	被检巡检仪测量重复性引入的不确定度 u_1	0.0117
	被检巡检仪分辨力引入的不确定度 u_2	0.0029
标准器引入的不	量值溯源引入的不确定度 u_3	0.003

确定度分量	标准铂电阻温度计稳定性引入的不确定度 u_4	0.0029
	水三相点电阻值变化引入的标准不确定度 u_5	0.001
	电测设备引入的不确定度 u_6	0.0134
恒温槽引入的不确定度分量	恒温槽均匀性引入的不确定度 u_7	0.0029
	恒温槽波动性引入的不确定度 u_8	0.0058

以上分量相互独立，灵敏系数为 1。根据读数分辨力引入的不确定度及重复测量引入的不确定度二者取大者的原则，为避免重复计算，在进行合成标准不确定度时，取两项中的最大影响量。故舍去 u_2 。

合成标准不确定度由下式求得

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2} = 0.019^\circ\text{C}$$

6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = 0.019 \times 2 = 0.038 \approx 0.04^\circ\text{C} \quad k=2$$

(去除被检巡检仪引入的不确定度分量后，标准装置引入的不确定度为

$$u_c^2 = u_3^2 + u_4^2 + u_5^2 + u_6^2 + u_7^2 + u_8^2$$

$$u_c = 0.015^\circ\text{C}$$

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = k u_c = 0.03^\circ\text{C}$$

温湿度巡回检测仪温度示值误差测量不确定度评定示例二 (标准器为标准铂铑 10-铂热电偶)

1 测量概述

1.1 测量环境：温度 21.6°C ，湿度 53%RH。

1.2 被测对象：温湿度巡回检测仪（温度传感器为 K 型铠装热电偶），显示分辨力 0.01°C 。

1.3 测量过程

在检定炉中放置金属均温块，将一等标准铂铑 10-铂热电偶套上陶瓷保护管与巡

检测仪传感器，分别插入金属均温块中，测量标准热电偶的热电动势值并记录巡检仪通道显示值。

1.4 测量主要标准器和配套设备见表 1

表 1 实验室的标准器和配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	标准铂铑 10-铂热电偶及配套电测设备	标准铂铑 10-铂热电偶：一等，测量范围：300℃以上； 电测设备准确度等级不低于 0.01 级，分辨力不低于 0.1 μV。	标准器
2	冰点恒温器	允差：±0.1℃	为标准热电偶提供 0℃ 恒温场
3	检定炉	配置均温块的恒温设备，温度范围满足校准的要求；热电偶插入均温块的深度与孔径之比大于 10:1；从孔底算起轴向 30mm 内温差不大于 0.5℃；孔底部同一截面任意孔间的温差绝对值不大于 0.25℃。	温度源

2 建立测量模型

$$\Delta t(ij) = t(ij) - t_0(j)$$

式中， $\Delta t(ij)$ ——巡检仪第 i 通道第 j 个校准温度点的示值误差，℃；

$t(ij)$ ——巡检仪第 i 通道第 j 个校准温度点的读数的平均值，℃；

$t_0(j)$ ——第 j 个校准温度点的标准值，℃。

$$t_0(j) = t_1 + \frac{e_{\text{标}}(t_1) - e_{\text{标证}}}{S_{\text{标}}(t_1)}$$

式中， t_1 ——名义温度，℃；

$e_{\text{标证}}$ ——标准热电偶证书上 t_1 温度点的热电动势值，mV；

$e_{\text{标}}(t_1)$ ——标准热电偶在 t_1 温度点附近，测得的热电动势算术平均值，mV；

$S_{\text{标}}(t_1)$ ——标准热电偶在 t_1 温度点的微分热电动势，mV/℃。

根据不确定传播率得到：

$$u_c^2 = [c_1 u(t(ij))]^2 + [c_2 u(e_{\text{标}}(t_1))]^2 + [c_3 u(e_{\text{标证}})]^2$$

式中，灵敏系数： $c_1 = 1$ ， $c_2 = \frac{1}{S_{\text{标}}(t_1)}$ ， $c_3 = -\frac{1}{S_{\text{标}}(t_1)}$

3 标准不确定度分量

标准不确定度分量及来源见表 2。

表 2 标准不确定度分量及来源

符号	来源
$u(t_{ij})$	被校准巡检仪测量重复性引入的不确定度
	被校准巡检仪分辨力引入的不确定度
	热电偶检定炉引入的不确定度
$u(e_{\text{标证}})$	上级标准传递在个温度点读数引入的不确定度
	年稳定性引入的不确定度
$u(e_{\text{标}(t_1)})$	测量重复性引入的不确定度
	电测仪表引入的不确定度
	转换开关读数寄生热电势引入的不确定度
	冰点恒温器引入的不确定度
	热电偶检定炉引入的不确定度

4 标准不确定度评定:

以 1000℃ 点为例分析某一通道。

4.1 输入量 t_{ij} 的标准不确定度 $u(t_{ij})$

4.1.1 被校准巡检仪重复性引入的不确定度 u_1

以 1000℃ 点为例，重复 10 次测量，测得数据为 999.88、999.91、999.95、999.97、1000.02、1000.06、1000.11、1000.08、1000.05、1000.07。则根据贝塞尔公式得到实验标准差

$$S=0.078^{\circ}\text{C}$$

实际测量时，测量次数为 4 次，以测得值的平均值为测量结果。该结果的标准不确定度为：

$$u_1=S/2=0.039^{\circ}\text{C}$$

4.1.2 被校准巡检仪分辨力引入的不确定度 u_2

被检巡检仪的分辨力为 0.01℃，则半区间宽度为 0.005℃，按均匀分布，取 $k=\sqrt{3}$ 可得：

$$u_2=0.005/\sqrt{3}=0.003^{\circ}\text{C}$$

4.1.3 金属均热块径向温场不均匀性引入的不确定度 u_3

校准时，炉内放置的金属均热块径向温场不均匀所引入的温差约为 0.25°C ，考虑均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。则

$$u_3 = 0.25 / \sqrt{3} = 0.144^{\circ}\text{C}$$

4.1.4 检定炉温变化引入的不确定度 u_4

在校准过程中，炉温变化不得超过 $0.2^{\circ}\text{C}/\text{min}$ ，按均匀分布考虑，包含因子。则

$$U_4 = 0.2 / \sqrt{3} = 0.115^{\circ}\text{C}$$

4.1.5 根据读数分辨力引入的不确定度及重复测量引入的不确定度二者取大者的原则，为避免重复计算，在进行合成标准不确定度时，取两项中的最大影响量。故舍去 u_2 。

$$u(t_{ij}) = \sqrt{u_1^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.189^{\circ}\text{C}$$

4.2 输入量 $e_{\text{标证}}$ 引入的标准不确定度 $u(e_{\text{标证}})$ 的评定

4.2.1 标准器的检定结果扩展不确定度 u_5

根据量传系统，一等标准铂铑 10-铂热电偶的扩展不确定度为 0.5°C ，约为 $5 \mu\text{V}$ ， $k=2$ ，则

$$u_5 = 5/2 = 2.5 \mu\text{V}$$

4.2.2 标准偶的年稳定性 u_6

一等标准铂铑 10-铂热电偶在检定周期或校准间隔内热电动势变化一般不超过 $\pm 5 \mu\text{V}$ ，服从正态分布

$$u_6 = 5/3 = 1.7 \mu\text{V}$$

4.2.3 计算输入量 $e_{\text{标证}}$ 引入的标准不确定度 $u(e_{\text{标证}})$ 的合成：

$$u(e_{\text{标证}}) = \sqrt{u_5^2 + u_6^2} = 3.0 \mu\text{V}$$

换算成温度为

$$u(e_{\text{标证}}) = 3.0 / 11.54 = 0.260^{\circ}\text{C}$$

4.3 输入量 $e_{\text{标}}(t_1)$ 的标准不确定度 $u(e_{\text{标}}(t_1))$ 的评定

4.3.1 标准热电偶重复测量带来的不确定度 u_7

巡检仪进行重复 10 次测量，测得数据为 9.4744, 9.4759, 9.4747, 9.4758, 9.4749, 9.4755,

9.4752, 9.4756, 9.4750, 9.4760 μV 。则根据贝塞尔公式得到实验标准差

$$S=0.54 \mu \text{ V}$$

实际测量时，测量次数为4次，以测得值的平均值为测量结果。该结果的标准不确定度为：

$$u_7=0.54/2=0.3 \mu \text{ V}$$

4.3.2 电测仪表引入的不确定度 u_8

使用数字多用表2010，量程100mV，测量值的误差考虑一年稳定性，准确度为 $\pm (37 \times 10^{-6}$ 读数 $+ 9 \times 10^{-6}$ 量程)，按均匀分布考虑，包含因子 $k = \sqrt{3}$ 。标准不确定度为：

$$u_8=0.7 \mu \text{ V}$$

4.3.3 转换开关引入的不确定度 u_9

转换开关接触电势允许误差 $\pm 0.5\mu\text{V}$ 。按均匀分布考虑，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，半宽为 $0.5\mu\text{V}$ 。标准不确定度为：

$$u_9=0.5/\sqrt{3}=0.3 \mu \text{ V}$$

4.3.4 检定炉炉温变化引入的不确定度 u_{10}

在校准过程中，炉温变化不得超过 0.2°C ，按均匀分布考虑，故标准不确定度为

$$u_{10}=1.3 \mu \text{ V}$$

4.3.5 由热电偶参考端温度不均匀引起不确定度 u_{11}

由经验和试验可得热电偶参考端即冰点恒温器带来的误差为 $\pm 0.05^\circ\text{C}$ ，以半区间计入并换算成电势值为 $0.6\mu\text{V}$ ，按均匀分布考虑。

$$u_{11}=0.3/\sqrt{3}=0.2 \mu \text{ V}$$

4.3.6 计算输入量 $e_{\text{标}}(t_1)$ 的标准不确定度 $u(e_{\text{标}}(t_1))$ 的合成：

$$u(e_{\text{标}}(t_1)) = \sqrt{u_7^2 + u_8^2 + u_9^2 + u_{10}^2 + u_{11}^2} = 1.544 \mu \text{ V}$$

换算成温度为

$$u(e_{\text{标}}(t_1)) = 1.544/11.54 = 0.134^\circ\text{C}$$

5 合成不确定度 $u_c(x)$ 的评定

各输入量的标准不确定度汇总表见表4。

表4 各输入量的标准不确定度汇总表

符号	来源	不确定度数值	
$u(t_{ij})$	被校准巡检仪测量重复性引入的不确定度	0.039 $^\circ\text{C}$	0.189 $^\circ\text{C}$

	被校准巡检仪分辨力引入的不确定度	0.003℃	
	热电偶检定炉引入的不确定度： 金属均热块径向温场不均匀性引入的不确定度	0.144℃ 0.115℃	
	检定炉炉温变化引入的不确定度		
$u(e_{\text{标证}})$	上级标准传递引入的不确定度	2.5 μV	0.260℃
	年稳定性引入的不确定度	1.7 μV	
$u(e_{\text{标}}(t_1))$	测量重复性引入的不确定度	0.3 μV	0.134℃
	电测仪表引入的不确定度	0.7 μV	
	转换开关寄生热电势引入的不确定度	0.3 μV	
	热电偶检定炉引入的不确定度	1.3 μV	
	冰点恒温器引入的不确定度	0.2 μV	

合成标准不确定度由下式求得

$$u_c^2 = u(t_{ij})^2 + u(e_{\text{标证}})^2 + u(e_{\text{标}}(t_1))^2$$

$$u_c = 0.348^\circ\text{C}$$

6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = ku_c = 0.70^\circ\text{C}$$

(去除被检巡检仪引入的不确定度分量后，标准装置引入的不确定度为

$$u_c = 0.292^\circ\text{C}$$

取包含因子 $k=2$ ，则扩展不确定度为

$$U = ku_c = 0.59^\circ\text{C}$$

温湿度巡回检测仪湿度示值误差测量不确定度评定示例三 (标准器为精密露点仪)

1. 概述

1.1 测量环境条件：温度 $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ ，湿度 $<85\%RH$

1.2 测量标准及其主要计量特性：

精密露点仪：露点温度量程：（-10~+80）℃DP

相对湿度量程：（10~98）%RH

最大允许误差：露点 MPE：±0.2℃

1.3 被测对象及其主要性能：

温湿度巡回检测仪湿度参数，分辨力分别为 0.1%RH。

1.4 测量参数与测量方法简述：

标准装置由标准器精密露点仪及温湿度检定箱组成。校准时将被校准的湿度传感器恒温精密露点仪温度、露点传感器置于有效工作空间内，温湿度检定箱的温度设为 20℃，调整温湿度检定箱内湿度，使之达到校准点，稳定 30 分钟，开始读数。

1.5 测量主要标准器和配套设备见表 1

表 1 实验室的标准器和配套设备

序号	设备名称	技术要求	用途
1	精密露点仪	露点或霜点温度：测量范围为（-20~+40）℃，最大允许误差为±0.2℃； 温度：测量范围为（-20~+100）℃，最大允许误差为±0.05℃。	标准器
2	温湿度标准箱	1、工作范围：温度：（0~50）℃ 湿度：（5~95）%RH 2、有效工作区间均匀性：温度：≤ 0.1℃ 湿度：≤ 0.5%RH 有效工作区间波动度：温度：不超过±0.1℃ 湿度：不超过±0.5%RH	温湿度源

2. 数学模型

$$\Delta U(ij) = U(ij) - U_0(j) - U_A(j)$$

式中： $\Delta U(ij)$ ——巡检仪第*i*通道第*j*个校准湿度点的示值误差，%RH；

$U(ij)$ ——巡检仪第*i*通道第*j*个校准湿度点的 3 次读数的平均值，%RH；

$U_0(j)$ ——精密露点仪第*j*个校准湿度点的 3 次读数的平均值，%RH；

$U_A(j)$ ——精密露点仪第*j*个校准湿度点的修正值，%RH

3 灵敏度系数 $C_i=1$ 或-1

4 不确定度分量的评定

表 1 标准不确定度分量及来源

标准不确定度分量	来源
标准器引入的不确定度分量	标准器重复性引入的不确定度分量 u_{11}
	标准器溯源引入的不确定度分量 u_{12}
	标准器分辨力引入的不确定度分量 u_{13}
被检巡检仪引入的不确定度分量	被检巡检仪重复性引入的不确定度分量 u_{21}
	被检巡检仪分辨力引入的不确定度分量 u_{22}
湿度源引入的不确定度分量	温湿度检定箱均匀性引入的不确定度分量 u_3

4.1 标准器引入的不确定度分量

4.1.1 标准器重复性引入的不确定度分量 u_{11}

采用 A 类不确定度评定，该不确定度分量包含了温湿度发生器波动性的影响。对分辨力为 0.1%RH 的被检巡检仪某通道在 90%RH 点上进行分析。对标准器和被检巡检仪作 10 次测量，用贝赛尔公式（公式 1）计算出标准偏差 S_i 。实际测量取 3 次测量平均值做测量结果，故该项引入的不确定度为 $U_1=S_i/\sqrt{3}$ 。数据如下：

$$S_i = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{(n-1)}} \quad (1)$$

次数	50%RH	
	标准器	被检仪器
1	90.3	90.8
2	90.4	91.0
3	90.4	91.1
4	90.5	91.3
5	90.4	91.4
6	90.3	91.4
7	90.2	91.4
8	90.2	91.4
9	90.3	91.3
10	90.4	91.4
S_i	0.10	0.22
U_1	0.06	0.13

即：

$$u_{11}=0.06\%RH$$

$$u_{21}=0.13\%RH$$

4.1.2 标准器溯源引入的不确定度分量 u_{12}

采用 B 类方法评定。精密露点仪应加修正值使用，经修正后精密露点仪的露点测

量误差一般不超过 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$ 。换算成相对湿度：

在 90%RH 时 $u_{12}(90\%RH) = 0.282/\sqrt{3} = 0.17\%RH$ ；

4.1.3 标准器分辨力引入的不确定度分量 u_{13}

采用 B 类方法评定。标准器读数分辨力为 0.01%RH，按均匀分布，得到：

$$u_{13} = 0.005/\sqrt{3} = 0.003\%RH$$

4.2 被检仪器引入的不确定度分量

4.2.1 被检仪器重复性引入的不确定度分量 u_{21}

采用 A 类不确定度评定。对刻度为 0.1%RH 的被检巡检仪的湿度参数在 50%RH 点上进行分析。对标准器和被检温湿度计作 10 次测量，用贝赛尔公式（公式 1）计算出标准偏差 S_i 。实际测量取 3 次测量平均值做测量结果，故该项引入的不确定度为 $u_{11} = S_i/\sqrt{3}$ 。数据见上表。

4.2.2 被检仪器分辨力引入的不确定度分量 u_{22}

采用 B 类方法评定。按均匀分布，得到：

$$\text{分辨力为 } 0.1\%RH: \quad u_{22} = 0.05/\sqrt{3} = 0.03\%RH$$

4.3 检定箱引入的不确定度分量

检定箱引入的不确定度主要来源于其均匀性和波动度，由于在分析重复性引入的误差时已经将波动性考虑在内，所以该分量主要是其均匀性引入。经校准，在有效工作区间内，检定箱的均匀性不超过 0.4%RH，其分布为均匀分布，包含因子 $k = \sqrt{3}$ ，其标准不确定度为 $u_4 = 0.4/\sqrt{3} = 0.23\%RH$ 。

5 合成不确定度 u_c 的评定

各输入量的标准不确定度汇总表见下表

各输入量的标准不确定度汇总表

标准不确定度分量	0.1%RH 刻度
标准器重复性引入的不确定度分量 u_{11}	0.06

标准器最大允许误差引入的不确定度分量 u_{12}	0.17
标准器分辨力引入的不确定度分量 u_{13}	0.003
被检仪器重复性引入的不确定度分量 u_{21}	0.13
被检仪器分辨力引入的不确定度分量 u_{22}	0.03
检定箱均匀性引入的不确定度分量 u_3	0.23

根据读数分辨力引入的不确定度及重复测量引入的不确定度二者取大者的原则，为避免重复计算，在进行合成标准不确定度时，取两项中的最大影响量。

计算得到合成不确定度 **uc** 如下表。

$$\mathbf{uc} = \sqrt{u_{11}^2 + u_{12}^2 + u_{21}^2 + u_3^2} = \mathbf{0.32\%RH}$$

6 扩展不确定度的评定

取 $k=2$ ，则：

$$U = k \times \mathbf{uc} = \mathbf{0.64\%RH}$$