



# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF×××× — ××××

---

## 热泵热水器能效测量装置校准规范

Calibration Specification for Energy Efficiency

Testing Apparatus of Heat Pump Water Heaters

(征求意见稿)

××××—××—××发布

××××—××—××实施

---

国家市场监督管理总局 发布

# 热泵热水器能效测量装置校准规范

Calibration Specification for  
Energy Efficiency Testing Apparatus  
of Heat Pump Water Heaters

JJF XXXX—XXXX

归口单位：全国能源资源计量技术委员会  
能效标识计量分技术委员会

主要起草单位：

参加起草单位：

本规范委托全国能源资源计量技术委员会能效标识计量分技术  
委员会负责解释

本规范主要起草人：

参加起草人：

# 目 录

引言 .....	(IV)
1 范围 .....	(1)
2 引用文件 .....	(1)
3 术语和定义 .....	(1)
4 概述 .....	(2)
5 计量特性 .....	(2)
5.1 温度测量系统 .....	(2)
5.2 湿度测量系统 .....	(2)
5.3 压力测量系统 .....	(3)
5.4 电参数测量系统 .....	(3)
5.5 流量测量系统 .....	(3)
5.6 试验工况 .....	(3)
5.7 制热量 .....	(3)
6 校准条件 .....	(4)
6.1 环境条件 .....	(4)
6.2 测量标准及其他设备 .....	(4)
7 校准项目和校准方法 .....	(5)
7.1 校准项目 .....	(5)
7.2 校准方法 .....	(6)
8 校准结果表达 .....	(13)
9 复校时间间隔 .....	(14)
附录 A 校准原始记录格式(供参考) .....	(15)
附录 B 校准证书内页格式(供参考) .....	(25)
附录 C 校准结果不确定度评定示例 .....	(28)

# 引 言

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

本规范为首次发布。

# 热泵热水器能效测量装置校准规范

## 1 范围

本规范规定了热泵热水器能效测量装置（以下简称“测量装置”）的计量特性、校准条件、校准项目及方法、校准结果等内容。本规范适用于家用和类似用途热泵热水器能源效率测量装置的校准，热泵采暖、空气源热泵机组、水源热泵机组能源效率测量装置的校准可参照本规范。

## 2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 882-2019 压力变送器

JJG 1033-2007 电磁流量计

JJF 1059.1 测量不确定度评定与表示

JJF 1366-2012 温度数据采集仪校准规范

JJF 1491-2014 数字式交流电参数测量仪校准规范

GB/T 21362 商业或工业用及类似用途的热泵热水机

GB/T 23137 家用和类似用途热泵热水器

GB/T 25127.1 低环境温度空气源热泵（冷水）机组 第1部分：工业或商业用及类似用途的热泵（冷水）机组

GB/T 25127.2 低环境温度空气源热泵（冷水）机组 第2部分：户用及类似用途的热泵（冷水）机组

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 术语和定义

### 3.1 温度测量系统 measuring system of temperature

由温度传感器、信号变换器、数据采集单元、数据显示单元等组成，具有温度测量、显示、存储等功能的系统。

### 3.2 湿度测量系统 measurement system of humidity

由湿度传感器、信号变换器、数据采集单元、数据显示等单元组成，具有湿度测量、显

示、存储等功能的系统。

### 3.3 压力测量系统 measuring system of pressure

由压力变送器、数字指示调节仪、数据采集、数据显示等单元组成，具有压力测量、显示、存储等功能的系统。

### 3.4 电参数测量系统 measuring system of electrical parameter

由电功率计、电流互感器和数据显示等单元组成，具有电参数测量、显示、存储等功能的系统。

### 3.5 流量测量系统 measurement system of flow

由流量计、数字指示调节仪、数据采集单元、数据显示单元等组成，具有流量测量、显示和存储功能的系统。

### 3.6 试验工况 test conditions

在特定的试验条件下，样机所处的试验环境条件，包括环境温度、环境湿度、环境风速等。

### 3.7 制热量 heating capacity

在规定的试验工况下，热泵热水器在运行时间内提供给热水的能量与运行时间的比值。

## 4 概述

测量装置是一种集成了多种物理参数的综合测量系统，用于测量热泵热水器、热泵机组制热性能、耗电量、能效比等参数的试验装置，通过空气处理机组和水处理系统为被测热泵热水器、热泵机组提供稳定的运行工况，通常配有温度测量系统、湿度测量系统、压力测量系统、电参数测量系统、流量测量系统等，主要计量仪器包括数字功率计、电磁流量计、工业铂热电阻、热电偶和压力变送器等，通过采集功率、流量、温度、压力等参数从而计算得到被测热泵热水器、热泵机组的制热性能、耗电量、性能系数及其他各项性能指标。

## 5 计量特性

### 5.1 温度测量系统

温度测量系统的典型测量范围和最大允许误差见表 1。

表 1 温度测量系统的典型测量范围与最大允许误差

项目	典型测量范围	最大允许误差
干球温度	-25℃~55℃	±0.2℃
湿球温度	0℃~43℃	±0.2℃

进出水温度	3℃~60℃	±0.1℃
水箱温度	5℃~70℃	±0.1℃
热电偶	-50℃~150℃	±0.5℃
注：测量湿球温度时，空气取样装置中铂电阻周围的空气流速应不小于 5m/s。		

## 5.2 湿度测量系统

湿度测量系统的典型测量范围和最大允许误差见表 2。

表 2 湿度测量系统的典型测量范围与最大允许误差

项目	典型测量范围	最大允许误差
湿度	20%RH~95%RH	±5% RH

备注：湿度测量系统仅用于低温测试用途。

## 5.3 压力测量系统

压力测量系统的典型测量范围和最大允许误差见表 3。

表 3 压力测量系统的典型测量范围与最大允许误差

项目	典型测量范围	最大允许误差
水压差	0 kPa~300 kPa	±0.2%FS
大气压力	86 kPa~110 kPa	±0.2 kPa
冷媒压力	0 MPa~20MPa	±0.2%FS

## 5.4 电参数测量系统

电参数测量系统的典型测量范围和最大允许误差见表 4。

表 4 电参数测量系统的典型测量范围与最大允许误差

项目		典型测量范围	最大允许误差/准确度等级
电参数 (单相或多相 中的一相)	交流电压	80V~300V	±0.3%
	交流电流	0.01A~40A	±0.3%
	交流功率	0.5W~12000W	±0.5%
	频率	50Hz、60Hz	±0.3%
	电流互感器	一次电流：5 A ~200A 二次电流：5A、1A 或 100mA	0.2 级或以上等级

## 5.5 流量测量系统

流量测量系统的典型测量范围和最大允许误差见表 5。

表 5 流量测量系统的典型测量范围与最大允许误差

项目	典型测量范围	最大允许误差
水流量	0.2 m <sup>3</sup> /h~40m <sup>3</sup> /h	±2.0%

## 5.6 试验工况

试验工况的典型测量范围和最大允许误差见表 6。

表 6 试验工况的典型测量范围与最大允许误差

项目	典型测量范围	最大允许误差
温度偏差	-25℃~43℃	±0.5℃
温度均匀度		±2.0℃
温度波动度		±0.5℃
湿度偏差	25%RH~87%RH	±5%RH
湿度均匀度		±5%RH
湿度波动度		±3%RH
工况风速	——	≤0.5m/s

## 5.7 制热量

使用电加热标定装置与能效测量装置进行制热量比对，比对参考值为电加热标定装置的输入功率，能效测量装置的制热量测量结果对于参考值的相对偏差不超过参考值的±2.0%。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(5~35)℃。

6.1.2 环境湿度：不超过 80%RH。

6.1.3 大气压力：(86~106) kPa。

6.1.4 供电电源应满足如下条件：

- a) 电源电压：三相交流应在 (380±38) V 之内，单相交流应在 (220±22) V 之内；
- b) 电源频率：应在 (50±0.5) Hz 之内。

6.1.5 工作区域无明显空气对流、机械振动和电磁干扰。

6.1.6 当校准用设备对环境条件另有要求时，应满足其规定要求。

### 6.2 测量标准及其他设备

对检测装置校准时，选用表7所列设备。

表 7 主要校准设备一览表

序号	仪器、设备名称	技术要求	用途
1	标准铂电阻温度计	二等	测量温度参考值
2	电测设备	测量范围与标准铂电阻温度计相适应； 0.005 级及以上等级	与标准铂电阻温度计配套使用
3	恒温槽	控温范围与被校温度测量系统相适应，均匀性 不超过 0.01℃，波动性不超过 0.02℃/10min	温度源
4	风速仪	测量范围：0.2m/s~15 m/s； 最大允许误差：±3%	测量湿球铂电阻周围风速以及试验工况风速
5	压力标准器	压力范围覆盖被校压力测量系统； 最大允许误差：±0.05%	提供标准压力信号
6	功率标准表或功率 标准源	电参数的测量或输出范围覆盖被校数字功率计的 测量范围； 交流电压、交流电流测量或输出最大允许误差： ±0.10%，功率测量或输出最大允许误差：±0.15%	测量电参数参考值或向 数字功率计提供标准电 压、电流及功率
7	负载	负载容量与被校功率测量系统相适应	提供稳定的负载
8	露点仪	湿度测量范围：20%RH~95%RH； 露点温度：最大允许误差：±1.0%RH	测量湿度参考值
9	湿度发生器	湿度控制范围：20%RH~95%RH； 测量腔均匀性不超过 1.0%RH 测量腔稳定性不超过 0.5%RH	湿度源
10	温度校验仪	温度模拟信号输出范围覆盖热电偶信号采集系 统的测量范围； 最大允许误差：±0.3℃	向热电偶信号测量系统 提供温度模拟信号
11	标准流量计	标准流量计流量范围应与被校流量计的流量范 围相适应； 最大允许误差：±0.5%	测量流量参考值
12	温度巡检仪	温度巡检仪测量范围应覆盖试验工况的测量范 围； 温度最大允许误差：±0.15℃ 湿度最大允许误差：±2.0%RH	测量试验工况
13	电加热标定装置	提供的制热量覆盖能效测量装置的常用测量范 围，制热量参考值最大允许误差：±0.5%	向被校能效测量装置提 供制热量
注：除恒温槽、干井式计量炉和负载外，其余主要仪器设备及装置均应具有有效的检定、校准证书。			

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

测量装置的校准项目见表 8，应根据测量装置的结构类型及客户要求，选择相关的校准

项目。

表 8 测量装置的校准项目

序号	项目名称	技术要求条款	校准方法章节
1	温度	5.1	7.2.2
2	湿度	5.2	7.2.3
3	压力	5.3	7.2.4
4	电参数	5.4	7.2.5
5	流量	5.5	7.2.6
6	试验工况	5.6	7.2.7
7	制热量	5.7	7.2.8

## 7.2 校准方法

### 7.2.1 校准前检查

校准前应检查测量装置各部分均应处于正常工作状态。

### 7.2.2 温度校准方法

#### 7.2.2.1 校准点选取

校准点应均匀分布在整個测量范围内，不少于 5 个校准点。必要时，可根据测量装置常用试验工况或用户需求增加校准点。

#### 7.2.2.2 校准步骤

将标准铂电阻温度计和被校温度传感器同时插入恒温槽内，插入深度一般不小于 100mm，并处于相同有效温度区域内；将恒温槽设定至校准点，等待其足够稳定，且标准铂电阻读数与校准点偏差不超过 $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 时，用标准铂电阻温度计读取恒温槽中的温度 $T_B$ ，温度测量仪表显示的温度为 $T_X$ ，每个温度校准点的读数不少于 2 次，计算其平均值。

#### 7.2.2.3 示值误差

温度示值误差按式（1）计算：

$$\Delta T = T_X - (T_B + T'_B) \quad (1)$$

式中：

$\Delta T$  —— 温度示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

$T_X$  —— 温度测量仪表的显示平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

$T_B$  —— 标准铂电阻温度计的读数平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

$T'_B$  —— 标准铂电阻温度计的修正值， $^{\circ}\text{C}$ 。

#### 7.2.2.4 空气取样装置风速测量

将一支湿球铂电阻取下，并在该位置测量空气流速。将风速仪的传感器测杆插入湿球铂电阻放置孔，插入深度与铂电阻一致。将风向标志对准进风口方向，并密封测杆与取样装置之间的缝隙。开启空气取样装置的风机，待风速仪读数稳定后，读取风速显示值。每个风速测量点的读数不少于 2 次，计算其平均值。

### 7.2.3 湿度校准方法

#### 7.2.3.1 校准点选取

一般应包括至少 3 个校准点，必要时，可根据客户需求调整或增加校准点。

#### 7.2.3.2 校准步骤

将被校湿度传感器放入湿度发生器的测试腔，且同时放入露点仪的露点传感器。校准时，先设定湿度发生器的温度值。当温度平衡后，再设定湿度发生器的湿度值，一般校准点按照低湿到高湿的顺序进行。待温湿度稳定后，读取露点仪示值 $H_B$ 和湿度测量仪表的读数 $H_X$ ，每个湿度校准点的读数不少于 2 次，计算其平均值。

#### 7.2.3.3 示值误差

湿度示值误差按式（2）计算：

$$\Delta H = H_X - H_B \quad (2)$$

式中：

$\Delta H$  —— 相对湿度示值误差，%RH；

$H_X$  —— 湿度测量仪表的读数平均值，%RH；

$H_B$  —— 露点仪的读数平均值，%RH。

### 7.2.4 压力校准方法

#### 7.2.4.1 校准点选择

校准点应均匀分布在整個测量范围内，不少于 5 个校准点，必要时根据试验要求或客户要求增加校准点。

#### 7.2.4.2 校准步骤

将压力标准器置于被校压力传感器（静压、差压、水压差、大气压力、冷媒压力）相同的高度，并将压力标准器和被校压力传感器同时接入压力发生器中；校准时，按照升压、降压顺序，依次平稳地将压力发生器调整至校准点并待其足够稳定，分别读取压力标准器示值 $P_S$ 和压力测量仪表示值 $P_X$ ，计算测量误差较大值为该校准点的示值误差。校准所使用的工作介质应为洁净、无腐蚀性的气体。

#### 7.2.4.3 示值误差

压力示值误差按式（3）计算：

$$\Delta P = P_X - P_S \quad (3)$$

式中：

$\Delta P$  —— 压力示值误差，kPa或MPa；

$P_X$  —— 压力测量仪表示值，kPa或MPa；

$P_S$  —— 压力标准器示值，kPa或MPa。

## 7.2.5 电参数校准方法

### 7.2.5.1 校准点选择

电参数校准点应在 50Hz（或用户指定的频率）下选择，至少包含 5 个校准点。必要时，可根据客户需求增加校准点。功率计分为单相功率计和多相功率计，根据测量装置的使用特点，多相功率计可按照上述校准点逐相进行校准。

### 7.2.5.2 校准步骤

(1) 当使用功率标准表法进行校准时：

将标准功率表、负载连接至被校电参数测量系统的实际负载接线端，并确保各部件外壳与地电位连接，如图 1 所示；

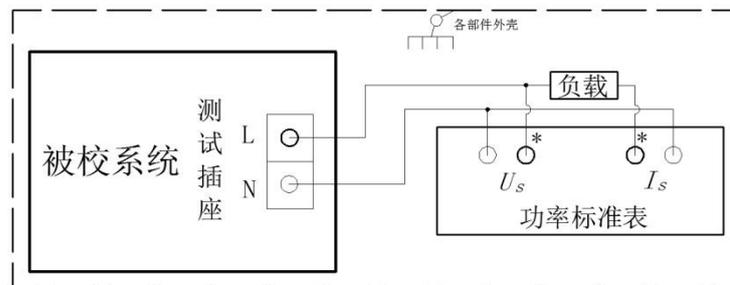


图 1 功率标准表法校准示意图

注：图中\*为同名端。

开启被校电参数测量系统的电压和电流自动量程功能。如果被校系统不具备自动量程功能，校准时根据校准点手动调节至合适量程；按照功率渐升顺序，依次平稳地将负载调整至校准点，同时读取功率标准表和被校电参数测量系统的电压、电流和功率示值。

(2) 当使用功率标准源法进行校准时：

将被校功率计的测量端与检测装置断开，然后与功率标准源的对应端子连接，并确保各部件外壳与地电位连接，如图 2 所示；

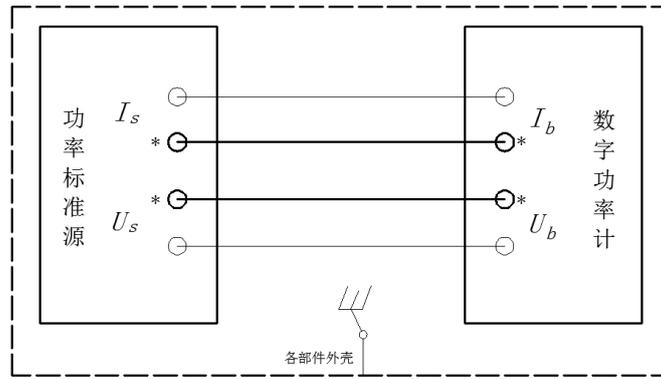


图 2 功率标准源法校准示意图

注：图中\*为同名端。

将被校功率计的电流缩放功能关闭，并开启电压和电流的自动量程功能。如果被校功率计不具备自动量程功能，校准时根据校准点手动调节至合适量程。

按照功率渐升顺序，依次平稳地将功率标准源调整至校准点并待其足够稳定，读取功率标准源和被校电参数测量系统的电压、电流功率和频率示值。

### 7.2.5.3 示值误差

电参数示值误差按式（4）计算：

$$\Delta X = X_m - X_N \quad (4)$$

式中：

$\Delta X$  —— 电参数示值误差，V、A、W或kW、Hz；

$X_m$  —— 电参数测量仪示值，V、A、W或kW、Hz；

$X_N$  —— 标准器示值，V、A、W或kW、Hz。

### 7.2.6 流量计校准方法

当流量测量系统未预留在在线校准端口时，将流量计委托计量机构进行检定或校准。当流量测量系统预留在在线校准端口时，可采用下述方法对流量计进行在线校准。

#### 7.2.6.1 校准点选择

一般应包括测量范围内至少 3 个点。必要时，可根据客户需求调整或增加校准点。

#### 7.2.6.2 校准步骤

1) 可选择图 3 中的一种连接方式串联标准流量计与被校流量计，并充分排空管路中的空气。

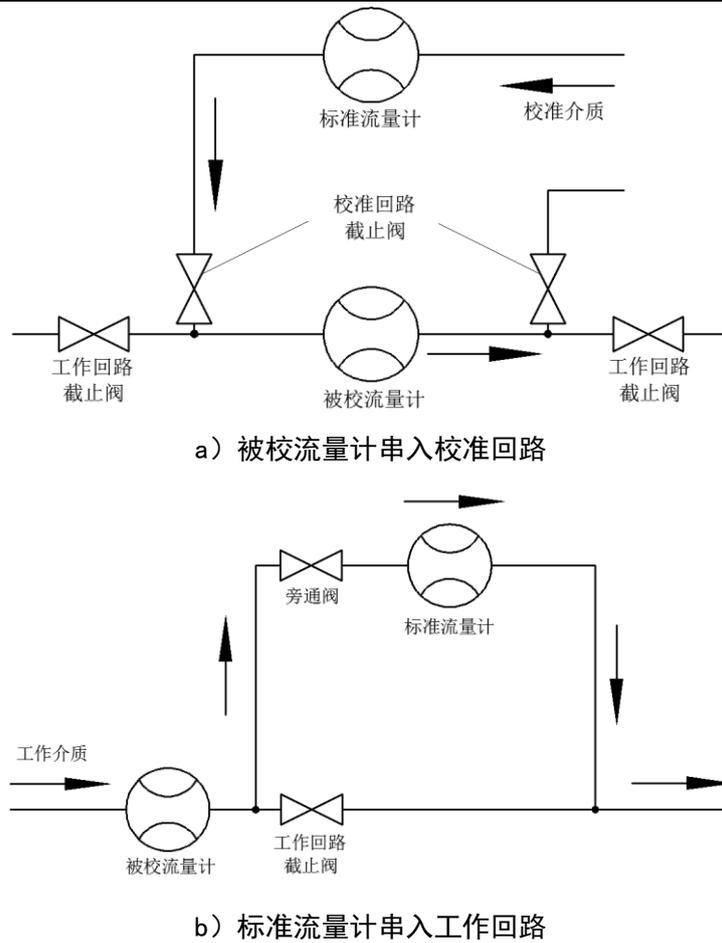


图3 流量计在线校准连接示意图

2) 依次调节校准回路工作介质流量至校准点, 待流量稳定后同时读取标准流量计和被校流量计的示值 (10 分钟累积值)。

### 7.2.6.3 示值误差

流量示值误差按式 (5) 计算:

$$\Delta Q = Q_m - Q_N \quad (5)$$

式中:

$\Delta Q$  —— 流量示值误差, L/min或m<sup>3</sup>/h;

$Q_m$  —— 被校流量计示值, L/min或m<sup>3</sup>/h;

$Q_N$  —— 标准流量计示值, L/min或m<sup>3</sup>/h。

## 7.2.7 试验工况校准方法

### 7.2.7.1 校准点选择

校准试验工况通常情况选择 GB/T 23137 规定的试验工况, 也可以根据用户的要求选择试验工况。

### 7.2.7.2 测量点的布置要求

测量点的位置应布放在试验室的三个校准面上, 即上、中、下三层, 中层为通过试验室

几何中心的平行于底面的校准工作面，测量点与试验室内壁的距离不小于各边长的 1/10，遇风道时，此距离可加大，但不能大于 500mm。

温度测量点为 15 个(A~O)，湿度测试点为 3 个(甲、乙、丙)，E、O、N 分别位于上、中、下层的几何中心，如图 4 所示：

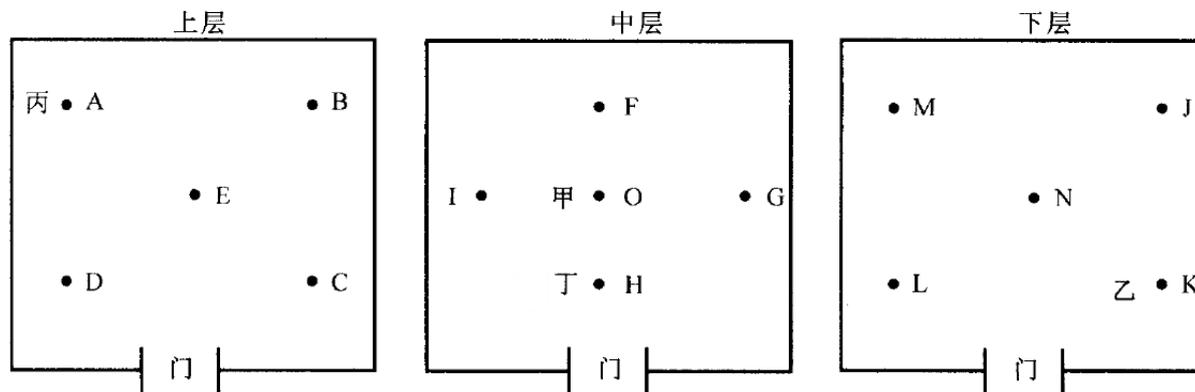


图 4 各测量点分布图

### 7.2.7.3 校准方法

按 7.2.7.2 的要求布放温度、湿度传感器，将试验室的温度、湿度控制器设定到需要校准的温度、湿度工况，使试验室正常工作。待试验室工况稳定后开始读数，每 2min 记录所有测量点的温度、湿度示值，在 60 min 内共记录 30 组数据。

### 7.2.7.4 数据处理

a) 温度偏差计算：

$$\Delta t_d = t_d - t_0 \quad (6)$$

式中： $\Delta t_d$  -- 温度偏差， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_d$  -- 试验室温度控制表显示平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_0$  -- 中心点 30 次测量的温度平均值， $^{\circ}\text{C}$ 。

b) 温度均匀度计算：

试验工况在稳定状态下，每次测试中实测最高温度与最低温度之差的算术平均值。

$$\Delta t_u = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{i\max} - t_{i\min})}{n} \quad (7)$$

式中： $\Delta t_u$  -- 温度均匀度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$n$  -- 测量次数；

$t_{i\max}$  -- 标准器各测量点在第  $i$  次测得的最高温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_{i\min}$  -- 标准器各测量点在第  $i$  次测得的最低温度， $^{\circ}\text{C}$ 。

## c) 温度波动度计算:

试验工况稳定状态下, 工作空间中心点温度随时间的变化量, 即中心点在 30 次测量中实测最高温度与最低温度之差的一半, 冠以“±”号。

$$\Delta t_f = \pm \frac{(t_{0\max} - t_{0\min})}{2} \quad (8)$$

式中:  $\Delta t_f$  -- 温度波动度, °C;

$t_{0\max}$  -- 中心点 30 次测量中的最高温度, °C;

$t_{0\min}$  -- 中心点 30 次测量中的最低温度, °C。

## d) 湿度偏差计算:

$$\Delta h_d = h_d - h_0 \quad (9)$$

式中:  $\Delta h_d$  -- 湿度偏差, %RH;

$h_d$  -- 试验室湿度控制表显示平均值, %RH;

$h_0$  -- 中心点 30 次测量的湿度平均值, %RH。

## e) 湿度均匀度计算:

试验工况在稳定状态下, 每次测试中实测最高湿度与最低湿度之差的算术平均值。

$$\Delta h_u = \frac{\sum_{i=1}^n (h_{i\max} - h_{i\min})}{n} \quad (10)$$

式中:  $\Delta h_u$  -- 湿度均匀度, %RH;

$n$  -- 测量次数,

$h_{i\max}$  -- 各测量点在第  $i$  次测得的最高湿度, %RH;

$h_{i\min}$  -- 各测量点在第  $i$  次测得的最低湿度, %RH。

## f) 湿度波动度计算:

试验工况稳定状态下, 工作空间中心点湿度随时间的变化量, 即中心点在 30 次测量中实测最高湿度与最低湿度之差的一半, 冠以“±”号。

$$\Delta h_f = \pm \frac{(h_{0\max} - h_{0\min})}{2} \quad (11)$$

式中:  $\Delta h_f$  -- 湿度波动度, %RH;

$h_{0\max}$  -- 中心点 30 次测量中的最高湿度, %RH;

$h_{0\min}$  -- 中心点 30 次测量中的最低湿度, %RH。

## 7.2.7.5 试验工况风速测量

a) 测量点距离地面高度  $(1\pm 0.2)$  m，距离墙壁  $(0.5\pm 0.1)$  m，测量点位置如图 5 所示：

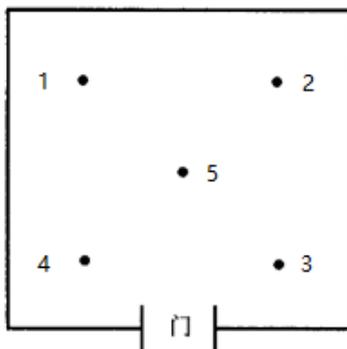


图 5 试验工况风速测量点

b) 用风速仪，在测量位置依照风速的流动方向，旋转风速计使风速计测得值为最大值的位置，重复测量 3 次，取 3 次平均值为当前位置的风速值，其风速值应不大于 0.5m/s。

## 7.2.8 制热量比对方法

## 7.2.8.1 比对前准备

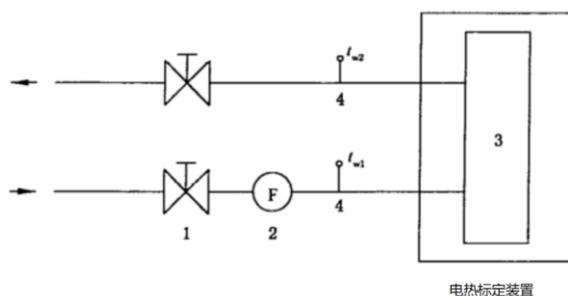
制热量比对开始前，需完成表 8 中 1 至 6 项的校准项目。试验时，电加热标定装置所处环境温度应控制在进出水温度的平均值  $\pm 2$ K 范围内。

## 7.2.8.2 比对点选择

应包括测量范围内至少 2 个点，尽量覆盖制热量测量范围的中低端和中高端。必要时，可根据客户需求调整或增加校准点。

## 7.2.8.3 比对方法

电加热标定装置如图 6 所示，电加热标定装置为保温的闭式加热水箱，其表面应做保温处理，使其在 11K 温差下漏热量不大于测试能力的 1% 或 50W，两者中取小的值。用阻性电加热标定装置替代被试机组，接入测试环路中，运行测量装置，并将测量装置的水侧工况设定为 GB/T 25127.1 中规定的名义制热工况。待试验工况及电加热标定装置运行稳定后，读取测量装置制热量和电加热标定装置的输入功率。



说明：1—流量调节阀；2—流量计；3—热标定装置；4—进出水温度。

图6 电加热标定装置

## 7.2.8.4 示值误差

制热量相对示值误差按式（12）计算：

$$\Delta = \frac{\phi_m - \phi_N}{\phi_N} \times 100\% \quad (12)$$

式中：

- $\Delta$  —— 制热量相对示值误差；  
 $\phi_m$  —— 测量装置制热量，W；  
 $\phi_N$  —— 电加热标定装置的输入功率，W。

## 8 校准结果表达

校准结果应在校准证书上反映，校准证书应至少包含以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 试验装置名称及地址；
- c) 进行校准的地点（如果与测量装置地址不同）；
- 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) 对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) 校准证书和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说明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的说明。

## 9 复校时间间隔

复校时间间隔是由测量装置的使用情况、使用者、装置本身质量等诸多因素所决定，因

此，使用单位可根据实际使用情况自行确定复校时间间隔。一般情况下，建议复校时间间隔为 12 个月。

## 附录 A

## 校准原始记录格式（供参考）

委托单位名称			
委托单位地址			
设备名称			
制造单位			
规格型号		仪器编号	

## 校准用主要计量标准器具

标准器名称	规格型号	设备编号	不确定度/准确度等级 /最大允许误差	证书编号	有效期

校准依据： \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

环境条件 温度： \_\_\_\_\_ 相对湿度： \_\_\_\_\_

校准地点： \_\_\_\_\_

备注： \_\_\_\_\_

校准日期： \_\_\_\_\_

校准人员： \_\_\_\_\_ 核验人员： \_\_\_\_\_

## 1 温度测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (°C)		标准器示值 (°C)	被校示值 (°C)
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			
空气取样装置风速测量			
测量位置		风速 (m/s)	
空气取样装置 1			
空气取样装置 2			
测量不确定度:			

## 2 湿度测量系统

被校器名称					
型号				生产厂	
编号				备注	
发生器参数		标准器示值		被校示值	
温度 (°C)	相对湿度 (%RH)	温度 (°C)	相对湿度 (%RH)	温度 (°C)	相对湿度 (%RH)
校准点 1					
...					
校准点 n					
测量不确定度:					

## 3 压力测量系统

被校器名称		
型号		生产厂
编号		测量范围
校准点 (kPa, MPa)	标准器示值 (kPa, MPa)	被校示值 (kPa, MPa)
校准点 1		
...		
校准点 n		
测量不确定度:		

## 4 电参数测量系统

被校器名称		
型号		生产厂
编号		备注
标准器示值		被校示值

校准频率：50Hz			被校频率：		
电压（V）	电流（A）	功率（W）	电压（V）	电流（A）	功率（W）
校准点 1					
...					
校准点 n					
测量不确定度：					

## 5 流量测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点（m <sup>3</sup> /h）	标准器示值（m <sup>3</sup> /h）	被校示值（m <sup>3</sup> /h）	
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度：			

## 6 试验工况

试验工况	工况 1	...	工况 n
温度误差（℃）			
温度均匀度（℃）			
温度波动度（℃）			
校准不确定度为：			
湿度误差（℃）			
湿度均匀度（℃）			
湿度波动度（℃）			
测量不确定度：			
试验工况风速（m/s）			
测量点 1			
...			
测量点 n			
测量不确定度：			

注：具体数据见附页。

## 7 制热量

比对点（W）	热标定装置的输入功率（W）	测量装置制热量（W）
比对点 1		
...		
比对点 n		
测量不确定度：		

## 附录 B

## 校准证书内页格式（供参考）

证书编号：XXXX—XXXX

校准机构授权说明				
校准环境条件及地点：				
温 度		地 点		
相对湿度		其 他		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名 称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	检定/校准 证书标号	证书有效期 至

注：

- 1、XXXX XXXX 仅对加盖“XXXXXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
- 2、本证书的校准结果仅对所校准的对象有效。
- 3、未经实验室书面批准，不得部分复印证书。

第 页，共 页

证书编号：XXXX—XXXX

# 校准结果

## 1 温度测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (°C)	标准器示值 (°C)	被校示值 (°C)	
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			
空气取样装置风速测量			
测量位置		风速 (m/s)	
空气取样装置 1			
空气取样装置 2			
测量不确定度:			

## 2 湿度测量系统

被校器名称								
型号				生产厂				
编号				备注				
发生器参数			标准器示值			被校示值		
温度(°C)	湿度(%RH)	温度(°C)	湿度(%RH)	温度(°C)	湿度(%RH)	温度(°C)	湿度(%RH)	
校准点 1								
...								
校准点 n								
测量不确定度:								

## 3 压力测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点 (Pa, kPa, MPa)	标准器示值 (Pa, kPa, MPa)	被校示值 (Pa, kPa, MPa)	
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度:			

## 4 电参数测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		备注	

标准器示值			被校示值		
校准频率：50Hz			被校频率：		
电压（V）	电流（A）	功率（W）	电压（V）	电流（A）	功率（W）
校准点 1					
...					
校准点 n					
测量不确定度：					

## 5 流量测量系统

被校器名称			
型号		生产厂	
编号		测量范围	
校准点（m <sup>3</sup> /h）	标准器示值（m <sup>3</sup> /h）	被校示值（m <sup>3</sup> /h）	
校准点 1			
...			
校准点 n			
测量不确定度：			

## 6 试验工况

试验工况	工况 1	...	工况 n
温度偏差（℃）			
温度均匀度（℃）			
温度波动度（℃）			
校准不确定度为：			
湿度偏差（℃）			
湿度均匀度（℃）			
湿度波动度（℃）			
测量不确定度：			
试验工况风速（m/s）			
测量点 1			
...			
测量点 n			
测量不确定度：			

## 7 制热量

比对点（W）	热标定装置的输入功率（W）	测量装置制热量（W）
比对点 1		
...		
比对点 n		
测量不确定度：		

校准员：

核验员：

## 附录 C

## 校准结果不确定度评定示例

## C.1 试验工况温度偏差的测量不确定度评定

## C.1.1 测量模型

$$\Delta t_d = t_d - t_0 + \Delta t_0 \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta t_d$ ——温度误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_d$ ——温控仪表显示温度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$t_0$ ——温度场测试系统读数， $^{\circ}\text{C}$ 。

灵敏系数：

$$c_{t_d} = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial t_d} = 1 ; c_{t_0} = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial t_0} = -1 ; c_{\Delta t_0} = \frac{\partial \Delta t_d}{\partial \Delta t_0} = 1。$$

## C.1.2 根据测量模型列出各个不确定度分量的来源

- (1) 测量重复性引入的标准不确定度， $u_1$ ；
- (2) 分辨力引入的标准不确定度， $u_2$ ；
- (3) 标准器准确度引入的标准不确定度， $u_3$ ；
- (4) 标准器年度稳定性引入的标准不确定度， $u_4$ ；

C.1.3 测量重复性引入的标准不确定度  $u_1$ 

对温度为  $7^{\circ}\text{C}$  的试验室作 15 次独立重复测量，从温度场测试系统上读取 15 次显示值，记为  $t_{01}, t_{02}, \dots, t_{015}$ ，平均值记为  $\bar{t}_0$ ，其测量列表如下表所示。

$i$ (次数)	$t_{0i}/^{\circ}\text{C}$	$i$ (次数)	$t_{0i}/^{\circ}\text{C}$	$i$ (次数)	$t_{0i}/^{\circ}\text{C}$
1	7.26	6	7.16	11	7.16
2	7.22	7	7.10	12	7.20
3	7.31	8	7.15	13	7.26
4	7.25	9	7.06	14	7.21
5	7.20	10	7.11	15	7.15

根据公式

$$s(\bar{t}_0) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_{0i} - \bar{t}_0)^2}{n(n-1)}}$$

计算得算术平均值  $\bar{t}_0$  的实验标准差  $s(\bar{t}_0) = 0.018^{\circ}\text{C}$ ，则由 15 次独立重复测量引入的标准不确定分量  $u_1 = s(\bar{t}_0) = 0.018^{\circ}\text{C}$ 。

C.1.4 分辨力引入的标准不确定度  $u_2$ 

温控仪表分辨力为  $0.01^\circ\text{C}$ ，按均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，其引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{0.01}{2\sqrt{3}} = 0.003^\circ\text{C}$$

C.1.5 标准器准确度引入的标准不确定度  $u_3$ 

由校准证书得，其扩展不确定度为  $U=0.10^\circ\text{C}$ ， $k=2$ ，其引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.10}{2} = 0.050^\circ\text{C}$$

C.1.6 标准器年稳定性引入的标准不确定度  $u_4$ 

标准器年稳定性估计偏差为  $\pm 0.10^\circ\text{C}$ ，按均匀分布， $k=\sqrt{3}$ ，其引入的标准不确定度为：

$$u_4 = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058^\circ\text{C}$$

## C.1.6 合成标准不确定度

标准不确定度汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量 $u(x_i)$	灵敏系数 $c_i$	标准不确定度	不确定度分量 $ c_i u(x_i)$
测量重复性引入的标准不确定度	$u_1$	1	$0.018^\circ\text{C}$	$0.018^\circ\text{C}$
分辨力引入的标准不确定度	$u_2$	1	$0.003^\circ\text{C}$	$0.003^\circ\text{C}$
标准器准确度引入的标准不确定度	$u_3$	-1	$0.050^\circ\text{C}$	$0.050^\circ\text{C}$
标准器年度稳定性引入的标准不确定度	$u_4$	-1	$0.058^\circ\text{C}$	$0.058^\circ\text{C}$

则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2 + c_4^2 u_4^2} = 0.08^\circ\text{C}$$

## C.1.7 扩展不确定度的评定

$$U=0.16^\circ\text{C} \quad (k=2)$$

## C.2 环境湿度偏差测量不确定度分析

### C.2.1 测量模型：

$$\Delta h_d = h_d - h_0 \quad (\text{C.2})$$

式中：

$\Delta h_d$ ——湿度偏差，%RH；

$h_d$ ——温控仪表显示湿度，%RH；

$h_0$ ——标准温湿度仪读数，%RH。

灵敏系数：

$$c_{h_d} = \frac{\partial \Delta h_d}{\partial h_d} = 1 ; c_{h_0} = \frac{\partial \Delta h_d}{\partial h_0} = -1 ; c_{\Delta h_0} = \frac{\partial \Delta h_d}{\partial \Delta h_0} = 1。$$

### C.2.2 根据测量模型列出各个不确定度分量的来源

- (1) 测量重复性引入的标准不确定度， $u_1$ ；
- (2) 分辨力引入的标准不确定度， $u_2$ ；
- (3) 标准器准确度引入的标准不确定度， $u_3$ ；
- (4) 标准器年度稳定性引入的标准不确定度， $u_4$ ；

### C.2.3 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1$

对温度为 7℃、湿度为 87%RH 的实验室作 15 次独立重复测量，从温湿场测试系统上读取 15 次显示值，记为  $h_{01}, h_{02}, \dots, h_{015}$ ，平均值记为  $\bar{h}_0$ ，其测量列表如下表所示。

$i$ (次数)	$h_{0i}$ (%RH)	$i$ (次数)	$h_{0i}$ (%RH)	$i$ (次数)	$h_{0i}$ (%RH)
1	87.2	6	87.2	11	87.9
2	87.7	7	87.8	12	87.8
3	88.1	8	88.3	13	87.5
4	87.5	9	88.4	14	87.5
5	87.7	10	87.6	15	88.3

根据公式

$$s(\bar{h}_0) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_{0i} - \bar{h}_0)^2}{n(n-1)}}$$

计算得算术平均值  $\bar{h}_0$  的实验标准差  $s(\bar{h}_0) = 0.10\%RH$ ，则由 15 次独立重复测量引入的标准不确定分量  $u_1 = s(\bar{h}_0) = 0.10\%RH$ 。

C.2.4 分辨力引入的标准不确定度  $u_2$ 

温控仪表分辨力为 0.1%RH, 按均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 其引入的标准不确定度为:

$$u_2 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.03\%RH$$

C.2.5 标准器准确度引入的标准不确定度  $u_2$ 

由校准证书得, 其测量扩展不确定度为  $U=1.1\%RH$ ,  $k=2$ , 其引入的标准不确定度为:

$$u_3 = \frac{1.1}{2} = 0.55\%RH$$

C.2.6 标准器年稳定性引入的标准不确定度  $u_3$ 

标准器年稳定性估计偏差为 $\pm 1.0\%RH$ , 按均匀分布,  $k=\sqrt{3}$ , 其引入的标准不确定度为:

$$u_4 = \frac{1.0}{\sqrt{3}} = 0.58\%RH$$

## C.2.7 合成标准不确定度

标准不确定度汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量 $u(x_i)$	灵敏系数 $c_i$	标准不确定度	不确定度分量 $ c_i u(x_i)$
测量重复性引入的标准不确定度	$u_1$	1	0.10%RH	0.10%RH
分辨力引入的标准不确定度	$u_2$	1	0.03%RH	0.03%RH
标准器准确度引入的标准不确定度	$u_3$	-1	0.55%RH	0.55%RH
标准器年度稳定性引入的标准不确定度	$u_4$	-1	0.58%RH	0.58%RH

则合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2 + c_4^2 u_4^2} = 0.8\%RH$$

## C.2.8 扩展不确定度的评定

$$U=1.6\%RH \quad (k=2)$$

### C.3 环境温度波动度测量结果不确定度评定

#### C.3.1 测量模型

$$t = \pm \frac{t_{max} - t_{min}}{2} \quad (C.3)$$

式中：

$t$ ——温度波动度；

$t_{max}$ ——中心点 15 次测量中的最高温度；

$t_{min}$ ——中心点 15 次测量中的最低温度。

#### C.3.2 根据测量模型列出各个不确定度分量的来源

- (1) 测量重复性引入的标准不确定度， $u_1$ ；
- (2) 采样间隔引入的标准不确定度， $u_2$ ；
- (3) 标准器准确度引入的标准不确定度， $u_3$ ；

#### C.3.3 测量重复性引入的标准不确定度， $u_1$

对环境试验设备作 15 次独立重复测量，从标准器上读取 15 次显示值，记为  $t_1, t_2, \dots, t_{15}$ ，其测量列表如下表所示。

$i$ (次数)	$t_i/^\circ\text{C}$	$i$ (次数)	$t_i/^\circ\text{C}$	$i$ (次数)	$t_i/^\circ\text{C}$
1	0.22	6	0.13	11	0.27
2	0.26	7	0.26	12	0.25
3	0.24	8	0.19	13	0.17
4	0.16	9	0.22	14	0.13
5	0.17	10	0.24	15	0.15

根据公式

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

计算得单次测量的实验标准差  $u_1 = s(t) = 0.050^\circ\text{C}$ 。

#### C.3.4 采样时间间隔引入的标准不确定度 $u_2$

由于采样时间间隔为 2min，数据采集的起始时间点不同，所采数据会有所差异，估计偏差为  $\pm 0.2^\circ\text{C}$ ，按均匀分布，则其引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{0.2}{\sqrt{3}} = 0.116^\circ\text{C}$$

#### C.3.5 标准器准确度引入的标准不确定度 $u_3$

由校准证书得，其扩展不确定度为  $U = 0.10^\circ\text{C}$ ， $k=2$ ，其引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{0.10}{2} = 0.050^\circ\text{C}$$

### C.3.5 合成标准不确定度

标准不确定度汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量 $u(x_i)$	灵敏系数 $c_i$	标准不确定度	不确定度分量 $ c_i u(x_i)$
测量重复性引入的标准不确定度	$u_1$	1	$0.050^\circ\text{C}$	$0.050^\circ\text{C}$
采样时间间隔引入的标准不确定度	$u_2$	1	$0.116^\circ\text{C}$	$0.116^\circ\text{C}$
标准器准确度引入的标准不确定度	$u_3$	1	$0.050^\circ\text{C}$	$0.050^\circ\text{C}$

则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} = 0.14^\circ\text{C}$$

### C.3.6 扩展不确定度的评定

$$U=0.28^\circ\text{C} \quad (k=2)$$

## C.4 环境湿度波动度测量结果不确定度评定

### C.4.1 测量模型

$$h = \pm \frac{h_{\max} - h_{\min}}{2} \quad (\text{C.4})$$

式中：

$h$ ——湿度波动度；

$h_{\max}$ ——中心点 15 次测量中的最高湿度值；

$h_{\min}$ ——中心点 15 次测量中的最低湿度值。

### C.4.2 根据测量模型列出各个不确定度分量的来源

- (1) 测量重复性引入的标准不确定度， $u_1$ ；
- (2) 采样间隔引入的标准不确定度， $u_2$ ；
- (3) 标准器准确度引入的标准不确定度， $u_3$ ；

### C.4.3 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1$

对温度为  $7^\circ\text{C}$ 、湿度为 87%RH 的实验室作 15 次独立重复测量，从标准器上读取 15 次显示值，记为  $h_1, h_2, \dots, h_{15}$ ，其测量列表如下表所示。

$i$ (次数)	$h_i$ (%RH)	$i$ (次数)	$h_i$ (%RH)	$i$ (次数)	$h_i$ (%RH)
1	0.74	6	0.46	11	0.69
2	1.10	7	0.52	12	0.64

3	0.92	8	0.77	13	0.87
4	0.86	9	0.88	14	0.92
5	0.55	10	0.56	15	0.76

根据公式

$$s(h) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (h_i - \bar{h})^2}{(n-1)}}$$

计算得单次测量的实验标准差  $u_1 = s(h) = 0.18\%RH$ 。

#### C.4.4 采样时间间隔引入的标准不确定度 $u_2$

由于采样间隔为 2min，数据采集的起始时间点不同，所采数据会有所差异，估计偏差为  $\pm 1.2\%RH$ ，按均匀分布，则其引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{1.2}{\sqrt{3}} = 0.69\%RH$$

#### C.4.5 标准器准确度引入的标准不确定度 $u_2$

由校准证书得，其测量扩展不确定度为  $U=1.1\%RH$ ， $k=2$ ，其引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{1.1}{2} = 0.55\%RH$$

#### C.4.5 合成标准不确定度

标准不确定度汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量 $u(x_i)$	灵敏系数 $c_i$	标准不确定度	不确定度分量 $ c_i u(x_i)$
测量重复性引入的标准不确定度	$u_1$	1	0.18%RH	0.18%RH
采样时间间隔引入的标准不确定度	$u_2$	1	0.69%RH	0.69%RH
标准器准确度引入的标准不确定度	$u_3$	1	0.55%RH	0.55%RH

则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} = 0.9\%RH$$

#### C.4.6 扩展不确定度的评定

$$U=1.8\%RH \quad (k=2)$$

## C.5 环境温度均匀度测量结果不确定度评定

### C.5.1 测量模型

$$\Delta t_u = \frac{\sum_{i=1}^n (t_{imax} - t_{imin})}{n} \quad (C.5)$$

式中：

$\Delta t_u$ ——温度均匀度，℃；

$n$ ——测量次数；

$t_{imax}$ ——各检测点在第  $i$  次测得的最高温度，℃；

$t_{imin}$ ——各检测点在第  $i$  次测得的最低温度，℃。

### C.5.2 根据测量模型列出各个不确定度分量的来源

- (1) 测量重复性引入的标准不确定度， $u_1$ ；
- (2) 标准器准确度引入的标准不确定度， $u_2$ ；
- (3) 标准器年度稳定性引入的标准不确定度， $u_3$ ；

### C.5.3 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1$

对环境试验设备作 15 次独立重复测量，从标准器上读取 15 次显示值，记为  $\Delta t_{u1}$ ， $\Delta t_{u2}$ ， $\dots$ ， $\Delta t_{u15}$ ，其测量列表如下表所示。

$i$ (次数)	$\Delta t_{ui}/^\circ\text{C}$	$i$ (次数)	$\Delta t_{ui}/^\circ\text{C}$	$i$ (次数)	$\Delta t_{ui}/^\circ\text{C}$
1	0.36	6	0.36	11	0.36
2	0.44	7	0.44	12	0.42
3	0.37	8	0.50	13	0.37
4	0.46	9	0.42	14	0.39
5	0.39	10	0.40	15	0.42

根据公式

$$s(\Delta t_u) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta t_{ui} - \bar{\Delta t}_u)^2}{(n-1)}}$$

计算得单次测量的实验标准差  $u_1 = s(\Delta t_u) = 0.042^\circ\text{C}$ 。

### C.5.4 标准器准确度引入的标准不确定度 $u_2$

由校准证书得，其测量扩展不确定度为  $U=0.10^\circ\text{C}$ ， $k=2$ ，其引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{0.10}{2} = 0.050^\circ\text{C}$$

### C.5.5 标准器年稳定性引入的标准不确定度 $u_3$

标准器年稳定性估计偏差为  $\pm 0.10^\circ\text{C}$ ，按均匀分布，则其引入的标准不确定

度为:

$$u_3 = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.058^\circ\text{C}$$

### C.5.6 合成标准不确定度

标准不确定度汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量 $u(x_i)$	灵敏系数 $c_i$	标准不确定度	不确定度分量 $ c_i u(x_i)$
测量重复性引入的标准不确定度	$u_1$	1	0.042 $^\circ\text{C}$	0.042 $^\circ\text{C}$
标准器准确度引入的标准不确定度	$u_2$	1	0.050 $^\circ\text{C}$	0.050 $^\circ\text{C}$
标准器年度稳定性引入的标准不确定度	$u_3$	1	0.058 $^\circ\text{C}$	0.058 $^\circ\text{C}$

则合成标准不确定度为:

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} = 0.09^\circ\text{C}$$

### C.5.7 扩展不确定度的评定

$$U=0.18^\circ\text{C} \quad (k=2)$$

## C.6 环境湿度均匀度测量结果不确定度评定

### C.6.1 测量模型:

$$\Delta h_u = \frac{\sum_{i=1}^n (h_{imax} - h_{imin})}{n} \quad (\text{C.6})$$

式中:

$\Delta h_u$ ——湿度均匀度, %RH;

$n$  ——测量次数;

$h_{imax}$ ——各检测点在第  $i$  次测得的最高湿度, %RH;

$h_{imin}$ ——各检测点在第  $i$  次测得的最低湿度, %RH。

### C.6.2 根据测量模型列出各个不确定度分量的来源

- (1) 测量重复性引入的标准不确定度,  $u_1$ ;
- (2) 标准器准确度引入的标准不确定度,  $u_2$ ;
- (3) 标准器年度稳定性引入的标准不确定度,  $u_3$ ;

### C.6.3 测量重复性引入的标准不确定度 $u_1$

对温度为 7 $^\circ\text{C}$ 、湿度为 87%RH 的实验室作 15 次独立重复测量, 从标准器上读取 15 次显示值, 记为  $\Delta h_{u1}$ ,  $\Delta h_{u2}$ ,  $\dots$ ,  $\Delta h_{u15}$ , 其测量列表如下表所示。

$i$ (次数)	$\Delta h_{ui}/$ (%RH)	$i$ (次数)	$\Delta h_{ui}/$ (%RH)	$i$ (次数)	$\Delta h_{ui}/$ (%RH)
1	1.12	6	1.36	11	0.91
2	0.93	7	1.20	12	0.88
3	0.84	8	0.98	13	0.82
4	0.79	9	0.87	14	0.93
5	1.22	10	0.95	15	0.83

根据公式

$$s(\Delta h_u) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta h_{ui} - \bar{\Delta h}_u)^2}{(n-1)}}$$

计算得单次测量的实验标准差 $u_1 = s(\Delta h_u) = 0.17\%RH$ 。

#### C.6.4 标准器准确度引入的标准不确定度 $u_2$

由校准证书得，其测量扩展不确定度为  $U=1.1\%RH$ ， $k=2$ ，其引入的标准不确定度为：

$$u_2 = \frac{1.1}{2} = 0.55\%RH$$

#### C.6.5 标准器年稳定性引入的标准不确定度 $u_3$

标准器年稳定性估计偏差为 $\pm 1.0\%RH$ ，按均匀分布，则其引入的标准不确定度为：

$$u_3 = \frac{1.0}{\sqrt{3}} = 0.58\%RH$$

#### C.6.6 合成标准不确定度

标准不确定度汇总表

不确定度来源	标准不确定度分量 $u(x_i)$	灵敏系数 $c_i$	标准不确定度	不确定度分量 $ c_i u(x_i)$
测量重复性引入的标准不确定度	$u_1$	1	0.08%RH	0.08%RH
标准器准确度引入的标准不确定度	$u_2$	1	0.55%RH	0.55%RH
标准器年度稳定性引入的标准不确定度	$u_3$	1	0.58%RH	0.58%RH

则合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{c_1^2 u_1^2 + c_2^2 u_2^2 + c_3^2 u_3^2} = 0.8\%RH$$

#### C.6.7 扩展不确定度的评定

$$U=1.6\%RH \quad (k=2)$$