

黑龙江省地方计量技术规范

JJF (黑) XX—2025

建筑门窗保温性能检测装置校准规范

Calibration Specification for Building Doors and Windows Thermal
Insulation Performance Testing Device

(审定稿)

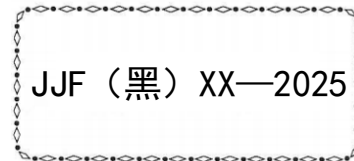
2025-XX-XX 发布

2025-XX-XX 实施

黑龙江省市场监督管理局 发布

建筑门窗保温性能检测装置 校准规范

Calibration Specification for Building
Doors and Windows Thermal Insulation
Performance Testing Device



归口单位：黑龙江省市场监督管理局

主要起草单位：哈尔滨市计量检定测试院

参加起草单位：黑龙江省计量检定测试研究院

哈尔滨商业大学

辽宁省计量科学研究院

哈尔滨市工程质量咨询中心

本规范委托哈尔滨市计量检定测试院负责解释

本规范主要起草人：

伍 琳（哈尔滨市计量检定测试院）

孟令娟（哈尔滨市计量检定测试院）

张 慧（哈尔滨市计量检定测试院）

苏海燕（哈尔滨市计量检定测试院）

吴彩虹（黑龙江省计量检定测试研究院）

徐 莹（哈尔滨商业大学）

王 浩（辽宁省计量科学研究院）

参加起草人：

邓伟财（哈尔滨市工程质量咨询中心）

王海涛（辽宁省计量科学研究院）

侯戌岭（哈尔滨市计量检定测试院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(2)
5.1 温度传感器示值误差	(2)
5.2 热箱、冷箱温度偏差及波动度	(2)
5.3 湿度	(2)
5.4 功率表示值误差	(3)
6 校准条件	(3)
6.1 环境条件	(3)
6.2 测量标准技术要求	(3)
7 校准方法	(3)
7.1 温度传感器示值误差	(3)
7.2 热箱、冷箱温度偏差及波动度	(4)
7.3 热箱内相对湿度的校准	(6)
7.4 功率表示值误差	(6)
8 校准结果表达	(7)
8.1 校准记录	(7)
8.2 校准结果的处理	(8)
9 复校时间间隔	(8)
附录 A 建筑门窗保温性能检测装置校准记录格式 (推荐性)	(9)
附录 B 建筑门窗保温性能检测装置校准证书内页格式 (推荐性)	(11)
附录 C 热箱温度偏差测量结果的不确定度评定示例	(12)
附录 D 温度传感器示值误差测量结果的不确定度评定示例	(15)
附录 E 功率表示值误差测量结果的不确定度评定示例	(18)

引 言

JJF1071—2010《国家计量校准规范编写规则》、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》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范主要参考了 JJF1076—2020《数字式温湿度计校准规范》、JJG780—1992《交流数字功率表检定规程》和 GB/T13475—2008《绝热 稳态传热性质的测定 标定和防护热箱法》。

本规范为首次发布。

建筑门窗保温性能检测装置校准规范

1 范围

本规范适用于基于标定热箱法原理的建筑门窗保温性能检测装置的计量性能的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1101—2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范

JJF 1171—2024 温湿度巡回检测仪校准规范

GB/T 8484—2020 建筑外门窗保温性能检测方法

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

JJF 1101—2019，GB/T 8484—2020 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1 门窗传热系数 doors and windows thermal transmittance

稳态传热条件下，门窗两侧空气温差为 1℃时，单位时间内通过单位面积的传热量。

[GB/T 8484—2020 建筑外门窗保温性能检测方法，3.2]

3.2 稳定状态 steady state

环境试验设备工作空间内任意点的温度、相对湿度变化量达到设备本身性能指标要求时的状态。

[JJF 1101—2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范，3.3]

3.3 温度偏差 temperature deviation

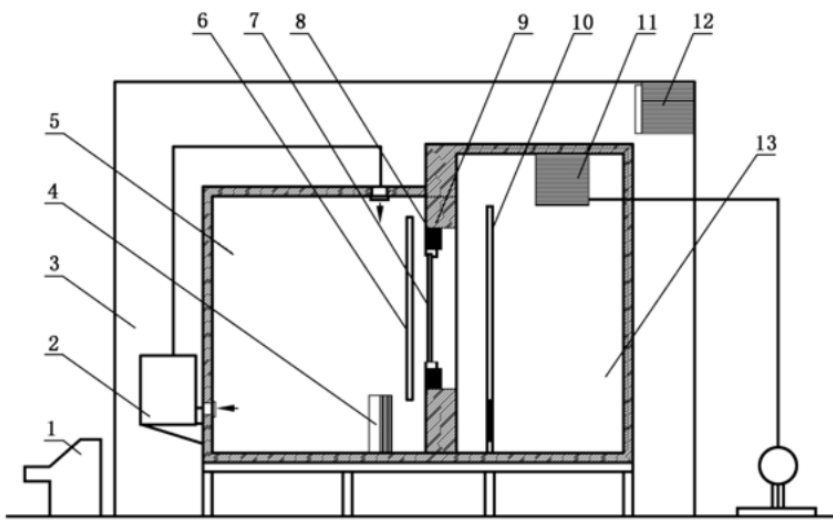
环境试验设备稳态状态下，工作空间各测量点在规定时间内实测最高温度和最低温度与设定温度的上下偏差。温度偏差包含温度上偏差和温度下偏差。

[JJF 1101—2019 环境试验设备温度、湿度参数校准规范，3.4]

4 概述

建筑门窗保温性能检测装置（以下简称检测装置）是通过热箱法模拟室内外温差条件，测量门窗的热阻值和传热系数，用于评定保温性能的装置。基于标定热箱法的检测装置主要由热箱、冷箱、试件框、填充板和环境空间五部分组成，具体结构图如图 1 所示。检测装置是基于稳态传热原理来检测建筑门窗传热系数。试件一侧为热箱，模拟供

暖建筑冬季室内气温条件；另一侧为冷箱，模拟冬季室外气温和气流速度。在对试件缝隙进行密封处理，试件两侧各自保持稳定的气温，气流速度和热辐射条件下，测温热箱中加热装置单位时间内的发热量，减去通过热箱壁、试件框、填充板、试件和填充板边缘的热损失、除以试件面积与两侧气温的乘积。建筑门窗保温性能检测装置广泛应用于建筑行业的门窗生产、销售和安装领域，其可以准确评估门窗产品的保温性能，确保建筑物满足节能环保要求。



1.控制系统检测装置；2.控温系统；3.环境空间；4.热箱加热装置；5.热箱；6.热箱导流板；7.试件；8.填充板；9.试件框；10.冷箱导流板；11.冷箱制冷装置；12.环境空调装置；13.冷箱。

图1 检测装置结构图

5 计量特性

5.1 温度传感器示值误差

最大允许误差： $\pm 0.25\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.2 热箱、冷箱温度偏差及波动度：

表 1 热箱、冷箱温度偏差及波动度

序号	名称	温度偏差	波动度
1	热箱	$\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$
2	冷箱	$\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$

5.3 热箱内相对湿度的校准

在抗结露因子试验时热箱内相对湿度实测值不大于 25%。

5.4 功率表示值误差

最大允许误差： $\pm 0.5\%$

注：校准工作不判定符合与否，上述计量特性的指标仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度： $(15\sim 35)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度：不大于 85% ；

大气压： $86\text{ kPa}\sim 106\text{ kPa}$ 。

设备周围应无强烈振动及腐蚀性气体存在，应避免其他冷、热源的影响。无明显影响正常工作的电磁干扰。实际工作中，环境条件还应满足测量标准器正常使用的要求。

6.2 测量标准及其他设备

校准用测量标准及其他设备参考表 1。也可选用满足校准要求的其他测量标准，其扩展不确定度应不大于被校对象最大允许误差绝对值的 $1/3$ 。

表 2 测量标准及其他设备技术要求

序号	名称	测量范围	技术要求	用途
1	高精度数字测温仪	$(-30\sim 30)\text{ }^{\circ}\text{C}$	分辨力： $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；最大允许误差 $\pm 0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。	用于温度传感器的校准
2	便携式恒温设备	$(-30\sim 30)\text{ }^{\circ}\text{C}$	工作区域内水平温差 $0.05\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；最大温差 $0.10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，温度波动度 $0.1\text{ }^{\circ}\text{C}/10\text{ min}$	
3	多通道温度显示仪表或多路温度测量装置	$(-30\sim 30)\text{ }^{\circ}\text{C}$	分辨力： $0.01\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；最大允许误差： $\pm(0.15\text{ }^{\circ}\text{C}+0.002\times t)$ 。传感器宜选用四线制铂电阻温度计，通道传感器数量不少于 9 个，并能满足校准工作需求。	用于热箱、冷箱温度偏差及波动度的校准
4	湿度测量标准	$(10\sim 90)\text{ \%RH}$	分辨力： $0.1\text{ \%RH}$ ； 最大允许误差： $\pm 2.0\text{ \%RH}$ 。	用于湿度的测量
5	功率测量标准	$50\text{ mW}\sim 1200\text{ W}$	分辨力： 0.1 W ；最大允许误差： $\pm 0.1\text{ \%}$ 。	用于功率表的校准

7 校准项目和校准方法

7.1 温度传感器示值误差

温度传感器的冷箱校准点一般选取 $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，热箱校准点一般选取 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ，也可根据用户需要选择校准点。

温度传感器在正常工作状态下与高精度数字测温仪同时放入便携式恒温设备中, 浸没深度大于等于 100mm; 设置便携式恒温设备温度设定点, 待设备温度显示值稳定后, 读取高精度数字测温仪的标准温度值, 当标准温度值偏离校准点不超过 $\pm 0.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 按照标准 $\rightarrow$ 被校 1 $\rightarrow$ 被校 2 $\rightarrow$被校 n.....被校 2 $\rightarrow$ 被校 1 $\rightarrow$ 标准的顺序读取高精度数字测温仪和温度传感器的测量值。每支温度传感器读取两次测量值, 传感器示值误差按公式 (1) 计算:

$$t_{\text{示值}} = \frac{t_1 - t_2}{2} - t_{\text{标准}} \quad (1)$$

式中:

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

t_1 ——温度传感器第一次测量值, $^{\circ}\text{C}$;

t_2 ——温度传感器第二次测量值, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{标准}}$ ——标准温度值, $^{\circ}\text{C}$ 。

7.2 热箱、冷箱温度偏差及波动度

7.2.1 热箱、冷箱温度偏差

测量标准的传感器应布置在检测装置热箱或冷箱的三个不同层面上, 称为上、中、下三层, 中层为通过工作空间几何中心的平行于底面的校准工作面, 各测量点位置与设备内壁的距离为各边长的 1/10, 遇风道时, 避开风道。

传感器测量点布放位置也可根据用户实际工作进行布置。

容积大于 2 m^3 , 温度测量点为 15 个, 湿度测量点为 1 个, 布点如图 2 所示; 容积小于 2 m^3 , 温度测量点为 9 个, 布点如图 3 所示。

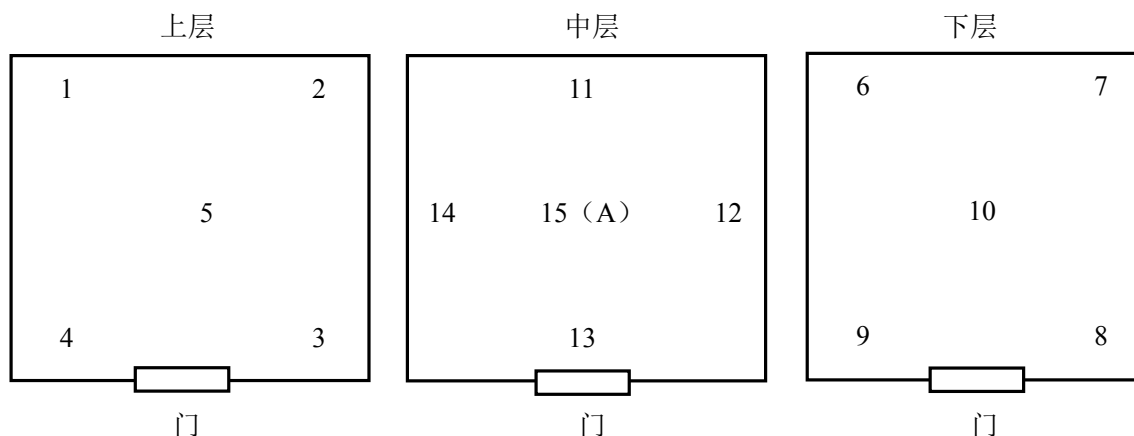


图2 温度、湿度传感器布点示意图 (1~15) 为温度测量点, A 为湿度测量点

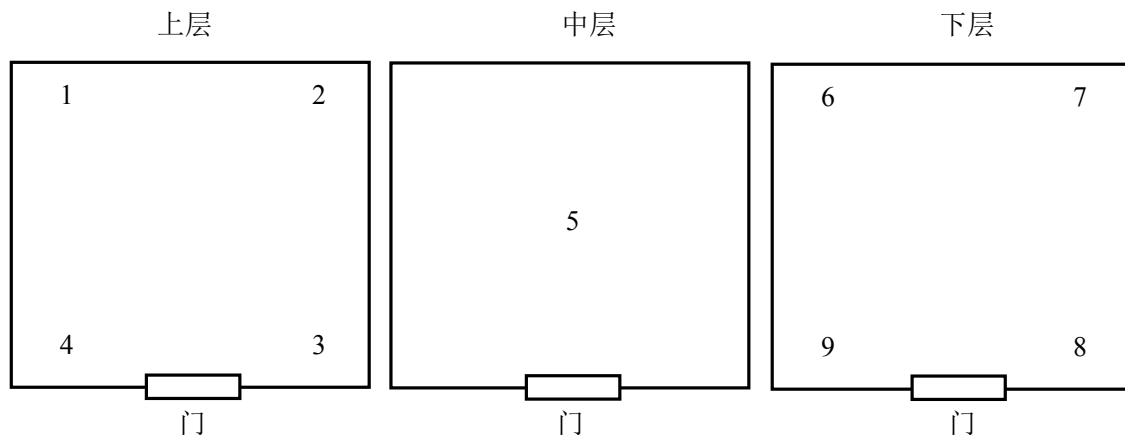


图3 温度、湿度传感器布点示意图 (1~9) 为温度测量点, A 为湿度测量点

传感器布置完成后, 密封热箱和冷箱, 启动检测装置, 检测装置达到稳定状态后开始记录各测温点温度, 记录时间间隔为 2 min, 30 min 内共记录 16 组数据, 根据设备运行状况和用户校准需求确定时间间隔和数据记录次数, 但应在原始记录和校准证书中进行说明。

温度稳定时间可以以说明书为依据, 说明书中没有给出的, 温度达到设定值 30 min 后可以开始记录数据, 稳定时间需以检测装置达到稳定状态为主要判断标准, 如 30min 后箱内温度仍未稳定, 可按实际情况再延长 30 min, 温度达到设定值至开始记录数据所等待的时间不超过 60 min。如果在规定的稳定时间之前能够确定箱内温度已经达到稳定, 也可以提前记录。

冷箱或热箱的设定温度偏差如公式(1)、公式(2)表示:

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s \quad (1)$$

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s \quad (2)$$

式中:

$\Delta t_{\max}$ ——温度上偏差, $^{\circ}\text{C}$;

$\Delta t_{\min}$ ——温度下偏差, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\max}$ ——各测量点规定时间内测量的最高温度, $^{\circ}\text{C}$;

$t_{\min}$ ——各测量点规定时间内测量的最低温度, $^{\circ}\text{C}$;

t_s ——检测装置的设定温度, $^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.2 波动度

在 7.2.1 条件下, 工作空间各测量点 30 min 内 (每 2 min 记录一次) 实测最高温度

与最低温度之差的一半，冠以“±”号，取全部测量点中变化量的最大值作为温度波动度校准结果。

$$\Delta t_f = \pm \max \left(\frac{t_{j\max} - t_{j\min}}{2} \right) \quad (3)$$

式中：

Δt_f ——温度波动度，℃；

$t_{j\max}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最高温度，℃；

$t_{j\min}$ ——测量点 j 在 n 次测量中的最低温度，℃。

7.3 热箱内相对湿度的校准

湿度测量标准的传感器布置按图 2 或图 3 所示。检测装置运行抗结露因子试验，待检测装置达到稳定状态后开始读取测量值，记录时间间隔为 2 min，30 min 内共记录 16 组数据，取最大值作为校准结果。

$$H = \text{Max} \{ H_1, \dots, H_n \} \quad (4)$$

式中：

H ——相对湿度示值，%；

7.4 功率表示值误差

可采取标准功率源法和标准表法校准功率表示值误差。测量范围内均匀地选取不少于 5 个校准点，也可以按照使用者的要求选取校准点。

7.4.1 标准功率源法

先确定检测装置的功率测量原理，采用分流器法的按照图 4 进行线路连接，采用功率传感器法的按照图 5 进行线路连接，校准时一般采用定压调流法，标准功率源根据校准点选择输出相应的标准功率(工频 50 Hz)。检测装置功率表示值误差按公式 (4) 计算：

$$\Delta P = P_x - P_z \quad (4)$$

式中：

ΔP ——功率表示值误差，W；

P_x ——功率表示值，W；

P_z ——标准功率源示值，W。

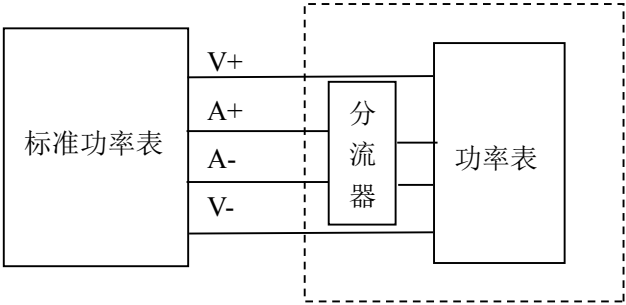


图 4 分流器法测量功率接线图

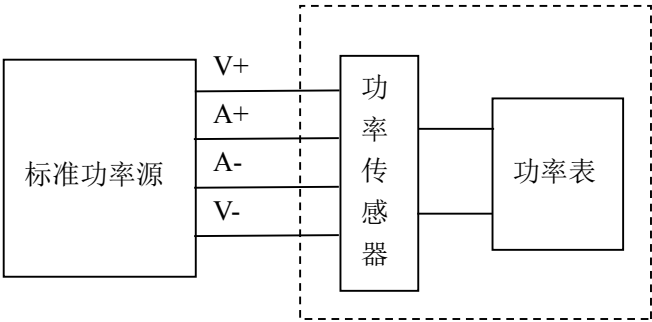


图 5 功率传感器法测量功率接线图

7.3.2 标准表法

把标准功率表接入到检测装置的功率测量电路中，检测装置的功率示值与标准功率表的示值差即为检测装置的功率表示值误差，功率表示值误差按公式（5）计算。接线图见图 6。

$$\Delta P = P_x - P_z \tag{5}$$

式中：

ΔP ——功率表示值误差，W；

P_x ——功率表示值，W；

P_z ——标准功率表示值，W。

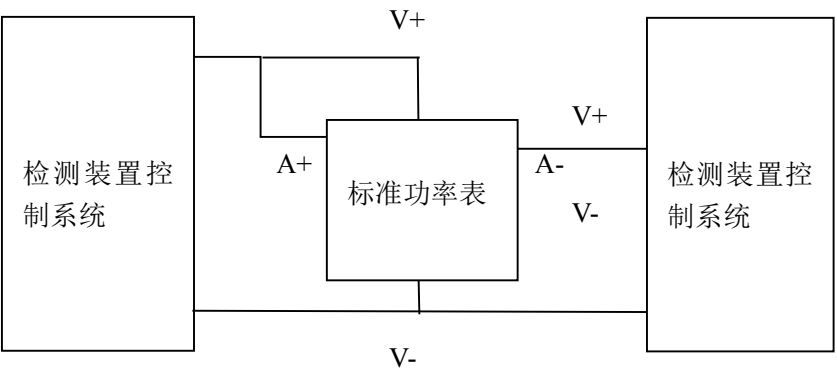


图 6 标准表法测量功率接线图

8 校准结果表达

8.1 校准记录

校准记录推荐格式参见附录 A。

8.2 校准结果的处理

校准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) 进行校准的地点(如果与实验室地点不同)；
- 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) 被校仪器的描述和明确标识（如型号、产品编号等）；
- g) 进行校准的日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称和代号；
- i) 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性说明；
- j) 校准环境的描述；
- k) 校准结果及其测量不确定度说明；
- l) 校准员及核验员的签名；
- 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。

9 复校时间间隔

复校时间间隔建议为 12 个月。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸因素所决定的，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。

附录 A

建筑门窗保温性能检测装置校准记录格式（推荐性）

委托单位		记录编号	
仪器名称		温 度	
型号规格		相对湿度	
出厂编号		校准依据	
制 造 厂		校准地点	
校准人员		校准日期	
核验人员		备 注	

校准使用的计量标准器具

一、温度传感器示值误差

名称	测量范围	出厂编号	最大允许误差/不确定度/准确度等级	证书编号	有效期

校准点 ()	编号 标准值/℃	热箱温度传感器/℃				
		1	2	3		n
读数 1						
读数 2						
平均值						
示值误差						
校准点 ()	编号 标准值/℃	冷箱温度传感器/℃				
		1	2	3		n
读数 1						
读数 2						
平均值						
示值误差						
扩展不确定度 $U=$		℃, $k=2$				

二、热箱、冷箱温度偏差及波动度

次数	测量点 设定值/℃	热箱各校准点实测值/℃									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1											温度上偏差的扩展不确定度 $U=$ °C, $k=2$
...											
16											
最大值											
最小值											
上偏差:				下偏差:				波动度:			

次数	测量点 设定值/℃	冷箱各校准点实测值/℃									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1											温度下偏差的扩展不确定度 $U=$ °C, $k=2$
...											
16											
最大值											
最小值											
上偏差:				下偏差:				波动度:			

三、热箱内相对湿度的校准

测量次数	热箱内相对湿度实测值/ %															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
中心点																
最大值																

相对湿度测量结果的扩展不确定度 $U=$ % , $k=2$ 。

四、功率表示值误差

标准值/W	示值/W	示值误差/W	扩展不确定度/ $U(k=2)$

附录 B

建筑门窗保温性能检测装置校准证书内页格式（推荐性）

一、温度传感器示值误差

校准点	热箱温度传感器示值误差/℃					
	1	2	3	4	5	...
校准点	冷箱温度传感器示值误差/℃					
	1	2	3	4	5	...

温度传感器校准结果的扩展不确定度为 $U = \quad ^\circ\text{C}, k=2$

二、热箱、冷箱温度偏差及波动度

温度偏差		热箱	冷箱
热箱设定值/℃:	上偏差		
冷箱设定值/℃:	下偏差		
波动度			

温度偏差的扩展不确定度 $U = \quad ^\circ\text{C}, k=2$ 。

三、热箱内相对湿度的校准:

热箱内相对湿度实测最大值%	扩展不确定度 $U(k=2)$

四、功率表示值误差

标准值/W	示值误差/W	扩展不确定度 $U(k=2)$

附录 C

热箱温度偏差测量结果的不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 被校仪器：建筑门窗保温性能检测装置。

C.1.2 测量标准：温湿度巡检仪，测量范围： $(-30\sim 30)^\circ\text{C}$ ，最大允许误差： $\pm(0.15^\circ\text{C}+0.002\times|t|)$ 分辨力： 0.01°C ；

C.1.3 环境条件：环境温度： $(15\sim 35)^\circ\text{C}$ ；相对湿度：不大于 85%；大气压 $(86\sim 106)\text{kPa}$ 。

C.1.4 测量方法：依据本规范中的规定。

C.2 测量模型

C.2.1 温度上偏差公式：

$$\Delta t_{\max} = t_{\max} - t_s$$

式中：

$\Delta t_{\max}$ ——温度上偏差， $^\circ\text{C}$ ；

$t_{\max}$ ——各校准点规定时间内测量的最高温度， $^\circ\text{C}$ ；

t_s ——检测装置的设定温度， $^\circ\text{C}$ 。

C.2.2 温度下偏差公式：

$$\Delta t_{\min} = t_{\min} - t_s$$

式中：

$\Delta t_{\min}$ ——温度下偏差， $^\circ\text{C}$ ；

$t_{\min}$ ——各测量点规定时间内测量的最低温度， $^\circ\text{C}$ ；

t_s ——检测装置的设定温度， $^\circ\text{C}$ 。

C.3 灵敏系数

各影响量的灵敏系数计算：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t_{\max}}{\partial t_x} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t_{\max}}{\partial t_s} = -1 \quad c_3 = \frac{\partial \Delta t_{\min}}{\partial t_x} = 1 \quad c_4 = \frac{\partial \Delta t_{\min}}{\partial t_s} = -1$$

C.4 标准不确定度分量评定

C.4.1 测量重复性引入的标准不确定度分量 u_1

在校准点 20 °C 重复测量 10 次, 得到测量列为 20.06 °C、20.10 °C、19.93 °C、19.94 °C、20.08 °C、20.09 °C、19.99 °C、19.94 °C、19.93 °C、20.01 °C, 计算实验标准偏差 s :

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (t_i - \bar{t})^2}{n-1}} = 0.07^\circ\text{C}$$

$$u_1 = s = 0.07^\circ\text{C}。$$

C.4.2 标准器分辨力引入的标准不确定度分量 u_2

标准器的分辨力为 0.01 °C, 不确定度区间半宽为 0.005 °C, 服从均匀分布, 则标准器分辨力引入的标准不确定度分量:

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

C.4.3 标准器修正值引入的标准不确定度分量 u_3

标准器温度修正值的不确定度 $U=0.10^\circ\text{C}$, $k=2$, 则标准器温度修正值引入的标准不确定度分量:

$$u_3 = \frac{U}{k} = 0.05^\circ\text{C}$$

C.4.4 标准器稳定性引入的标准不确定度分量 u_4

本标准器相邻两次校准温度修正值最大变化 0.10 °C, 按均匀分布, 由此引入的标准不确定度分量:

$$u_4 = \frac{0.10}{\sqrt{3}} = 0.06^\circ\text{C}$$

C.5 合成标准不确定度

C.5.1 标准不确定度分量汇总

C.1 标准不确定度分量汇总表

标准不确定度符号	标准不确定度来源	标准不确定度/°C
u_1	测量重复性	0.07
u_2	标准器分辨力	0.003
u_3	标准器修正值	0.05
u_4	标准器稳定性	0.06

C.5.2 合成标准不确定度计算

由于各标准不确定度分量相互独立，则温度上偏差合成标准不确定度 u_c 的计算如下：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.11 \text{ } ^\circ\text{C}$$

同理可得温度下偏差合成标准不确定度 $u_c = 0.11 \text{ } ^\circ\text{C}$

C.6 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，则温度上偏差校准结果的扩展不确定度为： $U = ku_c = 0.22 \text{ } ^\circ\text{C}$

取包含因子 $k=2$ ，则温度下偏差校准结果的扩展不确定度为： $U = ku_c = 0.22 \text{ } ^\circ\text{C}$

附录 D

温度传感器示值误差测量结果的不确定度评定示例

D.1 概述

D.1.1 被校仪器：建筑门窗保温性能检测装置的温度传感器

D.1.2 测量标准：高精度数字测温仪，温度标准测量范围为（-30~30）℃，最大允许误差：±0.05℃；分辨力：0.01℃；便携式恒温设备：工作区域内水平温差0.05℃；最大温差0.10℃，温度波动度0.10℃/10min。

D.1.3 环境条件：环境温度：（15~35）℃；相对湿度：不大于85%；大气压（86~106）kPa。

D.1.4 测量方法：依据本规范中的规定。

D.2 测量模型

$$\Delta t = t_x - t_s$$

式中：

Δt ——高精度数字测温仪温度传感器示值误差，℃

t_x ——高精度数字测温仪温度传感器读数的算数平均值，℃

t_s ——高精度数字测温仪读数的算数平均值，℃

D.3 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_x} = 1 \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_s} = -1$$

D.4 标准不确定度分量评定

D.4.1 输入量 t_x 引入的标准不确定度 $u(t_x)$ 的评定

D.4.1.1 被校温度传感器测量重复性引入的不确定度 $u(t_{x1})$

对被校温度传感器在温度20℃校准点重复测量10次，得到测量列为：19.91℃、20.09℃、19.92℃、19.94℃、20.05℃、19.94℃、20.07℃、20.04℃、19.96℃、19.99℃。计算实验标准偏差 $s(x_k)$ ：

$$s(x_k) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.066^\circ\text{C}$$

实际过程中取两次测得值的平均值作为测量结果，则有：

$$u(t_{x1}) = \frac{0.066}{\sqrt{2}} = 0.047 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D. 4. 1. 2 被校温度传感器的分辨力引入的不确定度 $u(t_{x2})$

该项不确定度由被校温度传感器的分辨力引入。因被校温度传感器分辨力为 $0.01 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，则 $a=0.005 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，该分布服从均匀分布，故：

$$u(t_{x2}) = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

因 $u(t_{x2}) < u(t_{x1})$ 所以被校温度传感器的分辨力引入的不确定度 $u(t_{x2})$ 可忽略。

D. 4. 2 输入量 t_s 引入的标准不确定度 $u(t_s)$ 的评定

D. 4. 2. 1 温度测量标准的误差引入的不确定度 $u(t_{s1})$

温度测量标准的最大允许误差为 $\pm 0.05 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，半宽区间 $0.05 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，在区间内可认为均匀分布，包含因子 k 取 $\sqrt{3}$ ，标准不确定度为：

$$u(t_{s1}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D. 4. 2. 2 温度测量标准分辨力引入的不确定度 $u(t_{s2})$

温度测量标准分辨力为 $0.01 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，则 $a=0.005 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，按均匀分布，标准不确定度为：

$$u(t_{s2}) = \frac{0.005}{\sqrt{3}} = 0.0029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D. 4. 2. 3 恒温设备装置温度场不均匀引入的不确定度 $u(t_{s3})$

恒温设备最大温差为 $0.10 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，按均匀分布，标准不确定度为：

$$u(t_{s3}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D. 4. 2. 4 恒温设备波动度引起的不确定度 $u(t_{s4})$

恒温设备波动度为 $0.10 \text{ } ^\circ\text{C}/10 \text{ min}$ ，取半宽为 $0.05 \text{ } ^\circ\text{C}$ ，按均匀分布，标准不确定度为：

$$u(t_{s4}) = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D. 4. 2. 5 $u(t_s)$ 的计算

由于上述 4 个不确定度分量相互之间独立，因此可得：

$$u(t_s) = \sqrt{u(t_{s1})^2 + u(t_{s2})^2 + u(t_{s3})^2 + u(t_{s4})^2}$$

由此可得如下：

$$u(t_s)=0.051\text{ }^{\circ}\text{C}$$

D.5 合成标准不确定度

D.5.1 标准不确定度分量汇总

D.1 标准不确定度汇总表

序号	不确定度来源	符号	标准不确定度/ $^{\circ}\text{C}$	灵敏系数 c_1
1	输入量 t_x 引入的标准不确定度	$u(t_x)$	0.047	1
2	输入量 t_s 引入的标准不确定度	$u(t_s)$	0.051	-1

D.5.2 合成标准不确定度计算

以上各分量互不相关，其合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta t)=\sqrt{u^2(t_x)+u^2(t_s)}=0.069\text{ }^{\circ}\text{C}$$

D.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，在 $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的校准点上的示值误差的扩展不确定度为：

$$U=k\cdot u_c(\Delta t)=0.14\text{ }^{\circ}\text{C}$$

附录 E

功率表示值误差测量结果的不确定度评定示例

E.1 概述

E.1.1 被测对象：建筑门窗保温性能检测装置的功率表。

E.1.2 测量标准：标准功率源，测量范围 50mW~1200W，最大允许误差：±0.1 %。

E.1.3 环境条件：环境温度：（15~35）℃；相对湿度：不大于 85%；大气压（86~106）kPa。

E.1.4 测量方法：依据本规范中的规定。

E.2 测量模型

$$\Delta P = P_x - P_s$$

式中：

ΔP ——功率表示值误差，W；

P_x ——功率表示值，W；

P_s ——标准器的输出值，W。

E.3 灵敏系数

$$c_1 = \frac{\partial \Delta P}{\partial P_x} = 1 \qquad c_2 = \frac{\partial \Delta P}{\partial P_s} = -1$$

E.4 输入量 P_x 的标准不确定度评定E.4.1 标准不确定度 $u(P_x)$ 的评定

对检测装置的功率表测量 300W 功率值，连续独立测量 10 次，获得一组测量值 300.0W、300.1W、300.0W、300.0W、300.2W、300.0W、300.0W、300.1W、300.0W、300.2W。

$$\bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{10} x_i = 300.06 \text{ W}$$

单次实验标准偏差：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.084 \text{ W}$$

标准不确定度：

$$u(p_x) = s = 0.084 \text{ W}$$

E.4.2 标准不确定度 $u(P_s)$ 的评定

标准功率源最大允许误差： $\pm 0.1\%$ 。在输入 300W，频率为 55 Hz 时其允许误差为 $\pm 0.30\text{W}$ ，即半宽区间 0.30W，在区间内可认为均匀分布，包含因子 $k(P_s)$ 取 $\sqrt{3}$ ，标准不确定度为：

$$u(p_s) = \frac{0.30}{\sqrt{3}} = 0.17 \text{ W}$$

E.5 合成标准不确定度的评定

E.5.1 标准不确定度汇总

E.1 标准不确定度汇总见表

标准不确定度分量 $u(x_i)$	标准不确定度	不确定度来源
$u(P_x)$	0.084W	测量重复性
$u(P_s)$	0.17W	标准器

E.5.2 合成标准不确定度计算

上述分量彼此独立不相关，所以合成标准不确定度按下式得到：

$$u(\Delta P) = \sqrt{[C_1 u(P_x)]^2 + [C_2 u(P_s)]^2} = 0.19 \text{ W}$$

E.6 扩展不确定度的评定

取包含因子 $k=2$ ，功率值为 300W 时其示值误差测量结果的扩展不确定度 $U = k \cdot u_c(\Delta P) = 2 \times 0.19 \text{ W} \approx 0.4 \text{ W}$