
JJF

河北省地方计量技术规范

JJF(冀)108-2012

稳态导热系数测定仪校准规范

Calibration Specification of Steady State

Device for Thermal Conductivity Measurement

2012-03-31 发布

2012-06-01 实施

河北省质量技术监督局发布

JJF108-2012

稳态导热系数测定仪校准规范

Calibration Specification of Steady State
Device for Thermal Cconductivity Measurement

JJF (冀) 108-2012

归口单位: 河北省质量技术监督局

起草单位: 河北省计量监督检测院

本规范委托起草单位负责解释

本规范主要起草人:

- | | |
|-----|----------------|
| 任彦丽 | (河北省计量监督检测院) |
| 齐二矿 | (河北省产品质量监督检验院) |
| 刘红彦 | (河北省计量监督检测院) |
| 姚亚斌 | (河北省计量监督检测院) |
| 陈 昊 | (河北省计量监督检测院) |
| 邱东岳 | (河北省计量监督检测院) |
| 何红梅 | (河北省计量监督检测院) |

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 | (2) |
| 5 计量特性 | (2) |
| 6 校准条件 | (2) |
| 7 校准项目和校准方法 | (3) |
| 8 校准结果 | (5) |
| 9 复校时间间隔 | (6) |
| 附录 A 校准记录格式 | (7) |
| 附录 B 校准证书封面格式 | (8) |
| 附录 C 校准说明 | (9) |
| 附录 D 校准证书 (内页) 格式 | (10) |
| 附录 E 不确定度分析 | (11) |

引言

JJF1071《国家计量校准规范编写规则》、JJF1059《测量不确定度评定与表示》、GB/T10294—2008/ISO8302:1991《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定 防护热板法》共同构成支撑校准规范制度工作的基础性系列规范。

稳态导热系数测定仪校准规范

1 范围

本规范适用于双试件式及单试件式的防护热板或平板式稳态导热系数测定仪的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》；

JJF1059《测量不确定度评定与表示》

GB/T10294—2008《绝热材料稳态热阻及有关特性的测定》

GB/T4132—1996《绝热材料及相关术语》

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

3.1 绝热材料 thermal insulating material

用于减少结构物与环境热交换的一种功能材料。

3.2 绝热板 board insulation;slab insulation;sheet insulation

厚度显著小于长度和宽度的固体绝热制品。

3.3 稳定状态 steady state

系统有关参数的值不随时间变化的状态。

3.4 传热 heat transfer

由热传导、热对流或热辐射，以及它们共同作用引起的能量传输过程。

3.5 热流；热流量 (φ) heat flow rate

单位时间通过某一表面的热量，W。

3.6 热流密度 (q) areal density of heat flow rate

垂直于热流方向的单位面积热流量， W/m^2 。

3.7 导热系数 (λ) thermal conductivity

材料导热特性的一个物理指标。数值上等于热流密度除以负温度梯度, $W/(m \cdot K)$ 。

$$\lambda = -q/\text{grad}T$$

3.8 参比材料 reference material

经多个实验室对比测试确定热性质数值的热稳定材料, 用于校准和标定测量装置的准确度。

3.9 标准参比材料 standard reference material

由国家标准实验室定值的标准参比材料。

3.10 测量仪器的〔示值〕误差 error (of indication) of a measuring instrument

测量仪器示值与对应输入量的真值之差。

3.11 (测量结果的) 重复性 repeatability (of results of measurements)

在相同测量条件下, 对同一被测量进行连续多次测量所得结果之间的一致性。

3.12 线性误差 linearity error

实测曲线与理想直线之间的偏差。

4 概述

稳态导热系数测定仪(以下简称仪器)主要用于材料导热系数的测量。其工作原理是在稳态条件下, 仪器的中心计量区域内, 在具有平行表面的均匀板状试件内, 建立类似于以两个平行的温度均匀的平面为界的无限大平板中存在的一维的均匀热流密度。为保证准确测量热流密度, 加热单元分为在中心的计量单元和由隔缝分开的环绕计量单元的防护单元。通过测定稳定状态下流过计量单元的一维恒定热流量 Q 、计量单元的面积 A , 试件冷、热表面的温度差 ΔT , 试件厚度 d , 则可计算出导热系数 λ ($\lambda = Q \cdot d/A \cdot \Delta T$)。

仪器主要有加热单元(包括计量单元、防护单元)、冷却单元、温度传感器及电测量控制部分组成。

5 计量特性

5.1 温度传感器误差与一致性：优于 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ；

5.2 示值误差：优于 $\pm 5\%$ 。

5.3 示值重复性：优于 1%

5.4 线性误差：优于 $\pm 5\%$

6 校准条件

6.1 校准环境条件

6.1.1 环境温度： $(5\sim 40)^{\circ}\text{C}$ ；

相对湿度：不大于 70%。

6.1.2 室内应避光、防热、无腐蚀性物品，通风良好。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 绝热材料导热系数参比板：不少于 2 块参比板，其不确定度优于 2.5%；且二者的厚度之差应不大于 2%；

6.2.2 金属直尺，大于 300mm，最大允许误差 $\pm 0.5\text{mm}$ ；

6.2.3 游标卡尺：最大允许误差 $\pm 0.05\text{mm}$ （精度 0.02）；

6.2.2 专用数字温度计， $-30^{\circ}\text{C}\sim 100^{\circ}\text{C}$ ，最大允许误差 $\pm 0.05^{\circ}\text{C}$

7 校准项目和校准方法

7.1 外观检查：

7.1.1 仪器外表应光滑平整，不应有影响工作性能的机械损伤；显示屏表面应平整洁净无划痕，读数清晰；各装置、调节器、开关及按键功能良好。

7.1.2 仪器应有下列标识：仪器名称、型号、编号、制造厂名和出厂日期。

7.2 温度传感器误差与一致性：将数字温度计的传感器与被检仪器的冷热板紧密接触，控制室内环境温度为同一温度，待与室温一致后，在仪器开机，不向加热单元施加电功率时，读取加热单元温度、冷却单元温度、防护单元温度和数字温度计指示温度。分别计算仪器显示的两个温度与数字温度计指示的温度值之差，即温度传感器误差，其差值不应超过 $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ ；

仪器显示的三个温度之间的最大差值即一致性，其差值不应超过 0.3℃。

7.3 示值误差和重复性：

校准时，要保证参比板的质量恒定。可以在校准前，将参比板放在干燥箱内，于 (103±5)℃ 干燥 48 小时以上，直至其质量恒定为止。

将参比板按说明书装入仪器，施加 (1~2) kPa 的压力，测量参比板的厚度，并记录。

由于热膨胀和板的压力，参比板的厚度可能变化，建议装入仪器后，在实际的测定温度和压力下测量厚度，将更准确。

调节热板的温度为 35℃，冷板温度为 15℃，按仪器说明书，开始测量参比板的导热系数。

对于不能自动计算出导热系数的仪器，就需要记录实际的热板温度、冷板温度、仪器施加于计量面积的平均电功率（或电压和电流）。当温度基本上稳定之后，每 30min 记录一次，连续 4 次读数给出的值，不超过±1.5%，并且不是单调地朝一个方向改变时，则可以认为达到热平衡，可以记录所需要的数据。按下式计算导热系数：

$$\lambda = \frac{Q \cdot d}{A(T_1 - T_2)} \quad (1)$$

式中：λ — 导热系数，W·m⁻¹·K⁻¹；

Q—热流量，W；

d—参比板厚度，m；

A—计量面积，m² 双试件装置需乘以 2；

T₁—参比板热面温度平均值，K；

T₂—参比板冷面温度平均值，K。

连续测量 2 次，两次的差值不超出 1.5%。

注：因时间关系，故重复性仅测量 2 次。

示值误差按下式计算：

$$\Delta \lambda = \lambda - \lambda_T \quad (2)$$

式中： λ_T — 参比板的标准值。

$$\lambda_T = a - bT \quad (3)$$

式中： a — 常数，参比板的证书中给出；

b — 常数，参比板的证书中给出；

T — 平均温度，其值等于 T_1 与 T_2 的平均值，K；

重复性按下式计算：

$$\delta_\lambda = \frac{\lambda_1 - \lambda_2}{2(\lambda_1 + \lambda_2)} \times 100\% \quad (4)$$

式中： δ_λ — 重复性；

λ_1 — 第一次测量值。

λ_2 — 第二次测量值。

7.4 线性误差：

分别将热板温度设定为 30℃、40℃，冷板温度相应设定为 20℃、10℃，重新测量，按式（1）分别计算两次测量的结果，

此项指标对于新仪器应进行校准，对于使用中的，可根据用户要求，也可不校准。

8 校准结果

校准结果应在校准证书或校准报告上反应。仪器的校准结果包含温度传感器误差和一致性、示值误差、重复性。对于新仪器还应有线性误差的测量结果。

校准结果应包含不确定度。现场校准应注明“现场校准”及环境条件。

校准证书或校准报告应至少包含以下信息：

- a) 标题，如“校准证书”或“校准报告”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点；
- d) 证书或报告的唯一性标识(如编号)，每页及总页数的标识；

- e) 被校准单位的名称和地址;
- f) 被校准单位的描述和明确标识;
- g) 进行校准的日期;
- h) 对校准所依据的技术规范的标识, 包括名称及代号;
- 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) 校准结果及其校准不确定度的说明;
- l) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识, 以及签发日期;
- m) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- n) 未经实验室书面批准, 不得部分复制证书或报告的声明。

校准证书或报告的具体要求见附录 A、B、C、D。

9 复校时间间隔

被校仪器的复校时间间隔一般由用户根据使用状况自行确定。建议复校时间间隔不超过一年。

附录 A

校准记录格式

| | | | |
|------|--|------|--|
| 送检单位 | | 证书编号 | |
| 制造厂 | | 仪器型号 | |
| 仪器编号 | | 检定员 | |
| 室温 | | 核验员 | |
| 相对湿度 | | 日期 | |

1 通用技术要求:

2 平面度:

3 温度传感器误差: 单位: °C

| 标准温度 | 热板温度 | 冷板温度 | 防护板温度 |
|------|------|------|-------|
| | | | |
| 误差 | | | |
| 一致性 | | | |

4 示值误差:

热板温度: 冷板温度:
 参比板厚度: 计量面积:
 计量功率: 导热系数:
 参比板证书中给出的导热系数: $\lambda = A+BT$
 误差:

5 示值重复性:

热板温度: 冷板温度:
 计量功率: 导热系数:
 重复性:

6 线性误差:

热板温度: 冷板温度:
 计量功率: 导热系数:
 热板温度: 冷板温度:
 计量功率: 导热系数:
 参比板证书中给出的导热系数: $\lambda = A+BT$
 误差:

附录 B

校准证书封面格式
(校准机关名称)
校 准 证 书
Calibration Certificate

证书编号

Certificate No.

委托单位及地址

Client _____

计量器具名称

Description _____

型号规格

Model/Type _____

制造厂

Manufacturer _____

编号

Serial No. _____

结论

Opinion _____

主 管

Approver _____

核验员

Inspector _____

校准员

Calibrated by _____

校准日期

年 月 日

Issued date

CCYY MM DD

附录 C

(校准机关名称)

校 准 说 明

Description of Calibration 第 页 共 页

| | |
|----|---|
| 1. | 校准机关计量授权证书号: |
| 2. | 证书所出具数据的可溯源性: |
| 3. | 本次校准的技术依据: |
| 4. | 本次校准使用的主要计量器具: |
| 5. | 校准结果的扩展不确定度: 包含因子: |
| 6. | 校准地点, 环境条件: |
| 地点 | 温度 相对湿度 大气压 |

校准实验室地址:

 邮政编码:

 电话:

 传真:

 E-mail:

附录 E

稳态导热系数测定仪校准规范

不确定度分析

1 数学模型

$$\Delta \lambda = \lambda - \lambda_{\tau} \quad (1)$$

$$\lambda = \frac{\Phi \cdot d}{A(T_1 - T_2)} \quad (2)$$

式中： $\Delta \lambda$ —示值误差；

λ —本次测量计算出的导热系数；

λ_{τ} —参比板证书给出的导热系数；

Φ —加热单元计量部分的平均加热功率，单位为瓦（W）；

d —试件平均厚度，单位为米（m）；

A —计量面积（双试件装置需乘以 2），单位为平方米（m²）；

T_1 —试件热面温度平均值，单位为开（K）；

T_2 —试件冷面温度平均值，单位为开（K）。

2 输入量的标准不确定度评定

2.1 输入量 λ 的标准不确定度 $u(\lambda)$ 2.1.1 输入量 Φ 的标准不确定度 $u(\Phi)$

标准规定平均电功率测量的准确度不低于 0.2%，按均匀分布，

则为 $u(\Phi) = 0.2\% / \sqrt{3} = 0.12\%$

2.1.2 输入量 d 的标准不确定度 $u(d)$

标准规定平均厚度测量的准确度不低于 0.5%，按均匀分布，

则为 $u(d) = 0.5\% / \sqrt{3} = 0.29\%$

2.1.3 输入量 A 的标准不确定度 $u(A)$

有 2.2 可知，面积测量的准确度不低于 $2 u(d)$ ，按均匀分布，

则为 $u(A) = 1.0\% / \sqrt{3} = 0.58\%$

2.1.4 输入量 T_1 的标准不确定度 $u(T_1)$

标准规定温度测量的准确度不低于 0.75%，按均匀分布，

$$\text{则为 } u(T_1) = 0.75\% / \sqrt{3} = 0.43\%$$

2.1.5 输入量 T_2 的标准不确定度 $u(T_2)$

标准规定温度测量的准确度不低于 0.75%，按均匀分布，

$$\text{则为 } u(T_2) = 0.75\% / \sqrt{3} = 0.43\%$$

以上 5 个不确定度分量彼此独立不相关，所以合成标准不确定度可按下式得到：

$$\begin{aligned} u^2(\lambda) &= u^2(\Phi) + u^2(d) + u^2(A) + u^2(T_1) + u^2(T_2) \\ &= 0.12\%^2 + 0.29\%^2 + 0.58\%^2 + 0.43\%^2 + 0.43\%^2 \\ &= (0.0144 + 0.0841 + 0.3364 + 0.1849 + 0.1849) \% \\ &= 0.8047\% \end{aligned}$$

$$u = 0.90\%$$

2.2 输入量 λ_T 的标准不确定度 $u(\lambda_T)$

参比板证书中给出的不确定度为 2.5%，置信限为 95%。

$$\text{则标准不确定度 } u(\lambda_T) = 2.5\% / 2 = 1.25\%$$

3 合成标准不确定度的评定

$$\begin{aligned} u_c^2(\Delta\lambda) &= u^2(\lambda) + u^2(\lambda_T) \\ &= 0.90\%^2 + 1.25\%^2 = 0.81\% + 1.5625\% = 2.3725\% \end{aligned}$$

$$u_c(\Delta\lambda) = 1.54\%$$

4 扩展不确定度的评定

包含因子取 $k=2$ ，扩展不确定度 $U=k u_c=2 \times 1.54\%=3.1\%$