



# 北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX-XXXX

## 热物理参数仪热扩散系数校准规范

Calibration Specification Of Thermal Diffusivity  
For Thermophysical Parameter Meter

(征求意见稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

北京市市场监督管理局 发布

# 热物理参数仪热扩散系数 校准规范

Calibration Specification Of Thermal Diffusivity  
For Thermophysical Parameter Meter

JJF(京) XX-XXXX

归口单位：北京市市场监督管理局

主要起草单位：北京市计量检测科学研究院

参加起草单位：钢研纳克检测技术股份有限公司

北京市科学技术研究院分析测试研究所  
(北京市理化分析测试中心)

本规范委托 XXXXXXXX 负责解释

# 目 录

引言 .....	(III)
1 范围 .....	(1)
2 引用文件 .....	(1)
3 术语 .....	(1)
4 概述 .....	(1)
5 计量性能 .....	(2)
6 校准条件 .....	(2)
7 校准项目和校准方法 .....	(3)
8 校准结果表达 .....	(4)
9 复校时间间隔 .....	(4)
附录 A 示值误差的不确定度评定示例 .....	(5)
附录 B 校准记录格式(推荐) .....	(8)
附录 C 校准证书内页格式(推荐) .....	(9)

# 引 言

本规范依据 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》的规定而制定，参考了 GB/T 22588-2008《闪光法测量热扩散系数或导热系数》和 GJB 1201.1A-2021《固体材料高温热扩散率试验方法 第1部分：激光脉冲法》的相关内容。

本规范为首次发布。

# 热物理参数仪热扩散系数校准规范

## 1 范围

本规范适用于适用于激光闪射法原理测定材料热扩散系数（或导热系数）的热物理参数仪，测量范围（0.01~1000） $\text{mm}^2/\text{s}$ 。

## 2 引用文件

GB/T 22588-2008 《闪光法测量热扩散系数或导热系数》

GJB 1201.1A-2021 《固体材料高温热扩散率试验方法 第1部分：激光脉冲法》

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用本规程；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规程。

## 3 术语

### 3.1 热扩散系数 *thermal diffusivity*

又称导温系数，是表征非稳态导热过程中温度传播能力的物理参数，单位为平方毫米每秒（ $\text{mm}^2/\text{s}$ ）[GJB 1201.1A-2021, 术语 2]。

## 4 概述

热物理参数仪（激光导热仪）系统主要由激光、激光脉冲传输、加热炉、样品及支架、温度探测器、信号采集与处理系统和计算机组成。在某一设定的温度下，光源在瞬间发射一束脉冲，均匀照射在试样的下表面，使其表层吸收能量后温度瞬时升高。此表面作为热端，能量以一维热传导的方式向冷端（上表面）传播，用红外检测器连续记录试样上表面中心部位的相应升温过程，得到温度检测信号随时间  $t$  的变化关系及试样上表面温度升高到最大值温升值  $T_M$  的一半时所需要的时间  $t_{1/2}$ （半升温时间），测量原理如图 1 所示。

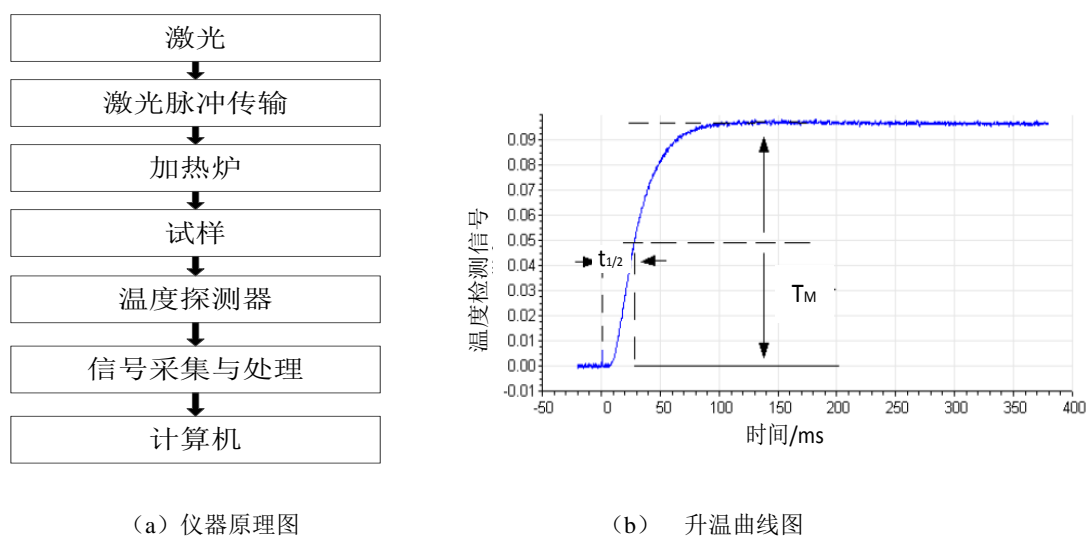


图1 热物理参数仪测试原理图

## 5 计量性能

仪器各项计量性能指标见表1。

表1 计量性能指标

计量性能要求	技术指标
示值误差	$\leq 5\%$
重复性	$\leq 3\%$

注：以上计量特性要求仅供参考，不作为判定依据

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：(15~30) °C。

6.1.2 相对湿度： $\leq 75\%$ 。

6.1.3 供电电源：电压(220±22) V，频率(50±1) Hz。

6.1.5 其他：仪器应安装在平稳无振动的底层地面上，周围无强磁场和电场干扰，无强气流及酸碱腐蚀性气体，辐射及防护措施符合相关技术安全规定要求。

### 6.2 校准用设备和标准物质

6.2.1 标准物质：电解铁，石墨，微晶玻璃 9606，镍铬合金 Inconel600。

6.2.2 热物理参数仪（激光导热仪）：热扩散系数：(0.01~1000) mm<sup>2</sup>/s。

6.2.3 千分尺：测量范围：(0~25) mm，最大允许误差： $\pm 4\mu\text{m}$ 。

6.2.4 水浴箱：温度范围：（-35~200）℃，温度稳定性：±0.02℃。

## 7 校准方法和校准项目

### 7.1 校准方法

7.1.1 开启设备，拧开气体控制阀门，调整气流分压，稳定 10 分钟或满足其使用说明书的要求；

7.1.2 测试温度低于 25℃或者高于 100℃时，需通入高纯氮气或氩气，必要时可抽真空；

7.1.3 厚度测量：将标物测量 3 次厚度值，取测量数据的算术平均值  $L$  作为其厚度测量值（依据数据的分散程度，应适当增加测量数据）。

7.1.4 喷涂石墨：对标物上下表面喷涂石墨，标准是薄而匀，以遮住表面光泽为准[GB/T 22588-2008，10 实验步骤]。

7.1.5 开始测量：选择支架，设置激光电压、脉冲宽度、采样时间等参数，设置测量温度，每个温度点测量三次热扩散系数，取平均值为热扩散系数测量值。

### 7.2 示值误差

按照公式（1）计算热扩散系数的相对示值误差，按公式（1）计算热扩散系数的相对示值误差。

$$\Delta R = \frac{\bar{R} - R_0}{R_0} \quad (1)$$

式中：

$\Delta R$ ——热扩散系数相对示值误差，%；

$R_0$ ——热物理参数仪热扩散系数标称值， $\text{mm}^2/\text{s}$ ；

$\bar{R}$ ——3 次热扩散系数的平均值， $\text{mm}^2/\text{s}$ 。

### 7.2 重复性

仪器调至正常工作状态，在设置温度条件下连续测量参考物质的热扩散系数，按照公式（2）计算重复性。

$$s = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1}}}{\bar{R}} \times 100\% \quad (2)$$

$S$ ——热扩散系数的重复性，%；

$\bar{R}$ —的  $n$  次测量平均值,  $\text{mm}^2/\text{s}$ ;

$R_i$ —参考物质热扩散系数的第  $i$  次测量值,  $\text{mm}^2/\text{s}$ ;

$n$ —测量次数。

## 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(如果与实验室的地址不同);
- 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) 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;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- m) 对校准规范偏离的说明;
- n) 校准证书签发人的签名、职务或等效标识以及签发日期;
- 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, 不得部分复制证书或报告的声明。

## 9 复校时间间隔

建议复校时间间隔一般不超过一年。复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素决定, 送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。如果仪器经维修、更换重要部件或对仪器性能有怀疑时, 应重新校准。



## 附录 A

## 示值误差的不确定度评定示例

## A. 1 概述

## A.1.1 测量方法

按照校准规范的要求,选择德国耐驰科技有限公司的 LFA-467 热物理参数仪(激光导热仪)进行校准,仪器调至正常工作状态,在 25℃ 条件下连续测量参考物质的热扩散系数,分别重复测量 3 次,计算热扩散系数的示值误差。

## A.1.2 测量标准

标准物质:镍铬合金 Inconel600;

计量设备:热物理参数仪。

## A. 2 测量模型

## A.2.1 示值误差

$$\Delta R = \frac{\bar{R} - R_0}{R_0} \quad (1)$$

式中:

$\Delta R$ ——热扩散系数相对示值误差, %;

$R_0$ ——热物理参数仪热扩散系数标准值,  $\text{mm}^2/\text{s}$ ;

$\bar{R}$ ——3 次热扩散系数的平均值,  $\text{mm}^2/\text{s}$ 。

两个量  $R_0$  和  $\bar{R}$  相互独立,那么根据公式(1),示值误差的合成标准不确定度可表示为:

$$u(\Delta R) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{R}) + c_2^2 u^2(R_0)} \quad (2)$$

式中,灵敏度系数  $c_1 = \frac{\partial \Delta R}{\partial \bar{R}} = \frac{1}{R_0}$ , 灵敏度系数  $c_2 = \frac{\partial \Delta R}{\partial R_0} = -\frac{\bar{R}}{R_0^2}$ ;

$u(\Delta R)$ 、 $u(\bar{R})$ 、 $u(R_0)$  分别为热膨胀系数示值误差合成标准不确定度、测量热物理参数仪热扩散系数平均值及标准物质引入的标准不确定度。

## A. 3 不确定度来源分析

热扩散系数示值误差的不确定度来源主要有以下几个:

(1) 测量值引入的标准不确定  $u(\bar{R})$ , 包括

1) 热扩散系数测量重复性引入的 A 类不确定度  $u_1(\bar{R})$ ;

2) 标准样品厚度引入的不确定度  $u_2(\bar{R})$ ;

3) 千分尺引入的不确定度  $u_3(\bar{R})$ ;

(2) 标准物质引入的标准不确定度  $u(R_0)$ ;

#### A.4 标准不确定度评定

##### A.4.1 热扩散系数引入的重复不确定度 $u_1(\bar{R})$ (A 类)

以镍铬合金 Inconel600 标准物质 (标准值为  $3.458\text{mm}^2/\text{s}$ ) 为例, 进行测量点示值误差的不确定度评定:

(1) 测量重复性引入的标准不确定度

对镍铬合金 Inconel600 标准物质重复测量 10 次, 所得结果如表 C.1 所示:

表 A.1 热扩散系数 10 次测量结果

i (次数)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
热扩散系数	3.466	3.457	3.460	3.468	3.463	3.462	3.466	3.461	3.468	3.463

由公式:

$$u_1(\bar{R}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2}{n-1}} = 0.0036 \text{ (mm}^2/\text{s)}$$

(2) 标准样品厚度引入的不确定度  $u_2(\bar{R})$ :

表 B.1 标物厚度 3 次测量结果

i (次数)	1	2	3
L/mm	2.51	2.5	2.5

根据标样的平行误差在厚度的 0.5% 要求和厚度 3 次测量结果, 厚度均匀性不确定度为:

$$u_2(\bar{R}) = \frac{0.5\% \times 2.503}{\sqrt{3}} = 0.0072(\text{mm})$$

(3) 千分尺引入的不确定度  $u_3(\bar{R})$ ;

千分尺的最大允许误差为0.004mm,满足均匀分布,千分尺引入的准确度不确定度为:

$$u_3(\bar{R}) = \frac{0.004}{\sqrt{3}} = 0.0023(\text{mm})$$

测量值引入的不确定度  $u(\bar{R})$  可以表示为:

$$u(\bar{R}) = \sqrt{u_1^2(\bar{R}) + u_2^2(\bar{R}) + u_3^2(\bar{R})} = 0.008\text{mm}^2/\text{s}$$

#### A. 4. 2 标准值引入的标准不确定度

标准值的不确定度由有证标准物质证书给出,具体数据见表 1,所以标准不确定度为:

$$u(R_0) = \frac{0.1}{2} = 0.05(\text{mm}^2/\text{s})$$

根据 A.4.1 和 A4.2,可以得到合成标准不确定度:

$$u(\Delta R) = \sqrt{c_1^2 u^2(\bar{R}) + c_2^2 u^2(R_0)} = \sqrt{\left(\frac{1}{R_0}\right)^2 u^2(\bar{R}) + \left(-\frac{\bar{R}}{R_0^2}\right)^2 u^2(R_0)} = 0.0501(\text{mm}^2/\text{s})$$

#### A. 5 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ,相应的扩展不确定度为:

$$U(\Delta R) = 2 \times u(\Delta R) = 0.1(\text{mm}^2/\text{s})$$

## 附录 B

## 校准记录格式（推荐）

记录编号：		委托单位：			
仪器名称：		型号：			
制造厂：		出厂编号：			
环境温度：	相对湿度：	检定日期：			
检定依据：					
检定使用的标准器：					
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	设备编号	检定/校准 证书编号	有效期至

## 一、热扩散系数示值误差及重复性

标准值	测量值			平均值	示值误差	重复性	不确定度 ( $k=2$ )
	1	2	3				

## 附录 C

## 校准证书内页格式（推荐）

## 1. 热扩散系数示值误差及重复性:

标准值	测量值	示值误差	重复性	扩展不确定 ( $k=2$ )