

# 北京市地方计量技术规范

JJF (京) XXXX—XXXX

## 显微红外热像仪校准规范

Calibration Specification for Infrared Thermal Microscope

(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

# 显微红外热像仪校准规范

Calibration Specification for

Infrared Thermal Microscope

---

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:** 有研工程技术研究院有限公司

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)

本规程委托 XXX 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	(1)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 校准用设备和标准物质	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 空间分辨率	(3)
7.2 温度示值误差	(4)
7.3 温度一致性	(4)
8 校准结果表达	(5)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 原始记录表格	(7)
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 JJF 1187-2008《热像仪校准规范》的相关内容。

本规范为首次发布。

# 显微热像仪校准规范

## 1 范围

本规范适用于显微热像仪的校准，测量范围（25~500）℃。

## 2 引用文件

JJF1187-2008 《热像仪校准规范》

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 空间分辨率

成像系统能够区分两个相邻微小物体或结构的能力。

### 3.2 示值误差

热像仪的温度示值误差是在校准实验室条件下确定。

### 3.3 测温一致性

在热像仪视场内不同区域温度测温结果的一致性，是热像仪准确反映被测物体表面温度分布的能力。

## 4 概述

典型的显微红外热像仪构成如图 1 所示，主要由显微红外光学成像系统(含显微物镜)、探测器及配套制冷系统、控温台、电控支架、计算机等部分构成。显微红外光学成像系统将被测物件表面发出的红外辐射成像在探测器上，由探测器转换为电信号并数字化后发送至计算机，由计算机进行数据处理得出被测物件的温度分布信息。通过更换不同倍率的显微物镜可以得到不同的空间分辨力。控温台用于为被测物件提供适当的温度环境，电控支架用于调节成像位置和调焦，计算机控制显微红外热像仪的工作，完成测量和数据处理、存储等工作。

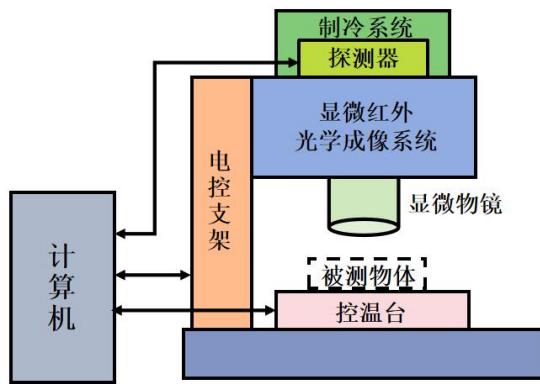


图 1 显微红外热像仪

## 5 计量性能

仪器各项计量性能指标见表 1。

表 1 显微红外热像仪计量性能指标

计量性能要求	技术指标
空间分辨率	2 $\mu\text{m}$
温度示值误差	$\pm 2\%$
测温一致性	$\pm 0.5^\circ\text{C}$

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：(22~30)  $^\circ\text{C}$ 。

6.1.2 相对湿度： $\leq 85\%$ 。

6.1.3 供电电源：电压 (220 $\pm 22$ ) V，频率 (50 $\pm 1$ ) Hz。

6.1.4 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，无直射光源照射仪器，无明显空气对流。

### 6.2 校准用设备和标准物质

显微红外热像仪校准用设备和标准物质见表 2。校准设备经过计量技术机构检定或校准，满足校准使用要求，并在有效期内。

表 2 校准用设备和标准物质

序号	计量性能要求	技术要求	用途
1	分辨率板	测温范围: 1μm~100μm; 最大允许误差: ±2%	空间分辨率校准
2	标准靶标	测温范围: (25~500) °C 最大允许误差: ±1%	显微红外热像仪温度示值误差和测温一致性校准
3	电阻测量仪	测量范围: (20~200) Ω 最大允许误差: ±1×10 <sup>-5</sup>	标准靶标上温度传感器的电 阻值测量
4	恒温加热台	温度范围: 25°C~500°C; 温度稳定性: 0.1°C/10min 最大允许误差: 0.1°C	设定标准靶标温度
注: 标准靶标是显微红外热像仪校准专用靶标, 材料采用 Si、GaAs 制作。			

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 空间分辨率

7.1.1 如果显微红外热像仪有数字变焦功能, 校准全过程应关闭数字变焦(或保持在1×), 若显微红外热像仪配有多组物镜, 应在每个物镜下分别进行空间分辨率校准, 通常从最低倍率的物镜开始校准;

7.1.2 将分辨率板置于显微红外热像仪控温台上, 调焦至清晰成像。根据显微红外热像仪标称的空间分辨率, 选择相应的暗线条宽度进行校准, 将分辨率板安放在工作台上, 使工作台运动方向与分辨率板条纹两侧端头连线与平行, 将图像显示区域分别对线条宽度进行测量, 即为该对应线条宽度的一次测量(如图 2 所示)。对同一分辨率板任意不同线条测量线条宽度 3 次, 分别记为  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$  取平均值作为该线条宽度的实测值, 按公式(2)计算相对偏差。

$$\Psi = \frac{d_1 + d_2 + d_3}{3} - d_0 \quad (1)$$

按物镜放大倍率由小到大逐一切换, 在每个物镜下重复上述步骤, 直至完成所有物镜下的校准。

式中:

$\Psi$ —线条宽度实测值与标称值的偏差,  $\mu\text{m}$ ;

$d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ —线条宽度三次实测值,  $\mu\text{m}$ ;

$d_0$ —线条宽度名义值,  $\mu\text{m}$ ;



图 2 线条宽度示意图

## 7.2 温度示值误差

7.2.1 若显微红外热像仪有数字变焦功能, 校准全过程应关闭数字变焦(或保持在

1X);

7.2.2 将靶标加热装置安置在显微红外热像仪物镜下方, 将标准靶标置于靶标加热装置上, 确保良好的热接触。操作显微红外热像仪, 将标准靶标上目标区域置于显微红外热像仪视野中央并清晰成像。设定恒温加热台温度, 待热平衡稳定后, 采集参考图像, 同时测量标准靶标温度传感器的电阻值, 计算出温度标准值;

7.2.3 设定恒温加热台温度至校准点温度, 待热平衡稳定后操作显微红外热像仪进行温度测量, 读取目标区域中央位置温度, 为温度测量值;

7.2.4 依据公式 (2) 计算显微红外热像仪温度示值误差, 并填入校准原始记录中:

$$\Delta T_c = T_c - T_r \quad (2)$$

式中:

$\Delta T_c$ —显微红外热像仪温度示值误差,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_c$ —显微红外热像仪温度测量值,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_r$ —温度标准值, 即标准靶标温度测量值,  $^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.5 选择下一个校准温度点, 重复上述步骤, 直至完成所有校准温度点;

7.2.6 选择下一个物镜替换当前物镜, 重复完成上述步骤, 直至完成所有物镜下的校准。

## 7.3 温度一致性

7.3.1 测温一致性校准温度通常选择  $80^{\circ}\text{C}$  或  $100^{\circ}\text{C}$ , 也可根据用户要求确定。选择的校准温度应记录在校准原始记录中;

7.3.2 将显微红外热像仪的显示画面等分为 9 个区域, 如图 3 所示, 图中数字为该区域编号;

1	2	3
4	5	6
7	8	9

图 3 区域划分

7.3.3 将标准靶标置于恒温台上，确保良好的热接触，操作显微红外热像仪，使标准靶标可用区域中心对准显微红外热像仪显示画面中编号  $i$  ( $i=1,2,3\cdots\cdots9$ ) 区域中心，并清晰成像。设定恒温加热台温度，与 7.2.2 中采用相同的参考温度设定值。待热平衡稳定后，采集参考图像，同时测量标准靶标温度传感器的电阻值，计算出温度值，作为参考温度输入显微红外热像仪；

7.3.4 设定恒温加热台温度至校准点温度，待热平衡稳定后，操作显微红外热像仪进行温度测量，读取目标区域中央位置温度，将温度显示值记录在校准原始记录中；

7.3.5 选择下一个待校准区域，重复步骤 7.3.1~7.3.4，直至完成所有区域的校准。若标准靶标上的目标区域能够覆盖显微红外热像仪整个画面，亦可一次性完成所有待校准区域的校准而不需调整位置；

7.3.6 测温一致性计算方法参考 JF 1187-2008 中 7.2.4.10 的规定，依据公式 (3) 计算测温一致性  $C_i$ 。

$$C_i = T_i - T_5 \quad (3)$$

$C_i$ —编号  $i$  ( $i=1,2,3,4,6,7,8,9$ ) 区域的测温一致性， $^{\circ}\text{C}$ ；

$T_i$ —编号  $i$  ( $i=1,2,3,4,6,7,8,9$ ) 区域温度测量值， $^{\circ}\text{C}$ ；

$T_5$ —编号 5 区域温度测量值， $^{\circ}\text{C}$ ；

## 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：

- 标题：“校准证书”；
- 实验室名称和地址；
- 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- 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

## 原始记录格式

委托单号:

证书编号:

委托单位		委托地址	
设备名称		型号规格	
生产厂家		出厂编号	
校准依据			
环境条件	温度:      °C	相对湿度:      %	其他:

校准地点:

校准使用的主要计量标准器具

名称	测量范围	不确定度或准确度 等级或最大允许误差	证书编号及溯源单位	有效期至

一、外观检查:

二、空间分辨率:

物镜倍率	空间分辨率 (μm)

三、温度示值误差

标准标靶编号:

物镜倍率:

参考温度:

恒温加热台设 定温度/°C	显示值/°C	标准值/°C	示值误差/°C	扩展不确定 度/°C

四、测温一致性

区域划分及编号规则:

1 <sub>φ</sub>	2 <sub>φ</sub>	3 <sub>φ</sub>
4 <sub>φ</sub>	5 <sub>φ</sub>	6 <sub>φ</sub>
7 <sub>φ</sub>	8 <sub>φ</sub>	9 <sub>φ</sub>

标准标靶编号: 物镜倍率: 参考温度: 校准温度:

编号	显示值/°C	测温一致性/°C	扩展不确定度/°C
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

校准员: \_\_\_\_\_ 核验员: \_\_\_\_\_

校准日期: \_\_\_\_\_ 签发日期: \_\_\_\_\_

## 附录 B

## 校准证书内页格式

1. 外观检查:

2. 空间分辨率:

物镜倍率	空间分辨率 (μm)

3. 温度示值误差和一致性:

标准标靶编号:

物镜倍率:

参考温度:

恒温加热台设 定温度/°C	示值误差/°C	示值误差 扩展不确定度 /°C	测温一致性 /°C	测温一致性 扩展不确定度/°C

复校时间间隔建议: 年

## 附录 C

### 示值误差测量不确定度评定实例

#### C.1.1 测量方法

温度标准值由标准靶标直接测量获得, 温度测量值由标准靶标放置在恒温加热台上, 设定参考温度之后, 通过红外热像仪测量标准靶材获得。

#### C.1.2 测量模型

以 100℃ 温度点为例, 阐述测量不确定度的评定过程。其它温度点类同可参考。显微红外热像仪温度示值误差测量模型如下:

$$T_c = T_c - T_r \quad (C.1)$$

式中:

$\Delta T_c$ —显微红外热像仪温度示值误差, ℃;

$T_c$ —显微红外热像仪温度测量值, ℃;

$T_r$ —温度标准值, 即标准靶标温度测量值, ℃。

#### C.1.3 不确定度来源

测量结果的不确定度主要来源于 2 个方面:

- 标准温度值, 即标准靶标示值不准确引入的标准不确定度,  $u_1$ ;
- 显微红外热像仪测温重复性引入的标准不确定度,  $u_2$ 。

##### C.1.3.1 标准靶标示值不准确引入的标准不确定度 $u_1$ ;

由标准靶标的技术指标可知, 温度示值最大允许误差为  $\pm 1\%$ , 在 80℃ 温度点为  $\pm 0.8\text{ }^\circ\text{C}$ , 按均匀分布分析, 则标准靶标引入的标准不确定度为:

$$u_1 = 0.8 / \sqrt{3} = 0.426\text{ }^\circ\text{C} \quad (C.2)$$

##### C.1.3.2 显微红外热像仪测量重复性引入的标准不确定度 $u_2$

使用显微红外热像仪对标准靶标在使用相同物镜的重复条件下测量 10 次, 并按照贝塞尔公式计算样本标准差  $s$ , 结果如表 C.1 所示:

表 C.1 显微红外热像仪测量重复性数据

测量点 (℃)	10 次重复性测量数据 (℃)					s/℃
80℃	80.452	80.315	80.278	80.398	80.462	0.061
	80.448	80.416	80.421	80.426	80.439	

得到显微红外热像仪测量重复性引入的标准不确定度为:

$$u_2=s=0.061\text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{C.3})$$

#### C.1.3.3 合成标准不确定度

各不确定度分量互不相关, 故合成标准不确定度为:

$$u=\sqrt{u_1^2+u_2^2}=0.43\text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{C.4})$$

#### C.1.3.4 扩展不确定度

根据标准不确定度结果可以得到扩展不确定度为:

$$U=2\times u=0.86\text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{C.5})$$

## 附录 D

### 测温一致性测量不确定度评定实例

#### D.1.1 测量方法

测温一致性由各区域温度测量值与中央区域温度测量值相减得。

#### D.1.2 测量模型

以 2 号区域阐述测温一致性不确定度的评定过程, 校准温度为 80℃, 其他编号区域的不确定度评定方法类同, 可参考。

测温一致性测量模型如下:

$$C_2 = T_2 - T_5 \quad (D.1)$$

式中:

$C_2$ —编号 2 区域的测温一致性, ℃;

$T_2$ —编号 2 区域温度测量值, ℃;

$T_5$ —编号 5 区温度测量值, ℃。

#### D.1.3 不确定度来源

测温一致性的不确定度主要来源于 2 个方面:

- a) 标准靶标自身的不确定度,  $u_1$ ;
- b) 测量重复性引入的标准不确定度,  $u_2$ ;
- c) 恒温加热台温度稳定性引入的标准不确定度,  $u_3$ 。

##### D.1.3.1 标准靶标示值不准确引入的标准不确定度 $u_1$ :

由标准靶标的技术指标可知, 温度示值最大允许误差为  $\pm 1\%$ , 在 80℃ 温度点为  $\pm 0.8\text{ }^\circ\text{C}$ , 按均匀分布分析, 则标准靶标引入的标准不确定度为:

$$u_1 = 0.8 / \sqrt{3} = 0.426\text{ }^\circ\text{C} \quad (D.2)$$

##### D.1.3.2 显微红外热像仪测量重复性引入的标准不确定度 $u_2$

使用显微红外热像仪对标准靶标在使用相同物镜的重复条件下测量一致

性 10 次，并按照贝塞尔公式计算样本标准差  $s$ ，结果如表 C.1 所示：

表 D.1 温度一致性测量重复性数据

序号	$T_2/^\circ\text{C}$	$T_5/^\circ\text{C}$	$C_2/^\circ\text{C}$
1	80.456	80.425	0.031
2	80.398	80.425	-0.027
3	80.498	80.511	-0.013
4	80.449	80.479	-0.030
5	80.453	80.442	0.011
6	80.483	80.463	0.02
7	80.468	80.475	-0.007
8	80.472	80.470	0.002
9	80.456	80.465	-0.009
10	80.487	80.462	0.025

得到显微红外热像仪测量重复性引入的标准不确定度为：

$$u_2=s=0.021\text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{D.3})$$

D.1.3.3 恒温加热台温度稳定性引入的标准不确定度,  $u_3$ 。

根据恒温加热台的技术指标，温度稳定性为  $0.1\text{ }^\circ\text{C}/10\text{min}$ ，按照均分布处理，则

$$u_3 = 0.1/\sqrt{3}=0.058\text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{D.4})$$

D.1.3.4 合成标准不确定度

各不确定度分量互不相关，故合成标准不确定度为：

$$u=\sqrt{u_1^2+u_2^2+u_3^2}=0.43\text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{D.5})$$

D.1.3.5 扩展不确定度

根据标准不确定度结果可以得到扩展不确定度为：

$$U=2\times u=0.86\text{ }^\circ\text{C} \quad (\text{D.6})$$