



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1187—2008

热像仪校准规范

Calibration Specification for Thermal Imagers

2008-01-31 发布

2008-04-30 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

热像仪校准规范

Calibration Specification for
Thermal Imagers



JJF 1187—2008

本规范经国家质量监督检验检疫总局 2008 年 1 月 31 日批准，并自 2008 年 4 月 30 日起施行。

归口单位：全国温度计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：广州飒特电力红外技术有限公司

本规范由全国温度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

柏成玉（中国计量科学研究院）

邢 波（中国计量科学研究院）

原遵东（中国计量科学研究院）

参加起草人：

吴一冈（广州飒特电力红外技术有限公司）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 术语和计量单位	(1)
3.1 术语	(1)
3.2 计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量特性	(1)
5.1 外观	(1)
5.2 显示	(2)
5.3 示值误差	(2)
5.4 测温一致性	(2)
6 校准条件	(2)
6.1 环境条件	(2)
6.2 标准及其他设备	(2)
7 校准项目和校准方法	(3)
7.1 校准项目	(3)
7.2 校准方法	(3)
8 校准结果的表达	(5)
9 复校时间间隔	(6)
附录 A 热像仪示值误差校准不确定度评定	(7)
附录 B 校准结果记录格式	(9)
附录 C 热像仪校准证书数据页格式	(10)

热像仪校准规范

1 范围

本规范适用于具有温度测量功能的热像仪在 $-20^{\circ}\text{C}\sim 2\,000^{\circ}\text{C}$ 范围内的校准。

2 引用文献

本规范引用下列文献：

JJF 1001—1998《通用计量术语及定义》

JJG 1007—2007《温度计量名词术语及定义》

GB/T 19870—2005《工业检测型红外热像仪》

JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》

使用本规范时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和计量单位

3.1 术语

3.1.1 GB/T 19870—2005《工业检测型红外热像仪》术语和定义适用于本规范。

3.1.2 示值误差 error of indication

热像仪的示值误差是热像仪的温度示值与被测黑体辐射源温度的约定真值之间的差。

3.2 计量单位

温度单位为摄氏度($^{\circ}\text{C}$)或开尔文(K)。

4 概述

热像仪可以将物体表面热辐射转换成电信号，并通过校正发射率、反射率和透过率等因素进行修正，准确测量物体表面温度和表面温度分布。

根据应用方式，热像仪可分为离线型和在线型；根据成像方式，热像仪可分为光机扫描成像型和凝视型，根据探测器的工作温度可分为制冷型和非制冷型。

为准确测量物体表面温度分布，通常热像仪具有修正功能。修正因素一般包括被测物体发射率、目标距离、环境温度、大气环境对被测目标热辐射衰减、环境热辐射、光学及电测系统等。

热像仪一般具有多种热图像显示模式，并具有被测物体热图像冻结、存储、分析和视频信号输出等功能。

5 计量特性

5.1 外观

5.1.1 热像仪的外壳、机械调节部件、外露光学元件、按键、电器连接件等不应有影

响热像仪校准的缺陷。

5.1.2 热像仪应标有制造商(或商标)、型号、编号等标识。

5.2 显示

热像仪的显示效果不应有影响校准的缺陷。

5.3 示值误差

热像仪的温度示值误差在校准实验室条件下确定。

5.4 测温一致性

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

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 校准实验室环境温度应为 $(23\pm 5)^{\circ}\text{C}$,湿度应不大于85%RH(无结露)。

6.1.2 校准实验室环境条件应满足校准设备和被校热像仪的使用环境条件要求。

6.1.3 校准环境应无强环境热辐射。

6.2 标准及其他设备

6.2.1 标准器

通常采用铂电阻温度计、热电偶(配相应的电测设备)或辐射温度计作为标准器测量黑体辐射源温度。

6.2.2 辐射源

黑体辐射源的温度范围应满足被校热像仪的校准要求。

黑体辐射源技术要求参见表1。

表1 辐射源技术要求

辐射源种类	用途	温度范围	空腔有效发射率 (靶面有效发射率)	温度稳定性
腔式黑体辐射源	示值误差校准 测温一致性校准	100℃以下	$(0.99\sim 1.00)\pm 0.01$	$\pm 0.05^{\circ}\text{C}$
		100℃~1 000℃	$(0.99\sim 1.00)\pm 0.01$	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$
		1 000℃~2 000℃	$(0.99\sim 1.00)\pm 0.01$	$\pm 0.1\%$
面辐射源	测温一致性校准	100℃以下	0.97 ± 0.02	$\pm 0.05^{\circ}\text{C}$

黑体辐射源温度通常采用接触温度计或辐射温度计测量,如铂电阻温度计或热电偶等(配相应电测设备)。

6.2.3 显示热像仪测量结果的外接显示器应满足被校热像仪测量信号输出指标要求(如被校热像仪要求外接显示器)。

6.2.4 热像仪校准所需仪器支架。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

7.1.1 外观

热像仪的外壳、机械调节部件、外露光学元件、按键、电器连接件等不应有影响热像仪测量功能的缺陷。

热像仪应标有制造商(或商标)、型号、编号等标识。

7.1.2 显示

热像仪显示效果不应有影响正常使用的缺陷。

7.1.3 示值误差

在实验室环境条件下进行热像仪示值误差校准。

7.1.4 测温一致性

热像仪应在实验室环境温、湿度条件下进行测温一致性测试。

7.2 校准方法

7.2.1 外观

手动、目视检查,被校热像仪外观须满足 7.1.1 的要求。

7.2.2 显示

手动、目视检查,被校热像仪显示器件须满足 7.1.2 的要求。

7.2.3 示值误差

7.2.3.1 校准温度点选择。

校准温度点的选择为量程的上、下限及量程中间值。对于有多个量程的热像仪,在量程重叠的温度区域,应选择在不同量程分别校准。同时也可根据用户要求设定校准温度。

7.2.3.2 根据热像仪使用说明书要求清洁热像仪光学外露元件。

7.2.3.3 根据用户要求安装附加光学镜头或衰减片等光学元件。

7.2.3.4 根据用户要求或根据热像仪的聚焦范围要求、光学分辨力和黑体辐射源目标直径确定测量距离。调整热像仪位置,使热像仪沿黑体辐射源的轴向方向瞄准被测黑体辐射源目标中心,并且使被测目标清晰成像。

7.2.3.5 根据热像仪使用说明书要求,测量前将热像仪预先开机一定时间(如被校热像仪有要求)。

7.2.3.6 根据热像仪使用说明书要求,输入量程和校准条件数据,如环境温度、环境湿度、测量距离参数。校准时,被校热像仪发射率参数设置为 1 或等于黑体辐射源发射率。

7.2.3.7 在进行示值误差校准之前,应完成热像仪使用说明书要求的对测量结果有影响的其他操作,如清零等(如被校热像仪有要求)。

7.2.3.8 参考使用说明书将被校热像仪置于点温度测量模式，测量黑体辐射源目标中心温度。在每一个校准温度点，进行不少于4次测量。测量时，同时记录黑体辐射源参考标准的测量值 $t_{\text{BB},j}$ 、被校热像仪示值 $t_{i,j}$ 和被校量热像仪当前量程。采用以铂电阻温度计为标准器的黑体辐射源校准发射率设置为1的热像仪的记录格式见附录B。

7.2.3.9 计算黑体辐射源辐射温度平均值 $t_{\text{BB}i}$ 。

$$t_{\text{BB}i} = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} t_{\text{BB},j}$$

式中： $t_{\text{BB},j}$ ——在第 i 个校准温度点，标准器测量黑体辐射源温度测量值；

m_i ——在第 i 个校准温度点的测量次数， $m_i \geq 4$ 。

7.2.3.10 计算被校热像仪示值平均值 t_i 。

式中： $t_{i,j}$ ——在第 i 个校准温度点被校热像仪第 j 个示值；

m_i ——在第 i 个校准温度点的测量次数。

7.2.3.11 计算在该量程下，第 i 个校准温度点，被校热像仪示值误差

$$\Delta t_i = t_i - t_{\text{BB}i} \quad (i = 1, 2, \dots, n)$$

7.2.4 测温一致性

7.2.4.1 根据热像仪实际使用情况，根据用户要求设定黑体辐射源温度，通常为 100°C 。

7.2.4.2 根据热像仪使用说明书要求清洁热像仪光学外露元件。

7.2.4.3 根据用户要求安装附加光学附件。

7.2.4.4 根据热像仪使用说明书要求，测量前将热像仪预先开机一定时间（如被校热像仪有要求）。

7.2.4.5 根据热像仪使用说明书要求，输入量程和校准条件数据，如环境温度、环境湿度、测量距离等参数。校准时被测热像仪发射率参数设置为1或等于辐射源发射率。

7.2.4.6 根据用户要求或根据热像仪的聚焦范围要求，根据光学分辨力和黑体辐射源目标直径确定测试距离。调整热像仪方位，使热像仪光学系统光轴与沿黑体辐射源轴向方向重合（使用面辐射源进行校准时，应使热像仪光学系统光轴与经过面辐射源中心的法线重合），并且使被测目标清晰成像。在进行测温一致性测试时，不允许使用热像仪的数字变焦功能。

7.2.4.7 在进行测温一致性校准之前，应完成热像仪使用说明书要求的对测量结果有影响的其他操作，如清零等（如被校热像仪有要求）。

7.2.4.8 如图1所示，将被校热像仪显示器画面等分为9个区域，在9个区域的中心点分别标记。如用户要求，可增加标记点。

+1	+2	+3
+4	+5	+6
+7	+8	+9

图 1 测温一致性实验测温点分布

7.2.4.9 在实验条件下,当黑体辐射源的尺寸不能完全覆盖热像仪视场时,采用方法一进行测温一致性测试实验;当黑体辐射源能够完全覆盖热像仪视场时,采用方法二进行测温一致性测试实验。

方法一:使用腔式黑体辐射源进行测温一致性测试

调整热像仪或黑体辐射源位置,使黑体辐射源中心分别成像于标记点,使用热像仪测量黑体辐射源中心温度,记录标记点温度 t_{ri} 和 t_{rs} 。测量顺序如下:5→ i →5($i=1, 2, \dots, 9, i \neq 5$)。

方法二:使用面辐射源进行测温一致性测试

调整热像仪或黑体辐射源位置,使面辐射源成像,将热像仪发射率参数设置为面辐射源发射率,分别测量并记录标记点温度 t_{ri} 和 t_{rs} ,测量顺序如下:5→ i →5($i=1, 2, \dots, 9, i \neq 5$)。

7.2.4.10 计算被校热像仪测温一致性的值 ϕ_i 。

$$\phi_i = \overline{t_{ri}} - t_{rs} \quad (\dots, 9, i \neq 5)$$

式中: $\overline{t_{ri}}$ ——在第 i 个标记点,被校热像仪示值的均值。

8 校准结果的表述

校准结果应在校准证书或校准报告上反映。

校准结果中应注明对测量结果有影响的被校热像仪参数设置,包括滤光片、镜头、测量距离等。

对于示值误差校准,在校准结果中应注明校准温度点、被校热像仪测量值、量程和校准不确定度。

对于测温一致性校准,在校准结果中应注明校准温度点、测温一致性的值、标记点分布条件和量程。校准证书数据页格式见附录 C。

除上述校准结果信息,校准结果校准证书或报告还应包含(但不限于)以下信息:

- 标题,如“校准证书”或“校准报告”;
- 实验室名称和地址;
- 进行校准的地点(如不在实验室内进行校准);

- d) 证书或报告的惟一性标识(如证书编号), 页码及总页数的标识;
- e) 送校单位的名称和地址;
- 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) 校准证书或报告签发人的签名、职务或等效标识, 以及签发日期;
- n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- o) 未经实验室书面批准, 不得部分复制校准证书或报告的声明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔由用户根据使用情况确定, 建议为1年, 使用特别频繁时应适当缩短。

附录 A

热像仪示值误差校准不确定度评定

A.1 热像仪示值误差校准不确定度分析

A.1.1 校准的数学模型

热像仪示值误差的校准采用腔式黑体辐射源进行。

热像仪示值误差校准的数学模型为

$$\Delta t_i = t_i - t_{\text{BB}i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (\text{A.1})$$

式中： Δt_i ——第 i 个校准温度点，被校热像仪的示值误差；

t_i ——第 i 个校准温度点，被校热像仪示值；

$t_{\text{BB}i}$ ——黑体温度。

A.1.2 校准不确定度评定

对热像仪校准结果不确定度有影响的输入量为被校热像仪示值 t_i 和黑体辐射温度 $t_{\text{BB}i}$ 。这两个输入量彼此独立，热像仪示值误差合成标准不确定度 u_c 为

$$u_c = \sqrt{u_{t_i}^2 + u_{t_{\text{BB}i}}^2} = \sqrt{c_{t_i}^2 \cdot u^2(t_i) + c_{t_{\text{BB}i}}^2 \cdot u^2(t_{\text{BB}i})} \quad (\text{A.2})$$

式中： u_{t_i} ——由输入量 t_i 引入的标准不确定度分量；

$u_{t_{\text{BB}i}}$ ——由输入量 $t_{\text{BB}i}$ 引入的标准不确定度分量；

c_{t_i} ——由测量数学模型确定的输入量 t_i 的灵敏系数，根据式(A.1)得

$$c_{t_i} = \frac{\partial(\Delta t_i)}{\partial t_i} = 1$$

$c_{t_{\text{BB}i}}$ ——由测量数学模型确定的输入量 $t_{\text{BB}i}$ 的灵敏系数，根据式(A.1)得

$$c_{t_{\text{BB}i}} = \frac{\partial(\Delta t_i)}{\partial t_{\text{BB}i}} = -1$$

$u(t_i)$ ——输入量 t_i 的标准不确定度；

$u(t_{\text{BB}i})$ ——输入量 $t_{\text{BB}i}$ 的标准不确定度。

A.2 热像仪示值误差校准不确定度评定实例

以使用腔式热管黑体辐射源校准热像仪为例，实验条件如下：

环境温度：25℃

校准温度：100℃

黑体辐射源：在校准温度点，空腔有效发射率为 $0.998\,5 \pm 0.001\,5$ ，控温稳定性为 $0.1^\circ\text{C}/10\text{min}$ 。

标准器：精密铂电阻温度计，测量辐射源温度。

被校热像仪：响应波段为 $8\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$ ，在校准温度点示值分辨力为 1°C ，测量重复性为 1.0°C 。

A.2.1 各输入量标准不确定度评定

A.2.1.1 输入量 $t_{\text{BB}i}$ 的标准不确定度 $u(t_{\text{BB}i})$ 评定

①黑体辐射源控温不稳定引起的标准不确定度分量 u_1

黑体辐射源控温稳定性为 $0.1^\circ\text{C}/10\text{min}$ ，以均匀分布评定， $u_1 = 0.06^\circ\text{C}$ 。

②黑体辐射源发射率修正引起的标准不确定度分量 u_2

在 100°C ，黑体辐射源发射率为 $0.998\ 5 \pm 0.001\ 5$ ，以 $0.998\ 5$ 为参考值对被校热像仪的示值受辐射源发射率偏离 1 影响进行修正，辐射源发射率的不确定度 $0.001\ 5$ 引起的黑体辐射源辐射温度不确定度为 0.1°C ，以均匀分布评定，黑体辐射源发射率修正引起的标准不确定度分量 $u_2 = 0.06^\circ\text{C}$ 。

③参考标准传递引入的不确定度分量 u_3

根据检定证书，精密铂电阻温度计引入的标准不确定度分量 $u_3 = 0.04^\circ\text{C}$ 。

④电测设备引入的标准不确定度分量 u_4

采用数字多用表、标准电阻和热电偶等测量标准温度计电阻，以 Keithley2000 为例，电测设备引入的标准不确定度分量 $u_4 = 0.02^\circ\text{C}$ 。

⑤辐射源靶面温度与标准器测量点之间温差引起的标准不确定度分量 u_5

辐射源靶面温度与标准器测量点之间的温差由辐射源温场特性决定，辐射源靶面温度与标准器测量点之间的最大温差为 0.15°C ，以均匀分布考虑，其标准不确定度分量 $u_5 = 0.05/\sqrt{3} = 0.03^\circ\text{C}$ 。

则输入量 $t_{\text{BB}i}$ 的标准不确定度 $u(t_{\text{BB}i})$

$$u(t_{\text{BB}i}) = \sqrt{0.06^2 + 0.06^2 + 0.02^2 + 0.04^2 + 0.03^2} = 0.11^\circ\text{C} \quad (\text{A.3})$$

A.2.1.2 输入量 t_i 的标准不确定度 $u(t_i)$ 评定①热像仪测量重复性引入的标准不确定度分量 u_6

热像仪重复性实验 4 次测量最大差值为 1.0°C ，其均值的标准偏差 $s = (1.0/C/\sqrt{4})^\circ\text{C}$ ，其中测量次数为 4 时，极差系数 $C = 2.06$ 。

②热像仪示值分辨率引入的标准不确定度分量 u_7

热像仪示值分辨力为 1°C ，按均匀分布考虑， $u_7 = (1/2/\sqrt{3})^\circ\text{C}$ 。

则输入量 t_i 的标准不确定度 $u(t_i)$

$$u(t_i) = \sqrt{\sum_{i=6}^7 u_i^2} = \sqrt{0.25^2 + 0.3^2} = 0.41^\circ\text{C} \quad (\text{A.4})$$

A.2.2 合成标准不确定度 u_c

根据式(A.2)，示值误差的合成标准不确定度 u_c 为

$$u_c = \sqrt{1^2 \times 0.8^2 + (-1)^2 \times 0.15^2} = 0.84^\circ\text{C} \quad (\text{A.5})$$

A.2.3 扩展不确定度 U

$$U = k \cdot u_c \quad (\text{A.6})$$

取 $k=2$ ，则 $U=0.9^\circ\text{C}$ 。

附录B

校准结果记录格式

热像仪校准记录

送校仪器:

送校单位:	证书号:
准确度:	编号:
生产厂:	测温范围:
仪器参数: 发射率设置: ; 工作波段: ; 聚焦范围: ; 显示分辨力:	测量距离:
地址:	外观检查:
型号:	

标准器:

黑体辐射源:

测试日期:

校准者:

环境温度: 环境湿度:

温度 /°C	量程	标准器						被校仪器									
		实测值/Ω			dR/dt /Ω·°C ⁻¹	实测与标准之差/°C	显示值/°C			温度修正 ε _{黑体源} /°C	修正后热像仪示值/°C	校准结果/°C					
		1	2	3			1	2	3			平均值	温度	示值误差	不确定度		

备注

校准使用的计量标准名称:
 计量标准证书号:
 校准依据的技术文件:

结果处理:

校准员:

核验员:

附录 C

热像仪校准证书数据页格式

证书编号：

校准结果

1. 示值误差

温度 /℃	量程 1		量程 2	
	示值误差 /℃	不确定度/℃ ($k=2$)	示值误差 /℃	不确定度/℃ ($k=2$)

备注：1. ××××

2. ×××

2. 测温一致性

温度/℃	
量程	
标记点分布	见右图
标记点编号	测温一致性/℃
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	

+1	+2	+3
+4	+5	+6
+7	+8	+9

测温一致性测温点分布

备注：1. ××××

2. ×××

以下空白

校准员：

核验员：

中华人民共和国
国家计量技术规范

热像仪校准规范

JJF 1187—2008

国家质量监督检验检疫总局发布

*

中国计量出版社出版

北京和平里西街甲2号

邮政编码 100013

电话 (010)64275360

<http://www.zgjl.com.cn>

北京市迪鑫印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

版权所有 不得翻印

*

880 mm×1230 mm 16开本 印张1 字数14千字

2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷

印数1—1 000

统一书号 155026—2316 定价：24.00元