



山东省地方计量技术规范

JJF (鲁) 231—2026

工作用固定发射率 ($\varepsilon=0.95$) 辐射温度计 校准规范

Calibration Specification for Fixed Emissivity
Radiation Thermometers ($\varepsilon=0.95$)

2026—09—20发布

2026—10—30实施

山东省市场监督管理局 发布

工作用固定发射率 ($\varepsilon=0.95$) 辐射温度计校准规范

Calibration Specification for Fixed Emissivity

Radiation Thermometers ($\varepsilon=0.95$)

JJF (鲁) 231—2026

归口单位：山东省温湿度计量技术委员会

主要起草单位：山东省计量科学研究院

山东省计量检测中心

参加起草单位：济南市计量检定测试院

泰安德美机电设备有限公司

山东省气象工程技术中心

威海市产品质量标准计量检验研究院

本规范委托山东省温湿度计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

徐兴业（山东省计量科学研究院）

尹跃（山东省计量检测中心）

穆蕾（山东省计量检测中心）

参加起草人：

崔浩南（济南市计量检定测试院）

李顺成（泰安德美机电设备有限公司）

任燕（山东省气象工程技术中心）

丛松霞（威海市产品质量标准计量检验研究院）

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	(3)
7 校准项目和校准方法	(4)
8 校准结果的表达	(6)
9 复校时间间隔	(7)
附录 A 校准距离的确定	(8)
附录 B 辐射温度计瞄准方法	(9)
附录 C 示值偏差修正及其环境温度系数	(10)
附录 D 原始记录参考格式	(11)
附录 E 辐射温度计示值误差不确定度评定示例	(12)

引 言

JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、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。

本规范技术内容的编写参考了 JJG 856-2015《工作用辐射温度计》和原遵东等在《计量技术》2007（5）发表的文章“发射率设定值不为 1 的辐射温度计的校准”。

本规范为首次发布。

工作用固定发射率 ($\varepsilon=0.95$) 辐射温度计校准规范

1 范围

本规范适用于测量范围 ($-30\sim 500$) $^{\circ}\text{C}$ ，发射率固定为 0.95 的工作用辐射温度计的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 856-2015 《工作用辐射温度计》

JJF 1007-2007 《温度计量名词术语及定义》

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 术语

JJG 856-2015、JJF 1007-2007 界定的及以下术语和定义适用于本规范。

3.1.1[绝对]黑体 [absolute] blackbody

对任意方向、波长和偏振状态的入射辐射都能全部吸收的理想热辐射体。

[来源：JJF 1007-2007, 5.9]

3.1.2[有效]亮度温度 [effective] spectral radiance temperature

在给定波长范围，辐射亮度与被测热辐射体的有效辐射亮度相等的黑体的温度。

[来源：JJG 856-2015, 3.1.2]

3.1.3 视场 field of view

发射辐射温度计所接收的辐射的被测区域，通常为圆形平面被测目标。

[来源：JJG 856-2015, 3.1.13]

3.1.4 测量距离 measuring distance

辐射温度计与被测目标之间的距离（或距离范围）。

[来源: JJG 856-2015, 3.1.14]

3.1.5 距离系数 distance ratio

目标聚焦状态下, 测量距离与视场直径之比。

[来源: JJG 856-2015, 3.1.15]

3.1.6 [有效]发射率 [effective] emissivity

在给定波长范围, 热辐射体有效辐射亮度与同温度黑体辐射亮度之比。

3.2 计量单位

计量单位为摄氏度 (°C) 或开尔文 (K)。

4 概述

工作用固定发射率 ($\varepsilon=0.95$) 辐射温度计 (以下简称辐射温度计) 是发射率设定值为固定值 0.95, 用于测量发射率 $\varepsilon=0.95$ 的物体表面温度的仪表。

辐射温度计是利用普朗克黑体辐射定律, 根据热辐射体辐射特性与其温度之间的函数关系测量温度。

辐射温度计通常由光学系统、探测器和信号处理单元及输出指示装置四部分组成。输出类型为模拟量或数字量, 使用方式有便携式和固定安装式两种。

5 计量特性

5.1 示值误差

在辐射温度计的全部测温范围内, 均应不超过最大允许误差。

注:

- 1 最大允许误差(或仪表不确定度、准确度等级)应根据该型号说明书确定。
- 2 最大允许误差技术指标应注明与之相对应的测量距离与辐射源直径。

5.2 重复性

不超过辐射温度计技术指标中对重复性的要求, 若技术指标对重复性无要求, 则不超过最大允许误差绝对值的 1/2。

注: 以上要求仅供参考, 不做合格判定。

6 校准条件

6.1 环境条件

环境温度: 18℃~25℃, 相对湿度:20%~85%。

应同时满足标准器、配套设备以及辐射温度计的使用环境条件要求。

6.2 标准器及配套设备

6.2.1 标准器

标准器可选用[空腔]黑体辐射源和(或)[平]面辐射源, 其温度或亮度温度溯源结果的不确定度及校准周期内稳定性引起的不确定度的综合影响应满足校准需求。

也可选用其它类型的标准器, 例如参考辐射温度计或接触式温度计。建议参考辐射温度计的不确定度($k=2$)不大于被校辐射温度计最大允许误差绝对值的 1/3, 参考接触式温度计的不确定度($k=2$)不大于被校辐射温度计最大允许误差绝对值的 1/5。

黑体辐射源和面辐射源其它技术要求见表 1。

表 1 黑体辐射源和面辐射源技术要求

类别	温度范围	稳定性	均匀性	发射率
黑体辐射源	(-30~500)℃	不大于(0.1℃与 0.1% t 的大者)	不大于 $\pm$ (0.15℃ 与 0.15% t 的大者)	1 $\pm$ 0.01
面辐射源	(-30~500)℃	不大于 (0.15℃ 与 0.15% t 的大者)	不大于 $\pm$ (0.2℃与 0.2% t 的大者)	0.95 $\pm$ 0.01

注:

1 t 为黑体辐射源温度或亮度温度, 或面辐射源亮度温度。

2 发射率技术指标要求仅供参考, 不作强制性要求。

3 在露点温度以下使用的辐射源, 应具备有效的防结露、防结霜或防止形成雾的措施。

6.2.2 配套设备

6.2.2.1 电测仪器

用于测量被校辐射温度计模拟输出量的电测仪表, 其测量引入的不确定度应不超过被校辐射温度计最大允许误差绝对值的 1/20。

供标准器使用的电测仪表(若需要), 其测量引入不确定度应不超过标准器不确

定度的 1/3，或不超过校辐射温度计最大允许误差绝对值的 1/20。

6.2.2.2 辅助设备

- a) 用于确定测量距离的测长工具。
- b) 满足标准器或辐射温度计的瞄准操作需要的、具有平移和旋转等调节功能的工作台或支架。
- c) 直流电源、转换开关等(如果需要)。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目为示值误差和重复性。

7.2 校准温度

可根据用户要求选择校准温度点。

推荐在辐射温度计的测温范围内均匀选取整百或整十摄氏度温度点作为示值误差校准温度点，校准温度点不少于 3 个。在辐射温度计测温范围中点附近选取重复性校准温度点。

7.3 校准方法

7.3.1 校准前的准备

- a) 根据说明书信息确定辐射温度计的测量距离，具体方法见附录 A。也可采用用户指定的校准距离。
- b) 根据说明书信息确认对辐射源直径的要求。说明书未直接给出此信息时，查出与测量距离相对应的视场直径，选用的黑体辐射源或面辐射源的直径一般应分别不小于辐射温度计视场直径的 1.4 倍或 1.7 倍。
- c) 根据校准温度点和辐射温度计技术指标，选择计量标准。
- d) 将辐射温度计放置于校准环境，通常不少于 4 h，或者按照辐射温度计说明书要求的时间进行恒温。
- e) 辐射温度计及其他所需仪器按照规定的预热时间要求通电预热。

7.3.2 瞄准要求

在辐射源空腔或面辐射源中心前方轴线延长线上，按照测量距离的要求的位置，

使辐射温度计瞄准辐射源中心；可调焦辐射温度计还应使空腔底成像清晰或聚焦于测量距离处。具体方法见附录 B。

7.3.3 示值误差校准

7.3.3.1 调整辐射源设定值，使稳定后的辐射源量值与校准温度点的偏差不超过辐射温度计最大允许误差的 2 倍。

7.3.3.2 对标准器和辐射温度计分别记录两次数据。可按照以下记录顺序：标准(S) → 被校(T) → 被校(T) → 标准(S)。

注：

- 1 如果辐射温度计在辐射源照射初期示值有漂移现象，对于手持式辐射温度计，每次读数前，应先用挡光板遮挡辐射源不少于 30 s，并在移开挡光板并启动测量后的若干秒（一般为响应时间的 3 倍）后读数；对于固定安装式辐射温度计，应在示值相对稳定后读数。如果说明书有明确要求的，按使用说明进行操作。
- 2 若辐射源稳定性足够好，则可依次检定多个辐射温度计。

7.3.3.3 改变校准温度点，重复 7.3.3.1 至 7.3.3.2 的步骤，完成其他校准温度点测量。

7.3.4 重复性校准

7.3.4.1 辐射源在重复性校准温度稳定后，使辐射温度计瞄准辐射源。

7.3.4.2 用挡光板在辐射温度计前遮挡不少于 30 s 后移开挡光板，记录数据。若有漂移现象，参见 7.3.3.2 注 1。

7.3.4.3 重复 7.3.4.2 的测量过程，共进行 10 次。

7.4 校准数据处理

7.4.1 示值误差

（1）若使用黑体辐射源作为标准器，并且黑体辐射源已取得发射率 $\epsilon=1$ 亮度温度溯源结果，则示值误差计算如下：

$$\Delta t = \bar{t} - (\bar{t}_s + \Delta t_s) - \Delta t_c \quad (1)$$

（2）若使用面辐射源作为标准器，并且已取得发射率 $\epsilon=0.95$ 温度溯源结果，则示值误差计算如下：

$$\Delta t = \bar{t} - (\bar{t}_s + \Delta t_s) \quad (2)$$

Δt ——辐射温度计温度示值误差，℃

$\bar{t}$ ——辐射温度计示值平均值，℃

$\bar{t}_s$ ——辐射源示值平均值, °C

Δt_s ——辐射源修正值, 可根据需要确定是否使用修正值, °C

Δt_c ——由辐射温度计发射率 $\epsilon=0.95$ 以及环境温度偏离 20°C 引入的数值修正值, 见附录 C, °C

注:

- 1 若使用参考辐射温度计作为标准器, 应根据参考辐射温度计溯源结果 $\epsilon=1$ 或 $\epsilon=0.95$ 采用式 (1) 或式 (2) 进行示值误差计算。
- 2 若使用接触式温度计作为标准器, 应根据式 (1) 进行示值误差计算。必要时考虑辐射源发射率偏离、标准器与被校仪器测温点偏差等因素的影响。

7.4.2 重复性

重复性通常表示为单次测量的实验标准偏差 s 的 2 倍。

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta_i - \bar{\delta})^2} \quad (3)$$

式中:

n ——测量次数;

δ_i ——辐射温度计单次测量结果与辐射源温度的差值, °C;

$\bar{\delta}$ —— δ_i 平均值, °C;

8 校准结果的表达

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) 校准地点 (如果与实验室的地址不同);
- d) 证书的惟一性标识 (如编号), 页码及总页数的标识;
- e) 客户的名称和地址;
- f) 被校对象的描述和明确标识, 如型号、生产厂家和序列号等信息;
- g) 校准日期, 如果与校准结果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, 应包括环境温度、相对湿度等;
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明;
- 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

由于复校时间间隔由仪器的使用情况、使用者和仪器本身质量等诸多因素决定, 因此客户可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

建议复校时间间隔为 1 年。

附录 A

校准距离的确定

A.1 可调焦被校辐射温度计

可调焦被校辐射温度计的测量距离应在其允许的测量距离范围内选取，一般可选 1 m。说明书给出检定(或校准)距离的，直接采用说明书的规定值。

测量距离是指在校准中被校辐射温度计清晰成像时的测量距离。

A.2 不可调焦被校辐射温度计

A.2.1 说明书中给出辐射温度计的检定(或校准)距离或设计最佳距离时，直接采用该规定值为测量距离。说明书中未给出上述信息时，采用 A.2.2 中的方法，确定测量距离。

A.2.2 根据 D-S 图表按下述方法确定测量距离：

a)最小目标直径对应的测量距离。当该测量距离为一个范围时，取最大值。

b)D-S 图表中 D 与 S 的比值最大时对应的测量距离。

A.2.3 根据本方法确定的测量距离在瞄准辐射源时有可操作性困难时，在可获得有效测量结果的前提下，允许适当调整瞄准位置。

附录 B

辐射温度计瞄准方法

B.1 被校辐射温度计应安装在辐射源前方中心轴线的延长线上。

B.2 轴向瞄准

- a)按说明书规定的方法进行被校辐射温度计瞄准；
- b)说明书中没有明确规定测量距离的具体含义的，默认瞄准空腔底部；
- c)当辐射源无法在瞄准空腔底部的条件下满足测量距离的要求时，在可获得有效校准结果的前提下，允许适当调整瞄准位置。例如，当测量距离接近或小于空腔黑体辐射源的腔口到腔底距离时，在保证被校辐射温度计瞄准辐射源的有效亮度等温区的前提下，允许将被校辐射温度计的瞄准面从腔底向腔口方向移动。

B.3 中心瞄准

- a)可利用被校辐射温度计的辅助瞄准(激光或发光二极管)光束确定瞄准位置。需要注意的是某些被校辐射温度计的辅助瞄准光束点不一定是测量光路的中心点，对此，可用下述方法进一步验证。
- b)可利用被检温度计观测辐射源温度场，分别根据水平与垂直温场的对称性确定对辐射源中心点的瞄准方向。

附录 C

示值偏差修正及其环境温度系数

发射率 ε 设定值为 0.95、光谱响应为 (8~14) μm 的辐射温度计, 在环境温度 t_{am} 为 20℃时, 温度计示值偏差 Δt_c 及其环境温度系数 $d\Delta t_c/dt_{am}$ 的计算结果下见表。

黑体温度 T_{bb} (℃)	温度计示值 T_{in} (℃)	Δt_c (℃)	$d\Delta t_c/dt_{am}$
-30	-33.92	-3.92	-0.105
-10	-11.97	-1.97	-0.077
0	-1.18	-1.18	-0.066
20	20.00	0.00	-0.053
40	40.96	0.96	-0.044
60	61.80	1.80	-0.038
80	82.55	2.55	-0.033
100	103.26	3.26	-0.029
150	154.95	4.95	-0.023
200	206.60	6.60	-0.020
250	258.28	8.28	-0.017
300	310.01	10.01	-0.016
400	413.64	13.64	-0.014
500	517.49	17.49	-0.013

对于其它光谱响应波段和发射率的辐射温度计, 校准时可按下式进行示值偏差修正:

$$\int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varepsilon L_b(\lambda, T_{in}) d\lambda + \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} (1 - \varepsilon) L_b(\lambda, T_{am}) d\lambda = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_b(\lambda, T_{bb}) d\lambda \quad \text{C.1}$$

其中:

λ_1 、 λ_2 ——辐射温度计工作波段下限和上限值, m。

ε ——辐射温度计设定发射率。

L_b ——黑体的光谱辐射亮度, $\text{W} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{sr}^{-1}$ 。

T_{in} ——辐射温度计示值, K。

T_{am} ——环境温度, K。

T_{bb} ——黑体温度, K。

附录 D

原始记录参考格式

委托单位		地址		证书编号	
校准日期		环境温度		环境湿度	
标准器名称		测量范围		不确定度	
溯源证书号		有效期至		溯源机构	
校准依据					
被检仪器名称		型号		编号	
制造厂		工作波长		D:S	
备注					
校准数据					
校准温度					
标准示值 1					
标准示值 2					
平均值					
修正值					
Δt_c					
实际值					
被检示值 1					
被检示值 2					
平均值					
误差					
$U(k=2)$					
重复性					
	$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (\delta_i - \bar{\delta})^2} =$				

附录 E

辐射温度计示值误差不确定度评定示例

E.1 测量对象

工作用辐射温度计 ($\epsilon=0.95$)，工作波长 ($8\sim 14$) μm ，测量范围：($-30\sim 550$) $^{\circ}\text{C}$ ，分辨力 0.1°C ，最大允许误差 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 2\%t$, D:S 为 12:1。

E.2 标准器及配套设备

黑体辐射源，测量范围：($30\sim 550$) $^{\circ}\text{C}$ ，不确定度 $U=(0.4\sim 1.2)^{\circ}\text{C}$ ， $k=2$ 。

E.3 测量模型

$$\Delta t = \bar{t} - (\bar{t}_s + \Delta t_s) - \Delta t_c \quad (\text{E.1})$$

Δt —辐射温度计温度示值误差， $^{\circ}\text{C}$

$\bar{t}$ —辐射温度计示值平均值， $^{\circ}\text{C}$

$\bar{t}_s$ —辐射源示值平均值， $^{\circ}\text{C}$

Δt_s —辐射源修正值， $^{\circ}\text{C}$

Δt_c —由发射率 $\epsilon=0.95$ 以及环境温度偏离 20°C 引入的数值修正值， $^{\circ}\text{C}$

E.4 灵敏度系数

对式 (E.1) 各分量求偏导，各分量灵敏系数如下：

$$c_1 = \frac{\partial \Delta t}{\partial \bar{t}} = 1; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta t}{\partial \bar{t}_s} = -1; \quad c_3 = \frac{\partial \Delta t}{\partial \Delta t_s} = -1; \quad c_4 = \frac{\partial \Delta t}{\partial \Delta t_c} = -1$$

E.5 标准不确定度分量

E.5.1 输入量 $\bar{t}$ 引入的标准不确定度 u_1

u_1 是由被校辐射温度计的重复性和分辨力引入的不确定度分量。

a) 重复性引入的不确定度分量 u_{11}

u_{11} 采用 A 类评定，在重复性条件下在 300°C 点进行 10 次重复测量，数据见表 E1，由贝塞尔公式计算单次测量结果的实验标准偏差 s 。

表 E.1 重复性测量数据

测量次数	1	2	3	4	5
测量值/ $^{\circ}\text{C}$	305.1	305.2	305.0	305.1	305.1

测量次数	6	7	8	9	10
测量值/℃	305.1	305.2	305.2	305.1	305.2

$s=0.07^{\circ}\text{C}$ ，测量结果采用 2 次测量平均值，由重复性引入的标准不确定度分量为：

$$u_{11}=s/\sqrt{2}=0.049(^{\circ}\text{C})$$

b) 分辨力引入的不确定度分量 u_{12}

被校辐射温度计的温度显示分辨力为 0.1°C ，按均匀分布考虑，由分辨力引入的标准不确定度分量为：

$$u_{12} = 0.1 / (2\sqrt{3}) = 0.029(^{\circ}\text{C})$$

u_{11} 、 u_{12} 相关，取二者中较大者，输入量 t 引入的标准不确定度 $u_1=0.049^{\circ}\text{C}$ 。

E.5.2 输入量 t_s 引入的标准不确定度 u_2

黑体辐射源温度显示分辨力为 0.1°C ，按均匀分布考虑，由分辨力引入的不确定度分量为：

$$u_2 = 0.1 / (2\sqrt{3}) = 0.029(^{\circ}\text{C})$$

E.5.3 黑体辐射源修正值引入的标准不确定度分量 u_3

E.5.3.1 黑体辐射源溯源修正值引入的不确定度分量

在 300°C 黑体辐射源溯结果的扩展不确定度为 $U=0.7^{\circ}\text{C}, k=2$ ，由修正值引入的标准不确定度分量为：

$$u_{31} = 0.7 / 2 = 0.35(^{\circ}\text{C})$$

E.5.3.2 黑体辐射源长期稳定性引入的不确定度分量

根据黑体辐射源两周期溯源结果，在 300°C 修正值变化量为 0.2°C ，按均匀分布考虑，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_{32} = 0.2 / \sqrt{3} = 0.12(^{\circ}\text{C})$$

E.5.3.3 黑体辐射温度均匀性及短时间波动性引入的标准不确定度分量

黑体辐射源在 300°C 均匀性及短时波动的影响估计不超过 $300^{\circ}\text{C} \times 0.15\% = 0.45^{\circ}\text{C}$ ，按均匀分布考虑，由此引入的标准不确定度分量为：

$$u_{33} = 0.45 / \sqrt{3} = 0.26(^{\circ}\text{C})$$

上述影响量互不相关，则黑体辐射源修正值引入的标准不确定度分量 u_3 为：

$$u_3 = \sqrt{u_{31}^2 + u_{32}^2 + u_{33}^2} = 0.45(^{\circ}\text{C})$$

E.5.4 发射率修正 Δt_c 引入的标准不确定度分量 u_4

由于被校辐射温度计内置固定发射率 $\varepsilon=0.95$ 不可调整,在测量黑体辐射源(默认发射率为理论值 $\varepsilon=1.00$,溯源结果也是按照 $\varepsilon=1.00$ 取得)时,其显示值会因双方发射率的不同而导致被校辐射温度计示值偏离,偏离数值的大小 Δt_c 同时还与环境温度有关。测量环境温度的温湿度计温度最大允许误差为 $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 。在校准温度为 300°C 时, $d\Delta t_c/dt_{am}=-0.016$ 。

由理论计算部分引入的标准不确定度分量可以忽略不计。

由环境温度测量引入的标准不确定度分量为:

$$u_4 = 2/\sqrt{3} \times 0.016 = 0.018^{\circ}\text{C}$$

E.6 标准不确定度分量汇总见表 E.2。

表 E.2 标准不确定度分量一览表

标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度分量/ $^{\circ}\text{C}$	灵敏系数 c_i	$ c_i u_i/^{\circ}\text{C}$
u_1	被检辐射温度计示值	0.049	1	0.049
u_2	黑体辐射源示值	0.029	-1	0.029
u_3	黑体辐射源修正值	0.45	-1	0.45
u_4	发射率及环境温度修正值	0.018	-1	0.018

E.7 合成标准不确定度 u_c

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.45(^{\circ}\text{C})$$

E.8 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$,扩展不确定度为:

$$U = k u_c = 0.9(^{\circ}\text{C})$$