山 西 省 地 方 计 量 技 术 规 范

JJF（晋）89-2024

辐射测温用-20℃～1600℃黑体辐射源校准规范

Calibration Specification for Blackbody Radiation Sources of Radiation Thermometry from -20℃ to 1600℃

2024－04－25 发布　　2024－06－25 实施

山 西 省 市 场 监 督 管 理 局　发 布

辐射测温用-20℃～1600℃黑体辐射源校准规范

JJF（晋）89-2024

Calibration Specification for Blackbody Radiation Sources of Radiation Thermometry from -20℃ to 1600℃

归 口 单 位：山西省市场监督管理局

主要起草单位：山西省检验检测中心（山西省标准计量技术研究院）

参加起草单位：广州日奇电子有限公司

本规范委托山西省检验检测中心负责解释

本规范主要起草人：

高　丽（山西省检验检测中心）

朱　江（山西省检验检测中心）

史超星（山西省检验检测中心）

高　嵩（广州日奇电子有限公司）

参加起草人：

王亚梅（山西省检验检测中心）

郑志宇（山西省检验检测中心）

畅碧帅（山西省检验检测中心）

高鹏贵（山西省检验检测中心）

目　录

引言……（Ⅱ）
1 范围……（1）
2 引用文件……（1）
3 术语……（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 校准结果表达……（4）
9 复校时间间隔……（5）
附录 A 辐射源校准原始记录格式示例……（6）
附录 B 校准证书内页格式……（8）
附录 C 黑体辐射源亮度温度测量结果不确定度评定示例……（9）

引　　言

本规范是以 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》、JJF 1007-2007《温度计量名词术语及定义》和 JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》为基础性系列规范进行编写。

本规范为首次制定。

辐射测温用-20℃～1600℃黑体辐射源校准规范

1 范围

本规范适用于辐射测温用腔式黑体辐射源在-20℃~1600℃范围段及面辐射源在-20℃~500℃范围的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJG 8546-2015 工作用辐射温度计

JJF 1552-2015 辐射测温用-10℃~200℃黑体辐射源

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

3 术语

3.1 ［绝对］黑体[absolute] blackbody

对任意方向、波长和偏振态的入射辐射都能够全部吸收的理想热辐射体。

［来源：JJF 1007-2007，5.9］

3.2 ［空腔］黑体辐射源[cavity] blackbody radiation source

用于检定或校准辐射温度计、具有稳定控制的温度和明确的发射率且热辐射特性接近于黑体的凹形装置。

［来源：JJF 1552-2015，3.2］

3.3 ［法向光谱］发射率[normal spectral] emissivity

物体的法向光谱辐射亮度与同温度黑体光辐射亮度之比。

［来源：JJF 1552-2015，3.3］

3.4 ［有效］发射率[effective] emissivity

黑体辐射源有效光谱辐射亮度与同温度黑体辐射亮度之比。

［来源：JJF 1552-2015，3.4］

3.5 ［有效］亮度温度[effective] 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：JJF 1552-2015，3.5］

3.6 温度均匀性 temperature uniformity

黑体辐射源在达到热稳定状态时，有效辐射区域相对于中心点的温差，以黑体辐射源各点与中心点亮度温度之差的绝对值的最大值表示。

3.7　温度稳定性 temperature stability

黑体辐射源温度稳定后在某一固定时间间隔内变化的最大值。

4　概述

黑体辐射源为温度已知并可稳定工作的热辐射源，具有小孔等温空腔，其辐射特性近似绝对黑体。黑体辐射源通常由黑体空腔、温度测量与控制系统等构成，黑体空腔通常为圆柱圆锥型、双圆锥型、圆柱型或球型等，温度测量的传感器一般是热电阻温度计、热电偶温度计或辐射温度计。黑体辐射源主要用于光电温度计、辐射温度计、红外测温仪、红外探头、红外热像仪等非接触测温仪器的检定、校准、测试工作，

5　计量特性

5.1　温度稳定性

10min 内，不大于 0.1℃和 0.1%t 的大者。

5.2　温度均匀性

不大于 0.15℃和 0.15%t 的大者。

5.3　亮度温度

黑体辐射源亮度温度的校准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（k=2）不大于被检辐射温度计最大允许误差绝对值的 1/3。

注：

1、t 为黑体辐射源的辐射温度，℃。

2、以上指标要求不用于合格性判定，仅供参考。

6　校准条件

6.1　环境条件

温度：（23±5）℃；

湿度：≤85%RH。

校准环境无明显机械振动、强机械冲击和强电磁干扰；校准过程中应避免阳光和强辐射源对黑体辐射源和辐射温度计的干扰；应避免空调气流、开门窗引起的对流对面辐射源的影响。

6.2　测量标准及配套设备

测量标准及配套设备见表 1。

表 1　测量标准及配套设备

序号	名称	技术要求	用途
1	辐射温度计（或标准光电温度计）	发射率：可调至 1.00；分辨力：不低于 0.1℃；最大允许误差：±（1%×读数）℃或±1.4℃；视场：不超过黑体辐射源腔口直径的 1/2	标准器
2	光阑	直径：应大于标准辐射温度计视场，建议辐射温度计视场的 1.5 倍；表面：应具备高吸收比；不确定度：不大于 1℃	消除杂散光的影响
3	光学瞄准系统、精密移动台或测量支架	可调节上下高度和左右位置。	瞄准、位置切换

7　校准项目和校准方法

7.1　校准项目

表 2 校准项目

序号	项目名称
1	温度稳定性
2	温度均匀性
3	亮度温度

注：亮度温度项目校准结果中应注明精密辐射温度计发射率和工作波段，一般精密辐射温度计的发射率设置 1.00。

7.2　校准方法

7.2.1　温度稳定性

温度稳定性的校准点通常为 3 个，一般选择黑体辐射源亮度温度范围内的上限、下限与中间点附近的整 10℃、整 50℃或整 100℃点，也可按客户要求选择校准点。调整标准器使其与黑体辐射源同轴，待黑体辐射源达到设定温度，并稳定 30min 后，每隔 1min 读取一次标准器的值，共 11 次。温度稳定性按式（1）计算。

$$\Delta T_{cr} = T_{crMAX} - T_{crMIN} \tag{1}$$

式中:

ΔT_{cr}——被校黑体辐射源的温度稳定性，℃；

T_{crMAX}——标准器测量被校黑体辐射源亮度温度的最大值，℃；

T_{crMIN}——标准器测量被校黑体辐射源亮度温度的最小值，℃。

7.2.2　温度均匀性

温度均匀性的校准点与温度稳定性的校准点相同。测试位置为黑体辐射源空腔底部的中部、上部、下部、左部、右部五个点，也可根据客户要求在某些特殊温度点或位置进行均匀性测量，按中→上、中→左、中→右、中→下的顺序进行测量，调整标准器使其与黑体辐射源同轴，每个校准点测量 5 次。温度均匀性按式（2）计算。

$$\Delta T_F = \max\left(\left|\overline{T_{cri}} - \overline{T_{crc}}\right|\right) \tag{2}$$

式中:

ΔT_F——被校黑体辐射源的温度均匀性，℃；

$\overline{T_{cri}}$——黑体辐射源上部、下部、左部和右部的亮度温度测量平均值（i=1,2,3,4），℃；

$\overline{T_{crc}}$——黑体辐射源中心位置亮度温度的平均值，℃。

7.2.3　亮度温度校准

亮度温度的校准可以与温度稳定性的校准同时进行。校准点不少于 5 个点，均匀分布在温度使用范围内，并包括黑体辐射源使用范围的上限、下限和中间点，一般为整 10℃、整 50℃或整 100℃点，也可按客户要求选择校准点。校准距离按照标准器说明书确定，标准器的探测器镜头中心应与黑体辐射源的靶面中心在同一光学轴线上，并且在测量过程中保持稳定，每个校准点测量 4 次，时间间隔为 1min。被校准黑体辐射源的亮度温度 T_c 按式（3）计算。

$$T_c = \overline{T_s} + x \tag{3}$$

式中:

$\overline{T_s}$——标准器的亮度温度平均值，℃；

x——标准器的修正值，℃。

8　校准结果表达

经校准的黑体辐射源出具校准证书，校准结果应在校准证书上反映（校准结果内容见附录 B）。校准证书应包括以下信息：

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）证书的唯一性标识（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；

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）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）校准结果及其测量不确定度的说明；

l）对校准规范的偏离的说明；

m）校准证书签发人的签名、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的声明。

9 复校时间间隔

黑体辐射源的复校时间间隔可根据使用环境条件、频繁程度和重要性由送校单位自主决定。建议复校时间间隔不超过 1 年。

附录 A

辐射源校准原始记录格式示例

<table>
<tr><td colspan="2">送检单位</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">样品名称</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">规格型号</td><td></td><td>出厂编号</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">生产厂家</td><td></td><td>校准日期</td><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">校准地点</td><td></td><td>校准员</td><td></td><td>核验员</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">环境温度</td><td colspan="2">℃</td><td colspan="2">相对湿度</td><td colspan="2">%H</td></tr>
<tr><td rowspan="3">标准器</td><td>名称</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">出厂编号</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>规格型号</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">不确定度/最大允差/准确度等级</td><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td>证书编号</td><td colspan="2"></td><td colspan="2">证书有效期</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

校　准　结　果

1、温度稳定性

<table>
<tr><td rowspan="2">校准点/℃</td><td colspan="11">标准器读数/℃</td></tr>
<tr><td>1</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>5</td><td>6</td><td>7</td><td>8</td><td>9</td><td>10</td><td>11</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="11">温度稳定性：　　℃</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="11">温度稳定性：　　℃</td></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="11">温度稳定性：　　℃</td></tr>
</table>

2.温度均匀性

校准点 t/℃	测量位置		中	上	中	左	中	下	中	右
	亮度温度示值/℃	1								
		⋮								
		5								
	平均值									
	温度均匀性/℃									
	亮度温度示值/℃	1								
		⋮								
		5								
	平均值									
	温度均匀性/℃									
	亮度温度示值/℃	1								
		⋮								
		5								
	平均值									
	温度均匀性/℃									

3.亮度温度

校准点/℃	黑体辐射源亮度温度/℃				平均值/℃	扩展不确定度 U/℃（k=2）

附录 B

校准证书内页格式

1、温度稳定性

校准点/℃	温度稳定性（℃/10min）

2、温度均匀性

校准点/℃	温度均匀性/℃

3、亮度温度

校准点/℃	亮度温度/℃	扩展不确定度/℃（k=2）

附录 C

黑体辐射源亮度温度测量结果不确定度评定示例

C.1 概述

C.1.1 被校仪器：黑体辐射源。

C.1.2 测量标准：辐射温度计，测量范围（200~1000）℃，U=1.6℃（k=2）。

C.1.3 环境条件：温度 22℃，相对湿度 50%。

C.1.4 测量方法：依据本规范中的规定。

C.2 测量模型

$$T_c = \overline{T_s} + x$$

式中：T_c——被校准黑体辐射源的亮度温度，℃；

$\overline{T_s}$——标准器的亮度温度平均值，℃；

x——标准器的修正值，℃。

C.3 合成方差和灵敏系数

$\overline{T_s}$、x不相关，故：

$$c_1 = \partial T_c / \partial \overline{T_s} = 1 \qquad c_2 = \partial T_c / \partial x = 1$$

C.4 黑体辐射源亮度温度的不确定度

C.4.1 输入量x引入的不确定度u(x)

由标准辐射温度计的校准证书得到，1000℃时，U=1.6℃（k=2），得

$$u(x)=0.8℃$$

C.4.2 输入量$\overline{T_s}$引入的不确定度u（$\overline{T_s}$）

C.4.2.1 测量重复性引入的不确定度u (T_{S1})

在校准温度为 1000℃时，辐射温度计测量被校黑体源共计 10 次，测量值及计算结果见表 C1。

表 C1　被校黑体辐射源的测量值及计算/℃

次 数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	$\overline{T_s}$
测量值	1000.6	1000.6	1000.7	1000.6	1000.6	1000.6	1000.6	1000.7	1000.6	1000.8	1000.6

$$s(\bar{T}_S)=\sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(T_S-\bar{T}_S)^2}{n-1}}=0.070℃$$

在实际校准中，测量结果为 4 次测量值的平均值，所以测量重复性引入的不确定度 $u(T_{S1})$：

$$u(T_{S1})=\frac{s(\bar{T}_S)}{\sqrt{4}}=0.035℃$$

C.4.2.2 辐射温度计的分辨力引入的不确定度 $u(T_{S2})$

辐射温度计示值分辨力为 0.1℃，按均匀分布，则

$$u(T_{S2})=\frac{0.1}{2\sqrt{3}}=0.029℃$$

C.4.2.3 辐射温度计短期稳定性引入的不确定度 $u(T_{S3})$

辐射温度计在 10min 内的示值漂移不超过 1℃，按均匀分布，则标准不确定度为

$$u(T_{S3})=\frac{1}{\sqrt{3}}=0.577℃$$

辐射温度计重复性、分辨力引入的不确定度取其大者，故略去 $u(T_{S2})$。$u(T_{S1})$ 和 $u(T_{S3})$ 不相关，则输入量 $\overline{T_s}$ 引入的不确定度 $u(\overline{T_s})$ 为：

$$u(\overline{T_s})=\sqrt{u^2(T_{S1})+u^2(T_{S2})}=0.9℃$$

C.4.2.4 标准不确定度分量一览表

标准不确定度分量见下表

表 C2　标准不确定度分量一览表

序号	不确定度的来源		类别	标准不确定度/℃	灵敏系数 c_i
1	$u(x)$	输入量x引入的不确定度	B	0.8	1
2	$u(\overline{T_s})$	输入量 $\overline{T_s}$ 引入的不确定度	/	0.9	1
2.2	$u(T_{S1})$	辐射温度计的测量重复性引入的不确定度	A	0.035	
2.3	$u(T_{S3})$	辐射温度计短期稳定性引入的不确定度	B	0.577	

C.4.3 合成标准不确定度：

$$u_c=\sqrt{u^2(x)+u^2(\overline{T_S})}==1.2℃$$

C.4.4 黑体辐射源亮度温度校准结果扩展不确定度：

$$U = k \cdot u_c = 2 \times 1.2℃ = 2.4℃ \quad (k=2)$$