JJF

湖北省地方计量技术规范

JJF（鄂）××—2026

辐射测温用-15℃～500℃面辐射源校准规范

Calibration Specification for Flat-Plate Radiation Sources of Radiation Thermometry from -15℃ to 500℃

202×-0×-0×发布　　202×-×-×实施

湖北省市场监督管理局 发布

辐射测温用-15℃～500℃面辐射源校准规范

JJF(鄂)××—2026

Calibration Specification for Flat-Plate Radiation Sources of Radiation Thermometry from -15℃ to 500℃

归 口 单 位： 湖北省市场监督管理局

主要起草单位：湖北省计量测试技术研究院

参加起草单位：广州东部科技有限公司

武汉高德红外股份有限公司

武汉产品质量监督检验所

湖北省计量测试技术研究院荆州分院

本规范委托湖北省计量测试技术研究院负责解释

本规范主要起草人：

曾凡超（湖北省计量测试技术研究院）

刘关翔（湖北省计量测试技术研究院）

陈　航（湖北省计量测试技术研究院）

参加起草人：

樊宁君（湖北省计量测试技术研究院）

黄铭培（广州东部科技有限公司）

李　亮（武汉高德红外股份有限公司）

吴　迪（武汉产品质量监督检验所）

邓　明（湖北省计量测试技术研究院荆州分院）

目　录

引　言 ..... （II）
1　范围 ..... (1)
2　引用文件 ..... (1)
3　术语和计量单位 ..... (1)
3.1　术语 ..... (1)
3.2 计量单位 ..... (2)
4　概述 ..... (2)
5　计量特性 ..... (3)
5.1　亮度温度 ..... (3)
5.2　温度稳定性 ..... (3)
5.3　温度均匀性 ..... (3)
5.4　法向发射率 ..... (3)
6　校准条件 ..... (3)
6.1　环境条件 ..... (3)
6.2　标准器及配套设备 ..... (3)
7　校准项目和校准方法 ..... (5)
7.1　校准项目 ..... (5)
7.2　校准方法 ..... (5)
8　校准结果的表达 ..... (12)
9　复校时间间隔 ..... (13)
附录 A 测量距离的确定与瞄准要求 ..... (14)
附录 B 原始记录参考格式 ..... (16)
附录 C 校准证书结果页参考格式 ..... (18)
附录 D 面辐射源亮度温度校准（比较法）不确定度评定实例 ..... (19)
附录 E 面辐射源亮度温度校准（直接测量法）不确定度评定实例 ..... (22)
附录 F 温度稳定性与温度均匀性校准不确定度评定实例 ..... (25)
附录 G 面辐射源常温条件波段法向发射率测试方法（控制环境辐射的反射比法） .(28)
附录 H 面辐射源发射率偏离 1 引起的温度修正 ..... (31)

引　言

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》和 JJF 1001—2011《通用计量术语及定义》共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范主要参考 JJF 1552—2015《辐射测温用-10 ℃～200℃黑体辐射源校准规范》、JJG 856—2015《工作用辐射温度计检定规程》及国际建议 OIML R 147:2016《-50℃～2500℃标准黑体辐射源校准与验证程序》编制而成。

本规范为首次发布。

辐射测温用-15℃～500℃面辐射源校准规范

1 范围

本规范适用于辐射测温用-15℃～500℃面辐射源（以下简称面辐射源）的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

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

JJF 1552—2015 辐射测温用-10℃～200℃黑体辐射源校准规范

JJG 856—2015 工作用辐射温度计检定规程

OIML R 147:2016 -50℃～2500℃标准黑体辐射源校准与验证程序

凡是注日期的引用文件，仅所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

以下术语和 JJF 1001—2011、JJF 1007—2007 界定的其他术语适用于本规范。

3.1.1 [绝对]黑体 [absolute] blackbody

对任意入射方向、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 [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：JJG 856—2015，3.1.6]

3.1.3 [平]面辐射源 [flat] plate 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的平表面。

[来源：JJG 856—2015，3.1.7]

3.1.4 [热]辐射源 [thermal] 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的几何形状体。包括空腔黑体辐射源（简称黑体辐射源）和[平]面辐射源。

[来源：JJG 856—2015,3.1.8]

3.1.5 [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]

3.1.6 法向光谱发射率 normal spectral emissivity

物体在给定温度和波长下沿表面法向的光谱辐射亮度与同温度黑体光谱辐射亮度之比。

3.1.7 标称发射率 nominal emissivity

制造商在产品说明书、铭牌或其他技术文件中声明的面辐射源发射率值。

3.1.8 [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]

3.1.9 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]

3.1.10 测量距离 measuring distance

辐射温度计规定参考面至面辐射源被测辐射面的距离。

3.1.11 辐射源尺寸效应 size-of-source effect

辐射温度计的示值随辐射源（目标）尺寸变化而变化的现象。

[来源：JJG 856—2015,3.1.16]

3.1.12 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]

3.2 计量单位

本规范采用的温度计量单位为摄氏度（℃）和开尔文（K）。

4 概述

面辐射源为温度已知并可稳定工作的热辐射源，面辐射源通常由辐射面板、温度测量与控制系统等构成。辐射面板表面涂覆高发射率涂层，内部温度传感器安装于面板中心附近，温度测量与控制系统根据内部温度传感器对面辐射源进行加热或制冷控制。面辐射源主要应用于校准辐射温度计、红外热像仪等辐射测温仪器。

5 计量特性

5.1 亮度温度

面辐射源亮度温度校准结果的扩展不确定度（$k=2$）应满足用户规定或开展相应辐射温度计校准工作的不确定度要求。

注：面辐射源亮度温度与设定温度可能存在明显偏差，校准结果应以亮度温度为准，不得以设定温度代替亮度温度。

5.2 温度稳定性

温度稳定性为正常工作状态下在规定时间间隔内面辐射源中心（面板中心）处亮度温度变化的最大值。通常时间间隔为10min。

5.3 温度均匀性

温度均匀性以各测量位置相对于中心参考位置的亮度温差表示。

5.4 法向发射率

按用户要求开展常温条件波段法向发射率测试，方法见资料性附录G，无约定时不作符合性判定。

6 校准条件

6.1 环境条件

温度：（23±5）℃。

相对湿度：20%～85%。

应无影响校准结果的环境辐射和空气对流。

6.2　标准器及配套设备

6.2.1　标准器技术要求见表 1。

表 1 标准器技术要求

	标准器	温度范围	技术指标
比较测量法	标准面辐射源	-15 ℃ ～500℃	1.标称发射率不低于 0.95； 2.稳定性符合或优于 max（0.15℃，0.15％t）/10min； 3.均匀性符合或优于 max（0.2℃，0.2％t）； 4.靶面直径需满足比较用辐射温度计的 2 倍以上视场直径要求，且直径一般不小于 100mm； 5.具有（8～14）μm 波段亮度温度的溯源结果，其亮度温度校准不确定度（k=2）及校准周期内稳定性引入的不确定度之合成值应不大于被校面辐射源亮度温度校准结果扩展不确定度的 1/3。
	比较用辐射温度计	-15℃～500℃	1.工作波段（8～14）μm； 2.分辨力不大于 0.1℃； 3.视场直径不超过被校面辐射源靶面直径的 1/4； 4.最大允许误差±（1％×读数）℃或±1.4℃。
直接测量法	标准辐射温度计	-15℃～500℃	1.工作波段（8～14）μm； 2.分辨力不大于 0.1℃； 3.视场直径不超过被校面辐射源靶面直径的 1/4； 4.最大允许误差±（1％×读数）℃或±1.4℃； 5.具有（8～14）μm 波段亮度温度的溯源结果，其亮度温度校准不确定度（k=2）及校准周期内稳定性引入的不确定度之合成值应不大于被校面辐射源亮度温度校准结果扩展不确定度的 1/3。

注：

1　标称发射率用于设备选型，不代替实测发射率。以亮度温度为被测量时，不另将发射率偏离 1 作为通用不确定度分量。

2　比较用辐射温度计的辐射源尺寸效应应足够小，使标准面辐射源与被校面辐射源孔径差异的影响可忽略。

6.2.2　配套设备

同孔径恒温光阑 2 个。光阑温度应控制在环境温度附近，测量期间保持稳定，并记录两个光阑的实际温度。可采用恒温槽循环供水的方式控温。光阑孔径应满足附录 A 关于视场充满和辐射源尺寸效应的要求。光阑朝向辐射温度计的一侧应具有较高的吸收比。光阑温度测量结果的扩展不确定度应不大于 1℃（k=2）。两个光阑的温度差及测量期间的温度变化对校准结果的影响应予以评价，必要时进行修正，并计入相应的不确定度。

磁吸有机玻璃防结露罩及氮气气源。用于辐射面板温度低于环境露点温度时的防结霜、结露保护。罩体可采用磁吸或其他可靠方式固定于辐射面板前方，并设置进气口、出气口及测量孔。测量时应打开测量孔，保证测量光路无遮挡，不得使测量光路穿过普通有机玻璃。氮气流量应适当，既能防止辐射面板结霜、结露，又不对其温度及温度分布产生显著影响。测量前应确认辐射面板无结霜、结露。

精密移动台或支架。用于辐射温度计的位置调整和固定，应能满足测量距离、瞄准及重复定位的要求。进行温度均匀性测试时，应能保持各测量位置的测量距离和观测方向一致。

绝缘电阻测试仪。应具有 500V 直流试验电压，准确度等级为 10 级或更优，测量范围应满足被测设备的绝缘电阻测量要求。

7　校准项目和校准方法

7.1　校准项目

校准项目见表 2。法向发射率核查为参考性项目，按用户要求开展。

表 2 校准项目

序号	项目名称
1	外观检查
2	可操作性检查
3	亮度温度
4	温度稳定性
5	温度均匀性
6	绝缘电阻
7	常温条件波段法向发射率

7.2　校准方法

7.2.1　外观检查

面辐射源应标有型号规格、制造厂（或商标）和出厂编号，铭牌信息应完整。面辐射源外观不应有影响计量性能的损伤：面板涂层应完好、无脱落、无划痕、无氧化变色；面板及光阑安装面应清洁、干燥、无结霜结露；接线端子、开关、显示装置应完好。

7.2.2　可操作性检查

面辐射源通电后，温度控制系统应能正常设定、升温（或降温）、显示与报警功能应正常；在设定温度点应能达到稳定工作状态；带低温制冷功能的面辐射源，制冷功能应正常。发现功能性缺陷的面辐射源，不进行后续校准，并在原始记录中注明。

7.2.3　亮度温度

7.2.3.1　比较法校准亮度温度

以标准面辐射源为标准器，采用比较用辐射温度计分别测量标准面辐射源和被校面辐射源，通过比较测量确定被校面辐射源的亮度温度，校准装置如图 1 所示。

将标准和被校准面辐射源设定在相同温度点。使用比较用辐射温度计分别测量标准面辐射源、被校准面辐射源亮度温度的示值，根据公式(1)计算被校准面辐射源的亮度温度：

$$T_{\mathrm{c}} = T_{\mathrm{s}} + T_{\mathrm{cr}} - T_{\mathrm{sr}} \qquad (1)$$

式中：

T_{c}——被校准面辐射源的亮度温度，℃；

T_{s}——标准面辐射源的亮度温度，℃；

T_{sr}——比较用辐射温度计测量标准面辐射源的测量值，℃；

T_{cr}——比较用辐射温度计测量被校准面辐射源的测量值，℃。

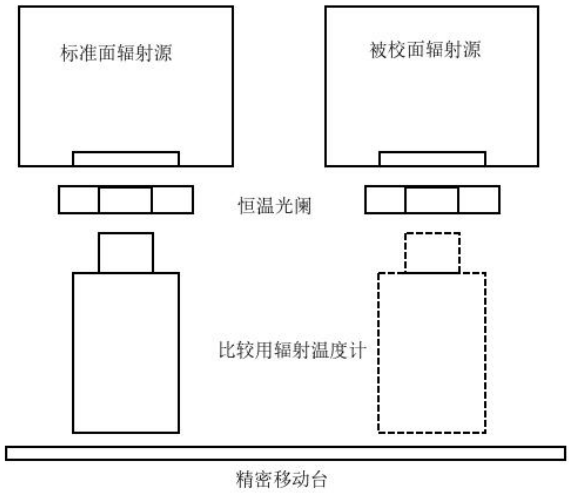


图 1　比较法校准装置示意图

7.2.3.1.1　亮度温度校准前的准备

1）选择校准温度点。在被校面辐射源温度范围内均匀分布，优先选择整 10℃点或整 100℃点，一般选取 3 个校准点，也可根据用户要求选择。

2）将比较用辐射温度计开机预热，预热时间根据产品说明书或相关文件确定。将其发射率设定值设置为 1；不能设置为 1 时，应采用经验证的等效处理方法。

3）选择合适的标准面辐射源。

4）将被校面辐射源设置到第一个校准温度点。调整标准面辐射源，使其亮度温度与被校面辐射源接近，并等待两源达到稳定工作状态。

5）当两源靶面尺寸不同时，宜采用两个孔径相同的恒温光阑进行比较测量。光阑孔径应满足附录 A 的要求。将光阑分别放置在标准面辐射源和被校面辐射源面板之前，光阑应保持与辐射源同轴，在不被显著加热和不影响辐射源温度分布与有效发射率的前提下靠近面辐射源，一般距面辐射源 5cm。

6）光阑的温度设定在环境温度附近，光阑 10min 内的温度极差应不大于 0.2℃。

7）按附录 A 确定测量距离并进行瞄准，使比较用辐射温度计的光轴与被测辐射面板的法线重合，瞄准面板中心。两源切换测量时，应保持测量距离及相应几何条件一致。使用引导激光时，应考虑激光指示位置与实际测量区域的偏差。

8）当辐射面板温度低于环境露点温度时，应采取 6.2.2 规定的防结霜、结露措施。测量时打开测量孔，保证光路无遮挡，并确认辐射面板无结霜、结露。防护装置示意图见图 2。

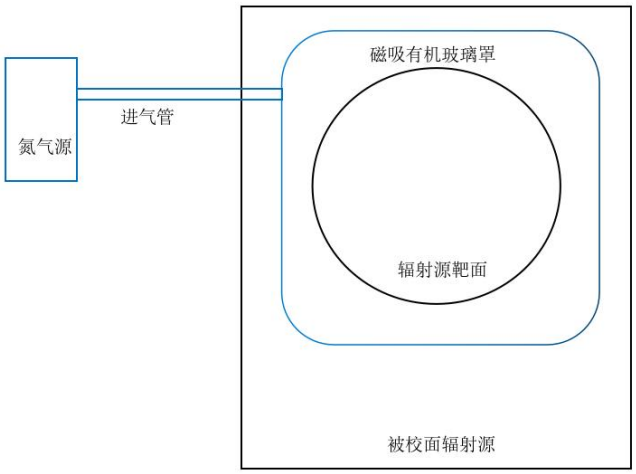


图 2　磁吸有机玻璃罩防结露装置示意图

7.2.3.1.2　校准操作

1）按照标准—标准—被校—被校—被校—标准的顺序，依次记录比较用辐射温度计测量标准面辐射源的数据T_{sr}和测量被校准面辐射源的数据T_{cr}。

2）升温至下一个测量点，稳定后重复上述测量步骤并记录测量数据，直至完成所有测量点的温度测量，降温关机。

3）重新开机，进行第 m 组（通常为 2 组）测试。升温至第一个测量点，重复上述步骤，直至完成所有测量点的温度测量完成，降温关机。

7.2.3.1.3　数据处理

1）根据标准面辐射源的溯源证书，确定实际工作条件下的亮度温度值 T_s。

2）第 m 组测量结果按式（2）计算：

$$T_{cm} = \overline{T_{sm}} + \overline{T_{crm}} - \overline{T_{srm}} \qquad (2)$$

式中：

T_{cm}——第 m 组测量的被校准面辐射源的亮度温度，℃；

$\overline{T_{sm}}$——第 m 组测量中标准面辐射源亮度温度的平均值，℃；

$\overline{T_{crm}}$——第 m 组测量中比较用辐射温度计测量被校面辐射源的平均值，℃；

$\overline{T_{srm}}$——第 m 组测量中比较用辐射温度计测量标准面辐射源的平均值，℃；

3)根据公式(3)计算被校准面辐射源的亮度温度T_c。

$$T_c = \frac{\sum_{m=1}^{2} T_{cm}}{2} = \frac{\sum_{m=1}^{2}（\overline{T_{sm}}+\overline{T_{crm}}-\overline{T_{srm}}）}{2} \quad (3)$$

7.2.3.2 直接测量法校准亮度温度

以标准辐射温度计为标准器，测量被校面辐射源的亮度温度，并使用相应的示值修正值。被校面辐射源亮度温度按式（4）计算：

$$T_c = T_{cr} + \Delta t \quad (4)$$

式中：

T_c——被校准面辐射源的亮度温度，℃；

T_{cr}——标准辐射温度计测量被校面辐射源的测量值，℃；

Δt——标准辐射温度计在相应测量温度点的示值修正值，℃。

7.2.3.2.1 校准前的准备

1）选择校准温度点。在被校面辐射源温度范围内均匀分布，优先选择整 10℃点或整 100℃点，一般选取 3 个校准点，也可根据用户要求选择。

2）将标准辐射温度计开机预热，预热时间按产品说明书或相关技术文件确定。将其发射率设定值设置为 1，并确认溯源证书中的修正值适用于该设置及实际测量条件。

3）按附录 A 确定测量距离并进行瞄准。评价实际测量区域、源尺寸及其他几何条件与标准辐射温度计溯源条件差异的影响。

4）将被校面辐射源设置到第一个校准温度点，待其稳定后开始测量。低温测量时，按 7.2.3.1.1 第 8）项采取防结霜、结露措施。

7.2.3.2.2 校准操作

1）用标准辐射温度计瞄准被校面辐射源中心，在示值稳定后读取，连续记录 3 次测量示值。读数间隔应根据仪器响应时间和测量条件确定并记录。

2）调整至下一个校准温度点，待被校面辐射源稳定后重复上述操作，直至完成本组所有校准点的测量。

3)重新开机，进行第 m 组（通常为 2 组）测试。升温至第一个测量点，重复上述步骤，直至完成所有测量点的温度测量完成，降温关机。

7.2.3.2.3 数据处理

1）根据标准辐射温度计的溯源证书，确定各测量示值对应的修正值 Δt。

2）第 m 组测量结果按式（5）计算：

$$T_{cm} = \overline{T_{crm}} + \Delta t \tag{5}$$

式中：

T_{cm}——第 m 组测量的被校准面辐射源亮度温度，℃；

$\overline{T_{crm}}$——第 m 组测量中，标准辐射温度计测量被校面辐射源的测量平均值，℃；

3）被校面辐射源的亮度温度按式（6）计算：

$$T_c = \frac{\sum_{m=1}^{2} T_{cm}}{2} = \frac{\sum_{m=1}^{2} (\overline{T_{crm}} + \Delta t)}{2} \tag{6}$$

7.2.4 温度稳定性

7.2.4.1 测试方法

1）根据被校面辐射源的使用范围和用户要求选择测试温度点，一般选取低、中、高三个代表性温度点，优先选择整 10℃点或整 100℃点。测试温度点可与亮度温度校准点不同。

2）将辐射温度计开机预热，预热时间根据产品说明书或相关文件确定。发射率设定值设置为 1，测量期间保持仪器设置不变。

3）将被校面辐射源设置到测试温度点，待其达到稳定工作状态后开始测量。稳定状态的判断应符合实验室规定，并记录相关条件。

4）测试时不使用测量光阑。按附录 A 确定测量距离并瞄准辐射面板中心，使辐射温度计光轴与面板法线重合。测量期间应保持测量位置、距离及环境条件稳定。

5）辐射面板温度低于环境露点温度时，应按 6.2.2 采取防结霜、结露措施，并保证测量光路无遮挡。

6）在 10min 内每隔 1min 测量一次，包括起始和终止时刻，共记录 11 次示值及对应时刻。根据用户要求采用其他观测时长或采样间隔时，应在原始记录和校准结果中注明。

7.2.4.2　数据处理

$$\Delta T_{cr}=T_{cr\,max}-T_{cr\,min} \quad (7)$$

式中：

ΔT_{cr}——被校准面辐射源的温度稳定性，℃/10min；

$T_{cr\,max}$——比较用辐射温度计测量被校准面辐射源示值最大值，℃；

$T_{cr\,min}$——比较用辐射温度计测量被校准面辐射源示值最小值，℃。

7.2.5　温度均匀性

7.2.5.1　测试方法

1）根据被校面辐射源的使用范围和用户要求选择测试温度点，一般选取低、中、高三个代表性温度点。测试温度点可与亮度温度校准点不同。

2）测量位置一般选择辐射面板中心及其上、下、左、右四个位置。外围测量位置距中心的距离可根据用户要求选取，例如靶面半径的 1/3、1/2 或 2/3；需要时可选取多个半径或增加测量位置。应记录各位置坐标或测量半径，并保证各位置的实际测量区域均位于有效辐射面内。测量位置分布如图 3 所示。

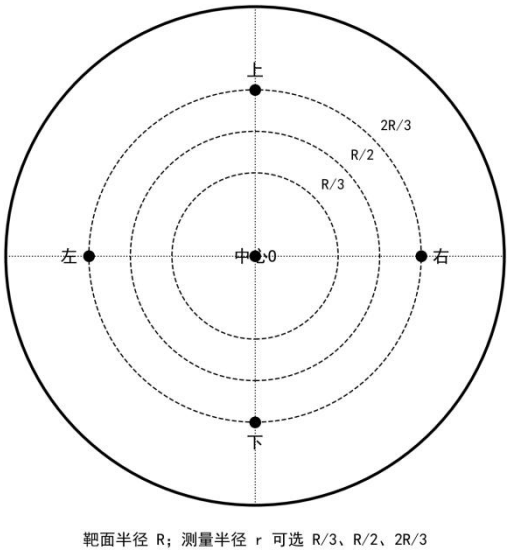


图 3　均匀性测量位置分布示意图

3）将被校面辐射源设置到测试温度点，待其稳定后开始测量。测试时不使用测量光阑。各位置应保持相同的测量距离、视场及观测方向，辐射温度计光轴应与辐射面板法线平行。

4）测量顺序可按中→上、中→下、中→左、中→右顺序测量，每个位置共进行 n 次（通常为 3 次）测量。

7.2.5.2　数据处理

温度均匀性为各位置温度与中心位置温度之差，

$$\Delta T_{\mathrm{F}n} = \overline{T_{\mathrm{crn}}} - \overline{T_{\mathrm{crc}}} \tag{8}$$

式中：

$\Delta T_{\mathrm{F}n}$——温度均匀性，℃；

$\overline{T_{\mathrm{crn}}}$——面辐射源上下左右各位置处的 n 次亮度温度测量平均值，℃；

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

7.2.6　绝缘电阻

在不连接电源的情况下，将面辐射源电源开关打开。对使用接触器（需接通外部电源后才能接通的开关）的面辐射源，如可能，应设法使接触器处于接通状态。

使用绝缘电阻测试仪在 500V 测试电压下，分别测量面辐射源电源输入端的相线 L 与地线 G、中线 N 与地线 G、相线 L 与仪器外壳的绝缘电阻。取所有测量值中的最小值作为绝缘电阻的测量结果。试验电压的选用应符合被测设备制造商的规定。

7.2.7　常温条件波段法向发射率

根据用户要求，可开展面辐射源常温条件下的（8～14）μm 波段法向发射率测试，测试方法参见附录 G。

测试时，应记录辐射面板温度、测量波段、测量位置、观测方向及背景辐射条件。测试结果应给出波段法向发射率及其测量不确定度。

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，应注明校准时的测量距离、恒温光阑直径及温度、选择的亮度温度校准方法（比较法或直接测量法），并注明校准波段；

m）对校准规范的偏离的说明（如有）；

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

建议复校时间间隔为 1 年。

由于复校时间间隔的长短由仪器的使用情况、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。

附录 A

测量距离的确定与瞄准要求

A.1　测量距离的确定

测量距离的确定应保证面辐射源的有效辐射面完全充满辐射温度计的视场，并考虑辐射源尺寸效应的影响。测量距离与目标直径示意图见图 A.1。

a）已知距离系数的辐射温度计：设距离系数为 K，测量距离为 L，目标直径为 $D=L/K$，面辐射源（或恒温光阑）有效直径应不小于目标直径的 2 倍；

b）未知距离系数的辐射温度计：固定面辐射源温度，改变辐射温度计的测量距离进行测量，当辐射温度计示值不再随距离增大而变化时，该距离可确定为最小测量距离；

c）带固定焦距的辐射温度计：测量距离应等于或接近其设计焦距。

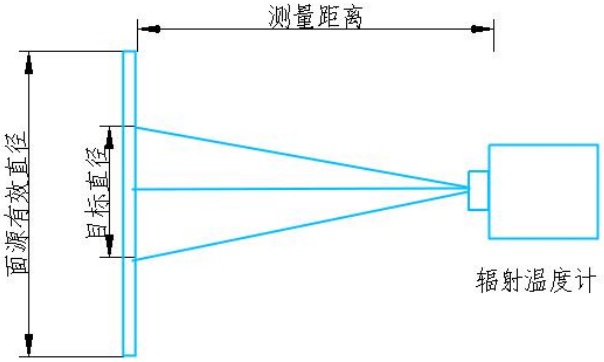


图 A.1　测量距离与目标直径示意图

A.2　瞄准要求

a）辐射温度计的光轴应与面辐射源面板法线重合，瞄准面板中心位置；

b）可采用目视瞄准（通过目镜或瞄准器将十字线或光点对准面板中心）、电信号瞄准（缓慢调整方向与距离，使输出信号达到最大或稳定）或引导激光辅助瞄准；

c）使用引导激光辅助瞄准时，应注意激光点与实际测量区域之间可能存在的偏差，特别是在近距离测量时；

d）瞄准位置在标准面辐射源与被校面辐射源之间切换时，应保持测量距离不变。

A.3 辐射源尺寸效应的影响

面辐射源靶面尺寸有限，辐射温度计的示值可能随辐射源尺寸变化而变化（辐射源尺寸效应）。当辐射源（或光阑）直径不满足 A.1 的要求时，应参照 JJG 856—2015 附录 E 评估辐射源尺寸效应对校准结果的影响，必要时进行修正。

附录 B

原始记录参考格式

原始记录编号 _____

一、送检设备信息			
委托单位			
计量器具名称		靶面直径	
制造单位		发射率	
型号/规格		测量距离	
出厂编号		光阑直径	
测量范围		光阑温度	
校准地点		环境条件	温度 ℃， 湿度 %RH
校准依据		标准器状态	功能正常□ 功能异常□

二、标准器信息						
标准器名称	型号/编号	测量范围	扩展不确定度/准确度等级/最大允许误差	溯源机构/证书编号	证书有效期	选用

三、校准数据

1、外观检查	
2、绝缘电阻测试	

3、第一组亮度温度校准(传递标准温度计波长 μm)

设定点/℃	辐射温度计测量标准面源 T_{sr}/℃				标准证书值 T_s/℃	辐射温度计测量被校面源 T_{cr}/℃				亮度温度 T_c/℃	扩展不确定度 U/℃,k=2
	1	2	3	平均值/℃		1	2	3	平均值/℃		

设定点/℃	标准辐射温度计证书修正值Δt /℃	标准辐射温度计测量被校面源 T_{cr}/℃				亮度温度 T_c/℃	扩展不确定度 U/℃,k=2
		1	2	3	平均值/℃		

4、第二组亮度温度校准(传递标准温度计波长　　μm)

设定点/℃	辐射温度计测量标准面源 T_{sr}/℃				标准证书值 T_s/℃	辐射温度计测量被校面源 T_{cr}/℃				亮度温度 T_c/℃	扩展不确定度 U/℃,k=2
	1	2	3	平均值/℃		1	2	3	平均值/℃		

设定点/℃	标准辐射温度计证书修正值Δt /℃	标准辐射温度计测量被校面源 T_{cr}/℃				亮度温度 T_c/℃	扩展不确定度 U/℃,k=2
		1	2	3	平均值/℃		

5、温度稳定性测试(10min)

稳定性											
	℃/10min										

6、温度均匀性测试

	中	上	中	下	中	左	中	右
1								
2								
3								
平均值								
△t/℃								



均匀性测试位置如上图，均匀性测量点距中心距离为_____mm

四、校准结论

1、外观检查		2、绝缘电阻测试	

3、亮度温度校准结果(传递标准温度计波长　　μm)

设定点/℃	亮度温度/℃	扩展不确定度 U/℃,k=2

4、温度稳定性测试结果(10min)

设定点/℃	稳定性	扩展不确定度 U/℃,k=2

5、均匀性测试结果

设定点/℃	上	下	左	右

校准员		核验员		说明：
校准日期	年　月　日	建议再校日期	年　月　日	

附录 C

校准证书结果页参考格式

<table>
<tr><td colspan="5">一、亮度温度校准结果</td></tr>
<tr><td colspan="2">设定温度/℃</td><td colspan="2">亮度温度/℃</td><td>扩展不确定度 U/℃（k=2）</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">二、温度稳定性测试结果</td></tr>
<tr><td colspan="2">设定温度/℃</td><td colspan="2">温度稳定性℃/10min</td><td>扩展不确定度 U/℃（k=2）</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">三、温度均匀性测试结果</td></tr>
<tr><td>设定温度/℃</td><td>温度均匀性/℃</td><td>扩展不确定度
U/℃（k=2）</td><td>测试位置</td><td>测试示意图</td></tr>
<tr><td rowspan="4"></td><td></td><td></td><td>上</td><td rowspan="4">
</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>下</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>左</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>右</td></tr>
<tr><td colspan="5">备注：
1　设定温度为被校面辐射源温度控制器的设定温度；
2　被校面辐射源孔径___。均匀性测试位置如图，均匀性测量点距中心距离___；
3　校准时，亮度温度测量采用___方法。选用___波段辐射温度计(发射率设置为___)，辐射温度计距离面辐射源靶面___，视场直径为___；
4　扩展不确定度未包含被校设备的长期稳定性。</td></tr>
</table>

以下空白

附录 D

面辐射源亮度温度校准（比较法）不确定度评定实例

D.1 测量模型

面辐射源亮度温度比较法校准模型为：

$$T_{\mathrm{c}} = T_{\mathrm{s}} + T_{\mathrm{cr}} - T_{\mathrm{sr}}$$

式中：

T_{c}——被校准面辐射源的亮度温度，℃；

T_{s}——标准面辐射源的亮度温度，℃；

T_{sr}——比较用辐射温度计测量标准面辐射源的测量值，℃；

T_{cr}——比较用辐射温度计测量被校准面辐射源的测量值，℃。

根据面辐射源亮度温度校准模型将影响分量分为三类：

a) 标准面辐射源的亮度温度引入的不确定度

1) 标准面辐射源的亮度温度传递引入的不确定度u_1；

2) 标准面辐射源长期稳定性引入的不确定度u_2；

3) 环境温度变化引入的不确定度u_3；

4) 比较用辐射温度计波段引入的不确定度。

b) 比较测量引入的不确定度

1) 比较用辐射温度计的测量分辨力的不确定度u_4；

2) 比较用辐射温度计的短期稳定性引入的不确定度u_5；

3) 光阑温度差异引入的不确定度u_6；

4) 比较用辐射温度计源尺寸效应(SSE) 引入的不确定度；

5) 比较用辐射温度计定位重复性引入的不确定度。

c) 被校准面辐射源特性引入的不确定度

1) 被校准面辐射源亮度温度稳定性引入的不确定度u_7；

2) 被校准面辐射源亮度温度均匀性引入的不确定度u_8。

d) 示值修约引入的不确定度u_9。

各不确定度分量相互独立，被校准面辐射源亮度温度校准的合成标准不确定度u_c由下式计算：

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^{9} u_i^2}$$

D.2 标准器及被校设备技术参数

以200℃校准点为例。被校面辐射源型号DY-HT1M，标准器为面辐射源(型号H500-D150)，（8～14）μm亮度温度扩展不确定度*U*=0.7℃，*k*=2；比较用辐射温度计为（8～14）μm辐射温度计，分辨力0.1℃；恒温光阑直径80mm，温度为23℃±2℃；测量距离约0.4m，环境温度23℃。

D.3 面辐射源亮度温度校准不确定度计算

D.3.1 标准面辐射源亮度温度引入的标准不确定度

D.3.1.1 标准面辐射源亮度温度传递引入的不确定度u_1

标准面辐射源在200℃时，$U = 0.7$℃，分布为正态分布，*k*=2，则引入不确定度$u_1 = 0.35$℃。

D.3.1.2 标准面辐射源长期稳定性引入的不确定度u_2

标准面辐射源在200℃时，校准周期内稳定性为±0.1℃，考虑均匀分布，$k = \sqrt{3}$，引入不确定度$u_2 = 0.058$℃。

D.3.1.3 环境温度引入的不确定度u_3

环境温度引入的不确定度计算，当有效发射率0.95,光阑温度为23℃±2℃时，对亮度温度的影响在±0.04℃以内，按均匀分布计算，$k = \sqrt{3}$,则$u_3 = 0.023$℃。

D.3.1.4 辐射温度计的波段确定引入的不确定度

辐射温度计的名义波段与实际波段的偏离忽略不计。

D.3.2 比较测量引入的标准不确定度

D.3.2.1 辐射温度计的测量分辨力引入的不确定度u_4。

分辨力为0.1℃，取半宽为0.05℃，按均匀分布计算，$k = \sqrt{3}$,则$u_4 = 0.029$℃。

D.3.2.2　辐射温度计的短期稳定性引入的不确定度u_5

短期稳定性为 0.1℃,取半宽为 0.05℃，按均匀分布计算，$k=\sqrt{3}$,则$u_5=0.029$℃。

D.3.2.3　光阑温度差异引入的不确定度u_6

引入光阑前后测量值差值 0.1℃,取半宽为 0.05℃,按均匀分布计算,$k=\sqrt{3}$,则$u_6=0.029$℃。

D.3.2.4　比较用辐射温度计 SSE 的不确定度。

使用两个相同的光阑，使辐射温度计测量两个面辐射源的 SSE 相同，可忽略此项不确定度。

D.3.2.5　辐射温度计定位重复性引入的不确定度

本实验中平移台的定位重复性约 1mm,且在被测面源均匀性引入不确定度中已有考虑，可忽略此项不确定度。

D.3.3　被校准面辐射源特性引入的标准不确定度

D.3.3.1　被校准面辐射源亮度温度稳定性引入的不确定度u_7

被校准的面辐射源 200℃时亮度温度稳定性为 0.3℃，取半宽为 0.15℃，按均匀分布计算，$k=\sqrt{3}$,则$u_7=0.087$℃。

D.3.3.2　被校准面辐射源亮度温度均匀性引入的不确定度u_8

被校准的面辐射源 200℃时亮度温度均匀性为 0.4℃。按均匀分布计算，$k=\sqrt{3}$,则$u_8=0.231$℃。

D.3.4　示值修约引入的不确定度u_9

校准结果取 1 位小数，引入的不确定度服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，$u_9=\frac{0.1}{2\sqrt{3}}=0.029$℃。

D.3.5　合成标准不确定度u_C

$$u_c=\sqrt{\sum_{i=1}^{9}u_i^2}=0.44℃$$

D.3.6　扩展不确定度 U

$$U=k\times u_C=0.9℃,\ k=2$$

附录 E

面辐射源亮度温度校准（直接测量法）不确定度评定实例

E.1 面辐射源亮度温度直接测量法校准模型

$$T_{\mathrm{c}} = T_{\mathrm{cr}} + \Delta t$$

式中：

T_{c}——被校准面辐射源的亮度温度，℃；

T_{cr}——标准辐射温度计测量被校辐射源的测量值，℃；

Δt——标准辐射温度计在相应测量温度点的示值修正值。

根据面辐射源亮度温度校准模型将影响分量分为三类：

a) 标准辐射温度计引入的不确定度

1) 标准辐射温度计的亮度温度传递引入的不确定度u_1；

2) 标准辐射温度计长期稳定性引入的不确定度u_2；

3) 环境温度变化引入的不确定度u_3；

4) 标准辐射温度计的测量分辨力的不确定度u_4；

5) 标准辐射温度计源尺寸效应(SSE) 引入的不确定度u_5；

6) 标准辐射温度计定位重复性引入的不确定度；

7) 标准辐射温度计的波段不确定引入的不确定度。

b) 被校准面辐射源特性引入的不确定度

1)被校准面辐射源亮度温度稳定性引入的不确定度u_6；

2)被校准面辐射源亮度温度均匀性引入的不确定度u_7。

c) 示值修约引入的不确定度u_8

各不确定度分量相互独立，面辐射源亮度温度校准的合成标准不确定度u_{c}由下式计算：

$$u_{\mathrm{c}} = \sqrt{\sum_{i=1}^{8} u_i^2}$$

E.2 标准器及被校设备技术参数

以300℃校准点为例。被校面辐射源型号DY-HT1M，标准辐射温度计为HEITRONICS（型号TRT IV.82），工作波段（8～14）μm，扩展不确定度U=0.7℃（k=2），分辨力0.1℃；环境温度23℃±1℃。

E.3 面辐射源亮度温度校准不确定度计算

E.3.1 标准辐射温度计亮度温度引入的标准不确定度

E.3.1.1 标准辐射温度计亮度温度传递引入的不确定度u_1

标准辐射温度计在300℃时，$U = 0.7$℃，分布为正态分布，k=2，则引入不确定度$u_1 = 0.35$℃。

E.3.1.2 标准辐射温度计长期稳定性引入的不确定度u_2

标准辐射温度计校准周期内稳定性为±0.1℃，考虑均匀分布，$k = \sqrt{3}$，引入不确定度$u_2 = 0.058$℃。

E.3.1.3 环境温度引入的不确定度u_3

设定温度值300.0℃，波长（8～14）μm，实验室环境温度变化1℃时，环境温度变化对亮度温度影响0.03℃，服从均匀分布，$k = \sqrt{3}$，则$u_3 = 0.017$℃。

E.3.1.4 辐射温度计的测量分辨力引入的不确定度u_4

分辨力为0.1℃，取半宽为0.05℃，按均匀分布计算，$k = \sqrt{3}$，则$u_4 = 0.029$℃。

E.3.1.5 标准辐射温度计SSE引入的不确定度u_5

SSE影响约为±0.1℃, 按均匀分布计算，$k = \sqrt{3}$，则$u_5 = 0.029$ ℃。

E.3.1.6 标准辐射温度计定位重复性引入的不确定度

定位重复性在被测面源均匀性引入不确定度中已有考虑，可忽略此项不确定度。

E.3.1.7 标准辐射温度计的波段不确定引入的不确定度

标准辐射温度计的名义波段与实际波段的偏离忽略不计。引入的不确定度为0℃。

E.3.2 被校准面辐射源特性引入的标准不确定度

E.3.2.1 被校准面辐射源亮度温度稳定性引入的不确定度u_6

被校准的面辐射源300℃时亮度温度稳定性为0.3℃。取半宽为0.15℃，按均匀分布计算，$k=\sqrt{3}$，则$u_6=0.087$℃。

E.3.2.2　被校准面辐射源亮度温度均匀性引入的不确定度u_7

被校准的面辐射源300℃时亮度温度均匀性为0.4℃。按均匀分布计算，$k=\sqrt{3}$，则$u_7=0.231$℃。

E.3.3　示值修约引入的不确定度u_8

校准结果取1位小数，引入的不确定度服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，$u_8=\frac{0.1}{2\sqrt{3}}=0.029$℃。

E.3.4　合成标准不确定度u_C

$$u_c=\sqrt{\sum_{i=1}^{8}u_i^2}=0.44℃$$

E.3.5　扩展不确定度 *U*

$$U=k\times u_C=0.9℃，k=2$$

附录 F

温度稳定性与温度均匀性校准不确定度评定实例

F.1 温度稳定性不确定度评定实例（300℃）

F.1.1 温度稳定性校准模型为：

$$\Delta T_{cr} = T_{cr\,\max} - T_{cr\,\min}$$

式中

ΔT_{cr}——面辐射源的温度稳定性，℃/10min；

$T_{cr\,\max}$——辐射温度计测量面辐射源亮度温度示值最大值，℃；

$T_{cr\,\min}$——辐射温度计测量面辐射源亮度温度示值最小值，℃。

F.1.2 不确定度来源

a) 测量重复性引入的不确定度分量u_1（B 类）

b) 环境温度变化引入的不确定度分量u_2（B 类）

c) 辐射温度计分辨力引入的不确定度分量u_3（B 类）

d) 辐射温度计短期稳定性引入的不确定度分量u_4（B 类）

各不确定度分量相互独立，合成标准不确定度u_c由下式计算：

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^{4} u_i^2}$$

F.1.3 标准器及被校设备技术参数

以 300℃校准点为例。被校面辐射源型号 DY-HT1M，辐射温度计为 HEITRONICS（型号 TRT IV.82），工作波段（8～14）μm，分辨力 0.1℃；环境温度 23℃±1℃。

F.1.4 面辐射源稳定性校准不确定度计算

F.1.4.1 测量重复性引入的不确定度分量u_1

辐射温度计测量面辐射源 10 次，测量重复性 0.05℃，引入的不确定度分量服从均匀分布，$k = \sqrt{3}$，则$u_1 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029$℃。

F.1.4.2 环境温度变化引入的不确定度分量u_2

设定温度值 300.0℃，波长（8～14）μm，实验室环境温度变化 1℃时，环境温度变化对亮度温度影响 0.03℃，服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，则$u_2=0.017$℃。

F.1.4.3　辐射温度计分辨力引入的不确定度分量u_3

辐射温度计分辨力 0.1℃，引入的不确定度影响服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，则$u_3=\frac{0.1}{2\sqrt{3}}=0.029$℃

F.1.4.4　辐射温度计短期稳定性引入的不确定度分量u_4

辐射温度计短期稳定性±0.05℃，引入的不确定度影响服从均匀分布，$k=\sqrt{3}$，则$u_4=\frac{0.05}{\sqrt{3}}=0.029$℃

F.1.4.5 合成标准不确定度

$$u_{\mathrm{c}}=\sqrt{\sum_{i=1}^{4}u_i^2}=0.05℃$$

F.1.4.6 扩展不确定度

$$U=k\times u_C=0.1℃，\ k=2$$

F.2　**温度均匀性不确定度评定实例**（300℃）

F.2.1 面辐射源均匀性校准模型为：

$$\Delta T_{\mathrm{F}n}=\overline{T_{\mathrm{crn}}}-\overline{T_{\mathrm{crc}}}$$

式中：

$\Delta T_{\mathrm{F}n}$——各位置温度与中心温度之差，℃；

$\overline{\mathrm{T}_{\mathrm{crn}}}$——面辐射源上下左右各位置处的 *n* 次亮度温度测量平均值，℃；

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

F.2.2 不确定度来源

a)　测量重复性引入的不确定度分量u_1（B 类）

b)　环境温度变化引入的不确定度分量u_2（B 类）

c)　辐射温度计分辨力引入的不确定度分量u_3（B 类）

d) 辐射温度计短期稳定性引入的不确定度分量u_4（B 类）

e) 辐射温度计定位重复性引入的不确定度分量u_5（A 类）

各不确定度分量相互独立，面辐射源亮度温度校准的合成标准不确定度u_c由下式计算：

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^{5} u_i^2}$$

F.2.3 标准器及被校设备技术参数

以 300℃校准点为例。辐射温度计为 HEITRONICS（型号 TRT IV.82），工作波段（8～14）μm，分辨力 0.1℃；被校面辐射源型号 DY-HT1M，环境温度 23℃±1℃。

F.2.4 面辐射源均匀性校准不确定度计算

F.2.4.1 测量重复性引入的不确定度分量u_1

辐射温度计测量面辐射源 10 次，测量重复性 0.05℃，引入的不确定度分量服从均匀分布，$k = \sqrt{3}$，则$u_1 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029$℃。

F.2.4.2 环境温度变化引入的不确定度分量u_2

设定温度值 300.0℃，波长（8～14）μm，实验室环境温度变化 1℃时，环境温度变化对亮度温度影响 0.03℃，服从均匀分布，$k = \sqrt{3}$，则$u_2 = 0.017$℃。

F.2.4.3 辐射温度计分辨力引入的不确定度分量u_3

辐射温度计分辨力 0.1℃，引入的不确定度影响服从均匀分布，$k = \sqrt{3}$，则$u_3 = \frac{0.1}{2\sqrt{3}} = 0.029$℃

F.2.4.4 辐射温度计短期稳定性引入的不确定度分量u_4

辐射温度计短期稳定性±0.05℃，引入的不确定度影响服从均匀分布，$k = \sqrt{3}$，则$u_4 = \frac{0.05}{\sqrt{3}} = 0.029$℃

F.2.4.5 辐射温度计定位重复性引入的不确定度分量u_5

辐射温度计定位重复性，辐射温度计对面辐射源中心点累计测量 10 次，测量数据如下，由贝塞尔公式计算该装置的单次测量的实验标准偏差：

300.1	300.2	300.1	300.3	300.1
300.2	300.2	300.1	300.3	300.1

则$u_5 = 0.083$℃

F.2.4.6 合成标准不确定度

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^{5} u_i^2} = 0.10℃$$

F.2.4.7 扩展不确定度

$$U = k \times u_C = 0.2℃，\ k = 2$$

附录 G

面辐射源常温条件波段法向发射率测试方法

（控制环境辐射的反射比法）

G.1 适用范围

本附录给出了采用控制背景辐射的反射比法，测试面辐射源常温条件下（8～14）μm 波段法向发射率的装置、方法、数据处理及不确定度评定要求。

G.2 测量原理

实际物体表面的辐射不仅包含自身辐射，还包含反射来自环境的辐射。面辐射源表面总的辐射亮度可表示为：

$$L = \varepsilon_\lambda L_b + (1 - \varepsilon_\lambda) L_{env} \qquad \text{（G.1）}$$

式中：

L——面辐射源表面总的辐射亮度；

ε_λ——面辐射源光谱发射率；

L_b——同温度黑体的光谱辐射亮度；

L_{env}——环境辐射的光谱辐射亮度。

环境辐射的有效温度通常难以确定。在面辐射源面板前部放置一块已知温度的辐射板，使其成为环境辐射的一部分；当使用处于不同温度的两块辐射板（常温辐射板与高温辐射板）交替放置在面板前部时，环境辐射的变化量可由辐射板温度确定，面板自身发射率即可从两次测量的差值中解出。

使用响应波段为（8～14）μm 的辐射温度计作为测量仪器时，利用 Sakuma-Hattori 方程将辐射温度计示值 t 转换为与其接收辐射亮度成正比的输出量 S(t)，面辐射源波段法向发射率按公式（G.2）计算：

$$\varepsilon_n = 1 - \frac{S(t_1) - S(t_2)}{F \times [S(T_1) - S(T_2)]} \qquad \text{（G.2）}$$

式中：

t_1、t_2——常温辐射板、高温辐射板分别置于面板前部时辐射温度计的示值，℃；

T_1、T_2——常温辐射板、高温辐射板的温度，℃；

F——辐射板相对面板的辐射角系数，由辐射板与面板的几何参数计算得到。

G.3 测试装置

核查装置如图 G.1 所示，包含高温辐射板及加热控温装置、常温辐射板及恒温循环器、水冷光阑、被测样品支架、辐射温度计、电动移动台和计算机等。

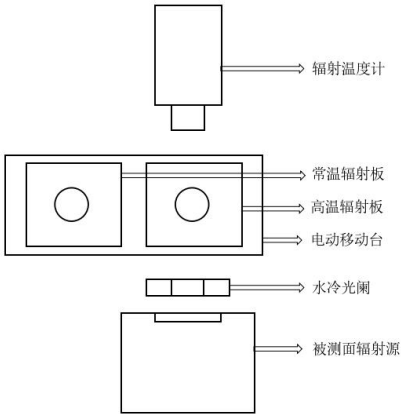


图 G.1　控制环境辐射的反射比法发射率核查装置示意图

a）两块高发射率辐射板安装在水平电动移动台上，其中一块处于室温，另一块处于高温状态（一般为 85℃），辐射板正中开口，直径一般不小于 24mm；

b）水冷光阑安装在辐射板和辐射温度计之间，开口直径与辐射板开口一致；

c）辐射温度计工作波段应覆盖（8～14）μm，分辨力不大于 0.1℃；

d）被校面辐射源安装在可多维调节的支架上，面板处于常温、不控温状态。

G.4 环境条件

环境温度：（20±3）℃；相对湿度：小于 75％。

G.5 测试步骤

1）将被校面辐射源固定在样品支架上，调整支架使面板位于辐射温度计焦点位置，面板法线与辐射温度计光轴重合；等待面板温度与环境温度平衡；

2）将高温辐射板设定到特定温度点（一般为 85℃），常温辐射板设定到与环境温度相同，光阑温度设定到与环境温度相同，等待温度稳定；

3）将常温辐射板移动到面板前部，用辐射温度计测量面板的辐射温度，同时记录面板温度、常温辐射板温度及室温，测量时间约为 10s；

4）移动电动移动台，将高温辐射板移动到面板前部，用辐射温度计测量面板的辐射温度，同时记录面板温度、高温辐射板温度及室温；

5）重复步骤 3）和 4），如此反复测量 10 次。

G.6 数据处理

对每次测量按公式（G.2）计算法向发射率，取 10 次计算结果的算术平均值作为面辐射源法向发射率核查结果ε_n。

G.7 结果表达与使用

a）核查结果ε_n应不小于 0.95；

b）当ε_n与标称发射率之差大于 0.02 时，应按附录 H 评估发射率偏离对亮度温度的影响，并在校准证书中注明核查结果；

c）核查一般在面辐射源校准前进行，也可根据用户需求单独进行。

G.8 测试结果的不确定度参考

影响核查结果不确定度的主要因素及参考数值列于表 G.1。

表 G.1 法向发射率核查结果的不确定度分量参考表

不确定度分量	典型量值	分量大小
面板温度测量（含温度梯度）	30mK	0.0010
辐射板温度测量（含温度梯度）	50mK	0.0001
辐射板温度均匀性	1.16K	0.0006
室温测量	150mK	0.0002
辐射温度计测量差值	100mK	0.0015
辐射角系数计算	0.02	0.0009
辐射板发射率仿真计算	0.01	0.0007
测量重复性	0.10％	0.0010
合成标准不确定度 u_c	—	0.0025
取 k=2，核查结果的扩展不确定度 U=0.005		

附录 H

面辐射源发射率偏离 1 引起的温度修正

H.1 概述

面辐射源在测量波段内的发射率小于 1 时，其沿观测方向的出射辐射通常包含自身发射辐射和反射背景辐射。因此，辐射温度计测得的亮度温度可能与辐射面板的表面温度不同。本附录给出规定波段内发射率及背景辐射引起的亮度温度修正，以及由亮度温度换算表面温度的方法。表面温度指辐射面板被测区域的实际温度，不等同于控制器设定温度或内部控温传感器示值。

H.2 波段辐射测量条件下的温度修正

对于（8～14）μm 等有限波段的辐射测量，应采用与测量系统光谱响应相适应的辐射信号函数进行计算。在面板不透明、测量波段内发射率可近似为常数，且背景可用有效背景温度表示的条件下：

$$S(T_{\mathrm{b}}) = \varepsilon S(T) + (1-\varepsilon) S(T_{\mathrm{a}}) \qquad \text{（H.1）}$$

式中：

T_{b}——面辐射源的亮度温度，K；

T——辐射面板的表面温度，K；

T_{a}——有效背景温度，K；

ε——适用于当前测量条件的波段法向发射率；

$S(T)$——与测量系统接收辐射成正比的信号函数，可采用附录 G 中经标定或验证的 Sakuma–Hattori 方程。

已知亮度温度、发射率和有效背景温度后，按式（H.1）计算信号，再利用信号函数反算表面温度。并换算为℃。由亮度温度换算表面温度的修正值为：

$$C = t - t_{\mathrm{b}} \qquad \text{（H.2）}$$

式中：

C——由亮度温度换算表面温度的修正值，℃；

t——辐射面板的表面温度，℃；

t_{b}——面辐射源的亮度温度，℃。

例如，假设发射率为 0.95，有效背景温度为 23 ℃，光谱响应在（8～14）μm 内为常数、带外为零，忽略空气路径影响，计算结果见表 H.1。

表 H.1 发射率 0.95、环境温度 23℃时的亮度温度修正

t_{b}/℃	-15.0	0.0	10.0	20.0	50.0
C/℃	-2.6	-1.4	-0.7	-0.2	+1.3
t_{b}/℃	100.0	200.0	300.0	400.0	500.0
C/℃	+3.2	+6.5	+10.0	+13.6	+17.4
注： 1 表面温度低于有效背景温度时，修正为负；高于有效背景温度时，修正为正； 2 本表仅用于说明指定模型下的影响，不是实际仪器的通用修正表； 3 （8～14）μm 波段测量不属于全谱辐射测量，不应直接采用温度四次方关系计算。					

H.3 修正的使用

a）以亮度温度为校准量时，面辐射源发射率偏离 1 的影响已反映在亮度温度测量结果中，不另作由亮度温度换算表面温度的修正；测量条件与溯源条件不一致引起的影响应另行评价。

b）需要由亮度温度换算辐射面板表面温度时，应采用适用于实际测量条件的发射率、有效背景温度及信号函数，按本附录规定进行计算。

c）附录 G 的常温发射率测试结果，只有经验证适用于当前温度、波段及观测条件时，才可用于本附录的换算；条件不详的标称发射率仅宜用于初步影响估计。

d）计算结果应进行核查：发射率为 1 时，亮度温度等于表面温度；表面温度等于有效背景温度时，两者也应相等。在式（H.1）的模型条件下，亮度温度应介于表面温度与有效背景温度之间。

H.4 修正量的不确定度

由亮度温度换算表面温度的修正值不确定度，应按式（H.1）和式（H.2）的计算过程评定，主要包括输入亮度温度、发射率、有效背景温度、信号函数及模型适用性等影响。

$$u_{\varepsilon}(\mathrm{C}) \approx \frac{|C[\varepsilon+u(\varepsilon)]-C[\varepsilon-u(\varepsilon)]|}{2} \qquad (\mathrm{H.4})$$

$u_{\varepsilon}(\mathrm{C})$——发射率引入的修正值标准不确定度分量，℃；

$u(\varepsilon)$——发射率的标准不确定度；

C——采用相应发射率重新计算得到的修正值，℃。

其他输入量引入的分量可采用相同方法评价。各分量相互独立时，合成标准不确定度按式（H.5）计算：

$$u_{\mathrm{c}}(C)=\sqrt{u_{t_{\mathrm{b}}}^{2}(C)+u_{\varepsilon}^{2}(C)+u_{T_{\mathrm{a}}}^{2}(C)+u_{S}^{2}(C)+u_{\mathrm{model}}^{2}(C)} \qquad (\mathrm{H.5})$$

式中，各项分别为输入亮度温度、发射率、有效背景温度、信号函数及模型残余影响引入的标准不确定度分量，单位均为℃。