JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

**JJF xxxx**—**xxxx**

红外光谱辐射亮度标准源校准规范

Calibration Specification of infrared spectral radiance for standard radiant source

（征求意见稿）

××××－××－××发布 ××××—××－××实施

国 家 市 场 监 督 管 理 总 局 发 布

红外光谱辐射亮度标准源

**JJF xxxx**—**xxxx**

校准规范

Calibration Specification of infrared spectral

radiance for standard radiant source

归 口 单 位：全国光学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

参加起草单位：陕西省计量科学研究院

本规范委托全国光学计量技术委员会负责解释。

**本规范主要起草人：**

贺书芳 （中国计量科学研究院）

王彦飞 （中国计量科学研究院）

参加起草人：

李姣姣（陕西省计量科学研究院）

目 录

[引 言 II](#_Toc31672)

[1. 范围 １](#_Toc9675)

[2. 引用文件 １](#_Toc10890)

[3. 概述 １](#_Toc24211)

[4 计量性能要求 １](#_Toc23066)

[5 校准条件 ２](#_Toc17744)

[5.1 环境条件 ２](#_Toc15418)

[5.2 测量标准仪器及其它设备 ２](#_Toc30726)

[6 校准项目和校准方法 ３](#_Toc17526)

[6.1 校准前的检查 ３](#_Toc31580)

[6.2 红外光谱辐射亮度的校准方法 ３](#_Toc28407)

[6.3 被测标准源的稳定性 ４](#_Toc17519)

[6.4 被测标准源的重复性 ４](#_Toc1944)

[6.5 被测标准源的均匀性 ５](#_Toc13851)

[7 校准结果表述 ５](#_Toc14988)

[8 复校时间间隔 ６](#_Toc21886)

[附 录 A ７](#_Toc17220)

[附 录 B ９](#_Toc22483)

[附 录 C １０](#_Toc29557)

引 言

JJF 1001《通用计量术语及定义》、JJF 1032《光学辐射计量名词术语及定义》、JJF 1059.1《测量不确定评定与表示》和JJF 1071《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范编订的基础性系列规范。本规范为初次制定。使用本规范时，应注意使用上述规范的现行有效版本。

红外光谱辐射亮度标准源校准规范

* 1. 范围

本校准方法适用于2.0 μm ~ 30.0 μm波段范围的红外光谱辐射亮度标准源（简称“红外标准源”）的校准，其它类型的红外辐射源的校准也可参照本规范。

* 1. 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1080：-50 ~ + 90 ℃黑体辐射源校准规范

JJG 383：光谱辐射亮度标准灯检定规程

JJF1319：傅立叶变换红外光谱仪校准规范

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。

* 1. 概述

红外光谱辐射亮度是描述红外辐射源特性的一个重要参数，可满足遥感对地观测、气候变化、国防安全、航空航天、特殊建材、工业品检验、医疗等领域中远红外波段高精度光谱辐射亮度定标需求；还可用于上述领域中材料发射率和亮度温度的测量和检测校准工作。光谱辐射亮度的单位是µW·cm-2·nm-1·sr-1。

1. 计量性能要求

红外标准源具有以下计量性能要求：

4.1 稳定性

按照规定预热后，在待测波长范围，30 min内红外标准源光谱辐射亮度的不稳定度≤2%。

4.2 重复性

按照规定预热后，在待测波长范围，短时间内对红外标准源进行连续测量的光谱辐射亮度重复性≤0.5%。

4.3 不均匀性

在待测波长范围，红外标准源的光谱辐射亮度的不均匀性≤2%。

注：考虑用光谱辐射亮度表示稳定性或者不均匀性时，测量结果与波长以及系统的信噪比等因素有关，因此也可以使用温度或积分辐射亮度表示稳定性或者不均匀性。以上指标不适用于合格性判定，仅供参考。

1. **校准条件**

**5.1 环境条件**

实验室环境温度（22±5）℃，湿度≤85%RH，无影响仪器正常工作的电磁场、机械振动，无杂散光干扰，通风良好。

**5.2 测量标准仪器及其它设备**

红外光谱辐射亮度标准源测量装置的主要包含标准黑体辐射源、傅里叶变换红外光谱仪（FTIR）、中继光路、接触式温度计和（或）非接触式红外辐射温度计等组成（如图1所示）。

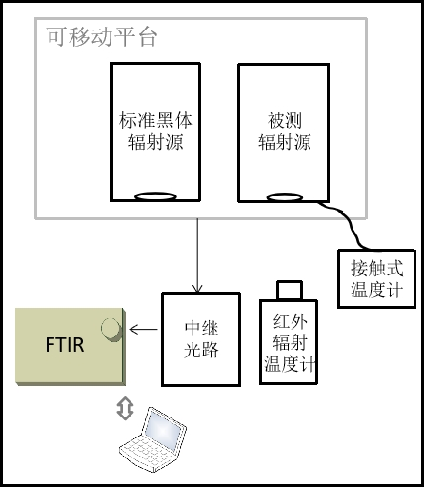


图1. 红外光谱辐射亮度标准源的测量装置示意图

5.2.1 标准黑体辐射源

标准黑体辐射源的有效发射率≥0.995；控温稳定性优于0.02 K/15 min，0.2 K/60 min；腔口温度不均匀性≤0.2 K；并且覆盖尽可能宽的温度范围（如50℃~ 1050℃，此温度范围为非必须项）。在使用前，应对标准黑体辐射源进行溯源校准。

5.2.2 傅里叶变换红外光谱仪（FTIR）

参照JJF1319中5的规定，傅里叶变换红外光谱仪的波长示值误差，在大于2000 cm-1处不超过5 cm-1，在小于2000 cm-1处不超过1 cm-1。探测器可以使用性能稳定的高灵敏度热释电探测器或者液氮制冷探测器，光谱范围一般应覆盖2.0 μm ~ 14.0 μm。

5.2.3 接触式温度计和（或）非接触式红外辐射温度计

表面接触式温度计的测温探头应能与被测红外标准源的辐射面紧密贴合。表面接触式温度计和非接触式红外辐射温度计的温度示值分辨率≤0.1 K，温度不稳定性≤0.1 K。温度示值的准确性需均经过校准，温度准确性需满足：如在200℃时温度示值偏差≤2.0 K，在400℃时温度示值偏差≤3.0 K。同时，应在测量结果中标注非接触式红外辐射温度计的波段范围。

5.2.4 其它

根据FTIR的光路特征，可能需要使用中继光路对辐射源信号进行会聚折转；在辐射源与FTIR之间可放置几个孔径适当的限制光阑或者采用制冷挡屏等方法进行杂散辐射屏蔽。

1. 校准项目和校准方法

**6.1 校准前的检查**

仪器应有铭牌标志，标明仪器名称、型号、生产企业、仪器编号等，铭牌应牢固，字迹应清晰。仪器的紧固件及接触件应牢固可靠，调节部分应灵活可靠、无卡滞和松动现象。仪器配件齐全，开机可以正常运行。

**6.2 红外光谱辐射亮度的校准方法**

按照仪器使用说明对被测红外标准源进行预热后，采用图1所示的红外光谱辐射亮度标准源测量装置对被测标准源进行校准测试，具体方法如下：

（1）将被测标准源设置到待测温度或者待测电流条件下，并进行预热；待预热稳定后，使用温度计测量被测标准源的温度*T*m。与此同时，将标准黑体辐射源的温度设置尽可能的接近于*T*m，预热稳定后测得的标准黑体辐射源的实际温度为*T*s。

注：如果*T*m接近于环境温度时，则需要使用制冷挡屏等对周围环境进行杂散辐射屏蔽，或者通过实验和计算扣除环境辐射对被测标准源的影响。

（2）根据测试要求设置FTIR的光谱分辨率、扫描次数、以及波数范围。进行光路调整并移动实验平台，使标准黑体辐射源的腔体轴心在中继光路和FTIR系统所确定的光轴上，使用FTIR软件对标准黑体辐射源连续进行*n*次测试（*n*≥5），得到测试系统对标准黑体辐射产生的输出电信号 （i = 1，2，…… *n*）。其中，为波数，实际报告中可以按要求换算为波长。

（3）移动实验平台，使被测标准源的轴心在中继光路和FTIR系统所确定的光轴上，或者使被测标准源的辐射面与光路系统的光轴垂直；使用FTIR软件对被测标准源连续进行*n*次测试（*n*≥5），得到测试系统对被测标准源产生的输出电信号 （i = 1，2，…… *n*）。

（4）分别计算步骤（2）和（3）*n*次测量的平均值，可以得到和。由于光谱辐射亮度和测试系统的输出电信号之间呈线性关系；所以，可通过式（1）计算得到被测标准源的光谱辐射亮度。

（1）

其中，为标准黑体辐射源在温度*T*s时的光谱辐射亮度，单位为µW·cm-2·nm-1·sr-1。

**6.3 被测标准源的稳定性**

按照规定对被测标准源在温度进行预热后，被测标准源的稳定性可通过下述方法进行测量：首先用6.2中所述方法对被测标准源的光谱辐射亮度进行测试；之后，在10分钟内，每隔2分钟使用红外光谱辐射亮度测量装置对被测辐射源进行一次测量，得到最大值为，最小值为，平均值为。按式（2）计算相对不稳定度。

（2）

**6.4 被测标准源的重复性**

按照规定对被测标准源在温度进行预热后，根据6.2中所述方法，使用红外光谱辐射亮度测量装置对被测标准源在短时间内重复测量n次（*n*≥6），根据式（3）计算测量数据的相对标准偏差*s*i，即为被测标准源的测量重复性。*n*为测量次数，为*n*次测量的算术平均值，为第*i*次测量的测得值。

（3）

**6.5 被测标准源的均匀性**

按照规定对被测标准源在温度进行预热后，如图2(a)所示，将被测标准源的辐射面划分为三行三列共9个区域；如果辐射面小于60 mm × 60 mm或者φ60 mm，也可以按照图2(b)或(c)所示，只划分为左上、左下、右上、右下四个区域。

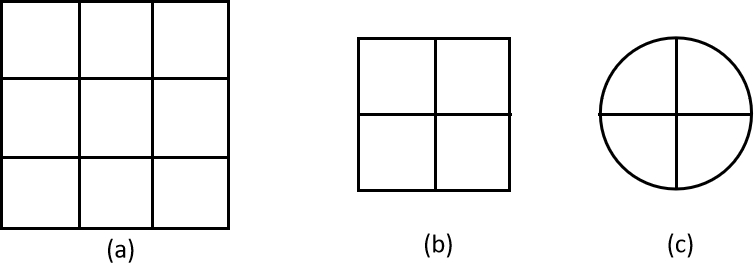


图2. 被测标准源的辐射面区域划分示意图

根据6.2中所述方法，使用红外光谱辐射亮度测量装置依次测量上述每个区域的光谱辐射亮度值。得到最大值为，最小值为，平均值为，则被测标准源光谱辐射亮度的不均匀性可表示为式（4）。

（4）

1. 校准结果表述

校准结果以校准证书（或校准报告）的形式给出。校准证书至少应包括下列信息：

a）标题：“校准证书”；

b）实验室名称和地址；

c）进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；

d）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，应对抽样程序进行说明；

i）对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）校准证书或校准报告签发人的签名、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，不得部分复印证书或报告的声明。

8 复校时间间隔

为确保红外光谱辐射亮度标准源的正常使用，建议复校时间间隔最长不超过1年。由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器自身质量等诸因素所决定的，因此，送校单位也可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。



校准原始记录

校准日期： 年 月 日 第 页

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 原始记录编号 | |  | | | | 证书编号 | |  | |
| 仪器名称 | |  | | | | 规格型号 | |  | |
| 制造厂 | |  | | | | 出厂编号 | |  | |
| 送校单位 | |  | | | | 电话 | |  | |
| 单位地址 | |  | | | | 联系人 | |  | |
| 校准依据 | |  | | | | 送检日期 | |  | |
| 校准地点 | |  | | | 室温： ℃ 相对湿度： % | | | | |
| 本次校准使用的红外标准板： | | | | | | | | | |
| 标准器证书编号： 有效期至： 年 月 日 | | | | | | | | | |
| 校准结果 | | | | | | | | | |
| 标准黑体辐射源温度（℃）： | | | | | | | | | |
| 测量次数1 | | | 测量次数2 | | | | 测量次数3 | | |
| 波长（μm） | 测量信号 | | 波长（μm） | 测量信号 | | | 波长（μm） | | 测量信号 |
|  |  | |  |  | | |  | |  |
|  |  | |  |  | | |  | |  |
|  |  | |  |  | | |  | |  |
| 被测标准源温度（℃）： | | | | | | | | | |
| 测量次数1 | | | 测量次数2 | | | | 测量次数3 | | |
| 波长（μm） | 测量信号 | | 波长（μm） | 测量信号 | | | 波长（μm） | | 测量信号 |
|  |  | |  |  | | |  | |  |
|  |  | |  |  | | |  | |  |
|  |  | |  |  | | |  | |  |
| A.2被测标准源的稳定性   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 时间 | 波长（μm） | 测量次数1 | 测量次数2 | 测量次数*n* | 最大值 | 最小值 | 平均值 | | 2分钟 |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | 4分钟 |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | 6分钟 |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | 8分钟 |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | | 10分钟 |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |   测量不确定度：*U*= (*k*=2)  A.3被测标准源的重复性   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | 波长（µm） | 测量值 | | | 平均值 | | 第一次 | 第二次 | 第*n*次 | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |   测量不确定度：*U*= (*k*=2)  A.4被测标准源的均匀性   |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 波长（µm） | 测量值 | | | 最大值 | 最小值 |  | | 第一次 | 第二次 | 第*n*次 | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  | |  |  |  |  |  |  |  |   测量不确定度：*U*= (*k*=2)  备注： | | | | | | | | | |
| 校准员： 核验员： | | | | | | | | | |



校准证书内页推荐格式

B.1 被测标准源的红外光谱辐射亮度

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 波长  (μm) | 光谱辐射亮度  (µW·cm-2·nm-1·sr-1) | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

B.2 被测标准源红外光谱辐射亮度的稳定性（10分钟）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 波长  (μm) | 光谱辐射亮度  相对不稳定度  （%） | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

B.3 被测标准源红外光谱辐射亮度的重复性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 波长  (μm) | 光谱辐射亮度  测量重复性（%） | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

B.4 被测标准源的均匀性

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 波长  (μm) | 光谱辐射亮度不均匀性  (µW·cm-2·nm-1·sr-1) | 测量不确定度 |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

附 录 C

红外光谱辐射亮度标准源校准的不确定度评定实例

C.1 数学模型

根据本规范式（1）可知，被测标准源的红外光谱辐射亮度的数学表达式为式（C1）。

(C1)

其中，和分别为被测标准源和标准黑体辐射源的光谱辐射输出电信号，为标准黑体辐射源的光谱辐射亮度。

C.2 不确定度来源

C2.1 测量重复性的评定

通过贝塞尔公式（C2）计算系统测量的重复性。其中，表示第*i*次被测辐射源信号与标准辐射源信号之比，i = 1， 2，……*n*；表示*n*次被测辐射源信号与标准辐射源信号之比的平均值；*n*为测试次数。

(C2)

经过计算，在10 µm，923 K条件下，系统测量的重复性引入的不确定度为 = 0.003%。

C2.2 测量的复现性

测量的复现性为在不同时间（天），将被测标准源设置为相同温度值，通过光谱辐射亮度测量装置测量被测标准源的光谱辐射亮度值，采用极差法计算不同时间（天）系统测量偏差的变化情况。经过计算，在10 µm，923 K条件下，系统测量的复现性引入的不确定度为 = 0.248%。

C2.3 标准黑体的温度测量

标准黑体温度测量的不确定度主要由红外辐射温度计的校准不确定度等因素引起。标准黑体温度测量的不确定度会直接影响标准光谱辐射亮度值；经过计算，在10 µm，923 K条件下，标准黑体的温度测量引入的不确定度为 = 0.100%。

C2.4 标准黑体的不稳定性

测量10分钟内标准黑体光谱辐射亮度值的偏移，并计算相对不确定度。经过计算，在10 µm，923 K条件下，由标准黑体的不稳定性测量引入的不确定度为 = 0.052%。

C2.5 标准黑体的不均匀性

测量标准黑体腔口不同位置的光谱辐射亮度分布，并计算相对不确定度。经过计算，在10 µm，923 K条件下，标准黑体的不均匀性引入的不确定度为 = 0.159%。

C2.6 被测标准源的温度不稳定性和不均匀性

分别采用与C2.4和C2.5相同的方法，计算被测标准源的温度不稳定性和不均匀性。经过计算，在10 µm，923 K条件下，被测标准源的温度不稳定性和不均匀性引入的相对不确定度分别为 = 0.037%和 = 0.064%。

C2.8 测量系统的波长误差

参照JJF 1319-2011校准规范7.1中方法，计算波数示值误差；之后计算该波长误差对光谱辐射亮度引入的相对不确定度。经过计算，在10 µm，923 K条件下，测量系统波长误差引入的不确定度为 = 0.082%。

C2.9 测量系统的非线性

测量系统的非线性可通过非线性测量装置测量。根据实验结果，在10 µm，923 K条件下，测量系统的非线性导致的光谱辐射亮度的相对不标准不确定度不超过 = 0.100%。

C2.10 测量系统的源尺寸效应和环境杂散辐射

测量系统的源尺寸效应和环境杂散辐射可通过搭建相关测量装置进行测量。根据实验结果，在10 µm，923 K条件下，测量系统的源尺寸效应和环境杂散辐射导致的光谱辐射亮度的相对不标准不确定度不超过 = 0.200%。

C3. 不确定度计算

在10 µm，923 K条件下，上述各个分量的合成不确定度为：

(C3)

相对扩展不确定度为*U*rel = 2 · = 0.80% (*k* = 2)。

同理，可以分析923 K不同波长条件下的辐射源红外光谱辐射亮度校准的不确定度，如下表。

