



中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1080—2002

—50~+90℃黑体辐射源 校准规范

Calibration Specification of Blackbody
Radiators in -50~+90℃

2002-04-15 发布

2002-07-01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

—50~+90℃黑体辐射源

校 准 规 范

Calibration Specification of

Blackbody Radiators in -50~+90℃



JJF 1080—2002

本规范经国家质量监督检验检疫总局于2002年04月15日批准，并自2002年07月01日起施行。

归口单位：全国光学计量技术委员会

起草单位：中国计量科学研究院

本规范由归口单位负责解释

本规范主要起草人：

张 建 铺 （中国计量科学研究院）

霍 超 （中国计量科学研究院）

目 录

1 范围	(1)
2 引用文献	(1)
3 概述	(1)
4 计量特性	(1)
4.1 通用要求	(1)
4.2 计量要求	(1)
5 校准条件	(1)
5.1 标准器及其他设备	(1)
5.2 环境条件	(2)
6 校准项目和校准方法	(2)
6.1 校准项目	(2)
6.2 校准方法	(2)
7 校准结果	(4)
附录 A 校准证书格式	(5)
附录 B 校准记录内容	(8)
附录 C 不确定度评定	(9)
附录 D -50~+90℃黑体全辐射比较装置图	(10)

—50~+90℃黑体辐射源校准规范

1 范围

本规范适用于各种黑体辐射源的校准。黑体辐射源的工作温度范围为-50~+90℃，+90~+250℃黑体和其他类型的热辐射源的校准可参照本规范执行。

2 引用文献

JJG2093—1995 常温黑体辐射计量器具检定系统
使用本规范时，应注意使用引用文献的现行有效版本。

3 概述

工作在-50~+90℃温度范围的黑体辐射源主要用于红外探测元件、红外仪器整机性能测试、红外测温仪、热象仪校准等领域。

黑体辐射源主要由黑体空腔、黑体空腔测温、控温元件或系统、保温层及外壳等组成。常用的黑体空腔形状有圆柱形、圆锥形、球形、圆柱加圆锥形、圆柱加倒锥形以及其他形状；黑体空腔测温 and 控温元件可以是电阻温度计或热电偶温度计；控温系统可采用热管法、恒温液流法、电阻加热法等。

4 计量特性

4.1 通用要求

外形尺寸合理，结构紧凑，装配可靠；辐射面、腔体内表面涂料均匀，氧化膜无明显剥落，表面无划痕；无漏水、漏电和其他异常现象；黑体外壳与环境温差不得超过10 K。

4.2 计量要求

有效发射率： ≥ 0.92

全辐射温度测量范围：-50~+90℃

全辐射亮度测量范围： $45\sim 320\text{ W}\cdot\text{m}^2$

5 校准条件

5.1 标准器及其他设备

校准装置设备图参见附录D。

5.1.1 -50~+90℃标准黑体一台，主要技术指标为：

黑体空腔直径： $>60\text{ mm}$

空腔有效发射率： >0.999

测温不确定度 ($k=2$): 0.1 K

空腔控温稳定性：0.02 K/15 min

5.1.2 标准水槽（+20~+90℃控温）一台

5.1.3 酒精低温恒温槽（-50~+20℃控温）一台

5.1.4 常温黑体全辐射比较测量装置一套

主要包括红外辐射计一台，其噪声等效辐射亮度为 $1.1 \times 10^{-6} \text{ W} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ ，噪声等效温度为 0.01 K。

5.1.5 微机控制的数据采集系统一套

5.2 环境条件

实验室温度：(20±5)℃，在每个样品测量时间（约 30 min）内，实验室温度变化应小于 1℃。

相对湿度：应小于 80% RH。

6 校准项目和校准方法

6.1 校准项目

本校准项目包括待测黑体辐射源有效发射率 ϵ_s 、全辐射亮度 L_s 或全辐射温度 T_s 的校准。黑体辐射源的工作温度范围为：-50~+90℃。

6.2 校准方法

校准采用的是全辐射亮度比较法。

6.2.1 校准原理

a) 黑体辐射源的全辐射出射度 M_b 为：

$$M_b = \epsilon \sigma T_b^4 \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2}) \quad (1)$$

式中： T_b ——黑体有效辐射面的绝对温度，K；

ϵ ——黑体辐射源的有效发射率；

σ ——斯忒藩-玻尔兹曼常数， $\sigma = 5.67032 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ 。

b) 黑体的全辐射亮度为：

$$L_b = \frac{M_b}{\pi} \quad (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}) \quad (2)$$

待测黑体辐射源的全辐射亮度为：

$$L_s = \frac{V_s}{V_b} \cdot L_b \quad (3)$$

式中： V_s ， V_b ——分别为红外辐射计对准待测黑体和标准黑体时的响应。

c) 黑体的有效辐射亮度为：

$$L_b = \int L_\lambda S_\lambda d\lambda \quad (4)$$

式中： L_λ —— $L_\lambda = c_1 \frac{\lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1}$ 为黑体的光谱辐射亮度（普朗克公式）， c_1 ， c_2 分别为第一、

第二普朗克常数；

S_λ ——红外辐射计的光谱响应函数；

λ ——光谱辐射波长。

d) 待测黑体的有效发射率 ϵ_s 按下式计算：

$$\epsilon_s = \frac{L_s}{L_b} = \frac{M_s}{M_b} = \left(\frac{T_{sr}}{T_b} \right)^4 \quad (5)$$

式中： L_s ， M_s ， T_{sr} ——分别为待测黑体的全辐射亮度、全辐射出射度和全辐射温度；

L_b ， M_b ， T_b ——分别为与待测黑体温度相同的绝对黑体的全辐射亮度、全辐射出射度和绝对温度。

e) 待测辐射源的全辐射出射度（全辐射亮度）与某绝对黑体相同时，此时绝对黑体的温度即待测辐射源的全辐射温度 T_s 。

通过红外辐射计分别测量标准黑体和待测黑体或黑体辐射源的红外响应值，此红外响应值正比于标准黑体或待测黑体的有效辐射亮度 L_b 或 L_s 。

通过铂电阻温度计测得标准黑体和待测黑体或黑体辐射源的电阻值 R_{b1} 和 R_{b2} ，用相应程序计算出对应的标准黑体绝对温度 T_{b1} ， T_{b2} 和有效辐射亮度 L_{r1} ， L_{r2} ，并计算 R_s 对应的待测黑体全辐射温度 T_s 。

用式（2）将黑体或辐射源的有效辐射亮度转换为全辐射亮度；将式（1）代入式（4），经过变换用相应程序计算出待测黑体的有效辐射亮度、全辐射温度 T_{sr} 、全辐射亮度 L_s 。就得出待测黑体或辐射源的有效发射率 ϵ_s 。

6.2.2 校准步骤

校准装置图参见附录 D。

a) 光路调整

将标准黑体、辐射陷阱和红外辐射计都调整到校准光轴上，通过黑体平台的移动，将待测黑体调整到校准光轴上。

1) 用置于辐射陷阱口的 $\phi 1$ 光阑和分划板把两水准仪的光轴都调整到测量系统主光轴上。

2) 微机控制黑体平台移动到最左端，调整标准黑体中轴到系统主光轴上。

3) 微机控制黑体平台移动到最右端，调整待测黑体中轴到系统主光轴上，并调整待测黑体前后位置，使它的腔口在光轴上的位置与标准黑体腔口在主光轴上的位置相同。

4) 将待测黑体移出主光轴，调整红外辐射计中轴到系统主光轴上。

5) 将黑体平台移到最左端测量标准黑体位置，调整红外辐射计焦距到黑体腔口位置。

b) 联接待测黑体电源、控温器和通水管道

c) 校准操作

- 1) 打开红外辐射计电源, 调整到测量恒定辐射状态, 预热 2h;
- 2) 启动微机到工作状态, 打开步进电机电源;
- 3) 打开两台数字多用表电源;
- 4) 控制待测黑体温度到第一个测量温度 T_1 ;
- 5) 打开恒温水槽电源和循环泵电源;
- 6) 调整恒温水槽设定值, 控制标准黑体温度到 $T_1 - 2$ ($^{\circ}\text{C}$);
- 7) 把移动平台移到最左端测量标准黑体辐射信号位置;
- 8) 用测量控制程序中第一项功能, 测量并记录对准标准黑体时红外辐射计的响应 V_{b1} 值 (测量 50 次信号的平均值);
- 9) 测量并记录标准黑体铂电阻温度计电阻值 R_{b1} ;
- 10) 把移动平台移到最右端测量待测黑体辐射信号位置。用测量控制程序测量并记录对准待测黑体时红外辐射计的响应 V_{t1} (测量 50 次信号的平均值);
- 11) 测量并记录待测黑体的绝对温度值 T_{t1} 或铂电阻值 R_{t1} ;
- 12) 调整恒温水槽设定值, 控制标准黑体温度到 T_{b2} ;
- 13) 重复 7) ~ 9) 测量操作, 测量并记录标准黑体温度为 T_{b2} 时红外辐射计的响应 V_{b2} 和 R_{b2} ;
- 14) 控制待测黑体温度到其他待测温度点 T_{ti} ($i = 1, 2, \dots, n - 1$ 。 n 为待测点数), 重复 6) ~ 13) 的测量操作, 测量出各组 V_{b1i} , R_{b1i} , V_{ti} , T_{ti} (或 R_{ti}), V_{b2i} 和 R_{b2i} 值;

15) 数据处理待全部测量完毕后统一进行。

d) 各待测点检测完后按下列顺序关闭测量设备

- 1) 关闭循环泵电源;
- 2) 关闭恒温水槽电源;
- 3) 关闭微机和步进电机电源;
- 4) 关闭红外辐射计电源;
- 5) 关闭两台数字多用表电源。

7 校准结果

经校准的 $-50 \sim +90$ $^{\circ}\text{C}$ 黑体辐射源发给校准证书, 校准证书见附录 A。

附录 A

校准证书格式

证书编号: _____ 第 _____ 页 共 _____ 页
Certificate No. Page of

校准证书

Calibration Certificate

送校者: _____
Applicant

送校者地址: _____
Address of applicant

器具名称: _____
Description of device

制造厂: _____
Manufacturer

型号/规格: _____ 出厂编号: _____
Model/Type Series No.

接收日期: _____ 年 _____ 月 _____ 日
Receipt Date Year Month Day

主管:
Approved by

校准专用章
Stamp

未经授权, 不得部分复制本证书

This certificate can't be partly copied without authorization

证书编号: _____ 第 ____ 页 共 ____ 页
Certificate No. Page of

校准所依据技术文件 (代号、名称):

Reference documents for the calibration (Code , Name)

校准所使用的主要计量器具:

Main equipment of measurement used in the calibration

名 称:

Name

出厂编号:

Series No.

测量范围:

Measuring range

准确度/等级:

Accuracy/Class

证书编号:

Certificate No.

有效期至: 年 月 日

Valid before

校准的环境条件:

Environmental condition in the calibration

温 度:

Temp.

湿 度:

Moisture

限制使用条件和测量范围:

Limiting condition in use and measuring range

证书编号: _____ 第 ____ 页 共 ____ 页
Certificate No. _____ Page _____ of _____

校 准 结 果

Result of Calibration

黑体名称和编号:

黑体示值温度/℃

全辐射温度/℃

有效发射率

测量结果的相对扩展不确定度

The relative expanded uncertainty of measurement results

校 准 员
Calibrated by

核 验 员
Checked by

注: 在填写校准结果时, 如需要, 可另加附件说明。

Note: Filling in the result of calibration, if need be, may add to statements.

附录 B

校准记录内容

-50~+90℃黑体辐射源校准原始记录

原始记录编号：		证书编号：	
送校单位：	地址：	邮编：	电话：
仪器名称：	型号规格：	出厂编号：	
制造厂：		外观检查：	
$T_b =$	$V_b =$	$R_b =$	
$T_t =$	$V_t =$	$T_{tt} =$	
$T_b =$	$V_b =$	$R_b =$	
$T_t =$	$V_t =$	$T_{tt} =$	
$T_b =$	$V_b =$	$R_b =$	
$T_t =$	$V_t =$	$T_{tt} =$	
$T_b =$	$V_b =$	$R_b =$	
$T_t =$	$V_t =$	$T_{tt} =$	
$T_b =$	$V_b =$	$R_b =$	
$T_t =$	$V_t =$	$T_{tt} =$	
$T_b =$	$V_b =$	$R_b =$	
$T_t =$	$V_t =$	$T_{tt} =$	
$T_b =$	$V_b =$	$R_b =$	
$T_t =$	$V_t =$	$T_{tt} =$	
$T_b =$	$V_b =$	$R_b =$	
$T_t =$	$V_t =$	$T_{tt} =$	
$T_b =$	$V_b =$	$R_b =$	
$T_t =$	$V_t =$	$T_{tt} =$	
注： T_b 为标准黑体温度； R_b 为标准黑体铂电阻温度计电阻值； V_b 为对准标准黑体时红外辐射计响应； T_t 为待测黑体（面源）温度； V_t 为对准待测黑体时红外辐射计响应； T_{tt} 为待测黑体（面源）的全辐射温度。			
校准环境：	温度：℃	相对湿度：%RH	校准日期：年月日
校准地点：	校准员：	核验员：	

附录 C

不 确 定 度 评 定

常温黑体辐射合成标准不确定度分析及扩展不确定度分析如下：

C.1 常温黑体全辐射亮度标准不确定度

- 1) 黑体空腔有效发射率 (u_1): 0.02% (B类)
- 2) 黑体温度测量 (u_2): 0.07% (0.05 K) (B类)
- 3) 杂散辐射 (u_3): 0.4% (B类)
- 4) 衍射误差 (u_4): 0.1% (B类)
- 5) 辐射亮度测量重复性 (u_5): 0.2% (A类)

合成标准不确定度: $u_c = 0.46\%$

扩展不确定度 ($k=2$): $U = 0.92\%$

C.2 全辐射温度测量的不确定度来源与全辐射亮度测量时相同, 折算为全辐射温度的合成不确定度为: $u_c = 0.4\text{ K}$ 。

全辐射温度测量的扩展不确定度为 ($k=2$): $U_T = 0.8\text{ K}$ 。

C.3 待测黑体全辐射亮度或有效发射率的校准不确定度分析

- 1) 标准黑体不确定度: 0.46%
- 2) 全辐射比较测量不确定度: 0.1%
- 3) 待测黑体稳定性: 0.16%~0.88%
- 4) 待测黑体合成标准不确定度 (u_c): 0.5%~1.0%
- 5) 待测黑体扩展不确定度 U ($k=2$): 1.0%~2.0%

以上分量相互独立, 故合成标准不确定度公式为:

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

扩展不确定度 U 等于合成标准不确定度与包含因子 (取 $k=2$) 之积:

$$U = k u_c$$

附录 D

-50~+90℃ 黑体全辐射比较装置图

