

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF××××—202×

气象用红外地温传感器

Infrared temperature sensor for Meteorology

202×-××-××发布

202×-××-××实施

国家市场监督管理总局 发布

气象用红外地温传感器

Infrared temperature sensor for Meteorology

JJFXXXX-20XX

归口单位：全国气象专用计量器具计量技术委员会

主要起草单位：河北省气象技术装备中心

中国气象局气象探测中心

参加起草单位：山东省气象局大气探测技术保障中心

本规范委托全国气象专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：刘 宇（河北省气象技术装备中心）

蒋 涛（河北省气象技术装备中心）

丁红英（中国气象局气象探测中心）

参加起草人：任 燕（山东省气象局大气探测技术保障中心）

崇 伟（中国气象局气象探测中心）

李松奎（中国气象局气象探测中心）

目 次

引 言	IV
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和计量单位	1
3.1 术语	1
3.2 计量单位	1
4 概述	1
5 计量特性	2
5.1 测量范围	2
5.2 测量精度	2
5.3 一致性	2
5.4 重复性	2
6 校准条件	2
6.1 环境条件	3
6.2 标准器和辅助设备	3
7 校准项目和校准方法	3
7.1 校准项目	3
7.2 校准方法	3
7.3 数据处理	4
8 校准结果表达	4
9 复校时间间隔	5
附录 A 原始记录格式	6
附录 B 校准证书（参考格式）	7
附录 C 校准结果测量不确定度评定示例	10

引 言

本规范依据国家计量技术规范JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编制。

本规范的制定主要参考了JJG856-2015《工作用辐射温度计检定规程》相关技术文件。

本规范为首次制定。

气象用红外地温传感器

1 范围

本规范适用于气象用红外地温传感器新制造、使用中和修理后的校准。

2 规范性引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1001-2011 通用计量术语及定义

JJF 1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

JJF 1071-2010 国家计量校准规范编写规则

JJG 856-2015 工作用辐射温度计检定规程

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

下列术语和定义适用于本规范。

3.1.1 发射率 emissivity

物体的法向光谱辐射亮度与同温度黑体的光谱辐射亮度之比。

3.1.2 黑体辐射源 blackbody radiation source

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。

3.2 计量单位

计量单位为摄氏度（℃）。

4 概述

自然界一切温度高于绝对零度的物体由于分子的热运动都在不停地向周围空间发出红外辐射能量，所发射的红外线波长随温度变化而变化，温度越高，波长越短。红外辐射的基本依据是黑体辐射定律，斯特藩-玻耳兹曼通过实验和计算得出黑体辐射定律：

$$P_b(T) = \sigma T^4$$

式中, $P_b(T)$ 表示温度为 T 时, 单位时间从黑体单位面积上辐射出的总辐射能 (称为总辐射度), σ 为斯特藩-玻耳兹曼常数, T 为热力学温度。

实际上在相同条件下, 物体的辐射功率 $P(T)$ 是小于黑体的功率, 即 $P(T) < P_b(T)$ 。其比值称为单色黑度, 即:

$$\varepsilon(\lambda) = \frac{P(T)}{P_b(T)}$$

式中, $\varepsilon(\lambda)$ 为不随波长变化的常数, 对于一般灰体 $0 < \varepsilon < 1$ 。假设物体的温度为 T , 则有:

$$P(T) = \varepsilon P_b(T) = \varepsilon \sigma T^4$$

所测物体的温度:

$$T = \sqrt[4]{\frac{P(T)}{\varepsilon \sigma}}$$

将这种原理和方法应用到地表温度的测量, 被测物体温度就是被测地表的温度。红外地温传感器通过感应地表面发射出来的红外辐射, 非接触式测量地表面的温度。

5 计量特性

5.1 测量范围

-40℃~70℃。

5.2 测量精度

±0.2℃ (测量范围为5℃~70℃时);
±0.5℃ (测量范围为-40℃~5℃时)。

5.3 一致性

±0.1℃ (5℃~70℃时);
±0.3℃ (-40℃~5℃时)。

5.4 重复性

±0.05℃ (5℃~70℃时);
±0.1℃ (-40℃~5℃时)。

波长: 8~14μm

以上指标不作为合格性判据, 仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 温度：(18~28)℃，湿度：(20~75)%RH。

6.1.2 校准过程中应避免阳光和强辐射源对黑体辐射源和被校准传感器的干扰；应避免空调气流、开窗引起的对流对环境产生不可忽略的影响。

6.1.3 环境条件还应满足所用标准器和其他配套设备正常使用的其他要求。

6.2 标准器和辅助设备

6.2.1 标准器

6.2.1.1 黑体辐射源

(1) 空腔发射率： 1 ± 0.005 。

(2) 黑体辐射源的温度范围应满足被校传感器的校准要求。黑体空腔的口径应能满足被校传感器要求。黑体空腔有效发射率应为被校传感器视场区域的有效发射率平均值。

6.2.1.2 温度计（以下二者之一）

(1) 红外标准传递辐射计

a) 测量范围： $-60^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$

b) 最大允许误差： $\pm (1\% \times \text{读数})^{\circ}\text{C}$ 或 $\pm 1.4^{\circ}\text{C}$

(2) 标准铂电阻温度计

a) 测量范围： $-60^{\circ}\text{C} \sim +100^{\circ}\text{C}$

b) 最大允许误差： $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$

6.2.2 辅助设备

(1) 红外黑体恒温槽测量范围： $-60^{\circ}\text{C} \sim +80^{\circ}\text{C}$ ，控温稳定性： $0.015^{\circ}\text{C}/15\text{min}$ 。

(2) 标准铂电阻温度计配备的电测设备测量引入的不确定度应不超过标准器不确定度的1/3。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

7.1.1 外观检查

红外地温传感器外观应完好，应标有规格型号、生产厂家、出厂编号、测量范围、视场或距离系数以及光谱范围信息等。

7.1.2 光学系统

光学系统应清洁、无损伤和松动等现象。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

校准工作开始前，进行如下工作：

(1) 根据说明书信息确定被校传感器的校准距离。

(2) 将被校传感器放置于校准环境中，通常不少于4h。初始温度与校准环境有较大的差异的，应当适当延长放置时间，通常需与环境温度差距不能大于15℃。在达到校准点后传感器腔体温度与环境温度不应大于0.5℃。

(3) 按照校准距离要求将被校传感器固定安装在辐射源空腔前方轴线延长线上，并瞄准辐射源中心。

(4) 标准器为红外标准传递辐射计时，将标准器和被检传感器交替瞄准，或以机械方式可重复切换位置。

(5) 标准器为标准铂电阻温度计时，将标准器插入红外黑体恒温槽中，保证黑体锥尖与标准器感应部分持平。

(6) 校准点为低温时（≤10℃）时，需接入干空气，以防止液体结露或者结霜，在降温过程中，将黑体腔口用盖密封上，气体流量调到5ml，达到稳定点时，将黑体腔口的盖取掉，气体流量调到最大。

7.2.2 示值误差校准

红外地温传感器应在指定的黑体温度和实验室温湿度条件下进行示值校准。可根据用户要求选择黑体温度。用户无特别要求的，只进行示值校准测定。

设定校准温度点，待红外黑体恒温槽的温度与设定点温度的偏差不超过被校准传感器最大允许误差的2倍。传感器示值稳定后开始读数，标准器与被校传感器应同步记录数据，被校准传感器读数四次，取平均值作为被测传感器的结果，将其记录在原始记录上（参见附录A）。

7.3 数据处理

标准器读数为 $t_{\text{标}}$ ，取被校传感器四次读数的平均值作为被校传感器的示值 $t_{\text{被}}$ ，则：

$$t_{\text{被}} = \frac{1}{4} \sum t_i$$

被校传感器的示值误差按照以下公式计算：

$$\Delta t = t_{\text{被}} - t_{\text{标}} + \Delta T$$

式中： ΔT ——标准器的示值修正值，℃。

8 校准结果表达

经校准后的红外地温传感器应出具校准证书，证书中至少应包括以下信息：

- a) 标题：校准证书；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编码）、每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 红外地温传感器的名称、制造商、型号规格、编号；
- g) 进行校准的日期；
- h) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代号；
- i) 本次校准所使用的测量标准的溯源性及有效期说明；
- 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) 对校准规范偏离的说明;
 - m) 校准证书或校准报告签发人的签名;
 - n) 校准结果仅对被校对象有效的声明;
- 经校准的传感器，颁发校准证书（格式参见附录B），加盖校准印章。

9 复校时间间隔

建议复测时间间隔为一年，凡在使用过程中经过修理的一般需重新测试。

由于复测间隔时间的长短是由红外地温传感器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定。因此，送校单位可根据实际使用情况确定复校时间间隔。

附录 A 原始记录格式

校准原始记录格式参考格式

唯一性标识:		环境条件:	温度	℃;	湿度	%RH
送校单位						
依据文件						
计量标准	计量标准考核证书编号: _____ 测量范围: _____ 不确定度或准确度等级或最大允许误差: _____					
	标准器	被检表				
名称						
仪器编号						
测量范围						
型号规格						
制造厂家						
校准点	标准器示值 (℃)	被检表示值 (℃)			示值误差 (℃)	扩展不确定度 (k =2)

校准员:

核验员:

校准日期:

年

月

日

附录 B 校准证书（参考格式）

校准证书封面格式式样

（校准机构名称） 校 准 证 书

证书编号： _____

计量器具名称 _____
型 号 规 格 _____
制 造 厂 _____
器 具 编 号 _____
送 检 单 位 _____
计量器具名称 _____

（校准专用章）

批准人 _____
核验员 _____
校准员 _____

校准日期 年 月 日

地址：
电话：

邮编：
E-mail：

校准证书内页第 2 页格式式样

校准机构授权说明：				
校准环境条件及地点：				
温度：	℃	气压：	hPa	
湿度：	%RH	地点：		
校准使用的计量标准：				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	计量标准证书编号	有效期至
校准使用的标准器：				
名称	测量范围	不确定度/准确度等级/ 最大允许误差	计量标准证书编号	有效期至

校准证书内页第 3 页格式式样

校 准 结 果

1. 外观检查:

2. 校准数据:

单位: °C

序号	标准值	示值误差	扩展不确定度 ($k=2$)

以下空白

备注:

1. 下次校准请带此校准证书完整复印件。
2. 未经校准实验室书面批准, 不得部分复制校准证书。
3. 由于复测间隔时间的长短是由红外地温传感器的使用情况、使用者、仪器本身质量等因素所决定。因此, 送校单位可根据实际使用情况确定复校时间间隔。

附录 C 校准结果测量不确定度评定示例

一、评定依据

本规范的测量不确定度评定依据是JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》。以校准点为20℃，标准器为TRT4.82型红外标准传递辐射计（编号为40070），被测传感器为SI-111型红外地温传感器（编号6814）为例，进行不确定度评定分析。

二、测量模型

被校传感器的示值误差按照以下公式计算，因此建立数学模型如下：

$$\Delta t = t_{\text{被}} - t_{\text{标}} + \Delta T$$

式中： ΔT ——标准器的示值修正值，℃。

$t_{\text{标}}$ ——标准器读数，℃。

$t_{\text{被}}$ ——被校传感器四次读数的平均值作为被校传感器的示值，℃。

三、测量不确定度来源

分析本次测量的不确定度来源主要分为标准器和配套设备，以及校准环境引入的不确定分量。

四、输入量的标准不确定度评定

1. 由被检表读数引入的不确定度分量

被检表在校准过程中按照校准方法的要求，取十次的平均值作为本次测量结果，因此测量结果重复性引入了不确定度，根据A类不确定度评定方法可知，被测量的重复性由实验标准偏差表示。

$$s(y) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{10} (y_i - \bar{y})^2}{n-1}}$$

式中， y_i ——每次测量得到的测得值，℃；

\bar{y} —— n 次测量的算数平均值，℃；

n ——测量次数，此时 $n=10$ 。

在校准点为20℃时，测量结果如下表所示：

表 校准点为 20℃时，测量结果

序号	腔体温度	目标温度	TRT	差值
----	------	------	-----	----

1	24.652	20.114	20.54	0.188
2	24.590	20.068	20.54	0.186
3	24.567	20.089	20.52	0.166
4	24.514	20.073	20.53	0.173
5	24.497	20.065	20.54	0.181
6	24.446	20.074	20.54	0.179
7	24.429	20.067	20.53	0.169
8	24.374	20.109	20.52	0.159
9	24.359	20.029	20.54	0.180
10	24.307	20.058	20.51	0.152
平均值	24.474	20.075	20.531	0.173

根据A类不确定度评定方法可知，由上表可知，目标温度即为传感器的读数，则由输入量引入的不确定度分量为：

$$u(x_i) = s(\bar{x}) = \frac{s(x)}{\sqrt{n}} = \frac{0.0247}{\sqrt{10}} = 0.0078^\circ\text{C}$$

2. 由标准器引入的不确定分量

由于本次不确定度评定采用的标准器是TRT4.82型红外标准传递辐射计和黑体辐射源，由辐射温度计检定证书可知，其最大允许误差为 $\pm 0.02^\circ\text{C}$ ，根据B类不确定评定方法可知，假定其概率分布服从均匀分布，则由标准器引入的标准不确定分量为：

$$u(x_i) = \frac{0.02}{\sqrt{3}} = 0.0115^\circ\text{C}$$

黑体辐射源的发射率是影响黑体温度均匀性的一个重要指标，因此需要考虑由黑体发射率引入的不确定度分量，根据B类不确定评定方法可知，假定其概率分布为三角分布，则由黑体辐射源的发射率引入的标准不确定度分量为：

$$u(x_i) = \frac{0.005}{\sqrt{6}} = 2.04 \times 10^{-3}$$

3. 由配套设备引入的不确定度分量

本次校准过程中，配套设备主要为红外黑体恒温槽，由其控温稳定性： $0.015^\circ\text{C}/15\text{min}$ 可知，根据B类不确定评定方法可知，根据生产厂商的技术资料，根据B类不确定评定方法可知，其概率分布为正态分布，查表可得， $k = 2.58$ ，则由红外黑体恒温槽引入的标准不确定度分量为：

$$u(x_i) = \frac{0.015}{2.58} = 5.81 \times 10^{-3}$$

4. 由校准环境引入的不确定度分量

由于红外地温传感器受校准的实验室环境影响较为严重，因此需考虑由校准环境引入的不确定度的影响，被校传感器放置于校准环境中，通常不少于4h。初始温度与校准环境有较大的差异的，应适当延长放置时间，通常需与环境温度差距不能大于 15°C 。在达到校准点后传感器腔体温度与环境温度不应大

于0.5℃。根据B类不确定评定方法可知，假定其概率分布为均匀分布，则由校准环境引入的标准不确定度分量为：

$$u(x_i) = \frac{0.5}{\sqrt{3}} = 0.289$$

五、合成标准不确定度

由分析本次校准的不确定来源可知，各个标准不确定分量之间互不影响，标准不确定度一览表如下所示：

表 标准不确定度一览表

标准不确定度来源	概率分布	$u(x_i)$
重复测量引入的标准不确定度	正态	0.0078
TRT4.82 型红外标准传递辐射计引入标准不确定度	均匀	0.0115
黑体辐射源标准器引入标准不确定度	三角	2.04×10^{-3}
红外黑体恒温槽引入的标准不确定度	正态	5.81×10^{-3}
校准环境引入的标准不确定度	均匀	0.289

各不确定度分量之间互不影响，因此合成标准不确定度为：

$$u_c = \sqrt{\sum_{i=1}^N u^2(x_i)}$$

则将各标准不确定度分量代入计算得到：

$$\begin{aligned} u_c &= \sqrt{\sum_{i=1}^N u^2(x_i)} = \sqrt{u^2(x_1) + u^2(x_2) + u^2(x_3) + u^2(x_4) + u^2(x_5)} \\ &= 0.2894 \end{aligned}$$

六、扩展不确定度

测量结果接近正态分布，则本次测量的扩展不确定度 U_p ：

$$U_p = k \cdot u_c = 2 \times 0.2894 = 0.579, \quad k = 2$$