

JJF

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF ××××—××××

输变电设备在线监测装置校准规范：

红外成像在线监测装置

Calibration specification for on line monitoring devices of power equipment:

Infrared thermal image on line monitoring device

(征求意见稿初稿)

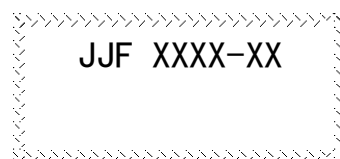
××××—××—××发布

××××—××—××实施

国家市场监督管理总局发布

输变电设备在线监测装置校准规范： 红外成像在线监测装置

Calibration specification for on line monitoring
devices of power equipment: Infrared thermal
image on line monitoring device



归口单位：全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会

主要起草单位：国网湖北省电力有限公司电力科学研究院

国家高电压计量站

中国电力科学研究院有限公司

参加起草单位：

国防科技工业光学一级计量站

广西电网有限责任公司电力科学研究院

国网青海省电力公司电力科学研究院

浙江大立科技股份有限公司

本规范委托全国电磁计量技术委员会高压计量分技术委员会负责解释。

本规范主要起草人：

X XX（起草人所在单位名称）

参加起草人：

X XX（起草人所在单位名称）

目 录

引言.....	II
1 范围.....	1
2 引用文件.....	1
3 术语和计量单位.....	1
4 概述.....	2
5 计量特性.....	3
5.1 测温准确度.....	3
5.2 测温一致性.....	3
5.3 噪声等效温差 (<i>NETD</i>).....	3
5.4 最小可辨温差 (<i>MRTD</i>).....	4
5.5 稳定性.....	4
6 校准条件.....	4
6.1 环境条件.....	4
6.2 测量标准及其他设备.....	4
7 校准项目和校准方法.....	6
7.1 校准项目.....	6
7.2 校准方法.....	6
8 校准结果表达.....	10
9 复校时间间隔.....	11
附录 A 测量不确定度评定示例 (实验室校准).....	12
附录 B 测量不确定度评定示例 (现场校准).....	23
附录 C 校准原始记录格式.....	27
附录 D 校准证书内页格式.....	30

引言

本规范依据国家计量技术规范 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》编制。JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》与 JJF1001—2011《通用计量术语与定义》、JJF1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》，共同构成支撑本校准规范制定工作的基础性系列规范。

本规范是首次制定的国家计量校准规范。

输变电设备在线监测装置校准规范：

红外成像在线监测装置

1 范围

本规范适用于输变电设备红外成像在线监测装置在-20℃~350℃温度范围内的实验室校准和现场校准。

本规范不适用于输电线路红外巡检无人机、防山火红外监拍装置的红外成像相关性能参数的校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

JJF 1187-2008 热像仪校准规范

JJF（军工）78-2014 红外热像仪成像特性参数校准规范

GB/T 19870-2018 工业检测型红外热成像仪

凡是注日期的引用文件，仅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 红外成像在线监测装置 infrared thermal image on line monitoring device

采用“红外热成像原理”测量输变电设备表面的温度分布，实现其运行状态分析和预警的在线监测装置。根据应用场景的不同，红外成像在线监测装置通常采取机器人、可移动导轨/吊轨、可旋转云台等多种载体形式。

3.2 测试距离 measuring distance

监测装置与被测目标之间的距离。

3.3 示值误差 errorofindication

监测装置的温度示值与被测黑体辐射源温度的约定真值之间的差。

[JJF 1187-2008,3.1.2]

3.4 信号传递函数 (SiTF)

信号传递函数是响应度函数的线性部分的斜率；响应度函数是目标尺寸固定、输出随目标输入强度变化的函数。信号传递函数准确反映红外成像装置的增益及电平对其视频图

像的控制作用。

3.5 噪声等效温差 (*NETD*) noise equivalent temperature difference

监测装置观察一个低空间频率的圆形或方形靶标时，其视频信号的信噪比 (*S/N*) 为 1 时，目标与背景之间的温差。

[GB/T 19870-2018,3.3]

3.6 最小可分辨温差 (*MRTD*) minimum resolvable temperature difference

在特定的空间频率下，观察者刚好能分辨出四杆靶时，目标与背景间的温差。

[GB/T 19870-2018,3.13]

3.7 测温一致性 measurement uniformity

监测装置视场内不同区域温度测量结果的一致性。

[GB/T 19870-2018,3.9]

3.8 特征空间频率 characterspatialfrequency

监测装置光学焦距与探测器像元中心间距之比的 1/2。

[GB/T 19870-2018,3.14]

3.9 红外成像装置性能参数测试系统 performance parameter testing system for infrared imaging device

对红外成像装置的信号传递函数、噪声等效温差、最小可辨温差进行测试和校准的专用测试系统，一般由红外辐射温差源、平行光管、靶标盘、视频采集系统、视频监视器/显示系统、控制软件构成。

3.10 仪器常数 instrumentconstant

红外成像装置性能参数测试系统的实际辐射温差与其黑体辐射源控制系统显示的温差的比值，体现了红外成像装置性能参数测试系统出瞳的差分辐射量与其理论差分辐射量的差异。仪器常数与其红外差分辐射准直系统的辐射传输比、黑体辐射源的发射率及靶标的发射率或反射率等因数有关，可通过经校准的红外辐射计等仪器得到。

[JJF 78-2014 (军工),3.1]

4 概述

监测装置通过对输变电设备进行红外成像和温度测量，来实时反映输变电设备的运行状态。监测装置由光学系统、探测器、测量电路单元、供电单元、数据传输单元、成像显示单元、数据分析单元组成，如图 1 所示。部分监测装置还带有底座、导轨、云台、机器

人等载体，实现装置移动或视场改变，完成对多个目标、多个区域的监测。

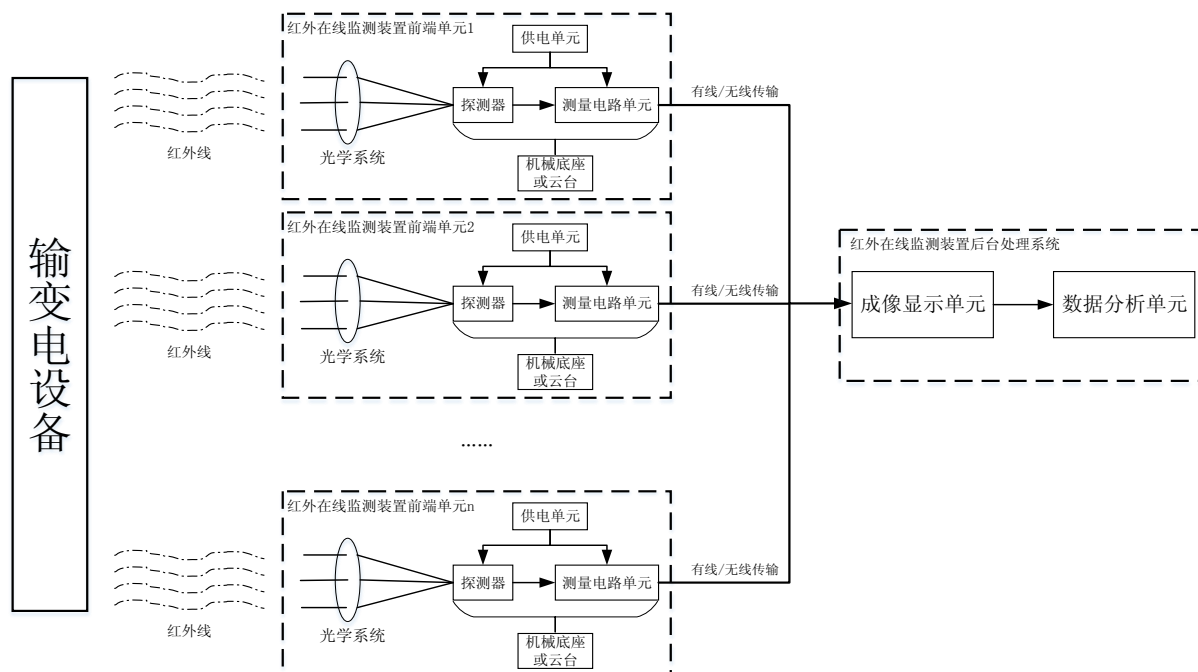


图 1 监测装置工作原理和结构示意图

根据应用场景和关键技术指标的差异，监测装置分为：一般巡检型、精确诊断型。一般巡检型主要用于输变电设备的例行巡视和普通监测，精确诊断型主要用于对关键重点设备的精确测温 and 状态诊断。

5 计量特性

5.1 测温准确度

监测装置在 $-20^{\circ}\text{C} \sim +350^{\circ}\text{C}$ 测温范围内，测温最大允许误差： $\pm 2^{\circ}\text{C}/\pm 2\%$ 读数（取绝对值大者）。

5.2 测温一致性

监测装置在 $0^{\circ}\text{C} \sim 100^{\circ}\text{C}$ 测温范围内，测温一致性要求如下：

- a) 一般巡检型： $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 精确诊断型： $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 。

5.3 噪声等效温差（NETD）

监测装置的 NETD 要求如下：

- a) 一般巡检型：NETD 值 $\leq 0.15^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 精确诊断型：NETD 值 $\leq 0.10^{\circ}\text{C}$ 。

5.4 最小可辨温差 (*MRTD*)

在选择 0.5 倍特征空间频率对应的四杆靶，且监测装置处于与 *NETD* 校准时一致的工作模式下，监测装置的 *MRTD* 要求如下：

- a) 一般巡检型：*MRTD* 值 $\leq 0.8^{\circ}\text{C}$ ；
- b) 精确诊断型：*MRTD* 值 $\leq 0.6^{\circ}\text{C}$ 。

5.5 短时稳定性

监测装置在连续通电工作的情况下，24 小时内的温度示值的波动量不超过 $\pm 2^{\circ}\text{C}/\pm 2\%$ 读数（取绝对值大者）。

注：上述指标不作合格性判定依据，仅供参考。

6 校准条件

6.1 环境条件

实验室校准的环境条件应满足以下要求：

- 电源电压： $(220 \pm 11) \text{V}$ ；
- 电源频率： $(50 \pm 0.5) \text{Hz}$ ；
- 环境温度： $(20 \pm 5) ^{\circ}\text{C}$ ；
- 相对湿度：不大于 85%，无凝露；
- 无强环境热辐射。

现场校准时，被校红外监测装置和标准黑体辐射源的供电电源条件、所处的环境条件应符合其使用要求；除此之外，现场校准的环境条件宜满足以下要求：

- 环境温度： $(5 \sim 40) ^{\circ}\text{C}$ ；
- 相对湿度：不大于 85%，无凝露；
- 风速不大于 5m/s （风力等级 3 级及以下），且天气晴朗，无雨、雪、雾等情况；
- 被校红外监测装置与黑体辐射源之间的空间区域内无其他明显热辐射体（如运行中的变压器、电抗器等）。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 标准装置

使用黑体辐射源作为温度示值误差校准、测温一致性校准、稳定性校准的标准装置，使用红外成像装置性能参数测试系统作为 *NETD*、*MRTD* 校准的标准装置。标准装置的计

量性能应满足表 1 的要求。

表1标准装置的主要技术指标

类型	序号	参数名称	主要技术指标
腔式黑体辐射源	1	温度范围	-20℃~+350℃
	2	空腔有效发射率	0.99±0.01
	3	温度稳定性	±0.05℃（100℃以下）； ±0.1℃（100℃~350℃）
红外成像装置性能参数测试系统	1	平行光管	焦距大于等于被校准装置焦距的 3 倍； 通光口径大于监测装置接收口径；
	2	红外辐射温差源	差分温度范围：-15℃~+35℃； 温差不确定度：±0.025℃； 温差稳定性：≤0.05℃ 温度均匀性：±0.05℃； 温度调整率：≥10℃/min； 发射率：≥0.95； 温度显示分辨率：0.001℃
	3	靶标	四杆靶：4 个长宽比为 7:1 等宽分布标杆，与监测装置的特征空间频率对应； 半月靶或圆形靶：张角不小于监测装置瞬时视场 30 倍
	4	光学平台及采集控制系统	数据传输支持常见视频制式； 光学平台可调节被校装置与平行光管相对位置，使其中心同轴
	5	显示器	分辨率不低于 1080P

6.2.2 校准所需支架

实验室校准时，需采用支架将被校监测装置进行固定。要求支架能调节被校监测装置与黑体辐射源之间的相对位置，使得被校监测装置的视场面与黑体辐射源的辐射面一致。

现场校准时，由于被校监测装置已处于安装运行状态、不易拆卸；且被监测设备可能处于带电运行状态。因此，需采用合适的支架，将黑体辐射源固定，使被校监测装置的视场面与黑体辐射源的辐射面一致。如被监测设备处于带电运行状态时，支架宜布置在电力设备巡视通道上；同时，需确保黑体辐射源的固定与操作过程中，操作人员、黑体辐射源、支架及其他辅助设备与被校监测装置周围可能存在的带电体保持足够的安全距离。对变压器、电抗器、套管、换流阀等电力设备附近安装的监测装置，通常安装在防火墙或构架高处，可采用高空作业平台或能调节俯仰角的支撑平台作为支架；对于开关柜、二次屏柜等

电力设备附近安装的监测装置，可采用带滚轮的光学平台或能承受黑体辐射源重量的三脚架作为支架。

6.2.3 绝缘电阻测试仪

准确度等级不低于 5 级，额定电压不低于 1kV。

6.2.4 耐电压测试仪

准确度等级不低于 5 级，额定电压不低于 2kV。

6.2.5 激光测距仪

测量范围 0~30m，测量误差不超过 $\pm 0.2\text{m}$ 。

7 校准项目和校准方法

7.1 校准项目

校准项目见表2。

表2 校准项目

序号	校准项目	实验室校准	现场校准
1	温度示值误差	●	●
2	测温一致性	●	●
3	噪声等效温差	●	○
4	最小可辨温差	●	○
5	短时稳定性	●	○

注：“●”表示应开展的校准项目；“○”表示不作要求的校准项目。

7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

a) 外观及通电检查

实验室校准时，采用目测法进行外观及通电检查，检查内容包括：

- 监测装置本体工作正常、后台显示正常；含云台或底座者，云台或底座运动正常；
- 监测装置前端单元或后台处理系统明确标明名称、型号、测量范围、最大允许误差、制造厂名称、出厂日期、出厂编号等信息；
- 监测装置通电后，显示屏、指示灯应正常，各单元应正常工作；
- 使监测装置通电后的热机时间达到制造商的要求后，再进行测量；
- 监测装置光学镜头上有没有影响成像效果的遮蔽物（如灰尘、落叶等）；如有遮蔽物，应按使用说明书清洁镜头。

现场校准时，监测装置处于通电运行状态，采用目测法进行外观检查，检查内容包括：

- 监测装置本体工作正常、后台显示正常；含云台或底座者，云台或底座运动正常；
- 监测装置前端单元或后台处理系统明确标明名称、型号、测量范围、最大允许误差、制造厂名称、出厂日期、出厂编号等信息；
- 监测装置光学镜头上有没有影响成像效果的遮蔽物（如灰尘、落叶等）；如有遮蔽物，应按使用说明书清洁镜头；
- 监测装置前端单元与后台处理系统通讯流畅，成像画面无卡顿现象；有云台操作功能的监测装置，还应检查云台，确保云台操作无卡顿或失控情况。

b) 绝缘电阻

实验室校准时，采用交流电源供电的监测装置开展绝缘电阻试验。使用绝缘电阻表测量被校监测装置电源输入端与机壳之间的绝缘电阻，试验电压 500V，绝缘电阻测量值应不小于 20MΩ。

c) 介电强度

实验室校准时，采用交流电源供电的监测装置开展介电强度试验。使用耐电压测试仪在被校监测装置的电源输入端与机壳之间，施加工频电压 2kV，历时 1min，应无飞弧和击穿现象。

7.2.2 温度示值误差

(1) 实验室校准

结合被校准监测装置的视场和焦距、以及其安装位置距被监测电力设备之间的距离，在 1m~15m 之间选择 2~3 个距离点作为测试距离。调节监测装置与黑体辐射源的相对距离，使其处于规定的测试距离下。调节被校准监测装置的参数（辐射率、测试距离、环境温度、环境相对湿度），使其清晰成像，准确测温。

根据被校准监测装置的测量范围，选择 3~5 个温度测试点，必须包括被校准监测装置的测温上限、下限和中间点。分别读取监测装置后台分析系统上显示的温度示值，按公式

(1) 计算示值误差。

$$\Delta t = t_x - t_s \quad (1)$$

式中：

Δt ——被校监测装置的示值绝对误差，℃；

t_x ——被校监测装置的示值，℃；

t_s ——黑体辐射源的实际温度，℃。

(2) 现场校准

结合被校准监测装置的视场和焦距、以及其安装位置距被监测电力设备之间的距离，在 1m~15m 之间选择 2~3 个距离点作为测试距离。由于被校监测装置处于安装固定状态，只能调节黑体辐射源的位置，使被校监测装置与黑体辐射源视场同轴、且处于合规定的测试距离下，同时应确保黑体辐射源的辐射靶面在被校监测装置上成像画面占其视场区域的 1/20 以上。确定黑体辐射源的位置后，用激光测距仪测量黑体辐射源与被校监测装置光学镜头之间的直线距离，作为测试距离。

调节被校准监测装置的参数（辐射率、测试距离、环境温度、环境相对湿度，带大气透射率修正功能的监测装置还应根据校准时的大气条件设定大气透射率），使其清晰成像，准确测温。在 40℃~120℃ 范围内选取 2-3 个温度测试点，分别读取监测装置后台分析系统上显示的温度示值，按公式（1）计算示值误差。

7.2.3 测温一致性

测温一致性的校准应在示值误差校准之后开展，实验室校准和现场校准的方法一致。设置测试距离为被校准监测装置的常用测试距离。将黑体辐射源设置为 50℃，将监测装置的视场区域划分为均匀的 9 个区域，使黑体辐射源依次在 9 个区域中心，并清晰成像。读取每个视场区域内，监测装置后台分析系统上显示的黑体辐射源中心点温度，与标准黑体辐射源的温度值进行对比，按公式（2）计算 9 个区域的测温一致性。

$$\varphi_n = t_n - t_5 \quad (2)$$

式中：

n ——第 1~9 区域；

φ_n ——测温一致性，℃；

t_n ——各区域的测温读数，℃；

t_5 ——中心区域测温读数，℃。

7.2.4 噪声等效温差 (NETD)

在实验室校准条件下，开展本项目。

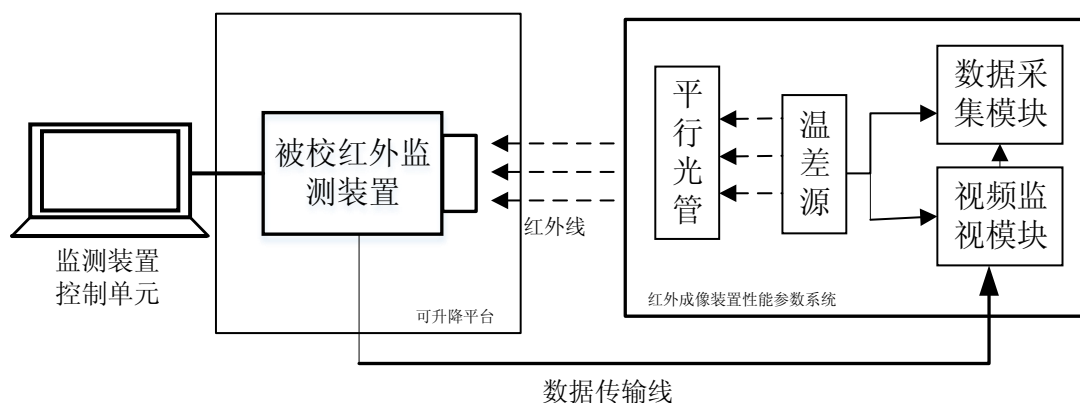


图 2 红外成像性能参数系统校准示意图

按照图 2 所示连接红外成像装置性能参数测试系统与被测红外监测装置，首先对被校红外监测装置的信号传递函数（ $SiTF$ ）进行检测。

$SiTF$ 的检测方法为：选择刀口靶或者其他合适靶标，调节被校红外监测装置的位置，使靶标成像在视场中心、且图像清晰；同时将被校红外监测装置增益设置为最高值，电平设置为中间值。在红外成像性能参数系统上设置温差范围、变化步长、被校红外监测装置的视频制式和帧频；从负温差开始按设定的温差步长逐渐增加温差，连续采集并存储被校红外监测装置对靶标在一系列温差下的图像。

以红外成像性能参数系统输出的温差为横坐标，被校红外监测装置的差分视频电压的多帧平均值为纵坐标，绘制曲线；取该曲线中间的线性段部分，按公式（3）计算 $SiTF$ ：

$$SiTF = \frac{\Delta U}{\varphi \cdot \Delta T} \quad (3)$$

式中：

$SiTF$ ——被校监测装置的信号传递函数， $mV/^\circ C$ ；

ΔU ——被校监测装置输出的差分视频电压， mV ；

φ ——红外成像性能参数系统的仪器常数；

ΔT ——靶标上目标与其均匀背景之间的温差， $^\circ C$ 。

将红外成像性能参数系统的温差设置为零，输入被校红外监测装置的帧频；按采样的视频图像帧数，连续采集并存储被校红外监测装置的视频图像，计算噪声电压 S ，按公式（4）计算 $NETD$ ：

$$NETD = \frac{S}{SiTF} \quad (4)$$

式中：

$NETD$ ——噪声等效温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

S ——噪声电压值， mV ；

$SiTF$ ——信号传递函数， $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.5 最小可辨温差 ($MRTD$)

如图 2 所示，将被校红外监测装置固定，使其视轴与试验设备的主光轴同轴；选择 0.5 倍空间频率 ($0.5f_0$) 对应的四杆靶为靶标；调整被校红外监测装置的显示亮度和对比度至最佳观测状态。

调整黑体温差，使黑体温度高于靶标温度，使四杆靶能清晰分辨，然后缓慢调节黑体降温，直至刚好能分辨四杆靶图像，此时对应的温差为正温差 ΔT_1 。

调整黑体温差，使黑体温度低于靶标温度，使四杆靶能清晰分辨，然后缓慢调节黑体升温，直至刚好能分辨四杆靶图像，此时对应的温差为负温差 ΔT_2 。

按公式 (5) 计算 $MRTD$ 的校准结果：

$$MRTD = \varphi \cdot \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{2} \quad (5)$$

式中：

$MRTD$ ——最小可辨温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

φ ——红外成像性能参数系统的仪器常数；

ΔT_1 ——正温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

ΔT_2 ——负温差， $^{\circ}\text{C}$ 。

7.2.6 稳定性

24 小时内温度的稳定性可与示值误差试验同时进行，在相同测试距离下，不操作被校准监测装置，在 24 小时内，重复读取被校准监测装置的示值，测量次数不小于 10 次；计算最大值和最小值之间的温度差异，作为 24 小时内温度的稳定性的校准结果。

8 校准结果表达

8.1 校准证书

校准结果应在校准证书（报告）上反应，校准证书（报告）应至少包括以下信息：

- a) 标题，如“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；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书和校准报告签发人的签名、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，不得部分复制证书或报告的声明。

校准原始记录格式见附录 C，校准证书（报告）内页格式见附录 D。

8.2 数据处理

校准数据结果末位应与测量结果扩展不确定度的末位对齐。

9 复校时间间隔

监测装置投运后的复校时间间隔，可结合监测装置的工作状态和被监测主设备检修计划综合确定，建议复校时间间隔为 1~2 年。

附录 A

测量不确定度评定示例（实验室校准）

A.1 引言

红外监测装置的实验室校准项目有 5 项，其中温度示值误差、测温一致性、稳定性的校准方法、所用仪器设备均相同，测量不确定度分析和评定的方法也相同。*NETD*、*MRTD* 的校准方法不同，需分开进行测量不确定度评定分析。因此，本附录中以温度示值误差、*NETD*、*MRTD* 校准结果的测量不确定度评定为例，说明红外监测装置校准项目的测量不确定度评定程序。

A.2 温度示值误差校准结果的不确定度评定

A.2.1 测量模型

红外成像在线监测装置的温度校准采用绝对误差表达式作为参考模型，如公式(A.1)。

$$\Delta T = T_x - T_s \quad (\text{A.1})$$

式中：

ΔT ——被校监测装置的示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

T_x ——被校监测装置的示值， $^{\circ}\text{C}$ ；

T_s ——标准黑体辐射源的实际温度值， $^{\circ}\text{C}$ 。

A.2.2 合成标准不确定度数学模型

计算测量红外成像在线监测装置温度示值误差的合成标准不确定度为 u_c 公式为：

$$u_c = \sqrt{u^2(T_x) + u^2(T_s)} \quad (\text{A.2})$$

A.2.3 测量不确定度来源

根据校准过程分析其测量不确定度，其主要来源如下：

- (1) 由被校准监测装置测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ；
- (2) 由标准黑体辐射源引入的不确定度分量 u_2 ；
- (3) 由被校准监测装置示值分辨力引入的不确定度分量 u_3 ；
- (4) 由人员定焦等操作误差引入的不确定度分量 u_4 。

A.2.4 测量不确定度评定

- (1) 由被校准监测装置测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ：

对该分量可以按照 A 类方法进行评定，即重复测量 10 次，按贝塞尔公式计算样本的估算标准偏差作为 u_1 。

重复测量 10 次，得到测试数据，如下：

表A.1 温度重复性测量数据

标准值 (°C)		40	80	120	160	200
示值(°C)	1	40.9	80.0	121	162	199
	2	40.8	80.0	121	162	198
	3	40.9	79.9	121	162	198
	4	40.9	79.9	121	162	198
	5	40.9	79.9	121	162	198
	6	40.9	80.0	122	162	198
	7	40.9	79.9	121	162	198
	8	40.9	80.0	121	161	198
	9	40.8	80.0	122	161	198
	10	40.9	80.2	121	161	198
标准偏差 (°C)		0.040	0.087	0.400	0.458	0.300
u_1 (°C)		0.040	0.087	0.400	0.458	0.300

(2) 由标准黑体辐射源引入的不确定度分量 u_2

由标准黑体辐射源温度准确度引入的标准不确定度分量，为 B 类不确定度。按校准证书中引用，如下表：

表A.2 标准黑体辐射源引入的不确定度分量计算数据

标准值 (°C)	40	80	120	160	200
u_2	0.4°C	0.4°C	0.4°C	0.4°C	0.4°C

(3) 由被校监测装置示值分辨力引入的不确定度分量 u_3

由被校监测装置示值分辨力引入的不确定度分量，为 B 类不确定度，属于均匀分布，计算如下：

表A.3 示值分辨率引入的不确定度分量计算数据

标准值 (°C)	40	80	120	160	200
u_3	0.029°C	0.029°C	0.289°C	0.289°C	0.289°C

(4) 由人员操作误差引入的不确定度分量 u_4

在校准红外监测装置的过程中，可能由于人员调焦等操作引起测量误差。通过不同的 4 名检测人员，在同等的测试条件下，对同一台产品进行测试；根据 4 名检测人员操作调节导致的测量结果的差异，对人员操作引入的不确定度分量进行定量评定。在 (0-100) °C 范围内人员操作引入误差取 0.2°C，在 100°C 以上取 0.3°C。按均匀分布考虑，得到 u_4 如下

表:

表A.4 人员操作误差引入的不确定度分量计算

标准值 (°C)	40	80	120	160	200
u_4	0.029°C	0.029°C	0.087°C	0.087°C	0.087°C

A. 2. 5 合成标准不确定度

温度示值误差的合成标准不确定度的来源、量值、灵敏度系数, 评定方法及分布如下表所示:

表A.5 温度示值误差的测量不确定度一览表

分量	分类	不确定度来源	分布	灵敏度系数表达式	灵敏度系数量值	不确定度分量值 (°C)				
						40	80	120	160	200
u_1	A类	由被校准装置测量重复性引入的不确定度分量	正态	1	1	0.040	0.087	0.400	0.458	0.300
u_2	B类	由标准装置的温度准确度引入的不确定度分量	均匀	-1	-1	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
u_3	B类	由试品示值分辨力引入的不确定度分量	均匀	1	1	0.029	0.029	0.289	0.289	0.289
u_4	B类	由人员操作误差引入的不确定度分量	均匀	1	1	0.029	0.029	0.087	0.087	0.087

经过分析不确定度的来源, 其各分量互为独立量, 按下式计算 U_c :

$$U_c = \sqrt{\sum_{k=1}^n U_k^2} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} \quad (\text{A.3})$$

A. 2. 6 扩展测量不确定度

按下式计算扩展不确定度, 取包含因子 $k=2$ 。

$$U = k * U_c \quad (k=2) \quad (\text{A.4})$$

A. 2. 7 测量结果的表述

计算可得, 红外成像在线监测装置温度示值误差校准, 扩展不确定度为:

表A.6 扩展不确定度的表达

测量点	40°C	80°C	120°C	160°C	200°C
扩展不确定度	0.81°C	0.83°C	1.4°C	1.5°C	1.3°C

$U(k=2)$					
----------	--	--	--	--	--

A.3 NETD 校准结果的不确定度评定

A.3.1 测量模型

计算被测量红外成像在线监测装置在某一空间频率 f 下的最小可分辨温差 $NETD(f)$ 公式如下：

$$NETD = \frac{U_N}{SiTF} \quad (A.5)$$

式中：

$NETD$ ——一组被分析像素（或整个热图像）的噪声等效温差，单位为 $^{\circ}\text{C}$ ；

U_N ——被分析像素（或整个热图像）的噪声电压，单位为 mV ；

$SiTF$ ——在与测量噪声时相同增益、电平及背景温度设置下红外成像在线监测装置的信号传递函数，单位为 $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ 。

A.3.2 合成标准不确定度数学模型

计算测量红外成像在线监测装置 $NETD$ 的合成标准不确定度 u_c 公式为：

$$u_c = \sqrt{\left[\frac{1}{SiTF} \times u_N\right]^2 + [NETD \times u_{SiTF}]^2 + [1 \times u_T]^2 + u_4^2} \quad (A.6)$$

式中：

u_c ——测量的红外成像在线监测装置 $NETD$ 的合成标准不确定度， $^{\circ}\text{C}$ ；

$SiTF$ ——红外成像在线监测装置信号传递函数， $\text{mV}/^{\circ}\text{C}$ ；

u_N ——校准装置测量视频电压的标准不确定度， mV ；

$NETD$ ——红外成像在线监测装置噪声等效温差， $^{\circ}\text{C}$ ；

u_{SiTF} ——红外成像在线监测装置信号传递函数的相对标准不确定度， $^{\circ}\text{C}$ ；

u_T ——校准装置中黑体温度稳定性及非均匀性引入的标准不确定度， $^{\circ}\text{C}$ ；

u_4 ——测量重复性引入的不确定度分量， $^{\circ}\text{C}$ 。

A.3.3 测量不确定度来源

根据校准过程分析其测量不确定度，其主要来源如下：

- (1) 校准装置测量差分视频电压引入的不确定度分量 u_1 ；
- (2) 校准装置测量 $SiTF$ 引入的不确定度分量 u_2 ；
- (3) 测量装置中黑体温度不稳定及非均匀性引入的不确定度 u_3 ；

(4) 测量重复性引入的不确定度分量 u_4 。

A.3.4 测量不确定度评定

(1) 校准装置测量差分视频电压引入的不确定度分量 u_1

由于校准装置中测量视频电压的相对扩展不确定度为 0.3%，置信因子 $k=2$ ，因此校准装置测量差分视频电压标准不确定度 $U_N=0.15\%$ 。取 $SiTF=100\text{mV}/^\circ\text{C}$ ，视频电压 100mV。

由式 (A.6) 可知，校准装置测量差分视频电压标准不确定度的灵敏度系数为 $1/SiTF$ ，则由于校准装置测量差分视频电压不准而引入的不确定度分量 u_1 ：

$$u_1 = \frac{1}{SiTF} \times u_N = 0.002^\circ\text{C}$$

(2) 校准装置测量 $SiTF$ 引入的不确定度分量 u_2

校准装置测量 $SiTF$ 的相对扩展不确定度为 4%。置信因子 $k=2$ ，得到校准装置测量 $SiTF$ 的相对标准不确定度 $u_{SiTF}=2.0\%$ 。红外成像在线监测装置 $NETD$ 取 0.037°C 。

由式 (A.6) 可知，校准装置测量视频电压标准不确定度的灵敏度系数为 $NETD$ 。则由测量红外成像在线监测装置 $SiTF$ 不准而引入的 $NETD$ 测量不确定度分量 u_2 ：

$$u_2 = NETD \times u_{SiTF} = 0.001^\circ\text{C}$$

(3) 校准装置中黑体温度不稳定及非均匀性引入的不确定度 u_3

在测量 $NETD$ 时，不使用任何红外靶标，只有目标黑体中心区域辐射经主镜和次镜的反射后充满被校准红外成像在线监测装置 $NETD$ 测量的准确性。

已知目标黑体温度稳定性 $U_{stb} \leq 0.003^\circ\text{C}$ ，置信因子 $k=2$ ，由此得到：

$$U_{stb}/2 \leq 0.0015^\circ\text{C}$$

已知目标黑体温度均匀性不确定度 $U_{uni} \leq 0.010^\circ\text{C}$ ，置信因子 $k=2$ ，由此得到：

$$U_{uni}/2 \leq 0.005^\circ\text{C}$$

因此，校准装置中黑体温度稳定性均匀性合成标准不确定度：

$$u_T = \sqrt{\left[\frac{U_{stb}}{2}\right]^2 + \left[\frac{U_{uni}}{2}\right]^2} = 0.006^\circ\text{C}$$

由式 (A.6) 可知，此灵敏度系数为 1。则由黑体温度不稳定及非均匀性引入而引入的 $NETD$ 测量不确定度分量 u_3 ：

$$u_3 = 1 \times 0.006^\circ\text{C} = 0.006^\circ\text{C}$$

(4) 测量重复性引入的不确定度分量 u_4

对该分量可以按照 A 类方法进行评定，即重复测量 10 次，按贝塞尔公式计算样本的估算标准偏差作为 u_4 。

重复测量 10 次，得到测试数据，如下：

表 A.7 NETD 重复性测量数据

序号	NETD (°C)
1	0.037
2	0.039
3	0.039
4	0.035
5	0.034
6	0.038
7	0.036
8	0.036
9	0.038
10	0.041
实验标准偏差 (°C)	0.002

$$u_4 = 0.002^\circ\text{C} / \sqrt{10} = 0.001^\circ\text{C}。$$

A. 3. 5 合成标准不确定度

NETD 合成标准不确定度的来源、量值、灵敏度系数，评定方法及分布如表下表所示。

表 A.8 NETD 测量不确定度一览表

分量	分类	不确定度来源	分布	灵敏度系数 表达式	灵敏度系 数量值	不确定度 分量值
u_1	B 类	标准装置温差引入的不确定度分量	正态	$1/SiTF$	$0.01^\circ\text{C}/\text{mV}$	0.002°C
u_2	B 类	标准装置仪器常数引入的不确定度分量	正态	NETD	0.037°C	0.001°C
u_3	B 类	测量人员主观性引入的不确定度分量	正态	1	1	0.006°C
u_4	A 类	被校装置测量重复性引入的不确定度分量	正态	1	1	0.001°C

由于各分量之间独立不相关，所以，测量 NETD 合成标准不确定度 u_c ：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.007^\circ\text{C}$$

A. 3.6 扩展不确定度

在置信水平 95% 情况下，取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 2 \times 0.007^\circ\text{C} = 0.014^\circ\text{C}$$

A. 3.7 测量结果的表述

该红外成像在线监测装置的 *NETD* 扩展不确定度为：

$$U = 0.014^\circ\text{C} \quad (k=2)$$

A. 4 *MRTD* 校准结果的不确定度评定

A. 4.1 测量模型

计算被测量红外成像在线监测装置在某一空间频率 f 下的最小可分辨温差 *MRTD* (f) 公式如下：

$$MRTD(f) = \left| \frac{\Delta T_+ - \Delta T_-}{2} \right| \cdot \varphi \quad (\text{A.7})$$

式中：

ΔT_+ ——热杆温差， $^\circ\text{C}$ ；

ΔT_- ——冷杆温差， $^\circ\text{C}$ ；

φ ——红外成像在线监测装置参数校准装置的仪器常数，无量纲。

A. 4.2 合成标准不确定度数学模型

测量红外成像在线监测装置 *MRTD* 的合成标准不确定度 u_c 模型为：

$$u_c = \sqrt{\left[\frac{\varphi}{2} \times (u_{\Delta T_+} + u_{\Delta T_-}) \right]^2 + \left[\frac{\Delta T_+ - \Delta T_-}{2} \times u_\varphi \right]^2 + \left[\frac{MRTD_{Ave}}{\sqrt{N}} \times u_{Observer} \right]^2 + u_4^2} \quad (\text{A.8})$$

式中：

u_c ——测量的红外成像在线监测装置 *MRTD* 的合成标准不确定度， $^\circ\text{C}$ ；

φ ——校准装置的仪器常数，无量纲；

$u_{\Delta T_+}$ ——校准装置热杆温差的标准不确定度， $^\circ\text{C}$ ；

$u_{\Delta T_-}$ ——校准装置冷杆温差的标准不确定度， $^\circ\text{C}$ ；

ΔT_+ ——热杆温差，℃；

ΔT_- ——冷杆温差，℃；

u_φ ——校准装置仪器常数的标准不确定度，无量纲；

$MRTD_{Ave}$ ——被校准红外成像在线监测装置 $0.5f_0$ 下 $MRTD$ 的测量平均值，℃；

N —— $MRTD$ 测量人员人数，无量纲；

$u_{Observer}$ —— $MRTD$ 测量人员主观性造成的相对误差，%；

u_4 ——测量重复性引入的不确定度分量，℃。

由于热杆温差和冷杆温差使用同一测量仪器实现量值溯源，因此，在红外成像在线监测装置 $MRTD$ 测量中，这两项温差引入的不确定度分量完全相关。

A. 4.3 测量不确定度来源

根据校准过程分析其测量不确定度，其主要来源如下：

- (1) 校准装置温差引入的不确定度分量 u_1 ；
- (2) 校准装置仪器常数引入的不确定度分量 u_2 ；
- (3) 测量人员引入的不确定度分量 u_3 ；
- (4) 测量重复性引入的不确定度分量 u_4 。

A. 4.4 测量不确定度评定

- (1) 校准装置温差引入的不确定度分量 u_1

测量在线监测装置 $MRTD$ 过程中，校准装置冷杆温差与热杆温差引入的不确定度分量 u_1 ：

$$u_1 = \frac{\varphi}{2} \times (u_{\Delta T_+} + u_{\Delta T_-}) \quad (\text{A.9})$$

式中：

φ ——红外成像在线监测装置参数校准装置仪器常数，从使用说明书中获得，为 95%；

$u_{\Delta T_+}$ ——校准装置热杆温差的标准不确定度，℃；

$u_{\Delta T_-}$ ——校准装置冷杆温差的标准不确定度，℃；

灵敏度系数为 $\varphi/2=0.45\approx 0.5$ 。

已知校准装置冷杆温差、热杆温差扩展不确定度 $U_{\Delta T}=0.025^\circ\text{C}$ ，置信因子 $k=2$ 。由此得

到冷杆温差、热杆温差的标准不确定度 $u_{\Delta T_+} = u_{\Delta T_-} = U_{\Delta T} / 2 = 0.0125^\circ\text{C}$ ， $\varphi = 95\%$ ，因此校准装置温差不准而引入的 *MRTD* 测量不确定度 u_1

$$u_1 = \frac{\varphi}{2} \times (u_{\Delta T_+} + u_{\Delta T_-}) \approx 0.0125^\circ\text{C}$$

(2) 校准装置仪器常数引入的不确定度分量 u_2

校准装置仪器常数量值不准引入 *MRTD* 测量不确定度分量 u_2 ：

$$u_2 = \frac{\Delta T_+ - \Delta T_-}{2} \times u_\varphi \quad (\text{A.10})$$

式中：

ΔT_+ ——热杆温差， $^\circ\text{C}$ ；

ΔT_- ——冷杆温差， $^\circ\text{C}$ ；

u_φ ——红外成像在线监测装置参数校准装置仪器常数的标准不确定度，无量纲；

已知 $u_\varphi = 1.5\%$ ，取 $\Delta T_+ = 0.40^\circ\text{C}$ ， $\Delta T_- = -0.40^\circ\text{C}$ ，得到校准装置仪器常数不准引起的 *MRTD* 测量不确定度分量 u_2 ：

$$u_2 = \frac{\Delta T_+ - \Delta T_-}{2} \times u_\varphi = 0.006^\circ\text{C}$$

(3) 测量人员引入的不确定度分量 u_3

$$u_3 = \frac{MRTD_{Ave}}{\sqrt{N}} \times u_{Observer} \quad (\text{A.11})$$

式中：

$MRTD_{Ave}$ —— $0.5f_0$ 下 *MRTD* 的测量平均值，根据实测结果，取值为 0.356°C ；

$u_{Observer}$ ——测量人员主观性造成的测量 *MRTD* 相对标准不确定度，%；

N ——测量人员数量，根据测试时观测者数量要求，取 4。

已知测量人员测量 *MRTD* 的相对扩展不确定度 $U_{Observer}$ ($k=2$) 取值为 10%。由此得到红外成像在线监测装置 *MTRD* 测量主观性引入的测量标准不确定度 $u_{Observer}$ 为 5%。

因此，测量人员主观性引入的 *MRTD* 测量不确定度分量 u_3 为：

$$u_3 = \frac{MRTD_{Ave}}{\sqrt{N}} \times u_{Observer} = \frac{0.356^\circ\text{C}}{\sqrt{4}} \times 5\% = 0.009^\circ\text{C}$$

(4) 测量重复性引入的不确定度分量 u_4

对该分量可以按照 A 类方法进行评定，即重复测量 10 次，按贝塞尔公式计算样本的估算标准偏差作为 u_4 。

重复测量 10 次，得到测试数据，如下：

表 A.9 MRTD 重复性测量数据

序号	MRTD (°C)
1	0.358
2	0.359
3	0.358
4	0.355
5	0.354
6	0.354
7	0.357
8	0.359
9	0.356
10	0.355
实验标准偏差 (°C)	0.002

$$u_4 = 0.002^\circ\text{C} / \sqrt{10} = 0.001^\circ\text{C}。$$

A. 4.5 合成标准不确定度

测量 MRTD 合成标准不确定度的来源、量值、灵敏度系数，评定方法及分布如下表所示：

表 A.10 MRTD 测量不确定度一览表

分量	分类	不确定度来源	分布	灵敏度系数 表达式	灵敏度系 数量值	不确定度 分量值
u_1	B 类	标准装置温差引入的不确定度分量	正态	$\frac{\varphi}{2}$	0.5	0.0125°C
u_2	B 类	标准装置仪器常数引入的不确定度分量	正态	$\frac{\Delta T_+ - \Delta T_-}{2}$	0.40°C	0.006°C
u_3	B 类	测量人员主观性引入的不确定度分量	正态	$\frac{MRTD_{Ave}}{\sqrt{N}}$	0.178°C	0.009°C
u_4	A 类	被校装置测量重复性引入的不确定度分量	正态	1	1	0.001°C

由于各分量之间独立不相关，所以，测量 MRTD 合成标准不确定度 u_c ：

$$u_c = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2} = 0.0166^\circ\text{C}$$

A. 4. 6 扩展测量不确定度

在置信水平 95% 情况下，取 $k=2$ ，则扩展不确定度为：

$$U = k u_c = 2 \times 0.0166^\circ\text{C} = 0.034^\circ\text{C}$$

A. 4. 7 测量结果的表述

该红外成像在线监测装置的 *MRTD* 扩展不确定度为：

$$U = 0.034^\circ\text{C} \quad (k=2)$$

附录 B

测量不确定度评定示例（现场校准）

B.1 引言

红外监测装置的现场校准时，开展温度示值误差、测温一致性、稳定性的校准，校准方法、所用仪器设备均相同，测量不确定度分析和评定的方法也相同，本附录中以温度示值误差为例，说明红外监测装置现场校准的测量不确定度评定过程，其余参量可参照评定。

B.2 温度示值误差校准结果的不确定度评定

B.2.1 测量模型

红外成像在线监测装置的温度校准采用绝对误差表达式作为参考模型，如公式(B.1)。

$$\Delta T = T_x - T_s \quad (\text{B.1})$$

式中：

ΔT ——被校监测装置的示值误差，℃；

T_x ——被校监测装置的示值，℃；

T_s ——标准黑体辐射源的实际温度值，℃。

B.2.2 合成标准不确定度数学模型

计算测量红外成像在线监测装置温度示值误差的合成标准不确定度为 u_c 公式为：

$$u_c = \sqrt{u^2(T_x) + u^2(T_s)} \quad (\text{B.2})$$

B.2.3 测量不确定度来源

根据校准过程分析其测量不确定度，其主要来源如下：

- (1) 由被校准监测装置测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ；
- (2) 由标准黑体辐射源引入的不确定度分量 u_2 ；
- (3) 由被校准监测装置示值分辨力引入的不确定度分量 u_3 ；
- (4) 由人员定焦等操作误差引入的不确定度分量 u_4 ；
- (5) 由现场环境条件引入的不确定度分量 u_5 。

B.2.4 测量不确定度评定

- (1) 由被校准监测装置测量重复性引入的不确定度分量 u_1 ：

对该分量可以按照 A 类方法进行评定，即重复测量 10 次，按贝塞尔公式计算样本的估算标准偏差作为 u_1 。

重复测量 10 次，得到测试数据，如下：

表B.1 重复性测量数据

标准值 (°C)		50	80
示值(°C)	1	50.5	80.0
	2	50.4	80.0
	3	50.4	79.9
	4	50.5	79.9
	5	50.4	79.9
	6	50.5	80.0
	7	50.5	79.9
	8	50.5	80.0
	9	50.5	80.0
	10	50.5	80.2
标准偏差 (°C)		0.046	0.087
u_1 (°C)		0.046	0.087

(2) 由标准黑体辐射源引入的不确定度分量 u_2

由标准黑体辐射源温度准确度引入的标准不确定度分量，为 B 类不确定度。按校准证书中引用，如下表：

表B.2 标准黑体辐射源引入的不确定度分量计算数据

标准值 (°C)	50	80
u_2	0.400°C	0.400°C

(3) 由被校监测装置示值分辨力引入的不确定度分量 u_3

由被校监测装置示值分辨力引入的不确定度分量，为 B 类不确定度，属于均匀分布，计算如下：

表B.3 试品示值分辨率引入的不确定度分量计算数据

标准值 (°C)	50	80
u_3	0.029°C	0.029°C

(4) 由人员操作误差引入的不确定度分量 u_4

在校准红外监测装置的过程中，可能由于人员操作引起测量误差。根据经验，在(0-100)°C 范围内人员操作引入误差取 0.2°C，按均匀分布考虑，得到 u_4 如下表：

表B.4 人员操作误差引入的不确定度分量计算

标准值 (°C)	50	80
u_4	0.058°C	0.058°C

(5) 由现场环境条件引入的不确定度分量 u_5

在校准红外监测装置的过程中，由于现场环境条件（温度、相对湿度、风速）与实验室条件不一致，会引入测量误差。根据调研和试验数据分析，在（0-100）℃范围内环境条件引入的误差取 0.5℃，按均匀分布考虑，得到 u_5 如下表：

表B.5现场校准环境引入的不确定度分量计算

标准值（℃）	50	80
u_5	0.144℃	0.144℃

B.2.5 合成标准不确定度

温度示值误差的合成标准不确定度的来源、量值、灵敏度系数，评定方法及分布如下表所示：

表B.6温度示值误差的测量不确定度一览表

分量	分类	不确定度来源	分布	灵敏度系数表达式	灵敏度系数值	不确定度分量值（℃）	
						50	80
u_1	A类	由被校准装置测量重复性引入的不确定度分量	正态	1	1	0.046	0.087
u_2	B类	由标准装置的温度准确度引入的不确定度分量	均匀	-1	-1	0.400	0.400
u_3	B类	由试品示值分辨力引入的不确定度分量	均匀	1	1	0.029	0.029
u_4	B类	由人员操作误差引入的不确定度分量	均匀	1	1	0.058	0.058
u_5	B类	由现场校准环境引入的不确定度分量	均匀	1	1	0.144	0.144

经过分析不确定度的来源，其各分量互为独立量，按下式计算 U_c ：

$$U_c = \sqrt{\sum_{k=1}^n U_k^2} = \sqrt{u_1^2 + u_2^2 + u_3^2 + u_4^2 + u_5^2} \quad (\text{B.3})$$

B.2.6 扩展测量不确定度

按下式计算扩展不确定度，取包含因子 $k=2$ 。

$$U = k * U_c \quad (k=2) \quad (\text{B.4})$$

B.2.7 测量结果的表述

计算可得，红外成像在线监测装置温度示值误差校准，扩展不确定度为：

表B.7扩展不确定度的表达

测量点	50℃	80℃
扩展不确定度 U ($k=2$)	0.87℃	0.89℃

附录 C 校准原始记录格式

红外成像在线监测装置

第×页，共×页

原始记录
(第×××号)

委托单位:

试品名称:

制造单位:

型号规格:

试品编号:

校准时间:

校准依据：《输变电设备在线监测装置校准规范红外成像在线监测装置》			
校准使用的计量标准器			
标准器具名称			
型号			
出厂编号			
测量范围			
准确度等级			
证书号及有效期			
上级溯源机构名称			
校准环境条件			
环境温度	℃	相对湿度	%
校准项目			
一、测温准确度			
测试距离 (m)	标准值 (°C)	示值 (°C)	扩展不确定度 (k=2)

校准项目

二、测温一致性

测试距离 (m)	标准值(°C)	测试区域	示值 (°C)	测温一致性 (°C)	扩展不确定度 (k=2)
		1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
		8			
		9			

三、噪声等效温差 (NETD)

被校装置 焦距	被校装置 像元尺寸	NETD 标称值 (°C)	NETD 测试值 (°C)	扩展不确定度 (k=2)

四、最小可辨温差 (MRTD)

特征频率	MRTD 标称值 (°C)	正温差 (°C)	负温差 (°C)	MRTD (°C)	扩展不确定度 (k=2)

五、稳定性

测试距离 (m)	标准值 (°C)	测试时间	温度示值 (°C)	扩展不确定度 (k=2)

校准：核验：
第×页，共×页

附录 D 校准证书内页格式

证书编号 XXXXXX-XXXX

<校准机构授权说明>				
校准结果不确定度的评估和表述均符合 JJF1059.1 的要求。				
校准环境条件及地点：				
温度	℃	地点		
相对湿度	%	其它		
校准所依据的技术文件（代号、名称）：				
校准所使用的主要测量标准：				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	证书编号	证书有效期至 (YYYY-MM-DD)

第 X 页共 X 页

证书编号 XXXXXX-XXXX

校准结果

(校准项目及校准结果)

一、测温准确度

测试距离 (m)	标准值 (°C)	示值 (°C)	扩展不确定度 (k=2)

二、测温一致性

测试距离 (m)	标准值 (°C)	测试区域	示值 (°C)	测温一致性 (°C)	扩展不确定度 (k=2)
		1			
		2			
		3			
		4			
		5			
		6			
		7			
		8			
		9			

校准结果

(校准项目及校准结果)

三、噪声等效温差 (NETD)

被校装置 焦距	被校装置 像元尺寸	NETD 标称值 (°C)	NETD 测试值 (°C)	扩展不确定度 ($k=2$)

四、最小可辨温差 (MRTD)

特征频率	MRTD 标称值 (°C)	正温差 (°C)	负温差 (°C)	MRTD (°C)	扩展不确定度 ($k=2$)

五、稳定性

测试距离 (m)	标准值 (°C)	测试时间	温度示值 (°C)	扩展不确定度 ($k=2$)

说明:

根据客户要求和校准文件的规定, 通常情况下个月校准一次。

声明:

1. 仅对加盖“XXXXXX 校准专用章”的完整证书负责。
2. 本证书的校准结果仅对本次所校准的计量器具有效。

校准员: 核验员: