

国家标准《无损检测仪器 红外热成像 第2部分：系统与设备综合性能测试方法》

编制说明

（征求意见稿）

一、工作简况

1、任务来源

任务来源于国标委发[2024] 28 号文“国家标准化管理委员会关于下达2024年第四批推荐性国家标准计划的通知”下达的项目计划，项目计划编号为：20241879-T-604，标准名称：无损检测仪器 红外热成像 第2部分：系统与设备综合性能测试方法。项目主管部门：中国机械工业联合会，项目归口部门：全国试验机标准化技术委员会（SAC/TC122），负责起草单位：中国特种设备检测研究院等；计划周期：16个月，计划完成时间：2025年。

2、主要工作过程

（1）起草阶段

标准立项后，组织成立起草组，在充分学习ISO 18251-2“Non-destructive testing—Infrared thermography—Part 2: Test method for integrated performance of system and equipment”的基础上，对部分指标进行测试验证，结合我国红外现有标准基础上编制本标准。

（2）征求意见阶段

（3）审查阶段

（4）报批阶段

3、本标准起草单位

本标准由中国特种设备检测研究院等单位共同负责起草。

4、本标准主要起草人

本文件主要起草人：
所做的工作：

二、标准编制原则

本标准在起草过程中充分考虑到近年阵列涡流探头技术的发展，考虑到标准的先进性、通用性、可操作性和连续性原则，通过同行业内有影响力的专家进行交流、调研，结合目前国内外相关行业的发展需要，努力与国际市场接轨，编制本标准。

本标准按照GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》和GB/T 1.2—2020《标准化工作导则 第2部分：以ISO/IEC标准化文件为基础的标准化文件起草规则》的要求编写。

三、主要内容说明和解决的主要问题

(1) 主要内容

本标准描述了用于无损检测(NDT)的红外(IR)成像系统和相关设备的ISO 18251-1规定的综合性能参数的测试方法。它还旨在帮助用户为特定的测试任务选择合适的系统。

主要内容包括：通用要求、黑体和靶标要求、其他检测辅助装置要求、各综合指标的详细测试方法等。

(2) 解决的主要问题

随着热像技术的不断进步，红外热像测试的工业应用越来越广泛。在无损检测领域，主动和被动式红外热成像逐步也得到了较好的应用。红外热像测试的有效性取决于系统和设备的正确使用。但是不同于传统红外热成像更多地考虑温度测量的准确性，由于在无损检测中，对于热成像设备的一致性、损伤对比度等要求更高，需要提出针对无损检测应用的热成像设备和系统的测试标准。

四、主要试验(或验证)情况分析

为了测试红外热像仪性能的可靠性，分别从红外热像仪基本参数最小成像距离、视场、全视场最大帧频、测温一致性方面对其测试结果进行分析。下表1为被测试红外热像仪的基本信息。

表 1 红外热像仪基本信息

红外热像仪类型	FLIR	规格型号	T640
设备编号	744399-0002	出厂编号	55905182

1. 最小成像距离

最小成像距离是指检测对象到热像仪之间可以清晰成像的最小距离。最小成像距离由物镜和探测器决定，应根据检测对象和条件选择。

测试步骤：

（1）固定热像仪在转台上，放置一支螺丝刀（有较好的热成像性）在离红外镜头5cm的位置，并观察此时的热成像清晰度，如图1-1所示。

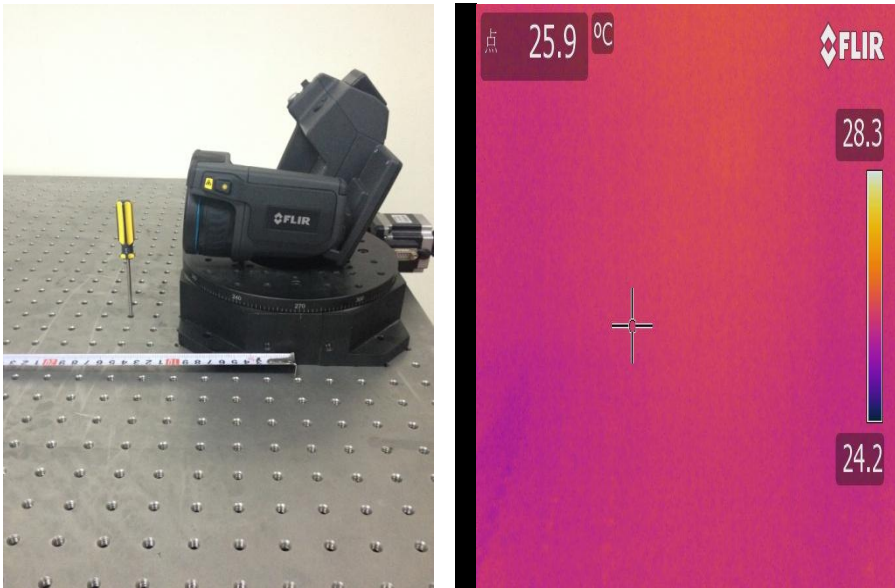
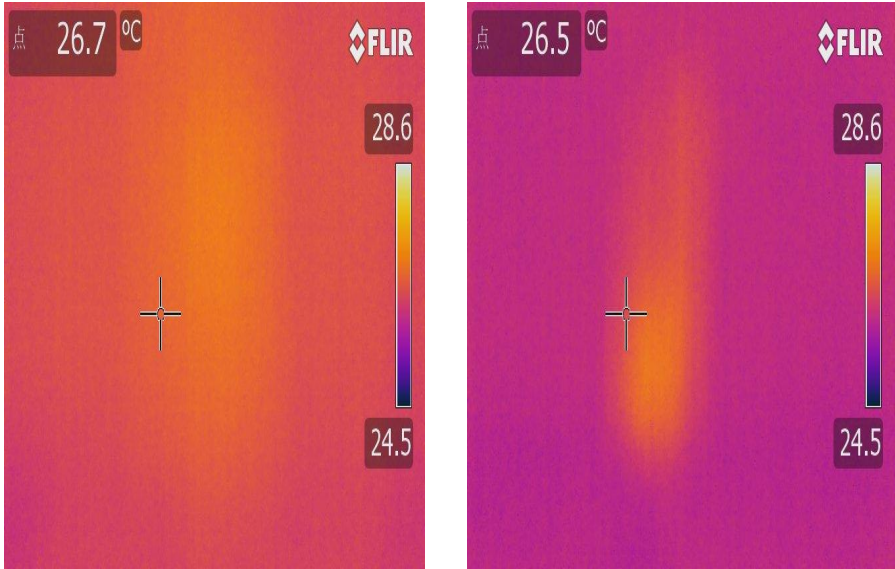
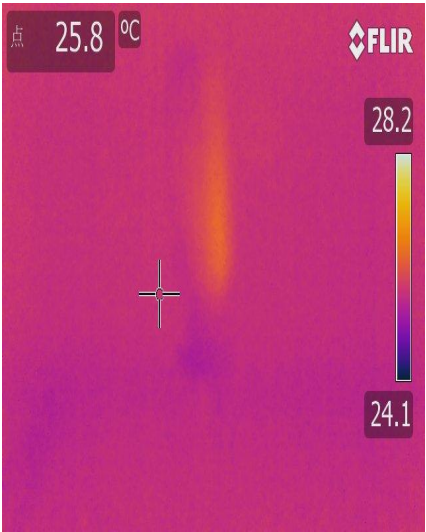


图 1-1 距离红外镜头 5cm 时的热成像

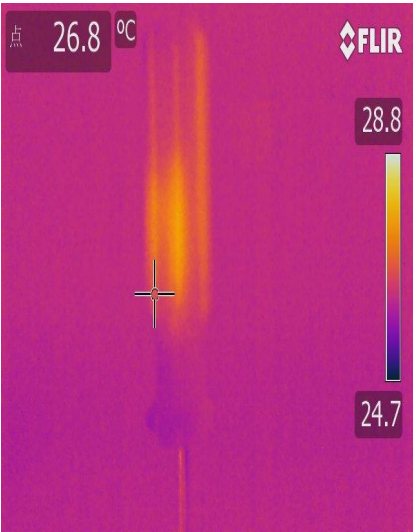
（2）然后依次往前递进5cm放置，观察各个位置的热成像清晰度，如图1-2个图所示。



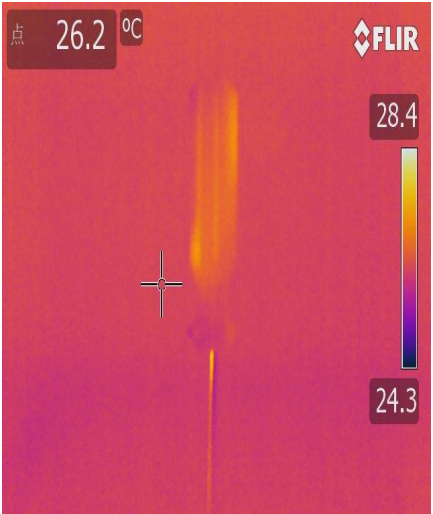
距离 10cm



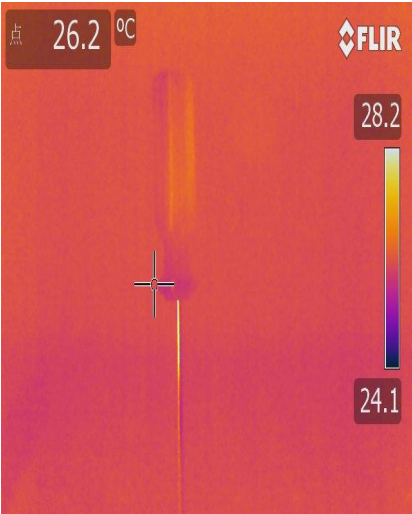
距离 15cm



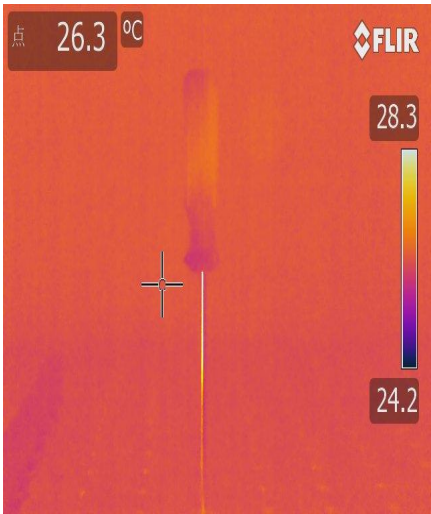
距离 20cm



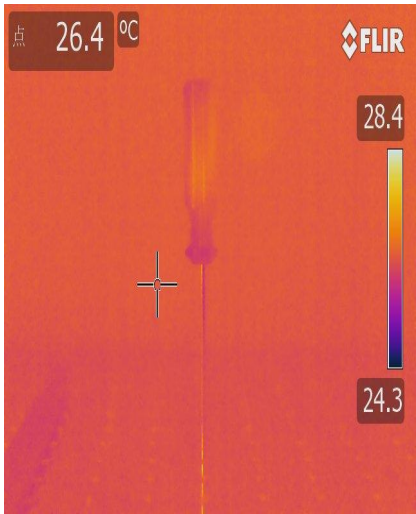
距离 25cm



距离 30cm



距离 35cm



距离 40cm

距离 45cm

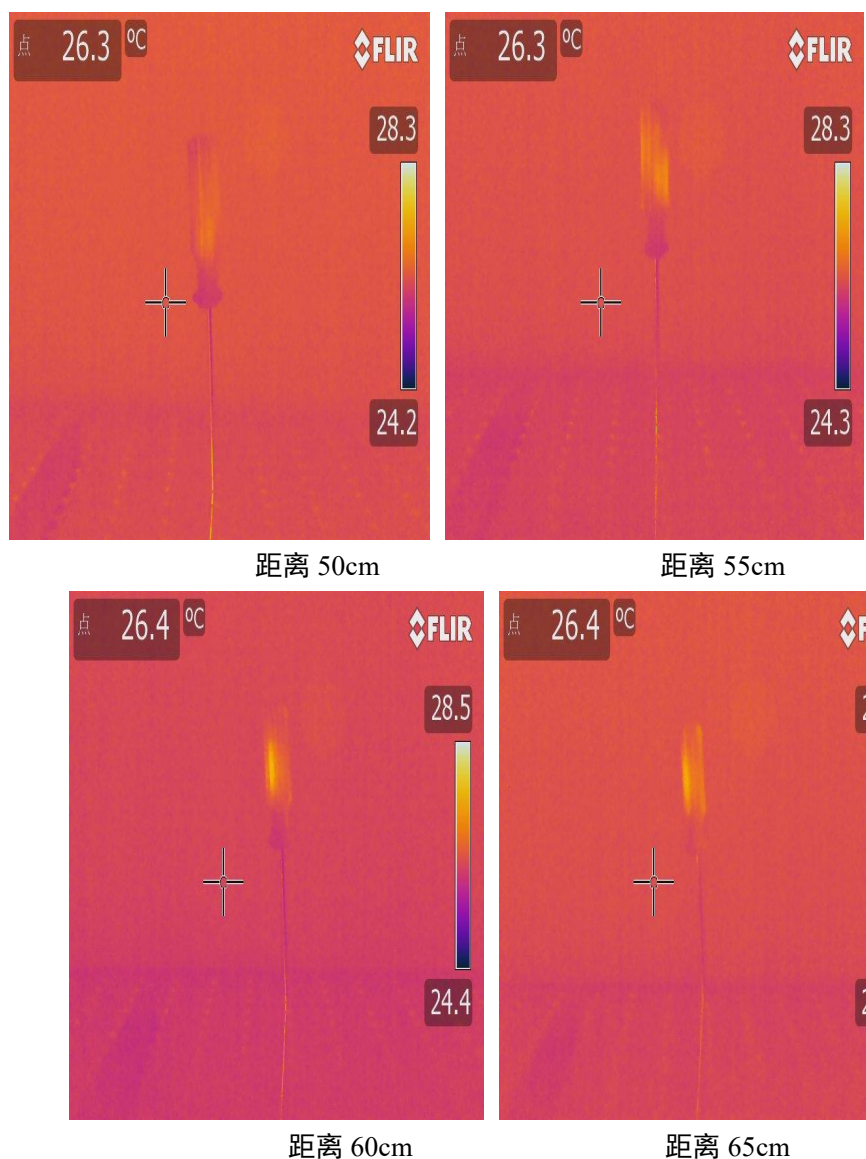


图 1-2 距离红外镜头 10-65cm 时各热成像图

(3) 根据每个距离的热成像观察对比确定最清晰、距离较近的成像距离，即最小成像距离为30cm。

2. 视场

测试步骤：

- (1) 把红外热像仪固定在转台上，把一支螺丝刀放置在距离35cm（大于最小成像距离30cm）的位置，且不再热像仪视场范围内。
- (2) 转动转台，直到笔刚好进入热像仪视场范围内，记录此时转动角度 Φ_1 为 3° ，继续转动直到笔刚开始离开热像仪视场，记录此时转动台转动角度 Φ_2 为 23° ，如图2-1所示。

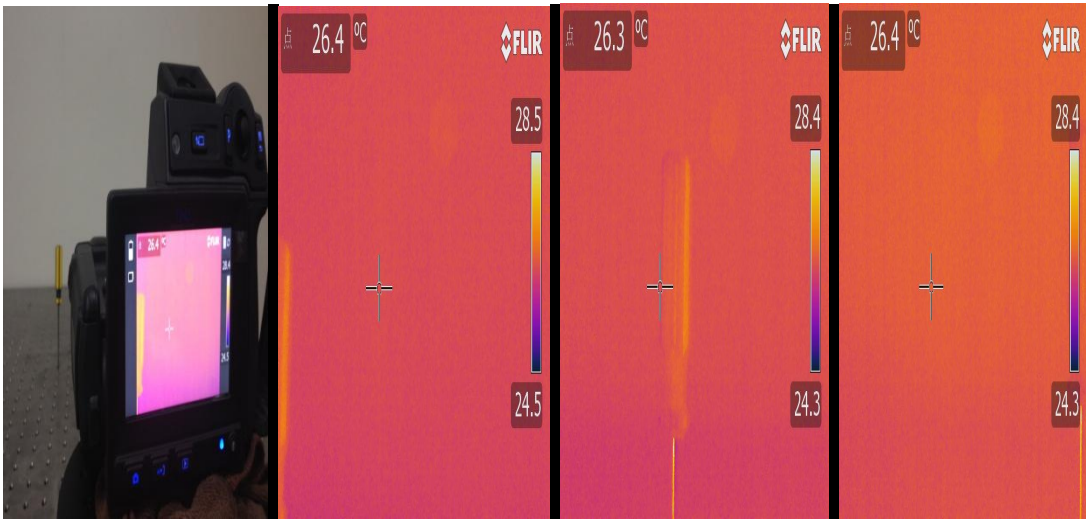


图 2-1 从左至右分别是实物图和刚进入-视场内-刚离开时的热成像图

(3) 将热像仪旋转90°，重复上述步骤，分别记录笔进入的角度Φ3为4°和Φ4为18°，如图2-2所示。

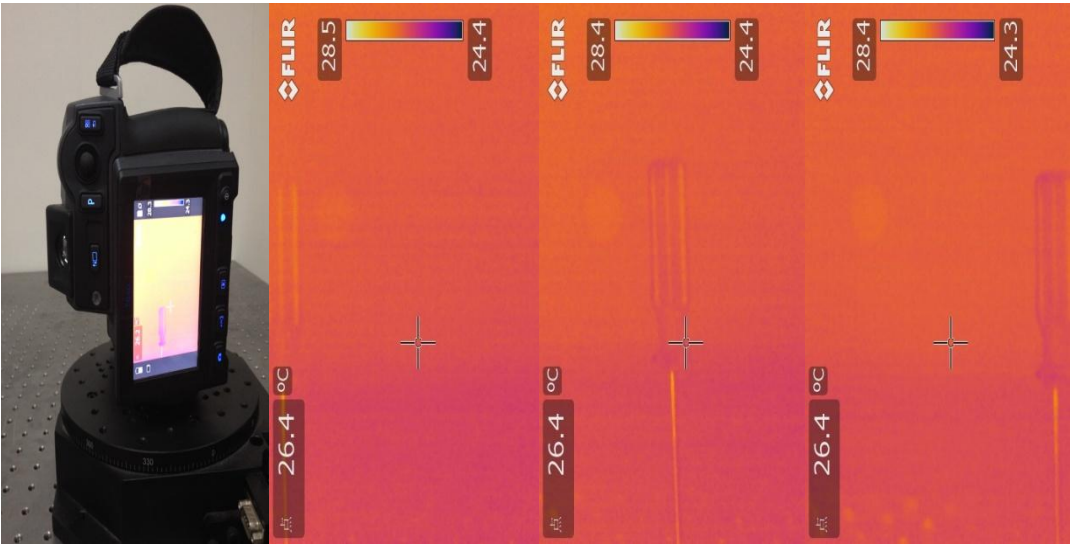


图 2-2 从左至右分别是实物图和刚进入-视场内-刚离开时的热成像图

(4) 改变笔放置的位置，把笔放置在距离热像仪镜头40cm的位置，重复上述步骤。分别得出角度Φ5=4°，Φ6=25°，Φ7=4°，Φ8=20°。

(5) 根据热像仪的视场计算方法： $(\Phi_2 - \Phi_1) * (\Phi_4 - \Phi_3)$ 。

即：距离为30cm时测试得到视场为20° X 14°

距离为40cm时测试得到视场为21° X 16°

3. 全视场最大帧频

计算方法：采样频率= (总帧数-N) / t

其中：N非有效为非有效帧的数量，t为采样时间。当本帧物体位置同上一帧位置相同时判断本帧为非有效帧。

测试步骤：

(1) 将红外热像仪固定在转台上，模式调到视频模式，找到距离镜头合适的位置放置摆球，如图3-1所示。

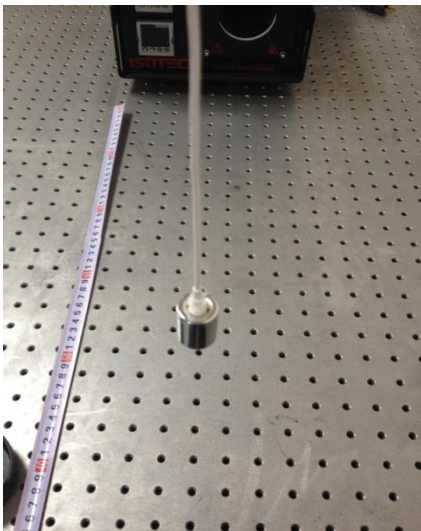


图 3-1 全场最大帧频测试实物图

(2) 放下摆球同时(保证摆球晃动在热像仪视场范围内)开始录像，得到某段时间内小球在镜头视场内摆动图像。

(3) 经FLIR videoreport软件处理得到某段时间内图像的帧频，如下图3-2所示。

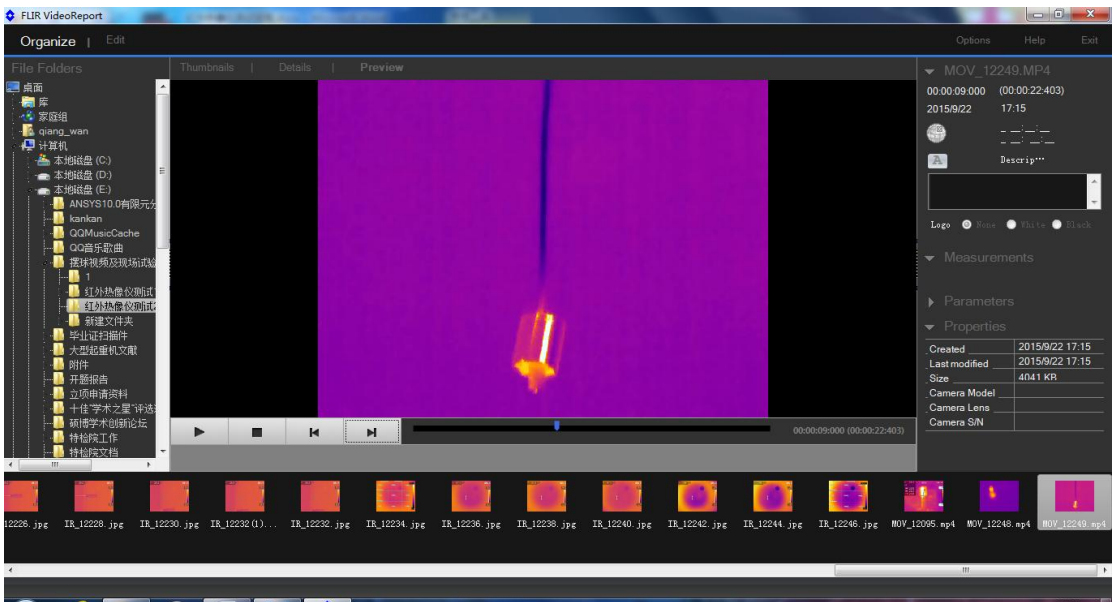
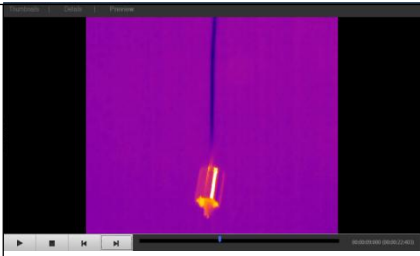
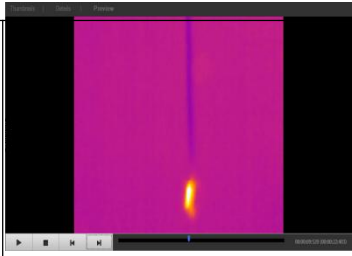
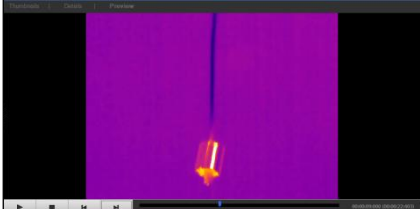
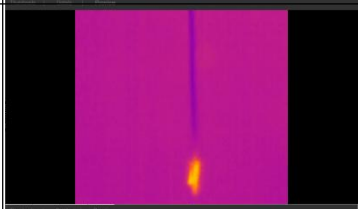
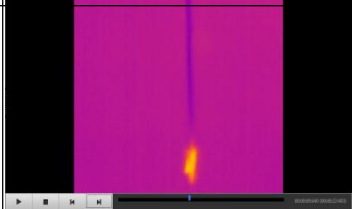
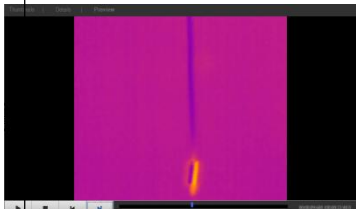
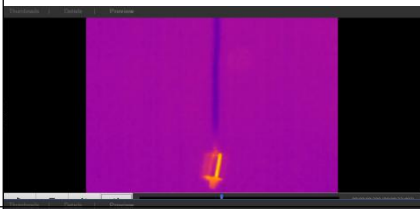
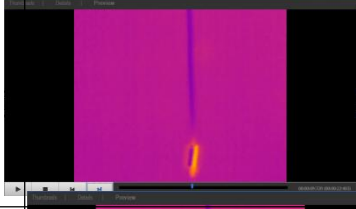
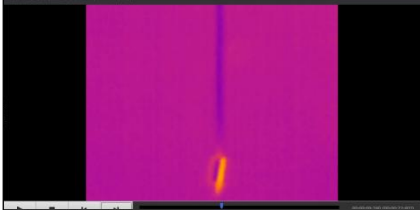
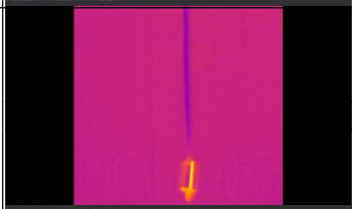
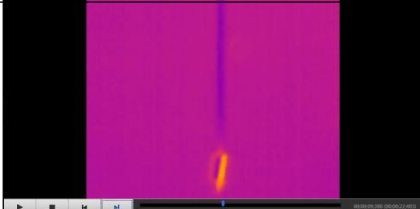
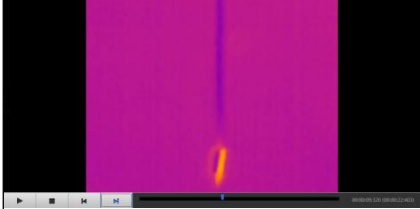
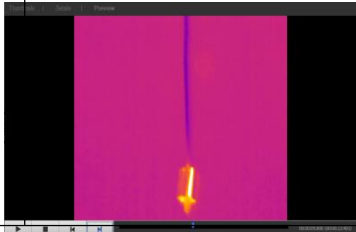
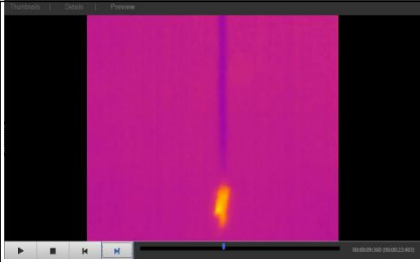
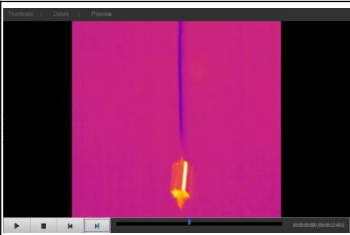
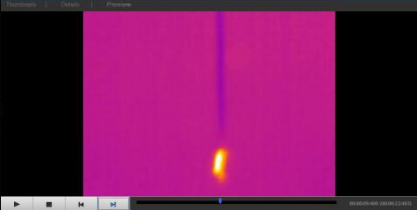
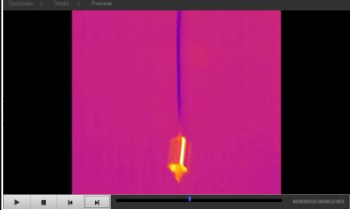
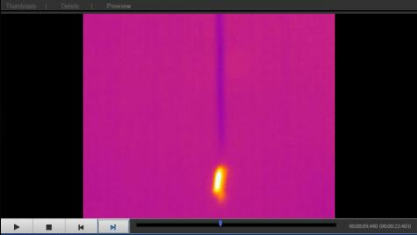
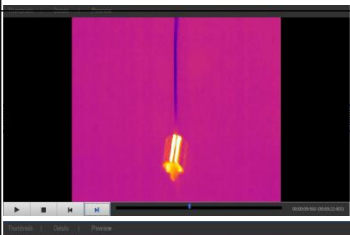
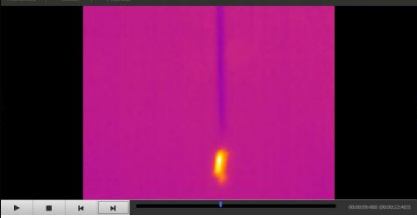
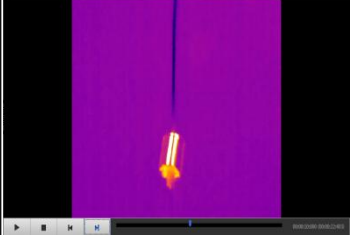
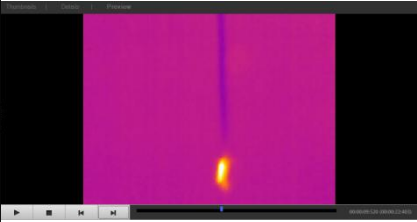


图 3-2 FLIR videoreport 软件界面图

(4) 得到每帧图像所需时间为40毫秒，则1秒内（1000毫秒）所采集到的总帧数为25帧。截取其中9到10秒之间的图像进行分析，得到如下表3-1所示各帧图像。

表 3-1 各帧频图像

第 1 帧		第 14 帧	
第 2 帧		第 15 帧	
第 3 帧		第 16 帧	
第 4 帧		第 17 帧	
第 5 帧		第 18 帧	
第 6 帧		第 19 帧	
第 7 帧		第 20 帧	
第 8 帧		第 21 帧	

第 9 帧		第 22 帧	
第 10 帧		第 23 帧	
第 11 帧		第 24 帧	
第 12 帧		第 25 帧	
第 13 帧		/	/

（5）经过分析对比，确认有7处非有效帧，则采样频率为18。

4. 测温一致性

在待测热像仪视场内不同区域温度测量结果的一致性，是热像仪准确反映被测物体表面温度分布的能力。测温一致性的值应不超过±2 ℃或视场中心区域测量值乘以±2%（℃）（取绝对值大者）。

将热像仪的成像画面等分为 9 个区域，如图所示。把黑体置于规定的工作距离，使热像仪能清晰成像，并使面黑体的图像充满视场。设置黑体温度为热像仪测温范围内任一温度，分别选取 1~9 区域的中心位置为测温点，测量黑体的温度，如图4-1所示。

1	2	3
4	5	6
7	8	9

图 4-1 热像仪成像画面的 9 个等分区域

当 $t_5<100^{\circ}\text{C}$ 时， $\Phi_n= t_5 - t_n$

当 $t_5\geqslant 100^{\circ}\text{C}$ 时， $\Phi_n= | t_n - t_5 | / t_5\times 100\%$

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 ——第 5 区域测温读数。

测试步骤：

（1）将黑体炉温度设置在 50°C ，并保持黑体炉在红外热像仪视场范围内，待温度稳定后，存入此时的温度图像，如图4-1所示。

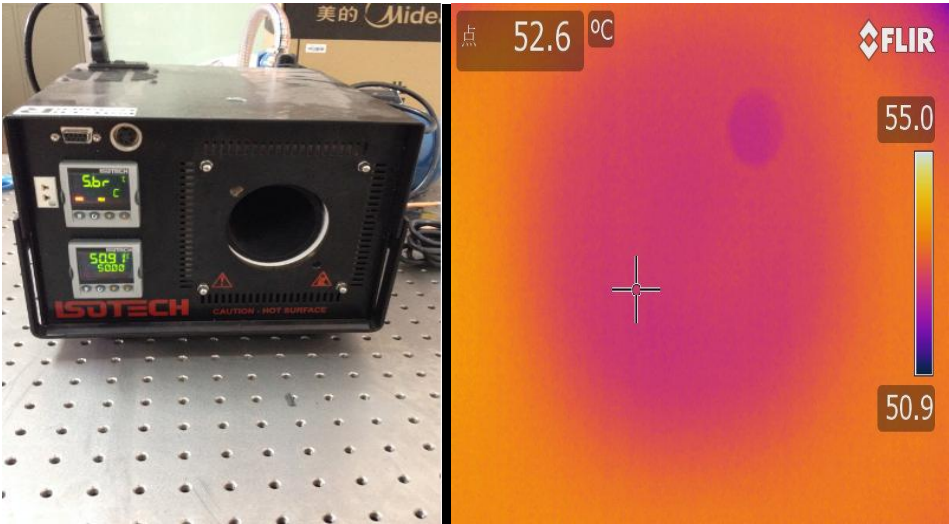


图 4-1 黑体炉温度为 50°C 时的热成像图

（2）同样，将黑体炉温度升高到 130°C （红外热像仪测温范围 $<150^{\circ}\text{C}$ ），并保持黑体炉在红外热像仪视场范围内，待温度稳定后，存入此时的温度图像。

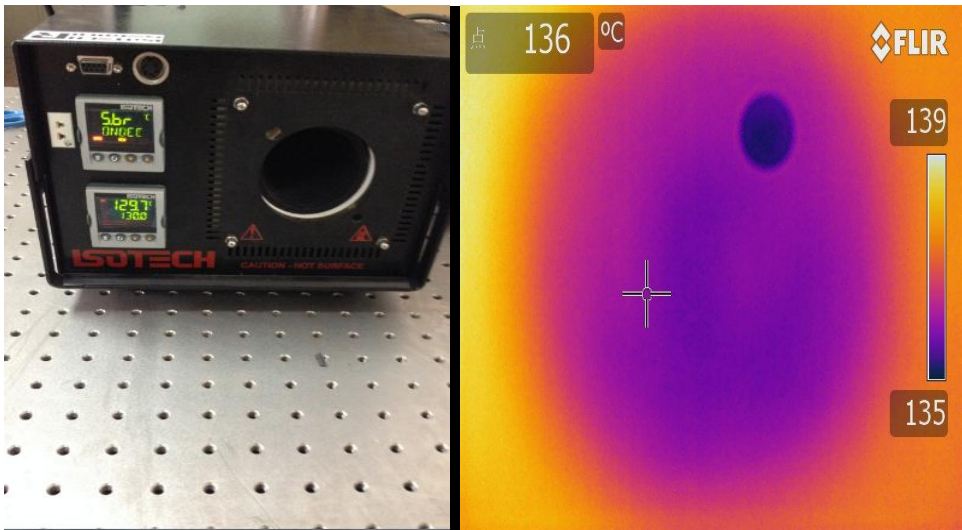


图 4-2 黑体炉温度为 130℃时的热成像图

(3) 导入存储的温度图像到分析软件中，按照上述方法，将热像仪的成像画面等分为 9 个区域，得出当 $t_5 < 100^{\circ}\text{C}$ 和当 $t_5 \geq 100^{\circ}\text{C}$ 时 t_5 和 t_n 的温度，如图4-3和图4-4所示。

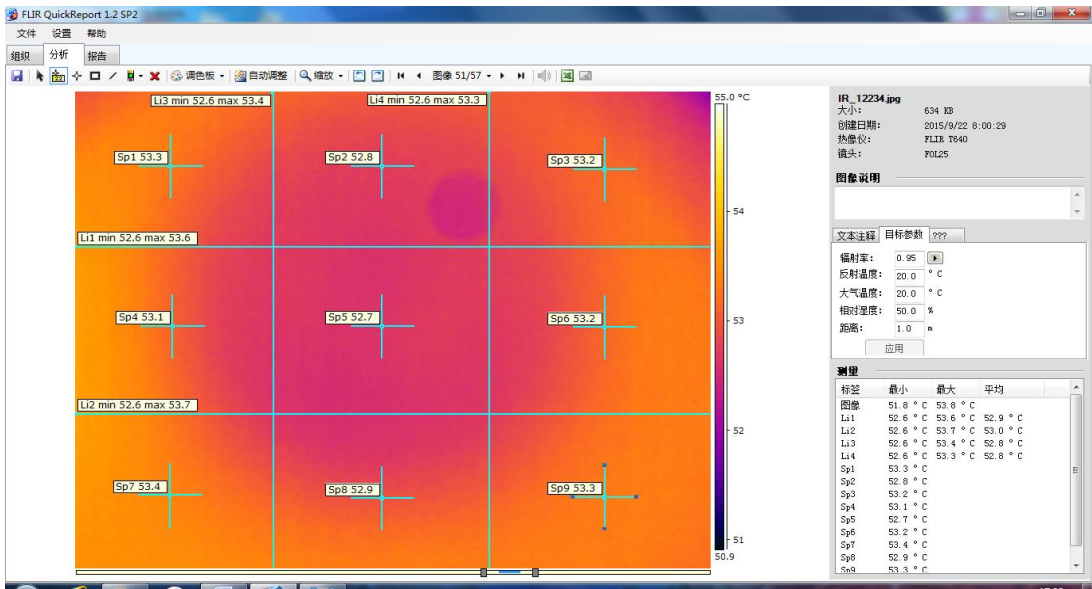


图 4-3 黑体炉为 50℃时，各区域温度分布

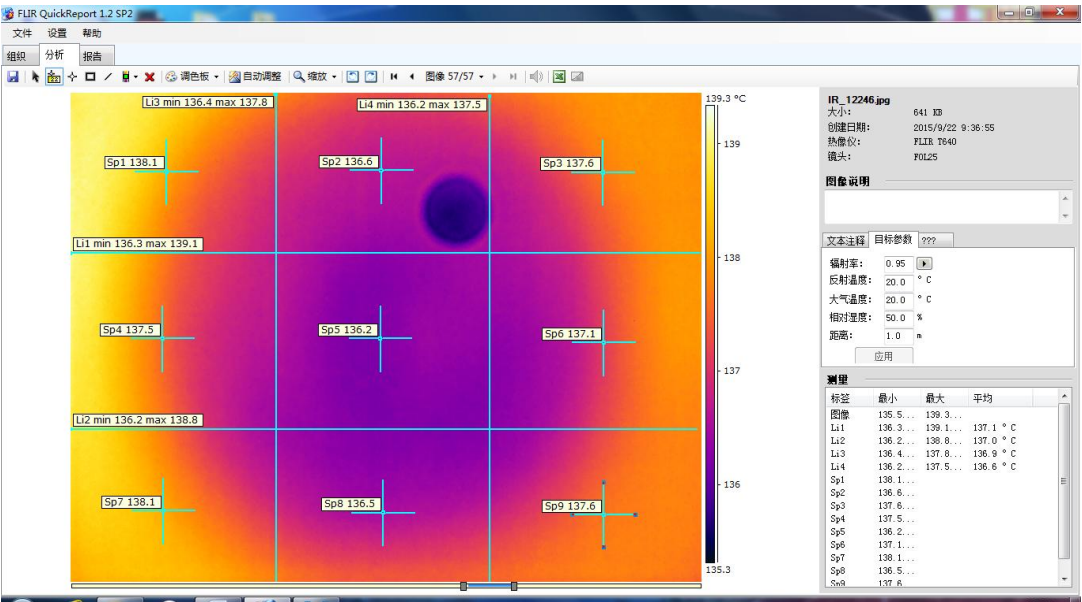


图 4-4 黑体炉为 130°C 时，各区域温度分布

(4) 按照上述计算方法可以得出：

当 $t_5 < 100^\circ\text{C}$ 时 $\Phi_n = t_5 - t_n$

$$t_1 = 53.3^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 52.8^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 53.2^\circ\text{C}$$

$$t_4 = 53.1^\circ\text{C}$$

$$t_5 = 52.7^\circ\text{C}$$

$$t_6 = 53.2^\circ\text{C}$$

$$t_7 = 53.4^\circ\text{C}$$

$$t_8 = 52.9^\circ\text{C}$$

$$t_9 = 53.3^\circ\text{C}$$

$$\Phi_1 = t_5 - t_1 = -0.6^\circ\text{C}$$

同理：

$$\Phi_2 = -0.1^\circ\text{C}$$

$$\Phi_3 = -0.5^\circ\text{C}$$

$$\Phi_4 = -0.4^\circ\text{C}$$

$$\Phi_5 = 0^\circ\text{C}$$

$$\Phi_6 = -0.5^\circ\text{C}$$

$$\Phi_7 = -0.7^\circ\text{C}$$

$\Phi 8=-0.2^{\circ}\text{C}$

$\Phi 9=-0.6^{\circ}\text{C}$

可知，50℃时测温一致性的值均不超过±2 ℃。

当 $t_5\geq 100^{\circ}\text{C}$ 时， $\Phi_n=|t_n-t_5|/t_5\times 100\%$

$t_1=138.1^{\circ}\text{C}$

$t_2=136.6^{\circ}\text{C}$

$t_3=137.6^{\circ}\text{C}$

$t_4=137.5^{\circ}\text{C}$

$t_5=136.2^{\circ}\text{C}$

$t_6=137.1^{\circ}\text{C}$

$t_7=138.1^{\circ}\text{C}$

$t_8=136.5^{\circ}\text{C}$

$t_9=137.6^{\circ}\text{C}$

$\Phi 1=|t_1-t_5|/t_5\times 100\%=1.395\%$

同理：

$\Phi 2=0.294\%$

$\Phi 3=1.028\%$

$\Phi 4=0.954\%$

$\Phi 5=0$

$\Phi 6=0.661\%$

$\Phi 7=1.395\%$

$\Phi 8=0.220\%$

$\Phi 9=1.028\%$

可知，130℃时测温一致性的值均不超过2%。

五、标准中涉及专利的情况

本标准不涉及专利问题。

六、预期达到的社会效益、对产业发展的作用等情况

通过明确综合性能测试方法，解决了不同厂商设备性能评价标准不统一的问题，为国际技术交流与贸易提供了基准，为无损检测服务和设备提供统一标准，推动检测服务和结果的可靠。

七、与国际、国外对比情况

为适应无损检测对红外热成像设备需求，ISO制定了ISO 18251-2 “Non-destructive testing—Infrared thermography—Part 2: Test method for integrated performance of system and equipment”，本标准采用ISO标准。

八、在标准体系中的位置，与现行相关法律、法规、规章及标准，特别是强制性标准的协调性

本标准与我国的现行法律、法规和强制性国家标准没有冲突。

九、重大分歧意见的处理经过和依据

本标准制定过程中，尚无出现未采纳的重大分歧意见。

十、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

建议本标准为推荐性国家标准。

十一、贯彻标准的要求和措施建议

建议本标准批准发布后立即实施。

十二、废止现行有关标准的建议

无。

十三、其他应予说明的事项

无。