

# 温度分析的进阶

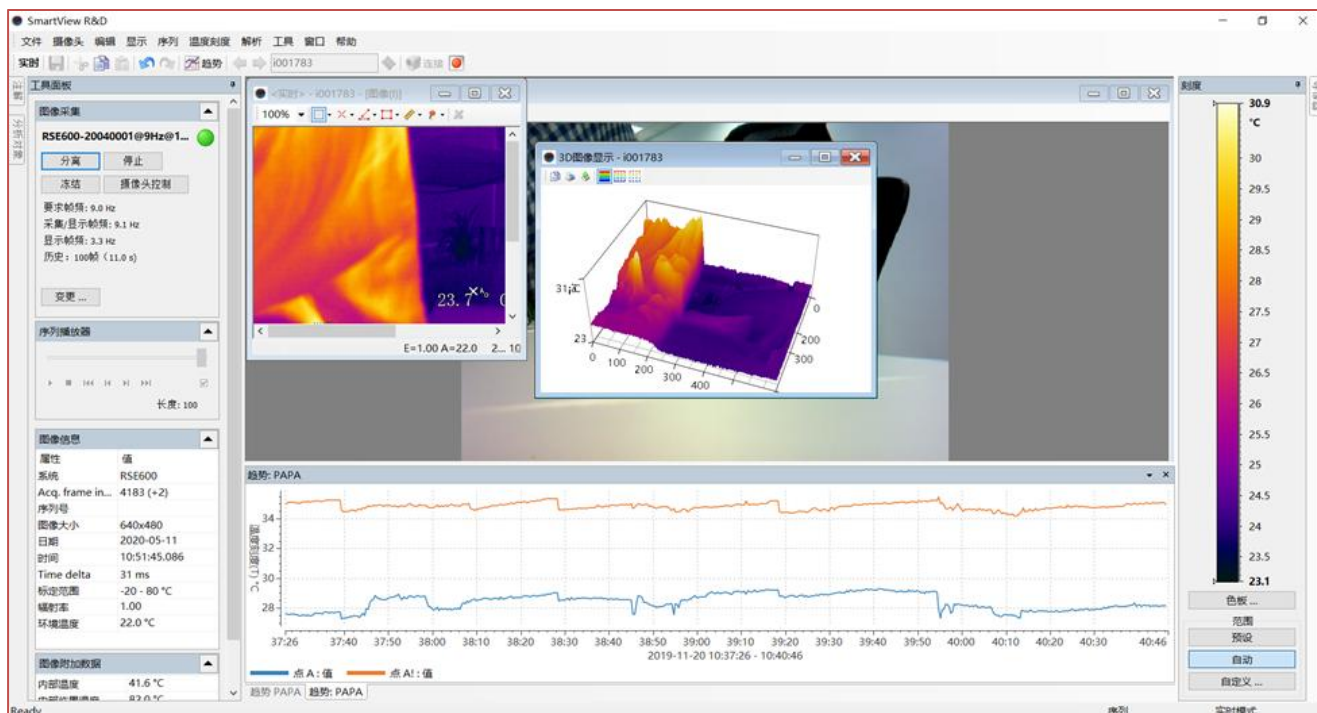
## 在线热像在电子研发的技术经验分享



# 主要内容

FLUKE®

- 为什么用在线热像仪？
- 红外热像在电子研发领域的现场案例
- 准确测温的关键因素
- Fluke热像仪家族和新产品介绍



# 为什么用在线热像仪

FLUKE®

与便携式热像仪相比，在线式热像仪的优点为：

- 体积小、形状规整，可以安装在狭窄现场，如环境试验箱、设备外壳、管线内部。
- 适应恶劣环境（加装保护套），如高湿度、大粉尘及有水或液体飞溅的现场。
- 组网和需要进行控制的现场。
- 可搭配各种附件，满足多种现场检测要求，如：
  - 台架适合在桌面任意位置安装和高度及角度调节；
  - 可加装吹扫器，适合粉尘（特别是腐蚀性粉尘）环境；
  - 可加装冷却和加热附件，适合极端现场环境；
  - 大屏幕便携式显示终端，方便现场分析；
  - 可加装红外保护窗，适合切削类飞溅物的现场。



# 应用场景一：密封现场

FLUKE®

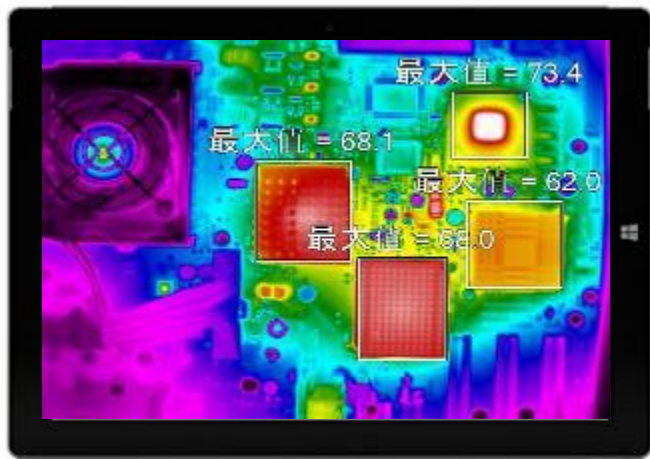
- 现场描述：环境试验箱、设备机箱、管线、大型电机等需要进行温度趋势试验和分析的现场。
- 应用行业：制造业研发和品管，特别是与环境试验有关的电子产品（手机、家电、照明类为主）、机电产品（电机、变配电设备、发电设备、风机等）
- 配套方案：主机+显示终端+移动电源+安装支架  
部分现场需要配置冷却和加热保护套



## 应用场景二：连续检测的研发现场

FLUKE®

- 现场描述：电路板、元器件及电子类产品检测现场；
- 特别是需要使用640像素热像仪检测小目标，但现场角度不适用三脚架的（安装牢固程度、检测位置和角度调节）
- 应用行业：电子制造业研发
- 配套方案：主机+安装支架+显示终端+移动电源



# 应用场景三：有液体飞溅的机械加工现场

FLUKE®

- 现场描述：机械加工中有液体（一般以冷却水\油为主）飞溅，容易使热像仪进水\油导致损坏。
- 应用行业：机械加工业、装备制造业（特别是机床制造）
- 配套方案：主机+吹扫器+红外保护窗+显示终端+移动电源+安装支架  
部分现场可能需要配置冷却保护套

开启舱门不符合规范，需要安装在内部进行检测

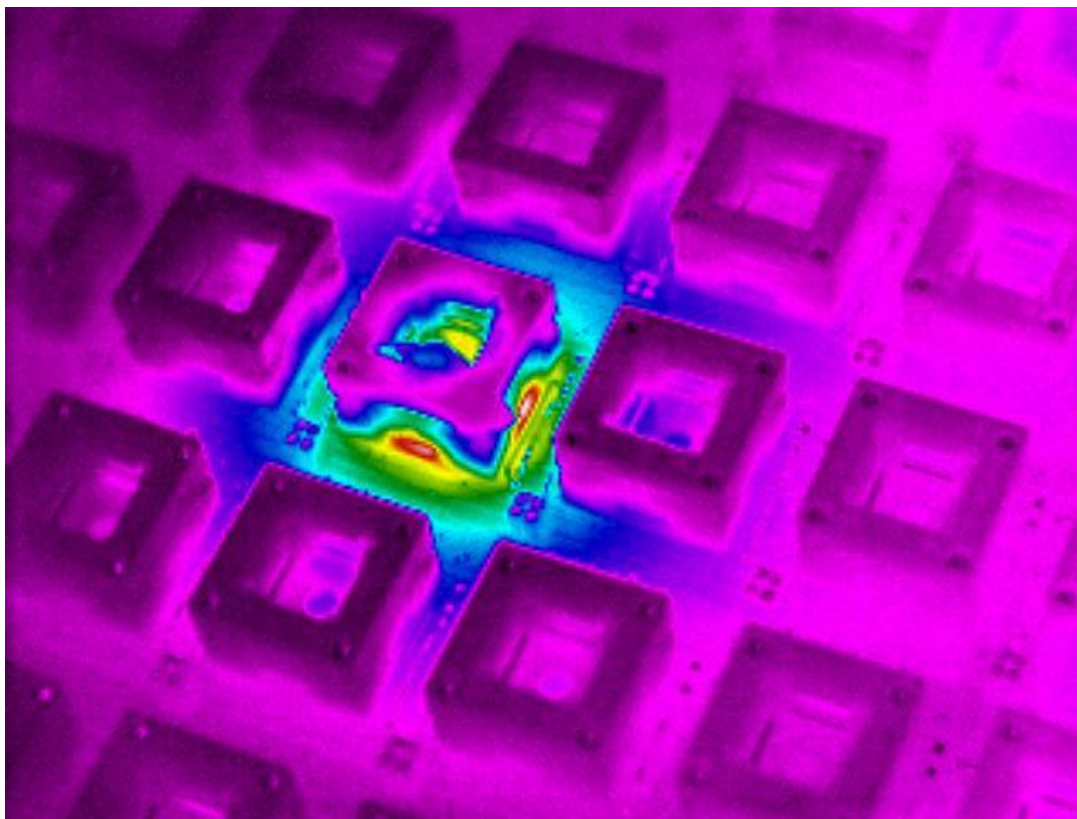


# 研发的经典案例 – “小”无止境

FLUKE®

电子器件越来越小，检测难度越来越大

- 标准镜头通常最小能检测100微米大小的目标；
- 加装微距镜头是目前最好的解决方法；
- 最小能检测17微米，相当于1mm×1mm的区域内有3364个温度数据。

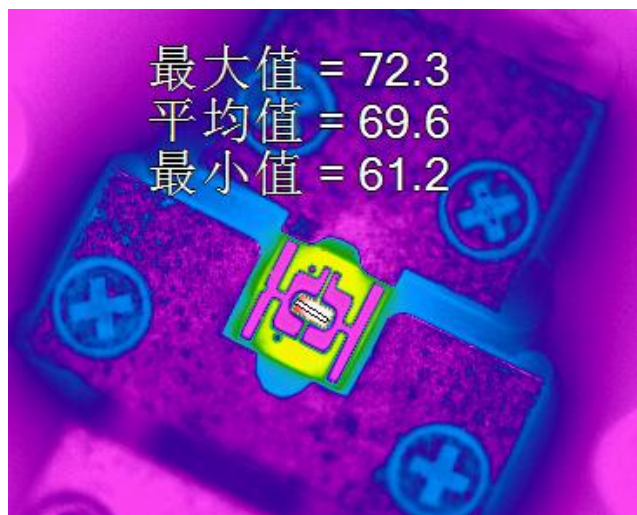


请注意微距镜头的拍摄距离限制

# 对目标随位置分布的温度分析

FLUKE®

在软件上进行温度分析



在软件上对芯片的进行线温度分析，并可方便地导出温度数据，进行后期分析。

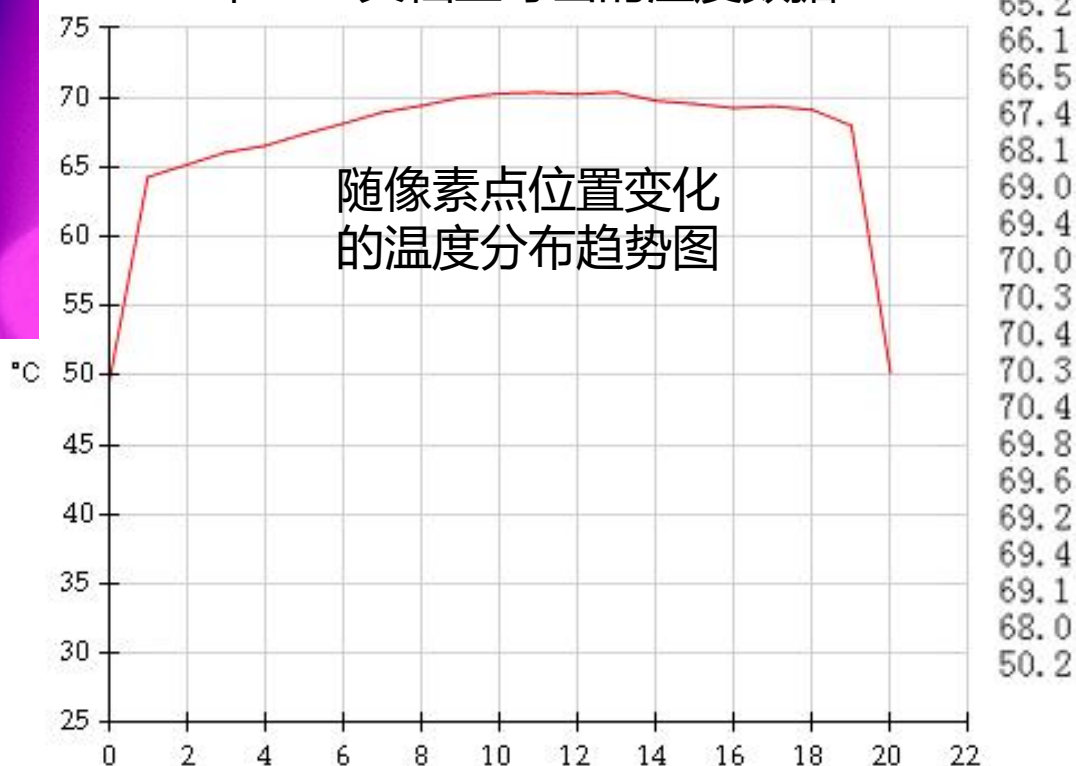
AB012703 - 记事本

文件(F) 编辑(E) 格式(O) 查看(V) 帮助(H)

所有以 °C 为单位的温度。

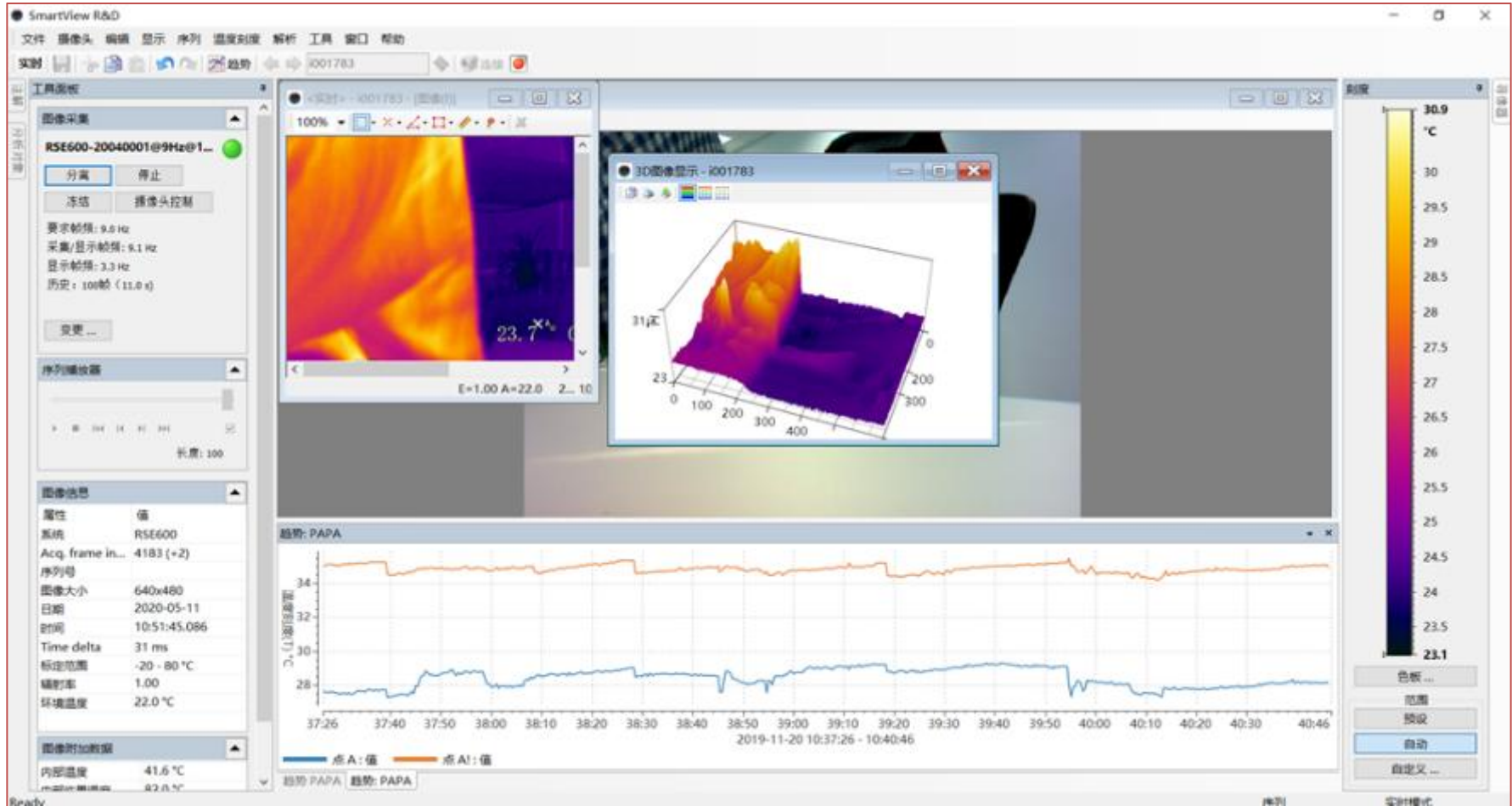
| 标签 | 发射率  | 背景   | 平均值  | 最小值  | 最大值  | 点    |
|----|------|------|------|------|------|------|
| L0 | 0.95 | 20.0 | 68.8 | 51.7 | 72.4 | 49.3 |

在TXT文档上导出的温度数据



# 对目标随时间分布的温度分析

FLUKE®

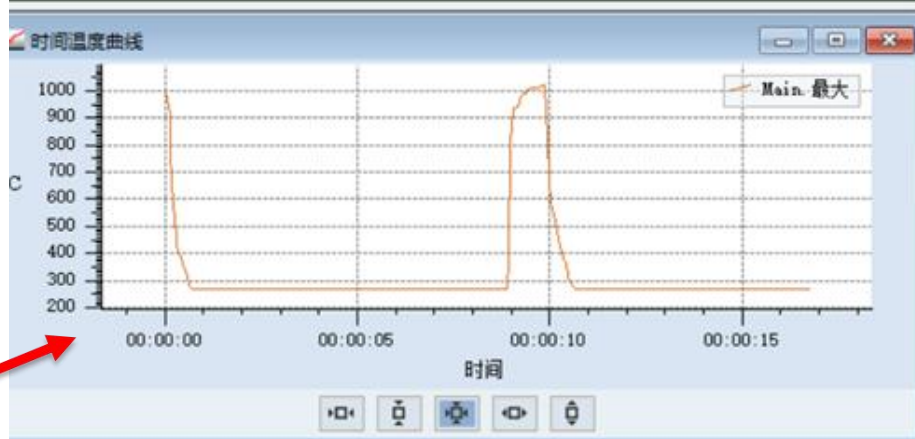
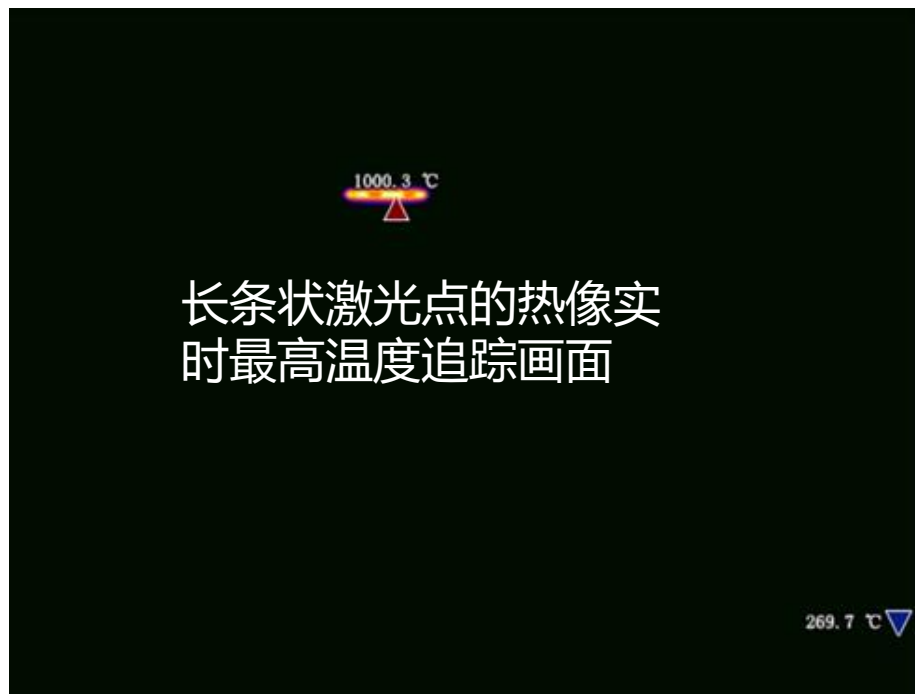
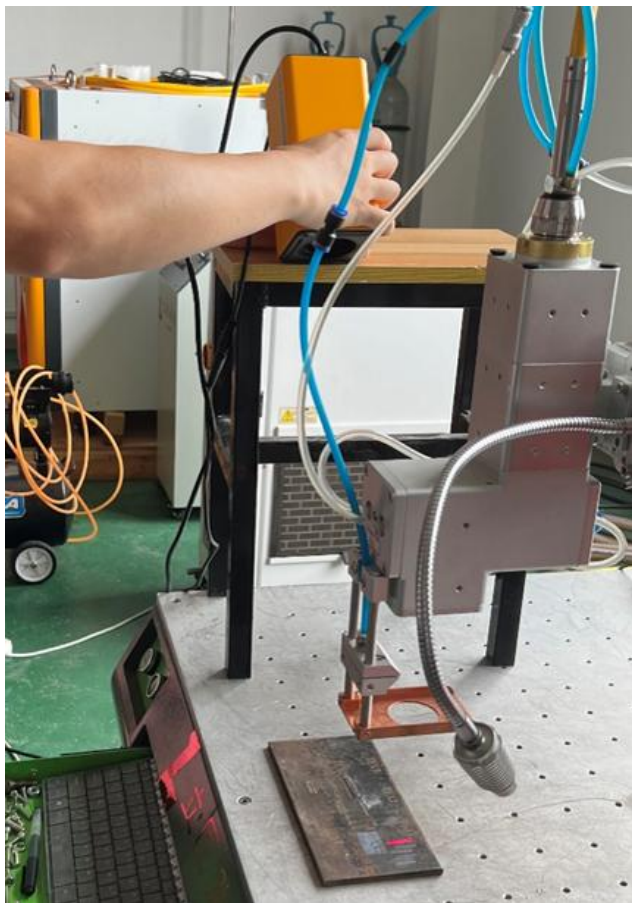


温度趋势图

# 快速温度分析的案例

FLUKE®

激光加热

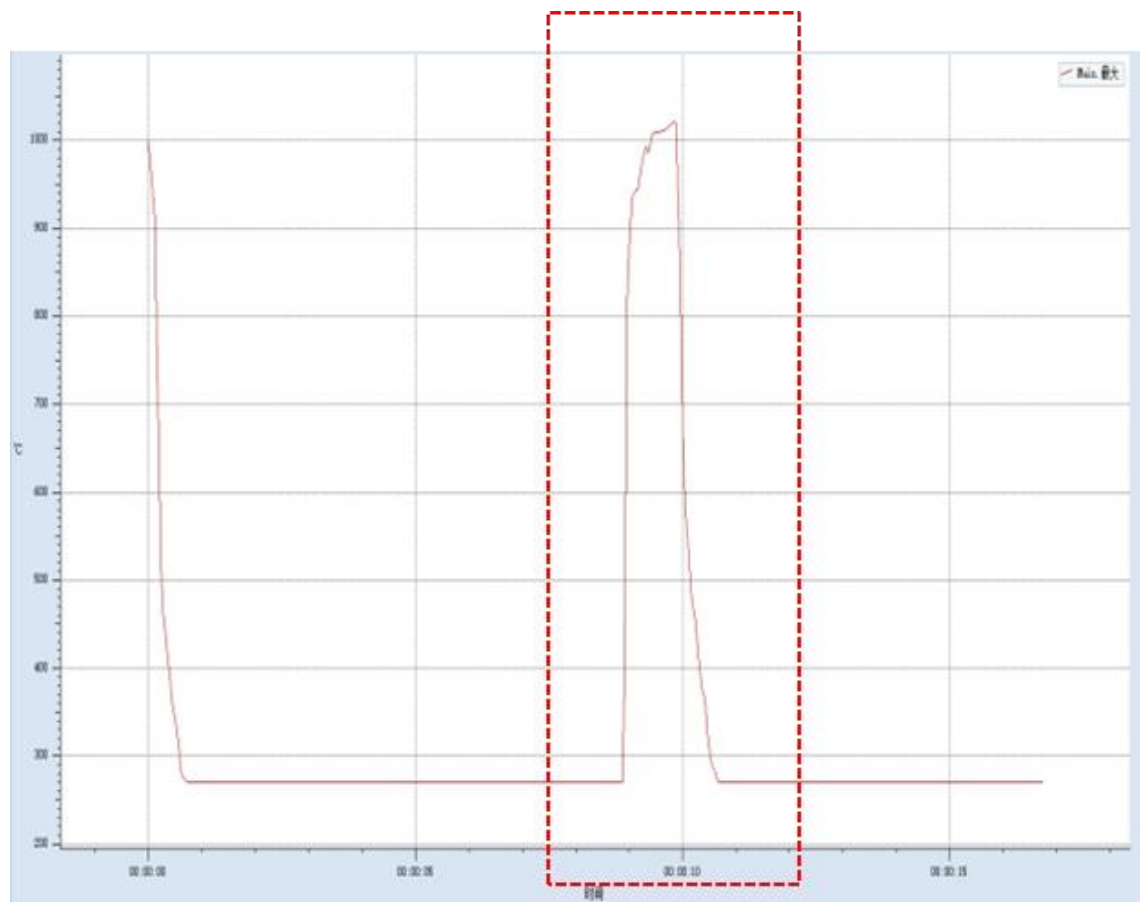


在加热过程中的最高温度趋势

# 快速温度分析的案例

FLUKE®

- 激光加热0.5秒，被测的铁板也在0.5秒中从300°C上升到1000°C，温度趋势图很清晰地反映出加热和冷却的温度变化，右侧是通过软件导出的温度数据，红色字体是上升到最高温度时的数值和时刻。



|      | A         | B      |
|------|-----------|--------|
| 1 时间 | Main.最大 ( |        |
| 157  | 8.914     | 384.3  |
| 158  | 8.955     | 814.1  |
| 159  | 9.000     | 874.9  |
| 160  | 9.042     | 934.8  |
| 161  | 9.080     | 938.6  |
| 162  | 9.120     | 942.5  |
| 163  | 9.168     | 944.7  |
| 164  | 9.217     | 967.4  |
| 165  | 9.258     | 981.1  |
| 166  | 9.283     | 987.5  |
| 167  | 9.320     | 993.4  |
| 168  | 9.365     | 986.4  |
| 169  | 9.400     | 996.4  |
| 170  | 9.435     | 1006.4 |
| 171  | 9.496     | 1009.2 |
| 172  | 9.548     | 1009.2 |
| 173  | 9.610     | 1011.2 |
| 174  | 9.649     | 1012.8 |
| 175  | 9.692     | 1013.7 |
| 176  | 9.730     | 1015.5 |
| 177  | 9.785     | 1019.3 |
| 178  | 9.832     | 1021.8 |
| 179  | 9.878     | 1020   |
| 180  | 9.916     | 927.2  |
| 181  | 9.953     | 826    |
| 182  | 9.995     | 677    |
| 183  | 10.040    | 587    |

0.5秒

# 如何提高红外热像检测准确性？

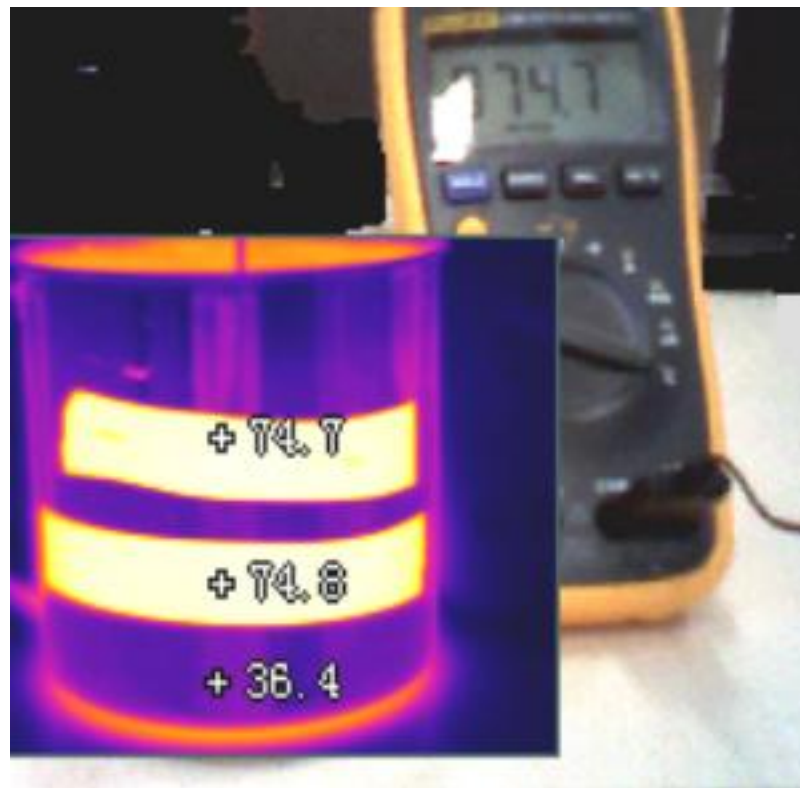
在现场检测中，可能会出现红外测温仪器与实际被测目标温度不相符的情况，如果可以排除仪器本身的故障，其问题基本由下列两个原因导致：

- **发射率的修正**
- **避免反射及背景温度补偿**

# 发射率的实验

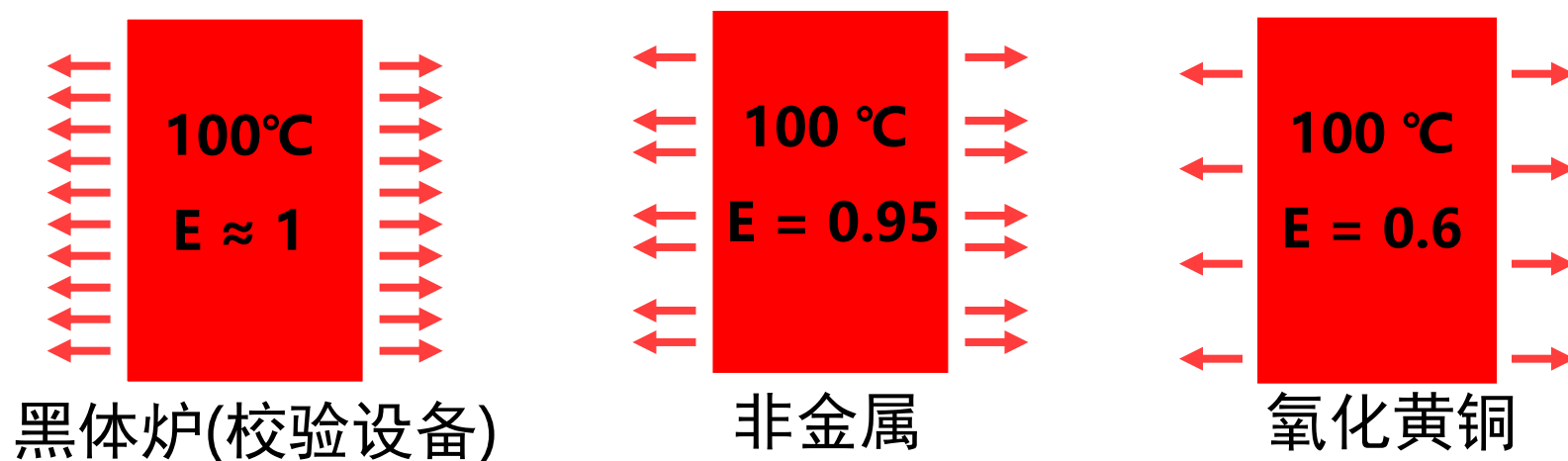
FLUKE®

- 不锈钢杯子上的温度一致吗？
- 为什么会出现这个情况？
- 不同颜色的胶带温度一致吗？



# 影响发射率的因素

- 目标通常分为**非金属**和**金属**材料两大部分；
- 大多数非金属材料（如塑料、油漆、皮革、纸张等）的发射率为0.95左右；
- 非金属的颜色和材质的差异对测温影响不大。



# 影响金属材料发射率的因素

- 材料

不同材料发射率不同，如铜的发射率一般比铝高。

- 表面光洁度

通常表面粗糙的材料发射率比光洁表面高。

- 表面颜色

以黑色为代表的深色系表面发射率比浅色系高。

- 表面形状

表面有凹陷、夹角或不平整的部位比平整的部位发射率高。

# 解决方案：用非金属材料覆盖金属表面

- 涂漆

油漆笔可较全面地将所有部位进行均匀涂抹。

办公室通常所用的白板笔其溶剂为酒精，在表面光亮的金属上不容易涂抹均匀。

- 粘贴胶带纸

- 涂导热硅脂 (重点推荐)

# 解决方案：发射率设置

## DL/T664-2016附录表D

附录 D  
(资料性附录)

常用材料辐射率的参考值

常用材料辐射率的参考值见表 D.1。

表 D.1 常用材料辐射率的参考值

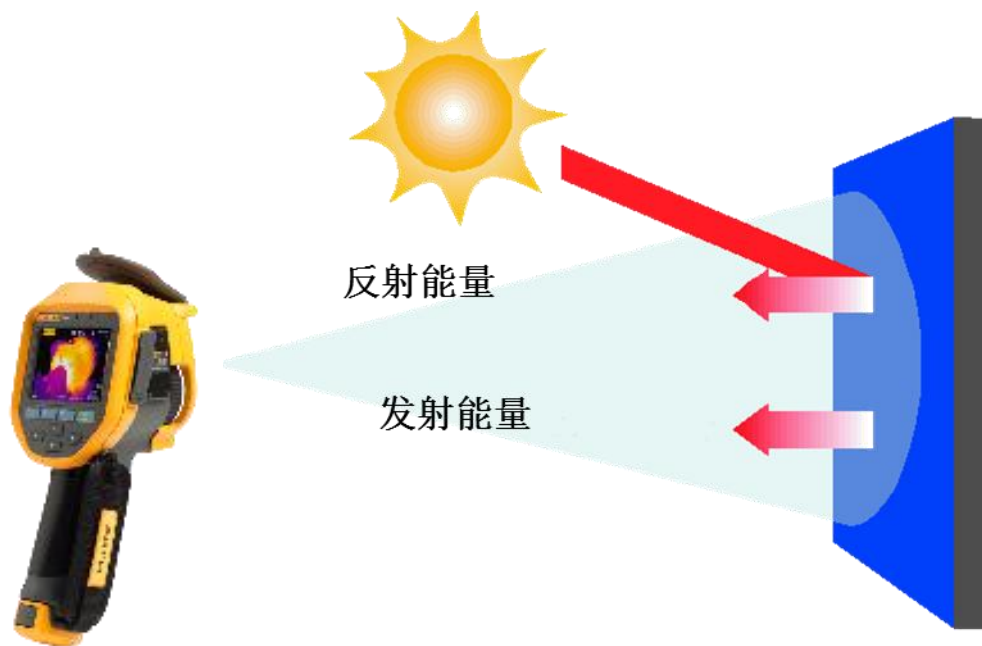
| 材 料         | 温度<br>℃ | 辐射率近似值    |
|-------------|---------|-----------|
| 抛光铝或铝箔      | 100     | 0.09      |
| 轻度氧化铝       | 25~600  | 0.10~0.20 |
| 强氧化铝        | 25~600  | 0.30~0.40 |
| 黄铜镜面        | 28      | 0.03      |
| 氧化黄铜        | 200~600 | 0.59~0.61 |
| 抛光铸铁        | 200     | 0.21      |
| 加工铸铁        | 20      | 0.44      |
| 完全生锈轧铁板     | 20      | 0.69      |
| 完全生锈氧化钢     | 22      | 0.66      |
| 完全生锈铁板      | 25      | 0.80      |
| 完全生锈铸铁      | 40~250  | 0.95      |
| 镀锌亮铁板       | 28      | 0.23      |
| 黑亮漆（喷在粗糙铁上） | 26      | 0.88      |
| 黑或白漆        | 38~90   | 0.80~0.95 |

# 反射的影响及背景温度补偿

FLUKE®

- 发射率较低的测量目标可以反射来自附近的物体的能量，这部分额外的反射能量会被添加到测量目标自身发射的能量中，从而使读数变得不准确。

如果位于测量目标附近的物体（设备、或者其他热源）的温度会比测量目标的温度高出很多，当目标是光亮材料，反射回引起严重的误差。



# 密闭空间检测

FLUKE®

- 热像仪能通过玻璃或有机玻璃的观察窗看到内部的发热吗？



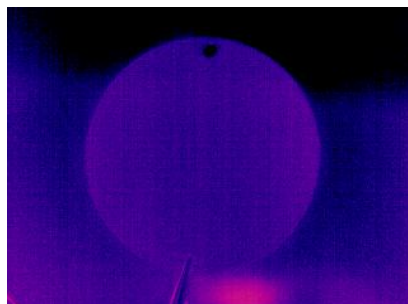
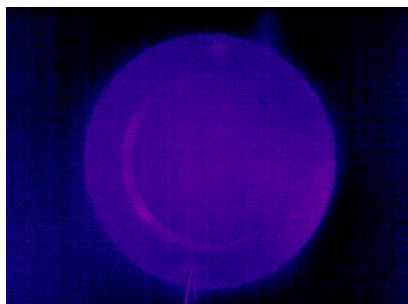
观察窗



# 密闭空间检测：能透过红外能量的材料

FLUKE®

➤ 不同材料的遮挡物，需要看到背后点燃的蜡烛。



玻璃

铝板

红外窗口

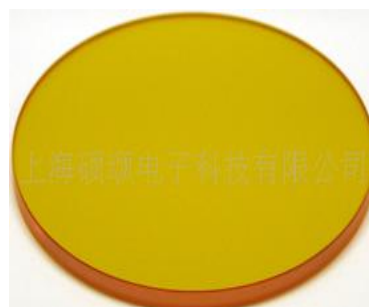
# 什么材料能做红外窗口

➤ 对于8-14 $\mu\text{m}$ 的长波红外能量来说，需要特殊的材料作为红外测温的窗口。

- 硅 (Si)
- 锗 (Ge)
- 氟化钙 ( $\text{CaF}_2$ )
- 硫化锌 ( $\text{ZnS}$ )
- 硒化锌 ( $\text{ZnXe}$ )
- 氟化钡 ( $\text{BaF}_2$ )



氟化钙窗口都是透明的



部分硫化锌窗口呈淡黄色，对可见光拍摄有所影响

# 密闭空间检测：真空炉可以装红外窗口吗

FLUKE®

真空炉  
红外窗  
口现场



- 真空炉红外窗口厚度10mm，窗口直径50mm，直径厚度比不超过5:1
- 正压加热炉现场建议红外窗口厚度至少为6mm，可适用于压力不超过0.5MPa（5公斤）的炉体，压力增加时红外窗口可相应增厚

# 福禄克热成像产品家族

FLUKE®

## 便携式红外热像仪



VT06



PTi120



TiS55+



TiS75+



Ti480 Pro



TiX1060



VT08



TiS20+  
TiS20+ MAX



TiS60+



Ti401 Pro



TiX580



TiX1080

## 在线式红外热像仪



RSE 300  
RSE 600



RSE 30/30H  
RSE 60/60H

## 附件



红外窗口



Lens: 2倍/4倍长焦、广角和  
微距

# 两款Fluke热像仪新产品

FLUKE®



RSE30/RSE60在线式热像仪

- 640×480 (RSE60/60H)
- 384×288 (RSE30/30H)
- -20°C~2000°C测温量程 (RSE30H/60H)
- 自动对焦系统, 调试省时省力
- 25/30Hz帧频



TiX1060便携式热像仪

- 高清图像画质, 1024×768分辨率
- 空间分辨率高达0.43mrad
- -40°C~2000°C测温量程
- 180°旋转镜头+5.5寸触摸屏
- 25个区域温度分析功能



*Keeping your world  
up and running.™*

**FLUKE**®

**谢谢!**