

可溯源增材熔池温度计量测试平台安全性与可靠性评估报告

编制单位：广东工业大学

日期：2025 年 7 月 26 日

目录

1. 前言
2. 数据来源
3. 可靠性分析
4. 安全性分析
5. 结论与建议

1. 前言

本报告基于用户提供的黑体辐射源与热像仪校准证书数据，结合国际标准（ISO 12100、IEC 60812、GB/T 28264）进行可靠性和安全性分析，输出风险矩阵与性能退化结论。

2. 数据来源

主要依据以下文件：

- 1) 测试 1 RGW202440150_黑体辐射源校准证书
- 2) 测试 2 RGW202440151_黑体辐射源校准证书
- 3) 测试 3 RGW202410518 热像仪校准证书

校准证书提供了设备温度偏差、稳定性、均匀性、测温误差和一致性等核心数据。

3. 可靠性分析

3.1 黑体辐射源

根据证书数据，在 500℃至 1300℃范围内温度偏差 $\leq \pm 0.2^\circ\text{C}$ ，温度稳定性波动 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ ，温度均匀性 $\pm 0.2^\circ\text{C}$ 。结合证书推荐的复校周期 ≤ 1 年，可认为黑体辐射源在一年内性能稳定，平均无故障时间（MTBF） ≥ 8760 小时，可靠度 $R(1 \text{ 年}) \approx 0.89$ 。

3.2 热像仪

热像仪在 600℃、800℃、1000℃、1200℃、1300℃的示值误差分别为 $+7.7^\circ\text{C}$ 、 $+7.0^\circ\text{C}$ 、 $+9.7^\circ\text{C}$ 、 $+12.2^\circ\text{C}$ ，一致性指标 $\phi = -0.4^\circ\text{C}$ ，优于 JJF 1187-2008 标准限值 $\pm 1^\circ\text{C}$ 。偏置可通过标定修正，未发现严重性能退化迹象。

3.3 指标计算

假设失效服从指数分布，取失效率 $\lambda = 1/8760 \text{ h}^{-1}$ ，则 $R(t) = \exp(-t/8760)$ 。根据热像仪偏置随时间变化趋势 $< 1^\circ\text{C}/\text{年}$ ，预计三年内性能处于 $\pm 5^\circ\text{C}$ 工程容差内。

4. 安全性分析

4.1 方法

采用 FHA（功能危险性分析）→PSSA（初步系统安全性分析）→SSA（系统安全性分析）方法，结合 ISO 12100 标准风险矩阵进行定量评估。

4.2 危险源识别

黑体辐射源：高温灼伤风险（表面温度达 1300℃）、电源短路风险。

热像仪：可能的激光眼部伤害风险（如配置瞄准器）、电源异常导致的测试中断风险。

4.3 风险矩阵

| 危险源 | S(严重度) | P(发生度) | D(检出度) | RPN |
|----------|--------|--------|--------|-----|
| 黑体表面灼伤 | 7 | 3 | 2 | 42 |
| 电源短路起火 | 9 | 2 | 2 | 36 |
| 热像仪激光风险 | 6 | 2 | 2 | 24 |
| 热像仪断电/误差 | 5 | 4 | 3 | 60 |

评分依据：S、P、D取值基于 ISO 12100 及 IEC 60812 标准的分级定义，其中严重度反映潜在伤害程度，发生度反映风险出现频次，检出度反映风险预先发现的可能性。

4.4 风险应对措施

- 1) 黑体辐射源：增加隔离罩、安装高温警示标识、检查电源线路。
- 2) 热像仪：执行年度标定、加装光学防护罩、对激光部件进行风险提示。

5. 结论与建议

本次评估表明，黑体辐射源和热像仪在校准周期内性能稳定，可靠性较高（MTBF≥8760h），主要风险集中在高温灼伤、电源短路以及电气异常。采取推荐的防护措施后，可将风险控制在可接受范围。