

when temperature matters

非接触式

温度测量
基本原理



目录

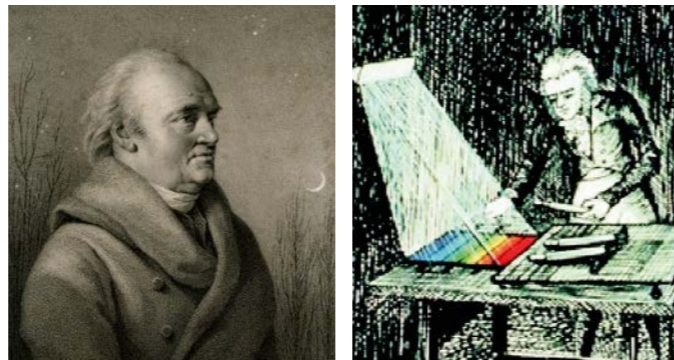
	页
物理原理	4 - 9
发射率和温度测量.....	10 - 14
高温计的光学、瞄准技术和 电子技术.....	15 - 18
非接触式温度测量 传感器及应用.....	19
红外热像仪及其应用	20 - 28
红外测温仪及其应用	29 - 31
便携式红外测温仪.....	32
附录：词汇表	33
附录：发射率表	34 - 37
附录：红外温度测量设备的 选择标准.....	38
文献.....	39

物理原理

当我们用眼睛观察世界时，主要依赖可见光。尽管可见光只占辐射光谱的一小部分，但不可见光占据了其余大部分光谱范围。不可见光的辐射携带更多附加信息。

红外温度测量系统

每个温度高于绝对零度（-273.15 °C = 0开尔文）的物体都会从其表面发射电磁辐射，其量与其固有温度成正比。这种所谓的固有辐射中的一部分是红外辐射，可用于测量物体的温度。这种辐射能够穿透大气层。通过透镜（输入光学元件）将光束聚焦在探测器元件上，探测器元件产生与辐射成正比的电信号。信号被放大，并通过连续的数字信号处理转换为与物体温度成正比的输出信号。测量值可以显示在显示屏上，也可作为模拟输出信号释放，方便与流程管理控制系统连接。

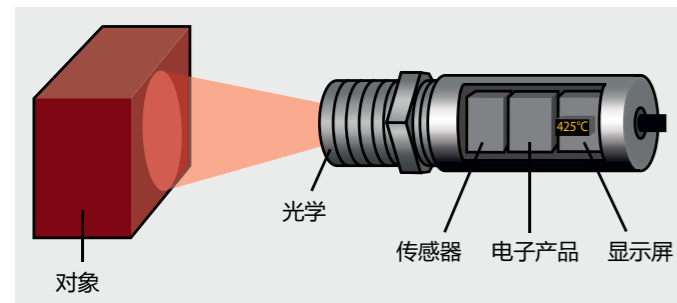


威廉·赫歇尔 (1738 - 1822年)

红外辐射的发现

1800年，威廉·赫歇尔在寻找新的光学材料时，无意中观察到了红外辐射的存在。

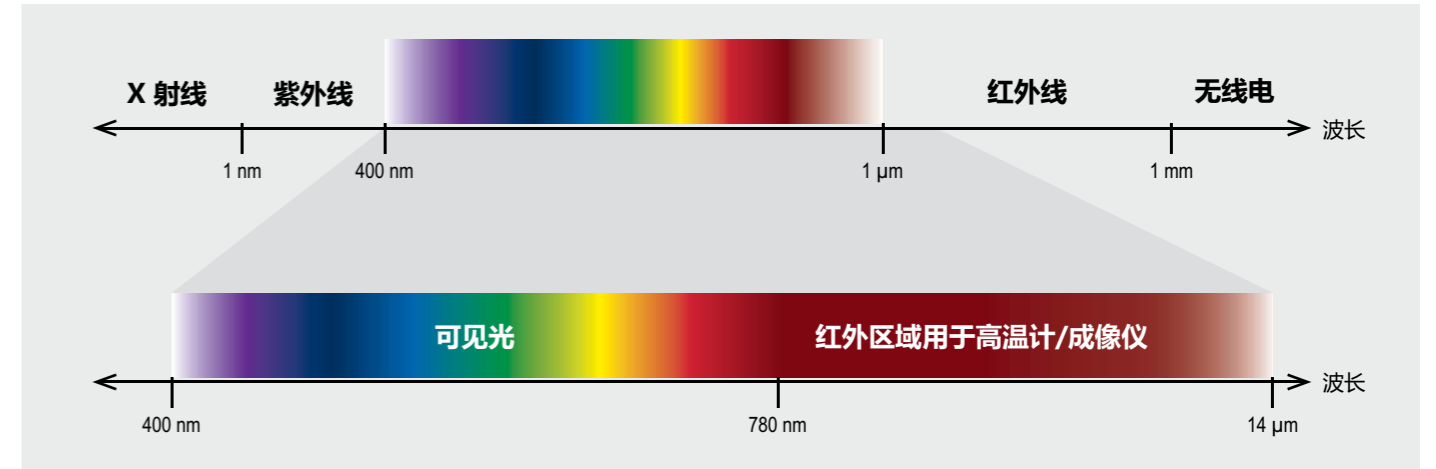
他将一支敏感水银温度计的尖端涂黑，并将其应用于测量系统，以测试光谱中不同颜色的加热特性。通过将光束穿过玻璃棱镜，他在桌面上产生了不同颜色的光谱，从而详细研究了光谱中各颜色的加热反应。当他将测温仪移到光谱红色端之外的黑暗区域时，赫歇尔观察到温度持续上升。在光谱红色端后面的区域，温度上升更为迅速。最终，他在远离红色区域之外找到了最高温度点。这一区域现今被称为“红外波长区”。



红外系统

非接触式温度测量的优势显而易见，包括支持：

- 移动或过热物体以及危险环境中物体的温度测量
- 极快的响应和曝光时间
- 非交互式测量，对测量物体无影响
- 无损测量
- 测量点耐久性，没有机械磨损



高温计使用的红外区域电磁波谱。

电磁辐射谱

从字面和物理意义上来看，光谱被理解为对电磁波混合物的波长或频率强度的描述。电磁辐射谱涵盖了极广泛的波长区域，约为小数点后23位，不同波段的辐射具有独特的来源、生成方式和应用场景。所有类型的电磁辐射都遵循相似的物理原理，包括衍射、折射、反射和偏振。在正常条件下，它们的传播速度相当于光速：波长与频率的乘积始终等于一个常数：

$\lambda \cdot f = c$

在整个电磁波谱范围内，红外辐射的涵盖相对有限：它从可见光范围的波长约为0.78 μm开始，一直延伸到波长约为1000 μm。

其中，0.7至14 μm的波长对红外温度测量尤为关键。在超过这些波长的区域，辐射能量水平相当低，导致探测器的灵敏度不足以进行有效的检测。

物理原理

1900年，马克斯·普朗克、约瑟夫·斯特凡、路德维希·玻尔兹曼、威廉·维恩和古斯塔夫·基尔霍夫精确定义了电磁波谱，并建立了描述红外能量的定性和定量关系。

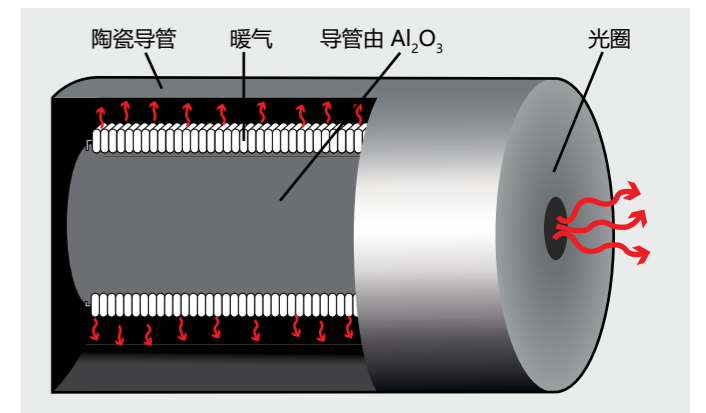
黑体

黑体是一种抽象的物理体，能够吸收所有入射的电磁辐射。既没有反射，也没有透射。

$\alpha = \epsilon = 1$ (α 吸收率, ε 发射率)

黑体在每个波长上都辐射出可能的最大能量，而且其辐射的集中度与辐射的角度无关。黑体的概念是理解非接触式温度测量原理以及校准红外测温仪的基础。

黑体的构造非常简单。热中空体的一端设有一个小孔。当物体被加热并达到一定温度，使得空腔内也达到温度平衡时，这个



黑体横截面

小孔理想地会以设定温度的黑体辐射进行发射。对于不同温度范围和特定应用目的，这些黑体的构造受到材料和几何结构的影响。如果小孔相对于整个表面较小，那么理想状态下的干扰将非常有限。

将测量设备对准这个小孔，可以将从内部发射出的辐射温度作为黑体辐射进行测量，以校准测量设备。在实际应用中，简化系统使用表面涂有特殊颜料，其在所需波长范围内显示99%的吸收率和发射率。通常情况下，这足以满足校准实际测量结果的需要。

黑体辐射原理

普朗克的辐射定律揭示了非接触式温度测量的基本关联性：它描述了黑体根据其温度T和波长λ将光谱比辐射M_{λs}辐射到半空间的关系。

$$M_{\lambda s} = \frac{2\pi hc^2}{\lambda^5} \frac{1}{e^{hc/\lambda kT} - 1} = \frac{C_1}{\lambda^5} \frac{1}{e^{C_2/\lambda T} - 1}$$

下图显示以不同温度为参数、取决于波长λ的公式的图形描述。

- c 光速
- C₁ 3.74 × 10⁻¹⁶ W m²
- C₂ 1.44 × 10⁻² K m
- h 普朗克常数
- k 玻尔兹曼常数

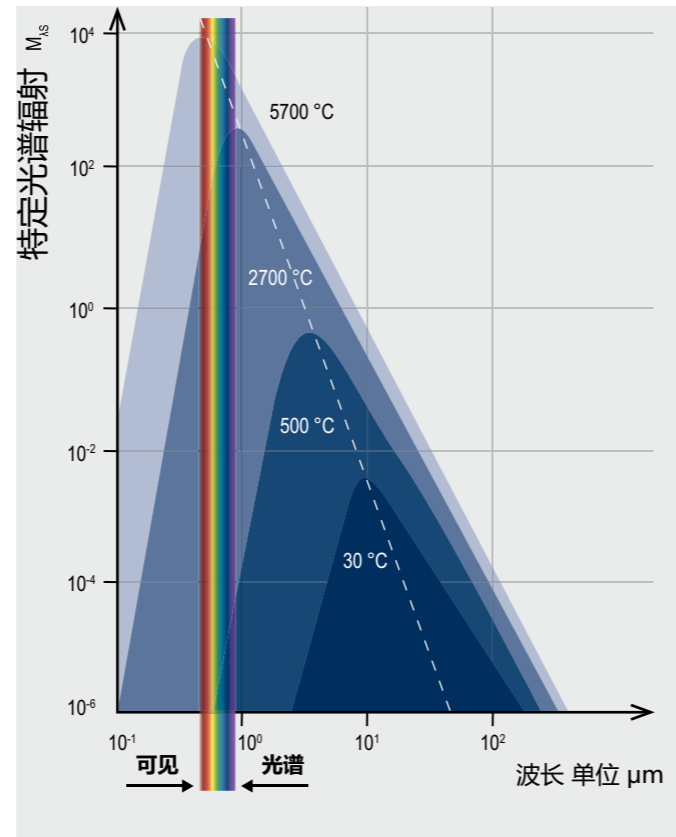
述。

随着温度的升高，光谱比辐射的最大值向较短波长方向移动。由于该公式非常抽象，难以直接应用于许多实际情境。然而，通过这一抽象的描述，我们可以推导出各种关联性。通过对所有波长从0到无穷大的光谱辐射强度进行积分，可以得到整个物体发射的总辐射值。这种关联性被称为斯特凡·波尔兹曼定律。

$$M_{\lambda s} = \sigma \cdot T^4 \quad \sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{ Wm}^{-2} \text{ K}^{-4}$$

黑体在总波长范围内的辐射量增加与其绝对温度的四次方成正比。普朗克定律的图示还表明，当温度发生变化时，用于产生黑体发射辐射最大值的波长会发生位移。维恩位移定律可以通过对普朗克公式进行微分推导出来。

$$\lambda_{\max} \cdot T = 2898 \mu\text{m} \cdot \text{K}$$



随着温度升高，显示最大辐射的波长向短波长范围发生偏移。

灰体

只有少数物体具备理想的黑体特性。在相同温度下，许多物体的辐射远远少于黑体。发射率ε定义了实际辐射值与黑体辐射值之间的关系，其取值介于零和一之间。红外传感器接收到物体表面发射的辐射，同时也会接收到来自周围环境的反射辐射，以及潜在地穿过黑体的红外辐射。

$$\epsilon + \rho + \tau = 1$$

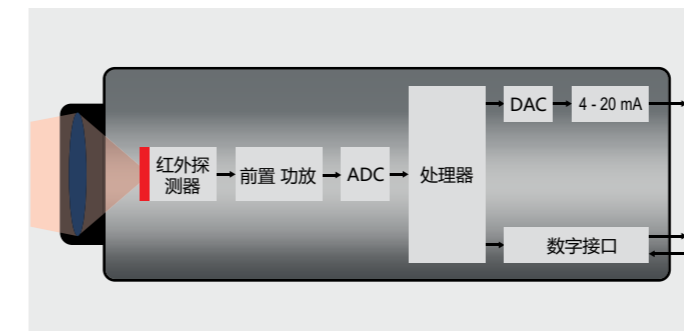
- ε 发射率
- ρ 反射率
- τ 透射率

大多数物体在红外线范围内通常不显示透射性。因此，以下原则适用：

$$\epsilon + \rho = 1$$

红外测温仪的构造和操作

图示展示了红外测温仪的基本构造。红外辐射经过输入光学元件，被聚焦到红外探测器上。探测器生成与辐射相对应的电信号，该信号随后被放大并可用于进一步的处理。通过数字信号处理，信号被转换为与物体温度成比例的输出值，然后可以在显示屏上显示或提供为模拟信号。



红外测温仪框图

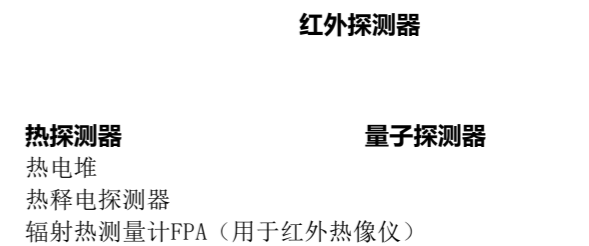
为了补偿环境温度的影响，第二个探测器记录测温仪或其光学通道的温度。计算测量物体温度的过程分为三个基本步骤：

1. 将接收到的红外辐射转换为电信号
2. 对设备和物体的背景辐射进行补偿
3. 线性化处理并输出温度信息

除了显示温度值外，红外测温仪还支持线性输出，如0/4 - 20 mA、0 - 10 V和热电偶元件，便于连接到流程管理控制系统。此外，由于采用了内部数字测量处理技术，目前使用的大多数红外测温仪还配备了数字接口（例如USB、RS485、以太网），用于数据输出并实现对设备参数的访问。

红外探测器

每个红外测温仪中最重要的元件是辐射接收器，也称为探测器。红外探测器主要分为两类。

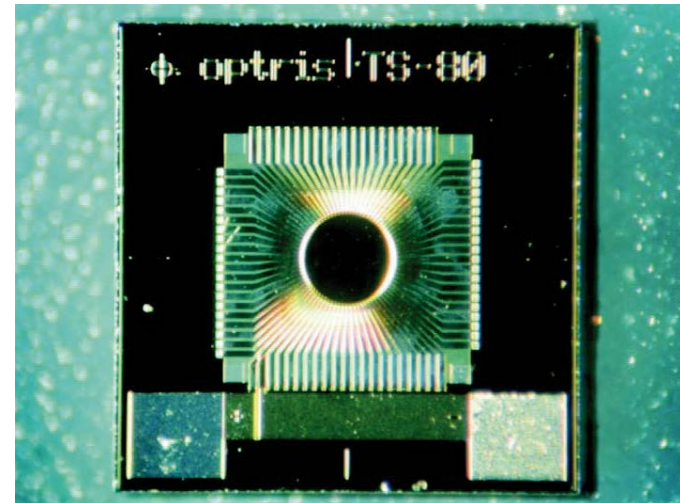


热探测器

在使用这些探测器时，敏感元件的温度会因为吸收电磁辐射而发生变化。这种温度变化导致探测器的温度相关属性发生改变，通过电学分析，这些变化可用作测量吸收能量的值。

辐射热电偶元件（热电堆）

如果两种不同金属材料之间的连接点受热，就会产生热电效应，从而产生电压。接触式温度测量一直依赖于这种效应，尤其是在使用热电偶元件时。如果连接处因吸收辐射而发热，这种组件就被称为辐射热电偶。图示展示了由铋/锑制成的热电偶，它们排列在吸收辐射的元件周围的芯片上。当探测器温度升高时，这将导致成比例的电压，在键合岛末端可以测量到。



热电堆TS80

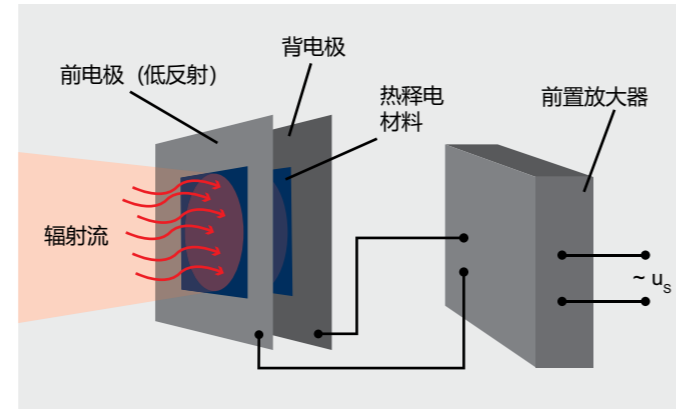
热释电探测器

图示展示热释电探测器的基本构造。该敏感元件由带有两个电极的热释电材料组成。当敏感探测元件吸收红外辐射时，其温度发生变化，从而引起表面电荷的变化，这是由热释电效应引起的。产生的电输出信号经过前置放大器处理。

由于热释电元件的负载特性，辐射流必须被连续交替地中断。频率选择性前置放大器的优势在于提供更好的信噪比。

辐射热测量计

辐射热测量计利用电阻的温度依赖性。敏感元件由电阻器组成，当电阻器吸热时会发生变化。电阻的变化导致信号电压的



热释电探测器的构造

变化。为了实现高灵敏度和高比探测率，材料应具有较高的电阻温度系数。在室温下工作的辐射热测量计使用金属电阻（例如黑层和薄层辐射热测量计）和半导体电阻（例如热敏电阻辐射热测量计）的温度系数。

如今，红外成像仪基于以下技术发展：

半导体技术已取代了机械扫描仪。焦平面阵列（FPA）是在薄层辐射热测量计的基础上发展起来的。因此，VOX（氧化钒）或非晶硅等半导体材料被用作替代技术。这些技术显著提高了性价比。如今，常见的探测器尺寸为160×120、320×240和640×480像素。

量子探测器

量子探测器与热探测器的决定性区别在于它们对吸收的辐射反应更快。量子探测器的工作原理基于光电效应。红外辐射中的光子导致半导体材料内的电子升级到更高能级。当电子回落时，会产生电信号（电压或功率）。此外，电阻也可能发生变化，可以精确评估这些信号。量子探测器的速度非常快，通常在纳秒至微秒的时间尺度上。

热探测器敏感元件的温度变化相对较慢，其时间常数通常大于量子探测器的时间常数。粗略估计，可以说热探测器的时间常数可以以毫秒为单位测量，而量子探测器的时间常数可以以纳秒甚至微秒为单位测量。

尽管量子探测器领域发展迅速，但热探测器在许多应用中更为适用。因此，热探测器与量子探测器享有同等地位。

将红外辐射转换为电信号并计算物体温度

根据斯特凡·波尔兹曼定律，探测器的电信号如下：

$$U \sim \epsilon T_{obj}^4$$

由于还必须考虑环境反射辐射和红外测温仪的自辐射，计算公式如下：

$$U = C \cdot [\epsilon T_{obj}^4 + (1 - \epsilon) \cdot T_{amb}^4 - T_{pyr}^4]$$

- U 探测器信号
- T_{obj} 物体温度
- T_{amb} 背景辐射温度
- T_{pyr} 设备温度
- C 设备特定常数

$$\rho = 1 - \epsilon \quad \text{物体反射}$$

由于红外测温仪不覆盖整个波长范围，因此指数n取决于波长 λ 。波长范围为1至14 μm 。

n介于1和2之间（长波长介于2和3之间，短波长介于15和17之间）。

$$U = C \cdot [\epsilon T_{obj}^n + (1 - \epsilon) \cdot T_{amb}^n - T_{pyr}^n]$$

因此，物体温度的测定方法如下：

$$T_{obj} = n \sqrt[n]{\frac{U - C \cdot T_{amb}^n + C \cdot \epsilon T_{amb}^n + C \cdot T_{pyr}^n}{C \cdot \epsilon}}$$

所有温度的计算结果均以曲线带的形式存储在红外测温仪的EEPROM中，确保了数据的快速访问和温度的快速计算。

发射率

该公式表明，如果要通过辐射测量来确定温度，发射率 ϵ 至关重要。发射率是指测量灰体和黑体在相同温度下产生的热辐射的比率。黑体的最大发射率为1。灰体是指在所有波长下具有相同发射率的物体，其辐射比黑体少（ $\epsilon < 1$ ）。对于那些既与温度有关又与波长有关的物体，通常称为非灰体或选择性体（例如金属）。

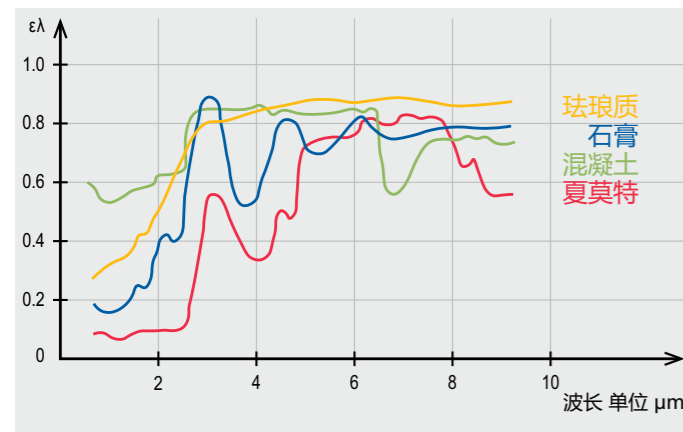
参见第34页起的发射率表。

发射率和温度测量

发射率是准确测量温度的关键因素。它取决于各种影响因素，必须根据应用进行调整。

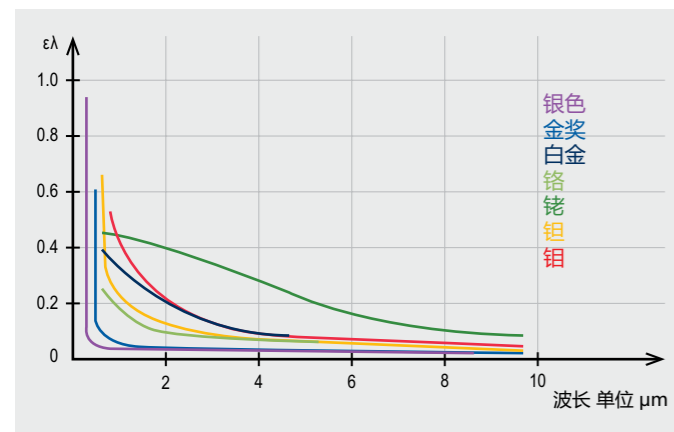
理论上，发射率取决于材料、表面特性、温度、波长、测量角度，有时还受测量装置的影响。许多由非金属材料组成的物体在长波谱范围内表现出较高且相对恒定的发射率，与其表面一致性无关。

一般而言，金属材料的发射率较低，这在很大程度上取决于表



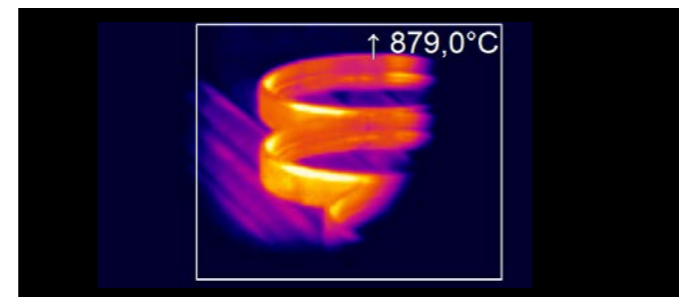
某些材料的光谱发射率

面特性，并且在波长较高时发射率会下降。



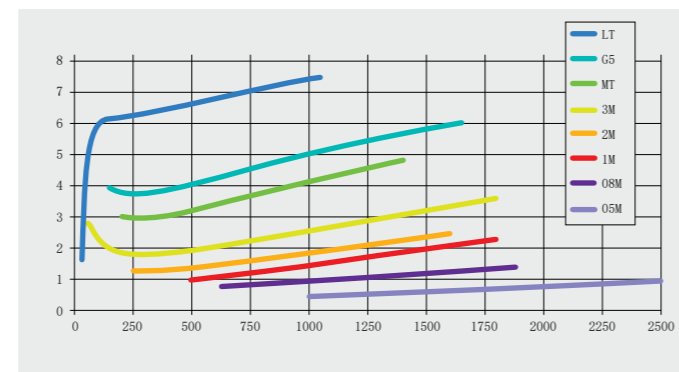
金属材料的光谱发射率

金属材料温度测量



淬火过程中轴承套圈的测量。

这可能导致测量结果的差异和不可靠性。在选择合适的温度测量设备时，请确保红外辐射是在特定波长和特定温度范围内测量的，在这个范围内金属材料显示出相对较高的发射率。以下图表显示，使用尽可能短的测量波长是合理的，因为对于许多类型的金属来说，测量误差与波长的相关性增加。对于金属而言，高温下的最佳波长为0.8至1.0 μm，处于可见光区域的极限。此外，1.6 μm、2.2 μm和3.9 μm的波长也是可行的。



发射率随波长和物温错误调整10%造成的测量误差 (LT: 8–14 μm; GS: 5 μm; MT: 3.9 μm; 3M: 2.3 μm; 2M: 1.6 μm; 1M: 1.0 μm); 08M: 800 nm; 05M: 525 nm。

更多信息，请参阅高温应用手册：

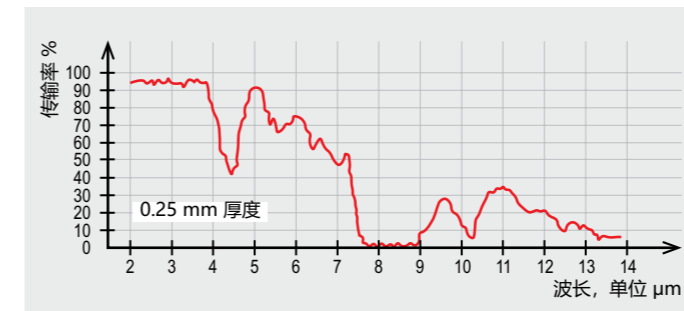
www.optris.com/cn/应用案例/冶金/

塑料温度测量

塑料的透射率因波长而异。它们的反应与厚度成反比，薄材料比厚塑料更具透射性。在透射率几乎为零的波长下可以进行最佳测量，而不受厚度的影响。聚乙烯、聚丙烯、尼龙和聚苯乙烯在波长为3.43 μm时无透射率；而聚酯、聚氨酯、聚四氟乙烯、聚醚砜和聚酰胺在波长为7.9 μm时无透射率。对于较厚且有色的薄膜，可选择8至14 μm的波长进行测量。

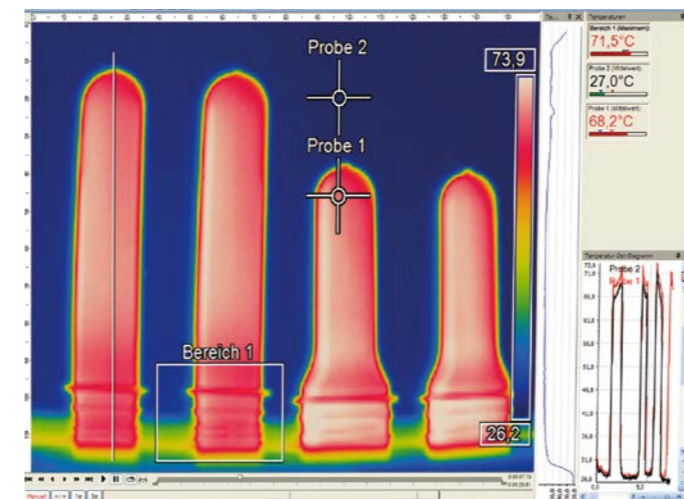


聚乙烯塑料薄膜的光谱透射率



聚酯塑料薄膜的光谱透射率

红外测温仪的制造商可以通过对塑料材料进行测试来确定温度测量的最佳光谱范围。几乎所有塑料的反射率都在5%到10%之

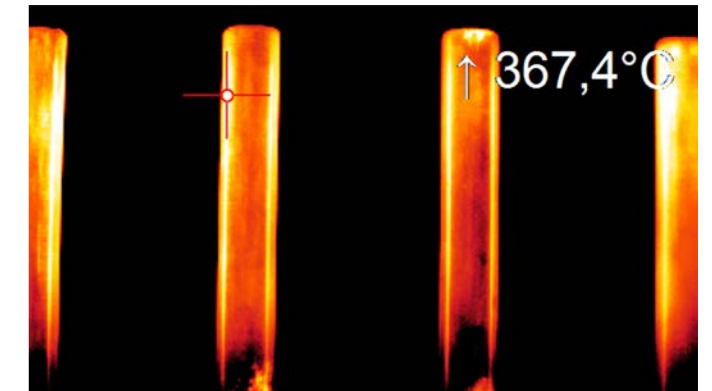


瓶坯制造过程的详细分析

有关塑料应用的更多信息，请参阅手册：

www.optris.com/cn/应用案例/塑料工业/

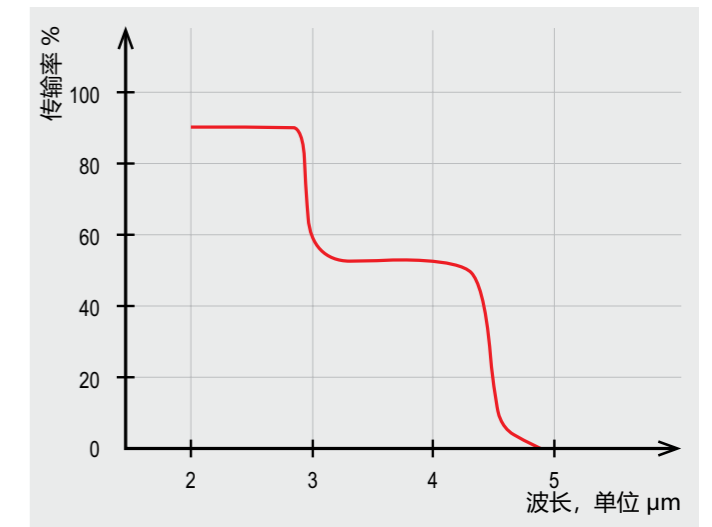
间。



玻璃管热斑测量

玻璃温度测量

如果使用红外测温仪或专用红外热像仪PI G7对玻璃进行温度测量，需要同时考虑反射率和透射率。精心选择波长有助于对玻璃表面以及玻璃深层进行测量。波长为1.0 μm、2.2 μm或3.9 μm适用于测量较深层，而波长为5 μm和7.9 μm则推荐用于测量表面。在低温条件下，应选择波长为8至14 μm，并结合0.85的发射率以补偿反射。为此，应使用响应时间短的测温仪，因为玻璃是不良的热导体，表面温度变化很快。



玻璃的光谱透射率

更多信息，请参阅玻璃应用概述：

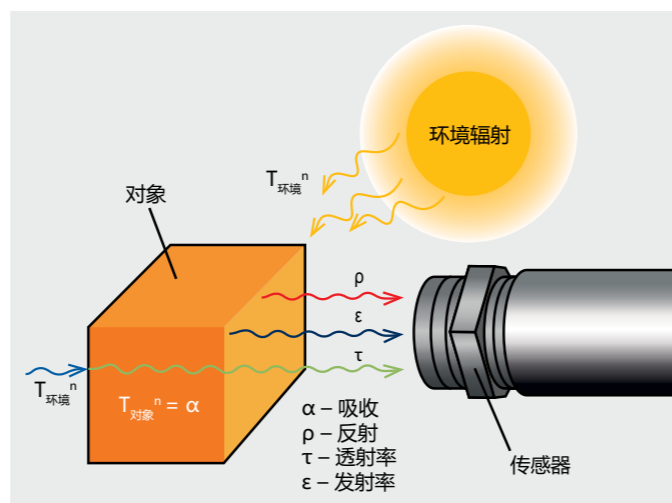
www.optris.com/cn/应用案例/玻璃工业/

环境影响

下图显示，空气的透射率与波长密切相关。高阻尼区域与高透射率区域交替出现，形成所谓的大气窗口。在长波大气窗口（8 - 14 μm ）中，透射率始终很高，而由于大气的影响，短波区域的透射率会明显降低，这可能导致错误的结果。典型的测量窗口为1.1至1.7 μm 、2至2.5 μm 和3至5 μm 。

环境中的热源是潜在的额外影响变量。为了防止因环境温度升高而导致错误的测量结果，红外测温仪在测量之前预先补偿环境温度的影响（例如，在测量工业炉中金属温度时，炉壁温度高于测量物体）。第二个温度测量头通过自动补偿环境温度和正确调整发射率来帮助生成准确的测量结果。

空气中的灰尘、烟雾和悬浮物会污染透镜，导致错误的测量结果。使用空气净化装置（与压缩空气螺纹连接的管插座）可防止空气中的颗粒聚集在透镜上。即使在恶劣的环境条件下，用于空气和水冷却的附件也支持红外测温仪的使用。



补偿环境影响

发射率的实验测定

在附录中，可以从技术文献和测量结果中找到各种材料的发射率数据。有多种方法可以确定发射率。

方法一：借助热电偶：

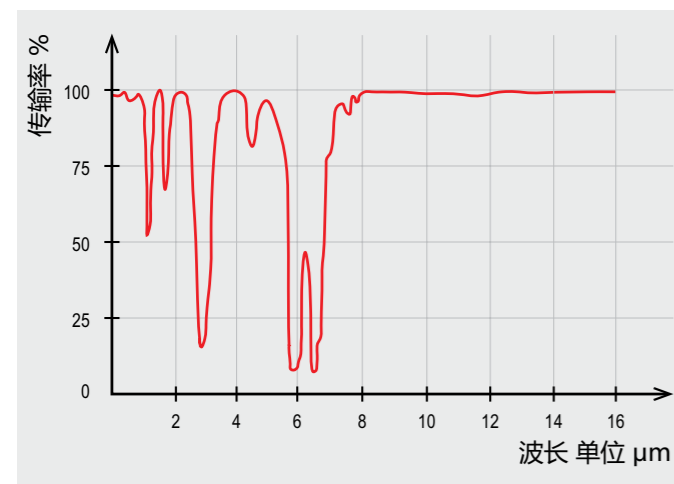
借助接触式探头（热电偶），可以同时测量物体表面的真实温度和辐射。随后对辐射率进行调整，使红外测温仪的温度测量与接触测量显示的值相符。接触式探头应具有良好的温度接触性和较低的散热性。

方法二：使用测量材料中的测试物体创建黑体：

导热材料中的钻孔（直径与钻孔深度的比率 \leq ）的反应类似于发射率接近1的黑体。由于红外设备的光学特性和测量距离，必须瞄准钻孔底部。随后可以确定发射率。

方法三：应用校准参考发射率：

在测量物体时，可以在其表面涂抹一个已知发射率的色带或颜色。然后，将该发射率设置在红外测量设备上，用于测量色带或彩色材料的温度。接着，选择参考点旁边的区域进行测量，并通过调整发射率，使设备显示与色带或彩色材料相同的温度测量值。此时，设备上将显示相应的发射率值。



空气光谱透射率 (1 m, 32 °C, 75 % r.F.)

红外测温仪的校准 [1] [2]

红外温度测量设备通过使用黑体进行校准。这些辐射源能够生成具有高度稳定性的不同温度（另见第5页，黑体部分）。在校准过程中，了解辐射温度的准确值至关重要。这个值可以通过接触式测温仪或传递式标准辐射测温仪进行测量，然后用于调整/校准红外传感器。在由客户或认可的校准实验室进行校准时，校准温度应处于相关应用的温度范围内。

用于测量参考源辐射温度的传递标准辐射测温仪包括LS-PT-B、CTlaser 2MH SF-PTB和Exactus Optical Thermometer-PTB。

基于高温计PTB的技术，我们可以为客户生产高精度的基准红外测温仪。DCI设备采用预选组件制造，以确保高度稳定的测量。通过结合特殊校准的三个校准点，可以在这些参考点上提供更高的DCI CTlaser LT温度测量精度。



德国国家计量研究院 (PTB) 证书



传递标准辐射测温仪CT-PTB



自动校准站

红外温度测量设备的光学原理通常用测量距离 (D) 和测量区域直径 (S) 的比值 (D:S) 来描述。

根据光学元件的质量, 测量设备可能会接收到指定测量范围之外的部分辐射。在这种情况下, 最大值相当于半球形辐射源 (半球体) 发出的辐射。对应的信号变化与辐射源的变化值由 SSE (辐射源尺寸效应) 来描述。

由于这些关系, 所有红外温度测量设备制造商都使用固定的定义几何图形进行校准, 即根据辐射源的开口直径设定到参考体的距离。从技术文件中可以看出, 对于设备的测量区域尺寸, 提供了前面提到的最大值的百分比值 - 典型值为90%或95%。

在准备校准证书时, 除了记录校准实验室的室温和空气湿度之外, 还应该记录测量距离和辐射体开口的直径 (校准几何形状)。



测量设备的生产不仅采用高技术标准, 而且积极参与整个行业的标准化流程。目前, 开发工程师正在德国工程协会 (VDI) 的应用辐射测温 (GMA 8.1) 和热成像仪温度测量 (GMA 8.16) 工作组中进行相关领域的工作。

红外测温仪的 光学、瞄准技术和电 子学

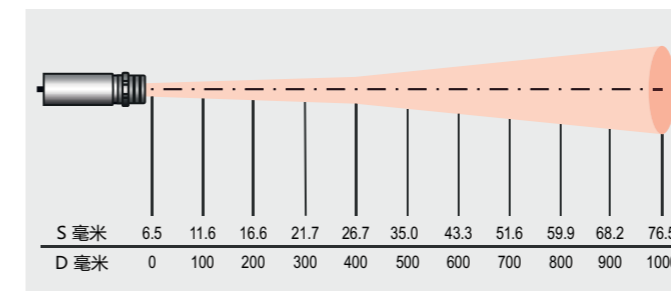
红外测温仪的构造

红外测温仪有不同的配置和设计, 在光学、电子、技术、尺寸和外壳方面各不相同。尽管存在这些差异, 但信号处理链始终相同: 始于红外信号, 终于电子温度输出信号。

透镜和窗口

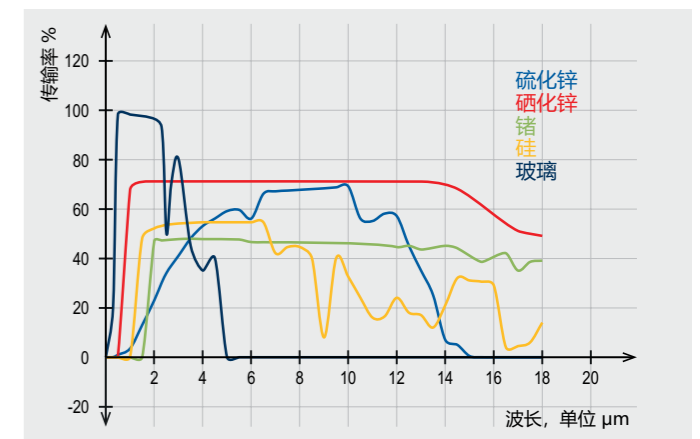
测量链以光学系统开始, 通常由透镜光学组成。透镜接收来自测量点的红外能量并将其聚焦到探测器上。只有当测量物体的尺寸大于探测器的光斑时, 基于该技术的测量才是正确的。距离比率描述特定距离上测量点的大小。其定义为D:S比率, 即测量距离与光斑直径的关系。光学分辨率随着D:S比值的增加而提高。

根据材料的不同, 红外透镜只适用于特定的波长范围。以下图表列示了红外测温仪典型透镜和窗口材料, 以及它们对应的波



红外传感器光学示意图

长。



典型红外材料的透射率 (1 mm厚)

有些测量需要透过适当的测量窗口进行温度测量, 例如在密闭的反应容器、窑炉或真空室中。测量窗口的透射率应该与传感器的光谱灵敏度相匹配。石英玻璃适用于高温测量, 而在8-14 μm光谱范围内的低温测量则应使用特殊材料, 如锗、AMTIR或硒化锌。在选择窗口时, 还应考虑以下参数: 窗口直径、温度条件和最大压差。直径为25 mm的窗口必须能够承受1个大气单位的压力差, 其厚度应为1.7 mm。为了确保传感器能够聚焦在测量物体上, 例如在进行真空容器中的测量时, 最好使用在可见光范围内透明的窗口材料。

红外高温计的 光学、瞄准和电子技术

窗口材质/属性	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaF ₂	BaF ₂	ZnS	ZnSe	KRS ₅	Ge	Si
推荐的红外波长 (单位: μm)	1 ...4	1 ...2.5	2 ...8	2 ...8	2 ...14	2 ...14	1 ...14	2 ...14	1.5 ...8
窗口最高温度 (°C)	1800	900	600	500	250	250	无资料	100	200
可见区域透射率	是	是	是	是	是	是	是	否	否
耐湿、耐酸、耐氮化合物	很好	很好	很少	很少	好	好	好	好	很好
适用于超高真空	是	是	是	是	是	是	是	是	是

表格展示各种窗户材料的比较概述

带有抗反射涂层的窗口透射率要高得多，可达95%。如果制造商规定了特定波长范围的透射率，可以通过调整窗口上的透射率来校正透射损耗。否则，就需要进行实验性测定，利用红外测温仪和参考源进行测量。

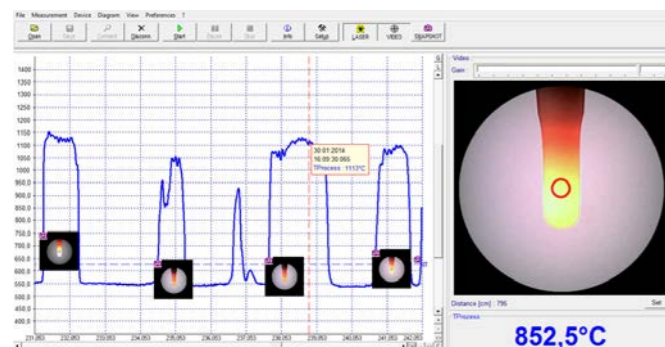
瞄准技术的最新发展趋势

新的测量原理和瞄准技术显著提高了红外测量设备的准确性。在固态激光器领域的创新中，通过采用多个激光系统来调整标记光斑的尺寸，从而实现更精准的测量。因此，使用激光十字准线技术能够清晰地显示物场内的实际光斑尺寸。在其他设备中，视频摄像头芯片取代了传统的光学瞄准系统。

结合十字准线激光瞄准技术开发高性能光学仪器

简便经济的便携式红外测温仪采用单点激光指示器，以默认视差值标记光斑中心。在使用这项技术时，用户需要借助光斑尺寸图和估算的测量距离来估算光斑尺寸。

如果测量物体只覆盖测量点的一部分，温度升高将仅以热区和环境冷区的平均值显示。例如，如果由于触点腐蚀而导致电气连接电阻增大，从而引起过热，那么对于较小的物体和过大的测量点尺寸，这种温度升高只会以微弱的升温显示，难以识别潜在的危险情况。



Compact Connect软件为视频测温计提供大量设置选项。

全新双激光概念

双激光瞄准有助于准传感器。调整激光器时，红外测量点位于两个激光点之间。在相关光学元件的焦点处，两个激光点相互重叠，从而将最小测量点标记为一个激光点。这样，传感器能够准确定位到待测物体。

视频高温计的十字准线原理

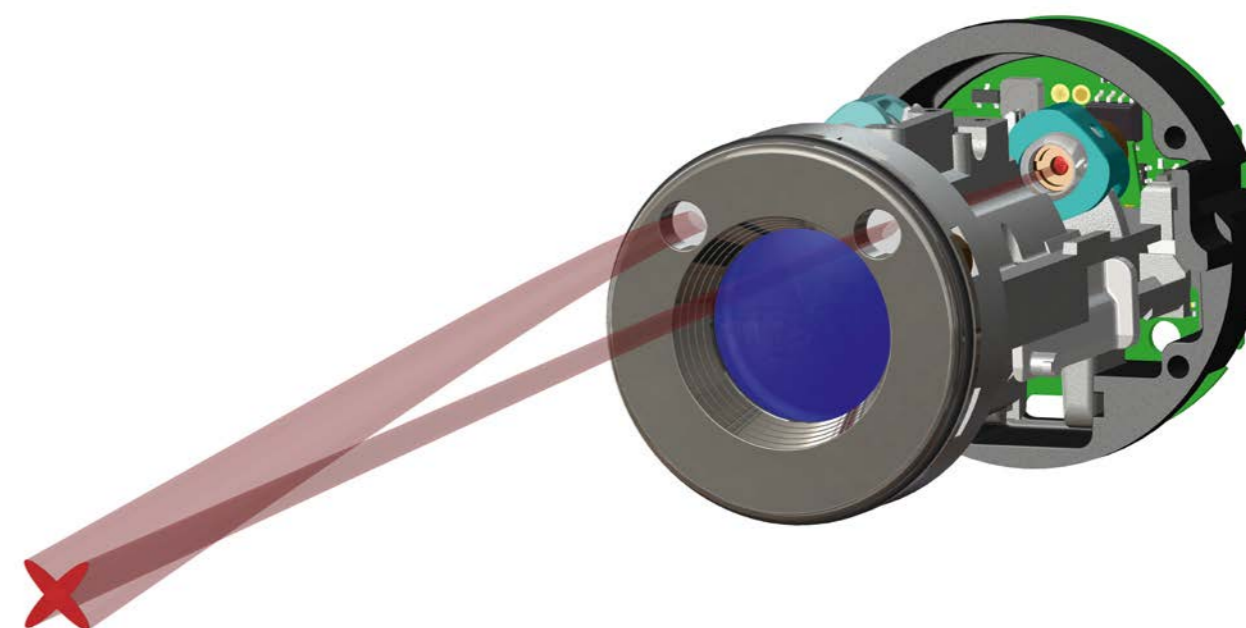
通过使用新的激光照明技术，我们成功地借助可见十字准线呈现红外测温仪的测量点。在这个场景中，红外光学测量通道周围呈90°角排列的两个激光二极管配备了线条发生器。这意味着激光线会在物体平面上产生一个十字准线，它能够始终精确地标记测量点的中心，而不受物体距离的影响。

通过这项技术，首次可以用激光来标记测量点的中心，而激光并非来自光学元件的中心。除了在设计上的优势外，这进一步提高了具有良好光学性能设备的实际可用性。

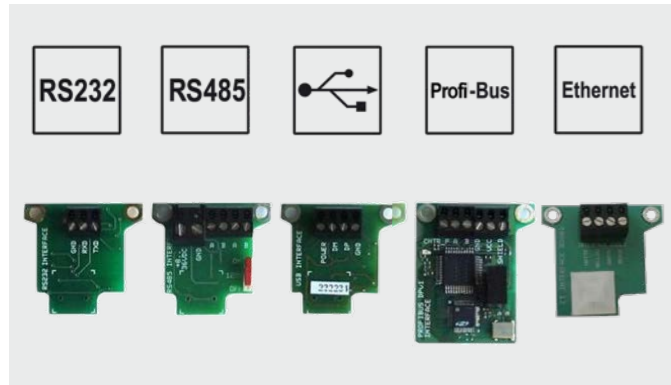
固定焦距与灵活焦距

许多红外测温仪采用所谓的固定焦距，即光学元件专门针对特定的测量距离进行聚焦。这意味着用户需要从众多不同的焦距选项中选择适用于其应用程序的版本。在预设的测量距离之外进行测量仍然是可能的，但在这些区域内，光学分辨率(D:S比值)较低，因为这只适用于特定的焦距。

可变焦红外测温仪允许用户根据需要不断调整所需的测量距离。这样做的好处是，在任何情况下都可以使用设备的最佳光学分辨率，因为D:S比值适用于每个聚焦测量距离。这意味着这类可变焦红外测温仪也可用于不同的测量距离或物体尺寸，只需根据新的测量任务进行调整即可。



视频高温计的创新十字准线原理



输出与接口（模拟和数字）。
示例：电子盒的可插拔数字接口模块

红外测温仪的输出接口可直接连接PC、笔记本电脑、测量数据打印机。

可使用PC软件创建客户定制的图形和图表。

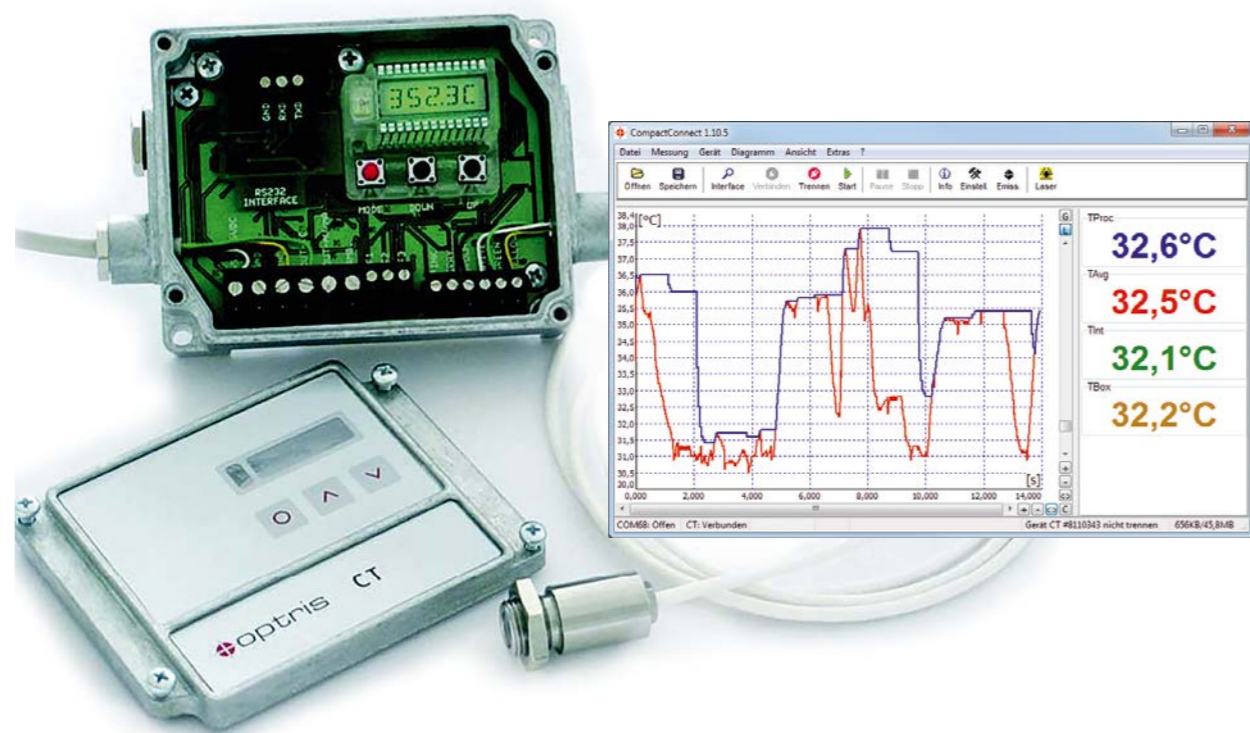
为了准确显示光斑尺寸，已经开发了一种采用十字准线标记尺寸的光学瞄准系统，从而实现了精确瞄准。由于激光高温计相比接触式测温仪更为简便安全，工程师们尝试采用激光瞄准技术，通过根据图中的距离与光斑尺寸比率，使光斑尺寸的标记独立于距离。

两束弯曲的激光大致显示出测量光束的收窄和在较长距离处的展宽。但是，光斑的直径大小只能通过外圆周上的两个点来表示。由于设计的原因，这些激光点在测量电路上的角度位置会发生移动，因此很难瞄准。

视频高温计是一项进步，它通过同时使用视频模块和十字准线激光瞄准技术，实现精确的测量区域标记。

电子盒 显示屏、输出和接口

红外测温仪的电子元件负责对探测器的输出信号进行线性化，最终生成线性功率信号（0/4 - 20 mA）或电压信号（0 - 10 V）。便携式测温仪将这一信号用作温度结果，并在LCD显示屏上进行显示。此外，一些便携式设备以及在线传感器还提供各种输出和接口，以进一步进行信号处理。



传感器及其在非接触式测量中的应用

使用红外测温仪进行非接触式温度测量是一种有效的方法，可用于控制、监测和管理过程温度，同时也可用于对机器和设施进行预防性维护。便携式红外测温仪和红外在线传感器分为点测量设备和图像测量设备，可以根据具体应用情况进行选择。

红外热像仪

相机用于拍摄周围环境的图像，这些图像可能是移动的，也可能是静止的。传统相机收集人眼可见的光线，而红外热像仪在较高波长范围内工作，根据探测到的辐射测量物体表面温度。以这种方式拍摄的图像可以重新计算，呈现所记录物体的温度图像。通过使用各种颜色进行伪彩色表示，可以清晰地可视化各种温度。这样，用户就可以根据图像非常容易地识别冷区或热区。通过使用相关软件，红外热像仪可以实现不同的应用，例如检测热点或通过微小缝隙进行线扫描。红外热像仪的应用非常广泛，涵盖从电气设备的维护到工件的质量保证，再到各工业领域的流程控制。根据不同的应用，红外热像仪提供了多种选择，包括不同的光学元件、分辨率和图像频率。



红外测温仪/高温计

红外测温仪或高温计可以对物体进行单点非接触式温度测量。红外测温仪非常紧凑，可以轻松集成到各种应用环境中。可根据温度范围和波长选择适合工业应用的设备。高温计分为紧凑型低价传感器（紧凑型系列）和高性能测温仪（高性能系列）。这两个系列都能通过各种标准接口输出测量值，使它们可以直接用于过程控制。红外测温仪的典型应用广泛存在于许多工业流程中，其中保持精确的温度非常关键，例如在塑料和金属工业，以及纸板包装制造中。



通过使用IRmobile应用程序，可直接在联网的智能手机上监控和分析红外测温数据。仅需一台Optris红外热像仪或高温计以及一台Android设备（版本5.0及以上）。



available on Google Play



红外热像仪及其应用

发现环境中的局部热点，揭示薄弱环节，一直是现代热成像技术的亮点。特别是随着红外光学图像传感器制造方法的不断提高，红外热像仪的性能与价格比得到了显著提升。

设备变得更加紧凑、更坚固、并且能耗更低。最近一段时间里，已经出现了类似于网络摄像头的热成像测量系统，只需通过USB端口即可操作。

红外热像仪光学元件

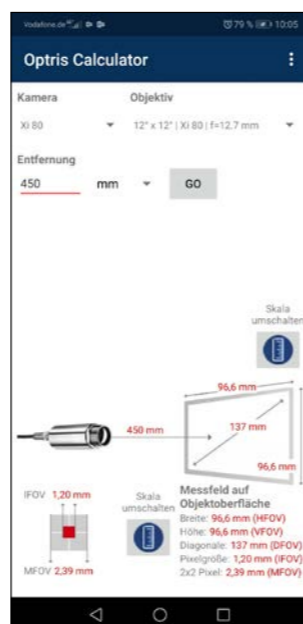
红外热像仪的工作原理与普通数码相机类似：它们有一个视场，视场在6°（长焦）和90°（广角）之间。距离物体越远，捕获的图像区域就越大，因此一个像素覆盖的图像区域也就越大。这些条件的优势在于，在足够大的表面上，照明强度不受距离的影响。这意味着温度测量通常不受测量物体距离的影响。[1]

只有使用由锗、锑合金、锌盐或表面反射镜制成的光学元件，才能在远距离红外区域（8-14 μm）对热辐射进行有效的聚焦。

与在常见的可见光谱范围内批量生产的透镜相比，这类专用透镜对于热成像仪仍然是一个相当大的成本因素。它们通常被设计为球面三透镜或非球面二透镜光学元件，并且必须经过校准才能进行准确的温度测量，特别是对于具有可更换透镜的热像仪，因为它们可能对单个像素产生影响。



可在Google Play下载
GET IT ON
Google Play



红外热像仪光学计算器

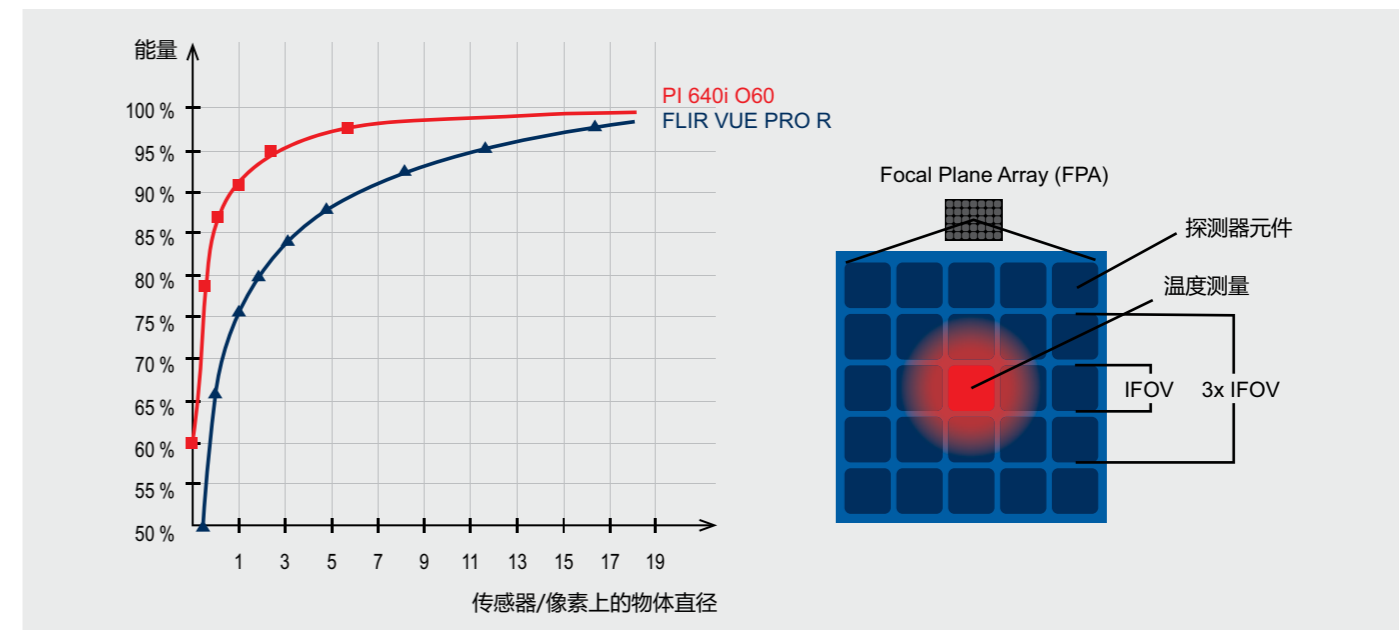
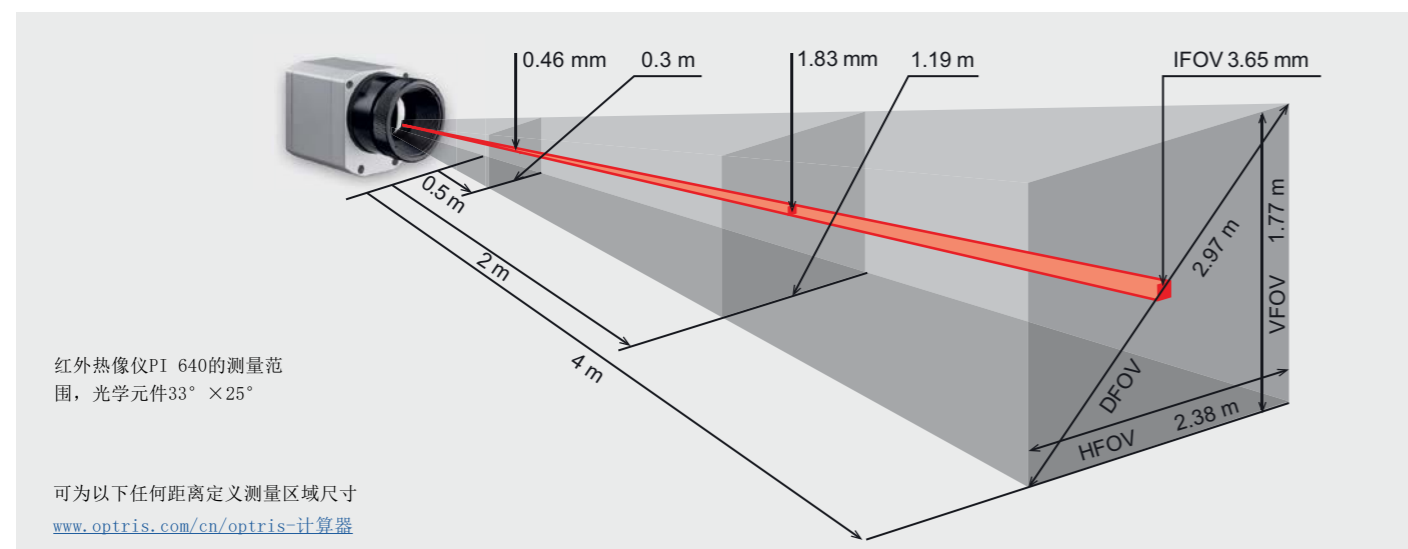


图1:

图2:

理想温度测量的几何分辨率

在设计红外热像仪的光学元件时，必须特别注意图像中物体的细节对比度质量。这可以通过调制传递函数（MTF）来描述。与可见光相机相比，红外热像仪更注重热对比度，因此它与狭缝响应函数（SRF）一起使用。结果由物体所需填充的像素数决定，以便精确测量其温度。在高性能红外光学系统中，像素数为3×3（红色曲线；图1），而在低质量光学系统中，有时可能需要多达10×10像素（蓝色曲线，图xx）才能接收到90%的能量。在探测器像素相同的情况下，高性能相机透镜还可以实现更大的测量距离，或对更小的结构和物体进行精确的温度测量。3×3像素的几何形状被称为MFOV（测量视场），物体表面的单个像素被称为IFOV（瞬时视场）。MFOV与红外测温仪的测量光斑定义相当。

在世界上使用的绝大多数热成像系统中，红外热像仪的核心是焦平面阵列（FPA）。FPA是集成图像传感器，像素数量从6400到100万个不等。每个像素本身就是一个尺寸为12×12到35×35 μm²的微测辐射热计。这些150纳米厚的热接收器在10 ms内受到热辐射的加热，其温度约为物体温度与自身温度之间温差的五分之一。

如此高的灵敏度是通过极低的热容以及对真空环境的出色绝缘相结合实现的。部分透明接收器表面的吸收率通过发射光波的干涉而增加，随后被反射到硅芯片表面的下一光波上。[3]

为了利用这种固有的干扰效应，必须使用特殊的蚀刻技术将由氧化钽或非晶硅组成的辐射热计表面与读取电路保持约2 μm的距离。在这里描述的FPA的面积和带宽相关的特定探测性能能达到约109 cm Hz^{1/2} / W的值。因此，与其他热传感器（如高温计）相比，FPA的灵敏度要高出一个数量级。

辐射热测量计的温度会改变其电阻，然后将其转换为电压信号。14位快速A/D转换器将先前放大和序列化的视频信号数字化。数字信号处理器计算每个像素的温度值，并实时生成众所周知的伪彩色图像。红外热像仪需要进行相当复杂的校准，为每个像素在不同芯片或黑体温度下分配一系列灵敏度值。为了提高测量精度，辐射热测量计FPA在规定的温度下通过精确的控制进行恒温。

由于笔记本电脑、上网本、平板电脑和智能手机的功能越来越强大、体积越来越小、价格越来越低，现在可以使用它们的

- 用于显示热图像的大型显示屏，
- 优化的锂离子电池供电，
- 计算能力强，可灵活呈现高质量的实时信号，
- 存储容量可支持当前几乎无限的热成像视频录制，以及
- 以太网、蓝牙、Wi-Fi和软件接口，用于将热成像系统集成到应用环境中。

标准化、通用的USB 2.0接口可实现的数据传输速率如

- 32 Hz，640×480像素分辨率，
- 125 Hz，640×120像素（子帧模式）
- 1 kHz，72×56像素。

USB 3.0技术甚至适用于高达100 Hz视频频率的XGA红外成像分辨率。通过在热成像中使用网络摄像头原理，可提供全新的产品功能，并显著提高性价比。

在这里，红外热像仪通过480 MBaud接口与基于Windows的计算机连接，计算机同时提供电源。

USB红外热像仪的硬件

紧凑型系列是坚固耐用的紧凑型高温计与现代红外热像仪的完美结合。这种低成本红外热像仪的一个特殊功能是可以使用电动调焦远程设置焦点，并通过模拟输出将红外热像仪自主集成到过程中（无需过程计算机）。它的新功能是可以模拟输出发出热点。

现代USB红外热像仪将紧凑坚固的高温计和紧凑型红外热像仪的优点融为一体。除了通过集成的电动调焦远程调整焦点的选项外，这种红外热像仪还可以自主工作，即无需使用过程计算机。例如，红外热像仪能计算记录物场本身内的热点，因此能够跟踪移动物体。计算出所跟踪物体的温度直接作为模拟0/4-20 mA信号输出。

过去，USB只是一种纯粹的办公通信接口。与FireWire相比，USB接口标准的广泛使用推动了众多发展，极大提高了接口的工业性能，从而提高了USB 2.0设备的可用性。

其中包括：

- 支持拖缆，可在高达200° C的温度下使用，电缆长度可达10 m。[4]
- 长达100 m的Cat.6（以太网），通过USB至GigE转换器（支持 PoE）
- 光纤以太网调制解调器，电缆长度可达10 km
-

由于USB总线的带宽很高，例如，使用标准集线器通过100 m长的以太网电缆就可以连接五台120 Hz的红外热像仪和一台笔记本电脑。

防水、抗振和抗冲击的热成像设备符合IP 67防护等级，因此也适用于坚固耐用的测试和检查工作台应用。45×45×60-75 mm³的尺寸和195 g的重量大大降低了冷却外壳和空气净化装置的成本。

由于辐射热测量计的热漂移和其芯片上的信号处理，全球销售的所有测量红外热像仪在一定时间间隔内都需要进行偏移校正。为此，通过电机将一块黑涂覆的金属部件移至图像传感器前。这样可以使已知温度参考每个图像元素。在这种偏移量校正过程中，热成像仪自然是无法探测的。为尽量减少这种影响，可以使用外部控制引脚在适当的时间点启动偏移量校正。同时，热成像仪的设计使自动校准的持续时间尽量缩短。

安装适当的快速执行器后，USB红外热像仪可在250 ms内自动校准。这相当于一眨眼的的时间，因此适用于许多测量过程。在必须检测突发热点的连续过程中，通常可以在动态差分图像测量中使用在附近生成的“良好”参考图像。这样就可以在没有机械移动元件的情况下进行连续操作。



对于偏移校准，将温度参照物迅速移动到红外传感器阵列的视场中。

特别是在10.6 μm CO₂激光加工技术中使用长波光谱敏感热像仪时，可以选择通过外部控制关闭光学通道，同时从热像仪的光学机械保护操作条件中获得独立的信号。这一选择已经得到充分验证。此外，还有一种特殊的CO₂隔离滤光片，即使在使用主动CO₂激光器的情况下，也可以使用这些红外热像仪进行温度测量。

对于工作波长在900 nm至2.6 μm范围内的加工激光，长波红外热像仪无需额外的滤光片即可使用，因为光谱滤光片对探测器具有良好的阻挡作用。但在加工温度较高和金属表面上，最好使用短波红外热像仪。800 nm或500 nm的窄带光谱灵敏度也允许使用这些热像仪系统，而无需额外的阻挡滤光片。

这里介绍的热成像设备的主要应用领域包括：

- 分析产品和过程开发中的动态热过程。
- 用于持续观察和控制热过程的固定应用。
- 偶尔用作维修部门的便携式测量设备，并用于检测热泄漏。通过操作简单的Android应用程序，可将紧凑型工业热像仪与智能手机结合使用。

对于研发领域的使用，高图像频率视频录制选项已被证明具有优势。这样，仅在热像仪视野中短暂存在的热过程就可以在软件中进行分析。因此，可以从此类视频序列中提取出具有完整几何和热分辨率的单个图像。此外，可更换镜头（包括显微镜镜头）也为设备适应不同测量任务提供多种选择：6° 镜头更适合观察远距离的细节，而使用显微镜镜头则可以测量几何分辨率为28 μm²的物体。



红外热像仪像素高达640×480，频率高达1.000 Hz

在固定安装的USB红外热像仪中，电隔离的过程接口成为其优势，从生成的热图像中提取的温度信息可以通过0/4-20 mA或0-10V信号传输。此外，还可以通过电压输入将区域相关的发射率或非接触式或接触式参考温度测量值输入热像仪系统。为了进行质量记录，额外的数字输入可以触发图像或视频序列的快照。这些与单个产品相关的热图像也可以自动存储在中央服务器上。



用于PCB检测的光学显微镜PI 640i

分析软件保证灵活性

USB红外热像仪使用集成在Windows操作系统中的标准USB视频类或HID驱动程序，因此无需安装额外的驱动程序。与单个像素相关的温度计算由计算机处理。与可见光相机相比，尽管红外热像仪的几何分辨率相对较低（例如，VGA分辨率为307,200像素），但图像质量仍然出奇地好。这是通过复杂的软件渲染算法实现的。

用户软件也非常灵活。除标准功能外，该软件还包括以下功能：

- 支持离线分析的导出数据和热图像的多种选项。
- 可自由定位的轮廓表示。
- 测量区域数量不限，并有单独的报警选项。
- 基于参考图像的差异化视频视图。
- 通过微小槽测量移动物体（线扫描）。
- 重叠多个图像以生成整体图像（合并）。
- 根据定义的事件触发图像（事件抓取）。

该软件还提供布局模式，可以保存并恢复各种演示模式。视频编辑器可以处理辐射AVI数据（.ravi）。这些文件也可以使用多种方式并行使用的软件进行离线分析。视频记录模式包括间歇模式，允许以更高的速度捕获和查看缓慢的热过程。

通过软件开发工具包中完整记录的DLL，可将数据传输到其他程序。所有其他热像仪功能也可以通过DLL接口进行控制。此外，该软件还可以通过串行（com）端口进行通信，例如可以直接激活RS422接口。还提供适用于Linux的驱动程序。

工业配件应用广泛

为了能够在全球工业中使用现代红外测量技术，需要合适的辅助设备。除了必备的（高温）电缆和接口转换器（例如从USB到以太网），还特别包括适用于恶劣环境的保护外壳，允许在高达250° C或315° C的环境温度下使用热像仪。

对于户外使用，可提供特殊的加热热像仪外壳。这样，热像仪可以在-40° C至+50° C的各种气候条件下使用。

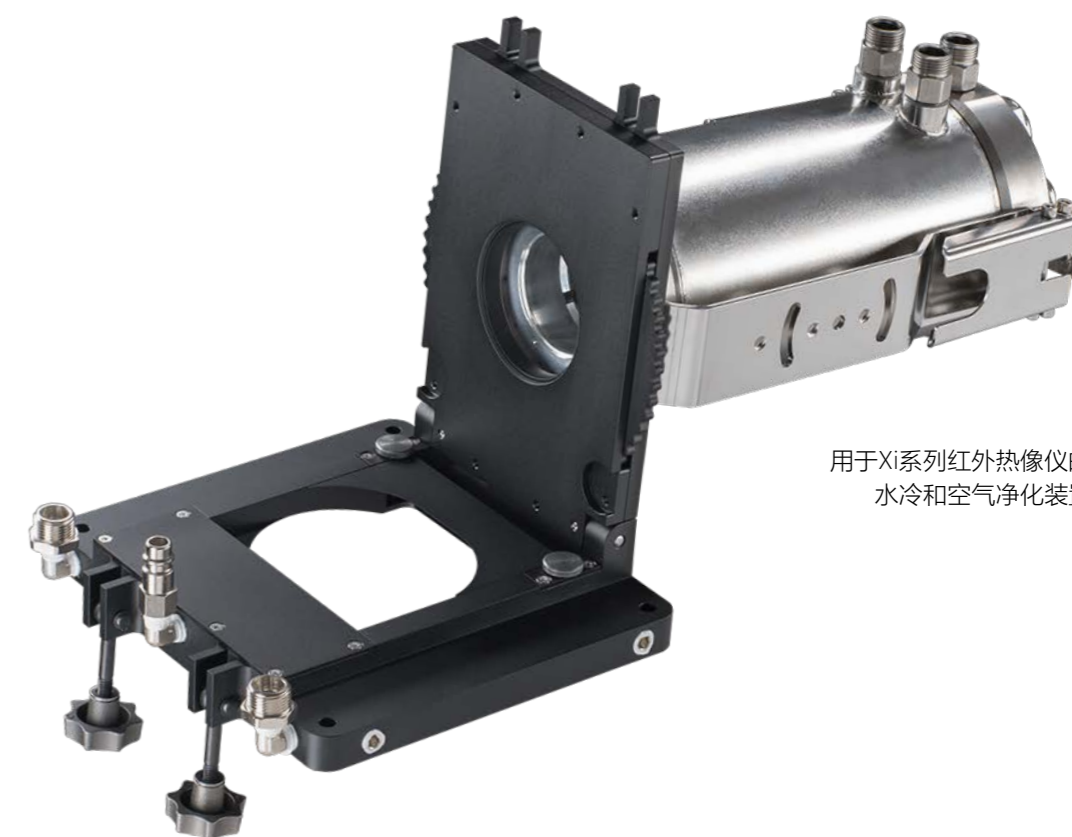
层流空气净化挡圈，可防止热像仪光学系统和防护窗口出现冷凝和灰尘沉积，两者均可与冷却和防护罩结合使用，完善配件系列。对于极端恶劣的气象条件或部件可能影响热像仪的情况，所谓的快门（伺服控制关闭挡板）可为热像仪光学元件提供可靠的保护。



用于Xi系列的带快门水冷却系统



带PI系列红外热像仪户外防护罩



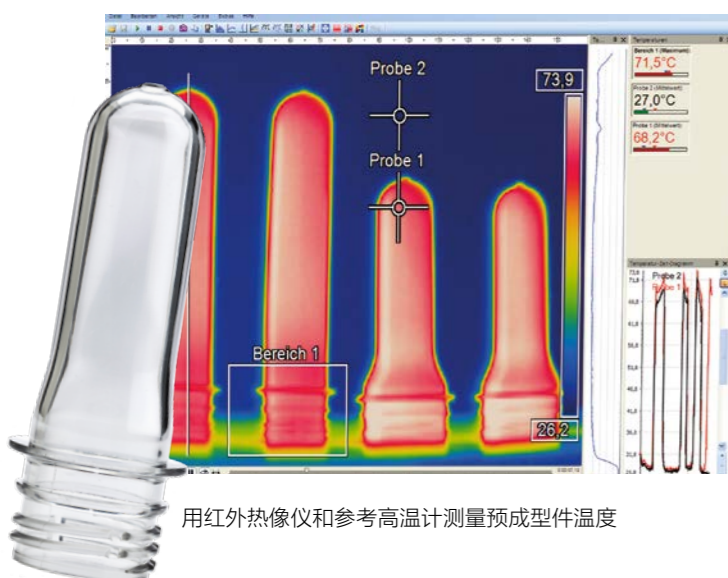
用于Xi系列红外热像仪的水冷和空气净化装置

应用领域

以下讨论五个典型应用案例，作为USB红外热像仪应用范围的示例。

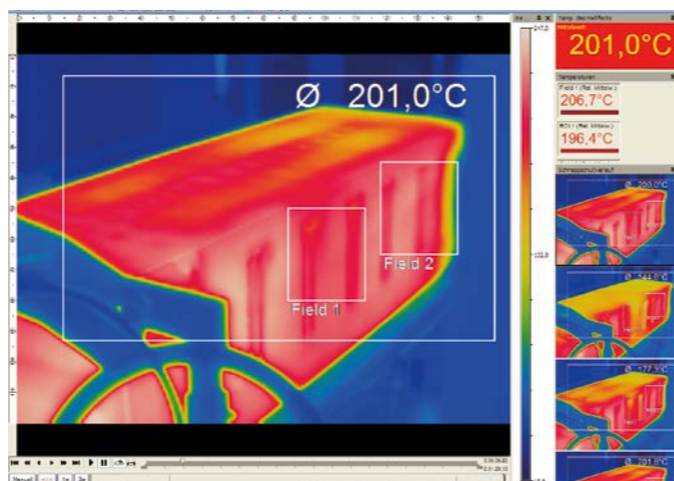
1. 优化生产流程

在生产PET瓶等塑料部件时，需要对所谓的预成型进行规定的加热，以保证在吹塑成型时材料厚度均匀。在试运行期间，生产设备仅使用少量20 mm厚的坯料，以1 m/s左右全速运行。



由于测试体通过的时间点可能不同，因此必须以120 Hz的频率记录视频序列，以便测量预成型的温度分布。在这种情况下，热像仪的定位方式是以斜角“跟踪”材料的移动，类似于行驶列车的最后一节车厢。由此生成的红外视频序列显示了用于调整加热参数的重要温度分布。

在制造用于冰箱的大型塑料零件的真空成型过程中，通过视频记录可以精确测量成型部件不同部位的冷却情况。不同的冷却速度会导致材料变形。通过优化冷却速度，可以避免由于塑料中的记忆效应而导致的延迟变形，例如在仪表板上发生的变形。与使用示波器分析电信号曲线类似，红外热像仪也是评估动态热过程的重要工具。



不同红外视频和图像分析选项示例

2. 从消防到质量控制 - 红外热像仪监控刨削系统

在现代刨削系统上加工各种产品。如果这类机器上的部件温度过高，在最坏的情况下可能导致切屑着火并引发火灾。红外热像仪可立即检测到过热的部件，从而有效消除火灾风险。然而，红外技术还可以做更多：最大限度地减少木材上过度接触压力引起的烧焦。

在制造粗锯实木部件时，如今通常使用多面刨床，对木材进行打磨、刨削，必要时进行仿形。一台机器有多个主轴，可以在连续运行中从各个方面对工件进行加工。在加工过程中，木材



用于观察刨床的PIX Connect软件。图片：binderholz

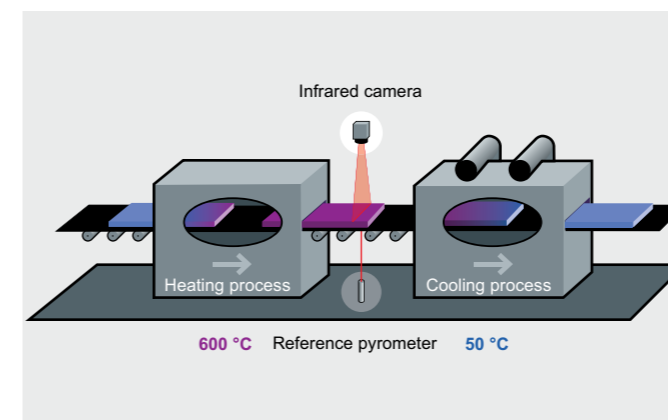
以每秒最高3.4米的速度通过整个刨削线。线性导轨和压力块将木工件推向主轴。如果压力过高，进料导轨会因摩擦力过大而过热，严重时会导致火灾。齿轮箱、电机和传动轴等驱动技术组件也会过热。

监测刨削线上的温度还可以评估木材表面的温度，根据接触压力的不同，木材表面温度可能会变得极高。由此产生的变色和焦痕会影响最终产品的质量。通过直接在机器上进行非接触式温度监控，可以降低废品率。

如果在机器和木材的早期阶段检测到损坏，维护团队和生产团队就有机会在实际损坏发生之前更换相应的部件或优化流程。通过这种方式，可以避免由于较长的生产中中断期而导致的故障，同时还可以避免生产低质量的木制零件。

3. 玻璃硬化设备中的线阵相机应用 (线扫描)

在建筑用玻璃切割成最终形状后，通常需要进行表面硬化处理。这一处理通常在硬化车间进行，将切割好的玻璃在窑炉中加热到约600°C。经过加热处理后，通过移动的辊筒将材料从烤炉运送到空气冷却区，在那里表面会迅速均匀地冷却。这个过程形成了对安全玻璃至关重要的细晶硬化结构。这种结构以及玻璃的断裂韧性取决于对所有区域尽可能均匀的加热。



使用红外热像仪和参考高温计测量玻璃钢化生产线的热图像。

由于窑炉外壳和冷却部分靠得很近，因此只能通过微小的缝隙观察从窑炉中流出的玻璃表面。因此，材料在热图像上只能显示几行。

现在，该软件可以用特殊的方式呈现，当玻璃板以恒定的速度移过缝隙时，玻璃板的完整图像会逐行重建。

热像仪以对角线方式测量缝隙，因此使用90°镜头可获得111°的视场。由于玻璃可能具有不同的辐射率取决于表面涂层，红外测温仪在波长为5 μm的玻璃表面的最佳范围内测量未涂层底层的精确表面温度。通过热图像沿这条线记录的温度通过热像仪的模拟输入进行传输，并与相应的热像仪测量值进行比较。结果就是整个测量图像的校正发射率。最后，通过测量图像可以对窑炉中的所有加热部分进行精确调整，从而确保良好的热均匀度。

对于镀膜玻璃，通常只能从下方测量温度。为了以最佳方式保护红外热像仪，防止碎屑掉落，可提供合适的附件，包括用于紧凑型红外热像仪的快门装置。为了以最佳方式保护红外热像仪，防止碎屑掉落，可提供合适的附件，包括用于紧凑型红外热像仪的快门装置。

4. 电子产品开发中微小组件的温度测量

近年来，电子产品的发展呈现出明显的趋势：设备的功能越来越强大，同时封装密度也越来越高。因此，在开发过程中必须同样谨慎地处理热问题。现代红外测量技术在这方面发挥了重要作用。

集成密度越大，组件中的功率损耗所产生的热量就越大。此外，不断小型化的趋势可能会阻碍有效的散热。然而，半导体组件的使用寿命与温度密切相关，这使得电路板和组件的热性能成为一个重要问题。

红外测量技术工作快速、精确，并且无需接触物体，这对于电子产品制造尤其重要。为了安全地记录电路板上非常小的组件和结构的温度，需要具有适当高分辨率的红外热像仪。本示例可以准确检测电路板上的哪个组件温度过高。

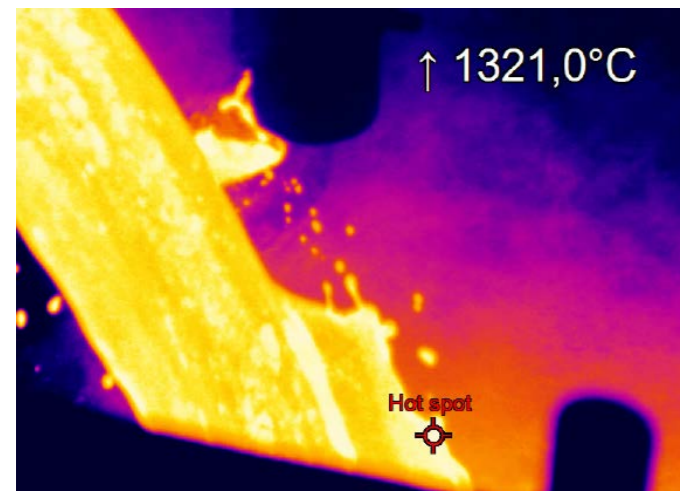
红外热像仪用于电子产品开发的阶段：前期热模型计算、生产和最终检验，作为质量保证的一部分。



用于分析最小组件的光学显微镜Xi 400

5.控制熔体温度

浇铸金属是金属加工行业最重要的成型工艺之一。与批量生产中的大多数工艺一样，自动化解决方案如今在浇铸技术中也越来越常见。例如，在钢包浇铸机上，红外测温技术用于监控浇铸过程中的熔体温度。



PI 05M的连续测量范围为900至2450 °C，特别适用于熔融金属的温度测量。

其中，浇铸过程的质量在很大程度上取决于熔体的温度。传统上，熔体温度在感应熔炼炉中确定，然后再装入浇注钢包。尽管钢包更换速度快且运输过程中钢包内的温度损失较低，但在浇铸过程中仍使用红外热像仪再次确定温度。如果熔液温度过低，无疑会导致工件出现质量问题。

PI 05M红外热像仪的光学分辨率为764×480像素，图像刷新率高达1 kHz。它还具有非常实用的功能：通过“峰值保持”功能，可以自动计算并保留图像中的最高温度，即热点。浇铸过程中产生的烟雾或蒸汽也不会对热像仪的温度测量造成任何问题。

概要

新的热像仪技术在红外市场上带来了创新，特别是在灵活性和应用范围方面。除了进行复杂的温度分析外，该设备还可以与移动外围设备配合使用，用于执行简单的维护任务。除了USB红外热像仪测量头本身的硬件外，热成像系统的另外两个主要组件，即Windows软件和PC硬件，都可以随时进行更新。因此，随着时间的推移，整个系统的功能会不断增强。一方面，用户只需下载软件更新和扩展程序即可实现功能的提升。另一方面，由于标准化的USB接口，测量系统可以随时通过进一步的技术和功能PC硬件发展进行升级。

红外测温仪及其应用

点检测表面温度是红外测温技术的“鼻祖”。由于激光技术和滤光片的不同，红外测温仪或高温计可广泛应用于各个领域。通常情况下，通过点测量就可以控制整个过程。在这种情况下，测温仪的性价比是红外热像仪无法比拟的。

固定式红外测温仪 紧凑型高性能系列

固定式红外测温仪通常用于生产线的质量控制。除了非接触式温度测量和显示测量数据外，还可以控制过程温度。

高温计在适应测量问题方面有多种选择，既可以对现有的生产系统进行简单的改造，也可以与机械工程领域的原始设备制造客户密切合作，为新工厂提供面向未来的设备。其应用范围广泛：

1.感应淬火过程中的温度测量

如今，热处理在金属加工中发挥重要作用。通过对金属进行有针对性的热处理，可以影响金属的耐腐蚀性、磁性、硬度、延展性、耐磨性和断裂行为等性能。

热处理的一种形式是感应淬火。将组件置于强交变磁场中，使其受热，然后“冻结”在所需的结构中。通过控制频率，可以调节热量进入材料的局部渗透深度，从而对部件的特定区域进行处理。所需的金属材料结构取决于最佳温度-时间曲线。因此，有必要对温度进行持续监测。

由于存在强电磁场，CT激光仪1M、2M或3M尤其适用，因为电子设备已从测量头中移除，因此可以很好地防止辐射。



CTlaser

2. 精确控制温度，制造创新塑料部件



CT LT - 热成型机中带层流空气净化装置的测量头

塑料在许多领域都发挥着重要作用，尤其是在汽车工程等具有挑战性的应用领域，新的制造技术和材料组合不断被开发。无尽纤维增强热塑性塑料就是一个典型的例子，这些部件具有高强度、复杂的几何形状，同时重量轻。同时，该工艺的周期短，这对于大批量生产尤为重要。

首先对其进行加热，然后通过热成型工艺将其加工成所需的几何形状。整个工艺的决定性因素是表面温度分布要尽可能均匀。传统的温度控制器在这方面已经达到了极限。使用CT LT 22型高温计。使用这种红外测温仪的决定性因素是其结构紧凑，能够在高达180°C的高温环境中使用，并通过工业附件（在本例中为空气净化挡圈）对应用进行个性化适应。据该公司称，测量设备十多年来从未出现过故障。



CS传感器头

3. 在生产复合纸板过程中控制纸幅和涂胶的温度



纸张和纸板生产中的红外温度测量

现代纸张覆膜机的卷筒纸生产速度很高，这就要求对纸张、粘合剂和待覆膜原纸的温度进行精确而快速的控制。只有在产品组件之间的温度条件完全符合技术要求的情况下，才能实现精确和无变形的层压。

在压辊和涂胶辊上与纸幅横向移动的指定测量点上使用微型红外温度传感器对辊筒温度进行监控，可实现高度均匀的层压。红外线传感器光学通道上的空气净化和清洁装置可实现免维护测量操作。对卷筒纸边缘的红外传感器的数据进行智能信号处理还可以对施胶设备进行几何调整。



CSmicro

4. 红外测温仪控制接合过程



包装机械中的红外温度测量

在粘接各种不同类型材料的部件时，固化过程是一个非常重要的环节。它不仅耗费资金和时间，而且对连接产品的质量至关重要。对相应的测量和控制系统的要求越来越高，并且越来越多地采用红外测量技术进行温度控制。

在粘接过程中，温度是最重要的物理参数之一。如果温度过低，粘合剂就会变脆。如果温度过高，材料可能会软化，甚至熔化或降解。通过利用同一红外辐射体的不同波长，可以通过组件来控制粘合剂的温度。短波辐射深入固体材料，确保均匀加热。

组件的温度可通过CT LT型红外测温仪进行非接触式测量。红外辐射器与电子PID温度控制器配合使用，在计算出的频率内以精确的温度进行循环和脉冲，从而在不损坏工件的情况下以最佳功率密度将能量传递到粘合剂中。

符合“温度分布”和“能量穿透深度”参数可确保最佳的温度控制。



带电子盒的CT LT



以下是我们的在线百科全书的摘录，请在www.optris.com/cn/支持/词汇表/找到

便携式红外测温仪

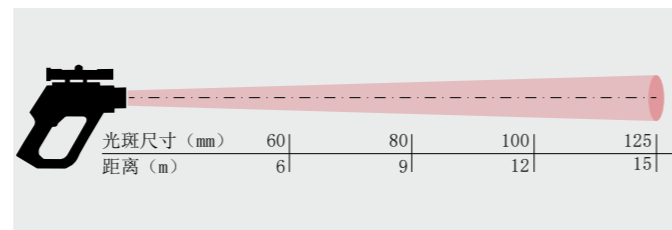


使用P20 05M对铸造厂中的熔体进行详细的红外温度测量。

便携式红外测温仪（又名激光测温仪）主要用于偶发和局部温度测量，是预防性维护的一部分。应用领域包括电气系统、旋转机械以及供暖、通风和空调技术诊断工具的检测。还可用于汽车行业的快速故障分析。

无论是在室内还是室外，无论是在阳光下、雨中还是在不同的温度条件下，与廉价的DIY便携式温度计相比，

该设备还提供不同的光谱范围。除了长波区域（8至14 μm）外，还特别包括525 nm、1 μm和1.6 μm的短波区域。短波红外测温仪在全球金属工业中得到广泛使用，可测量温度高达2000° C的物体，光学分辨率高达300:1，非常适用于（熔融）金属。



距离与光斑尺寸比120:1



便携式红外测温仪P20 05M

术语	解释
吸收	物体吸收的辐射与入射辐射的比率。0和1之间的数字。
发射率	物体的发射辐射与黑体源辐射的比较。0和1之间的数字。
过滤	仅可透过特定红外波长的材料。
FOV	视场：红外镜头的水平视场。
FPA	焦平面阵列：红外探测器的类型。
灰体源	一个物体，它在每个波长都能发射出黑体源所发射能量的一部分。
IFOV	瞬时视场： 热成像仪的几何分辨率值。
NETD	噪声等效温差。 热成像仪（图像中）的噪声值。
物体参数	描述测量条件和测量物体的数值（如发射率、环境温度、距离等）
物体信号	非校准值，指热成像仪从测量物体接收到的辐射。
调色板	红外成像的颜色
像素	图片元素的同义词。图像中的单个图像点。
参考温度	用于比较常规测量数据的温度值。
反射	物体反射的辐射与入射辐射的比率。0和1之间的数字。
黑体源	反射率为0的物体。 任何辐射都是基于其自身的温度。
光谱比辐射	物体发射的能量与时间、面积和波长（W / m ² / μm）相关。
比辐射	物体释放的能量，以时间和面积为单位（W / m ² ）。
辐射	物体发射的能量，以时间、面积和实体角为单位（W / m ² / sr）。
辐射流	物体发射的能量，以时间单位（W）。
温差	一个温度值减去另一个温度值得出的数值。
温度范围	热成像仪当前的温度测量范围。成像仪的温度范围有多种。它们借助两个黑体源值进行描述，作为当前校准的阈值。
温度记录图	红外成像
透射率	气体和固态具有不同的透射率。透射率描述穿透物体的红外辐射水平。0和1之间的数字。
周围环境	向测量物体传递辐射的物体和气体。

附录：发射率表

有关发射率表或PIX Connect软件的更多信息，请访问我们的Youtube频道和网站：www.optris.com/cn

T: 总光谱 SW: 2-5 μm LW: 8-14 μm LLW: 6.5-20 μm					
参考					
材料	规格	温度 (°C)	光谱	发射率	R
铝	板材, 4个划痕不同的样本	70	LW	0.03-0.06	9
铝	板材, 4个划痕不同的样本	70	SW	0.05-0.08	9
铝	阳极氧化, 浅灰色, 无光泽	70	LW	0.97	9
铝	阳极氧化, 浅灰色, 无光泽	70	SW	0.61	9
铝	阳极氧化, 浅灰色, 无光泽	70	LW	0.95	9
铝	阳极氧化, 浅灰色, 无光泽	70	SW	0.67	9
铝	阳极氧化板	100	T	0.55	2
铝	薄膜	27	3 μm	0.09	3
铝	薄膜	27	10 μm	0.04	3
铝	粗化	27	3 μm	0.28	3
铝	粗化	27	10 μm	0.18	3
铝	铸造, 喷砂	70	LW	0.46	9
铝	铸造, 喷砂	70	SW	0.47	9
铝	浸HNO ₃ , 板材	100	T	0.05	4
铝	抛光	50-100	T	0.04-0.06	1
铝	抛光, 板材	100	T	0.05	2
铝	抛光, 板材	100	T	0.05	4
铝	粗化表面	20-50	T	0.06-0.07	1
铝	深度氧化	50-500	T	0.2-0.3	1
铝	经风雨侵蚀	17	SW	0.83-0.94	5
铝	未变, 板材	100	T	0.09	2
铝	未变, 板材	100	T	0.09	4
铝	真空镀膜	20	T	0.04	2
铝青铜		20	T	0.6	1
氢氧化铝	粉状		T	0.28	1
氧化铝	活性, 粉状		T	0.46	1
氧化铝	清洁, 粉末 (氧化铝)		T	0.16	1
石棉	地砖	35	SW	0.94	7
石棉	板	20	T	0.96	1
石棉	薄片		T	0.78	1
石棉	纸状	40-400	T	0.93-0.95	1
石棉	粉状		T	0.40-0.60	1
石棉	砖	20	T	0.96	1
沥青, 路面		4	LLW	0.967	8
黄铜	经80号砂纸处理	20	T	0.2	2
黄铜	板材, 轧制	20	T	0.06	1
黄铜	板材, 经砂纸处理	20	T	0.2	1
黄铜	强抛光	100	T	0.03	2
黄铜	氧化	70	SW	0.04-0.09	9
黄铜	氧化	70	LW	0.03-0.07	9

附录：发射率表

when temperature matters

材料	规格	温度 (°C)	光谱	发射率	R
铸铁	抛光	40	T	0.21	2
铸铁	抛光	200	T	0.21	1
铸铁	未经处理	900-1100	T	0.87-0.95	1
刨花板	未经处理	20	SW	0.9	6
铬	抛光	50	T	0.1	1
铬	抛光	500-1000	T	0.28-0.38	1
粘土	烧焦	70	T	0.91	1
布料	黑色	20	T	0.98	1
混凝土		20	T	0.92	2
混凝土	硬路面	5	LLW	0.974	8
混凝土	粗化	17	SW	0.97	5
混凝土	干燥	36	SW	0.95	7
铜	电解, 光亮抛光	80	T	0.018	1
铜	电解, 抛光	-34	T	0.006	4
铜	刮削	27	T	0.07	4
铜	熔融	1100-1300	T	0.13-0.15	1
铜	商用, 有光泽	20	T	0.07	1
铜	氧化	50	T	0.6-0.7	1
铜	氧化, 深色	27	T	0.78	4
铜	氧化, 深度	20	T	0.78	2
铜	氧化, 黑色		T	0.88	1
铜	抛光	50-100	T	0.02	1
铜	抛光	100	T	0.03	2
铜	抛光, 商用	27	T	0.03	4
铜	抛光, 机械	22	T	0.015	4
铜	清洁, 表面彻底处理	22	T	0.008	4
氧化铜	粉状		T	0.84	1
氧化铜	红色, 粉末		T	0.7	1
土壤	饱水	20	T	0.95	2
土壤	干燥	20	T	0.92	2
搪瓷		20	T	0.9	1
搪瓷	漆面	20	T	0.85-0.95	1
纤维板	硬质, 未经处理	20	SW	0.85	6
纤维板	锰硬绿泥石	70	LW	0.88	9
纤维板	锰硬绿泥石	70	SW	0.75	9
纤维板	颗粒板	70	LW	0.89	9
纤维板	颗粒板	70	SW	0.77	9
纤维板	颗粒板	70	LW	0.89	9
纤维板	多孔, 未经处理	20	SW	0.85	6
玻璃	薄	25	LW	0.8-0.95	10
玻璃安装槽	8种不同颜色和品质	70	LW	0.92-0.94	9
玻璃安装槽	9种不同颜色和品质	70	SW	0.88-0.96	9
玻璃安装槽	铝质, 不同年限	50-100	T	0.27-0.67	1
玻璃安装槽	油性, 平均16种颜色	100	T	0.94	2
玻璃安装槽	铬绿		T	0.65-0.70	1
玻璃安装槽	镉黄		T	0.28-0.33	1
玻璃安装槽	钴蓝		T	0.7-0.8	1

材料	规格	温度 (°C)	光谱	发射率	R
玻璃安装槽	塑料, 黑色	20	SW	0.95	6
玻璃安装槽	塑料, 白色	20	SW	0.84	6
玻璃安装槽	油质	17	SW	0.87	5
玻璃安装槽	油质, 不同颜色	100	T	0.92-0.96	1
玻璃安装槽	油质, 亮灰色	20	SW	0.96	6
玻璃安装槽	油质, 灰色, 无光泽	20	SW	0.97	6
玻璃安装槽	油质, 黑色, 无光泽	20	SW	0.94	6
玻璃安装槽	油质, 黑色, 有光泽	20	SW	0.92	6
金	光亮抛光	200-600	T	0.02-0.03	1
金	强抛光	100	T	0.02	2
金	抛光	130	T	0.018	1
花岗岩	抛光	20	LLW	0.849	8
花岗岩	粗化	21	LLW	0.879	8
花岗岩	粗化, 4个不同样品	70	LW	0.77-0.87	9
花岗岩	粗化, 4个不同样品	70	SW	0.95-0.97	9
石膏		20	T	0.8-0.9	1
石膏, 已涂抹		17	SW	0.86	5
石膏, 已涂抹	石膏板, 未经处理	20	SW	0.9	6
石膏, 已涂抹	粗化表面	20	T	0.91	2
钢铁	电解的	22	T	0.05	4
钢铁	电解的	100	T	0.05	4
钢铁	电解的	260	T	0.07	4
钢铁	电解, 光亮抛光	175-225	T	0.05-0.06	1
钢铁	新轧	20	T	0.24	1
钢铁	用砂纸新加工	20	T	0.24	1
钢铁	平滑板	950-1100	T	0.55-0.61	1
钢铁	锻造, 光亮抛光	40-250	T	0.28	1
钢铁	轧制板	50	T	0.56	1
钢铁	有光泽, 蚀刻	150	T	0.16	1
钢铁	有光泽氧化层, 板材	20	T	0.82	1
钢铁	热轧	20	T	0.77	1
钢铁	热轧	130	T	0.6	1
钢铁	冷轧	70	LW	0.09	9
钢铁	冷轧	70	SW	0.2	9
钢铁	覆盖红色尘埃	20	T	0.61-0.85	1
钢铁	氧化	100	T	0.74	1
钢铁	氧化	100	T	0.74	4
钢铁	氧化	125-525	T	0.78-0.82	1
钢铁	氧化	200	T	0.79	2
钢铁	氧化	200-600	T	0.8	1
钢铁	氧化	1227	T	0.89	4
钢铁	抛光	100	T	0.07	2
钢铁	抛光	400-1000	T	0.14-0.38	1

附录：红外温度测量设备的选择标准

红外测温仪的选择标准

有多种红外传感器可用于非接触式温度测量。以下标准有助于为应用找到最佳测量设备：

- 初步问题
- 温度范围
- 环境条件
- 光斑尺寸
- 测量物体的材质及表面
- 红外测温仪的响应时间
- 接口
- 发射率

初步问题

基本问题是：点测量还是面测量？根据应用目的，可以使用红外测温仪或红外热像仪。一旦确定，就需要具体规定产品。在特殊情况下，也有同时使用两种技术的应用；在这种情况下，我们建议咨询相关的应用工程师。

温度范围

尽可能选择最佳传感器温度范围，以达到物体温度的高分辨率。红外热像仪的测量范围可以手动或通过数字接口进行调整，以适应测量任务。

环境条件

传感器的最高可接受环境温度非常重要。CT系列在不需要冷却的情况下可在高达250° C的环境中运行。通过使用水和空气冷却，测量设备可以在更高的环境温度下运行。空气净化系统有助于保持透镜清洁，防止大气中的灰尘进入透镜。

光斑尺寸

为了获得准确的结果，测量物体的大小必须等于或大于传感器的视场。光斑直径（S）随传感器距离（D）而变化。手册详细说明不同光学元件的D：S关系。

更多信息可参考我们的在线光斑尺寸计算器：

www.optris.com/cn/optris-计算器

测量物体的材质及表面

发射率取决于材质、表面和其他因素。通用规则如下：发射率越高，测量就越容易得出精确的结果。许多红外传感器提供发射率的调节功能。可以从附录中的表格中获取适当的数值。

红外测温仪的响应时间

与接触式测温仪相比，红外传感器的响应速度非常快。响应时间从1 ms到250 ms不等，很大程度上取决于设备的探测器。由于探测器的原因，响应时间被限制在较低的范围。电子元件有助于根据应用场景（如平均或最大保持）来校正和调整响应时间。

信号输出接口

该接口支持对测量结果进行分析。可以使用以下接口：

- 输出/报警：0/4 - 20 mA
- 输出/模拟：0 - 10 V
- 热电偶：J型、K型
- 接口：CAN、Profibus-DP、RS232、RS485、USB、继电器、以太网



可以在产品手册中找到所有Optris产品的技术参数概览：

www.optris.com/cn/支持/下载/

文献

参考

- [1] IEC/TS 62492-1: 工业过程控制设备。辐射测温仪。辐射测温仪的技术参数。
- [2] IEC/TS 62492-2: Industrial process control devices - Radiation thermometers - Part 2: Determination of the technical data for radiation thermometers.
- [3] VDI-Richtlinie für IR-Imager, VDI-Richtlinie 5585, Blatt 1 .
- [4] VDI-Richtlinien für Pyrometer, VDI-Richtlinie 3511, Blatt 4 / 4.2 / 4.4 / 4.5 / 4.6.
- [3] Trouilleau, C. et al.: High-performance uncooled amorphous silicon TEC less XGA IRFPA with 17 μm pixel-pitch; "Infrared technologies and applications XXXV", Proc. SPIE 7298, 2009.
- [4] Schmidgall, T.; Glänzend gelöst - Fehlerdetektion an spiegelnden Oberflächen mit USB2.0 - Industriekameras, A&D Kompendium 2007/2008, S. 219.

推荐文献

1. VDI/VDE Richtlinie, Technische Temperaturmessungen - Spezifikation von Strahlungsthermometern, Juni 2001, VDI 3511 Blatt 4.1
2. Stahl, Miosga: Grundlagen Infrarottechnik, Heidelberg 1980, (Dr. Alfred Hütthig Verlag)
3. Walther, Herrmann: Wissensspeicher Infrarotmesstechnik, Leipzig 1990. (Fachbuchverlag Leipzig)
4. Walther, L., Gerber, D.: Infrarotmesstechnik, Berlin 1983, (Verlag Technik Berlin)
5. De Witt, Nutter: Theory and Practice of Radiation Thermometry, New York 1988. (John Wiley & Son, ISBN:0-471-61018-6.)
6. Wolfe, Zissis: The Infrared Handbook, Washington DC 1978, Office of Naval Research, Department of the Navy.
7. Crastes, A. et al.: Uncooled amorphous silicon $\frac{1}{4}$ VGA IRFPA with 25 μm pixel-pitch for High End applications, "Infrared technologies and applications XXXIV", Proc. SPIE 6940, 2008.
8. Holst, Gerald C.: Electro-optical Imaging System Performance, Florida 2006. (JCD Publishing Winter Park. ISBN:0-8194-6179-2)
9. Kienitz, Ulrich: Wärmebildtechnik als moderne Form der Pyrometrie, in: tm - Technisches Messen 2014; 81(3), S. 107 - 113.
10. Vollmer, Michael/ Möllmann, Klaus-Peter: Infrared Thermal Imaging. Fundamentals, Research and Applications, Weinheim 2010. (Wiley-VCH Verlag, ISBN:978-3-527-40717-0)
11. Online-Lexikon zur berührungslosen Temperaturmesstechnik: www.optris.de/lexikon

when temperature matters

深圳市欧普士电子技术有限公司
电话:4006651700
电子邮箱:info@optris.com.cn
www.optris.com.cn