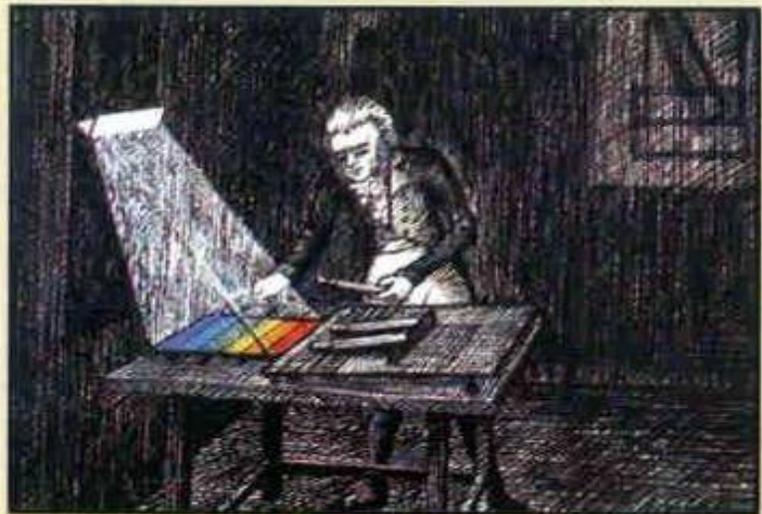


红外热像仪原理介绍

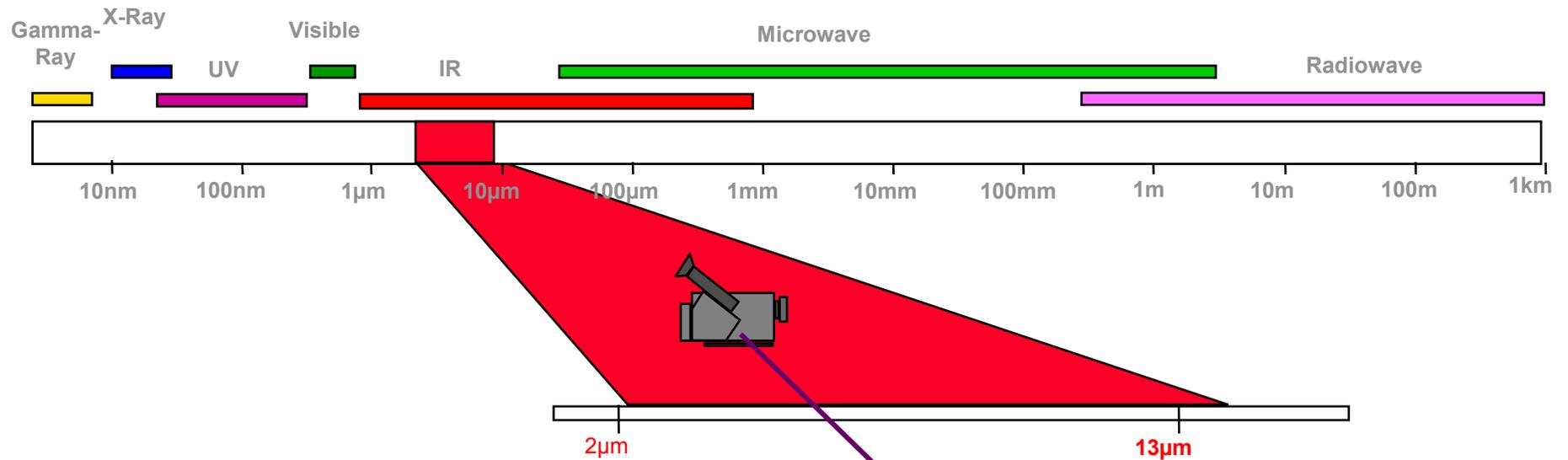
红外辐射的发现



1800年英国的天文学家Mr. William Herschel 用分光棱镜将太阳光分解成从红色到紫色的单色光，依次测量不同颜色光的热效应。他发现，当水银温度计移到红色光边界以外，人眼看不见任何光线的黑暗区的时候，温度反而比红光区更高。反复试验证明，在红光外侧，确实存在一种人眼看不见的“热线”，后来称为“红外线”，也就是“红外辐射”。

Everything Needed for Everyday Imaging

大气电磁光谱示意图



红外线热像仪

可见光波长范围: $0.38 \sim 0.78\mu\text{m}$
红外线波长范围: 在 $0.75\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$

Everything Needed for Everyday Imaging

红外线波长范围

- 红外线是一种电磁波(是肉眼看不见的)。波长在 $0.75\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ 之间。
 - 近红外线 -- $0.75\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$;
 - 中红外线 -- $3\mu\text{m} \sim 6\mu\text{m}$;
 - 远红外线 -- $6\mu\text{m} \sim 15\mu\text{m}$;
 - 极远红外线 -- $15\mu\text{m} \sim 1000\mu\text{m}$ 。

红外线波长范围

- 自然界任何物体，只要温度高于绝对零度 (-273.15 C°)，就会以电磁辐射的形式在非常宽的波长范围内发射能量，产生电磁波(辐射能)。
- 不同的材料、不同的温度、不同的表面光度、不同的颜色等，所发出的红外辐射强度都不同。

红外热像法

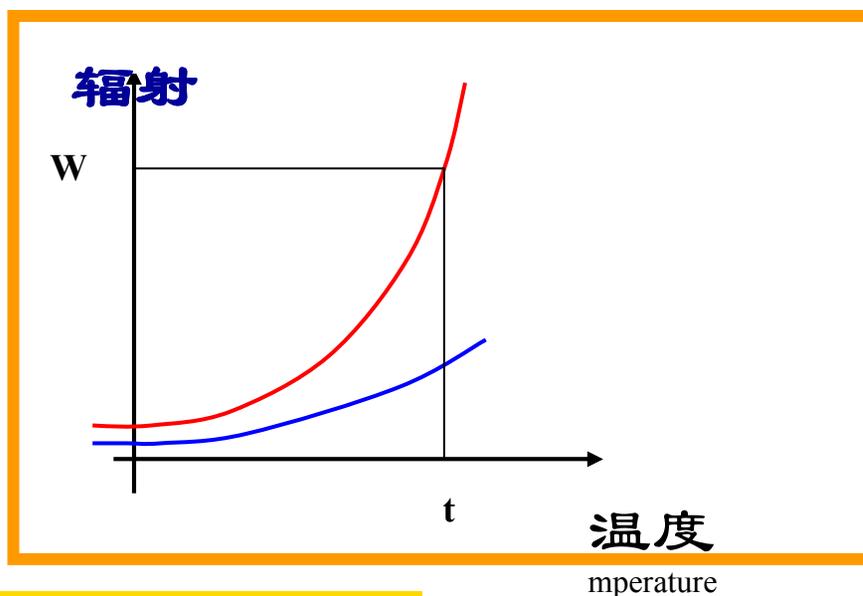
- 用红外热像仪来捕捉（接收）物体表面发出的红外辐射，显示物体表面辐射能量密度的分布情况。
- 通过观察物体的红外热分布图，并测量所需位置的温度，来判断设备故障所在的位置及程度。

红外热成像检测的优点

- **是被动的检测。**
- **是非接触式的检测，检测可以在不干扰被检测对象的正常工作下进行。**

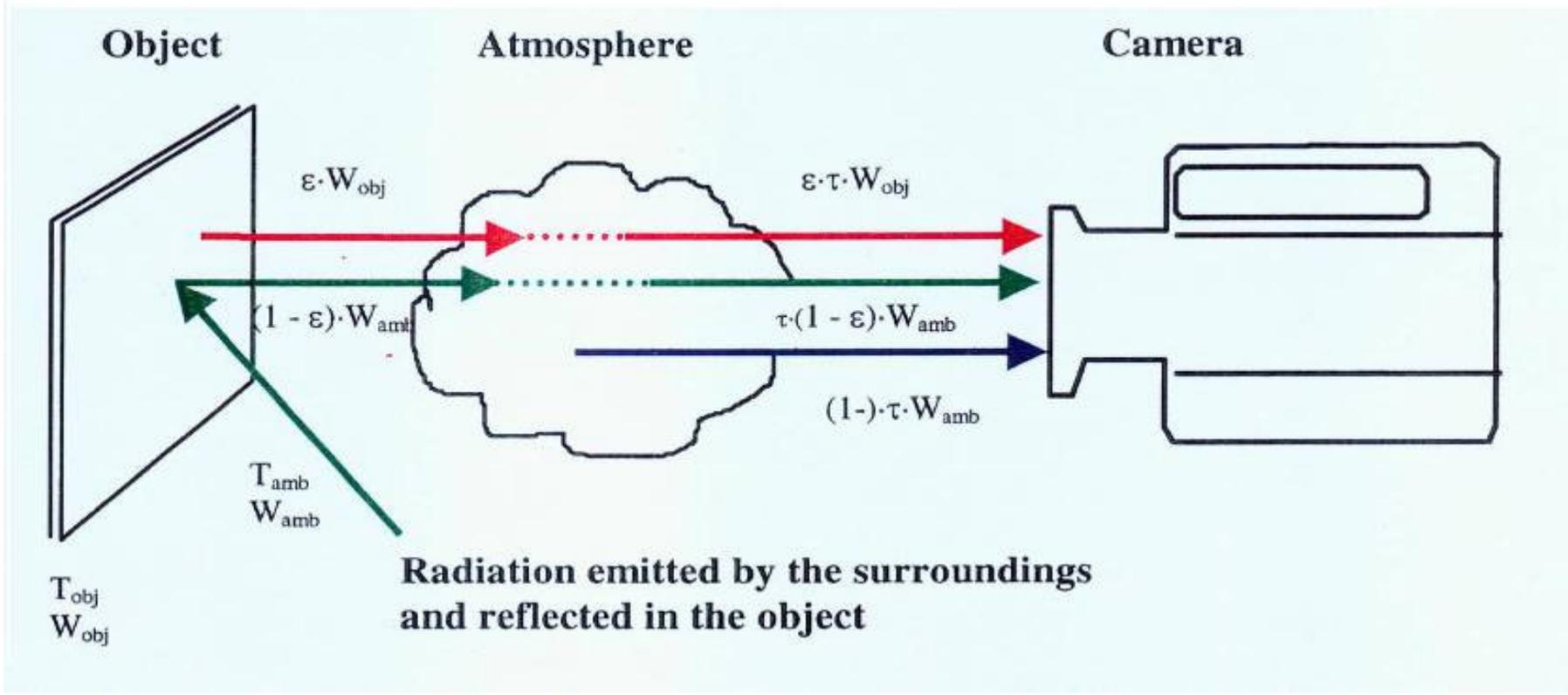
温度与辐射

■ 温度与辐射之间的关系是一个物理规律，标定好的热像仪首先测出目标的辐射，进而计算出温度。



Everything Needed for Everyday Imaging

热像仪—红外辐射



Everything Needed for Everyday Imaging

影响穿透的因素（一）

■ 由物体所发出的红外辐射在穿过大气到达测量系统时会受到衰减，而衰减主要来自气体分子（水蒸气等）和各种微粒（尘埃、雪、冰晶等）的吸收与散射。气体分子吸收辐射，而微粒散射辐射。

{ 水气 ($6.3\mu\text{m}$); 二氧化碳, 硫和氮的氧化物等 ($2.7\mu\text{m}$ 和 $15\mu\text{m}$) }

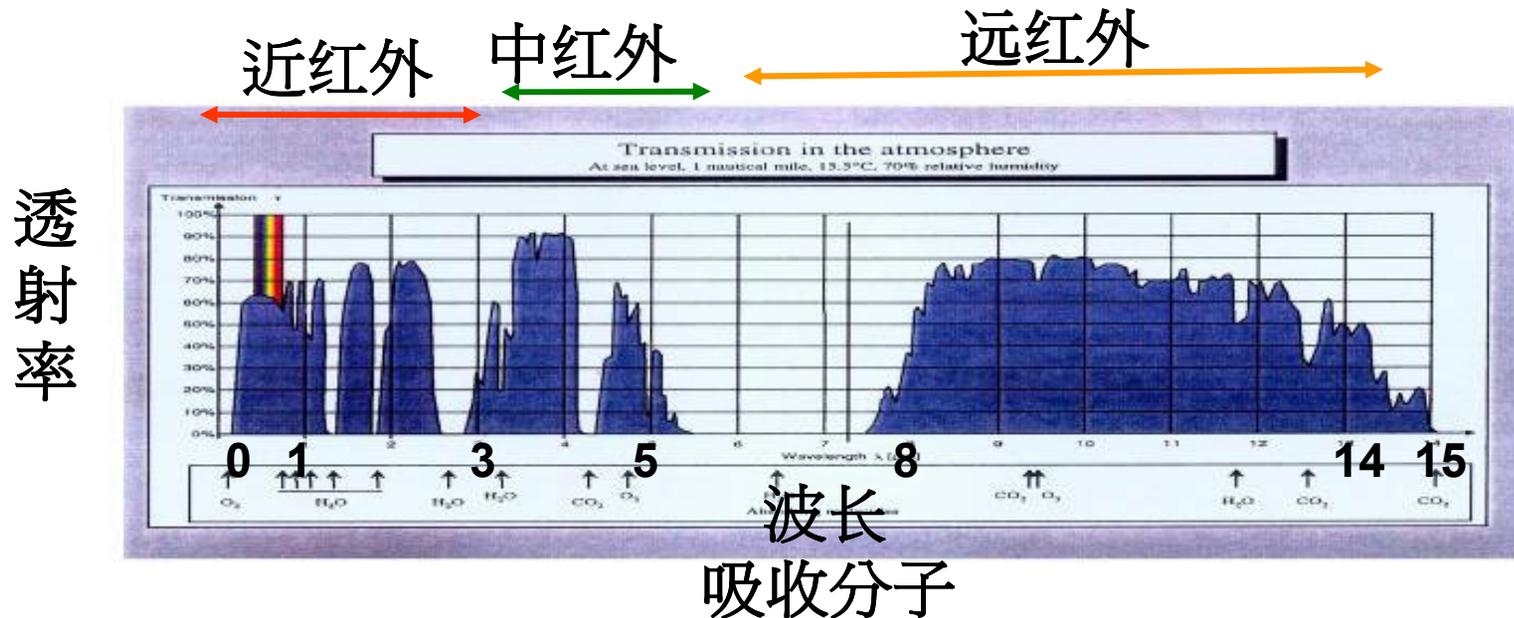
影响穿透的因素（二）

■ **大气衰减与波长密切相关。在某些波长，几公里的距离也只有很少的衰减，而在另一些波长，经过几米的距离辐射就衰减得几乎没有什么了。**

■ **大气衰减阻止了初始总辐射到达热像仪。如果不利用校正措施，那么随着距离增大，测量的温度读数越来越偏小。**

大气窗口

红外线在大气中穿透比较好的波段，通常称为“大气窗口”。红外热成像检测技术，就是利用了所谓的“大气窗口”。短波窗口在 $1\sim 5\mu\text{m}$ 之间，而长波窗口则是在 $8\sim 14\mu\text{m}$ 之间



一般红外线热像仪使用的波段为：
短波 ($3\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$); 长波 ($8\mu\text{m} \sim 14\mu\text{m}$)

Everything Needed for Everyday Imaging

基尔霍夫定律

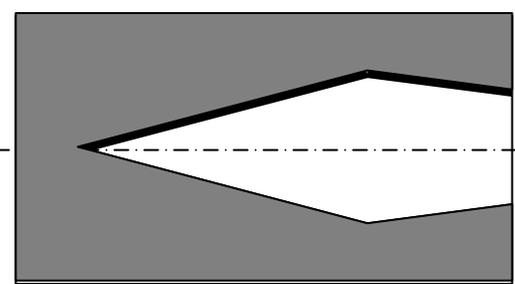
完全吸收体也是完全辐射源。

数学公式表述为：

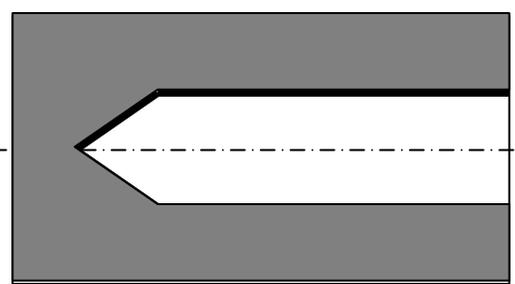
$$\alpha(\lambda) = \varepsilon(\lambda), \lambda \text{表示波长}$$

黑体

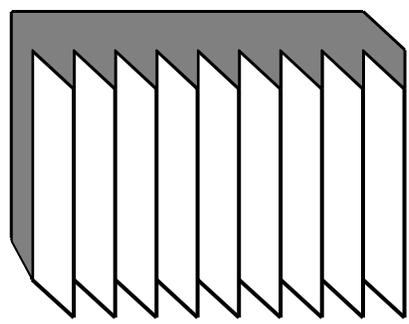
绝对黑体吸收所有的入射辐射。



互反锥形腔



柱形腔



平行 V字槽

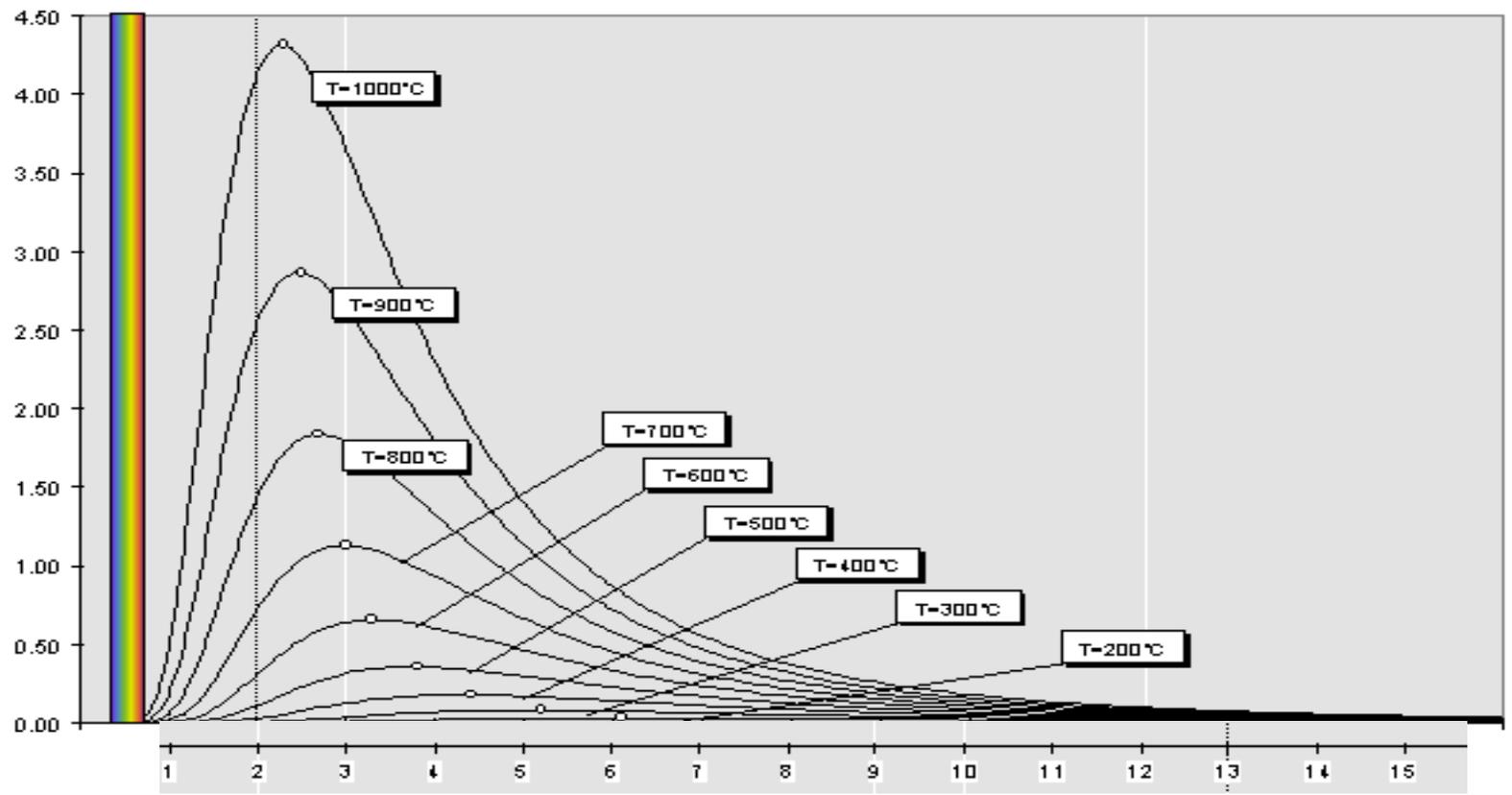
辐射率

物体的辐射特性由 ε 来表示，即物体的辐射率。
黑体的辐射能量表示为 W_{bb} ，同温度的“普通”物体的辐射能表示为 W_{obj} ，用两者的比值描述物体的辐射率 ε 。

$$\varepsilon = \frac{W_{obj}}{W_{bb}}$$

普朗克定律

每单位波长和波谱区域的辐射量——光波辐射量 ($W/m^2 \times \mu m$)

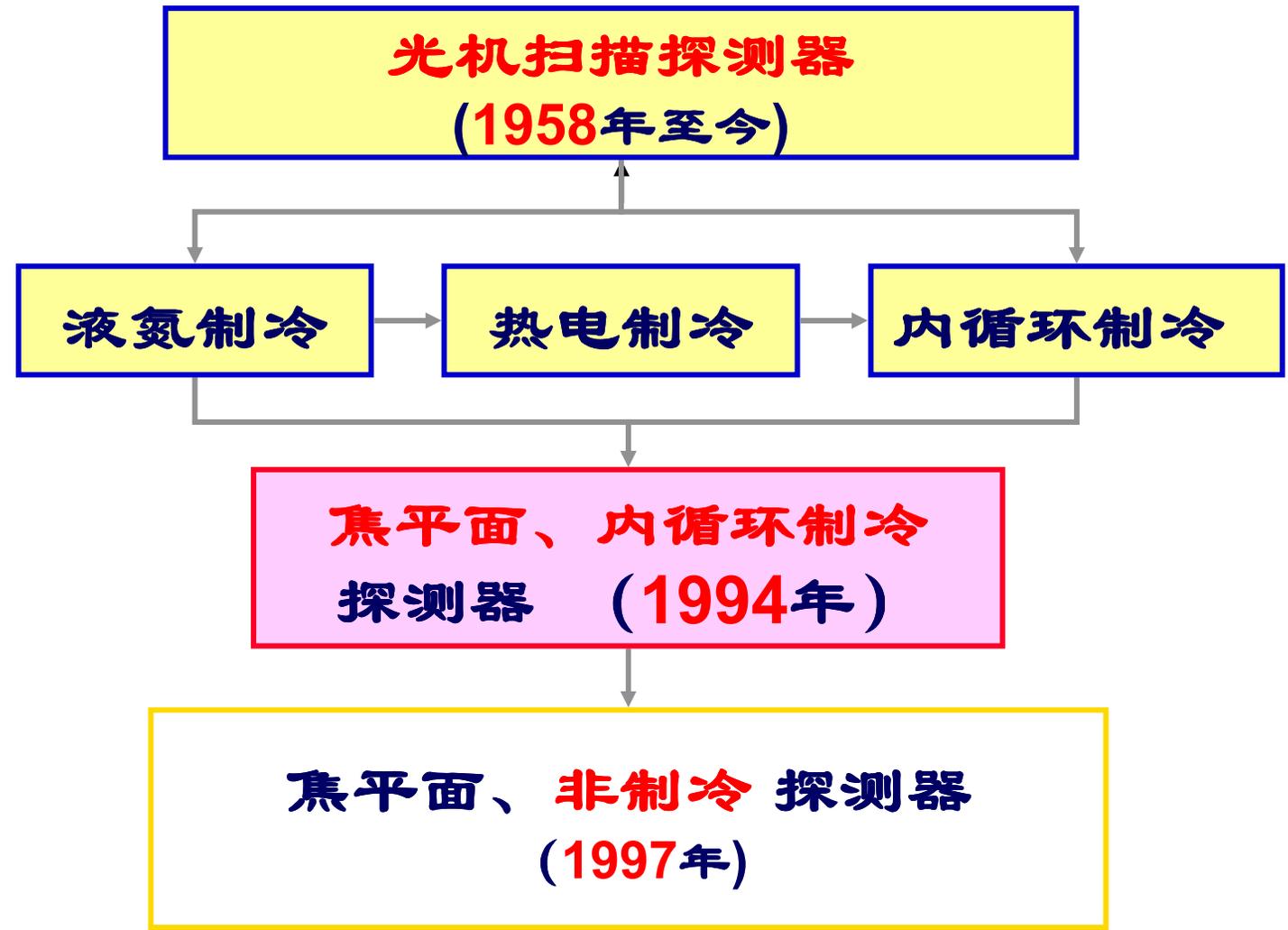


Everything Needed for Everyday Imaging

NETD

系统的灵敏度是以物体温度为 30°C 时的 NETD 来表示，意思是噪声等效温差，其内涵是与系统的噪声给出同样信号的温差。必须指出物体（黑体）温度是30°C，这一点很重要。因为系统的灵敏度当物体温度升高时则提高，物体温度降低时则降低。

国外 红外探测技术的发展过程



Everything Needed for Everyday Imaging

红外线热像仪分类:

● 红外热 “成像系统”

用途: 目标追踪监控, 多用于国防军事领域。

功能要求: 图像越清晰越好, 发现目标的距离越远越好。
(5Km看到人游水)

● 红外热 “成像检测系统”

用途: 以工业检测为目的, 对设备进行预知性检测或研究, 包括观察热分布图像、测量温度、建立设备资料库、分析采集的数据以判断设备潜在故障的程度等。

功能要求: 图像尽量清晰; 温度测量不止要准确, 还要稳定, 不受环境影响; 现场操作简单方便; 后处理分析软件功能强等因素均应考虑。

红外线热像仪按波长又可分成

长波热像仪

适用：由于仪器工作在长波段，不受太阳光干扰，特别适合白天在设备现场检测，如：变电站及高压线路等设备检测。

短波热像仪

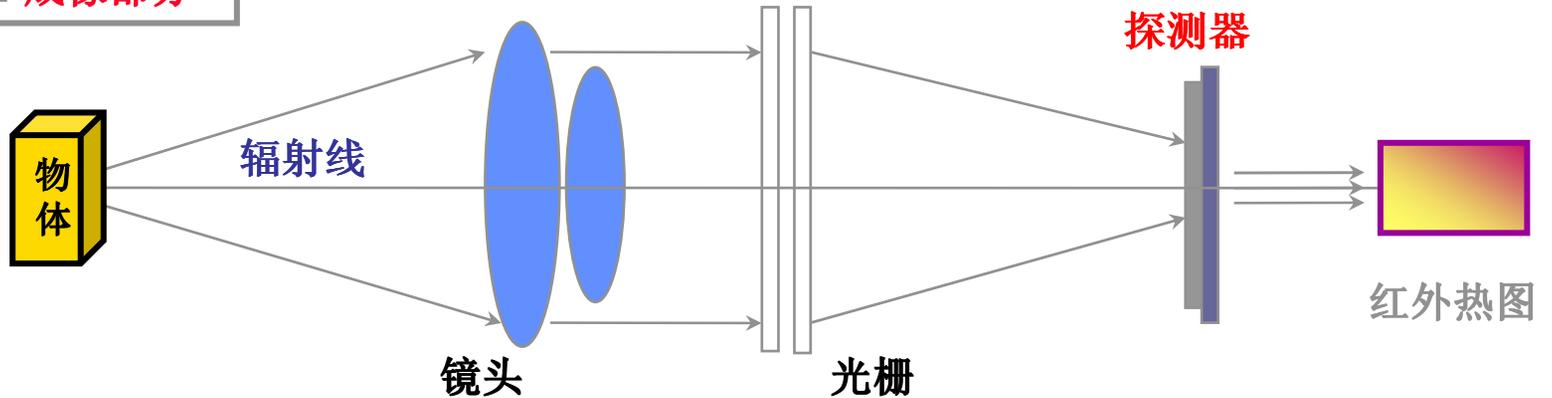
适用：由于仪器工作在短波段，所以主要用于需要看火焰的设备检测，如：电厂的锅炉及石化系统设备的检测。

热像仪工作原理

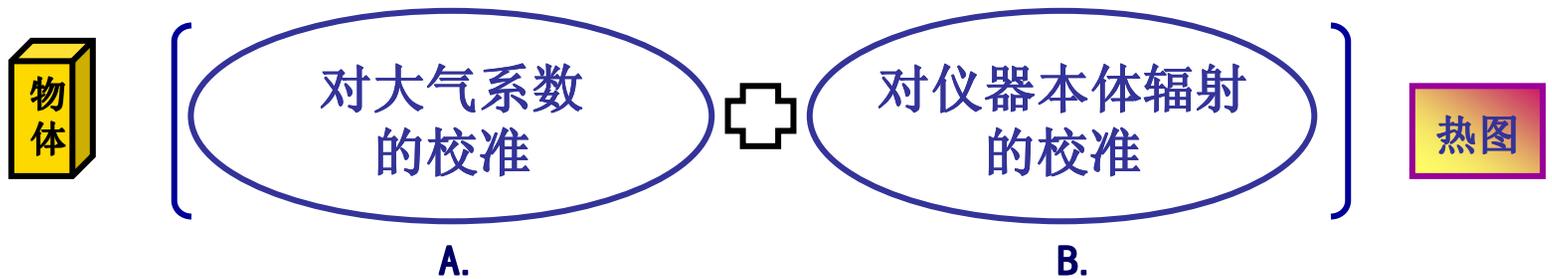
根据摄影的基本原理，热像仪由两个基本部分组成：光学器件和探测器。光学器件将物体发出的红外辐射聚集到探测器上，探测器把入射的辐射转换成电信号，进而被处理成可见图像，即热图。

热像仪简单的工作示意图

1. 成像部分



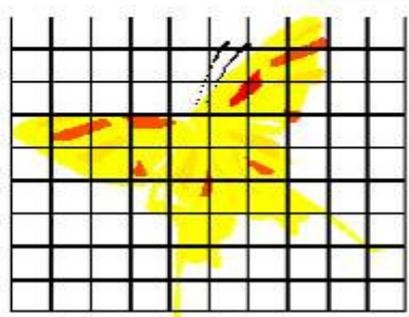
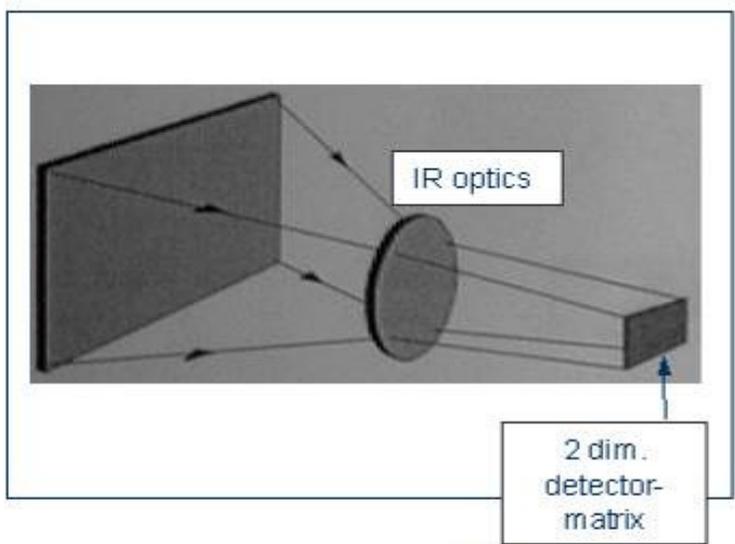
2. 测温校准系统



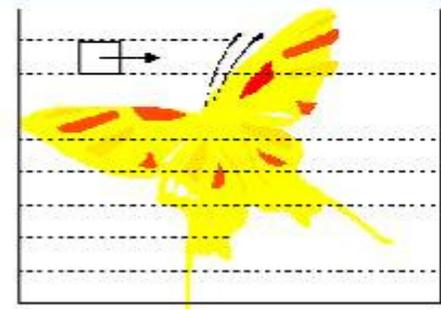
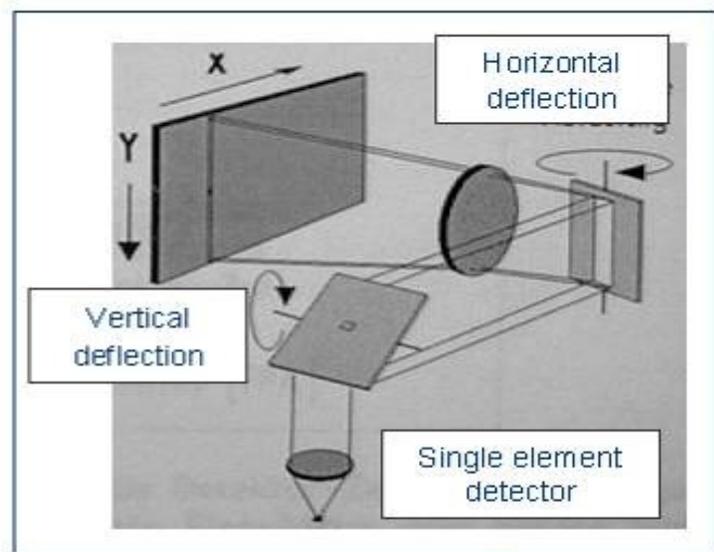
Everything Needed for Everyday Imaging

探测器成像原理示意图

焦平面探测器

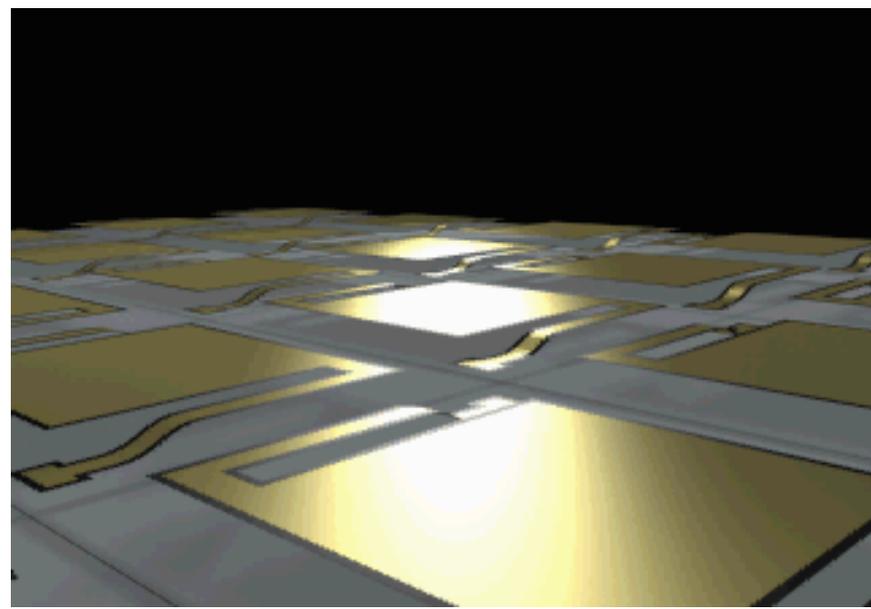


光机扫描探测器

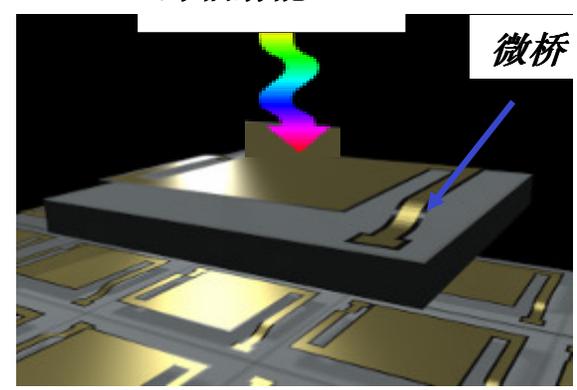


Everything Needed for Everyday Imaging

非制冷焦平面探测器



红外辐射能



Everything Needed for Everyday Imaging

A. 对大气系数的校正

说明：由于红外线热像仪的测量方法是被动的、非接触式的，测量的结果容易受被测目标与仪器之间的大气环境改变的影响，对大气环境的校准是保证测量准确、工作稳定的重要步骤。

B. 对仪器本体辐射的校正

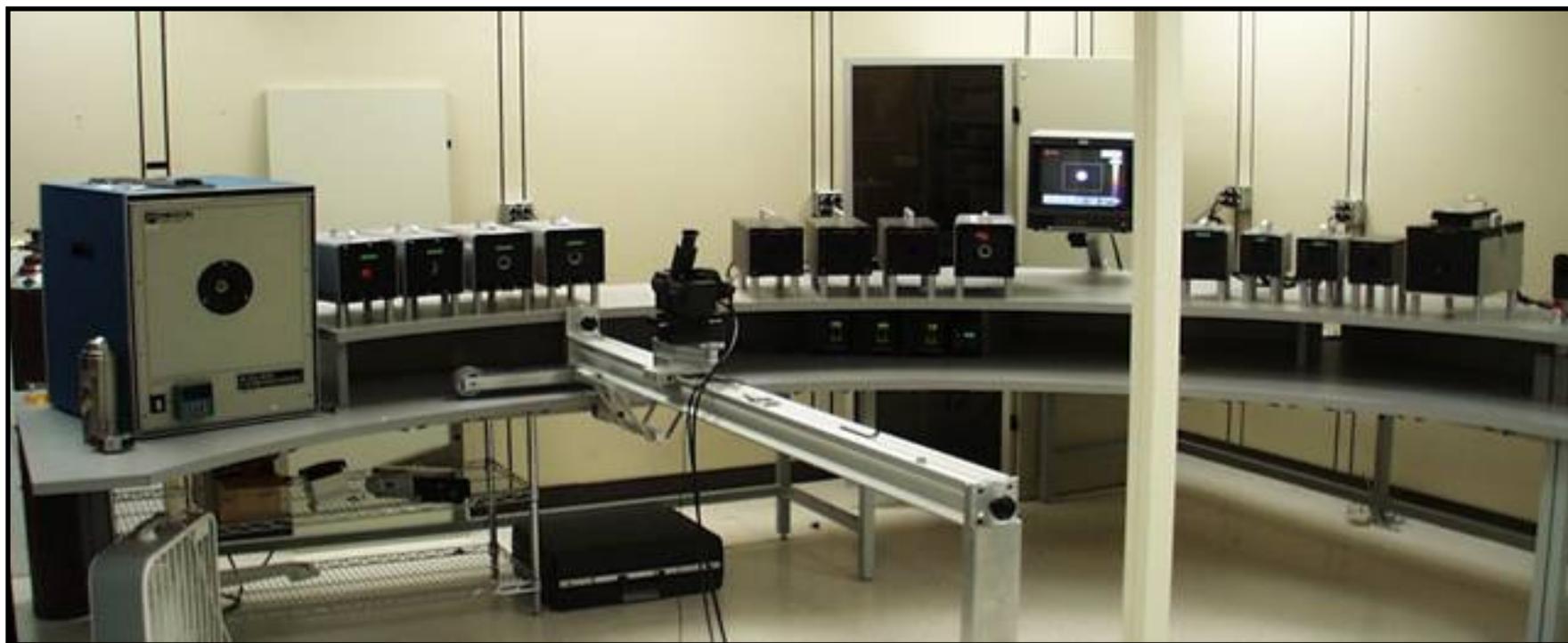
说明：由于红外线热像仪内部组件所产生的辐射往往比被检测目标产生的辐射多出10倍，同样会对测量结果造成干扰，所以对这部分的校准也是非常非常的重要，否则测温不可能准确可靠，更不能稳定的工作，温度将很快发生漂移。

常用的温度校准手段

- ✦ 内置数学模块 -- 对仪器与被测目标之间的大气环境系数如：环境温度、相对湿度、测量距离、辐射率等进行连续的自动补偿和校正，使测量更准确、可靠。
- ✦ 内置温度传感器-- 对探测器周围的环境温度的漂移和增益(包括仪器本身的温度变化)进行自动校准；
- ✦ 内置光栅自动进行图像校准，保证焦平面阵列成像的均匀性，保证图像质量和测温精度。

产品出厂前会做各种测试

全自动、由电脑控制的温度校准系统



Everything Needed for Everyday Imaging

其他标准测试

防尘防水

抗冲击

抗震性

操作温度

Everything Needed for Everyday Imaging