

作者：
孙明

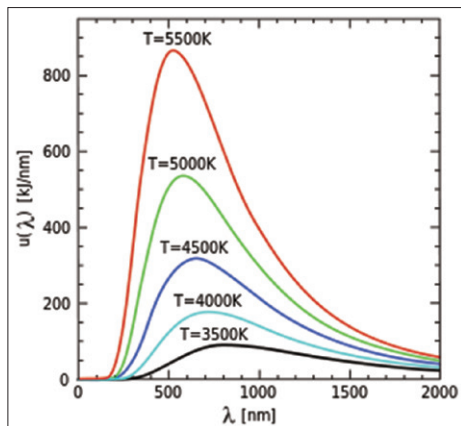
PerkinElmer 纺织品远红外性能的检测和评价系统

辐射率测量原理

辐射率（也称发射率）是依据物体本身的温度辐射出能量的能力，是描述被测物体辐射能力的参数，也指物体自身辐射的能量与同一温度下绝对黑体所辐射的能量比，用符号 ε 表示。辐射率仅仅与物体表面的性质（成分、结构）有关。热辐射是一种电磁波，光谱范围一般指 $0.2 \mu \sim 50 \mu$ ，其中包括可见光。在物理学中，普朗克黑体辐射定律是用于描述在任意温度 T 下，从一个黑体中发射的电磁辐射的辐射率与电磁辐射的频率的关系公式。这里辐射率是频率 ν 的函数：

$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} \frac{1}{e^{\frac{h\nu}{kT}} - 1}$$

普朗克黑体辐射定律



普朗克定律描述的黑体辐射在不同温度下的频谱

我们通常只关心材料表面辐射的强度、空间分布及其光谱分布，样品外表面向整个半球空间发射的一切波长的总辐射能与同温度下黑体辐射能之比称为半球辐射率，垂直于样品表面方向的辐射称为法向辐射。根据不同的测试原理，辐射率测量方法通常分为量热法，反射率法，辐射能量法和多波长测试方法等。

辐射能量法即为在同一温度下用同一套光谱仪分别测试绝对黑体和样品的发射光谱曲线，两者进行积分比值就是材料的辐射率值。此法有以下几个方面的限制：

1. 加热不均匀带来的黑体及样品表面的温度梯度对测量结果产生影响；
2. 无法理想控制黑体及样品在一个绝对相同的温度进行测量，1K 的温差将对测量结果产生几个百分点的误差；
3. 傅里叶变换红外光谱仪自身的噪声和周围环境将对较低温度及较低辐射率的测试产生影响。

由于以上限制，目前基于傅里叶变换红外光谱仪进行的黑体炉辐射测量系统的测量误差，大多在 3% 左右。

反射率法是依据基尔霍夫定律得出的辐射率测量方法，基尔霍夫定律用于描述物体的发射率与吸收比之间的关系，在给定温度条件下，任何物体的辐射率在数值上等于此物体的吸收率。结合普朗克定律及维恩定律，直接测试出的材料反射光谱就可以计算出材料在测试温度下的发射比，此方法操作简单，成本低廉，尤其是对于辐射能量法难以测试的低发射率样品能够计算出材料的辐射率。



对纺织品的辐射率测试

对纺织材料而言，发射率是它的一个非常重要的特征，在辐射测温，材料科学，遥感技术，军事上的目标识别和伪装，以及生物医学等领域都有发射率的问题。

按照国标《GB / T 30127—2013 纺织品 远红外性能的检测和评价》的要求，我们需要在稍高于室温的 34°C 时对各类纺织产品，包括纤维、纱线、织物、非织造布及其制品等测试远红外发射率并进行温升试验，以测定纺织品远红外性能并进行评价。辐射波长范围为 5 μm ~ 14 μm ，由于反射率测试温度较低，辐射信号较弱，对测试系统是一个考验。

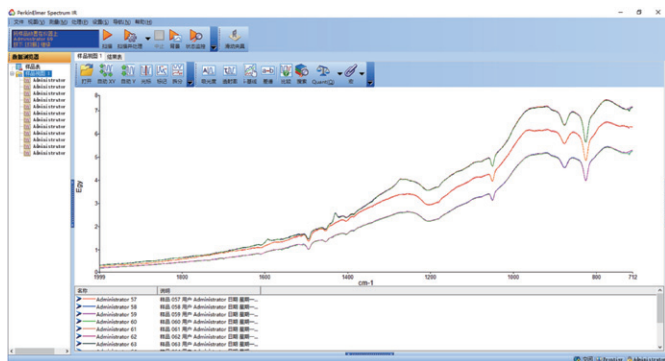
要同时测量同温度下试样和黑体的辐射能，测量系统中就要有可以精确温度控制的试样加热装置和黑体炉系统，有将辐射能导入辐射能测量系统的光学机构及辐射能测量系统。我们综合辐射测量系统的特点和国标的要求，采用傅里叶变换红外光谱仪作为辐射测量设备，它可以快速测量较宽光谱范围内的光谱辐射能分布，测量速度快、使用简单。傅里叶变换光谱方法，是利用干涉图和光谱图之间的对应关系，通过测量干涉图和对干涉图进行傅里叶变换的方法来测定和研究光谱图，它能同时测量、记录所有谱图的信号，并以更高的效率采集来自光源的辐射能量，从而使它具有比传统光谱仪高得多的信噪比和分辨率，成为目前红外和远红外波段中最有力的光谱工具。同时我们选择了高灵敏度的 MCT 检测器，可以很好地检测弱信号，从而获得稳定的测试结果。

我们这套基于傅里叶变换红外光谱仪设计的光谱发射率测量系统包括：Frontier 傅里叶红外光谱仪，配备了外引光路来将外部辐射源的辐射导入到红外光谱仪进行测量；合二为一的黑体炉和试样加热系统，确保黑体温度与试样温度一致，最大限度地保证了测试结果的准确性；为了防止背景的干扰，在出射光路上加装了低温水冷却的恒温隔离屏，采用小型循环冷却水系统进行冷却。为了减少光学系统的复杂性带来的误差，采用直接耦合光路，测试时将黑体炉的辐射口直接对准光谱仪的入口即可进行测量，操作使用十分方便。同时大大减少了误差。为了方便使用，配套准备了布料、纤维、纱线的样品架，让使用者可以轻松放置样品进行测量。

本系统的主要技术指标：

- (1) 光谱范围：1.2 μm ~ 16 μm (可延伸到 25 μm) ；
- (2) 控温范围：室温 +5~100 $^{\circ}\text{C}$
- (3) 工作温度：34 $^{\circ}\text{C}$
- (4) 环境温度：20 $^{\circ}\text{C}$ \pm 1 $^{\circ}\text{C}$ ；
- (5) 温度稳定性： \pm 0.2 $^{\circ}\text{C}$ /30 分钟
- (6) 控温分辨率：0.1 $^{\circ}\text{C}$
- (7) 辐射腔尺寸： ϕ 60mm，深度 30mm
- (8) 黑体腔有效发射率：0.95

采用该系统对实际样品进行测试，每个样品重复三次，测试结果显示重复性优于 1%，测试信号远大于本底信号，达到非常理想的测试效果。



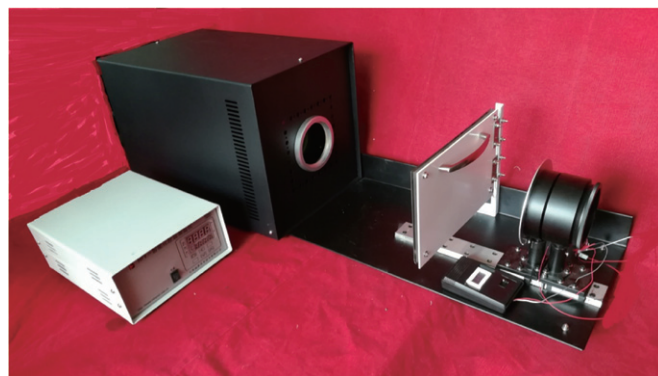
上图实际包含了黑体辐射测量光谱和样品测量光谱总共 9 个光谱曲线，3 个一组，可以看到信号强度足够，测量的重复性非常好，如果环境温度适当，预期系统可以测试更低温度比如 25 $^{\circ}\text{C}$ 时的辐射。

对纺织品的温升测试

为了满足用户对国标《GB / T 30127—2013 纺织品 远红外性能的检测和评价》的要求，我们还同步开发了红外温升测量装置，如图所示。装置完全按照国标要求，结构简单，操作方便，温度稳定，十分适合没有经验的使用者使用。

装置主要技术指标：

- 黑体工作温度：1100 $^{\circ}\text{C}$
- 黑体有效辐射功率：150W
- 黑体空腔有效发射率：0.99
- 黑体开口直径： ϕ 80mm
- 样品槽直径： ϕ 80mm
- 控温仪温度分辨率：1 $^{\circ}\text{C}$
- 红外光谱范围：5~14 μm



为了方便使用，同样配套准备了布料、纤维、纱线的样品架，让使用者可以轻松放置样品进行测量。

珀金埃尔默企业管理（上海）有限公司
地址：上海张江高科技园区张衡路1670号
邮编：201203
电话：021-60645888
传真：021-60645999
www.perkinelmer.com.cn

要获取我们全球办公室的完整列表，请访问 www.perkinelmer.com/ContactUs

©2018, PerkinElmer, Inc. 版权所有。保留所有权利。PerkinElmer® 是 PerkinElmer, Inc. 的注册商标。所有其他商标均为其各自所有者的财产。所有解释权归PerkinElmer。

200017_CHN_01 PKI


PerkinElmer®



欲了解更多信息，
请扫描二维码关注我们的
微信公众号