

---

# 红外遥测遥感光谱技术在环境保护中的应用

酷英赛特公司  
(Coreinsight LLC, US)  
王 霆

## 介绍

红外遥测遥感技术可以用于侦测和鉴定大气中的气相污染物，如光气、氨气、硫化氢、氯化氢、苯和其它无机和有机气体。几乎所有的气体都有红外吸收，在大气中任何有红外吸收的气体，都会显示在红外谱图中。通过和数据库比对，可以定性分析未知气体。根据(Lambert-Beer law)定律，即可得到气体的浓度。和经典的方法相比，红外遥测遥感技术有很多优点：灵敏度高，适合检测低浓度的气体，检出极限可达 ppm 甚至 ppb 量级；准确度高、可靠性好、可以同时检测多种气体；可以远距离监测气体，最远距离可达数公里；遥测气体，无须任何样品制备，杜绝了传感器污染的可能；仪器的操作维护简单，没有任何溶剂和消耗。

红外遥测遥感技术可以分成主动式和被动式两种模式，这两种模式均可用于环境污染物的监测。主动式的灵敏度高，主要适用于监测工业园区的气体污染物和厂区的气体泄漏。被动式的灵活性高，主要用于检测烟筒排放监测、管线泄漏探测、紧急事件处理等。

## 主动式模式红外光谱测试技术

在主动式模式测试中，红外光源发出红外光，通过可能含有污染气体的开放光路，被特别设计的红外反射镜反射，再由红外光谱仪接收，并转换成红外单通道谱图。主动模式下，气体的光程定义为红外光传播的距离，即从红外光源和发射镜距离的 2 倍。

主动式模式的优点和局限都非常明显。红外光源的温度约为 1500K，仪器的检测范围包含整个中红外谱区，可以测试几乎所有的气体。检测灵敏度和温差成正比，主动式模式的灵敏度较被动模式高大约三个量级。红外光被干涉仪调制后再透过待测气体，这样可以有效地避免各种杂散光及背景的干扰，这也提高了仪器的检测极限。主动式模式的缺点是测试距离有限和安装测试不灵活。由于仪器视场的限制，测试的距离最远为几百米。由红外主机发出的红外光必须由发射镜反射回红外光谱仪，所以红外主机和反射镜需要精准的调整，这样限制了测试的灵活性。

## 被动式模式红外光谱测试技术

被动式模式工作原理和主动式很相似，唯一的不同是光源是未经调制的观测气体的红外辐射。任何高于绝对零度的物体都会发出红外辐射。待测气体云团发射的红外光，被红外光谱仪接收，并转换成红外谱图。被动式模式的优点是仪器安装方便、仪器可移动、测试距离可达几公里等。被动式模式是唯一的一种可以移动式、快速、可以人力搬动的、广谱检测污染或危险气体的方法。由于待观测云团的温度大约为 300K，和周围背景的温差小，最多只有数十度，所以被动式模式的灵敏度比主动式低大约三个量级。气体的检出极限和温差、气体的红外吸收系数、气体云团的物理尺寸和仪器的灵敏度等因数相关。可以理解为，被动式模式的检测极限为 ppm 级别。

被动式可以配备全自动扫描式红外遥测遥感红外系统。它可包含一个高灵敏度、抗干扰能力强的红外光谱仪、可见光和微光夜视能力的照相系统和全自动扫描

---

系统。可见光和微光夜视能力相机可用于拍摄白天和夜间照片。系统的扫描头可 360° 旋转及正负 60° 仰角进行观测和气体测试。

多数污染气体是无色的，并且云团的温度和背景的温度相差很小，大约只有几度。所以在以往的被动式测试中，最大的困难是红外测试系统与目标污染气体的对准问题。虽然可以通过可见光望远镜来帮助对准目标，但是可见光望远镜的视场和红外光谱仪的视场有或大或小的偏差，很难保证可见光观测的中心就是红外光测试的中心。污染气体的温度和周围背景的温差也很小，用红外信号的强度来确定目标也几乎不可能。同时，检测灵敏度和目标云团和背景的温差成正比，以往的被动式测试，很难找到最大的温差区域，从而降低了仪器的检测极限。由于这些原因，以往被动测试的难度很高，而且很大的决定于测试者的操作水平。

配有自动扫描的系统可以有效解决了这个问题。一般来说在测试时，先用可见光相机拍摄可见光照片，然后在照片上设定测试区域，系统会自动扫描测试预先设定区域，自动获得红外谱图，自动定性、定量分析检测待测气体，并且可以获得污染气体的空间分布，生成红外化学像。通过红外化学像可以准确判定化学云团的形状和尺寸。全自动扫描系统不仅使得测试容易方便，可以自动找到最大温差的区域，从而提高仪器的检测线，不论初学者还是专家都可以得到同样的结果。并且提供化学云团的可视化学图像，配以可见光图像，使得化学云团的鉴定更加容易，实现了真正意义上的实时检测、实时报警。如果有两台配备自动扫描系统的被动式红外遥感系统同时测试，并配以 GPS 系统，还可以获得污染气体的距离信息。

被动式遥感红外系统可以用于监测烟囱排放、确定工业气体泄露源、突发事件危险评估、大型会议安全保障、火灾监测（化学品事故，自燃火灾等）、遥测飞行器的尾气和野外实时监测化学武器等。

## 结论

红外遥测遥感技术作为一个新兴发展的远距离遥测技术可以监测环境中无机和有机污染气体。主动式红外遥测遥感系统，灵敏度高，光谱范围宽，主要用于工业园区气体的 24 小时不间断监测。被动式红外遥测遥感系统，配以可见光及红外相机，使得测试的方便性、灵活性、准确性大为提高。专用遥测遥感软件，自动扣除背景辐射、自动检索、自动给出定量结果、自动报警。

## 联系人：

王霆，Coreinsight LLC, USA

邮箱：[ting.wang@coreinsightllc.com](mailto:ting.wang@coreinsightllc.com)