

文章编号: 1672-8785(2012)10-0039-04

用于公安禁毒制毒挥发气体检测的 被动红外技术

李志豪

(公安部第三研究所, 上海 200031)

摘 要: 毒品制造过程中产生的大量挥发气体属于红外活性物质。利用被动红外遥测技术对其进行检测, 不仅快速准确, 而且还可以达到远程监控的目的。将此技术用于公安禁毒领域, 能够很好地满足当前禁毒工作的需要, 具有重要的实际意义。

关键词: 被动红外遥测技术; 易制毒化学品蒸气团探测; 禁毒

中图分类号: TP732.2 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.1672-8785.2012.10.009

Passive Infrared Remote Sensing Technique for Drug Control

Li Zhi-hao

(The Third Research Institute of The Ministry of
Public Security of P.R.C., Shanghai 200031, China)

Abstract: Lots of vapor generated in the manufacturing process of drug belongs to infrared active substances. The use of a passive infrared remote sensing technology in drug detection is not only fast and accurate, but also can be implemented in a long distance. It can meet the needs of drug control work well. So, it is of great importance in drug control for police.

Key words: passive infrared remote sensing; detection of precursor chemicals vapor; drug control

0 引言

根据近年来发布的《中国禁毒报告》, 我国每年查获海洛因和鸦片的数量分别从 5.79 吨和 1.69 吨下降至 4.33 吨和 1.38 吨, 而冰毒和易制毒化学品的查获量同比分别从 5.95 吨和 892 吨上升至 6.15 吨和 1113 吨。在 2008~2010 年《中国禁毒报告》所列举的 20 起重特大案件中, 利用易制毒化学品制毒的案件数量多达 11 起。可见, 以冰毒为代表的, 利用易制毒化学品生产和制造的合成毒品正逐渐成为吸毒人群的消费主

流。为了更加有效地打击贩毒、制毒活动, 充分做好截流堵源工作, 从源头上做好禁毒工作对于全国范围内的制毒窝点、工厂查处具有至关重要的作用。

易制毒化学品是指可用于非法生产、制造或合成海洛因、冰毒、可卡因等多种毒品以及国家规定管制的其他麻醉药品和精神药品的化学品, 主要包括醋酸酐、氯化亚砷、三氯甲烷、乙醚和石油醚等。它们在非法制造毒品中起基本原料、化学反应和精制等作用。在制造不同的毒品时, 所用的化学品有所不同; 在制造同一种

收稿日期: 2012-08-10

作者简介: 李志豪 (1985-), 男, 上海人, 助理研究员, 硕士, 主要从事禁毒装备技术研究。

E-mail: lizhihao559@hotmail.com

毒品时,也可以使用不同的化学品。目前,利用主动近红外设备进行现场物质鉴定已被广泛应用于法庭、刑侦等领域。而红外遥测技术由于其本身可进行远程操作与侦测的特点也被广泛用于污染物测量、有毒气体自动识别以及军用化学战剂的探测等领域,并受到了人们极大的认同^[1]。考虑到绝大部分易制毒化学品在非法毒品制作过程中会产生大量挥发气体,并在 $700 \sim 1400 \text{ cm}^{-1}$ 的红外大气窗口中显现非常明显的特征光谱,被动红外遥测技术将会成为远距离探测制毒窝点最为有效的手段之一。

1 被动红外遥测设备的系统构成

被动红外遥测设备主要由红外辐射收集系统、干涉仪、红外探测器和数据处理系统四大部分组成。如图 1 所示,经过挥发气体吸收的红外辐射进入被动红外遥测设备光学系统,干涉仪对其进行分光并形成干涉图。然后数据处理软件完成干涉图到光谱图的傅里叶变换,获得挥发性气体的红外吸收光谱以确定物质特征。

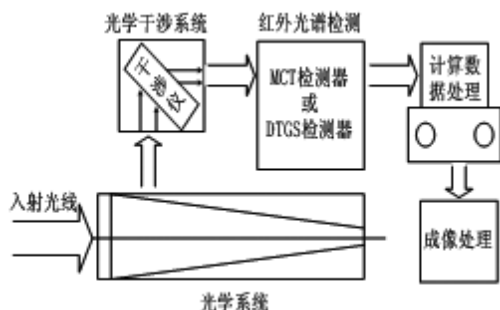


图 1 红外探测系统的结构图

1.1 红外光学系统

被动红外遥感设备的光学系统根据是否需要成像、扫描方式及探测器结构的不同存在非常大的差异。但人们通常使用的是反射式望远镜而非折射式望远镜,这主要出于以下几方面的考虑:

- (1) 透过波段较宽的可满足各种物理、化学、机械性能要求的透光材料不多;
- (2) 当工作波段较宽时,折射式光学系统具有很大的色差,而反射式光学系统则不存在色差;

(3) 反射式成像系统的光学效率高,口径可以做得很大,焦距可以很长。这些特点通常都是折射式成像系统所不具备的。

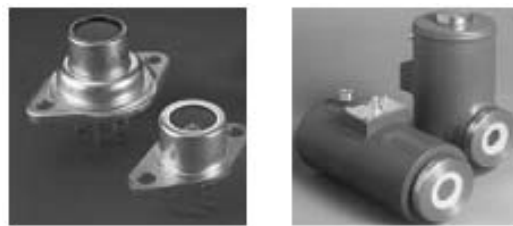
但是,反射式成像系统也有不少缺点,如成像视场较小、体积较大、费用高、加工要求高、镜面表面局部变形及误差对像质的影响大等^[2]。

1.2 干涉仪

干涉仪是被动红外探测系统中的核心部件。整机系统的最高分辨率和其他性能指标主要由干涉仪决定。迈克尔逊干涉仪具有高光通量和多通道等优点。通过增加干涉仪的扫描光程差,可以实现很高的光谱分辨率,也可以得到很高的信噪比。实际系统中采用的干涉仪大多是迈克尔逊干涉仪的变形,如双动镜机械摆动式干涉仪、双角镜耦合及角镜型迈克尔逊干涉仪等^[3]。

1.3 红外探测器

红外探测应具有红外宽波段响应。在非成像探测方式下,人们既可以用单元红外探测器实现红外光谱探测,也可以采用线列或面阵红外探测器进行并行光谱探测。对于不同的工作波段,需要选用不同的探测器,如 InGaAs 传感器、InSb 传感器、DTGS 探测器或者 HgCdTe 传感器。其中, HgCdTe 传感器也就是人们常说的 MCT 传感器,是一种典型的三元合金探测器。人们可以通过调整其组分和工作温度来调整其工作波段。MCT 探测器的灵敏度要远高于 DTGS 探测器,其缺点是需要制冷。图 2 所示为美国 Judson 公司生产的 J15TE 系列 MCT 探测器,其探测率 D^* 通常可以达到 $2 \times 10^{10} \sim 6 \times 10^{10} \text{ cm} \cdot \text{Hz}^{1/2} \cdot \text{W}^{-1}$ 。对于易制毒化学品,使用 $7 \sim 14 \mu\text{m}$ 波段 MCT 探测器能够实现远距离侦测。



(a) J15Te 系列 (b) J15D 系列

图 2 美国 Judson 公司的 MCT 探测器

2 易制毒化学品的红外吸收谱

毒品的制造是一个复杂的化学反应过程, 常与一些化学药品及化学试剂有关。例如, 海洛因主要是通过鸦片的六种主要成分(吗啡、可待因、罂粟碱、那可汀、那碎因和蒂巴因)中的吗啡, 经乙酰化反应而得到的。在海洛因的制造过程中, 需要用到醋酸酐、乙醚以及三氯甲烷等医药和化工原料。醋酸酐、乙醚和三氯甲烷等易制毒化学品本身不是毒品, 但由于其在毒品生产中起着不可或缺的作用, 并且是生产合成毒品的重要辅助原料, 因而经常被毒品犯罪分子用于毒品生产。

用被动红外遥测技术对制毒窝点进行远距离侦测的关键是对制毒过程中产生的化学气团中的各物质进行定性鉴定, 即对醋酸酐、乙醚、三氯甲烷、氯化亚砷和乙醇等的红外吸收谱进行识别。根据 Webbook^[4] 化学数据库提供的红外吸收光谱, 上述几种化学物质的红外特征光谱分别见图3、图4、图5、图6和图7。

醋酸酐是生产安眠酮、新安眠酮和甲基苯丙胺时常用的配剂, 在毒品制造过程中可用作乙酰化试剂。其使用量最大, 也是傅里叶红外探测技术的主要检测目标之一。醋酸酐容易蒸发, 并具有强烈的刺激性酸味。在中红外区域, 其谱图的主要特征在 1276 cm^{-1} (C-C 键的振动) 峰上。

乙醚在制造海洛因、可卡因和苯丙胺等多种毒品中可作为溶剂使用, 具有无色和挥发性强等特点。位于 $2800 \sim 3000\text{ cm}^{-1}$ 范围内的特征吸收峰属于乙醚官能团的吸收峰, 而位于 1200 cm^{-1} 和 1400 cm^{-1} 处的两个吸收峰可用于判断乙醚是否存在。

与乙醚一样, 三氯甲烷在海洛因、可卡因和其他毒品的制造过程中也可作为溶剂使用, 具有易挥发的特点。

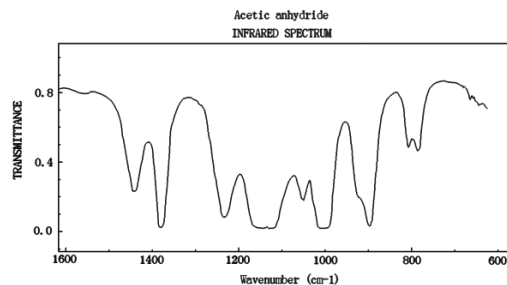


图3 醋酸酐的红外谱图

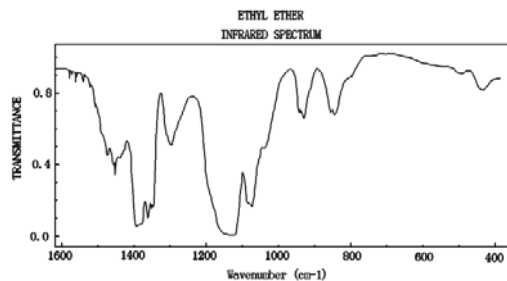


图4 乙醚的红外谱图

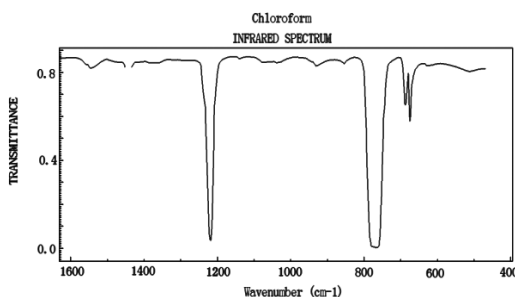


图5 三氯甲烷的红外谱图

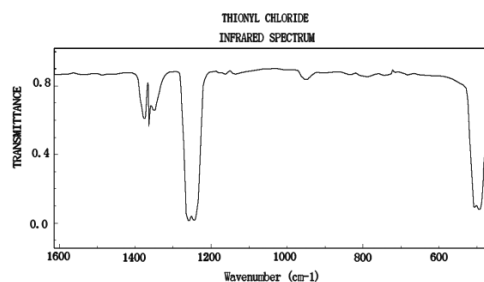


图6 氯化亚砷的红外谱图

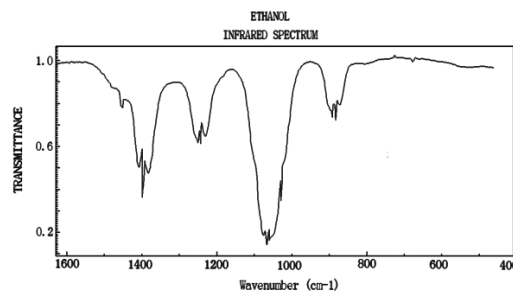


图7 乙醇的红外谱图

由此可见,在制毒过程中挥发出来的蒸气团里,几种常见化学物质的红外吸收峰均处于大气窗口 $700 \sim 1400 \text{ cm}^{-1}$ 范围内。它们都属于红外活性物质,完全可以通过双光束干涉型红外傅里叶变换光谱技术获得光谱。

事实上,对于具有同一类化学键或官能团的不同化合物,其红外吸收频率总会出现在一定的频率范围内。这种能代表某基团、具有较高强度的吸收峰称为该基团的特征吸收峰(又称官能团吸收峰)。但是,官能团并不能用于化学物质的定性鉴定,而位于红外指纹区域($700 \sim 1400 \text{ cm}^{-1}$)内的吸收峰则适合用来与标准谱图(或已知物谱图)进行比较,这是鉴定物质的关键。

3 制毒挥发气体的远程探测

在禁毒任务中,由于制毒窝点、工厂的隐匿工作通常做得较好,而目前我国又缺乏有效的侦测手段,识别方法单一,通过观察场地、排出物与丢弃物的方式,不仅耗时而且耗力,严重限制了查处工作的开展。通过实地调研发现,禁毒一线干警急需一种能够快速、有效发现制毒窝点的技术侦测手段,特别是能够针对大片偏僻村寨、贩毒人员集散地制毒窝点进行远距离、快速探测和准确定位的设备。被动红外遥测技术由于其本身无需主动光源,通过用高灵敏度探测器检测红外吸收光谱便可快速确定物质特性,能够很好地满足实际任务中的需要。

中远红外区域是红外光谱分析中应用得最早和最广的一个区域。该区域吸收峰数据的收集、整理和归纳工作已经达到了一个相当完善的地步。但是,野外开放光路的光谱探测则始于 20 世纪 70 年代末,它是由于军事上的强烈需求和红外探测器技术的发展而得到实际应用的。基于双光束干涉的傅里叶红外光谱技术,通过干涉图的傅里叶变换获得光谱,可用于红外区域($700 \sim 1300 \text{ cm}^{-1}$)中有特征吸收光谱的气体分子的测量^[5]。Ravreby M^[6]采用傅里叶变换红外光谱分析法,利用羰基在中红外区的吸光度,对盐酸可卡因和盐酸海洛因建立了一套可行的定量分析方法。可见,红外探测技术对于毒品制造

过程中产生的挥发气体具有很好的响应,但是在实际的禁毒任务中,人们必须在相当远的距离进行监测才能充分保证打击任务的隐匿性。为此,如何用开放光路远程遥测目标是将被动红外技术用于公安禁毒的另一个重点。

Andreas B 等人^[7]在将 2 kg NH_4 释放 5 min 后分别在相距 600 m、1750 m 和 2400 m 处对其进行了被动红外遥测试验的定量分析。图 8(a)所示为 600 m 距离、30 mrad FOV 时的测试结果,图 8(b)所示为 2400 m 距离、7.5 mrad FOV 时的测试结果。

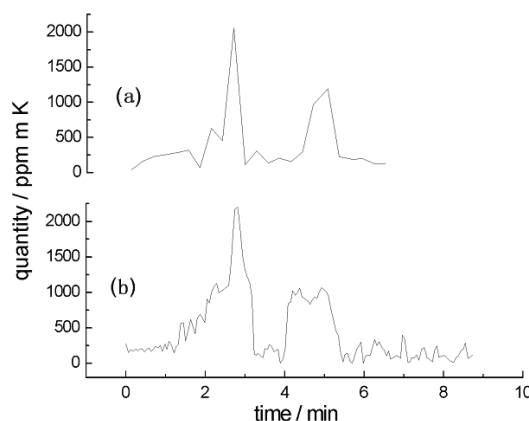


图 8 不同距离和视场角时的测试结果

从测试结果来看,虽然 2400 m 处的数据采集率比 600 m 处的低,但是其总体趋势相近,能够较好地反映 NH_4 的浓度信息。对于毒品制作过程中产生的拥有相似特性的其他挥发气体,使用高性能被动红外遥测设备同样能够满足需要。

4 结束语

本文通过阐述被动红外设备的系统结构特征,结合易制毒化学品的化学蒸气团对红外光谱的吸收特征以及国内外利用此技术进行远距离探测的几个实例,以实际禁毒工作需要为标准,提出了将被动红外遥测技术用于检测毒品制造过程中产生的挥发气体的思想。

当前,被动红外遥测技术已被广泛用于污

(下转第 48 页)