

# 防“爆”于未然-实时快速检测新型过氧化爆炸物TATP和HMTD

Felipe Lopez-Hilfiker  
TOFWERK, Thun, Switzerland

执法部门对能快速并准确检测爆炸物及其残余物的分析工具需求巨。新型过氧化爆炸物三过氧化三丙酮（TATP）是近年来多起恐怖事件中的元凶，同时因其不含硝基的特，对TATP的现场快速检测是维护公共安全的难点和重点之一。直接进样化学电离质谱仪（CI-MS）因其高灵敏度，实时分析等优势，在在线分析痕量爆炸物等领域具有巨大的应用潜力。TOFWERK Vocus CI-TOF仪器适用于分析多种类别和挥发度不同的有机化合物。简而言之，空气样品被直接采集到Vocus反应腔，经电离后被飞行时间质谱检测器记录其信号。因无需任何样品前处理，整个过程耗时极短，保证了爆

炸物检测的实时性，适用于高通量样品或者人流密度高时检测。

## 实时检测痕量三过氧化三丙酮（TATP）

在近距离和高通量采样的场景中，分析仪器的快速响应和高灵敏度极其重要。Vocus CI-TOF对大多数的有机化合物都可以实现‘亚秒’级响应。比如图1展示了Vocus CI-TOF在检测TATP时候的实时性。一个志愿者随身携带一块犬训练辅助工具（小块并高度稀释过的TATP样品，在离Vocus分析仪两米的地方来回行走。旁边放置的风扇面向仪器进样口，确保志愿者经过时，

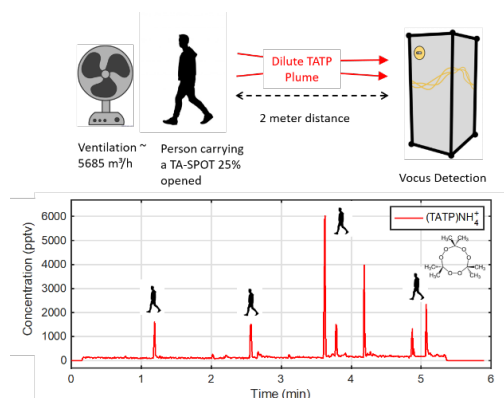


图1. 快速、实时的TATP检测实例。本次检测模拟的场景是一个携带少量并被高度稀释的TATP样品的志愿者在离Vocus CI-TOF仪器不远处来回走动。在风扇气流的作用下，一缕缕的低浓度的TATP烟羽被导向仪器进样口。图中的尖峰便是每一次检测到的TATP“警报”。

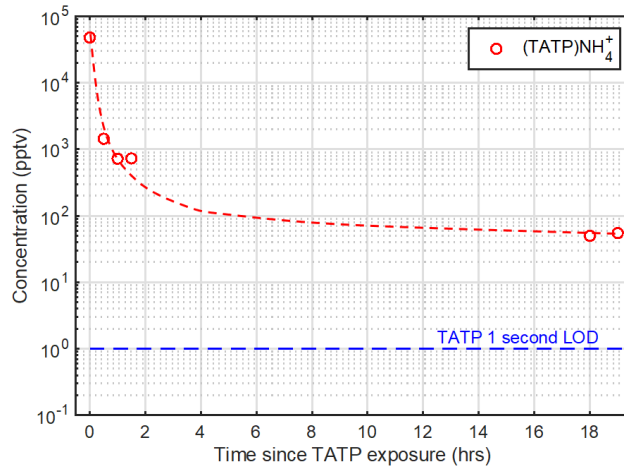


图2. 放置过TATP样品的纸箱上残留物检测。在纸箱内暂时的放置上述TATP训犬样品，随后纸箱在未封口状态下放置20小时。期间Vocus CI-TOF对纸箱内的气体样品进行定期检测。检测到的TATP浓度随着时间不断下降，但20小时后残留物浓度仍远远高于仪器检测限。

其身上的‘气味’得到有效采集并分析。通过追踪TATP的特征离子信号，志愿者每次路过时，仪器都立即发出了时长仅为几秒的有效报警信号。这种接近于真实样品浓度的检测案例，完美的验证了Vocus爆炸物分析仪的高敏感度，快速检测能力和低漏检率，也说明其在移动分析平台上的潜力。

爆炸物残留物会在与其接触过的衣物，包裹或者其他物体表面上留下‘痕迹’。高灵敏度和高特异性使得Vocus CI-TOF可实时分析爆炸物残留‘痕迹’。图2中展示了对短暂装过高度稀释的TATP训犬样品的纸箱内气体的定期检测结果。本测试中，TATP训犬样品在纸箱内的暴露时间约45，扩散到纸箱内壁的TATP的总质量不超过50微克。Vocus CI-TOF利用采样管对未封口的纸盒内部气体进行定期采样和检测。即

使在20小时后，TATP的残余含量仍高于仪器检测限100倍。

### 灵敏地检测低挥发性爆炸物

Vocus CI-TOF也能检测挥发性较低的爆炸物。目标检测物的蒸气压是一个重要的参数，其决定了该物质从固态或液态挥发出来的饱和气态浓度。对大多数爆炸物来说，Vocus CI-TOF的检测限通常在pptv或ppqv范围。六甲氧胺(HMTD)是一种具有低蒸气压的高爆炸性有机物，这意味其气态浓度相对的低。从另一角度来说，对残留在气态中HMTD的测量，尤其是在大气稀释之，会很大程度上受到空气中其他物质的干扰。对类似于HMTD这种低挥发性物质的检测通常需要检测仪器具有超高的灵敏度和极好的质量分辨率，才能大海寻‘针’。

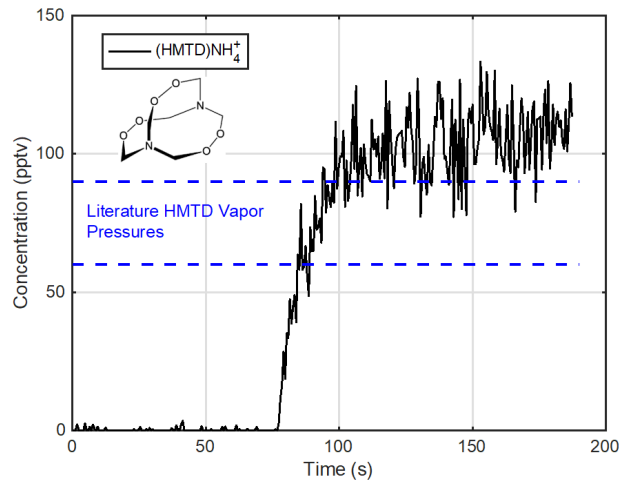


图3. 利用高度稀释的训犬道具来记性HMTD检测。在室温状态下，将样品打开并放置于Vocus CI-TOF的进样口附近，HMTD信号很快就被仪器检测到。

Vocus CI-TOF对在室温下打开的HMTD训犬样品进行了测量。当HMTD训犬样品一靠近仪器进样口，其对应的仪器信号立即呈现了快速增长的趋势。基于对 $\text{NH}_4^+$ 铵根离子在Vocus离子分子反应腔内的动力学推算，可以估算出检测到的气态HMTD浓度为几十个pptV。可以预见的是，在结合棉签采样

和热解析装置的前提下，Vocus CI-TOF对于挥发性更低的爆炸物也可进行有效检测。

#### Contact

china@tofwerk.com  
©TOFWERK 2020