

## 利用RADIANT™ ASAP分析“邮票”毒品

---

Emily Lee, Jane Cooper, Michelle Wood

Waters Corporation

这是一份应用简报，不包含详细的实验部分。

仅适用于法医学应用

---

### 摘要

据报道，几十年来，英国监狱存在非常严重的药物滥用问题，导致暴力事件频发，不利于康复并且增加医疗资源的压力<sup>1</sup>。尽管监狱中仍有使用传统违禁药物的情况，但过去几年来，使用新型精神活性物质(NPS)的比率大幅增加，尤其是合成大麻素的使用<sup>2</sup>。

最近有报道称，有人将毒品浸入纸张和其他物品偷运到英国的监狱中<sup>1</sup>。减少对囚犯的毒品供应是尽可能减少吸毒现象的关键一环，也有利于减少狱中吸毒造成的负面影响<sup>2</sup>。有效检测囚犯所收到的物品可能对此大有帮助。

本研究评估RADIANT ASAP质谱检测器（一款基于大气压固相分析探头质谱(ASAP-MS)的紧凑装置）作为一种简单而快速的“邮票”毒品筛查工具的潜力。提取纸张样品（浸入药物和未浸入药物）并进行ASAP-MS分析，在四个不同的锥孔电压下采集母离子和子离子的数据。LiveID™ 2.0软件将采集的数据与谱库比对，用于处理数据。

### 优势

- 简单易用
- 直接分析（无需色谱分离）
- 大幅减少样品前处理步骤

- 结合碎片离子数据，提高特异性
- 快速分析，利用LiveID 2.0进行实时谱库匹配
- 紧凑型台式仪器

---

## 简介

英国监狱普遍的药物滥用现象是一项主要问题；据报道，这会加剧囚犯的攻击性和暴力行为，囚犯会因此受到不良影响或受伤，致使宝贵的医疗资源更加紧张<sup>1,3</sup>。因此，药物滥用会对刑事制度的稳定性、安全性和整体有效性产生负面影响。

据报道，几十年来，英格兰和威尔士的监狱一直存在毒品问题；2010年对囚犯进行的一项调查表明，有30%的人在狱中使用过大麻，五分之一以上的人使用过海洛因，十分之一的人使用过可卡因<sup>2</sup>。虽然传统违禁药物在监狱中的使用仍然广泛，但强效NPS的出现更是加剧了药物滥用情况。据报道，NPS的使用非常普遍，英格兰和威尔士估计有60%~90%的囚犯在使用NPS<sup>2</sup>。其中尤以模拟大麻精神作用的合成大麻素在囚犯中大受欢迎，并在英格兰64%的男囚监狱中引发忧虑<sup>3</sup>。传统筛查方法不易检出NPS物质，因为它们的化学性质不同，并且会随时间变化；这给负责检测的检测系统和实验室带来了分析挑战<sup>1</sup>。

近年来有报道称，有人将毒品浸入纸张和其他物品偷运到英国的监狱中，比如寄给囚犯的信件中事先浸入了NPS（例如依替唑仑和合成大麻素受体激动剂）等药物<sup>1,3</sup>。有报道称，监狱工作人员看见过囚犯舔舐、咀嚼和吸食信件<sup>3</sup>。在通过解决供需问题尽量减少狱中吸毒现象的总体策略中，减少囚犯获得毒品的机会是考虑的关键所在。使用有效的筛查方法来检测收到的物品，随后再发放给囚犯，可以减少吸毒现象并起到威慑作用。

沃特世的RADIANT ASAP系统体积小，集ASAP的简便性与MS的特异性于一身，已被证明有望用作一种分析毒品样品的快速筛查技术<sup>4</sup>。本研究的目的是评估RADIANT ASAP质谱检测器作为一种简单而快速的“邮票”毒品筛查工具的潜力。

---

## 实验

### 标准物质和样品前处理

17种毒品的有证标准物质购自Merck Life Science（英国多塞特）或Cayman Chemical（美国密歇根州）。CRM

的供货浓度通常为1 mg/mL（溶于甲醇或乙腈），或用甲醇稀释至0.2 mg/mL。

本研究使用的纸张样品有：80 gsm白纸、报纸、明信片、信封和“光面”杂志，还包括不含油墨和含油墨的样品。我们分别使用两种方法将常见毒品浸入纸张一分钟：

- 移液法 – 取50  $\mu$ L CRM（0.2 mg/mL和1 mg/mL）溶液转移到1 x 1 cm预切割的纸张上，然后放在玻璃砖上干燥30分钟
- 浸泡法 – 将纸张样品切成4 x 4 cm的纸片，放入装有4 mL CRM稀释液（1 mg/mL的甲醇溶液）的100 mL烧杯中，然后放在玻璃砖上干燥30分钟。干燥后，使用6 mm打孔器从较大的正方形纸片取样

用相同的两种方法制备不含毒品的纸张样品，仅使用甲醇代替标准物质。

使用以下方法提取上述两种制备方法制备的含毒品和不含毒品的纸张样品：

- 将预切割的正方形样品或打孔的样品分别放入装有500  $\mu$ L甲醇的螺口盖玻璃样品瓶中，然后超声处理
- 超声处理后，将溶剂转移到干净的螺口盖样品瓶中

## RADIAN ASAP分析

采样程序 – “浸取”法

对于每个样品，选择一个新的玻璃毛细管，并使用软件自带的自动RADIAN ASAP烘烤程序进行清洁。每个样品都使用“浸取”法采样，就是将清洁后的毛细管置于液体样品表面下方约1 cm处，保持5 s，然后将毛细管放入支架并插入RADIAN ASAP离子源。采集数据所用的分析方法参数如下面的表1所示。在这项研究中，每个样品均重复分析三次（使用同一根玻璃毛细管反复进行三次“浸取和检测”操作）。

## 分析方法

参数	设置
电离模式：	ASAP+
电晕针电流：	3 $\mu$ A
脱溶剂气及其温度：	氮气，600 °C

锥孔电压：	15、25、35、50 V
采集模式：	$m/z$ 50~600范围内的全扫描MS - 连续模式
扫描速度：	5 Hz

---

表1.使用RADIAN ASAP采集数据所用的分析参数。

## 使用LiveID 2.0处理数据

使用LiveID 2.0谱库匹配软件处理数据，该软件能够对数据文件进行实时谱库匹配或采集后处理。LiveID软件使用反向拟合模型将采集的质谱数据与制作的参比数据库进行比较。LiveID会考虑所有四种锥孔电压来计算平均匹配得分（最大值为1000），本研究将850或更高的匹配得分用作指示阳性鉴定结果的阈值。

---

## 结果与讨论

ASAP-MS是一种直接分析技术，通过ASAP电离过程即可获得质谱数据，无需进行色谱分离。该过程使用加热的氮气使加载到玻璃毛细管的样品挥发，然后通过电晕放电进行电离。

本研究评估的所有分析物均在电离作用下发生了 $[M+H]^+$ 质子化。使用全扫描在 $m/z$  50~600的范围内进行质谱检测。施加四种锥孔电压（15、25、35、50 V），通过源内碰撞诱导解离(CID)生成碎片离子。母离子与生成的碎片离子一起，构成了每种分析物的质谱指纹图谱，从而提高了毒品鉴定的特异性和准确度。图1展示了氯胺酮CRM的分析数据，说明使用该方法可以获得质谱信息。

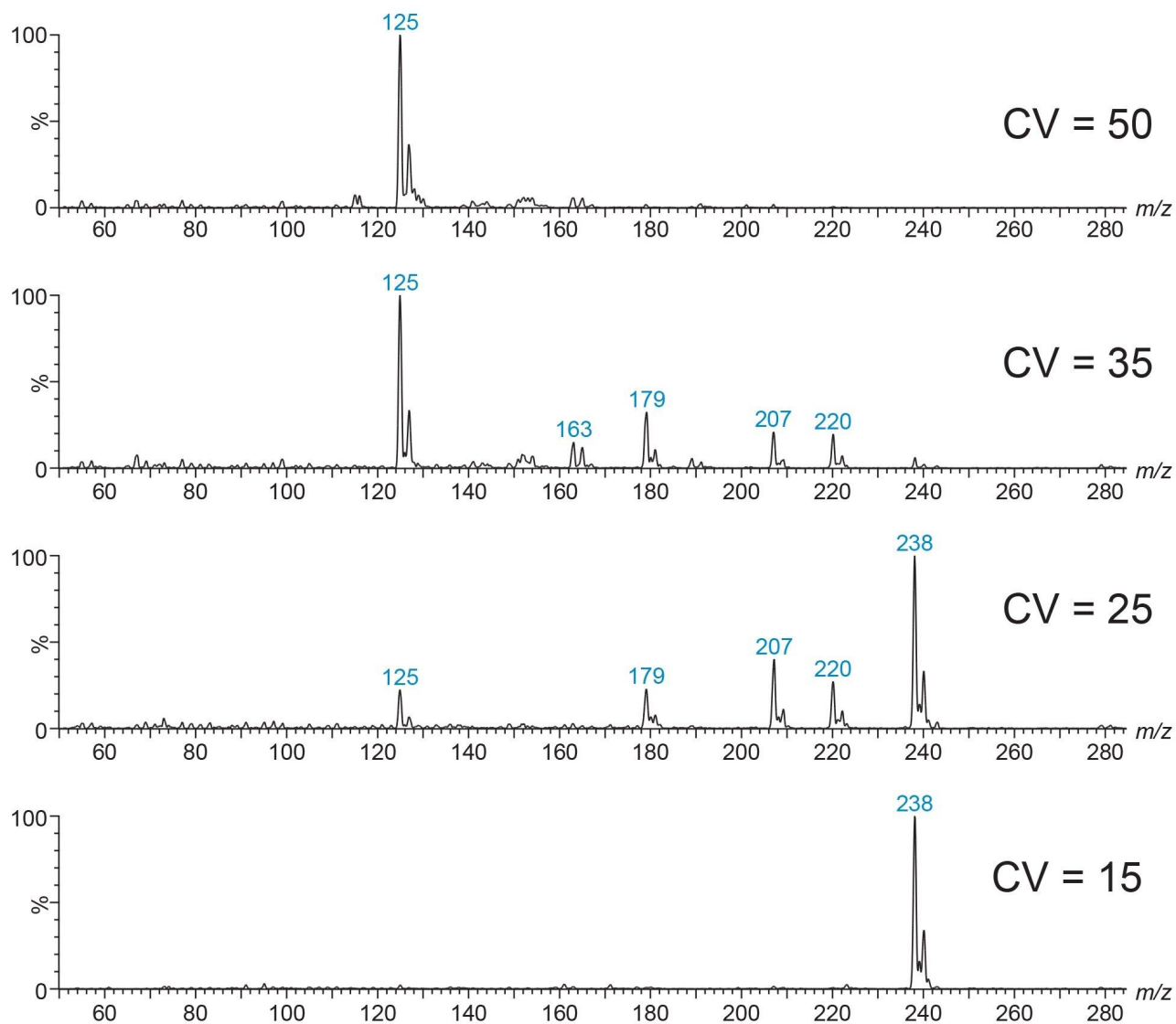


图1.氯胺酮CRM的RADIANT ASAP分析。在四种锥孔电压下采集数据以生成质谱指纹图谱。在最低的锥孔电压(15 V)下，通常包含母体化合物的分子离子，在本例中，ASAP电离生成 $m/z$  238处的 $[M+H]^+$ 。

制备纸张样品（白纸，80 gsm）一式三份：通过移液法分别添加17种常见毒品，浓度1 mg/mL。萃取样品5分钟，然后进行分析，并计算三次“浸取和检测”分析的平均匹配得分。所有毒品均得到正确鉴定，平均匹配得分在853~996的范围内（图2）。不含毒品的空白纸张仅用甲醇处理过，未得到任何大于850的谱库匹配得分，因此视为阴性结果。

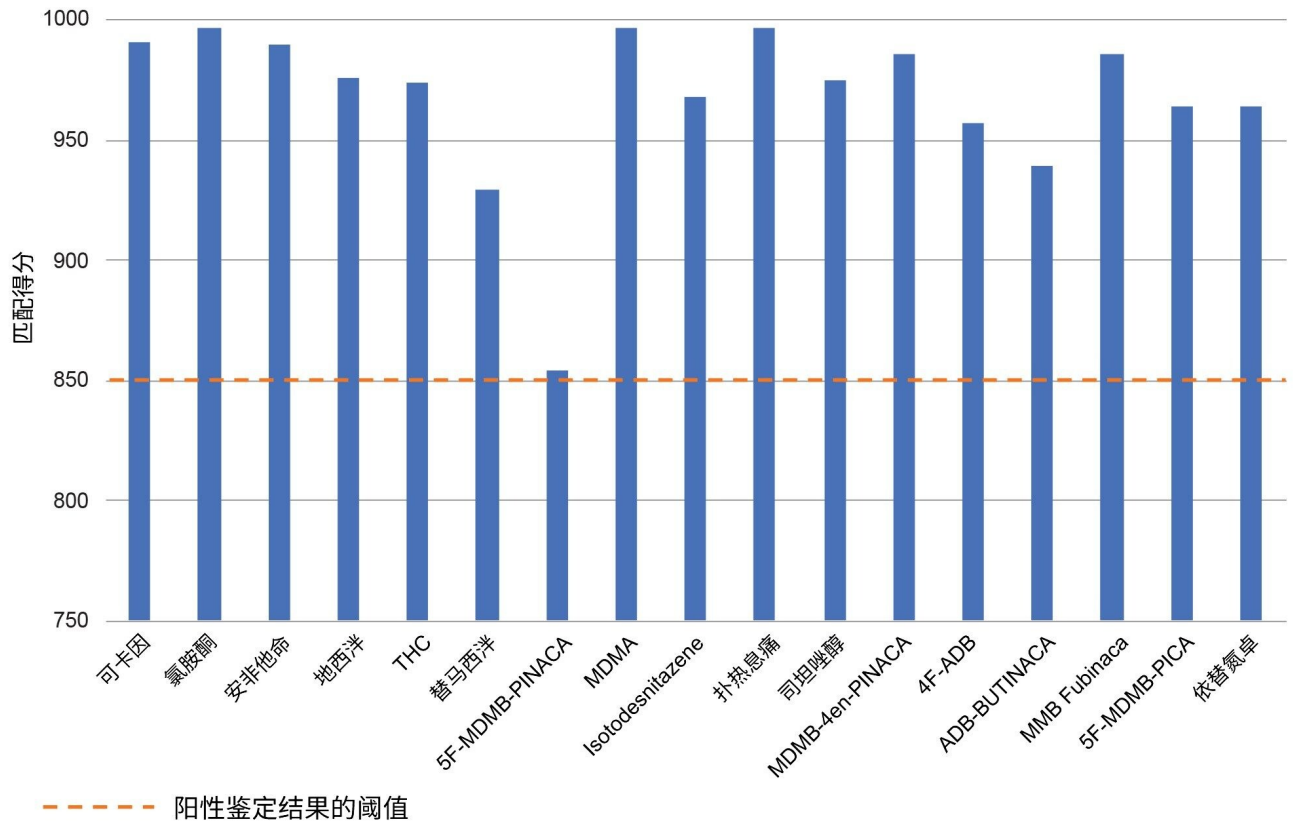


图2.在5分钟萃取时间内，浸入1 mg/mL各种标准物质（甲醇溶液）的加标纸张样品(n = 3)的平均匹配得分

除常见的滥用药物外，本研究还评估了几种NPS；有报道称，NPS在监狱中的使用非常普遍，因此这些物质备受关注<sup>3</sup>。图3展示了浸入合成大麻素5F-MDMB-PICA的纸张样品的典型LiveID数据示例；该样品的置信匹配得分高达969。

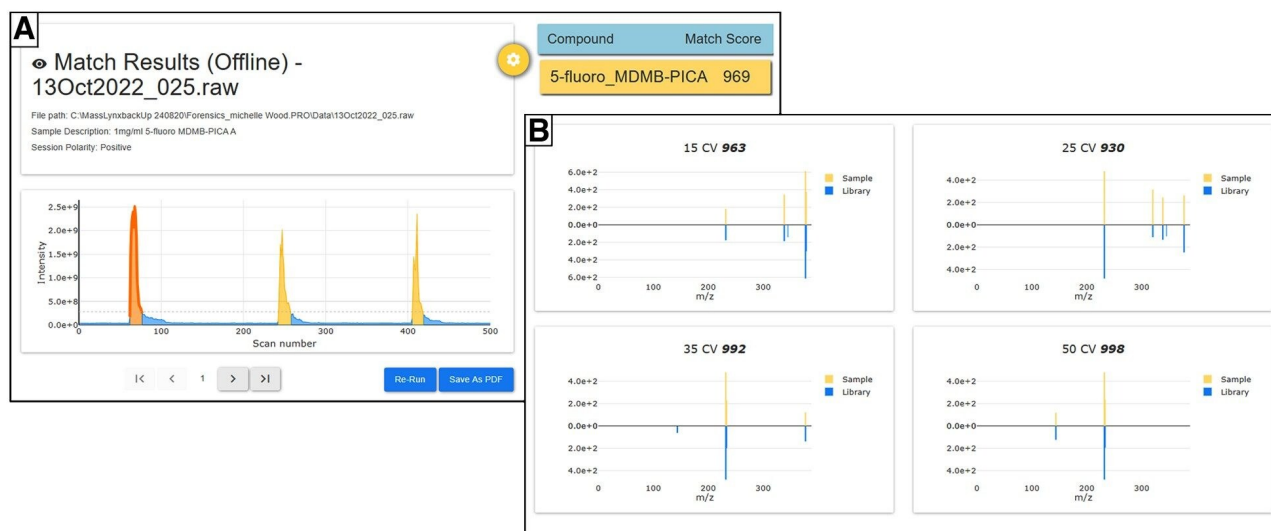


图3.使用移液法制得的浸有50  $\mu\text{L}$  5F-MDMB-PICA的样品的LiveID分析结果。A图展示了纸张样品重复三次“浸取和检测”的结果，第一个重复样的匹配得分为969（最大值为1000）。B图展示了谱图匹配的详细信息；在鉴定过程中使用了所有四种锥孔电压，并使用了加权平均值（锥孔电压最低，权重最高）。

本研究还评估了较低浓度的样品；将各毒品以0.2 ng/mL的浓度浸入6个样品。这些样品的匹配得分略低于加标浓度为1 mg/mL的样品，但获得的匹配得分仍然超过了阳性鉴定结果的阈值。

我们评估了不同超声处理时间的萃取方法；将最初使用两种方法添加毒品的80 gsm白纸样品超声处理5、10和15分钟。超声处理时间增加，谱库匹配得分并无显著差异，因此，为缩短总体分析时间，我们在随后的研究中使用5分钟的超声时间。

为提高采样的简便性和一致性，我们还评估了打孔器的使用情况。打孔样品的匹配得分低于1 x 1 cm正方形样品的得分，但仍超过最低阈值850。响应值较低可能是由于采样的表面积较小所致，但是，结果表明两种采样技术均适用于该分析。

由于初始检测是基于内部不含油墨的加标纸张样品，本研究进一步扩展了评估对象，包括不同的纸张类型、纸张厚度，以及油墨对质谱数据的潜在影响。含油墨的纸张样品包括圆珠笔（普通纸和明信片）、印刷文本（报纸和“光面”杂志）和印刷图像（明信片）。研究确认，5分钟萃取方法适用于检测的所有纸张类型，与80 gsm白纸的结果相比，匹配因子无显著差异。此外，研究还发现油墨对匹配得分没有显著影响。这一点非常有利，因为囚犯收到的物品中可能含有某种形式的油墨，例如信件和儿童画作<sup>3</sup>。

对于检测的大多数样品，软件返回的匹配结果均为一种物质。但也出现了一些例外情况，例如，依替氮卓的平均鉴定得分为964，其异构体protonitazene的匹配得分也高于850。在这些情况下，检测纸张中浸入的化合物时，匹配得分始终高于阳性结果阈值。这并非大问题，因为本文所述的步骤只是用作初步的快速筛查，如有需要，可以使用LC-MS/MS等确认方法进一步鉴别。例如，我们的实验室可以使用LC-MS/MS根据保留时间来区分依替氮卓和protonitazene<sup>5</sup>。

---

## 结论

RADIAN ASAP是一种简便易用、快速且准确的直接质谱筛查技术，无需进行色谱分离即可直接提供质谱数据。该技术有望用于简单筛查纸张样品中浸入的常见违禁药物以及NPS（包括合成大麻素和合成阿片类药物）。

使用的萃取方法快速又简单，已被证明可有效用于不同类型、厚度和处理方式的纸张。使用打孔器进行纸张采样进一步简化了样品前处理过程。每个样品的RADIAN ASAP分析和LiveID 2.0数据库匹配只需不到两分钟的时间。油墨及其他处理方式对毒品的检测并未显示干扰。

这项技术有望成为一种有效的筛查工具，可以减少吸毒现象并起到威阻作用。为进一步评估该应用在筛查“邮票”毒品方面的可行性，我们计划开展更多研究工作来分析查获的真实纸张样品。

---

## 参考资料

1. Norman, C *et al.* Detection and Quantitation of Synthetic Cannabinoid Receptor Agonists in Infused Papers From Prisons in a Constantly Evolving Illicit Market. *Drug Testing and Analysis* 2020; 1–17.
2. Drugs in Prison, London: Centre for Social Justice. Centre for Social Justice (2015).
3. Ford, L.T and Berg, J.D. Analytical Evidence to Show Letters Impregnated With Novel Psychoactive Substances Are a Means of Getting Drugs to Inmates Within the UK Prison Service. *Annals of Clinical Biochemistry* 2018; 55(6): 673–678.
4. Wood, M. 搭载LiveID的RADIAN ASAP – 实现快速、特异、简便的药物筛查.沃特世应用纪要. [720007125ZH](#), 2021.



5. Mistry N.S, Cooper J, Wood M. MRM毒理学筛查方法配合Waters Xevo TQ-S micro的运用扩展.沃特世应用纪要.720007748ZH, 2022.

---

## 特色产品

RADIAN ASAP直接质谱检测器 <<https://www.waters.com/waters/RADIAN-ASAP-Direct-Mass-Detector/nav.htm?cid=135073413>>

LiveID软件 <[https://www.waters.com/waters/en\\_US/Sample-Recognition-Software/nav.htm?cid=134939519](https://www.waters.com/waters/en_US/Sample-Recognition-Software/nav.htm?cid=134939519)>

MassLynx MS软件 <<https://www.waters.com/513662>>

720007911ZH, 2023年7月



© 2023 Waters Corporation. All Rights Reserved.

[使用条款](#) [隐私](#) [商标](#) [招聘](#) [危险化学品生产经营许可证](#) [Cookie](#) [Cookie设置](#)  
[沪ICP备06003546号-2](#) [京公网安备 31011502007476号](#)