



为法医学提供的解决方案

保护、执行与调查

简介

在法医调查中，执法人员、实验室技术人员、犯罪现场调查人员和许多其它人员都面临着材料鉴定的巨大挑战。在调查过程中，技术人员需对火药的残留物、滥用药物、毛发样品、化学前驱体等材料进行例行检查。传统上，技术人员需使用不同的鉴定方法从各种法证样本中收集结果。虽然某些技术是实验室准确鉴定的理想选择，但也有许多技术，如拉曼光谱法，可直接在现场或实验室对多种法证样本的类型进行成功鉴定。拉曼光谱法已被缉获毒品分析科学工作组（SWGDRUG；2016年7.1版）列为A类分析方法。

拉曼光谱学概述

拉曼光谱学是一种成熟的且高灵敏的分析技术，可用于分析固体、液体和浆液。拉曼光谱学是振动光谱的一种，这种技术对分子中原子的振动非常敏感，可用于识别化合物。红外（IR）光谱是另一种振动光谱技术。由于其强特异性和低误报率，拉曼光谱学和红外光谱学已在法医实验室使用了几十年。拉曼光谱学对材料的化学结构也具有特异性，因此可用于对样本进行非破坏性鉴定，这与其它方法相比具有显著优势。有机化合物（如滥用药物）的分子是以离散的频率振动。这些振动的次数和频率主要取决于化合物中原子

的数量，以及这些原子是如何通过特定的化学键连接起来的。由于不同化合物中的原子类型、每种原子的数量以及原子之间的连接方式不同（如图 1 所示的可卡因和甲基苯丙胺），因此化合物的振动频率也不同。拉曼光谱学正是利用了每种化合物振动频率的差异来区分化合物。拉曼光谱是用图形来表示测量中观察到的振动频率。

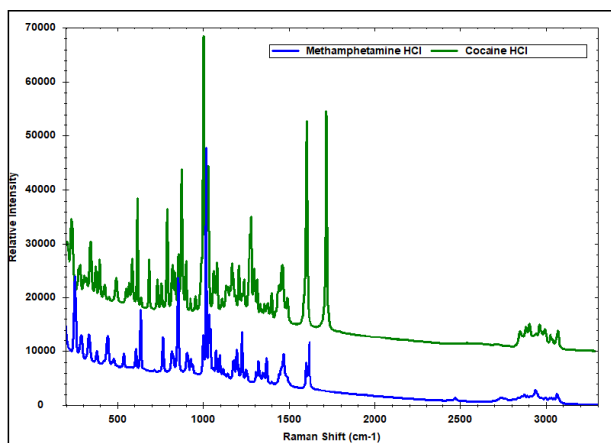


图 1. 甲基苯丙胺（蓝色）和可卡因（绿色）的拉曼光谱。当与已知样本库进行比对时，可通过单个化合物的特征峰来进行识别。

拉曼光谱仪是通过使用激光照射样品，产生由散射的拉曼信号构成的光谱。拉曼中被广泛使用的激光器是 785 nm 的激发系统，因为它在信号强度、荧光灵敏度、成本和整体性能方面能达到较好的平衡，可用于快速地收集大多数有机材料的拉曼光谱。当样品颜色较深或较鲜艳时，1064 nm 这种较长的激发波长会有利于进行拉曼光谱学的鉴定。

用于法医分析的模块化拉曼系统

模块化拉曼系统是法医分析的理想之选，包括分析麻醉品、药物材料、生物样品和天然产品，尤其是深色或有色的产品。模块化系统可以由 785nm 或

1064nm 激发的窄线宽激光器来驱动，可进行选择配置来支持多种法医测量。在检测方面，模块化系统通常使用高灵敏度的阵列探测器，它具有深度 TE 制冷和高动态范围的特点。模块化系统有高信噪比，不会引起自发荧光。用户可以充分灵活地设置所有测量参数，并将数据与库对照来进行鉴定或开发定量的分析方法。光纤耦合系统可用于测量固体、液体、纤维和浆液。如图 2 所示，借助于可灵活使用的各种采样附件，模块化系统可提供高精度的定性和定量的法医学数据。

模块化系统之所以具有更高的灵活性，是因为可更换各种激光器和探测器来与取样附件连接，虽然完整的、完全集成的拉曼仪器更为简单直接，但在激发波长和探测器的选择上缺乏多样性。针对这两种仪器都有多种采样附件可选，其中光纤探头十分常见，也十分容易使用。

为了对样品的特定部分进行微量取样和准确检测，模块化系统还可以与拉曼视频显微镜联用。显微镜附件的设计旨在为法医应用中为拉曼取样提供较高等级的灵活性。显微镜和集成的摄像头可实现通过摄像头来监控激光束和成像细节，从而实现准确的拉曼采样。它具有拉曼显微镜的优势，而成本仅为大多数科研仪器的很小一部分。



图 2 基于模块的拉曼系统，包括激光器、含探测器的光谱仪和光纤采样探头。

可通过库进行识别

模块化系统中的数据可以很容易地被传输到其它软件中进行分析。法医应用中常见的数据分析形式是混合物匹配和库匹配。这两种技术都依赖于庞大的化合物库来实现正确的识别。

Metrohm 常见库和非法材料库包含了市场所需的麻醉剂、切割剂和常见材料。这些库中包括了各种芬太尼类似物和新型迷幻物质，适合鉴定从犯罪现场提取的样品。

混合物匹配对于帮助将毒品与常见切割剂联系起来是至关重要的，其中的切割剂常用于将毒品推向"市场"。街头毒品可从咖啡因到滑石粉等许多物质中切割出。通过识别混合物的成分，可以从毒贩到毒贩追踪毒品，并为走私活动建立监管链。

SERS 走的更远

检测样品中低浓度的物质时，可使用表面增强拉曼光谱 (SERS) 来增强相关物质的信号，从而对其进行检测。样品需要进行制备的过程非常简单，先将样品溶解在溶剂中，然后涂抹在 SERS 基底上。SERS 样品可以直接通过系统的光纤探头进行测量。利用 SERS 识别低含量物质（如受控物质或药物中的活性成分），是检测假冒伪劣产品的重要手段。

结论

B&W Tek 为法医调查中常见的各种物质的鉴定提供了各种解决方案。通过构建自定义的模块化系统，用户可以在不影响技术质量或设备质量的情况下，进行已经过实验室证实的法医鉴定。大多数非法药物样本都可用激发波长为 785 nm 的拉曼光谱学进行鉴定。对于有挑战性的含荧光样品，可用波长为 1064 nm 进行测量。在进行这些测量时，可以更换探测器和激光器，以便为相关化合物提供理想的测试结果。对于低浓度样品的检测，SERS 技术提高了鉴定的灵敏度。带有显微镜附件的模块化系统设计紧凑，可为高质量的拉曼光谱学研究提供支持。以前，这种质量水平的拉曼光谱仪通常局限于实验室内的大型设备。而如今，模块化系统以轻巧、易用的外形特点同样可以提供清晰的结果。

Analytes:	Illicit Substances Halogens – Chlorite, Chlorate
Matrix:	Illicit Substances – narcotics, explosives, residues
Method:	Raman Spectroscopy
Industry:	Defense & Security R&D (Academia)