



# 人工智能时代微量物证鉴定技术发展现状与启示

吕彩虹<sup>1</sup> 刘国民<sup>2</sup>

1. 湖北军安司法鉴定中心, 武汉;  
2. 中南财经政法大学, 武汉

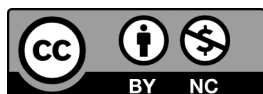
**摘 要** | 介绍了目前常用的几种微量物证鉴定技术的原理、特点及应用, 指出了人工智能带来的硬件增加和软件升级为微量物证鉴定技术的发展提供了新的机遇, 分析了当前微量物证鉴定技术发展现状及存在的问题, 最后结合现存问题提出了几点建议。

**关键词** | 微量物证; 鉴定技术; 人工智能

Copyright © 2020 by author (s) and SciScan Publishing Limited

This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



## 一、引言

在许多诉讼案件及事故、事件的调查中, 要求对与案件或事故相关的某些物质进行鉴定或比对, 这些物质的种类非常多且能提供鉴定或比对的量特别微小, 在司法鉴定 / 法庭科学领域中统称为微量物证。微量物证鉴定与常规的样品检测不同, 它具有如下特点: (1) 鉴定过程中要求确保案件的保密性、结果的准确性、样品的非破坏性。(2) 对设备管理要求更高。需要对仪器设备定期检定 / 校准、核查、维护等, 使其始终处于最佳状态, 确保鉴定工作的有效开展和鉴定数据的准确、可信。(3) 对样品的保管条件更为苛刻。微量物证鉴定的对象分为检材和样本, 检材是需要对其种类和特性进行鉴定并判断其来源的样品, 通常是犯罪分子从案件现场带走或遗留在案件现场的物质; 样本是已知来源的样品。二者必须有效隔离, 专柜保存, 避免交

叉污染。(4) 大多数情况下需要去现场提取物证, 而不仅仅是送检, 且其不易被发现。提取过程中需要严格按照国家标准, 在不损坏、污染物证或破坏痕迹的前提下获得合适的样品。基于以上的一些特点, 微量物证鉴定比常规的样品检测技术要求更高, 难度更大, 是运动学、力学、法医学和分析化学等多学科形成的边缘学科。它依赖于自然科学与社会科学的发展, 更依赖于现代化新技术的发展。在网络大数据的背景与人工智能高速发展的时代, 如何推进微量物证鉴定技术的发展是值得探讨的问题。

## 二、微量物证鉴定技术简介

微量物证鉴定简称微量鉴定, 是指鉴定人运用理化检验的原理、方法或专门知识, 使用专门的分析仪器, 对物质的物理性质、化学性质和成分组成进行检验检测和分析判断并提供鉴定意见的活动。

其中，物理性质包括物质的外观、重量、密度、力学性质、热学性质、光学性质和电磁学性质等；化学性质包括物质的可燃性、助燃性、稳定性、不稳定性、热稳定性、酸性、碱性、氧化性和还原性等；成分组成包括物质中所含有机物、无机物的种类和含量等。根据司法部 2020 年 6 月 23 日印发《物证类司法鉴定执业分类规定》的通知（司规〔2020〕5 号），微量物证鉴定项目由原来的 13 项变更为

11 大类（如表 1 所示）。新的分类涉及面更广，项目更全，涉及多个学科领域，对鉴定人员的专业技术水平要求更高。不同类别的微量物证采用的鉴定技术不同，当前较为成熟的微量物证鉴定技术主要有显微镜法、红外光谱法、拉曼光谱法、扫描电镜/能谱法、X 射线光电子能谱法、X 射线衍射法、差示扫描量热法等。对于司法鉴定人员来说，针对不同的微量物证选择合适的鉴定方法至关重要<sup>[1]</sup>。

表 1 微量物证鉴定项目变更前后对比

微量物证鉴定项目													
序号	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
变更前	油漆	纤维	玻璃	纸张	墨水	油墨	粘合剂	橡胶	塑料	金属	火药、炸药及其爆炸残留物	枪弹射击残留物	油脂
变更后	化工产品类	金属和矿物类	纺织品类	日用化学品类	文化用品类	食品类	易燃物质类	爆炸物类	射击残留物类	交通事故微量物证	火灾微量物证	/	/

（一）显微镜法

显微镜法是利用显微镜观察微量物证颜色、形状、结构等外观特征的方法，是一种最为简单、直接、快速、便捷的方法，也是微量物证鉴定最先使用的方法。一般情况下，通过显微镜观察检材的外观特征就可以对检材与样本是否同一做出预判。如果通过外观就可以排除就不需要再用其他仪器设备来分析。

（二）红外光谱法

红外光谱法（IR，全称为 Infrared Spectrometry）是一种根据分子内部原子间的相对振动和分子转动等信息来确定物质分子结构和鉴别化合物的常用分析手段，不仅可以对物质进行定性分析，还可对单一组分或混合物中各组分进行定量分析，尤其是在对于一些较难分离并在紫外、可见区找不到明显特征峰的样品，可以方便、迅速地定量分析。根据样品的种类、数量、性状，红外光谱法又分为衰减全反射红外光谱法、透射红外光谱法、显微红外光谱法等。衰减全反射红外光谱法一般用于分析不易溶解、熔化、难以粉碎的样品，无需制样，测试速度快，样品易于回收；透射红外光谱法一般用于分析易溶解、易于成膜的粉末状或液体样品；显微红外光谱法则是将体视显微镜与红外光谱仪联用的方式来分析超微量的样品<sup>[2]</sup>。对于分析混合物或者含有污染物的物证具有独特的优势。

红外光谱法目前常用于油漆、塑料、橡胶、纤

维、粘合剂、油墨、毒品、炸药、油脂等微量物证的鉴定<sup>[3]</sup>。例如，通过分析检材油漆与样本油漆各层红外光谱是否一致来鉴定车身油漆是否重新喷涂过，解决消费者在购车过程中与汽车生产厂家、4S 店之间因怀疑新车发生过交通事故或进行过补漆翻新产生的纠纷<sup>[4]</sup>。需要强调的是，检材油漆与样本油漆红外光谱不一致可以下否定结论，检材与样本红外光谱一致，则需要补充其它方法进一步分析其他组分。

（三）拉曼光谱法

拉曼光谱是分子振动光谱的一种，它属于散射光谱。拉曼光谱分析的基本原理是当一束单色光（如激光）照射透明的送检物时，大部分光透射出去而一小部分光会被送检物在各个方向上散射，约占  $10^{-6} \sim 10^{-10}$  的散射光不仅改变了光的传播方向，而

[1] 杨明太，王雯，戴长松，等. 微量物证检测方法 [J]. 核电子学与探测技术，2012，32（3）：256-259，297.

[2] 王立南，韩雷. FTIR 法在微量物证检验中的应用 [J]. 辽宁警专学报，2013（3）：57-60.

[3] 余静，张云，庞松颖，等. 红外光谱技术在物证鉴定中的应用 [J]. 光谱学与光谱分析，2016，36（9）：2807-2811.

[4] 柴智勇，刘效磊，冯计民. 红外光谱法在车身镀膜鉴定中的应用研究 [J]. 涂料工业，2014，12（44）：51-54.

且散射光的频率也不同于入射光的频率,亦称拉曼效应。测量拉曼散射光子的频率和强度,即可对被送检物进行定性或定量分析。激光共聚焦显微拉曼光谱法是将共聚焦显微技术应用于拉曼光谱中,可实现不同深度的各个层面的测试分析。

拉曼光谱法用因其具有分析速度快、无损检测的特点,在微量物证鉴定领域有其独特的应用优势。它可同时分析样品中的有机成分、无机成分及微观形貌,结合了红外光谱仪和扫描电镜/能谱仪的功能,在分析具有多层结构的物质方面更具优势,在分析颜料、染料及填料等微量添加剂方面或笔迹、打印字迹、印痕方面效果优于红外光谱或其他方法。例如纤维的鉴定,使用红外光谱法只能判断其所属类别,而拉曼光谱法可分析同一类型不同形态以及被染色的纤维,为样品的来源获取更多的信息<sup>[1]</sup>。然而,使用拉曼光谱法测试样品时,样品容易受到荧光背景干扰,需要使用背景扣除或采用光谱预处理技术或选择合适的激光器等方式来减少干扰。目前拉曼光谱法常用于油漆、文书材料、纤维、毒品、药品、爆炸物、文物等微量物证的组成成分或同一比对鉴定,在交叉笔画时序、朱墨时序、笔迹或印文形成时间鉴定方面也有一定的研究及应用。

#### (四) 扫描电镜/能谱法

扫描电镜/能谱(SEM/EDS, 全称 Scanning Electron Microscope/X ray Energy Dispersy Spectrum)是一种将扫描电子显微镜与能谱相结合的分析技术,其原理:电子枪阴极发出的电子束,经聚光镜及物镜汇聚成极细的电子束,在扫描线圈的作用下,电子束在样品表面作扫描,激发出二次电子和背散射电子等信号,被二次电子检测器或背散射电子检测器接收处理后在显像管上形成衬度图像。二次电子和背散射电子反映样品表面微观形貌特征,利用特征X射线分析样品微区元素成分。特征X射线是原子的内层电子受到激发之后,在能级跃迁过程中直接释放的具有特征能量和波长的一种电磁波辐射。各元素的特征谱有相似的结构,但其能量值不同,故可作为元素分析的工具。

扫描电镜可以直观的分析样品的微观形貌和层次结构,并且不同明暗区域代表的成分不同,能谱可以分析样品的元素种类及含量,两者的完美结合

使得其在鉴定油漆、纤维、射击残留物等微量物证方面有较多的应用<sup>[2]</sup>。其缺点是仅能分析样品的无机元素,不能分析有机成分,且只能半定量,通常需要结合其他方法一起分析。

#### (五) X射线光电子能谱法

X射线光电子能谱(XPS, 全称为 X-ray Photoelectron Spectroscopy)是一种基于光电效应的电子能谱,它是利用X射线光子激发出物质表面原子的内层电子,通过对这些电子进行能量分析而获得的一种能谱。XPS法可以分析除H和He以外的所有元素,可以直接测定来自样品单个能级光电发射电子的能量分布,且直接得到电子能级结构的信息。从能量范围看,如果把红外光谱提供的信息称之为“分子指纹”,那么X射线光电子能谱提供的信息可称作“原子指纹”,它可以提供有关化学键方面的信息,即直接测量价层电子及内层电子轨道能级。而相邻元素的同种能级的谱线相隔较远,相互干扰少,元素定性的标识性强。是一种高灵敏超微量表面分析技术,灵敏度高,样品分析深度约2 nm。

XPS法检测物证时,检测物中如有非常独特且明确的可测元素,可作为对检测物之间的相关性认定的重要依据。目前可用于灰尘、泥土等微量物证的鉴定。通过元素组成、元素的相对浓度和存在形态判断检材与样本的同一性。

#### (六) X射线衍射法

X射线衍射(XRD, 全称为 X-ray diffraction)法是利用X射线在晶体、非晶体中的衍射和散射效应,进行物相定性和定量分析、结构类型和不完整性分析的方法。目前,XRD在司法鉴定领域主要用于物相的定性分析,大部分XRD分析软件都具备自动检索功能,可以快速准确的进行物相匹配,确

[1] Buzzini P, Massonnet G. The discrimination of colored acrylic, cotton, and wool textile fibers using micro-raman spectroscopy. Part 1: In situ detection and characterization of dyes [J]. J Forensic Sci, 2013, 58: 1593-1600.

[2] 莫祥银, 王克宇, 俞琛捷, 等. 扫描电子显微镜-X射线能谱仪在司法鉴定中的应用研究[J]. 南京师大学报, 2009, 32(3): 51-55.

定被检测物为何种物质,为侦查、审判提供线索和证据。X射线衍射法在微量物证鉴定中的应用主要体现在以下几个方面:(1)无机炸药检验。当前,国内爆炸事故中比较常见的无机炸药有硝酸铵类混合炸药、氯酸盐类和高氯酸盐类混合炸药、黑火药以及各种烟火剂。XRD可以通过测试无机炸药中的主要成分来确定炸药的种类。(2)纸张添加剂检验。不同纸张的纤维、填料、粘合剂、添加剂以及工艺条件等可能不同,在XRD分析中可以得到体现。(3)矿石物证分析。对一些雕像文物、装修建材等成分的鉴定,用XRD进行分析,快速简单,结果准确。

#### (七) 差示扫描量热法

差示扫描量热法(DSC, 全称 Differential Scanning Calorimetry)是在程序控制温度下,测量输入到检材和比对样本的热流随温度或时间变化而变化的技术,可获得样品的晶型转变、熔融、升华、吸附等物理变化和脱水、降解、分解、氧化等化学变化。由于其制样简单、分辨率高、样品用量少,目前在可应用于橡胶、塑料等微量物证的鉴定,尤其在区分同种车型不同厂家的轮胎橡胶方面有独特的优势。不同厂家轮胎的生产工艺不同,导致不同分解阶段所表现出来的峰顶温度和热焓变化就不同,这些差异在差示扫描量热曲线上很容易体现出来。因此,在交通事故中,利用DSC鉴别轮胎橡胶的来源是锁定肇事车辆一种较好的方法。

### 三、人工智能带来的影响

#### (一) 硬件不断增加

在人工智能高速发展的今天,随着各种仪器设备的升级换代,其分辨率、灵敏度、数据采集速率大幅度提高,微量物证鉴定技术也日趋智能化。从单一设备的测试分析到多个仪器设备的联用,从手动测试平台到自动测试、从点扫描到线面扫等,无不见证了人工智能带来的影响。各种新技术的使用提高了测试效率及测试结果的准确性。

#### (二) 软件不断升级

在仪器设备等硬件升级换代的同时,各种数据分析软件也不断更新,网络数据库信息也越来越庞大,为微量物证鉴定提供了强大的分析基础。另外,各种司法鉴定管理系统也不断涌现。例如湖北省司法行政公共法律服务平台的《司法鉴定业务管理系

统》,规范了鉴定流程,提高了鉴定效率。

### 四、发展现状

尽管各种硬件不断增加、软件不断升级,测试新技术层出不穷,但微量物证鉴定技术的发展仍然较为缓慢。目前,主要存在以下问题:

(1)新技术的开发和采用离不开巨额的硬件投入,目前民营鉴定机构普遍缺乏资金支持,其推广普及受到局限。

(2)鉴定标准更新较慢,各鉴定机构使用的标准或方法各有差异。

(3)新的微量物证鉴定项目分类较为宽泛,涉及多个交叉学科,鉴定人准入的门槛不高,刑事技术、法学及侦查专业都可以申报微量物证鉴定,而这些专业都是以法学或侦查学等作为教育的大框架,很少接触到相关仪器设备的操作,更没有相关理论知识背景及数据分析能力。另外,各鉴定项目类别之间有所交叉,导致方法不好选择。例如油漆鉴定、塑料鉴定等,既属于化工产品类鉴定又属于交通事故微量物证鉴定。

(4)司法鉴定机构仪器设备配置亟待更新,有些鉴定项目要求的必备设备与目前常用的标准不一致。

(5)微量物证项目的资质认定或实验室认可实施不彻底。根据《司法部国家市场监督管理总局关于加快推进司法鉴定资质认定工作的指导意见》(司规〔2019〕4号)规定,从事微量物证鉴定业务的司法鉴定机构,应当于2020年10月30日前通过资质认定或实验室认可,2020年10月30日后仍未通过的,依法注销。目前大多数机构仅停留于表面,实际按照资质认定或实验室认可相关体系运行和管理的较少。

(6)微量物证鉴定技术的应用有待拓宽。目前微量物证鉴定技术多用于解决交通事故纠纷。在文书鉴定、环境损害鉴定等方面有一定研究,但鲜有应用。

### 五、启示

针对目前微量物证鉴定技术发展过程中存在的问题,结合当前互联网大数据和人工智能技术的背景,应加快推进微量物证鉴定技术的发展,可采取如下措施:(1)与高校或研究所建立科研合作项



目,将高校的先进设备与丰富的师资力量引入到鉴定实践中。(2)及时更新标准,加强专业技能培训,定期组织现场技能交流与考核。(3)高校的刑事技术、法学、侦查学等司法鉴定类专业应调整实验教学模式,将微量物证鉴定相关基础理论知识和仪器设备操作融入其中。(4)微量物证鉴定方法不应一层不变,应随着时代发展及案件的复杂情况使用多种方法相互验证,结合先进设备和鉴定人员长期积累的经验才能得出正确的结论。(5)严格监督,加强管理。(6)推广微量物证鉴定技术在文书鉴定、

环境损害鉴定方面的应用。例如,通过油墨、印油等文书材料的形貌和成分分析,用于笔迹和印章印文的真伪鉴定,添加和涂改字迹的鉴定,打印字迹的鉴定,朱墨时序及笔画先后顺序的鉴定、材料形成时间鉴定等。相信在不久的将来,微量物证鉴定领域将迎来一场新的变革,为维护社会公平正义发挥越来越重要的作用。

(责任编辑:熊 倩)

## Current Situation and Enlightenment of Trace Evidence Identification Technology in the Age of Artificial Intelligence

Lv Caihong<sup>1</sup> Liu Guoming<sup>2</sup>

1. Jun An Forensic Center of Hubei, Wuhan;

2. Zhongnan University of Economics and Law, Wuhan

**Abstract:** This paper introduces the principles, characteristics and applications of several kinds of trace evidence identification technology at present. It points out that the hardware increasing and software upgrading brought by artificial intelligence providing new opportunities for the development of trace evidence identification technology. And this paper analyzes the present situation and existing problems of trace evidence identification technology. Finally it puts forward some suggestions in terms of existing problems.

**Key words:** Trace evidence; Identification technology; Artificial intelligence