

刑事技术中指纹痕迹的检测及技术创新

艾尼外尔·亚森 阿布地热依木·买买提 吾里扎巴依尔
沙雅县公安局刑侦大队

DOI:10.32629/jsse.v3i4.17854

[摘要] 指纹痕迹作为刑事技术中极具辨识度的生物证据,其检测结果直接影响刑侦案件的侦破效率与司法公正性。本文立足刑事侦查实践,首先界定指纹痕迹检测的核心概念与科学原理,分析不同阶段刑侦手段与指纹检测技术的适配关系,进而系统梳理物理、化学等传统常用检测手段的应用场景与局限;重点探讨光学成像、生物技术、人工智能等领域驱动下的指纹检测技术创新方向与实践应用,为刑事技术升级与刑侦工作提质提供理论参考。

[关键词] 刑事技术; 指纹痕迹检测; 检测方法; 技术创新; 刑侦应用

中图分类号: TN934.85 文献标识码: A

Detection and technological innovation of fingerprint traces in criminal technology

Ainiwaer Yasen Abudireyimu Maimaiti Wulizhabayier

Criminal Investigation Brigade of Shaya County Public Security Bureau

[Abstract] Fingerprint traces, as highly recognizable biological evidence in criminal technology, directly affect the efficiency of criminal investigation and judicial fairness based on their detection results. This article is based on criminal investigation practice. Firstly, it defines the core concept and scientific principles of fingerprint trace detection, analyzes the adaptation relationship between criminal investigation methods and fingerprint detection technology at different stages, and then systematically sorts out the application scenarios and limitations of traditional commonly used detection methods such as physics and chemistry; The focus is on exploring innovative directions and practical applications of fingerprint detection technology driven by fields such as optical imaging, biotechnology, and artificial intelligence, providing theoretical references for upgrading criminal technology and improving the quality of criminal investigation work.

[Key words] Criminal technology; Fingerprint trace detection; Testing methods; technological innovation
Criminal Investigation Application

引言

指纹具有终身不变、人人不同的核心特性,自被纳入刑事技术体系以来,始终是联结犯罪嫌疑人与犯罪现场的关键证据链。在传统刑侦工作中,指纹痕迹检测依赖人工操作与经验判断,存在检测效率低、痕迹提取受限等问题。随着犯罪手段的隐蔽化、智能化发展,传统检测技术已难以满足复杂现场的取证需求^[1]。因此,明确指纹痕迹检测的核心逻辑,厘清刑侦手段与检测技术的协同关系,挖掘技术创新路径,成为提升刑事侦查精度、破解取证难题的重要课题。本文围绕指纹痕迹检测的检测体系与技术创新展开系统探讨,为刑事技术实践提供支撑。

1 指纹痕迹检测的概念与原理

1.1 核心概念

指纹痕迹检测是指刑事技术人员利用专业手段,从犯罪现场的物体表面(如门窗、凶器、文件等)发现、提取、固定、分

析指纹痕迹,并通过与样本指纹比对,实现身份认定或关联犯罪事实的技术过程。其核心目标是将潜在、残缺或模糊的指纹转化为具备司法效力的证据。

1.2 科学原理

指纹的生物学基础: 指纹由表皮乳突线构成,乳突线的形态、细节特征具有唯一性和稳定性,为个体识别提供生物学依据。痕迹形成与检测原理在于,指纹形成依赖汗液、皮脂等分泌物与承载客体的相互作用,检测技术本质是通过物理吸附、化学反应或光学成像,放大指纹痕迹与承载客体的对比度,实现痕迹可视化。

2 不同阶段刑侦手段和指纹痕迹检测技术的关系

2.1 传统刑侦阶段: 技术适配性低,依赖人工主导

传统刑侦以现场勘查、走访排查为核心手段,指纹检测技术以手工操作为主,如粉末刷显。两者呈现低技术趋同特征,检测

技术受限于刑侦手段的粗放化,难以应对复杂现场的痕迹提取需求,且检测结果易受人员经验影响。

2.2 现代刑侦阶段: 技术深度融合, 形成协同闭环

现代刑侦趋向精准化、科技化,整合了视频监控、大数据排查、生物证据分析等手段。指纹检测技术与这些手段深度绑定,例如通过视频锁定可疑区域后,运用高精度检测技术提取痕迹;借助大数据平台实现指纹快速比对,形成发现—提取—分析—比对的协同闭环,大幅提升刑侦效率。

2.3 未来刑侦趋势: 技术一体化, 赋能智慧侦查

未来刑侦将以智慧侦查为核心,指纹检测技术将与人工智能、物联网等技术进一步融合。检测设备将具备现场快速分析、远程数据传输功能,与刑侦大数据系统实时联动,实现痕迹提取、身份认定、线索关联的一体化,推动刑侦工作从被动取证向主动预判转变^[2]。

3 常用指纹痕迹检测手段

经过长期的刑侦实践,指纹痕迹检测形成了以物理检测法、化学检测法为基础,以复合检测法为补充的技术体系。各类检测手段基于不同的原理设计,适用于不同类型的客体表面与痕迹状态,技术人员需根据现场实际情况灵活选择,以实现痕迹提取的最优化。

3.1 物理检测法

物理检测法是通过物理作用实现指纹痕迹可视化的技术方法,具有操作简便、无损或微损、快速高效的特点,适用于大部分非渗透性客体与部分渗透性客体,是犯罪现场指纹检测的首选方法之一。

3.1.1 粉末刷显法。粉末刷显法是最传统、应用最广泛的物理检测技术,核心原理是利用粉末与指纹分泌物(汗液、油脂)的吸附作用,使粉末附着于指纹纹路表面,形成与客体背景对比鲜明的可见痕迹。该方法的操作流程较为简单:首先用干净的毛刷蘸取适量粉末,轻轻刷扫客体表面,待指纹纹路显现后,用胶带粘贴固定,或直接拍照记录^[3]。其优势是操作快速、成本低、适用范围广,能在短时间内显现显性指纹与部分潜在指纹;局限性是对渗透性客体(如纸张、木材)效果较差,且粉末易脱落,对痕迹的固定要求较高,同时对操作人员的经验依赖性较强,力度控制不当可能破坏指纹细节。

3.1.2 激光照射法。激光照射法是基于荧光反射原理的现代化物理检测技术,核心原理是利用特定波长的激光照射客体表面,激发指纹分泌物中氨基酸、脂质、卟啉等物质的荧光特性,使潜在指纹在黑暗环境中显现出荧光痕迹,从而实现可视化。该方法的核心优势是灵敏度高、无损检测,适用于各类客体表面,包括玻璃、金属、塑料、纸张、衣物等,尤其对陈旧指纹、微弱指纹的显现效果显著。例如,对于遗留在深色衣物上的潜在指纹,传统粉末刷显法难以形成有效对比,而激光照射法可通过激发荧光,清晰显现指纹纹路。

3.1.3 多光谱成像法。多光谱成像是近年来逐步普及的物理检测技术,核心原理是利用指纹与承载客体在可见光、红外

光、紫外光等不同光谱波段下的反射率、吸收率差异,通过多光谱相机采集不同波段的图像,再经计算机算法处理,过滤背景干扰,凸显指纹纹路的轮廓与细节,实现潜在指纹的可视化。操作流程包括光谱波段选择、图像采集、图像处理与分析三个步骤,技术人员可通过计算机软件实时观察处理效果,灵活调整参数。其局限性是设备体积较大,便携性不足,不适用于野外等复杂现场的快速取证。

3.2 化学检测法

化学检测法是通过指纹分泌物与化学试剂的特异性化学反应,生成具有颜色或荧光特性的产物,从而显现指纹痕迹的技术方法。该类方法灵敏度高、适用范围广,尤其适用于渗透性客体与陈旧指纹的检测,但部分方法对痕迹有一定破坏性,需谨慎使用。

3.2.1 茚三酮法。茚三酮法是应用最广泛的化学检测技术之一,核心原理是茚三酮与指纹分泌物中的 α -氨基酸发生脱水缩合反应,生成蓝紫色的鲁赫曼紫化合物,从而显现指纹痕迹。该方法优势是灵敏度高、成本低、操作简便,能显现数月甚至数年的陈旧指纹;局限性是对非渗透性客体效果较差,反应后形成的痕迹易褪色,需及时固定,且试剂对皮肤有刺激性,操作时需做好防护。

3.2.2 硝酸银法。硝酸银法是传统的化学检测技术,核心原理是硝酸银与指纹分泌物中的氯化钠(汗液成分)发生反应,生成白色的氯化银沉淀,氯化银在光照条件下分解为银单质,形成棕黑色的指纹痕迹。该方法适用于纸张、木材、棉布等渗透性客体,操作流程为:将硝酸银溶液(浓度1%-5%)均匀涂抹在客体表面,自然晾干后,置于阳光下或紫外灯下照射数分钟,即可显现棕黑色指纹。其优势是能显现陈旧指纹,且反应产物稳定,不易褪色;局限性是对非渗透性客体无效,光照时间过长可能导致背景发黑,影响痕迹识别,同时硝酸银具有腐蚀性,需避免接触皮肤与衣物。

4 刑侦检测中的指纹痕迹检测技术创新

4.1 光学成像技术创新: 突破痕迹可视化边界

光学成像是指纹痕迹检测的核心技术之一,近年来在多波段融合、三维成像、便携化设计等方面的创新,显著提升了指纹痕迹的发现率与可视化效果,尤其在复杂背景、极端环境下的取证能力得到大幅增强。

4.1.1 超光谱成像技术。超光谱成像技术是在多光谱成像技术基础上发展而来的创新技术,其核心突破是将光谱波段的数量从数十个扩展至数百个甚至数千个,实现对指纹与客体的“光谱指纹”级识别。该技术通过超光谱相机采集客体表面的连续光谱信息,利用计算机算法分析指纹分泌物与客体在不同光谱波段的吸收、反射特性差异,精准分离背景干扰与指纹痕迹,即使在颜色复杂、纹理密集的客体表面,也能清晰显现潜在指纹^[4]。例如,对于遗留在彩色印刷品上的指纹,传统多光谱成像技术可能因光谱波段不足,难以完全过滤印刷图案的干扰,而超光谱成像技术可通过精准筛选特定光谱波段,有效分离印刷油墨与指纹分泌物的光谱信号,形成无背景干扰的清晰指纹图像。

4.1.2 三维全息成像技术。传统光学成像技术仅能获取指紋的二维平面信息,难以还原指紋的深度特征与立体形态,对于变形、按压力度不均的指紋,易导致细节特征误判。三维全息成像技术通过激光干涉原理,记录指紋的三维光学信息,生成立体化的指紋图像,不仅能清晰呈现乳突线的轮廓与细节,还能还原指紋的凹凸形态、按压痕迹等深度特征,为指紋鉴别与伪造识别提供更丰富的依据。该技术的核心优势是无损、精准,可在不接触客体表面的前提下,获取指紋的三维数据,避免了传统提取方法对痕迹的破坏。例如,对于遗留在柔软客体(如皮革、织物)上的压痕指紋,传统方法难以显现其形态,而三维全息成像技术可通过还原压痕的深度与轮廓,清晰显现指紋痕迹。

4.2 生物技术创新:提升痕迹提取灵敏度与特异性

生物技术的快速发展为指紋痕迹检测提供了全新的技术路径,通过利用生物分子的特异性识别能力,实现对微量、污染、陈旧指紋的精准提取,突破了传统物理、化学方法的灵敏度局限。

4.2.1 核酸适配体检测技术。核酸适配体是一类能特异性结合目标分子的单链DNA或RNA片段,具有识别特异性强、稳定性高、可人工合成等优势。核酸适配体检测技术的核心创新,是筛选出能特异性结合指紋分泌物中关键成分的核酸适配体,并对其进行荧光标记,通过适配体与目标成分的特异性结合,使指紋痕迹显现荧光信号,实现可视化。例如,在某纵火案件中,案发现场的门窗被烟火熏烤,传统检测方法未能发现有效指紋,而采用核酸适配体检测技术,通过特异性结合指紋中的角蛋白,成功显现出清晰的指紋痕迹,为案件侦破提供了关键证据。

4.2.2 免疫层析检测技术。免疫层析检测技术源于免疫学中的抗原-抗体特异性结合原理,其创新应用是将针对指紋分泌物成分的抗体固定在层析试纸条上,当试纸条与指紋样本接触时,抗体与指紋中的抗原特异性结合,通过胶体金或荧光标记的二次抗体显色,快速显现指紋痕迹。例如,在群体性事件现场,可通过免疫层析试纸条快速检测可疑物品上的指紋痕迹,初步锁定嫌疑人范围;在野外现场,无需携带复杂设备,即可完成指紋的快速提取与初步识别。

4.3 人工智能与大数据融合创新:实现检测与比对的智能化升级

人工智能、大数据技术与指紋痕迹检测的深度融合,是近年来最具革命性的创新方向,通过算法赋能,实现了指紋检测、分析、比对全流程的智能化,大幅提升了工作效率与准确率,推动指紋痕迹检测从技术操作向智能分析转型。

4.3.1 智能指紋检测与提取系统。传统指紋检测依赖技术人员经验判断,易导致潜在指紋的遗漏与提取参数的不合理。智能指紋检测与提取系统基于计算机视觉与深度学习算法,实现了自动识别、智能调节、精准提取的全流程自动化。例如,系统可自动识别客体为玻璃材质,选择磁性粉末刷显模式,并调节刷显力度;识别客体为纸张,自动切换为茚三酮化学显影模式,并控制试剂喷洒量。

4.3.2 深度学习指紋比对平台。传统AFIS系统的比对算法基

于手工设计的特征点提取规则,对变形、残缺、污染指紋的比对准确率较低,且比对速度受数据库规模限制。深度学习指紋比对平台基于卷积神经网络(CNN)、循环神经网络(RNN)等算法,通过大规模指紋数据训练,形成了自主学习与特征提取能力,实现了对复杂指紋的精准比对。例如,某省刑侦大数据平台接入深度学习指紋比对系统后,仅3个月就通过串并案比对破获盗窃、抢劫案件127起,其中多起案件的关键证据是传统比对系统无法识别的残缺指紋。

4.3.3 指紋痕迹智能分析系统。除了检测与比对,人工智能技术还赋能指紋痕迹的深度分析,通过构建智能分析模型,实现对指紋形成时间、形成方式、遗留者身份特征的智能推断,为刑侦工作提供更多线索。该系统的核心创新是整合指紋数据、环境数据、案例数据,通过机器学习算法建立分析模型;例如,基于指紋分泌物的成分变化,推断指紋形成时间,误差可控制在24小时以内;通过分析指紋的按压力度、纹路变形情况,判断遗留者的性别、年龄等身份特征;结合历史案例数据,关联同类案件的指紋特征,辅助串并案侦查。

5 结语

指紋痕迹检测技术作为刑事技术的核心组成部分,其发展历程与刑事侦查实践的演进紧密相连,从传统人工操作到现代科技赋能,从单一物理化学方法到多学科技术融合,指紋痕迹检测技术始终以破解刑侦取证难题为目标,不断实现突破与创新。刑事技术的发展永无止境,指紋痕迹检测技术作为打击犯罪、维护司法公正的重要武器,需要持续紧跟前沿科技发展趋势,加强技术研发与实践应用的深度融合。同时,也需要强化刑事技术人员的专业能力培养,提升其对新技术的应用水平,充分发挥技术创新的刑侦价值。相信在技术创新与实践需求的双重驱动下,指紋痕迹检测技术将不断迈向新的高度,为刑事侦查工作提供更坚实的技术支撑,为建设平安社会、维护公平正义作出更大贡献。

【参考文献】

- [1]唐佳,李琮卿.刑事技术中指紋痕迹检测的检验及技术创新[J].法制博览,2020(7):156-157.
- [2]邓健斌,刘志成.指紋痕迹检验技术在公安刑事中的运用与优化探析[J].法制博览,2022(13):95-97.
- [3]张毅,李朋朋.刑事技术背景下的指紋痕迹检验技术研究[J].法制博览,2021(34):134-135.
- [4]高孝强.指紋痕迹的检验在刑事技术中运用研究[J].警戒线,2021(47):37-38.

作者简介:

艾尼外尔·亚森(1983--),男,维吾尔族,新疆沙雅县人,大学本科,副高级,从事专业:刑事科学技术,痕迹检验、电子物证。

阿布地热依木·买买提(1982--),男,新疆库车市人,大学本科,副高级,从事专业:刑事科学技术,法医。

吾里扎巴依尔(1987--),男,维吾尔族,新疆额敏县人,大专,中级,从事专业:刑事科学技术,痕迹检验。