

激光与光电子学进展

基于全波段 CCD 照相系统的纸张潜在油脂指印提取

谢菲, 高树辉*, 李昀卓

中国人民公安大学侦查学院, 北京 100038

摘要 指印的光学无损提取在侦查破案中发挥了重要作用, 纸张是各类案件中常见的载体, 但其多属于渗透性客体, 上面的潜在油脂指印提取难度较大。因此, 通过实验探究各类纸张上潜在油脂指印的光学提取方法。用光滑、半光滑和粗糙三类共 7 种纸张作为承痕客体, 用油脂、植物油、矿物油、香精油四类共 6 种油脂指印作为检材, 基于全波段 CCD 照相系统对 42 份样品进行光学检验, 并与自然光下的提取效果进行对比。实验结果表明, 254 nm 短波紫外反射照相的提取效果较好, 但由于承痕客体、油脂对光的反射性质不同, 指印提取结果也有所差异。该结论为现场指印提取提供了基础数据。

关键词 探测器; 全波段 CCD 照相系统; 短波紫外反射照相; 潜在油脂指印; 纸张

中图分类号 TB866

文献标志码 A

DOI: 10.3788/LOP202259.2104001

Extraction of Potential Oil Fingermarks on Paper Based on Full-Band CCD Photographic System

Xie Fei, Gao Shuhui*, Li Yunzhuo

School of Investigation, People's Public Security University of China, Beijing 100038, China

Abstract The optical nondestructive extraction of fingermarks plays an important role in investigating and solving cases. Paper is a common carrier in various cases, which is a permeable object under most situations, and extracting potential oil fingermarks from it is difficult. This study explores the optical nondestructive extraction method of potential oil fingermarks on various paper types through experiments. A total of 7 kinds of paper in three categories of smooth, semi-smooth, and rough textures are selected as trace carriers, and a total of 6 kinds of oil fingerprints in four categories of oil, vegetable, mineral, and essential oils are selected as detection materials. Optical inspection of 42 samples is conducted based on a full-band CCD photographic system, and the extraction results are compared with those obtained under natural light. The experimental results show that the extraction effect of the 254 nm short-wave ultraviolet reflectance photography is superior to that of natural light. However, their fingerprint extraction results differ because of the differences in the reflection properties of the marks bearing objects and oil. The conclusion provides basic data for fingerprint extraction on site.

Key words detectors; full-band CCD photographic system; short-wave ultraviolet reflection photography; potential oil fingermarks; paper

1 引言

指印作为人的“ID 码”, 在案件侦破中发挥了重要作用。目前, 光学提取仍是快速、无损提取潜在指印的主流方法^[1], 但该方法的影响因素较多, 需要考虑指印形成的条件、载体的性质、光源、配光、仪器设备、提取经验等。

在物证检验照相中, 被摄物证作为紫外敏感材料, 其反射的紫外线分布被拍摄下来, 也被称为紫外反射照相, 本质是基于物证与物证背景对短波紫外光源的反射和吸收不同, 利用物证与背景形成的亮度反差, 实现对物证的无损光学提取^[2]。当痕迹与承痕面在垂直方向的紫外光反射分量存在差异时, 就会表现出不同的反差, 反差越大, 得到的影像效果就越好^[3]。潜在油

收稿日期: 2022-01-21; 修回日期: 2022-01-30; 录用日期: 2022-02-14

基金项目: 上海市现场物证重点实验室开放课题(2021XCWZK03)

通信作者: *gaoshuhui@ppsuc.edu.cn

脂指印由于痕迹与承痕面在普通光源下的亮度反差不明显,在可见光下不易被发现,在复杂背景下则更难被发现。由于不同表面性质的纸张^[4]和不同种类的油脂对紫外线的吸收和反射性质不同,紫外反射照相法更适合提取非渗透性客体上的潜在指印^[5]。国外利用全波段 CCD 照相系统对潜在指印进行提取的研究较早,如:Yosef 等^[6]探究了从 200~1100 nm 范围紫外线提取潜在指印的效果;Bond^[7]探究了各波段紫外光源对热敏纸上潜在指印的显现效果;Akiba 等^[8]用 CCD 相机对彩色打印文书上的潜在指印进行了提取。国内在 2001 年引入全波段 CCD 照相系统^[9],之后很多学者用该系统开展了实验研究,成功提取了多类客体上的潜在指印,如垃圾袋上的潜血指印^[10]、镜面客体上的汗液指印^[11-12]。在提取潜在油脂指印方面:高树辉等^[13]对画报上的汗液/分泌物指印进行了探究;汪明松等^[14]探究了金属客体及其标签上的油脂指印;赵梦霞等^[15]利用 254 nm 短波紫外探究了渗透性载体和非渗透性载体、平面载体和曲面载体上沾有酥油茶的潜在油性指印;佟林东等^[16]利用 254 nm 短波紫外照相在鼠标表面提取了油汗混合指印。

上述相关研究主要集中在单一类客体或单一类油脂指印的提取,缺少对各类潜在油脂指印和各类承痕客体的具体研究。因此,本文以三种类型的纸张作为承痕客体,并选取四类常见的油脂指印,基于全波段 CCD 照相系统的高灵敏度、高质量成像等特点,探究了各类纸张上不同潜在油脂指印在 254 nm 短波紫外光照射下的显现效果。

2 实验设计

以不同表面性质的纸张作为承痕客体,根据表面性质将纸张分为光滑纸张、半光滑纸张、粗糙纸张三类。以个体自身分泌的潜在油脂指印和外来黏附油脂的潜在油脂指印为研究对象,利用可见光配光照相法和全波段 CCD 照相系统提取法分别对潜在油脂指印进行光学无损提取,最后用英国内政部的指印显现定量表评价该方法的提取效果。

2.1 样本制作

2.1.1 承痕客体的选择

用三类(共 7 种)常见纸张作为承痕客体,即光滑纸张、半光滑纸张和粗糙纸张:光滑纸张为双面激光铜版纸(希捷硬盘说明书)、明信片纸和相纸(Kodak 高光相纸);半光滑纸张为 A4 打印纸(晨光全木浆多功能复印纸)、报纸(《中国教育报》)和热敏纸(便利店票据印刷字面);粗糙纸张为牛皮纸信封。

2.1.2 油脂指印类型

油脂指印检材包含个体自身的分泌油脂和外来黏附的油脂,外来油脂又包括植物油、矿物油、香精油;植物油为葵花籽油(爱菊葵花籽油)和芝麻油(福临门香芝麻油),主要成分为硬脂酸、不饱和脂肪酸;矿物油为

机械链条润滑油和 zippo 打火机油,主要成分为饱和碳氢化合物;香精油为护手霜(妮维雅温润透白乳液),主要成分为芳香烃。

2.1.3 样本制作

将所有纸张裁剪成大小相同的矩形,并用酒精棉签擦拭表面。蘸取油脂时,应确保指印上的油脂分布均匀:对于分泌油脂指印,用指头在鼻翼、额头等易出油部位擦蹭后进行捺印;对于其他油脂指印,将油脂涂于手指表面后进行捺印。捺印时,保持手指按压力度适中,防止捺印后纹线出现挤压、变形和重叠,手指与纸张接触 1~2 s,每次连续捺印 5 枚,取纹线最清晰的样本进行光学提取,共制检测样本 42 份。

2.2 实验方法

2.2.1 全波段 CCD 照相系统提取方法

全波段 CCD 照相系统利用多晶硅电极吸收大量的光,利用背照明技术将 CCD 芯片倒置在电极周围,增加了照射光的光通量,使检测范围扩大到 200~1200 nm^[17],涵盖了短波紫外线、长波紫外线、可见光以及近红外光。

全波段 CCD 照相系统采用深度半导体冷却技术以降低电子溢出的噪声、提高信噪比、实现电荷累积,得到干扰信号噪声极少的痕迹物证图像。此外,该系统还运用积分曝光技术,可以在光照不强甚至暗光条件下对不易发觉的潜在物证进行拍摄提取,同时增强图像反差,获得高质量的痕迹物证影像^[18]。根据我国法庭科学领域现行的公共安全行业标准 GA/T 1669—2019《法庭科学紫外、红外数码照相机技术要求》^[19]、GA/T 584—2005《紫外照相方法规则》^[20]和 GA/T 951—2011《紫外观察照相系统数码拍照规则》^[3],紫外照相的光源选择有长波紫外线灯(365 nm)和短波紫外线灯(254 nm)两种。实验探究的是短波紫外线对纸张上潜在油脂指印的光学提取效果,因此选用 254 nm 的短波紫外光源。

采用短波紫外光源垂直定向配光技术,入射光水平射向被环状封闭的垂直定向反射镜,反射镜在透镜前呈 45° 放置,入射光线发生定向反射,使其垂直照射检材^[12]。由于紫外光源对皮肤有伤害^[1, 21],进行拍摄时应注意自我防护。实验使用全波段 CCD 照相系统,采用 254 nm 短波紫外垂直定向反射照相,分别对光滑、半光滑、粗糙三类纸张背景上的各种潜在油脂指印进行光学无损提取。该系统搭载在 Canon 60D 改装机上,拍摄档位设定 M 档(F 数为 3.5,感光度 ISO 为 800,全手动调节模式),镜头为手动对焦的 78 mm 紫外微距镜头。将相机切换到屏幕实时显示模式,放大 5 倍对焦,光圈调整至 $f/3.5$ 。为确保拍摄图像不变形,使整个系统、翻拍架以及检材 3 个平面平行。对于易发生弯折或卷曲的纸张,用胶带将纸张的边角粘在平面上。实验仪器组装示意图如图 1 所示。

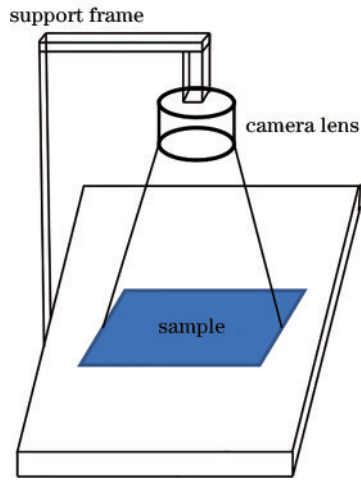


图 1 全波段 CCD 照相的示意图

Fig. 1 Schematic diagram of the full-band CCD photographic

2.2.2 可见光配光检验法

可见光配光检验照相将装有 85 mm 微距镜头的 Nikon D7000 单反相机固定在翻拍架上,调整镜头使其光轴垂直,将定向反射仪置于镜头正下方,调整相机至 A 档(F 数为 3.5,感光度 ISO 为 800,光圈优先档),光源为自然光。拍摄时,将相机切换为屏幕实时显示模式,放大 5 倍对焦,光圈调整至 $f/3.5$ 后,分别对光滑、半光滑、粗糙三类纸张背景上各种潜在油脂指印进行光学无损提取。

2.3 指印评价标准

对光学显现的指印质量,利用英国内政部的一套定量等级标准进行评分,如表 1 所示。该评分系统根

据指印显现的纹线量、模糊程度,将指印显现质量分为 5 个等级。为了提升评分的可靠性,选取 4 名具有指印鉴定知识背景的人员组成评分小组,各自对照片中的指印进行评分,汇总后取其平均值作为各指印的质量分数^[22]。

表 1 指印评价标准^[23]
Table 1 Evaluation criteria for fingerprint^[23]

Score	Level of detail
0	no evidence of mark
1	weak development; evidence of contact but no ridge details
2	limited development; about 1/3 of ridge details are present but probably (cannot be used for identification purposes)
3	strong development; between 1/3 and 2/3 of ridge details (identifiable fingerprint)
4	very strong development; full ridge details (identifiable fingerprint)

3 结果与讨论

3.1 实验结果

利用可见光配光检验照相和 254 nm 短波紫外垂直定向反射照相对各类潜在油脂指印进行光学无损提取,得到双面激光铜版纸、明信片纸、相纸、A4 打印纸、报纸、热敏纸和牛皮纸信封上的潜在油脂指印分别如图 2~图 8 所示。其中,左图为可见光配光检验照相,右图为 254 nm 短波紫外垂直定向反射照相。

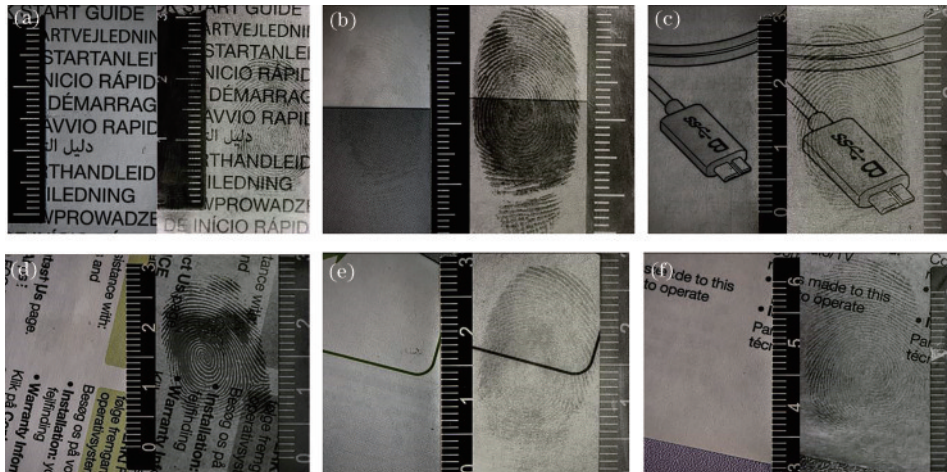


图 2 双面激光铜版纸上指印的光学提取效果。(a)人体油脂;(b)葵花籽油;(c)芝麻油;(d)机械链条润滑油;(e)打火机油;(f)护手霜

Fig. 2 Optical extraction effect of fingerprints on double-sided laser coated paper. (a) Human grease; (b) sunflower oil; (c) sesame oil; (d) mechanical chain lubricating oil; (e) lighter fluid; (f) hand cream

3.2 结果分析

从图 2~图 8 可以发现,不同客体和潜在油脂指印均会影响短波紫外反射照相的提取效果:在不同客体上,

同一潜在油脂指印在 254 nm 短波紫外反射照相提取效果不同;在同一客体上,不同潜在油脂指印在 254 nm 短波紫外反射照相的提取效果也不同。

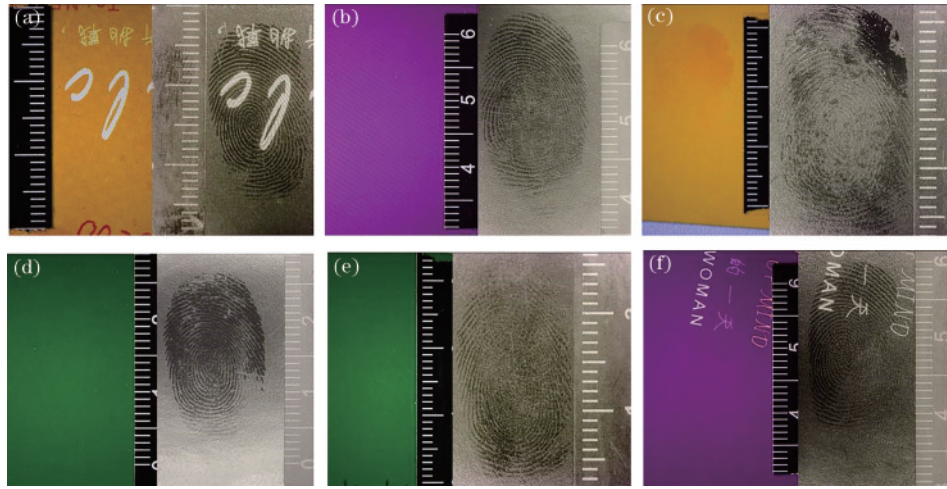


图 3 明信片纸上指印的光学提取效果。(a)人体油脂;(b)葵花籽油;(c)芝麻油;(d)机械链条润滑油;(e)打火机油;(f)护手霜
 Fig. 3 Optical extraction effect of fingerprints on postcard. (a) Human grease; (b) sunflower oil; (c) sesame oil; (d) mechanical chain lubricating oil; (e) lighter fluid; (f) hand cream

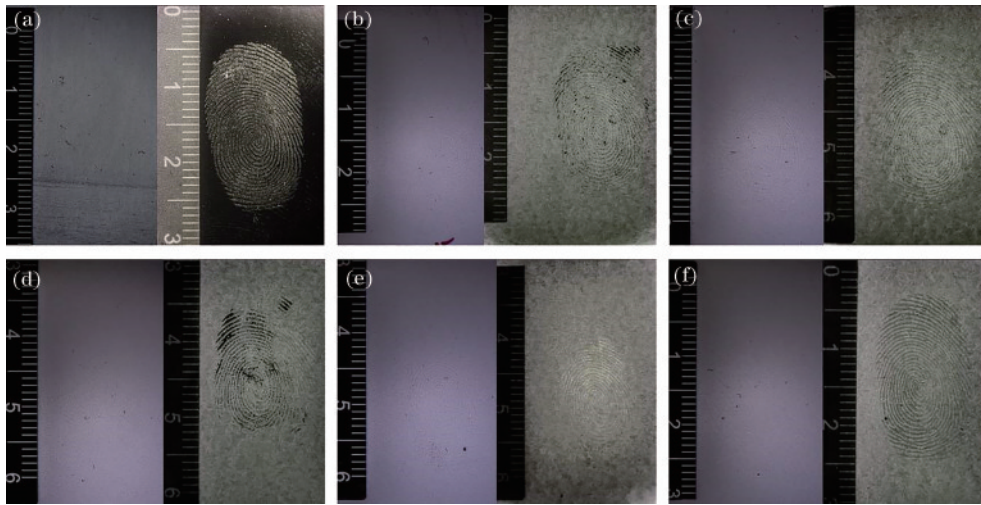


图 4 相纸上指印的光学提取效果。(a)人体油脂;(b)葵花籽油;(c)芝麻油;(d)机械链条润滑油;(e)打火机油;(f)护手霜
 Fig. 4 Optical extraction effect of fingerprints on photographic paper. (a) Human grease; (b) sunflower oil; (c) sesame oil; (d) mechanical chain lubricating oil; (e) lighter fluid; (f) hand cream

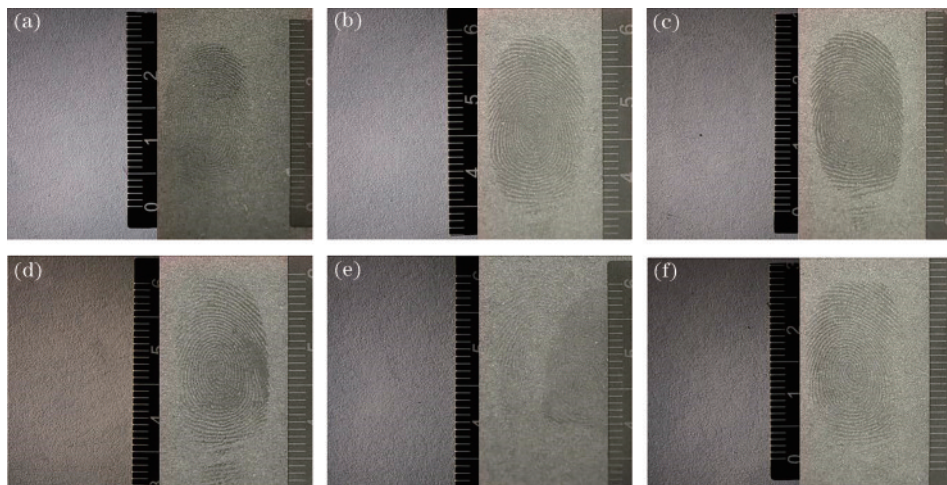


图 5 A4 打印纸上指印的光学提取效果。(a)人体油脂;(b)葵花籽油;(c)芝麻油;(d)机械链条润滑油;(e)打火机油;(f)护手霜
 Fig. 5 Optical extraction effect of fingerprints on A4 paper. (a) Human grease; (b) sunflower oil; (c) sesame oil; (d) mechanical chain lubricating oil; (e) lighter fluid; (f) hand cream

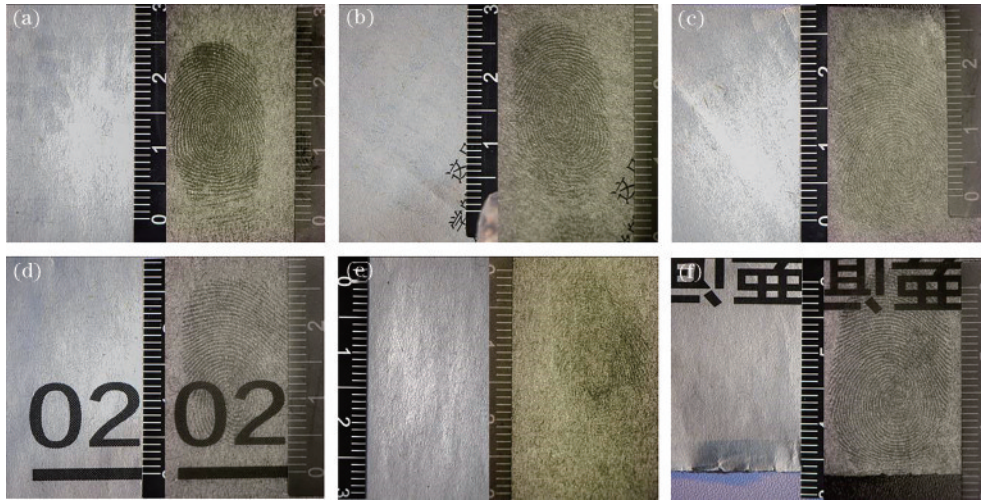


图 6 报纸上指印的光学提取效果。(a)人体油脂;(b)葵花籽油;(c)芝麻油;(d)机械链条润滑油;(e)打火机油;(f)护手霜
 Fig. 6 Optical extraction effect of fingerprints on newspaper. (a) Human grease; (b) sunflower oil; (c) sesame oil; (d) mechanical chain lubricating oil; (e) lighter fluid; (f) hand cream

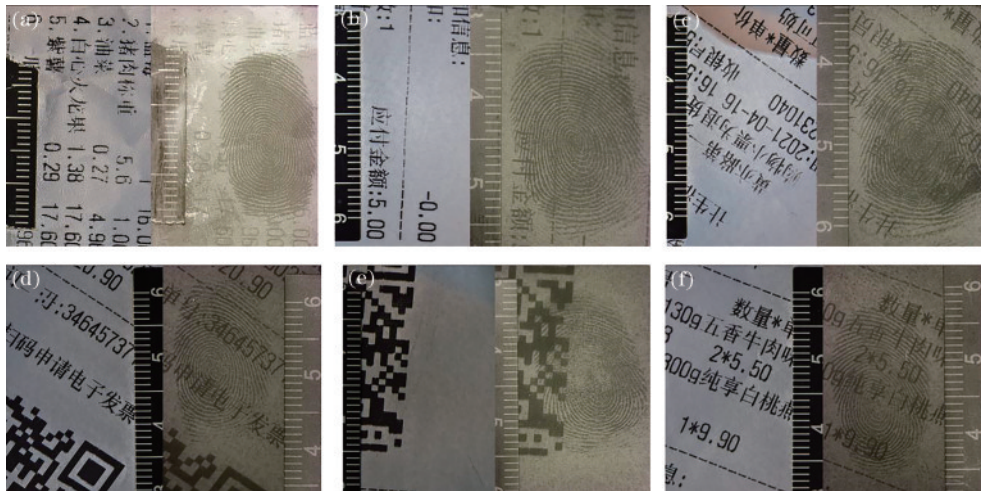


图 7 热敏纸上指印的光学提取效果。(a)人体油脂;(b)葵花籽油;(c)芝麻油;(d)机械链条润滑油;(e)打火机油;(f)护手霜
 Fig. 7 Optical extraction effect of fingerprints on heat sensitive paper. (a) Human grease; (b) sunflower oil; (c) sesame oil; (d) mechanical chain lubricating oil; (e) lighter fluid; (f) hand cream

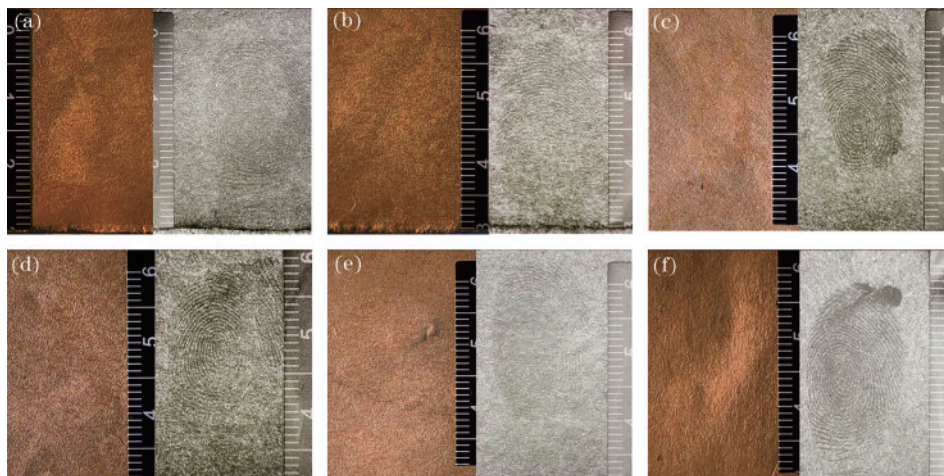


图 8 牛皮纸信封上指印的光学提取效果。(a)人体油脂;(b)葵花籽油;(c)芝麻油;(d)机械链条润滑油;(e)打火机油;(f)护手霜
 Fig. 8 Optical extraction effect of fingerprints on kraft envelope. (a) Human grease; (b) sunflower oil; (c) sesame oil; (d) mechanical chain lubricating oil; (e) lighter fluid; (f) hand cream

1) 光滑客体上各类潜在油脂指印的质量评分如表 2 所示。可以发现,人体分泌油脂指印在双面激光铜版纸、明信片纸和相纸上均能较好显现,且纹线清晰。其他类型的油脂在各客体上的显现效果存在差异,其中,油脂在双面激光铜版纸和明信片纸上的显现效果相当,指印显现质量优于相纸的显现质量;在双面激光铜版纸上,打火机油指印的提取效果最差,纹线大面积模糊,芝麻油指印和护手霜指印的纹线次之,其他油脂指印均纹线清晰;在明信片纸上,除了人体分泌油脂指印纹线清晰,其他油脂指印均有不同程度的模糊和残缺;在相纸上,仅有人体分泌油脂指印和护手霜指印的提取效果可用以鉴定比对。

表 2 光滑客体上各类潜在油脂指印的质量评分
Table 2 Quality score of various potential oil fingermarks on smooth objects

Trace carrier	Type of oil	Mean score
Double-sided laser coated paper	human grease	3.50
	sunflower oil	3.25
	sesame oil	2.50
	mechanical chain lubricating oil	3.25
	lighter fluid	1.50
	hand cream	3.00
	Postcard	human grease
	sunflower oil	2.50
	sesame oil	1.50
	mechanical chain lubricating oil	3.00
	lighter fluid	1.50
	hand cream	3.00
Photographic paper	human grease	4.00
	sunflower oil	2.00
	sesame oil	2.25
	mechanical chain lubricating oil	2.00
	lighter fluid	1.50
	hand cream	3.50

2) 半光滑客体上各类潜在油脂指印的质量评分如表 3 所示。可以发现:3 种半光滑客体的粗糙度从大到小依次为 A4 打印纸、报纸、热敏纸^[22],提取效果从好到差依次为热敏纸、报纸、A4 打印纸,即半光滑客体的粗糙程度与油脂指印提取效果成反比;在 A4 打印纸上,葵花籽油和护手霜指印提取效果最好,其次是芝麻油和机械链条润滑油指印(存在部分纹线模糊)人体分泌油脂指印的纹线不清晰,提取效果最差的是打火机油指印,几乎无法提取有效的指印信息;在报纸上,人体分泌油脂和护手霜指印提取效果最好,其次是葵花籽油和机械链条润滑油指印,之后是芝麻油指印,打火

表 3 半光滑客体上各类潜在油脂指印的质量评分
Table 3 Quality score of various potential oil fingermarks on semi-smooth objects

Trace carrier	Type of oil	Mean score
A4 paper	human grease	2.00
	sunflower oil	3.50
	sesame oil	3.00
	mechanical chain lubricating oil	3.25
	lighter fluid	0.75
	hand cream	3.75
Newspaper	human grease	4.00
	sunflower oil	3.50
	sesame oil	3.25
	mechanical chain lubricating oil	3.25
	lighter fluid	0.75
	hand cream	3.50
Heat sensitive paper	human grease	4.00
	sunflower oil	4.00
	sesame oil	3.50
	mechanical chain lubricating oil	4.00
	lighter fluid	2.25
	hand cream	3.25

机油指印提取效果最差;在热敏纸上,各种油脂潜在指印提取效果相当,纹线清晰,仅有打火机油指印存在模糊和空白纹线的现象。

3) 粗糙客体上各类潜在油脂指印的质量评分如表 4 所示。可以发现:护手霜和芝麻油指印的纹线较清晰,完整度较高,具有一定的鉴定意义;芝麻油指印纹线存在残缺;机械链条润滑油指印残缺严重;其他油脂指印均无法提取有效信息。

表 4 粗糙客体上各类潜在油脂指印的质量评分
Table 4 Quality score of various potential oil fingermarks on rough objects

Trace carrier	Type of oil	Mean score
Kraft envelope	human grease	1.25
	sunflower oil	1.00
	sesame oil	3.00
	mechanical chain lubricating oil	2.50
	lighter fluid	1.50
	hand cream	3.25

各类承载客体上的潜在油脂指印质量评分如图 9 所示。可以发现,利用 254 nm 短波紫外反射照相提取潜在油脂指印时,人体自身分泌的油脂指印和涂抹了护手霜的油脂指印在各类客体上的提取效果较好,打火机油在各类客体上的提取效果最差,其他油脂指印的提取效果则与承痕客体材质有关。

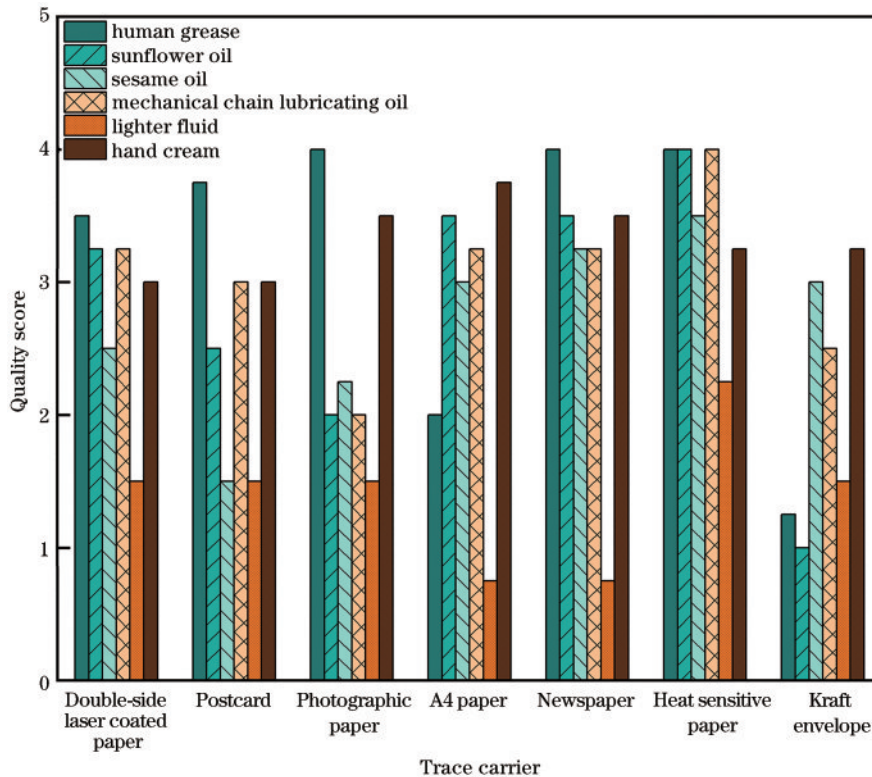


图9 各类承载客体上潜在油脂指印的质量评分

Fig. 9 Quality scores of potential oil fingerprints on various trace carriers

3.3 讨 论

通过 254 nm 短波紫外线提高痕迹与承痕面间的亮度差,以显现可见光下无法提取的潜在油脂指印。通过对比可见光垂直定向反射照相和全波段 CCD 照相系统 254 nm 短波紫外垂直定向反射照相两种方法的提取效果,得出以下三点结论。

1) 同一类承痕客体、不同类油脂指印提取效果不同

属于一类的不同纸张,其潜在油脂指印的提取效果参差不齐。如 3 种光滑客体中,相纸上的非自身分泌油脂指印提取效果远不如铜版纸上指印的提取效果。原因是不同承痕面对紫外光反射和吸收的程度不同,痕迹与承痕面间的亮度反差缩小时,成像效果就会下降。此外,表面越粗糙,整体显现效果越差,原因是承痕面对紫外光线产生了漫反射,亮度反差缩小,表面指印的显现不明显^[11, 24]。纸张具有一定的渗透性,不同类油脂与纸张间的渗透作用不同且不同类油脂的挥发性不同,纸张上留存的油脂量就不同,油脂量少,对短波紫外线的吸收和反射就少,形成的载体与指印间的亮度差则较低,提取效果就越差。

2) 同一类油脂、同一客体上不同品种的油脂指印提取效果不同

人体自身分泌的油脂、植物油、矿物油、香精油的主要成分不同,且同属于一类的不同油脂指印提取效果不一。如:同是植物油的葵花籽油和芝麻油,其指印在同一客体上的显现效果差别较大,芝麻油指印常比

葵花籽油指印的提取效果偏模糊;同是矿物油的机械链条润滑油和打火机油,打火机油指印在实验所用客体上的提取效果多出现模糊、残缺,而机械链条润滑油指印的提取效果较清晰。原因是同一类油脂的成分组成不同,其对短波紫外的吸收和反射不同,指印提取效果就不同。

3) 同一类油脂、不同客体上的油脂指印提取效果不同

由于不同客体的光滑程度不同,客体表面纹理不同,客体材质不同,油脂在不同承载客体上的渗透性不同,导致客体表面上油脂指印对光的吸收和反射不同,指印提取效果也不同。不同类型纸张的表面粗糙度不同,不同类型油脂的主成分不同,对紫外线的吸收/反射程度不同:若承痕面吸收紫外线光,指印痕迹反射紫外线光,则出现深色背景、浅色指印,即黑底白纹的效果;若承痕面反射紫外线光,指印痕迹吸收紫外线光,则出现浅色背景、深色指印,即白底黑纹的效果。若承痕面表面粗糙,表面会发生漫反射,从而影响指印显现效果。实验中相纸上的人体分泌油脂指印、葵花籽油指印、芝麻油指印、机械链条润滑油指印、打火机油指印的成像效果均为黑底白纹,其余指印均为白底黑纹成像。其中,相纸上的打火机油指印呈现出了荧光特征,其余客体上的指印未出现荧光特征。原因是并非所有的物质经过紫外线照射后都能产生荧光,但紫外线可以激发某种物质显现出肉眼无法发现的痕迹^[25]。

此外,虽然实验的指印均为一人均匀用力、多次按

捺,但潜在油脂指印在各客体表面的含量无法做到均匀一致,油脂量也会影响其对光源的吸收与反射。

4 结 论

通过三类纸张和四类油脂指印进行实验研究,对比了两种光学方法的提取效果。基于 42 份对比样本的实验结果表明,254 nm 短波紫外反射照相可将难以通过普通视觉发现的潜在油脂指印显现,使其用于鉴定活动。但实验中的指印均为一人所捺印,缺少性别、年龄、饮食习惯等多方面因素对指印质量的影响分析。全波段 CCD 照相系统作为一种传统且普遍的光学提取方法,为今后使用人工智能提取奠定了数据基础。

参 考 文 献

- [1] 聂卫林,蒋华昌.全波段 CCD、直接打光法、定向反射法显现汗潜指印优劣初探[J].法制与社会,2016(24):271-272.
Nie W L, Jiang H C. A preliminary study on the advantages and disadvantages of full-band CCD, direct illumination and directional reflection to show latent sweat fingermarks[J]. Legal System and Society, 2016 (24): 271-272.
- [2] 张铭,徐峰,何慈光.全光谱反射照相法在潜在指纹无损显现中的应用[J].中国刑警学院学报,2013(3):28-30.
Zhang M, Xu F, He C G. Application of full spectral reflectometry in nondestructive display of latent fingerprints[J]. Journal of Criminal Investigation Police University of China, 2013(3): 28-30.
- [3] 中华人民共和国公安部.紫外观察照相系统数码拍照规则:GA/T 951—2011[S].北京:中国标准出版社,2011.
The Ministry of Public Security of the People's Republic of China. Regulation of digital photography by ultra-violet observation photography system: GA/T 951—2011[S]. Beijing: Standards Press of China, 2011.
- [4] 高树辉,樊攀,杨飞黄.红色纸张上同色指纹印记的光学无损提取方法[J].中国人民公安大学学报(自然科学版),2013,19(4):5-7.
Gao S H, Fan P, Yang F H. Optical nondestructive extraction of the same color fingerprint on red paper[J]. Journal of People's Public Security University of China (Science and Technology), 2013, 19(4): 5-7.
- [5] 许小京,林景.全波段物证检验 CCD 系统在刑事摄影技术领域的应用[J].影像技术,2003,15(3):35-38.
Xu X J, Lin J. Application of full-spectrum material evidence identification CCD system in criminological photography[J]. Image Technology, 2003, 15(3): 35-38.
- [6] Yosef N B, Almog J, Frank A, et al. Short UV luminescence for forensic applications: design of a real-time observation system for detection of latent fingerprints and body fluids[J]. Journal of Forensic Sciences, 1998, 43 (2): 299-304.
- [7] Bond J W. A noninvasive and speculative method of visualizing latent fingerprint deposits on thermal paper[J]. Journal of Forensic Sciences, 2015, 60(4): 1034-1039.
- [8] Akiba N, Saitoh N, Kuroki K, et al. Visualizing latent fingerprints on color-printed papers using ultraviolet fluorescence[J]. Journal of Forensic Sciences, 2011, 56 (3): 754-759.
- [9] 张鹏莉,李尧.刑事照相技术研究综述[J].北京警察学院学报,2015(4):107-111.
Zhang P L, Li Y. A review of research on criminal photography[J]. Journal of Beijing Police College, 2015 (4): 107-111.
- [10] 师康,杨玉柱.短波紫外反射照相技术显现垃圾袋表面血潜指印[J].中国人民公安大学学报(自然科学版),2010,16(1):42-44.
Shi K, Yang Y Z. The latent blood fingermarks on the surface of garbage bags were revealed by short-wave ultraviolet reflection photography[J]. Journal of Chinese People's Public Security University (Science and Technology), 2010, 16(1): 42-44.
- [11] 梁家奎,许小京.应用全波段 CCD 拍摄紫外光下金属类表面上汗液指印的研究[J].中国人民公安大学学报(自然科学版),2009,15(3):14-17.
Liang J K, Xu X J. Study on sweat fingerprinting on metal surface under ultraviolet light captured by all-band CCD[J]. Journal of People's Public Security University of China (Science and Technology), 2009, 15(3): 14-17.
- [12] 陈虹宇,刘丽.镜面、光盘客体表面汗潜指印的光学无损显现方法[J].刑事技术,2019,44(3):233-237.
Chen H Y, Liu L. Nondestructive optical methods to visualize latent sweat fingermarks on mirror/CD-ROM surfaces[J]. Forensic Science and Technology, 2019, 44 (3): 233-237.
- [13] 高树辉,陈龙,王磊.画报表面潜在指纹的光学显现[J].中国人民公安大学学报(自然科学版),2012,18(2):6-9.
Gao S H, Chen L, Wang L. Optical manifestation of latent fingerprints on pictorial surfaces[J]. Journal of People's Public Security University of China (Science and Technology), 2012, 18(2): 6-9.
- [14] 汪明松,高树辉.光驱、硬盘金属外壳及其标签上潜在指印的光学提取研究[J].中国人民公安大学学报(自然科学版),2015,21(2):17-19.
Wang M S, Gao S H. Study on optical extraction of latent fingerprints on CD-ROM, hard disk metal shell and its label[J]. Journal of People's Public Security University of China (Science and Technology), 2015, 21 (2): 17-19.
- [15] 赵梦霞,谭川,蒋世伟.短波紫外照相在油性指纹检验中的应用:以西藏地区为研究样本[J].河南司法警官职业学院学报,2020,18(2):107-110.
Zhao M X, Tan C, Jiang S W. Application of short wave ultraviolet photography in oil fingerprint test: taking Tibet as the research sample[J]. Journal of Henan Judicial Police Vocational College, 2020, 18(2): 107-110.
- [16] 佟林东,任建新,代雪晶.鼠标表面油汗混合指印的光学无损显现方法[J].云南警官学院学报,2021(1):123-128.
Tong L D, Ren J X, Dai X J. Non-destructive optical visualization of oil-sweat mixed fingerprint on mouse surface

- [J]. Journal of Yunnan Police College, 2021(1): 123-128.
- [17] 穆国营. 全波段物证检验 CCD 系统在刑事技术领域的应用研究[J]. 法制博览, 2020(16): 180-181.
Mu G Y. Research on application of CCD system for all-band material evidence examination in the field of criminal technology[J]. Legality Vision, 2020(16): 180-181.
- [18] 汪旭峰. 全波段 CCD 系统在紫外反射照相中的应用[J]. 警察技术, 2005(3): 43-44.
Wang X F. Application of all-band CCD system in ULTRAVIOLET reflection photography[J]. Police Technology, 2005(3): 43-44.
- [19] 中华人民共和国公安部. 法庭科学 紫外、红外数码照相机技术要求: GA/T 1669—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
The Ministry of Public Security of the People's Republic of China. Forensic sciences-technical specifications for ultraviolet and infrared digital cameras: GA/T 1669—2019[S]. Beijing: Standards Press of China, 2019.
- [20] 中华人民共和国公安部. 紫外照相方法规则: GA/T 584—2005[S]. 北京: 中国标准出版社, 2005.
The Ministry of Public Security of the People's Republic of China. The regulation of ultraviolet photography: GA/T 584—2005[S]. Beijing: Standards Press of China, 2005.
- [21] 梁家奎. 用 Andor 全波段 CCD 照相系统拍照镜面上的汗液手印[J]. 山西警官高等专科学校学报, 2010, 18(3): 78-80.
Liang J K. Photograph the sweat handprint on the mirror with Andor full band CCD photographing system[J]. Journal of Shanxi Police Academy, 2010, 18(3): 78-80.
- [22] 全潇. 茚三酮真空熏显法显现热敏纸上潜在手印研究[D]. 北京: 中国人民公安大学, 2019.
Tong X. Study on the development of latent fingerprint on thermal paper by vacuum vaporization of ninhydrin[D]. Beijing: Chinese People's Public Security University, 2019.
- [23] Sears V G, Bleay S M, Bandey H L, et al. A methodology for finger mark research[J]. Science & Justice, 2012, 52(3): 145-160.
- [24] 陈永升. 浅析短波紫外反射照相对不同客体潜在指纹的显现差异[J]. 山东工业技术, 2016(5): 202.
Chen Y S. A brief analysis on the differences of latent fingerprints of different objects in short-wave ultraviolet reflection photography[J]. Shandong Industrial Technology, 2016(5): 202.
- [25] 周逢缘, 余勇. 浅谈微量生物物证的发现方法[J]. 法制博览, 2017(32): 169.
Zhou F Y, Yu Y. The discovery method of trace biological evidence[J]. Legality Vision, 2017(32): 169.