

基于荧光光谱方法计算手印显现对比度的研究

沈敦璞¹, 李明^{1,2}, 袁传军^{1,2}, 于海峰¹, 王猛^{1,2*}

1. 中国刑事警察学院痕迹检验技术系, 辽宁 沈阳 110035

2. 痕迹检验鉴定技术公安部重点实验室, 辽宁 沈阳 110035

摘要 潜在手印的显现技术是刑事科学技术领域中极其重要的一项技术。在手印显现工作完成后, 研究人员往往依据手印轮廓是否反映完整、乳突纹线是否清晰连贯、细节特征是否反映明显、背景干扰是否影响手印的显现效果。这是一种主观的评价方法, 其结果缺乏客观性、准确性和科学性。为客观、科学、全面的定量分析手印显现效果, 本研究结合光谱分析手段对手印显现的对比度进行了系统研究, 最终实现了对手印显现对比度进行准确的定量评价。首先, 提出了荧光类物质显现手印的对比度(Contrast)这一概念, 即手印显现信号与客体背景噪声之间的对比差异, 该差异由亮度差异(强度因子, Intensity Index, I)和颜色差异(色度因子, Chroma Index, C)共同决定。其次, 通过光谱仪器和色度软件对客体、手印显现粉末以及经荧光粉末显现后的手印进行表征, 确定了手印显现对比度的量化方法, 即色度因子 C 与强度因子 I 的常用对数值的乘积。然后, 通过视觉效果主观定性分析与光谱分析方法客观定量分析综合评价手印显现的对比度, 检验了手印显现对比度计算结果的准确性, 成功实现了基于光谱分析方法的手印显现对比度量化。最后, 结合光谱分析技术从定量的角度详细分析了手印显现对比度的影响因素, 即不同荧光强度、不同荧光颜色以及不同发光机理的荧光粉末对手印显现对比度的影响。实验结果表明, 基于光谱分析方法的手印显现对比度量化方法实现了客观、科学、全面的定量评价手印显现效果, 并从强度因子和色度因子两个层面上定量分析总结了提高手印显现对比度的途径, 为实践应用中手印显现粉末的选择提供了可靠的理论参考。

关键词 手印显现; 对比度; 强度因子; 色度因子; 荧光; 量化

中图分类号: O657.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2020)01-0091-07

引言

手印显现的原理是通过减弱客体背景对手印乳突纹线的干扰, 增强两者之间的对比反差, 使潜在手印肉眼可分辨或仪器可检测^[1-2]。长期以来, 研究人员致力于研究手印显现的新方法, 但对手印显现效果定量评估的研究还很少涉及^[3-6]。研究人员通常采用客体背景干扰是否严重、乳突纹线是否清晰连贯、细节特征是否反映明显等语言对手印显现效果进行主观、片面、定性评价^[7-10], 而没有对手印的显现效果进行客观、全面、定量评估。2008年, Humphreys^[11]等基于显现手印和捺印手印提出了相对对比指数(relative contrast index, RCI)的概念。2011年, Vanderwee^[12]等也针对捺印手印进行了类似的研究。2013年, Matuszewski^[13]等使

用 Adobe Photoshop 软件分别对乳突纹线和客体背景图像进行灰度分析, 进一步对手印显现的效果进行评价。然而, 以上研究主要是基于捺印手印的捺印效果进行评价, 不具备普遍意义。2017年, 本研究小组 Wang^[2]等提出了衡量手印显现效果的三个指标, 即对比度(Contrast)、灵敏度(Sensitivity)、选择性(Selectivity), 但并未对以上衡量指标进行具体量化。

为建立一种适用于荧光类物质显现手印对比度的客观评价方法, 本研究提出了手印显现对比度的概念, 即手印显现信号与客体背景噪声的亮度以及颜色之间的总体对比差异程度。首先, 建立手印显现对比度的量化计算方法; 然后, 对该量化方法的准确性进行验证; 最后, 通过数据定量分析荧光粉末显现手印对比度的影响因素, 总结提高手印显现对比度的途径。

收稿日期: 2018-12-04, 修订日期: 2019-04-20

基金项目: 国家自然科学基金项目(21205139, 21802169), 辽宁省高等学校创新人才支持计划(LR2017055), 公安部科技强警基础工作专项项目(2018GABJ07, 2018GABJ09)和中国刑事警察学院2018年度研究生创新能力提升项目(2018YCYB29, 2018YCYB33)资助

作者简介: 沈敦璞, 1996年生, 中国刑事警察学院痕迹检验技术系硕士研究生 e-mail: 1183818966@qq.com

* 通讯联系人 e-mail: mengwang@alum.imr.ac.cn

1 实验部分

1.1 手印显现与固定

潜在手印的显现步骤按照文献中的粉末显现方法进行；稀土上转换及下转换荧光粉末的合成步骤按照文献中的合成方法进行^[8-9]。将稀土下转换荧光粉末显现的手印置于 254 nm 紫外灯下观察，将稀土上转换荧光粉末显现的手印置于 980 nm 红外激光器下观察。使用 Nikon D810 型单反数码相机对显现的手印进行拍照固定。暗场手印拍摄参数为：光圈值 f/10、曝光时间 2 s、感光度 100。

1.2 荧光检测

采用 Cary Eclipse 型荧光分光光度计(美国 Agilent 公司)分别检测客体、荧光粉末、经荧光粉末显现手印的荧光发射光谱。激发狭缝为 5 nm、发射狭缝为 5 nm，PMT 电压为 550 V。

1.3 手印显现对比度的量化

1.3.1 强度因子的量化

将经荧光粉末显现手印的荧光发射光谱数据导入到软件 Origin 9 中，分析并计算出客体对应的发射峰(背景噪声)面积 S_A 与吸附有荧光粉末的乳突纹线对应的发射峰(显现信号)面积 S_B 。强度因子(Intensity Index, I)定义为显现信号与背景噪声之间的比值，强度因子 I 的计算公式如式(1)

$$I = \begin{cases} \frac{S_B}{S_A} & (S_B \geq S_A) \\ \frac{S_A}{S_B} & (S_A > S_B) \end{cases} \quad (1)$$

1.3.2 色度因子的量化

将客体、荧光粉末、经荧光粉末显现手印的荧光发射光谱数据分别导入到软件 CIE1931xy 中，计算出各自的色坐标并标注于色度图中，记为 $A(X_A, Y_A)$, $B(X_B, Y_B)$, $O(X_O, Y_O)$ 。色度因子(Chroma Index, C)定义为色度图中 $|OA|$ 与 $|OB|$ 的比值，色度因子 C 的计算公式如式(2)

$$C = \frac{|OA|}{|OB|} = \frac{\sqrt{(X_A - X_O)^2 + (Y_A - Y_O)^2}}{\sqrt{(X_B - X_O)^2 + (Y_B - Y_O)^2}} \quad (2)$$

1.3.3 显现对比度的量化

在借鉴了相对对比指数 RCI 计算方法的基础上^[11-13]，本研究建立了一种适用于荧光类物质显现手印对比度的计算方法。手印显现对比度(Contrast)定义为色度因子 C 与强度因子 I 的常用对数值的乘积，对比度的计算公式如式(3)

$$\text{Contrast} = C \cdot \lg I \quad (3)$$

2 结果与讨论

2.1 手印显现对比度量化方法的建立

本研究提出了手印显现对比度的概念，即手印显现信号与客体背景噪声之间的对比差异程度^[2]。这种对比差异主要由手印显现信号与客体背景噪声之间的亮度差异(即强度因子)和颜色差异(即色度因子)所共同决定。本研究借鉴了图像与视频质量客观评价中信噪比(signal-to-noise ratio)的概

念，提出了利用强度因子和色度因子综合评价手印显现对比度的量化方法。

以玻璃表面的潜在手印为研究对象[图 1(a)]，使用稀土下转换荧光粉末显现后，手印的乳突纹线部位因吸附有荧光粉末，在 254 nm 紫外光的激发下产生了明亮的红色荧光，且承痕客体表面也产生了微弱的蓝色荧光[图 1(b)]。

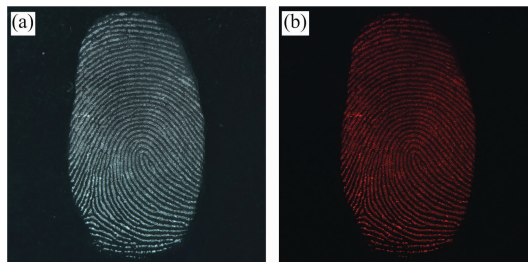


图 1 红色荧光粉末显现玻璃表面潜在手印的照片

(a): 明场; (b): 254 nm 紫外光激发下的暗场

Fig. 1 Latent fingerprints left on glass and then developed by red fluorescent powders

(a): in the bright field; (b): under 254 nm ultraviolet excitation in the dark field

2.1.1 强度因子的量化方法

强度因子反映手印显现信号与客体背景噪声之间的亮度差异。在 254 nm 紫外光的激发下，玻璃客体在 400~550 nm 范围内产生微弱的蓝色荧光[图 2(a 曲线 1)]，对应于背景噪

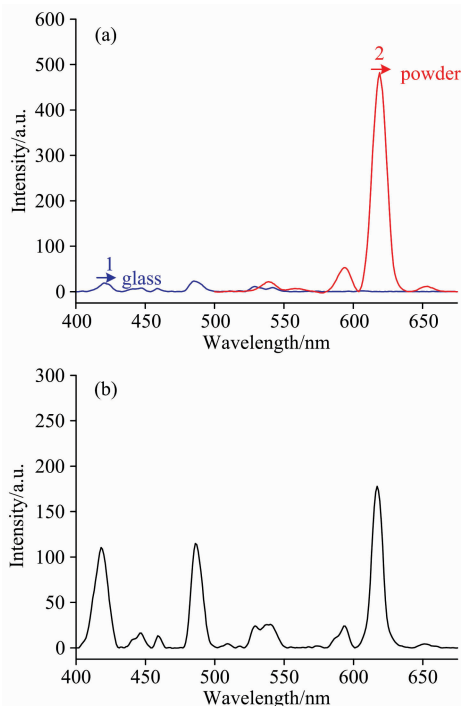


图 2 玻璃客体、红色荧光粉末(a)和经红色荧光粉末显现手印(b)的荧光发射光谱图

Fig. 2 Emission spectra of glass substrate, red fluorescent powders (a), and latent fingerprint developed by red fluorescent powders (b)

声；荧光粉末在 575~675 nm 范围内产生较强的红色荧光[图 2(a 曲线 2)]，对应于显现信号；使用荧光粉末显现后的手印同时产生显现信号与背景噪声[图 2(b)]。经计算，背景噪声的峰面积 S_A 为 2 606.878，显现信号的峰面积 S_B 为 2 325.373。根据式(1)计算，其强度因子 I 为 1.121。

2.1.2 色度因子的量化方法

色度因子反映手印显现信号与客体背景噪声之间的颜色差异。如图 3 所示，在 254 nm 紫外光的激发下，玻璃客体产

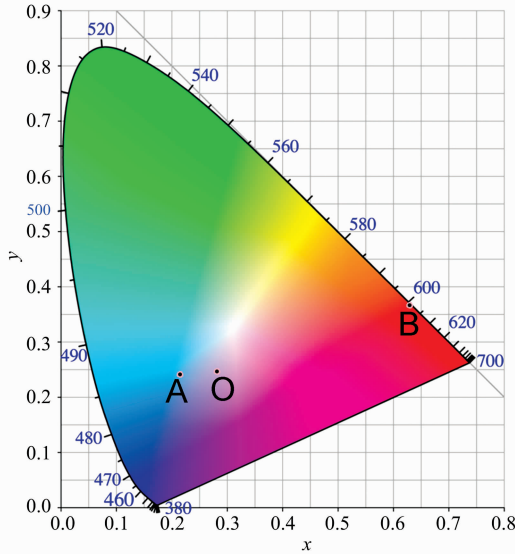


图 3 红色荧光粉末显现玻璃表面潜在手印的色度图

Fig. 3 Chromaticity diagram of fingerprint development on glass using red fluorescent powders

生的蓝色荧光对应于 A，荧光粉末产生的红色荧光对应于 B，使用荧光粉末显现手印所产生的混合荧光对应于 O。经计算， $|OA|$ 为 0.067， $|OB|$ 为 0.368。根据式(2)计算，其色度因子 C 为 0.181。

2.1.3 手印显现对比度的量化方法

手印显现对比度综合反映手印显现信号与客体背景噪声之间的亮度差异和颜色差异。将强度因子 I 和色度因子 C 代入式(3)计算得出，手印显现的对比度为 0.009。

2.2 提高手印显现对比度的途径

由对比度计算公式可知，提高手印显现的对比度可通过提高强度因子、提高色度因子两种途径来实现。对于利用荧光粉末显现潜在手印的情况，可以通过增强显现粉末的荧光强度、降低客体背景干扰来提高强度因子，通过调整显现粉末的荧光颜色来提高色度因子。

2.2.1 增强粉末的荧光强度

研究选用玻璃为承痕客体，分别使用荧光强度较弱的粉末[图 4(a)]、荧光强度较强的粉末[图 4(b)]对其表面的潜在手印进行显现。

从视觉角度主观分析，在 254 nm 紫外光的激发下，玻璃表面都产生了微弱的蓝色荧光，但使用荧光强度较高的粉末显现手印，其乳突纹线部位产生的红色荧光更强，与承痕客体之间形成了更大的亮度反差。从定量角度客观分析，在 254 nm 紫外光的激发下，使用不同荧光强度的红色荧光粉末显现潜在手印的发射光谱如图 4(a'—b')所示。显现的手印在 400~550 nm 范围内均产生了强度接近的客体背景噪声；使用荧光强度较高的红色荧光粉末在 550~675 nm 范围内能够产生更强的手印显现信号，故手印显现信号与客体背

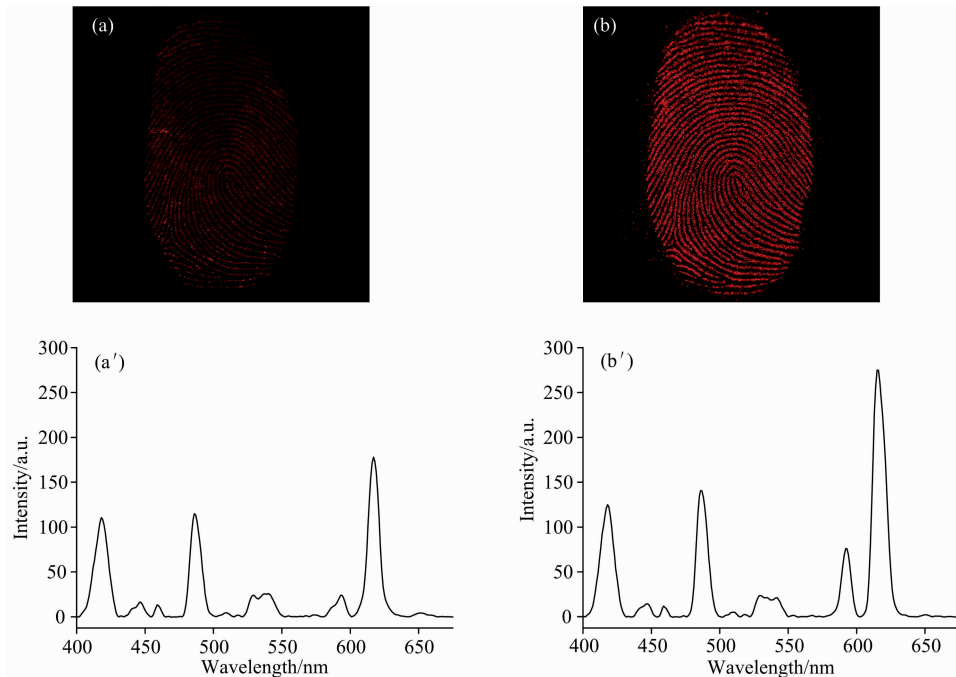


图 4 经弱荧光强度(a—a')、强荧光强度(b—b')的红色荧光粉末显现玻璃表面潜在手印在 254 nm 紫外光激发下的暗场照片(a—b)及对应的荧光发射光谱图(a'—b')

Fig. 4 Images in dark field (a—b) and emission spectra (a'—b') of latent fingerprints left on glass and then developed by red fluorescent powders with weak (a— a') and strong (b—b') fluorescent intensities, under 254 nm ultraviolet excitation

表 1 不同荧光强度的红色荧光粉末显现手印对比度量化结果的汇总表

Table 1 Summary of the contrast for fingerprints developed by red fluorescent powders with different fluorescent intensities

显现粉末	强度因子			色度因子			对比度
	S_A	S_B	I	$ OA $	$ OB $	C	
弱荧光粉末	2 606.878	2 325.373	1.121	0.067	0.368	0.181	0.009
强荧光粉末	3 112.717	3 850.962	1.237	0.096	0.353	0.272	0.025

景噪声之间的亮度反差更大。

表 1 汇总了具体的计算结果, 手印显现对比度计算结果客观分析与视觉效果主观分析的结论相一致。综上所述, 增强粉末的荧光强度能够在一定程度上提高手印显现的对比度。

2.2.2 调整粉末的荧光颜色

研究选用红色纸张为承痕客体, 分别使用红色荧光粉末[图 5(a)]、绿色荧光粉末[图 5(b)]对其表面的潜在手印进行显现。

从视觉角度主观分析, 在 254 nm 紫外光的激发下, 红纸表面均产生了明亮的红色荧光, 但使用绿色荧光粉末显现的手印, 其乳突纹线部位产生了明亮的绿色荧光, 与承痕客体之间形成了更大的颜色反差。从定量角度客观分析, 在

254 nm 紫外光激发下, 使用红色、绿色荧光粉末显现潜在手印的发射光谱如图 5(a'—b')所示。使用红色荧光粉末显现时, 手印显现信号与客体背景噪声在 550~675 nm 范围内出现了严重重叠[图 5(a')]。通过分峰拟合, 将曲线 1 中的重叠信号分离为客体背景噪声(曲线 2)和手印显现信号(曲线 3), 因两者之间的波长与强度均较为接近, 彼此干扰较大。使用绿色荧光粉末显现时, 手印显现信号出现在 540 nm 处[图 5(b')], 其强度较高且波长远离客体背景噪声的范围, 彼此干扰较小。

表 2 汇总了具体的计算结果, 手印显现对比度计算结果客观分析与视觉效果主观分析的结论相一致。综上所述, 调节粉末的荧光颜色能够在一定程度上提高手印显现的对比度。

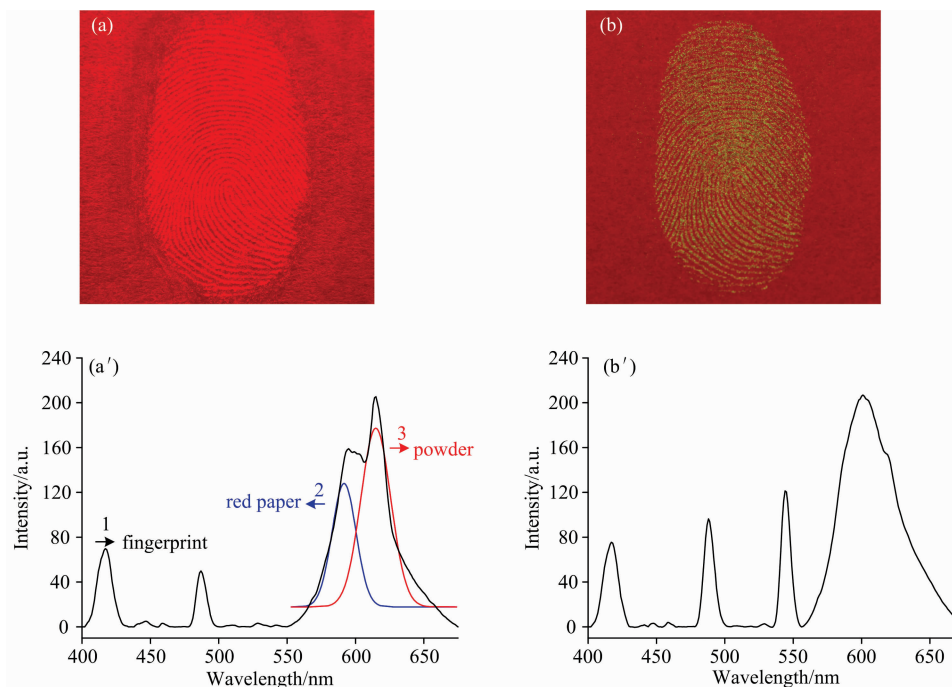


图 5 经红色(a—a')、绿色(b—b')荧光粉末显现红色纸张表面潜在手印在 254 nm 紫外光激发下的暗场照片(a—b)及对应的荧光发射光谱图(a'—b')

Fig. 5 Images in dark field (a—b) and emission spectra (a'—b') of latent fingerprints left on red paper and then developed by fluorescent powders with red (a—b) and green (b—b') fluorescent colors, under 254 nm ultraviolet excitation

表 2 不同荧光颜色的荧光粉末显现手印对比度量化结果的汇总表

Table 2 Summary of the contrast for fingerprints developed by fluorescent powders with different fluorescent colors

显现粉末	强度因子			色度因子			对比度
	S_A	S_B	I	$ OA $	$ OB $	C	
红色荧光粉末	4 619.040	5 704.024	1.235	0.025	0.181	0.135	0.012
绿色荧光粉末	11 869.570	1 577.952	7.522	0.028	0.318	0.088	0.077

2.2.3 降低背景荧光

以上研究中所使用的手印显现粉末均为稀土下转换荧光粉末,即在短波紫外光的激发下能够产生可见光。由于紫外光的能量较高,显现手印时通常会激发承痕客体产生背景荧光,进而降低了显现的对比度。与稀土下转换荧光粉末的发光机理相反,稀土上转换荧光粉末能够在长波红外光的激发下产生可见光。使用稀土上转换荧光粉末显现手印,能够有效避免客体背景荧光的干扰。研究选用红色纸张为承痕客体,使用具有绿色荧光性能的稀土上转换荧光粉末对其表面的潜在手印进行显现[图 6(a)]。

从视觉角度主观分析,经稀土上转换荧光粉末显现的手印在 980 nm 红外光的激发下[图 6(b)],乳突纹线部位产生了明亮的绿色荧光,而客体背景几乎不产生荧光。与使用同色稀土下转换荧光粉末显现手印的效果[图 5(b)]相比,手印

显现信号与客体背景噪声之间的亮度和颜色都形成了更大的反差。从定量角度客观分析,在 980 nm 红外光的激发下,红色纸张在 400~550 nm 范围内产生了极其微弱的紫色荧光[图 6(c)曲线 1],对应于背景噪声;稀土上转换荧光显现粉末在 550~575 nm 范围内产生了较强的绿色荧光[图 6(c)曲线 2],对应于显现信号;使用稀土上转换荧光粉末显现后的手印,手印显现信号的主峰出现在 540 nm 处且强度较高,而客体背景荧光可忽略[图 6(d)]。与图 5(b')相比,使用稀土上转换荧光粉末进行手印显现,能够在大幅增加手印显现信号荧光强度的同时,显著降低客体背景噪声的干扰程度,故二者之间的亮度反差明显增强。

表 3 汇总了具体的计算结果,手印显现对比度计算结果客观分析与视觉效果主观分析的结论相一致。综上所述,降低客体背景的荧光能够显著提高手印显现的对比度。

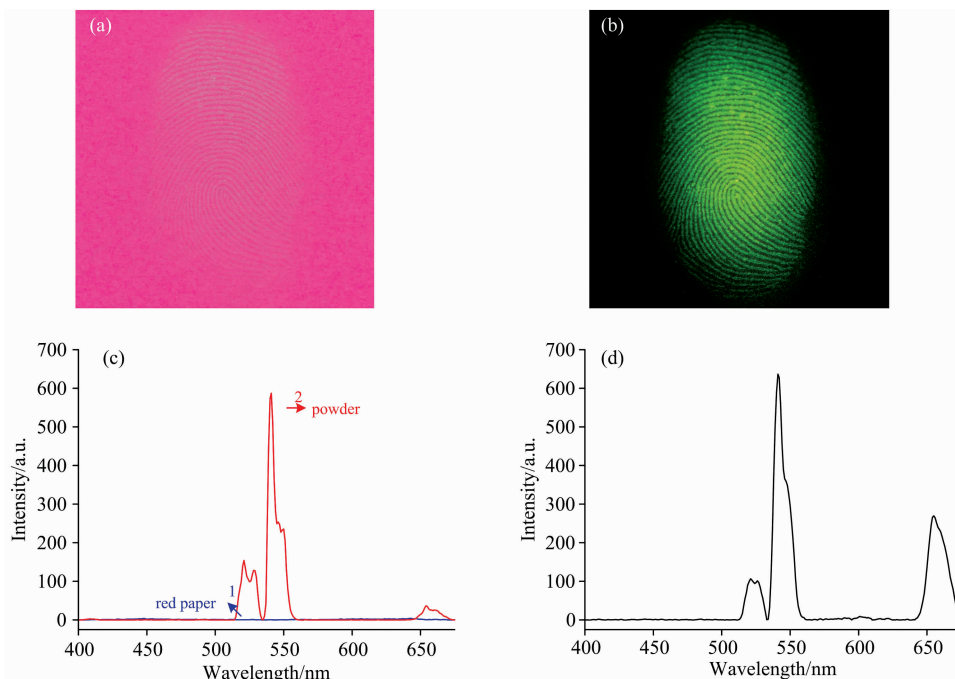


图 6 经绿色上转换荧光粉末显现红色纸张表面潜在手印的明场照片(a)及其在 980 nm 红外光激发下的暗场照片(b);红色纸张、绿色上转换荧光粉末(c)和经绿色上转换荧光粉末显现手印(d)的荧光发射光谱图

Fig. 6 Latent fingerprints left on red paper and then developed by green up-conversion fluorescent powders: (a) image in the bright field, and (b) image under 980 nm infrared excitation in the dark field; Emission spectra of red paper, green up-conversion fluorescent powders (c), and latent fingerprint developed by green up-conversion fluorescent powders (d)

表 3 不同发光机理的绿色荧光粉末显现手印对比度量化结果的汇总表

Table 3 Summary of the contrast for fingerprints developed by green fluorescent powders with different emission mechanisms

显现粉末	强度因子			色度因子			对比度
	S_A	S_B	I	$ OA $	$ OB $	C	
下转换粉末	11 869.570	1 577.952	7.522	0.028	0.318	0.088	0.077
上转换粉末	91.742	12 678.897	138.202	0.373	0.108	3.469	7.426

3 结 论

提出了荧光类物质显现手印的对比度这一概念,研究了

手印显现对比度的量化方法,即色度因子 C 与强度因子 I 的常用对数值的乘积,并阐述了基于光谱仪器和色度软件表征手印显现对比度的具体操作。从视觉效果的主观角度与计算结果的客观角度,详细分析了手印显现对比度的影响因素,

并从强度因子和色度因子两个层面上提出了提高手印显现对比度的三个有效途径,即增强显现试剂的荧光强度、调整显现试剂的荧光颜色、降低承痕客体的背景荧光。实验结果表明,使用稀土下转换荧光粉末配合 254 nm 紫外光源进行手印显现,能够增强手印显现的信号,但是无法完全避免客体

背景荧光的干扰,较适用于弱背景荧光客体表面手印的高对比度显现;使用稀土上转换荧光粉末配合 980 nm 红外光源进行手印显现,能够在增强手印显现信号的同时,有效避免客体背景荧光的干扰,更适用于强背景荧光客体表面手印的高对比度显现。

References

- [1] Ramotowski R S. Lee and Gaensslen's Advances in Fingerprint Technology, 3rd ed. Boca Raton, FL: CRC Press, 2012.
- [2] Wang M, Li M, Yu A Y, et al. Advanced Functional Materials, 2017, 27(14): 1606243.
- [3] Gao F, Lv C F, Han J X, et al. Journal of Physical Chemistry C, 2011, 115(44): 21574.
- [4] Gao F, Han J X, Zhang J, et al. Nanotechnology, 2011, 22(7): 075705.
- [5] Ma R L, Shimmon R, McDonagh A, et al. Forensic Science International, 2012, 217(1-3): e23.
- [6] Wang J, Wei T, Li X Y, et al. Angewandte Chemime International Edition, 2014, 53(6): 1616.
- [7] Wang M. RSC Advances, 2016, 6(43): 36264.
- [8] Wang M, Li M, Yang M Y, et al. Nano Research, 2015, 8(6): 1800.
- [9] Wang M, Li M, Yu A Y, et al. ACS Applied Materials & Interfaces, 2015, 7(51): 28110.
- [10] Wang M, Zhu Y, Mao C B. Langmuir, 2015, 31(25): 7084.
- [11] Humphreys J D, Porter G, Bell M. Forensic Science International, 2008, 178(1): 46.
- [12] Vanderwee J, Porter G, Renshaw A, et al. Forensic Science International, 2011, 204(1-3): 74.
- [13] Matuszewski S, Szafalowicz M. Journal of Forensic Sciences, 2013, 58(5): 1310.

The Quantification of the Contrast for Latent Fingerprint Development Based on Fluorescent Spectrometry

SHEN Dun-pu¹, LI Ming^{1, 2}, YUAN Chuan-jun^{1, 2}, YU Hai-feng¹, WANG Meng^{1, 2*}

1. Department of Trace Examination, National Police University of China, Shenyang 110035, China

2. Key Laboratory of Impression Evidence Examination and Identification Technology, Ministry of Public Security, Shenyang 110035, China

Abstract Latent fingerprint development is considered as one of the most important technologies in forensic sciences. After fingerprint development, researchers usually evaluate the effect of fingerprint development according to whether the outline is complete, whether the ridges are clear and coherent, whether the detail features are obvious, and whether the background interference is serious, etc. . However, all above descriptions for evaluation are subjective, which are lack of objectivity, accuracy and scientificity. In order to quantitatively evaluate the effect of fingerprint development objectively, comprehensively and accurately, the contrast of fingerprint development was systematically studied by spectral analysis, and then the accurate quantitative evaluation was achieved. Firstly, we proposed the concept of contrast as the contrast between the fingerprint (signal) and the background (noise), for fingerprint development based on fluorescent methods. The contrast were depended on differences of fluorescent intensity (Intensity Index, I) and fluorescent color (Chroma Index, C) between the friction ridges and the background. Secondly, the substrates, fingerprint developing powders as well as fingerprints developed after fluorescent powder were characterized by spectral instrument and chromaticity software. The calculation method of the fingerprint development contrast, which was defined as the common logarithmic value of I and multiply by C , was finally established. Then, combined with the vision effects and the spectral analysis results, the accuracy of calculated fingerprint development contrast was verified. The results showed that our method had been successfully used in evaluating the contrast of fingerprint development based on fluorescent spectral analysis methods. Finally, combined with spectral analysis technology, the influence factors of the fingerprint development contrast, including the differences of fluorescent intensity, fluorescent color and luminescent mechanisms between the fingerprint development powders, were analyzed in detail. The experimental results showed that the quantitative method of fingerprint development contrast based on spectral analysis could quantitatively evaluate the effect of fingerprint development objectively, scientifically and comprehensively. Moreover, according to Intensity Index and Chroma Index, we summarized the ap-

proaches to promote the contrast of fingerprint development, providing beneficial references for the selection of fingerprint development methods in practice applications.

Keywords Fingerprint development; Contrast; Intensity index; Chroma index; Fluorescence; Quantification

(Received Dec. 4, 2018; accepted Apr. 20, 2019)

* Corresponding author

欢迎投稿

欢迎订阅

欢迎刊登广告

《光谱学与光谱分析》2020年征订启事

国内邮发代码: 82-68

国外发行代码: M905

《光谱学与光谱分析》1981年创刊,国内统一刊号:CN 11-2200/O4,国际标准刊号:ISSN 1000-0593, CODEN 码: GYGFED, 国内外公开发行,大 16 开本, 332 页, 月刊; 是中国科协主管, 中国光学学会主办, 钢铁研究总院、中国科学院物理研究所、北京大学、清华大学共同承办的学术性刊物。北京大学出版社出版, 每期售价 95 元, 全年 1140 元。刊登主要内容: 激光光谱测量、红外、拉曼、紫外、可见光谱、发射光谱、吸收光谱、X 射线荧光光谱、激光显微光谱、光谱化学分析、国内外光谱化学分析领域内的最新研究成果、开创性研究论文、学科发展前沿和最新进展、综合评述、研究简报、问题讨论、书刊评述。

《光谱学与光谱分析》适用于冶金、地质、机械、环境保护、国防、天文、医药、农林、化学化工、商检等各领域的科学研究单位、高等院校、制造厂家、从事光谱学与光谱分析的研究人员、高校有关专业的师生、管理干部。

《光谱学与光谱分析》为我国首批自然科学核心期刊, 中国科协优秀科技期刊, 中国科协择优支持基础性、高科技学术期刊, 中国科技论文统计源刊, “中国科学引文数据库”, “中国物理文摘”, “中国学术期刊文摘”, 同时被国内外的 CJCR, CNKI, CSCD, SCI, AA, CA, Ei, AJ, PЖ, MEDLINE, Scopus 等文献机构收录。根据中国科学技术信息研究所发布信息, 中国科技期刊物理类影响因子、引文量及综合评价总分《光谱学与光谱分析》都居前几位。欢迎国内外厂商在《光谱学与光谱分析》发布广告(广告经营许可证:京海市监广登字 20170260 号)。

《光谱学与光谱分析》的主编为高松院士。

欢迎新老客户到全国各地邮局订阅, 若有漏订者可直接与《光谱学与光谱分析》期刊社联系。

联系地址: 北京市海淀区学院南路 76 号(南院),

《光谱学与光谱分析》期刊社

邮政编码: 100081

联系电话: 010-62181070, 62182998

电子信箱: chngpxygpfx@vip.sina.com

修改稿专用邮箱: gp2008@vip.sina.com

网 址: <http://www.gpxygpfx.com>

