

# 手印纳米显现

Nanomaterial-Based Development of Fingerprints

王 猛 著



東北大學出版社  
Northeastern University Press

# 手印纳米显现

王 猛 著

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

© 王 猛 2016

## 图书在版编目 (CIP) 数据

手印纳米显现 / 王猛著. — 沈阳: 东北大学出版社, 2016. 3

ISBN 978-7-5517-1239-2

I. ①手… II. ①王… III. ①纳米材料—应用—指纹学 IV. ①D918.91

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 059603 号

## 内容简介

全球纳米科技发展迅猛, 其研究范围逐渐与不同学科深入交叉, 其研究成果不断向各个领域广泛渗透。目前, 将新型纳米发光材料应用于刑事技术特别是手印显现领域的相关研究已经引起了国内外科研人员的广泛关注。本书系统地介绍了近年来新型纳米发光材料在手印显现技术中的研究进展与研究成果, 内容主要包括量子点、稀土下转换发光纳米材料、稀土上转换发光纳米材料在手印显现技术中的应用。同时, 在对现有研究进展进行总结的基础上, 书中融入了作者近期的大量研究工作。本书论述严谨、内容新颖、资料丰富、图文并茂, 具有较高的参考价值。

本书可供分析化学、材料科学、刑事技术等领域的科研工作者阅读, 也可以作为高等院校高年级学生及研究生的教材或参考书。

---

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路三号巷 11 号

邮编: 110819

电话: 024-83687331(市场部) 83680267(社务部)

传真: 024-83680180(市场部) 83687332(社务部)

E-mail: neuph@neupress.com

http: //www. neupress. com

印 刷 者: 沈阳市第二市政建设工程公司印刷厂

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 170mm×240mm

印 张: 9.25

字 数: 232 千字

出版时间: 2016 年 3 月第 1 版

印刷时间: 2016 年 3 月第 1 次印刷

责任编辑: 孟 颖

封面设计: 王林林 刘江旻

责任校对: 子 敏

责任出版: 唐敏志

---

ISBN 978-7-5517-1239-2

定 价: 45.00 元

# 前言

自 20 世纪初以来,手印在国内外刑事案件的侦破、诉讼争议的解决等方面起着至关重要的作用,一度被公认为“物证之首”。在 DNA、微量物证等新兴物证检验鉴定技术广泛应用的今天,手印检验技术仍以其独有的功能和特点而发挥着不可替代的作用。在手印检验过程中,潜在手印的显现技术是关键环节,如果不能将潜在手印有效地显现出来,就无从谈到手印的分析、鉴定等问题。因此,选择合适方法对潜在手印进行有效显现,是提高手印物证采集率和利用率的重要保障,也是案件侦破的关键环节所在。手印显现的原理是将遗留在客体上肉眼不易观察到的手印,通过物理作用或化学反应,使其变成可见手印的过程。目前,手印显现技术已经成为了一门集成了物理学、化学、材料学、生物学等多门自然科学的综合实用性技术。

随着纳米科技的飞速发展,一些新型纳米发光材料已经逐渐被应用到传统的手印显现技术中,比如量子点、稀土发光材料等。纳米发光材料具有优异的发光性能,有利于增强显现信号与客体背景之间的对比反差,对手印显现的信号起到放大和增强的作用,因此能够有效提高手印显现的对比度。纳米发光材料具有较小的颗粒尺寸,有利于清晰反映出手印的细节特征以及汗孔特征,因此能够有效提高手印显现的灵敏度。纳米发光材料的表面修饰手段丰富且技术成熟,可以灵活操控纳米发光材料的表面性质,有利于调节纳米发光材料与手印遗留物质之间的特异性吸附,因此能够有效提高手印显现的选择性。纳米发光材料的种类繁多、性质各异,可以筛选出毒害性低的纳米发光材料,最终实现基于无损 DNA 提取的潜在手印显现。综上所述,纳米发光材料在手印显现领域有着非常广阔的应用前景。鉴于此,在继承传统手印显现技术成果的基础上,借鉴纳米发光材料的最新研究成果,提出一种兼具高对比度、高灵敏度、高选择性、低毒害性的手印显现新技术具有重要的理论研究意义和实践应用价值。

目前,关于手印纳米显现领域的科学研究仅处于刚刚起步阶段,相关的研究报告还较少。为适应科学的进步与时代的发展,中国刑事警察学院痕迹检验技术

系教师团队将新型稀土发光纳米材料与传统手印显现技术相结合,不断开展科学研究,并将取得的阶段性研究成果汇总为《手印纳米显现》一书。

本书内容共分7章。第1章简单介绍手印显现、纳米发光材料等基本概念,并提出了现阶段手印纳米显现的机遇与挑战。第2章总结评述纳米发光材料在手印显现技术中的应用进展情况。第3章至第6章详细论述本人近期的研究工作:第3章介绍  $\text{YVO}_4:\text{Eu}$  下转换发光纳米材料在手印显现中的应用;第4章介绍  $\text{LaPO}_4:\text{Ce},\text{Tb}$  下转换发光纳米材料在手印显现中的应用;第5章介绍  $\text{LaF}_3:\text{Eu},\text{Tb}$  下转换发光纳米材料在手印显现中的应用;第6章介绍  $\text{NaYF}_4:\text{Yb},\text{Er}$  上转换发光纳米材料在手印显现中的应用。第7章为研究结论与展望。

本书由中国刑事警察学院王猛副教授撰写。本书在编写过程中得到痕迹检验鉴定技术公安部重点实验室、中国刑事警察学院痕迹检验技术系的大力支持,在此表示衷心感谢。本书的部分显现照片由中国刑事警察学院本科生周俊宇、张宇鑫、符文豪、王胜达完成拍摄,在此对以上四位同学所付出的辛勤劳动表示感谢。

本书的研究内容得到国家自然科学基金项目(21205139)、辽宁省高等学校优秀人才支持计划项目(LJQ2014130)、公安部应用创新计划项目(2012YYCXXJXY127)、公安部科技强警基础工作专项项目(2014GABJC033)、辽宁省教育科学“十二五”规划立项课题(JG15DB443)的资助,在此衷心感谢国家自然科学基金委员会、辽宁省教育厅、公安部科技信息化局给予的支持和帮助。

本书力求做到内容新颖、表述准确、资料丰富、图文并茂。由于本书涉及的内容为学科交叉领域,知识范围较广,而作者水平有限,疏漏不当之处在所难免,欢迎读者批评指正。

2016年1月

# 目 录

|                           |    |
|---------------------------|----|
| 1 绪 论 .....               | 1  |
| 1.1 手印显现 .....            | 1  |
| 1.1.1 手纹与手印 .....         | 1  |
| 1.1.2 手印鉴定技术 .....        | 2  |
| 1.1.3 手印显现技术 .....        | 4  |
| 1.1.4 手印显现效果的衡量指标 .....   | 6  |
| 1.1.5 粉末显现法所面临的问题 .....   | 11 |
| 1.2 纳米发光材料 .....          | 12 |
| 1.2.1 纳米科技 .....          | 12 |
| 1.2.2 纳米材料 .....          | 15 |
| 1.2.3 发光机理 .....          | 17 |
| 1.2.4 新型纳米发光材料 .....      | 23 |
| 1.2.5 稀土发光纳米材料的合成方法 ..... | 28 |
| 1.3 手印纳米显现的机遇与挑战 .....    | 30 |
| 1.3.1 手印纳米显现的机遇 .....     | 30 |
| 1.3.2 手印纳米显现的挑战 .....     | 30 |
| 2 手印纳米显现研究进展 .....        | 32 |
| 2.1 量子点在手印显现中的应用 .....    | 32 |
| 2.1.1 粉末显现法 .....         | 32 |
| 2.1.2 溶液显现法 .....         | 34 |
| 2.2 稀土发光材料在手印显现中的应用 ..... | 39 |
| 2.2.1 粉末显现法 .....         | 39 |
| 2.2.2 悬浮液显现法 .....        | 42 |

|       |                                                 |    |
|-------|-------------------------------------------------|----|
| 3     | $\text{YVO}_4:\text{Eu}$ 下转换发光纳米材料在手印显现中的应用     | 43 |
| 3.1   | 引言                                              | 43 |
| 3.2   | 实验部分                                            | 44 |
| 3.2.1 | 实验仪器                                            | 44 |
| 3.2.2 | 实验试剂                                            | 44 |
| 3.2.3 | 实验方法                                            | 45 |
| 3.3   | 结果与讨论                                           | 46 |
| 3.3.1 | $\text{YVO}_4:\text{Eu}$ 下转换发光纳米材料的合成与表征        | 46 |
| 3.3.2 | $\text{YVO}_4:\text{Eu}$ 下转换发光纳米材料用于手印显现        | 49 |
| 3.4   | 小结                                              | 57 |
| 4     | $\text{LaPO}_4:\text{Ce,Tb}$ 下转换发光纳米材料在手印显现中的应用 | 59 |
| 4.1   | 引言                                              | 59 |
| 4.2   | 实验部分                                            | 60 |
| 4.2.1 | 实验仪器                                            | 60 |
| 4.2.2 | 实验试剂                                            | 60 |
| 4.2.3 | 实验方法                                            | 61 |
| 4.3   | 结果与讨论                                           | 62 |
| 4.3.1 | $\text{LaPO}_4:\text{Ce,Tb}$ 下转换发光纳米材料的合成与表征    | 62 |
| 4.3.2 | $\text{LaPO}_4:\text{Ce,Tb}$ 下转换发光纳米材料用于手印显现    | 65 |
| 4.4   | 小结                                              | 72 |
| 5     | $\text{LaF}_3:\text{Eu,Tb}$ 下转换发光纳米材料在手印显现中的应用  | 74 |
| 5.1   | 引言                                              | 74 |
| 5.2   | 实验部分                                            | 75 |
| 5.2.1 | 实验仪器                                            | 75 |
| 5.2.2 | 实验试剂                                            | 75 |
| 5.2.3 | 实验方法                                            | 76 |
| 5.3   | 结果与讨论                                           | 77 |
| 5.3.1 | $\text{LaF}_3:\text{Eu,Tb}$ 下转换发光纳米材料的合成与表征     | 77 |
| 5.3.2 | $\text{LaF}_3:\text{Eu,Tb}$ 下转换发光纳米材料用于手印显现     | 80 |
| 5.4   | 小结                                              | 87 |
| 6     | $\text{NaYF}_4:\text{Yb,Er}$ 上转换发光纳米材料在手印显现中的应用 | 89 |
| 6.1   | 引言                                              | 89 |

|       |                                                  |     |
|-------|--------------------------------------------------|-----|
| 6.2   | 实验部分 .....                                       | 91  |
| 6.2.1 | 实验仪器 .....                                       | 91  |
| 6.2.2 | 实验试剂 .....                                       | 91  |
| 6.2.3 | 实验方法 .....                                       | 92  |
| 6.3   | 结果与讨论 .....                                      | 94  |
| 6.3.1 | NaYF <sub>4</sub> :Yb,Er 上转换发光纳米材料的合成方法优化 .....  | 94  |
| 6.3.2 | NaYF <sub>4</sub> :Yb,Er 上转换发光纳米材料的合成与表征 .....   | 96  |
| 6.3.3 | NaYF <sub>4</sub> :Yb,Er 上转换发光纳米材料用于粉末显现法 .....  | 100 |
| 6.3.4 | NaYF <sub>4</sub> :Yb,Er 上转换发光纳米材料用于悬浮液显现法 ..... | 109 |
| 6.4   | 小 结 .....                                        | 114 |
| 7     | 结论与展望 .....                                      | 116 |
| 7.1   | 结 论 .....                                        | 116 |
| 7.2   | 展 望 .....                                        | 117 |
|       | 参考文献 .....                                       | 119 |
|       | 附 录 .....                                        | 125 |



# 1 绪 论

## 1.1 手印显现

### 1.1.1 手纹与手印

#### 1.1.1.1 手 纹

手纹是指人类手指及手掌部位的皮肤纹理。通过手纹的放大照片(图 1.1)可以看出,手纹由一系列凸起的“嵴线”和凹陷的“峪线”间隔分布而成<sup>[1]</sup>。其中,凸起的“嵴线”称为乳突纹线(Ridge),乳突纹线上分布有汗孔(Sweat Pore);凹陷的“峪线”称为犁沟(Furrow)。通常情况下,乳突纹线的自然宽度为 0.2~0.7mm,自然高度为 0.1~0.4mm<sup>[2]</sup>。

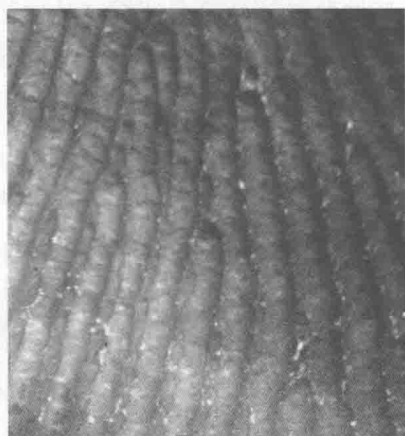


图 1.1 手纹的微观形态照片

手纹具有复杂的生理结构和特殊的特征体系,为借助手纹进行人身认定提供了可靠的保障,主要表现为以下三个方面。

- ① 人各不同, 具有特定性, 为借助手纹进行人身认定提供了客观依据;
- ② 终身不变, 具有稳定性, 为借助手纹进行人身认定提供了时间条件;
- ③ 触物留痕, 具有反映性, 为借助手纹进行人身认定提供了物质基础。

目前, 利用手纹进行人身识别已经渗透到社会生活的各个领域, 如银行密钥、身份认证、门禁密码、系统登录等。特别是在侦查办案、法庭证据使用等方面, 手纹更是其他任何证据都无法替代的<sup>[3,4]</sup>。

### 1.1.1.2 手印

当手部接触物体时, 由于汗垢、皮脂等分泌物质与物体相互作用, 就会在物体表面上留下手部皮肤乳突线花纹的镜像印痕(Print)。手印(Fingerprint)是指手纹接触物体时遗留在物体上的印痕的总称。根据手印所接触的客体(Substrate)及遗留方式的不同, 可将手印分为以下三类<sup>[5]</sup>。

① 可见手印(Visible Fingerprint)。可见手印是指能够被肉眼直接观察到的平面手印, 通常由手纹沾染油漆、血液、墨水等物质并转印到客体表面而形成。

② 潜在手印(Latent Fingerprint)。潜在手印是指不能被肉眼或仪器直接观察到的平面手印, 通常由手纹无意识接触客体表面而形成。

③ 可塑手印(Impression Fingerprint)。可塑手印是指手纹触压塑性客体所形成的立体手印, 如手纹触压蜡烛、黏土等客体所形成的凹陷状手印。

## 1.1.2 手印鉴定技术

手印的形成能够反映手纹的特征, 依靠手纹的特定性、稳定性和反映性, 将欲检验的手印和样本手印按照某种标准进行比较, 从而达到验证人身的目的, 这就是手印鉴定技术。目前, 手印鉴定技术是认定人身的最可靠的方法之一, 在法庭科学中被广泛用于有效查证、揭露事实和证实犯罪。因此, 手印被司法界公认为“证据之首”。

1880年, 英国皇家内外科医师学会会员 Henry 在 *Nature* 上发表文章, 证明了前人提出的“手纹终生不变”理论, 并提倡将手印用于识别罪犯<sup>[6,7]</sup>。1892年, 英国优生学鼻祖 Galton 发表了以个人识别为目标的《指纹分类法》论文<sup>[8]</sup>。而后, 以上两人的研究成果一起组成了 Henry-Galton 手纹分类系统, 并构成了手印鉴定的最基本依据。Henry-Galton 手纹分类系统将手纹的特征分为以下三类<sup>[9]</sup>。

### (1) 总体特征

总体特征又称为一级结构。如图 1.2 所示, 总体特征分为弓型纹(Arch)、环型纹(Loop, 又称箕型纹)、螺旋型纹(Whorl, 又称斗型纹)、混合型纹(Composite)四种类型。

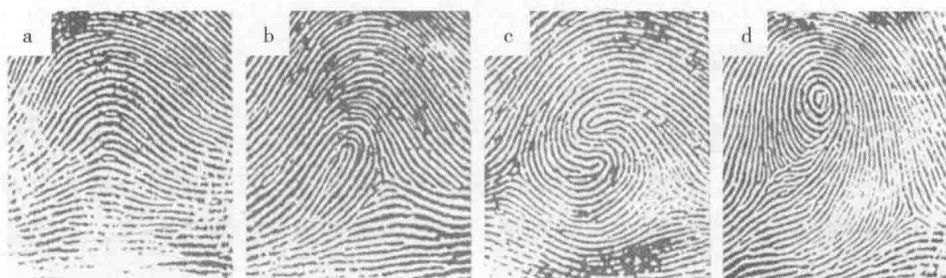


图 1.2 手纹的总体特征

a—弓型纹；b—环型纹；c—螺旋型纹；d—混合型纹

## (2) 细节特征

细节特征又称为二级结构，是一级结构的细节部分。如图 1.3 所示，细节特征分为终点 (Ridge Termination)、分歧 (Bifurcation)、包围 (Enclosure)、小岛 (Island)、独立短峰 (Short Independent Ridge)、小勾 (Hook)、交叉 (Crossover) 七种类型。细节特征的随机组合赋予了手纹的特定性和唯一性。1970 年，Wegstein 提出每个指纹大约包括 80 个细节特征，而司法鉴定只需要 16 个细节特征就足以认定人身。通常，手印鉴定就是通过比较不同手印的细节特征点来进行的。

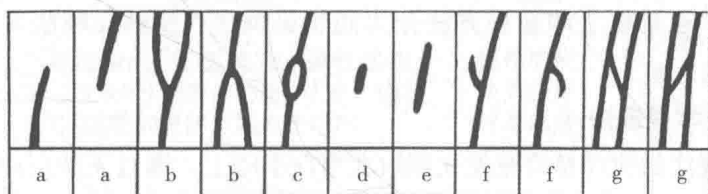


图 1.3 手纹的细节特征

a—终点；b—分歧；c—包围；d—小岛；e—独立短峰；f—小勾；g—交叉

## (3) 固有特征

固有特征又称为三级结构，主要是指汗孔的形状、位置和数量。汗孔印痕的微观形态如图 1.4 所示。尽管汗孔不能单独用来进行手印鉴定，但可以对残缺手纹或者二级结构模糊手纹的鉴定识别提供参考信息。

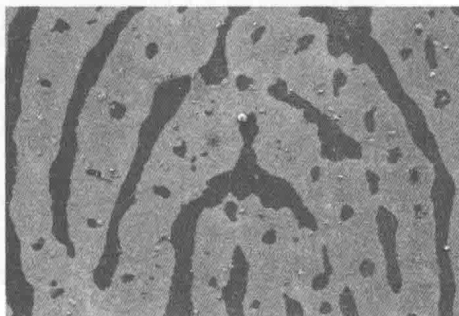


图 1.4 汗孔的印痕

### 1.1.3 手印显现技术

在案件现场,最常出现的手印类型是潜在手印,如果不能将潜在手印有效显现出来,手纹的分析、检验、鉴定等问题就无从谈起。所以,选择合适方法对潜在手印进行有效显现,是提高手印物证的采集率和利用率的重要环节,也是整个案件侦破的关键环节所在。

手印显现(Fingerprint Development)是指通过物理作用或化学反应将遗留在客体上的潜在手印变成可见手印的过程。手印显现的基本原理是将特殊光线或物质作用于手印遗留物质,使手印与客体之间形成可被仪器或肉眼检测到的对比反差,进而使潜在手印变为可见手印。

1877年,法国医生 Aubert 在研究皮肤病和腺体分泌物的过程中,将硝酸银溶液涂抹在纸上,并意外显现出潜在手印,由此成为手印显现技术的鼻祖<sup>[10]</sup>。经过一个多世纪的演变发展,手印显现技术已经具有一定规模,成为综合了物理学、化学、生物学、计算机技术等多门自然科学的专业技术<sup>[11]</sup>。由于现场遗留手印的客体种类繁多、手印物质不尽相同,手印显现方法也多种多样。根据显现原理的不同,通常将手印显现方法分为光学显现法、物理显现法、化学显现法等<sup>[3]</sup>。

#### 1.1.3.1 光学显现法

光学显现法的原理是将激发光照射在潜在手印上,通过光的反射、散射作用以及光化学效应等,使手印与客体背景之间形成对比反差,从而实现潜在手印的显现。目前,用于手印显现的激发光有 X 射线、紫外光、红外光、可见光等。光学显现法是一种无损的显现方法,因此是手印显现流程中的首选方法。根据激发光源种类的不同,可将光学显现法分为普通光学显现法、紫外光显现法、激光显现法等。表 1.1 列出了光学显现法的分类、原理及特点。

#### 1.1.3.2 物理显现法

物理显现法的原理是利用显现试剂与手印遗留物质(汗液、皮脂等)之间的物理吸附,使手印与客体背景之间形成对比反差,从而实现潜在手印的显现。根据吸附物质种类的不同,可将物理显现法分为粉末显现法、烟熏显现法、碘熏显现法、502 胶熏显法等。表 1.2 列出了物理显现法的分类、原理及特点。

#### 1.1.3.3 化学显现法

化学显现法的原理是利用化学试剂与手印遗留物质(汗液、血液、氨基酸等)之间的化学反应,使手印产生颜色变化并与客体背景之间形成对比反差,从而实现潜在手印的显现。根据显现试剂种类的不同,可将化学显现法分为硝酸银显现

法、茚三酮显现法、DFO 显现法等。表 1.3 列出了化学显现法的分类、原理及特点。

表 1.1 光学显现法的分类、原理及特点

| 显现方法    | 显现原理                                              | 显现特点                                                |
|---------|---------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 普通光学显现法 | 利用自然光源、强光灯、蓝光灯、多波段光源等照射,使手印与客体背景之间产生对比反差,从而显现出手印  | 不会对手印造成破坏;<br>适用于现场手印的初步勘查                          |
| 紫外光显现法  | 汗潜、油潜、血潜手印经荧光试剂处理后,在紫外光照射下产生荧光,从而显现出手印,再使用紫外照相法拍照 | 可以解决一些疑难手印的拍照提取问题,如镜面、搪瓷、陶瓷、部分塑料制品表面的汗潜手印,运用较为广泛    |
| 激光显现法   | 使潜在手印或经过化学处理后的手印在激光的激发下产生足够强的荧光,从而显现出手印           | 不会对手印造成破坏;<br>可与其他显现方法结合实现二次显现;<br>仪器设备复杂,不适合现场显现手印 |

表 1.2 物理显现法的分类、原理及特点

| 显现方法     | 显现原理                                           | 优点                              | 局限                                    |
|----------|------------------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|
| 粉末显现法    | 利用粉末(金属粉末、磁性粉末、荧光粉末等)与手印物质(汗液、油脂等)间的物理吸附作用显现手印 | 操作简便;<br>效果较好;<br>成本低廉          | 陈旧手印显现效果不佳;<br>粉末扬尘对人体伤害大             |
| 烟熏显现法    | 利用某些物质(松香、樟脑等)不完全燃烧所产生的烟尘与手印物质间的吸附作用显现手印       | 成本低廉                            | 手印显现效果一般;<br>熏显过程不易控制;<br>熏显气体有毒害性    |
| 碘熏显现法    | 利用碘蒸气与手印物质(汗液、油脂等)间的物理吸附和化学反应显现手印              | 无损显现法;<br>可反复显现                 | 手印易消失,需固定;<br>只适用于浅颜色客体;<br>碘对人体有毒害作用 |
| 502 胶熏显法 | 利用氰基丙烯酸酯的挥发,并发生聚合作用,形成白色固态聚合物聚集在手印纹线上,从而显现出手印  | 手印显现效果好;<br>可显现陈旧手印;<br>显现手印不易坏 | 与浅色客体反差弱;<br>熏显条件难于控制;<br>对人体有毒害作用    |

表 1.3 化学显现法的分类、原理及特点

| 显现方法  | 显现原理                                                    | 优点              | 局限                         |
|-------|---------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|
| 硝酸银法  | 硝酸银中的银离子与汗液中的氯离子发生反应，生成的氯化银见光分解生成黑色的银单质，从而显现出手印         | 可显现陈旧手印         | 手印显现效果一般；反应条件不易控制；试剂有较强腐蚀性 |
| 茚三酮法  | 利用茚三酮与手印物质中的氨基酸反应生成蓝紫色物质，从而显现出手印                        | 显现灵敏度较高；可显现陈旧手印 | 茚三酮有较强毒性；只适用于浅色客体          |
| DFO 法 | 利用 DFO 与手印物质中的氨基酸反应生成淡紫红色化合物，在蓝绿光下观察，手印能够发出橙色荧光，从而显现出手印 | 显现灵敏度很高；适用于陈旧手印 | 试剂价格昂贵；溶液配制复杂；溶剂污染环境       |

1.1.4 手印显现效果的衡量指标

手印显现效果的衡量指标主要包括对比度、灵敏度、选择性、毒害性等。现以汗潜手印的粉末显现为例，分别阐述这四个指标。

1.1.4.1 对比度

手印显现的对比度(Contrast)是指手印显现信号与客体背景噪声之间的对比差异程度。手印显现中对比度的概念类似于分析化学中信噪比的概念。提高手印显现的对比度有以下两个主要途径。

- ① 提高手印显现信号；
- ② 降低客体背景噪声。

对于具有单一背景颜色的客体，可以通过提高手印显现信号来提高手印显现的对比度，而降低客体背景噪声对提高手印显现对比度的贡献意义通常不大。图 1.5 为使用不同材料显现黑色理石表面汗潜手印的效果。使用黑色磁性粉显现，显现信号与客体背景之间的对比反差很小，手印显现的对比度很低(图 1.5a)；使用金黄色金粉显现，能够提高手印显现信号，并且不降低客体背景噪声，显现信号与客体背景之间的对比反差较大，手印显现的对比度较高(图 1.5b)；使用绿色荧光粉显现，在 254nm 紫外光的照射下，能够提高手印显现信号，并且降低客体背景噪声，显现信号与客体背景之间的对比反差很大，手印显现的对比度很高(图 1.5c)。

对于具有复杂背景颜色的客体，可以通过提高手印显现信号或降低客体背景噪声来提高手印显现的对比度，并且降低客体背景噪声对提高手印显现对比度的贡献意义通常较大。图 1.6 为使用不同材料显现花色理石表面汗潜手印的效果。



图 1.5 使用不同粉末对黑色大理石表面汗潜手印的显现效果

a—磁性粉，明场；b—金粉，明场；c—绿色荧光粉，254nm 紫外光暗场

使用黑色磁性粉显现，显现信号与客体背景之间的对比反差很小，手印显现的对比度很低(图 1.6a)；使用金黄色金粉显现，能够提高手印显现信号，并且不降低客体背景噪声，显现信号与客体背景之间的对比反差较高，手印显现的对比度较高(图 1.6b)；使用绿色荧光粉显现，在 254nm 紫外光的照射下，能够提高手印显现信号，并且降低客体背景噪声，显现信号与客体背景之间的对比反差很大，手印显现的对比度很高(图 1.6c)。



图 1.6 使用不同粉末对花色大理石表面汗潜手印的显现效果

a—磁性粉，明场；b—金粉，明场；c—绿色荧光粉，254nm 紫外光暗场

对于具有强烈背景荧光的客体，可以通过提高手印显现信号并降低客体背景噪声来提高手印显现的对比度，并且降低客体背景噪声对提高手印显现对比度的贡献意义通常很大。图 1.7 为使用不同材料显现 50 元人民币表面汗潜手印的效果。使用绿色荧光粉显现，在能量较高的 254nm 紫外光照射下，能够提高手印显现信号，同时会引起较强的背景荧光，显现信号与客体背景之间的对比反差较小，手印显现的对比度较低(图 1.7b)；使用稀土发光纳米材料显现，在能量较低的 980nm 红外光照射下，能够提高手印显现信号，同时能够消除背景荧光的干扰，显现信号与客体背景之间的对比反差很大，手印显现的对比度很高(图 1.7c)。



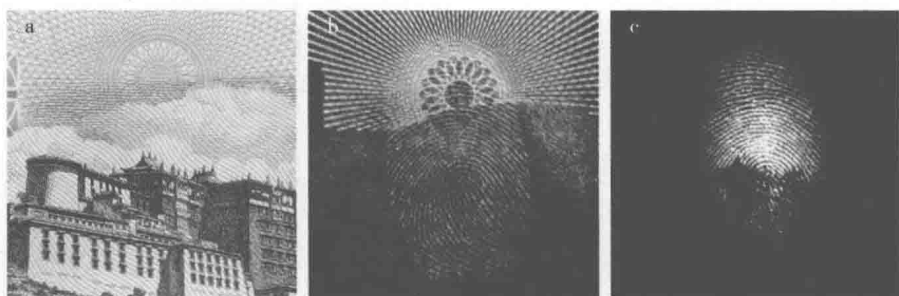


图 1.7 使用不同粉末对 50 元人民币表面汗潜手印的显现效果

a—明场；b—绿色荧光粉，254nm 紫外光暗场；c—稀土发光纳米材料，980nm 红外光暗场

#### 1.1.4.2 灵敏度

手印显现的灵敏度 (Sensitivity) 是指显现手印细节特征的清晰程度和精细程度。提高手印显现的灵敏度有以下两个主要途径。

- ① 改善显现试剂的微观形貌；
- ② 调节显现试剂的颗粒尺寸。

显现粉末的微观形貌能够影响手印细节特征和汗孔特征的显现效果，粉末的微观形貌决定了粉末的吸附性能，粉末的吸附性能越高，越容易粘连或覆盖细节特征及汗孔特征，导致手印显现的灵敏度降低。显现粉末的颗粒尺寸也能够影响手印细节特征和汗孔特征的显现效果，粉末的颗粒尺寸越小，越容易反映细节特征及汗孔特征，使得手印显现的灵敏度提高。图 1.8 为使用不同材料显现玻璃表面汗潜手印的效果。金粉具有片状形貌，属于二维纳米材料，其颗粒尺寸很大 (图 1.8a)，导致手印的全部汗孔特征被覆盖，甚至某些细节特征也粘连到一起，手印显现的灵敏度较低 (图 1.8a')；棒状稀土发光纳米材料属于一维纳米材料，其颗粒尺寸较大 (图 1.8b)，使得手印的大部分汗孔特征被覆盖，但是大部分细节特征反映较明显，手印显现的灵敏度较高 (图 1.8b')；球状稀土发光纳米材料属于零维纳米材料，其颗粒尺寸较小 (图 1.8c)，所以手印的全部汗孔特征和细节特征反映很明显，手印显现的灵敏度很高 (图 1.8c')。

#### 1.1.4.3 选择性

手印显现的选择性 (Selectivity) 是指手印显现试剂与手印遗留物质之间的特异性结合程度。提高手印显现的选择性有以下两个主要途径。

- ① 调节显现试剂的吸附性能；
- ② 操控显现试剂的表面性质。

显现粉末的吸附性能能够影响粉末与手印遗留物质之间的特异性吸附，粉末的吸附性能越高，越容易吸附到乳突纹线之外的犁沟部位，导致手印显现的选择性降低。显现粉末的表面性质也能够影响粉末与手印遗留物质之间的特异性吸



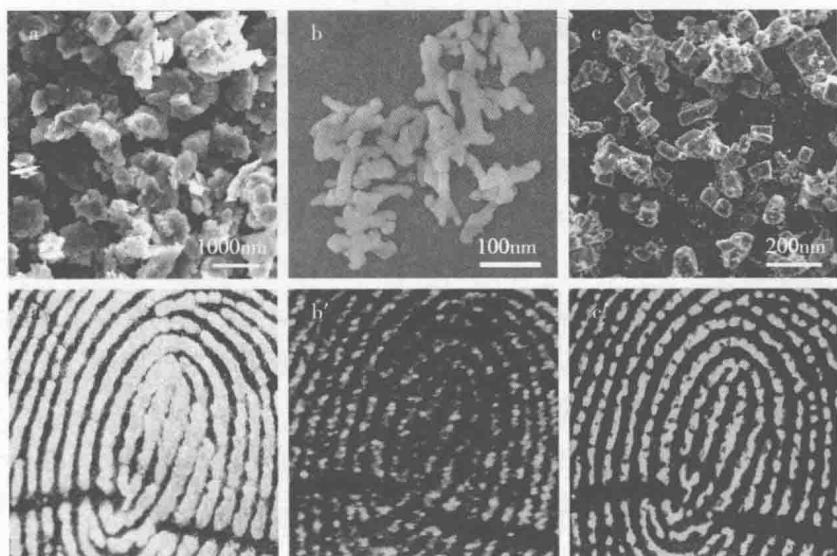


图 1.8 使用不同粉末对玻璃表面汗潜手印的显现效果

a'—金粉，明场；b'—棒状稀土发光纳米材料，980nm 红外光暗场；c'—球状稀土发光纳米材料，980nm 红外光暗场；a~c—为对应粉末的扫描电子显微镜照片

附，将粉末表面修饰上电荷或配体、抗体等物质，通过适当的方法就可以实现显现粉末与手印遗留物质之间的选择性结合、甚至免疫性结合，使得手印显现的选择性提高。图 1.9 为使用不同材料显现玻璃表面汗潜手印的效果。由于绿色荧光粉表面的黏性较大，不仅手印的乳突纹线部位吸附有粉末，而且犁沟部位也吸附有粉末，乳突纹线与犁沟之间的对比反差不明显，手印显现的选择性较低(图 1.9a)；由于稀土发光纳米材料表面的黏性适中，只是手印的乳突纹线部位吸附有粉末，而犁沟部位并未吸附粉末，乳突纹线与犁沟之间的对比反差明显，手印显现的选择性较高(图 1.9b)。

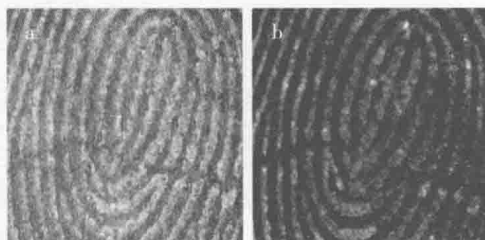


图 1.9 使用不同粉末对玻璃表面汗潜手印的显现效果

a—绿色荧光粉，254nm 紫外光暗场；b—稀土发光纳米材料，254nm 紫外光暗场

#### 1.1.4.4 毒性

手印显现的毒性(Toxicity)是指手印显现过程对操作者身体的宏观伤害以