

## 潜指纹显现方法研究进展

陈艳<sup>a,b</sup> 张春静<sup>b</sup> 高东梅<sup>b</sup> 杨帆<sup>b</sup> 韩冬雪<sup>b\*</sup> 牛利<sup>b\*</sup>

(<sup>a</sup>吉林工程技术师范学院食品工程学院 长春;

<sup>b</sup>中国科学院长春应用化学研究所现代分析技术工程实验室 长春 130022)

**摘要** 综合介绍了常用的几种潜指纹显现方法及原理,其中主要综述了指纹的物理化学显现法和化学显现法的进展,包括多金属沉淀法、茚三酮法和荧光材料显现法等。

**关键词** 潜指纹,显现,进展

中图分类号:O652

文献标识码:A

文章编号:1000-0518(2011)10-1099-09

DOI:10.3724/SP.J.1095.2011.00645

指纹,也称为手纹。世界上第一个对指纹进行分类的是 Purkinie<sup>[1]</sup>, 他于 1823 年提出按纹形把指纹分为 9 类,分别是拱、帐拱、左环、右环、左袋、右袋、左螺、右螺和重环。经过长期的观察与研究,人们将指纹纹形习惯性的分为三大类,分别是指拱型指纹、斗形指纹和箕型指纹(图 1)。

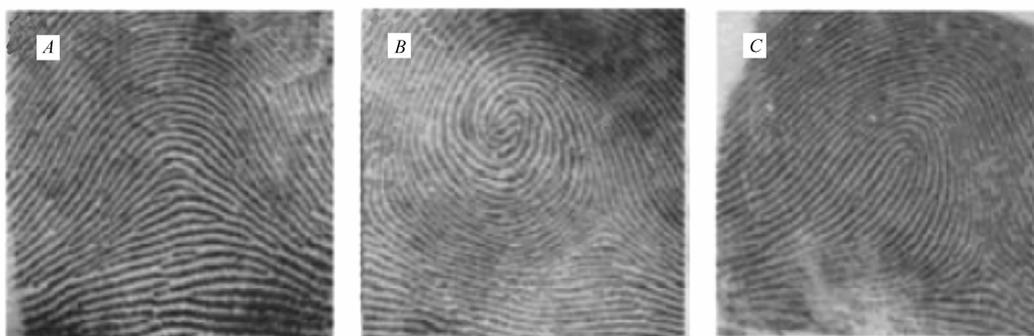


图 1 常见的指纹形状<sup>[1]</sup>

Fig. 1 Common fingerprints<sup>[1]</sup>

A. arch-shaped; B. bucket-shaped; C. dustpan-shaped fingerprints

公元前 7000 ~ 6000 年,古代的亚述人和中国人就意识到了指纹的作用,并且将指纹作为个人身份的象征。中国是世界上公认最早应用指纹的国家,在距今 6000 多年以前的新石器时代中期,在反映仰韶文化的陶器上,就印有清晰可见的指纹图案(图 2A)。美国芝加哥菲尔特自然历史博物馆中,至今还珍藏着一枚中国古代的泥印(图 2B 和 2C),印的正面刻着主人的名字,反面印有一拇指的印痕,条条指纹,清晰可辨。世界著名考古学家一致认为,这颗距今 2000 ~ 3000 年历史的泥印属于中国西周时代或西汉时代的产物,是中国最古老的指印凭证<sup>[1]</sup>。

19 世纪中叶,人们开始了在科学意义上对指纹的研究。Dr. Henry Faulds(1843 ~ 1930 年)创办了首个指纹学类杂志《指纹学》,还证明了奥克尔(Welker)于 1856 年提出的“指纹终身不变”的理论。他也是世界上最早从事指纹研究的人,并且最早将指纹应用于犯罪现场鉴定<sup>[2]</sup>。1877 年,法国医生 Aubert 在研究皮肤病和腺体分泌的过程中,将硝酸银溶液涂在纸上显现出了汗液指纹,自此成为创立指纹显现

2010-10-28 收稿,2010-12-16 修回

“863”科技攻关计划项目(2007AA03Z354),吉林省科技发展计划项目(20080428),天津市科委科技计划项目(07ZCKFSF02900)

通讯联系人:韩冬雪,助理研究员; Tel:0431-85262425; Fax:0431-85262800; E-mail:dxhan@ciac.jl.cn; 研究方向:纳米结构材料

共同通讯联系人:牛利,研究员; Tel/Fax:0431-85262425; E-mail:lniu@ciac.jl.cn; 研究方向:电化学,传感器,仪器构造



图 2 古陶器上原始箕形指纹画(A)和指纹泥印(B, C)<sup>[2]</sup>

Fig. 2 The original forms of ancient pottery painting fingerprint(A) and fingerprint inkpad(B, C)<sup>[2]</sup>

技术的鼻祖<sup>[1]</sup>。

对遗留在客体表面上的指纹进行提取和鉴定是侦破案件的重要依据。在作案现场,常见指纹主要分为三类:可见指纹、潜指纹和可塑指纹,其中潜指纹是不可见的,但对侦破案件起着重要意义,本文中谈到的显现指纹集中讨论的是潜指纹。指纹是皮肤纹理学研究的三大对象之一。皮肤的真皮部分包括乳头层和网状层。乳头层有丰富的血管和神经末梢,并且呈“波浪”状分布,因此在表皮层也表现为“波浪”状。这里的“波浪”实际上就是指纹的“纹形”(有时称为“嵴线”或者“嵴”)。真正的指纹是形成于真皮层而非表皮层,即使手指表皮角质层脱落,也不会影响指纹纹形。这也从生理学上解释了奥克尔的“指纹纹线不变说”。真皮还包含了人体最主要的三大腺体,内分泌腺,外分泌腺和肌皮脂腺。人体三大腺体分泌物构成了汗液的主要成份,其中外分泌腺遍布人身体的每个部位,其中手掌和脚掌处最多;皮脂腺主要分布在毛发比较多的部位。对潜指纹残留物贡献较多的是外分泌腺和皮脂腺。实验证明,指纹残留物中 99% 为水分,1% 为无机盐和有机物成分,如阴阳离子( $K^+$ 、 $Na^+$ 、 $Mg^{2+}$ 、 $Fe^{3+}$ 、 $Cl^-$ 、 $Br^-$  和  $HCO_3^-/CO_3^{2-}$ )、氨基酸(丝氨酸、甘氨酸、鸟氨酸和缬氨酸等)、多肽、蛋白质、油脂和 DNA(常见于血指纹)等<sup>[3]</sup>。

大体上,目前识别潜指纹方法可分为三大类:物理显现法、物理化学显现法和化学显现法,另外还有一些应用新技术进行研究的其它方法。历史发展至今日,指纹识别技术取得了较大的发展,除了最原始的硝酸银法外,还发展了茛三酮法、碘熏法和 502 胶熏显法等<sup>[4]</sup>。当前技术的发展和改进主要集中在持续增加检验的灵敏度以及不同的适用范围,而这个领域的研究体现在新颖的表征手段上,例如尝试开发已经广泛使用化合物的同系物以及可以应用的新化合物<sup>[5-6]</sup>。更进一步的研究方法包括针对指纹残留物特定化学成分的检验,例如应用固定在纳米粒子上的抗体来检验指纹残留物中的药物代谢产物或者缬氨酸及蛋白质<sup>[7-9]</sup>。一些新颖的分析技术也被应用到指纹的检测和表征上,例如 X 射线微荧光法、傅里叶红外衍射光谱法和飞行时间次级粒子质谱法等<sup>[10-13]</sup>。

## 1 物理显现法

### 1.1 粉末法

基于粉末与手印物质的吸附,取决于物理吸附和静电吸附两个方面<sup>[14]</sup>。粉末法是较为成熟的一种显现方法,最初始于 19 世纪早期<sup>[1]</sup>。粉末显现法操作简单,成本低廉,种类较多。常用粉末一般分为 4 类:常规粉末,荧光粉末,金属粉末和热塑性粉末,例如金粉、银粉、磁性粉<sup>[15]</sup>、铝粉、青铜粉<sup>[16]</sup>、墨汁及荧光染料、荧光胺等<sup>[17]</sup>。金属粉末的适用范围较广,能够显现玻璃、瓷器、电镀金属制品、油漆物品和塑料制品等光滑、非渗透性客体表面较新鲜的汗液手印,而且对略粗糙的客体表面也有较好的显现效果<sup>[1,17-18]</sup>。荧光粉末<sup>[19]</sup>和荧光磁性粉末<sup>[20-21]</sup>的适用范围可以涵盖金属粉末和磁性粉末适用的所有客体,并且对有色客体表面的新鲜汗液手印的显现也有很好的效果<sup>[22]</sup>。

但随着手印遗留时间的延长,手印物质成分的蒸发、干涸,导致手印物质的吸附能力逐渐下降,直至

手印显现粉末失去效能。用粉末刷刷显指纹时,容易对指纹纹线造成破坏,并且刷显时粉末颗粒悬浮于空气中,容易进入呼吸道,对工作者造成较大的毒副作用。

## 1.2 真空金属沉积法

在真空条件下,利用手印与客体表面的光洁度不同,使蒸发料在客体表面吸附多,在手印表面吸附少,从而将手印显出来<sup>[23-26]</sup>。但该方法仪器较为昂贵,操作麻烦,给现场检测带来很大障碍。

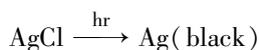
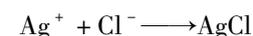
# 2 物理化学显现法

## 2.1 多金属沉淀法

1989年,Saunders利用多金属沉淀法来显现潜指纹,这种方法包括两步湿化学过程:第一步,将被显客体浸泡于pH值为2.5~2.8的金纳米溶液中,此时潜指纹显现效果较差;第二步,用物理显示剂处理客体以增强显现效果,此时指纹纹线由灰白色变为黑色。在酸性条件下,带有正电荷指纹残留物中的氨基酸、多肽和蛋白质等与表面带有负电荷的金纳米粒子发生静电吸附,之后所吸附的金纳米颗粒催化银的析出,从而清晰的显现出潜指纹纹线<sup>[27]</sup>。该方法与一步物理显示剂法相比有较好的显现效果,可以较好的显现非浸透性客体表面的纹线<sup>[1,28]</sup>。2007年,Stauffer等<sup>[29]</sup>提出了用金和羟胺混合物代替第二步的银显示剂,即称为单金属沉积法(SMD, Single Metal Deposition)。2008年,Becue等<sup>[20]</sup>提出用荧光材料氧化锌代替银物理显示剂来显现指纹,克服了原有方法中在深色客体表面上显现指纹的困难。2009年,高冬梅等<sup>[30]</sup>通过改进金纳米溶液实验条件等方法,在葡萄糖溶液的保护下,利用一步反应法对各种平滑表面材料上的潜指纹进行了成功的识别。

## 2.2 硝酸银法

1877年,法国医生Aubert发现了硝酸银的显现效果,后人将其应用到潜指纹的显现中<sup>[3]</sup>。硝酸银法显现的原理如下:



硝酸银法操作步骤简单,可用于显现非渗透性客体表面的汗液潜指纹,但在浅色纸张、较新的本色木头,彩色纸张、票券、粗糙纸和竹制品上遗留的汗液手印则显现效果较差<sup>[31]</sup>。由于AgCl对光很敏感,所以在控制曝光时间和曝光量上有较高要求。对浸润性的客体,由于氯离子的扩散,使得显现效果较差。硝酸银显现法通常是纸张类客体上手印综合显现方法的最后一步。

## 2.3 碘熏法

碘熏法的基本原理是,当碘升华后,碘蒸气与手印物质中的油脂和汗垢成分之间存在着物理吸附作用,可将手印染色;碘蒸气也可与手印物质中的不饱和脂肪酸发生化学反应,生成褐色的二碘硬脂酸,此化学反应具有可逆性<sup>[1]</sup>。碘熏法适用于各种纸张、证券、纸币、浅色墙壁、竹器和本色木质等客体上遗留的新鲜或较陈旧的手印。在指纹显现技术中,除光学检验法外,碘熏法是唯一的无损显现方法,适合于显现常见渗透性、非渗透性客体上的潜在手印,尤其适合油脂类手印,且对显现热敏纸上的指纹有较好的效果<sup>[32-33]</sup>。碘熏法可重复多次显现,且显现后如无效果,还可以用其它方法进一步显现,对检材没有任何破坏性。但该方法显现的指纹易消失,显色浅淡、易受背景色干扰,拍照提取时相对困难<sup>[31]</sup>。此外碘容易升华,对人体也具有一定的毒害作用,因此限制了碘熏法的进一步适用范围。

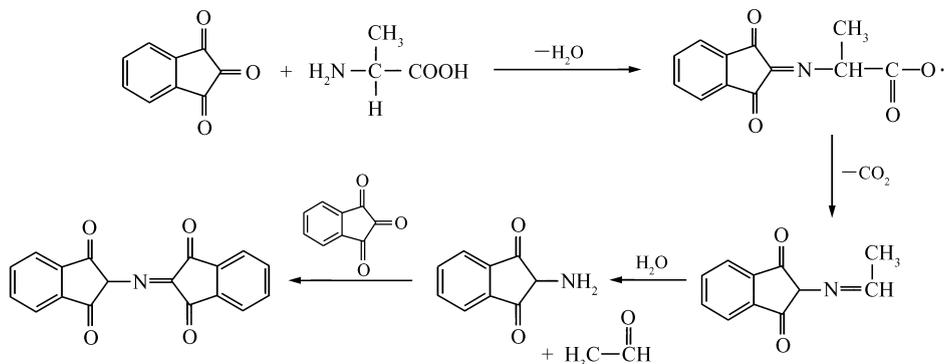
## 2.4 “502”胶熏显法

“502”胶法熏显法<sup>[1]</sup>原理是利用胶中的有机成分 $\alpha$ -氰基丙烯酸酯类化合物,在汗渍接触时,汗渍中的微量水或带碱性的氨基基团,会诱发其不饱和的烯键进行阴离子聚合<sup>[34-35]</sup>。此法一般在熏显箱内完成,可以通过控制熏显时间、熏显用量来控制指纹显现的程度。1991年,Jian等<sup>[36]</sup>对该法进行了改进,得到了较好的显现效果,并且明显减少了试剂的用量。但该方法处理完之后,指纹颜色仍不能与背景很好的区分,因此应进行二次处理,包括进一步使用碘熏法和荧光试剂法等。

### 3 化学显现法

#### 3.1 茚三酮法

1910 年,英国 Ruhemann 在氧化 1,2-二氢茚酮转变成 1,2-茚二酮的过程中,意外得到了茚三酮,并在其实验的基础上提出了茚三酮的结构式<sup>[1,37]</sup>。1910 年 Ruhemann 和德国的 Abderhalden、Schmidt 报道了茚三酮可以和氨基酸、多肽以及蛋白发生显色反应。1954 年,瑞典科学家 Oden 提出将茚三酮应用到指纹显现中<sup>[1]</sup>。1955 年,Oden 就将这一技术申请了专利。Liberti 小组<sup>[38]</sup>于 1995 年研究了存放条件对茚三酮显现效果的影响。茚三酮在弱酸性溶液中与  $\alpha$ -氨基酸共热,引起氨基酸氧化脱氨、脱羧反应,最后茚三酮与产物反应,即氨和还原茚三酮发生作用,共热生成紫色物质。显色机理如 Scheme 1 所示。



Scheme 1 Mechanism of the development of fingerprints by ninhydrin<sup>[32]</sup>

其后 Almog 提出了将多种茚三酮的衍生物,如多类氨基茚三酮<sup>[39]</sup>、苯基茚三酮<sup>[40]</sup>、甲氧基及甲硫基茚三酮<sup>[5]</sup>等应用于指纹显现,并提出了双色性理论<sup>[41]</sup>,即经过一步处理,即将反应后产物的颜色显现出来,又同时具有荧光性。Almog<sup>[42]</sup>及 Azoury 等<sup>[43]</sup>还研究了 1,2-茚二酮在指纹显现中的作用,并指出茚二酮在指纹显现中将会发挥很大作用。茚三酮法能较好的显现纸张表面的指纹,也是鉴定工作者目前广泛采用的方法。但该方法也存在不足,有时指纹中氨基酸等含量较少时,该方法的指纹显现效果较差,并需要进一步后续处理,如一般需要使用氯化锌溶液进行后续显现等。

#### 3.2 荧光材料显现法

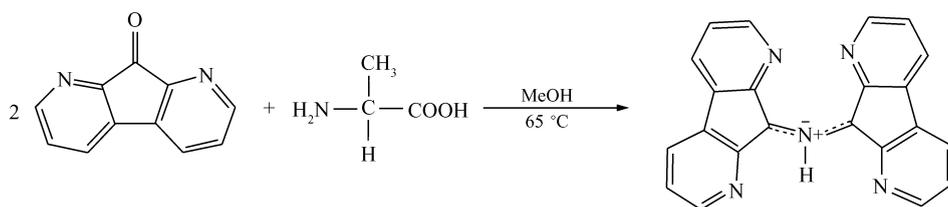
主要根据半导体等荧光材料与指纹残留物中有机基团间的疏水相互作用,或是指纹残留物中氨基酸、多肽及蛋白质中的荷电基团与荧光试剂中特性基团的化学相互作用等,借助紫外或激光的照射,而显现指纹。根据镧系元素具有斯托克斯位移大、荧光寿命长、与背景有较好的荧光区分度等特点,1997 年 Menzel 小组<sup>[44]</sup>提出了将稀土元素铕(Eu)应用于指纹显现,根据金属铕和配体 TOPO(三辛基氧化膦)或 EDTA(乙二胺四乙酸)等形成的配合物与指纹中的油脂发生吸附,在紫外灯的照射下发射荧光,从而实现指纹的显现。

半导体纳米材料<sup>[11,45-50]</sup>(即量子点)相对于有机染料具有以下优点:激发光谱宽,发射光谱窄且对称;荧光寿命长,抗光漂白;可以通过控制反应时间,制得不同粒径,不同发光的纳米粒子等。Menzel 等于 2000 年将 PAMAM(Polyamidoamine,聚酰胺-胺枝状分子)、琥珀酸二辛酯磺酸盐修饰的 CdS 应用于指纹显现。根据配体中的氨基与未经处理的指纹残留物中的羧基或与氰基丙烯酸酯处理后的带有羧基的指纹结合,在紫外光照射下显现指纹。2000 年,Bouldin 小组<sup>[51]</sup>对该方法进行了改进,用二酞亚胺预处理,得到更好的显现效果。2008 年,Jin 等<sup>[47]</sup>对 Menzel 的方法进行了改进,Cheng 小组<sup>[52]</sup>将稀土元素铕以 SiO<sub>2</sub>为载体应用于指纹显现。此外还有将荧光染料应用于指纹显现方面的研究,但因为不能抗光漂白,所以显现荧光寿命较差,在物证的保存上存在较大的局限性<sup>[22,53-55]</sup>。

#### 3.3 DFO 法

1990 年,美国 Grigg、Pounds 以及他们的同事,在研究茚三酮的类似物时得到了 DFO(1,8-diazafluorene-9-one),一种与茚三酮活性部分紧密相关的化合物<sup>[1]</sup>。DFO 与氨基酸反应生成红色的产物,在绿

光照射下可产生较强的荧光。DFO 法与茚三酮显现法相比有过之而无不及,但 DFO 成本较高,限制了它的推广使用<sup>[1,56]</sup>。DFO 显现机理如 Scheme 2 所示。



Scheme 2 Mechanism of the development of fingerprints by DFO<sup>[1]</sup>

### 3.4 染料吸附法

最近,Chen 及其研究组<sup>[57]</sup>报道了利用固定在粘土颗粒上的染料分子(罗丹明或者甲基蓝)在潜指纹中的氨基酸残留物上沉积的方法来显现潜指纹。这种方法简单实用,并且可以使用其他的染料分子进行染色或者使用在具有微孔的基底材料上,具有较好的应用价值。

### 3.5 电化学聚合法

2010 年,Beresford 等<sup>[58]</sup>使用电化学聚合的方法,在一定条件下,在硫酸和苯胺溶液中利用不锈钢片作为电极,在其表面成功聚合了聚苯胺,在存在潜指纹残留物的地方聚苯胺的合成受到明显的限制,从而得到清晰的潜指纹图案。

## 4 其它方法

### 4.1 光学检验法

非渗透性客体上所残留的动物油、矿物油手印,在常温或低温时自身均有荧光产生,温度越低荧光越强。此外,可以选择不同的光源激发指纹物质,更好的显现指纹内在的荧光,从而清晰的显现潜指纹。1937 年,科学家就提出了可以用其它光源来代替自然光显现指纹,比如激光、紫外光和氙灯等<sup>[1]</sup>。直至 1984 年,波兰刑事科拍摄部尝试着将激光应用到指纹显现中。1986 年 1 月,他们建立了第一个激光技术实验室,从此开辟了激光显现指纹的方法<sup>[59]</sup>。Menzel 等<sup>[34,60]</sup>深入研究和开发了激光显现指纹的方法,并尝试着将激光显现法与茚三酮法等结合,取得了较好的结果。

光学检验法不会造成检材的破坏,并可与其它显现方法结合,实现汗潜指纹的二次显现。但是由于光学检验法中有的仪器设备较为庞大,结构复杂,不适合在犯罪现场进行指纹提取。

### 4.2 热处理法

一些科学家对古老的潜指纹显影技术进行了改进和深入研究,得到了有趣的结果。热处理法是 Almog 和 Marmur 等<sup>[61]</sup>在 1981 年提出来的,利用电炉在一定温度下加热纸张来显现其上的潜指纹,然而纸张上的背景干扰无法去除,从而导致这种方法被茚三酮法彻底取代。最近 Song 等<sup>[62-63]</sup>通过结合热处理法和紫外光源照射技术以及一些后处理,成功的实现在纸张上潜指纹的清晰显现。Dominick 等<sup>[64-65]</sup>也报道了对热处理显现法的改进,利用产生不同的荧光光源分析经过处理的样品,在滤纸上得到了清晰的潜指纹。

尽管有大量的潜指纹识别方法可以使用,但是依然存在一些特殊情况无法充分表征得到的指纹。因此,很多的研究方向需要进一步的发展,如利用新型的分析方法对潜指纹构成的化学成分进行详细研究,最近 Croxton 等<sup>[3]</sup>利用气相层析质谱仪分析了在平整表面上收集到的指纹中的氨基酸和脂肪酸以及角鲨烯成分,证明在指纹中十六烷酸、八烷酸和顺式-9-八烷酸成分是普遍存在的,而其它成分因人而异,因采集样品来源于人体的不同部位而有所差异。与此同时,在表面具有微孔的材料上利用潜指纹残留物中的特定氨基酸成分进行选择性沉积来显现潜指纹的方法也是研究热点<sup>[66]</sup>。

## 5 展望

指纹鉴定在刑侦工作中一直起着非常重要的作用,是较为直接的物证来源,取证方便快捷,并且成

本较低。而在实际应用中,针对指纹鉴定工作曾面临着许多问题都已经得到了改善,比如:对于特殊结构或特殊材质的客体表面遗留的潜指纹的显现;粉末颗粒对长期从事指纹鉴定的工作人员身体有较大的毒副作用;刷显时对指纹的不可恢复性的破坏等等。为了解决以上问题,指纹工作者们采用了多种多样的方式,例如,合成新材料(如新染料,具有特殊活性的量子点等)来弥补旧材料在渗透性和非渗透性客体表面显现指纹的不足;使用诸如质谱、表面等离子体共振技术、红外光谱、X射线微荧光法和飞行时间次级粒子质谱法等检测方法来更好的显现指纹等,特别是目前随着纳米结构复合材料的研究发展,人们也将研究的热点转向了这一新兴的领域,并且得到了非凡的成果。当然,指纹显现工作者的挑战依然存在,例如,由于茚三酮具有致癌的毒性,寻找可以全面代替茚三酮广泛使用的化学物质;对潜指纹组成的各种氨基酸进行更好的表征和特异性识别,将不断发展的生物技术和材料引用到指纹显现的领域中,等等。因此,想要建立一种成本低廉、无毒、应用性广泛和操作简单的方法依然有很长的路要走。

### 参 考 文 献

- [1] Henry C, Gaensslen R. *Advances in Fingerprint Technology*[M]. America: Taylor & Francis, Inc., 2001.
- [2] Faulds H. On the Skin-Furrows of the Hand[J]. *Nature*, 1880, **22**:605-605.
- [3] Croxton R, Baron M, Butler D, *et al.* Variation in Amino Acid and Lipid Composition of Latent Fingerprints[J]. *Forensic Sci Int*, 2010, **199**(1/3):93-102.
- [4] Bowman V. *Manual of Fingerprint Development Techniques*[M]. Luton: White Crescent Press Ltd, UK, 2004.
- [5] Almog J, Klein A, Davidi I, *et al.* Dual Fingerprint Reagents with Enhanced Sensitivity: 5-Methoxy- and 5-Methylthioninhydrin[J]. *J Forensic Sci*, 2008, **53**(2):364-368.
- [6] Almog J, Cohen Y, Azoury M, *et al.* Genipin: A Novel Fingerprint Reagent with Colorimetric and Fluorogenic Activity[J]. *J Forensic Sci*, 2004, **49**(2):255-257.
- [7] Drapel V, Becue A, Champod C, *et al.* Identification of Promising Antigenic Components in Latent Fingermark Residues[J]. *Forensic Sci Int*, 2009, **184**(1/3):47-53.
- [8] Hazarika P, Jickells S, Wolff K, *et al.* Imaging of Latent Fingerprints Through the Detection of Drugs and Metabolites[J]. *Angew Chem Int Ed*, 2008, **47**(52):10167-10170.
- [9] Leggett R, Lee-Smith E, Jickells S, *et al.* "Intelligent" Fingerprinting: Simultaneous Identification of Drug Metabolites and Individuals by Using Antibody-Functionalized Nanoparticles[J]. *Angew Chem Int Ed*, 2007, **119**(22):4178-4181.
- [10] Worley C, Wiltshire S, Miller T, *et al.* Detection of Visible and Latent Fingerprints Using Micro-X-ray Fluorescence Elemental Imaging[J]. *J Forensic Sci*, 2006, **51**(1):57-63.
- [11] Ricci C, Phiriavytopas P, Curum N, *et al.* Chemical Imaging of Latent Fingerprint Residues[J]. *Appl Spectrosc*, 2007, **61**(5):514-522.
- [12] Hemmila A, McGill J, Ritter D. Fourier Transform Infrared Reflectance Spectra of Latent Fingerprints: A Biometric Gauge for the Age of an Individual[J]. *J Forensic Sci*, 2008, **53**(2):369-376.
- [13] Szykowska M, Czernski K, Rogowski J, *et al.* ToF-SIMS Application in the Visualization and Analysis of Fingerprints after Contact with Amphetamine Drugs[J]. *Forensic Sci Int*, 2009, **184**(1/3):e24-e26.
- [14] Choi M, McBean K, Ng P, *et al.* An Evaluation of Nanostructured Zinc Oxide as a Fluorescent Powder for Fingerprint Detection[J]. *J Mater Sci*, 2008, **43**(2):732-737.
- [15] Sodhi G, Kaur J. Powder Method for Detecting Latent Fingerprints: A Review[J]. *Forensic Sci Int*, 2001, **120**(3):172-176.
- [16] Polimeni G, Feudale Foti B, Saravo L, *et al.* A Novel Approach to Identify the Presence of Fingerprints on Wet Surfaces[J]. *Forensic Sci Int*, 2004, **146**:S45-S46.
- [17] Haque F, Westland A, Milligan J, *et al.* A Small Particle (iron oxide) Suspension for Detection of Latent Fingerprints on Smooth Surfaces[J]. *Forensic Sci Int*, 1989, **41**(1/2):73-82.
- [18] Theaker B, Hudson K, Rowell F. Doped Hydrophobic Silica Nano- and Micro-particles as Novel Agents for Developing Latent Fingerprints[J]. *Forensic Sci Int*, 2008, **174**(1):26-34.
- [19] ZHANG Xiuguo. How to Develop Fingerprints with Powder Brush[J]. *Forensic Technol*, 2004, (4):36-36 (in Chinese). 张秀国. 巧用粉末刷显指印[J]. *刑事技术*, 2004, (4):36-36.

- [20] Choi M, McDonagh A, Maynard P, *et al.* Metal-containing Nanoparticles and Nano-structured Particles in Fingerprint Detection[J]. *Forensic Sci Int*, 2008, **179**(2/3):87-97.
- [21] LI Guoping, LI Ning. Reveal Smooth Objects' Sweat Fingerprints by Using Nanotechnological Powder[J]. *J Liaoning Police Acad*, 2004, (5):43-44 (in Chinese).  
李国平, 李宁. 利用纳米粉体显现光滑客体汗潜指纹[J]. 辽宁警专学报, 2004, (5):43-44.
- [22] Seah L, Dinis U, Phang W, *et al.* Fluorescence Optimisation and Lifetime Studies of Fingerprints Treated with Magnetic Powders[J]. *Forensic Sci Int*, 2005, **152**(2/3):249-257.
- [23] Dai X, Stoilovic M, Lennard C, *et al.* Vacuum Metal Deposition: Visualisation of Gold Agglomerates Using TEM Imaging [J]. *Forensic Sci Int*, 2007, **168**(2/3):219-222.
- [24] Masters N, DeHaan J. Vacuum Metal Deposition and Cyanoacrylate Detection of Older Latent Prints [J]. *J Forensic Identification*, 1996, **46**:32-48.
- [25] Misner A. Latent Fingerprint Detection on Low Density Polyethylene Comparing Vacuum Metal Deposition to Cyanoacrylate Fuming and Fluorescence[J]. *J Forensic Identification*, 1992, **42**(1):26-33.
- [26] Jones N, Stoilovic M, Lennard C, *et al.* Vacuum Metal Deposition; Developing Latent Fingerprints on Polyethylene Substrates After the Deposition of Excess Gold[J]. *Forensic Sci Int*, 2001, **123**(1):5-12.
- [27] Schnetz B, Margot P. Technical Note; Latent Fingermarks, Colloidal Gold and Multimetal Deposition (MMD) Optimisation of the Method [J]. *Forensic Sci Int*, 2001, **118**(1):21-28.
- [28] Sametband M, Shweky I, Banin U, *et al.* Application of Nanoparticles for the Enhancement of Latent Fingerprints [J]. *Chem Commun*, 2007:1142-1144.
- [29] Stauffer E, Becue A, Singh K, *et al.* Single-metal Deposition (SMD) as a Latent Fingerprint Enhancement Technique: An Alternative to Multimetal Deposition (MMD) [J]. *Forensic Sci Int*, 2007, **168**(1):5-9.
- [30] Gao D, Li F, Song J, *et al.* One Step to Detect the Latent Fingermarks with Gold Nanoparticles [J]. *Talanta*, 2009, **80**(2):479-483.
- [31] MAN Qin. Research on Application of Solid Glue in Development of Iodine Staining Fingerprints [J]. *J Chinese People's Public Security Univ (Sci Technol)*, 2004, **10**(3):27-29 (in Chinese).  
满勤. 固体胶在染色固定碘熏指纹中的应用研究 [J]. 中国人民公安大学学报 (自然科学版), 2004, **10**(3):27-29.
- [32] WANG Yue, LI Zhihong, YANG Lei. Development of Latent Sweat-Fingerprints on Thermal Paper with Iodine Fume [J]. *Forensic Technol*, 2004, (3):45-45 (in Chinese).  
王跃, 李志洪, 杨蕾. 碘熏显现热敏纸上的汗潜手印 [J]. 刑事技术, 2004, (3):45-45.
- [33] Jasuja O, Singh G. Development of Latent Fingermarks on Thermal Paper: Preliminary Investigation into Use of Iodine Fuming [J]. *Forensic Sci Int*, 2009, **192**(1/3):e11-e16.
- [34] Kobus H, Warren R, Stoilovic M. Two Simple Staining Procedures which Improve the Contrast and Ridge Detail of Fingerprints Developed with "Super Glue" (Cyanoacrylate Ester) [J]. *Forensic Sci Int*, 1983, **23**(2/3):233-240.
- [35] WANG Wen. Fingerprint Study with the Compound of AgNO<sub>3</sub>, Ninhydrin and 502 Glue [J]. *J Sichuan Police College*, 2004, **16**(4):17-20 (in Chinese).  
王文. 硝酸银, 茚三酮, 502 胶复合液显现潜汗指纹研究 [J]. 四川警官高等专科学校学报, 2004, **16**(4):17-20.
- [36] Jian Z, Dao-An G. A Modified Cyanoacrylate Technique Utilizing Treated Neutral Filter Paper for Developing Latent Fingerprints [J]. *Forensic Sci Int*, 1991, **52**(1):31-34.
- [37] SHEN Wei. Research on Development of Latent Sweat-Fingerprints on Permeable Object Using "Ninhydrin" and "DFO" Methods [J]. *Public Security Sci J: J Zhejiang Police College*, 2002, (2):61-62 (in Chinese).  
沈威. "茚三酮"与"DFO"法显现渗透性客体上的潜在汗液手印研究 [J]. 公安学刊: 浙江公安高等专科学校学报, 2002, (2):61-62.
- [38] Liberti A, Calabr G, Chiarotti M. Storage Effects on Ninhydrin-Developed Fingerprints Enhanced by Zinc Complexation [J]. *Forensic Sci Int*, 1995, **72**(3):161-169.
- [39] Almog J, Hirshfeld A, Frank A, *et al.* Aminoninhydrins: Fingerprint Reagents with Direct Fluorogenic Activity-preliminary Studies [J]. *J Forensic Sci*, 1991, **36**(1):117-123.
- [40] Almog J, Sears V, Springer E, *et al.* Reagents for the Chemical Development of Latent Fingerprints: Scope and Limitations of Benzo [f]. Ninhydrin in Comparison to Ninhydrin [J]. *J Forensic Sci*, 2000, **45**(3):538-544.

- [41] Almog J, Levinton-Shamulov G, Cohen Y, *et al.* Fingerprint Reagents with Dual Action; Color and Fluorescence [J]. *J Forensic Sci*, 2007, **52**(2):330-334.
- [42] Almog J, Springer E, Wiesner S, *et al.* Latent Fingerprint Visualization by 1,2-Indanedione and Related Compounds: Preliminary Results [J]. *J Forensic Sci*, 1999, **44**:114-118.
- [43] Azoury M, Zamir A, Oz C, *et al.* The Effect of 1,2-Indanedione, A Latent Fingerprint Reagent on Subsequent DNA Profiling [J]. *J Forensic Sci*, 2002, **47**(3):586-588.
- [44] Allred C, Menzel E. A Novel Europium-Bioconjugate Method for Latent Fingerprint Detection [J]. *Forensic Sci Int*, 1997, **85**(2):83-94.
- [45] WANG Yuanfeng, YANG Ruiqin, WANG Yanji. Nano-materials for Detecting Latent Fingerprint: a Review [J]. *J Chinese People's Public Security Univ (Sci Technol)*, 2007, **13**(2):1-7 (in Chinese).  
王元凤, 杨瑞琴, 王彦吉. 纳米材料显现潜在指纹的研究 [J]. 中国人民公安大学学报(自然科学版), 2007, **13**(2):1-7.
- [46] Menzel E, Takatsu M, Murdock R, *et al.* Photoluminescent CdS/dendrimer Nanocomposites for Fingerprint Detection [J]. *J Forensic Sci*, 2000, **45**(4):770-773.
- [47] Jin Y, Luo Y, Li G, *et al.* Application of Photoluminescent CdS/PAMAM Nanocomposites in Fingerprint Detection [J]. *Forensic Sci Int*, 2008, **179**(1):34-38.
- [48] Choi M, Smoother T, Martin A, *et al.* Fluorescent TiO<sub>2</sub> Powders Prepared Using a New Perylene Diimide Dye: Applications in Latent Fingerprint Detection [J]. *Forensic Sci Int*, 2007, **173**(2/3):154-160.
- [49] Becue A, Scoundrianos A, Champod C, *et al.* Fingerprint Detection Based on the *In Situ* Growth of Luminescent Nanoparticles-towards a New Generation of Multimetal Deposition [J]. *Forensic Sci Int*, 2008, **179**(1):39-43.
- [50] SHI Zhixia, WANG Yunfeng, LIU Jianjun, *et al.* Preparation of Water Soluble Fluorescent CdSe Quantum Dots and Its Application in Development of Fingerprints [J]. *Chinese J Inorg Chem*, 2008, **24**(7):1186-1190 (in Chinese).  
石志霞, 王元凤, 刘建军, 等. 水溶性荧光 CdSe 量子点的合成及其在指纹显现中的应用 [J]. 无机化学学报, 2008, **24**(7):1186-1190.
- [51] Bouldin K, Menzel E, Takatsu M, *et al.* Diimide-enhanced Fingerprint Detection with Photoluminescent CdS/dendrimer Nanocomposites [J]. *J Forensic Sci*, 2000, **45**(6):1239-1242.
- [52] Liu L, Gill S, Gao Y, *et al.* Exploration of the Use of Novel SiO<sub>2</sub> Nanocomposites Doped with Fluorescent Eu<sup>3+</sup>/Sensitizer Complex for Latent Fingerprint Detection [J]. *Forensic Sci Int*, 2008, **176**(2/3):163-172.
- [53] LIU Jingning. Design of Fluorescence Generation and Fluorescence Target Molecule Modeling Agent in Fingerprints Development [J]. *Jiangsu Police Officer College*, 2005, **20**(3):156-160 (in Chinese).  
刘景宁. 荧光产生及指纹荧光显现剂目标分子模型设计 [J]. 江苏警官学院学报, 2005, **20**(3):156-160.
- [54] XIE Wei, CHANG Bainian, LI Hua. Research on Development of Fingerprints with TiO<sub>2</sub> [J]. *Forensic Technol*, 2006, (4):11-13 (in Chinese).  
谢维, 常柏年, 李华. 二氧化钛显现手印研究 [J]. 刑事技术, 2006, (4):11-13.
- [55] Stoilovic M, Warren R, Kobus H. An Evaluation of the Reagent NBD Chloride for the Production of Luminescent Fingerprints on Paper: II. A Comparison with Ninhydrin [J]. *Forensic Sci Int*, 1984, **24**(4):279-284.
- [56] Akiba N, Saitoh N, Kuroki K. Fluorescence Spectra and Images of Latent Fingerprints Excited with a Tunable Laser in the Ultraviolet Region [J]. *J Forensic Sci*, 2007, **52**(5):1103-1106.
- [57] Chen Q, Kerk W, Soutar A, *et al.* Application of Dye Intercalated Bentonite for Developing Latent Fingerprints [J]. *Appl Clay Sci*, 2009, **44**(1/2):156-160.
- [58] Beresford A, Hillman A. Electrochromic Enhancement of Latent Fingerprints on Stainless Steel Surfaces [J]. *Anal Chem*, 2009, **82**(2):483-486.
- [59] Kaminskiki J. Development of Fingerprints with Laser [J]. *Forensic Sci Int*, 1990, **46**(1/2):111-115.
- [60] Salares V, Eves C, Carey P. On the Detection of Fingerprints by Laser Excited Luminescence [J]. *Forensic Sci Int*, 1979, **14**(3):229-237.
- [61] Almog J, Marmur A. Chemical Reagents for the Development of Latent Fingerprints. IV: The Charring Process [J]. *J Forensic Sci*, 1981, **26**(2):393-397.
- [62] Brown A, Sommerville D, Reedy B, *et al.* Revisiting the Thermal Development of Latent Fingerprints on Porous Surfaces:

- New Aspects and Refinements[J]. *J Forensic Sci*,2009,**54**(1):114-121.
- [63] Song D, Sommerville D, Brown A, *et al.* Thermal Development of Latent Fingermarks on Porous Surfaces-Further Observations and Refinements[J]. *Forensic Sci Int*,2011,**204**(1/3):97-110.
- [64] Dominick A, Daeid N, Bleay S, *et al.* Recoverability of Fingerprints on Paper Exposed to Elevated Temperatures-Part 1: Comparison of Enhancement Techniques[J]. *J Forensic Identification*,2009,**59**(3):325-339.
- [65] Dominick A, Daeid N, Bleay S, *et al.* Recoverability of Fingerprints on Paper Exposed to Elevated Temperatures-Part 2: Natural Fluorescence[J]. *J Forensic Identification*,2009,**59**(3):340-355.
- [66] Jelly R, Patton E, Lennard C, *et al.* The Detection of Latent Fingermarks on Porous Surfaces Using Amino Acid Sensitive Reagents: A Review[J]. *Anal Chim Acta*,2009,**652**(1/2):128-142.

## Development of Visualization of Latent Fingerprints

CHEN Yan<sup>a,b</sup>, ZHANG Chunjing<sup>b</sup>, GAO Dongmei<sup>b</sup>, YANG Fan<sup>b</sup>, HAN Dongxue<sup>b\*</sup>, NIU Li<sup>b\*</sup>  
(<sup>a</sup>*Food Engineering Institute, Jilin Teachers' Institute of Engineering and Technology, Changchun;*  
<sup>b</sup>*Engineering Laboratory for Modern Analytical Techniques, Changchun Institute of Applied Chemistry, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130022*)

**Abstract** Several common methods and principles for the visualization of latent fingerprints were introduced. Among them, the development of chemical-physical and chemical methods, for example, multi-metal deposition, ninhydrin, fluorescence material visualization, *etc.* were reviewed.

**Keywords** latent fingerprints, visualization, development