

# 血指纹检测研究进展

张美芹\* 张 亭 秦 刚 张 扬 张学记

(北京科技大学生物工程与传感技术研究中心 北京 100083)

**摘 要** 犯罪现场血指纹的发现和提取在案件侦破中起着非常重要的作用,是最有效的个人身份鉴定手段之一。血指纹检测方法依据反应原理的不同分为化学方法、物理方法、生物染色和光学方法等4类。本文重点综述了血指纹的检测技术、常用试剂及其优缺点,并展望了血指纹检测方法的方向和前景。

**关键词** 血指纹,检测方法,显现,综述

中图分类号:O657

文献标识码:A

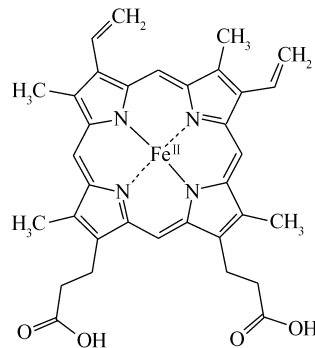
文章编号:1000-0518(2012)01-0001-08

DOI:10.3724/SP.J.1095.2012.00151

在凶杀、抢劫等重大恶性案件中,现场常常会遗留下血指纹。每个人的指纹均是不同的,有效的指纹检测能为案情的侦破提供重要线索和有力证据。因此,在犯罪现场发现和提取血指纹是非常重要的。随着现代科学技术的不断发展,应用于血指纹检测的方法也不断完善。血指纹通常分为两类<sup>[1]</sup>:一类是可见的血指纹,指多数情况下深红色的血纹线与背景之间存在较大的反差而明显可见的指印;另一类是潜在的血指纹,指含血量较少或遗留在深色检材表面上的微弱的或不清楚的指印。对于潜血指纹,通常需要用物理或化学的方法进行处理,使其显现或增强以进行检验<sup>[2-19]</sup>。

## 1 检测原理

血液成份中80%以上是水、蛋白质、氨基酸等含氮有机物及非氮有机物、无机盐类等。血液中的蛋白为血浆蛋白和血红蛋白:血红蛋白(质量分数约为34%)存在于血液的红细胞中,是由珠蛋白(多肽链96%)和血红素(辅基4%)组成的四聚体<sup>[20]</sup>。血红素结构式如Scheme 1所示,其有卟啉环结构,内部有螯合的铁原子,卟啉环中含有N=N和C=C,使整体上构成一个共轭结构,可以吸收可见光,使血红蛋白呈现红色,即血液的颜色。血红素中存在着有还原能力的 $\text{Fe}^{2+}$ ,其作用相当于过氧化氢酶,用双氧水与血红素作用,即可产生原生态氧 $[\text{O}]$ : $\text{H}_2\text{O}_2 \longrightarrow [\text{O}] + \text{H}_2\text{O}$ 。原生态氧 $[\text{O}]$ 具有很强的氧化能力,可以使血红素破坏<sup>[20]</sup>,使其裸露出来更多的侧链端基,与客体(即指印的载体如玻璃、塑料袋等)很好的结合,使血指纹的固定更加牢固,可与某些化学试剂发生反应,呈现出不同颜色的光作为鉴定途径。

Scheme 1 The structure of hemoglobin<sup>[20]</sup>

另外,蛋白质在潮湿状态时是呈现胶体性质的,具有很强的吸附作用,可以与某些染色基团、荧光小颗粒或微纳米粒子通过分子间作用力、氢键等相互结合,呈现出染料的颜色或发出很强的荧光信号,即可作为检测血指纹的方法<sup>[20]</sup>。

2011-04-14 收稿,2011-07-27 修回

国家自然科学基金委青年基金(21005006),教育部“211工程”三期队伍建设项目经费(00002234),教育部“中央高校基本科研业务费”专项资金(06108037)资助项目

通讯联系人:张美芹,副教授; Tel:010-82377347; Fax:010-82375840; E-mail:meiqinzhang@yahoo.com.cn; 研究方向:法庭电分析化学

## 2 检测方法

血指印的检测方法根据反应原理目前主要分为4大类:化学显色法、物理吸附法、生物染色以及光学方法<sup>[21]</sup>。

### 2.1 化学显色法

化学显色法是利用血液中血红素中的铁离子等成分的催化作用,将化学试剂转化成有色物质或者具有荧光的物质,从而显现出指印纹线。最常用的试剂有联苯胺、四甲基联苯胺<sup>[2-6]</sup>和鲁米诺(Luminol, 3-Aminophthalhydrazide)<sup>[7-8]</sup>等。

**2.1.1 联苯胺类试剂** 联苯胺和四甲基联苯胺化学显色法<sup>[2]</sup>是利用血红素中存在着有还原能力的 $\text{Fe}^{2+}$ ,其作用相当于过氧化氢酶,用双氧水与血红素作用,显现剂在原生态氧的作用下发生颜色变化,显现出具有特殊颜色的血指印<sup>[4]</sup>。这种方法所具有的优点就是不需要使用任何仪器,可直接用于犯罪现场遗留血指印的显现。同时也有文献<sup>[5]</sup>指出显现后的血指印可以再进行进一步提取DNA,并且图谱效果很好。但联苯胺类试剂缺点是反应容易受到各种条件的影响<sup>[2]</sup>,如四甲基联苯胺和 $\text{H}_2\text{O}_2$ 配制的浓度、照相取景角度、配光方向、曝光量以及反应形成的四甲基联苯胺蓝容易褪色等因素,有时会给指印的检验鉴定带来一定的难度。另外,为了提供指纹鉴定需要的可靠信息,在使用时必须要注意特别关注以下两点<sup>[6]</sup>:四甲基联苯胺使用的原理是与血液中血红素的卟啉环里的铁原子发生化学反应,而人血与动物的血同时都具有这两种成分,因此,在使用之前要注意鉴定血指印当中所用到的血是人血还是动物血,以免在鉴定工作中为侦查带来不便;另一方面,四甲基联苯胺除了对潜血指印有反应之外,对其它含有蛋白质的物质,如牛奶和蛋清等物质均可以发生反应,显现出指印的图形,只是在颜色上稍有不同<sup>[6]</sup>,也要加以排除。

**2.1.2 鲁米诺** 鲁米诺(3-氨基邻苯二甲酰肼),常温下是一种黄色晶体或者米黄色粉末,基于血液中作为氧载体的血红蛋白对鲁米诺的催化作用<sup>[7]</sup>,发出淡蓝色的光,在暗室中可以观察到<sup>[8]</sup>。这种检验方法的优点是发光特异,灵敏度较高,尤其适合于现场勘查中寻找陈旧血迹,对浸湿的织物上的血迹也可以起到很好的显现作用。但是目前的配方仍存在易出现泡沫,纹线扩散及发光强度弱和持续时间不足等难题,导致该方法的应用仍有一定的局限性。

**2.1.3 化学显现法的优缺点** 化学显现法存在的优点<sup>[4]</sup>是对于强渗透性客体上的血指印具有很好的显现作用,不会破坏血痕,且显现后仍然可继续使用物理吸附法和生物染色法进行显现。化学显现法的缺点<sup>[22]</sup>是:1)通常只适用于强渗透性客体上的血指印,对于非渗透性客体上的指印会由于过氧化氢的使用出现纹线扩散的现象;2)由于试剂显现后的颜色通常为深色,不适合显现深色客体上的指印;3)由于化学试剂是利用放出的原生态氧起作用,潜血指印的现象不会很明显,所以不适合于潜血指纹的检测;所用试剂联苯胺、四甲基联苯胺、鲁米诺均具有不同程度的毒性<sup>[21]</sup>,会对检测人员的身体有害,甚至致癌,这些都限制了其应用。

### 2.2 物理吸附法

物理吸附法是利用有机溶剂固定好血指印,溶解在有机溶剂中的染料或微纳米粒子与血手印中残留物质间的物理吸附或静电吸附<sup>[15]</sup>作用下吸附于指印纹线的表面,进而将血指印染色显出。由于是借助吸附于指印表面的粒子与基底间的颜色差异来显现指印,所以二者之间的颜色要有明显的对比。物理吸附法通常使用的材料有金粉、银粉、磁性粉末<sup>[9]</sup>以及纳米材料<sup>[10-14]</sup>。

**2.2.1 纳米材料** 诞生于世纪之交的纳米科学技术,因其材料具有独特的物理化学性质,如表面效应、量子效应和宏观量子隧道效应等,使得纳米材料具有与块体材料迥然不同的光、电和磁学等性能,受到越来越多的关注<sup>[10]</sup>。

与传统的有机荧光染料相比,半导体纳米晶体的结构导致它具有尺寸量子效应和介电限域效应,并由此派生出半导体纳米晶体独特的发光性能<sup>[11]</sup>。近几年来,量子点已经成功地应用于汗潜指印的研究中<sup>[12]</sup>,量子点的制备方法简单,指纹显现过程简便,纹线清晰,与背景的对比明显<sup>[13]</sup>,适用的客体(非渗透性光滑客体即可)范围广泛。最近,法庭科研人员正将量子点技术扩展应用到血潜指印的显现中。将

量子点溶液与按捺在非渗透性客体表面的血指印相互作用,然后通过荧光的方式对其进行检测,可以得到很好的检测效果。此方法对于浓度较低的血液样品效果同样十分显著,并且不受指印遗留时间的影响。量子点的技术在某些客体上的效果要优于以往的荧光染料,在血指印的显现中也表现出较高的灵敏度,并且操作简便,有很好的发展前景。

郭二伟等<sup>[14]</sup>将纳米材料、纳米晶应用于汗潜指纹的显现,均可以取得很好的效果。目前已经使用的纳米颗粒有 TiO<sub>2</sub>、CdS 等,均取得了很好的检测图像。今后将会有更多的纳米材料应用在血潜指印的检测中。

**2.2.2 小颗粒悬浮液** 小颗粒悬浮液是由溶剂、金属氧化物颗粒和表面活性剂按一定比例配置而成的,其中的离子型表面活性剂吸附于颗粒的表面,使颗粒表面与表面活性剂带有相同的电荷,在溶液中趋于均匀分散<sup>[14-15]</sup>。小颗粒悬浮液法具有无毒、环保等特点,不仅适用于水浸指印,也适用于粉末显现无法奏效的各种潮湿物表面上的汗指印和油指印等。

目前,对于血指印的检测,大部分使用的是二氧化钛小颗粒乙醇悬浮液。对于深色客体表面的潜指印,利用二氧化钛与血指印中残留物质间的物理吸附以及静电吸附作用,使显现出的指印纹线为白色<sup>[16]</sup>。因此,对深色背景表面的指印就会有强烈的反差,可以更好的进行直接观察,同时,显现出的指印纹线清晰连贯,不会发生扩散现象,容易进行下一步的拍照固定。优点是使用乙醇作为溶剂,小颗粒的二氧化钛有良好的稳定性;同时,乙醇也是固定指印的试剂,简化了其它常规方法中使用乙醇来对血指印进行固定的前处理程序。据文献报道<sup>[16]</sup>,二氧化钛的小颗粒悬浮液显现,对后续的 DNA 等检验没有影响。

小颗粒悬浮液方法检测汗潜指印也有使用微晶小颗粒法。目前所开发的方法是用荧光染料 JX-1 (苯并咪唑类荧光物质)、JX-2 (苯乙烯三氮唑类荧光物质)配制成微晶小颗粒的悬浮液来显现汗潜、血潜指印,已取得了一定的成果。采用微晶小颗粒析出法显现指印,基于化学染色和物理吸附原理,显现后在紫外灯下观察即可。在实验过程中要掌握适宜地冲滴和冲洗的试剂用量,以免损坏指印。荧光微晶小颗粒与血反应灵敏度高,作用时间长,不受遗留时间的影响;显出的指印荧光强度高,不易受到其它颜色或荧光的干扰;血痕扩散率低,显现效果好。

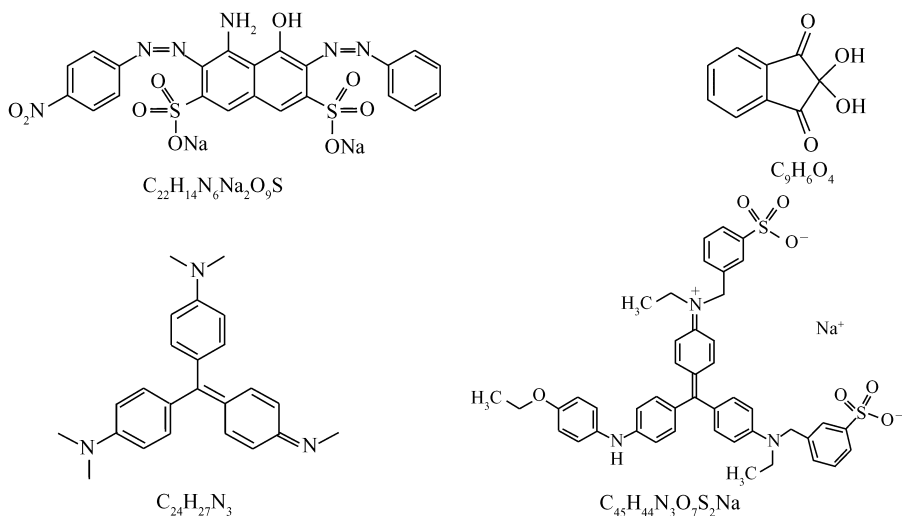
**2.2.3 物理显影液** 犯罪分子在作案后常会为掩盖事实而用水冲洗现场,潜指印经水浸泡之后,使用传统的方法难以有效地显现出血潜指印,因为大部分的方法不宜使用于潮湿客体,容易造成指印纹线的涣散。物理显影液能够有效地显现出潮湿的或者被水浸泡的渗透性客体表面的血潜指印<sup>[18]</sup>。经水浸泡之后,虽然洗掉了一部分物质,但是血液中仍有部分物质粘附在客体表面,物理显影液就是依靠这些物质起到触媒形成和吸附胶质银的作用,通过物理显影液的氧化还原反应生成的胶质银吸附在血潜指印的遗留物表面,显现出黑灰色的指印纹线。而且通过改变物理显影液的配方可以使这种方法适用于更广泛的客体,达到更好的效果<sup>[19]</sup>。但是物理显影液会污染检材,很难进行后续的检验,所以一般只在客体受潮、很难用其它方法检验时才会使用。

**2.3 生物染色法**

生物染色主要是基于蛋白质染色的方法,试剂与蛋白质结合在一起产生有色物质,主要有氨基黑 (C<sub>22</sub>H<sub>14</sub>N<sub>6</sub>Na<sub>2</sub>O<sub>9</sub>S<sub>2</sub>)、茚三酮 (C<sub>9</sub>H<sub>6</sub>O<sub>4</sub>)、甲基紫 (C<sub>24</sub>H<sub>27</sub>N<sub>3</sub>)、考马斯亮蓝 (C<sub>45</sub>H<sub>44</sub>N<sub>3</sub>O<sub>7</sub>S<sub>2</sub>Na) 等生物染料 (4 种物质的结构如 Scheme 2 所示),以其简便易行的操作,无毒无污染的优点占据了一定的优势<sup>[20]</sup>。下面列出近年来具有代表性的方法四氯四碘荧光素法、分散染料法等进行详述。

**2.3.1 氨基黑** 氨基黑 10B 作为一种安全无毒、反应灵敏的生物染色剂,对犯罪现场留下的血手印、血足迹有很好的显现效果,被广泛应用。而且其价格较低,配方也相对简单,可长期保存<sup>[23]</sup>。其反应原理是:在酸性条件下带正电的蛋白质可与氨基黑 10B 的阴离子产生吸附作用,从而将手印染成蓝黑色<sup>[24]</sup>。但是氨基黑 10B 的应用受很多因素的制约,如配方浓度、显现时间和冲洗方法等。在进行检验的过程中需要注意:检材处理,冲洗不能太过用力等。在氨基黑 10B 处理检材过后,血痕不能够再进行 DNA 的提取<sup>[5]</sup>。

**2.3.2 考马斯亮蓝** 考马斯亮蓝作为一种成熟的生物染色剂<sup>[25]</sup>,在生物学研究中的应用由来已久。



Scheme 2 The structures of the four materials

它和蛋白质通过范德瓦耳斯力结合,在一定浓度范围内,蛋白质和染料结合符合比尔定律。该染料灵敏、无毒、性质稳定,在医药卫生行业和刑事技术方面有着相当广泛的用途。可溶于水、乙醇和乙醚等,是一种常用的蛋白染色试剂。

蛋白质是复杂大分子,含有大量氨基和羧基,氨基与酸反应可使蛋白质带正电,羧基与碱反应使蛋白质带负电。考马斯亮蓝是结构中含有磺酸的钠盐,适当条件下让蛋白质带上大量的正电荷,考马斯亮蓝则以负电荷的形式出现,二者相互作用,使蛋白质的表面吸附上了大量的考马斯亮蓝成分,显出痕迹。

蛋白质与染料结合是一个很快的过程,大概几分钟便可出现最大吸收峰,并且可以稳定一段时间<sup>[26]</sup>。该方法操作简单,毒性较小,有较高的灵敏度<sup>[27]</sup>。缺点是痕迹着色与溶液原色一致,在漂洗不充分或漂洗效果不好时与背景反差太小,不易区分,对于适用的客体有一定的限制,漂洗时少量多次可得到较好的效果。考马斯亮蓝可用于 502 熏显痕迹的染色增强。

**2.3.3 四氯四碘荧光素** 四氯四碘荧光素 ( $C_{20}H_4Cl_4I_4O_5$ ), 又称作虎红, 棕红色, 溶于水呈蓝红色, 遇浓硫酸呈棕色, 常用作纤维分析中的细菌染色剂, 毒副作用较小, 对人体损害轻微<sup>[28]</sup>。在参与显现血指印的反应过程中, 四氯四碘荧光素可将蛋白质染色进而显出痕迹。四氯四碘荧光素的使用主要依靠化学结合的方式。蛋白质与四氯四碘荧光素酸碱成盐的反应结合生成性质稳定的盐, 很好的附着在客体表面的血指印上, 进而将纹线染色显出, 同时保证所显手印可较长时间保留, 颜色不减退, 纹线不变质。

四氯四碘荧光素对于时间较短的陈旧血指印也有很好的效果。而且此试剂本身以乙醇作溶剂, 省去了用乙醇固定血指印的步骤<sup>[29]</sup>, 显现效果好, 纹线清晰连贯, 颜色鲜明, 经适当漂洗后可将背景的染色褪去, 反差比较明显。但在使用的过程中要注意着色均匀, 以及在显现的时候不要破坏指纹的图像。

**2.3.4 分散染料** 通常使用分散桃红、分散大红、分散金黄<sup>[30]</sup> 和匈牙利红<sup>[31]</sup> 等分散染料需要客体光滑, 具有非渗透性或半渗透性。原理是基于蛋白质染色。蛋白质在湿态时呈胶体, 具有吸附作用, 蛋白质肽链尾基上的氨基酸含有羧基和氨基, 使血液与染料相互作用并将染料中的显色基团通过分子间力、氢键或离子键与蛋白质中的氨基、羧基等基团结合, 选择性的吸收分散染色剂, 使血指印纹线的表面沉积大量的染料分子, 将指印以染料的颜色显现出来, 完成蛋白质的染色过程<sup>[32]</sup>。

分散染料在纹线和染浴中的分配关系也是其原理的一部分。分散染料染色时, 符合一种物质在 2 种溶液的分配定律, 溶解在水中的染料和溶入纹线的染料之间存在着平衡关系<sup>[33]</sup>。

各种分散试剂对新鲜及陈旧手印都具有相当好的效果, 且方法简单, 荧光强度高, 纹线较为清晰, 在显现过程中, 不扬尘, 无污染, 具有一定的优势<sup>[34]</sup>。

**2.3.5 无甲醛热塑性荧光染料 (Formaldehyde-free thermoplastic fluorescent pigments)——JX 系列** JX 系列显现染料中, JX-1 是一种苯并咪唑类荧光物质, 显色基团呈正电性, 可与氨基酸中的羧基以离子键相结合; JX-2 是一种二苯乙烯三氮唑类荧光物质, 显色基团中磺酸根可与氨基酸中氨基以氢键结合; JX-

3 是一种无荧光可呈蓝、红、黑色的活性金属有机染料。在 JX 系列染料中,以 JX-2 染色效果最佳<sup>[21]</sup>:JX-2 显现范围广,能显现多种客体表面上的血指印;染色能力强,荧光强,在激发光激发下,发出耀眼荧光,能将纹线和背景很好的区分开;操作简单,染色能力强,除氨基黑显现法外,用其它显现法显现后的手印均能再用 JX-2 显现法显现,该方法显现后的手印,仍可用氨基黑显现法再次处理;激发波段广,365 ~ 415 nm 的波段均可激发,对光源设备要求不高;试剂无毒。JX-2 荧光显现法不仅对血潜指印有很好的显现效果,对显现血潜足迹也有很好的效果,与化学显现法相比,更适合大面积使用。

2.4 光学显现和照相法

由于血在 300 ~ 900 nm 的波长范围区均有较强的光吸收,基于此性质发展起来的紫外<sup>[35]</sup>、红外、拉曼、荧光、分色和配光等光学方法对于许多血指印的显现或增强均有很好的效果,且具有灵敏、快速、无损检验等优点<sup>[36]</sup>,公安部物证鉴定中心王桂强研究小组<sup>[37]</sup>在这方面做了许多工作,采取光学照相的方法简单快速的获得指印的图像,照相技术路线(Photo-optical technology)如图 1 所示。

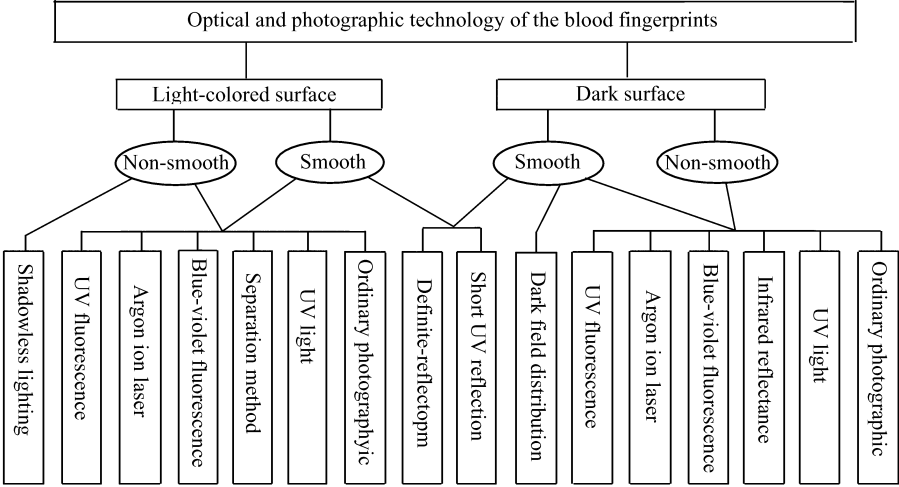


图 1 光学照相技术图示  
Fig. 1 The illustration of photo-optical technology

3 展 望

自 2003 年,Exline 研究小组<sup>[38]</sup>首先将光谱成像<sup>[39]</sup>应用于指印检测领域以来,国内在这一领域的研究也取得了一系列的成果,已成功将光谱成像应用到显现潜在汗液指印,增强微弱的化学显现指印,增强微弱的红色或黑色客体上的血指印等领域,有望解决多色背景客体对显现的干扰等问题。这种新发展起来的光谱成像是通过获取指印物证光谱分布特征来显现增强指印,属于光学方法类别,但不同于传统光学方法通过调整光的照射/接收参数来优化指印物证亮度分布的原理。

最近,瑞士 Girault 研究小组将基于电化学原理的成像技术创新性地成功应用于蛋白质修饰的潜指印<sup>[40]</sup>以及纳米材料标记的汗潜指印的增强检测<sup>[41]</sup>,该方法具有很高的灵敏度,能提供指印检测第三水平的可靠信息(图 2),是一种无损的分析技术,同时适用于渗透性客体和非渗透性客体,且适用于潮湿的客体表面。从原理上讲,因为血液中含大量的蛋白质,通过结合纳米材料标记技术<sup>[42]</sup>,该电化学成像方法也适用于血指印的图像显现或增强。

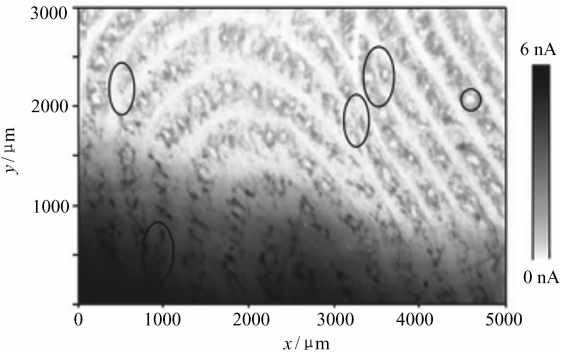


图 2 扫描电化学显微镜技术显示出指印第三水平的信息<sup>[42]</sup>

Fig. 2 The third level information revealed by scanning electrochemical microscopy<sup>[42]</sup>

相比化学显色法,生物染色由于毒性小,显现效果好,成为当前和今后血指印检测的发展方向。同时,纳米技术的迅速发展也给指印检测领域注入了新的活力。最近,量子点<sup>[43]</sup>和小颗粒悬浮液技术<sup>[44]</sup>被应用到血指印显现领域。用量子点处理后的血指印即可直接观察,也可以用荧光的方法进行表征,灵敏度高,对复杂客体也有很好的效果;小颗粒悬浮液法是对粉末法的一种创新,悬浮液中的粉末既不会破坏纹线,又可与其它染料显现技术相结合,对潮湿客体也有很好的效果,将会成为新的重要研究方向。

## 参 考 文 献

- [1] ZHANG Minghui, CHEN Jiwen. The Detection and Study of Blood Fingerprints[J]. *J Chinese People's Public Security Univ (Sci Technol)*, 2008, (4): 26-28 (in Chinese).  
张明辉, 陈继文. 血指印检验研究[J]. 中国人民公安大学学报(自然科学版), 2008, (4): 26-28.
- [2] GUO Heguo. The Factors of Repeated Visualization of Blood Fingerprint Using Tetramethylbenzidine[J]. *Forensic Sci Technol*, 2002, (3): 46-47 (in Chinese).  
郭和国. 四甲基联苯胺重复显现血手印的影响因素[J]. 刑事技术, 2002, (3): 46-47.
- [3] HAN Chaoyang, LIU Fei, ZOU Zhongnan, et al. Drip Method Photography of Latent Blood Fingerprint Developed by Tetramethylbenzidine[J]. *Forensic Sci Technol*, 2002, (2): 45-47 (in Chinese).  
韩朝阳, 刘飞, 邹中南, 等. 运用滴水法拍摄四甲基联苯胺显现的潜血指纹[J]. 刑事技术, 2002, (2): 45-47.
- [4] ZHANG Xiangdong, LI Jun, LIU Xiao. The Improvement of Tetramethylbenzidine Detection Method for Latent Blood Fingerprints[J]. *J Hebei Vocational College Public Security Police*, 2007, 7(4): 38-39 (in Chinese).  
张向东, 李军, 刘晓. 潜血手印四甲基联苯胺显现法的改进[J]. 河北公安警察职业学院学报, 2007, 7(4): 38-39.
- [5] WANG Chuanhai, LAI Yue, LI Xiaobin, et al. DNA Study of the Developed Blood Fingerprints[J]. *Forensic Sci Technol (Supplement)*, 2004: 64 (in Chinese).  
王传海, 赖跃, 李晓斌, 等. 已显现血指印的DNA检验研究[J]. 刑事技术增刊, 2004: 64.
- [6] WANG Cheng, JI Ruizhou. Two Issues Should be Paid Attention to When Using Tetramethylbenzidine[J]. *J Xuzhou Inst Technol*, 2002, 20: 51-52 (in Chinese).  
王成, 季瑞洲. 使用四甲基联苯胺应注意的两个问题[J]. 徐州工程学院学报, 2002, 20: 51-52.
- [7] NIE Yingchun, LV Jiagen, LIU Chengwu, et al. A Study of Image Repeatability for the Bloodstain Shape on Washed Fabric [J]. *J Shanxi Normal Univ (Nat Sci Edn)*, 2008, 36(1): 58-60 (in Chinese).  
聂迎春, 吕家根, 刘成武, 等. 被洗织物上血迹形态的成像重现研究[J]. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2008, 36(1): 58-60.
- [8] CUI Yanxi. The Defects of Blood Latent Fingerprints Developed Using Luminol[J]. *Forensic Sci Technol*, 2007, (2): 54-56 (in Chinese).  
崔琰希. 鲁米诺显现血潜手印的缺陷[J]. 刑事技术, 2007, (2): 54-56.
- [9] Sodhi G S, Kaur J. Powder Method for Detecting Latent Fingerprints: a Review[J]. *Forensic Sci Int*, 2001, 120: 172-176.
- [10] WANG Chunyan, HUO Yufei, WANG Jinfeng. Synthesis of CdS Quantum Dots and Study on Fingerprint Detection[J]. *Henan Chem Ind*, 2010, 27(2): 17-23 (in Chinese).  
王春艳, 霍宇飞, 王金凤. CdS量子点的合成和指纹检测研究[J]. 河南化工, 2010, 27(2): 17-23.
- [11] WANG Yuanfeng, YANG Ruiqin, WANG Yanji. A Study on Latent Fingermarks Developed by Nanomaterials[J]. *J Chinese People's Public Security Univ (Nat Sci Edn)*, 2007, 13(2): 1-9 (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): 1-9.
- [12] WANG Yuanfeng, YANG Ruiqin, WANG Yanji, et al. Application of CdSe Nano-particle Suspension for Developing Latent Finger-marks on the Sticky Side of Adhesives[J]. *Forensic Sci Int*, 2009, 185: 96-99.
- [13] HUO Yufei, WANG Chunyan, WANG Jinfeng. Synthesis of CdTe/CdS Quantum Dots and the Application for Fingerprint Detection[J]. *Henan Chem Ind*, 2010, 27(2): 11-15 (in Chinese).  
霍宇飞, 王春艳, 王金凤. CdTe/CdS核壳量子点的合成和指纹检测研究[J]. 河南化工, 2010, 27(2): 11-15.
- [14] GUO Erwei, CHEN Zheng, CHANG Bainian. Latent Fingerprints Developed by Using Four Different Sizes Nano Zinc Oxide [J]. *Forensic Sci Technol*, 2009, (4): 14-17 (in Chinese).  
郭二伟, 陈政, 常柏年. 4种粒径的纳米氧化锌粉末显现指印效果的比较[J]. 刑事技术, 2009, (4): 14-17.
- [15] CHEN Shunchang, YANG Ruiqin, WANG Yanji. Blood Fingerprints on Black Plastic Bag Development by Small Particles of Titanium Dioxide Suspension [J]. *J Criminal Police College China*, 2009, (3): 30-32 (in Chinese).  
陈顺昌, 杨瑞琴, 王彦吉. 纳米二氧化钛小颗粒悬浮液显现黑色塑料袋血手印初探[J]. 中国刑警学院学报, 2009, (3): 30-32.
- [16] WANG Yue. A Study for Latent Blood Finger-marks on Dark Object Developed by Titanium Dioxide[J]. *J Chinese People's Public Security Univ (Nat Sci Edn)*, 2004, (4): 25-26 (in Chinese).

- 王跃. 二氧化钛显现深色客体表面的血潜手印的研究[J]. 中国人民公安大学学报(自然科学版),2004,(4):25-26.
- [17] LI Dezhong, ZHANG Xiaomei, ZHANG Wenxi, *et al.* To Visualize the Sweat or Blood Handprints by Crystallizing Fluorescent Microparticles[J]. *Forensic Sci Technol*,2003,(4):116-118(in Chinese).  
李德仲,张晓梅,张文曦,等. 荧光微晶小颗粒析出法显现汗潜、血潜手印[J]. 刑事技术,2003,4:116-118.
- [18] LUO Yaping, WANG Yue, YANG Lei. A Study on the Latent Blood Finger-marks on the Penetration Objects by Physical Developer[J]. *Forensic Sci Technol*,2004,(2):13-14(in Chinese).  
罗亚平,王跃,杨蕾. 物理显影液显现渗透客体表面血潜手印方法研究[J]. 刑事技术,2004,(2):13-14.
- [19] LUO Yaping, XIE Wei. A Study on the Latent Finger-marks Appeared by New Physical Developer[J]. *J Chinese People's Public Security Univ*(Nat Sci Edn),2006,(4):2(in Chinese).  
罗亚平,谢维. 新型物理显影液显现潜在手印研究[J]. 中国人民公安大学学报(自然科学版),2006,(4):2.
- [20] LI Dezhong, REN Baojian, NAN Shuangxi, *et al.* Visualization of the Blood Fingerprint using JX Fluorescent Reagents[J]. *J Criminal Police College China*,2002,(2):18-21(in Chinese).  
李德仲,任保健,南双喜,等. JX 系列试剂显现血手印[J]. 中国刑警学院学报,2002,(2):18-21.
- [21] SHI Shimin, PANG Hao. The Preferred Method of Blood Fingerprint Visualization——JX-2 Detection Method[J]. *J Guangzhou Police College*,2007,82:1-2(in Chinese).  
石世民,庞浩. 显现血手印的首选方法——JX-2 显现法[J]. 广州警官高等专科学校学报,2007,82:1-2.
- [22] LI Dezhong, YANG Sheng, HUANG Liang, *et al.* A Study on Development of Blood Fingerprint[J]. *Forensic Sci Technol*,2002,(1):7-9(in Chinese).  
李德仲,杨晟,黄亮,等. 血手印显现的实验研究[J]. 刑事技术,2002,(1):7-9.
- [23] CHEN Wei, GUO Biao, FAN Youhua, *et al.* Amino Black 10B Applied to the Latent Blood Fingerprints[J]. *Forensic Sci Technol*,2004,(4):45-46(in Chinese).  
陈伟,郭彪,范友华,等. 氨基黑 10B 在显现血潜指纹中的应用[J]. 刑事技术,2004,(4):45-46.
- [24] SHI Chuyang. The Matters Need Attention for Amino Black 10B to Appear Blood Handprints and Footprints[J]. *Forensic Sci Technol*,2003:59(in Chinese).  
施初阳. 氨基黑 10B 显现血手印血足迹的注意事项[J]. 刑事技术,2003:59.
- [25] CHEN Zhenqian. A Study on Coomassie Brilliant Blue to Appear Protein Fingerprints[J]. *J Sichuan Police College*,2006,18(3):36-39(in Chinese).  
陈振乾. 考马斯亮蓝显现蛋白手印研究[J]. 四川警官高等专科学校学报,2006,18(3):36-39.
- [26] YAO Jianqing, LI Xuesong. Analysis of Coomassie Brilliant Blue R-250 Reagent Application in the Latent Blood Trace[J]. *Sci Technol Innovation Herald*,2009,11:214(in Chinese).  
姚建庆,李雪松. 浅析考马斯亮蓝 R-250 试剂在显现血潜痕迹中的运用[J]. 科技创新导报,2009,11:214.
- [27] CAO Wengen, ZHAO Haiquan, JIAO Qingcai. Mechanism of the Interaction Between Coomassie Brilliant Blue and Bovine Serum Albumin[J]. *Acta Laser Biol Sin*,2008,17(1):32-37(in Chinese).  
曹稳根,赵海泉,焦天才. 考马斯亮蓝与牛血清蛋白相互作用机理的研究[J]. 激光生物学报,2008,17(1):32-37.
- [28] XU Min. The Improvement of the Potential Blood Fingerprints Development[J]. *J Liaoning Police Acad*,2009,(4):53-55.  
徐敏. 关于改进血手印显现方法的研究[J]. 辽宁警专学报,2009,(4):53-55.
- [29] GONG Yecheng, WU Lifei. The Experiments of Blood Fingerprints Appeared by Tetrachloro Four Iodine Fluorescence[J]. *Forensic Sci Technol*,2009,(3):61-62.  
龚晔城,吴礼飞. 四氯四碘荧光素显现血手印的实验[J]. 刑事技术,2009,(3):61-62.
- [30] XIA Yu, HU Bo, ZHOU Feng, *et al.* A Study on Blood Handprints Appeared by Scattered Golden Reagent[J]. *J Criminal Police College China*,2008,(4):30-32.  
夏羽,胡博,周峰,等. 分散金黄显现血手印方法研究[J]. 中国刑警学院学报,2008,(4):30-32.
- [31] GE Dayong, ZHANG Jin, BAI Yanping, *et al.* The Study on the Latent Blood Footprints Improved by Hungarian Red[J]. *Forensic Sci Technol*,2010,(1):26-27.  
葛大勇,张金,白艳平,等. 匈牙利红增强显现血潜鞋印的研究[J]. 刑事技术,2010,(1):26-27.
- [32] ZENG Lei, XIA Yu, HU Bo, *et al.* The Study on the Blood Fingermarks Appeared by Scatter Pink[J]. *Guangdong Police Sci Technol*,2008,(4):15-20.  
曾磊,夏羽,胡博,等. 分散桃红显现血手印方法的研究[J]. 广东公安科技,2008,(4):15-20.
- [33] WANG Shi, WANG Qi, ZHANG Xiaomei, *et al.* The Study on the Latent Blood Handprints on the Non-permeable Object Developed by Disperse Dye[J]. *Guangdong Police Sci Technol*,2006,(4):8-10.  
王施,王琦,张晓梅,等. 利用分散染料显现非渗透性客体血潜手印的研究[J]. 广东公安科技,2006,(4):8-10.
- [34] ZHANG Dong, ZHANG Xiaoliang. A Study on the Blood Handprints Developed by Disperse Dye[J]. *J Hebei Vocational College Public Security Police*,2008,8(4):21-25.  
张东,张晓亮. 利用分散染料对血手印染色的研究[J]. 河北公安警察职业学院学报,2008,8(4):21-25.
- [35] SHI Kang, YANG Yuzhu. Latent Blood Fingerprints on the Plastic Bags Developed by the Short-wave UV Photography

- Techniques[J]. *J Chinese People's Public Security Univ*(Nat Sci Edn),2010,(1):42-44.
- 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,(1):42-44.
- [36] SUN Yubao,LI Yong. The Application of Multi-band Light Source to the Blood Fingerprints on the Wall Dope[J]. *Forensic Sci Technol*,2008,(2):79.
- 孙玉宝,李勇. 多波段光源在拍摄墙壁涂料上潜血指纹的应用[J]. 刑事技术,2008,(2):79.
- [37] WANG Guiqiang. Optical and Photographic Technology of the Blood Fingerprints[J]. *Forensic Sci Technol*,1996,(6):38-42.
- 王桂强. 血指印的光学显现和照相技术[J]. 刑事技术,1996,(6):38-42.
- [38] Exline D L,Wallace C,Roux C,*et al.* Forensic Applications of Chemical Imaging: Latent Fingerprint Detection Using Visible Absorption and Luminescence[J]. *J Forensic Sci*,2003,**48**(5):1047-1053.
- [39] Camilla Ricci,Steve Bleay,Sergei G Kazarian. Spectroscopic Imaging of Latent Fingermarks Collected with the Aid the of a Gelatin Tape[J]. *Anal Chem*,2007,**79**:5771-5776.
- [40] Zhang M,Girault H H. Fingerprint Imaging by Scanning Electrochemical Microscopy[J]. *Electrochem Commun*,2007,**9**:1778-1782.
- [41] Zhang M,Becue A, Prudent M,*et al.* SECM Imaging of MMD-enhanced Latent Fingermarks[J]. *Chem Commun*,2007:3948-3950.
- [42] Zhang M,Girault H H. SECM for Imaging and Detection of Latent Fingerprints[J]. *Analyst*,2009,**134**:25-30.
- [43] Becue A,Moret S,Champod C,*et al.* Use of Quantum Dots in Aqueous Solution to Detect Blood Finger-marks on Non-porous Surfaces[J]. *Forensic Sci Int*,2009,**191**(1):36-41.
- [44] Catherine Au,Hayley Jackson Smith,Ignacio Quinones,*et al.* Wet Powder Suspensions as an Additional Technique for the Enhancement of Bloodied Marks[J]. *Forensic Sci Technol*,2011,**204**(1):13-18.

## Progress in the Detection Methods of Blood Fingerprints

ZHANG Meiqin<sup>\*</sup>, ZHANG Ting, QIN Gang, ZHANG Yang, ZHANG Xueji  
(Research Center for Bioengineering & Sensing Technology, University of  
Science & Technology, Beijing 100083, China)

**Abstract** As one of the most effective methods for personal identification, the discovery and visualization of blood fingerprints play a key role in criminal investigation. According to the different reaction mechanism, the methods can be classified as chemical reaction; physical adsorption; biological labeling and optical photography. In this paper, we review the detection techniques and materials of the blood fingerprints and their advantages and disadvantages. In addition, we analyze the new trend and perspective in the blood fingerprints' examination.

**Keywords** blood fingerprints, detection methods, visualization, review