

Obsolescence Degree of Bloodstain in Non-Porous Object Detected by Micro Spectrophotometer Method

Chao Kan, Xuejiao Zhu, Lei Cheng, Hongfei Shi, Tianyun Shen

Department of Criminal Science and Technology, Faculty of Criminal Science and Technology, Jiangsu Police Institute, Nanjing Jiangsu
Email: 553208696@qq.com

Received: Apr. 20th, 2016; accepted: May 5th, 2016; published: May 12th, 2016

Copyright © 2016 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The paper took advantage of micro spectrophotometer method to analyze the colorimetry of obsolescence degree for the bloodstain within ten hours and ten days respectively in two kinds of non-porous objects, namely glass and plastic plate. In addition, the paper studied the relationship between the chromaticity of bloodstain and time, and a bloodstain obsolescence degree model was also established in order to help the personnel handling a case to deduce the time of the crime. As the experiment indicated, the researches related to the obsolescence degree of bloodstain could be implemented by the micro spectrophotometer method accurately.

Keywords

Micro Spectrophotometer Method, Obsolescence Degree of Bloodstain, Colorimetric Analysis

显微分光光度计法检测非渗透性客体上的血迹陈旧度

阚超, 朱雪娇, 成蕾, 石鸿飞, 沈天贇

江苏警官学院刑事科学技术系, 刑事科学技术专业, 江苏 南京
Email: 553208696@qq.com

收稿日期：2016年4月20日；录用日期：2016年5月5日；发布日期：2016年5月12日

摘要

死亡时间的推断一直是公安机关办案的难题，本文利用显微分光光度计法对玻璃、塑料板2种非渗透性客体上10小时与10天内血迹陈旧度进行了色度学的分析，研究血迹的色度与时间的关系，建立血迹陈旧度数学模型，提高血迹陈旧度推断的准确性，从而提高案件侦破的效率，同时作为刑事法庭证据起证明作用。

关键词

显微分光光度计法，血迹陈旧度，色度分析

1. 引言

刑事案件现场，如故意杀人、强奸案件的搏斗现场，抢劫案的缠斗现场，交通肇事罪的现场，经常出现血迹等痕迹物证。由于血迹形成时间与案发时间、死亡时间密切相关，可间接地推断死亡时间，为现场重现提供依据[1]。因此，血迹陈旧度的检验在凶杀案中居于重要地位，是刑事案件侦查准确、高效、快速的证据来源，在法庭科学技术中被当做极具公信力的重要物证。

传统的血液痕迹分析技术存在诸多弊端和不准确性。例如采用凝集反应、沉淀反应等物理方法对血迹陈旧度进行分析，有很大局限性且较难显现清楚，所提取的血迹数据可利用率很低[2]；而若采用传统光电方法则误差极大，难以准确地推断陈旧血液的时间，给刑事侦查带来诸多不便[3]。

本文重点分析了显微分光光度计法对血迹陈旧度检测的精度，对2种非渗透性客体上血迹的色度进行分析研究。在重视实质性实验的同时，研究了取样点不同对实验结果的影响。通过研究分析血迹色度与时间的关系，建立血迹陈旧度的数学模型，从而推断死亡时间。

2. 实验部分

2.1. 仪器

紫外-可见-近红外显微分光光度计(美国 CRAIC), 实验条件: 透射光谱法, 光谱范围 400~800 nm, 光谱带宽 2 nm, 杂散光: $\leq 0.2\%$, 投射比: $\pm 0.5\%$ 。

2.2. 材料

志愿者献血。志愿者招募时间为2015年10月至11月，采集四管每管4 ml的新鲜血液，2管加入抗凝剂，2管未加抗凝剂。(注：本项目研究报告志愿者知情并同意。)

搜集玻璃、塑料板这2种非渗透性客体，进行清洗消毒后作为承载血迹的装置。

2.3. 实验内容

2.3.1. 样本的制备

采集血液后将血液分别滴到待测的非渗透性客体上。2管加入抗凝剂的血液滴至3块玻璃，贴上标签 LXB1、2、3、4、5、6、7、8；滴至3块塑料板，贴上标签 LXS1、2、3、4、5、6、7、8。2管未加抗凝剂的血液也同样分别滴到待测的3块玻璃、3块塑料板上并贴好标签。

2.3.2. 显微分光光度计的检测精密度研究

因为血滴厚薄不均，导致显微分光光度计直接测量非渗透性客体上血滴吸收光谱使用时数据偏差较大，因此如何克服血滴厚薄不均的问题是本研究的主要内容。在非渗透性客体上均衡选择采样点或随机选择采样点检测血滴，根据波长和吸光度计算显微分光光度计的精密度，并考察抗凝剂对色度分析的影响。

2.3.3. 显微分光光度计测定不同时间血迹样品

取待测的非渗透性客体于显微分光光度计的扫描台上，将待测血滴对准显微分光光度计的通光孔，在血滴表面随机选取 10 个测量点，分别用透射方式测试其吸收光谱。

2.3.4. 陈旧血的色度分析

根据不同时间段内血液成分变化，测定血液色度，运用仪器自带软件进行数据处理，最后应用拟合曲线建模研究血液色度与陈旧度的关系。

3. 结果与分析

3.1. 非渗透性客体上血迹的吸收光谱图

取 1 号样品采用透射的方法测定其吸收光谱，其光谱图见图 1。

从图 1 中可以看出测定得到的吸收光谱图在波长 530 nm 存在着一个吸收峰，由于血滴厚薄不均，故造成吸收曲线不够平滑，但可以通过控制血迹的量，使之能利用显微分光光度计进行无损分析非渗透性客体上血液样本。

3.2. 显微分光光度计测量的精度分析

在非渗透性客体上取一个血滴样品，一个血滴样品上取 10 个不同的点，测算出十个样本点与客体背景之间的色度差，根据这十个数据，计算出样品色度值之间的相对标准偏差，分别计算出玻璃(加抗凝剂)、玻璃(不加抗凝剂)、塑料板(加抗凝剂)、塑料板(不加抗凝剂)这四个客体上样本点色度的相对标准偏差，见表 1。

根据表 1 可得，相对标准偏差在 0.007%~0.050%之间，10 个不同时间段的精密度都较高，因此用显微分光光度计法来检验非渗透性客体上血液陈旧性效果较好。

实验表明，无论是是否加抗凝剂对吸光度影响不大，因此，在血迹的色度分析中，不再加入抗凝剂。

3.3. 色度分析原理

根据色度学的有关理论，

$$\text{两个颜色总色差: } \Delta E_{ab}^* = \left[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2 \right]^{1/2}$$

明度差: $\Delta L^* = L_1^* - L_2^*$, $\Delta a^* = a_1^* - a_2^*$, $\Delta b^* = b_1^* - b_2^*$, 其中色差颜色范围如表 2。

本实验将利用色度分析原理，对血迹进行色度分析。实验数据表明，各时间段的血迹与 2 种非渗透性客体背景都有着大色差(6 以上)，可以由肉眼分辨；各时间段的血迹之间也存在着一定的小色差(1 以下)，难以用肉眼分辨，因此要结合色度与陈旧度的拟合曲线来分辨不同时间段的血迹。

3.4. 血迹的色度分析

3.4.1. 10 小时内的血迹的色度分析

对玻璃、塑料板上的血迹用显微分光光度计分别测定其吸光度，并用自带的仪器软件进行色度分析，

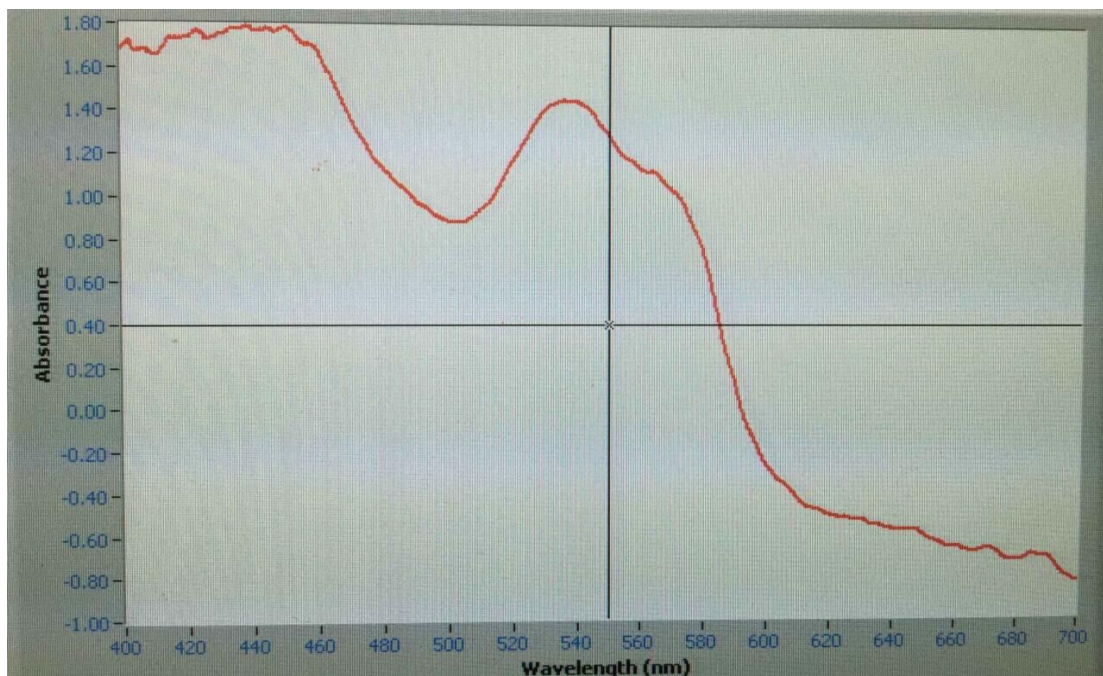


Figure 1. The absorption spectrogram of No.1 sample

图 1. 一号样品的吸收光谱图

Table 1. RSD in the measure of the samples' chromaticity

表 1. 样本色度测量的相对标准偏差(%)

样本	相对标准偏差
XXB	0.0178
KXB	0.0171
XXS	0.0472
KXS	0.0072

注: XXB 为不加抗凝剂的玻璃客体; KXB 为加抗凝剂的玻璃客体; XXS 为不加抗凝剂的塑料板客体; KXS 为加抗凝剂的塑料板客体。

Table 2. Colour aberration recognition comparison

表 2. 色差感觉对照表

NBS 单位色差值	感觉色差程度
0.0~0.50	(微小色差)感觉极微(trave)
0.5~1.51	(小色差)感觉轻微(slight)
1.5~3	(较小色差)感觉明显(noticeable)
3~6	(较大色差)感觉很明显(appreciable)
6 以上	(大色差)感觉强烈(much)

所得数据见表 3、表 4。

3.4.2. 10 天内血迹的色度分析

对玻璃、塑料板上的血迹用显微分光光度计分别测定其吸光度,并用自带的仪器软件进行色度分析,所得数据见表 5、表 6。

Table 3. The analysis of bloodstain colour aberration on the glass
表 3. 玻璃血迹色差分析

时间(h)	L	a	b	ΔE
0	-14.2560	-0.3674	-0.3423	0
0.5	20.0749	-10.3262	-3.8989	36.8200
1	19.1131	-10.1704	-3.9141	34.9788
2	19.2964	-8.2656	-3.1312	34.0584
3	18.4849	-9.0468	-3.2344	33.9365
4	18.5624	-6.8496	-1.4355	33.9357
5	16.4517	-8.4165	-2.4416	33.5939
6	12.3108	-16.4955	-6.0222	33.2352
7	17.6203	-9.4379	-2.8324	33.1386
8	17.1467	-10.3710	-3.0195	32.9783
9	17.0952	-9.4193	-3.0196	32.5393
10	16.8125	-9.3754	-2.9518	32.3316

Table 4. The analysis of bloodstain colour aberration on the plastic plate
表 4. 塑料板血迹色差分析

时间(h)	L	a	b	ΔE
0	-5.5476	-0.4886	-1.1333	0
0.5	14.4613	-19.1003	-8.3327	28.2592
1	14.9560	-16.9383	-7.3123	27.0032
2	19.5439	-9.2364	-2.9623	26.6355
3	19.5233	-9.2455	-3.0265	26.6237
4	18.4353	-9.3724	-3.5190	25.6864
5	18.3435	-7.1667	-1.0891	24.8069
6	17.8386	-8.1102	-2.5969	24.6403
7	17.9319	-6.5763	-0.7891	24.2583
8	16.3391	-9.0476	-2.7926	23.5592
9	16.7737	-7.4054	-1.3107	23.3691
10	15.6105	-5.5313	-1.0352	21.7510

3.5. 陈旧血迹分析

3.5.1. 10 小时内血迹陈旧度变化规律

由表格 3 知, 10 小时内玻璃上血迹样本 ΔE 最低为 29.8512, 最高为 31.8934, 其余大多数在 29.0000~32.0000 之间[4]。由图 2 可以看出 0.5 h~10 h 客体上血迹与玻璃客体背景之间的色差随时间的变

Table 5. The analysis of bloodstain colour aberration on the glass
表 5. 玻璃血迹色差分析

时间(天)	L	a	b	ΔE
0	-14.2560	-0.3674	-0.3423	0
1	17.0749	-9.7913	-2.7058	31.8934
2	16.1011	-9.1092	-2.8300	31.6431
3	15.3826	-13.3266	-4.0205	31.4034
4	13.1825	-14.5796	-5.5492	31.0018
5	12.5723	-15.3357	-6.0557	30.8152
6	11.1196	-17.2261	-6.0557	29.9659
7	11.4110	-16.6636	-6.3120	29.9964
8	9.9185	-16.9973	-5.4371	29.8511
9	11.9396	-12.7011	-5.1511	29.8876
10	10.9385	-13.5721	-5.3721	29.8391

Table 6. The analysis of bloodstain colour aberration on the plastic plate
表 6. 塑料板血迹色差分析

时间(天)	L	a	b	ΔE
0	-5.5476	-0.4886	-1.1333	0
1	17.1420	-12.2899	-3.7494	25.7086
2	17.7753	-9.0338	-2.3042	24.8667
3	16.8290	-10.8126	-3.8874	24.7968
4	17.3074	-9.6645	-2.5965	24.6717
5	14.3269	-13.0119	-4.4162	23.7193
6	13.0202	-10.2790	-4.7414	21.2986
7	15.9407	-6.1729	-1.0552	22.2276
8	15.6105	-5.5313	-1.0352	21.7510
9	12.2112	-11.5988	-5.1083	21.3217
10	13.0202	-10.2790	-4.7414	21.2986

长而逐渐变小，呈反比关系。根据表 3 的数据作玻璃上血迹色度与血迹陈旧度的拟合曲线，见图 2，得出色度与血迹陈旧度的关系 $\Delta E = 35.426t^{-0.0358}$ ， $R^2 = 0.9439$ ($t \in [0, 10]$ 小时)

由表 4 知，10 小时内塑料板上血迹样本 ΔE 最低为 21.7510，最高为 28.2592，其余大多数在 21.0000~29.0000 之间。由图 3 可以看出 0.5 h~10 h 客体上血迹与塑料客体背景之间的色差随着时间的变长而逐渐变小，呈反比关系。根据表 4 的数据作塑料板上血迹色度与血迹陈旧度的拟合曲线，见图 3，得出色度与血迹陈旧度的关系 $\Delta E = 27.571t^{-0.0723}$ ， $R^2 = 0.8313$ ($t \in [0, 10]$ 小时)

综上，新鲜的血迹滴至 2 种非渗透性客体上，10 小时内迅速由鲜红色氧化发黑，血液中血红色素含

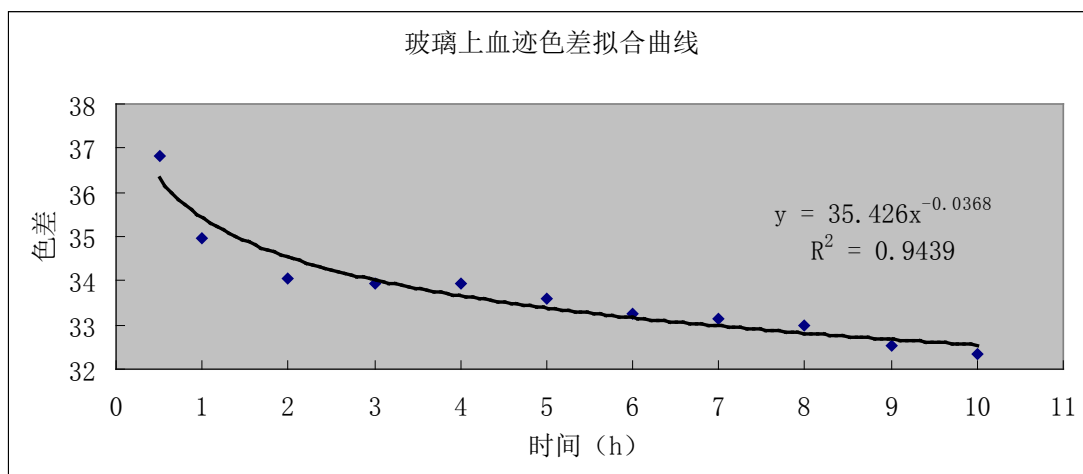


Figure 2. The fitted curve of bloodstain colour aberration on the glass in ten hours

图 2. 10 小时内玻璃上血迹色差拟合曲线

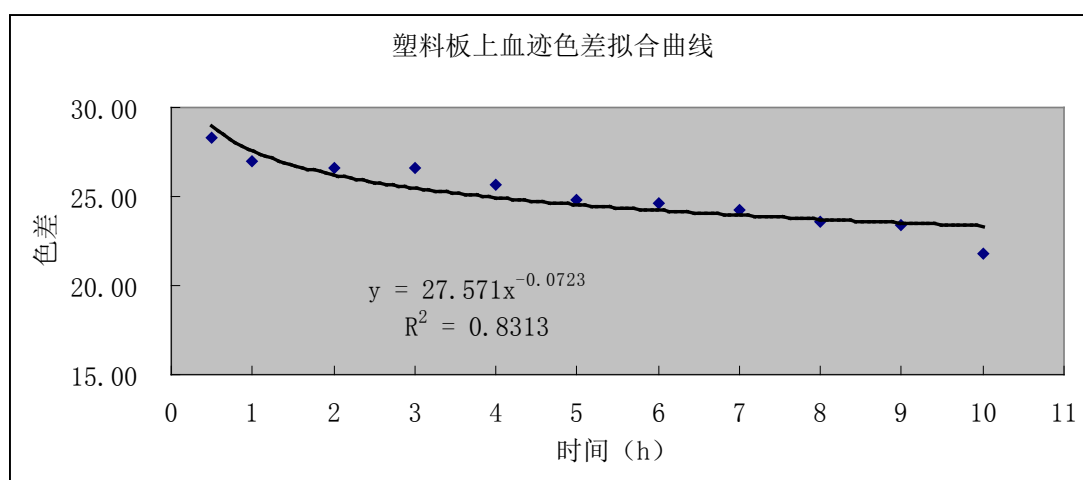


Figure 3. The fitted curve of bloodstain colour aberration on the plastic plate in ten hours

图 3. 10 小时内塑料板上血迹色差拟合曲线

量快速下降，因此血迹色度随时间呈逐渐下降趋势。

3.5.2. 10 天内血迹陈旧度变化规律

由表 5 知，10 天内玻璃上血迹样本 ΔE 最低为 29.8391，最高为 31.8934，其余大多数在 29.0000~32.0000 之间。由图 4 可以看出，随时间推移，在 1 day~6 day 内客体上血迹与玻璃客体背景之间的色差依然逐渐变小，但在 6 day 之后的实验数据中可以看出血迹色度变化维持在一个相对稳定的阶段。根据表 5 的数据作玻璃上血迹色度与血迹陈旧度的拟合曲线，见图 4，得出色度与血迹陈旧度的关系 $\Delta E = 32.253t^{-0.0344}$ ， $R^2 = 0.899$ ($t \in [1, 10]$ 小时)

由表 6 知，10 天内塑料板上血迹样本 ΔE 最低为 21.2986，最高为 25.7086，其余大多数在 21.0000~26.0000 之间。由图 5 可以看出在接下来的时间内，随时间推移，在 1 day~7 day 内客体上血迹与塑料客体背景之间的色差依然逐渐变小，但在 7 day 之后的实验数据中可以看出血迹色度变化维持在一个相对稳定的阶段。根据表 6 的数据作塑料板上血迹色度与血迹陈旧度的拟合曲线，见图 5，得出色度与血迹陈旧度的关系 $\Delta E = 26.591t^{-0.093}$ ， $R^2 = 0.81$ ($t \in [1, 10]$ 小时)

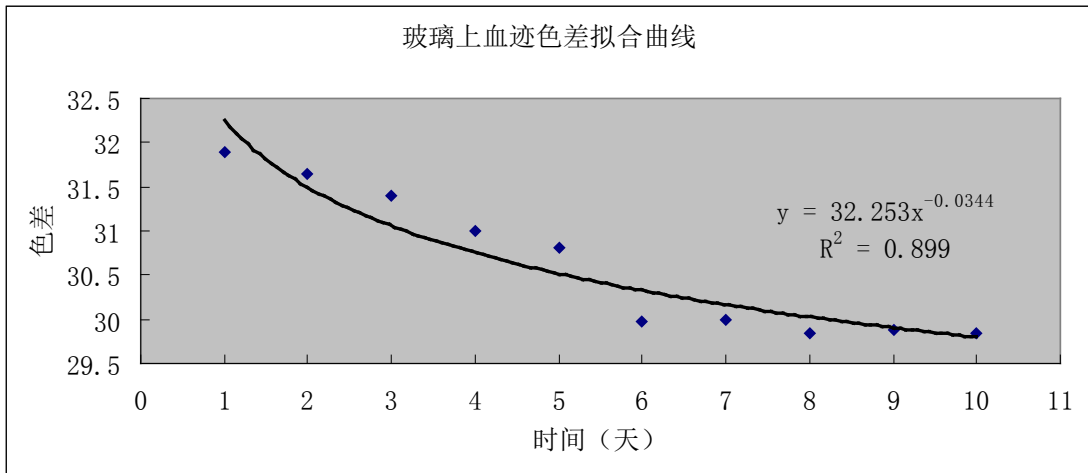


Figure 4. The fitted curve of bloodstain colour aberration on the glass in ten days
图 4. 10 天内玻璃上血迹色差拟合曲线

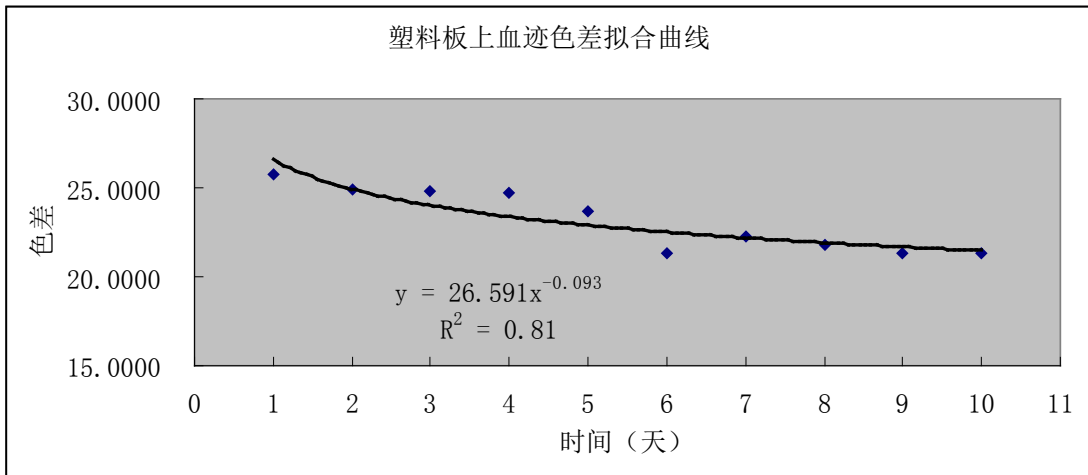


Figure 5. The fitted curve of bloodstain colour aberration on the plastic plate in ten days
图 5. 10 天内塑料板上血迹色差拟合曲线

综上，新鲜的血迹滴至 2 种非渗透性客体上，10 天内由鲜红色逐渐氧化发黑，血液中血红素含量在前几天迅速下降，因此在 1~6 day 内血迹色度随时间呈逐渐下降趋势；在 6 天之后血红素含量基本不变，因此在 6 day 后血迹色度变化维持在一个相对稳定的阶段。

3.5.3. 影响血迹陈旧度的因素

实验结果表明，血迹色度与时间的关系式和客体的不同有关。根据表 3、表 4 作图 6，根据表 5、表 6 作图 7。

由图 6、图 7 可发现，塑料板上血迹色度大于玻璃上血迹色度。一般来说，由于在玻璃与塑料客体上血迹形成时的润湿度不同，其血迹的厚度不同，因此吸光度也就会有差异，反映在色度上也有差异。

在具体实验之中发现，同一时间段中，相同样本上不同的选点之间也存在着一定色度差，所以应当认识到，在实际的操作中，取样点的选择对实验结果有着很大的影响。

影响取样点之间的色差的原因除了时间变化本身，还存在着其他的因素，如(1) 血液凝固后会形成中间低，四周高的“盆地”形状，取样点的选择不同，厚度有着较大差距；(2) 凝固血液会出现裂痕，影响

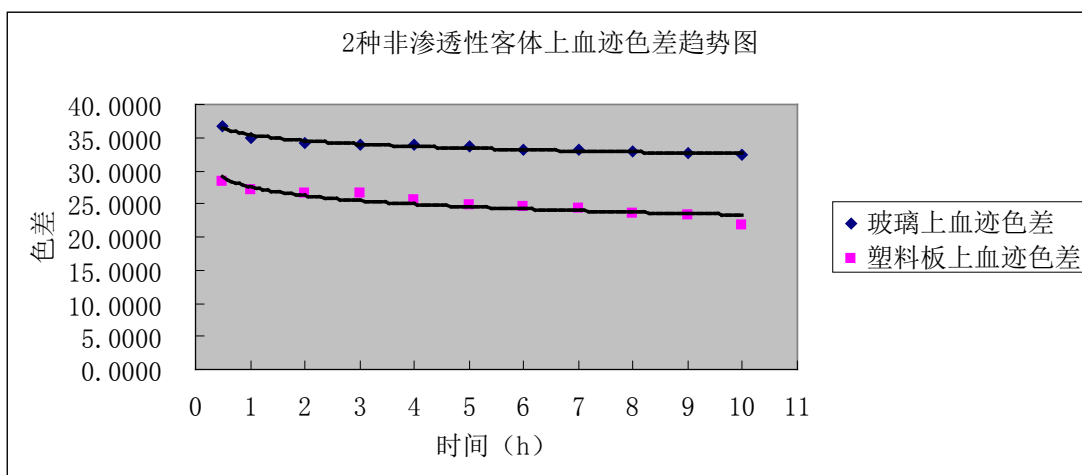


Figure 6. The tendency chart of bloodstain colour aberration on two kinds of non-porous objects in ten hours
图 6. 10 小时内 2 种非渗透性客体上血迹色差趋势图

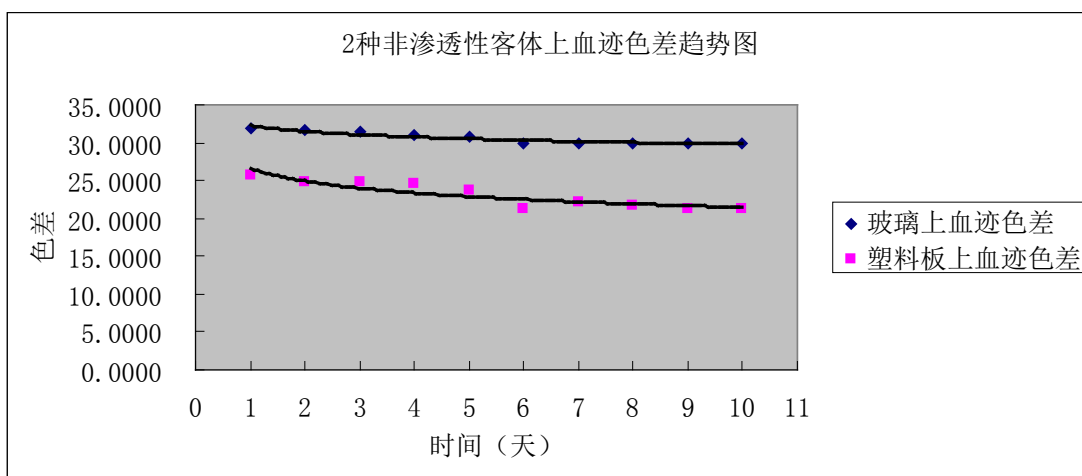


Figure 7. The tendency chart of bloodstain colour aberration on two kinds of non-porous objects in ten days
图 7. 10 天内 2 种非渗透性客体上血迹色差趋势图

结构完整；(3) 血迹上存在着不均匀的灰尘，使得测量的数据存在一定的差异性，而这些带来的误差在实验中是难以避免的。因此，在选择取样时要注意取血迹厚度、保存状况相似的部位，减小误差，提高实验准确性。

4. 血迹陈旧度数学模型的具体应用

为了验证实验所得出的血迹陈旧度的数学模型是否能投入实际运用中，项目小组成员选取玻璃、塑料板上陈旧度为 15 天的血迹，进行取样测试，得出的血迹与客体背景的色彩差数据，见表 7。

项目组将实验所得的 10 天内血迹在 2 种非渗透性客体上色差的拟合曲线进行延长，作出预测图，见图 8、图 9。

根据图 8、图 9，结合表 7 数据，可以发现实验所测得的 2 号样品血迹色差数据与预测图上数据大致相同。因此，实验表明，可以用本实验所得出的血迹陈旧度的数学模型来推断血迹形成时间，为短期内的血迹陈旧度判断提供有效的借鉴。

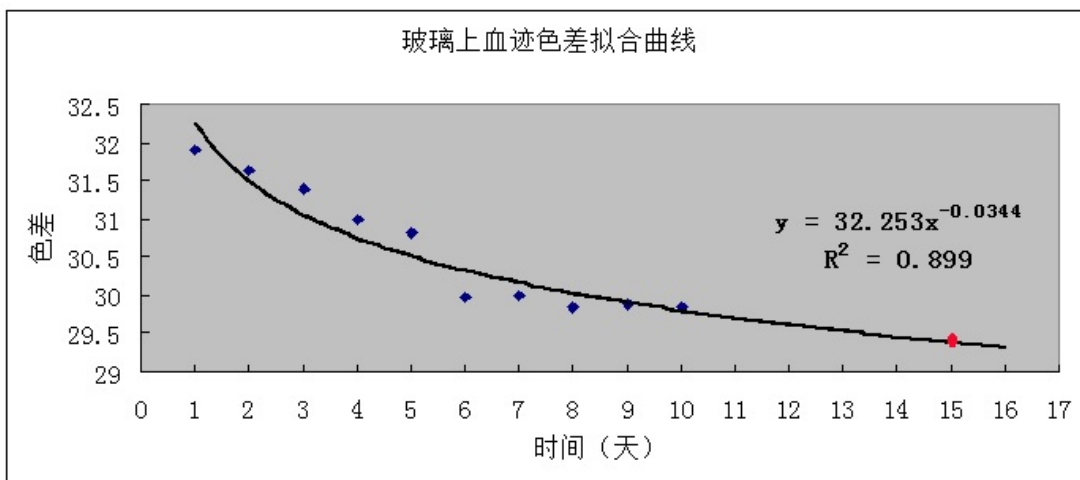


Figure 8. The fitted curve predication chart of No.2 sample bloodstain colour aberration on the glass
图 8. 玻璃上 2 号样品血迹色差拟合曲线预测图

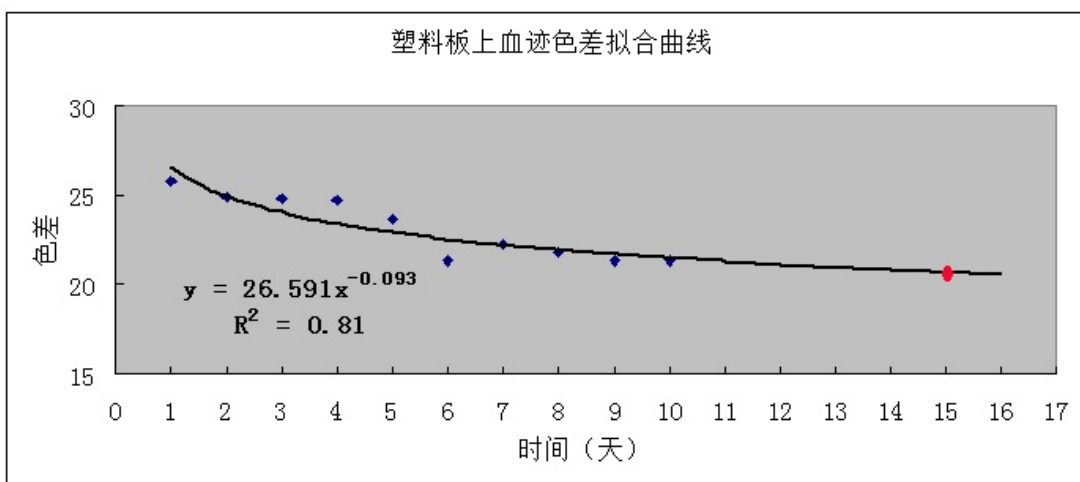


Figure 9. The fitted curve predication chart of No.2 sample bloodstain colour aberration on the plastic plate
图 9. 塑料板上 2 号样品血迹色差拟合曲线预测图

Table 7. The analyses of bloodstain colour aberration in 15 days on two kinds of objects
表 7. 2 种客体上 15 天血迹色差分析

客体	L	a	b	ΔE
玻璃	11.7568	-13.1641	-5.1581	29.3873
塑料板	13.0055	-8.9485	-4.3072	20.6364

5. 结论

本实验采用显微分光光度计法并结合色度学知识，对玻璃、塑料板 2 种介质上不同陈旧度血迹的色度进行分析，探讨其与血迹陈旧度的关系，建立血迹陈旧度数学模型，为短期内的血迹陈旧度判断提供有效的借鉴。

实验计算出样品色度值之间的相对标准偏差在 0.007%~0.050%之间，因此用显微分光光度计法来检验非渗透性客体上血液陈旧性效果较好。

实验结果表明, 10 小时内血迹在玻璃、塑料板 2 种介质上色度与时间呈反比关系; 10 天内血迹在玻璃、塑料板 2 种介质上色度先逐渐下降后维持在一个相对稳定的阶段。对血迹色差与时间作图, 并用幂次方程拟合曲线, 其相关系数 R^2 分别为: 玻璃(0.9439,0.899), 塑料板(0.8313,0.81)。利用所建立的血迹陈旧度数学模型可以有效的推断血迹的形成时间。

致 谢

感谢江苏省物证鉴定中心实验室提供的帮助和支持。

基金项目

江苏警官学院大学生创新训练计划项目, 项目编号: 201510329014z; 江苏高校优势学科建设工程资助项目(PAPD)。

参考文献 (References)

- [1] 刘松, 王婷, 王喜旺, 陈亚. 显微光度法无损分析涤纶纤维上分散黄 54 染料[J]. 警察技术, 2009(5): 22-25.
- [2] 黄平, 托娅, 王振原. 傅里叶变换红外光谱技术在死亡时间推断中的运用[J]. 法医学杂志, 2010, 26(3): 198-201.
- [3] 刘明辉. 显微分光光度法区分油漆样品的研究[J]. 刑事技术, 1994(3): 1-3.
- [4] 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.