DOI：10.19789/j.1004-9398.2025.06.003
文献引用：孙佳妮，王霄.新型高分辨率三线阵感光CCD系统在文书和书画鉴定中的应用[J].首都师范大学学报（自然科学版），2025，46（6）：17-25. SUN J N，WANG X. Application of the new-type high-resolution tri-linear CCD system for authentication of document，calligraphy and painting［J］. Journal of Capital Normal University（Natural Science Edition），2025，46（6）：17-25.

新型高分辨率三线阵感光CCD系统在文书和书画鉴定中的应用*

孙佳妮，王　霄**

（西北政法大学，公安学院（公共安全法学院），陕西 西安　710122）

摘要：为进一步提高文书检验鉴定的效率，解决书画鉴定传统“目鉴”方法主观性强的弊端，本研究设计开发了一种可应用于文书和书画鉴定的新型高分辨率三线阵感光电荷耦合组件（CCD）系统。通过设计对照实验，对手写笔迹与复制笔迹、捺印指印与复制指印、盖印印章印文与复制印文、书画原作与书画高精微喷复制品分别采集数据，比对原件与复制件图像数据，识别笔迹或笔痕特征、指印与印文图像印刷固有特征、书画晕染与层次特征以及像素化色块等特征。结果表明，应用本文开发的系统可对手写笔迹与复制笔迹、捺印指印与复制指印、盖印印章印文与复制印章印文、书画原作与高精微喷复制品进行有效区分和鉴别；通过分析形成方式，可追溯文书和书画制作过程，并用于其鉴定工作，也为文书鉴定设备集成化发展提供新的思路；该系统具有一键式操作、运行速度快、无需样品预处理等优势，在文物与艺术品研究或其他涉及图像识别与比对领域的数据集建设中亦具有应用前景，在数字化档案管理、大数据与云计算的原始数据取得方面也具有很大潜力。

关键词：书画鉴定；文书鉴定；指纹鉴定；高分辨率感光CCD
中图分类号：TN386.5；D918.92；O657；TP212.1　　**文献标志码**：A

Application of the new-type high-resolution tri-linear CCD system for authentication of document，calligraphy and painting*

SUN Jiani，WANG Xiao**

（Institute of Public Security，Northwest University of Political Science and Law，Xi’an Shaanxi　710122）

Abstract：In order to further improve the efficiency of document inspection and authentication，solve the main problem of subjectivity in traditional “visual appraisal” methods for calligraphy and painting authentication，this study designs and develops a new type high-resolution tri-linear charge-coupled device（CCD）system that can be applied to document and calligraphy authentication. Design comparative experiments and use this CCD system to collect data on handwritten handwriting and copied handwriting，fingerprinting and copied fingerprints，stamped seal seals and copied seals，original

收稿日期：2025-04-25
*西北政法大学2023年度校级青年科研项目（2023QN09）；西北政法大学教育教学改革研究项目（YJZC2025022）；西北政法大学本科教育教学改革研究项目（XJYZ202509）
**通信作者：wangxiao@iccas.ac.cn

calligraphy and painting works and high-precision micro spray replicas of calligraphy and painting. By comparing the image data of the original and copied works, it was found that the characteristics of handwriting and pen marks, inherent printing characteristics of fingerprints and seal images, characteristics of blending, layering, and pixelated color blocks in calligraphy and painting can all be clearly recognized and effectively displayed. As a result, the application of this system can effectively distinguish and identify handwritten handwriting from copied handwriting, pressed fingerprints from copied fingerprints, stamped seal seals from copied seal seals, original calligraphy and painting works from high-precision micro spray replicas. By analyzing the formation methods, the process of document and calligraphy production can be traced, providing scientific basis for case investigation and judicial trial, and also providing new design ideas for the integrated innovation of document appraisal equipment. At the same time, the system has advantages such as one click operation, fast running speed, and no need for sample pre-treatment, which also have good application prospects in the research of cultural relics and artworks. The research results can also be used for the construction of other datasets related to image recognition and comparison, and have great potential in the acquisition of raw data for digital archive management, big data, and cloud computing.

Keywords: calligraphy and painting authentication; document authentication; fingerprint authentication; high-resolution charge-coupled device

CLC: TN386.5; D918.92; O657; TP212.1 **DC**: A

0 引 言

文书鉴定是司法鉴定中的一项重要内容,运用文件检验学的理论和技术,检验和鉴别诉讼、仲裁等活动中涉及的可疑文件,以确定其真伪、形成方式、形成时间、形成人以及与案件事实的关系等。主要包括笔迹鉴定、印章印文鉴定、印刷文件鉴定、篡改(污损)文件鉴定、文件形成方式鉴定、特种文件鉴定、朱墨时序鉴定和文件材料鉴定等。文书鉴定作为物证类司法鉴定的重要内容,为公安机关、检察院、法院等部门的法律实践提供科学证明依据,在司法活动中发挥着至关重要的作用。据“中国裁判文书网”公布数据显示,2014—2021年平均每年有1.8万例案件涉及文书笔迹鉴定[1]。司法文书鉴定已成为当事人维护自身权利的重要法律手段。

作案人通常出于侵占、挪用资产,身份替代与潜逃,或情报渗透等目的,有预谋地复制他人签名或印章,借助打印复印设备和图片编辑技术合成目标文件。司法鉴定人则运用文件检验的理论和方法有针对地分析、判断可疑文件,甄别复制、伪造和篡改文件,其中对文件形成方式、文书的篡改和伪造情况仅靠常识和经验往往无法准确判断,需借助特殊仪器设备辅助确定真实情况。当前文件检验领域已有显微检验法[2]、文检仪检验法[3]、紫外-可见吸收光谱法(ultraviolet-visible molecular absorption spectrometry, UV-VIS)[4]、荧光光谱法[5]、拉曼光谱法[6]、质谱法[7]及多种技术联用[8]等检验方法。UV-VIS最先被应用于文件的光谱分析,其操作简便,最早实现了纸张的非接触检测;荧光光谱法检测灵敏度比UV-VIS约高2个数量级,具有较高的选择性,能避免无荧光效应成分的干扰;拉曼光谱法无需样品预处理,几乎能够实现大部分常见物质的分析检测;质谱法灵敏度高、响应迅速,为文书检验提供强有力的科学依据。但上述方法也存在诸多问题:如荧光光谱法不是一种通用型检测手段,实际应用范围易受限;拉曼光谱检测结果的准确性易受影响,在一定程度上限制了应用;质谱法需要样品预处理、操作复杂、成本高昂,对鉴定人员专业要求高,不便于普及和推广。目前文书鉴定实践中最常用的仪器是文检仪和高倍显微镜,二者搭配进行特征识别、形态分析和结果判断[9],但文检仪受制于成像幅面与分辨率,难以实现大尺幅书画作品的系统性检测。

随着全球书画市场规模的不断壮大,书画造假之风愈演愈烈,当前艺术品市场存在鉴定标准缺失、监管体制碎片化、专家资源老化、问责机制空缺等多重问题,导致中国传统书画的检验与鉴定陷入困局[10]。对于书画艺术品的检验鉴定通常有2种途径:(1)当事人选择诉诸艺术品行业权威,依靠专家

个人经验品评、判断。该方式易受主观因素影响[11],结果缺乏科学性。(2)当事人通过司法鉴定申请对书画艺术品甄别。司法鉴定领域通常将书画认定为文书物证的一种,书画鉴定的主体多为具有文书鉴定类执业资格的司法鉴定人[12],主要辨别分析纤维种类[13]、墨彩或印泥种类等[14]。然而书画鉴定通常要求无损鉴定,增加了书画鉴定的操作难度。目前,普遍采用基于专家主观经验的"目鉴"模式鉴定书画[15],该方式存在主观性强,缺少科学客观的鉴定方法,缺少明确、统一的规范和标准等问题[16],导致书画鉴定行业呈现技术路径混乱、操作流程失范的现状,难以满足书画等平面艺术品鉴定的发展需求。因此,如何提高文书检验和书画鉴定的准确度和科学性,平衡司法实体公正与效率的关系[17],创新应用简便高效地识别判断方法依然是文件检验和书画鉴定的研究热点。

基于此,本研究拟基于三线阵感光电荷耦合组件(charge-coupled device,CCD)开发一种样品无需预处理,可一键式操作,同时能实时、原位、无损、非接触地鉴定文书和书画的新型高分辨率三线阵感光CCD系统,并验证其对手写笔迹与复制笔迹、捺印指印与复制指印、盖印印章印文与复制印章印文、书画原作与高精复制品的鉴别效果。以期整合高分辨CCD与自适应光路,实现一键触发的大幅面书画取像与分析,规避拆裱或覆膜等鉴定步骤对书画的二次损伤,使传统"目鉴"经验转化为可量化的像素级指标,缩短鉴定周期,推动书画鉴定的范式升级,令文书与书画鉴定迈向科学数据驱动的新平台。

1　实验原理

CCD具有体积小、质量轻、功耗低、寿命长、灵敏度高等特点[18],被广泛应用于光电研究领域,尤其在航天光学成像领域[19]。按照自身结构和成像测量方式的不同,可分为面阵CCD和线阵CCD。在推扫成像中,线阵CCD更具优势,其中三线阵CCD的可操作性优于单线阵CCD和双线阵CCD。组成三线阵CCD的前视、正视、后视线阵CCD互成一定交会角,可实现从图像摄取图像重构外方位元素的突出特点[20],具有更精细的成像效果。

本研究使用自主开发的高分辨率高精度三线阵CCD数字化采集装置,设备外观见图1(a)。系统包含光电模块和控制模块:前者主要应用CCD传感器采集图像信息;后者数据处理并最终实现系统的整体功能,系统结构如图1(c)所示。系统原理如图1(d)所示,当CCD传感器采集待测图像后,向模拟前端发出模拟信号,模拟前端将信号处理成为数字信号后,输出至扫描仪控制器。经校正处理[21],由行处理单元分量组织在一起,最终输出并存储在储存器中。采集推扫工作原理见图1(b),将2个运动轴分别定义为x和y轴,x轴代表相机在传感器方向上的移动,y轴代表图像扫描方向。光源照射后,被扫描客体的反射光线经通光扫描缝进入相机镜头并成像。实验过程中所有图像均使用该CCD采集,获得源数据,并比较分析组间数据。

2　实验部分

2.1　实验材料

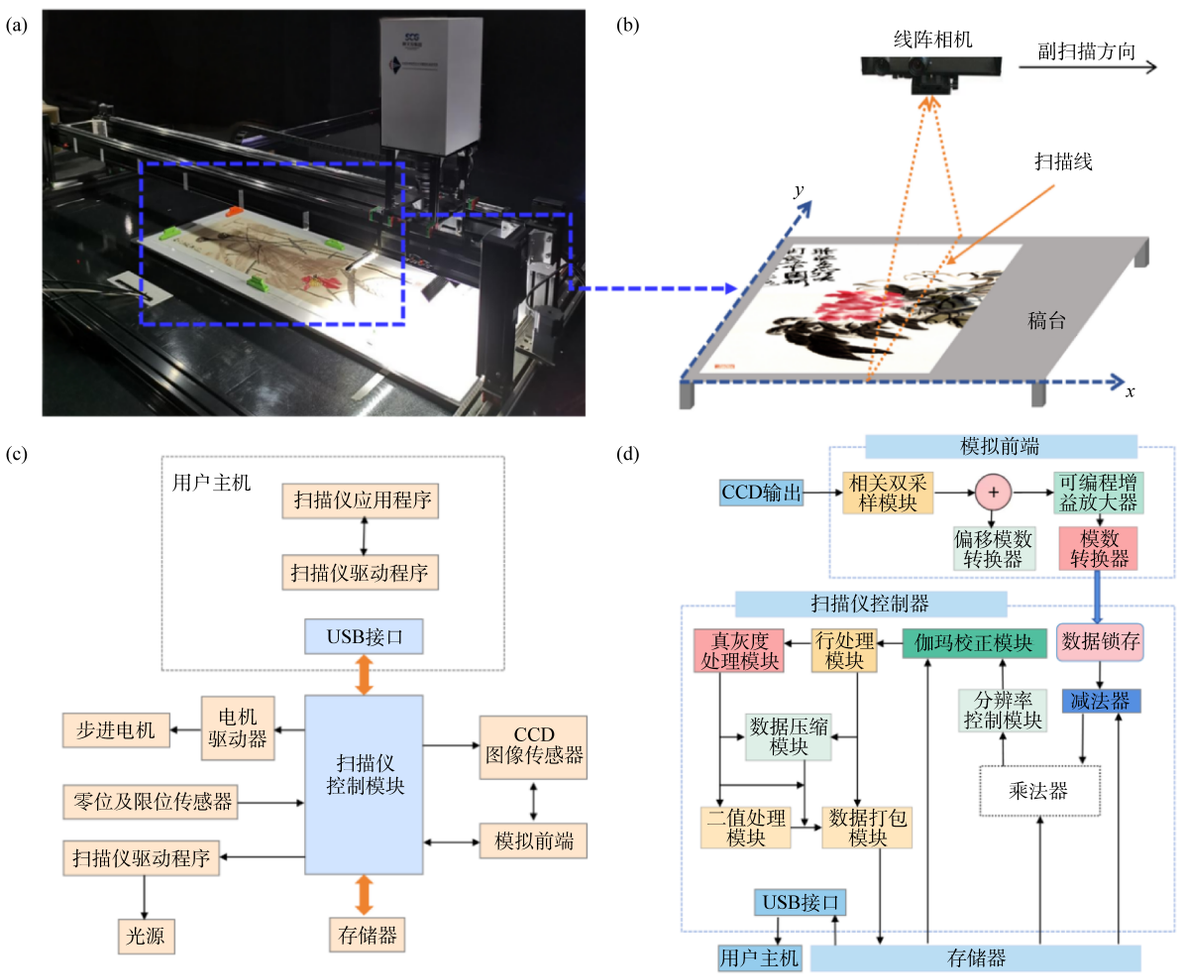
0.5、0.7和1.0 mm黑色中性笔购自得力、爱好、晨光和宝克等品牌京东自营旗舰店;70 g/m^2 A4打印纸购自得力、惠普、亚太森博和拷贝可乐等品牌京东自营旗舰店;印油购自得力京东自营旗舰店;西泠印社书画印泥购自西泠印社天猫旗舰店。

2.2　实验仪器

使用高分辨率三线阵CCD系统采集图像,机械结构主体采用购自嘉立创FA的欧洲标准铝合金型材自主设计、加工,整体呈立方框架结构,底部支撑组件尺寸为3 000 mm × 2 300 mm;其上设置2个相互平行的横向导轨,导轨支架设在2个横向导轨之间,相互平行的纵向导轨同样设置导轨支架和扫描支架;照明组件设置在尺寸为480 mm × 200 mm × 600 mm的扫描支架上,其不锈钢板材沿长度方向中间开有402 mm × 20 mm的通光扫描缝。使用JAI公司生产的SW-4000T型线阵相机,该线阵相机良好的空间分辨率可实现书画细节的精细捕捉,与高精度滑轨配合实现手卷、长轴等大幅面书画的完整扫描,避免视角畸变问题。其图像采集卡一端插入控制主机的电脑接口插槽,另一端通过CameraLink接口连接相机,照明组件选用美国普瑞多功能发光二极管灯条组。使用日本佳能公司生产的C5235型号多功能复合式打印机复印样本。使用爱瞰影像is8000型非接触式扫描仪复印书画检验样本。

2.3　样品制作

实验分为笔迹、指印、印文和书画检验,实验样品分为对照组和实验组,使用CCD系统分别自动采



注:USB为通用串行总线;CCD为电荷耦合组件。

图1　设备外观与实验原理示意

(a)设备外观;(b)采集推扫工作原理;(c)系统结构示意;(d)系统原理示意

集图像,获得笔迹检验对照组和实验组数据。

(1)笔迹样本制作。对照组,随机选择100名18岁以上志愿者为本实验受试者,受试者以黑色中性笔在A4打印纸上自由书写汉字形成笔迹文件;实验组,复制对照组文件形成新文件。待测。

(2)指印样本制作。对照组,同上随机选择100名18岁以上志愿者的捺印指印文件,捺印载体为A4纸,介质为红色快干印油;实验组,复印对照组样本形成新文件。待测。

(3)印章印文样本制作。对照组,任意品牌红色快干印油及书画印泥盖印所形成的100枚印章印文文件;实验组,复印对照组样本形成新文件。待测。

(4)书画样本制作。以晚清民国时期艺术大师吴昌硕的《富贵牡丹》书画原作制作样本,原作尺寸为134 cm × 32 cm,现馆藏于陕西文化产业投资控股集团有限公司陕西省文化产权交易所。对照组1,使用爱瞰影像is8000型书画扫描仪对《富贵牡丹》原作单次采集形成图像数据;对照组2,使用本文CCD系统对原作单次采集形成图像数据;实验组,使用本文CCD系统对《富贵牡丹》画作的高精微喷复制品单次采集形成图像数据。

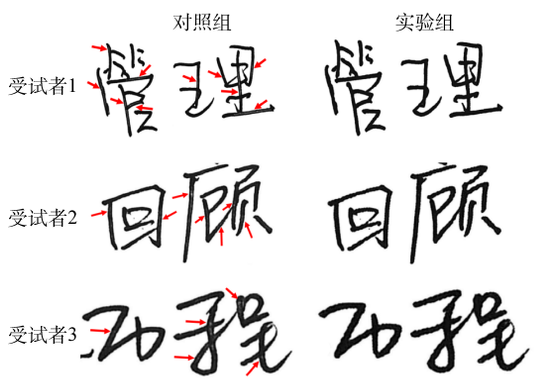
3　实验结果

3.1　笔迹形成方式判断

在使用市售常见中性笔书写时,由于书写笔画起承转合间不断变化,书写人对笔头各个部位施加压力不同[22],导致球珠与球座间存在不均匀的压力分布,在笔画内部形成露白痕[23],这样的细微征象被称为“墨线与白线”,是一种重要的笔痕特征。白线通常表现为笔画中央有未着墨或着墨很淡的线状露白;墨迹分布在笔画两侧,称之为墨线[24]。

100名受试者的书写笔迹中均出现了墨线与白

线特征,部分受试者不同组笔迹检验样本经CCD采集的图像如图2所示。受试者1:(1)对照组,“管”字竹字头的第一画“撇”画,在靠近起笔位置可见笔画中央出现明显白线特征,字底的“点”“横钩”“竖”与第一“横”画在笔画的行笔中均有明显白线特征;“理”字左部王字旁的“竖”画与右部“里”字的第一“竖”“横折”、第二“竖”、第四“横”在笔画行笔过程中均出现明显白线特征。(2)实验组,“管”“理”的全部笔画在相应位置均无墨线和白线的笔痕特征,笔画内部颜色一致、墨迹均匀,与对照组的手写字迹存在明显差异。受试者2:(1)对照组,“回”字第一“竖”与“横折”画在行笔中产生明显白线特征;“顾”字左部“撇”与“竖提”、右部页字旁“竖”与第二“撇”画在略靠近笔画起笔的位置均存在明显白线特征。(2)实验组,“回”“顾”对应笔画在相应笔画位置上均无墨线、白线特征,笔画墨迹饱满无断点,与对照组手写字迹存在明显差异。受试者3:(1)对照组,“历”字“撇”画上存在较淡的白线特征;“程”字左部禾字旁“竖”画白线特征明显,连笔笔画行笔中可见明显白线特征,右部“呈”字在第一“竖”画的起笔处与第二“竖”画的行笔中均可见明显白线特征。(2)实验组,“历”“程”对应笔画在相应位置上并无任何上述特征,与对照组手写字迹存在明显差异。

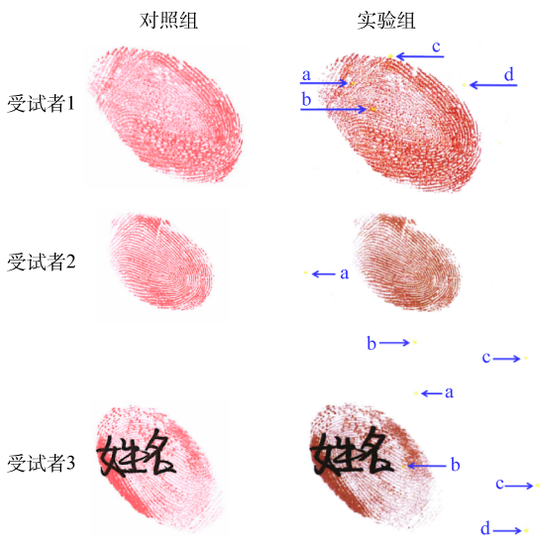


注:数字为受试者编号。

图2　部分受试者的笔迹检验样本采集结果

3.2　指印形成方式判断

在合同签署、协议签订过程中,当事人在签名后加按指印以确保合同的有效性和双方的真实意愿。根据系统检验原理,若文件中的指印是复制形成、签名笔迹为手写形成,则签名笔迹可能为临摹或套摹书写,文件的真实性值得推敲。部分受试者不同组指印检验样本经CCD采集图像如图3所示。受试者1~3的对照组中,指印的相应位置处均无任何色块或斑痕。实验组:受试者1,指印内部a与b处、边界c处、外d处均可见黄色点状斑痕;受试者2,指印外部a、b、c处均可见黄色点状斑痕;受试者3,指印内部b处和外部a、c、d处均可见黄色点状斑痕。



注:英文字母为位置编号。

图3　部分受试者的指印检验样本采集结果

3.3　印章印文形成方式判断

印文形成方式鉴定是印章印文司法鉴定的研究内容之一,也是印章印文同一性鉴定、同源性鉴定的前提和关键。部分受试者不同组印章印文检验样本经CCD采集图像如图4所示。待测印章1~3对照组中,印文的相对位置均无任何色块或点状痕迹;其中,印章1使用红色快干印油盖印,印章2和3使用书画印泥盖印。实验组:印章1,印文内部a、b处和外围c、d、e处均存在黄色点状痕迹;印章2,印文外围a、d、e处均有青色点状痕迹,b、c处均有品红色点状痕迹;印章3,印文外部靠近印文边界a、b处均有青色点状痕迹。

3.4　书画形成方式判断

通过对绘画印染技巧与墨彩分布特征的辨认,本设备能够快速实现中国书画纸本复制件与书画原件的区分与认定。在一定位置选择、固定这些特殊的绘画特征,有望形成书画独特的“身份信息”,每幅作品选定的细节特征数量越多,得出“同一”的结果准确性越高,为书画作品的同一性认定提供了可靠的科学依据和技术支持。《富贵牡丹》书画检验样本经CCD采集图像如图5所示。对照组1、对照组2的实际扫描尺寸分别为30 cm × 32 cm、134 cm ×

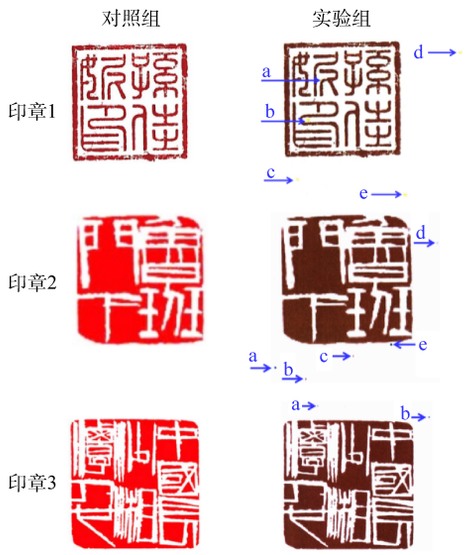


图4　部分待测印章的印章印文检验样本采集结果

32 cm(图5(a、b))。对照组2局部图像中(图5(c)),g、h处墨迹与色彩可见明显的融合晕染、接染技巧[25],墨迹与颜色的相互渗透效果自然,墨彩过渡温和,i、j、k、m处均存在明显的墨色分层,形成浓淡变化十分明显的积墨法绘画技巧[26],具有独特的层次肌理;实验组(图5(d))是该幅画作的高精微喷复制品的数据采集片段,这种文物仿制品具有95%以上的超高还原度,被广泛应用于博物馆展陈,能够达到与原作基本一致、以假乱真的效果[27],图中g、h处有明显像素化色块,不存在任何笔墨色彩的自然晕染特点,i、j、k、m处墨彩层次虚化、边界模糊,无墨迹分层效果,亦无墨彩分层效果。

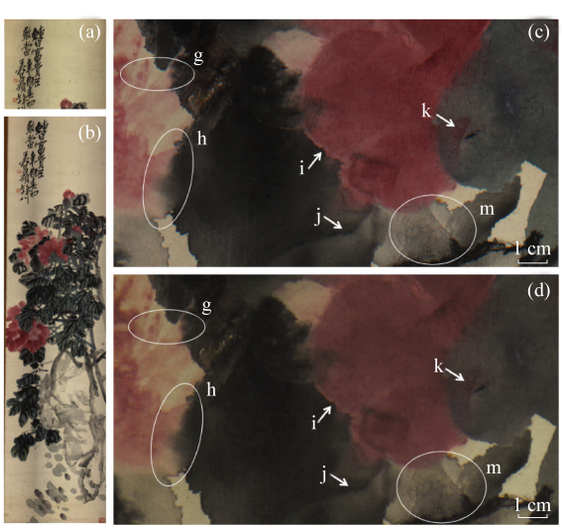


图5　书画检验样本采集结果

(a)对照组1扫描图像;(b)对照组2扫描图像;(c)对照组2部分片段图像;(d)实验组部分片段图像

4　讨　论

4.1　检验结果分析

随着印刷机具性能的不断优化,印刷复制作伪的手段被不断提升。粗细、浓淡等笔痕特征能够被机具模仿重现,书写划痕和压痕更多是受到书写纸张品质优劣的影响。相比较而言,墨线与白线的笔痕特征在书写活动中相对稳定[28],特征重现性较好,不易被复制和编辑,具有较高的研究价值。在笔迹检验实验中,综合分析全部书写人的手写笔迹与复制笔迹结果表明,不同书写人手写笔迹出现墨线与白线特征的程度不同,经CCD系统采集提取后其特征辨识度提升。书写形成的笔迹,其笔画内常见清晰、明显的墨线和白线笔痕特征;而复制形成的笔迹图像,其笔画内部墨迹均匀、殷实,并无笔痕特征。本实验使用的复印机在市售印刷机具中分辨率高、性能优异,其复制形成的实验组字迹相较于书写形成的对照组字迹,仍然存在笔画流畅度差、行笔抖动和阶梯状特征,有油墨色块像素化的趋势。可见本研究涉及的高分辨率三线阵CCD系统可清晰精准地捕捉到笔迹笔画内部的细节信息,通过对墨线、白线笔痕特征的反映,实现笔迹形成方式的认定。并且,即便在指印与签名重合的区域,文中CCD设备依然能分别捕捉到书写笔迹笔画内部的墨线、白线特征和复制指印周围的印刷固有痕迹,并不妨碍对指印叠加签名笔迹形成方式的判断。

在涉及印章印文作伪的案件中,由于重新制作的假印章与真实印章必然存在区别,且真假之间的差异一般不难识别,作案人往往很少采用变造、伪造印章的方法。直接利用真实印文通过编辑软件进行图像识别、复制、裁剪和截图等处理形成的变造印文更能以假乱真。变造印文的复制操作中,彩色激光打印因色彩效果佳、制作成本低而成为首选。实验设计对印文形成方式加以研究,经验证,真实盖印形成的印文图像不存在除所用盖印介质外的其他任何色块斑痕;而使用印刷机具复制形成的印文内部与周围有明显点状痕迹,系印刷固有特征,证明本CCD设备采集的图像数据能够快速实现印文形成方式的认定。另外,印文检验实验中,由于印文的红色是品、黄、青3种墨粉的合成色,原始印文红色色彩的还原必定存在难以避免的色彩合成偏差,实验组印文图像结果均存在“偏色现象”,

即打印形成的红色印文色彩偏品或偏黄。经本CCD系统采集图像后,均能够分辨出上述偏色现象,且不同印泥成分并不影响印刷固有特征的识别与分辨效果,可见本系统对被扫描客体具有灵敏的色彩响应。与印章1相比,印章2和印章3的对照组与实验组之间的偏色程度更为严重,是由于快干印油与传统印泥成分不同所致。但无论使用何种盖印介质,偏色效果均不妨碍印刷固有痕迹的显现和识别。同理,印刷机具在复制指印的过程中亦通过施加不同比例的墨粉合成目标颜色,复制形成的指印总是无法与初次捺印的指印完全相同,因此指印检验实验组图像的色彩相较对照组图像的色彩偏暗,也是印刷复制导致的偏色效果。分析全部捺印指印与复制指印、全部印章的盖印印文与复制印文可知,实验组指印与实验组印文总是稳定出现点状印刷固有特征,且图像的偏色效果并不影响该点状痕迹的表达。真实捺印形成的指印与真实盖印形成的印文图像,不存在除所涉及的介质以外的其他任何色块斑痕;而使用印刷机具复制形成的指印与印文,其内部或周围有明显黄、品或青色点状痕迹,系印刷固有特征。

4.2　检验系统比较

本文CCD系统具有无需样品预处理、一键式操作、快速鉴定等优点,可通过挖掘笔痕特征、印刷机具复制特征等,实现普通书写文件与复制文件的认定,结合系统检验法[29]可进一步用于伪造、篡改文件的识别、判断[30],还可通过像素画色块和墨彩分层效果的辨别,将以往书画鉴定依赖主观经验的"看笔力、闻墨香"转化为可追溯的像素级指标,为书画的司法鉴定引入计量学依据,实现大幅面书画的原位无损鉴定。系统图像扫描控制模块所采用的直通光路控制方法降低了光学精密仪器的设计复杂度,避免了由此引发的光学畸变,图像采集精度高。一方面,其基于线阵图像传感器的扫描方法可以一次性完成大幅面全幅区域的图像采集,减少后期拼接处理步骤以及由此带来的图像几何畸变;另一方面,考虑到通用照明光源会对传统书画作品造成不可逆的光损害[31],如色彩褪去、纸张老化等。本研究在设备验证的环节中选择了黑箱式场地,有效避免了光线损害,阻断环境光干扰对成像的影响,保证图像色彩还原度和层次感。新型光源可将照射光对书画色彩和纸张的损害降到最低,是一种实时、原位、无损、非接触的书画鉴定手段。

此外,针对CCD系统中可能存在的噪声干扰问题,可通过制定严格的设备环境管理与人员操作规范,如供电稳定性、制冷要求、通电流程等,有效抑制电源与传输干扰噪声、暗电流噪声对图像品质的影响。在信号读取环节,模拟前端采用相关双采样技术,先后对每个像素采集"无曝光信号"和"有曝光信号"并取差,可有效消除CCD输出时叠加的大部分复位噪声和开关噪声(即读出噪声)。残余偏置噪声通过暗电流测量和偏移参数计算予以去除。在后续系统升级优化中,将考虑嵌入深度学习去噪,自动学习噪声特征并消除,以实现数据流级别的"自净化"。在涉及图像内容识别与超分辨率图像重建技术的相关研究中[32],该系统亦可以提升数据处理的效率和精度,为更多跨领域研究提供有力支持,如文化遗产数字化保护、医学影像分析等。

本文CCD系统与市面常见商品化扫描仪的详细参数对比列于表1。市面在售的常用扫描仪通常像元数有限,不足以获取高分辨率的图像,分辨率多见于300 dpi,如分辨率>600 dpi的文检仪价格高昂且扫描速度与扫描尺寸明显降低,仪器各项性能指标难以平衡,设备综合性能受到严重影响。一方面,在扫描较大幅面的图像时,需要多次扫描和图像拼接,这种采集方式效率低,增加了图像后处理

表1　新型高分辨率三线阵CCD系统与常见市售商用扫描仪对比

品牌	型号	最大扫描尺寸	扫描速度/s	分辨率/dpi	价格/万元
爱畴	is8000	59 cm×42 cm	0.3	600	68
爱图视	SupraScan Quartz A0HD	130 cm×98 cm	30[b]	600~1 000	198
芮彩	Rightcolor	152 cm×106 cm	42	1 200	88
爱畴	dragon	140 cm×130 cm	0.3	1 200	238
德国CRUSE	185ST-1100	150 cm×100 cm	660~720	200	210
WideTEK	36ART	152 cm×91 cm	42	300	130
本文系统	—	200 cm×400 cm[a]	30[b]	300~2 500	50

注:—指无数据;[a]指单次扫描覆盖面积;[b]指扫描分辨率为600 dpi的扫描速度。

的工作量,极易引入不必要的图像扭曲[33];另一方面,在扫描中,数据的采集必须与步进电机的运动匹配才能得到正确的图像纵横比,但通用工业相机扫描仪无法实现图像采集和电机运行的完美匹配,这从一定程度上降低了图像采集品质。通用工业相机价格昂贵、设备灵活性差,难以实现大规模市场化应用。与市面在售的商用扫描仪相比,该系统具有更高的几何精度、更好的色彩还原度、更快的采集运行速度。系统特殊的数据传输通讯接口设置保证了数据传输的实时性;控制模块芯片结合高像元数CCD图像传感器降低了大幅面图像扫描的难度;控制器的集成设计极大程度降低了仪器开发的复杂度、成本和周期;单次成型采集可排除一般成像系统造成的几何畸变。

本文CCD系统在保证色彩还原度与高分辨率图像品质的基础上,同时实现了超大采集幅面、更高运行速度和更低制造成本,其扫描样本的幅面长度在空间条件满足的情况下能尽可能延长拓展,可用于书画、壁画、拓片等大尺寸平面艺术品的数字保护和科技鉴定,“零接触”高清留存为文物和艺术品修复比对、数字孪生提供了高保真底片。高还原度的数据采集也有望将其应用于更广泛的文书鉴定场景,如基于卷积神经网络与Transformer分类模型的多模态人工智能融合算法将有助于高分辨率数据图像自动配准与印刷固有特征的自动识别,智能化鉴别文书与书画的复制件和原件,大幅提升文书物证鉴定的精度与效率。进一步融合区块链溯源或艺术品责任险,可有效抑制书画造假与套利行为,并量化文物鉴定标准。

未来,该设备有望纳入“文书物证数字化取证规范”与“书画光学检测规范”等标准的核心设备选项,为建立统一的文书物证与书画鉴定量化标准提供支撑。市面上常用的书画扫描仪仅能实现局部图像扫描,扫描宽度受到极大限制,本文CCD系统可单次成像采集整幅画作,这种从“拼图式扫描”到“全幅留真”的进步,不仅是成像尺寸的单纯放大,更是数据完整性、文物安全性、证据可信性与流程效率的大幅提升。系统产生的图像数据亦可为其他涉及图像鉴定领域研究的数字化发展提供优质源数据,如指纹比对、人像识别、车辆检测等,为提升人工智能算法的泛化能力奠定数据基础。另外,该系统的非接触式检测手段,使得珍贵文书和历史资料的鉴定工作变得更加安全可靠,对书画鉴定的无损检验有望将其应用于古代地图和设计图纸的精确测量,字画及壁画颜色信息的保存、记录和研究,艺术品及文物数据的永久归档等领域。如对于宋元手卷、十米长轴、通景山水等书画作品,以往均需分段取像后多通道拼接,使用本文设备则可实现原比例存档,直接生成亚毫米级基准图,一次性比对作品布局、章法、留白、题跋和用印位置等信息,判别“割裂式”的高仿拼接,维持作品叙事连贯性,后续修复、加固、装裱比对时可帮助自动量化变形差异,减少人为主观判断。

5 结束语

本研究围绕“实时、原位、无损、非接触、大幅面”鉴定需求,设计开发了新型高分辨率三线阵CCD系统,对手写笔迹与复制笔迹、捺印指印与复制指印、盖印印章印文与复制印章印文、书画原作与高精复制品均能够实现区分和认定。对手写与复制笔迹的墨线和白线差异,真实与复制指印及印文的印刷固有痕迹,原作与高精微喷复制书画的像素化色块、墨彩分层效果等关键特征均能实现高辨识度提取。结合文书鉴定的系统检验法原理,可直接应用于文书形成方式的认定及伪造、变造可疑文件的快速甄别。与市售扫描仪、文检装备等相比,该系统单次扫描可覆盖200 cm × 400 cm幅面,分辨率达2 500 dpi,无需多次拼接处理,避免了图像几何畸变与色差累积,系统机械结构的继续拓展还可实现更大幅面和更高扫描分辨率的调整;平均采集时间压缩了约87%,特殊的照明系统和零接触的工艺设计,显著降低了采集推扫对文物、证据原件的机械摩擦与光损害,兼顾采集效率与证据安全;将主观“目鉴”转换成像素级指标,令书画鉴定与人工智能算法、区块链技术、责任保险等的对接成为可能,自动化与定量化融合的研究方法将帮助司法鉴定行业构建可信度更高的数据链。该设备不仅能够服务于书画鉴定和司法文书物证检验,还可拓展至文化遗产数字保护、艺术品流通与风控、大数据与人工智能训练等场景的应用中,为书画长卷、壁画、拓片等大尺寸艺术品提供亚毫米级的数字母版,支撑其后续修复与数字孪生,同时提升艺术品拍卖、质押融资、跨境交流等环节的市场透明度。高还原度的高分辨图像还可作为指纹自动化比对、

人像识别、视频侦查等多模态数据集的标注基准，提升算法鲁棒性。此外，该系统对数字化档案管理、云计算的原始数据采集也具有一定的潜在应用价值，在其他涉及图像内容识别和超分辨率图像重建技术的研究中亦具有一定的应用前景。

本文将文书和书画鉴定从“经验导向”升级成为“数据驱动”，在司法公正、文物保护和艺术市场治理三大领域间构建起可信赖的技术桥梁。随着算法协同、模块化光谱扩展和国际采集标准的逐步完善，系统有望在“一带一路”艺术品交流和跨境司法委托中，创新地提供一种通用化的艺术品采集标准，助力中国书画鉴定确立全球话语权。

参 考 文 献

[1] 司法部公共法律服务管理局. 2022年度全国司法鉴定工作统计分析报告[J].中国司法鉴定，2024(1)：107-110.

[2] 魏松，刘烁，陈维娜，等.偏振光显微镜判断激光打印文件朱墨时序实验初探[J].中国司法鉴定，2018(4)：60-63.

[3] 王跃，杨勇，黄超晨，等.不同参数设置下直线型写字机器人笔迹特征[J].中国刑警学院学报，2024(1)：111-118.

[4] 张娇娇，宋绍富，焦龙.无损检测技术在纸张检测应用中的研究进展[J].造纸科学与技术，2022，41(5)：4-12.

[5] 杨旭，施少陪，徐彻，等.荧光检验法在朱墨时序鉴定中的应用研究[J].中国司法鉴定，2014(5)：52-58.

[6] 王霄，刘蕾，陈彭波，等.拉曼光谱在文件检验中的应用及进展[J].中国司法鉴定，2024(4)：29-39.

[7] 詹绍旭，张强，吕鹏雪，等.质谱技术在文书鉴定中的应用研究进展[J].化学研究与应用，2022，34(7)：1457-1466.

[8] 袁友方，吴海，朱旭峰，等.多技术联用检验书画印泥[J].云南警官学院学报，2017(6)：111-115.

[9] 邓绍秋，杨安，李淑文，等.利用真签名伪造文书的识别与检验[J].中国司法鉴定，2014(1)：59-62.

[10] 赵麒麟.论艺术品司法鉴定体系建立的必要性[J].法制与社会，2009(7)：322-323.

[11] 谢稚柳.中国书画鉴定[M].上海：东方出版中心，1998：102-183.

[12] 张岩.论文件检验与书画鉴定的技术对接[J].中国刑警学院学报，2005(1)：46-48.

[13] 刘畅，李晓岑，王珊，等.纤维种类与纸龄相关性研究[J].中国造纸，2013，32(8)：63-68.

[14] 谷岸，沈伟.近红外光谱结合化学计量学无损鉴定书画印泥研究[J].文物保护与考古科学，2013，25(2)：59-64.

[15] 薛永年.20世纪古书画鉴定名家方法论[J].故宫博物院院刊，2002(4)：1-7.

[16] 魏飞.美术作品鉴定的法律规制[J].公民与法(法学)，2011(4)：46-48.

[17] 成凡.法律认知和法律原则：情感、效率与公平[J].交大法学，2020(1)：10-28.

[18] 康臻，刘建平，孙帅，等.高分辨率光谱仪线阵CCD采集系统设计[J].应用光学，2022，43(5)：864-869.

[19] 王煜，陆亦怀，赵欣，等.星载差分吸收光谱仪CCD成像电路的设计及实施[J].激光与红外，2015，45(6)：663-668.

[20] 吕世良.星载三线阵CCD立体测绘相机调焦技术研究[D].长春：中国科学院研究生院(长春光学精密机械与物理研究所)，2013.

[21] 秦晔.笔迹可视化处理的技术路径及其应用[J].中国刑警学院学报，2022(1)：113-120.

[22] 涂舜.电子签名笔迹与普通签名笔迹的笔迹特征比较分析[J].中国刑警学院学报，2019(4)：89-95.

[23] 周青，梁静.中性笔笔痕特征的实证分析[J].四川警察学院学报，2015，27(2)：58-63.

[24] 陈晓红.司法笔迹鉴定[M].北京：科学出版社，2018：43.

[25] 徐立新.水墨撞色和接染法在中国画创作中的运用研究[J].文化月刊，2023(1)：189-191.

[26] 刘奕，徐辉.积墨法的运用：以龚贤《千岩万壑图》为例[J].美与时代(中)，2024(4)：61-63.

[27] 谢俭华.高清仿制书画文物在博物馆展陈中的应用[J].湖南省博物馆馆刊，2018(增刊)：611-615.

[28] 王相臣.签字笔笔痕同一认定充分条件的分析[J].中国司法鉴定，2010(1)：65-67.

[29] 李彪.系统鉴定法检验可疑文件真伪1例[J].刑事技术，2009(3)：70-71.

[30] 王欢欢，杨谷旸.浅析现代科技在纸质书画鉴定中的应用[J].文物鉴定与鉴赏，2022(12)：134-137.

[31] WEI Z H，FENG Z C，TAN H J. Key to the conservation of calligraphy and painting relics in collection：proposing a lighting damage evaluation method [J]. Heritage Science，2023，11(1)：24-36.

[32] 肖泽宇，熊志伟，王立志，等.基于深度学习的光场图像重建与增强综述(特邀)[J].激光与光电子学进展，2024，61(16)：214-232.

[33] 张吉福.文本扫描图像折痕检测与扭曲去除[D].长沙：湖南大学，2017.

(责任编辑：王　媛)