

文章编号:1005-1538(2025)05-0124-07

DOI: 10.16334/j.cnki.cn31-1652/k.20240703303

· 工作简报 ·

陕西西安东姜墓地出土墨锭的科技分析与工艺研究

张 蓓^{1,2,3}, 夏培朝^{1,2}, 崔梦鹤^{1,2,3}, 付增祺⁴

[1. 陕西省考古研究院, 陕西西安 710109;

2. 考古发掘现场文物保护国家文物局重点科研基地(陕西省考古研究院), 陕西西安 710109;

3. 陕西省考古现场文物保护重点实验室(陕西省考古研究院), 陕西西安 710109;

4. 西北大学丝绸之路考古合作研究中心, 陕西西安 710127]

摘要: 东姜墓地 M10 东汉墓出土了一枚造型独特的墨锭, 在同时期墓葬中罕有发现, 具有重要研究价值。为明确其材质, 使用超景深显微镜、场发射扫描电子显微镜、傅里叶变换红外光谱仪、热裂解气相色谱-质谱仪等对其进行科学分析, 并将其与现代油烟墨及松烟墨进行对比。根据结果, 该墨锭显微形貌与松烟墨接近, 红外光谱显示其有芳香环骨架 C=C 键的伸缩振动吸收峰, 热裂解气相色谱-质谱显示样品中含有一系列多环芳烃和松木类物质燃烧所产生的特征化合物(萜烯、脱氢枞酸甲酯)——证实该墨锭为松烟墨。通过观察分析, 推测墨锭应为手工捏制, 其造型与同时期文物中的“蒜头”和“花朵”形状较为接近。

关键词: 东姜墓地; 松烟墨; 科技分析; 造型

中图分类号: K876.9; TS951.21 **文献标识码:** A

0 引言

东姜墓地位于陕西省西安市雁塔区杜城街道东姜村西北, 2022 年陕西省考古研究院在此处发掘墓葬 15 座, 包含战国秦墓、汉墓、唐墓和明清墓。其中 M10 为东汉砖室墓, 根据形制推测为下级官吏墓, 因遭到盗掘, 墓室内仅存少量陶器、铜钱和一枚墨锭。墨锭通高 3.1 cm, 直径 3.3 cm, 重 16.7 g, 整体呈不规则圆柱状, 由数条纵沟分割成多瓣状, 质地乌黑细腻, 油润有光泽, 部分残缺, 可见少量龟裂纹, 未见研磨使用痕迹(图 1), 现存于陕西省考古研究院。

墨是我国古代最重要的书画工具之一, 传统制墨工艺也具有悠久的历史。在殷墟出土的甲骨上即发现有墨书文字, 两周、秦汉时期的书简也多为墨书书写^[1]。古墨实物, 目前最早的出土于战国墓中, 在秦汉时期墓葬中也偶有发现, 多见于唐宋时期墓葬中。东汉是古墨形制变化的重要时期, 其间墨由

不规则的墨块逐渐转变为手执研磨的墨锭^[2]。然而, 目前出土的东汉时期墨锭数量较少, 相关研究更是鲜见。东姜墓地 M10 出土的这枚墨锭为东汉时期墨锭的研究提供了重要实物资料。本研究应用超景深显微镜、扫描电子显微镜、傅里叶变换红外光谱仪和热裂解气相色谱-质谱仪观察、分析墨锭的形貌特征和化学成分, 从而对墨锭的材质、制作工艺等进行初步研究, 并对墨锭的造型进行讨论。



图 1 东姜墓地出土墨锭

Fig. 1 Ink ingot unearthed from the Dongjiang cemetery

收稿日期: 2024-07-14; 修回日期: 2024-11-03

基金项目: 国家重点研发计划项目(2022YFF0903800)资助

作者简介: 张 蓓(1990—), 女, 2016 年硕士毕业于陕西科技大学有机化学专业, 馆员, 研究方向为金属、有机质类文物保护, E-mail: 277452935@qq.com

1 试验部分

1.1 样品

样品 a 和 b 分别为安徽省黄山市屯溪胡开文墨厂生产的油烟墨和松烟墨,样品 c 为东姜墓地出土墨锭脱落残渣。

1.2 方法与仪器

1) 光学显微镜观察(OM)。使用德国蔡司 ZOOM-5 超景深显微镜。将文物水平置于载物台,40 倍下观察。

2) 扫描电子显微镜观察(SEM)。使用德国蔡司 Sigma 500 场发射扫描电子显微镜。将样品粉末固定于导电胶上,喷金后观察显微形貌,加速电压为 15 kV,放大倍率 30 000 倍。

3) 傅里叶变换红外光谱分析(FTIR)使用德国布鲁克 Tensor 27 傅里叶变换红外光谱仪。样品约 1 mg,使用玛瑙研钵研磨后,溴化钾压片,透射法测试。分辨率 4 cm^{-1} ,测量范围 $4\ 000\sim400\text{ cm}^{-1}$,扫描信号累加 64 次。

4) 热裂解气相色谱-质谱分析(Py-GC/MS)。使用日本 Frontier Lab PY-3030D 热裂解仪和岛

津 GC/MS-QP2010 Ultra 气相色谱-质谱仪,色谱柱型号为 DB-5MS UI (Agilent J&W)。样品用量 0.1 mg。仪器参数:裂解温度 600°C ,裂解时间 12 s,注射器温度 280°C ,注射器和色谱仪的连接接口温度 300°C 。色谱柱的初始温度为 50°C ,保持 5 min,然后以 $5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 的速率升至 300°C 保持 10 min。气相色谱-质谱仪的载气为高纯氦气,进气压力为 100 kPa,分流比为 1:10。电子压力控制系统采用恒流模式,质谱仪采用 EI 电离,电离能为 70 eV,质荷比的扫描范围为 35~750,循环时间为 0.5 s。鉴定化合物的质谱库为 NIST14、NIST14s。

2 结果

2.1 超景深显微镜观察

通过超景深显微镜对东姜墓地出土墨锭表面形貌进行观察后发现:墨锭质地细腻光滑,表面残留土垢上有清晰的平纹纺织品印痕,另有少量铜锈,推测墨锭原来应放置于绢类织物上,与铜器相邻;墨锭的分瓣之间和中心出现明显的开裂,部分位置表面出现龟裂,这可能是在长期埋藏过程中有机质大量流失造成墨体黏合力下降而出现的劣化(图 2)。

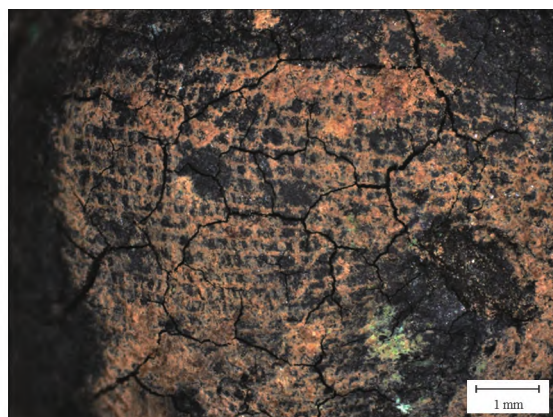
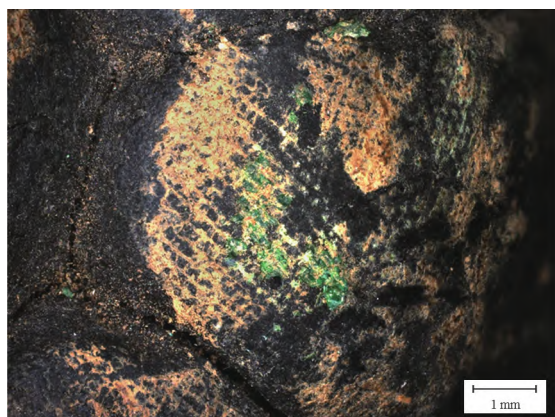


图 2 东姜墓地出土墨锭表面形貌

Fig. 2 Surface morphology of the ink ingot unearthed from the Dongjiang cemetery

2.2 扫描电子显微镜观察

通过扫描电子显微镜对现代松烟墨、现代油烟墨和东姜墓地出土墨锭样品进行显微形貌观察,其显微照片分别如图 3a~图 3c 所示。通过观察发现:现代油烟墨较为致密,颗粒呈片层状堆积,颗粒较小且均一性高,颗粒轮廓不够清晰,粒径约 50 nm;现代松烟墨孔隙较多,颗粒呈较规则的椭球形,轮廓清晰,颗粒大小不均匀,粒径分布于 50~300 nm;出土墨锭样品颗粒较为松散,有明显的孔隙,颗粒轮廓清晰呈球形,存在颗粒大小不均匀现

象,粒径约 200 nm。

对比发现,东姜墓地出土墨锭样品与现代松烟墨较为接近,都表现为多孔隙、形状规则、轮廓清晰,存在颗粒大小不均匀现象——与现代油烟墨相比则差异较大。根据张宏斌等^[3]对松烟和油烟颗粒的观察,油烟和松烟颗粒的形状都大致为球形,油烟颗粒比松烟颗粒分布更均匀、粒径更小,松烟中的颗粒直径多分布于 50~100 nm 和 200~300 nm 两个范围内,而油烟的颗粒主要分布于 50 nm 左右。因此,初步判断东姜墓地出土墨锭为松烟墨。

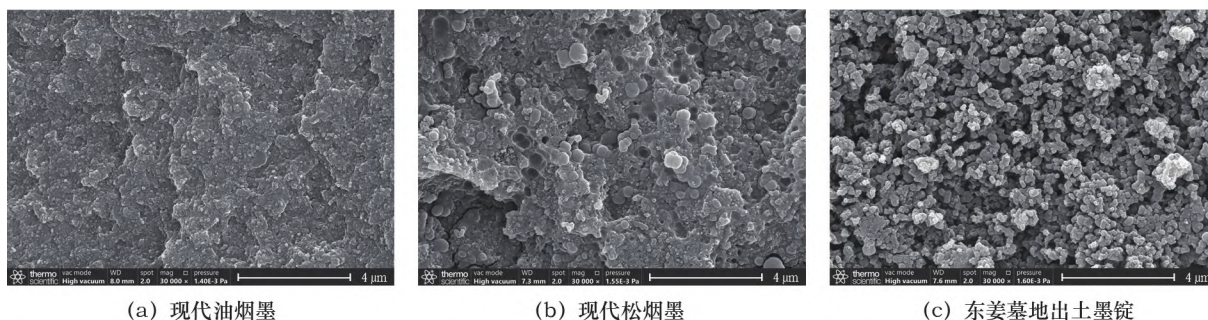


图3 样品的扫描电子显微镜照片

Fig.3 SEM images of the ink samples

2.3 红外光谱分析

东姜墓地出土墨锭的红外光谱图(图4)显示,在 $1\,573\text{ cm}^{-1}$ 处有吸收峰,是芳香环骨架中 $\text{C}=\text{C}$ 键的伸缩振动吸收——应为多环芳烃烟盒物质的主要吸收峰。现代油烟墨和松烟墨样品在 $1\,440\text{ cm}^{-1}$ 有 $\text{C}-\text{N}$ 的伸缩振动峰, $1\,530\text{ cm}^{-1}$ 左右是 $\text{N}-\text{H}$ 的弯曲振动峰, $1\,635\text{ cm}^{-1}$ 附近是 $\text{C}=\text{O}$ 的伸缩振动峰。这些特征吸收峰为蛋白质酰胺基 $[-\text{N}(\text{H})-\text{C}=\text{O}-]$ 的特征谱带,说明两个现代墨锭样品中均含有动物胶类黏合剂,而东姜墓地出土墨锭样品未检测出蛋白质相关官能团的红外吸收峰。此外,出土墨锭在 752 cm^{-1} 处有中小强度的吸收峰,可能为长链烷烃上 $-\text{CH}_2-$ 的面内摇摆振动; $1\,380\text{ cm}^{-1}$ 处的吸收峰为 $\text{C}-\text{H}$ 的弯曲振动,推测为墨锭老化过程中部分长链化合物断链或双键、三键断裂形成 $-\text{CH}_3$ 。现代墨锭在 $3\,420\text{ cm}^{-1}$ 区域的吸收峰应为墨表面化学吸附水的 $\text{O}-\text{H}$ 伸缩振动,而出土墨锭相对干燥,在此处无吸收峰。

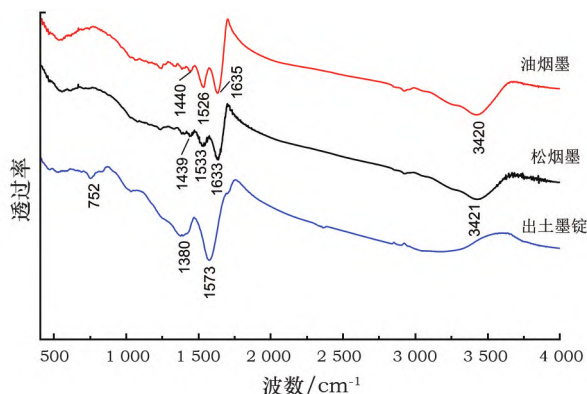


图4 样品的红外光谱图

Fig.4 FTIR spectra of the ink samples

2.4 热裂解气相色谱-质谱分析

经过热裂解气相色谱-质谱分析,发现东姜墓地出土墨锭样品中含有一系列PAHs多环芳烃:联苯(S1)、蒽(S2)、荧蒽(S3)、芘(S4)、苯并菲(S5)、

苯并荧蒽(S6)等;另外,在样品中还检测到松木类物质燃烧所产生的特征化合物萜烯和脱氢枞酸甲酯(图5和表1)。根据魏书亚等^[4]的研究结果,PAHs中苯并[k]荧蒽的质量分数可以作为墨类别的一个判断标准,松烟墨中苯并[k]荧蒽的质量分数通常超过20%。应用选择离子模式检测墨锭中PAHs(图6),其中苯并[k]荧蒽(S6)的质量分数为66.45%(表2),进一步验证了该墨为松烟墨。此外,在墨样中未检测出胶结物相关的特征化合物,结果与红外光谱分析的一致。

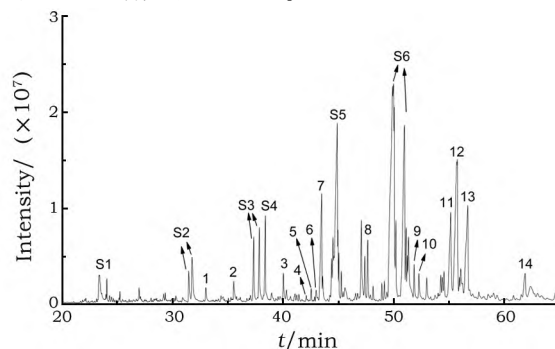


图5 东姜墓地出土墨锭的总离子色谱图

Fig.5 Total ion chromatogram of the ink ingot unearthed from the Dongjiang cemetery

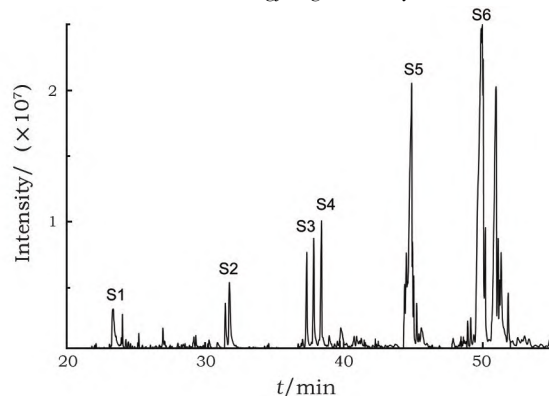


图6 东姜墓地出土墨锭的选择离子图

Fig.6 Selected ion chromatogram of the ink ingot unearthed from the Dongjiang cemetery

表 1 东姜墓地出土墨锭主要成分

Table 1 Pyrolysis compounds of the ink ingot unearthed from the Dongjiang cemetery

序号	保留时间/min	峰面积/%	化合物
S1	23.39	1.58	联苯
S2	31.47	0.86	蒽
S2	31.76	1.72	蒽
1	33.01	0.36	9-乙烯基蒽
2	35.53	0.68	2-苯基萘
S3	37.34	1.81	荧蒽
S3	37.85	2.14	荧蒽
S4	38.40	2.19	苊
3	40.03	0.82	苊烯
4	42.09	0.10	脱氢枞酸甲酯
5	42.53	0.24	9-(苯基亚甲基)-9H-芴
6	42.98	0.26	7H-苯并[de]蒽-7-酮
7	43.49	4.87	苯并[ghi]荧蒽
S5	44.89	11.11	苯并菲
8	47.65	1.71	9-苯基-蒽
S6	49.89	29.07	苯并[k]荧蒽
S6	50.97	13.24	苯并[k]荧蒽
9	51.85	0.89	苊
10	52.29	0.85	苊
11	55.16	5.26	茚并[1,2,3-cd]苊
12	55.71	11.85	茚并[1,2,3-cd]苊
13	56.70	6.90	苯并[ghi]苊
14	61.88	1.47	二苯并(a,i)苊

表 2 东姜墓地出土墨锭主要多环芳烃的质量分数

Table 2 Mass fractions of the main PAHs in the ink ingot unearthed from the Dongjiang cemetery (%)

多环芳烃序号	质量分数
S1	2.48
S2	4.04
S3	6.19
S4	3.43
S5	17.41
S6	66.45

3 相关讨论

3.1 东姜墓地出土墨锭的制作工艺

根据形貌特征和化学成分,判断东姜墓地出土墨锭为松烟墨,即以松枝经不完全燃烧获得的烟炱为主要原料制成。秦汉时期是手工制墨的初始发展时期,墨逐渐由石墨转为松烟墨,由松枝烟炱辅以胶料和香料,充分混合捶打制成。迄今所见最早的墨块出土于湖北云梦睡虎地秦墓^[5];江陵九店战国晚

期墓葬中也有墨块出土,经检测为松烟墨,且含有樟脑和雪松油等添加剂^[6]。在江陵凤凰山西汉墓^[7]、广州西汉南越王墓^[8]都有小型墨块和墨丸出土;南昌西汉海昏侯墓中出土的墨块经检测也为松烟墨,且检测出动物胶料成分^[9]。至东汉时期,制墨工艺继续发展,墨丸、墨块改进为可直接手执研磨的墨锭;广州东汉墓曾出土条状墨锭^[10];河南陕县刘家渠东汉墓中出土了圆柱状墨锭^[11]。东姜墓地出土墨锭未检测出胶料成分,推测可能为埋藏过程中胶料降解老化流失导致,其表面出现的开裂与龟裂纹,以及扫描电子显微镜下观察到的松散结构也可以佐证墨锭本体黏结力的下降。

东汉时期,模制墨兴起,墨逐渐由手工捏制改为模具压制,此时期的墨也有了形制和规格之分。宁夏固原东汉墓出土墨锭形似松塔、纹路清晰,被认为是模具所制^[12]。观察东姜墓地出土墨锭,造型独特、纹路分明,但究其细节,各墨瓣及墨瓣与中心之间有明显的拼缝,每瓣的形状、宽度并不相同,墨锭底部可清楚观察到其墨瓣和中心部分应是分别制作

后组合而成的(图7)。而模制墨则应是一体制成,且纹路规整统一,因此推测东姜墓地出土墨锭应为手工捏制。目前所见墨锭多呈条、棒状,方便研磨使用。而此枚墨锭形状特殊,不便长时间手执研磨,且未见使用痕迹,推测可能为墓主人生前赏玩收藏之物。据东汉应邵所撰《汉官仪》中记载,“尚书令、仆丞郎,月赐谿麋大墨一枚、小墨一枚”^[13]。谿麋即今陕西千阳县,是汉代的制墨中心,此墨出土地与谿麋相距不远,亦有可能是谿麋之墨。



图7 东姜墓地出土墨锭底部

Fig. 7 Bottom of the ink ingot unearthed from the Dongjiang cemetery

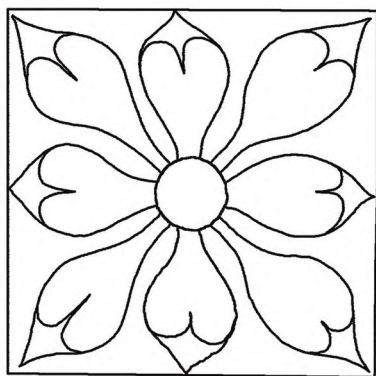
3.2 东姜墓地出土墨锭的造型分析

东姜墓地出土墨锭呈多瓣圆柱状,中心有一圆形凸起,由此向四周分瓣,墨瓣微鼓。墨锭部分残缺,仅残留七瓣,根据残缺位置相邻部位的墨瓣大小,推测其原应有八瓣。而早期墨锭多呈简约的长

方形或圆柱形,便于手执研磨。东姜墓地出土墨锭造型独特,为同时期墓葬中首次发现。对其外形进行观察,结合此时期历史背景,推测其造型更接近“蒜头”和“花朵”形。

大蒜原产于亚洲西部或欧洲^[14],一般认为是西汉时期由张骞出使西域后带回中原汉地的。据东汉王逸在《正部论》中记载,“张骞周流断城,始得大蒜、葡萄、苜蓿”^[15]。大蒜呈多重瓣状,代表着子孙繁多的形象,在古代有着人丁兴旺的美好寓意。两汉时期出土的青铜壶和陶壶,颈口常见形似大蒜的圆鼓状装饰,多分瓣为六瓣、七瓣、八瓣,后世称为蒜头壶。东姜墓地出土墨锭与蒜头壶颈口的多瓣圆鼓状造型相近,均形似蒜瓣轮生于花茎,亦有可能借鉴了蒜头壶的造型。

汉代是植物纹样发展的重要时期,花形纹饰是其中重要组成之一,以多瓣状的形态最为多见,如莲花纹、柿蒂纹等;莲花纹多体现在宫室或墓室建筑装饰上,如莲花藻井图像,中心为圆形,花瓣分散四周;柿蒂纹多见于铜镜、器皿盖、伞盖、帛画之上,呈中心对称的多瓣状,以四瓣居多,也有五瓣、六瓣、八瓣等。以“秦砖汉瓦”闻名的汉代瓦当,也多见植物纹样和几何纹样,大部分瓦当中心部位为一凸出圆钮,图案呈圆形环绕中心分布,其中葵纹和云纹瓦当的图案均呈现出以圆形当心为中心、卷曲纹均匀围绕分布的形态,以八瓣最为常见。此枚墨锭虽为立体形状,但俯视如八瓣花朵,四周分散花瓣呈中心对称,与莲花纹、柿蒂纹、云纹等花形纹样非常相似(图8)。



(a) 山东沂南画像石墓藻井图案^[16]



(b) 东姜墓地出土墨锭俯视图

图8 墨锭与莲花藻井对比图

Fig. 8 Comparison between the ink ingot and a lotus algae ceiling

“蒜头”和“花朵”形状的推测是以汉代文物的主流造型或纹饰为依据,结合相近的实物进行对比,

如固原西郊东汉墓出土的松塔形墨锭,其形状也是因形似松塔而进行的推断;同理,这枚墨锭仅依据形

状进行推测也有可能是甜瓜一类相似的实物。但是鉴于此时期墨锭的出土量较少,关于墨锭的形状难作定论。以蒜头壶为例,最早出现于秦代,早于大蒜进入中原时间,后世依据其造型接近“大蒜”而命名,但两者是相悖的。更多的学者认为“蒜头”这类多瓣状造型来自域外,如:刘庆柱、白云翔认为蒜头壶是由草原传入的^[17];于秋伟认为蒜头壶造型源自佛教的莲花^[18];任雪莉则认为其来自西方艺术的典型纹饰“裂瓣纹”^[19]。同理,该枚墨锭的造型,若不作具象讨论,亦有可能是“裂瓣纹”一类文化交流下的产物。

4 结 论

应用超景深显微镜、扫描电子显微镜、傅里叶变换红外光谱仪和热裂解气相色谱-质谱仪对东姜墓地 M10 东汉墓出土墨锭的形貌特征和化学成分等信息进行观察和分析,并将数据与现代油烟墨和松烟墨进行对比研究。研究结果表明东姜墓地出土墨锭显微形貌与化学成分均符合松烟墨特征,其中未检测出胶结物,推测为文物老化导致。通过观察墨锭的外部细节特征,判断该墨锭为手工捏制。墨锭的造型与同时期的蒜头与花卉纹样较为接近。东汉是制墨工艺快速发展的时期,但囿于实物鲜少出土,缺乏相关研究,故此枚墨锭对于研究东汉制墨历史与工艺具有重要意义。

参考文献:

- [1] 王志高,邵磊. 试论我国古代墨的形制及其相关问题[J]. 东南文化,1993(2):78-84.
WANG Z G, SHAO L. Research on the shape of Chinese ancient ink and its related problems[J]. Southeast Culture,1993(2):78-84.
- [2] 王伟. 中国传统制墨工艺研究——以松烟墨、油烟墨工艺发展研究为例[D]. 合肥:中国科学技术大学,2010.
WANG W. Research on traditional Chinese techniques for ink stick production: taking the development of pine-soot ink and oil-soot ink craft as an example[D]. Hefei: University of Science and Technology of China,2010.
- [3] 张宏斌,余辉,唐颐,等. 松烟和油烟的表面化学性质研究[J]. 文物保护与考古科学,2018,30(1):91-99.
ZHANG H B, YU H, TANG Y, et al. Characterization of pinewood soot and lamp soot in surface chemistry[J]. Sciences of Conservation and Archaeology,2018,30(1):91-99.
- [4] WEI S Y, FANG X Y, CAO X J, et al. Characterization of the materials used in Chinese ink sticks by pyrolysis-gas chromatography-mass spectrometry[J]. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 2011,91:147-153.
- [5] 孝感地区第二期亦工亦农文物考古训练班. 湖北云梦睡虎地十一座秦墓发掘简报[J]. 文物,1976(9):51-62,108-109.
Training Class of Archaeology in Xiaogan. Archaeological report of Tomb No. 11 at Shuihudi, Yunmeng, Hubei[J]. Cultural Relics, 1976(9):51-62,108-109.
- [6] 姚娜,陈子繁,赵雄,等. 湖北江陵九店战国墓出土墨的科学分析[J]. 光谱学与光谱分析,2021,41(11):3418-3423.
YAO N, CHEN Z F, ZHAO X, et al. Scientific research on Warring States ink unearthed from Jiangling Jiudian Tomb in Hubei Province[J]. Spectroscopy and Spectral Analysis,2021,41(11):3418-3423.
- [7] 陈振裕. 江陵凤凰山一六八号汉墓[J]. 考古学报,1993(4):455-513,551-566.
CHEN Z Y. Tomb 168 of the Han period at Fenghuangshan, Jiangling[J]. Acta Archaeologica Sinica, 1993(4):455-513,551-566.
- [8] 广州市文物管理委员会,中国社会科学院考古研究所,广东省博物馆. 西汉南越王墓:上[M]. 北京:文物出版社,1991:142.
CPAM of Guangzhou, CASS. Institute of Archaeology, Museum of Guangdong Province. Nanyue King's Tomb of the Western Han: Volume I [M]. Beijing: Cultural Relics Press,1991:142.
- [9] 管理,任萌,徐长青,等. 南昌西汉海昏侯墓出土古墨的科技分析[J]. 南方文物,2018(2):131-134.
GUAN L, REN M, XU C Q, et al. Scientific and technological analysis on the ancient ink unearthed in the tomb of Haihunhou in the Western Han Dynasty, Nanchang [J]. Cultural Relics in Southern China,2018(2):131-134.
- [10] 广州市文物管理委员会,广州市博物馆. 广州汉墓:上[M]. 北京:文物出版社,1981:453.
CPAM of Guangzhou, Guangzhou Museum. Han tombs in Guangzhou: Volume I [M]. Beijing: Cultural Relics Press, 1981:453.
- [11] 叶小燕. 河南陕县刘家渠汉墓[J]. 考古学报,1965(1):107-168,182-207,217-219.
YE X Y. Han tombs at Liujiacqu, Shanxian County, Henan Province[J]. Acta Archaeologica Sinica,1965(1):107-168,182-207,217-219.
- [12] 张旭. 中国传统制墨技术的自然哲学考察——基于先秦道家的自然哲学思想[D]. 北京:北京化工大学,2019.
ZHANG X. A natural philosophy study of Chinese traditional ink-making technology: based on the natural philosophy thoughts of pre-Qin Taoist school [D]. Beijing: Beijing University of Chemical Technology,2019.
- [13] 孙星衍. 汉官六种[M]. 北京:中华书局,1990:116.
SUN X Y. Six treatises on Han Dynasty officials[M]. Beijing: Zhonghua Book Company,1990:116.
- [14] 中国科学院中国植物志编辑委员会. 中国植物志:第14卷[M]. 北京:科学出版社,1980:268.
CAS. Editorial Committee of Flora of China. Flora of China: Volume 14[M]. Beijing: Science Press,1980:268.
- [15] 李昉. 太平御览[M]. 北京:中华书局,1985:3453.
LI F. Taiping Imperial Encyclopedia [M]. Beijing: Zhonghua Book Company,1985:3453.

- [16] 蒋宝庚,黎忠义. 山东沂南汉书画像石墓[J]. 文物参考资料, 1954(8):35-68.
JIANG B G, LI Z Y. Han Dynasty stone tomb in Yinan, Shandong Province[J]. Cultural Relics Reference Materials, 1954(8):35-68.
- [17] 中国社会科学院考古研究所. 中国考古学:秦汉卷[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2010:110-120.
CASS. Institute of Archaeology. Chinese archaeology: volume of Qin and Han[M]. Beijing: China Social Sciences Press, 2010: 110-120.
- [18] 朱正昌,杨波,李大营. 青铜器[M]. 济南:山东友谊出版社, 2002:311.
ZHU Z C, YANG B, LI D Y. Bronze ware[M]. Jinan: Shandong Friendship Publishing House, 2002:311.
- [19] 任雪莉,史雯. 从蒜头壶看中西文化的交流[J]. 湖南省博物馆馆刊, 2019(1):323-328.
REN X L, SHI W. Cultural exchange between China and the West as seen from garlic-head-shaped pots[J]. Hunan Museum, 2019(1):323-328.

Study of an ink ingot unearthed from the Dongjiang cemetery in Xi'an, Shaanxi Province

ZHANG Bei^{1,2,3}, XIA Peichao^{1,2}, CUI Menghe^{1,2,3}, FU Zengqi⁴

[1. Shaanxi Academy of Archaeology, Xi'an 710109, China;

2. Key Scientific Research Base of On-site Conservation (Shaanxi Academy of Archaeology),
National Cultural Heritage Administration, Xi'an 710109, China;

3. Shaanxi Provincial Key Laboratory of Archaeological Conservation (Shaanxi Academy of Archaeology), Xi'an 710109, China;

4. Collaborative Research Centre for Archaeology of the Silk Roads, Northwest University, Xi'an 710127, China]

Abstract: A uniquely shaped ink ingot was unearthed from Tomb M10 of the Eastern Han Dynasty in the Dongjiang cemetery. Such cultural relics are rarely found in tombs of the same period and therefore it holds important research value. To determine its material, ultra depth-of-field microscopy, field emission scanning electron microscopy, Fourier transform infrared spectrometry, and pyrolysis gas chromatography-mass spectrometry were employed, and the results were compared with modern oil-soot ink and pine-soot ink. The findings show that the micro-appearance of the sample closely resembled that of pine-soot ink. Its FTIR spectrum showed the telescopic vibration absorption peak of the C=C bond in the aromatic ring skeleton, while its ion chromatogram revealed a series of polycyclic aromatic hydrocarbons and pyrolysis compounds characteristic of pine wood, such as retene and methyl dehydroabietate. These results confirm that the material was pine soot ink. Further observation and analysis suggest that the ink ingot was hand-molded, with a form resembled those of "garlic" and "flower" from cultural relics of the same period.

Key words: Dongjiang cemetery; Pine-soot ink; Scientific analysis; Form

(责任编辑 张存祖;校对 马江丽)