

# 陕西战国秦墓出土玻璃和汉紫六博棋子分析研究

黄晓娟<sup>1,2</sup>, 严静<sup>1</sup>, 张扬力争<sup>1</sup>, 王丽琴<sup>2\*</sup>, 许卫红<sup>1</sup>

1. 陕西省考古研究院(陕西考古博物馆)/考古发掘现场文物保护国家文物局重点科研基地/  
陕西省考古现场文物保护重点实验室, 陕西 西安 710054
2. 西北大学文化遗产学院, 陕西 西安 710127

**摘要** 利用超景深显微镜(OM)、激光拉曼光谱仪(Raman)、X射线荧光光谱仪(XRF)、扫描电子显微镜能谱(SEM-EDS)、色度计等多种手段,对陕西战国秦墓出土的两种质地、颜色不同的六博棋子进行了综合分析检测。鉴定出蓝色样品为铅钡玻璃,紫色样品为中国紫制品,发现了中国紫在战国时期的新用途。并对比陕西出土的铅钡玻璃制品与两湖、四川地区出土的同时代的铅钡玻璃制品在成分组成上的差异,推测战国时期铅钡玻璃的制作工艺已成熟,可根据器物形制的需求进行不同的成分配比。同时,还发现当时的玻璃制作已有旧料重熔制作新器的现象。在确定中国紫成分的基础上,利用色度计进行色度测试,根据光谱数据,首次为人造硅酸铜钡颜料确定了特征光谱峰,使快速、无损的对人造硅酸铜钡颜料的鉴定识别成为可能。

**关键词** 战国;六博棋子;铅钡玻璃;中国紫

**中图分类号**: K876.5 **文献标识码**: A **DOI**: 10.3964/j.issn.1000-0593(2022)10-3187-06

## 引言

西咸新区秦汉新城坡刘村地处渭河北岸二级台地的北塬,北距司家庄秦陵约2.5 km,西北距汉哀帝义陵约1.2 km,东约8 km处为秦咸阳城宫殿区,是秦咸阳城遗址内一处重要的墓葬区。2017年冬,陕西省考古研究院为配合银西高铁建设在此发掘了一批古墓葬,其中M2、M3未经盗扰,位置相邻,形制、葬仪、出土物相似,属于一组并穴合葬墓<sup>[1]</sup>。两座墓葬的墓道填土与墓室内共出土遗物155件(组),质地包括陶、银、铜、铁、铅、玉石、牙、料器、漆木器等,器类包括日用器、礼器、兵器、装饰品、工具。M2出土蓝色和紫色的六博棋子1组21件(见图1),编号为M2:33-1~21。长方体,大小基本一致,截面为正方形,截面边长1.7 cm,长方体长边长为2.6 cm。从外观观察10件为玻璃质,表面覆盖白色钙化结垢,部分可见透出蓝色的料器原色,另11件紫色样品,表面有风化层,可能为中国紫制品。

## 1 实验部分

### 1.1 样品

选取秦汉新城坡刘村战国秦墓出土的21件六博棋子中风化程度较轻的9件器物(见图1),其中4件基体呈蓝色,样品表面大部分有风化产物覆盖(编号分别为PLM2-1, PLM2-4, PLM2-5, PLM2-6),并可见圆形或不规则形状的小块玻璃残块夹杂,残块的颜色从浅绿到深绿不等,与整个器物的颜色有明显差别;另外5件为紫色,表面有土黄色风化产物附着(编号分别为PLM2-12, PLM2-14, PLM2-15, PLM2-20, PLM2-21)。

### 1.2 仪器和方法

超景深显微镜(OM): ZEISS Smartzoom 5,分辨率为1  $\mu\text{m}$ , 420万像素,放大倍率34~1 010 $\times$ , LED环形光源。

激光拉曼光谱仪(Raman),英国Renishaw公司inVia型激光拉曼仪,激光波长514.5 nm;激光功率30 mW;扫描速度10 s/5次叠加;光谱仪狭缝20  $\mu\text{m}$ 。

X射线荧光光谱仪(XRF),日本岛津X-1800,4 kW薄

收稿日期: 2021-08-31, 修订日期: 2022-03-13

基金项目: 国家重点研发计划重点专项(2019YFC1520200), 陕西省科技厅重点产业创新链(群)——社会发展领域项目(2021ZDLSF06-05)资助

作者简介: 黄晓娟,女,1976年生,陕西省考古研究院(陕西考古博物馆)副研究馆员 e-mail: 39758721@qq.com

\* 通讯作者 e-mail: wangliqin@nwu.edu.cn

窗、Rh 靶,工作电压为 40 kV,工作电流 95 mA,扫描速度  $8^\circ \cdot \text{min}^{-1}$ 。

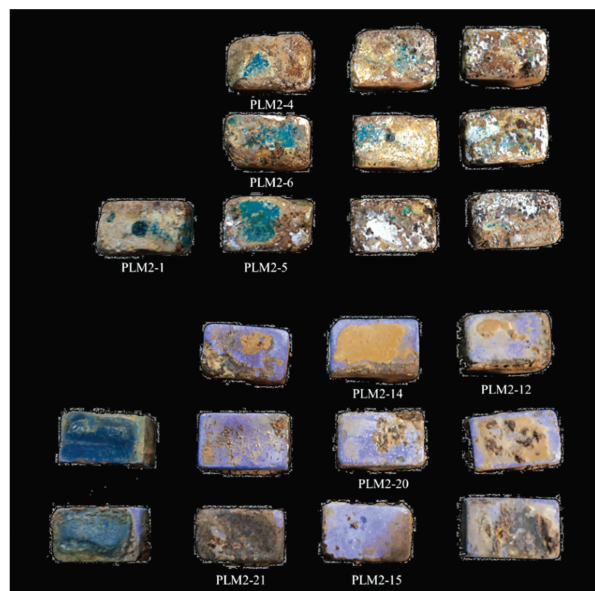


图 1 陕西战国秦墓出土六博棋子

Fig. 1 Chess pieces of Liubo uncovered from tomb of the Warring States in Shaanxi

色度仪:美国爱色丽公司 P/N VS3200-500, 45/0 双照明几何条件,全光谱 LED 光源,光谱范围 400~700 nm,测量光斑直径 2 mm,测试次数 3 次平均。

扫描电子显微镜-能谱仪(SEM-EDS):TESCAN Vaga III 系列扫描电子显微镜, Oxford X-act 能谱仪,软件采用 AztecOne,工作电压 20 kV,工作距离 WD=15 mm。

先采用超景深显微镜对样品表面及采样剖面进行显微观察,然后对所有样品的未风化区域进行拉曼光谱分析和 X 荧光光谱分析。再对紫色样品利用色度计进行分析,并提取其光谱曲线。最后,选取蓝色和紫色样品的小块残片,用透明环氧树脂冷镶,固化后进行打磨、抛光及超声波清洗,之后表面喷碳,再进行 SEM-EDS 分析。

## 2 结果与讨论

### 2.1 超景深显微观察结果

在超景深显微镜下观察样品表面,蓝色样品表面大部分

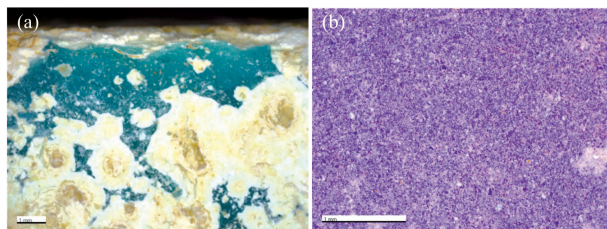


图 2 样品表面显微照片

(a): 蓝色样品; (b): 紫色样品

Fig. 2 Micrographs of the sample surfaces

(a): Blue sample; (b): Purple sample

被白色风化产物覆盖,风化物表面粗糙,凹凸不平,可见风化产物下层露出半透明状的蓝色本体。紫色样品表面土黄色附着物较平整,露出的紫色表面较致密,放大后可见紫色颗粒物分布较均匀。观察样品的剖面,可看出蓝色样品为均匀的玻璃态,玻璃基体上有白色风化部分。紫色样品的剖面中除紫色颗粒物大面积均匀分布外,还可见深蓝色颗粒分布,靠近表面边缘部位呈土黄色风化层。

### 2.2 拉曼光谱分析结果

实验对蓝色样品进行拉曼光谱分析检测,对局部蓝色部位进行拉曼光谱检测,结果见图 3(a),拉曼谱线呈包络状峰,峰位与含铅玻璃的主要峰位吻合。由于蓝色样品表面大部分被白色风化产物覆盖,所以检测结果为图 3(b)所示,其主要成分为  $\text{PbCO}_3$ ,  $1059 \text{ cm}^{-1}$  为碳酸铅的拉曼光谱主要特征峰,这一结果应该是铅钡玻璃的风化产物<sup>[2]</sup>。综合以上结果,初步判定蓝色样品应为含铅玻璃。铅在铅钡玻璃的烧结过程中起到助熔剂和催化剂的作用,铅钡玻璃在水解氢化反应的作用下,在玻璃表面会析出  $\text{PbCO}_3$  晶体及少量的  $\text{Pb}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$  和  $5\text{PbO} \cdot \text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{SiO}_2$  晶体,因而风化层中 Pb 的含量会明显增加,而 BaO 的含量则显著降低<sup>[3]</sup>。

激光拉曼分析在紫色样品中检测到中国紫( $\text{BaCuSi}_2\text{O}_6$ )和中国深蓝( $\text{BaCu}_2\text{Si}_2\text{O}_7$ )化合物,结果如图 3(c)和(d)所示。经过与已发表的中国紫和中国深蓝的相关研究结果对比<sup>[4-6]</sup>图 3(c)中位于  $272, 354, 462, 511, 585$  和  $984 \text{ cm}^{-1}$  等谱峰与中国紫的标准拉曼特征峰十分接近;图 3(d)中位于  $309, 355, 457, 557, 607, 672, 894$  和  $1015 \text{ cm}^{-1}$  的谱峰应该为样品中的中国深蓝的拉曼特征峰。中国紫在前人的研究中主要用途有两大类,一类是作为原料制成不同形制的中国紫产品,如料珠、八棱柱<sup>[7-9]</sup>等;另一类是作为颜料使用,主要装饰古代壁画、彩绘陶器和兵马俑<sup>[10]</sup>。此次发现的长方体中国紫六博棋子,为中国紫制品又增添了新的用途。

### 2.3 X 射线荧光光谱分析

X 荧光光谱分析结果见表 1,可以看出蓝色样品的主要成分为  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{PbO}$  和  $\text{BaO}$ , 其含量分别为  $20.93 \sim 54.25 \text{ Wt}\%$ ,  $25.07 \sim 40.1 \text{ Wt}\%$ ,  $7.18 \sim 20.91 \text{ Wt}\%$ , 三种主要成分之和大于  $80 \text{ Wt}\%$ , 紫色样品的主要成分与蓝色样品类似,  $\text{SiO}_2$  含量为  $18.02 \sim 20.6 \text{ Wt}\%$ ,  $\text{PbO}$  含量为  $26.23 \sim 29.53 \text{ Wt}\%$ ,  $\text{BaO}$  含量为  $31.23 \sim 36.52 \text{ Wt}\%$ , 除此 5 个紫色样品还含有较高  $\text{CuO}$ , 含量为  $8.4 \sim 10.57 \text{ Wt}\%$ 。从主要成分可确定这些样品为铅钡硅酸盐制品。结合拉曼光谱分析结果及样品的外观质地可判断,蓝色样品为铅钡玻璃,紫色样品为中国紫制品。

图 4 为使用样品的  $\text{PbO}$ - $\text{BaO}$  含量所做的二元图,从图 4 可以看出,铅钡玻璃样品中除样品 PLM2-1 外,其他样品的铅含量均在  $40 \text{ Wt}\%$  左右,而中国紫样品的铅含量均小于  $30 \text{ Wt}\%$ 。从表 1 中还可可见中国紫样品紫色部分和表面土黄色风化部分的成分差别较大,图 5 为根据紫色样品  $\text{SiO}_2$ - $\text{CuO}$  含量所做的二元图。图中明显可看出样品风化部位的  $\text{SiO}_2$  和  $\text{CuO}$  含量相比于未风化的紫色部位都明显降低。同时,风化部分的  $\text{SO}_2$  含量明显上升,  $\text{BaO}$  的含量也有所上升,也说明了表面有  $\text{BaSO}_4$  富集,这一点与拉曼光谱测试的结果相一致。

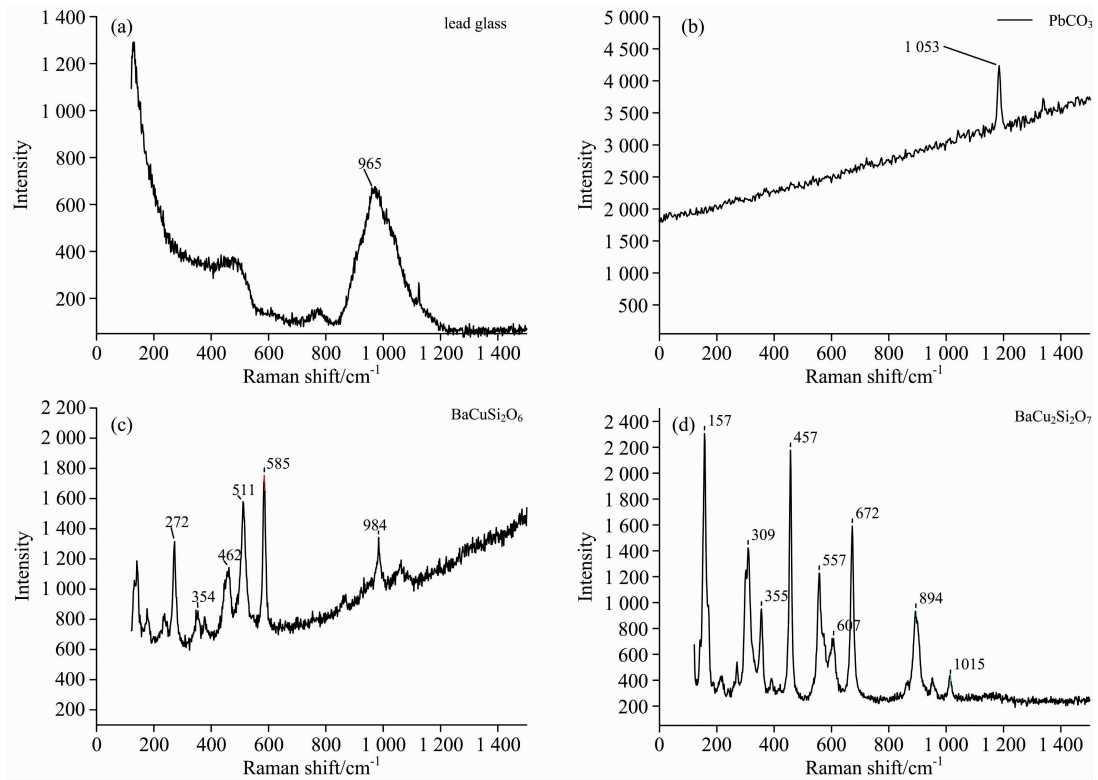


图 3 样品的拉曼光谱结果

(a): 蓝色样品; (b): 蓝色样品表面风化产物; (c): 紫色样品中的中国紫颗粒; (d): 紫色样品中的中国深蓝颗粒

Fig. 3 Raman spectra of the samples

(a): Blue sample; (b): The weathering product of the blue sample surface;

(c): The purple particle in the purple sample; (d): The blue particle in the purple sample

表 1 六博棋子样品的 XRF 分析结果

Table 1 XRF results of the samples (Wt%)

编号	SiO <sub>2</sub>	CaO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CuO	PbO	BaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SO <sub>2</sub>	MgO
PLM2-4	20.93	1.53	2.04	0.86	39.71	20.91	3.06	7.90	0.49
PLM2-1	54.25	1.06	2.77	1.82	25.07	7.18	1.44	1.25	0.86
PLM2-5	25.42	1.31	2.18	1.16	45.10	17.30		6.47	0.59
PLM2-6	29.15	1.21	1.85	0.79	41.25	15.45	2.54	6.01	0.43
PLM2-12	18.02	1.66	1.18	8.89	29.77	31.64	4.56	3.75	
PLM2-12 风化	2.76	2.43	1.25	2.51	24.55	46.16	3.20	16.18	
PLM2-14	19.79	1.44	0.70	10.57	29.53	32.25	3.13	1.96	
PLM2-14 风化	3.72	3.01	1.18	3.60	29.92	35.45	6.04	15.95	
PLM2-15	20.60		1.69	8.40	26.23	36.52		5.90	
PLM2-15 风化	4.61	3.19	1.11	3.14	32.45	30.62	7.56	15.03	
PLM2-20	20.14	1.48	1.34	10.41	28.68	31.23	3.59	2.58	
PLM2-21	18.43	1.27	1.11	9.61	28.32	36.00		4.20	

图 6 是此次分析的样品与湖南、湖北、重庆等地出土铅钡玻璃样品的 PbO-BaO 二元图, 图中红色点代表来自湖北的样品<sup>[11]</sup>, 绿色点代表来自重庆的样品<sup>[12]</sup>, 黄色点代表来自湖南的样品<sup>[13]</sup>, 黑色点则表示此次研究中所涉及的蓝色样品。从图中可以清晰地看出, 湖北与重庆的样品 PbO、BaO 含量接近, 属于同一波动范围。PbO 含量在 14.1~28.8 Wt% 范围内, BaO 含量在 3.7~7 Wt% 范围, 属于中铅低钡

类型。湖南的两个玻璃璧样品 PbO 含量分别为 48.46 Wt% 和 46.94 Wt%, BaO 含量为 8.54 Wt% 和 10.58 Wt%, 这两个样品属于高铅低钡类型。而此次研究的蓝色铅钡玻璃块样品与以上两组样品的成分组成均不相同, 四个样品中除样品 PLM2-1 外, 其余三个样品的 PbO 和 BaO 含量接近, 分别为 39.72~45.1 Wt%, 15.45~20.91 Wt%, 属于高铅中钡类型。三组不同成分类型的样品之所以 PbO 和 BaO 含量有所

不同可能与器物制作的形状有关,湖北和重庆的样品均为玻璃珠,器型都比较小。而湖南的样品为玻璃璧,此次研究的样品是作为六博棋子用的玻璃块。无论是体积较大的玻璃璧还是厚度较厚的玻璃块,相较于体积相对较小的玻璃珠,前两者的制作都需要更多的 PbO 作为助熔剂,以保证玻璃料的熔融和制作时玻璃料的流动性。所以湖南的玻璃璧样品和六博棋子样品中均含有较高的 PbO。可见当时铅钡玻璃制品的制作工艺已经趋于成熟,工匠已经可以根据器物的需要对助熔剂的含量进行调整。值得注意的是,样品 PLM2-1 的成

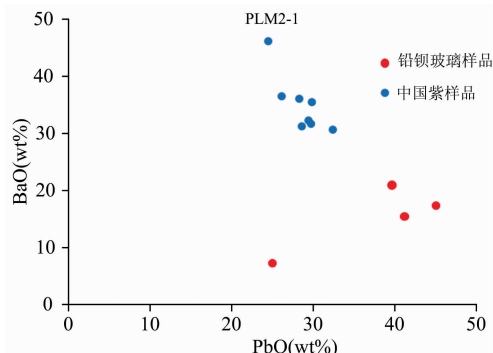


图 4 铅钡玻璃样品及中国紫样品中 PbO-BaO 含量二元图  
Fig. 4 Composition of the PbO and BaO in the samples

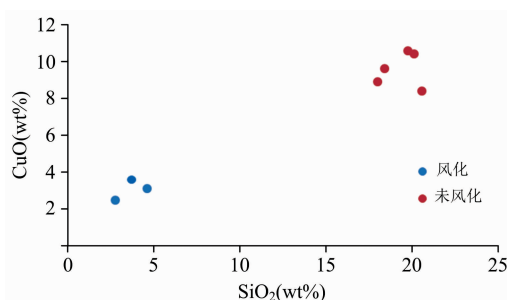


图 5 中国紫样品 SiO<sub>2</sub>-CuO 含量二元图  
Fig. 5 Composition of the SiO<sub>2</sub> and CuO in the purple samples

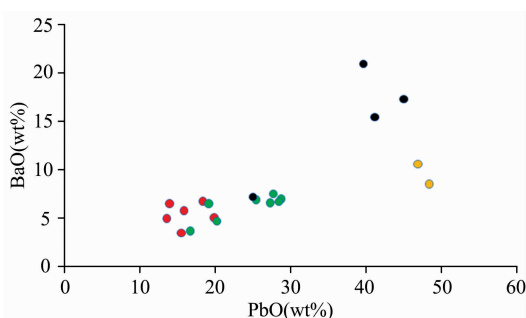


图 6 不同地区铅钡玻璃中 PbO-BaO 含量二元图  
红色: 湖北地区样品; 绿色: 重庆地区样品; 橙色: 湖南地区玻璃璧;  
黑色: 本次测试涉及的蓝色玻璃六博棋子样品

Fig. 6 Composition of the PbO and BaO of different lead-barium glass samples from different regions

red: Samples from Hubei; green: Samples from Chongqing; orange: Samples from Hunan; black: Blue samples of this work

分组成与重庆出土的铅钡玻璃样品接近,而此样品检测的部位为蓝色玻璃基体上嵌入的深蓝色玻璃碎片,说明很有可能在制作这些六博棋子时使用了旧的玻璃珠,重熔后用来作为其原料的一部分。

#### 2.4 扫描电子显微镜能谱分析

从扫描电子显微镜背散射图样品中大量的中国紫晶体和未完全反应的石英颗粒,只有少量的高铅玻璃相保存了下来。中国紫中的石英颗粒比较圆润,尽管未完全反应,但看起来其原先的形状也不像有棱角的那种石英颗粒。因此,在中国蓝和中国紫的制作过程中很可能使用了石英砂为原料。这一结论可以从平均成分中含有氧化铝和氧化铁得到,其含量分别是 0.61~2.57 Wt% 的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 0.63~1.28 Wt% 的 FeO。图 7 中可以看到较大的中国紫颗粒,尺寸在 20~25 μm,对其进行能谱分析, Ba, Cu, Si 和 O 的原子比接近 1:1:2:6,与 BaCuSi<sub>2</sub>O<sub>6</sub> 的原子比吻合。

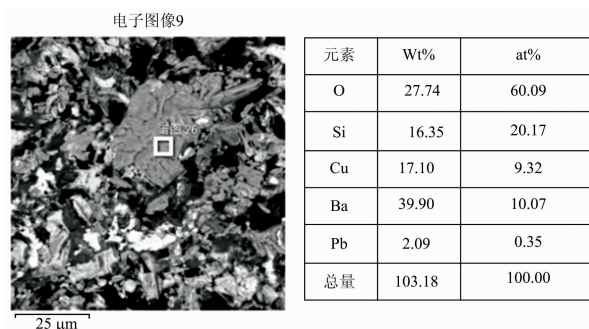


图 7 紫色样品中中国紫颗粒的扫描电子显微镜背散射照片及其原子组成

Fig. 7 BSE-SEM image and EDS result of the Chinese Purple

关于中国紫样品中的铅钡玻璃相,有学者认为在战国时期,彩陶及费昂斯制品玻璃相的主要助熔剂从 K<sub>2</sub>O 或 Na<sub>2</sub>O 变为 PbO,含钡矿物的引入,是刺激硅酸钡铜颜料(中国蓝、中国紫和中国深蓝)和铅钡玻璃产生的原因<sup>[14]</sup>。此次检测的中国紫棋子中玻璃相的成分与铅钡玻璃棋子的成分比较接近,说明二者的技术可能存在着某种联系。然而,具体的烧制工艺及二者之间的技术发展关系有待更多的考古发掘资料的分析检测结果的对比研究。

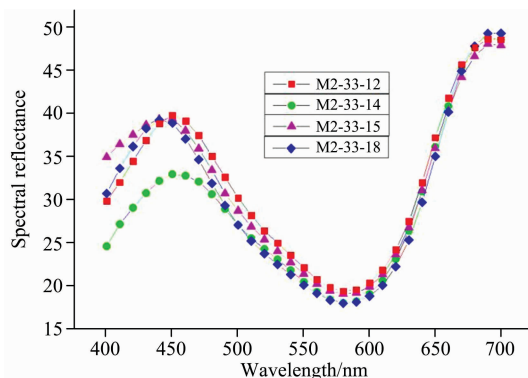


图 8 中国紫样品的光谱曲线图

Fig. 8 The reflectance spectra of the Chinese Purple samples

## 2.5 中国紫样品的光谱学分析

图 8 为此次分析的中国紫样品的光谱曲线图，图中可见，所有样品的光谱曲线形状近乎相同，仅各样品光谱曲线的幅值稍有差别，这与所测部位的显色颗粒混和浓度有关，但显色颗粒的大小和浓度不会影响颜料特征峰的位置。从图可知，每个样品都在 450 nm 处有明显峰位，这即为人工合成颜料中国紫的光谱特征峰。

## 3 结 论

结合 X 射线荧光光谱分析、拉曼光谱分析和扫描电子显微镜能谱分析，对陕西咸阳战国秦墓出土的六博棋子成分组成、物相和显微结构进行综合研究。依据分析结果可得出蓝色样品为铅钡玻璃制品，紫色样品为中国紫制品。将铅钡玻

璃样品与湖南、重庆等地出土的同一时期的铅钡玻璃样品进行对比，可看出体积较大的铅钡玻璃制品中相较于体积相对较小的玻璃珠加入了更多的 PbO 作为助熔剂。可见当时铅钡玻璃制品的制作工艺已经趋于成熟，工匠已经可以根据器物形制的需要对助熔剂的含量进行调整，并可能在制作这些六博棋子时使用了旧料重熔，以节省原料的做法。拉曼光谱分析结果显示紫色样品中含有中国紫和中国蓝等人工制作的硅酸铜钡颜料，并在扫描电子显微镜下观察到了硅酸铜钡晶体颗粒。中国紫样品中玻璃相的成分与铅钡玻璃样品的成分比较接近，二者的技术发展可能存在某种联系，但需要更多的考古发掘资料的对比研究结果才能具体证明其技术发展关系。光谱分析的结果，首次为人造硅酸铜钡颜料确认了特征光谱峰，使利用色度计快速、无损的对人造硅酸铜钡颜料的鉴定识别成为可能。

## References

- [ 1 ] MA Jin-lei, XING Fu-lai, ZHANG Yang-li-zheng, et al(马金磊, 邢福来, 张杨力争, 等). *Archaeology and Cultural Relics(考古与文物)*, 2020, (4): 12.
- [ 2 ] WANG Jie, LI Mo, MA Qing-lin, et al(王 婕, 李 沫, 马清林, 等). *Glass and Enamel(玻璃与搪瓷)*, 2014, (2): 6.
- [ 3 ] LI Jia-zhi, CHEN Xian-qiu(李家治, 陈显求). *Journal of the Chinese Ceramic Society(硅酸盐学报)*, 1986, 14(3): 293.
- [ 4 ] Ma Q L, Portmann A, Wild F, et al. *Studies in Conservation*, 2006, 51(2): 81.
- [ 5 ] MA Qing-lin, ZHANG Zhi-guo, GAO Xi-sheng(马清林, 张治国, 高西省). *Cultural Relics(文物)*, 2008, (8): 83.
- [ 6 ] WANG Yi-shu, LING Xue, XU Wei-hong, et al(王奕舒, 凌 雪, 许卫红, 等). *Sciences of Conservation and Archaeology(文物保护与考古科学)*, 2020, (3): 28.
- [ 7 ] Shaanxi Academy of Archaeology(陕西省考古研究院). *Archaeology and Cultural Relics(考古与文物)*, 1990, (4): 57.
- [ 8 ] ZHANG Zhi-guo, MA Qing-lin, ZHOU Lin-lin(张治国, 马清林, 周麟麟). *Cultural Relics(文物)*, 2010, (9): 87.
- [ 9 ] HUANG Xiao-juan, YAN Jing, WANG Hui(黄晓娟, 严 静, 王 辉). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2015, 35(10): 2895.
- [10] SUN Feng, SUN Man-li, ZHAO Xi-chen(孙 风, 孙满利, 赵西晨). *Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析)*, 2018, 38(5): 1588.
- [11] LI Qing-hui, DONG Jun-qing, SU Bo-min, et al(李青会, 董俊卿, 苏伯民, 等). *Dunhuang Research(敦煌研究)*, 2013, (1): 92.
- [12] LI Fei, LI Qing-hui, GAN Fu-xi, et al(李 飞, 李青会, 甘福熹, 等). *Nuclear Techniques(核技术)*, 2007, (2): 119.
- [13] CUI Jian-feng, WU Xiao-hong, TAN Yuan-hui, et al(崔剑锋, 吴小红, 谭远辉, 等). *Journal of the Chinese Ceramic Society(硅酸盐学报)*, 2009, (11): 1909.
- [14] Li Q H, Yang J C, Li L, et al. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 2015, 138: 609.

# Technological Analysis of the Chess Pieces of Liubo Uncovered From the Warring States Tomb in Shaanxi Province

HUANG Xiao-juan<sup>1, 2</sup>, YAN Jing<sup>1</sup>, ZHANG Yang-li-zheng<sup>1</sup>, WANG Li-qin<sup>2\*</sup>, XU Wei-hong<sup>1</sup>

1. Shaanxi Academy of Archaeology (Shaanxi Archaeology Museum)/Key Scientific Research Base of On-Site Conservation, State Administration for Cultural Heritage/Shaanxi Key Laboratory of Archaeological Conservation, Xi'an 710054, China
2. School of Cultural Heritage (Northwest University), Xi'an 710127, China

**Abstract** Multiple methods composed of three-dimensional ultra-depth of field video microscope, laser Raman spectroscopy, X-ray fluorescence spectroscopy, Scanning electron microscopy with energy dispersive spectrometer, and colorimeter were applied to analyse the composition and microstructures of two kinds of Liubo chess pieces with different textures and colors uncovered from the tomb of Warring States period in Shaanxi province. The blue samples were identified as lead-barium glass, and the purple samples were Chinese Purple products. Moreover, a new kind of product of Chinese Purple in the Warring States period was discovered. The composition of lead-barium and the glass products of the same period recovered from Shaanxi, Hunan, Hubei, and Sichuan was also compared. It is speculated that the fabrication of lead-barium glass in the Warring States period has matured, and different composition ratios can be carried out according to the needs of the shape of the objects. What's more, glass production also had the phenomenon of remelting old materials to make new ones. Based on determining the composition of Chinese Purple, the colorimeter was used to get spectral data, according to which the characteristic spectral peaks were determined for the artificial copper barium silicate pigment for the first time. It is possible to identify this kind of pigment rapidly and non-destructively.

**Keywords** Warring State period; Liubo chess pieces; Lead barium glass; Chinese Purple

(Received Aug. 31, 2021; accepted Mar. 13, 2022)

\* Corresponding author

---

## 敬告读者——《光谱学与光谱分析》已全文上网

从 2008 年第 7 期开始在《光谱学与光谱分析》网站(www.gpxygpfx.com)“在线期刊”栏内发布《光谱学与光谱分析》期刊全文,读者可方便地免费下载摘要和 PDF 全文,欢迎浏览、检索本刊当期的全部内容;并陆续刊出自 2004 年以后出版的各期摘要和 PDF 全文内容。2009 年起《光谱学与光谱分析》每期出版日期改为每月 1 日。

《光谱学与光谱分析》期刊社