

中国早期白釉器的无损化学元素组成分析研究

方涛¹ 方昭远² 潘伟斌³ 朱宏秋⁴ 秦大树⁵★

(1. 景德镇陶瓷大学古陶瓷研究中心, 江西 景德镇市 333001; 2. 湖南省博物馆, 湖南 长沙市 410005;
3. 河南省文物考古研究院, 河南 郑州市 450099; 4. 河南博物院, 河南 郑州市 450002;
5. 浙大城市学院, 浙江 杭州市 310015)

关键词: 早期白瓷; p-XRF; 曹操墓; 范粹墓

摘要: 本文利用便携式XRF原位无损分析方法, 分别检测了湖南省博物馆藏5件东汉白釉器和2件东汉青釉器、河南安阳高陵曹操墓出土的1件白釉器和1件青釉器以及北齐武平六年范粹墓出土的2件白釉器的胎、釉化学元素组成。结果表明, 范粹墓出土白釉器属低温铅釉陶; 曹操墓出土白釉器属高钙釉, 产地应为我国南方地区; 湖南省博物馆藏白釉器是目前发现最早的碱釉瓷器。

Keywords: early white porcelain; p-XRF; the tomb of CAO Cao; the tomb of FAN Cui

Abstract: In this article, portable X-ray fluorescence (p-XRF) spectroscopy is employed for in-situ, non-destructive chemical composition analysis of both the bodies and glaze of five Eastern Han white-glazed vessels and two green-glazed vessels housed in Hunan Museum, one white-glazed vessel and one green-glazed vessel excavated from the tomb of CAO Cao at Gaoling Mausoleum in Henan's Anyang, and two white-glazed vessels unearthed from the tomb of FAN Cui, who deceased in the sixth year of the Wuping Era of the Northern Qi. The results show that the white-glazed vessels unearthed from the tomb of FAN Cui are low-fired lead-glazed pottery. The white-glazed vessel unearthed from CAO Cao's tomb features high-calcium glaze, which should be sourced from southern China. The white-glazed vessels housed in Hunan Museum are the earliest alkaline-glazed porcelain ever discovered.

中国作为瓷器的发明国, 制瓷历史悠久, 诞生了许多名瓷品种, 其中白瓷是我国陶瓷的一个重要发明, 在陶瓷发展史中占有重要地位, 它的出现打破了青釉瓷一统天下的局面, 是中国古代制瓷技术不断进步的表现, 被李家治先生誉为我国陶瓷科学技术史上的第四个里程碑^[1]。学界一般认为, 中国早期白瓷以北齐武平六年(575年)范粹墓出土白瓷为典型代表。然而, 近年来随着考古发掘工作的推进, 学界对白瓷起源有了新的认识。

20世纪50年代, 在湖南长沙、零陵东汉遗址及墓葬中相继出土了一定数量的白釉器^[2], 2009年河南安阳曹操墓出土1件白釉器^[3]。

这些出土器物工艺特征和烧造质量等与传统青瓷有着一定区别, 一些学者认定其为白瓷, 并据此认为我国白瓷生产始于东汉时期^[4]。然而, 这些白釉器是否为白瓷产品, 目前尚未有科学的检测分析数据。为界定这些白釉器, 本文利用p-XRF原位无损分析方法, 分别测试了11件瓷器样本, 以期从化学元素组成分析的角度揭示早期白釉器的技术特征, 提高学界对中国早期白釉器的科学认知。

1 实验样品

本文共测试瓷器样本11件。分别为湖南省博物馆藏5件东汉白釉器和2件东汉青釉器^[5]、河南安阳曹操墓出土的1件白釉器和1件青釉

★ 通讯作者。

器^[6]以及北齐武平六年范粹墓出土的2件白釉器^[7]。

(图1、表1)

2 化学元素组成分析方法

化学元素组成分析采用德国布鲁克公司生产的TRACER-3i便携式能量色散X射线荧光仪。该设备可现场对古陶瓷等文物进行无损分析,分析元素包括Na(11)~U(92);探测器能量分辨率<140 eV,最大计数速率>100 kcps,死时间<10%。胎体成分数据采用古陶瓷标准样品进行校正,釉层成分数据采用康宁玻璃馆的玻璃标准样品进行校正。(表2、表3)



图1 部分测试样品

a. 东汉白釉豆 (HNBC1) b. 东汉白釉钵 (HNBC2) c. 东汉白釉碗 (HNBC3)
d. 东汉白釉釜 (HNBC4) e. 东汉青釉钵 (HNQC2) f. 东汉白釉四系罐 (CCM1)
g. 东汉青釉四系罐 (CCM2) h. 北朝白釉三系罐 (FCM1) i. 北朝白釉碗 (FCM2)

表1

测试样品相关信息

编号	样品信息	胎、釉特征	来源	备注
HNBC1	白釉豆	胎体灰白, 胎质坚实致密。白釉泛青, 微开片, 略有泪痕。胎、釉结合较好, 内壁器心作圆块形露胎	湖南省博物馆	长沙丝茅冲工地出土
HNBC2	白釉钵	胎体灰白。釉面较薄, 釉色白中泛青, 盖面上有几处积釉, 积釉处呈青绿色		李昊先生捐赠
HNBC3	白釉碗	胎体灰白。釉色白中泛青黄, 釉面有开片。胎、釉结合不好		1954年长沙黑槽门M1出土
HNBC4	白釉釜	胎体灰白, 胎质细腻、坚硬。釉色白中泛灰, 底部滴釉较厚处呈青绿色		蔡季襄先生捐赠
HNBC5	白釉尊	胎体灰白。通体施白釉, 施釉不均匀, 釉厚处呈黄白色		新征集
HNQC1	青釉四系罐	胎体灰白。釉色青黄光亮, 施釉不及底, 腹部有流釉现象		早期流散文物
HNQC2	青釉钵	胎体黄白, 较为疏松。通体施青黄色釉, 釉面有开片	长沙袁家岭省委宿舍M1出土	
CCM1	白釉四系罐	胎体灰白, 较致密, 有部分小气孔。釉面透明略显灰白色, 较光亮	河南安阳曹操墓出土	
CCM2	青釉四系罐	胎体灰白, 胎上印有细麻布纹。釉色青黄, 施釉不及底, 腹部有流釉现象		
FCM1	白釉三系罐	胎质洁白。釉质细腻并有凝脂状滴痕, 器腹施有数条绿色装饰, 腹部以下无釉	河南安阳范粹墓出土	
FCM2	白釉碗	胎质细腻, 无杂色斑点。碗里施釉, 外部施釉未到底部, 釉呈乳白色, 无垂釉现象		

3 分析结果

3.1 胎体化学元素分析

第一, 曹操墓出土2件器物 and 湖南省博物馆藏7件器物的胎体元素均为典型的高硅低铝质, 而范粹墓出土的白釉器胎体元素为高铝低硅质。古代中国南方和北方生产的陶瓷在胎体元素组成方面差异明显, 最显著的当属主量元素中氧化硅和氧化铝的含量, 南方陶瓷胎体特征是高硅低铝, 北方陶瓷胎体特征则是高铝低硅^[8]。曹操墓出土的器物与湖南省博物馆所藏器物胎体都具有典型的高硅低铝质特征, 这与我国南方地区盛产瓷石类原

料的元素组成特征相近, 属于南方地区的典型产品。范粹墓出土白釉器胎体 Al_2O_3 含量较高, 达30%左右, 与北方地区盛产的沉积黏土质原料的元素组成特征类似, 其产地应在我国北方地区。通过对比还可以看出, 白釉器 Fe_2O_3 含量相对于青釉器 Fe_2O_3 含量普遍偏低。湖南省博物馆藏5件白釉器的 TiO_2 含量明显偏高, 而其他6件样品的 TiO_2 含量偏低。(图2)

第二, 曹操墓出土的2件器物主量元素占比相差不大, 胎中主要熔剂性元素碱金属氧化物 K_2O 含量在3%左右, 并且 MgO 含量较高, 均大于1.30%。(图3) 由于瓷石是一种混合型矿物, 由高岭石、绢云母、长石和石

表2

样品胎体化学元素组成

序号	主量元素 (wt%)								微量元素 ($\mu\text{g/g}$)			
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	Rb	Sr	Y	Zr
CCM1	0.98	2.02	16.14	74.44	2.03	0.64	0.75	1.42	68	100	41	261
CCM2	0.45	1.35	18.89	71.30	3.50	0.88	0.97	1.42	151	40	40	306
HNBC1	4.27	1.61	19.10	71.18	1.37	0.08	1.47	0.41	69	90	49	291
HNBC2	2.82	0.00	21.51	70.23	1.96	0.21	1.51	0.82	14	74	60	272
HNBC3	2.43	0.01	16.20	74.83	3.52	0.08	1.40	0.77	20	64	56	370
HNBC4	2.84	0.01	21.66	70.72	1.97	0.22	1.52	0.83	55	63	40	305
HNBC5	4.75	2.76	21.33	67.30	0.63	0.17	1.49	1.17	13	38	44	342
HNQC1	2.64	0.66	16.58	72.40	3.86	0.52	0.85	2.04	190	44	31	315
HNQC2	2.47	0.88	15.60	72.80	5.67	0.08	0.93	1.38	151	37	46	248
FCM1	1.42	0.68	29.52	60.49	2.08	0.85	0.81	0.88	/	/	/	/
FCM2	1.97	0.56	31.52	59.10	2.93	0.83	0.97	1.21	/	/	/	/

表3

样品釉层化学元素组成

序号	主量元素 (wt%)											微量元素 ($\mu\text{g/g}$)			
	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	PbO	Rb	Sr	Y	Zr
CCM1	0.01	3.41	11.28	62.29	0.76	1.43	17.69	0.73	0.07	1.32	/	78	241	37	264
CCM2	0.29	3.21	13.11	57.76	1.95	2.12	17.10	0.92	0.24	3.16	/	141	208	47	291
HNBC1	2.30	0.76	15.36	71.73	0.20	6.91	0.20	1.37	0.01	0.93	/	69	90	49	291
HNBC2	3.56	0.97	10.26	74.47	0.19	8.33	0.05	1.21	0.01	0.80	/	14	74	60	272
HNBC3	1.68	0.87	12.76	74.67	0.24	6.13	0.62	1.36	0.01	1.38	/	20	64	56	370
HNBC4	1.44	1.96	13.46	68.01	0.22	8.64	3.85	0.92	0.07	1.24	/	55	63	40	305
HNBC5	3.41	2.30	11.64	72.66	0.17	5.09	2.12	0.95	0.10	1.31	/	13	38	44	342
HNQC1	0.05	2.85	11.53	62.81	1.45	3.09	14.46	0.76	0.61	2.39	/	186	239	42	318
HNQC2	0.74	2.76	13.75	59.19	1.89	3.01	15.68	0.83	0.60	1.56	/	192	257	47	295
FCM1	/	/	7.85	34.25	/	0.72	1.21	0.25	0.01	0.98	52.54	/	/	/	/
FCM2	/	/	7.08	39.14	/	1.25	1.34	0.28	0.01	0.78	49.52	/	/	/	/

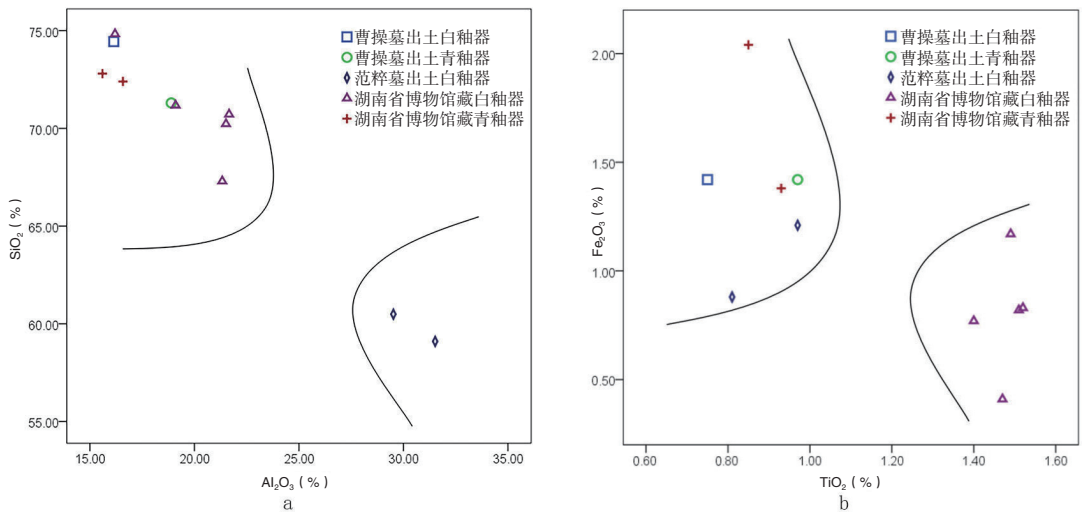


图2 胎体化学元素含量散点分布图
a. SiO₂、Al₂O₃ b. Fe₂O₃、TiO₂

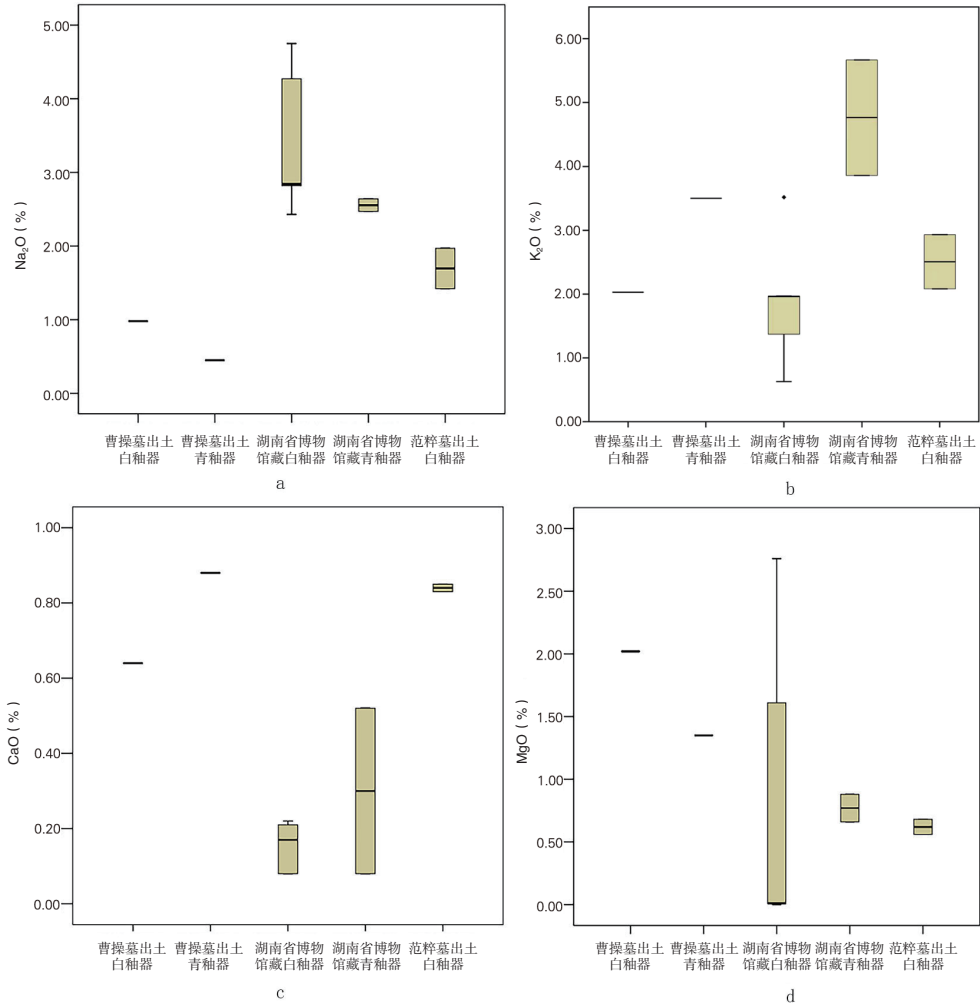


图3 胎体化学元素含量箱式图
a. Na₂O b. K₂O c. CaO d. MgO

英等矿物组成, 绢云母与长石为胎体提供了 K_2O 元素, 而 MgO 含量较高应是原料中混入了白云石或滑石类矿物。通常主量元素反映的是原料的选择情况, 而微量元素特征具有明显的产地特征, 其组成模式可作为指纹元素判断陶瓷器产地^[9]。从胎体微量元素组成特征来看, 曹操墓出土的2件器物, 其 Rb/Sr 比值分别为0.68和3.78, 差异显著, 由此可以推断2件器物并非来自同一产地。与曹操墓不同的是, 湖南省博物馆藏白釉器与青釉器胎体组成元素分散性较大, 虽同样属于高硅低铝质胎体, 但助熔剂含量偏差较大, 表现出原料来源和产地的多样性和复杂性。其中白釉器的 Fe_2O_3 含量大部分小于1%, TiO_2 含量大于1%; 青釉器的 Fe_2O_3 平均含量大于1.50%而 TiO_2 含量小于1%。从胎体微量元素组成来看湖南省博物馆的白釉器和青釉器具有显著差别, 但同种釉色的器物之间差别并不大, 可分别聚为一类。

3.2 釉层化学元素分析

曹操墓出土的2件器物与湖南省博物馆藏青釉器的碱土金属氧化物 RO ($CaO+MgO$) 含量均在17%以上, 属于典型的高钙釉。而湖南省博物馆藏白釉器釉层中碱金属氧化物 R_2O

(Na_2O+K_2O) 含量均大于7%, 属于典型的高碱釉。(图4) 范粹墓出土白釉器釉层化学组成数据表明, 其主要助熔剂为 PbO , 含量高达50%, 属于低温铅釉, 这类低温铅釉的烧成温度通常在 $900^\circ C$ 左右。根据陶瓷工艺学耐火度计算公式, 要将 Al_2O_3 含量高达30% 的胎体烧成瓷必须经过 $1300^\circ C$ 以上的高温烧造^[10]。而范粹墓出土的白釉器胎体致密细腻, 未发现有明显欠烧痕迹, 可以推断这2件器物至少经过了 $1200^\circ C$ 以上的高温烧制。说明范粹墓出土的白釉器采用的是二次烧成的制作工艺, 即先将胎体经过高温烧制, 施釉后, 再经过二次低温釉烧。

此外, 曹操墓出土的2件器物与湖南省博物馆藏青釉器的 P_2O_5 含量大部分大于1%, MnO 含量大于0.10%。(图5) 表明釉中应添加了草木灰, 因为如此高的 P_2O_5 含量只能通过增加草木灰形成, 这也与我国早期青釉瓷的制作工艺相符合^[11]。而湖南省博物馆藏白釉器的 MnO 和 P_2O_5 含量均较低, 加之釉中碱金属氧化物 R_2O (Na_2O+K_2O) 含量较高, 说明该釉料中的主要助熔剂并非常用的草木灰, 而是含碱金属氧化物 R_2O (Na_2O+K_2O) 较高的长石类原料。曹操墓出土的2件器物与湖

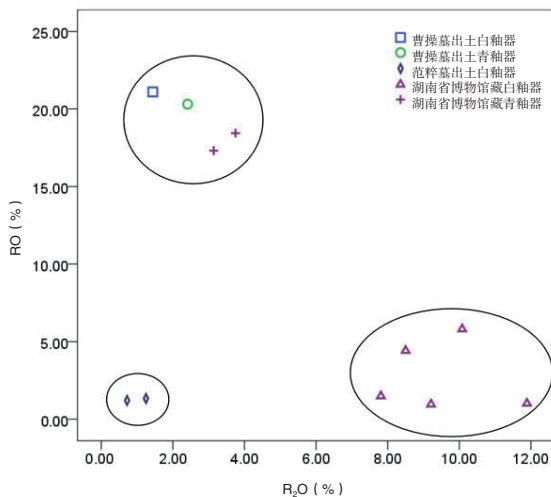


图4 釉层 RO 、 R_2O 含量散点分布图

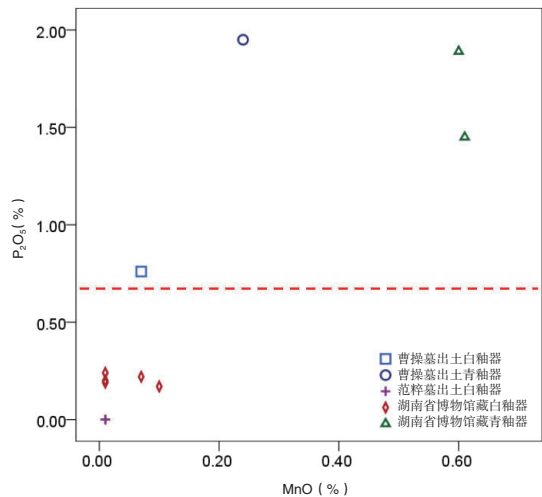


图5 釉层 P_2O_5 、 MnO 含量散点分布图

南省博物馆藏青釉器在碱土金属RO (CaO+MgO) 与碱金属R₂O (Na₂O+K₂O) 的比例上较为一致, 但是曹操墓出土2件器物的MnO、P₂O₅含量较湖南省博物馆藏白釉器高而略低于湖南省博物馆藏青釉器, 说明其釉料中都配制了草木灰, 但使用的草木灰种类有一定的区别。从釉层数据中还可以看出曹操墓出土2件器物釉层中Fe₂O₃含量相差较大, 其中CCM1的Fe₂O₃含量小于1.50%, 另一件CCM2的Fe₂O₃含量大于3%, 这与2件器物在釉面颜色上的表现也是相符的。

4 相关问题讨论

4.1 曹操墓出土器物产地

从胎釉元素组成特征来看, 曹操墓出土的2件器物产地均为南方地区。东汉晚期, 南方地区青瓷生产以浙江越窑为主, 同时期湖南岳州窑和江西洪州窑也生产青瓷。为了判断曹操墓出土器物与上述三个窑口之间的关系, 本文对其胎体元素组成进行因子分析, 以期推断曹操墓出土器物的产地^[12]。胎体主量元素因子分析表明, 曹操墓出土的2件器物与岳州窑差异较大, 而与越窑和洪州窑难以区分。(图6) 但是主量元素成分分析的数据只能作为参考, 若要准确地判断其产地, 还需要更为丰富的考古资料进行更为深入的分析。

4.2 范粹墓出土白釉器产地

如前文所述, 范粹墓中出土的2件白釉器是经过二

次烧制的低温铅釉制品。关于范粹墓出土白釉器的原产地, 目前学界仍存在诸多争议。从化学元素组成的角度将范粹墓出土的遗物与北朝窑址出土的铅釉器进行对比分析, 无疑是一条科学的探索途径。

自西汉起, 铅的氧化物便作为低熔点熔剂被引入陶器色釉的制作工艺中, 经过不断改进、创新和衍生, 形成了一系列以铅为核心的陶瓷色釉和彩料, 对我国陶瓷技术的发展产生了深远影响。北朝是我国铅釉技术发展的关键时期, 这一时期不仅继承了汉代传统铅绿釉陶器的制作工艺, 还发展出了黄釉和褐色铅釉, 为铅釉的多色并用提供了技术支持。特别是到了北齐时期, 铅釉的釉色和质量均达到了较高水平, 北方地区涌现出大量使用铅釉工艺制作的青釉器和白釉器。

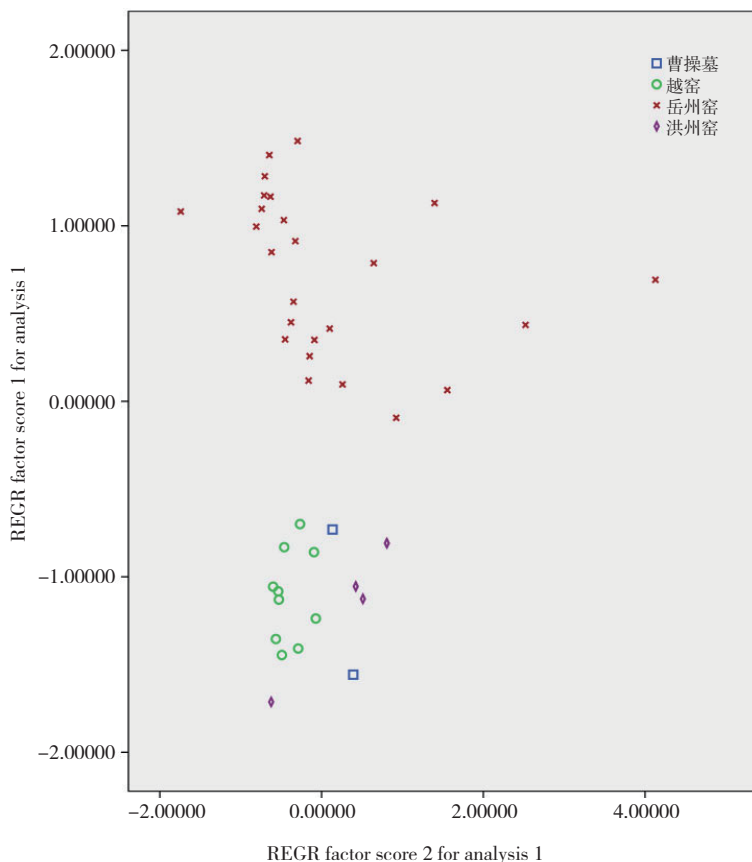


图6 曹操墓与越窑、岳州窑、洪州窑胎体主量元素因子分析图

2009年,在河北省临漳县曹村发现了一处北朝时期窑址,遗物包括泥质灰陶、釉陶、瓷器以及窑渣、窑具等^[13]。值得注意的是,曹村窑出土的器物除了常见的酱釉、青釉、黄釉和青黄釉之外,还有一批与范粹墓白釉器釉色相似的白釉器。为了探究范粹墓出土白釉器与曹村窑的关系,我们对比分析了范粹墓与曹村窑^[14]白釉器的胎釉化学组成元素。从对比数据中可以看出,范粹墓与曹村窑的胎体组成较为相似,均使用了高铝低硅特征的原料,两地样品胎体中的 Fe_2O_3 、 TiO_2 等杂质含量也相近;釉料均属于铅釉,并且 PbO 的含量也相近。(表4)因此,结合两地胎体和釉层的化学组成特征,可以推测范粹墓出土白釉器的产地很可能为曹村窑。然而,要准确判断范粹墓出土白釉器的具体产地,还需要更多的

考古资料和化学分析数据。

4.3 早期白瓷的界定

关于中国早期白瓷的起源,大多数学者认为,白瓷应产生于公元六世纪的北齐时期(550年~577年),典型代表是河南安阳北齐武平六年(575年)范粹墓出土的一批白釉器。这批白釉器是否属于白瓷呢?这里就涉及白瓷的定义问题,或者说如何界定成熟的白瓷。冯先铭在《中国古陶瓷图典》中明确指出:白瓷即胎和釉均为白色的瓷器。白瓷要求胎、釉杂质比青瓷更少,其中铁的氧化物只占1%,或不含钛,以氧化火焰烧成,胎体白,釉色纯净而透明^[15]。但是根据此定义,一些化妆白瓷失去了归属。王睿等学者对白瓷的定义进行了补充修订,将其总结为:胎体为白色或较为纯净的浅色(大部分

表4

曹村窑青黄釉样品胎、釉化学元素组成

单位: wt%

	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	PbO
LZ1-b	0.33	0.80	24.50	68.11	2.79	0.58	0.63	1.25	/
LZ2-b	0.56	0.79	23.41	68.69	2.94	0.62	0.72	1.26	/
LZ3-b	0.71	0.93	26.69	65.64	2.50	0.45	0.71	1.37	/
LZ4-b	0.67	0.78	30.43	62.23	2.17	0.54	0.85	1.33	/
LZ5-b	0.03	1.36	24.08	66.62	3.42	0.79	0.57	2.13	/
LZ6-b	0.31	0.92	27.44	64.84	2.51	0.78	0.74	1.47	/
LZ7-b	0.21	1.01	26.41	65.17	2.28	1.51	0.68	1.73	/
LZ8-b	0.33	1.00	26.85	65.10	2.73	0.59	0.72	1.69	/
LZ9-b	0.24	0.62	29.65	63.34	2.28	0.58	0.87	1.41	/
LZ10-b	0.51	0.98	24.38	67.58	2.88	0.70	0.67	1.30	/
LZ1-g	1.15	0.64	5.19	34.68	0.23	0.17	0.12	0.26	57.36
LZ2-g	0.83	0.45	5.17	39.75	0.3	0.24	0.14	0.3	52.65
LZ3-g	0.43	0.67	6.41	47.57	0.58	0.7	0.13	0.56	42.81
LZ4-g	1.08	0.96	8.19	43.5	0.51	0.49	0.12	0.38	44.65
LZ5-g	0.47	0.61	7.64	31.05	0.2	0.4	0.2	0.82	58.42
LZ6-g	0.46	0.18	6.55	36.47	0.4	0.57	0.21	0.43	54.56
LZ7-g	0	0	4.08	34.06	0.22	1.52	0.15	0.51	59.27
LZ8-g	0	0.21	3.91	36.54	0.2	0.22	0.12	0.23	58.38
LZ9-g	0.9	0.35	5.99	53.86	0.18	0.67	0.16	0.31	37.47
LZ10-g	0	0.73	7.38	40.7	0.52	1.71	0.11	0.43	48.27

-b为胎体, -g为釉层

注:表格采自注释[14]。

含铁的氧化物只占1%，个别有高于这个指标的），外施以透明釉或乳浊白釉，以1200℃左右的高温烧成的瓷器品种。由于时代、原料及烧成温度的差异，可能会出现白中泛青、白中泛黄等情况^[16]。此定义中对白瓷进行了三个方面的界定，首先是胎、釉中氧化铁的含量占1%或个别高于1%，其次是需要高温烧制，第三是釉为透明釉或乳浊白釉。根据这一定义，范粹墓出土的白釉器虽然胎体洁白细腻、烧结致密，釉同样也呈现透明质感，但测试其化学元素，发现它的釉并不是高温釉而是低温铅釉，采用的是二次烧成工艺，显然不能称之为白瓷。而曹操墓出土的白釉器以及湖南省博物馆藏的东汉白釉器，无论是外观还是化学元素组成测试分析数据都表明它们具有白瓷的特征。

实际上，在白瓷起源的初期阶段，青瓷与白瓷的界限并不十分明确，很大程度上我们不得不依赖主观判断器物的外观来区分二者。因此，在考察胎土的白度和釉层透明度时，是否有意对原料进行改进或者通过其他的工艺技术来烧制白瓷，是判断白瓷生产的主要依据。烧造青瓷时无意中出现的釉色偏白的瓷器，可以看作是白瓷的原始阶段，这包括了曹操墓出土的白釉器和湖南省博物馆藏的白釉器。而当人们有意识地烧造白瓷时，则开始有意地通过原料精制的手段降低胎釉中的铁含量，或通过施加白色化妆土来遮盖深色胎体等方式，主动提升胎体白度和釉质效果。这种有意识的技术选择，其实受社会因素影响，如社会背景、民族审美取向等，再加上技术来源和流变等因素，真正成熟的白瓷才开始出现。

4.4 早期白釉器的技术源流

东汉时期我国浙江地区已经生产出了成熟的青瓷。而青瓷与白瓷的唯一区别，仅在于原料中含铁量的不同，其他生产工序并无

差异^[17]。东汉时期浙江地区的青瓷胎、釉 Fe_2O_3 含量较高，取决于当地的原料含铁量高，而曹操墓出土白釉器以及湖南省博物馆藏白釉器胎、釉中 Fe_2O_3 含量均较低，以至于它们在釉面颜色上略显白。但是这两地出土白釉器的化学元素组成并没有关联性，一个属于草木灰质钙釉，一个属于长石质的碱釉，且湖南省博物馆藏白釉器的胎体和釉料组成元素分散性较大。说明在东汉时期，我国白瓷的生产仍处于探索阶段，原料的使用正在进行逐步尝试。因此，此时的白釉器在整体外观上还具有一定的原始性。

由于考古资料的缺乏，湖南省博物馆藏的这批白釉器目前难以考证其产地，但湖南地区在商代中晚期白陶制作水平已较高^[18]，说明湖南地区的先民早已掌握了控制白陶胎体原料含铁量的方法。另一方面湖南地区出土玻璃璧占全国总数的87%^[19]，目前发现最早的钾硅酸盐玻璃就出土于湖南长沙楚墓中，其制法是在早期含钾钙硅酸盐玻璃中添加硝石（ KNO_3 ）来代替草木灰作为助熔剂，如此可以增加 K_2O 的含量以降低玻璃熔点^[20]，这与湖南省博物馆这批白釉器釉层中 K_2O 含量高的特征相符。因此湖南地区白陶胎体制备工艺和玻璃制造技术为白瓷的成功烧造奠定了技术基础。根据湖南省博物馆藏白釉器以及曹操墓出土白釉器的工艺技术特点，可证明早期南方地区已有烧造白瓷的实例。虽然白瓷在南方地区后期产品的延续上有所不足，但至少说明早期白瓷的烧造为南方地区的制瓷业开拓了一条广阔的发展道路。特别是湖南地区白釉器使用的高碱釉，为后世彩绘瓷的出现奠定了技术基础。

5 结论

范粹墓出土白釉器的釉料属于低温铅釉，其制作工艺采用的是与唐三彩一致的二

次烧成方法,即先将胎体高温烧制,再施釉经过低温烧成。通过与曹村窑出土遗物化学元素组成进行对比分析,发现两者具有相同的胎、釉化学组成特征。

曹操墓出土白釉器与湖南省博物馆藏白釉器的釉料都属于高温釉,是我国早期白瓷的典型代表。但从胎、釉化学元素组成来看,二者之间并没有关联性,说明东汉时期我国白瓷的生产尚处于探索阶段。

湖南省博物馆藏白釉器釉料 K_2O 含量达7%以上,在我国东汉时期各个窑口出土器物中均未发现此现象,经检测分析证明是我国最早的碱釉瓷器。

根据曹操墓出土的2件器物的胎、釉化学元素组成判断,其产地应为我国南方地区。其主量元素组成模式与同时期岳州窑有较大区别,与越窑和洪州窑难以区分。

湖南地区商代中晚期白陶制作水平已较高,能通过原料控制胎体的含铁量。同时,该地区先进的钾硅酸盐玻璃烧制技术,也为高碱釉的出现提供了积极的技术参考。据此可以认为,湖南省博物馆藏的这批白釉器产地应为湖南本地。

- [1] 李家治. 中国科学技术史: 陶瓷卷. 北京: 科学出版社, 1998: 5.
- [2] 李建毛. 湖南出土的东汉“早期白瓷” // 中国古代白瓷国际学术研讨会论文集. 上海: 上海书画出版社, 2005: 198~206.
- [3] 于世茂. 曹操墓惊现中国最早白瓷. 大公报, 2011-07-28 (A28).
- [4] 同[3].
- [5] 湖南省博物馆藏品.
- [6] 河南省文物考古研究所. 曹操高陵考古发现与研究. 北京: 文物出版社, 2010: 彩版28, 29.
- [7] 河南省博物馆. 河南安阳北齐范粹墓发掘简报. 文物, 1972, (1).
- [8] 何文权, 熊樱菲. 中国古代白瓷的胎釉元素成分初步分析 // 中国古代白瓷国际学术研讨会论文集. 前揭书: 599~607.
- [9] 熊樱菲, 龚玉武. 化学组成分析辅助判别古陶瓷产地、制作年代及工艺的研究. 文物保护与考古科学, 2008, 20 (S1).
- [10] 李家驹. 陶瓷工艺学. 北京: 中国轻工业出版社, 2006: 39.
- [11] 张茂林, 李其江, 吴军明, 等. 从模仿到创新: 景德镇中晚唐、五代至宋代瓷器胎釉配方的演变. 故宫博物院院刊, 2020, (9).
- [12] a. 洪州窑数据参考: 陈显求、陈士萍, 仝武扬, 等. 唐代洪州窑青瓷探讨. 景德镇陶瓷, 1983, (1).
b. 越窑数据参考: 李家治. 中国科学技术史: 陶瓷卷. 北京: 科学出版社, 1998: 120.
c. 岳州窑数据由笔者携便携荧光光谱测试仪测试岳州窑博物馆藏东汉时期岳州窑出土瓷片得出.
- [13] 王建保, 张志忠, 李融武, 等. 河北临漳县曹村窑址考察报告. 华夏考古, 2014, (1).
- [14] 张茂林, 王建保, 李其江, 等. 河北临漳曹村窑与内丘邢窑陶瓷器的胎釉组成对比分析. 中国陶瓷, 2013, (2).
- [15] 《中国古陶瓷图典》编辑委员会. 中国古陶瓷图典. 北京: 文物出版社, 1998: 53.
- [16] 王睿. 白瓷起源及相关问题探讨 // 中国古陶瓷研究: 第十五辑. 北京: 紫禁城出版社, 2009: 27~40.
- [17] 中国硅酸盐学会. 中国陶瓷史. 北京: 文物出版社, 1982: 167.
- [18] 任式楠. 论华南史前印纹白陶遗存 // 南中国及邻近地区古文化研究: 庆祝郑德坤教授从事学术活动六十周年论文集. 香港: 香港中文大学出版社, 1994: 302.
- [19] 傅举有, 徐克勤. 湖南出土的战国秦汉玻璃璧. 上海文博论丛, 2010, (2).
- [20] 干福熹. 中国古代玻璃的起源和发展. 自然杂志, 2006, (4).

(责任编辑: 张萍)