

DOI: 10.13957/j.cnki.tcx.2020.05.017

安徽烈山窑址出土白瓷标本的科学分析

马燕莹¹, 陈超², 李合¹, 康葆强¹

(1. 故宫博物院 文保科技部, 北京 100009; 2. 安徽省文物考古研究所, 安徽 合肥 230601)

摘要: 采用大样品室能量色散 X 射线荧光光谱仪对安徽淮北市烈山窑址出土宋元时期白瓷样品的胎釉组成含量进行了测试分析, 以期揭示烈山窑的制瓷技术; 通过与同时期河北定窑和观台窑白瓷样品的胎釉数据对比, 探讨烈山窑的制瓷技术源流。分析结果表明, 烈山窑址宋元时期白瓷瓷胎组成含量符合北方瓷胎高铝的特征, 并采用了化妆土技术; 白瓷釉中 CaO 含量呈降低趋势, K₂O 呈升高趋势, 符合制瓷技术的时代发展规律; 通过比较, 发现烈山窑址制胎原料与定窑、观台窑存在一定的差异, 这是就地选取制瓷原料的必然结果; 烈山窑址与定窑、观台窑白瓷釉中的 Ca 元素与 Sr 元素均呈负相关性, 表明三个窑址之间的制瓷技术可能同步发生变化, 即三个窑址之间存在技术交流与传播; 烈山窑址白瓷釉中 CaO 含量均高于同时期定窑、观台窑白瓷釉中 CaO 含量, 推测其瓷器产品的演变速度相对迟缓。

关键词: 烈山窑; 白瓷; 定窑; 观台窑; 制瓷技术

中图分类号: TQ174.1

文献标志码: A

文章编号: 1000-2278(2020)05-0729-07

Scientific Analysis of White Porcelains Unearthed from Lieshan Kiln, Anhui Province

MA Yanying¹, CHEN Chao², LI He¹, KANG Baoqiang¹

(1. Department of Conservation Science, the Palace Museum, Beijing 100009, China;

2. Anhui Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Hefei 230601, Anhui, China)

Abstract: Energy dispersion X-ray fluorescence spectrometer (ED-XRF) was used to analyze the composition and content of the body and glaze of white porcelain samples unearthed from Lieshan kiln in Huaibei area, Anhui province, in order to study the porcelain techniques of Lieshan kiln. The origin of Lieshan kiln porcelain techniques was also discussed by comparing with white porcelains produced in the same period from Ding and Guantai kilns in Hebei Province. Firstly, composition and content of the white porcelain body in Lieshan kiln in Song-Yuan period are consistent with the characteristics of high aluminum content in the porcelain body from northern China. Lieshan porcelain also has a layer of engobe. Secondly, the content of K₂O is increased in the glaze of the white porcelain from Lieshan kiln, while that of CaO is decreased, which is in line with the law of glazing technology. Thirdly, by comparison, it is found that there are certain differences in raw materials between the porcelains from the Lieshan kiln and Ding and Guantai kilns, which is inevitable due to the use of their respective local materials. Fourthly, the negative correlation between Ca and Sr in the white porcelain glazes of the three kilns indicates that their porcelain techniques were changed synchronously. In other words, there could be technical exchanges among them. Finally, the content of CaO in the glaze from Lieshan kiln was higher than that in those from Ding and Guantai kilns in the same period, suggesting that the technique evolution pace of Lieshan kiln was relatively slower than that of Ding and Guantai kilns.

Key words: Lieshan kiln; white porcelain; Ding kiln; Guantai kiln; porcelain techniques

0 引言

2017 年 9 月, 在安徽省淮北市烈山村东侧发

现一处宋元时期窑址, 经前期考古调查和勘探后于 2018 年 3 月开始抢救性考古发掘, 共发现 6 处窑炉, 有的保存较好, 有的破坏严重。本次考古

收稿日期: 2020-05-27。

修订日期: 2020-06-20。

基金项目: 江西协同中心课题(JXYY1901); 国家自然科学基金(51402054, 51702054)。

通信联系人: 马燕莹(1992-), 女, 硕士, 馆员。

Received date: 2020-05-27.

Revised date: 2020-06-20.

Correspondent author: MA Yanying (1992-), Female, Master, Museologist.

E-mail: m0213m@126.com

发掘分为中部唐代晚期至宋代窑址、中部汉代窑址和南部金元窑址三个区域,出土了大量白釉瓷、绿釉瓷、青釉瓷,以及部分酱釉瓷、黑釉瓷、黄瓷器、琉璃器和三彩器,主要产品包括碗、盘、盏、罐、建筑构件等及部分窑具,考古成果丰硕。

隋唐时代,中国北方白釉瓷的出现打破了青釉瓷一统天下的格局,形成了我国陶瓷史上南青北白相互争艳的两大体系,并实现了北方烧制瓷器的技术突破,使我国成为世界上最早拥有白釉瓷的国家^[1]。早期烧制白瓷最重要的北方瓷窑有河北邢窑、定窑与河南巩义窑^[2]。定窑窑址在河北曲阳,因此有时也被称作“曲阳窑”,盛于宋金时期^[3]。磁州窑是我国北方最大的民窑之一,主要窑址分布在北方中原地区的河北、河南、山西诸省,以河北邯郸地区的观台和彭城两地窑厂为生产中心^[4]。磁州窑的历史,根据目前观台窑址发掘结果和传世文物看,创烧于北宋年间^[3],并于宋金时期达到鼎盛^[3]。定窑和磁州窑对我国南北方制瓷业的发展产生了深远的影响。此次淮北地区烈山窑的发现为研究中国南北窑业技术传播路线以及宋元时期地方社会经济研究提供了极其重要的实物资料。目前,关于烈山窑址瓷器的分析研究甚少,本文选取 24 件烈山窑址宋元时期出土白瓷样品,利用大样品室能量色散 X 射线荧光光谱仪分析其胎釉元素组成含量,以期揭示烈山窑址白瓷的胎釉组成特征。同时,将其与定窑和观台窑白瓷样品组成含量进行比对,探讨它们之间的制瓷技术关系,以期为中国南北窑业技术传播路线的研究提供参考信息,也为宋元时期社会经济和手工业的研究提供依据。

1 样品描述与分析方法

1.1 样品描述

烈山窑址白瓷样品外观与尺寸如图 1 所示,原器物为碗与盘。瓷胎颜色较深,呈灰褐色,胎质比较

疏松;瓷釉白中泛黄,表面具有光泽,存在污渍、附着物和小孔洞。胎釉之间施有一层白色化妆土。

1.2 分析方法

美国 EDAX 公司的 EAGLE III XXL 大样品室能量色散 X 射线荧光光谱仪。实验测试条件为:测试主、微量元素采用的电压为 25 kV,电流 600 μ A,束斑 0.3 mm,测量时间 600 s,经标准样品校准校正后得到近似定量分析结果。测试微量元素采用的电压为 40 kV,电流 400 μ A,束斑 0.3 mm,测量时间 200 s,半定量分析结果。

2 结果与讨论

2.1 烈山窑址白瓷样品胎体特征及时代变化规律

利用 X 荧光能谱仪分析 24 件白瓷样品瓷胎,结果见表 1。

根据表 1 可知,烈山窑址白瓷胎中 Al_2O_3 和 SiO_2 含量分别介于 20-29%和 62-74%之间,符合北方瓷窑瓷胎的高铝特征(通常大于 22%)^[5]。同时,烈山窑白瓷胎体元素组成变化范围较大,说明当时对原料的选择与处理尚不够精细。从图 2 可知,从北宋早期直至金元时期,烈山窑白瓷胎体标本中氧化铝含量有逐渐降低的趋势,而氧化硅含量则有逐渐升高的趋势。此外,烈山窑白瓷胎具有较高的氧化钛和氧化铁含量,这导致其瓷胎颜色较深。因此,在施釉前烈山窑白瓷多使用化妆土遮盖瓷胎表面,使其不影响白色釉色。

2.2 烈山窑址白瓷样品釉层特征及时代变化规律

利用 X 荧光能谱仪分析 24 件白瓷样品瓷釉,结果见表 2 与图 3。

根据表 2 数据可知,烈山窑址宋元时期白瓷釉中 K_2O 和 CaO 含量分别介于 1-4.3%和 6-17%之间,多数标本属于高钙釉。 CaO 为陶瓷釉烧结过程中重要的助熔组分^[6]。从图 3 可知, CaO 含量从北宋至金元时期呈降低趋势, K_2O 呈升高趋势。釉中氧化钙含量的降低,表明其烧成温度有所升高,这符合制釉技术的时代发展规律。



图 1 烈山窑址白瓷样品:(a)北宋早期白瓷,(b)北宋晚期白瓷,(c)金元时期白瓷

Fig.1 White porcelain shards from Lieshan kiln: (a) early Northern Song period, (b) late Northern Song period and (c) Jin-Yuan period

表 1 烈山窑址白瓷样品瓷胎主、微量元素组成
Tab.1 Major and minor elements in the body of Lieshan kiln samples

Sample classification	Sample number	Mass fraction (wt.%)								
		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃
Early northern Song period	LSB-1	0.62	0.33	24.35	67.61	1.40	1.09	1.90	0.04	1.66
	LSB-2	0.55	0.48	25.80	67.07	1.32	1.09	1.16	0.02	1.50
	LSB-3	0.82	0.58	26.65	66.53	1.62	0.53	1.08	0.02	1.17
	LSB-4	0.84	0.55	28.56	64.14	1.15	1.16	1.08	0.03	1.50
	LSB-15	0.66	0.59	25.04	66.79	1.40	1.64	1.17	0.03	1.69
	LSB-16	0.62	0.63	28.87	63.04	1.12	0.91	0.79	0.01	3.01
Late northern Song period	LSB-5	0.75	0.46	20.07	73.09	1.37	1.06	0.93	0.02	1.24
	LSB-7	0.41	0.50	26.78	65.88	1.25	1.02	1.20	0.03	1.92
	LSB-8	0.70	0.52	24.63	66.26	1.53	2.38	0.94	0.04	1.99
	LSB-9	0.79	0.46	26.10	65.47	1.24	1.67	1.13	0.04	2.08
	LSB-12	0.42	0.61	26.04	64.40	1.41	3.12	1.12	0.04	1.83
	LSB-13	0.68	0.52	25.75	67.07	1.52	0.79	1.05	0.02	1.60
	LSB-14	0.51	0.55	25.72	67.43	1.34	0.80	1.00	0.02	1.64
	LSB-22	0.42	0.50	27.20	64.66	1.25	2.06	1.06	0.05	1.79
	LSB-23	0.70	0.70	26.20	65.02	1.45	1.74	1.16	0.03	1.99
	LSB-24	0.94	0.56	26.40	65.22	1.28	1.66	1.17	0.04	1.73
Jin-Yuan period	LSB-25	0.62	0.83	26.91	64.72	1.39	1.68	1.14	0.03	1.70
	LSB-10	0.69	0.58	23.48	68.22	1.63	1.54	0.95	0.02	1.89
	LSB-11	1.00	0.32	25.17	67.08	1.40	0.98	1.02	0.03	2.01
	LSB-17	0.63	0.78	26.86	64.82	1.54	1.49	1.08	0.03	1.78
	LSB-18	0.66	0.48	22.96	68.87	1.49	1.59	0.99	0.04	1.93
	LSB-19	0.83	0.47	25.88	66.00	1.40	1.23	1.24	0.03	1.91
	LSB-20	0.40	0.74	26.11	64.97	1.28	2.25	1.03	0.04	2.19
	LSB-21	0.68	0.58	25.32	67.46	1.57	0.78	1.14	0.02	1.46

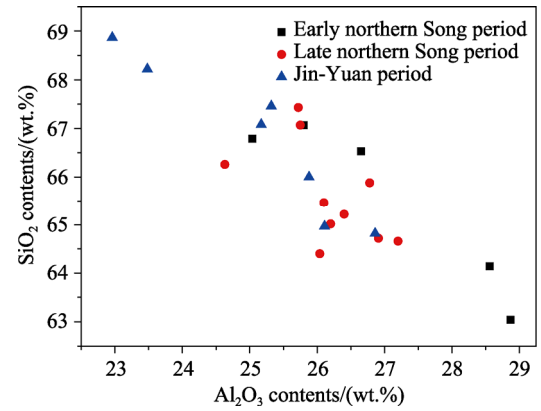


图 2 烈山窑址白瓷瓷胎中 Al₂O₃ 和 SiO₂ 含量分布图
Fig.2 Contents of Al₂O₃ and SiO₂ in the body of Lieshan kiln samples

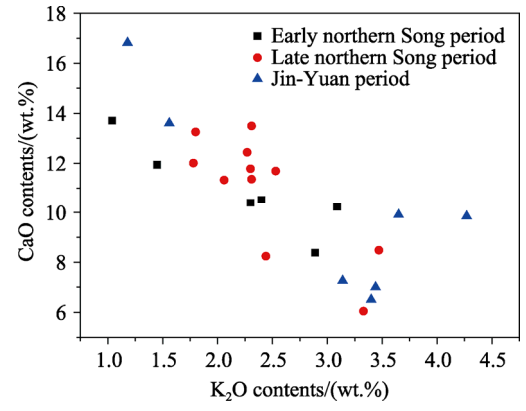


图 3 烈山窑址白瓷样品瓷釉中 K₂O 和 CaO 含量分布图
Fig.3 Contents of K₂O and CaO in the glaze of Lieshan kiln samples

表 2 烈山窑址白瓷样品瓷釉主次量和微量元素组成
Tab.2 Major, minor and trace elements in the glaze of Lieshan kiln samples

Sample classification	Sample number	Mass fraction (wt.%)												
		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Rb ₂ O	SrO	Y ₂ O ₃	ZrO ₂
Early northern Song period	LSB-1	0.88	1.22	13.82	71.19	2.89	8.38	0.17	0.07	0.37	0.0069	0.0197	0.0063	0.0201
	LSB-2	0.51	1.75	14.70	68.43	2.40	10.52	0.17	0.06	0.46	0.0099	0.0168	0.0015	0.0136
	LSB-3	0.67	1.51	15.30	67.01	3.09	10.24	0.33	0.08	0.79	0.0110	0.0163	0.0043	0.0214
	LSB-4	0.60	1.02	13.47	69.83	1.45	11.94	0.15	0.10	0.43	0.0093	0.0218	0.0032	0.0238
	LSB-15	0.69	2.07	14.87	65.91	1.04	13.71	0.14	0.10	0.47	0.0066	0.0232	0.0069	0.0219
	LSB-16	0.54	0.72	13.58	70.83	2.30	10.40	0.15	0.09	0.39	0.0077	0.0163	0.0059	0.0231
Late northern Song period	LSB-5	0.51	1.90	16.93	64.08	2.27	12.44	0.20	0.11	0.57	0.0109	0.0147	0.0037	0.0185
	LSB-7	1.82	0.67	14.05	69.81	3.47	8.48	0.16	0.04	0.50	0.0078	0.0296	0.0055	0.0423
	LSB-8	1.07	2.07	15.73	68.66	2.44	8.24	0.23	0.09	0.46	0.0072	0.0562	0.0081	0.0190
	LSB-9	2.58	0.47	13.88	72.15	3.33	6.05	0.17	0.06	0.31	0.0090	0.0209	0.0035	0.0093
	LSB-12	1.63	1.02	14.55	65.87	1.80	13.26	0.20	0.10	0.55	0.0083	0.0187	0.0061	0.0234
	LSB-13	0.51	1.39	14.39	66.20	2.31	13.50	0.15	0.07	0.48	0.0076	0.0211	0.0028	0.0240
	LSB-14	0.62	1.54	14.58	67.11	2.53	11.69	0.16	0.09	0.69	0.0074	0.0219	0.0052	0.0251
	LSB-22	0.66	1.55	15.37	67.21	2.06	11.33	0.16	0.08	0.58	0.0067	0.0163	0.0076	0.0249
	LSB-23	1.17	1.51	15.62	65.73	2.30	11.78	0.17	0.08	0.63	0.0076	0.0159	0.0061	0.0218
	LSB-24	0.78	1.53	17.41	64.74	1.78	12.01	0.14	0.08	0.53	0.0083	0.0198	0.0080	0.0228
Jin-Yuan period	LSB-25	0.40	1.18	16.51	66.47	2.31	11.36	0.16	0.07	0.53	0.0087	0.0161	0.0025	0.0237
	LSB-10	1.84	1.06	17.83	66.77	3.14	7.26	0.29	0.05	0.75	0.0136	0.0270	0.0053	0.0129
	LSB-11	0.65	1.71	15.14	65.52	1.56	13.61	0.16	0.11	0.55	0.0110	0.0227	0.0064	0.0211
	LSB-17	0.65	2.67	15.45	61.36	1.18	16.82	0.17	0.11	0.57	0.0100	0.0174	0.0044	0.0230
	LSB-18	2.47	0.99	14.44	66.74	3.65	9.91	0.14	0.08	0.58	0.0074	0.0177	0.0062	0.0212
	LSB-19	2.23	0.51	14.23	71.59	3.40	6.50	0.14	0.05	0.34	0.0087	0.0274	0.0029	0.0215
	LSB-20	1.82	1.51	16.17	64.52	4.27	9.85	0.23	0.09	0.54	0.0101	0.0177	0.0034	0.0182
	LSB-21	1.28	0.73	14.29	71.59	3.44	7.00	0.15	0.08	0.44	0.0096	0.0217	0.0045	0.0162

2.3 烈山窑址与定窑、观台窑的制瓷技术对比

为了探讨烈山窑址制瓷技术的发展脉络与源流,选取 26 件宋元时期定窑出土白瓷样品与 13 件宋元时期属于磁州窑系的观台窑出土白瓷样品,利用 X 荧光光谱仪分析其胎釉的主次量元素和微量元素,并与上述烈山窑址白瓷样品胎釉组成对比,结果见表 3 和表 4。

2.3.1 瓷胎特征

根据表 1 和表 3 可知,烈山窑与定窑、观台窑白瓷瓷胎组成具有较大的差异,其中,烈山窑址瓷胎中 Al₂O₃ 含量略低,而 SiO₂ 含量略高(图 4)。

烈山窑与观台窑瓷胎中 Fe₂O₃ 和 TiO₂ 含量相近,定窑瓷胎中 Fe₂O₃ 和 TiO₂ 含量很低(图 5)。由此可知,安徽烈山窑与定窑、观台窑的制瓷原料存在较大的差异,这是就地选取制瓷原料的必然结果。

2.3.2 瓷釉特征

为了对比烈山窑址与定窑、观台窑白瓷瓷釉的元素组成特征和变化规律,将三个窑址北宋时期白瓷样品瓷釉中 K₂O 和 CaO 的数据制成散点图,如图 6 所示。根据图 6 可知,定窑和观台窑北宋时期白瓷样品瓷釉中 CaO 含量大多数在 2-7%,而烈山窑址北宋时期白瓷瓷釉中助熔组分

表 3 定窑和观台窑白瓷样品胎体元素平均含量与标准偏差(SD)

Tab.3 Average element contents and standard deviations (SD) in the body of white porcelain samples from Ding and Guantai kilns

Sample classification		Mass fraction (wt.%)								
		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃
Samples of northern Song dynasty from Ding kiln	Average	0.64	1.11	29.79	63.06	1.46	1.70	0.38	0.02	0.83
	SD	0.28	0.28	2.57	2.42	0.48	0.98	1.10	0.00	0.15
Samples of Jin-Yuan period from Ding kiln	Average	0.57	0.79	24.38	68.76	1.81	0.96	0.56	0.02	1.15
	SD	0.16	0.16	1.11	1.19	0.28	0.17	0.04	0.01	0.07
Samples of northern Song dynasty from Guantai kiln	Average	1.00	0.50	31.53	61.23	1.41	0.45	1.22	0.02	1.64
	SD	0.51	0.10	2.56	2.14	0.47	0.10	0.19	0.01	0.51
Samples of Jin-Yuan period from Guantai kiln	Average	0.69	0.46	29.67	63.55	1.39	0.40	1.10	0.03	1.72
	SD	0.17	0.07	4.13	3.31	0.49	0.04	0.18	0.02	0.52

表 4 定窑和观台窑白瓷样品釉层元素平均含量与标准偏差(SD)

Tab.4 Average element contents and standard deviation (SD) in the glaze of white porcelain samples from Ding and Guantai kilns

Sample classification		Mass fraction (wt.%)													
		Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	Rb ₂ O	SrO	Y ₂ O ₃	ZrO ₂	
Samples of northern Song dynasty from Ding kiln	Average	0.47	3.15	15.11	72.01	1.91	5.32	0.13	0.05	0.83	0.0091	0.0093	0.0038	0.0356	
	SD	0.29	1.08	1.25	2.00	0.36	1.68	0.09	0.02	0.22	0.0015	0.0025	0.0008	0.0088	
Samples of Jin-Yuan period from Ding kiln	Average	0.44	2.40	15.13	73.81	2.37	3.61	0.18	0.03	1.04	0.0097	0.0118	0.0042	0.0289	
	SD	0.17	0.28	0.95	1.47	0.32	0.45	0.07	0.00	0.16	0.0012	0.0016	0.0014	0.0042	
Samples of northern Song dynasty from Guantai kiln	Average	1.84	1.17	17.45	71.14	2.70	3.81	0.39	0.04	0.40	0.0067	0.0326	0.0049	0.0329	
	SD	0.82	0.37	1.34	1.20	0.70	1.95	0.10	0.01	0.19	0.0006	0.0117	0.0010	0.0034	
Samples of Jin-Yuan period from Guantai kiln	Average	2.98	0.75	18.01	69.97	3.42	2.98	0.45	0.02	0.39	0.0076	0.0548	0.0038	0.0298	
	SD	0.98	0.49	1.45	1.43	0.85	1.05	0.15	0.00	0.08	0.0024	0.0227	0.0016	0.0050	

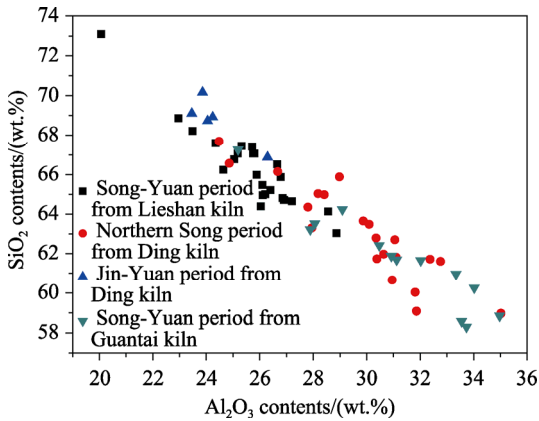


图 4 烈山窑址与定窑、观台窑白瓷瓷胎中 SiO₂ 和 Al₂O₃ 含量分布图
Fig.4 Contents of SiO₂ and Al₂O₃ in the body of white porcelain samples from Lieshan kiln and Ding and Guantai kilns

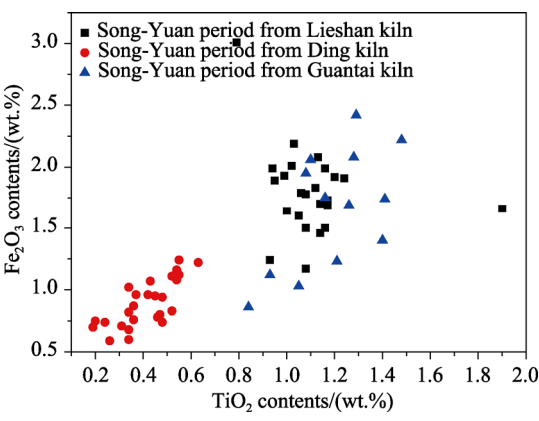


图 5 烈山窑址与定窑、观台窑白瓷瓷胎中 Fe₂O₃ 和 TiO₂ 含量分布图
Fig.5 Contents of Fe₂O₃ and TiO₂ in the body of white porcelain samples from Lieshan kiln, Ding and Guantai kilns

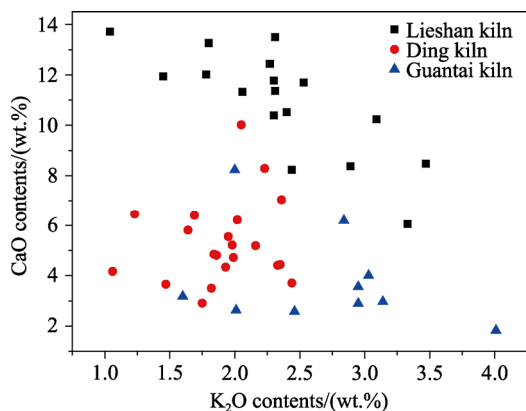


图 6 定窑、观台窑与烈山窑址北宋白瓷瓷釉中 K_2O 和 CaO 含量分布图

Fig.6 Contents of K_2O and CaO in the glaze of white porcelain samples from LIESHAN Kiln and Ding and Guantai kilns in Northern Song Dynasty

CaO 含量则高出约 2-3 倍,最高达 13.71%。同时,三个窑址白瓷瓷釉中 K_2O 含量相近。总体而言,烈山窑瓷釉中助熔组分含量较高,这表明北宋时期烈山窑址白瓷的烧成温度可能低于定窑和观台窑白瓷。

通常釉中 SrO 主要来自于钙质原料,即釉中

SrO 与 CaO 含量呈正相关性^[7,8]。图 7 则表明烈山窑址白瓷样品从北宋至金元时期瓷釉中 CaO 含量有降低趋势,而 SrO 含量则略有升高趋势,即 SrO 与 CaO 含量呈负相关性。图 8 表明定窑与观台窑北宋至金元时期白瓷瓷釉中 SrO 含量有升高趋势,而 CaO 含量略有降低趋势(图 9),即北宋至金元时期定窑和观台窑白瓷瓷釉中 SrO 与 CaO 含量亦呈负相关性。由此推测三个窑址北宋至金元的钙质原料来源可能同步发生改变。这也说明北宋至金元时期,北方三个白瓷窑址之间存在密切的技术传播与交流。

2.4 中心窑厂向周边窑厂的技术传播规律

虽然烈山窑址与定窑、观台窑的制釉技术同步发生了变化,但从图 9 可以看出,烈山窑址宋元时期白瓷瓷釉中 CaO 含量均高于同时期定窑、观台窑白瓷瓷釉中 CaO 含量,这说明相比定窑和观台窑,烈山窑址白瓷瓷釉中助熔组分含量偏高。根据我国北方瓷釉一般的发展规律可知,烈山窑址的制瓷技术发展变化速率相对与定窑和观台窑比较迟缓。这符合并进一步验证了周边窑厂与中心窑厂之间的制瓷技术演变发展规律^[9]。

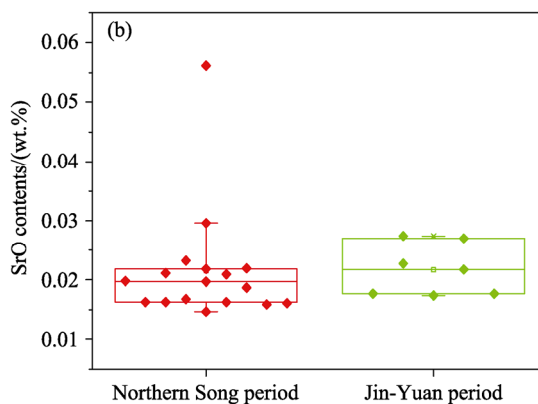
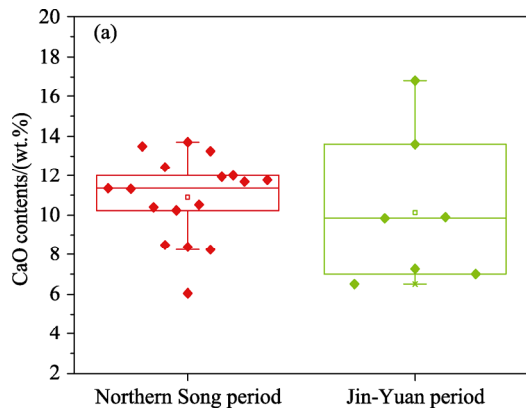


图 7 烈山窑址宋元时期白瓷样品瓷釉中 CaO 与 SrO 含量分布图: (a) CaO 含量, (b) SrO 含量

Fig.7 Box figures of the contents of CaO (a) and SrO (b) in the glaze of LIESHAN kiln samples in Song-Yuan period

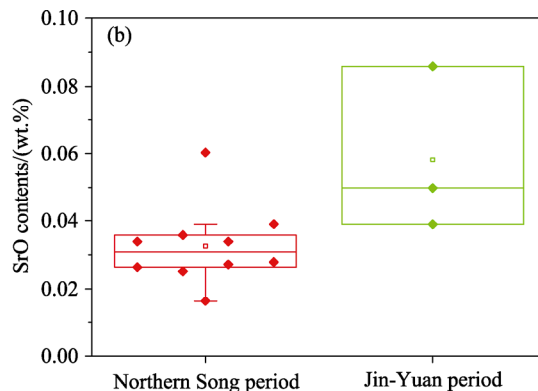
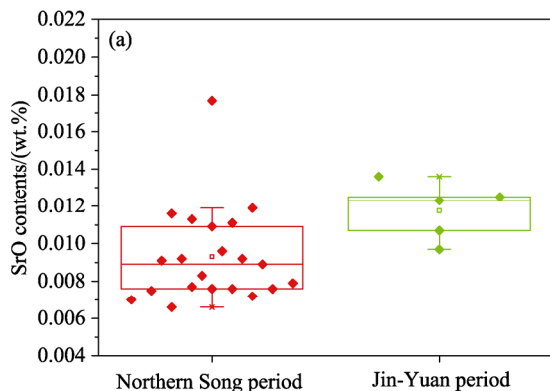


图 8 定窑与观台窑宋元时期白瓷样品瓷釉中 SrO 含量分布图: (a)定窑, (b)观台窑

Fig.8 Box figures of SrO content in the glaze from Ding (a) and Guantai (b) kilns in Song-Yuan period

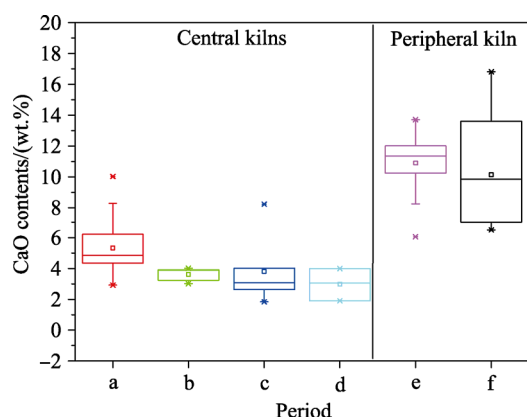


图 9 定窑、观台窑和烈山窑址宋元时期白瓷瓷釉中 CaO 含量分布图: (a)定窑北宋时期, (b)定窑金元时期, (c)观台窑北宋时期, (d)观台窑金元时期, (e)烈山窑北宋时期, (f)烈山窑金元时期

Fig.9 Box figures of CaO content in the glaze from Lieshan kiln and Ding and Guantai kilns in Song-Yuan period: (a) Northern Song Dynasty from Ding kiln, (b) Jin-Yuan period from Ding kiln, (c) Northern Song Dynasty from Guantai kiln, (d) Jin-Yuan period from Guantai kiln, (e)Northern Song Dynasty from Lieshan kiln and (f) Jin-Yuan period from Lieshan kiln

3 结 论

本工作通过分析安徽淮北地区烈山窑址出土宋元时期白瓷样品的胎釉组成, 以及与同时期定窑和磁州窑系的观台窑白瓷样品胎釉组成数据进行对比, 得出以下结论:

(1) 烈山窑址宋元时期白瓷瓷胎组成符合北方瓷胎的高铝特征, 并采用了化妆土技术。

(2) 烈山窑址宋元时期白瓷瓷釉中 CaO 含量呈降低趋势, 而 K_2O 呈升高趋势, 符合古代制釉技术的时代发展规律。

(3) 烈山窑址与定窑、观台窑烧制白瓷瓷胎原料存在一定差异, 均为就地选取制瓷原料。

(4) 烈山窑址与定窑、观台窑白瓷瓷釉中的 Ca 元素与 Sr 元素均呈负相关性, 推测三个窑址的钙质原料来源可能同步发生改变。这也说明北宋至金元时期, 北方三个白瓷窑址之间存在密切的

技术传播与交流。

(5) 烈山窑址白瓷瓷釉中 CaO 含量均高于同时期定窑、观台窑白瓷瓷釉中 CaO 含量, 说明其瓷器产品的演变速度相对迟缓, 符合中心窑厂与周边窑厂瓷器产品的演变发展规律。

(6) 本工作仅从胎釉组成配方角度来探讨烈山窑、定窑与磁州窑之间瓷业技术的交流, 其结论有待今后进一步的验证。

参考文献:

- [1] 李家治. 中国科学技术史陶瓷卷[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [2] 马颖, 马清林, 马泓蛟, 等. 河南巩义窑、河北邢窑出土瓷器的原料来源研究—以北宋和隋唐时期出产的青瓷、白瓷为例[J]. 文物保护与考古科学, 2018, 30(5): 84-97.
- [3] 叶喆民. 中国陶瓷史[M]. 北京: 三联书店, 2011.
- [4] 李家治. 中国科学技术史陶瓷卷[M]. 北京: 科学出版社, 1998.
- [5] 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[J]. 文物保护与考古科学, 2008, 20(S1): 79-84.
- [6] XIONG Y F, GONG Y W. Sciences of Conservation and Archaeology, 2018, 20(S1): 79-84.
- [7] 马铁成. 陶瓷工艺学[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 2013.
- [8] FREESTONE I C, LESLIE K A, THIRLWALL M, et al. Strontium isotopes in the investigation of early glass production: Byzantine and early Islamic glass from the near east [J]. Archaeometry, 2003, 45(1): 19-32.
- [9] MA H J, HENDERSON J, EVANS J. The exploration of Sr isotopic analysis applied to Chinese glazes: part one [J]. Journal of Archaeological Science, 2014, 50: 551-558.
- [10] 李合, 翟毅, 郭子莉, 等. 龙泉青瓷胎釉成分特征研究[J]. 故宫博物院院刊, 2019, (7): 24-32.
- [11] LI H, ZHAI Y, GUO Z L, et al. Palace Museum Journal, 2019, (7): 24-32.