

华夏考古

HUAXIA ARCHAEOLOGY

HUAXIA KAOGU

2024.2



中国期刊方阵双效期刊
中国人文社会科学核心期刊
全国中文核心期刊





目 录

特约·偃师商城考古发现与研究

- 偃师商城遗址 2004 ~ 2023 年考古工作收获——纪念偃师商城发现与发掘 40 周年 陈国梁 曹慧奇 谷 飞 (3)
- 偃师商城祭祀 D 区祭祀牺牲的饲养方式研究 陈相龙 陈国梁 李志鹏 曹慧奇 (12)
- 环嵩山地区二里岗时期农业初探——以偃师商城为中心 刘 昶 陈国梁 谷 飞 曹慧奇 赵志军 钟 华 (22)
- 偃师商城遗址出土印纹硬陶和原始瓷的科技分析 杨玉璋 曾令园 陈国梁 孙炳桂 龚莹雪 张居中 (29)

田野考古报告

- 山西夏县辕村遗址 2018 年发掘简报 山西省考古研究院 运城市文物保护中心 (38)
- 江苏徐州铁刹山汉墓 M47 发掘简报 徐州市文物保护和考古研究所 徐州博物馆 (48)
- 湖南宁乡尹家冲刘宋纪年墓发掘简报 湖南省文物考古研究院
科技考古与文物保护利用湖南省重点实验室 宁乡市文化旅游广电体育局 (55)

夏文化探索

- 夏代中兴史的可信度与接受史——兼评近代学界所谓“神话的历史化”假说 周秦汉 (60)

考古文物研究

- 河北泥河湾板井子旧石器遗址 2015 年出土动物遗存初步研究 王晓敏 陈福友 李 锋 高 星 (71)
- 新石器时代虎纹形象变化与内涵变迁初探 范芳芳 (80)
- 中原与海岱地区先秦时期麦作的考古发现与研究 郭荣臻 曹凌子 靳桂云 (89)
- 白马寺东汉墓园主人的新认识 刘尊志 (101)
- 唐东都洛阳圣善寺考 卢亚辉 (111)
- 宋元时期砖瓦窑的工艺技术研究 李清临 (117)
- 新发现明代王铎撰书《夏公堤碑》拓本校考 郭 冰 贾 楠 (130)

考古技术与文物保护

- 仿制石权杖头的实验考古及相关问题探讨 温成浩 (139)
- 基于 ArcMap 的考古勘探作业新方法 崔俊俊 (145)

学术动态

- 2023 年度河南省十大考古新发现 本刊记者 (151)

主 编：刘海旺

编辑部主任：张 凤

编 辑：方燕明 刘亚玲 余 洁



偃师商城遗址出土印纹硬陶 和原始瓷的科技分析*

杨玉璋¹ 曾令园² 陈国梁³ 孙炳桂² 龚莹雪² 张居中²

(1. 北京科技大学科技史与文化遗产研究院, 北京市 100083; 2. 中国科学技术大学科技史与科技考古系, 安徽 合肥市 230026; 3. 中国社会科学院考古研究所, 北京市 100101)

关键词: 偃师商城; 印纹硬陶; 原始瓷; 工艺特征; 产地

摘要: 为了解河南偃师商城遗址出土印纹硬陶和原始瓷的工艺特征及产地来源, 本文运用 X 射线荧光光谱仪、热膨胀仪和吸水率仪对遗址出土的 7 件印纹硬陶和 3 件原始瓷样品进行了分析测试。结果显示, 上述样品胎体化学组成较为接近, 皆具有南方陶瓷“高硅低铝”的典型特征, 但原始瓷样品胎料组成具有更高的稳定性, 同时, 二者胎体的助熔剂含量总体偏低; 原始瓷釉以 CaO 为主要助熔剂, 属高温钙釉, 其釉料配制时未添加草木灰, 可能是由黏土配以其他富含 CaO、MgO 的原料制作而成。多元统计分析结果显示, 偃师商城的印纹硬陶和原始瓷至少应有两处以上的产地来源, 其中多数与二里头遗址样品成分接近但离散程度较高, 少数样品与福建辽田尖山窑样品关系密切。

Keywords: Yanshi Shang City; embossed hard-paste porcelains; proto-porcelains; characteristics of workmanship; place of production

Abstract: To better understand the characteristics of the workmanship and places of production of the embossed hard-paste porcelains and proto-porcelains unearthed from Henan's Yanshi Shang City, this article analyzes seven embossed hard-paste porcelains and three proto-porcelains unearthed from the site via X-ray fluorescence spectrometer, thermal dilatometer and water absorption meter. The results show that the chemical compositions of the bodies of the abovementioned vessels are similar, with all bearing the typical feature of ceramics of the South, namely "high in silicon and low in aluminum". However, the compositions of the bodies of the proto-porcelains have higher stability. Meanwhile, in the bodies of both kinds of porcelains, the content of fluxing agent is generally low. The glazing of proto-porcelains have CaO as the major fluxing agent, and belongs to high-temperature calcium glaze whose ingredient included no plant ash but probably clay with other raw materials rich in CaO and MgO. The result of multivariate statistical analysis shows that the embossed hard-paste porcelains and proto-porcelains unearthed from Yanshi Shang City were produced in at least two places. The compositions of most of these porcelains are similar to those unearthed from Erlitou Site but with a high degree of dispersion. A minority of the specimens are closely related to those collected from Fujian's Liaotianjianshan Kiln.

1 引言

印纹硬陶和原始瓷是我国陶瓷发展史上由陶到瓷过渡阶段的产物, 它们的成功烧制是中国陶瓷科技史上重要的里程碑之一。商周时期是我国印纹硬陶和原始瓷烧制的主要

时期, 这两种陶瓷制品关系密切, 一般认为原始瓷是在印纹硬陶制作的基础上发展起来的, 它的成型和装饰继承了印纹硬陶的相关工艺^[1]。我国北方地区商周时期印纹硬陶与原始瓷主要发现于当时的大型城址和高等级贵族墓葬, 如郑州商城^[2]、偃师商城^[3]和

* 本研究得到国家自然科学基金青年项目“郑州商城出土白陶、印纹硬陶与原始瓷的制作工艺及产地研究”(项目编号: 50902127)资助。

山东大辛庄^[4]等。同时,其数量和器类也明显少于南方,在北方地区属于较为珍稀的陶瓷制品,因此,其一经发现便受到考古学界和陶瓷学界的高度关注。值得注意的是,迄今为止考古发现的烧制印纹硬陶和原始瓷的窑址均位于我国南方地区,尤其集中于以浙江德清窑址群为代表的东苕溪流域、以江西吴城遗址为代表的赣江流域以及以永春苦寨坑窑、德化辽田尖山窑等为代表的福建地区等^[5],而北方地区至今未发现原始瓷窑址。因此,我国北方商周时期印纹硬陶和原始瓷的产地问题长期以来一直是学术界关注的热点之一。目前,对于北方地区印纹硬陶和原始瓷的产地问题,主要有以安金槐为代表的“北方说”^[6]、周仁、李家治等人的“南方说”^[7],以及朱剑等人^[8]的“多产地说”三种主流观点。近年来黎海超等人通过对比南、北方出土印纹硬陶和原始瓷的器形和考古背景,又提出了“南方多来源”的观点^[9]。尽管学界对这一问题开展了长时间、多角度、多学科的综合研究,但迄今为止仍未有明确的共识。

偃师商城位于河南省偃师市商城街道,北依邙山、南临洛河。1983年,中国社会科学院考古研究所洛阳汉魏故城工作队在配合洛阳首阳山电厂选址的勘探过程中发现了该遗址,随后判定其是一座商代前期的城址。同年秋,中国社会科学院考古研究所根据科研工作分工情况,改派河南第二工作队(偃师商城考古队)专门负责偃师商城的考古工作,正式开启了对偃师商城遗址长达40年的考古发掘与研究,取得了一系列重要成果^[10]。同时,学者们从考古学文化层堆积和文化分期、考古学年代、城址形制与结构、各类重点遗迹、遗物(包括建筑基址、墓葬、陶器和铜器等)的类型学研究以及科技考古(动、植物考古等)等多个角度对偃师商城遗

址开展了全方位的研究^[11]。

值得注意的是,偃师商城数十年来的考古发掘工作中陆续发现了部分印纹硬陶和原始瓷器,其中印纹硬陶仅见尊类,而原始瓷数量极少,其器类也以尊为主^[12]。对于这些器形极为特殊的印纹硬陶和原始瓷,因其出土数量很少,目前对于它们的研究还停留在器物类型学等传统考古学研究层面上,而对它们的原料性质、工艺特点以及产地来源等问题的研究尚未开展。偃师商城是商代早期重要的城址之一,其出土的印纹硬陶和原始瓷在北方地区极具代表性。本文拟用能量色散X射线荧光光谱仪、热膨胀仪和吸水率仪对偃师商城发现的部分印纹硬陶和原始瓷标本进行科技检测分析,旨在揭示遗址出土印纹硬陶和原始瓷的技术特点,丰富中国北方地区出土商代印纹硬陶和原始瓷的研究资料,同时为深入探索商代早期中国南、北方印纹硬陶和原始瓷的关系等提供新的科学依据。

2 实验样品与方法

2.1 实验样品

实验样品选自偃师商城历年发掘过程中采集的印纹硬陶和原始瓷残片。由于采集数量较少,本次实验仅选取7件印纹硬陶和3件原始瓷样品进行分析。(图1)根据1983年偃师商城考古队对偃师商城的分区,本次实验的10件样品出土地点集中在Ⅶ区、Ⅷ区和宫城(I号建筑基址群)。(表1)

2.2 实验方法

采用能量色散X射线荧光光谱法(Energy Disperse X-Ray Fluorescence, EDXRF)对样品化学组成进行分析。首先,使用陶瓷切割机将陶瓷样品切割下约1cm³大小的小块,再在超声波清洗仪中使用去离子水对样品进行清洗,去除样品表面黏附的土壤与其他杂质颗粒,清洗完成后将样品放入恒温干燥箱

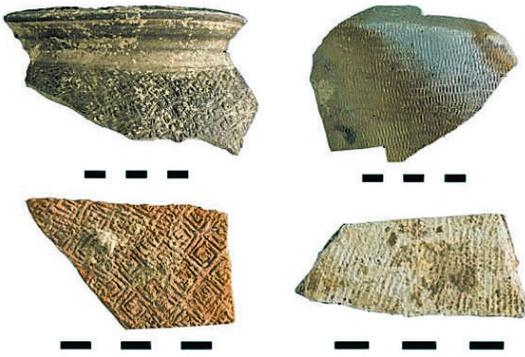


图1 偃师商城印纹硬陶和原始瓷部分样品照片

表1 实验选取的偃师商城印纹硬陶和原始瓷样品

原始编号	实验编号	属性	胎质胎色	釉色	纹饰
85YSⅦT20H29	T-1	硬陶	青灰色, 较致密	-	绳纹
2016YSJ1T2⑤	T-2	硬陶	青灰色, 较致密	-	-
84YSⅦT7⑤	T-3	硬陶	青灰色, 较致密	-	方格纹
2016YSJ1T5⑥A	T-4	硬陶	青灰色, 较致密	-	绳纹
96YSJ1D2T0304⑤	T-5	硬陶	青褐色, 较致密	-	菱形纹
2000YSJ1T0220⑤	T-6	硬陶	青褐色, 较致密	-	绳纹
99YSJ1T0318H282⑤	T-7	硬陶	红褐色, 较致密	-	回形纹
2000YSJ1T0220H189	C-1	原始瓷	青灰色, 致密	青黄色	-
2000YSJ1T0417H229①:1	C-2	原始瓷	青灰色, 致密	暗青色	反“S”形纹
83YSⅧT1⑤:7	C-3	原始瓷	青灰色, 致密	青色	方格纹

中烘干待用。实验仪器为美国EDAX公司生产的EAGLE-Ⅲ型能量色散X射线荧光分析仪。实验条件为:管压50 kV,管流200 μ A,束斑直径300 μ m,真空光路,死时间25%左右。参考样为中国科学院上海硅酸盐研究所研制的一套古陶瓷测试专用系列标准参考物质。

本次实验选择有代表性的样品进行烧成温度和吸水率测试。烧成温度测试仪器采用德国

耐驰(Netsch)公司DIL 402C型热膨胀仪,样品尺寸为5×5×20 mm,温度范围为室温~1200℃,升温速度为5℃/min, ΔL 分辨率8 nm。采用湘仪公司TXY-250型数显式陶瓷吸水率仪测试陶瓷样品的吸水率,真空法测量,保真空时间10 min,浸水时间150 s,浸泡时间60 min。

3 实验结果

样品胎体化学组成见表2。从表中可见,印纹硬陶样品胎体中SiO₂含量为68.26%~78.24%,Al₂O₃的含量为15.34%~21.93%,熔剂R_xO_y(包括K₂O,Na₂O,CaO,MgO,Fe₂O₃和TiO₂)含量为5.43%~11.10%,其中主要助熔剂是Fe₂O₃、K₂O和MgO三种,Fe₂O₃含量除样品T-7外,均在1.63%~3.68%,K₂O的含量为1.35%~3.85%,MgO的含量为0.67%~1.84%。原始瓷胎体中SiO₂的含量为71.13%~76.50%,Al₂O₃的含量为15.18%~18.86%,R_xO_y的含量为7.04%~9%,主要助熔剂是Fe₂O₃、K₂O和Na₂O三种,其中Fe₂O₃的含量最高,为2.51%~3.29%,K₂O的含量为1.62%~2.42%,Na₂O的含量较低,为0.55%~1.21%。偃师商城原始瓷釉的化学组成见表3,其中SiO₂的含量为68.48%~76.61%,

表2 印纹硬陶和原始瓷样品胎体的化学组成 单位:%

实验编号	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	R _x O _y
T-1	0.43	0.68	15.34	78.24	1.84	0.34	0.51	1.63	5.43
T-2	0.03	1.84	21.18	68.37	2.98	0.29	0.64	3.68	9.46
T-3	0.03	0.87	21.93	68.26	3.85	0.43	0.50	3.13	8.81
T-4	0.03	0.67	16.53	76.32	2.27	0.29	0.54	2.34	6.14
T-5	0.03	0.72	17.89	74.15	1.35	0.91	0.65	3.30	6.96
T-6	0.23	0.90	16.03	76.40	1.69	0.47	0.68	2.60	6.57
T-7	0.51	1.17	17.81	70.09	1.58	0.65	0.62	6.57	11.10
C-1	1.21	0.89	18.86	71.13	2.36	0.50	0.75	3.29	9.00
C-2	0.55	0.96	15.18	76.50	1.62	0.45	0.71	3.03	7.32
C-3	0.55	0.81	15.52	76.44	2.42	0.18	0.57	2.51	7.04

表3 原始瓷釉的化学组成 单位:%

实验编号	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅
C-1	1.77	1.88	15.11	68.48	3.21	4.98	0.61	2.95	0.01
C-2	0.76	1.10	10.27	76.61	2.85	5.25	0.39	1.76	-
C-3	0.03	2.11	15.32	70.32	3.19	4.83	0.52	2.68	0.02

Al_2O_3 的含量为10.27%~15.32%。釉中的助熔剂包括CaO、 Fe_2O_3 和 K_2O ，其中CaO的含量均在5%左右，是最主要的助熔剂， K_2O 的含量为2.85%~3.21%， Fe_2O_3 的含量为1.76%~2.95%。部分样品的烧成温度和吸水率测试结果如表4。

表4 印纹硬陶和原始瓷部分样品的烧成温度和吸水率

实验编号	属性	烧成温度/°C	吸水率/%
T-1	硬陶	984.5 ± 20	-
T-2	硬陶	938.0 ± 20	10.45
T-3	硬陶	1117.0 ± 20	4.52
C-1	原始瓷	-	0.64
C-2	原始瓷	1120.5 ± 20	1.79
C-3	原始瓷	1159.0 ± 20	1.52

4 讨论

为了更加直观地分析偃师商城出土印纹硬陶和原始瓷胎釉的化学组成特征，分别计算了二者胎体以及原始瓷釉中各元素含量的平均值和标准偏差值。（表5）

4.1 偃师商城印纹硬陶和原始瓷工艺特征

4.1.1 印纹硬陶和原始瓷胎体化学组成特征

从表5可见，偃师商城印纹硬陶样品胎体 SiO_2 的平均含量为73.12%， Al_2O_3 的平均含量为18.10%， Fe_2O_3 和 K_2O 的平均含量分别为3.32%、2.22%，与现有的“高硅低铝”型印纹硬陶化学成分基本一致。原始瓷样品胎体中 SiO_2 的平均含量为74.69%， Al_2O_3 的平均含量为16.52%，其含量也基本落在目前已知的大多数原始瓷胎体化学组成波动范围内^[13]，同样具有“高硅低铝”的特征。陶瓷胎体烧

成后的色泽主要受Fe、Ti等元素的氧化物含量的影响^[14]。偃师商城遗址出土印纹硬陶和原始瓷胎体中Fe、Ti含量相对较低，其中印纹硬陶胎体中 Fe_2O_3 的平均含量为3.32%，明显高于原始瓷，其胎体颜色也相对更深，特别是样品T-7，其 Fe_2O_3 的含量达到6.57%，大幅高于其他样品，其胎色也呈现更深的红褐色。通常情况下，Fe元素在氧化气氛中会形成高价态的 Fe_2O_3 ，使胎体呈现红棕色，样品T-7胎色表明其是在氧化气氛中烧造而成。偃师商城原始瓷胎体的 Fe_2O_3 和 TiO_2 的平均含量分别为2.94%、0.68%，其总含量相对较低，使得其烧后的胎体颜色相对较浅，整体上呈现出青灰色。

化学元素组成箱式图可以更为直观的展示不同样品胎体化学组成的异同。总体而言，相较于原始瓷，偃师商城印纹硬陶胎体的化学组成波动范围更大。（图2）结合表5中各元素含量平均值的标准偏差可以发现，偃师商城原始瓷胎体化学组成更为稳定，其原料筛选应较印纹硬陶更为严格。需要注意的是，偃师商城印纹硬陶和原始瓷胎体的主要组成 SiO_2 和 Al_2O_3 的含量分布范围较为接近，而熔剂 R_xO_y 除少数几个样品外，总的含量也大体相当。陶瓷胎体的化学组成主要受其所用原料控制，本次实验结果表明，偃师商城遗址出土印纹硬陶和原始瓷的胎体除少数样品外，多数很可能是利用成分相近的原料制作而成。

4.1.2 原始瓷釉化学组成特征分析

表5 印纹硬陶和原始瓷胎体以及原始瓷胎釉中各元素含量的平均值和标准偏差值 单位：%

样品类型	SiO_2	Al_2O_3	K_2O	Na_2O	CaO	MgO	Fe_2O_3	TiO_2
印纹硬陶胎体	73.12 ± 3.85	18.10 ± 2.35	2.22 ± 0.83	0.18 ± 0.19	0.48 ± 0.21	0.98 ± 0.39	3.32 ± 1.47	0.59 ± 0.07
原始瓷胎体	74.69 ± 2.52	16.52 ± 1.66	2.13 ± 0.36	0.77 ± 0.31	0.38 ± 0.17	0.89 ± 0.43	2.94 ± 0.32	0.68 ± 0.08
原始瓷釉	71.80 ± 3.48	13.57 ± 2.33	3.08 ± 0.16	0.85 ± 0.71	5.02 ± 0.17	1.70 ± 0.43	2.46 ± 0.51	0.51 ± 0.09

CaO、MgO、 K_2O 、 Na_2O 、 Fe_2O_3 和PbO等是我国古代陶瓷釉中的主要助熔剂。实验结果显示，偃师商城原始瓷釉中CaO的含量均值为5.02%，明显高于釉中其他熔剂氧化物的含量，是最主要的助熔剂。同时，釉中 K_2O 和 Fe_2O_3

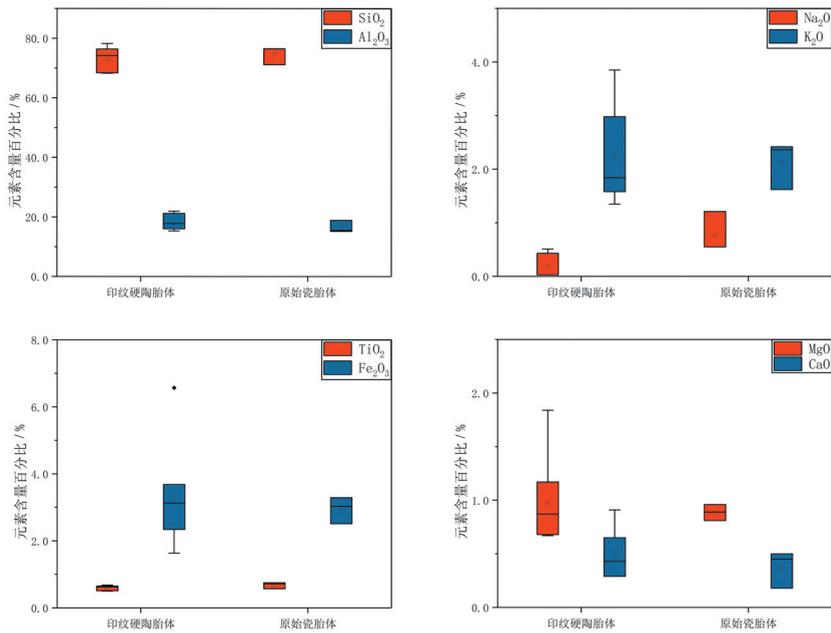


图2 偃师商城印纹硬陶和原始瓷胎体主要元素含量箱式图

的含量也相对较高，均值分别达到3.08%和2.46%。此外，MgO的含量也达到了1.70%。由此可见，偃师商城原始瓷釉是以CaO为主，兼有K₂O、Fe₂O₃以及MgO等成分的钙釉类型^[15]。另外，对比印纹硬陶和原始瓷胎体中的相关成分含量可以发现，釉中CaO和MgO的含量明显高于胎体，胎釉成分的显著差别，表明古人有意地在釉料中添加了富含钙镁的物质。（图3）

值得注意的是，偃师商城遗址出土原始瓷釉中的P₂O₅含量极低。一般而言，釉中的CaO可能来自草木灰，也可能来自石灰石或混有含CaO杂质的黏土。然而，由于草木灰中含有较高的P₂O₅，如果釉的原料中引入草木灰，则釉的化学组成中会呈现明显较高的P₂O₅。因此可以推断偃师商城原始瓷釉的制作原料

中应未添加草木灰，而是以黏土配以其他富含CaO、MgO的原料制成。此外，TiO₂在釉中的含量相对于原始瓷胎体下降了约25%，Fe₂O₃则下降了约20%，而相比印纹硬陶的胎体，瓷釉中Fe₂O₃的含量更是降低了近26%。这表明古代先民在制釉时有意地选择了一些呈色元素含量低的原料，从而使其釉色呈现出较浅的青灰色。

4.1.3 印纹硬陶和原始瓷烧成温度和吸水率分析

烧成温度的提高是中国陶瓷工艺史上的重要技术突破之一，也是衡量不同时期陶瓷烧成工艺水平的重要标志^[16]。在本次实验中，印纹硬陶样品的烧成温度除T-3外，均在900℃~1000℃，高于普通陶器的烧成温度，而原始瓷样品的烧成温度均在1100℃之上，又明显高于印纹硬陶。吸水率可以反映陶瓷胎体的烧结程度和致密度，是区分陶与瓷的重要指标之一，一般情况下瓷器胎体的吸水率小于1%^[17]。偃师商城出土印纹硬陶样品

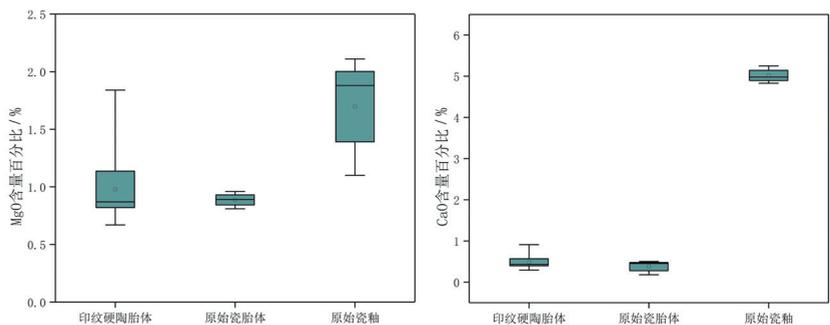


图3 MgO和CaO含量箱式图

的吸水率为4.52%~10.45%，波动较大，且样品之间差异明显，而原始瓷样品的吸水率均低于2%，明显小于印纹硬陶，其中，原始瓷样品C-1的吸水率仅有0.64%，已经达到成熟瓷器的标准。化学成分分析结果表明，印纹硬陶和原始瓷胎中熔剂元素总量较低，大部分在10%以下，这与一般陶器的原料易熔黏土有着明显区别，这种原料可以承受更高的烧成温度，这应是印纹硬陶和原始瓷可以在更高的温度下烧成并具有较低吸水率的原因之一^[18]。综上所述，相较于印纹硬陶，偃师商城的原始瓷在烧成温度、吸水率以及胎体化学组成的稳定性方面明显具有更高的生产工艺水平。

4.2 偃师商城遗址出土印纹硬陶和原始瓷产地分析

由于我国南北方地质条件的差异，硅和铝的含量往往被用作区别我国南北方陶瓷器的重要指标之一^[19]。偃师商城遗址出土的印纹硬陶和原始瓷都具有“高硅低铝”的特点，符合我国南方陶瓷胎体化学组成的一般特征。为了进一步了解与同时期南北方典型遗址出土印纹硬陶和原始瓷胎体的异同，探寻偃师商城遗址出土这两类陶瓷制品的产地线索，本文将目前已有的部分夏商时期南北方典型遗址，如江西吴城遗址、福建泉州辽田尖山窑址、河南偃师二里头遗址和浙江德清南山窑址的印纹硬陶和原始瓷的胎体成分数据^[20]，与偃师商城遗址样品进行统计分析。由于上述各遗址出土样品胎体的主要成分硅铝含量差别不大，均呈现“高硅低铝”的特征。因此，本文仅选择胎体中熔剂 $RxOy$ 的含量进行因子分析和聚类分析。

因子分析中，KMO (Kaiser-Meyer-Olkin) 的度量为0.659，Bartlett的球形度检验Sig.为0，即假设被拒绝，认为相关系数矩阵与单位矩阵有显著差异，即可以进行因子分

析。同时根据解释两个因子F1、F2原始变量总方差的百分比分别为41.04%、30.13%，累积解释原始变量的总方差为71.17%，表明两个因子反映了大部分样本总信息量。聚类分析中数据标准化采用的是Z Scores法，相似性测度采用平方欧氏距离，组间距离采用Ward法。分别作出因子图和距离树状聚类分析图。(图4、图5)

根据数据点的分布状况，可将因子图分为四个区域。从图中可见，所有样品分别落入其中三个不同区域，表明这批样品在助熔剂含量上差异显著。其中，吴城遗址和辽田尖山窑遗址出土印纹硬陶和原始瓷样品均分布在①区，南山窑址出土原始瓷样品均分布在②区，二里头遗址出土的印纹硬陶和原始瓷样品均分布在④区，而偃师商城遗址的印纹硬陶与原始瓷样品有3个(T-1、T-4和C-3)分布在①区，其余7个分布在④区。图中吴城遗址，辽田尖山窑址，南山窑址的样品分布都相对集中，离散程度低，说明这三个遗址的样品胎料中熔剂成分有着各自不同的特征。而偃师商城的印纹硬陶和原始瓷样品分布在两个不同区域，且离散程度较高，表明其不同样品间在胎料组成上存在一定差

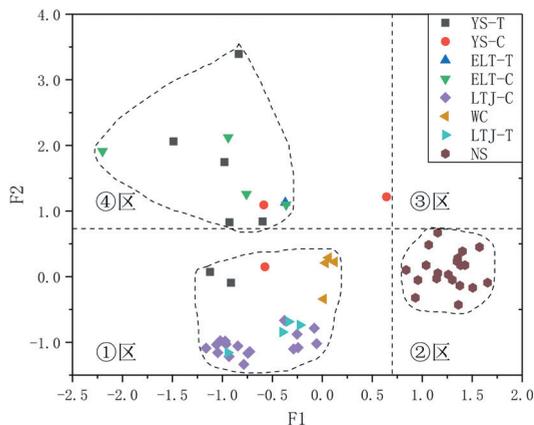


图4 不同遗址印纹硬陶和原始瓷因子分析图
(注:图4、图5、图6中ELT-C:二里头遗址原始瓷; ELT-T:二里头遗址印纹硬陶; LTJ-C:辽田尖山窑原始瓷; LTJ-T:辽田尖山窑印纹硬陶; NS:南山窑原始瓷; WC:吴城遗址原始瓷)

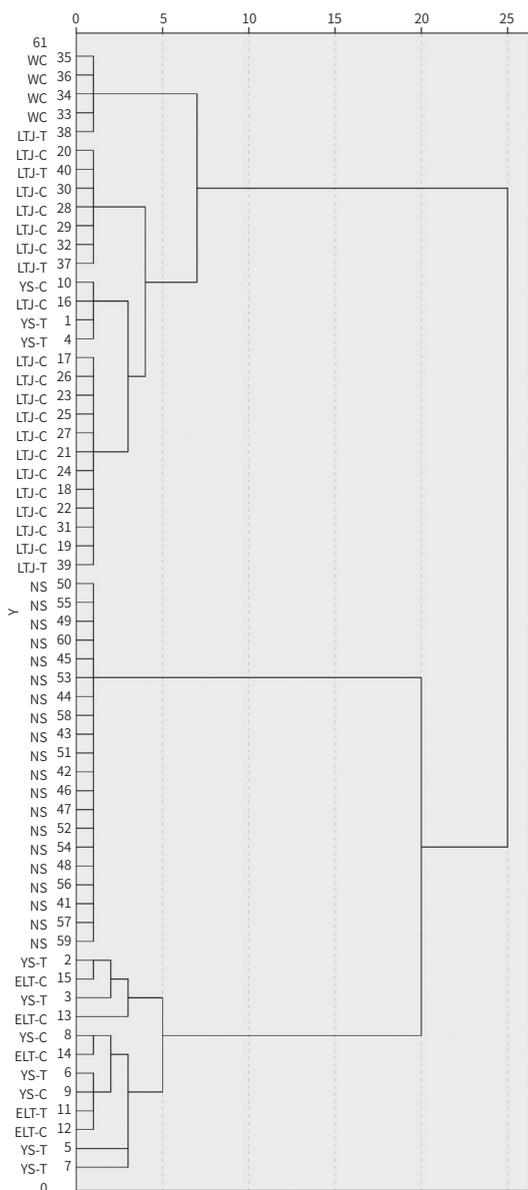


图5 不同遗址印纹硬陶和原始瓷距离树状聚类分析图

异,其中,分布在①区的3个样品与南方辽田尖山窑和吴城遗址样品的关系较近,其余7个则与二里头遗址样品有相近的来源。

具体对比各遗址样品熔剂元素含量发现, Fe_2O_3 含量在不同遗址样品中差异最为明显。(图6)从辽田尖山窑,吴城遗址,南山窑到二里头遗址和偃师商城遗址,各遗址样品中 Fe_2O_3 的含量呈现一个明显上升的趋势。中国南方诸省,如浙江、江西、福建

等都大量蕴藏瓷石矿,各地瓷石化学成分大致相同,但含铁量差别较大,浙江地区含铁量最高,江西次之,福建德化附近所产瓷石含铁量最低^[21],这一情况也与各地出土原始瓷和印纹硬陶胎料中铁含量变化较大相一致。从聚类分析结果来看,(见图5)若取阈值 $\lambda=6$,所有参与分析的样品聚成四组。吴城遗址,南山窑址,辽田尖山窑样品基本各成一组,偃师商城7个样品和二里头样品为一组,其余3个样品(T-1、T-4和C-3)落入辽田尖山窑址分组中,聚类分析结果表明南方三个遗址的样品各自特征一致,而偃师商城的样品分为两组,这一结果也与因子分析基本一致。综合因子分析与聚类分析结果来看,偃师商城遗址出土的印纹硬陶和原始瓷样品至少有两个不同产地,其中3件样品和福建辽田尖山窑样品胎体熔剂的成分类似,关系密切。需要说明的是,上述分析主要是基于样品胎体熔剂氧化物含量进行的,对于古陶瓷产地研究而言只能提供一些初步的指向性线索,其具体产地尚需作进一步的深入研究。

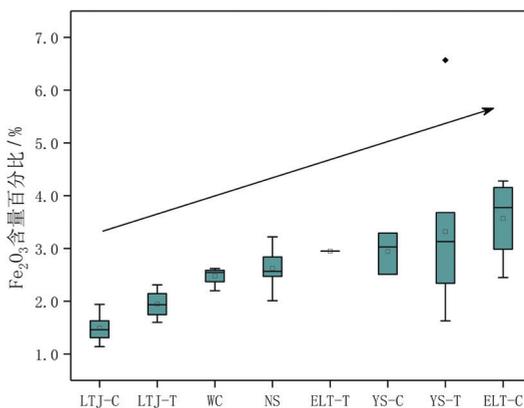


图6 不同遗址印纹硬陶和原始瓷 Fe_2O_3 含量箱式图

5 结论

本文通过对河南偃师商城遗址出土印纹硬陶和原始瓷的胎釉化学组成、烧成温度和吸水率的测试分析,并将结果与大体同时期

其他遗址样品相关数据进行对比研究,得出如下主要结论:

首先,偃师商城遗址印纹硬陶和原始瓷的胎料化学组成符合南方陶瓷“高硅低铝”的特征,二者胎体主要化学组成含量的范围基本一致,但印纹硬陶胎料组成波动较大,缺乏稳定性,同时二者胎体中熔剂含量大多低于10%,从元素组成特征看与南方瓷石类原料相似。偃师商城印纹硬陶和原始瓷的烧成温度明显高于普通陶器,其中原始瓷的烧成温度在1100℃之上,比印纹硬陶更高。此外,原始瓷的吸水率明显低于印纹硬陶。结合胎料化学组成、烧成温度和吸水率的分析结果可见,偃师商城原始瓷原料筛选更为严格,烧成质量更高。

其次,原始瓷釉中 Fe_2O_3 的含量明显低于胎体,表明古人在釉料选择时有意地选取了一些含铁量较低的原料。同时,釉中 CaO 、 MgO 的含量明显高于胎体,是主要的助熔剂,釉的性质属于高温钙釉。此外,原始瓷釉中的 P_2O_5 含量极低。因此,推断这些原始瓷釉料中没有添加草木灰而是以黏土配以其他富含 CaO 、 MgO 的原料制作而成。

最后,偃师商城遗址印纹硬陶和原始瓷大部分样品的胎料熔剂含量区别于浙江德清南山窑、江西吴城遗址以及福建辽田尖山窑的样品,而与偃师二里头遗址出土样品较为接近,但其中也有3个样品同辽田尖山窑样品关系密切。综合来说,偃师商城出土的印纹硬陶和原始瓷应具有至少两个以上不同的产地来源。

- [1] a. 李家治. 中国科学技术史: 陶瓷卷. 北京: 科学出版社, 1998: 3, 4.
b. 中国硅酸盐学会. 中国陶瓷史. 北京: 文物出版社, 1982: 74~80.
- [2] 河南省文物考古研究所. 郑州商城: 1953—1985年考古发掘报告. 北京: 文物出版社, 2001: 673, 674.
- [3] 中国社会科学院考古研究所. 偃师商城: 第一卷:

下册. 北京: 科学出版社, 2013: 501~705.

- [4] 山东大学历史系考古专业, 山东省文物考古研究所, 济南市博物馆. 1984年秋济南大辛庄遗址试掘述要. 文物, 1995, (6).
- [5] a. 郑建明. 夏商原始瓷略论稿. 北京: 文物出版社, 2015: 26~46.
b. 羊泽林. 福建泉州辽田尖山、苦寨坑原始青瓷窑址. 大众考古, 2016, (11).
- [6] 安金槐. 谈谈郑州商代瓷器的几个问题. 文物, 1960, (Z1).
- [7] 周仁, 李家治, 郑永圃. 张家坡西周陶瓷烧造地区的探讨. 考古, 1961, (8).
- [8] 朱剑, 王昌燧, 王妍, 等. 商周原始瓷产地的再分析. 南方文物, 2004, (1).
- [9] 黎海超, 耿庆刚. 黄河流域商时期印纹硬陶和原始瓷器产地研究: 以郑州商城和殷墟为中心. 江汉考古, 2017, (4).
- [10] a. 中国社会科学院考古研究所. 偃师商城: 第一卷: 上册. 北京: 科学出版社, 2013: 8, 9.
b. 赵芝荃, 徐殿魁. 1983年秋季河南偃师商城发掘简报. 考古, 1984, (10).
c. 段鹏琦, 杜玉生, 肖淮雁. 偃师商城的初步勘探和发掘. 考古, 1984, (6).
- [11] a. 王学荣. 偃师商城布局的探索和思考. 考古, 1999, (2).
b. 张雪莲, 仇士华, 蔡莲珍. 郑州商城和偃师商城的碳十四年代分析. 中原文物, 2005, (1).
c. 赵春燕, 谷飞. 偃师商城遗址出土人骨与牙齿中铅含量的检测//中国社会科学院考古研究所. 夏商都邑与文化: 二: 纪念二里头遗址发现55周年学术研讨会论文集. 北京: 中国社会科学出版社, 2014: 431~436.
- [12] 同[3].
- [13] 同[1]a: 97~108.
- [14] 陆小荣. 陶瓷工艺学. 长沙: 湖南大学出版社, 2005: 21, 22.
- [15] 同[13].
- [16] 吴隽. 古陶瓷科技研究与鉴定. 北京: 科学出版社, 2009: 56.
- [17] 同[16]: 46.
- [18] 鲁晓珂, 李伟东, 罗宏杰, 等. 二里头遗址出土白陶、印纹硬陶和原始瓷的研究. 考古, 2012, (10).
- [19] 郭演仪. 南北方古代的制瓷原料和瓷器的特征. 景德镇陶瓷学院学报, 1984, (1).
- [20] a. 周少华, 裴楚楚, 倪琳. 东茗溪流域商周时期原

始瓷的工艺与材料学研究 // 浙江省文物考古研究所. 原始瓷起源研究论文集. 北京: 文物出版社, 2015: 140 ~ 172.

b. Ge Yu, Zhengyao Jin, Lifang Chen, et al. Analyzing the Earliest Chinese Proto-porcelain: study on the materials from Liaotianjianshan kiln sites, Dehua County, Fujian Province (China). *Ceramics International*, 2018, (44).

c. 吴瑞, 吴隽, 李家治, 等. 河南偃师二里头遗址出土陶器的科技研究 // 中国社会科学院考古研究所考古科技中心. 科技考古: 第二辑. 北京: 科学出版社, 2007: 97 ~ 115.

[21] 李家治, 陈显求, 张福康, 等. 中国古代陶瓷科学技术成就. 上海: 上海科学技术出版社, 1985: 286.

(责任编辑: 余 洁)

(上接21页)

续附表1:

同位素测试编号	单位	种属	分期	部位	骨胶原产率/%	碳含量/%	氮含量/%	C : N	$\delta^{13}\text{C}/\text{‰}$	$\delta^{15}\text{N}/\text{‰}$
SIA387	2016YSJ1T3猪1北部	猪	二期4段	下颌	4.0	17.2	5.8	3.4	-10.5	7.6
SIA334	2016YSJ1T4猪10猪骨1号	猪	二期4段	股骨	1.2	31.4	10.9	3.4	-15.7	9.2
SIA335	2016YSJ1T4猪10猪骨2号	猪	二期4段	股骨	1.3	34.8	12.4	3.3	-14.9	10.2
SIA339	2016YSJ1T4猪13	猪	二期4段	股骨	1.2	18.1	6.5	3.2	-13.8	8.7
SIA340	2016YSJ1T4猪14a	猪	二期4段	股骨	1.4	30.2	10.3	3.4	-17.7	9.4
SIA388	2016YSJ1T4猪15	猪	二期4段	下颌	2.8	15.6	5.5	3.3	-16.8	5.2
SIA344	2016YSJ1T4猪16	猪	二期4段	股骨	1.9	36.0	13.2	3.2	-11.0	8.4
SIA342	2016YSJ1T4猪16b	猪	二期4段	股骨	1.3	19.8	7.0	3.3	-13.3	8.3
SIA354	2016YSJ1T5猪坑1	猪	二期4段	肱骨	1.5	29.3	10.3	3.3	-14.4	5.1
SIA316	2016YSJ1T1H10猪骨	猪	三期5段	股骨	7.5	33.8	12.2	3.2	-13.7	9.1
SIA317	2016YSJ1T1H11猪临1号	猪	三期5段	下颌	1.4	39.5	13.8	3.3	-13.0	8.2
SIA318	2016YSJ1T1H11猪临2号	猪	三期5段	下颌	4.6	42.8	15.2	3.3	-14.3	8.7
SIA319	2016YSJ1T1H11猪临3号	猪	三期5段	下颌	1.0	38.4	13.3	3.4	-13.0	8.4
SIA320	2016YSJ1T1H12猪骨1号	猪	三期5段	股骨	2.6	21.8	7.8	3.3	-15.5	9.2
SIA376	2016YSJ1T1H12猪骨1号	猪	三期5段	肋骨	1.7	33.5	11.6	3.4	-15.5	11.1
SIA321	2016YSJ1T1H12猪骨2号	猪	三期5段	股骨	2.4	14.9	5.2	3.4	-11.3	7.9
SIA301*	2016YSJ1T1H2②猪骨3	猪	三期5段	股骨	6.8	41.0	14.9	3.2	-12.9	9.1
SIA304	2016YSJ1T1H2②猪骨6	猪	三期5段	股骨	2.6	38.5	13.6	3.3	-14.3	9.3
SIA307	2016YSJ1T1H3猪2	猪	三期5段	股骨	4.3	43.4	15.7	3.2	-13.3	8.2
SIA370†	2016YSJ1T5⑦A	猪	三期5段	股骨	7.4	35.6	12.8	3.3	-13.2	6.6
SIA389†	2016YSJ1T8⑦-1	猪	三期5段	股骨	5.6	40.5	14.6	3.2	-9.1	6.6
SIA390†	2016YSJ1T8⑦-2	猪	三期5段	股骨	3.0	40.8	14.7	3.2	-9.3	8.0
SIA391†	2016YSJ1T2⑦A-1	猪	三期5段	股骨	1.5	41.7	15.1	3.2	-8.6	6.7
SIA392†	2016YSJ1T2⑦A-2	猪	三期5段	股骨	1.9	33.8	12.0	3.3	-12.8	6.6
SIA393†	2016YSJ1T1⑦C	猪	三期5段	股骨	2.5	31.3	11.3	3.2	-12.0	9.5
SIA396†	2016YSJ1T2H22	猪	二期	犬齿	2.5	43.2	15.8	3.2	-12.6	7.4
SIA397	2016YSJ1T1③A	牛	一期2段	下颌	3.0	25.9	9.2	3.3	-8.3	6.5

注: 标注*为测年样品, 标注†为对照组。

(责任编辑: 余 洁)