

邺城曹村窑址出土带釉陶瓷器研究

黄 珊 沈丽华

关键词：邺城遗址 曹村窑址 带釉陶瓷器 考古材料学研究

KEYWORDS: Yecheng Site Caocun Kiln Site Glazed Ceramics Archaeological Material Science Study

ABSTRACT: 53 representative glazed ceramic samples were first selected through portable X-ray fluorescence (pXRF), followed by chemical composition analysis and microstructural examination via scanning electron microscopy with energy-dispersive X-ray spectroscopy (SEM-EDS), to accurately estimate firing temperatures, supplemented by polarizing microscopy for surface and cross-section observation. This study finds four distinct production technologies used at the Caocun kiln site: Group 1 features common clay bodies with lead oxide fluxes mixed with body clay in the glaze; Group 2 utilizes kaolinitic bodies with glazes combining lead oxide, quartz, and clay; Group 3 represents the northern celadon tradition with kaolinitic bodies, calcium oxide as primary flux, and quartz-adulterated glazes; Group 4 exhibits southern celadon characteristics with porcelain stone bodies and calcium oxide-clay glazes. The Caocun kiln introduced and intentionally emulated mature southern celadon technology, absorbing formal and chromatic attributes from imported gold, silver, and glass objects, ultimately reconfiguring ceramic production patterns in China.

前 言

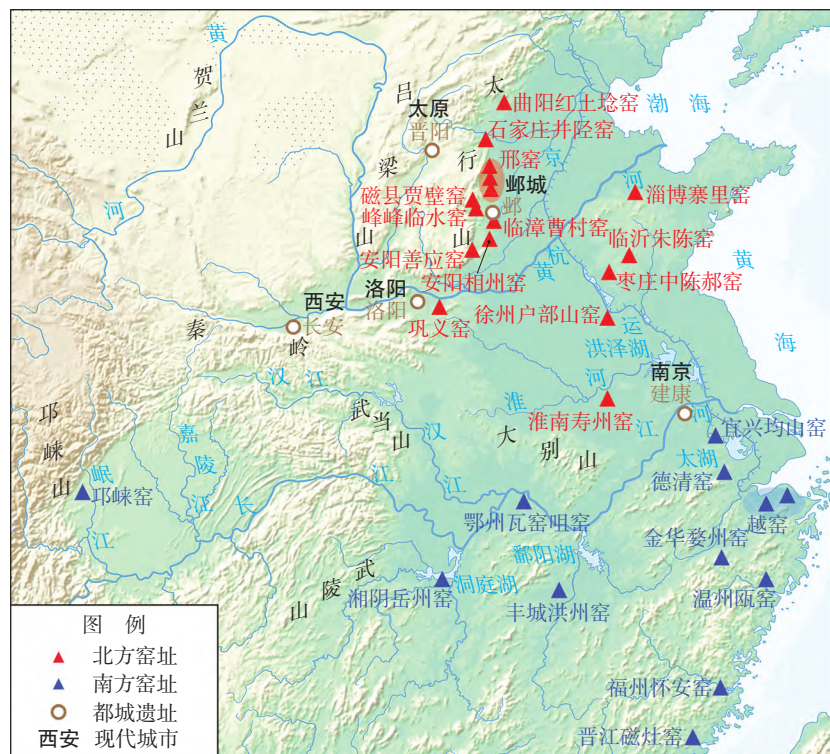
邺城遗址位于河北省邯郸市临漳县西南，是曹魏至北齐六朝故都。2014~2015年，由中国社会科学院考古研究所和河北省文物研究所（2019年更名为河北省文物考古研究院）联合组成的邺城考古队，在东魏北齐邺城东郭城区中部发现并发掘了一处重要的窑址群——曹村窑址。该窑址群共发现窑炉3座、大型操作坑1条和灰坑数十个，窑址的建造和使用年代为东魏北齐时期，发掘出土了大量带釉陶瓷器残片，包括生活用器和窑具等，为研究北方铅釉陶器生产的转型和早期瓷器起源提供了珍贵的学术资料^[1]。

一、考古发现与研究

我国古代陶瓷生产技术在南北朝时期发生转折，尤其是北方陶瓷生产的重大创新突破，是中国陶瓷史上备受关注的重要议题^[2]。不同于南方青瓷窑址的广泛发现，三国两晋南北朝时期的北方窑址发现甚少。得到学界公认的仅有淄博寨里窑、磁县贾壁窑、峰峰临水窑等，近数十年陆续开展工作的巩义白河窑、安阳相州窑、邢台邢窑的年代上限能否早到北朝，学界尚有争议^[3]（图一）。邺城遗址新发现的曹村窑址位置特殊、时代明确，填补了北朝晚期陶瓷窑址发现的历史空白，具有重要学术意义。

作者：黄珊，北京市，100872，中国人民大学历史学院。

沈丽华，北京市，100101，中国社会科学院考古研究所。

图一 六世纪主要窑址分布图^[4]

[本图底图据自然资源部“标准地图服务系统”中国地势图改制,审图号:GS(2016)1609号]

邺城作为中原北方地区政治、经济、军事和文化中心的历史长达400年之久。地处中原腹地,漳河自西向东贯穿太行山与山前平原。春秋战国以来发达的水利建设经曹魏时期全面改造,形成了以邺城为中心,纵贯冀中平原,沟通黄河和海河两大水系的庞大运河体系,交通便利,水源丰沛。同时,此地位于太行山东麓,蕴藏有丰富的高岭土等矿物和植被资源,具备成为华北地区陶瓷生产中心的重要物质基础。隋唐以后相继在其附近的邯郸、安阳、巩义、邢台、曲阳等地兴起的青瓷、白瓷和三彩制作中心,都提示此地可能存在更早的陶瓷制作传统。

1983年迄今,由中国社会科学院考古研究所和河北省文物研究所联合组成的邺城考古队在邺城遗址持续开展工作,取得了丰硕成果。邺城地区陶瓷窑址的集中发现始于1994年,其中比较重要的主要是芝村窑址和曹村窑址两处^[5],此外在漳河故道内,因汛期河

水冲刷,也发现了一些散落的陶瓷器^[6]。2009年,一些古陶瓷爱好者在曹村附近的河滩内调查,采集到部分陶瓷器标本,并在此基础上发表了调查简报和研究文章^[7],以及一部分采集样品的科技检测与分析研究^[8]。这些发现与研究,将此处推定为东魏北齐时期烧造铅釉陶瓷和青瓷的“官营窑场”,对出土陶瓷样品的制作材料、配方、吸水率、烧成温度、腐蚀情况等方面开展了研究,并将其与磁州窑和邢窑等周

边窑址进行了关联性比较,讨论了其与北方青瓷和唐三彩之间的关系,引起了陶瓷学界的广泛关注与困惑^[9]。由于调查和采集资料的随机性,缺乏深入研究所必须的地层、遗迹单位等关键背景信息,取样也缺乏系统性认识的指导,由此开展的测试及研究工作,在曹村窑主要产品类型、技术特性和与周边陶瓷生产传统的关系等方面的认识上均有不足之处。因此,为了有效遏制日益猖獗的盗掘等破坏行为,保护曹村窑址,全面深入了解曹村窑址的性质和年代,为邺城遗址总体保护规划提供科学依据,邺城考古队在获得国家文物局批准后,于2014~2015年对曹村窑址进行了抢救性勘探和发掘。资料整理期间,邺城考古队曾委托一些学术机构协助开展科技检测与分析^[10],并联合发表了部分阶段性研究成果^[11]。本文在上述考古发现与研究的基础上,拟基于全面的材料分析精选出典型标本,充分结合传统考古研究与科技手段,开展深入研究。

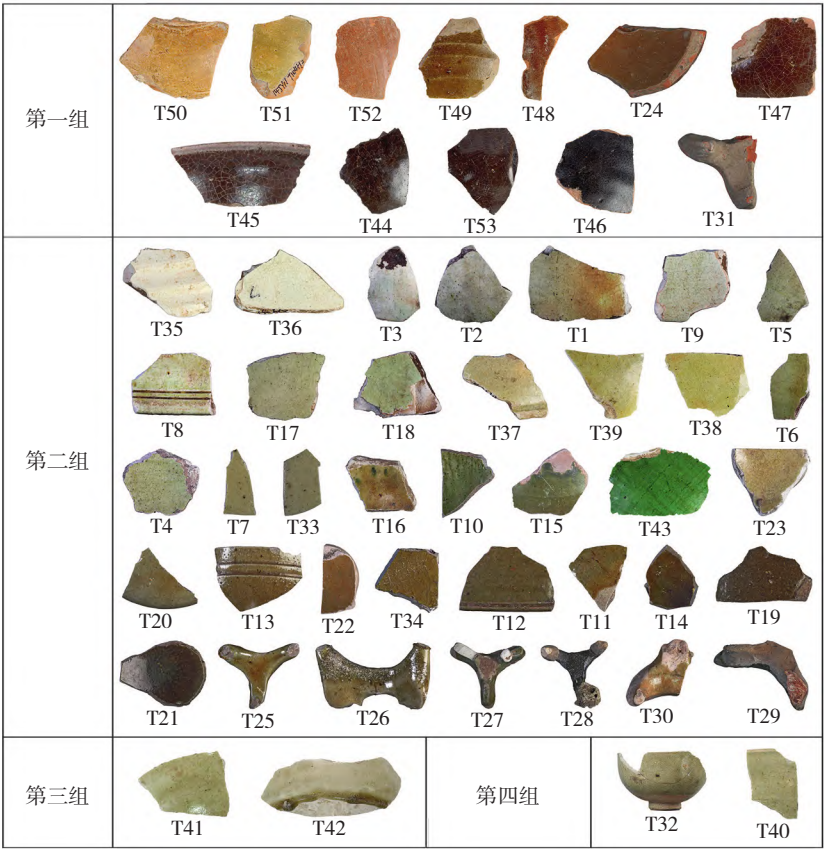
二、研究对象与研究方法

在曹村窑址出土陶瓷碎片中，灰陶器占70%，红陶器占13.5%，带釉陶瓷器占7.35%^[12]。本文研究的对象主要是带釉的陶瓷器，据统计多达7387片，其中生活用器碎片3403片、窑具3984片。基于既往工作获得的初步认识，这批陶瓷器残片的技术属性比较复杂，仅凭肉眼观察难以准确定性。为保证选样的代表性，我们使用便携式X射线荧光仪（pXRF），对所有带釉器物 and 较为完整的窑具进行了全面筛查^[13]，3403片带釉生活用器包含铅釉器2964片、钙釉器439片；铅釉窑具有947片，其余无釉或难以判明。不过，通过出土层位和残片特征即可确认354件钙釉黑瓷和白瓷为北朝以后遗物，属于北朝时期的钙釉器仅85片。以上2964片铅釉器和85片钙釉器是解决曹村窑址性质及探讨北方瓷器起源的关键。在定性筛查的基础上，我们精选出53件具有代表性的标本进行了进一步的科学测试与分析，以深入探讨曹村窑址出土陶瓷器的生产技术特征。

本次选取的53件样品主要出土于曹村窑址T104H3、T104H5、T101H12、T105Y3、T103①、T105①、T103H8等灰坑和地层堆积之中^[14]，尤其集中于T104H3，该灰坑出土带釉器物残片约占总数的一半。大部分为残片，可复原性有限，能辨认的器形

包括碗、大碗、罐、壶、支钉等，大部分素面，少数碗口沿带弦纹，有较明显的轮制及修整痕迹。由于原材料、制作技术和烧造条件的不同，器物形制差异较大，釉色包括白、浅绿、绿、黄、黄褐、红褐和深褐色，胎色呈白、乳白、浅灰、灰、粉、浅褐、褐和深褐色（图二），胎体的质地粗细不等，具体描述详见表一。釉色的描述标准基于孟塞尔岩石色卡（Munsell Rock Colour Book），主要包括5YR、10YR、5Y到10Y等色相，对应的是从黄-红到黄色的色彩范围。色相为5Y的高明度（Value）标本，视觉上色彩浅淡，近似于白色，如T35（5Y 8/1）。色相为5YR的低明度标本视觉效果接近黑褐色。视觉效果偏绿色的标本也在黄色色相范围之内，如T43（10GY 4/4）。

样品的化学成分分析和微观结构观察主



图二 曹村窑址出土陶瓷样品的宏观形态^[15]
T1 ~ 53.陶瓷样品编号

表一
曹村窑址陶瓷样品的微观结构和色彩描述

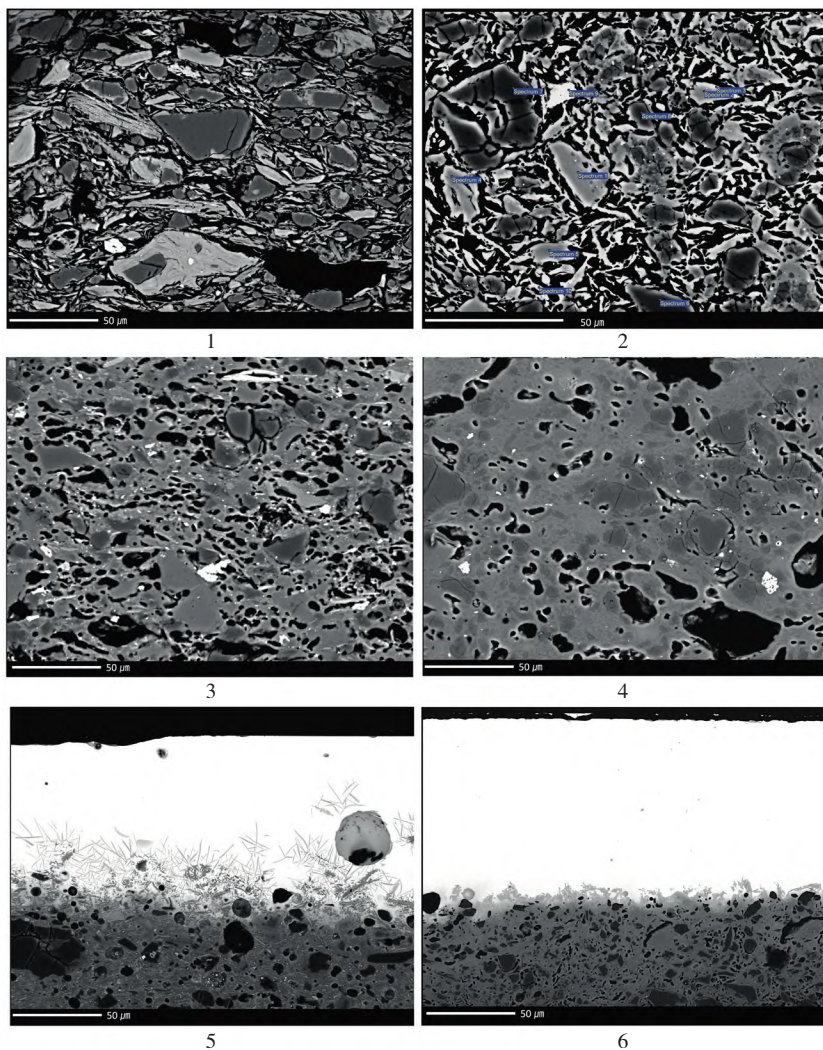
编号	出土单位	玻化程度	釉层厚度 (微米)	界面晶体发育	胎体石英尺寸 (微米)	胎体石英密度 ^[16]	胎体莫来石	孟塞尔色卡描述釉色	胎色
T1	T104H3	0	130	稀疏	中, 20~30	50%	未见	10YR 8/2	白
T2	T104H3	0	135	稀疏	细, 10~20	40%	未见	5Y 7/2	浅灰
T3	T104H3	0	80	无	中, 20~30	40%	未见	5Y 8/1	白
T4	T104H3	-1	90	无	中, 20~30	40%	未见	10Y 8/2	白
T5	T104H3	0	90	稀疏	粗, 30~50	40%	未见	5Y 7/2	浅灰
T6	T104H3	0	135	密集	细, 10~20	40%	未见	5Y 7/6	白
T7	T104H3	2	185	稀疏	细, 10~20	20%	未见	5Y 6/4	浅灰
T8	T104H3	0	150	无	中, 20~30	50%	未见	5Y 7/2	白
T9	T104H3	0	70	无	粗, 30~50	40%	未见	5Y 8/1	白
T10	T104H3	2	85	稀疏	中, 20~30	20%	未见	10Y 5/4	灰
T11	T104H3	3	190	密集	细, 10~20	10%	未见	5Y 4/4	灰
T12	T104H3	2	200	稀疏	细, 10~20	20%	未见	5Y 4/4	灰
T13	T104H3	2	120	密集	细, 10~20	20%	未见	5Y 4/4	灰
T14	T104H3	3	145	密集	细, 10~20	20%	见	5Y 4/4	灰
T15	T104H3	0	100	稀疏	粗, 30~50	40%	未见	5Y 5/6	粉
T16	T104H3	0	145	稀疏	中, 20~30	40%	未见	5Y 6/4	灰
T17	T104H3	0	105	稀疏	中, 20~30	40%	未见	10Y 8/2	白
T18	T104H3	0	135	无	中, 20~30	40%	未见	5GY 7/2	白
T19	T104H3	2	190	无	中, 20~30	20%	未见	5Y 3/2	灰
T20	T104H3	2	175	稀疏	中, 20~30	40%	未见	5Y 5/2	灰
T21	T104H3	2	345	稀疏	细, 10~20	10%	未见	5Y 3/2	灰
T22	T104H3	0	130	稀疏	中, 20~30	40%	未见	10YR 6/6	粉
T23	T104H3	0	190	稀疏	细, 10~20	50%	未见	10YR 8/2	白
T24	T104H3	0	65	稀疏	中, 20~30	40%	未见	10YR 5/4	红
T25	T104H5	1	285	密集	中, 20~30	20%	未见	5Y 5/6	白
T26	T104H5	1	265	稀疏	中, 20~30	40%	未见	5Y 5/6	灰
T27	T104H5	1	100	稀疏	细, 10~20	40%	未见	10Y 6/2	灰
T28	T104H3	1	180	密集	中, 20~30	50%	未见	5Y 3/2	灰
T29	T104H3	0	65	无	粗, 30~50	40%	未见	无	红
T30	T104H3	0	80	稀疏	中, 20~30	40%	未见	10YR 6/6	粉
T31	T104H3	1	无	无	中, 20~30	50%	未见	无	红
T32	T101H12③ : 6	2	360	稀疏	粗, 30~50	40%	密集	5Y 7/2	灰
T33	T105Y3④	3	260	稀疏	细, 10~20	20%	见	5Y 7/2	灰
T34	T105东南	2	360	密集	细, 10~20	40%	未见	5Y 6/4	灰
T35	T104H3	0	55	无	中, 20~30	40%	未见	5Y 8/1	白
T36	T104H3	0	75	无	中, 20~30	50%	未见	5Y 8/1	白
T37	T104H3	0	160	稀疏	中, 20~30	40%	未见	5Y 7/2	浅灰
T38	T104H3	0	160	稀疏	中, 20~30	50%	未见	5Y 7/2	浅灰
T39	T104H3	1	200	稀疏	中, 20~30	40%	未见	5Y 7/2	浅灰
T40	T103①	2	155	无	粗, 30~50	40%	见	5Y 7/2	灰
T41	T103①	3	280	稀疏	细, 10~30	20%	密集	5Y 7/2	灰
T42	T105①	3	250	密集	中, 20~30	20%	密集	5Y 7/2	浅灰
T43	文保所采集	0	105	无	中, 20~30	40%	未见	10GY 4/4	白
T44	T104H3	2	170	密集+	中, 20~30	20%	未见	5YR 2/2	深褐
T45	T104H3	1	190	密集+	中, 20~30	20%	未见	5YR 2/2	深褐
T46	T104H3	0	230	密集	粗, 30~50	40%	未见	5Y 2/1	褐
T47	T104H3	1	250	密集+	中, 20~30	40%	未见	5YR 2/2	褐
T48	T103H8	0	170	稀疏	中, 20~30	40%	未见	5YR 4/4	褐
T49	T104H3	0	125	稀疏	粗, 30~50	40%	未见	10YR 4/2	褐
T50	T104H3	1	45	稀疏	细, 10~20	40%	未见	5YR 5/6	浅褐
T51	T104H3	0	30	密集	中, 20~30	40%	未见	5Y 6/4	浅褐
T52	T104H3	0	55	稀疏	中, 20~30	40%	未见	5YR 5/6	浅褐
T53	T104H3	2	255	密集+	中, 20~30	40%	未见	5YR 2/2	褐

要通过配置能量色散X射线光谱仪的扫描电子显微镜（SEM-EDS）进行，仪器型号为Philips XL 30，Oxford Instruments INCA。样品经切割、清洗、烘干、环氧树脂包埋、打磨、抛光并喷碳制成扫描电镜切面标本。针对陶瓷胎体和釉，以玄武岩标本（Columbia River，BCR-2）和康宁玻璃C（Corning C）进行校准。

通过扫描电镜观察，釉的厚度差异较大，从30到360微米不等，胎体原材料颗粒较细，从形态上看，除黏土类矿物之外，主要包含较为精细的直径不超过50微米的石英颗粒和金属氧化物颗粒。借鉴既往研究成果^[17]，根据显微结构所见胎体孔洞的形状和密度、玻璃相和莫来石的出现，石英残骸的大小和多寡，以及胎釉交界处的结晶密度，判断胎体呈现出不同的玻化程度，一并归纳到表一并见图三。相比于此前已发表的北方早期青瓷研究成果^[18]，曹村窑址出土的53件样品玻化程度明显较低。约半数样品（26件）的玻化程度低于马尼阿提斯（Maniatis）和泰特（Tite）提出的全面玻化（Extensive vitrification，简称EV，即青瓷的I级），更接近其体系中的初步玻化（Initial vitrification，简称

IV）^[19]，为保持系列研究成果的连贯性，将其表述为0级。有1件样品完全没有玻化迹象，约当于马尼阿提斯体系中的未玻化（No vitrification，简称NV），标注为-1级。

为了更准确地估测陶瓷样品的烧造温度，还使用了热膨胀仪进行热膨胀测试，以及德国STOE多功能X射线仪进行X射线衍射分析（XRD）。另外，使用配备高清数码相机（Leica DFC290）的偏光显微镜（Leica DM4500 P LED）观察样品表面和切面。



图三 曹村窑址陶瓷样品的微观结构特征

1.T8显示0级烧结，初步玻化，较多初熔石英颗粒，孔隙展现黏土结构自身特质 2.T26显示I级烧结，全面玻化，出现大量玻璃相和小型不规则气孔 3.T44显示II级烧结，持续玻化，石英颗粒变小变少，大量不规则气孔 4.T33显示III级烧结，持续玻化，石英颗粒进一步减少，少量较大圆形气孔 5.T44超密集界面结晶 6.T39稀疏界面结晶

三、测试结果与分析

（一）胎的构成及原材料

标本胎体的化学组成通过三次低分辨率下（50倍）任选区域读数取平均值确认，分析结果以化合物重量百分比呈现并进行了归一化（表二）。根据测试结果，可将曹村窑址陶瓷样品的制胎原料分为普通黏土、高岭土和瓷石三大类（图四）。

第一类的12件样品硅铝氧化物的总量较低，仅在80%上下，具体包含61~69%二氧化硅和15~17%氧化铝，此外，除了较低的二氧化钛（0.8%）之外，钠、镁、钾、钙和铁等氧化物的含量都比较高，造成比较强的助熔效果。由于平均在6.5%上下的铁氧化物含量，这种材料的胎体均呈红色或红褐色，其来源应是普通易熔黏土（图五，1）。

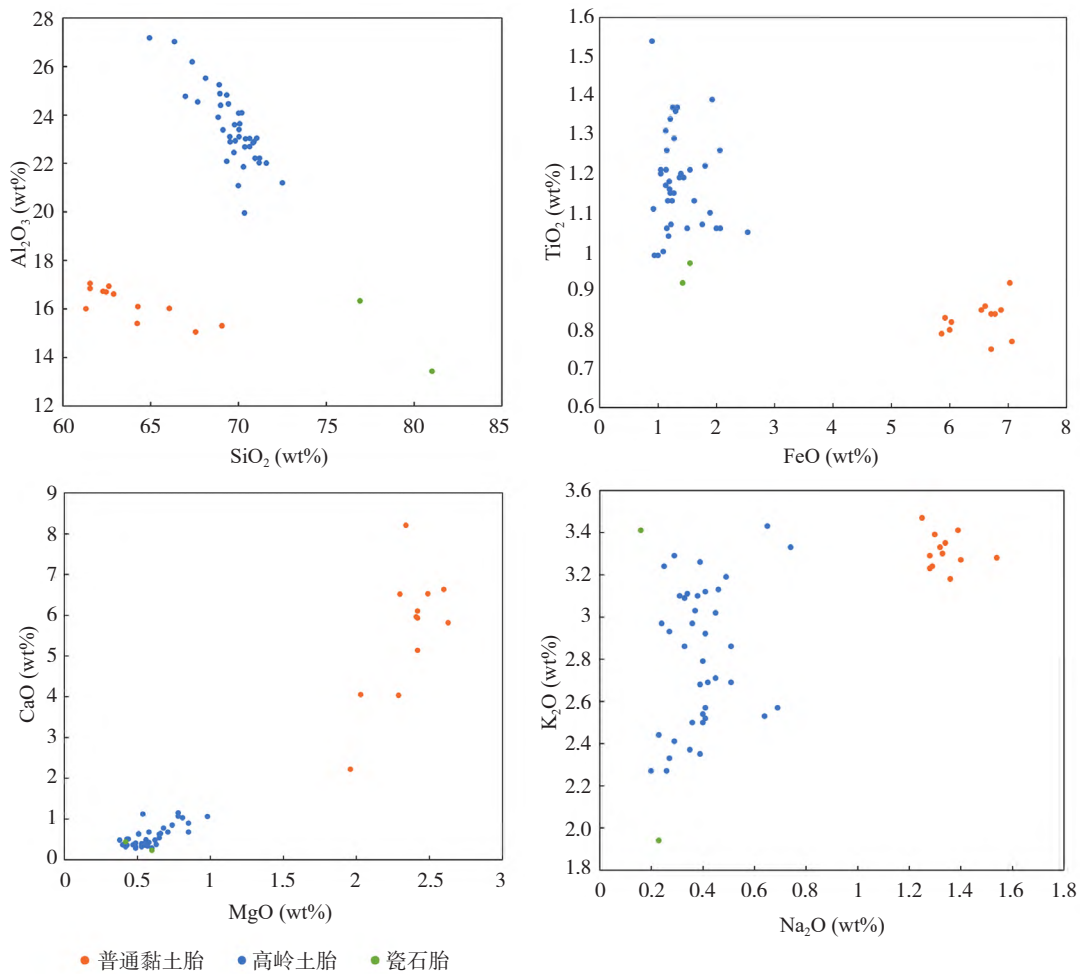
第二类是曹村窑址测试样品的主流^[20]，

表二 曹村窑址陶瓷样品胎体化学成分表

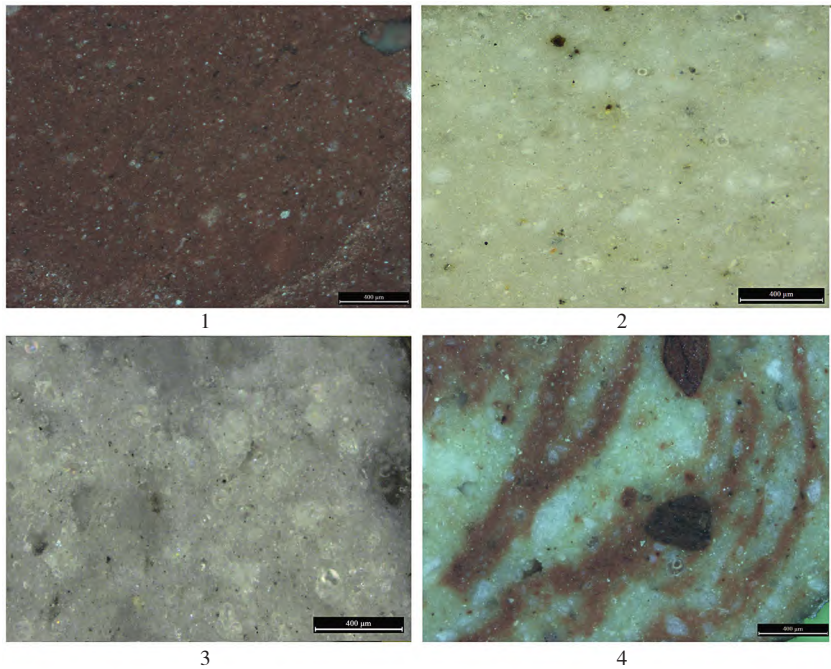
普通黏土胎	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
T24	1.54	2.29	16.02	66.08	3.28	4.04	0.83	5.92
T31	1.36	2.63	16.93	62.62	3.18	5.82	0.86	6.61
T44	1.29	2.6	16.84	61.56	3.24	6.63	0.77	7.07
T45	1.32	2.49	17.04	61.56	3.33	6.53	0.85	6.88
T46	1.28	2.03	15.05	67.56	3.23	4.05	0.8	6
T47	1.3	2.42	16.69	62.48	3.39	6.1	0.84	6.78
T48	1.4	2.3	15.4	64.25	3.27	6.52	0.82	6.03
T49	1.39	1.96	15.3	69.06	3.41	2.22	0.79	5.86
T50	1.28	2.34	16	61.33	3.29	8.21	0.84	6.71
T51	1.34	2.42	16.72	62.29	3.35	5.93	0.92	7.03
T52	1.33	2.42	16.08	64.28	3.3	5.14	0.75	6.71
T53	1.25	2.41	16.61	62.91	3.47	5.96	0.85	6.54
平均值	1.34	2.36	16.22	63.83	3.31	5.6	0.83	6.51
标准差	0.08	0.2	0.69	2.52	0.08	1.55	0.05	0.44
高岭土胎	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
T1	0.45	0.57	22	71.59	3.02	0.34	1.11	0.92
T2	0.38	0.53	21.19	72.51	3.1	0.35	0.99	0.94
T3	0.36	0.57	22.68	70.65	2.97	0.34	1.26	1.15
T4	0.36	0.44	25.5	68.14	2.5	0.51	1.34	1.21
T5	0.27	0.53	23.63	70.07	2.93	0.32	1.2	1.05
T6	0.29	0.47	24.45	69.43	2.41	0.37	1.29	1.28
T7	0.25	0.58	23.09	70.04	3.24	0.43	1.18	1.19
T8	0.26	0.49	25.23	68.91	2.27	0.29	1.19	1.37
T9	0.45	0.56	23.39	70.04	2.71	0.49	1.15	1.21
T10	0.34	0.65	23.37	69.12	3.11	0.63	1.21	1.55
T11	0.4	0.68	23.9	68.85	2.79	0.78	1.2	1.39
T12	0.65	0.81	21.08	70	3.43	1.03	1.1	1.89
T13	0.46	0.65	23.09	69.51	3.13	0.54	1.19	1.44
T14	0.74	0.98	19.95	70.34	3.33	1.06	1.05	2.54
T15	0.51	0.85	22.45	69.75	2.69	0.68	1.06	2
T16	0.27	0.51	26.18	67.38	2.33	0.64	1.37	1.33
T17	0.39	0.42	23.04	71.05	2.68	0.32	1	1.09
T18	0.4	0.43	24.08	70.2	2.54	0.36	0.99	1
T19	0.39	0.71	21.85	70.29	3.26	0.68	1.07	1.76
T20	0.24	0.6	22.84	70.84	2.97	0.29	1.04	1.18
T21	0.41	0.78	22.08	69.33	3.12	1.15	1.06	2.07
T22	0.4	0.78	24.53	67.68	2.5	1.07	1.22	1.81
T23	0.49	0.63	22.67	70.37	3.19	0.38	1.21	1.05
T25	0.39	0.58	27.01	66.36	2.35	0.68	1.37	1.25
T26	0.42	0.62	24.39	68.99	2.69	0.48	1.15	1.27
T27	0.37	0.66	22.92	69.83	3.03	0.65	1.06	1.5

续表二

高岭土胎	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
T28	0.64	0.85	24.76	66.99	2.53	0.9	1.26	2.06
T29	0.69	0.74	22.88	69.53	2.57	0.85	1.13	1.62
T30	0.41	0.54	27.16	64.94	2.52	1.12	1.39	1.93
T33	0.29	0.55	22.21	70.96	3.29	0.4	1.13	1.17
T34	0.33	0.56	23.58	69.79	3.09	0.35	1.17	1.13
T35	0.35	0.4	24.06	70.01	2.37	0.37	1.31	1.13
T36	0.51	0.51	22.02	71.18	2.86	0.63	1.07	1.22
T37	0.41	0.53	22.2	71.2	2.92	0.39	1.16	1.2
T38	0.33	0.55	23.02	70.64	2.86	0.39	1.06	1.15
T39	0.31	0.49	23.01	70.4	3.1	0.32	1.13	1.24
T41	0.2	0.43	24.81	69.34	2.27	0.51	1.54	0.9
T42	0.23	0.38	24.87	68.94	2.44	0.48	1.36	1.3
T43	0.41	0.49	22.89	70.89	2.57	0.41	1.21	1.14
平均值	0.4	0.59	23.44	69.64	2.81	0.56	1.18	1.38
标准差	0.12	0.14	1.54	1.47	0.33	0.26	0.13	0.37
瓷石胎	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO
T32	0.16	0.6	16.33	76.93	3.41	0.23	0.92	1.42
T40	0.23	0.42	13.42	81.02	1.94	0.44	0.97	1.55
平均值	0.2	0.51	14.87	78.98	2.68	0.34	0.95	1.48



图四 曹村窑址陶瓷胎体材料分组图



图五 曹村窑址产品不同胎体的光学显微镜形态对比
1.T31 2.T17 3.T32 4.T29

共有39件，其硅铝氧化物总量在93%上，包括65~73%二氧化硅和20~27%氧化铝，除二氧化钛之外，这类原料的其他成分含量均低于第一组，基于其较高的铝硅比值和较低的助熔剂和着色剂，这组材料可以判定为含较多高岭土的耐火黏土（图五，2），为表述方便，下文简称为“高岭土胎”。

值得注意的是，有2件标本二氧化硅含量远超其他组，而氧化铝含量在15%上下，虽然其硅铝氧化物总量也在93%左右，其原

材料与以高岭土为主的沉积黏土差异较大。基于既往研究成果，这应该是所谓的瓷石胎，具体来说，是以石英和绢云母为主要矿物构成的南方青瓷胎料^[21]（图五，3）。

测试样品包含的7件支钉中有4件用富含高岭土的原材料制成，1件用普通黏土制成，还有2件的材料混合了两类黏土（图五，4）。作为生产工具的窑具以混合黏土制成，说明这

两类黏土都作为原材料存在于曹村窑址的生产过程中；瓷石胎的样品不见于窑具。

（二）釉的配方及分组

选取至少三处远离表层侵蚀和胎釉交接结晶的中间区域，在低分辨率下进行测试并取平均值，分析结果以化合物重量百分比呈现并进行了归一化（表三）。在所选取的53件样品中，只有1件支钉表面无明显玻璃化釉层（扫描电镜下可见表面有一个富铅层，但玻璃化程度不高，如图六所示），其余所

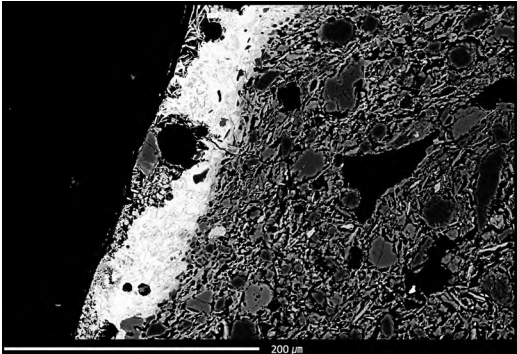
表三 曹村窑址陶瓷样品釉的化学成分表

铅釉普通黏土胎	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	CuO	PbO
T24	0.17	1.15	6.1	26.33	1.01	0.54	2.03	0.35	2.68	b.d.	59.56
T44	0.55	1.75	9.86	35.05	0.96	1.45	3.94	0.59	4.22	0.39	41.08
T45	0.54	1.51	8.88	31.73	0.94	1.28	3.62	0.43	3.73	0.38	46.95
T46	0.62	1.52	9.03	37.12	1.22	1.3	3.08	0.53	4	0.6	40.52
T47	0.59	1.64	8.28	30.68	1.02	1.18	3.61	0.48	3.79	0.37	48.24
T48	0.53	1.29	7.35	29.7	0.95	1.15	3.39	0.39	3.03	b.d.	52.11
T49	0.39	0.88	5.99	25.74	1.08	0.84	1.31	0.36	2.59	b.d.	60.57
T50	0.27	1.19	6.6	27	1.03	0.47	3.59	0.39	2.95	b.d.	56.43
T51	0.34	1.23	7.21	28.21	1.1	0.9	3.14	0.41	3.03	b.d.	54.31
T52	0.39	1.32	7.13	29.11	0.92	0.87	3.56	0.37	3.14	b.d.	53.05
T53	0.58	1.71	9.25	34.13	0.82	1.45	3.98	0.43	3.99	b.d.	43.43
平均值	0.45	1.38	7.79	30.43	1	1.04	3.2	0.43	3.38	0.22	50.56
标准差	0.15	0.27	1.34	3.74	0.11	0.34	0.82	0.08	0.58	0.19	7.05

续表三

铅釉高岭土胎	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	FeO	CuO	PbO
T1	b.d.	0.12	5.93	33.07	b.d.	0.58	0.65	0.2	0.33	b.d.	59.12
T2	b.d.	0.16	5.11	33.99	b.d.	0.5	0.43	0.19	0.32	b.d.	59.29
T3	b.d.	b.d.	3.54	31.61	b.d.	0.33	0.19	0.12	0.2	b.d.	63.8
T4	b.d.	0.19	5.27	29.11	0.45	0.35	0.5	0.29	0.66	b.d.	62.85
T5	b.d.	0.11	4.17	32.88	b.d.	0.37	0.23	0.18	0.38	b.d.	61.4
T6	b.d.	0.2	5.44	34.78	0.13	0.52	0.32	0.32	0.37	b.d.	57.62
T7	0.25	0.26	7.55	42.63	b.d.	0.91	0.43	0.44	0.58	b.d.	46.96
T8	b.d.	0.1	3.25	37.27	0.12	0.3	0.32	0.09	0.41	b.d.	58.16
T9	b.d.	0.13	3.33	33.17	b.d.	0.28	0.38	0.01	0.39	b.d.	62.06
T10	b.d.	0.37	6.37	34.94	0.87	0.79	0.88	0.37	0.67	0.74	53.93
T11	0.17	0.36	10.14	36.83	0.72	0.99	0.59	0.55	0.91	0.3	48.45
T12	0.34	0.51	9.45	39.89	0.34	1.19	0.9	0.38	1.29	b.d.	45.69
T13	0.39	0.55	12.51	43.28	1.17	1.87	0.77	0.66	1.35	b.d.	37.32
T14	0.4	0.74	10.49	41.88	1.01	1.42	1.15	0.48	1.76	b.d.	40.45
T15	0.14	0.33	5.64	26.21	1.07	0.35	0.55	0.31	0.81	0.51	64.08
T16	0.14	0.29	7.85	31.04	0.94	0.51	0.67	0.45	0.8	0.62	56.7
T17	b.d.	0.15	4.24	31.81	b.d.	0.29	0.15	0.2	0.24	b.d.	62.93
T18	b.d.	0.16	4.36	34.03	b.d.	0.35	0.18	0.16	0.53	b.d.	60.15
T19	0.21	0.43	8.75	36.9	0.82	0.96	1.48	0.56	1.18	b.d.	48.46
T20	0.21	0.36	7.85	37.87	b.d.	0.93	2.95	0.4	0.72	b.d.	48.48
T21	0.17	0.53	9.98	39.57	0.97	1.11	1.19	0.53	1.4	b.d.	44.42
T22	b.d.	0.29	6.15	27.2	0.85	0.4	0.53	0.35	0.77	b.d.	63.32
T23	b.d.	0.29	5.36	31.41	0.36	0.52	1.24	0.2	0.27	b.d.	60.2
T25	b.d.	0.35	8.39	30.55	1.05	0.47	0.63	0.47	1	b.d.	56.87
T26	0.3	0.46	4.37	35.97	0.22	0.55	5.22	0.26	0.74	b.d.	51.87
T27	0.17	0.19	5.37	28.9	b.d.	0.44	0.87	0.42	0.44	b.d.	62.88
T28	0.45	0.91	8.85	42.44	0.22	1.17	1.27	0.49	1.93	b.d.	42.2
T29	0.52	1.18	9.93	44.65	0.19	2.38	1.42	0.8	2.46	b.d.	36.45
T30	b.d.	0.25	6.75	25.03	0.85	0.33	1.04	0.33	0.63	b.d.	63.06
T33	b.d.	0.29	9.16	43.51	b.d.	1.15	0.31	0.45	0.55	b.d.	44.4
T34	0.14	0.2	7.43	35.33	b.d.	0.76	0.28	0.36	0.48	b.d.	54.86
T35	b.d.	b.d.	3.41	33.48	b.d.	0.16	0.15	0.09	0.29	b.d.	62.46
T36	b.d.	b.d.	3.11	33.62	b.d.	0.27	0.26	0.13	0.36	b.d.	62.06
T37	0.23	0.14	5.75	33.78	b.d.	0.7	0.27	0.24	0.43	b.d.	58.43
T38	b.d.	0.16	4.66	32.76	0.1	0.47	0.53	0.1	0.38	b.d.	60.54
T39	b.d.	0.13	4.48	34.05	b.d.	0.39	0.49	0.3	0.41	b.d.	59.51
T43	b.d.	0.13	3.88	29.59	b.d.	0.35	0.64	0.23	0.82	2.43	61.86
平均值	0.14	0.3	6.44	34.73	0.34	0.69	0.81	0.33	0.74	0.22	55.22
标准差	0.14	0.24	2.46	4.98	0.42	0.48	0.92	0.17	0.51	0.41	8.24
钙釉高岭土胎	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO	
T41	0.3	1.9	20.24	61.25	0.26	2.67	10.82	1.15	b.d.	1.37	
T42	0.38	2.55	13.97	62.82	0.43	2.57	14.8	0.73	b.d.	1.73	
平均值	0.34	2.23	17.1	62.04	0.35	2.62	12.81	0.94	b.d.	1.55	
钙釉瓷石胎	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO	
T32	b.d.	3.09	12.82	55.76	1.17	2.05	22.3	0.85	0.68	1.28	
T40	b.d.	2.94	12	60.13	1.57	1.34	18.88	0.7	0.77	1.5	
平均值	b.d.	3.01	12.41	57.95	1.37	1.7	20.59	0.77	0.73	1.39	

说明：“b.d.”意为“低于检出限”，不等于0。



图六 正在形成过程中的铅釉（T31）

有标本均有釉，且大部分都为铅釉。值得注意的是，所有支钉的釉都属于铅釉。

普通黏土胎样品的釉全部为铅釉，有完整玻璃化釉层的样品11件，平均含有50.6%氧化铅和30.4%二氧化硅，占总重量的81%，其他成分相对较多，较高比例的氧化铝，和氧化亚铁意味着釉中含有较多的黏土成分。

高岭土胎的样品情况比较复杂，大部分施铅釉（37件），氧化铅的含量相对较高，平均含有55.2%氧化铅和34.7%二氧化硅，约占总重量的90%，远高于普通黏土胎的情况，而其他成分则普遍较低。另有4件样品的釉以氧化钙为主要助熔剂，未检出氧化铅，其中包括高岭土胎和瓷石胎的样品各2件，这两组钙釉样品在主要成分上仍有较明显的区别。首先是高岭土胎样品釉中的氧化钙含量不到15%，而瓷石胎样品釉中含量都在20%上下；前者检出氧化钠而后者没有检出，前者未检出氧化锰而后者均有检出。这些截然不同的特征说明两组钙釉不属于同一个技术体系。

至此，53件测试样品共可分为四组：第一组为普通黏土胎铅釉，第二组为高岭土胎铅釉，第三组为高岭土胎钙釉（北方青瓷），第四组为瓷石胎钙釉（南方青瓷）。

（三）烧造温度评估

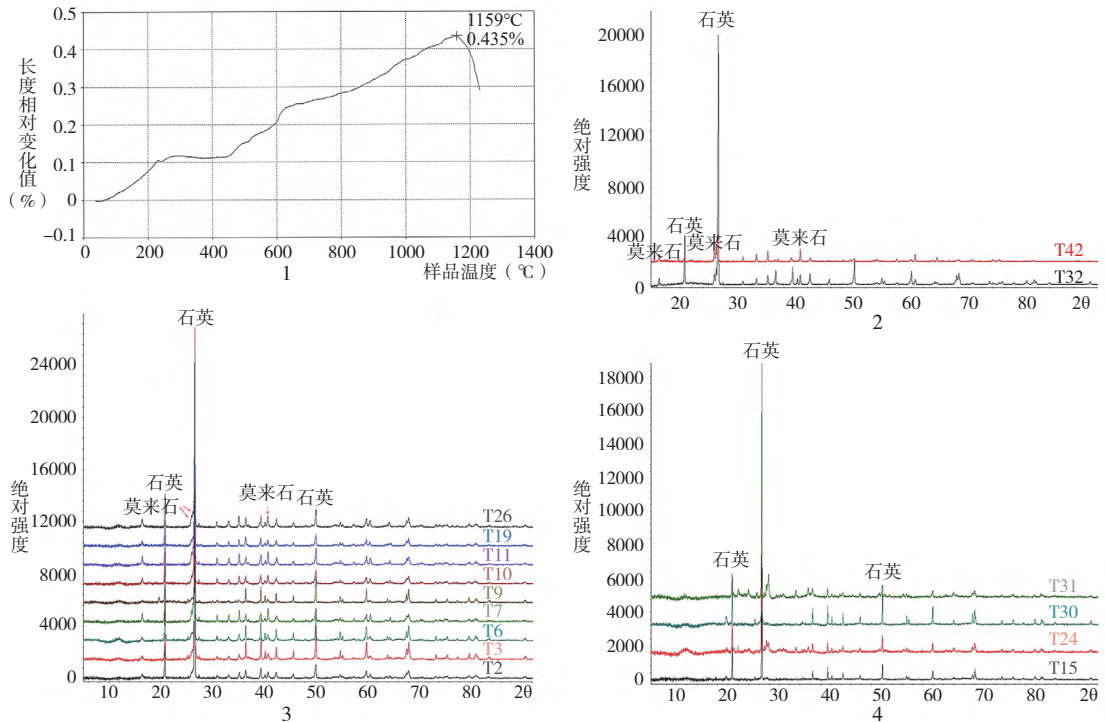
针对曹村窑址出土样品烧成程度的多样性，我们综合应用了多种方法评估其烧成温度（表四）。

表四 曹村窑址陶瓷样品的X射线衍射、热膨胀测试和玻化程度观察结果对比

编号	莫来石相对强度	热膨胀估温（℃）	玻化程度
T31	0	800	1
T24	0	1037	0
T30	0	800	0
T15	0	992	0
T3	1.7	1033	0
T9	1.82	1100	0
T6	2.15	1052	0
T2	4.4	1017	0
T10	6.1	1161	2
T19	7.87	1280	2
T26	8.88	1193	1
T11	11.8	1159	3
T7	13.87	1070	2
T32	6.52	未测	2
T42	55.22	未测	3

首先选取13件具有代表性的铅釉样品进行热膨胀测试，该方法是根据胎体复烧热膨胀曲线从膨胀到收缩的转折点来推测烧成温度（图七，1）。据表四所示测试结果，推测这批铅釉陶样品的烧成温度范围在800~1200摄氏度之间，可以细分为三个组：<1000℃（T15、T30、T31）、1000~1100℃（T2、T3、T6、T7、T9、T24）和>1100℃（T10、T11、T19、T26）。热膨胀测试虽然简洁明了，但受陶瓷胎体本身的化学组成和实际烧结程度的影响，在实践过程中应结合具体情况慎重参考^[22]。本身烧成温度较低的样品，很可能在更高的复烧温度下烧结收缩，导致转折点温度高于样品实际烧成温度。如普通黏土胎的T24的玻化度为0，但是热膨胀测试结果为1037℃，高于预期。曹村窑址的许多样品都属于低温烧造，因此热膨胀测试的结果需要格外谨慎对待。

为了弥补热膨胀测试的不足，我们同时也使用了X射线衍射仪（XRD）对以上13件铅釉样品和2件钙釉样品进行了矿相分析，结果见图七，2~4和表四。低温矿相诸如微斜长石、白云母、水黑云母在T31和T30中有所发现，指示这些样品的烧造温度可能低于



图七 热膨胀测试和X射线衍射结果指示烧造温度和胎体矿物构成

1.T11热膨胀测试曲线 2.检出莫来石的青瓷样品 3.检出莫来石的铅釉陶样品 4.未检出莫来石的铅釉陶样品

950℃。没有发现莫来石和方石英^[23]等高温物相的高岭土胎样品T15，热膨胀指示低于1000℃，发现莫来石的样品理论烧成温度在1000℃以上^[24]，也与热膨胀测试的结果基本符合。莫来石的量以其最强峰（ $2\theta=26$ 度）与石英的最强峰（设置为100， $2\theta=26.6$ 度）的相对值表示，其结果与热膨胀测试的结果也大致符合。相对强度低于5的莫来石的样品（T2、T3、T6、T9）的热膨胀估测结果烧成温度在1000~1100℃之间，相对强度高于5的样品热膨胀估测结果高于1100℃（T10、T11、T19、T26）。

再进一步，我们将热膨胀测试和X射线衍射分析的结果与微观结构所体现的玻化程度进行对比（见表四），约半数样品烧结程度都为0级，这其中包括绝大部分预测烧成温度不超过1100℃的高岭土胎样品和1件普通黏土胎的样品（T24），其中未检出莫来石的2件高岭土胎样品（T30、T15），预测烧造温度都在1000℃以下。烧结程度在

1级以上的样品大部分预测温度都超过或接近1100℃，而且具有较高的莫来石相对强度（>5）。也有个别例外，如T26的烧结程度为1，但是莫来石相对强度是8.8，热膨胀测试温度是1193℃；T7的烧结程度为2，莫来石相对强度（13.87）也最高，但是热膨胀测试结果低于预期，为1070℃，这可能与样品的化学成分和受热历史有具体关系。

总的来看，结合多种方法估测相对烧成程度和可能的温度范围，具有积极的指导意义。尤其是高岭土胎的样品，大致在1000℃和1100℃两个范围内造成肉眼可见的差异，烧成温度在1000~1100℃之间的样品集中在初步玻化阶段，质地较软，发色浅淡偏白；超过1100℃的样品胎体烧结程度好，发色较深偏黄绿色。2件钙釉陶瓷样品虽然因为现实工作条件的限制，没有进行热膨胀测试，其烧结程度和莫来石强度都符合其外观特征，瓷石胎的T32烧结程度2级，莫来石相对强度6.5，其烧成程度大概与高岭土胎铅釉陶

瓷在1100℃以上的效果相当,但是考虑到瓷石相对易熔,也可能在不到1100℃的温度下烧成。高岭土胎的T42是所有样品里莫来石强度最高的一个,烧结程度也比较高,但是没有发现方石英等更高温的物相,其烧造温度可能在1100℃以上,但不超过1200℃。

四、曹村窑址出土陶瓷的 制作工艺

基于测试分析结果,我们对曹村窑址出土陶瓷的胎釉化学元素组成、釉的配比及施加、胎釉之间的反应、胎釉的呈色、烧成情况等方面进行讨论。

(一) 胎体材料的分类

目前围绕曹村窑址出土陶瓷开展的科技分析,都能首先确定普通黏土和高岭土两类胎体材料的存在^[25],这也是曹村窑址产品相较于更早的铅釉陶窑址最大的突破。铅釉陶瓷自创烧以来,一直以普通黏土为主流原材料,而在公元6世纪期间,这种情况逐步发生了变化。洛阳北魏宣武帝景陵(公元515年)出土的白色化妆土铅釉陶,应是富含高岭土的黏土施用于铅釉陶瓷的早期案例^[26]。类似标本也见于汉魏洛阳城遗址,取样分析表明化妆土的原材料是纯度较高的高岭土,其上施加透明釉,形成白色的视觉效果^[27]。富含高岭土的黏土作为铅釉陶的胎体材料,在北方墓葬中从公元6世纪前期开始出现,大量发现于6世纪中后期的纪年墓中^[28],视觉效果上是一种“白胎铅釉陶瓷”,过去曾被认为是早期白瓷的范粹墓出土品即属于此类^[29]。曹村窑址发现的高岭土胎铅釉陶瓷是这类陶瓷器在邳城附近生产的重要证据。值得注意的是,曹村窑址同时出土普通黏土胎类型和高岭土胎类型的铅釉器,甚至数件支钉以两种黏土混合制成,说明这两种原材料在曹村窑址同时使用,体现了技术转换期的特征。从历史发展的角度看,富含高岭土的黏土作为铅釉陶瓷的胎体材料是后世“唐三

彩”的滥觞,北朝晚期高岭土胎铅釉陶瓷在曹村窑的发现,具有划时代意义。

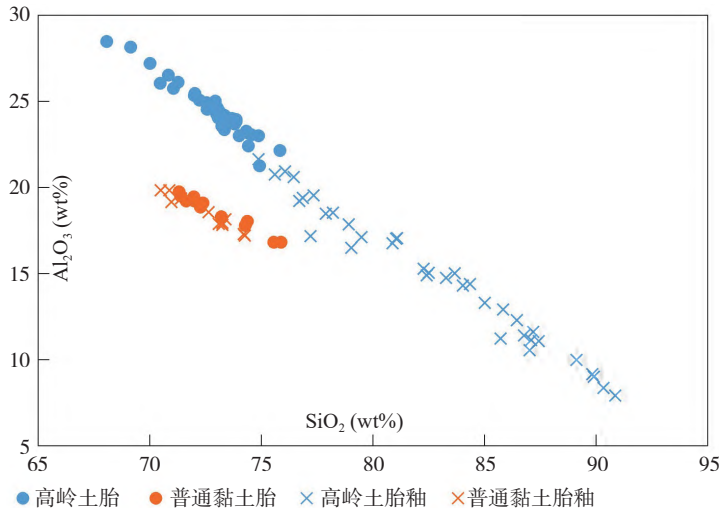
在此基础上,本次研究还发现了第三种胎体材料即来自南方的瓷石,结合其钙釉特征,可以确定为南方青瓷。同时,在曹村窑址也出土一定数量的高岭土胎钙釉标本,即北方青瓷^[30]。这一发现为长期以来存在争议的“北朝青瓷”提供了新的证据,即出土于北朝境内的青瓷,确实有一部分产自南方地区。这将极大改变我们对北朝、尤其是北魏迁洛以来北方地区出土青瓷的认识^[31]。陈岳等文亦检出2件钙釉高岭土胎样品,并由此推论曹村窑是我国北方早期青瓷窑址之一^[32]。考虑到此地所出南方青瓷应是外来而非本窑址产品,我们对曹村窑址出土的北方青瓷是否产自本窑持保留意见。

(二) 釉的形成

既往研究大部分都能确认曹村窑址出土的铅釉陶瓷。由于缺乏对出土器物全貌的整体把握,基本止步于定性分析。有研究注意到红胎铅釉中可能使用了胎土作为原材料,以及高度烧成的标本釉中含铅量较低,但对釉的配方和测试数据差异未能展开讨论^[33]。

铅釉的配方通常有两种:一种直接以铅氧化物施于陶瓷胎体表面,与胎体材料发生反应形成釉面;另一种预先将铅氧化物与石英混合,再施加于胎体之上^[34]。已有研究讨论区分这两种方式的方法^[35]:将釉成分中的助熔剂和人为添加的着色剂(如氧化铜、氧化锰、氧化钴)等减除,剩余成分重整回100%。如果是直接施加铅氧化物形成的釉,重整后的成分中,氧化铝和二氧化硅的含量理论上应与胎的含量一致;如果釉是由铅氧化物和石英配比而成,则重整之后的含量中,二氧化硅应高于胎中的含量,而氧化铝应低于胎中含量。

我们应用此方法对曹村窑址铅釉含量进行了重整和对比,绘制了图八。普通黏土胎与釉中的氧化铝和二氧化硅含量基本一致,



图八 曹村窑址铅釉陶瓷胎体与重整釉中硅和铝氧化物的含量对比

结合此组釉中通常有更多黏土成分，推测此组的釉是由氧化铅配合胎体黏土形成的。此处包括了两种可能性：一种是将铅氧化物直接施于胎体表面；另一种是将胎土以泥浆等形式混合铅氧化物施用，或可增强釉的附着力，更便于施釉操作。值得注意的是，如图六显示，T31支钉表面的富铅层中仍可见到尚未熔化的胎体原材料的颗粒，这种釉面可能由窑内以蒸汽形态存在的铅渗入胎体反应而成，也是铅氧化物与胎体反应形成釉层的一种体现。

高岭土胎的重整釉相比于胎，明显是高硅低铝的情况，其平均值大约为79%二氧化硅+15%氧化铝，而胎中的基本构成为69%二氧化硅+23%氧化铝。这意味着这组产品的釉属于铅氧化物与石英混合配方，其具体操作方式也有数种可能，或以悬浊液形态混合，或进行预熔（即所谓“熔块釉”），目前暂时无法基于数据对这两种方式进行区分^[36]，不过一般而言，熔块釉较少见于中国古代陶瓷。闫灵通等发现烧成度较高的一件高岭土胎样品含铅量较低（HBYC11，铅氧化物重量比为17.71%），认为釉的配置方式可能与其他样品有所差异^[37]。从我们的测试结果来看，相对铅含量较低（低于50%）的样品都

体现出更高的烧结度（>2）和估测烧成温度，应该与较高的烧造温度和较长的烧造时间导致铅挥发损失更有关联性，但我们尚未发现含铅量在35%以下的样品，希望能有机会进一步就此问题展开交流讨论。

钙釉青瓷方面也存在同样的情况^[38]。北方青瓷的釉中添加了石英，而南方青瓷釉中没有额外添加石英。

通过四组样品的比较可见，第一组普通黏土胎铅釉陶的胎和釉中的氧化铝/二氧化

硅比值相同，都是0.26；第四组瓷石胎钙釉青瓷的胎釉铝硅比都在0.2左右；而第二组高岭土胎铅釉陶瓷的胎中比值为0.34，釉中为0.19；第三组高岭土胎钙釉青瓷胎中比值为0.36，釉中比值为0.28。后两者釉中的铝硅比均明显低于胎，说明在曹村窑址乃至华北地区，使用高岭土黏土制胎的陶瓷器，无论釉的种类如何，都添加了石英，这似乎是一种在北方陶瓷生产中普遍使用的新方法。这一做法能显著降低釉的熔融温度，在相对较低的烧造温度下更利于釉的形成。这种配釉方式深刻影响了隋唐以降的北方陶瓷生产^[39]，是我国陶瓷技术史上的重要创举。

（三）烧成情况

一般而言，铅釉的适当形成温度在700~1000℃，属于低温釉^[40]，而曹村窑址出土的铅釉陶瓷具备多种烧成程度，展现出引人瞩目的多样性。由于既往发表的热膨胀测试和XRD结果多指向1000℃甚至1100℃以上的烧成温度，部分研究结论倾向于认为曹村窑的铅釉陶瓷是二次烧成的^[41]。本文通过进一步研究，对此持不同意见。

首先，如前文所述，对曹村窑址较常见的低烧结度样品的热膨胀测试结果需要谨慎对待，如闫灵通等文的测试样品中，2件红

陶胎HBYC01和HBYC02,均给出接近1100℃的估测温度,作者对这个数据直接采用,缺乏辩证分析。其次,前引研究开展温度测试的样品存在代表性不足的问题,导致结果并不全面。实际上在曹村窑址出土陶瓷碎片中,灰陶器占70%,红陶器占13.5%,釉陶器占6.4%,瓷器仅占0.95%。曹村窑址出土的窑具上附着的釉层全部为铅釉,可能是烧造过程中器物表面的釉滴坠所致,也有可能是窑内蒸汽化的铅附着其上的结果。因此就目前曹村窑址的出土物全貌和窑室本身的烧结状况而言,无法确定持续稳定高温烧造的技术条件^[42]。

从我们的研究结果来看,曹村窑址的铅釉陶瓷标本一半烧成于初步玻化阶段(0级)。普通黏土胎的铅釉陶玻化程度集中在0~2之间,高岭土胎的烧成范围从-1到3度,但仅有25%为2级和3级烧结。客观而言,2级烧结样品可能超过了1100℃,确实具备烧成青瓷的温度条件。但其上限大概率不会超过1200℃,比起真正的北方青瓷和白瓷来说,温度仍然略低。而且超过1100℃的样品数量较少,说明这种高温烧造并未系统性实施,属于偶然产出。可资对照的是,曹村窑址出土的钙釉青瓷,无论是北方系还是南方系,烧结程度都在2~3级,胎中有密集的莫来石,表明其烧成条件至少居于曹村窑址的最高烧造范围内,或者高于曹村窑址铅釉陶瓷,曹村窑址生产高温陶瓷的证据仍稍显不足。这些北方青瓷碎片可能与南方青瓷一样,是作为生活用品或者观摩仿制的标本带到作坊中来的。

此外,关于曹村窑址二次烧造的论证,我们还有如下疑点。其一,曹村窑址出土的高岭土胎陶瓷器残片中尚未发现素烧胎体。其二,根据前人研究成果^[43],我们重点关注了样品胎釉结合处的反应状况,尤其是晶体发育(见表一)和胎釉成分的比对,结果显示大部分曹村窑产品的胎釉结合度良好,交

界区反应充分、晶体发育良好,都不符合预烧胎的特征。其三,测试温度为1000℃左右的样品,实际上釉面的状态比较好,并未出现部分研究者推测的严重流釉等过烧缺陷^[44],说明我们对热膨胀测试结果的1000℃需要格外审慎看待,这类胎体初步玻化(0级烧结),胎质松软,颜色发白;而超过1100℃的样品,虽然胎体烧结度好,但釉色比较深,部分样品的釉面起泡、流淌、带有黑褐色粗糙斑点。将这两组样品的胎釉完成度相互对照,正说明曹村窑址没有使用二次烧,而是一次烧成。

(四) 呈色机制

曹村窑址陶瓷标本的呈色剂以铁和钛的氧化物为主,都来自于黏土材料本身。由于铅釉陶瓷通常在氧化氛围下烧造^[45],普通黏土胎多为红棕色,而高岭土胎大致呈灰白中带有牙黄色调,少量泛红(见图二、图五)。釉色方面,无论铅釉、钙釉,均为透明釉,无乳浊失透的现象,基于铁钛氧化物的含量呈现从黄到褐深浅不等的颜色。由于原材料和配方的差异,高岭土胎对应的釉含铁量明显低于普通黏土胎的釉,釉色方面也明显淡化。此外,有8件样品釉色发绿或带有绿色条带、点彩装饰,是釉中的铜离子在氧化氛围下的呈色效果(见图二中样品T43、T10、T15、T16),这类产品是北朝低温多彩陶瓷的代表,为后世唐三彩的发展奠定了技术和审美基础。

结 语

综上所述,通过对曹村窑址出土陶瓷标本的分析,我们可以看出曹村窑址至少存在四种制作技术:第一组以普通黏土为胎,铅氧化物与胎土配釉;第二组以高岭土为胎,铅氧化物加石英和胎土配釉;第三组是以高岭土为胎,氧化钙为主要助熔剂的北方青瓷,釉的配制过程中也加入了石英;第四组是以瓷石为胎,氧化钙和胎土配制成釉的南

方青瓷。虽然曹村窑址生产青瓷的证据尚不充分，但是两组青瓷标本的确认，说明在曹村窑址开展生产的过程中，南方青瓷已在华北地区有所流传，而且北方本地已经开始生产青瓷。

第一组代表的是至晚公元前3世纪已经出现于我国北方地区的铅釉陶技术传统^[46]。曹村窑址的此类产品通常通体为红褐色，与邺城遗址芝村、灵芝村等地发现的窑址出土物^[47]相近，而且此类釉陶器常见于东魏北齐时期的纪年墓中，如河北景县高雅墓^[48]、山东高唐房悦墓^[49]和河北磁县赵胡仁墓^[50]。曹村窑址出土支钉中可见同时采用普通黏土和含高岭土的白色黏土揉合制作的样品，类似后世的绞胎瓷，应是陶工就地取材利用了两种边角余料而偶然得之，说明曹村窑址的铅釉陶瓷生产处于新老技术的过渡阶段。

第二组产品在铅釉陶生产技术的基础上采用了新的制胎原材料和新的制釉配方，由于使用了富含高岭土的耐火黏土制胎，胎体呈灰白色调；釉的配制过程中添加了石英，且没有刻意添加的呈色剂，导致釉色浅淡。在不超过1100℃烧造条件下的成品常被误认为是早期白瓷，类似陶瓷多见于北齐时期的纪年墓中，如河南安阳范粹墓、固岸墓^[51]、濮阳李云墓^[52]等。考虑到都城文化对周边地区的辐射影响，以曹村窑址为代表的邺城地区应是此类产品的主要生产中心。值得注意的是，一部分曹村窑址高岭土胎铅釉器烧结程度较高，可能超过了1100℃，导致胎体适度玻化，釉色发青黄，肉眼观察之下颇似青瓷，需借用材料科学手段才能适当区分。这类器物在墓葬中出土时容易被误认为青瓷，需要格外注意甄别。既往研究关注曹村窑址与周边的磁州窑、安阳相州窑、巩义窑和内丘邢窑等窑址的技术性关联，由于地理位置接近，年代相互接续，技术上的共性和传承关系值得深入探讨，是今后需重点关注的对象。

曹村窑址的这种新型铅釉陶瓷产品，可以追溯到北魏时期出现的化妆土铅釉陶，如景陵出土的红胎白化妆土铅釉陶碗和大市遗址出土的化妆土连珠纹铅釉陶碗等，类似样品经分析确认为以富含高岭土的黏土作化妆土，而透明釉的配制过程中也添加了石英。这类产品从时间和技术上都与曹村窑址的高岭土胎透明铅釉陶瓷有接续关系，其向浅色器物靠近的意图也是一以贯之^[53]。但是这类器物的继续发展受到技术因素的限制，高岭土胎在超过1100℃的烧造温度下才会适度玻化，达到比较理想的物理性质，但这也会导致铅釉过烧，出现着色过深甚至起泡流淌。如果用耐高温的钙助熔釉代替铅釉，这个问题就得到了解决，产品也就相应变成了青瓷和白瓷。如欲得到理想的铅釉，烧成温度理论上不宜超过1000℃，而这样会导致高岭土胎生烧，巩义黄冶窑发现“唐三彩”的高岭土素胎，表明这时候采用了高温烧胎、低温烧釉的二次烧成技术，是解决铅釉与高岭土胎成熟温度不匹配的理想途径。可以说曹村窑高岭土胎铅釉陶瓷在制作过程中经历的技术问题，正是隋唐时期青瓷、白瓷和三彩得以发展的重要历史契机。

邺城在东魏北齐时期引领了都城规划、陵墓制度、造像艺术等方面的变革^[54]，在手工业方面也多有创新。邺城地区成为北朝晚期陶瓷技术革新的中心，固然与其显著的地理位置和自然资源密切相关，更重要的因素是社会驱动力。东汉末年以来，长期的战争和民族迁徙带来了大规模的人口流动，促进了北方地区内部及其与西域和南方的文化交流和民族融合。曹村窑址出土陶瓷器所呈现的技术特点，是基于北方悠久制陶技术传统，借鉴了南方成熟青瓷器技术并有意模仿，同时吸收了外来金银器、玻璃器等的造型和色泽的结果。这种兼收并蓄、开拓创新的特质表明新的北方文化正在形成，新的政权正统和民族认同正在树立。虽然仅就目前

曹村窑址的考古发现而言,尚不足以彻底明晰北方早期青瓷和白瓷产生的轨迹,但从邺城周边遗址和墓葬的考古发现来看,都城的影响力和辐射力极大助推了这种技术革新在北方地区的全面展开,进一步影响了整个中国陶瓷生产的格局。

附记:本文为国家社会科学基金项目“河北赞皇北朝赵郡李氏家族墓地考古发掘资料整理与研究”(项目编号23BKG019)的阶段性成果,同时得到中国社会科学院学科建设“登峰战略”资助计划(项目编号DF2023YS14)的资助。邺城曹村窑址的发现、发掘与整理研究均系在朱岩石先生的领导下进行,本文写作得到朱岩石、Ian Freestone(伊恩·弗里斯通)两位先生的精心指导与帮助,在此一并表示感谢。令人遗憾的是朱岩石先生不幸因病早逝,无法见到本文付梓。谨以此文深切缅怀朱岩石先生!

注 释

- [1] 中国社会科学院考古研究所、河北省文物考古研究院邺城考古队:《河北临漳邺城曹村窑址2014~2015年发掘报告》,《考古学报》2024年第3期。
- [2] 中国硅酸盐学会:《中国陶瓷史》第162~167页,文物出版社,1982年。具体而言,北朝晚期至隋初,北方生产的铅釉陶的颜色、造型都发生变化,青瓷开始在北方烧造,白瓷在北方地区出现,改变了延续千年的南方地区以青瓷为主、北方地区以铅釉陶为主的生产传统,为隋唐时期“南青北白”的陶瓷生产格局奠定了基础。
- [3] a.山东淄博陶瓷史编写组、山东省博物馆:《山东淄博寨里北朝青瓷窑址调查纪要》,见《中国古代窑址调查发掘报告集》,文物出版社,1984年。
b.冯先铭:《河北磁县贾壁村隋青瓷窑址初探》,《考古》1959年第10期。
c.邯郸市文物保护研究所、峰峰矿区文物保管所:《河北邯郸临水北朝至元代瓷窑遗址发掘简报》,《文物》2015年第8期。

- d.河南省文物考古研究所、中国文化遗产研究院:《河南巩义市白河窑遗址发掘简报》,《华夏考古》2011年第1期。
- e.孔德铭:《安阳相州窑及相关问题研究》,《殷都学刊》2014年第1期。
- f.王会民等:《邢窑遗址调查、试掘报告》,见《考古学集刊》第14集,文物出版社,2004年。
- g.河北省文物研究所、邢窑考古队:《2012年邢窑遗址发掘有重要收获》,《中国文物报》2013年3月1日第8版。
- [4] 笔者据发掘报告及相关研究绘制,部分窑址的年代尚存争议,有待进一步考古发现确认。
- [5] 同[1]。
- [6] a.黄信:《河北邺城地区陶瓷窑址调查报告》,《文物世界》2018年第1期。
b.河北省文物研究所:《河北临漳县邺南城倪辛庄窑址调查报告》,《文物春秋》2018年第2期。
- [7] a.王建保等:《河北临漳县发现北朝窑址》,《中国文物报》2010年8月13日第4版。
b.李江:《河北省临漳曹村窑址初探与试掘简报》,见《中国古陶瓷研究》第16辑,紫禁城出版社,2010年。
c.王建保等:《河北临漳县曹村窑址考察报告》,《华夏考古》2014年第1期。
- [8] a.李国霞等:《新发现曹村窑三种釉色陶瓷的初步分析》,见《中国古陶瓷研究》第16辑,紫禁城出版社,2010年。
b.陈岳等:《河北临漳曹村窑址青釉器物工艺特征研究》,《岩矿测试》2013年第1期。
c.张茂林等:《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年第2期。
d.何秋菊等:《曹村窑青黄釉表面腐蚀物成分及形成原因初步分析》,《文物保护与考古科学》2014年第2期。
- [9] 陈彦堂:《中国古代低温铅釉陶器研究中几则基本材料的疏证》,见《学而述而里仁——李伯谦先生从事教学考古60周年暨学术思想研讨会文集》,大象出版社,2022年。
- [10] Yan L. et al., Characterization of Early Chinese Northern Celadon with Lead Glaze from Caocun Kiln within Yecheng Site, *Journal of*

- Archaeological Science: Reports*, 19, pp.643–650, 2018. 该文发表时未经邳城考古队同意与充分讨论, 笔者对部分材料与结论持保留意见。
- [11] Huang S. et al., The Introduction of Celadon Production in North China: Technological Characteristics and Diversity of the Earliest Wares, *Journal of Archaeological Science*, 114, 105057, 2020.
- [12] 其余为砖瓦、金属器等。参见注释[1]。
- [13] 该项工作由中国社会科学院考古研究所王金霞负责, 邳城考古队王慧娟等协助。
- [14] 同[1]。
- [15] 根据胎釉材料特性分组, 详见正文第三、四部分测试结果与分析讨论, 样品按呈色外观特征排列, 器物在先, 窑具在后。
- [16] 石英密度的评估, 依据陶瓷岩相学评估标准展开, 参见Quinn P. S., *Ceramic Petrography: The Interpretation of Archaeological Pottery and Related Artefacts in Thin Section*, Archaeopress, Oxford, 82, 2013。
- [17] Maniatis Y. and M. S. Tite, Technological Examination of Neolithic–Bronze Age Pottery from Central and Southeast Europe and from the Near East, *Journal of Archaeological Science*, 8, pp.59–76, 1981.
- [18] 同[11]。
- [19] 同[11]。
- [20] 由于此类胎土的样品形态最富于变化(参见图二), 为本文的重点研究对象, 根据宏观形态特征取样, 所以此类样品数量最多, 并不代表其在总出土物中的比例最大。
- [21] 李家治主编:《中国科学技术史·陶瓷卷》第114页, 科学出版社, 1998年。
- [22] a.Tite M. S., Determination of The Firing Temperature of Ancient Ceramics by Measurement of Thermal Expansion: A Reassessment, *Archaeometry*, 11(1), pp.131–143, 1969.
b.丁银忠等:《实验法探讨瓷胎元素组成和烧成温度对热膨胀法测温的影响》,《文物保护与考古科学》2023年第2期。
- [23] 高岭土在超过1200℃以上的温度条件下才会分解生成方石英, 参见Bellotto M. et al., Kinetic Study of the Kaolinite–Mullite Reaction Sequence, Part I: Kaolinite Dehydroxylation, Part II: Mullite Formation, *Physics and Chemistry of Minerals*, 22, pp.207–214, 215–222, 1995.
- [24] a.Iqbal Y. and Lee W. E., Microstructural Evolution in Triaxial Porcelain, *Journal of the American Ceramic Society*, 83(12), pp.3121–3127, 2000.
b.Lee W. E. and Iqbal Y., Influence of Mixing on Mullite Formation in Porcelain, *Journal of European Ceramic Society*, 21, pp.2583–2586, 2001.
- [25] a.同[8]。
b.同[10]。
- [26] 中国社会科学院考古研究所洛阳汉魏城队、洛阳古墓博物馆:《北魏宣武帝景陵发掘报告》,《考古》1994年第9期。
- [27] Huang S., *The Origin of White Porcelain: Transformation of Ceramic Technology in Sixth Century North China*, BAR Publishing, Oxford, UK, pp. 48–50, 2022.
- [28] 我们以便携式X射线荧光仪分析的结果显示, 较早案例为河北赞皇李子云墓(公元525年)出土的铅釉碗、河南安阳赵明度墓(公元537年)出土铅釉碗及铅釉四系罐, 此后集中出现于北齐时代的墓葬中。但是关于李子云墓的年代, 作为发掘者之一的沈丽华从具有典型北齐特征陶俑的出土判断, 该墓应存在因配偶合葬而产生的二次入葬行为。同样地, 赵明度墓中出土有北齐常平五铢, 故此二墓出土陶瓷器的年代与墓志年代可能存在一定时间差, 不排除部分随葬品时代晚至6世纪70年代的可能性。
- [29] 河南省博物馆:《河南安阳北齐范粹墓发掘简报》,《文物》1972年第1期。
- [30] 同[11]。
- [31] a.郭学雷、张小兰:《北朝纪年墓出土瓷器研究》,《文物季刊》1997年第1期。
b.刘毅、袁胜文:《北方早期青瓷初论》,《中原文物》1999年第2期。
c.刘未:《北朝墓葬出土瓷器的编年》,见《庆祝魏存成先生七十岁论文集》,科学出版社, 2015年。
- [32] 同[8]b。

- [33] 同[10]。
- [34] Walton M.S. and Tite M.S., Production Technology of Roman Lead-Glazed Pottery and its Continuance into Late Antiquity, *Archaeometry*, 52(5), pp.733–759, 2010.
- [35] Hurst D. and Freestone I.C., Lead Glazing Technique from a Medieval Kiln Site at Hanley Swan, Worcestershire, *Medieval Ceramics*, 20, pp.13–18, 1996.
- [36] 同[34]。
- [37] 同[10]。
- [38] 同[11]。
- [39] 崔剑锋等:《定窑、邢窑和巩义窑部分白瓷的成分分析及比较研究》,《文物保护与考古科学》2012年第4期。
- [40] Molera J., et al., Interactions between Clay Bodies and Lead Glazes, *Journal of the American Ceramic Society*, 84, pp.1120–1128, 2001.
- [41] a.同[8]b。
b.同[10]。
- [42] 同[1]。Y1火塘和窑床底面、窑顶、窑室以及烟道周壁均有一层青灰色烧结面,烧结面以外为烘烤形成的烧土层。
- [43] 同[40]。
- [44] 同[8]b。
- [45] Freestone I. C., Composition and Microstructure of Early Opaque Red Glass, *Early Vitreous Materials*, pp.56, 173–191, 1987.
- [46] 陈彦堂:《关于汉代低温铅釉陶器研究的几个问题》,见《古代文明》第4卷,文物出版社,2005年。
- [47] a.贾金标、赵永红:《邺城遗址及墓群的发掘》,见《中国考古学年鉴》(1995),文物出版社,1997年。
b.中国社会科学院考古研究所等:《邺城文物菁华》第96~99页,文物出版社,2014年。
- c.沈丽华、郭济桥:《临漳县邺城遗址》,见《中国考古学年鉴》(2014),文物出版社,2015年。
- d.王会民:《临漳县芝村汉魏墓葬与北朝遗址》,见《中国考古学年鉴》(1996),文物出版社,1998年。
- e.潘伟斌:《安阳县灵芝村隋代制瓷作坊遗址》,见《中国考古学年鉴》(1996),文物出版社,1998年。
- [48] 河北省文管处:《河北景县北魏高氏墓发掘简报》,《文物》1979年第3期。
- [49] 山东省博物馆文物组:《山东高唐东魏房悦墓清理纪要》,见《文物资料丛刊》(2),文物出版社,1978年。
- [50] 磁县文化馆:《河北磁县东陈村东魏墓》,《考古》1977年第6期。
- [51] 河南省文物考古研究所:《河南安阳固岸墓地考古发掘收获》,《华夏考古》2009年第3期。
- [52] 周到:《河南濮阳北齐李云墓出土的瓷器和墓志》,《考古》1964年第9期。
- [53] 小林仁:《北齐邺城地区的明器生产及其系谱——以陶俑和低温铅釉陶为中心》,见《古陶瓷研究》第16辑,紫禁城出版社,2010年。
- [54] a.杨泓:《邺城規制初论》,见《新世纪的中国考古学(续)——王仲殊先生九十华诞纪念论文集》,科学出版社,2015年。
b.郑岩:《魏晋南北朝壁画墓研究》第181~208页,文物出版社,2002年。
c.何利群:《从北吴庄佛像埋藏坑论邺城造像的发展阶段与“邺城模式”》,《考古》2014年第5期。
d.沈丽华:《东魏北齐邺城都城空间与葬地》,见《建康问学:麦舟和他的弟子们》,凤凰出版社,2022年。

(责任编辑 黄卫东)

本期要览

陕西宝鸡市周原遗址2023~2024年发掘简报 2023~2024年,周原考古队完整揭露了王家嘴一号建筑,地层关系和出土遗物证明建筑年代属于先周时期。考古队发掘了西周大城的西南角和东南门,发现角台、门内建筑群等遗迹。通过钻探、试掘初步确认宫城;发掘的宫城南门结构复杂,门外壕沟内出土了周王室的刻辞甲骨。

安徽淮南市武王墩战国晚期一号墓 2020~2024年对武王墩一号墓进行了发掘,该墓有独立的陵园和封土,棺槨共六重。出土金属器(包括金、银、铜、铁、铅、锡等)、玉器、石器、陶器、漆器、木器、竹器、匏器、皮革器、骨角器,以及草编品、丝织品、麻织品等一万余件。据“楚王禽前”铜器铭文及人骨鉴定结果,推断墓主为楚考烈王熊元。

济南市历城区元代郭氏家族墓地M8的发掘 2021年发掘的济南郭氏家族墓地M8为仿木构砖雕壁画墓,砖雕和壁画内容较为丰富且有明确纪年,出土瓷器、铜镜、铜钱、墨书题记砖等遗物。该墓为夫妻合葬墓,男性墓主为郭德,葬于至元三十一年,女性墓主为后期葬入。该墓的发掘为研究山东地区元代墓葬断代与葬俗、南北方瓷器贸易与流通等提供了新的材料。

南岛语族的扩散与椰子的传播 椰子是南岛语族向太平洋地区扩散过程中重要的水源和食物来源之一。南岛语族在距今3300年左右抵达俾斯麦群岛后,可能对椰子进行了人工培育。欧洲早期殖民扩张之前,椰子的分布范围勾勒出南岛语族的迁徙与扩散的历史图景。我国的椰子在秦汉时期从越南引入,越南富正遗址出土西汉时期的椰壳勺为此观点提供了证据。

邳城曹村窑址出土带釉陶瓷器研究 利用便携式X射线荧光仪,精选出53件典型带釉陶瓷器样品,再用配置能量色散X射线光谱仪的扫描电子显微镜对样品进行化学成分分析和微观结构观察。曹村窑在北方传统铅釉陶制作技术中引入高岭土作胎,并调整铅釉配方,吸收南方青瓷器及外来金银器等的影响,促成了北方青瓷和白瓷的产生,从而影响了中国陶瓷生产的格局。