

基于X射线谱学和操作链分析的煤山遗址出土陶器综合研究

臧雅帆, 王涛*, 袁广阔

首都师范大学历史学院, 北京 100089

摘要 采用能量色散X射线荧光光谱(ED-XRF)技术结合考古学常用的陶器操作链研究模式,对河南汝州煤山遗址出土的陶器遗存开展制作工艺和传承关系的综合研究。煤山遗址位于河南省汝州市(原为临汝县)北刘庄村,是研究中原地区新石器时代向文明国家转变的代表性遗址,出土了龙山时代的王湾三期文化(BC2300—BC1900)和具备早期国家形态的二里头文化(BC1750—BC1500)两个重要阶段大量具有典型考古学文化特点的陶器遗存,可以据此较为深入理解距今4000年前后社会复杂化进程和国家起源等重大问题。因此,对该遗址出土陶器的多学科综合研究具有极高的学术价值和文化意义。对煤山遗址出土具有不同文化类型的陶器样本进行化学组成与物理性能分析,将分析结果与陶器操作链分析相结合,进行对比分析。针对煤山遗址陶器遗存,谱学分析结果显示,不同时期考古学文化在制陶原料的选择上差异不大,具有同源性,暗示虽然文化类型不同,但其对粘土的认识和选择具有高度一致性。陶器操作链分析结果显示,虽然新石器时代的王湾三期文化年代较早,但其陶器制作工艺却较晚期的二里头文化更先进,体现了中原地区文化演进过程中既连续又摇摆的发展特点。陶器操作链分析可以反映文化内容的特征性和继承性,在使用谱学分析排除了原料与烧制影响后,对其所提取的信息具有更强的说服力和可比性。综合研究表明,将谱学分析和陶器操作链分析相结合,开展多学科对比和综合研究,可以更好的排除干扰,获取更为扎实且客观的认识,并为考古学文化演进研究提供重要的科学依据。

关键词 煤山遗址; X射线谱学; 制陶工艺; 龙山文化; 二里头文化

中图分类号: K876.3 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3964/j.issn.1000-0593(2021)05-1355-05

引言

煤山遗址为全国重点文物保护单位,位于河南省汝州市(原为临汝县)北刘庄村的一处中间高四周低的土岗上,东临汝河支流洗耳河(图1),地理坐标为112.85°E, 34.15°N,遗址面积约为20万m²。发现于1958年,其后1970年,1975年,1987年—1988年,1995年和1997年进行了多次发掘,文化堆积包括从新石器时代末期到青铜时代早期阶段,时间为BC2600—1500。发现有房址、灰坑、墓葬、陶窑和水井等重要遗迹。该遗址较为完整的保存了河南地区龙山时代王湾三期文化到二里头文化的发展轨迹^[1-3]。

王湾三期文化(BC2300—BC1900)是黄河流域新石器时代末期文化,主要分布于河南省中部地区^[4]。二里头文化(BC1750—BC1500)主要分布于豫西晋南地区。学界普遍认为,二里头文化的年代、地理位置和文化特点和传说时代的

夏朝有关,已经进入文明社会,具有早期国家形态^[5];而王湾三期文化则是其直接的前身^[6]。煤山遗址内发现的王湾三期文化和二里头文化的陶器可反映该时期的社会文化、手工业经济和艺术生活等多方面的情况。对煤山遗址陶器进行研究,可深入理解距今4000年前后中原地区社会复杂化进程和国家起源等重大学术问题。

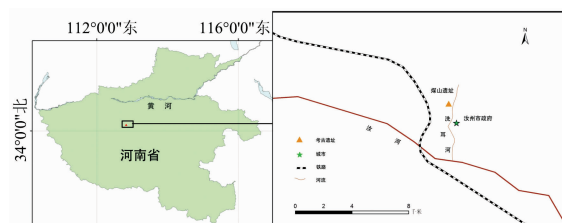


图1 煤山遗址位置图

Fig. 1 Location map of the Meishan site

收稿日期: 2020-03-26, 修订日期: 2020-06-29

基金项目: 国家社科基金项目(15BKG005), 教育部人文社会科学研究一般项目(19YJAZH130)资助

作者简介: 臧雅帆, 1993年生, 首都师范大学历史学院考古学专业硕士研究生 e-mail: 2160202004@cnu.edu.cn

* 通讯作者 e-mail: wangtao@cnu.edu.cn

使用能量色散 X 射线荧光光谱(energy-dispersive X-ray spectroscopy, ED-XRF)技术,同时结合经典的陶器操作链分析方法,对煤山遗址中发现的王湾三期文化和二里头文化时期的陶器进行综合分析和研究,藉此深入了解煤山遗址先民的陶器制作工艺,并希望由此揭示中原地区社会复杂化高度集中的龙山时代向国家形态的二里头文化连续过渡的文化态势。

1 谱学分析

能量色散 X 射线荧光光谱技术(ED-XRF)是利用 X 射线激发物质中元素内层电子被激发后,使其产生荧光而进行物质成分分析和化学形态分析^[7]。利用 ED-XRF 技术对陶器进行成分分析的研究论文有许多^[8-9]。该技术具有无损、分析速度快、精度高和自动化程度高等优势^[10]。运用该技术对陶器进行分析,可以得到陶器的成分,进而推断其制作工艺。

1.1 样品与分析方法

样品选取煤山遗址 1995 年和 1998 年发掘出土的王湾三期文化和二里头文化陶器残片共 20 件,其中,王湾三期文化时期选取 11 件样品,包括 5 件夹砂陶质和 5 件泥质陶质样品,另外选取 1 件彩绘豆残片样品;二里头文化时期选取 9 件样品,包括 3 件夹砂陶质和 6 件泥质陶质样品。

荧光分析使用北京大学科技考古实验室日本 HORIBA 公司生产的 XGT-7000 型能量色散 X 射线荧光分析仪(ED-XRF),对样品进行了主量元素分析。仪器测试条件为:激发电流 0.059 mA,电压 30 kV, X 射线入射光斑直径 1.2 mm,数据采集时间 90 s。

煤山遗址王湾三期文化时期的陶器陶色以灰陶和黑陶为主,另有褐陶和红陶。陶质以夹砂和泥质为主,另外少量夹云母陶器以及绘彩陶。纹饰以篮纹和方格纹为主,主要器型有鼎、罐、盆、鬲和盘等器型,陶胎较厚。二里头文化时期,陶器仍以灰陶为主,黑陶次之。陶质为夹砂陶与泥质陶。绳纹纹饰增多,篮纹和方格纹逐渐减少,陶器胎质加厚,主要器型有鼎、罐、盆、尊和瓮等。

1.2 实验结果

本次实验共分析出 12 种元素,并以氧化物的形式表现,包括 Na_2O , MgO , Al_2O_3 , SiO_2 , P_2O_5 , K_2O , CaO , TiO_2 , MnO , Fe_2O_3 和 SO_3 , HgO 等。

在煤山遗址样品的化学组成中,王湾三期样品的 SiO_2 平均含量为 63.27%, Al_2O_3 平均含量为 16.76%, 助熔剂平均含量为 19.98%, 二里头文化时期样品的 SiO_2 平均含量为 66.12%, Al_2O_3 平均含量为 16.28%, 助熔剂平均含量为 17.61%。其基本特征为低铝、低硅、熔剂含量较高,显示出陶土来源均为普通易熔黏土,但两个文化时期的陶土在熔剂的组分上有所不同(表 1)。

二里头文化时期的样品中, SiO_2 平均含量较王湾三期含量提高了 2.85%, Al_2O_3 平均含量较王湾三期降低了 0.48%, 助熔剂含量较王湾三期降低了 2.37%, 使得二里头文化时期,烧制陶器的温度需要更高,但二里头文化时期陶器的烧造温度与王湾三期文化的相似,因此二里头文化时期的陶器陶质较王湾三期文化陶器疏松。

此外,王湾三期陶器中发现绘彩陶豆残片 T13④: 18, 通过分析化学组成(表 2), 推测红色颜料为朱砂。

表 1 煤山遗址各阶段及不同陶质的陶器各氧化物含量的平均值和标准差表(%)

Table 1 Table of average and standard deviation of oxide content of pottery at different stages and different pottery in Meishan site (%)

时期	陶质	Al_2O_3	SiO_2	Na_2O	MgO	P_2O_5	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	助熔剂
王湾三期文化	夹砂	16.33±1.8	61.84±4.22	1.15±0.06	1.88±0.25	1.99±2.31	4.18±1.73	5.03±1.42	0.63±0.09	0.11±0.06	6.86±1.2	21.83±5.52
		17.18±0.73	64.69±2.45	1.18±0.07	2.42±0.5	0.69±0.42	3.69±0.8	2.3±0.37	0.67±0.04	0.13±0.06	7.05±0.95	18.13±1.96
	总	16.76±1.44	63.27±3.73	1.17±0.06	2.15±0.48	1.34±1.78	3.93±1.37	3.67±1.72	0.65±0.07	0.12±0.06	6.96±1.08	19.98±4.54
二里头文化	夹砂	16.21±0.76	63.72±3.79	1.21±0.09	2.37±0.41	1.04±1.22	2.97±0.13	4.05±2.45	0.64±0.05	0.14±0.04	7.67±0.51	20.07±3.57
		16.31±0.79	67.32±2.08	1.25±0.05	2.4±0.26	0.45±0.34	2.89±0.15	2.16±1.08	0.58±0.02	0.09±0.03	6.57±0.87	16.37±1.66
	总	16.28±0.78	66.12±3.25	1.23±0.07	2.39±0.32	0.65±0.81	2.92±0.15	2.79±1.89	0.6±0.05	0.1±0.04	6.93±0.93	17.61±3.02

表 2 煤山遗址王湾三期绘彩陶豆各氧化物含量表(%)

Table 2 Oxide content of painted pottery Dou(豆) in the Wangwan Phase III culture, Meishan site (%)

陶质	Al_2O_3	SiO_2	Na_2O	MgO	P_2O_5	SO_3	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	Fe_2O_3	HgO
泥质	9.59	44.05	0.95	2.26	2.33	19.41	2.57	6.78	0.55	0.14	7.49	3.87

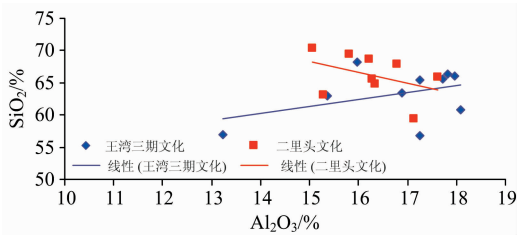


图2 煤山遗址陶器遗存 Al_2O_3 和 SiO_2 平均百分比图

Fig. 2 The average percentage of Al_2O_3 and SiO_2 remaining in pottery at the Meishan site

2 陶器操作链分析

陶器操作链分析方法将陶器作为一系列动态技术操作的综合结果,以动态的观点考察陶器的生命过程,包括生产、分配、使用、维修、再利用和废弃环节,其中陶器的生产过程包括原料制备、成型、修整、装饰和烧制等环节。通过对陶器进行操作链分析,可以了解人类对于陶器的制作技术,并由此反映出人类环境、文化和意识形态等内容^[1]。

结合煤山遗址材料,通过陶器操作链分析方法,可以进一步讨论王湾三期文化向二里头文化时期发展中,陶器制作工艺所呈现出的文化演进特点。本部分聚焦于陶器的原料制备、成型、修整和装饰等制陶工艺的四个主要阶段。

2.1 原料制备

实验部分的谱学分析结果显示,在陶土原料方面,煤山遗址王湾三期文化时期和二里头文化时期的陶器使用的普通易熔黏土稍有不同。在助熔剂方面,二里头文化时期陶器助熔剂比王湾三期陶器的有所降低。这显示出煤山遗址两个文化时期的原料制备和制作技术均存在差异,并可能因此造成二里头文化时期陶器比王湾三期文化陶器陶质疏松的现象。

2.2 成型

王湾三期文化阶段的陶器一般为轮制方法,小型陶器的成型技术以快轮拉坯方法为主,同时也存在手制成型方法。较大体型的陶器,全部使用手制成型的方法,具体成型方式为利用泥条盘筑方法制作陶器各部分,然后再进行拼接,拼接后利用慢轮对陶器进行修整。此外,也发现有模制技术。

二里头文化时期陶器的成型工艺方法主要为手制方法。包括泥条盘筑方法,还有零星发现的利用手捏成型的方法制作器底。由于二里头文化时期陶器以绳纹为主,且内壁多凹窝,仅可在口沿处发现轮制痕迹。

2.3 整形

王湾三期文化时期陶器的整形工艺包括慢轮修整、敷泥抹平、植物抹平或者工具刮抹方法。这些修整方法一方面可以使质地较粗糙的器物表面光滑,另一方面也可掩盖陶器成型时造成的痕迹,使陶器更加美观。

二里头文化时期利用工具刮抹方法和慢轮修整方法对陶器进行修整。

2.4 装饰

煤山遗址王湾三期文化时期的装饰纹饰主要为篮纹、方格纹和绳纹。单位 T16③中,篮纹 45.6%、方格纹 11.4%、

弦纹 3.5%,其余为素面陶器。单位 T16H15 中,篮纹 43.7%、弦纹 8.4%、方格纹 3.6%、绳纹 1.2%,其余为素面陶器。篮纹,可分为两型:A型:同向篮纹。B型:交错篮纹。绳纹,可分两型:A型:同向细绳纹。B型:交叉绳纹。方格纹,可分为两型:A型:垂直方格纹。B型:菱形方格纹。此外,还有凹点纹、附加堆纹、凹弦纹、内壁刻槽以及绘彩。

二里头文化时期陶器装饰纹样主要有绳纹、篮纹和附加堆纹。单位 T16H13 中,装饰绳纹的陶器占总数的 36.4%、篮纹 22.7%、附加堆纹 9.1%、弦纹 4.5%、方格纹 4.5%,其余为素面陶器。单位 T16H2 中,装饰绳纹的陶器占总数的 36.1%、篮纹 20.7%、附加堆纹 9.5%、弦纹 7.1%、方格纹 1.8%,其余为素面陶器。绳纹,可分为同向和交错两型。A型:同向绳纹。施加方式包括拍印和滚压。B型:交错绳纹。另有篮纹、弦纹和指甲纹。

2.5 讨论

结合上述谱学分析和陶器操作链分析,可以看出:

在原料制备方面,煤山遗址王湾三期文化时期和二里头文化时期的陶器使用不同的普通易熔黏土作为原料,后者陶器助熔剂比前者降低。两个阶段的原料制备和技术存在区别,并造成二里头文化时期陶器比王湾三期文化陶器的陶质疏松的现象。

在成型工艺方面,王湾三期文化和二里头文化时期陶器的成型工艺都包括轮制方法和手制方法。王湾三期陶器的成型工艺以轮制方法为主,二里头文化时期的则以手制为主。此外,王湾三期文化时期还发现模制技术。

在整形方面,王湾三期文化和二里头文化时期陶器的整形工艺均包括慢轮修整和工具刮抹方法。其中,王湾三期文化还使用敷泥抹平方法进行修整。

在装饰方面,王湾三期文化时期的纹饰主要为篮纹,另有方格纹、绳纹、凹点纹、附加堆纹、凹弦纹、内壁刻槽以及绘彩等。二里头文化时期纹饰主要为绳纹,另有篮纹、附加堆纹、弦纹和指甲纹等。二里头文化时期,绳纹逐渐取代篮纹成为主要纹饰。

综上,从制陶技术来看,煤山遗址二里头文化时期与王湾三期文化既有区别又有联系。二里头文化时期陶器的原料与王湾三期的相似但助熔剂降低,成型技术中精细的轮制技术减少,整形方式相似,纹饰发生较大改变,由篮纹为主变为以绳纹为主。上述分析显示,二里头文化时期,制陶技术对王湾三期文化时期有所继承,但是成型技术则有所退步,主要纹饰的改变亦反映出人群文化背景的改变。

3 结论

目前,围绕古代人类文化、经济和社会等问题,如何将科技分析与考古学文化研究进行有机整合以达到交融互通的效果,仍处于探索阶段。本研究对此进行了有益的尝试。初步结果如下:

(1)根据 ED-XRF 测试结果,煤山遗址王湾三期文化和二里头文化时期的陶器化学组成表现为低铝、低硅、高助熔

剂的普通易熔黏土特征,表现出不同文化期在制陶原料的选择上差异不大,具有同源性,暗示虽然文化类型不同,但其对粘土的认识和选择具有高度一致性。

(2)二里头文化时期陶器成分中的助熔剂含量较王湾三期文化时期减少,预示着原材料的改变,导致二里头文化时期的陶器陶质疏松。

(3)从操作链分析结果来看,虽然王湾三期文化出现较早,但其制作工艺却较晚期的二里头文化更先进,结合 ED-XRF 陶器成分分析结果,从陶器的质地和成型方式上来看,二里头文化时期制陶技术有一定降低,在陶土选择、整形和装饰方面,二里头文化时期既继承了王湾三期文化中的技术,同时又有所变化,形成自己的特色。上述特征体现了中

原地区文化演进过程中既连续又摇摆的发展特点。

诚然,考古与科技的融合将是考古学文化研究未来的方向,并且将是长期的过程。本研究结果表明,谱学分析在陶质文物研究领域具有独特优势,如能和考古学自身分析技术有力整合,可望在未来综合研究中具有更大的发展空间。

致谢: 本文实验测试分析得到北京大学考古文博学院崔剑锋副教授指导;陶片统计数据由首都师范大学历史学院硕士生赵雅楠同学提供;实验测试得到了首都师范大学历史学院硕士生范潇漫、陈平和袁若晨等同学帮助、遗址位置图由刘云飞同学制作,谨此致谢。衷心感谢两位匿名审稿人的修改意见。

References

- [1] YUAN Guang-kuo(袁广阔). Huaxia Archaeology(华夏考古), 1991, (3): 6.
- [2] The Institute of Archaeology Chinese Academy of Social Science(中国社会科学院考古研究所). Chinese Archaeology: Neolithic(中国考古学——新石器时代卷). Beijing: China Social Sciences Press(北京:中国社会科学出版社), 2010. 535.
- [3] YOU Yue, YUAN Guang-kuo, ZHAO Ya-nan, et al(尤悦,袁广阔,赵雅楠,等). Cultural Relics in Southern China(南方文物), 2017, (3): 165.
- [4] The Institute of Archaeology Chinese Academy of Social Science(中国社会科学院考古研究所). Chinese Archaeology: Neolithic(中国考古学——新石器时代卷). Beijing: China Social Sciences Press(北京:中国社会科学出版社), 2010. 530.
- [5] The Institute of Archaeology Chinese Academy of Social Science(中国社会科学院考古研究所). Chinese Archaeology: Xia and Shang Dynasty(中国考古学——夏商卷). Beijing: China Social Sciences Press(北京:中国社会科学出版社), 2003. 61.
- [6] YAN Wen-ming(严文明). Culture Relics(文物), 1981, (6): 41.
- [7] ZHANG Lian-xiang, FU Bin(章连香,符斌). Chinese Journal of Inorganic Analytical Chemistry(中国无机分析化学), 2013, (3): 1.
- [8] CHEN Qian-qian, YANG Yu-zhang, ZHANG Ju-zhong, et al(陈茜茜,杨玉璋,张居中,等). Spectroscopy and Spectral Analysis(光谱学与光谱分析), 2011, 31(11): 3140.
- [9] Maury Morgenstein, Carol A Redmount. Journal of Archaeological Science, 2005, 32: 1613.
- [10] JIAN Hu, WU Song-ping, YAO Gao-shang, et al(简虎,吴松坪,姚高尚,等). Electronics Quality(电子质量), 2006, (1): 13.
- [11] GUO Meng(郭梦). Archaeology(考古), 2013, (4): 96.

Comprehensive Research on the Pottery From Meishan Site Based on X-Ray Spectroscopy and Operation Chain Analysis

ZANG Ya-fan, WANG Tao*, YUAN Guang-kuo

School of History, Capital Normal University, Beijing 100089, China

Abstract In this paper, Energy-dispersive X-ray Spectroscopy (ED-XRF) technology is used in conjunction with the operation chain analysis of the pottery process commonly used in archaeological circles to develop the production process and cultural heritage of the pottery remains unearthed from the Meishan site in Ruzhou, Henan province. The Meishan site is located in Liuzhuang Village, North of Ruzhou City, Henan Province (formerly Linru County). It is a representative site in the Central Plains for studying the Neolithic period to the civilized state stage. There are a large amount of pottery remains with typical archaeological cultural characteristics from the Wangwan III culture (BC2300—BC1900) to the state form of Erlitou culture (BC1750—BC1500), which can provide a deeper understanding of major issues such as the process of social complexity and the origin of the state around 4 000 years ago. Therefore, the comprehensive multi-disciplinary study of the pottery unearthed at the site has extremely high academic value and cultural significance. This paper analyzes the chemical composition and physical properties of pottery samples of different cultural types unearthed from the Meishan site and combines the analysis results with the pottery operation chain analysis for comparative analysis. Aiming at the pottery remains of Meishan site, the results of spectrum analysis show that the archaeological cultures in different periods have little difference in the selection of pottery raw

materials and have the same origin, suggesting that although the cultural types are different, their understanding and selection of clay are highly consistency. The results of the pottery operation chain analysis show that although the Neolithic Wangwan Phase III culture was earlier, its pottery production process is more advanced than the late Erlitou culture, reflecting the continuous and swaying development in the cultural evolution of the Central Plains region. Pottery operation chain analysis can reflect the characteristics and inheritance of cultural content. After using the spectroscopic analysis to exclude the influence of raw materials and firing temperature, the information extracted by it is more persuasive and comparable. Comprehensive research shows that combining spectroscopy analysis and pottery operation chain analysis to carry out multi-disciplinary comparison and comprehensive research can better eliminate interference, obtain a more solid and objective understanding, and provide important research for archaeological cultural evolution.

Keywords Meishan site; X-ray spectroscopy; Pottery-making techniques; Longshan culture; Erlitou culture

(Received Mar. 26, 2020; accepted Jun. 29, 2020)

* Corresponding author

关于《光谱学与光谱分析》调整审稿费收费标准的通知

尊敬的《光谱学与光谱分析》广大作者、读者：本刊自 2018 年 7 月 1 日以后登记的稿件向投稿作者收取审稿费 200 元/篇，在您投稿之前，为免受经济损失，请您必须考虑：

1. 没有创新的一般性稿件，请您不要投稿。
2. 没有国家级基金资助的稿件，请您不要投稿。
3. 不是光谱专业的稿件，请您不要投稿。
4. 与其他文章重合率超过 10% 的稿件，请您不要投稿。

所投稿件经初审通过后，作者会收到缴纳审稿费的通知。请作者及时从我刊网站 (<http://www.gpxygpx.com>) 查询稿件是否处于交审稿费状态，在收到通知后，请及时缴纳审稿费；如在 10 天之内没有收到您的审稿费，被视为自动放弃，本刊不再受理。交费后本刊开据增值税电子普通发票，并传至作者提供的电子邮箱，作者可自行打印。

联系电话：010-62181070，62182998

电子邮箱：chngpxygpx@vip.sina.com

感谢您多年来对《光谱学与光谱分析》的支持和厚爱！

《光谱学与光谱分析》期刊社

2018 年 6 月 30 日