

河曲坪头遗址龙山时期陶器及其制陶原料的化学成分分析

王小娟¹, 南普恒², 郭银堂³

(1. 山西大学历史文化学院, 山西太原 030006; 2. 山西省考古研究所, 山西太原 030001;

3. 忻州市文物管理处, 山西忻州 036400)

摘要: 为了对山西省忻州市河曲坪头遗址出土的龙山时期的陶器以及制陶原料中的粘土原料的种类和来源进行相关探讨, 利用 ICP-OES 对出土的陶器、坯料, 以及遗址附近采集的土样进行了化学成分测试, 并使用 SPSS 软件对分析结果进行了降维处理和主成分分析。结果显示: 坪头遗址不同质地的陶器陶土原料相同, 只是在钙含量方面存在细微差异。制作陶器所用的粘土原料很可能取自附近的红色古土壤层。该遗址是古人在当地制作陶器的一个场所。

关键词: 坪头遗址; 龙山时期; 制陶原料; 化学成分分析

中图分类号: K876.3 **文献标识码:** A

0 引言

坪头遗址位于山西忻州河曲县刘家塔镇坪头村西 300m 河前坡地上, 2009 年 10 月 ~ 2010 年 6 月, 山西省考古研究所、忻州文物管理处等对其进行了两次抢救性发掘。前后两次发掘面积 700 多平方米, 清理出龙山时期窑洞式房址 5 座、陶窑 4 座、墓葬 1 座、灰坑和疑似窖穴的遗迹单位 36 处及大量的陶器、石器及骨器等。该遗址完整揭示了晋西北地区龙山时期聚落的主要特点, 为该地区龙山时期聚落研究提供了丰富的实物资料^[1]。

该遗址中所发现的 5 座房址均单独修建, 为具有独立院落的封闭单元。除 F5 被打破房址庭院不存在外, 其他大体同一时期的 4 座房址中均发现有利用庭院东西两侧断面修建的陶窑分布。从地层关系来看, 这些陶窑应不早于房址。此外, 个别房址中还发现红胶泥、砂砾、混合坯料、生坯等诸多与制陶有关的实物遗存, 显示该遗址很有可能是一处制陶作坊。

截至目前, 在史前考古遗址中出土有制陶原料的现象较为罕见。制陶原料研究是陶器制作工艺研究的重要前提和基础, 河曲坪头遗址发现的这批实

物资料为系统研究龙山时期的制陶原料提供了很好的契机。

目前对于新石器时代制陶原料的研究主要集中在两方面, 一方面是利用化学分析法对制陶粘土的化学组成进行科技检测分析, 另一方面是利用岩相分析法对夹砂类陶器的麝合料进行科技检测分析, 以此来反映古陶器的原料种类和工艺、原料产地信息, 以及文化交流等方面的考古学问题^[2]。

陶器岩相分析是由岩石薄片岩相分析发展而来, 利用偏光显微镜观察陶器胎体的物相组成和显微结构, 该方法在西方考古学中的运用已趋于成熟^[3], 但国内该方面的研究还很欠缺。相对于陶器岩相分析法在国内的缓慢发展, 古陶器的化学成分分析法早在中国考古学的起始阶段就由曾留学国外的中国考古学者应用到国内出土陶器的研究中, 如梁思永先生 1930 年发表的英文单行本《山西西阴村史前遗址的新石器时代的陶器》, 附录中即有对西阴村遗址多类陶片的常量元素含量的检测分析^[4]。紧接着李济先生于 1956 年出版的考古报告《殷墟器物甲编 陶器: 上编》更是运用多种科技检测手段对陶器的理化性质进行分析, 对于陶器的化学组成分析不再局限于单个遗址,

收稿日期: 2013-04-18; 修回日期: 2014-08-21

基金项目: 山西省文物局 2011 年文物保护专项补助经费资助, 2012 年山西省文物局文物保护科学和技术研究课题资助 (2012-kb-05)

作者简介: 王小娟 (1984—), 女, 2014 年毕业于北京大学考古文博学院考古学及博物馆学专业, 历史学博士, 讲师。山西省太原市小店区坞城路 92 号, 030006, E-mail: wxj84@sxu.edu.cn

而是对多个遗址的多类陶器的化学组成进行纵、横向的对比分析^[5]。20 世纪的 60 年代至 80 年代,国内考古学者将研究重点放在以陶器类型学为主的各区域考古学文化时空框架的建构方面,对于陶器制作工艺的关注极少。随着考古学理论的发展以及方法的多元化,从 20 世纪 90 年代开始,以李文杰先生为代表,对古代制陶工艺技术的研究又有了新的进展^[6],通过化学分析法探讨与古代陶器相关的考古学问题的研究性论著也明显增多^[7]。李文杰先生通过对陶胎中常量元素的组成,将新石器时代至汉代制陶所用的粘土原料分为四个类型^[8],成为国内考古学者利用化学分析法研究古代陶土原料必不可少的参考资料。此外,许志勇先生也系统性地阐述了陶器化学组成分析在新石器时代考古研究中的意义^[9]。李清临先生综合国内外的研究成果,在对古陶产地研究历史回顾的基础上,着重对古陶产地的三种研究方法——化学成分分析法、结构分析法和铅同位素比值法进行了介绍,对于今后的展望,李先生提到有关夹砂陶的龠合料来源的研究,认为岩相分

析法更具优势^[10]。近些年来在中华文明探源工程的带领下,陶器研究方法多样化,理论指导层次也明显提高。例如,宋建先生则通过对多个重要遗址出土的贵重陶器——白陶鬲的化学组成对比分析的角度来反映当时的社会关系及其社会复杂化的内容^[11]。由此可见,古陶器化学成分分析法在国内考古学中的应用正逐步趋于成熟。

本研究利用 ICP-OES 对河曲坪头遗址采集的相关样品进行化学组成分析,主要就该遗址出土的陶器以及制陶原料中的粘土原料的种类和来源进行相关探讨。

1 实验部分

1.1 实验样品

此次分析的样品总计 49 件,包括陶器、坯料和土样三类。陶器样品包括各类泥质陶和夹砂陶共计 31 件样品,坯料包括红胶泥、混合料和生坯三类计 13 件样品,这两类样品均采集自遗址典型单位。此外,还在遗址周边采集了与红胶泥质地相近的土样 3 个,并在房址墙壁处采集生土样品 1 个,详见表 1。

表 1 坪头遗址实验样品基本情况表

Table 1 The basic situation of the experimental samples from Pingtou site

样品类别	数量	备注	
陶器	泥质	13	陶色有灰、灰褐、灰黑色三类。
	夹砂	19	陶色有红、灰、灰褐色三类;砾粒有粗砂、中砂和细砂三类。
坯料	红胶泥	5	棕红色粘土,质地纯净,多板结在一起,经过揉捏处理。
	混合料	2	制作夹砂陶用,红粘土中掺加砂砾,多胶结一起,呈团块状。
	生坯	6	未烧造初坯,质密,部分器表有篮纹或绳纹,泥质和夹砂各 3 件。
土样	生土	1	取自 F1 的墙壁剖面,色偏黄,粉沙质。
	红土	3	遗址附近冲沟或断崖剖面中采集,颜色与遗址内红胶泥颜色接近,粘性较大,含沙量较小。

1.2 实验仪器与测试方法

实验样品的成分测试在北京大学考古文博学院 LA-ICP-OES 实验室完成,该款仪器由美国 Leeman 公司的 Prodigy 型全谱直读发射光谱(ICP-OES)与美国 New Wave 公司 UP266 Macro 型 Nd:YAG 激光器(激光剥蚀进样系统)组成。

测试前,首先将美国国家标准局玻璃标准 NIST610 及 Corning 博物馆玻璃标准 Corning-B 与 Corning-D 共同上机测试,以建立标准曲线;随后,进行样品测试,每个样品读数三次,求平均值。

夹砂陶和混合料样品测试的是其粘土化学成分,通过在新的断面处拉曲线来选取测试范围,以避免砂砾,其余样品均通过拉框选取测试范围。分析

的化学元素包括 Si、Al、Fe 等 8 个常量元素以及 P、Mn、Ba、Cu、Zn 等 18 个微量及痕量元素。

2 结果与讨论

陶瓷中的常量元素组成反映了其原料种类及制作工艺方面的信息,而微量元素则更多提供了关于其原料产地方面的信息^[12]。因此,根据实验样品种类的不同,对于测试得到的数据(表 2~3),利用 SPSS18.0 多元统计分析软件,选用主成分分析法,结合散点图来分析各实验样品数据之间的离散程度,并主要从不同质地陶器的粘土成分是否一致、制陶原料与出土陶器是否匹配及陶土来源三个方面进行了相关分析和探讨。

表2 坪头遗址实验样品常量元素含量

Table 2 The main elements composition of the experimental samples from Pingtou site

(%)

标本号	单位	陶质	部位	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂
HP01	F2	泥红	腹片	67.50	16.39	5.62	2.37	3.89	0.71	2.67	0.84
HP02	F2	泥灰	腹片	69.28	16.51	6.11	2.59	1.13	0.82	2.79	0.77
HP03	F2	夹粗砂灰	腹片	68.42	19.39	4.91	1.81	1.56	0.56	2.55	0.80
HP04	F2	夹砂生坯	鬲鬲	65.62	18.29	6.83	3.01	1.41	0.44	3.58	0.82
HP05	F2	泥质生坯		66.46	17.58	6.87	3.00	1.43	0.45	3.38	0.83
HP06	F2	混合料		66.67	16.35	6.13	2.89	3.47	0.66	3.13	0.71
HP07	F2	红胶泥		67.52	17.19	6.40	3.00	1.37	0.53	3.21	0.79
HP08	F2	泥质生坯		65.97	17.64	7.11	3.02	1.37	0.51	3.49	0.89
HP09	F1	泥灰	腹片	68.90	16.90	6.36	2.36	1.60	0.56	2.50	0.82
HP10	F1	泥灰褐	腹片	70.26	15.74	5.82	2.37	2.19	0.46	2.49	0.67
HP11	F1	夹砂红	腹片	70.52	16.14	5.85	2.35	1.34	0.61	2.48	0.72
HP12	F1	红胶泥		59.33	15.40	5.46	2.83	12.02	1.23	2.97	0.77
HP13	F5	红胶泥		70.42	15.29	5.96	2.69	1.18	1.13	2.78	0.56
HP14	F5	红胶泥		68.41	16.25	6.12	2.78	1.82	0.64	3.28	0.68
HP15	F5	泥灰	腹片	67.87	17.15	6.29	2.75	1.24	0.75	3.16	0.78
HP16	F5	夹细砂灰	腹片	70.75	16.01	4.57	2.74	1.99	0.83	2.47	0.62
HP17	F5	夹细砂灰	腹片	74.09	15.29	5.02	1.47	2.03	0.49	0.98	0.62
HP18	F5	夹粗砂灰	腹片	69.18	16.26	6.11	2.47	1.45	0.78	3.01	0.74
HP19	H6	夹细砂红褐	腹片	67.85	16.14	5.48	2.42	4.36	0.66	2.30	0.79
HP20	H6	夹细砂灰褐	腹片	66.13	18.11	6.72	3.01	1.72	0.47	2.92	0.92
HP21	H6	泥灰	腹片	70.49	16.22	5.66	2.45	0.99	0.89	2.57	0.73
HP22	H6	泥灰	腹片	68.93	16.71	6.22	2.61	1.59	0.51	2.68	0.75
HP23	H6	夹砂灰	腹片	68.49	17.15	6.08	2.58	0.99	0.68	3.21	0.83
HP25	H6	夹砂生坯		63.49	17.75	6.51	2.90	4.82	0.45	3.16	0.91
HP26	H6	泥质灰褐	腹片	68.35	15.60	5.30	2.45	3.94	0.92	2.77	0.67
HP27	H6	夹细砂灰	腹片	66.92	16.68	5.52	2.57	4.30	0.94	2.36	0.71
HP28	H6	夹粗砂灰	腹片	69.72	16.57	5.73	2.66	0.90	0.71	2.92	0.78
HP29	H6	夹中砂灰	鬲足	68.03	17.00	6.70	2.23	2.03	0.56	2.69	0.76
HP30	H28	泥质灰黑	腹片	65.21	18.06	7.04	3.19	1.78	0.44	3.43	0.85
HP31	H28	夹砂灰	腹片	67.63	17.67	6.85	2.61	1.48	0.43	2.60	0.74
HP32	H28	泥质生坯		69.78	16.00	5.96	2.59	1.20	0.61	3.11	0.75
HP33	H28	混合料		65.89	17.92	6.91	3.01	1.20	0.60	3.62	0.86
HP34	H28	红胶泥		66.54	17.49	6.84	3.02	2.55	0.28	2.59	0.68
HP35	H13	夹砂灰	腹片	69.99	16.74	5.59	2.40	0.94	0.85	2.74	0.75
HP36	H13	泥质灰褐	腹片	68.34	16.27	6.04	2.42	1.46	0.77	3.89	0.80
HP37	H13	夹砂生坯		67.00	17.17	6.40	2.61	1.93	0.65	3.39	0.84
HP38	H29	夹砂红	腹片	66.99	17.37	6.56	2.62	2.03	0.54	3.14	0.75
HP39	H29	夹砂灰	腹片	68.05	16.49	4.97	2.30	4.31	0.83	2.40	0.65
HP40	H29	泥灰	腹片	60.03	21.63	7.21	3.57	2.35	0.45	3.71	1.04
HP41	H29	泥灰	腹片	70.14	16.29	5.64	2.47	0.91	1.02	2.77	0.77
HP42	H9	夹砂灰	鬲腹	70.86	16.01	5.15	2.26	1.21	1.01	2.83	0.67
HP43	H9	夹砂灰	腹片	62.43	17.78	6.87	3.64	3.59	0.86	3.97	0.85
HP44	H9	泥灰	腹片	67.45	16.77	5.85	2.61	2.45	0.37	3.76	0.74
HP46	H7	夹砂灰		67.53	17.71	6.17	2.78	1.18	0.89	2.95	0.79
HP47	H7	夹细砂灰	口沿	68.59	16.23	5.89	3.58	1.88	0.94	2.31	0.58
HP48	采集	红土	南部断崖	70.15	14.91	5.63	2.42	2.07	0.94	3.02	0.86
HP49	采集	红土	东部冲沟	68.37	16.22	6.55	2.74	1.15	0.88	3.29	0.81
HP50	采集	红土	东部断崖	76.06	12.09	3.73	1.57	2.42	1.61	2.09	0.43
HP51	F1	生土		66.64	14.39	5.33	2.33	6.35	1.39	3.04	0.54

表3 坪头遗址实验样品微、痕量元素含量

Table 3 The trace elements composition of the experimental samples from Pingtou site

(%)

编号	P	Mn	Ba	Cr	Cu	Ga	Co	Sc	Sr	V	Zn	Eu	Er	Dy	Nd	Li	B	Hf
HP01	507	823	559	69	22	34	17	14	229	87	62	3	3	8	268	29	9	10
HP02	365	920	563	71	9	33	16	15	171	113	82	2	3	12	173	26	8	9
HP03	1023	782	1213	88	20	32	20	15	346	89	76	2	2	7	460	18	5	10
HP04	431	803	518	89	16	38	15	16	183	96	106	1	2	8	195	34	12	10
HP05	395	558	499	92	13	37	11	16	152	98	106	2	3	8	144	32	9	10
HP06	591	1008	523	79	13	37	16	14	201	92	92	2	2	6	224	33	8	10
HP07	694	552	478	84	12	37	13	15	154	94	102	2	3	7	146	30	8	10
HP08	436	1003	508	84	15	38	18	16	166	109	107	2	2	7	168	35	10	10
HP09	249	1201	914	84	6	35	17	16	317	95	76	2	3	7	413	18	6	10
HP10	911	757	852	84	11	33	25	11	261	251	114	4	9	20	317	19	10	10
HP11	875	898	741	85	39	36	46	12	197	393	109	8	14	35	219	28	11	10
HP12	529	1018	514	67	7	35	15	13	249	91	74	4	3	6	300	31	8	9
HP13	706	1335	555	78	13	34	31	11	135	239	108	4	8	20	119	28	9	9
HP14	827	811	512	66	12	34	19	14	144	139	104	3	5	10	131	23	8	10
HP15	648	898	642	86	7	37	22	13	134	188	113	3	7	15	115	25	13	10
HP16	1748	580	1071	88	0	32	11	11	394	78	79	2	2	7	540	12	6	8
HP17	1142	528	393	77	1	31	54	8	157	384	66	7	14	38	159	26	7	8
HP18	1599	795	902	77	5	33	15	15	233	103	93	2	3	8	276	20	8	9
HP19	643	956	546	72	8	33	21	13	209	140	76	3	6	13	232	29	7	10
HP20	606	465	720	98	13	38	20	16	220	157	146	3	5	16	250	25	10	13
HP21	304	801	496	71	1	34	14	14	169	101	67	2	3	9	170	25	8	10
HP22	748	724	728	87	11	34	19	14	194	124	106	2	3	11	208	21	8	11
HP23	284	778	629	100	6	36	19	15	167	137	79	3	4	11	166	26	9	10
HP25	365	1242	488	77	14	38	22	17	174	100	94	2	3	5	181	35	10	11
HP26	617	666	695	65	5	33	13	13	242	83	69	2	3	7	288	22	7	9
HP27	585	715	505	72	1	34	15	13	200	94	67	2	3	8	220	27	6	9
HP28	260	766	664	73	0	35	15	13	171	105	78	2	3	9	174	23	18	10
HP29	530	1030	955	86	8	36	17	14	381	102	90	2	3	7	520	19	7	11
HP30	710	883	1101	100	9	37	15	16	320	124	104	2	3	7	416	21	10	10
HP31	1736	1839	988	184	94	26	71	10	264	566	168	8	22	45	328	34	13	19
HP32	501	546	463	73	11	35	14	14	156	92	90	2	3	7	149	27	8	9
HP33	340	1142	568	98	14	38	17	16	169	120	100	2	3	8	171	34	11	11
HP34	1136	1578	590	141	29	35	54	14	156	485	143	10	22	37	158	28	14	11
HP35	406	1191	558	73	7	34	21	13	166	109	71	2	3	8	164	26	8	9
HP36	488	859	736	71	7	32	14	14	209	97	81	2	3	8	235	21	9	9
HP37	653	1664	598	82	16	36	18	15	178	102	99	2	2	4	188	32	8	10
HP38	758	1029	1040	81	13	35	27	14	274	177	126	3	4	16	337	17	14	10
HP39	437	689	542	71	0	33	12	12	243	81	56	2	2	7	291	21	6	9
HP40	2834	1101	1296	190	97	44	93	15	273	808	241	15	28	74	354	40	26	14
HP41	520	980	545	90	5	34	21	12	142	149	91	2	5	11	127	27	8	10
HP42	1195	786	544	69	6	32	12	13	157	76	62	2	3	9	152	23	9	9
HP43	571	1076	1808	86	8	41	17	16	550	103	111	3	4	6	792	23	9	11
HP44	648	1317	785	89	3	34	23	13	193	154	102	3	5	12	208	35	10	10
HP46	479	782	595	85	1	36	14	15	171	115	91	2	3	9	173	28	9	10
HP47	1181	797	820	118	8	33	46	11	291	362	111	6	18	30	369	20	8	10
HP48	410	889	621	77	8	35	19	13	141	128	91	2	4	10	126	27	7	10
HP49	435	553	646	81	14	37	16	15	195	140	107	3	5	11	209	32	15	11
HP50	305	630	469	41	0	27	8	9	208	30	35	2	2	5	237	19	5	7
HP51	447	1116	609	59	6	33	14	12	236	79	64	2	2	5	281	32	6	9

2.1 陶片分析

1) 微、痕量元素。将 32 件陶器样品的 18 个微、痕量元素测试数据降维处理后,选取第一主成分和第二主成分做散点图,如图 1 所示。本次分析的 KMO(采样适宜度)为 0.775,第一主成

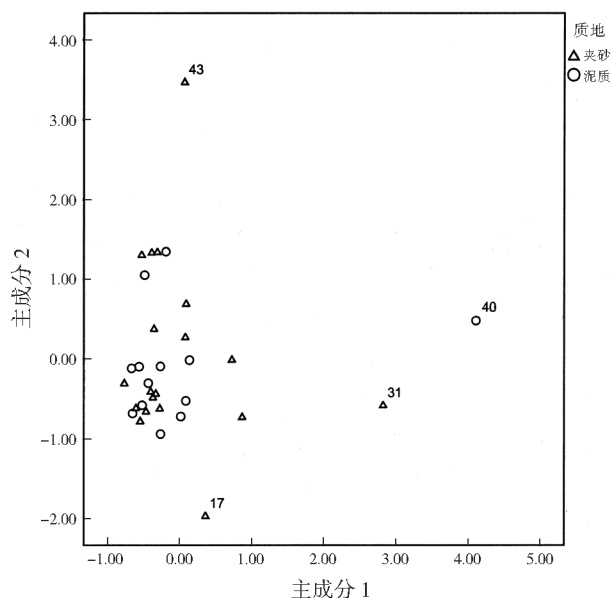


图 1 陶器样品微、痕量元素主成分散点图

Fig. 1 The first two components plots derived from multivariate statistical analysis of the trace elements compositions of the pottery samples

2) 常量元素。8 个常量元素做主成分分析,显示出不是正定矩阵。根据各元素含量的均值及标准差,Na₂O 和 TiO₂ 的含量最低,所以将这两个元素排除后,再对其余 6 个元素进行主成分分析,如图 2 所示。从图中可以看出,除 3 个离散略远的样品 43、40、17 之外,其余陶片可以分为两组,这两组的差别主要在于第二主成分。

3) Si 与 Ca 元素含量分析。根据成分矩阵表所显示的各元素与两个主成分的相关系数,可知第一主成分中 SiO₂ 的贡献最大,相关系数为 0.94,第二主成分中 CaO 的相关系数为 0.99。所以,可以选取这两个元素绘制散点图,以观察两组陶片的具体差异,详见图 3。

从图 3 中可以看出,3 个陶器样品较离散的原因主要在于 SiO₂ 含量的差异。样品 43 和 40 硅含量偏低,而样品 17 则相对偏高。陶器样品的 SiO₂ 含量基本在 65% ~ 72% 之间,两组陶片的差异在于 CaO 含量的不同,绝大多数陶器陶土的 CaO 含量低于 3%,少数陶片(5 个样品)的 CaO 含量在 3% ~ 5% 之间。

以上分析显示,除 4 个特殊样品外,两类陶片的

分所解释的方差为 54.48%,第二主成分为 18.89%,累积方差为 72.37%。从图中可以看出,绝大多数陶器样品均聚集在一起,仅 4 个样品相对离散,可见,多数陶器的陶土原料产地基本是相同的。

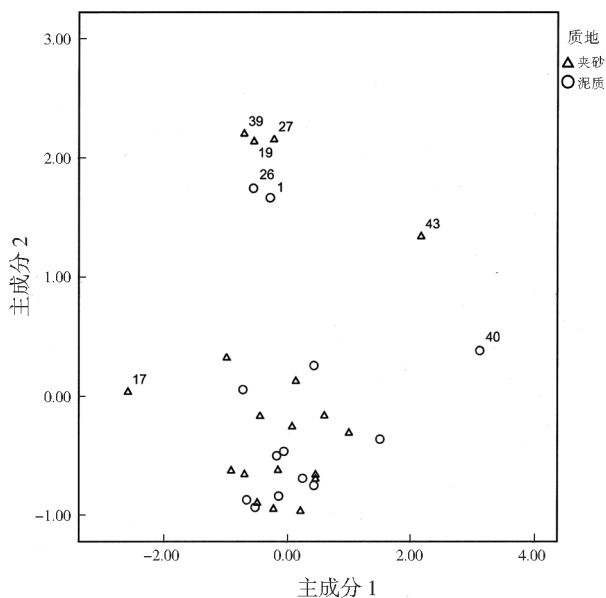


图 2 陶器样品常量元素主成分散点图

Fig. 2 The first two components plots derived from multivariate statistical analysis of the main elements compositions of the pottery samples

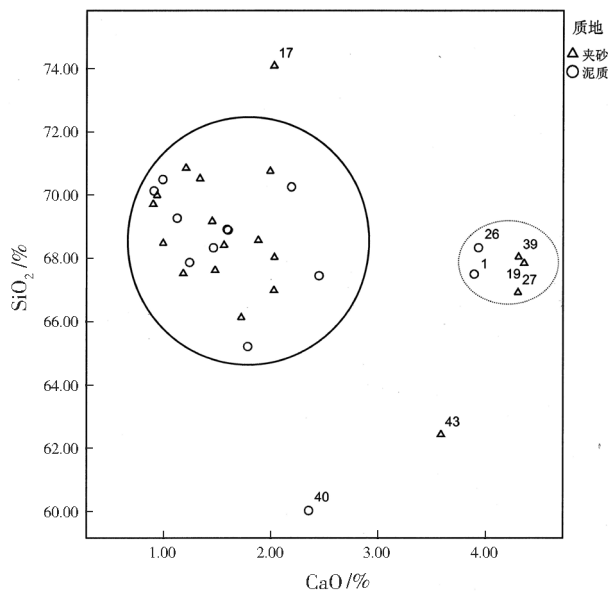


图 3 陶器样品 SiO₂ - CaO 散点图

Fig. 3 Bivariate plots of SiO₂ - CaO of the pottery samples

微量元素含量基本相近,常量元素因 CaO 含量的细微差异分为两组,一组为低钙类,另一组钙含量略高。

2.2 陶片与坯料

为排除特殊样品的影响,去除样品 43、40、31、17,对剩余陶器样品和坯料样品进行分析。

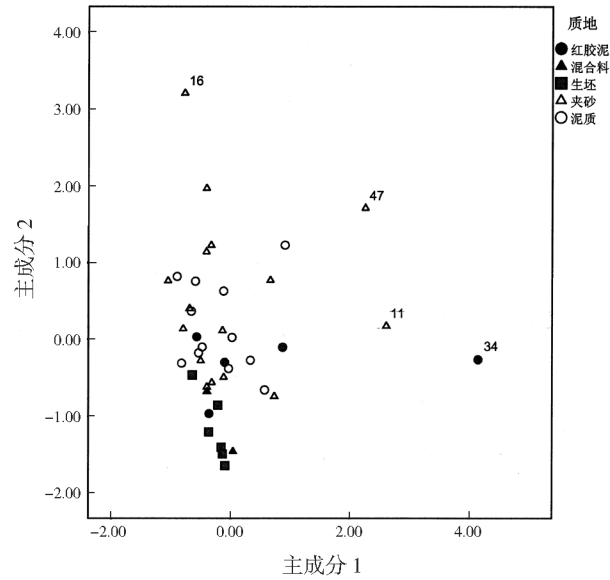


图 4 陶器和坯料样品微、痕量元素第一、二主成分散点图

Fig. 4 The first two components plots derived from multivariate statistical analysis of the trace elements compositions of the pottery and the material samples

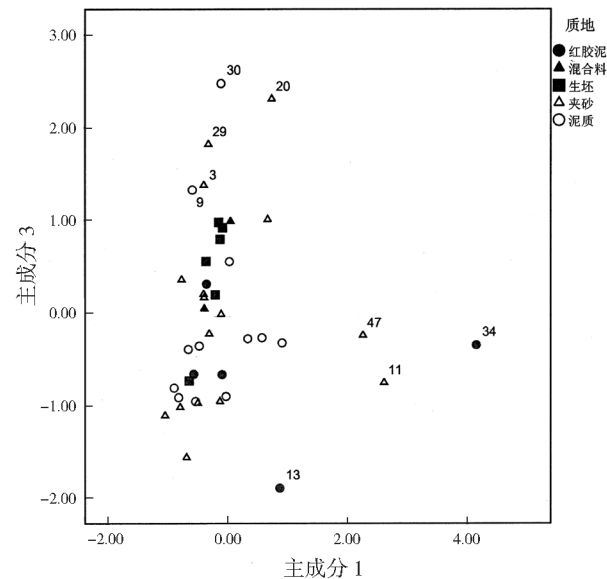


图 5 陶器和坯料样品微、痕量元素第一、三主成分散点图

Fig. 5 The components plots of the first factor and the third factor derived from multivariate statistical analysis of the trace elements compositions of the pottery and the material samples

1) 微量元素。将 18 个微量元素数据降维处理后,选取三个主成分,分别绘制出两个散点图。此

次分析的 KMO 为 0.721,第一主成分所解释的方差为 37.27%,第二主成分为 24.27%,第三主成分为 13.34%,累积方差为 74.88%。从图 4 和图 5 中可以看出,离散较远的 47、34 及 11 三个样品中 34 红胶泥样品远离陶片和其他坯料。除此之外,其余 12 件坯料基本均与陶器混杂在一起,表明该遗址陶器与制陶原料中的粘土产地基本是一致的。

2) 常量元素。6 个常量元素经降维后,选取两个主成分绘制散点图,如图 6 所示。此次分析的 KMO 为 0.716,第一主成分解释方差为 44.08%,第二主成分为 27.79%,累积方差为 71.87%。从图 6 中可以看出,红胶泥样品 12 离散极远,为特殊样品。此外,混合料样品 6 和生坯样品 25 与钙含量略高的 5 个陶片样品,相对于其他绝大多数样品,略有离散。

根据对红胶泥样品 12 的肉眼观察,其色偏黄,含沙量略大。因此,该样品很有可能是黄土块,而非制陶原料。

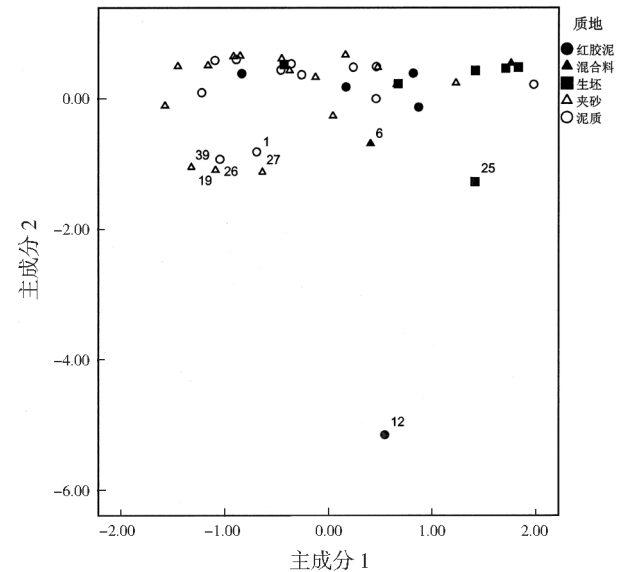


图 6 陶器和坯料样品常量元素主成分散点图

Fig. 6 The first two components plots derived from multivariate statistical analysis of the main elements compositions of the pottery and material samples

3) Ca 与 Fe 元素含量分析。根据成分矩阵表,第一主成分中 Fe₂O₃ 的贡献最大,相关系数为 0.85,第二主成分中 CaO 的相关系数为 0.99。所以,选取这两个元素来分析样品间的差异。

图 7 显示,红胶泥样品 12 离散较远的原因主要在于其 CaO 含量高达 12%。坯料 Fe₂O₃ 含量均高于 6%,与陶片略有不同。CaO 含量方面,以 3% 为界,坯料中混合料样品 6 与生坯样品 25,与 CaO 含

量略高的陶片相近,其余坯料均属于低钙类。

综合以上分析,红胶泥样品 34 的微量元素含量与其他样品存在差异,但其常量元素未见差异;样品 12 的高钙含量显示其为黄土而非制陶粘土。坯料与陶片的不同主要体现在常量元素 Fe_2O_3 含量的细

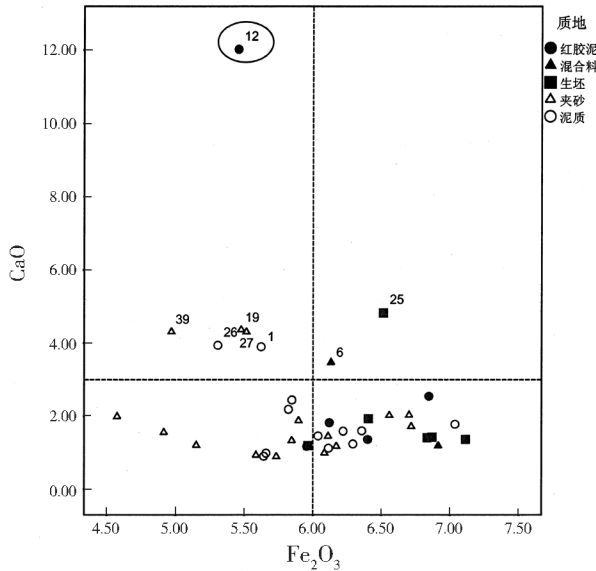


图 7 陶器及生坯 $Fe_2O_3 - CaO$ 散点图

Fig. 7 Bivariate plots of $Fe_2O_3 - CaO$ of the pottery and the unfired body samples

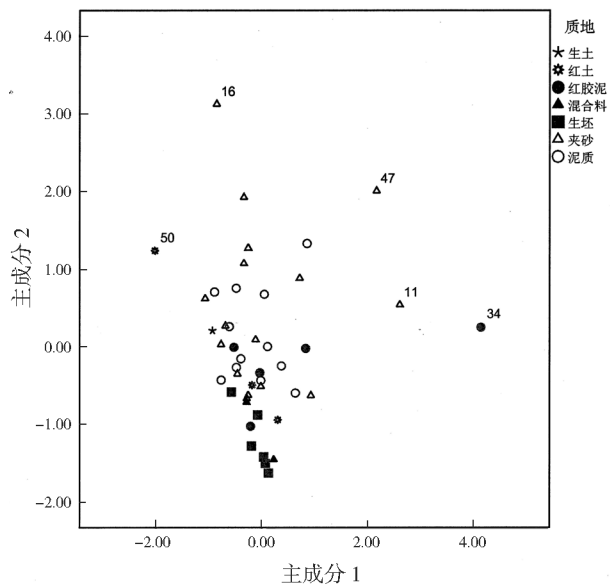


图 8 陶器、坯料及土样微、痕量元素主成分散点图

Fig. 8 The first two components plots derived from multivariate statistical analysis of the trace elements compositions of the pottery, the material and the clay samples

3) Ca 与 Fe 元素含量分析。根据成分矩阵表,第一主成分中贡献最大的 Fe_2O_3 相关系数为 0.91,第二主成分中贡献最大的 CaO 相关系数为

微差异。CaO 含量方面,坯料与陶片相同,也可以分为两组。整体而言,该遗址的坯料与陶片的化学组成基本是相近的。

2.3 土样、坯料与陶片

4 件土样、12 件坯料(排除样品 12)、3 件红土和 1 件生土,总计 44 件样品。

1) 微、痕量元素。将分析样品的 18 个微、痕量元素降维处理后,选取三个主成分分别绘制散点图,详见图 8 和图 9。此次分析的 KMO 为 0.738,第一主成解释方差为 38.31%,第二主成分为 23.31%,第三主成分为 14.82%,累积方差为 76.44%。从图 8 和图 9 中可以看出,除红土样品 50 离散略远,其余 3 件红土和 1 件生土样品均散落在陶片之中。可见,生土及 3 件红土样品与陶器的陶土地基本是一致的。

2) 常量元素。将分析样品的 6 个常量元素降维处理后,绘制其主成分散点图,如图 10 所示。主成分 1 解释方差为 56.02%,主成分 2 为 20.59%,累积方差为 76.79%。不难看出,生土样品 51 和红土样品 50 离散较远,其常量元素含量与陶片和坯料存在差异,而红土样品 48 和 49 则散落于陶器样品之中。

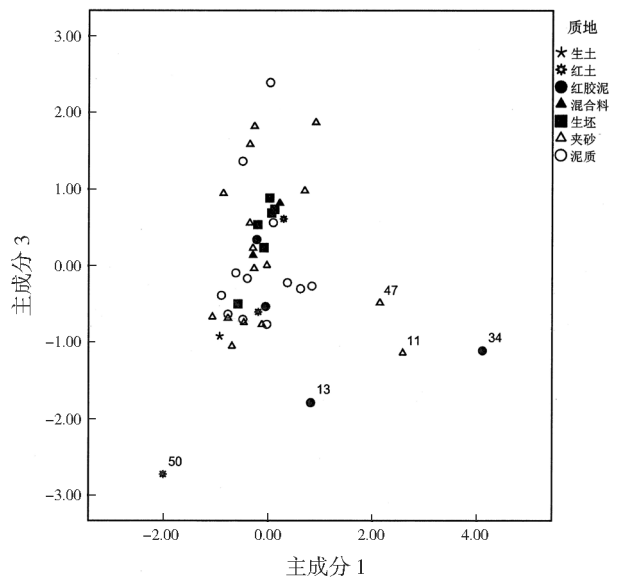


图 9 陶器、坯料及土样微、痕量元素主成分散点图

Fig. 9 The components plots of the first factor and the third factor derived from multivariate statistical analysis of the trace elements compositions of the pottery, the material and the clay samples

0.98。所以,选取这两个元素来分析样品间的差异。从图 11 中可以看出,生土样品 51 的 CaO 含量为 6.35%,与吴明清等分析的黄河中游马兰黄

土中砂黄土 CaO 的平均含量 7.00 ± 0.92 (%) 相近^[13],说明该生土样品为普通黄土。由此可见,

当时的陶工并不是随便选用当地的黄土来做陶土原料的。

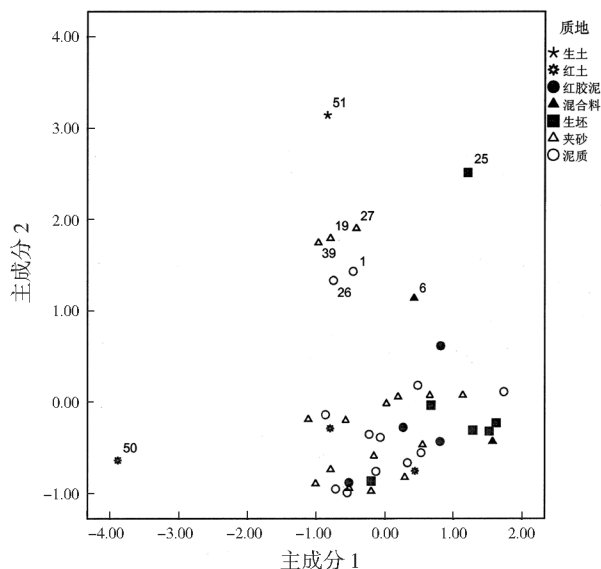


图10 陶器、坯料及土样常量元素主成分散点图

Fig. 10 The first two components plots derived from multivariate statistical analysis of the main elements compositions of the pottery, the material and the clay samples

此外,实地考察发现,坪头遗址附近的冲沟或断崖剖面上存在数层红色古土壤条带。文中所分析的3件红土样品即采集自遗址周边500m范围内这些不同剖面的红色古土壤层。从地势高低来看,样品48位于上层,49位于中间,50位于下层。刘东生先生的研究表明 SiO_2 与 Al_2O_3 、 CaO 与 Fe_2O_3 的比值可以反映黄土形成时的湿度状况、淋滤作用强度等气候环境^[14]。黄河中游各地黄土的 SiO_2 与 Al_2O_3 比值多在7~10之间^[15],而此处红土样品48和49的 SiO_2 与 Al_2O_3 的比值却分别为4.7和4.2,样品50的比值为6.3,均小于7,表明这些红土层形成时的气候环境比较湿润。三件红土样品 CaO 与 Fe_2O_3 的比值分别为0.3、0.4、0.6,表明其淋滤作用较强。相比较而言,样品48和49的形成环境相近,而样品50则相对较干燥些。

从偏关一带黄土剖面图^[16]中,不难看出中更新世的离石黄土和晚更新世的午城黄土中均夹有数层古土壤带。因此,如果当时的陶工选择古土壤作为制陶所用的粘土原料,那么可以说该地区的陶土原料是十分丰富的。但是,对于陶土原料的选择并不是随意的。此次分析即表明,陶工粘土原料可能取自样品48和49所在的古土壤层,而并未选择样品50所在的古土壤层。

综合以上分析,可以看出坪头遗址陶工对制陶

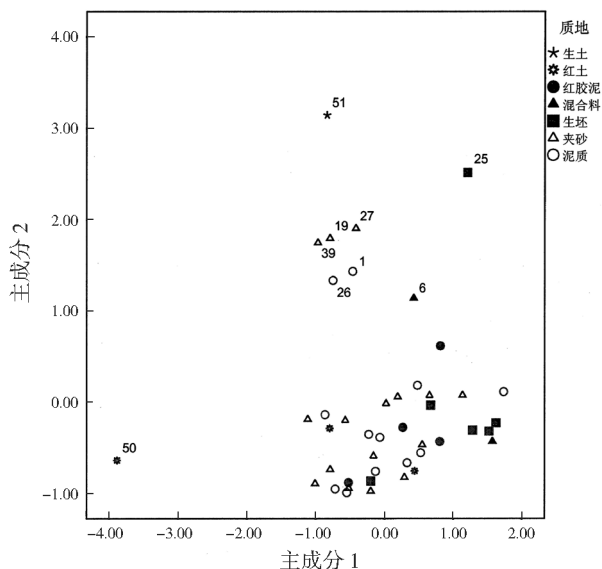


图11 陶器、坯料及土样 $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ 散点图

Fig. 11 Bivariate plots of $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{CaO}$ of the pottery, the material and the clay samples

所用的粘土原料是有选择性的,大都取自遗址附近的红色古土壤层中,并未选用普通黄土。

3 结论

通过以上分析,可以得到以下结论:

1) 坪头遗址陶器的陶土原料来源基本相同,均属高硅低铝的普通易熔类粘土。根据钙含量的细微差异,可以分为两组,但相对于黄土的钙含量而言,均属于低钙类。

2) 遗址中出土的红胶泥、混合料、生坯等制陶原料的化学组成基本与陶器的一致,表明该遗址使用的陶器是古人在当地自己制作的。

3) 遗址制陶所用粘土原料很可能取自附近的红色古土壤层,周边地层中丰富的古土壤条带也为古人就近取材提供了便利。

致谢:在忻州文管处考察取样期间,王继平和李钢两位前辈不辞辛苦地陪同作者对遗址周边进行实地考察,并协助采集土样和砂粒样品,在此致以最诚挚的谢意!

参考文献:

[1] 赵杰,王继平.山西河曲县坪头遗址新石器时代房址发掘简报[J].考古,2014,(10):3-15.

ZHAO Jie, WANG Ji-ping. Archaeological excavation of Ping Tou site, Hequ City, Shanxi Province[J]. Archaeology, 2014, (10): 3-15.

- [2] 王小娟. 晋南地区新石器末期陶器工业 [D]. 北京大学博士研究生学位论文, 2014:30.
WANG Xiao -juan. The research on the pottery industry of neolithic later periods in Jinnan area [D]. Peking University Doctor Thesis, 2014: 30.
- [3] Patrick S Q. Ceramic petrography: the interpretation of archaeological pottery and related artefacts in thin Section [M]. Oxford: Archaeopress Gordon House, 2013.
- [4] 梁思永. 山西西阴村史前遗址的新石器时代的陶器 [C]. // 三晋考古 第二辑. 太原:山西人民出版社,1996: 322.
LIANG Si -yong. The study of the neolithic pottery in Xiyincun site [C] // Sanjin Archaeology II. Taiyuan: Shanxi People Press, 1996:322.
- [5] 李济. 殷墟陶器研究 [M]. 上海:上海人民出版社,2007:23 - 51.
LI Ji. The research on the potty in YinXu site [M]. Shanghai: Shanghai People Press, 2007:23 - 51.
- [6] 李文杰. 中国古代制陶工艺研究 [M]. 北京:科学出版社, 1996.
LI Wen -jie. Study in technique of ancient pottery [M]. Beijing: Science Press, 1996.
- [7] 王小娟. 中国古代陶器研究史回顾. 待刊.
WANG Xiao -juan. The review of the research on the ancient pottery in China. Unpublished.
- [8] 李文杰. 陶器的化学组成与制陶原料的关系——兼论中国古代制陶工艺的分期和类型. 中国古代制陶工艺研究 [M]. 北京:科学出版社, 1996: 329 - 342.
LI Wen -jie. The relationship between chemical components and raw materials of pottery [C] // Study in technique of ancient pottery. Beijing: Science Press, 1996: 329 - 342.
- [9] 许志勇. 陶器化学组成分析在新石器时代考古研究中的意义 [J]. 北方文物, 2004, (4): 101 - 106.
XU Zhi -yong. The significance of the pottery chemical analysis in neolithic archaeology [J]. Northern Cult Relics, 2004, (4): 101 - 106.
- [10] 李清临. 古陶产地研究的现状与展望 [J]. 华夏考古, 2011, (1): 146 - 152.
LI Qing -lin. The present situation and prospects of ancient pottery provenance study [J]. Huaxia Archaeology, 2011, (1): 146 - 152.
- [11] 宋建. 陶器理化测试分析与社会复杂化进程探索 [M] // 科技考古 第三辑. 北京:科学出版社, 2011: 165 - 176.
SONG Jian. The analysis of the pottery physicochemical property and the complex process of society [M] // Science for Archaeology 3. Beijing: Science Press, 2011: 165 - 176.
- [12] 陈铁梅. 科技考古学 [M]. 北京:北京大学出版社, 2008: 160.
CHEN Tie -mei. Archaeological science [M]. Beijing: Peking University Press, 2008: 160.
- [13] 吴明清, 文启忠, 潘景瑜等. 中国黄土的平均化学成分:上部大陆地壳的一种典型代表 [J]. 岩相古地理, 1995, (2): 131.
WU Ming -qing, WEN Qi -zhong, PAN Jing -yu, et al. Average chemical composition of loess in China: as a good representative of the upper continental crust [J]. Sediment Facies Palaeogeogr, 1995, (2): 131.
- [14] 刘东生, 等. 黄土与环境 [M]. 北京: 科学出版社, 1985: 237.
LIU Dong -sheng, et al. Loess and Environment [M]. Beijing: Science Press, 1985: 237.
- [15] 刘东生等. 中国的黄土堆积 (中国黄土分布图说明书) [M]. 北京: 科学出版社, 1965: 219.
LIU Dong -sheng, et al. The loess accumulation in China [M]. Beijing: Science Press, 1965: 219.
- [16] 刘东生, 等. 黄河中游黄土 [M]. 北京: 科学出版社, 1964: 92, 95.
LIU Dong -sheng, et al. The loess in middle course of Yellow River [M]. Beijing: Science Press, 1964: 92, 95.

Chemical analysis of pottery and clay raw materials from the Longshan period at the Pingtou site in Hequ county, Shanxi province

WANG Xiao -juan¹, NAN Pu -heng², GUO Yin -tang³

(1. The Department of History and Culture, Shanxi University, Taiyuan 030006, China; 2. Shanxi Provincial Institute of Archaeology, Taiyuan 030001, China; 3. Xinzhou City Institute of Cultural Relics and Archaeology, Xinzhou 036400, China)

Abstract: The chemical compositions of the clay from excavated pottery, raw materials and semi - finished products from the Pingtou site, as well as soil samples around the site, were analyzed by inductively coupled plasma atomic emission spectroscopy (ICP - AES). Through principal component analysis of the data by SPSS18.0, it was deduced that the clay material composition of various types of pottery is the same, although with slight differences in the concentration of calcium. The clay raw materials used to make the pottery were dug from the red soil layers near the site. The Pingtou site was an ancient local pottery production site.

Key words: Pingtou site; Longshan period; Clay materials of pottery; Chemical analysis

(责任编辑 谢 燕)