

甘肃张掖西城驿遗址陶器的科技分析与研究

郁永彬 吴小红 崔剑锋 陈国科 王辉

关键词：西城驿遗址 陶器 制陶工艺 岩相分析 青铜时代

KEYWORDS: Xichengyi Site Pottery Wares Pottery-making Techniques Petrographic Analysis Bronze Age

ABSTRACT: This paper made chemical composition and microscopic analyses to 172 pottery samples unearthed at the Xichengyi Site. The results showed that pastes of the pottery wares of different cultures found in this site all contained high proportions of calcium and magnesium, and the mineral composition of the sandy pottery was similar to that of the eolian loess, hinting that the potters at that time might have made the pottery pastes with red clay or red clay tempered with a given proportion of loess. The chemical composition and microscopic analyses also showed that when the Machang Type of Majiayao Culture entered the Hexi Corridor, its pottery paste material processing technique was changed: one was from the late phase of Machang Type via the Xichengyi Culture to the Siba Culture; the other was from the late phase of Machang Type to the Qijia Culture. The social groups represented by Xichengyi Culture and Qijia Culture might both have independent pottery-making industry.

前 言

西方学者较早关注陶器所反映的人类行为与社会方面的信息，注重运用各种自然科学手段复原陶器技术史，并建立考古学文化的时空框架^[1]。20世纪50年代，他们提出“操作链”的概念，作为构建古代技术与社会的一种途径，即通过静态的考古遗存来研究动态的生产过程^[2]。实际上，从陶器生产到埋藏的整个过程，及其与人、地、物、环境、气候等各方面的联动过程都是需要考量

的。然而在实际研究中，由于受考古材料所限，学者们更多地关注制陶技术、文化交互与社会建构之间的联系。实现这一研究构想的途径有多种^[3]，其中最常用且有效的方法是岩相分析。美国威斯康辛大学史多盟·吉姆（Stoltman James）指出观察陶器切片所得的相关数据，包含与陶器生产、分布、交换和分类等有关的信息，有助于探讨文化交流与互动的相关问题^[4]。中国学者也进行了不少有益尝试^[5]，但仍需开展更多的工作。

通过对张掖西城驿遗址的发掘，明确

作者：郁永彬，江西省景德镇市，333403，景德镇陶瓷大学古陶瓷研究所。

吴小红、崔剑锋，北京市，100871，北京大学考古文博学院。

陈国科、王辉，兰州市，730050，甘肃省文物考古研究所。

了马厂晚期-西城驿二期遗存-四坝文化这一完整的地层序列^[6]，对构建河西地区新石器时代到青铜时代文化发展序列具有重要意义^[7]。通过发掘初步认为西城驿遗址是一处以从事旱作农业为主，兼有饲养，并进行冶金等手工业生产的史前聚落遗址。另外，大麦、小麦、权杖头、土坯建筑等的发现表明，在距今4000年前后，东西文化在该地区已进行着频繁的交流^[8]。然而，西城驿遗址第一至三期遗存均出土有大量陶器，且尚未开展过任何形式的科学分析。鉴于此，本文拟通过对陶器进行检测分析，揭示西城驿遗址制陶手工业技术特征，为进一步解读该遗址的社群构成和文化交互积累资料。

一、西城驿陶器特征

西城驿遗址位于张掖市甘明区明永乡东北部，文化层堆积连续完整，共分为三个时期的遗存。第一期为马厂晚期遗存，年代为距今约4100~4000年；第二期遗存文化内涵丰富，包含多种文化因素，年代为距今约4000~3700年；第三期为四坝文化遗存，年代为距今3700~3600年，下限可至距今3500年前后^[9]。

西城驿遗址出土陶器丰富，包括马厂晚期、西城驿文化、齐家文化和四坝文化等的陶器^[10]。目前很难判断齐家文化陶器在西城驿遗址大量出现的文化背景，但事实上齐家文化陶器在河西走廊中西部与马厂晚期以及西城驿文化共存。这些不同文化的陶器有着怎样的技术特征？从马厂晚期到西城驿文化再到四坝文化时期，制陶工艺有着怎样的变化？在同一遗存中，共出的西城驿文化陶器与齐家文化陶器在工艺上有着怎样的特征？这些问题的解决对认识西城驿遗址考古学文化发展、社群构成，以及生产、生活变化等具有重要意义。鉴于此，本文根据西城驿遗址考古发掘的地层堆积、陶质陶色及表面纹饰特征等，有针对性地选择出土单位明确的

表一 西城驿遗址陶器取样表

文化遗存	文化属性	类型	数量(件)	出土遗迹单位
西城驿第一期遗存	齐家文化	泥质陶	3	T0202H58第3层
	马厂晚期	夹砂彩陶	4	T0202H58第3层
		泥质彩陶	11	T0301H40、T0202H58第3层
		夹砂陶	13	T0301H40、T0202H58第3层
		泥质红陶	2	T0202H58第3层
西城驿第二期遗存	马厂晚期风格	泥质灰陶	3	T0202H58第3层
		夹砂彩陶	4	T0302H23第5层
	齐家文化	泥质彩陶	2	T0302H23第5层
		夹砂陶	4	T0301H23第1、3层，T0302H8第4层
	西城驿文化早段	泥质陶	20	T0302H23第3层，T0302第6、7C层，T0302H8第2~4、6层
		夹砂彩陶	1	T0301H23第5层
		泥质彩陶	7	T0301H23第1层、T0302H23第3层
		夹砂陶	8	T0301H23第1层，T0302H23第3、4层
		泥质陶	3	T0301H23第1层，T0302H23第4、5层
		西城驿文化中段	泥质彩陶	13
	夹砂陶		4	T0302第6、7C层
	泥质陶		2	T0302第6、7C层
	西城驿文化晚段	夹砂彩陶	9	T0302H8第2~6层
		泥质彩陶	7	T0302H8第3~6层
		夹砂陶	13	T0302H8第2~4、6层
泥质陶		2	T0302H8第2层	
西城驿第三期遗存	齐家文化	泥质陶	1	T0301第4C层
	四坝文化	夹砂彩陶	6	T0301F1、T0302F1第1层
		泥质彩陶	9	T0301F1、T0301第4C层、T0302第2层
		夹砂陶	12	T0301F1、T0302F1第1层、T0301第4C层、T0302第2层
		泥质陶	9	T0301F1、T0301第4C层、T0302第2层

172件陶器样品进行检测分析，以期对上述问题的解决提供有益的信息。文化属性不同的各类型陶器取样情况见表一。

二、分析方法

(一) 化学成分分析

本次研究使用北京大学考古文博学院的日本精密仪器公司(Horiba)生产的XGT-7000型EDXRF测定样品胎体的化学组成。仪器测试条件为X入射线光斑直径1.2毫米, X光管管电压30千伏, X光管管电流0.029毫安, 数据采集时间为120秒。采用国家土壤标准物质GSS-4, 共分析了钠、镁、铝、硅、钾、钙、钛、锰、铁等元素, 均以氧化物表示。所测部位均为陶胎新鲜断面, 因此检测结果主要反映陶器中黏土的化学组成及其含量。由于所测样品量较多, 本文仅列出各类陶器样品的主次量元素均值和标准差, 详见附表。

(二) 显微结构分析

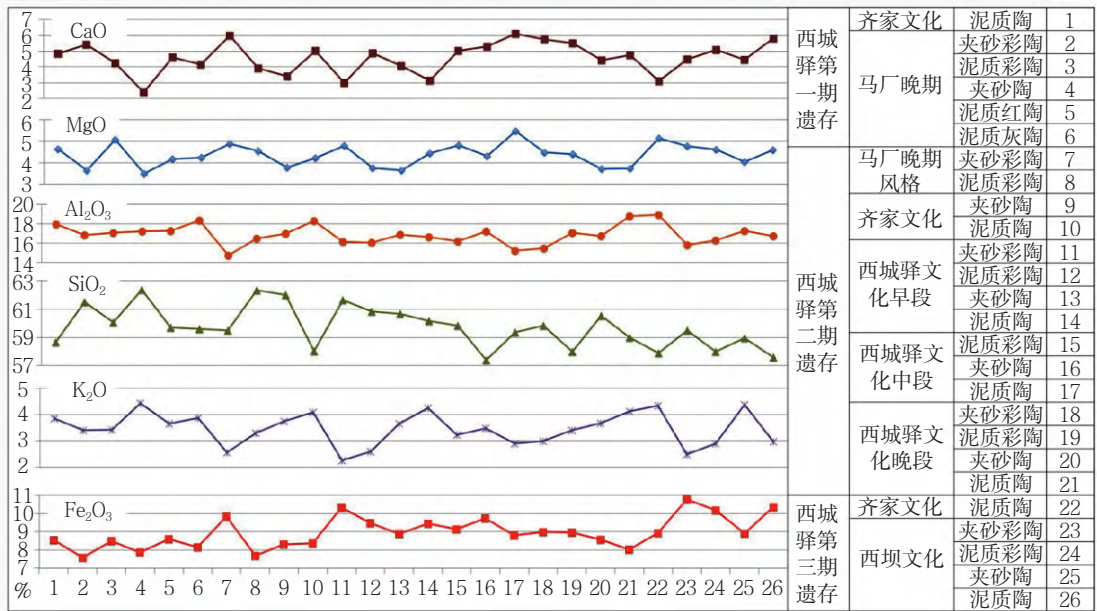
显微分析能够判断陶器原料来源、加工工艺、陶器功能等方面的信息^[11]。选择有代表性的样品用树脂进行镶样, 磨滑并抛光, 烘干磨抛好的样品, 再进行喷碳处理, 然后利用日立TM3030超景深台式扫描电镜进行观察和拍照; 同时将样品制成厚度为0.03毫米的光薄片, 再利用尼康LV-100N-POL偏光显微镜对薄片进行观察, 识别样品的偏光显微特征。总体上, 显微结构分析主要针对

陶胎的结构、夹杂物(羸合料或陶土夹带的颗粒物)的种类及形状、黏土基质、孔洞大小和分布, 以及各自所占的比例, 进而比较不同遗址或同一遗址不同文化陶器的胎料工艺特征, 探讨其所反映的考古学文化信息。

三、西城驿陶器化学组成特征

从EDXRF分析结果看(图一), 西城驿遗址不同文化层、不同类型的器物Al₂O₃含量均值变化范围在14.7~18.9%之间, SiO₂在57.4~62.4%之间, CaO主要在2~6%之间, MgO主要在3.5~5.5%之间, K₂O在2~4%之间, Fe₂O₃波动范围较大, 在7.5~10.8%之间, 其他几种元素含量均较低。结合西城驿遗址陶器风格、文化属性和胎体类型, 使用SPSS18软件对172件陶器样品的主、次量元素组成进行主成分分析。这一分析结果揭示出如下几个方面的特征。

首先, 从所属文化层的角度看, 各文化层陶器化学组成各有特点。西城驿第一期遗存属马厂晚期, 主成分分析显示, 马厂晚期夹砂彩陶、泥质彩陶、泥质灰陶、泥质红陶和齐家文化泥质陶数据点分布在一个较

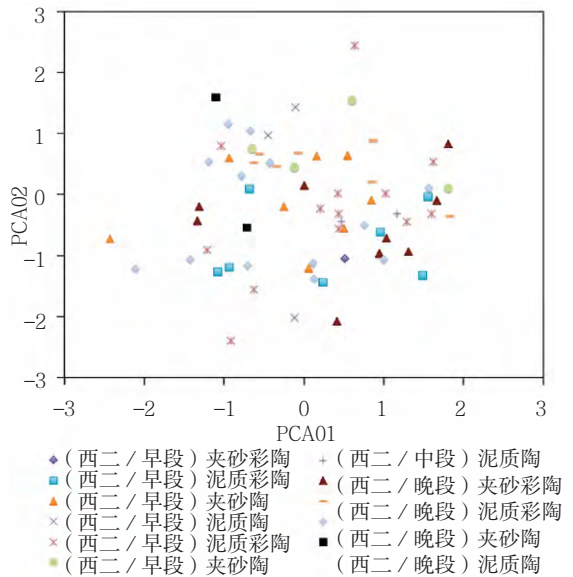


图一 西城驿遗址不同文化层的不同类型陶器主要元素含量均值变化图

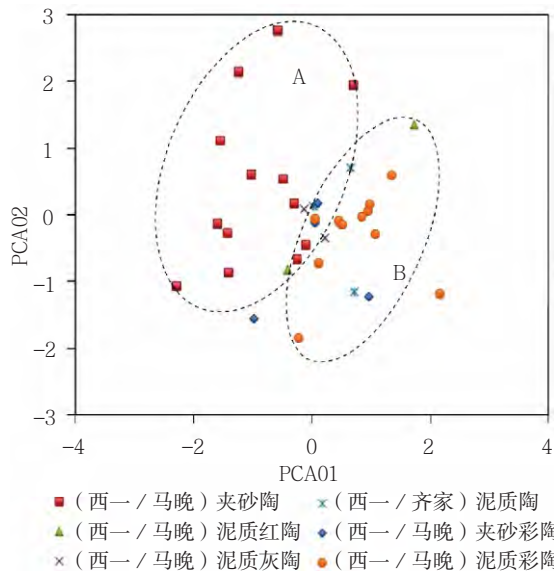
大的范围内，马厂晚期夹砂陶数据点的分布与之有一定的差异（图二），这主要是由于马厂晚期夹砂陶的CaO、MgO、SiO₂和K₂O含量不同于其他几组陶器所致（见附表）。西城驿第二期遗存属西城驿文化，与其共存的有马厂晚期、齐家文化和四坝文化早段。主成分分析显示，西城驿文化早、中、晚三段的夹砂彩陶、泥质彩陶、夹砂陶和泥质陶数据点落在一个较大的范围内，表明西城驿文化各类型陶器可能是使用同一类陶土烧成（图三）。二期遗存齐家文化泥质陶和夹砂陶数据点较为聚集，落在西城驿文化陶器的部分范围内，与二期遗存马厂晚期陶器没有重叠，马厂晚期陶器也落在西城驿文化陶器的部分范围内，表明西城驿文化陶器的原料来源较二期遗存齐家文化和马厂晚期陶器都要宽泛，而齐家文化与马厂晚期陶器的原料各异（图四）。西城驿第三期遗存属四坝文化，四坝文化夹砂彩陶、泥质彩陶、夹砂陶、泥质陶与三期遗存齐家文化泥质陶数据点分布在两个范围内，其中多数夹砂陶和个别的夹砂彩陶、泥质彩陶、泥质陶和齐家文化泥质陶分布在一个范围内，多数的夹砂彩

陶、泥质彩陶、泥质陶和个别夹砂陶分布在一个范围内（图五）。

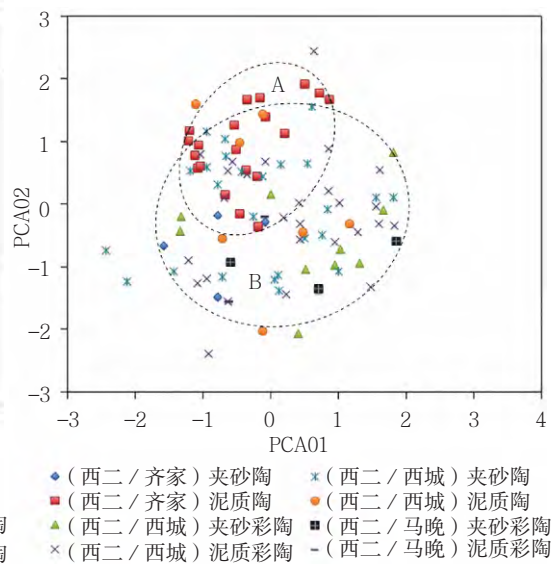
其次，从文化类型的角度看，各文化类型陶器的化学组成特征较为明显。齐家文化陶器在西城驿遗址三个时期的遗存中均有出土；马厂晚期风格陶器主要出自西城驿第一期遗存，第二期早段地层中有少量发现；西城驿文化陶器出自第二期遗存；四坝文化陶



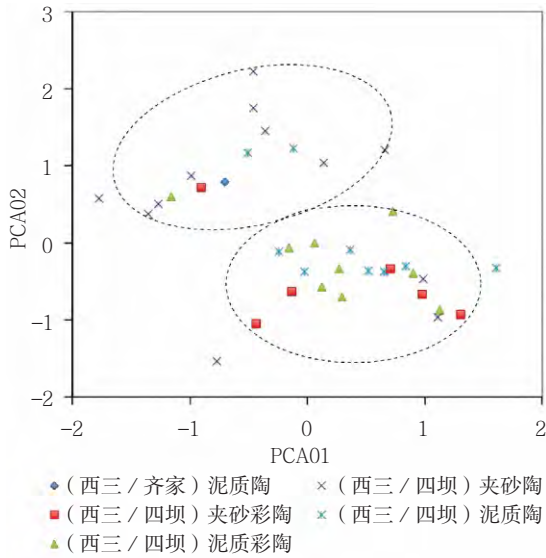
图三 西城驿文化陶器化学组成因子分析散点图



图二 西城驿第一期遗存陶器化学组成因子分析散点图



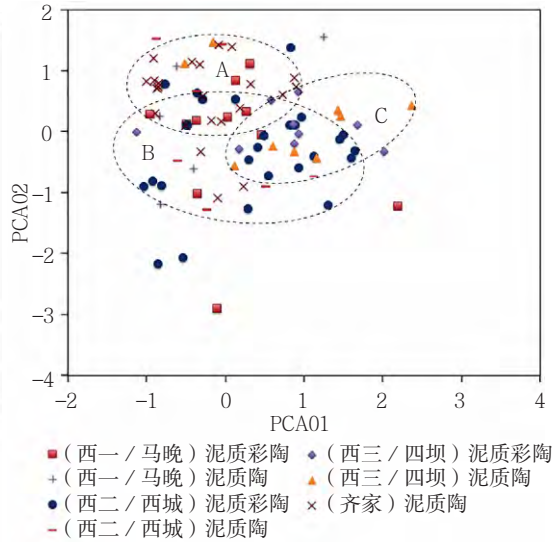
图四 西城驿第二期遗存陶器化学组成因子分析散点图



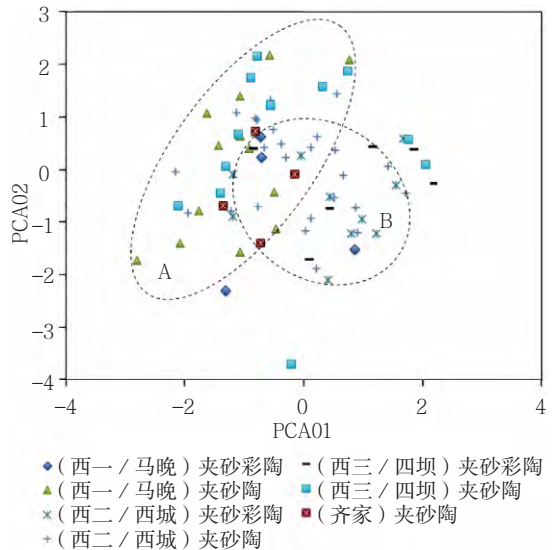
图五 西城驿第三期遗存陶器化学组成因子分析散点图

器集中出自第三期遗存。主成分分析显示，齐家文化泥质陶数据点落在西城驿文化泥质陶（彩陶）的部分区域内；马厂晚期泥质陶（彩陶）的数据点主要落在齐家文化泥质陶的分布范围内；四坝文化泥质陶（彩陶）的数据点也落在西城驿文化泥质陶（彩陶）的部分区域内，但仅有两件样品与齐家文化的重合，其他样品均与之分布的区域不同（图六）。马厂晚期、齐家文化和四坝文化夹砂陶分布在一个较大区域内，马厂晚期和四坝文化夹砂彩陶则分散在两个区域内（图七）。

第三，从材质的角度看，不同文化的部分夹砂陶化学组成与泥质陶有所差异。西城驿遗址马厂晚期、西城驿文化、齐家文化和四坝文化均有夹砂陶和泥质陶，其中马厂晚期、西城驿文化和四坝文化分别包括彩陶和非彩陶，齐家文化没有彩陶。马厂晚期、齐家文化和四坝文化的夹砂陶与泥质陶化学组成均有差异（见图二、图四、图五）。马厂晚期和四坝文化的夹砂彩陶与泥质彩陶差异较小，夹砂陶与彩陶（夹砂和泥质）有差异，泥质陶与彩陶差别较小（见图二、



图六 西城驿遗址不同文化泥质陶化学组成因子分析散点图



图七 西城驿遗址不同文化夹砂陶化学组成因子分析散点图

图五)。西城驿文化的夹砂陶与泥质陶、彩陶与非彩陶差异均较小（见图三）。总体看来，马厂晚期、齐家文化和四坝文化陶器制作背景较西城驿文化陶器复杂，下面结合显微观察做进一步研究。

四、西城驿陶器显微结构特征

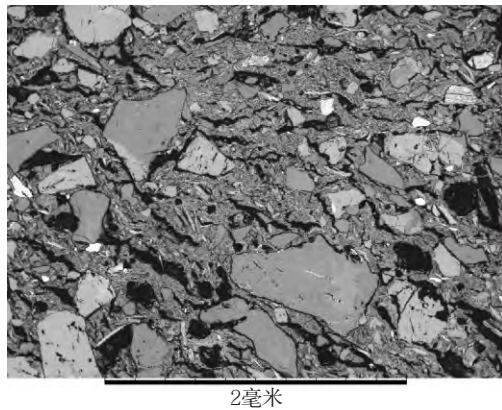
西城驿遗址不同文化的陶器有夹砂陶、夹细砂陶、粉砂泥质陶和泥质陶，其中马厂晚

期、西城驿文化和四坝文化陶器有彩陶和非彩陶两种类型，齐家文化陶器均为非彩陶。结合西城驿遗址陶器化学组成特征，从不同文化因素的典型陶器样本岩相分析和扫描电镜观察结果看，可总结出以下几个方面的特征。

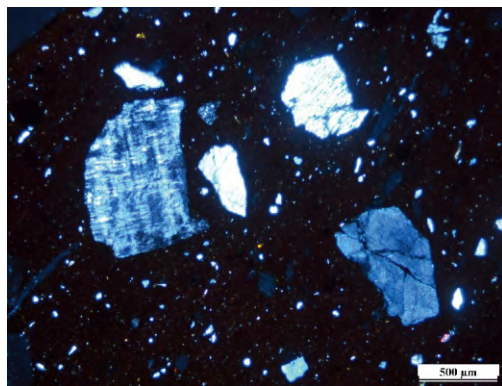
首先，西城驿第一期遗存马厂晚期夹砂陶与同期其他类型的陶器胎料显微结构有一定的区别，马厂晚期夹砂陶胎料特点鲜明。西城驿第一期遗存马厂晚期夹砂陶有彩陶和非彩陶两种类型，其中非彩陶胎体中夹杂的颗粒物大小不等、种类多样，其矿物相多为石英和长石，另有角闪石、辉石、黑云母、伊利石、蒙脱石和高岭石类等（图八；图九）。夹砂彩陶胎体中的黏土基质较为纯净，夹杂颗粒矿物相多为石英、长石和云母（图一〇；图一一）。这些特征表明夹砂陶可能直接使用夹杂各种原生矿物的黏土制成，夹砂彩陶的胎料可能经过一定的筛选处理，然后在细碎纯净的黏土中掺入一定量的“麝合料”。西城驿第一期遗存中的各类泥质陶胎体也较为纯净，可能也是使用经过筛选处理的黏土制成，与夹砂彩陶胎体黏土的处理工艺相似，因此它们的化学组成也较为接近，这与它们的主成分分析结果相一致。

其次，西城驿第二期遗存中，西城驿文化早、中、晚三段各类型陶器显微物相呈现的特征一致。西城驿第二期遗存中的西城驿文化陶器有彩陶和非彩陶两种类型，均有

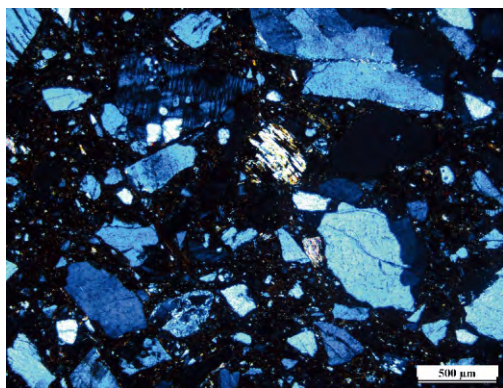
夹砂、夹细砂、粉砂和泥质胎体。西城驿文化不同时期的夹砂陶和夹砂彩陶胎体物相组成相近，均由大小不等、种类多样的颗粒物组成，其矿物相主要包括石英、长石，



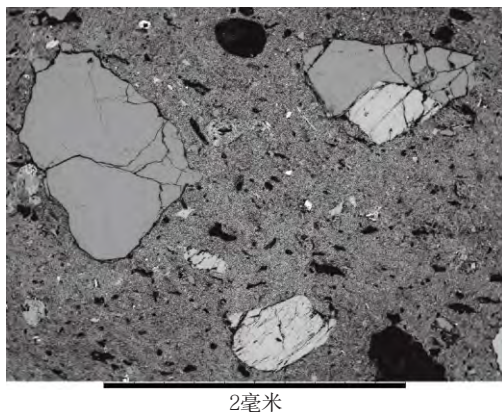
图九 马厂晚期夹砂陶T0202H58③：23背散射电子图像（放大50倍）



图一〇 马厂晚期夹砂彩陶T0202H58③：3显微结构（正交光，放大50倍）

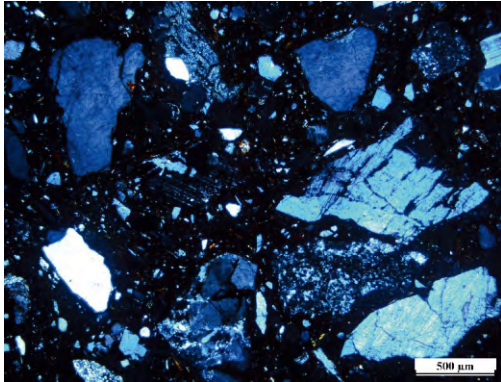


图八 马厂晚期夹砂陶T0202H58③：23显微结构（正交光，放大50倍）

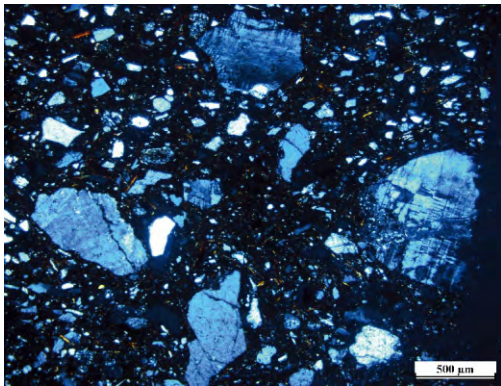


图一一 马厂晚期夹砂彩陶T0202H58③：3背散射电子图像（放大50倍）

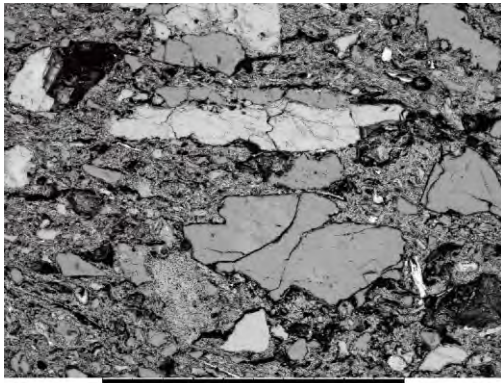
此外还有辉石、云母、方解石、赤铁矿、伊利石和蒙脱石类，部分样品中还有碳酸盐矿物相，这些矿物颗粒尺寸从10~1000微米不等（图一二；图一三；图一四）。泥质陶和泥质彩陶胎体显微特征也相近，均为经加工



图一二 西城驿文化夹砂陶T0302⑦C：11显微结构（正交光，放大50倍）



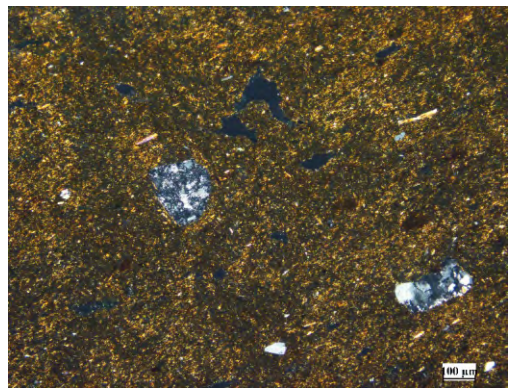
图一三 西城驿文化夹砂彩陶T0302⑥C：6显微结构（正交光，放大50倍）



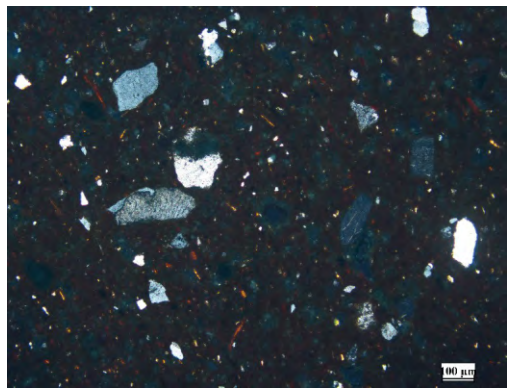
图一四 西城驿文化夹砂彩陶T0302⑥C：6背散射电子图像（放大100倍）

筛选后的黏土制成，胎体黏土基质中夹杂有少量细小颗粒物，包括石英和长石等，尺寸在30~200微米不等（图一五；图一六；图一七）。夹细砂或粉砂的彩陶和非彩陶胎体矿物相组成均相近，且颗粒尺寸大小相当。前面的分析指出，西城驿文化不同时段各类型陶器的化学组成相近，夹砂、泥质等各种类型的彩陶和非彩陶显微物相又相近，进一步说明了西城驿文化各类型陶器可能是使用同一类陶土制成。

第三，西城驿第二期遗存中，齐家文化陶器显微物相特征与西城驿文化陶器有所差异。西城驿遗址出土的齐家文化风格陶器均为非彩陶，其中夹砂陶胎体由黏土基质、夹杂物和孔洞组成，黏土基质相对较为细碎均匀，夹杂物包括石英、长石赤铁矿、白云



图一五 西城驿文化泥质陶T0302H8②：6显微结构（正交光，放大100倍）

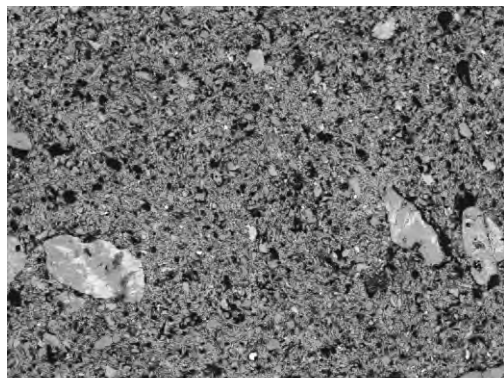


图一六 西城驿文化泥质彩陶T0302⑥C：8显微结构（正交光，放大100倍）

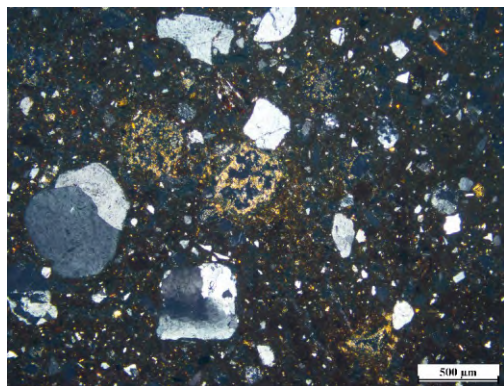
石、方解石、黑云母和碳酸盐矿物等，这些夹杂颗粒尺寸较大，且较为一致，一般在200~2000微米不等（图一八；图一九）。泥质陶胎料经过细碎筛选，甚至经过淘洗加

工，胎料细腻均匀，颗粒物直径一般不超过10微米，仅个别样品胎体中含有少量碳酸盐矿物（图二〇；图二一）。这些特征表明，齐家文化夹砂陶可能是在经细碎筛选的泥质陶胎料中添加“羸合料”制成的。结合西城驿第二期遗存陶器化学组成分析结果可以看出，齐家文化和西城驿文化陶器技术特征不同，表明其制陶原料加工工艺不同。

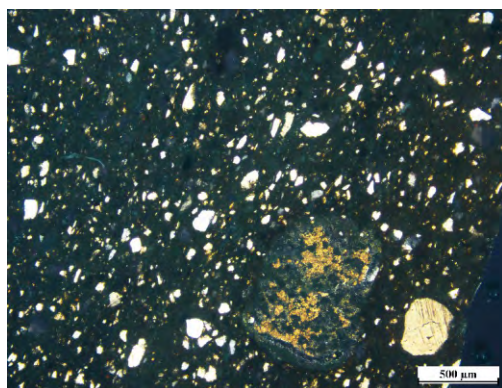
第四，西城驿第三期遗存的四坝文化各类型陶器显微物相特征也较为一致，与之共存的齐家文化泥质陶显微特征与四坝文化的有所差异。西城驿第三期的四坝文化陶器也有彩陶和非彩陶两种类型，各自包括夹砂陶和泥质陶。夹砂陶和夹砂彩陶的胎体物相相近，其矿物相均大小不等、种类多样，主要包括石英、长石，还有辉石、黑云母、



图一七 西城驿文化泥质陶T0302H23③：5背散射电子图像（放大100倍）



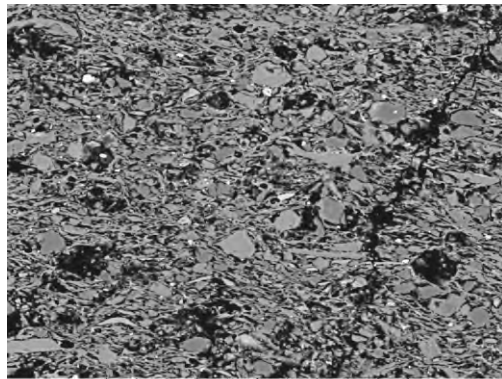
图一八 齐家文化夹砂陶T0302⑥C：2显微结构（正交光，放大50倍）



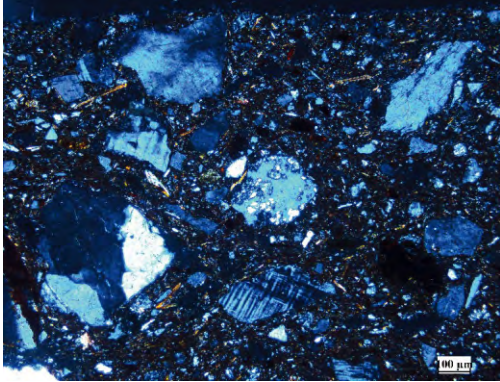
图二〇 齐家文化泥质陶T0302⑥C：4显微结构（正交光，放大50倍）



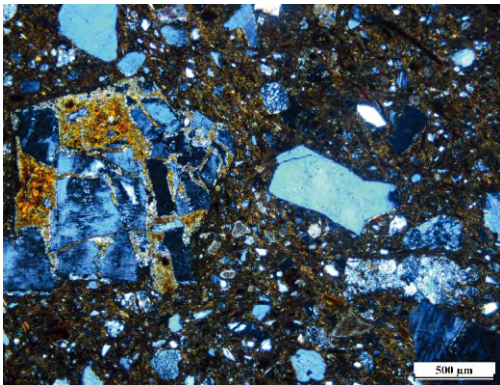
图一九 齐家文化夹砂陶T0202H58③：28背散射电子图像（放大30倍）



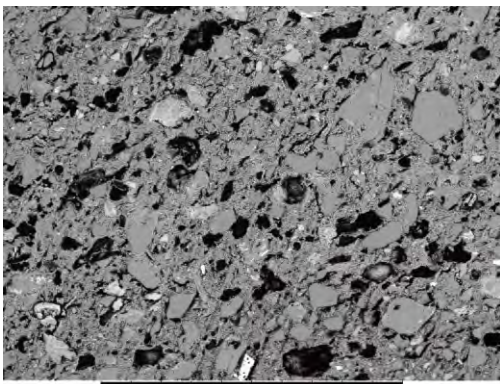
图二一 齐家文化泥质陶T0302⑥C：1背散射电子图像（放大1000倍）



图二二 四坝文化夹砂陶T0301F1:8显微结构(正交光,放大100倍)

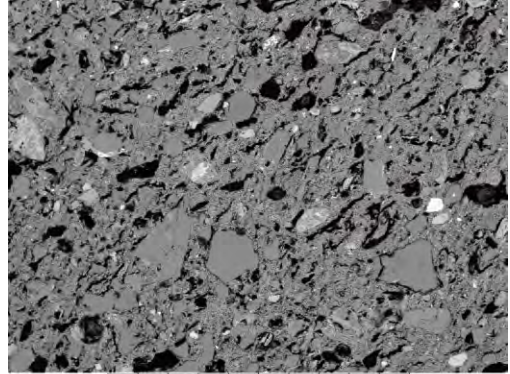


图二三 四坝文化夹砂彩陶T0301④C:2显微结构(正交光,放大50倍)



图二四 四坝文化泥质陶T0301④C:5背散射电子图像(放大100倍)

赤铁矿、伊利石、蒙脱石和高岭石类,部分样品中有碳酸盐矿物,夹杂颗粒尺寸多在10~1000微米之间,个别样品夹杂颗粒尺寸大于1000微米(图二二;图二三)。泥质陶和泥质彩陶胎体显微特征也较为接近,其原



图二五 四坝文化泥质彩陶T0301F1:7背散射电子图像(放大100倍)

料经过加工筛选,去除陶土中尺寸较大的颗粒物,使得胎料较为细碎均匀。泥质陶和泥质彩陶胎体均由黏土基质和大量细小颗粒物组成,颗粒物尺寸基本在10~200微米之间(图二四;图二五)。这些特征表明,夹砂陶和夹砂彩陶可能均为夹杂各种原生矿物的黏土制成,泥质陶和泥质彩陶原料的筛选加工工艺可能相同。

五、西城驿陶器相关问题探讨

研究表明,甘肃地区陶器的显著特征是钙和镁的含量均普遍较高。20世纪60年代,尼尔斯·森迪厄斯(Nils Sundius)注意到甘肃地区黄褐色彩陶比河南仰韶村出土的红色彩陶具有较高的CaO含量^[12]。1964年,周仁指出甘肃陶器标本高CaO含量特征明显不同于黄河流域中下游的仰韶文化陶片^[13]。《中国陶瓷史》^[14]和《中国科学技术史·陶瓷卷》^[15]均认为甘肃马家窑文化彩陶普遍具有较高的CaO、MgO含量,而其他地区彩陶中的钙和镁含量相对较低。马清林对甘肃地区新石器时代至青铜时代的多个遗址陶器分析后认为,其CaO含量均相当高^[16]。洪玲玉等对甘青地区多个新石器时代遗址的陶器分析后指出,马家窑文化彩陶均具有较高的CaO和MgO含量,其CaO含量通常高于5%,部分达15%左右,MgO含量一般稳定在2~4%

之间^[17]。西城驿遗址不同文化因素的各类型陶器CaO含量均值在2.4~6.2%之间，MgO含量均值在3.5~5.5%之间。从分析结果看，CaO、MgO含量较高是甘肃地区新石器时代到青铜时代陶器的重要特征。

西城驿遗址陶器CaO、MgO含量较高的特征表明，其原料应与该地区的黄土和第三纪红黏土有关。20世纪90年代，马清林指出西北地区陶器胎体使用含钙量较高的红黏土制成^[18]。洪玲玉对甘肃地区马家窑文化多个遗址的彩陶进行研究后认为，钙含量相对较高的第三纪红黏土是理想的制陶原料^[19]。西城驿遗址各文化因素陶器的化学组成特征，与甘肃地区黄土和第三纪红黏土的化学组成特征相似；该遗址马厂晚期、西城驿文化和四坝文化使用夹杂各种原生矿物的黏土制成的陶器，其矿物组成与风成黄土黏土基质比较接近^[20]。地球化学研究显示，黄土高原的第三纪红黏土与其上的黄土层普遍属风成堆积，由于富含碳酸盐，第三纪红黏土和黄土均含有较高的CaO，碳酸盐淋溶易于向下迁移，致使居于下层的红黏土又往往比其上的黄土层具有相对较高的CaO和MgO含量^[21]。而目前的实验与研究多表明马兰黄土含钙量高、可塑性差，不适宜直接用来制陶^[22]。结合西城驿遗址部分夹砂或夹粉砂陶胎中有钙质矿物结核，推测当时陶工可能使用红黏土或红黏土掺和一定比例的黄土制作陶器，这种配方在现代甘肃临洮、临夏和兰州红古区的现代彩陶工艺品厂中仍得到普遍使用^[23]。

西城驿遗址陶器检测分析所揭示的技术特征，对认识该遗址不同文化因素的社群间的关系具有重要意义。经显微分析的西城驿文化、四坝文化夹砂陶和夹砂彩陶与马厂晚期夹砂陶的显微特征相似，陶胎夹杂颗粒种类多样、大小不等、磨圆度差、棱角分明，胎料中夹杂各种原生矿物。马厂晚期夹砂彩陶的胎料可能经过一定的筛选处理，再掺入一定量的“麝合料”。齐家文化夹砂陶胎料

中夹杂的颗粒尺寸较大、磨圆度较好，与马厂晚期夹砂彩陶相似。泥质胎的陶器原料均经过筛选处理，但加工工艺从马厂晚期以后有所变化，西城驿文化泥质胎的陶器与马厂晚期相似，到四坝文化时期，胎料细腻程度降低；而齐家文化泥质陶胎料相对较为细腻均匀。这一特点与马家窑文化石岭下、马家窑、半山和马厂类型早期陶器化学组成较为规整的特点^[24]明显不同，表明马厂类型进入河西走廊后，其制陶工艺出现了变化。筛选处理陶土使其细碎均匀，再添加“麝合料”的方式，被齐家文化继承；使用夹杂各种原生矿物的陶土直接或简单处理去除大颗粒，再进行制陶的方式，被西城驿文化继承，并延续到四坝文化。值得注意的是，四坝文化陶器较西城驿文化陶器胎料处理工艺更加粗糙，其与齐家文化陶器化学组成和显微特征相比差异变得更大。

尽管目前很难判断齐家文化陶器在西城驿遗址大量出现的文化背景，但其与马厂晚期、西城驿文化和四坝文化陶器的技术特征的比较有助于深入理解这一问题。西城驿第二期遗存中，马厂晚期风格、齐家文化、西城驿文化和四坝文化早期风格的陶器共存，其在类型风格上的不同，与技术特征上的不同相互印证。从考古发现来看，西城驿文化、四坝文化相较于马家窑文化出现了新的变化，如农业、畜牧业在生业模式中居于主导地位^[25]，房屋建筑中地面立柱式和地面土坯式建筑逐渐取代半地穴式建筑^[26]，铜冶金手工业的兴起^[27]，以及自然环境的变化等^[28]，均是促成当时社会变化的重要因素。西城驿遗址马厂晚期-西城驿文化-四坝文化的制陶系统对陶土原料筛选处理的精细程度显著降低，这可能跟冶金手工业的兴起有关。齐家文化陶器技术特征至少说明其所代表的社群应当有独立的制陶手工业，齐家文化与西城驿文化、甚至与马厂晚期和四坝文化之间可能有制陶技术及陶工的往来交流。

结 语

本文通过对西城驿遗址陶器化学组成和显微结构进行分析,尝试从制陶手工业技术与社会的角度,解读该遗址各文化因素陶器所蕴含的考古学信息。结果表明,西城驿遗址各文化因素陶器的钙和镁含量均普遍较高, CaO含量均值在2~6%之间, MgO含量均值在3.5~5.5%之间,这与甘肃地区黄土和第三纪红黏土化学组成特征相似。

西城驿文化、四坝文化夹砂陶和夹砂彩陶与马厂晚期夹砂陶的显微特征相似,夹杂颗粒种类多样、大小不等,磨圆度差,棱角分明,与风成黄土矿物组成比较接近;齐家文化夹砂陶夹杂颗粒尺寸较大,磨圆度较好,与马厂晚期夹砂彩陶相似,其胎料可能经过筛选处理后再掺入“羸合料”。泥质胎陶器原料均经过筛选处理,西城驿文化泥质胎陶器与马厂晚期的相似,到四坝文化时期,胎料细腻程度降低;齐家文化泥质胎陶料更为细腻均匀。考虑到部分样品中有钙质矿物结核,推测陶工可能使用红黏土或红黏土掺和一定比例的黄土制作陶器。

马家窑文化马厂类型进入河西走廊后,其制陶工艺出现了变化。筛选处理陶土使其细碎均匀,再添加“羸合料”的工艺,被齐家文化继承;使用夹杂各种原生矿物的陶土直接或稍微处理去除大颗粒,再进行制陶的工艺,被西城驿文化继承,并延续至四坝文化;西城驿文化与齐家文化陶器各自代表的社群可能均有独立的制陶手工业,齐家文化与西城驿文化、甚至与马厂晚期以及四坝文化之间可能存在制陶技术、陶工的交流。

附记:本研究得到中国博士后科学基金(2016M600840)资助。

注 释

[1] a.Shepard, Anna O., Problems in Pottery Analysis, *American Antiquity*, 31(6):870-871,1966.

b.Peacock, D.P.S., The Scientific Analysis of Ancient Ceramics: A Review, *World Archaeology*, 1(3):375-389, 1970.

[2] Colin Renfrew, Paul Bahn, *Archaeology: the Key Concepts*, Rout Ledge, London and New York, pp.25-29, 2005.

[3] Prudence M.Rice, *Pottery Analysis: A Source Book*, Chicago: The University of Chicago Press, 2015.

[4] a.Stoltman James B., A Quantitative Approach to the Petrographic Analysis of Ceramic Thin Sections, *American Antiquity*, 54(1):147-160, 1989.

b.Stoltman James B., Ceramic Petrography as a Technique for Documenting Culture Interaction: An Example from the Upper Mississippi Valley, *American Antiquity*, 56(1):108-109, 1991.

[5] a.周仁等:《我国黄河流域新石器时代和殷周时代制陶工艺的科学总结》,《考古学报》1964年第1期。

b.李家治:《中国科学技术史·陶瓷卷》,科学出版社,1998年。

[6] 甘肃省文物考古研究所等:《甘肃张掖市西城驿遗址》,《考古》2014年第7期。

[7] 北京科技大学冶金与材料史研究所、甘肃省文物考古研究所:《张掖西城驿冶金遗址调查报告》,《考古与文物》2015年第2期。

[8] 甘肃省文物考古研究所等:《甘肃张掖市西城驿遗址2010年发掘简报》,《考古》2015年第10期。

[9] 张雪莲等:《张掖市西城驿遗址的碳十四测年及初步分析》,《华夏考古》2015年第4期。

[10] 陈国科等:《西城驿遗址二期遗存文化性质浅析》,见《早期丝绸之路暨早期秦文化国际学术研讨会论文集》,文物出版社,2014年。

[11] Stolman James B., The Role of Petrography in the Study of Archaeological Ceramics, *Earth Sciences and Archaeology*, New York: Plenum Publishers, pp.297-326, 2001.

[12] Nils Sundius., *Some Aspects of the Technical Development in the Manufacture of the Chinese Pottery Wares of Pre-Ming Age*, (33):103-124, Bulletin of the Museum Offar Eastern Antiquity,

- 1961.
- [13] 同[5] a。
- [14] 中国硅酸盐学会：《中国陶瓷史》，文物出版社，1982年。
- [15] 同[5] b。
- [16] 马清林、李现：《甘肃古代各文化时期制陶工艺研究》，《考古》1991年第3期。
- [17] 洪玲玉等：《移民、贸易、仿制与创新——宗日遗址新石器时代晚期陶器分析》，见《考古学研究》(九)，文物出版社，2012年；《川西马家窑类型彩陶产源分析与探讨》，见《南方民族考古》第七辑，科学出版社，2011年。
- [18] 同[6]。
- [19] 同[17]。
- [20] a.丁仲礼等：《黄土高原红黏土成因及上新世北方干旱化问题》，《第四纪研究》1997年第2期。
b.刘秀铭等：《甘肃第三系红黏土磁学性质初步研究及古气候意义》，《中国科学》(D辑：地球科学)2001年第3期。
- [21] a.刘东生主编：《黄土与环境》，科学出版社，1985年。
b.陈旻等：《甘肃西峰晚第三纪红黏土的化学组成及化学风化特征》，《地质力学学报》2001年第2期。
c.刁桂仪、文启忠：《黄土风化成土过程中主要元素迁移序列》，《地质地球化学》1999年第1期。
- [22] a.同[5] a。
b.李文杰：《宁夏南部新石器时代的制陶工艺》，见《中国古代制陶工艺研究》第39~68页，科学出版社，1996年。
c.李新燕：《甘肃彩陶制作工艺实验与探索》，《考古与文物》2005年第6期。
- [23] 郎树德、贾建威：《彩陶》第15、16页，敦煌文艺出版社，2004年。
- [24] 洪玲玉等：《川西马家窑类型彩陶产源分析与探讨》，见《南方民族考古》第七辑，科学出版社，2011年。
- [25] 张雪莲等：《甘肃张掖市西城驿遗址先民食物状况的初步分析》，《考古》2015年第7期。
- [26] 同[6]。
- [27] a.李延祥等：《张掖西城驿遗址冶铸遗物研究》，《考古与文物》2015年第2期。
b.陈国科等：《张掖西城驿遗址出土铜器的初步研究》，《考古与文物》2015年第2期。
- [28] a.夏正楷：《环境考古学——理论与实践》，北京大学出版社，2012年。
b.水涛：《甘青地区青铜时代的文化结构和经济形态研究》，见《中国西北地区青铜时代考古论集》，科学出版社，2001年。

附表 西城驿遗址陶器化学组成的均值和标准差

文化 遗存	文化 属性	序号	类型	样品 数量 (件)	化学组成/Wt%										
					Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	
西城 驿第 一期 遗存	齐家 文化	1	泥质陶	3	均值	0.97	4.63	17.91	58.66	0	3.85	4.84	0.5	0.09	8.55
					标准差	0.03	0.64	1.87	0.99	0.01	0.25	3.44	0.02	0.03	1.31
	马厂 晚期	2	夹砂 彩陶	4	均值	1.02	3.64	16.79	61.48	0.05	3.41	5.42	0.53	0.11	7.57
					标准差	0.05	0.68	2.64	2.28	0.09	0.47	1.16	0.09	0.05	1.12
		3	泥质 彩陶	11	均值	0.99	5.07	17.05	60.05	0.03	3.42	4.24	0.54	0.14	8.48
					标准差	0.07	0.72	2.22	2.83	0.06	0.67	2.09	0.08	0.03	0.68
	4	夹砂陶	13	均值	1.21	3.48	17.2	62.37	0.18	4.43	2.38	0.81	0.08	7.87	
				标准差	0.51	0.8	1.61	3.27	0.23	0.88	1.51	0.32	0.03	1.67	
	5	泥质 红陶	2	均值	1	4.18	17.26	59.7	0.28	3.66	4.6	0.6	0.18	8.59	
				标准差	0.08	0.66	1.66	6.32	0.29	0.11	1.62	0.09	0.08	1.9	
	6	泥质 灰陶	3	均值	0.97	4.23	18.34	59.58	0.09	3.87	4.17	0.52	0.1	8.14	
				标准差	0.03	0.75	1.36	1.82	0.1	0.44	0.26	0.06	0.02	0.19	

文化 遗存	文化 属性	序号	类型	样品 数量 (件)	化学组成/Wt%										
					Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃	
西城 驿第 二期 遗存	马厂 晚期 风格	7	夹砂 彩陶	4	均值	1.4	4.87	14.69	59.5	0.26	2.56	5.98	0.78	0.13	9.84
					标准差	0.73	0.78	1.13	2.96	0.19	0.64	1.37	0.32	0.02	2.18
		8	泥质 彩陶	2	均值	1.1	4.55	16.47	62.32	0.02	3.29	3.93	0.52	0.14	7.69
					标准差	0.05	0.02	0.81	2.12	0.03	0.02	0.09	0.01	0.03	1.3
	齐家 文化	9	夹砂陶	4	均值	0.79	3.77	16.98	61.98	0.3	3.75	3.4	0.64	0.09	8.3
					标准差	0.53	0.78	1.82	1.69	0.23	0.5	1.28	0.21	0.02	1.37
	10	泥质陶	20	均值	1	4.21	18.28	58.02	0.35	4.09	5.02	0.54	0.13	8.36	
				标准差	0.18	0.69	1.5	1.55	0.48	0.38	1.05	0.05	0.03	0.95	
	西城 驿文 化早 段	11	夹砂 彩陶	1	均值	1.02	4.78	16.15	61.61	0.02	2.25	2.99	0.73	0.12	10.33
					标准差	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
		12	泥质 彩陶	7	均值	1.58	3.75	16.05	60.81	0.16	2.59	4.87	0.6	0.13	9.47
					标准差	0.8	1.43	1.32	2.17	0.16	0.76	1.06	0.11	0.04	1.39
	13	夹砂陶	8	均值	1.2	3.64	16.85	60.66	0.25	3.66	4.08	0.67	0.14	8.89	
				标准差	0.52	1.14	1.2	1.81	0.34	0.72	1.91	0.14	0.04	1.19	
	14	泥质陶	3	均值	0.91	4.44	16.62	60.15	0.24	4.25	3.14	0.7	0.11	9.44	
				标准差	0.09	0.18	2.31	4.22	0.26	1.62	1.44	0.05	0.02	0.13	
	西城 驿文 化中 段	15	泥质 彩陶	13	均值	0.89	4.81	16.19	59.82	0.19	3.23	5.02	0.58	0.13	9.14
					标准差	0.37	0.67	1.19	2.63	0.22	0.88	1.77	0.14	0.04	2.11
		16	夹砂陶	4	均值	1.53	4.3	17.19	57.39	0.28	3.47	5.31	0.67	0.13	9.73
					标准差	1.11	1.54	1.6	1.51	0.2	0.89	2.16	0.15	0.02	0.67
	17	泥质陶	2	均值	0.98	5.47	15.19	59.36	0.46	2.9	6.12	0.61	0.13	8.81	
标准差				0.04	0.13	0.52	0.5	0.05	0.18	0.02	0.06	0.01	1.02		
西城 驿文 化晚 段	18	夹砂 彩陶	9	均值	1.23	4.47	15.45	59.82	0.51	2.99	5.76	0.68	0.11	8.98	
				标准差	0.47	0.86	1.57	1.84	0.88	0.94	1.58	0.11	0.04	1.51	
	19	泥质 彩陶	7	均值	1.55	4.4	17.06	57.97	0.34	3.41	5.51	0.66	0.12	8.97	
				标准差	1	0.53	1.32	1.38	0.4	0.73	1.21	0.11	0.03	1.26	
20	夹砂陶	13	均值	1.38	3.71	16.73	60.52	0.26	3.67	4.42	0.65	0.11	8.56		
			标准差	0.95	1.05	1.54	2.15	0.31	0.97	1.35	0.14	0.03	1.46		
21	泥质陶	2	均值	0.98	3.72	18.77	58.98	0	4.13	4.75	0.56	0.09	8.03		
			标准差	0.06	0.06	2.26	3.18	0	0.71	0.23	0.01	0.01	0.47		
西城 驿第 三期 遗存	齐家 文化	22	泥质陶	1	均值	0.9	5.14	18.93	57.88	0.14	4.33	3.12	0.56	0.07	8.93
					标准差	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	23	夹砂 彩陶	6	均值	1.17	4.77	15.8	59.5	0.12	2.49	4.5	0.74	0.12	10.79	
				标准差	0.39	0.85	1.49	2.62	0.24	0.86	0.4	0.17	0.03	2.28	
	24	泥质 彩陶	9	均值	2.06	4.61	16.25	57.99	0.14	2.9	5.1	0.65	0.13	10.17	
				标准差	2.12	0.71	0.99	2.24	0.23	0.94	1.14	0.11	0.03	1.72	
	25	夹砂陶	12	均值	1.03	4.04	17.23	58.96	0.22	4.38	4.47	0.63	0.11	8.91	
				标准差	0.53	1.1	2.16	3.56	0.26	1.6	1.55	0.15	0.04	2.76	
26	泥质陶	9	均值	1.05	4.59	16.69	57.57	0.15	2.97	5.82	0.66	0.13	10.36		
			标准差	0.65	1.1	1.7	2.02	0.14	0.83	1.1	0.13	0.03	1.59		

(责任编辑 李学来)