



关于叶家山青铜器铅同位素比值研究的几个问题

- ◆ 郁永彬 陈建立 (北京大学中国考古学研究中心)
- ◆ 梅建军 (剑桥大学李约瑟研究所)
- ◆ 陈坤龙 (北京科技大学科技史与文化遗产研究院)
- ◆ 常怀颖 (中国社会科学院考古研究所)
- ◆ 黄凤春 (湖北省文物考古研究所)

摘要: 铅同位素研究显示,叶家山曾国铜器(有曾国族属铭文者)铅料可能有两种来源,其中大多数铅锡合金的铅同位素特征与东秦岭地区铅矿有较高重合度;铜料来源尚难以确认,但与大冶铜绿山古矿区铜矿的铅同位素数据更为接近;其他族属铜器中,有使用与曾国铜器相同原料的情况,其他器物的数据则与之存在差异;商代风格器物中,多数为先周时期制作,个别器物的成器年代则已进入西周时期。

本文通过与周邻地区青铜文化的比较,探讨了西周时期不同地区之间存在的青铜技术与文化联系及相互影响。论文指出,周王室对青铜物料资源进行了集中管控和配置,在周王室统筹下开展青铜冶铸生产并分配给各诸侯国,是这一时期青铜工业生产体系的主要形式。本文研究结果,还为深入认识曾国与其他族群或方国间关系、商末周初铸铜产业发展、西周青铜工业生产组织等提供了重要参考。

关键词: 冶金考古 叶家山墓地 西周铜器技术 曾国铜器 铅同位素比值 青铜工业

Abstract: The lead isotope analytical results show that at least two different lead resources may have been exploited for the production of the Zeng state objects (ones with Zeng related inscriptions) and one of them, which provides the big portion of the lead used has an isotopic feature matches that of lead mines from eastern parts of the Qinling Mountain Range. Despite some data from the Tonglushan copper mine fall in the clusters of bronze objects, the isotopic data of copper resources are much more complicated; and it is difficult to locate the original mines. Some objects with “non-Zeng” inscriptions follow the isotopic patterns of the Zeng objects, while others show clear differences regarding the ore provenances. It can also be inferred that the majority of the Yejiashan assemblage were cast in the Proto-Zhou period, while there are still notable numbers of objects that can be well dated to the Western Zhou period.

Furthermore, comparisons with other regions have been conducted with a broader archaeological context to explore the development of metallurgy and cultural-technological interaction within these regions. The mechanism of metallurgical industrial organization of the early Western Zhou period is discussed as well. It is pointed that the resources and metal production could have been mainly controlled by the central government of the Western Zhou Kingdom, while their products (ingots and/or finished objects) were assigned to the vassal states following certain criteria.

Key words: Archaeometallurgy, Yejiashan Cemetery, Western Zhou bronze technology, Zeng State bronze, Lead isotope, Bronze industry

湖北随州叶家山墓地是西周早期的高等级贵族墓地,葬制独特,布局清晰,保存完整,随葬器物种类多、数量大,备受学界关注。其中铜器数量最多,达800余件套,并出土有铸铜原材料铜锭。部分器物带有铭文,在多座墓葬内见有“曾”、“曾侯”、“曾侯谏”和“曾侯抗”等曾国族属铭文铜器;还发现20多种其他方国或族属铭文铜器,包括“举”、

“彭”、“媿”、“鱼”、“冉”、“南獸”、“亞離”、“束”、“庚丙册”等。叶家山青铜器不仅保存完好,而且组合与共存关系明确,是研究该地区商周特别是西周时期物质文化发展的重要标准器物群。

夏鼐指出青铜器的铸造,涉及到矿石开采、冶炼、贸易活动、交通运输等方面,对其原料来源进行研究,能反映冶金技术的起源及当时社会的政治、

文化、方国地理、经济贸易、交通运输以及生产组织、社会结构等多方面、深层次的问题。曾国作为西周“南土”重要方国,其青铜器原料利用有着怎样的特征?与其他地区西周铜器在原料利用方面是否有联系?以其作为切入点,对叶家山不同合金类型铜器铅同位素比值特征、青铜器群构成、青铜器原料来源以及商周青铜物料流通和区域青铜原料利用等进行深入研究,进而探讨商周时期青铜物料(青铜原料和器物)管理、使用和流通,方国青铜物料获取与利用特征,以及方国铜器生产等相关学术问题。鉴此,本文根据叶家山墓地出土铜器风格及铭文内容,有针对性的选择了129件铜器样品,并选择西周时

期其他遗址和墓地60件样品进行铅同位素比值测定,结合已发表数据对上述问题进行初步探讨,为相关问题深入研究提供科学信息。

表一 叶家山曾国铜器、铅焊料和孔雀石与西周锡器的均值与标准差

类别	数		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$
铅锡曾器 I 组	13	均值/wt%	0.888	2.165	17.482	15.5242	37.8447
		标准差	0.002	0.004	0.0643	0.0664	0.1506
铅锡曾器 II 组	3	均值/wt%	0.869	2.132	17.9203	15.572	38.2007
		标准差	0.004	0.007	0.1069	0.0187	0.0945
曾国铜器铅焊料	4	均值/wt%	0.89	2.167	17.4505	15.532	37.8188
		标准差	0.001	0.001	0.0101	0.0078	0.024
叶家山孔雀石	1	均值/wt%	0.878	2.152	17.766	15.606	38.227
		标准差	—	—	—	—	—
锡铜曾器	16	均值/wt%	0.864	2.118	18.0249	15.5702	38.1706
		标准差	0.007	0.014	0.1513	0.0212	0.1421
西周锡器	6	均值/wt%	0.849	2.096	18.4785	15.6868	38.7233
		标准差	0.002	0.004	0.0811	0.0346	0.1118

一、叶家山铜器铅同位素研究背景

叶家山青铜器类丰富、数量多、年代明确、保存完好、组合与共存关系清晰、族属铭文内容多样。成分分析表明,叶家山青铜器铅锡青铜和锡青铜器物占绝对地位,另有红铜和铅焊料,为探讨不同合金组分的铅同位素比值特征提供了良好素材。本文为方便讨论,将带“曾”、“曾侯”或“侯”等铭文铜器称为曾国铜器,将其他方国或族属铭文(包括日名)铜器统称为其他族属铜器;并以曾国铜器为“坐标点”,逐步深入讨论叶家山铜器群构成,不同地区铜器群原料利用特征,曾国青铜器原料来源,商周青铜物料流通机制,区域青铜原料利用与方国铜器生产等相关问题。

本文研究对象具有明确的考古学背景,年代序列明确,是探讨既定研究目标的理想材料。取样过程中,尽量对容器、兵器和车马器分别取样;容器类兼顾炊食器、酒器和水器,并注重铭文内容、纹饰风格相同,以及组合器物的取样,以增强样品代表性

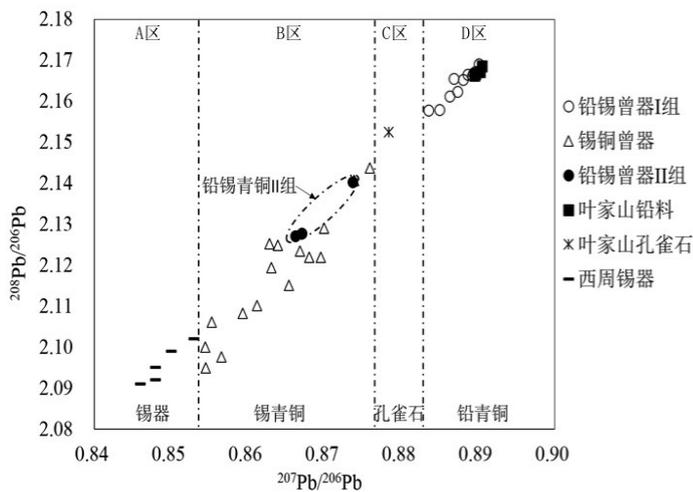
和针对性。重点对曾国和其他族属标准器进行取样。本文共对189件样品进行了铅同位素比值分析,包括129件叶家山铜器样品:本体86件、锈蚀物26件、补铸材料8件、铅焊料4件、铜锭4件和孔雀石1件;以及湖北随州羊子山铜器样品12件、河南洛阳北窑墓地铜器样品17件、陕西周原周公庙、孔头沟和李家铸铜遗址等出土的铜器或铜块样品31件。本研究使用多接收电感耦合等离子质谱仪(MC-ICP-MS)结合国际铅同位素标准溶液-SRM981测试了样品的铅同位素比值,使得铅同位素比值结果的测量精度大幅提高,结果详见注释⑤附录E。

二、合金料与青铜器的铅同位素比值

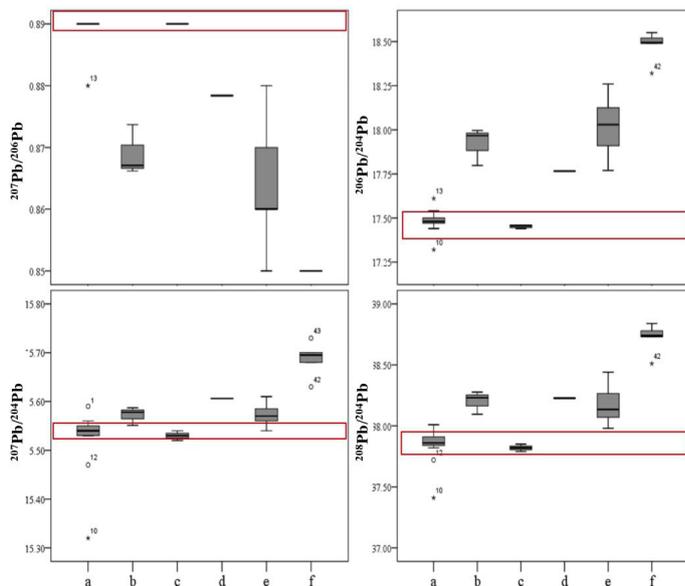
一般而言,纯铜的铅同位素指示铜料信息,纯锡的铅同位素指示锡料信息,纯铅的铅同位素指示铅料信息,铜锡铅合金料之铅同位素为各合金元素的加权结果。Gale和Stos-Gale曾介绍不同来源的铅发生混熔后的可能情况,混熔后的所有铅同位素比值将落在以原始矿源铅同位素组成的多边形之内,若是两种矿铅的混溶,则会落在以这两种矿铅为顶点的直线上。通常情况下,锡矿石的铅含量低于铜矿石和铅矿石的铅含量,由金属锡引入的铅不会大尺度改变合金料(锡青铜、铅锡青铜和铅青铜)的铅同位素组成,但青铜器废料重熔也会引入来源更加复杂的铅,这均是铅同位素研究中值得注意的问题。

叶家山墓地曾国铜器包括铅锡青铜和锡青铜两种合金类型,使用纯铅焊料,还有孔雀石和铜锭等。本文根据这些样品铅同位素比值测定结果,结

合其他地区出土同时期纯锡器物铅同位素比值结果(表一),以 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 为横、纵坐标做散点图一,使用SPSS18软件做铅同位素比值箱式图二。如图一所示,这几组数据的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 值分布区间差别明显,西周锡器铅同位素比值分布在A区,锡青铜曾国铜器铅同位素比值分布在B区,孔雀石铅同位素比值分布在C区,铅锡青铜曾国铜器铅同位素比值散点分布在两个区域,表明其使用的铅料来源不同,其中分布在D区的谓之铅锡曾器I组,铅金属焊料与铅锡青铜曾器I组的区间重合,另一部分与锡青铜曾器区域重合的谓之铅锡曾器II组,以方便相关问题讨论。图二显示的铅同位素比值中位数差异亦较为明显。总体特征如下:



图一 叶家山曾国铜器、铅焊料和孔雀石与西周锡器的钍铅-铀铅图



图二叶家山曾国铜器、铅焊料和孔雀石与西周锡器的铅同位素比值箱式图注:a为铅锡曾器I组;b为铅锡曾器II组;c为铅焊料;d为孔雀石;e为锡青铜;f为西周锡器(来自大河口墓地、晋国遗址和横水墓地)

1. 锡青铜的铅同位素比值同时受到合金中铜料和锡料的影响。孔雀石铅同位素比值反映铜料信息,锡青铜铅同位素比值分布范围位于锡料和孔雀石之间,这是由于锡料中含有一定量铅,在合金化过程中,其与铜料和锡料共生的铅元素加权的结果(图一)。由于青铜料中合金元素含量所占百分比不同,各自携带铅含量也不同,导致锡青铜铅同位素比值分布范围相对宽泛。总体上,锡青铜铅同位素比值落在原始铜矿源和锡矿源的铅同位素比值为端点的区间内,由于锡矿源铅同位素信号较弱,其主要反映铜矿源的信息。

2. 铅锡青铜(铅青铜)的铅同位素比值主要受到铅料影响。铅锡青铜曾器I组与铅焊料的铅同位素比值聚在一起,箱式图显示它们的中位数接近,表明铅锡青铜曾器I组和铅焊料可能使用相同来源的铅料,因此铅锡青铜的铅同位素主要反映铅料的信息;铅锡青铜I组的铅同位素比值和铅焊料的非常接近,大部分样品的完全相同,仅少部分偏向孔雀石一端,存在小差异,其可能是因铜料中含有一定量的铅,在合金化过程中,铜料中的铅和铅料混熔导致的。

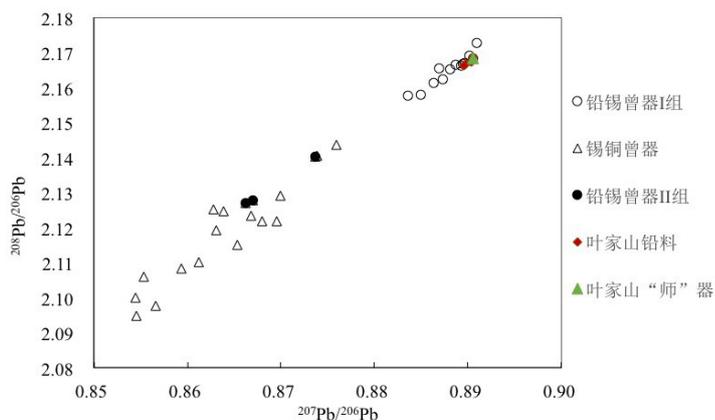
3. 合金料的添加对青铜器铅同位素比值影响是明显的。由于地质矿源铅同位素组成复杂,以及各种合金料所携带铅的含量不同,在讨论相关问题时,需结合具体材料作具体分析。铅锡青铜曾器I组和锡青铜曾器的铅同位素比值分布在不同区域内,而铅锡青铜曾器II组的铅同位素比值落在锡青铜曾器分布范围内,意味着在探讨叶家山铜器群构成和原料来源时,需分别对锡青铜和铅锡青铜进行分析讨论。

三、叶家山铜器群的构成

叶家山曾国铜器铅同位素比值均属普通铅范畴,但铅料似有不同的来源。铅锡青铜曾器I组和II组的铅同位素比值分布在不同的区域内,表明曾国青铜器的铅料可能有两种来源。锡青铜和铅锡青铜曾器I组的铅同位素比值数据点分布有重叠,而锡青铜主要指示铜料信息,铅锡青铜指示铅料信息,因此它们的原料来源不同。为便于讨论叶家山青铜器群构成,除有明确考古学信息的曾国铜器外,本文将这批青铜器分为“师作父葵宝彝”器组(M1出土)、其他族属铜器、商代风

格铜器等几组。拟以叶家山曾国铜器为“标准器”讨论其他几组青铜器的铅同位素比值特征。

叶家山 M1 出土的“师作父葵宝彝”器组使用的原料与曾国青铜器相同。“师”器均为铅锡青铜,其铅同位素比值落在铅锡青铜曾器 I 组的分布范围内(图三),表明 M1 出土的“师作父葵宝彝”器与叶家山曾国铜器使用的原料相同。



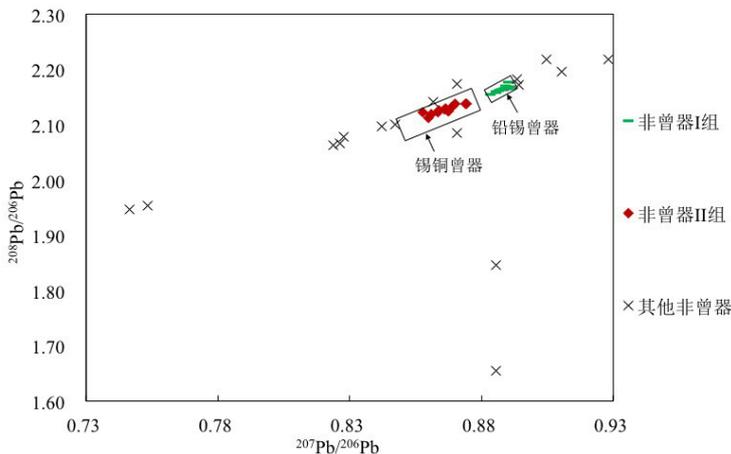
图三 叶家山曾国铜器和 M1“师”器的 207Pb/206Pb-208Pb/206Pb 关系图

叶家山曾国铜器与其他族属铜器的原料利用信息值得关注。叶家山墓地出土的其他族属铭文(包括日名)铜器较多,本文为了便于讨论,将这部分器物分为两部分,分别是与曾国铜器使用原料相同的部分和与曾国铜器使用原料不同的部分,其中与曾国铜器使用原料相同的部分又分为两组,分别是其他族属铜器 I 组(铅锡青铜器物组)和其他族属铜器 II 组(锡青铜器物组)。比较发现,叶家山其他族属铜器 I 组与铅锡青铜曾器 I 组的铅同位素聚在一起,其他族属铜器 I 组器物均是铅锡青铜,说明制作这组器物使用的铅料与制作曾国铜器使用的铅料相同。其他族属铜器 II 组均是锡青铜器物,它们与锡青铜曾国铜器铅同位素比值散点聚在一起,说明其他族属铜器 II 组器物原料(铜料)与曾国铜器相同;还有一部分其他族属铜器与曾国铜器的铅同位素比值散点未有重合,这部分器物既有铅锡青铜又有锡青铜,但不管其是哪种合金类型,它们的原料与曾国铜器均完全不同(图四)。可见,这些分析结果对进一步认识西周早期曾国与其他方国或族群之间的联系具有重要意义。

总体而言,叶家山墓地其他族属铜器中,一部分器物与曾国铜器原料相同,另一部分器物与曾国铜器原料不同。这些其他

族属铜器背后各自代表一个族群,这些族群铜器的生产与流通、原料使用与曾国铜器的关系值得深入研究。实际上,这涉及商周铜器生产组织、管理与格局的问题。使用相同原料制作不同族群的器物,如果在一个作坊里制作,说明同一作坊使用稳定矿源为多个族群制作产品;如果在不同作坊里制作,说明同一处矿源为多个作坊供料。使用不同原料为不同族群制作器物,如果在同一个作坊里制作,说明同一作坊有多渠道原料来源,同时为多个族群制作产品;如果在不同作坊制作,则说明西周时期,存在多个作坊,而且每个作坊都可能有自己的原料渠道,这些均体现了西周青铜物料流通方面的信息。

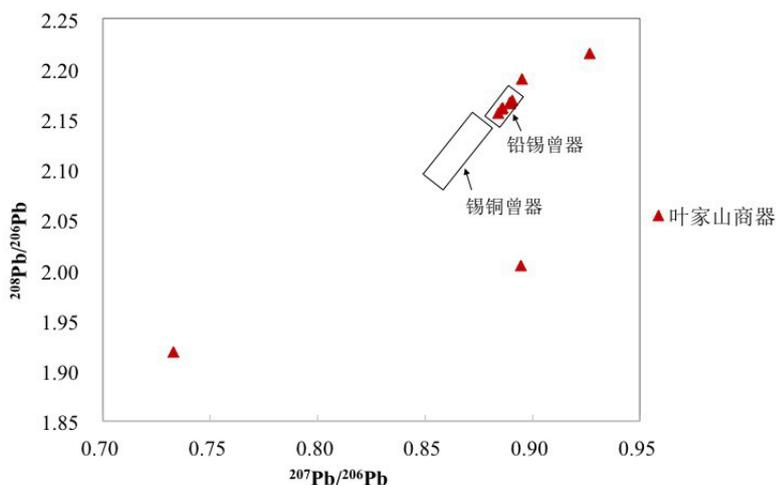
可以明确的是,其他族属(包括日名)铜器使用的原料,一部分与曾国铜器相同,另一部分与曾国铜器不同,体现了西周早期青铜物料流通方面的信息,其既有青铜料的流通,又包括青铜器物的流通。那些与曾国铜器原料不同的其他族属铜器可能是通过某种途径流通到曾国的,如 M1:010 乙爵、M3:6 亚簋等、M55:4 父乙尊。与曾国铜器原料相同的其他族属铜器也可能是通过某种途径流通到曾国的,如 M46:11 亚禽父丙觶、M46:12 束祖乙卣、M92:19 冉爵、M27:14 鱼伯彭尊、M126:10 庚丙卣尊等。部分其他族属铜器以组合方式埋葬在叶家山墓地中,表明部分西周铜器可能是成组器物整体流通的,如亚鼎簋组器、鱼伯彭尊卣组器、庚丙卣尊卣组器等,其对深入认识西周时期金属物料流通具有重要意义。



图四 叶家山曾国铜器和其他族属铭文铜器的 207Pb/206Pb-208Pb/206Pb 关系图

叶家山墓地出土商代风格铜器的铅同位素结果考古学意义明确。将商代风格铜器的铅同位素比值投射到叶家山曾国铜器铅同位素比值分布区域内发现(图五),一部分商代风格铜器(铜鼎 M1:07、M8:15、M46:21、M56:5、M111:90、铜簋 M46:17、M46:18)与铅锡青铜曾国铜器的铅同位素比值叠合在一起,表明这部分器物与曾国铜器使用的原料相同;另一部分商代风格铜器(铜鼎 M4:2、M23:3和 M86:15)的铅同位素比值与曾国铜器未有叠合,表明这部分器物原料另有来源。这些商代风格铜器,部分器物为西周时期制作,部分器物的成器年代可能在商王朝时期,如个别使用磨损严重及出现多次补铸的器物。

值得注意的是,有个别商代风格器物(如 M111:64 铜鼎)的铅同位素比值为高放射成因铅。研究表明,含这种高放射成因铅的青铜器,最早在偃师商城和郑州商城时期开始出现,二里岗时期的青铜器中约占 50%左右;到殷墟第一、二期,所占比例达 80%左右;殷墟第三期大幅减少至不到 40%;在殷墟第四期已不多见。以往,学者认为西周时期也有少量的高放射成因铅铜器,但叶家山墓地出土具有高放射成因铅铜器均为商代风格器物,可能说明高放射成因铅铜器是商代中晚期的时代特征,西周遗址少量高放射成因铅铜器可能是商器流存、交流的结果;但也可能存在高放射成因铅铜器重熔再铸的可能,具体情况需结合铜器风格加以研判。



图五 叶家山商代风格铜器的 207Pb/206Pb-208Pb/206Pb 关系图

四、不同地区青铜器原料利用的比较

铅同位素比值特征反映古代青铜器原料利用方面的信息,尽管西周青铜器铅同位素考古已取得

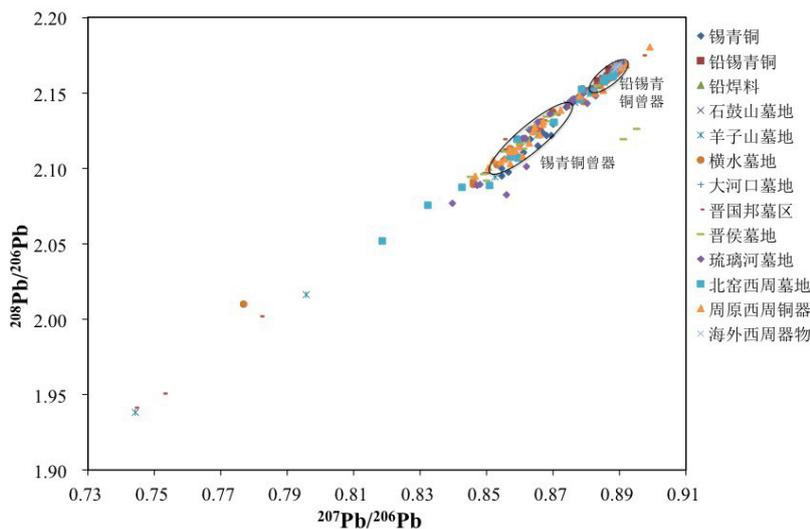
许多研究结果,但关于方国青铜物料管理、使用和流通等方面的研究还有待深入。叶家山铜器是西周早期最重要的铜器群之一,其铅同位素比值特征集中体现了周之“南土”方国青铜原料利用信息,其与王畿地区西周青铜器,以及与其他地区西周墓地或遗址青铜器铅同位素的比较研究,对深入认识叶家山曾国与其他遗址或方国墓地青铜器原料利用方面的联系具有重要意义。

用于比较的材料包括两部分,分别是已发表的西周铜器铅同位素比值数据和本文新测部分西周铜器数据。西周青铜器中,进行铅同位素比值分析的有北京琉璃河墓地、山西晋侯墓地^①、晋国邦墓区^②、横水墓地^③、大河口墓地^④铜器、部分海外博物馆藏铜器以及周原云塘-齐镇建筑基址出土铜块^⑤等;本文新测数据包括随州羊子山墓地、洛阳北窑西周墓地铜器、周原周公庙、孔头沟和李家铸铜遗址等出土的铜器或铜块。用于比较的这些样品,即有来自王畿地区的,也有来自各地方国的,还包括铸铜遗址出土的铜块,具有很好的代表性。

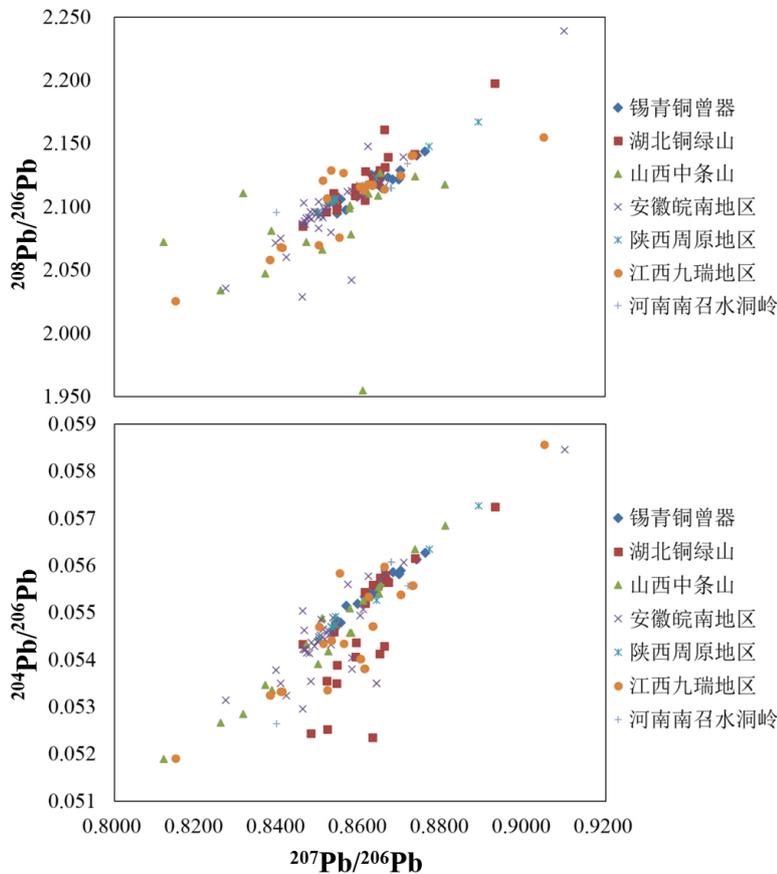
比较发现,叶家山曾国铜器,与随州羊子山墓地、宝鸡石鼓山墓地、洛阳北窑西周墓地、海外博物馆藏部分西周铜器的铅同位素比值重合度较高,与北京琉璃河墓地、山西晋侯墓地、晋国邦墓区、横水墓地、大河口墓地、周原周公庙、孔头沟、李家铸铜遗址、云塘-齐镇建筑基址出土铜器或铜块的铅同位素比值有一定程度的重叠,表明西周时期大多数

遗址或墓地出土青铜器物制作使用的原料均有一部分是相同的(图六);其背后反映的原料利用信息对深入认识西周时期青铜物料管理、流通和使用等具有重要意义。

叶家山与其它地区遗址或墓地青铜料利用的比较结果,已折射出西周青铜工业生产组织方面的信息。西周时期多数遗址或墓地铜器原料均有一部分相同,表明这些遗址或墓地铜器原料来源可能相同。既如此,就会引发新的学术问题,如西周时期,是不同的诸侯国在同一矿源地采矿、冶炼、自作青铜器?还是周王室统一采矿、冶炼、制作青铜器配置给各诸侯国?或是周王室直接把铸铜原料赐给诸侯国,由其自作青铜器?这亦是学术界关注的重要问题。



图六 叶家山曾国铜器
与其他西周铜器的 207Pb/206Pb-208Pb/206Pb 关系图



图七 叶家山锡青铜曾器、中条山矿区铜矿、
长江中下游成矿带铜矿的铅同位素比值分布

五、曾国青铜器原料的来源

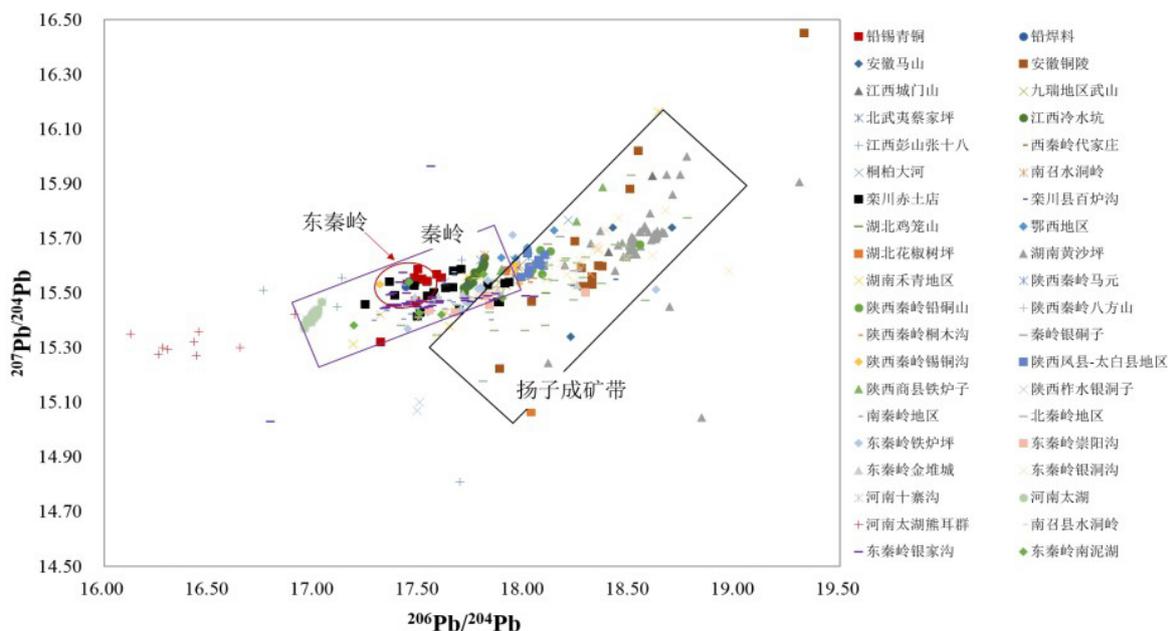
叶家山曾国铜器原料来源的示踪研究,是将锡青铜曾器和铅锡青铜曾器的铅同位素数据与铜矿

和铅矿及其冶炼遗物的铅同位素数据进行比对。结果表明,叶家山曾国铜器铜料来源尚难以确认,来源可能有多处,但与大冶铜绿山古矿区铜料的铅同位素数据更为接近。叶家山锡青铜曾器铅同位素数据,与中条山矿区、长江中下游成矿带的部分现代铜矿和已经发现的部分先秦冶炼遗址出土冶炼遗物的铅同位素比值结果相比较发现,其与安徽铜陵、江西瑞昌、江西铜岭和湖北大冶铜绿山的均有叠合,甚至与中条山铜矿的铅同位素比值也有一定程度的叠合(图七),说明叶家山曾国铜器铜料均有可能来自于这些地区,但很难确定铜料具体来自哪一个矿区。总体看来,其与湖北大冶铜绿山古矿区铜矿和冶炼产物的铅同位素比值数据重合的部分多一些。利用铅同位素探索铜料来源面临的主要问题是铅同位素场的重叠效应,即不同矿山之间可能存在铅同位素比值相同的情况,这在很大程度上限制了铅同位素示踪的目的^⑥,并且这些古矿区有多个矿点,因此就现有数据而言,很难准确判断叶家山曾国铜器的铜料来源。有学者指出铅同位素和微量元素两种示踪技术相互结合能够更好地进行青铜器原料溯源研究^⑦。我们已对叶家山铜器进行了微量元素分析,结果将另文发表。

铅同位素研究还表明,叶家山曾国铜器铅料可能有两种来源,其中大多数铅锡青铜曾器的铅同位素特征与东秦岭地区铅矿的有较高重合度。叶家山铅锡青铜曾器和铅焊料的铅同位素比值与秦岭地区和长江中下游成矿带铅矿的铅同位素比值相比较发现,其铅同位素比值落在了东秦岭矿区,且集中在东秦岭的南泥湖和银家沟一带(图八),说明叶家山曾国铜器的铅料有可能来自这一地区。东秦岭的南泥湖和银家沟一带位于河南西部灵宝境内,其位于宗周和成周之

间的区域,正是周人控制的核心地区。从地理位置看,这一地区离西周初期王室铸铜作坊所在地洛阳较近,可能是西周早期铜器铅料的一个重要产地。这一地区冶金考古田野调查目前开展的工作尚少,有待结合相关地质和地方志材料做深入系统区域田野调查,为西周铅料矿源研究寻找考古学上的证据。

产青铜器,其能够掌控和调配全疆域人力、物质和文化资源,是体现王权的需要;如果诸侯国能够独立生产青铜器,也意味着诸侯国资源控制和自治权的增强,我们所关注的,是二者之间的消长关系,及其反映的周王室与诸侯国之间的政治、经济和文化之间的联系。西周初期,周人在三监之乱前后,逐步将王室宗亲、功臣和旧贵族等分封至各地建立同姓



图八 叶家山铅锡青铜曾器、秦岭矿脉带、长江中下游成矿带的铅矿铅同位素比值分布图

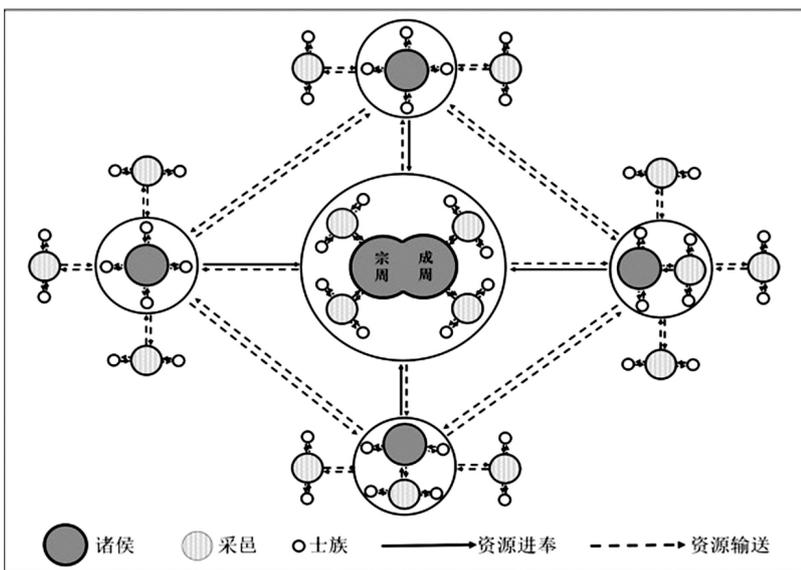
六、西周时期青铜工业的生产

叶家山铜器研究为认识西周青铜工业生产组织提供了重要资料。叶家山墓地除出土大量曾国铜器外,还有一定数量的其他族属铜器。二者制作原料既有相同的,也有不同的;所属族群,尽管有一些目前不能确定具体地望,但南方、北方均有。这表明曾国与其他族群或方国有着直接或间接的青铜技术和文化联系。随州地处南北交通要道,根据以往随枣走廊地区发现有东周时期铸铜遗物,尽管目前尚未发现西周时期铸铜作坊,但存在的可能性较大。从分析结果来看,叶家山铜器可能既有王畿地区王室掌管作坊铸造的,也有地方(诸侯或族群掌握的作坊)生产的,并通过一定方式获得的器物。由此可知,西周时期青铜器和青铜原料的大流通是普遍的、常态化的社会行为,是当时最重要的物流实体^⑧。

从青铜器生产的角度来看西周社会组织和运转模式是本项目研究关注的重点。如果周王室集中生

或异姓诸侯国以屏藩周王室统治,至成康之世,始于稳固。通过“分封”诸侯,周王室逐步掌控“四土”资源,也包括对青铜物料资源的强力控制,以维护和巩固其统治地位。西周中期以降,诸侯国势力逐渐增强,中原与当地土著文化渐进式融合,各地青铜文化开始不同程度地出现一些区域性特征。通过叶家山等西周铜器的形制、技法、纹样以及原料利用的系统研究,可初步提出如图九所示的西周早期青铜物料生产、组织、管理和运营模式。

该模式下的西周青铜工业生产组织体系由不同的层级构成。周王室由镐京宗周和洛邑成周组成,代表当时社会最高层级,围绕周王室的是其分封的采邑和更低一级的土族等,它们共同构建了王畿地区的青铜文化系统。王畿地区以外的是分布在全国各地的诸侯国、采邑和族邑,它们组成封国集团以维护受封区域的统治,共同构建了区域青铜文化系统。在这些封国集团之外,还有一些更小的诸侯国或族邑,它们也有自己的青铜文化系统。王畿与诸侯国地区,诸侯国地区相互间,王畿地区内部、封国集团内部等均有着密切的青铜文化交流。总体



图九 西周青铜物料生产、组织、管理和社会运营模式示意图

而言,西周早期周王室对青铜物料资源进行了集中的管控和配置,是这一时期青铜工业生产的主流,其为从整体上认识和把握西周青铜文化发展脉络和规律提供了更多的参考依据。尽管西周青铜文化发展面貌是复杂的和多样的,但西周早期各诸侯国青铜原料、技术、文化特征和器用制度与王畿地区的一致性,显示这一时期周王室对青铜文化的发展起主导作用。

当然,这一模式是否成立需建立在西周青铜工业面貌深刻认识的基础上,而各地区青铜文化发展的面貌、铸造与合金技术体系的特征、青铜器原料利用的规律和青铜器铸造作坊的分布,是深入理解该模式的关键。这些问题的解决,需要青铜器考古类型学、金文和古文献方面的系统梳理,需要有青铜矿冶遗址、铸造遗址等方面的调查、发掘与整理,需要有青铜器、铜锭等冶铸遗物的检测分析,也需要有大数据的科学统计与解释。所以,对以往资料系统整理,对相关遗址开展田野工作,对青铜器等进行合金工艺、微量元素、铅同位素的检测分析,对商周时期青铜工业生产机制进行综合探索,完善或修订本模式,应是西周时期冶金考古的重要工作任务之一。

七、结语

叶家山曾国铜器的铅料可能有两个来源,其中铅焊料和大部分铅锡青铜曾器的铅同位素与东秦岭地区铅矿有较高的重合度;铜料的来源尚难以确认,可能有多个来源,但与大冶铜绿山古矿区铜矿

料的铅同位素数据更为接近;其他族属铜器中,有部分器物使用了与曾国铜器相同的矿料,部分器物的数据与之存在差异;商代风格器物中,多数为先周时期制作,个别器物的成器年代进入西周时期。

叶家山墓地出土青铜器来源复杂,文化内涵丰富,既包括王室分配(王室掌控的作坊铸造),也有地方生产(非王室掌控的作坊铸造)及“分器”或从其他方国或族群流入的器物。比较发现,叶家山曾国铜器与西周早期大多数遗址或墓地出土铜器制作使用的矿料均有一部分是相同的,在与全国其他地区西周青铜器群科学分析研究结果相比较,并参照西周青铜文化

最新研究结果的基础上,本文初步提出,西周早期周王室可能对青铜物料资源进行了集中管控和配置,在周王室统筹下开展青铜冶铸生产并分配给各诸侯国,是这一时期青铜工业生产体系的主要形式。

附记:本文是湖北省博物馆、湖北省文物考古研究所、随州市博物馆、北京大学考古文博学院、中国社会科学院考古研究所、北京科技大学冶金与材料史研究所等单位关于叶家山墓地出土青铜器的制作工艺综合研究的成果之一。研究工作得到这些单位诸多老师的指导与帮助,在此致以诚挚感谢!

注释:

a. 湖北省考古研究所等:《湖北随州叶家山 M65 发掘简报》,《江汉考古》2011 年第 3 期;b. 湖北省文物考古研究所等:《湖北随州叶家山西周墓地发掘简报》,《文物》2011 年第 11 期;c. 湖北省文物考古研究所等:《湖北随州市叶家山西周墓地》,《考古》2012 年第 7 期;d. 黄凤春、郭长江、陈晓坤:《随州叶家山曾国墓地二期考古发掘再获大批西周青铜器》,《中国文物报》2013 年 10 月 25 日;e. 湖北省文物考古研究所等:《湖北随州叶家山 M28 发掘报告》,《江汉考古》2013 年第 4 期。

夏鼎、殷玮璋:《湖北铜绿山古铜矿》,《考古学报》1982 年第 1 期。

a. 湖北省考古研究所等:《湖北随州叶家山 M65 发掘简报》,《江汉考古》2011 年第 3 期;b. 湖北省文物考古研究所等:《湖北随州叶家山西周墓地发掘简报》,《文物》2011 年第 11 期;c. 湖北省文物考古研究所等:《湖北随州市叶家山西周墓地》,《考古》2012 年第 7 期;d. 黄凤春、郭长江、陈晓坤:《随州叶家山曾国墓地二期考古发掘再获大批西周青

铜器》，《中国文物报》2013年10月25日；e. 湖北省文物考古研究所等：《湖北随州叶家山M28发掘报告》，《江汉考古》2013年第4期。

a. 郁永彬、常怀颖、黄凤春等：《随州叶家山西周墓地M65出土铜器的金相实验研究》，《江汉考古》2014年第5期；b. 郁永彬、常怀颖、陈坤龙等：《湖北随州叶家山西周墓地M28出土铜锭相关问题研究》，《江汉考古》待刊；c. 郁永彬：《湖北随州叶家山墓地出土西周青铜器的科学分析研究》，北京科技大学博士学位论文，2015年。

⑬ 郁永彬：《湖北随州叶家山墓地出土西周青铜器的科学分析研究》，北京科技大学博士学位论文，2015年。

Z. Stos-Gale, N. H. Gale, 2000. Lead isotope analyses applied to provenance studies, in *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology: Chemical studies Series*. New York: John Wiley & Sons Inc, p503-584.

a. Z. Stos-Gale, N. H. Gale, 2000. Lead isotope analyses applied to provenance studies, in *Modern Analytical Methods in Art and Archaeology: Chemical studies Series*. New York: John Wiley & Sons Inc, p503-584; b. Pernicka E, Begemann F, Schmitt-Strecker S, et al, 1990. On the composition and provenance of metal objects from Poliochni on Lemnos, *Oxford Journal of Archaeology*, p263-298.

a. 金正耀、Chase W. T.、平尾良光等：《天马-曲村遗址西周墓地青铜器的铅同位素比值》，《天马-曲村（1980-1988）》，第1174-1182页，科学出版社，2000年；b. 宋建忠、南普恒：《绛县横水西周墓地青铜器科技研究》，第106-116

页，北京科学出版社，2012年。

金正耀：《中国铅同位素考古》，第48-55页，中国科学技术大学出版社，2008年。

a. 张利洁：《琉璃河燕国墓地出土铜器的技术研究》，北京科技大学硕士学位论文，2001年；b. 张利洁、孙淑云、殷伟璋等：《北京琉璃河燕国墓地出土铜器的成分和金相研究》，《文物》2005年第6期。

⑪ 杨颖亮：《晋侯墓地出土青铜器的合金成分、显微结构和铅同位素比值研究》，北京大学硕士学位论文，2005年。

⑫ 金正耀、Chase W. T.、平尾良光等：《天马-曲村遗址西周墓地青铜器的铅同位素比值》，《天马-曲村（1980-1988）》，第1174-1182页，科学出版社，2000年。

⑬⑭ 宋建忠、南普恒：《绛县横水西周墓地青铜器科技研究》，第106-116页，北京科学出版社，2012年。

⑮ 周文丽、陈建立、杨军昌等：《云塘、齐镇西周建筑基址出土残铜块和炉渣的分析》，《考古与文物》2009年第6期。

⑯ a. 崔剑锋：《古代青铜器铜矿料来源的微量元素示踪研究评述》，《古代文明研究通讯》2006年，第31-41页；b. 李晓岑等：《中国铅同位素考古》，第46-57页，云南科技出版社，2000年。

⑰ a. Pernicka, E, 1995. Crisis of catharsis in lead isotope analysis, *Journal of Mediterranean Archaeology*, p59-64; b. Pernicka, E, 1999. Trace element fingerprinting of ancient copper: a guide to technology or provenance, in *Metals in Antiquity*. London: Oxford University Press, p163-171.

(上接第93页)

注释：

① 本文时间框架采用邹衡先生对商文化分期的认识。邹衡：《试论殷墟文化分期》，原载于《北京大学学报·人文科学》1964年第4、5期，后载于：邹衡：《夏商周考古学论文集》，文物出版社，1980年。

② V. Kane. The Independent Bronze Industries in the South of China Contemporary with the Shang and Western Chou Dynasties. *Archives of Asian Art*, Vol.28. 1974.

③ a. R. Bagley. P'an-lung-ch'eng: A Shang City in Hupei, *ArtibusAsiae*, Vol.39. 1977. b. R. Bagley. Erligang bronzes and the discovery of the Erligang culture in Art and archaeology of the Erligang civilization. Princeton University Press. 2014.

④ 张昌平：《盘龙城商代青铜容器的初步考察》，《江汉考古》2003年第1期。

⑤ 湖北省文物考古研究所：《盘龙城——一九六三~一九九四年考古发掘报告》，文物出版社，2001年。

⑦ a. P. Bray. Exploring the social basis of technology:

re-analyzing regional archaeometric studies of the first copper and tin-bronze use in Britain and Ireland, unpublished PhD Thesis. 2009. b. P. Bray and A. M. Pollard. A new interpretative approach to the chemistry of copper-alloy objects: source, recycling and technology. *Antiquity*, Vol.86. 2012. pp853-867. c. A. M. Pollard, P. Bray, C. Gosden. Is there something missing in scientific provenance studies of prehistoric artefacts? *Antiquity*, Vol.88. 2014. pp625-631.

⑧ A. M. Pollard, P. Bray, C. Gosden, A. Wilson, H. Hamerow. Characterizing copper-based metals in Britain in the First Millennium AD: A preliminary quantification of metal flow and recycling. *Antiquity*. *Antiquity*. Vol.89. 2015. 697-713.

⑨ A. M. Pollard, P. Bray. A new method for combining lead isotope and lead abundance data to characterize archaeological copper alloys, *Archaeometry*. Accepted.

⑩ 郑州商城铜器数据及图片均引自田建花：《郑州地区出土二里岗期铜器研究》，中国科学技术大学博士论文，2013年。