

# 济南市刘家庄遗址出土商代青铜器的 铅同位素分析

王庆铸 郭俊峰 陈建立 刘思然  
房振 李铭 方辉

**关键词：**刘家庄遗址 商代 青铜器 高放射性铅同位素 历时性变化

**KEYWORDS:** Liujiazhuang Site Shang Dynasty Bronzes Highly Radiogenic Lead Diachronic Changes

**ABSTRACT:** This article mainly presents results of lead isotope analysis of some bronzes uncovered from the late Shang Liujiazhuang site in Jinan. Most of the Liujiazhuang bronzes contain highly radiogenic lead and these isotope signatures fall within a relatively small range. By comparing the lead isotope data from Liujiazhuang with that of other Shang period sites, two minor fluctuations in highly radiogenic lead isotope values during the mid-Shang period and Yinxu phase II can be detected. These highly radiogenic lead isotope data reflect resource homogeneity across different phases in the Shang Dynasty. Understanding of the socio-economic implications behind these data, however, calls for an interdisciplinary study of typology, bronze casting technology, style and bronze inscriptions.

## 前 言

青铜器研究，包括铭文、形制风格、制作工艺、流通消费等，是了解商文明的五条途径之一<sup>[1]</sup>。张光直先生提出商人通过控制青铜资源以及青铜器的生产和流通来维持其统治<sup>[2]</sup>，刘莉和陈星灿先生进一步指出商代的扩张是为了资源的控制和获取<sup>[3]</sup>，但是也有学者认为商王对于周边地区的控制并不是非常强<sup>[4]</sup>。单纯从传统考古学的角度很难给出一个明确的答案，而通过对青铜器的科技

检测可以确定其生产技术及矿料来源，从而为这些理论的探讨提供更多的数据支撑，也可以对现有理论进行检验。

铅同位素分析是研究古代青铜器矿料来源的一个重要方法。金正耀先生最早检测发现殷墟妇好墓的青铜器有相当一部分含有高放射性铅同位素并推论出部分商代金属资源可能来源于中国西南地区<sup>[5]</sup>。他的结论引起了很多的讨论<sup>[6]</sup>，考古学家也因此了解了铅同位素的分析方法，并逐渐将其广泛应用到中国青铜器研究中。虽然冶金考古学家已经

作者：王庆铸，美国纽黑文市，06511，耶鲁大学人类学系。

郭俊峰、房振、李铭，济南市，250012，济南市考古研究所。

陈建立，北京市，100871，北京大学考古文博学院。

刘思然，北京市，100083，北京科技大学科技史与文化遗产研究院。

方辉，济南市，250100，山东大学历史文化学院。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

积累了上千个先秦时期铜器及冶铸遗物的铅同位素数据，但要解决商代金属资源的来源与流通等重要问题，还需要更多不同地区不同时间段的青铜器的数据。

海岱地区已经出土了相当数量的商代青铜器，但目前基本没有进行过系统的科学检测分析。本文主要介绍济南刘家庄遗址出土商代晚期部分青铜器的铅同位素比值数据及研究结果。刘家庄遗址的科学考察不仅有利于深化对此遗址商代青铜器的认识，还可以为了解海岱地区商时期文化与安阳殷墟之间的关系提供一个新的视角。刘家庄遗址铜器中的铅主要以高放射性成因铅为主，且其数据相对集中，为分析商代高放射性成因铅提供了一个参考标准。本文通过将刘家庄遗址出土青铜器的铅同位素数据与其他已发表的商代数据进行比较，认为商代的高放射性铅同位素的数据在中商时期和殷墟第二期晚段有细微的变化。尽管目前还不能确切解释这种变化出现的原因，但这一发现为探讨商代不同阶段的政治经济活动提供了一个可能性。

## 一、遗址概况

刘家庄遗址位于山东省济南市古城区西北约3公里，是一处商周和唐至明清时期的遗址。刘家庄遗址在20世纪70年代就曾出土过近20件商代青铜器<sup>[7]</sup>。2010年7月至2011年2月，济南市考古研究所对遗址进行考古发掘并取得了重要收获，共发现商代墓葬77座，有8座墓葬出土青铜器，其中3座（M109、M121和M122）出土的青铜器数量比较多且多件器物有铭文<sup>[8]</sup>。刘家庄遗址的发掘，为海岱地区商代考古的进一步研究提供了重要的资料。根据发掘报告对刘家庄遗址出土陶器和铜器的类型学分析，可知遗址遗存主要对应殷墟第二至四期，主体遗存为殷墟第三期。属于殷墟第二期的出土铜器的墓葬有M38、M81，均只出土铜戈1件。属

于殷墟第三期的出土铜器的墓葬有M109、M112、M121、M122，其中三座较大墓葬M109、M121、M122出土铜器较多，青铜容器风格一致且大部分有比较精美的纹饰，M112出土铜觚、爵、戈各1件。属于殷墟第四期的只有M56，出土铜觚、戈、弓形器各1件。为了进一步加深对刘家庄遗址出土青铜器的了解并对其矿料来源及合金类型等问题进行研究，我们对刘家庄遗址出土部分青铜容器、兵器、工具等进行了取样分析。

## 二、样品和分析方法

本次选取了刘家庄遗址出土的39件铜器进行检测分析，首先用便携式X射线荧光光谱仪对铜器表面进行成分分析，大致判定其合金种类；然后对铜器表面锈蚀物进行采样，进行铅同位素比值测定。以往研究表明铜器表面锈蚀物的铅同位素数据可以代表铜器本体的数据<sup>[9]</sup>。在采样过程中我们也选取了一件器物（LJZ无号-1）同时采集了铜锈和铜基体的样品，以对铜锈和铜器本体进行比较。因此可供分析的样品共有40个。由于便携式X射线荧光光谱仪检测的是器物的表面，故而所分析的实际上是铜器表面锈蚀的化学成分，并不能确定是否能准确反映所测铜器的基体成分。但这一方法可以较好地定性分析以确定铅、锡等合金元素的有无，并且其所反映的合金元素的多少在某种程度上代表了该合金元素含量的高低。在无法进行破坏性取样的情况下，便携式X射线荧光光谱仪的定性分析可以帮助我们对器物的合金类型有一个总体了解。所选39件铜器主要出自6座墓葬，另有几件采集样品（表一；附表一）。

铅同位素分析使用北京大学地球与空间科学院的多接收电感耦合等离子体质谱仪（MC-ICP-MS）测试样品的铅同位素比值。仪器分析精度为 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的相对误差分别小于0.01%、

表一 刘家庄遗址出土铜器铅同位素分析取样情况表

墓葬	分期	采样铜器器类及数量
M38	殷墟第二期	戈1
M112	殷墟第三期	爵1
M109	殷墟第三期	爵3、觚1、鼎1、簋1
M121	殷墟第三期	爵1、觚2、鼎1、甗1、斝1、壶1、戈3、环首刀1、弓形器1
M122	殷墟第三期	觚1、簋1、鼎1、卣盖1、戈6、铙1、鬲1、矛1、残片1
M56	殷墟第四期	戈1、弓形器1
采集	可能为殷墟第三期	戈1、铜器残片2

0.01%和0.1%。测试时使用国际铅同位素标准溶液SRM981校正仪器，每测试6~8个样品即测试一次标准溶液。检测完成后，我们利用魏国锋等的计算方法<sup>[10]</sup>比较所采样品LJZ无号-1的基体与其表面锈蚀物铅同位素的数值变化，以此来检验所测数据的可靠性。其计算公式为： $\Delta_{\text{锈-基}}(\%) = (R_{\text{锈}}/R_{\text{基}} - 1) \times 100\%$ ，计算结果见表二。与仪器分析精度（ $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} < 0.01\%$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} < 0.01\%$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} < 0.1\%$ ）相比， $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 的误差略高于仪器测量误差，而 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 则在仪器测量误差范围之内。我们认为相对于商代铅同位素数据范围，这样的误差在可接受范围之内，不会影响最后的分析结果。

运用便携式X射线荧光光谱仪分析时，主要选择表面锈蚀较少的地方进行测量。每件器物测量2~3个点，最后计算平均数。我们使用山东大学的Bruker Tracer III SD型仪器进行分析，测量条件为40千伏、11.8微安，使用黄色滤片（Yellow Filter），测量时间为60秒。测量结束后，运用布鲁克S1 Cal软件进行数据处理，使用的标准样品为山东大学购买MBH公司生产的Charm系列样品一组17件。

表二 刘家庄遗址铜器样品（LJZ无号-1）基体与锈蚀物铅同位素数据比较表

	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
基体	42.0161	16.0297	21.8107	1.926	0.7349
锈	42.1071	16.0435	21.8263	1.9289	0.7351
$\Delta_{\text{锈-基}}$	0.217%	0.086%	0.072%	0.151%	0.027%
仪器误差			0.1%	0.01%	0.01%

### 三、分析结果

铅同位素在研究古代铜、铅资源及产品的流通中具有非常重要的意义。其重要优势在于铅同位素的比值在矿料冶炼过程中的变化很小<sup>[11]</sup>，因此，铜器的铅同位素比值在一定程度上可以反映其矿料的来源<sup>[12]</sup>。当然，铅同位素分析也有其局限性，即需要判断铅同位素比值是代表何种金属的来源，同时也要考虑古代金属的重熔、混合等现象<sup>[13]</sup>。但无论如何，铅同位素比值研究能够提供非常重要的信息。

刘家庄遗址39件铜器的铅同位素分析结果显示，有29件铜器的 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值集中在41~43之间， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值集中在20.5~22之间（附表二），属于所谓的高放射性成因铅（ $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} > 40$ ， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} > 20$ ， $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} < 0.84$ ）<sup>[14]</sup>。另有9件铜器的 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值在38~40之间， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值集中在17.6~19.5之间；还有1件铜器铅同位素比值远低于其他器物， $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值为36.1831， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值为16.3168。由于铜器的铅同位素与其所含铅的来源有关（红铜和铜锡合金器物，其所包含的铅主要

是来自铜矿中原有的微量铅，故其铅同位素可以代表铜矿的来源；铅含量高的铜器，主要是有意识添加铅作为合金成分，其铅同位素代表铅矿的来源），因此需要将合金类型与铅同位素结合起来考察。根据便携式X射线荧光光谱仪数据，有3件红铜（A组），31件含锡铜器和4件铜铅合金（E组）。我们将31件含锡铜器根据铅含量的多少分为微量铅组（B组，5件， $Pb < 2\%$ ，可能为铜锡二元合金）、低铅组（C组，14件， $2\% < Pb < 10\%$ ，在5~10%之间有明显的间隔，只有三个数据，均低于7%）和高铅组（D组，12件， $Pb > 10\%$ ）（表三；见附表一）。由于在便携式X射线荧光光谱仪分析中铅含量往往被放大，所以我们这样的划分具有合理性。

从合金类型看，高放射性成因铅存在于各种合金类型的铜器中，但似乎含铅量高的铜器放射性铅同位素的比值要更高一些（ $^{208}Pb/^{204}Pb > 42$ ， $^{206}Pb/^{204}Pb > 21.5$ ， $^{207}Pb/^{206}Pb < 0.75$ ）（图一；图二）。3件红铜中有2件为普通铅，1件为高放射性成因铅；其他合金类型均以高放射性成因铅为主，除了C组低铅锡青铜有4件普通铅铜器外，B组微量铅锡青铜、D组高铅锡青铜和E组铜铅合金均只有1件含有普通铅的铜器（见表三）。

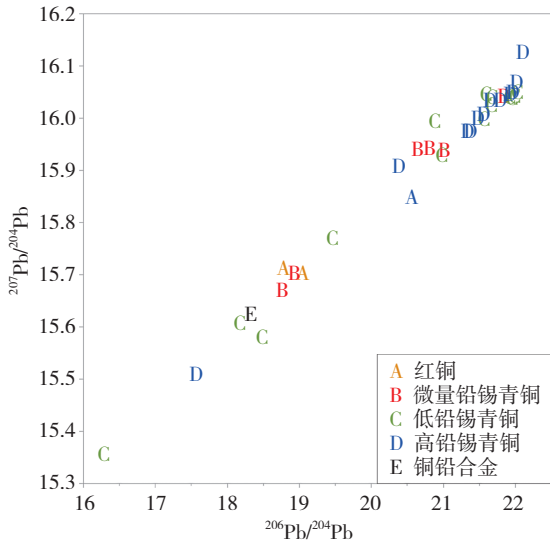
从器类看，高放射性铅也存在于各种器

类中（图三；见表三）。容器共分析21件，其中含高放射性铅同位素的有16件，普通铅同位素的5件。兵器13件，其中含高放射性成因铅者9件，普通铅者4件。2件车马器中，高放射性成因铅和普通铅各1件。3件工具均含高放射性铅同位素。

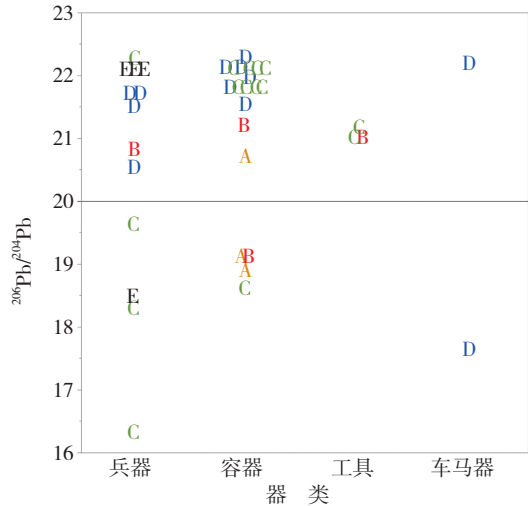
从年代看，高放射性铅主要集中在殷墟第二、三期器物中（图四；见表三）。所测的39件铜器中，殷墟第二期的只有1件，为高放射性成因铅铜器。殷墟第三期的33件铜器中，有7件为普通铅铜器（约占21.2%），26件为高放射性成因铅铜器（约占78.8%）。殷墟第四期的2件铜器均为普通铅铜器。这与金正耀先生总结的晚商高放射性成因铅资源的使用和消长过程略不同，他提出殷墟第一、二期高放射性铅同位素铜器的比例分别为78%和81%，但到了殷墟第三期则骤降至38%，至殷墟第四期只有6%<sup>[15]</sup>。刘家庄遗址殷墟第三期高放射性铅同位素铜器的比例为78.8%，基本与金正耀文中殷墟第二期的比例相当，远高于其文中殷墟第三期的比例。这种差别有三种可能。一是刘家庄遗址殷墟第三期墓葬出土的青铜器很多为殷墟第二期的特征<sup>[16]</sup>，它们铸造的年代可能在殷墟第二期。二是殷墟第三期确实有新的金属来源输入，较高等级的贵族对新资源的使用更

表三 刘家庄遗址出土铜器器类、合金类型及铅同位素类型统计表

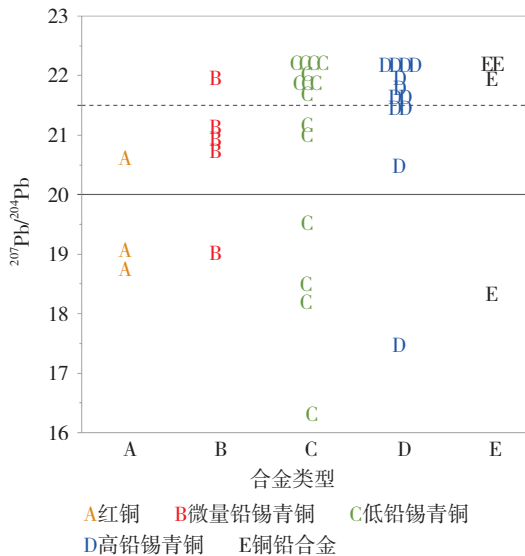
铅同位素类型	器类	A组（红铜）	B组（微量铅锡青铜）	C组（低铅锡青铜）	D组（高铅锡青铜）	E组（铜铅合金）	合计
高放射性铅同位素	兵器		1	1	4	3	9
	车马器				1		1
	工具		1	2			3
	容器	1	2	7	6		16
	小计	1	4	10	11	3	29
普通铅同位素	兵器			3		1	4
	车马器				1		1
	容器	2	1	1			4
	小计	2	1	4	1	1	9
合计		3	5	14	12	4	38



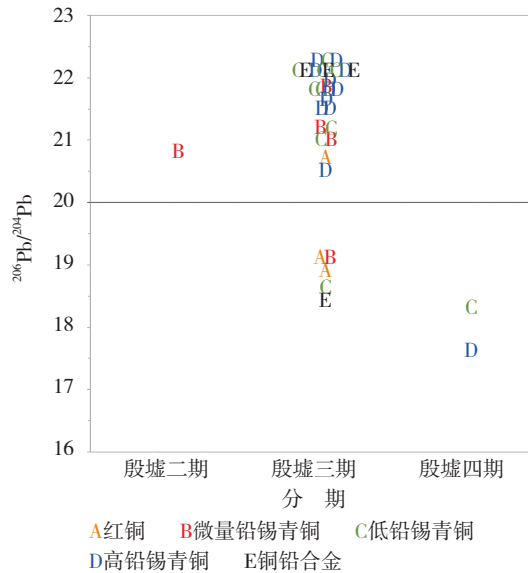
图一 刘家庄遗址铜器铅同位素 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 与 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值分布图



图三 刘家庄遗址不同器类铜器与铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值分布图



图二 刘家庄遗址不同合金类型铜器与铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值分布图



图四 刘家庄遗址不同时期铜器与铅同位素 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值分布图

具独占性。金正耀分析的殷墟第三期墓葬出土的铜器共有61件，其中39件来自于郭家庄M160，只有9件为高放射性成因铅铜器，占M160所有检测铜器的23%。M160出土了10套铜觚、爵，属于较高等级的墓葬。另外的22件来自于7个单位（6座墓葬和1个地层），有14件属于高放射性成因铅铜器，占有检测铜器的63%。6座墓葬出土的铜器较少，属于

中低等级的墓葬。三是这种差别可能是地域性的。刘家庄距离都城殷墟较远，有250公里左右，其铜器风格的变化可能有一定的滞后性。无论将来的分析支持哪一种判断，我们对商代含高放射性铅同位素铜器的消长情况、商代铜器的发展变化及流通都将会更好的了解。

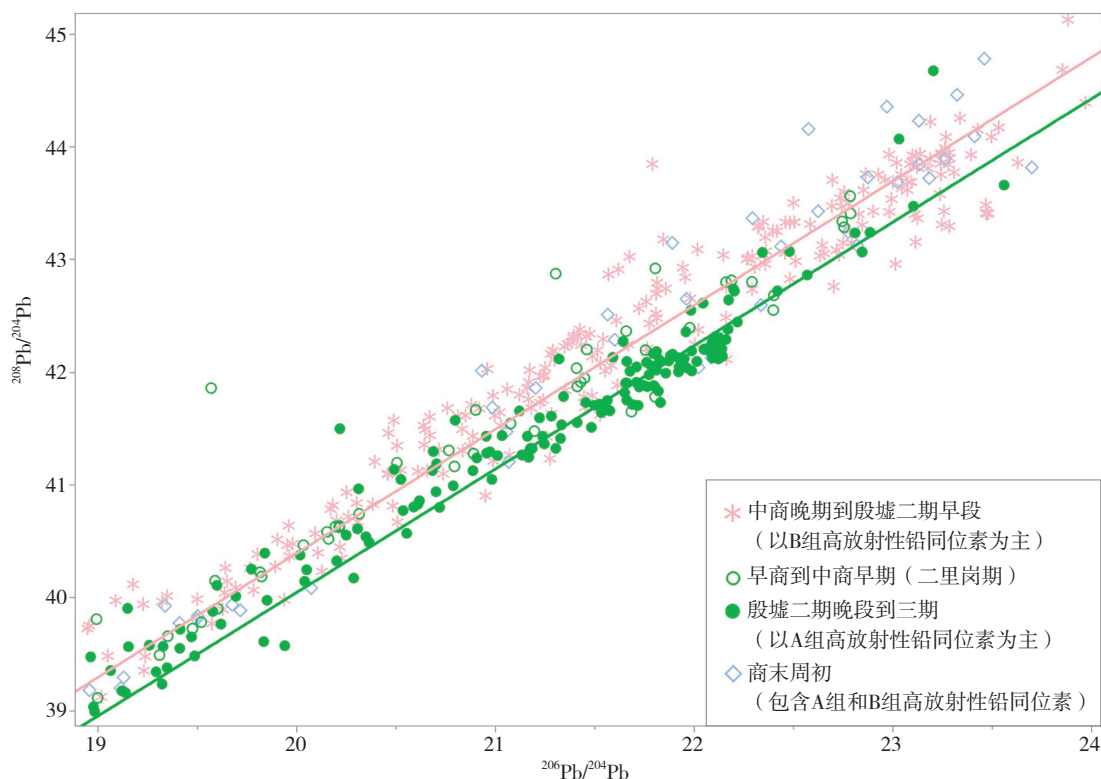
## 四、相关讨论

(一) 商代高放射性成因铅铜器的历时性变化

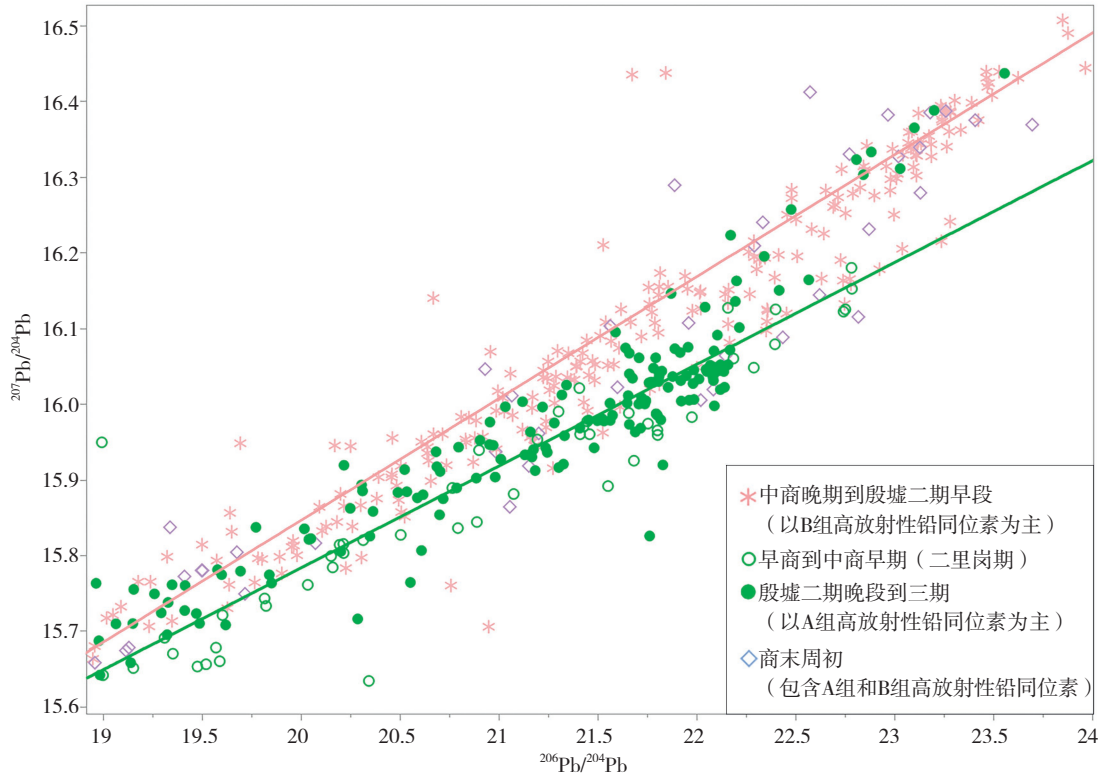
刘家庄遗址出土青铜器的高放射性铅同位素比值绝大部分比较集中， $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值集中在41~43之间， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值集中在20.5~22之间， $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 的比值集中在0.72~0.78之间，这为理解高放射性成因铅提供了新信息。学者们以往对于高放射性成因铅的研究主要有两个方面：一是商代数量众多的含有高放射性铅同位素铜器的矿源是一源还是多源，二是矿源产地。高放射性铅同位素矿源的一源说得到了大多数学者的支持<sup>[17]</sup>，但也有学者认为多源说的可能性并不能完全排除<sup>[18]</sup>。关于高放射性成因铅的来源，学者们也有不同的意见，包括西南地区滇东川南一带<sup>[19]</sup>、长江中游地区<sup>[20]</sup>、秦岭地区<sup>[21]</sup>，甚至还有非洲来源说<sup>[22]</sup>，但后者的观

点已经遭到了绝大多数学者的批评<sup>[23]</sup>。

虽然现有数据还很难对上述两个问题提供明确的答案，但刘家庄遗址的数据提供了一个新的思路，即商代高放射性铅同位素存在历时性变化，这种变化可以提供更多关于商代社会经济的信息。彭子成、金正耀等先生都曾发现不同地区的高放射铅同位素有所区别<sup>[24]</sup>，但这一发现并未得到深入讨论。刘家庄遗址铅同位素数据的相对集中性提供了一个与不同遗址出土铅同位素数据进行比较的参考标准。通过将刘家庄遗址铅同位素数据与其他已发表的商代数据进行比较，我们发现至少可以将所有高放射性成因铅的数据分成两个小组（由于不同铅含量铜器的铅同位素并没有明显的不同，故分组将不同铅含量铜器一起讨论）（图五；图六；表四）。A组以刘家庄遗址的数据为代表，一般数据比较集中，且 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值绝大多数小于42.5， $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的斜率约



图五 不同遗址含A组和B组高放射性铅同位素铜器 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值分布图



图六 不同遗址含A组和B组高放射性铅同位素铜器<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb和<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb比值分布图

表四 商代含有A组和B组高放射性成因铅的主要遗址、时代及样品数量表

时期	遗址	A组	B组	异常值	高放射性成因铅铅总数	总数	备注
早商到中商早	郑州商城	100%			5	12	
	湖北盘龙城	100%			27	41	
中商晚期到殷墟二期早段	安阳殷墟一期、二期早	14%	28%	8	14	23	
	晋西(殷墟一期、二期早)	8%	92%		62	72	
	陕西汉中	14%	86%		105	115	
	江西新干	16%	63%	4	19	19	
	四川三星堆	11%	89%		53	53	
殷墟二期晚段到三期(四期几乎没有高放射性成因铅)	安阳殷墟二期晚、三期	79%	8%	4	34	50	殷墟四期及不能分期样品未计入
	晋西(殷墟二期晚、三期)	83%	17%		53	84	不能分期样品未计入
	正阳闰楼(殷墟一期到三期)	60%	40%		15	20	样品无法分期
	罗山天湖(殷墟二期到四期)	100%			7	11	西周样品未计入
	济南刘家庄	100%			29	38	
商末周初	湖南炭河里	67	33%		6	26	
	四川金沙	40%	60%	4	25	54	

说明: 总数包括普通铅标本数量; 由于普通铅和高放射性成因铅分界并非截然分开, 不同标准会略有差异, 但并不影响分组的明确性。

是0.13。数据主体属于A组的有盘龙城<sup>[25]</sup>、郑州商城<sup>[26]</sup>、正阳闰楼<sup>[27]</sup>、罗山天湖<sup>[28]</sup>等遗址。需要说明的是，盘龙城和郑州商城虽然在斜率上可以划入A组，但是这两个遗址的数据与其他A组数据似乎还有所区别，其年代也明显比其他出土A组铜器的年代要早，其划入A组的合理性还有待于将来验证。B组<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb比<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb的斜率约为0.16，且有相当一部分数据<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb比值大于42.5，<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb比值大于16.1，<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb比值大于22.5。数据主体属于B组的主要包括汉中<sup>[29]</sup>（本文将汉中地区出土铜器的诸遗址作为一个整体分析，下文中晋西地区亦如此）、新干<sup>[30]</sup>、三星堆<sup>[31]</sup>等遗址。此外，安阳殷墟<sup>[32]</sup>、晋西<sup>[33]</sup>、炭河里<sup>[34]</sup>、金沙<sup>[35]</sup>等同时包含A、B两组铅同位素的数据。其中安阳殷墟和晋西铜器铅同位素的差别与年代有关。两地属于殷墟第一期和第二期早段的铜器<sup>[36]</sup>主体可划入B组，而属于殷墟第二期晚段和第三期的铜器则主要属于A组。炭河里<sup>[37]</sup>和金沙<sup>[38]</sup>的年代则相对较晚，均属于商末周初。A、B两组数据在殷墟和晋西等地同时出现，且其差别与年代相关，说明两组高放射性铅同位素的差别应当不是因为不同仪器的测量误差导致的。当然，各个遗址的数据分组并不是绝对的，但这些例外并不影响分组的可行性（见表四）。此外有少量数据处于A组斜率上，但<sup>208</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb比值大于42.5，<sup>207</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb比值大于16.1，<sup>206</sup>Pb/<sup>204</sup>Pb比值大于22.5，它们有可能代表了含有两种铅同位素数据信号的金属的混合。

A组和B组高放射性铅同位素存在时代的交替。A组最早出现于郑州商城和盘龙城，这两个遗址年代都比较早，均从早商一直延续到中商时期。但A组除了郑州商城和盘龙城遗址，其他如罗山天湖<sup>[39]</sup>、正阳闰楼<sup>[40]</sup>等遗址出土铜器的年代主体均在殷墟第二期到第三期之间，部分可以晚到殷墟第四期；闰楼有部分可以早到殷墟第一期的铜器

（闰楼有部分数据可以划入B组，这些数据代表的铜器年代可能更早一些，但由于很多无法分期，我们并没有对其进行细分）。含有B组的铅同位素似乎主要集中在中商中晚期到殷墟第二期偏早阶段。汉中地区铜器主体属于中商到殷墟第二期左右，但也有个别器物可以早到早商，或者晚至殷墟第三、四期<sup>[41]</sup>。新干大墓的年代还有争议，但学者们一般倾向于认为其年代不晚于殷墟第二期，也不会早于中商时期<sup>[42]</sup>。三星堆两个器物坑的年代同样有争议，学者们对于器物坑的埋藏年代虽有不同看法，但都认为一号坑的年代略早于二号坑，且从两个器物坑出土遗物看，两个坑的年代总体都不晚于殷墟第二期<sup>[43]</sup>。总的来说，似乎在中商阶段铜器的高放射性成因铅的比值从A组变为B组，到了殷墟第二期晚段，又从B组变为A组。值得注意的是到了商末周初之际，炭河里和金沙两个遗址都同时包含属于A组和B组的高放射性铅同位素数据，但我们还不清楚这一现象是否具有普遍性。根据最近发掘的三星堆遗址四号坑的碳十四测年数据<sup>[44]</sup>（95%概率落在距今3148~2966年），三星堆四号坑的埋藏年代应在殷墟第三、四期范围内。所以不排除三星堆新发掘的器物坑中可能有殷墟第三、四期的器物。我们期待有关三星堆新器物坑的发掘信息以及对新出土铜器科技检测信息的公布。这些信息将可以补充长江中上游地区殷墟第三、四期之间的缺环，从而有可能帮助我们理解为什么在商末周初炭河里和金沙遗址同时包含A组和B组的高放射性铅同位素数据。

从地域分布看，B组铅同位素的分布范围更广一些，早商至殷墟第二期早段几乎所有经过检测的发现青铜容器的遗址都有B组器物。而A组在殷墟第二期晚段到第三期，主要集中在晚商文化的影响范围内。高放射性铅同位素的这种历时性变化的原因还不清楚，既有可能是同一矿源内部的变化<sup>[45]</sup>，也



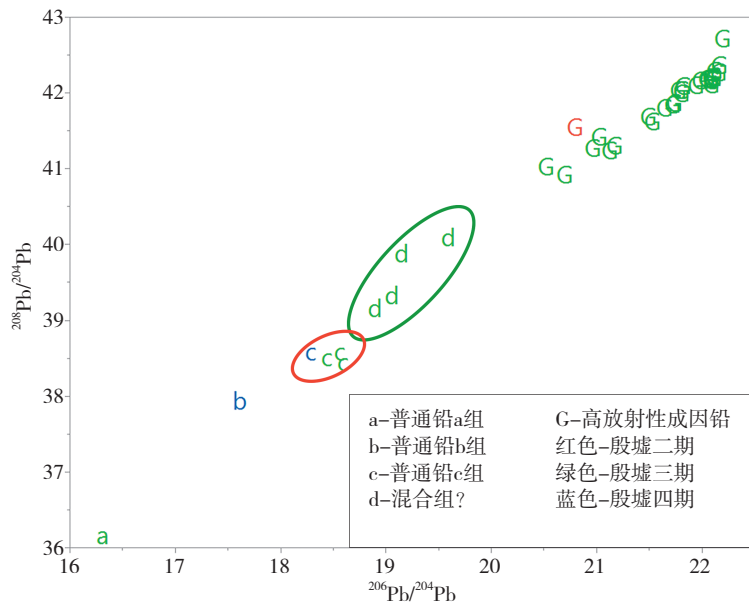
可能是含有高放射性成因铅金属与含有普通铅金属混合导致，同时也不能完全排除A组和B组代表了两个不同的矿源。值得注意的是A组郑州商城和盘龙城遗址的年代下限都可能到中商时期，与B组遗址的上限可能存在一定的重合，但两者间铜器高放射性铅同位素却似乎没有明显的混合。中商是一个动荡的时期，郑州商城衰落而小双桥、洹北商城相继崛起，高放射性铅同位素的变化与政治、社会的变化大约同时发生，似乎暗示了新中心的崛起过程中可能掌握了新的矿料（铅矿）来源。无论如何，高放射性成因铅差异的辨识是有意义的，它提供了分阶段考察高放射性成因铅的流通的可能性，也提供了认识商代社会经济一个新的视角。

(二) 普通铅同位素讨论

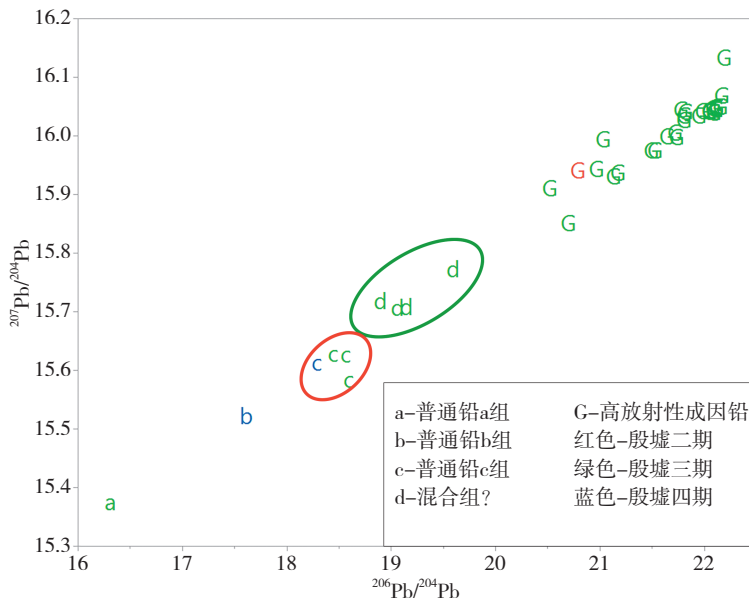
高放射性铅同位素可以作为一种标识使追踪商代金属资源或产品的流通成为可能性。而高放射性铅同位素基本可以根据时代关系分为A、B两组，使得我们可以讨论商代金属资源或产品流通的历时性变化。而事实上，学者们已经注意到普通铅同位素所指示的金属资源也存在历时性的变化，而且这种历时性变化几乎贯穿了整个中国青铜时代<sup>[46]</sup>。金正耀先生综合分析商周时期的铅同位素数据，认

为在商代至少有三种普通铅同位素比值的矿源（a.  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \approx 16.5$ , b.  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \approx 17.5$ , c.  $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \approx 18.25$ ）在不同时间段内被开发利用<sup>[47]</sup>。

刘家庄遗址的普通铅数据可以分为四组，a、b、c组分别对应金正耀先生所分的a、b、c三组普通铅同位素<sup>[48]</sup>（图七；图八）。



图七 刘家庄遗址含普通铅同位素的铜器分组



图八 刘家庄遗址含普通铅同位素的铜器分组

刘家庄遗址a组只有1件铜器，这种铅同位素基本只在二里头文化晚期和郑州商城时期发现过。刘家庄遗址的这1件可能为利用早期铜器重新熔铸。刘家庄遗址b组也只有1件铜器，属于殷墟第四期。b组铜器似乎确实在殷墟第四期才开始被使用。刘家庄遗址c组有4件铜器，其中3件属于殷墟第三期，1件属于殷墟第四期。c组铅同位素在殷墟第二至四期都有发现，但主要集中在第二至三期。除了金正耀所划分的三组普通铅同位素外，还有另外一组铅同位素数据（d组）， $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \approx 39 \sim 40$ ， $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb} \approx 19 \sim 19.5$ ， $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb} \approx 2.06 \sim 2.09$ （见图七；图八）。从数值上看它们应当归入高放射性铅同位素，但在数据分布上它们与c组普通铅又很难截然分开。它们均属于殷墟第三期，且有2件为红铜，另外2件含铅量也不高，表明这组数据很可能代表了铜矿的信息。它们既有可能与含有高放射性铅同位素的铜矿是同源的，也不排除是铜料在熔铸过程中受到了含有高放射性铅同位素矿料的污染。

### （三）铅同位素与晚商的金属资源流通

高放射性铅同位素分组的可能性以及对普通铅同位素数据的进一步细分，增加了我们对以铅同位素比值为指示的金属资源历时性变化趋势的认识。限于篇幅，本文将主要以含有A组高放射性铅同位素的晚商青铜器为中心来探讨商代晚期金属资源和青铜器的流通及其政治经济意义。含有A组类型高放射性铅同位素的晚商青铜器主要出土于殷墟、刘家庄、闰楼、天湖、晋西等。上述区域传统意义上均在晚商文化的影响和辐射范围之内，铅同位素反映出其铜器原料也具有同源性，这对于我们理解晚商的政治经济结构具有重要的启示意义。

首先，铅同位素的数据让我们对晚商资源的流通有更深入的了解。以往学者们往往更关注铜器产品的流通，但根据现有证据可以推测青铜原料很可能也在流通的范围之

内。A组类型的高放射性铅同位素在各地本地风格和殷墟风格铜器中都占有相当比例，铅同位素数据与铜器风格没有关系，这表明各地使用的资源具有同源性。另一方面，越来越多的证据表明许多具有地方风格的铜器可能都为本地铸造。在清涧辛庄等遗址发现的与铸造铜容器相关的陶范、模、芯等<sup>[49]</sup>，证明晋西地区具有独立铸造青铜容器的能力。由于晋西地区具有殷墟风格和本地风格的青铜器在合金成分上也有一定的差异<sup>[50]</sup>，因此推测许多具有本地风格的铜器可能都为本地铸造。由此我们推测晋西地区的贵族可能有获得流通的金属原料——通过贸易从安阳获得<sup>[51]</sup>。当然也不能排除当地人将获得的商式铜器进行重熔后铸造自己的铜器，但前述本地风格铜器与殷墟风格铜器在合金成分上的差异使得这种可能性比较小。

其次，铅同位素的数据也进一步支持了安阳殷墟在铜器生产和流通中的地位。晚商时期各地高放射性铅同位素的同源性进一步支持刘家庄、闰楼、天湖、晋西等地出土具有殷墟风格的青铜器很可能就是在安阳生产的。这与以往学者们根据铜器风格所做研究得出的结论是一致的，即绝大多数殷墟风格的铜器都是在安阳生产的。经过80多年的考古发掘，在安阳殷墟已经发现了多处比较成规模的商代晚期铸铜作坊，包括小屯东北地<sup>[52]</sup>、苗圃北地<sup>[53]</sup>、孝民屯<sup>[54]</sup>及新发现的任家庄南<sup>[55]</sup>等。虽然还没有学者对这些地点青铜器的生产能力进行计算，但是可以设想其生产青铜器的数量应当非常庞大，而且根据发掘情况，殷墟南部、西部手工业区青铜器作坊的面积不断扩大<sup>[56]</sup>。不断扩大的生产规模一方面说明对青铜器需求的不断增多，另一方面也说明殷墟应该有非常稳定的金属原料供应渠道。以A组类型铅同位素为代表的矿产资源可以看作是其矿料供应稳定的标志之一。

当然，我们还需要探讨商人是以何种方

式获得如此稳定的金属资源的，其器物风格和铅同位素数据所暗示的青铜资源和产品流通的机制是怎样的，以及其流通是直接受到商王室或上层贵族的控制还是可能也包含一部分商业交换活动<sup>[57]</sup>。

## 结 语

刘家庄遗址出土铜器主要含有高放射性铅同位素，也有少量含有普通铅同位素。铅同位素比值与器物类型以及合金类型并没有直接的相关性。刘家庄遗址高放射性铅同位素比值数据比较集中，提供了一个与其他遗址比较的标准。通过比较，我们认为商代的高放射性铅同位素可以分为两组，并且两组可能存在一定的交替。早商时期郑州和盘龙城为A组，中商到殷墟早期则主要以B组为主，大约从殷墟第二期晚段开始A组重新成为主流。但是目前还不能确定两组数据究竟代表了两组不同的高放射性铅同位素的矿源，还是同一矿源但是与其他不同的资源混合所致。商代晚期铅同位素的一致性则暗示其铜矿资源可能具有同源性，不过尚需结合考古类型学、铜器铸造技术、铜器铭文等信息对不同遗址进行分析，才有可能理解其背后的社会经济意义。

附记：感谢文德安（Anne Underhill）、陈雪香教授以及樊榕、沈德伟、吴晓彤等同学对本文写作和修改过程中提出的意见和建议，感谢济南市考古研究所郝颖老师等在取样过程中的帮助，感谢崔剑锋教授和张吉、邹桂森等同学在样品分析过程中的指导和帮助。本研究得到美国国家科学基金（NSF，项目号：1744615）、耶鲁大学麦克米伦国际论文研究奖学金（MacMillan International Dissertation Research Fellowship）、耶鲁大学东亚研究中心（The Council on East Asian Studies）、耶鲁大学人类学系阿伯斯-科-哈泽德基金（Albers-Coe-Hazard Fund）的支持。

## 注 释

- [1] 张光直：《商文明》第1~56页，辽宁教育出版社，2002年。
- [2] a.张光直：《从商周青铜器谈文明与国家的起源》，见《中国青铜时代》（二集），生活·读书·新知三联书店，1997年。  
b.张光直：《美术、神话与祭祀》第79~90页，辽宁教育出版社，2002年。
- [3] a.Liu Li, Chen Xingcan, *State Formation in Early China*, Bristol Classical Press, 2003.  
b.刘莉等：《城：夏商时期对自然资源的控制问题》，《东南文化》2000年第3期。
- [4] a.Campbell R., *Toward a Networks and Boundaries Approach to Early Complex Polities: The Late Shang Case*, *Current Anthropology: A World Journal of the Sciences of Man*, 50 (6), pp.821–848, 2009.  
b.Li Yung-ti, *The Politics of Maps, Pottery, and Archaeology: Hidden Assumptions in Chinese Bronze Age Archaeology*, *Art and Archaeology of the Erligang Civilization*, pp.137–146, Princeton: Princeton University Press, 2014.
- [5] a.金正耀：《晚商中原青铜的矿料来源》，见《第三届中国科学史国际讨论会论文集》，科学出版社，1990年。  
b.金正耀：《中国学者的首篇铅同位素考古研究论文》，见《中国铅同位素考古》，中国科学技术大学出版社，2008年。
- [6] a.Saito T., et al., *Preliminary Consideration of the Source of Lead Used for Bronze Objects in Chinese Shang Dynasty: Was it Really from the Area Where Sichuan, Yunnan and Guizhou Provinces*, *The BUMA-V (The Fifth International Conference on the Beginning of the Use of Metal and Alloys)*, Gyeongju, Korea, 2002.  
b.朱炳权：《中国商代矿物资源利用的几个地球化学谜案》，《矿物学报》2010年第1期。  
c.金正耀：《商代青铜器高放射成因铅原料的产地问题》，见《中国铅同位素考古》，中国科学技术大学出版社，2008年。
- [7] 李晓峰等：《济南刘家庄商代青铜器》，《东南文化》2001年第3期。

- [8] a.济南市考古研究所：《济南市刘家庄遗址商代墓葬M121、M122发掘简报》，《中国国家博物馆馆刊》2016年第7期。  
b.济南市考古研究所：《济南市刘家庄遗址商代墓葬发掘报告》，见《海岱考古》第十一辑，科学出版社，2018年。
- [9] a.魏国锋等：《古代青铜器基体与其锈蚀产物铅同位素对比研究》，《中国科学技术大学学报》2006年第7期。  
b.Snoek W., et al., Application of Pb Isotope Geochemistry to the Study of the Corrosion Products of Archaeological Artefacts to Constrain Provenance, *Journal of Geochemical Exploration*, 66(1-2), pp.421-425, 1999.
- [10] 同[9]a。
- [11] 崔剑锋等：《铅同位素考古研究：以云南和越南出土青铜器为例》，文物出版社，2008年。
- [12] Gale N. H., et al., Bronze Age Copper Sources in the Mediterranean: A New Approach, *Science*, 216(4541), pp.11-19, 1982.
- [13] Pollard M., et al., A New Method for Combining Lead Isotope and Lead Abundance Data to Characterize Archaeological Copper Alloys, *Archaeometry*, pp.996-1008, 2014.
- [14] a.金正耀：《中国铅同位素考古》，中国科学技术大学出版社，2008年。  
b.Chen K., et al., Hanzhong Bronzes and Highly Radiogenic Lead in Shang Period China, *Journal of Archaeological Science*, 101, pp.131-139, 2019.
- [15] 金正耀等：《中国两河流域青铜文明之间的联系：以出土商青铜器的铅同位素比值研究结果为考察中心》，见《中国商文化国际学术讨论会论文集》，中国大百科全书出版社，1998年。
- [16] 同[8]。
- [17] a.同[14]a。  
b.同[14]b。  
c.Liu S., et al., Did China Import Metals from Africa in the Bronze Age? *Archaeometry*, 60(1), pp.105-117, 2018.
- [18] Liu R., et al., Beyond Ritual Bronzes: Identifying Multiple Sources of Highly Radiogenic Lead Across Chinese History, *Scientific Reports*, 8(1), p.11770, 2018.
- [19] a. 同[14]a。  
b. 同[6]b。  
c. Jin Z., et al., Revisiting Lead Isotope Data in Shang and Western Zhou Bronzes, *Antiquity*, 91(360), pp.1574-1587, 2017.
- [20] a.彭子成等：《赣鄂皖诸地古代矿料去向的初步研究》，《考古》1997年第7期。  
b.彭子成等：《赣鄂豫地区商代青铜器和部分铜铅矿料来源的初探》，《自然科学史研究》1999年第3期。
- [21] a.同[6]a。  
b.同[14]b。
- [22] Sun W., et al., Origin of the Mysterious Yin-Shang Bronzes in China Indicated by Lead Isotopes, *Scientific Reports*, 6, p.23304, 2016.
- [23] a.同[14]b。  
b.同[17]c。
- [24] a.同[20]a。  
b.同[15]。
- [25] a.孙淑云等：《盘龙城出土青铜器的铅同位素比测定报告》，见《盘龙城：1963~1994年考古发掘报告》，文物出版社，2001年。  
b.彭子成等：《盘龙城商代青铜器铅同位素示踪研究》，见《盘龙城：1963~1994年考古发掘报告》，文物出版社，2001年。
- [26] a.同[14]a。  
b.同[25]b。
- [27] 刘群等：《正阳楼墓地出土商代铜器的检测及相关问题研究》，《有色金属（冶炼部分）》2016年第5期。
- [28] 肖梦娅等：《信阳罗山天湖墓地出土青铜器的检测分析及相关问题初探》，《华夏考古》2016年第2期。
- [29] a.金正耀等：《宝山遗址和城洋部分铜器的铅同位素组成与相关问题》，见《城洋青铜器》，科学出版社，2006年。  
b.同[14]b。
- [30] 金正耀等：《新干商代大墓青铜器的铅同位素比值研究》，《考古》1996年第8期。
- [31] 金正耀等：《广汉三星堆遗址青铜器的铅同位素比值研究》，《文物》1995年第2期。
- [32] 安阳殷墟铜器铅同位素数据已经有200多个，

但是大部分没有发表,我们的讨论只是基于已经发表的数据。

a.同[14]a。

b.田建花等:《殷墟1004号王墓出土青铜甗研究》,《江汉考古》2012年第1期。

- [33] 韩炳华:《晋西商代青铜器》,科学出版社,2017年。
- [34] 马江波等:《湖南宁乡县炭河里遗址出土青铜器的科学分析》,《考古》2016年第7期。
- [35] 金正耀等:《成都金沙遗址铜器研究》,《文物》2004年第7期。
- [36] 我们暂将大司空M539(中国社会科学院考古研究所安阳工作队:《1980年河南安阳大司空村M539发掘简报》,《考古》1992年第6期)出土铜器也归入殷墟第二期晚段,但实际上其年代可能略早于以花园庄东地M54(中国社会科学院考古研究所:《安阳殷墟花园庄东地商代墓葬》,科学出版社,2007年)为代表的殷墟第二期晚段。
- [37] 湖南省文物考古研究所等:《湖南宁乡炭河里西周城址与墓葬发掘简报》,《文物》2006年第6期。
- [38] a.成都市文物考古研究所:《成都金沙遗址的发现与发掘》,《考古》2002年第7期。  
b.施劲松:《金沙遗址祭祀区出土遗物研究》,《考古学报》2011年第2期。
- [39] a.信阳地区文管会等:《河南罗山县蟒张商代墓地第一次发掘简报》,《考古》1981年第2期。  
b.信阳地区文管会等:《罗山县蟒张后李商周墓地第二次发掘简报》,《中原文物》1981年第4期。  
c.河南省信阳地区文管会等:《罗山天湖商周墓地》,《考古学报》1986年第2期。  
d.信阳地区文管会等:《罗山蟒张后李商周墓地第三次发掘简报》,《中原文物》1988年第1期。  
e.河南省文物考古研究院等:《河南罗山天湖商周墓地M57发掘简报》,《华夏考古》2016年第2期。
- [40] a.驻马店市文物考古管理所:《河南驻马店闾楼商代墓地发掘报告》,《考古学报》2018年第4期。  
b.丘山代等:《河南正阳出土“禽”铭铜器初探》,《南方文物》2016年第2期。

- [41] a.西北大学文博学院等:《城洋青铜器》,科学出版社,2006年。  
b.曹玮主编:《汉中出土商代青铜器》,巴蜀书社,2006年。
- [42] a.孙华:《关于新干大洋洲大墓的几个问题》,《文物》1993年第7期。  
b.江西省文物考古研究所等:《新干商代大墓》,文物出版社,1997年。  
c.施劲松:《长江流域青铜器研究》,文物出版社,2003年。  
d.张昌平:《新干大洋洲青铜容器的年代上限问题》,《南方文物》2007年第4期。
- [43] a.四川省文物考古研究所:《三星堆祭祀坑》,文物出版社,1999年。  
b.孙华:《三星堆器物坑的年代及性质分析》,《文物》1993年第11期。
- [44] 四川省文物考古研究院等:《四川广汉三星堆遗址四号祭祀坑的碳十四年代研究》,《四川文物》2021年第2期。
- [45] 同[15]。
- [46] a.同[19]c。  
b.张吉等:《东周青铜器铅同位素比值的初步研究》,《南方文物》2017年第2期。
- [47] 同[19]c。
- [48] 同[19]c。
- [49] 种建荣:《清涧辛庄商代遗址》,见《中国考古学年鉴》(2016),中国社会科学出版社,2017年。
- [50] 同[33]。
- [51] 曹大志:《青铜器产地与风格分析——来自黄土丘陵的三个案例》,《南方文物》2019年第5期。
- [52] a.石璋如:《小屯第一本·遗址的发现与发掘·乙编·殷墟建筑遗存》,历史语言研究所,1959年。  
b.岳占伟等:《殷墟铸铜遗址综述》,见《三代考古》(二),科学出版社,2006年。
- [53] 中国社会科学院考古研究所:《殷墟发掘报告(1958~1961)》,文物出版社,1987年。
- [54] a.中国社会科学院考古研究所安阳工作队:《2000~2001年安阳孝民屯东南地殷代铸铜遗址发掘报告》,《考古学报》2006年第3期。  
b.殷墟孝民屯考古队:《河南安阳市孝民屯商

- 代铸铜遗址2003~2004年的发掘》，《考古》2007年第1期。
- [55] 安阳市文物考古研究所：《河南安阳市任家庄南地商代晚期铸铜遗址2016~2017年发掘简报》，《中原文物》2018年第5期。
- [56] 何毓灵：《论殷墟手工业布局及其源流》，《考古》2019年第6期。
- [57] 同[51]。

附表一 刘家庄遗址出土青铜器合金类型检测数据表（便携式X射线荧光光谱仪分析）

样品号	器物号	器物	样品类型	器类	合金分类	Cu (%)	Sn (%)	Pb (%)
QZ-14	LJZ无号-1-a	残片	锈	容器	C组（低铅锡青铜）	73.7	15.9	6.6
QZ-15	LJZ无号-1-b	残片	基体	容器	C组（低铅锡青铜）	73.7	15.9	6.6
QZ-16	LJZ无号-2	残片	基体	容器	C组（低铅锡青铜）	82.9	6.2	4.5
QZ-17	M121 : 40	鼎	锈	容器	C组（低铅锡青铜）	62.4	22.9	6.3
QZ-18	3166	直内戈	锈	兵器	C组（低铅锡青铜）	90.4	3.9	4.5
QZ-19	M121 : 56	罍	锈	容器	A组（红铜）	98.0	0.2	0.4
QZ-20	M38	戈	锈	兵器	B组（微量铅锡青铜）	86.4	10.6	1.6
QZ-21	M56 : 2	有銎戈	锈	兵器	C组（低铅锡青铜）	75.3	16.0	5.3
QZ-22	M56 : 3	弓形器	锈	车马器	D组（高铅锡青铜）	48.2	15.6	28.1
QZ-23	M109 : 13	爵	锈	容器	B组（微量铅锡青铜）	64.0	23.9	1.1
QZ-24	M109 : X (16)	觚	锈	容器	C组（低铅锡青铜）	52.9	24.2	4.3
QZ-25	M109 : X (24)	鼎	锈	容器	D组（高铅锡青铜）	74.5	11.5	11.4
QZ-26	M109 : X (29)	簋	锈	容器	C组（低铅锡青铜）	40.2	29.2	6.6
QZ-27	M109 : X (69)	爵	锈	容器	C组（低铅锡青铜）	72.9	19.0	4.7
QZ-28	M109 : X (81)	大爵	锈	容器	D组（高铅锡青铜）	31.9	21.6	27.9
QZ-30	M112 : 3	爵	锈	容器	B组（微量铅锡青铜）	91.3	6.4	1.6
QZ-31	M121 : 18	觚	锈	容器	D组（高铅锡青铜）	67.5	15.7	11.3
QZ-32	M121 : 2 (87)	觚	锈	容器	D组（高铅锡青铜）	45.8	19.4	25.4
QZ-33	M121 : 37	爵	锈	容器	D组（高铅锡青铜）	32.1	16.1	39.4
QZ-34	LJZM121-39	甗	锈	容器	A组（红铜）	98.0	0.1	0.2
QZ-35	M121 : 12	弓形器	锈	车马器	D组（高铅锡青铜）	33.5	15.9	38.5
QZ-36	M121 : 24	有銎戈	锈	兵器	D组（高铅锡青铜）	62.9	16.7	14.7
QZ-37	M121 : 33	直内戈	锈	兵器	D组（高铅锡青铜）	42.0	18.2	20.5
QZ-38	M121 : 34	有銎戈	锈	兵器	D组（高铅锡青铜）	37.7	25.0	17.0
QZ-39	M121 : 43	壶	锈	容器	B组（微量铅锡青铜）	81.1	14.0	1.3
QZ-40	M121 : 65	环首刀	锈	工具	C组（低铅锡青铜）	74.0	20.7	2.0
QZ-41	M122 : 10-1	簋	锈	容器	D组（高铅锡青铜）	75.1	10.2	15.0
QZ-42	M122 : 10-2	觚	锈	容器	C组（低铅锡青铜）	87.7	7.4	4.7
QZ-43	M122 : 10-3	铜器残片	锈					
QZ-44	M122 : 16-1	矛	锈	兵器	E组（铜铅合金）	87.5	0.1	6.1
QZ-45	M122 : 16-2	鼎	锈	容器	A组（红铜）	98.8	0.0	0.1
QZ-46	M122 : 17	卣盖	锈	容器	C组（低铅锡青铜）	71.0	17.6	7.7
QZ-47	M122 : 23	有銎戈	锈	兵器	D组（高铅锡青铜）	64.1	16.2	14.5
QZ-48	M122 : 26 (1)	戈（明器）	锈	兵器	E组（铜铅合金）	72.3	0.9	25.9
QZ-49	M122 : 30	戈（明器）	锈	兵器	E组（铜铅合金）	75.1	0.7	18.7
QZ-51	M122 : 32	凿	锈	工具	B组（微量铅锡青铜）	86.4	10.0	1.4
QZ-52	M122 : 37	直内戈	锈	兵器	C组（低铅锡青铜）	57.2	26.7	2.4
QZ-53	M122 : 39	有銎戈	锈	兵器	C组（低铅锡青铜）	79.3	14.4	2.9
QZ-54	M122 : 47	戈（明器）	锈	兵器	E组（铜铅合金）	88.0	0.5	10.7
QZ-55	M122 : 5	铎	锈	工具	C组（低铅锡青铜）	81.5	13.5	3.2

附表二

刘家庄遗址出土青铜器铅同位素检测数据表

样品号	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	标准差 $2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	标准差 $2\sigma$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	标准差 $2\sigma$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	标准差 $2\sigma$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
QZ-14	42.1071	0.0058	16.0435	0.0011	21.8263	0.0016	1.9289	0.0001	0.7351
QZ-15	42.0161	0.0020	16.0297	0.0005	21.8107	0.0015	1.9260	0.0001	0.7349
QZ-16	42.1273	0.0020	16.0419	0.0006	22.0971	0.0007	1.9064	0.0000	0.7260
QZ-17	42.1977	0.0018	16.0429	0.0006	22.0543	0.0007	1.9135	0.0000	0.7274
QZ-18	40.1074	0.0035	15.7745	0.0009	19.6004	0.0010	2.0463	0.0001	0.8048
QZ-19	40.9380	0.0058	15.8535	0.0019	20.7023	0.0020	1.9774	0.0001	0.7658
QZ-20	41.5719	0.0049	15.9429	0.0013	20.7987	0.0018	1.9989	0.0001	0.7665
QZ-21	38.5996	0.0016	15.6157	0.0004	18.2914	0.0004	2.1102	0.0001	0.8537
QZ-22	37.9536	0.0046	15.5241	0.0014	17.6168	0.0015	2.1543	0.0001	0.8811
QZ-23	39.3518	0.0029	15.7094	0.0012	19.0663	0.0013	2.0638	0.0001	0.8240
QZ-24	38.4685	0.0020	15.5868	0.0005	18.5969	0.0019	2.0681	0.0001	0.8380
QZ-25	42.1200	0.0037	16.0373	0.0010	21.9503	0.0016	1.9187	0.0001	0.7306
QZ-26	42.0573	0.0089	16.0473	0.0028	21.7840	0.0037	1.9305	0.0001	0.7367
QZ-27	42.1989	0.0050	16.0437	0.0012	22.0984	0.0016	1.9095	0.0001	0.7259
QZ-28	42.3069	0.0075	16.0518	0.0008	22.1230	0.0011	1.9123	0.0003	0.7256
QZ-30	41.3230	0.0026	15.9398	0.0007	21.1775	0.0009	1.9514	0.0001	0.7527
QZ-31	42.0535	0.0032	16.0364	0.0008	21.8122	0.0016	1.9278	0.0000	0.7352
QZ-32	42.2287	0.0096	16.0490	0.0013	22.0854	0.0028	1.9125	0.0002	0.7268
QZ-33	42.7377	0.0021	16.1355	0.0005	22.1981	0.0007	1.9254	0.0000	0.7269
QZ-34	39.9032	0.0497	15.7098	0.0135	19.1517	0.0152	2.0835	0.0017	0.8203
QZ-35	42.3807	0.0050	16.0714	0.0012	22.1708	0.0012	1.9115	0.0001	0.7248
QZ-36	41.8172	0.0077	16.0011	0.0010	21.6511	0.0009	1.9314	0.0003	0.7390
QZ-37	41.0474	0.0033	15.9133	0.0009	20.5259	0.0009	1.9997	0.0001	0.7753
QZ-38	41.8683	0.0047	16.0081	0.0008	21.7240	0.0013	1.9272	0.0001	0.7369
QZ-39	42.1866	0.0055	16.0448	0.0013	21.9882	0.0021	1.9183	0.0001	0.7297
QZ-40	41.2637	0.0071	15.9327	0.0017	21.1339	0.0020	1.9524	0.0002	0.7539
QZ-41	41.6400	0.0031	15.9775	0.0008	21.5337	0.0017	1.9337	0.0001	0.7420
QZ-42	42.2374	0.0047	16.0475	0.0012	22.1145	0.0014	1.9100	0.0001	0.7257
QZ-43	38.6008	0.0149	15.6287	0.0011	18.5684	0.0042	2.0801	0.0001	0.8418
QZ-44	38.5326	0.0034	15.6299	0.0011	18.4468	0.0011	2.0889	0.0001	0.8473
QZ-45	39.1812	0.0170	15.7200	0.0082	18.8989	0.0090	2.0733	0.0004	0.8315
QZ-46	41.8813	0.0009	16.0000	0.0003	21.7404	0.0003	1.9265	0.0000	0.7360
QZ-47	41.7055	0.0025	15.9779	0.0006	21.5004	0.0009	1.9397	0.0001	0.7431
QZ-48	42.2038	0.0073	16.0456	0.0015	22.0496	0.0018	1.9139	0.0002	0.7277
QZ-49	42.1843	0.0021	16.0415	0.0005	22.0937	0.0005	1.9093	0.0001	0.7261
QZ-51	41.2926	0.0098	15.9454	0.0027	20.9733	0.0024	1.9688	0.0002	0.7603
QZ-52	42.2894	0.0072	16.0519	0.0019	22.1607	0.0023	1.9081	0.0002	0.7244
QZ-53	36.1831	0.0038	15.3768	0.0011	16.3168	0.0010	2.2175	0.0001	0.9424
QZ-54	42.2171	0.0029	16.0499	0.0006	22.1157	0.0011	1.9090	0.0001	0.7257
QZ-55	41.4362	0.0020	15.9963	0.0006	21.0348	0.0006	1.9699	0.0000	0.7605

(责任编辑 苗霞)

## 本期要览

**浙江余姚市井头山新石器时代遗址** 2019~2020年对井头山遗址的发掘,遗迹有灰坑、食物储藏坑、器物加工场所及食物处理场所等,遗物有陶器、石器、骨角器、贝器、木器、编织物,动物遗存、植物遗存和石块。遗址的年代为距今8300~7800年,是中国沿海地区迄今发现的年代最早、埋藏最深、遗存最丰富的史前贝丘遗址。

**河南巩义市双槐树新石器时代遗址** 2013~2020年对双槐树遗址的发掘,遗迹有三道环壕、中心居址、大型夯土建筑群基址、大型版筑遗迹、夯土祭坛、墓葬、灰坑和窑址,遗物有陶器、石器和兽牙器等。双槐树遗址是迄今为止在黄河流域发现的仰韶文化中晚期规模最大的核心聚落,它与周边分布的多个遗址共同构成规模巨大的聚落遗址群。

**武汉市黄陂区鲁台山郭元咀遗址商代遗存** 2019~2020年对郭元咀遗址的发掘,商代铸铜区遗迹主要有建筑类遗迹、灰沟、红烧土堆积坑、熔铸坑、陶范坑和垫土坑等,遗物有青铜器、与铸铜有关遗物、陶器、印纹硬陶器和石器。遗址商代铸铜遗存的主体年代相当于涇北花园庄期至殷墟第一期。遗址的发掘,对探讨这一时期商王朝对南方地区的经略有重要意义。

**桂林市甑皮岩与大岩遗址人和动物骨骼的碳氮稳定同位素研究** 通过对广西桂林甑皮岩和大岩遗址出土新石器时代早中期人和动物骨骼的碳氮稳定同位素分析和加速器质谱碳十四测年研究,可知新石器时代早中期的环境较稳定,以 $C_3$ 植物为主,有少量 $C_4$ 植物。先民主要摄取淡水类动物资源,早期人群在食物选择上高度集中,中期人群则更加多样,陆生资源显著增加。

**济南市刘家庄遗址出土商代青铜器的铅同位素分析** 通过对济南市刘家庄遗址商代晚期部分青铜器铅同位素数据的研究,可知遗址铜器的铅同位素主要以高放射性成因铅为主,且数据相对集中。高放射性铅同位素数据反映了商代不同时期铜器的资源同源性,但需要结合考古类型学,铜器铸造技术、风格以及铭文等来理解其背后的社会、经济意义。