

doi:10.3969/j.issn.1007-7545.2023.05.021

江淮地区商周时期青铜资源流通的初步研究

张睿祥^{1,2}, 魏国锋¹, 王艳杰¹

(1. 安徽大学 历史学院, 合肥 230039;
2. 天水师范学院 文物保护技术系, 甘肃 天水 741001)

摘要:江淮地区以其特殊的地理位置、复杂的文化面貌和丰富的铜矿资源,成为探索青铜时代资源流通的重要地区。对本地区商周青铜器铅同位素比值和微量元素数据进行梳理和分析。结果表明:目前检测的江淮地区的商代青铜器大多含有高放射性铅同位素,且具有典型的殷墟王室作坊风格,受中原地区影响较深。西周时期江淮地区皖南的矿料通过“金道锡行”运往中原。淮河上游天湖遗址与中原诸侯国的西周青铜器主要使用了来自大冶铜绿山的矿料,而安徽出土的西周青铜器的矿料主要来自皖南地区。东周以来,江淮地区与中原及周边地区在矿料上表现出较强的一致性。铅同位素与微量元素数据均表明,江淮地区战国青铜器矿源空间格局发生了明显变化,这一时期除了继续使用皖南和鄂东南的铅料外,还使用了来自赣北和豫西的铅料。

关键词:江淮地区;商周青铜器;矿料流通;文化互动

中图分类号:K871.3 **文献标志码:**A **文章编号:**1007-7545(2023)05-0151-07

Preliminary Study on Circulation of Bronze Resource during the Shang and Zhou Dynasties in Jianghuai Region

ZHANG Rui-xiang^{1,2}, WEI Guo-feng¹, WANG Yan-jie¹

(1. School of History, Anhui University, Hefei 230039, China;
2. Department of Cultural Relics Protection Technology, Tianshui Normal University, Tianshui 741001, Gansu, China)

Abstract: Jianghuai region is an important area to explore the mineral resources exchange in the Bronze Age, due to its special geographical location, complex cultural landscape and rich resource of copper. The lead isotope data and trace element data of the Shang-Zhou bronzes in this area were collected and discussed. The results show that most of the Shang bronzes analyzed contain high radiogenic lead and have a typical style of Yin Ruins bronzes, which are deeply influenced by the Central Plains. During the Western Zhou Dynasty, the mineral materials in southern Anhui were transported to the Central Plains through the “Jindaoxihang” (金道锡行). Bronzes unearthed in Tianhu site and the vassal states of the Central Plains mainly use mineral materials from Tonglv Mountain, Daye city. The mineral materials of bronzes unearthed in Anhui province mainly came from southern Anhui. There is a strong consistency in mineral materials between Jianghuai region, the Central Plains and surrounding areas during the Eastern Zhou Dynasty. The spatial pattern of bronze mineral materials changed in the Warring States period, which shows that mineral resources shifted from the southern Anhui and the southeastern Hubei to the

收稿日期:2023-02-09

基金项目:国家社会科学基金资助项目(21BKG019)

作者简介:张睿祥(1984-),男,博士研究生;通信作者:魏国锋(1975-),男,教授

northern Jiangxi and the western Henan.

Key words: Jianghuai Region; Shang-Zhou bronze; mineral exchange; cultural communication

江淮地区是指长江下游及淮河沿线的广大地区,主要包括今安徽大部、河南南部和江苏南部。这一地区地势低平、水网稠密,土著杂陈,民风各异,是中原文化、吴越文化、群舒文化、楚文化相互交融、兼收并蓄的一个区域。江淮地区独特的地理区域以及复杂的文化面貌,使这一地区成为探索三代青铜文明传播的重要通道之一。此外,江淮地区处于长江中下游铜矿富集区,丰富的矿藏也促使中原王朝不断调整策略以达到对金属资源的控制和使用。根据考古发现,这一地区早在二里头时期就已经存在一定规模的开采、冶炼活动^[1]。本文拟从青铜器铅同位素及微量元素方面,对已公布的江淮地区商周青铜器检测数据整理统计,探讨这一地区商周时期青铜资源空间流通、技术交流和文化互动。

1 江淮地区商周青铜器检测数据整理分析

铅同位素比值法和微量元素示踪法是青铜器矿料溯源及流通研究常用的自然科学手段。根据公开发表的文献,有关学者对江淮地区 75 件青铜器的铅同位素进行了测试,测试样品来自罗山天湖墓地^[2]、正阳闰楼墓地^[3]、铜陵师姑墩遗址^[4]、枞阳^[5]和六安^[6]出土的铜器。测试微量元素的 35 件青铜器样品来自淮北地区^[7]、滁州何郢遗址^[8]和皖南沿江地区^[9-10]。本文分别对这批数据进行讨论。

1.1 铅同位素比值分析

为了全面理解江淮地区商周青铜器铅同位素比值揭示的意义,将 75 件青铜器的铅同位素比值以 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 对 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 作图(图 1)。从图 1 可以看出,铅同位素比值可分为两区:A 区为高放射成因铅区^[11], $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值的分布范围为 0.706~0.811。落在该区域的均为江淮地区商代晚期青铜器,包括罗山天湖的 5 件和正阳闰楼的 16 件。B 区是普通铅区, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值的分布范围为 0.844~0.889,包括江淮地区少量商代青铜器,以及西周所有青铜器。

为了进一步了解普通铅区域青铜器的铅同位素特征,对这一区域的铅同位素数据以 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 对 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 重新作图(图 2)。从图 2 可看出,普通铅区青铜器的铅同位素数据可分为三个区域:I 区 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值的分布范围为 0.887~0.889,包括

淮河上游罗山天湖和闰楼墓地出土的部分商代青铜器,以及罗山天湖的西周青铜器。II 区 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值的分布范围为 0.844~0.859,包含安徽六安、铜陵、枞阳等地西周至战国的器物。落在 III 区的铅同位素数据为枞阳、六安出土的战国青铜器。从分区的结果来看,淮河上游一带和铜陵、枞阳等地的西周青铜器矿料来源不尽相同,而铜陵、枞阳等地的西周和春秋青铜器的矿料具有延续性。较之春秋时期,战国青铜器矿料来源的空间格局发生了较大变化,表现为战国时期在沿用 II 区矿料的同时,使用新的矿源。

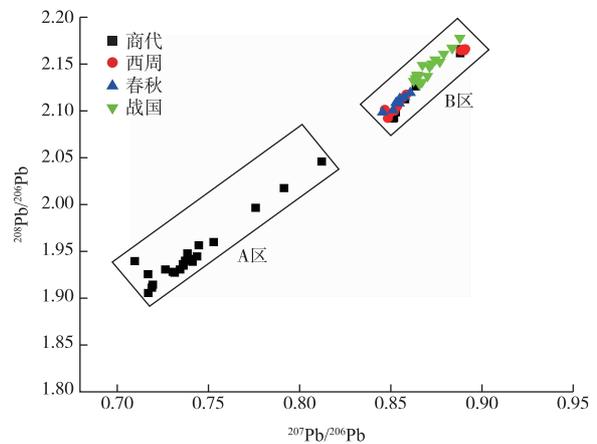


图 1 江淮地区商周青铜器铅同位素比值分布图
Fig. 1 Distribution map of lead isotope ratio of Shang-Zhou bronzes in Jianghuai region

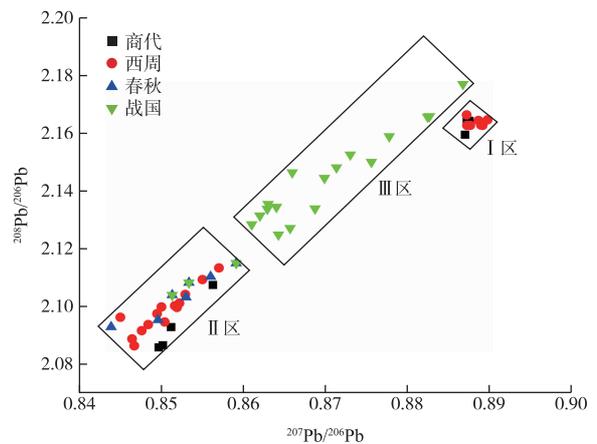


图 2 江淮地区商周青铜器普通铅区铅同位素比值分布图
Fig. 2 Distribution map of lead isotope ratio for the common lead of Shang-Zhou bronzes in Jianghuai region

1.2 微量元素分析

运用“牛津研究体系”中的微量元素分组法,以含量0.1%为阈值界定微量元素砷、锑、银、镍在铜

器中的有无(Y/N)^[12],对测定微量元素的35件青铜器进行分组,其中占比超过10%的有1、2、6、9、12和16六组(表1)。

表1 江淮地区商周青铜器微量元素分组对比表

Table 1 Comparison of copper groups of Shang-Zhou bronzes in Jianghuai region

朝代	第1组 NNNN	第2组 YNNN	第6组 YYNN	第9组 YNYN	第12组 YYYN	第16组 YYYY	总计
殷商		1					1
西周		2		3	1		6
春秋	3	4	1	1			9
战国	1	1			5	2	9

据表1,江淮地区商周青铜器微量元素分组情况,商代数据仅有1个,属于第2组,反映不出有效的信息。西周数据属于第2、9、12组,春秋数据属于第1、2、6、9组,战国数据属于第1、2、12、16组。此外,一些样品由于时代模糊,未统计在表中,但作为参考信息,仍然能得出有效的信息。比如,何郢遗址测试的5件商周之际的青铜残片,有3件属于第2组,余者2件分别属于第1和第6组。另有淮北地区的2件东周时期的残片,属于第2组。以上分组结果明显看出,第2组代表了比较稳定的矿源,从殷商至战国,这一矿源持续开采使用,矿料供应体系表现出较好的延续性和稳定性。

第9组和第1组也分别反映出两周之际和东周时期在矿料供应方面的延续性。值得注意的是,春秋战国之际虽然存在矿料方面的承继关系,但矿源的变迁更加明显。春秋时期使用的第6、9组矿料,到战国时期不再使用,而战国使用的第12、16组矿料,却不见于春秋时期使用。这与图2反映出的东周青铜器铅同位素数据的变化,具有一致性。

2 江淮地区商代高放射性成因铅

以往研究表明^[13],殷墟、三星堆、金沙、新干大洋洲、城洋等商代晚期遗址出土铜器中,有相当一部分含有高放射性成因铅同位素。这一现象滥觞于二里岗期,殷墟二期达到鼎盛,殷墟三期渐趋衰落。江淮地区铅同位素测试的商代青铜器,主要来自罗山天湖和正阳闰楼墓地,其中,含有高放射性成因铅同位素的青铜器占比72.4%,这对深入了解罗山天湖和正阳闰楼的性质及商代晚期的政治经济结构有重要的启示。

殷商实行内外服制,对于王畿之外地区的统治,除了异姓部落方国,商王室还设立规模和等级不一的城邑作为据点,并授封王族成员为邑主。这些邑

主臣服于商王,除了替商王管理城邑外,还为商王提供各种服役和贡物,其中不乏珍贵的金属原料。商王也会通过各种名目的赏赐,笼络不同地区方国的首领。罗山天湖遗址墓葬中出土带有“息”字的有铭铜器33件,表明这一带为商代晚期息族的地域范围^[14]。闰楼墓地也出土有“亚禽”“示亚禽”铭文的青铜器,由此可以确定该遗址为商代晚期禽族的贵族墓地^[15]。从年代上看,天湖遗址主要对应殷墟二至四期,主体遗存为殷墟三期。闰楼墓地相对年代稍早,对应殷墟一至三期,兴盛期为殷墟二期。这二处遗址所处的大别山地区,是连接江淮和中原地区的重要通道,它们极有可能是在盘龙城衰微后,商王朝为了继续有效控制南方荆楚势力,实现青铜资源畅通而设立的据点。这一认识,使我们对商王朝对江淮地区的经略,以及商代方国在政治生活中扮演的角色有了更加深刻的理解。

天湖和闰楼出土的部分青铜器,在器形和纹饰上具有很强的殷墟王室作坊青铜器的风格。事实上,不止天湖和闰楼二地,在三星堆、新干大洋洲、晋陕高原等地出土的商代青铜器,大多也含有高放射性成因铅同位素,它们有可能使用商王室统一分配的矿料制作而成,或以成品的形式来自殷墟王室作坊^[16]。在殷墟以外地区阜南台家寺、凤阳古堆桥、黄陂鲁山台、清涧辛庄多处等殷墟时期铸铜遗址的发现,表明商代王畿以外的地区也具有独立铸造青铜器的能力。通过以上分析,可初步勾勒出以“殷墟王室作坊为中心,地方作坊为辅”的商代晚期铜器生产格局。商王朝在地方设立方国,通过控制青铜原料或成品的输出,将中原地区与江淮地区,甚至更偏远的地区连为一体。

3 江淮地区青铜器矿料的历时性变化

铅同位素比值I区和微量元素分组结果显示,

罗山天湖的西周部分铜器延用了商代的矿料,这与西周建国后对商代方国的管理不无关系。西周通过分封宗族姻亲、功臣到地方建立诸侯国,形成等级森严的统治网络。对于殷商时期的族群,或徙或亡,或在原地重新分封。周代姬姓息国被认为可能是在昭王十六年和十九年两次大规模南征之后被分封^[17]。与此情况类似的还有鄂、邓、曾等国,他们占领江淮之间的交通要冲,形成了新的守卫西周青铜资源通道的屏障。这种“和平过渡”,使得铜料流通体系并未受到商周政权交替的影响,这意味着姬姓息国继续使用了商代的矿源。

不可否认的是,这种现象可能存在另一种情况,即周人对商器进行了回熔重铸。《史记·周本纪》记载,西周建国后,“封诸侯,班赐宗彝,作《分殷之器物》”。《逸周书·世俘》载:“凡武王俘商,得旧宝玉万四千,佩玉亿有八万”。西周通过怀柔之策,将俘获的金玉之器赏赐给诸侯。对天子赏赐的玉器,周人并非直接使用,而是因料制宜,量玉取材,对原有器形实施改制后再用。既然玉器存在改制现象,那么不排除这种做法也存在于青铜器中。与玉器改制做法不

同的是,青铜器可以回熔后铸造成周式风格的器物。

铅同位素比值和微量元素分组结果显示,江淮地区战国青铜器的矿料来源发生了明显变化。由于不同矿区铅同位素比值的“重叠效应”,加之同一矿山的不同矿层,铅同位素比值也可能存在差异。这些复杂的客观因素给矿料溯源工作带来很大的制约和不确定性。结合考古学背景及地球化学省铅同位素分布范围^[18],将江淮地区东周青铜器铅同位素数据与华北省、扬子省和华南省矿石铅同位素比值范围进行比对(图3)。其中华北省东起山东崂山向西经沂水沿郯城-庐江断裂带至铜陵,沿江至枞阳,湖北黄梅、大冶,再向北至河南桐柏、栾川,并经秦岭、祁连山到东天山星星峡地区,北界从星星峡向东经内蒙古查尔泰、赤峰到吉林大屯。扬子省包括长江中下游的湖北、安徽沿江地区,湘西、贵州东部,以及西秦岭和南天山地区。华南省与扬子省之间存在比较明显的边界,东起江山-绍兴断裂带,沿陈蔡、江山、铅山、贵溪一线,直到湖南黄金洞南,向西南延伸至湖南邵阳的白云铺、广西融水、河池,向北到贵州西南、云南中南部地区^[18]。

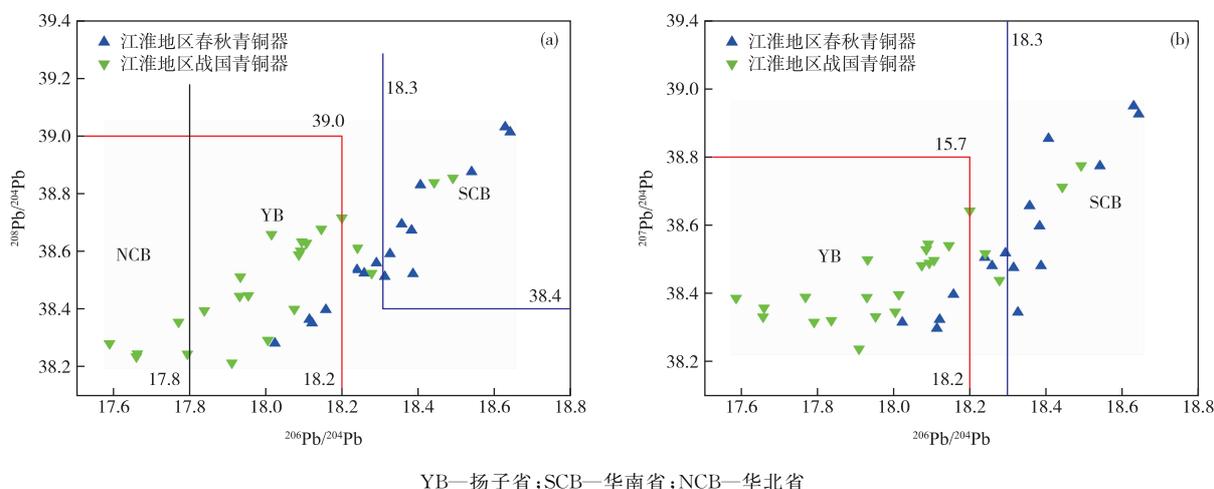


图3 江淮东周青铜器铅同位素比值与地球化学板块矿石铅同位素比值范围对比图
 Fig. 3 Comparison of lead isotope ratios of the Eastern Zhou bronzes in Jianghuai Region and the lead isotopic range of Geochemical Province

江淮地区东周青铜器的铅同位素数据落在华北省、扬子省和华南省的范围。因此,江淮地区东周青铜器的铅料可能来自这三个区域。基于大致地域空间范围的确定,运用鄂东南、皖南、赣北及豫西南的现代铅锌矿的铅同位素比值进行对比。从图4可知,江淮地区春秋青铜器的铅同位素比

值与鄂东南和皖南的铅矿数据相吻合,表明这一时期的铅料主要来自长江中下游的矿区。战国青铜器除了继续沿用长江中下游的铅料,其铅同位素数据与赣北和豫西地区的现代铅矿均有一定程度的吻合,表明战国时期还使用了来自赣北和豫西地区的铅料。

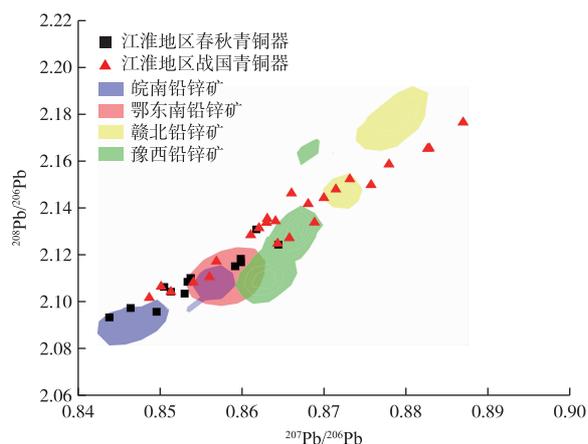


图4 江淮东周青铜器与现代铅锌矿铅同位素比值对比图

Fig. 4 Comparison of lead isotope ratios between the Eastern Zhou bronzes in Jianghuai region and modern lead-zinc deposits

4 青铜资源流通反映出的商周时期江淮地区与中原的关系

淮河上游一带是青铜资源流通的要道,商周历代统治者都非常重视对这一地区的管控。江淮地区商代早期的青铜器分析检测数据较为缺乏,但至商代晚期,中原对江淮地区淮河上游一带的影响已经非常明显。罗山天湖和闰楼墓地大量含有高放射性成因铅的器物,也可证明其与殷墟之间存在青铜资源,甚至可能是人群和技术的流通。从江淮地区发现的商代青铜器和遗址,学者们认为二里岗时期至殷墟二、三期,中原文化在江淮地区呈现强势扩张的态势。但从四期开始,商文化因素的遗址零星可见,似表明中原文化在江淮地区基本退出^[19]。从目前科技分析视角,这一消退趋势并没有明显表现,或与分析检测数据的缺乏有关。因此,今后需加强对江淮地区殷墟二、三期重要的考古资料及相关分析检测数据,可为商代江淮地区与中原文化交流互动方面提供更多的信息和更充足的佐证。

据肖梦娅等^[2]的研究,天湖遗址西周青铜器与盘龙城的铅同位素比值有一定程度的重叠,表明天湖使用的矿料与盘龙城相同,可能来自大冶铜绿山。淮北、枞阳、滁州等地出土的西周青铜器,使用的矿料则主要来自皖南矿区。根据黎海超对叶家山、晋侯墓地及周原地区西周青铜器微量元素数据的分组研究^[20],这些遗址中原式青铜器以第1、3、6、12组为主,第2、9组也占有一定比例。江淮地区西周青

铜器以第2、9、12组别为主,说明二者部分有共同的矿料来源。洛阳北窑、周原西周青铜器矿源研究也显示,其铅同位素比值与湖北大冶铜绿山重合较多,且部分与皖南、瑞昌铜岭、中条山也有重合区域,说明西周各诸侯国的矿料来源不止一处,呈现多源格局^[21]。结合西周金文中周王朝征南淮夷而“俘金”的记载,可一窥江淮地区与中原之间矿料的流通情况。这些土著居民不仅掌握铜资源的开采权,并且能够独立铸造器物。虽然在周王朝用兵南土的问题上,学界有不同的认识,但不论是以掠铜为目的,还是为保证铜料运输通道的畅通,江淮地区与中原地区存在矿料的流通是基本史实。易德生^[22]认为,皖南矿区的矿料经过巢国、桐国及六国,然后顺大别山北麓淮河沿线,过蔡国,最后到达洛阳或周原地区。

相关研究显示,东周时期青铜矿料的使用呈现出随时代和地区变化的规律。春秋早中期,中原地区使用A类矿料($^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值2.11~2.13, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值0.85~0.87),春秋晚期至战国早期,中原及周边地区又使用 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值在2.16~2.18之间的C类矿料^[23]。相比较来看,江淮地区春秋青铜器铅同位素数据 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值在2.09~2.15, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值在0.84~0.88,与A类矿料对应,说明江淮地区与中原存在使用同种矿料的可能。除此之外,还能与张吉等^[23]提及的春秋中期江淮地区青铜器矿料由B类($^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值2.09~2.11, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值0.84~0.86)重合,这类矿料被认为最有可能代表了大冶铜绿山,说明江淮地区与长江中游在矿料流通方面也存在密切联系。江淮地区战国青铜器铅同位素数据 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值在2.12~2.17,范围要比C类矿料略广。C类矿料被认为可能来自豫西一带,而江淮地区所用矿料除了来自赣北,还来自豫西一带。另据郑韩故城青铜器微量元素分析,其使用的矿料可能来自皖南和大冶铜绿山^[24],说明东周时期皖南与中原地区仍然存在矿料流通。以上分析可看出,东周时期,江淮地区不仅与中原,而且与其它各地区在青铜矿料的使用上具有一致性,说明当时存在比较稳定且开采量巨大的矿山维持各个地区青铜铸造业对原料的需求。

5 结语

检测的江淮地区商代青铜器,大多含有高放射性成因铅同位素,且具有典型的殷墟王室作坊风格,说明该地区与殷墟有密切的交流。但囿于分析检测

数据缺乏,目前还难以从科技视角揭示其与中原地区的关系。西周王朝极为重视对南土的管控,多次征伐淮夷、荆楚,确保长江中下游地区的矿料输往中原路线的畅通。天湖遗址为代表的息国,与中原关系密切,二者都使用来自大冶铜绿山的矿料,并且西周和商代的矿料具有延续性,这与西周对息族实行原地分封或铜器回熔重铸有关。安徽江淮地区的西周青铜器矿料主要来自皖南地区。春秋时期江淮地区与中原及周边地区在矿源上表现出明显的一致性。战国时期,矿源供应空间格局的变化,主要表现为除了继续使用皖南和鄂东南的铅料外,还使用了来自赣北和豫西的铅料。

对江淮地区商周青铜器科学检测成果进行整理和分析,不仅有利于深化对江淮地区青铜器的认识,还可为该地区矿料流通及其与周边地区的交流研究提供理论支撑和新的视角。从目前的研究来看,江淮地区商代青铜器铅同位素测试数据偏少,商周各时期青铜器微量元素测试数据较为缺乏。因此,加强青铜器铅同位素和微量元素的科学检测分析,以及青铜器泥芯、陶范及其制作技术的研究,是今后该地区开展青铜器科学研究的重点。

参考文献

- [1] 朔知,王冬冬,罗汝鹏. 安徽铜陵县师姑墩遗址发掘简报[J]. 考古,2013(6):3-23.
SHUO Z, WANG D D, LUO R P. The excavation of Shigudun site in Tongling county, Anhui province[J]. Archaeology, 2013(6):3-23.
- [2] 肖梦娅,楚小龙,郁永彬,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[J]. 华夏考古,2016(2):135-145.
XIAO M Y, CHU X L, YU Y B, et al. Preliminary study on related problems and analysis of bronzes unearthed from Tianhu Cemetery in Luoshan county, Xinyang city[J]. Huaxia Archaeology, 2016(2):135-145.
- [3] 刘群,肖梦娅,梅建军,等. 正阳闰楼墓地出土商代铜器的检测及相关问题研究[J]. 有色金属(冶炼部分), 2016(5):66-72.
LIU Q, XIAO M Y, MEI J J, et al. Scientific studies of bronze artifacts unearthed from Runlou cemetery[J]. Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy), 2016(5):66-72.
- [4] 安徽省文物考古研究所. 铜陵师姑墩:夏商周遗址考古发掘与研究[M]. 北京:文物出版社,2020.
Anhui Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology. Archaeological excavation and research of Shigudun Site in Tongling[M]. Beijing: Cultural Relics Publishing House, 2020.
- [5] WANG Y J, WEI G F, LI Q, et al. Provenance of Zhou Dynasty bronze vessels unearthed from Zongyang county, Anhui province, China: determined by lead isotopes and trace elements [J]. Heritage Science, 2021(9):97-108.
- [6] 文娟,凌雪,赵丛苍,等. 安徽六安地区东周楚国青铜器铅同位素特征的初步研究[J]. 西北大学学报(自然科学版),2013,43(6):1016-1020.
WEN J, LING X, ZHAO C C, et al. Primary analysis on lead isotope characteristics in Chu State bronzes in East-Zhou period unearthed from Lu'an district, Anhui province[J]. Journal of Northwest University (Natural Science Edition), 2013, 43(6):1016-1020.
- [7] 秦颖,王昌燧,冯敏,等. 安徽淮北部分地区出土青铜器的铜矿来源分析[J]. 东南文化,2004(1):86-88.
QIN Y, WANG C S, FENG M, et al. An analysis on the source of copper mine of bronzes unearthed in north of Huai River in Anhui province[J]. Southeast Culture, 2004(1):86-88.
- [8] 魏国锋,秦颖,王昌燧,等. 何郢遗址出土青铜器铜矿料来源的初步研究[J]. 中原文物,2005(5):86-93.
WEI G F, QIN Y, WANG C S, et al. Study of provenance of copper mine made of the bronzes excavated from Heying sites [J]. Cultural Relics of Central China, 2005(5):86-93.
- [9] 秦颖,王昌燧,杨立新,等. 皖南沿江地区部分出土青铜器的铜矿料来源初步研究[J]. 文物保护与考古科学, 2004(1):9-12.
QIN Y, WANG C S, YANG L X, et al. Study on the copper material sources of some bronzes unearthed in Southern Anhui along Yangtze River [J]. Sciences of Conservation and Archaeology, 2004(1):9-12.
- [10] 魏国锋,秦颖,王乐群. 安徽枞阳出土西周至战国时期青铜器的矿料来源研究[J]. 光谱学与光谱分析, 2017, 37(11):3610-3615.
WEI G F, QIN Y, WANG L Q. Study on copper ores source of bronze vessels in Zongyang county, Anhui province, dated from the Western Zhou Dynasty to Warring States Period [J]. Spectroscopy and Spectral Analysis, 2017, 37(11):3610-3615.
- [11] 金正耀. 中国铅同位素考古[M]. 合肥:中国科学技术大学出版社,2008:33.
JIN Z Z. Lead isotope archaeology in China[M]. Hefei: University of Science and Technology of China Press, 2008:33.
- [12] POLLARD A M, BRAY P J, HOMMEL P, et al.

- Bronze Age metal circulation in China[J]. *Antiquity*, 2017,91:674-687.
- [13] 金正耀. 论商代青铜器中的高放射成因铅[J]. *考古学集刊*, 2004(2):269-278.
JIN Z Y. On high radiogenic lead of Shang bronzes[J]. *Papers on Chinese Archaeology*, 2004(2):269-278.
- [14] 欧潭生. 罗山天湖商周墓地[J]. *考古学报*, 1986(2):153-197.
OU T S. The Shang and Zhou cemetery at Tianhu, Luoshan county, Henan province[J]. *Acta Archaeologica Sinica*, 1986(2):153-197.
- [15] 李安娜, 刘群, 张华. 河南驻马店闰楼商代墓地发掘报告[J]. *考古学报*, 2018(4):457-542.
LI A N, LIU Q, ZHANG H, et al. The excavation of the Runlou cemetery of the Shang Dynasty in Zhumadian, Henan [J]. *Acta Archaeologica Sinica*, 2018(4):457-542.
- [16] 黎海超. 资源与社会:以商周时期铜器流通为中心[M]. 北京:中国社会科学出版社, 2020.
LI H C. Resources and society: a study of bronze circulation systems in the Shang and Western Zhou dynasties [M]. Beijing: China Social Sciences Press, 2020.
- [17] 赵燕姣. 古息国变迁考[J]. *中原文物*, 2014(3):29-35.
ZHAO Y J. On the vicissitudes of ancient Xi State[J]. *Cultural Relics of Central China*, 2014(3):29-35.
- [18] 朱炳泉. 地球科学中的同位素体系理论与应用[M]. 北京:科学出版社, 1998:227-230.
ZHU B Q. The theory and application of isotopic systems in earth science [M]. Beijing: Science Press, 1998:227-230.
- [19] 孙卓. 商时期中原文化在江汉地区的影响历程[J]. *江汉考古*, 2019(3):81-90.
SUN Z. The influence of the Central Plain's culture towards Jianghan Area during the Shang Dynasty[J]. *Jianghan Archaeology*, 2019(3):81-90.
- [20] LI H C, CHEN J L, CUI J F, et al. Production and circulation of bronzes among the regional states in the Western Zhou Dynasty[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2020, 121(10):1-15.
- [21] 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[D]. 北京:北京科技大学, 2015.
YU Y B. Scientific analysis and research on bronzes of the Western Zhou Dynasty unearthed from Yejiashan cemetery in Suizhou, Hubei [D]. Beijing: University of Science and Technology Beijing, 2015.
- [22] 易德生. 周代南方的“金道锡行”试析:兼论青铜原料集散中心“繁汤”的形成[J]. *社会科学*, 2018(1):146-154.
YI D S. A study on southern “Jindaoxihang” in Zhou Dynasty; concurrently discuss the formation of bronze raw materials trading center “Fantang” [J]. *Journal of Social Sciences*, 2018(1):146-154.
- [23] 张吉, 陈建立. 东周青铜器铅同位素比值的初步研究[J]. *南方文物*, 2017(2):94-102.
ZHANG J, CHEN J L. Preliminary study on the lead isotope ratio of bronze in the Eastern Zhou Dynasty [J]. *Cultural Relics in Southern China*, 2017(2):94-102.
- [24] 张宏英, 李秀辉, 李延祥, 等. 郑韩故城出土青铜器的矿料来源初步分析[J]. *文物保护与考古科学*, 2015, 27(4):39-44.
ZHANG H Y, LI X H, LI Y X, et al. A preliminary analysis of the provenance of copper minerals unearthed in the ancient capital city of Zheng and Han [J]. *Sciences of Conservation and Archaeology*, 2015, 27(4):39-44.