

长清仙人台墓地出土青铜器铅同位素比值的初步分析*

- ◆ 赵凤燕 (西安市文物保护考古研究院)
- ◆ 郎剑锋 (通信作者)
(山东大学历史文化学院)
- ◆ 任相宏
- ◆ 李秀辉 (北京科技大学科技史与文化遗产研究院)
- ◆ 张吉
- ◆ 陈建立 (北京大学中国考古学研究中心)

摘要:长清仙人台墓地出土青铜器以铅锡青铜为主要材质类别。春秋早期至中期之初,仙人台 M3、M2 及 M6 青铜器的铅料与同期中原、汉淮地区一致;中期中段,仙人台 M4 青铜器开始应用来自长江中游的新的铅料,仍与中原各地基本同步。仙人台春秋诸墓见证了春秋青铜器的第一次铅料演替过程,并可确定新铅料的广泛应用始于仙人台 M4 阶段,对研究先秦金属流通模式及东周青铜器断代具有重要意义。

关键词:长清;仙人台;春秋;青铜器;铅同位素

Abstract: The bronzes excavated from Xianrentai cemetery are mainly made of lead-tin bronze. From the 8th to the first half of the 7th century B.C., the lead materials of Xianrentai M3, M2 and M6 bronzes were consistent to those in the Central Plains and Han-huai regions during the same period. In the second half of the 7th century B.C., the Xianrentai M4 bronzes began to apply new lead materials simultaneously with the Central Plain. The Xianrentai cemetery witnessed the first change of lead resources during Spring and Autumn period, and it can be confirmed that the wide application of new lead materials began at the stages of Xianrentai M4, which is of great significance for the study of metal circulation patterns in the pre-Qin period and the dating of bronzes in the Eastern Zhou Dynasty.

Key Words: Changqing County; Xianrentai Cemetery; Spring and Autumn Period; Bronze; Lead isotope ratios

仙人台墓地位于山东省济南市长清区,泰沂山地西部、古济水流域。墓地自 1975 年发现以来,共发掘清理 6 座墓葬^①。仙人台 M3 出有“郛”铭铜簠,任相宏据此判断仙人台当为郛国贵族墓地^②。仙人台 M6 等级较高,或为郛国国君墓;M4 与之并穴,可能为 M6 的夫人墓^③。

仙人台出土的青铜器数量丰富,见证了春秋早中期青铜器风格的转变与区域特色的形成过程^④,其合金技术及资源面貌也具有重要研究价值。2006—2007 年,北京科技大学受山东大学委托,对仙人台墓地出土青铜器进行了成分和锈蚀的相关分析^⑤,初步明确仙人台各墓青铜器的材质以铅锡青铜为主,兼有少

* 本研究得到国家重点研发计划(2019YFC1520205)、山东大学人文社科重大项目(21RWZD05)资助。

量锡青铜。为进一步了解仙人台墓地青铜器铅料资源的历时性变化,2019—2020年,笔者选取13件青铜器样品,在北京大学考古文博学院科技考古实验室完成铅同位素比值测定。

一 分析条件及结果

青铜器样品由北京科技大学科技史与文化遗产研究院扫描电镜联用能谱测得分数据^⑥,列于表一。铅同位素样品以王水加热溶解后,以北京大学考古文博学院科技考古实验室 Prodigy SPEC 型电感耦合等离子体原子发射光谱(ICP-AES)测定溶液铅含量。将溶液稀释至 Pb^{2+} 浓度低于 $0.5mg/l$ 。向其中加入 $0.5mg/l$ 的 Tl_2SO_4 溶液作为内标^⑦。铅同位素比值测定在北京大学地球与空间学院造山带与地壳演化教育部重点实验室的 VG Axiom 型多接受双聚焦等离子质谱仪(MC-ICP-MS)上完成,列于表二。

为便于讨论,本文将铅同位素比值常见区间分为三类,以 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 记,可将 $0.860\sim 0.875$ 间记作 A 类区间, $0.840\sim 0.860$ 的记作 B 类, $0.875\sim 0.900$ 间记作 C 类。若以 $^{208}Pb/^{206}Pb$ 对 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 作图,则 A 类区间居中。

二 仙人台墓地青铜器铅资源的历时变化

1. 仙人台诸墓的年代

仙人台墓地的年代跨度较长,各墓随葬器物的年代特征清晰,是海岱地区重要的春秋时期历时性墓地。仙人台墓地六座铜器墓中,居于东南的 M3 年代最早,其次是并穴合葬墓 M1-M2 及 M6-M4,西北侧的 M5 与前述五座墓葬较远,年代也最晚。

仙人台 M3 随葬铜鼎饰重环纹及垂鳞纹,此类纹饰组合不见于西周晚期器,类似的立耳鼎如韩城梁

表一 长清仙人台墓地出土青铜器元素含量(质量分数/%)^⑧

器物号	器物名	取样部位	Cu	Sn	Pb	S	Fe
M2:2	鼎	足部	89.5	8.1	2.3		
M3:1	鼎	底范缝	65.3	15.2	19.5		
M4:11	壶	盖残片	81.6	11.1	7.3		
M4:12	鼎	腹部	80.8	8.6	10.5		
M5:75	舟	盖残片	61.6	25.7	11.8	0.3	
M6:3	鼎	底范缝	75.6	14.4	9.6	0.1	0.3
M6:5	鼎	腹残片	55.6	8.2	33.3	0.8	2.0
M6:7	鼎	足底补铸	86.9	8.1	4.3	0.3	0.2
M6:29	壶	盖口沿	77.2	15.5	5.6	0.7	1.0
M6:31	壶	底边缘	83.8	12.4	1.6	0.7	1.4
M6:44	小甬钟	残片	64.7	7.9	26.7		
M6:18	盘	底部	67.0	14.1	17.4		1.4

表二 长清仙人台墓地出土青铜器铅同位素比值

分析编号	器物号	器物名	$^{207}Pb/^{206}Pb$	$^{208}Pb/^{206}Pb$	$^{205}Pb/^{204}Pb$	$^{207}Pb/^{204}Pb$	$^{208}Pb/^{204}Pb$
190228	M3:1	小鼎	0.8642	2.1231	18.002	15.558	38.218
190226	M1:37	甲泡	0.8657	2.1273	17.993	15.578	38.277
190227	M2:2	鼎	0.8649	2.1298	17.988	15.558	38.309
190232	M6:3	鼎	0.8654	2.1219	18.039	15.610	38.278
190233	M6:5	附耳大鼎	0.8658	2.1208	17.993	15.579	38.161
190234	M6:7	立耳大鼎	0.8654	2.1240	18.000	15.577	38.233
190235	M6:29	圆壶	0.8683	2.1330	17.912	15.553	38.203
190236	M6:31	方壶	0.8619	2.1207	18.061	15.568	38.297
190237	M6:41	甬钟	0.8652	2.1220	18.013	15.585	38.224
190238	M6:18	盘	0.8661	2.1211	17.983	15.573	38.144
190229	M4:11	圆壶	0.8460	2.0979	18.608	15.743	39.040
190230	M4:12	立耳鼎	0.8547	2.1095	18.259	15.606	38.519
190231	M5:75	舟	0.8622	2.1113	18.054	15.567	38.122

带村 M502 鼎,陈小三详细论断其年代为春秋早期偏早^⑨。仙人台 M2 出土土耳其折沿鼎,腹部亦饰垂鳞纹; M1 流散出的立耳鼎,蹄足细高,足尖外撇,形制均稍晚于 M3 鼎。故 M1 至 M3 三墓均为春秋早期。仙人台 M6,朱凤瀚定为春秋早期偏晚至中期初^⑩;仙人台 M4,郎剑锋定为“进入春秋中期甚至偏晚阶段”,皆甚为妥当。可见 M6 与 M4 虽然是并穴的夫妇墓,但随葬铜器的年代仍有一定间隔。仙人台 M5 的年代,学界一般定为春秋中期偏晚或春秋晚期偏早。冯峰系统分析了仙人台 M5 前后器群的组合与形制变化特征,指出 M5 提链壶为平底,当早于具圈足的公子土折壶,后者的年代下限为公元前 539 年^⑪。

以上简要讨论了仙人台各铜器墓的年代特征,仙人台六座铜器墓自公元前 8 世纪中叶至公元前 6 世纪前半叶,时代跨度近两个世纪。

2. 仙人台诸墓的铅资源特征

仙人台墓地青铜器的材质以铅锡青铜为主,铅同位素比值主要指示铅料的信息。墓地中较早的墓葬,如春秋早期的 M3、M1、M2,及春秋中期之初的 M6,铅同位素比值为 A 类。春秋中期偏晚阶段的 M4,比值则为 B 类。年代最晚的 M5,本次仅检测一件铜舟,比值为近 A 的 B 类。仙人台墓地青铜器的铅料存在由 A 到 B 的转变,演替的节点介于 M6 与 M4 之间。

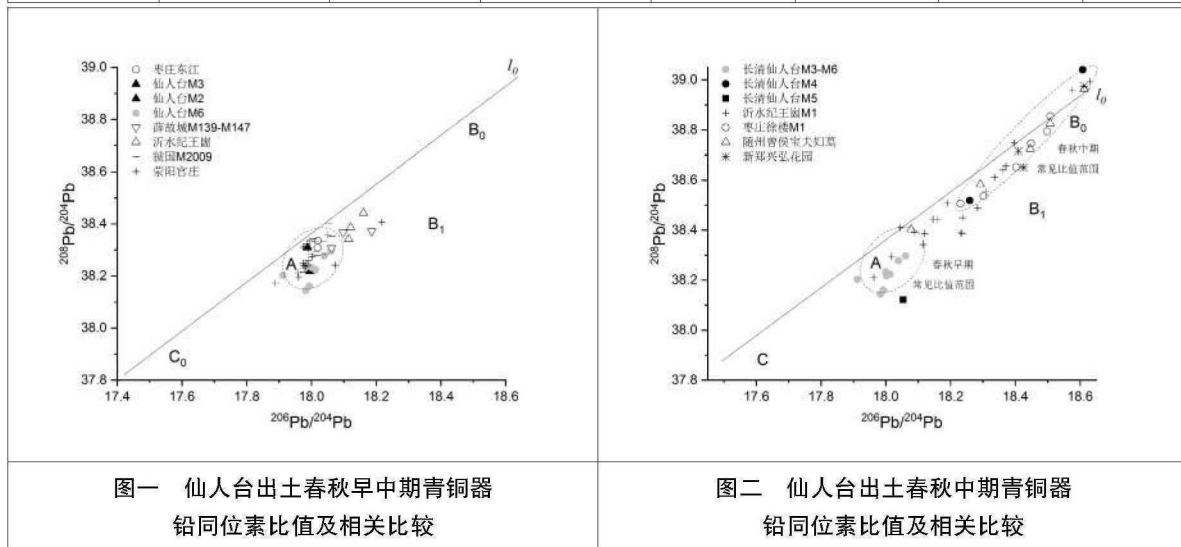
春秋早期青铜器的铅同位素比值相对集中,春秋中期则较为分散。M4 测定的两件 B 类比值器物中, M4:11 圆壶距 A 类比值区间较远, M4:12 立耳鼎则距 A 类区间较近。

三 海岱地区春秋早中期铅资源的变迁

春秋早期,中原及汉淮各地青铜器的铅同位素比

表三 海岱地区春秋早中期青铜器铅同位素比值

时代	地点	器物号	器物名	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	数据来源
春秋早期	邹城栖霞峪	966	罍	18.029	15.616	38.334	本文
	邹城栖霞峪	972	平盖鼎	17.965	15.655	38.451	
	邹城栖霞峪	903	射南簋	18.036	15.619	38.341	
	枣庄东江	M2:12	鲁酉子簋	18.019	15.577	38.309	张吉 2021
	枣庄东江	M3:13	邾公子簋	18.020	15.586	38.336	
春秋中期	滕州薛故城	M139:28	匝形舟	18.062	15.579	38.307	张吉 2021
	滕州薛故城	M139:34	盘	18.098	15.571	38.367	
	滕州薛故城	M147:5	平底敦	18.186	15.588	38.372	
	曲阜林前	M713:12	齐公子匝	18.087	15.585	38.332	
	沂水纪王崮	M1:52	华孟子鼎	18.121	15.583	38.387	张吉 2020
	沂水纪王崮	M1:53	江伯之孙大鉴	18.115	15.573	38.342	
	沂水纪王崮	M1:42	贯耳壶	18.161	15.603	38.443	
	沂水纪王崮	M1:138	浴缶	18.371	15.597	38.656	
	枣庄徐楼	M1:9	宋公鼎	18.508	15.653	38.855	
枣庄徐楼	M1:24	宋公铺	18.402	15.625	38.652		





图三 美国赛克勒博物馆馆藏部分春秋早中期青铜器

值高度一致。三门峡虢国墓地^⑨、曲沃晋侯墓地、南阳夏馆铺鄂国墓地等出土青铜器,均以A类为主^⑩。在河南荥阳官庄遗址,发现了春秋早期铸铜熔渣及铅块,其铅同位素比值均为A类^⑪。海岱地区目前最早的春秋青铜器即是仙人台M3立耳鼎,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb为0.864。在泗水流域,年代稍晚的枣庄东江M2、M3及邹城栖驾峪诸器,比值亦为A类(表三)。

春秋早中期之际至中期之初,海岱地区青铜器开始逐渐偏离前一阶段的比值范围。仙人台M6:31方壶的²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb为0.862,较此同时或稍晚的滕州薛故城M139及曲阜林前M713所出铜器,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb集中于0.860~0.863之间^⑫,已偏离春秋早期最常见的0.865~0.870比值范围。在这一阶段,江汉地区开始出现B类铅料,如随州枣树林M190曾公求鼎及甬钟,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb分别为0.844及0.846,变化较海岱地区更为明显^⑬。

春秋中期,中原及汉淮、海岱各地青铜器普遍利用B类铅,出现铅资源的更替。B类比值的青铜器在江汉地区见于钟祥黄土坡M35、襄阳沈岗M1022及桐柏钟鼓堂^⑭,在豫中地区见于新郑兴弘花园M121及M42等墓^⑮,在晋南地区见于隰县瓦窑坡M30等^⑯。与仙人台M4大致同期的沂水纪王崮M1,比值较为分散,其中孟子鼎、江伯之孙鉴、贯耳壶等有铭器的比值与仙人台M6相近,浴缶、平盖鼎、华盖铺等成列铜器则与仙人台M4相近(图一)^⑰,显示高等级器群来源的复杂性。春秋中期偏晚阶段,海岱地区典型器群如枣庄徐楼M1,铅同位素比值完全处于B类区间内,其中的宋公固器与江汉地区有铭楚、曾铜器的比值相同(图二)^⑱。

春秋中晚期之际,仙人台M5青铜舟的铅料似乎又回到春秋早期的比值范围内,与M3、M6铜器较为接近。仙人台M5测定的样品仅有一件,尚难以判断器群铅资源的整体特征,仍有待更多检测工作,但根据昌乐都北墓地青铜器的相关研究,春秋晚期齐地确有较高比例的A类铅与新出现的C类铅并行使用^⑲。

以仙人台墓地青铜器的检测结果可以初步总结海岱地区春秋早中期青铜器铅资源的演替规律。相关认识亦可由传世、流散青铜器的研究得到印证。美国赛克勒博物馆馆藏部分青铜器可能来自春秋早中期的淮沂泗地区,齐思(T. Chase)进行了成分及铅同位素研究^⑳(表四)。

赛克勒藏40V铜鬲束颈鼓肩、瘪裆尖足(图三:1),形制类似安丘鄱山贾孟及临沂中洽沟鬲^㉑,其铅料为A类,可以据此了解营地或淮泗下游地区春秋早期青铜器的铅资源特征。薛侯盘(199V,图三:2),比值亦为A类。年代稍晚于此的器物,则如仙人台墓地一样,发生了铅料由A向B的变化。嘉子孟嬴缶(24V,图三:3)比值介于B、A类之间,与纪王崮贯耳壶等铜器相近。散螭纹兽面纹立耳大鼎(221V,图四),郎剑锋指出其与沂水刘家店子M1同类器物十分相似,应当具有类似的时代及地域背景^㉒。此器材质为铅锡青铜,比值与仙人台M4:12立耳鼎非常接近(图五)。

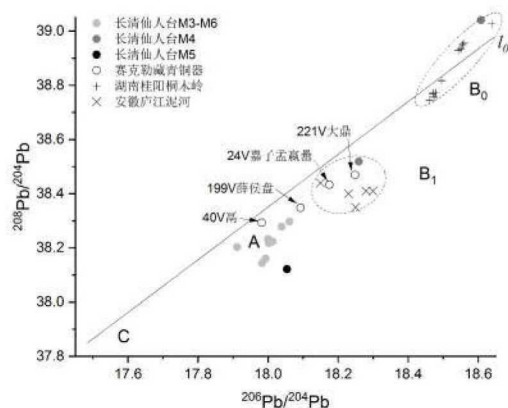
上述三类铅资源中,A类比值对应的铅料可能来自鄂东南及赣西北地区^㉓,远离A的B类比值所对应的铅料可能来自湖南南部,邻近A的B类比值对应的铅料可能来自皖江庐枞地区。湖南南部蕴藏丰富的锡矿资源,张吉认为此区域出产的铅可能是一类

表四 美国赛克勒博物馆馆藏部分春秋前期江淮沂泗风格青铜器铅同位素比值

器物号	器物名	铅含量/%	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	比值类型
40V	交龙纹鬲	12.9	17.982	15.580	38.293	A
199V	薛侯媵叔妊襄盘	13.5	18.093	15.605	38.348	A
24V	嘉子孟嬴缶	15.4	18.175	15.620	38.433	B-A 之间
221V	散螭纹大鼎	6.7	18.248	15.595	38.469	B



图四 赛克勒藏大鼎
(199V)



图五 仙人台墓地青铜器铅同位素比值
及相关比较

与锡相伴的、质地较好的金属资源^①，其在春秋中期的流行与楚国的兴起有密切联系，在春秋中晚期之际的消退也与楚国势力的衰退存在关联。皖江地区铜资源丰富，伴随着铜陵、庐江等地铜业的发展，皖江型铅可能与之相伴向北流通。在春秋早中期的淮东北地区，青铜器与皖江沿线及海岱南部都具有较多共性，形成了文化互动的连贯廊道。郎剑锋指出，刘家店子等海岱地区春秋中期重要器群中，多见群舒文化因素^②。据安徽枞阳县来龙岗等春秋器群的研究，相关青铜器的铅料与仙人台 M4 鼎、嘉子缶等器相近^③，也与庐江泥河、岳山等地现代矿山地地质数据一致^④。

在春秋早、中期，江淮地区是长江中下游铜料向北转输的孔道，其中也伴行多种铅、锡资源，故而传世曾伯黍簠有“克逖淮夷”“金道锡行”的内容^⑤。而在春秋中期之初，伴随齐国霸业的盛极而衰和楚的不断兴起，大国在淮河流域的矛盾也趋于尖锐。公元前 648 年楚灭黄，前 645 年楚败徐于娄林，前 643 年齐、徐为报娄林之役，讨伐依附于楚的英氏。也就在公元前 643 年，齐桓公薨，齐国大乱，次年郑成公就入楚朝见，楚成王“赐之金”，并约定不可用于铸造兵器。在此过程中，长江中游出产的贵重金属物料是楚经略中原、拉拢与邦的重要手段。海岱地区发生于春秋中期偏早阶段的金属资源更替，可能即与上述历史背景有关。

四 总结

长清仙人台墓地多座铜器墓，为了解海岱地区春秋时期青铜器的资源特征提供了难得的材料。春秋

早期至中期之初，仙人台 M3、M2 及 M6 青铜器的铅料与同期中原、江淮地区一致。春秋中期偏晚阶段，仙人台 M4 青铜器开始与中原、江淮各地同步应用新的来自湖南地区的铅料。春秋中晚期之际，仙人台 M5 青铜器的铅料可能又回复为春秋早期的类型，可能重新利用产自鄂东南的铅料。

在春秋中期之初，齐国结束霸业，长江中游的铅锡资源伴随楚国政治势力的北上与东进，迅速进入中原与海岱各地，但随着春秋中期末楚国的衰落，此类铅料的使用又逐渐退缩回南方。仙人台春秋诸墓见证了春秋青铜器的第一次铅资源演替过程，并且可以明确湖南类铅料广泛应用的时间节点处于仙人台 M6 与 M4 之间，对研究先秦金属流通模式及东周青铜器断代具有重要意义。

注释：

① a. 山东大学考古系：《山东长清县仙人台周代墓地》，《考古》1998 年第 9 期；b. 山东大学历史文化学院考古系：《长清仙人台五号墓发掘简报》，《文物》1998 年第 9 期。

② 任相宏：《山东长清县仙人台周代墓地及相关问题初探》，《考古》1998 年第 9 期。

③ 山东大学历史文化学院考古与博物馆学系：《山东济南长清仙人台周代墓地 M4 发掘简报》，《文物》2019 年第 4 期。

④ 两墓部分器物资料见山东大学考古学系、山东大学博物馆编：《山东大学文物精品选 图集中日英文本》，齐鲁书社，2002 年；方辉主编：《远古神思》，青岛出版社，2016 年。

⑤ 赵凤燕、李秀辉：《山东仙人台郭国青铜器的初步研究》，西北大学文博学院等编《文物保护和科技考古》，第

61~65页,三秦出版社,2006年。

⑥赵凤燕:《仙人台邾国贵族墓地出土青铜器的分析与研究》,北京科技大学硕士学位论文,2007年。

⑦崔剑锋、吴小红:《铅同位素考古研究:以中国云南和越南出土青铜器为例》,第57页,文物出版社,2008年。

⑧部分器物号在整理后有变动,如M2鼎器物号原记作M2:22,M5舟器物号原记作M5:30,已根据简报核对调整。

⑨陈小三:《韩城梁带村墓地三题》,《中国国家博物馆馆刊》2016年第3期。

⑩朱凤瀚:《中国青铜器综论》,第1677~1679页,上海古籍出版社,2009年。

⑪冯峰:《鲍子鼎与鲍子铸》,《中国国家博物馆馆刊》2014年第7期。

⑫魏强兵、王鑫光、李秀辉等:《三门峡虢国墓地出土青铜器的材质与矿料来源分析》,《有色金属(冶炼部分)》2019年第1期。

⑬张吉、崔本信、陈建立:《南阳夏馆铺墓地出土青铜器的检测分析及相关问题研究》,《华夏考古》2020年第5期。

⑭⑮张吉、郜向平、丁思聪等:《河南荥阳官庄遗址铸铜技术与金属资源变迁初步研究》,《南方文物》2021年第3期。

⑯⑰⑱张吉、孙波、郝导华等:《山东滕州薛国故城出土部分青铜器的时代及科学分析研究》,《中国国家博物馆馆刊》2020年第10期。

⑲张吉:《东周青铜器的资源与技术——以汉淮地区为中心》,北京大学博士学位论文,2020年。

⑳张吉、陈建立、徐磊:《河南省桐柏县文物管理所藏商周青铜器的检测分析》,《南方文物》2018年第3期。

㉑南普恒:《春秋时期晋国青铜器制作技术研究》,北京科技大学博士学位论文,2017年。

㉒郝导华、张吉、杜晓军等:《山东昌乐都北墓地出土东周青铜器的分析研究》,《中国国家博物馆馆刊》2021年第6期。

㉓Chase W. T., et. al., *Lead isotope ratios, in Eastern Zhou ritual bronzes from the Arthur M. Sackler collections*, Jenny F., Published by the Arthur M. Sackler Foundation in association with the Arthur M. Sackler Gallery, Smithsonian Institution, (1995)489-492.

㉔a. 安丘县博物馆:《山东安丘发现两件青铜器》,《文物》1989年第1期;b. 临沂市博物馆:《山东临沂中洽沟发现三座周墓》,《考古》1987年第8期。

㉕⑳郎剑锋:《山东沂水刘家店子春秋墓铜器三题》,《江汉考古》2016年第4期。

㉖李延祥、逢硕、程军等:《湖北阳新炼铅遗址群调查与初步研究》,《江汉考古》2021年第2期。

㉗张吉、王丹、贾汉清:《钟祥黄土坡墓地出土春秋青铜器的检测分析及相关问题研究》,《南方文物》2019年第3

期。

㉘a. 安徽大学历史系、枞阳县文物管理所编:《枞阳商周青铜器》,安徽大学出版社,2018年;b. Wang Yanjie, et al., *Provenance of Zhou Dynasty bronze vessels unearthed from Zongyang County, Anhui Province, China: determined by lead isotopes and trace elements*, *Heritage Science*, (2021) 9:97.

㉙a. 葛宁洁、李平、黄宪安:《安徽庐江岳山银铅锌矿的成矿物质来源及物理化学条件探讨》,《中国科学技术大学学报》1989年第3期;b. 张舒、吴明安、赵文广等:《安徽庐江泥河铁矿床地球化学特征及其对成因的制约》,《岩石学报》2014年第5期。

㉚屈万里:《曾伯黍簠考释》,第331~349页,《历史语言研究所集刊》第33本,1962年。

(责任编辑:谢绮)