

文章编号:1005-1538(2023)05-0027-08
DOI: 10.16334/j.cnki.cn31-1652/k.20220202430

广州地区出土西汉青铜器矿料来源分析

吕良波^{1,2,3}

[1. 广州市文物考古研究院,广东广州 510006; 2. 南汉二陵博物馆,广东广州 510006;
3. 海上丝绸之路(广州)文化遗产保护管理研究中心,广东广州 510006]

摘要:广州地区出土汉代青铜器数量众多,在考古学方面研究成果不少,但通过科技考古研究其产地的却不多。为研究广州地区出土西汉青铜器矿料来源,通过对广州出土西汉青铜器进行成分分析和铅同位素比值测试,与广西、江西、云南、贵州、安徽、湖北、河南、河北、北京等地出土同时期青铜器成分进行比较,发现西汉中晚期各地青铜器合金配比情况基本趋同。且根据含砷等微量元素这一显著特征,认为与广西合浦出土同时期青铜器矿料可能来自同一个地方。测试的铅同位素比值高度集中,其矿料应该来自同一个地方。分别与广东、贵州、云南、陕西、河南等地战国至西汉青铜器铅同位素比值进行比对,发现与广东、贵州、云南出土青铜器矿料来源同属一个大的成矿区,与河南、陕西等地明显区别。验证了学者们在考古学研究认为岭南地区出土西汉青铜器产自本地的观点。

关键词: 广州;西汉中晚期;成分分析;铅同位素;矿料来源

中图分类号: K876.4 **文献标识码:** A

0 引言

广州作为岭南地区政治、经济、文化中心,出土汉代青铜器数量众多,引起不少学者的关注。黄展岳^[1]、张荣芳^[2-4]、蒋廷瑜^[5]、李龙章^[6]、曲用心^[7-8]、吴小平^[9]等学者对岭南地区出土汉代青铜器、青铜冶铸业等开展研究,富霞^[10]、黄贵贤^[11]分别对广西合浦、梧州出土青铜器进行研究,另外蒋廷瑜^[12]、吴小平、蒋璐^[13]专门就汉代刻纹青铜器,以及黄展岳^[14]、全洪^[15]分别就动物牌饰、南越国铜镜进行专项研究,考古学研究成果丰硕。虽现岭南地区目前仅发现广西北流铜石岭冶铜遗址^[16-17],但都一致认为岭南地区汉代有着发达的青铜器冶铸业。考古学方面的研究不少,而从科技考古途径来探讨岭南地区出土汉代青铜器产地、矿料来源等的却不多。

铅同位素考古是青铜器矿料来源研究的新方法^[18],其原理和取得的显著成果在此不再赘述。近期,作者在对广州市校场北路广东省物资局 M1、横枝岗路广州港疗养院 M19 等墓葬出土青铜器开展科技保护的过程中,根据保护修复方案编制等需要

提取了部分样品进行成分分析和铅同位素比值测试。其中校场北路广东省物资局 M1 为西汉中期,出土青铜器百余件。横枝岗路广州港疗养院 M19 为西汉晚期^[19],出土青铜器 60 多件套。而据统计,截止至 2021 年底,广州约 600 座汉墓经过系统整理,正式发表了发掘报告或简报,已发表汉墓出土青铜器的有 285 座,出土器物(不计铜钱和珠饰) 17 565 件,其中青铜器(不计铜钱)合计 3 986 件,而南越王墓就出土了 2 851 件。除去南越王,每座汉墓平均出土青铜器仅 1.93 件。而上述两座汉墓是广州地区继南越王墓之后,出土青铜器最多的汉墓,既显示这两座汉墓墓主人的身份高贵,同时其出土的青铜器是广州地区西汉时期青铜铸造水平典型代表。

1 广州出土西汉青铜器成分分析与铅同位素比值测试

本次提取青铜器 12 个样品,器型主要为鼎、钫、洗、瓶、壶等容器、温酒樽、熏炉等生活用具以及剑等兵器,其中有 6 件属于刻纹青铜器,样品信息见

收稿日期:2022-02-24;修回日期:2022-06-29

基金项目:国家重点研发计划(2020YFC1522002)资助

作者简介:吕良波(1983—),男,2006年毕业于西北大学文物保护技术专业,广州市文物考古研究院副研究馆员,研究方向科技保护与冶金考古研究,E-mail: 80999487@qq.com

表 1。成分分析采用 TESCAN VEGA3 扫描电镜配备的 XFlash - 6160 型能谱仪进行面扫。电压: 20 kV, 放大倍数: 30 倍 ~ 200 倍以及 10 00 倍。在视野范围内选择大区域, 能谱面扫采集整体元素信息。测试结果见表 2。

铅同位素比值测试的样品按照 GB/T 31231—2014《水中锌、铅同位素丰度比的测定 多接收电感耦合等离子体质谱法》进行处理。采用 Neptune Plus 型电感耦合等离子体质谱仪 MC - ICP - MS 对样品进行测试。测试结果见表 3。

表 1 样品基本信息

Table 1 Information of samples

样品编号	器物编号	器物名称	取样部位	年代	分析项目	锈蚀情况
D66	物资局 M1:提 75	刻纹温酒樽	器身	西汉中期	铅同位素、成分分析	轻度锈蚀
D68	物资局 M1:87	铜壶	器身	西汉中期	铅同位素、成分分析	轻度锈蚀
D69	物资局 M1:85	越式壶	圈足	西汉中期	铅同位素、成分分析	无锈蚀
D70	物资局 M1:98	铜鼎	鼎盖	西汉中期	铅同位素、成分分析	严重锈蚀
D71	物资局 M1:160	铜钁	器身	西汉中期	铅同位素、成分分析	轻度锈蚀
L42	疗养院 M19:82	刻纹提梁壶	器身	西汉晚期	铅同位素、成分分析	轻度锈蚀
L43	疗养院 M19:37	刻纹提梁壶	器身	西汉晚期	铅同位素、成分分析	轻度锈蚀
L44	疗养院 M19:93	刻纹温酒樽	器底	西汉晚期	铅同位素	轻度锈蚀
L45	疗养院 M19:23	刻纹细颈瓶	器身	西汉晚期	铅同位素、成分分析	轻度锈蚀
L46	疗养院 M19:34	铜洗	器底	西汉晚期	铅同位素、成分分析	轻度锈蚀
L47	疗养院 M19:80	刻纹熏炉	底部	西汉晚期	铅同位素、成分分析	轻度锈蚀
L48	疗养院 M19:36	铜剑	器身	西汉晚期	铅同位素、成分分析	无锈蚀

表 2 成分分析结果

Table 2 Results of composition analysis

样品编号	器物名称	成分含量/%				材质
		Cu	Sn	Pb	其他	
D66	刻纹温酒樽	80.27	0.63	3.64	As:2.81、Al:1.91、Fe:7.78、Ni:2.96	铅砷青铜
D68	铜壶	92.81	4.03	2.09	As:0.58、Al:0.49	铅锡青铜
D69	越式壶	79.83	9.04	8.96	Al:2.17	铅锡青铜
D70	铜鼎	56.92	23.96	7.57	As:1.74、Al:0.77、Fe:6.72、Ag:1.02、S:1.30	铅锡青铜
D71	铜钁	94.87	3.59	1.04	Al:0.35、Cl:0.16	锡青铜
L42	刻纹提梁壶	76.31	7.06	5.76	As:1.18、Al:0.39、Cl:9.05、Si:0.24	铅锡青铜
L43	刻纹提梁壶	87.10	—	9.75	As:1.13、Al:2.02	铅青铜
L45	刻纹细颈瓶	77.30	5.16	15.27	As:1.49、Al:0.77	铅锡青铜
L46	铜洗	73.02	7.72	18.09	As:0.50、Al:0.68	铅锡青铜
L47	刻纹熏炉	85.91	6.66	4.21	As:1.98、Al:1.25	铅锡青铜
L48	铜剑	83.82	12.86	2.87	As:0.45	铅锡青铜

注: “—”表示在该仪器检测精度内未发现该元素。

表 3 铅同位素比值分析结果

Table 3 Results of lead isotope analysis

样品编号	器物名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
D66	刻纹温酒樽	18.414 6	15.698 3	38.975 7	0.852 49	2.116 56
D68	铜壶	18.411 9	15.698 9	38.974 8	0.852 65	2.116 82
D69	越式壶	18.402 4	15.699 5	38.977 8	0.853 12	2.118 08
D70	铜鼎	18.404 1	15.697 2	38.968 2	0.852 92	2.117 36
D71	铜钁	18.379 7	15.697 6	38.938 2	0.854 08	2.118 55
L42	刻纹提梁壶	18.414 7	15.698 4	38.977 1	0.852 49	2.116 63

(续表3)

样品编号	器物名称	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
L43	刻纹提梁壶	18.427 3	15.701 9	38.985 8	0.852 10	2.115 66
L44	刻纹温酒樽	18.735 3	15.730 4	39.302 7	0.839 61	2.097 79
L45	刻纹细颈瓶	18.413 9	15.699 3	38.974 8	0.852 57	2.116 59
L46	铜洗	18.416 4	15.702 4	38.990 2	0.852 64	2.117 15
L47	刻纹熏炉	18.414 5	15.699 7	38.956 5	0.852 57	2.115 53
L48	铜剑	18.626 7	15.724 1	39.194 2	0.844 17	2.104 20

从成分分析结果可以看出,样品 D70 严重锈蚀,仍可以判断本次分析的 11 个样品的材质以铜锡铅三元体系合金为主,其中铅锡青铜 8 个,占总数 72.73%。铅砷青铜、铅青铜、锡青铜各 1 个,各占 9.09%。除去严重锈蚀样品 D70,10 个样品中,Cu 含量变化范围 73.02% ~ 92.81%。Sn 含量变化 0.63% ~ 12.86%,仅样品 L48 铜剑 Sn 含量达 12.86% 之外,其他样品 Sn 含量全部低于 10%,总体属于低锡青铜。样品 L48 铜剑 Sn 含量处于大多数兵器含锡量超过 10%,低于 16% 的范围内。Pb 含量变化范围 1.04% ~ 18.09%。1 个样品 D71 铜钊 Pb 含量低于 2%,占 10%。4 个样品 Pb 含量处于 2% ~ 5% 之间,占 40%。3 个样品 Pb 含量处于 5% ~ 15% 之间,占 30%。2 个样品 Pb 含量处于 15% ~ 20% 之间,占 20%。该批铜器 Pb 含量变化波动较大,且铅含量变化幅度比锡含量变化幅度大。除样品编号 D69 的越式壶和样品编号 D71 的铜钊不含砷之外,该批样品普遍都含有砷,砷含量在 0.45% ~ 2.81% 之间,是该批青铜器的一个显著特点。样品 D66 刻纹温酒樽和样品 D70 铜鼎均含较高的铁,分别是 7.78%、6.72%,含量虽都超过 2%,其应该不属于有意加入。

在铅同位素比值测试中,本次测试获得的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 、 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 比值为原始结果,而 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值为上述结果换算所得。测试结果显示, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的数值范围 18.379 7 ~ 18.735 3,变化幅度 1.93%; $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的数值范围 15.697 2 ~ 15.730 4,变化幅度 0.21%; $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的数值范围 38.938 2 ~ 39.302 7,变化幅度 0.94%; $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 的数值范围 0.839 61 ~ 0.854 08,变化幅度 1.72%; $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 的数值范围 2.097 79 ~ 2.118 55,变化幅度 0.99%。所有的变化幅度为 0.21% ~ 1.93%,小于 2%。一般认为, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 数值小于 0.8, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的数值大于 20 的铅属于高放射成因铅, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 数值大于 0.84 的铅属于普通铅^[20],可见本次测试的样品均为普通铅。12 个青铜器样

品取自两个墓葬,且年代分属西汉中期和西汉晚期,铅同位素比值极为接近,说明该批铜器的矿料应该来自同一个地方。

2 结果和讨论

2.1 合金组成讨论

岭南地区出土西汉中、晚期青铜器的科学检测数据不多,但全国其他地区出土同时期同类器物的青铜器检测数据不少。赵春燕^[21]、闵晨等^[22]分析了广西合浦汉墓出土西汉中晚期的铜器。胡毅捷等^[23]分析了西汉中期江西海昏侯墓主椁室出土的青铜器。李晓岑等^[24-26]分析了云南曲靖平坡墓地、江川李家山墓地以及昆明羊甫头出土的西汉中晚期青铜器。赵凤杰等^[27]分析了贵州可乐墓地出土的西汉中期铜器。晏德付等^[28]分析了安徽天长西汉中晚期墓出土的釜、洗、匜等铜器。毛振伟等^[29]分析了安徽巢湖汉墓出土的西汉中期铜洗。刘建宇等^[30]分析了湖北宜城跑马堤墓地出土的西汉中期鏃壶、釜甑。曾庆硕等^[31]分析了河南南阳淅川葛家沟出土的西汉晚期 4 件铜洗。中国社会科学院考古研究所实验室^[32]分析了西汉中期满城汉墓出土的案、灯、耳杯、釜等容器、生活用器以及戈、剑等兵器。杨菊等^[33]分析了北京延庆西屯墓地出土的西汉中晚期铜盆、洗等青铜容器。利用 Origin 软件绘制出广州西汉青铜器与上述各地出土同时期青铜器铅锡含量散点图,见图 1。从散点图中可以看出,虽然数据来自 10 个地区的 14 个墓地,但数据还是非常的集中。吴小平^[34]根据汉代铜器的铭文内容进行论述,认为西汉中晚期中央和地方严格控制铜器的制作,全国各地铜器的生产得到了进一步的规范,使得该时期青铜器的合金配比情况基本趋同。

另外,从夹杂物和微量元素来看,国内其他地区已经检测的样品中,未发现明显含砷的现象,而广州出土青铜器与广西合浦普遍含有砷,且个别样品砷含量比较高,这与我国新疆哈密地区和甘肃河西走廊出土早期砷铜有显著区别。同样绘制出了与广西

合浦同时期青铜器铜砷含量散点图,见图2。这是岭南地区出土汉代青铜器在合金成分方面与国内其他地区出土同时期青铜器与众不同的地方,说明广州出土西汉中晚期青铜器与广西合浦青铜器的矿料可能来自同一个地方。

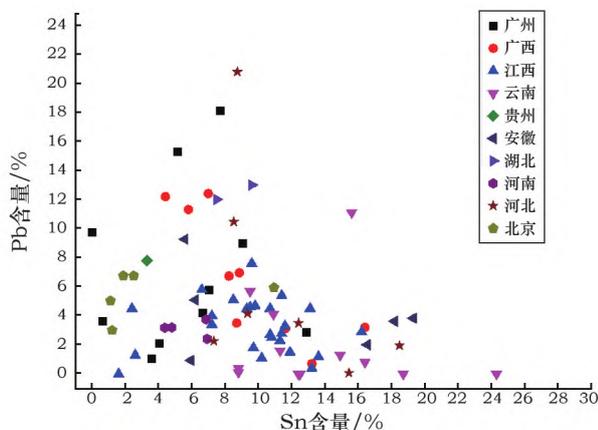


图1 与各地出土同时期青铜器比较铅锡含量散点图

Fig. 1 Scatter plot of Pb - Sn contents (compared with other bronzes of the same period unearthed from various places)

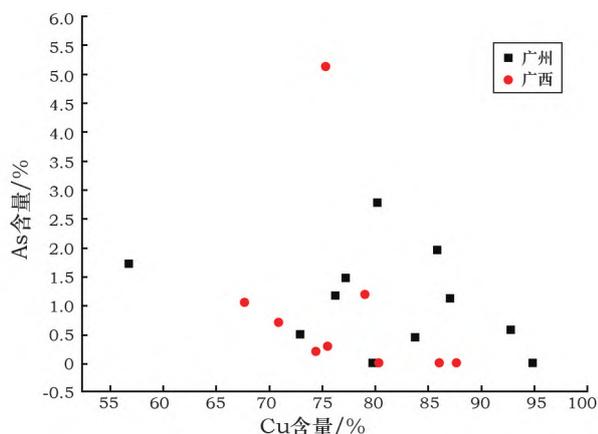


图2 与广西合浦出土同时期青铜器比较砷铜含量散点图

Fig. 2 Scatter plot of As - Cu contents (compared with other bronzes of the same period unearthed from Guangxi)

2.2 铅同位素比值分析

由上述成分分析可知,除 D71 铜钊铅含量小于 2% 之外,其余样品的铅含量都大于 2%,因此铅同位素比值表征的是铜器铅矿的来源。全国其他地区出土青铜器开展铅同位素比值测试的数据不少,因此在众多数据中,首先挑选与本次测试广州西汉青铜器时代尽可能接近的数据进行比较和讨论。

金正耀等^[35]对广东罗定太平以及肇庆松山出土战国青铜器进行铅同位素比值测定,认为出土罗

定太平青铜器铅同位素比值相对于被认为属于南越国早期的肇庆松山青铜器要分散。李晓岑等^[18]对贵州出土汉代西南少数民族地区常见的铜釜进行铅同位素比值测试,并与贵州古铜渣数值进行比较,认为铜釜矿料应来自滇黔交界地区。Chen 等^[36]对河南南阳葛家沟出土汉代青铜器进行铅同位素比值分析,认为南阳地区作为交通中心,其铅矿来源比较多元,铜容器的生产和交流比较复杂。邵安定等^[37]通过铅同位素比值和微量元素研究秦始皇帝陵园出土彩绘青铜水禽矿料来源,认为青铜水禽的铅同位素比值比较集中,矿料来自同一个地方,与西周晚期、春秋早期秦文化铜器的矿料基本相同,可能就在秦岭山区。另外崔剑锋等^[38]还公布了部分云南出土战国西汉青铜器铅同位素比值。

将本次测试广州出土西汉青铜器与上述青铜器 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 和 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 以及 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 和 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的比值数据绘制成散点图,见图3、4。从图3和图4可以划分两个区域。广州西汉青铜器与广东肇庆松山、贵州出土铜釜、大部分云南出土战国西汉青铜器为一个区。另一个区则为秦始皇陵青铜水禽、河南南阳出土大部分铜器以及广东罗定铜剑、肇庆铜鼎。广州出土西汉青铜器铅同位素比值的数据高度重叠。该区域的肇庆松山出土的人首柱形器目前仅两广地区发现,附耳箭,又称铜提桶主要出土于越南北部和两广、云南地区,而扇形钺也是越人典型器物。金正耀一文中认为人首柱形器、铜提桶以及扇形钺的铅同位素比值与燕齐魏楚等地不同,百越的岭南地区有自己的矿料特征。将罗定铜剑铅同位素比值与楚蚁鼻钱进行比较,两者更为接近,这与广东先秦时期部分青铜器通过与岭北地区交流传播而来的文化面貌是相符的。罗定太平鼎数据特殊,本次落入河南南阳青铜器的范围。岭南地区出土先秦时期不少青铜器与长江中游青铜器有密切联系。李龙章^[39]认为罗定太平鼎器型受中原文化影响,纹饰与楚式鼎不同,与江苏六合程桥二号墓出土的鼎相同,与吴式青铜器密切相关。因此不排除罗定太平鼎来自长江中下游的可能。本次测试的广州西汉青铜器矿料与云南、广东肇庆松山、贵州可以说来自同一个大的成矿区,与秦始皇陵青铜水禽、河南南阳等青铜器矿料来源是有显著区别的。测试的12个样品,有6个来自刻纹青铜器,该类青铜器广州出土不少,时代集中在西汉中期至东汉晚期。关于刻纹青铜器,蒋廷瑜^[12]、吴小平、蒋璐^[40]有专门研究,吴小平等从出土分布范围、出土数量以及纹饰与不少

一起出土陶器相同等因素,都充分说明刻纹青铜器制作地与墓主下葬地一致,其产地就在岭南地区。综上所述,认为广州和广西合浦出土西汉青铜器的矿料应该就来自本地,验证学者们在考古学研究岭南地区出土西汉青铜器产自本地的观点。

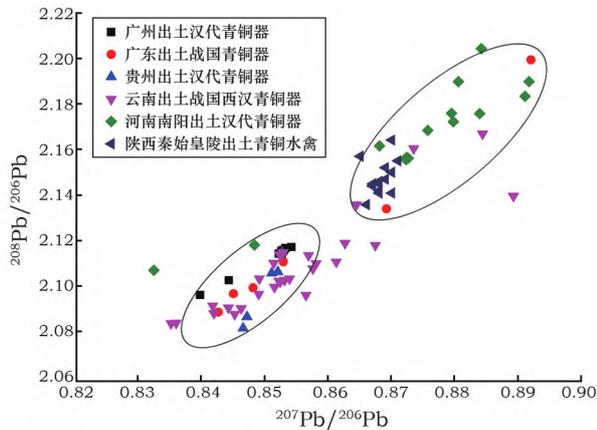


图3 与国内部分地区出土青铜器 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 铅同位素比值比较散点图

Fig. 3 Scatter plot of $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ - $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ lead isotope ratios (compared with other bronzes unearthed from various places)

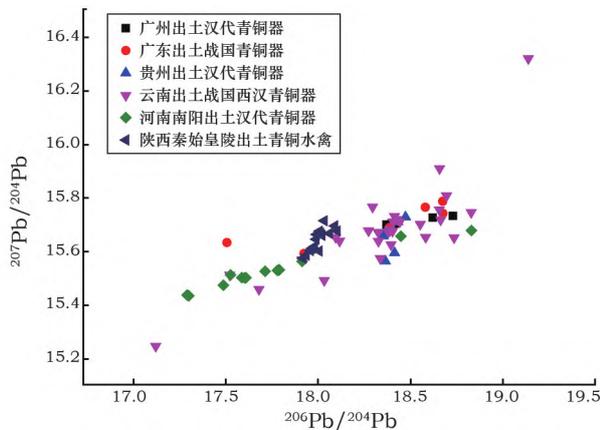


图4 与国内部分地区出土青铜器 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 铅同位素比值比较散点图

Fig. 4 Scatter plot of $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ - $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ lead isotope ratios (compared with other bronzes unearthed from various places)

3 结论

对广州出土西汉青铜器进行成分分析和铅同位素比值测试。成分分析结果可以判断本次分析的11个样品的材质以铜锡铅三元体系合金为主,其中铅锡青铜8个,占总数72.73%。铅砷青铜、铅青铜、锡青铜各1个,各占9.09%。与广西、江西、云

南、贵州、安徽、湖北、河南、河北、北京等地出土西汉中晚期青铜器成分进行比较,发现西汉中晚期各地青铜器合金配比情况基本趋同。且根据同样含砷微量元素这一显著特征,认为与广西合浦出土同时期青铜器矿料可能来自同一个地方。

铅同位素比值方面, $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的数值范围18.3797~18.7353, $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的数值范围15.6972~15.7304, $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 的数值范围38.9382~39.3027,变化幅度非常小,高度集中,矿料来自同一个地方,样品均为普通铅。分别与广东、贵州、云南、陕西、河南等地战国至西汉青铜器铅同位素比值进行比对,发现与广东、贵州、云南等地出土青铜器矿料来源同属一个大的成矿区,与河南、陕西等地明显区别。广州和广西合浦出土西汉青铜器的矿料应该就来自本地。

参考文献:

- [1] 黄展岳. 论南越国出土的青铜器[C]//铜鼓和青铜文化的新探索——中国南方及东南亚地区古代铜鼓和青铜文化第二次国际学术讨论会论文集. 南宁:广西民族出版社,1993:221-236.
HUANG Zhan-yue. On the bronzes unearthed in Nanyue Kingdom [C]//New Exploration of Bronze Drum and Bronze Culture: Proceedings of the Second International Symposium on Ancient Bronze Drum and Bronze Culture in south China and Southeast Asia. Nanning: Guangxi Nationalities Publishing House, 1993: 221-236.
- [2] 张荣芳. 汉代岭南的青铜铸造业[C]//秦汉史论集(外三篇). 广州:中山大学出版社,1995:152-178.
ZHANG Rongfang. Bronze casting industry in Lingnan of the Han Dynasty [C]//A Collection of Essays on the History of the Qin and Han Dynasties. Guangzhou: Sun Yat-sen University Press, 1995: 152-178.
- [3] 张荣芳,黄淼章. 南越国史[M]. 广州:广东人民出版社,2008:224-237.
ZHANG Rongfang, HUANG Miaozhang. Nanyue history [M]. Guangzhou: Guangdong People's Publishing House, 2008: 224-237.
- [4] 张荣芳,王川. 汉代岭南的青铜铸造业[M]//秦汉史论丛:第六辑. 南昌:江西教育出版社,1994:49-70.
ZHANG Rongfang, WANG Chuang. Bronze casting industry of Lingnan in Han Dynasty [M]//On the History of the Qin and Han Dynasties: Vol. 6. Nanchang: Jiangxi Education Publishing House, 1994: 49-70.
- [5] 蒋廷瑜. 先秦两汉时期岭南的青铜冶铸业[J]. 广西民族学院学报(自然科学版),2004,10(2):34-38,41.
JIANG Tingyu. Bronze foundry industry in Lingnan in pre-Qin and Han Dynasties [J]. Journal of Guangxi Minzu University (Natural Science Edition), 2004, 10(2): 34-38, 41.
- [6] 李龙章. 广州西汉南越王墓出土青铜容器研究[J]. 考古,1996

- (10):54-65.
- LI Longzhang. A study on the bronze vessels unearthed from the tomb of the Nanyue King in the Western Han Dynasty in Guangzhou [J]. *Archaeology*,1996(10):54-65.
- [7] 曲用心. 略论岭南地区西汉早期青铜器的特征及成因[J]. *东南文化*,2009(4):64-67.
- QU Yongxin. On the characteristics and origin of early Western Han Dynasty bronzes in Lingnan[J]. *Southeast Culture*,2009(4):64-67.
- [8] 曲用心. 岭南地区出土的西汉中晚期青铜器初探[J]. *广西社会科学*,2009(11):68-72.
- QU Yongxin. A preliminary study on the bronzes of middle and late Western Han Dynasty unearthed in Lingnan region [J]. *Social Sciences in Guangxi*,2009(11):68-72.
- [9] 吴小平. 岭南地区出土汉代铜器的考古学探索[M]. 杭州:浙江大学出版社,2021:162-284.
- WU Xiaoping. An archaeological exploration of the Han Dynasty bronzes unearthed in Lingnan region [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press,2021:162-284.
- [10] 富霞. 广西合浦出土汉代青铜器的初步研究[M]//广西考古文集:第四辑. 北京:科学出版社,2010:372-402.
- FU Xia. A preliminary study on the bronze wares of the Han Dynasty unearthed in Hepu, Guangxi [M]//Collection of Guangxi Archaeology: Vol. 4. Beijing: Science Press,2010:372-402.
- [11] 黄贵贤. 广西梧州出土的青铜器及有关问题的探讨[J]. *广西民族研究*,2002(3):100-103.
- HUANG Guixian. A discussion on bronzes unearthed in Wuzhou, Guangxi [J]. *Guangxi Ethnic Studies*,2002(3):100-103.
- [12] 蒋廷瑜. 汉代篆刻花纹铜器研究[J]. *考古学报*,2002(3):277-302.
- JIANG Tingyu. A study on the carved pattern bronzes of Han Dynasty [J]. *Acta Archaeologica Sinica*,2002(3):277-302.
- [13] 吴小平,蒋璐. 汉代刻纹铜器考古研究[M]. 杭州:浙江大学出版社,2015:27-85.
- WU Xiaoping, JIANG Lu. Archaeological study of the carved bronze vessels of the Han Dynasty [M]. Hangzhou: Zhejiang University Press,2015:27-85.
- [14] 黄展岳. 关于两广出土北方动物纹牌饰问题[J]. *考古与文物*,1996(2):55-60.
- HUANG Zhanyue. Questions about the animal-pattern plates from the north unearthed in Guangdong and Guangxi [J]. *Archaeology and Cultural Relics*,1996(2):55-60.
- [15] 全洪. 南越国铜镜论述[J]. *考古学报*,1998(3):307-330.
- QUAN Hong. Bronze mirror of the Nanyue Kingdom [J]. *Acta Archaeologica Sinica*,1998(3):307-330.
- [16] 广西壮族自治区文物工作队. 广西北流铜石岭汉代冶铜遗址的试掘[J]. *考古*,1985(5):404-410.
- Cultural Relics Working Group of Guangxi Zhuang Autonomous Region. Excavation of the Han Dynasty copper smelting site in Beiliu Tongshiling, Guangxi [J]. *Archaeology*,1985(5):404-410.
- [17] 孙淑云,刘云彩,唐尚恒. 广西北流县铜石岭冶铜遗址的调查研究[J]. *自然科学史研究*,1986,5(3):266-273.
- SUN Shuyun, LIU Yuncai, TANG Shangheng. Investigation of Tongshiling copper smelting site in Beiliu, Guangxi [J]. *Studies in the History of Natural Sciences*,1986,5(3):266-273.
- [18] 李晓岑,等. 中国铅同位素考古[M]. 昆明:云南科技出版社,2000:10-17.
- LI Xiaocen, et al. The Chinese archaeology with lead isotope analysis [M]. Kunming: Yunnan Science and Technology Publishing House,2000:10-17.
- [19] 黄碧雄. 广州港疗养院建设土地西汉至明清墓葬[C]//中国考古学年鉴2019. 北京:中国社会科学出版社,2021:363.
- HUANG Bixiong. Port of Guangzhou Sanatorium construction site tombs from the Western Han Dynasty to the Ming and Qing Dynasties [C]//Yearbook of Archaeology in China 2019. Beijing: China Social Sciences Press,2021:363.
- [20] 金正耀,CHASE W T,马渊久夫,等. 商代青铜中的高放射性成因铅:三星堆器物与赛克勒博物馆藏品的比较研究[C]//北京大学考古学系. 走向二十一世纪的中国考古学学术讨论会论文集. 北京:文物出版社,2002:169-194.
- JIN Zhengyao, CHASE W T, MABUCHI K, et al. High radioactive lead in Shang bronze: a comparative study of Sanxingdui artifacts and Arthur M. Sackler Museum collections [C]//Department of Archaeology, Peking University. Proceedings of the Archaeology of China towards the 21st Century. Beijing: Cultural Relics Press,2002:169-194.
- [21] 赵春燕. 合浦县风门岭汉墓出土青铜器的化学组成分析报告[R]//广西壮族自治区文物工作队,合浦县博物馆. 合浦风门岭汉墓. 北京:科学出版社,2006:179-181.
- ZHAO Chunyan. Chemical composition of bronzes excavated from Han Tombs at Fengmenling, Hepu County [R]//Cultural Relics Working Group of Guangxi Zhuang Autonomous Region, Hepu County Museum. The Han Tombs at Fengmenling, Hepu. Beijing: Science Press,2006:179-181.
- [22] 闵晨,李永春,陈坤龙,等. 广西合浦地区出土汉代铜器的初步科学分析研究[M]//中国社会科学院考古研究所. 文化遗产研究:第3辑. 北京:科学出版社,2017:337-347.
- MIN Chen, LI Yongchun, CHEN Kunlong, et al. A preliminary scientific analysis of the bronze wares of the Han Dynasty unearthed in Hepu, Guangxi [M]//Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences. Research on Cultural Heritage: Vol. 3. Beijing: Science Press,2017:337-347.
- [23] 胡毅捷,李文欢,胡东波. 江西海昏侯墓主椁室出土青铜器制作工艺初步分析[J]. *南方文物*,2021(3):209-218.
- HU Yijie, LI Wenhuan, HU Dongbo. A preliminary analysis of the bronze wares excavated from the tomb of Haihun Marquis in Jiangxi Province [J]. *Cultural Relics in Southern China*,2021(3):209-218.
- [24] 李晓岑,赵凤杰,刘成威,等. 云南省曲靖市平坡墓地出土铜器的技术分析[J]. *江西理工大学学报*,2012,33(6):29-34.
- LI Xiaocen, ZHAO Fengjie, LIU Chengwei, et al. A technical analysis of the bronzes unearthed from the Pingpo cemetery in Qujing, Yunnan Province [J]. *Journal of Jiangxi University of Science and Technology*,2012,33(6):29-34.
- [25] 李晓岑,张新宁,韩汝玢,等. 云南江川县李家山墓地出土金属

- 器的分析和研究[J]. 考古,2008(8):76-90.
- LI Xiaocen, ZHANG Xinning, HAN Rubin, *et al.* Analysis and research on the metal objects unearthed in Lijiashan cemetery, Jiangchuan County, Yunnan Province[J]. *Archeology*,2008(8):76-90.
- [26] 李晓岑,韩汝玢,杨帆. 羊甫头出土金属器的初步研究[M]//云南省文物考古研究所,等. 昆明羊甫头墓地. 北京:科学出版社,2005:996-1009.
- LI Xiaocen, HAN Rubin, YANG Fan. A preliminary study on the metal objects unearthed from Yangfutou[M]//Yunnan Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, *et al.* Yangfutou Cemetery, Kunming. Beijing: Science Press,2005:996-1009.
- [27] 赵凤杰,李晓岑,张元. 贵州可乐墓地出土铜器的技术研究[J]. 中国文物科学研究,2012(3):81-86.
- ZHAO Fengjie, LI Xiaochen, ZHANG Yuan. A technical study on the bronzes unearthed from the Kele cemetery in Guizhou[J]. *China Cultural Heritage Scientific Research*,2012(3):81-86.
- [28] 晏德付,秦颖,陈茜,等. 天长西汉墓出土部分金属器的研究[J]. 有色金属(冶炼部分),2011(9):56-61.
- YAN Defu, QIN Ying, CHEN Qian, *et al.* A study of some metal objects unearthed from Western Han tombs in Tianchang[J]. *Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy)*,2011(9):56-61.
- [29] 毛振伟,左健,王世忠,等. 巢湖市汉墓出土文物部分残片的X射线荧光光谱分析[R]//安徽省文物考古研究所,巢湖市文物管理所. 巢湖汉墓. 北京:文物出版社,2007:172-175.
- MAO Zhenwei, ZUO Jian, WANG Shizhong, *et al.* X-ray fluorescence spectrometric analysis of some fragments of cultural relics unearthed from Han Tombs in Chaohu[R]//Anhui Institute of Cultural Relics and Archaeology, Chaohu Cultural Relics Administration. *Han Tombs in Chaohu*. Beijing: Cultural Relics Press, 2007:172-175.
- [30] 刘建宇,肖梦娅,王璐,等. 湖北宜城跑马堤墓地出土铜器的科学分析研究[J]. 文物保护与考古科学,2018,30(3):114-124.
- LIU Jianyu, XIAO Mengya, WANG Lu, *et al.* A scientific analysis of the bronzes unearthed from the Paomadi cemetery in Yicheng, Hubei Province[J]. *Sciences of Conservation and Archaeology*, 2018,30(3):114-124.
- [31] 曾庆硕,陈典,崔本信,等. 南阳浙川葛家沟出土青铜器的初步科学分析研究[J]. 博物院,2020(2):89-96.
- ZENG Qingshuo, CHEN Dian, CUI Benxin, *et al.* A preliminary scientific analysis of the bronzes unearthed in Gejiagou, Xichuan, Nanyang[J]. *Museum*,2020(2):89-96.
- [32] 中国社会科学院考古研究所实验室. 满城汉墓部分铜、银器的化学分析[M]//中国社会科学院考古研究所,河北省文物管理处. 满城汉墓发掘报告. 北京:文物出版社,1980:376-386.
- Laboratory of the Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences. Chemical analysis of some copper and silver articles from the Han tombs in Mancheng District[M]//Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences, Hebei Provincial Administration of Cultural Relics. *Excavation of Han tombs in Mancheng District*. Beijing: Cultural Relics Press, 1980:376-386.
- [33] 杨菊,李延祥. 北京延庆西屯墓地出土西汉铜器的科学分析[J]. 中国文物科学研究,2012(3):76-80.
- YANG Ju, LI Yanxiang. A scientific analysis of the Western Han Dynasty bronzes unearthed from the Xitun Tomb in Yanqing, Beijing[J]. *China Cultural Heritage Scientific Research*, 2012(3):76-80.
- [34] 吴小平. 从铭文看两汉铜器皿的生产经营方式及其变化[J]. 故宫博物院院刊,2007(4):100-107.
- WU Xiaoping. The production and management mode of bronze vessels in Han Dynasty and its changes from the inscriptions[J]. *Palace Museum Journal*,2007(4):100-107.
- [35] 金正耀,CHASE W T,马渊久夫,等. 战国古币的铅同位素比值研究——兼说同时期广东岭南之铅[J]. 文物,1993(8):80-89.
- JIN Zhengyao, CHASE W T, MABUCHI K, *et al.* A study on the lead isotope ratios of ancient coins in the Warring States period[J]. *Cultural Relics*,1993(8):80-89.
- [36] CHEN D, LUO W, ZENG Q, *et al.* The lead ores circulation in Central China during the early Western Han Dynasty: a case study with bronze vessels from the Gejiagou site[J]. *PLoS ONE*,2018,13(11):e0205866.
- [37] 邵安定,梅建军,杨军昌,等. 秦始皇帝陵园出土彩绘青铜水禽铜矿料来源探索[J]. 文物保护与考古科学,2015,27(增刊1):1-8.
- SHAO Anding, MEI Jianjun, YANG Junchang, *et al.* A study on the source of copper mineral materials of painted bronze waterfowl excavated from the mausoleum of Qin Shihuang[J]. *Sciences of Conservation and Archaeology*,2015,27(Suppl. 1):1-8.
- [38] 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[M]. 北京:文物出版社,2008:143-146.
- CUI Jianfeng, WU Xiaohong. Archaeological study of lead isotopes; a case study of bronzes unearthed in Yunnan of China and Vietnam[M]. Beijing: Cultural Relics Press, 2008:143-146.
- [39] 李龙章. 岭南地区出土青铜器研究[M]. 北京:文物出版社,2006:28-46.
- LI Longzhang. A study on the bronzes unearthed in Lingnan region[M]. Beijing: Cultural Relics Press,2006:28-46.
- [40] 吴小平,蒋璐. 汉代刻纹铜器考古研究[M]. 杭州:浙江大学出版社,2015:27-85.
- WU Xiaoping, JIANG Lu. Archaeological study of the carved bronze vessels of the Han Dynasty[M]. Hangzhou: Zhejiang University Press,2015:27-85.

Study of the mineral source of Western Han bronzes unearthed in Guangzhou

LYU Liangbo^{1,2,3}

(1. *Guangzhou Municipal Institute of Cultural Heritage and Archaeology, Guangzhou 510006, China;*

2. *Southern Han Mausoleums Museum, Guangzhou 510006, China;*

3. *Guangzhou Conservation and Research Center for Cultural Heritage of Maritime Silk Road, Guangzhou 510006, China*)

Abstract: A large number of Han Dynasty bronzes unearthed in Guangzhou have brought about many achievements in their archaeology, but there are fewer studies of their provenances using archaeometric methods. In this study, the compositions and lead isotope ratios of the Western Han Dynasty bronzes unearthed in Guangzhou were analyzed and then compared with those of bronzes from the same period unearthed in Guangxi, Jiangxi, Yunnan, Guizhou, Anhui, Hubei, Henan, Hebei and Beijing. According to their remarkable characteristics of being arsenic – containing, it was believed that they might share the same mineral source with the bronzes from the same period unearthed in Hepu, Guangxi. The lead isotope ratios tested were highly concentrated, indicating the mineral should come from the same place. Through the comparison of lead isotope ratios of bronzes from the Warring States Period to the Western Han Dynasty in Guangdong, Guizhou, Yunnan, Shaanxi and Henan, it was found that the bronzes unearthed in Guangdong, Guizhou and Yunnan belonged to a large ore – forming area, obviously different from those unearthed in Henan and Shaanxi, etc. It was verified that the Western Han Dynasty bronzes unearthed in the Lingnan region were native to local places.

Key words: Guangzhou; Middle and late Western Han Dynasty; Composition analysis; Lead isotope; Mineral source

(责任编辑 潘小伦;校对 张存祖)