

湖北随州叶家山墓地M28出土青铜器的检测分析及相关问题

郁永彬 常怀颖 陈坤龙 黄凤春 李玲 梅建军 陈建立

关键词：叶家山墓地 M28 西周 曾国 铜器检测分析

KEYWORDS: Yejiashan Cemetery M28 Western Zhou Dynasty Zeng State
Detection and Analysis of Bronzes

ABSTRACT: The testing results to the 51 bronzes unearthed from the burial M28 at the Yejiashan Cemetery in Suizhou, Hubei showed that 32 of them are made of ternary lead-tin bronze, 18 of them are made of tin bronze, and only one of them is made of lead bronze; the bronzes are mainly made by casting technique, and only the blades of some weapons are heat treated; the alloy compositions and metallographic structures of the bronzes have clear corresponding relationships with their assemblages, inscription contents, etc. Referring to the testing results of the bronzes unearthed from M65, comparative analysis is made to the technical characteristics of the bronzes unearthed from these two burials at Yejiashan, which provided scientific data for the research on the production management of the bronzes unearthed at Yejiashan Cemetery, and also for the in-depth researches on the relevant archaeological issues.

前 言

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^[1]。M28^[2]和M65^[3]均出土有带“曾侯谏”铭文的铜器，且M28“曾侯谏”铭文铜器数量更多，说明两墓主均与曾侯谏有密切关系^[4]。两座墓均出土大量青铜器，其中M65共出土铜器117件，有铭文铜器多达11件；M28共出土铜器606件，有铭文铜器多达21件。我们通过检

测分析已初步揭示了M65出土铜器的技术特征及其所蕴含的文化信息^[5]，指出叶家山M65出土铜器以铸造为主，有铅锡青铜、锡青铜和铅青铜三种材质类型；铭文相同、纹饰风格一致的铜容器的金相组织、合金成分均较为一致，但不同器组间的合金配比有所不同；部分兵器如带泥芯的铜戈与形制特殊的耳形钺，具有“礼制”的功能。本文拟通过金相组织观察、成分分析和铅同位素比值测定等方法，结合青铜器制作工艺和铭文、纹饰的研究，再对M28出土青铜器的技术特征及其与

作者：郁永彬，江西省景德镇市，333403，景德镇陶瓷大学古陶瓷研究所。

常怀颖，北京市，100710，中国社会科学院考古研究所。

陈坤龙、梅建军，北京市，100083，北京科技大学科技史与文化遗产研究院。

黄凤春、李玲，武汉市，430077，湖北省文物考古研究所。

陈建立，北京市，100871，北京大学考古文博学院。

M65铜器的关系进行综合分析，以期总结两墓随葬铜器特征的异同，为研究西周时期青铜技术的发展提供新的科学分析资料。

一、检测样品概况

叶家山M28出土青铜器共计606件，其中鼎、簋、鬲、甗、觚、爵、斝、盘、尊、卣等容器27件；矛、戈、戟、钺、匕首、铎、铍等兵器265件；钺、害辖、銜铃、节约、当卢等车马器300件；斧、铤、凿、三角刻刀等工具8件，另外还出土2件铜锭^[6]。M28出土的2件铜锭已经过检测分析，结果表明，这两件铜锭均为精炼制作，但不是同一批铜料制成，其具有特殊的文化内涵，因而作为“礼制器物”与铜容器共置一处^[7]。为揭示各类器物的技术特征，本文再对M28出土铜器进行了有针对性的取样分析，样品均取自器物残破处或铸造范缝部位，完好或毛刺打磨光滑的器物不取样，在满足分析条件的情况下所取样品尽可能小，未对器物外观产生影响。

取样时，容器兼顾食器、酒器和水器，并考虑到其铭文、纹饰和组合等情况；同一类器物尽量选多件取样，比如容器中的鼎和簋，以及兵器中的戈；具有明显补铸、分铸或焊接现象的器物，选择不同位置取样，以利于获取对比研究制作工艺方面的详尽信息。本次分析总计从606件器物中选取51件，包括容器17件、兵器27件、车马器7件，具有一定的代表性。从这些器物上共取得了58个样品，取样情况详见表一。

二、分析结果

首先按标准程序制备好金相样品，在浸蚀前对样品铸造缺陷和夹杂物分布情况进行

初步观察；之后使用3%的三氯化铁盐酸乙醇溶液进行浸蚀，采用莱卡DM4000型金相显微镜对浸蚀后的样品进行金相组织观察和拍照。观察后的样品经再次磨光和抛光，做喷碳处理，而后置入带有能谱仪的扫描电子显微镜进行观察和成分分析。所用仪器为北京科技大学测试中心的蔡司EVO18型高分辨扫描电镜，能谱分析仪为布鲁克（BRUKER）X Flash Detector 5010型，分析条件设定为加速电压20千瓦，工作距离7~10毫米，激发时间≥60秒。考虑到铜器样品存在成分偏析和锈蚀等因素，尽量选取锈蚀较少的不同部位进行分析，而后取多次分析结果的平均值代表该样品的成分组成。58件样品的扫描电镜能谱分析结果见附表一。使用北京大学地球与空间学院的VG Elemental型多接收电感耦合等离子体质谱仪（MC-ICP-MS）检测样品的铅同位素比值。仪器分析精度为²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb、²⁰⁸Pb/²⁰⁶Pb和²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb的相对误差分别小于0.01%、0.01%和0.1%；检测时使用国际铅同位素标准溶液SRM981校正仪器，每检测6~8个样品即测试一次标准溶液SRM981。样品检测结果详见附表二。

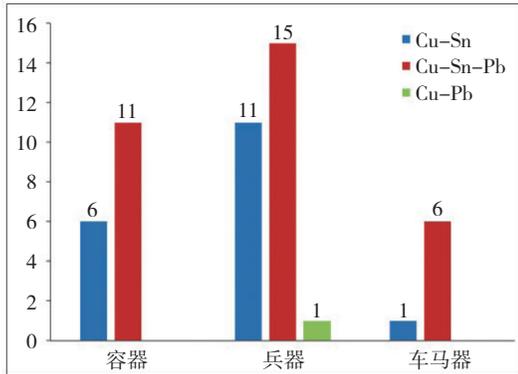
（一）合金成分

由检测结果可知，就取自器物本体的样品而言，经分析的51件器物中，有32件为铅锡青铜制成，包括容器11件、兵器15件、车马器6件；有18件为锡青铜，包括容器6件、兵器11件和车马器1件；仅有1件为铅青铜，为兵器铜戈（见附表一）。这一分析结果揭示出以下几个技术特征。

第一，分析的样品中铅锡青铜器占据大半，锡含量多为10~16%。17件容器中，有铅锡青铜11件、锡青铜6件；铅锡青铜器的

表一 叶家山墓地M28出土铜器及取样数量表

器物类型	容器（出土27件）											兵器（出土265件）					车马器（出土300件）				合计
	鼎	簋	甗	尊	卣	斝	觚	爵	盘	盃	壶	矛	戟	戈	铍	铎	马面饰	车害	铜扣	铜铉	
器物数量	5	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	5	8	4	9	4	1	1	1	51
样品数量	5	2	5	1	2	3	1	1	2	1	1	1	5	8	4	9	4	1	1	1	58



图一 器物类型及数量与合金成分的关系

铅含量为2.5~10%，仅铜爵M28：171铅含量较高。27件兵器中，有铅锡青铜15件、锡青铜11件、铅青铜1件；铅锡青铜的铅含量多为2~11%，仅1件铜戈M28：234铅含量较高。7件车马器中，有铅锡青铜6件，均为车器，锡青铜1件，为马器；铅锡青铜的铅含量为7~18%（图一；附表一）。

第二，分铸制作的器物不同组件之间的合金成分值得注意。铜甬M28：159算毛刺和本体样品均为锡青铜，本体4个样品（43426-1~3、5）锡含量为9.8~13.5%，算（43426-4）的锡含量为12.1%；值得注意的是，算钩与鬲部铸接处样品（43426-5）有偏析锡富集现象。带盖铜甬M28：177肩部羊头（43439-2）为锡青铜，本体样品（43439-1）为铅锡青铜，本体与附件的制作使用了不同的合金料。

第三，铅金属被用作器物附件连接的焊料。带盖铜甬M28：177肩部羊头与本体连接使用了榫卯结构，榫卯套合后内填充以低熔点焊料。经扫描电镜能谱分析，焊料成分含铅97.4%，含氧2.4%。经X射线衍射仪分析，其主

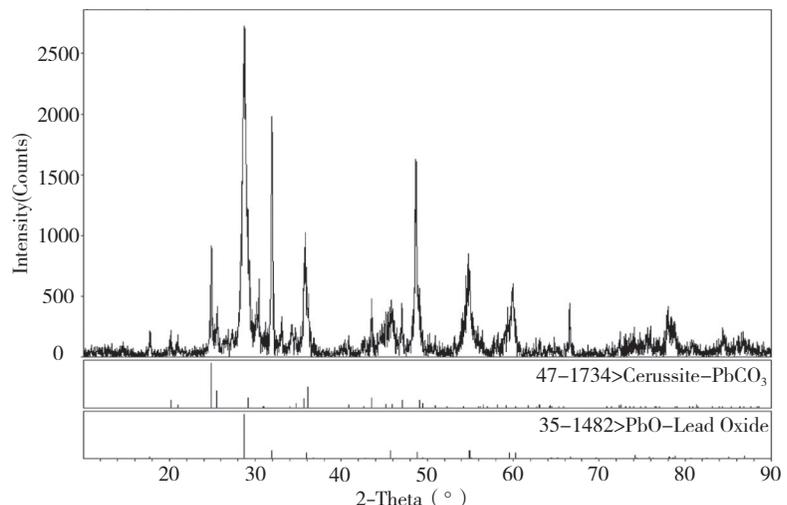
要物相为PbO和PbCO₃（图二）。铅焊料氧化是由于长期在地下埋藏腐蚀所致。古代青铜器多用低熔点的铅锡合金作为焊料，这里使用纯铅作为焊料，其原因值得重视。

（二）金相特征

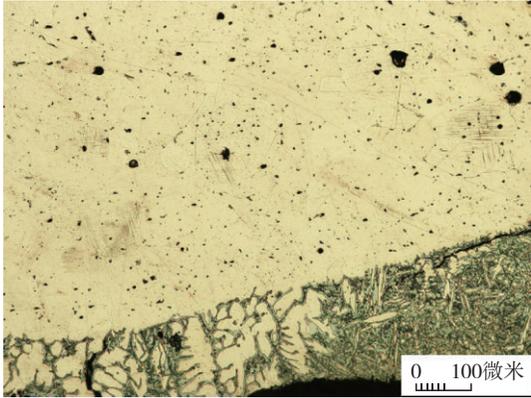
经金相鉴定的51件器物，有铸造和铸后受热两种组织形态，部分器物的金相组织见图三至图八，呈现出两个特征。

第一，这批铜器均为铸造成形。37件器物的本体样品为铸态组织，包括容器11件、兵器19件、车马器7件。基体为 α 固溶体树枝晶，偏析明显， $\alpha + \delta$ 共析组织均较多，沿枝晶分布；铅锡青铜中的铅呈大小不等颗粒状、枝晶状、片状分布于组织中；个别样品中铅分布不均匀，可能与铅的比重偏析或腐蚀聚集有关（图九）。有13件为铸后受热组织，包括6件容器、7件兵器。基体为 α 固溶体，晶内偏析不明显，局部晶粒粗大，显示受热组织均匀化的特点，可能因使用或其他原因经火烧受热所致；有部分样品锈蚀较为严重，出现自由铜沉积，有些样品在锈蚀区周围出现 $\alpha + \delta$ 共析组织富集（图一〇）。有1件铜戈（M28：228）刃部经退火处理，金相组织出现等轴晶（见图六）。

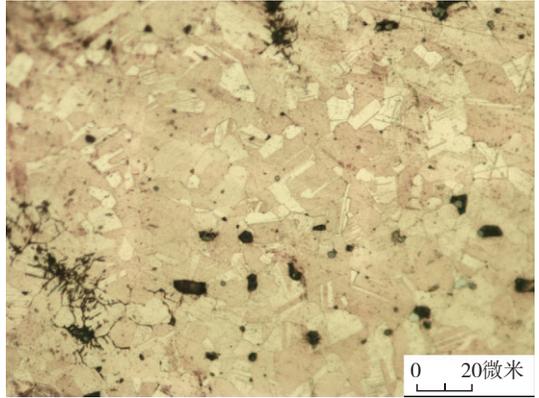
第二，这批铜器的杂质元素含量低，检



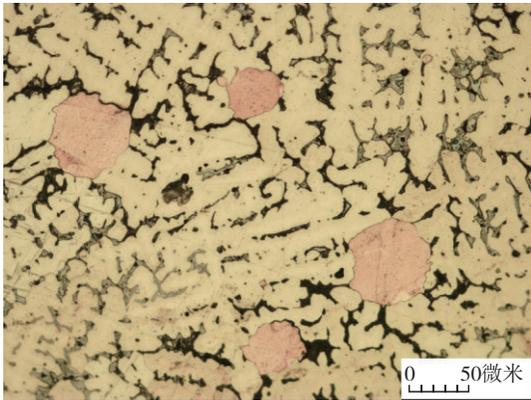
图二 铜甬M28：177肩部羊头焊料XRD图谱



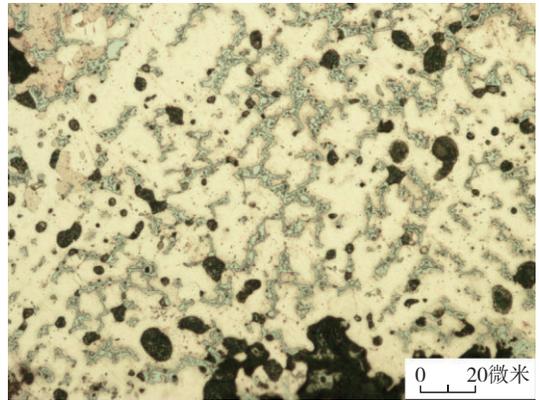
图三 铜甗M28：159算钩与柄部铸接处样品金相照片（铸后受热组织，局部边沿偏析明显，出现 $\alpha + \delta$ 共析组织富集）



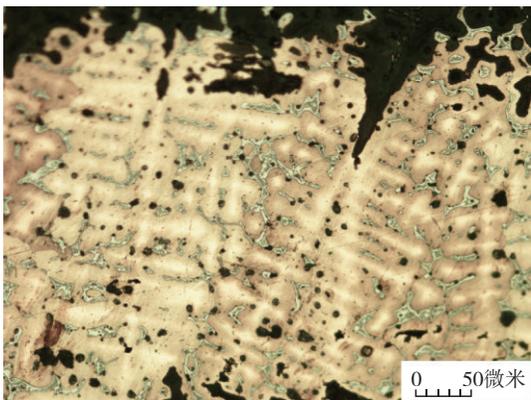
图六 铜戈M28：228刃部样品金相照片（等轴晶组织，晶间有少量 $\alpha + \delta$ 共析组织、铅颗粒和铜硫化物夹杂颗粒）



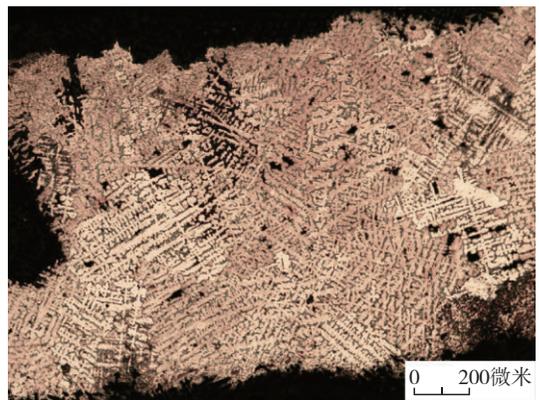
图四 铜罍M28：177肩部羊头残破处样品金相照片（ α 树枝晶铸造组织， $\alpha + \delta$ 共析组织优先腐蚀，出现大量圆颗粒状自由铜沉积）



图七 铜马面饰M28：121面部样品金相照片（铸造组织， $\alpha + \delta$ 共析组织较多，灰色铅颗粒弥散分布，少量铜硫化物夹杂与铅颗粒伴生）



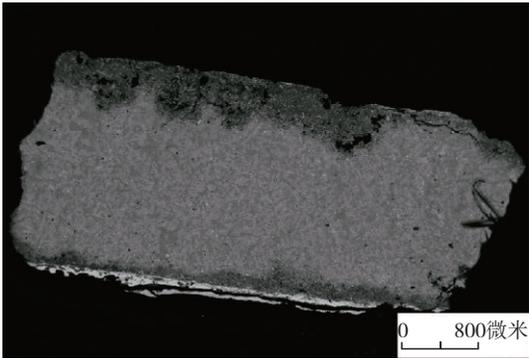
图五 铜簋M28：162圈足残破处样品金相照片（ α 树枝晶铸造组织，大量 $\alpha + \delta$ 共析组织，铅呈小颗粒状分布于枝晶间隙）



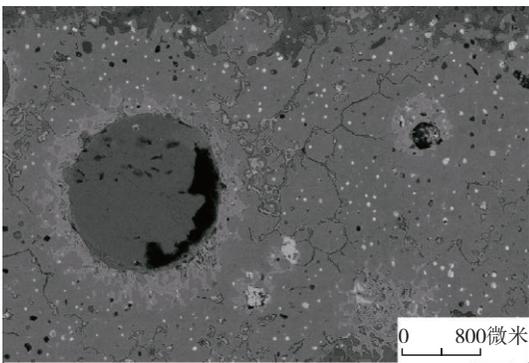
图八 铜车軑M28：40样品金相照片（ α 树枝晶铸造组织， $\alpha + \delta$ 共析组织较多，互连成网状，有少量铸造孔洞）

测到的铁和硫均以硫化物形式存在。硫化物大多为硫化亚铜，也有含铁的硫化物，未发现富

铁相或其他杂质元素形成的特殊相，说明铸铜原料经过精炼处理，其合金水平较高。



图九 铜戈M28：222残片背散射电子图像
(亮白色条带是因锈蚀造成的铅金属元素迁移所形成)



图一〇 铜方鼎M28：157底部毛刺背散射电子图像
(灰色圆颗粒为锈蚀区，周围出现 $\alpha + \delta$ 共析组织富集)

三、分析讨论

(一) M28铜容器合金成分与铭文、组合的关系

容器类器物的制作背景和工艺值得关注。铭文相同、纹饰风格一致的铜器组，部分器物合金成分较为一致，而另有部分器物合金成分有所差异。

本文检测的M28出土“曾侯谏乍宝彝”组铜器共有7件，分别是方鼎M28：157、165，圆鼎M28：152、164，簋M28：162，盘M28：163，盃M28：166。这7件铜器均为铅锡青铜，除簋M28：162因埋藏腐蚀原因造成锡含量偏高外，其他器物锡含量均为10.2~15.3%；方鼎M28：165和圆鼎M28：152的铅含量为10%左右，其他器物为2.5~5%。两件方鼎M28：157、165大小、纹饰均相同，锡含量接近，铅含量分别为5%

和9.4%；两件圆鼎M28：152、164大小、纹饰也相同，锡含量分别为10.2%和15.2%，铅含量分别为10.5%和2.5%。总体来看，方鼎M28：157、圆鼎M28：164、盘M28：163和盃M28：166四件器物的合金成分较为接近，其中盘M28：163与盃M28：166的纹饰和铭文内容相同，是一对西周时期常见的水器组合。

值得注意的是，不带私名的“曾侯乍宝鼎”方鼎M28：156、“曾侯用彝”甗M28：159与带私名的“曾侯谏乍宝彝”组器明显不同，这两件铜器均为分铸制作，方鼎M28：156仅检测了器盖，为锡青铜，甗M28：159本体与筭均为锡青铜。

“曾侯谏乍媿”尊M28：174和“曾侯谏乍媿”提梁卣M28：167（大）、M28：169（小）这三件器物的铭文内容、纹饰相同，是配套的一尊二卣组合器物。其中，尊M28：174和提梁卣M28：167均为锡青铜；而提梁卣M28：169为铅锡青铜，合金类型与上述两器截然不同，其原因值得进一步研究。

觚爵或解爵一般也是配套的组合。但这座墓葬比较特别，两件“父辛”爵M28：171、172分别对应“母辛”觚M28：168和目雷纹无铭文觚M28：170，凑成两套不同的“觚爵”组合^[8]，这一点从器物的出土位置也可以得到印证。经检测的“父辛”爵M28：171是铅锡青铜，目雷纹觚M28：170是锡青铜，差别是比较明显的。M28铜爵中最值得注意的现象是，父辛爵M28：171与该墓“曾侯”组器和合金元素差别较大，其铅含量高达23.4%。

(二) M28铜兵器的制作技术

M28出土的铜兵器种类、形制多样，金相组织、合金成分类型丰富。本文检测的27件兵器中，有戈8件、戟5件、矛1件、铍4件、钊9件，从成分分析和金相鉴定结果来看，兵器的制作工艺水平参差不齐，戈和戟有铸后受热的特征，钊则没有，这或许体现

了功能上的差异。

一般情况下，锡含量适当的合金能够保证较高的机械性能，适合制作用于作战的兵器。但此次分析的这些铜兵器，尤其是戈和戟，大多数器物的锡含量在15%以下，仅个别器物如铜戈M28：218的锡含量较高；部分器物的铅元素含量较高，如铜戈M28：234等。值得注意的是，在所分析的兵器中，器物类型较多，有戈、戟、矛、镞和铎等；合金种类多样，有锡青铜、铅锡青铜和铅青铜三种类型，合金元素含量差异明显。

（三）M28铜车马器的制作技术

铜车马器均为铸造成形，未经受热，合金配比有锡青铜和铅锡青铜两类，且部分器物合金元素含量接近。其中，车器为铅锡青铜，马器为铅青铜。

金相鉴定表明，所有车马器均为铸造组织。7件车马器的成分分析显示，除车害M28：40为锡青铜外，其余皆为铅锡青铜。值得注意的是，检测的4件铜马面饰，大小、形制均相同，其中3件即M28：140、141、143的合金元素含量、金相组织较为接近，可能是使用相同配比的合金料制成。

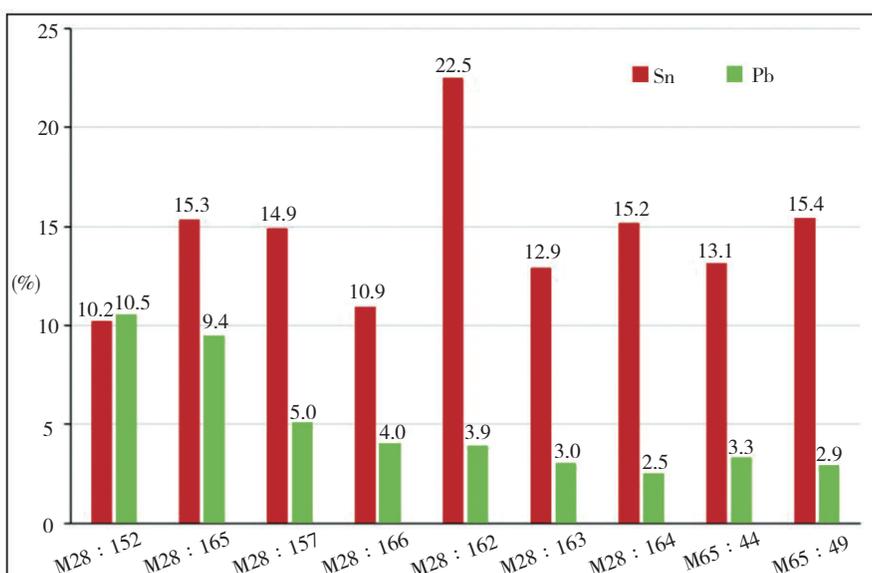
（四）M28与M65铜器的比较

M28和M65均出土有“曾侯谏”铭文铜器，其中M65出土3件“曾侯谏”铭文铜器，M28出土9件“曾侯谏”铭文铜器和6件“曾侯谏作媿”铭文铜器，因此对两墓出土青铜器的制作工艺进行比较是非常有意义的。对比之后，发现以

下几个特征。

第一，两墓出土的“曾侯谏”铭文铜器可能是多批次铸造。M65出土“曾侯谏”圆鼎M65：44和“曾侯谏”簋M65：49的合金元素含量接近，金相组织相同。M28出土“曾侯谏”组器共有7件，前面的分析已指出这几件器物的技术特征。可见，同为“曾侯谏”组器，M65出土的成组器物合金元素含量规整性较M28要高。由图一一结合附表一可看出，两墓均出土有“曾侯谏”圆鼎和簋，但将M65的“曾侯谏”圆鼎和簋分别与M28的“曾侯谏”圆鼎和簋比较，合金元素含量不同。这一结果说明不同墓葬出土的同组器物，可能不是同一批次铸造的，为从合金成分与金相组织方面研究不同墓葬出土成组器物的铸造批次提供了依据。

另外，M65出土的“作雋彝”尊M65：30和“作雋彝”提梁卣M65：29的纹饰和铭文内容相同，是配套的一尊一卣组合器物，其合金成分和金相组织也较为一致。M28出土的“曾侯谏乍媿”尊M28：174和“曾侯谏乍媿”提梁卣M28：167（大）、M28：169（小）的铭文内容和纹饰也相同，是配套的一尊二卣组合器物，但存在两种合金类型，



图一一 M28和M65出土“曾侯谏”组铜器合金元素含量柱状图

分别为锡青铜与铅锡青铜；三件器物均为铸造，其中两件锡青铜器物中的一件，金相组织显示铸后受热特征。这也说明M65所出成组合器物的技术规整性较M28要高。

两墓出土不带私名的“曾侯”铜器样品均为锡青铜。M65出土的“侯用彝”盃M65：34，M28出土的“曾侯乍宝鼎”方鼎M28：156和“曾侯用彝”甗M28：159均为分铸制作。此外，觚爵、盘盃是两墓均有的器物组合，除M28“曾侯谏”盘盃组合的合金元素含量接近外，其他组合的合金配比没有统一的规律。

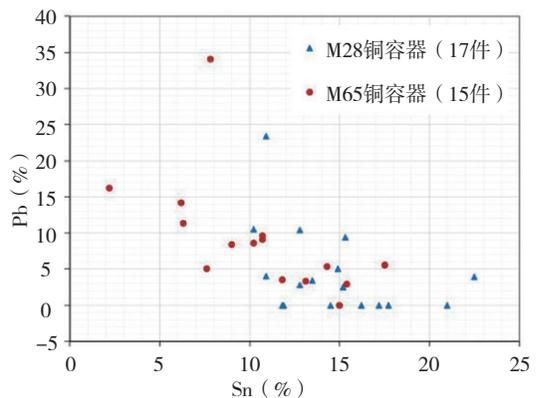
两墓出土分铸铜器的连接工艺有所差异。M65出土的铜甗M65：43本体为铅锡青铜，而算钩和算子均为铅青铜，各组件合金成分不同，其算钩使用了铸接工艺^[9]。M28出土的铜甗M28：159各组件与本体合金成分相同，算钩也为铸接。而带盖铜甗M28：177本体为铅锡青铜，肩部附件羊头为锡青铜，本体与附件使用了不同的合金料制成，并且附件羊头是使用低熔点焊料焊接上去的。这些工艺选择是为了配合组合块范铸造器形复杂的器物，还是有意识的功能差异考虑，尚无法得知，但至少表明铜器制作工艺流程有复杂化倾向。

总体上，经分析的17件M28出土的铜容器，锡含量全部大于10%，多为10~20%；经分析的15件M65出土的铜容器，锡含量大于10%的有9件，小于10%的有6件。M28铜器的平均锡含量较M65要高，铅含量则反之（图一二；见附表一）。其中的成组器物，M65铜器合金元素含量规整性较M28要高。两墓均出土有分铸铸接制作的器物，其中M28的铜器使用了低熔点焊料焊接工艺。

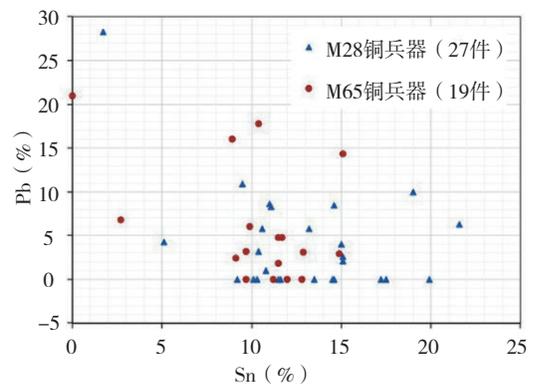
第二，M28和M65出土铜兵器的制作工艺差别不大，个别兵器具有“礼器”的功能。两座墓的铜兵器合金元素含量参差不齐（图一三）。这两座墓各出土铜钺一件，其中M65出土铜钺M65：9技术特征明显，具有

“礼器”的功能；M28出土铜钺保存完好，未做取样分析，但其形制、纹饰精美，铸造工艺考究，社会文化属性自不待言。值得注意的是，M65出土的一件铜戈M65：157较为特殊，戈中间部位有泥芯残留，应是采用块范铸造内置的盲芯，可能并非实用器，至少内置泥芯大大降低了其强度；该戈位于椁室内，与其他铜戈出土时摆放在二层台不同，或许另有礼制意义或标榜军权的意味。

第三，M28和M65出土铜车马器均为铸造组织，合金元素含量有所差异，且均有一批生产多件的可能。经检测的两墓铜车马器均为铸造，除一件弓形器M65：67因锈蚀导致锡含量较高外，两墓出土其他车马器的锡含量差异不大，为7.9~17.5%；而铅含量则差异明显，M28车马器的铅含量明显高



图一二 M28和M65出土铜容器合金元素含量二维散点图



图一三 M28和M65出土铜兵器合金元素含量二维散点图

于M65车马器（图一四）。值得注意的是，M65出土两件形制、大小相同的当卢M65：97、127，合金元素含量较为接近；M28出土的三件形制、大小相同的铜马面饰M28：140、141、143，合金元素含量也较为接近。这表明两墓出土同类铜车马器均有一批生产多件的可能性。

第四，M28和M65两座墓葬出土曾国铜器使用的矿料相同。M28和M65均出土有多件“曾侯”器，这些器物的合金类型有铅锡青铜和锡青铜两种。经铅同位素比值分析（见附表二），两墓曾国铜器的铅同位素比值散点落在整个墓地出土曾国铜器的铅同位素比值分布范围内^[10]。如图一五所示，图上I区为曾国铅锡青铜器铅同位素比值的分布范围，II区为曾国锡青铜器铅同位素比值的分布范围。经分析M65曾国铜器均为铅锡青

铜，其铅同位素比值全部落在I区内；而M28曾国铜器既有锡青铜又有铅锡青铜，铅同位素比值落在I区和II区两个区域内。这些情况说明两墓曾国铜器与其他墓葬出土的曾国铜器使用的矿料应相同。

结 语

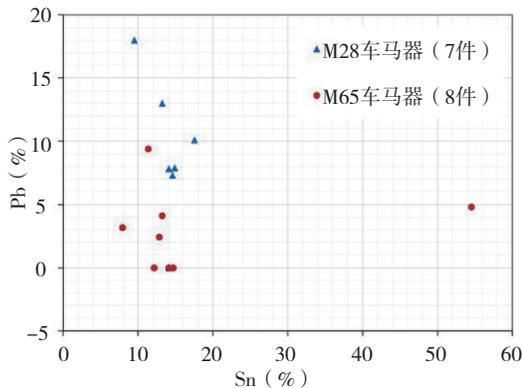
本文通过检测分析，初步揭示了叶家山M28出土铜器的技术特征及其所蕴含的文化信息。通过与叶家山M65出土铜器进行比较，为研究西周时期青铜技术的发展提供了新的科学依据，对深入认识这两座墓的墓主身份及关系具有重要意义。

叶家山M28出土铜器以铸造为主，有铅锡青铜、锡青铜和铅青铜三种材质类型。铭文内容、纹饰相同的铜器组，部分器物合金成分较为一致，部分器物合金成分则有所差异。个别兵器具有“礼器”的功能。部分同类车马器合金元素含量相同。

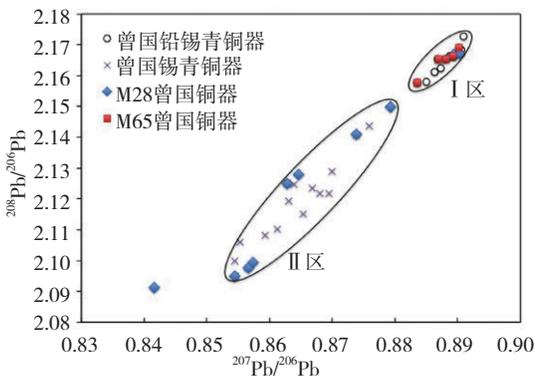
叶家山M28所出成组合的铜容器合金元素含量规整性较M65低，M28铜器中分铸制作的器物还使用了低熔点焊料焊接工艺。两墓出土铜兵器的制作工艺差别不大，铜车马器合金元素含量有所差异，同类器物均有一批生产多件的可能。两墓出土曾国铜器使用的矿料相同。

从方法论角度看，本文利用成分分析、金相组织鉴定、铅同位素分析与铜器组合、铭文内容相结合的研究方法，能够为青铜器技术特征、铜器群构成等学术问题的研究提供科学资料，甚至能够为特殊器物的社会、文化属性等方面的研究提供重要线索。

附记：本文得到国家社科基金重大项目“随州叶家山西周曾国墓地考古发掘报告”（14ZDB051）和“先秦时期中原与边疆地区冶金手工业考古资料整理与研究”（17ZDA219）、国家社科基金青年项目“晋陕冀地区夏商时期的生业与社会”（14CKG006）、教育部人文社会科学重点研



图一四 M28和M65出土铜车马器合金元素含量二维散点图



图一五 M28和M65出土曾国铜器铅同位素比值散点图

究基地重大课题“皖南地区早期冶金的技术与社会”(14JJD78003)和国家文物局“文物保护科技优秀青年研究计划”(2014226)的资助。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制作工艺综合研究的成果之一。研究工作得到上述单位诸多老师的指导与帮助,在此致以诚挚感谢!

注 释

- [1] a.李学勤等:《湖北随州叶家山西周墓地笔谈》,《文物》2011年第11期。
- b.李伯谦等:《随州叶家山西周墓地第二次发掘笔谈》,《江汉考古》2013年第4期。
- [2] 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。

- [3] 湖北省文物考古研究所等:《湖北随州叶家山M65发掘简报》,《江汉考古》2011年第3期。
- [4] a.张昌平:《叶家山墓地相关问题研究》,见《随州叶家山西周早期曾国墓地》,文物出版社,2013年。
- b.段妹杉、陈丽新:《叶家山西周墓地国际学术研讨会综述》,《江汉考古》2014年第1期。
- [5] 郁永彬等:《湖北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。
- [6] 同[2]。
- [7] 郁永彬等:《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》2016年第5期。
- [8] 同[2]。
- [9] 同[3]。
- [10] 郁永彬等:《关于叶家山青铜器铅同位素比值研究的几个问题》,《南方文物》2016年第1期。

附表一 叶家山墓地M28出土铜器成分分析结果及加工工艺判断

器名	出土号	实验号	取样部位	化学成分(Wt%)				材质	加工工艺	备注
				Cu	Sn	Pb	其他			
方鼎	M28:156	43425	盖残片	85.6	14.5			Cu-Sn	铸造	“曾侯乍宝鼎”铭文
	M28:157	43495	毛刺样品	80.2	14.9	5		Cu-Sn-Pb	铸造	“曾侯谏乍宝彝”铭文
	M28:165	43432	底足残破处	75.3	15.3	9.4		Cu-Sn-Pb	铸造	
圆鼎	M28:152	43494	毛刺样品	79.3	10.2	10.5		Cu-Sn-Pb	铸后受热	“曾侯谏乍宝彝”铭文
	M28:164	43431	腹部残破处	82.3	15.2	2.5		Cu-Sn-Pb	铸后受热	
簋	M28:153	43424	外底毛刺	76.7	16.2	7.1		Cu-Sn-Pb	铸造	“曾侯谏乍媿宝鬲彝”铭文
	M28:162	43429	圈足残破处	73.6	22.5	3.9		Cu-Sn-Pb※	铸造	“曾侯谏乍宝彝”铭文
甗	M28:159	43426-1	耳下部残片	88.2	11.8			Cu-Sn	铸后受热	“曾侯用彝”铭文、算钩铸接
		43426-2	足部毛刺	89.5	10.6			Cu-Sn	铸后受热	
		43426-3	索耳毛刺	90.2	9.8			Cu-Sn	铸后受热	
		43426-4	算孔毛刺	87.9	12.1			Cu-Sn	铸后受热	
		43426-5	算钩与高部铸接处	86.5	13.5			Cu-Sn	铸后受热	
尊	M28:174	43438	底部毛刺	82.4	17.7			Cu-Sn※	铸后受热	“曾侯谏乍媿宝鬲彝”铭文
卣	M28:167	43434	底部毛刺	79	21			Cu-Sn※	铸造	“曾侯谏乍媿宝鬲彝”铭文
	M28:169	43435	外底毛刺	83.1	13.5	3.4		Cu-Sn-Pb	铸造	“曾侯谏乍媿宝鬲彝”铭文
带盖甗	M28:177	43439-1	圈足毛刺	76.8	12.8	10.4		Cu-Sn-Pb	铸后受热	
		43439-2	肩部羊头残破处	84.8	15.2			Cu-Sn	铸造	
		43439-3	肩部羊头焊料	0.2		97.4	0(2.4)	Pb		

续附表一

器名	出土号	实验号	取样部位	化学成分 (Wt%)				材质	加工工艺	备注	
				Cu	Sn	Pb	其他				
觚	M28 : 170	43436	腹部残片	82.8	17.2			Cu-Sn※	铸后受热	底部有纹饰	
爵	M28 : 171	43437	腹部残片	65.7	10.9	23.4		Cu-Sn-Pb	铸造	“父辛”铭文	
盘	M28 : 163	43430-1	外底毛刺	84.4	12.8	2.8		Cu-Sn-Pb	铸造	“曾侯谏乍宝彝”铭文	
		43430-2	盥与盘连接残破处	84.2	12.9	3		Cu-Sn-Pb	铸造		
盃	M28 : 166	43433	流与盃接口外毛刺	85.1	10.9	4		Cu-Sn-Pb	铸造	“曾侯谏乍宝彝”铭文	
壶	M28 : 178	43440	腹部残片	88.1	11.9			Cu-Sn	铸造	“曾侯谏乍媿肆壶”铭文	
戈	M28 : 65	43443	刃部	90.8	9.2			Cu-Sn	铸后受热		
	M28 : 97	43448	刃部	80.6	11.1	8.3		Cu-Sn-Pb	铸后受热		
	M28 : 217	43496	残破处	88.5	11.5			Cu-Sn	铸后受热	栏侧一翼	
	M28 : 218	43497	残破处	82.9	17.2			Cu-Sn※	铸造		
	M28 : 227	43499	残片	86.4	10.4	3.2		Cu-Sn-Pb	铸造		
	M28 : 228	43500	残片	89.7	10.3			Cu-Sn	刃部退火		
	M28 : 234	43501	阑部残破处	70	1.7	28.3		Cu-Pb	铸后受热		
戟	M28 : 249	43502	残片	77	14.6	8.5		Cu-Sn-Pb	铸造		
	M28 : 72	43444	刃部残片	83.7	10.6	5.8		Cu-Sn-Pb	铸造		
	M28 : 73	43445	刺部残片	90.7	5.1	4.3		Cu-Sn-Pb	铸后受热		
	M28 : 75	43446	锋部残片	88.1	10.8	1		Cu-Sn (Pb)	铸造		
	M28 : 108	43450	刃部	80.5	11	8.6		Cu-Sn-Pb	铸造		
矛	M28 : 226	43498	残片	85.5	14.5			Cu-Sn	铸后受热		
	M28 : 235	43447	刃部残片	90	10.1			Cu-Sn	铸后受热		
	镞	M28 : 63	43474-1	箭镞	84.2	13.1	2.7		Cu-Sn-Pb	铸造	
			43474-2	箭镞	80.1	19.9			Cu-Sn※	铸造	
			43474-3	箭镞	85.4	14.6			Cu-Sn	铸造	
43474-4			箭镞	88.4	11.6			Cu-Sn	铸造		
钊	M28 : 38	43468	残片	81.1	15	4		Cu-Sn-Pb	铸造		
	M28 : 43	43470	残片	71	19	10		Cu-Sn-Pb※	铸造		
	M28 : 44	43471	残片	82.4	15.1	2.6		Cu-Sn-Pb	铸造		
	M28 : 46	43441	残片	81.1	13.2	5.8		Cu-Sn-Pb	铸造		
	M28 : 47	43473	残片	72.1	21.6	6.3		Cu-Sn-Pb※	铸造		
	M28 : 56	43442	残片	79.6	9.5	10.9		Cu-Sn-Pb	铸造		
	M28 : 64	43475	残片	82.8	15.1	2.1		Cu-Sn-Pb	铸造		
	M28 : 71	43476	残片	82.5	17.5			Cu-Sn	铸造		
马面饰	M28 : 98	43449	残片	86.5	13.5			Cu-Sn	铸造		
	M28 : 121	43451	面上	72.4	17.5	10.1		Cu-Sn-Pb※	铸造		
	M28 : 140	43452	面上	78.1	14.6	7.3		Cu-Sn-Pb	铸造		
	M28 : 141	43453	面上	78.1	14.1	7.8		Cu-Sn-Pb	铸造		
车𦘔	M28 : 143	43454	面上	77.3	14.9	7.9		Cu-Sn-Pb	铸造		
	M28 : 40	43469	残片	85.9	14.1			Cu-Sn	铸造		
扣件	M28 : 132	43492	残片	73.8	13.2	13		Cu-Sn-Pb	铸造		
铤	M28 : 136	43493	残片	80.4	9.5	10.1		Cu-Sn-Pb	铸造		

续附表一

器名	出土号	实验号	取样部位	化学成分 (Wt%)				材质	加工工艺	备注
				Cu	Sn	Pb	其他			
容器		平均成分	78.9	13.3	7.8		Cu-Sn-Pb		铅锡青铜器	
			86.7	13.4			Cu-Sn		锡青铜器	
兵器		平均成分	82.5	12	5.5		Cu-Sn-Pb		铅锡青铜器	
			87.5	12.4			Cu-Sn		锡青铜器	
车马器		平均成分	77.5	13.3	9.2		Cu-Sn-Pb		铅锡青铜器	
			85.9	14.1			Cu-Sn		锡青铜器	

说明: Sn、Pb和其他元素含量空格处为检测数值低于仪器检测误差,不具有统计意义而未列出。带※标记的样品基体有一定程度的腐蚀,平均成分的计算未包括这些带※标记的样品成分数据。取多件样品的器物,成分为多件样品成分的平均值。兵器中的铅青铜器M28:234未参与统计。

附表二 叶家山墓地M28出土铜器铅同位素比值检测结果

器类	出土号	实验号	检测结果					备注
			$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	
甗	M28:159	43426-2	0.8628	2.125	18.064	15.5864	38.392	曾侯甗
盘	M28:163	43430-2	0.8894	2.1668	17.469	15.538	37.854	曾侯谏盘
卣	M28:167	43434	0.8566	2.0976	18.134	15.538	38.046	曾侯谏作媿器
戈	M28:217	43496	0.8574	2.0995	18.13	15.545	38.066	兵器
戈	M28:218	43497	0.8646	2.128	18.016	15.575	38.337	兵器
戈	M28:228	43500	0.8416	2.0914	18.594	15.649	38.888	兵器
尊	M28:174	43438	0.8545	2.0949	18.24	15.588	38.21	曾侯谏作媿器
壶	M28:178	43440	0.8739	2.141	17.814	15.5685	38.136	曾侯谏作媿器
铍	M28:63	43474	0.8793	2.1498	17.688	15.554	38.026	兵器

(责任编辑 刘昶)

○信息与交流

《古代辽宁》简介

《古代辽宁》由辽宁省博物馆编著,文物出版社2017年11月出版发行。本书为大16开精装本,共432页,全彩印刷,定价560元。

本书是辽宁省博物馆基本陈列“古代辽宁”的图录。以年代为序,分为史前、夏商周、战国至隋唐、辽金、元明清五个部分,以丰富的文物资料、深厚的历史积淀,系统生动地展示了辽宁地区古代文明起源及历史文化发展演变。本书附有八篇专题文章,包括古代辽

宁居民的体质人类学考察、墓室壁画、魏晋南北朝及辽金时期的佛教、草原丝绸之路、辽代金银器以及明清时期朝鲜使臣记录的辽宁之旅等研究文章。本书从文物研究、历史脉络等方面对古代辽宁做了系统地梳理和分析,对研究古代历史具有重要价值。

本书适合考古学、历史学方面的专家学者和高等院校相关专业的师生参考、阅读。

(伊 铭)