

随州叶家山西周墓地 M65 出土铜器的 金相实验研究

郁永彬 常怀颖 黄凤春 李玲 梅建军 陈建立

(北京 100083)(北京 100710)(湖北 武汉 430077)(北京 100871)

摘要:本文利用金相显微镜和扫描电镜能谱仪对湖北随州叶家山西周墓地 M65 出土的 42 件青铜器进行了金相实验研究,结果表明其中的 31 件材质为铅锡青铜,10 件为锡青铜,仅有 1 件为铅青铜,铜器制作主要采用铸造工艺,仅个别兵器在局部进行了热锻加工;具有相同铭文、纹饰风格一致的铜容器的合金成分、金相组织和铸造技术等方面也较为一致。这些结果为研究 M65 出土青铜器的生产组织问题提供科学资料。

关键词:西周青铜器、叶家山墓地、曾国青铜器、科学分析

中图分类号:K871.3

文献标识码:A

文章编号:1001-0327(2014)05-0100-10

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,M65、M28、M111 三座曾侯墓尤为重要。如 M65 位于 M1 和 M28 之间,是有确切铭文印证的曾侯谏墓^[1]。根据随葬品的器形、纹饰等综合考察,整理者推定 M65 年代在康昭之际^[2],并得到多数学者的认同^[3]。李学勤先生认为 M65 不晚于昭王末年^[4]。徐少华先生认为 M65 定在康王时期的偏早阶段比较稳妥^[5]。张昌平先生指出西周文化或青铜器断代精确到王世“是一件很困难的事情”,但“西周早期作为叶家山墓地年代的基本定位,大体是合适的”^[6]。M65 共出土铜器 117 件,其中有铭铜器多达 11 件,一些能反映身份的重器上多见“曾侯”或“曾侯谏”铭文。这些青铜器的出土,为研究西周时期铜器铸造技术提供了新资料,但这批铜器有着怎样的技术特征?有铭器与无铭器之间是否存在差异?是一批铸造还是多批铸造?制作上

具有哪些工艺特点?本文拟通过金相组织观察和成分分析方法,结合青铜器铸造工艺和铭文、风格的研究,首先以 M65 出土青铜器的金相实验研究为例,尝试初步探讨这些问题。

一、铜器样品与分析结果

1. 铜器样品概况

叶家山墓地 M65 出土铜器共计 117 件,其中鼎、簋、尊、盃、盘等容器 22 件,戈、戟、钺、錡、面具等兵器 53 件,车辖、銜铃、节约、当卢等车马器 41 件。为揭示各类器物的技术特征,本文取样原则为: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。总计从 117 件器物中选取了 42 件,其中容器 15 件,兵器 19 件,车马器 8 件。从这些器物上共取得了 50 件样品,均取自残损处或铸造毛刺,未对器物

作者:郁永彬、梅建军,北京科技大学冶金与材料史研究所;常怀颖,中国社会科学院考古研究所;黄凤春、李玲,湖北省文物考古研究所;陈建立,北京大学考古文博学院。

表一

叶家山墓地 M65 出土铜器及取样数量表

器物类型	容器									兵器					车马器					合计
	鼎	簠	甗	觶	尊	卣	盃	盘	铜扣	钺	戟	戈	面具	铜錡	车辖	套铃	节约	当卢	弓形器	
器物数量	5	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9	1	7	1	1	3	2	1	42
取样数量	5	3	1	1	1	3	1	1	1	1	1	10	1	7	1	1	3	2	1	50

外观产生影响。取样情况详见表一。

2. 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;而后使用 3% 的三氯化铁盐酸乙醇溶液进行浸蚀,采用 LeicaDM4000 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 ZEISSEVO18 高分辨扫描电镜,能谱分析仪为 BRUKER X Flash Detector 5010,分析条件设定为加速电压 20kV,工作距离 7-10mm,激发时间 60s。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几个不同部位进行扫描分析,而后取几次分析结果的平均值代表该样品的成分组成。表二所列即为 50 件样品的扫描电镜能谱分析结果。

由表二可知,就取自器物本体的样品而言,经分析的 42 件器物中,有 31 件为铅锡青铜制成,包括容器 14 件,兵器 12 件和车马器 5 件;有 10 件为锡青铜,包括容器 1 件、兵器 6 件和车马器 3 件;仅有 1 件为铅青铜,为兵器铜戈。这一分析结果揭示出如下几个技术特征:

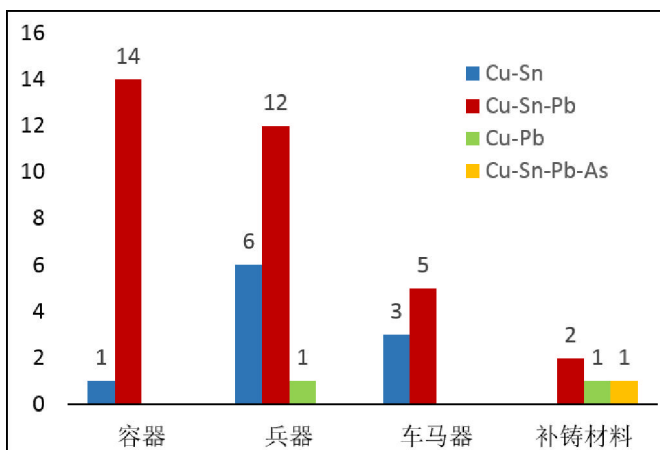
首先是铅锡铜器占据了主导地位。15 件容器类器物中,除 M65: 34 铜盃的材质为锡青铜外,其余皆为铅锡青铜。19 件兵器中,包括兽面具、钺、戟、戈、铜錡等,铅锡青铜有 12 件,其中 M65:79 兽面具和 M65:16

铜戈因腐蚀导致锡含量特别高,并含有少量铁,而锡青铜有 6 件,铅青铜仅有 1 件,为 M65: 15 铜戈,合金类型差异较大。8 件车马器中,有 5 件为铅锡青铜,包括因腐蚀具有较高铁含量的 M65:67 弓形器,其余 3 件为锡青铜(见图一)。

其次是补铸材料与本体明显不同。M65 出土铜器中,有多件进行了铸后补铸。M65:43 铜甗本体为铅锡青铜,腹部补片为铅锡砷青铜,补铸材料与本体合金料截然不同。M65: 108 铜戈本体为铅锡青铜,补铸部位为铅青铜,补铸材料与本体合金料也不同。M65:29 提梁卣底部和一足均有补铸,补铸部位和本体均为铅锡青铜,但两处补铸材料合金成分较为接近,与器物本体合金成分均不同。

第三,分铸制作的器物,各组件合金成分不同。M65: 43 铜甗本体为铅锡青铜,而挂算钩和算子均为铅青铜。

经金相鉴定的 42 件器物,有铸造、铸后受热、铸后局部热锻等 3 种组织形态,部分器物金相组织如图二至七。



图一 器物类型与合金成分的关系

结果表明,这批铜器均为铸造而成,仅有个别兵器在铸造以后又在局部进行热锻加工。24件器物的本体样品的金相组织显示典型的铸态组织,包括容器7件、兵器9件、车马器8件,基体为 α 固溶体枝晶,晶内偏析明显。部分样品组织中($\alpha+\delta$)共析体较多,互连成网状(图六、图七);部分样品($\alpha+\delta$)共析体较少,呈岛屿状分布。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(图五);个别样品中铅分布不均匀,可能与铅的比重偏析有关;有些样品中少量的铜硫化物与铅颗粒伴生。有17件为铸后受热组织,包括8件容器、9件兵器,基体中 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(图二、图三),可能因使用或其它原因经火烧受热所致;其中1件锡青铜兵器M65:6戈晶粒中有滑移带存在(图四),其可能是冷加工所致,亦可能是毁兵外力折压所致。另外1件锡青铜兵器M65:157戈基体为 α 固溶体,边缘有等轴晶和孪晶,表明边缘部分曾经热锻加工。

此外,M65出土铜器的杂质元素较少,只检测到铁和硫,它们都以硫化物形式存在。硫化物大多为硫化亚铜,也有含铁的硫化物,有极少量金属铋颗粒,未发现富铁相和其它杂质元素形成的特殊相。从器表观察,样品组织致密,未见集中的缩孔和疏松存在。

二、检测结果分析讨论

1. 容器类器物技术特征与文化内涵

叶家山M65共出土青铜容器22件,包括炊食器13件、酒器5件、水器4件,其中11件铜器铸有铭文。本文分析了15件容器,从成分分析和金相鉴定结果来看,有如下几个方面的认识:

第一,具有相同铭文、纹饰风格一致的铜容器金相组织、合金成分等制作技术较为一致,为研究这类青铜器的生产组织提供了科学资料。

M65:44“曾侯谏”圆鼎和M65:49“曾侯谏”簋合金成分含量接近,金相组织相同。M65:30

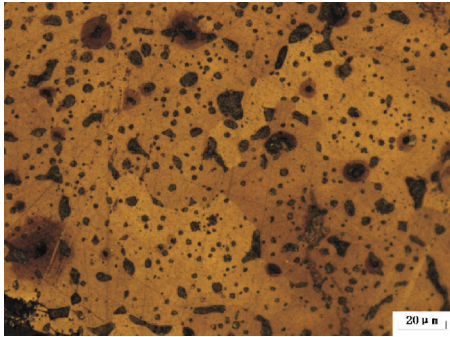
“作尊彝”尊和M65:29“作尊彝”卣两件器物风格、纹饰、铭文内容相同,是配套的一尊一卣组合器物,其合金成分和金相组织亦较为一致。这一结果说明可能存在同一批铸造的情况,为从合金成分和金相组织方面研究成组器物是否存在同一批生产的可能提供了逻辑推断。值得注意的是,M65:159云雷纹觶和M65:43铜甗合金成分含量与“作尊彝”尊卣组合接近,M65:41“作宝鼎”圆鼎、M65:46兽纹鼎和M65:27漆壶铜扣合金成分与“曾侯谏”组器物类似,这也为从合金成分的角度判断这些器物的铸造批次提供了参考。

但同时,也可以看出,不同器组间的合金配比选择有所不同。首先,尊卣组器物与“曾侯谏”组器的合金成分配比明显不同,前者锡含量低于“曾侯谏”器,而铅含量则明显偏高。其次,M65:50“作尊彝”簋铭文内容与尊卣组合相同,铅含量为14.2%,明显高于后者的铅含量。这件器物纹饰、风格与尊卣组合不同,表明铭文内容相同,纹饰风格不同的器物可能也是分批次制作。M65:48兽纹簋的铅含量高达34.1%,明显不同于其它所有容器,其纹饰风格也不同于上述已知的同批次铸造器组,是单独生产的还是另有来源,值得进一步研究。

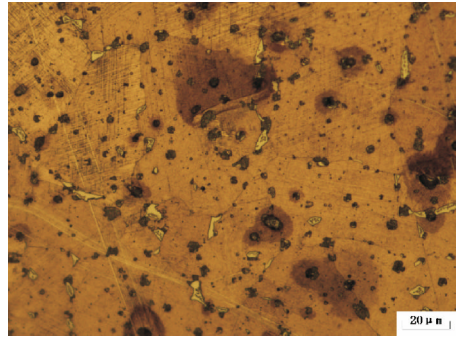
总体而言,叶家山M65出土的青铜容器虽以铅锡铜为主(图八),但根据成分分析和金相鉴定结果推测,这15件器物中有同批次铸造器物组的可能,若结合铭文、纹饰来考察,则上述分批次制作铜器的推论,就有了更多角度的依据。

第二,成分分析与金相鉴定结果为研究分铸铸接等工艺的生产组织提供了科学资料。

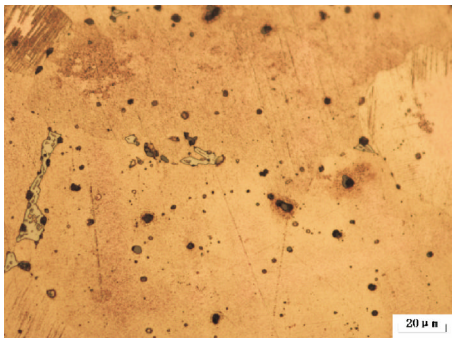
从合金成分来看,M65:43铜甗本体束腰内侧与足毛刺样品成分接近,铅含量分别为9.5%和9.0%,锡含量分别为8.1%和8.4%,为浑铸制成;束腰内侧毛刺样品为铸后受热组织,足毛刺样品为铸造组织,这种差异可能是由于对铜甗腹部进行补铸造成的,铜甗束腰部位位于甗部的下腹部,在对铜甗腹部进行补铸时,高温的补铸料会对补铸部位周围造成局部



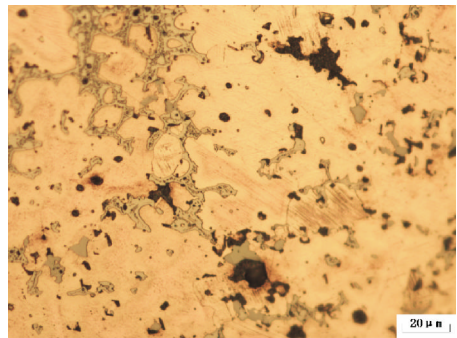
图二 M65:30 铜尊圈足毛刺金相照片



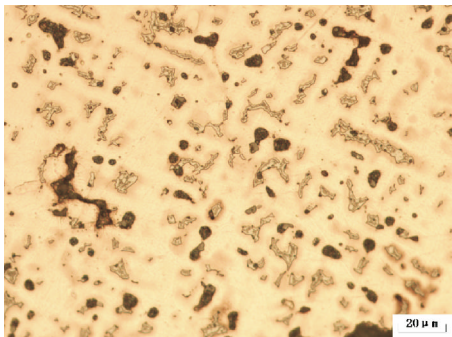
图三 M65:49 铜簋底部毛刺金相照片



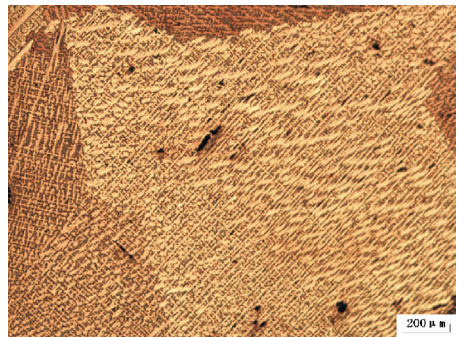
图四 M65:6 铜戈残片金相照片



图五 M65:17 铜戈刃部断口金相照片



图六 M65:58 铜錫残片金相照片

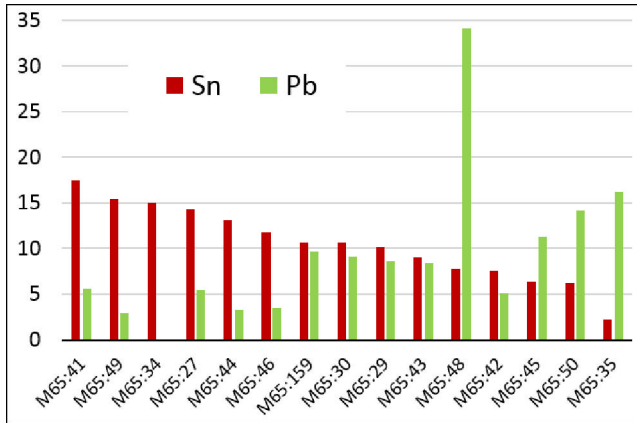


图七 M65:88 铜泡残片金相照片

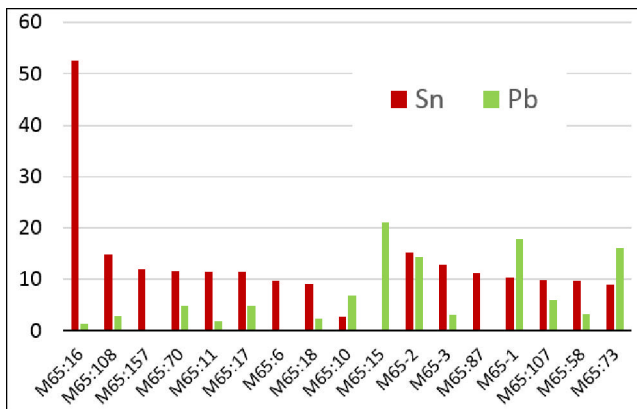
受热。铜甗挂算钩和算子毛刺样品均为铸造组织的铅青铜,与铜甗本体明显不同。挂算钩样品铅含量为 23.0%,算子样品铅含量为 15.6%。算钩连甗部位的铜液溢出部分与铜甗本体部位样品合金组成差别较大,其铅含量达 14.6%,几乎是铜甗本体铅含量的两倍。这些数据差异显示,分铸铸接的铜器各组件未必会使用相同配比的合金料。究其原因,是有意意识的功能差异考虑还是因为不同生产流程造成

的差异,尚无法得知。

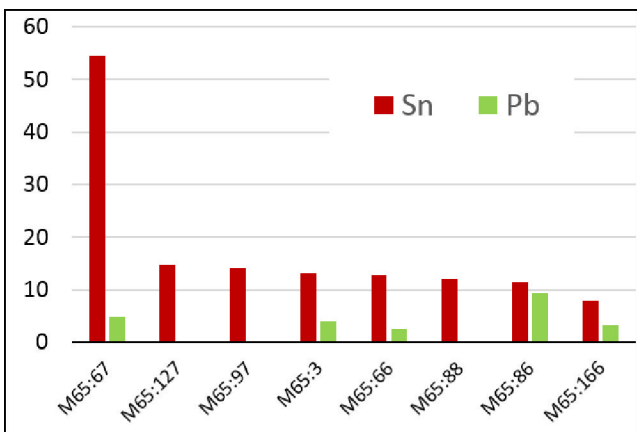
第三,补铸材料与本体合金料的显著差别,为铜器补铸工艺研究提供了检测数据。M65:43 铜甗、M65:108 铜戈和 M65:29 提梁卣的补铸材料与本体合金元素组成均不同,或许暗示这几件器物的补铸可能不是在铸造后立即进行的。尤其是 M65:29 提梁卣底部和一足的补铸,虽补铸部位和本体均为铜锡铅三元合金,但足补和底部补块铜含量分别为 67.3%和



图八 M65 出土铜容器合金元素含量柱状图



图九 M65 出土铜戟、铜戈和铜锡合金元素含量柱状图



图一 M65 出土车马器合金元素含量柱状图

71.2% ,锡含量分别为 8.2%和 7.9% ,铅含量分别为 24.5%和 20.6% ,而本体铜含量为 81.2% ,锡含量为 10.2% ,铅含量为 8.6% ,两补铸部位合金成分接近,但均不同于器物本体的合金组成,表明提梁处两处补铸可能是一次完成,且使用了不同于本体合金成分的青铜料。

2. 兵器和车马器类技术特征与文化内涵

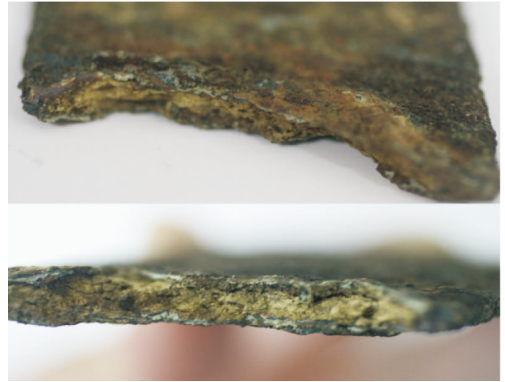
叶家山 M65 共出土青铜兵器 53 件、车马器 41 件,本次分析了 19 件兵器和 8 件车马器。这些兵器和车马器有三种合金类型,包括铜锡、铜铅和铜锡铅。从成分分析和金相鉴定结果来看,有如下几个特点:

首先,部分随葬兵器呈现出明器化铸造。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。但此次分析的这些兵器,尤其是铜戈,锡含量并未达到“削杀矢之齐”的要求,有些甚至还含有较高的铅元素(图九),联系到随葬铜戈普遍存在着毁兵现象,因此这些器物可能是明器。值得注意的是,此次分析的铜戟和铜戈,合金元素含量参差不齐,仅 M65:70 虎纹戈和 M65:17 栏侧一翼戈合金元素含量较为接近,但它们的形制不同,因此这些兵器可能是多批次制成,每批是否同时铸造形制不同的器物则需进一步研究。需要指出的是,从考古学文化而言, M65:6 三角援戈与 M65:70 虎纹戈,都是南方地区青铜文明中较常见的类型,与其它形制的兵器同时出现在叶家山 M65 中,是否有一定的文化渊源或具有相同的来源,颇具意味。

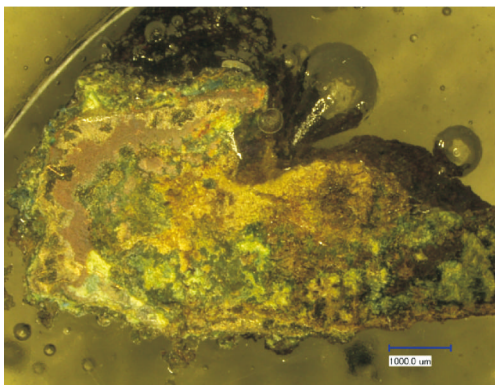
第二,铜锡的分析检测说明其



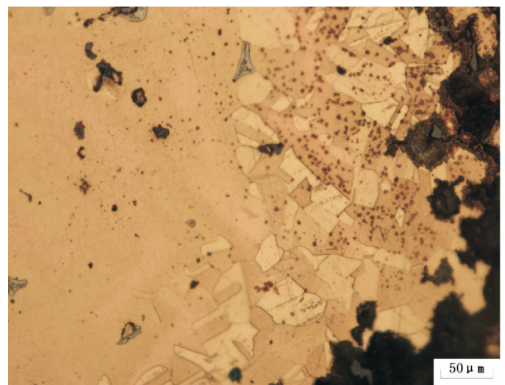
图一一 铜戈 M65:157 器物照片



图一二 铜戈 M65:157 断面照片



图一三 铜戈 M65:157 样品显微照片



图一四 铜戈 M65:157 样品金相组织照片

不具防护功能。本次检测的 M65: 58 大铜錡，锡含量为 9.7%，铅含量为 3.2%，金相呈铸造组织(图六)其机械强度和韧性作为专门用来防护的器物，显然是不够的，但作为装饰器物应没问题，加之其放置在漆盾表面^[7]，因此作为明器的功能更加显著。

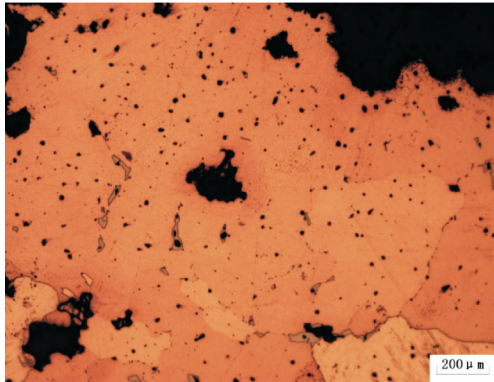
第三，车马器均未受热，合金配比有两种技术选择，部分器物合金元素组成相同(图一〇)。金相鉴定表明，所有车马器均为铸造组织，基体为 $\alpha+(\alpha+\delta)$ 树枝晶组织，三元合金中铅颗粒较多，二元合金中 $(\alpha+\delta)$ 共析体互联成网状(图七)。成分分析显示，M65:3 车辖、M65:166 銜铃、M65:66、M65:86 节约和 M65:67 弓形器均为铅锡青铜，其它器物均为锡青铜。其中，两件 M65:97、M65:127 当卢大小，形制相同，均为锡青铜，含锡量分别为 14.1% 和 14.7%，表明同类小型器物有一批生产多件的

可能。

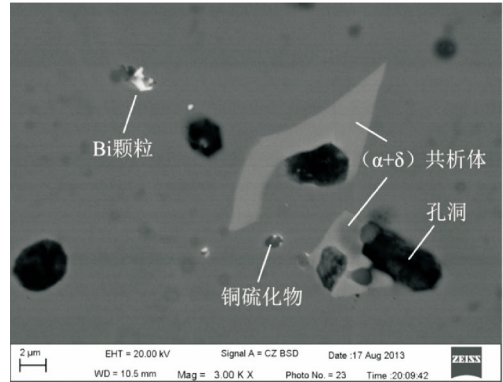
第四，通过对比不难发现，兵器的合金配比车马器多样，金相组织也相对复杂。从已检测结果来看，M65 出土兵器有铅锡青铜、锡青铜和铅青铜三种类型，有铸造、铸后受热和铸后局部热锻三种组织形态，而车马器仅有铅锡青铜和锡青铜两种类型，金相组织全部为铸造；从某种程度上显示了，兵器比车马器制作背景或来源要复杂的多。

第五，有部分器物的制作工艺较为特殊，可能具有特殊的社会意义。

本次分析的兵器中，M65:157 铜戈局部有再结晶晶粒和李晶组织，表明该器物经过热锻(图一四)，加工工艺较其它铜戈特殊。此戈内部断裂，残长超过 30 厘米(图一一)，尺寸较其它铜戈大。从断面看，戈中间部位有泥芯残留，应是采用块范铸造内置的盲芯(图一二、一三)。



图一五 铜钺 M65:9 的金相组织



图一六 铜钺 M65:9 的背散射电子像

从尺寸大小、铸造工艺、重量来看，M65:157 铜戈可能并非实用器，至少内置泥芯大大降低了其强度。但其制作技术特殊，类似的情况尚未见诸报道。从出土位置观察，该戈位于椁室内，与其它铜戈出土时摆放在二层台不同，或许另有其礼制意义或标榜军权的意味。

M65:9 耳形钺，制作技术特征明显，具有“礼器”的功能。该器造型奇异，钺中间大孔边和两穿釜间的直边上有铸疵，套釜内有泥芯，整器由外范 2 块，芯范 1 块，自带釜芯范 3 块，合范浑铸而成^[8]。金相鉴定表明此钺为铸后受热组织，基体为 α 固溶体，晶粒粗大，晶界间隙有极少量因受热不充分未完全均匀化的 $(\alpha+\delta)$ 共析体，仅见少量细颗粒状 Cu_2S 夹杂物和针孔状缩孔（图一五、一六），成分分析显示，该器含铜 87.0%，含锡 12.8%，还有 0.2% 的铁，如从锡含量对青铜的影响，以及同墓出土其它兵器的合金配比来看，铜钺为该墓出土兵器合金配比优良的器物。由此可见，该器物无论是合金配比、铸造工艺、整体造型，特征均较为鲜明。铜钺的社会文化属性，前人多有论及^[9]，叶家山 M65 中的这件耳形钺不但形制奇特，铸造亦如此考究，社会文化属性自不待言。三、结语

本文通过实验室检测分析，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：1) 叶家山 M65 出土铜器以铸造为主，仅个别兵器在局部进行了热锻加工；有铅锡青铜、锡青铜和铅青铜三种材质类型。2) 具有相

同铭文、纹饰风格一致的铜容器金相组织、合金成分等制作技术较为一致，但不同器组间的合金配比选择有所不同。3) 兵器较车马器制作的背景或来源复杂，部分兵器如带泥芯的铜戈与形制特殊的耳形钺，具有“礼器”的功能，可能是专门用来随葬具有礼制意义或标榜军权的器物，体现了墓主人作为曾侯身份的特征。

从方法论角度而言，本文从成分分析、金相组织鉴定与铜器铭文内容、纹饰风格相结合的方法，应能够为青铜器群构成、生产组织等问题研究提供科学资料，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。以这种方法为指导，关于叶家山墓地出土铜器更多的研究案例将另文发表。

附记：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的制作工艺综合研究的成果之一。研究工作得到这些单位诸多老师的指导与帮助，在此致以诚挚感谢！

注释：

[1] 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,第 3~40 页。

[2] 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,第 3~40 页。

[3] 李学勤等：《湖北随州叶家山西周墓地笔谈》,《文物》2011 年第 11 期,第 65~77 页。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,

第 58~63 页。

[4]李学勤：《试说叶家山 M65 青铜器》，罗运环主编：《楚简楚文化与先秦历史文化国际学术研讨会论文集》，湖北教育出版社，2013 年，第 1~3 页。

[5]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，第 58~63 页。

[6]张昌平：《叶家山墓地相关问题研究》，湖北省博物馆、湖北省文物考古研究所、随州博物馆：《随州叶家山西周早期曾国墓地》，文物出版社，2013 年，第 270~284 页。

[7]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，第 58~63 页。

[8]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，第 3~40 页。

[9]林沄：《说“王”》，《考古》1965 年第 6 期；刘静：《先秦时期青铜钺再研究》，《故宫博物院院刊》2007 年第 2 期，第 52~156 页；钱耀鹏：《中国古代斧钺制度的初步研究》，《考古学报》2009 年第 1 期，第 1~34 页；陈小三：《韩城梁带村 M27 出土钺、尊年代辨析——附论扇形钺与特殊的凤鸟纹饰》，《文博》2011 年第 1 期，26~31 页。

Metallographic Examination on the Bronzes Excavated from Tomb M65 of Yejiashan Site, Suizhou

Yu Yongbin, Chang Huaiying, Huang Fengchun, Li Ling, Mei Jianjun, Chen Jianli
(Beijing 100083) (Beijing 100710) (Wuhan, Hubei 430077) (Beijing 100871)

Abstract: Metallographic examination has been performed on the bronzes excavated from Tomb M65 of Yejiashan Site, Suizhou. The result shows that the artifacts are casting formed, heated after casting or partly forged with leaded tin bronze, tin bronze or lead bronze, the container bronzes with same inscriptions and decorations may be cast together. The ritual weapons indicate that the tomb owner was the marquis of Zeng State. The examination also shows the relationship of techniques between the bronzes excavated from this tomb and other local states, offering important clues for understanding the producing and employing of bronzes in local states.

Keywords: Tomb M65 of Yejiashan Site, Zeng State, early Western Zhou, bronzes, metallographic examination

(责任编辑、校对：蔡丹)

(上接第 112 页)

Five Supplementary Notes on the Illegible Characters of Bamboo Strip Manuscripts Excavated from the Tomb of Marquis Yi of Zeng State

Xiao Shengzhong
(Wuhan, Hubei 430072)

Abstract: There are at least fifty illegible characters in the bamboo strip manuscripts excavated from the tomb of Marquis Yi of Zeng State. Based on a careful analysis of the infrared pictures, the author identifies eight characters that never been explained before, and divides them into five categories.

Keywords: the tomb of Marquis Yi of Zeng State, Bamboo Strip Manuscripts, illegible characters, infrared picture

(责任编辑、校对：蔡丹)

表二

叶家山墓地 M65 出土铜器合金成分

器名	出土号	实验号	取样部位	合金成分 (Wt%)					加工工艺	备注
				Cu	Sn	Pb	Fe	其它		
铜鼎	M65:41	43390	扉棱毛刺	76.9	17.5	5.6			铸造	作宝鼎 (扁足鼎)
	M65:44	43392	腹部残片	83.7	13.1	3.3			铸后受热	曾侯谏圆鼎
	M65:42	43321	底部毛刺	87.3	7.6	5.1			铸后受热	鬲纹鼎
	M65:45	43322	底部毛刺	82.4	6.3	11.3			铸后受热	
M65:46	43393-1	腹部残片	84.3	11.8	3.5	0.4		铸后受热	鬲纹圆鼎 (带扉棱)	
铜盘	M65:48	43394	口沿残破处	58.1	7.8	34.1			铸造	鬲纹簋
	M65:49	43395	底部毛刺	81.1	15.4	2.9		As:0.6	铸后受热	曾侯谏簋
	M65:50	43396	圈足毛刺	79.4	6.2	14.2	0.2		铸后受热	作鬲纹簋 (高圈足)
铜甗	M65:43	43391-1	腹部补片	80.4	5.7	11.4	0.1	As:2.3	铸造受热	挂算钩铸接
		43391-2	足毛刺	81.7	9.5	8.1	0.6		铸造	
		43391-3	挂算钩	76.6	0.4	23.0	0.1		铸造	
		43391-4	束腰内侧毛刺	82.0	9.0	8.4	0.5	Ni:0.2	铸后受热	
		43391-5	算毛刺	83.7	0.6	15.6	0.1		铸造	
		43391-6	算钩连甗铸接处	76.6	8.8	14.6			铸造	
铜斛	M65:159	43412-1	腹部残片	79.7	10.7	9.6			铸造	云雷纹斛
铜尊	M65:30	43387	圈足毛刺	80.0	10.7	9.1	0.2		铸后受热	作鬲纹尊
提梁卣	M65:29	43386-1	足补块	67.3	8.2	24.5			铸造	作鬲纹卣
		43386-2	底部补块	71.2	7.9	20.6		As:0.7	铸造	
		43386-3	底部毛刺	81.2	10.2	8.6			铸后受热	
铜盃	M65:34	43388	足底毛刺	85.0	15.0				铸造	侯用彝盃
铜盘	M65:35	43389	圈足毛刺	81.7	2.2	16.2			铸造	
漆壶铜扣	M65:27	43385	残片	79.9	14.3	5.4		Ni:0.8	铸造	
兽首形面具	M65:79	43403	残片	52.1	40.1	3.1	4.7		铸造	锈蚀严重
铜钺	M65:9	43378	刃部断口	87.0	12.8		0.2		铸后受热	半环龙形
铜戟	M65:10	43379	残片	90.6	2.7	6.8			铸后受热	栏侧二穿戟

表二

叶家山墓地 M65 出土铜器合金成分

器名	出土号	实验号	取样部位	合金成分 (Wt%)					加工工艺	备注
				Cu	Sn	Pb	Fe	其它		
铜戈	M65:6	43377	残片	90.3	9.7				铸后受热	三角援戈
	M65:70	43400	残片	83.5	11.7	4.8			铸后受热	虎纹戈
	M65:157	43411	残片	88.0	12.0				局部热锻	尺寸较大
	M65:11	43380	残片	86.7	11.5	1.8			铸后受热	一穿素面戈
	M65:15	43381	残片	79.0		21.0			铸造	一穿素面戈
	M65:16	43382	残片	44.3	52.5	1.3	1.9		铸造	
	M65:17	43383	刃部断口	83.7	11.5	4.8			铸造	栏侧一翼戈
	M65:18	43384	残片	88.5	9.1	2.4			铸造	一穿素面戈
	M65:108	43525-1	补铸部位	92.6	0.2	7.1			铸后受热	二穿素面戈
		43525-2	基体部位	82.3	14.9	2.9			铸后受热	
M65:58	43397	残片	87.2	9.7	3.2			铸造	大铜錡	
M65:73	43401	残片	75.1	8.9	16.0			铸后受热		
M65:87	43406	残片	88.8	11.2				铸造		
M65:107	43409	残片	84.2	9.9	6.0			铸造		
M65-1	43416	残片	71.8	10.4	17.8			铸后受热		
M65-2	43417	残片	70.6	15.1	14.3			铸后受热		
M65-3	43418	残片	84.0	12.9	3.1			铸造		
M65:3	43376	残片	82.6	13.2	4.1			铸造		
车辖 瑟铃	M65:166	43413	残片	88.9	7.9	3.2			铸造	
	M65:66	43398	残片	84.8	12.8	2.4			铸造	
节约	M65:86	43405	残片	79.2	11.4	9.4			铸造	
	M65:88	43407	残片	87.9	12.1				铸造	
当卢	M65:97	43408	残片	85.9	14.1				铸造	
	M65:127	43410	残片	85.3	14.7				铸造	
弓形器	M65:67	43399	残片	25.1	54.5	4.8	15.6		铸造	锈蚀严重