

# 东周青铜器铸接与铸焊技术复原及 铸焊流行原因浅议\*

刘彦琪

(北京大学考古文博学院; 北京大学中国考古学研究中心)

**关键词:** 东周青铜器, 铸接, 铸焊, 内部结构, 制作技术

**摘要:** 商周青铜器铸造, 有整铸成形的, 也有铸接或铸焊成形的, 在春秋中期到战国晚期, 其中的铸焊技术逐渐流行。本研究通过观察分析和模拟实验深入分析了铸接、铸焊的技术细节和工艺流程, 认为东周时期对青铜器快成形、短工期、低成本的需求, 以及铸焊工序简、工期短、原料省、更易分工和被新手掌握的特点, 是铸焊在当时流行的原因。

**KEYWORDS:** Eastern Zhou bronze, Casting-and-joint, Casting-and-welding, Internal structure, Manufacturing techniques

**ABSTRACT:** During the Shang and Zhou dynasties, bronzes were produced either by integral casting, by casting-and-joining, or by casting-and-welding. From the mid-Spring and Autumn to the late Warring States period, the casting-and-welding technique became increasingly widespread. This study, through microscopic observation, process analysis, technological testing, and experimental reconstruction, examines in detail the procedures and technical features of casting-and-joining and casting-and-welding methods. Bronze vessels made with the emerging casting-and-welding method often display larger seams between body and fittings, and are less precise than those produced by casting-and-joining, yet the technique nonetheless gained popularity. The reasons lie in the demands of the Eastern Zhou period for faster production, shorter work cycles, and lower costs, as well as in the advantages of casting-and-welding itself—simpler procedures, shorter production times, less use of raw materials, easier division of labor, and easier mastery by novice craftsmen. These factors together explain the widespread adoption of casting-and-welding technique during this period.

## 一、研究背景

青铜器制作既可一次性浇注, 即浑铸而成<sup>[1]</sup>, 也可多次分铸后进行连接。相比之下, 后者铸型结构更简化, 也便于制作造型更多样的青铜器。青铜器连接技术主要包括铸接和铸焊(学者对其的称呼方式不尽相同)。20世纪60年代, 史密森学会弗利尔美术馆锯切了一件东周铜鼎, 确认其采用先铸足部再接铸器体的铸接法; 该馆藏西周晚期簋(24.11)的耳、腹结合处有一圈带状物, 经检测为含锡量远高于器体

的青铜铸态组织, 为铸焊连接主体和附件, 商代觥(39.53)主体和盞连接处也有类似现象<sup>[2]</sup>。

华觉明将铸接(分铸法)分为先铸法和后铸法。先铸法即先铸附件, 再将其嵌入陶范和接铸器体, 一般采用榫卯式连接结构。后铸法即先铸器体, 再在其上接铸附件, 有铆接式铸接和榫卯式铸接两种方式。前者在器壁预铸孔洞, 然后于器壁合模、制范与浇注, 依靠金属液凝固收缩使连接构件紧贴器壁; 后者在器体预铸凸榫后再铸附件<sup>[3]</sup>。苏荣誉等人认为, 前者可上溯至二里岗晚期, 可能与南方青铜器的

\*本文为北京大学“甘肃省礼县博物馆馆藏青铜器修复保护”项目(编号: SMA201500052)的阶段性成果。

风格形成有关，可视为南方铸铜作坊个别铸工的秘技，铸工被迁到安阳后受到排挤，铸器有限，传人很少，此技在殷墟晚期消失<sup>[4]</sup>。

对于铸焊技术，华觉明认为其与现代的焊接不同，焊接过程一般都不预热，是在青铜器分别铸造主体和附件后，将高熔点或低熔点焊料熔融后注入器体与附件间，凝固后完成连接，因此称之为“铸焊”；根据焊料熔点不同，分为铜焊和镎焊。华觉明认为铜焊最晚于春秋晚期已经使用<sup>[5]</sup>。刘煜则提出殷墟三期青铜器可能已采用铸焊工艺<sup>[6]</sup>。张昌平探讨了焊接技术传统的形成及发展，认为焊接技术的使用可早至晚商及西周早期<sup>[7]</sup>。苏荣誉指出春秋中期始，青铜器附件分铸成型的趋势愈益强烈，分铸的铸件从以铸接形式为主经过铸接和焊接并行阶段过渡到以焊接为主的阶段，焊接的流行是因为青铜器需求大增，导致青铜铸造工业进行了专业化分工和流水线作业，提高了生产效率和产量<sup>[8]</sup>。邹衡、徐自强认为“焊接使作坊生产进一步分工成为可能，生产效率与规模也得以提高和扩大”<sup>[9]</sup>；张昌平认同于此，认为将器体与附件分别铸造后焊接组装，生产工序增多但每道工序难度降低<sup>[10]</sup>。

综上，现有研究表明，铸接及铸焊在商代皆已出现，只有铸焊在春秋中晚期广泛流行，对此学界虽有一定解释，但铸焊具体通过怎样的模式降低工序难度、提高生产效率和产量等，都缺少详细论述。本文通过模拟实验，分析青铜器铸造技术细节，深入探究技术选择的原因。在对青铜器连接技术的称呼方式上，因各位学者的描述用语并不统一，为便于描述交

流，沿用华觉明的分类和定名方式。

## 二、东周铸接、铸焊器物的观察分析

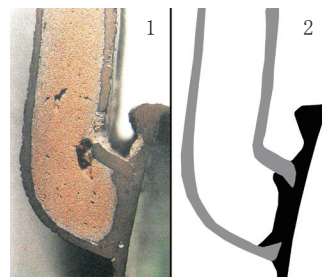
### （一）先铸法器物的观察分析

北京大学赛克勒考古与艺术博物馆藏有一件东周残铜鼎（1951.38.3），从其脱落的三足和一耳可观察到耳、足的根部被器体包接（图一，1、3），该器未脱落的一耳被器体上一圈金属严密包接，观其叠压关系，可知耳先铸而器体后铸（图一，2）。侯马铸铜遗址V期出土未经浇注的ⅡT32F3:1鼎耳范<sup>[11]</sup>以及中国科技馆新馆“奇迹天工——中国古代发明创造文物展”曾展示一件东周鼎耳残件的剖面（图二）<sup>[12]</sup>也属于此种情况。

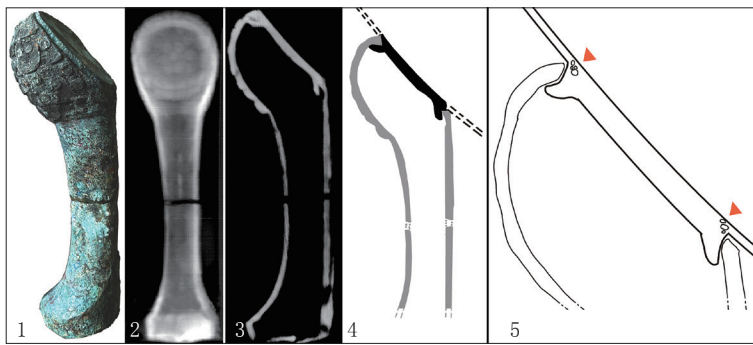
江苏邳州九女墩东周墓出土青铜鼎足残件，与腹底残片衔接紧实，腹底残片沿鼎足边缘整齐断开（图三，1）。类似现象发生在先铸法制作的许多铜器上，说明此断开方式并非偶然。借助中国科学院高能物理研究所6MeV加速器射线源高精度断层扫描设备对器足进行数字X射线摄影成像（DR成像）和计算机断层成像技术扫描（CT断层扫描），前者可见其壁厚不均并曾断裂，足、腹连接处可见一圈加厚结构（图三，2）；后者可观察到足腹间存在榫卯结构，足内包裹的腹壁厚度为腹壁断面的一倍（图三，3、4）。正因与足连接处的腹壁厚不均，高温液态金属易在壁厚剧烈变化处形成热结（图三，5），凝固后金属内部孔洞或裂纹使该处机械强度差，使用器物时易沿此处整齐断开。



图一 北京大学赛克勒考古与艺术博物馆藏东周铜鼎（1951.38.3）的铸接技术观察  
1.耳脱落处的耳、腹铸接结构 2.耳未脱落处的耳、腹铸接结构 3.足、腹铸接结构



图二 中国科技馆新馆展览东周鼎耳  
1.剖面照片 2.剖面示意图



图三 邳州九女墩东周墓出土青铜鼎足残件的铸接结构

1. 照片 2. DR成像 3. CT断层扫描 4. 剖面示意图 5. 热结缺陷示意图



图四 邳州九女墩东周墓出土青铜容器残片及其剖面示意图

## (二) 后铸法器物的观察分析

### 1. 铆接式铸接

九女墩东周墓出土的一件青铜容器残片，为器壁残块上带有铺首衔环，背面方形铆块状构件边缘有溢出金属叠压器体内壁。因此该器物制作时为先在需铸接铺首处预留穿孔，并在器壁内衬托带有铆块型腔的范块，再次熔炼金属浇注铺首，依靠金属液凝固收缩使铺首及背面连接构件紧贴器壁（图四）。此器物主体、附件的连接结构及技术传统，与1976年殷墟小屯妇好墓出土甗（767）和卣盖（765）一致<sup>[13]</sup>。

甘肃礼县圆顶山春秋秦墓98LDM1出土一件铜盃（98LDM1:21）<sup>[14]</sup>（图五），其器盖上的鸟形附件也使用铆接式铸接，从盖内壁浇注，残留浇道清晰可见（图六，1、6），其连接技术与三星堆二号器物坑出土方壘K2③:205的盖、钮连接工艺<sup>[15]</sup>一致。



图五 礼县圆顶山98LDM1出土铜盃（98LDM1:21）

使用铆接式铸接的器物多为薄壁，铸造后依靠金属液凝固收缩使附件及背面连接构件紧贴器壁，可以解决薄壁器物与附件的连接强度问题。

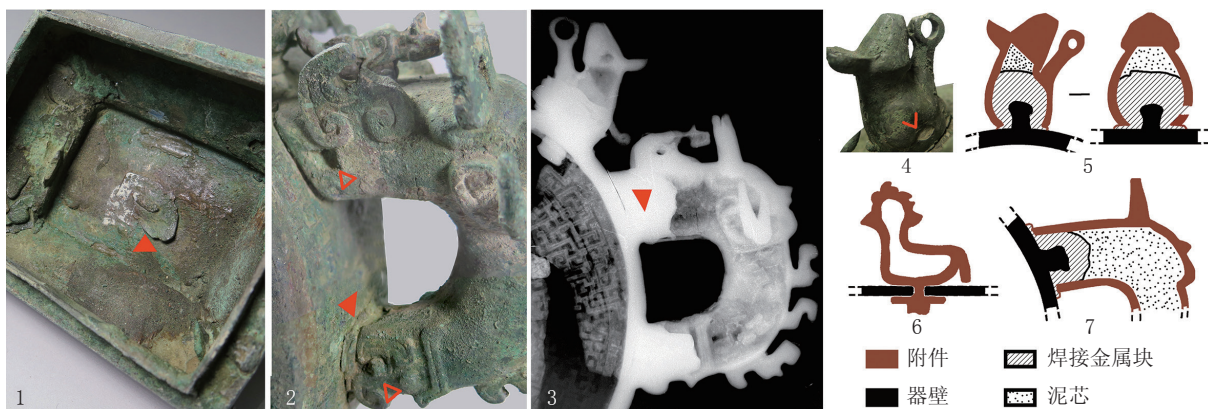
### 2. 榫卯式铸接

礼县圆顶山春秋墓出土铜簋（2000LDM4:6）<sup>[16]</sup>的三蹄足之一脱落，可见圈足内壁预铸卯眼，配合后铸足之榫头，形成榫卯式铸接（图七，1、3~5）。另一种常见的榫卯式铸接，是在器体范上预计装配附件处挖孔眼，铸出器物带有束颈状凸榫，后将附件范之空腔套于器体凸榫，二次浇注完成附件的榫卯式铸接。薄壁铸件若用此法预铸出纤细接榫，加铸附件后易断裂；如加粗接榫，又会因壁厚不均形成热结，产生缩孔及裂纹，铸接强度差，故薄壁器体不宜采用此法连接附件。

## (三) 铸焊器物的观察分析

### 1. 铜焊

礼县圆顶山铜盃98LDM1:21附耳与器体衔接处的缝隙肉眼可辨，附耳下部与器体连接处有后铸的金属溢出（图六，2▲所指），溢出金属叠压器体及附耳，说明溢出金属后于器体和附耳浇注。从造型上看，附耳与器体连接处弧度并不吻合，两者有较明显的装配误差，制作附耳模具时并未与器体弧面精细匹配。附耳侧面有小孔，可见其内有金属（图六，2△所指）。器物X光片可见附耳内部有一实心金属块（图六，3▲处），与器体之间有缝隙，这一金属块与上述“溢出金属”连为一体，附耳内有自带芯撑的泥芯（图六，3、7）。因此该器



图六 礼县圆顶山98LDM1出土铜盃（98LDM1:21）的铸造工艺

1. 盖与鸟形附件的铸接 2. 耳、腹连接处 3. 耳、腹连接处X光成像 4. 熊形附件 5. 熊形附件剖面示意图  
6. 器盖与鸟形附件铸接示意图 7. 耳、腹连接处剖面示意图

物应是先分别铸出器体（预备安装附耳处预铸凸榫）与附耳（侧面预留铜焊料浇注孔），然后通过铜焊连接。

礼县圆顶山铜簋2000LDM4:6（图七，1），附耳与器体衔接处也存在明显装配误差（图七，2、6△所指），说明制作附耳模具时也未与器体弧面精细匹配。耳侧壁芯撑孔中露出泥芯，附耳分型面处的金属飞边未经打磨修整，工艺粗糙，具有典型的明器特征（图七，2）。耳与器体之间的间隙填满后铸金属，两金属块之间还有浇道残留（图七，2■位置），耳侧壁一方孔伸出截断的金属柱（图七，2、6▲所指）。器物的X射线荧光光谱（XRF）无损检测结果可见器体及附耳材质接近，但附耳与器体之间的后铸金属含铅量较高，为铜铅合金

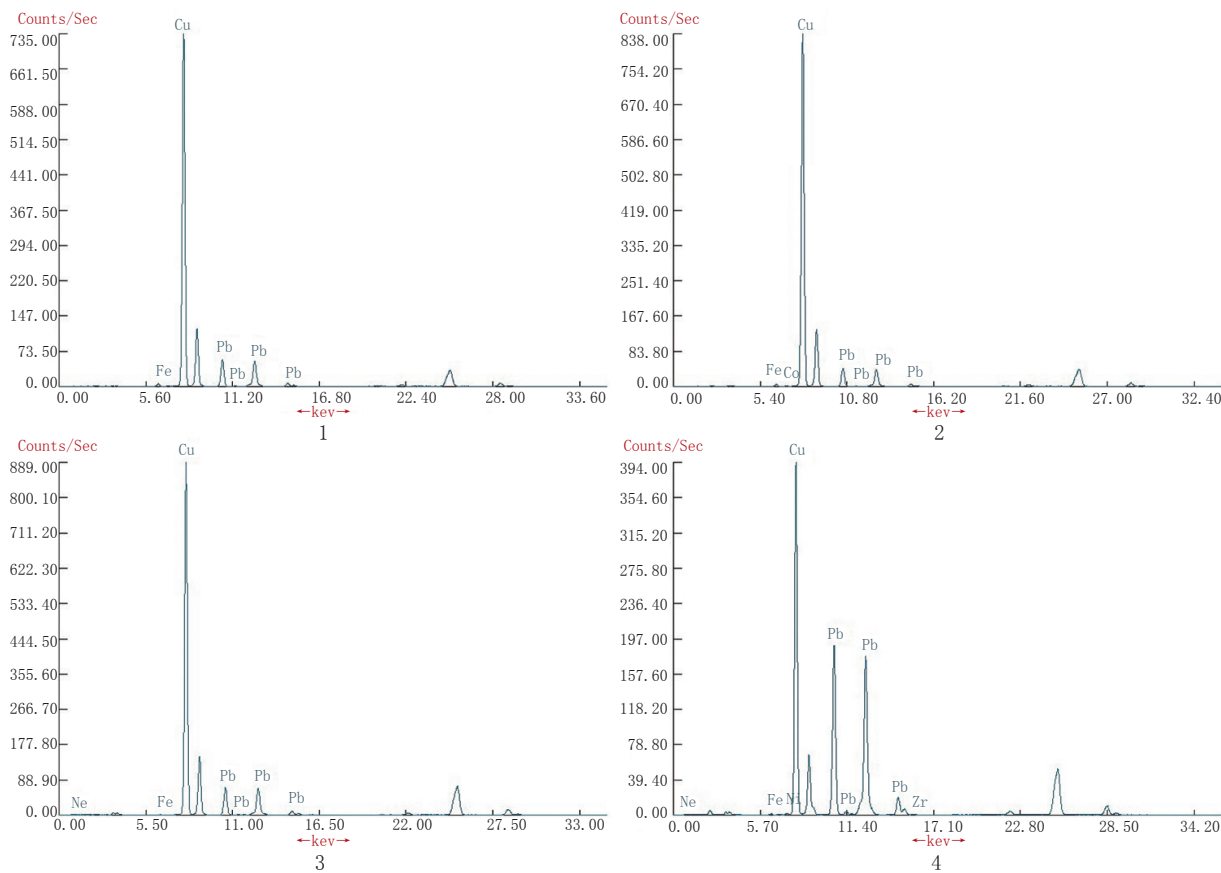
（图八）。综上，礼县圆顶山铜簋2000LDM4:6的附耳与器体也为铜焊连接，即先分别铸出器体（预备安装附耳处预铸凸榫）与附耳，铸得附耳挖空部分泥芯，耳侧壁泥芯撑所致芯撑孔与此空腔贯通，可用以浇注铜焊料。用粘土涂抹器体与附耳装配后的缝隙，熔化铜铅焊料，注入附耳侧面芯撑孔，待金属凝固，完成器体与耳的铜焊。

铅几乎不溶于铜，凝固时易产生严重的比重偏析，引起铅相聚集和球化，恶化合金力学性能，因此铸造铅青铜适合采用金属型加快凝固，使铅相呈细小点状分布在铜基体上，获得均匀的细晶粒组织<sup>[17]</sup>。因此，铸工使用高铅铜合金铸焊，不预热器体和附件也可达到良好的连接效果。圣路易斯艺术博物馆（Saint Louis



图七 礼县圆顶山2000LDM4出土铜簋（2000LDM4:6）及其铸造工艺

1. 器物整体及足、底交接处剖面示意图 2、6. 耳、腹交接处 3. 足部斜侧 4. 足背 5. 足脱落处露出的铆眼



图八 礼县圆顶山2000LDM4出土铜簋(2000LDM4:6)的XRF检测

1. 器体口沿露出基体位置 2. 器体侧壁露出基体位置 3. 附耳上露出基体位置 4. 附耳与器体之间的后铸金属

Art Museum) 馆藏春秋龙耳方座簋所用铸焊技术及铸后器表的工艺现象与礼县圆顶山铜盃98LDM1:21及铜簋2000LDM4:6一致<sup>[18]</sup>。

### 2. 钎焊

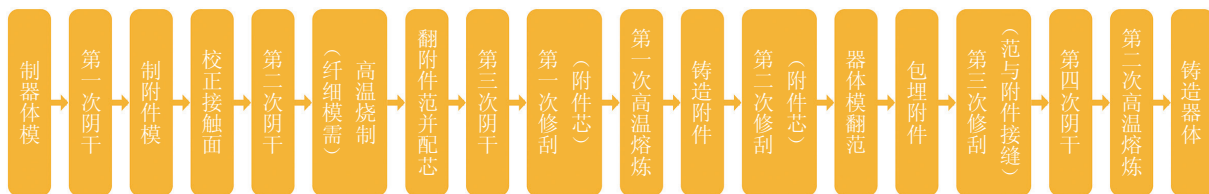
礼县圆顶山出土铜盃98LDM1:21的熊形附件与器体衔接处的缝隙较大,附件下部有孔(图六,4),内有灰色残留,所在位置无法做无损成分检测,但从颜色质感看,其为铅、锡或两者合金的可能性大。X光片可见动物附件上半部含泥芯,下半部有一金属块,再向下部位的图像与前文所述附耳的虎形附件图像重合,无法辨析(图六,3)。使用内窥镜观察

动物附件对应位置的器内壁,无铆头结构。综上,判断熊形附件使用钎焊与器体连接,钎料通过动物下部预留小孔浇注(图六,5),器体上预定连接动物附件的位置应有预铸凸榫。

另一案例为九女墩东周墓出土的尺寸造型一致的数件铜豆。豆盘与豆柄分别铸造,豆盘底部预铸凸榫,豆柄近顶端内壁也预铸出凸榫和折沿,豆盘和豆柄套接后,再浇注铅料钎焊<sup>[19]</sup>。

## 三、模拟实验

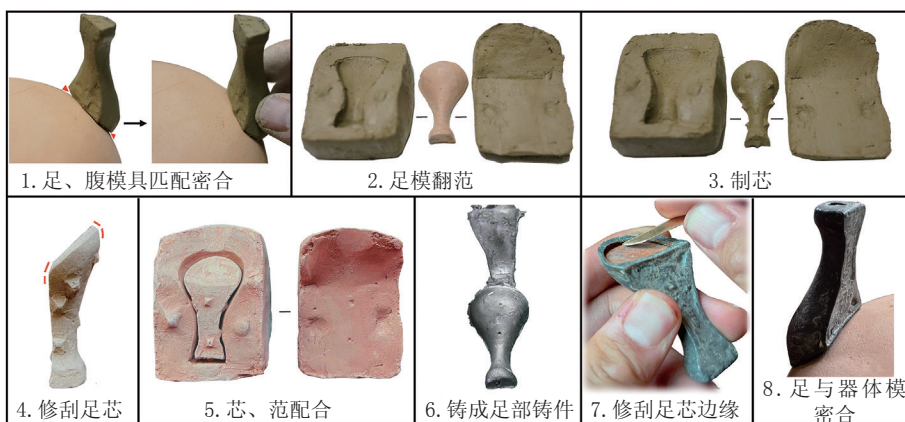
### (一) 先铸法模拟及流程复原



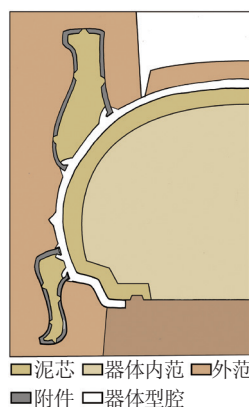
图九 先铸法技术流程图

先铸法先制作器体模并阴干，然后制作附件模。以鼎足为例，其模用粘土制，塑出形状后贴合器体模，两者接触面不吻合，用其翻制足范，铸成足部与器体亦不能严密接合，影响铸接牢固度甚至造成连接处铸造缺陷。需将新制泥足模放在器体预定位置轻按，密合接触面再阴干（图一〇，1）。

用足模翻制泥范（图一〇，2）。范内填泥制坯，除芯撑及接合鼎体处，均匀刮薄一层（图一〇，3），然后范、芯装配捆牢后阴干。在阴干的足芯顶端边缘进行第一次修刮，形成坡面（图一〇，4），以便铸后足端形成一圈内折沿式榫头。泥范分型面修出浇道，制得足部铸型（图一〇，5）。重复上法批量制得足部铸型，再配浇口杯。等待数天或数周（因环境的温湿度而不同）阴干周期后，第二次使用高温技术，熔



图一〇 先铸法模拟实验流程

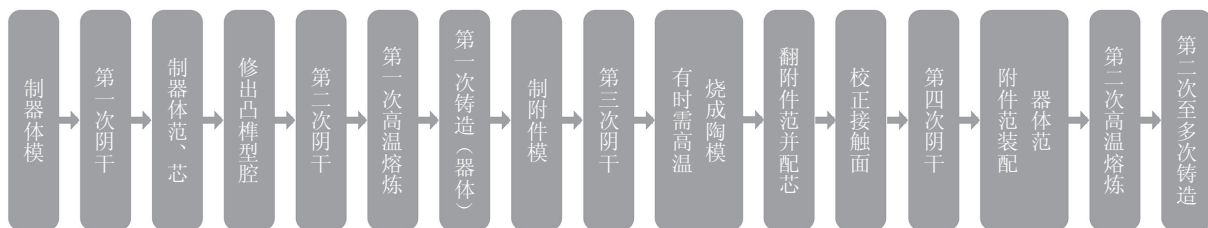


图一一 先铸法铸型示意图

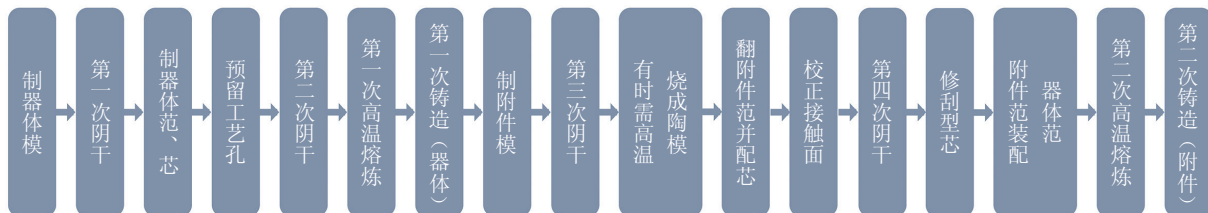


图一二 后铸法模拟实验流程

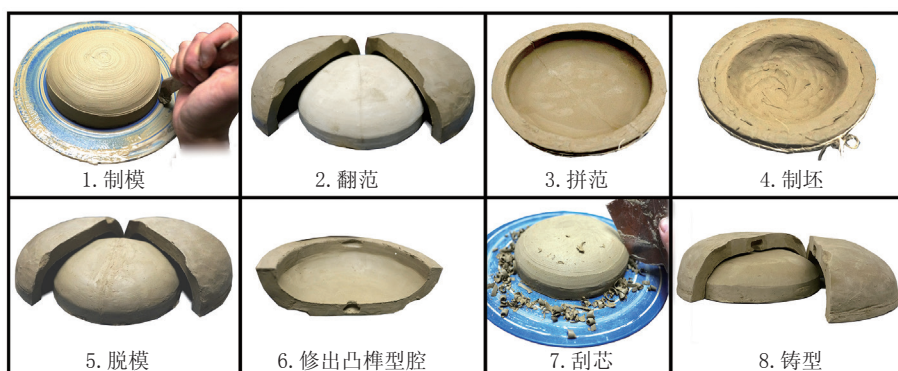
炼青铜铸出若干足部铸件（模拟实验为安全和降低成本使用铅锡合金替代青铜）（图一〇，6）。于去掉浇口残留的足部泥芯边缘再次修刮一周（图一〇，7），但不能将足芯整体减去一层，否则铸造时腹部壁厚严重不均，就会形成缺陷（图三，5）。将先铸的足部固定于器体模



图一三 后铸法之柳接式铸接技术流程图



图一四 后铸法之榫卯式铸接技术流程图



图一五 豆盘铸型制作



图一六 豆柄铸型制作

预定位置，两者密合良好（图一〇，8），方可翻制器体范并嵌入足部。器体范脱模后，为使铸后器体将附件根部“包接”，需第三次修刮，将足部周边范壁修出一周坡槽，最终完成铸型（图一一）。铸型再经阴干，再次进行高温熔炼并铸器（图九）。

### （二）后铸法模拟及流程复原

以带有铺首衔环的器物来模拟后铸法流程。铸接铺首前先用双合范铸得铜环（图一二，1），用铺首模翻铺首范（图一二，2），铜环一部分包粘土后嵌入铺首范，包裹厚度即铸后兽面铺首的鼻孔径（图一二，3）。铺首范阴干时必须贴合器体分模（图一二，4），从而保证铸接时铺首型腔的边缘严密贴合器

壁，防止铸后铺首周围溢出金属，妨害美观。

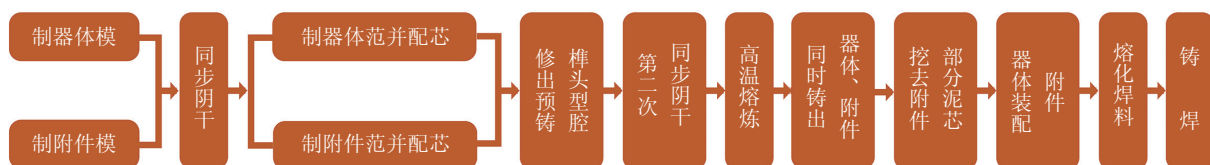
如铸工生产流程规划周密，铜环范与器体范同时制得并同步阴干后，高温熔炼后可一次性浇注器体和铜环，后接铸铺首，两次铸造可得器物；若非如此，先铸器体，再制环范、阴干、浇注铜环，随后才可再制铺首范，共需三次铸造，显著拖延工期（图一三、一四）。

### （三）铸焊模拟及流程复原

根据已发表的九女墩东周墓出土铜豆的复原<sup>[20]</sup>，可模拟铸焊器物的流程。如前文所见，

铸焊的主体和部件，容许误差大，因此豆柄与豆盘制模可同时独立进行。制作豆盘时先轮制豆盘模（图一五，1），阴干后翻制豆盘范（图一五，2），拼合泥范后不等泥范阴干，即向其中铺一层细泥片再逐块堆塑背料，制得泥坯后脱模（图一五，3~5），两分型面上各修出半个束颈状凸榫型腔（图一五，6）。装配铸型后捆牢并阴干到皮革硬度，取出泥坯，在轮盘上将其均匀减薄（图一五，7），得到铸型型腔（图一五，8）。分型面修出浇道，捆牢铸型并配置浇口杯，彻底阴干以备铸造。

制作豆柄时先轮制豆柄模（图一六，1），阴干后翻制豆柄范并脱模（图一六，2）。拼合泥范并捆牢倒置（图一六，3），制得泥坯后脱



图一七 铸焊技术流程图

模（图一六，4、5）。重新装配并捆牢，阴干至皮革硬度后，取出泥坯并刮薄一层，为使豆盘与豆柄铸焊后的连接牢固，需在豆柄泥芯顶面边缘修刮一圈，成为坡面（图一六，6）。如仍不放心连接强度，可在泥芯近端面的侧壁挖出凹槽（图一六，7），铸后豆柄顶端内壁形成凸榫。制作完成豆柄铸型（图一六，8），装配后捆牢，阴干备铸。

用豆盘和豆柄两个分模根据上述过程分别批量制作铸型，所有铸型只需经一个阴干周期便可高温熔炼，一次性铸出若干豆柄、豆盘铸件。从中挑选质量完好无缺陷的部件，去掉泥型，装配套接，再使用少量燃料低温熔化铅、锡（用于对连接强度要求较低部位的连接）或者铜基合金（熔化温度较高，用于对连接强度要求较高部位的连接），向倒扣豆柄内浇注，没过豆盘底部预铸凸榫，金属凝固即完成铸焊（图一七）。

#### 四、铸接与铸焊的优缺点分析

##### （一）先铸法

从前文先铸法案例及其模拟实验，可见此法所制器体和附件连接精度高，此为其技术优点。但因对器体模、附件模间的装配精度要求高，无法将若干器体模和附件模以排列组合的方式灵活拆分搭配使用。此外，先铸法要使用三次高温技术，燃料经济性差；还要等待四个泥料阴干周期，工时长达数十天。铸型制作过程需对芯和范进行三次修刮，以形成铸接的榫卯结构，修刮位置和薄厚皆需控制准确，否则便会出现铸后缺陷，对铸工的空间思维能力、经验和加工精度的要求都很高。

##### （二）后铸法

从前文后铸法案例及其模拟实验，可见该技术制成器体和附件的连接精度较好。对于榫卯式铸接，器体预铸榫头要有良好强度，不可太纤细，否则连接附件后很易折断。但还必须考虑液态金属的凝固规律，使器物各处的壁厚

接近，如器壁很薄，榫头粗大，衔接处便易形成热结，铸后成为缺陷，因此薄壁铸件不宜采用榫卯式铸接。铆接式铸接可很好的兼顾壁厚一致原则又避免使用过于纤细易断的榫头，尤其适用于薄壁器物与需要一定受力强度的附件的连接。铸工在技术选择时要经过较复杂的决策过程，不利于新人快速上手。从铺首衔环与器体铸接案例可见，生产过程中的流程规划是否周密，会在很大程度上影响工期长短以及高温技术的使用次数乃至生产成本。后铸法对铸工的经验、技能、统筹能力依赖较高，也难以实现扩大生产。

##### （三）铸焊

铸焊制作青铜器的主体和附件间会有较大接缝，通常会溢出焊料。铸工在制作和使用模具上却有了更大自由度，主体和附件模可由不同铸工分工同时制作，同一附件模可配合不同的主体模反复多次使用，通过模具间的排列组合，可生产造型多变的器物，减少反复制模的麻烦。相比于铸接，铸焊可以节省大量的阴干时间，并可批量浇注器物主体和附件，对生产效率和产量提升的效果显著。批量分铸部件，可挑选无缺陷者，提高成品率，使分工成为可能，并且具有工序简化、节省原料、缩短工期等方面的优势。

#### 五、结论

春秋中晚期，社会的宗教观念、祭礼、葬俗发生变化，使用明器下葬合乎礼制且开始普遍<sup>[21]</sup>。《礼记·檀弓上》记录当时从入殓到下葬之间要停柩、殓殓十天<sup>[22]</sup>。虽不同等级者待葬周期不同，但这些习俗显然要限制器物的生产工期，确保如期安葬。罗泰也提出，春秋时墓葬用次等材料或规格缩小的明器组合的现象越来越多，战国时已蔚然成风<sup>[23]</sup>。这些社会思想的变化，催生了对快成形、短工期、低成本青铜器的需求。此外，春秋战国时代的手工业者按族氏在较大地域面积内聚居，便于技艺在

同族内传承及后辈向长辈请教<sup>[24]</sup>。要在有限工期内扩大铜器产量，铸铜作坊势必要接纳更多的同族新手参与生产，也要求降低技术难度和制作精度。

在追求青铜器外观精致的时代，铸接所代表的是先进生产力，可以满足使用者对器物的高要求，故而被广泛选择。而在追求青铜器产量、生产效率，却并不那么看重细处和精度的时代，优秀铸工的数量和产能供不应求，相应要求选择更省事、省时、省燃料，且更易被新手掌握的制作技术，这使得铸焊成为春秋中期到战国晚期被广泛选择的技术。且此时铸工似乎并不执着于承传某一种连接技术，而是根据器物壁厚、实施连接的部位、使用功能等选择最合理的连接技术，解决实际问题，礼县圆顶山铜盃98LDM1:21和铜簋2000LDM4:6，皆在同一器物上综合使用多种连接技术即是明证。

附记：感谢苏荣誉和白荣金先生在2007年“邳州东周青铜器修复研究”项目中给予的指导和支 持！感谢华觉明先生对本文行文提出的建议！感谢甘肃礼县博物馆王刚馆长提供圆顶山春秋秦墓相关器物的藏品背景信息以及对本研究工作的支持！感谢北京大学胡东波教授予笔者使用北京大学考古文博学院便携式X光机！

- [1]刘彦琪. 甘肃礼县出土扁球形附耳鼎的浑铸与水平分型技术——兼论技术对造型设计的影响[J]. 四川文物, 2023(2).
- [2]R. J. Gettens. The freer Chinese bronzes: vol. II, technical studies[M]. Washington D. C.: Smithsonian Institution, 1969: 87.
- [3]华觉明. 中国古代金属技术——铜和铁造就的文明[M]. 郑

州:大象出版社, 1999: 136-140.

- [4]苏荣誉, 董韦. 盖钮铸柳式分铸的商代青铜器研究[J]. 中原文物, 2018(1).
- [5]同[3]: 181-184.
- [6]刘煜. 试论殷墟青铜器的分铸技术[J]. 中原文物, 2018(5).
- [7]张昌平. 商周青铜礼器铸造中焊接技术传统的形成[J]. 考古, 2018(2).
- [8]苏荣誉. 中国早期青铜制作中的锡镕焊接技术——新兴技术出现的机制及其与传统的整合[C]//第五届中日机械技术史及机械设计国际学术会议论文集. 2005: 7-13.
- [9]邹衡, 徐自强. 整理后记[C]//商周铜器群综合研究. 北京: 文物出版社, 1981: 202.
- [10]同[7].
- [11]山西省考古研究所. 侯马铸铜遗址(下)[M]. 北京: 文物出版社, 1993: 图版五三.
- [12]吴来明, 等. 雄奇宝器: 古代青铜铸造术[M]. 北京: 文物出版社, 2008: 83.
- [13]同[3].
- [14]甘肃省文物考古研究所, 礼县博物馆. 礼县圆顶山春秋秦墓[J]. 文物, 2002(2).
- [15]同[4].
- [16]甘肃省文物考古研究所, 礼县博物馆. 甘肃礼县圆顶山98LDM2、2000LDM4春秋秦墓[J]. 文物, 2005(5).
- [17]范金辉, 华勤主编. 铸造工程基础[M]. 北京: 北京大学出版社, 2009: 160.
- [18]苏荣誉. 射线成像技术与商周青铜器铸接[J]. 文物保护与考古科学, 2022(6).
- [19]刘彦琪, 孙向阳. 江苏邳州戴庄九女墩出土东周铜豆的修复研究[J]. 博物院, 2018(5).
- [20]同[19].
- [21]胡平生, 张萌译注. 礼记·檀弓下第四[M]. 北京: 中华书局, 2017: 192-193.
- [22]胡平生, 张萌译注. 礼记·檀弓上第三[M]. 北京: 中华书局, 2017: 168.
- [23]罗泰著, 吴长青, 等译. 宗子维城: 从考古材料的角度看公元前1000至前250年的中国社会[M]. 上海: 上海世纪出版股份有限公司, 2017: 327.
- [24]朱凤翰. 商周家族形态研究(增订本)[M]. 天津: 天津古籍出版社, 2004: 563.

(责任编辑 郑颖)

(上接第119页)

- [20]李学勤主编. 清华大学藏战国竹简(壹)[M]. 上海: 中西书局, 2013: 158.
- [21]同[20].
- [22]徐元诰集解, 王树民, 沈长云点校. 国语·周语第一[M]. 北京: 中华书局, 2002: 8.
- [23]同[14]b: 2085.
- [24]段玉裁. 说文解字注[M]. 北京: 中华书局, 2013: 326.
- [25]同[23]: 815.

- [26]同[23]: 59-60.
- [27]司马迁撰, 裴骃集解, 司马贞索隐, 张守节正义. 史记·鲁周公世家(第33卷)[M]. 北京: 中华书局, 1847.
- [28]同[15]: 248.
- [29]郑玄注, 贾公彦疏. 周礼注疏[M]. 上海: 上海古籍出版社, 2010: 1337.

(责任编辑 牛海茹)