

# 商周青铜礼器铸造中焊接技术传统的形成

张昌平

关键词：商周时期 青铜礼器 铸造 焊接 技术传统

KEYWORDS: Shang and Zhou Dynasties Bronze Ritual Vessels Casting Soldering  
Technical Traditions

**ABSTRACT:** Soldering is a technical method to joint different cast parts of a metal object. To date, there are still disagreements on the understanding to the soldering technique of the Shang and Zhou Dynasties. The soldering technique originated from the amending and patching of the cast bronzes, the early applications of which were all parts of the common casting work. From the early to the late Western Zhou Dynasty, soldering technique was more and more applied, which were mainly for meeting the technical demand of joining and attaching complex appendages to bronze vessels. Since the mid Spring-and-Autumn Period, the soldering technique was widely applied, and profoundly influenced the production modes and efficiency of the bronze vessels.

焊接是器物不同部件之间连接成形的一种技术方式。商周青铜礼器铸造除了合范这一基本成形技术之外，一些凸出于器壁的器耳、鋶等附件，有时不是一次性合范浑铸，而是进行多次铸造、通过焊接或铸接的方式与器体连接。在这些连接技术方式中，焊接技术在商周青铜器铸造中曾经发挥了重要作用，但目前学术界对焊接技术的许多基本问题仍缺乏明晰的认识。就此，本文将主要讨论焊接技术传统的形成及其发展、焊接技术在商周青铜礼器生产中的意义与影响等问题。

## 一、对焊接技术的认知

焊接（Solder）也是一个现代工业技术，其中仅金属焊接技术就被广泛应用在从家用器皿到航空航天设备等各类产品中，其基本概念可作为本文的参考。当代意义上的金属

焊接，是“通过一定的物理-化学过程，使被焊金属间达到原子（或分子）间结合的工艺手段”<sup>[1]</sup>，其方式包括无需焊料的压焊、焊接接头熔化的熔焊以及焊料熔点低于待焊铸件的钎焊。古代青铜器的焊接由于技术的限制，实际上只发现有钎焊一种。也就是说，这些钎焊在“焊接过程中主体金属并不熔化”<sup>[2]</sup>，是使用焊料通过热处理的方式将待焊铸件连接起来。这其中，焊料熔点的高低在技术上又有较大差异，一般而言，焊料以铅锡低温熔点材料为主体的属于钎焊（Soft Solder），技术难度较低；焊料以青铜高温熔点材料为主体的属于铜焊（Hard Solder），技术难度较高<sup>[3]</sup>。焊接明确区别于铸接，它是对两种或以上的铸件进行再浇注连接，浇注活动在三次或以上，焊料同时叠压在被连接的不同对象上。而铸接，无论先铸或后铸，则

作者：张昌平，武汉市，430072，武汉大学历史文化学院。

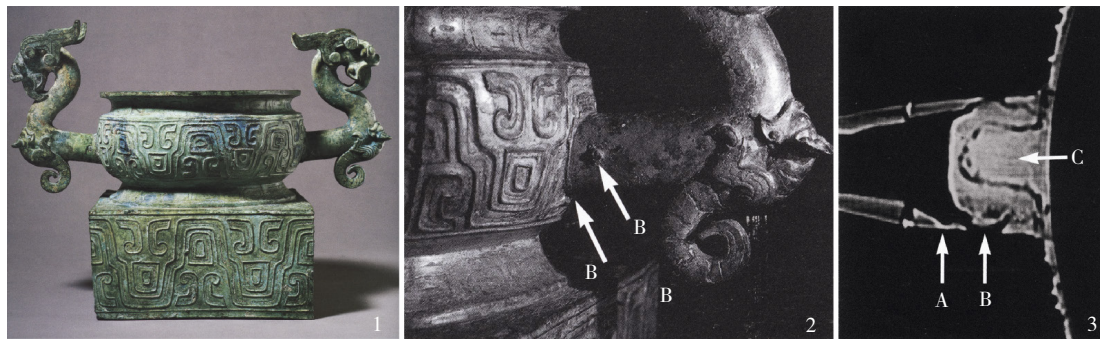
是在一种铸件上进行再浇注, 浇注活动只有两次, 器体与附件形成单一的叠压关系。

基于对现代焊接技术的研究, 学术界对商周青铜器焊接技术在学理层面的认识大体是一致的, 只是在技术方式的命名上有较大的不同。商周常见的焊接方式基本有两种, 一种是本文暂称为榫式焊接的, 器物主体的外壁在铸造时预留榫头, 通过在附件根部注入焊料连接主体, 这种方式常常在附件侧面可见焊料与注焊孔(图一)。另一种本文暂称为铆式焊接, 是在器物主体上预留孔洞, 以焊料透过孔洞连接附件。对这两种焊接方式国内学者的称谓各有不同<sup>[4]</sup>, 说明大家对此问题的认识颇不一致, 但也证明青铜礼器焊接技术已经有了较多的个案研究。总体而言, 国内学者对于钎焊、特别是对春秋晚期前后的钎焊研究较为充分。但是在中西方学者之间, 由于学术研究信息不对称等原因, 关于焊接技术认识差异较大, 特别是在技术起源及发展方向上可谓结论迥异。

国内学者认为焊接技术约始于春秋早期。郭宝钧最早认识到焊接技术, 他全面观察了20世纪50年代发掘的三门峡虢国墓地青铜器的铸造工艺<sup>[5]</sup>, 观察到该墓地M1810、M1820出土的两件方壶在颈侧留出4个榫头, 榫头对位于双兽耳端部的4个空管再进行焊接; 他认为同一墓地M1820的匜也采取了类似的连接工艺, 并认为这些是此后焊接技术流行的肇端。郭氏描述的焊接方式应该为

榫式焊接, 但对他的认识过去存在争议<sup>[6]</sup>。在技术分类上, 郭宝钧是将焊接归类于铸接之中的, 但他认为焊接是春秋中期“分铸阶段”之端倪, 充分肯定了这一技术的意义<sup>[7]</sup>。20世纪70年代, 春秋中晚期的浙川下寺楚墓和战国早期的随州曾侯乙墓出土了大量青铜器, 华觉明指导了对这些青铜器铸造工艺的研究, 他因此对焊接技术产生的认识其后也在冶金史界产生了很大的影响。据苏荣誉观察, 下寺M1、M2升鼎器底与三足、腹壁与爬兽装饰的连接, 分别采用了榫式和铆式焊接技术。曾侯乙墓青铜器则从升鼎到编钟的铸造, 普遍使用了不同方式的焊接工艺。因此, 在这两个青铜器群中, “焊接工艺已广泛地应用于各类青铜器的制作”<sup>[8]</sup>。华觉明基于郭宝钧的观察和前述春秋晚期前后焊接被广泛应用的情况, 也认为春秋早期或稍早是焊接技术的发生时间<sup>[9]</sup>。这样的观点, 在国内多被认同<sup>[10]</sup>, 并成为主流认识且延续至今<sup>[11]</sup>。

上述焊接属于哪一种焊料技术类型呢? 目前, 经过检测的春秋早期青铜器焊料, 多为铅或锡基的低熔点金属。20世纪90年代发掘的虢国墓地M2012出土的两件方壶, 耳部焊料分别含铅91.7%和97%<sup>[12]</sup>, 延庆军都山春秋早期山戎文化墓地YYM2: 1罍耳部焊料含铅100%, YYM18: 1罍耳部两块焊料分别含锡83.43%和89.33%<sup>[13]</sup>。颇为一致的, 是春秋中期及其后的焊接, 也是绝大多数都使用锡、铅为基体的焊料。例如, 下寺M2: 34升鼎腹



图一 圣路易斯美术馆所藏波曲纹青铜簋

1.波曲纹簋 2.耳与下腹结合处 3.耳部CT扫描截面 A.注焊孔 B.耳与腹壁之间的焊料 C.器壁伸出的榫头

部与足之间的焊料是纯度为98%的锡<sup>[14]</sup>；曾侯乙尊圈足与附饰之间的焊料含锡53.41%、铅41.4%，鉴缶器体与爬兽之间的焊料含锡90.92%<sup>[15]</sup>。这些焊料成分中铜含量都远不足人工有意识添加的2%，而铅锡比值虽然波动较大，却明确显示春秋战国之际前后流行锡、铅或铅锡组合为焊料的低温钎焊技术<sup>[16]</sup>。这一认识也在其后多次发现的楚系、晋系等不同文化区域青铜器中多次得到了确证<sup>[17]</sup>，并为考古学界所接受<sup>[18]</sup>。

春秋早期与春秋晚期前后青铜器焊料特征表现出明确的一致性，让学者们相信，铅、锡等低熔点焊料是中国早期焊接技术的特征。另一方面，与低熔点焊料相对应的铜焊焊料，由于只在年代较晚的曾侯乙墓炉盘、匜鼎等少量的青铜器中检测到<sup>[19]</sup>，或者也因其技术难度较高，被认为是在春秋晚期甚至是战国时期才开始出现<sup>[20]</sup>。

目前，冶金史研究已经积累了较为丰富的东周时期青铜器焊接技术的材料，这样一些观点体现了目前国内学术界的基本认识：“中国古代有软钎焊和硬钎焊两种，前者约发明于春秋，后者约发明于战国”<sup>[21]</sup>，“春秋战国之际焊接技术才得以广泛的应用”<sup>[22]</sup>，而“有商一代，及至西周中期”皆无焊接<sup>[23]</sup>。

国外学者则注意到一些更早时期的铜焊焊接技术例证。20世纪60年代，盖屯斯（R. J. Gettens）在对弗利尔美术馆（Freer Art Gallery）所藏中国青铜器进行的铸造工艺研究中，曾经观察到有6件青铜器运用了铜焊（Hard Solder）技术<sup>[24]</sup>。其中年代相对较早的有两件<sup>[25]</sup>。一件是殷墟文化晚期的兽面纹觥（39.53）<sup>[26]</sup>，连接器釜与

器体的焊接实施在釜与腹壁交接处。另一件是西周早期的兽面纹卣（30.26），其焊接结构外观颇为清晰；该卣由上腹向四个侧面伸出四个长梁，X光检测表明，长梁的端部包压在卣体凸出的榫头上，长梁与卣体的结合部可见一周窄直而规整的金属焊料叠压在前二者之上，同时在长梁靠近卣体的一侧，可见注焊孔溢出的焊料（图二）。就结构与技术过程而言，长梁与卣体这样的连接方式是颇为典型的榫式焊接。盖屯斯也观察到三件年代在两周之际前后的青铜器使用铜焊技术<sup>[27]</sup>，分别是西周中晚期兽面纹壶的双兽首耳与器体的连接、两周之际瓦纹簋双耳与器体的连接、春秋早期龙纹匜流口与器体的连接。上述铜焊例证中两件青铜器即兽面纹卣（30.26）和瓦纹簋（24.11）的焊料经过检测，均为铜基的铅锡青铜（附表），成分与各自器体的大体接近。

有意思的是，盖屯斯在稍早的一篇讨论连接技术的论文中说：“我们还没有在哪一件容器上发现任何使用铅锡焊接的证据”<sup>[28]</sup>。实际上，在弗利尔美术馆收藏有几件春秋战国之际的青铜壶、鉴，按照现在对这一时期铸造工艺的理解，这些器物耳部都



图二 弗利尔美术馆所藏兽面纹青卣  
1.兽面纹卣 2.焊接的长梁 A.溢出的焊料 B.长梁与器壁之间的焊料

应该是采用铅锡焊接到器体的。显然,受到当时认识基础的局限,盖屯斯忽略了春秋中晚期后常见的低温焊接技术。海外收藏的青铜器多为晚商至西周早期中国青铜时代高峰时期的作品,而东周时期的青铜器略少。直到近年,东周青铜器的焊接技术才为少数学者所认识,如苏珊娜·哈格罗夫(Suzanne Hargrove)通过CT扫描对圣路易斯美术馆所藏波曲纹簋焊接结构的研究(见图一)<sup>[29]</sup>。

## 二、焊接技术的形成

盖屯斯所观察到的前述晚商或西周早期诸例铜焊技术,都是通过焊料以热处理手段将不同的铸件连接到一起,确已具备焊接技术的基本特征。这说明在中国的青铜时代,焊接技术的使用可早至晚商及西周早期,而铜焊技术的使用应当早于以铅锡为焊料的镗焊技术。如果我们整合学者们的研究,根据近年来新的考古材料,是大体可以梳理出商周青铜器焊接技术形成与发展的基本脉络的。

和铸接技术一样,焊接技术的起源大约也和补铸相关。盖屯斯观察到弗利尔美术馆收藏的一件殷墟文化晚期的兽面纹铜方罍(35.12),罍柱和柱帽分别铸造,然后以青铜浇注在柱与帽的结合部形成边缘参差不齐的青铜薄层,并同时包裹柱与帽,实现了两个铸件的连接<sup>[30]</sup>。齐思(Tom Chase)在原收藏于纽约州水牛城奥尔布赖特-诺克斯(Albright-Konx)美术馆的一件兽面纹青铜方罍上,也观察到罍柱和帽与弗利尔美术馆所藏青铜方罍相同的处理方式<sup>[31]</sup>。这些连接方式都是对两个铸件进行第三次热处理,第三次浇注的铜液叠压在被连接

的两个铸件上,属于焊接概念范畴。但对于当时的铸工而言,这样的技术环节需要对被连接的两个铸件进行预热,并在其上设范,然后再行铸造,工序虽经过设计,但过程与补铸无异。笔者也曾在河南省文物考古研究院库房观察到郑州商城出土的一件二里冈文化晚期铜爵,其一足中部有类似的包裹铸造现象,也应该就是为连接折断的爵足所做的修补。许杰列举了广汉三星堆器物坑出土的青铜树、人像多有采取这样包裹式焊接技术的实例,也是通过铸造方式对两个部件进行连接<sup>[32]</sup>。三星堆铜树、人像虽是中原文化系统之外的产物,所采取的连接方式技术理念则是类似的。

西周早期,类似弗利尔美术馆兽面纹铜卣长梁那样的榫式焊接方式已经比较多见。随州羊子山M4出土有4件装饰豪华的神面纹青铜器<sup>[33]</sup>,这些器物的颈部或肩部各伸出一对长颈的兽首,在兽首与器体结合部均可见溢出的金属,也就是说后者同时叠压在器体与兽首上,兽首一侧还可见注焊孔。这种现象以神面纹尊(图三,1)兽首与器壁的结合情况为例可作说明。商周之际青铜器部件的连接中,如果是分铸铸接,主体与附件多呈



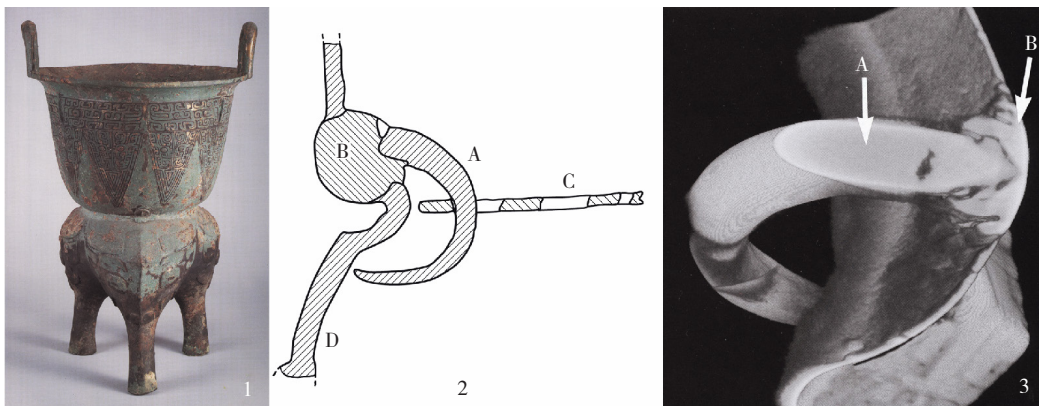
图三 随州羊子山M4出土神面纹青铜尊  
1.神面纹尊 2.尊颈部的兽首 A.兽首与器壁之间的焊料 B.兽首上的方形注焊孔及焊料

包接状态，结合十分严密。羊子山M4这件神面纹铜尊的器壁与兽首之间却有约0.1厘米的间隙，其间夹有不规整状态的材料；在兽首之侧接近器壁处，可见有0.3厘米×0.4厘米的颇为规整的长方形凹坑，其内亦见与间隙中相同的材料（图三，2）。虽尚未检测，但可以推测这些材料应为焊料，兽首是与器壁上凸起的榫头套接后浇注焊料连接，兽首上规整的凹坑应是预留作注焊孔之用。西周早期形制类似的兽首在一些浮雕性较强的青铜器上颇为多见，这些兽首也多具有相同的连接技术特征。在邻近羊子山的随州叶家山M27、M28出土形制类似的4件兽面纹铜罍<sup>[34]</sup>，罍肩部兽首形制及与器体的连接特征都与羊子山所出者相同。在西周文化中心区域，宝鸡石鼓山M3出土的青铜器户方彝口下的四壁各伸出一个兽首<sup>[35]</sup>，形制及连接特征也与上述羊子山、叶家山所出者相同。除了这些兽首之外，宝鸡纸坊头M1：9乳丁纹四耳铜簋的簋耳也有类似的焊料与注焊孔<sup>[36]</sup>，情况与西周晚期之后榫式焊接的簋耳类似。榫式焊接最早的例子可以追溯到殷墟文化第二期的花园庄东地M54出土的兽面纹大铜盂上<sup>[37]</sup>，器下腹一对横耳与器腹结合处各叠压有一周金属。与上述诸例略有不同的是，该盂的耳侧未见其他焊接例证那样的注焊孔。

西周早期也有较多铆式焊接的例证。

这一时期多见带活动算格的铜甗，算格是通过内壁伸出的挂钩连接。因为挂钩难以与器体浑铸，需要先铸挂钩，再铸接或者焊接到甗体<sup>[38]</sup>。这其中焊接连接方式大体是这样的过程：将铸好的挂钩置于算格处的甗体与甗体之交，平面上对应于双耳之间的那只甗足，此处的甗壁预留有孔洞，焊接时焊料通过器壁预留的孔隙，将器壁和挂钩包裹在一起。焊接后器内壁的焊料叠压在挂钩与器壁之上，在甗腰处的外壁则可见焊料堆起的乳突。宝鸡强国墓地出土的5件西周早期圆体铜甗，其挂钩均采用了上述焊接的处理方式<sup>[39]</sup>（图四，2）。这类焊接的技术过程及结构，无论观察实物还是透视检测都可清晰获知，上海博物馆所藏青铜器父癸甗腰部乳突上还残存浇注的浇口<sup>[40]</sup>（图四，1），说明浇注焊料是在甗体外壁进行。泉屋博物馆所藏兽面纹青铜甗在CT扫描成像下，清楚地显示了焊料透过器壁包裹挂钩的情况<sup>[41]</sup>（图四，3），这些焊接方式属于铆式焊接是比较明确的。西周早期铜甗形制接近，多为甗鬲联体并设算格，因此在甗腰处外壁可见乳突者，挂钩应即是以类似的铆式焊接方式制作。

西周中期青铜器的两例焊接情况较为特别。长安张家坡墓地M163出土两件邓仲牺尊，牺尊颈上、胸前、臀后的器壁上附着有三个龙、虎形附饰，附饰足根部与牺尊器体



图四 青铜甗上的铆式焊接现象

1.上海博物馆所藏父癸甗 2.挂钩焊接结构示意图 3.泉屋博物馆所藏兽面纹甗 A.挂钩 B.焊料 C.算格 D.甗壁



图五 邓仲牺尊附饰的连接情况  
1.邓仲牺尊 2.附饰与器壁的连接情况

连接(图五),报告注意到“结合处有溢出铜液形成的斑块”<sup>[42]</sup>,这说明铜焊同时叠压在器体与附饰上。类似情况也见于平顶山应国墓地M85出土的铜盃,该盃器体与流、鋜的连接方式在报告中有清晰的描述,“首先,将链钮、管状流、鋜形耳另行铸好,……其次,在器身铸好后,把流嵌到预留的器壁空洞内,再用铜浇注焊接牢固;其三,在鋜形耳与器身相接处刻凿出一横向槽或凹坑,然后把鋜耳一端置于沟槽或凹坑处,浇注铜液使鋜耳与器身铸为一体”<sup>[43]</sup>。和张家坡M163所出铜牺尊附饰一样,应国墓地M85铜盃的流、鋜焊接特征明确,但这两类铜器的器体应该都未设榫头,应国铜盃器体“凿出横向槽或凹坑”,采取的是近似柳式焊接的方式。

无论是榫式还是柳式焊接,上述诸例在技术操作上都需要在铸造之前的制范环节就进行多项规划与设计,这其中包括在器体预留榫头或孔洞、在兽首等附件上预留注焊孔等。另一方面,前述榫式和柳式两种焊接技术的处理方式各为一致,自成系统。这些既说明了当时的焊接技术已经比较定型和成熟,又展示了在商末周初作为青铜时代鼎盛时期技术发展的高度。甗挂钩在器体内连接算格,兽首等伸出器体外壁较多,这两类附件都是因为难以浑铸而最终以焊接的方式处理,因此殷墟文化末期出现的焊接技术,应

是铸造技术为满足实用和装饰等需求的结果,客观上是将焊接作为浑铸技术的补充,这也是青铜时代早期铸造技术发展的一个突出趋向<sup>[44]</sup>。

经检测,采用柳式焊接的强国墓地BZM13:26铜甗的焊料,金属成分是与甗体略有不同的三元合金(见附表)<sup>[45]</sup>,虽然目前这一时期其他焊料的检测数

据不多,但由于钎焊易于氧化和侵蚀,根据甗挂钩的焊料部分与周边的器壁色泽一致,可基本判断焊料均为青铜。再联系到前述弗利尔美术馆所藏兽面纹铜卣焊接长梁的焊料也是青铜,可推测晚商至西周早期的焊接多采用铜焊技术,焊接在当时仍然是作为普通青铜铸造活动的一个环节来看待。

西周晚期焊接技术的应用越来越多见。西周晚期开始,青铜器中簋、壶与盘的双耳、匜与盃的单鋜,装饰性愈来愈强,这种倾向在一些高等级青铜器中尤其明显。装饰性增强的表现是耳、鋜等附件顶端兽首的浮雕性更强,从而使附件与器体的浑铸难以完成,各自分铸再连接到器体成为越来越常见的做法,除了后铸铸接之外<sup>[46]</sup>,焊接也因此成为越来越多的技术选择。和西周早期一样,器耳这样凸出于器体的附件仍然较多地采取榫式焊接的方式,如宰兽簋<sup>[47]</sup>、馱簋<sup>[48]</sup>等。这些簋耳的焊接现象,都有一周焊料叠压在器耳与器体的结合处,在近器体的耳侧或可见注焊孔。焊料对于器耳与器体连接的方式,在巴纳(Noel Barnard)对旧金山亚洲艺术馆所藏青铜器梁其壶的壶耳铜焊研究中有细致的图解<sup>[49]</sup>。上述几件铜簋及壶焊接的双耳在位置上都是在合范范缝之间,这主要是便于铸造器体时预留榫头,其原理与后铸铸接器耳相同<sup>[50]</sup>。这样的技术原理在青铜器



图六 三年癩壶及其耳部的连接情况  
1.三年癩壶 2.耳部与器壁的连接情况 3.焊料透过器壁在内壁形成的凸块

速盘上也有体现，盘的双附耳为浑铸，而附耳之间的另外两个兽首耳不在合范的位置，兽首耳处可见焊料，该耳系焊接到器体<sup>[51]</sup>。从这些榫式焊接的技术特征看，西周晚期与此前相比，焊接方式并无根本性的变化。铆式焊接在西周晚期青铜器上也有少量应用，三年癩壶双耳在器壁外所见的情况与榫式焊接相似<sup>[52]</sup>（图六,1、2），但焊料透过器壁在内壁形成凸块（图六,3），属于典型的铆式焊接。杨家村出土的一对单五父方壶<sup>[53]</sup>，兽首耳的焊接方式与三年癩壶完全相同。相对于榫式焊接，这些铆式焊接在西周晚期较为少见。西周晚期，焊接技术在处理复杂装饰的器耳、螭时已经成为较常用的连接手段，而无论榫式还是铆式焊接，其处理方式、使用焊料的情况似乎都与西周早期近似，这一时期的焊接，对铸工而言似乎仍然只是与铸接类似的技术方式。

两周之际或春秋早期，焊接技术得到了很大的发展，并常见于诸侯国青铜器。因为壶类铜器社会等级较高，耳部装饰复杂，采用焊接技术连接最为多见。前述北方如虢国墓地、延庆山戎文化墓地出土的青铜器，南方如春秋早期曾国青铜器，壶类器多使用焊接技术连接双耳<sup>[54]</sup>。传世的陈侯壶双耳采用榫式焊接方式<sup>[55]</sup>（图七），焊接结构以及注料方式仍然一如西周早期，其焊料与器体色泽



图七 陈侯壶及其耳部的连接情况  
1.陈侯壶 2.耳部与器壁的连接情况

一致, 应该还是使用铜基焊料。不过, 使用铅锡为基体的低温焊接, 大概也是从这一时期开始, 前述虢国、山戎青铜器的焊接均使用铅锡焊料。可以认为, 从这一时期开始, 焊接开始从理念上作为不同于铸接的技术方式, 并对其后青铜器的生产与技术发展形成重要影响。

### 三、焊接技术的发展及意义

如前所述, 使用低温焊料的焊接技术在春秋中晚期已经被十分广泛地应用在青铜礼器的铸造中。在新郑春秋中期祭祀坑出土青铜器中, 经过铸造工艺观察的16件簋、6件壶、2件鉴和2件豆, 全部使用了焊接技术<sup>[56]</sup>。浙川和尚岭战国早中期楚墓出土的45件青铜器中, 有21件采用了焊接技术<sup>[57]</sup>。战国时期楚系青铜器中簋的数量较多, 如浙川和尚岭M10出土4件方座簋, 双耳均为焊接<sup>[58]</sup>。焊接技术普及之下, 簋、壶这些传统器类的双耳几乎都为焊接, 春秋晚期及其后, 除了炊器附件如鼎足与鼎耳因耐高温需要、器钮因承力需要之外, 器体的附件几乎一概为焊接。这意味着, 春秋中期之前铸接为主、焊接为辅的连接技术, 已转变为焊接绝对优先。至战国中期, 焊接技术继续推广, 原来浑铸的器体也被拆解为不同的部分制作, 而后通过焊接连接。战国中晚期楚系青铜器中豆、方座簋等圈足器, 圈足部分都是分铸, 而后再与腹部以上的器体部分焊接为一体<sup>[59]</sup>。

焊接技术的发展还促使青铜礼器在装饰风格上发生很大的转变。随州战国早期曾侯乙墓出土的曾侯乙尊的铸造, “是由34部件通过56处铸焊连接成一体”<sup>[60]</sup>。这34个部件都是器体之外的附饰, 如一件爬兽的尾、舌也是先分铸再焊接。而该器的尊体则只使用了两块外范, 器体的生产简化, 附件的铸造更为复杂, 是春秋中期之后青铜礼器装饰技术发展的新动向。

从历时性的角度观察, 西周早期之后

铸造技术的发展趋势, 是分铸技术越来越普遍, 而焊接技术在理念上一直是作为分铸连接的功用, 和铸接技术一样来处理难以浑铸的部件。从春秋中期延续至战国晚期, 焊接技术取代铸接并在青铜礼器生产中高密度流行, 成为春秋中期青铜礼器生产进入新的发展阶段的重要表征<sup>[61]</sup>。由于可将器物主体与耳、足以及附饰等附件分别铸造, 而后将其焊接组装, 这样生产工序增多, 而每道工序的难度降低。焊接技术得以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>[62]</sup>。因此焊接技术在东周时期大行其道, 既是楚、晋等地域青铜文化兴盛的反映, 又是春秋中期前后社会生产变革大背景的体现。焊接连接技术加强了器表外在的装饰, 提高了器体成形的效率, 但另一方面, 青铜礼器的生产却越来越流于形式, 青铜礼器的社会地位急剧下降。

中国青铜时代青铜器以块范法铸造、作为礼器生产并加以装饰等特点, 迥异于世界其他诸早期文明的青铜器。但在东、西方青铜器几乎完全不同的技术系统中, 焊接技术都曾分别被长时间采用。从古埃及到罗马的早期西方文明, 青铜器无论锻制还是失蜡法生产, 形制稍复杂的器皿往往先被锻制或铸造成不同部件, 然后再通过铆接等机械性的方式连接, 如处理器耳或镜把都是将其铆接到器体。在古埃及, 焊接的情况极少, 最早的例证是公元前3千纪中叶第四王朝使用银焊连接锻制器具<sup>[63]</sup>。在美索不达米亚地区, 铜焊、镗焊都有所应用<sup>[64]</sup>。也是在公元前3千纪中叶, 欧贝德 (Ubaid) 一件器物基座上的浮雕枝丫使用了镗焊, 而著名的乌尔 (Ur) 王室墓地出土的一件铜碗上的银鍍是采取锡焊连接的, 乌尔早王朝 (Early Dynasty) 晚期熔点偏低的铜焊技术也有较多的应用。晚至希腊、罗马时期, 铆接等机械连接方式占主导的同时, 铜焊在雕塑等复杂形制的铸件中应用较多<sup>[65]</sup>。总体而言, 西方古代青铜器的



焊接是功能性的,但始终不是主体的技术手段<sup>[66]</sup>。相较于西方文明,中国古代青铜器的焊接技术完全是独立起源与发展,焊接一般仅应用于青铜礼器,而未被实际功能性器具所应用,焊接多是处理器体与凸出的附件如耳、足或鬲等的连接,因此连接结构较为简单,所连接的铸件往往都只有两个。但是,焊接技术在中国青铜时代最后阶段,却逐步成为青铜礼器生产中最为重要的技术手段,并对社会礼制产生重要影响,这是值得我们充分重视的。

### 注 释

- [1] 中国冶金百科全书《金属材料卷》编辑委员会:《中国冶金百科全书·金属材料卷》“金属焊接”条,冶金工业出版社,2001年。
- [2] 华觉明:《中国古代金属技术——铜和铁造就的文明》第182页,大象出版社,1999年。以下凡引此书,版本均同。
- [3] 学术界一般将古代焊接技术分为“Hard Solder”和“Soft Solder”,按焊料种类分为铜焊和钎焊是我国金属技术史家目前的惯例。西方早期文明中焊料种类复杂,或按焊接处理温度分类,如将摄氏450度上下作为上述两类焊接的划分标准。参阅P.R.S.Moorey, *Ancient Mesopotamian Materials and Industries: Archaeological Evidence*, p.216, Eisenbrauns, 1999.
- [4] 对榫式焊接,苏荣誉和华觉明称之为铸焊,李京华称之为焊接连接法,吴坤仪称之为榫卯式焊接,陈千万称之为铸销式焊接。对铆式焊接,苏荣誉称之为铸铆,华觉明称之为铸铆焊或铸焊,李京华称之为补铸连接法,陈千万称之为铸榫式焊接。分别参见苏荣誉等:《中国上古金属技术》第321页,山东科学技术出版社,1995年(以下凡引此书,版本均同)。华觉明:《中国古代金属技术——铜和铁造就的文明》第166、167、181、182页,大象出版社,1999年。李京华:《包山楚墓青铜器制造技术的初步考察》,见《包山楚墓》,文物出版社,1991年。吴坤仪等:《虢国墓地出土青铜器铸造工艺分析与研究》,见《三门峡虢国墓地》(第一卷),文物出版社,1999年。陈千万等:《枣阳郭家庙曾国墓地出土铜器铸造工艺探析》,见《枣阳郭家庙曾国墓地》附录三,科学出版社,2005年。
- [5] 郭宝钧:《商周青铜器群综合研究》第70~75页,文物出版社,1981年。以下凡引此书,版本均同。
- [6] 对郭氏的结论冶金史家有不同看法。万家宝认可这一观点,参见氏著《辉县及汲县出土东周时期青铜鼎形器的铸造及合金研究》,《大陆杂志》第50卷第6期,1975年。苏荣誉认为郭宝钧混淆了焊接与铸接,壶耳和匜鬲应该是铸接,参见《中国上古金属技术》第322页。
- [7] 《商周青铜器群综合研究》第126页。
- [8] 《中国上古金属技术》第323、324页。
- [9] 《中国古代金属技术——铜和铁造就的文明》第181页。
- [10] a.徐建国:《先秦时期的焊接技术》,《陕西历史博物馆馆刊》1998年第5辑。  
b.何堂坤、靳枫毅:《中国古代焊接技术初步研究》,《华夏考古》2000年第1期。
- [11] a.孙淑云等:《淮阴高庄战国墓出土铜器的分析研究》,《考古》2009年第2期。  
b.淮安市博物馆:《淮阴高庄战国墓》第252~261页,文物出版社,2009年。
- [12] 李秀辉等:《虢国墓出土青铜器材质分析》,见《三门峡虢国墓地》(第一卷)附录一,文物出版社,1999年。该文公布的成分数据与吴坤仪等文中的数据略有不同。参见吴坤仪等:《虢国墓地出土青铜器铸造工艺分析与研究》,见同书附录二。
- [13] 同[10]b。
- [14] 李敏生:《浙川下寺春秋楚墓部分金属成分测定》,见《浙川下寺春秋楚墓》附录三,文物出版社,1991年。
- [15] 中国社会科学院考古研究所实验室等:《曾侯乙墓青铜器所用低熔点焊料化学成分的检测》,见《曾侯乙墓》附录13,文物出版社,1989年。以下凡引此书,版本均同。
- [16] 参见《中国上古金属技术》第321~324页、《中国古代金属技术——铜和铁造就的文明》第181~184页。两书均称铅、锡低温焊接为铸焊。
- [17] 在当阳赵家湖楚墓、浙川和尚岭和徐家岭楚墓,以及太原金胜村、淮阴高庄等东周墓葬青铜器工艺研究报告中,焊接技术的例证都较

- 多。相关情况与检测数据,可参考这些墓葬发掘报告中的青铜器检测报告。
- [18] 中国社会科学院考古研究所:《中国考古学·两周卷》第423页,中国社会科学出版社,2004年。
- [19] 《曾侯乙墓》第177页。
- [20] a.《中国古代金属技术——铜和铁造就的文明》第184页。  
b.同[10]b。
- [21] 文中的软钎焊和硬钎焊即为镥焊和铜焊。参见陆敬严、华觉明:《中国科学技术史·机械卷》第200页,科学出版社,2000年。
- [22] 丁忠明等:《青铜器制作技术分析》,见《新泰周家庄东周墓地》第514页,文物出版社,2014年。
- [23] 同[20]b。
- [24] Rutherford John Gettens, *The Freer Chinese Bronzes, Volume II, Technical Studies*, pp.84-87, Smithsonian Institution, Washington, 1969.
- [25] 这两件青铜器著录于John Alexander Pope, et al., *The Freer Chinese Bronzes, Volume I*, No.42/No.50, Smithsonian Institution, Washington, 1967.
- [26] 括号内所标注的是弗利尔美术馆青铜器的器物收藏号。
- [27] 这三件青铜器分别著录于John Alexander Pope, et al., *The Freer Chinese Bronzes, Volume I*, No.76/No.81/No.93, Smithsonian Institution, Washington, 1967.
- [28] Rutherford John Gettens, *Joining Methods in the Fabrication of Ancient Chinese Bronze Ceremonial Vessels. Application of Science in Examination of Works of Art, Proceedings of the Seminar*, September 7-16, Museum of Fine Arts, Boston, 1965.
- [29] Suzanne Hargrove, *Technical Observations and Analyses of Chinese Bronzes, Ancient Chinese bronzes in the Saint Louis Art Museum*, The Saint Louis Art Museum, Saint Louis, 1997.
- [30] Rutherford John Gettens, *The Freer Chinese Bronzes, Volume II, Technical Studies*, Figs97-100, Smithsonian Institution, Washington, 1969.
- [31] W. Thomas Chase, *Ancient Chinese Bronze Art: Casting the Precious Sacral Vessel*, p.45, China House Gallery, China Institute in America, New York City, 1991.
- [32] Jay Xu, *The Sanxingdui Site: Art and Archaeology*, pp.156-183, A Dissertation of Princeton University in the Department of Art and Archaeology, 2008.
- [33] 随州市博物馆:《随州出土文物精粹》第31、32、35器,文物出版社,2009年。
- [34] 湖北省博物馆等:《随州叶家山西周早期曾国墓地》第39、105器,文物出版社,2013年。
- [35] a.石鼓山考古队:《陕西宝鸡石鼓山西周墓葬发掘简报》,《文物》2013年第2期。  
b.上海博物馆:《周野鹿鸣:宝鸡石鼓山西周贵族墓出土青铜器》第106器,上海书画出版社,2014年。
- [36] 苏荣誉认为簋耳与器体的结合,是一种铸接的自锁方式,但观摩实物,可见耳侧有注焊孔,簋耳与腹壁之间夹有金属,当属浇注的焊料。参见苏荣誉等:《强国墓地青铜器铸造工艺考察和金属器物检测》,见《宝鸡强国墓地》附录二,文物出版社,1988年。
- [37] 中国社会科学院考古研究所等:《殷墟新出土青铜器》图72,云南人民出版社,2008年。殷墟文化晚期铜盃的耳与器体有不同的连接方式,M54同出的另一件铜盃的耳即为后铸铸接。
- [38] 据笔者多年的观察,除焊接之外另一种连接方式为先铸甗钩,再铸接至甗体,这种方式在甗腰的器壁外不见焊接那样的乳突,同时先铸的甗钩实际上是像器钮一样两端均被器壁包裹。而焊接的甗钩另一端不伸入器壁。在两种连接方式中,以焊接的方式较为多见。
- [39] 苏荣誉等:《强国墓地青铜器铸造工艺考察和金属器物检测》,见《宝鸡强国墓地》附录二,文物出版社,1988年。苏荣誉将这种焊接称之为“铸焊铆”,不过这种连接甗钩与甗体的第三次浇注应当是焊接,参见金正耀:《商末至西周早期铜甗工艺的演变及其意义》,见《两周封国论衡——陕西韩城出土芮国文物暨周代封国考古学研究国际学术研讨会论文集》,上海古籍出版社,2014年。
- [40] 中国青铜器全集编辑委员会:《中国青铜器全集》(5)图47,文物出版社,1996年。
- [41] 泉屋博物馆、九州国立博物馆编,黄荣光译:《泉屋透赏:泉屋博物馆青铜器透射扫描解析》图12-7,科学出版社,2015年。
- [42] a.中国社会科学院考古研究所:《长安张家坡西

- 周墓地》第162页,中国大百科全书出版社,1999年。
- b.中国青铜器全集编辑委员会:《中国青铜器全集》(5)图166,文物出版社,1996年。
- [43] 河南省文物考古研究所等:《平顶山应国墓地》(I)上册第666页,大象出版社,2012年。
- [44] 张昌平:《中国青铜时代青铜器装饰艺术与生产技术的相互影响》,见《商周青铜器的陶范铸造技术研究》,文物出版社,2011年。
- [45] 苏荣誉等:《随国墓地青铜器铸造工艺考察和金属器物检测》,见《宝鸡随国墓地》附录二,文物出版社,1988年。
- [46] 例如西周晚期的铜簋耳,当兽首浮雕性不强时选择为浑铸,浮雕性强且装饰复杂的为分铸。参见张昌平等:《论商周时期青铜簋的铸型技术》,《考古》2012年第10期。
- [47] 北京大学考古文博学院、北京大学古代文明研究中心:《吉金铸国史:周原出土西周青铜器精粹》第44器,文物出版社,2002年。该书第287页簋耳特写照片中可见焊料与注焊孔。
- [48] 曹玮:《周原出土青铜器》第10册“𩚑簋”,巴蜀书社,2005年。该书第2143页簋耳特写照片中可见焊料与注焊孔。
- [49] Noel Barnard:《善夫梁其簋及其他关系诸器研究》,fig 39, SMC Publishing Inc., 1996。
- [50] 张昌平等:《论商周时期青铜簋的铸型技术》,《考古》2012年第10期。
- [51] 陕西省考古研究院等:《吉金铸华章——宝鸡眉县杨家村单氏青铜器窖藏》第187页,文物出版社,2008年。
- [52] 曹玮:《周原出土青铜器》第4册“三年癸壶”,巴蜀书社,2005年。
- [53] 陕西省考古研究院等:《吉金铸华章——宝鸡眉县杨家村单氏青铜器窖藏》第22、23器(单五父方壶甲、乙),文物出版社,2008年。
- [54] 张昌平:《曾国青铜器研究》第174~176页,文物出版社,2009年。
- [55] 张昌平、汪涛:《关于重现的陈侯壶》,《文物》2015年第3期。
- [56] 黄晓娟、李秀辉:《郑国祭祀遗址青铜器的分析鉴定报告》表五,见《新郑郑国祭祀遗址》附录三,大象出版社,2006年。
- [57] 黄克映、李京华:《浙川和尚岭、徐家岭楚墓青铜器铸造技术》表一,见《浙川和尚岭与徐家岭楚墓》附录二,大象出版社,2004年。
- [58] 同[57]。
- [59] 同[57]。
- [60] 《中国古代金属技术——铜和铁造就的文明》第167页。此文中原为“6处铸焊”,根据曾侯乙尊铸造情况以及苏荣誉文,知其为“56处铸焊”之误。参见苏荣誉等:《中国上古金属技术》第313页,山东科学技术出版社,1995年。
- [61] 郭宝钧将春秋中期至战国中期青铜器特征总结为“分铸阶段”,他所谓的“分铸”,实际上是指焊接。参见《商周青铜器群综合研究》第126页。
- [62] 邹衡、徐自强:《整理后记》,见《商周青铜器群综合研究》第202页。
- [63] Paul T. Nicholson and Ian Shaw edited, *Ancient Egypt Materials and Technology*, pp.158-159, Cambridge, 1999.
- [64] P.R.S.Moorey, *Ancient Mesopotamian Materials and Industries: Archaeological Evidence*, p.274. Indiana·Eisenbrauns, 1999.
- [65] Heather Lechtman, Arthur Steinberg, *Bronze Joining: A Study in Ancient Technology*, Suzannah Doeringer edited, *Art and Technology, A Symposium on Classical Bronzes*, pp.5-35, The M.I.T. Press, Cambridge, Mass, 1970.
- [66] Arthur Steinberg, *Joining Methods on Large Bronze Statues: Some Experiments in Ancient Technology, Application of Science in Examination of Works of Art*, Proceedings of the Seminar: June 15-19, 1970, pp.103-137, Museum of Fine Arts, Boston, 1973.

附表 青铜器铜焊焊料成分检测结果

器物	年代	铜	锡	铅	资料来源
卣(弗利尔30.26)	西周早期	71.8	13.0	12.6	注[24], p.86
簋(弗利尔24.11)	两周之际	60.4	22.9	9.4	注[25], p.447
甗(随国墓地BZM13:26)	西周早期	80.79	5.70	4.32	注[45]

(责任编辑 黄卫东)

## 本期要览

**吉林农安县左家山遗址新石器时代遗存2015年发掘简报** 2015年8~10月,对吉林农安县左家山遗址进行了发掘,发现较为丰富的新石器时代左家山下层文化和左家山上层文化遗存,清理出灰坑、灰沟、灶等遗迹,出土较多陶器、石器、骨器及动物骨骼等遗物。此次发掘,为进一步研究左家山下层文化和左家山上层文化的内涵、年代等相关问题提供了新资料。

**西安市长安区丰京遗址水系遗存的勘探与发掘** 2013~2016年,在丰京遗址曹寨村至大原村一带进行大面积钻探和解剖性发掘,确认曹寨古水域为西周时期的人工水域,曹寨南至大原村西的古河道为西周时期的人工河道,大原村东的两个水池是汉代利用废弃古河道和低洼地段挖建而成。这些水系遗存的发现,为研究丰京遗址聚落布局的演变提供了重要线索。

**河北元氏县南白楼战国秦汉墓地的发掘** 2009年7~9月,对河北元氏县南白楼墓地进行了发掘,发现战国秦汉墓葬22座。第一类墓葬的随葬陶器以鼎、盖豆、壶、盘、匜、瓶等为基本组合,年代从战国晚期延续至西汉初年,应为赵国或赵国遗民的墓葬。第二类墓葬随葬的陶器主要有折肩罐、折腹碗、圆腹罐等,年代大致在秦代前后,应是与秦人有关的墓葬。

**邓州八里岗遗址仰韶文化多人二次合葬墓M13葬仪研究** 八里岗遗址多人二次合葬墓M13共埋葬有约126人,死亡时间差在200年以上,其中至少5个个体分别来自三个母系血统,群体的继嗣系统应当是父系。随葬的138副猪下颌骨,来自长达400年以上的收藏。墓中所葬人骨来自所搜集的聚落中部分死者的尸骨,这样的墓葬应是聚落中施行合葬仪式的结果。

**商周青铜礼器铸造中焊接技术传统的形成** 焊接是用于连接不同金属铸件的技术手段。焊接技术起源于青铜器的补铸,其早期应用应是作为普通浇铸活动的一部分。西周早期至西周晚期,焊接技术被越来越多地采用,主要是为了满足处理青铜器复杂附件的技术需求。春秋中期之后,焊接技术得到广泛应用,对青铜器的生产方式及生产效率等产生了重大影响。