

青铜器技术研究的里程碑

——盖顿斯和《弗利尔艺术馆藏中国青铜器图录 II 技术研究》



刘 煜

(中国社会科学院考古研究所)

经
典
重
读

一、盖顿斯及其青铜器研究

位于美国华盛顿的弗利尔艺术馆的中国青铜器收藏举世闻名。20 世纪 60 年代,当著名的亚洲艺术史家、时任艺术馆馆长的蒲伯(John A. Pope)邀请科学家盖顿斯(Rutherford J. Gettens)(图一)、艺术史家高居翰(James Cahill)和古文字学家巴纳(Noel Barnard)共同撰写一部关于弗利尔艺术馆藏青铜器图录的时候,他们大概并没有想到这部书能成为青铜器研究的经典之作,不断被人们提起和引用^①。盖顿斯独立撰写的第二册《技术研究》,是首部系统地使用理化检测等科技手段对青铜器的制作技术进行全面分析的专著,它详细地记录了器物的各种技术现象,诸如范线、铸接痕迹、泥芯和垫片、修补的痕迹等,对这些青铜器拍摄 X 光透视照片,分析它们的造型工艺和连接结构,同时也做了青铜器的成分分析和金相检测,以及海外收藏陶范的材料分析等^②。



图一 盖顿斯(左)和蒲伯一起在弗利尔艺术馆的实验室检测青铜器,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II.

盖顿斯(1900—1974)是一位化学家(图二),1929 年毕业于哈佛大学,取得硕士学位。1928—1951 年,他一直在哈佛大学福格艺术博物馆(Fogg Art Museum)工作,并在 1949 年成为科技研究方面的负责人。在此期间,他就被中国青铜器“深深迷住”(under a spell),努力研究青铜器的锈蚀机理以及如何处理“青铜病”,很快使得福格博物馆成为青铜器保护的权威单位之一^③。1951 年他进入弗利尔艺术馆,开始筹建技术实验室。从著作目录来看,他的学术兴趣非常广泛,研究对象从新墨西哥桑托斯波南帕克遗址的壁画,托斯卡纳的石膏采石场,拜占庭的银器一直到中国青铜器和日本绘画^④。更令人感佩的是他的视力不好,却以惊人的毅力完成了多项出色的研究工作^⑤。

尽管盖顿斯研究过的文物种类很多,但他用力最勤且成就最大的毫无疑问是中国古代青铜器。1951



图二 手拿《技术研究》的盖顿斯,引自 In Memoriam: Rutherford John Gettens, 1900—1974.

年,他应著名的艺术史家、弗利尔艺术馆的第二任馆长温利(Archibald Gibson Wenley,1898—1962)之邀进入弗利尔艺术馆创建实验室。温利鼓励他研究亚洲的古代材料和工艺,因为温利认识到器物研究除了传统的类型学、年代学和金石学外,有关材料和工艺的技术研究是同等重要的^⑥。因此,盖顿斯一面继续研究青铜器的锈蚀问题^⑦,一面开始对青铜器进行科学分析,进行表面信息的提取,拍摄X射线透视照片分析其内部结构,特别是附件的连接结构等^⑧。在这些工作中,他积累着对于中国古代青铜器技术的认知,并集中体现到《弗利尔艺术馆藏中国青铜器图录》(以下简称《图录》)这套书里。

二、《技术研究》的特色

1. 点面结合的写作方式

《图录》共分两册,内容有非常强的关联性,是不可或缺的一个整体。

第一册是由蒲伯、盖顿斯、高居翰和巴纳四位学者合作撰写的器物图录,介绍了每一件青铜器的年代、类型、纹饰、铭文、铸造痕迹以及与之相近的器物,附有照片、X光透视照片及化学成分分析数据,几乎是一篇完整的文物小传,这就为第二册的技术研究提供了非常具体的依据。这种著录文物的格式也为以后的博物馆图录争相效仿^⑨。

第二册是由盖顿斯独立完成的技术研究。这本书依托于第一册对每件青铜器所做的具体研究,探讨了青铜器命名、来源、化学成分、制作技术、金相结构、铭文、X射线透视、表面层和锈蚀、表面装饰以及修补等十项内容,在制作技术一节重点讨论了铸造及其痕迹、浇口、收缩、透孔、附件及其铸接、扉棱及其他附饰、柱帽和钮、焊接和钎焊、垫片、芯及芯撑、补铸、修饰等二十四个方面的技术问题,并在最后加以总结,得到了8项非常重要的结论:①弗利尔艺术馆藏的全部青铜礼器都是由“块范法”铸造成形的,一副铸型只能铸造一件铜器。②商代青铜器通常是浑铸的,但偶尔也有附饰的圆雕兽头用机械的方法连接到器身。西周时期青铜器的足和簋往往是先铸的,在内部有隐藏的连接结构,外表几乎看不出来。③有时候簋或其他附饰是以硬焊(hard solder)或者近似于钎焊(brazing)的方式连接于器体的。④提梁卣的提梁有两种做法,一种是浑铸的,一种是分铸的。⑤很多器物的足、簋以及柱帽里都残存有泥芯,材料是黄土,范的材料则是经过焙烧的黄土或粉砂土(silty earth),而不是制作陶器的粘土,焙烧时收缩量少。⑥许多青铜器都使用了垫片,呈有规律地分布,其主要功能是保持壁厚。但是这种垫片不同于西方失蜡法(cire perdue)使用的芯撑。垫片所用的青铜合金成分范围很宽。⑦侯马铸铜遗址的发现充分反映了簋、足等附件的分铸铸接,很多青铜器上的发现都能在张万钟的文章中找到对应的依

据。⑧虽然并没有十分明确的证据,但容器铸造技术大概是在周代发生了根本性的变化,这或许与失蜡法或其他类似的技术从西方传入有关。虽然泥芯、垫片等技术仍在使用,表面装饰技术比如刻纹、镶嵌贵金属等已开始大行其道。变化的原因尚不清晰,依赖于未来更多的实验室分析和田野工作。如果有经验的雕塑家和铸师愿意加入研究工作,必将大大推进这一研究的进展。

尽管这些结论中有个别观点值得商榷,有些看法在后续的研究中得到了更深入的理解,但在20世纪60年代对青铜器制作技术就能有如此深入全面的认识,并为以后的研究和讨论提供重要的参考方向,盖顿斯和他的研究小组取得的成就是非常卓越的。他们以广博的学识、丰富细致的工作和高超的研究水平成就了《技术研究》这部佳作,并为后来的学者高度评价^⑩。

2. 理化检测手段的综合运用

在此之前,虽然也有不少学者依据殷墟出土的青铜器及矿石、炼渣、木炭、坩埚、炉壁、铸范等遗物,讨论了青铜器的工艺流程、铸型工艺、矿料来源、燃料等问题,比如刘屿霞^⑪、卡尔贝克(O. Karlbeck)^⑫、石璋如^⑬、陈梦家^⑭等,但都基本上没有使用理化检测手段,而更多依据表面观察和判断。而通常使用理化检测手段的研究,也仅局限于青铜器的合金成分分析,如近重真澄^⑮、梁冠华和王璉^⑯、卡朋特(C. H. Carpenter)^⑰、梅原末治^⑱、道野鹤松^⑲、梁树权和张赣南^⑳等人的工作。巴纳的著作,比较系统地讨论了中国古代青铜材料和铸造工艺,但并没有引用很多的科学检测方法和数据。他强调中国青铜器是用“块范法”铸造的,铸造使用多块范构成铸型的“分型主义”(sectionalism)^㉑。

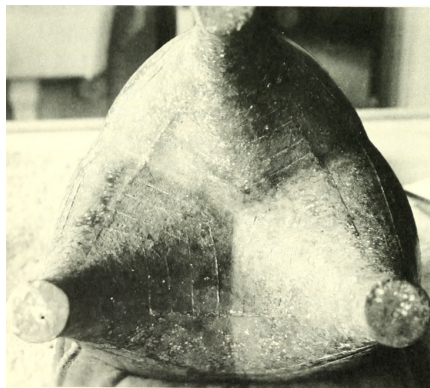
盖顿斯则是全面运用各种理化检测手段,对弗利尔艺术馆所藏120件中国青铜礼器,逐一进行X射线透视、化学成分分析、金相检验等,同时还结合提取的表面铸造信息讨论青铜器的铸型设计及连接技术,研究海外收藏陶范的材料等等。在进行化学分析的时候他不仅使用湿化学法检测青铜器的主量元素铜(Cu)、锡(Sn)、铅(Pb),也用发射光谱法检测微量元素和痕量元素,并分别探讨铁(Fe)、银(Ag)和金(Au)、镍(Ni)和钴(Co)、锌(Zn)、砷(As)及锑(Sb)及铋(Bi)等各组微量元素在这些青铜器中的出现所代表的意义。

盖顿斯检测了134块藏于加拿大皇家安大略博物馆的怀履光收藏的安阳陶范,发现这些陶范的材料均是经过焙烧的黄土或粉砂土,而不是制作陶器的粘土,焙烧时收缩量少,有些陶范有背面层。而所有的陶范都是使用一次就丢弃,这意味着一套铸型只能制作一件青铜器。他还发现不少器物的足、耳、簋或钲中还保存有芯,质地为黄土。这些认识明显比卡尔贝克推进了一步,也为后来的实验研究所证实^㉒。

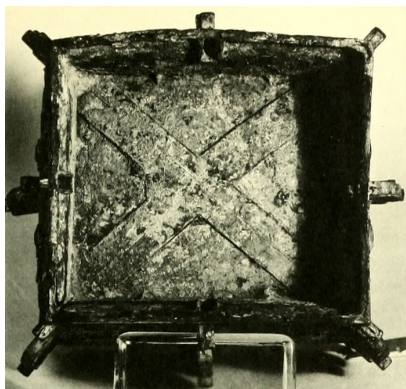
因为大量拍摄青铜器的X光片,盖顿斯发现很多器物使用了垫片,呈规则或对称布置,用以保持型腔,



图三 簋(60.19)器底的阳线,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.48.



图四 罍(C.A.M.221.50)底的折线,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.49.



图五 方彝(30.54)器底交叉带状凸起,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.51.



图六 簋(15.102)器底的龙纹,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.54.

而且这些垫片和西方失蜡铸造中长期使用的芯撑(chaplet)不同。在此之前,并没有人系统讨论过这个问题,事实上,这一工艺对于中国青铜器使用的“块范法”有重要意义²³。

3. 逻辑清晰的问题意识

《技术研究》作为一本专门研究青铜器制作技术的专著,却没有流入仅就数据谈数据、就技术谈技术的窠臼,而是从细节入手去剖析古人使用这种技术背后的逻辑。

比如,盖顿斯发现很多商周青铜器的外器底有凸起的方格线、多重交叉的人字线、甚至更复杂的纹饰,这些纹饰应该是在底范上刻划的。卡尔贝克曾经认为这些器底刻划的目的是为了便于金属的流动。盖顿斯指出这个理论可以解释那些底部有大平面的器物(图三),却不能解释类似分裆罍(C.A.M.221.50)那种不平坦底部使用格纹的原因(图四)。有些器物底部有连接足的较宽的交叉带状凸起,显然出于功能性的考虑(图五),而像某些簋底部那种凸起的龙纹,装饰的意味已经远远大于功能(图六)。

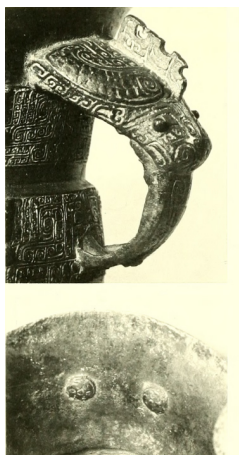
三、技术问题的深度解读 ——以连接技术为例

1. 分铸技术

《技术研究》一书中,有大量对于连接技术的研究,回顾这些研究,管中窥豹,可以看出盖顿斯研究的特色和风貌。这些连接技术主要包括分铸和焊接。所谓“分铸法”,是指器物不是一次浇注完成,而是存在两次及以上的浇注活动,将附件和主体连结在一起的铸造技术,又称“铸接”技术。巴纳曾指出分铸源于器物的补铸²⁴,这种说法也为万家保所接受,他认为铸接来自“熔补”²⁵。

盖顿斯指出一件带盖的罍(07.37)的罍和盖都使用了铆接式的后铸法,其罍罍根部对应的内壁有两个铆钉状的突起(图七),这是在铸造器身时预留的孔,浇注罍罍时金属液流过孔形成锁死结构(lock-on)。为了美观,这个铆钉状的突起上也有花纹,应该是浇注罍罍时形成内壁铆钉的范上制作的花纹。罍盖上的鸟形附饰也是用同样的办法铸接的,只在中心预留了两个孔,浇注后在内壁形成两个铆钉状的突起(图八)。这种做法后来被华觉明归纳为“铆接式的后铸法”²⁶。

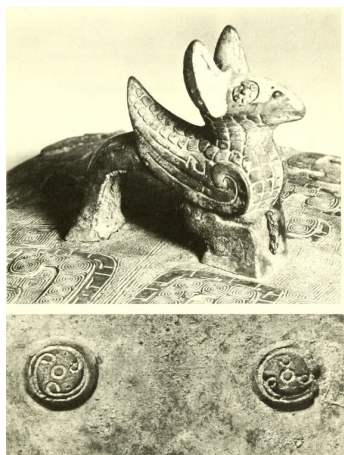
盖顿斯发现一件东周蹄足鼎(47.20)的足腹交汇处有腹叠压在足上的痕迹,同时其耳与器身的结合处也有类似的现象,但并没有任何焊接的痕迹。为彻底弄清蹄足是怎样与器身连接的,他锯开了一件与之相类的鼎(SC587,图九),后者清楚地显现出足先铸好再与器身铸接的现象(图一〇),而铸接处做了扣合的设



图七 罍壑的铸接

引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.77.

计 (lock-on) (图一一), X 射线透视照片上可见泥芯上带有用来定位和保持壁厚的泥芯撑 (图一二), 铸接处的金相分析显示腹部含有较多铅, 铸接面清晰, 没有任何焊料的痕迹, 但锈蚀比器身和足都严重 (图一三)。盖顿斯指出, 皇家安大略博物馆藏东周铜鼎 (ROM933.23.64) 具有同样的铸接工艺, 而另一件鼎足 (ROM933.23.63) 的铸接更为复杂, 经过了两次铸接 (图一四)。虽然这种破坏式的研究方式是非常不可取的, 但他的结论无疑是正确的。



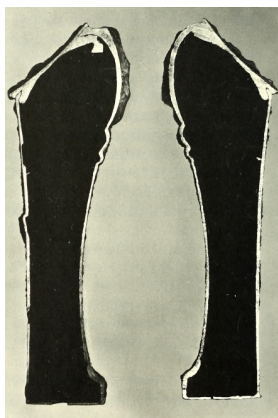
图八 盖钮的铸接

引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.78.

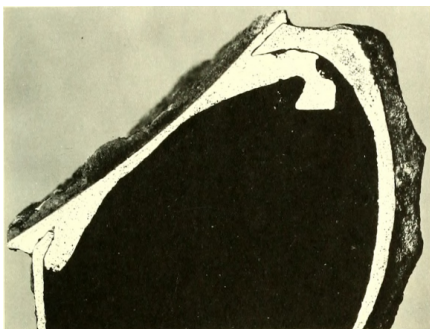
方罍 (35.12) 和凤鸟罍 (07.37) 的壑均是后铸的, 两个器物的柱帽也都是分铸的。其中, 方罍柱帽有更为复杂的铸接痕迹 (图一五: 1、2、3 均为铸接留下的痕迹)。从罍柱的 X 光片上, 可见柱帽中空带泥芯, 有两次铸接痕迹, 一个在柱帽下沿, 一个在柱的中段 (图一六箭头方向)。其铸接的方式是先铸柱帽, 然后掏出帽内部分泥芯; 同时铸出罍体 (连同部分柱, 柱中空), 掏出柱中部分泥芯, 再制作柱上段铸型, 且包含一短芯, 将它们与柱帽和罍体组合并浇注, 一头铸接进柱中,



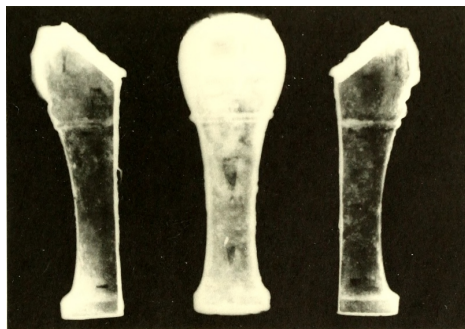
图九 鼎 (SC587), 引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.62.



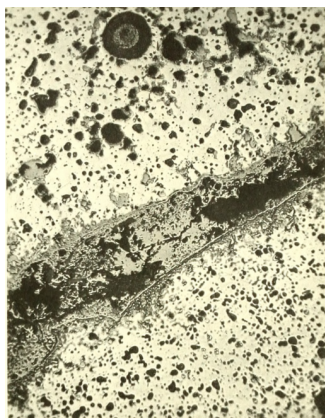
图一〇 鼎足与器身的连接 (SC587), 引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.63.



图一一 鼎足 (SC587) 铸接处的“扣合”设计, 引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.64.



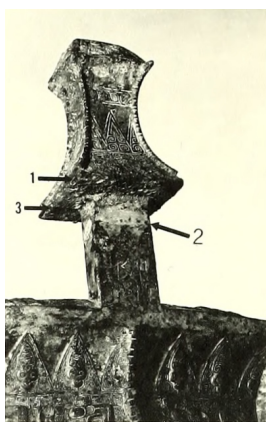
图一二 鼎足 (SC587) 的 X 射线透视照片, 可见泥芯撑, 引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.65.



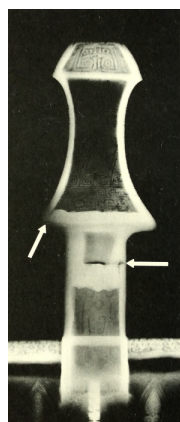
图一三 鼎(SC587)铸接处的金相分析
引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.66.



图一四 鼎(ROM933.23.63)足部的两次铸接结构
引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.68.



图一五 方罍(35.12)罍柱和柱帽的连接痕迹,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.98.



图一六 方罍(35.12)罍柱和柱帽的X光片,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.100.

另一头铸接进柱帽,完成铸接。

盖顿斯的研究显示,尊肩部的圆雕兽头多半是分铸的,而壶的铺首也是分铸的。他发现还存在扉棱先铸的现象,凤鸟罍(07.37)的三组扉棱是预先铸好的,对应处的内壁有相应的凹入,但另外两组扉棱是与器身浑铸的,而且预先铸好的三组扉棱的金属色泽与器身部分不同,更偏黄一些,明显两者的合金成分不同。此外,西周早期的簋(31.10)乳钉纹带中勾形扉棱是先铸的(图一七),商代壶(49.5)盖上的一只扉棱也是先铸的(图一八)。

江西新干大洋洲青铜器群中,宽而透空的扉棱是一重要特征,多件虎饰扁足圆鼎和虎饰方鼎的扉棱是先铸成形,再与鼎体铸接的^②。而贺家村出土的凤柱罍也有这种做法。因此,贺家村罍和弗利尔罍在簋的铸铆铸接上和盘龙城李家嘴簋一致,在扉棱的先铸铸接上和新干大洋洲多件青铜鼎相致,因此苏荣誉认为这两件罍具有商代南方青铜器的特点,应是南方铸造的,而扉棱先铸是南方青铜器的特征之一^③。

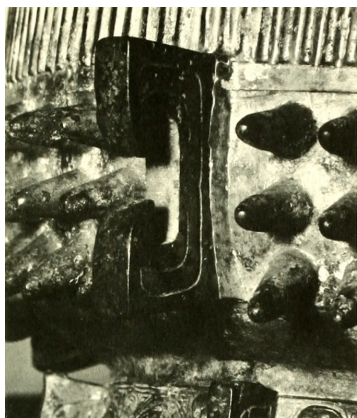
盖顿斯对分铸技术的研究给了后来的学者很大的启发。华觉明在对妇好墓群青铜器铸造技术进行研究时将分铸法分为榫卯式后铸法、铆接式后铸法、榫卯

式先铸法以及多次铸接等^④。笔者在此基础上对殷墟青铜器的分铸技术进行了更为详细的归类,并发现了一些新的做法^⑤。

2. 焊接技术

盖顿斯的研究中还涉及焊接问题。中国古代的焊接不同于现代意义上的焊接。现代的焊接(welding)观念是将分离的金属端部加热到熔融或半熔融态,加压或不加压或充填金属使之成为整体。也有焊接前本体金属并不预热的。中国古代的焊接技术一般都是利用熔融的充填金属把固态金属连接在一起的,又称为钎焊,这种方法主体金属并不熔化,仅依靠被焊件与焊料的粘附及相互扩散而结合。用低熔点铅锡合金作为焊料的称为软钎焊(soft solder)或锡焊、鎔焊、小焊,用高熔点合金,比如铜锌合金或银铜锌合金作为焊料称为硬钎焊(hard solder)或铜焊(brazing)、银焊、大焊。先秦以前的铜焊更类似铸焊,具体的做法是在需要焊接的部位安放铸型,用液态青铜连续灌注,形成类似铸接的一种形式^⑥。

盖顿斯发现器物的簋有三种做法,一种是与器身浑铸,一种是后铸铸接于器体,第三种就是将簋与器身分别做好,用铜焊将二者连接起来。西周晚期的双



图一七 簋(31.10)乳钉纹带中先铸的勾形扉棱,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.94

耳簋(24.11)的耳与腹部结合处有一圈青铜箍带状物,应该就是铜焊的部分(图一九)。耳下切开的试样表明青铜流入耳与腹部的缝隙,含锡量远高于基体,其熔点相应较低,具有铸态组织,属于铸焊。商代的觥(39.53)也有类似的现象(图二〇)。此外,西周时期铜盂(30.26)、春秋时期铜禁(39.5)的耳与器身连接的部位,均可见这种青铜箍带状物,即使用焊接技术连接鬯、耳等附件与器身。这圈青铜箍带状物,既达到了加固连接的作用,又能掩盖接缝^③。

史密斯(Cyril Smith)认为盖顿斯提及的这种焊接方式,所用焊料是糊状的时候擦或涂上去的^③,万家保则认为焊料的成分与基体比较接近,因此不属于“钎焊”^④。华觉明先生曾提及铜焊最晚在春秋时期已经使用,浙川楚墓中的大鼎,鼎体和鼎耳分铸,再用铜液铸焊使连接在一起^⑤。而苏荣誉研究宝鸡西国墓地出土青铜器时,曾指出甗的挂算钩是先铸成形后,被铸铆到甗部的工艺孔上的^⑥,这其实可能就是一种类似铆接式后铸法的焊接工艺,区别只在于铆接式后铸法并不预先铸造出附件,因此后铸的附件是一个整体,覆压在器体上,而焊接会在被连接的附件和器体之间形



图一九 西周簋(24.11)鬯根部的焊接痕迹,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.79.



图一八 商代壶(49.5)盖上先铸的的扉棱,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.95.

成一个单独的区域。金正耀曾借助叶家山曾国墓地出土青铜器的研究指出,发端于商末周初的联算铜甗,其结构上可称为“一线五点式”设计,制作工艺分为“半环铸接式”、“钩端铸接式”和“钩端铸焊式”三种^⑦。笔者详细分析了殷墟青铜器使用的铸焊技术,说明其强度并不小,这种技术也的确在西周以后的青铜器工艺中起到了重要的作用^⑧。张昌平对商周青铜器上焊接技术的演进做了非常全面的回顾,他指出,西周早期至西周晚期焊接技术大量使用,可以分为棒式焊接和卯式焊接两种形式^⑨。

四、结 语

从1969年《技术研究》一书出版,已经过去了半个世纪,在这么长的时间里,由于理论认识和研究手段的进展、铸铜遗址和青铜器群的发现,人们对中国古代青铜器的研究和认识也在不断进步,基本上对《技术研究》一书涉及的各个问题,都有不小的推进,而科学检测的手段、研究的内容以及分析方法,也更加丰富多彩了,比如CT技术的应用^⑩、X射线透视技术的改进^⑪、铅同位素分析^⑫以及近年来非常引人关注的



图二〇 商代觥(39.53)的鬯根部的铜焊痕迹,箭头所指处可见青铜箍带状物,引自 The Freer Chinese Bronzes, vol. II, fig.83.

“牛津体系”^④等,虽然这些研究也一直伴随着争论甚至反对的声音,但的确从各种维度拓宽着我们的认知。

从对考古遗物的观察、推测到借助技术手段的分析、检测,到多学科通力合作的综合研究,从仅仅关心器物本身的形制、纹饰、铭文、组合、技术,到关注作为手工业生产的铸铜业的流程、布局、管理,关注经济与社会、技术演进与文化遗产、传播交流的关系。然而,回望过去的研究历程,仍然可见一座座高耸的丰碑。我们所有的研究,都建立在对前人研究扬弃的基础上,并不断生发出新的路径。了解这些经典著作的缘起和思路,进而拓展自己的认知,就仿佛一路前行之后的蓦然回首,映入眼帘的,绝不只是旧时风景。

注释:

① Henry Trubner, In Memoriam: John Alexander Pope *Ars Orientalis*, Vol. 14 (1984), pp. 1-3.

② R. J. Gettens, *The Freer Chinese Bronzes, Vol. II, Technical Studies*, Washington DC: Smithsonian Institution, 1969.

③ Francica G. Bewer, A Chemist Under a spell: Rutherford John Gettens's Early Encounters with Chinese Bronzes, P. Jett, J. G. Douglas & B. McCarty eds. *Scientific Research on Ancient Asian Metallurgy*, The Fifth Forbes Symposium at the Freer Gallery of Art, Archetype Publications Ltd. and Freer Gallery of Art, Smithsonian Institution. London, Los Angeles, 2012, pp.3-11.

④ The Staff of Freer Gallery of Art, In Memoriam: Rutherford John Gettens. *Ars Orientalis*, Vol. 10 (1975), pp. 194-205.

⑤ None, In Memoriam: Rutherford John Gettens, 1900-1974. *Bulletin of the American Institute for Conservation*, Vol. 15, No.1, pp. 1-5.

⑥ R. J. Gettens, *The Freer Chinese Bronzes, Vol. II, Technical Studies*, Washington DC: Smithsonian Institution, 1969, XV.

⑦ Rutherford J. Gettens, *The Corrosion products of an Ancient Chinese Bronze*, *Journal of Chemical Education*, v.28, 1951, pp.67-71.

⑧ Rutherford J. Gettens, *Joining Methods in the Fabrication of Ancient Chinese Bronze Ceremonial Vessels, Application of Science in Examination of Works of Art*, Boston: Museum of Fine Arts, 1967, pp.205-217.

⑨ 比如 Robert W. Bagley, *Shang Ritual Bronze in the Arthur M. Sackler Collections*, Harvard Univ. Press, 1987. 国立故宫博物院:《故宫商代青铜礼器图录》, 国立故宫博物院, 1998年。

⑩ 华觉明:《中国古代金属技术——铜和铁造就的文明》,第36页,大象出版社,1999年;苏荣誉:《二十世纪对先秦青铜礼器铸造技术的研究》,泉屋博物馆、九州国立博物馆

编:《“泉屋透赏”——泉屋博古馆青铜器透射、扫描解析》,黄荣光译,第401~402页,科学出版社,2015年。

⑪ 刘屿霞:《殷代冶铜术之研究》,《安阳发掘报告》第四册,第681~696页,1933年。

⑫ Orvar Karlbeck, "Anyang Moulds", *BMFEA7*(1935), pp. 39-60.

⑬ 石璋如:《殷代的铸铜工艺》,《历史语言研究所集刊》第26本,第95~129页,1955年。

⑭ 陈梦家:《殷代铜器》,《考古学报》(第七册),第31~43,57,58页,1954年。

⑮ 近重真澄:"The Composition of Ancient Eastern Bronze", *Journal of the Chemical Society*, Vol.117, 1920.

⑯ 李济:《殷墟青铜器五种及其相关问题》,《庆祝蔡元培六十五岁论文集》,《历史语言研究所集刊》外编第一卷,1935年。

⑰ C.H.Carpenter, Preliminary Report on Chinese Bronzes,《安阳发掘报告》第四册,第679页,1933年。

⑱ 梅原末治:《支那铜利器之成分之考古学的考察》,《东亚考古学论考》,1940年;《四五之尊彝的化学成分》,分析者:山内淑人、小泉瑛一,见《东亚考古学论考》。

⑲ 道野鹤松:《古代支那之纯铜器时代》,载《日本化学会杂志》,No.55,1934年;《东洋古代金属器的化学的研究(2)》,1941年;《殷墟出土品型金属器的化学研究》,《东洋史集说》,富山房,1941年。

⑳ 梁树权、张赣南:《中国古铜的化学分析》,《中国化学会志》第17卷1期,1950年。

㉑ N. Barnard, *Bronze Casting and Bronze Alloys in Ancient China*, Australian National University and Monumenta Serica, Tokyo, 1961.

㉒ 岳占伟、荆志淳、刘煜、James Stoltzman、Mark Konoyer:《殷墟陶范材料的来源、处理及配方》,《南方文物》2015年第4期。

㉓ 刘煜、岳占伟、何毓灵等:《殷墟青铜器金属芯撑技术研究》,《南方文物》2015年第4期。

㉔ N. Barnard, *Bronze Casting and Bronze Alloys in Ancient China*, Australian National University and Monumenta Serica, Tokyo, 1961.

㉕ Wan Chia-pao, Notes on the Casting of the Handles of Some Bronze Vessels in Yin Dynasty,《“中央研究院”历史语言研究所集刊》46, 1968.

㉖ 华觉明:《铜和铁造就的文明——中国古代金属技术》,第181~184页,大象出版社,1999年。

㉗ a. 苏荣誉等:《新干商代大墓青铜器铸造工艺研究》,江西省文物考古研究所等:《新干商代大墓》,第257~300页,文物出版社,1997年; b. 苏荣誉:《新干大洋洲商代青铜器群铸造工艺研究》,见:《磨戟——苏荣誉自选集》,第63~116页。

㉘ 苏荣誉:《安阳殷墟青铜技术渊源的商代南方要素——以铸铆结构为案例的初步探讨兼及泉屋博古馆所藏凤柱簋的年代和属性》,泉屋博古馆、九州国立博物馆编,黄荣光译:《泉屋透赏——泉屋博古馆青铜器透射扫描解析》,

下转 第43页

④a. 石野博信:『古代住居の日常土器』,『樞原考古学研究所論集』第6集,吉川弘文館,1984年;b. 西秋良宏:『放棄行動に関する最近の考古学的研究』,『東海大学校地内遺跡調査団報告5』,1995年。

④b. 都出比呂志:『日本農耕社会の成立過程』,岩波書店,1988年。

④c. 羽生淳子:『縄文土器における文様・形態の類似と相異——遺跡相互間の関係の分析と復元にむけて』,『信濃』第26巻第10号,1984年;b. 羽生淳子:『縄文土器の類似度——土器の属性分析に基づく遺跡間の関係復元への新たな試み』,『史学』第55巻第2、3号,1986年;c. 寺沢薫:『布留0式土器拡散論』,『考古学と地域文化』,同志社大学考古学シリーズIII,1987年。

④d. 田崎博之:『土器研究の新視点——弥生時代土器を中心とした土器生産・焼成と食・料理』,日本六一書房,2007年。

④e. 都出比呂志:『日本農耕社会の成立過程』,岩波書店,1988年;b. 都出比呂志:『古墳出現前夜の集団関係——淀川水系を中心に』,『考古学研究』第20巻第4号,1974年。

④f. 鳥居龍藏:『鳥居龍藏全集』第3巻,朝日新聞社,1976年。

④g. 小林行雄:『女王国の出現』(『国民の歴史』)一,文英堂,1967年。

④h. 希安·琼斯著,陈淳、沈辛成译:《族属的考古——构建古今的身份》,上海古籍出版社,2018年。

④i. 小林行雄、佐原真:『紫雲閣』,詫間町文化財保護委員会,1964年。

④j. 小林正史:『北タイと東北タイの土器生産様式の違いを生み出した背景』,『北陸学院短期大学紀要』第39号,2007年;b. 王福莲:《传统制陶业的民族考古学研究》,南京大学硕士论文,2016年。

④k. 都出比呂志:『考古学からみた分業の問題』,『考古学研究』第15巻第2号,1968年;b. 都出比呂志:『日本農耕社会の成立過程』第四章第五節:土器の地域色と通婚圏,岩波書店,1988年;c. 佐々木藤雄:『縄文時代の通婚圏』,『信濃』第33巻第9号,1981年。

④l. 都出比呂志:『交易圏と政治組織』,『日本農耕社会の成立過程』,岩波書店,1989年;b. 設楽博巳:『弥生時代の交易・交通』,『考古学による日本歴史9 交易と交通』,雄山閣,1997年;c. 常木晃:『考古学における交換研究のための覚書(1)(2)』,『東海大学校地内調査団集』第1、2巻,1990、1991年。

④m. 向桃初:《二里头文化向南方的传播》,《考古》2011年第10期。

(责任编辑:周广明)

上接 第50页

第352~386页,科学出版社,2015年。

⑤a. 华觉明、冯富根、王振江等:《妇好墓青铜器群铸造技术的研究》,《考古学集刊》(第1集),中国社会科学出版社,1981年。

⑤b. 刘煜:《试论殷墟青铜器的分铸技术》,《中原文物》2018年第5期。

⑤c. 华觉明:《铜和铁造就的文明——中国古代金属技术》,第138页,大象出版社,1999年。

⑤d. R. J. Gettens, *The Freer Chinese Bronzes*, Vol. II Technical Studies, Washington, 1969, pp.134-137, 86-87, 60.

⑤e. 可能出自史密斯与盖顿斯私下沟通的报告,参见 R. J. Gettens, *The Freer Chinese Bronzes*, Vol. II, Technical Studies, Washington, 1969, pp.86,131.

⑤f. 万家保:《试论中国古代青铜器的连接方法——中西古代金属技术发展比较之二》,《大陆杂志》第六十四卷第六期。

⑤g. 华觉明:《铜和铁造就的文明——中国古代金属技术》,第13~142页,大象出版社,1999年。

⑤h. 苏荣誉:《强固墓地青铜器铸造工艺考察和金属器物检测》,卢连成、胡智生:《宝鸡强固墓地》,第635页,文物出版社,

版社。

⑤i. 金正耀:《商末至西周早期铜器工艺的演变及其意义》,陕西省考古研究院、上海博物馆:《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。

⑤j. 刘煜:《商周青铜器的铸焊技术》,《亚洲铸造技术史研究发表概要集13号》,亚洲铸造技术史学会,2019年。

⑤k. 张昌平:《商周青铜礼器铸造中焊接技术传统的形成》,《考古》2018年第2期。

⑤l. 泉屋博古馆、九州国立博物馆编,黄荣光译:《泉屋透赏——泉屋博古馆青铜器投射扫描解析》,科学出版社,2015年。

⑤m. 胡东波:《文物的X射线成像》,科学出版社,2012年。

⑤n. 金正耀:《中国铅同位素考古》,中国科学技术大学出版社,2008年。

⑤o. 马克·波拉德、彼得·布睿、彼得·荷马等:《牛津研究体系在中国古代青铜器研究中的应用》,《考古》2017年第1期。

(责任编辑:周广明)