

中国古代发达的高温冶铜与古铜器的湮灭

Advanced High Temperature Copper Metallurgy of Ancient China and the Annihilation of Ancient Copper Wares

供稿|毛卫民^{1,2}, 李一鸣², 王开平¹ / MAO Weimin^{1,2}, LI Yiming², WANG Kaiping¹

内容导读

自公元前五千纪以来,中国在人工冶铜所需的加热技术上一直保持着传统的高温优势,并基于高温人工冶铜技术,以熔化成液态的方式高效率地生产优质金属铜或铜合金,然后再铸造成各种铜器或铜锭使用。在铜器时代结束前,足够高的冶铜温度使得早期中国各地在铸造铜器时,不仅经常地重熔人工冶铜生产出来的半成品铜锭,而且还注重回收并重熔失效废弃的铜器、已成型的废品或低质量铜器、前期铸造产生的浇口和飞边等废料以及其他制造和使用铜器过程产生的边角料;甚至长期存在并不去冶炼新铜,只从事回收和重熔加工废旧铜器的铸造作坊。同时,还曾保有系统性地重熔敌方被缴获的铜兵器行为。因此,高温技术优势和随之而来废旧铜器的系统性重熔加工,导致了大量早期铜器,尤其是铜工具的湮灭,以致在如今的冶金史研究中难以更多地仅注重或依靠发掘考古文物来再现和评判中国早期铜器的发展状态。

引言

19 世纪到 20 世纪期间,欧洲人对西亚进行了大规模的考古挖掘^[1],逐渐认清了西亚苏美尔文明和北非古埃及文明的面貌^[2],并意识到西亚地区率先发明人工冶铜技术以及向古希腊、古罗马地区的传播对西方文明的发展产生了非常重要的影响^[3]。西方社会早期的文献认为^[4],中国的人工冶铜技术出现于公元前二千纪的晚期,即接近公元前 1500 年的商代早期,而且认为是由西亚传播过去的技术;这种认知在中国也产生了很大影响^[5]。产生出这种认知的原因

不仅在于欧洲人对西亚地区早期人工冶铜技术的叹服,而且也在于尚不了解中国对古代铜器考古所发掘出的大量成果,这些成果包括了考古发掘到的众多公元前三千纪(公元前 3000 年至前 2000 年)以及公元前 3000 年之前的一些铜器^[6]。同时,在中国也发现了一些公元前 2000 年以前的人工冶铜遗址^[7-8];甚至在河西走廊还发现了约公元前 3000 年的铜矿渣(图 1)。

然而,公元前 2000 年之前中国铜器的考古发现虽然遍及全国各地及周边地区,但整体上看,总数

作者单位: 1. 北京科技大学, 北京 100083; 2. 内蒙古科技大学, 内蒙古 包头 014010



图1 河西走廊火石梁遗址地区约公元前3000年的铜矿渣(酒泉市博物馆)

不够充足^[6]；以至诸如在陕西发现的约公元前4700年早期的黄铜和白铜制品等一些考古发掘^[9-10]时常会遭到各种质疑，乃至公元前2000年之前中国是否曾存在过本土的人工冶铜技术仍需要作进一步的论证。如果公元前2000年之前中国已经有了人工冶铜技术，应另有原因导致了迄今的考古挖掘只能发现较少的古代铜器。

中国的传统高温技术与公元前2000年之前铜器的熔铸

分析显示，远古历史上的中国具备了发展人工冶铜技术的充分条件和机会^[11]。而且在高温加热方面保有的技术优势^[12]，使得中国所实施的早期人工冶铜技术就已经包括了高效、优质的高温人工冶铜，即可以把冶炼出来的金属铜加热成液态并铸造成型。

在内蒙古敖汉旗红山文化的西台遗址中出土了两组铸造青铜器完整的模具陶合范，是约公元前4500至前4000年红山文化中期用于铸造小青铜器的模具^[13]。第一组单扇的外形为长5 cm、宽3.5 cm、厚2 cm的长方体，上面留有浇口，另一组为每扇长2.5 cm、宽2.1 cm，也留有浇口。另外遗址周边还出土了6件单扇的陶范，均为残件。在山西榆次源涡镇发现了约公元前3000年仰韶文化晚期的铜炼渣，在山东诸城呈子发现了约公元前3000年的铜渣和炼铜原料^[14]。另外，在山东日照市天台山下的新石器时代遗址中也发现了约公元前4000年至前2000年

期间的青铜冶炼遗迹^[14-15]。可见，基于足够好的高温技术，公元前3000年或更早的时期中国多地已经出现了高温人工冶铜并用熔化的铜液铸造铜器的现象。

约公元前3000年至前2000年是中国五帝时代，人工冶铜以及用熔化的铜液铸造铜器的现象逐渐普及。约公元前2000年前后的内蒙古赤峰药王庙夏家店下层文化遗址中曾发现了铜渣^[14]。公元前2600年至前2100年湖北石家河文化遗址的铜器也显示，当时出现了高温人工冶铜技术和铸造铜器^[16]。对石家河文化中期的铜器分析表明^[17]，当时很少丢弃损坏的铜器，其中大部分被重熔、重制，这显然意味着当时的高温技术可以比较容易地熔化已成型的铜器。如今经考古发掘并偶然发现的铜器件数远不能代表曾经实际使用过的铜器数量，因为当时许多铜器因重熔而消失了。约公元前2600年至前2500年的湖北屈家岭遗址地层出土了一件斧形铜锭，该铜锭是准备与其它被废弃的铜器混合，用于后续铸造成新铜器过程中的半成品；因此当地损坏的铜器被重熔、重制的比例非常高，很少被丢弃或埋藏^[17]。约公元前2000年或更早，陕西神木石峁遗址周边已存在铸铜生产，当时的铜料还比较珍贵，金属锭块、浇口和飞边等铸造废料、铸造废品，甚至锉磨产生的金属颗粒均会被回收重熔^[18]。早期制作的铜器主要是小型工具或装饰品，废弃后很容易被送去重熔并重新制成新铜器，导致今天丧失了大量经考古发掘而获得早期铜器文物的机会^[17]。

夏、商、周时期铜器的重熔处理

公元前2000年之后的夏、商、周时期，中国逐渐进入了铜器时代的顶峰时期，高温加热能力不断提高，到了商代出现了超过1200℃才能烧制出的原始瓷器^[19]；重熔残缺、废弃、失效的铜器及铜器的边角料日益成了普遍的行为。在陕西夏代朱开沟遗址中发现的一些铜容器残片可能就是待重熔回收的原料^[20]。湖南湘江流域因重熔了中原地区的铜器，才制成了与中原铜器化学成分相近，但具有本地晚商外形风格的铜器^[21]。

进入西周时期后，人工冶铜过程通常会先把铜矿石熔炼成铜锭(图2(a))，再经熔化、铸造加工制作

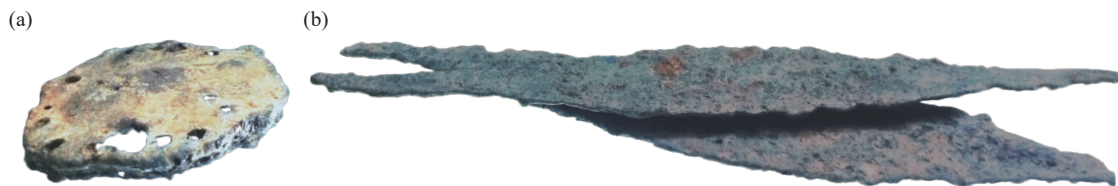


图2 人工冶铜制作的周代铜锭:(a) 公元前 1046—前 771 年;(b) 公元前 770—前 476 年(上海博物馆)

出铜器;且铸铜作坊不断将锡青铜残片进行重熔利用。河南荥阳官庄遗址的铸铜作坊就以重熔的方式利用以往的各种金属资源,该地出土的一些碎铜片可能就是待重熔的金属原料^[22]。陕西岐山县西周孔头沟遗址的铸铜作坊与同期周原李家和洛阳北窑两处铸铜作坊的产品大体相同,但孔头沟遗址铸铜作坊在实施金属熔炼、铸造活动时,并不以铜矿石为原料实施常规的冶铜活动,而是专门以纯铜、粗铜和废旧铜器为原料从事铸造青铜器,且该作坊的运作从西周中期持续到西周晚期^[23]。对河南省洛阳市北窑村西周时期相似铸铜作坊遗址的研究显示^[24],当时铸铜作坊使用牛皮囊向铸造熔炉内鼓风,使得熔炉温度达到 1250℃,远高于铜器的熔点^[24]。

东周春秋时期,优良的高温技术普及各地,人工冶铜过程基本都是先把铜矿石熔炼成铜锭(图 2(b)),再经重熔后铸造成各种铜器。对湖北钟祥黄土坡墓地所出土春秋青铜器的分析显示,各种金属资源逐渐变得越来越丰富,并不总是需要借助重熔的方式保持铜器的产量^[25]。分析陕西春秋初期韩城梁带村墓地出土铜器的制作过程可以看出,如果铜器质量过于粗劣,就会重熔再铸,且因质量不达标而回炉重铸的铜器不在少数,以至当时青铜器的质量普遍较高^[26]。而对陕北东周时期铜器及冶铸遗物的分析则反映出当地重熔旧铜器也是常见的现象^[27],上海地区广富林遗址的研究也显示出,春秋时期存在将一些青铜器重熔后再铸造出其他器物的情况^[28],东周晚期山西长治在部分铜器的生产过程中同样会回收并重铸早期的铜器^[29]。

春秋初期,不仅铜器旧了可以重铸,而且不用了也可以改铸别的铜器;且铜器被视为国家的重器,在打了胜仗后,往往把俘获的兵器改铸为别的铜器^[30]。一些公元前 771 年至前 256 年东周时期青铜器上的铭文显示:为了铸造新的礼器,需在战斗

后熔化铜武器^[31]。在湖南南部衡阳、郴州、永州等地战国时期的铜器中,高等级贵族使用的青铜器往往采用精炼程度较高的新炼材质来重熔和配比合金,而低等级贵族使用的青铜器则可能仍使用了废铜或其他成品重熔,因而很难精准控制合金比例,导致成分波动范围很大^[32]。

分析认为^[33],在夏、商、西周各时期都发现有各种铸铜遗迹,包括河南偃师二里头的夏代铸铜遗址,河南偃师商城、郑州商城、安阳殷墟等处的商代铸铜遗址;西周时期陕西长安马王村和张家坡、岐山周公庙、扶风李家村等处也有铸铜遗址。另外,在湖北盘龙城商城的夏商时期遗址,在山西运城东下冯商城、江西新干大洋洲、河南的郑州小双桥和南阳十里庙、陕西的西安老牛坡、蓝田县怀珍坊等众多商代遗址,以及在陕西岐山劝读、山西天马-曲村、陕西宝鸡周原齐家村北齐镇等西周时期遗址都发现有早期铸造铜器的遗迹。观察商周时期铸铜遗存的出土地点,既分布于都城附近的遗址,也发现于非都城遗址;因此商周时期铸铜业和铜器的使用应非常普及,同时流行于贵族阶层和普通民众^[33]。

铜器时代结束前中国大量远古铜器的湮灭

实际上,早至西周时期在铜器的铭文上就已经描述了回收重铸武器、容器等相关事件^[34]。司马迁的《史记》中也记载了秦始皇回收天下兵器而铸十二巨型铜人的事件;这种大规模、普遍的回收与重熔,导致商代铜器的化学成分会影响到周代的铜器,中原地区铜器的化学成分也会影响到北方草原地区的铜器^[34]。

先进的高温技术促进了中国早期极为繁荣的铜器时代^[35],从冶金考古的角度观察,中国早期在高温技术方面的传统优势也会产生负面效应。中国出现人工冶铜技术的前期,社会上流通的铜器总量并

不十分充沛；因而人们通常并不会随便丢弃经使用而失效的铜器。优良的高温技术及在各地的普及使得人们很容易把损坏、废弃的旧铜器收集起来重新熔化，然后再制成新的铜器使用。由此导致各地的考古遗址中所发掘到的石质器具与铜器的总体比例并不能确切地反映出当时社会生产中二者使用的真实比例^[36]；因为石质器具损坏后只能被丢弃，而青铜工具若在使用中磨损、破废，就可以熔化改铸为新工具，且可再磨损、破废而再改铸，以致大量湮灭掉了曾经出现的铜器，大幅度减少了可供考古发掘的铜器遗骸。

中国的铜器时代在高温技术^[12]和铜矿资源^[11]方面的优势，导致先秦时期有能力大量制造各种非实用的豪华礼器，其特征往往表现为超大的尺寸、体积和重量；如约公元前 1200 年河南单件超过 800 kg 的后母戊鼎和湖南高 58.3 cm 的四羊方尊^[37]，以及约公元前 430 年湖北总质量为 2567 kg 的曾侯乙青铜编钟等厚重而精美的铜器^[38]。先进而发达的铜器制作技术造就了繁荣的铜器时代^[39]和强大的社会经济能力，以致上层贵族获得了不断追求大量制作和使用各种非实用青铜礼器的闲暇，且去世后又作为随葬品进入了墓葬，因而得以保留至今。另一方面鉴于职业的关系，上层的军事首领以及贵族也会大量保有自己喜爱的青铜兵器，并在去世后把各种兵器作为随葬品带入墓葬。然而，当时的社会以及作为劳动阶层的普通民众虽然会大量使用青铜工具，但并不会推崇和珍藏青铜工具，因为工具无法展示值得炫耀的社会地位和财富。尤其是普通民众不能承受过高的丧葬花费，通常也不会把劳动工具带入墓葬。尚且良好的铜工具会被继续使用，而那些失效、废弃的铜工具则不可避免地大量重熔而制成了新的铜器。有鉴于此，今天考古发掘能够获得的铜器主要是礼器和兵器。虽然考古挖掘也发现了大量先秦时期的铜工具^[40]，包括公元前 2000 年及之前的铜工具^[9]。但是，如果用铜工具最终留存至今的数量与已发掘出的铜礼器和铜兵器比较，则相应的比例关系已经远远偏离了历史上的真实情况；以致一些人会误认为，先秦时期的社会并未大量制作出对于维持社会经济水平至关重要的铜工具，殊不知因重熔加工使失去使用价值的铜工具即时地被大量湮

灭掉。

与传统石器相比，铜器具有较长的服役周期和使用寿命^[41]。随着人工冶铜技术的进步，商周时期新铜器的制成速度必然高于失效旧铜器的废弃速度。诸如持续运转到西周晚期的陕西岐山县孔头沟青铜器作坊，曾长期专门以废旧铜器为原料从事铸造生产^[23]；为维持生产运转，这类作坊不仅需要回收即时废弃的铜器，而且还必然主动搜寻和回收历史上遗留下来的废旧铜器，尤其是那些并不受到人们重视的废旧铜工具。由此导致了今天可借助考古发掘而获得的铜器，尤其是铜工具的大量缺失。

综上所述，中国长期的高温熔炼和重熔技术的实施，以及各地不从事以铜矿石冶炼为主的专业铸铜作坊的长期存在，在铜器时代结束前大量地毁灭掉了早期已生产出并被废弃的铜器，极大地减少了中国早期社会曾经出现过且今天考古发掘能够找到的铜器数量，并掩盖住中国早期人工冶铜发展状态的真面目。由此可见，不能期待仅依靠已发现的考古铜器，或早期铜器文物的数量就能正确地评价中国早期的铜器时代。发现了古代铜器说明该铜器及相应人工冶铜技术在历史上的真实存在，没发现足够多应该存在过的铜器，并不能完全否认其曾经存在过的历史；因此，在根据考古发掘获得的铜器对中国铜器时代的早期做出某种判断时需要采取更为慎重的态度。

结束语

新石器时代晚期，中国各地陶窑的加热温度普遍超过 1000 °C，商代的加热温度则提高到可以烧制原始瓷器的 1200 °C 以上的高温，到了西周时期在改进了鼓风技术后通常人工冶铜熔炉的温度可稳定地维持在 1200~1250 °C 范围。这些加热技术所达到的温度均远高于各种铜器的熔点，由此中国各地出现了许多不使用常规铜矿石冶铜生产，而长期以回收纯铜、粗铜和废旧铜器为原料，以重熔铸造方式制作新铜器及青铜器的作坊，进而在铜器时代结束前大量地湮灭掉了更早期的废旧铜器，尤其是大量湮灭掉了那些难以进入墓葬而当时尚存的铜工具，以致如今发掘到的铜器考古文物，难以直接反映出中国铜器时代早期真实的铜器使用状态。

参考文献

- [1] 拱玉书. 西亚考古史. 北京: 文物出版社, 2002
- [2] 拱玉书. 日出东方: 苏美尔文明探秘. 昆明: 云南人民出版社, 2001
- [3] 毛卫民. 文明与物质: 从材料学视角探索中西方文明差异. 北京: 中国社会科学出版社, 2018
- [4] Tylecote R F. *A History of Metallurgy*. London: The Metall Society, 1976
- [5] 宋亦箫. 中国与世界的早期接触: 以彩陶、冶铜术和家畜种植物为例. 吐鲁番学研究, 2015(2): 19
- [6] 毛卫民, 李一鸣, 王开平. 中国及周边地区早期的铜器. [金属世界](#), 2024(1): 23
- [7] 孙楠, 李小强, 周新鄂, 等. 甘肃河西走廊早期冶炼活动及影响的炭屑化石记录. [第四纪研究](#), 2010, 30(2): 319
- [8] 陶玉乐. 金塔胜迹. 兰州: 甘肃文化出版社, 2017
- [9] 华觉明. 中国古代金属技术. 郑州: 大象出版社, 1999
- [10] 蔡全法. 从黄帝铸鼎看我国古代鼎的起源与发展 (上). [文物鉴定与鉴赏](#), 2011(8): 54
- [11] 毛卫民, 李一鸣, 王开平. 中国的铜矿资源与发展人工冶铜的机会. [金属世界](#), 2024(3): 12
- [12] 毛卫民, 李一鸣, 王开平. 中国古代的高温技术与发明人工冶铜. [金属世界](#), 2024(2): 42
- [13] 杨虎, 林秀贞. 内蒙古敖汉旗红山文化西台类型遗址简述. [北方文物](#), 2010(3): 13
- [14] 华泉. 中国早期铜器的发现与研究. 史学集刊, 1985(3): 72
- [15] 段守虹. 巨石建筑之神论诠释: 有关对太阳崇拜的远古遗存之一. 世界文化, 2013(3): 56
- [16] 陈树祥, 龚长根. 湖北新石器时代遗址出土铜矿石与冶炼遗物初析: 以鄂东南和鄂中地区为中心. 湖北理工学院学报 (人文社会科学版), 2015, 32(5): 1
- [17] 郭静云, 邱诗莹, 郭立新. 石家河文化: 东亚自创的青铜文明. [南方文物](#), 2019(4): 67
- [18] 苏荣誉. 关于中原早期铜器生产的几个问题: 从石峁发现谈起. 中原文物, 2019(1): 26
- [19] 李家治. 中国科学技术史: 陶瓷卷. 北京: 科学出版社, 1998
- [20] 陈坤龙, 杨帆, 梅建军, 等. 陕西神木市石峁遗址出土铜器的科学分析及相关问题. 考古, 2022(7): 58
- [21] 黎海超, 崔剑锋, 盛伟. 湖南宁乡炭河里与望城高砂脊出土铜器的铅同位素分析及相关问题. 考古, 2019(2): 105
- [22] 张吉, 郜向平, 丁思聪, 等. 河南荥阳官庄遗址铸铜技术与金属资源变迁初步研究. 南方文物, 2021(3): 162
- [23] 种建荣, 郭士嘉, 雷兴山. 陕西岐山孔头沟遗址铸铜作坊发掘简报. 南方文物, 2019(3): 59
- [24] 叶万松, 张剑. 1975—1979年洛阳北窑西周铸铜遗址的发掘. 考古, 1983(5): 430
- [25] 张吉, 王丹, 贾汉清, 等. 钟祥黄土坡墓地出土春秋青铜器的检测分析及相关问题研究. 南方文物, 2019(3): 104
- [26] 陈小三. 再谈韩城梁带村 M27 出土一组铜器的年代及相关问题. 中国国家博物馆馆刊, 2020(5): 45
- [27] 刘建宇, 陈坤龙, 梅建军, 等. 陕北地区出土东周时期铜器及冶铸遗物的科学分析研究. 中国文物科学研究, 2018(1): 63
- [28] 顾雯, 廉海萍, 陈杰, 等. 广富林遗址出土周代青铜器合金成分与金相分析. 文物保护与考古科学, 2021, 33(1): 88
- [29] 南普恒, 贾尧, 高振华, 等. 分水岭东周墓地铜器材质、工艺及矿料特征的再认识. 南方文物, 2021(3): 191
- [30] 唐兰. 中国青铜器的起源与发展. 故宫博物院院刊, 1979(1): 4
- [31] Liu R L, Pollard A M, Cao Q, et al. Social hierarchy and the choice of metal recycling at Anyang, the last capital of Bronze Age Shang China. *Sci Rep*, 2020, 10: Art No. 18794
- [32] 林永昌, 罗胜强, 肖毓琦, 等. 楚地南缘战国铜器的技术与传统. 南方文物, 2022(5): 188
- [33] 近藤晴香. 大周原地区铸铜遗存与西周的政体. 三代考古, 2015(6): 365
- [34] 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(1): 95
- [35] 毛卫民, 王开平. 铁器时代演变与工业革命. [金属世界](#), 2019(2): 17
- [36] 陈振中. 中国古代青铜生产工具刍议. 中国经济史研究, 1986(4): 39
- [37] 吕章申. 中国国家博物馆. 北京: 长征出版社, 2011
- [38] 毛卫民, 王开平. 金属与中西方文明的崛起. [金属世界](#), 2020(6): 1
- [39] 毛卫民, 王开平. 繁荣的铜器时代与中华文明融合统一的特征. [金属世界](#), 2021(6): 1
- [40] 陈振中. 先秦青铜生产工具. 厦门: 厦门大学出版社, 2004
- [41] 毛卫民, 王开平. 金属的使用与中西方文明的发展 (I): 铜器制造和使用的差异. [金属世界](#), 2018(5): 22

作者简介: 毛卫民 (1950—), 男, 北京科技大学退休教师。曾长期开展材料基本原理和应用技术的研究, 现从事材料技术进步与人类社会发展内在联系的观察与分析, 著有《材料与文明》、《文明与物质——从材料学视角探索中西文明差异》、《文明的回荡——中西方文明特征差异的物质基础与演变概览》等著作。《金属世界》杂志社特邀作者。通信地址: 北京市海淀区学院路 30 号北京科技大学材料学系, 100083; E-mail: wmmao@ustb.edu.cn。