

对中国古代“铜石并用时代”的探讨

Exploration about "Chalcolithic Age" of Ancient China

供稿|毛卫民^{1,2} / MAO Weimin^{1,2}

内
容
导
读

以在历史演变的不同阶段发挥过主体作用的工具和器具材料为名称，人类社会先后经历了旧石器时代、新石器时代、铜器时代、铁器时代，其中新石器时代末期人工冶铜技术的出现促进人类社会进入了文明时代。在环地中海地区的西亚、北非、欧洲各地，当时的人工冶铜所需的高温技术和铜矿资源均无法满足社会发展对铜器的大量需求，导致该地区陷入了上千年低迷的铜器时代，以至欧洲的历史学界为此专门在新石器时代与铜器时代之间引入了铜石并用时代，借以分别观察该时段与其前后阶段显著不同的历史进程。而中华文明区在高温技术和铜矿资源方面的传统优势导致了铜器生产量和使用量的快速提升、以及非常繁荣的铜器时代，并积极推动了本地的历史进程。在中国并没有发现环地中海地区那种能显示出铜石并用时代特征的各种现象，以及这些现象对历史进程的相应影响，因此中国并未曾经历过具有特定历史意义的铜石并用时代。

引言

1836年丹麦国家博物馆学者汤姆森根据人类演变历史各阶段在制造各种工具和器具所使用的主要材料，提出了人类曾经历过石器时代、铜器时代、铁器时代的“三个时代”说^[1]。根据美国人类学家摩尔根的观点，人类社会的发展可以划分成蒙昧时代、野蛮时代和文明时代三个阶段。比较这两种时代划分方法，石器时代所对应的是蒙昧时代和野蛮时代，由此石器时代又被进一步划分成旧石器时代和新石器时代两个部分，在时间范围上分别与蒙昧时代和野蛮时代大体对应；铜器时代的出现加速了人类进入文明时代的进程，而铁器时代则对应着文明时代的后续阶段^[2]。然而，翻阅考古文献和历史文献

可以发现，在关于铜器时代的概念里还会涉及到红铜时代、青铜时代，甚至还有铜石并用时代等不同的观念^[3]。

谈及铜石并用时代，通常人们会直观地想到，新石器时代末期、铜器时代初期的交接过程必然存在一个石器使用量逐渐减少、铜器使用量逐渐增多的时段，并把该有限的过渡时段理解为铜石并用时代。但值得思考的是，在旧石器时代向新石器时代过渡时一定存在一个旧石器使用量逐渐减少、新石器使用量逐渐增多的时段，在铜器时代向铁器时代过渡时同样也存在一个铜器使用量逐渐减少、铁器使用量逐渐增多的时段。可是在考古文献和历史文献中为什么没有提及新旧石器并用时代和铁铜并用时代呢？由此可见，铜石并用时代并不能仅仅理解

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

成铜器逐渐取代石器过程中某一特定的年代那么简单。

人类早期接触到的铜矿石与所涉及的铜器时代

公元前 2000 年之前，世界各地的人类社会并未掌握精细控制铜器化学成分的知识和技术能力，所制作铜器的化学成分往往与当地铜矿资源是否还含有其他金属、以及含有何种金属密切相关^[4]。在自然界中早期人类所能遇到的铜矿石主要分为两大类，一类是在自然界中蕴藏量较少的氧化类铜矿石，例如蓝铜矿、黑铜矿、赤铜矿、绿铜矿、孔雀石等；另一类是占据了自然界蕴藏量主体的硫化类铜矿石，例如黄铜矿、斑铜矿、辉铜矿、黝铜矿、墨铜矿、硫砷铜矿、铜蓝等^[5]。在较低的温度始终保持固体状态下，氧化类铜矿石就可以转变成金属铜，属于低温铜矿石，这类铜矿石也可以在高温下快速地转变成金属铜；硫化类铜矿石则只有在较高的温度下才能转变成金属铜，因而属于高温铜矿石^[6]。

约公元前五千纪前后，当人们开始人为地制作铜器时，首先采用的往往是低温人工冶铜技术，尤其在环地中海地区，囿于当时有限的高温技术，低温人工冶铜的技术路线得到了更多的实际应用^[7]。铜矿石的化学成分中除了铜以外含砷或其他金属元素的总量很少时，所冶炼并制作出来的铜器就属于红铜器；否则所制作出来的就可能是砷铜、青铜或其他类型的铜器^[4]。如果某地区人工冶铜的温度无法超过 1000 °C 时，通常只能以冶炼蕴藏量较少的氧化类铜矿石为主，当温度可以超过、甚至明显超过 1000 °C 时，就可以冶炼所能遇到的几乎所有类型的铜矿石^[7]。例如，在足够高的温度下冶炼含锡铜矿石，就可以直接获得锡青铜（图 1）。



图 1 能直接人工冶炼出锡青铜的硫化铜锡矿石（中国地质博物馆，引自国家岩矿化石标本资源共享平台）

由此可见，由于在自然界中所获得的铜矿资源^[6-7]、人工冶铜高温技术能力^[8]以及冶铜技术路线^[9]等诸多方面的差异，在铜器时代早期的某一阶段，可能一些地域所制作和使用的主要是红铜器，因而该地域的这个时段被称为红铜时代；而另一些地区所制作和使用的主要是青铜器，由此该地域的这个时段则被称为青铜时代。不论是红铜时代、青铜时代，还是其他涉及铜的时代都可以统一地归属到铜器时代这个大的时间概念之内。

铜石并用时代初步概念的出现与伴生的困扰

人们对铜的最早认知起始于早期的环地中海地区和北美，早至公元前九千纪在西亚地区就开始出现由自然铜经捶打而制成的红铜制品，在伊朗地区先后发现了公元前七千纪和公元前五千纪的自然铜制品^[8]。自然铜就是自然界中的铜矿石在还原性气氛和环境中的自发转变成的金属铜^[7]。这些制品的化学成分以铜为主，虽然也含有各种杂质，但分布不均匀，总量也很少，并不构成铜器的主要成分，因此属于基于纯铜的红铜制品。

1861 年 Pearce 观察到^[10]，爱尔兰人工冶铜制作的红铜器出现于青铜工具之前；由此引发出，是否曾存在一个红铜时代的思考。1877 年意大利学者 G·基那里克提出，在石器时代和青铜时代之间应增加铜石并用时代为过渡期，因为红铜不宜用来制作大容器、锋利的武器及工具，且在当时社会发挥的作用并不大；这一过渡期的观点逐渐也被其他学者接受，但这个铜石并用时代当时所指的就是红铜时代^[11]。红铜时代这个术语于 1880 年被国际人类学和史前考古学大会所采用，随后在欧洲得到了广泛认可^[10]。之所以称为红铜时代是因为，北美早期的自然铜制品和欧洲早期的人工冶铜制品大多是红铜制品，如古希腊文明之前的爱琴海地区就曾经出现过许多借助人工冶铜技术制作的红铜器（图 2）。鉴于红铜时代的红铜器在数量和性能上都还不足以成为提高社会生产力的主要支撑，人们在使用具有性能优势的铜工具的同时还不得不大量使用传统的石器工具，因此，红铜时代也逐渐被称为铜石并用时代；铜石并用时代一词标识出当时在欧洲及包括北非、西亚、东南欧在内的环地中海地区铜器与石器一起

使用的时代特征，而红铜时代一词则表示所有使用的铜器以红铜为主，尚未出现青铜器^[10-11]。

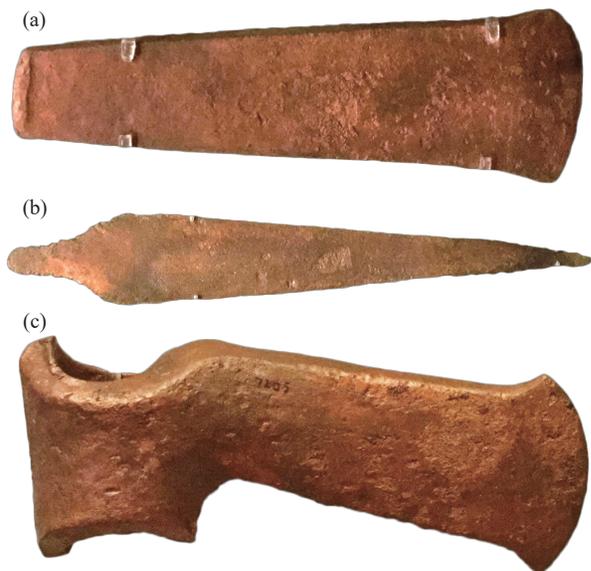


图2 爱琴海东北部靠近土耳其的利姆诺斯岛 (Lemnos) 波利奥奇尼 (Poliochni) 城邦遗址出土的公元前三千纪红铜器 (希腊国家考古博物馆): (a) 鏃; (b) 匕首; (c) 斧

“红铜时代”涉及自然铜和人工冶铜两种来源的红铜器，又与“铜石并用时代”交替或并列出现，两种称呼从不同角度反映了当时的时代特征，而这两个时代特征在全世界各地的历史上又未必总是同时出现。如此种种给后来者完整理解铜石并用时代的概念以及在不同场合正确地使用造成了很大困扰。通常认为，在最早出现人工冶铜技术的西亚地区，其铜石并用时代为公元前 4000 至前 3500 年期间^[12]；也就是说，西亚的人类族群在公元前五千纪早期或更早的时期发明了人工冶铜技术一段时间之后才开始进入铜石并用时代。因此在一些研究中，铜石并用时代并不一定要涉及更早期由自然铜制成的红铜器，甚至也不涉及早期人工冶铜技术出现后的一段时期。如此，进一步扰乱了铜石并用时代的概念。

自然铜形成过程和低温人工冶铜过程都是在铜矿石始终保持固体状态下转变成的金属铜，由此而来的自然铜或人工冶炼铜的化学成分主要取决于铜矿石的自然成分，人类无法作大幅度的干预。早期北美及环地中海地区的自然铜或人工冶炼铜之所以往往表现为红铜，是因为该地区作为原料的天然铜矿石以铜的化合物为主，其他金属元素化合物的含

量很少。由此，对比用铜石并用时代还是用红铜时代来表达特定地区人类社会刚刚开始进入铜器时代的相应阶段时可以进一步发现，铜石并用时代一词反映出了当时所使用各种工具材料的整体特点，而红铜时代中的红铜一词则更多地与相关地区铜矿石的成分联系在一起。假如需要更具普遍意义地描述这个时代，则使用铜石并用时代可能更为妥当，因为其他地区的铜矿石未必都是以较为单一的铜化合物为主，所产生的也未必都是红铜。

中国对铜石并用时代观念的引用和认知

欧洲的考古界认为，红铜时代之后所接续的是青铜时代，因为所制作的铜器中除了主要含铜之外还明显含有锡、砷或其它元素，即是在用铜合金制作铜器^[4]。如果用低温人工冶铜技术制作出了青铜，则所使用的铜矿石块除了含有铜的化合物外一定也含有其他金属或非金属化合物 (图 1)，所制作出青铜器的化学成分和尺寸主要取决于铜矿石块的化学成分和尺寸。如果用高温人工冶铜技术制作青铜，则可以把不同类型的铜矿石以及其它矿石以一定比例混合在一起，并把冶炼出的金属加热到熔点以上，制成特定成分的液态金属，再以铸造的方式制作出青铜器，或先铸造成青铜锭，然后打制成各种青铜器。早期的人类并不掌握控制青铜器化学成分的系统性知识，主要依靠积累的经验去调配不同铜矿石或其它矿石的比例，并借助较晚期才实现的高温冶铜技术制作出不同成分的青铜器^[7]。由此可见，欧洲地区红铜时代与青铜时代的先后顺序显然与历史上当地铜矿资源的开发过程以及冶铜技术的发展密切相关。

鉴于早期中国虚弱的考古研究能力，上世纪初期瑞典考古学家安特生受邀来中国从事考古研究^[13]，他基于西方对铜器时代研究的已有认知于 1923 年提出：中华文明初期的仰韶文化时期属于中国的新石器时代末期到铜石并用时代^[14]。20 世纪 50 年代，在甘肃齐家文化的武威皇娘娘台遗址和永靖大何庄遗址先后考古发掘出了公元前 2000 年之后中国夏代的若干铜器，且化学分析确认均为人工冶铜制作的红铜器，符合欧洲考古学界对红铜时代的认知；当时，尚未形成对中国更早期铜器考古发掘的深入研究，因此相关的中国考古研究认为，皇娘娘台遗址

和大何庄遗址的红铜器说明中国在齐家文化时期进入了红铜时代^[15-16]。基于安特生关于中国铜石并用时代的观念，中国的一些研究还把铜石并用时代从黄河中游地区的仰韶文化区进一步推广到黄河中下游的龙山文化区；同时也注意到，涉及铜石并用时代的一些地区并不全是红铜器，也会有青铜器，由此已偏离了欧洲铜石并用时代的初始理念^[17]。

中国的考古界在研究铜石并用时代的同时，也逐渐出现了对中国是否存在红铜时代的一些质疑，因为中国所涉及的铜石并用时代或红铜时代往往同时存在青铜、黄铜等其它铜器，并不符合欧洲铜石并用时代的基本理念^[18-19]。相关的研究发现，如果铜石并用时代是普遍现象的话，西亚、北非、欧洲的铜石并用阶段明显区别于东方各地^[20]，前者的铜石并用时代延续的时间很长，而后者延续的时间有限且时间边界很不清楚，甚至中国可能并不存在铜石并用时代^[21-22]。

基于在套用欧洲铜石并用时代时所遇到的种种困难，一些分析首先认定了中国铜石并用时代存在的必然性，然后依照中国从新石器时代向铜器时代过渡时期人工冶铜技术的特征，以及红铜、黄铜、青铜等多种铜器共存的种种现象，重新描述了铜石并用时代的内容，但仍使人感觉到在时间长度和地域连续性方面存在一些障碍和不适应性^[23]。另一方面，一些研究把西亚的铜石并用时代扩展到约公元前 6000 至前 3100 年，东南欧的铜石并用时代扩展到约公元前 5200 至前 3500 年；这样一来，铜石并用时代所对应的红铜不仅覆盖了早期人工冶铜所制作的红铜器，也连接到了西亚和东南欧的人工冶铜技术出现之前由自然铜制作的红铜器；面对学术界并不普遍承认中国存在铜石并用时代的现象，另有研究在同样认定了中国存在铜石并用时代的基础上，确认出中国的铜石并用时代大致为公元前 3000 至前 2500 年，覆盖了许多早期红铜器出现的时期^[24]。

中西方社会铜器时代的人工冶铜量与铜石并用时代的核心要素

对环地中海地区早期人工冶铜技术发展和铜器使用情况的系统性研究显示^[9]：由于高温技术的局

限，当时的人工冶铜技术只适合利用那些在较低温度下就可以转变成铜的铜矿石，且随着对铜器的需求量不断增加，逐渐耗光了低温可转变的铜矿石，导致铜器生产量和使用量的下降，不得不仍然大量使用传统的石质工具，进而进入了铜石并用时代。之后环地中海地区开始尝试改进高温技术、探索利用适于高温冶铜技术的铜矿石，并在约公元前 2500 年取得了突破，促使地中海东部盆地、小亚细亚、奥地利、西班牙和爱尔兰等地区的铜产量明显增加，也逐步终结了铜石并用时代。然而，由于当时的铜矿资源并未得到充分利用^[6,25]，即便解决了高温技术障碍，该地区总体上仍长期保持了比较低迷的铜器使用状态^[26]。据不准确的估计，公元前 2000 年至前 700 年铜器时代晚期的约 1300 年期间，上述广大地区内累计的铜器总产量约为 50 万 t，平均每年仅几百吨^[9]。而反观中国的人工冶铜历史则是另外一种景象。

长江中下游地区是铜器时代中国主要的古采矿冶铜遗址分布区，迄今为止在该地区的远古人工冶铜遗址中已经有了一些考古发掘。湖北铜绿山是古荆州的产铜基地，在该基地的冶铜遗址上堆放的铜炼渣有几百万吨，涉及到商周铜器时代^[27]。经铜绿山部分冶铜遗址的考古发掘，发现了多达 40 万 t 的铜炼渣^[28]。以先秦时期的铜器生产为主进行推测，产生这些铜炼渣所对应的粗铜生产量应达到了 8~12 万 t^[28-31]。安徽省内有 20 处先秦时期的铜矿点，矿点附近的冶铜遗址所堆积的铜炼渣达百万吨以上，其中南陵地区冶铜遗址的铜炼渣有约 30 万 t^[32]；以先秦时期为主，铜陵地区堆积下来的铜炼渣总量约在 40 万 t 左右^[27]，而在滁县的何郢遗址堆积的铜炼渣则估计有 50 万 t^[33]。在江西瑞昌铜岭遗址古采矿区发现了夏商时期数十万吨的冶炼炼渣^[31]。以上并不是对湖北、安徽、江西三省商周时期人工冶铜生产完整的考古发掘与统计。如果以铜炼渣堆积量的十分之一来粗略地推算当时的铜产量，则从商周初期至末期的 1000 多年以来，长江中下游的湖北、安徽、江西三省在上述冶金遗址区域总共生产了约 100 万 t 或更多的粗铜。如果考虑三省完整的冶金考古数据以及中国其它各省市同时期可能的粗铜产量，中国商周时期铜器的总产量一定是个非常巨大的

数字。

20 世纪末期，前苏联考古学者切而尼 (Chernykn) 曾分析过包括保加利亚在内、喀尔巴阡山-巴尔干等东南欧地区在公元前 5000 至前 1000 年期间金属生产量的起伏变化^[34]，图 3 示意性地给出了分析结果。可以看出，该地区在公元前 4000 年前后达到金属生产量的一个高峰后迅速跌入低谷，然后到约公元前 1500 年之后，铁器时代来临之前又再次进入高峰期 (图 3)。这里所显示的低谷时期与上述环地中海地区的情况基本一致^[9]。由此可见，最初的铜器生产量达到一个高峰期后，又显著下降直至下一个高峰期来临，这 2 个高峰期之间的时段应该就是所谓的铜石并用时代；即因铜器产量大幅度下降，又不得不增加石器的使用量。这或许与当时欧洲的人工冶铜技术尚未能广泛地去冶炼高温铜矿石有关^[9]。同理，西亚地区才会在公元前 5 千纪出现人工冶铜技术之后的公元前 4000 年才进入了铜石并用时代^[12]。由于在高温技术上的传统优势^[7]，早期中国并不会出现类似的现象，即中国难以出现铜石并用时代。

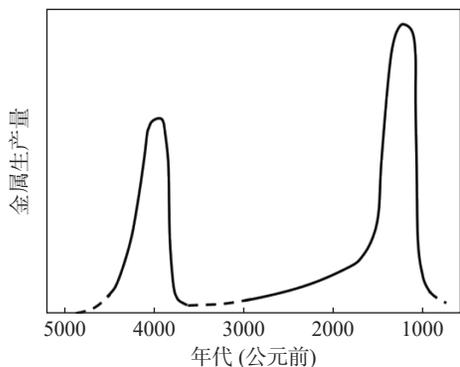


图 3 公元前 5000 至前 1000 年东南欧地区金属生产量的起伏变化^[34]

欧洲的历史、考古界在新石器时代和铜器时代之间增添了铜石并用时代，以便于观察和分析相应的历史进程；其核心要素在于：已发明了人工冶铜技术并开始越来越多地使用铜工具之后，在非常长的时间内，环地中海地区因高温技术和当时可利用铜矿资源方面的限制造成了铜器生产量的下降并长期陷入低迷的使用状态。这个漫长的铜石并用时代影响了该地区历史演变的进程，以至历史学家们不得不单独地列出一个铜石并用时代，进行针对性的观察、阐述和分析。长期的铜石并用时代甚至对后

续的古希腊和古罗马的文明特征产生了影响^[26-35]。旧石器时代是古猿向现代人转变以求生存的时代，新石器时代是史前人类借助定居、农耕畜牧以求温饱的时代，铜器时代则是人类追求温饱有余的生存并进入文明状态的时代；石器时代与铜器时代的划分不仅缘于它们在物质本性上的差异，而主要在于它们对各阶段人类的追求都分别提供了关键性的支撑^[2]。单独列出铜石并用时代也在于其对历史进程的上述明显影响；正因为如此，人们才没有提出或罗列出新旧石器并用时代、铁铜并用时代等过渡阶段，因为那并没有特殊的历史意义，尽管不论多么短暂，在历史上这类过渡性的阶段一定是存在过的。

因为当时出现的大多为红铜器，所以欧洲的铜石并用时代往往也称为红铜时代，其客观原因在于该地区当时可利用的铜矿资源以单一的铜化合物为主。由于铜矿资源的差异，世界各地未必都存在或率先出现红铜器，也未必都出现长时间以使用红铜器为主的阶段。中国开始进入铜器时代的初期所能观察到的，就是黄铜、锡青铜、砷铜、白铜、红铜共存的现象；在许多地方虽然都发现了早期的红铜，但从未出现过长期单一使用红铜的阶段^[4]。中国的铜矿资源不仅遍及各地，而且种类多样^[6]。在只能采用低温人工冶铜的铜器时代初始阶段，一块同时含有铜的化合物和其他化合物的铜矿石在足够高的温度下经窑炉烧制后就会直接转变成黄铜、锡青铜、砷铜或白铜，因此很难对照环地中海地区相应地寻找出中国的红铜时代、哪怕是短期的红铜时代。另一方面，因高温技术和铜矿资源充分利用方面的优势，在中国无法形成铜器制作长期低迷的状态以及欧洲历史考古界论及的铜石并用的时代特征；在中国一旦出现人工冶铜技术就会很快发展成极为繁荣的铜器时代，并因而影响到中华文明的特征^[36]。生硬地划分出中国某个时段为铜石并用时代，并不能产生出上述的诸多历史价值和意义，也无法与环地中海地区的铜石并用时代相对应。

中世纪末期欧洲先进的科学技术和活跃的思想文化推动了工业革命的进程，随后欧洲各国综合国力日益强大，其思想意识对全球的影响也越来越大；相应地，欧洲对周围世界的各种认知逐渐作为

国际标准被各国认可。欧洲自然科学和工程技术的知识通常涉及的是比较客观的普适性规律和认知,世界各地在此方面往往不会产生显著争议。然而,伴随西方自然科学技术一起向非西方社会扩张并夹带着大量欧洲历史文化主观视角的社会科学知识,则通常不具备普适性;人们在社会学领域中谈到的“国际共识”往往仅是欧洲社会的共识,未必都适用于经历了不同历史文化过程的非欧洲国家。如果在社会学领域如同在自然科学领域那样,盲目按照欧洲相关学术界的理念来阐述和理解非欧洲国家的历史文化,就难免出现水土不服,甚至会做出错误的解读。这一点也适合于对铜石并用时代的分析和理解。

结束语

人工冶铜技术出现以来,囿于高温技术和铜矿资源的限制,包括西亚、北非、欧洲在内,环地中海地区铜器的制作和生产曾经成千年地陷入了低迷状态,并影响到了欧洲文明的历史演变和所形成文明的特征,使得欧洲的历史、考古学界需要在其铜器时代的早期阶段划分出一个铜石并用时代。与不存在新旧石器并用时代或铁铜并用时代的原因相似,鉴于明显不同于环地中海地区人工冶铜技术的发展和历史进程,从冶金考古学的角度观察,中国并不存在也没有必要刻意地去寻找出一个没有特殊历史意义和研究价值的铜石并用时代。

参考文献

- [1] 贺云翱. 考古学为人类观察生产力的演变规律提供重要启迪. 大众考古, 2016(9): 1
- [2] 毛卫民, 王开平. 人工冶铜技术与文明时代的概念. 金属世界, 2023(2): 28
- [3] 毛卫民. 文明与物质: 从材料学视角探索中西文明差异. 北京: 中国社会科学出版社, 2022
- [4] 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
- [5] 达文波特 W G, 金 W, 施莱辛格 M, 等. 铜冶炼技术. 杨吉春, 董方, 译. 北京: 化学工业出版社, 2006
- [6] 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
- [7] 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
- [8] Tylecote R F. *A History of Metallurgy*. London: The Metall Society, 1976
- [9] Hong S M, Candelone J P, Soutif M, et al. A reconstruction of changes in copper production and copper emissions to the atmosphere during the past 7000 years. *Sci Total Environ*, 1996, 188(2/3): 183
- [10] Pearce M. The ‘Copper Age’—A history of the concept. *J World Prehist*, 2019, 32: 229
- [11] 金岷彬, 陈明远. 历史考古的新观点(之九)野蛮向文明的过渡——陶冶时代. 社会科学论坛, 2014(9): 4
- [12] 拱玉书. 西亚考古史(1842—1939). 北京: 文物出版社, 2002
- [13] 王伟林, 杨利平. 陕西彩陶的发现及其文化意义. 文物世界, 2021(2): 61
- [14] 杨杰. 略述我国的铜石并用时代. 内蒙古社会科学, 1985(4): 46
- [15] 甘肃省博物馆. 甘肃武威皇娘娘台遗址发掘报告. 考古学报, 1960(2): 53
- [16] 中国科学院考古研究所甘肃工作队. 甘肃永靖大何庄遗址发掘报告. 考古学报, 1974(2): 29
- [17] 严文明. 论中国的铜石并用时代. 史前研究, 1984(1): 36
- [18] 华泉. 中国早期铜器的发现与研究. 史学集刊, 1985(3): 72
- [19] 刘宝山. 试论甘青地区的早期铜器. 青海师范大学学报(哲学社会科学版), 1996(2): 115
- [20] 苏荣誉, 华觉明, 李克敏, 等. 中国上古金属技术. 济南: 山东科学技术出版社, 1995
- [21] 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
- [22] 金正耀. 中国金属文化史上的“红铜时期”问题. 中国社会科学院研究生院学报, 1987(1): 59
- [23] 路迪民. 论中国铜石并用时代和青铜时代的分期. 西安建筑科技大学学报(社会科学版), 1999(1): 47
- [24] 韩建业. 关于中国的铜石并用时代和青铜时代——从新疆的考古新发现论起. 西域研究, 2022(3): 89
- [25] Ling J, Stos-Gale Z, Grandin L, et al. Moving metals II: provenancing Scandinavian Bronze Age artefacts by lead isotope and elemental analyses. *J Archaeol Sci*, 2014, 41: 106
- [26] 毛卫民, 王开平. 欠发达铜器时代孕育的西方文明及其早期价值观的特征. 金属世界, 2021(5): 1
- [27] 裘士京, 柯志强. 铜陵古代铜矿采冶及其特点述略. 衡阳师范学院学报, 2014, 35(5): 76
- [28] 陈树祥. 大冶铜绿山古矿冶遗址的科学价值解析. 中国文化遗产, 2016(3): 52
- [29] 陈明远, 林川. “陶-铜体系”即“火技术-陶冶体系”. 社会科学论坛, 2016(7): 4
- [30] 刘建民. 铜绿山古矿冶遗址研究综述. 湖北师范学院学报(哲学社会科学版), 2010, 30(1): 99
- [31] 徐少华. 铜绿山与盘龙城及中国早期青铜文明之关系. 湖北理工学院学报(人文社会科学版), 2014, 31(1): 15
- [32] 叶源磊. 安徽古矿冶遗址的发现及其意义. 芜湖职业技术学院

- 学报, 2013, 15(2): 89
- [33] 魏国锋, 秦颖, 王昌燧, 等. 若干地区出土部分商周青铜器的矿料来源研究. 地质学报, 2011, 85(3): 445
- [34] Chernykn E N. *Ancient Metallurgy in the USSR: The Early Metal Age*. Wright S, Transl. Cambridge: Cambridge University Press, 1992
- [35] 毛卫民, 王开平. 铜器与中西方文明的萌生. *金属世界*, 2020(4): 1
- [36] 毛卫民, 王开平. 繁荣的铜器时代于中华文明融合统一的特征. *金属世界*, 2021(6): 1

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。