

中国古代冶金研究

——对“生业与社会”冶金考古专题的总结和思考

◆ 陈建立

(北京大学中国考古学研究中心)

冶金活动是古代手工业门类的重要组成部分,涉及矿石开采,金属的冶炼与流通,金属器的生产、使用和流通以及相应的社会组织管理等各方面内容,冶金考古研究可为认识文明演进和国家发展等重大历史问题、为保护、传承优秀传统文化提供科学依据。本世纪以来,国内冶金考古研究更加注重矿冶遗址田野考古调查和发掘,更加注重冶铸遗物和金属制品的全方位分析,更加重视在全球视野下研究中国古代冶金技术面貌,也更加重视矿冶文化遗产的保护、传承和利用,充分体现了多学科交叉融合优势,展示出良好的发展态势。2014年,《南方文物》周广明先生和“生业与社会”专栏主持人袁靖先生决定在专栏下设置“冶金考古”专题,并邀请我负责组稿工作。承蒙两位老师的信任,自2015年以来,本专栏组织发表50余篇论文,在一定程度上反映了国内冶金考古研究领域的学术旨趣与收获,现对这些工作进行总结、概括,并就冶金考古的发展提出几点意见。

一、铜冶金考古的收获

关于铜冶金考古研究,目前学界更加重视铜锡铅矿冶遗址和铸铜遗址的调查、发掘以及青铜器的检测分析,系统研究青铜器生命周期中所涉及的原料“运营链”、生产“操作链”、使用“流通链”等各方面问题,形成了一些新认识,特别是关于青铜资源流通方面有较大进展。

(一) 研究方法

随着冶金考古田野和实验室检测分析等各方面工作的深入发展,以及系统揭示冶金技术与文明发展之间关系问题的需要,冶金考古理论与方法问题得到更多学者的重视。

陈树祥结合2011年大冶铜绿山铜矿遗址重启考

古工作以后的新收获,指出当前的矿冶考古存在青铜器的矿源问题仍存疑窦,早期铜矿冶技术流程、铜料流通方式及输送线路的考古资料薄弱,认为造成这种局面的根本原因,是从事矿冶考古人员太少、考古发现和多学科合作不平衡所致,提出系统整理资料,细致开展田野调查与发掘,加强多学科合作研究的思路,特别强调,今后在长江中游地区深化探索早期铜矿业,必须以多学科的考古工作为基础,重点对铜矿山周围的一些面积大、等级高的新石器时代至商周时期的遗址、城址、墓葬进行考古调查和发掘的工作思路与方法^①。陈树祥等还将铜绿山四方塘遗址新揭露5座长条形炉(窑)确定其为明代铜绿山硫化铜矿石火法脱硫的焙烧炉,并对这5座焙烧炉的朝向与自然环境关系、生产规模、相对年代、以及明朝铜绿山铜矿业萧条原因进行了探析,指出因为多变矿政,莫须有的苛税犹如猛虎,是导致明代铜绿山矿冶业十分萧条或衰亡的根源^②。

针对以往出土青铜器资料整理和检测分析方面存在整合度不足等问题,董小帅等在系统收集甘肃地区先秦时期铜器检测分析资料的基础上,对铜器样品的区域特征、年代和考古学文化属性、种类和数量特征、制作工艺和合金组成特征等进行了综合统计分析,特别指出文物样品的分析检测应按照国家各种检测技术标准或文物保护行业的技术标准进行,以有利于数据利用与文化属性的比较研究^③。

牛津大学 Mark Pollard 研究团队提出的利用微量元素分组来研究青铜器的生产与流通问题的方法(即牛津体系)在中国得到推广与改进。黎海超利用这一方法,对盘龙城和郑州商城遗址出土青铜器的检测分析数据进行了统计研究,并比较两地的青铜器器形、纹饰、铸造工艺以及印纹硬陶和原始瓷器等信息,提出盘龙城部分铜器可能来源于自身独立的

青铜器生产体系,盘龙城出土的印纹硬陶和原始瓷器在类型和使用上也与郑州商城存在差别,因此认为盘龙城遗址虽主体因素属商文化,但具有一定的区域特征^④。

针对矿冶遗址调查和资源利用模式研究中存在的问题,金正耀研究团队基于南阳南召桑树坪汉代炼铜遗址和炉院村清代炼铅遗址的系统研究,提出“即山冶炼型”和“多点向心型”两种金属资源开发模式,并将山西绛县西吴壁遗址的采、冶分离的矿冶经济模式归入“多点向心型”,将夏商时期铅锡冶炼遗址划入“多点向心型”经济模式^⑤。这一结果对于青铜时代早期金属资源开发利用活动的重建具有重要启示意义。

关于实验考古研究,马丁等使用坩埚、马弗炉等工具,在 650~950℃ 的温度下,以木炭为还原剂,冶炼孔雀石与锡石的混合物,并进而重熔冶炼产物。表征结果显示,冶炼温度达到 700℃ 左右即可得到海绵状铜块。在 930℃ 左右直接冶炼孔雀石和锡石的混合物,可得到有实用价值的锡青铜块。在不超过 1000℃ 的温度下,能够将小块金属融合成锡青铜锭乃至铜刀坯料。这一实验工作表明,在浇注青铜工艺成熟之前,有可能存在通过类似早期黄铜固态还原工艺冶炼获得锡青铜^⑥。

在青铜器腐蚀与保护修复方面也有新认识。湖北随州义地岗曾侯墓出土的多组有铭编钟,为探讨周、楚礼乐制度的发展变迁具有重要意义。在编钟的清理及保护过程中,科技检测工作同步展开,提供了诸多参考。M190 与 M129 出土编钟以锡青铜为主;M168 与 M169 出土编钟则以铅锡青铜为主。腐蚀产物可分为赤铜矿、纯铜及孔雀石、蓝铜矿等不同类型。土壤环境中 Cl⁻ 浓度较低,暗示青铜器受有害锈的影响较小,但还原型环境出土的铜器需重视对埋藏环境的分析,以监测因环境变化所引起的腐蚀产物的变化,尤其是防止有害锈的爆发^⑦。梁宏刚在系统梳理国内外青铜文物保护修复技术的基础上,从清洗去锈、加固处理、稳定处理、整形复原、连接完形、补配缺块、作色做旧、缓蚀处理和表面封护九个方面,对中外青铜文物保护修复技术的异同及其发展历程进行了比较研究,指出了中国传统保护修复技术科学化重要性和紧迫性^⑧。

(二) 青铜器制作技术

从青铜器的类型学分析、工艺与溯源、保存科学等研究角度均能发掘出丰富的历史、艺术和科学价值。以往青铜器研究中,夏商至西周青铜器得到的关注较多,重要的器群往往得到较为全面的分析和检测,东周至汉代青铜器虽然出土数量众多,但检测的比例却较低,部分区域甚至仍然存在研究空白,如除中原及江汉地区以外,东周各文化区的青铜器技术

研究普遍较为有限。本栏目刊发的青铜器制作技术文章,研究方法主要通过青铜器表面铸造痕迹宏观观察以及青铜器金属基体和陶范、泥芯的显微组织和成分分析测定;研究对象既涉及安阳殷墟、广汉三星堆、宝鸡周原等重要高等级遗址,也涉及陕西、湖北、湖南和广东等地一般等级遗址,时代跨度从商到秦汉,基本勾勒出先秦两汉时期青铜器生产的整体面貌。

甘青地区是研究中国冶金技术起源和本土化进程的关键地区,但冶金技术来源远较简单的本土或外来起源更为复杂,需要更综合的分析。陈国科认为单刃铜刀在世界各地出现的年代相当,难以看出相互间的影响,但马家窑时期的先民已拥有生产铜刀的能力;单刃铜刀在发展中不断出现新的形制,如环首刀在距今 3700 年前后出现在河西走廊地区,并对周边及草原地区铜刀形制的发展产生影响;甘青地区单刃铜刀的流行是对这一区域用刀传统的继承和发展^⑨。

周文丽等认为安阳殷墟孝民屯铸铜遗址出土的“坩埚”和“熔炉”是两类单独使用的熔铜器具,其中“坩埚”是小型的、敞口式的熔铜器具,而熔炉是大型、竖炉式的熔铜器具,并指出先秦铸铜遗址所用的熔铜器具与所铸造的青铜器的大小和生产的规模有关,这一结论与巴纳所设想的“坩埚炉”的使用方式不同^⑩。

郭建波等结合三星堆遗址遗址祭祀坑出土青铜器表面铸造痕迹观察和工业 CT 分析,指出分铸和各种连接工艺,是三星堆青铜神树等形状复杂的器物得以成功铸造的技术保障;在铜树枝残件内发现使用竹木质芯骨,是此类工艺目前所见最早的实物证据;部分容器的兽头装饰,采用了内置盲芯的复合范技术浑铸而成,显示了三星堆尊壘等容器不同的年代属性和技术传统^⑪。

周原地区出土青铜器数量众多,铸铜遗址丰富,是铜冶金考古研究的重要对象。岐山孔头沟遗址西周中期到西周晚期铸铜作坊发掘资料的刊布以及相关研究表明,该作坊为贵族采邑铸铜作坊,生产器类多样,与周原李家和洛阳北窑两处西周时期铸铜作坊产品构成内容、合金种类亦大体相同,或可表明西周时期青铜铸造业内部没有更细致的分工^⑫。孔头沟遗址内宋家墓地出土青铜器的生产工艺与材料选择表现出一定的区域特征,如低铅青铜比例较高且所有礼容器铅含量均在 2% 以下,这与周原几处铸铜作坊出土青铜器类似;该墓地出现热锻成型铜片及热镀锡铜器,在周原也不是孤立现象,反映了周原地区在青铜工艺方面的多元性^⑬。工艺的多元性还表现在镀锡工艺方面,通过岐山宋家墓地、扶风姚家墓地出土 4 件镀锡青铜器制作工艺的判定与综合研究,可

以认为,截止目前陕甘宁地区出现镀锡制品年代国内最早,巴蜀文化区、古滇文化区以及北方毛庆沟等地相对较晚,勾勒出中国先秦时期镀锡工艺在半圆形文化带地区出现和传播的路线^④。

晋陕高原地区冶金考古研究,对于认识该地区先秦时期青铜产业发展及其与中原地区的关系具有重要意义。陕西子洲出土商代青铜器是反映商王朝与北方边疆地区关系的重要资料,该批铜器与安阳出土的殷墟前期同类器物在铸型设计、芯撑情况、浇注位置以及铸后加工等铸造工艺方面基本相同^⑤。陕西横山黑水沟遗址出土了春秋中晚期至战国早期阶段的铸铜遗物,证实该遗址曾进行过铅锡青铜的熔炼和铸造过程,是存在本地青铜加工业的证据,但冶铸生产的规模相对较小,产品以工具等小件器物为主^⑥。

春秋中期的中原地区,晋文化日益发展壮大,并引领此后青铜器风格及铸铜业发展。近年在隰县瓦窑坡、襄汾陶寺北均有新的重要发现,但侯马上马墓地这一经典材料,仍值得细致梳理。薛萍将这一阶段的代表性铜器墓——上马 M13 独立讨论^⑦,通过分析墓中出土 34 件青铜礼乐器的形制、纹饰及组合特征,结合相关资料,进一步细致明确地论证该墓年代在春秋中晚期;观察到春秋中期的铜器在器类、形制、纹饰、工艺、区域特征等方面都发生了改变,有助于理解从春秋早期统一风格到晚期列国风格的转变。

以往关于战国秦汉时期青铜器的铸造技术较少,本栏目对此进行专门安排并刊发了 5 篇文章,有望推动相关研究的进展。邵安定等利用多种分析手段对秦始皇帝陵园出土彩绘青铜水禽的制作工艺进行了研究,其中关于泥芯的研究结果显示,虽然青铜水禽泥芯在材质上大体相似,均由黏土基体、粉砂、砂粒以及植物添加物组成,但不同水禽、同一水禽不同部位的泥芯使用了不同的泥料;水禽泥芯在微量元素上明显有别于秦始皇帝陵园周边的土壤,初步认为水禽的制作地点并非秦陵地区,其矿料来源以及生产地点还有待进一步研究^⑧。

刘煜等系统考察了湖北省宜城跑马堤墓地出土的 125 件战国西汉时期的青铜器的铸造工艺,认为这些铜器的成形技术以铸造为主,兼用锻打技术;其中铸造成形的铜器普遍具有比较简单和规范的铸型分范形式,大量使用铜芯撑,连接方式多样,以铆接式的后铸法和浑铸最为多见,也使用了焊接技术;锻打的容器多采用铆接的连接方式。这种工艺简化和规范化倾向与节约原料和提高效率的工艺思想相关^⑨。

胡毅捷等对江西海昏侯墓主椁室内出土部分青铜器的研究表明,海昏侯墓主椁室内出土的铜器锡含量测量平均值为 9.3%,铅含量测量平均值为 2.9%,其中青铜容器锡含量测量平均值为 10.5%,铅

含量测量平均值为 3.2%。不同器类有不同的合金配比,反映工匠在制作器物时会考虑器物的使用功能及颜色等性质。铜器的制作工艺包括铸造、铸后受热退火以及铸后热锻^⑩。

湖南的战国考古工作开展较早,曾有力推动了楚文化研究进程,湖湘地区铜锡铅等金属资源的开发利用也是先秦冶金考古关注的重点。但湖南战国青铜器的科技研究工作目前开展较少,沅、湘上游等边缘地区的青铜器尤其缺乏相关研究。林永昌等介绍了郴州出土战国铜器成分及金相分析结果。郴州等地虽处楚国南缘,但铜器的合金与制作技术与楚地其他已有资料显示出较高一致性;同时若干铜器的制作也有不同于以往同类铜器分析之特点;相关分析结果不单丰富了对战国时期楚式铜器制作工艺的认识,楚地不同区域铜工业的地方特点,也值得以后研究再进一步探索^⑪。

相对于南方其他地区而言,以往对广东出土青铜器的检测分析较少,对矿冶遗址的专门研究也不多见,因此应加强广东地区的冶金考古研究。广东增城庙岭出土的 4 件器物的合金成分,补充了岭南青铜时代晚期的科技研究实例,并与同时期东江流域等地出土器物进行比较,对认识这一地区青铜器的原料和制作工艺有所裨益^⑫。

(三) 青铜器流通

贵重物产的开发、控制与流通应当是考古学研究的重要内容之一。经过 40 年的研究讨论,铅同位素分析在溯源研究上取得了很大成就,关于商代高放射性成因铅的可能产地有了更清晰的认识,关于数据的解读不仅限于分辨差异,也开始关注时代共性,并由此为青铜器的分期研究提供新的视角。本专栏安排多篇论文,对此进行了系统讨论,期望建立一个关于先秦青铜资源流通体系的完整框架。

二里头、二里冈上层时期的青铜器已有相当数量,但检测工作集中在重要都邑的器群,缺少对于次级聚落所见铜器的分析。河南桐柏平氏五里墩铜器的分析,就是试图对商代早期不同等级聚落所见铜器的生产、分配与流通进行数据的积累^⑬。研究结果显示,平氏五里墩铜爵使用了高放射性成因铅,补充了二里冈上层阶段该类铅料在豫南鄂北地区的应用实例;其合金元素含量较低,则又与郑州商城和盘龙城等地青铜容器似有差异。桐柏是春秋前期淮夷文化的西界,青铜器具有独特的风格和技术面貌。钟鼓堂所出簋与壶采用高铅焊料,是低熔点钎焊技术的早期实例。其铅同位素比值恰好包含早晚两类,同襄阳沈岗 M1022 一样,落在了两类金属原料相替的时间节点上,据此可以细化其年代认识。这些老资料的新检测揭示了新规律,提示我们今后应加强对零散发现的铜器进行更加系统的分析研究。

关于湖北随州叶家山墓地及西周时期其他遗址出土 189 件铜器样品的铅同位素比值研究工作,就合金料的添加对青铜器铅同位素比值的影响,不同合金类型器物的铅同位素比值特征,叶家山铜器群的构成,曾国铜器制作原料的来源等问题进行了系统分析,提出“叶家山曾国铜器的铅料可能有两个来源,其中铅焊料和大部分铅锡青铜器的铅同位素与东秦岭地区铅矿有较高的重合度;铜料的来源尚难以确认,可能有多个来源,但与大冶铜绿山古矿区铜矿料的铅同位素数据更为接近”,并初步构建了西周青铜工业生产、组织、管理和运营模式^⑧。

张吉在东周时期青铜器精细编年的基础上,将与之对应的铅同位素比值分析数据按时代和地域分组,发现东周时期青铜矿料的使用具有随时代和地区而变的规律,说明东周时期青铜矿料使用具有一定的统一性,也从另一侧面证明青铜器生产、流通与管理是当时社会严格控制的政治经济活动^⑨。本栏目的几篇文章又对此模式进行了补充与完善。

江汉平原西部地区作为巴蜀、百越和中原之间的交通孔道,起到了锡、铅等金属向长江中游以外地区传输的枢纽作用。通过湖北钟祥黄土坡墓地出土春秋青铜器的检测分析,初步揭示出春秋中期晚段楚系青铜器发展成成熟时的资源和技术面貌;春秋中晚期,黄土坡及岳山等地青铜器的含锡量相对较高,反映出金属资源较为充裕,所用铅料也与汉淮及中原等广大地区较为一致,能够反映本阶段楚系青铜器资源与技术特征;春秋中期楚国不仅在中原和淮泗地区竭力扩张势力,也在相对边远的湖南和鄂东南地区开疆拓土,这一时期的金属器的检测和矿冶考古研究,对认识长江中游金属资源的开发与物料通路的构建有着重要意义^⑩。

关于河南茱阳官庄遗址出土铸铜遗物的研究,判定铜渣块均为青铜熔炼渣,产品以铅锡青铜为主,合金技术面貌与春秋早期中原各诸侯国青铜器近同;铸铜遗物的铅同位素比值特征,完整地体现了中原地区春秋时期利用铅料资源的历时性变化过程;通过与合金配制及陶范制作技术的比较可知,各类冶铸技术与金属资源并非同步变化,与青铜器风格的演变也存在不同的关联方式^⑪。

山西长治分水岭东周墓地的年代从春秋中期延续至战国中晚期,出土铜容器、兵器、乐器、车马器及杂器等数量多、种类全、年代信息明确,是研究东周时期墓葬制度、文化特征和青铜器冶铸工艺的重要资料。分水岭墓地春秋中期墓葬 M269、M270 及战国早期墓葬 M26 部分铜器的研究结果表明,铜器主要为铅锡青铜合金,以分铸法铸造成型,纹饰制作以模印法为主;铜器生产所用铅料均为普通铅,铅料来源在春秋中期发生显著变化,其原因应与侯马铸铜作

坊的兴起和发展关系密切^⑫。通过这一工作,分水岭墓地自春秋中期至战国中晚期出土青铜器的制作工艺和物料来源的历时性变化得到系统构建,这对于进一步认识东周时期社会变革及春秋中晚期晋国铜器风格变化、技术演进及晋系风格铜器形成均具有重要意义,也是构建中原地区青铜冶铸技术体系的重要收获。

浙江商周时期的越文化研究,主要集中在土墩遗存、居住址、越国贵族墓及帝王陵墓的发掘与研究方面,关于青铜器及制作工艺的研究较少,并存在较多空白。宁波鱼山遗址出土先秦金属器多为工具等实用器,铜器材质以铜锡(铅)合金为主,合金化程度较高;成型工艺以铸造为主,部分器物可能经历过铸后加工;从铅同位素比值分析结果来看,该地区与春秋中晚期的中原及汉淮地区在金属资源上具有广泛的共性,正体现了越地同周边的密切交流,反映出该阶段金属器物复杂的生产和流通背景。而在春秋晚期以前,长江下游地区的金属器多有较为稳定的本地铅料来源,与中原和长江中游的铜器存在差异^⑬。

海岱地区是春秋时期青铜器形制演变的重要地域。但长期以来,山东商周时期青铜矿冶遗址调查工作较少,青铜器检测分析不系统,基于铅同位素比值分析研究山东地区青铜物料来源问题进展不大,亟需开展更多的研究。在春秋前期,小国逐渐被大国兼并,各地青铜器逐渐形成地域风格,长清仙人台墓地出土的青铜器为多角度观察这一进程提供了难得的材料。经分析,在春秋早中期,仙人台墓地青铜器的铅料与同期中原、汉淮地区基本一致,并且在春秋中期偏晚的仙人台 M4 阶段,发生过铅料的更替,来自湖南地区的新铅料与楚国政治势力的扩张存在密切的关联。仙人台春秋诸墓见证了春秋青铜器的第一次铅资源演替过程,并且可以明确湖南类铅料广泛应用的时间节点处于仙人台 M6 与 M4 之间,对研究先秦金属流通模式及东周青铜器断代具有重要意义^⑭。滕州大韩东周墓地出土春秋晚期至战国早中期的青铜器的研究表明,这批铜器合金成分与时代、铜料来源和器物种类有明显的对应关系,较好反映出制作技术变化的规律;发现迄今最早的锻制刻纹水器,对探讨刻纹技术流变、刻纹器物的溯源提供了新线索;铅同位素比值具有主次分明、类别多样、演变有序的特征,主要利用的铅料类别与中原及北方地区一致,其余多类铅料资源可能来自长江中下游地区^⑮。青铜器原料的变化在炉渣等冶铸遗物中也有体现。关于临淄齐故城遗址战国至汉代炼铜炉渣、西汉时期铜镜的研究结果显示,齐国货币的产地有多处,不同阶段齐国货币的矿料产地发生着变迁;临淄西汉铜镜的矿料产地除指向胶东矿区外,还具有“华南铅”特征;临淄战汉时期炉渣所使用的矿料产地推测有 3 种情形,即泰沂山地矿区、胶东矿区或两者均有使用;山东

半岛各地矿山的大规模开发与中原文明体系的东进存在着密切关联^⑧。以上结果,为动态理解墓葬出土青铜器、冶铸遗址出土相关遗物所反映的铸铜业的资源与技术特征,区域政治环境的变迁以及与本地矿山之间的关系提供了新视野,对山东半岛冶金考古研究具有重要推动作用。

与楚的南拓相应,战国时期,北方燕文化也在持续东进。在燕文化进入前后,辽西、辽东地区青铜器的技术与资源面貌如何,目前尚缺乏系统的研究。辽宁建昌东大杖子墓地是辽西地区战国时期的一处重要遗址,特别是集中出土的东北系青铜短剑,对探讨使用这类短剑人群的起源、流动及不同时期的活动中心具有重要的价值。关于2000年度发掘的东大杖子墓地M11出土的15件铜器分析结果显示,铜器的制作工艺以铸造为主,另外还有热锻及热锻后冷加工;合金成分以铅锡青铜为主,仅有一件铜斧是铜锡合金,铜器的合金成分和器物类型之间的关系明显,表明制作者已经能根据青铜器的成型工艺和用途而选择合适的制作材料;铜器的铅同位素比值与同时期三晋青铜器接近,虽然铜器具有中原文化、燕文化及土著文化等不同文化因素,但他们的铅料来源却较为相近,特别是所出北方系青铜器的铅料也与中原及燕地具有强烈共性,反映出辽西与中原地区在物料流通方面存在着密切的联系,还暗示辽西地区对中原资源向东北地区传播的枢纽地位^⑨。沈阳郑家洼子墓地^⑩以及辽宁锦州、沈阳、本溪等地出土东周青铜器的成分及铅同位素比值研究填补了这一辽东地区的研究空白^⑪。在公元前六至前五世纪,沈阳郑家洼子青铜器的铅资源可分为三类,分别与中原地区春秋早期前后青铜器、林西大井冶铜遗址及中原战国早中期青铜器相关联。前两类是郑家洼子高等级墓葬最主要的金属物料,很可能来自春秋早中期的辽西。金属资源层面体现的与辽西山地的密切关联及保守面貌,也与郑家洼子类型的文化内涵相对应。高等级墓葬中广泛使用高锡青铜,体现墓主对贵重资源的调用能力及社会地位。在公元前六至前四世纪的辽东山地,本溪梁家M1多钮镜等青铜器的材质与铅资源与郑家洼子墓地类似。公元前三世纪,刘家哨和上堡出土青铜器均为铅锡青铜,使用的两类铅料分别与燕及三晋青铜器对应。自晚商以来,金属资源缓冲地位于辽西,中原和大井的青铜物料通过辽西山地,在特定时段影响至辽东。战国中晚期以后,金属资源缓冲地外移至辽东,促进了辽东山地的社会发展,并推动以中原为中心的世界体系向东北亚地区扩张。

从以上研究可以看出,通过金属物料的研究来反映不同地区人群对资源的控制与传输,判断特定地区所承担的社会功能,进而推断某文化核心区域的

所在,不失为一个可行的研究视角,但技术、资源因素受政治格局影响十分明显,因此科技检测工作必须与田野考古发掘和历史背景等信息密切结合,唯有如此,才能在较大的时空范围内构建出一个技术发展、区域互动与物料流通的理论模式。

二、铁冶金考古的收获

近年来铁冶金考古的重大收获主要表现在冶铁遗址的调查和发掘、冶铸遗物的资料整理以及炒钢技术的判定标准研究等方面,本栏目对此进行了关注。

陕西杨凌郃城西汉早期铸铁作坊虽然是一处小型铸铁作坊,但出土的陶范、鼓风管和炉壁这三类冶铸遗物的材料来源和备料过程存在一定的差异,与三类遗物的功能要求有关,反映出工匠在选料方面具有丰富的经验,作坊内部亦有相对复杂的分工协作,说明存在较高等度的专门化生产,因此以往认为西汉早期的中小型铁工场多属于家庭式小作坊生产的观点,可能需要重新考虑^⑫。

湖南张家界市桑植县曾发现长江以南唯一一处汉代铸铁作坊,2015年又在桑植县澧源镇朱家坪村发掘了官田冶铁作坊,进一步揭示出此地铁矿开采、冶炼、铸造的生产链。研究证明,官田遗址是一处东汉到三国时期与冶炼有关的遗址,铁器大部分为铸铁脱碳钢,也有少量生铁及炒钢制品,具备了生铁制铁作坊基本的生产环节^⑬。

西汉时期,铁器的制作工艺在战国后期的基础上继续发展,臻于成熟。重要遗址及高等级王侯墓中的铁器则体现西汉钢铁工艺的最高成就,具有重要的科技史研究价值。山西晋阳古城遗址出土汉晋时期铁铤铜镞的制作工艺较高,并存在标准化生产现象^⑭。江西南昌海昏侯刘贺墓主墓藏椁武库当中出土的铁兵器主要使用炒钢为原材料锻打而成,少部分系块炼渗碳钢制品,生铁和块炼铁技术并存,以及发现的以炒钢为材料进行折叠锻打/叠加锻打的百炼钢工艺,说明了汉代钢铁技术的先进性和复杂性^⑮。

铁是国家控制的重要资源,岭南地区铁器化进程对于研究该地区经济社会发展及其与周边地区的交流问题意义重大。广西武鸣马头安等秧战国墓葬、桂平市寻旺乡大塘城的汉代墓葬出土的铁器经过检测分析,其中安等秧战国铁镞为生铁制品;大塘城长铁剑为炒钢制品,这是广西的首次发现;大塘城铁釜为生铁制品,短铁剑为块炼铁制品。铁镞的使用提高了农业生产力,促进了农耕文明的发展,武鸣战国铁镞标志着中原地区的农耕技术至迟于战国时期传播到广西南部地区,为深入认识中国西南地区农耕文明发展提供了资料^⑯。广西玉林市兴业县龙安镇到大平山镇约30平方千米范围内发现了迄今世界最早(公

元9世纪)、规模最大的高锰渣生铁冶炼遗址群,相关研究初步揭示了广西玉林地区古代生铁冶炼技术面貌,为探讨该技术在岭南地区传播的时空框架、多样性发展面貌、及其对历史文化的影 响,并为遗址保护提供了新的科学依据^④。关于铁器在岭南地区的交流问题,林永昌以墓葬随葬铁器的空间分析为视角,对铁器传播所涉及的运输条件、贸易模式和环境等因素进行了综合分析,结果表明,汉代岭南地区墓葬铁器的随葬比例西高东低,推测越城岭-灵渠-漓水-西江路线很可能是主要的传输运送路线,但在西汉中晚期到东汉时期岭北与岭南与大宗商品相关的交通运输可能还尚欠发达,并受各种因素影响较大,特别是对铁器的控制应远较铜镜等日常用具更加严格^⑤。

针对炒钢工艺判定标准这一难点问题,张周瑜等通过对几处冶铁遗址出土炉渣和积铁的金相学、扫描电镜能谱成分分析,一方面判定这些遗址的生铁冶炼技术,另一方面也试图通过磷元素在不同冶炼过程和气氛(炒钢或钢铁精炼)中转移过程的物理化学变化分析,初步解释不同冶炼过程炉渣的形成机理,对中国古代炒钢制品的判定标准作出新的补充^⑥。

三、金银铅锌冶金考古的收获

近年来,除铜铁之外的金银铅锌金属冶炼遗址和相关器物的研究也得到高度重视,成为冶金考古研究领域的热点之一。

炼锌遗址和冶炼技术研究得到持续推进。湖南商周青铜器与中原关系密切,但不排除本地铸造或利用本地矿源的可能性;湘西是汉代南方地区重要的钢铁冶铸中心;湘南为唐宋至明清时期多金属冶铸中心;在更深入系统地开展矿冶遗址调查的基础上,选择重要遗址开展主动性发掘,以带动冶金考古研究取得新的突破^⑦。曾获评全国十大考古新发现的桂阳桐木岭遗址充分体现了这一思路。通过对桐木岭遗址出土冶炼器具和各类炉渣的检测分析,更全面地复原了桐木岭的炼锌技术,发现了考古材料和文献记载难以提供的技术信息,再次说明检测分析是从科学上正确认识冶铸遗物的制作工艺和冶炼流程的最为关键和直接的途径^⑧。清代桂阳州炼锌业从采矿、冶炼到产品流向,政府都起到了重要作用,最后形成了桂阳州特有的炼锌生产管理模 式^⑨。

铅和金银冶炼技术研究有新的进展。多种证据表明,江西上饶县包家金银冶炼遗址的主要使用年代为唐宋,且有可能延续至更晚时期;包家遗址主要开采岩金矿,由于含金矿物颗粒细小,需要通过火法冶炼提取黄金;包家遗址矿石和炉渣的银含量较高,古人可能同时生产金、银两种金属,但因矿石中铅含量较低,影响了银的提取效率;该遗址工匠因受到其专

业化程度及生产组织模式的影响,未从其他区域大量进口铅以提高提银效率。通过该遗址竖炉冶炼和其他地区坩埚冶炼遗址的环境特征分析,认为冶炼技术与赋存环境具有广泛的动态联系,揭示了一系列制约了冶炼遗址选择的技术因素,这也导致不同地区形成了不同的技术传统^⑩。河南桐柏围山遗址出土了坩埚和坩埚炉渣样品,经研究判断该遗址在宋元时期存在铁还原法坩埚炼铅活动。非常值得注意的是,以往研究推测宋金元时期中国南北方银铅冶炼技术分别存在竖炉冶炼(南方)和坩埚冶炼(北方)两种方式,围山遗址地处这两种技术转变的交界地带,而在该遗址也发现了竖炉冶炼渣,因此对桐柏地区古代银铅冶炼技术进行综合分析,对于认识南北方银铅冶炼技术的关系有着重要推动作用,建议开展更加系统的田野考古工作^⑪。

各类金属文物中,青铜的合金成分分析研究讨论较早,近年针对金银等贵金属文物材质研究工作增多,但如何选择合适的检测方法,并对数据进行合理的评估,目前学界尚缺乏系统考察。刘田等对四川眉山江口明末战场遗址出水的大量残碎白银文物,开展了表面分析和截面分析的对比研究,结合白银成分分析标准物质,讨论了不同分析方法在白银文物化学成分研究中的适用性问题,并对如何科学利用以往获得的表面成分数据进行了探索,研究表明:五种不同方法获得的白银主微量成分数据中,激光剥蚀电感耦合等离子体质谱对白银文物的Ag、Cu、Pb、Au、Bi、Sn等主微量元素均可得到相对准确的结果,适用于白银文物研究中各类不同含量元素的分析需求;基于标准物质建立的扫描电镜能谱有标样定量模式可以对白银文物中的主量元素(>1%)进行准确分析;便携X射线荧光(pXRF)数据的使用需要考察样品表面锈蚀和污染情况、样品中的合金元素含量以及分析面的形状和大小,在条件合适时,pXRF的分析数据可具备半定量意义^⑫。

战国中晚期,伴随金、银等贵金属的引入,金属器呈现出崭新的技术面貌。青铜器表面的鎏镀、镶嵌等工艺迅速发展,金银器自身也在逐渐突破青铜器的窠臼,逐渐发展成为独立的手工业门类。陕西咸阳龚西战国秦墓出土的两件嵌玉银钮金带钩经过工艺及材质研究,结果表明两件带钩钩身主体材质为金银合金,钩钮为银,镶嵌玉片由春秋时期管形玉块改制而成,钩身内部填充物为严重锈蚀的锡铅合金焊料。这两件金带钩的制作包括钩身和钩钮的铸造、玉片改制、焊接组合、表面磨抛等工序,是为先秦金银器工艺的典型代表^⑬。

四、几点思考

我在2016年本栏导读《蓬勃发展的冶金考古研

究》一文中介绍了李伯谦和韩汝玢先生于2014年11月在北京大学考古文博学院召开的“冶金技术与中华文明发展”学术研讨会上的讲话,放在今天仍有指导意义。李伯谦先生指出:“冶金考古近年来研究进展与学科走向,实际上是传统考古如何走向科学化问题的缩影,要充分融合实验室分析和田野考古调查、发掘、整理、研究,不同学科的学者应该有更为广泛的交流和整合”。韩汝玢先生期望“冶金考古的未来,一定要结合材料、技术、时代三个方面,充分整合考古与实验室检测资源,建立冶金考古采样、检测与分析的标准化,这是未来冶金考古人的历史使命”。回顾本专栏发表的50多篇论文,可以看到,冶金考古研究正是按照两位先生的指导不断前行的,并取得不少优秀研究成果,表现在田野考古调查与发掘方面有新的发现与突破,检测分析方法与“大数据”时代背景下考古学解释方面有新的发展,多学科交叉的冶金考古研究模式更加得到重视。这些工作一方面丰富了手工业考古理论、技术与方法,另一方面为矿冶文化遗产保护提供了支撑,因此也更加明确了冶金考古的发展方向与目标。

(一) 研究学科历史, 开辟冶金考古研究的新局面

自20世纪20年代前辈学者对古代钱币、铜镜以及殷墟出土青铜器制作技术研究开始,中国冶金考古已有百年历史,这期间有科学与考古相背离的曲折与教训,也有两者密切合作取得辉煌的荣光。特别是夏鼐和柯俊两位先生关于冶金考古合作研究的范例,需要认真梳理与学习,从学科发展史中汲取营养,一定可以做出更加优秀研究成果。

在检测方法趋于多元、检测数据不断增繁的今日,正确而合理地使用各类科技手段,最大限度获取冶金考古各类信息,准确阐释科学数据的考古价值,就变得非常关键。科技研究首先应保证自身方法的准确性,在数据的测定层面精益求精,其次以解决考古学问题为导向,在数据的阐释层面力求合理,基于考古背景进行统计分析与综合研究。在获取和利用数据的过程中,不断探索科学分析、考古阐释和理论构建的方法论,将考古学分析与各类科学技术方法有机结合。在青铜器领域,近年研究视角明显趋于多元,从实验考古探究早期冶金技术,到商周时期青铜物料的广域流通,以及中原边地各青铜文明的资源与技术特质,具有不少收获。从科技角度,这些研究为数据库建设和大数据分析不断提供基础素材,促进科技方法规范化、系统化;从考古角度,这些研究则填补了时空节点的具体认识,并成为类型学分析的重要参考。针对物料类别、材质特征的讨论,提供的资源与技术信息,与经典的文化分析融会贯通,有助于更全面准确地诠释考古材料。在这一思路下,本

专栏刊发的多篇研究文章,审视评估既有科技方法与数据,借助多学科方法关注考古研究相对不足的时段与地域,在关注新材料的同时兼顾既有材料的整理,引石攻玉,或有新知。

(二) 加强基础研究, 解决冶金考古重点难点问题

冶金考古的研究对象主要来自田野考古调查与发掘,冶金考古理论与方法体系的构建来自田野与实验室的结合,来自坚持不懈的基础研究和实践验证。冶金考古工作者应摒弃急功近利思想,不跟风、不盲从,努力将田野延伸至实验室,将实验室扩展到野外,将冶金考古田野调查、发掘、资料整理和检测分析的全过程工作充分有机融合,坚持长期探索,建立工作规范,建立标本库和数据库,建立适用于中国冶金考古研究方法体系,才能更好深入探讨遗迹遗物背后的社会背景和行为模式,更加系统探讨冶金技术与中华文明发展之间的关系,实现构建理论体系的目标。

目前,国内关于冶金考古田野和实验室工作整流程的标准体系尚未建立,制约了相关工作的深入开展。如已有的冶铸遗物的检测分析结果,存在不同单位、不同仪器设备的分析数据的平行性不好的现象,也存在实验方法不同、实验结果的表述不一的现象,从而难以建立起冶金技术与金属文物材质之间的必然判定标准;冶金考古标本库与数据库建设未有明显成效,已经影响到分析数据的考古学解释工作;另外关于古代金属材质和工艺的判定标准以及检测分析标准物质的制备问题也有很多不足之处。因此,很有必要针对冶金考古这些重点难点问题,加强标准体系和标本数据库建设,加强基础研究,以求突破。

(三) 明确发展目标, 创建冶金考古理论方法体系

近年来,国内冶金考古工作收获主要体现在矿冶遗址调查、发掘和冶铸遗物检测分析、青铜器制作工艺和产地研究以及实验考古研究方面,而冶铁技术、冶金技术中外交流研究有弱化的趋势,关于冶金技术与社会的研究更有待加强。这提示我们需要在解决若干重点难点问题的基础上,进一步明确发展目标,创建中国冶金考古理论与方法体系是十分必要的任务,现举三例说明。

中国古代金属冶铸体系的形成是外来因素和本土创造共同作用的结果,但关于中国冶金术起源问题一直未得到解决。近年欧亚大陆早期冶金考古的一系列新发现,以及对部分早期冶金遗址的技术复原研究,使多地起源的观点在冶金起源的争论中得到更多关注。对此我们一方面应加强田野考古研究,一方面应加强研究方法的创建,而在各种分析视角中,模拟实验以及实验考古为探讨早期冶金技术提

供了有益的参考,今后应予以重视冶金考古研究方法体系问题。

需加强冶金技术的区域特征及交流模式研究,以推动冶金技术与文明发展研究。以往工作重点聚焦在于早期铜锡铅矿冶遗址和各重要青铜器群,但存在较多区域、时代空白,如豫西和湖湘地区早期金属资源的开发利用情况未得到充分调查,关于东周至汉代青铜器技术研究普遍较为有限,需要重点解决。近期应重点构建中原地区、西北地区、农牧交错地带、长江中下游地区、巴蜀地区和东北地区的冶金技术区域特征及其在区域间相互交流的模式,并从冶金技术和金属制品交流的角度,研究各地区文明化或华夏化进程的理论问题。

需加强古代冶金工业的生产管理模式研究。近年来在晋南、辽西、河西走廊和长江中下游地区发现大量早期铜锡铅采矿和冶炼遗址,关于其生产方式更应加强理论研究。另外,目前发现的先秦时期大型铸铜遗址遗迹以及汉代冶铁作坊均位于重要城址内的手工业作坊区,通过这些多属“官营”作坊的研究可在宏观层面上了解当时青铜器和铁器的生产技术和组织管理等问题,但近年来在不少小型遗址发现规模不等的铸铜遗存,在一些地方还发现不少块炼铁冶炼遗址,因此关于古代金属生产研究一定要考虑到“私营”或“地方”因素,只有这样,才能正确认识古代冶金工业的整体面貌。

袁靖老师期望依托“生业与社会”栏目这一重要平台,让基础研究更加壮大、专题研究更加深入、研究方法更加全面、研究前景更加辉煌^⑩。我甚为赞同并有信心把“生业与社会”栏目越办越好,更期待通过这项工作培养出更多优秀的青年冶金考古研究人才。最后,感谢本栏目的供稿作者们以及给予各种支持和帮助的袁靖、周广明等先生以及《南方文物》编辑部的所有同志。

注释:

①陈树祥:《关于早期铜矿业探索如何深化的思考——以鄂东南及铜绿山古铜矿遗址考古为例》,《南方文物》2016年第1期。

②陈树祥、王定兴、陈晨等:《冶铜绿山四方塘遗址新见明代焙烧炉及相关问题研究》,《南方文物》2022年第5期。

③董小帅、李秀辉:《甘肃地区先秦时期铜器检测分析资料的整理与研究》,《南方文物》2021年第3期。

④黎海超:《试论盘龙城遗址的区域特征》,《南方文物》2016年第1期。

⑤郁田园、金正耀、谈金卓等:《科技分析揭示历史时期豫西南矿冶经济模式及其对青铜时代金属资源考古的启示》,《南方文物》2021年第3期。

⑥马丁、王昌燧、罗武干:《早期锡青铜冶炼工艺的思考与模拟实验》,《南方文物》2022年第5期。

⑦胡毅捷、胡涛、陈虎等:《随州义地岗墓群出土春秋中期编钟腐蚀成因研究》,《南方文物》2022年第5期。

⑧梁宏刚、王贺:《青铜文物保护修复技术的中外比较研究》,《南方文物》2015年第1期。

⑨陈国科:《甘肃早期单刃铜刀初步研究》,《南方文物》2017年第2期。

⑩周文丽、刘煜、岳占伟:《安阳殷墟孝民屯出土两类熔铜器具的科学研究》,《南方文物》2015年第1期。

⑪郭建波、田灏、余健等:《三星堆出土青铜器铸造工艺补议》,《南方文物》2021年第3期。

⑫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年第3期。

⑬刘思然、陈建立、种建荣等:《周原孔头沟遗址宋家墓地铜器的科学分析与研究》,《南方文物》2017年第2期。

⑭陈建立、张周瑜、种建荣等:《西周时期周原镀锡技术及其文化意义》,《南方文物》2016年第1期。

⑮刘建宇、陈坤龙、刘煜等:《陕西子洲出土商代青铜容器铸造工艺观察分析》,《南方文物》2015年第1期。

⑯刘建宇、陈坤龙、梅建军等:《陕西横山黑水沟遗址出土铸铜遗物的初步研究》,《南方文物》2015年第1期。

⑰薛萍:《上马墓地 M13 铜器群研究》,《南方文物》2022年第5期。

⑱邵安定、梅建军、杨军昌等:《秦始皇帝陵园出土青铜水禽泥芯的初步科学分析》,《南方文物》2015年第1期。

⑲刘煜、常怀颖、刘建宇等:《湖北宜城跑马堤墓地战国西汉墓出土部分青铜器的制作工艺研究》,《南方文物》2017年第2期。

⑳胡毅捷、李文欢、胡东波:《江西海昏侯墓主椁室出土青铜器制作工艺初步分析》,《南方文物》2021年第3期。

㉑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年第5期。

㉒吕良波:《广州增城庙岭出土四件先秦铜器的科学分析》,《南方文物》2018年第3期。

㉓张吉、陈建立、徐磊:《河南省桐柏县文管会藏商周青铜器的检测分析》,《南方文物》2018年第3期。

㉔郁永彬、陈建立、梅建军等:《关于叶家山青铜器铅同位素比值研究的几个问题》,《南方文物》2016年第1期。

㉕张吉、陈建立:《东周青铜器铅同位素比值的初步研究》,《南方文物》2017年第2期。

㉖张吉、王丹、贾汉卿等:《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年第3期。

㉗张吉、邵向平、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年第3期。

㉘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年第3期。

㉙王颖琛、张吉、雷少等:《宁波镇海鱼山遗址出土铜器的初步科学分析》,《南方文物》2019年第3期。

㉚赵凤燕、郎剑锋、任相宏等:《长清仙人台墓地出土青

下转 第 115 页

中国共产党领导下奋斗的历史,是我们宝贵的精神财富。我们要充分认识它们的历史价值和内涵,让传承了红色历史的革命文物资源在精神文明建设中发挥更好、更大的作用。

③④⑤中华全国集邮联合会《集邮研究》编辑部编:《中国解放区邮票史》,第36~37、39~40、56页,人民邮电出版社,1990年。

⑥王华新:《显山显水的苏维埃邮政花卉图贰分版票》,《江西集邮》,第21页,2004年。

(责任编辑:赵蕾)

注释:

①丁城:《十七枚苏区时期的邮票及其价值》,江西省文物局、江西省博物馆学会:《文博研究》(内刊)1992年第3期。

②《方志纯谈赣东北苏区通信情况》,《苏区邮电史料汇编》(下),第107页,人民邮电出版社,1988年。

上接 第142页

铜器铅同位素比值的初步分析》,《南方文物》2022年第5期。

①代全龙、张吉、刘延常等:《山东滕州大韩东周墓地第一次发掘出土青铜器的科学分析研究》,《南方文物》2021年第3期。

②崔春鹏、李延祥、代全龙:《山东半岛所见青铜器及炉渣的矿料产地问题试析》,《南方文物》2021年第3期。

③柏艺萌、徐绍刚、陈建立等:《辽宁建昌县东大杖子墓地M11出土铜器的科学分析》,《南方文物》2021年第3期。

④张吉、赵晓刚、藺诗芮等:《沈阳郑家洼子墓地出土青铜器的科学分析研究》,待刊。

⑤张吉、柏艺萌、梁志龙等:《公元前一千纪通往辽东山地的青铜物料流动》,《南方文物》2022年第5期。

⑥林永昌、郑婧、陈建立等:《西汉地方铸铁作坊的技术选择:以关中郿城作坊冶金陶瓷科技分析为例》,《南方文物》2017年第2期。

⑦莫林恒、林永昌、陈建立:《湖南桑植官田冶炼遗址发掘简报及冶金分析研究》,《南方文物》2019年第3期。

⑧员雅丽、裴静蓉:《晋阳古城罗城“东马地”遗址出土铁铤铜铤的技术研究》,《南方文物》2017年第2期。

⑨江晶、黄全胜、李文欢等:《西汉海昏侯刘贺墓出土铁兵器科学分析研究》,《南方文物》2022年第5期。

⑩黄全胜、李延祥、郑超雄等:《广西战国汉代墓葬出土铁器的科学研究》,《南方文物》2016年第1期。

⑪黄全胜、梁婵、李延祥等:《广西古代生铁高锰渣与中国生铁冶炼技术多样化发展》,《南方文物》2018年第3期。

⑫林永昌、张强禄、陈建立:《汉代岭南铁器的传播与运输方式:以墓葬随葬铁器的空间分析为视角》,《南方文物》2019年第3期。

⑬a.陈建立、张周瑜:《基于炉渣分析的古代炒钢技术判定问题》,《南方文物》2016年第1期;b.张周瑜、陈建立、潜伟:《浅析中国古代生铁冶炼中的磷》,《南方文物》2018年第3期。

⑭莫林恒:《湖南冶金考古主要收获:以铜、铁、锌为例》,《南方文物》2018年第3期。

⑮周文丽、罗胜强、莫林恒等:《从蒸馏罐看湖南桂阳桐木岭遗址炼锌技术》,《南方文物》2018年第3期。

⑯罗胜强、周文丽、莫林恒:《清代桂阳州炼锌业初探》,《南方文物》2018年第3期。

⑰刘思然、陈建立、徐长青等:《江西上饶包家金银冶炼遗址的冶金考古调查与研究》,《南方文物》2016年第1期。

⑱周文丽、刘思然、陈建立:《河南桐柏围山遗址坩埚炼铅技术初步研究》,《南方文物》2017年第2期。

⑲刘田、刘思然、刘志岩:《白银文物主微量元素测试的数据质量与分析条件研究》,《南方文物》2022年第3期。

⑳陈俐文、李建西、宋俊荣等:《陕西咸阳西战国秦墓出土嵌玉银钮金带钩的科学分析研究》,《南方文物》2022年第5期。

㉑袁靖:《中国古代生业研究——对“生业与社会”栏目的总结和思考》,《南方文物》2021年第1期。

(责任编辑:谢绮)