

doi:10.3969/j.issn.1007-7545.2021.01.017

安徽安庆地区早期采矿与冶金遗址 考察研究

崔春鹏¹, 李延祥², 李辰元²,
谭宇辰², 宫希成³

- (1. 中国国家博物馆, 北京 100006;
2. 北京科技大学 科技史与文化遗产研究院, 北京 100083;
3. 安徽省文物考古研究所, 合肥 230061)

摘要: 安庆地区早期矿冶遗址考察工作收获颇丰, 新发现矿冶遗址 20 余处。科学分析显示, 安庆地区早期合金体系有两种, 分别为锡青铜和砷青铜, 生产工序推测为先冶炼红铜, 再添加锡料、砷料。铜、砷料推测来自当地, 锡可能产自江西。安庆地区青铜冶金面貌具有地域性技术特征, 相关工作是构筑皖西南早期冶金技术以及青铜文明的重要环节。安庆地区早期矿冶遗址考察研究更为重要的考古学意义在于将长江中下游的鄂东南、赣北、皖西南、皖南四大商周时期矿冶遗址群串联在一起。

关键词: 安庆地区; 早期矿冶; 遗址; 考察

中图分类号: K878

文献标志码: A

文章编号: 1007-7545(2021)01-0089-09

Investigation on Early Mining and Metallurgical Sites in Anqing Area, Anhui Province

CUI Chun-peng¹, LI Yan-xiang², LI Chen-yuan²,
TAN Yu-chen², GONG Xi-cheng³

- (1. National Museum of China, Beijing 100006, China;
2. Institute of Cultural Heritage and History of Science & Technology, University of Science
and Technology Beijing, Beijing 100083, China;
3. Institute of Cultural Relics and Archaeology of Anhui Province, Hefei 230061, China)

Abstract: Investigation of early mining and metallurgical sites in Anqing area yields fruitful results, including 20 newly discovered sites with metallurgical connotation. Scientific analysis shows that there are two bronze production systems with tin and arsenic as main alloying elements in Anqing area. It is supposed that copper is smelted first and then tin or arsenic materials are added. Copper and arsenic materials come from local minerals, and tin materials are speculated from Northern Jiangxi. Bronze metallurgy in Anqing area has local technical characteristics, and the related work is an important link to construct the early metallurgy and bronze civilization in Southwest Anhui. The crucial archaeological significance of this study is to connect four major mining and metallurgical site groups of

收稿日期: 2020-09-29

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(51174034)

作者简介: 崔春鹏(1983-), 男, 山东烟台人, 博士, 馆员; 通信作者: 李延祥(1962-), 男, 辽宁铁岭人, 博士, 教授, 博士生导师

the Shang and Zhou Dynasties in Southeast Hubei, Northern Jiangxi, Southwest Anhui, and Southern Anhui

Key words: Anqing area; early mining and metallurgy; site; investigation

安庆地区位于安徽西南,背倚大别山,南衔长江洲圩,其间湖泊星罗棋布、山岗栉次错落。作为皖南、江淮、鄂东、赣北的交汇地带,安庆地区与周边早期文化关联密切,但又具有当地特色。研究认为,皖西南夏商周阶段的区域文化相对独立^[1-2],可称作以薛家岗为代表的夏商周文化类型。还有学者把这一带商时期遗存命名为“薛家岗遗存”^[3],时代定为3期,第1期与二里头晚期相当,第2期与二里冈下层至殷墟一期相当。第1、2期与江淮一带的斗鸡台、大城墩类型区别较大,受盘龙城因素影响较多,但主体为本地因素。第3期与晚商相当,中原特征渐渐消逝,主要受本地因素影响。皖西南西周与春秋早期遗存和鄂东、江淮及宁镇联系密切^[4],中原文

化影响较弱。周代群舒的盃形器、带把器等常见于皖西南,大路铺文化的刻槽足、附耳甗也可见于本地。

相比早期冶金考古蓬勃发展的鄂东、皖南,安庆地区相关工作进展较缓,近年来成果仅见枞阳井边采铜遗址、枞阳汤家墩冶金遗址和怀宁铜牛井唐代冶金遗址^[5-7]。在此态势下,作者一行于2015年春季对庐枞矿集区的白荡湖、陈瑶湖流域以及安庆矿集区的皖河、大沙河河流域进行考察(图1、表1)。实验室工作所用扫描电镜型号为ZEISS EVO18,能谱仪型号为Nanu XFlash Detector 5010。需要说明,本文研究区域仍包括2016年由安庆地区划归铜陵地区的枞阳县。

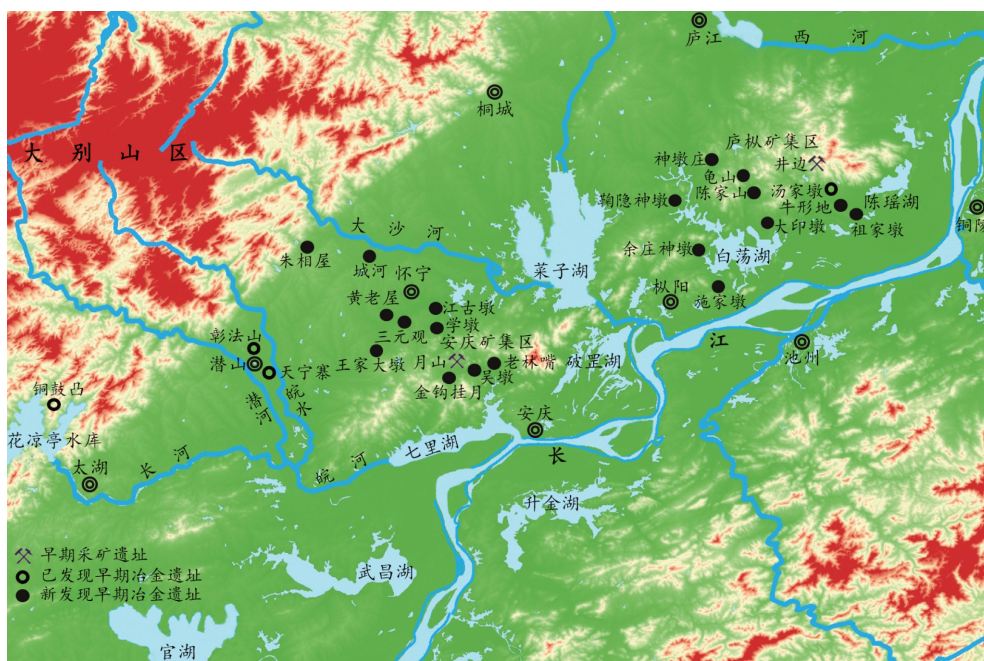


图1 安庆地区早期矿冶遗址概图

Fig 1 Location of early mining and metallurgical sites in Anqing area

表1 安庆地区早期矿冶遗址考察明细

Table 1 Investigation details of early mining and metallurgical sites in Anqing area

流域	小流域	前人已发现的 早期矿冶遗址	考察中新发现的 早期矿冶遗址	考察中尚未发现冶金现象的遗址	归属地
大沙河	育儿河			孙家城、离子墩、江家船形墩	怀宁
	鲁坦河		朱相屋	墩塘、张家墩	潜山
	泥河		城河	余家大墩、余家大坦、栗岗太子墩、乌鱼墩、枫树墩、王坦	怀宁、潜山
	人形河			杨牌师姑墩、许庄大墩、李穴冲盆形	怀宁
	万福河		学墩(亚腰石砧)、三元观	张家大屋、双城寺、大包墩、银墩	怀宁
	高河		江古墩	何家墩、打鼓墩、莲花墩、马家墩、桥西大圩、毛狗墩、磨形墩、刘家墩、陈门墩、枇杷墩、吴窑嘴	怀宁
秀山河		王家大墩、黄老屋	大鼓墩、后墩、司马银墩、黄土炕	怀宁	
皖河	月山河		月山(采)、吴墩、老林嘴、金钩挂月	茅狗墩、烟墩山、鲢鱼墩以及安庆铜矿	怀宁
	白洋湖			枫树墩、江家墩、高墩、黄山、金方屋、王祠、大罗墩、大窑墩、贤杨嘴、汪家嘴、王畈墩	怀宁
	珠流河			古城墩、纪龙嘴、狮子山、金盆架、毛安银墩、程墩	怀宁
	清水河			幼树墩、梅花寨	怀宁
	麻塘湖			郭家庄、仓盐墩	怀宁
	长河	铜鼓凸(范)		汪墩、邱墩、窑山	太湖、怀宁
	皖水	天宁寨(范)、彰法山		火龙岗、上庄、石堰、高楼、狮威墩、大凡寺	潜山
潜河			薛家岗、王椅形、张庙、叶山咀、凹子口、思姑基	潜山、怀宁	
陈瑶湖	枫沙湖	井边(采)、汤家墩	牛形地、祖家墩	船形地、西流寺墩、墩头	枞阳
	横埠河			城墩、范潭小城墩、寺墩、谷家墩、朱家墩	枞阳
	汤沟河			彭山印墩、耙和地	枞阳
白荡湖	杨市河		大印墩、陈家山、龟山	双墩	枞阳
	罗昌河		神墩庄、鞠隐神墩	子华墩、龙城小墩、磨子山、华表、金山神墩、陈庄墩、唐山神墩	枞阳
	竹子湖		余庄神墩	余家墩、夏家墩、阴头山、磨子地、王庄神墩	枞阳
	引河		施家墩	和平神墩	枞阳
合计	22	5	20	97	4

注:标()为未发现冶金遗物,但发现矿冶相关的石器、陶石范

1 新发现的重要遗址及科学分析

1.1 怀宁月山采矿遗址

遗址位于怀宁县月山镇铜牛井(属安庆矿集区),考察采集有商周陶片以及亚腰石锤2件。陶片陶色为红褐陶,纹饰有绳纹,器型可见口沿(图2)。较大的石锤呈扁椭圆型(图3),亚腰居中,长约23 cm,宽约19 cm,厚约15 cm,两端均有夯砸痕迹。

1.2 怀宁王家大墩遗址

遗址位于怀宁县秀山乡刘家大屋,月山采矿遗址在其东部约10 km。遗址为台墩型,高出地面近3 m,面积4 000 m²,年代商周。近年的农业活动将遗址分为2个台墩,陶器陶色有红褐陶、灰陶,纹饰有绳纹、附加堆纹,器型可见高足(图4)。炉渣24523径长约2.5 cm,灰褐色,非玻璃态不规则状,断面可见较多小气孔及铜锈状风化物。基体中发现较多Cu-Fe氧化物颗粒、低Cu的铁氧化物以及SiO₂(图

5)。炉渣24523基体成分(%) : MgO 0.30、Al₂O₃ 4.68、SiO₂ 50.65、K₂O 1.21、CaO 0.80、FeO 42.36、S 0.15、Cu 8.52。所夹杂金属颗粒主要有红铜、锡青铜颗粒,说明该遗址应存在青铜冶金活动。



图2 怀宁月山采矿遗址及文化遗物
Fig 2 Yueshan mining site and related relics in Huaining

约7 km。遗址地处小盆地内,岗地型,高出地面近8 m(图8),面积达5 000 m²,年代商周。陶器陶色有红褐陶、灰陶,纹饰有绳纹,器型可见鬲足。所采集的4件炉渣直径集中在1.5~3.4 cm,灰褐色,非玻璃态不规则状,断面可观察到较多小气孔。炉渣24457、24460、24461主要可见低Fe的Cu颗粒(图9)。炉渣24459可见Sn-Pb-Cu氧化物颗粒(图10),遗址中可能存在有青铜冶金活动。表3为龟山遗址炉渣基体成分。



图8 龟山遗址及文化遗物
Fig.8 Guishan site and related relics

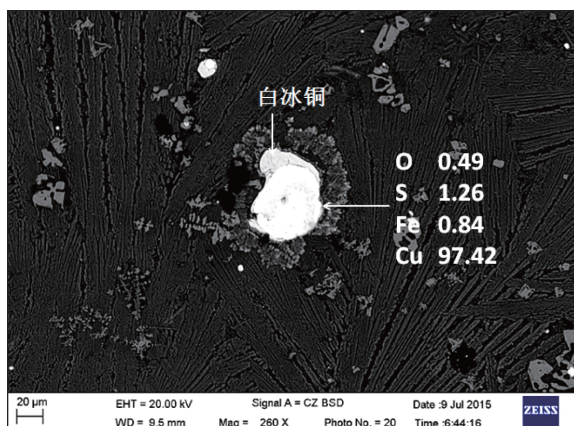


图9 渣样24460弥散分布的Cu颗粒
Fig.9 Copper particles in slag sample No. 24460

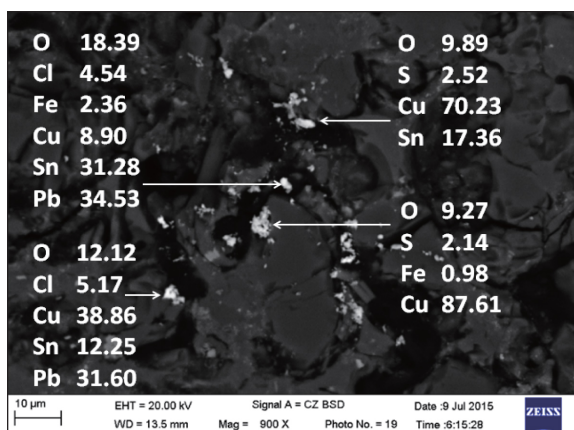


图10 渣样24459中Sn-Pb-Cu氧化物颗粒
Fig.10 Sn-Pb-Cu oxide particles in slag sample No. 24459

表3 龟山遗址炉渣基体成分
Table 3 Normalised compositions of slag samples at Guishan

样品号	Al ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	FeO	CaO	K ₂ O	S	Cu
24457	6.61	0.77	23.54	60.36	7.07	1.65	0.65	1.69
24459	6.84	1.07	34.93	52.60	3.69	0.87	0.19	0.87
24460	8.88	0.64	32.88	49.27	5.20	3.14	0.45	2.18
24461	5.18	1.08	26.89	60.89	4.81	1.14	0.83	1.38

1.5 枞阳神墩庄遗址

遗址位于枞阳县白湖乡暘岭村,白柳铜矿在其西北约2 km。遗址为台墩型,高出地面近6 m,面积达5 000 m²(图11),年代西周。陶器陶色可见红褐陶,纹饰有绳纹、重回字纹,并采集冶金遗物2件。炉渣24464呈黑褐色非玻璃态不规则状,断面致密。夹杂颗粒主要可见低Fe的Cu颗粒,还多见白钨矿(CaWO₃)、钨铁矿(FeWO₄)颗粒(图12)。炉渣24463呈灰褐色非玻璃态不规则状,质地稍硬,断面可见较多小气孔、铜锈状风化物及灰白状岩石残余。夹杂颗粒主要可见Cu颗粒、锡青铜颗粒(图13),还可见冰铜、包裹有冰铜相的Fe颗粒。该遗址应存在有早期青铜冶金活动,产品种类包括红铜与锡青铜。表4为神墩庄冶金遗物基体成分。



图11 神墩庄遗址及炉渣
Fig.11 Shendunzhuang site and slag

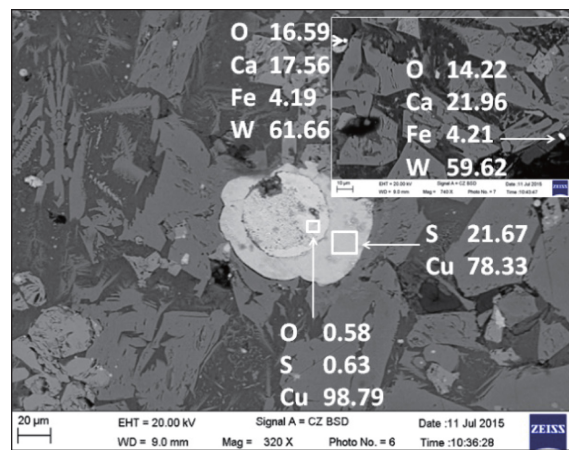


图12 渣样24464 Cu及白钨矿、钨铁矿颗粒
Fig.12 Copper, scheelite and ferberite particles in slag sample No. 24464

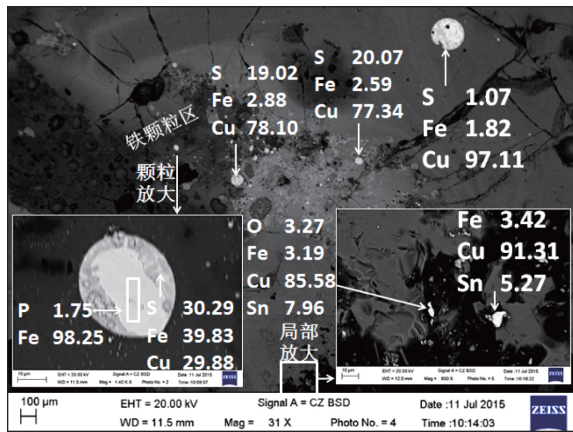


图 13 渣样 24463 Cu、锡青铜及 Fe 颗粒
Fig 13 Copper, tin bronze and iron particles in slag sample No. 24463

表 4 神墩庄冶金遗物基体成分

Table 4 Normalised compositions of the metallurgical relics at Shendunzhuang /%

样品号	Al ₂ O ₃	MgO	SiO ₂	FeO	CaO	K ₂ O	S	Cu
24464	5.66	0.90	30.76	53.24	7.37	2.08	1.50	2.57
24463	13.94	0.92	51.29	19.65	7.72	6.48	0.34	1.68

1.6 枞阳牛形地遗址

遗址位于枞阳县周潭镇永兴村,并边采矿遗址在其北部约 10 余千米。遗址为台墩型,高出地面近 3 m,面积达 5 000 m²(图 14),年代西周、春秋,相关炭样测年结果见表 6。陶器陶色有红褐陶、灰陶,纹饰有绳纹、重回字纹,器型可见鬲足。所发现 5 件炉渣多呈黑褐色非玻璃态不规则状。样品 24422、24423、24424、24425 夹杂颗粒主要可见低 Fe 的 Cu 颗粒,还可见冰铜、Fe-Cr-Ni 矿物或重晶石(BaSO₄)颗粒。样品 24427 主要可见低 Fe 的 Cu 颗粒、Sn-Fe 矿物颗粒(图 15)。遗址中应存在有青铜冶金活动。表 6 为牛形地炉渣基体成分。



图 14 牛形地遗址远景
Fig 14 View of Niuxingdi site

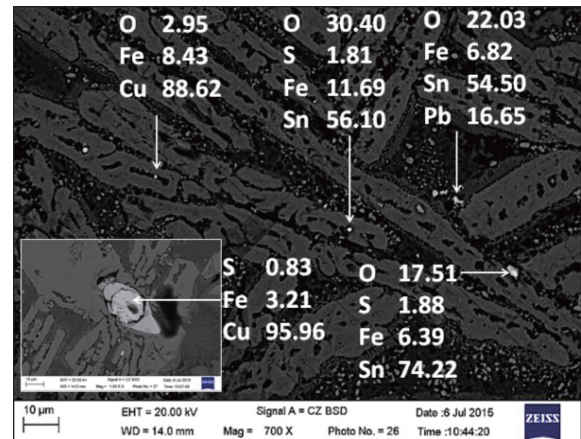


图 15 24427 Cu 及 Sn-Fe 矿物颗粒
Fig 15 Copper and Sn-Fe mineral particles in Sample No. 24427

表 5 牛形地考察炭样及测年结果

Table 5 Radiocarbon dating of Niuxingdi site

提取位置	样品	实验室编号	样品编号	年代 (B.P)	树轮校正年代 (95.4%可信度)
	木炭	BA151097	znt01	2575±20	804BC(95.4%)768BC 796BC(60.5%)748BC
				2540±20	685BC(10.4%)667BC 641BC(19.6%)587BC 581BC(4.9%)556BC

表 6 牛形地炉渣基体成分

Table 6 Normalised compositions of slag samples at Niuxingdi site /%

样品号	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	K ₂ O	CaO	FeO	S	Cu
24422	1.66	5.46	27.19	0.27	2.87	62.56	0.32	0.76
24423	1.21	4.67	25.37	1.65	9.26	57.84	0.61	0.65
24424	0.79	4.13	22.48	0.89	4.63	67.35	0.70	0.60
24425	0.55	2.74	22.98	0.70		68.40	0.72	1.34
24427	0.83	3.00	36.98	0.51	2.85	55.82	0.06	0.50

2 讨论

根据前人的田野工作以及本次考察中获得的陶片形制、炭样校正分析,可认为安庆地区早期矿冶遗址群的主体年代为商周。从合金体系分析看,皖河、大沙河流域存在有红铜、锡青铜的生产。陈瑶湖流域存在有红铜、锡青铜、砷青铜的生产。白荡湖流域存在有红铜、锡青铜、砷青铜、锡砷青铜的生产。安庆地区 17 处经检测的遗址中也仅有 3 处未发现 Sn 信号(怀宁金钩挂月、枞阳汤家墩与鞠隐神墩)。枞阳汤家墩(图 16)、陈家山还发现砷青铜渣。由此可得,安庆地区早期合金体系有两种,分别为锡青铜和

砷青铜生产。基于这批炉渣的物相成分与长江流域其它地区相似^[8-9], 青铜冶金工序应为两步法: 首先生产红铜并排出红铜渣, 进而向含有 Cu 液的炉内添加 Sn、As 料冶炼青铜并排出青铜渣。考虑到朱相屋、黄老屋、江古墩、牛形地、祖家墩、陈家山、龟山、余庄神墩等诸多遗址冶金遗物中发现 Sn-Fe(Cu) 矿物, 锡料推测以伴生有 Cu 的锡砂(SnO₂、Sn-Fe 矿物)而非金属锡形式添加。与皖南、赣北相似, 中小型遗址上也发现生产礼容器的陶范, 如枞阳汤家墩和潜山天宁寨(图 17, 潜山县博物馆采集)。

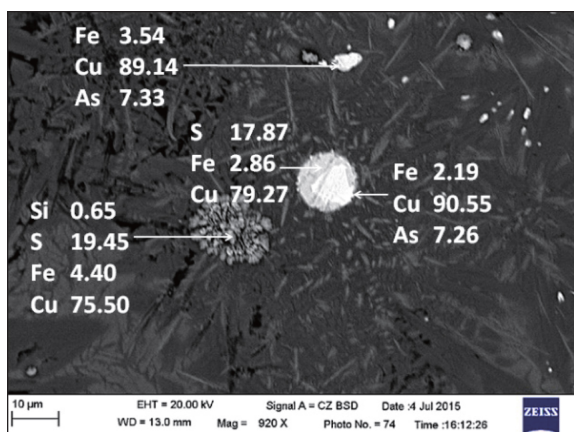


图 16 汤家墩渣样 24414 砷青铜颗粒
Fig. 16 Arsenical bronze particles in slag sample No. 24414 at Tangjiadun site



图 17 潜山天宁寨凤鸟云雷纹陶范块
Fig. 17 Clay model with phoenix and cloudscape at Tianningzhai site

从矿源信号看, 枞阳陈瑶湖、白荡湖流域富 Ba 的冶金遗物与庐枞矿集区铜矿的特征元素关联性良好^[10], 如汤家墩红铜渣 24410, 牛形地红铜渣 24424 (图 18)。并且汤家墩、鞠隐神墩还发现富 Ba 的铜矿石, 也应来自附近矿山, 如汤家墩铜矿石 24417

(图 19)。而枞阳神墩庄红铜渣可见许多钨铁矿、白钨矿颗粒(图 12), 应来自当地伴生富 W 黄铁矿(FeS₂)的铜矿^[10]。另外, 继枞阳井边发现采矿遗址之后, 怀宁月山又发现采矿遗址, 说明长江北岸与长江南岸的铜矿当时均得到了开发, 安庆矿集区应是皖河、大沙河流域铜料的重要来源。关于合金料的来源, 基于长江中下游早期频繁的文化互动, 皖西南未见锡矿的地质记载, 赣北锡矿区又有较好的冶金考古发现^[9], 安庆地区锡料可能与赣北关联密切。砷料推测来自周边矿山, 庐枞矿集区的铁氧化物-铜-金矿床(IOCg 型)中富含 As 矿物^[11], 该类矿床储藏浅的 As 可能已为早期采矿者所发现。

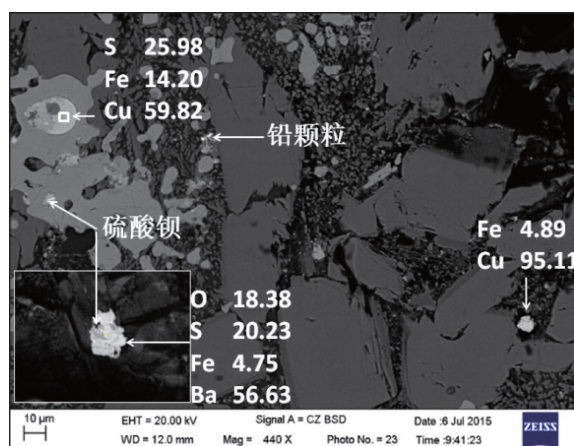


图 18 牛形地渣样 24424 Cu 及重晶石颗粒
Fig. 18 Copper and barite particles in slag sample No. 24424 at Niuxingdi site

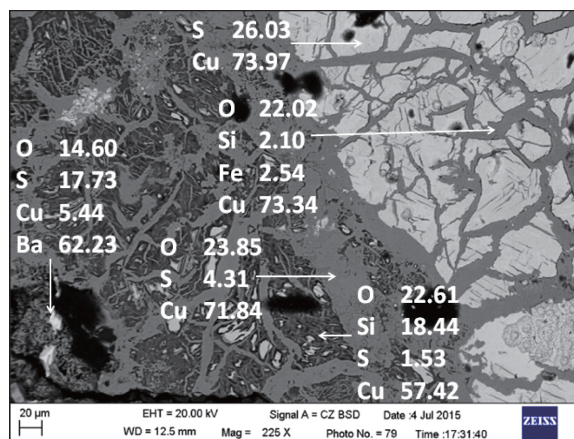


图 19 汤家墩渣样 24417 铜蓝、孔雀石及重晶石
Fig. 19 Covellite, malachite and barite particles in slag sample No. 24417 at Tangjiadun site

安庆地区早期冶金遗址上可见青铜生产乃至礼容器铸造活动, 这种青铜产业格局与冶铸分离、王权严控下生产礼容器的中原地区^[12], 以及冶铸不分、

未见礼容器生产的河西地区均有所不同^[13],它的背后有其独特的时代环境与文明进程。安庆地区商周文化主体由土著势力发展而成^[3-4],西周中期以来又受江淮因素影响,遗址、墓葬中常见淮式陶器以及群舒青铜器暗示了江淮因素在与沿江一带的皖西南交往中表现强势,这些非中原体系的地方性文化影响着当地青铜产业格局的形成发展^[14]。如果再从矿产地理视角看,皖西南又牵涉到向来为学者所重视的“金道锡行”路线问题。本文考察以及结合青铜原料运输相关文献能够得知^[14-15]:皖西南早期不仅矿冶业兴盛,而且处在以铜陵为代表的皖南古矿冶区向中原地区运输青铜原料的交通节点上。同时我们可以根据这种局面推测,扼江淮并制蛮越的皖西南很可能还存在着为保障冶炼、分配、运输、交易或纳贡正常运行而建立的一整套社会联动机制。

本文考察研究更为重要的考古学意义在于将鄂东南、赣北、皖西南、皖南的早期矿冶遗址群串联在一起,对于整体把握长江中下游青铜冶金内涵与产业格局,以及探讨区域互动与南北文化交流具有重要价值。在过去,长江中下游早期冶金文明主要由皖南、鄂东南、赣北三大板块为主体架构,安庆地区早期矿冶遗址群的发现则极大丰富了这个架构的内涵。比对切尔内赫对欧亚草原、李延祥对产业格局、陈国科对河西走廊的相关成果^[12,16-17],这条连绵上千华里(~500 km)的先秦矿冶带处于一个相对独立的文化地理区间,并且具有独特的青铜产业格局,或可称之为“长江中下游青铜冶金区”。这一冶金区的主要特点为:1)长江中下游通过诸水系将各个区域相连,共性上都可见锥状足鬲(鼎)、护耳甗、带把器等器物以及发现夹砂红褐陶、印纹陶、原始瓷等现象。这种频繁的文化互动也能将大范围内采矿、冶铸、运输等技术交流与人类活动紧密联系。2)青铜产业链与物料(铜锡铅砷)供应链均较简单,遗址中同时存在冶炼红铜、配制合金以及熔铸器物等成体系活动,有的还能从事礼容器生产。

3 结语

安庆地区早期矿冶遗址考察研究虽然为揭示皖西南青铜矿冶文明提供了重要线索,但目前的研究深度相对有限,许多与冶金技术密切相关的细节问题仍不能正面释读,譬如冶金遗址更确切的时代、群舒类型青铜器与冶金遗址的关系、皖西南与皖南地区冶金技术的交流方式、皖西南与江淮地区冶金产品的流通机制等。正因如此,对安庆地区及周边区

域的矿冶遗址、铸铜遗物开展更为系统的实验室工作,将为皖西南乃至长江中下游早期文明与复杂社会的研究产生重要推动作用,这也是我们今后的努力方向。

致谢:由衷感谢怀宁县文物局何张俊、潜山县文物局汪中焰、铜陵市博物馆唐杰平、枞阳县文管所王乐群诸位先生在田野考察中的大力支持与热忱帮助。

参考文献

- [1] 杨立新. 安徽考古的世纪回顾与探索[J]. 考古, 2002(2): 3-13.
YANG L X. Review and study of Anhui archaeology in the past century[J]. Archaeology, 2002(2): 3-13.
- [2] 宫希成. 夏商时期安徽江淮地区的考古学文化[J]. 东南文化, 1991(2): 122-127.
GONG X C. Archaeological culture of Jianghuai Area during the Xia and Shang Dynasties, Anhui Province[J]. Southeast Culture, 1991(2): 122-127.
- [3] 豆海锋. 试论安徽沿江平原商代遗存及与周边地区的文化联系[J]. 江汉考古, 2012(3): 69-80.
DOU H F. A discussion on the relationship between the Shang Dynasty remains of Yangtze River plain in Anhui Province and neighbor areas [J]. Jiangnan Archaeology, 2012(3): 69-80.
- [4] 赵东升. 论江淮地区西周时期考古学文化格局与政治势力变迁[J]. 安徽大学学报(哲学社会科学版), 2012(5): 97-105.
ZHAO D S. A study on the archaeological cultural pattern and political changes of the Western Zhou Dynasty in Jianghuai Area [J]. Journal of Anhui University(Philosophy and Social Sciences), 2012(5): 97-105.
- [5] 宫希成. 枞阳县井边东周采铜矿井调查[J]. 东南文化, 1992(5): 89-90.
GONG X C. The investigation at the Jingbian mining site of the Eastern Zhou Dynasty, Zongyang county[J]. Southeast Culture, 1992(5): 89-90.
- [6] 陈建立. 中国古代金属冶铸文明新探[M]. 北京: 科学出版社, 2014: 89-99.
CHEN J L. New Study of Metallurgy Civilization in Ancient China[M]. Beijing: Science Press, 2014: 89-99.
- [7] 李强, 魏国锋, 何张俊, 等. 安徽省怀宁县铜牛井矿冶遗址冶炼工艺研究[J]. 有色金属(冶炼部分), 2020(7): 105-110.
LI Q, WEI G F, HE Z J, et al. Research on smelting

- process of Tongniujing mining and smelting site in Huaining county, Anhui Province [J]. *Nonferrous Metals (Extractive Metallurgy)*, 2020(7):105-110.
- [8] 李延祥, 崔春鹏, 李建西, 等. 大冶香炉山遗址采集炉渣初步研究[J]. *江汉考古*, 2015(2):93-100.
LI Y X, CUI C P, LI J X, et al. Primary study on the slag from Xianglushan Site in Daye, Hubei Province [J]. *Jianghan Archaeology*, 2015(2):93-100.
- [9] 崔春鹏. 长江中下游早期矿冶遗址考察研究[D]. 北京: 北京科技大学, 2016.
CUI C P. Investigation and study on early mining and smelting sites in the Middle and Lower Reaches of the Yangtze River [D]. Beijing: University of Science and Technology Beijing, 2016.
- [10] 张乐骏. 安徽庐枞盆地成岩成矿作用研究[D]. 合肥: 合肥工业大学, 2011.
ZHANG L J. Polymetallic mineralization and associated magmatic and volcanic activity in the Luzong Basin, Anhui province, Eastern China [D]. Hefei: Hefei University of Technology, 2011.
- [11] 毛景文, 余金杰, 袁顺达, 等. 铁氧化物-铜-金(IOCG)型矿床: 基本特征、研究现状与找矿勘查[J]. *地质评论*, 2008(3):267-278.
MAO J W, YU J J, YUAN S D, et al. Iron oxide-copper-gold deposits: Characteristics, present research situation and ore prospecting [J]. *Mineral Deposits*, 2008(3):267-278.
- [12] 李延祥. 中原与北方地区早期青铜产业格局的初步探索[N]. *中国文物报*, 2014-02-28(5).
LI Y Y. Preliminary study of early bronze industry pattern in Central Plains and Northern Area [N]. *China Cultural Relics News*, 2014-02-28(5).
- [13] 李延祥, 陈国科, 潜伟, 等. 敦煌西土沟遗址冶金遗物研[J]. *敦煌研究*, 2018(2):131-140.
LI Y Y, CHEN G K, QIAN W, et al. Research of the metallurgical remains in the Xitugou Site at Dunhuang [J]. *Dunhuang Research*, 2018(2):131-140.
- [14] 安徽大学, 安徽省文物考古研究所. 皖南商周青铜器[M]. 北京: 文物出版社, 2006:7-13.
Anhui University, Institute of Cultural Relics and Archaeology of Anhui Provinc. *Shang-Zhou Bronzes in Southern Anhui* [M]. Beijing: Cultural Relics Press, 2006:7-13.
- [15] 易德生. 周代南方的“金道锡行”试析—兼论青铜原料集散中心“繁汤”的形成[J]. *社会科学*, 2018(1):147-154.
YI D S. A study on Southern “Jindaoxihang” in Zhou Dynasty; Concurrently discuss the formation of bronze raw materials trading center “Fantang” [J]. *Social Science*, 2018(1):147-153.
- [16] CHERNYKH E. Formation of the Eurasian “Steppe Belt” of stockbreeding cultures: Viewed through the prism of archaeometallurgy and radiocarbon dating [J]. *Archaeology Ethnology & Anthropology of Eurasia*, 2008(3):36-53.
- [17] 陈国科. 黑水河流域早期铜矿冶遗址研究[D]. 北京: 北京科技大学, 2015.
CHEN G K. Study on the early copper mining and metallurgy sites in the Valley of Heishuihe River [D]. Beijing: University of Science and Technology Beijing, 2015.