doi:10.3969/j.issn.1007-7545.2021.10.019

临淄齐故城小城西门西侧夯土遗址出土冶金遗物初步研究

代全龙[1],董文斌[1],邹桂森[2],李延祥[3]

(1. 山东省文物考古研究院,济南 250002;
2. 广西民族大学 科技史与科技文化研究院,南宁 530006;
3. 北京科技大学 科技史与文化遗产研究院,北京 100083)

摘要:采用能量色散型 X 射线荧光光谱仪(ED-XRF)、扫描电子显微镜能谱仪(SEM-EDS)等分别对临淄齐故城小城西门西侧夯土遗址出土冶金遗物的基体成分、金属颗粒及物相进行科学分析。初步研究结果表明,炉渣均为还原渣,系使用含硫铜铅矿石进行火法冶炼并配以锡料,利用冶炼过程中液态分层的上层浇铸得到高铅的铅锡青铜铸币,下层高铅合金可使用凝析法生产金属铅与铅锡青铜。本研究初步揭示了该遗址通过冶炼活动生产铅青铜并配以锡料直接浇铸获取高铅青铜铸币的冶金行为,为进一步挖掘该遗址的冶金内涵,重建该遗址的铸造工艺及生产链提供了重要的线索,同时对认识中国古代铸币金属史的发展具有十分重要的意义。

关键词:临淄齐故城;铸钱遗址;冶金遗物;科学分析

中图分类号:K878　　**文献标志码**:A　　**文章编号**:1007-7545(2021)10-0139-10

Preliminary Study on Metallurgical Relics Unearthed from Rammed Earth Ruins on West Side of West Gate of Small Town of Linzi City Site of the Qi State

DAI Quan-long[1], DONG Wen-bin[1], ZOU Gui-sen[2], LI Yan-xiang[3]

(1. Shandong Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Jinan 250002, China;
2. Institute for History and Culture of Science & Technology, Guangxi University for Nationalities, Nanning 530006, China;
3. Institute of Cultural Heritage and History of Science & Technology, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China)

Abstract: Energy Dispersive X-ray Fluorescence Spectrometer (ED-XRF) and Scanning Electron Microscope Energy Dispersive Spectrometer (SEM-EDS) were used to analysis matrix composition, metal particles and phases of metallurgical relics unearthed from rammed earth ruins on west side of west gate of small town of Linzi City Site of the Qi State. Preliminary research results show that type of slag is all reduced slag, which uses sulfur-containing copper-lead ore for pyrometallurgical smelting and is equipped with tin material. Liquid layered upper layer during smelting process is cast to obtain high-lead lead-tin

收稿日期:2021-06-21

基金项目:广西自然科学基金资助项目(2020GXNSFAA297210);国家重点研发计划项目(2020YFC1521606);山东大学人文社科重大项目(21RWZD05)

作者简介:代全龙(1989-),男,山东潍坊人,助理馆员;**通信作者**:邹桂森(1988-),男,广西北流人,博士,讲师

bronze coin, and the lower layer is high-lead. The alloy can use condensate method to produce metallic lead and lead-tin bronze. This research initially reveals nature of metallurgical activities of the site to produce lead bronze through smelting activities and directly cast with tin material to obtain high-lead bronze coins, which provides for further excavation of metallurgical connotation of the site and reconstruction of the site's casting process and production chain. The important clues are also very important for understanding development of ancient Chinese coinage metallurgical history.

Key words: Linzi City Site of the Qi State; Metallurgical relics; scientific analysis

临淄齐故城是周代齐国的都城,位于山东省淄博中部,西南距今临淄区政府驻地 6.5 km。该遗址田野考察工作始于 20 世纪 30 年代,目前已进行了大量的考古调查、钻探、试掘与发掘工作。在前期调查过程中,发现两处炼铜遗址,一处在小城南部,一处在西关村中部,而在小城南部安河村南发现"齐法化"铸钱遗址[1]。2011 年至 2013 年,山东省文物考古研究院在对齐故城大城与小城进行系统调查过程中又重新确认或发现冶铸遗址 14 处,年代大都在东周秦汉时期,同时发现了汉代的铸镜遗址[2]。2019 年 4 月至 7 月,山东省文物考古研究院在对小城西门西侧夯土基址发掘过程中出土了大量的冶金遗物,初步判断存在一处铸币作坊。齐国手工业发达,但临淄齐故城有关铸币遗址的研究仍未系统开展。此次临淄齐故城小城西门西侧夯土遗址的发掘为相关研究提供了重要的出土材料。

1 遗址介绍

临淄齐故城小城西门西侧夯土遗址位于齐国故城小城西门西南侧,紧邻小城墙,西距遄台路 130 m,东距小徐村 300 m,西北距小城西门 150 m。2019 年 4 月至 7 月,山东省文物考古研究院对该遗址进行考古发掘,共发现灰坑 87 座、灰沟 4 条、房基 4 处、墓葬 17 座、大型夯土基址 1 处(如图 1 所示),其中重要的发现为夯土基址 JZ1 和大量钱范。基址南北宽约 12~13.5 m,东西揭露长度 43.5 m,面积约 560 m^2。在发掘区西北部发现大量齐刀币范残块,总数达 1 300 余块,钱范残破程度较为严重。钱范坑内还有大量的炉渣、鼓风嘴等与冶铸相关遗物,推测附近应存在铸钱作坊。

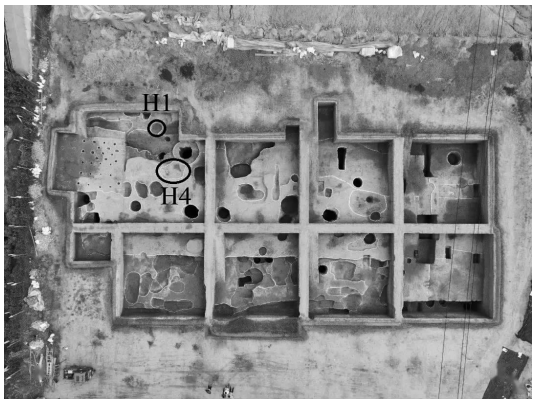


图 1 遗址发掘区

Fig. 1 Archaeological excavation area

2 样品挑选与制备

此次主要对该遗址 H1 及 H4 出土炉渣进行研究,在沉淀池将样品清洗干净、晾干。通过炉渣形貌观察可知,炉渣均为正常渣,其中部分炉渣较为致密,密度较大,其断口为黑色玻璃态,表面具有流动痕迹;部分炉渣疏松多孔,密度较小,表面无流动痕迹,应为浮渣。使用便携式荧光分析仪(p-XRF)在土壤模式下对炉渣基体成分进行初步分析,发现部分炉渣铅含量较高,在 1%以上。根据炉渣形态及检测结果,从不同类型炉渣中随机挑选镶样并检测分析。

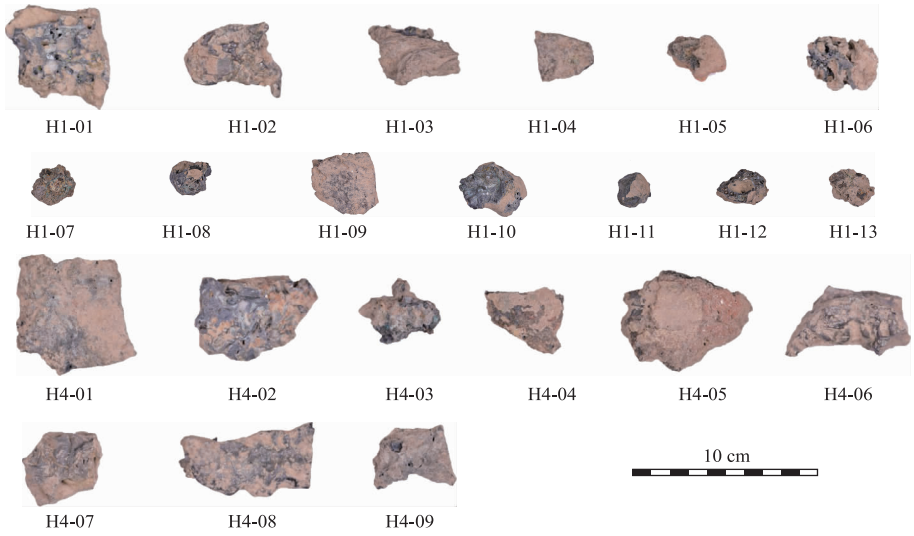


图 2　临淄齐故城小城西门西侧夯土遗址样品照片

Fig. 2　Related relics of the site

对样品编号并拍照，H1 取样 12 块(编号 H1-1 至 H1-12)，其中炉渣 10 块，炉壁 2 块(H1-5，H1-7)，H4 取样 9 块(编号 H4-1 至 H4-9)，其中炉渣 7 块，炉壁 2 块(H4-4 与 H4-5)。采用金刚切割机取样并使用环氧树脂镶样，用不同目数的砂纸打磨，最后用抛光布抛光。

使用 EDX-8100 型能量色散型 X 射线荧光光谱仪(ED-XRF)对样品基体成分进行分析，测试条件为空气模式，电压 50 kV，光斑为 3 mm。将抛光的炉渣样品表面喷金，使用扫描电子显微镜能谱仪对样品基体成分及物相进行检测，扫描电子显微镜型号为 Zeiss EVO18，能谱仪型号为 Bruker Nano XFlash Detector 5010。将炉壁样品表面喷碳，使用 Tescan Vega III XMU 型扫描电子显微镜及 Bruker XFlash 610 进行检测分析。

3　试验结果及分析

使用 EDX-8100 对 18 个炉渣样品基体成分进行检测，考虑到仪器的误差值，将不足 0.1%的元素扣除，各炉渣基体成分如表 1 所示。使用 SEM-EDS 对炉渣中的物相及夹杂金属颗粒检测，其结果如图 3 至图 10 所示，炉渣状态及各炉渣颗粒、产物推测及炉渣类型归纳如表 2 所示。

所检测炉渣为正常渣，炉渣基体均为铁硅钙系，以铁橄榄石、磁铁矿、浮氏体为主，炉渣基体 FeO 含量为 15.4% ～ 42.4%，SiO_2 含量为 28.2% ～ 47.9%，CaO 含量为 11.6%～25.0%，含有少量铝、钾、锰等元素，同时含有一定量的 Pb、SnO_2、CuO，其含量分别为 0.4%～6.3%、0.2%～3.8%、0.3%～3.0%。其中，H1-8 基体玻璃化程度较高。

炉渣中粒径在 50 μm 以上的金属颗粒仅有 17 个，其尺寸在 54～1 237 μm。其余均在 50 μm 以下，且较为细小，其物相以铜氧化物(图 6)、铅或氧化铅颗粒(图 3)、冰铜颗粒(图 3、图 7、图 10，主要分布于合金颗粒、铅颗粒外层)、锡或铅青铜颗粒为主(图 7、图 8、图 9、图 10)，部分炉渣中还有 $PbSO_4$ 颗粒存在(图 4)，应由 PbS 颗粒氧化形成，部分颗粒中含有一定量的砷。冰铜以附于青铜颗粒外缘为主，其平均铜含量为 55.74%，硫含量为 30.8%，铁含量为 13.46%。铅的存在形式多样，大部分以铅颗粒(或氧化铅)较细小弥散于炉渣基体或者冰铜颗粒及青铜颗粒当中，部分颗粒直径较大，可达 736 μm，另一部分铅以合金形式存在于金属颗粒中。锡主要以合金元素存在于颗粒当中，主要为铜锡铅合金或铅锡合金，锡含量约为 1.2%～57.9%。

此次所分析炉壁共有 4 块，其中，H1-5 炉壁挂渣较少，仅在其内层表面发现数个铅锡青铜颗粒，H1-7 炉壁挂渣较少，仅在炉壁内侧有数个铅颗粒及氧化铜颗粒，性质较难判断。H4-4 中，内层含有较厚的挂渣，玻璃化程度较高，基体中 PbO 含量为 9.0%，CuO 含量为 2.5%，FeO、CaO 含量分别为 7.6%、7.4%，基体中含有较多细小的铅颗粒、铜颗粒，其中最大直径 935 μm 的颗粒为白冰铜(图 11)，部分颗粒中含有少量的锡元素存在。H4-5 中，还存在一定的炉壁挂渣，基体玻璃化程度较高，有较多磁铁矿，基体 PbO 含量约为 5.1%，CuO

含量约为 4.6%,FeO 含量约为 21%,CaO 含量约为 14.6%,基体中有一直径约为 250 μm 的白冰铜颗粒(图 12)及一些直径在 50 μm 以下的锡青铜、铅颗粒。H4-4 及 H4-5 基体其 PbO 含量较高(5%～9%),玻璃化程度较高,大颗粒均为白冰铜残留。

表 1 临淄齐故城小城西门西侧夯土遗址炉渣基体成分

Table 1 Bulk chemical compositions of the site slag matrices /%

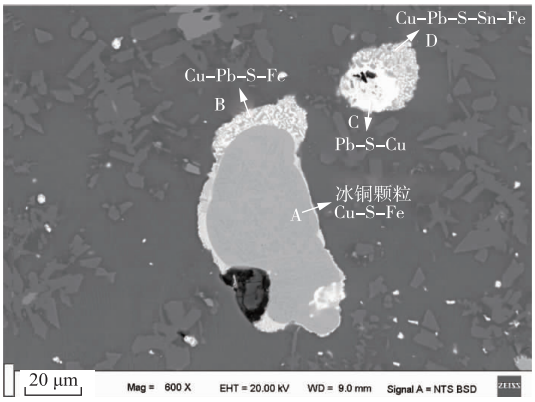
来源	编号	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	MnO	FeO	CuO	PbO	SnO_2
灰坑 H1	H1-1	7.4	36.0	3.1	20.1	0.4	0.3	29.0	0.5	2.1	1.1
	H1-2	6.0	32.1	2.5	16.9	—	0.2	40.0	0.6	1.2	0.5
	H1-3	6.3	31.4	2.6	17.8	0.3	0.2	35.5	1.4	2.2	2.4
	H1-4	7.1	31.8	2.4	18.0	—	0.2	39.3	0.6	0.4	0.2
	H1-6	10.0	46.0	3.4	17.6	0.6	0.2	20.1	0.8	0.9	0.4
	H1-8	10.3	40.9	3.7	25.0	0.5	0.3	18.0	0.3	0.5	0.4
	H1-9	7.3	35.1	2.5	17.9	—	0.2	33.9	0.5	1.3	1.2
	H1-10	6.9	32.7	2.5	18.0	—	0.2	36.6	0.7	1.4	1.0
	H1-11	6.1	29.9	2.4	17.6	0.0	0.2	40.9	0.7	1.3	0.9
	H1-12	9.6	41.9	3.1	22.2	0.4	0.2	20.3	1.6	0.5	0.2
	H1-13	9.4	40.6	2.2	13.9	0.5	0.2	31.2	0.9	0.8	0.4
灰坑 H4	H4-1	8.6	33.7	2.6	24.1	0.3	0.3	25.3	0.8	1.9	2.3
	H4-2	7.1	28.2	2.2	18.4	—	0.2	37.7	0.7	1.7	3.8
	H4-3	9.2	47.9	3.5	11.6	0.6	0.2	15.4	3.0	6.3	2.3
	H4-6	6.2	30.2	2.2	17.4	—	0.2	42.4	0.6	0.6	0.4
	H4-7	7.3	35.0	3.0	22.0	0.4	0.3	30.6	0.4	0.7	0.4
	H4-8	5.6	35.9	2.8	15.3	0.4	0.3	37.8	0.5	0.9	0.5
	H4-9	7.2	32.6	2.3	19.7	—	0.3	36.3	0.7	0.5	0.5

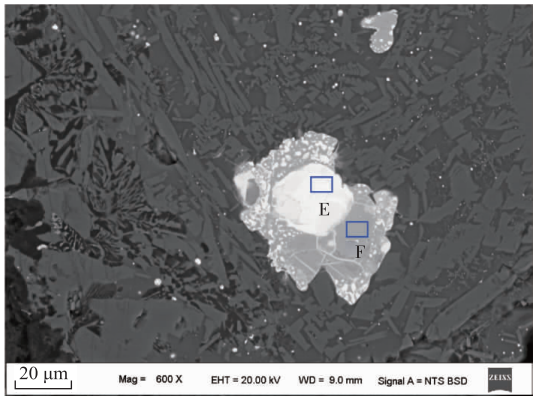
注:"—"表示未检测到该元素

表 2 各炉渣颗粒、产品及类型判断

Table 2 Judgment of slag particles, products and types

来源	编号	颗粒	图号	属性
灰坑 H1	H1-1	大量细小的铅颗粒,冰铜颗粒、锡青铜及铅锡青铜	图 3	正常渣
	H1-2	均在 50 μm 以下,颗粒较大者为冰铜颗粒,含有较多细小的铅颗粒、锡青铜颗粒	—	正常渣
	H1-3	基体遍布铅、冰铜和青铜颗粒,有大量 PbO 及 $PbSO_4$	图 4	正常渣
	H1-4	大量 PbO 及冰铜颗粒	图 5	正常渣
	H1-5			炉壁
	H1-6	锡青铜、铜铅合金、铜锡铅合金、铅颗粒	图 6	正常渣
	H1-7			炉壁
	H1-8	冰铜、铜锡铅合金、铜铅合金	—	正常渣
	H1-9	冰铜颗粒、铅颗粒、铜锡铅合金	—	正常渣
	H1-10	冰铜颗粒、铅颗粒、铜锡铅合金	图 7	正常渣
	H1-11	冰铜颗粒、铅颗粒、铜锡铅合金	—	正常渣
	H1-12	铅、锡青铜、铅青铜氧化物	图 8	正常渣
灰坑 H4	H4-1	冰铜,铅颗粒,铜锡铅合金、铜锡合金	—	正常渣
	H4-2	铅颗粒、铜锡铅合金、冰铜	—	正常渣
	H4-3	铅、铜氧化物、铅青铜氧化物、铜锡合金	图 9	正常渣
	H4-4			炉壁
	H4-5			炉壁
	H4-6	冰铜颗粒、铅颗粒及铅锡青铜	—	正常渣
	H4-7	冰铜颗粒、铅颗粒及铅锡青铜	—	正常渣
	H4-8	冰铜颗粒、铅颗粒及铅锡青铜	—	正常渣
	H4-9	铜锡铅合金、铅颗粒、冰铜	图 10	正常渣

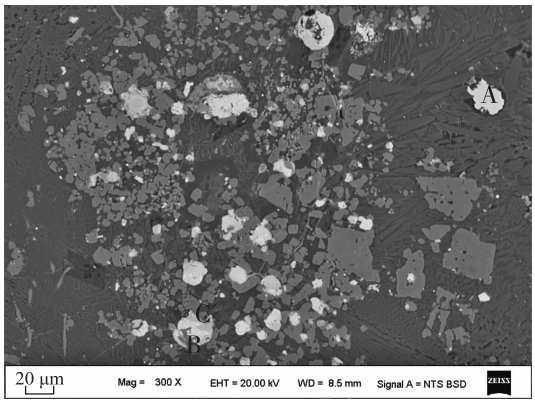




A—Cu 74.57%、S 20.55%、Fe 4.12%;B—Cu 45.26%、Pb 33.97%、S 18.24%、Fe 2.54%;
C—Pb 85.50%、S 10.52%、Cu 3.97%;D—Cu 52.66%、Pb 23.73%、S 16.09%、Sn 3.31%、Fe 1.80%;
E—Pb 87.27%、O 12.73%;F—Cu 61.92%、S 38.08%

图 3　样品 H1-01 背散射图片

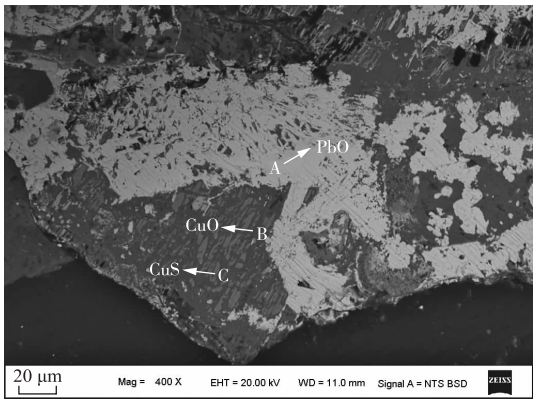
Fig. 3　Back-scattered electron images of sample H1-01



A—Pb 80.2%、Cu 2.0%、Fe 3.6%;
B—Pb 70.3%、S 7.2%、Fe 2.4%;
C—Pb 63.4%、Cu 22.2%、Fe 2.7%

图 4　样品 H1-03 背散射图片

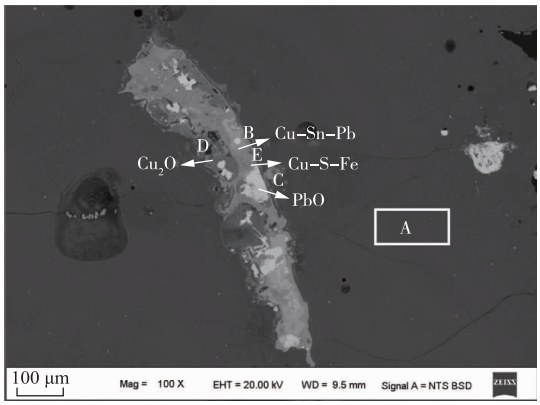
Fig. 4　Back-scattered electron image of sample H1-03

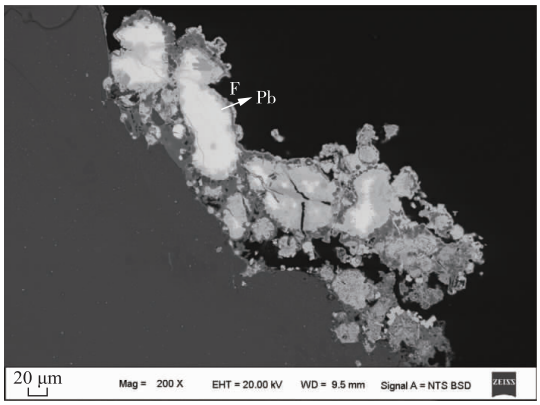


A—Pb 81.6%、O 18.4%;
B—Cu 60.2%、O 18.4%、Pb 3.5%、Fe 1.5%、Si 0.2%;
C—Cu 67.0%、S 30.3%、Ag 1.5%、O 1.2%

图 5　样品 H1-04 背散射图片

Fig. 5　Back-scattered electron image of sample H1-04

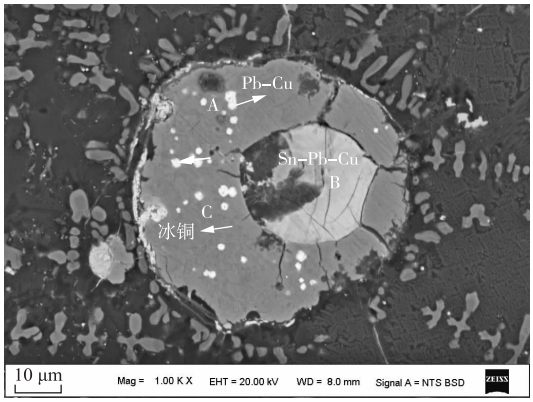




A—O 41.92%、Si 18.64%、Fe 14.51%、Ca 13.94%、Al 5.96%、K 2.53%、Mg 1.72%、Na 0.77%;B—Cu 47.50%、Sn 19.88%、
O 16.98%、Pb 10.52%、Cl 2.78%、Fe 1.82%、Si 0.52%;C—Pb 81.76%、O 18.24%;D—Cu 65.94%、
O 33.11%、Fe 0.50%、Si 0.45%;E—Cu 63.14%、S 26.12%、Fe 10.74%;F—Pb 100%

图 6　样品 H1-06 背散射图片

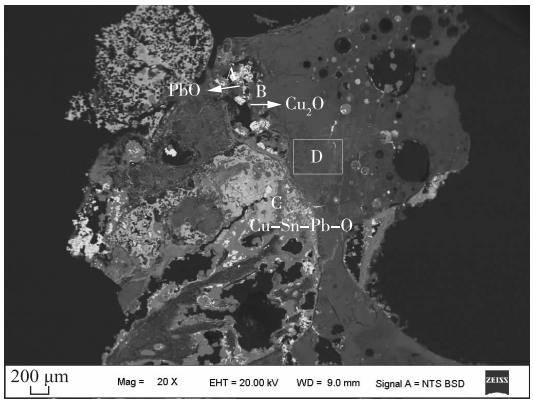
Fig. 6　Back-scattered electron images of sample H1-06



A—Pb 80.90%、Cu 16.51%、Fe 2.30%;
B—Sn 48.50%、O 21.95%、Pb 21.52%、Cu 4.43%、
Cl 2.48%、Fe 1.12%;
C—Cu 62.76%、S 29.48%、Fe 7.76%

图 7 样品 H1-10 背散射图片

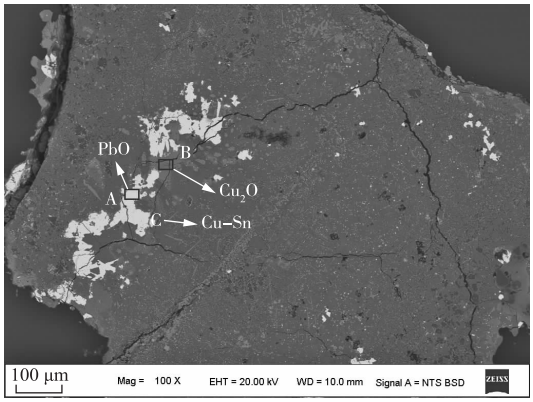
Fig. 7 Back-scattered electron image of sample H1-10



A—Pb 79.92%、O 20.08%;
B—Cu 63.41%、O 37.74%、Pb 0.85%;
C—O 33.39%、Sn 22.98%、Cu 20.87%、
Pb 12.12%、Si 6.84%、Fe 3.02%、Al 0.77%;
D—O 45.77%、Si 17.39%、Ca 14.95%、Fe 9.37%、Al 5.81%、
Cu:2.15%、Mg 1.58%、Pb 1.38%、K 1.24%

图 8 样品 H1-12 背散射图片

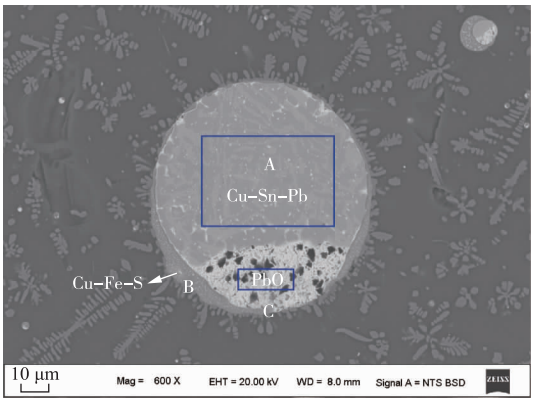
Fig. 8 Back-scattered electron image of sample H1-12



A—Pb 81.64%、O 18.36%;
B—Cu 58.13%、O:36.89%、Si 1.71%、Fe 1.51%、
Pb 1.04%、Al 0.72%;
C—小颗粒 Cu 84.63%、Sn 12.39%、
Fe 2.57%、Pb 0.41%

图 9 样品 H4-03 背散射图片

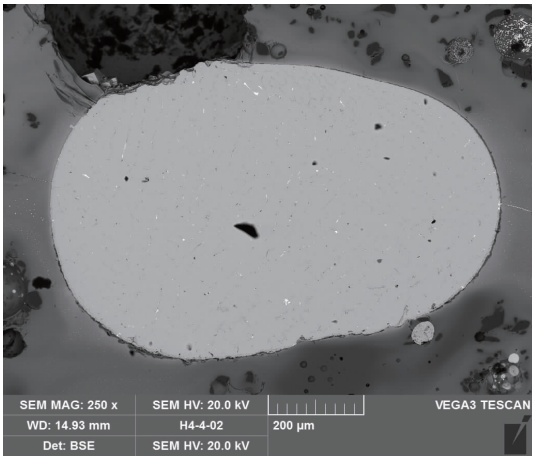
Fig. 9 Back-scattered electron image of sample H4-03



A—Cu 77.59%、Sn 19.22%、Pb 3.19%;
B—Cu 55.74%、S 30.80%、Fe 13.46%;
C—Pb 88.74%、O 11.26%

图 10 样品 H4-09 背散射图片

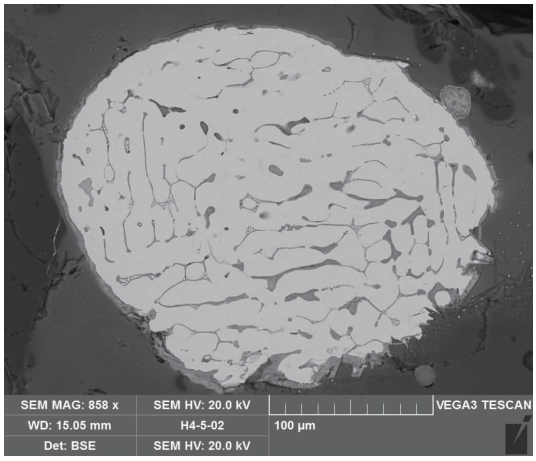
Fig. 10 Back-scattered electron image of sample H4-09



O 1.3%、S 18.3%、Cu 80.3%

图 11　H4-4 炉壁挂渣基体中的白冰铜颗粒

Fig. 11　Back-scattered electron image of sample H4-4



O 3.8%、S 17.8%、Cu 78.3%

图 12　H4-5 炉壁挂渣基体中的白冰铜颗粒

Fig. 12　Back-scattered electron image of sample H4-5

4　讨论

4.1　冶金技术分析

通过对炉渣基体成分、物相、熔融状态等可以对炉渣熔融温度进行判断。本研究中炉渣均为 CaO-FeO-SiO_2 系，将 Fe_2O_3 重新配氧换算为 FeO，并将 MnO 归入其中，将炉渣中的 Al_2O_3 归入 SiO_2，各组分重新归一化做成三元图并投影于 CaO-FeO-SiO_2 系状态图中，结果如图 13 所示。据图 13 分析可知，渣基体成分位于 CaO-FeO-SiO_2 系中部共晶面附近区域，熔融温度为 1 100～1 285 ℃，炉渣熔融状态较好，炉渣中其他氧化物组分如 K_2O、PbO 等对其熔融温度也有一定的降低作用，综合推测其冶炼温度低于 1 285 ℃，各主成分含量比值接近，显示其工艺较为稳定。

根据炉渣成分、物相及颗粒成分，可对遗址的冶炼工艺进行初步判断。在炉渣基体中普遍有铅、锡、铜等元素存在，以铁橄榄石、磁铁矿等物相为主，颗粒为冰铜颗粒、铜锡铅合金颗粒以及铅颗粒。在部分炉渣中(如图 5 所示)，存在未反应的铜铅硫化矿石且未发现有锡的存在，为判断遗址所用矿石提供一定的依据。根据山东省相关地质调查资料可知，在淄博西侧的邹平县大临池铜矿的铜矿矿物有黄铜矿、黄铁矿、方铅矿、辉铜矿、褐铁矿等[3]，在淄博东侧的昌乐县有铜多金属矿的发现，其中铅铜、金矿化体各 1 个，铜矿化体 2 个[4]，在淄博南侧的沂源县也发现了一处铅铜矿点，其矿物组成除黄铜矿、方铅矿外，还含赤铜矿、辉铜矿、闪锌矿、黄铁矿等金属矿物，脉石为方解石[5]。由此可知，在山东境内，并未发现含锡多金属矿，但铜铅矿却较为普遍，结合炉渣中矿石残留可知，该遗址使用的矿石为铜铅的硫化矿石，锡料可能以锡石或者金属锡的形式在冶炼过程中加入。

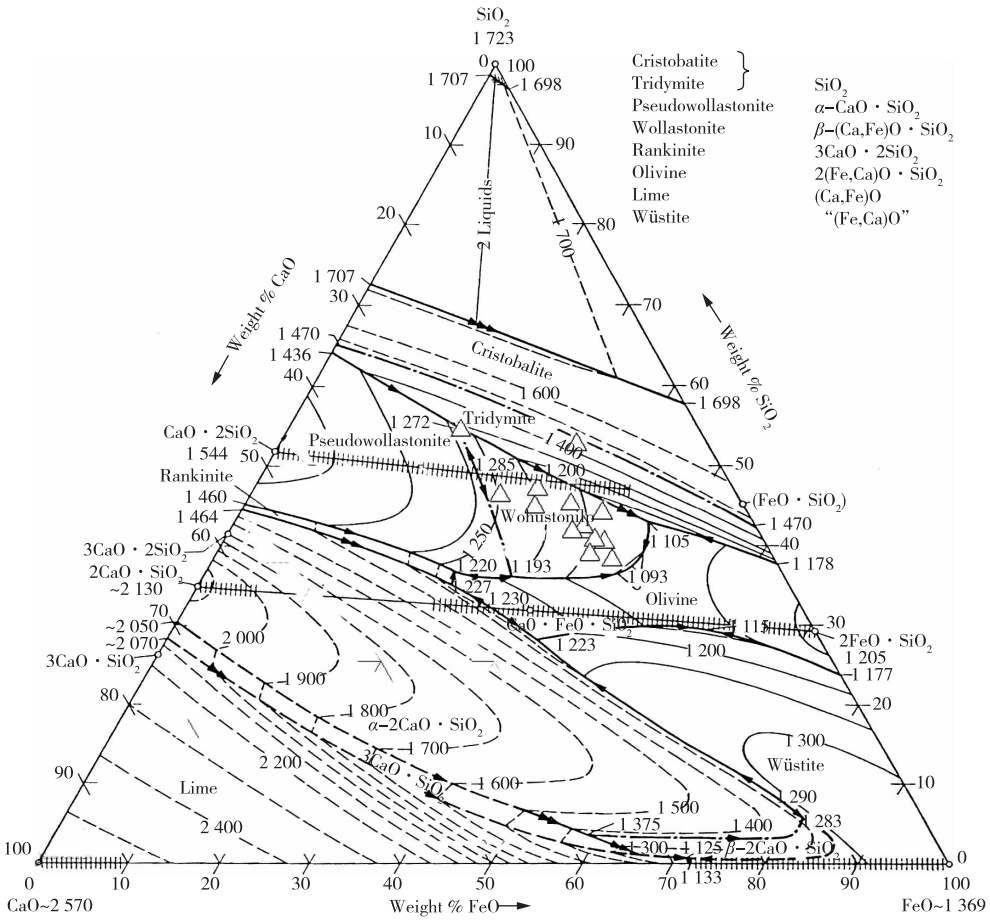


图 13 遗址炉渣样品成分在 CaO-FeO-SiO_2 系中的分布

Fig. 13 Distribution of composition plots of slag from the site shown on CaO-FeO-SiO_2 ternary phase diagram

4.2 遗址的分析与比较

齐故城内多处冶铸遗址已进行过科学分析,以石佛堂炼铜遗址和大城南部的城圈地遗址较为全面[6-7]。石佛堂遗址的炉渣可分为四类:第一类为红铜渣;第二类为冶炼氧化矿石偶然生成;第三类为炼铅渣;第四类为含有青铜颗粒的冶炼渣,主要包括锡锑铅青铜、锡锑青铜、锡青铜和铅青铜。城圈地铜渣可分两类,一类为红铜渣,一类为含铅(锑)锡青铜颗粒的冶炼渣。两处遗址分析表明,在临淄齐故城内存在着多种冶炼青铜与金属铅的活动。本次小城西门西侧遗址进行了较为科学系统的发掘,出土样品年代明确,与齐刀币钱范共出,表明冶炼渣与钱币铸造存在一定的关系。

含有一定量硫化矿物的铜铅共生矿冶炼过程中,依矿石中铜铅硫含量不同,在正常冶炼温度下(1 200~1 300 ℃)在炼炉底部会形成两层互相饱和的液体:上层是饱和铜铅的白冰铜、下层是饱和白冰铜的铅铜合金。在冶炼温度下这些合金一同放出炉口,进入浇包之类的容器中,温度下降,白冰铜熔点高(1 130~1 100 ℃),最先凝固,可先行揭取供另行焙烧冶炼成铜。剩下的铜铅合金因成分不同,据 Cu-Pb 二元合金相图(图 14)可分为三种情况。第一种情况是含铅量落在图中的一区,冷却过程会先析出固态金属铜被揭取,在 955 ℃时获得含铅约 37%的液态铜铅合金,在高于并接近 995 ℃时直接把这种铜铅合金铸造,即可获得含铅量低于但接近 37%的产品。第二种情况是含铅量落在图中的二区,此种情况下的铜铅合金液体会在 995~955 ℃产生液态分层,其上层是含铅 37%以上的铜铅合金液体,下层是含铅 86%以下的铜铅合金液体,具体含量依据温度而定(995~955 ℃)。只要在这一温度区间之内,将维持液态分层的上层铜铅溶液用来铸造,就会获得含铅量高于 37%的高铅产品。第三种情况是含铅量高于 86%,会在 955 ℃以下继续维持液态至 326 ℃,期间会不断析出固态金属铜,至 326 ℃析出固态金属铅。此种

情况下生成的高铅合金可使用凝析法生产金属铅与铅青铜。在已发现的遗址中,四川西昌东坪遗址是两汉之际的铸钱遗址,研究表明,该遗址使用铜铅混合硫化矿石冶炼铜铅合金并可能利用凝析法分离高铅合金分别获得铜和铅[8]。广西北流铜石岭遗址是汉—唐冶铜遗址,研究者对发现的冶金遗物分析研究认为,该遗址采用铜铅锌共生矿进行冶炼得到铜铅合金,之后使用凝析法将两者分离[9]。在铜铅共生矿冶炼过程中,适当添加锡料,会产生铜铅锡三元合金。少量锡的加入并不能显著改变铜铅合金相图,因此前述关于铜铅合金行为的讨论仍适用。

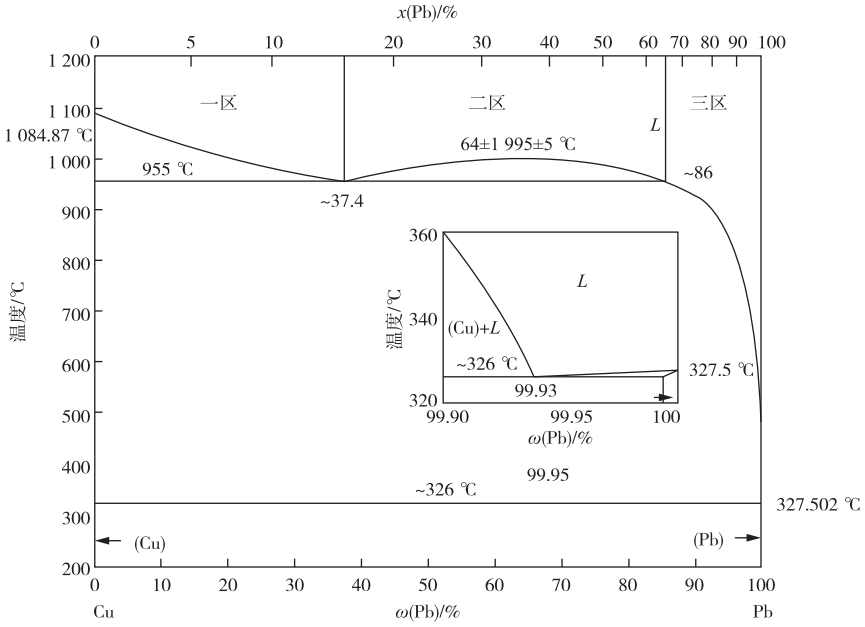


图 14　Cu-Pb 二元合金相图

Fig. 14　Cu-Pb binary alloy phase diagram

周卫荣等[10]曾对齐国 50 枚铸币进行检测分析,早期的“齐之法化”、“节墨之法化”铜、锡含量较高,其合金炼制方法可能属于前述讨论的第一种情况,也可能是金属料直接合金配制;后期的“齐法化”、“趡四化”、“趡六化”皆为高铅低锡制品,当属前述讨论的第二种情况之产物。战国时期燕国、楚国等其它诸侯也有大量高铅钱币,也应是同类技术的产物,如安徽肥西出土的楚国末期的蚁鼻钱,其铅含量达 50%～60%[11]。赵匡华等[12]也曾对战国时期齐国刀币、趡化币、燕国“匽”字刀币和部分楚国蚁鼻钱作了检测,其铅含量都在 30%～40%,有的则达到了 50%,甚至超过了一半,且这些钱币是战国时期发行量最大的,在当时具有代表性。

钱币作为不具生产使用性质的制品,受“劣币驱逐良币”规律的影响,战国时期各诸侯国纷纷铸造高铅钱币,利用铜铅共生矿冶炼所获高铅合金液会产生液体分层的特点,将冶炼工序直接与铸钱工序相结合,可能是一种普遍的行为。

5　结语

通过对临淄齐故城小城西门西侧夯土遗址出土部分冶炼遗物检测分析及相关地质资料的调研,初步研究结果表明,该遗址使用含硫铜铅矿石进行火法冶炼,在冶炼过程中配以锡料,上层液态在适当条件下可得到高铅的铜锡铅三元合金,浇铸以获得高铅的铅锡青铜铸币,下层的高铅合金可通过凝析法生产金属铅与铅锡青铜。本研究初步揭示了通过冶炼含硫铜铅矿石配以锡料直接浇铸以获得高铅的铅锡青铜铸币的行为,对认识古代铸币金属的发展具有十分重要的意义。但关于遗址所反映的完整的冶金活动,仍需对出土与冶铸相关的遗物进行系统的取样分析,尤其以炉壁、炉渣、矿石及刀币等遗物为重点,以揭示该遗址冶金活动完整的生产链,来进一步分析当时社会经济与生产活动。

参考文献

[1]　山东省文物考古研究所. 临淄齐故城[M]. 北京:文物

出版社,2013.
Shandong Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology. Linzi City Site of the Qi State[M]. Beijing:Cultural Relics Publishing House,2003.

[2] 杨勇,魏成敏,徐龙国. 山东临淄齐故城冶铸遗存考古调查与发掘取得重要收获[N]. 中国文物报,2013-07-19(2).
YANG Y,WEI C M,XU L G. Great achievements have been made in the archaeological investigation and excavation of the archaeometallurgy remains in Linzi City Site of the Qi State,Shandong province[N]. China Cultural Relics News,2013-07-19(2).

[3] 董一杰. 山东省淄博邹平县大临池铜矿地质普查报告(24175 号)[R]. 北京:全国地质资料馆,1960:3-5.
DONG Y J. Geologicalsurvey report of Dalinchi Copper Mine in Zouping county,Zibo,Shandong province:No. 24175[R]. Beijing:National Geological Archives,1960:3-5.

[4] 聂佩孝,武斌,王龙昌,等. 山东省昌乐县伦家埠坡地区铜多金属矿普查报告[R]. 山东 潍坊:山东省第四地质矿产勘查院,2015.
NIE P X,WU B,WANG L C,et al. General survey report of copper polymetallic ore in Lunjiabupo Area,Changle county,Shandong province[R]. Weifang:The Fourth Geological and Mineral Exploration Institute of Shandong Province,2015.

[5] 山东省地质环境监测总站. 沂源县三岔公社南流水铅铜矿点评价报告[R]. 济南:山东省地质环境监测总站,1971.
Shandong Provincial Geological Environment Monitoring Station. Evaluation report of Nanliushui lead-copper mine in Sancha Commune,Yiyuan county[R]. Jinan:Shandong Provincial Geological Environment Monitoring Station,1971.

[6] 李延祥,杜宁,李建西. 山东临淄齐国故城石佛堂炼铜遗存的调查与研究[J]. 华夏考古,2014(1):3-10.
LI Y X,DU N,LI J X. Investigation and research on the remains of copper smelting in Shifotang,the Ancient City of Qi State in Linzi,Shandong province[J]. Huaxia Archaeology,2014(1):3-10.

[7] 杜宁,王晓莲,李建西,等. 山东临淄齐国故城城圈地铜渣的调查与研究[J]. 江西理工大学学报,2012,33(2):14-17.
DU N,WANG X L,LI J X,et al. Investigation and study on copper slag in Chengquandi of Linzi City Site of the Qi State,Shandong Province[J]. Journal of Jiangxi University of Science and Technology,2012,33(2):14-17.

[8] 严弼宸,刘思然,李延祥,等. 四川西昌东坪遗址炉渣分析与冶炼技术研究[J]. 中国文物科学研究,2018(2):66-75.
YAN B C,LIU S R,LI Y X,et al. Research on the slag and smelting technology of Dongping site in Xichang,Sichuan[J]. China Cultural Heritage Scientific Research,2018(2):66-75.

[9] 李永春,黄全胜,李延祥. 广西北流铜石岭遗址冶炼技术分析[J]. 有色金属,2010,62(2):116-122.
LI Y C,HUANG Q S,LI Y X. Study on ancient smelting sites in Beiliu Tongshiling of Guangxi[J]. Nonferrous Metals,2010,62(2):116-122.

[10] 周卫荣,陈荣,孙成甫. 齐国铸币合金成分的检测与考察[J]. 中国钱币,1992(2):13-18.
ZHOU W R,CHEN R,SUN C F. Detection and investigation of alloy composition of Qi State coins[J]. China Numismatics,1992(2):13-18.

[11] 陈荣,赵匡华. 蚁鼻钱的金属成分和铸造工艺研究[J]. 自然科学史研究,1993,12(3):257-263.
CHEN R,ZHAO K H. Research on the metal composition and casting technology of Yibi coins[J]. Studies in the History of Natural Sciences,1993,12(3):257-263.

[12] 赵匡华,陈荣,郭玉竹,等. 战国时期古币金属组成试析[J]. 自然科学史研究,1992,11(1):32-44.
ZHAO K H,CHEN R,GUO Y Z,et al. Analysis of the composition of the metal Warring States period of ancient coins[J]. Studies in the History of Natural Sciences,1992,11(1):32-44.