

文章编号: 1005-1538(2019)01-0001-09

• 研究报告 •

翁牛特旗大营子冶炼遗址研究

李延祥¹, 董利军², 陈建立³, 朱延平⁴

(1. 北京科技大学冶金与材料史研究所, 北京 100083; 2. 内蒙古师范大学科学技术史研究院, 内蒙古呼和浩特 010022;
3. 北京大学文博学院, 北京 100871; 4. 中国社会科学院考古研究所, 北京 100070)

摘要: 大营子冶炼遗址位于赤峰市翁牛特旗五分地镇大营子村南侧的大山的北坡上, 包含东西两区冶炼遗存。东区冶炼遗存年代较早, 至迟在公元前1400年已开始冶炼活动。铅同位素、微量元素示踪研究显示大营子冶炼遗址东西两区均使用了来自林西县大井古铜矿的多金属共生矿石, 直接冶炼铜砷锡三元青铜合金。大营子冶炼遗址东区冶炼遗存的年代测定, 获得了迄今为止最早的夏家店上层文化年代测定结果, 为探讨辽西地区青铜时代考古学文化的演变提供了新的科学证据。

关键词: 冶金考古; 大营子遗址; 夏家店上层文化; 铅同位素; 微量元素

中图分类号: K878.5 **文献标识码:** A

DOI:10.16334/j.cnki.cn31-1652/k.2019.01.001

0 引言

大营子冶炼遗址(以下简称“遗址”或“大营子遗址”)是根据当地村民提供线索发现的。笔者等先后于2003年1月、2008年6月、9月、11月对大

营子遗址进行了4次考察。遗址位于翁牛特旗五分地镇大营子村南侧的大山的北坡上(图1), 中心点GPS数据为N 43°10′06.6″, E 118°26′45.1″, 海拔921 m, 北距著名的林西县大井古铜矿遗址60 km。

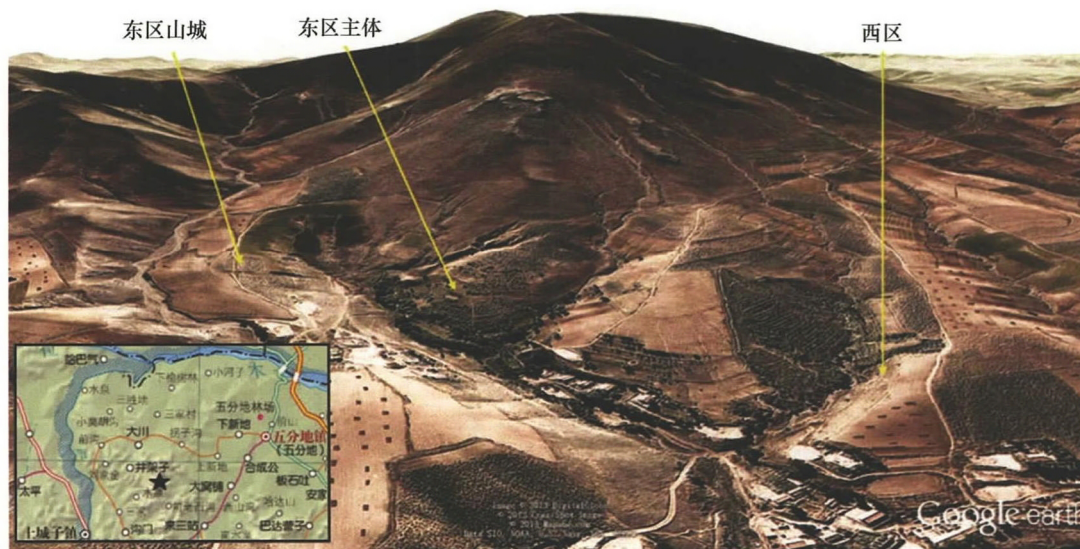


图1 遗址位置及在谷歌地球中的面貌(2013年4月23日截图)

Fig. 1 Location of the Dayingzi Smelting Site and images of the site from Google Earth (2013-04-23)

收稿日期: 2018-03-06; 修回日期: 2019-01-07

作者简介: 李延祥(1962—), 1995年博士毕业于北京科技大学, 研究员, 博士生导师, 研究方向为中国有色金属冶金考古和冶金史等, E-mail: Liyanxiang@metall.ustb.edu.cn

遗址可分为东西两区。东区最大特征是有一座边长 40 m 的正方形山城,从山城向东跨过一深沟即为东区主体部分。据当地村民介绍,东区于 2002 年秋季有大量墓葬被盗,2003 年 1 月考察时见有被盗墓葬约百余座,皆为典型的夏家店上层文化石板墓(图 2)。西区的主要迹象为大营子村西一深沟西侧底发现一灰坑遗址(图 3)。东区地表散布被盗掘出的大量夏家店上层文化陶片、人骨及石板,证实此区实为一墓区。在墓区盗掘出的土中及其东缘沟坡上,采集到大量炉渣、陶片、石器(图 4)及人骨。上述迹象显示东区的冶炼遗迹应在墓地建成之前形成,并为后建墓葬所覆盖或打破。西区灰坑内集中堆积有炉渣、木炭颗粒等遗物,附近可采集到矿石、陶片等遗物。

遗址东区上共采集到 24 件典型陶片和 2 件石器残件样品(图 4),陶片样品均为夹砂红陶,其中包括 9 件圆锥体状鬲足(长度为 5~10 cm),1 件器物

耳部(中间一排右三)和三足器的裆部(下排左四),其余均为厚度约 0.8 cm 的器壁残片。器物耳部残片与两件面积较大的陶片(中间一排左一和右一)表面呈黑灰色。以上遗物均属夏家店上层文化。

遗址东区上共采集到 28 件炉渣样品(图 5),均为粘有炉壁的炉渣。炉渣呈黑褐色,大部分炉壁呈土黄色,5 件样品(上数一排右三,第二排左二和右三,第三排右二与右四)的炉壁部分呈砖红色。炉渣体积相对其他遗址较大,最大两块(上数一排和第二排左三)长度在 10 cm 左右,6 块炉渣体积在 5 cm×5 cm×3 cm 到 8 cm×8 cm×4 cm 之间,有 2 块样品体积不足 2 cm×2 cm×2 cm。遗址西区灰坑所处炉渣与东区采集炉渣形貌相同,附近共采集到 6 块矿石样品,最大一块体积约为 4 cm×3 cm×2 cm,其余 5 块体积都不大,约为 1.5 cm×1.5 cm×1.5 cm。6 块矿石均为黄褐色脉石上附着的蓝色和绿色层状铜矿物。



图 2 遗址东区裸露石板墓
Fig. 2 A slate tomb exposed at the eastern area



图 3 遗址西区含炉渣灰坑
Fig. 3 A pit containing slag at the western area



图 4 东区采集陶片与石器
Fig. 4 Pottery pieces and stone tools collected at the eastern area



图 5 东区采集炉渣
Fig. 5 Slag samples collected at the eastern area

1 样品检测

1.1 炉渣分析

遗址上采集炉渣呈黑褐色, 结构致密, 大块渣多数带有红褐色草拌泥质的炉壁, 选取 11 个样品进行分析, 其中 DYZ1 ~ DYZ6 共 6 个样品出自东区, DYZ7 ~ DYZ11 共 5 个样品出自西区灰坑。使用日

本电子公司 JSM6840LV 扫描电镜和美国热电公司 Noran System six 能谱仪对样品进行观测及拍照。分别对炉渣基体和炉渣中金属颗粒的成分进行能谱分析。工作加速电压为 20 kV, 能谱分析的驻留时间为 60 s。基体成分经能谱分析结果见表 1。在其中 9 个样品中找到 19 个较大金属颗粒, 经能谱仪分析的各金属颗粒成分见表 2 及图 6 ~ 11。

表 1 炉渣基体成分 SEM - EDS 分析
Table 1 SEM - EDS analysis on the slag matrix

来源	样品号	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Fe	Cu	备注
东区	DYZ1	0.34	6.91	32.29	0.00	0.64	7.08	52.03	0.70	炉壁粘附渣
	DYZ2	2.14	5.47	25.94	0.04	1.73	9.34	53.77	1.57	
	DYZ3	0.07	3.91	24.57	0.20	1.69	10.52	57.26	1.79	
	DYZ4	0.19	5.21	32.90	0.00	0.00	11.29	50.20	0.22	
	DYZ5	1.39	10.20	53.34	1.08	4.01	8.08	13.84	8.06	
	DYZ6	0.54	6.03	24.66	0.28	0.06	4.10	62.15	2.17	
西区	DYZ7	0.75	3.26	34.62	0.20	0.00	4.82	43.38	12.98	炉壁粘附渣
	DYZ8	0.00	8.19	40.84	0.00	0.20	6.22	43.41	1.14	
	DYZ9	0.58	3.62	33.69	0.00	0.00	7.41	54.18	0.52	
	DYZ10	1.05	4.29	27.78	0.41	0.00	11.62	54.85	0.00	
	DYZ11	0.35	5.07	27.39	0.68	0.35	10.24	55.37	0.55	

注: 不计氧。

表 2 炉渣中金属颗粒成分 SEM - EDS 分析
Table 2 SEM - EDS analysis on prills in the slag

来源	样品号	位置	Fe	Cu	As	Ag	Sn	粒径/ μm	图号
东区	DYZ1	2_pt1	0.00	86.36	0.00	0.00	13.64	60	图 6
		3_pt1	0.00	92.40	0.00	0.00	7.60	110	
		4_pt1	0.00	87.62	0.00	0.00	12.38	90	
	DYZ2	3_pt1	1.17	88.03	9.74	0.00	1.06	45	图 7
	DYZ4	2_pt1	0.00	78.10	11.36	0.00	10.54	110	
		4_pt1	0.00	81.80	7.58	0.00	10.63	130	
	DYZ5	3_pt1	1.09	94.77	2.94	1.20	0.00	25	
		3_pt2	1.51	94.41	3.07	1.02	0.00	20	
		4_pt1	1.87	98.13	0.00	0.00	0.00	20	
	DYZ6	4_pt2	2.59	96.47	0.94	0.00	0.00	18	图 8
		2_pt1	1.15	72.13	8.74	0.00	17.98	240	
西区	DYZ7	3_pt1	0.00	91.15	6.14	1.87	0.84	70	图 9
		4_pt1	0.00	97.49	2.51	0.00	0.00	250	
		9_pt1	1.34	86.20	8.12	4.34	0.00	110	
	DYZ8	9_pt1	3.14	90.49	0.00	0.00	6.37	8	图 10
		9_pt2	2.21	93.85	0.00	0.00	3.94	6	
	DYZ9	4_pt1	0.00	77.27	7.21	0.00	15.52	130	图 11
	DYZ11	4_pt2	0.00	73.36	0.00	0.00	26.64	55	

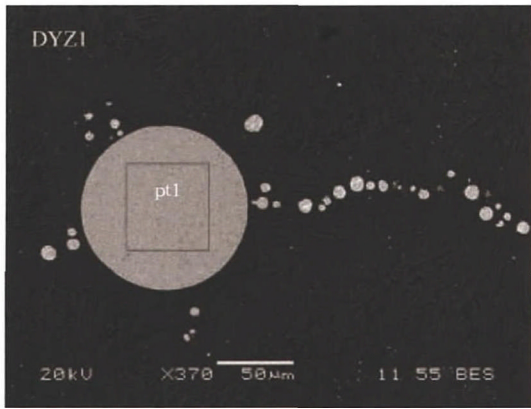


图 6 炉渣 DYZ1 中 Cu - Sn 合金颗粒
Fig. 6 Cu - Sn alloy prill in slag sample DYZ1

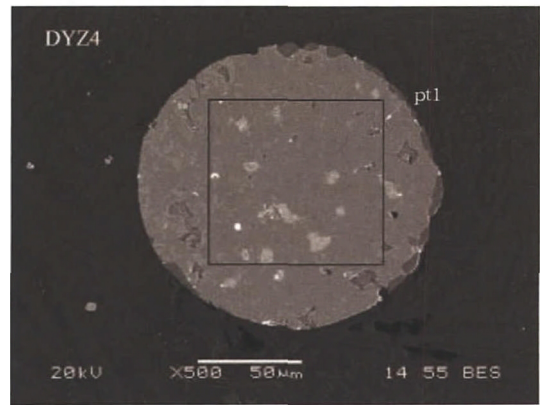


图 7 炉渣 DYZ4 中 Cu - As - Sn 合金颗粒
Fig. 7 Cu - As - Sn alloy prill in slag sample DYZ4

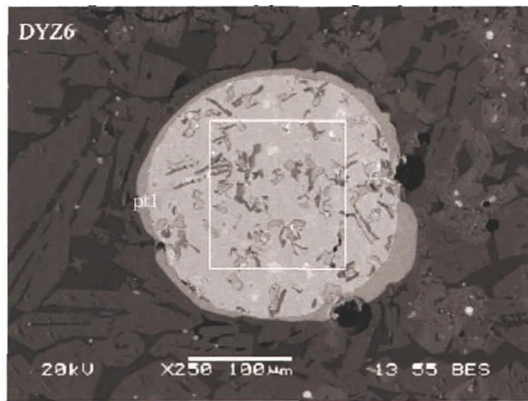


图 8 炉渣 DYZ6 中 Cu - As - Sn 合金颗粒
Fig. 8 Cu - As - Sn alloy prill in slag sample DYZ6

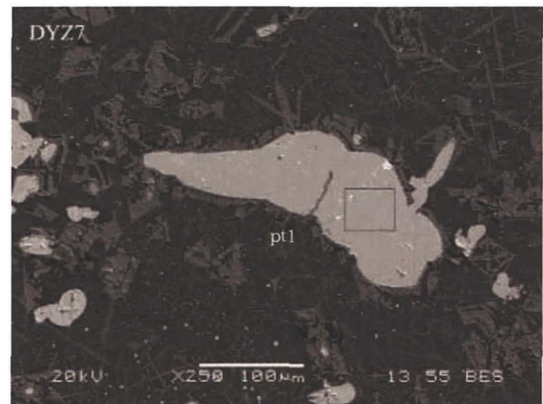


图 9 炉渣 DYZ7 中 Cu - As 合金颗粒
Fig. 9 Cu - As alloy prill in slag sample DYZ7

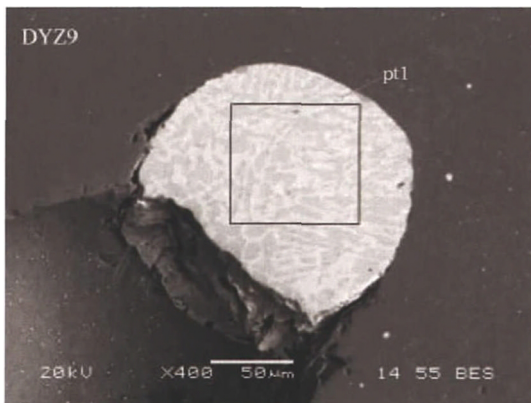


图 10 炉渣 DYZ9 中 Cu - As - Sn 合金颗粒
Fig. 10 Cu - As - Sn alloy prill in slag sample DYZ9

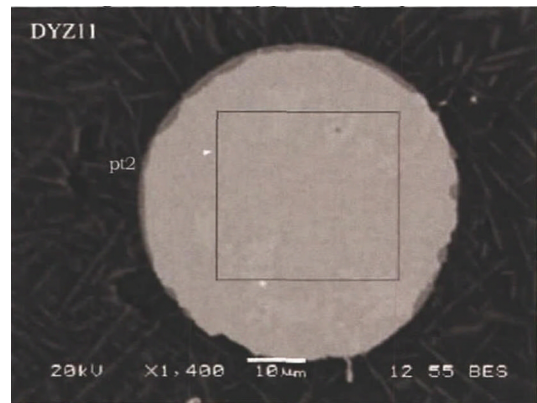


图 11 炉渣 DYZ11 中 Cu - Sn 合金颗粒
Fig. 11 Cu - Sn alloy prill in slag sample DYZ11

1.2 矿石分析

对遗址西区采集到的 6 块矿石进行了扫描电镜观测(设备型号与观测条件同前文),分别观测到以铜、锡、砷、铅、银为主的物相,据此推断遗

址使用的是铜锡砷铅并含有银的共生矿石,典型矿石物相参见图 12 ~ 15。为方便起见,各图中直接标出了各主要物相的位置和主成分或相应矿物。

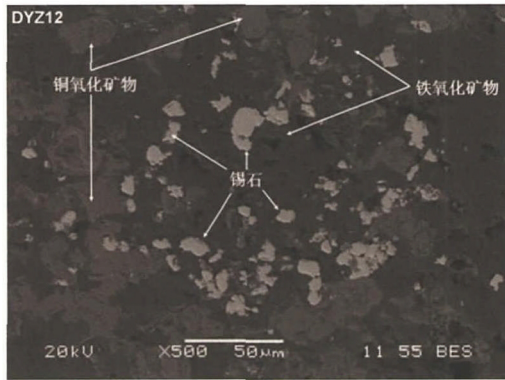


图 12 矿石 DYZ12 中的部分物相
Fig. 12 Minerals in ore sample DYZ12

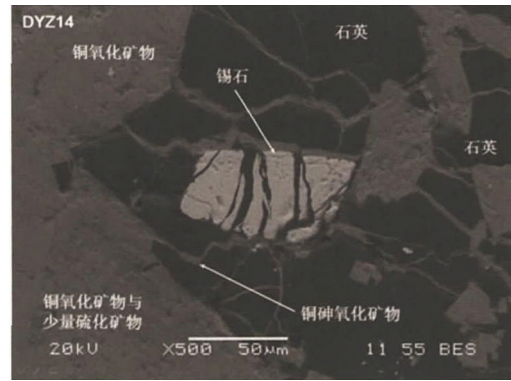


图 13 矿石 DYZ14-1 中的物相之一
Fig. 13 Minerals in ore sample DYZ14-1

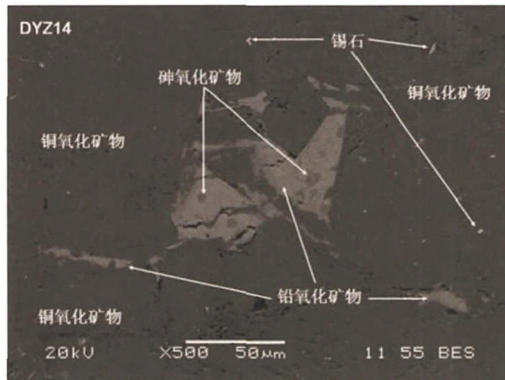


图 14 矿石 DYZ14-2 中的物相
Fig. 14 Minerals in ore sample DYZ14-2

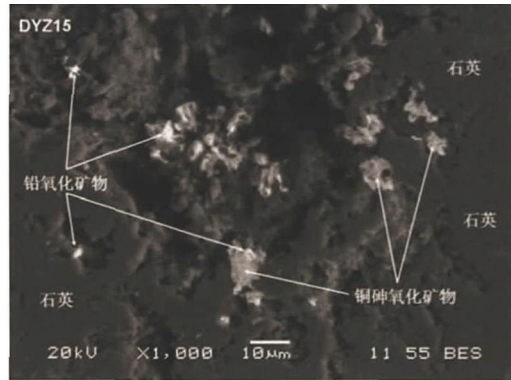


图 15 矿石 DYZ15 中的部分物相
Fig. 15 Minerals in ore sample DYZ15

1.3 铅同位素分析

目前所知的夏家店上层文化铜矿遗址只有林西大井古铜矿遗址^[1],且该遗址冶炼遗迹规模与采矿遗迹规模不匹配,必有大量矿石外运它处冶炼,巴林右旗塔布敖包冶炼遗址的研究已显示其矿石来源于大井古铜矿遗址^[2]。大营子遗址的矿石也很可能来源于大井古铜矿遗址。为证实此点,选取了大营子遗址

4 个炉渣(来自东区)和 1 个矿石(来自西区)样品,以及大井古铜矿遗址炉渣、矿石各 6 个样品委托核工业地质研究院测试中心进行铅同位素比值和微量元素分析。使用设备为 ISOPROBE-T 热电质谱仪,依据 GB/T 17672-1999《岩石中铅锶钨同位素测定方法》进行,矿石和炉渣中的铅富集是通过离子交换树脂来实现的。铅同位素比值分析结果见表 3。

表 3 大井古铜矿遗址与大营子遗址矿石、炉渣铅同位素比值表

Table 3 Lead isotopic analysis on the ores and slag from the Dajing and Dayingzi Sites

遗址	样品号	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	Std	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	Std	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	Std
大井	炉渣 SD1	38.207	0.007	15.563	0.003	18.334	0.003
	炉渣 SD2	38.132	0.007	15.539	0.003	18.312	0.003
	炉渣 SD3	38.439	0.004	15.635	0.002	18.383	0.002
	炉渣 SD4	38.380	0.005	15.615	0.002	18.369	0.002
	炉渣 SD5	38.380	0.005	15.613	0.002	18.367	0.002
	炉渣 SD6	38.341	0.006	15.607	0.003	18.364	0.003
	矿石 OD1	38.159	0.003	15.548	0.001	18.319	0.002
	矿石 OD2	38.285	0.008	15.583	0.003	18.362	0.004
	矿石 OD3	38.183	0.005	15.556	0.002	18.329	0.002
	矿石 OD4	38.275	0.008	15.584	0.003	18.347	0.003
	矿石 OD5	38.234	0.008	15.573	0.003	18.340	0.004
	矿石 OD6	38.266	0.008	15.584	0.003	18.345	0.004

(续表 3)

遗址	样品号	²⁰⁸ Pb/ ²⁰⁴ Pb	Std	²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁴ Pb	Std	²⁰⁶ Pb/ ²⁰⁴ Pb	Std
大营子	矿石 DYZ16	38.204	0.007	15.566	0.003	18.330	0.003
	炉渣 DYZ17	38.283	0.006	15.589	0.002	18.348	0.002
	炉渣 DYZ18	38.336	0.008	15.604	0.003	18.367	0.004
	炉渣 DYZ19	38.140	0.007	15.543	0.003	18.317	0.003
	炉渣 DYZ20	38.169	0.005	15.553	0.002	18.322	0.003

注: 误差以 2σ 计。

大营子遗址的 4 个炉渣样品的铅同位素比值数据中,²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb 最大值(炉渣 DYZ18)为 18.367,最小值(炉渣 DYZ19)为 18.317,算术平均值为 18.339;²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb 最大值(炉渣 DYZ18)为 15.604,最小值(炉渣 DYZ19)为 15.543,算术平均值为 15.572;

²⁰⁸Pb/²⁰⁴Pb 最大值(炉渣 DYZ18)为 38.336,最小值(炉渣 DYZ19)为 38.140,算术平均值为 38.232。

把大营子遗址与大井古铜矿遗址的炉渣和矿石的铅同位素比值数据进行比较,分别作铀铅图和钍铅-铀铅图(图 16~17)。

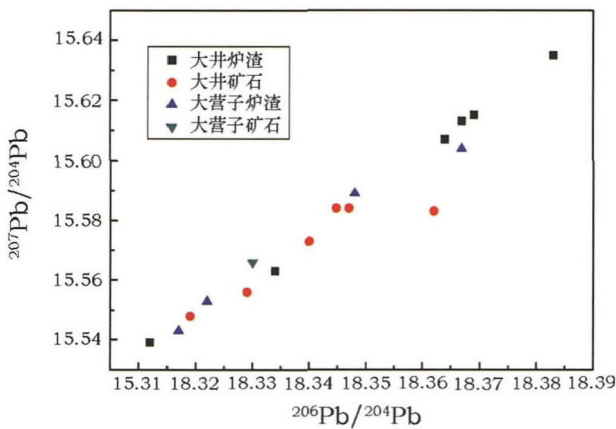


图 16 大营子遗址与大井古铜矿遗址样品铀铅图

Fig. 16 ²⁰⁶Pb/²⁰⁴Pb - ²⁰⁷Pb/²⁰⁴Pb diagram of the Dayingzi Site and Dajing Site

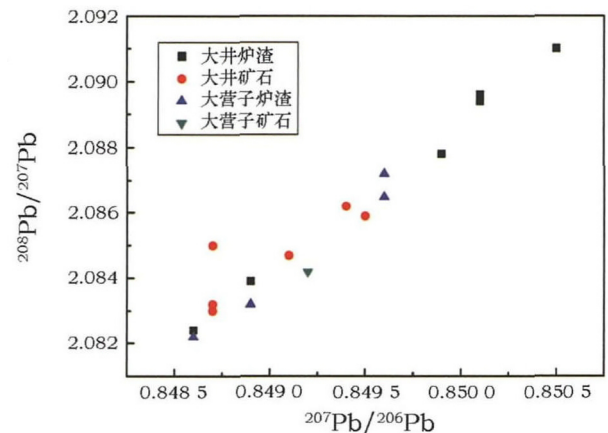


图 17 大营子遗址与大井古铜矿遗址样品钍铅-铀铅图

Fig. 17 ²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb - ²⁰⁸Pb/²⁰⁷Pb diagram of the Dayingzi Site and Dajing Site

1.4 微量元素分析

微量元素的分析委托核工业地质研究院测试中心分析微量元素测试使用 Finnigan MAT 制造的高分辨电感耦合等离子体质谱仪(HR-ICP-MS),依据 DZ/T 0223—2001 电感耦合等离子体质谱(ICP-MS)方法通则进行。大营子遗址微量元素测定使用了与铅同位素比值分析共同样品。本

研究仅给出了特征明显的 Zn、Mo、Pb 的测定结果,见表 4。

1.5 碳十四年代测定

为获得大营子遗址东西两区冶炼遗存的绝对年代,对东区炉渣中发现的 2 个木炭样品及西区与炉渣共存的 1 个木炭样品在北京大学使用 AMS 法进行了年代测定,结果见表 5。

表 4 大井古铜矿遗址与大营子遗址矿石、炉渣微量元素分析

Table 4 Trace element (Zn, Mo and Pb) analysis on the ores and slag from the Daying and Dayingzi Sites (μg/g)

遗址	编号	数量/g	测试结果			加权平均		
			Zn	Mo	Pb	Zn	Mo	Pb
大井	炉渣 SD1	10.66	1 109	5.78	504	4 745	10.0	5 104
	炉渣 SD2	7.74	563	3.93	860			
	炉渣 SD3	12.51	7 557	10.7	7 194			
	炉渣 SD4	11.28	2 387	20.4	7 181			
	炉渣 SD5	11.61	6 800	8.76	6 644			
	炉渣 SD6	10.68	8 365	8.37	6 452			

(续表 4)

遗址	编号	数量/g	测试结果			加权平均		
			Zn	Mo	Pb	Zn	Mo	Pb
大井	矿石 OD1	30.46	1 476	4.29	1 124			
	矿石 OD2	30.95	116	3.43	197			
	矿石 OD3	20.51	91.8	1.77	224			
	矿石 OD4	8.98	1 073	6.20	1 037	565	3.23	680
	矿石 OD5	26.42	249	1.91	1 067			
	矿石 OD6	15.92	540	3.17	514			
大营子	矿石 DYZ16	12.44	515	4.78	555	515	4.78	555
	炉渣 DYZ17	22.04	2 842	7.41	985			
	炉渣 DYZ18	5.61	5 359	6.73	1 015			
	炉渣 DYZ19	10.12	987	3.26	641	2 438	5.90	846
	炉渣 DYZ20	6.27	747	4.11	537			

表 5 大营子遗址年代测定结果

Table 5 Carbon dating results of the Dayingzi Site

样品号	样品来源	实测值/年	OxCal 4.2 校正值
BA081132	东区炉渣中的木炭	3 170 ± 35	1 511—1 388 BC(92.9%)
BA081134	东区炉渣中的木炭	2 930 ± 40	1 233—1 011 BC(94.0%)
BA081133	西区灰坑与炉渣共存木炭	2 685 ± 35	902—801 BC(95.4%)

2 讨论

2.1 大营子遗址冶炼产品

大营子遗址炉渣基体成分以 $\text{SiO}_2 - \text{FeO}$ 为主。炉渣中含 Cu 量比较低, 11 个样品中有 8 个样品的 Cu 含量低于 2%。炉渣中大多数金属颗粒含 As 和 Sn, 但含量高低不均。19 个颗粒中 11 个含 As, 最高的含量为 11.36%, 平均含量为 6.21%。有 13 个颗粒中含 Sn, 最高含量为 26.64%, 平均含量为 10.02%。其中有 5 个颗粒同时含有 As 和 Sn。这些大小不一的合金颗粒处于形成过程之中, 未及沉降到炉底而残留于炉渣中, 无数个上述颗粒汇集到一起就会形成最终产品, 因此可以判定大营子遗址东西两区的冶炼产品是铜锡砷三元合金, 不同炉次的具体产品在砷锡含量上可能有波动。

2.2 大营子遗址矿石来源

从图 12 ~ 15 观测结果看, 大营子遗址矿石含有铜氧化物、铜砷氧化铅矿物、砷氧化物、锡石及少量铅氧化物等, 与多种文献报道的大井铜矿所含矿物种类吻合。

从图 16 和图 17 中可以看出, 大营子遗址的矿石、炉渣的铅同位素比值数据都落在大井古铜矿遗址的矿石和炉渣数据分布的范围内。

大营子遗址矿石样品的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值比大井

遗址矿石的均值低 0.010, 这个差值远远低于大井遗址 6 个矿石样品 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 数值的极差(0.043); $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值比大井矿石均值高 0.005, 这个差值远远低于大井遗址 6 个矿石样品 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 数值的极差(0.036); $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值比大井遗址数据的均值低 0.030, 这个差值也远远低于大井遗址矿石样品数值的极差(0.126)。

大营子遗址 4 个炉渣样品的 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 的均值比大井遗址炉渣的均值低 0.016, 这个差值远远低于大井遗址 6 个炉渣样品 $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 数值的极差(0.071); $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 均值比大井炉渣均值低 0.023, 这个差值也远远低于大井遗址 6 个炉渣样品 $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 数值的极差(0.096); $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ 值比大井遗址数据的均值低 0.081, 这个差值也远低于大井遗址炉渣样品数值的极差(0.307)。

地质文献显示大井铜矿具有高锌、低钼的特征^[3, 4], 魏国锋^[5]的分析及本研究的分析也都显示大井遗址矿石和炉渣确有高锌、低钼, 本研究对大井大营子遗址矿石的微量元素呈现出高锌、低钼的特点, 与大井古铜矿矿石非常吻合。大营子遗址炉渣含铅量较大井古铜矿遗址炉渣低很多, 表明其冶炼或因时间较长、或因温度较高, 致使铅得以充分沉降进入了产品合金中。

综上, 从铅同位素、微量元素分布看, 大营子遗

址的矿石来自于大井古铜矿遗址无疑。

2.3 大营子遗址的年代

大营子遗址东西两区所出带有炉壁的炉渣、陶片等在类型学上与大井古铜矿遗址、塔布敖包遗址所出者完全相同,因此可以肯定大营子遗址所有冶炼遗物属于夏家店上层文化无疑。

大营子遗址东区获得的炉渣中经破碎获得的两个木炭标本测定的年代(表5)分别为1 511—1 388 BC(置信度92.9%)、1233—1011BC(置信度94.0%),表明其最早年代为1 500 BC,最晚年代也达到1 000 BC。

赤峰北部有关夏家店上层文化的年代测定主要来自林西大井古铜矿和克什克腾旗龙头山遗址。大井古铜矿碳十四年代测定数据共有4个^[6],分别为BK77024的距今 $2\,720 \pm 90$ 年(树轮校正为896—788 BC),BK77028的距今 $2\,970 \pm 115$ 年(树轮校正为1 260—920 BC),ZK-0411的 $2\,780 \pm 100$ 年(树轮校正为976—800 BC),ZK-0412的距今 $2\,795 \pm 85$ 年(树轮校正为981—808 BC)。被认为是夏家店上层文化典型遗址的克什克腾旗龙头山遗址碳十四数据有3个^[7],第一期遗存中的M1棺木测定结果树轮校正为距今 $3\,240 \pm 150$ 年(1 290 ± 150 BC即1 440—1 140 BC),第二期H21木炭测定结果树轮校正为距今 $2\,650 \pm 135$ 年(700 ± 135 BC即835—565 BC),第四期祭坑测定结果树轮校正为距今 $2\,455 \pm 80$ 年(505 ± 80 BC即585—425 BC)。这其中最早的是龙头山遗址第一期遗存中的M1棺木测定结果,为1 440—1 140 BC。

冶炼所使用的木炭系以当地树木烧制而成,其原料为直径较小(约10 cm)枝干,其本身生存年代仅数年,不可能造成很大的年代误差,因此使用炉渣中残留木炭测得的年代应能准确代表冶炼活动的年代。大营子遗址东区的上述年代测定结果是目前所测定的夏家店上层文化中最早的,表明大井古铜矿早在1 500—1 400 BC就得到了开发,其矿石外运到了大营子遗址进行冶炼,在该遗址的东区的冶炼活动持续了约四五百年,因而留下较多的冶炼遗存。

与近年发掘的克什克腾旗喜鹊沟采矿遗址年代测定结果^[8]相比较,大营子东区的前述测年结果还表明辽西青铜时代早期(夏家店下层文化及其后续文化)与晚期(夏家店上层文化)之间是有部分时段是重叠的。

大营子西区灰坑中与炉渣共存的木炭测定年代为902—801 BC(置信度95.4%)表明其所代表的

冶炼活动比东区晚,应是东区冶炼场所废弃并被作为墓地后另开辟的冶炼场所,两区之间的冶炼活动在年代上可能是接续的。

3 结 论

大营子遗址冶炼遗迹分为东西两区,两区遗存皆属夏家店上层文化,东区的冶炼活动早于西区的冶炼活动。

大营子遗址东西两区冶炼遗存皆使用从大井古铜矿遗址开采的多金属共生矿石,直接冶炼铜锡锑三元合金。

大营子遗址东区冶炼遗存的年代测定结果对揭示辽西地区青铜时代早晚文化演变有重要意义。

参考文献:

- [1] 辽宁省博物馆文物工作队. 辽宁省林西县大井古铜矿1976年试掘简报[R]. 文物资料丛刊(七). 北京: 文物出版社, 1983: 138-146.
The Excavation Team of Liaoning Province Museum, The brief report of the trial excavation on the ancient copper mining site in Linxi County of Liaoning Province at 1976 [R]. The cultural relics series (No. 7). Beijing: Cultural Relics Publishing House, 1983: 138-146.
- [2] 李延祥,董利军,陈建立,等. 塔布敖包冶铜遗址再探[C]//边疆考古研究(第12辑). 北京: 科学出版社, 2012: 390-395.
LI Yan-xiang, DONG Li-jun, CHEN Jian-li, et al. The reinvestigation on the metallurgical site in Tabu-Aobao [C]// Research of China's frontier archaeology (Vol. 12). Beijing: Science Press, 2012: 390-395.
- [3] 张春华. 内蒙大井锡多金属矿床矿石的物质成分及特征[J]. 矿产与地质, 2004(1): 13-17.
ZHANG Chun-hua. Ore composition and characteristics of the Dajing tin polymetallic deposit in Inner Mongolia [J]. Mineral Resources and Geology, 2004(1): 13-17.
- [4] 赵利青, 上本武, 覃功炯, 等. 大井锡多金属矿床矿化元素分布特征研究[J]. 地质与勘探, 2002(4): 22-27.
ZHAO Li-qing, UEMOTO Takeshi, QIN Gong-jiong, et al. Distribution of mineralization elements in Dajing tin-polymetallic deposit, China [J]. Geology and Prospecting, 2002(4): 22-27.
- [5] 魏国锋, 秦颖, 王昌燧, 等. 大井矿冶遗址冶炼产物的输出方向[J]. 矿物岩石地球化学通报, 2006(3): 254-259.
WEI Guo-feng, QIN Ying, WANG Chang-sui, et al. Exportation route of the smelting products from the Dajing Mining and Smelting Relic Site [J]. Bulletin of Mineralogy, Petrology and Geochemistry, 2006(3): 254-259.
- [6] 中国社会科学院考古研究所. 中国考古学中碳十四年代数据集1965—1991 [M]. 北京: 文物出版社, 1991: 54-55.
The Institute of Archaeology, CASS. Radiocarbon dates in Chinese Archaeology 1965—1991 [M]. Beijing: Cultural Relics Publishing House, 1991: 54-55.

- [7] 齐晓光. 内蒙古克什克腾旗龙头山遗址发掘的主要收获 [C]// 内蒙古东部区考古学文化研究文集. 北京: 海洋出版社, 1991: 58-72.
 QI Xiao-guang. The main harvest of excavation of Longtoushan site in Kexigten Banner, Inner Mongolia [C]//The symposium of Archaeological Culture Studies in Eastern Inner Mongolia. Beijing: China Ocean Press, 1991: 58-72.
- [8] 王立新, 李延祥, 曹建恩, 等. 内蒙古克什克腾旗喜鹊沟遗址发掘简报 [J]. 考古, 2014(9): 3-15.
 WANG Li-xin, LI Yan-xiang, CAO Jian-en, et al. Brief report of the excavation on Xiquegou Site in Kexigten Banner of Inner Mongolia [J]. Archaeology, 2014(9): 3-15.

Study of the Dayingzi Smelting Site

LI Yan-xiang¹, DONG Li-jun², CHEN Jian-li³, ZHU Yan-ping⁴

(1. Institute of Metallurgy and Materials History, University of Science and Technology Beijing, Beijing 100083, China;

2. Institute of Science and Technology History, Inner Mongolia Normal University, Hohhot 010022, China;

3. School of Archaeology and Museology, Peking University, Beijing 100871, China;

4. Institute of Archaeology, Chinese Academy of Social Sciences, Beijing 100070, China)

Abstract: The Dayingzi Smelting Site, located at N 43°10'06.6", E 118°26'45.1" in Inner Mongolia, is divided into eastern and western areas. The accelerator mass spectrometry (AMS) dating of the eastern area suggests that smelting activity began from 1 000 BC at the latest, while that of the western area began about 200 years later. Furthermore, according to the lead isotope and trace element analyses and other methods, we found that the entire site used polymetallic ore from the famous Dajing Mining Site (60 km north of the Dayingzi Site) to smelt Cu-Sn-As alloy. The AMS dating results give, so far, the earliest date of the Upper Xiajiadian culture and also provide new scientific evidence for the research on the evolution of Bronze Age archaeological cultures in Liaoxi Region.

Key words: Archaeometallurgy; Dayingzi Site; Upper Xiajiadian culture; Lead isotopes; Trace elements

(责任编辑 潘小伦)