

河南舞钢、西平地区战国秦汉冶铁遗址群的钢铁生产体系研究

秦臻¹ 陈建立² 张海²

(1.美国圣路易斯华盛顿大学人类学系 2.北京大学考古文博学院,北京 100871)

Abstract: Through field surveys at Wugang and Xiping iron smelting site cluster in Henan Province and the laboratory analysis of collected slags and iron products in situ, this paper suggests that a cast-iron-smelting based iron/steel production system developed during the Warring States/Qin/Han period. In addition, this paper provides a comprehensive analysis of the technological characteristics of this site cluster, including its furnace structure, blast mode, ores, fluxes, and fuels. Finally, it discusses the social and environmental influences of cast-iron smelting in the historical context.

Key words: Wugang and Xiping iron smelting site cluster; Cast iron smelting technology; Archaeometallurgy

摘要: 本文通过对河南舞钢、西平地区冶铁遗址群的田野调查和采集遗物的实验室分析,证明战国秦汉时期该地区已经形成了完整的以生铁冶炼为基础的钢铁生产体系。此外,本文对该遗址群的炼炉构造、鼓风方式,以及冶炼过程使用的矿石、助燃剂和燃料等技术环节进行了分析,并在整个时代背景下讨论了生铁冶炼工业体系对于社会和环境的影响。

关键词: 舞钢; 西平冶铁遗址群; 生铁冶炼; 冶金考古

一、概述

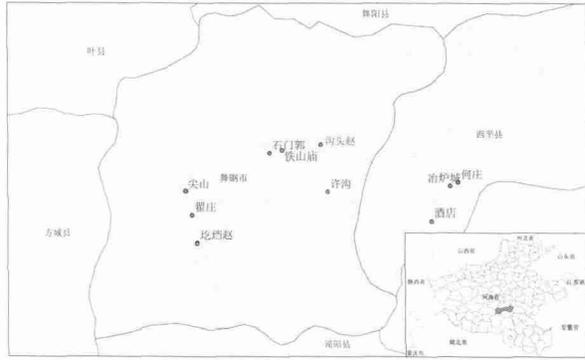
战国秦汉时期,中原地区是生铁冶炼技术最为发达的地区。现有考古资料表明,中国最早的人工冶铁(块炼渗碳钢)制品出现于公元前14世纪的甘肃省临潭县陈旗磨沟墓地^[1]。其后,与世界其他地区的块炼铁技术体系不同,中国在中原地区发明了独具特色的生铁冶炼技术。如在山西曲沃曲村-天马遗址出土了迄今最早的,即公元前8世纪前后的生铁残块^[2];春秋末至战国时期,为了克服白口铁脆性太大、容易断裂的缺点,人们又发明了铸铁退火技术,从而可得到韧性铸铁、铸铁脱碳钢和脱碳铸铁等产品^[3];至迟在西汉时期,中国先民创造了生铁炒炼成熟铁或钢的技术,并逐步建立了中国生铁冶炼和制钢技术体系^[4]。这些铁冶金考古研究成果的获得,是建立在冶铁遗址调查、发掘和对出土铁器分析的基础上的。但是关于生铁冶炼工业体系对于社会和环境影响问题讨论较少,值得进一步研究。

在考古工作者的努力下,河南省冶铁遗址研究具有非常好的研究基础,尤其在南阳盆地周边区域,已发现多处这一时期的冶铁遗址,包括鲁山望城岗^[5]、泌阳下河湾^[6]、桐柏张畈和毛集^[7]、南阳瓦房庄^[8],以及本文关注的舞钢、西平冶铁遗址群。对该遗址群的分析 and 讨论,将为深入研究中原地区早期冶铁技术和工业体系,以及其在整个社会系统中所起的作用等重要考古学问题提供有益帮助。

二、舞钢、西平冶铁遗址群的研究背景

舞钢、西平冶铁遗址群位于河南省中南部,南阳盆地东北部,东经113°20'~113°45',北纬33°08'~33°25'。该遗址群包括舞钢市的石门郭、铁山庙、沟头赵、尖山、许沟、圪垱赵和翟庄等七处遗址,以及西平县的酒店、何庄和冶炉城等三处遗址。(图一)

该区域处于伏牛山东部余脉与黄淮平原的交接地带,地貌复杂多样,有平原、岗地、丘陵、



图一 舞钢、西平冶铁遗址群地理位置

山区等4种类型。西北部和南部为山区，东部为山前倾斜平原，海拔在100米左右。山区和平原之间，则是100米至300米的岗地和丘陵地带。

目前，此地矿产资源丰富，尤其是铁矿石储量巨大，是全国十大铁矿区之一，已探明储量6.6亿吨。主要有条带状赤铁-磁铁矿、多元素磁铁矿、鲕状赤铁矿3种铁矿类型。矿产地主要分布在北部低山以及山前平原一带，大型矿床包括铁山庙、铁古坑、经山寺等。丰富的矿产资源，也为该地区先民在此进行冶铁活动提供了物质基础。

该地区文化内涵丰富。据舞钢地方志记载，研究区域内的八台乡赵案庄、庙街乡庙街、枣林村南岗、尚店镇圪垱赵均发现有龙山文化遗迹。春秋时属于柏子国，后被楚国兼并。战国时期属于韩国，称为“合伯（又作合膊）”，相传是龙渊、太阿、龙泉、棠溪等宝剑的炼制之地，与西南方向的楚国隔长城而望。秦时属陈郡，西汉始置西平县，隶属汝南郡，并在此置铁官。东汉时该区域分属西平、舞阴两县，西平县属汝南郡，舞阴县属南阳郡。

作为中国古代著名的冶铁中心之一，该地区尤其以生产制造兵器而闻名于世。大量史籍中对此均有记载。《战国策》中曾借写苏秦到韩国游说夸赞韩国时说：“韩之剑戟出于棠溪。”《史记》中写道：“韩卒之剑戟皆出于冥山、棠溪、墨阳、合伯、邓师、宛冯、龙渊、太阿，皆陆断牛马，水截鹄雁，当敌即斩。”《太康地记》曰：“汝南西平有龙泉水，可以淬刀剑，特坚利，故有龙泉之剑，楚之宝剑也。”桓宽的《盐铁论·论勇》云：“楚郑之棠溪、墨阳，非不利也。”在近现代学者的著作中也多次提到该地区曾大规模冶铁来制造兵器。范文澜先生的《中国通史》中就曾提到：“河南西平有冶炉城，有棠溪村，都是韩国著名铸剑处。西平有龙渊水，淬刀剑特坚利。”

此前对于舞钢、西平冶铁遗址群的研究主要由李京华先生完成。20世纪七八十年代，李京华先生在此区域内进行了详细的调查^[9]，并发表《舞阳钢区古冶铁遗址群》《舞阳工区圪垱赵等古冶铁遗址》《古代西平冶铁遗址再探讨》《河南战国时代冶铁遗址调查发掘与研究》等多篇文章，将该遗址群的年代锁定在战国秦汉时期。此外，河南省文物考古研究所联合西平县文化局于1987年对于酒店遗址进行了试掘，发现残存的炼渣堆积坑和一炼铁炉，以及大量玻璃态炉渣、炉壁残块、陶风管残块和板瓦、筒瓦、陶片等，并将该遗址的年代确定为战国中晚期^[10]。该冶炼炉也是目前为止国内已发现的时代最早、保存最完整的冶铁竖炉^[11]。

在上述研究的基础上，本课题组于2010年10月至2011年4月先后3次赴舞钢、西平，对研究区域内的十处遗址进行实地调查。共计采集炉渣、矿石和积铁块等冶炼相关样品百余件。此外，使用GPS、激光测距仪等采集了遗址的地理坐标、遗址面积、河流坡降等空间信息，并收集到两市县全要素地形图、土壤分布图、矿产资源分布图以及遥感像片等图形影像资料。利用带能谱的扫描电镜（SEM-EDS）以及金相显微镜，对采集遗物进行了组织观察和成份分析，并针对结果展开了讨论。

三、冶炼遗物的显微组织观察及成分分析

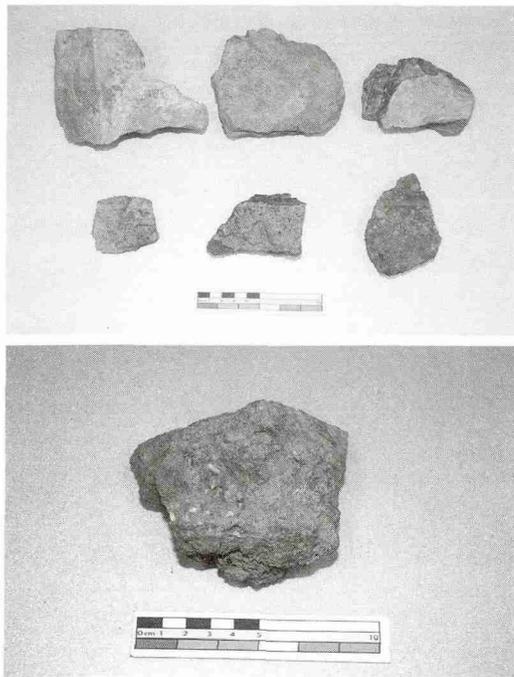
本研究共采集矿石、炉渣以及积铁块等样品百余件。从中选取38件炉渣样品和4件积铁块，利用标准金相样品制备方法制样后，进行显微组织观察和成分分析。样品的制备、检测和分析完成于北京大学考古文博学院和中国文化遗产研究院。

（一）矿石样品

一般而言，用于冶铁的铁矿石是品位较高的磁铁矿、赤铁矿和褐铁矿。根据文献记载，该研究区域内的尖山遗址为采矿遗址，铁山庙遗址为采炼一体的遗址。调查中在尖山遗址附近采集到若干矿石样品；铁山庙遗址则已被现代矿坑破坏，仅从当地文管部门取回一块矿石样品。（图二）从形貌上看两地矿石均呈现暗红色，初步的磁性测试显示无明显磁性。因此，可大致判断这两处采矿遗址所采矿石为赤铁矿。

（二）炉渣

调查中共从石门郭（SMG），铁山庙（TSM），沟头赵（GTZ），许沟（XG），圪垱赵



图二 铁山庙及尖山矿石样品

(GTZ), 翟庄 (ZZ), 酒店 (JD), 以及何庄 (HZ) 等八处遗址采集炉渣百余件。选择 38 件进行显微组织和元素组成成分分析, 部分样品见图三。元素成分如表一所示。

通过显微组织观察可以发现, 炉渣可以分为

两类: 第一类通常基体呈玻璃态硅酸盐 (图三: 3、4), 夹杂以生铁组织为主的圆滴状铁颗粒 (图四: 1、2); 第二类炉渣基体主要为玻璃态硅酸盐, 有少量浮氏体和铁橄榄石, 且常有三氧化二铁晶体 (图四: 3、4)。这两类炉渣不同的显微组织可能意味着不同的炉内氧化气氛, 以及不同的技术流程。下一节将对此展开详细讨论。

(三) 铁器

本研究通过调查铁山庙 (TSM)、沟头赵 (GTZ)、许沟 (XG) 和翟庄 (ZZ) 等四处遗址采集到 4 件积铁器, 全部进行了金相组织观察。此外, 对炉渣样品中裹挟的较大金属颗粒也进行了金相观察。图五为 4 件积铁器及部分炉渣中铁颗粒的金相组织照片。

四、分析与讨论

(一) 遗址功能及冶铁工业体系

近年来, 通过炉渣分析和金相组织分析来推断冶炼技术以及遗址功能研究已基本成熟。如韩汝玢、陈建立曾总结了金相组织与冶炼工艺的关系, 认为块炼铁的金相组织为较纯净的铁素体; 生铁脱碳钢的组织均匀, 质地纯净, 基本不析出或只析出极少石墨; 而炒钢的组织均匀或分层, 各层中含碳量均匀^[12]。黄全胜也曾系统总结了通过炉渣以及炉



1. 石门郭遗址炉渣样品, 表面呈灰黑色, 孔隙率低, 密度较大

2. 沟头赵遗址炉渣样品, 表面呈灰褐色, 孔隙率低, 密度较大

3. 圪垯赵遗址炉渣样品, 表面呈浅蓝色, 孔隙率高, 密度较小



4. 铁山庙遗址炉渣样品, 表面呈浅蓝色, 孔隙率高, 密度较小



5. 许沟遗址炉渣样品, 表面呈灰褐色, 孔隙率高, 密度较小



6. 翟庄遗址炉渣样品, 表面呈灰褐色, 孔隙率高, 密度较小

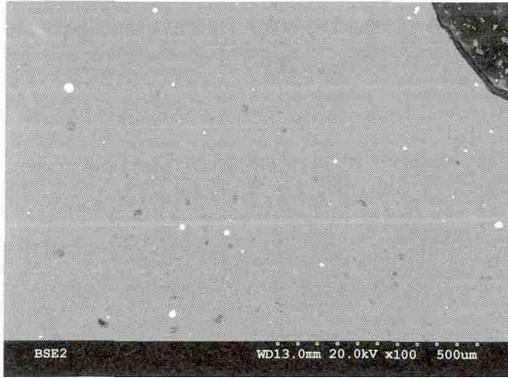
图三 田野采集的部分炉渣

表一 炉渣成分

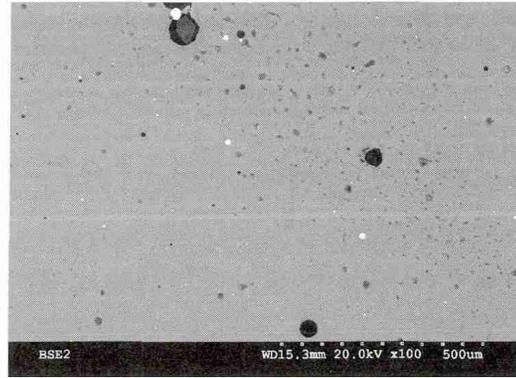
遗址	样品编号	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe
石门郭	SMG09	0.2	5.9	3.6	15.3	0.7	-	-	29.5	3.4	5.1	36.3
	SMG10	-	5.3	3.0	16.5	1.3	-	-	34.5	0.5	5.7	33.3
铁山庙	TSM01	1.1	3.0	7.5	48.5	-	-	5.0	17.1	0.9	12.2	4.8
	TSM02	0.7	3.2	7.3	51.8	-	-	5.3	17.4	0.8	13.0	0.4
	TSM03	1.2	2.6	6.7	50.1	-	-	6.3	18.3	-	6.3	8.7
	TSM05	1.3	2.7	8.0	47.7	-	-	6.4	18.5	-	8.4	7.0
	TSM06	1.2	2.8	8.0	47.5	-	1.4	5.8	14.9	2.2	10.2	6.0
沟头赵	GTZ02	0.9	0.7	5.0	21.9	-	-	2.0	3.3	0.1	-	66.0
	GTZ08	-	2.1	2.4	11.0	0.3	-	-	30.0	-	4.1	50.0
	GTZ09	-	3.6	2.1	14.9	1.2	0.5	-	36.4	-	3.8	37.5
	GTZ11	-	3.8	2.1	12.2	0.8	0.4	-	35.1	0.3	3.3	42.0
	GTZ12	-	4.3	10.9	14.7	-	1.2	-	48.9	0.4	3.0	16.7
	GTZ13	-	12.5	4.7	6.4	0.6	0.6	-	23.3	0.9	9.0	42.0
	GTZ14	-	5.2	2.6	14.1	1.3	0.3	-	39.0	-	5.6	31.9
	GTZ16	-	3.3	2.6	14.1	1.1	-	-	38.2	-	5.9	34.8
许沟	XG03	2.9	2.5	13.5	66.6	-	-	4.2	2.7	1.1	-	6.5
	XG04	0.7	3.0	7.5	43.9	-	1.2	5.4	15.2	0.8	10.0	12.3
	XG05	1.1	2.9	7.3	49.4	-	0.9	5.4	22.1	0.2	10.7	-
	XG06	1.8	1.5	10.3	72.5	-	-	4.8	0.8	1.3	-	7.1
	XG07	1.6	3.5	7.7	51.6	-	0.7	4.8	20.5	0.5	0.3	8.7
圪塔赵	GDZ02	1.1	3.0	6.8	46.6	-	-	5.8	16.0	0.9	12.2	7.6
	GDZ04	0.8	3.1	8.2	49.2	-	1.3	5.3	17.8	0.9	10.6	3.0
	GDZ05	1.1	3.2	7.6	51.4	-	0.6	4.9	18.4	0.8	12.2	-
	GDZ08	0.3	3.2	10.5	47.2	-	1.1	6.5	18.1	2.1	11.2	-
	GDZ09	0.3	3.3	7.8	51.4	-	-	5.2	20.4	0.9	10.7	-
	GDZ11	1.2	2.7	7.2	51.2	-	-	6.6	16.2	0.2	7.7	6.9
	GDZ15	1.5	2.8	9.6	57.6	-	-	5.0	12.7	0.8	8.6	1.3
	GDZ17	1.2	3.3	7.5	50.0	-	0.7	6.0	20.0	0.3	9.2	1.8
	GDZ19	1.0	3.0	7.4	50.7	-	0.4	5.0	21.7	0.8	10.2	-
翟庄	ZZ02	3.0	2.7	14.9	66.5	-	-	4.2	0.8	0.5	-	7.3
	ZZ03	1.5	3.5	9.5	52.1	-	-	5.2	15.9	0.9	1.4	10.1
	ZZ04	1.6	3.6	9.6	52.1	-	-	5.1	16.9	0.4	1.2	9.4
	ZZ05	1.5	3.6	10.2	50.3	-	-	4.4	16.8	0.3	0.5	12.5
	ZZ06	1.2	3.3	9.3	53.1	-	0.4	6.2	19.6	0.5	1.4	5.0
酒店	JD05	0.4	4.6	2.6	41.3	-	-	2.0	7.7	-	4.8	36.6
	JD06	0.7	7.4	4.1	53.5	-	-	3.2	17.7	-	6.6	6.9
	JD10	2.3	2.6	14.6	68.1	-	-	6.7	1.3	0.8	-	3.5
何庄	HZ03	-	-	1.3	8.9	2.3	-	0.5	2.2	-	-	84.9

渣夹杂的铁颗粒研究冶炼技术的方法,认为高炉生铁冶炼产生的炉渣为还原渣,基体多呈玻璃态硅酸盐和铁(锰)橄榄石,常夹杂有滴状铁颗粒,以生铁组织为主;而炒钢产生的炉渣为氧化渣,基体主要为浮氏体与少量的铁橄榄石和玻璃态硅酸盐,夹杂铁颗粒形状通常不规则^[13]。

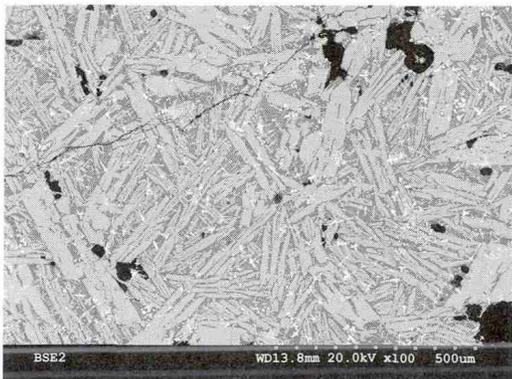
本研究中,通过对来自8个遗址的38个炉渣样品进行的SEM-EDS分析可以发现,古代氧化渣的基体主要为玻璃态硅酸盐,有少量浮氏体和铁橄榄石,且常有三氧化二铁晶体;而生铁冶炼法得到的还原渣,通常基体呈玻璃态硅酸盐,夹杂圆状铁颗粒,并以生铁组织为主。从背散射照



1. 炉渣样品 GDZ11 背散射电子像。灰相为玻璃态基体，亮白相为夹杂铁颗粒。



2. 炉渣样品 TSM06 背散射电子像。灰相为玻璃态基体，亮白相为夹杂铁颗粒。



3. 炉渣样品 GTZ02 背散射电子像。树枝状亮白相为浮氏体，板条状浅灰相为铁橄榄石，深灰相为玻璃态基体。



4. 炉渣样品 HZ03 背散射电子像。树枝状和块状亮白相为浮氏体，灰相为高铁玻璃态基体。

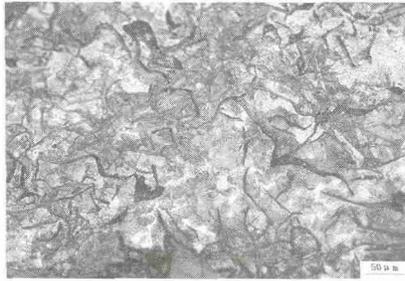
图四 部分炉渣样品SEM背散射电子形貌像

片中的炉渣显微结构可以看出，铁山庙、许沟、圪垯赵、翟庄、何庄以及酒店6个遗址中采集的炉渣基体通常为玻璃态硅酸盐，夹杂圆状铁颗粒，并以生铁组织为主，炉渣的形态和成分为还原渣，其冶炼过程是将采集到的铁矿石在高温熔融状态下还原得到较纯净的铁产品（主要是白口铁和灰口铁等生铁制品）。应该说这六处遗址应为冶炼（smelting）遗址，处于整个冶铁工业体系的较前端。而石门郭、沟头赵两遗址的炉渣则有所不同，它们包含较多的浮氏体，以及少量的铁橄榄石和玻璃态硅酸盐，炉渣的铁含量很高，应当是在较高氧化气氛下得到的。此外，从炉渣中夹杂的铁颗粒来看，含碳量极低，普遍为熟铁制品，且形状为圆状。从功能上说，这两处遗址可能是将以生铁为主的初级产品进行精炼（refining），如炒钢等加工方法对初级产品进行脱碳处理，从而得到钢或者熟铁等具有更加优良机械性能的钢铁制品。似乎处于生产体系的较高端。

本研究还在舞钢铁山庙、许沟、沟头赵以及翟庄等四处遗址发现有若干残留铁块。通过对这些金属样品的金相观察发现，铁山庙、许沟和沟头赵发现的铁制品为灰口铁（图五：1、2、3），而翟庄所发现的残铁块为块炼铁（图五：4）。

综合炉渣分析和金相组织分析，我们可以对舞钢、西平冶铁遗址群各个遗址的功能进行深入的分析 and 讨论。对于铁山庙和许沟遗址，炉渣类型和铁制品种类较为吻合。这两个遗址中发现的铁制品和炉渣均是在还原气氛下得到的，这两个遗址的功能主要应为冶炼。同时，铁山庙的地貌及其附近发现的铁矿石表明，该遗址可能同时兼具采矿和冶炼的功能。

沟头赵遗址发现一块残铁块，经鉴定为灰口铁，说明该遗址可能存在冶炼活动，但笔者仍然倾向于认为该遗址的主要功能是熔炼（炒钢）。首先，从炉渣上看，在该遗址发现的绝大多数炉渣均显示明显的高铁高硅、较多浮氏体和铁橄榄石存在的氧化渣特点；其次，该遗址采集的一件



1. 积铁块样品 TSM07 的金相组织，基体为珠光体组织，黑色条状物质为石墨，灰口铁。



2. 积铁块样品 GTZ03 的金相组织，基体为珠光体组织，黑色条状物质为石墨，灰口铁。



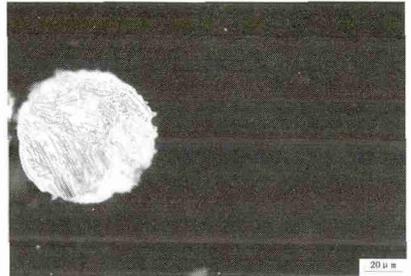
3. 积铁块样品 XG09 的金相组织。基体为珠光体组织，黑色条状物质为石墨，灰口铁。



4. 积铁块样品 ZZ09 的金相组织。基体为铁素体，黑暗部分为复杂夹杂物，熟铁。



5. 炉渣样品 GTZ13 基体夹杂铁颗粒的金相组织。左上部分为铁素体，中间部分为铁素体和珠光体，右边为魏氏组织。



6. 炉渣样品 JD10 基体夹杂铁颗粒的金相组织，珠光体均匀分布，共析钢。

图五 积铁块样品及部分炉渣样品夹杂铁颗粒的金相组织

炉渣样品 (WGGTZ13) 夹杂的铁颗粒中有较为明显的魏氏组织 (图五: 5), 其形成原因往往与金属制品的热处理有关。也就是说, 该样品可能经历过一个由生铁到钢 (或者熟铁) 的脱碳过程。

翟庄遗址发现的炉渣和铁制品似乎反映了不同的冶炼方法。该遗址的炉渣类型均为高炉生铁冶炼产生的还原渣, 但金相分析显示该遗址发现的残铁块是熟铁。在这种情况下, 应当更依赖炉渣的分析结果进行遗址功能的判断。这是因为, 残铁块可能无法真实反映该遗址实际的铁制品种类。最终的铁制品在冶炼过程之后通常需要经历专业而严格的热处理流程, 使之达到工业生产的要求; 而作为钢铁生产过程中遗弃的残铁块, 其经历的冷却过程无法预料, 引起错误判断的概率也更大。所以, 在炉渣分析和金相分析得到关于遗址性质判断结论矛盾时, 应当更加依赖炉渣反映的信息。

石门郭、圪垯赵、酒店和何庄等四处遗址未发现可进行金相鉴定的残铁块。仅从炉渣形态上判断, 石门郭遗址的炉渣为氧化气氛下形成的渣型, 炉渣中夹杂的铁颗粒为经历了氧化脱碳过程的熟铁, 因此可以判断该遗址的功能应主要为熔

炼 (炒钢)。另外三处遗址功能应为冶炼。

尖山遗址在调查中发现有较多高品位铁矿石, 以及少量战国到汉代素面陶片, 但未发现炉渣样品。据此, 可大致推测该遗址应为战国到汉代的采矿遗址。

本研究未在冶炉城遗址发现与冶铁活动直接相关的遗物。据当地文物管理机构人员介绍, 距离该遗址 2000 米左右的九女山上曾发现大量墓葬, 从地表散落的陶器残片 (疑为盗墓者遗弃) 来看该墓群为战国到汉晋时期, 有可能是冶炉城的墓葬区。另据相关材料记载^[14], 汉、晋均在此设立铁官^[15]。且曾在该遗址发现 15 厘米~20 厘米厚的夯土层。综合上述信息, 冶炉城遗址可能为当时管理冶铁活动的铁官所在地。

通过以上讨论, 辅以实地调查和文献资料, 舞钢西平地区冶铁遗址的功能大致可归纳如表二所示。

综上所述, 至迟在汉代, 舞钢、西平地区已经形成了较为完整的钢铁生产体系。与同时代的古荥、巩义铁生沟、南阳瓦房庄、鲁山望城岗等集多种功能于一体的大型综合性遗址不同, 该地区的遗址分工明确, 各司其职, 分别负责采矿、冶炼、熔炼 (炒钢) 以及生产管理等钢铁工业生

表二 遗址功能

遗址名称	地点	炉渣类型	铁制品类型	遗址功能
石门郭	舞钢市区	氧化渣 (搅拌炒钢法)	-	熔炼 (炒钢)
铁山庙	舞钢铁山	还原渣 (生铁冶炼法)	灰口铁	采矿, 冶炼
沟头赵	舞钢武功	氧化渣 (搅拌炒钢法)	灰口铁	熔炼 (炒钢)
许沟	舞钢尹集	还原渣 (生铁冶炼法)	灰口铁	冶炼
圪垯赵	舞钢尚店	还原渣 (生铁冶炼法)	-	冶炼
翟庄	舞钢杨庄	还原渣 (生铁冶炼法)	熟铁	冶炼
酒店	西平酒店	还原渣 (生铁冶炼法)	-	冶炼
何庄	西平芦庙	还原渣 (生铁冶炼法)	-	冶炼
尖山	舞钢杨庄	-	-	采矿
冶炉城	西平芦庙	-	-	铁官

产中的各个环节。这两种生产模式的区别与联系,是值得学术界关注的一个问题。

(二) 冶炼技术的若干讨论

1. 炼炉及鼓风方式

一般认为,中国的炼铁竖炉是从炼铜竖炉发展而来^[16]。湖北大冶铜绿山春秋炼铜遗址曾经出土过8座炼铜竖炉^[17],而在鲁山望城岗、巩义铁生沟、临汝夏店、郑州古荥等地,曾先后发现30余座汉代冶铁竖炉。本研究区域内发现的西平酒店冶铁炉,被认为是迄今为止发现的保存最为完整的战国秦汉时期冶铁竖炉,对于研究中国古代冶炼炉的发展,具有承前启后的重要意义。

从已经发现的战国秦汉时期大型冶铁竖炉来看,其形制按横截面大致可以分为三类。第一类

是以巩义铁生沟为代表的圆形炼炉^[18];第二类是以徐州利国驿为代表的长方形炼炉^[19];第三类是以鲁山望城岗^[20]、郑州古荥^[21]为代表的椭圆形炼炉。西平酒店的冶铁炉截面接近圆形,底部直径1.6米,炉口直径约2.2米,残余炉高2.25米左右。(图六)

该冶铁炉炉壁厚约0.3米,内侧粘连大量玻璃态物质和木炭,外侧为红色耐火材料。炉基平面有一陷坑,坑内使用碳素耐火材料夯筑,这也是我国目前发现的最早应用碳素耐火材料的炼铁炉。

距离坑底约0.2米处有一风口(图七),该风口为研究这一时期的鼓风方法亦有一定意义。一方面,该炉内只有这一个鼓风口,且与出渣口和出铁口相对,因此可以判定鼓风装置设置在炉口所在较高台地的工作面位置,并通过一条鼓风管与炉内相通;另一方面,根据该冶铁炉的形制、所处位置以及鼓风口的情况看,我们认为该冶铁炉使用的是人力或畜力鼓风的方法。

2. 矿石、助熔剂和燃料

该区域铁矿资源丰富,尖山和铁山庙是这一区域发现有古代采矿遗迹的两个遗址。根据舞钢市志记载,翟庄、圪垯赵的矿料主要来自尖山,而石门郭、许沟的矿料则来自铁山庙。从遗址的分布情况可以看出,这一时期的人们似乎并未对矿石的品位有明显的选择性,体现出就近取料的特点。

助熔剂往往反映了冶铁技术水平。钙和锰元素被认为是具有助燃作用的两种元素。本研究中,成分分析显示在沟头赵和圪垯赵两遗址中发现较高含量的锰。但考虑铁和锰通常在矿石中共生这一因素,目前还不能确定当时锰已经作为助熔剂被有意添加。钙的情况有所不同,以往的研究表明,钙含量较高的冶铁遗物在许多遗址都有发现。比如,巩义铁生沟曾发现大量石灰,被认



图六 西平酒店遗址冶铁炉图

图七 冶铁炉内的鼓风口

为是作为助熔剂使用^[22]。古荥^[23]、鹤壁^[24]等地冶铁遗址中均发现氧化钙的含量很高的炼渣。有学者通过物料平衡计算证明,确已加入石灰石为助熔剂^[25]。而在舞钢西平这一区域,通过扫描电镜能谱分析发现,炉渣以硅钙系为主,大部分遗址的炉渣中氧化钙含量较高,普遍在15%左右。此外,当地的地质调查发现,在研究区域中部分布着一条明显的石灰岩矿带,这也为古代居民使用石灰石作助熔剂提供了物质基础。因此,该区域使用石灰岩矿物作为助熔剂的可能性较大。

燃料亦是值得关注的问题。一般认为,早期人们普遍使用木炭冶铁;之后开始使用煤作为燃料进行冶铁。而煤炼铁究竟起源于何时,一直是冶金考古学界关注的问题^[26]。从本研究的实验数据上看,舞钢西平地区的铁制品和铁颗粒中基本不含硫,少量含硫样品的硫含量也很低;部分炉渣中夹杂有木炭;实地调查中,也并未在遗址内发现与煤炼铁有关的遗物。综上可基本判断,该地区在战国秦汉时期尚未使用煤炼铁,仍然主要以木炭作为燃料和还原剂进行冶铁。

3. 钢铁生产体系的社会及环境影响

战国秦汉时期,以生铁冶炼为技术特征的钢铁工业体系的建立和完善,对当时社会和经济的发展起到了巨大的推动作用。在农业生产领域,铁制工具全面取代石质农具,真正实现了农业生产工具的金属化,并且得到广泛普及。铁制农具使得深耕、畎亩等新的耕地加工技术得以普及,从而极大增加了单位耕地面积产量,使粗放式的生产模式向精耕细作型的农业体系转变^[27]。在军事领域,高效率的生铁冶炼,结合成熟的铸铁柔化技术,使得铁制环首刀、弓弩、箭镞、盔甲等兵器在汉军中得到普及,并在扭转汉匈战争局势方面发挥了重要作用。

同时也应当指出,任何一项技术都是双刃剑。以生铁冶炼为技术特征的钢铁工业体系在农业和军事领域发挥巨大推动作用的同时,也给当时的生态环境带来诸多负面影响。生铁冶炼产量大、所需炉温高、需要多次重熔加工等特点,决定了它相较于块炼锻打技术需要更多的燃料。可以预见,在煤尚未在冶炼活动中普遍应用的战国秦汉时期,燃料主要来源于本地的木本植被。对当地植被不加节制的攫取,有可能带来局部的生态问题。这些生产出来的铁制品,又被制成工具进行高效率的垦荒,从而进一步加剧水土流失,

最终引发更大范围内的环境灾难。许多学者认为,西汉时期黄河下游地区频繁的决口泛滥与秦汉时期黄土高原地区日益频繁的人类活动、尤其是政府主导的移民垦荒活动有直接关系^[28]。

本课题组从景观考古学角度探讨了舞钢、西平冶铁遗址群对生态环境的影响,以个案研究的形式部分验证了上述假设。当地土壤调查资料显示,该区域内分布着较大范围的粗骨化黄棕壤土。通过构建本研究区域的土壤侵蚀模型,我们发现粗骨化黄棕壤土的形成与地表植被的改变密切相关。由此可以推论,该研究区域内历史时期大规模的冶铁活动可能对当地植被造成严重的破坏,并导致了大面积严重的水土流失现象的发生。大范围内的土壤的粗骨化极有可能是由于这种水土流失和土壤遭侵蚀而造成的恶果^[29]。而当地生态环境的恶化,也可能是造成该地区一度发达的冶铁生产体系崩溃的主要原因之一。

五、结论

本研究通过炉渣分析以及金相组织分析显示,舞钢、西平冶铁遗址群具有采矿、冶炼、熔炼炒钢、铸造等一套较为完整的钢铁生产体系。其中,尖山和铁山庙遗址具有采矿功能,所采矿石主要是赤铁矿;圪垱赵、许沟、翟庄、铁山庙、酒店、何庄遗址的功能为冶炼,其产品主要为生铁;沟头赵和石门郭遗址可能为炒钢作坊,其功能是将生铁进行脱碳处理,得到具有更加优良机械性能的钢制品。而冶炉城是汉代一处城址,并在此设铁官。从实地田野调查和其他资料的情况看,该地区鼓风方式为人工鼓风;普遍使用石灰石为助熔剂;尚未使用煤炼铁,仍然以木炭作为燃料。

本研究将钢铁生产体系纳入汉代的社会背景下进行观察,初步讨论了其在当时的农业、军事以及环境等领域产生的积极和消极影响,并希望借此引发学术界对这一问题更加深入的研究和探索。

- [1] 陈建立,毛瑞林,王辉,陈洪海,谢焱,钱耀鹏. 甘肃临潭磨沟寺洼文化墓葬出土铁器与中国冶铁技术起源[J]. 文物, 2012(8): 45-53.
- [2] 韩汝玢. 天马-曲村遗址出土铁器鉴定[M]//天马-曲村1980-1989. 科学出版社, 2000: 1178-1180.
- [3] 李众. 中国封建社会前期钢铁冶炼技术发展的探讨[J]. 考古学报, 1975(2): 1-22.

- [4] 陈建立, 韩汝玢. 汉晋中原及北方地区钢铁技术研究 [M]. 北京大学出版社, 2007: 54-73.
- [5] 河南省文物考古研究所, 鲁山县文物管理委员会. 河南鲁山望城岗汉代冶铁遗址一号炉发掘简报 [J]. 华夏考古, 2002 (1): 3-11; 陈建立, 洪启燕, 秦臻, 刘海旺, 韩汝玢. 鲁山望城岗冶铁遗址的冶炼技术初步研究 [J]. 华夏考古, 2011 (3): 99-108.
- [6] 宋国定, 姜文萍. 河南泌阳县下河湾冶铁遗址调查报告 [J]. 华夏考古, 2009 (4).
- [7] 河南省文物研究所, 中国冶金史研究室. 河南省五县古代铁矿冶遗址调查 [J]. 华夏考古, 1992 (1): 44-62.
- [8] 李京华. 南阳北关瓦房庄汉代冶铁遗址发掘报告 [J]. 华夏考古, 1991 (1): 1-110.
- [9] 李京华. 冶金考古 [M]. 文物出版社, 2000: 49.
- [10] 河南省文物考古研究所, 西平县文物保管所. 河南省西平县酒店冶铁遗址试掘简报 [J]. 华夏考古, 1998 (4): 27-33.
- [11] Han Rubin. The Development of Chinese Ancient Iron Blast Furnace, the Forum for the Fourth International Conference on the Beginning of the Use of Metals and Alloys (Proceedings), Shimane, Japan, 151-174.
- [12] 陈建立, 韩汝玢. 汉晋中原及北方地区钢铁技术研究 [M]. 北京大学出版社, 2007: 33.
- [13] 黄全胜. 广西贵港地区古代冶铁遗址调查与炉渣研究 [D]. 北京科技大学博士论文, 2008: 33-34.
- [14] 国家文物局. 中国文物地图集——河南分册 [M]. 中国地图出版社, 1991: 446.
- [15] 《读史方輿纪要》: “冶炉城, 在县西七十五里, 战国韩铸剑处, 晋于此置铁官。”《汝宁府志》: “冶炉城, 在西平县城西七十五里棠溪旁, 晋置铁官于此, 址犹存。”
- [16] 华觉明. 中国古代金属技术——铜和铁造就的文明 [M]. 大象出版社, 1999: 320.
- [17] 黄石市博物馆. 湖北铜绿山春秋时期炼铜遗址发掘简报 [J]. 文物, 1981 (8): 30-39.
- [18] 赵青云, 李京华, 韩汝玢, 丘亮辉, 柯俊. 巩县铁生沟汉代冶铸遗址再探讨 [J]. 考古学报, 1985 (2): 157-183.
- [19] 南京博物院. 利国驿古代炼铁炉的调查及清理 [J]. 文物, 1960 (4): 46-47.
- [20] 河南省文物考古研究所, 鲁山县文物管理委员会. 河南鲁山望城岗汉代冶铁遗址一号炉发掘简报 [J]. 华夏考古, 2002 (1): 3-11.
- [21] 郑州市博物馆. 郑州古荥镇汉代冶铁遗址发掘简报 [J]. 文物, 1978 (2): 28-43.
- [22] 河南省文化局文物工作队, 中国科学院考古研究所. 巩县铁生沟 [M]. 文物出版社, 1962.
- [23] 郑州市博物馆. 郑州古荥镇汉代冶铁遗址发掘简报 [J]. 文物, 1978 (2): 28-43; 《中国冶金史》编写组. 从古荥遗址看汉代生铁冶炼技术 [J]. 文物, 1978 (2).
- [24] 杨宝顺. 河南鹤壁市汉代冶铁遗址 [J]. 考古, 1963 (10).
- [25] 河南省博物馆, 石景山钢铁公司炼铁厂, 《中国冶金史》编写组. 河南汉代冶铁技术初探 [J]. 考古, 1978 (1): 1-24; 刘云彩. 用物料平衡法研究古代冶金遗址 [J]. 中原文物, 1984 (1).
- [26] 杨宽. 中国古代冶铁技术发展史 [M]. 上海人民出版社, 1982: 88; 洛阳市文物工作队. 洛阳吉利发现西汉冶铁工匠墓葬 [J]. 考古与文物, 1982 (3); 杨育彬. 河南考古 [M]. 中州古籍出版社, 1985: 235-236; 陈建立, 洪启燕, 秦臻, 刘海旺, 韩汝玢. 鲁山望城岗冶铁遗址的冶炼技术初步研究 [J]. 华夏考古, 2011 (3): 99-108.
- [27] 白云翔. 先秦两汉铁器的考古学研究 [M]. 科学出版社, 2005: 361.
- [28] 史念海. 论历史时期黄土高原生态平衡的失调及其影响 [J]. 生态学杂志, 1982 (3): 19-23; 王尚义. 隋以前黄土高原自然环境的变迁对黄河下流河道及湖泊的影响 [J]. 山西大学师范学院学报 (哲学社会科学版), 1989 (1): 40-44; Chang, Chun-shu, The rise of the Chinese empire, Volume 2. Frontier, immigration, and empire in Han China, 130 B. C. - A. D. 157. Ann Arbor: University of Michigan Press; 程有为. 内黄三杨庄水灾遗址与西汉黄河水患 [J]. 中州学刊, 2008 (4): 172-176.
- [29] 张海, 秦臻. 河南舞钢、西平地区战国秦汉冶铁遗址的景观考古学研究 [C] // 秦时期冶金考古国际学术研讨会论文集. 科学出版社, 2014: 134-147.

(责任编辑: 刘丁辉)