



# 试谈铁作坊中废弃冶铸遗物整理的理念与实践

- ◆ 种建荣 (陕西省考古研究院)
- ◆ 陈建利 (北京大学考古文博学院)
- ◆ 林永昌 (美国哈佛大学人类学系)

**摘要:** 过去已发掘的战国两汉时期铁作坊数量不少,但尚未有专文探讨如何通过整理废弃冶铸遗物来认识作坊性质。本文以最近新发现的陕西杨凌铁作坊为材料,讨论铁器手工业作坊的研究目标,以及在缺乏生产设施资料的情况下对废弃冶铸遗物的分类、记录的标准以及科技分析方法,望有助于对铁器手工业的考古学研究。

**关键词:** 杨凌遗址; 铁作坊; 冶铸遗物

**Abstract** A considerable number of iron production sites dating to the Warring States and Han Dynasty have been excavated in the past few decades. Yet, there is no research focuses majorly on the systematic and holistic methods to analyze manufacturing wastes. Based on the materials recently excavated from Yanling, Shaanxi, this article is trying to discuss, theoretically, the key propose of studying iron production workshops and, practically, a feasible and reasonable standard for classification, recording, and analyzing the waste products in order to shed more light on the nature and organization of these production centers.

**Key words** :Yanling, Iron production site, Iron manufacturing wastes

学海泛舟

## 引言

战国到两汉时期,铁器手工业成为当时手工业生产及技术创新的重要领域之一。在上个世纪 50~70 年代河南巩县铁生沟<sup>[1]</sup>、郑州古荥镇<sup>[2]</sup>、南阳瓦房庄<sup>[3]</sup>等汉代铁工厂遗址的大规模发掘,积累大批实物材料,奠定了对当时各环节生产设施(如冶铁竖炉)的形制、冶炼技术、产品种类以及作坊布局等方面的基本认识。不过,现在大规模发掘的机会是越来越少,由此产生一些与工作理念与方法相关的新问题。例如,如何以不全面的发掘来尽可能获取必须的资料?如果发掘单位仅仅为废弃堆积,又该如何整理与分析、提取更多信息来认识作坊的性质与组织?在当下的趋势中这些都值得在研究中再三思考。

2010 年夏,陕西省考古研究院在杨凌发现一处使用时代不晚于西汉时期的铁作坊遗址<sup>③</sup>。关中地区铁工业在战国和两汉时期基本完善,但目前学术空白之处仍较多<sup>[4]</sup>,该作坊的重要性不言而喻。为探明本遗址的性质,根据钻探结果,对出土冶铸遗物较集中位置进行了小规模发掘,收获陶范、炼渣、残铁块以及炉壁等相当丰富的资料。遗憾的是,在约 500 平方米的发掘区内,未找到窑炉、房屋以及道路等遗迹,也未见贮存陶范的设施,单位中的出土物既破碎,种类

也相当混杂。总体而言,发掘工作仅很有限地揭露了作坊内部情况,进一步的了解只能依靠资料的整理与分析。鉴于目前尚未有专文探讨铁作坊废弃冶铸遗物整理的目标、对象以及具体方法等问题,我们对此形成了一些想法,现草成此文,以求教于大家。

## 一、研究目标以及对象

手工业生产也是目前国外考古学研究中方兴未艾的领域。对这一方面研究甚深的学者嶋田泉<sup>[5]</sup>曾提倡,对手工业考古遗存<sup>④</sup>“全面式”的研究,应包括两大核心。首先要解决的,是手工业从原料获取到成品整套生产流程所需的技术以及管理组织。其次,研究还需涉及制约产品设计、流通并赋予其意义的社会文化、制度和产品流通机制。简单地说,前者主要探讨和复原生产材料、技术、流程(或可称为操作链<sup>⑤</sup>)以及废品的废弃与埋藏。后者则更着重产品的使用以及作坊所在的社会背景以及与周边聚落的关系。对杨凌作坊遗物现阶段的整理过程中,我们更关心前者,即如何从遗物的种类、性质以及所在考古学背景中,提炼出生产流程和作坊组织的资料。考古学层面中,复原组织管理的依据或基础,是生产活动所在的具体空间。对不同环节生产地点的判断,又主要依靠固定的生产设施(如窑炉)、生产工具以及废

品残骸<sup>[6]</sup>。明白生产地点所在,我们才能讨论生产活动的“集中化”程度<sup>[7]</sup>,即为特定区域或人群服务的工匠分布聚集与活动情况。故此,对生产设施和遗物合适的分类和整理是研究的基础。对功能属性进行判断后,才能进一步探讨手工业的生产组织和管理。

原理上,铸铁工业的生产流程主要包括原料获取、制范、熔炼以及浇铸诸项。因浇铸而成的生铁产品,硬度甚高却缺乏延展性,以生铁为原料的农工具或兵器浇铸后需要再加工。加工方式主要是将产品在较低温窑内烘烤使其脱碳,或将生铁浇成铁条或条材等半成品,然后脱碳再锻打成工具。在西汉早中期以后<sup>[8]</sup>,作坊还会以“炒钢”的方式对生铁原料进行脱碳,即将生铁入炉熔融并鼓风搅拌,使生铁中的碳氧化,最后炼成熟铁或钢<sup>[9]</sup>。对于这套生产流程,李京华先生等<sup>[10]</sup>根据铁生沟的材料,已进行过深入的讨论。虽然原材料的获取与加工也是手工业的重要研究内容,但由于杨凌作坊周边地理环境中没有丰富的铁矿资源,作坊的生产环节可能不涉及采矿环节。为节省讨论空间,我们试将以熔炼及浇铸为主作坊基本的生产流程简化,如图一。

以上生产过程诸环节中,属于废弃环节的遗物一般发现数量最多。作坊所出土的废品,主要为渣、炼炉炉壁残块、鼓风管、范或模<sup>[7]</sup>以及积铁块或铁器残块<sup>[8]</sup>。陶范在使用之后,除被直接废弃埋藏外,还可用来砌筑炉壁<sup>[10]</sup>或井壁,或磨碎后作为新陶范的龠合料。熔炼结束后的炉渣以及其他生产废料的取样可能与陶范类似,一方面直接废弃,另一方面还可能会重复利用。最后的成品则要输出到其他地方,因此一般而言,作坊中成型铁器不多见,陶范则是判断作坊产品构成的主要依据。不过,铁原料可以通过锻打块炼铁(或钢)或炒钢而获取,仅根据作坊所出土之陶范判断其产品组合,结论不一定可靠。

将发掘资料进行初步的分类、整理与记录后,还要根据不同种类的废品以及它们在单位中的数量或比例,进一步讨论埋藏单位的性质,分析遗物在堆积中的形成过程<sup>[9]</sup>。由于作坊中出土的研究对象,基本都是废弃物,在整理时考虑“二次堆积”的问题是十分必要的。有学者<sup>[11]</sup>已提出,在全职、工厂式的作坊中,工业废品十分容易被搬运或多次埋藏。所以完整的生产流程,还要考虑废品的产生以及最后被抛弃到考古堆积的过程。换句话说,遗物在同一单位中的组合、完整情况、使用痕迹等也需视为作坊遗物研究对象的一部分。

由于目前杨凌遗址的资料中,缺乏直接生产设施,为探讨可行的整理方法和分类标准,我们只能参考其它已发表

的铸铁作坊资料<sup>[12]</sup>,尝试对杨凌作坊中各类废弃冶铸遗物的性质、功能进行判断,并确定其在生产、使用及废弃过程中的位置。在这批资料中,目前工作较多、情况较清楚的战国时期三晋系统的铸铁作坊(如中行<sup>[13]</sup>、阳城<sup>[14]</sup>以及60年代所发掘的仓城<sup>[15]</sup><sup>[16]</sup>)是我们重点的参考对象。除年代较为接近外,这批资料与本作坊的产品组合十分接近,按常理推测,其他方面的冶炼技术可能也应有较强的共性,可比性自然较强。当然,在对比其他地点的冶铸遗物时,遇到过去整理分析中需斟酌之处,我们也会详加讨论。

## 二、分类与整理方法的探讨

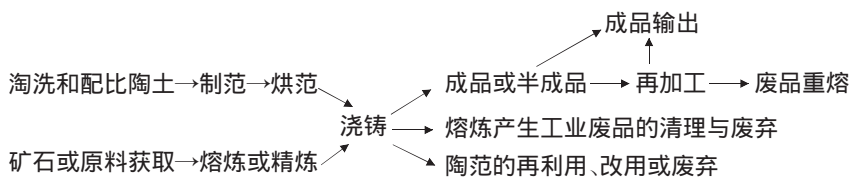
过往发表的报告中,资料公布多侧重于与产品或成品直接相关的部分。我们以为,要较全面地认识作坊,作坊的分类整理需以工艺流程及其技术的复原为核心,并为后期进行实验分析打下基础。两者需要相互结合,才能更直接、有效地解决考古学问题。

在过去对铸铁遗址出土遗存的研究中,炉渣的整理与分析是最为薄弱的环节。虽然目前国内对冶炼、熔炼遗址中炉渣的分析已积累了一定基础,但分析的样本多为调查时所获得<sup>[16]</sup>,对遗址发掘所出土资料进行的分类与分析,却寥寥可数。再者,已公布的分析中,样本数量也甚少<sup>[17]</sup>。有关炉渣的分析现在仍有较多的空白需要填补。

我们在此所讨论的炉渣,基本是指曾熔融过的硅酸盐或硅酸盐混合物,当中偶尔包含氧化物、磷酸盐、硫化物、钙化物以及纯金属等<sup>[18]</sup>。由于渣是冶炼产物之一,“是在冶炼温度下呈熔融状态排放到炉外凝成致密的固体,其中携带的冶炼反应信息被永久封闭”<sup>[19]</sup>,因此,炼渣不单可用于直接判断冶炼金属之种类,同时还可用于复原冶炼技术<sup>[20]</sup>,如耐火材料及助熔剂的使用情况、炉渣的软熔温度与冶炼气氛的控制等。根据以往其他地区的研究经验<sup>[21]</sup>,渣之外观形态至少可分为三大类:排出渣、炉内渣以及炉内未完全燃烧的遗存。排出渣一般表面带明显的流动态纹理。炉内渣则无明显的流动态纹理渣。不过,要较准确判断冶炼工艺,主要依靠的是炉渣中铁的赋存状态以及渣基体中某些可鉴别的成分<sup>[22]</sup>。根据化学成分以及金相组织,炼渣又可区分为还原渣以及氧化渣两大类。两类渣的差别原因在于炉内气氛以及冶炼技术类型的不同。还原渣主要包括生铁和块炼铁渣,氧化渣则主要包括炒钢以及高炉精炼渣。

考虑经费及时间因素,再者从统计学的角度,对任一铸铁遗址所有的炉渣均进行检测既不可能也没有必要的。解决方法,便是在分类基础上进行抽样分析,分类结果亦有助于

对渣等遗物进行点算与统计。我们所关心的问题包括:1.根据炉渣外观形态,可否先进行简单的分类;2.是否包括有炒钢、锻打等与再加工相关的渣;3.如何从渣的整理分析,获得更多与熔炼技术相关的信息。对渣进行初步观察后,对杨凌作坊中炼渣一类的遗物



图一 铸铁作坊生产流程

可初步分为两大类:第一类渣为基体较为单一的渣,第二类属于混合类型渣,主要为炉内渣、铁与木炭的混合物,组织较第一类渣复杂。

在第一类渣中,我们可根据构成物的情况,再分为三类:

1) 较纯净的玻璃态渣,表面为黑色,多较为平整有玻璃光泽,基本不带气孔,致密度高。偶有小面积的铁块或木炭黏附物(图二)。

2) 玻璃化程度较差的渣,颜色较浅,以灰白色或青灰色为主,一般无金属光泽,质地致密,表面起伏不平之处不多(图三)。

3) 主体为未能充分燃烧的木炭<sup>①</sup>(图四),表面偶有小面积的玻璃态黏附物。这类木炭因被铁水所灌注,表面多带有较厚浅黄色的铁锈蚀物。与残铁块的区别是,前者表面颜色较浅,除含铁锈的区域外,局部有明显木炭的植物组织。残铁块颜色偏深,上手后拈之甚重,且带有强磁性。

对于外部组织属混合类型渣,可根据包含物的具体情况再加细分。

1) 主体呈现木炭组织,但较大面积的黑色玻璃态渣黏于表面(约大于1/4或接近一半)(图五)。

2) 主体为黑色较纯净的玻璃态组织,表面有较大面积(超过1/4或接近一半)的木炭。玻璃态组织多呈碎块状而凹凸不平,有流动纹者较为少见(图六)。

3) 主体为铁组织,但表面黏附有面积较大的玻璃态渣或木炭组织(图七)。

4) 表面既有玻璃态渣及木炭组织,但因锈蚀之缘故,两者在总面积中所占比例较为接近,不易区分。

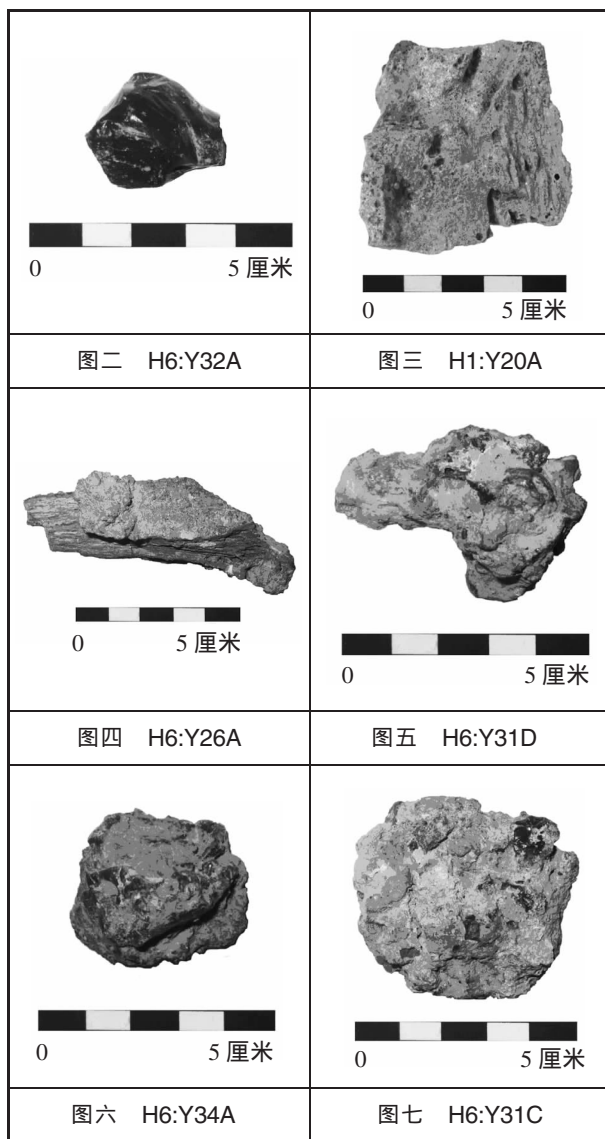
在了解渣的成分及构成,在前期的准备工作中,我们分别从5个已整理的单位,对每类抽取4到5块的样本进行初步的金相和扫描电镜能谱等检测分析。至于分析结果以及抽样的具体方式,我们会在下文中再加讨论。

炉壁残块与鼓风管是除炼渣外,与冶熔炼活动关系最为密切的资料。由战国时期中行以及阳城作坊可知,鼓风管主体由鼓风嘴<sup>②</sup>以及鼓风管(身)组成。材质(如草拌泥及陶质)、加固现象以及与制法相关的痕迹等是有助于判断鼓风管形制的重要信息。由于鼓风管伸入到炉内部分一般有熔融现象,且该部位相对较窄。记录时除了要测量管内径以及管外径,还要观察外侧熔融情况以判断鼓风管架设到炉内的方式。在阳城作坊中曾发现顶端为圆弧形、用于架设鼓风管的炉口残块。说明战国时熔铁炉的鼓风方式仍以顶吹为主<sup>③</sup>。体积较大冶铁竖炉的鼓风方式,除了顶吹外还可能包括斜向将鼓管插入炉腹后,向炉腹送风,鼓风口亦可能不止一处<sup>④</sup>。

战国时期,铸铁作坊往往兼有铸铜之功能,而铜钱则是主要的产品。在杨凌的铸铁作坊中,也发现了用滑石制作的母范<sup>⑤</sup>,即作坊的冶炼遗物中,可能包含了部分铸铜遗物。在区分熔铁炉和熔铜炉时,表面是否黏附有铜锈或铜块,是最主要的判断标准<sup>⑥</sup>,对于遗物中的这些现象,需单独分类并

记录。在战国时期,熔铁炉的炉壁,可分为单一以及复合材质两种。到了西汉晚期以后则基本以耐火砖外层糊上草拌泥的混合材料为主。以瓦房庄为例,熔炉壁基本上由炉衬、耐火砖和草泥外壳层组成。单一材料中除了以草拌泥外,还有掺大量砂粒、少量黏土“堆筑”而成的砂质壁<sup>[23]</sup>。复合材料则是指由加砂的炉衬、砂质耐高温圈层、泥质或加砂的炉体砖和草拌泥黏结料等构成的炉体<sup>[24]</sup>,个别还可能使用铁锄板作为夹层材料。复合材料炉壁在中行遗址中数量不多,但在登封阳城作坊中则出现体积较大且保存相对较多的残块。杨凌作坊之时代,刚好处于西汉早中期,出土炉壁的类型可能同时包含此两大类。

在战国到两汉时期,较完整的熔炉分为炉口、炉腹、炉缸以及炉基四部分,相关的遗物,还包括在熔炼时堵住出渣或出铁水口的炉塞。四部分的功能分别是:“炉口是装料、预热炉料、架设鼓风管的部位,炉腹是进行熔化还原铁料的部位,炉缸是贮存铁水和液体渣的部位,炉基是承托炉体的基础”<sup>[25]</sup>。铸铁作坊中发现的炉壁块,多属炉腹。炉底座以及炉底一般不多。据战国晚期中行作坊出土的炉底座,底径分别





为 35 以及 27 厘米。在阳城作坊中,发现的熔炉内径则在 63~86.1 厘米间<sup>[26]</sup>。较遗憾的是,目前已有的发掘成果,尚未能深入讨论四部分具体的接合方式以及熔炉较完整的结构与形态。对熔炉的记录,除了基本的尺寸以外,还要注意内外侧的情况。内侧表面保留有熔融层的情况以及与修补有关的现象,而外侧的痕迹(如板瓦绳纹<sup>[27]</sup>)则能说明黏结于外壁可能用于加固的材料。在战国时期的铸铁作坊中,还开始用含大量砂粒的耐火材料砖铺设炉底<sup>⑦</sup>。以中行遗址为例,作坊中就出土了 12 块属战国晚期前段的炉砖。一般而言,在缺乏生产设施资料的情况下,要判断炉砖的性质较为困难,所以在记录时除要包括大小尺寸,表面的熔融情况以及是否有与高温接触的现象也是不可忽略的部分。

铸铁作坊中用于浇铸铁器的陶范,组合较为简单<sup>⑧</sup>,主要是锄与钁这类工具。在杨凌铸铁遗址发现陶范的种类,据初步的点算,基本以这两类产品为主。根据铸腔以及范的形态来讨论铸造产品的差异,是对陶范整理工作中重要一环。不过,浇铸同一类铁器铸铁范之特征以及铸腔(或所铸铁器)之特征,两者是不能等同的,在整理时应分开记录,对陶范整理时也能将两者同时作为分类标准。

需注意的是,铸铁范不同于陶器等遗址中常见遗物之处,在于前者不论是范还是所铸之铁器,器型都十分简单。但细心观察下,陶范的厚度、范腔与浇道的设计等看似相同的地方,其实存在一定区别,这些差异到底是与功能相关,还是工匠的制范习惯不同所致,目前还尚不清楚。整理时的目标之一,便是记录并区分出同类陶范制作时表现出来的工艺差异,再讨论陶范制作的标准化<sup>⑨</sup>程度。此外,因为陶范的完整性和保存情况也有助于讨论与堆积形成过程较多的信息,这些特征都应视作需记录的陶范特征。

为达到上述目标,在按单位记录以及整理时,把铸范记录的内容应规定三部分:外部形态与尺寸、制作或使用痕迹以及与埋藏或废弃过程相关的资料。第一部分除了基本的长、宽、厚和颜色<sup>⑩</sup>等数据外,我们还对差异性较大的部位,如浇道等位置进行了较详细的测量。合范的符号以及铸腔的形态也应属第一部分的资料。第二部分判断的依据主要为铸腔上的分型剂以及表面可能为浇铸后留下的“黑色表面层”<sup>⑪</sup>。在整理过程中,我们也发现了铸腔制作未完成的半成品,这类标本对于认识制范工匠的技术也有一定帮助。第三部分则主要包括不同层位间陶范的可拼对记录以及范表面层剥落情况。对于已残的陶范,应尽可能判明属于原来陶范的种类,并记录残块占完整器之比例及可测量之数据。详细的测量也为进一步的工作提供了基础性的数据。因为常用的一套类型学操作并不适用于铸铁范的分类,我们挑选标本时只能尽量挑选完整器、范之外形与特征保留较多、或较特殊的样本进行绘图、文字描图与拍照,至于其他残块,则以统计表的形式公布其数量以及可测量特征点的数据,最大限度地向以后的读者介绍这批资料。当然,在记录工作开展以前,我们对较重要部分(如芯的浇道)进行了较严格定义,保证分析陶范的测量部位以及方法也是标准化的。

### 三、取样与验测分析

对作坊组织层面较全面的认识,除了要包括生产过程中人的因素外,对生产材料的分析也是必需的<sup>[28]</sup>。然而,科学检测成本高昂、耗时甚长,在取样分析时,必须厘清分析之目标以及所能解决的问题,取样时才能有的放矢,更好地结合分析与考古背景的研究。此外,取样分析的工作是在全面充分整理的基础上进行的。这样,取样就能尽可能覆盖每一类要分析的遗物,也可避免过多重复分析。更重要的是,分析结果才具备一定的代表性,以说明作坊的整体情况。

对渣的分析,应是铸铁作坊检测的重点。仅凭外观观察,所提供的信息往往是很有局限的,如果没有铜锈等显著特征,无法判断炉渣属铸铜还是冶铁过程<sup>⑫</sup>,即使是冶铁炉渣,也无法准确判定其冶炼过程或类别。对渣的检测分析主要包括两个方面:一是金相观测分析。对炉渣中残存金属颗粒及冶炼产品等进行金相观测,结合炉渣类型进行综合分析,初步认定冶炼工艺类型。二是 SEM-EDS 检测方法。对炉渣基体及其金属颗粒,冶炼产品等遗物进行定性半定量检测分析,测出各种元素的成分和比例,判定炉渣类型和冶炼水平<sup>[29]</sup>。

我们按常规的实验室操作<sup>⑬</sup>对样本进行处理后,初步从 5 个单位中挑选的渣,显微组织大体可以分为数类:

A、主体为较纯净的玻璃态组织,基体中一般仅有圆滴状的金属颗粒,较大者侵蚀后皆呈现生铁组织。局部地区有板块状、针状或羽毛状结晶,可能为含较高钙或钾的硅酸盐,不排除部分为铁橄榄石一类的遗存。

B、主体为较纯净的玻璃态组织,基体中一般仅有圆滴状的金属颗粒,但夹杂有较多木炭以及铁块组织。

C、主体为已燃烧木炭,中间偶见灌注到空隙后形成的渣块或金属块;表面或可能黏附有较均匀纯净的玻璃态组织。

D、主体为生铁块,一般多为灰口铁组织,有片状石墨析出。

显微结构与外观形态的对应关系是:A 类渣主要对应单一组织渣的第 1)和 2)类。B 类对应的,是混合型渣的 1)、2)和 4)类。C 类对应的,主要是单一组织渣中的第 3)类。D 类对应,则是混合型渣的第 3)类。

总体而言,在已观察从 5 个单位 91 份样本中,基本未见能明确为浮氏体的物相,金属颗粒截面基本近圆形,侵蚀后未见低碳组织。根据黄全胜对铁冶炼渣<sup>[30]</sup>的总结,生铁冶炼渣的渣型包括硅钙、硅锰以及铁硅型三类,前两者的炉渣多呈玻璃态硅酸盐,有少量铁橄榄石,后者则多为铁橄榄石及包括少量的玻璃态硅酸盐。三者皆偶有圆滴状铁颗粒并以生铁组织为主。虽然大多数样本还来不及分析成分,但大部分渣的样本与铁的氧化渣以及块炼铁渣有明显区别,应都属于生铁冶/炼熔炼渣<sup>⑭</sup>。渣的类别不同,可能与渣在炉内排放的先后顺序相关。除单一态渣的第 1)类可能为排出渣外,其

余为高炉的炉内渣可能性最高。当然,由于渣的形成过程复杂,形态又不规整,在以后的整理工作中很可能会遇到无法归入以上类别的渣。对此我们也会挑选重点分析。在整理工作的过程,提前对部分样本进行分析,对于合理系统地整理渣的材料来说,是相对重要的。

需强调的是,我们所抽取的,仅是初步整理完毕单位中的其中5个,要保证炼渣分析的代表性,我们将对所有出土炼渣的单位中,对单一态渣的第1)、2)类以及混合渣中的第2)、3)和4)类分别抽取2~5件进行分析。Bachmann曾讨论过出土炼渣的取样数。他以为如果渣的外观形态甚为统一的话,基本上一件渣便足以说明问题,但如果能从渣的外观形态看出差异,最好抽取一系列样本,大概在5到20块左右<sup>[31]</sup>。所以,在上述每一类中抽取2~5件应是合理的。除了金相显微观察外,利用扫描电镜能谱仪对渣的化学成分进行定量分析,在样本量足够大的前提下,可推断当时冶炼温度以及所添加助熔剂的种类。由于渣的成分除来源于矿石中的脉石外,炉壁或鼓风管熔融后也会进入渣中,所以为判断炉壁或鼓风管熔融后对渣成分的影响,并进一步讨论两者可承受温度的上限,我们也将从已整理的单位中,挑选不同种类的鼓风管以及炉壁,进行显微组织观察和成分分析。

杨凌铸铁作坊中出土的铁器多为铁残块,成型的铁器数量较少。这些铁残块可能包含了两类不同的遗物:已破损毁或准备重熔的铁器残块,以及在炉内残留的积铁块。积铁块是指可能因冶炼操作不正常,积存在炉底的铁水凝结后又后法再利用,只能拆炉拖出的废料<sup>[32]</sup>。除含有大量金属或铁的化合物以外,往往还黏附玻璃态渣或木炭。通过金相组织分析可研究这些铁器的成因或用途。因积铁块为熔炼过程中形成的残留物,冷却速度较慢,如有金属则基体多为灰口铁,而金相组织为铸铁脱碳钢或韧性铸铁的样品,则可能为工具。遗址还出土铸铁脱碳钢的铁条材,则应被视作原料(或可称为再加工原料)。

除渣以及金属残块外,作坊中的铸铁陶范也是认识当时技术的重要一环。不过,目前对陶范的研究,基本以铸铜陶范<sup>[33]</sup>或铸钱范<sup>[34]</sup>为主,甚少涉及对战国以降铸铁范性能的综合分析,检测结果的简单介绍<sup>⑤</sup>也仅见于《南阳汉代冶铁》和《汉代叠铸》<sup>[35]</sup>中。同时,陶范中物质组成(如矿物属合料或草木灰<sup>⑥</sup>以及孔隙度、特别是与同时期铸铜范的差异,在以往文献中可参考者亦寥寥可数。为补充上述的空白点,我们在整理时,会挑选部分陶范进行分析。分析的重点包括:1)不同种类以及早晚不同的陶范,在制作工艺上是否存在差异?2)肉眼观察已能分辨出陶色、质地、外形以及包含砂粒较特殊的陶范,在制作工艺上是否能显示出其特殊性?在整理时,我们从出土陶范较丰富的单位,对不同器类或较特殊的陶范,每种抽取2~3件残块。方法除进行岩相学鉴定外,还可在扫描电镜下分析成分、计算其孔隙度和砂与黏土之比例。

#### 四、其他类别的样本

原料的来源也是判断作坊性质的重要一环。在杨凌的作坊的发掘与初步整理工作中,我们已着重收集与筛选可能与铁矿石一类的遗物。但据发掘记录以及初步的整理工作结果来看,作坊中尚未出土过铁矿石或与之加工的现象。个别的工具也有助于判断作坊性质。在瓦房庄作坊<sup>[36]</sup>中,曾发现过铁锤一类能用来粉碎、整粒矿石的遗物。但杨凌作坊出土之工具中,也未发现这类工具,所以本作坊为熔炼铁工厂的可能性甚高。一般而言,熔炼作坊原料主要为铁锭或残破铁器。在铁生沟与南阳作坊曾发现三角断面的长条形和形状不固定的板状形铁锭<sup>[37]</sup>。由于铁锭可能与工具的残块不易区分,所有作坊中发现的铁工具以及不成形的残铁块,都应进行较详细的记录,并尽可能挑选可分析的样本,来进一步判断残铁块的性质。在对铁器或残块,还需注意表面因微熔而黏附在一起的铁块。这类遗物应为退火的残次品或退火过度的废品<sup>[38]</sup>,性质与上述两者不同。

冶铸作坊中,木炭往往发现较多。我们对每一单位中的木炭,都采集了若干的样本。作坊中收集的木炭标本,可用于木炭树种的鉴定。在过去的报告中,仅在《南阳》提到过所用的燃料为栗木<sup>[39]</sup>。木炭在铸铁作坊中,应被视为原材料之一,对树种的讨论,将能更进一步讨论作坊中燃料资源的获取问题。

除窑炉等直接的证据外,其它的遗物也可指示作坊不同功能活动区域所在。在阳城作坊中,曾发现以芯座改制成的浇口杯,在一侧挖出圆窝,并在底处刻出一条透孔缝。此外,作坊中还出土了34件由废陶范和陶片磨制而成的圆陶片,报告认为是浇口杯盖<sup>[40]</sup>。这两类废弃遗物的出现,应对浇铸场所具有一定的指示作用。与浇铸相关的遗物还可能包括加固泥。战国两汉时期的铸铁范,大多呈平板形,中行作坊的报告以为,这类陶范不需要加固泥,入窑烘热,即可浇铸<sup>[41]</sup>。不过,到底是否需要在合范缝处涂草拌泥加固,其他学者有不同的意见<sup>[42]</sup>。再者,中行作坊出土的铸铁范大多在范周四角带菱形缺口,但如何利用四角缺口将两块范固定在一起,目前还未见较合理的解释。据在四川木里县李晓岑等对现代石范铸造的民族学调查<sup>[43]</sup>,对于体积较大的陶范,很可能还会使用木架一类装置<sup>⑦</sup>才能加固烘热及浇铸。在对遗物整理时,对与加固有关的遗物与合范留下的痕迹充分的分析与观察,将有助认识从合范、入窑烘热、浇铸乃至是陶范废弃堆积的过程。

#### 五、结语

有限的发掘往往使我们的认识不完整,但如何在不完整资料中最大程度地提取信息,是冶金考古学发展的需要思考的问题。通过分析每一生产环节的产品、废料以及所使用的技术,并将其结合废品的废弃及堆积方式,一定程度上可以复原作坊大部分的流程。如再能结合进一步的田野工作(如钻探或物探),有目的地寻找关键遗迹,确定作坊中浇



铸或半成品加工等主要功能区的大体位置并不困难。所以即使发掘面积有限,在整理和检测分析工作如能较好地结合,讨论作坊的生产流程、布区、乃至生产组织仍是可能。本文的目的,就是在前人基础上,对整理的重点和对象进行梳理,尽管文中列举的诸点可能会挂一漏万,但随着近年来国内考古学中对手工业研究的关注度日涨,希望我们的讨论能有助于对铸铁手工业遗存分析标准与实践方法的探索。

注释:

瓦房庄的发掘面积为 4864 平方米,铁生沟发掘面积为 2000 平方米,古荥镇的发掘面积为 1700 平方米。

关于铁作坊如何发掘的问题,我们将另外撰文详细讨论。

③ 所谓的“铸铁作坊”,严格地说,是指作坊以铸造生铁产品或生铁原材料为主。不过,在汉代已发掘的大型作坊如铁生沟、瓦房庄以及古荥镇,皆为兼营冶炼与铸造的地点。为兼顾这批材料,本文中的铸铁作坊,主要是指具有铸造生产环节的铁作坊。

④ 事实上,在手工业作坊中出土的遗存在一定程度上都与手工业生产相关,在本文中,手工业类考古遗存的定义相对较窄,专门指生产活动过程中所用的原材料、与生产直接相关的工具以及过程中直接产生的半成品或“工业废品”。

⑤ 在讨论手工业生产的论文中,操作链(Chaîne opératoire)是较为常用的概念。这一术语最早是被法国考古学家 Leroi-Gourhan 等用于石器的分析,后来被逐渐被其它领域的手工业研究所使用。根据 Bar-Yosef 以及 Van Peer (见 Bar-Yosef, Ofer, and Van Peer, Philip. The Chaîne Opératoire Approach in Middle Palaeolithic Archaeology. *Current Anthropology*. 2009, 50(1):p.103-131)最近对这一术语在旧石器时代考古学中的应用的权威性综述,Chaîne opératoire 的核心概念主要包括:1)操作链主要涉及的是技术,该概念的范围不能等同于一般划分型式的类型学;2)与产品相关的遗物组合,就器物的制作工序而言,是相互联系的。根据笔者的理解,这一概念的关键,就是要将遗物的分类与制作工序结合起来,然后讨论这些工序间的先后与逻辑顺序。

⑥ 目前最早的炒钢制品出土于徐州狮子山楚王陵,该墓之下葬年代不早于公元前 154 年。以炒钢为材质的制品包括 1 件矛、3 件凿以及 1 件封门用的铁轴。矛应是当时随葬品之一,3 件凿则为工匠开凿时遗留的工具。由此可知,炒钢技术之出现当不晚于西汉中期,所以整理杨凌的资料时,需注意与炒钢可能有关的证据。报告见北京科技大学冶金质与材料史研究所,徐州汉兵马俑博物馆:《徐州狮子山西汉楚王陵出土铁器的金相实验研究》,《文物》1999 年第 7 期, p.82-91。

⑦ 在本文中,我们将范(包括外范以及型芯)定义为用于直接浇铸的工具。而模则定范模,是用来制作范的原型。

⑧ 作坊中还出土了黏附有铁渣以及铁液的陶片,这类

遗物也应视作是冶铸物之一。

⑨ 根据以 Schiffer 为核心的考古学行为学派的观点,考古堆积的形成过程受两种因素制约,其一是自然转变过程(N-transformation),主要指自然因素的破坏而改变的部分,另一种则称为文化转变过程(C-transformation),指的是人为活动对考古埋藏的改变(详见 Schiffer, Michael B., Is There a “Pompeii Premise” in Archaeology? *Journal of Anthropological Research* 1985:41(1), pp.18-41。本文中的形成过程主要指人为因素对遗存的影响。

⑩ 承蒙新郑工站蔡全法与樊温泉两位先生的关照,我们曾有幸观摩了正在重新整理的仓城作坊遗物。本文中不少想法也是得益于此次参观及与两位先生的讨论,在此谨致谢忱。但本文中涉及对比之内容,所依据的材料则为以前所发表之简报。

⑪ 严格地说,这类遗物应称为 Biomass,与硅酸盐为基体的炉渣性质不同。但因为这类遗物也算是熔炼时的遗物,内部空间也可能与硅酸盐的渣结合在一起,所以在分类时我们仍合并在一起。

⑫ 在《新郑郑国祭祀遗址》(以下简称为“中行”)中提到,战国晚期前段的三件鼓风管口部(笔者按:鼓风机嘴),两件为黏土加石英砂,另一件则为黏土上接草拌泥片,口径都在 12 厘米以上。但同时段鼓风管腹部、即垂直段上部残件,口径内径最小为 5 厘米,最大也仅为 8 厘米,这涉及以下问题:1)鼓风管腹到底如何与鼓风嘴连接?2)这种装置如何将氧气输入到炉内?我们希望,以后工作的进展能为这一问题提供更多答案。

⑬ 在《中行》报告战国晚期后段遗物中,公布了一块草拌泥堆筑面成形的炉壁残块(p.827),下部有一半圆形边,疑是插鼓风管或是炉壁出风口。若是如此。当时作坊中可能存在不止一种往炉内送风的方式。

⑭ 在鹤壁发现的汉代炼铁高炉底部,还曾发现过许多互相穿插贯连的直筒状及曲尺状鼓风管。见河南省文化局文物工作队:《河南鹤壁市汉代冶铁遗址》,《考古》,1963(10),第 550~552 页。

⑮ 对于与铸钱有关范、模的称呼,我们借用白云翔的观点,将用于翻行范模者(阴文)称为母范,将铸造或翻行钱范者(阳文)称为范模,用于铸造钱币者(阴文)称为钱范。见白云翔:《汉长安城手工业生产遗存的考古学研究》,汉长安城考古与汉文化,中国社会科学考古研究所等编,科学出版社,2011 年,第 97~161 页。

⑯ 由于报告的线图较难全面地表示炉壁残块之特征,笔者初步对报告中铸铁及熔铜炉残块仔细观察后,发现两者仅据形状,实难区分。《中行》中提到部分炉壁表层带有铜锈,应可作为判断标准之一,但文字记录又提到,铸铜炉壁均用草泥圈叠筑或条筑而成。这是否代表了两种熔炉使用了不同的建造技术呢?如果报告能更详细地记录并描述两者之具体区别,将大大有益于我们对这批遗物功能的认识。

⑰ 《中行》报告中分别用炉砖以及炉底砖来称呼砖形器,但两者的区别在报告中还未提到,见 762 页。

⑬ 还有部分的范其实是母范,用于浇铸铁范模。这类母范明确的出土地点,主要为古荥镇以及瓦房庄。由于两者皆位于汉代县城附近,为重要的聚落所在地,这类陶范可能是作坊较高等级的标志。中原地区战国时期尚未见铁范的出现与使用,这一地区最早何时使用铁模范仍是学术谜团。

⑭ 在讨论手工业生产时,专业化和标准化是不同的概念。专业化最基本的含义,其实就是指产品的生产由特定人群所负责并由其他人所分配。而标准化则是专业化生产其中一种方式,由于技术的积累或社会需要而导致产品的原料和外型均一化。Costin 在讨论标准化时,曾区分出两种的类型,第一种称为目的性标准化,这往往与功能相关。第二种称为无意识性标准化,主要与工匠的技巧、习惯相关。无意识性标准化主要与生产组织相关。见 Cathy L. and Hagstrum, Melissa B. Standardization, Labor Investment, Skill, and Organization of Ceramic Production in Late Pre-hispanic Highland Peru. *American Antiquity*, 1995, 60(4): p.619-639.

⑮ 瓦房庄作坊是以普通的陶窑来烘范以及退火脱碳。报告以为冶炼工匠由于长期的实践中,既可利用还原焰烘出第一类灰色或深灰色的范,又可用氧化焰烘出红色的范(见《南阳汉代冶铁》,第 48 页,以下简称为“南阳”)。在郟城的标本中,我们既见到有灰色的范,亦见到同类红色的范。暂时尚不清楚烘范窑的气氛是否有意控制的结果。

⑯ 刘煜等对临淄出土汉代镜范“黑色表面层”的成分以 X 荧光光谱仪检测后认为,范上的黑色表面层是在浇注过程中,部分金属原子扩散较松散射镜范表面形成的氧化层。(见刘煜,赵志军,白云翔等:《山东临淄齐国故城汉代镜范的科学分析》,《考古》,2005(12),第 84-89 页)。据此,铸铁陶范上的“黑色表面层”也应是同一原理下形成的氧化层。

⑰ 目前唯一可靠的方法是,是通过 SEM-EDS 对样本基体成分进行析,以判断是否存在 Cu 或 Pb、Zn、Ag 元素及其金属颗粒的存在。

⑱ 操作的步骤一般是:对初步挑选炉渣的表层土壤简单的清洗后,对每一样本进行拍照记录。之后以切割机切出适合镶样的小块。镶样后分别在 300、600、800 和 1000 目的水砂纸上打磨,并以  $3\mu\text{m}$  和  $0.5\mu\text{m}$  的抛光液抛光,直到划痕看不见为止。抛光后样本在金相和电子显微镜下观察与检测。

⑲ 在理论上,要区分生铁冶炼与熔炼渣的显微结构是十分困难的。由于两种技术皆用竖炉,炉内环境一般是较强的还原气氛,炉温也普遍高,自然不会存在浮氏体,而铁橄榄石( $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$ )大部分也因炉温高被还原为铁与硅。不过,目前因相关的对比研究仍然缺乏,不排除在化学成分上同一地点的生铁冶炼与熔炼渣可能会有别。

⑳ 据报告,温县叠铸的陶范中,细砂粒度以 270 目最多,其次是 50-140 目,砂比 88%,其中还有旧范粉和植物粉。而瓦房庄的陶范中,砂比为 34.83%~47.3%,砂的粒度多

在 50~140 目之间(见《南阳》,第 25 页)。但由于介绍过于简单,记录中也无明确说明到底是铸造何种铁器之范。

㉑ 在商周时期的陶范中,为提高范泥的可塑性,加入草木灰是较为常见的技术。在战国铸铁范(见河南省文物研究所,中国历史博物馆考古部:《登封王城岗与阳城》,文物出版社,1992 年,第 319 页)以及汉代的铸铜镜范中,也发现有植物灰质。(见刘煜,赵志军,白云翔等:《山东临淄齐国故城汉代镜范的科学分析》,《考古》2005(12),第 84-89 页)。因此,汉代铸铁范也以植物灰为其中一种属合料的可能性甚高。

㉒ 但根据杨瑞栋等的调查,在云南会泽现在仍继续以石范生产的家庭作坊中,浇铸犁铧的石范是先将下扇范、型芯以及上扇范分开烘热,然后再合范并用铁箍加固。见杨瑞栋,李晓岑,李劲松等:《云南会泽石范铸铁的调查》,《中国科技史杂志》,2010,31 卷(1):第 94-113 页。

#### 参考文献:

[1] 河南省文化局文物工作队:《巩县铁生沟》,文物出版社,1962 年。对遗迹重新整理及定性的研究请参见 赵青云、李京华、韩汝玢等:《巩县铁生沟汉代冶铁遗址再探讨》,《考古学报》,1985 年第 2 期。

[2],[17] 郑州市博物馆:《郑州古荥镇汉代冶铁遗址发掘简报》,《文物》1978 年第 2 期。

[3] 河南省文物研究所:《南南北关瓦房庄汉代冶铁遗址发掘报告》,《华夏考古》1991 年第 1 期。较详细的报告见李京华:《南阳汉代冶铁》,中州古籍出版社,1995 年。

[4] 目前在陕西境内经系统发掘过的制铁遗址仅为汉长安城西北角的西市遗址,简报分别见中国社会科学院考古研究所:《1992 年汉长安冶铸遗址发掘简报》,《考古》1995 年第 9 期;同上。中国社会科学院考古研究所:《1996 年汉长安冶铸遗址发掘简报》,《考古》,1997 年第 7 期。

[5] Izumi Shimada and Ursel Wagner. A Holistic Approach to Pre-Hispanic Craft Production [C]. *Archaeological Anthropology: Prospectives on Method and Theory*. Skibo James M., Michael W. Grave, and Barbara L. Stark, eds.. Tucson: The University of Arizona Press, 2008: p. 163-197.

[6] Costin, Cathy L. Craft Production Systems[C]. *Archaeology at the Millennium: A Sourcebook*. Feinman Gary M and Douglas T. Price, eds. New York: Plenum, 2001: p. 273-327.

[7] Costin, Cathy L. Craft Specialization: Issues in Defining, Documenting, and Explaining the Organization of Production [C]. *Archaeological Method and Theory*. Schiffer Michael B., ed., Vol. 3. Tucson, AZ: University of Arizona Press, 1991: p.1-56.

[8] 韩汝玢,柯俊(主编):《中国科学技术史(矿冶卷)》,第 612 页,科学出版社,2007 年。

[9],[32] 赵青云、李京华、韩汝玢等:《巩县铁生沟汉代冶铁遗址再探讨》,《考古学报》1985 年第 2 期。

[10] 河南省文物研究所,中国历史博物馆考古部:《登封王城岗与阳城》,文物出版社,1992年,第262页。

[11] Santley, Robert S., and Kneebone, R.R. Craft Specialization, Refuse Disposal, and the Creation of Spatial Archaeological Records in Prehispanic Mesoamerica [C]. Prehispanic Domestic Units in Western Mesoamerica: Studies of the Household, Compound, and Residence, Santley Robert S. and Kenneth G. Hirth, eds. Boca Raton, FL: CRC Press, 1993: p. 37-63.

[12] 其它已发表较大型的铸铁作坊报告还包河北省文物研究所:《战国中山国灵寿城——1975~1993年考古发掘报告》,文物出版社,2005年。河北省文物研究所:《燕下都》,文物出版社,1996年。

[13] 河南省文物考古研究所:《新郑郑国祭祀遗址》,大象出版社,2006年。

[14] 河南省文物研究所,中国历史博物馆考古部:《登封王城岗与阳城》,文物出版社,1992年。

[15] 河南省博物馆新郑工作站,新郑县文化馆:《河南新郑郑韩故城的钻探和试掘》,《文物资料丛刊》(3),文物编辑委员会编,文物出版社,1980年。

[16] 目前已有的成果包括:黄全胜:《广西贵港地区古代冶铁遗址调查及炉渣研究》,北京科技大学冶金与生态工程学院博士学位论文,2008年。陈武:《辽代两处冶铁遗址炉渣研究》,北京科技大学冶金与生态工程学院硕士学位论文,2008年。高月志:《山东莱芜古代矿冶遗址初步考察研究》,北京科技大学冶金与生态工程学院硕士学位论文,2009年。秦臻:《舞钢、西平地区战国秦汉时期冶铁遗址研究——从微观到宏观》,北京大学考古文博学院硕士学位论文,2010年。于永平:《广西兴业绿鸦冶铁遗址群五处地点初步考察研究》,北京科技大学冶金与生态工程学院硕士学位论文,2010年。陈建立,洪启燕,秦臻等:《鲁山望城岗冶铁遗址的冶炼技术初步研究》,华夏考古:2011(3),第99~108页。杜宁,李建西,张光明等:《山东临淄齐国故城东北部冶铁遗址的调查与研究》,《江西理工大学学报》,2011年,32卷(6):第12~15页。

[18] Bachmann, H. G. The identification of slags from archaeological sites [M]. London: Institute of Archaeology, 1981: p.1.

[19] 李延祥,洪彦若:《炉渣分析揭示古代炼铜技术》,《文物保护与考古科学》,1995,7卷(1):第28~34页。

[20] 黄全胜:《广西贵港地区古代冶铁遗址调查及炉渣研究》,北京科技大学冶金与生态工程学院博士学位论文,2008年。

[21] Miller, D., and Killick, David. Slag Identification at Southern African Archaeological Sites [J]. Journal of African Archaeology. 2004, 2(1): p.23-49.

[22]、[30] 黄全胜:《广西贵港地区古代冶铁遗址调查及炉渣研究》,北京科技大学冶金与生态工程学院博士学位论文,2008年。

[23] 河南省文物考古研究所:《新郑郑国祭祀遗址》,大

象出版社,2006年。

[24]、[25] 河南省文物研究所,中国历史博物馆考古部:《登封王城岗与阳城》,第260页,文物出版社,1992年。

[26] 河南省文物研究所,中国历史博物馆考古部:《登封王城岗与阳城》,第263页,文物出版社,1992年。

[27] 河南省文物考古研究所:《新郑郑国祭祀遗址》,第827页,大象出版社,2006年。

[28] Izumi Shimada and Ursel Wagner. A Holistic Approach to Pre-Hispanic Craft Production [C]. Archaeological Anthropology: Perspectives on Method and Theory. Skibo James M., Michael W. Grave, and Barbara L. Stark, eds.. Tucson: The University of Arizona Press, 2008: p.163-197.

[29] 黄全胜:《广西贵港地区古代冶铁遗址调查及炉渣研究》,北京科技大学冶金与生态工程学院博士学位论文,第45页,2008年。

[31] Bachmann, H. G. The identification of slags from archaeological sites [M]. London: Institute of Archaeology, 1981: p.5.

[33] 谭德睿,黄龙:《中国青铜时代陶范铸造技术研究》,《考古学报》1999年第2期。谭德睿:《侯马东周陶范的材料及其处理技术的研究》,《考古》1986年第4期。谭德睿,黄龙:《侯马陶范的科学研究》,《汾河湾——丁村文化与晋文化考古学术研讨会文集》,第218~225页,中国考古学会等编,山西高教联合出版社,1996年。

[34] 施继龙,王昌燧,戴志强等:《萧梁钱范原料的矿物组成及其处理技术初探》,《中国钱币》2004年第3期。

[35] 河南省博物馆,《中国冶金史》编写组:《汉代叠铸:温县洪范窑的发掘和研究》,文物出版社,1978年。

[36]、[37] 李京华:《南阳汉代冶铁》,第21页,中州古籍出版社,1995年。

[38] 李京华:《南阳汉代冶铁》,第48页,中州古籍出版社,1995年。

[39] 李京华:《南阳汉代冶铁》,第15页,中州古籍出版社,1995年。笔者按,报告中并未说明木炭树种的鉴定方法。同一作坊中所使用的木炭材料,也可能不止一种。笔者希望,在以后对铁作坊出土木炭燃料的种属鉴定中,最好能保证有一定的样本量,这样结果才有较大的代表性。

[40] 河南省文物研究所,中国历史博物馆考古部:《登封王城岗与阳城》,第308页,文物出版社,1992年。

[41] 河南省文物考古研究所:《新郑郑国祭祀遗址》,大象出版社,第760页,2006年。

[42] 李京华:《南阳汉代冶铁》,第44页,中州古籍出版社,1995年。

[43] 宫原晋一:《中国,纳西族に残る石製范による鑄造技術》,東アジアの古代鉄文化,松井和幸編,東京:雄山閣,2010年,第60~86页。

(责任编辑:刘慧中)