

陕西黄陵寨头河战国墓地出土铁器的初步科学分析研究^{*}

郭美玲¹ 陈坤龙¹ 梅建军¹ 孙占伟² 邵晶² 邵安定²

(1. 北京科技大学冶金与材料史研究所, 北京市 100083; 2. 陕西省考古研究院, 陕西 西安市 710054)

关键词: 战国 戎人墓地 古代生铁 块炼铁 技术传统

摘要: 寨头河战国时期戎人墓地的发掘, 为探讨东周时期的民族迁徙和融合、文化技术交流等问题提供了新的资料。本文对出土的 9 件铁器进行了科学分析研究, 并就其相关的文化联系、技术交流进行了初步探讨。结果显示, 寨头河墓地出土的铁环和铁带钩两种器物在技术上存在明显的差异, 其中铁环均为块炼铁制品, 而铁带钩则为生铁铸件。本文指出, 寨头河墓地生铁制品的出现与三晋地区的影响关系密切, 而块炼铁制品的存在, 则可能反映了墓地的戎族属性及其与西北地区早期冶铁技术传统所存在的渊源关系。

KEY WORDS: Warring States Period Rong-barbarian cemetery Ancient cast iron Bloomery iron Technology tradition

ABSTRACT: The excavation of the Zhaitouhe cemetery of the Warring States period in northern Shaanxi provides new archaeological evidence for the migration of so-called Rong-barbarian and their cultural-technological interaction with other peoples in Northwest and North China. On the basis of scientific analysis of 9 iron objects from Zhaitouhe, this paper presents a preliminary exploration of their cultural-technological diversity. It is revealed that all the analyzed belt hooks are made of cast iron and, in contrast, iron rings are forged bloomery iron. It is pointed out that while the appearance of cast iron objects in the Zhaitouhe cemetery may be related closely to cultural influence from the Three-Jin cultural region, the presence of bloomery iron could have reflected the Rong-barbarian attribute of the Zhaitouhe cemetery and its intrinsic relation with the early bloomery technology tradition developed in Northwest China.

寨头河墓地位于陕西省延安市黄陵县阿党镇寨头河村, 坐落于葫芦河下游北岸坡地, 地势开阔平缓, 略呈舌形, 总面积约 5500 平方米^[1]。陕西省考古研究院等单位于 2011 年对该墓地进行了全面发掘, 清理墓葬 90 座、马坑 2 座以及殉埋青铜短矛的方坑 1 座, 出土了一批丰富的战国时期戎人遗存。寨头河墓地的年代集中在战国早中期, 文化面貌复杂、多元文化因素共存, 既包括了西戎文化和三晋文化因素, 又显示出与北方系青铜文化的联系, 部分遗物与寺洼文化或有渊源关系。寨头河墓地的发掘为探讨东周时期的民族迁徙和融合、东西文化技术交流等问题提供了新的资料。本文主要报告部分出土铁器的科

学分析结果, 并在此基础上, 就寨头河墓地出土铁器所涉及的文化联系和技术交流等问题进行初步探讨^[2]。

一、出土铁器与样品采集概况

寨头河墓地的发掘材料尚在系统整理之中。经粗略统计, 在清理的 90 座墓葬当中, 出土铁器的墓葬共 28 座。许多铁器出土时锈蚀严重, 可确认器形者约 40 件, 主要为铁环和铁带钩, 均在 20 件左右, 此外还可辨认出少量铁镞、铜铁联环和铁联环等。由器物出土的情况看, 铁带钩常与铁环伴存。此外, 寨头河墓地还出土有铜带钩 30

^{*} 本文得到了国家文物局文化遗产保护领域科学和技术研究课题(20110114)、教育部博士学科点专项科研基金(20110006120026)和英国 Leverhulme 基金会的资助。

表一 寨头河墓地出土铁器取样统计表

墓号	器物	标本编号	出土位置与伴出器物	样品编号	镶样截面与保存状况
M1	铁环 残段	6	盗洞内; 伴出铁带钩残块	ZTH102H	残断处横截面 残余金属
				ZTH102Z	残断处纵截面 残余金属
M7	带钩 残块	13	墓室; 2 件带钩 ,铁环残块 , 1 件铜镞伴出	ZTH115H	残块横截面 完全锈蚀
				ZTH115Z	残块纵截面 完全锈蚀
M15	铁环 残块	4	盗洞	ZTH104H	残断处横截面 残余金属
				ZTH104Z	残断处纵截面 残余金属
M22	铁环 残块	3	伴出于墓主右臂处; 1 件新币 , 1 件铜带钩伴出	ZTH108H	残块横截面 残余金属
				ZTH108Z	残块纵截面 残余金属
	带钩 残段	10		ZTH110H	残断处横截面 完全锈蚀
				ZTH110Z	残断处纵截面 残余金属
	带钩 残块	11		ZTH111H	残块横截面 残余金属
				ZTH111Z	残块纵截面 残余金属
M27	铁环 残块	5	墓主头骨右北边; 1 件铁带钩及不 辨器型铁器残块伴出	ZTH106H	残块横截面 残余金属
				ZTH106Z	残块纵截面 残余金属
M49	带钩 残块	12	墓主髌骨下 ,共出土 4 件铁环 ,2 件铁带钩	ZTH112H	残损处横截面 完全锈蚀
				ZTH112Z	残损处纵截面 残余少量金属
M81	铁器 残块	2	墓主肱骨上; 伴出铁带钩 1 件、铁 环 2 件、铁镞 3 件	ZTH105H	残块横截面 完全锈蚀
				ZTH105Z	残块纵截面 残余金属

件 ,也多有铜环伴出。在个别墓葬中 ,还可见铜、铁带钩并出 ,以及铜带钩与铁环 ,铁带钩与铜环伴出的现象。

本研究对寨头河出土铁器进行了取样分析。目前共获取出自 7 座墓葬的铁器标本 9 件 ,包括铁带钩和铁环各 4 件 ,另有 1 件不明器形的铁器残块。取样标本的出土信息与分析样品的准备情况见表一。

二、检测分析方法与结果

以往的研究显示 ,特殊的加工处理会使金属制品、尤其是锻造成形的铁制品在不同部位产生不同的组织形态。为较为全面地反映样品的组织信息 ,在样品数量允许的情况下 ,将同一样品分别沿横、纵两个截面方向切割、镶样 ,在样品编号中分别以后缀 H、Z 表示(表一) 。镶好的样品经过打磨、抛光后 ,用 4% 硝酸酒精溶液浸蚀 ,在金相显微镜下观察金相组织; 经重新抛光并做喷碳处理后 ,置入扫描电子显微镜下观察细部组织及夹杂物等的形态 ,并利用 X 射线能谱分析夹杂物等的元素含量。本研究组织观察使用莱卡 (Leica) DM4000 金相显微镜 ,扫描电镜为蔡司

(ZEISS) EV018 高分辨扫描电镜 ,能谱仪型号 BRUKER XFlash Detector 5010 ,分析时设定加速电压为 20kV ,能谱搜谱时间大于 60 秒。

结果显示 ,经分析的 9 件铁器标本的铁料来自块炼铁和铸铁两种不同的冶炼过程。结合金相组织观察和夹杂物的分析结果 ,还可进一步划分出白口铁铸造、铸铁脱碳、块炼铁渗碳锻打等多种不同的材质或工艺类型(表二) 。

由表二可知 ,寨头河墓地出土铁器的材质、工艺与器物类型之间的关系非常明显。经分析的 4 件铁环样品均为块炼铁锻打而成 ,而 4 件带钩则均为白口铁铸造成型 ,其中 3 件有金银装饰的标本(编号 11 ~ 13) 显示出曾经过不同程度的脱碳处理; 1 件不明器形的铁器残块显示为白口铁铸造组织。

标本 3、4 横截面金相组织均显示为珠光体与铁素体组织 ,外侧的含碳量明显高于内侧 ,这种高碳组织出现在样品表面 ,由内向外含碳量逐渐增加的现象说明碳原子是从表面渗入的 ,这也说明其经历过表面渗碳处理(图一) 。

标本 5 铁环残块横截面不同部位的金相组织差异明显 ,样品内侧主要为晶粒大小不一的铁素体组织 ,外侧呈魏氏组织(图二) ,这是表面加

表二 寨头河墓地出土铁器金相组织观察结果

器物	标本编号	样品编号	金相组织观察结果	材质与工艺
铁器 残块	2	ZTH105Z	珠光体 + 二次渗碳体 + 莱氏体组织 ,含碳量约为 4% 。	亚共晶白口铁 / 铸造
		ZTH105H	完全锈蚀。	
铁环 残块	3	ZTH108H	不同部位组织区别明显 ,外侧为铁素体 + 珠光体 ,中心为铁素体 ,含碳量约为 0.1% 。	块炼铁 / 渗碳、锻打
		ZTH108Z	珠光体 + 铁素体 ,含碳量不均匀 ,中间有带状组织 ,夹杂物多分布于中间区域 ,沿加工方向变形。	
铁环 残块	4	ZTH104H	珠光体 + 铁素体 ,内侧含碳量较低 ,外侧含碳量较高且见有大块夹杂。	块炼铁 / 渗碳、锻打
		ZTH104Z	珠光体 + 铁素体 ,含碳量均匀 ,约为 0.4% ,少有夹杂。	
铁环 残块	5	ZTH106H	内侧为铁素体组织 ,外侧为魏氏组织; 均见有大块夹杂物沿加工方向变形。	块炼铁 / 渗碳、锻打
		ZTH106Z	全铁素体组织 ,晶粒度大小不一; 夹杂物沿加工方向变形明显。	
铁环 残段	6	ZTH102H	铁素体 + 珠光体 ,组织分层明显 ,夹杂物较多 ,沿层间分布。	块炼铁 / 渗碳、锻打
		ZTH102Z	铁素体 + 珠光体 ,组织细小、均匀 ,含碳量约为 0.4% ,氧化亚铁及硅酸盐夹杂沿加工方向延伸。	
带钩 残段	10	ZTH110H	完全锈蚀。	亚共晶白口铁 / 铸造
		ZTH110Z	珠光体 + 二次渗碳体 + 莱氏体组织 ,含碳量约为 4% 。	
带钩 残段	11	ZTH111H	完全锈蚀。	亚共晶白口铁 / 铸造、脱碳
		ZTH111Z	完全锈蚀 ,外侧碳含量明显低于内侧 ,内侧有莱氏体组织残存。	
带钩 残块	12	ZTH112H	残存颗粒为全铁素体组织。	亚共晶白口铁 / 铸造、脱碳
		ZTH112Z	外侧边缘残存颗粒为铁素体组织 ,内侧有莱氏体组织残存。	
带钩 残块	13	ZTH115H	完全锈蚀 ,内侧有较多莱氏体组织残存 ,外侧含碳量低。	亚共晶白口铁 / 铸造、脱碳
		ZTH115Z	完全锈蚀。	

热渗碳、锻打造成的。

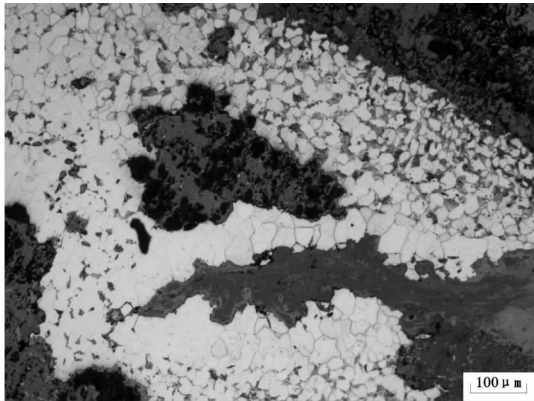
标本 6 铁环残段纵截面金相组织为铁素体加珠光体组织 ,含碳量较为均匀(图三) ,多见夹杂物延加工方向拉长、排列 ,经扫描电镜分析 ,主要为大块氧化亚铁与硅酸盐共晶夹杂(图四) ,由此判断其为块炼铁渗碳锻打而成^[3]。

标本 10 铁带钩残段纵、横截面的组织基本一致 ,由莱氏体以及奥氏体析出的珠光体与二次渗碳体构成 ,显示出典型的亚共晶白口铁铸造组织(图五) 。标本 12 铁带钩表面发现有错银装饰 ,其纵截面样品腐蚀较为严重 ,仅在样品外侧区域残存少量金属 ,组织显示为较单纯的铁素体

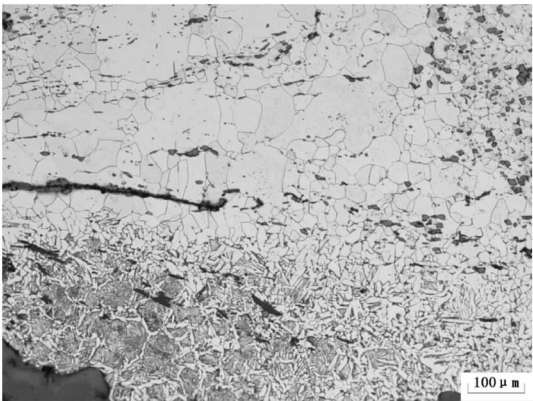
组织(图六) ,而在样品内侧腐蚀区域可观察到莱氏体组织残存的痕迹(图七) 。样品整体表现为外侧含碳量较低、内部含碳量较高 ,应为铸铁经脱碳处理形成 ,在表面有(金)银装饰的带钩标本 12、标本 13 的样品中亦可观察到类似的组织 ,标本 13 铁带钩残块表面错金、银装饰保存较好(图八) ,铁带钩表面脱碳处理应与表面错金、银装饰的操作过程有关。

三、问题与讨论

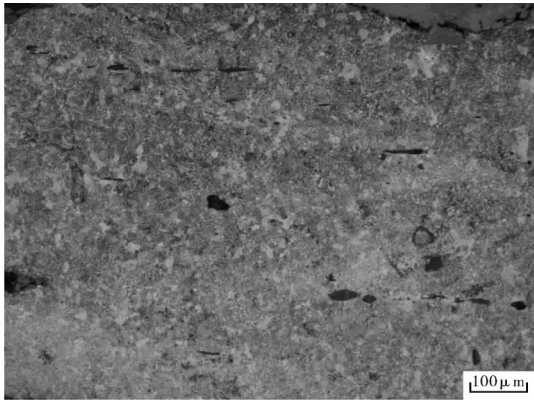
寨头河墓地出土铁器有几个特点值得关注。



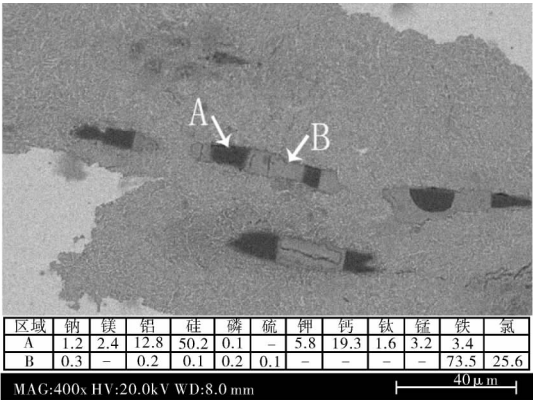
图一 标本3铁环残块横截面金相组织



图二 标本5铁环残段纵截面金相组织



图三 标本6铁环残段纵截面金相组织



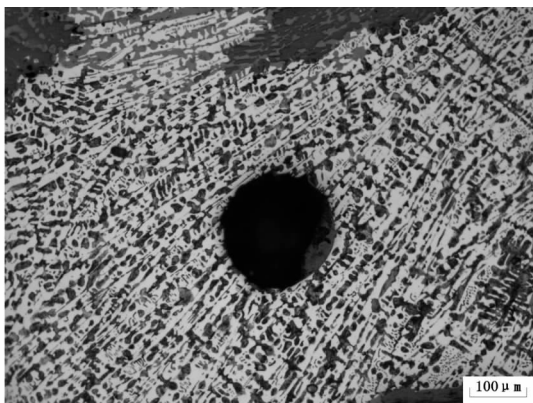
图四 标本6铁环残段夹杂物背散射图像

首先,铁器的使用已较为普及,在经清理的90座墓葬中有27座出土有铁器,所占比例接近1/3,若考虑到寨头河墓地曾遭严重盗掘,埋藏铁器的墓葬数或许还应稍高。同时期的山西侯马桥村墓地位于战国时期冶铁技术的中心区域——三晋地区,经发掘的1014座战国墓葬中,出土铁器的墓葬362座^[4],与寨头河墓地的比例基本相当。其次,寨头河墓地出土铁器多为铁带钩、铁环、铁镯等装饰类器物,未见容器、兵器及工具类器物出土,与同时期的三晋地区、燕下都等地有所区别^[5]。将铁制品主要应用于制作装饰类的小件器物,或许反映了寨头河墓地还处于使用铁器的初期阶段。最后一点尤为值得注意,寨头河墓地出土的两种铁质器物——铁带钩与铁环的技术特征明确,且两类器物在材质上又存在显著差异,铁带钩的材质均为铸铁或铸铁脱碳制品,而铁环则都是由块炼铁或块炼渗碳钢锻打而成。

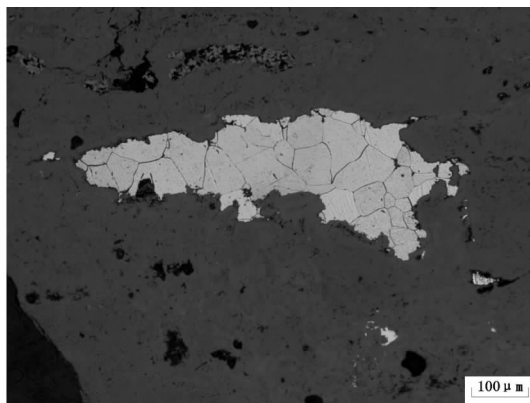
研究显示,中国古代的人工冶铁生产包括两种不同的技术体系,一种是块炼铁与块炼渗碳钢

体系,另一种是生铁和生铁制钢体系。其中块炼铁技术出现较早,并可能受到了西亚地区的影响,而生铁及生铁制钢体系则是中国古代冶金技术最重要的技术发明之一,在很长一段时间内是中国中原地区所特有的技术^[6]。目前的考古资料显示,早期铁器在西北地区发现较多,且以块炼铁制品为主。甘肃陈旗磨沟遗址出土铁条年代在公元前14世纪前后,经分析为块炼渗碳钢锻打而成,是目前中国境内发现的最早的人工冶铁制品^[7]。新疆地区目前所见最早铁器年代约为公元前9世纪^[8],年代稍晚的西周末期至春秋早期的中原地区,也有较多的早期块炼铁制品出土^[9]。目前所见最早的生铁制品出土于天马——曲村遗址,年代为春秋早期晚期(约公元前8世纪)^[10];其后三晋文化分布的中原西部地区逐渐成为当时的冶铁生产中心^[11],生铁及生铁制钢的技术体系逐渐发展并有向西北、东北等地传播的迹象^[12]。

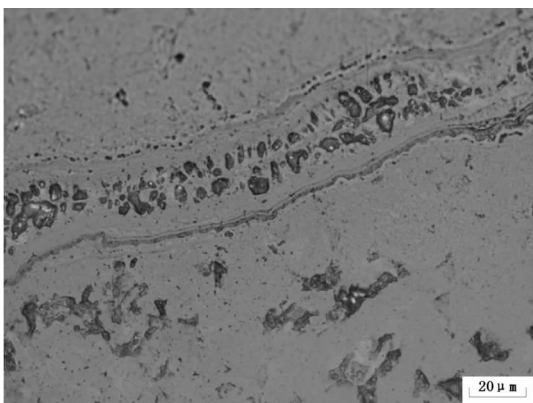
如前所述,三晋文化的分布区域是战国时期



图五 标本 10 带钩残块纵截面金相组织



图六 标本 12 带钩残块纵截面铁素体组织



图七 标本 12 带钩残块纵截面莱氏体组织



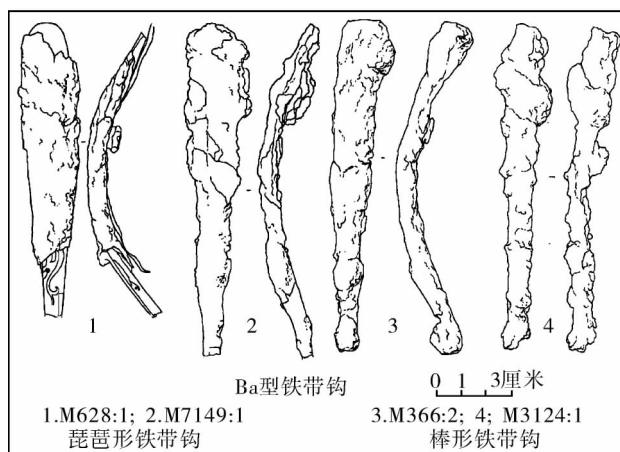
图八 标本 13 带钩残块表面错金、银装饰

冶铁生产中心,生铁及生铁制钢技术已占主导地位^[13]。寨头河墓地出土 4 件铁带钩均为铸件,有错金银装饰的 3 件有铸后退火加工迹象,这与同一时期三晋地区颇为流行的铁带钩及其错金、银装饰技术基本一致^[14],从铁带钩的形制、大小来看亦为同类器物(见图九)^[15]。此外,寨头河墓地出土了大量与三晋地区关系密切的陶器、铜器,其中有 28 座墓共出土 31 件铜带钩,形制有琵琶形、水禽形、曲棍形和长牌形等,亦与战国早中期三晋地区出土铜带钩基本一致^[16]。由于人群族属的不同,寨头河墓地的带钩在使用方式上与三晋地区有所区别^[17],但以生铁铸造为技术特征的铁质带钩的出现,应是受到后者发达的生铁冶炼技术影响的结果,甚至存在系由三晋地区的作坊生产后输入至寨头河的可能。

与此形成鲜明对比的是,经分析的 4 件铁环均由块炼铁或块炼渗碳钢锻打制成。春秋中期之后,块炼铁与生铁制品伴出的现象在西北、中原地区的墓葬或遗址中均有发现^[18]。山西生铁

制品通常被视作中原技术传统的体现,而块炼铁制品则或多或少地表现出与周边地区的羌戎系统或其他族群有所关联。考虑到寨头河墓地出土部分陶器与寺洼文化的渊源关系,以及历史文献中对“瓜州之戎”在春秋晚期迁徙至晋地的记载^[19],寨头河墓地出土铁环与西北地区早期块炼铁技术传统是否存在某种联系,无疑是值得关注的问题。

寨头河墓地的西戎文化因素,主要体现在以铲足鬲和各种形式的陶罐为代表的 A 类器物上。墓地出土的以罐式鬲、豆、盆为代表的 B 类陶器,以及铜鼎、铜剑、铜戈、镞、铜带钩、车辖、马衔等与战国时期三晋一带常见的器物风格一致。墓地中还包含了一些中国北方系青铜文化因素,包括陶钺以及青铜牌饰、带扣、小件饰件等。戎人文化因素在该墓地占主导因素^[20]。本文取样分析涉及的 7 座墓葬中, M7、M22、M27、M49、M81 未受盗掘干扰,这 5 座均为西戎、三晋文化因素共存的戎人墓葬,且为铁带钩与铁环伴出。M7、



图九 侯马乔村墓地出土 Ba 型铁带钩

M27 为西戎式陶器与中原式铜戈、铜鼎、铜马衔、铜带钩等伴出, M22、M81 为西戎式陶器与中原式陶器和中原式铜带钩、铜戈等伴出, M22 还出土有魏国钱币。受到盗掘干扰严重的 M1、M15、M49 陶器组合因素分别为西戎式、中原式和两种因素伴出。

经初步统计, 寨头河墓地未受盗掘干扰的墓葬共 44 座, 文化因素共存的墓葬为 25 座, 占到 57%。有铁器出土的墓葬共 28 座, 其中未受盗掘干扰的有 20 座, 铁环、铁带钩同出的墓葬共 10 座, 均显示为西戎、三晋文化因素并存, 其中 M22 伴出有铜带钩, M25 伴出有铜环。只有铁带钩出土墓葬有 5 座, 其中 M11 为两种文化因素并存, M70 仅有三晋文化因素, M48 为三晋、北方文化因素共存, M68 陶器类型暂不能确定, 伴出有铜带钩和铜环, M73 无其他随葬品。只有铁环出土的墓葬有 5 座, 其中 M38 为西戎、三晋文化因素共存, M46、M51、M83 仅有三晋文化因素, M89 陶器类型暂不能确定。除 M89 外的 4 座墓葬均有铜带钩伴出。

上述采样分析已经表明, 铁带钩均为与中原地区关系密切的铸铁, 铁环均为与西北地区颇具渊源的块炼铁, 两种冶炼技术共存现象也同样明显。如此来看, 中原式铜带钩与铁环伴出亦是两种文化因素共存的体现。其实多种文化因素共存的现象在同期其它戎人墓地中也较常见, 如甘谷毛家坪墓地中, 代表戎人文化的 B 组文化遗存就与东周时期秦文化共存, 被认为是与秦文化共存的戎人文化遗存^[20]; 张家川马家塬墓地中包

含有戎人文化、秦人文化、北方草原文化、西方文化等因素, 被认为是秦人统治下的一支戎人首领墓地^[21]。我们已经分析指出, 寨头河墓地包含有戎人文化、中原文化、少量的北方系青铜文化因素, 是战国时期魏国统治下的一支戎人墓地^[22]。我们认为, 戎人墓地中多种文化因素共存一地的现象, 与戎人所处的时代背景和政治地理环境有密切关系。战国时期大国争霸, 开疆拓土, 其生存空间必然受到挤压和威胁, 为求生存多会选择处于一国的统治或庇护之下, 不可避免地会接受和吸收统治国的文化。另外戎人也处在多种文化交流地带, 不断地迁徙交流, 也会受到其它文化因素的影响。

从更大的历史图景下审视, 寨头河墓地出土铁器对于认识战国时期生铁技术的传播, 以及不同地区之间冶铁技术发展的不平衡性也具有一定的启示意义。前已述及, 寨头河墓地出土铁器以装饰件为主, 少见兵器、工具等实用器, 而在同时期的三晋、燕国等中原诸侯国, 铁质的兵器与工具已较为常见。还应看到, 这一时期中原各国的冶铁技术也存在一定差异。以兵器及小件工具类器物为例, 经分析的 10 余件三晋地区出土的刀、剑等器物, 绝大多数为铸铁脱碳制品(约占 90%), 而燕下都出土的 6 件戟、剑等兵器的材质则均为块炼铁或块炼渗碳钢^[23]。

自商代时期即活跃于晋陕高原的古代族群, 在中国中原与欧亚草原地带早期文化交流互动中一直扮演着非常重要的角色。寨头河出土铁器的分析结果显示, 至迟在战国中期, 中原地区特有的生铁铸造与生铁脱碳制品已传播至陕北地区。然而, 与之邻近的北方草原的铁器生产却一直保持着块炼铁体系的技术传统, 生铁制品鲜有发现^[24]。直到契丹时期(公元 10 ~ 12 世纪)出土的铸铁制品数量才显著增多^[25], 由于现阶段出土数量和研究工作的局限性, 这一结果还有待印证。如何理解这些技术发展和传播过程中的不平衡现象, 尚有待更为系统的深入研究。结合寨头河墓地出土铁器的科学分析及其他地区的相关研究成果, 我们认为对上述问题的考察, 除考虑到技术演进、传播的基本规律以外, 还应重视不同区域生产方式与族群文化传统的重要影响。

四、结论

本文对寨头河战国墓地出土部分铁器进行了科学分析并就相关问题作了初步探讨。结果显示,经分析的9件铁器中可见块炼铁和铸铁两种材质类型,其中4件铁环均为块炼铁或块炼渗碳钢锻打制成,而4件铁带钩则均为亚共晶白口铁铸件,其中3件有错(金)银装饰者表面有脱碳迹象,1件不明器形铁器残块为亚共晶白口铁铸造成型。寨头河墓地出土的两种主要铁器类型——带钩与铁环的技术特征明确,且两类器物又存在显著差异,这一现象与墓地文化面貌复杂、多元因素共存的特点相呼应。通过与同时期其他地区出土铁器研究成果的对比,本文认为生铁制品在寨头河墓地的出现应是受到了三晋地区的影响,而块炼铁技术体系的存在或与西北地区早期冶铁技术传统有渊源关系。

本文的研究和写作过程中,得到了北京科技大学冶金与材料史研究所韩汝玢教授、李秀辉副教授等老师的指导和帮助。此文完成于英国剑桥李约瑟研究所,陈坤龙在剑桥的访学得到了美国纽约李氏基金会和蒋经国国际学术交流基金的资助。在此一并致以衷心的感谢!

- [1] 陕西省考古研究院,延安市文物研究所,黄陵县旅游文物局. 陕西黄陵县寨头河战国戎人墓地发掘简报[J]. 考古与文物, 2012(6).
- [2] 孙周勇,孙占伟,邵晶. 黄陵寨头河战国墓地相关问题探讨[J]. 考古与文物, 2012(6).
- [3] a. 陈建立,韩汝玢. 徐州狮子山西汉楚王陵出土铁器的金相学研究[J]. 文物, 1999(7); b. Dillmann, Ph. and L'Héritier, M. Slag inclusion analyses for studying ferrous alloys employed in French medieval buildings: supply of materials and diffusion of smelting processes[J]. Journal of Archaeological Science 34, 2007(11).
- [4] 段红梅. 山西三晋地区出土战国铁器的调查研究——兼论中国钢铁技术第一次大发现[D]. 北京科技大学, 2011.
- [5] a. 李仲达,王素英,苏荣誉等. 燕下都铁器金相考察初步报告[C]//河北省文物研究所. 燕下都(上册). 北京:文物出版社, 1996. b. 北京钢铁学院压力加工专业. 易县燕下都44号墓葬铁器金相考察初步报告[J]. 考古, 1975(4). c. 同[4].
- [6] 韩汝玢,柯俊. 中国科学技术史: 矿冶卷[M]. 北京:科学出版社, 2007.
- [7] 陈建立,毛瑞林,王辉. 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).
- [8] a. 韩建业. 新疆的青铜时代和早期铁器时代文化[M]. 北京:文物出版社, 2007. b. 唐际根. 中国冶铁技术的起源[J]. 考古, 1993(6). c. Guo Wu. From western Asia to the Tianshan Mountains: On the early iron artefacts found in Xinjiang. [C]// Metallurgy and civilisation: Eurasia and beyond. Proceedings of the 6th International Conference on the Beginnings of the Use of Metals and Alloys (BUMA VI). 2009.
- [9] a. 韩汝玢,姜涛,王保林. 虢国墓出土铁刃铜器的鉴定与研究[C]//河南省文物考古研究所,三门峡市文物工作队. 三门峡虢国墓. 北京:文物出版社, 1999. b. 韩汝玢. 天马——曲村遗址出土铁器的鉴定[C]//北京大学考古系商周组,山西省考古研究所. 天马——曲村 1980-1989. 北京:科学出版社, 2000. c. 陈建立,杨军昌,孙秉君等. 梁带村遗址 M27 出土铜铁复合器的制作技术[J]. 中国科学 E 辑, 2009(9).
- [10] 同[9]b.
- [11] Han R, Duan H. An early iron-using centre in the ancient Jin state region (8th - 3rd century bc) [C]// Metallurgy and civilisation: Eurasia and beyond. Proceedings of the 6th International Conference on the Beginnings of the Use of Metals and Alloys (BUMA VI). 2009.
- [12] a. 陈建立,韩汝玢,斋藤努等. 从铁器的金属学研究看中国古代东北地区铁器和冶铁业的发展[J]. 北方文物, 2005(1). b. 陈建立,马清林. 甘肃出土早期铁器的金相组织及 AMS-14C 年代测定[C]//文物科技研究(第六辑). 北京:科学出版社, 2009.
- [13] 同[4].
- [14] 山西省考古研究所. 侯马乔村墓地——1958~1996(中)[M]. 北京:科学出版社, 2004.
- [15] 同[2].
- [16] 同[2].
- [17] 同[9]b, [12]b.
- [18] 同[2].
- [19] 同[2].
- [20] a. 甘肃文物工作队,北京大学考古系. 甘肃甘谷毛家坪遗址发掘报告[J]. 考古学报, 1987(3). b. 赵化成. 甘肃东部秦和羌戎文化的考古学探索[C]//考古类型学的理论与实践. 北京:文物出版社, 1987.
- [21] 甘肃省文物考古研究所,张家川回族自治县博物馆. 2006年度甘肃张家川回族自治县马家塬战国墓地发掘简报[J]. 文物, 2008(9).
- [22] 同[1].
- [23] 同[4], [5]a, b.
- [24] Park, J., Gelegdorj, E. and Chimiddorj, Y. Technological traditions inferred from iron artefacts of the Xiongnu Empire in Mongolia[J]. Journal of Archaeological Science 37, 2010(11).
- [25] Gelegdorj, E., Chunag, A., and Gordon, R. et al. Transitions in cast iron technology of the nomads in Mongolia[J]. Journal of Archaeological Science 34, 2007(8).

(责任编辑 张鹏程)