

梁带村遗址 M27 出土铜铁复合器的制作技术

陈建立^{*}, 杨军昌, 孙秉君, 潘岩

北京大学考古文博学院, 北京 100871;

陕西省考古研究院, 西安 710054;

砖石质文物保护国家文物局重点科研基地(西安文物保护修复中心), 西安 710061

* E-mail: jianli_chen@pku.edu.cn

收稿日期: 2008-03-17; 接受日期: 2008-10-06

国家自然科学基金(批准号: 10405003)和国家文物局“指南针计划”资助项目

摘要 陕西韩城梁带村遗址第 27 号墓(M27)是梁带村两周墓地发现的唯一带有两墓道的大型墓葬, 是陕西地区建国以来发掘的未被盗掘的规模最大的周代墓葬. 墓葬保存完好, 随葬品丰富, 为研究墓葬的年代、墓主身份等级以及诸侯封国史提供了相当珍贵的实物资料. 尤其是该墓出土铁刃铜削和铁刃铜戈两件铁器是自河南三门峡虢国墓地及山西曲沃曲村遗址出土西周末~春秋早期铁器后的中原地区又一批年代最早的铁器, 具有重要学术意义. 本文利用金相组织观察和电子探针分析, 判定两件标本的铁质部分采用块炼渗碳钢锻打而成, 然后通过铸接将铜质部分与铁质相结合, 加速器质谱碳十四测年为春秋早期. 根据梁带村遗址、三门峡虢国墓地与曲沃曲村遗址的地望, 本文提出等黄河中流的豫陕晋交界地区可能是我国中原冶铁技术起源地, 值得今后的考古学研究中注意.

关键词
韩城梁带村
古代铁器
加速器质谱碳十四测年
冶铁技术起源

韩城市位于陕西省东部, 地处关中平原与陕北黄土高原过渡地带, 梁带村遗址位于市区东北 7 km 黄河西岸的二级台地上(图 1). 2005 年 5 月, 由陕西省考古研究所、渭南市文物保护考古研究所和韩城市文物旅游局联合组成韩城考古队, 对梁带村遗址的 3 座带墓道的墓葬 M19, M26 和 M27 进行抢救性发掘^[1-3]. 其中 M27 是梁带村两周墓地发现的唯一带有两墓道的大型墓葬, 是陕西地区建国以来发掘的未被盗掘的规模最大的周代墓葬. 墓葬保存相当完好, 随葬品丰富, 尤其是部分青铜礼器带有铭文, 为研究墓葬的年代、墓主身份等级以及诸侯封国史提供了相当珍贵的实物资料. 根据研究结果, 认定 M27 的年代为在春秋早期. 该墓出土铁刃铜削(M27: 391)和铁刃铜戈

(M27: 970)两件铁器是自河南三门峡虢国墓地^[4]及山西曲沃晋侯墓地^[5]出土西周末~春秋早期铁器后的中原地区又一批年代最早的铁器, 具有重要学术意义. 本文选择这两件器物进行制作技术分析并对 M27 进行加速器质谱碳十四(AMS-¹⁴C)测年, 以研究中国冶铁技术起源问题.

1 样品情况

铁刃铜削(M27: 391)刃部铁制, 并为铜制刀背夹裹, 锈损严重. 背略弧, 刃较直, 扁圆柄, 柄端有长方形环首, 长 18.5 cm, 宽 2.8 cm, 厚 0.5 cm, 为当时的生产或生活工具之一, 主要用于切削, 取样部位见图 2 箭头所指刃部.

引用格式: 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. 中国科学 E 辑, 2009, 39(9): 1574—1581
Chen J L, Yang J C, Sun B J, et al. Manufacture technique of bronze-iron bimetallic objects found in M27 of Liangdaicun Site, Hancheng, Shaanxi. Sci China Ser E-Tech Sci, 2009, 52(10): 3038—3045, doi: 10.1007/s11431-009-0138-9

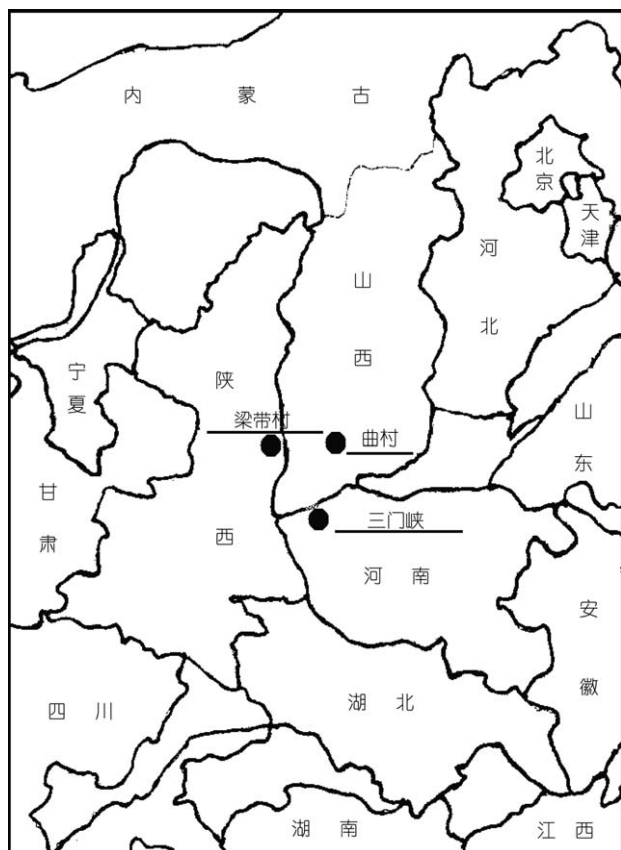


图 1 梁带村遗址位置示意图

铁刃铜戈(M27: 970)斜边三角形峰, 援无脊, 长胡, 近阑侧有两个长条形穿, 内后端平齐, 中有一圆形小穿, 援部为铁制, 内部为青铜。略有残损。通长 19.5 cm, 宽 3.3 cm, 为当时常用的兵器之一。取样部位见图 2 箭头所指援的残断处。

为确定该墓的绝对年代, 又选择 M27 出土 4 件木质样品及 M26 出土棺木上的漆皮进行 AMS-¹⁴C 测年。选取样品详细情况见表 1。

表 1 梁带村遗址分析样品一览表

样品编号	样品名称	取样部位	分析项目
M27: 391	铁刃铜削	刃部残断处	金相组织、 成分分析
M27: 970	铁刃铜戈	援残断处	
M26 (无编号)	棺木漆皮	棺木	AMS- ¹⁴ C 年 代测定
M27: 143	铜构架内木头	残断处	
M27: 146	二通内木头	残断处	
M27: 469	箱扣木样	残断处	
M27: 972	铜箭镞木头	残断处	

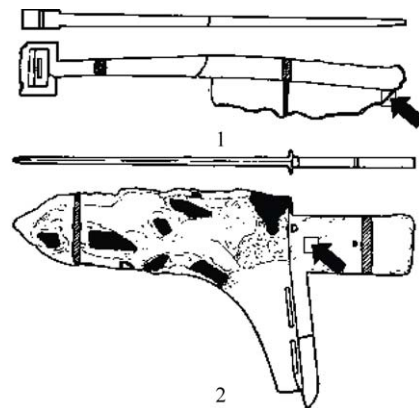


图 2 梁带村遗址出土铁器及取样部位示意图

(1 为铁刃铜削 M27: 391; 2 为铁刃铜戈 M27: 970)

2 分析方法及结果

首先对铁器样品进行金相组织观察。制样方法为用金刚石砂片在器物上截取小块样品后用酚醛树脂镶嵌, 然后磨光、抛光, 最后用 4% 硝酸酒精溶液浸蚀(对铁刃铜戈 M27:970 样品中铜质部分用三氯化铁盐酸酒精溶液浸蚀), 在北京大学考古文博学院徕卡 DM4000M 金相显微镜下观察, 并拍摄金相组织照片(图 3~8)。

然后对样品中的夹杂物及锈蚀产物的成分进行分析。利用北京大学地球与空间科学学院配置的 JXA-8100 电子探针及 INCA-400 型能谱仪进行分析, 分析条件为加速电压 15 kV、束流 10^{-8} A, 面扫描分析时放大倍率尽量小, 以使元素分析结果均匀, 成分分析结果见表 2。

在进行 AMS-¹⁴C 年代测定时, 对于木头和漆皮样品, 用酸碱酸(AAA)法进行前处理后, 称取一定量

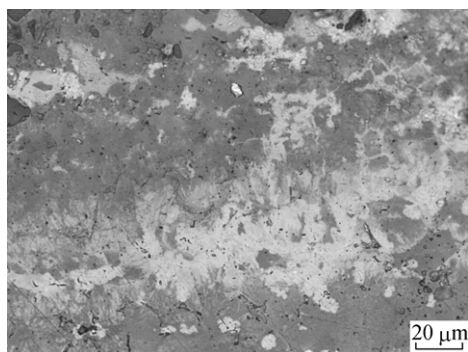


图 3 M27:391 铁刃的锈蚀组织



图 4 M27:391 铁刃中的夹杂物变形拉长

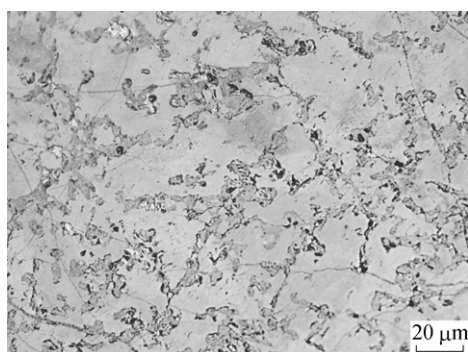


图 5 M27:970 铁援的铁素体+珠光体组织痕迹

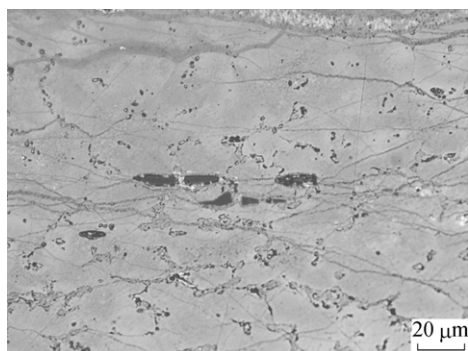


图 6 M27:970 铁援的夹杂物组织痕迹



图 7 M27:970 铜戈的铸造的 $\alpha+(\alpha+\delta)$ 树枝晶组织

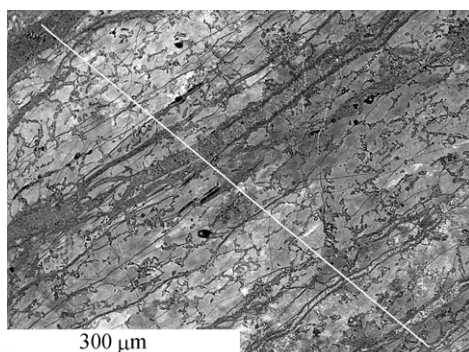


图 8 M27:970 铁援的铁、镍元素组成线分析部位

的样品与 CuO 及脱硫剂密封于 9 mm 的石英管中, 并在 850 加热 3 h, 使铁中的碳化为 CO_2 , 后利用冷阱对 CO_2 进行纯化以除去杂质气体, 最后利用 H_2 作为还原剂铁粉为催化剂将 CO_2 制成 1.5 mg 左右的石墨, 将石墨与铁粉一起装入加速器靶中, 在加速器质谱仪上测定碳的同位素比值, 并进行年代计算. 该项工作在北京大学考古文博学院和北京大学重离子物理所完成. 计算年代采用 ^{14}C 的半衰期为 5568 a, 1950 年为纪年起点, 误差为 1 个标准差, 树轮校正采用牛津大学 Oxcal v3.10 软件进行, 测年结果见表 3.

铁刃铜削刀 M27:391 的铁刃部取下的小块样品全部锈蚀, 已无金属残余, 但发现有铁素体 + 珠光体组织痕迹(图 3)以及硅酸盐 + 氧化亚铁共晶夹杂的残余, 并沿加工方向变形拉长(图 4), 综合表 2 所列锈蚀产物的元素组成测定结果, 可判定为块炼渗碳钢制品, 经锻打而成. 所谓块炼铁是铁矿石在较低温度(1000 左右)的固体状态下用木炭还原而得到的含有较多夹杂物的铁. 块炼铁质地柔软, 经加热锻打, 挤出夹杂物, 改善机械性能而制成的铁器称为块炼

表 2 样品的电子探针分析结果(wt%)

样品	分析部位	Mg	Al	Si	S	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Ni
铁刃铜削 M27: 391	面扫描 1	0.4	3.8	17.4	0.9	1.2	1.2	0.8	74.2	-	-
	面扫描 2	0.1	0.6	3.5	0.5	0.2	0.3	-	28.1	66.6	-
	面扫描 3	-	-	0.2	0.6	0.1	0.1	0.2	44.9	53.9	-
	点扫描 1	0.1	0.1	1.3	0.4	0.2	0.3	-	44.3	53.2	-
	点扫描 2	0.5	0.4	0.4	1.1	0.2	1.6	-	86.9	8.9	-
	点扫描 3	0.1	0.1	0.8	0.1	-	0.0	0.1	98.7	-	-
	点扫描 4	0.2	0.4	0.6	0.7	-	0.2	-	91.5	6.2	0.1
	点扫描 5	0.1	0.1	0.9	0.3	-	0.2	-	91.0	6.5	0.6
	点扫描 6	0.1	0.1	0.7	0.1	0.2	-	0.1	91.5	6.9	-
	点扫描 7	-	1.1	2.5	0.6	0.3	0.1	-	42.7	52.8	-
	点扫描 8	0.5	0.7	1.5	-	0.2	0.2	-	91.4	5.5	-
	面扫平均	0.2	0.1	0.3	-	0.1	-	-	98.9	0.3	-
铁刃铜戈 M27: 970	点扫描 1	1.1	16.7	53.7	-	9.4	11.3	0.6	7.2	-	-
	点扫描 2	1.1	22.3	45.8	-	9.4	13.5	0.7	7.0	-	0.2
	点扫描 3	1.1	16.7	53.0	0.3	8.9	11.6	-	7.6	-	0.9
	点扫描 4	1.4	16.1	49.1	-	9.6	10.2	-	11.3	1.5	0.9
	点扫描 5	1.1	16.1	37.4	-	4.3	7.0	-	34.1	-	-
	点扫描 6	0.1	0.1	0.2	-	-	-	-	99.4	-	-
	点扫描 7	0.2	0.3	0.1	0.2	0.1	-	-	99.0	-	-

表 3 样品的 AMS-¹⁴C 测定结果

样品号	实验室编号	¹⁴ C 年龄(距今)/a	树轮校正年代(2σ)(公元前)
M26(无编号)	BA07354	(2500±35)	789~509 (94.2%), 436~420 (1.2%)
M27: 143	BA07355	(2575±35)	812~746 (66.1%), 689~664 (12.4%), 644~552 (17.0%)
M27: 146	BA07356	(2570±35)	809~745 (61.4%), 689~663 (13.5%), 645~551 (20.5%)
M27: 469	BA07357	(2455±40)	755~683 (23.6%), 669~410 (71.8%)
M27: 972	BA07358	(2470±35)	762~680 (27.7%), 672~482 (58.0%), 466~415 (9.8%)

铁锻件。如在反复加热过程中, 块炼铁同炭火接触, 碳渗入而增碳变硬, 则成为块炼渗碳钢。

铁刃铜戈 M27: 970 的样品铁质部分(援)已锈蚀殆尽而无残余金属, 铜质部分亦锈蚀严重。从铁援的锈蚀中可看出其原来的金相组织为铁素体 + 珠光体组织, 含碳量约为 0.2%(图 5), 并偶见长条形夹杂物(图 6)。利用电子探针对该样品进行铁、镍元素的线分布扫描, 结果见图 8~10, 发现镍没有明显变化。表 2 的分析结果同样显示镍元素含量较少, 分布比较均匀而没有分层显现, 不具备陨铁的组织与元素组成、形态和分布特征, 可判定铁质部分为块炼渗碳钢制品。铜质部分为 $\alpha+(\alpha+\delta)$ 树枝晶组织, 有自由铜沉积(图 7), 为锡青铜铸造组织。

根据两件铜铁复合器的形制和进行组织观察结

果, 推测铁刃铜削刀 M27: 391 和铁刃铜戈 M27: 970 的制作工艺相同, 即为先将铁刃锻打成型, 并将其镶嵌在铸削刀或戈的陶范内, 然后浇注铜液, 使铜包裹铁刃结合形成铜铁复合器。这种制作技法在商周青铜器制作上已有较多体现。如甘肃玉门出土四羊铜权杖首是迄今为止已知最早的分铸法铸件, 其上的四只羊头为先铸件, 嵌入在铜权杖首铸范上, 再铸接在一起, 其年代距今约 3600 a^[6]。著名的商代四羊方尊也是采用此法铸造的。湖北随县曾侯乙墓出土盨缶表面的红铜纹饰则使用嵌铸方法制成, 即预先将红铜片制成花纹, 放置在铸范上, 浇注铜器时将红铜花纹片嵌铸在器物表面上, 构成红铜色的纹饰^[7]。所以本次鉴定的两件铜铁复合器应是采用类似“分铸”或“嵌铸”技法制成。

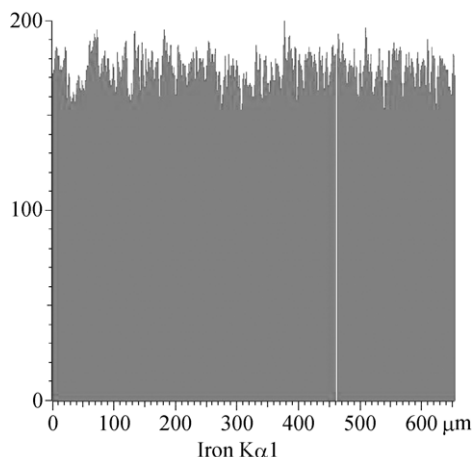


图9 M27: 970 铁含量线分布图

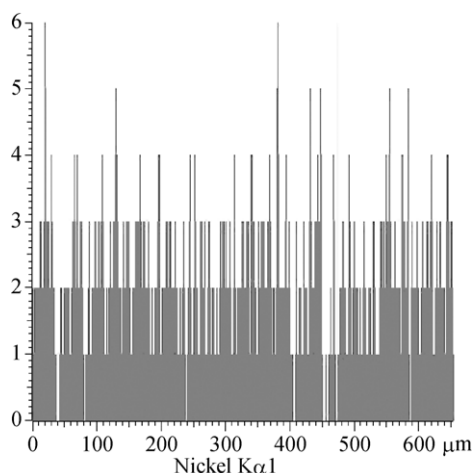


图10 M27: 970 镍含量线分布图

从年代测定结果看, 5 个碳十四年代数据差别相近, 经树轮校正以后, 可判定这两座墓的年代为公元前 8 世纪~公元前 6 世纪, 与考古学属春秋早期的判断相符。

3 讨论

3.1 M27 出土铜铁复合器铁质材质的判定与制作技术分析

由于保存环境的影响, 本次鉴定的铁器均全部锈透而无残留金属, 必须对锈蚀中的原组织痕迹进行仔细观察与鉴别, 并利用元素组成分析以准确判定其材质及制作工艺。因为铁器在土壤埋藏环境中

锈蚀过程比较复杂, 微观组织中不同的相由于电位差的不同而引起锈蚀速率的不同, 其中一些相优先腐蚀, 而另一些相腐蚀速度相对较慢, 从而可能形成与原组织相对应的锈蚀产物, 并在锈蚀中保留有原组织痕迹。另外铁器中的夹杂物一般不会因铁器的锈蚀而发生改变, 从而可以根据锈蚀中残留的夹杂物形貌并结合元素组成分析推断其材质与制作工艺。如铁刃铜削 M27: 391 的锈蚀中可观察到铁素体 + 珠光体组织痕迹(图 3), 另在锈蚀中发现硅酸盐 + 氧化亚铁共晶夹杂沿加工方向变形拉长(图 4), 可判定该件样品为块炼渗碳钢制品。从铁刃铜戈 M27: 970 的显微组织照片(图 5)中可以看出, 样品锈蚀严重, 已没有金属基体残留, 但在锈蚀中发现有铁素体 + 珠光体组织痕迹, 并发现在块炼铁中常见的铁橄榄石 + 氧化亚铁共晶夹杂物(图 6), 由此可判定该件样品亦为块炼渗碳钢铁锻打而成。上述判断也为电子探针所测的低镍含量所证实, 与表 4 所列中国出土陨铁制品的镍元素含量有明显不同, 不具备陨铁元素组成特征。

陨铁属于陨石的一种, 含铁 80% 以上, 常常还含镍, 以金属状态出现。据史料记载与现有的考古资料, 人类最早发现和使用的铁, 就是陨铁。如在埃及、西南亚等一些文明古国所发现的最早的铁器, 都是由陨铁加工而成的。1972 年, 在我国河北省藁城县台西村出土了一把商代铁刃青铜钺, 该铁刃就是将陨铁经加热锻打后, 和钺体嵌锻在一起的。表 4 列出了到目前为止中国出土的 7 件陨铁制品及检测结果。这 7 件陨铁制品均严重腐蚀而没有金属残余, 但在分析中发现锈蚀中亦有陨铁特有的层状镍分布情况, 这点与本次分析的梁带村 2 件铁器不同, 所以二者具有不同的材质。

3.2 铜铁复合材质器具的使用

M27 出土两件铜铁复合材质器物, 是使用铁器早期阶段的一种重要文化现象, 对于研究铁器和冶铁技术起源具有重要意义。到目前为止, 考古工作者已在陕西、河南、湖南、河北、北京、辽宁、内蒙古、四川、甘肃、宁夏和云南等地发现多件铜铁复合器, 在伊朗、前苏联地区、朝鲜半岛以及日本列岛均有不同时期的复合材质铁兵器出土, 所以这种复合材质

表 4 中国已发现的陨铁制品^[8]

序号	名称	出土地点	年代	镍元素含量
1	铁刃铜钺	河北藁城	商代中期, 公元前 14 世纪	0.8%~2.8%
2	铁刃铜钺	北京平谷	商代中期, 公元前 14 世纪	1.9%~18.4%
3	铁刃铜钺	河南浚县	商代末期, 公元前 10 世纪	6.7%~6.8%, 22.6%~29.3%
4	铁刃铜戈	河南浚县	西周末期, 公元前 10 世纪	5.2%
5	铜内铁援戈 M2009: 703	河南三门峡 虢国墓地	西周末期, 公元前 9~前 8 世纪	6.0%, 26.8%~27.4%
6	铜釜铁铤 M2009: 720	河南三门峡 虢国墓地	西周末期, 公元前 9~前 8 世纪	5.8%~9.1%, 12.5%~14.8%, 36.9%~47.7%
7	铜柄铁削 M2009: 732	河南三门峡 虢国墓地	西周末期, 公元前 9~前 8 世纪	5.8%~13.4%, 31.4%~35.6%

兵器的制作技术、发展与传播值得深入研究。其中国内出土部分样品经过检测分析, 如表 5 所列河北藁城铁刃铜钺、北京平谷刘家河铁刃铜钺、河南浚县铜柄铁戈、河南三门峡铜内铁圆戈、铜釜铁铤和铜柄铁削等器物的铁质为陨铁, 而三门峡虢国墓地玉柄铁剑^[4]、陕西宝鸡市益门村出土春秋早期金柄铁刀^[10]和甘肃宁夏交界陇山地区出土公元前 8 世纪~公元前 5 世纪铜柄铁剑^[11]等多件复合兵器的铁质部分材质为块炼铁或块炼渗碳钢等。这些器物的共同点在于他们多为铜铁复合器, 铁或锻焊于刃部等使用部位, 或采用铸接方法将铜铁二者结合, 这与早期陨铁制品的制作工艺是一致的, 并均属于当地最早用铁证据。表明当时的工匠已对铜和铁的性能差别有一定认识, 同时也说明在铁金属使用的初期, 铁是比较

稀少和珍贵的, 反映了人们对铁的珍惜。

3.3 中国人工冶铁技术的起源

目前关于中国冶铁技术起源地及时间尚无定论, 但出土早期人工冶铁制品主要集中在豫陕晋、陕甘宁和新疆地区, 有必要根据鉴定结果对这些早期铁器的起源机制及技术来源问题进行简单讨论。

河南三门峡、山西曲沃等与梁带村遗址邻近的豫陕晋交界地区出土的一定数量早期铁器鉴定结果表明以中条山为中心的河南、山西和陕西等黄河中游地区出土铁器年代与中国其他地区相比是较早的。进入春秋晚期以后, 这一地区冶铁业发展迅速, 如韩汝玢等对全国二十多个省市出土的属于公元前 3 世纪以前的约 4000 件铁器的制作技术进行研究, 发现晋南地区是出土公元前 3 世纪~前 5 世纪铁器最多的地

表 5 战国早期以前出土的块炼铁及块炼渗碳钢制品^[9]

出土地点	铁器名称	数量	年代	材质
河南三门峡上岭村虢国墓地	玉柄铁剑	1	西周晚期	块炼渗碳钢
	铜内铁援戈	1	西周晚期	块炼铁
	铜柄铁叶矛	1	西周晚期	块炼渗碳钢
甘肃灵台景家庄秦墓	铜柄铁剑	1	春秋早期	块炼渗碳钢
山西曲沃曲村晋国绛都遗址	残铁片	1	春秋早期	块炼铁
陕西宝鸡益门村 M2	金柄铁剑	1	春秋晚期偏早	块炼铁
山东临淄郎家庄齐墓	铁削	1	春秋晚期	块炼铁
湖南长沙杨家山 65 号楚墓	铁剑	1	春秋晚期	块炼渗碳钢
江苏六合程桥 M2	铁条	1	春秋晚期	块炼铁锻制
江苏苏州吴县簪尼山 M7	铁铲	1	春秋晚期	块炼铁
宁夏西吉	铜柄铁剑	1	春秋战国之际	块炼渗碳钢
宁夏固原	铜柄铁剑	2	春秋战国之际	块炼渗碳钢
宁夏彭阳	铜柄铁剑	1	春秋战国之际	块炼渗碳钢

区, 这里成为战国时期中国冶铁的一个中心^[12], 与之邻近的豫西地区亦有同时期大量铁器出土。所以在豫陕晋交界地带出土西周晚 - 春秋早期人工冶炼铁器是冶铁技术起源的重要迹象, 可能有更多的属于春秋早期的铁器在这一地区出土。

目前, 在陕西宝鸡及与之邻近的甘肃、宁夏等地出土早于公元前 5 世纪的早期铁器已有 50 多件, 其中属于春秋早期的有甘肃永昌三角城和蛤蟆墩出土铁器 4 件^[13]、灵台景家庄出土铜柄铁剑 1 件^[14]、礼县秦公墓地赵坪墓区 2 号贵族墓出土鎏金镂空铜柄铁剑 1 件及该墓南侧的一号车马坑中发现锈蚀严重的铁制品^[15]、陇县边家庄出土的 1 件铜柄铁剑^[16]和长武出土 1 件铁短剑^[17]等共 9 件, 其余 40 余件样品的年代为春秋战国之际^[18,19], 种类有剑、刀、矛、镞、戈、锥、马衔、马镳、带饰、镞、环等。经过金相鉴定的有出土于宁夏的 4 件铜柄铁剑^[20]和宝鸡益门村 2 号墓出土金柄铁剑 1 件^[10], 材质为块炼渗碳钢。所以从制作技术上看, 这一地区出土早期铁器与三门峡虢国墓地、曲沃曲村遗址和韩城梁带村遗址等没有差别, 从年代上看, 两地也是相当的, 所以探讨中国铁冶金起源也应关注偏西的陕甘宁地区。

近年来, 新疆地区出土早期铁器引起学者高度关注, 为研究中原地区冶铁技术起源的来源问题提供了一些线索。有学者认为, 中国中原地区冶铁技术来自新疆地区, 但目前关于新疆早期铁器出现的时间还有不同意见^[21~25]。根据笔者分析, 从出土铁器的数量和器物种类上看, 新疆地区汉代以前铁器没有经过大规模发展。从出土铁器的墓葬情况看, 总体而言这些墓葬的详细资料公布尚不充分。如有的墓葬出土铁器却很少有陶器共存, 表现出与墓葬群的分期对应不好; 另外不少出土铁器墓葬可见多人二次葬现象, 有一定数量铁器出自墓葬填土或晚期墓

葬; 从¹⁴C 年代测定结果上看, 出土铁器的墓葬有¹⁴C 测年的数据较少仅有 6 个, 所以关于新疆早期铁器时代的¹⁴C 年代框架的建立还需要进一步细化。所以, 只有考古学、年代学与冶金学的检测分析密切结合, 才能解决新疆早期铁器的制作技术和年代学问题, 为深入研究中国中原地区钢铁技术起源的时间、机制等提供坚实的资料。

诚然, 上文讨论的早期铁器制作技术没有涉及生铁冶炼和铸造问题。其实生铁冶炼是中国古代最具特色的冶金技术, 生铁的起源理应与块炼铁冶炼技术的大规模使用和深入发展有关。如山西曲沃曲村遗址发现与块炼铁同出的属于公元前 8~公元前 7 世纪的两件残铁片, 是目前发现世界上最早的生铁制品, 比本文鉴定的梁带村遗址出土铁器年代稍晚, 随后中国进入生铁和块炼铁共存阶段, 直到汉代块炼铁技术才彻底消失。所以深入探索生铁与块炼铁冶炼之间的发展传承关系, 对于研究中国生铁冶炼起源无疑具有重要意义。

4 结论

本文对陕西韩城梁带村遗址 M27 出土春铁刃铜削和铁刃铜戈两件铜铁复合器的材质和制作技术进行分析, 判定铁质部分经块炼渗碳钢锻打而成, 通过铸接的方式将铜与铁质部分相结合, 根据器物上的铭文等考古资料与 AMS-¹⁴C 测年判断 M27 为春秋早期, 从而为研究中国冶铁技术起源提供了新资料。

根据梁带村遗址、三门峡虢国墓地与山西曲沃曲村遗址地出土铁器资料, 本文提出等黄河中游的豫陕晋交界地带可能是中原冶铁技术起源地, 有必要在今后的考古学研究中密切注意。此外这一地区早期铁器与黄河上游的陕甘宁地区以及新疆地区早期铁器的关系需要进一步研究。

致谢 本文得到陕西省考古研究院、北京科技大学韩汝玢教授、北京大学陈铁梅教授、吴小红教授和高世君老师的悉心指导和热情帮助, 作者对此表示感谢。

参考文献

- 1 陕西省考古研究院, 渭南市文物保护考古研究所, 韩城市文物旅游局. 陕西韩城梁带村遗址 M19 发掘简报. 考古与文物, 2007, (5): 3—14

- 2 陕西省考古研究院, 渭南市文物保护考古研究所, 韩城市文物旅游局. 陕西韩城梁带村遗址 M26 发掘简报. 文物, 2008, (1): 4—21
- 3 陕西省考古研究院, 渭南市文物保护考古研究所, 韩城市文物旅游局. 陕西韩城梁带村遗址 M27 发掘简报. 考古与文物, 2007, (6): 3—21
- 4 韩汝玢, 姜涛, 王保林. 虢国墓出土铁刃铜器的鉴定与研究. 见: 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. 539
- 5 韩汝玢. 天马-曲村遗址出土铁器的鉴定. 见: 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. 1178—1180
- 6 孙淑云. 甘肃早期铜器的发现与冶炼、制造技术研究. 文物, 1997, (7): 75—84
- 7 华觉明. 中国冶铸史论集. 北京: 文物出版社, 1986. 144—148
- 8 韩汝玢, 柯俊. 中国科学技术史·矿冶卷. 北京: 科学出版社, 2007. 357—358
- 9 韩汝玢, 柯俊. 中国科学技术史·矿冶卷. 北京: 科学出版社, 2007. 377—378
- 10 白崇斌. 宝鸡市益门村 M2 出土春秋铁剑残块分析鉴定报告. 文物, 1994, (9): 82—85
- 11 韩汝玢, 柯俊. 中国科学技术史·矿冶卷. 北京: 科学出版社, 2007. 383
- 12 Han R B, Duan H M. One of the centers of the early use of iron artifacts in the ancient State of Jin, 9th-3rd century BC. In: 6th Int Conf Beginnings Use Metal Alloy (BUMA-VI). Beijing: Historical Metallurgy Society, 2006
- 13 甘肃文物考古研究所. 永昌三角城与蛤蟆墩沙井文化遗存. 考古学报, 1990, (2): 205—237
- 14 刘得祯, 朱建唐. 甘肃灵台县景家庄春秋墓. 考古, 1981, (4): 298—301
- 15 礼县博物馆. 秦西垂陵区. 北京: 文物出版社, 2004. 23
- 16 张天恩. 秦器三论——益门春秋墓几个问题浅谈. 文物, 1993, (10): 20—27
- 17 袁仲一. 从考古资料看秦文化的发展和主要成就. 文博, 1990, (5): 7—18
- 18 周兴华. 宁夏中卫县狼窝坑子的青铜短剑墓群. 考古, 1989, (11): 971—980
- 19 宝鸡市考古工作队. 宝鸡市益门村二号春秋墓发掘简报. 文物, 1993, (10): 1—14.
- 20 韩汝玢. 中国早期铁器(公元前 5 世纪以前)的金相学研究. 文物, 1998, (2): 87—96
- 21 陈戈. 察吾乎沟口文化的类型划分和分期问题. 考古与文物, 2001, (5): 30—39
- 22 唐际根. 中国冶铁术的起源. 考古, 1993, (6): 556—565
- 23 刘学堂. 中国冶铁术的起源. 中国文物报(考古版), 2004 年 4 月 2 日.
- 24 韩建业. 新疆的青铜时代和早期铁器时代文化. 北京: 文物出版社, 2007. 122
- 25 Guo W. On the early iron artifacts found in China. In: 6th Int Conf Beginnings Use Metal Alloy (BUMA-VI). Beijing: Historical Metallurgy Society, 2006