

# 汉诸侯王陵墓出土铁器的比较\*

陈建立 韩汝玢

(北京科技大学冶金与材料史研究所 北京 100083)

**摘要** 对徐州狮子山西汉楚王陵、永城保安山西汉梁王墓等7座汉王陵出土铁器的种类、材质、制作技术及功能进行了比较研究,探讨了汉代钢铁技术的发展状况、技术特征等问题。狮子山楚王陵5件炒钢制品的发现表明西汉早期(公元前2世纪中叶)已经发明了炒钢技术,是迄今为止最早的;块炼铁、块炼渗碳钢、生铁、铸铁退火、铸铁脱碳钢、炒钢、局部淬火、冷加工等多种钢铁冶炼和热处理工艺在西汉王陵出土铁器中都得到了广泛的应用,表明西汉时期钢铁技术有了较大发展,当时工匠对钢铁性能的认识提高到新的水平。

**关键词** 汉诸侯王陵 汉代 钢铁技术 比较研究

汉王朝实行郡县制和封国制相结合的政治模式,这些诸侯国在当时的中国社会具有重要地位,是秦汉史研究的一个重要内容。至今已有40余座汉诸侯王陵墓经过考古工作者发掘,为研究汉代的政治、经济、文化状况提供了丰富的资料。王陵既有皇家墓葬形制的相对统一、规模宏大、陪葬品多的共同特点,还有着明显的区域文化特色。从发掘的汉王陵来看,墓葬规模一般较大,如山东长清双乳山一号汉墓封土占地面积达4225m<sup>2</sup>,高12m以上,土石方达3000m<sup>3</sup>,墓葬总面积达1447.5m<sup>2</sup>,凿石总量8800m<sup>3</sup>以上<sup>[1]</sup>;徐州狮子山楚王陵面积为851m<sup>2</sup>,凿石量为5100m<sup>3</sup><sup>[2]</sup>;河南永城保安山二号墓总面积1600m<sup>2</sup>,凿石量6500m<sup>3</sup><sup>[3]</sup>。出现这种大墓不是偶然的现象,而是当时经济和实力的反映。历史记载也反映了这种事实。梁孝王“居天下膏腴之地”,“有四十余城”,“府库金钱,且百巨万,珠玉宝器多于京师”<sup>[4]</sup>,故而能筑成规模宏大,结构复杂,令人惊叹的墓穴。由此可见,开凿和修建这些王陵墓离不开巨大的财力,也离不开先进的技术,特别是先进的钢铁技术。因为没有高水平的钢铁技术提供的高质量的钢铁工具,如凿、鏊、钎等,完成这些大规模的工程几乎是不可能的。在这些墓葬中出土了大批铁器,其中有成套的凿子、鏊子等开山凿石工具,还有大量的兵器及生活用具。这些大都是修墓时遗留下来的或陪葬品。因此对这些汉王陵中出土铁器进行比较研究,对于深入研究汉代钢铁技术发展水平及物质文化生活水平是必要的,也是有意义的。

## 1 汉王陵出土的铁器

### 1.1 汉王陵出土铜、铁器的数量分析

经发掘的这些汉王陵均有大量铁器出土,包括工具、农具、兵器、生活用具等,出土器物见表1(由于有些发掘报告没有给出出土器物的详细数字,本文只统计了17处23座汉王陵中出土的器物)。从表1可以看出,在统计的23座汉王陵中出土了3839件陶器、6797件铜器、1881件铁器。陶器多是容器等生活用具;铜器中没有发现农具,工具也仅仅6件,不到铜器总数的0.1%,但是兵器却占总数的52.4%;铁器中,兵器占68.8%,工具占13.5%,农具仅有2.7%;为了进行讨论,下面仅对6座汉王陵(淄博汉墓、广州南越王墓、满城汉墓、巨野汉墓、狮子山楚

\* 本研究得到“高等学校博士学科点专项科研基金”资助(NO. 96000811)

王陵等 6 座未被盗掘的汉王陵)出土的铜铁兵器的具体情况进行分析,结果列于表 2(长清齐王墓没有被盗,但是文献没有给出出土器物的具体数字,故没有列出,有一点可以肯定此墓出土铁兵器种类比铜兵器种类要多。)

表 1 汉王陵出土实用器物种类的比较\*  
Table 1 Comparative studies on artifacts unearthed from the tombs of Han princes

序号	墓葬名称	墓主	墓葬年代	陶器			铜器/件				铁器/件				参考文献
				件	其他	小计	兵器	工具	兵器	工具	农具	其他	小计		
														兵器	
1	河北石家庄小沿村汉墓	赵景王张耳	西汉早期(前 202 年)	3	0	137	0	1	0	0	0	0	0	0	[5]
2	湖南长沙象鼻嘴 M1	某代长沙王	西汉早期(文景)	442	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	[6]
3	山东淄博临淄汉墓(随葬坑)	齐哀王刘襄	西汉早期(前 179 年)	79	1904	0	495	2399	350	4	0	56	410	0	[7]
4	江苏徐州北洞山汉墓★	某代楚王	西汉早期(前 175—128 年)	462	44	0	58	102	4	5	1	6	105	0	[8]
5	湖南长沙砂子塘西汉墓	长沙清王吴著	西汉早期(前 157 年)	31	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	[9]
6	广州象岗南越王墓★	南越王赵胡	西汉早期(前 122 年)	980	947	6	616	1569	28	135	4	79	246	0	[10]
7	河南永城保安山墓★	梁王后	西汉早期	241	92	0	318	410	0	37	17	17	71	0	[3]
8	河北满城 M1、M2★	中山靖王刘胜夫妇墓	西汉中期 M1(前 113 年)M2(前 118—前 104 年)	997	151	0	456	607	489	28	26	63	606	0	[11]
9	山东巨野红土山汉墓	昌邑哀王刘髡	西汉中期(前 87 年)	29	258	0	268	526	367	27	0	11	405	0	[12]
10	山东长清双乳山汉墓	济北王刘宽	西汉中期(前 87 年)	6	1	0	100	100	3	3	1	0	7	0	[1]
11	河北定县 M40	中山怀王刘修	西汉中期(前 55 年)	300	3	0	30	33	11	7	0	5	23	0	[13]
12	山东曲阜九龙山汉墓 M2—M5	鲁王或鲁后	西汉中期	12	92	0	4	96	0	2	0	7	9	0	[14]
13	北京大葆台 M1M2★	广阳顷王刘建夫妇墓	西汉晚期 M1(前 54 年)M2(文帝)	46	2	0	74	76	10	7	4	16	37	0	[15]
14	江苏徐州石桥 M1、M2	某代楚王夫妇	西汉晚期	0	0	0	44	44	12	0	0	2	14	0	[16]
15	河北定县北庄汉墓	中山简王刘焉	东汉早期	208	36	0	93	129	3	0	0	5	8	0	[17]
16	河北定县 M43	中山穆王刘畅	东汉中期(174 年)	0	32	0	476	508	25	2	0	21	48	0	[18]
17	河南淮阳北关汉墓	陈顷王刘崇	东汉中期	3	0	0	60	60	0	3	0	0	3	0	[19]
总计				3839	3562	6	3229	6797	1295	253	51	282	1881		
百分比%				52.4	0.1	47.5	100	68.8	13.5	2.7	15.0	100			

注:1. 有些发掘报告对出土的器物只给出了名称,而没有具体的数量,故有些统计数字的单位为“种”,总数中没有将这些数据计入。

2. “其他”未包括车马器。

3. 带★者出土铁器已经过鉴定。

表 2 6 座汉王陵出土铜铁兵器一览表

Table 2 Bronze iron and steel weapons unearthed from 6 tombs of Han princes

材质	淄博临淄汉墓		狮子山楚王陵*		广州南越王墓		河北满城汉墓		巨野红土山墓		小 计	
	铜	铁	铜	铁	铜	铁	铜	铁	铜	铁	铜	铁
镞	1810		135		830		88	371	241	150	3104	521
弩机	72		2		15		39		12		140	
铠甲		数套		2套				1套				3套
戈	2		1		4		2		2		12	
戟	4	141	5	28		2		2		4	9	169
剑	2		25	25	1	15	5	10	3	5	14	52
矛	14	6	5	16	1	7		1		4	17	20
刀				3			8	79			8	82
铍		20	24			1					40	21
殳		2						1				3
匕							1	1		2	1	3
箭杆				50	160					200	160	250
其他+		180					8	23		2	8	205
小计	1904	350	192	124	947	28	151	489	258	367	3452	1368
总计		2254		316		975		640		625		4420

\* 狮子山楚王陵曾被盗掘,但储藏兵器的耳室未盗,故将其统计在内,具体数量承蒙徐州兵马俑博物馆告知。

+ 其他指没有能够确定种类的残兵器。

由表 2 可知,从种类上看,汉王陵出土的铜兵器有戟、戈、剑、铍、矛、刀、镞、弩机、匕等,除弩机外,对于所有种类的铜制兵器,都有相对应的铁制兵器,但还有铁制铠甲、铁铤铜铍等,表明钢铁兵器已逐渐替代铜制兵器。对于机械性能要求较高的防护兵器来说,铁制铠甲发现较多,狮子山楚王陵是继河北满城刘胜墓出土铁铠甲后又一处出土铁铠甲较多的墓地,为西汉时期钢铁制甲技术提供了新证据。

从数量上看,铜制兵器共有 3452 件,铁制兵器有 1368 件,铜制兵器多于铁制兵器。从单个墓葬的情况看,淄博齐王墓随葬坑、狮子山楚王陵和广州南越王墓出土的铜兵器多于铁兵器,而其他 3 座均相反。淄博汉墓的 1904 件铜兵器中,有镞 1810 件、弩机 72 件,其余 22 件为戟等手持兵器,而 350 件铁兵器中,有剑、戟等手持兵器 169 件。广州南越王墓的 947 件铜兵器中,有镞 830 件,弩机 15 件,戟、戈、矛、剑仅 6 件,而 28 件铁兵器全为手持兵器。狮子山楚王陵出土的铜兵器有镞、弩机、铍、戟、矛、剑等,铁兵器有铁铤铜铍、铠甲、戟、矛、剑、刀等。其中铁兵器种类齐全,数量较多,特别是铁剑较多,铁戟也有一定数量。对于消耗性铜铍,一是形制多,二是数量多,并有大量的铁铤铜铍。其余两座墓葬也是实用手持铁兵器多于铜兵器。对于消耗性较大的铍等兵器及弩机则多由铜铸造而成。到了满城汉墓,铁铍才发现较多。这种情况的出现,是有其社会、技术原因的。

表 1 和表 2 的统计结果可能不能全面地反映出当时社会使用铁器的实际情况,但可以认为:铁兵器作为当时最先进的武器,在国家安全和军事实力中具有重要地位,因此在王陵墓中出土大量铁兵器也是必然的。表 1 中出土铁工具占 13.5% 说明铁工具使用的普遍性。出土铁农具较少是由墓葬的性质决定的。由表 1、表 2 出土铁器使用情况表明,在两汉时期,铁制工农

具已经取代了铜制工农具,兵器亦在逐步取代之中。钢铁冶炼在西汉时已经很普及,铁器在农业、军事等各方面得到广泛应用,极大地促进了生产力的发展,是中华民族形成和发展的物质基础。

## 1.2 兵器

兵器质量和数量的改进,对军队的装备、数量、兵种、战术和战争规模等方面会产生重大影响。战国时期武器的生产发生了重大的变革,主要表现在钢铁技术的进步,出土了较多的铁制兵器,至迟到东汉时期,钢铁兵器已经完全取代了青铜兵器。钢铁兵器的出现和使用,较之青铜兵器,进攻性能大为提高。锋利的钢铁兵器逐渐用于实战,促使防护用具发生变革。迄今为止发现时代最早的铁铠甲是在河北易县燕下都遗址出土的。西汉时期已经取代了皮甲,成为最主要的防护装置,而且铠甲制造的工艺水平也达到相当成熟的地步。经过检验的汉王陵出土的铁制兵器有戟、剑、矛、镞、铠甲、钩镶等,代表了当时的兵器工艺水平。

满城汉墓出土的刘胜佩剑、钢戟经分析经过了淬火处理<sup>[20]</sup>;广州南越王墓出土的钢剑也是锻打成型,表面渗碳,最后经过淬火处理<sup>[21]</sup>;在狮子山楚王陵出土的矛虽没有发现淬火马氏体组织,但发现了折叠锻打和表面渗碳现象<sup>[22]</sup>。这标志着通过折叠锻打、表面渗碳和局部淬火等工艺的综合应用来提高兵器的使用性能在汉代已被熟知,并且折叠锻打和渗碳工艺的成熟使用,为百炼钢(用炒钢反复叠打变形而得到的质量优良的钢种)的发明奠定了基础。

通过铁甲片的显微组织分析研究制作技术尚不多见,冶金史研究者至今已经分析了河北满城汉墓<sup>[20]</sup>、广州南越王墓<sup>[21]</sup>、徐州狮子山楚王陵<sup>[22]</sup>、河北易县燕下都<sup>[23]</sup>、吉林榆树老河深鲜卑墓葬<sup>[24]</sup>、内蒙古呼和浩特二十家子<sup>[25]</sup>中出土的铁制甲片共 12 片。这些铁甲虽然出土的地点不同,但都是锻造成型,其中狮子山楚王陵出土的铁甲片还发现有冷锻成型的,制作的产品有较好的质量。从材质上来看,各地的铁甲片所选择的原料不同,河北满城一号汉墓和内蒙古呼和浩特二十家子出土的铁甲片为块炼渗碳钢制品;广州南越王墓和吉林榆树老河深鲜卑墓葬中出土的铁制甲片为炒钢制品;徐州狮子山楚王陵出土的铁甲片以铸铁脱碳钢为原料锻打成型。作为防护用具的铁甲片,应该具有较好的延展性和一定的强度,经检验这批铁甲片含碳量不高,在强度方面有所提高,更有利于防护,证明当时兵器的制作者已经较好地掌握了锻造铠甲的技术。

## 1.3 工具

已鉴定的河北满城汉墓<sup>[20]</sup>、广州南越王墓<sup>[21]</sup>、徐州北洞山汉墓<sup>[26]</sup>、狮子山楚王陵<sup>[22]</sup>、永城保安山梁王墓<sup>[27]</sup>、高邮天山一号汉墓<sup>[28]</sup>、北京大葆台汉墓<sup>[29]</sup>等汉王陵中出土的铁制工具有鏃、凿、镑、斧、锯、撬、铍、锥、锤、削、锉等近 30 件,由于这些铁工具都是从王陵中出土的,而且王陵规模都比较大,故应是实用器物。这些工具有的是在修墓时留下的,有的则是作为陪葬品,例如广州南越王墓中则专有一个装有许多工具的箱子出土<sup>[30]</sup>。研究它们的形制和制作工艺具有重要意义。

从材质上看有白口铁、脱碳铸铁、铸铁脱碳钢、韧性铸铁、炒钢和块炼铁等。例如对于斧、锤、砧等工具多采用铸造制成,其材质为白口铁、韧性铸铁、可锻铸铁等;而对于鏃、凿、镑、锯、撬、削、锉等工具,则多采用钢材锻打制成,材质有铸铁脱碳钢、炒钢、块炼铁和块炼渗碳钢。表明西汉时期工匠根据工具的不同用途和形制,来确定选用不同的材质为原料加工制作工具。同时亦说明西汉时期存在多种冶炼制作方法,在技术上还有一定差别,如块炼铁和块炼渗碳钢、生铁及炒钢同时存在,并一起应用到制作日常生活使用的工具当中。

为了提高工具的使用性能,需要对工具的刃口部或头部采用冷锻或淬火方法进行处理。

满城汉墓出土的鍤(2:3097)<sup>[20]</sup>、北洞山楚王陵出土的鍤(4007)<sup>[26]</sup>、永城梁孝王墓出土的鍤(6125)和刀(6121)<sup>[27]</sup>进行了冷锻处理。头部经过局部淬火的有狮子山楚王陵出土的 4 件凿子和北洞山出土的 1 件鍤(4008)<sup>[26]</sup>。利用冷加工和淬火两种不同的工艺对产品进行处理以达到使用性能的要求,说明当时工匠对钢铁制品的认识达到了较高水平。

#### 1.4 农具

铁制农具在汉代已经普遍地使用。汉王陵中有大量铁制农具出土,种类有犁铧、镢、楔、锄、锛、铤、铲、镰等,材质有白口铁、灰口铁、麻口铁、脱碳铸铁、铸铁脱碳钢、韧性铸铁和块炼铁等。从已经鉴定的材质上看,农具主要是由生铁铸造而成的,并对铸成的器物进行退火处理以改善白口铁的性能。为了适应大规模的需求,提高生产效率,汉代工匠采用了金属范铸造技术。例如北洞山汉墓出土的铁镢是白口铁铸造成型后又经过退火处理的<sup>[26]</sup>,同样性质的还有永城梁孝王墓出土的斧、锄<sup>[27]</sup>、大葆台汉墓出土的铁镢<sup>[29]</sup>等。满城汉墓出土的铁外范(2:0010)是白口铁,锄内范(2:3118)和镢内范(2:4073)为灰口铁铸件,是我国所发现最早的灰口铁铸件之一。同一墓中出土的铁犁铧高 10.2cm、脊长 32.5cm、底长 21cm、宽 30cm,重 3.25kg,经鉴定为灰口铁和麻口铁的混合组织<sup>[20]</sup>。类似这种形式的铁犁铧,仅在辽阳三道壕西汉遗址出土一件<sup>[31]</sup>,比这件稍大,但时代较晚。大型犁铧是比刃部用 V 形铁铧更为进步的铁制农具,是当时实行深耕的重要实物例证。秦汉时期铁农具的广泛使用和质量的提高,有力地促进了农业的发展。

## 2 汉王陵出土铁器反映的钢铁技术

### 2.1 块炼铁和块炼渗碳钢

块炼铁技术发明于公元前 8—9 世纪,是在较低的温度下进行的还原铁矿石的过程,其产品又称为“海绵铁”。由于块炼铁质地较软,需对其进行渗碳提高硬度和使用性能,或在锻打时吸收碳,这种产品称为块炼渗碳钢。最早的块炼铁制品是河南三门峡上岭西周虢国墓地出土的玉柄铁剑<sup>[32]</sup>。战国中期以后的块炼铁和块炼渗碳钢制品数量增多。汉王陵出土的铁器中,块炼铁和块炼渗碳钢制品还普遍存在。例如满城 1 号汉墓出土的刘胜佩剑、钢剑、和错金书刀都是块炼渗碳钢制品,铁甲片是块炼铁锻打而成<sup>[20]</sup>。北洞山汉墓出土的鍤、戟、狮子山楚王陵出土的矛、钎、鍤都有块炼铁或块炼渗碳钢制品<sup>[26]</sup>。大葆台汉墓出土的铁凿和簪形器为块炼铁制品<sup>[29]</sup>。公元前 8—9 世纪发明的块炼铁技术在公元前 2 世纪仍在继续使用,块炼渗碳钢经过反复锻打,钢的均匀性不断改善,夹杂物含量不断减少,质量有所提高,呈现出技术的多样性。苗长兴<sup>[33]</sup>对河南古代 136 件钢铁制品研究结果表明,东汉以后的铁器中则不再发现有块炼铁制品,这是因为炒钢技术发展及炒钢制品大规模使用的结果。

### 2.2 生铁和生铁制钢

汉代冶铁的规模和管理制度对后世产生了深远影响。汉代钢铁技术的最大成就在于生铁及生铁制钢工艺的进一步发展。汉王陵出土的铁器也反映了当时的情况。经鉴定的汉王陵出土的铁器制品中有较多的生铁及生铁制钢产品,种类有镢、斧、锄、锤、锛等,材质有白口铁、灰口铁、麻口铁、韧性铸铁和铸铁脱碳钢等。

铸铁脱碳工艺的进一步发展,一方面导致了可锻铸铁(含团絮状石墨或少量的球状石墨)的发明,另一发明导致了固态脱碳炼钢技术的发明。汉王陵出土铁器反映了这个规律。其中高邮天山汉墓出土的锤、凿和镢为生铁铸造而成,有的器物经过了退火处理并脱碳成钢<sup>[28]</sup>。其他各墓如北洞山汉墓、满城汉墓、大葆台汉墓、永城保安山汉墓及狮子山楚王陵都有生铁、可锻铸

铁及铸铁脱碳钢制品出土。说明西汉时期,各种生铁及铸铁脱碳炼钢技术在各诸侯国内均得到广泛的应用。

### 2.3 炒钢

西汉时期发明的炒钢技术,被誉为继铸铁发明以后钢铁发展史上又一里程碑。炒钢既可以生铁为原料,在空气中有控制地氧化脱碳,然后反复加热锻打成钢;也可以将生铁在半熔融状态下炒成熟铁,然后加热渗碳,锻打成钢。发现年代较早的以炒钢为原料制成的实物,有山东临沂出土的东汉环首钢刀和江苏徐州出土的东汉钢剑等。这些炒钢制品经金相鉴定,均含有相同类型的夹杂物,即以硅酸盐为主,变形量大,并含有少量的钾、镁等元素<sup>[25]</sup>。徐州狮子山楚王陵出土的铁器中有 5 件炒钢制品<sup>[22]</sup>,比广州南越王<sup>[21]</sup>、高邮天山广陵王<sup>[28]</sup>两墓中发现的炒钢制品的年代略早。所以,狮子山铁器中炒钢制品的发现,又为炒钢技术的发明、使用提供了新的例证,并且它们是迄今为止最早的炒钢制品,表明西汉早期(公元前 2 世纪中叶)中国已经发明了炒钢技术。

### 2.4 局部淬火工艺

淬火技术是战国晚期发展起来的一项热处理工艺。河北易县燕下部出土的两把铁剑和一把铁戟中,均有针状马氏体组织,是迄今为止所知最早的淬火产物<sup>[23]</sup>。西汉时期又出现了局部淬火的新工艺,河北满城汉墓出土的刘胜佩剑和错金书刀均采用了刃部局部淬火的技术<sup>[20]</sup>。高邮天山汉墓出土的铁镢,仅在刃部发现了针状马氏体组织<sup>[28]</sup>。狮子山楚王陵中出土的 6 件凿子中有 4 件在头部均发现了淬火马氏体组织,经过了局部淬火处理<sup>[22]</sup>。在工具的刃部或头部进行局部淬火,提高了工具使用部位的硬度,而其他地方则避免了因为淬火而引起的脆性,保持了原来韧性。局部淬火,增强了工具的使用性能,是人们对钢铁性能深入了解的必然结果。狮子山铁器局部淬火例子的发现,再次说明西汉时期,局部淬火工艺已在较大范围内流传并应用。

### 2.5 冷锻工艺

汉代工匠既通过局部淬火工艺来提高钢铁制品使用部位的硬度,也通过冷加工硬化的方法来强化金属而提高制品的使用性能。满城汉墓出土的釜(2:3097)是在铸铁脱碳后,在低于再结晶温度下对刃部进行冷加工,变形量达 30%,提高了刃部的硬度<sup>[20]</sup>。狮子山楚王陵出土的铁甲片<sup>[22]</sup>、北洞山楚王陵出土的釜(4007)<sup>[26]</sup>及永城梁孝王墓出土的镞(6125)和刀(6121)<sup>[27]</sup>都经过了冷加工处理。

## 3 结论

1) 首次对汉王陵出土铁器进行了种类、材质、制作技术的比较研究,对于阐明当时的钢铁技术发展状况提供新资料。

2) 钢铁技术在秦汉时期获得了较大的发展,块炼铁、块炼渗碳钢、生铁、铸铁脱碳钢、炒钢等钢铁制品普遍存在,淬火、铸铁退火、冷加工等多种热处理工艺都得到了广泛的应用,表明人们对钢铁性质的认识达到较高水平。

3) 狮子山楚王陵发现的 5 件炒钢制品,表明西汉早期(公元前 2 世纪)已经发明了炒钢技术,这是迄今为止最早的。

致谢:衷心感谢柯俊、孙淑云、李秀辉等在定稿时给予有意义的建议与帮助。

## 参 考 文 献

- 1 山东大学考古系,山东省文物局,长清县文化局.山东长清县双乳山一号汉墓发掘简报.考古,1997,(3):1-10
- 2 狮子山楚王陵考古发掘队.徐州狮子山西汉楚王陵发掘简报.文物,1998,(8):4-33
- 3 河南省文物研究所.永城西汉梁国王陵与寝园.郑州:中州古籍出版社,1996.10
- 4 班固.汉书.四十七卷,文三王传第十七.北京:中华书局,1962.2208
- 5 石家庄市图书馆文物考古小组.河北石家庄市北郊西汉墓发掘简报.考古,1980,(1):52-55
- 6 湖南省博物馆.长沙象鼻嘴一号西汉墓.考古学报,1981,(1):111-130
- 7 山东省淄博市博物馆.西汉齐王墓随葬器物坑.考古学报,1985,(2):223-266
- 8 徐州博物馆,南京大学历史系考古专业.徐州北洞山汉墓发掘简报.文物,1988,(2):2-18
- 9 湖南省博物馆.长沙砂子塘西汉墓发掘简报.文物,1963,(2):13-24
- 10 广州市文物管理委员会,中国社会科学院考古研究所,广东省博物馆.西汉南越王墓.北京:文物出版社,1991
- 11 中国社会科学院考古研究所,河北省文物管理处.满城汉墓发掘报告.北京:文物出版社,1980
- 12 山东菏泽地区汉墓发掘小组.巨野红土山西汉墓.考古学报,1983,(4):471-499
- 13 河北省文物研究所.河北定县40号汉墓发掘简报.文物,1981,(8):1-10
- 14 山东省博物馆.曲阜九龙山汉墓发掘简报.文物,1972,(5):39-44
- 15 大葆台汉墓发掘组,中国社会科学院考古研究所.北京大葆台汉墓.北京:文物出版社,1989.94
- 16 徐州博物馆.徐州石桥汉墓发掘报告.文物,1988,(2):2-18
- 17 河北省文化局文物工作队.河北定县北庄汉墓发掘报告.考古学报,1964,(2):127-160
- 18 定县博物馆.河北定县43号汉墓发掘简报.文物,1973,(11):8-20
- 19 周口地区文物工作队等.河南淮阳北关一号汉墓发掘简报.文物,1991,(4):34-36
- 20 北京钢铁学院金相实验室.满城汉墓部分金属器的金相分析报告.见中国社会科学院考古研究所,河北省文物管理处编.满城汉墓发掘报告.北京:文物出版社,1980.369-376
- 21 北京科技大学冶金史研究室.西汉南越王墓出土铁器鉴定报告.见:广州市文物管理委员会等编.西汉南越王墓,附录四.北京:文物出版社,1991.389-396
- 22 北京科技大学冶金与材料史研究所,徐州汉兵马俑博物馆.徐州狮子山西汉楚王陵出土铁器的实验研究.文物,1999,(7):84-91
- 23 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.考古,1975,(4):241-243
- 24 韩汝玢.吉林榆树老河深鲜卑墓出土金属文物的研究.吉林文物考古研究所编榆树老河深,附录二.北京:文物出版社,1987.146
- 25 李众.中国封建社会前期钢铁冶炼技术发展的探讨.考古学报,1975,(2):1-22
- 26 韩汝玢.北洞山西汉楚王墓出土铁器的鉴定.待发表
- 27 李秀辉,韩汝玢.永城保安山寝园及二号墓出土金属器物的鉴定.见:河南省文物研究所编.永城西汉梁国王陵与寝园,附录一,郑州:中州古籍出版社,1996.276-285
- 28 梅建军,李秀辉.高邮天山一号汉墓出土金属器物鉴定报告.待发表
- 29 北京钢铁学院中国冶金史编写组.大葆台汉墓铁器金相检查报告.见:大葆台汉墓发掘组等编.北京大葆台汉墓,附录10.北京:文物出版社,1989.125-127
- 30 广州市文物管理委员会,中国社会科学院考古研究所,广东省博物馆.西汉南越王墓.北京:文物出版社,1991.71,101-112
- 31 华觉明,杨根,刘恩珠.战国两汉铁器的金相学考察初步报告.考古学报,1960,(1):73-88
- 32 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,三门峡文物工作队编.三门峡虢国墓(第一卷).北京:文物出版社,1999.559-573
- 33 苗长兴硕士学位论文,北京科技大学冶金史研究室.1991

## Comparative studies on iron and steel artifacts unearthed from the tombs of Han princes

CHEN Jianli HAN Rubin

(The Institute of Historical Metallurgy and Material, University of Science and Technology, Beijing 100083)

### Abstract

Iron and steel artifacts unearthed from seven burials of princes of the Han Dynasty have been studied in comparison for number, type, material, manufacture technique and function etc. The results shown that several manufactures such as: casting iron, decarburized steel of solid state, malleable cast iron, bloomery iron, carburized steel, puddling steel, quenching process, cold working etc. were widely used. It suggests that the blacksmiths made great advance in iron and steel making and heat treatment techniques in that period. The five puddling steel artifacts unearthed from the Shizishan tomb were the earliest in China. It was confirmed that the puddling steel technique has been invented in the middle of 2 century B. C.

**Keywords** Tombs of princes Iron and steel technology Han Dynasty Comparative study

---

1999 - 09 - 15 收到