

# 福建武夷山城村汉城出土 铁器的金相实验研究

陈建立 (北京大学中国考古学研究中心 副教授)

杨琮 (福建博物院 研究员)

张焕新 (福建博物院 副研究员)

林繁德 (福建闽越王城博物馆 馆员)

城村汉城(闽越王城)遗址位于福建武夷山市兴田镇城村西南,北距市区 35 公里,南距建阳县城 30 公里。自 1958 年以来,对城村汉城进行的一系列考古调查与发掘,为研究其年代、性质以及文化内涵等提供了大量资料。在 1959 年和 1981~1986 年的考古发掘中,获得大量的建筑材料和陶片,完整或能修复的陶、铁、铜器等 3000 多件,其中铁器数量多,种类齐全,有锄、犁铧等农具 20 多件,斧、削、鏃和凿等工具 40 余件,剑、刀、矛等兵器 30 余件,以及其他日用杂器等共计 300 余件,是福建省出土最早的一批铁器,为考察东南沿海地区铁器的出现和使用提供了实物资料<sup>[1]</sup>。本文选择部分铁器进行金相组织研究,以探讨福建地区汉代铁器的制作技术。

## 实验方法和检测结果

本文选择城村汉城高胡坪、北岗和东城门

等发掘地点出土的铁器 29 件,其中农具 4 件、工具 7 件、兵器 7 件和板、片等 11 件,约占整个遗址出土铁器数量的 10%,数量较多且种类较为齐全,具有较好的代表性。通过金相组织观察和电子探针分析研究铁器的材质和制作工艺,利用加速器质谱<sup>14</sup>C 年代方法测定铁器年代。

样品全部取自残断处,经过镶样、磨光、抛光后,用 4% 硝酸酒精溶液浸蚀,在北京大学考古文博学院莱卡 DM4000M 型金相显微镜下观察样品的金相组织,并拍摄照片,结果见表一,其中样品 鏃 T42 ③: 33(FWC14)、鏃 29 (FWC15)和甲片 T313③(FWC18)等 3 件样品因锈蚀严重,没有金相组织残余而无法判定材质,表中不再列出。

根据金相组织观察,锄(FWC01)、犁铧(FWC04)、器残片(FWC28、FWC29)4 件样品为白口铁制品;锄(FWC03)和器残片(FWC23)2 件

表一 城村汉城出土部分铁器的金相组织

样品	实验编号	金相组织观察结果	材质判定
锛(③:18)	FWC01	锈蚀严重,锈蚀中可见共晶白口铁组织痕迹	白口铁
锛(T13乙③:4)	FWC02	锈蚀严重,仅存少量金属基体,为珠光体组织,含碳量约为0.8%,组织均匀,质地纯净,未见夹杂物	铸铁脱碳钢锻打
锛残片	FWC03	珠光体+铁素体基体上有团絮状石墨(图一)	韧性铸铁
犁铧(3895)	FWC04	锈蚀严重,锈蚀中可见共晶白口铁组织痕迹	白口铁
斧(T287③:39)	FWC05	铁素体组织,晶粒度5级,铁素体晶粒内有碳化物析出,组织均匀,质地较纯净,局部有少量单相硅酸盐夹杂物	铸铁脱碳钢锻打
斧(T287③:34)	FWC06	刃部铁素体+珠光体组织,含碳量约为0.2%,组织均匀,质地较纯净,单相颗粒状夹杂物较少(图二);釜部铁素体组织,晶粒度5级	两块铸铁脱碳钢锻打
钉(T188③:1)	FWC07	铁素体组织,晶粒大小不均,大者晶粒度2级,小者晶粒度5级,单相夹杂物较少,沿加工方向变形拉长	铸铁脱碳钢锻打
钩(T276H1:12)	FWC08	铁素体组织,晶粒大小不均,多数为晶粒度4级,有微量磷引起浮凸组织,单相硅酸盐夹杂物较多,沿加工方向变形拉长	铸铁脱碳钢锻打
削(T16③:3)	FWC09	珠光体+渗碳体组织的过共析钢组织,含碳量约为1.3%,组织均匀,质地纯净(图三)	铸铁脱碳钢锻打
鏃(T258②:33)	FWC10	根据含碳量不同可将金相组织分为两部分,一边为铁素体组织,晶粒度5级,内有少量亚复相夹杂物变形拉长;一边为珠光体组织,内有较多单相硅酸盐夹杂物变形拉长;分界处为铁素体+珠光体组织,含碳量约为0.2%,并有微量元素砷引起的带状组织(图四)	铸铁脱碳钢和炒钢材料锻打而成
凿(T22③:1)	FWC11	铁素体+珠光体形成的魏氏组织,含碳量约为0.2%,组织均匀,质地较纯净,单相颗粒状夹杂物极少,存在氧化亚铁+硅酸盐夹杂(图五)	铸铁脱碳钢锻打
矛(T111③:58)	FWC12	铁素体+珠光体组织,含碳量稍不均,低处约为0.1%,高处约0.2%,质地纯净,单相夹杂物较少,有微量元素偏析引起的带状组织(图六)	铸铁脱碳钢锻打
矛(T7丙③:25)	FWC13	珠光体+渗碳体组成的过共析钢组织,含碳量约为1.0%,单相夹杂物较多,沿加工方向变形拉长(图七),并发现有条状马氏体组织,经过淬火处理	炒钢锻打
剑(T8丙③:1)	FWC16	马氏体组织,有微量元素偏析形成的带状组织,质地纯净,单相硅酸盐夹杂物沿加工方向变形拉长(图八)	炒钢锻打
剑	FWC17	组织不均匀,根据含碳量不同可分为3~5层,高碳处为魏氏组织,含碳量约为0.7%,有部分粒状珠光体组织,低碳处为铁素体+珠光体组织,含碳量约为0.4%,内有单相硅酸盐沿加工方向变形拉长(图九)	炒钢锻打
尖形器	FWC19	珠光体+渗碳体组织组成的过共析钢组织,含碳量约为1%,组织均匀,质地较纯净,单相颗粒状夹杂物极少,存在铸造缺陷	铸铁脱碳钢锻打
环首匕(T17甲③:4)	FWC20	锈蚀较为严重,从残存部位可见一边为铁素体组织,一边为珠光体组织,分界处为铁素体+珠光体组织,铁素体部分较为纯净,晶粒度5级,未见夹杂物,为铸铁脱碳钢,珠光体部分有较多单相硅酸盐夹杂物变形拉长,铁素体+珠光体组织处含碳量约为0.5%,有少量亚复相夹杂物变形拉长,为炒钢(图一〇)	铸铁脱碳钢和炒钢锻打
耳形器(T219③:3)	FWC21	珠光体+铁素体基体上有条状石墨(图一一)	灰口铁
器耳(T29③:38)	FWC22	珠光体+铁素体基体上有条状石墨	灰口铁
板残片②	FWC23	共晶白口铁基体上有团絮状石墨(图一二)	韧性铸铁
板残片③	FWC24	组织不均匀,一部分为铁素体+珠光体组织,含碳量约0.2%,内有单相硅酸盐夹杂物,一部分为铁素体组织,内有少量亚复相夹杂物,分界处有一微量元素偏析引起的带状组织和长条形单相夹杂物,夹杂物均沿加工方向变形拉长	炒钢锻打

续表一

样品	实验编号	金相组织观察结果	材质判定
细条形器③	FWC25	组织不均匀,一部分为铁素体+珠光体组织,含碳量约0.1%,内有细小单相硅酸盐夹杂物,一部分为铁素体组织,内有少量亚复相夹杂物,存在磷偏析引起的浮凸组织,夹杂物均沿加工方向变形拉长	铸铁脱碳钢锻打
板残片	FWC26	珠光体+铁素体基体上有条状石墨	灰口铁
板残片	FWC27	含碳量不均匀,芯部为过共晶白口铁组织,边部为共晶白口铁组织,锈蚀层有珠光体+渗碳体组织痕迹	脱碳铸铁
板残片	FWC28	珠光体与渗碳体组成的共晶莱氏体组织	白口铁
板残片	FWC29	珠光体与渗碳体组成的共晶莱氏体组织	白口铁

样品的金属基体上有团絮状石墨,为韧性铸铁制品;耳形器(FWC21)、器耳(FWC22)和器残片(FWC26)等3件样品具有板条状石墨,是典型的灰口铁制品;器残片(FWC27)的芯部为共晶白口铁组织,边部为珠光体+渗碳体组织,为脱碳铸铁制品。这些样品具有十分明显的组织特征,材质比较容易判定,但对于其他样品需结合夹杂物的元素组成分析来进行综合判定。

用北京大学地球与空间科学学院 JXA-8100 电子探针及 INCA-400 型能谱仪对 10 件样品(斧 FWC05、斧 FWC06、钉 FWC07、鏃 FWC10、凿 FWC11、矛 FWC12、剑 FWC16、尖形器 FWC19、环首匕 FWC20 和细条形器 FWC25)的夹杂物进行成分分析,分析条件为加速电压 15KV、束流  $1 \times 10^{-8} \text{A}$ ,成分分析结果见表二(只列出 5 件样品的分析结果)。

铁器样品夹杂物的电子探针分析结果表明,斧(FWC05)、凿(FWC11)和尖形器(FWC19)的夹杂物多为单相硅酸盐夹杂,成分均匀,不同夹杂物间各种元素含量基本相同;斧(FWC06)刃部和鏃部的夹杂物元素组成不同,刃部夹杂物磷含量高,而鏃部的磷含量较低,鏃部夹杂物硅含量较刃部稍高,系两块不同含碳量的钢材锻打而成;结合金相组织,这些样品可判定为铸铁脱碳钢制品。钉(FWC07)和细条形器(FWC25)的夹杂物元素组成比较均匀,但个别元素含量波动较大;剑(FWC16)的夹杂物根据元素含量可分为两类,一类为分布于带状组织处的硅钙高铁低夹杂物,一类分布于金

属基体的硅钙高铁低夹杂物,二者组成均比较均匀,但磷和锰含量有一定波动,该件样品为采用两块原材料锻打而成;这些样品的金相组织及夹杂物元素组成的均匀性没有铸铁脱碳钢的好,夹杂物中含有少量在炒炼过程中接触耐火材料带入的钾、镁等元素,并有少量锻打时夹裹的复相氧化亚铁+硅酸盐夹杂物,可判定为炒钢制品。鏃(FWC10)和矛(FWC12)的带状组织处砷含量最高达 5.08%,而无带状组织处砷含量仅 0.41%,所以元素砷的偏析引起带状组织。部分样品含有微量钛、钴和砷等元素,系冶炼时矿石中带入的,反映了产地信息。

为判定该遗址的年代,更好地了解当时的冶铁技术水平,选择 3 件铁器样品在北京大学考古文博学院进行 AMS- $^{14}\text{C}$  年代测定,测定方法见文献<sup>[2]</sup>,测定结果见表三。在利用 $^{14}\text{C}$  浓度计算年代时, $^{14}\text{C}$  平均寿命取 8033 年,以 43000 年为基底, $^{14}\text{C}$  年代以 1950 年为纪年起点,误差为 1 个标准方差,树轮校正采用牛津大学 Oxcal v3.10 软件进行,结果见表三。

## 几点讨论

### 1. 武夷山城村汉城出土铁器的年代

《史记》、《汉书》等文献记载,公元前 333 年越王勾践第七代孙无疆被楚威王所杀后,越人一部分留在东瓯,一部分继续南迁,进入福建称闽越。西汉时闽越首领无诸被刘邦封为闽越王,至公元前 111 年被汉武帝所灭,共历 92 年。本文选择 3 件铁器残片进行 AMS- $^{14}\text{C}$  年代测

表二 部分样品的电子探针分析结果(Wt%, n. d. = 未检测出)

样品	分析部位	镁	铝	硅	磷	钾	钙	锰	铁	其他
斧(FWC05)	夹杂物 1	1.18	7.31	20.12	2.05	1.85	3.24	18.01	45.81	钛 0.43
	夹杂物 2	1.21	6.50	19.28	1.53	1.45	3.60	17.85	47.95	钛 0.63
	夹杂物 3	1.13	6.68	19.70	1.95	1.67	3.66	16.74	47.97	钛 0.49
斧(FWC06)	刃部夹杂物 1	0.38	0.39	4.84	18.79	n. d.	n. d.	n. d.	75.60	
	刃部夹杂物 2	0.39	0.77	2.58	10.35	n. d.	1.66	0.66	83.58	
	刃部夹杂物 3	0.58	0.53	8.18	15.80	n. d.	3.28	0.92	70.71	
	刃部夹杂物 4	0.98	0.47	11.05	11.77	n. d.	n. d.	1.07	73.26	
	釜部夹杂物 1	0.98	n. d.	20.56	0.70	n. d.	n. d.	0.72	77.03	
	釜部夹杂物 2	1.65	n. d.	20.31	n. d.	n. d.	0.41	0.91	76.71	
釜(FWC10)	亮带处 1	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	94.00	砷 5.08
	亮带处 2	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	97.68	砷 2.32
	亮带处 3	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	97.11	砷 2.20
	金属基体	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	99.59	砷 0.41
	夹杂物 1	n. d.	1.04	19.55	0.73	n. d.	n. d.	n. d.	78.67	
	夹杂物 2	n. d.	1.30	19.06	0.44	n. d.	n. d.	n. d.	79.20	
	夹杂物 3	n. d.	0.76	19.25	0.71	n. d.	n. d.	n. d.	79.27	
	夹杂物 4	n. d.	13.22	50.89	n. d.	4.36	3.21	1.24	25.43	钛 0.67
	夹杂物 5	0.80	11.64	59.43	n. d.	4.38	2.48	3.54	16.35	钛 0.53
矛(FWC12)	夹杂物 1	n. d.	5.83	19.91	1.45	0.81	n. d.	1.62	70.38	
	夹杂物 2	n. d.	10.59	28.11	1.51	1.51	0.77	2.03	54.86	钛 0.63
	亮带处	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	n. d.	98.47	砷 1.53
	金属基体	n. d.	n. d.	n. d.	0.04	n. d.	n. d.	n. d.	99.54	砷 0.42
剑(FWC16)	夹杂物 1	1.46	1.13	24.51	1.81	0.60	2.23	3.38	64.87	
	夹杂物 2	1.17	n. d.	20.26	0.52	n. d.	0.55	1.35	76.16	
	夹杂物 3	1.00	n. d.	20.32	0.56	n. d.	n. d.	1.59	76.52	
	夹杂物 4	0.41	n. d.	18.01	2.40	n. d.	n. d.	3.57	74.38	钴 1.23
	夹杂物 5	1.66	n. d.	20.39	0.97	n. d.	n. d.	2.85	73.31	钴 0.81
	夹杂物 6	0.43	n. d.	18.13	2.57	n. d.	n. d.	0.96	77.09	钴 0.82
	夹杂物 7	0.69	n. d.	19.92	0.60	n. d.	n. d.	2.54	75.73	钴 0.52
	夹杂物 8	5.39	0.71	38.21	0.66	n. d.	20.29	2.98	31.36	钛 0.39
	夹杂物 9	9.69	1.07	44.81	n. d.	n. d.	27.57	3.94	12.92	
	夹杂物 10	2.95	3.31	52.68	n. d.	1.99	21.85	3.65	11.72	钛 1.00

表三 城村汉城出土铁器 AMS-<sup>14</sup>C 年代测定结果

<sup>14</sup> C 样品号	样品	<sup>14</sup> C 年代(BP)	树轮校正年代(BC)
BA06507	板残片(FWC26)	2150 ± 45	351(22.9%)297,227(1.9%)221,210(43.4%)110
BA06508	板残片(FWC27)	2240 ± 30	380(20.9%)353,291(47.3%)230
BA06509	板残片(FWC28)	2180 ± 40	355(40.1%)285,233(28.1%)177

定,结果表示<sup>14</sup>C年代集中在公元前4~前2世纪,即战国晚期至西汉早期。而根据铁器<sup>14</sup>C测年结果,其年代数据一般较铁器本身的年代要早<sup>[1]</sup>,所以这3件样品的年代以定在西汉早期为好。综合城村汉城出土铁器的<sup>14</sup>C年代测定及考古学研究结果,该遗址的年代与文献记载的闽越灭国的年代相合。当然,从本次测年结果看,铁器材质与测年结果有一定联系。

## 2. 武夷山城村汉城出土铁器的材质

通过金相组织观察和夹杂物的电子探针分析,26件武夷山城村汉城出土铁器中,有白口铁4件、灰口铁3件、韧性铸铁2件、脱碳铸铁1件、铸铁脱碳钢10件、炒钢4件及铸铁脱碳钢和炒钢复合材质2件,反映了当时闽越国的钢铁技术水平。

检测的4件农具有3种材质,其中锄(FWC01)和犁铧(FWC04)为白口铁制品,锄(FWC02)为铸铁脱碳钢制品,锄(FWC03)为韧性铸铁制品,在制作技术上与中原地区相同。其中犁铧形制与中原地区相似,重达15公斤,是当时实行深耕的重要实物例证。锄、镰、犁铧、镰刀等农具在形制上既有中原地区的特点,又存在明显的当地特征。

本次检测7件工具,斧(FWC05、FWC06)、钉(FWC07)、钩(FWC08)、削(FWC09)和凿(FWC11)为铸铁脱碳钢制品,鋤(FWC10)为铸铁脱碳钢和炒钢原料锻打而成。7件样品的夹杂物较少,均沿加工方向变形拉长,为热锻成型,其中斧(FWC05、FWC06)的鋤部及钩(FWC08)因脱碳完全形成熟铁,其他样品组织均匀,含碳量适中。河北满城汉墓<sup>[1]</sup>、广州南越王墓<sup>[5]</sup>、徐州北洞山汉墓<sup>[6]</sup>、狮子山楚王陵<sup>[7]</sup>、永城保安山梁王墓<sup>[8]</sup>、北京大葆台汉墓<sup>[9]</sup>等汉王

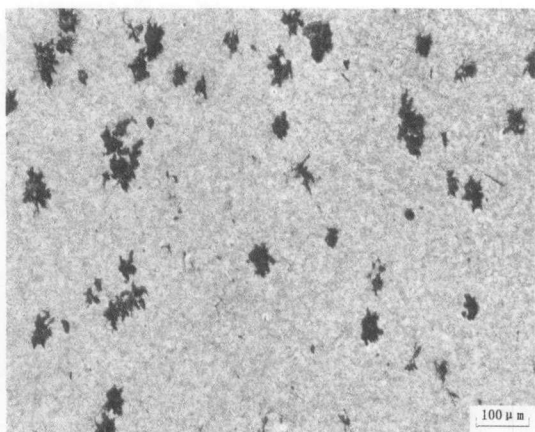
陵墓中出土的铁制工具有鋤、凿、镑、斧、锯、撬、铤、锥、锤、削和锉等多种,已鉴定的有近30件,斧、锤和砧等为铸制,材质有白口铁和

韧性铸铁;鋤、凿、镑、锯、撬、削和锉等多采用锻制,材质有铸铁脱碳钢、炒钢、块炼铁和块炼渗碳钢,表明西汉时期工匠已能根据工具用途选择合适的材质加工制作。城村汉城7件工具均选用质量较高的铸铁脱碳钢和炒钢制成,具有较高的质量。

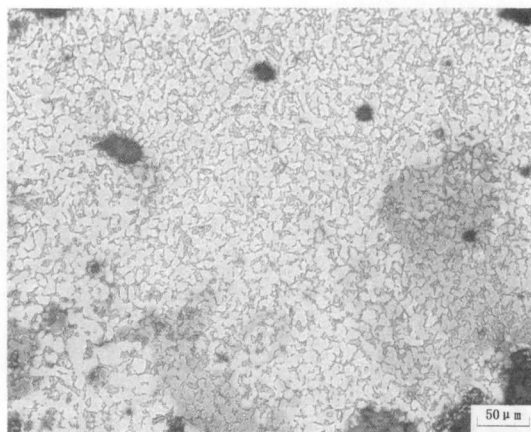
检测的7件兵器,有3件样品锈蚀严重而不能判定材质,矛(FWC12)采用铸铁脱碳钢、矛(FWC13)和剑(FWC16、FWC17)用炒钢锻打而成。矛(FWC12)和剑(FWC16)均显示因微量元素偏析引起的带状组织,可提高兵器硬度。矛(FWC13)和剑(FWC16)经过淬火处理,有马氏体组织,硬度较高。检测结果显示城村汉城出土兵器有较高制作技术水平。钢铁兵器质量的提高和数量的增加,在军队的装备、数量、兵种、战术和战争规模等方面产生重大影响。经过检验的汉代铁制兵器有戟、剑、矛、镞、铠甲和钩镶等,如满城汉墓的剑和戟经过淬火处理;广州南越王墓剑是锻打成型,表面渗碳,最后经淬火处理;狮子山楚王陵矛也发现有折叠锻打和表面渗碳现象。综合本次城村汉城出土兵器的鉴定结果,显示在汉代已能通过折叠锻打、表面渗碳或淬火等工艺的综合应用以提高兵器的使用性能,为研究中国古代钢铁兵器提供了新资料。

## 3. 铸铁退火技术的使用

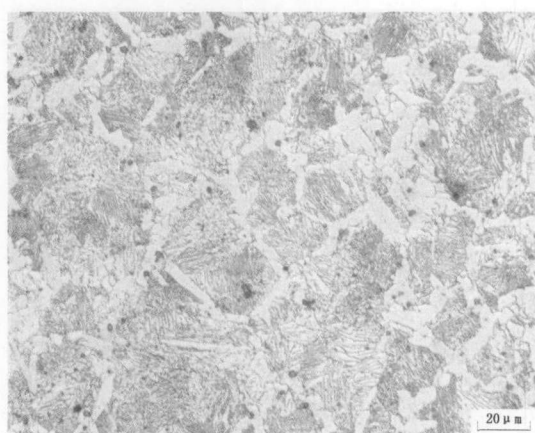
鉴定的城村汉城出土铁器中有近半数经过退火处理。从目前的考古资料看,中国至迟在春秋晚期或战国早期已经发明了铸铁退火处理技术,因铸铁退火处理的条件不同,使脱碳和石墨化的程度亦不同,产品可分为脱碳铸铁、韧性铸铁、铸铁脱碳钢和熟铁。经过鉴定的汉代铁器中有大量样品经过退火处理,如高邮



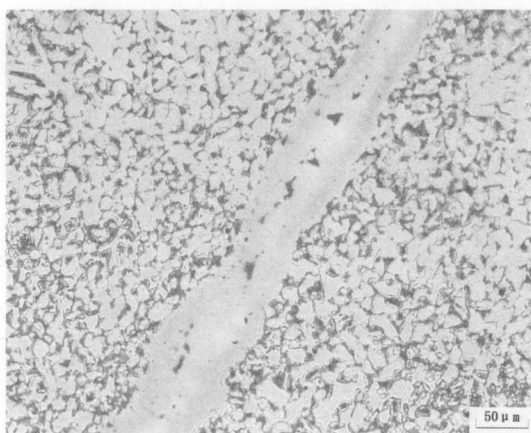
图一 铁锛(FWC03)韧性铸铁组织



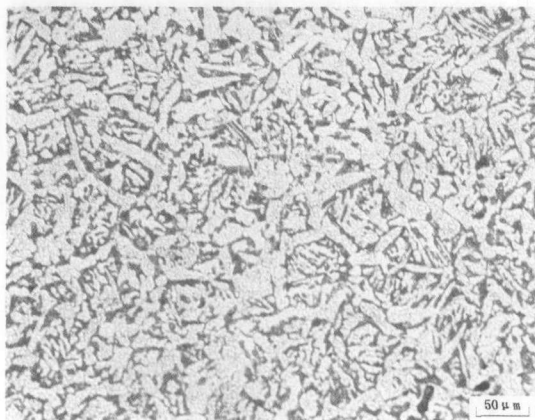
图二 铁斧(FWC06)刃部铁素体+珠光体组织



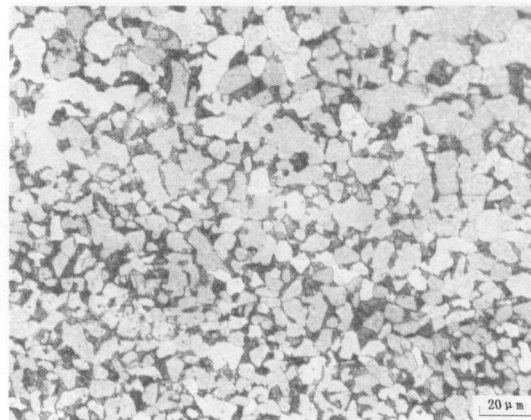
图三 铁凿(FWC09)珠光体+渗碳体组织



图四 铁钁(FWC10)的带状组织



图五 铁凿(FWC11)铁素体+珠光体组织



图六 铁矛(FWC12)铁素体+珠光体组织

天山汉墓、北洞山汉墓、满城汉墓、大葆台汉墓、永城保安山汉墓,以及狮子山楚王陵都有韧性铸铁和铸铁脱碳钢制品出土。城村汉城铁器中同样存在铸铁退火处理这一现象,再次说明各种生铁及生铁制钢技术在汉代各诸侯国内均得到广泛应用,反映了汉代钢铁技术的进

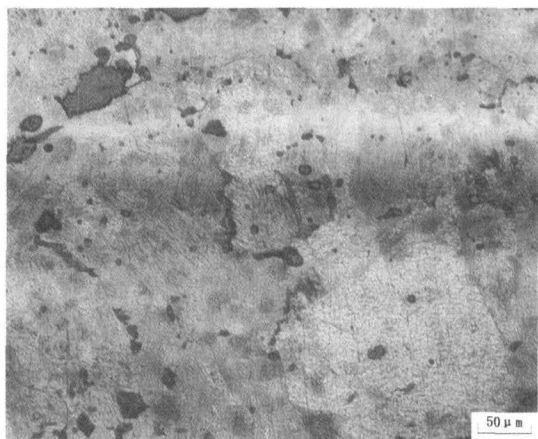
一步发展状况。

#### 4. 炒钢技术的出现

本次鉴定首次在福建地区发现炒钢制品。所谓炒钢是在半熔融状态下将生铁炒炼脱碳成钢的一种工艺。目前已在河南巩县铁生沟、南阳瓦房庄和方城赵河等冶铁遗址出土有多



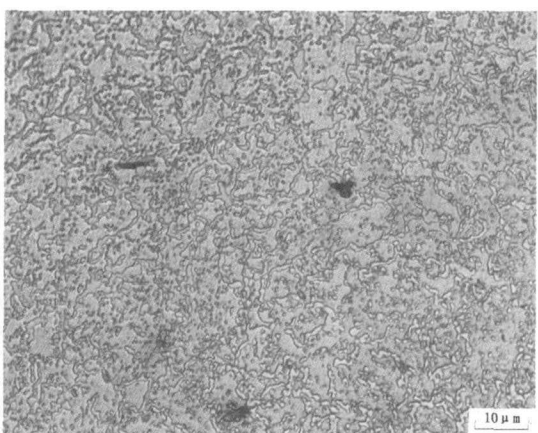
图七 铁矛(FWC13)珠光体+渗碳体组织



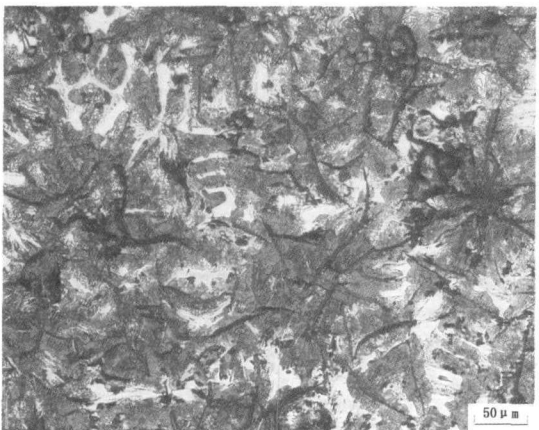
图八 铁剑(FWC16)马氏体组织



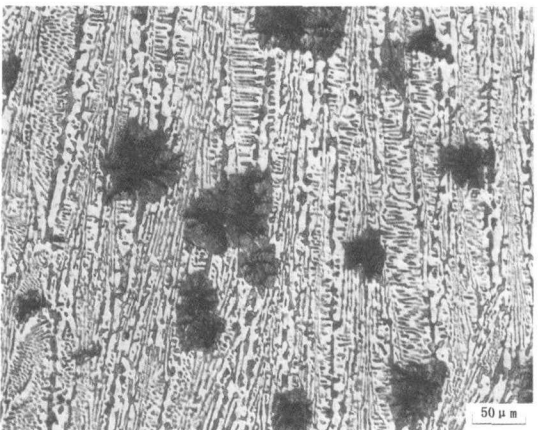
图九 铁剑(FWC17)珠光体+铁素体组织



图一〇 铁环首匕(FWC20)珠光体+铁素体组织



图一一 铁耳形器(FWC21)灰口铁组织



图一二 铁板残片(FWC23)韧性铸铁组织

座炒钢炉<sup>[10]</sup>。对出土铁器的实物检验证明,至迟在公元前2世纪中叶,中国已开始用炒钢来制作兵器和生产工具,其中徐州狮子山楚王陵出土的5件炒钢制品是当前所发现最早的,炒钢技术在东汉时期已比较普及。在广州南越王墓、昆明羊甫头、江川李家山<sup>[11]</sup>以及城村汉城

等地发现汉代炒钢制品,说明炒钢技术自西汉早期发明不久就由中原地区向南方地区传播。

#### 5. 闽越地区汉代钢铁技术的发展

城村汉城铁器的出土与金相鉴定,为研究东南沿海地区秦汉时期钢铁技术的发展提供了新资料。该遗址出土铁制工具种类繁多,涉



及农业生产、狩猎、战争和日常生活的各个方面,特别是铁建筑构件、铤,以及铁条、铁板和铁片等铁器原材料的大量出现,说明闽越地区已有一定规模的钢铁生产能力。

城村汉城出土铁器的形制和制作技术有明显的中原地区特点。可辨器形的铁器的形制在中原地区常见,属战国至秦汉时期逐渐流行之器。从铁器的金相组织和夹杂物的成分分析结果看,其制作技术依然属于中原地区的技术传统。

城村汉城可能存在使用其他地区输入的铁原材料进行再加工处理活动。城村汉城出土铁器的制作技术虽属中原地区的技术传统,但部分铁器仍具有地方特色。有学者指出城村汉城出土的锻釜铁器,特别是C型釜锻釜形器等,无论其制作技法还是其形态,都有鲜明的地方特点,应当是采用发生于中原地区的锻釜技法在当地制作的<sup>[12]</sup>。另外也有部分铁器在中原地区少见而具有地方特点,如鱼叉、鱼镖等捕鱼工具,显然应为当地制作。值得注意的是,城村汉城城内外各建筑遗址中出土形体较大的壁厚为2厘米的拱形铁板(T316③:40)、规格基本相同的长条形铁板(T218③:63和T196③:2等),以及数量不少的残铁条、铁板碎片、不明铁器的碎块和铁渣等,说明可能存在制作铁器的原材料。本文选择尖形器(FWC19)、器残片(FWC23~FWC29)等进行分析,发现有白口铁、灰口铁、韧性铸铁、脱碳铸铁、铸铁脱碳钢和炒钢等多种材质,并对其中3件进行<sup>14</sup>C测年,结果为西汉早期,与文献关于闽越国年代的记载相合。这些发现和检测结果说明,城村汉城可能存在使用其他地区输入的铁原材料进行再加工处理活动,但遗憾的是目前尚未在遗址内确认锻冶遗迹,所以关于城村汉城出土铁器的来源问题需要进一步研究。

钢铁制品的大规模使用促进了闽越国物质和精神文化的急速发展,是闽越国与周边政治势力抗争的物质基础。研究表明,在闽越国建立之前该遗址铁器非常少见,建国之后铁器

得到普遍使用,被灭之后铁器的数量急剧减少,出土铁器数量与闽越国的兴衰应有密切关系。汉初为限制南越赵佗势力的扩张,曾经下令“毋予蛮夷外粤金铁田器”,禁止铁输入南越,但对闽越却没有类似记载。目前仅在邵武、福州、建阳平山遗址、长汀和田竹子山等地,发现铁锄、铁鼎、铁剪和铁刀等数量不多的汉代铁器;1999年发掘的福州市新店古城冶炼炉,出土炉膛残块、铁块、陶范和炉渣等冶炼遗物,发掘者认为是战国晚期的块炼铁冶炼炉<sup>[13]</sup>,但其冶炼技术未经科学分析,其年代也有一定争议。所以系统开展包括闽越国铁器在内的东南沿海地区钢铁冶炼技术发展研究,应是中国冶金考古的重要内容之一。

## 结 论

本文通过城村汉城出土铁器的年代及制作技术进行实验研究,发现汉代钢铁技术在城村汉城得到较多体现,如生铁、韧性铸铁、铸铁脱碳钢和炒钢等钢铁制品普遍存在,退火和淬火等多种热处理工艺,以及优越的锻造技术在城村汉城都得到广泛应用,表明闽越国对钢铁性质的认识达到了较高水平,特别是炒钢制品的发现,再次为炒钢技术的发展和大规模使用提供了实物资料。但对诸如城村汉城钢铁技术的来源等问题,尚需进一步研究。

附记:本文为国家自然科学基金资助项目中国冶铁技术起源的年代学研究(No.10405003)的部分研究成果,得到北京科技大学韩汝玢教授和中国社会科学院考古研究所黄展岳研究员的悉心指导,北京大学考古文博学院吴小红教授和潘岩老师也给予热情帮助,均表示感谢。

[1] 福建博物院、福建闽越王城博物馆《武夷山城村汉城遗址发掘报告》,福建人民出版社,2004年。

[2] 陈建立、韩汝玢《汉晋中原及北方地区钢铁技术研究》,北京大学出版社,2007年。

[3] 同[2]。



- [4] 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》，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》，文物出版社，1980年。
- [5] 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》，广州市文物管理委员会等《西汉南越王墓》，文物出版社，1991年。
- [6] 韩汝玢、姚建芳、刘建华《北洞山西汉楚王墓出土铁器的鉴定》，徐州博物馆、南京大学历史系考古专业《徐州北洞山西汉楚王墓》，文物出版社，2003年。
- [7] 北京科技大学冶金史研究所、徐州汉兵马俑博物馆《徐州狮子山楚王陵出土铁器的金相实验研究》，《文物》1999年第7期。
- [8] 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》，河南省文物研究所《永城西汉梁国王陵与寝园》，中州古籍出版社，1996年。
- [9] 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》，大葆台汉墓发掘组等《北京大葆台汉墓》，文物出版社，1989年。
- [10] 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年第2期。
- [11] 李晓岑、韩汝玢、杨帆《昆明羊甫头出土金属器的初步研究》，云南省文物考古研究所等《昆明羊甫头墓地》，科学出版社，2005年。
- [12] 白云翔《先秦两汉铁器的考古学研究》，科学出版社，2005年。
- [13] 福建省博物馆等《福建福州市新店古城发掘简报》，《考古》，2001年第3期。

(责任编辑:李缙云)

(上接第87页)

附记:先后参加此项清理工作的有万欣、肖俊涛、白荣金、白云燕、黄晓娟、李东、王克菲、赵代盈、高俊志。此外,辽宁省博物馆孙力、刘波同志曾为铁甲片的X光透视摄影提供协助,特致谢意。

绘图:王爽 万欣  
白云燕  
摄影:肖俊涛

- [1] 黎瑶渤《辽宁北票县西官营子北燕冯素弗墓》，《文物》1973年第3期。
- [2] 辽宁省文物考古研究所、朝阳市博物馆《朝阳十

二台乡砖场 88M1 发掘简报》，《文物》1997年第11期。

- [3] 负安志《中国北周珍贵文物》，陕西人民美术出版社，1993年9月。
- [4] 同[3]。
- [5] 中国社会科学院考古研究所、河北省文物研究所《磁县湾漳北朝壁画墓》彩版五六，科学出版社2003年。
- [6] 杨泓《中国古兵器论丛》，文物出版社1980年。
- [7] 同[2]。

(实习编辑:刘捷)