

# 湖北盘龙城出土部分商代 青铜器铸造地的分析

南普恒(中国科学技术大学科技史与科技考古系 硕士研究生)  
秦 颖(中国科学技术大学科技史与科技考古系 副 教 授)  
李桃元(湖北省文物考古研究所 研究员)  
董亚巍(鄂 州 市 博 物 馆 副 研 究 员)

盘龙城遗址位于湖北省武汉市北约5公里的黄陂区滢口镇叶店村,是长江流域一处十分重要的商代遗址,其时代早于殷墟,与郑州商城大体一致。整个遗址由夯土城址及其周围的若干一般遗址组成,总面积逾1平方公里<sup>[1]</sup>。自1963年发掘以来,盘龙城遗址出土了大量精美青铜器。经研究,容器中鼎、鬲、甗、簋、盘、盂、卣、爵、觚、斝等器物形制和工艺特点都与郑州商城同时期同类型器物近似<sup>[2]</sup>。对于这些青铜器的来源,迄今尚无定论。

中国古代青铜器大都采用范铸工艺制作而成,青铜器的耳、足等空心部位经常会有泥芯残留。铸造青铜器的泥芯和陶范都应以铸造当地的黏土为主要原料,经过高温焙烧而成。黏土是由基岩顶部的疏松母质岩,经过物理、化学、生物等风化作用而形成的自然组合体<sup>[3]</sup>。由于成土过程中诸多因素的影响,各地黏土在矿物组成和化学成分上有很大的不同。因此,青铜器残留泥芯中必然蕴含着许多铸造地的信息。

由于当初在清理修复过程中大多数青铜器的泥芯被掏掉,仅采集到两件样品,为比较还采集了陶片及文化层下面原生土样品,希望通过对比分析,探讨这批青铜器的来源。样品如表一。

## 二

### 1. 样品主成分分析

样品的处理与测试。为提高精度和准确度,所有样品均采用熔融玻璃片法制样。在玛瑙研钵中,将去除了表层污染的泥芯、陶片等样品研磨至粒度小于0.053mm,烘干2小时。同时将分析纯的无水 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 在700℃灼烧2个小时。准确称取0.75g烘干后的泥芯和陶范样品、5.6g无水 $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$ 和0.4gLiF,倒入坩埚中均匀混合,加入数滴3%LiBr溶液,烘干后,置于Shimadzu熔样机中,在1050℃~1100℃温度下熔融,制成熔融玻璃片样品待测。

测试仪器为中国科学技术大学理化科学实验中心的WD-1800波长色散型X荧光光谱仪(日本岛津公司生产)。工作条件:该仪器配有4kW端窗铑(Rh)靶X光管,管口铍窗厚度为

表一 样品简介

分析号	采样位置	样品名称	样品描述
plcq1	杨家湾 M11 簋耳内	泥芯	砖红色,块状
plcq2	杨家湾 M7 罍耳内	泥芯	青灰-砖红色,块状
plcp1	盘龙城杨家湾	红陶片	
plcp2	盘龙城杨家湾	灰陶片	
plct1	盘龙城杨家湾	生土样	黄红色,土状,少量砂粒
plct2	盘龙城杨家湾	生土样过65目筛	黄红色,土状

75 $\mu$ m,并配以最大电流 140mA 的 X 射线电源及发生器,高精度的  $\theta - 2\theta$  独立驱动系统,双向旋转的 10 位晶体交换系统,3 种狭缝可交换,灵敏自动控制系统,为获取高可靠性的成分数据提供了保证。误差在 1% 以下。电压、电流分别为 40kV 和 95mA。分析结果如表二所示。为了便于比较,将以前所测试的两个陕西李家陶范、两个侯马陶范及所能收集到的商代陶范、泥芯、原生土样主成分数据也列于表中。

从表二可见,各类样品主量元素的差别主要表现在钙、镁含量上,殷墟、侯马、李家及郑州样品均具有较高的钙、镁含量(超过 1%),盘龙城样品则均为较低的钙、镁含量(小于 1%),其他元素地域差别则不显著。

### 2. 稀土元素分析

土壤中稀土元素含量的高低和组成与母质岩石类型有关,不同母质岩石发育起来的土壤,其稀土含量及组成均有较大的差别,这种差别还会由于气候等原因产生新的变异<sup>[4]</sup>。也就是说,不同区域黏土的稀土元素含量及组成不同。通过稀土元素的区分,应该能够区分不同区域的泥芯、陶范等,进而实现对不同区域铸造的青铜器进行区分。

样品处理与测试:样品经严格的表面处理,置于玛瑙研钵磨细,过 200 目筛,待测。

稀土元素分析在国土资源部安徽省合肥矿产资源监督检测中心进行,测试仪器为全谱直读电感耦合等离子发射光谱仪(美国热电公司生产)。工作条件:波长范围 175 ~ 1051nm,

200nm 处的分辨率 0.007nm;等离子气流量 15L/min,辅助气流量 0.5L/min,雾化气压力 0.22mPa,高频功率 1.15kW,蠕动泵转速 100r/min,积分时间:长波 (> 265nm) 10s,短波 (< 265 nm) 10s,检测器 (CID)为 512 × 512 感光单

元。分析结果如表三所示。为了便于比较,将以前所测试几个陶范及原生土样数据也放入表格。同时,将计算的稀土元素地球化学参数值列于表四。

从表三、四可以看出,盘龙城陶片的稀土元素含量与原生土比较接近,盘龙城泥芯样品稀土元素含量较低,与其他样品不同,各类样品的地球化学参数差别不大,区分指标不明显。

### 三

#### 1. 主量元素特征讨论

我国北方黄河流域以黄土堆积为主,而南方长江中下游地区则以红土堆积为主。黄土化学成分含量最多的是 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO,其次是 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、MgO、K<sub>2</sub>O、Na<sub>2</sub>O、FeO、TiO<sub>2</sub>和 MnO 等的含量甚少<sup>[5]</sup>。其化学成分特征为<sup>[6]</sup>:SiO<sub>2</sub> 48.24% ~ 63.54%,TiO<sub>2</sub> 0.11% ~ 0.85%,Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 7.77% ~ 14.61%,Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 2.15% ~ 6.14%,FeO 0.46% ~ 2.24%,MnO < 0.35%,MgO < 6.63%,CaO 3.52% ~ 19.92%,Na<sub>2</sub>O 1.98% ~ 2.32%,K<sub>2</sub>O 0.20% ~ 2.44%。而红土是在热带及亚热带高温多湿气候条件下,经脱硅富铁铝过程而成,在这一过程中,Si、Ca、Mg、Na、K 等元素淋失,Al、Fe、Mn、Ti 等成分则相对富集<sup>[7]</sup>。有学者曾对部分剖面网纹红土的全量氧化物进行分析<sup>[8]</sup>,其结果表明,网纹红土的 CaO、MnO、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、Na<sub>2</sub>O 的含量极低,趋于 0;而 K<sub>2</sub>O、MgO、TiO<sub>2</sub>分别为 0.71% ~ 2.33%、0.24% ~ 0.91%、0.507% ~

表二 泥芯、陶片等样品的 XRF 熔片法主成分含量(%)

分析号	类别	出土地点	时代	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	TiO <sub>2</sub>	MnO	资料
plct1	原生土	盘龙城		64.19	15.44	1.84	0.23	0.29	0.13	10.00	0.75	0.95	0.09	
plct2	原生土	盘龙城		68.56	14.64	1.85	0.24	0.28	0.07	6.62	0.73	0.95	0.09	
plcp1	红陶片	盘龙城	商代	60.35	24.20	1.59	0.01	0.14	1.03	7.32	0.94	1.09	0.04	
plcp2	灰陶片	盘龙城	商代	56.49	18.18	2.10	0.26	0.61	4.47	4.39	0.61	0.90	0.02	
plcq1	泥芯	盘龙城	商代	74.37	11.51	2.20	1.75	0.99	0.33	2.49	0.91	0.54	0.05	
plcq2	泥芯	盘龙城	商代	72.45	11.71	2.05	1.49	0.86	0.50	1.48	0.85	0.62	0.07	
H1	陶范	侯马	东周	54.06	11.72	2.20	1.36	9.79	0.12	4.50	2.21	0.60	0.08	
H2	陶范	侯马	东周	64.12	11.36	2.38	1.83	7.20	0.13	3.99	2.00	0.61	0.08	
H66-05	陶范	李家	西周	72.97	11.55	2.29	2.00	4.27	0.15	4.15	1.74	0.78	0.10	
H75-11	陶范	李家	西周	72.50	12.34	2.33	2.05	3.67	0.20	4.45	1.53	0.82	0.10	
Y1	容器范	安阳殷墟	商代	68.04	10.03	2.00	2.49	5.64		3.54	1.35	0.85		①
Y2	铤范	安阳殷墟	商代	68.83	11.06	1.98	2.13	5.48		3.45	1.08	0.60		①
Y3	觥范	安阳殷墟	商代	73.04	13.60	2.43	2.62	2.10		3.98	1.45	0.83		①
Y4	卣提梁模	安阳殷墟	商代	68.70	15.02	2.45	2.78	2.40		4.60	1.50	0.78		①
Y5	泥范	安阳殷墟	商代	70.97	13.61			2.06		5.18	1.19			①
Y6	铤范	安阳殷墟	商代	53.86	10.44	1.56	1.43	2.03		3.54	1.55	0.60	0.04	①
Y7	罍芯	安阳殷墟	商代	55.44	10.17	1.66	1.77	8.87		3.25	1.90	0.50	0.05	①
Y8	方尊芯	安阳殷墟	商代	53.86	9.70	1.64	2.31	1.87		2.88	1.35	0.50	0.04	①
Y9	泥范	安阳殷墟	商代	76.60	12.20	2.08	2.75	2.48		3.39	1.44	1.36	0.05	①
Y10	陶范	安阳殷墟	商代	74.06	12.27	2.30	1.80	2.24		3.05	1.41	0.47		②
Y11	陶范	安阳殷墟	商代	73.00	11.91	2.23	1.73	2.69		3.06	1.38	0.47		②
Y12	原生土	郑州南关外		72.64	11.62		3.48	3.01		3.56	1.57	0.58		②
Y13	陶范	郑州二里冈	商代	76.61	10.76	2.26	1.76	1.12		2.47	1.03	0.45		②

注:①苏荣誉等《中国上古金属技术》,山东科学技术出版社,1995年。

②谭德睿《中国青铜时代陶范铸造技术研究》,《考古学报》1999年第2期。

1.220%; SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>三者的总量大于80%。由此可见,北方黄土含有较高的钙、镁等元素,且钙、镁等元素化学成分范围较宽,离散性较大,而南方红土的钙、镁等元素含量则极低,两者在主量元素上的差别非常显著。

XRF分析结果表明(表二),殷墟、郑州、侯马、李家样品主量元素特征非常相似,均具有较高的钙、镁等北方黄土的典型特征。所分析的盘龙城商代青铜器泥芯、陶片样品主量元素

特征相近,均具有低钙、镁等特点,与南方红土的典型特征吻合。与当地土壤样品比较,盘龙城青铜器泥芯硅、钾、钙及钠含量偏高,推测可能是由于泥芯制作过程中羸和的石英、长石等颗粒矿物所致。为此,我们对泥芯和生土进行了XRD检测。XRD图谱(图一、二)显示,较之生土样,泥芯中含有一定量的长石,与XRF分析结果吻合。而陶片中较高磷含量可能也与其制作工艺有关。

表三 各地泥芯、陶范的稀土元素含量( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ )

sample	盘龙城原生土	盘龙城商代陶片	盘龙城商代泥芯	河南郑州原生土*	山西侯马铸铜陶范*	陕西李家铸铜陶范*
	plct	plcp1	plcq1	65	T663L	H75-11
La	36.35	43.37	27.07	28.91	40.02	42.7
Ce	92.58	89.23	51.82	57.44	77.99	104.7
Pr	9.03	10.36	6.19	6.84	9.84	11.01
Nd	33.76	38.74	23.01	25.97	35.4	39.07
Sm	6.38	7.63	4.17	4.8	6.68	7.9
Eu	1.26	1.39	0.98	0.92	1.29	1.37
Gd	5.74	6.87	3.76	4.68	6.47	6.57
Tb	1.02	1.21	0.64	0.7	1	0.98
Dy	5.5	6.4	3.45	4.19	5.87	6.28
Ho	1.06	1.2	0.68	0.89	1.25	1.38
Er	3.05	3.33	1.98	2.62	3.36	3.74
Tm	0.52	0.56	0.35	0.4	0.46	0.6
Yb	3.04	3.14	2.01	2.27	2.95	3.69
Lu	0.43	0.42	0.29	0.38	0.45	0.6
$\Sigma\text{REE}$	199.72	213.85	126.4	141.01	193.03	230.59

\* 为以往所测数据。

表四 泥芯、陶范的稀土元素地球化学参数值

sample	$\Sigma\text{REE}(\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1})$	LREE	HREE	LREE/HREE	$(\text{La}/\text{Yb})_n$	$(\text{La}/\text{Sm})_n$	$(\text{Gd}/\text{Yb})_n$	$\delta\text{Ce}$	$\delta\text{Eu}$
plct	199.72	179.36	20.36	8.81	7.88	3.47	1.51	1.17	0.63
Plcp1	213.85	190.72	23.13	8.25	9.10	3.46	1.75	0.96	0.58
Plcq1	126.40	113.24	13.16	8.60	8.87	3.95	1.50	0.91	0.75
65*	141.01	124.88	16.13	7.74	8.76	3.70	1.76	0.87	0.59
T663L*	193.03	171.22	21.81	7.85	9.16	3.78	1.65	0.92	0.60
H138-10*	254.95	228.31	26.64	8.57	7.90	3.41	1.48	1.09	0.57

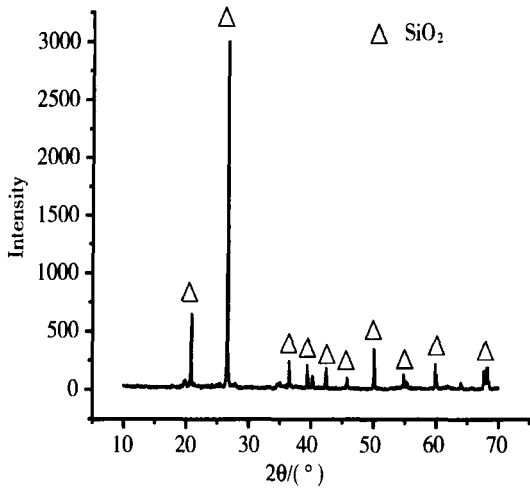
\* 为以往所测数据。

对比盘龙城原生土(plct1)和简单筛分(过65目筛)后的样品(plct2)还可看出,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量明显降低,这也暗示着在利用当地原生土为原料制作陶范泥芯时,在添加砂等羸和料之前,还经过了简单的淘洗。侯马、李家、殷墟、郑州样品的钙元素成分较分散,则与黄土在成土过程中发生的不同程度溶滤及淀积作用造成上

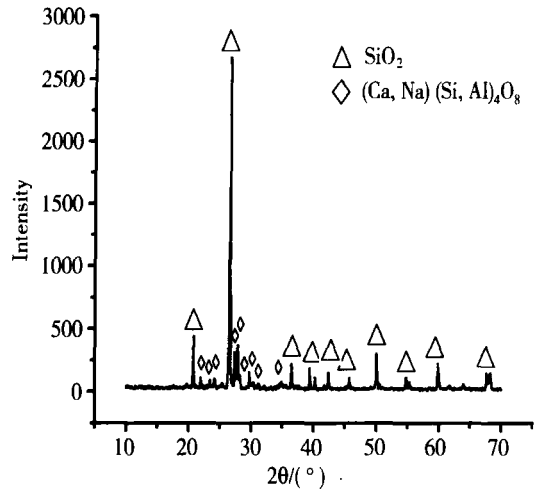
下层之间钙等元素有一定变化有关,这似乎也暗示黄土适宜作泥芯原料,工匠们可随时就地取土,原生土稍加处理即可使用。

### 2. 稀土元素特征讨论

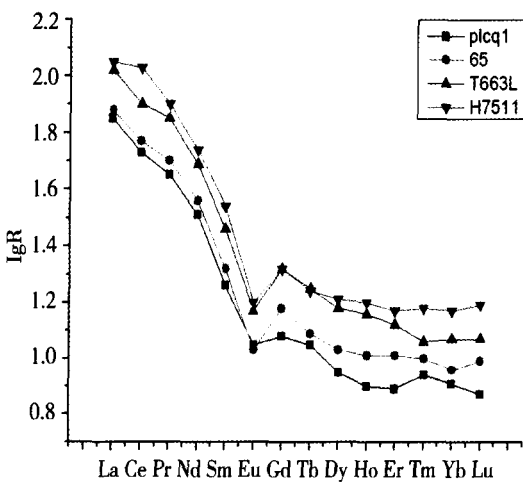
从表三、四不难看出,各类样品在稀土元素含量及其地球化学参数上无明显的区别指标,然而仔细观察仍可发现各区域样品稀土元



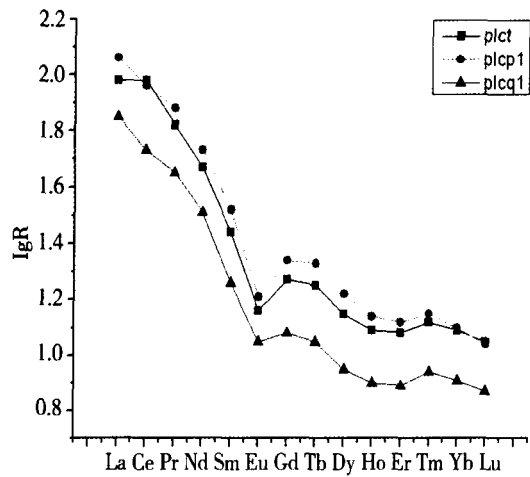
图一 盘龙城原生土 plct2 XRD 图谱



图二 盘龙城商代泥芯 plcq2 XRD 图谱



图三 盘龙城商代青铜器泥芯、侯马陶范、李家陶范及郑州商代文化层下原生土稀土元素配分曲线



图四 盘龙城商代青铜器泥芯、商代陶片及当地原生土稀土元素配分曲线

素含量有所不同。我们以样品与球粒陨石<sup>[9]</sup>之比的对数值为纵坐标,以 14 个稀土元素为横坐标,做了各类样品的稀土元素配分曲线(图三、四)。由图三可见,盘龙城泥芯的稀土配分曲线与侯马陶范、李家陶范、郑州商代文化层下原生土均不相同,差别较明显;侯马陶范、李家陶范及郑州商代文化层下原生土的稀土配分曲线较接近,但仍有差别。从图四可以看出,盘龙城泥芯、陶片及当地原生土的稀土配分模式基本一致,都向右倾斜较大,轻重稀土分馏强烈,具明显的 Eu 负异常,曲线规律性也很强。但是盘龙城泥芯的稀土总量较陶片和原生土样低,其原因可能与其制作工艺有关。

从以上分析结果可看出,盘龙城泥芯与当地原生土及陶片的稀土元素具有较好的一致性,与侯马陶范、郑州土样差别较大。说明其黏土原料成因应该相同,也就是说应该来自相同区域,与 XRF 分析的结果吻合。

#### 四

结合以上分析,可以得到以下结论:

1. 所分析的盘龙城青铜器泥芯与当地原生土、陶片样在化学成分上具有很高的相似性,与殷墟、侯马、李家陶范及郑州商代文化层下原生土样有显著差别,说明盘龙城泥芯与其他当地样品的黏土原料应来自于同一区域,所

分析的盘龙城商代青铜器应是在本地铸制而成,而并非来源于郑州商城。

2. 不同区域陶范、泥芯、陶片及原生土微量元素差别较大,钙、镁元素含量尤为显著,暗示了钙、镁可能是两个较好的示踪“指纹”元素。

3. 各类样品稀土元素含量差别虽然不大,区分指标不明显,但从其配分模式上仍能够看出区别,说明在古代青铜器铸造地研究中,稀土元素配分模式差别仍是一个重要的佐证。

致谢:本实验受到中国科学院知识创新工程项目(KJ CX3.SYW.N12)的资助,山西考古所侯马工作站、北京大学周原工作站提供了相关样品,在此表示感谢。

[1] 陈朝云《盘龙城与早商政权在长江流域的势力扩张》,《史学月刊》2003年第11期。

[2] 湖北省文物考古研究所《盘龙城——1963~1994年考古发掘报告》,文物出版社,2001年。

[3] 王中刚等《稀土元素地球化学》,科学出版社,1989年。

[4] 陈德潜、陈刚《实用稀土元素地球化学》,冶金工业出版社,1990年。

[5] 刘东生等《中国的黄土堆积》,科学出版社,1965年。

[6] 刘东生《中国黄土分布说明书》,《中国的黄土堆积》,科学出版社,1965年。

[7] 张俊民等《中国的土壤》,商务印书馆,1995年;朱照宇等《红土、黄土、全球变化》,《第四纪研究》1995年第3期。

[8] 郑琰明等《南方网纹红土及其形成环境的初步探讨》,《嘉兴学院学报(自然科学)》2005年第3期。

[9] 同[4]。

(责任编辑:李缙云)

· 新书推荐 ·

## 赫章可乐二〇〇〇年发掘报告

贵州省文物考古研究所 编

2006年秋,在贵州省赫章县可乐乡发掘了111座战国至西汉的墓葬,其中3座为汉式墓葬,108座为地方民族墓葬,出土文物600多件。其中地方民族墓葬中不同形式的套头葬很有特色。这次发掘被评为2001年全国十大考古新发现之一。本报告全面系统科学地介绍了这一重大考古发掘成果,附有各类检测分析数据,并对考古发掘成果以及出土文物资料等进行研究、考证。全书分为六编,在每一编末设“发掘者说”,用简洁、通俗的文字简述此编的基本内容,以满足广大读者了解发掘概况、查找所需资料。为了使资料更为全面翔实,本书附录还收有《考古学报》1986年第2期发表的《赫章可乐发掘报告》。

文物出版社2008年出版 大16开 精装 定价420元