

淮阴高庄RR战国墓出土青铜器产地初步研究^①

罗武干¹, 秦 颖², 田建花^{2,3}, 王昌燧¹

(1 中国科学院研究生院科技史与科技考古系, 北京 100049; 2 中国科学技术大学科技史与科技考古系, 合肥 230026;

3 南京博物院, 南京 210016)

摘 要: 利用岩相显微镜、XRF等方法分析了淮阴高庄墓出土青铜器中所残留的泥芯, 结果表明, 淮阴泥芯中 SiO_2 、 Na_2O 含量很低, 而 CaO 、 MgO 含量较高, 且含有很高的 P_2O_5 , 反映出其泥芯制作工艺与荆门左冢等地泥芯的制作工艺不同。同时, 利用ICP-AES分析了泥芯中的稀土元素含量, 稀土配分曲线、因子分析、聚类分析等结果表明, 淮阴高庄墓中青铜器的产地(铸造地)在楚国国境, 此墓的墓主人为楚国贵族。

关键词: 高庄战国墓; 泥芯; 产地; 科技分析

中图分类号: K85

高庄墓位于江苏省淮阴市城区西南约 1 km处, 东北距韩信母亲墓 1 km, 西距汉代漂母墓 2 km, 北濒临黄河故道。1978 年 3 月 26 日, 淮阴市城南乡农民在高庄村东 100 m处挖水沟时, 发现一座古墓, 并掘出一块椁板和部分遗物^[1]。随后, 淮阴市博物馆立即派人前往调查, 并迅速展开发掘工作。

发掘工作表明, 该墓为一土坑木椁墓。墓内殉人较多, 出土器物丰富。包括数量可观的陶器、原始瓷器, 种类齐全的青铜礼器、兵器、工具、车马器等。另外, 还出土有一定数量的玉石、木、角器物。该墓的年代大致断在战国中期前后^[1]。

根据史书记载, 战国初年, 淮阴地已属楚^[1-2]。发掘工作者研究表明, 高庄墓的某些出土物与战国楚器相似, 但值得注意的是, 高庄墓出土的某些器物又明显的具有越、徐器的特征。因此, 高庄墓究竟是楚人墓, 还是越人墓或徐人墓, 有待进一步研究。关于高庄墓主的国属和墓主身份, 尚缺乏证据来判明^[1]。

与西方文明相比, 我国青铜时代一个显著的特征是范铸工艺贯穿始终。我们知道采用陶范铸造工艺时, 必然要经过制模、翻范、制芯、合范浇铸等工序。器物铸成后, 泥芯一般被包在铸件里边不再取出, 如鼎耳、足部都包有这种泥芯。有些铜器的内壁、外底、耳、簋、足等部位经常也会有陶范残留。而泥芯一般都是用铸造作坊附近的黏土所制作, 其化学元素组成及岩相特征必然可以反映出铸造地(原产地)的信

息。

因此, 对淮阴高庄战国墓出土青铜器物的耳、足等空心部位所残留的泥芯进行分析, 测试泥芯的主量元素、稀土元素和岩相特征, 可以反映出器物中所残留泥芯的产地, 从而揭示青铜器的产地。

最近, 此批青铜器中部分器物被送往南京博物院进行保护修复处理, 在不影响文物原状的情况下, 我们分别从鼎耳部(7:270)及盃腿部(7:272)取了 3 个泥芯样品, 分别编号为 HY4、HY5、HY6。其中 HY4 为鼎耳部泥芯, HY5 为盃腿部泥芯(外表部分), HY6 为盃腿部泥芯(内里部分)。为了便于对比, 我们也对山东、湖北等地的泥芯及土壤样品进行了取样分析, 同时参考了部分已有的分析数据。下面, 对分析结果做一个简要的介绍。

1 岩相及 XRF 分析

1.1 岩相分析

把所取的泥芯及郑州商代文化层下原生土, 制成薄片样品, 采用德国 Leica 公司生产的 DMLS/P 偏光显微镜, 对样品进行岩相观察。图 1~6 是样品的岩相照片(样品介绍参看表 1、表 2), 放大倍数均为 10 倍。岩相观察表明, 泥芯和原生土主要由黏土矿物、粉砂及少量细砂等组成, 颗粒矿物主要为石英和长石, 大多无色透明、无解理、边界圆滑、反射率高。可见少量含铁矿物、云母类矿物及闪石类矿物等。

^①基金项目: 中国科学院知识创新工程项目(KJ CX3-SYW-N12)资助。

作者简介: 罗武干(1981—), 男, 江西高安人, 博士, 主要从事科技考古及文物保护方面研究。E-mail: xiahua@gucas.ac.cn 或 xiahua@mail.ustc.edu.cn

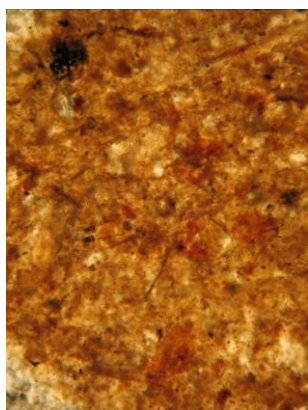


图1 HY4 泥芯岩相照片 (10×)

Fig. 1 Microstructure of casting core HY4

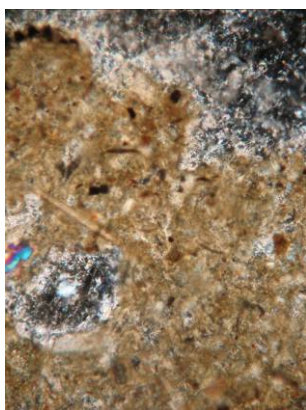


图2 HY5 泥芯岩相照片 (10×)

Fig. 2 Microstructure of casting core HY5

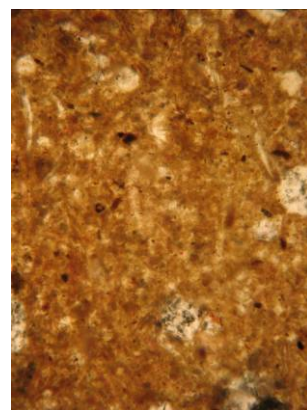


图3 HY6 泥芯岩相照片 (10×)

Fig. 3 Microstructure of casting core HY6

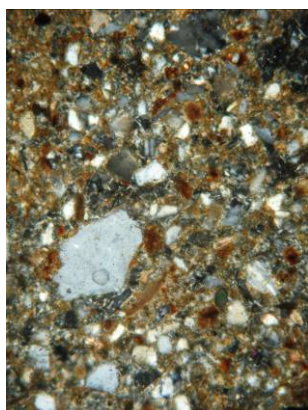


图4 kg6 原生土岩相照片 (10×)

Fig. 4 Microstructure of soil kg6

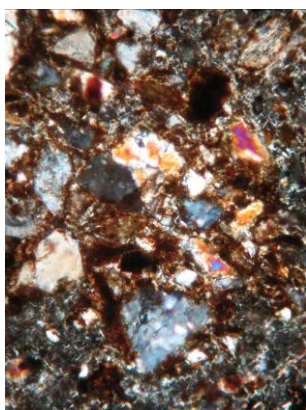


图5 SD2 岩相照片 (10×)

Fig. 5 Microstructure of casting core SD2

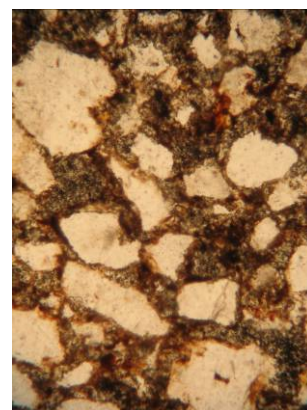


图6 左冢 M1-27 岩相照片 (10×)

Fig. 6 Microstructure of casting core M1-27

表1 淮阴泥芯等样品的 XRF 分析结果

Table 1 Results of XRF analysis of clay moulds from Jiangyin tomb etc.

样品编号	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	MgO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Na ₂ O	MnO	CuO	SnO ₂	PbO
HY6	63.85	6.95	6.78	2.10	6.53	4.92	0.45	2.59	0.15	0.33	2.11	0.41	2.39
HY5	64.93	7.23	4.46	2.25	4.37	5.79	0.45	3.46	0.15	0.35	3.77	0.43	1.89
HY4	68.82	11.22	2.07	3.05	2.12	0.92	0.69	4.84	0.12	0.09	2.62	0.14	2.99
JLD1	72.40	10.70	3.56	0.94	2.53	0.68	0.87	0.36	3.17	0.05	0.15	—	0.19
JLD2	70.45	11.16	3.26	1.12	2.42	0.72	0.90	0.84	2.95	0.05	0.21	—	0.33
Q5	67.72	17.54	6.18	2.50	1.46	1.52	1.00	0.12	0.97	0.13	—	—	—
Kg6	65.79	13.49	4.60	3.42	10.32	1.78	—	—	0.32	0.08	—	—	—

注：—表示未测出，Kg6 是郑州商代文化层下原生土，Q5 是湖北郧县乔家院墓地 M4 填土，JLD1、JLD2 分析数据摘自参考文献[6]。

相对郑州原生土样品(图4)而言,湖北荆门左冢泥芯(图6)及山东蓬莱泥芯(图5)中的颗粒物比较多,颗粒度比较大,反映出泥芯中加入了较多的砂质成分。砂质成分的加入,提高了泥芯的耐冲击性能。而淮阴泥芯(图1~3)所含的颗粒物相对比较少,且

颗粒度较小,颗粒分布相对均匀。另一个较大的差异是,与郑州原生土、左冢泥芯及蓬莱泥芯相比,淮阴泥芯中均含有一些细长的须状物,而XRF分析数据(表1)表明,淮阴泥芯中都有很高的P含量,最高达48.4 g/kg,这揭示出其中加入了一定量的草木灰。前人研

表 2 样品情况及其稀土元素地球化学参数值

Table 2 Sample information and their geochemical parameters values of the clay moulds

样品编号	原号	出土地点	年代	δEu	$(\text{La}/\text{Yb})_n$
HY5	7:272	淮阴高庄 盂腿部 泥芯 (外)	战国	0.575	7.88
HY6	7:272	淮阴高庄 盂腿部 泥芯 (内)	战国	0.533	7.92
HY4	7:270	淮阴高庄 鼎耳部 泥芯	战国	0.592	8.93
SD2	108	山东蓬莱 青铜簋 泥芯	西周	0.678	17.09
y37	M5:5	郾县乔家院 鼎腿部 泥芯	春秋	0.664	11.77
y40	M6:7	郾县乔家院 鼎腿部 泥芯	春秋	0.642	13.94
y59	M6:4	郾县乔家院 簋耳内部 泥芯	春秋	0.690	10.7
JLD1	M1-130	九连墩 M1-130 鼎腿部 泥芯	战国	0.732	6.03
JLD2	M1-131	九连墩 M1-131 鼎腿部 泥芯	战国	0.667	6.88
JM	JM1-27	左冢 M1-27 泥芯	战国	0.609	14.11

注: $(\text{La}/\text{Yb})_n$ 指 La、Yb 经球粒陨石标准化的比值, 反映轻重稀土的分馏程度。 δEu 代表 Eu 元素的异常程度。

究指出, 古陶范中加入草木灰提高了范料的充型能力^[3]。淮阴泥芯中加入草木灰弥补了其砂质成分比较低的缺点, 确保了青铜浇铸的成功。

1.2 XRF 分析

样品测试在中国科学技术大学理化测试中心 X 荧光分析实验室进行。测试仪器为日本岛津公司生产的 XRF-1800 型 X 荧光光谱仪, 其检出限可达 0.1 ~ 1 $\mu\text{g/g}$ 。测试结果列于表 1。

表 1 显示, 各地泥芯及郑州原生土、郾县墓土中主要含有 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 K_2O 、 Na_2O 、 TiO_2 、 MnO 、 P_2O_5 等物质。泥芯中除含有上述成分外, 还检测到一定量的 CuO 、 SnO_2 、 PbO 。这是由于青铜器浇铸过程中, 青铜熔液往泥芯中渗透所致。

与九连墩泥芯 (JLD1、JLD2) 相比, 淮阴泥芯中的 SiO_2 含量较低、 Na_2O 含量很低, 而 CaO 、 MgO 含量较高 (HY5、HY6 中尤其明显)。另外一个比较大的差异是, 淮阴泥芯中均含有很高的 P_2O_5 。这与岩相观察的结果相一致。

岩相观察及 XRF 分析表明, 淮阴泥芯的制作工艺与荆门左冢等地泥芯的制作工艺相异, 其制芯原料中并未加入太多的砂质成分, 而是加入较多的草木灰取代砂质成分。HY4 与 HY5、HY6 相比也具有一定的差异, 表现为 HY4 中的 CaO 、 MgO 等较 HY5、HY6 中的要低, 特别是 MgO 相差比较大。这暗示 HY4 与 HY5、HY6 虽然具有相同的制芯工艺, 但其制芯原料可能并不相同。

2 稀土元素分析

由于岩相分析及 XRF 分析 (主量元素分析) 反

映更多的是泥芯制作工艺问题, 对于制作泥芯的原料产地并不能给出很直观的信息。所以有必要对淮阴泥芯样品作进一步的稀土元素分析。

稀土元素具有化学性质稳定、均一化程度高、不易受变质作用干扰等性能, 一旦“记录”于地质体中, 就容易被保存下来^[4], 是一个良好的地球化学指示剂。同一产地, 且成因相同的矿物、岩石, 其稀土元素特征是相似或相近的, 这是其被用于产地研究的理论基础。

将所采集的泥芯样品, 置于玛瑙研钵磨细, 过 200 目筛处理后, 委托地质矿产部安徽省岩矿测试中心, 利用美国热电公司生产的全谱直读电感耦合等离子体原子发射光谱仪作测试分析。测试条件: 波长范围 175 ~ 1051 nm, 200 nm 处的分辨率为 0.007 nm; 等离子气流量 15 L/min, 辅助气流量 0.5 L/min, 雾化气压力 0.22 MPa, 高频功率 1.15 kW, 蠕动泵转速 100 r/min, 积分时间: 长波 (>265 nm) 10 s, 短波 (<265 nm) 10 s, 检测器 (CID) 为 512×512 感光单元。样品情况如表 2, 测试结果如表 3。同时, 将计算的稀土元素地球化学参数值列于表 2。其中, JLD1、JLD2、JM 3 个样品稀土数据摘自参考文献[6]。

2.1 稀土配分模式

图 7 ~ 9 是所采集泥芯样品的稀土配分模式 (本文采用 W·V·博因顿的球粒陨石标准化数值^[5])。由图 7 可以看出, HY5 与 HY6 稀土配分曲线十分接近, 二者稀土配分曲线几乎重合。由于 HY5 与 HY6 是同一器物上的泥芯, 其稀土配分曲线重合是合理的。由图 8 可以看出, y37、y40、y59 三个泥芯的稀土配分曲线也十分相似, 三者稀土配分曲线接近重合。这反映出, 此 3 个泥芯样品具有相同的产地。图 9 表明, 淮

阴泥芯、九连墩泥芯、郧县泥芯及山东泥芯的稀土

表 3 各地泥芯的稀土元素含量 ($\mu\text{g/g}$)

Table 3 REE contents of the clay moulds

样品编号	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
HY5	20.56	40.76	5.11	18.03	3.7	0.65	3.23	0.54	3.26	0.75	1.91	0.3	1.76	0.28
HY6	19.31	37.92	5.08	17.08	3.58	0.58	3.09	0.5	3.2	0.74	1.86	0.32	1.75	0.27
HY4	30.06	60.7	7.74	27.96	5.27	1.02	5.27	0.8	4.64	0.92	2.52	0.4	2.27	0.31
SD2	68.93	129.24	15.66	53.3	9.12	1.86	7.71	1.05	5.7	1.19	3.17	0.47	2.72	0.42
y37	27.95	57.04	6.57	23.94	4.28	0.87	3.75	0.62	3.11	0.59	1.65	0.28	1.6	0.23
y40	33.48	59.87	6.9	25.07	4.47	0.87	3.84	0.62	3.14	0.59	1.66	0.28	1.62	0.23
y59	26.79	51.24	6.14	22.42	3.91	0.84	3.54	0.61	3.21	0.63	1.78	0.3	1.69	0.23
M1-130	24.5	60.6	6.61	24.28	5.3	1.26	5.22	0.79	4.83	0.93	2.9	0.47	2.74	0.45
M1-131	31.2	76.2	7.58	29.58	6.26	1.36	6.2	1.01	5.59	1.25	3.48	0.55	3.06	0.53
JM1-27	27	59.7	6.43	21.16	3.7	0.69	3.25	0.46	2.71	0.57	1.49	0.23	1.29	0.21

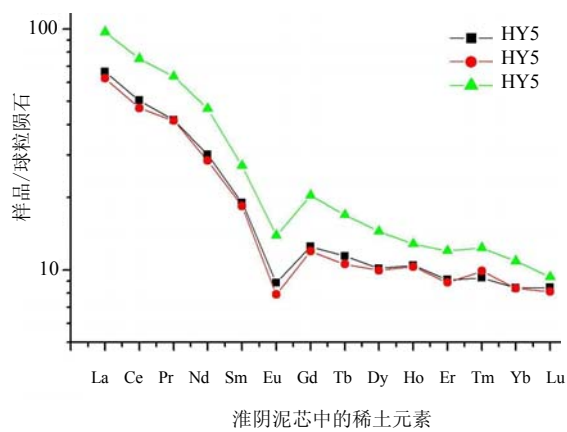


图 7 江苏淮阴青铜器中泥芯的稀土配分曲线

Fig. 7 Chondrite curves of REEs in casting cores from Huaiyin bronzes

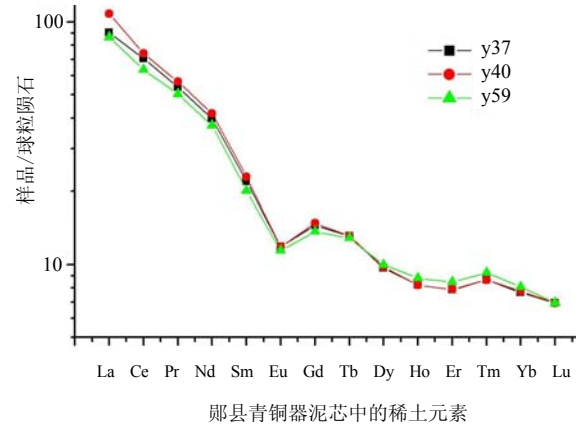


图 8 湖北郧县出土青铜器中泥芯的稀土配分曲线

Fig. 8 Chondrite curves of REEs in casting cores from Zuozhong bronzes

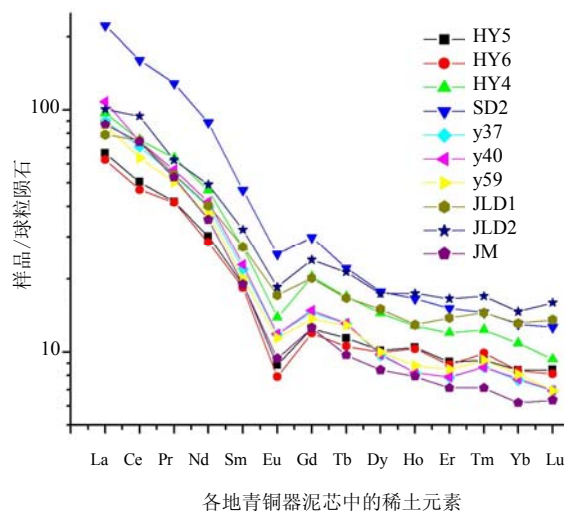


图 9 各地泥芯的稀土配分曲线

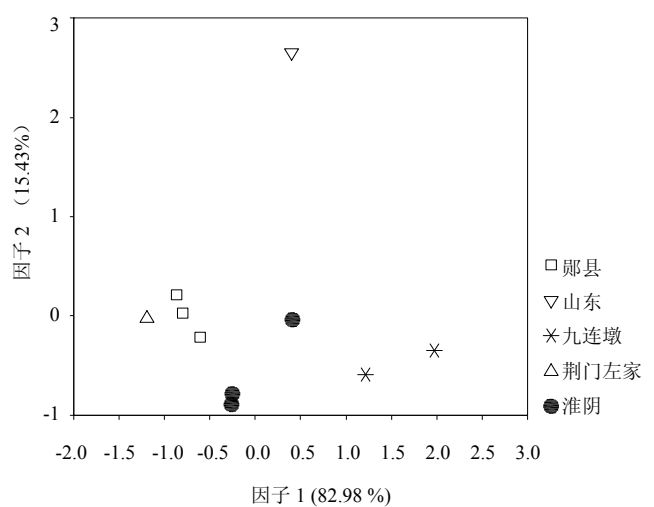


图 10 稀土元素分析结果的因子分析散点图

Fig. 9 Chondrite curves of REEs in casting cores from several regions

由表 2 可以看出山东泥芯的 $(La/Yb)_n$ 最大, 反映出其 LREE 最富集, 而 HREE 最亏损。此样品的轻重稀土分馏最强烈, 曲线倾斜程度最大。同时, 淮阴泥芯中 Eu 负异常最明显, δEu 值最低达 0.533。

2.2 因子分析及聚类分析

稀土配分曲线以其特有的简明、直观等特点而在国内外地质地球化学研究中得到广泛应用。然而, 它根据的是曲线形态的相似程度, 难免有主观随意性。特别是有关配分模式相似时, 便难以进一步识别它们之间的差异。因此, 近年来, 人们开始采用多元统计分析方法进行处理数据, 所得结论通常更严谨、更准确, 并具有可再现性^[7]。

为进一步阐明各地样品在稀土元素地球化学特征上的差异, 采用 SPSS 软件, 对所有样品进行了因子分析, 图 10 即为其分析结果。

因子分析结果表明: 3 个郧县样品与 1 个荆门左冢样品相距比较近, 分布于散点图中同一区域。两个九连墩样品分布于散点图的右下角, 相距比较近。3 个淮阴样品中, HY5、HY6 两个样品位置有重合, 分布于散点图的最下方, 相对来说与郧县样品相距比较近; 而 HY4 则与前两个样品 (HY5、HY6) 相距比较远, 介于九连墩样品与郧县样品之间。山东样品与上述样品相距较远, 其分布于散点图的最上方。

虽然因子分析对数据采取了降维处理, 但其所提取两个因子的方差贡献率之和较高, 达到 98.41%。因此, 因子分析结果可信度较高。为了进一步验证因子分析的可靠性, 我们对样品作聚类分析。

聚类分析结果表明 (图 11), 当阈值 λ 约为 1.2 时, 所有样品被分为 6 小类。其中, HY5、HY6 聚为一小类, y37、y40、y59、JM1-27 四个样品聚为另一小类, HY4、M1-130、M1-131、SD2 四个样品各自成为一类。考虑到 HY5、HY6 为同一器物上之泥芯 (其中, HY5 是盃腿部泥芯外表部分, HY6 是盃腿部泥芯内里部分), 聚为一小类是合理的。

当阈值 λ 约为 4.5 时, 所有样品被分为 3 大类。其中 HY5、HY6、y37、y40、y59、JM1-27 六个样品聚为一大类, HY4、M1-130、M1-131 三个样品聚为一大类, SD2 独自成一大类。

聚类分析结果与因子分析具有较高的一致性。分析结果反映出, 淮阴高庄战国墓出土青铜器中的铜盃 (7:272) 与郧县春秋墓地及左冢战国楚墓出土青铜器产地相近, 而铜鼎 (7:270) 与九连墩战国楚墓出土青

Fig. 10 Scatter plot of factor analysis of casting cores from several regions

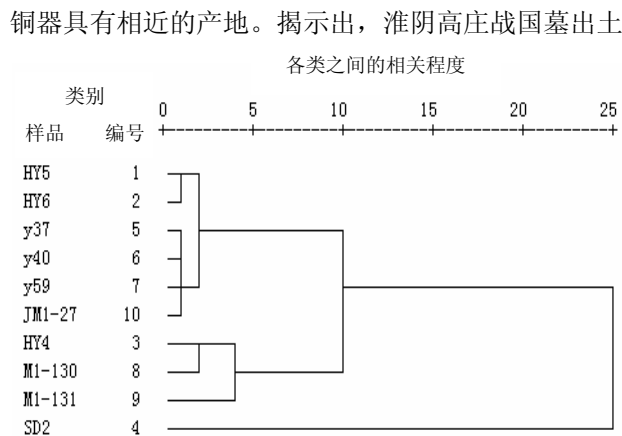


图 11 各地泥芯中稀土元素聚类结果图

Fig. 11 Dendrogram of cluster analysis of casting cores from several regions

的这批青铜器具有不同的产地, 可能是在不同的地方铸造而成。但从一个较大的区域范围看, 此两件青铜器的铸造地 (产地) 都落在湖北地区, 更确切的是落在历史时期的楚国国境。结果表明淮阴高庄墓主人很可能是楚国人, 高庄墓很可能是楚人墓。考虑到高庄墓殉人较多, 出土青铜器种类丰富, 墓中随葬较重等考古学背景^[1], 初步确定墓主人为楚国贵族。

3 结论

(1) 淮阴高庄战国墓出土青铜器中的泥芯在制芯原料中并未加入太多的砂质成分, 而是加入较多的草木灰取代之。

(2) 所取两件器物中的泥芯具有相同的制芯工艺, 但其制芯原料不同; 此两件青铜器的产地 (铸造地) 在楚国国境。

(3) 高庄墓是楚人墓, 墓主身份为楚国贵族。

(4) 由于取样分析的局限性, 本文只是初步研究, 进一步的研究有待于更系统、细致的取样分析。但初步分析结果已取得颇具倾向性和较有意义的结论。

参考文献:

- [1] 淮阴市博物馆. 淮阴高庄战国墓. 考古学报, 1988(2): 189-232
- [2] 《史记·楚世家》楚惠王十六年, “越已灭吴而不能正江淮北; 楚东侵, 广地至泗上。”正义云“江淮北谓广陵县, 徐、泗等州是也。”
- [3] 谭德睿. 中国青铜时代陶范铸造技术研究. 考古学报, 1999(2): 211-250

- [4] 赵志根. 含煤岩系稀土元素地球化学研究. 北京: 煤炭工业出版社, 2002: 10-65
- [5] 陈潜德, 陈刚. 实用稀土元素地球化学. 北京: 冶金工业出版社, 1990: 196
- [6] 魏国锋. 古代青铜器矿料来源与产地研究的新进展 (博士学位论文). 合肥: 中国科学技术大学, 2007: 85-100
- [7] 章邦桐, 凌洪飞, 陈培荣. 多体系微量元素地球化学对比中存在的问题及解决途径. 地质地球化学, 2003, 31(4): 102-106

Preliminary Study of Foundry Area of Bronze Vessels Excavated from Gaozhuang Tomb in Jiangsu

LUO Wu-gan¹, QIN Ying², TIAN Jian-hua^{2,3}, WANG Chang-sui¹

(¹ The Department of Scientific History and Archaeometry, Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China;

² The Laboratory of Archaeometry, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China; ³ Nanjing Museum, Nanjing 210016, China)

Abstract: In this paper some residual clay moulds in Huaiyin bronze excavated from Jiangsu Province were analyzed. From XRF and lithofacies analyses, it found that some components, such as SiO₂, Na₂O etc., were very low, while other components, such as CaO, MgO and P₂O₅ were high. It could infer that the technique were different for the clay moulds between Huaiyin tomb and Zuozhong tomb. Furthermore, the ICP-AES analytical results indicated that the foundry area of the bronze vessels excavated from Gaozhuang tomb was in Chu state. The results also suggested that the owner of these bronzes was a noble of Chu state.

Key words: Gaozhuang tomb, Clay mould, Foundry area, Technique analysis