中国科学: 技术科学 2010 年 第 40 卷 第 7 期: 847 ~ 852
www.scichina.com tech.scichina.com
《中国科学》杂志社
SCIENCE CHINA PRESS

鸿山贵族越墓出土精美原始瓷的器质和产地探析

吴隽[①], 李家治[②], 吴军明[①*], 鲁晓珂[②], 李其江[①], 邓泽群[②], 张茂林[①]

① 景德镇陶瓷学院, 景德镇 333001;
② 中国科学院上海硅酸盐研究所, 上海 200050
* E-mail: woshiwxb@126.com

收稿日期: 2009-07-30; 接受日期: 2009-10-27
国家自然科学基金(批准号: 50762006)、中华文明探源工程(二)(批准号: 2006BAK21B03)和江西省高校人文社科项目(批准号: LS0908)资助

摘要 2003 年 3 月~2005 年 6 月江苏省考古研究所和无锡市锡山区文物管理委员会在无锡鸿山开发区范围内发现了由 7 座贵族墓构成的越国贵族墓地, 出土的随葬器物极为丰富和精致, 被评为 2004 年度“全国十大考古新发现”之一. 这些珍贵的陶瓷样本对研究我国陶瓷科技发展史, 尤其是瓷器的起源等问题具有很高的价值. 在南京博物院考古研究所的大力协助和支持下, 采用多种测试技术和多元统计方法等对鸿山越国贵族墓中出土的陶瓷标本进行了系统的测试和分析, 并通过与浙江各地出土的原始瓷和东汉晚期越窑青瓷的比较研究, 对这批备受关注的精美原始瓷是否已经属于成熟青瓷而改写了中国瓷器发明史, 以及产地来源等问题进行了深入探析.

关键词
鸿山越墓
多元统计方法
瓷器起源
原始瓷

鸿山越国贵族墓地位于江苏省无锡市锡山区鸿山镇东部, 以望虞河为界, 与苏州市相城区黄埭镇毗邻. 2003 年 3 月~2005 年 6 月, 江苏省考古研究所和无锡市锡山区文物管理委员会组成考古队, 在鸿山开发区范围内进行考古发掘, 其中发掘了战国时期的越国贵族墓葬 7 座. 由众多贵族墓葬构成的越国贵族墓地在长江下游的太湖流域是首次发现, 填补了春秋战国时期越国考古资料的空白[1].

在这次发掘中, 出土的随葬器物极为丰富和精致, 以具有代表性的邱承墩为例, 出土的随葬器物共达 1098 件, 可分为原始青瓷器、陶器、玉器、琉璃器等, 其数量之多, 器类之齐全, 器形之复杂, 为江浙一带越国贵族墓之最. 随葬器物中原始青瓷器达 581 件, 其中部分原始青瓷的胎质细腻, 造型工整, 施釉均匀, 胎釉结合性也较好. 这些原始青瓷器无论是成型还是烧制技术已相当成熟, 已体现出较高的工艺制作水平, 见图 1. 这批珍贵文物的出土, 引发了考古学者和陶瓷专家的极大关注, 其中的 2 个热点包括: 1) 这些出土的所谓原始青瓷制品是否已达到了成熟青瓷的标准? 是否已经不是一般的原始青瓷而应是成熟的瓷器? 如果答案是肯定的话, 这将改变瓷器的发明史, 意味着我国发明瓷器的时间将提前数百年. 实际上, 一些地方媒体甚至已经打出了中国瓷器发明史已提前 500 年等的标题[2]; 2) 这些制作精美的陶瓷制品到底从何而来? 围绕这 2 个问题, 在南京博物院考古研究所张敏所长和浙江省德清县文保所朱建明所长的支持和协助下, 对鸿山越国贵族墓中的邱承墩、老虎墩和万家坟出土的 40 余件陶瓷标本进行了系统的测试和分析, 并通过与浙江德清、萧山、上虞、绍兴以及慈溪等地出土的原始瓷

引用格式: Wu J, Wu J M, Li Q J, et al. Property and provenance study of fancy celadon samples excavated from the Noble Burials of the Yue State at Hongshan, China. Sci China Tech Sci, 2010, 53: 369–374, doi: 10.1007/s11431-010-0013-8

图 1　无锡鸿山越墓出土的部分青瓷制品

和越窑青瓷的比较研究, 对这批备受关注的精美青瓷的工艺特点、性能指标以及来源进行了全面的探讨和分析.

1　实验

1.1　化学组成分析

采用美国 EDAX 公司生产的 EAGLE-Ⅲ型能量色散 X 荧光分析仪对鸿山越墓邱承墩、老虎墩、万家坟以及浙江德清冯家山、亭子桥古窑址出土的 50 余件陶瓷样本的元素组成进行了测定, 见表 1~4(限于文章篇幅, 表中仅列出了各自的均值和标准差).

1.2　显微结构和相关物理性能测试

采用 D/max 2550V 型 X 射线仪、德国 NETZSCH 公司生产的 NETZSCH DIL 402C 型热膨胀仪等分析了大砖的物相组成、烧成温度和相关的物理性能. 结果见表 5.

表 1　无锡鸿山越墓和德清古窑址出土样品胎的主次量元素组成(wt%)

Site	Name		Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	Si/Al (mol)
Qiuchengdun Tomb	celadon	Mean	0.62	0.84	18.02	73.58	2.00	0.34	0.70	2.92	0.42
		S.D.	0.21	0.09	0.78	1.21	0.15	0.15	0.05	0.28	
Wanjiafen Tomb	Impressed stoneware	Mean	1.02	1.18	18.24	71.31	2.18	0.59	0.63	3.84	0.43
		S.D.	0.46	0.20	0.94	1.95	0.40	0.54	0.04	0.92	
Laohudun Tomb	celadon	Mean	0.52	0.59	17.50	74.59	1.67	0.32	0.68	3.13	0.40
		S.D.	0.15	0.14	1.20	1.02	0.20	0.11	0.04	0.12	
Fengjiashan Kiln site	celadon	Mean	0.79	0.72	17.61	73.90	1.84	0.49	0.73	2.92	0.41
		S.D.	0.35	0.17	0.73	0.95	0.23	0.29	0.07	0.21	
Tingziqiao Kiln site	celadon	Mean	1.04	0.83	16.69	74.94	1.74	0.58	0.66	2.52	0.38
		S.D.	0.36	0.12	0.11	0.76	0.06	0.31	0.04	0.12	

表 2　无锡鸿山越墓和德清古窑址出土样品釉、化妆土和陶衣的主次量元素组成(wt%)

Site	Name		Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	Si/Al (mol)
Qiuchengdun Tomb	Glaze	Mean	0.45	3.25	12.63	62.53	1.85	15.76	0.40	2.13	0.34
		S.D.	0.38	0.39	0.77	2.21	0.63	3.31	0.05	0.34	
Qiuchengdun Tomb	Slip coating	Mean	0.83	1.54	17.85	70.05	3.685	1.505	0.7	2.84	0.43
		S.D.	0.13	0.38	1.82	2.33	0.755	0.765	0.01	0.01	
Wanjiafen Tomb	Slip coating	Mean	1.44	1.30	13.93	70.95	5.22	1.69	0.72	3.77	0.33
		S.D.	0.46	0.64	1.85	3.06	1.76	1.00	0.30	1.38	
Laohudun Tomb	Glaze	Mean	0.53	3.10	12.62	64.34	1.98	13.70	0.44	2.30	0.33
		S.D.	0.28	0.60	0.99	3.24	0.41	4.60	0.10	0.36	
Fengjiashan Kiln site	Glaze	Mean	0.50	3.32	13.35	65.23	2.52	11.15	0.48	2.45	0.35
		S.D.	0.44	1.27	1.54	3.69	0.70	4.90	0.09	0.33	
Tingziqiao Kiln site	Glaze	Mean	0.80	2.95	12.46	64.37	2.05	13.98	0.43	1.98	0.33
		S.D.	0.23	0.55	0.65	2.59	0.71	3.57	0.07	0.16	

表 3　无锡鸿山越墓和德清古窑址出土样品胎的微量元素组成(μg/g)

Site	Name		MnO	CuO	ZnO	PbO_2	Rb_2O	SrO	Y_2O_3	ZrO_2	P_2O_5
Qiuchengdun Tomb	Celadon	Mean	260	100	130	40	160	70	50	350	260
		S.D.	40	20	60	20	20	10	10	40	150
Laohudun Tomb	Celadon	Mean	270	90	120	40	140	70	50	400	60
		S.D.	30	30	20	30	10	20	10	50	80
Fengjiashan Kiln site	Celadon	Mean	250	80	130	40	150	80	50	390	180
		S.D.	60	20	30	20	20	20	10	50	100
Tingziqiao Kiln site	Celadon	Mean	230	90	130	50	160	80	40	460	200
		S.D.	30	20	20	20	20	20	10	60	80

表 4　无锡鸿山越墓和德清古窑址出土样品釉、化妆土和陶衣的微量元素组成(μg/g)

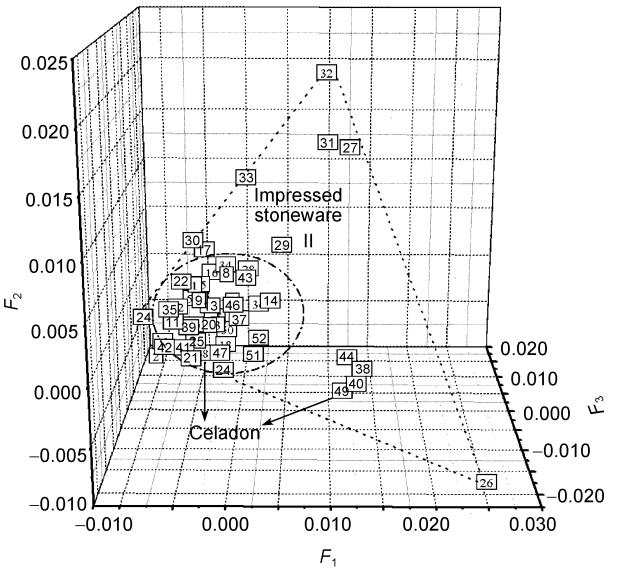
Site	Name		MnO	CuO	ZnO	PbO_2	Rb_2O	SrO	Y_2O_3	ZrO_2	P_2O_5
Qiuchengdun Tomb	Celadon	Mean	3100	130	160	60	130	340	40	290	5340
		S.D.	1060	20	40	60	30	130	10	40	1050
Laohudun Tomb	Celadon	Mean	2970	110	180	70	140	270	40	360	4560
		S.D.	630	50	50	10	20	120	10	50	900
Fengjiashan Kiln site	Celadon	Mean	2900	90	130	50	120	310	40	360	4570
		S.D.	1600	30	40	20	20	150	10	70	1890
Tingziqiao Kiln site	Celadon	Mean	2170	110	160	20	110	370	40	370	4840
		S.D.	570	30	30	30	20	160	10	40	1770

表 5 部分无锡鸿山贵族墓、德清窑址陶瓷样品的物理性能及物相组成

No.	Site	Name	Volume density (%)	Water absorption (%)	Apparent porosity (g/cm^3)	Firing temperature (°C)	Mineral compositions
WQ-3	Qiuchengdun	Celadon	2.01	6.3	13	~1283	α-quartz, a little cristobalite and a certain contents of mullite
WQ-7	Qiuchengdun	Celadon	2.16	2.4	5	~1283	α-quartz, a certain contents of cristobalite and mullite
WQ-24	Wanjiafen	Impressed stoneware	2.18	4.8	10	~1200	α-quartz, little cristobalite and mullite
WQ-36	Laohudun	Celadon	2.07	8.1	17		
WQ-42	Laohudun	Celadon	2.06	8.4	17		
WQ-43	Laohudun	Celadon	2.03	8	16	~1291	α-quartz, a certain contents of cristobalite and mullite
Feng-2	Fengjiashan	Celadon	2.35	1.9	4	~1293	α-quartz, a certain contents of Cristobalite and mullite
Feng-8	Fengjiashan	Celadon	2.15	2.7	6	~1296	α-quartz, a certain contents of cristobalite and mullite
Ting-3	Tingziqiao	Celadon	2.15	2	4	~1217	α-quartz, a little cristobalite and mullite
Ting-5	Tingziqiao	Celadon	1.88	7	13	~1265	α-quartz, a little cristobalite and mullite

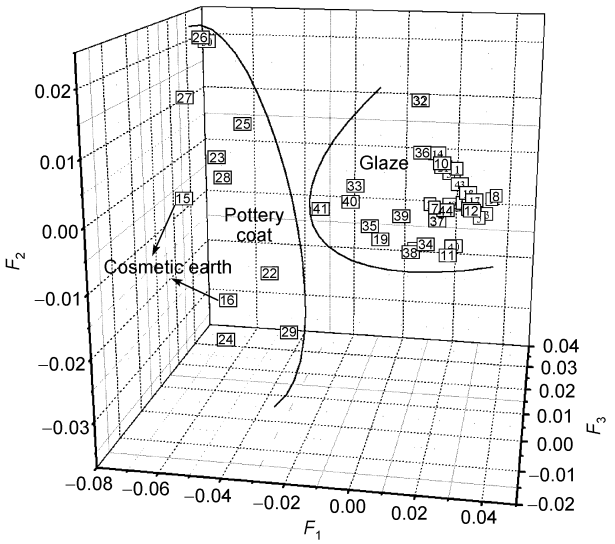
2　多元统计分析

我国古陶瓷的化学组成非常复杂, 若以每一种元素对应一元坐标轴, 任一个陶瓷的胎或釉的元素组成则对应于多维空间中的一个点, 难以用直观的图形方式来描述或比较其组成的异同和变化. 本文采用了多元统计方法进行数据处理. 除了尽可能用最少的几个综合因子 F_1, F_2, F_3 等($F_i = x_1^i A + x_2^i B + \cdots$, A, B, …是元素含量, x_1^i, x_2^i, …是通过相应程序计算得到的正负加权因子)去提取研究对象的绝大部分信息外, 它不仅可反映样品点间的关系, 即邻近样品点具有相似的性质而属同一类, 而且可反映出变量(元素) 和样品间的关系, 即同类型的样品点将被邻近的变量所表征[3]. 图 2 和 3 分别是鸿山越墓



鸿山越墓: 1-17 邱承墩原始青瓷, 18-25 老虎墩原始青瓷, 26-33 万家坟印纹硬陶·德清古窑址: 34-46 冯家山原始青瓷, 47-52 亭子桥原始青瓷

图 2　鸿山越墓以及浙江德清古窑址出土陶瓷样本胎的主次量元素组成因子载荷图



鸿山越墓: 1-14 邱承墩原始青瓷釉, 15-16 邱承墩原始青瓷化妆土, 17-22 老虎墩原始青瓷釉, 23-30 万家坟印纹硬陶陶衣·德清古窑址: 31-39 冯家山原始青瓷釉, 40-45 亭子桥原始青瓷釉

图 3　鸿山越墓以及浙江德清古窑址出土陶瓷样本釉的主次量元素组成因子载荷图

邱承墩、老虎墩、万家坟以及浙江德清冯家山、亭子桥古窑址部分出土样本胎和釉的主次量元素组成因子载荷图.

3　讨论

3.1　鸿山越墓出土陶瓷样本胎釉的元素组成特征

鸿山越墓的邱承墩、老虎墩出土的原始青瓷胎体中 SiO_2 的含量变化范围不大(70%~75%), Al_2O_3 含量在15%~20%之间浮动, SiO_2/Al_2O_3 的平均值为 4.12, 这种高硅低铝的特征同我国南方盛产的瓷石组成相似. 而万家坟出土印纹硬陶胎中的熔剂氧化物含量相对较高, 结合表 1 不难发现万家坟印纹硬陶中熔剂氧化物(K_2O, Na_2O, CaO, MgO, Fe_2O_3)的总和的平均值为 8.82%, 高于邱承墩、老虎墩原始青瓷样品的胎料中熔剂氧化物总和的平均值 6.13%, 并且这种差异的主要贡献是来自于 Fe_2O_3 含量的变化. 从我国陶瓷发展的角度看, 我国南方大部分地区由陶到瓷表现在化学组成上的变化就是由高 SiO_2、低 Al_2O_3 和高熔剂 R_xO_y(主要是 Fe_2O_3)向低 SiO_2、高 Al_2O_3 和低熔剂 R_xO_y(也主要是 Fe_2O_3)的变化[4]. 印纹硬陶是陶器向原始瓷, 甚至是向瓷器过渡的起始阶段, 先民们对原料的选择仍较为随意和处于摸索阶段, 所以所用原料具有多变性, 从图 2 中也可以看出万家坟印纹硬陶的胎料组成的样品点(23~30) 分散性较大, 而所有原始青瓷胎样品点则相对集中, 且 Fe_2O_3 含量明显下降(见表1). 这种从印纹硬陶到原始瓷在原料选择上的变化, 也从一个侧面反映了先民们在制瓷技术上的不断进步和提高. 然而, 与已公认达到了成熟瓷器标准的越窑上虞小仙坛东汉晚期青瓷标本相比, 鸿山越墓原始青瓷所用原料中的 Fe_2O_3, TiO_2 等杂质含量仍较高(~3%) (见表 1), 因而使得胎体仍带灰白或更深的黑色, 而小仙坛青瓷标本由于在原料的选择或处理上的进步, Fe_2O_3 含量只有 1.5 左右%[4].

原始瓷和青瓷的出现在某种意义上替代了青铜器的许多功用, 它克服了陶器表面粗糙、易吸水、易沾污的特点. 从鸿山越墓出土原始青瓷釉的化学组成来看(见表2), 这些青瓷釉里面 CaO 的含量很高(~17%), 明显高于其釉中的一价碱金属氧化物含量, 属于我国典型的高温钙釉类别. 此外, 值得关注的是, 鸿山越墓万家坟出土的印纹硬陶表面发现有一层类似陶衣的薄层, 这在我国以往发现的印纹硬陶中并不多见, 分析表明这层薄衣中的 CaO 含量很低, 约在 1%~4%之间波动, 钾钠含量较高(见表2), 和其

他瓷釉标本在组成上具有明显区别(见图3). 实际上, 在鸿山越墓出土部分青瓷标本的胎釉之间也发现了类似的薄层, 其组成也相似(见表 2 和图 3), 有类似于化妆土的效果, 说明其制作过程中的不惜工本, 这在我国南方的早期青瓷或原始瓷中还是非常罕见的. 目前对于我国瓷釉的起源有多种看法, 比较典型的有: (1) 由陶衣、泥釉演变而来; (2) 受到陶器烧成过程中掉落在器皿上的草木灰形成的玻璃相启发而来, 或者是二者的综合影响等. 从我们对这批青瓷釉标本的微量元素分析结果来看(见表4), 首先这些瓷釉中锰(~3000 μg/g)、磷(~5000 μg/g)的含量比较高, 而一般的高钙矿物中如石灰石等的使用是不会提高瓷釉中的锰、磷的含量. 实际上商周时期一般都使用柴窑, 草木灰量多而易得, 因此原始瓷釉中的高钙成分很有可能是由锰磷含量高的草木灰所引入[5,6]; 此外, 如前所述, 鸿山越墓出土的这类原始青瓷标本的瓷釉组成完全不同于鸿山越墓出土的印纹硬陶陶衣的组成, 不存在承继关系. 因此综合以上 2 点可以推断其瓷釉应属于第 2 种起源发展方式.

瓷器的发明我国同南方盛产的瓷石密切相关, 以瓷石为原料的一元胎配方, 形成了南方早期的石英-云母系瓷的特色. 一般而言, 古代陶瓷生产的主要原料都是就地取材, 在当时以瓷石为一元胎配方的情况下, 陶瓷的化学组成将直接取决于它们所用的原料. 为寻找鸿山越墓原始青瓷的产地来源, 基于地理位置的邻近以及在充分听取了考古学家建议的前提下, 选择了当时陶瓷制作非常发达的浙江德清地区作为主要的产地验证窑址, 德清在春秋时期是吴越二国的交界地, 并曾出土了大批的原始青瓷. 而从图 2 和 3 中不难发现, 鸿山越墓出土原始青瓷的样本组成点与浙江德清冯家山、亭子桥窑址出土青瓷样品点基本混叠, 而且相对集中, 说明其主次量元素组成模式的相似性. 为进一步确认它们相互间的关系, 还分别测试了鸿山越墓出土的原始青瓷以及德清古窑址烧制青瓷的微量元素组成(见表 3 和 4), 由于微量元素的研究除了可对常量元素研究所揭示的信息和规律进行进一步的印证和补充外, 其明显的地域性及不受人为控制等特点, 使得它在古陶瓷产地判别方面的独特作用受到了人们的广泛重视. 由表 3 和 4 可见, 2 处原始瓷标本胎釉中 Mn, Cu, Zn, Rb, Sr, Y, Zr 等多种微量元素含量都在很小的范围内变化, 进一步反映了它们原料的高度相似性. 因此, 综合两地标本胎釉的主次量和微量元素组成特点, 可以推断鸿山越墓出土原始青瓷与浙江德清窑所烧制的原始青瓷标本所用原料一致, 说明这批墓葬出土原始青瓷应来源于浙江德清地区.

3.2　鸿山越墓出土陶瓷器样品的物理性能和物相组成特征

根据对鸿山越墓出土陶瓷样本中具有代表性的部分样本的 X 衍射物相分析以及烧成温度的分析结果, 从表 5 中可以看到, 邱承墩和老虎墩出土青瓷的烧成温度已高达 1290℃, 其物相组成中已经出现了类似瓷器胎体中常见的方石英和莫来石, 这都是作为瓷器或瓷器原始形态胎体物相组成的重要典型特征之一. 从外观上, 邱承墩和老虎墩出土部分原始青瓷样品的胎质较细腻, 造型工整, 做工细致考究, 是同时期青瓷中的上品. 那么这些青瓷是不是公认的实际意义上的瓷器呢? 一般来说, 瓷和陶的差别在于它的胎质坚实致密, 多数为白色或略带灰色调, 断面有玻璃态光泽, 薄层微透光. 在性能上, 具有较高的强度, 气孔率和吸水率都非常小, 在显微结构上则含有较多的玻璃态和一定量的莫来石, 并施有一层具有一定厚度、厚薄较为均匀和附着性较好的玻璃釉. 这些外观、性能和显微结构共同形成了瓷的特征[7]. 而已分析的鸿山越墓出土的青瓷标本, 其体积密度在 2.1 g/cm^3 左右, 吸水率在 2%以上, 气孔率也较高(5%~17%), 说明还没有完全烧结, 不够致密. 这与已公认达到了成熟瓷器标准的越窑上虞小仙坛东汉晚期青瓷标本相比仍有一定差距, 如所测试的部分上虞小仙坛青瓷标本的吸水率<0.5%[7]. 从外观来看, 相对于小仙坛青瓷标本, 鸿山越墓出土的青瓷大都釉层较薄, 并且均匀性较差, 胎和釉的结合度不是很好, 脱落现象较为严重. 此外, 从矿物相来看, 尽管由于烧成温度比较高, 胎体中生成了一定量的莫来石, 但胎体中的玻璃相物质还比较少, 并且通过对鸿山越墓出土青瓷胎釉中间层的电子探针分析, 也没有发现类似于后期越窑青瓷胎釉中间层中常见的钙长石晶体(见图 4 和 5), 这也是它们胎釉结合程度较差导致釉层易于剥落的重要原因之一. 因此, 综合其元素组成特征、物理性能和物相结构等分析结果, 尽管鸿山越墓出土的这批青瓷制作精良, 但仍属于我国原始青瓷的范畴.

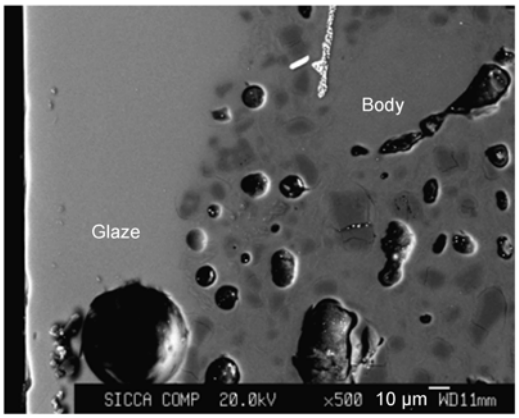


图 4　鸿山越墓青瓷标本胎釉交界显微结构

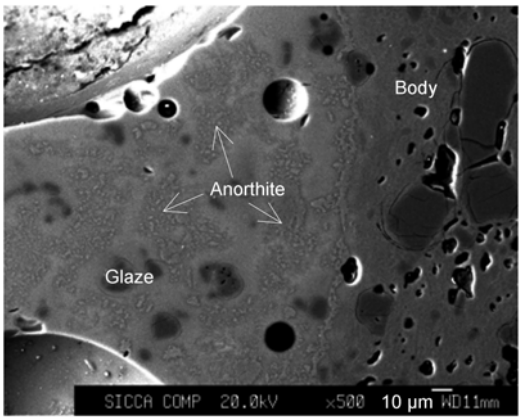


图 5　东汉越窑标本胎釉交界显微结构

4　结论

(1) 鸿山越墓出土原始青瓷胎的元素组成有着典型的南方瓷石高硅低铝的特征, 瓷釉属于高温透明钙灰釉, CaO 含量高(~17%), 符合我国早期原始瓷器所共有的瓷釉特征. 但与已公认达到了成熟瓷器标准的越窑上虞小仙坛东汉晚期青瓷标本相比, 所用胎原料中的 Fe_2O_3, TiO_2 等杂质含量较高(~3%). 此外, 在鸿山越墓出土部分青瓷标本的胎釉之间发现了陶工们特意施加的类似于化妆土的薄层, 说明其制作过程中的不惜工本, 这在我国南方的早期青瓷或原始瓷中还是非常罕见的.

(2) 尽管鸿山越墓出土的这批青瓷造型工整, 做工细致考究, 烧制的温度也较高, 是同时期青瓷中的上品. 但综合其元素组成特征、物理性能和物相结构等分析结果应仍属于我国原始青瓷的范畴.

(3) 依据陶瓷标本的胎釉主次量和微量元素组成特点, 可以推断这批制作精美的鸿山越墓出土原始青瓷与浙江德清古窑址所烧制的原始青瓷标本所用原料一致, 说明这批墓葬出土原始青瓷应来源于浙江德清地区.

参考文献

1　南京博物院, 江苏省考古研究所, 等. 编著. 鸿山越墓发掘报告. 北京: 文物出版社, 2007. 8—9
2　施展. 沉睡数千年一醒惊天下——鸿山遗址的保护和利用. 江南论坛, 2006, 4: 52—54
3　罗宏杰. 中国古陶瓷与多元统计分析. 北京: 中国轻工业出版社, 1997. 22—40
4　李家治. 中国科学科技史・陶瓷卷. 北京: 科学出版社, 1998. 115—126
5　张福康. 中国传统高温釉的起源. 北京: 科学出版社, 1987. 41—46
6　陈尧成, 张筱薇. 夏商周原始瓷和瓷釉起源研究. 见: 2002 古陶瓷科学技术第五届国际讨论会文集. 上海: 上海科学技术出版社, 2002. 32—40
7　李家治. 我国瓷器出现时期的研究. 硅酸盐学报, 1978, 6(3) : 190—198