中国科学 E辑：技术科学 2009 年 第 39 卷 第 6 期：1074 ~ 1080
www.scichina.com tech.scichina.com
《中国科学》杂志社
SCIENCE IN CHINA PRESS

横岭山先秦墓葬群出土陶瓷的系统研究

吴隽[①], 吴军明[①*], 李其江[①], 李家治[②], 罗宏杰[②], 邓泽群[②]

① 景德镇陶瓷学院古陶瓷研究所, 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: 2008-12-15; 接受日期: 2009-03-02
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)和江西省教育厅科学技术研究项目(批准号: GJJ08319)资助

摘要 横岭山先秦墓葬群的发现被评为2000年度中国十大考古新发现, 其出土的大量陶器和原始瓷标本对研究我国广东地区的古代陶瓷发展史具有重要意义. 通过对这些珍贵标本的系统组成、结构和物理性能测试, 采用多元统计等数据处理方法, 揭示了广东地区古代陶瓷发展不同于我国其他南方地区的显著特点, 以及其阶段性的组成模式和独特变化规律, 并探讨了我国瓷釉起源可能存在的不同模式.

关键词
X 荧光分析
陶器
原始瓷
对应分析

广东博罗横岭山墓葬群是在 2000 年由广东省文物考古研究所发掘的, 发掘面积约8500 m^2, 发现墓葬 332 座, 其中先秦时期的墓葬有 302 座, 其数量和规模均超过了广东以往任何一次先秦古墓的发现, 被评为2000年度全国十大考古新发现. 这次发掘取得了重大收获, 遗物非常丰富, 除了铜器和玉石器等外, 还有大量的陶器和原始瓷. 同新石器时代相比, 这一时期陶器烧制的主要变化之一就是陶器烧制已逐渐成为一种专门的手工业, 从农业和其他手工业中分离出来, 而成为独立的生产部门. 这对研究古代东江流域的科技文化发展尤其是广东陶瓷发展史具有重要的意义. 在广东省考古研究所的协助和支持下, 我们对此次墓葬出土的不同时期的陶器、原始瓷器标本进行了初步的选样, 并采集了相关土样, 开展了一系列的测试分析工作, 包括样品的化学组成、物相组成、显微结构、热性能、密度以及硬度等. 通过和我们以往相关研究结果的对比和分析, 得到了一些有意义的研究成果.

1 实验

1.1 化学组成分析

选择了无损能量色散X荧光(EDXRF)测试技术进行元素组成分析测试, 结果见表 1~3.

1.2 物相组成和物理性能测试

为多方位了解样品原料、成型和烧制工艺等方面的信息, 对部分横岭山墓葬出土样品分别进行了X衍射、烧成温度等分析和测试, 结果见表 4.

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. 任何一个陶瓷胎或釉的元素组成则对应于多维空间中的一个点, 难以用直观的图形来描述或比较其组成的异同和变化. 本文采用了对应分析方法进行数据处理. 除了用尽可能少的几个综合因子 F_1, F_2, F_3 等($F_i=x_1^iA+x_2^iB+\cdots$, $A, B, \cdots$ 是元素含量; x_1^i, $x_2^i, \cdots$ 是通过相应程序计算得到的正负

表 1 广东博罗横岭山墓地出土陶器样品胎的主次量化学组成(wt%)

编号 a)	期别 b)	名称	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	R_xO_y/Al_2O_3 c)	SiO_2/Al_2O_3
h1	一期	灰陶	0.27	1.02	44.04	43.02	0.05	0.12	1.32	9.27	0.25	1.66
h2	一期	灰陶	0.42	0.53	31.06	59.02	4.98	0.09	0.30	2.27	0.30	3.23
h3	一期	灰陶	0.35	0.90	35.10	56.60	2.53	0.10	0.69	2.31	0.23	2.74
h4	一期	红陶	0.41	0.49	28.27	64.32	2.70	0.14	0.51	3.03	0.27	3.87
h5	一期	红陶	0.86	1.69	44.53	38.48	0.10	0.20	1.45	10.90	0.34	1.47
h6	二期	灰陶	0.44	1.35	31.54	60.23	0.66	0.24	0.63	4.39	0.28	3.25
h7	二期	灰陶	0.21	0.78	32.27	57.13	0.84	0.10	0.68	6.12	0.25	3.01
h8	二期	灰陶	0.73	0.94	30.22	58.47	2.42	0.23	0.69	5.04	0.36	3.29
h9	二期	灰陶	0.21	0.77	30.48	58.21	1.30	0.11	0.69	6.95	0.30	3.25
h10	二期	灰陶	0.21	0.70	29.62	62.21	1.13	0.11	0.97	3.39	0.23	3.57
h11	二期	灰陶	0.22	0.41	32.16	60.02	0.88	0.15	0.84	4.22	0.20	3.17
h12	三期	灰陶	0.65	0.85	42.66	50.34	0.07	0.14	1.21	4.59	0.19	2.01
h13	三期	灰陶	0.21	0.02	28.89	60.81	3.54	0.24	0.56	4.06	0.28	3.58
h14	三期	灰陶	0.46	0.86	29.76	55.78	1.82	0.37	0.59	8.15	0.39	3.19
h15	三期	褐陶	0.63	0.86	24.54	64.22	2.00	0.42	0.59	5.35	0.42	4.45
h16	三期	硬陶	0.21	0.37	28.01	61.01	1.37	0.09	0.64	6.90	0.29	3.70
h17	三期	硬陶	0.20	0.88	24.24	67.22	1.79	0.07	0.57	3.71	0.32	4.71
h18	三期	灰陶	0.20	1.02	29.57	60.11	1.80	0.28	0.71	4.65	0.31	3.46
h19	三期	硬陶	0.21	0.51	29.89	57.22	0.85	0.11	0.78	8.97	0.32	3.25
h20	三期	硬陶	0.20	0.71	27.85	62.31	1.71	0.16	0.77	4.49	0.29	3.80
h27	四期	硬陶	0.44	0.64	29.99	60.76	1.30	0.16	0.71	4.74	0.27	3.44
h29	四期	橙陶	0.20	1.01	37.45	52.29	0.28	0.21	0.83	6.24	0.23	2.37
h30	四期	硬陶	0.20	0.83	26.34	60.13	1.40	0.10	0.57	8.66	0.39	3.88
h31	四期	硬陶	0.20	0.43	22.24	68.30	1.49	0.11	0.64	5.25	0.33	5.22
h32	四期	硬陶	0.34	0.67	25.34	65.83	1.84	0.23	0.62	3.69	0.31	4.42
h33	四期	硬陶	0.29	0.82	28.15	62.24	1.97	0.12	0.73	4.07	0.30	3.76
h34	四期	硬陶	0.21	0.53	24.32	64.35	1.64	0.15	0.65	7.40	0.38	4.50
h35	四期	硬陶	0.36	0.63	20.25	71.38	1.64	0.12	0.49	3.73	0.36	5.99
h36	四期	硬陶	0.20	0.68	28.58	62.91	1.62	0.24	0.69	3.81	0.27	3.74
h43	不详	釉陶	0.22	0.75	24.67	66.67	0.28	0.15	1.19	4.67	0.30	4.59

a) h1~h43, 广东博罗横岭山墓葬群出土陶器及原始瓷样品; b) 一期为商周之际、二期为西周早期、三期为西周中晚期、四期为春秋时期; c) R_xO_y/Al_2O_3 和 SiO_2/Al_2O_3 均为摩尔数比.

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[1]. 图 1~3 分别为不同标本的化学组成对应分析图.

3 讨论

(1) 横岭山墓葬群出土陶器的化学组成同我国其他地区相比, 具有明显的域性特征. 其组成不仅变化范围大, 而且也非常罕见, 一个明显特征是胎中的铝含量高, 尤其是第一期和第二期的陶器样品. 从表 1 可以看到其 Al_2O_3 大多在 30%以上, 少数样品(h1, h2)甚至达到了 40%以上. 可以推断其所用原料既不是制陶所常见的一般粘土也不同于一般的铝矾土. 一方面普通制陶粘土没有这么高的铝含量, 同时其高铁含量也说明其并非古陶瓷制作中所常用的一般含

表 2　横岭山、梅花墩、饶平和屋背岭出土原始瓷胎及土样的主次量化学组成(wt%)

编号 a)	来源	名称	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	SiO_2/Al_2O_3
h21	横岭山	原始瓷	0.37	0.49	26.11	67.12	0.76	0.06	1.05	2.62	4.37
h22	横岭山	原始瓷	0.30	0.72	31.02	62.47	1.18	0.08	0.69	2.28	3.42
h23	横岭山	原始瓷	0.30	0.65	40.48	52.32	1.02	0.04	0.83	2.89	2.20
h24	横岭山	原始瓷	0.37	0.53	27.31	64.95	1.66	0.24	0.77	2.99	4.04
h25	横岭山	原始瓷	0.21	0.61	24.65	67.98	1.85	0.16	0.70	2.79	4.69
h26	横岭山	原始瓷	0.21	0.43	24.79	68.06	1.05	0.08	0.77	3.12	4.67
h37	横岭山	原始瓷	0.30	0.45	23.69	69.09	2.76	0.04	0.70	1.77	4.96
h38	横岭山	原始瓷	0.45	0.55	28.50	64.36	1.28	0.14	0.83	2.69	3.84
h39	横岭山	原始瓷	0.20	0.54	21.76	70.56	2.66	0.06	0.72	1.95	5.51
h40	横岭山	原始瓷	0.22	0.99	26.74	65.66	2.41	0.13	0.89	1.86	4.17
h41	横岭山	原始瓷	0.37	0.57	23.85	67.07	2.52	0.23	0.55	3.37	4.78
h42	横岭山	原始瓷	0.20	0.37	23.16	70.07	1.64	0.11	0.73	2.59	5.14
m1	梅花墩	原始瓷	0.56	0.34	29.20	61.77	3.05	1.35	1.45	1.28	3.60
m2	梅花墩	原始瓷	0.52	0.47	24.53	70.10	1.83	0.15	0.60	2.17	4.86
m3	梅花墩	原始瓷	0.71	0.62	24.35	68.03	2.56	0.12	0.67	1.89	4.75
r1	饶平	原始瓷	0.29	0.55	29.90	63.52	1.91	0.17	0.56	1.87	3.61
r2	饶平	原始瓷	0.23	0.54	25.41	65.23	1.39	1.13	1.13	3.28	4.36
r3	饶平	原始瓷	0.17	0.37	26.39	66.47	0.76	0.29	1.45	3.05	4.28
w1	屋背岭	原始瓷	1.11	0.73	18.88	73.17	2.52	0.46	0.55	2.15	6.59
w2	屋背岭	原始瓷	0.61	0.6	19.56	72.95	2.13	0.34	0.67	2.46	6.34
w3	屋背岭	原始瓷	0.64	0.83	17.27	74.78	2.53	0.5	0.5	2.45	7.36
土样 1	梅花墩	土样	0.52	1.97	23.64	68.49	2.07	0.36	0.44	1.39	4.93
土样 2	梅花墩	土样	0.67	0.43	30.98	61.21	1.31	0.13	0.43	3.57	3.36
土样 3	梅花墩	土样	0.52	0.81	28.71	63.39	2.13	0.22	0.56	2.71	3.75

a): m1~m3 为博罗梅花墩窑址原始瓷样品, r1~r3 为饶平浮滨类型原始瓷样品, w1~w3 为深圳屋背岭出土原始瓷样品, 土样 1 为博罗梅花墩窑址附近采集土样, 土样 2 为博罗梅花墩窑址文化层土样, 土样 3 为博罗梅花墩窑址窑墙红烧土.

表 3　横岭山、梅花墩及饶平出土原始瓷釉的主次量化学组成(wt%)

编号	来源	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO_2	Fe_2O_3	R_xO_y/Al_2O_3	SiO_2/Al_2O_3
h21-g	横岭山	0.53	3.18	15.41	63.94	2.28	11.23	0.48	1.73	2.18	7.05
h24-g	横岭山	0.50	3.42	13.82	59.80	3.06	17.18	0.35	1.73	3.31	7.36
h25-g	横岭山	0.55	2.76	14.91	67.17	2.48	6.97	0.55	3.54	1.76	7.66
h26-g	横岭山	0.54	2.65	13.82	64.62	2.02	12.99	0.35	1.70	2.54	7.95
h37-g	横岭山	0.55	3.24	13.05	62.19	3.96	14.63	0.32	1.24	3.17	8.10
h38-g	横岭山	0.59	3.74	12.92	65.83	2.14	11.27	0.32	1.93	2.71	8.67
h39-g	横岭山	0.52	1.78	17.01	64.10	3.47	9.79	0.40	1.70	1.68	6.41
h42-g	横岭山	0.75	0.30	20.91	63.63	2.64	4.43	0.72	5.66	0.83	5.17
m1-g	梅花墩	0.70	3.98	14.22	61.33	2.42	14.19	0.32	1.84	2.91	7.33
m2-g	梅花墩	0.69	2.14	16.15	65.72	3.66	8.41	0.43	1.79	1.71	6.92
m3-g	梅花墩	0.50	2.67	18.19	63.92	3.63	7.58	0.46	1.90	1.49	5.97
r1-g	饶平	0.36	1.28	16.94	62.97	2.55	6.42	0.97	6.64	1.40	6.32
r2-g	饶平	0.91	1.41	19.94	61.88	3.65	5.06	0.93	5.14	1.14	5.28
r3-g	饶平	0.59	1.37	18.06	62.37	3.11	5.77	0.92	5.69	1.28	5.87

表 4 广东博罗横岭山墓葬出土部分陶瓷器样品的烧成温度及物相组成特征

编号	期别	名称	烧成温度/℃	物相组成特征
h1	一期	灰陶	--	红色的粘土基质, 较多的α-石英, 少量α-赤铁矿, 石英颗粒棱角较为明显
h3	一期	灰陶	~860	粘土基质呈灰色, 两侧的颜色发黄, 石英分布较少, 且颗粒较大. 基质中黄褐色的线状云母较多, 局部出现五彩色斑
h5	一期	红陶	~870	红色的粘土基质, 较多的α-石英, 少量α-赤铁矿, 石英颗粒棱角较为明显
h8	二期	灰陶	--	粘土基质呈青灰, 较多的α-石英, 少量α-赤铁矿, 少量莫来石, 石英颗粒棱角较为圆钝
h10	二期	灰陶	~1140	粘土基质呈乳白色, 较多的α-石英, α-赤铁矿, 少量莫来石, 石英颗粒棱角比较圆钝
h11	二期	灰陶	~1190	粘土基质呈灰白, 石英颗粒较小, α-赤铁矿, 一定量的莫来石, β-方石英
h12	三期	灰陶	--	粘土基质呈灰白色, 较多的α-石英, 莫来石, α-赤铁矿, β-方石英含量较少
h19	三期	硬陶	~1210	粘土基质呈青灰, 较多的α-石英, α-赤铁矿, 莫来石, β-方石英
h22	三期	原始瓷	~1220	粘土基质呈青灰色, 小的石英颗粒分布较多. 一定量的莫来石, α-赤铁矿, β-方石英
h27	四期	硬陶	--	粘土基质呈青灰色, 两侧呈橘黄色, 较多的α-石英, 一定量的莫来石, α-赤铁, β-方石英
h35	四期	硬陶	~1250	粘土基质灰中带黄, 石英颗粒较多, 偏小. 莫来石含量较多, β-方石英含量较多, 少量玻璃非晶的物质
h40	四期	原始瓷	~1270	较多的α-石英, 一定量的莫来石, β-方石英少量玻璃非晶的物质
h42	不详	原始瓷	--	较多的α-石英, 一定量的莫来石, β-方石英含量较多

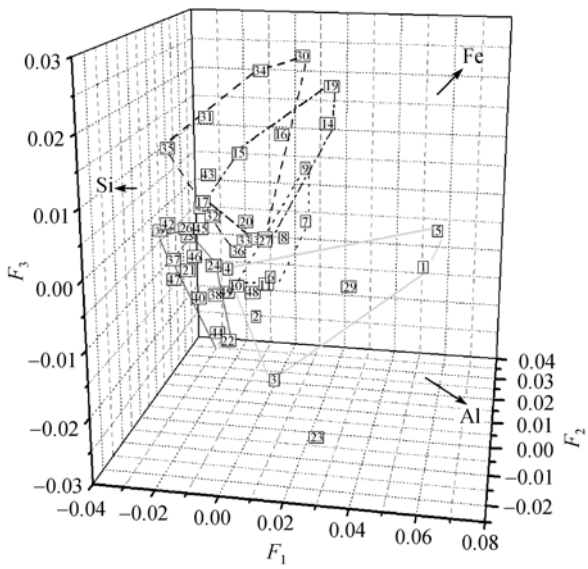

图 1 横岭山和饶平浮滨出土陶器、原始瓷和梅花墩土样的主次量化学组成对应分析图

图中编号 1~43 为博罗横岭山墓地出土样品, 其中 1~5 为一期的陶器样品, 6~11 为二期的陶器样品, 12~20 为三期的陶器样品, 21~26 为三期的原始瓷样品, 27~36 为四期的陶器样品, 37~40 为四期的原始瓷样品, 41~42 浮滨类型原始瓷的样品, 43 为浮滨类型的釉陶器样品, 44~46 为广东饶平浮滨类型的原始瓷样品, 47~49 为梅花墩土壤样品

高铝但铁含量不高的铝矾土, 依据现有的资料来看, 用的很可能是一种含高铝的铝石型粘土. 进一步根据样品化学组成的胎式(即氧化物组成的分子摩尔比), 可以发现表 1 中博罗横岭山墓地出土陶器样品的 R_xO_y/Al_2O_3 约为 0.2~0.4, SiO_2/Al_2O_3 主要在 2~4 之间. 而我国其他各地古陶器胎中的 Al_2O_3 含量基本上在 20%左右, 胎式也和博罗横岭山墓地出土陶器样品有明显差异, 见表 5[2].

(2) 横岭山墓葬群出土的各期陶器在化学组成模式上具有明显的演变规律. 从图 1 我们可以看到, 除了个别的如 h23 和 h29 样品外, 一个显著特点就是各期陶器的组成范围逐渐向左上方(即远离 Al_2O_3 变量点的方向)偏移. 按对应分析法则, 即意味着从第一期到第四期, 陶器样品中的 Al_2O_3 含量逐渐减少. 由表 1 经过计算可知其胎中的 SiO_2/Al_2O_3 均值从第一期至第四期依次递增为 2.594→3.26→3.77→4.15. 由于陶器的烧制温度比较低, 陶胎中过高的铝将不利于胎体的烧结, 而在制陶初期, 古代陶工多为就地取土, 经验不足, 原料选择的随意性较强, 相应地我们可以看到其组成的变化范围也较大, 随着人们对所用陶器原料的逐步认识, 陶工们对制陶原料的选择

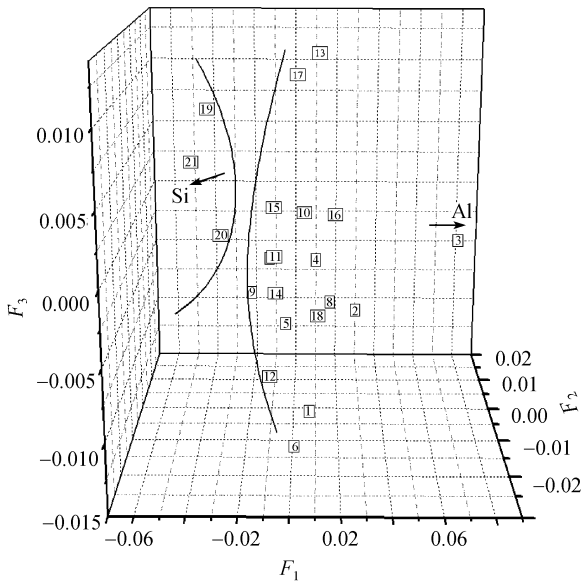

图 2　广东横岭山墓地、梅花墩、饶平和屋背岭出土原始瓷样品胎的化学组成对应分析图

图中编号 1~12 为横岭山原始瓷样品, 13~15 为梅花墩原始瓷样品, 16~18 为饶平原始瓷样品, 19~21 为屋背岭原始瓷样品

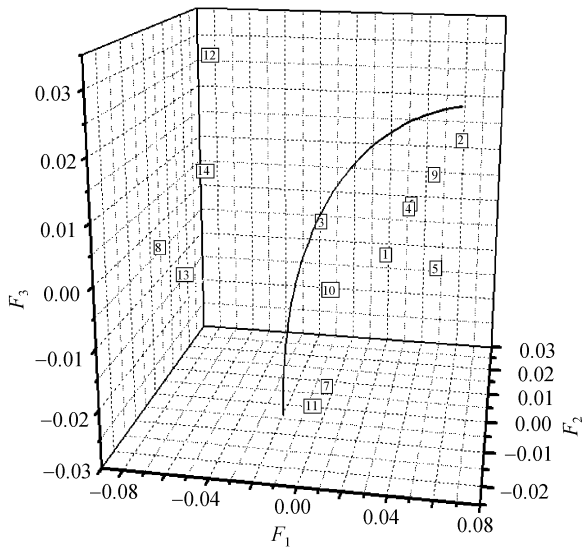

图 3　广东横岭山墓地、梅花墩和饶平出土原始瓷样品釉的化学组成对应分析图

图中编号 1~7 为横岭山原始瓷一类样品, 8 为横岭山原始瓷二类样品, 9~11 为梅花墩原始瓷样品, 12~14 为饶平原始瓷样品

开始有了比较明显的倾向性(更有利于制品的成型和烧制), 因此体现在图 1 中就出现了按时间序列博罗横岭山墓地出土的陶器的主次量化学组成范围逐渐向左上方(Al_2O_3 含量逐渐减少)偏移的现象.

(3) 横岭山墓葬群出土原始瓷样品胎的化学组成特点. 在横岭山的第三和第四期墓葬中, 考古专家们发现了原始瓷器样品, 根据其胎的组成分析结果来看, 一方面, 同博罗横岭山墓地出土的其他陶器相比, 这些原始瓷胎组成点的分布要稳定和集中的多, 见图 1. 除了极个别样本(横岭山 23 号)外, 无论是 3 期还是 4 期的原始瓷器样本都集中在一个较小的范围内. 其中, 有别于陶器样品的一个显著特点就是铁含量低, 见表 1 和 2. 在当时古代陶工们还无法意识到或者说还没有掌握有效的除铁方法的前提下, 这种差异以及我们所看到的这种原始瓷器样本组成的稳定性都说明了这类原始瓷样品的原料选择已有别于其它的陶器制品. 也就是说根据经验, 在可供选择的前提下, 陶工们已有意识的选择了一些含铁量低的原料, 这是原始瓷烧制成功的一个标志性的变化, 因此烧制后的胎质外观上也比较白. 另一方面, 尽管同横岭山墓葬群出土的其他陶器, 尤其是早期陶器相比, 这批原始瓷胎中的铝含量已明显降低, 但同我国其他地区所发现的原始瓷样品相比, 这批原始瓷的一个显著特点也还是胎中铝含量偏高(均值为 26.84%)硅含量低(70%以下), 实际上我们已分析过的山西、河南、河北、江西、浙江以及陕西省等地区的原始瓷样品胎中的Al_2O_3 含量一般在 15%左右, SiO_2 含量在 70%~80%之间[2], 这种组成上的明显差异说明这批原始瓷器样品来自这些地区的可能性不大. 此外, 由表 2 及广东博罗横岭山、梅花墩、饶平以及深圳屋背岭出土原始瓷器胎的元素组成对应分析图2, 我们可以发现, 深圳屋背岭样品同广东博罗横岭山、梅花墩、饶平的原始瓷样品胎组成的差异性较大, 其硅铝比(6~7)明显高于广东博罗横岭山、梅花墩、饶平等地样品(3~5), 在图 2 中自成一类. 实际上

表 5　我国各地陶器和原始瓷中的 R_xO_y/Al_2O_3 和 SiO_2/Al_2O_3 比值范围

名称	时代	出土地点	R_xO_y/Al_2O_3	SiO_2/Al_2O_3
陶器	夏、商、周	河南郑州、安阳等	一般在 0.5~0.9	一般在 6~9
陶器	夏、商	山西垣曲、侯马等	一般在 0.5~1.3	一般在 7~9
陶器	商、周	江西鹰潭、清江等	一般在 0.5~0.7	一般在 5~11
陶器	周、春秋	浙江江山、绍兴	一般在 0.4~0.7	一般在 4-10

其胎的组成更接近于我国南方其他省区的原始瓷样品, 因此可以推测深圳屋背岭的原始瓷样本同广东博罗横岭山、梅花墩或饶平的原始瓷样品不属于同一个产地.

(4) 博罗横岭山墓地出土原始瓷器样品釉的化学组成特征. 由于釉层的剥落问题, 只对部分原始瓷样品的釉进行了组成分析. 从这批已测的原始瓷样品釉的主次量元素组成来看(见表 3), 博罗横岭山墓地出土的原始瓷样品和我国江西、浙江等其他地区出土的大部分原始瓷样品釉的组成相似. 可以分为两种类型, 其中第一类为绝大部分, 即以 Ca, K, Mg 等为主要熔剂元素的青釉原始瓷; 而第二类则是个别的所谓浮滨类型样品, 即以 Fe 和 Ca 等为主要熔剂元素的黑青色釉原始瓷. 如 h42 其 CaO 含量仅为约 4.43, 但 Fe_2O_3 含量达到了 5%以上, 也正是由于高铁的着色作用, 所以釉呈黑青色. 从图 3 的原始瓷釉的化学组成对应分析因子载荷图来看, 横岭山墓地出土的第一类也就是大多数的原始瓷器样品点和广东梅花墩原始瓷器样品聚集在一起, 说明其组成的类似性. 实际上, 横岭山和梅花墩在地理位置上也非常接近(直线距离约20 km), 因此梅花墩窑址应是这些原始瓷的产地之一. 而由图 3 可见, 第二类即个别的所谓浮滨类型样品则和广东饶平的浮滨类型原始瓷器样品聚集在一起, 和梅花墩窑址出土的原始瓷有相当的差异性, 实际上在梅花墩窑址也没有找到类似的黑青釉色的原始瓷样品, 但同广东饶平地区大量出土的黑青色釉原始瓷样品不仅在釉色上, 而且在釉的组成上也一致, 说明这二者应属于同一类型产品. 因此这类样品在饶平烧制的可能性较大.

(5) 横岭山墓葬群出土的各期陶瓷器样品的烧制技术和物相组成特征. 根据对横岭山墓葬出土的不同考古分期样品中具有代表性样品进行X衍射、烧成温度等分析, 我们可以看到横岭山墓葬群出土的这四个阶段样品, 和我国其他地区一样, 当地的古代陶工们在窑炉的改进和烧成温度的提高方面同样获得了重大的技术突破. 从表 4 可以看到, 第一期所测的两个横岭山墓地出土样品的烧成温度都较低, 低于900℃, 其相应的物相组成大都为一些原始矿物形态, 如各色粘土基质、云母残骸、棱角分明的α-石英等(如 h3, h5). 至第 2 期, 随着烧制技术有了比较大的飞跃, 可以肯定为有窑烧成, 印纹硬陶开始出现, 部分样品的烧成温度已接近 1200℃(h11), 通过观察胎体中的石英相已经产生了融蚀边, 并且出现了莫来石晶体, 少数样品中还发现了一定数量的方石英晶体. 而特别到了第三、四期以后部分印纹硬陶和原始瓷样品的烧成温度已达到了约1250℃, 在这些样品中我们不仅发现了较多的莫来石、方石英晶体而且产生了一定数量的玻璃相, 这都是有别于普通陶器胎体而作为瓷器或瓷器原始形态胎体的典型特征之一, 因此烧成温度的改进为该地区陶器的发展和原始瓷的出现提供了必要的技术支持.

(6) 原始瓷起源的初步探索. 随着制陶技术的不断成熟和提高, 尤其是印纹硬陶的出现和烧制, 古代陶工们无论是对高温技术的掌握(同期的印纹硬陶样品的烧制温度已达 1200℃以上)还是对陶瓷原料的逐步认识和选择处理(如相对早期陶器样品胎体中铝、铁含量的降低)以至配方的改变, 都为原始瓷的烧制提供了可能性[3]. 实际上原始瓷的出现在某种意义上替代了青铜器的许多功用, 由于瓷釉的不透水性, 赋予了原始瓷一种以前陶器所不能胜任的饮器功用. 因此瓷釉的出现在陶瓷发展史上是一次重要的技术突破和飞跃. 要探讨原始瓷的起源, 瓷釉的起源研究是关键. 我们认为瓷釉的起源具有多元性, 如比较典型的看法有: 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了玻璃相的启发而来, 或者是二者的综合影响等[4,5]. 应该说原始瓷的具体起源方式同当地的自然资源(制陶原料和燃料等)密切相关. 从我们对横岭山墓葬、梅花墩窑址以及饶平浮滨类型原始瓷器样品的微量元素分析结果来看, 我们发现横岭山出土的第一类型以及梅花墩出土的原始瓷(青色釉)瓷釉中锰、磷的含量比较高(几千μg/g), 而一般高钙矿物如石灰石等的使用不会提高瓷釉中的锰、磷含量(一般为几百μg/g). 实际上在基本都用柴烧窑的我国南方, 草木灰量多而且易得, 因此样品釉中的高钙则很可能是由含高锰、磷的草木灰所引入[6,7]. 而饶平和横岭山墓地出土的第二类型即所谓浮滨类型的原始瓷, 尽管釉中仍含有相当浓度的钙含量, 但最主要的熔剂元素则是铁. 而且

瓷釉中磷含量, 尤其是锰含量也远远低于横岭山出土的第一类型以及梅花墩出土的原始瓷, 因此这部分的钙含量以草木灰形式引入的可能性不大, 这种高铁的瓷釉则可能是由于古代陶工在长期使用当地存在的富铁粘土作为陶衣、泥釉演变而来.

4 结论

(1) 广东横岭山墓地出土陶器的化学组成模式同我国南方其它地区的陶器差异较大, 具有明显的区域性特征, 其氧化物组成的分子摩尔比 R_xO_y/Al_2O_3 和 SiO_2/Al_2O_3 远低于当时我国南方地区的陶器.

(2) 通过对这批陶瓷标本比较系统的研究分析, 使我们对广东古陶瓷科技发展史有了进一步的认识. 一方面, 同我国南方其他地区相比, 既存在共性; 另一方面, 广东陶瓷的发展又存在自己独特的规律性, 一个最明显的特征就是由陶到瓷的演变发展不同于其他地区的主要是以胎中 SiO_2 含量逐渐增多, 而作为助熔剂的 Fe_2O_3, CaO, MgO 等含量则逐渐减少, Al_2O_3 含量则变化不大等为主要特点, 而这批广东横岭山墓地出土陶瓷样品组成中变化最大的恰恰是 Al_2O_3 含量的逐步降低, 这也是我国南方其他地区所未曾发现的现象.

(3) 随着对陶瓷原料的逐步认识和选择处理, 尤其是对高温技术的逐步掌握, 该批标本的物相组成由初期陶器样品中大量的原始矿物, 至第三、四期出现的原始瓷器样品中较多的莫来石、方石英晶体和一定数量的玻璃相, 而逐步具备了瓷器或瓷器原始形态的典型特征, 因此对陶瓷原料的逐步认识和选择处理, 尤其是烧成温度的改进为该地区陶器的发展和原始瓷的出现提供了必要的技术支持.

(4) 原始瓷的出现, 既是自身工艺技术发展, 同时也和当地的资源环境密切相关. 瓷釉的起源具有多元性, 如在广东博罗梅花墩地区, 瓷釉的形成可能是陶工受到陶瓷烧成过程中掉落在器皿上的草木灰形成了玻璃相的启发, 从而通过引入方便易得的草木灰而形成了釉中以 Ca, K 以及 Mg 为主要助熔剂的所谓灰釉. 而饶平浮滨类型原始瓷的形成则可能由于古代陶工在长期使用当地存在的富铁粘土作为陶衣、泥釉的基础上, 在一定的高温下形成了一层玻璃相, 成为黑瓷釉(或称为铁釉)的雏形.

参考文献

1 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
2 李家治. 中国科学技术史-陶瓷卷. 北京: 科学出版社, 1998
3 中国硅酸盐学会, 主编. 中国古陶瓷论文集. 北京: 文物出版社, 1982
4 李家治, 陈显求, 张福康, 等. 中国古代陶瓷科学技术成就. 上海: 上海科学技术出版, 1985
5 中国硅酸盐学会, 主编. 中国陶瓷史. 北京: 文物出版社, 1997
6 中国科学院上海硅酸盐研究所, 编. 中国古陶瓷研究——中国传统高温釉的起源. 北京: 科学出版社, 1987
7 陈尧成, 张筱薇. 夏商原始瓷和瓷釉起源研究. 见: 郭景坤, 主编. 2002古陶瓷科学技术国际讨论会论文集. 上海: 上海科学技术文献出版社, 2002