

文章编号: 1007-4627(2005)01-0142-03

历代洪州窑古瓷的元素组成特征的中子活化分析研究*

冯向前¹, 冯松林¹, 张文江², 樊昌生², 权奎山³

(1 中国科学院高能物理研究所, 中国科学院核分析技术重点实验室, 北京 100039;

2 江西省文物考古研究所, 江西 南昌 330008;

3 北京大学考古文博学院, 北京 100871)

摘 要: 对江西洪州窑从东汉晚期至晚唐五代 8 期 400 个瓷胎样品进行了中子活化分析, 分析结果显示碱金属元素 Na 和 Rb、碱土金属元素 Ba 及 Fe 等作为胎的助熔剂元素随年代的变化趋势相似, 都呈现出两头高中间低的 U 字形变化规律, 其中 Fe 作为呈色元素, 其含量的高低与瓷胎颜色的深浅是一致的. 分析结果还揭示洪州窑的发展与衰落以及窑址的不断变迁可能都与制瓷原料的发现与消耗有关. 对分析数据进行主成分分析, 可以将不同时期烧制的瓷胎样品大致分为 5 组: (1) 东汉晚期东吴时期; (2) 两晋和南朝时期; (3) 隋代; (4) 初唐和盛唐时期; (5) 晚唐五代时期.

关键词: 核分析技术; 洪州窑古瓷; 元素特征

中图分类号: TL99 **文献标识码:** A

1 引言

江西洪州窑是唐代六大青瓷名窑之一, 它以丰富的器型、多样的装饰技法、生动的纹饰和创新的工艺技术在中国陶瓷史上占有重要的地位^[1]. 考古学家根据层位学和器物类型学将出土的瓷片分为东汉晚期东吴时期、西晋、东晋、南朝、隋朝、初唐、盛唐和晚唐五代共 8 期^[2, 3]. 对历代洪州窑古瓷的化学成分进行研究, 有助于人们了解洪州窑的选料和制作工艺及其兴衰发展史. 核分析技术已经被广泛应用到古陶瓷的成分分析研究中^[4-7], 中子活化分析技术(NAA)具有分析灵敏度高、准确度高、精确度好和需样量少等优点, 因此非常适合于考古文物的成分分析.

本文收集洪州窑不同历史时期的瓷片 400 件(每期 50 件), 用 NAA 对其元素含量进行了分析, 并对分析数据进行了多元统计分析, 旨在探讨洪州窑制瓷原料随年代的变化情况及其与洪州窑兴衰发展之间的关系.

2 实验

用石英砂砂轮从每件瓷片上切下一小块, 磨去

釉层及表面受侵蚀的部分后, 用超纯水在超声波清洗器中清洗 3 遍, 取出在烘箱中烘干. 用玛瑙研钵研磨成粉末(经试验, 能全部过 200 目筛), 105 °C 下烘烤 8 h, 保存在干燥器中.

称约 30 mg 样品, 用 99.999% 铝箔包好, 连同混标和质控物质(岩石标准物质 GBW07103, GBW07104 和土壤标准物质 GBW07406, GBW07408)一起送进原子能研究院的 101 型重水反应堆中, 在中子注量率为 $6 \times 10^{13} / (\text{cm}^2/\text{s})$ 下照射 8 h, 冷却 5—7 d 进行第一轮测量, 冷却 18—20 d 后进行第二轮测量. 质控物质的分析结果表明, Ba, Ce, Co, Cs, Eu, Fe, Hf, La, Lu, Nd, Rb, Sc, Sm, Ta, Tb, Th, U 和 Yb 等 19 个元素的结果令人满意. 限于篇幅, 分析结果未予列出.

3 结果与讨论

图 1 列出了元素 Na, Rb, Ba 和 Fe 的平均值随年代的变化曲线. 从中可以看出元素 Ba, Na 和 Rb 的变化规律大致相似, 都是第 1 期较高, 2, 3 和 4 期保持在低水平, 从第 5 期开始升高, 第 6, 7 期保持较高水平, 第 8 期又开始回落. 碱金属元素和碱

收稿日期: 2004 - 08 - 31; 修改日期: 2004 - 10 - 25

* 基金项目: 中国科学院知识创新工程重点方向基金资助项目(KJ CX-No4); 国家自然科学基金资助项目(10075060)

作者简介: 冯向前(1973-), 男(汉族), 湖北武穴人, 博士后, 从事核分析技术在古陶瓷研究的应用;

E-mail: fengxq@ihep.ac.cn.

土金属元素的氧化物一般作为助熔剂使用。东汉晚期是洪州窑的创烧时期，制瓷工艺尚处于起步摸索阶段，因窑炉构造不太合理，达不到正常烧结所需温度，所以窑工就借助增加助熔剂的比重来降低烧结温度。在随后的两晋南北朝时期，由于窑炉的改进和烧成温度的提高，已经不用过于依赖大量的助熔剂了，因此助熔剂元素的含量大幅度的下降。

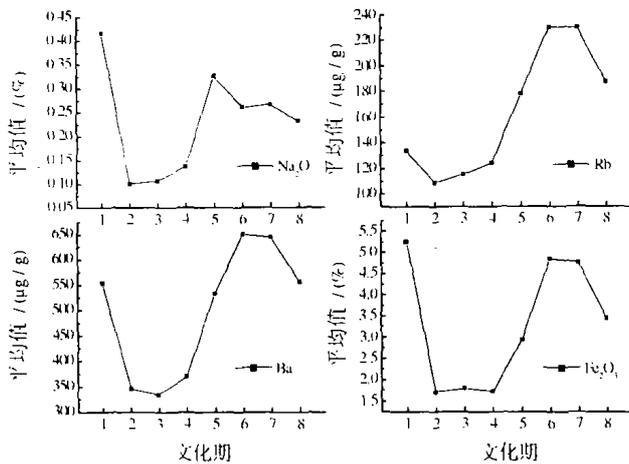


图 1 Na₂O, Rb, Ba 和 Fe₂O₃ 的平均值随时代的变化曲线

Fe 的变化规律与助熔剂元素类似，也呈现出两头高中间低的特点。Fe 不仅是一种助熔剂元素，更是一种主要的呈色元素。它在陶瓷中的作用是使胎色深而黑，使釉色变黄且褐。对比洪州窑各个时期瓷胎中 Fe 含量的变化与各时期胎色的变化可以发现，二者是一致的。

分析结果显示没有一个元素的含量是随年代的发展而单调升高或单调降低的，并且由于样品个体差异较大，使得不同时代的样品中许多元素的含量屡有交叉，因此很难找出某个元素作为指纹特征来区分不同时代的瓷器。考虑到有些元素在同一期的样品中变化不大，而在不同期的样品中有明显的差异，如 Ba, Co, Fe, Th, U, Rb 和 Na 等，选定这些元素作为变量，用主成分分析对洪州窑的样品进行分类，统计分析结果如图 2 所示。

从图 2 中可以看出，洪州窑的瓷器大体上可以分为 5 组，分述如下：

第一组是东汉晚期东吴时期。这时期是洪州窑青瓷的初创时期，无论是器物的外观还是胎的化学组成都与其它各期相去甚远，并且其窑场主要分布在石滩乡港塘新村、港塘小学前和清丰河畔一带，与其它各期的样品的出土地点都不同，因此这一期

自成一类，且与其余 7 期界限分明，处于 PCA 图的右下角。

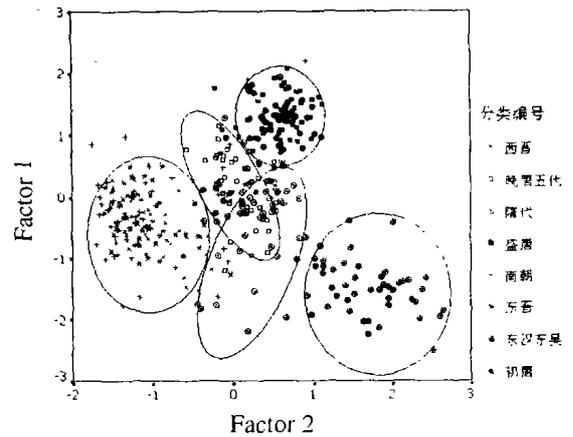


图 2 洪州窑 8 个时期瓷胎样品的 PCA 散点图

第二组是两晋和南朝的样品。这三期样品的胎色接近，大多为灰白色，化学组成也较接近。从晋代开始，洪州窑逐渐形成两个中心窑址群，即罗湖窑址群和同田龙雾洲窑址群，这三期的样品各有相当一部分选自这两个窑址群，但分类的结果并没有按烧造地点分成两类，这说明这三期的瓷器的共性是主要的，地域差异是次要的，共性掩盖了差异。这一组处于 PCA 图的左下方。

第三组是初唐和盛唐的样品。洪州窑瓷器的胎釉颜色从唐代开始由浅变深，发生了极大的改变，与之相对应的是其化学成分的变化，并且其烧造中心也由两个消减成一个，只剩下罗湖窑址群了。这两期的样品由于产地相同，原料的成分相似，因而其元素组成不易区分，共同位于 PCA 图的右上方。

第四组是隋代的样品。隋代上承两晋南北朝，下启唐代，瓷器烧造处于过渡时期，在 PCA 图上居于中间位置，且极为分散。

第五组是晚唐五代时的样品。晚唐五代是洪州窑的衰落期，由于种种原因，其制瓷工艺急剧下滑，所烧制的瓷器粗糙，主要烧造地点也由罗湖村转移至曲江村的孟家山和窑仔岗。这一期样品的化学成分与唐代前期相比也发生了较大的变化，在 PCA 图上与第三组的区别较明显。需要指出的是，由于隋代的样品比较分散，造成了其与晚唐五代所处的位置有部分重叠，这并不能说明这两期样品有相似之处。

4 结论

从以上的讨论我们可以大致理清洪州窑由创烧、发展到衰落的脉络,洪州窑最迟于东汉晚期就在赣江东岸港塘村、清丰河畔一带开始烧造较成熟的瓷器,晋代时由于规模的扩大,在赣江西岸的罗湖村和同田乡附近发现了低铁的优质瓷土,使用这种瓷土烧制出的瓷器胎色灰白釉色明亮,更受世人喜爱,于是洪州窑的烧造地点全部转移到赣江西岸。随着洪州窑的影响范围不断扩大,社会需求量

也剧增,洪州窑的生产规模越来越大,窑场继续增多。洪州窑大规模的发展,造成了制瓷原料的大量消耗,许多早期的窑场由于原料难以为继,相继停烧,到了隋代,洪州窑开始萎缩,只剩下罗湖村窑址群能够维持。唐代时罗湖村窑址的低铁瓷土资源也已耗尽,而附近又没有发现这种瓷土的存在,迫于无奈,只好使用高铁瓷土勉强维持。到了晚唐五代时期,罗湖村的高铁瓷土资源也枯竭了,烧造地点被迫再度转移,终因多种因素的综合作用而走向了衰落,被其它迅速崛起的瓷窑所取代。

参 考 文 献:

- [1] 李家治主编. 中国科学技术史(陶瓷卷), 北京: 科学出版社, 1998.
- [2] 江西省文物考古研究所等. 江西丰城洪州窑遗址调查报告, 南方文物, 1995, 4(2): 1-29.
- [3] 权奎山, 论洪州窑的装烧工艺. 见: 北京大学考古学系编, 考古学研究(四), 北京: 科学出版社, 2000.
- [4] Herrera R S, Neff H, Glascock M D, *et al.* Journal of Archaeological Science, 1999, 26: 967.
- [5] Day P M, Kiriatze E, Tsolakidou A, *et al.* Journal of Archaeological Science, 1999, 26: 1 025.
- [6] Hein A, Mommsen H. Journal of Archaeological Science. 1999, 26: 1 053.
- [7] Meloni S, Oddone M, Genova N, *et al.* Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry, 2000, 244(3): 553.

Study on Hongzhou Kiln Porcelains of Successive Dynasties by NAA*

FENG Xiang-qian¹, FENG Song-lin¹, ZHANG Wen-jiang², FAN Chang-sheng², QUAN Kui-shan³

(1 Institute of High Energy Physics and Key Laboratory of Nuclear Analysis Techniques, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;

2 Jiangxi Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Nanchang 330008, China;

3 Department of Archaeology, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: 400 sherds were collected from Hongzhou Kiln covering 8 periods from Eastern Han to Late Tang Dynasty/the Five Dynasties and their bodies were analysed by NAA. The results show that the elemental contents in different samples are quite distinct, even for those in the same period. It means no single element can be used as "fingerprint" to distinguish the period. The curves of the contents of Na, Rb, Ba and Fe varying with time are very similar, like "U" shape. As a colorant element, the content of Fe is consistent with the color of the body. The higher content of Fe, the more dark of the body. The outcome of principal component analysis (PCA) indicate that most of the sherds can be classified into 5 groups: (1) Eastern Han & Eastern Wu; (2) Western Jin, Eastern Jin and Southern Dynasties; (3) Sui; (4) Early Tang and Middle Tang; (5) Late Tang & Five Dynasties.

Key words: nuclear analysis technique; Hongzhou Kiln porcelain; elemental characteristic

* Foundation item: Knowledge Innovative Program of Chinese Academy of Sciences (KJJCX-No4); National Natural Science Foundation of China(10075060)