

# 元素成分分析在中国古陶瓷研究中的应用

何文权 熊樱菲

## 一、前言

从烧造工艺上看,白瓷的成功烧成是许多其他陶瓷品种烧造的基础。而古文献关于白瓷的记载却并不多,需理顺的渊源关系和相关问题很多,白瓷研究有着广阔的发展空间。只是这两点就足以引起古陶瓷研究者对白瓷相关研究的广泛关注。

近年来,古陶瓷的科学分析工作蓬勃开展,各类研究成果不断涌现。而古陶瓷研究自身也在经济、文化等各项事业发展的带动下,有了长足的进步。科学工作者与古陶瓷专家间的合作也日渐密切。

白瓷研究首要解决的问题是白瓷的起源问题,这是一个复杂的问题,有待相关古陶瓷专家分析阐述。其次要解决的问题是白瓷的判别问题,这同样是个复杂和有较多争议的问题,自然需要各方面古陶瓷专家共同探讨。近年来,古陶瓷的元素成分分析工作开展较多,在古陶瓷的产地和年代判别方面取得了一定的进展。由于各窑口采用原料不同,而同一窑口在不同时期采用原料也可能有所不同,因此分析古陶瓷的胎釉元素成分,就可以获取一定的古陶瓷产地和年代的信息。

青瓷是我国古代最主要的瓷器品种之一。由于釉中钛和铁等着色元素的作用,在还原气氛烧成后的瓷器呈现青色,如气氛不同,色调上还可偏黄褐等色泽。五代以及宋朝是青瓷烧造史的顶峰阶段,汝窑、南宋官窑等一系列窑口烧造出大量令人叹为观止的青

瓷作品，它们中的不少作品完全可以代表历史上青釉烧造的最高水平。宋代各地烧造的青瓷产品，在化学组成上是否有差异？特别是某些地域上相当接近的产品在化学组成上是否也可区分？各类产品的后世仿品与它们又有怎样的关系？本文通过对宋代汝窑、南宋官窑等青瓷产品的胎釉成分分析，展示了成分分析具有陶瓷器辅助判别的功能。

## 二、实验方法

上海博物馆于1998年启动了古陶瓷无损测试的系列研究项目，该系列项目的主要目的是在博物馆内部建立一套适合于博物馆需要的测量系统，结合该系统测得的相关科学分析数据对古陶瓷进行综合研究。通过硬件和软件两方面工作，该系统于2001年正式搭建成功，通过一年多的大量测试验证工作，表明该系统可以完全无损地进行胎和釉元素成分的无损分析工作。改造后的QuanX型能谱仪可以进行真空和非真空两种条件的测量分析工作，体积小于40cm×30cm×37cm的古陶瓷均可进行真空条件下分析，而更大体积的样品则可以在非真空条件下进行分析测量工作。该系统还具有几项辅助功能，可以非常方便地进行完整器的无损分析工作；在计算方面，特别设计了基于潜在内标法思想的谱预处理技术，较好地解决了弯曲表面古陶瓷样品的定量分析问题。

## 三、实验结果及讨论

### (1) 景德镇地区不同窑口出土瓷片分析

将景德镇地区黄泥头、杨梅亭生产的陶瓷和枢府瓷的更多元素数据一起重新计算，可以得到图1的主成分分布图。

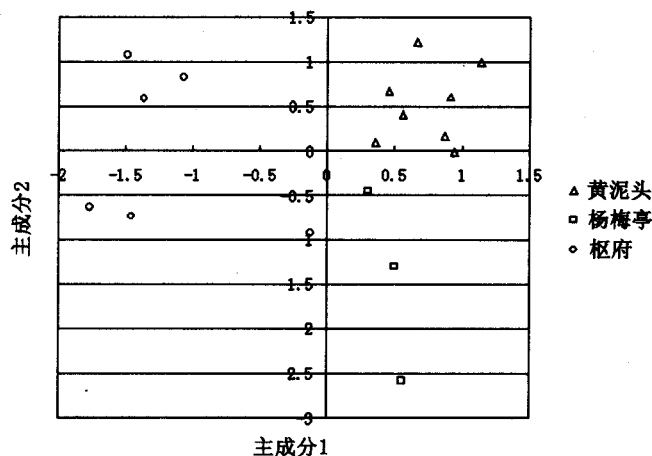


图1 部分景德镇地区古陶瓷胎元素成分的主成分分布图

从图1可以看出,即便是同在景德镇地区,不同窑口生产出来的瓷片,即便在品种上相同或非常接近,也可能会因为选料的不同等原因,造成了它们元素成分含量上的不同,我们可以通过成分分析技术来加以判别。

### (2) 几个未知窑口在南方出土的古陶瓷器的判别

利用中国南方和北方古陶瓷元素成分上的差异,可以对非窑址出土的古陶瓷器窑口进行初步判断。由于地理因素的影响,南方古陶瓷的元素成分与北方古陶瓷的元素成分有明显的不同。最主要的应该是常量元素中的铝硅两元素的含量差异,一般来说,南方陶瓷胎的特征是低铝高硅,而北方胎则是高铝低硅。这种高与低是相对含义上的,因为胎中氧化硅的含量一般总是高出三氧化二铝很多。通过大量的测试表明,南北方陶瓷胎中三氧化二铝含量的分界线大约是在25% - 27%,三氧化二铝含量低于25%的胎极有可能是南方生产,而含量高于27%的胎极有可能是北方生产。

现有几个于南方出土,与繁昌窑有近似风格的古陶瓷残片,有待元素成分分析测试进行辅助判断。我们将它们编号为Fch? - \*,并与青山窑(Qsh \*),湖田(Hut \*),黄泥头(hnt \*),杨梅亭(Ymt \*),荣县(Rx \*)等南方窑口以及定窑(D \*),邢窑(X \*),巩县(Gx \*),龙泉务(Lqw \*)等北方窑口出土的各类古陶瓷分析数据进行聚类分析,得到结果如图2所示。

从图2不难看出,南方窑口古陶瓷与北方窑口古陶瓷有明显的差异,清楚地分成南方与北方两个大类。编号为Fch? - jdz的样品在南方窑口古陶瓷一类,而编号为Fch? - bf1、Fch? - bf2、Fch? - bf3的样品则分在北方窑口古陶瓷一类,从而为这四个待定窑口样品的判别提供了必要的资料。通过进一步的分析,可以确认Fch? - jdz样品的窑口是景德镇所产无疑,而三个北方窑口样品则因相关的北方窑口古陶瓷数据库不够完备,而不便下定论。

### (3) 汝窑、修内司窑和郊坛下窑产品

汝窑、修内司窑和郊坛下窑在烧造年代上应是比较靠近的三个著名的宋代官窑,汝窑是北宋后期的官窑,其烧造年代也极短,约在二十年左右,传世品极少,十分珍贵。几十年后,修内司窑和郊坛下窑又相继开烧,它们同属南宋官窑,烧造地点都在杭州,这三个宋代官窑在烧造时间上相距不是很远,而同属南宋官窑的修内司和郊坛下在烧造地点上也相距不是很远。它们的产品在化学元素组成上的主成分分析结果,很能说明通过成分分析来判断在烧造年代和烧造地点上较接近的陶瓷产品的可能性。

图3为三官窑青瓷元素组成的主成分分析示意图,从图中可以很清楚地将它们区分开来。汝窑地处北方河南地区,而修内司窑、郊坛下窑地处南方浙江地区,汝窑与南宋官窑清楚分开是很正常的,因为两地的制瓷原料是不同的,从而导致烧成的青瓷在胎釉中元素含量有所差异。但同为南宋官窑,同处浙江杭州地区,时间、空间上都非常接近的修内司窑和郊坛下窑,它们的青瓷产品的元素组成应该还是比较接近的,但经过我们的初步数据处理,由此计算得出的多元统计分析图中,两窑青瓷是可以清楚地分开,这不

部分窑口的胎常量元素成分聚类分析  
尝试判别某些未知窑口古瓷的产地

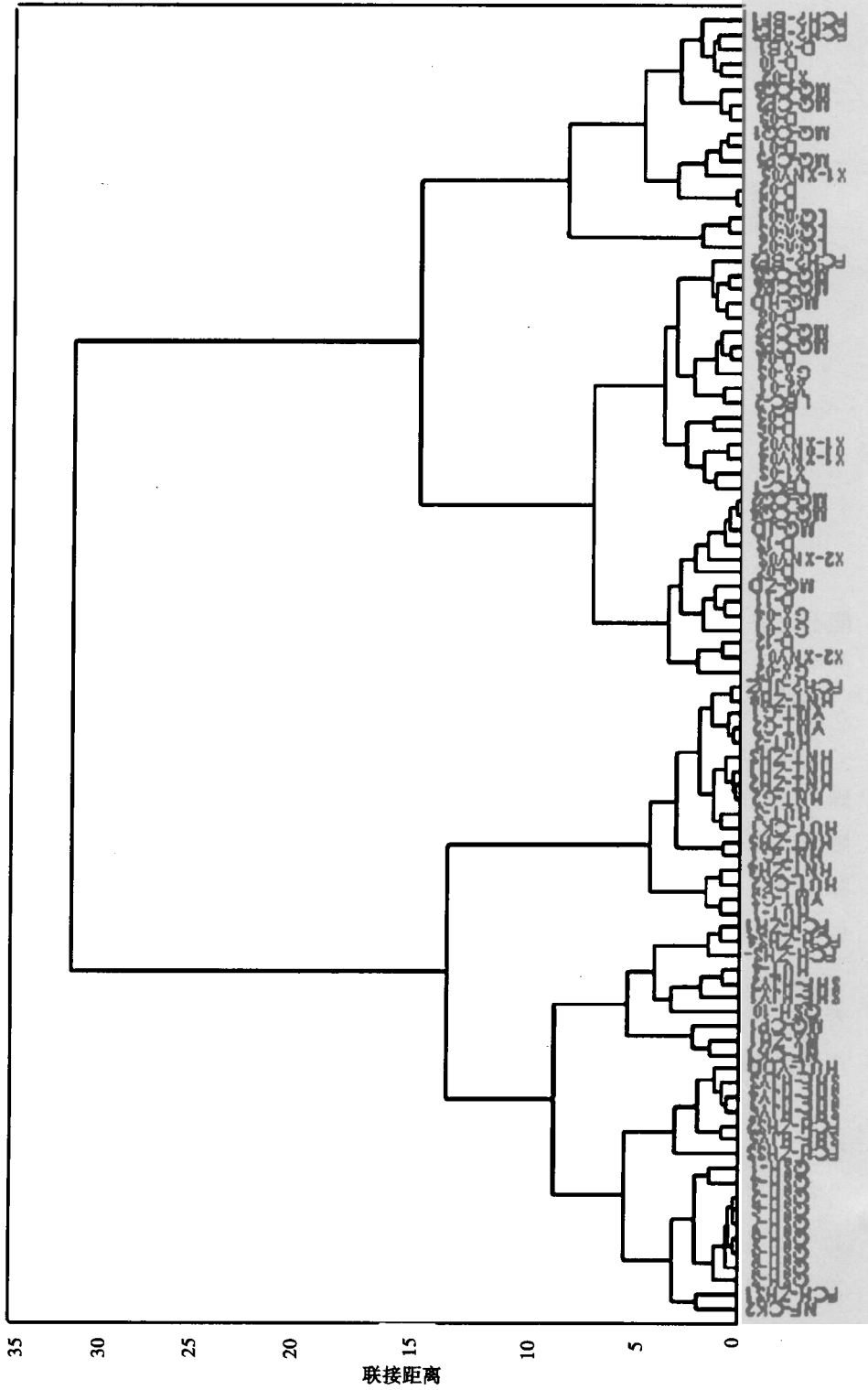


图2 几个未知窑口在南方出土的古陶瓷器的判别

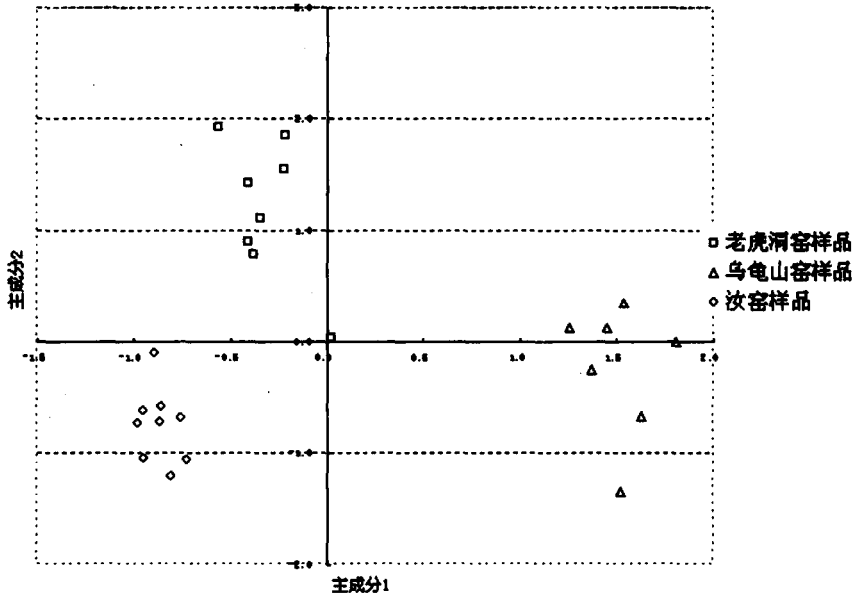


图3 汝窑及南宋官窑青瓷的主成分分析图

能不说是一个特例。当然，分得清楚的部分原因，是本次测试分析是釉和胎两方面测量分析。

#### (4) 汝窑及其仿品的分析

如前所述，汝窑的传世品极少，而后世仿品较多。但由于汝窑的烧造工艺比较特殊，仿烧品一般很难达到逼真的程度，一般都可以较容易地从外观上加以区别。近年来随着仿烧工作的不断加强，有些仿制品已越来越精致，有的乍看起来，还颇有真品的韵味。至于一些仿品的局部已经非常接近真品的感觉，甚至有收藏者将仿制的汝窑残片当做至宝样收藏，令人不得不感叹作品仿制之精。

图4为汝窑青瓷、清代仿品和现代仿品元素成分的主成分分析示意图，从图中可以看到，清代汝窑仿品与真品的距离较远，这很容易理解，清代仿品一般申景德镇地区生产，而真品由河南地区生产，巨大的空间距离偏差必然在青瓷的胎釉成分上造成很大差异，从而很容易区分。现代仿品则分布较广，换句话说，就是有多个地区和作坊在进行仿制，因此在该示意图上，现代仿品的分布点较为分散。虽然在图中汝窑产品中的一个分布点与现代仿品相对接近，但如果在更小的样品范围进行计算，就不难发现仿品和真品可以很好区分。仔细分析，就可以知道，它们接近的主要原因是，其他仿品的元素成分含量距离真品较远，从而在某种程度上拉近了真品与该几个仿品的距离。

## 四、总结

从以上的几个分析案例可以知道，元素成分分析在中国古陶瓷的分析判别方面可以

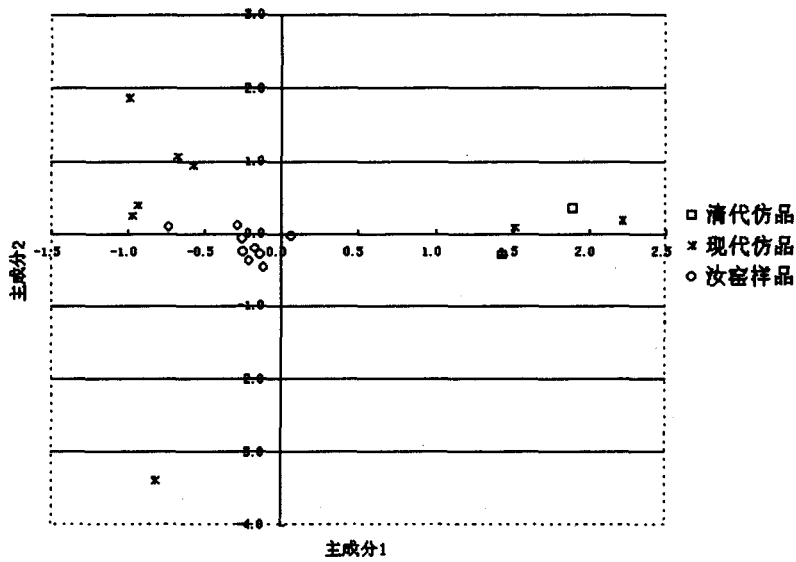


图4 汝窑青瓷、清代和现代仿品的主成分分析图

有很好的应用。

### 参考文献

- [1] 何文权、熊樱菲：《表面弯曲的古陶瓷样品 X 射线荧光无损定量分析》，《核技术》，第 25 卷，第 7 期，2002 年。
- [2] 张浦生、张福康、何文权、熊樱菲：《南方地区出土五代白瓷的比较研究》，《南方地区早期白瓷学术讨论会论文集》，2002 年，上海博物馆。
- [3] 张浦生、张福康、何文权、熊樱菲：《化学组成和烧成工艺对青白瓷釉色和质感的影响》，《南方地区早期白瓷学术讨论会论文集》，2002 年，上海博物馆。

(作者单位：上海市博物馆)