

宋代青瓷的胎釉元素成分分析及相关判别

何文权 熊樱菲

(上海博物馆文物保护与考古科学实验室 上海 200231)

摘要 宋代是中国古陶瓷发展史上两大高峰之一。宋代烧造青瓷的窑口比较多,所烧造青瓷在不少方面有一定的相似之处;由于宋代青瓷烧制工艺精湛,后世仿品也较多。因此宋代青瓷在断源和断代研究上提供了很好的研究内容。本工作主要利用宋代青瓷元素成分分析的结果,采用多元统计方法,直观地讨论有关宋代青瓷断源和断代研究的可能。在窑口判别探讨上,主要对汝窑和南宋官窑青瓷元素成分进行主成分分析,结果表明该方法可清楚地将不同窑口青瓷区分开来。在断代判别探讨上,主要对汝窑和后世仿品(清代、近代和现代)的元素组成进行多元统计分析,结果表明可以将仿品很好地与真品区分开来。同时发现,在真伪判别问题上,由于现代仿品的烧造地点众多,由此引发利用多元统计方法对元素成分处理的一些问题,并对此进行初步讨论。

关键词 宋代,青瓷,成分分析,多元统计

中图分类号 0657.34 **文献标识码** A

1 引言

青瓷是我国古代最主要的瓷器品种之一。由于釉中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。早在商、周时期,中国就有原始青瓷的烧造;东汉时已有许多地方都可烧造成熟的青瓷;一直到隋代,青瓷仍占有主流地位;直至唐代,作为古陶瓷另一重要品种的白瓷在北方的邢窑烧造成熟,与南方的越窑青瓷被世人称为“南青北白”。虽然在数量上,宋代青瓷已失去原有的主流地位,成为瓷器生产中的一个重要品种。但在制作水平上看,五代以及宋朝是青瓷烧造史的顶峰阶段,越窑、龙泉窑、耀州窑、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。元代景德镇瓷器业有了飞速发展,势头强劲,传统意义的青瓷受到了青白瓷的严重挑战。入明以后,由于景德镇青花和彩瓷的兴起,青瓷更趋衰落。

由于宋代青瓷的卓越成就,其影响力巨大,自然也被后世极力仿烧。明代就有不少仿宋代青瓷的优秀作品,到了“陶瓷烧造集大成”的清代,仿宋代青瓷的仿品就更多、更逼真。20世纪50年代,在恢复烧造历史名瓷的推动力下,也出现了不少非常优秀的宋代青瓷仿制品。近年

来,随着各类经济的飞速发展,在不少地方也出现了许多制作考究的宋代青瓷赝品。

宋代各地烧造的青瓷产品,在化学元素组成上是否有差异?特别是某些地域上相当接近的产品在化学元素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?本工作通过对宋代汝窑、南宋官窑等青瓷产品的胎釉成分分析,探讨在化学元素组成上进行区分的可能性。通过他们与后世仿品的化学元素组成的比较,可以发现,虽然某些仿品在外观上比较接近,但在元素组成上与真品有着明显的差异,这也体现了成分分析具有陶瓷器辅助判别的功能。

2 样品及测量

2.1 样品及样品制备

本馆陶瓷部提供了大部分的宋代青瓷残片,品种主要有郊坛官窑、汝窑、龙泉窑、耀州窑、老虎洞遗址等窑口产品的残片共40余片。汝窑的清代仿品为上海博物馆藏品,汝窑的现代仿品主要来自收藏爱好者。

对于宋代青瓷残片样品,通过切割、研磨等制备待测胎样品。由于采用一定的特殊谱处理方法,对于弯曲表面古陶瓷的定量分析可以进行,对于釉的测量,只进行简单的表面清洁处理即可。

2.2 元素成分测量

元素成分分析主要在本实验室的波长色散X荧光分析仪和能量色散X荧光分析仪上进行。波谱仪为日本岛津产SXF-1200BF型波长色散X荧光光谱仪,方法为经验系数法,使用已知化学元素组成的古陶瓷残片为标准样品。由于波谱仪采用破坏样品的方法来加工样品,样品不规则表面的处理可通过选择合适样品以及改变光束孔径的办法予以减小,再通过最后结果的数据处理进一步理想化。能谱仪为美国TN Spectrace公司生产的QuanX型能谱仪,方法主要采用基本参数法和经验系数法,使用已知化学元素组成的古陶瓷残片为标准样品。定量分析方法可参考文献^[1],就此略过。

由于本次分析的样品较多,元素组成包括主量元素和微量元素,限于篇幅以及博物馆工作需要的原因,这里不一一列出化学成分的测量结果,部分测量结果可参考文献^[2]。微量元素的定量分析虽然还有待进一步精确化,但考虑到本次讨论分析的测量结果均为相同测量系统所测得,因此测量结果间的对比分析会大大消减某些测量误差,从而使得对比性的讨论分析极具合理性。对于常量元素的定量分析,我们通过抽样进行与其他分析方法对比以及对照有关古陶瓷数据库等方法^[3],可以确保本测量系统所测数据的可靠性。^[4]。

3 结果和讨论

宋代各地烧造的青瓷产品,不少青瓷在器形、呈色等外观上有一定的差异,但在化学元素

组成上有没有差异?某些种类的青瓷烧造地点非常接近,它们在化学元素组成上是否也比较接近而不可分?宋代青瓷由于烧造工艺高超,不少类别的精品一直被世人所推崇,所以自明代以来,宋代著名青瓷的仿品就层出不穷,这些后世仿品与真品在化学元素组成上又有怎样的关系?带着这些疑问,我们对宋代青瓷的有关化学成分数据进行主成分分析,以期获取产地与烧造年代和化学元素组成的某些可能的关系。再结合分析结果初步探讨多元统计方法在判别研究中一些可能的问题。

3.1 宋代青瓷的断源探讨

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^[5]。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。

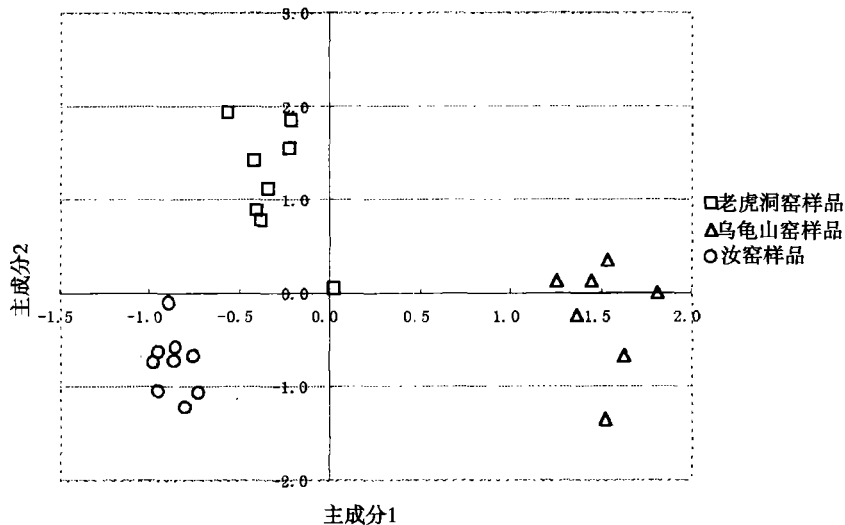


图1 汝窑及南宋官窑青瓷的主成分分析图

Fig.1 The PCA analysis on data of celadons from Ru kiln and southern Song guan kiln

图1为三官窑青瓷胎和釉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不同,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比较接近,但经过我们初步的数据处理,由此计算得出的多元统计分析图中,两窑青瓷可以清楚地分开,还不能不说是一个特例。当然,分得清楚的部分原

因,是本次测试分析为釉和胎两方面的综合测量分析。

3.2 宋代汝窑青瓷的断代探讨

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品收藏,令人不得不感叹作品仿制之精。

图 2 为汝窑青瓷、清代仿品和现代仿品釉中元素成分的主成分分析示意图,从图 2 可以

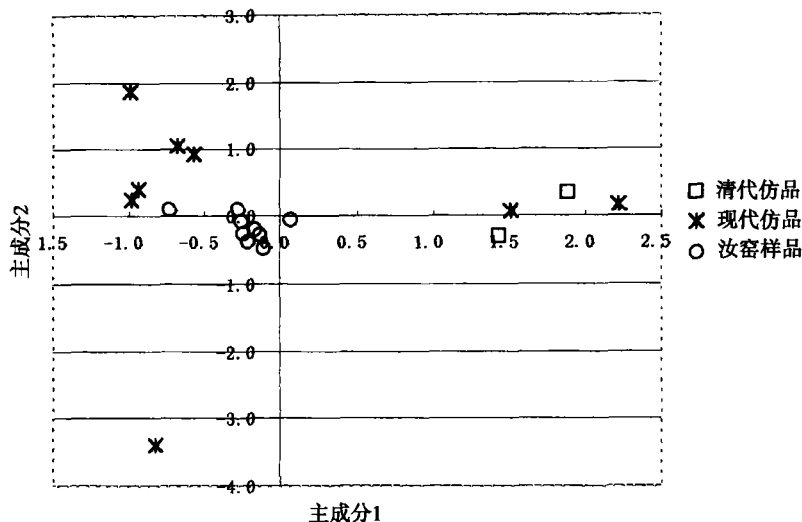


图 2 汝窑青瓷、清代和现代仿品的主成分分析图

Fig. 2 The PCA analysis on data of Ru procelain and Qing imitations and modern faketments

看到,清代汝窑仿品与真品的距离较远,这很容易理解,清代仿品一般由景德镇地区生产,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。由于下面还将重点分析这种效应,这里就不再展开讨论了。

3.3 南宋官窑及其仿品的分析

南宋官窑分修内司和郊坛下两个,在某些外观特征方面,它们也有相同之处。而仿官、仿哥类的青瓷非常多,自明代、清代到民国,再到近代(20世纪50年代),直至现代,都有不少非常成功的仿品,特别是现代的有些仿品制作非常精致,普通收藏者已很难区分真假,曾发现有

不少的现代仿南宋官窑残片仿制非常成功,从而被一般收藏爱好者所“珍藏”。

图3是南宋官窑及其仿品釉中化学元素的主成分分析图,从图3可以看出,明代、清代以及民国的仿品可以方便地与真品区分,这一点与上面汝窑及仿品的例子有非常相似之处,主要是因为明代、清代及民国的仿品大多为景德镇地区生产,而真品在浙江地区生产,地域上的差异导致了两地的青瓷产品在元素组成上可以很好地分开。在图3中还可以看出,同属南宋官窑的修内司和郊坛下的青瓷产品也稍稍可以分开,这正是本文的第一个例子的结论,只是由于某些仿品与真品的巨大差异,导致它们在该图上似乎更接近了一点。而在该图上,近代和现代的个别仿官、仿哥产品与真品比较接近,这是否意味着它们仿制得与真品几乎一致呢?答案是否定的,原因也是因为该图上的其他仿品与真品差距太大,以在更大尺度下看,它们是接近的。这一点好比是看地图一般,在一般上海市地图上人民广场与植物园是相距较远的,而在带郊县的上海大地图上,看上去它们就相距近得多,而在华东地区的地图上,相信它们就更不可分开了。

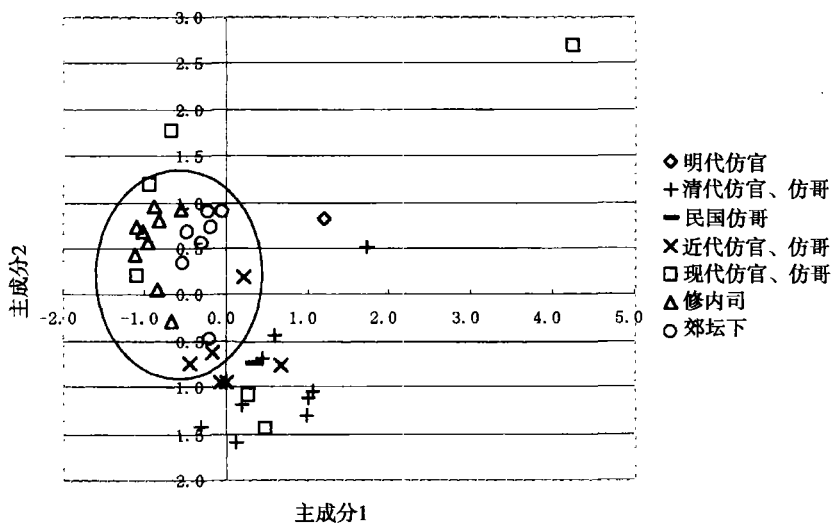


图3 南宋官窑及其仿品化学元素的主成分分析图

Fig.3 The PCA analysis of celadons from southern Song guan kiln and its fakes

哪该如何去处理这一问题呢?自然是在相对较小的区域去处理数据,可以看得更清楚一点。将图3中距离真品比较接近的点的的数据连同真品的数据(虚线圆内的各数据),进行重新计算。图4是图3圆内各样品釉中元素成分经过主成分重新计算而得出的多元统计分析图,从图4可以看到,图3虚线圈中的五个仿品,在图4中可以与真品区分开来了。

图4中这五个仿品与真品的区分仍显得有点不是很清晰,实际上它们可以更清楚地区分,图3中的主成分计算,是采用了部分处理过的特征数据进行的,而这种特征受到了与真品差异显著的某些仿制品的影响,从而使得所选的特征数据并不一定完全和典型。如果将这些相对

接近的样品数据单独带入计算,就不难发现它们可以区分,进一步再添加一些有利于区分的特征数据就完全可以达到清楚区分的效果。图 5 就是添加新的釉中元素成分特征数据后,重新计算获得的主成分分析示意图。在图 5 中五个仿品与真品可以非常清楚地区分,从而达到良好的判别作用。

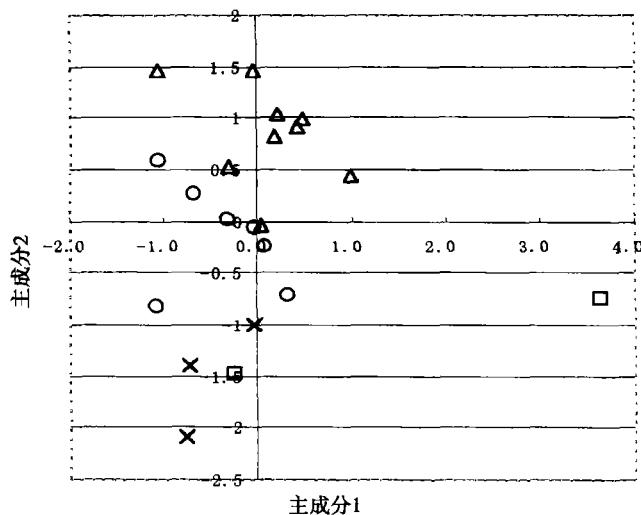


图 4 南宋官窑及仿品二次计算的主成分分析图

× 近代, □ 现代, △ 修内司, ○ 郊坛下

Fig. 4 The PCA analysis of the samples within the circle in figure 3

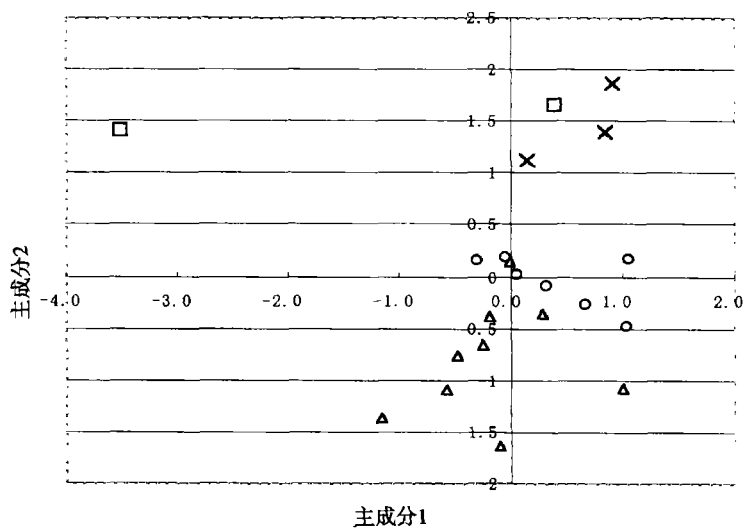


图 5 添加元素特征后的南宋官窑及其仿品主成分分析图

× 近代, □ 现代, △ 修内司, ○ 郊坛下

Fig. 5 The new PCA analysis of the above samples by adding some composition data

3.4 讨论

3.4.1 成分数据统计处理的诠释 多元统计方法自 20 世纪 90 年代以来,正越来越多地被广大古陶瓷科学分析工作者应用到相关分析工作^[6]。本次测量结果主要包括各类青瓷胎的常量和微量元素结果、釉的常量和微量元素结果,为更清楚地说明统计区分问题,在进行每项统计计算时,都从胎釉的常量及微量元素结果中挑选某些最具特征性的结果项。考虑到时下文物造假风日盛,各特征项不作明文说明。由于不作明文说明特征项,对多元统计方法了解不多的读者就不太容易理解。以下通过与常规外观比对方法的比较,来简单地打比方加以说明。如果在多元统计的因子载荷图上,第一类样品聚集在 A 处,而第二类样品聚集在 B 处, A 处与 B 处又明显分开,这就说明第一和第二类样品在某些元素的组成上有明显的不同,即可以通过对它们进行元素分析来区分它们。这种元素组成上的不同,与两类样品在外观上如器形、胎釉质地、纹饰等特征的不同一样,在本质上也是样品特性的一种表现。对瓷器来说,每个元素含量的大小对应一个数,所有元素含量的大小组成一组数据,这一组数据在某种意义上就是该类瓷器的“身份证号码”一般,前提是该类瓷器的所有样品都具有非常接近的“身份证号码”,而该“号码”又与其他类瓷器的“号码”不同。

由于种种原因,古陶瓷造假现象在一段时期内会比较严重,辨假与造假也会在一段时期内不断斗争。正如身份证、文凭等会被造假一样,古陶瓷的元素成分在将来,甚至于当代也可能会被造假。但元素成分造假面临的困难较大,不仅因为有些古代原料已不可得,而且特定原料的烧成工艺是固定的,任意改变有关原料组成也会影响到原有的烧成效果。更重要的是,在测量分析方面可以进一步全面地测量古陶瓷更多的元素含量信息,以保证对测量结果判别的准确程度。另一方面,各种测量分析技术在古陶瓷研究中的应用也不断得到深化和开发,而新的具有判别作用的测量方法也会不断出现,这些必将大大加快和丰富古陶瓷分析和判别方面的研究。

3.4.2 关于多元统计方法用于真伪判别的不足 多元统计方法非常多,在古陶瓷研究中发挥了很大的作用,主成分分析方法只是其中用得较为广泛的一种。其他多元统计方法如聚类分析、因子分析、判别分析等等都是在古陶瓷研究中非常有效的分析方法^[6]。但相信有的读者在看过以上最后一个分析例子,会产生这样一个疑问:好象多元统计方法有一定的随意性,原本在一起分布点,怎么又分开?是不是人为因素造成等等。在以往的古陶瓷研究中,有时分析测试的样品点较少,尽管数据不具备完好的聚集性或分散性,但由于数据点少,可以用多元统计方法计算得出的结果加以聚类或区分,这样在样品增多时,某些特性就难以成立了,这属于同一类问题,但侧重点又不完全一致。应该承认,当样品数量不多时,多元统计方法使用的合理性就大大减弱,得出的某些结论也必然存在一定的偏差。所以增加测量的样品数,建立相关数据库,是进行判别工作的首要任务。

本文的例子并不是这种情况,而是因为有的仿品与真品的数据差距太大,特别是在某些数据特征方面差距特别显著,影响到一些本该也是特征区分数据的表现,从而造成该部分数据的被弱化,进而造成一种某些仿品与真品接近的假象。而另一方面,这也提示出在进行多元统计方法判别时两个需要注重的方面:一是在相关判别时,由于仿品类样品具有极大的不确定性,即对于某一青瓷而言 A 地仿制, B 地也仿制, 而 C 地也有可能, 这样仿品类的元素成分数据具有极大的分散性, 造成某些简练的判据不易出现。解决这一问题的最直接办法是增加判据数, 但必然牵涉到增加多少合适, 以及不断增加和增加方式等方面的问题。二是某些判据也要不断进行净化、提纯处理, 由于古陶瓷样品极其丰富, 一旦判据的建立是在一个相对简化的数据体系下进行, 很可能将某些偶然性、巧合的东西纳入判据当中, 而当新的样品不归属该简化系统时, 就会造成判据过于严格等问题。解决的方法自然就是重新微调相关判据, 使之在更广泛的样品体系下计算得出, 从而更能体现样品本质特性。

这两方面都要求判别工作应具有自我调节的能力, 也就是不断改进的能力。在将来的判别分析工作中, 由于数据量的庞大, 应是由计算机程序计算完成, 而在方法上, 人工神经网络计算的方法的最大特点就是具有“学习”的功能, 应该是满足判别工作需要的较好处理方法。由于工作在多元统计方法上多有关注, 不免可能造成强调统计方法的感觉。其实, 统计计算或其他处理方法都只是一种数据的处理方法, 并不能改变判别工作的实质性结果, 只要仿品在化学元素组成上与真品确实有差异, 必然经过某种合理计算而成功判别。

当然我们还应该看到, 利用元素成分数据对青瓷种类等进行判别, 毕竟是一个相对的方法, 在某种意义上讲, 只起到辅助判别的功能, 切不可片面夸大元素成分分析法的判别作用。

4 总结

本工作采用 XRF 方法对宋代的著名青瓷产品及其仿品进行了胎釉成分分析, 并运用了多元统计方法对相关数据进行处理计算, 具体讨论了汝窑、修内司窑、郊坛下窑及其各时期的仿品的化学元素组成, 随窑址空间上变化和烧造年代时间上的变化情况, 得出三个宋代官窑间青瓷产品可分, 该三官窑真品与仿品在化学元素组成上可分的结论。还结合所分析的统计分析实例, 对多元统计方法进行判别时遇到的某些特殊性进行讨论分析, 指出造成某些表象误区的原因, 并讨论运用多元统计方法进行判别时, 应重点予以解决的问题, 提示采用人工神经网络方法及其他更新颖的统计计算方法用于古陶瓷元素成分的统计分析。

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, 2002. 25, (6): 581 - 586
- 2 何文权. 杭州万松岭老虎洞青瓷的胎釉成分分析研究. 文物保护与考古科学, 12, (1): 27 - 33

- 3 李家治等著.中国古陶瓷科学技术成就.上海:上海科技出版社,1985
- 4 施远,张东.宋代汝、官窑若干问题的研究.上海博物馆集刊,2000,(8):345-367
- 5 汪庆正.老虎洞南宋修内司官窑遗址的重要发现及其相关诸问题.上海博物馆集刊,2000,(8)368-380
- 6 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

The composition analysis on celadons from Song dynasty and related discrimination

HE Wenquan XIONG Yingfei

(*Research Laboratory for Conservation & Archaeology, Shanghai Museum, Shanghai 200231*)

Abstract

The Song dynasty is one of the two ancient flourishes in ceramic manufacture in China, the celadons from Song dynasty are especially famous for fine manufacture, jade-like appearance and various productions. The celadons from several famous kilns in Song dynasty, such as Jiao Tanxia guan kiln, Ru kiln, Xiu Neisi kiln, resemble in some aspects of appearance, thus provide proper objects in source provenance study. On the other hand, those beautiful celadons have been imitated and faked for long time, thus the celadons and their fakements can provide substantial materials in dating study. The chemical composition of various celadons and their fakements have been analyzed in this article, then multiple variable statistics was used to find the differentiation of them, which showed that they aggregated into clearly distinguishing areas on factors' map in principal component analysis. Thus the discrimination by chemical composition is a very useful method to classify the celadons of guan kiln from Song dynasty. Some discussion about shortage of multiple variable statistics is made when statistics are used in the differentiation of ancient celadons and their fakements.

In provenance study, the celadons of Ru, Xiu Neisi and Jiao Tanxia kiln were analyzed, then the PCA (principal component analysis) method was applied to the composition data analysis, those celadons can clearly be classified in the factor's map. Generally the compositions between the porcelains from two near kilns are almost same, it is a little special that though the Jiao Tanxia guan kiln and Xiu Neisi guan kiln are very near, the composition between the porcelains from them can be distinguished rather clearly.

In dating study, celadons of Ru kiln and their imitations made in various periods were carefully analyzed, the factor's map reveals clearly segregated groups corresponding to ancient, Qing dynasty and mod-

ern samples.

In the analysis of celadons of southern Song dynasty guan kiln and their imitations, it is much more complicated due to various imitations different both in space and time. Some special processes are introduced to the analysis by multiple variable statistics. First, the seemingly undistinguished porcelains were selected into another processing by multiple variable statistics, because some disturbing samples were get rid of, the better effect was got in the factor's map. Second, some other elements were added to the multiple variable statistics analysis, since these elements were especially chosen to enhance the difference between ancient celadon and its fakement, very clear discrimination can be got in the new factors' map.

The above statistics analyses suggest that some special attention should be paid in the illustration of the factors' map when the multiple variable statistic methods are used for appraisal. Because the giant difference in fakements made by various producers, they didn't aggregate in the factors' map, thus sometime the big difference between the ancient porcelain and some reproductions is disguised. It's similar that though A point is far from point B in a city, looks to be close to B in the map of whole city, even they can not be distinguished in the map of the province.

At last, some discussion was made about statistical methods used in decipherment of chemical composition data. It is strongly suggested that some new statistical methods should be introduced into the appraisal of ancient porcelain.

Key words Song Dynasty, Celadon, Composition analysis, Multiple statistics

2002 - 05 - 30 收到