

# 古陶瓷科学技术研究在科技考古中的三例应用\*

李家治 张志刚 邓泽群 陈士萍  
(中国科学院上海硅酸盐研究所, 上海 200050)

**摘要** 利用多元统计分析方法研究了从杭州古中河南段采集的月白釉瓷片, 浙江临安天目山地区发现的黑釉瓷片和景德镇历代青花瓷片的胎、釉化学组成和青花色料的变化规律。从而讨论了杭州古中河南段采集的瓷片可能就是凤凰山下万松林附近的修内司官窑制品; 指山临安天目山地区新发现的窑群和黑釉瓷才是名副其实的天目窑和天目瓷; 发现了元代以及明初洪武和永乐朝青花瓷所用的料可能是来自西域的进口料, 而宣德青花瓷所用的色料多数可能是国产的钴土矿。

**关键词** 古陶瓷 科技考古 断源和断代

中国古代陶瓷烧制的历史悠久, 分布的地区广阔, 相关的遗存丰富。它们有的至今尚深埋地下, 有的则流传到世界各地, 除那些有纪年可查的制品外, 它们的断源和断代已经成为古陶瓷科技考古中的一项极为重要的研究内容和目标。另外由于我国古代存在的重文学轻工艺的观念, 使得有关陶瓷生产工艺都记载不详或根本就没有记载, 也给我们对这类古代名窑及其制品的认识带来了许多困难。因此根据极少的资料揭示它们的真实面目也成为古陶瓷科技考古的另一项独特的研究工作。其中就有南宋修内司官窑是否存在的问题, 建阳和吉州窑其烧制的黑釉瓷为何被称之为天目瓷的问题, 以及景德镇元末明初青花瓷色料的变化问题等。近年来作者在北京、杭州及景德镇文物工作者的支持下, 收集到上述三个问题的有关资料及瓷片, 进行了较为深入的科学技术研究。希望从工艺技术角度对这些问题作进一步的探讨, 以便为古陶瓷科技考古增添一些新的内容。

## 1 杭州南宋修内司官窑是否存在

元人陶宗仪的《辍耕录·官窑》转引南宋人叶寘《坦斋笔衡》(此书已佚)有“中兴度江, 有邵成章提举后苑, 号邵局。袭旧京遗制, 置窑于修内司, 造青器, 名内窑。澄泥为范, 极其精致, 油色莹澈, 为世所珍。后, 郊坛下别立新窑, 比之内窑大不侔矣”。这段记载明确指出南宋时先后有两处官窑, 即修内司官窑和郊坛下官窑。经考证, 前者在今凤凰山下, 万松岭东麓; 后者在乌龟山麓, 郊坛下。

经过考古界和陶瓷学界多年来的调查、发掘和研究, 郊坛下官窑的基本情况, 制瓷工艺和陶瓷学基础已相当清楚。官窑旁已建立了南宋官窑博物馆, 其制品也已经多家仿制成功, 并形成了相当规模的生产能力。但遗憾的是, 修内司官窑至今未能找到窑址, 甚至碎片也很少发现。因此考古学界对修内司官窑的是否存在产生了两种截然不同的观点, 这一讨论已经持续了半个世纪之久, 争论的焦点已发表在相关的论文中<sup>[1-2]</sup>, 本文就不再赘述。

看来问题的解决还在于窑址的发现以及该窑传世制品的确认。据1999年1月6日《中国文物报》记载近年来在万松岭下已发现窑址, 并认为可能就是修内司窑。杭州一位陶瓷爱好者

\*国家自然科学基金资助项目

金志伟先生在靠近万松岭的古中河南段通江桥西侧采集到两片颇似文献中描述的修内司官窑制品瓷片。其中一片显然是鱼耳炉的腹部,编号为 X1,另一片因太小而无法定其器型,编号为 X2。另外还在离此不远的上仑桥西侧采集到有别于郊坛窑所用的带有三个齿状钉的圆形垫饼窑具一件,编号为 XYJ1,故宫博物院李辉柄先生也在同一地区采集到属明显生烧的类似上述两瓷片的器物残足一片,编号为 X3。值得指出的是,生烧瓷片及窑具的出现意味着附近可能有窑址存在。结合采集地点就很自然的联想到这些瓷片及窑具有可能就是修内司官窑的遗物。为了证实上述设想,金、李两位先生将上述瓷片及窑具提供作者进行化学组成、显微结构及烧制工艺研究。在对上述标本进行研究后,并与郊坛下官窑瓷、龙泉黑胎青釉瓷、故宫博物院的所谓传世哥窑瓷片(SK01)以及景德镇明、清时期仿官、哥窑瓷片(JDZG1、CHK01、CHK1)作了比较<sup>[3]</sup>。

图 1 和图 2 是以上所述各窑瓷片胎、釉化学组成经过对应分析所得到 F1 和 F2 因子载荷图。从图 1 可见各窑瓷片胎的化学组成点分处在两个区域中,一个区域以郊坛下官窑为主 (I 区),另一个区域以龙泉黑胎青瓷釉为主 (II 区)。这就说明这两个窑的瓷片在化学组成上有明显的不同。这是可以理解的,因为两地所用的原料不同。

图 1 中的 1、2、3 号即是上面所说的杭州古中河南段采集的 3 个瓷片 X1、X2、X3 的化学组成点。它们都处在 I 区内,说明它们和郊坛下官窑的化学组成是相近的,可能都是用相同原料烧制的。从而进一步说明这三个瓷片都应是在杭州烧制的。图中 4 号即是来自故宫博物院的所谓传世哥窑(SK01)的化学组成点,它也处在 I 区的边上,说明它和杭州郊坛下官窑瓷片的化学组成很接近,也和古中河南段所发现瓷片的化学组成很接近。可以推论它也是杭州烧制的,而不是在龙泉烧制的。这事实支持了李辉炼关于“传世哥窑瓷”即是“修内司官窑”制品的观点。另外,景德镇明、清仿制的官、哥瓷片胎的化学组成点(6、7、8 号)都远离 I 区和 II 区。不管它们在外表上仿的有多象,它们的胎的化学组成还是很不同的。

从各窑瓷釉化学组成 F1、F2 因子荷载图 2 中可以清楚地看到郊坛下官窑和龙泉窑瓷釉的化学组成点就共处在一个区域,无法将 I 区和 II 区分开,特别是有相当多的组成点混处在一个小区域内(图中斜线部分),说明它们的化学组成是相似的,甚至是相同的。考古界多数认为

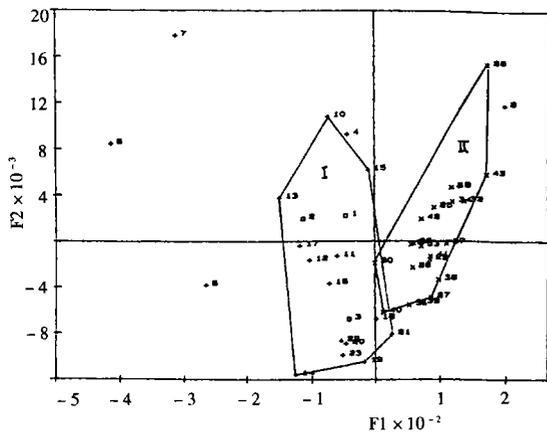


图 1 各窑瓷片胎的化学组成 F1、F2 因子载荷图  
Fig.1 F1 and F2 factor loadings' diagram of the bodies of the different kinds of wares - chemical composition

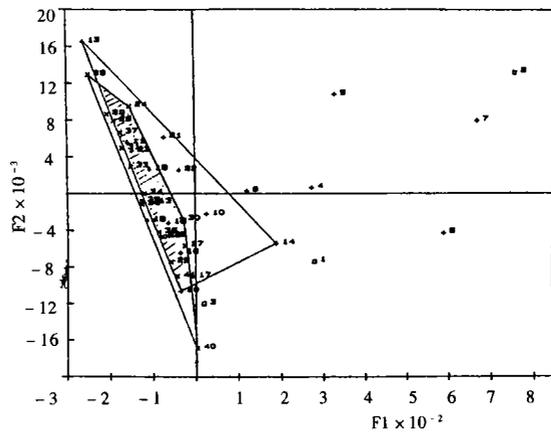


图 2 各窑瓷片釉的化学组成 F1、F2 因子载荷图  
Fig.2 F1 and F2 factor loadings' diagram of the glazes of the different kinds of wares - chemical composition

龙泉黑胎青瓷是仿效坛下官窑的制品,这里的结果支持了他们的观点。由于前者仿制后者,所以必须在釉的化学组成上达到一定的相似程度,才能保证在外观上的相似。古中河南段采集的和传世哥窑瓷片釉的化学组成点(1、2、3和4号)则比较分散,都不在上述的I区和II区内,说明它们的化学组成是不同的,有的甚至相差很远。另外由于化学组成不同,它们的显微结构也不同,郊坛下官窑瓷釉的乳浊性主要是靠钙长石微晶,而古中河中段瓷釉的乳浊性主要靠小气泡。因而从釉的化学组成和显微结构的角度又说明新采集的瓷片不是在郊坛下官窑中烧制的。传世哥窑瓷片也是这样。

根据以上情况可以认为杭州古中河南段采集的瓷片和故宫传世哥窑瓷片应是在杭州烧制的,但又和郊坛下官窑不在同一窑烧制。结合古中河南段瓷片采集的地点靠近万松岭以及有窑具生烧瓷片的发现说明这些瓷片有可能就是修内司官窑的制品。因此在修内司官窑窑址的发掘报告尚未正式发表之前虽不能绝对肯定它的存在,但也不能过早地否定它的存在。上述对应分析数据不仅为郊坛下官窑和龙泉黑胎青瓷的区分提供了科学依据,而且也为修内司官窑的存在,以及找到了它的传世制品提供了可参考的信息。

## 2 建阳和吉州窑黑釉瓷为何叫天目瓷

中国古陶瓷历史文献中从来没有天目窑和天目瓷这类名称。据说“天目瓷”是日本学者对宋代日本僧侣来我国浙江临安天目山寺庙进香时带回日本的一种黑釉盏的称谓<sup>[4]</sup>。也就是说“天目瓷”这一名称是来自日本。时至今日,日本学者已将我国福建建阳和江西吉州所烧制的黑釉瓷统称之为“天目瓷”,则不免令人费解。

杭州市文物考古所十余年来,一直对东、西天目山区进行踏勘调查。终于在临安县中部的凌口乡、绍鲁乡和西天目山乡境内发现了多处兼烧青白釉和黑釉的宋、元时期窑址多处。在这些窑址中虽青白釉瓷占多数,但在有些窑址中黑釉瓷的质量则要比青白釉瓷高。特别是绍鲁乡田干村碗窑湾窑和凌口乡的磨石岭窑的黑釉瓷质量更高。它们之中有些不仅乌黑光亮,而且有明显可见的各色兔毫纹和在阳光下的闪现兰色光晕的黑釉碗盏,十分可爱。说明这一地区在古代曾是一处颇具规模烧制高质量的青白釉瓷,特别是黑釉瓷的窑场。虽然古籍上没有记载和后来停烧,但根据我国对古窑命名的传统习惯,这些黑釉瓷及其烧制的窑应是名副其实的天目窑和天目瓷。虽然目前我们还无法肯定当时日僧从天目山寺庙带回日本的黑釉盏的确切产地,也无法肯定至今在日本广为流传的众多的天目碗盏中那些是天目窑的产品,但天目山区这些黑釉盏的发现至少已为我们提供值得重新考虑这一问题的信息和资料。为此我们和杭州市文物考古研究所合作对这些黑釉瓷片进行了科学技术研究。<sup>[5]</sup>

在所研究的11个瓷片中有9片是黑釉瓷,2片是青白釉瓷。黑釉瓷中编号为LT4、LT5和LT6分别为深酱色、黑色釉残片,局部显现有黄灰色和银灰色兔毫纹。无论在器型和釉色上在建阳窑都可以找到类似的制品。

图3和图4分别是9个黑釉瓷胎、釉化学组成的对应分析。为了比较,也列入建阳窑和吉州窑黑釉瓷胎、釉的化学组成。从图3.4可见天目窑黑釉瓷胎、釉的化学组成都不同于其它两个窑,说明它们之间无任何关系。天目窑黑釉瓷是利用当地原料烧制的。它的胎中 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量特别低,所以一般胎都非常白,这对烧黑釉瓷是不利的,所以它在施釉之前往往先施一层灰黑色的护胎釉以增加胎的黑度。另外它的釉中 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量又特别高,以便在还原气氛中烧成能显出乌黑光亮的外观。同时由于釉的流动,在口沿部分变薄遂使许多黑釉盏都有淡白色口沿,黑白对比十分引人注目。从而形成天目黑釉瓷的一大特色。

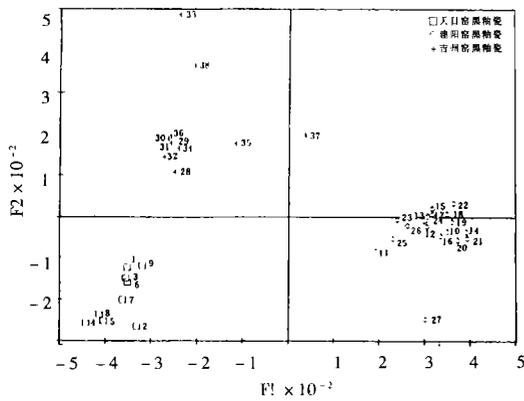


图 3 天目窑、建阳窑、吉州窑黑釉瓷胎化学组成 F1 和 F2 因子载荷图

Fig. 3 F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> factor loadings' diagram of Tianmu, Jianyang and Jizhou black glazed ware bodies - chemical composition

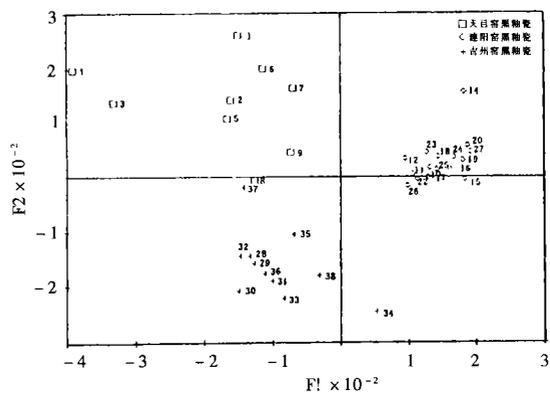


图 4 天目窑、建阳窑、吉州窑黑釉瓷来由化学组成 F1 和 F2 因子载荷图

Fig. 4 F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> factor loadings' diagram of Tianmu, Jianyang and Jizhou black glazed ware glazes - chemical composition

根据所采集的瓷片,天目窑黑釉瓷的器型以黑釉和深酱色釉茶盏最多。主要多是束口、尖唇、斜沿、微弧浅腹矮圈足的小型碗盏,应是一种茶具。釉黑胎厚适合于我国宋代盛行的“斗茶”风尚的需用。考虑到天目山自古即是著名的佛教盛地,又盛产茶叶,名山必有好水。在我国瓷器发源地,当时并有很高制瓷水平的浙江地区焉能无高质量的黑釉碗盏与之相配套。因此天目窑的兴起,特别是高质量黑釉瓷的烧制应是当时社会的客观需要。

可以认为前面所提到的日人对黑釉瓷命名为天目瓷的传说可能不是空穴来风。当时日本僧侣从天目山带回的黑釉瓷可能就是天目窑烧制的,因此把它称之为天目瓷。至于后来建阳窑和吉州窑黑釉瓷传入日本,统被称之为天目瓷就不免有讹传之嫌了。因此本文所命名的天目瓷和天目窑是专指在浙江临安天目山地区新发现的古窑群和它们的制品,而不是日本学者泛指的中国福建建阳和江西吉州等地所烧制的黑釉瓷。

### 3 景德镇元末明初官窑青花色料的变化

景德镇自元代开始烧制青花瓷以来,一直长盛不衰。其中明宣德、成化两朝又开一代之先声,为各朝之冠。宣德青花的深沉浓艳,成化青花的清新淡雅已成为景德镇青花瓷的两大特色。青花色调之变化固然与画师们的调色着笔有关,但与所用色料也不无关系,明王士性在《广志绎》卷四中曾有“宣窑之青,真苏渤泥青也;成窑时皆用尽,故成不及宣”。这里明确指出宣德青花色料为苏渤泥青,顾名思义是进口料。成化青花色料则不是,但用的什么料未明确交代。多数青花瓷研究者对此深信不疑,但也有人对此提出质疑。如“青花料考”一文作者根据《宣德鼎彝谱》中记载有无名异作鼎彝青瓷色料以及对各种物料凡是进口者都注明产地,而无名异则未注明产地。从而推断这里所说的无名异显然是国产的<sup>[6]</sup>。事实上,从传世的宣德和成化青花瓷来看,二者都有浓淡之分。因此宣德青花色料来源的解决还需继续研究。

近年来景德镇陶瓷考古研究所在珠山周围发现元代及明代洪武、永乐、宣德、成化等官窑瓷片堆积区,出土了大量青花瓷碎片。对这些瓷片的系统研究可能是解决各朝青花瓷色料来源的最宝贵的实物资料<sup>[7]</sup>。

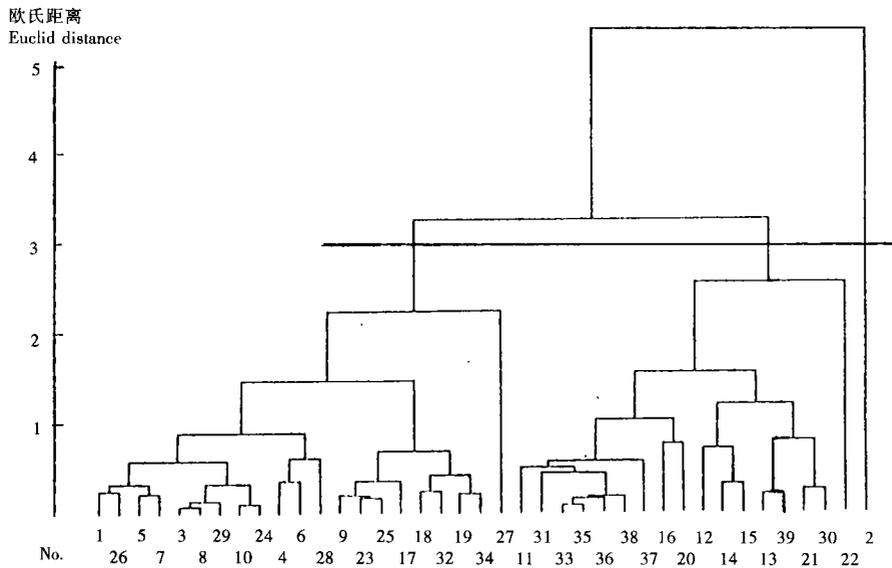


图5 景德镇历代青花瓷的青花料中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CoO}$ 、 $\text{MnO}$  含量的 Q 模式聚类图

Fig. 5 Dendrogram of Q - mode cluster analysis for  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoO}$  and  $\text{MnO}$  contents of the colouring material of the blue and white porcelain of successive dynasties in Jingdezhen

图5是根据景德镇历代青花瓷色料中  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CoO}$  和  $\text{MnO}$  含量所作的 Q 模式聚类图,图中编号 1—3 号和 23—29 号代表元代;4—7 号代表明代洪武;8—10 号代表永乐;11—15 号代表宣德;16 和 18—22 号代表成化;30 号代表正德;31—32 号代表嘉清;33—34 号代表万历;35—36 号代表康熙;37 号代表雍正以及 38—39 号代表乾隆。

以欧几里得距离为 3 将图 5 的聚类谱系图分割,即可将元、明、清共 39 个青花瓷色料分为两大类。其中 I 类包括所有元代、洪武和永乐青花色料,它们的特点是含有较高的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,一般在 2%—3% 之间;较低的  $\text{MnO}$ ,一般在 0.1% 左右,称之为高铁低锰青花料,国内未发现这种青花料。II 类包括所有宣德和清代的青花色料;它们的特点是含有较低的  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,一般在 1.5% 左右;较高的  $\text{MnO}$  一般在 3% 上下,称之为低铁高锰青花料,与国内所产钴土矿十分接近。成化和其它少数几个朝代青花瓷色料则分处在两类中。这里确切地说明元代、洪武和永乐的青花色料是相同的,都是国内没有发现过的高铁低锰青花料,相反所有宣德青花色料与它们不同,反而与清代几个青花瓷的色料相同,都是属于与国产钴土矿相同的低铁高锰青花料。

刘新园经过考证,认为元青花色料是元代将作院从波斯进口的原料<sup>[8]</sup>。这里的数据说明这一考证是可信的。那么明洪武和永乐两朝所用的青花料也可能是用元代所留下的进口青花色料,但到了宣德,所用的青花色料至少有一部份已改为国产钴土矿。这里的数据虽和王士性所说的“宣窑之青,真苏渤泥青也”不符,但却支持了“青花料考”一文作者的考证。相信这些有说服力的数据将为宣德青花瓷的仿制和鉴定提供可靠的科学依据。

根据以上情况,可以基本上把元代和清代的青花瓷分开。明代虽较复杂,但亦可将明代早期的和中后期的青花瓷分开,相信这些数据将为景德镇的青花瓷的断代提供科学依据。

## 参 考 文 献

- 1 李辉柄. 修内司窑的正名及相关问题. 故宫博物院院刊, 1996, (1): 45—52
- 2 朱伯谦. 朱伯谦论文集. 北京: 紫禁城出版社, 1990. 80
- 3 李家治、张志刚、邓泽群、陈士萍. 杭州古中河南段采集的瓷片和窑具的工艺及烧制地点的研究. 故宫博物院院刊, 1997, (3): 68—77
- 4 山崎一雄. 特种天目茶碗曜变和油滴的化学研究. 见: 中国科学院上海硅酸盐研究所编. 中国古陶瓷研究. 北京: 科学出版社, 1987, 271—274
- 5 李家治, 陈士萍, 张志刚, 姚桂芳等. 浙江天目窑黑釉瓷的科学技术研究. 陶瓷学报, 1991, 18(4): 185—194
- 6 汪庆正. 青花料考. 文物, 1982(8): 59—64
- 7 李家治, 张志刚, 邓泽群, 刘新园. 景德镇元代及明初官窑青花瓷器的工艺研究. 见: 鸿熙美术馆编. 景德镇出土明初官窑瓷器. 台湾, 1996. 55—65
- 8 刘新园. 景德镇窑瓷遗址的调查与中国陶瓷史的几个相关问题. 见: 香港大学冯平山博物馆编. 景德镇出土陶瓷. 1992. 8—29
- 9 吴隼, 李家治. 景德镇历代青花胎釉化学组成多元统计分析. 陶瓷学报, 1997, 18(3): 130—135

### Three examples of the studies on science and technology of ancient ceramics in scientific and technological archaeology

Li Jiazhi Zhang Zhigang Deng Zequn Chen Shiping

(Shanghai Institute of Ceramics, The Chinese Academy of Sciences, Shanghai 200050)

#### Abstract

The chemical compositions of the bodies and glazes of the moon white glazed sherds collected in the southern section of the Guzhanghe, Hangzhou, the black glazed ones found in Tianmushan district in Linan, Zhejiang and the blue and white ones of successive dynasties in Jingdezhen and the change regularity of the blue coloring material have been studied by use of multi - variate statistical analysis. Thus it was discussed that the sherds collected in the southern section of the Guzhanghe, Hangzhou might be the fragments of the products of Xiuneisi kilns near Wansonglin under the Fenghuangshan. It was pointed out that the kilns and the black glazed wares recently found in Tianmushan district, Linan were Tianmu kilns and Tianmu Wares worthy of the name. It was found that the blue coloring material for the blue and white porcelain of the Yuan period, hongwu and Yongle of the early Ming period might be imported one from Western Regions while that of Xuande probably was local earthy cobalt.

**Key words** Ancient ceramics Scientific and technological archaeology Provenance and dating

---

1999 - 06 - 20 收到