上林湖后司岙窑址秘色瓷的釉色特征及呈色影响因素研究 *

故宫博物院　浙江省文物考古研究所　慈溪市文物管理委员会办公室

内容提要　为揭示秘色瓷和普通越窑青瓷釉色特征和发展规律，探讨釉色的影响因素，本文利用分光光度计、光学与电子显微镜、X 射线荧光能谱仪（EDXRF）等，对后司岙窑址秘色瓷及普通越窑青瓷、荷花芯窑址普通越窑青瓷进行了分析研究。结果表明：（1）与普通越窑青瓷相比，后司岙秘色瓷釉色更偏青、饱和度更低，其釉色处于普通越窑青瓷向汝窑青瓷、南宋官窑青瓷等釉色的审美过渡阶段。（2）后司岙窑址秘色瓷和普通越窑青瓷釉层较为相似，均属于较薄的透明釉，影响二者釉层颜色差异的因素主要为胎体颜色及釉层中的过渡金属离子。（3）后司岙秘色瓷胎体颜色较白且深色颗粒较少，使得秘色瓷釉面明度值较高且更加纯净透亮。（4）后司岙秘色瓷采用的瓷质匣钵和釉封的工艺是其釉中 Fe^{2+} 含量高于普通越窑青瓷的原因之一，后司岙秘色瓷釉色因而更加偏青。

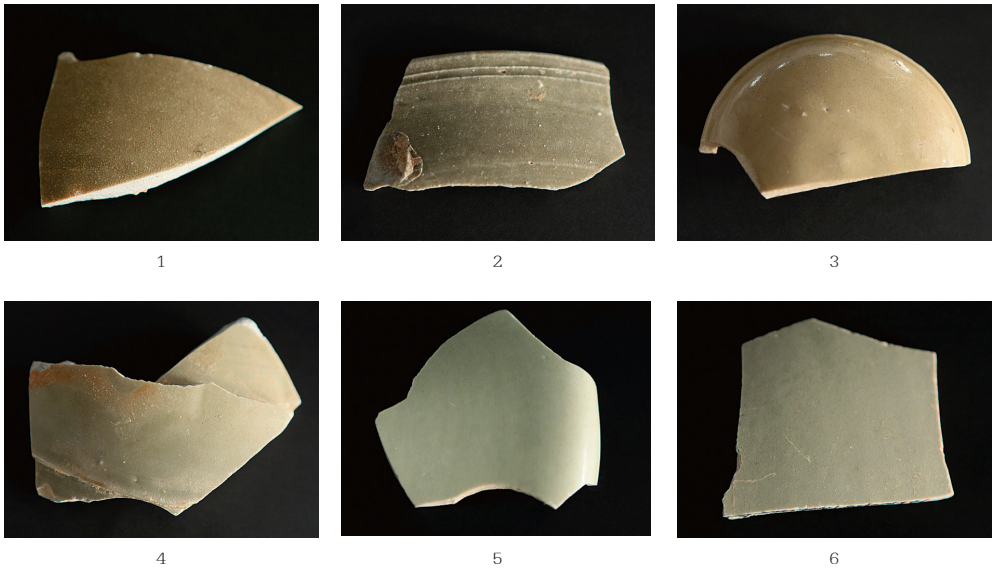
关键词　秘色瓷　后司岙窑址　釉色　胎体颜色　铁离子价态

引言

唐代诗人陆龟蒙形容秘色瓷的著名诗句“夺得千峰翠色来”，明确点出了秘色瓷的釉色特点，同时也表明了秘色瓷的釉色是其与普通越窑青瓷主要的差别之一。受限于当时陶瓷工艺的技术水平，烧造出“翠色”釉秘色瓷的难度很高，故其产品极为珍贵。本文拟采用分光光度计、光学与电子显微镜、X射线荧光能谱仪等现代科学分析仪器，对后司岙窑址出土的普通越窑青瓷和秘色瓷以及上林湖荷花芯窑址考古发掘出土的晚唐和北宋时期普通越窑青瓷样品进行分析研究，拟揭示秘色瓷和普通越窑青瓷的釉色特征和发展规律，并对釉色的影响因素进行初步探讨。

*　本项研究得到了国家自然科学基金（项目编号：51402054）资助。

〔图一〕荷花芯和后司岙窑址出土的不同时期普通越窑青瓷和秘色瓷典型样品
1. 荷花芯晚唐时期普通越窑青瓷　2. 荷花芯北宋时期普通越窑青瓷
3. 后司岙晚唐时期普通越窑青瓷　4. 后司岙五代时期普通越窑青瓷
5. 后司岙晚唐时期秘色瓷　6. 后司岙五代时期秘色瓷



1　2　3

4　5　6

一　样品与测试方法

（一）样品

本文分析的后司岙窑址普通越窑青瓷及秘色瓷、荷花芯窑址普通越窑青瓷样品均由浙江省文物考古研究所提供，时代包括晚唐、五代及宋代，典型样品如〔图一〕所示。

（二）测试方法

采用美国X-Rite公司的Color i5分光光度计对样品表面进行颜色测试，选取干净平滑的釉面区域，测量光谱范围为400～700nm。采用美国Perkin Elmer公司的LAMBDA 950分光光度计对样品釉面的吸收率进行测试，测量光谱范围为200～1500nm。

采用德国Leica公司的DM4000型偏光显微镜进行岩相显微结构分析，将瓷片断面粘于玻璃片上后磨制成厚度为30μm的光薄片。采用德国Leica公司的MZ16A实体显微镜对瓷片断面及表面进行显微结构观察，斜照明。采用美国FEI公司Quanta600大样品室环境扫描电子显微镜（SEM）观察样品显微结构，采用背散射电子图像。

采用美国EDAX公司生产的Eagle III XXL微聚焦型能量色散X射线荧光光谱分析仪测试样品的化学成分，束斑直径300μm，电压25kV，电流600μA，测试时间300s，采用自建的定量曲线算出样品的定量分析结果。

二　测试结果及讨论

（一）　秘色瓷和普通越窑青瓷的颜色特征和发展规律

从〔图一〕样品照片中可以看出不同时代不同类型样品的釉色存在着一定差异。为了科学表征瓷片釉层的颜色，建立起时代、样品类型与釉层颜色的对应关系，本文选择了有代表性的34片样品进行了颜色测试，典型结果列于[表一]中。L*C*h为色彩空间，其中L*为明度，标准黑的L*接近0，标准白的L*

为100。C*和h是色度坐标，C*为饱和度，即颜色点与原点的距离；h为色相，即颜色点与原点连线的角度。所有34片样品的L*C*h值画入〔图二〕中。

［表一］典型样品釉面色度值

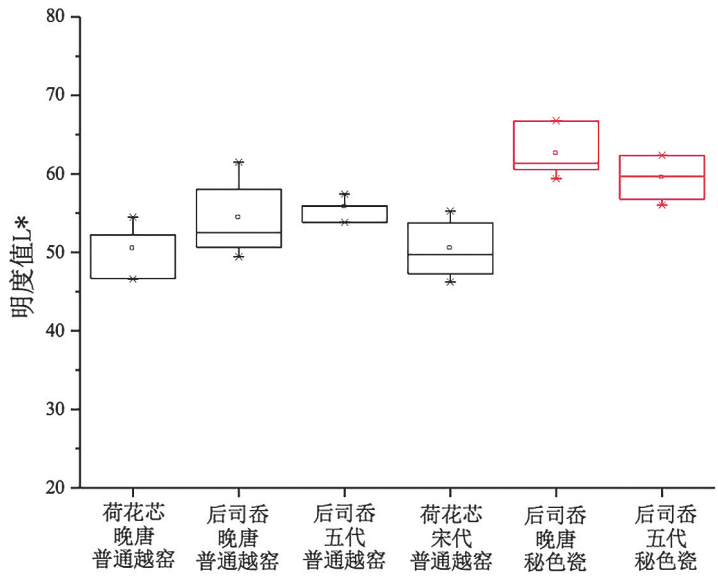
窑址	时代	类型	L*	C*	h
荷花芯窑址	晚唐	普通越窑青瓷	54.47	17.53	84.72
	北宋		50.78	12.02	88.39
后司岙窑址	晚唐	普通越窑青瓷	58.03	17.67	82.94
	五代		55.93	13.76	92.77
	晚唐	秘色瓷	66.8	11.76	101.85
	五代		60.52	9.62	101.45

从[表一]和〔图二：a〕中的明度值L*分布图可以发现，不同类型瓷片样品釉面的明度值虽然相差不大，但也可分为两种情况：前四类普通越窑样品虽然时代不同，但釉面明度值均较低、总体在45～60之间；而不同时代的秘色瓷釉面的明度值则均较高，皆在55～65之间。明度反映样品的光亮程度，明度值与样品釉层中过渡金属离子的含量、釉层厚度及胎体颜色等密切相关。

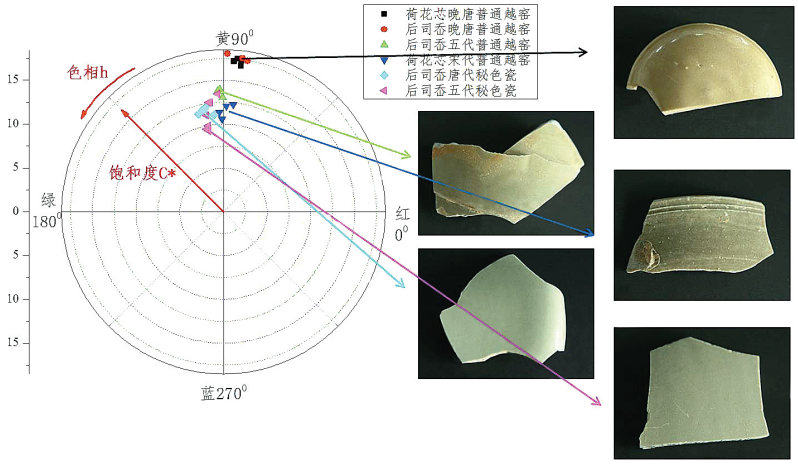
〔图二：b〕反应了样品釉面的色相h和饱和度C*值，色相即色彩的相貌，饱和度即是色彩的鲜艳程度。从图中可以看出所有样品的釉色都具有一定的共性，即均位于红黄绿区域内，且在黄色轴附近，但不同年代、不同类型的样品釉色又具有不同的特点。

从不同年代来看，对于普通越窑青瓷来说，晚唐时期釉面色相均小于90，位于第一象限内靠近黄色轴附近，且饱和度值较高，故其釉面的视觉效果较为偏黄。而普通越窑青瓷发展到五代时期，其釉面色相普遍大于90，

〔图二〕普通越窑青瓷和秘色瓷颜色分布图
a. 明度值L*分布图　b. C*h值分布图

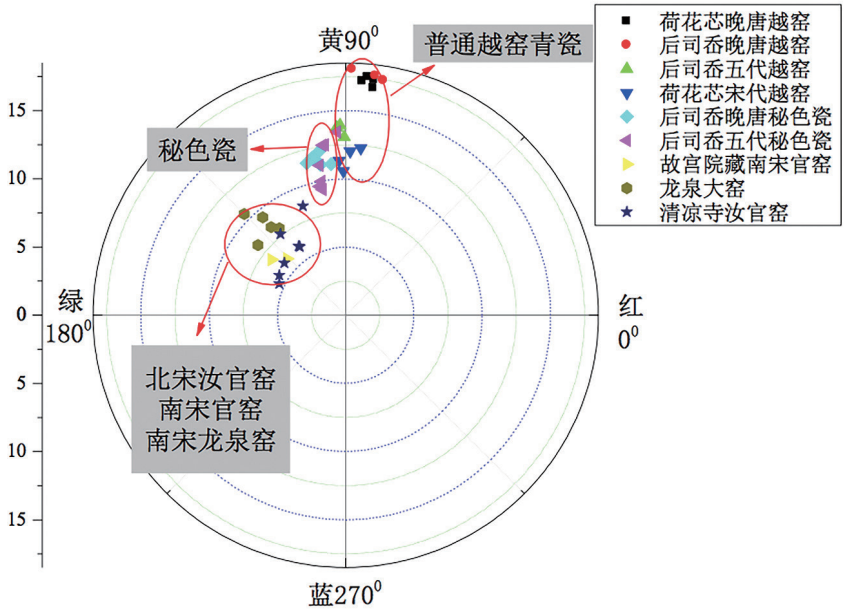


a.



b.

〔图三〕不同类型青瓷颜色C*h值分布图



位于第二象限内靠近黄色轴附近，且饱和度相对晚唐明显降低，故釉面视觉效果属于黄偏青的颜色。汪庆正就曾指出，“从传世和出土的大量实物和标本看，唐、五代的越窑器，绝大多数都是青中闪黄的‘艾色’”[1]，从C*h值来看，这种“艾色”即是色相较小、饱和度偏高的釉色。宋代普通越窑釉层的饱和度与五代时期相比更加降低，其色相分布区域较大，横跨第一、二象限，色相不稳定，故部分釉面偏黄、部分釉面偏青。对于后司岙秘色瓷来说，晚唐和五代时期釉面色相和饱和度相差不大，但五代时期的颜色波动较大，反映出釉色的不稳定；且整体上来看，后司岙秘色瓷比普通越窑青瓷釉面的色相角度更大，即更偏青绿，且饱和度偏低。由此可见，唐代诗人形容秘色瓷釉色的“千峰翠色”应该正是色相角较大且饱和度偏低的颜色。

从不同类型样品来看，晚唐普通越窑青瓷和后司岙秘色瓷釉面的色相和饱和度相差较大，即“艾色”釉和“千峰翠色”釉截然分开，二者颜色没有重合，推测二者的釉料或工艺相差较大。而普通越窑青瓷发展到五代时期，由于釉面色相角度增大(更偏青绿)，饱和度降低，从整体上看和同时期秘色瓷釉面颜色相差较小，甚至二者部分釉色有重叠，推测普通越窑青瓷受秘色瓷影响，原料或工艺有所改进。

为了探寻秘色瓷釉色在中国青瓷釉色发展过程中的地位及中国青瓷釉色的发展规律，本文将宋代以釉色著称的三个青瓷窑口(北宋汝官窑、南宋官窑、南宋龙泉窑)的典型样品釉色画入C*h图中，与本文所采集的两处窑址的普通越窑青瓷和秘色瓷釉色作了比较，结果如〔图三〕所示。从〔图三〕可以看出，相比于普通越窑青瓷和秘色瓷，北宋汝官窑、南宋官窑和南宋龙泉窑这三类青瓷样品釉面色相角度更大，即更偏青绿色。此外还可发现，这三类样品的釉色饱和度有所降低。饱和度即是颜色的鲜艳程度，〔图四〕所示，即为色相相同的两种颜色，a中绿色为高饱和度，b中绿色为低饱和度。从〔图四〕中可以明显发现，高饱和度的颜色显得非常鲜艳和活泼，可在短时间内吸引到人的目光，但同时也非常容易引起人的视觉疲劳；而低饱和度的颜色虽然显得不太鲜艳，但却更加耐看、雅致和沉稳。故从〔图三〕中可以发现，中国青瓷釉色发展到宋代，因原料及烧制工艺的改进，出现了汝窑“雨过天晴云破处”的天青釉色和

‹1› 汪庆正：《唐越窑秘色釉和艾色釉》，《文博》1995年第6期。

南宋官窑青瓷似青玉的粉青釉色。这两种釉色更偏青绿且饱和度更低，相比于青中闪黄且饱和度较高的普通越窑青瓷，就显得更加耐看和雅致。秘色瓷“千峰翠色”的釉色正处于普通越窑青瓷的“艾色”釉色向汝窑青瓷、南宋官窑青瓷、龙泉窑青瓷的“天青”、“粉青”釉色的发展过渡阶段，故秘色瓷的出现可能影响了当时社会对青瓷釉色的审美取向。

〔图四〕相同L*h值、不同饱和度C*值的颜色
a：饱和度较高
b：饱和度较低



a.　　b.

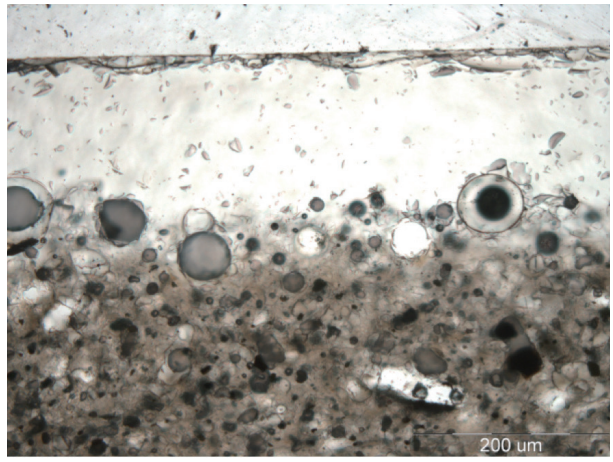
（二）秘色瓷釉层颜色的影响因素

秘色瓷和普通越窑青瓷均属于高温釉瓷，其釉色与配方和烧造工艺密切相关‹1›，其中最主要的因素有釉层厚度、釉层中所含晶体及气泡、胎体颜色、釉层中过渡金属离子的含量及价态。

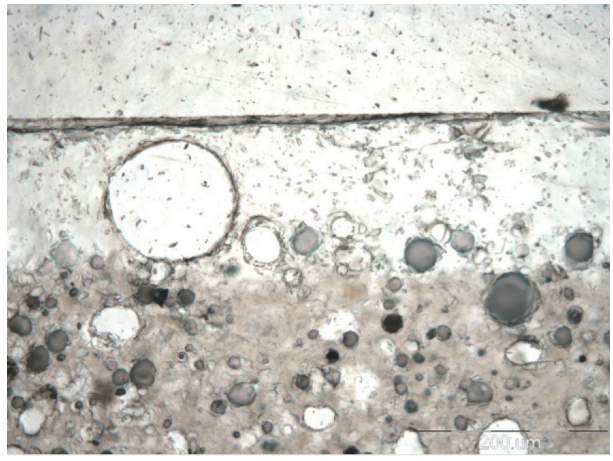
为了表征秘色瓷和普通越窑青瓷的釉层厚度、釉层中所含晶体及气泡，我们利用偏光显微镜观察了样品的断面显微结构，结果如〔图五〕所示。从图中可以看到，普通越窑青瓷和秘色瓷的釉层显微结构较为相似，均较为透明；釉层厚度也较为一致，均较薄，在150μm左右。釉中无残留的原料颗粒及新生成的晶体结构。釉中大气泡较少，而胎釉结合处的小气泡较多。虽然小气泡会使釉层混浊不透明‹2›，但由于普通越窑青瓷和秘色瓷釉中，小气泡相对于其他玉质感较强的青瓷釉层来说还较少，且基本位于胎釉结合处‹3›，故其产生的乳浊效果并不十分明显。因此综合来看，普通越窑青瓷和秘色瓷釉层均属于有微弱乳浊效果的透明釉。因普通越窑青瓷和秘色瓷的釉层厚度、釉层中所含晶体及气泡均较为相似，故这两种并非是造成普通越窑青瓷和秘色瓷釉色差异的主要因素。

由于普通越窑青瓷和秘色瓷的釉层均属于很薄的透明

〔图五〕晚唐普通越窑青瓷和秘色瓷断面显微结构单偏光200倍
a：普通越窑青瓷　b：秘色瓷



a.



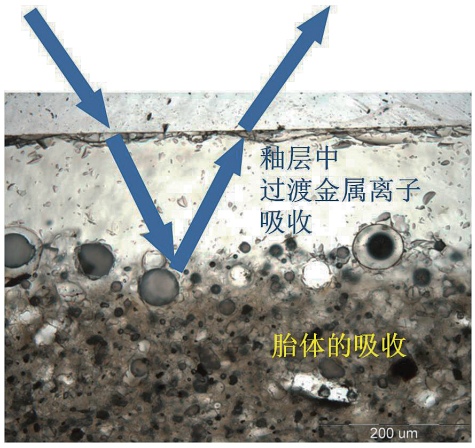
b.

‹1›　熊樱菲：《中国古代高温铁釉瓷的呈色研究》，《文物保护与考古科学》，第24卷增刊，2012年。

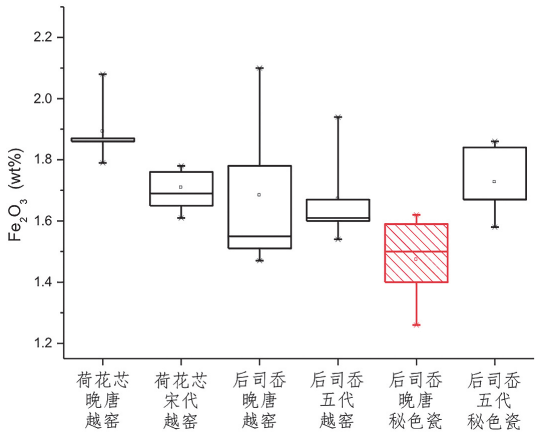
‹2›　李家驹：《陶瓷工艺学》页222，中国轻工业出版社，2008年。

‹3›　吴隽、罗宏杰、李其江等：《越窑、龙泉及南宋官窑青瓷等我国南方青釉名瓷的元素组成模式和显微结构特征》，《硅酸盐学报》，2009年第8期。

〔图六〕入射光线在釉层内线路示意图



〔图七〕普通越窑青瓷和秘色瓷胎体中Fe_2O_3含量箱式图



釉，故大体来说，当外界光源照射进样品釉层后，除镜面反射外，入射光会经过釉层中过渡金属离子的吸收及胎体的吸收之后，反射回釉面，即成为人们肉眼观察到的釉层表面的光线。由于过渡金属离子和胎体仅对特定波长的光产生吸收，故反射回釉面的光线具有颜色，即釉层的颜色，如〔图六〕所示。故下文将对胎体和过渡金属离子对普通越窑青瓷和秘色瓷釉色的影响进行探讨分析。

（三）胎体对釉层颜色的影响分析

由于样品的釉层较薄，故胎色及胎体中深色杂质会对釉面颜色及效果产生影响。〔图七〕为不同类型瓷片胎体中Fe_2O_3含量箱式图，可以发现胎体中均含有一定量的Fe_2O_3，故普通越窑青瓷和秘色瓷胎体均属于深浅不一的灰色胎；但后司岙晚唐时期秘色瓷胎体中Fe_2O_3含量较低，这可导致其胎体颜色偏浅。

已有前人研究总结，由于越窑青瓷釉层很薄，且透明度较好，所以胎的色调会透过釉层而反映出来[1]。除了色调，胎体颜色也会对釉层明度值L*产生影响。〔图八〕为胎体新鲜断面，可以发现普通越窑青瓷胎体偏黄，而秘色瓷胎体白度明显偏高。由于普通越窑青瓷胎体偏黄——即对入射光有一定吸收，而秘色瓷胎体较白——即对入射光吸收较少，故秘色瓷釉面反射出来的光线较多，釉面更亮，这也正是〔图二：a〕中的秘色瓷釉面明度值L*较高的原因之一，同时也可导致过渡金属离子的吸收作用对秘色瓷釉层表面颜色的影响份额增大。

此外，由于釉层较薄且透明，除胎体颜色外，胎体中深色杂质也会对釉面颜色及效果产生影响。如〔图九：a〕和〔图九：b〕，即为利用扫描电子显微镜拍摄的普通越窑青瓷和秘色瓷的胎釉断面，从中可以发现二者胎体中均含有含铁量较高的颗粒物（图中较亮处），但秘色瓷胎体中较少，故从〔图九：c〕和〔图九：d〕的显微图中可以发现，普通越窑青瓷釉层表面可以观察到较多的深色颗粒物质，影响釉面效果，而秘色瓷釉层表面可以观察到的深色杂质较少，釉面更加纯净、透亮。

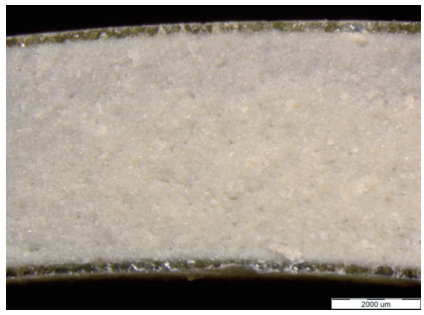
（四）过渡金属元素的含量及价态对釉层颜色的影响分析

过渡金属元素在釉层玻璃体中以离子状态存在，其价电子在不同能级间跃迁从而引起对可见光的

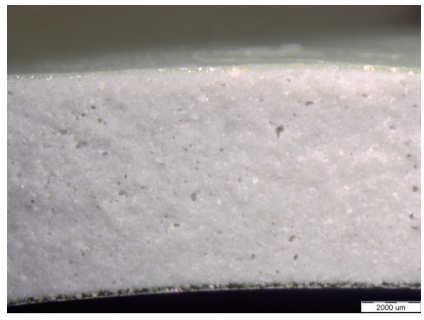
‹1› 张福康：《中国古陶瓷的科学》页47—48，上海人民美术出版社，2000年。

选择性吸收，这是离子着色的机理‹1›。从[表二]中可以发现，釉层中存在的可能影响釉层颜色的过渡金属元素主要为铁和钛。钛在硅酸盐玻璃中一般以Ti^{4+}价态存在，关于Ti^{4+}对釉色的影响有不同的解释，主要认为其有加强过渡元素着色的作用，钛与铁结合会使釉色发黄‹2›。而TiO_2含量在不同釉层中较为相似，其对不同釉色影响作用大小较为相似，故铁是造成普通越窑青瓷和秘色瓷釉色差异的更大的原因。

〔图八〕普通越窑青瓷和秘色瓷断面照片及光线示意图
a:普通越窑青瓷断面15倍
b:秘色瓷断面10倍

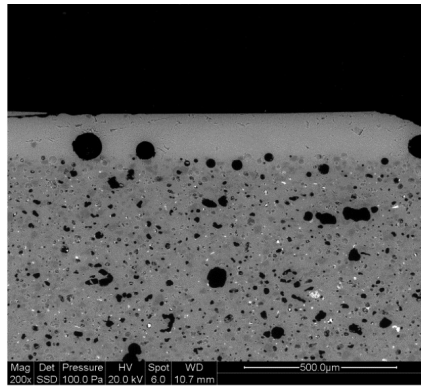


a.

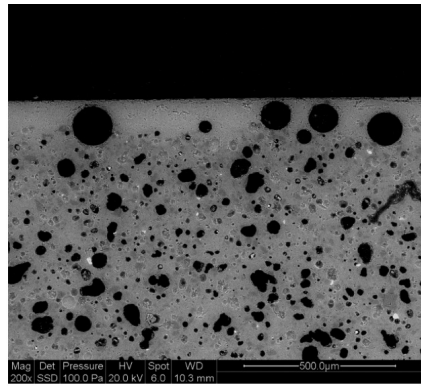


b.

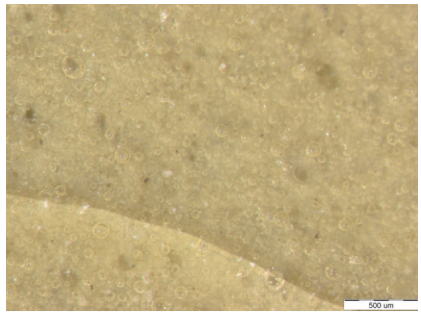
〔图九〕普通越窑青瓷断面及表面显微结构照片
a:普通越窑青瓷断面SEM,背散射电子,200倍　b:秘色瓷断面SEM,背散射电子,200倍
c:普通越窑青瓷表面OM,100倍　d:秘色瓷表面OM,100倍



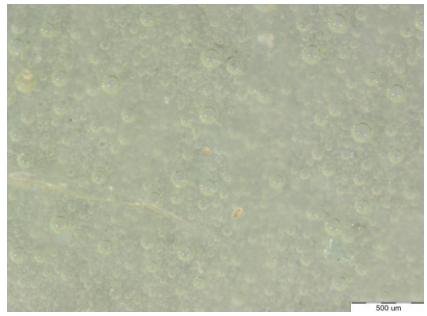
a.



b.



c.



d.

第一过渡金属系中的Fe是颜色釉层中的最主要的着色元素之一，研究中国古陶瓷的英国著名学者尼格武德(Nigel Wood)在书中指出：“世界上没有哪个国家的传统制瓷技术，比中国更富有想象的应用铁来着色。”‹3› 铁在釉层玻璃体中以Fe^{2+}、Fe^{3+}的形式存在，这两种离子价态间的平衡极大地影响着釉层的颜色‹4›。而从[表二]中发现不同釉层中包括氧化铁在内的各种氧化物含量均较为相似，故釉层成分中影响釉层颜色的因素主要为Fe^{2+}/Fe^{3+}的比值。其中Fe^{2+}在1050nm近红外区域产生的较强吸收可延伸至可见光区，使釉层产生绿色调；而Fe^{3+}强烈吸收200nm左右的紫外

‹1› 陈福、武丽华、赵恩录等：《颜色玻璃概论》页84－86，化学工业出版社，2009年。

‹2› [英]尼格武德、荣思彬：《早期耀州青瓷和南宋老虎洞窑的技术关系》，《南宋官窑与哥窑——杭州南宋官窑老虎洞窑址国际学术研讨会论文集》页190－195，浙江大学出版社，2004年。

‹3› Nigel Wood, *Chinese Glazes*: University of Pennsylvania Press, 1999.

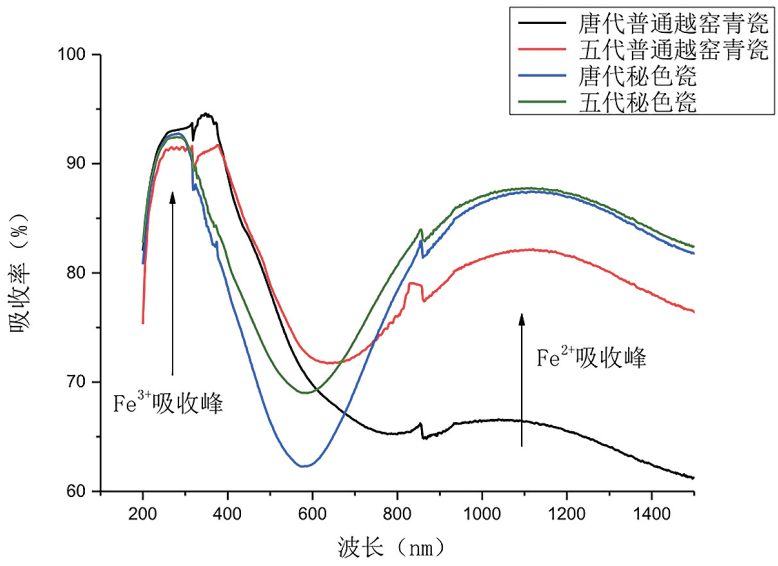
‹4› 段浩、干福熹、赵虹霞：《实验室模拟过渡金属离子掺杂的中国古代玻璃的着色现象》，《硅酸盐学报》2009年第12期。

线并延伸至可见光区，使釉层产生充足的黄颜色‹1›。为了探究普通越窑青瓷和秘色瓷釉层中Fe^{2+}和Fe^{3+}的相对含量，本文利用紫外—可见—近红外分光光度计测试不同类型釉层的吸收率曲线，结果如〔图十〕所示。

［表二］ 普通越窑青瓷和秘色瓷的釉层氧化物组成平均含量（wt%）

窑址	类型	时代	Na_2O	MgO	Al_2O_3	SiO_2	K_2O	CaO	TiO2	MnO	Fe_2O_3	P_2O_5
荷花芯	普通青瓷	晚唐	0.73	3.09	12.35	64.92	1.37	11.78	0.78	0.60	2.11	1.71
		北宋	0.77	2.89	12.51	63.02	1.56	13.89	0.59	0.42	1.79	2.33
后司岙	普通青瓷	晚唐	0.79	3.24	12.10	64.64	1.73	12.31	0.65	0.49	1.71	1.91
		五代	1.07	3.04	12.69	64.48	1.40	11.90	0.70	0.37	2.16	2.20
	秘色瓷	晚唐	0.88	2.95	12.78	65.58	1.35	11.32	0.66	0.49	1.78	1.80
		五代	0.80	2.89	13.22	64.54	1.22	12.23	0.67	0.47	1.84	2.02

〔图十〕普通越窑青瓷和秘色瓷釉面吸收率曲线



从〔图十〕可以看出，不同类型釉层的吸收率曲线虽有一定的差异，但主要由Fe^{3+}吸收峰和Fe^{2+}吸收峰‹2›组成。不同类型釉层的Fe^{3+}吸收峰较为相似，但Fe^{2+}吸收峰的高度、峰型却相差较大。从〔图十〕还可以看出，晚唐时期普通越窑青瓷釉层中Fe^{2+}吸收峰非常平缓，且峰值最低，仅为65%左右，相比于该曲线中较强烈的Fe^{3+}吸收峰，普通越窑青瓷中Fe^{2+}的相对含量较少，其所造成的近红外区域的吸收对可见光区域影响较小，故造成如〔图三〕所示的晚唐普通越窑青瓷釉层色相角度较小，釉色更偏黄。而秘色瓷釉层中Fe^{2+}吸收峰明显较高，达到85%以上，即Fe^{2+}的相对含量明显较普通越窑青瓷釉中的高，且秘色瓷釉中Fe^{2+}/Fe^{3+}的比值也较高，Fe^{2+}吸收对可见光区域有较大的影响，故造成〔图三〕中秘色瓷釉层色相角度更大，釉色更偏青。

Fe^{2+}与Fe^{3+}在釉层高温烧制时存在着$2O^{2-}+4Fe^{3+}\leftrightarrow 4Fe^{2+}+O^2$的反应与平衡‹3›，而影响此平衡以及釉中$Fe^{2+}/Fe^{3+}$比值高低的主要因素即为烧成过程中氧化还原气氛的控制。普通越窑青瓷和秘色瓷均在龙窑中烧成，为了保证烧成器物能够接触到较强的还原气氛，使Fe^{2+}/Fe^{3+}比值更高，除了要将器物放置于龙窑中具有较强还原气氛的窑位，秘色瓷所使用的特殊的匣钵工艺也起到了很重要的作用。〔图十一〕所

‹1› Scott B. Donald、Amy M. Swink、Henry D. Schreibe, "high-iron ferric glass", *Journal of Non-crystalline Solids*" 2006.

‹2› C. R. Bamford, *Colour Generation and Control in Glass*, Elsevier Scientific Publishing Company, 1977.

‹3› 王静、王芬、李伟东等：《中国古代透明青瓷釉的可控仿制及呈色规律研究》，《中国陶瓷》2014年第2期。

示，为后司岙窑址出土的晚唐时期不同类型的匣钵，经考古发现，普通越窑青瓷使用的是普通粗质匣钵，而与秘色瓷器同出的是大量的瓷质匣钵‹1›。特别是在烧成时，这种瓷质匣钵的口沿还使用釉浆密封‹2›。在烧窑升温过程中，瓷质匣钵具有一定的透气性，可使还原气氛进入到匣钵内部而作用于器物，使釉烧制成青色；而在降温过程中，瓷质匣钵和匣钵釉因烧结而不透气，有效地防止了停火之后的氧化气氛进入到匣钵内，保证了秘色瓷釉层中存留更多的Fe^{2+}，也就是避免青色釉面被“二次氧化”成偏黄的颜色‹3›‹4›。

〔图十一〕后司岙窑址出土晚唐时期粗质匣钵及瓷质匣钵
a：普通越窑青瓷所使用的粗质匣钵
b：秘色瓷所使用的瓷质匣钵和匣钵釉



a



b

三　结论

本文对后司岙窑址发掘出土的秘色瓷及普通越窑青瓷、荷花芯窑址发掘出土的普通越窑青瓷进行分析研究，得出以下初步结论：

(1)与普通越窑相比，后司岙窑址秘色瓷釉色更偏青、饱和度更低。后司岙窑址秘色瓷釉色处于普通越窑青瓷向汝窑青瓷、南宋官窑青瓷等釉色的审美过渡阶段，可能对当时社会青瓷釉色的审美取向有所影响。

(2)后司岙窑址秘色瓷和普通越窑青瓷釉层较为相似，均属于较薄的透明釉，影响二者釉层颜色差异的因素主要有胎体颜色及釉层中过渡金属离子的含量及价态。

(3) 胎体颜色及胎中深色物质会对釉面颜色及效果产生影响。后司岙窑址秘色瓷胎体颜色偏浅，可能导致秘色瓷釉面明度值较高；同时秘色瓷胎体中深色颗粒较少，使得其釉面更加纯净透亮。

(4)后司岙窑址秘色瓷采用的瓷质匣钵和釉封的工艺使其釉中Fe^{2+}含量高于普通越窑青瓷，这是秘色瓷釉色更加偏青的原因之一。（侯佳钰、徐巍、厉祖浩、沈岳明、郑建明执笔）

（责任编辑：何　芳）

‹1›　浙江省文物考古研究所，慈溪市文物管理委员会办公室：《秘色越器——上林湖后司岙窑址出土唐五代秘色瓷器》页27－30，文物出版社，2017年。

‹2›　朱伯谦、陈克伦、承焕生：《上林湖窑晚唐时期秘色瓷生产工艺的初步探讨》，《文博》1995年第6期。

‹3›　李家治：《中国科学技术史·陶瓷卷》页130，科学出版社，1998年。

‹4›　前揭汪庆正：《唐越窑秘色釉和艾色釉》。