

吉州窑瓷用原料考察*

敖镜秋

(轻工部陶瓷研究所)

摘 要

本文综合叙述了对吉州窑附近主要陶瓷原料(包括植物灰)的考察结果。采用化学分析、差热、X衍射、能谱和扫描电镜等手段,对诸原料和出土样品进行了系统的研究,由此确定了制作吉州天目的主要原料。

关键词: 陶瓷原料 天目 植物灰

**An Investigation of Ceramic Raw Materials in
the Jizhou Kiln Area**

Au Jingqiu

(Ceramic Industrial Scientific Research Ins-
titute, Ministry of Light Industry)

Abstract

In this article a comprehensive mention is made of the investigation results of the main ceramic raw materials (including some plant ashes) in the Jizhou Kiln area. By means of CA, DTA, XRD, EMA and EBMA, these raw materials and the unearthed samples have been systematically studied, thus determining the main materials for producing Jizhou Temmoku.

key words: Ceramic raw materials, Temmoku, Plant ashes

吉州窑出土的陶瓷产品种类繁多,青白瓷、青瓷、青花瓷、天目制品以及琉璃器均有其代表性样品,这表明古代吉州窑使用的陶瓷原料是丰富多样的。为仿制木叶天目盏并使仿制品和出土样品在形、色、声、质等方面相似,我们对吉州窑附近的陶瓷原料作了较广泛的考察。现分概貌、坯用原料、釉用原料和简短结论四个部分报告如下。

一、概 貌

古代吉州窑所使用的陶瓷原料主要产于吉州窑附近的一些矿区,其中南山、青原山和猪母岭的粘土矿最有影响,古代称“南山之泥”、“腻土”,指的就是这些矿产;此外还

*本文收稿时间1989年2月8日

有尹家山的黑泥矿、文陂的钴土矿，高塘的锰粉矿、敖城的红丹、前岑的石英……。这些矿区距永和镇大都较近，有的不足八华里，最远的不超过五十华里，有的船可直达。众多矿产分布相对集中，运输较便，看来是古代吉州窑得以兴盛、产品种类繁多的得天独厚的条件，也是今后发展和恢复吉州窑生产的重要资源优势。

南山、青原山和猪母岑三处目前仍在开采。前两处均设有砖瓦厂，原料土质均一，表层和一米深处化学成分几乎没有变化，储量很大。猪母岭矿床由炭层、灰泥、白泥层迭而成，是较典型的高岑土矿，目前属吉安白泥矿开采，一度景德镇电瓷厂大量采购。距猪母岭约二公里的赣江岸边，最近找到新的矿点，称“田垌矿区”，白泥品位略逊于老矿，但储量很大。

黑泥矿在史书上尚无查到记载。该矿座落在永和镇西北约八华里处，自永和镇沿公路到敬老院，再在山边、田间小路上步行数里即达矿区。这一段小路间或可以找到用匣钵铺砌的路面，愈近矿区这种路面愈多，有的至今仍然整齐、平坦。矿区无高大树木，甚至乔木都很少，地表长着一些苦艾之类的野草；山势平坦，在大约三平方公里的缓缓的斜坡上，分布着大大小小的池塘和矿渣堆。实际上池塘是矿渣堆围成的凹地，每个池塘均有一到二个排水沟，除最大的几个积水不盈尺外，大都干涸。较完整的池塘有三十二个，其余的相互交错、重迭，无法辨认。整个矿区土色甚黑，池塘底部和排水沟中细泥，色尤黑。矿渣堆则是一些大不到二公分的石英块堆聚而成的。当地老年人介绍：“矿区名尹家山，原属永和镇尹姓大窑；池塘是淘泥用的，淘得的精泥运往永和镇。公路未通时，匣钵铺砌的路可直达永和镇。”展望矿区遗迹，联想老年人的介绍，不难想见当年这个矿区上，取土的、淘泥的、倒渣的以及在匣钵铺砌的小道上车担接踵的运输人流，熙熙攘攘，一派兴旺繁忙景象。

关于釉料，除上述几种矿产可能部分地引用，因产品按种类众多的釉用原料要求，配釉原料似乎更为复杂。史书记载以及当地老年人对釉用原料来源的看法是：窑包旁池塘中挖的塘泥是釉的主要原料。事实上每座窑包旁至少有一池塘，二十四座窑包无一例外；以后的分析、试验证明，塘泥成份是不均匀的，波动很大，某种方法取得的塘泥的确酷似宜兴缸釉，显然对天目制品是很相宜的。然而有些人，特别是老年人坚持祖辈传留下来的寻找色剂的方法，在某些山头可以扫得一种棕黑色“芝麻粒大小”的釉砂。这种方法和永和镇附近有锰粉矿、钴土矿密切相关，至今仍有人拣“土子”（一种含锰的结石）售给吉州窑使用。江西省境内某矿区也有这种棕黑色的釉砂，在 1280°C 左右，不论是氧化或还原气氛下，均能获得黑色的釉，其呈色特点和天目制品相似。

池塘在配制釉料方面看来还有一种独特作用。当地农民取塘泥作肥料偶然能挖出一些满盛田螺壳、蚌壳的匣钵；在讲经台前的捻塘挖得的一匣钵田螺壳则是笔者亲眼目睹。另外，在窑门岭窑包上，找到盛于匣内的已煅烧的蚌壳，洁白纯净，手捏即呈粉状。用水长期浸泡除去杂物，再经高温煅烧，不失为取得富钙的釉或彩绘用原料的好办法。

使用“土子”、红土、褚石和窑汗配釉，古代留下的史书、手抄本杂记中，有着一些线索。“土子”是一种直径小于0.5厘米的含钴硬锰矿结石，坚硬、极难粉碎；这种结石用来配天目釉效果甚佳，也可能和吉州窑曾生产过青花瓷有密切关联。由于烧窑采用松枝，所以吉州窑的窑汗成份较石灰窑窑汗远为丰富，独具特色。红土和褚石看来是釉中引入铁氧化物

时选取的原料。这里特别要提到的是红土。吉州窑附近一些山头可挖得粘性良好的富铁红土，当地农民至今用它粉刷墙面，但是用作釉料的则是经天然加工呈片块状的红土。一些山头（如敬老院左侧的几个山头），在雨水的流析作用下，表层呈红、黄、白相间的流纹状，间有星罗分布着凸起的红色（有的呈红黑色）片块状红土，山沟和流水集中处则堆积白色的细砂。这既预示这些红土含大量氧化铁（特别是 Fe_2O_3 ），也给人们展示了吉州天目中不少按流析过程形成的纹样的机械模型。

利用植物灰作釉料是吉州窑一大特色，关于利用桑、桐树叶和松灰（窑灰）配釉的记载都可查到，当地陶器生产至今仍采用稻草灰。着眼于含氧化物丰富和研制木叶天目的任务，无疑对植物灰的认识会予以特别的地位；近年来欧洲一些陶瓷工作者，也对此非常重视，植物含有少量的多种着色金属氧化物的作用得到了肯定。

二、制坯原料

2.1 由出土的瓷片和坯体获得的讯息

在吉州窑二十四座窑包中收集了残器、瓷片样品，特别是吉州窑的同志提供了讲经台下85年基建时出土的二件保存在匣钵内的素坯（带内、外釉）及桐木岭作坊遗址出土的盛于小碗内的一块泥料，对这些珍贵的样品进行观察、分析、测试，目的在于获得古代生产中采用的是些什么原料的有关讯息，以为仿制工作提供出发点，并为证实有关记载提供必要的数据。工作结果分述如下：

2.1.1 外观、吸水率、烧成温度和矿相

对三十个青瓷、青白瓷和青花瓷样品和一百个天目样品测定了吸水率，前者96%分布在0.5~1.0之间，后者85%在2.2~2.8%之间。如果按吸水率分类，则吉州窑生产的青瓷、青白瓷和青花瓷属瓷器范畴，而天目制品则为炆器。几个琉璃产品的残片，吸水率高达6%以上，似仍属炆器范畴。

但吸水率相近的样品之间，色泽、断面外观有明显的差异。无论是青白瓷还是天目制品，大体上可归为灰白、断面细腻和黄褐、断面较粗二个大类，对这二大类的代表性样品进行复烧和矿相分析，得表1。

除出土瓷土印成圆形小板，如表1中指出的二个温度分别烧成外，所有的出土样品均在高温显微镜中复烧，表1中的温度值，第一个是开始出现收缩时的温度，后一个值为收缩到体积最小对应的温度。因此，可以认为第一个值接近古代烧成温度，而第二个值是该样品最高烧成温度。矿相分析是用经复烧的样品坯粉在“日本电子”生产的X射线衍射仪上进行的。

表1可以看出呈灰白色、断面细腻诸样品（出土的二件素坯、素天目48#和青瓷片8#），具有相同的矿相；而黄褐色、断面较粗的诸样品矿相也相同。如果认为吸水率的差异，来源于烧成温度的不同（例如出土瓷土烧成温度升高50℃，吸水率便从2.28%降到0.45%），则可以提出一种看法，即古代吉州窑大多数天目制品可能是用两种主要原料配方制坯的。

2.1.2 化学分析结果

表1 代表性样品复烧和XRD

样品名称	来源	外观	烧成温度(℃)	吸水率(%)	XRD		
					石英	莫来石	顽辉石
青瓷片8*	桐木岭窑包	坯呈灰白色, 断面细腻	1280—1310	0.61	++	+++	
青白瓷罐(残)	窑门岭85年出土	黄褐色, 断面较粗	1280—1300	0.70	+++	++	
素天目片74*	尹家岭窑包	“	1240—1280	2.44	+++	+-	
素天目片48*	蒋家岭窑包	灰白, 断面细腻	1240—1280	2.40	++	+-	
出土素坯1*	见前文	“	1220—1310	0.55	++	+++	
出土素坯2*	“	“	1220—1310	0.64	++	+++	
出土瓷土	“	黄褐, 断面较粗	1260	2.28	+++	+-	
			1310	0.45	+++	++	
琉璃器5*	尹家岭窑包绿枕片	黄, 浅褐, 断面粗	1080—1100	6.70	++	-	+

为验证上述看法是否成立, 首先外观、矿相相同的坯体, 其化学成分也就相近。

表2列出了表1中诸样品的化学分析结果, 初步肯定了上述看法。即诸灰白色坯体化学成分非常相近, 其特点是 Al_2O_3 高达30%, SiO_2 却只有60%左右; 而诸黄褐色的样品化学成分非常相近, 但它们的 Al_2O_3 只有20%左右, SiO_2 却高达70%。

表2 代表性样品化学分析数据

样品名称	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	P_2O_5
青瓷片8*	61.20	28.61	1.03	1.20	0.01	0.12	0.32	6.58	0.38	0.19
青白瓷罐	71.48	21.09	1.36	1.26	0.01	0.36	0.42	3.69	0.23	0.10
素天目74*	71.41	21.27	1.35	1.16	0.03	0.37	0.46	4.22	0.24	0.10
素天目48*	61.84	29.08	1.04	1.23	0.01	0.34	0.50	5.46	0.31	0.17
出土素坯1*	60.04	30.04	0.94	1.05	0.01	0.33	0.37	6.38	0.32	0.16
出土素坯2*	61.74	28.25	1.14	1.26	0.05	0.39	0.55	5.34	0.42	0.21
出土瓷土	71.32	20.57	1.24	1.00	0.02	0.35	0.43	4.04	0.19	0.08
琉璃器5*	62.26	14.25	1.78	0.60	/	2.73	10.25	2.75	0.11	0.04

这两类（外观上区分）坯体硅铝总量，RO及R₂O总量均很相近，所以有相似的烧成特性。此外，古铜木岭作坊出土的那块泥料，即出土瓷土，其成份又恰和诸黄褐坯体非常相近。因此，可以认为黄褐色这类坯体就是用此种泥料制成的。此种瓷土（出土瓷土）可能是某种吉州窑附近矿产，也可能是古代陶工用几种矿产配制而成的。同样，那种灰白色的坯体在使用的原料上也存在类似的问题。这也是寻求吉州窑古代主要制坯原料的中心课题。

至于琉璃器，低的烧成温度，低的Al₂O₃含量和高的MgO含量，是它们的主要特征，古代陶工用那些原料配制成的？显然也是需要解决的问题。

按文献介绍以及当地老人传说，古代吉州窑陶工是采用单一原料制坯的，如果这种说法正确，那么只要能在吉州窑附近找出三种原料就能解决上面提出的课题，即灰白色和黄褐色坯体各对应一种原料，而琉璃器则为一种含镁量很高的原料。果真如此，寻找制坯原料的任务就简化了，只要找到三个矿，能采出相应的三种原料就圆满解决了。如上述说法不实，那么工作就复杂化了。

2.2 主要制坯原料的确定

根据上述思路，同时考虑到古代开采能力和粉碎能力，所以未采集石质原料，而致力于寻找储量大、开采方便、土质细腻，不经粉碎即可满足成瓷要求的原料。在吉州窑古陶瓷研究所大力支持下，两个月紧张的工作，取得表3和表4中的结果。

表3实际只有5个矿点，因猪母灰泥和白泥是同一种矿点的上下层，尹家山黑泥是同一淘泥塘边缘（粗）和底部（细）采集的。有意思的是白泥和所有灰白坯体成份相近（见表2），南山泥和青源山泥都和黄褐色坯体成份相近，黑泥则富含氧化镁，这正是我们祈望找到的原料。更重要的是猪母岭、南山、青源山史书上有记载，且目前仍在开采的尹家山则留有宏大的淘洗取土的遗迹。至此，可以认为已经找到了吉州窑古代制坯的主要原料，剩下的

表3 主要制坯原料化学成份及XRD

原料名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
猪母岭灰泥	59.88	31.88	1.92	1.02	0.02	0.37	0.43	4.16	0.08	0.24
猪母岭白泥	62.23	28.03	2.05	1.20	0.01	0.32	0.47	6.02	0.10	0.22
田坑白泥	64.20	26.65	1.72	1.12	0.01	0.35	0.29	5.42	0.12	0.10
南山土	71.60	20.40	1.35	1.22	0.01	0.33	0.42	3.96	0.12	0.09
青原山土	71.89	19.92	2.04	1.00	0.08	0.57	0.42	3.75	0.25	0.07
尹家山黑泥(粗)	65.55	4.59	1.65	0.16	/	3.06	24.28	0.42	0.23	Li ₂ O 0.09
尹家山黑泥(细)	62.28	5.06	1.60	0.20		4.37	25.62	0.52	0.26	Li ₂ O 0.10

续表3

原料名称	XRD					
	石英	高岭	云母	滑石	蒙脱石	石灰石
猪母岭灰泥	++	+++	+			
猪母岭白泥	++	+++	+			
四珑白泥	++	++-	+			
南山土	+++	++	-			
青原山土	+++	++	-			
尹家山黑泥(粗)	++			++	-	-
尹家山黑泥(细)	++			++	-	-

只是用这些原料试烧,考察它们能否烧制出和出土坯体相同的制品了。

将所有原料过80目筛,白泥、南山土和青原山土单独成型 $\varnothing 50$ 的园板;黑泥则与白泥按4:6的比例(和表2中琉璃器5#成份相近);亦制成 $\varnothing 50$ 园板。这些园板试烧后进行外观对比和吸水率及矿相测定,结果(表4)表明:猪母岭白泥、南山土、青源山土和尹家山黑泥的确是古代吉州窑主要制坯原料。

流传甚广的“古代吉州窑采用单一原料制坯”这一说法,似有疑问。除尹家山黑泥外,地质普查资料表明,吉安

县境内未发现含氧化镁高达10%的矿

藏,因此,琉璃器这类坯体是采用单一的矿产(原料)制作看来是不太可能的。“吉州窑遗址发掘报告”(江西历史文物,82年3期)一文,将绿琉璃枕这类产品定为元朝生产的,这样,上述说法对元以前似是符合事实的,元以后则有了用多种原料配制制坯的事实,这表明此时吉州窑生产工艺技术已有了新的发展。

表4 主要制坯原料试烧结果

园板配方	试烧温度(℃)	外观评价	吸水率(%)	XRD		
				莫来石	石英	绿辉石
100% 猪母岭白泥	1240	园板平整,色灰黄	2.10	++	++	
	1280	" , "	1.44	++	++	
	1310	" , 灰白	0.60	+++	++	
100% 南山土(或青 原山土)	1240	园板平整,黄、浅褐	1.95	+-	+++	
	1280	" , "	1.33	+-	+++	
	1310	" , 黄褐色	0.41	++	+++	
40% 黑泥	1060	园板平整,黄	5.87	/	++	+
60% 白泥	1200	变形	未测	未测	/	/

2.3 主要制坯原料的工艺特性

南山、青原土和猪母岑均系风化良好的土质原料，过60目筛除去粗粒及杂质，水份在23%左右，均可单独成型。黑泥颗粒虽细，但可塑性甚差，掺以一定量（约50%以上）的白泥方可成型。几种主要原料的可塑指标列于表5中。除黑泥外，其余原料良好的可塑性来源于原料内在的表面性能及较合理的粒度分布（表6）。

表5 主要制坯原料的可塑指标

原料名称	猪母岭灰泥	猪母岭白泥	南山土	青原山土	尹家山黑泥
水份（%）	22.0	22.0	22.5	23.0	24.5
可塑指标	0.78	0.65	0.54	0.53	0.21

表6 主要制坯原料的粒度分布

原料名称	≥63μ	40~20μ	20~10μ	10~5μ	5~2μ	2~1μ	<1μ	注
猪母岭灰泥	/	1	2.0	2.5	4.0	14.5	76.0	
出土素坯上的夹层泥	/	/	1.0	3.5	3.1	11.4	81	
猪母岭白泥	2.0	6.0	10.2	14.0	18.8	24.0	25.0	
青原山土	8.0	12.0	14.8	16.0	20.0	27.3	1.9	
南山土	7.5	11.0	13.1	15.5	21.0	28.6	3.3	
南山土	5.5	8.5	12.5	15.5	21.0	30.5	7.5	淘洗
出土瓷土	7.0	10.0	12.0	14.0	20.0	29.5	7.4	
尹家山黑泥	9.2	15.5	8.0	10.5	29.0	26.6	1.2	

表6中，附入了出土素坯上釉与坯之间一层白粉（称夹层泥），它的化学成份和猪母岭灰泥一致，吉州窑天目制品中的上品，一般均有这么一层夹层泥。另外，表中还列出桐木岑作坊出土的瓷土数据，以及淘洗后南山土的对比数据。

研制工作中遇到的涉及原料工艺性能的一个难题是这些原料干燥性能均欠佳，极易开裂，单独用灰泥制坯，尤为严重，即使是自然凉干，也难得到一只完整的坯体。

很显然干燥性能欠佳和颗粒过细密切相关。灰泥的干燥收缩比一般生产上控制值高2%，总收缩高3.4%，这是一个很严重的问题。

偶然发现将过60目筛的灰泥浆，再过一次（也是60目）筛，筛上出现一层细小片状物，手轻搓即成条，干燥之，则卷曲，红外分析表明它们是一种富含纤维质的有机物。加入0.2%的

表7 天目釉化学分析结果

样品名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	MnO	CoO
兔毫釉 (黑)	60.26	13.81	5.52	0.53	9.04	3.20	0.82	/
玳瑁釉 (黑)	57.27	14.36	5.44	0.69	9.21	2.74	0.12	/
剪纸釉 (酱)	58.43	14.28	7.72	0.51	7.49	2.80	0.74	/
素天目 (黑)	60.99	18.52	2.97	1.47	7.44	2.27	0.97	0.01
素天目 (棕) *	60.40	16.10	6.28	0.74	5.24	2.36	0.90	0.01
素天目48#	59.43	16.49	7.82	0.80	5.39	2.26	0.52	0.02
素天目74#	60.01	16.71	6.78	0.89	4.91	2.96	0.71	0.02
出土素坯外釉	60.10	15.43	7.91	0.83	5.06	2.92	0.35	0.02
出土素坯内釉	59.87	15.60	7.85	0.78	5.02	2.74	0.60	0.01
样品名称	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅	IL	注			
兔毫釉 (黑)	3.26	0.25	1.80	/	上海硅所测定			
玳瑁釉 (黑)	4.75	0.36	1.67	/	"			
剪纸釉 (酱)	5.04	0.40	2.02	/	"			
素天目 (黑)	5.48	0.61	CuO 0.02	Cr ₂ O ₃ 0.01	中国古陶瓷论文集82, P.75			
素天目 (棕)#	5.54	0.27	2.25	/	Cu 65	Rb 194	Sr 145	Cr 299
素天目48#	5.18	0.22	1.82	/	65	164	140	263
素天目74#	4.97	0.20	1.62	/	12	51	396	226
出土素坯外釉	5.54	0.36	0.81	1.67	46	33	259	598
出土素坯内釉	5.48	0.36	0.89	1.02	39	47	188	524

*以下五个样是日用陶瓷质量检测中心测定的; 这五个样还作了能谱定性, 表中值为计数率,

测试条件为25KV, 0.07mA。

某种添加剂，阻止或破坏泥浆中纤维物的聚集，过筛即无片状物出现，干燥性能也得到改善；煅烧原料，也可获得相同的效果，但成本增加。

三、天目制品釉用原料

鉴于釉用原料远比制坯原料复杂多样，古代遗留下来的记载多为扼要的一、二句话，不能作为考察的出发点，老年人中的传说也有相互不一致之处，因此，工作只好依据现代资料和自己的分析结果来进行。

表7给人的印象是比较清楚的，即吉州天目釉的基质含SiO₂在60%左右，Al₂O₃在14~16%之间，CaO在9~5%之间，MgO高，K₂O高；还含有P₂O₅（1~2%）。而最为突出的是着色氧化物极其丰富，计有铁、钛、锰、铜、钴、铬及铷，其中氧化铁高达6~7%。此外，还有微量的镨。

在吉州窑附近寻找能配制出这种釉的原料，便是我们的考察的任务。为叙述方便分三段归纳于后。

3.1 有关釉料基质的来源

部分地引用制坯原料来配釉，有着很多好处，特别是颗粒极细的猪母岑灰泥、尹家山的黑泥，尤为适合，它们可以提供必要的SiO₂、Al₂O₃、K₂O和MgO。

CaO的来源只找到煅烧过的蚌壳和浸在池塘内的田螺壳，找不到含钙高的矿物。用蚌壳、田蚌壳粉作为钙的来源，进行彩绘似是可能的，大批量产品则似乎不易供应。

分析了桐木岭下的塘泥和窑门岑上拾到的窑汗（见表8），给了我们新的启示。塘泥和某处的缸釉很相似，而且钙含量极高。吉州窑的窑汗和石灰窑的窑汗，差别也很大，氧化物很丰富，CaO却远比石灰窑的低。但两者都含有十分丰富的着色氧化物，显然是适宜配制天目釉的。

表8 塘泥、窑汗和蚌壳粉化学成份

样品名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CoO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Li ₂ O	P ₂ O ₅
蚌壳粉	0.69	0.62	0.04	/	/	/	97.01	0.60	/	0.69	/	0.42
塘泥	46.95	10.34	8.74	0.88	1.69	微量	14.43	2.37	4.82	1.04	0.08	0.49
某处缸釉	59.00	9.42	8.06	0.92	0.45	NiO 0.01	17.07	1.63	1.32	1.69	0.18	0.20
吉州窑汗	72.36	4.67	1.36	0.86	0.65	0.01	5.20	4.00	9.44	0.08	0.12	1.26
石灰窑汗	54.22	7.56	2.01	/	/	/	17.89	5.20	11.46	1.29	/	/

然而，塘泥烧失量大到19.5%，琉璃化温度只有1050℃（此时冷却表面光滑，呈棕色），因而直接用来作釉似和坯体（烧成温度1240℃以上）不相适应。但也无法否定“吉州窑用塘泥作釉”的传说，因为只对一个池塘、一个部位取的泥进行了分析试验，工作尚待进一步深入，

3.2 着色氧化物的来源

在吉州窑古陶研所的帮助下,收集了六个矿样。正如概貌中提到的着色氧化物在永和附近是比较多的,选取的六个样都是量大而易得的。它们是文陂的锰结石(当地作为钴土矿出售)、青原山后山的“土子”、敬老院左右侧红土山包上的红土1#和2#、以及高塘附近采取的赭石和红土3#。化学成份列于表9。

锰结石和土子均坚硬,极难粉碎,但化学成份稳定,含着色氧化物极为丰富,显然很适合作天目釉的着色剂。对这两种矿粉进行了能谱测定,表明它们还含有微量的Cr、Rb、Zn,和Cu,其能谱大体和天目制品出土瓷片釉的能谱相似。可以肯定地说用这两种矿任一种配釉其结果是有利于获得理想的仿制品的。

几种红土氧化铁含量波动很大,其中红土2#是当地农民用来粉墙的,呈鲜红色,和红土2#及3#在外观上很易区分,3#红黑,2#显黄色。

赭石的XRD表明它是以钾长石为主的结构非常复杂的软质石料,当地储量很大而且质地均,用于配釉可能会有良好的效果。

表9 锰结石、土子、红土等化学成份

样品名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CoO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	其 他
锰结石	39.19	14.86	17.75	3.33	21.88	0.40	1.09	0.57	0.83	0.045	NiO 0.04
土 子	42.98	14.80	21.09	3.60	14.78	0.256	1.17	0.23	0.93	0.05	NiO P ₂ O ₅ 0.03 0.06
红土1#	46.97	19.59	19.16	1.73	/	/	0.46	0.66	0.44	/	IL 10.83
红土2#	46.21	17.66	32.21	1.10	/	/	0.42	0.67	1.66	0.06	/
红土3#	50.77	22.01	21.53	1.94	1.96	/	0.52	0.74	0.49	0.04	/
赭 石	60.89	18.47	10.25	1.12	4.24	0.01	0.72	0.32	3.67	0.30	/

3.3 植物灰

以研究木叶天目为主要任务来考察吉州窑附近的釉用原料,对于植物灰无疑要给予特别的关注;此外,吉州天目釉的化学分析证明含P₂O₅高达2%(或以上),而吉州窑附近未发现富磷矿藏,所以不得不把注意力集中到植物灰上。

采集了九种在永和镇附近的植物灰样,所有灰样均是生长成熟的叶和茎在电炉中缓缓升温到700℃,保温2小时彻底灰化的。这些灰样的精细化学分析和能谱测试列于表10中,该表还列入了87年发表的对欧洲一些植物灰样分析的结果,以作对比。

从化学分析结果看,新鲜的植物茎叶灰样含SO₃和Cl均较高;草木植物诸样SiO₂和Al₂O₃较高;而木本植物的叶灰,含CaO和K₂O均高。

吉州窑附近的植物灰Al₂O₃含量,比欧洲生长的同种植物较高,尤为突出的是着色氧化物(如TiO₂含量高),种类多。芝麻杆、柿叶、桑叶和松枝(含原有的针叶)等灰样,着色

氧化物达八种之多，它们适量地加入釉中，对天目釉的呈色可能是有重要作用的。用这些植物灰作为釉上装饰料，预计会有好的效果。

P_2O_5 含量，吉州窑附近的植物灰大部在2.5%左右。如果将稻草或松枝灰（前者含灰量高，后者易得）与适量的塘泥或窑汗配合，再加一些南山土或灰泥，就有可能配制成含 P_2O_5 约为2%的釉，呈色将是棕色（酱色）。吉州天目中棕色或酱色的釉一般含 P_2O_5 偏高（见表7），很可能是引用植物灰的结果，是否符合实际，有待试制中验证。桑叶灰磷含量最高，对木叶天目有重要意义。

为进一步认识植物灰的性能，对桑叶树作了失重和高温XRD等测定（表11和12）。样品是

表10 植物灰的化学分析和能谱分析结果

样品名称	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	CuO	CoO	ZnO	K ₂ O
芝麻杆	70.82	2.49	0.81	0.63	0.87	9.76	1.81	0.01	0.01	/	8.58
稻草	80.12	3.25	0.69	0.55	0.62	4.82	1.43	/	/	/	5.32
枸树叶	44.24	9.11	0.94	0.60	0.82	27.54	4.09	/	/	/	7.77
柞树叶	43.84	2.23	0.59	0.63	0.80	36.62	2.09	/	/	/	10.17
柿树叶	25.66	2.70	0.60	0.38	0.32	26.80	11.58	0.01	0.01	/	25.34
柔树叶	48.41	1.24	0.53	0.47	0.92	24.69	3.40	微	微	/	10.81
桐树叶	8.32	2.11	0.87	0.61	1.00	31.70	8.01	/	微	/	39.53
竹叶	40.00	3.68	0.82	0.58	0.74	17.95	6.60	微	微	/	23.79
松枝柴	28.81	9.71	0.91	0.70	0.74	39.73	4.45	0.01	0.01	/	8.98
鲜牧草	33.65	/	0.34	/	0.11	13.30	3.60	0.08	0.02	0.04	28.70
叶土豆叶	51.20	/	0.11	/	0.06	15.68	5.56	0.008	/	0.04	18.62
鲜苹果树叶	15.50	/	0.46	/	0.11	40.65	6.38	0.003	/	0.057	30.00
鲜桦树叶	11.27	/	0.34	/	/	33.21	10.03	0.02	/	0.29	25.88
玉米杆	62.17	/	微	/	0.04	7.56	3.81	0.01	/	/	73.20
稻草	82.20	1.36	0.42	/	0.41	3.70	1.35	/	/	/	2.48
针枞叶	7.72	/	0.54	/	0.85	28.42	6.02	0.02	/	0.17	43.63
松木	27.00	4.10	1.94	/	0.48	39.00	6.60	/	/	/	1.44

续上表

样品名称	Na ₂ O	Li ₂ O	P ₂ O ₅	MoO	SO ₃	Cl	F	Cr	Zn	Rb	Sr	Cu	Co
芝麻杆	0.80	/	1.74	/	0.21	0.77	/	101	26	51	396	149	166
稻草	0.28	/	2.41	/	/	0.20	/	/	27	24	154	/	/
桐树叶	1.78	/	2.37	/	0.67	1.00	/	/	22	35	264	/	25
柞树叶	0.12	/	2.45	/	0.22	0.30	/	/	47	38	452	/	/
柿树叶	1.07	0.16	2.50	/	0.50	0.40	/	300	41	47	354	176	159
桑树叶	0.28	/	4.51	/	0.39	0.42	/	44	15	35	113	81	75
桐树叶	1.27	0.31	2.92	/	2.06	1.01	/	104	10	57	428	/	261
竹叶	0.61	0.20	2.14	/	0.35	1.10	/	263	7	164	145	65	80
松枝柴	0.47	/	2.78	/	2.20	1.10	/	21	28	272	140	121	180
鲜牧草	0.78	/	3.30	0.28	4.70	11.00	/	以下八个数据引自“Ceramiclorum international”.1987, 3/4 P 104—5 PartI, 5/6, Part II。					
叶土豆叶	1.12	/	1.17	/	4.39	0.02	/						
鲜苹果树叶	0.55	/	6.57	/	/	/	/						
鲜桦树叶	0.58	/	5.57	/	10.78	1.96	/						
玉米杆	2.50	/	1.71	0.04	5.75	3.30	/						
稻草	0.42	/	0.74	/	0.77	/	/						
针枞叶	0.27	/	5.18	/	5.65	1.51	0.009						
松木	0.48	/	3.60	/	0.80	/	/						

经600°C下保温4小时的成熟了的桑叶树(采腐于农历十一月底),未经粉碎,制作成测定所需的样品形状,分别进行测定。三个测定给人的印象是:桑叶灰在600°C以后受热发生的物理化学反应是较为复杂的。大体上在900°C之前是连续的脱水、脱碳和碳酸盐分解的过程,此过程失重约30%,高度收缩约53%;1000°C到呈玻相发生固相反应,这一阶段,失重12%,高度缩短到只有样品原高的三分之一,看来这是固相反应使整个样品结构致密化的结果;1270°C二次膨胀,1300°C可流动。

XRD大体上反映了固相反应进行期间,桑叶灰在各温度下呈现的各种晶态(见表12)。磷的行为是很值得注意的,600°C下先与K、Ca结合形成陶瓷生产中少见的KCaPO₄,它升温中分解,约在950°C开始形成Mg(PO₄)₂,至1150°C后转入玻相;温度升到1240°C又

表11 桑树叶的失重和高温显微镜测定

	温 度 (℃)	600	700	800	900	1000	1100	1200	1250	1270	1280	1300
失 重	样品重量 (g)	1.00	0.88	0.77	0.69	0.65	0.62	0.59	0.57	/	/	/
	状 态	连续收缩 和失重		急剧收缩 和失重		失重缓慢而连续，固相反应。						
高 温 显 微 镜	样品高度 (mm)	3.00	2.70	1.39	1.22	1.13	1.10	1.08	1.01	/	/	/
	状 态	失水过程结束		碳酸盐分解		见表12		始熔	玻化	二次 膨胀	半球	流动

表12 桑树叶的高温XRD

温度 (℃)	α - SiO_2	CaCO_3	MgCO_3	KCaPO_4	Mg $(\text{PO}_4)_2$	CaSiO_4	CaSiO_3	$\text{K}_2\text{O} \cdot$ $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot$ 2SiO_2	SiO_2 方石英	4CaO P_2O_5
600	-	++	+	++						
800	-	++	+	++						
950		+		+		-				
1050		-		-	-	+	+	-		
1150					+	++	+	+	+	
1200					-	+	+	-	+	-
1240						-	-			+

出现磷酸四钙（以后查明此种晶相只在叶茎的灰中出现）。

四、结束语

通过考察，确定了吉州天目制品的主要制坯和配釉的原料，为仿制木叶天目奠定了必要的基础。

尹家山黑泥矿的考察，提供了研究吉州窑瓷用原料和发展历史的新内容；改善粒度极细的原料干燥性能，考察工作使用的方法可移用于其他类似的原料；对植物灰的工作，确定了桑树叶灰在不同温度下的结晶状态。在证实和澄清一些有关吉州窑生产工艺的说法上，考察工作提供的素材，可能为论证它们提出一些新的线索。用单一原料制坯的说法似需修正，最迟在元朝已采用了几种原料搭配制坯的实物和论据似可成立。土子和锰结石的分析，可能为吉州窑早期生产过青花瓷（目前的说法是北宋时吉州窑已有了青花瓷）提供了佐证。用塘泥配釉、用桑叶作木叶天目等传说，看来更具有可信性，因而更引起我们关注。