

# 繁昌窑青白瓷的初步研究

冯敏<sup>1</sup>, 李广宁<sup>2</sup>, 凌雪<sup>1</sup>, 徐繁<sup>3</sup>, 王昌燧<sup>1</sup>

(1. 中国科学技术大学科技考古联合重点实验室, 安徽合肥 230026;

2. 安徽省文物考古研究所, 安徽合肥 230061;

3. 安徽省繁昌县文物管理所, 安徽繁昌 241200)

**摘要:** 通过用电子显微镜, X射线衍射, 电子探针等多种方法, 初步分析研究了繁昌窑青白釉瓷片、匣钵及原料的结构与成分, 得到如下结论: 1) 繁昌窑青白瓷的釉层较薄, 约为0.2mm, 常有开裂纹, 颜色多为白中泛青。瓷片的透明度与釉中析晶层密切相关。2) 柯家冲窑址附近的白色岩石不是瓷石矿料, 不能单独用作制瓷原料。3) 匣钵外特殊釉层的形成与窑汗无关, 可能是由匣钵转化而来。

**关键词:** 繁昌窑; 青白瓷; 匣钵; 瓷石

**中图分类号:** K876.3 **文献标识码:** A

## 1 引言

繁昌窑位于安徽省繁昌县境内, 古代属宣州所辖。窑址遍布于柯家村、张塘、半边街、骆冲、柳墩等地<sup>[1]</sup>。据了解, 繁昌窑至迟在北宋早期即开始烧制瓷器, 其上限应达五代时期。有专家认为, 景德镇的青白瓷可能缘自繁昌。繁昌窑地理位置特殊, 对繁昌青白瓷的深入研究应有助于了解整个南方青白瓷的起源与发展, 对探索北方白瓷与南方白瓷之间的相互关系也具有重要意义。本工作仅对繁昌窑青白釉瓷片、匣钵及原料的结构与成分方面进行初步的分析与研究, 希望能为系统、全面的研究提供有益的启示。

## 2 实验样品和方法

### 2.1 样品制备

研究样品采集于繁昌柯家冲窑址, 包括青白釉瓷片、匣钵残件、“窑汗”和大量分布于窑址附近的岩石原料, 即所谓的“瓷石”。另外, 还选取了景德镇黄泥头窑址、柳家湾窑址的青白瓷碎片, 用于对比研究。

分别将所取样品进行抛磨, 用于体视显微镜下的观察; 制成厚度为0.03mm的光薄片样品用于偏

光显微镜下观察, 注意选择待测区域, 并作好标记、经喷炭后, 用于电子探针分析。为进行胎料、釉料的物相和成分分析, 分别将釉层、胎体彻底分离, 并在体视显微镜下验证其分离效果, 然后研磨至200目待用。

### 2.2 仪器及测试条件

1) 场发射电子显微镜。PHILIPS公司生产, 型号: XL30ESEM, 工作条件: 加速电压15kV; 束斑直径5nm; 工作距离10mm。所配备的能谱仪由Oxford公司生产。

2) 电子探针。日本JEOL公司生产, 型号为JXA 8800M。工作条件: 加速电压15kV, 探针电流 $1 \times 10^{-8}$ A, 峰位记录时间10s, 校正程序为ZAF。标样: Na、Mg、Al、K、Ca、Ti、Fe采用普通角闪石; Si采用钠长石; P采用正长石( $P_2O_5=0.49\%$ )。

3) 转靶X-射线衍射仪。日本玛珂公司生产, 型号: MXPAHF型, 工作条件:  $CuK\alpha$ 辐射, 电压、电流分别为40kV、100mA, DS、SS、和RS依次为 $1^0$ 、 $1^0$ 、0.15mm, 衍射计量范围是 $5^0-70^0$ 。

4) 偏光显微镜。原西德Leitz公司生产, 型号为ORTHOLUX II POL-BK。

5) 体视显微镜。日本Nikon公司生产, 型号为SMZ1500。

收稿日期: 2003-05-22; 修回日期: 2004-03-29

基金项目: 中科院知识创新工程项目(KJ951-N04); 国家自然科学基金重点基金资助项目(10135050)

作者简介: 冯敏(1963-), 女, 1983年毕业于南京大学, 矿物学专业, 副教授, 合肥市金寨路96号, 230026, E-mail: fengmin@ustc.edu.cn

### 3 实验结果与分析

#### 3.1 显微结构

繁昌柯家冲青白瓷的釉色白里泛青,常有开裂纹,胎色较白。从剖面上来看,釉层厚度0.2mm。釉层内均匀分布着小气泡,直径在0.02-0.08mm之间。一些样品外观清澈透明(图1a,见彩版插页1),另一些则略呈乳浊感(图2a,见彩版插页2)。外观透明样品的釉层基本为玻璃态,其中含相当数量的气泡(图1b,见彩版插页1),仅在靠近瓷胎处零星分

布着少量纤维状析晶(图1c,见彩版插页2),而外观乳浊的样品,整个釉层基本一分为二,上半层为玻璃态,下半层为析晶层(图2b,c,见彩版插页2),厚度皆为0.1mm左右。析晶层内的晶体随机排列,其层面凹凸不平,因上面的透明层甚薄,故样品外观呈现出轻微的乳浊感。

#### 3.2 胎的成分与物相

采用湿化学方法分析了繁昌青白瓷的瓷胎、匣钵外表面的“釉层”以及窑址附近采集的“瓷石”原料的成分,分析结果数据列于表1。

表 1 化学全分析数据

Table 1 The data of chemical analyses

(wt%)

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	FeO
瓷胎	72.97	22.60	1.34	1.28	0.52	0.50	0.93	0.18		
“瓷石”	77.91	12.18	0.16	6.34	1.26	0.046	0.37	0.11		
匣钵的“釉”	82.67	13.68	2.12	1.66	1.08	0.42	0.77	0.23	0.075	0.47

\*: TFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系 FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

从表1可以看出,胎中Fe、Ti元素含量均很低,这与繁昌青白瓷瓷胎较白一致。其Na<sub>2</sub>O含量仅为1.28%,而Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>的含量较高(22.60%),与“瓷石”中的相应含量相差甚远,说明这种广泛分布于窑址附近的岩石不能单独用作青白瓷的胎料。

X-射线衍射分析表明(图3),繁昌青白瓷瓷胎的主要物相为石英、莫来石和方英石。

#### 3.3 釉层的化学成分特征

根据显微镜下的观察结果,利用电子探针方法,分别对不同类釉层中的玻璃态基质和纤维状析晶进行多次定点成分分析,所测数据的平均值列于表2。

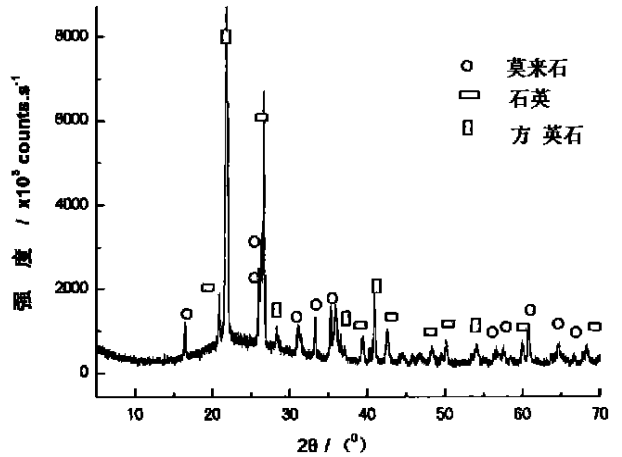


图 3 繁昌青白瓷胎的 X-射线衍射图

Fig. 3 X-ray diffraction pattern of the body of the bluish-white porcelain from Fanchang

表 2 瓷釉中玻璃态基质与析晶的化学成分

Table 2 The oxide contents(%) of amorphous base and crystallite in the glaze

样品类型	测点	氧化物含量/wt%									
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	CaO	MgO	TFe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> *	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
I 类 釉层清澈透明 (无析晶层)	玻璃态基质	67.85	18.19	1.16	1.15	8.91	1.09	0.58	0.10	0.16	0.44
	析晶	49.28	33.42	0.15	1.52	15.41	0.09	0.08	0.01	0.01	0.01
II 类 釉层略显乳浊 (有析晶层)	玻璃态基质	66.74	16.34	0.68	2.23	9.92	1.57	0.91	0.12	0.22	1.30
	析晶	55.11	28.42	0.27	2.87	12.99	0.13	0.13		0.01	0.08

\*: TFe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 系 FeO+Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>

表 2 表明, 釉中玻璃态基质与析晶的成分存在较大差异, 与玻璃态基质相比, 析晶的  $Al_2O_3$ 、 $CaO$  含量较高,  $SiO_2$  含量较低。同时, 由于结晶过程中的纯化作用, 其杂质元素的含量也很低(如  $Fe$ 、 $Ti$ 、 $Mn$ 、 $P$ 、 $K$ ), 即致色离子  $Fe$ 、 $Ti$ 、 $Mn$  等主要集中在玻璃态基质中。另外, 析晶和玻璃态基质的成分差异, 与析晶量成反比。例如, I 类釉层的析晶较少, 其析晶中的  $FeO$ 、 $K_2O$  分别仅为基质的 14%、13%, 而  $Al_2O_3$  和  $CaO$  的含量分别为基质的 1.8 倍和 1.7 倍, 近似于斜长石系列中的培长石理想化学组成<sup>[2]</sup>。

### 3.4 繁昌的“瓷石”

瓷石是一种主要由石英和绢云母矿物组成的岩石, 其中绢云母( $KA_2[AlSi_3O_{10}](OH)_2$ )的粒度极细, 当风化强烈时, 绢云母会继续转变为富铝的高岭土( $Al_4[Si_4O_{10}](OH)_8$ )。瓷石既具有适当的可塑性, 又有一定的助熔作用, 其化学组成也十分接近瓷胎的化学组成。因此, 它可以单独用作制瓷原料, 不用添加其他任何黏土矿物<sup>[3]</sup>。

繁昌柯家冲窑址附近出露的一种致密块状岩石, 其颜色甚白, 所含暗色矿物甚微, 且紧靠窑址, 故有人猜测它是古代南方瓷业的“瓷石”矿。然而, 通过对所采标本肉眼和显微镜下的观察和鉴定发现, 这是一种具有斑状结构、风化程度较弱的次火山岩(图 4, 见彩版插页 3)。其斑晶为石英、斜长石, 基质为细小的钠长石和石英, 并零星分布着微量的黄铁矿和萤石。相对而言, 黄铁矿、萤石的粒度较大, 在标本上用肉眼都能看见。X-射线衍射分析(图 5)和化学成分分析(表 1)进一步验证了显微镜下的观察结果。由此可以判定, 分布于柯家冲窑址附近的白色岩石不是我国南方陶瓷业通常采用的瓷石。

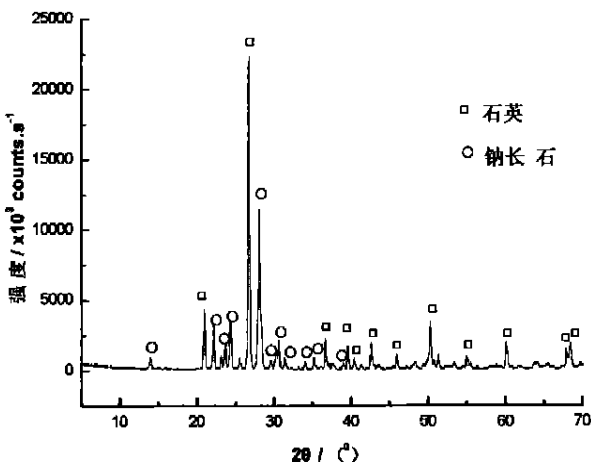


图 5 次火山岩的 X-射线衍射图

Fig. 5 X-ray diffraction pattern of sub-volcanic rock

从表 1 可知, 若对繁昌“瓷石”作简单的淘洗除砂处理, 虽有可能将  $SiO_2$  含量从 77.91% 降至 72.97%, 但却难以将  $Al_2O_3$  的含量大幅度地提高至 22.60%, 况且, 钠长石是细粒基质的主要组分, 淘洗除砂后也不会将  $Na_2O$  的含量降低近 5 倍, 即由 6.34% 降至 1.28%。由此推论, 要么柯家冲窑未曾使用这种岩石作原料, 要么将这种岩石掺和富铝粘土(如高岭土)后用作制瓷原料, 而后一种推论涉及到我国南方瓷业的二元配方向题, 需结合模拟试验作进一步探讨。

### 3.5 匣钵

与一般窑址不同, 柯家冲窑址发现了大量带釉层的匣钵。匣钵胎体较为疏松, 其釉层为月白色或白中显青、白中显绿, 因玻化程度较差, 故不透明。釉层表面起伏不平(图 6a, 见彩版插页 3), 整个釉层可分为上、下两层, 总厚度介于 0.2—5mm 间, 偏光显微镜下显示较多气孔(图 6b, 见彩版插页 3), 而釉的化学组分具有高硅低铝特点(表 1)。

不同学者对匣钵外的釉层提出了各种猜测: 人为刻意涂施、“窑汗”或高温下匣钵部分组分的外逸。

为了探明匣钵釉层是否缘自“窑汗”, 我们专门采集了窑汗样品(图 7, 见彩版插页 3)作显微观察和成分分析。窑汗的断面如图 8a, 见彩版插页 4), 内侧为褐色的窑壁, 外侧为黑色熔融的“窑汗”, 两者都含有未融的白色大斑晶, 且两层之间为过渡关系。黑色“窑汗”层厚度介于 2.0—7.5mm 之间, 其表面不均匀地分布着极薄的浅色层, 厚度一般小于 0.75mm(图 8a), 颜色灰白或蓝白(图 8b, 见彩版插页 4)。

表 3 中的氧化物百分含量由场发射电子显微镜所附的能谱仪测得。虽然其准确度和精度均低于经典的湿化学分析方法, 但在同一仪器、同一测试条件下所得到的结果, 仍具有可靠的对比性。

表 3 氧化物的百分含量

Table 3 The oxides contents (%)

	$SO_2$	$Al_2O_3$	$Na_2O$	$K_2O$	$CaO$	$MgO$
匣钵釉上层	75.3	18.8	5.7	0.2		
匣钵釉下层	77.8	17.6	4.0	0.6		
匣钵内胎	73.6	19.9	5.3	0.6	0.5	0.1
窑汗浅色表层	70.6	16.6	5.6	3.0	2.4	1.9
黑色窑汗层	84.5	12.8	1.8	0.9		
褐色窑壁层	82.4	14.7	1.6	0.9		

黑色窑汗与褐色窑壁不仅结构相近, 化学组分也极为近似, 说明黑色窑汗是在烧窑过程中由窑壁

转化而来。相对来说,窑汗的浅色表层较为富集助熔剂元素成分(钠、钾、钙、镁)。总体上看窑汗与匣钵的上、下釉层在化学成分上有较大差别。因此,我们认为匣钵釉层应与“窑汗”无关。况且“窑汗”的滴落应该是随机的,不可能如此均匀地分布在整个匣钵外壁。

匣钵釉层的化学组成与匣钵内胎比较接近。另外在显微镜下观察发现,在两者分界处附近的胎体中可见少量与釉层相同的部分(即图 6a 中的白色部分)。从成分与结构这两方面综合分析,匣钵的釉层可能是由匣钵胎体组分转化而来,即匣钵釉层是在强烈火焰的烘烤、气流中飞灰和挥发性物质的加入等多种因素的作用下形成的,也就是说,匣钵的釉层虽然与窑汗无直接关系,但其形成机理与窑汗有相似之处。由于所含的助熔剂组分(钠、钾、钙、镁)的总量低于青白瓷瓷釉,所以,不能像瓷釉一样完全熔融呈透明状。上、下釉层的各氧化物含量基本一致,说明高低不平的上层釉是在高温过程中由最初形成的下层釉流淌所致,当然,也不排除少量窑汗偶尔滴至匣钵外表面的可能性。至于这种带釉层的匣钵为何在繁昌窑中大量出现,既可能是匣钵配料中具有某种特殊的成分,也可能与烧制工艺有关,需结合其他窑口的匣钵样品再作进一步的探讨。

## 4 结论

1) 繁昌青白瓷的釉层较薄,约为 0.2mm,常有开裂纹,颜色多为白中泛青。瓷片的透明度与釉中析晶层的存在与否密切相关。

2) 柯家冲窑址附近的白色岩石不是瓷石矿料,不能单独用作制瓷原料。

3) 匣钵外特殊釉层的形成与窑汗无关,可能是高温下匣钵部分组分外逸所致,其形成机理与窑汗相似。

## 参考文献:

- [1] 陈衍麟. 安徽繁昌柯家村窑址调查报告[J]. 东南文化, 1991, (2): 219.  
CHEN Yan - lin. Investigative report about the kilns at Kejia village, Fanchang, Anhui[J]. Southeast Culture, 1991, (2): 219.
- [2] 王 濮, 潘兆枢, 翁玲宝, 等编著. 系统矿物学[M]. 北京: 地质出版社, 1984. 59.  
WANG Pu, PAN Zhao - lu, WENG Ling - bao, et al. Systematic mineralogy [M]. Beijing: Geology Press. 1984. 59.
- [3] 李家治主编. 中国科学技术史(陶瓷卷)[M]. 北京: 科学出版社, 1998. 319.  
LI Jia - zhi. A history of science and technology in China(Ceramics Volume)[M]. Beijing: Science Press. 1998. 391.

## Preliminary research on the bluish - white porcelain in Fanchang kiln

FENG Min<sup>1</sup>, LI Guang - ning<sup>2</sup>, LING Xue<sup>1</sup>, XU Fan<sup>3</sup>, WANG Chang - sui<sup>1</sup>

(1. *Unital Key Laboratory of Archaeometry, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China;*

2. *Institute of Archaeology and Cultural Relics of Anhui Province, Hefei 230061, China;*

3. *Administrant Station of Cultural Relics of Fanchang County, Fanchang 241200, China*)

**Abstract:** The conclusions gained by analyzing the microstructure and chemical composition of bluish - white porcelain, asggar and raw material found in Fanchang kiln by using electron microscope, X - ray diffraction, electron probe are as below; 1. The glaze thickness of the bluish - white porcelain is rather thin, about 0.2mm. There are crackles in the glaze. The glaze color is white with little blue. The transparence of the glaze depends on whether there is a separated - crystal layer in the glaze. 2. The white rock located near the kiln is not porcelain stone, cannot solely be used for producing porcelain. 3. The special glaze layer outside of the asggar, irrelative to the “kiln sweat”, possibly was fomation from material of asggar body during the firing process.

**Key words:** Fanchang kiln; Bluish - white porcelain, Asggar; Porcelain stone



图 1 象牙出土时的照片  
Fig. 1 Photo of ivory unear unearthed from Jinsha site



图 3 象牙嵌封前后对比照片  
Fig. 3 Photos of before and after treatment

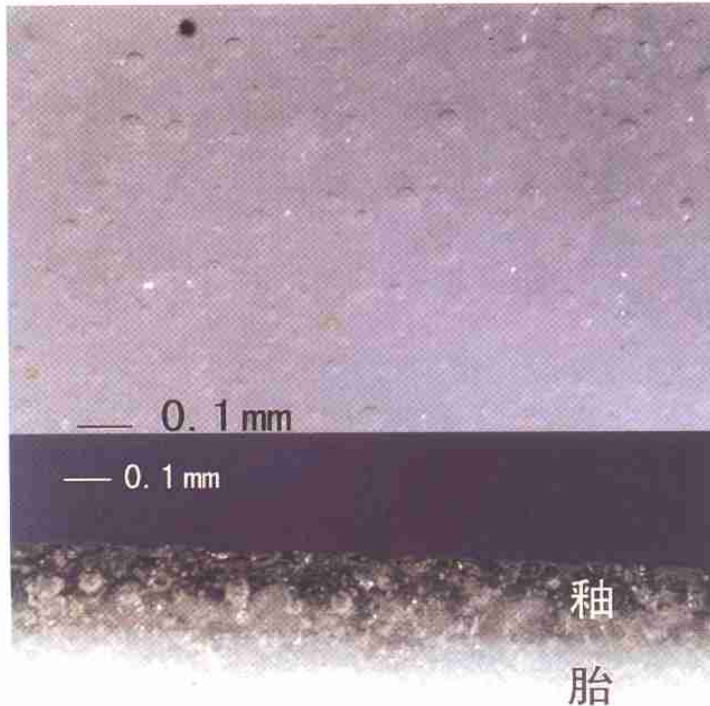


图 1a

图 1b

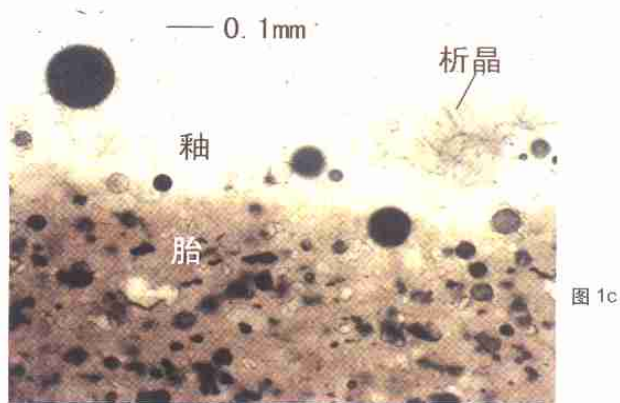
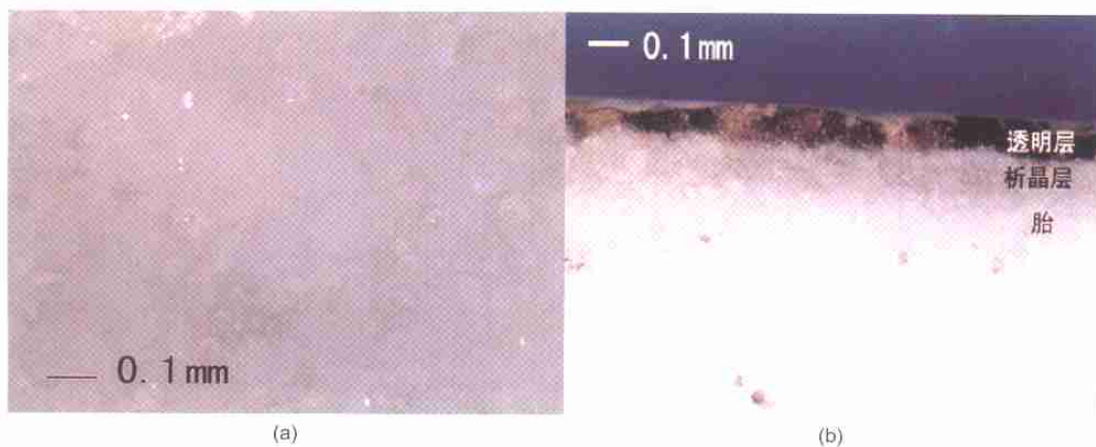
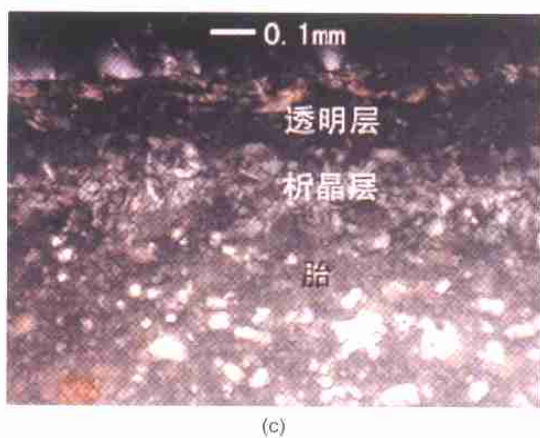


图 1 釉面清澈透明的青白瓷  
Fig.1 The bluish -white porcelain with clear glaze



(a)

(b)



(c)

图 2 釉面略显乳浊的青白瓷  
Fig.2 The bluish-white porcelain little opalescent glaze



图4 次火山岩 (正交偏光)  
Fig.4 Sub-volcanic rock (crossed-polarized)

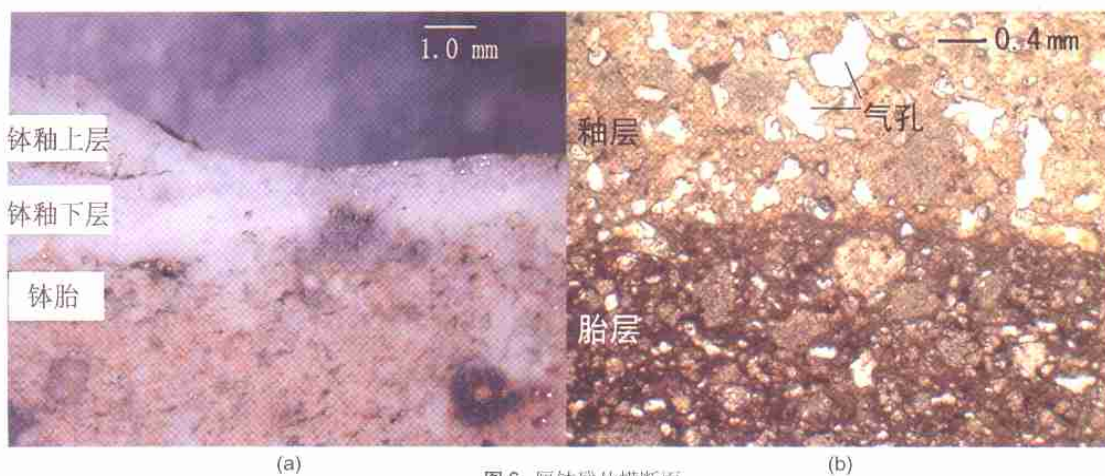


图6 匣钵残片横断面  
Fig.6 The transect of the asggar shard



图7 窑汗样品  
Fig.7 Kiln sweat

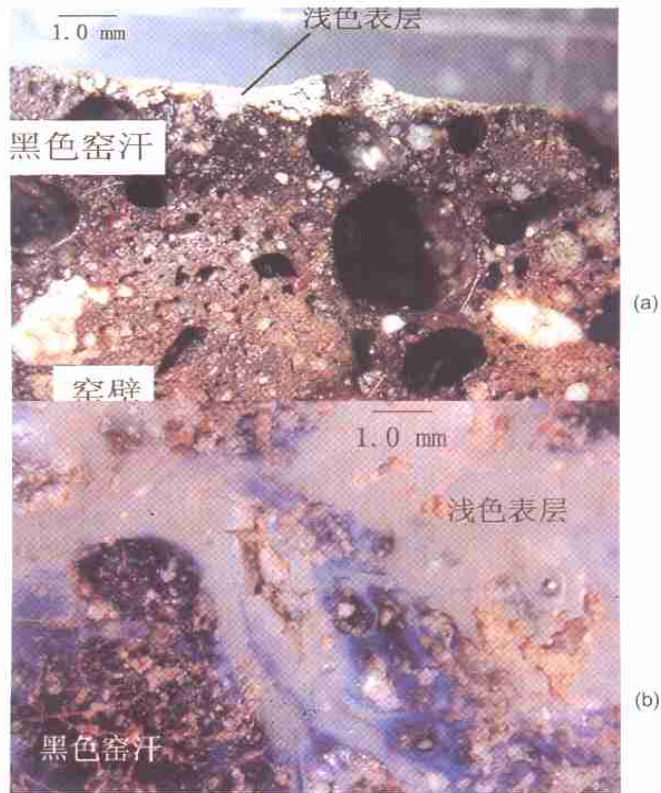


图 8 窑汗  
Fig. 8 Kiln sweat

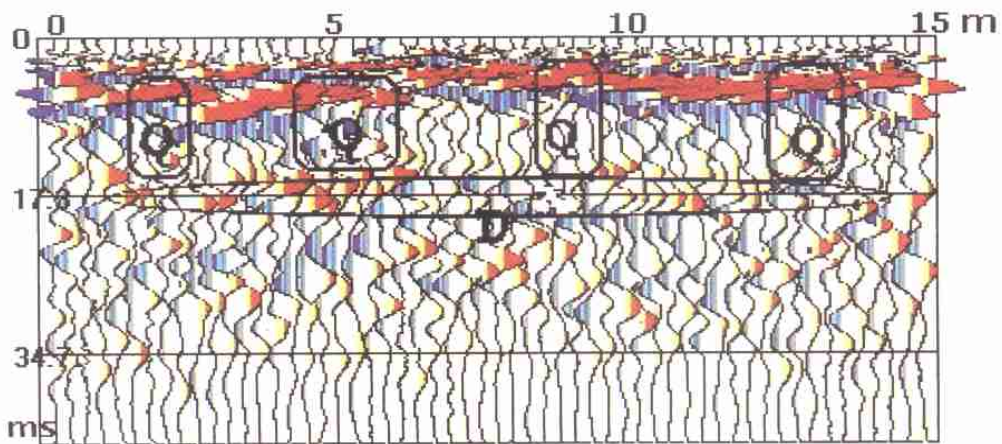


图 4 北京良乡古台战国乐毅墓上一条“陆地声纳”剖面  
对于直立的墙和小洞穴，“陆地声纳”的图像是一条弯曲双曲线的同相轴，Q 表圈出的墙的图像，D 表圈出的底的图像，ms 为双程反射时间。

Fig. 4 A landsonar profile on famous general Yueyi ancient coffin of Zanguo times in Liangxiang of Beijing  
Figure of landsonar on a vertical wall is a hyperbola