

# 基于化学元素组成分析的“黑石号”出水青釉罐与曾边窑关系探讨\*

方涛(景德镇陶瓷大学)  
秦大树(浙大城市学院考古学系)  
陈馨(广州市文物考古研究院)  
瞿伟(长沙铜官窑遗址管理处)

## 一 概 况

“黑石号”沉船 1998 年发现于印度尼西亚勿里洞岛附近海域<sup>[1]</sup>,沉船出水瓷器占全部船货的 95%以上,其中包括长沙窑、邢窑、巩义窑、越窑及广东产青釉瓷器。这些瓷器种类繁多、特点鲜明,基本符合 9~10 世纪海上贸易瓷器四组合的特点<sup>[2]</sup>。

“黑石号”出水的瓷器中有一类器物较为特殊,即在长期远洋航行中用于盛储和包装的罐类器物<sup>[3]</sup>。这些青釉罐大小不一,大罐有 300 多件,内装长沙窑瓷碗(图一),中小号罐则装有香料、白瓷杯和锡锭等<sup>[4]</sup>。近年来,随着水下考古工作的不断开展,越来越多的沉船中出水了大批大小不同的储物罐<sup>[5]</sup>。这些罐子不仅用于装载货物,还用于盛装淡水和食品,成为远洋贸易的关键器物,引发了学界对其产地和功能的广泛关注<sup>[6]</sup>。

这类青釉罐在唐代扬州港的遗址中并未发现<sup>[7]</sup>,却出土在东南亚、非洲等地区,其特征与唐代广东地区生产的青瓷相仿<sup>[8]</sup>。青釉罐的产地和出土地分布特点,符合目前学界普遍认同的唐代海上贸易“中间港”模式,即不同船只分别从扬州、明州和广州出发,将货物以及装载货物的青釉罐运至室利佛逝的首都旧港,再进行集中装载<sup>[9]</sup>。

至于“黑石号”沉船中青釉罐的具体产地问题,目前尚无定论。研究表明,这些青釉罐可能来自广东珠三角地区的多个窑场,包括新会官冲窑<sup>[10]</sup>、高明大岗山窑<sup>[11]</sup>及近年来发掘的曾边窑、沙边窑等<sup>[12]</sup>。2017 年,长沙铜官窑遗址管理处征集了 162 件(套)“黑石号”出水瓷器,包括广东产青釉罐<sup>[13]</sup>。对这批青釉罐进行科技检测,对比分析其化学元素组成,有助于缩小其可能的产地范围。

曾边窑遗址是广州及环珠江口唐代民窑

\* 本文系江西省社科“十四五”基金项目“景德镇瓷业传统业态传承保护与活化利用研究”(项目编号:23LS02)研究成果。

的关键遗存,也是广州地区目前发现最早的瓷窑遗址。2018年4月,广州市文物考古研究院对该遗址进行了抢救性发掘,发掘面积约450平方米,发现唐代残窑1座、料泥池1座、灰坑12个、灰沟4条,出土大量陶瓷器<sup>[4]</sup>。这些陶瓷器的类型、形状、工艺等,与新会官冲窑和佛山高明大岗山窑所出同类器高度相似,与官冲窑的共性尤为显著。官冲窑位于广东新会,与曾边窑直线距离约90公里,两窑邻近内河,可能属于同一制瓷系统。

广州是唐代最大的海上贸易港口,曾边窑凭借这样优越的地理位置,其产品外销的可能性极大。鉴于此,本文通过分析曾边窑出土样品的化学元素组成特征,进一步对比分析“黑石号”沉船出水青釉罐的化学元素组成,借助聚类分析和判别分析方法,力求明确“黑石号”出水青釉罐的具体生产窑口。根据其产地信息,可进一步明确“黑石号”沉船青釉罐的外运港口。

## 二 实验样品与方法

本实验测试的26件曾边窑遗址出土样品,均由广州市文物考古研究院提供,其中包括土样1件、陶器7件及瓷器18件(图二;表一),采用美国EDAX公司生产的Eagel-III型能量色散X射线荧光分析仪,测试其胎釉主、微量元素组成。测试的6件“黑石号”出水青釉瓷,均来自长沙铜官窑遗址博物馆,其中青釉罐4件、无釉陶罐1件、青釉碗1件(图三;表一),采用德国布鲁克公司生产的TRACER-5i便携式能量色散X射线荧光分析仪,测试其胎釉主、微量元素组成。两台测试仪器均采用景德镇陶瓷大学研制的古陶瓷无损测试专用系列标准参考物质,建立各元素的标准曲线。实验分别在长沙铜官窑遗址博物馆和景德镇陶瓷大学古陶瓷研究中心完成。

## 三 曾边窑出土遗物的检测与分析

测试所得曾边窑出土陶瓷遗物胎体化学元素组成(表二)显示,曾边窑陶瓷胎体中的SiO<sub>2</sub>含量介于52.54%~70.29%,平均值62.77%;



图一 青釉大罐中摆放长沙窑瓷器

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量介于21.08%~40.77%,平均值29.29%;K<sub>2</sub>O含量介于0.28%~6.44%,平均值1.95%;Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>含量介于0.60%~6.15%,平均值2.30%。为深入探究胎体主量化学元素的组成特性,采用SPSS软件进行主成分分析,并基于F1、F2、F3三个因子作因子载荷图(图四)。

对比表二和图四可知,窑址地层采集的土样与瓷器胎体的元素含量表现出较高的相似性,表明曾边窑瓷器制作可能采用了就近取土的生产方式。土样为白色黏土,在遗址探沟中呈层状分布,厚0.1~0.2米,壁面露出部分宽约5米,另外在其他多处还有零散分布。从图四中还可明显观察到,陶器与瓷器胎体组成的分散性较大,二者虽存在重叠区域,但主要是各自聚集,这说明陶器与瓷器胎体所用原料存在一定的性质差异。对比陶器与瓷器样品中Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>的含量发现,陶器样品中Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>的平均含量分别为3.56%和0.68%,而瓷器样品中对应的含量分别为1.81%和0.69%。Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>和TiO<sub>2</sub>通常作为黏土类原料中的杂质元素存在,较高的Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>含量表明所用原料较为粗糙,因此可以说,曾边窑陶器所用原料未经深度



图二 广州曾边窑出土部分陶瓷样品

1. 编号20 2. 编号23 3. 编号6 4. 编号17 (图片由广州市文物考古研究院提供)



图三 长沙铜官窑遗址博物馆藏“黑石号”出水陶瓷样品

1. 02043 2. 02044 3. 02042 4. 02047 5. 02185 6. 02055 (图片由长沙铜官窑遗址管理处提供)

处理,瓷器原料则经过一定程度的处理。

根据学界此前对制瓷原料矿物组成的分析,黏土与瓷石中 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 和 $\text{TiO}_2$ 含量上的差异比较明显,瓷石类原料一般 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 和 $\text{TiO}_2$ 含量较低,尤其 $\text{TiO}_2$ 含量通常不超过0.1%<sup>[5]</sup>。曾边窑陶瓷样品中 $\text{TiO}_2$ 含量均较高,可初步推断曾边窑在制瓷过程中并未使用瓷石,而是选用沉积黏土作为主要原料。为进一步明确曾边窑胎体原料的来源,对土样(1号样品)进行了XRD物相组成分析(图五)。分析结果表明,1号样品的主要物相组成为石英和高岭石,并未检测到瓷石原料中常见的云母类物相。因此,可以确定曾边窑胎体原料来源于沉积型黏土,这与南方地区普遍使用瓷石类原料制作陶瓷胎体的做法存在显著差异。

曾边窑出土陶瓷的釉层化学元素组成(表3)显示, $\text{SiO}_2$ 的含量介于60.80%~77.03%,平均值

65.55%; $\text{Al}_2\text{O}_3$ 的含量介于8.13%~27.42%,平均值15.34%; $\text{K}_2\text{O}$ 的含量介于0.89%~9.47%,平均值3.08%; $\text{CaO}$ 的含量介于0.92%~19.81%,平均值9.78%; $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量介于0.46%~4.16%,平均值1.91%; $\text{MnO}$ 的含量介于0.04%~0.16%,平均值0.11%; $\text{P}_2\text{O}_5$ 的含量介于0.01%~0.40%,平均值0.17%。釉中的主要助熔剂成分包括 $\text{CaO}$ 和 $\text{K}_2\text{O}$ ,尤其釉中 $\text{MgO}$ 的含量相对较高,平均值达到了2.17%。助熔剂的种类与含量对于判断釉的性质具有重要意义,通常通过计算b值[即 $\text{RO}/(\text{RO}+\text{R}_2\text{O})$ ]来对钙系釉做进一步分类<sup>[6]</sup>。经过计算分析,曾边窑青釉中 $\text{CaO}$ 的b值低于0.76(图六),而釉中 $\text{MgO}$ 含量平均值高达2.17%,据此可以判定曾边窑生产的瓷器属于钙镁釉类别,这意味着曾边窑是我国南方地区较早生产和使用钙镁釉的窑口之一。

曾边窑出土瓷器釉层中 $\text{MnO}$ 和 $\text{P}_2\text{O}_5$ 的含

量平均值分别为 0.11% 和 0.17%。根据过往对制瓷原料的研究<sup>[7]</sup>,草木灰中含有较高水平的 MnO (0.30%~3.00%) 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0.20%~3.00%), 而黏土质原料中 MnO 的含量通常低于 0.02%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的含量则近乎为零。基于此,可推断曾边窑在制备青釉瓷釉料时,使用了草木灰作为配制原料。

进一步观察瓷器釉层中 MnO 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的含量关系,可发现两者之间存在一定的比例,即 MnO/P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ≈ 0.65。这一比例与稻草灰中 MnO 和 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 的含量比值吻合<sup>[8]</sup>,因此推测曾边窑在制备釉料时使用了稻草灰,同时稻草灰也是釉料中 K<sub>2</sub>O 的主要来源。然而,考虑到曾边窑釉中较高的 CaO 和 MgO 含量,仅依靠稻草灰提供的 CaO 含量不足以满足生产需求,因此制备过

程中可能还引入了石灰石作为原料,石灰石中的 CaCO<sub>3</sub> 可以显著提高釉中 CaO 的含量。

釉中的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 SiO<sub>2</sub> 则通常来源于黏土、瓷石或长石类原料。分析发现,曾边窑胎与釉的 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 SiO<sub>2</sub> 含量存在一种线性平行关系(图七),这表明在配制釉料时,除了稻草灰和石灰石,还使用了与制胎相同的沉积黏土作为原料之一。

从以上曾边窑出土陶瓷样品的化学元素组成分析中,可得出以下结论。首先,曾边窑出土的陶瓷器胎体原料主要是地表浅层的沉积黏土,富含 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 和 TiO<sub>2</sub>,与南方地区制瓷常用瓷石类原料的习惯不同。陶器与瓷器的胎体原料属于同一范畴,只是原料处理工艺上有所不同。具体而言,陶器原料处理工艺较为简化,导

表一 部分样品描述

来源	编号	出土层位	器形	描述	备注
曾边窑 出土样品	1	②层	土样	黄白色泥质块状,质地较为细腻纯净	土样
	5	T1	高足盘	胎色黄白,较为疏松,胎体无釉	陶
	6	H7②	宽沿罐	胎色黄,杂质较多,胎体无釉	陶
	8	H7②	砂锅	外壁胎色灰,内壁胎色黑,胎体致密,杂质颗粒较多	陶
	10	H7②	钵	釉色青黄,较薄,釉面有开裂	瓷
	11	H7②	钵	釉色青灰,较为均匀,胎釉结合较好,表面少许开裂,胎质细腻,胎釉中间层有类似化妆土痕迹	瓷
	12	H7②	钵	釉色偏黄,胎质较为疏松,内壁可见残留釉层,胎釉剥离严重	瓷
	13	H7②	双耳罐	釉色青绿,釉面有开裂,胎质细腻,器顶部粘有深色玻璃状物质,胎釉中间层有类似化妆土痕迹	瓷
	14	H7②	双耳罐	釉色青黄,外壁胎釉剥离较为严重,内壁胎釉结合较好。器外壁有桥形耳,胎质较为细腻	瓷
	19	Y1 上	斜领 小口罐	折沿处有深绿色积釉,内壁可见残留釉痕,胎釉剥离现象严重,胎体洁白且较为细腻	瓷
	20	H12	四耳罐	胎体呈黄白色,较为疏松,表面有黄黑色附着层	瓷
	25	Y1 上	四耳盆	胎质较为疏松,胎釉剥离现象较为严重,釉色浅淡	瓷
“黑石号” 出水陶瓷 样品	02185	/	罐	通体黑胎,无釉,胎质粗糙且疏松	陶
	02047	/	罐	青绿釉,施釉不及底,釉层较厚,积釉处颜色较深,胎色灰白,胎质致密	瓷
	02044	/	罐	青绿釉,釉层剥落现象明显,胎色较浅	瓷
	02055	/	碗	青灰釉,釉面存在较多开片,底部露胎处有四块较大垫烧痕迹	瓷
	02043	/	罐	青黄釉,釉层较薄且不均匀,施釉不及底,胎色较白	瓷
	02042	/	罐	器形较大,青绿釉,上部釉层较厚,釉面不均匀,口沿处有剥釉现象,下部釉层较薄,施釉不及底,胎色灰白,胎质致密	瓷

致其杂质含量较高,并含有一定量的沙粒。而瓷器原料则经过一定程度的加工处理,因此杂质含量相对降低,但处理工艺依然相对简易。其次,曾边窑出土的瓷器釉料属于钙镁釉体系,主要原料包括当地沉积黏土和稻草灰。鉴于数据中MgO和CaO含量较高的特点,推测釉料制备过程中可能引入了适量的石灰石,以优化釉料的性能与品质。

#### 四 “黑石号”出水青釉瓷与曾边窑陶瓷的对比分析

从“黑石号”出水陶瓷样品的胎体数据(表四)来看,黑陶罐 $\text{Fe}_2\text{O}_3$ 含量高达12.67%,与其他青釉瓷、曾边窑陶瓷的胎体元素组成差异较大。其余五件青釉瓷样品的胎体中, $\text{SiO}_2$ 的含量介于55.47%~63.71%,分布较为稳定,平均值

表二 曾边窑出土陶瓷胎体化学元素组成

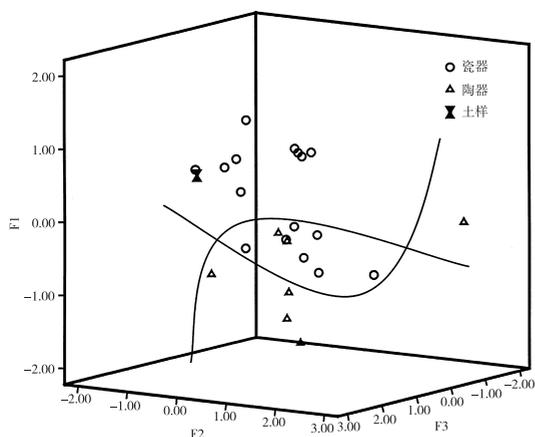
	编号	主量元素 (wt%)									微量元素 ( $\mu\text{g/g}$ )			
		Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	Rb	Sr	Y	Zr
土样	1	0.02	0.51	29.21	65.43	1.68	0.36	0.85	0.93	0.01	110	60	80	390
陶	2	0.73	0.89	28.46	64.68	0.81	0.12	0.68	2.64	0.01	140	30	30	160
	3	0.71	1.01	40.77	52.54	0.28	0.22	0.66	2.81	0.01	90	10	20	120
	4	0.39	0.71	32.98	59.84	0.93	0.19	0.95	3.02	0.01	100	30	30	130
	5	0.36	1.00	39.69	53.39	0.83	0.23	0.62	2.89	0.01	100	0	50	460
	6	0.60	1.99	27.23	60.62	1.36	0.17	0.89	6.15	0.03	100	20	30	200
	7	0.46	0.83	28.44	63.77	0.65	0.23	0.50	4.12	0.01	70	40	40	120
	8	1.25	1.73	26.30	59.65	6.03	0.24	0.52	3.28	0.02	60	10	40	90
	瓷	9	0.64	1.14	33.99	57.74	2.37	0.16	0.79	2.18	0.02	150	50	40
10		0.66	0.54	26.67	67.46	1.14	0.12	0.81	1.61	0.01	100	10	20	170
11		0.03	1.21	21.08	65.75	3.18	5.66	0.52	1.57	0.05	140	40	60	470
12		0.65	0.79	24.90	66.64	3.68	0.05	0.71	1.56	0.02	130	20	20	190
13		0.03	0.36	27.93	67.59	0.93	0.05	0.75	1.35	0.01	100	10	50	480
14		0.03	0.82	26.21	66.73	2.27	0.15	0.75	2.04	0.02	150	30	30	140
15		0.75	0.43	25.09	65.03	6.44	0.16	0.49	0.60	0.02	120	20	40	150
16		0.71	1.18	23.09	70.19	1.20	0.58	0.64	1.41	0.02	60	40	30	290
17		0.78	0.93	35.17	57.69	1.00	0.15	0.62	2.65	0.02	80	40	70	170
18		1.12	0.66	35.37	56.11	2.86	0.13	0.55	2.21	0.01	130	60	60	170
19		0.34	0.90	33.22	61.23	0.57	0.13	0.72	1.89	0.01	110	10	20	180
20		0.67	0.73	31.02	63.08	0.29	0.13	0.56	2.54	0.02	90	10	10	250
21		0.67	1.45	30.76	60.52	2.62	0.17	0.76	2.05	0.02	90	20	40	180
22		0.64	1.09	30.50	63.19	0.74	0.14	0.64	2.07	0.01	90	20	40	110
23		0.52	0.50	30.48	60.81	2.81	2.32	0.68	0.88	0.02	120	10	10	160
24		0.34	0.97	24.29	67.74	2.59	0.16	0.57	2.34	0.02	80	40	70	170
25		0.53	0.54	25.10	66.99	1.49	1.15	0.93	2.27	0.02	100	10	30	190
26		0.26	0.56	23.59	70.29	1.79	0.47	0.68	1.36	0.02	110	0	60	240

62.62%；而  $Al_2O_3$  的含量则介于 28.92%~33.82%，平均值 30.1%。一般而言，胎体中氧化铝含量超过 25%、氧化硅含量低于 70% 即为高铝低硅质胎体，因此“黑石号”出水青釉瓷的胎体就是高铝低硅质，这也是我国唐代广东地区青瓷常见的成分特征之一。此外， $K_2O$  的含量变化区间为 1.09%~2.76%，平均值 2.24%。 $Fe_2O_3$  的平均含量为 1.82%，虽然含量不高，但足以影响青釉瓷的色泽和质感。这些元素的含量与分布，共同构成了“黑石号”出水青釉瓷胎体的原料特征。从胎体中的  $Fe_2O_3$  和  $TiO_2$  含量来看，“黑石号”出水陶瓷样品所使用的原料类型同样属于沉积

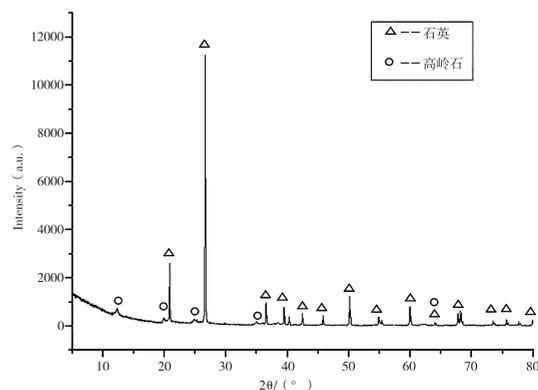
黏土类原料。

为更准确判断“黑石号”出水青釉罐与曾边窑之间的联系，我们详细对比了两者的胎体元素组成。通过主成分因子分析，发现“黑石号”青釉瓷胎体的主量元素组成与曾边窑瓷器样品具有很高的相似性，两者聚为一类（图八）。这一结果进一步支持了“黑石号”出水青釉瓷与曾边窑之间存在密切关系的假设。

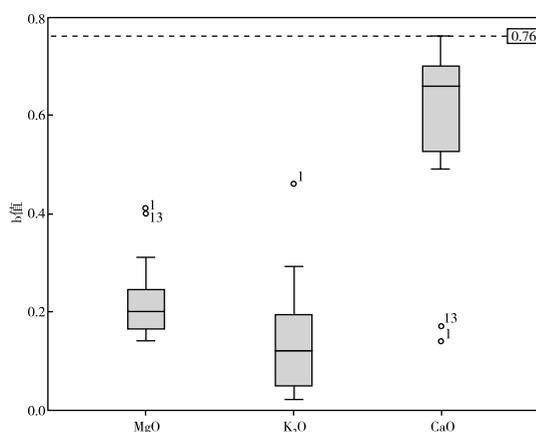
除了主量元素之外，微量元素也是判断陶瓷器产地的重要依据。瓷胎的微量元素组成通常具有明显的产地特征，可以作为指纹元素识别陶瓷器的来源<sup>[9]</sup>。对“黑石号”出水青釉罐与



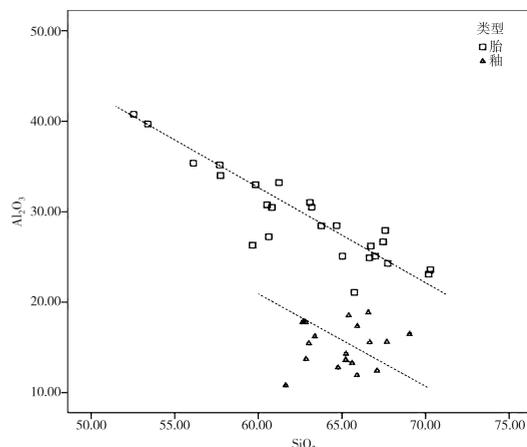
图四 曾边窑出土陶瓷胎体化学元素主成分因子散点载荷图（其中与 F1 因子正相关的有  $SiO_2$ 、 $K_2O$ 、 $CaO$ ，与 F2 正相关的有  $MgO$ 、 $Fe_2O_3$ ，与 F3 正相关的有  $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $MnO$ ）



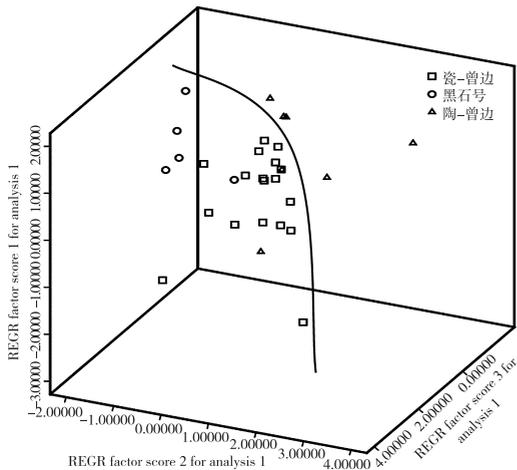
图五 曾边窑出土土样的 XRD 物相分析图



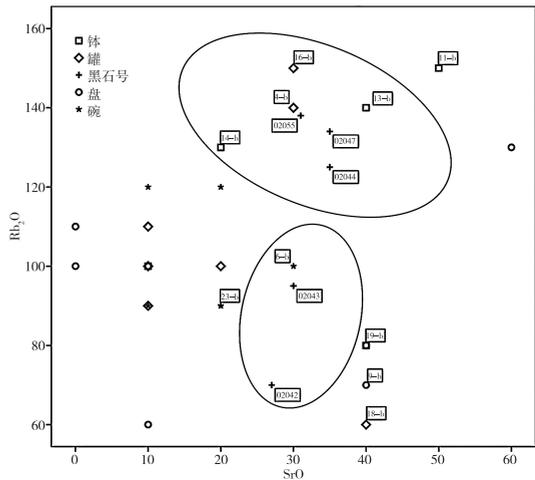
图六 曾边窑出土瓷器釉中  $MgO$ 、 $K_2O$ 、 $CaO$  含量的 b 值箱式分布图



图七 曾边窑出土陶瓷胎釉  $Al_2O_3$ 、 $SiO_2$  关系散点图



图八 “黑石号”与曾边窑陶瓷器胎体化学元素主成分因子散点载荷图



图九 “黑石号”与曾边窑陶瓷器胎体微量元素 Rb、Sr 关系散点图

曾边窑瓷器的微量元素的对比分析 (图九) 显示,在 Rb 与 Sr 的比例上,“黑石号”青釉瓷样品

中有三件与曾边窑瓷胎的微量元素组成相近,并且与之相近的曾边窑出土器形正是罐类和

表三 曾边窑出土瓷器釉层化学元素组成

编号	主量成分 (wt%)										微量元素 (μg/g)			
	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Rb	Sr	Y	Zr
9	0.37	2.04	16.47	69.05	2.12	6.27	0.55	2.12	0.08	0.13	120	70	30	190
10	0.98	2.15	14.62	64.01	7.06	8.03	0.44	1.70	0.08	0.03	130	80	50	180
11	0.78	1.49	17.34	65.92	3.53	6.76	0.53	2.64	0.08	0.24	150	50	30	380
12	0.03	3.33	13.62	65.22	1.59	13.09	0.38	1.75	0.14	0.24	50	130	30	160
13	0.43	2.33	15.60	67.68	1.81	9.06	0.51	1.57	0.09	0.21	110	140	40	460
14	0.51	3.64	16.21	63.38	4.69	8.24	0.49	1.84	0.15	0.26	170	230	30	250
15	1.13	0.14	8.13	77.03	9.47	2.40	0.25	0.46	0.04	0.01	170	20	20	210
16	1.07	1.50	18.86	66.58	3.73	5.05	0.44	1.76	0.05	0.06	140	50	50	130
17	0.59	1.87	17.80	62.65	3.33	11.14	0.38	1.23	0.11	0.13	90	70	40	200
18	0.26	1.91	11.94	65.90	5.27	11.63	0.34	1.74	0.11	0.12	150	100	30	160
19	0.72	2.67	15.46	63.02	1.12	13.77	0.32	1.91	0.12	0.22	60	120	30	180
20	0.91	1.59	27.42	60.80	2.40	0.92	0.79	4.16	0.05	0.02	70	90	60	170
21	0.87	2.73	12.77	64.76	1.37	14.14	0.41	1.96	0.16	0.27	80	210	60	220
22	2.14	1.65	17.78	62.82	1.05	11.29	0.52	1.76	0.12	0.19	90	70	40	270
23	0.47	2.54	13.26	65.61	2.22	12.28	0.36	2.26	0.14	0.21	150	110	30	230
24	0.49	1.87	12.43	67.10	1.23	12.19	0.43	3.25	0.13	0.18	60	90	30	150
25	0.99	3.81	10.80	61.63	0.89	19.81	0.30	0.78	0.16	0.40	70	210	40	170
26	0.52	1.87	15.57	66.66	2.53	10.00	0.38	1.46	0.11	0.13	100	90	40	160

表四 “黑石号”出水陶瓷胎体化学元素组成

编号	主量成分 (wt%)									微量元素 (μg/g)			
	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rb	Sr	Y	Zr
02047	0.75	0.58	28.82	63.11	2.76	0.82	0.84	0.04	2.27	134	35	37	427
02055	1.47	0.00	29.74	63.71	1.78	0.83	0.71	0.03	1.72	138	31	46	615
02044	1.60	0.60	31.37	60.26	2.90	0.37	0.83	0.03	2.02	125	35	34	441
02043	1.50	0.66	37.02	55.47	1.90	0.21	1.06	0.04	2.14	95	30	32	519
02042	1.50	0.52	33.82	60.68	1.09	0.32	0.84	0.03	1.20	70	27	51	556
02185	0.00	2.55	44.60	35.61	2.53	0.40	1.57	0.07	12.67	/	/	/	/

表五 “黑石号”出水陶瓷釉层化学元素组成 (wt%)

	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	MnO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
02047	2.15	1.50	13.22	62.79	1.03	1.97	14.50	0.44	0.12	2.27
02055	2.18	0.15	13.14	67.19	0.45	2.60	12.05	0.10	0.17	1.97
02044	2.26	1.84	11.48	56.62	1.30	2.12	21.14	0.37	0.14	2.74
02043	1.30	2.97	13.51	63.91	0.79	2.25	10.16	0.66	0.15	4.30
02042	2.13	0.90	9.67	58.36	1.41	1.63	21.94	0.51	0.14	3.31
均值	2.00	1.47	12.20	61.77	1.00	2.11	15.96	0.42	0.14	2.92

钵类,而另外两件则与曾边窑瓷器存在明显差异。这说明部分“黑石号”出水青釉罐确实来自曾边窑,同时也存在其他来源的可能性。

从“黑石号”出水陶瓷釉层主量元素组成(表五)来看,“黑石号”出水青釉瓷釉料与曾边窑一样,属于典型的钙镁釉。不过,“黑石号”出水青釉瓷的釉料组成的分散性较大,说明在釉料的配制过程中存在较大的随意性,或者“黑石号”出水青釉罐的产地并非单一地区,而是来自多个不同的生产地点。这一结论与胎体微量元素组成判断的结果可相互印证,揭示了“黑石号”出水青釉罐背后复杂的生产背景。

本节通过对比分析“黑石号”出水青釉罐和曾边窑出土陶瓷的胎釉成分,不仅揭示了“黑石号”出水青釉罐的主量元素和微量元素组成特征,明确了其与曾边窑所生产青釉瓷的关系,还可以进一步推断“黑石号”船货中青釉罐的来源和生产模式。这些分析结果揭示了古代陶瓷制作工艺的奥秘,也为研究古代文化交流与贸易提供了宝贵线索。

## 五 结 论

本研究以曾边窑出土标本的成分分析为基础,结合“黑石号”出水青釉瓷的便携无损测试分析,揭示了广州制瓷业的发展脉络,并为研究唐代海上丝绸之路的具体样貌提供了重要线索。

“黑石号”出水青釉罐的胎釉成分特征表明其产地为珠三角地区,该地区的制瓷业大体产生于中晚唐时期,北宋末到南宋时期中落,与广州港的兴衰相始终。这些青釉罐并非来自同一窑场,而是由多个窑场同时供给,其生产和供货模式相对复杂。广州周边的窑场作为广州港的腹地,都有可能参与到海上贸易当中,为其提供手工业支撑。

曾边窑就是一处珠三角地区积极参与海上贸易的窑场。从胎釉成分特征来看,此遗址出土的青釉罐与“黑石号”中部分青釉罐具有相同的微量元素组成模式,都采用沉积黏土制胎,釉料也都属于钙镁釉,两者在原料和工艺

上存在一定的联系。这表明曾边窑应是“黑石号”中青釉罐的供货窑场之一。

由于目前广东地区其他唐代窑口青瓷的测试数据不足,“黑石号”沉船出水的青釉罐数据也相对有限,因此无法精准判定这些青釉罐的确切产地。尽管如此,曾边窑以及“黑石号”沉船中青釉瓷的对比分析,一方面对揭示唐代广州地区的陶瓷制作工艺和技术水平有所促进,另一方面对研究唐代海上丝绸之路的商贸往来以及文化交流有所助益。

附记:本文在写作过程中得到湖南师范大学李建毛教授的大力支持,谨致谢忱。

- [1] 在沉船西北方约150米处有一块黑色礁石。据此推测,该船在航行过程中,极有可能是因为撞击了这块礁石而失事。因此,该沉船被命名为“黑石号”(Batu Hitam)或“勿里洞”沉船(Belitung Shipwreck)。
- [2] 多年以前,学界就根据海外出土的中国瓷器,将9~10世纪外销瓷的品种归纳为所谓的“四组合”,即长沙窑瓷器、越窑青瓷、邢窑白瓷和广东地区青瓷。马文宽《长沙窑瓷装饰艺术中的某些伊斯兰风格》,《文物》1993年第5期。本文采用“青釉瓷”指称广东地区青瓷,以区别于“黑石号”中的越窑青瓷。
- [3] Michael Flecker, A Ninth-Century Arab Shipwreck in Indonesia, *Shipwrecked: Tang Treasures and Monsoon Winds*, Washington, D.C. and Singapore: Arthur M. Sackler Gallery, Smithsonian Institution, National Heritage Board, Singapore and Singapore Tourism Board, 2010, pp.101-119; John Guy, Early Ninth-century Chinese Export Ceramics and the Persian Gulf Connection: The Belitung Shipwreck Evidence, *TAOCI*, No.4, December 2005.
- [4] Regina Krahl, Green Wares of Southern China, *The Belitung Wreck: Sunken Treasures from Tang China*, Seabed Explorations New Zealand Ltd., 2004, pp. 444-453.
- [5] [印尼] Adi Agung Tirtamarta, M.M. 著, 辛光灿译《井里汶海底十世纪沉船打捞纪实》,《故宫博物院院刊》2007年第6期; Michael Flecker, *The Archaeological Excavation of the 10th Century Intan Shipwreck*, Oxford: BAR International Series 1047, 2002; 广东

文物考古研究院《佛山市南海区窑址考古工作取得重大成果——明确“南海I号”沉船部分陶瓷器的广东产地》,《中国文物报》2022年7月1日。

- [6] Qin Dashu, et al., Early Results of an Investigation into Ancient Kiln Sites Producing Ceramic Storage Jars and Some Related Issues, *BEFEO*, vol.103, 2018; 秦大树《海上贸易的关键性器具——储物罐研究的重大推进》,《中国文物报》2022年7月1日。
- [7] 邹厚本《江苏考古五十年》,第379~381页,南京出版社,2000年。
- [8] 陈克伦《印尼“黑石号”沉船及其文物综合研究》,《文物保护与考古科学》2019年第4期。
- [9] 秦大树《试论早期阶段海上贸易的模式——9~10世纪的文献记载及沉船资料》,《徐莘芳先生纪念文集》,上海古籍出版社,2012年。
- [10] 广东省文物管理委员会等《广东新会官冲古代窑址》,《考古》1963年第4期。
- [11] 广东省博物馆等《广东高明唐代窑址发掘简报》,《考古》1993年第9期。
- [12] 黄慧怡《唐宋广东生产瓷器的外销》,《海交史研究》2004年第1期; 黄慧怡《九世纪印度尼西亚勿里洞——沉船所见广东陶瓷刍释》,《海上瓷路: 国际学术研讨会论文集》,岭南美术出版社,2013年。
- [13] 2017年9月29日,长沙铜官窑遗址管理处与德国收藏家蒂尔曼·沃特法签订文物征集协议。11月10日,征集的162件(套)“黑石号”沉船文物全部入藏长沙铜官窑遗址管理处。
- [14] 广州市文物考古研究院《广东广州新造唐代曾边窑遗址发掘简报》,《文物》本期。
- [15] 张绶庆等《景德镇制瓷原料的化学矿物组成》,《硅酸盐》1960年第1期; 余祖球《瓷石在浙江青瓷史上的地位和作用》,《陶瓷工程》1998年第1期; 郭演仪《南北方古代的制瓷原料和瓷器的特征》,《景德镇陶瓷学院学报》1984年第1期。
- [16] 罗宏杰等《中国古瓷中钙系釉类型划分标准及其在瓷釉研究中的应用》,《硅酸盐通报》1995年第2期。
- [17] 张福康《中国传统高温釉的起源》,《中国古陶瓷研究》,科学出版社,1987年。
- [18] 吴军明《景德镇唐至元瓷釉技术研究》,第84页,北京科技大学博士学位论文,2020年。
- [19] 熊樱菲、龚玉武《化学组成分析辅助判别古陶瓷产地、制作年代及工艺的研究》,《文物保护与考古科学》2008年第S1期。

(实习编辑:王娟娟)