

# 两种不同的进口钴料: “苏麻离青”与 “苏渤泥青”

杜 锋\*

(青岛科技大学化学与分子工程学院, 青岛 266000)

苏宝茹

(青岛科技大学信息科学技术学院, 青岛 266000)

**摘要** 以现代科技分析测试得出的元至明宣德以前(1271~1425 年)景德镇官窑青花所用钴料为高铁低锰型, 明宣德及以后(1426 年以后)的官窑青花钴料为高低铁型的结论为依据, 与传统的考古学方法相结合, 详细查找相关历史文献记载, 对元至明宣德以前景德镇官窑所用进口钴料进行了全面系统的逻辑分析考证, 去伪存真纠正了古籍在 400 余年的传承中, 由于中文译音极为相近, 对两种产地和化学组分截然不同的进口钴料源: 苏麻离青和苏渤泥青的混淆. 同时论证了这两种进口钴料最可能的产地和输入中国景德镇被使用的大致时间范围.

**关键词** 进口官窑青花钴料源 元代 明早期 Mn/Fe 苏麻离青 苏渤泥青  
科技考古 译音

对景德镇古代青花钴料源的研究最早始于英国, 英国牛津大学博物馆考古实验室的学者在 1956 年提出景德镇所用青花钴料 14 世纪(元至明初)源于波斯, 15 世纪初中国才发现钴矿<sup>[1]</sup>. 20 世纪 70~90 年代, 日本学者有两种观点, 一种认为, 景德镇最初(元代)所采用的青料源自西域的 Smalt 玻璃料<sup>[2]</sup>, 另一种认为, 中国景德镇青花瓷的生产初期(元代), 所采用的钴料是由来自远东的花紺蓝与钴土矿配合而成<sup>[3]</sup>. 中国科技界有学者认为, 元代景德镇青花钴料很可能源于中国西部的青海、甘肃一带的钴矿源<sup>[4]</sup>. 对于明初景德镇青花钴料源的认识, 中国文物界有研究者根据肉眼观察, 发现明初青花发色的色调的不同, 从文物鉴定标型学的角度分析, 所谓洪武官窑(笔者认为很有可能为永乐早期官窑, 本文不作详细讨论)青花料可能源于国内, 永宣(1403~1435 年)官窑钴料的使用分为三种: 第一种纯用进口的“苏麻离青料”, 第二种纯用国产青料, 第三种为同器物“苏料”与国产钴料同时用于不同的图案上<sup>[5,6]</sup>. 还有科技界学者利用

现代元素分析法(无损的能量色散X荧光衍射法EDXRF)分析得出结论,元至明宣德以前(1271~1425年)景德镇官窑所用钴料的Mn/Fe含量比都小于0.1,宣德及以后的御窑钴料Mn/Fe含量比都大于0.3<sup>[7]</sup>。1980年有中国文物界学者认为,宣德时期(1426~1435年)所用的青花钴料为国产<sup>[8]</sup>。

对景德镇元(1271~1367年)及明初(洪武至宣德时期,1368~1435年)官窑青花钴料源的研究,单纯依赖现代元素分析化学技术,或只依靠传统的考古学及文物鉴定学,都容易出现片面性,因为它属于自然科学和社会科学交叉的研究领域。本文在前人考证的基础上,试图以近年来科技分析所取得的成果与传统的考古和古陶瓷鉴定方法相结合,对元及明初(洪武永宣时期)景德镇青花钴料源做进一步分析考证,即科技考古。由于史料记载不详尽,或传承有误,或目前根本未发现记载,致使研究元及明初景德镇青花进口钴料源成为一个很棘手的问题。考古事实上就是在“猜想”和“解读”古代,但并不是毫无根据的胡思乱想,而是建立在直接或间接的证据上的科学的逻辑推断。本文所做出的结论多为推论,不妥之处敬请指正。

## 1 现代科技对元及明初(洪武永宣时期)景德镇瓷上所用钴料的分析结果

由于景德镇在元至明初官窑瓷的烧造量很大,表1和2所测的样品仅为沧海一粟,但却具

表1 元代至明代洪武早期景德镇青花和蓝釉瓷片青花钴料(青花+釉)的主要化学组成<sup>a)[9,10]</sup>(质量分数)(%)

名称	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CoO	Cu, NiO	Mn/Fe
样品1	68.05	15.22	8.78	0.39	2.74	3.14	1.73	0.007	0.09	0.24	0.37		0.05
样品2			9.28	0.40	3.11	2.62	2.91		0.13		0.77		0.05
样品3			7.51	0.42	2.85	3.31	1.84		0.11		0.50		0.06
样品4			6.49	0.03	2.29	3.85	2.47		0.12		0.58		0.05
样品5			6.32	0.03	2.48	3.57	4.26		0.12		1.14		0.03
样品6		15.14	6.50	0.30	3.70	3.54	2.56	0.058	0.11	0.14	0.34		0.04
样品7	66.76	14.79	6.98	0.36	4.39	2.68	2.83	0.061	0.11	0.19	0.47		0.04

a) 表1数据采用湿化学法有损测试得出,其中样品1和2为景德镇湖田窑遗址出土的青花瓷片;样品3~5为元大都遗址出土的青花瓷片;样品6为景德镇珠山遗址出土的青花瓷片(目前公认为元代,笔者认为可能为元末至洪武早期,本文暂不讨论);样品7为景德镇珠山遗址出土的蓝釉瓷片(目前公认为元代,笔者认为可能为元末至洪武早期,本文暂不讨论)

表2 明代洪武晚期至宣德青花瓷片青花钴料(青花+釉)的主要化学组成<sup>a)[11]</sup>(质量分数)(%)

名称	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	CoO	Cu, NiO	Mn/Fe
样品1		15.65	4.47	1.23	4.22	3.52	3.45	0.047	0.13	0.15	0.15		0.03
样品2		15.02	4.03	1.42	4.12	2.70	2.23	0.047	0.11	0.17	0.24		0.05
样品3		14.50	4.13	1.06	4.45	2.68	3.09	0.037	0.11	0.18	0.13		0.04
样品4		17.23	5.55	0.28	5.07	2.05	2.87	0.041	0.09	0.14	0.54		0.03
样品5		15.24	6.71	0.31	3.71	2.63	1.95	0.35	0.11	0.19	0.35		0.07
样品6		15.53	7.06	0.31	3.31	3.07	2.99	0.055	0.11	0.11	0.14		0.04
样品7		15.12	5.24	0.36	5.65	2.02	1.51	0.048	0.10	0.16	0.29		0.07
样品8	68.94	15.35	5.98	0.97	3.16	2.84	2.17		0.25		0.24		0.12
样品9			6.35	0.49	4.05	2.84	1.69		0.23		0.34		0.14
样品10		17.59	4.73	0.74	5.12	1.91	1.09		2.66	0.13	0.47		2.44
样品11		15.79	4.83	1.30	4.53	2.26	1.83		3.40	0.24	0.69		1.86
样品12		15.77	5.00	1.31	4.22	2.50	1.61		2.88	0.17	0.59		1.78

a) 表2数据采用湿化学法有损测试得出(样品8和9除外),其中样品为景德镇珠山明官窑遗址出土的青花瓷片:样品1~3公认为洪武青花瓷片(笔者认为可能为洪武末至永乐早期,本文暂不讨论);样品4~6为永乐青花瓷片;样品7可能为洪武晚期至永乐早期青花瓷片;样品8和9采用能量色散X荧光衍射法测试的数据和其他采用化学法测试的数据有系统误差;样品10~12为宣德青花瓷片

有一定的规律和代表性. 采用无损能量色散X荧光衍射法测试的数据<sup>[17]</sup>和有损湿化学法相比, 由于仪器不同, 故存在一定的系统误差, 但结论是一致的, 即明宣德以前官窑青花钴料含高Fe低Mn, 而宣德及以后的青花钴料为高Mn低Fe. 据中国科学院上海硅酸盐研究所古陶瓷研究中心李家治教授介绍, 自 20 世纪 80 年代以来, 他们对来自景德镇明御窑址约 48 片宣德地层出土的青花瓷片进行了测试, 结果全都是高Mn低Fe型. 有学者进一步分析了元青花瓷片钴料中的微量元素, 证明典型的元青花钴料为: 含有As和S, 几乎不含Cu和Ni的高Fe低Mn型钴矿<sup>[12]</sup>. 最近, 英国学者与中国学者合作对中国元青花所用钴料与波斯和叙利亚地区 13-14 世纪左右的青花陶器所用钴料做元素分析比较, 发现它们都是高Fe低Mn型钴料<sup>[13]</sup>.

## 2 有关元及明洪武到永宣时期的青花进口钴料源的历史文献记载

由于中国古代封建帝王对科学技术的轻视, 目前还没有发现一部古籍文献对中国古代景德镇所用钴料的来源做过详细记载, 有关元青花钴料源的中文历史记载也尚未发现, 有关永宣时期青花钴料源的记载仅发现有:

《大明会典》卷 105 记载<sup>[14]</sup>: 苏门答腊国……, 永乐三年(1405 年)……, 遣使朝贡. 五年至宣德六年屡遣使来贡……, 十年复封其子为王, 贡物: ……石青、回回青……

成书于明万历十七年以前王世懋著《窥天外乘》记有<sup>[15]</sup>: 我朝则专设于浮梁县之景德镇, 永乐、宣德间, 内府烧造……, 以苏麻离青为饰……, 然回青未有. 回青者出国外, 正德间大珰(宦官的别称)镇云南得之……

成书于明万历十九年(1591 年)高濂著《遵生八笺》也记有<sup>[16]</sup>: 宣窑之青乃苏渤泥青也, 后俱用尽, 至成窑时皆平等青矣.

清代的诸多文献如唐衡铨的《文房肆考》(1778 年), 朱琰的《陶说》, 兰浦的《景德镇陶录》都提到了“苏泥渤青”(将苏渤泥青的“渤泥”字顺序颠倒变成了“泥渤”, 事实上应为“苏渤泥青”, 可能是传承中的笔误), 而未见“苏麻离青”<sup>[16]</sup>, 清代文献记载的可信度相对明代文献要低. 20 世纪 80 年代出版的中国硅酸盐协会主编的《中国陶瓷史》也认为: “苏麻离青”, “苏渤泥青”以及“苏泥渤青”为同一进口钴料的不同译名.

## 3 现代科技分析结果及某些古代文献记载的混淆

现代科技分析结果表明<sup>[7,17]</sup>, 典型的元至永乐时期的青花钴料源于相同或相似的进口钴矿源(高Fe低Mn), 而绝大多数典型的永乐以后的青花钴料(高Mn低Fe)似乎和国产钴料相近或相似. 而王世懋的《窥天外乘》, 却说永乐和宣德时期都使用的是进口的苏麻离青料<sup>[13]</sup>. 科学测试的数据是不会有问题的, 问题很可能出在《窥天外乘》记载的混淆.

《窥天外乘》似乎不属于正规的官方编纂的史志类文献, 应为民间私人撰写的杂记, 在明嘉万时期记载 100 多年前永宣朝的事情, 往往依据民间传说, 而民间口传的事情, 又往往由于时间的间隔容易出现偏差, 偏差在于永乐时期的青花钴料源确实是源于进口的苏麻离青料(高Fe低Mn), 而宣德时期采用的却是另一种截然不同的高Mn低Fe钴料, 并不是苏麻离青料. 《窥》书将永宣时期官窑所普遍采用的两种成分截然不同的钴料混为一谈, 很可能是由于“苏麻离青”和“苏渤泥青”译音很接近, 而作者当时未加详细考证之故. 那么, 究竟宣德时期的钴料源自何方呢?

仔细寻找最具权威的官方明史志类典籍, 从《大明会典》的记载中就会发现蛛丝马迹, 该

书中记载了宣德时期由苏门答腊国(现代的印度尼西亚)进口的两种青料“石青”和“回回青”<sup>[15]</sup>, 其记载的可信度相对较高, 因这一地区多信仰伊斯兰教, 故称来自那里的青花钴料为“回回青”。《窺》书记载“回青”出国外, 永宣年间未见, 应为明正德时期开始使用的“回青”, 而不是《大明会典》记载的宣德时期的“回回青”, “回回青”和“回青”应为来自两个不同穆斯林地区的两种不同的进口钴料, 仅差一字极易混淆, 还有一种称为“回青”的钴料记载产于新疆的吐鲁番地区<sup>[14,18]</sup>。正德十年(1515年)记有景德镇采用的另一种国产青料为“无名子”<sup>[19]</sup>也叫“石子青”产于江西瑞州, 和《大明会典》记载的宣德时期的“石青”也差一字, 也易混淆, 但却是分别产自国内和国外用于明代不同时期的两种钴料。明中晚期使用的国产青料: 瑞州的“石子青”、吐鲁番的“回青”和云南的“回青”其名称的来源, 很可能是因为它们的主要化学成分相近都是高Mn 低Fe型, 只是Mn/Fe有差异, 瑞州的“石子青”和宣德时期进口的“石青”发色效果近似, 吐鲁番的“回青”以及云南的“回青”和宣德时期进口的“回回青”的发色效果近似, 在流传中古代的工匠可能不论产地将它们统称为“石子青”和“回青”, 最后流传下来, 约定俗成而得名。

#### 4 有关景德镇元青花进口钴料源

用青花钴料装饰陶器起源于西亚波斯地区, 钴蓝料经高温烧造后呈现出的艳蓝色, 深受崇尚蓝色的穆斯林民族的喜爱。有学者指出<sup>[20]</sup>, 在伊拉克的阿巴西时代(758~1258年), 蕴藏在现代伊拉克的奥曼(阿马拉, Al Amarah)和黑加(海伊, Al Hayy)北部的钴矿源已被广泛使用; 萨马拉(Samarra)在公元9世纪为古伊拉克的制陶中心, 836-892年作为阿里巴西王朝的首都(图1, 现代伊拉克地图); Samarra, 古希腊文为: Souma, 拉丁文为: Sumere, 叙利亚文为: Sumra, 另外英文中称一种深蓝色料为Smalt。以上这些发音笔者认为, 都和中文译音“苏麻离青”很接近, 而与“苏渤泥青”则有明显的差异。

元朝(1271~1368年)疆域广阔, 横跨欧亚, 现代的伊拉克地区曾是元帝国附属国的版图。而西亚波斯地区由于没有高岭土(含:  $Al_2O_3$ )资源, 只能烧造出青花陶器, 元朝打通了东西亚乃至欧洲的陆上通道, 西亚波斯地区的商人和工匠带着他们自产的优质青料——苏麻离青(Samarra-blue), 来到中国的瓷都景德镇定制他们民族所喜爱的青花瓷, 外来优质的青花钴料(Samarra-blue)和景德镇优质的瓷胎(瓷石+高岭土)、釉原料以及成熟的制瓷技术相结合, 最终诞生了享誉世界的元青花, 元朝廷正是看中了景德镇制瓷业带来的巨额商业利润, 才于至元十五年(1278年)在景德镇设立了管理制瓷业的机构——浮梁瓷局<sup>[21]</sup>, 浮梁瓷局的建立标志着景德镇在元代已成为中国乃至全世界的制瓷中心。将西亚地区的青花陶器上钴料的化学成分与同时期的景德镇元青花钴料作对比, 发现他们的主要成分相似, 均为高Fe低Mn型<sup>[13]</sup>, 故元青花钴料——苏麻离青(Samarra-blue)来自西亚波斯之说目前看来是可信的。

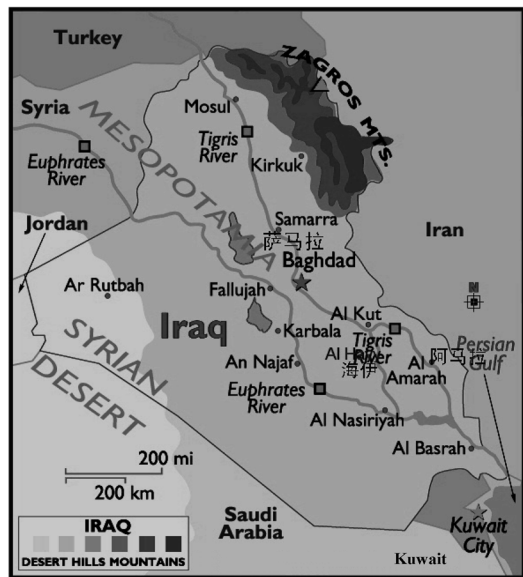


图1 现代伊拉克地图



## 5 “苏麻离青”、“苏渤泥青”以及源于苏门答腊国的“石青”和“回回青”

“苏渤泥青”和“苏麻离青”由于中文的译音只有两字之差，其中“泥”和“离”发音在中国南方包括景德镇地区的口音完全相同，几乎无法区分，在民间景德镇匠师的世代流传中极易混淆。但在《遵生八笺》中有宣德之青是苏渤泥青之说<sup>[16]</sup>，看来应是正确的记载，说明并不是所有明代文献都记载有误。那么苏渤泥青是否就是对宣德时期(宣德五年至六年)苏门答腊国入贡的“石青”和“回回青”的总称呢？答案是非常有可能，这是因为下述原因。

1) 由于“苏麻离青”的名称很可能是源于其原料产地的译音——苏麻离(萨马拉 Sammara)，“苏渤泥青”也很可能源自其原料产地的译音——当时的苏门答腊国(现代印度尼西亚的苏门答腊岛，图2)和南渤利国(现代印度尼西亚的苏门答腊岛的最北端，图2)的合称；南渤利国在宣德时期曾入贡明朝，贡物中是否有钴料，目前尚未发现史料记载，但苏门答腊国和南渤利国岛都在苏门答腊岛，蕴藏有相同或相似化学组分的钴矿似乎是可能的。



图 2 现代印度尼西亚地图

2) 发色理想的宣德官窑青花钴料的发色特征：一种呈现出深沉的艳蓝色，蓝中微含紫，并有黑或褐色结晶斑块下凹釉面，其钴料极有可能为苏门答腊国或南渤利国的“回回青”，和典型的正德晚期到万历早期的“回青”料色调也有些相近，只是正万时期的发色更加偏向紫(Mn的含量更高)，无结晶斑；另一种为蓝中偏灰色，结晶斑块不很明显，其钴料可能是苏门答腊国(或南渤利国)的“石青”，古陶瓷鉴定家耿宝昌发现，这种青花色调如无款识，极易和正德时期的青花相混淆<sup>[6]</sup>，而正德时期官窑青花钴料大多源于瑞州的“石子青”。Co+某些金属化合物在适当的窑内气氛和 1300℃左右的高温中能发出深沉的艳蓝色，MnO 发出艳紫色调；过去传统观点认为，黑或褐色结晶斑是由于钴料中Fe含量高的缘故；但现代科技手段检测证明，宣德官窑青花钴料中的这种典型的结晶斑是锰铁氧化物的结晶： $MnFe_2O_4$ ，宣德以前官窑青花钴料中的类似斑块为单一的Fe氧化物： $Fe_3O_4$ <sup>[27]</sup>。这些斑块实际上被古人认为是一种疵病，可能和当时钴料的淘洗及研磨有关。到了明中晚期(大约从成化中晚期开始)，官窑器中的青花发色很少

有这种结晶斑, 似乎和钴料的淘洗及研磨技术的提高与改进有关。

综上所述, “苏渤泥青”应不是“苏麻离青”(Samarra-blue), 极有可能是当时对源自古苏门答腊国和南渤利国(现代印度尼西亚的苏门答腊岛)的高 Mn 低 Fe 的“回回青”和“石青”的总称, 其中“苏”可能表示来自苏门答腊国, “渤尼”可能表示来自南渤利国。“苏渤泥青”英文可翻译为: Sumatra-blue, 或: Sumatra-boli-blue.

## 6 对洪武至宣德时期青花进口钴料源的分析

正式的明御窑厂很可能建立在洪武末年<sup>[22]</sup>, 即建文帝刚继位的洪武 31 年(1398 年)的下半年(本文不作详细讨论)。洪武二年(1369 年)在景德镇建立的应是官窑<sup>[23]</sup>, 事实上并不是正式的御窑, 而是对前朝(元朝)浮梁瓷局督控下的“御土窑”即元官窑的恢复。有五项理由。

- 1) 目前没有发现一部明代的文献记有“洪武二年设立御窑”; 被确认为洪武建筑瓷的带有“赵万初”墨书款的黑釉陶瓦和“官匣”的出土, 进一步证明洪武时期设立的是官窑;
- 2) 景德镇出土的所谓“洪武”官窑瓷和传统的永乐型官窑瓷混杂在一起;
- 3) 景德镇珠山出土的两块带有“永乐元……供养”和“永乐四年……供养”(1403 和 1406 年)款的釉里红瓷片和所谓“洪武”釉里红没有明显区别;
- 4) 截至目前, 所谓“洪武”官窑瓷特别是青花和釉里红, 从未出现在考古发掘的任何洪武时期的墓葬中;
- 5) 洪武帝崇尚节俭, 在百废待兴的洪武二年(1369 年)就建立专供自己享用的御窑似乎是不可能的(本文不作详细的讨论)。

事实上, 绝大多数洪武时期生产的青花瓷和元末“至正型”青花瓷无论从器型、纹饰、胎釉还是制造工艺和烧造工艺以及原材料, 都和元末“至正型”青花瓷很难区别, 应是元瓷的延续, 南京地区及全国其它地区明早期皇亲国戚以及开国将军墓葬中出土的所谓“元”青花应烧造于洪武早中期甚至更晚(本文不作详细论证), 因此, 洪武早中期优质的青花瓷上的钴料看来依然采用元代遗留下来的苏麻离青(Samarra-blue)。由于洪武时期的海禁锁国政策, 陆海两条东西亚通道基本被切断, 苏麻离青钴料源几乎被阻隔, 到了洪武晚期至永乐早期(14 世纪末到 15 世纪初), 景德镇釉里红的烧造量远大于青花, 似乎和苏麻离青料的短缺有关, 这时的优质青花瓷可能仍使用苏麻离青料(也有可能在苏麻离青料中混合了部分国产料), 大多数发色不理想, 发灰黑色调。笔者认为, 造成这一时期青花发色不理想的原因很可能是由于大量的釉里红和少量的青花放在同一窑中烧造, 窑内气氛不容易掌控之缘故。

从郑和第一次下西洋(永乐三年, 1405 年)开始, 联接东西亚的海上通路又开始恢复, 远在波斯的苏麻离青钴料(Samarra-blue, 高 Fe 低 Mn)又通过郑和的船队带回到中国景德镇官窑使用, 用于烧造高档的“外交瓷”, 以后青花瓷逐渐进入宫廷和贵族阶层。永乐中晚期釉里红的产量逐渐减少, 采用苏麻离青烧造的青花瓷成为官窑的主流产品。而宣德时期御窑厂使用的钴料是运输成本相对较低的源于苏门答腊岛的苏渤泥青料(Sumatra-blue, “回回青”和“石青”, 高 Mn 低 Fe)。

## 7 小结

- 1) 元青花所用高 Fe 低 Mn 型进口钴料应为“苏麻离青”看来应源自西亚波斯地区, 可能由中东商人输入中国。

2) 洪武至永乐早期青花所用高 Fe 低 Mn 型进口钴料, 似乎仍然采用元代遗留下来的“苏麻离青”, 有可能混有国产钴料, “苏麻离青”料用至洪武末年似乎逐渐枯竭.

3) 永乐初期, 在郑和下西洋之后, 中东所产的高 Fe 低 Mn 型进口钴料“苏麻离青”, 可能再次输入中国.

4) “苏渤泥青”(Sumatra-blue) 应不是“苏麻离青”(Samarra-blue), 极有可能是当时对源自古苏门答腊国和南渤利国(现代印度尼西亚的苏门答腊岛)的高 Mn 低 Fe 的“回回青”和“石青”的总称, 可能在宣德时期开始输入中国, 随着明朝对东南亚关系的中断, 止于成化早期.

5) 宣德时期的的高 Mn 低 Fe 型的“回回青”和“石青”, 不同于明中晚期同样是高 Mn 低 Fe 型的“回青”和“石子青”(Mn/Fe 也有差异).

6) 对“苏渤泥青”和“苏麻离青”两种不同进口钴料源的混淆, 目前发现可能始于明末王世懋所著的《窺天外乘》.

7) 宣德青花所用的高 Mn 低 Fe 型进口钴料应为“苏渤泥青”.

8) 利用无损的能量色散 X 荧光衍射技术检测无款的永宣官窑青花钴料的 Mn/Fe 值, 应是目前较为科学的区分无款永宣官窑器的有效方法.

综合以上分析和逻辑推论, 可以初步得出以下有关元到明早中期的青花钴料源框图, 由于景德镇在这一时期还使用了其他国产钴料, 这一框图仅仅描述了对进口钴料源的推论, 时间和朝代也是大致的(见图 3).

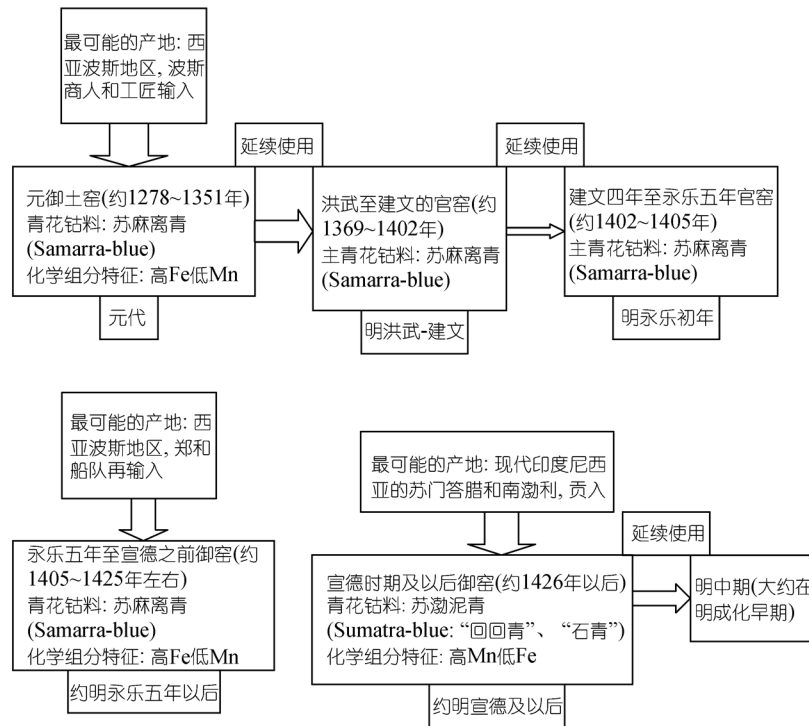


图 3 元到明早中时期的青花钴料源框图

致谢 衷心感谢中国科学院研究生院王昌燧教授的宝贵意见.

## 参 考 文 献

- 1 Garner H. The Use of Imported and Native Cobalt in Chinese Blue and White. *Ars Oriental*. 1956, 2: 43
- 2 内藤匡. 新订古陶瓷の科学. 日本: 雄山阁株式会社, 1978. 172
- 3 加藤悦三, 金冈繁人. 怎样用 Smalt 制备瓷器的釉下蓝色料. *中国古陶瓷研究*, 1993, 5: 57
- 4 李家治. 中国科学技术史-陶瓷卷. 北京: 科学出版社, 1998. 374
- 5 冯先铭. 有关青花瓷器起源的几个问题. *文物*, 1980, 4: 5
- 6 耿宝昌. 明清瓷器鉴定. 北京: 紫禁城出版社, 1993. 62
- 7 吴隽, 李家治, 邓泽群, 等. 中国景德镇历代官窑瓷的断代研究. *中国科学, E 辑*, 2004, 34(5): 519—520
- 8 汪庆正. 青花料考. *文物*, 1982, 8: 59
- 9 李家治, 郭演仪, 张志刚. 历代青花瓷器和青花色料考. *硅酸盐学报*, 1978, 4: 225
- 10 李家治, 张志刚, 邓泽群, 等. 景德镇元代及明初官窑瓷器的研究. *景德镇出土明初官窑瓷器*. 台北: 鸿禧美术馆, 1996. 55—65
- 11 李家治. 中国科学技术史-陶瓷卷. 北京: 科学出版社, 1998. 377
- 12 陈尧成, 郭演仪, 陈虹. 中国元代青花钴料来源探讨. *中国陶瓷*, 1993, 5: 57
- 13 Mike Cowell, Zhang F K. Analyses and Source of the Cobalt-blue Pigments Employed on Chinese Ceramic, Ming Ceramic in the British Museum. UK: The British Museum Press, 2001. 604
- 14 [明]李东阳等. 大明会典, 卷一百零五. 万有文库版
- 15 [明]王世懋. 窥天外乘. 明版
- 16 中国硅酸盐学会. 中国陶瓷史. 北京: 文物出版社, 1997. 371
- 17 李家治. 中国科学技术史-陶瓷卷. 北京: 科学出版社, 1998. 372
- 18 [明]官修. 明实录, 神宗实录, 卷三百零一
- 19 [明]官修. 瑞州府志. 明版, 正德十年
- 20 蒋奇栖. 中国青花瓷对阿拉伯地区的影响. *收藏*, 2004, 5: 24
- 21 [明]宋濂等. 元史, 卷八十八
- 22 [明]詹珊. 重建赦封万硕侯师主佑陶碑记. 转引自: 中国硅酸盐学会. 中国陶瓷史. 北京: 文物出版社, 1997. 364
- 23 [清]蓝浦. 景德镇陶录, 卷五. 异经堂刻本, 1815